IEEJ Outlook 2024

エネルギー・環境・経済

エネルギー転換への
多様な道筋をどう実現するか

The Institute of Energy Economics, Japan

IEEJ Outlook 2024

The Institute of
Energy Economics, Japan

岩田 竹広
江藤 諒
遠藤 聖也
小笠原 潤一
闞 思超
木村 謙仁
久谷 一朗
小林 良和
小山 堅
坂本 敏幸
佐川 篤男
柴田 善朗
末広 茂
高橋 禎明
中野 優人
二宮 康司
橋本 裕
松本 知子
村上 朋子
森川 哲男
森本 壮一
森本 大樹
柳澤 明
山下 ゆかり
山夲 和輝

要旨 1

第I部　エネルギー需給展望 5

1. 見通しの枠組み 7

2. エネルギー需要 17

3. エネルギー供給 51

4. 技術進展シナリオ 85

5. エネルギー関連投資 119

第II部　エネルギー転換への多様な道筋をどう実現するか 127

6. LNG・天然ガスの役割発揮に向けて 129

7. 重要性高まるネガティブエミッション技術 135

8. ASEANのエネルギートランジションに向けた道筋 153

付表 171

スライド 257

図1-1｜地域区分.....7
図1-2｜導入技術の想定例[技術進展シナリオ].....8
図1-3｜世界の経済成長率.....10
図1-4｜主要国・地域の経済成長率.....11
図1-5｜人口.....12
図1-6｜Brent原油価格.....13
図2-1｜世界の一次エネルギー消費、実質GDP、対GDPエネルギー消費原単位[レファレンスシナリオ].....18
図2-2｜主要国・地域の一次エネルギー消費[レファレンスシナリオ].....19
図2-3｜世界の一次エネルギー消費[レファレンスシナリオ].....20
図2-4｜一次エネルギー消費増減[2021年～2050年、レファレンスシナリオ].....21
図2-5｜主要国・地域の化石燃料依存度[レファレンスシナリオ].....21
図2-6｜世界の一次エネルギー消費増減寄与[レファレンスシナリオ、2021年～2050年].....22
図2-7｜主要国・地域の供給側電化率[レファレンスシナリオ].....22
図2-8｜世界の石油消費と一次エネルギー消費に占めるシェア[レファレンスシナリオ].....23
図2-9｜主要国・地域の石油消費[レファレンスシナリオ].....23
図2-10｜世界の石油消費[レファレンスシナリオ].....23
図2-11｜日本のエネルギー自給率と非化石燃料の国内生産.....25
図2-12｜日本のエネルギー効率.....26
図2-13｜日本の一次エネルギー消費.....26
図2-14｜日本の電力供給.....27
図2-15｜日本の原油輸入の中東依存度.....28
図2-16｜世界の天然ガス消費と一次エネルギー消費に占めるシェア[レファレンスシナリオ].....29
図2-17｜主要国・地域の天然ガス消費[レファレンスシナリオ].....30
図2-18｜世界の天然ガス消費[レファレンスシナリオ].....30
図2-19｜世界の石炭消費と一次エネルギー消費に占めるシェア[レファレンスシナリオ].....31
図2-20｜主要国・地域の石炭消費[レファレンスシナリオ].....31
図2-21｜世界の石炭消費[レファレンスシナリオ].....31
図2-22｜世界の発電用非化石エネルギー消費[レファレンスシナリオ].....33
図2-23｜世界の熱用非化石エネルギー消費[レファレンスシナリオ].....33

図2-24｜アジアの一次エネルギー消費[レファレンスシナリオ] 34
図2-25｜ASEANの一次エネルギー消費[レファレンスシナリオ] 34
図2-26｜アジアの一次エネルギー消費[レファレンスシナリオ] 35
図2-27｜アジアの石油消費[レファレンスシナリオ、2021年～2050年] 36
図2-28｜アジアの天然ガス消費[レファレンスシナリオ、2021年～2050年] 37
図2-29｜実質GDPと最終エネルギー消費[レファレンスシナリオ] 39
図2-30｜世界の最終エネルギー消費と主要国・地域の増加寄与[レファレンスシナリオ、2021年～2050年] 40
図2-31｜中国、インド、MENA、ASEANの最終エネルギー消費[レファレンスシナリオ] 40
図2-32｜先進国、新興・途上国の最終エネルギー消費[レファレンスシナリオ] 42
図2-33｜自動車保有台数[レファレンスシナリオ] 43
図2-34｜世界の最終エネルギー消費(エネルギー源別) [レファレンスシナリオ] 44
図2-35｜主要国・地域別の世界のエネルギー起源CO_2排出量[レファレンスシナリオ] 47
図2-36｜主要国・地域別のエネルギー起源CO_2排出量の変化率[レファレンスシナリオ] 48
図2-37｜中国、インド、アフリカのエネルギー起源CO_2排出量年変化率の要因分解[レファレンスシナリオ] 49
図3-1｜主要地域間の原油貿易[2022年] 53
図3-2｜主要地域間の原油貿易[レファレンスシナリオ、2050年] 54
図3-3｜主要地域間の天然ガス貿易[2022年] 59
図3-4｜主要地域間の天然ガス貿易[レファレンスシナリオ、2050年] 59
図3-5｜世界の石炭生産 60
図3-6｜世界の石炭生産[レファレンスシナリオ] 65
図3-7｜世界の石炭貿易(輸入量) [レファレンスシナリオ] 68
図3-8｜主要国・地域間の石炭貿易[2022年] 68
図3-9｜主要国・地域間の石炭貿易[レファレンスシナリオ、2050年] 69
図3-10｜輸送用バイオ燃料消費[レファレンスシナリオ] 70
図3-11｜世界の発電電力量と電力最終消費[レファレンスシナリオ] 71
図3-12｜主要国・地域の発電電力量[レファレンスシナリオ] 72
図3-13｜世界の発電構成[レファレンスシナリオ] 73
図3-14｜先進国、新興・途上国の電源構成[レファレンスシナリオ] 74
図3-15｜中国、インド、ASEANの電源構成[レファレンスシナリオ] 75

図3-16｜世界の原子力発電設備容量と基数 76
図3-17｜原子力発電設備容量[レファレンスシナリオ] 78
図3-18｜アジアの原子力発電設備容量[レファレンスシナリオ] 80
図3-19｜世界の再生可能エネルギー(水力を除く)発電量[レファレンスシナリオ] 82
図3-20｜風力発電設備容量[レファレンスシナリオ] 82
図3-21｜太陽光発電設備容量[レファレンスシナリオ] 82
図4-1｜世界の技術による省エネルギー(レファレンスシナリオ比) [技術進展シナリオ、2050年] 87
図4-2｜GHG排出量と鉱物使用量(乗用車) 90
図4-3｜e-fuelを使用した場合のGHG排出量(乗用車) 91
図4-4｜乗用車使用に係る年間費用の概算 92
図4-5｜乗用車使用に係る年間費用の概算(走行距離が短い場合) 92
図4-6｜風力発電設備容量[技術進展シナリオ] 95
図4-7｜太陽光発電設備容量[技術進展シナリオ] 95
図4-8｜原子力発電設備容量[技術進展シナリオ] 97
図4-9｜アジアの原子力発電設備容量[技術進展シナリオ] 99
図4-10｜クリーン水素の需給[技術進展シナリオ] 101
図4-11｜世界の一次エネルギー消費と省エネルギー(レファレンスシナリオ比) [技術進展シナリオ] 102
図4-12｜一次エネルギー消費の変化(レファレンスシナリオ比) [技術進展シナリオ] 103
図4-13｜一次エネルギー消費量のGDP原単位[技術進展シナリオ] 104
図4-14｜世界の最終消費の変化(レファレンスシナリオ比) [技術進展シナリオ、2050年] 105
図4-15｜世界の最終エネルギー消費構成[2050年] 105
図4-16｜最終エネルギー消費節減量とGDP当たり最終エネルギー消費の変化(レファレンスシナリオ比) [技術進展シナリオ、2050年] 106
図4-17｜世界の発電量[技術進展シナリオ] 107
図4-18｜アジアの発電量[技術進展シナリオ] 108
図4-19｜世界の石炭生産[技術進展シナリオ] 113
図4-20｜世界のエネルギー起源CO_2排出量 115
図4-21｜世界のエネルギー起源CO_2排出量の削減内訳(レファレンスシナリオ比) [技術進展シナリオ] 116
図4-22｜主要国・地域のエネルギー起源CO_2排出量と2030年目標の比較 117
図4-23｜残余カーボンバジェットに基づく排出削減パスと本アウトルックの比較 118

図5-1｜ 世界のエネルギー関連投資 120
図5-2｜ エネルギー関連投資[レファレンスシナリオ、2022年～2050年累積] 121
図5-3｜ 発電分野の投資[レファレンスシナリオ] 122
図5-4｜ 発電分野の投資[技術進展シナリオ] 122
図5-5｜ 天然ガス分野の投資 123
図5-6｜ 石油分野の投資 124
図5-7｜ 世界の省エネルギーの投資 125
図6-1｜LNG生産部門の投資必要容量 129
図7-1｜CCSを用いた排出削減策とネガティブエミッション(炭素除去)技術 136
図7-2｜ カーボンニュートラル実現におけるネガティブエミッション技術の役割 137
図7-3｜IPCC報告書における排出削減パスとNETs（炭素除去)の導入量のイメージ 138
図7-4｜ 各種NETsによるCO_2の固定期間 144
図8-1｜ASEANの1人当たりGDPと一次エネルギー消費[2021年] 155
図8-2｜ASEANの経済成長の実績と見通し 157
図8-3｜ASEANの1人当たりGDPと最終エネルギー消費のGDP原単位 158
図8-4｜ASEANとインドネシアの実質GDPと最終エネルギー消費[2050年] 158
図8-5｜ASEANとインドネシアの一次エネルギー供給 159
図8-6｜ASEANとインドネシアの電化率と再生可能エネルギー比率[2050年] 160
図8-7｜ASEANのCO_2削減コスト(GDP比) 164
図8-8｜ASEANの発電電力量 165
図8-9｜ タイのkWh当たり発電コスト[2050年] 165
図8-10｜ASEANのCO_2削減コスト(GDP比) 167
図8-11｜ASEANの最終エネルギー消費 168
図8-12｜ASEANにおける燃料の経済性[2050年] 169

表1-1｜ 国際エネルギー価格想定 15
表2-1｜ 残余カーボンバジェット 47
表3-1｜ 原油生産[レファレンスシナリオ] 52
表3-2｜ 天然ガス生産[レファレンスシナリオ] 58
表3-3｜ 一般炭生産[レファレンスシナリオ] 66
表3-4｜ 原料炭生産[レファレンスシナリオ] 67
表3-5｜ 主要国・地域における再生可能エネルギー導入目標 81
表4-1｜ 技術の想定例[技術進展シナリオ] 86

表4-2｜ 世界のエネルギー指標 88
表4-3｜ 原油生産[技術進展シナリオ] 109
表4-4｜ 天然ガス生産[技術進展シナリオ] 110
表4-5｜G7大臣会合コミュニケにおける天然ガス関連要点 111
表4-6｜LNG市場安定化への長期的課題 112
表4-7｜ 一般炭生産[技術進展シナリオ] 114
表4-8｜ 原料炭生産[技術進展シナリオ] 114
表6-1｜LNG生産プロジェクトのコスト傾向 132
表7-1｜ 代表的なNETsの特徴 142
表7-2｜ 日本国内でNETsの導入推進のために検討されている政策オプション 146
表7-3｜ 国内外の企業によるNETsの導入 147
表7-4｜ 削減クレジットと除去クレジット 150
表8-1｜ASEAN諸国のカーボンニュートラルおよびネットゼロエミッションに関する宣言 154
表8-2｜ASEANのカーボンニュートラル達成にかかるケース設定 162
表8-3｜ ネットゼロ目標年、エネルギー起源CO_2排出量の設定 163

付表1｜ 地域区分 173
付表2｜ 主要エネルギー・経済指標 176
付表3｜ 人口 177
付表4｜GDP 178
付表5｜1人当たりGDP 179
付表6｜ 国際エネルギー価格 180
付表7｜ 一次エネルギー消費[レファレンスシナリオ] 181
付表8｜ 一次エネルギー消費、石炭[レファレンスシナリオ] 182
付表9｜ 一次エネルギー消費、石油[レファレンスシナリオ] 183
付表10｜ 一次エネルギー消費、天然ガス[レファレンスシナリオ] 184
付表11｜ 最終エネルギー消費[レファレンスシナリオ] 185
付表12｜ 最終エネルギー消費、産業[レファレンスシナリオ] 186
付表13｜ 最終エネルギー消費、運輸[レファレンスシナリオ] 187
付表14｜ 最終エネルギー消費、民生・農業他[レファレンスシナリオ] 188
付表15｜ 最終エネルギー消費、電力[レファレンスシナリオ] 189
付表16｜ 発電電力量[レファレンスシナリオ] 190

付表17｜1人当たり一次エネルギー消費[レファレンスシナリオ] 191
付表18｜GDP当たり一次エネルギー消費[レファレンスシナリオ] 192
付表19｜ エネルギー起源二酸化炭素排出[レファレンスシナリオ] 193
付表20｜ 世界[レファレンスシナリオ] 194
付表21｜ アジア[レファレンスシナリオ] 195
付表22｜ 中国[レファレンスシナリオ] 196
付表23｜ インド[レファレンスシナリオ] 197
付表24｜ 日本[レファレンスシナリオ] 198
付表25｜ 韓国[レファレンスシナリオ] 199
付表26｜ 台湾[レファレンスシナリオ] 200
付表27｜ASEAN [レファレンスシナリオ] 201
付表28｜ インドネシア[レファレンスシナリオ] 202
付表29｜ マレーシア[レファレンスシナリオ] 203
付表30｜ ミャンマー[レファレンスシナリオ] 204
付表31｜ フィリピン[レファレンスシナリオ] 205
付表32｜ タイ[レファレンスシナリオ] 206
付表33｜ ベトナム[レファレンスシナリオ] 207
付表34｜ 北米[レファレンスシナリオ] 208
付表35｜ 米国[レファレンスシナリオ] 209
付表36｜ 中南米[レファレンスシナリオ] 210
付表37｜ 欧州先進国[レファレンスシナリオ] 211
付表38｜ 他欧州/ユーラシア[レファレンスシナリオ] 212
付表39｜ 欧州連合[レファレンスシナリオ] 213
付表40｜ アフリカ[レファレンスシナリオ] 214
付表41｜ 中東[レファレンスシナリオ] 215
付表42｜ オセアニア[レファレンスシナリオ] 216
付表43｜ 先進国[レファレンスシナリオ] 217
付表44｜ 新興・途上国[レファレンスシナリオ] 218
付表45｜ 一次エネルギー消費[技術進展シナリオ] 219
付表46｜ 一次エネルギー消費、石炭[技術進展シナリオ] 220
付表47｜ 一次エネルギー消費、石油[技術進展シナリオ] 221
付表48｜ 一次エネルギー消費、天然ガス[技術進展シナリオ] 222
付表49｜ 最終エネルギー消費[技術進展シナリオ] 223
付表50｜ 最終エネルギー消費、産業[技術進展シナリオ] 224

付表51｜ 最終エネルギー消費、運輸[技術進展シナリオ]..... 225
付表52｜ 最終エネルギー消費、民生・農業他[技術進展シナリオ]..... 226
付表53｜ 最終エネルギー消費、電力[技術進展シナリオ]..... 227
付表54｜ 発電電力量[技術進展シナリオ]..... 228
付表55｜1人当たり一次エネルギー消費[技術進展シナリオ]..... 229
付表56｜GDP当たり一次エネルギー消費[技術進展シナリオ]..... 230
付表57｜ エネルギー起源二酸化炭素排出[技術進展シナリオ]..... 231
付表58｜ 世界[技術進展シナリオ]..... 232
付表59｜ アジア[技術進展シナリオ]..... 233
付表60｜ 中国[技術進展シナリオ]..... 234
付表61｜ インド[技術進展シナリオ]..... 235
付表62｜ 日本[技術進展シナリオ]..... 236
付表63｜ 韓国[技術進展シナリオ]..... 237
付表64｜ 台湾[技術進展シナリオ]..... 238
付表65｜ASEAN [技術進展シナリオ]..... 239
付表66｜ インドネシア[技術進展シナリオ]..... 240
付表67｜ マレーシア[技術進展シナリオ]..... 241
付表68｜ ミャンマー[技術進展シナリオ]..... 242
付表69｜ フィリピン[技術進展シナリオ]..... 243
付表70｜ タイ[技術進展シナリオ]..... 244
付表71｜ ベトナム[技術進展シナリオ]..... 245
付表72｜ 北米[技術進展シナリオ]..... 246
付表73｜ 米国[技術進展シナリオ]..... 247
付表74｜ 中南米[技術進展シナリオ]..... 248
付表75｜ 欧州先進国[技術進展シナリオ]..... 249
付表76｜ 他欧州/ユーラシア[技術進展シナリオ]..... 250
付表77｜ 欧州連合[技術進展シナリオ]..... 251
付表78｜ アフリカ[技術進展シナリオ]..... 252
付表79｜ 中東[技術進展シナリオ]..... 253
付表80｜ オセアニア[技術進展シナリオ]..... 254
付表81｜ 先進国[技術進展シナリオ]..... 255
付表82｜ 新興・途上国[技術進展シナリオ]..... 256

Box 2-1｜石油危機50年 24
Box 4-1｜自動車の電動化と合成燃料 89
Box 8-1｜旺盛な経済成長と両立するゼロエミッションへの道筋とは?: ASEANの脱炭素化に向けたIEAとERIA/IEEJのシナリオの比較 156

要旨

エネルギー需給展望

- 過去のすう勢的な変化が継続する「レファレンスシナリオ」では、2050年のエネルギー消費は2021年の1.2倍に増加する。これまで世界の需要増加をけん引していた中国のエネルギー需要は2030年ごろにピークを迎え、インド、東南アジア諸国連合(ASEAN)、中東、アフリカが需要増加の中心になる。
- エネルギー安定供給や気候変動対策のためにエネルギー・環境技術の導入が強化される「技術進展シナリオ」のエネルギー消費は2030年頃に頭打ちとなり、2050年の消費量はおおむね2021年の0.9倍程度となる。なお、この見通しは、技術や政策動向を前提条件として試算したフォアキャスト型の将来見通しであり、将来の「着地点」を定めてそこに至る道筋を描くバックキャスト型の分析とは対照をなすものである。
- レファレンスシナリオでは世界の二酸化炭素(CO_2)排出量が2050年までほぼ横ばい、技術進展シナリオでは14.7 Gt (2021年比56%減)となり、カーボンニュートラル実現には道半ばである。さらなる削減のためには、非電力部門や新興・途上国における排出削減が難題として残る。
- 発電量は、経済成長や電化に加えて、グリーン水素用需要の押し上げなどにより、足元の2倍程度に増加する。とりわけ変動性再生可能エネルギーの拡大は当面続く見込みであることから、電力貯蔵や火力(二酸化炭素回収・貯留[CCS]付/水素等)による需給安定対策がきわめて重要な課題となる。
- 石油、天然ガスはレファレンスシナリオでは増加するが、技術進展シナリオではそれぞれ2020年代、2030年代から減少に転じる。それでも、化石燃料はレファレンスシナリオで一次エネルギー消費(2050年)の73%、技術進展シナリオでも53%を占める。効率改善やCCS等の排出削減に向けた取り組みとともに、安定供給の確保は引き続き重要事項となる。

LNG・天然ガスの役割発揮に向けて

LNG・天然ガス安定供給に必要な新規投資

- 天然ガス生産部門の必要累積投資額(2022年～2050年)について、レファレンスシナリオ: 9兆8,000億ドル、技術進展シナリオ: 7兆ドルとしている。2050年までの見通し期間

中に、液化天然ガス(LNG)生産部門では、新規ガス田投資、原料ガス田生産減少分補完、設備改修など8 Mt/年～18 Mt/年の投資が必要となる。

- 既建設決定分の実現にも不確実性があり、実現しない、遅延などの可能性にも留意すべきである。

LNG生産プロジェクトのコスト傾向・日本向けLNG調達の課題

- 2021年以降、パンデミックによる供給チェーン支障に伴い、LNG生産プロジェクト建設の遅延・コスト上昇が発生している。ロシア・ウクライナ戦争に伴う全般的なコストプレッシャーは拡大している。投資決定後のLNG生産プロジェクトのホスト国による不安定要因による遅延も発生している。
- 同時に、コスト増加を抑制するため、小・中規模液化設備の技術革新、モジュラー方式(同一設計の繰り返し適用)拡大も試みられている。
- 日本の2030年代以降の必要LNG調達の確保に向けて、共同購入・融通など調達提携、日本の企業の準ポートフォリオプレイヤー化などやこれらでの官民協力・政策的支援が重要となる。

G7・LNG産消会議で示されたLNG役割明確化・セキュリティ強化の必要性

- 主要7か国(G7)で天然ガス・LNGの重要性が認知されたが、エネルギー転換において認められる「Abatedな」LNGの基準確立が重要となる。メタン・温室効果ガス(GHG)排出測定・実測強化と国際基準化の重要性、排出削減対策における国際協力の重要性が2023年、G7大臣会合・LNG産消会議でも強調された。
- LNG産消会議で示されたガス・LNGセキュリティ強化に向けた国際エネルギー機関(IEA)の役割強化の具体化も注目される。
- さらに、ガス・LNGセキュリティ強化に向けては、政府間レベルのバイラテラル協議によるLNG生産国との緊密な対話、消費国間の調達協力、緊急時融通協力促進が重要になる。

LNG市場長期安定化・発展への課題

- 国際LNG市場で長期契約での引き取りコミットメント増加により、米国を中心にLNG投資・建設活動が前進している。一方、過去投資決定したプロジェクトも先行き不透明化、遅延があり、長期契約も含めた適切な方法の組み合わせによるLNG調達とLNG供給力確保に予断は許されない。
- LNG生産プロジェクトの資金ニーズに対応する多様な金融手段の開発が必要である。

- 途上国市場も含めた買主側の柔軟性要求、買主の裾野拡大を踏まえて、共同調達を含む国内外買主間の連携の構築が有効となる。このことは、長期契約を含めた日本のLNG必要量安定確保にも貢献する。

重要性高まるネガティブエミッション技術

- 大気中のGHGを回収し長期間にわたって固定するネガティブエミッション技術（NETs）に対する関心が、近年国内外で高まってきている。産業部門や長距離輸送部門を中心に今後も化石燃料の利用が残り続けることが確実視されるなか、NETsの貢献なしにカーボンニュートラルを実現することはきわめて困難である。各国は、長期的なカーボンニュートラルに向けた排出削減計画のなかにNETsの活用をより明確かつ具体的に位置づけるべきである。
- NETsには多種多様な技術が存在するが、商用化には時間がかかるものが多い。個々のNETsについて、各国は、自国内における炭素除去量のポテンシャルの把握、正確かつ透明性の高い除去量の測定手法の検討、除去コストの削減、各NETsの導入に必要なバリューチェーンの確立、周辺生態系への影響評価などに早期に着手する必要がある。
- 本格的なNETsの導入には国際協力も欠かせない。まずは、NETsがカーボンニュートラルの実現に不可欠な手段であることに対する国際的な認識を広く共有すること、そして国際的に共有される測定、報告および検証（MRV）制度や炭素除去に対する認証制度と除去クレジット制度の確立に向けた準備作業を加速させる必要がある。あわせて、国境を越えた除去プロジェクトと「国が決定する貢献」（NDC）へのその反映を実現するための仕組み作りに向けて、今後政府間レベルでの協議を深めてゆくことが重要である。

ASEANのエネルギートランジションに向けた道筋

- 経済発展の著しいASEANは今後の世界のエネルギー需要増加の中心であり、この地域における排出削減が世界全体の脱炭素化の成否に影響する。他方、経済成長とカーボンニュートラルの両立のためにはコスト抑制が必須で、経済合理的なエネルギーミックスを追求すべきである。
- 今後の経済成長やエネルギー効率改善をどうみるかにより、将来のエネルギー需要の予測には大きな差が生じる。エネルギー需要の総量によって目指すべきエネルギーミックスは大きく変わるため、再生可能エネルギーの「比率」に注目するだけでは十分でない。

- 再生可能エネルギーの発電コストは、ゼロエミッション電源のなかで低位になると見込まれ、有望な電源となる。ただし適地を越えて普及を図ればコスト上昇の可能性があること、変動性再生可能エネルギーが電源の大部分を占める場合は需給安定化のための統合コストが増加することに留意を要する。需要や気象条件、土地制約に応じて最適な数量を見極める必要がある。

- 天然ガスは主に産業の排出削減(特に電化の難しい高温の熱需要)および電力の需給調整で役割を果たす。特にゼロエミッションに向かう転換期の排出削減において経済合理的な燃料となりうる。天然ガス市場安定とそのための供給能力拡大はエネルギー転換コスト低減に貢献する。

第Ⅰ部

エネルギー需給展望

1. 見通しの枠組み

1.1 モデルの概要およびシナリオ設定

世界のエネルギー需給を2050年までにわたり定量的に評価するため、計量経済的手法を中核とした定量分析モデルを用いてエネルギー需給見通しを作成した。モデルのベースとなるのは国際エネルギー機関(IEA)のエネルギー・バランス表であるが、その他にも各種経済指標や人口、自動車保有台数、素材生産量等、エネルギーに関連するデータを収集し、モデル化を行った。世界全体を図1-1に示す42地域[1]と国際バンカーに分割し、それぞれを対象として詳細な需給モデルを構築したうえで分析した。

図1-1 | 地域区分

出所: [地図] www.craftmap.box-i.net

試算にあたっては、以下の2つの中核的なシナリオを想定した。

レファレンスシナリオ

本研究における中核的なシナリオである。このシナリオでは過去のすう勢および現在までのエネルギー・環境に係る政策・技術等に従って将来の見通しが作成される。ここでは今後、過去の延長上に見込まれる政策等の効果を織り込む――すなわち、政策・技術等の現状固定

[1] 詳細な定義は付表1を参照

を意味するものではない。一方で、すう勢を逸脱した急進的な省エネルギー・低炭素化政策は打ち出されないものと想定している。

技術進展シナリオ

このシナリオでは、世界のすべての国において、エネルギー安定供給の確保、気候変動対策、大気汚染対策などの強化に資するエネルギー・環境政策等が強力に実施され、それが最大限奏功することを想定している。具体的には、図1-2に示すエネルギー需要側・供給側の先進的技術が世界各国で現実社会での適用機会・受容性を踏まえて最大限に導入されると想定している。

図1-2 | 導入技術の想定例[技術進展シナリオ]

環境規制や国家目標の導入・強化

国家戦略・目標設定、省エネ基準、燃費基準、低炭素燃料基準、省エネ・環境ラベリング制度、再生可能エネルギー導入基準、固定価格買取制度、補助金・助成制度、環境税、排出量取引 等

技術開発強化や国際的な技術協力の推進

研究開発投資の拡大、国際的な省エネ技術協力(鉄鋼、セメント分野等)や省エネ基準制度の構築支援等

【需要サイドの技術】

■産業部門

最高効率水準の産業プロセス技術(鉄鋼、セメント、紙パルプ等)が世界的に普及、水素還元製鉄技術の導入

■運輸部門

クリーンエネルギー自動車(低燃費車、ハイブリッド車、プラグインハイブリッド車、電気自動車、水素燃料電池車)の普及拡大

■民生部門

省エネ家電(冷蔵庫、テレビ等)、高効率給湯器(ヒートポンプ等)、高効率空調機器、高効率照明の普及拡大、断熱強化

【供給サイドの技術】

■再生可能エネルギー

風力発電、太陽光発電、太陽熱発電、バイオマス発電、海洋発電、バイオ燃料の普及拡大

■原子力導入促進

原子力発電建設加速、設備利用率向上

■高効率火力発電技術

SC、USC、A-USC、石炭IGCC、天然ガスMACC IIの普及拡大

■水素由来の技術

水素・アンモニアを燃料とした火力発電、水素を利用した合成メタン・合成燃料

■次世代送配電技術

低損失型の変電設備、電圧調整装置

■二酸化炭素貯留・利活用技術(CCS・CCUS)

注: SCは超臨界圧火力発電、USCは超々臨界圧火力発電、A-USCは先進超々臨界圧火力発電、IGCCは石炭ガス化複合発電、MACCは1,600°C級コンバインドサイクル発電

1.2 主要前提

エネルギー需給構造は、上記のエネルギー利用技術、エネルギー・環境政策のみならず、人口や経済成長等の社会・経済要因、エネルギー価格等にも大きく左右されうる。このうち、経済成長、人口については、レファレンスシナリオ、技術進展シナリオ共通の想定を置いている。

経済情勢

最近の情勢

2022年は、新型コロナウイルス感染症(COVID-19)による打撃から回復し、世界経済の正常化して需給のタイト化が進んだ。一方、2022年2月に始まったロシアのウクライナ侵攻が長期化し、エネルギーや食糧の供給懸念が生じた。これらにより世界的な物価高が生じ、解決のための金融引き締めが世界全体で急速に進展して、経済の下押し要因となった。他方で、COVID-19からの回復による経済活動の再開に伴う旅行・飲食等のサービス消費や、設備投資の増加、雇用の安定化、感染症対策等により形成された貯蓄超過や物価高騰対策等により、底堅い動きもみられた。

米国では、連邦準備制度理事会(FRB)による物価安定に向けた積極的な金融緩和に伴い、個人消費が持ち直したことで、経済は緩やかな回復基調を続けている。COVID-19に起因する供給側混乱による大きな需給ギャップ(インフレギャップ)、エネルギー価格の上昇などにより発生したインフレーションへの対策として、FRBは2022年3月に0金利政策を解除して金融引き締めに転じ、10会合連続の利上げを行った。2023年6月会合にていったん利上げは据え置かれたものの、足元のインフレ状況を踏まえて7月会合で再び0.25%の利上げが決定された。これにより政策金利は5.25%から5.5%の幅となり、2001年以来22年ぶりの高水準となった。高インフレ抑制のための利上げではあるが、景気を後退させてしまう懸念もある。

中国では、2022年5月の上海ロックダウン解除後は持ち直しの動きがあり、地方特別債の発行加速によるインフラ投資がそれをけん引した。他方、不動産企業の債務問題が長期化するなか、不動産開発投資はマイナス幅が拡大し、国内総生産(GDP)の3割相当の不動産関連部門は低調となった。11月の感染再拡大を受け、サービス業を筆頭に需要減少が発生したことに加え、防疫措置の緩和・検査体制の縮小が進み、経済への影響が見通せない状況にある。また、COVID-19により少子化に拍車が掛かり、国際機関は人口見通しを下方修正した。中国のGDPの長期的な伸びは従来予測よりも低くなる可能性もある。

ヨーロッパでは、ロシアのウクライナ侵攻による影響に左右されつつも、個人消費が押し上げに寄与して緩やかな回復を続けている。ロシアへの制裁としての同国産化石燃料禁輸措置による燃料価格高騰や食料品価格の高騰により、高水準のインフレが継続している。そうし

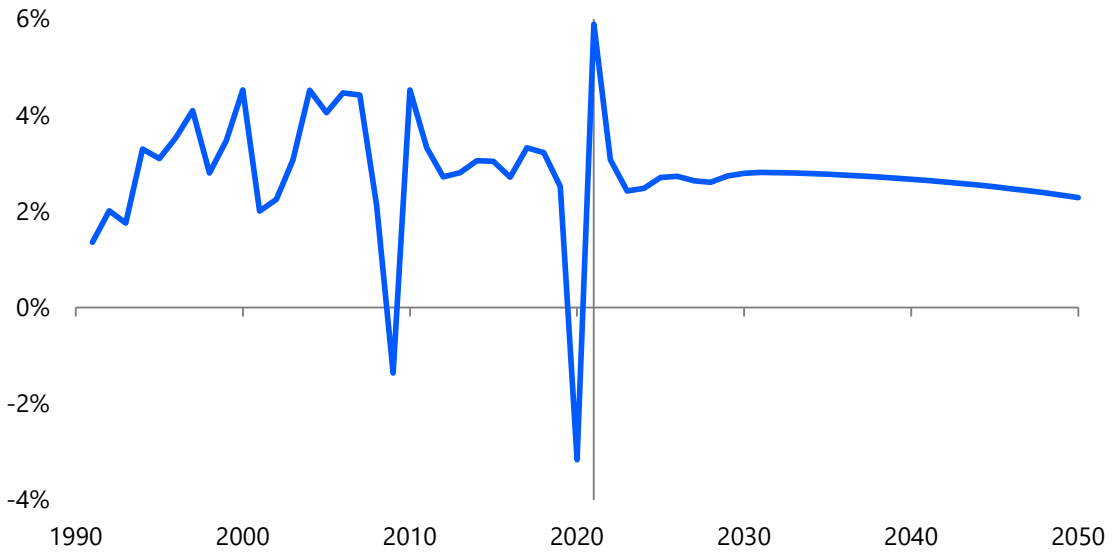
たなかでも、2022年の暖冬による需給緩和により生じたエネルギー価格の低下やそれに伴う供給制約の緩和、雇用の改善が、緩やかな成長の継続に寄与した。一方、依然としてエネルギー価格高騰を背景とした物価上昇圧力の高まりがあり、これを抑制するための速いテンポでの金融引き締めの影響もあるため、先行きは不透明な状況にある。

将来の想定

経済成長率については、各国政府の経済開発計画や各国シンクタンク等の見通しも参考にしながら、以下のとおりの想定を置く:

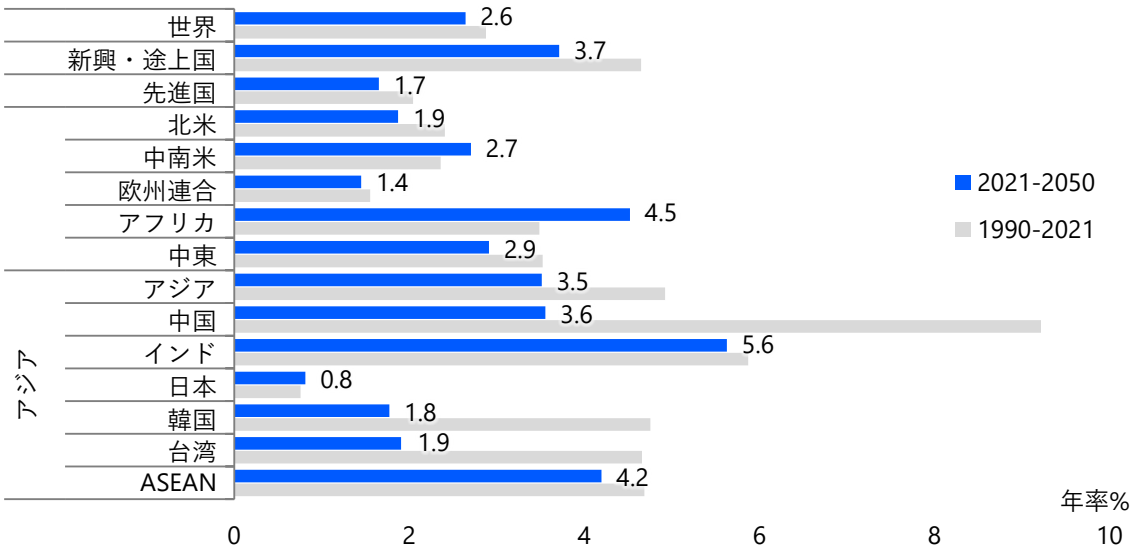
COVID-19は、2024年以降は大規模な感染の再拡大や、それに伴う厳しい都市封鎖は発生しないと見込む。また、ロシアによるウクライナ侵攻の長期化は、局地的・短期的な影響はあるものの、世界経済に対しては甚大な影響は及ぼさない。2024年は、2023年のプラス成長が継続し、2.5%成長となる。2024年以降の経済成長率は2%台後半から2%台前半へと徐々に低下してゆく(図1-3)。COVID-19やロシアのウクライナ侵攻による世界経済への影響は短期的であり、中長期的には多くの国で経済は成長してゆく。ただし、そのためには生産性の向上、技術イノベーション、適切な財政・金融・分配政策、国際協調行動、安全保障の確保などが欠かせない。

図1-3 | 世界の経済成長率



先進国はこれまでとほぼ同水準での成長が続く。アジア、アフリカなどの新興・途上国は高速成長を続ける。特にインドでは、見通し期間において、世界で最も高い年率5.6%で成長する。中国は、減速傾向が続くものの年率3.6%の成長となる。アフリカは年率4.5%と地域別では最も成長が加速する。これらから、見通し期間における世界の経済成長率を年率2.6%とする(図1-4)。

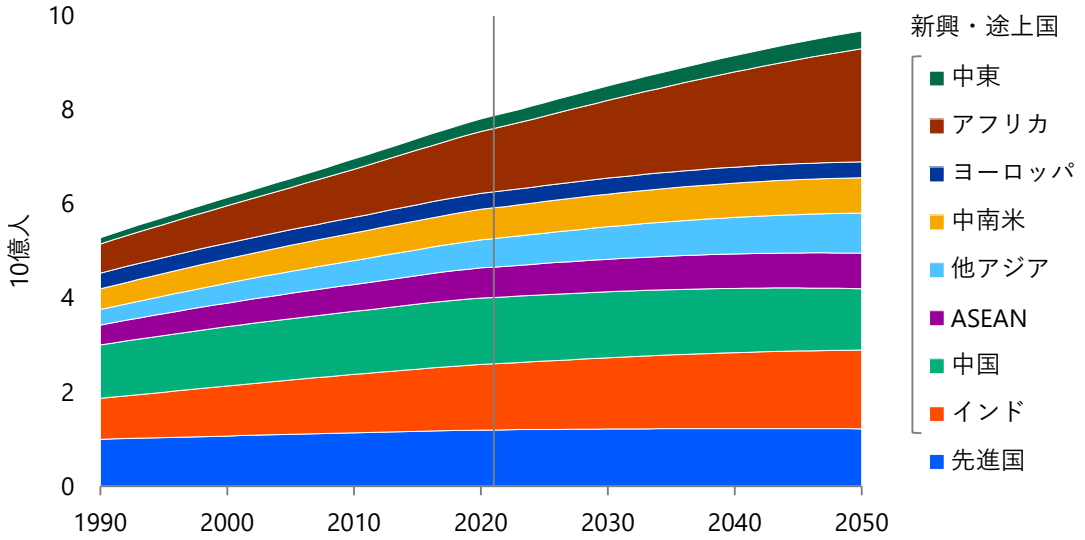
図1-4 | 主要国・地域の経済成長率



人口

人口の想定においては、国際連合の“World Population Prospects”等を参照した。多くの先進国においては、1人の女性が一生で産む子供の平均数である合計特殊出生率が2を割り込んでいる。足元ではCOVID-19の感染拡大やそれに伴う世界経済の低迷によるマイナス影響もあり、人口減少圧力が増大する。新興・途上国においても所得水準の上昇や女性の社会進出に伴って出生率は低下傾向にある。加えて、医療技術の発展と食料事情・衛生状態の改善により死亡率も低下しており、人口増は続くものの、そのペースは鈍化する。世界の人口は今後も年平均0.7%程度の増加基調で推移する。その結果、1990年に53億人、2021年に79億人であった世界の人口は、2050年には97億人に達する(図1-5)。

図1-5 | 人口



先進国のうち、北米、特に米国において、国外からの人口流入が多く、また出生率も高いことから、人口が比較的堅調に増加する。しかし、そのテンポは緩やかなものにとどまり、世界に占める割合は微減する。欧州連合(EU)の人口は2030年代まで非常に緩やかに増加し、その後減少に転じる。アジアでは、日本は2011年より減少に転じており、2050年には現在から2割減少し、1億500万人となる。韓国も2021年から減少に転じており、2050年には4,600万人を割り込む。

他方、新興・途上国では、アフリカやインドなどがけん引することで人口が引き続き大きく増加する。アフリカは、出生率は徐々に低下するものの死亡率も減少するため、2050年には現在の倍近い24億500万人となる。中東は、政府が人口を増やすために資金面で優遇策を採っていること、域外からの流入が増加することなどから、4割増加する。アジアでは、インドは高い増加率を維持し、まもなく中国を抜き、2050年には世界最大の16億7,400万人に達する。現在、最大の人口を擁する中国は、2021年にピークを打ってすでに減少が始まっており、2050年に向けて13億人の水準まで減少する。東南アジア諸国連合(ASEAN)は、2050年までに2割増加して、7億5,000万人に達する。

国際エネルギー価格

最近の情勢

2022年2月のロシアによるウクライナ侵攻の影響で化石燃料価格が高騰し、価格ボラティリティも高まった。ロシア産化石燃料への依存度が高かったヨーロッパを中心に、多くの輸入国での輸入価格が上昇し、インフレ率上昇の一因となった。インフレ率抑制のため米国やEU等では急速な利上げが実施され、景気減速・後退懸念が高まったことで、需要先行きが

不透明になった。また、IEA加盟国による大量の石油備蓄放出、暖冬、ヨーロッパでの天然ガス需給対策等も奏功し、2022年第4四半期以降は国際エネルギー価格も小康状態にある。原油価格は、ウクライナ戦争勃発後の2022年3月にBrent価格で$130/bbl近くにまで高騰し、同年6月までボラティリティが高い状態が継続した。しかし、供給途絶懸念が低下し、需要減少懸念が高まったことでBrent価格は$80/bbl前後にまで低下した。石油輸出機構(OPEC)プラスは2022年11月から日量2百万bbl (Mb/d)もの減産に転じ、2023年に入っても段階的に減産を強化している。しかし、主要な需要地域での景気減速・後退懸念もあり、2023年のBrent価格はおおむね$70/bbl～$100/bblというレンジで推移している(図1-6)。

図1-6 | Brent原油価格

出所: インターコンチネンタル取引所

天然ガス価格については、スポット液化天然ガス(LNG)・スポットガス価格が、2022年12月後半より下降傾向となり、アジアLNG市場のなかで原油連動長期契約LNG価格の優位性が相対的に薄れているが、こうした状況も短期間で変動する可能性がある。2022年平均のアジアのスポットLNG価格$35/MBtu[2]、ヨーロッパスポットガス価格(Title Transfer Facility [TTF]、翌月渡し) $43/MBtuから、2023年上半期平均はいずれも$14/MBtu前後となった。なお2022年TTFがアジアスポットLNG価格に対して常態的にプレミアムで取り引きされたことが、グローバル市場におけるLNGのヨーロッパ向けシフトにつながった。

これらスポットLNG、スポットガス価格(ヨーロッパ)は、2020年の低迷後、2021年後半以降、高騰し、変動激化が加速した。このなかで、2021年8月から2023年4月はスポットLNG・ガス価格が熱量ベースで原油価格を上回った。

[2] 英国熱量単位(British Thermal Unit)

2023年4月以降は、ヨーロッパ天然ガス危機感の緩和、直近のLNG供給堅調見通しにより、先行き見通しにも緩和傾向（価格低下の見通し）が観察される。しかしロシア産パイプラインガス供給の一段の減少、中国のLNG引き取り回復状況、予想外のLNG生産トラブルがあれば、急速に需給バランスが反転する可能性はある。例として、6月上旬、ノルウェーLNG生産設備トラブルで、ヨーロッパスポットガス価格に若干の上昇傾向が発生した。

日本平均LNG輸入価格は、2022年6月までの日本平均原油価格の上昇に伴って、続く18か月間はおおむね一貫して上昇し、2022年9月には過去最高の$22.73/MBtuを記録した。その後、原油価格の2022年7月以降の下降傾向も一因として、2023年6月に$12.05/MBtuに下落している。

一般炭の価格は、COVID-19からの経済回復により需要が急増したことに加え、ロシアのウクライナへの軍事侵攻により、EUや日本等がロシア炭から他ソースへ切り替える動きが強まった影響や、産炭国における悪天候等の生産制約が生じたことで、2022年3月～8月にかけて$400/tを超える水準まで価格が急騰し、過去最高値を大幅に更新した。その後、中国やインドなどがロシア産石炭を積極輸入し、それらの国が従来輸入していた南アフリカ、コロンビア、米国等の一般炭がヨーロッパに供給される「再バランス化」の進展や、2022年が暖冬であったことによる需給の緩みもあって、価格は大幅に下落し、2023年7月時点では$130/t台で推移している。2022年の高騰時と比較すると大幅に低下したものの、新型コロナウイルス禍前と比較すると依然として高水準のままとなっている。加えて、脱石炭の潮流下で石炭投資が行われなくなりつつあることで供給力の柔軟性が低下しており、石炭市場においては構造的な不安定さが顕在化しつつある。

レファレンスシナリオ

レファレンスシナリオでの石油需要は、インドやASEAN等、アジアの新興・途上国にけん引され増加を続ける。供給側では、中長期的にはOPECなどへ依存度が高まる一方、油田開発規制強化・投資意欲減退から非OPECでの生産量は伸び悩み、需給を均衡させる原油価格は中長期的に上昇する。実質価格（2022年価格）は、2030年に$85/bbl、2050年には$95/bblと想定する（表1-1）。想定インフレ率2%/年程度の下での名目価格は、2030年に$97/bbl、2050年には$140/bblとなる。

表1-1 | 国際エネルギー価格想定

実質価格			レファレンス			技術進展		
		2022	2030	2040	2050	2030	2040	2050
原油	$2022/bbl	101	85	90	95	80	75	70
天然ガス								
日本	$2022/MBtu	17.3	9.5	9.7	9.4	9.0	8.8	8.1
ヨーロッパ(英国)	$2022/MBtu	37.5	10.1	10.6	10.4	9.9	9.9	9.3
米国	$2022/MBtu	6.4	3.0	4.0	4.0	3.4	4.1	4.0
一般炭	$2022/t	318	110	115	115	105	100	90

名目価格			レファレンス			技術進展		
		2022	2030	2040	2050	2030	2040	2050
原油	$/bbl	101	97	118	140	91	98	103
天然ガス								
日本	$/MBtu	17.3	10.8	12.7	13.9	10.3	11.5	12.0
ヨーロッパ(英国)	$/MBtu	37.5	11.4	13.8	15.3	11.3	13.0	13.8
米国	$/MBtu	6.4	3.4	5.3	5.9	3.9	5.4	5.9
一般炭	$/t	318	125	151	170	119	131	133

注: インフレ率を年率2%程度として算出。

天然ガス価格のうち日本の価格に関して、本価格想定においては、日本の輸入価格のうち、原油価格影響を受ける部分の原油に対する係数は、原油消費量の減少傾向に一致して下げる。今後のLNG投資回復を織り込み安定化傾向となり、2040年以降はほぼ横ばいで推移する。なお、米国本土のLNG輸出の増加・定常化により、調達先の多様化や仕向地制限条項の撤廃・緩和に向かうことが期待され、原油価格とは次第にかい離してゆくことを織り込んでいる。またこの原油価格影響を受ける比率を約70%に設定する。また日本の輸入価格のうち、ガス価格連動部分は、比率を残り30%としたうえ、米国ヘンリーハブ価格に一定の割り増し係数を乗じたうえ、一定のマージンを加える。

米国ヘンリーハブは、米国エネルギー情報局(EIA)による長期見通し2023年版のレファレンスシナリオを参考にしつつ設定している。米国は、豊富な供給力を背景に今後も他地域と比較して廉価で推移する。足元の開発状況も踏まえ、2030年に向けては下落する。その後は、開発・生産コストの相対的上昇と域外輸出も含めた需要の増加により、2040年に向けて上昇、以降は横ばいとなる。ヨーロッパの価格のうち、原油価格影響を受ける部分の係数は、原油消費量の減少傾向に一致して下げる。従来ヨーロッパのガス市場で安定価格を支えていたロシア産パイプラインガスからのフェーズアウトを反映して、高めとなる。

今後の新規LNGプロジェクト、既存LNGプロジェクトに順次、二酸化炭素回収・貯留(CCS)、電化が組み込まれてゆく想定だが、これによる投資コスト増加、これによる価格上乗せ・プレミアムは、本価格想定には織り込まない。すでに、クリーン性で差別化したLNGへのプレミアムのポテンシャル議論も浮上する一方で、温室効果ガス(GHG)対策追加コストを価格に織り込まないことを明言している生産者、プレミアム化を懸念する消費者も存在する。

石炭価格(オーストラリアニューカッスル港出し一般炭本船渡し[FOB]価格)は、2022年には主要国によるロシア産石炭の禁輸措置などにより記録的な高値を付けているものの、世界的な供給不安はすでに足元でも緩みつつあり、価格も落ち着きをみせる。以降は、世界的なカーボンニュートラルの動きもあって需要が減少するなかでも、新規投資が行われなくなることで需給が段々とタイト化し、実質価格(2022年価格)は、2050年には$115/tとなる。インドやASEAN等のアジア諸国において発電用需要が増加する一方で、供給サイドでは環境規制の強化、脱炭素潮流により石炭の生産能力拡大は、特に先進国において今後ほとんど行われなくなると見込まれる。これにより、季節要因や需給バランスの崩れによる短期的な変動のリスクが高まることが懸念される。

技術進展シナリオ

技術進展シナリオにおいては、省エネルギーや原子力、再生可能エネルギー、水素などへのエネルギー転換が進められることから、化石燃料需要が減少する。結果、化石燃料の価格は全般としてレファレンスシナリオと比較して下落する。ただし、ヨーロッパについては、市場が縮小する天然ガス市場で価格を上昇するものと想定する。エネルギー需要構造の円滑な転換とそれに対応した供給体制が構築されない場合は、価格の乱高下リスクが顕在化することもありうる。

世界の天然ガス需要は、2030年代にピークを迎え、その後漸減することとなる。日本向け価格のうち、原油価格影響を受ける部分の係数は、原油消費量の減少傾向に一致して下げる。また原油消費量の技術進展シナリオでのいっそうの減少傾向に一致してこの原油価格影響を受ける比率をレファレンスシナリオよりも低く50%に設定する。日本のうち、ガス価格連動部分は、残り50%としたうえ、米国ヘンリーハブ価格に一定の割り増し係数を乗じたうえ、一定のマージンを加える。米国ヘンリーハブは、引き続き豊富な供給力を前提としつつ、EIAによる長期見通し2023年版をも参照している。ヨーロッパのうち、原油価格影響を受ける部分の係数は、原油消費量の減少傾向に一致して下げる。また原油消費量の技術進展シナリオでのいっそうの減少傾向に一致してこの原油価格影響を受ける比率を引き下げる。市場が縮小するヨーロッパ天然ガス市場では、レファレンスシナリオよりも高価格となる。

2. エネルギー需要

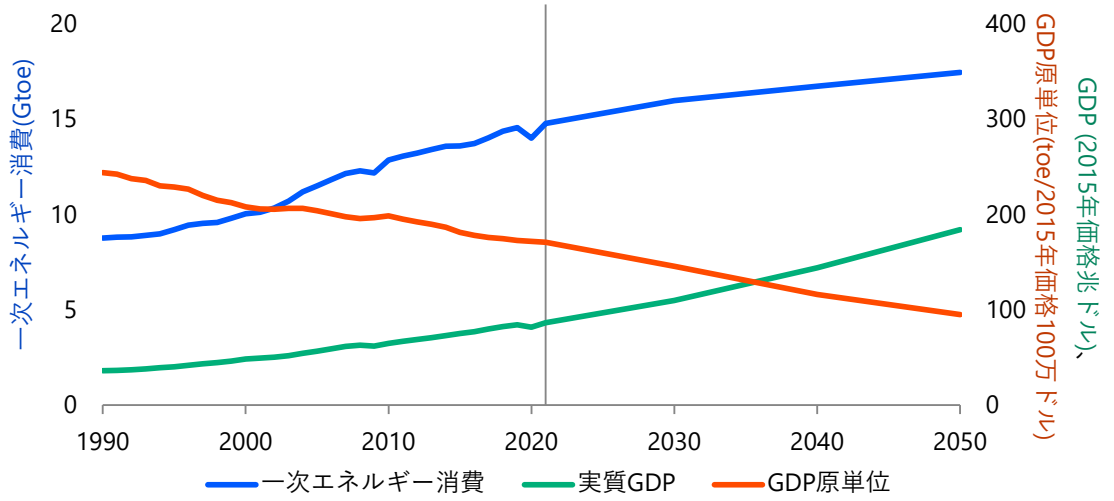
2.1 一次エネルギー消費

気候変動対策やエネルギー安全保障の観点からGDP原単位改善が進むもエネルギー消費は増え続ける

気候変動に関する政府間パネル（IPCC）の第6次評価報告書の第I作業部会報告書では「人間の影響が大気、海洋および陸域を温暖化させてきたことには疑う余地がない」と記されており、これらの対策として、150以上の国が二酸化炭素（CO_2）排出量ネットゼロを目指すカーボンニュートラル政策を2050年など期限付きで発表している。さらに、2022年2月のロシアのウクライナ侵攻に伴い、化石燃料供給や価格の不安定さが露呈し、エネルギー安全保障が脅かされる事態となった。主要7か国（G7）や20か国・地域（G20）ではエネルギー安定供給や価格の安定化の必要性を明記している。各国がエネルギー転換の多様な道筋を確認しながら、クリーン技術を活用してさらなる省エネルギーや脱化石燃料への方向性を示した。

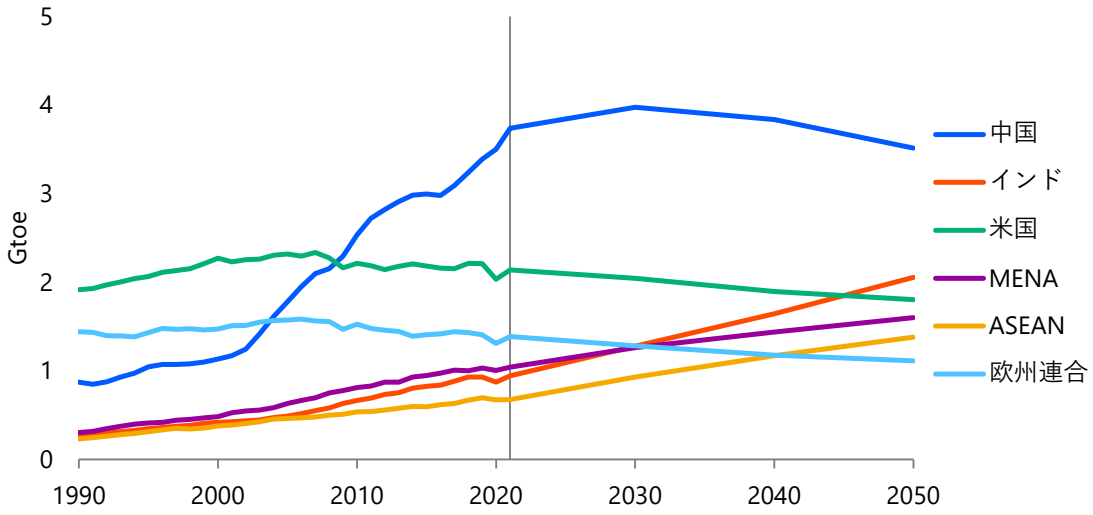
経済、気候変動、エネルギー安全保障対策の観点から世界各国では効率化および省エネルギーが進むことにより、2021年から2050年の世界の国内総生産（GDP）当たり一次エネルギー消費原単位は1990年から2021年よりも速く低下する（図2-1）。しかし、GDPはそれを上回るスピードで成長するため、世界の一次エネルギー消費は増え続ける。1990年から2021年まで年率1.7%であった一次エネルギー消費の伸びは、省エネルギーの進展により2021年から2050年にかけて同0.6%に鈍化するが、2050年の世界のエネルギー消費は2021年から2割増加、石油換算17,449百万t（Mtoe）となる。原子力や再生可能エネルギーなどの非化石燃料の供給増で新たな需要をすべて賄うことは困難である。世界全体での化石燃料の消費削減のためには各国が効率をさらに高める必要がある。

図2-1 | 世界の一次エネルギー消費、実質GDP、対GDPエネルギー消費原単位[レファレンスシナリオ]



地域別では2000年以降、世界の一次エネルギー消費増加をけん引していた中国が、経済成長の鈍化に加え省エネルギーが進むことによって、2020年代前半をピークに減少に転じる。一方、インド、中東・北アフリカ(MENA)、東南アジア諸国連合(ASEAN)は増加の一途をたどる。この3か国・地域の2021年から2050年の消費増分は世界の88%を占め、世界の一次エネルギー消費増大をけん引し、シェアは2021年の18%から2050年には29%まで拡大する(図2-2)。したがって、先進国や中国の減少を加速させることに加え、インド、MENA、ASEANのエネルギー消費を抑制してゆくことの可否が世界全体のエネルギー消費の動向、ひいては気候変動対策やエネルギー安全保障対策の動向を左右する。

図2-2 | 主要国・地域の一次エネルギー消費[レファレンスシナリオ]



インド、MENA、ASEANの一次エネルギー消費は、2021年から2050年にかけてそれぞれ年率2.7%、1.5%、2.5%で増加し、世界シェアは12%、9%、8%となる。これはGDPが2050年まで年率5.6%、3.2%、4.2%の高成長を続けるためである。世界全体のエネルギー消費抑制の観点からは、インド、MENA、ASEANの経済成長とエネルギー消費をデカップリングしてゆくことが、今後の世界的課題となる。

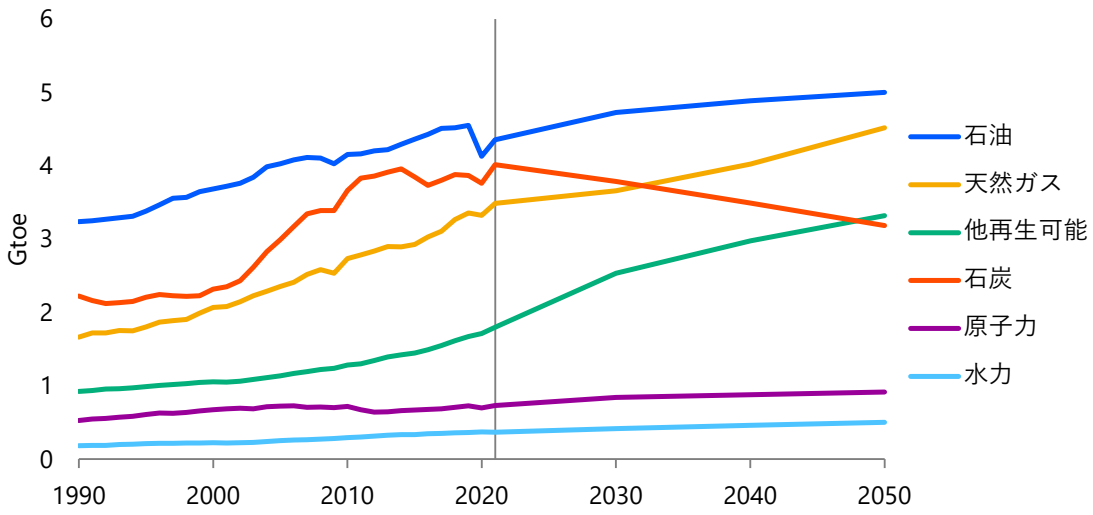
もっとも、エネルギー多消費国・地域である米国、欧州連合(EU)、日本などの先進国や中国においても気候変動対策やエネルギー安全保障対策の観点からエネルギー消費削減を継続することも不可欠である。日米欧、中国の2050年における世界シェアは、GDPで34%、24%、一次エネルギー消費では19%、20%を占め、引き続き大きなシェアを占める。つまり、この日米欧や中国がその消費や投資を通じて世界経済を安定的に成長させる役割を果たしつつ、気候変動やエネルギー安全保障対策で自らのエネルギー消費低減を加速することが世界全体のエネルギー消費抑制には引き続き重要である。

世界のエネルギー消費のさらなる抑制を図るためには、各国の政策に委ねるのみならず、先進国と新興・途上国の間、および新興・途上国同士の間における国際協力の強化も期待される。日米欧等の先進国はこれらの新興・途上国に対し、パリ協定6条の活用や化石燃料供給の不安定さを中心としたエネルギー安全保障の懸念の共有等により、エネルギー消費を抑えつつ経済成長を実現できるような高効率技術の移転や支援などを行う必要があろう。

気候変動やエネルギー安全保障の高まりのなかでも天然ガスを中心に化石燃料消費は伸び続ける

世界的にカーボンニュートラルを目指す動きが出てきたことに加えてロシアのウクライナ侵攻を契機に、ヨーロッパを中心に化石燃料の安定供給への懸念が高まっている。気候変動対策やエネルギー安全保障対策の高まりから、原子力や再生可能エネルギーなどの非化石エネルギーが拡大し続ける(図2-3)。原子力、水力、その他再生可能エネルギー(固形バイオマス除く)のシェアは、2021年の20%から2050年には27%に拡大する。ただし、再生可能エネルギーは2010年代の拡大を2020年代も維持するものの、2030年以降は土地・系統制約から伸びが鈍化する。また、水素やアンモニアはコストに見合う需要が生まれず、導入は進まない。

図2-3 | 世界の一次エネルギー消費[レファレンスシナリオ]



化石燃料消費は、2020年には新型コロナウイルス感染症(COVID-19)の影響で景気悪化や外出自粛等もあり大きく減少した。しかし、COVID-19からの回復以降は増加傾向に戻り、2021年から2050年まで年率0.2%で伸び続ける。天然ガスは化石燃料のなかで最も低炭素であることから、気候変動対策の観点から導入が進むことで最も増加する。2050年の消費量は発電部門での消費を中心に年率0.9%で増加して2021年の1.3倍になる。次に大きく増加するのは石油で、運輸部門(自動車、航空、船舶など)を中心に年率0.5%で拡大する。石炭は、中国を中心に大気汚染や気候変動問題等を背景とした利用抑制の動きがあり、2010年代前半をピークに減少に転じ、2021年以降は2050年まで年率0.8%で減少する。2050年には水力を除く再生可能エネルギーを下回ることになる。

非化石エネルギーの利用が拡大するものの、それ以上に需要全体が増えることから、30年後においても非化石エネルギーだけでエネルギー消費を賄うことは非常に難しい。2050年までのタイムラインにおいては、世界、とりわけ消費が拡大する新興・途上国では、化石燃料と非化石エネルギーの併用が現実的である(図2-4)。

図2-4 | 一次エネルギー消費増減[2021年～2050年、レファレンスシナリオ]

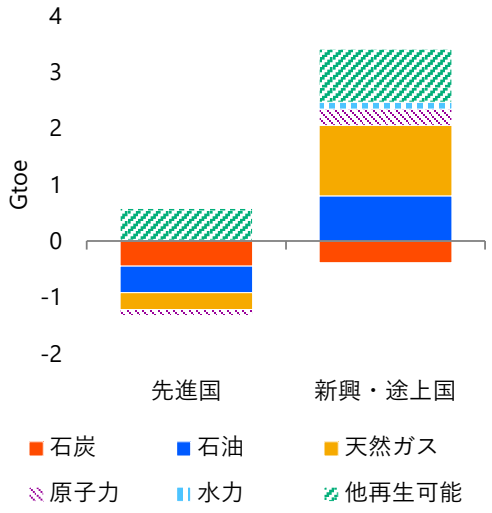
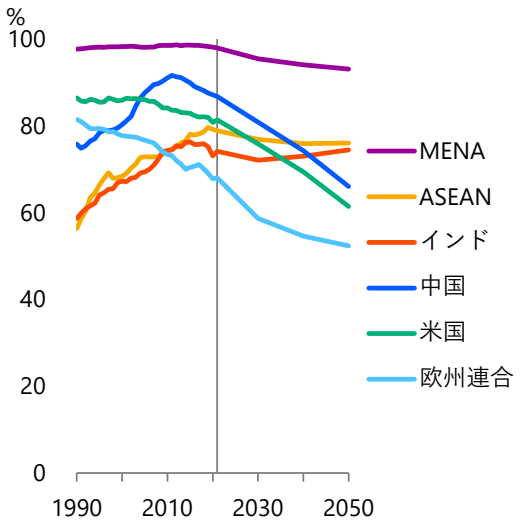


図2-5 | 主要国・地域の化石燃料依存度[レファレンスシナリオ]



2050年の化石燃料依存度は73%と2021年の80%に比べて低下するものの、中国を除いた新興・途上国においては高止まりする(図2-5)。米国、EU、日本では、2021年の81%、68%、87%から、2050年に61%、52%、68%へと低下する。しかし、インド、MENA、ASEANでは、エネルギー消費総量が増加し、増加分の多くを化石燃料で賄うことから、それぞれ74%、93%、76%となり、依然として化石燃料に大きく依存する。

どの部門においても、消費削減・脱炭素化は容易ではない

用途別では、新興・途上国を中心に運輸部門において最も増加する(図2-6)。運輸部門は、新興・途上国での所得向上に伴う自動車利用の増加が燃費改善や次世代自動車へのシフトなどの減少寄与を大きく上回る。さらに、人の移動や貿易の増加から航空、船舶による消費量も大きく伸長する。

図2-6 | 世界の一次エネルギー消費増減寄与［レファレンスシナリオ、2021年～2050年］

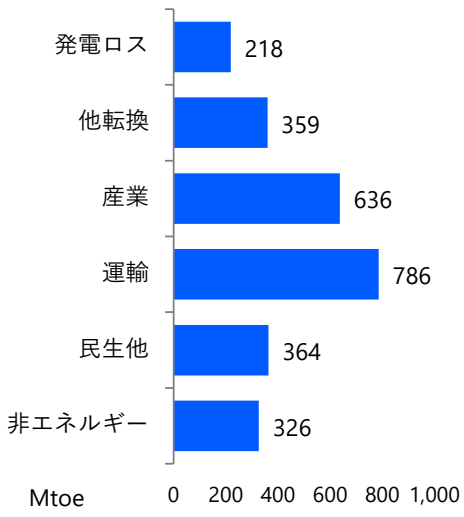
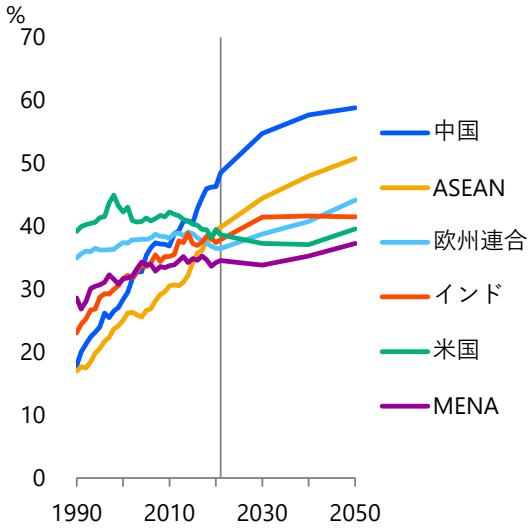


図2-7 | 主要国・地域の供給側電化率［レファレンスシナリオ］



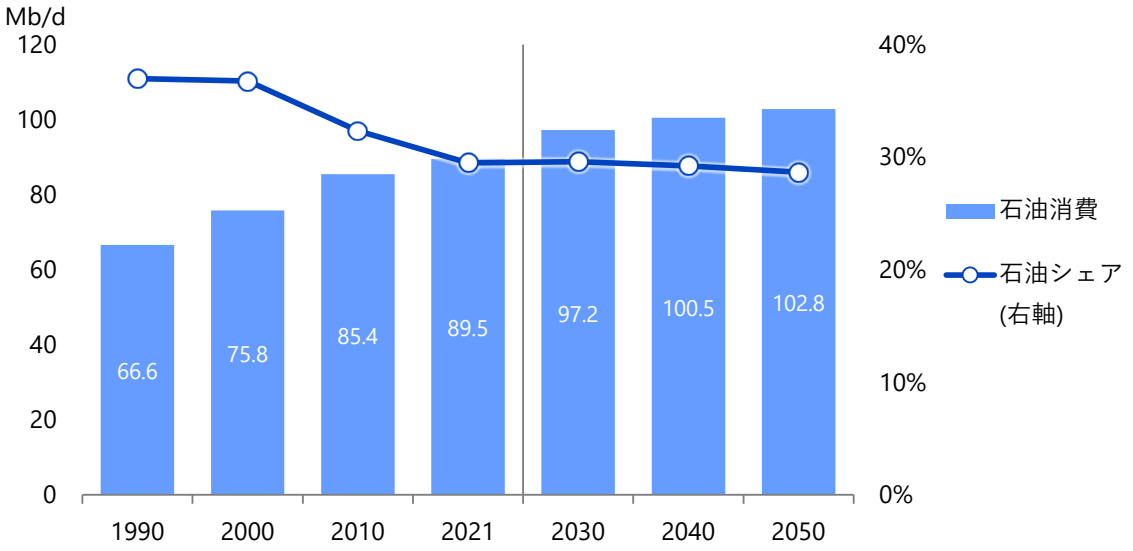
産業部門、民生部門のエネルギー消費量増分も無視できない。特にインド、MENA、ASEANでは、重化学工業などエネルギー多消費の第二次産業の強化や、世界のコールセンター機能を含む第三次産業のさらなる発展が計画されている。したがって、これらの国・地域では、産業部門のエネルギー需要が伸び、人々の生活水準が向上することで民生部門の需要も伸びる。このため、経済を成長させつつエネルギー消費を減少に転じさせることが非常に難しい。

発電部門は化石電源の発電効率改善や非化石電源への転換が減少寄与するものの、電化率の上昇に伴い増加する（図2-7）。新興・途上国の電化が進むだけではなく、先進国においても経済のデジタル化を背景に電力需要は増加する。非化石エネルギーの拡大は期待されるが、増加する電力を非化石エネルギーですべて賄うことも容易ではない。発電部門での増加は、所得水準の向上や未電化地域における電力インフラストラクチャーの整備などを背景に、利便性の高い電力がより多く使われるためである。

石油消費の増加は抑制も一次エネルギーシェアは横ばい

石油消費は2021年に日量89.5百万bbl（Mb/d）であった消費量は緩やかに増加を続け、2050年は102.8 Mb/dに到達する（図2-8）。石油が一次エネルギー消費に占めるシェアは、2021年はCOVID-19の影響により29%に下落した。2030年には30%にまで上昇するものの、2050年にかけて下落して29%となる。それでもレファレンスシナリオでは、2050年の世界において、石油は最も多く利用されるエネルギー源であり続ける。

図2-8 | 世界の石油消費と一次エネルギー消費に占めるシェア[レファレンスシナリオ]



ただし、先進国の石油消費はすでにピークを迎えている(図2-9)。2005年のピークから2021年までは年率1.2%で減少してきたが、2021年から2050年までも7.5 Mb/d、年率にして1.0%で減少する。この先進国の石油消費減少の主な要因は自動車燃料の減少であり、従来型自動車の燃費改善とハイブリッド車を含めた電動化の寄与が大きい。一方、インド、MENA、ASEANの石油消費は堅調に増加する。2021年から2050年にかけて年率2.0%で増加し、13.3 Mb/d増加する。これらの国々における石油消費増加の主な要因は運輸部門、非エネルギー消費部門、民生部門によるものである。

図2-9 | 主要国・地域の石油消費[レファレンスシナリオ]

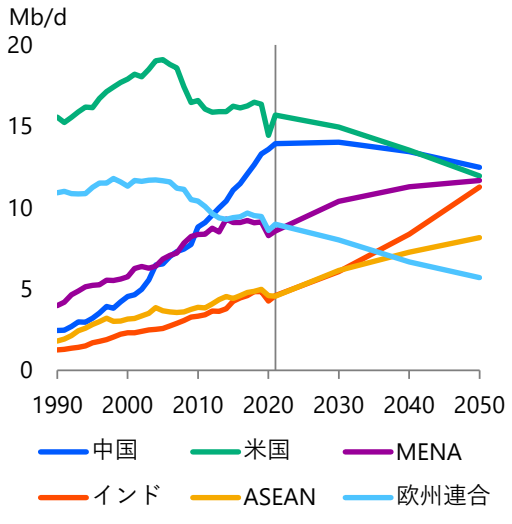
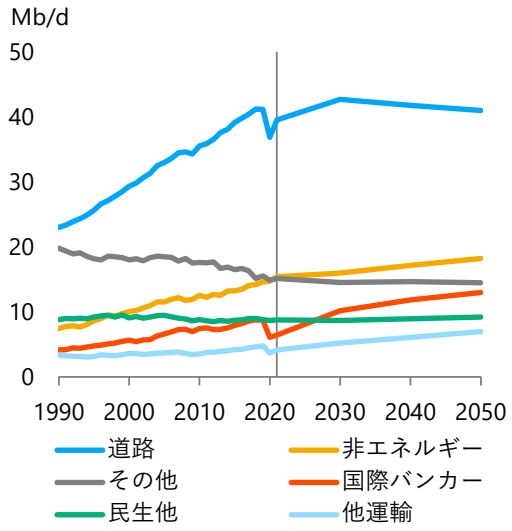


図2-10 | 世界の石油消費[レファレンスシナリオ]



用途別にみるとシェアが最も大きい道路部門では2030年までは自動車保有台数増加に伴い増加する。しかし、2030年以降は燃費の向上や電動車の普及による減少要因が自動車保有台数の増加による増加要因を上回ることから、2030年にピークを打ち減少に転じる(図2-10)。一方、国際的な物流、人の移動が増加することで国際バンカーや航空、船舶など他運輸は増加を続ける。

インド、MENA、ASEANの運輸部門では、2021年から2050年にかけて、自動車用が7.5 Mb/dから14.4 Mb/dへと特に増加する。インド、MENA、ASEANでは、所得水準の向上と道路・橋りょう等の運輸インフラ改善により、自動車保有台数が現在の3.5倍に増加する影響が大きい。自動車用石油消費を抑制するには、電気自動車(EV)へのシフトが考えられるが、特に新興・途上国にとって、EVのイニシャルコストは2050年においても高額であり、強い気候変動対策がない限り一部の高所得者層にしか購買されない。

インド、MENA、ASEANの非エネルギー消費部門では、石油化学を中心に2021年から2050年に2.8 Mb/d増加し、世界の非エネルギー消費部門消費増分の102%を占める。需要サイドではプラスチックなどの石油化学製品への需要は世界的に根強く、供給サイドでは産業多様化の必要性から石油供給国の石油化学産業育成への期待は大きい。したがって、需給両面がマッチして非エネルギー消費部門による石油消費をけん引する。この消費抑制にはプラスチック利用に対する世界的な規制強化などが必要になる。

インド、MENA、ASEANの民生部門では、給湯・ちゅう房用途を中心に2021年から2050年に1.2 Mb/d増加し、世界の民生部門消費増分の263%を占める。この3か国・地域では、所得改善に伴い、石炭や固形バイオマスから、健康への影響という意味において比較的クリーンな石油製品へとエネルギー転換が進む。また、南アフリカを除くサブサハラの国々も同じ期間に0.4 Mb/d増となり無視できない。これらの国々では、一足飛びに電力や都市ガスによって給湯・ちゅう房エネルギーサービスを充足することは、イニシャルコスト・オペレーションコストの双方ともに高くつくため、液化石油ガス(LPG)が利用される。

なお、中国の石油消費は2030年ごろに14.0 Mb/dでピークを迎え、2050年には12.5 Mb/dに減少する。これは特に自動車の燃費改善とEV普及、保有台数の飽和による運輸部門の消費抑制、電化・都市ガス化が進む民生部門での消費減少が寄与するためである。世界の石油消費をドラスティックに削減するためには、中国の石油消費削減ペースの加速も必要となる。

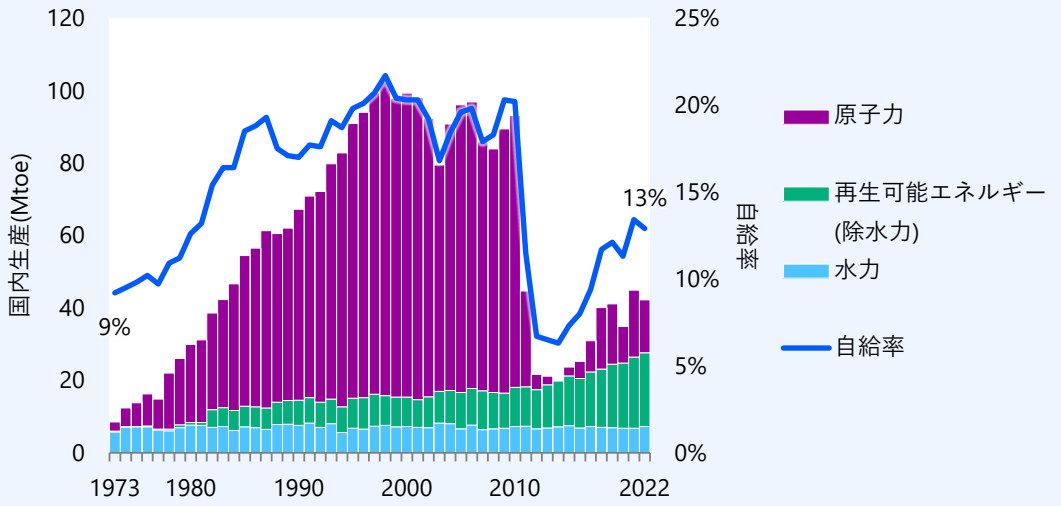
Box 2-1 | 石油危機50年

石油危機の経験から、日本はエネルギー安全保障を強化、すなわち自給率の向上と不可避な輸入に伴うリスクを低減するために、①省エネルギーの強化、②代替エネルギーの推進、③中東依存度の低減 を柱とした対策を講じてきた。

道半ばの自給率向上

エネルギー安全保障の本質である自給率は、依然として改善の途上にある。第一次石油危機が起こった1973年当時の自給率は9%であったが、省エネルギーによって需要の伸びを抑制すると同時に原子力発電の利用を増やすことによって、1998年には22%まで引き上げた(図2-11)。2011年の東日本大震災によってすべての原子力発電所が停止したことで自給率は6%まで急落したが、再生可能エネルギーによる底上げと原子力発電所の段階的な再稼働とによって13%まで回復した(2022年)。第6次エネルギー基本計画では再生可能エネルギーと原子力の両輪によって2030年に自給率を30%程度とすることを目指している。今後省エネルギーをさらに強化し、また再生可能エネルギーの普及拡大と原子力発電の再稼働を着実に進めることで自給率を向上することが期待される。

図2-11 | 日本のエネルギー自給率と非化石燃料の国内生産

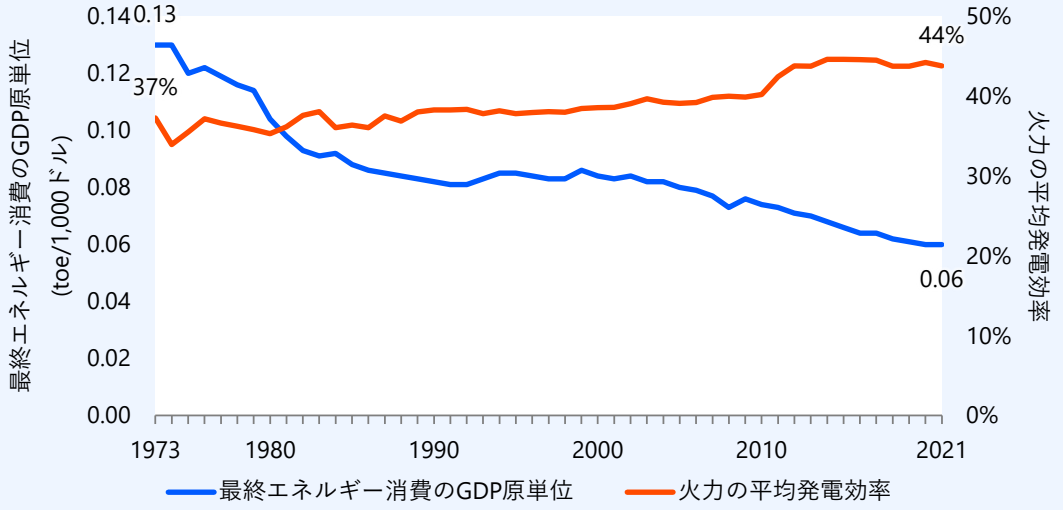


出所: IEA "World Energy Balances" (2023)

省エネルギーの強化

エネルギー効率は、あらゆる消費部門や発電を含む転換部門でのたゆまぬ努力によって、エネルギー多消費の製造業を多く擁するにも関わらず、日本は世界のなかで高い水準の効率を実現してきた。一方で、効率改善の速度は石油危機後の20年間よりも遅くなっている(図2-12)。カーボンニュートラルに向けては、現在の改善ペースを上回る運用改善および高効率技術の導入がすべての需要部門において求められる。供給側の脱炭素技術のなかには今後商業化に向けた開発を要するものもあるが、対照的に需要側の省エネルギーは費用対効果が高い対策を多く有しており、カーボンニュートラルに向けて果たす役割はこれまで以上に重要となる。

図2-12 | 日本のエネルギー効率

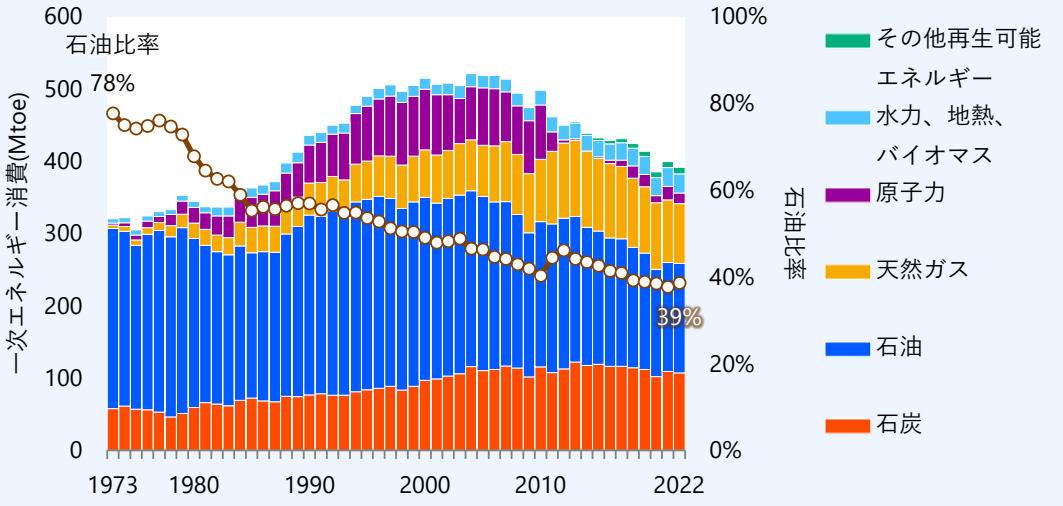


出所: IEA "World Energy Balances" (2023)

代替エネルギーの推進

エネルギー安全保障強化策の肝は、リスクの所在が異なる多様なエネルギーを組み込んだポートフォリオの構築である。日本は、当時一次エネルギー需要の78%を石油に依存するきわめてリスクの高い状態を改善すべく、石炭や天然ガス、原子力の利用を増やすとともに、再生可能エネルギーの開発を進めてきた(図2-13)。2011年の東日本大震災によって原子力発電が激減しエネルギーミックスの多様性が損なわれたが、その後、原子力発電所の再稼働や近年の再生可能エネルギーの急増によって状態は改善する傾向にあり、石油比率は39%まで下がった。

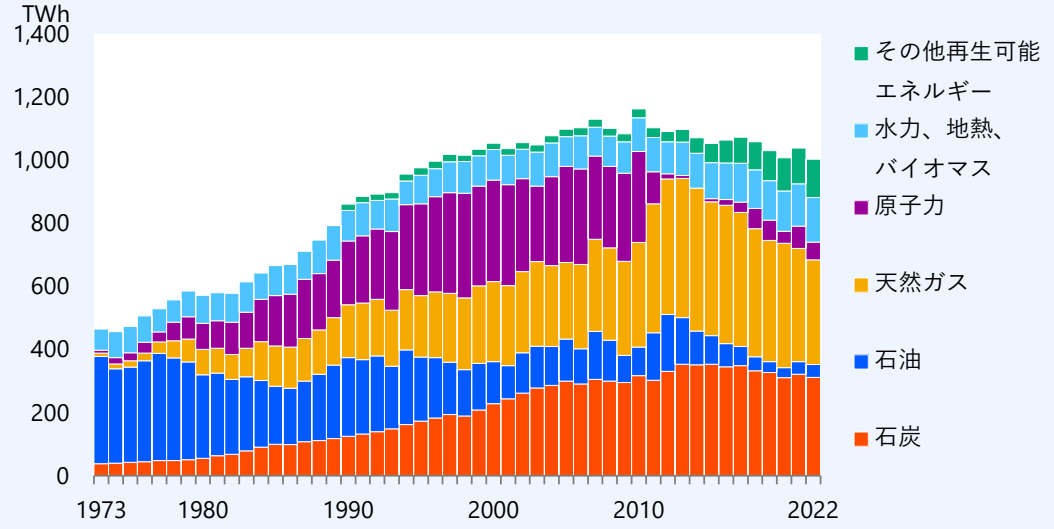
図2-13 | 日本の一次エネルギー消費



出所: IEA "World Energy Balances" (2023)

エネルギーミックスを維持、向上してゆくうえで課題もある。第一に、自給率向上と気候変動対策の両面で効果を発揮する再生可能エネルギーと原子力の利用を引き続き拡大しなければならない。第二に、これまでエネルギーミックスの多様化に貢献してきた石炭を、気候変動対策の要請に応えるべく、アンモニア混焼など新しい技術の適用によって低炭素化してゆかなければならない。第三に、エネルギーの安定供給とエネルギー転換コストの抑制に効果を発揮する液化天然ガス(LNG)の安定供給確保である。漸減するLNG長期契約を補うとともに、ロシアリスクの軽減や、長期的には水素などを利用することでカーボンニュートラル化に対応してゆかなければならない。

図2-14 | 日本の電力供給



出所: IEA "World Energy Balances" (2023)

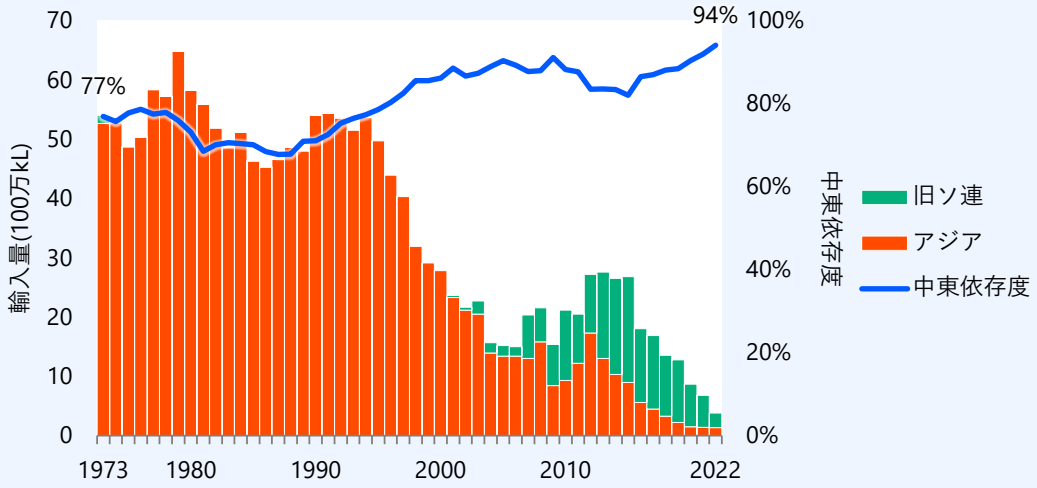
カーボンニュートラルを目指すなか、今後、エネルギー消費の電力化と再生可能エネルギーの拡大がさらに進むと考えられる。しかし、再生可能エネルギーへの高い依存がリスクとなる場合もあることを認識すべきである。第一に、今後も再生可能エネルギーの主力であり続けるであろう太陽光や風力の出力の不安定さである。電力供給が不安定化するリスクに加え、系統への統合コストが経済的なリスクとなりえる。第二に、太陽光や風力、蓄電池には、技術や製造に必要な重要鉱物の供給を特定の国に依存するリスクがある。

中東依存の低減

日本は、第一次石油危機の震源地であった中東への依存引き下げを試みてきた。1980年代には石油需要の減少もあり中東依存度が下がったが、その後、アジア諸国の輸出余力が低下し、また脱ロシアを目指す新たな政策もあり、中東依存度は歴史的な高水準となっている(図2-15)。中東原油の豊富な埋蔵と生産コストの低さに加え、今後は民間石

油企業に対するダイベストメント圧力が高まることが想定され、この状況を抜本的に変えるのは困難な可能性が高い。この課題に対しては、利用するエネルギーの分散化によって総合的に中東依存度を引き下げてゆくことが現実的である。

図2-15 | 日本の原油輸入の中東依存度



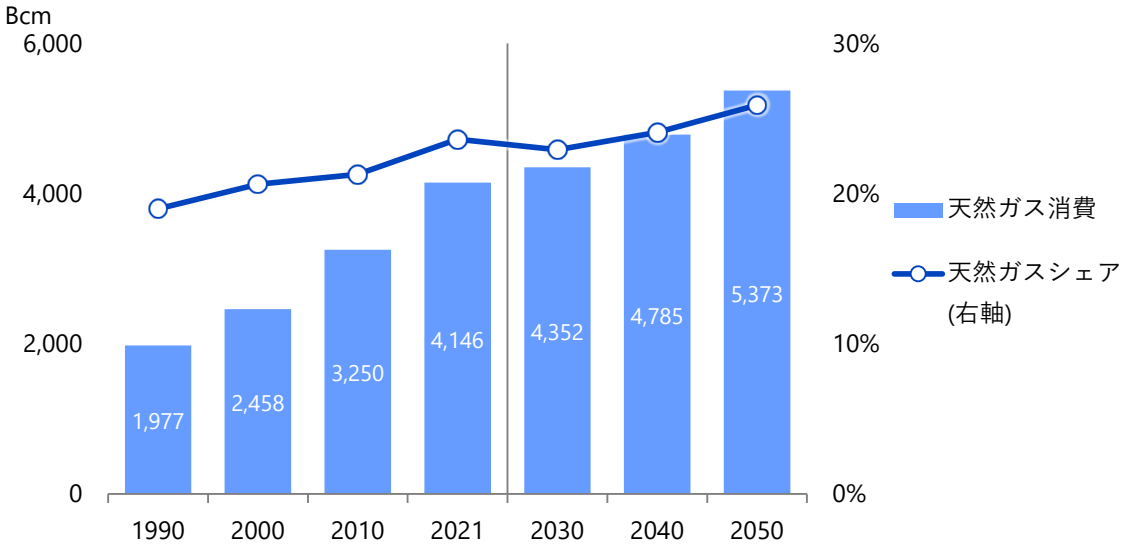
出所: EDMCデータバンク

長期的には、脱炭素エネルギーとして輸入水素の利用が増える場合、日本はこの輸入リスクを考える必要に迫られる。可能な範囲で国産水素の供給を増やすとともに、不可避な輸入に際しては相手国を分散化してゆく必要がある。

インド、ASEAN、MENAで伸び続ける発電用天然ガス需要

天然ガス消費量は2050年にかけてはすべてのエネルギー源のなかで最大の増加を示す。2021年に4,146十億m^3（Bcm）であった消費量は、年率0.9%で増加し2050年には5,373 Bcmに到達する（図2-16）。天然ガス消費の一次エネルギー消費に占めるシェアは、2021年の24%から2050年には26%まで上昇し、石油に次ぐ第二の主要なエネルギー源となる。EUがロシア依存度を下げてLNGを中心に他地域からの輸入を増やすなかで、この伸び続ける天然ガス需要をどのように抑制するのかということも世界の抱える課題の1つである。

図2-16 | 世界の天然ガス消費と一次エネルギー消費に占めるシェア[レファレンスシナリオ]



世界の天然ガス消費は2021年から2050年の間に1,227 Bcm増加し、この増分の66%がインド、MENA、ASEANに由来する(図2-17)。インド、MENA、ASEANの消費量は、2050年にそれぞれ255 Bcm、1,071 Bcm、403 Bcmに到達する。中東では、コスト競争力が高い石油を輸出して外貨を獲得すべく国内では天然ガス活用が進められ、インド、ASEANでは増加する電力需要を満たすため発電部門を中心に増加する。また、中国でも発電部門を主として2050年までに148 Bcm増加する。米国やEUでは、エネルギー安全保障上に加え気候変動対策の観点から天然ガス離れが進み、2050年までに2021年から266 Bcm、123 Bcm減少する。

図2-17 | 主要国・地域の天然ガス消費[レファレンスシナリオ]

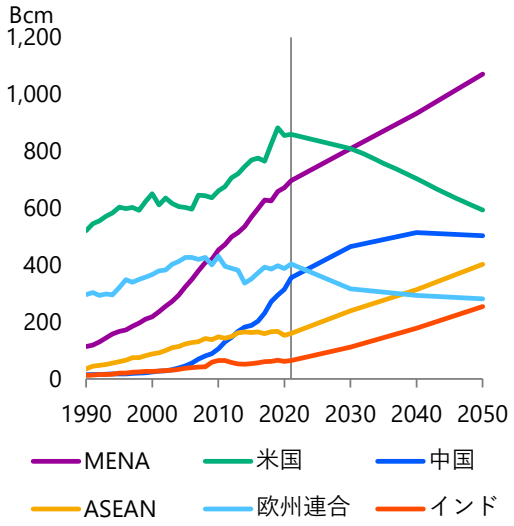
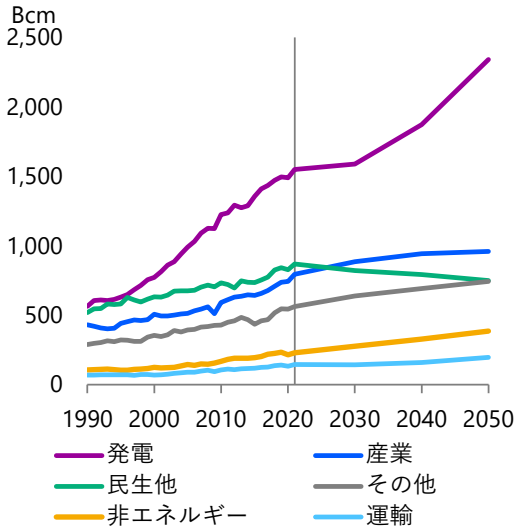


図2-18 | 世界の天然ガス消費[レファレンスシナリオ]



用途別にみると、民生他部門は省エネルギーや電化が進むことで天然ガス消費は減少傾向となる一方、中国を含む新興・途上国における天然ガス消費の増加は、主に発電部門と産業部門に起因する(図2-18)。発電部門において、2030年までは再生可能エネルギー等の増加が大きくほぼ横ばいに推移するが、2030年以降は電力需要の伸びが他電源の導入よりも大きくなることから、天然ガス需要が再び増加となる。新興・途上国においては、2021年から2050年までに年率2.7%で増加し、世界の発電部門消費量増分の128%を占める。天然ガスは化石燃料のなかでCO_2排出量が低いことに加え、再生可能エネルギーより大規模発電が容易で統合コストが低いためである。

産業部門では、先進国の消費量が減少するなか、新興・途上国の消費が年率1.2%、世界の消費増分の115%に相当する増加を示す。利便性や環境面への配慮から、石油・石炭から天然ガスへのエネルギー移行が進む。民生他部門での消費増分はほとんどが中国におけるもので、健康被害や大気汚染の原因となっている石炭や薪などの固形燃料から都市ガスへの燃料転換が急速に進むが、他の国・地域での電化や省エネルギーの影響で減少傾向となる。

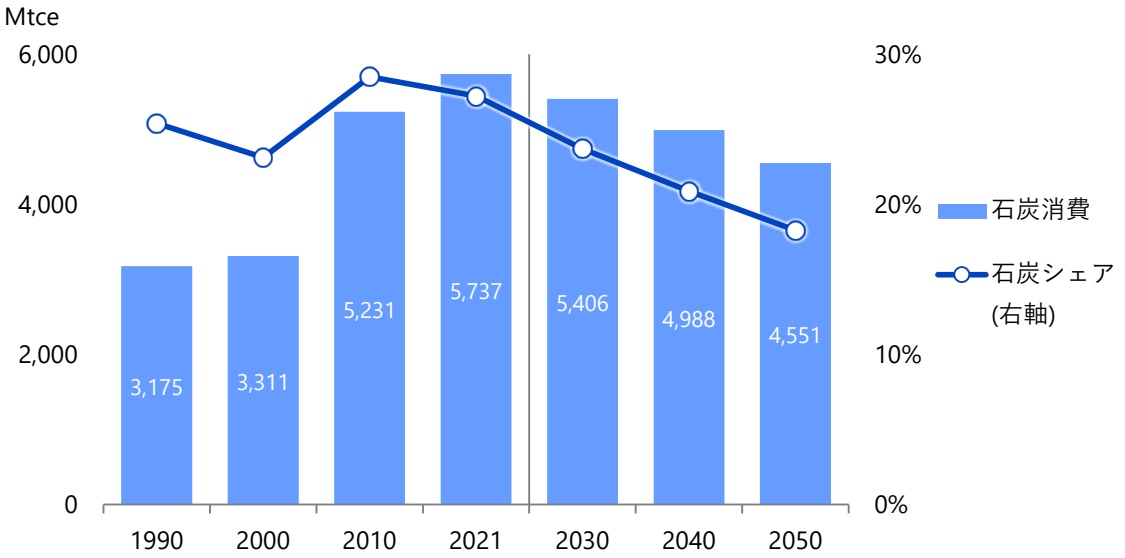
このように、天然ガス消費はインド、MENA、ASEAN、中国がけん引するため、その抑制には、天然ガス火力発電システムのコンバインドサイクル化の徹底など、新興・途上国における高効率設備・機器の導入・普及が不可欠である。

石炭消費は環境対策の影響で2020年代がピーク

石炭は2021年に石炭換算5,737百万t (Mtce)であった消費量は、環境対策の影響により年率0.8%で減少する(図2-19)。石炭消費の一次エネルギー消費に占めるシェアは、2021年の27%

から2050年には18%まで下落し、石油に次ぐ第二のエネルギーの座を天然ガスに譲り、さらに2050年には水力以外の再生可能エネルギーを下回る。

図2-19 | 世界の石炭消費と一次エネルギー消費に占めるシェア[レファレンスシナリオ]



2021年には世界の石炭消費の56%を中国、15%をインド・ASEAN、13%を日米欧が占めているが、2050年には中国は40%、日米欧は5%にシェアを落とし、インド・ASEANが34%までシェアを伸ばす(図2-20)。

図2-20 | 主要国・地域の石炭消費[レファレンスシナリオ]

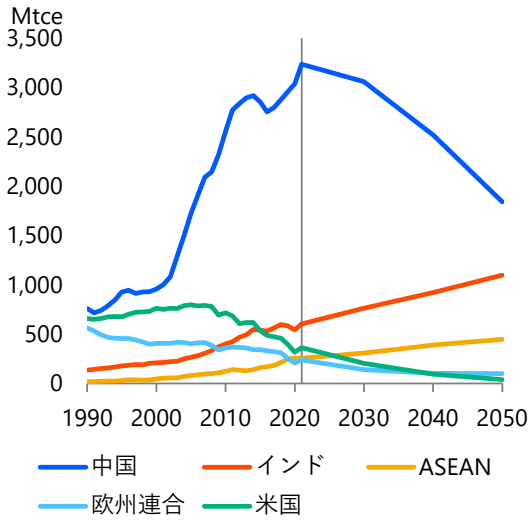
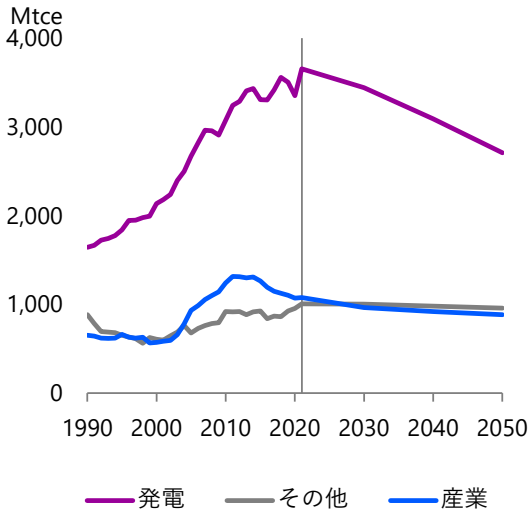


図2-21 | 世界の石炭消費[レファレンスシナリオ]



中国では、産業用の石炭消費は2012年をピークに減少しており、発電用の石炭消費も2020年代前半をピークに減少し始めることから、2050年に43%減と激減する。また、日米欧は発

電用・産業用ともに右肩下がりで2050年に71%減となる。他方、インドとASEANでは2050年に発電用がそれぞれ1.6倍、1.8倍、産業用が2.2倍、1.5倍になる。なお、MENAは産油国、産ガス国が多いことから石炭消費は限定的である。気候変動問題への対処から、世界的に石炭消費に対する風当たりがいっそう強まっている。ヨーロッパでは、石炭火力発電所への経済的負担やCO_2・水銀等排出規制の強化など、発電部門と産業部門の両方で石炭利用への規制が強化されている。一方、インド、ASEANなどのアジア新興・途上国では、エネルギー自給の観点から石炭が廉価な国内エネルギー資源と捉えられており、必ずしも厳しい利用制限が進められているばかりではない。先進国では金融機関を巻き込んで石炭に対するダイベストメントが進められているが、中国やインドの金融機関は必ずしも同調していない。石炭消費抑制の観点からは、日米欧が消費抑制をさらに推し進めるとともに、中国、インド、ASEANの発電・産業両部門において、石炭から天然ガスや水素アンモニアへのシフトを推進することが重要となる。

太陽光・風力は大きく増加も一次エネルギー消費シェアは限定的

多くの国がカーボンニュートラルを目指し、非化石エネルギーの利用拡大への期待が高まっているが、その一次エネルギー全体に占める割合は、2021年の20%から2050年に27%へと増加するにとどまる。非化石エネルギーのうち、原子力、水力を中心とする発電用は、2021年の1,666 Mtoeから2050年に3,738 Mtoeへと2.2倍に増加する（図2-22）。太陽光・風力他の伸びが最も大きく、2050年には2021年に比べ6.2倍に拡大する。原子力および水力は、原子力政策の見直しや環境社会配慮により伸びは小さく、発電用非化石エネルギーに占める割合は2021年の66%から2050年には38%に低下する。

図2-22 | 世界の発電用非化石エネルギー消費[レファレンスシナリオ]

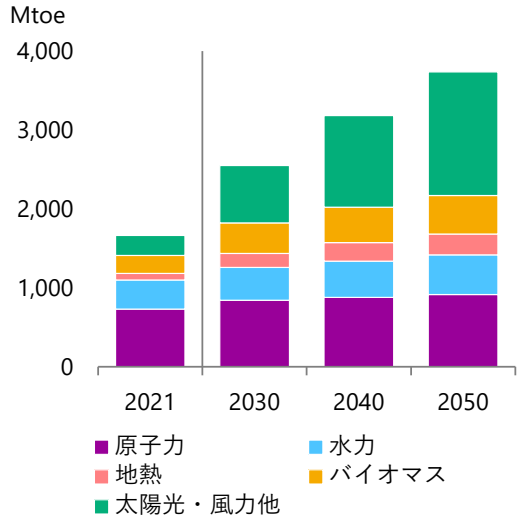
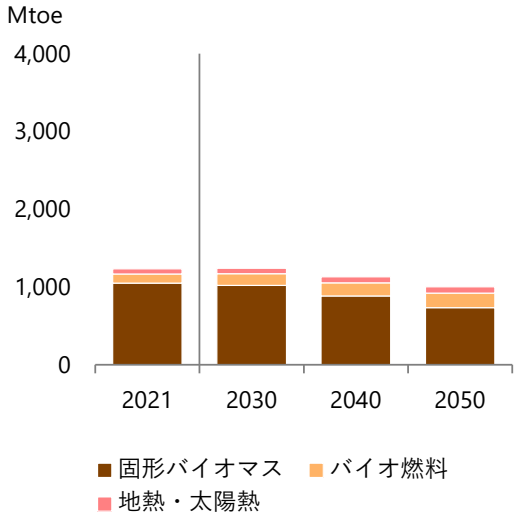


図2-23 | 世界の熱用非化石エネルギー消費[レファレンスシナリオ]



他方、熱利用では、今後も新興・途上国の農村部で利用される薪・畜ふんなどの伝統的な固形バイオマスが中心である。2021年の1,234 Mtoeから2030年代に減少に転じ、2050年には1,003 Mtoeとなる(図2-23)。熱利用が減少に転じるのは、大半を占める農村部の伝統的バイオマス利用が、所得・生活水準の向上に伴って近代的エネルギーに転換してゆくためである。自動車・民生用の液体バイオ燃料やバイオガスは2050年にかけて1.6倍になるものの、熱用非化石エネルギー消費の19%を占めるに過ぎない。

非化石エネルギー消費は2050年にかけての増加率は飛躍的である。しかし、一次エネルギー消費全体も大きく伸びているため、一次エネルギー消費に占める割合の伸びは大きくはない。コスト下落に伴う太陽光、風力等の新エネルギーの普及拡大が期待されており、2050年までの世界の一次エネルギー消費量増分の50%を占める。

アジアのエネルギー消費増の中心は中国からインド、ASEANへ

アジアの世界経済シェアは実質ベースで2021年に34%であったが2050年には44%に拡大し、世界のエネルギー消費増加分のうち、アジアの増分が65%を占める(図2-24)。特に、中国、インド、ASEANが世界のマクロ経済をけん引することになるが、これらの国・地域の間にはエネルギー消費量については共通点と相違点がある。中国では2020年代にエネルギー消費がピークアウトする一方、インド、ASEANは増大が続く(図2-25)。この背景には各国・地域の経済成長および人口成長のスピードの変化がある。

図2-24 | アジアの一次エネルギー消費[レファレンスシナリオ]

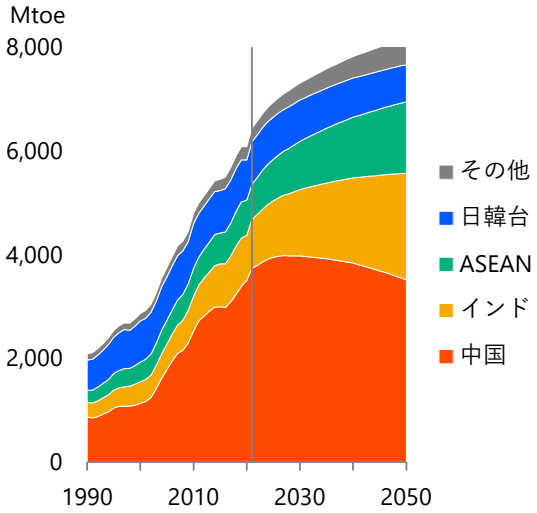
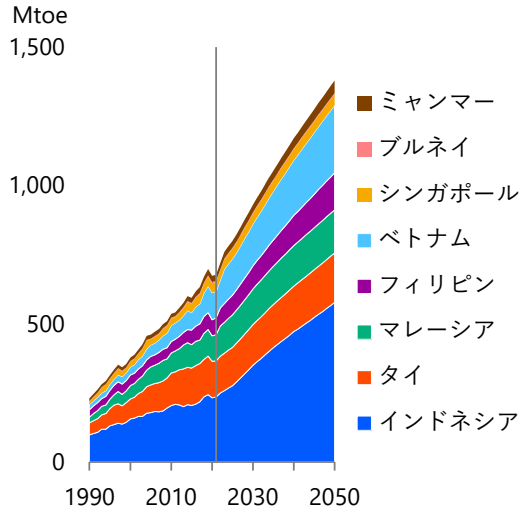


図2-25 | ASEANの一次エネルギー消費[レファレンスシナリオ]



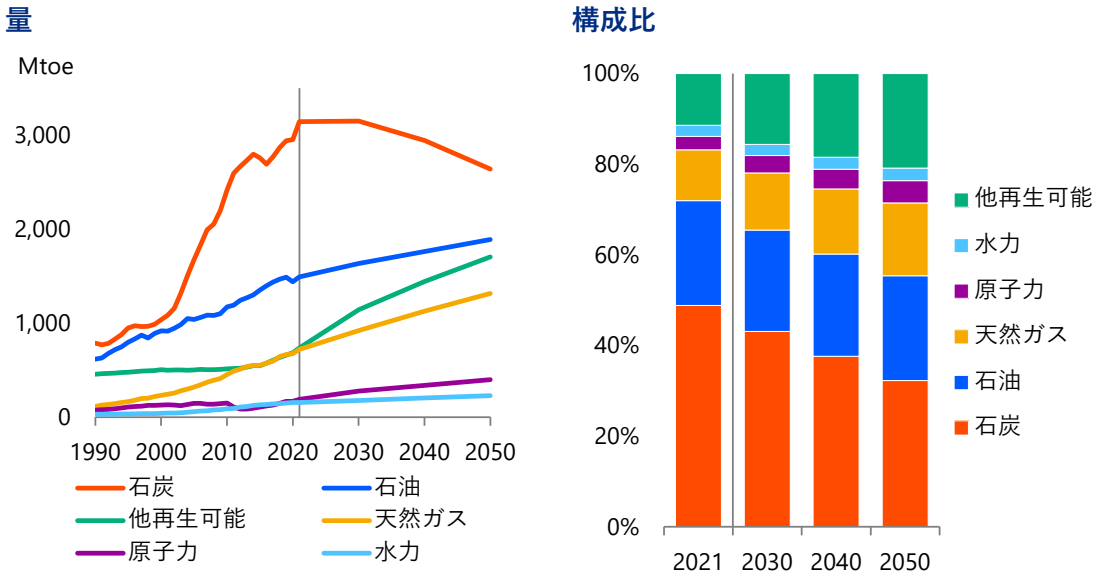
中国の経済は1990年に1兆ドルに過ぎなかったが、2021年には15.4倍の15兆8,000億ドルに拡大し、2050年には2021年比2.8倍の43兆5,000億ドルに至る。この間、人口は1990年の11億4,000万人から2021年の14億1,236万人に増えたが、その後2020年代前半をピークに減少し、2050年には13億472万人と2020年を下回る。中国は2021年～2025年の第14次五か年計画でグリーン経済への転換を成長の手段と位置づけており、産業を中心に省エネルギーが進むことで2020年代前半には先進国と同様に経済を成長させつつエネルギー消費が減少し始める。エネルギー消費は1990年から2021年まで年率4.8%の急激な伸びを示したが、2021年から2050年は年率0.2%で減少に転じる。2050年には1人当たり実質GDPが3万3,000ドルを超えるなかでエネルギー消費は2021年を下回り、カーボンニュートラルを意識した成熟社会への移行を開始する。アジアでのエネルギー消費シェアは1990年に42%であったが、2021年に58%に上昇後、2050年には43%に低下する。

インド経済は1990年の5,000億ドルから2021年には5.4倍の2兆6,000億ドル、2050年には2021年比4.9倍の13兆6,000億ドルに拡大する。人口は1990年の8億7,000万人から2021年に14億1,000万人に至り、2023年には中国を追い抜いて2050年には16億7,000万人になる。人口増に加え、1990年には500ドル足らずに過ぎなかった1人当たり実質GDPが2050年には8,100ドルに迫り、所得・生活水準が向上する。インドは2070年カーボンニュートラルの実現を目指しているが、エネルギー消費は2021年から2050年は年率2.7%増と増加し続けることから、インドにおいて気候変動対策やエネルギー安全保障対策がより重要となる。インドのアジアにおけるエネルギー消費シェアは1990年の13%、2021年の15%から、2050年には25%まで急拡大する。

ASEANの経済規模は1990年の7,300億ドル、2021年の3兆ドルから、2050年には9兆9,000億ドルに拡大する。ASEAN全体の人口は、1990年の4億3,000万人から2050年には7億6,000万人に増加する。この結果、1990年に1,700ドルであった1人当たり実質GDPは、2021年には4,600ドル、2050年には13,100ドルに到達するため、1人当たりの所得・生活水準が向上する。ASEANのエネルギー消費は2021年から2050年は年率2.5%増と右肩上がりが続き、2021年から2050年の増分の半分はインドネシアが占めることになる。インドネシアは2060年カーボンニュートラルを達成することを表明しているなかでエネルギー消費の増加が続くことから、気候変動対策やエネルギー安全保障対策がより重要となる。ASEANのアジアにおけるエネルギー消費シェアは1990年、2021年ともに11%であったが、2050年には17%に至る。

インド、ASEANのエネルギー消費が拡大し続ける2050年においても、アジアのエネルギー消費は主に化石燃料で賄われ、2021年には83%、2050年には71%を化石燃料に依存する(図2-26)。特に運輸部門を中心に石油、発電用を中心に天然ガス消費が増加し続ける。アジアの化石燃料消費をどのように低減してゆくかということが、世界のエネルギー安定供給やカーボンニュートラル実現および世界の気候変動対策の観点から非常に重要となる。

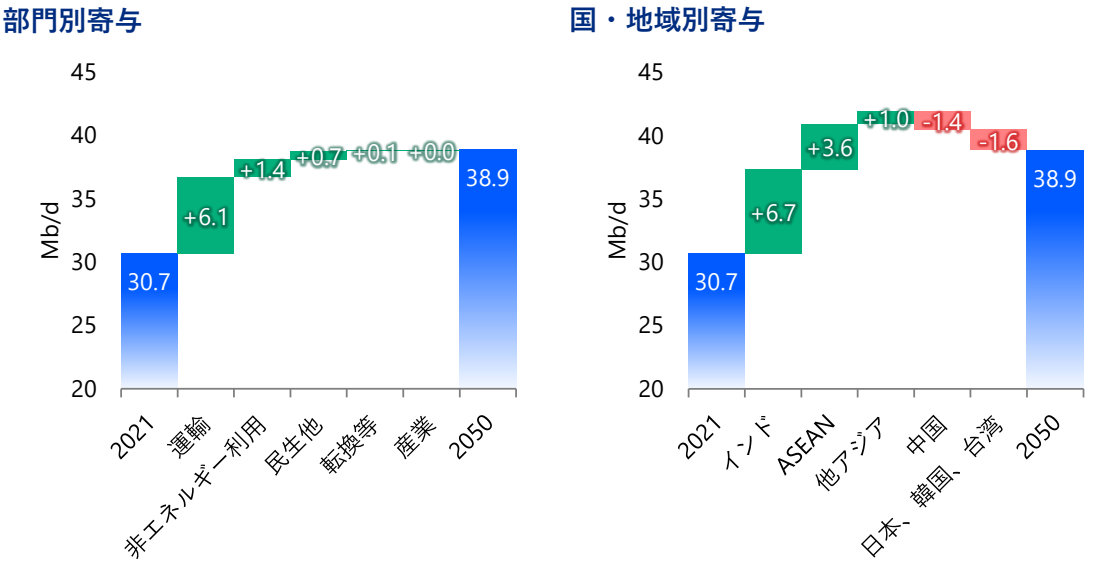
図2-26 | アジアの一次エネルギー消費[レファレンスシナリオ]



1990年～2021年に年率2.9%増加したアジアの石油消費は、2050年にかけて同0.8%増となり、増加が減速する。2050年までの増加分のうち、部門別では運輸部門が74%、非エネルギー消費部門が17%、民生他部門が8%を、地域別ではインドが81%、ASEANが44%を占める(図2-27)。インド、ASEANの合計が100%を超えるのは、日本や韓国、中国で消費が減少するためである。消費抑制のためには、特にインド、ASEANの運輸部門において電動化を含む

燃費改善が重要となる。アジアの石油消費増分は世界の増分の61%を占めているため、これらの国々の石油消費動向が世界全体に影響を与える。

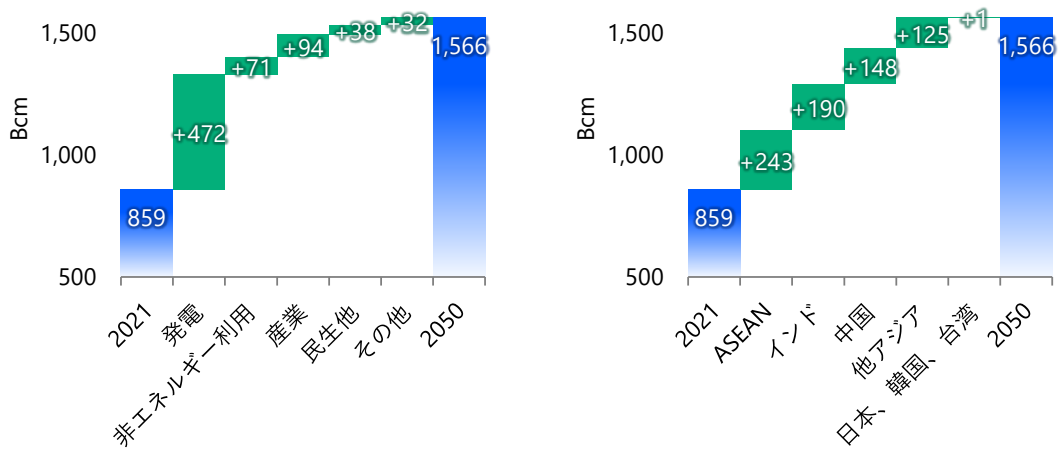
図2-27 | アジアの石油消費[レファレンスシナリオ、2021年～2050年]



安定供給確保と環境問題への対応の両面から、石油を他エネルギーに転換してゆくことおよび石油を徹底して効率的に消費してゆくことが、アジア各国の政策上不可欠となる。

1990年～2021年に年率6.1%で増大したアジアの天然ガス消費は、2021年から2050年にかけて同2.1%と増加は減速する。2050年までの増加分のうち、部門別では発電部門が67%、産業部門が13%、非エネルギー消費部門が10%を、地域別ではASEANが34%、インドが27%、中国が21%を占める(図2-28)。消費抑制の観点からは、特に中国、インド、ASEANにおいて、発電部門の高効率化や送配電ロス率低下、水素混焼、民生部門で断熱性向上などの省エネルギーを推し進めることが不可欠である。また、アジアの天然ガス消費増分は世界の増分の58%を占めるため、この3か国・地域の消費抑制が世界全体の天然ガス消費抑制に直結する。

図2-28 | アジアの天然ガス消費[レファレンスシナリオ、2021年～2050年]



天然ガスはCO_2排出量が石油・石炭より少ないが、燃焼時にCO_2を排出する化石燃料であることに変わりはない。新興・途上国のエンジニアに運用管理・保守点検技術を習得させ、天然ガス火力発電所にはコンバインドサイクル発電システム利用の必須化や水素を混焼するなど、高効率な利活用を進めることが重要である。

このアジアの天然ガス供給不足分を埋めるのは液化天然ガス(LNG)輸入である。アジアのLNG消費量は2021年の273 Mtから2050年の490 Mtと1.8倍以上に拡大する。LNGを早くから利用、大量に輸入していたのは日本や韓国であったが、2021年に中国が日本を抜き世界最大の輸入国となった。2021年における日本、韓国、台湾のシェアが52%、中国、インド、ASEANのシェアが43%であったが、2050年には前者は29%、後者は63%と逆転する。LNGの安定供給の確保という意味においても、インド、ASEAN、中国の果たす役割がいっそう大きくなる。

石油、天然ガスとは異なり、アジアの石炭消費は2020年代をピークに減少に転じる。1990年から2021年は年率4.6%で急成長したが、2021年から2050年は年率0.6%で減少する。気候変動や大気汚染への配慮から、世界的に石炭火力発電所への批判は高まっていることもあり、アジアでは再生可能エネルギーの導入が進み発電用で減少する。しかし、アジアでは石炭は2050年においても32%のシェアを占め、アジア最大のエネルギー源であり続ける。アジア各国は、非効率な石炭火力発電所の新規建設・増設を回避し、先進国を巻き込んだ二酸化炭素回収・有効利用・貯留(CCUS)導入やアンモニア混焼も含めて環境負荷の低減に努めつつ、アジアに豊富に賦存する石炭資源の有効活用を進めてゆく必要がある。

アジアの非化石エネルギーは、石油・天然ガス消費ほどの規模ではないが、年率2.7%で急速に伸びてゆく。2021年から2050年までの消費増分の98%が伝統的バイオマスを除く再生可能エネルギーで、次いで原子力が17%、伝統的バイオマスは−15%となる。伝統的バイオマスを除く再生可能エネルギーの増分では、中国が52%、ASEANは15%、インドが25%を占める。原子力の増分では、中国が62%、インドが23%を占める。2050年の世界の非化石エネルギー消費に占めるアジアのシェアは49%と、2021年より12ポイント上昇する。

2060年カーボンニュートラル実現を目指すことを2020年9月に宣言した中国は、2050年に向けて、CO_2排出原単位が大きな石油・石炭消費を抑制し、環境負荷がより小さな天然ガス・非化石エネルギー消費にかじを切った。しかし、中国の化石燃料消費の規模を考慮すれば、省エネルギーおよび脱炭素化政策をさらに強化すべきであろう。また、2050年に向けて、アジアのエネルギー消費増分の大半を占めるインドは2070年まで、ASEANにおいてもインドネシアを中心として多くの加盟国がカーボンニュートラルを表明した。インドやASEANは日本、韓国、中国等による技術的・金融的な支援の継続・改善も含め、アジア全体で省エネルギー・脱炭素化の加速に向けて取り組む必要があるであろう。中国、インド、ASEANにおけるこれらの取り組みは、アジアのみならず世界全体の気候変動対策ひいてはLNG安定確保などエネルギー安定供給にも貢献する。

2.2 最終エネルギー消費

2050年の世界の最終エネルギー消費は2021年の1.2倍に増加

レファレンスシナリオにおいて、2050年の世界の最終エネルギー消費は、2021年の10,082 Mtoeの1.2倍となる12,194 Mtoeに達する。この増加幅を年率に均すと0.7%の成長に相当する。2021年から2050年までの世界の最終エネルギー消費の変化を概括すると、2つの特徴が挙げられる。

1つ目は、2050年までの世界の最終エネルギー消費は特にインドやASEAN、MENAが中心となって増加してゆくという点である。そのため、これらの地域で最終エネルギー消費に大きな影響を与えるような事態が起きると、世界全体の最終エネルギー消費のすう勢にも影響が及ぶ可能性がある。したがって、これらの地域の最終エネルギー消費変動要因には特に注意が必要である。なお、変動要因の例としては、経済成長、エネルギー関連政策の内容と強度、エネルギー利用機器に関する技術開発とその普及度合いなどがある。

2つ目は、2050年時点でもすべての主要なエネルギー源に対する最終エネルギー消費が一定程度存在するという点である。石炭と再生可能エネルギーの最終エネルギー消費は減少トレンドをたどるが、2050年に至っても0にはならない。気候変動問題は世界大の重要な課題

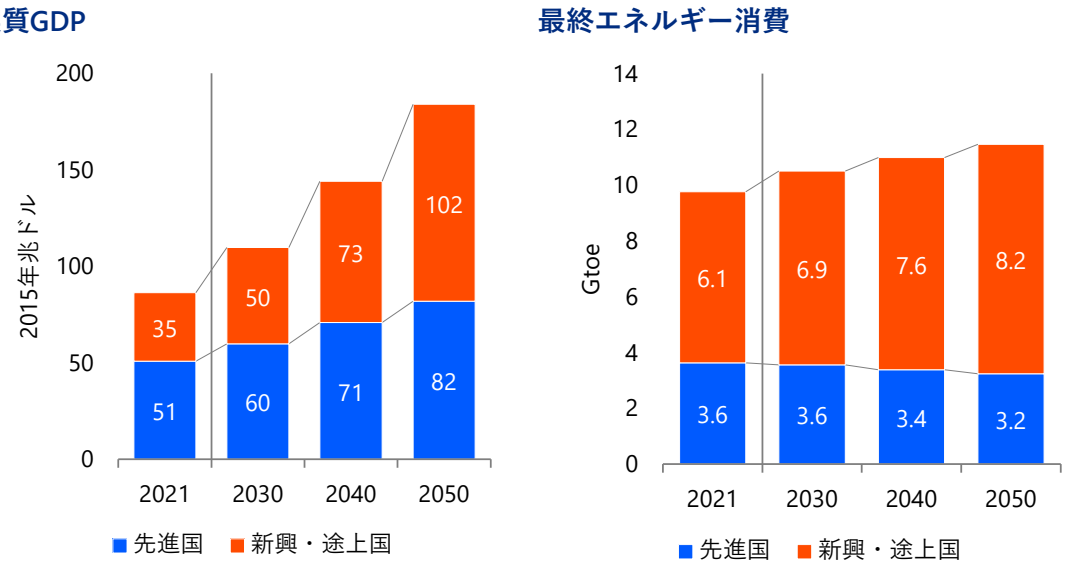
であるが、その対策として政策誘導や投資の対象が特定のエネルギー源に極端に偏ると、中長期的にエネルギー需給のバランスを欠くおそれがある。そのため、需要変化のトレンドや気候変動への影響を踏まえつつも、各エネルギー源が需要に応じて安定的に供給されるような市場を構築することが肝要である。

以下では、経済別、地域別、部門別、エネルギー源別という4つの切り口から、2021年からレファレンスシナリオにおける2050年までの最終エネルギー消費の変化をみる。

経済別: 新興・途上国が世界の消費増をけん引

2021年から2050年までの最終エネルギー消費の変化を経済別にみた場合、新興・途上国における消費増が世界の消費増をけん引する(図2-29)。先進国では同期間に最終エネルギー消費が減少するものの、新興・途上国の消費の堅調な増加が先進国の減少を相殺、上回る。このため、世界の最終エネルギー消費は2050年にかけて増加傾向をたどる。

図2-29 | 実質GDPと最終エネルギー消費[レファレンスシナリオ]



新興・途上国では、人口増加と経済成長を背景として、2050年の最終エネルギー消費が2021年の1.3倍となる8,230 Mtoeまで増加する(年率1.0%)。新興・途上国経済は、中長期的には成長軌道をたどる。ただし、エネルギー利用効率の改善や経済のサービス化が徐々に進むことなどが影響して、2020年から2050年までの新興・途上国の最終エネルギー消費の増加は、実質GDPの伸び(年率3.7%)よりも緩やかなものにとどまる。

一方、先進国では、2050年の最終エネルギー消費が2021年より1割少ない3,242 Mtoeとなる。先進国でも、2021年から2050年にかけて実質GDPは成長する(年率1.7%)。しかし、実質GDPの増加トレンドとは対照的に、同期間の先進国の最終エネルギー消費は年率−0.4%のペー

スで減少する。先進国では、省エネルギーや経済のサービス化の進展により、2000年代後半以降は経済が成長するなかでも最終エネルギー消費は減少傾向をたどるようになった。結果として、先進国における最終エネルギー消費のGDP弾性値[3]は、1990年～2021年に0.27あったのに対して、2021年～2050年は－0.24となる。

省エネルギーは、脱炭素化に向けた重要な方策の1つに数えられる。今後も、先進国と新興・途上国の双方において、最終エネルギー消費部門における省エネルギーの進展に向けた取り組みが求められる。

地域別: インドやASEAN、MENAが今後の成長ドライバーに

2021年から2050年までの最終エネルギー消費の変化を地域別にみた場合、インドやASEAN、MENAが世界の最終エネルギー消費の伸びを強力にけん引する（図2-30、図2-31）。同期間における世界全体の最終エネルギー消費増分のうち、インドとASEAN、MENAの増分合計が7割超と圧倒的なシェアを占める。

図2-30 | 世界の最終エネルギー消費と主要国・地域の増加寄与[レファレンスシナリオ、2021年～2050年]

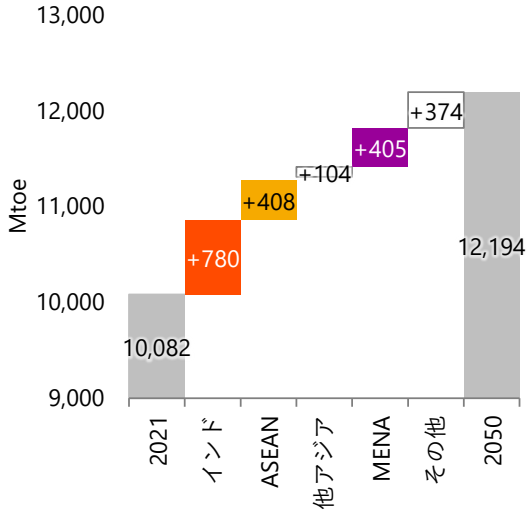
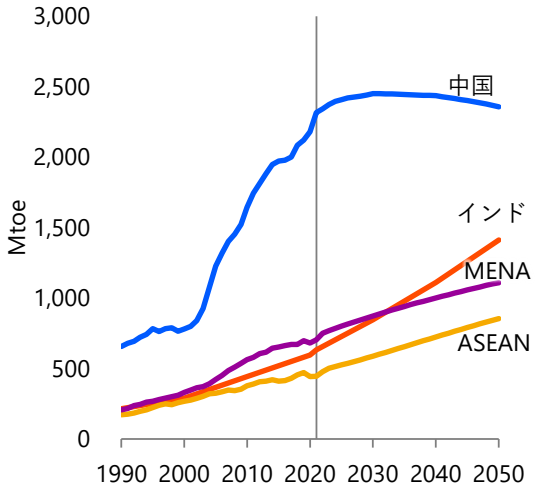


図2-31 | 中国、インド、MENA、ASEANの最終エネルギー消費[レファレンスシナリオ]



なお、インドやASEANの力強い成長の結果として、世界の最終エネルギー消費に占めるアジアの消費の比率は2021年の41.0%から2050年には44.8%まで伸長する。今後の世界にとって、アジアはいっそう枢要なエネルギー消費センターとなる。

[3] 最終エネルギー消費のGDP弾性値=最終エネルギー消費変化率÷実質GDP変化率

インドの人口は、2023年に中国を追い抜き世界一となり、2050年時点では16億人を超えて17億人に迫る規模になる。また、GDPは、都市化の進展などを背景として、2021年から2050年までの間に年率5.9%で成長するとともに、1人当たりGDPも4.1倍になる。こうした人口増加と経済成長を背景として、2050年の最終エネルギー消費は、2021年(632 Mtoe)の2.2倍となる1,413 Mtoeまで増加する(年率2.8%)。インド一国の最終エネルギー消費の増分は、アジア全体の増分の7割を占めるほどのインパクトがある。その存在感の大きさはアジア内に限ったことではなく、インドの最終エネルギー消費が世界の最終エネルギー消費に占めるシェアは、2021年の6.3%から2050年には11.6%まで拡大する。今後の世界のエネルギー需給を考えるうえで、インドはますます重要な存在になってゆく。

ASEANの最終エネルギー消費は、インドネシアやベトナムの消費増を中心に、2021年の446 Mtoeから2050年には854 Mtoeまで増加する(年率2.3%)。ASEANの最終エネルギー消費の増分408 Mtoeのうち、インドネシアの増分は155 Mtoe、ベトナムの増分は109 Mtoeとそれぞれ大きな部分を占める。これら2国でも、人口増加と経済成長が最終エネルギー消費の増加を支える。両国の人口は、2021年時点でインドネシアが2億7,400万人(ASEAN内1位)、ベトナムが9,700万人(同3位)の規模があり、将来的にも増加してゆく。また、1人当たりGDPは、2021年から2050年までの間にインドネシアで3.2倍、ベトナムで4.2倍の成長を遂げる。このような成長により、インドネシアの最終エネルギー消費は2030年代後半には日本を上回る。

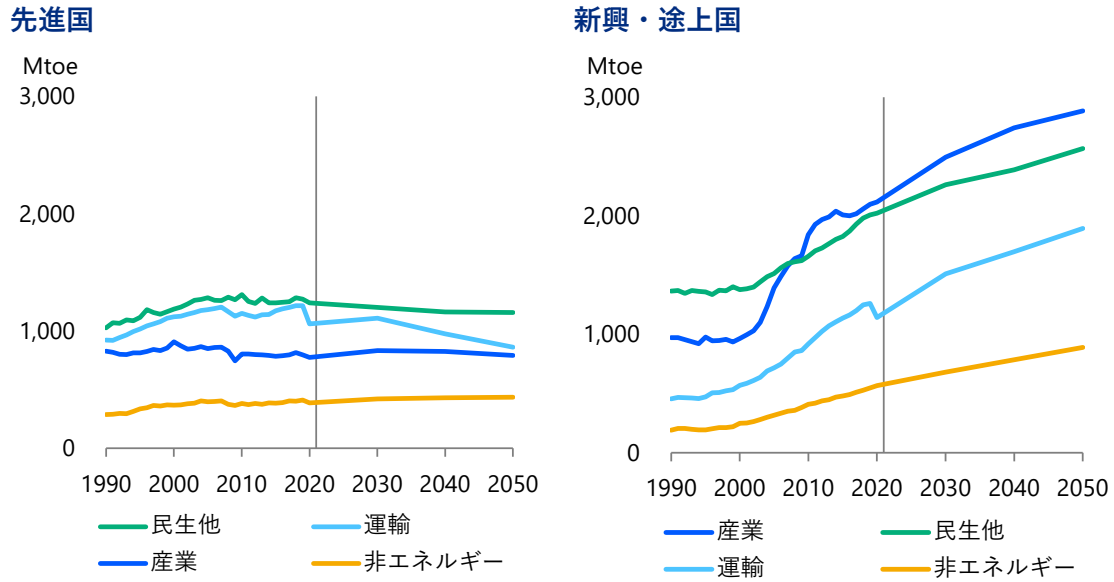
中国の最終エネルギー消費は、2021年では2,317 Mtoeだったものが2050年には2,357 Mtoeとなり、同期間にわたって世界最大の最終エネルギー消費国の座を占め続けるものの、2030年代以降は減少トレンドに転じる。この変化は、インドやASEANにみられる右肩上がりの増加トレンドとは明らかに異なる。最終エネルギー消費のピークアウトの主な原因となる部門は産業部門で、なかでもエネルギー多消費産業の代表である製鉄業とセメント製造業における消費減が大きい。過剰生産能力の解消に向け始まった取り組みの影響が徐々に顕在化し、セメント生産量は2010年代中ごろを境にピークアウトした。これに続く格好で、粗鋼生産量も2020年前後をピークに、減少トレンドに入ってゆく。

MENAの最終エネルギー消費は、イラン、サウジアラビア、北アフリカ地域を中心に、2021年の705 Mtoeから2050年には1,110 Mtoeまで年率1.6%で増加する。増分は、イランが107 Mtoe、サウジアラビアが96 Mtoe、北アフリカが91 Mtoeとなり、これら3つの国・地域の合計がMENA全体の増分405 Mtoeの大宗を占める。インドやASEANには及ばないものの、これら3つの国・地域でも人口増加と同時に、2021年から2050年にかけて1人当たりGDPがイランで1.8倍、サウジアラビアで1.7倍、北アフリカ地域で2.2倍にそれぞれ増大するためである。

部門別: 新興・途上国が各部門の消費増をけん引

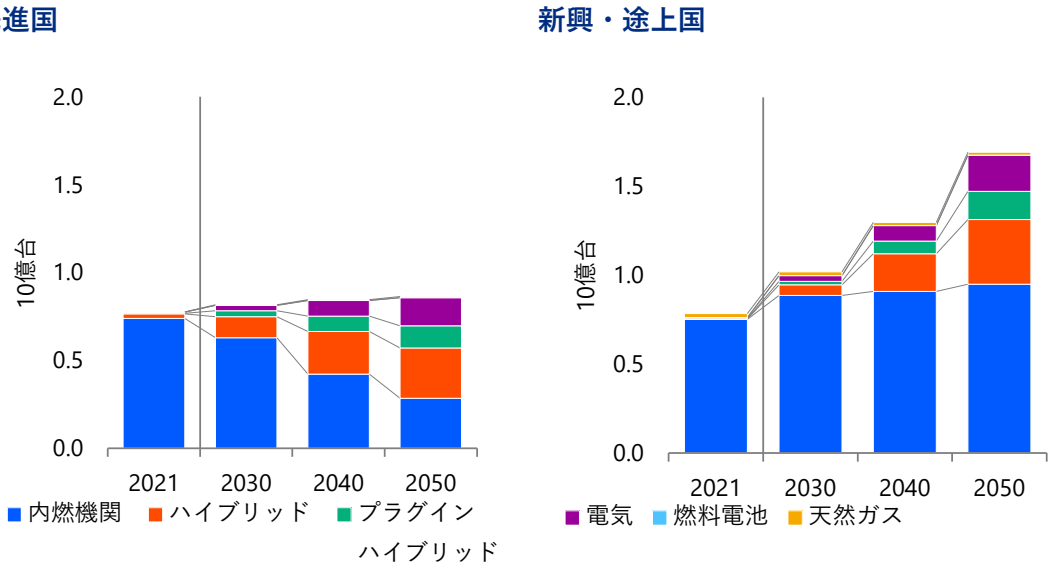
2021年から2050年までの世界の最終エネルギー消費の変化を部門別にみた場合、新興・途上国における消費増にけん引されて、すべての部門で最終エネルギー消費が増加する。先進国では、非エネルギー消費部門以外の各部門で、最終エネルギー消費が減少トレンドとなる(図2-32)。

図2-32 | 先進国、新興・途上国の最終エネルギー消費[レファレンスシナリオ]



運輸部門では、主に新興・途上国の道路部門における消費増にけん引され、最終エネルギー消費が2021年の2,690 Mtoeから2050年には3,476 Mtoeまで年率0.9%で増加する。運輸部門の消費増分は786 Mtoeで、最終エネルギー消費全体の増分の37%を占める。新興・途上国では、経済成長を背景として、同期間にわたって内燃自動車やハイブリッド自動車、電動自動車の保有台数が大きく伸びる(図2-33)。このため、新興・途上国の運輸部門の最終エネルギー消費は年率1.5%のペースで成長する。先進国では、政策誘導などの影響で電動自動車が普及して電力消費が増える一方、燃費の改善や内燃自動車台数の減少などにより道路部門の石油消費が大幅に減少する。結果として、先進国の運輸部門の最終エネルギー消費は年率−1.0%で減少する。

図2-33 | 自動車保有台数[レファレンスシナリオ]



産業部門では、新興・途上国の製造業の隆盛に伴う電力や天然ガスなどの消費増を主な要因として、最終エネルギー消費が2021年の3,037 Mtoeから2050年には3,673 Mtoeまで年率0.7%で増加する。産業部門の消費増分は636 Mtoeで、最終エネルギー消費全体の増分の30%を占める。ただし一般に、製造業をはじめとする産業部門では、事業のエネルギー消費を節減して製品のコスト競争力を高めようとするインセンティブが強く働く。そのため、2021年から2050年までの世界の第二次産業のGDP成長率(年率2.4%)に比べて、世界の産業部門の最終エネルギー消費は緩やかなペースで増加する。

民生他部門では、新興・途上国の業務部門と家庭部門における電力や都市ガス、石油製品などの消費増を主な要因として、最終エネルギー消費が2021年の3,360 Mtoeから2050年には3,724 Mtoeまで年率0.4%で増加する。民生他部門の消費増分は364 Mtoeで、最終エネルギー消費全体の増分の17%を占める。新興・途上国では、生活水準の向上とともに、近代エネルギーやその利用機器へのアクセスが徐々に拡がる。特に、薪炭材や畜ふんといった伝統的バイオマスが利用されてきたアフリカやアジアでは、民生他部門消費に占める伝統的バイオマス消費の比率が、アフリカでは2021年の79%から2050年には33%まで、アジアでは22%から5%まで、それぞれ低下する。

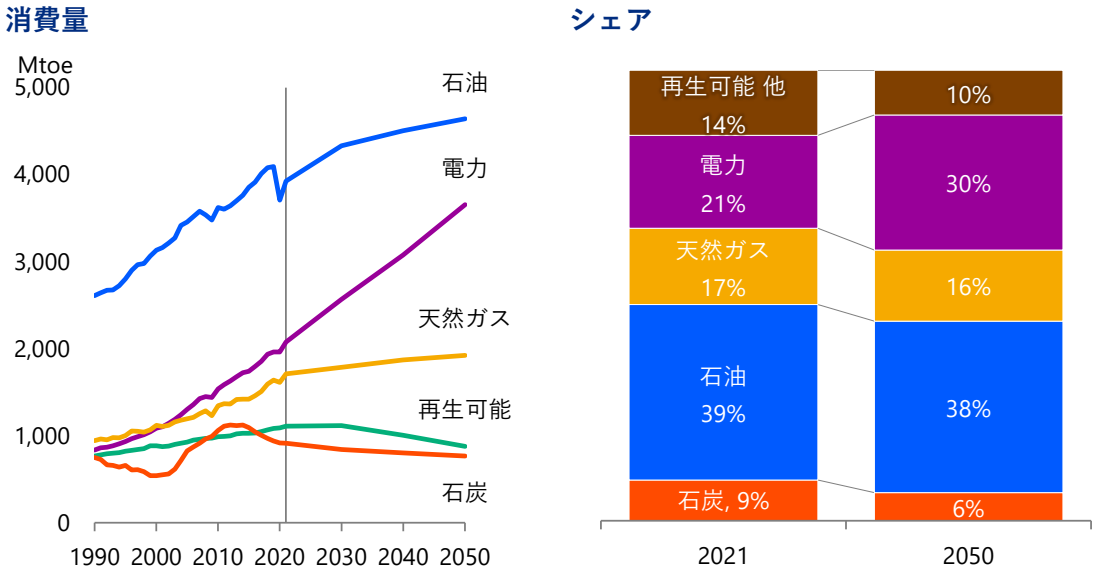
非エネルギー消費部門では、新興・途上国における石油と天然ガスの消費増を主な要因として、最終エネルギー消費が2021年の995 Mtoeから2050年には1,322 Mtoeまで年率1.0%で増加する。非エネルギー消費部門の消費増分は326 Mtoeで、最終エネルギー消費全体の増分の15%を占める。新興・途上国では、生活水準の向上とともに、プラスチックなど石油化学製品の利用量が増大してゆく。先進国では、2021年から2050年にかけて消費量がわずかな

がら増加する。特に北米では、シェールガスの域内生産量が増えて原料が安価で手に入るようになったことを背景として、石油化学産業における非エネルギー消費が増える。なお、プラスチックは利便性が高い一方で、昨今ではその大量消費に伴う資源・廃棄物制約や海洋プラスチックごみ、気候変動への影響などが国際的な課題になっている。これらの課題への対策の一環として、化石燃料ではなくバイオマスを原料としたバイオマスプラスチックの導入が徐々に進む。

エネルギー源別: すべてのエネルギー源の需要が残る

2021年から2050年までの世界の最終エネルギー消費の変化を主要なエネルギー源別にみた場合、シェアが増加トレンドをたどるものと減少トレンドをたどるものに大別される(図2-34)。電力シェアのみ増加となる一方、石油と石炭、天然ガス、バイオマスの直接利用が太宗を占める再生可能エネルギーは減少する。ただし、2050年でも天然ガスはもちろんのこと、石炭と再生可能エネルギーへの需要は存在する。化石燃料(石炭、石油、天然ガス)は、世界の最終エネルギー消費に占める比率が2021年の65%から2050年には60%に低下するものの、引き続き過半を占める有力なエネルギー源である。

図2-34 | 世界の最終エネルギー消費(エネルギー源別) [レファレンスシナリオ]



石油の最終消費は、部門別の切り口でも触れた新興・途上国の道路部門など運輸部門における消費増を中心に、2021年の3,926 Mtoeから2050年には4,640 Mtoeまで年率0.6%で増加する。モータリゼーションが進むインドやASEAN含むアジア全体の道路部門における消費増は395 Mtoeとなっており、先進国の石油消費減少幅(−414 Mtoe)を相殺してしまうほどの

増加となる。運輸部門に次ぐ消費の増加をみせるのは、非エネルギー消費部門である。同部門では、アジアの消費増に加えて、中東が域内の豊富な資源を活かして消費を増加させる。

電力の最終消費は、民生他部門と産業部門における消費増を主な要因として、2021年の2,077 Mtoeから2050年には3,654 Mtoeまで年率2.0%で増加する。電力は、先進国でも消費が増える唯一の主要なエネルギー源である。中国やインド、ASEANを筆頭としたアジアの消費増が世界全体の消費増をけん引するとともに、北米やヨーロッパでも電力消費が増える。一般に、所得が増大するにつれて、利便性の高いエネルギー源である電力が好んで使われるようになる。また、デジタル化などが進展することにより、電力を利用するマシンやデバイスの数も増えてゆく。世界の最終エネルギー消費に占める電力の比率は、2021年の21%から2050年には30%まで上昇する。経済社会のさまざまなシステムの電力依存度が高まるにつれて、供給障害が生じたときの損害がより大きくなりうる。電源の脱炭素化は重要な論点ではあるが、エネルギーセキュリティの観点からは、それに加えて安定的な電力供給体制を確保することも重要である。

天然ガスの最終消費は、新興・途上国の産業部門と非エネルギー消費部門における消費増を中心として、2021年の1,710 Mtoeから2050年には1,925 Mtoeまで年率0.4%で増加する。産業部門では、製造業が隆盛するインドやASEAN、MENAにおいて、非素材系産業を中心に消費が増加する。非エネルギー消費部門では、化学製品の内需が高まるインド、ASEANやガス化学産業の拡大を目指す中東が中心となり、世界の消費増をけん引する。

石炭の最終消費は、中国の産業部門と民生他部門における消費減を主な要因として、2021年の913 Mtoeから2050年には766 Mtoeまで年率－0.6%で減少する。地域別の切り口でも触れたとおり、中国では石炭消費量の多い製鉄業とセメント製造業の生産量が中長期的に減少する。これに伴い、2050年には中国の産業部門の石炭消費は、2021年の半分以下となる。また、中国は2030年にCO_2排出量のピークアウト、2060年にカーボンニュートラルを目指す「3060目標」を宣言し、これに基づいて2025年から石炭消費を減少させる計画があるため、同国の産業部門や民生他部門で、天然ガスや電力への利用エネルギー転換が進む。

再生可能エネルギーの最終消費は、アジアやアフリカの新興・途上国におけるエネルギー転換の進展などにより、2021年の1,109 Mtoeから2050年には879 Mtoeまで年率－0.8%で減少する。最終消費部門における再生可能エネルギーの例としては、自動車・航空機用のバイオ燃料が注目を集めている。しかし、2021年の再生可能エネルギー最終消費の構成比率では、新興・途上国における薪炭材や畜ふんといった伝統的バイオマス消費が71%と最も大きく、次いで欧米諸国の暖房用などの薪炭材消費が13%、バイオ燃料消費が10%、その他が6%である。部門別の切り口でも触れたとおり、アジアやアフリカの新興・途上国などで近代エネル

ギーの利用が伝統的バイオマスの利用を徐々に代替してゆく。その影響で、2020年代後半から世界の再生可能エネルギー最終消費は徐々に減少する。

2.3 二酸化炭素排出

残余カーボンバジェットの推計値が減少

気候変動に関する政府間パネル(IPCC)第6次評価報告書(AR6)の定義において、カーボンバジェットとは、気温上昇を一定の確率で一定以下に抑えるための人為的な累積正味CO_2排出量の最大値であり、そこから過去すでに排出された量を差し引いたものを残余カーボンバジェットと呼ぶ。AR6第1作業部会報告書(WGI)は、50%の確率で気温上昇を1.5℃に抑えるための残余カーボンバジェットを500 $GtCO_2$と推計した。しかし、この値は2020年1月1日以降の残余値であり、2020年から2022年にかけてすでに大気中に排出された約120 $GtCO_2$(2022年分は推定値)を差し引けば、1.5℃(50%確率)に向けた2023年以降の残余カーボンバジェットは380 $GtCO_2$に縮小する。これは、Global Carbon Budget (GCB) 2022[4]の推定値である。

一方、残余カーボンバジェットの推計は、CO_2だけでなく、非CO_2が気温上昇に与える影響の不確実性にも直面する。非CO_2に起因する気温上昇が大きくなれば、その分カーボンのバジェットは小さくなるからである。非CO_2のなかには、メタンや一酸化二窒素のように温室効果を持つ物質と、硫酸塩エアロゾルのように冷却効果を持つ物質が含まれる。AR6 WGIでは残余カーボンバジェットの推計に際し、簡易気候モデルを用いて非CO_2排出量と気温上昇の関係を定量化している。同じモデルは第3作業部会報告書(WGIII)でも使用されているが、非CO_2排出量の実績値および将来推計値について、より新しいデータが反映されている。WGIII Chapter 3 Box 3.4によると、WGIII向けに更新された簡易気候モデルを用いて再評価した場合、1.5℃への残余カーボンバジェットは100 $GtCO_2$減少した。これは、1.5℃に向けて非CO_2による正味の温室効果が上方修正されたことを意味する。もとより、AR6 WGIでは、非CO_2排出シナリオによる不確実性を±220 $GtCO_2$と評価しており、100 $GtCO_2$の減少はこの大きな不確実性の範囲内ではあるが、最新のデータを反映した結果、中央推定値としては減少したことになる。Indicators of Global Climate Change (IGCC) 2022[5]は、この非CO_2による寄与の更新およびAR6統合報告書(SYR)で報告された直近年の気温上昇分を反映し、1.5℃(50%確率)に向けた2023年以降の残余カーボンバジェットを250 $GtCO_2$、また、2℃(50%確率)では1,150 $GtCO_2$と推計している。以上の残余カーボンバジェットの推計値を表2-1にまとめた。IGCC 2022による1.5℃(50%確率)の残余カーボンバジェット

[4] Friedlingstein et al. (2022), https://doi.org/10.5194/essd-14-4811-2022

[5] Forster et al. (2023), https://doi.org/10.5194/essd-15-2295-2023

250 $GtCO_2$は、2021年の人為起源CO_2排出量41 $GtCO_2$（うち、エネルギー起源CO_2は34 $GtCO_2$）の約6年分に過ぎず、きわめて少ない。

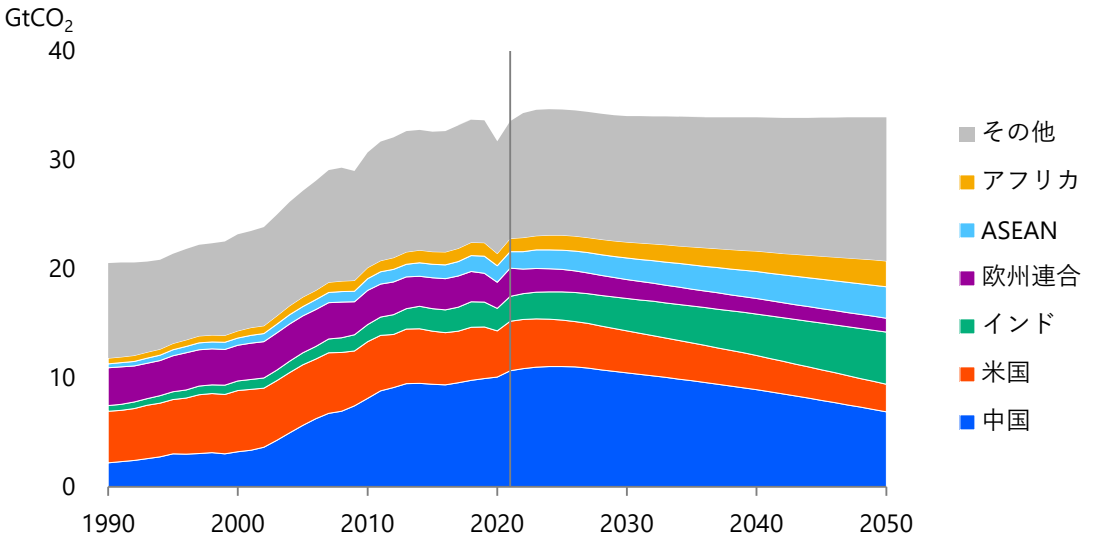
表2-1 | 残余カーボンバジェット

	気温上昇	起点	推計値
IPCC AR6	1.5°C (50%確率)	2020年以降	500 $GtCO_2$
GCB 2022	1.5°C (50%確率)	2023年以降	380 $GtCO_2$
IGCC 2022	1.5°C (50%確率)	2023年以降	250 $GtCO_2$
	2°C (50%確率)	2023年以降	1,150 $GtCO_2$

世界の排出量は2025年までにピークを打つが、2030年以降はほぼ同じ水準で推移

図2-35に示すように、レファレンスシナリオにおける世界のエネルギー起源CO_2排出量は、2025年までにピークを打つ。ただし、ピークを打った後は、2030年までわずかに減少した後、2050年までほぼ同じ水準で推移する。中国、米国およびEUなどの排出は減少してゆくが、インド、ASEANおよびアフリカなどの排出は増加してゆき、前者の減少分は後者の増加分でほとんど相殺される。中国の排出量は引き続き首位であり続けるが、2050年にはインドが肉薄する。現在、気候変動への取り組みの中心地である米国とEUの排出量の合計は、2045年までにはインド1国ないしASEANとアフリカの合計を下回る。

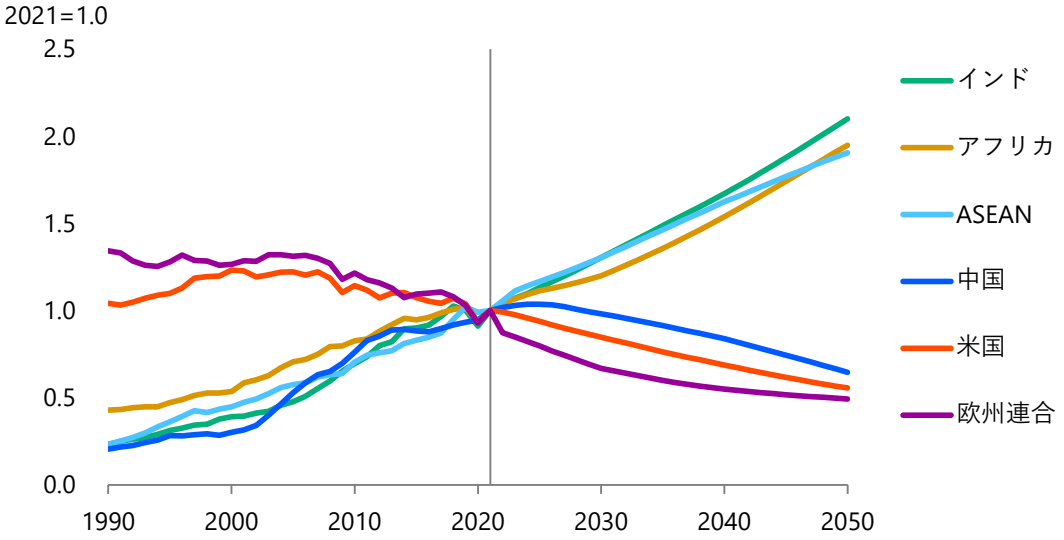
図2-35 | 主要国・地域別の世界のエネルギー起源CO_2排出量[レファレンスシナリオ]



排出量の変化率からは、排出トレンドの二極化の様子がみて取れる（図2-36）。2021年を基準とすると、インドの排出量は2050年には2.1倍に達する。アフリカでは、排出量の増加率が

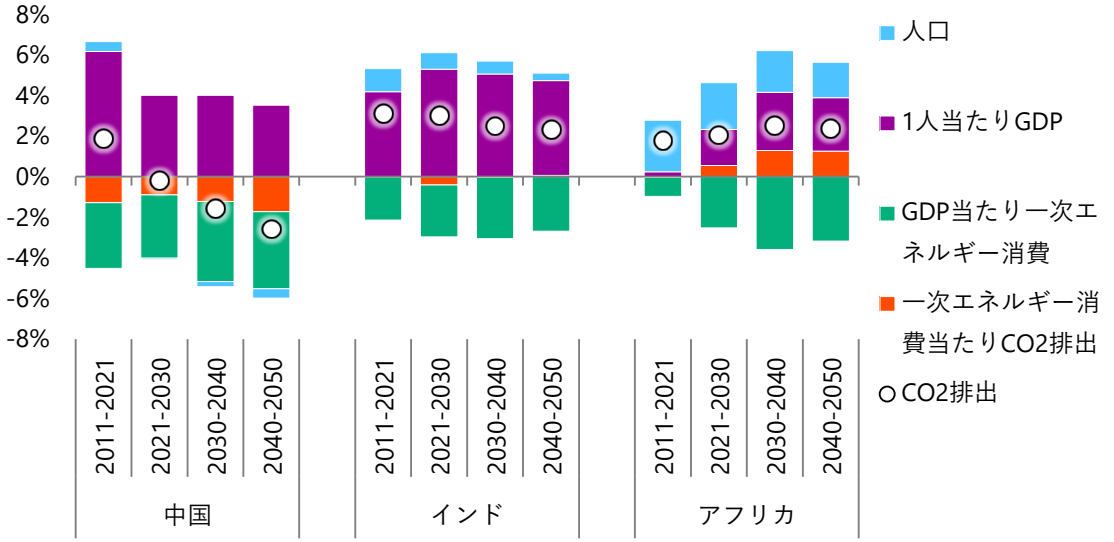
2030年以降加速する。中国、米国およびEUの排出量はそれぞれ、2050年に2021年比35%、44%および51%減となる。中国は長期的な削減率が高い一方、EUは短期的な削減率が高い。米国はその中間である。

図2-36 | 主要国・地域別のエネルギー起源CO_2排出量の変化率[レファレンスシナリオ]



今後排出は減少してゆくものの世界最大の排出国であり続ける中国と、今後排出が拡大してゆくインドおよびアフリカについて、排出量年変化率の要因分解を行う(図2-37)。中国については、過去10年間と比べて、今後は1人当たりGDPの成長が落ち着くことの影響がまずもって大きい。加えて、足元で合わせて5%弱の排出減少要因となっているGDP当たり一次エネルギー消費および一次エネルギー消費当たりCO_2排出の改善も、中長期的には加速する。インドは対照的に、今後も高い経済成長率が続くことで、3%近い排出増加率が短中期的に維持される。過去10年間、一次エネルギー消費当たりCO_2排出の改善はみられず、この傾向が継続する。アフリカでは、過去10年間では排出増加のほとんどが人口増加で説明できるが、今後はこれに1人当たりGDPの成長が加わる。さらに、伝統的バイオマスから化石燃料などへの移行に伴い、一次エネルギー消費当たりCO_2排出は悪化し排出増加要因となる。GDP当たり一次エネルギー消費は足元から大きく改善し、唯一の排出減少要因となる。

図2-37 | 中国、インド、アフリカのエネルギー起源CO_2排出量年変化率の要因分解[レファレンスシナリオ]



注: 交絡項の配分は行っていない。

3. エネルギー供給

3.1 原油

近年の原油供給

2017年から協調減産を続けていた石油輸出国機構(OPEC)とOPEC非加盟の主要産油国からなるOPECプラスは、新型コロナウイルス感染症(COVID-19)パンデミック初期の2020年5月より減産を実施し、需要が回復するにつれて徐々に増産してきた。2022年2月にロシアがウクライナへ侵攻すると、西側が制裁を強化したにもかかわらず、ロシアの生産量減少は限定的である。OPECプラスは油価低迷へ対応するため2022年10月より再び減産に踏み切り、減産幅を段階的に拡大している。一方、世界最大の産油国である米国の生産量は、パンデミック初期の原油価格暴落によって投資採算性が悪化、上流事業への融資が絞られたことで大きく落ち込んだが、2022年後半より緩やかに回復している。主要7か国(G7)および欧州連合(EU)はロシア産石油禁輸を決定するなど、西側諸国はロシア産石油からの脱却を進めている。短期的には中国やインド等への輸出を増やすことでロシアの生産量を支えるが、代替市場獲得の難しさや上流投資停滞によって中長期的にはロシアの原油生産量を抑制するものとなろう。一方、西側諸国にとってはロシアの代替供給源として米国の重要性が高まっている。

中東産油国が低生産コストを活かして原油供給をリード

レファレンスシナリオにおいては、世界の石油需要は、インドや東南アジア諸国連合(ASEAN)、アフリカ等の新興・途上国を中心に、経済成長を背景に2050年まで増加を続ける。

2030年までは、世界の石油需要は年率0.9%で増加し、これに呼応してOPEC、非OPECともに、原油生産を増加させる。圧倒的なコスト競争力を持つ中東湾岸諸国を中心として、OPEC加盟国はこの期間中の世界の原油供給増をけん引する。ウクライナ戦争前から中長期的な生産量減少が見込まれていたヨーロッパ・ユーラシアは、西側諸国の禁輸や制裁の影響でロシアの上流投資不足が深刻化することで、減少スピードが速くなる。一方、2010年代に驚異的な増産をみせた米国を中心とする北米の生産量は2030年ごろにピークに達する。また、ブラジルやガイアナといった国々の増産が南米の生産量を若干押し上げるが、アフリカの生産量は横ばい、アジア・オセアニアの生産量は減少し続ける。2030年からは、北米の生産量は緩やかに減少するものの、2050年時点でも米国は世界最大の産油国であり続ける。中南米での生産量は若干増加するが、ヨーロッパ・ユーラシア、アジアといった非OPEC地域は減少し、OPEC、特に潤沢な原油埋蔵量を誇る中東OPEC加盟国の存在感がますます高まる。

OPECの盟主であるサウジアラビアを筆頭に、安価な生産コストを誇るこれらの国々が、2030年から2050年までの需要増加分の大半を得ることになる。その結果、世界の石油供給に占めるOPEC原油のシェアは2021年の34%から2050年には43%に高まる。

表3-1 | 原油生産[レファレンスシナリオ]

(Mb/d)

	2021	2030	2040	2050	2021-2050	
					変化量	変化率
原油生産計	90.2	100.0	103.4	105.7	15.5	0.5%
OPEC	31.9	38.4	42.8	46.4	14.6	1.3%
中東	25.0	31.3	35.0	37.8	12.8	1.4%
その他	6.9	7.1	7.8	8.7	1.8	0.8%
非OPEC	58.3	61.6	60.5	59.3	0.9	0.1%
北米	21.1	25.1	24.6	23.9	2.8	0.4%
中南米	7.8	8.5	9.8	10.8	3.1	1.2%
欧州・ユーラシア	17.7	16.5	15.4	14.1	-3.6	-0.8%
中東	2.9	3.3	3.6	3.9	1.0	1.0%
アフリカ	1.3	1.5	1.5	1.5	0.2	0.5%
アジア・オセアニア	7.5	6.8	5.7	5.0	-2.5	-1.4%
プロセスゲイン	2.3	2.6	2.8	2.9	0.6	0.8%
石油供給計	92.5	102.6	106.1	108.6	16.1	0.6%

注: 原油には天然ガス液(NGL)を含む

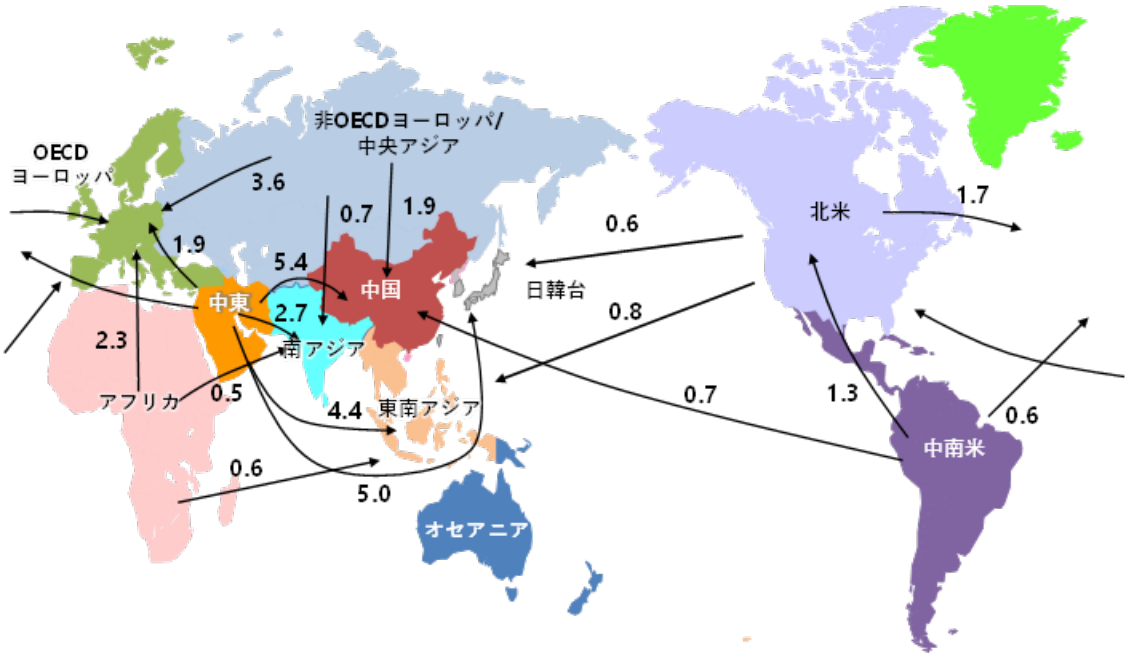
アジアで高まる中東への原油依存

2022年の世界の原油貿易量は日量約43百万bbl (Mb/d)であった。最大の輸出地域である中東の輸出量は約16 Mb/dで輸出量の38%を占め、ロシアを中心とする非OECD[6]ヨーロッパ/中央アジアおよび北米が約7 Mb/dで続いている。中東の輸出量の8割はアジア向けであり、非OECDヨーロッパ/中央アジアは5割がヨーロッパ向け、4割がアジア向けである。北米は域内(米国・カナダ間)での貿易が6割を占め、2割がアジア向けである。輸入地域ではアジアの輸入量が約27 Mb/dと圧倒的に大きく、なかでも世界最大の輸入国である中国の輸入量は約10 Mb/dに達する。OECDヨーロッパの輸入量も約10 Mb/dと大きい。アジア向け最大の供給地域は中東で、アジア全体での中東依存度は6割である。OECDヨーロッパ向け最大の供給地域は非OECDヨーロッパ/中央アジアであり続けている。しかし、OECDヨーロッパ全体での非OECDヨーロッパ/中央アジア依存度はウクライナ侵攻前の4割(EUのロシア依存度は3割)から、2022年通年では36% (同23%)にまで低下した。世界の原油貿易総量は、非産油国での石油需要の増加を背景に増加する。需要が減少するOECD諸国では輸入量も低

[6] 経済協力開発機構

下し続けるが、非OECD諸国の輸入量がそれを上回る勢いで増加する。中国の輸入量は2030年ごろにピークアウトするが、インドやASEANの輸入量増加が顕著であり、アジアの輸入依存度は上昇し続ける。ロシアを中心とする非OECDヨーロッパ/中央アジアは、ヨーロッパ向けの供給量減少が加速し、中国市場への依存度が高くなる。米州からアジアへの流入量は増加するものの、中東がアジア向けの最大供給地域であり続ける。

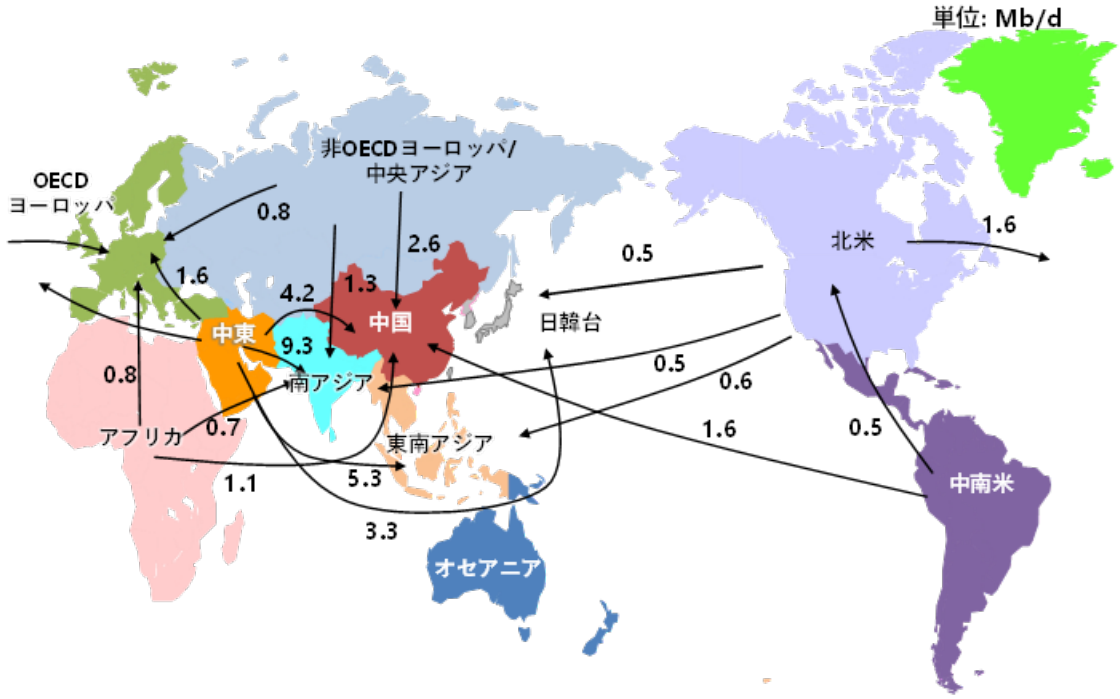
図3-1 | 主要地域間の原油貿易[2022年]



注: 0.5 Mb/d以上のフローを記載

出所: Energy Institute「Statistical Review of World Energy」(2023年版)、各国貿易統計を基に作成

図3-2 | 主要地域間の原油貿易[レファレンスシナリオ、2050年]



注: 0.5 Mb/d以上のフローを記載

3.2 天然ガス

液化天然ガス市場が豊富な供給ポテンシャルにより拡大しつつも、見通しは不確実化

2023年上半期、世界の液化天然ガス(LNG)市場では、世界のLNG海上輸送貿易量は、200 Mtを超えた(前年同期比2%増)。日本のLNG輸入減、ヨーロッパ・東南アジアのLNG輸入増加が顕著となった。しかしながら、輸出入の変動幅は前年同期よりも緩やかとなった。中国のLNGは、3月より若干の増加に転じており、今後の増加率が2023年北半球冬季の要注目点となる。2023年前半では、中国のLNG輸入量が日本を上回り、世界最大のLNG輸入国となった。ヨーロッパは、天然ガス地下貯蔵在庫水準が相対的に高いことにより、前年同期に比してLNG輸入の増加率は緩和した。

LNG輸出サイドでは、前年同期同様、米国、オーストラリア、カタールが40 Mt程度のLNG輸出量できっ抗した。4番手のロシアの減少幅が前年同期比9%と顕著となり、ナイジェリア、エジプト、赤道ギニアでの減少が比較的目立った。

2022年は、EU側のロシア産化石燃料忌避、ロシア側からのエネルギー供給削減揺さぶりの両方の要因で、ロシア産パイプラインガスのEU向け供給は、2021年12月のLNG換算8 Mt強から、2022年12月までに同2 Mt未満に減少した。他方でロシア産LNGのEU+英国向け供

給は、2022年はわずかながら増加した。しかし、2023年以降、残されたロシア産パイプラインガス供給に加え、ロシア産LNG供給動向にも不透明要因があることに留意すべきである。

また、今後のアジア、ヨーロッパのスポットガス価格動向次第で、米国産LNGのアジア向け、ヨーロッパ向け比率は変動する。米LNG輸出中のEU+英国比率が2021年の3割程度から、2022年は3分の2に増加、2023年前半は7割近くとなっている。一方、アジア向け比率は2021年半分弱から2022年4分の1弱に低下、2023年前半は2割程度となった。

2022年は、LNG市場では、米国でのLNG設備1件での火災事故後の停止・再稼働見通しの延期が、供給量減少・見通し不透明の大きな要因となった。今後も大型LNG生産設備にトラブルがあれば、市場バランスが大きく変動する可能性がある。2023年後半から2024年初にかけては、インドネシア、モーリタニア、セネガルでの新規プロジェクトの安定的な稼働開始・タイミングも大きな要因となる。

またもう1つの世界最大級のLNG輸出国であるオーストラリアでは、2022年～2023年、LNGビジネスに影響する3件の法規制改正が発表された。オーストラリア国内ガス供給セキュリティメカニズム(ADGSM)、温室効果ガス排出規制に関わるセーフガードメカニズム、石油類資源レント税(PRRT)の改正である。ADGSM改正については長期LNG販売契約保護明確化、セーフガードメカニズム改正は段階的排出上限強化の実施詳細、PRRT改正は同国でのLNG事業経済性への影響が注目される。

過去数年間、最も急速に成長する最大の天然ガス・LNG市場である中国は、2022年はガス消費量が統計史上初めて前年比1.7%減少となった。LNG輸入量は前年比2割近い減少となった。同国の天然ガス消費は2023年増加に転じており、あわせて上半期LNG輸入量は、33.44 Mtで前年同期比7.2%増となった。依然として2021年上半期の過去最高39.78 Mtを大きく下回った状態ではあったが、日本のLNG輸入は同じ半年間では32.62 Mtと前年同期比13.1%減、このため中国がこの期間では再び世界最大のLNG輸入国となった。

次に注目される急成長ガス市場としてのインドでは、2022年のガス消費は5%減少となり、特に発電用ガス消費が4分の1程度減少した。LNG輸入および国有企業によるガス生産減少の一方で、民間企業によるガス生産が25%増加した。2023年に入ってからは、肥料製造用、都市ガス用消費量が増加している。

東南アジア、南アジア(インド除く)では、近年のグローバル市場における価格・需給変動の影響はさまざまとなっている。東南アジアでは、LNG輸入量が2022年通年は20%、2.50 Mt増、2023年上半期は39%、2.86 Mt増となったが、東南アジアにはLNG輸出国・LNG輸入国

が存在し、影響にはばらつきがみられる。2023年以降、フィリピン、ベトナムがLNG輸入国に加わり、今後も増加が見込まれる。

一方、バングラデシュ、パキスタンは発電用ガス利用のためのLNG輸入が大幅減少、両国合計で2022年は18%、2.50 Mt減、2023年上半期は2.8%減、0.18 Mt減となった。

LNG市場安定化に向けて: 供給面、需要面、価格面

石油危機以降の50年間で、天然ガス・LNGは化石燃料のなかで、最もクリーンかつ基幹エネルギー源として成長した(世界、日本とも、ガスが一次エネルギーの4分の1のシェア占める)。これにより、天然ガス・LNGのエネルギーセキュリティ全体への影響度は大きくなり、特にLNGが天然ガス供給の大きな部分を占めるアジアにおいて、LNG自体の安定供給確保の重要性が、格段に高まった。特に、海上貿易されるLNGが、2011年以降の12年間で60%以上拡大した。ことに、輸入国・地域としては、2022年～2023年だけみても、ドイツ、フィリピン、香港、ベトナムが加わった。

天然ガスが世界の基幹エネルギー化したことにより、LNGは世界エネルギー供給安定のカギを握っている。供給面では、長期的には米国、オーストラリア、カナダ、アフリカ等、非ロシア供給源からの安定供給実現が重要課題である。

引き続き、今後の投資決定可能性が高いプロジェクトに関しては、当面、米国が多数を占める。同国でのLNGプロジェクトは、原料ガスとなる上流側のガス田が伝統的なLNGプロジェクトと異なり、必ずしも垂直統合型に特定されていない。さらに、LNGの引き取りに関しても、必ずしも最終消費先が固定されない緩やかなコミットメントでのプロジェクト構築・投資決定がなされてきた。一方で、2021年以降、最終消費先特定度が高い長期契約も盛り返しており、ボリュームの拡大とともにプロジェクト構造の多様化も進みつつある。

こうした米国産LNGのグローバル市場への登場が、LNG市場全体の構造変化をもたらしている。2019年は、米国産LNGの日本向け供給が本格化したことにより、従来のアジア向けLNG供給主体からの取引契約で主流であった原油連動価格が高水準であるときに優位性を実証した。一方で、2020年は、世界的ガス価格低迷・短期需要低迷時に、供給量の変動分を吸収する柔軟性を発揮した。さらに2021年には再び世界的なガス価格上昇局面で、柔軟性・価格優位性を発揮し、各地への有力供給源として確立した。2022年には、ヨーロッパ向けの最大の追加ガス供給源としてなった。さらに2023年には、世界最大のLNG輸出国となる見通しである。

このことが、他供給源含めて、契約条件交渉に影響を与えている。他方、オーストラリアは2019年までに現在の生産容量拡大局面が最終段階を迎え、そのLNG生産量は、2020年、2021年には2006年以降の世界最大のLNG輸出国だったカタールを上回った。また、ロシアは近

年、北極圏プロジェクトでのLNG生産が増加し、ヨーロッパガス市場でシェアを拡大しており、2022年上半期にはヨーロッパ向け輸出量が過去最大となった。

LNG物流のヨーロッパシフトと世界ガス価格高水準の常態化

大型プロジェクトでは、従来、投資決定からLNG輸出開始まで4年～5年と長期間を要することが特色だった。建設期間を短縮するため、一部設備の標準化・モジュラー化によりエンジニアリング期間・組み立て建設期間を短縮する取り組みとその成果も実現されつつある。さらに、年間1.4 Mt規模のLNG液化設備を従来よりも大幅に短い1年～2年間で実現することを表明するプロジェクト企業も台頭している。

今後のLNGを中心として、世界の天然ガス供給を増加する地域として、東西アフリカのフロンティア地域がある。これらの地域では、洋上、また時には中小規模のガス資源も存在することから、浮体式LNG生産方式も開発の現実的な選択肢となった。すでに西アフリカのカメルーンで浮体式LNG生産プロジェクトが稼働開始している。さらに、2017年に東アフリカのモザンビーク沖、2018年に西アフリカのセネガル・モーリタニア沖、2022年にコンゴ共和国沖のガス資源を活用する浮体式LNG生産プロジェクトがそれぞれ投資決定を行った。これらのプロジェクトではいずれも、国際市場でのLNGマーケティング力を持つ大手LNGプレイヤーが生産されるLNG全量の引き取りをコミットすることにより、プロジェクト推進の裏付けとしている。

モザンビークではこの浮体式LNG生産プロジェクトに加え、陸上サイトでのLNG生産プロジェクトも複数件計画されている。このうち1件は2019年6月に投資決定済みである。2021年～2023年時点では、現地の治安情勢の悪化により、一時的に建設作業が中断している。しかしながら、長期的には資源規模の大きさ、およびインドをはじめとした南アジアに近く、海運上のチョークポイントもなく、アジア市場はもとよりスエズ運河経由あるいは喜望峰回りでヨーロッパ市場ともにアクセスできる戦略的な立地から、長期的に大きなLNG供給源として成長する。これらを背景に、天然ガス生産が順調に増加する。

なお、短期的には、引き続きロシア産パイプラインガス供給の減少への対処、LNG生産諸国での安定生産確保、今後1年～2年の新規LNG生産プロジェクトの円滑な立ち上がりが必要である。これらによるLNG生産の短期的安定化が、LNGに対する信頼度を高め、長期的な投資にもつながってゆく。

需要面では、長期的に脱炭素の取り組み内容の影響による需要見通しの変動、需要センターの発展途上経済へのシフト、需要側の契約柔軟化指向への対応などが重要度を増している。短期的には、原子力・再生可能エネルギー等の影響による天然ガス需要の不確実性、ヨー

ロッパにおけるガス需要削減・減少の変動幅、中国、インドやアジアの新興市場におけるガス需要回復動向が市場のバランスを左右する。

価格面では、長期的には契約価格方式の多様化と最適化、市場の安定成長と投資を支えるバランスのなかでの価格設定が必要となる。短期的には、ボラティリティ増大への対応が引き続き業界を悩ましている。

この点で、LNG市場安定化につながる政策面、投資確保面の課題への対処が重要である。具体的には、政府・国際レベルでの、トランジションに適合するLNGの基準の明確化、温室効果ガス(GHG)排出量測定・報告・認証(MRV)基準の明確化やクリーン対策装備基準の明確化により、投資対象・融資先としてのLNGプロジェクト優位性を確立することが、LNG市場の安定的な成長と、特に急速に成長する新興市場に向けた供給源安定確保につながる。

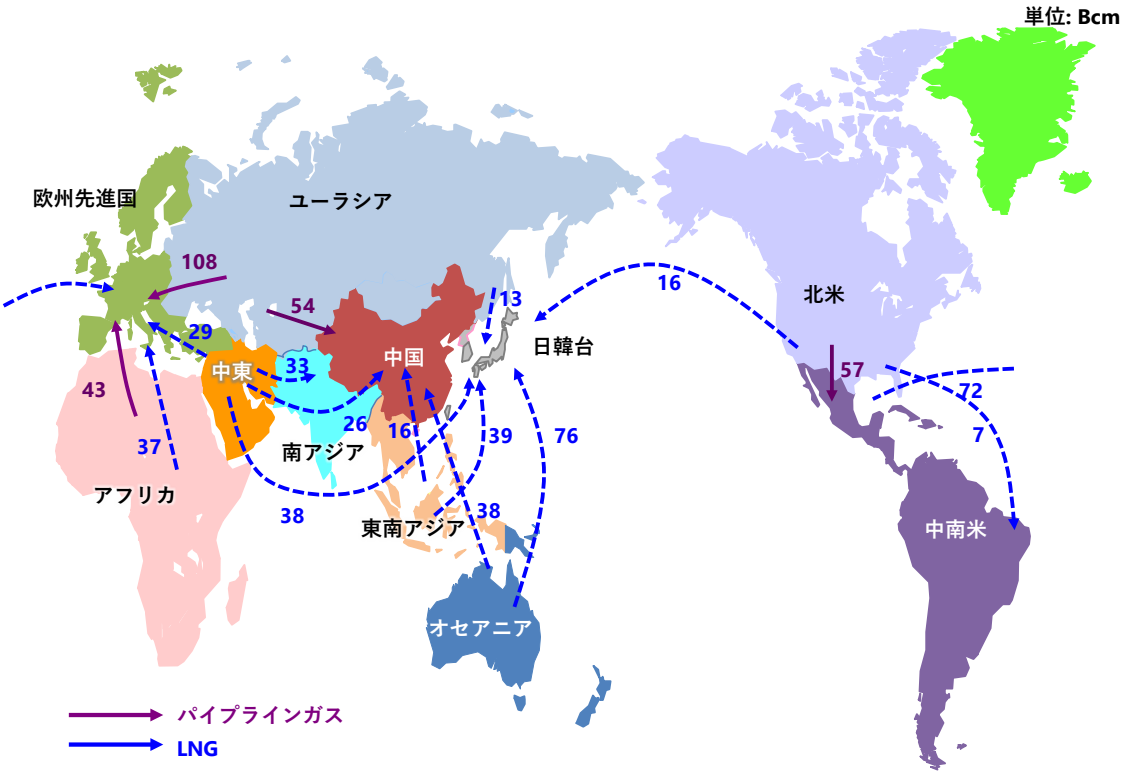
特にこの点では、2023年はG7、LNG産消会議でLNG市場安定に向けた政府・国際エネルギー機関(IEA)の役割強化が議論されたことが前進である。

表3-2 | 天然ガス生産[レファレンスシナリオ]

(Bcm)

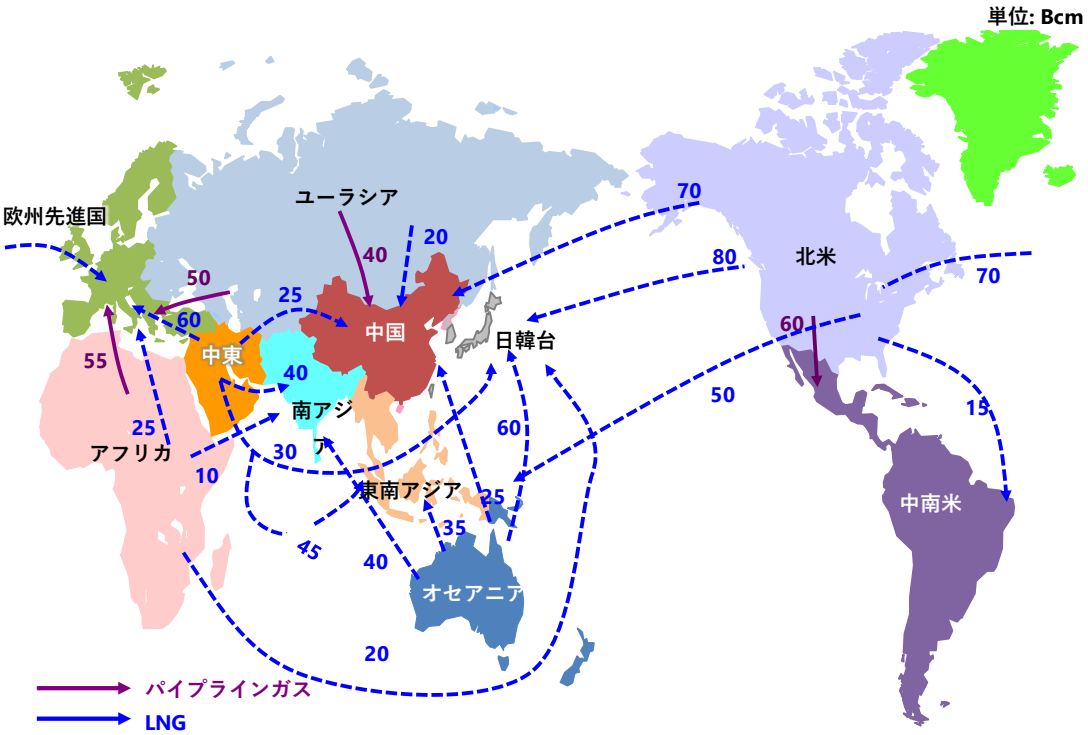
	2021	2030	2040	2050	2021-2050	
					変化量	変化率
世界	4,207	4,348	4,778	5,368	1,161	0.8%
北米、メキシコ	1,208	1,364	1,409	1,432	224	0.6%
中南米(メキシコを除く)	152	164	225	313	162	2.5%
ヨーロッパ	204	150	130	100	-104	-2.4%
ユーラシア	1,010	848	864	909	-101	-0.4%
ロシア	794	618	610	609	-185	-0.9%
中東	702	766	871	1,035	333	1.3%
アフリカ	260	253	368	551	291	2.6%
アジア	517	638	726	825	308	1.6%
中国	208	240	248	251	43	0.7%
インド	32	45	83	110	78	4.3%
ASEAN	193	216	242	261	68	1.1%
オセアニア	155	165	185	204	49	0.9%

図3-3 | 主要地域間の天然ガス貿易[2022年]



注: 主な地域間貿易を記載

図3-4 | 主要地域間の天然ガス貿易[レファレンスシナリオ、2050年]



注: 主な地域間貿易を記載。一部、パイプラインガスがLNGに代替される可能性がある。

3.3 石炭

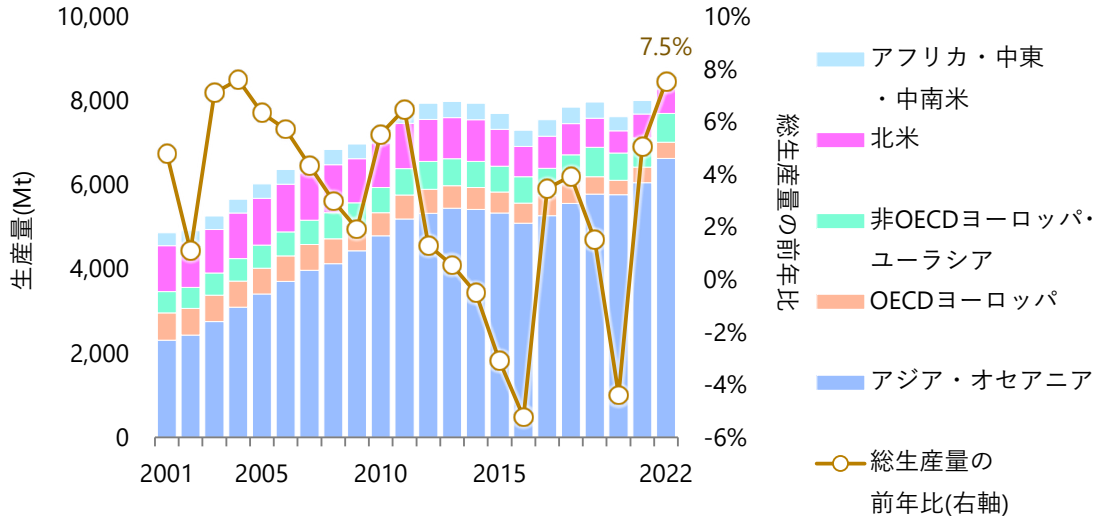
世界での需要および供給の地域的分断が進んでいる

2022年、石炭消費量は世界的なガス市場のタイト化のなかで比較的入手が容易であることから、地域的な偏在はあるもののCOVID-19からの経済回復に伴い史上最高を記録した。生産量も自国需要の伸びた中国、インド、また輸出需要の高まりを受けたインドネシアでの生産が大きく増加。一方、それら以外の各国では、自然災害や事故、COVID-19感染による人員不足等、各種要因による供給障害が発生し、伸び悩んだ。

2022年の世界の石炭消費量は、過去3年にわたるCOVID-19からの回復を受け8,397 Mt（前年比3.9%、313 Mt増加）と史上最高を記録した。2022年においては、特に中国とインドが消費量増を加速させている。中国は4,513 Mtと前年比198 Mt（4.6%）増加させ、インドも1,173 Mtと前年比114 Mt（10.8%）増加した。一方で米国は468 Mtと前年比25 Mt（5%）減と縮小傾向に戻った。またOECDヨーロッパは528 Mtと前年比横ばいとなっているが、域内の原子力および水力発電の低下を火力が補ったもののCOVID-19前までは回復しなかった。今後これらの要因からの回復を見込むとEUでの石炭消費はさらに縮小傾向を示すと考えられる。

一方、世界の2022年の石炭生産量も、需要の増加回復に伴い8,609 Mt（前年比7.5%、603 Mt増加）となり、COVID-19感染拡大前の2019年の7,969 Mtを大きく上回った（図3-5）。

図3-5 | 世界の石炭生産



注: 2022年は暫定値

出所: IEA "World Energy Statistics and Balances 2023"

地域別にみると、増加幅(一部地域では減少)にはばらつきが顕著となっている。アジア・オセアニアでは前年比9.6%(581 Mt増加)であったが、その増加のほとんどは中国、インドおよびインドネシアの増加によるもので、中国は同8.7%(349 Mt増加)、インドは同14.6%(121 Mt増加)、インドネシアは同20.0%(116 Mt増加)である。その他地域では、OECDアメリカで同2.2%(13 Mt増加)、OECDヨーロッパで同1.2%(4 Mt増加)、非OECDヨーロッパ・ユーラシアで同−0.1%(1 Mt減少)、アフリカ・中南米・中東では同1.8%(6 Mt増加)となった。

2022年の生産動向を主要輸出国にみると、オーストラリアでは、COVID-19感染による生産減からの回復遅れに加え、ラニーニャによる天候不順により生産が減少し、458 Mtと前年比約0.3%減、2 Mtの減少となった。またインドネシアで大幅な増産となっているが、世界的な石炭需給環境のタイト化のなかで積極的な増産で対応を図ったことが大きな背景である(687 Mtと前年比20%、116 Mt増)。ヨーロッパを主な市場とするコロンビアでは、Glencoreの撤退や労働者の抗議活動の混乱から復調傾向にあったが、天候不順の影響から大きな生産の回復までには至らず54 Mtと前年なみにとどまった。インドを中心にASEAN等も主な市場とする南アフリカは、COVID-19感染拡大、鉄道事故、国内需要の減少等により生産量は前年なみで、いまだ回復傾向はみえていない。一方、ロシアではウクライナ侵攻による西側各国の禁輸措置やシベリア鉄道のボトルネックなどがあったものの、生産量はほぼ前年なみとなる444 Mtを記録した。

2022年の石炭貿易は、ウクライナ侵攻によるロシアからの石炭輸出に課せられた制裁の影響から、世界の石炭の流れは大きく変化した。すなわち、ロシアからの石炭供給の代替確保、またオーストラリアの悪天候(ラニーニャ現象)による深刻な生産中断による輸出減、さらに南アフリカでは市況上昇というインセンティブがありながらインフラ問題により石炭増産ができない等、世界的な石炭供給のひっ迫につながった。このため、貿易量としては抑えられる状況となっていた。またこのような価格高騰局面から、中国とインドは輸入制限を発動させ、国内の生産を大幅に引き上げる政策を進めた。この結果、中国では輸入炭にブレーキがかかり前年比で11%減少の295 Mtにとどまった。ただし、インドは旺盛な石炭需要により国内炭増産を行ったにもかかわらず、輸入量も前年比12.9%増加し、212 Mtを記録した。このようなマーケット環境から、一般炭の国際貿易量は1,043 Mt(前年比1.8%減)となった。一方、原料炭の国際貿易量も景気減速により減少し、292 Mt(前年比2.5%減)であった。

ウクライナ侵攻継続環境での需給バランス

世界の石炭市場は2023年に入っても需要増加が継続している。世界の上期ベースでは、発電部門および非電力部門のいずれも前年からの増加を示していると報告されている。特に

2022年同様、中国、インドおよびインドネシアでの増加が、米国、EUおよび日本での減少を上回っている。

上期に需要増となった3か国についてみると、中国はCOVID-19のロックダウンが経済の重しとなった2022年上期と2023年上期の水力発電量が非常に低かったため石炭への依存度が高まった。インドでは、経済成長継続から各産業の石炭への依存度が増していることが背景にあり、インドネシアもインド同様に、経済見通が上向きであり、電力部門、製錬部門、その他の産業のいずれにおいてもより多くの石炭を消費していることが増加の要因と考えられる。

一方、石炭需要が減少している米国とEUでは、電力需要の低迷と再生可能エネルギーの拡大が組み合わさり、電力部門での減少が顕著になっている。また米国の場合、安価な天然ガスも石炭需要減につながっている。また、日本、韓国でもLNG価格の前年からの下落などの影響から石炭火力の稼働減になっており、2023年上期の消費が前年よりも落ち込んでいる。

一方、世界の石炭生産量は、この上期も前年に引き続き中国、インド、インドネシアで生産が大幅に増加し、米国とEUの減少を相殺している。これら以外の国々の状況は、オーストラリアの石炭生産は、2022年はラニーニャによる深刻な気象被害を受けて生産減少に見舞われたが、2023年はこの影響を受けておらず回復傾向を示している。南アフリカの石炭生産量は、長年にわたるメンテナンス不足と深刻なインフラ問題により、石炭火力の運転が減退し続けており、さらなる減少と予想されている。ロシアの石炭生産量は、西側各国の輸入禁止措置の影響を受けているが、大きな減少にはなっていない。しかしながら、今後の戦争状況次第ではさらなる減少の可能性もありえるだろう。

2023年の石炭貿易においては、オーストラリアでの生産を妨げたラニーニャ現象の終えんと北半球の暖冬とが相まって、供給量が前年から大きく回復している。またこのような石炭供給量の増加に加えて天然ガスの需給環境緩和により、石炭価格は2022年末から2023年半ばに向け下落してきている。石炭価格の下落は中国やインドなどの価格に敏感な買い手を引き付けたが、価格下落は中国人民元とインドルピーの対米ドルとのクロスレートの下落によって部分的に相殺もされており爆発的な取引にはつながっていない。ただし、中国はオーストラリア産石炭の非公式輸入禁止措置を2023年1月に解除した影響から輸入量は前年比で増加している。年初から4月末まで、中国とインドの輸入量は世界の石炭輸入量の約50%に達しているが、この2か国は石炭生産と消費が最大であり、ここにきて輸入でも大きな割合を占めていることが特筆される。

こうしたなか、2023年における一般炭の輸入需要の世界的な高まりは、前年同様に主にインドネシアの輸出によってカバーされると予測している。

なお2023年上期、OECDヨーロッパはエネルギー全体の需給緩和を背景に石炭火力の稼働減となったが、前年に調達し輸入基地に高在庫となっている一般炭を輸出の形で転売した(4月、域内全体で1 Mt近く輸出――向け先: モロッコ、インド、中国等)。

石炭市況

2022年は、世界的な石炭需要の急増と供給不足により、石炭市場は非常にタイトであった。このような環境から前例のない価格水準となった。ロシアのウクライナ侵攻後、エネルギー価格は全体的に上昇したが、特に天然ガス価格の高騰により、多くの国が石炭火力発電への切り替えを行ったことで需要が大きく伸張した。一方の供給サイドでは、オーストラリアでラニーニャが石炭生産に深刻な影響を及ぼした。またインドネシアは国内の供給不足に対処するため2022年1月に一時的な輸出禁止措置を導入(その後解除)し、市場での一般炭貿易量が低下した。さらに、ヨーロッパでは需要の高まりがあるもののウクライナ侵攻によりロシア炭の輸入を8月から禁止するなどが要因となって、価格は前年から大きく上昇した1年となった。

価格の変動を概観すると、一般炭価格(オーストラリアニューキャッスル港出し本船渡し[FOB]価格)は年初から$250/t台まで徐々に上昇した後、ウクライナ侵攻後の3月上旬には一時$400/t近くまで急騰した。その後$200/t台後半まで戻したが、4月に入り再び上昇基調となり5月には一時$400/tを大きく上回った。その後$400/t前後で推移したが、8月下旬には再び$400/tを大きく上回った。その後一時的に価格が$400/tを下回ったが、年末にかけても生産回復が望めずオーストラリア炭の価格は年末にかけて再び上昇し$400/t超の水準に上昇した。一方、ヨーロッパ域内の価格変化も上期は同様に$400/tを超える価格を6から7月にかけて記録した。しかしながら、その後、第4四半期に入ると暖冬予測と需要サイドの断続的な調達による在庫水準のアップもあり、オーストラリア炭価格上昇に引きずられて一時的な上昇はあったが、年末に向け下降となった。

2023年に入るとヨーロッパは暖冬で石炭需給の緩和が一段と進む一方で、アジアでのオーストラリア炭への需要は依然として高い状態となっていたことから、第1四半期の初めには両地域での価格差は$200/t程度に拡大していた(1月段階でEUが$200/t以下、アジアが$400/t程度)。その後は、オーストラリアの生産量も回復傾向を示してきたことおよび北半球の需要期を脱したことなどから価格が急速に下落し、7月には$150/tレベルとヨーロッパとほぼ同じ水準にまでなっている。

またオーストラリア炭は、インドネシア炭ほかに比べ高カロリーの品位のためその代替が限定されるため、2022年のように供給量が著しく低下すると価格は一気に高騰しやすい。このことは2022年のオーストラリア炭の価格変化でも明確であった。通常のマーケット環境では原料炭価格が一般炭価格よりも高い。しかしながら、ウクライナ侵攻後の需給環境では、この格差が逆転しオーストラリア一般炭価格が原料炭価格を上回る状況が2022年7月から2023年1月まで続いた。2023年に入り中国の禁輸措置の解消から原料炭価格の上昇と一般炭市場の需給緩和から、足元では通常の原料炭高に戻っている。

需要に見合った供給体制の維持

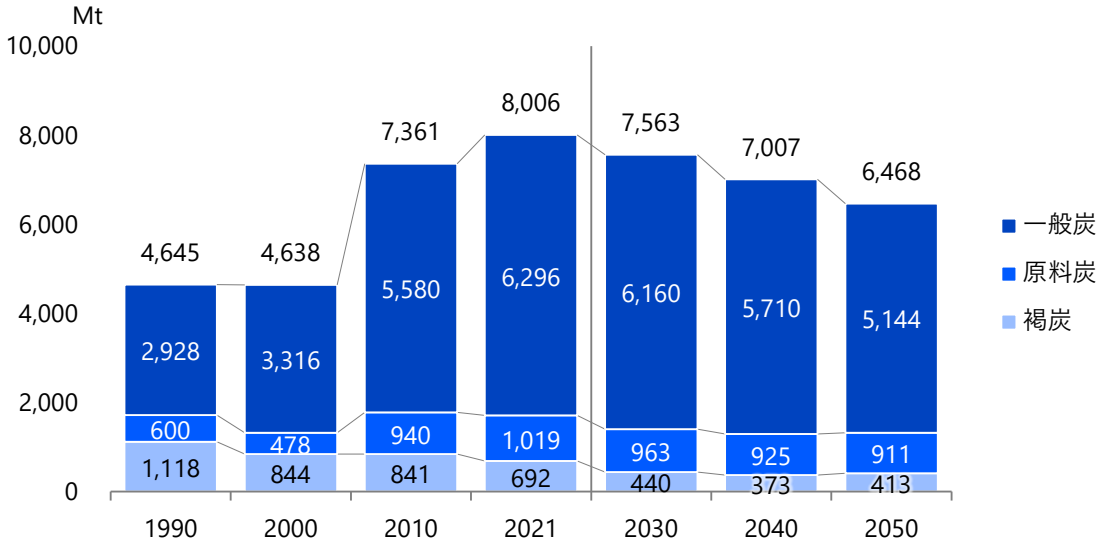
欧米をはじめ先進国では脱炭素が一段と加速し、新興・途上国においてもカーボンニュートラルの表明がなされ、化石燃料のなかでもとりわけ石炭の消費・生産を厳しく抑制する方向性は多くの国で共通認識となっている。すでに欧米での石炭消費は減少の一途をたどっている。一方、中国、インドにおいては引き続き需要増加が継続している。このような動きのなかで2022年は、COVID-19感染からの経済活動回復に加え、ロシアのウクライナ侵攻による天然ガス不足から石炭への需要シフトが発生し、市場に需給にひっ迫感が広がった。このような背景もあり、価格は年間を通じて前年比で大幅に高い水準を維持した。こうした需給環境ではあったもの、これまでの脱炭素の流れを変えるほどの影響はみえず、石炭上流部門から撤退や縮小する動きが、資源メジャーや日系商社などで加速している。

しかしながら、各国のエネルギー事情および足元の石炭需要の現状を踏まえると、世界レベルでの脱石炭の実現は、現実的には長期的な取り組みと捉えざるをえない。2022年の石炭消費量は前年比で増加した。ただし、世界的な需要増をけん引したのは中国、インドであり、また、対ロシア経済制裁の手段としてのロシア炭輸入禁止策は、2022年の石炭市場を混乱させた。このような事象は石炭貿易フローの変化をもたらし、短・中期的にも石炭供給国の生産に影響を与える。世界の石炭需要を再確認すると、短中期では経済成長に伴い、中国、インド、ASEANをはじめとするアジアやアフリカ等で需要は拡大し、長期的には中国を除くインド、ASEAN等のアジアとアフリカ等で需要は拡大する。供給国は、石炭上流への投融資が大幅に制限されるなかで、国内需要と輸出需要に対応してゆくことになる。

世界の石炭生産は、需要に対応して2020年代後半ころまで増加し、その後減少に転じ、2030年代以降減少傾向が強まる。生産量は、2020年の7,619 Mtから2030年には7,563 Mt、2050年には6,468 Mtにまで減少する（図3-6）。炭種別にみると、一般炭生産は主に発電用需要の増加に伴い2030年代前半まで増加し、その後減少に転じ、生産量は2020年の5,962 Mtから2030年には6,160 Mtまで増加するが、2050年には5,144 Mtまで減少する。一方で、主に鉄鋼生産の原料として用いられる原料炭の生産量は、2020年の1,015 Mtから漸減し、2050年

には911 Mtまで減少する。地産地消型のエネルギー資源である褐炭は、現存する褐炭火力の廃止に伴い、生産量は2020年の643 Mtから漸減し、2050年には413 Mtとなる。

図3-6 | 世界の石炭生産[レファレンスシナリオ]



将来に向けて石炭供給国は、自国の需要を満たしたうえで国際石炭市場すなわち輸出需要に対応して生産がなされる。一方、中国やインドなどの石炭多消費かつ生産国では、国内需要を満たすべく国内生産を拡大し、不足分を他供給国から輸入する。日本のような石炭資源が少なく、生産が経済的でない諸国は、輸入に依存する。

主要石炭生産国・地域の状況をみると、欧米先進国やポーランドをはじめEU加盟国である東欧の産炭国では、新規炭鉱開発だけでなく、既存炭鉱の維持・拡張や輸送インフラの整備等もさらに実施が困難となる。オーストラリアでは、国内の石炭消費および輸出の是非は、世論を二分する重要な関心事となっている。連邦政府は従来の温室効果ガス対策の厳格化を2022年の政権交代後に打ち出し、石炭鉱山を含む化石燃料の将来的な生産に大きな影響を及ぼすことも考えられる状況になっている。また産炭州政府も、気候変動対応政策をにらみ、石炭輸出以外の外貨獲得手段を模索する動きを強めている。さらに石炭の主要な輸出先であるインド、ASEAN地域において石炭需要が今後も増加するなかで、現在競合関係にあるインドネシアからの石炭輸出量が同国の政策から先細りすると想定される。オーストラリアからの供給量(特に一般炭)拡大が期待されるところであるが、足元の政策や投資環境からは、難しいことが想定される。オーストラリアにおける炭鉱の合併・買収(M&A)状況には引き続き注視が必要と考える。

これまでに主にヨーロッパ地域への供給源となっていたコロンビアでは先進国企業が撤退し、アジア市場向けに一定程度の生産は維持されるが、中長期的な生産量の大幅な増加は見

込めない。国内供給、インド、ASEANを主市場とする南アフリカでも同様に先進国企業の撤退など石炭産業の変革が進んでいる。同国では生産の中心である既炭田の埋蔵量が枯渇に近づき、新規炭田への移行が必要となる。一般炭の主要輸出国であるインドネシアはこれまで生産を拡大させてきたが、上述したとおり石炭資源保護の観点から生産量を抑制するために政府が毎年目標を発表している。このようななか、国内需要は拡大しており、インドネシア政府は石炭供給義務を定めて国内供給を優先しており、長期的には輸出量は減少に向かう。

一方、中国およびインドは、国内資源の活用に重点を置き、これまでに石炭火力発電の建設を急速に進めてきた。今後、中国の需要は2020年後半ごろをピークに減少し、インドの需要は2050年に向けて増加するが、両国は国内炭鉱からの供給体制を維持しつつ、主に沿岸部等では輸入炭を取り入れるため、国際市場でも重要な買い手であり続ける。

表3-3 | 一般炭生産[レファレンスシナリオ]

(Mt)

	2021	2030	2040	2050	2021-2050	
					変化量	変化率
世界	6,296	6,160	5,710	5,144	-1,151	-0.7%
北米	437	267	132	66	-371	-6.3%
米国	425	259	126	61	-364	-6.5%
中南米	61	56	52	50	-11	-0.7%
コロンビア	51	47	42	41	-10	-0.8%
OECDヨーロッパ	47	28	20	18	-29	-3.3%
非OECDヨーロッパ・中央アジア	385	308	329	361	-24	-0.2%
ロシア	268	196	202	208	-60	-0.9%
中東	0	0	0	0	0	0.3%
アフリカ	239	247	276	309	70	0.9%
南アフリカ	226	227	251	280	54	0.7%
アジア	4,878	4,960	4,630	4,086	-792	-0.6%
中国	3,477	3,339	2,779	2,040	-1,437	-1.8%
インド	734	906	1,072	1,238	504	1.8%
インドネシア	565	594	640	654	90	0.5%
オセアニア	249	293	271	254	5	0.1%
オーストラリア	247	292	271	254	6	0.0%

表3-4 | 原料炭生産[レファレンスシナリオ]

(Mt)

	2021	2030	2040	2050	2021-2050	
					変化量	変化率
世界	1,019	963	925	911	-107	-0.4%
北米	83	78	80	83	0	0.0%
米国	56	57	59	62	6	0.3%
中南米	6	8	8	9	2	1.1%
コロンビア	5	6	7	7	2	1.4%
OECDヨーロッパ	15	18	19	20	5	0.9%
非OECDヨーロッパ・中央アジア	104	98	102	106	2	0.1%
ロシア	100	93	98	101	1	0.0%
中東	2	1	1	0	-1	-4.2%
アフリカ	10	15	19	24	14	3.1%
モザンビーク	6	11	16	21	15	4.6%
アジア	626	560	494	443	-183	-1.2%
中国	548	462	360	257	-290	-2.6%
インド	49	74	113	169	120	4.4%
モンゴル	24	15	10	5	-19	-5.2%
オセアニア	172	186	202	225	53	0.9%
オーストラリア	171	185	201	224	53	0.9%

石炭貿易量は、インド、ASEAN等のアジアやアフリカの輸入量が増加することから、2020年の1,340 Mtから2030年には1,333 Mtとほぼ横ばい、その後も緩やかに減少し2050年の貿易量は1,309 Mtとなる。炭種別でみると、一般炭の貿易量は中国の輸入量が2020年代後半をピークに減少に転じるため、2030年以降、減少に転じる。原料炭の貿易量は2050年に向けてヨーロッパをはじめ先進諸国や中国で微減する一方で、インドの輸入量が大きく増加することから漸増する。

石炭の主要輸出国でみると、アジアを中心とした市場の拡大に対応するためにオーストラリアは、引き続き供給量を伸ばす。インドネシアは、政策から2020年代に輸出量のピークとなり、以降は徐々に減少する。ロシアの輸出量は、EUや日本のロシア炭禁輸政策から短中期では減少し、その後もその減少した水準で横ばい推移する。またコロンビアも2020年代半ば以降、その供給量を徐々に減らしてゆく。

炭種別にみると、一般炭は主要な輸出国で増加するが、インドネシアでは政策により生産上限が抑えられるなか、国内需要の増加により2020年代中頃ごろをピークに減少する。原料炭は原料炭輸出の半分以上を占めるオーストラリアを中心に主要原料炭輸出国で増加するが、なかでもモザンビークの輸出量はインド向けを中心に大きく増加する。

図3-7 | 世界の石炭貿易(輸入量) [レファレンスシナリオ]

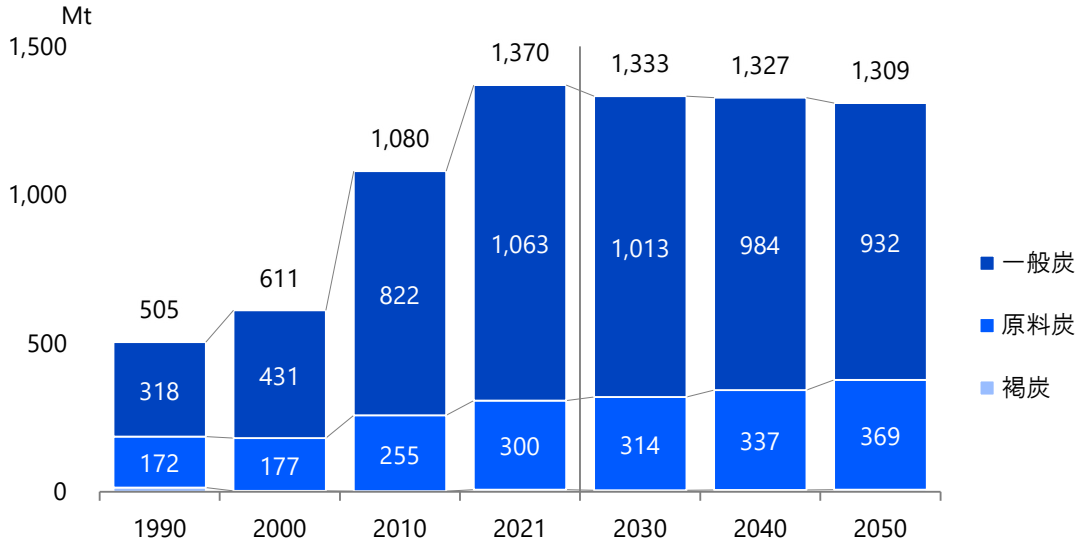
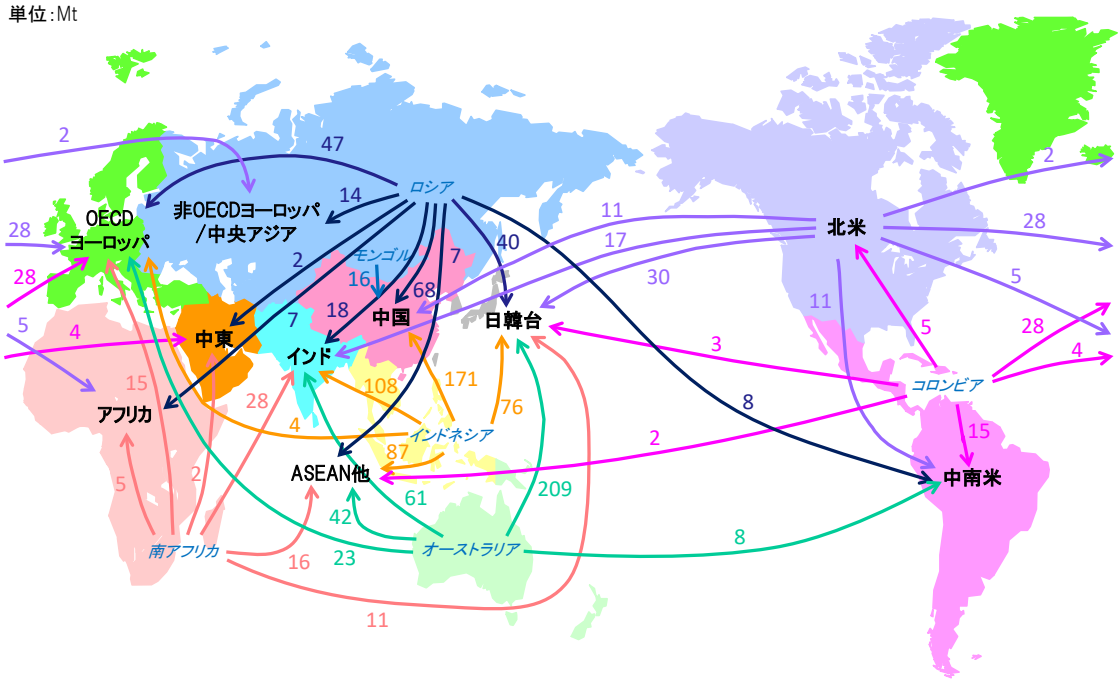
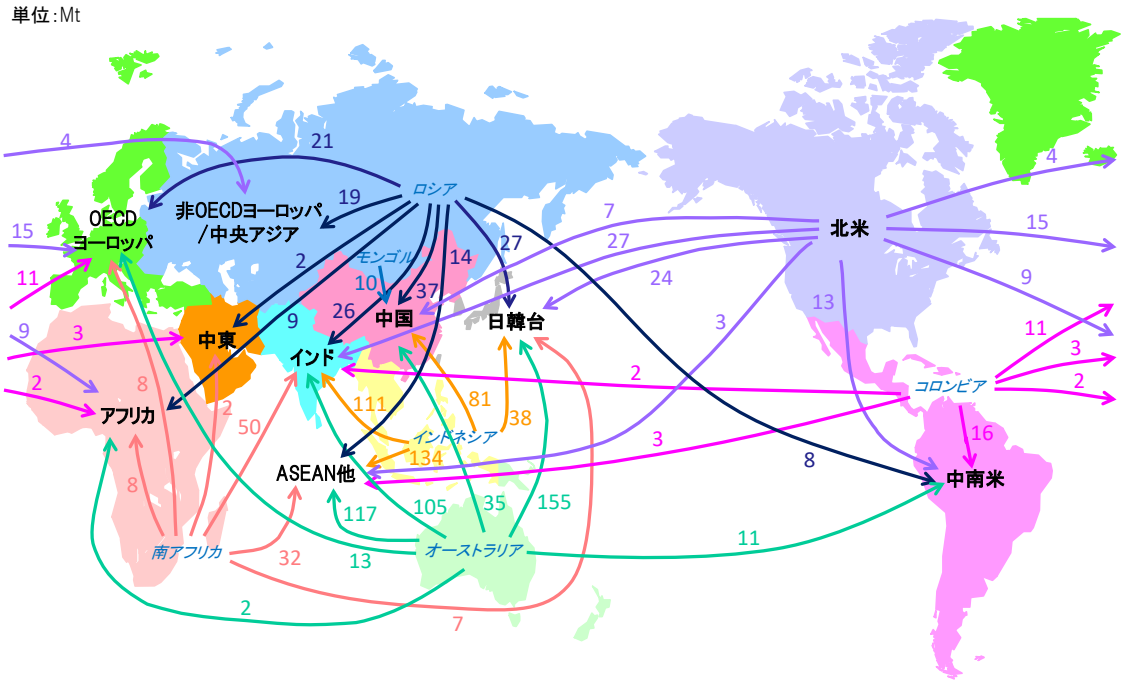


図3-8 | 主要国・地域間の石炭貿易[2022年]



注: 一般炭と原料炭の合計値。原則2 Mt以上を記載。南アフリカはモザンビークを含む。
出所: IEA "Coal Information 2023"、TEXレポート等を基に推定

図3-9 | 主要国・地域間の石炭貿易[レファレンスシナリオ、2050年]



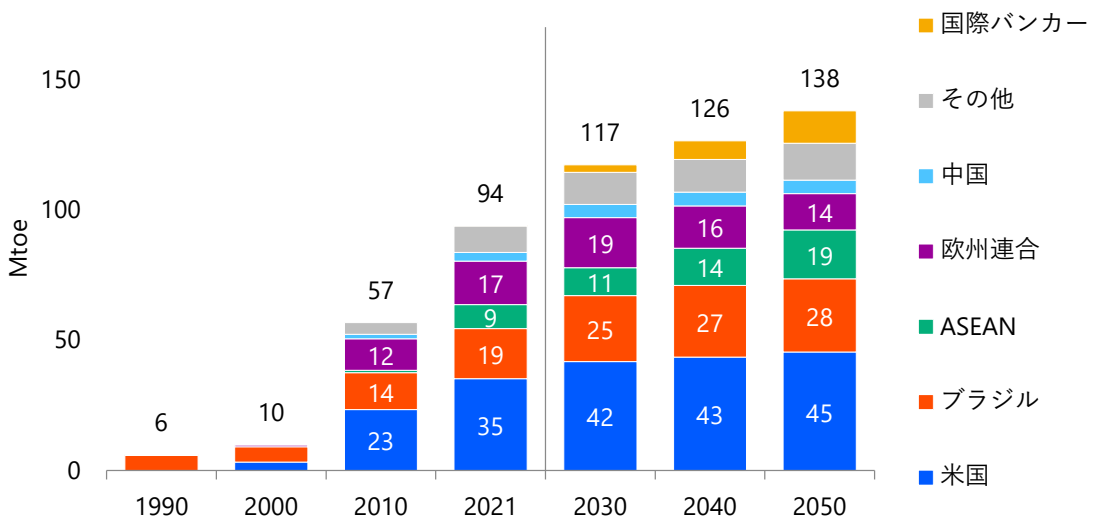
注: 一般炭と原料炭の合計値。2 Mt以上を記載。南アフリカはモザンビークを含む。

3.4 輸送用バイオ燃料

気候変動対策、エネルギー安全保障、農業振興の一環として、バイオエタノールとバイオディーゼルに代表される液体バイオ燃料の普及が進んでいる。ただし、自動車用バイオ燃料の利用は米国、ブラジル、EUに偏っており、2021年においてこれら3か国・地域が世界のバイオ燃料消費量の7割弱(石油換算64百万t [Mtoe])を占めている。

1990年代からバイオ燃料の消費量は大幅に増加したものの、2010年以降バイオ燃料に対する投資の低迷が継続している。長期的には、気候変動対策の強化とともにバイオ燃料消費が回復してゆくものの、自動車部門の電動化拡大の影響で増加テンポが過去と比べて減速する。それでも、2050年には自動車用バイオ燃料の消費量は125 Mtoeに達する(図3-10)。第1世代のバイオ燃料の環境影響や食料との競合に対する懸念が強まっているため、セルロース系バイオ燃料や藻類由来のバイオ燃料等、次世代バイオ燃料の開発とコスト削減に対する取り組みが強化される。アジアでは、ASEANを中心にバイオ燃料の需要が大きく伸びるが、米国やブラジルほどの規模には至らない。また、自動車用以外では、現在はほとんど利用実績がないが、国際航空や海運におけるバイオ燃料利用が拡大する。

図3-10 | 輸送用バイオ燃料消費[レファレンスシナリオ]



3.5 発電

近年の動向

電力需要の増加は遅いペース。再生可能エネルギーは著しく増加し、各国が野心的な計画を発表

世界の経済成長、主に先進国における電化を背景に、世界の発電量は直近の10年間(2012年～2022年)で年率2.5%のペースで増加した。2022年は、この増加ペースをわずかに下回る前年比2.3%増であった[7]。ウクライナ危機に端を発する資源価格の高騰は発電量に対する強烈な下押し圧力となり、またとりわけヨーロッパにおける暖冬や省エネルギー施策はこの地域における電力需要の減少要因となった。新型コロナウイルス禍の影響はなお局所的にみられ、中国など一部地域ではロックダウンが続いたことで、民生、運輸、産業の全部門で需要が下押しされた。他方、電気自動車やヒートポンプに代表されるような電化はかつてなく進展しており、電力需要を底支えする要因となった。

電源のなかで著しい増加が続いているのは再生可能エネルギー(水力を除く)であり、その発電量は前年比12.6%増加、総発電量の14.4%を占めるようになった。ウクライナ危機による世界的な化石燃料の供給危機を受けて、2022年中には米国でインフレ抑制法の承認、EUではREPowerEU計画の発表がなされるなど従来に比べ野心的な再生可能エネルギーの導入

[7] Energy Institute, Statistical Review of World Energy (2023)

目標が相次いで設定され、今後もこの分野における投資は先進国や中国を中心に強化されるとみられる。

天然ガス火力は同1.0%増と、世界的な天然ガス価格急騰のさなかにあってもなお発電量が増加した。石炭火力は同1.0%増と、同様に一般炭価格が上昇するなかでも主に新興・途上国で発電量が増加した。ただし、OECD諸国における石炭火力発電量は同－2.2%と減少し、先進国のなかでは脱石炭の動きが進展していると言える。

見通し

発電電力量: アジア地域で急速な拡大

長期的には、世界経済はCOVID-19やウクライナ危機の影響から徐々に回復し、電力消費は従来に近いペースで拡大を続ける。これにより、世界の発電量は年率2.0%で増加し、2050年には2021年の1.9倍となる49,102 TWhに増大する(図3-11)。その増分20,700 TWhは世界最大の中国の現発電量の2.4倍に相当し、その85%が新興・途上国に由来する。なかでも急速な経済成長を続けるアジアの発電量は、2021年の13,664 TWhから年率2.2%で増加し、2050年には世界のおよそ半分となる25,744 TWhに達する。アジアのなかで、これまで需要増加をけん引した中国の増加ペースは鈍化する一方、経済成長著しいASEAN、インドはそれぞれ2050年までに年率3.7%、4.1%という急速な需要増加が続き、特にインドの発電量は現在の米国のそれに比肩するものとなる(図3-12)。

図3-11 | 世界の発電電力量と電力最終消費[レファレンスシナリオ]

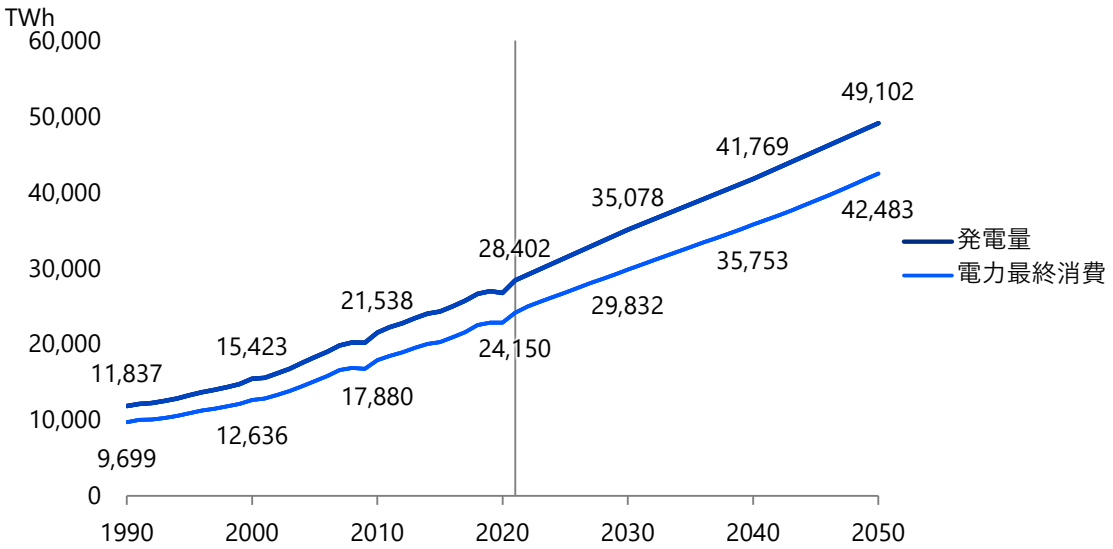
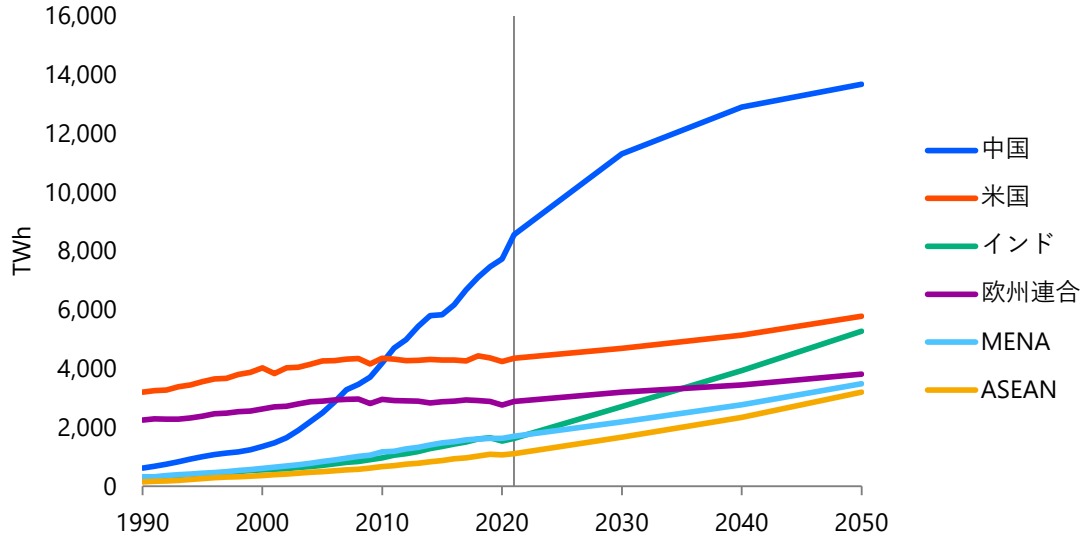


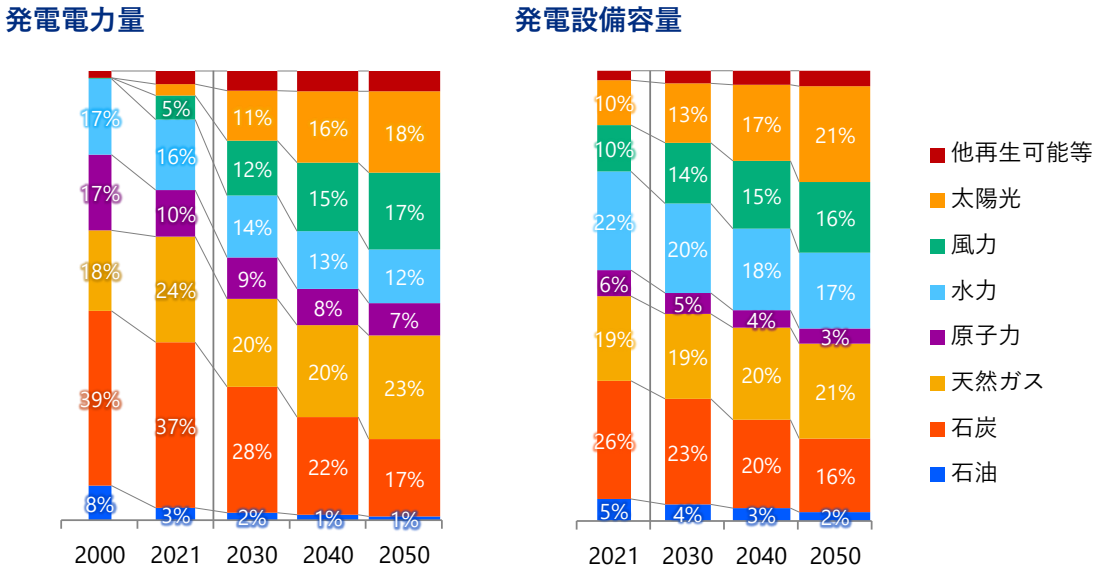
図3-12 | 主要国・地域の発電電力量[レファレンスシナリオ]



発電構成: 天然ガス火力が最大の電源に

世界の発電構成において、最も大きなシェアを占めているのは石炭であるが、2050年には天然ガスが最大の電源となる(図3-13)。従来どおりミドル・ピーク電源の役割を担うほか、変動性再生可能エネルギーの導入が増え、需給バランスを調整する役割が今以上に重要なものとなる。足元ではウクライナ危機による供給障害と、それに伴う価格高騰に伴い一時的に逆風のさなかにあるが、今後、供給状況の改善および石炭に代わるディスパッチ電源の必要性から、2050年にかけてシェアを再び高める。先進国、新興・途上国を問わず、低廉かつ安定的な天然ガスの供給が中長期的に重要な課題であり続ける。

図3-13 | 世界の発電構成[レファレンスシナリオ]



注: 棒の幅は総発電量に比例

注: 棒の幅は総発電設備容量に比例

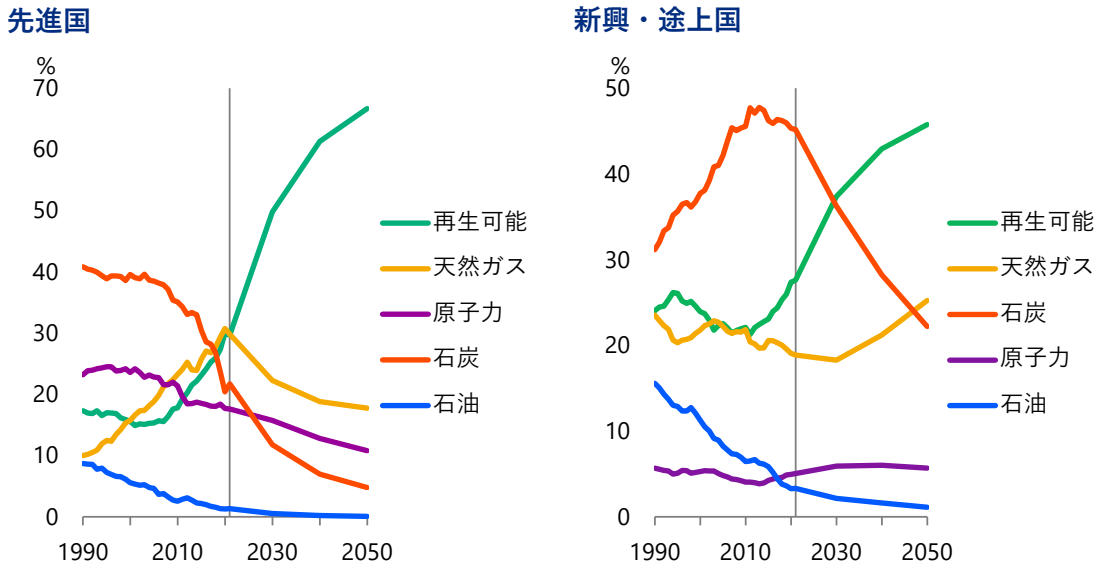
石炭は、イタリア、カナダ、英国、フランス、ドイツなどの先進国が石炭火力発電の段階的な廃止方針を、それ以外の先進国でも低効率石炭の廃止などを表明しており、それらは概して目標に近い年度で達成が見込まれる。新興・途上国でも天然ガスや再生可能電源の導入により石炭のシェアは足元より低下するが、引き続き安価なベースロード電源としての役割を担い続ける。こうした動きの結果、2050年の石炭のシェアは足元の半分程度となる一方、発電量では8,460 TWhと足元の8割近い水準となり、今後も新興・途上国を中心に石炭火力設備の維持開発、その燃料の安定的な供給に向けた資源開発、発生する大気汚染への対策が重要な課題となる。石油火力はその高い発電コストから、先進国、さらには石油資源の豊富な中東を含め減少基調で推移する。

原子力は、エネルギーセキュリティの確保、気候変動対策の観点から、アジアを中心に新規着工が進んで発電量は足元から25%程度増加する。しかし、2050年までの電力需要の増加率を上回るほどは拡大せず、発電構成に占めるシェアは7%に縮小する。風力・太陽光・地熱等による発電量は、政策的な後押しとコスト低減を追い風に、2050年まで年率5%で急速に拡大し、そのシェアは合わせて40%にのぼる。

再生可能エネルギーは、先進国では、昨今の急速な導入が継続することで、2030年ごろには天然ガスを追い抜き最大の電源となる(図3-14)。発電量全体に占めるシェアは、2030年には50%、2050年には67%に達し、このうち出力変動性の太陽光・風力は2050年には発電量の48%を占める。昨今顕在化している課題である出力変動への対策、発電適地と需要地を結ぶ

系統拡充は、再生可能エネルギーが主力の電源として存在感を増すことでより重要な挑戦となる。

図3-14 | 先進国、新興・途上国の電源構成[レファレンスシナリオ]



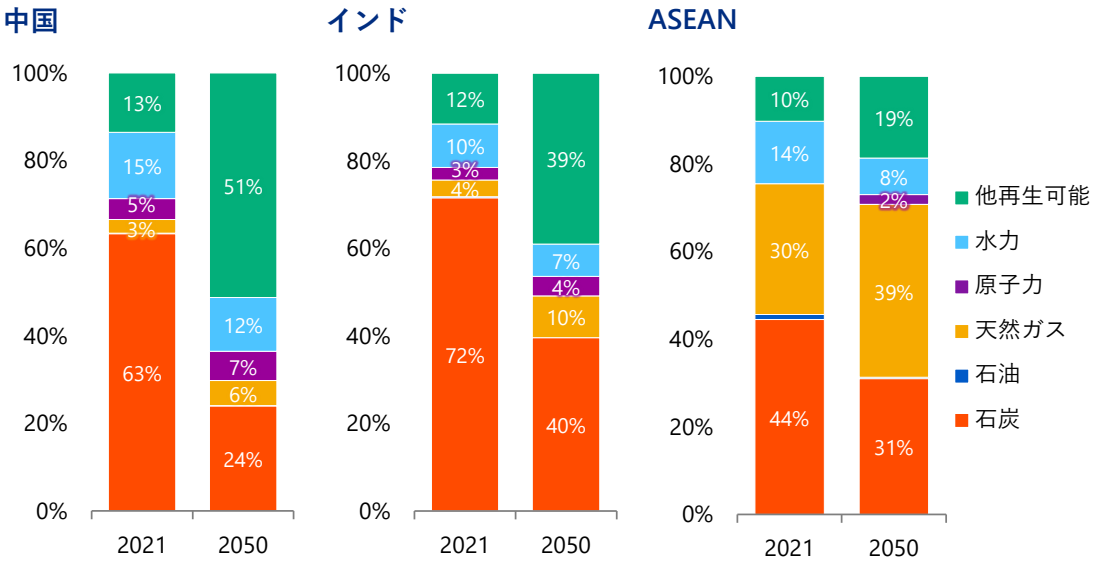
一方、10年前に最大の電源であった石炭は、カナダ、イタリア等における脱石炭火力政策、金融機関の投融資差し控えによりシェアを大きく低減させ、2050年には5%まで低下する。これにより、電力の需給バランスは天然ガス火力や揚水発電および今後普及が進む蓄電池が主に担う。電源全体の低炭素化を進める一方で、必要な設備容量の確保およびデマンドレスポンス推進などの取り組みが求められる。

新興・途上国においても再生可能エネルギーは風力を中心に増加傾向が続き、2050年には石炭と入れ替わり最大の電源になる。石炭火力は比率を低下させつつも、2050年段階で電源の22%程度を担う。旺盛な電力需要を支えるために石炭火力が果たす役割は決して小さくなく、予見性の高い投資環境の整備および大気汚染等の環境問題対策が必要となる。天然ガスも2050年のシェアは足元より大きく、さらに発電量は現在の発電量全体の半分にも比肩する水準である。その安定供給確保は喫緊の課題であると同時に長期的な課題であり続ける。特に新興・途上国では、そのシェアは2030年以降、拡大を続ける。再生可能エネルギーの普及は新興・途上国の旺盛な需要増加への対応と排出削減とを同時に満たす有望な電源である。他方、急速な経済成長を背景に電力需要が伸び続けるなかで、安定的な電源は一定量必要でありその役割を欠かすことはできず、設備容量の維持、拡張が欠かせない。

アジアでも石炭減。中国では再生可能エネルギー、ASEANでは天然ガスが電源の主軸に

アジアでは石炭火力発電が足元で大きなシェアを占めている。今後、インドでは2050年まで石炭が最大の電源であり続けるが、他再生可能エネルギーとのシェアの差はわずか1%であり、急速なペースで変動性再生可能エネルギーの導入が進む(図3-15)。同様に中国では再生可能エネルギーが強力な促進施策を背景にシェアを急拡大させ、発電の主軸となる。ASEAN全体では、天然ガスの利用が拡大して最大の電源となる。ただし、その情勢は国によって大きく異なり、タイのような官民ともに脱石炭火力に向かう国では石炭火力から天然ガス火力や再生可能エネルギーへのシフトが進む一方、インドネシア、フィリピンのように、急速な電力需要の増加を背景に石炭火力が電源の主軸となり続ける地域も存在する。

図3-15 | 中国、インド、ASEANの電源構成[レファレンスシナリオ]

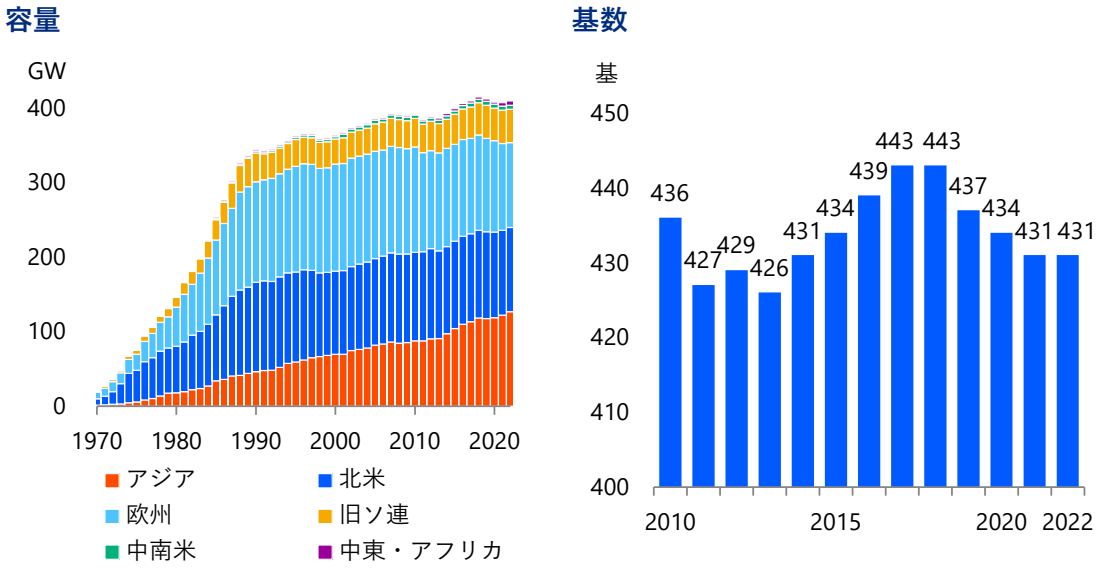


原子力

世界市場ではロシアが依然優勢:欧米諸国でも原子力利用に向けた動き

世界の原子力発電の設備容量は、2019年から2021年にかけて3年連続で減少が続いていたが、2022年は増加に転じた(図3-16)。欧米においては既設炉の閉鎖が続いているものの、アジアなどでの増加がこれを上回ったためである。アジアのなかでも、特に中国では継続的に新設炉が稼働を開始しているほか、2022年には中国企業が進出しているパキスタンや、新政権下で原子力利用の方針を明確化した韓国でも新設炉が営業運転を開始した。2021年に原子力利用国に加わったアラブ首長国連邦(UAE)では2022年にもバラカ2号機が営業運転を開始しており、中東における原子力利用も徐々に拡大をみせている。

図3-16 | 世界の原子力発電設備容量と基数



日本や欧米諸国では1970年代から1980年代にかけて多くの原子力発電所が建設され、その後は新設の勢いが減速してきた。そうした最初期の原子力発電所は経年化によって閉鎖されるものも多いが、これらの長期的な有効活用を目指す動きも広がっている。米国ではすでに多くの炉が当初の運転期間である40年間を超えて、20年間(合計60年間)の運転認可を原子力規制委員会(NRC)から得ているほか、一部の炉は2回目の運転期間延長を承認され、合計80年間の運転を認められている。2025年までに脱原子力を完了する予定であったベルギーでは2022年3月、ドール4号機とティアンジュ3号機の2基について、運転期間を10年間延長することが政府から発表された。フィンランドでも、2023年2月にロビーサ1、2号機を2050年末まで運転することが発表された。営業運転開始はそれぞれ1977年、1981年であるので、両機はおよそ70年間の運転を目指すことになる。日本においても2023年5月に成立した、いわゆる「GX脱炭素電源法」によって、福島第一原子力発電所事故(福島第一事故)以降の長期停止期間を所定の運転期間から差し引き、運転期間を延長することが可能となった。今後は運転開始からの年数と実際の稼働年数について、プラントごとにさまざまなケースが出てくることが想定されるため、今まで以上にきめ細かく確認することが重要になる。

このように各国で既設炉の長期運転に向けた動きが進められているほか、直近では新設の方針を改めて明確化する動きもみられる。英国はウクライナ侵攻を受けて2022年4月に発表したエネルギー安全保障戦略のなかで、原子力については2050年までに最大24 GWを導入し、電力供給量の25%を賄うという目標を設定した。加えて、今後の新設を支援するため、建設段階から事業者が収益を得られる規制資産ベース(RAB)モデルの導入も決定した。フランスはウクライナ侵攻の前の2022年2月、2050年カーボンニュートラル実現に向けたエネル

ギー政策を発表し、このなかで原子力については、最低6基(最大でさらに8基)の改良型欧州式加圧水型炉(EPR2)を建設するとした。それに向けては既設サイト3か所での増設に向けた動きが進行中であり、特に北西部ノルマンディー地方のパンリーについては2023年6月にフランス電力(EDF)から規制当局に設置許可申請が提出された。

こうした欧米諸国での新設に向けた動きは注目に値するが、米国やフランスなどではこれまで新設計画が大幅に遅延あるいは頓挫しており、そういった失敗から得た教訓を生かしてゆくことが今後の新設計画には不可欠となる。また、世界の原子力市場をみると、ロシアによる原子力輸出が優勢を維持していることも認識しておくべきであろう。2022年2月のロシアによるウクライナ侵攻を受け、フィンランドはロシア企業との新規建設契約を打ち切ったが、中国、トルコ、イラン、インド、バングラデシュといった国々ではロシア製原子炉の建設が続行されているほか、2022年7月にはエジプト初となる原子力発電所の建設が開始された。着実に建設実績を積み上げているロシア企業は大幅な遅延を生じさせていないほか、発電所建設のみならず燃料供給や使用済み燃料の引き取りまで含めた総合的なサービスを提供している。主な輸入側である新興国は可能な限り早期に安定的な大規模電源を欲しているうえ、原子力利用の知見が蓄積されていないため、このようなロシア側の提案はニーズに合致しているものと考えられる。西側諸国の原子力産業が世界市場でのシェア奪還を目指すのであれば、こうしたロシア側の戦略を十二分に意識する必要がある。

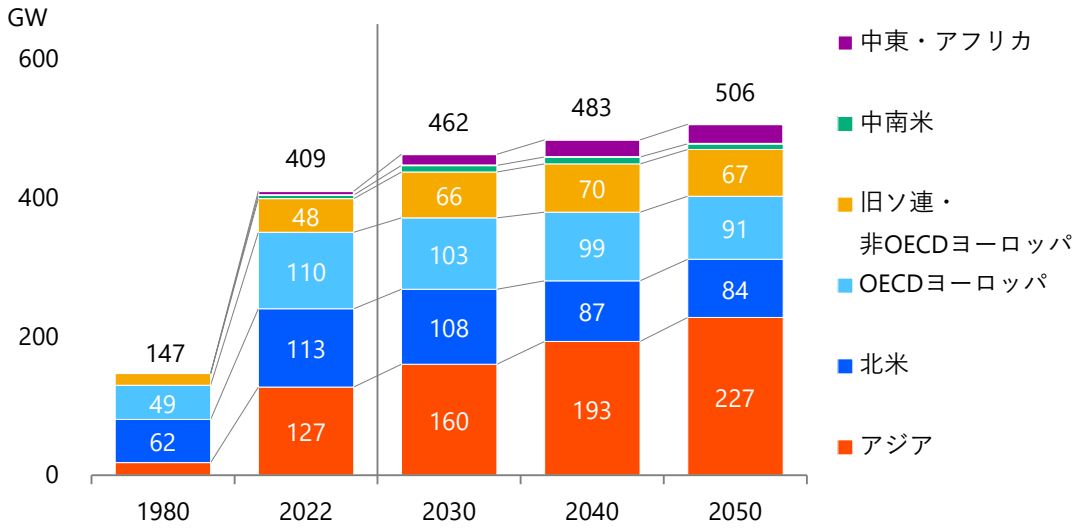
また、小型モジュール炉(SMR)や第4世代炉といった新型炉についても、世界的に関心が高まっている。米国ではバイデン政権が積極的な支援策を打ち出しており、多数の民間企業が新型炉開発に乗り出している。特にNuScale社が開発する軽水炉型小型モジュール炉(SMR)は2023年1月にNRCから初の設計認証を取得した。英国においても、ロールスロイス社を中心とするSMRコンソーシアムが軽水炉型SMRの開発を進めている。そして、カナダではオンタリオ州など一部の州政府が具体的な導入計画を進めている。これら以外にも、SMR導入にはブルガリア、ルーマニア、エストニアなど複数の国が関心を示している。他方で、中国でも高速炉やSMRの実証炉建設が進行しているほか、ロシアではすでに洋上浮体式原子炉が運転を開始している。さらにロシアでは、陸上設置型のSMRも2028年の運転開始を目標として計画が立てられている。これら新型炉開発でも世界的な開発競争が激化しているといえよう。

将来見通し: 特にアジアで増加、欧米でも重要な低炭素安定電源として活用継続

福島第一事故を契機とした世論の変化や、長期間新設が行われてこなかったことによるノウハウの消失などにより、日本や欧米諸国では従来想定されていた計画どおりに原子力発電所を新設することが困難となっている。1970年代から1980年代ごろにかけて建設された既

設炉の閉鎖も進むため、将来的には利用規模が縮小する国も少なくない。ただし、そういった国々でも、市場競争力を有する一部の炉は重要な低炭素ベースロード電源であり、かつエネルギー安全保障にも寄与することから、一定程度の原子力利用が維持される。また、中国をはじめとして、今後さらに原子力利用を推進してゆく国が複数存在するほか、中東諸国など、現在原子力を利用していないが今後新たに導入する国も現れる。そのため、世界の発電設備容量は2050年にかけて少しずつ増加してゆき、506 GWに達する(図3-17)。

図3-17 | 原子力発電設備容量[レファレンスシナリオ]



米国は92基の発電用原子炉を有する世界最大の原子力大国であるが、電力市場が自由化された州では天然ガス火力や再生可能エネルギーとの競争にさらされ、経済的な観点から早期閉鎖を決定する既設炉も出てきている。そのため、設備容量は2050年にかけて低減してゆく。ただし、米国として原子力を重要なエネルギー源と位置づける基本方針自体に変更はない。バイデン政権は2050年までに温室効果ガス排出量ネットゼロを実現することを目指しており、その手段の1つとして原子力の意義を認めている。民主党、共和党の両者が原子力の重要性を認めていることから、原子力事業に対する政策変更リスクは比較的低いと言える。こうした情勢を背景に、市場状況と投資環境次第ではあるが運転期間の延長や一定程度の新設計画が今後も続いてゆく。

ヨーロッパで最大の原子力推進国であるフランスでは、2025年までに原子力比率を50%(2015年時点では75%程度)とすることを目標としたエネルギー転換法が2015年7月に成立した。しかし、温室効果ガス排出削減目標との兼ね合いなどから、この目標の達成は困難とされたため、後に年限が2035年に修正された。さらに、2023年6月に公布された法によって、この目標自体が取り下げられることとなった。こうした経緯を踏まえると、フランスでは当

面の間、一部炉の閉鎖と新規建設が重なることによって現在の水準を維持ないしは微減の範囲で推移する。前述のとおり、フランスは2022年2月に最低6基(最大でさらに8基)の新設を宣言したが、2035年以降は経年化による既設炉の廃炉ペースが加速し、全体としては減少傾向が続く。他方で、既設炉の長期運転に向けた環境整備も行われているため、事業者としては再生可能エネルギーとのバランスを考慮したうえで、採算上可能な限り設備容量を確保してゆくことになる。

英国では、政府として原子力を維持する方針を示しているものの、経年化した既設炉の廃炉が相次ぐことから、2020年代後半までは低減してゆく。一方で、近年ではホライズン計画が頓挫した事例もみられたものの、前述のとおりエネルギー安全保障戦略に基づく新設計画が予定されている。こうした姿勢は今後も続き、2035年ごろには現在の水準近くにまで回復する。

福島第一事故を受けて脱原子力政策の方向性を明確にしているスイスでは、政府の原子炉閉鎖計画に従い、原子力発電は2035年までに0となる。ベルギーも2025年までにすべての原子炉を閉鎖する予定であったが、昨今の情勢を踏まえて少なくとも2基の運転期間を10年間延長することを決定したため、脱原子力の完了は若干遅れる。ドイツは2022年末ですべての原子炉を閉鎖する計画を立てていたところ、冬期の電力安定供給のため2023年4月まで最後の3基を温存した。ただし、これは長期的な見通しに大きな影響を与えない。実際、2023年4月には最後の3基も運転を停止し、脱原子力を完了した。他のOECDヨーロッパ諸国では、新規建設に向けて動いている国もみられるものの、市場で採算が取れない炉の廃止も進むため、全体として設備容量は2050年にかけて低減してゆく。

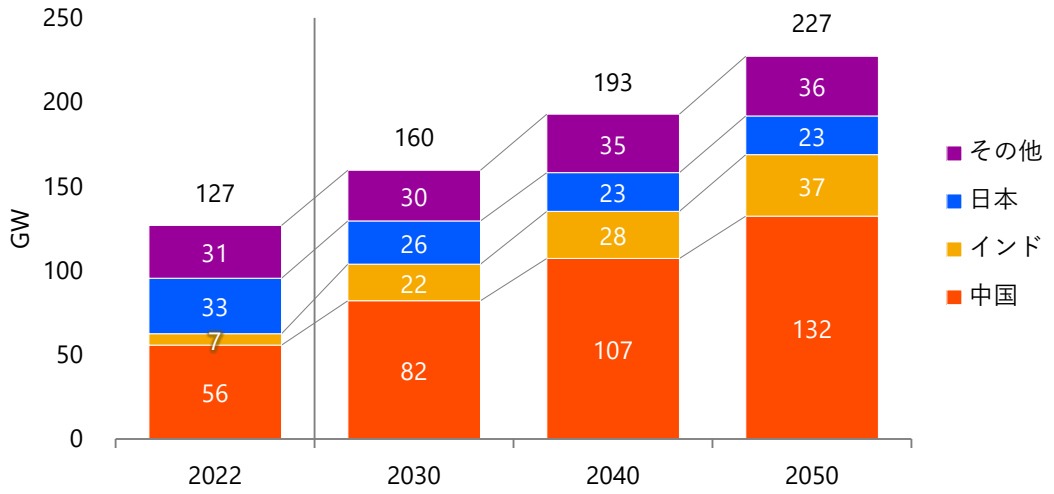
ロシアは国内外における原子力の積極的な利用を掲げており、国内の設備容量は2022年の30 GWから2040年にかけて43 GW程度まで拡大する。その過程では2030年ごろに、現在世界第4位の日本の設備容量を抜くこととなる。また、前述のとおりロシアは他国への原子力輸出にも積極的であるため、世界の原子力市場における存在感は、これらの数値以上となりえる。ロシアは既存の大型軽水炉の利活用を進めているのみならず、前述のとおり世界初となる浮体式原子力発電所を導入したほか、2021年6月には鉛冷却高速炉の実証炉を着工している。このように幅広い技術を保有しておくことは、原子力産業の基盤強化として重要となる。

2030年以降には、それまで市場化されていなかった中東やアフリカ、および中南米等の国々の台頭もみられるようになる。中東では、先駆けて原子力の導入を進めるアラブ首長国連邦のほか、サウジアラビアやイランを中心に導入が進み、2050年には設備容量が合計で22 GW

に達する。中南米ではブラジルやアルゼンチンを中心に、国内の電力需要の拡大を満たすための原子力発電導入計画が掲げられており、少量ながら新規建設が進められる。

中国、インドを中心とするアジアの存在感は原子力分野でもいっそう高まってゆく。経済成長の著しいアジアの新興・途上国にとって、原子力は低炭素であるのみならず、大規模な安定電源であることが導入の重要な動機となる。中国は、2035年には設備容量が95 GWとなり、このころには米国を抜いて世界第1位の原子力大国となる。また、アジアの合計設備容量は2040年ごろにはOECDヨーロッパと北米の設備容量の合計を上回り、2050年には227 GWに達する。その7割以上を中国とインドが占めることとなる(図3-18)。

図3-18 | アジアの原子力発電設備容量[レファレンスシナリオ]



再生可能エネルギー発電

再生可能エネルギー発電設備容量の増加が近年一段と顕著になっている。2015年から2019年は世界の再生可能エネルギー発電容量の増加は年200 GW弱程度であったが、2020年には250 GWを超え、2022年には300 GWを超える水準まで拡大した。この再生可能エネルギー発電容量の増加の勢いは今後さらに加速して2030年頃までは年400 GWを超える増加が続くとみられる。特に、発電コストが大きく低下した太陽光発電と風力発電(陸上および洋上)の増加が著しく、再生可能エネルギー発電容量増加の大半をこの2つの電源が占める傾向は今後も継続する。2021年以降の資源価格高騰に伴って、太陽光パネルや風力タービン等、再生可能エネルギー発電設備の設置コストが上昇して太陽光や風力発電コストも初めての増加局面を迎えた。しかし、火力発電コストはそれを上回る上昇となっており、結果として再生可能エネルギー発電の相対的な経済性がいっそう高まっている。太陽光や風力発電コストの低下傾向は長期的には今後も継続し、火力発電に対する経済的な優位性も維持されると

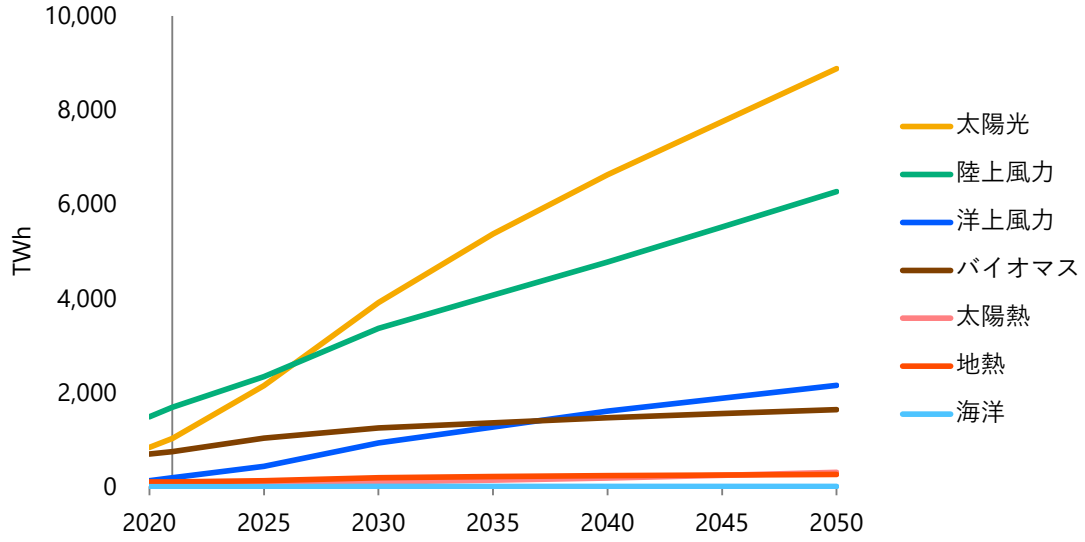
考えられる。こうした経済的な優位性に加えて、長期的なカーボンニュートラルにコミットした国・地域が増加し、それぞれにおいて再生可能エネルギーの導入拡大目標やそのための諸政策が強化されていることから、再生可能エネルギー発電容量の増加が今後もいっそう進んでゆくことは確実である(表3-5)。特に、ヨーロッパにおいては、2022年初頭に勃発したウクライナ危機を契機にロシア産ガスから脱却が強力に推し進められており、これによって再生可能エネルギー導入に一段と拍車が掛かっている。これは2050年に向けた世界の再生可能エネルギー導入量の長期的な進展にも大きな影響を及ぼしている。

表3-5 | 主要国・地域における再生可能エネルギー導入目標

国・地域	主な目標
米国	2035年までに全電力セクターの脱炭素化(再生可能エネルギー、原子力、水素、CCS等) Biden政権の脱炭素化目標, 2021年4月(The White House)
EU	2030年までにエネルギー最終消費に占める再生可能エネルギーの割合を42.5%に(努力目標として45%) Renewable Directive見直し(2023年3月欧州議会と欧州理事会が暫定的に政治合意)(European Council, European Parliament)
日本	2030年までに全発電量における再生可能エネルギーの割合を36%～38%に 第6次エネルギー基本計画, 2021年10月閣議決定(経済産業省)
中国	2030年まで一次エネルギー消費に占める非化石燃料の割合を25%に(うち、風力と太陽光発電の設備容量を1,200 GWに) 2030年までにカーボンピークアウトを達成するためのアクションプラン, 2021年10月公表(国務院)
インド	2030年までに電力消費の50%を再生可能エネルギーで供給(非化石発電設備を500 GWに) モディ首相がCOP26で宣言, 2021年11月(Ministry of External Affairs)
ASEAN	2025年までに一次エネルギー供給の23%、発電設備容量の35%を再生可能エネルギーに ASEAN Plan of Action and Energy Cooperation Phase II, 2020年11月発表(38th ASEAN Senior Officials of Meeting on Energyで採択)

図3-19は、2050年までの再生可能エネルギー発電量の推移である。太陽光発電は、2021年に1,020 TWhであったものが、2050年には8,880 TWhと9倍弱増加する。洋上風力も2021年の180 TWhが2050年には2,150 TWhへと12倍と大きく増加する。他方、陸上風力は2021年の1,730 TWhが2050年に6,270 TWhと3.5倍程度の増加で、太陽光や洋上風力と比較すると増加率は小さい。太陽光発電と風力発電が増加した結果、世界の総発電量における自然変動電源のシェアは2020年で10%であったものが、2050年には35%へ上昇し、電力システムにおける存在感を一段と増す。

図3-19 | 世界の再生可能エネルギー(水力を除く)発電量[レファレンスシナリオ]



現在、陸上と洋上を合計した風力発電設備容量の累積値の8割を占める中国、ヨーロッパ、米国、インドが今後も市場をリードする(図3-20)。なかでも2020年に世界の40%を占める中国のシェアは今後も拡大を続け、2050年には50%を超える水準まで拡大する。風力発電については、中国への一極集中が後述する太陽光発電以上に顕著になる。ヨーロッパ、北米等における立地制約と系統制約が厳しくなり増加が鈍化傾向なのに対して、中国での拡大余地が比較的多く残っていることを示唆している。

図3-20 | 風力発電設備容量[レファレンスシナリオ]

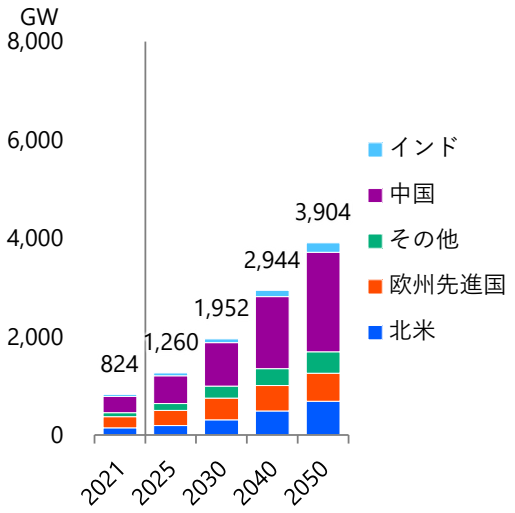
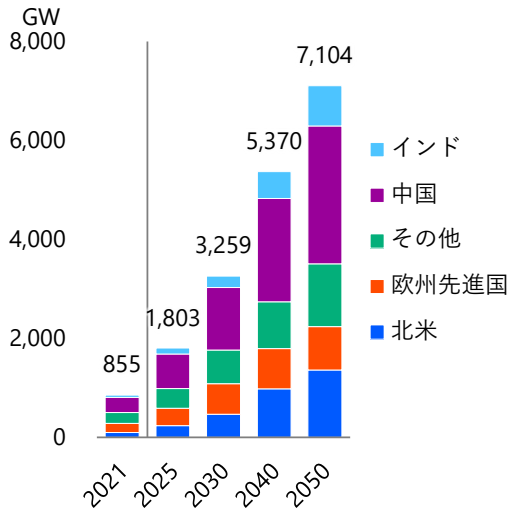


図3-21 | 太陽光発電設備容量[レファレンスシナリオ]



陸上風力については、開発適地の減少等の立地制約や系統制約が比較的早期に生じるため、太陽光発電や洋上風力と比較するとその増加率は2050年に向けて比較的緩慢となる。2050年の陸上風力発電の設備容量は3,240 GWと、2021年の770 GWから4倍程度の拡大にとどまる。しかし、発電設備容量の絶対的な規模では2050年でも洋上風力の5倍であり、その存在感の大きさは維持される。

対照的に、洋上風力は規模では陸上風力には劣るものの、きわめて高い増加率が想定される。過去を振り返ると、2010年から2022年にかけて、世界における洋上風力発電の設備導入量は3 GWから63 GWに大きく拡大した。ヨーロッパは洋上風力発電の最も成熟した市場として、発電設備のサプライチェーンが整備されている。しかし、中国が2020年以降、大規模なプロジェクト開発を進めており、ヨーロッパとの差は急速に縮小している。2022年には洋上風力の発電設備容量の累積値はヨーロッパとおおむね同水準の30 GWまで拡大し、世界の2大市場を形成するに至った。2050年に向けては中国のいっそうの拡大が想定されている。米国は現時点ではほぼ0の実績であるが、多数の洋上風力発電プロジェクト開発が進行している。バイデン政権は2021年3月に、洋上風力発電容量を2030年までに30 GWに拡大する方針を発表しており、今後は主要市場に成長する可能性が高い。中国以外のアジアでは、台湾、韓国、ベトナムにおいて洋上風力市場が形成される見込みである。日本では、海洋再生可能エネルギー発電設備の整備に係る海域の利用の促進に関する法律（再エネ海域利用法）が施行（2019年4月）され、同法の下での洋上風力プロジェクトのための促進区域の指定が進められている。政府もプロジェクト開発だけでなく国内サプライチェーンの拡充や国内産業の育成に積極的に支援する姿勢を明確にしている。こうした政策的なバックアップも相まって、世界の洋上風力発電設備容量は2021年の54 GWから2050年には670 GWへと19倍拡大する。ただし、立地制約や系統制約の影響を受けて、2030年以降は次第に導入速度が鈍化する傾向が出てくる。

太陽光発電は、大幅な発電コスト低減に伴って、これまで拡大が続いてきた中国、ヨーロッパ、米国、日本だけでなく、世界中に普及が広がっている（図3-21）。2021年に1国で世界の発電設備容量の36%を占める中国のシェアは今後も維持・拡大され、2050年には世界全体の39%を占めるようになる。しかしながら、風力発電と比較して、米国、ヨーロッパ、インド等のシェアも相対的に高く、中国への集中度はやや低い。風力発電の適地が風況によって地理的に限定されるのに対して、一定程度の日照さえあればどこでも発電できる太陽光発電の普遍性が示唆されている。

2021年の世界の加重平均での大規模太陽光発電の均等化発電原価（LCOE）は$0.048/kWh（≈ ¥7/kWh）と推定されており、多くの国において最も低コストの発電源となりつつある。特に、チリやアラブ首長国連邦、サウジアラビアなど日照条件に恵まれた国での大規模太陽

光発電の入札では、2021年に$0.01/kWh（≈ ¥1.4/kWh）台といった非常に低価格での売電価格が記録されている。また、住宅や商業施設の屋根等に設置する分散型太陽光発電システムの発電コストも、電力価格の高騰も相まって多くの国や地域において競合できる水準（グリッドパリティ）になってきている。こうした状況から、太陽光発電の競争力は今後もいっそう高まるものと予想される。世界の太陽光発電設備容量は、2021年の855 GWから2050年には7,100 GWへと10倍に拡大する。ただし、見通し期間の後半（2030年以降）においては立地制約や系統制約が次第に顕在化してくる。このため、2020年～2030年に2,540 GWに達すると推定される世界の太陽光発電設備容量の正味増分は、2030年～2040年は2,100 GW、2040年～2050年は1,730 GWと次第に鈍化してゆく。この鈍化傾向を乗り越えて2050年に向けた再生可能エネルギー発電容量の高い増加率を維持するためには、技術革新による立地制約、自然変動電源の統合、系統制約への適切な対応が決定的に重要となる。後述する技術進展シナリオでは、立地制約に対する諸政策、自然変動電源の統合技術、系統整備等が進展することでこれらの課題が完全ではないものの一定程度緩和された状況を想定している。

4. 技術進展シナリオ

4.1 主要対策

「技術進展シナリオ」では、社会での適用機会および受容性を踏まえた最大限の二酸化炭素（CO_2）排出削減対策およびエネルギー安全保障対策の強化を見込む。各国がエネルギー安定供給のいっそうの確保や気候変動対策の強化に資する先鋭的な省エネルギー・低炭素化政策等を強力に実行し、先進的技術の開発・導入が世界大で加速する。環境規制や国家・自主目標の導入、技術開発強化や国際的な協力の推進を背景に、需要サイドでは省エネルギー機器、供給サイドでは再生可能エネルギー、原子力、水素、二酸化炭素回収・貯留（CCS）の普及拡大などが強力に図られる（表4-1）。なお、この見通しは、技術の導入などを前提条件として試算したフォアキャスト型の将来見通しであり、将来の「着地点」を定めてそこに至る道筋を描くバックキャスト型の分析と対照をなすものである。

表4-1 | 技術の想定例[技術進展シナリオ]

2021年 → 2050年（レファレンス2050年）

	先進国	新興・途上国
火力発電	初期投資ファイナンススキーム整備	
	2030年以降新設CCS導入(帯水層を除く貯留ポテンシャルがある国)	
［天然ガスストック効率］	50.1% → 61.3% (56.8%)	38.1% → 58.0% (47.8%)
［石炭ストック効率］	37.5% → 31.7%[8] (42.4%)	33.6% → 39.9% (38.1%)
［IGCC新設導入比率］	0% → 60% (20%)	
原子力発電	適切な卸電力市場価格の維持	初期投資の融資枠組み整備
［設備容量］	303 GW → 314 (213)	126 GW → 488 (293)
再生可能発電	システムコスト低減	システムコスト低減
	系統安定化技術のコスト低減	低コスト融資
	系統システム効率的運用	電力システムの高度化
［風力設備容量］	376 GW → 1,799 (1,372)	467 GW → 3,371 (2,532)
［太陽光設備容量］	399 GW → 3,397 (2,588)	485 GW → 6,486 (4,516)
自動車用バイオ燃料	次世代バイオ燃料の開発	バイオ燃料のコスト低減
	FFVの普及拡大	農業政策としての位置づけ
［消費量］	56 Mtoe → 87 (64)	37 Mtoe → 88 (62)
産業	2050年にBATが100%普及	
運輸	低燃費自動車のコスト低下	
	ゼロエミッション車(ZEV)の航続距離が2倍に	
［乗用車新車燃費］	16.4 km/L → 46.9 (32.4)	14.1 km/L → 46.5 (24.9)
［乗用ZEV販売比率］	6.5% → 91.4% (47.5%)	6.6% → 88.8% (34.7%)
民生	新規、新設の家電・機器効率および断熱効率の 改善スピードが約2倍に(2050年でレファレンス比約15%改善)	
	暖房・給湯・ちゅう房用途における電化、クリーンクッキング化	

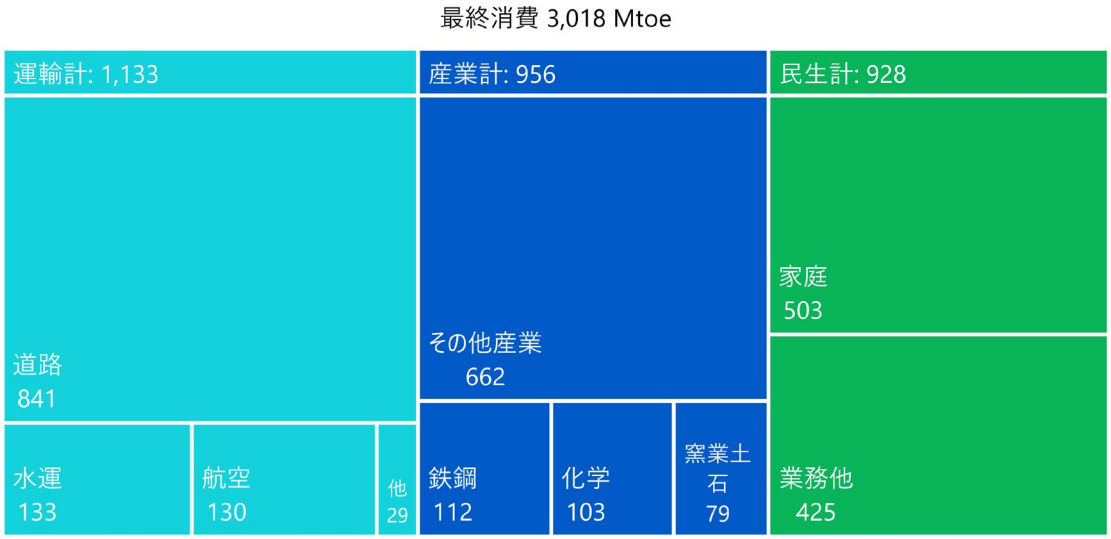
省エネルギー

技術進展シナリオでの最終エネルギー消費は、レファレンスシナリオと比較して、2030年には石油換算502百万t（Mtoe）、5%、2050年には3,018 Mtoe、25%節減される。2050年の最終

[8] 先進国の技術進展シナリオでは、今後導入される大部分の石炭火力がCCSを伴うことにより、CCS用のエネルギー消費の増加が影響して、効率が足元よりも低下する

エネルギー消費の節減量は、2021年の最終エネルギー消費の30%に相当する。節減量の内訳は、運輸部門が1,133 Mtoe、産業部門が956 Mtoe、民生部門が928 Mtoeである（図4-1）。

図4-1 | 世界の技術による省エネルギー（レファレンスシナリオ比）[技術進展シナリオ、2050年]



運輸部門では道路部門が841 Mtoe、民生部門では家庭部門が503 Mtoeと過半を占める。自動車や家庭の消費機器等において、省エネルギーの余地が大きいためである。また、すべての部門において新興・途上国による節減量が過半を占めており、特に産業部門ではその占有率が8割を超えている。新興・途上国での省エネルギーの実現の可否が、世界の省エネルギー進展の鍵を握っている。

現状で利用可能な高効率技術の適用を鉄鋼やセメント、化学、紙・パルプ等のエネルギー多消費型産業を中心にいっそう拡大することにより、各産業の原単位は、2030年時点でレファレンスシナリオより数%程度改善を示す（表4-2）。さらに高効率技術の拡大が加速することで2050年時点では20%～25%程度改善する。これにより、新興・途上国の産業部門の消費はレファレンスシナリオから787 Mtoe節減され、素材系産業の生産量の割合が高いアジアでの節減は世界の6割強を占める。高効率技術の導入が新興・途上国の効率を改善する効果は非常に大きい。省エネルギー技術の開発と新興・途上国を含めた積極的な展開が期待される。

表4-2 | 世界のエネルギー指標

			レファレンス		技術進展	
		2021	2030	2050	2030	2050
産業	原単位(2021=100)					
	鉄鋼原単位	100	95.0	81.0	93.2	64.9
	窯業土石原単位	100	93.4	77.9	91.0	60.3
	化学原単位	100	95.7	79.6	94.3	61.8
	紙パルプ原単位	100	95.7	85.5	93.0	66.9
	その他産業原単位	100	93.8	71.9	91.1	53.9
運輸	乗用車の新車燃費(km/L)	15.0	18.6	26.7	24.7	46.6
	ZEV新車販売シェア	5.0%	13%	33%	38%	85%
	外航海運の天然ガスシェア	0.2%	4.7%	22%	8.2%	44%
	国際航空のバイオ燃料シェア	0.0%	0.9%	2.9%	2.5%	16%
民生	総合効率(2021=100)					
	家庭	100	86.2	65.0	80.4	49.6
	業務	100	82.5	49.3	80.3	36.9
	電化率					
	家庭	26%	31%	47%	34%	63%
	業務	55%	61%	74%	63%	85%

注: 原単位は生産量当たり、総合効率はエネルギーサービス量当たりのエネルギー消費量

運輸部門では、燃費改善や車種構成の変化がいっそう進展する。車種構成においては、ハイブリッド自動車に加え、電気自動車(EV)、プラグインハイブリッド自動車(PHEV)や燃料電池自動車などの導入・普及が拡大する。これらゼロエミッション自動車(ZEV)の新車販売シェアは、レファレンスシナリオと比較して、2030年で23ポイント、2050年時点で48ポイント上昇する。世界平均の新車燃費は、車種構成変化や燃費改善により、2050年時点ではレファレンスシナリオから19.2 km/L改善して46.6 km/L (2.1 L/100 km)になる。先進国ではZEVが車種構成に占める割合がより早期に増加することから、運輸部門が最も省エネルギー量が大きい部門となる。国際バンカーにおいては、技術革新、運用改善などによる省エネルギーが進展する。同時に、燃料転換の余地が大きく、外航海運では天然ガスのシェアが2030年には8.2%、2050年には44%を占める。また、国際航空にはバイオ燃料シェアが2030年には2.5%、2050年には16%を占める。

民生部門は、経済的な観点等から省エネルギー意識の高い産業部門とは異なり、エネルギー消費節減のインセンティブが働きにくい。そのため、エネルギー消費の削減余地が大きく、世界の家庭の総合エネルギー効率は、レファレンスシナリオと比較して、2030年で7%、2050年で24%改善する。また、業務の総合効率は、2030年では3%、2050年では25%改善する。寒冷地域における暖房・給湯機器の効率改善に加え、新興・途上国における断熱性能の向上等がエネルギー節減に大きく貢献する。国による違いはあるものの、給湯や暖房には都市ガ

ス、液化石油ガス(LPG)、灯油などが用いられることも多いため、両用途に関しては燃料が大きく削減されうる。農村部における電化地域の拡大や近代的調理器具の普及により、エネルギー効率が悪い薪や畜ふんなどの伝統的バイオマスが最も削減される。電力も、冷房・動力・照明等、広い範囲における省エネルギー効果が使用機器の電化による増加寄与を上回り、消費が大きく減少する。

Box 4-1 | 自動車の電動化と合成燃料

自動車の電動化が進んでいる。2022年の世界自動車販売の14%が電気自動車(PHEVおよびバッテリー電気自動車[BEV])であり、2021年の9%、2020年の5%未満から販売シェアは確実に上昇している[9]。各国政府はエンジン車の販売規制を検討しており、呼応して各自動車メーカーも電気自動車のラインナップを拡充していることから、今後もさらに電動化が進むとみられる。その背景には、カーボンニュートラルに向けた動きがある。

他方、電動化の進展で実際に温室効果ガス(GHG)排出削減がどう進むかについては、自動車の燃料消費によるGHG排出だけに焦点を絞るのでは不十分である。より分析のスコープを広げ、幅広い視点でGHG排出削減の可能性と課題を読み解く必要がある。そこで本Box分析では、いわゆる「Well to Wheel」(WtW)、すなわち自動車に使用されるエネルギーの供給(Well to Tank)から消費(Tank to Wheel)まで、エネルギーのフロー全体に着目した分析を行うこととした[10]。

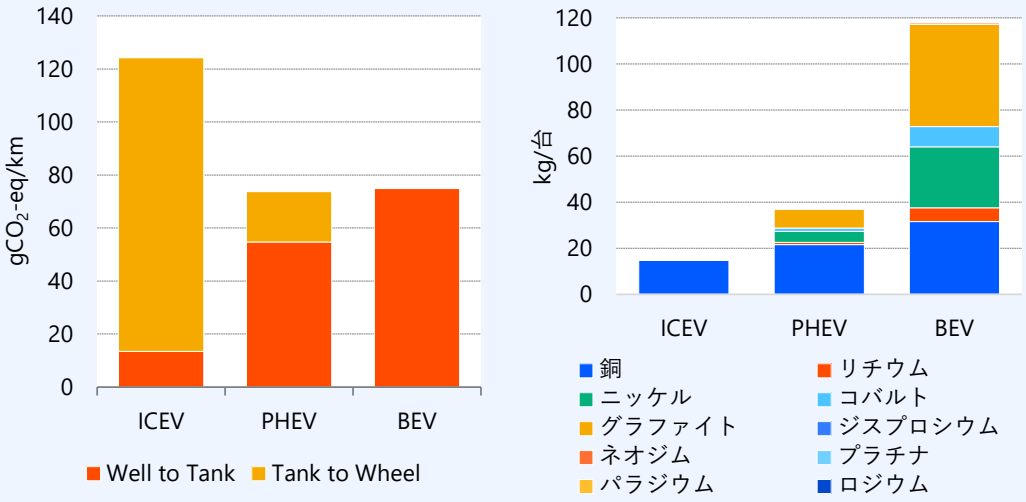
実際、Well to WheelベースのGHG排出量をみると、電気自動車(PHEVとBEVは同程度)が従来エンジン車(ICEV)に比べて小さい。発電部門の脱炭素化が進めば、電気自動車からの排出量はさらに小さくなる。電気自動車は、カーボンニュートラル達成への切り札の1つである。

一方、電気自動車にも課題はある。電気自動車は大容量の駆動用バッテリーを搭載している。バッテリーの原材料として、ニッケルやグラファイトなどの希少鉱物(クリティカルミネラル)を使用しているが、特にBEVにおける消費量は群を抜いており、PHEVの約3倍である。近年、1充電当たりの走行距離を稼ぐために搭載バッテリーの大容量化が進んでおり、このままBEVが大量に普及した場合、鉱物資源の需給バランスに支障をきたす可能性もある(詳しくは『IEEJ Outlook 2023』を参照)。

[9] International Energy Agency (2023) “Global EV Outlook 2023”

[10] 本Boxは、エネルギーフローに着目した分析であり、車両の製造・廃棄に関わる排出量を考慮するLife Cycle Assessment (LCA)は対象としていない。

図4-2 | GHG排出量と鉱物使用量(乗用車)



注: Well to Tankは世界平均。ただし、燃料輸送時は除く。Tank to Wheelの燃費想定は以下のとおり。ICEV: 20 km/L、PHEV: 35 km/L、8 km/kWh、BEV: 8 km/kWh。PHEVのEV走行比率を70%として計算。ICEVとPHEVのエンジン走行時の燃料はガソリン。

出所: GHG排出量は日本エネルギー経済研究所推計。鉱物使用量はJOGMEC[11]。

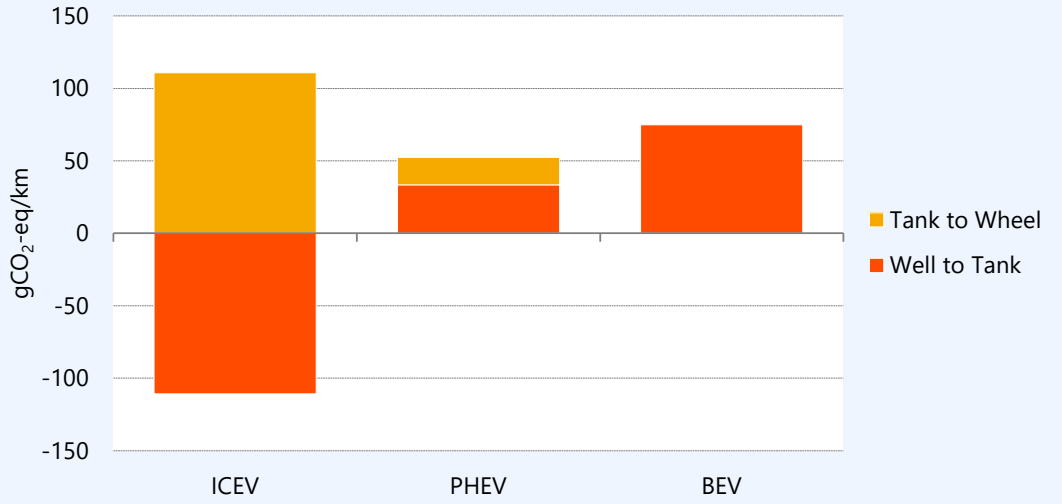
GHG排出量と鉱物需要のバランスを鑑みると、PHEVの活用が注目される。PHEVは普段はEVモードで走行し、バッテリー内の電気を消費し尽くしたら、エンジンを使って走行する。エンジン走行が可能な分、BEVのような大容量のバッテリーを積む必要はない。1充電当たり50 km～100 km程度走行できるが、通常の通勤や買い物程度の使い方であれば、十分な走行距離である。レジャーなど遠出をする際は、エンジンを使うことになるが、その頻度はそれほど多くはない。

しかし、カーボンニュートラルを前提とすれば、エンジン走行時に既存のガソリンを使うことは難しい。そこで、カーボンフリーのガソリンを使用することが考えられる。水素を原料とした合成燃料(e-fuel)である。e-fuelの使用を想定すると図4-3に示したようにPHEVのGHG排出量はBEVを下回る。BEVおよびPHEVが消費する電力は、現状の世界電源構成を前提に排出量を計算しているが、e-fuelの原料である水素製造においては、再生可能エネルギー電源による水分解を想定している。なお、国・地域によって、電源構成には大きな差異があるため、ゼロエミッション電源の構成比が高い国・地域では、Well to TankでのGHG排出は小さくなる。また、e-fuel原料のCO_2の回収効果(負の排出)は上流・下流でだれに・どこに帰属するかどうかについてまだ内外でルールが

[11] 独立行政法人 エネルギー・金属鉱物資源機構(2022)『令和4年度カーボンニュートラル実現に向けた鉱物資源需給調査報告書』

定まっていないものの、本分析では下流・利用者側(自動車使用者)に帰属するものとの前提で計算を行った。よって、e-fuel製造時の排出量(Well to Tank)はマイナスとなり、直接燃焼時の排出量(Tank to Wheel)を相殺することで、環境特性のうえでも相対的に優位となる可能性を持つ。

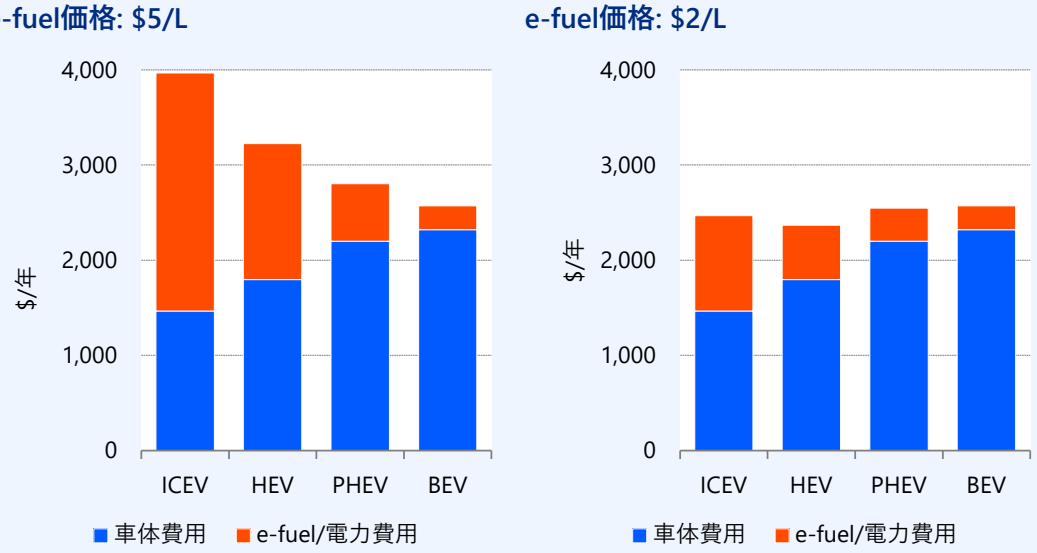
図4-3 | e-fuelを使用した場合のGHG排出量(乗用車)



注: ICEVとPHEVのエンジン走行時の燃料はe-fuel。その他の想定は図4-2と同じ。

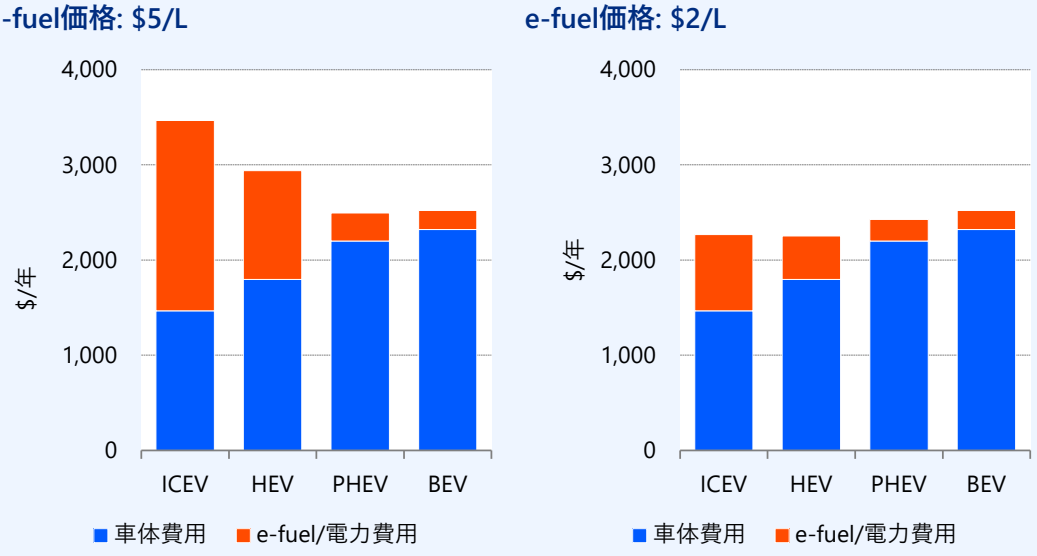
しかし、e-fuelはまだ開発段階であり、そのコストは非常に高い。現在の供給価格は現時点の水素の供給価格やe-fuel製造コスト等を前提とすると$5/L程度と見積もられており、車体価格を考慮しても、BEVのほうが総費用は安くなる(図4-4左)。量産効果などにより供給価格が$2/L程度まで下がった場合には、BEVと遜色ない費用となる(図4-4右)。ただし、走行距離が短いユーザーの場合、例えば、PHEVのEVモードが走行距離の90%になれば、図4-5に示すように現行の$5/LでもBEVの総費用と同程度になる。ただし、今後BEVの車体価格はバッテリーの低価格化等による改善が期待されていることは言うまでもないであろう。

図4-4 | 乗用車使用に係る年間費用の概算



注: 使用期間は15年、年間走行距離は10,000 km、燃費は図4-2と同じで設定。電力価格は$0.2/kWh、車両価格はERIA[12]を参照し、ICEV: $22,000、PHEV: $33,000、BEV: $35,000で設定。なお、税金・保険・メンテナンス費用等は含まれない。

図4-5 | 乗用車使用に係る年間費用の概算(走行距離が短い場合)



注:年間走行距離は8,000 km、PHEVのEV走行比率を90%と想定。その他の想定は図4-4と同じ。

[12] Economic Research Institute for ASEAN and East Asia (2020) "The Influence on Energy and the Economy of Electrified Vehicle Penetration in ASEAN"

e-fuelのコストについては、現状の¥700/Lから、2050年に¥200/Lにすることが課題とされる[13]。基本的には余剰電力から水素を生成し、CO_2と合成する製造プロセスにおける、特に水素生成のコスト高が課題である。かかる水素のコスト高を克服すべく主に再生可能エネルギーを活用したグリーン水素によるe-fuelのプロジェクトが南米や北欧、米国などで進んでいる。こうした相対的に安価(¥300/L[14])ともされる海外輸入品を中心にまずは供給体制を整えつつ、ドロップイン燃料としてのe-fuelの特性を活かした低混合比率から始めることで、流通や販売などの既存インフラが利用できる利点や、既存車(ストック)に対する、段階的、現実的な排出量の削減効果が期待できる。さらには水素の供給元が世界に分散する状況から、国内産も含めエネルギー安全保障に資するものとなることに加え、石油同様、常温で貯蔵可能で、可搬性もありユーザーの利便性が高いメリットがある。特に合成粗油からのe-fuelは大量の熱需要が残る産業用途や大型車などの運輸用、航空機燃料用などで需要があることが見込まれ、e-fuelの供給はガソリンのみならず軽油やジェット燃料の連産品としての有効性もある。例えばドイツなどでも100億円を超えるe-fuelの実証プロジェクトが進行中で、特に電化が難しい大型車や航空燃料などの需要への対応が期待されている。

まとめると、e-fuelの利点としてBEVと比べて相対的にGHG排出量やクリティカルミネラルの使用量が少なくなる優位性の潜在力があり、燃料としての経済性向上の可能性も挙げられる。図4-4に示したようにe-fuelの価格低減に伴い、ICEVやPHEVが競争力を持つようになる。さらに、e-fuelは既存インフラの活用やストック対応が容易であり、乗用車燃料のみならず、他用途での利用も容易である。エネルギー安全保障の観点等も含め、包括的、現実的評価が重要である。

一方で課題として高コストがあるため、今後も水素コストの削減に加えて技術開発や量産体制の構築に向けた市場動向、相対的評価においては今後の低価格化が予想されるBEV用バッテリーの技術開発等にも注目が集まる。またその環境価値の認証方法の確立に加え、特に国境を越えた国際的なe-fuelの供給にあたっては環境価値が供給側、需要側どちらに帰属するのか、今後市場における二国間の実証等での動向を注視してゆく必要もあろう。

[13] 経済産業省「合成燃料研究会中間取りまとめ」(2021年4月)

[14] 経済産業省「合成燃料(e-fuel)の導入促進に向けた官民協議会 2023年 中間とりまとめ」(2023年6月)

再生可能エネルギー

技術進展シナリオでは、自然変動電源である風力発電や太陽光発電の市場導入がさらに加速する。一次エネルギー消費に占める再生可能エネルギー(水力を含む)のシェアは2021年の15%から、2030年にはレファレンスシナリオ比1ポイント増の20%、2050年には同22ポイント増の36%に上昇する。自然変動電源に限ったシェアは2021年の2%から2030年には6%、2050年には21%まで上昇する。

この水準まで自然変動電源のシェアが高まると、一部の国やエリアでは電力システム運用上の課題が顕在化する可能性が高い。例えば、風力・太陽光電力の時間変動性に起因する課題として、急激な発電出力変動(周波数変動)や余剰電力、年に1回～2回程度発生するとされる「曇天無風期間」などがある。また、空間偏在性に起因する課題として送電容量不足がある。さらには、その他の課題として非同期電源[15]の増加に伴う系統慣性低下や立地周辺の自然環境・生態系・経済活動への影響(大規模太陽光発電設置のための森林開発や陸上風力発電機による鳥類への影響、洋上風力発電が漁業に及ぼす影響の深刻化等)もある。

これらの課題を踏まえて、自然変動電源を電力システムに統合するための技術的・制度的・政策的な対策が必要となる。ここで提示する技術進展シナリオにおいては、自然変動電源の統合技術の実用化進展や、その社会実装への政策的支援、事業者・投資家・消費者の環境意識の高まり、および電力インフラストラクチャー敷設への社会的受容性の向上等が想定される。自然変動電源の拡大を支える技術として、発電予測技術や出力抑制、エネルギー貯蔵(主に揚水式水力や蓄電池)、バックアップ電源の出力調整、EVを活用した需給調整技術、系統増強と地域間の電力融通、そしてこれらの技術を情報通信技術で結んで最適制御を行うスマートグリッド等が大きな役割を果たす。また、技術の普及のみならず、環境との調和や地域との合意形成を促す政策や法制度も持続的な再生可能エネルギー導入を後押しする。

風力発電(陸上風力と洋上風力の両者を含む)の導入は、すべての地域においてレファレンスシナリオ比で加速し、世界の設備容量は2030年に2,270 GW、2050年には5,170 GWに達する(図4-6)。陸上風力発電は、送電インフラの増強やエネルギー貯蔵技術のコスト低減によって空間的・時間的な偏在性が緩和され、中国やインドにて顕著に拡大する。洋上風力発電は、これまでの主役であったヨーロッパに加え、アジア(中国や台湾、日本)や米国でも導入が進む。継続的な技術開発とコスト削減努力に加え、政策的支援――経済的支援の充実化や海洋利用に係る各国内の制度構築、漁業関係者をはじめとする既存の海域利用者の理解促進に

[15] 同期電源とは、自らが回転エネルギーを持つことで、タービンが回転し続ける力である慣性力や発電機同士が同速度で回ろうとする力である同期化力を有し、電力系統の安定化に資する機能がある電源。火力、水力、原子力発電など。これに対し、非同期電源(インバータ電源)とは、そうした機能がない電源。太陽光、風力発電など。

基づく開発調整の円滑化等――がこれらの地域での洋上風力利用を促進させる。陸上・洋上風力発電設備導入量の合計値では中国が世界トップの座を維持し、主要な風力発電市場であり続ける。中国は、2030年に世界の設備容量の41%を、2050年には49%を占める。技術進展による立地制約や系統制約の克服は、ヨーロッパ、米国、インド等での風力発電のいっそうの拡大に寄与するが、同時に、中国においても同様な拡大をもたらす。結果として、2050年における中国の占めるシェア自体はレファレンスシナリオと比して大きな差は生じない。

図4-6 | 風力発電設備容量[技術進展シナリオ]

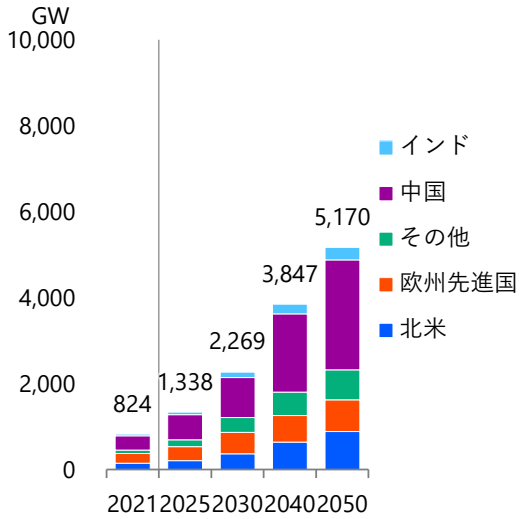
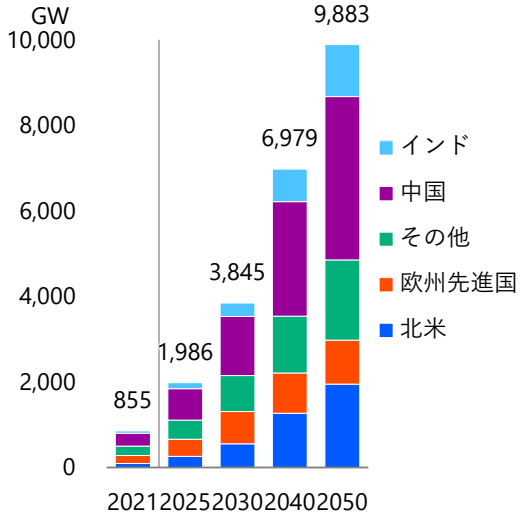


図4-7 | 太陽光発電設備容量[技術進展シナリオ]



太陽光発電も世界的に導入が加速し、世界の設備容量は2030年には3,845 GW、2050年には9,883 GWに達する(図4-7)。技術進展によって立地制約や系統制約が一定程度克服された結果として、2050年のレファレンスシナリオとの比較で、風力が1.3倍、太陽光が1.4倍の増加規模となる。現在の太陽光発電の主要市場は中国や欧州先進国、米国、日本等であるが、太陽光発電や蓄電池のコスト低下にけん引され、これらの地域に加えてインドの存在感がいっそう増す。さらに中東やアフリカ、中南米といった日射量に恵まれたサンベルト地域の伸びも大きくなる。レファレンスシナリオと技術進展シナリオを比較してみると、後者がヨーロッパで1.2倍に拡大しているのに対して、インドでは1.5倍、中国・北米・ヨーロッパ以外のその他(≈中東、アフリカ、中南米等)でも1.4倍と相対的に高い増加になっている。現在、主要市場ではないこれらの国々やエリアが、技術進展によっていっそう有望な太陽光発電市場となる可能性が示唆されている。

近年、カーボンニュートラル社会への取り組みが世界的に高まっているが、今世紀半ばごろまでの実現には自然変動電源の導入を技術進展シナリオ以上に加速させる必要がある。電力需給の様相が様変わりする可能性があり、それを見越した技術選択が重要である。例えば、

エネルギー貯蔵の観点ではリチウムイオン電池やナトリウム・硫黄(NAS)電池のような数時間の貯蔵容量を持つ技術の活用に加え、自然変動電源の発電出力の週・月・季節変動に対応するため長期間の貯蔵に適した技術が必要となる可能性がある。そのような貯蔵技術にはレドックスフロー電池や水素がある。レドックスフロー電池は出力と貯蔵容量を独立して設計できる特長があり、電解液を増やすことで大規模かつ長期間の貯蔵にも対応できる。水素についても水電気分解と水素貯蔵、水素発電の設備容量を独立して選択できる。エネルギー貯蔵技術は電力系統の周波数調整等のアンシラリーサービス提供機能としても期待されており、欧米では蓄電池はすでにアンシラリーサービス市場に参入している。また、水電解もアンシラリーサービスへ活用するための制度設計を目指した実証がヨーロッパを中心に行われている。エネルギー貯蔵はそれぞれの技術の特性――技術的特徴や経済性、安全性、さらには素材となる鉱物資源(リチウム、ニッケル、コバルト、バナジウム、プラチナ等)の調達元といった経済安全保障の観点等――を総合的に踏まえ、最適な組み合わせ追求してゆく必要がある。

原子力

原子力は気候変動対策や大気汚染対策、そしてエネルギー安全保障といった多くの政策目標に対して有用性を発揮できる。そのため、技術進展シナリオではレファレンスシナリオ以上に導入が進むこととなる。従来の大型軽水炉については、ノウハウの蓄積や建設技術の効率化などによって導入に係る障壁は低減される。他方で、近年、特に開発が進められている小型モジュール炉(SMR)や第4世代炉といった新型炉もまた、実用化に向けて強力な政策措置が実施される。これらの新型炉は数十年の開発期間を重ねても商用規模では実用化していないが、米国やカナダなどでは近年、具体的なユーザー候補が現れ導入を検討しているほか、世界中で多数の国が関心を表明している。そのため、現在計画中あるいは進行中の実証炉建設が世界中の潜在ユーザーからの関心に十分応える結果を残せるか否かが、将来的な新型炉導入のポイントとなる。

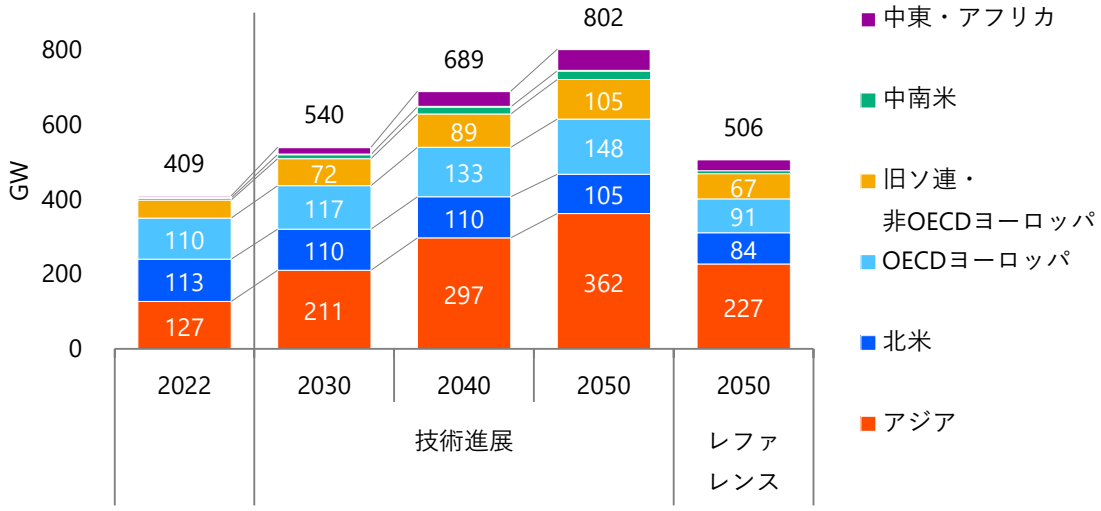
社会全体の大幅な低炭素化を目指すうえでは、電力部門以外での取り組みも重要となる。前述の新型炉をはじめ、原子力技術は発電用途にとどまらず、地域熱供給、産業用熱供給、水素製造、海水淡水化など多様な用途に活用されることが期待されている。ただし、現状の原子力はベースロード電源として運用することが前提とされており、今後も多くのエネルギー需要が電力化されてゆくことが予測される以上、それは2050年においても変わらない。第一義的な役割である電力供給を全うしたうえで、余剰となった電力や熱の有効活用を検討してゆくことになるであろう。

早期から原子力を積極的に推進してきた米国やフランスは、既設炉の大部分が一度に経年化を迎えることもあって、設備容量が現在の水準から低下する。ただし、気候変動対策やエネルギー安全保障の観点から原子力利用促進策が一段と強力に発揮される技術進展シナリオでは、レファレンスシナリオより多くの新設計画が実現し、下げ幅が縮まる。これは英国でも同様であり、2050年までの間にレファレンスシナリオ以上の新規建設が行われる。福島第一原子力発電所事故を受けて脱原子力政策の方向性を明確にした国においても、低炭素化や自国の産業競争力の維持という観点から、原子炉の閉鎖計画の先送りや閉鎖計画に沿って廃炉した設備をリプレースで補うという方針が採用される。

野心的な低炭素目標を掲げる先進国のみならず、新興・途上国でも電力需要の急速な拡大に対応しつつ、低炭素化を進めるため原子力が導入される。原子力導入の基本的な動機は大規模な安定電源によるエネルギー需要への対応であるが、島しょ部などの遠隔地を抱える新興・途上国では小規模系統に対応した小型炉の導入も見込まれる。

こうした想定の下、技術進展シナリオでは、世界の原子力発電設備容量は2022年の409 GWから2050年には802 GWに拡大する（図4-8）。これは、レファレンスシナリオでの設備容量506 GWの1.6倍に相当する。

図4-8 | 原子力発電設備容量[技術進展シナリオ]



北米では2025年以降に設備容量が微減するものの、その後は必要な既設炉の維持や新設が行われ、2050年まで105 GW前後の水準を維持する。米国では原子力の低炭素価値やエネルギー供給の信頼性を再評価する動きが、連邦政府や一部の州政府で高まっている。そのため、そういった政策動向が最大限奏功する技術進展シナリオでは、原子力革新技術開発への支援や既設炉の長期運転がレファレンスシナリオよりも大規模に進められる。米国とカナダ

はともにSMRや第四世代炉の開発を積極的に推進しており、2030年代以降はそれらの実用化も進む。ただし、SMRは1基当たりの設備容量が小さいため、国の合計設備容量のなかにおけるインパクトは限定的となる。

野心的な温室効果ガス排出削減目標を掲げる欧州先進国では、経年化した既設炉が廃炉される一方で、新設やリプレースも政策的に推進される。そのため、設備容量は2022年の110 GWから2050年には148 GWまで拡大する。ヨーロッパ最大の原子力利用国であるフランスでは、2050年にかけて設備容量が徐々に減少してゆくが、新設計画も増えるため、レファレンスシナリオと比して緩やかな減少となる。英国では最先端技術の大型軽水炉の建設がいっそう促進され、2050年にはエネルギー安全保障戦略によって定められた最大目標値である累計24 GW（既設を含む）が実現される。欧米諸国では新設計画のノウハウ消失や建設開始後の設計変更などにより、現在建設中の大型軽水炉（第三世代+）の工期に大幅な遅延が生じている。次以降の新設計画において、こうした問題点が修正されることにより新設のリスクが軽減され、事業者にとっての投資環境が改善されることが、この拡大の主要なドライバーとなる。

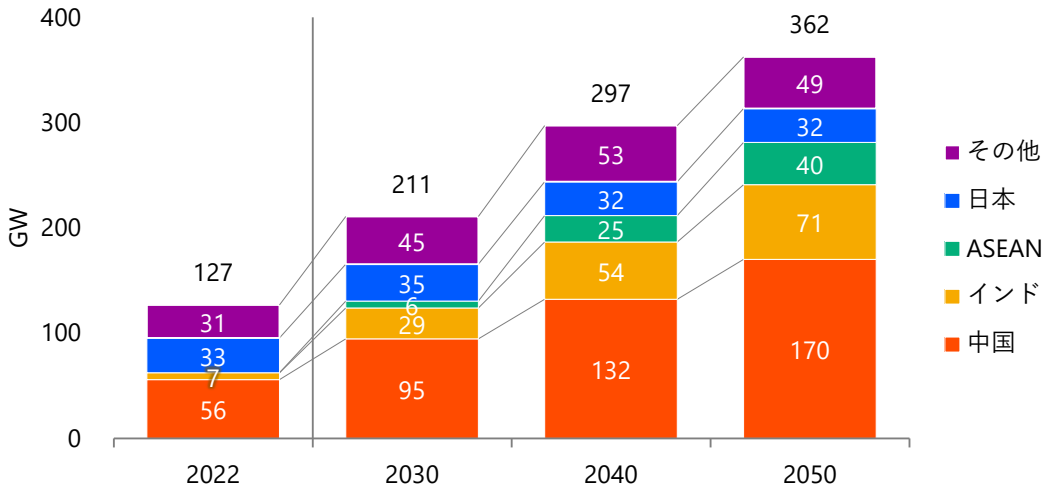
ロシアでは新規建設計画が加速し、設備容量は2022年の30 GWから増加を続け、2050年には53 GWへと拡大する。加えて、ロシアについては新興・途上国の経済成長およびエネルギー需要の増大を背景に、国外への輸出が積極的に進められる。すでに多くの新興・途上国との間で、原子力を含む多くの産業分野での基盤整備や人材育成などを含めた包括的な協力関係の構築を進めているため、これが将来の原子力輸出の盤石な布石となる可能性は高い。

新興市場とされる中東、アフリカ、中南米では、2025年ごろより新設炉が順次運転開始を迎え、以降設備容量は着実に拡大する。特に中東では、化石燃料依存の経済から脱却することが政策上の優先事項となるため、建設を進めているアラブ首長国連邦（UAE）や、建設計画を表明したサウジアラビアを中心に新設が相次ぎ、中東全体で2030年に15 GW、2050年に37 GWにまで達する。

アジアはレファレンスシナリオでも2050年時点で最大の導入地域となっているが、これは技術進展シナリオでも同様である。アジア全体での設備容量は2035年ごろに欧州先進国と北米の合計を上回り、2050年には362 GWに達する（図4-9）。その内訳もレファレンスシナリオ同様、中国とインドがけん引役となるが、それらに加えて東南アジア諸国でも、増加する電力需要に対して安定的で経済合理性のある低炭素電源への需要が高まり、現在は計画段階にとどまっている国々での原子力導入が進展する。これらの国々には島しょ地域を抱える国も多く、そういった地域の電力安定供給も課題としているため、SMRや洋上浮体式原子

炉の導入も進む。こうした動機があることから、東南アジア諸国連合(ASEAN)合計の導入量は2022年時点でこそ0であるが、2030年ごろから営業運転が順次開始され、2050年には発電設備容量が40 GWに達する。これは、同時点の日本の設備容量(32 GW)を上回る値である。

図4-9 | アジアの原子力発電設備容量[技術進展シナリオ]



水素

クリーン水素ならびにクリーン水素を原料とした低炭素燃料(アンモニア、合成メタン、合成燃料[e-fuel]等)は、電化が難しい用途における脱炭素化策や、主に調整電源としての火力発電の代替策として注目されている。

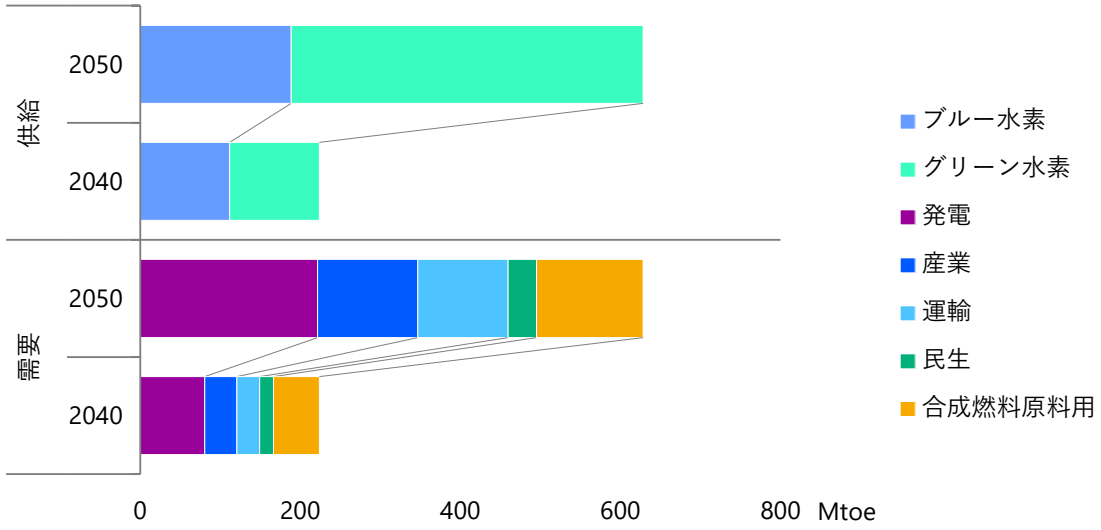
米国は、2022年8月に成立したインフレ抑制法(IRA法)によって、クリーン水素製造に10年間の税控除を打ち出した。また、超党派インフラ法に基づき、6～10か所の地域クリーン水素ハブ(Regional Clean Hydrogen Hubs, H2Hubs)を選定し、水素利用も含めたクリーン水素ネットワークの実現のために70億ドルほどの支援スキームを実施する。欧州連合(EU)は、ウクライナ危機以降、脱ロシアの一環として、再生可能エネルギー由来水素(グリーン水素)の利活用を促進する取り組みを加速している。2022年3月に発表したREPowerEUでは、2030年までに再生可能エネルギー由来水素を域内製造で10 Mt/年、輸入で10 Mt/年供給するとの目標が設定された。また、欧州水素銀行(European Hydrogen Bank, EHB)を創設し(2023年3月)、EHBを通して再生可能エネルギー由来水素のEU域内市場流通の確立とEUへの輸入再生可能エネルギー水素に対する支援メカニズムを実施する。アジア地域では、中国は、2022年3月に「水素エネルギー産業中長期発展計画」を発表し、2025年までに再生可能エネルギー由来水素の製造量を100 kt/年～200 kt/年、燃料電池自動車の保有台数を5万台にする

目標を掲げている。また、風力や太陽光の資源が豊富で安価に調達できる地域で大規模な再生可能エネルギー由来水素製造プロジェクトが相次いで導入されている。韓国は、世界初の水素発電入札制度を開設し、水素・アンモニア発電の利用拡大を図っている。日本は、2023年6月に6年ぶりに水素基本戦略を見直し、2030年に最大3 Mt/年、2040年に12 Mt/年、2050年に20 Mt/年のクリーン水素・低炭素燃料の導入目標を掲げている。

技術進展シナリオでは、クリーン水素の主な利用先は、発電、低炭素燃料の合成、産業部門、運輸部門である(図4-10)。現状で運輸部門における主な水素利用先は燃料電池自動車であるが、バスやトラックなど年間走行距離が長く電化が難しい重量自動車が主な用途である。加えて、船舶や飛行機の脱炭素化には水素や水素由来のアンモニア、合成メタノール(e-methanol)、合成灯油(e-kerosene)等が重要なオプションになる。産業部門、特に高温熱需要に対しても水素や水素由来の低炭素燃料の利用が見込まれる。また、高炉水素還元や水素直接還元など水素を活用した製鉄技術は現状ではまだ実証段階であるものの、将来は鉄鋼部門の重要な脱炭素化策として導入が拡大する。民生部門の水素利用は水素配管など配送インフラストラクチャーがある地域を中心に導入される。

水素製造については、価格競争力があるため、短期的にはCCS付の化石燃料由来水素(ブルー水素)が進むが、中長期的には再生可能エネルギー発電と水電解装置のコスト低減に伴い再生可能エネルギー由来水素が増加し、2050年時点では、クリーン水素供給の7割程度が再生可能エネルギー由来水素となる(図4-10)。中東、北米など従来のエネルギー生産地域に加え、中南米、オーストラリア、アフリカなど再生可能エネルギー資源が豊富な国・地域も有望なクリーン水素の製造・供給源となる。ヨーロッパ、北米、東アジア、インドなどがクリーン水素や低炭素燃料の主要な需要先となる。

図4-10 | クリーン水素の需給[技術進展シナリオ]



水素輸送を目的に水素を水素キャリアに変換するためには大規模な設備投資と追加的なエネルギー投入が必須となり、コスト増につながる。したがって、水素キャリアへの変換・輸送を最小限に留める必要があり、水素の製造と需要は地理的に近いことが望ましい。しかし、ヨーロッパ、日本、韓国など見込まれる水素需要が大きいものの安価なクリーン水素の供給ポテンシャルが限定的と思われる地域・国にとっては、海外からの水素の長距離輸送も必要となる。クリーン水素の経済的な国際サプライチェーンの構築に向けては、液化水素、メチルシクロヘキサン(MCH)、アンモニア、合成メタン、合成燃料等の水素キャリア合成の大幅なコストダウンが求められる。また、サプライチェーン全体のCO_2排出量の抑制も重要な課題であり、クリーン水素・低炭素燃料のカーボンフットプリント認証スキームの構築が必要となる。

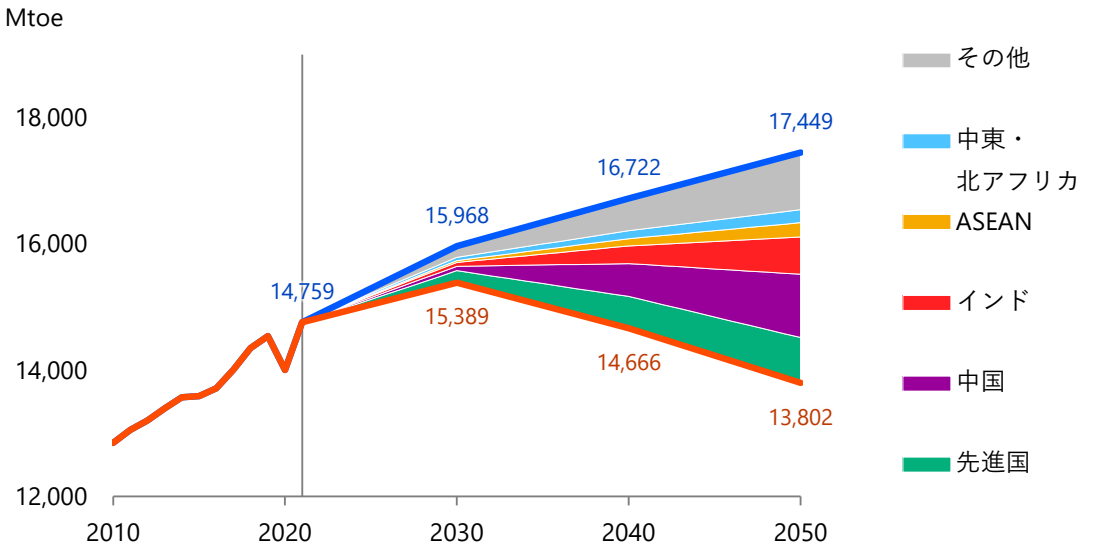
4.2 エネルギー需給

技術進展シナリオでも2050年世界カーボンニュートラル実現には程遠く、省エネルギー・気候変動対策のさらなる推進にはあらゆる手段の総動員が必要

技術進展シナリオでは省エネルギー・気候変動対策の強力な展開を想定する。2030年における一次エネルギー消費はレファレンスシナリオ比−579 Mtoe(−3.6%)となるが、2021年比では増加する(図4-11)。2030年以降は省エネルギーがさらに進むことで一次エネルギー消費は減少に転じ、2050年におけるレファレンスシナリオ比の一次エネルギー消費削減量は3,647 Mtoe(20.9%)となる。2050年までの累積節減量は省エネルギー等が進み、46.1 Gtoeとなる。技術進展シナリオを実現するためには、エネルギー消費節減および非化石エネル

ギー導入のポテンシャルが大きい新興・途上国、特にインド、中東・北アフリカ(MENA)、ASEANの役割が大きい。

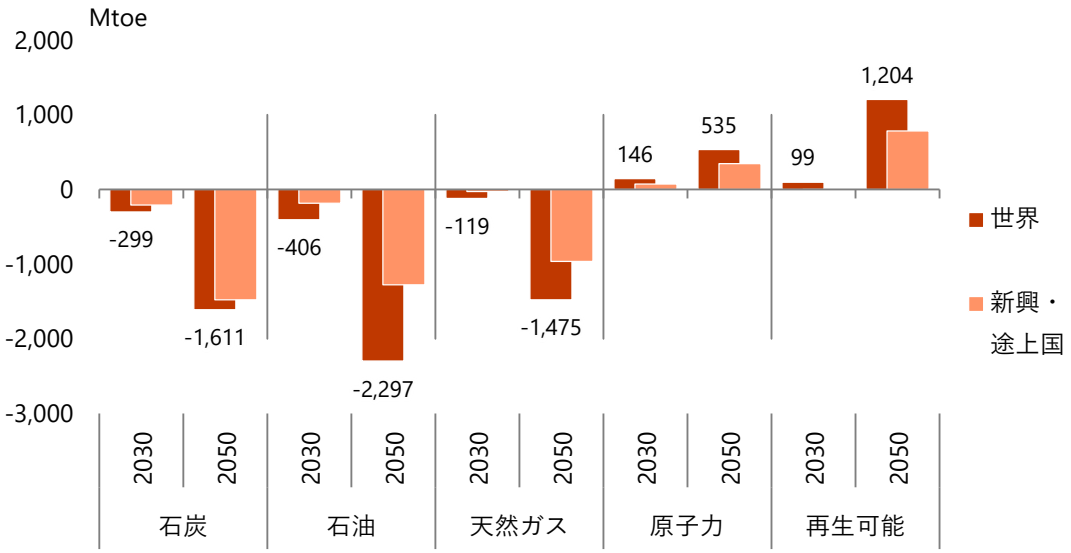
図4-11 | 世界の一次エネルギー消費と省エネルギー(レファレンスシナリオ比) [技術進展シナリオ]



技術進展シナリオで世界が到達可能な省エネルギー量のうち、新興・途上国は2050年において75%を占める。特にインド、MENA、ASEANは合わせて28%を占める。これらの国々の省エネルギーと脱炭素化をいち早く進めることが、世界のエネルギー安定供給、気候変動対策のカギとなる。

エネルギー源別では、化石燃料は燃料転換も進むこともあり、2050年はレファレンスシナリオ比5.4 Gtoe(42%)の節減、累積節減量は65.6 Gtoeとなる(図4-12)。石炭は新興・途上国で発電用の燃料転換が進み、新興・途上国が2030年において節減量の7割、2050年では9割を占める。石油は自動車の電動化が進むことで、2030年には0.4 Gtoe、2050年には2.3 Gtoeと最も節減量が大きいエネルギーとなる。天然ガスは2030年には0.1 Gtoe、2050年には1.5 Gtoeの節減にとどまる。もっとも、2050年の天然ガスの節減が少ないのは水素製造原料用が増えている影響もある。非化石エネルギーは2030年で0.2 Gtoe、2050年で1.7 Gtoe増加し、原子力と再生可能エネルギーは2050年でそれぞれレファレンスシナリオ比58%、31%の大幅増となる。言い換えれば、非化石エネルギーが大きく伸長する技術進展シナリオにおいても、世界は化石燃料なしには、経済、社会、生活を維持し改善し続けることはできない。

図4-12 | 一次エネルギー消費の変化(レファレンスシナリオ比) [技術進展シナリオ]

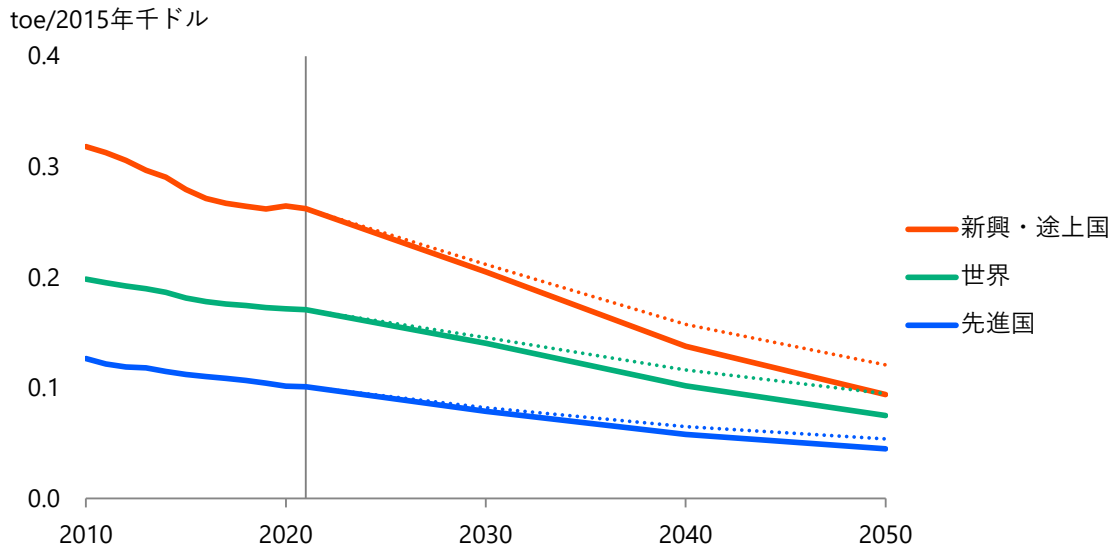


技術進展シナリオの実現自体も容易ではない。2050年における石炭節減量では、新興・途上国が92%、インド、MENA、ASEANが合わせて32%の寄与率となる。また、原子力、再生可能エネルギーの増加量に対しても、新興・途上国の寄与率はそれぞれ65%、65%、インド、MENA、ASEANの寄与率はそれぞれ27%、33%を占める。つまり、技術進展シナリオは30年弱という短期間でこれらの実現を経済発展中の新興・途上国に要求している。技術進展シナリオの実現プロセスにおいては、従来の先進国の歩みとは異なる加速度的なエネルギー政策の実行が新興・途上国には求められている。

世界がカーボンニュートラルを目指すならば、技術進展シナリオにおける先進国および新興・途上国の国内総生産(GDP)原単位の減少は十分ではない(図4-13)。先進国の原単位は2021年比55%減、新興・途上国の原単位は足元における効率改善余地が大きいため64%減と大きく減少する。もし、技術進展シナリオにおける2050年の世界のエネルギー消費を原子力、再生可能エネルギーおよびブルー水素[16]製造用の化石燃料の計6.7 Gtoeのみで賄うことでカーボンニュートラルを達成しようとした場合、世界のGDP原単位を2021年比で79%減少させる必要がある。これは、技術進展シナリオにおける新興・途上国や中国の原単位減少ペースをはるかに上回るペースであり、2050年に世界全体でカーボンニュートラルを実現することは、やはり相当チャレンジングであると言わざるをえない。

[16] 化石燃料を分解しその際に排出するCO_2を回収して製造される水素

図4-13 | 一次エネルギー消費量のGDP原単位[技術進展シナリオ]



注: 点線はレファレンスシナリオ

技術進展シナリオを実現し、さらにCO_2排出量の削減を推し進めるためには、先進国も新興・途上国もハイペースで省エネルギーを進め、またエネルギー源の脱炭素化も進めなければならない。このため、先進国における省エネルギー技術の開発と新興・途上国への技術移転、国際的な資金調達力や意識不足などの省エネルギーバリア解消などは必須条件となる。また、一国内においても、日々の生活に追われている低所得者層が省エネルギー機器を導入するためのインセンティブの設定や、都市部と農村部に対してそれぞれふさわしい省エネルギーや脱炭素化のアプローチも必要となる。さらに、長期的な視点から、国・地域の省エネルギー意識を高める教育を強化してゆくことも重要である。

これらのCO_2排出量削減手段を実現するための具体的政策の立案・実行には、各国政府による補助金・税金・規制などの公共政策とそれを用いた民間企業の活用、および先進国と新興・途上国間の二国間協力の枠組み、アジアであればASEAN+3、アジア太平洋経済協力(APEC)等の多国間協調フレームワーク、国際通貨基金(IMF)や世界銀行等の国際金融機関の活用など、あらゆる政策手段の総動員が必要となる。

自動車の燃費改善と電動化の進展が最終エネルギー消費節減のカギ

技術進展シナリオにおける最終エネルギー消費節減量(2050年)のエネルギー源別内訳では、石油が7割程度を占める(図4-14)。この主な要因は、先にも触れたとおり、自動車の燃費改善や車種構成の変化の進展に伴う道路部門の石油消費の減少である。なお、電動自動車のさらなる普及拡大のためには、各種の政策誘導に加えて、充電設備の拡充やバッテリー生産能力の拡大、製造コストの低減などをいっそう加速させる必要がある。

図4-14 | 世界の最終消費の変化(レファレンスシナリオ比) [技術進展シナリオ、2050年]

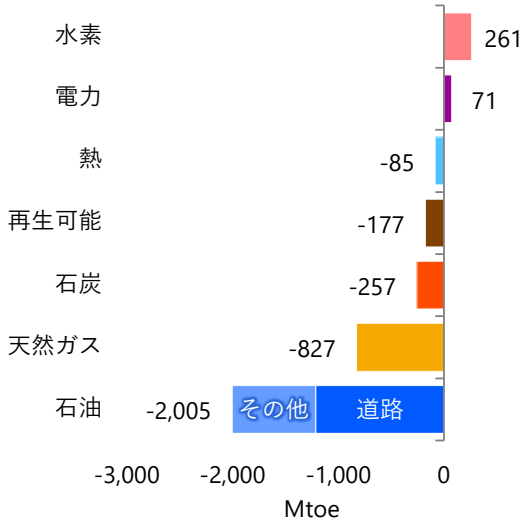
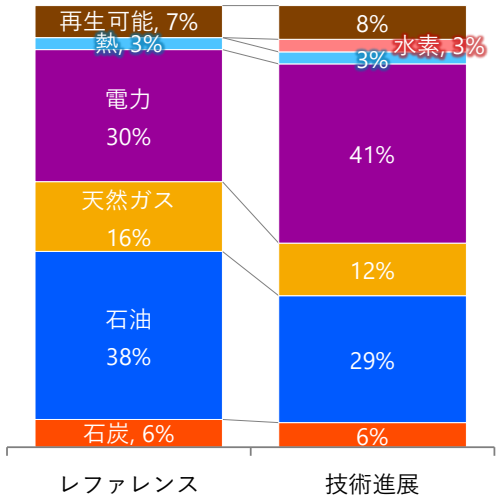


図4-15 | 世界の最終エネルギー消費構成 [2050年]



石油の節減量がエネルギー全体の節減量に占める規模を鑑みると、燃費改善と車種構成の変化を着実に実現することは、最終エネルギー消費を技術進展シナリオのパスに近づけるための重要な要素の1つと言える。

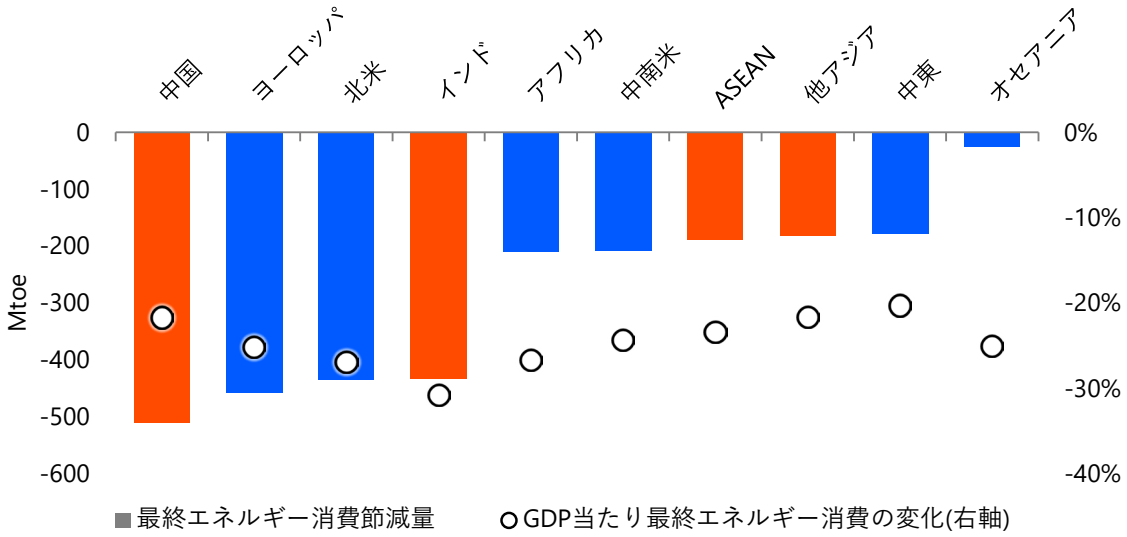
技術進展シナリオにおける最終エネルギー消費は、省エネルギーの進展により、石油、天然ガス、石炭といういずれの化石燃料もレファレンスシナリオ比で節減される。一方、高効率かつ低炭素な電力による省エネルギーとCO_2排出抑制を狙った電化が促進されることで、電力は増加する。2050年における電力シェアは、レファレンスシナリオ比11ポイント増となる(図4-15)。電化が難しい用途での低炭素化手段として期待される水素は、レファレンスシナリオではほとんど導入されないが、技術進展シナリオへの移行で最も増加するエネルギー源となる。再生可能エネルギーは、薪炭材や畜ふんといった伝統的バイオマスがクリーンエネルギーに代替されることで、量としては減少するが、減少率は化石燃料ほどではないことからシェアはレファレンスシナリオなみとなる。レファレンスシナリオからのこうした増減はありこそすれ、技術進展シナリオでもすべての主要なエネルギー源に対する需要が存在する。そのため、技術進展シナリオにおいてもレファレンスシナリオと同様に、各種エネルギー源を安定的に供給することが重要である。

中国やインド、ヨーロッパ、米国などにおける省エネルギーの着実な進展が重要

主要国・地域の2050年の最終エネルギー消費節減量では、中国とインドを中心としたアジアが最も大きく、ヨーロッパ、北米、アフリカがそれに続く(図4-16)。技術進展シナリオの

最終エネルギー消費パスを実現するには、特に中国やインド、ヨーロッパや米国といった節減量が大きい国・地域で省エネルギーを着実に進展させることが重要になる。

図4-16 | 最終エネルギー消費節減量とGDP当たり最終エネルギー消費の変化(レファレンスシナリオ比)[技術進展シナリオ、2050年]



2050年におけるアジアの最終エネルギー消費節減量は1,334 Mtoeであり、世界全体の節減量の44%という大きなシェアを占める。なかでも中国とインドの存在感は大きく、中国の節減量は511 Mtoe、インドは434 Mtoeと、合わせて世界全体の節減量の約3割にも相当する。特にインドでは、GDP当たり最終エネルギー消費は31%の低下となり、他の国・地域を上回るエネルギー消費減を示す。両国における省エネルギーの進展度合いは、当事国のみならず、世界の気候変動や他地域のエネルギー安全保障にも影響を及ぼしうる。これら2国では、道路部門の石油消費や産業部門の石炭消費などが大きく節減され、技術進展シナリオで想定する各種技術の効果が広範に現れている。先進国からの高効率技術移転も含めたさまざまな方策を通じて、両国の省エネルギーを着実に進展させることが重要になる。

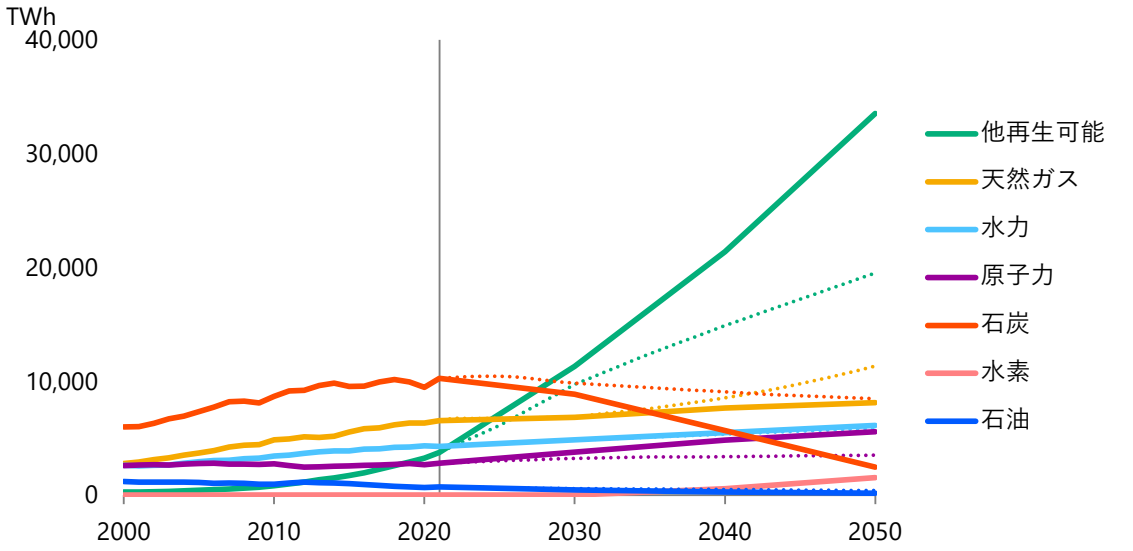
ヨーロッパの最終エネルギー消費節減は458 Mtoeとなり、世界全体の節減量の15%を占める。民生部門が節減量の半分程度を占めていることが特徴であり、経済協力開発機構(OECD)諸国を中心に、より効率化された家庭用あるいは業務用機器の導入が進められる。北米の最終エネルギー消費節減量は435 Mtoeと、世界全体の節減量の14%を占める。このうち、半分程度が主に道路部門における石油消費の節減である。北米では移動・輸送手段として自動車が多用されることから、米国・カナダ2か国による道路部門石油需要はアジアに次ぐ規模である。それゆえ、自動車の燃費改善や車種構成の変化の影響を強く受けて、道路部門の石油消費が大幅に節減される。

部門別の節減量が特徴的な地域としては、アフリカがある。アフリカの最終エネルギー消費節減量209 Mtoeのうち、3分の1程度が家庭部門における再生可能エネルギー消費の節減によってもたらされており、GDP当たり最終エネルギー消費がインドに次いで27%も低下することにつながっている。背景として、利用エネルギーの近代化と高効率消費機器の利用がいっそう進むことが挙げられる。家庭部門における節減を着実に実現するうえでは、より広範な利用者が入手できる価格帯の高効率消費機器の普及や、近代的エネルギーの供給体制整備が大切な要素となる。

電源構成

2050年の発電量はレファレンスシナリオに比べ8,672 TWh増加し、2021年の2倍に相当する57,517TWhに達する。この主な原因は、電化の進展により最終需要における電力の割合がレファレンスシナリオの29%から11ポイント上昇し、さらに水素製造のために電力投入が増えることである。先進国を中心に、脱石炭の取り組みが急速に進むことで石炭火力発電量は現在から大幅に減少、2050年には足元の半分以下となる(図4-17)。これとは対照的に、太陽光・風力等、バイオマスに代表される再生可能エネルギーが最大の電源となる。他方、総発電量の50%が変動性再生可能エネルギーとなり、その出力変動への対応は各地域における重要な課題となる。石炭、ガス火力を代替するディスパッチ電源として、CCSの貯留ポテンシャルが存在する地域ではCCS付き火力発電が、そうでない地域では水素火力が2040年ごろから本格的に導入される。また、系統用、需要家用ともに蓄電池が急速に普及し、需給バランスの調整に寄与する。

図4-17 | 世界の発電量[技術進展シナリオ]

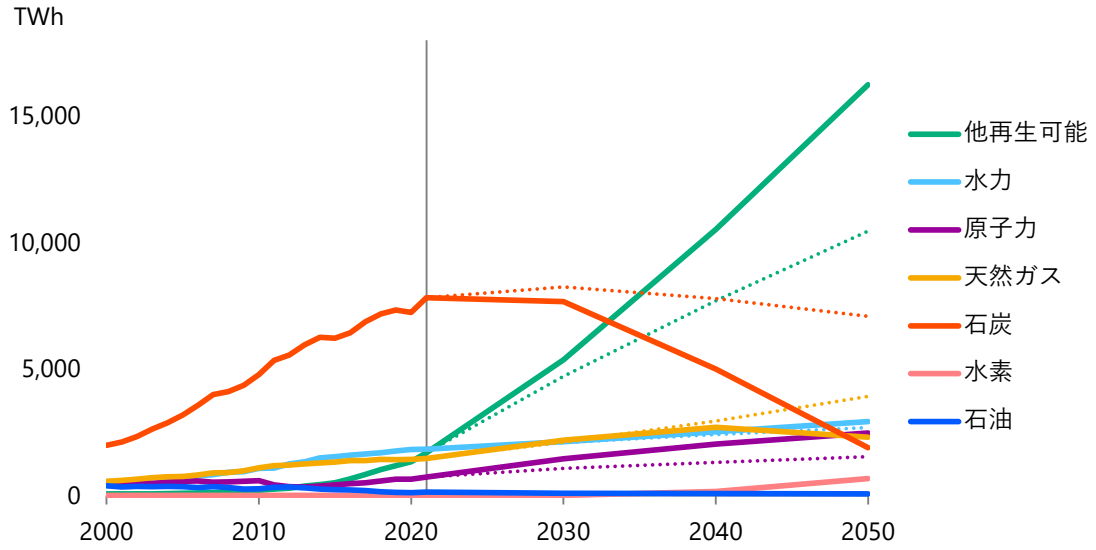


注: 点線はレファレンスシナリオ

アジアにおいても、現在最大の電源である石炭火力の発電量が同様に減少し、2030年頃に最大の電源の座を再生可能エネルギー(水力以外)に譲る(図4-18)。ただし、減少は日本、韓国に代表される先進国におけるものであり、新興・途上国では一定数の新規建設が進む。言うまでもなくその高効率化、大気汚染への対策が重要な事項であり、将来的にはCCS導入や水素・アンモニア・バイオマスの混焼によるCO_2排出の抑制も検討されることが望ましい。昨今導入ペースが加速している再生可能エネルギーは、2030年以降さらに増加が加速し、特に中国、インドで集中的に導入される。他方、これらの地域では経済成長が持続することから、再生可能エネルギー大量導入と両立した電力の安価、安定した供給が重要な課題となる。変動性再生可能エネルギーのみならず、水力、地熱のような他の再生可能エネルギー、原子力、そして排出対策を行った火力などあらゆる発電オプションを検討することが、旺盛な需要増加を満たすために求められる。

天然ガス火力の発電量は2040年頃まで堅調に増加し、再生可能エネルギーの出力変動に対して有望な調整手段となる。また、それらに加え、2050年代にかけては水素発電が本格的に導入され、天然ガス同様、需給調整を支える。

図4-18 | アジアの発電量[技術進展シナリオ]



注: 点線はレファレンスシナリオ

原油生産

技術進展シナリオでは、自動車の電動化の急速な進展をはじめとする最終エネルギー消費部門での燃料代替や省エネルギーのいっそうの進展等により、石油需要の伸びは抑制される。石油需要は2030年までにピークアウトし、2050年には日量57.0百万bbl(Mb/d)とレファレンスシナリオと比べて46%少ない。このような需要減少により、コスト競争力に劣る石油

輸出国機構(OPEC)以外の生産量はすべての地域で減少する。非中東のOPEC諸国でも生産量減少は避けられないが、コスト競争力が高い中東OPEC諸国の生産量は2050年時点でも25.6 Mb/dを維持する。その結果、OPECの市場シェアはレファレンスシナリオよりも若干上昇し、2050年時点で44%となる。

表4-3 | 原油生産[技術進展シナリオ]

(Mb/d)

	2021	2030	2040	2050	2021-2050	
					変化量	変化率
原油生産計	90.2	91.4	74.9	57.0	-33.2	-1.6%
OPEC	31.9	34.0	29.9	25.6	-6.3	-0.8%
中東	25.0	26.4	23.5	20.6	-4.4	-0.7%
その他	6.9	7.6	6.4	5.0	-1.9	-1.1%
非OPEC	58.3	57.4	45.0	31.5	-26.9	-2.1%
北米	21.1	24.6	18.3	13.5	-7.6	-1.5%
中南米	7.8	7.9	7.4	5.6	-2.1	-1.1%
欧州・ユーラシア	17.7	14.3	11.4	6.8	-10.9	-3.2%
中東	2.9	3.1	2.6	2.1	-0.9	-1.2%
アフリカ	1.3	1.3	1.1	0.8	-0.5	-1.7%
アジア・オセアニア	7.5	6.2	4.1	2.6	-4.9	-3.6%
プロセスゲイン	2.3	2.4	2.1	1.7	-0.6	-1.0%
石油供給計	92.5	93.8	77.0	58.7	-33.8	-1.6%

注: 原油には天然ガス液(NGL)を含む

天然ガス供給

省エネルギー技術をはじめとするエネルギー利用技術の進展により天然ガスの消費量が抑制されるため、天然ガス生産量はレファレンスシナリオと比べて2040年で12%、2050年には20%低い水準となる。しかしながら、技術進展により温室効果ガス(GHG)排出に関してよりよく管理することによって、よりグリーンな天然ガス生産容量のシェア拡大へとつながる可能性もある。

レファレンス・技術進展の両シナリオ間で大きく異なるのは比較的開発・生産コストが高いOECDヨーロッパの生産量であり、2050年の生産量はレファレンスシナリオを4割～5割下回る低い水準となる。また、北米の生産量も、米国、カナダにおいて、2030年以降は大きく増加しない。一方、ロシアを含む非OECDヨーロッパの生産量も成長が鈍化する。中東では、カタール、サウジアラビアが、技術進展シナリオにおいても生産量の増加は大きいものの、2040年以降、中東全体として生産量は微減する。

技術進展シナリオにおいて生産量の増減を左右するのは、天然ガス生産、輸送面での二酸化炭素・メタンの排出監視・削減技術、およびこれをサポートする政策・規制(排出監視、排出抑制の規制)の進展度合いである。

表4-4 | 天然ガス生産[技術進展シナリオ]

(Bcm)

	2021	2030	2040	2050	2021-2050	
					変化量	変化率
世界	4,207	4,213	4,088	3,631	-576	-0.5%
北米、メキシコ	1,208	1,322	1,308	1,162	-46	-0.1%
中南米(メキシコを除く)	152	147	151	130	-22	-0.5%
ヨーロッパ	204	101	58	45	-159	-5.1%
ユーラシア	1,010	800	771	579	-430	-1.9%
ロシア	794	550	520	320	-474	-3.1%
中東	702	726	714	679	-22	-0.1%
アフリカ	260	330	453	448	188	1.9%
アジア	517	598	448	402	-115	-0.9%
中国	208	220	100	40	-168	-5.5%
インド	32	58	42	23	-9	-1.1%
ASEAN	193	216	207	211	18	0.3%
オセアニア	155	190	185	185	30	0.6%

純輸入地域とみなされる地域では、2050年の輸入量がレファレンスシナリオ比でおおむね2割～8割減少する。純輸出地域では、ロシアを含む非OECDヨーロッパは微減、中東では、2050年の域内貿易分を除く純輸出量がレファレンスシナリオ比でおおむね9割減少する。北米においては、生産量がレファレンスシナリオ比で減少するものの、需要量の減少がこれを上回る。国際価格の低下を受けつつも、2050年の純輸出量はレファレンスシナリオ比では2倍以上の増加となる。

技術進展シナリオにおいて貿易量の増減を左右するのは、天然ガスおよび液化天然ガス(LNG)貿易を合理化・最適化する企業間の協力・努力、さらにはこれを促進する当事国間の協力・サポートする政策・規制(海上輸送時の燃費効率・排出等の監視、規制)の進展度合いである。特にLNG輸送に関しては、当事者間の連携により仕向先変更、交換等を行うこと(オプティマイゼーション)により、同等のフットプリントでもより大量の輸送を行うことが可能となる。

LNG市場安定化につながる政策面・投資確保面の課題

2023年4月、主要7か国(G7)エネルギー・気候変動担当大臣会合、5月のサミットにおいて、天然ガス・LNG重要性が認知された。今後は、「排出抑制対策されている」すなわちトランジションに認められるLNGの基準確立が重要となる。この文脈で、メタン・GHG排出測定・

実測強化と国際基準化の重要性、排出削減対策における国際協力の重要性が、前記のG7大臣会合・LNG産消会議でも強調された。

表4-5 | G7大臣会合コミュニケにおける天然ガス関連要点

関連条文抜粋	影響・検討事項
49. Energy security and clean energy transitions: … commitment. … to accelerate the *phase-out of unabated fossil fuels*	「対策されている」化石燃料の基準明確化が重要
61. Methane: *… an internationally aligned approach for measurement, monitoring, reporting, and verification of methane and other GHG* emissions to create an international market that minimizes GHG emissions across oil, gas, and coal value chains, including by minimizing flaring and venting, and adopting best available leak detection and repair solutions and standards.	メタン・GHG排出測定・実測強化と国際基準化重要性を指摘 排出削減対策における国際協力の重要性を指摘
69. Natural gas and LNG *… investment in the gas sector can be appropriate* to help address potential market shortfalls provoked by the crisis, subject to clearly defined national circumstances, and *if implemented in a manner consistent with our climate objectives* and without creating lock-in effects, for example by ensuring that projects are integrated into national strategies for the development of low-carbon and renewable hydrogen.	天然ガス・LNG重要性を認知 トランジションに認められるLNGの基準確立が今後の課題

これらを反映して、2023年6月～7月には、JERA、韓国ガス公社(KOGAS)、エネルギー・金属鉱物資源機構(JOGMEC)による“Coalition for LNG Emission Abatement toward Net-zero”(CLEAN)、Petronas、Pertamina、タイ石油公社(PTT)、JOGMECなどによる“ASEAN Energy Sector Methane Leadership Program”(MLP)といった企業主導による、また関係国政府からの支持を受けるイニシアティブが発表された。

LNG産消会議で示されたガス・LNGセキュリティ強化に向けた国際エネルギー機関(IEA)の役割強化の具体化も注目される。

2022年3月以降、国際LNG市場で長期契約での引き取りコミットメント増加により、米国を中心にLNG投資・建設活動が活発化する期待がある。これらの検討・計画中のLNGプロジェクトにおいては、GHG排出削減のためCCS、また再生可能エネルギーを活用した電動ドライバーの採用織り込みが増加している。技術進展シナリオにおいては、こうした対策織り込みが、新規LNGプロジェクト、既存LNG生産設備とも増加することが見込まれる。

このような対策織り込みにより、LNGプロジェクトの経済的優位性、環境面での優越性がアピールされることにより、LNGプロジェクト開発の資金ニーズに対応する多様な金融手段が発展することが期待される。

技術進展シナリオにおいても、途上国市場も含めた買主側の柔軟性・契約期間短期化要求、信用度が相対的に低い買主の裾野拡大を踏まえて、これら市場のトランジションにも対応するためのクリーンなLNGを確保すべく、共同調達を含む国内外買主間の連携の構築が有効となる。このことは、長期契約を含めた日本のLNG必要量安定確保にも貢献する。

表4-6 | LNG市場安定化への長期的課題

米国、カナダ、オーストラリア、東アフリカ等での新規LNGプロジェクトの実現
既存LNG生産設備の維持・拡張(適切な気候変動対策織り込み)
産ガス国政策動向
償却済みLNG生産プロジェクトの市場柔軟化に資する活用
トランジションシナリオ次第で需要見通しに大きな格差
需要増加の中心が、発展途上経済へとシフト
LNG買主は柔軟性要求(長・短期取引組み合わせ)あるなかで、安定需要を確保して長期コミットメントを確保する策が必要
長期的契約価格方式変化: 原油連動主流から、ガスハブ価格方式連動拡大、複合要素拡大など、価格決定方式多様化
トランジションに耐えるLNGプロジェクト基準明確化
液化におけるCC(U)S/電化の標準化
契約短期化傾向も踏まえた資金調達方法の開発(短期化要求と長期コミットメントニーズのギャップ対応)
信用度低い買主裾野拡大への対応(買主間提携)

石炭供給

カーボンニュートラルの実現に向け、代替燃料への転換、石炭利用効率の向上が強化され、発電、製鉄、その他産業部門等、さまざまな分野で石炭利用を最小化する取り組みが進展する。再生可能エネルギーや原子力発電の拡大により、電源構成における石炭火力の割合が多くの国で低下する。ただし予備力の確保や慣性力の維持等、電力系統の安定確保の観点や、再生可能エネルギーの導入が困難な国・地域では経済性の観点からも、一定程度の石炭火力が維持される。

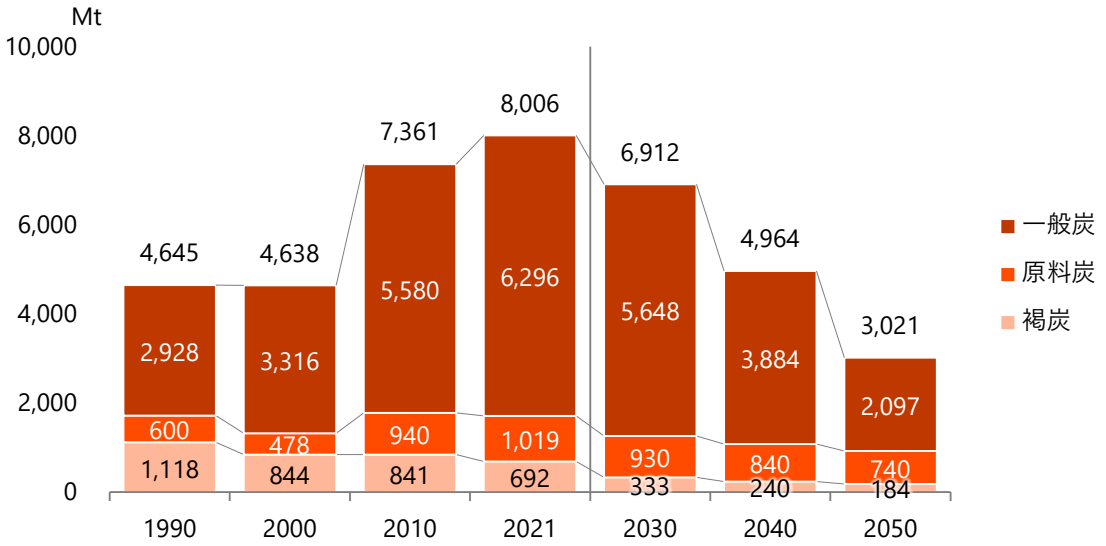
先進国では、非効率な石炭火力発電設備の休廃止が進められ、また、限定的ながらリプレースが行われる場合には石炭ガス化複合発電(IGCC)やアンモニア混焼、水素混焼等、熱効率

の高さや混焼技術等により、石炭消費を極力抑える技術が採用される。個々の発電所や産業施設における石炭の消費効率が向上し、CO_2排出原単位が低下する。

新興・途上国でも、老朽化した低効率設備のリプレースや新規大型発電所建設の際には、低炭素・脱炭素が国際社会から強く求められる。また、技術進展によるコスト低下により、他の燃料・電源が有力な選択肢となることで、石炭需要は減少する。

こうした動きに伴い石炭生産量は、2021年の8,006 Mtから2050年の3,021 Mtまで減少する（図4-19）。炭種別にみると、一般炭生産量は2021年の6,296 Mtから2050年には2,097 Mtに、原料炭生産量は2021年の1,019 Mtから2050年には740 Mtに、褐炭生産量は2021年の692 Mtから2050年には184 Mtに減少する。レファレンスシナリオと比較すると、2050年において石炭全体で3,447 Mt減少し、特に一般炭は3,047 Mt、褐炭は229 Mtと大幅に減少し、原料炭は171 Mtの減少となる。

図4-19 | 世界の石炭生産[技術進展シナリオ]



石炭生産は需要減少から世界のいずれの地域にもおいても減少する。なかでも米国の生産量は国内需要減少から大きく減少し、2050年の生産量は2021年の16%となり、アジアでは中国が同21%、インドは同89%といずれも減少となる。

表4-7 | 一般炭生産[技術進展シナリオ]

(Mt)

	2021	2030	2040	2050	2021-2050	
					変化量	変化率
世界	6,296	5,648	3,884	2,097	-4,199	-3.7%
北米	437	206	41	29	-409	-9.0%
米国	425	201	37	27	-398	-9.0%
中南米	61	43	29	21	-40	-3.6%
コロンビア	51	36	23	16	-35	-3.9%
OECDヨーロッパ	47	21	16	12	-34	-4.5%
非OECDヨーロッパ・中央アジア	385	282	249	203	-182	-2.2%
ロシア	268	178	146	94	-173	-3.5%
中東	0	0	0	0	0	-0.7%
アフリカ	239	213	177	139	-101	-1.9%
南アフリカ	226	195	160	125	-101	-2.0%
アジア	4,878	4,635	3,212	1,623	-3,254	-3.7%
中国	3,477	3,206	1,965	610	-2,867	-5.8%
インド	734	793	689	560	-174	-0.9%
インドネシア	565	525	445	350	-215	-1.6%
オセアニア	249	248	160	70	-179	-4.3%
オーストラリア	247	247	160	70	-178	-0.1%

表4-8 | 原料炭生産[技術進展シナリオ]

(Mt)

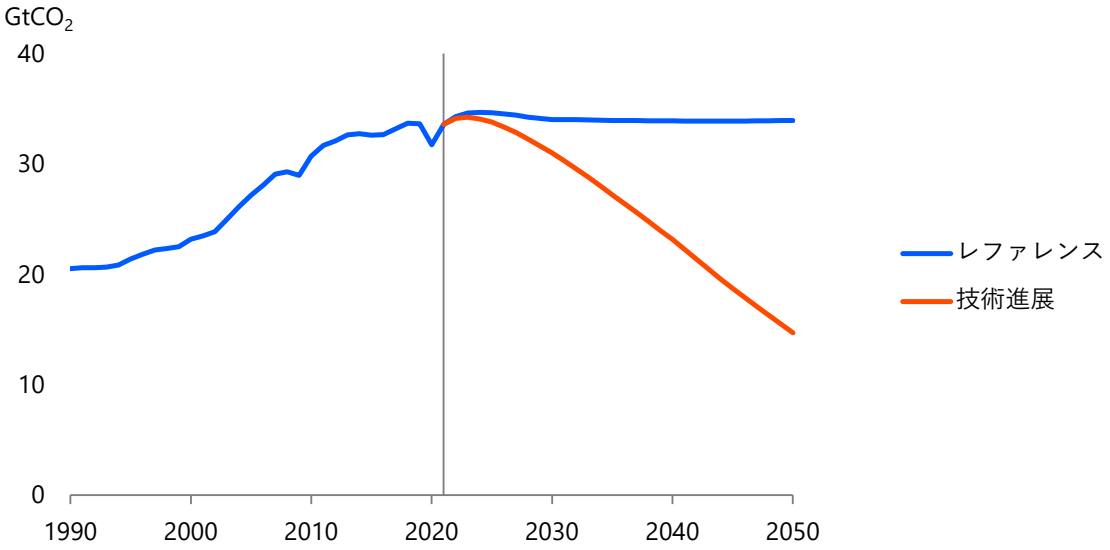
	2021	2030	2040	2050	2021-2050	
					変化量	変化率
世界	1,019	930	840	740	-278	-1.1%
北米	83	75	73	68	-15	-0.7%
米国	56	55	55	52	-4	-0.3%
中南米	6	8	8	8	2	0.8%
コロンビア	5	6	6	6	2	1.0%
OECDヨーロッパ	15	18	18	18	3	0.6%
非OECDヨーロッパ・中央アジア	104	93	89	81	-23	-0.8%
ロシア	100	89	85	77	-23	-0.9%
中東	2	1	1	0	-1	-4.9%
アフリカ	10	13	15	16	6	1.7%
モザンビーク	6	9	11	13	7	2.9%
アジア	626	546	459	377	-250	-1.7%
中国	548	451	337	222	-326	-3.1%
インド	49	72	105	145	96	3.8%
モンゴル	24	14	8	4	-20	-6.2%
オセアニア	172	177	177	172	0	0.0%
オーストラリア	171	176	176	171	0	0.0%

4.3 二酸化炭素排出

2050年の排出量は2021年比56%減も1.5°C目標からは大きくかい離。パリ協定の節目が迫るなか、各国の実情に応じた現実的な削減対策が必要

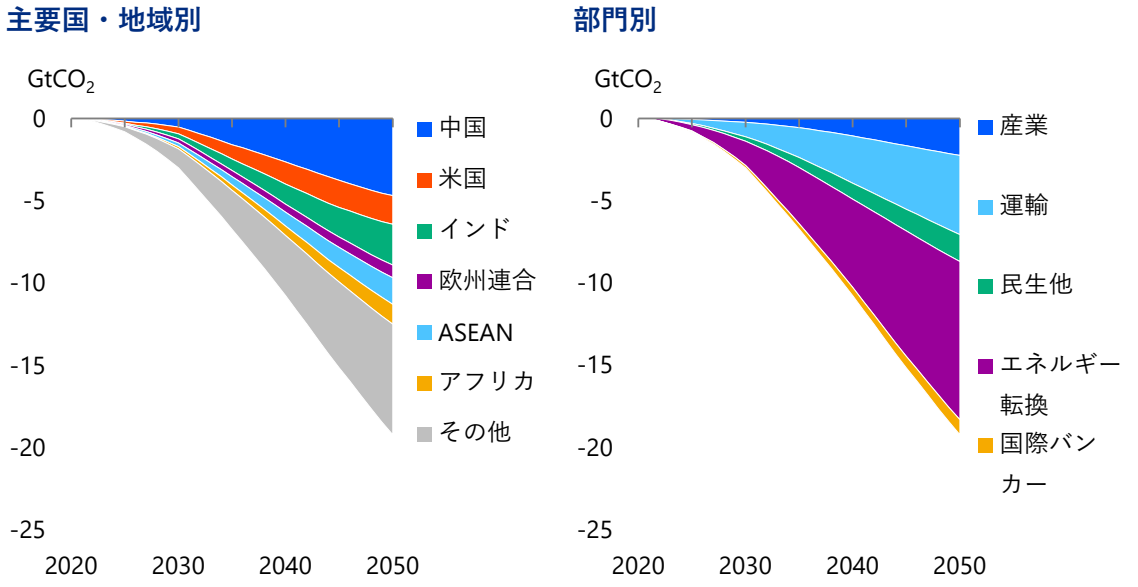
エネルギー起源CO_2排出量がほぼ横ばいとなるレファレンスシナリオに対し、技術進展シナリオでは排出削減が進み、2030年の排出量は31 $GtCO_2$（2021年比8%減）、2050年には15 $GtCO_2$（2021年比56%減）となる（図4-20）。排出削減のスピードは、2021年～2030年は年率－0.9%、2030年～2040年は－2.9%、2040年～2050年は－4.4%と加速してゆく。

図4-20 | 世界のエネルギー起源CO_2排出量



レファレンスシナリオからの削減内訳について、主要国・地域別にみれば、2021年～2050年の累積削減量ベースで中国での削減が全体の24%、次いでインド12%、米国11%と続く（図4-21）。これら3国が果たす役割は大きいものの、一方で合計寄与は50%に満たない。パリ協定の理念の下、世界各国で削減努力が行われない限り、技術進展シナリオやそれを上回る削減パスを実現することは難しいだろう。一方、部門別にみれば、エネルギー転換部門での削減が全体の50%に達し、次いで運輸26%、産業10%となる。電源の低炭素化が排出削減に果たす役割の大きさが改めて浮き彫りとなる。

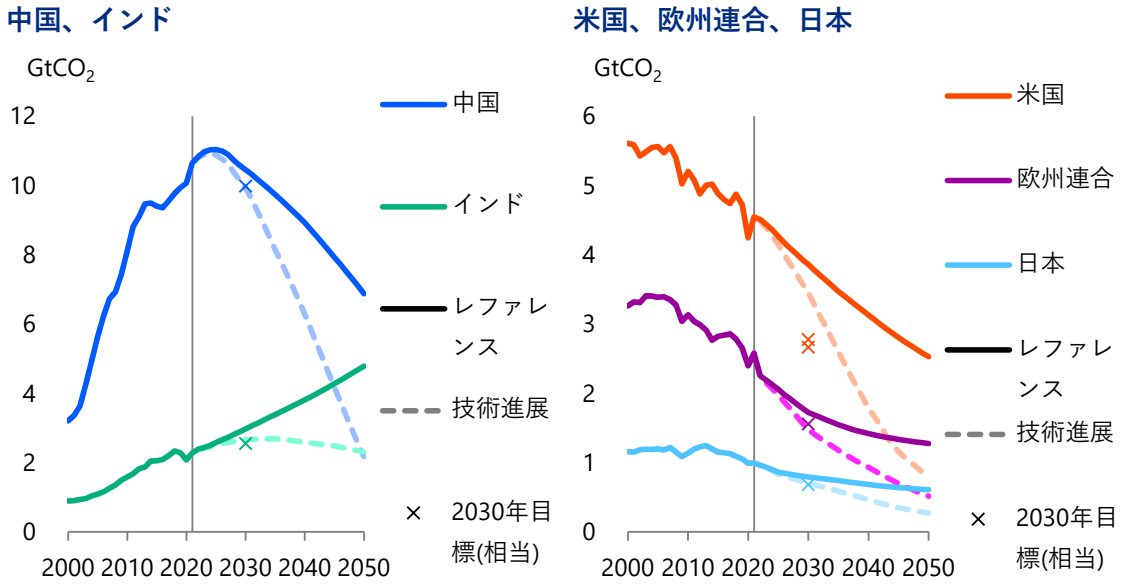
図4-21 | 世界のエネルギー起源CO_2排出量の削減内訳(レファレンスシナリオ比)[技術進展シナリオ]



続いて、主要国・地域について、2030年目標との比較を行った(図4-22)。中国の2030年目標の1つは、GDP当たりCO_2排出量の65%以上削減(2005年比)であり、これはほぼ技術進展シナリオのパス上にある。インドも同様にGDP当たりのGHG排出削減目標(2005年比33%～35%減)を掲げるが、技術進展シナリオでは目標に近い水準まで抑えられる。米国(2005年比50%～52%減)、欧州連合(1990年比55%減)、日本(2013年度比45%減[17])の2030年目標については、欧州連合の技術進展シナリオでは達成、日本もほぼ達成となるが、米国では非達成となる。

[17] エネルギー起源CO_2

図4-22 | 主要国・地域のエネルギー起源CO_2排出量と2030年目標の比較



注: 中国、インドの2030年目標はGDP当たり排出削減目標を本アウトルックのGDP想定に基づき絶対値相当に換算したもの。インドはGHG目標であるがCO_2目標も同等とみなした。両国の2030年目標は再生可能エネルギー導入目標等も含むが上図には反映していない。

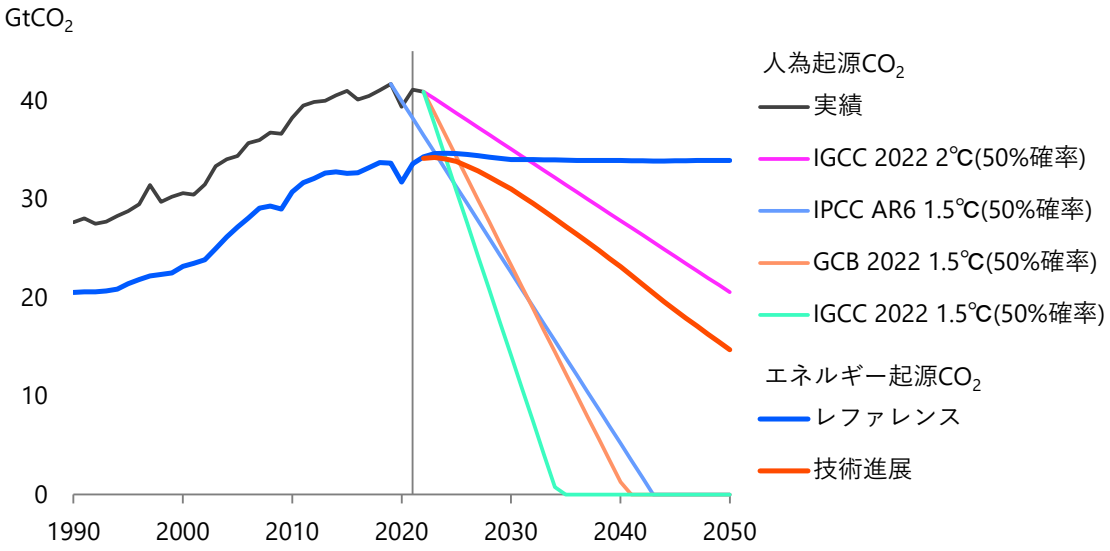
目下、パリ協定の下で初となる進捗評価プロセス(グローバル・ストックテイク)が進行中であり、評価結果は2025年までに提出する次期「国が決定する貢献」(NDC)[18]の検討材料として供される。プレッジ&レビューが有効に機能し、各国でさらに野心的な目標設定がみられるかどうか、パリ協定の今後を左右する重要な節目が近づいているが、言うまでもなく、目標は実現可能な対策に裏打ちされなければならない。

本節の最後に、2.3 二酸化炭素排出 で紹介した残余カーボンバジェットを再度考察したい。推計値の大きな不確実性を認識しつつ、表2-1に示したそれぞれの残余カーボンバジェットを満たす線形の排出削減パス(人為起源CO_2)と、本アウトルックの排出パス(エネルギー起源CO_2)の比較を図4-23に示す。すでに述べたように、Indicators of Global Climate Change (IGCC) 2022による1.5℃(50%確率)の残余カーボンバジェット250 $GtCO_2$は、2021年の人為起源CO_2排出量41 $GtCO_2$の約6年分に過ぎず、これを満たすにはCOVID-19がもたらした2020年の排出減を上回るペースで排出削減が進まなければならない。線形では2035年に排出0となるこのパスは、現実的には達成不可能に近い。少なくとも、一時的に1.5℃を超過しつつ、大規模なCO_2除去により気温を下げるような、いわゆるオーバーシュートシナリオを想定する必要がある。一方、IGCC 2022による2℃(50%確率)の残余カーボンバジェットの排出削減パス(2080年頃排出0)と比べると、非エネルギー起源CO_2の見通しによるが、少な

[18] 2035年までの目標設定を推奨

くとも2050年までは、技術進展シナリオのパスはおおむね整合的とみえる。まずは、技術進展シナリオの排出パスに可能な限り近接させるべく、各国の実情に応じた現実的な削減対策を追及すべきであろう。

図4-23 | 残余カーボンバジェットに基づく排出削減パスと本アウトルックの比較



注: 残余カーボンバジェットの凡例は表2-1に対応。

出所: 人為起源CO_2実績はIGCC 2022。セメント生産プロセス、フレアリング、土地利用、土地利用変化および林業部門の排出を含む。

5. エネルギー関連投資

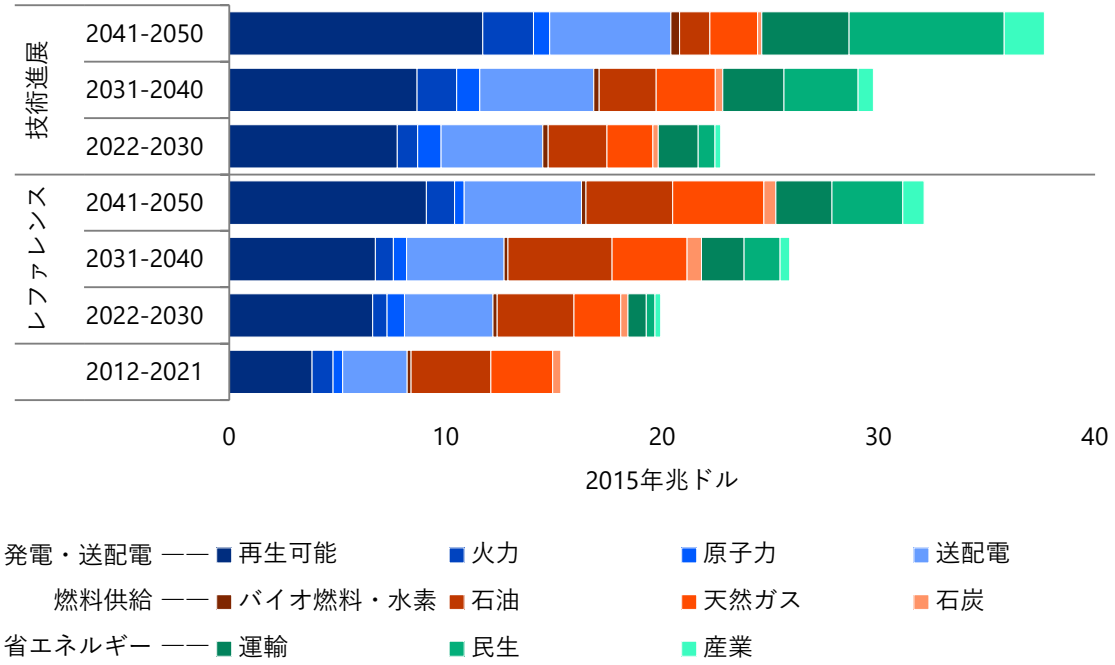
5.1 近年のトレンドと今後の見通し

エネルギー関連の投資は、石油生産、天然ガス生産や再生可能エネルギーに関わる投資が多くを占めている。直近10年間(2012～2021年)においては、再生可能エネルギーや送配電設備などの電力インフラストラクチャー、石油や天然ガスの生産に関わる設備に対する投資が主に行われてきた。2020年代以降は、カーボンニュートラルに向けた動きが加速することで、再生可能エネルギー設備の資本費が大幅に低下し、再生可能エネルギーへの投資が進む。また、化石燃料依存からの脱却に向けて、省エネルギー設備への投資も進んでゆく。

レファレンスシナリオでの投資額[19]は、直近10年間の累積15兆4,000億ドル(2015年実質価格、以下同じ)から2040年代には32兆1,000億ドルへと約2.1倍に増加する(図5-1)。技術進展シナリオでは、化石燃料に対する投資はレファレンスシナリオと比較して少なくて済む。一方で、再生可能エネルギーや省エネルギー設備などへのさらなる投資が求められ、2040年代の必要投資額は直近10年間より22兆3,000億ドル多い37兆7,000億ドルとなる。また、2050年までに世界全体で必要となるエネルギー投資の累積額は90兆1,000億ドル(年平均3兆1,000億ドル)に達する。

[19] ここでの投資額は各年におけるエネルギー技術の新規導入量と資本費によって推計したものであり、過去の投資額は計算による推定値である。

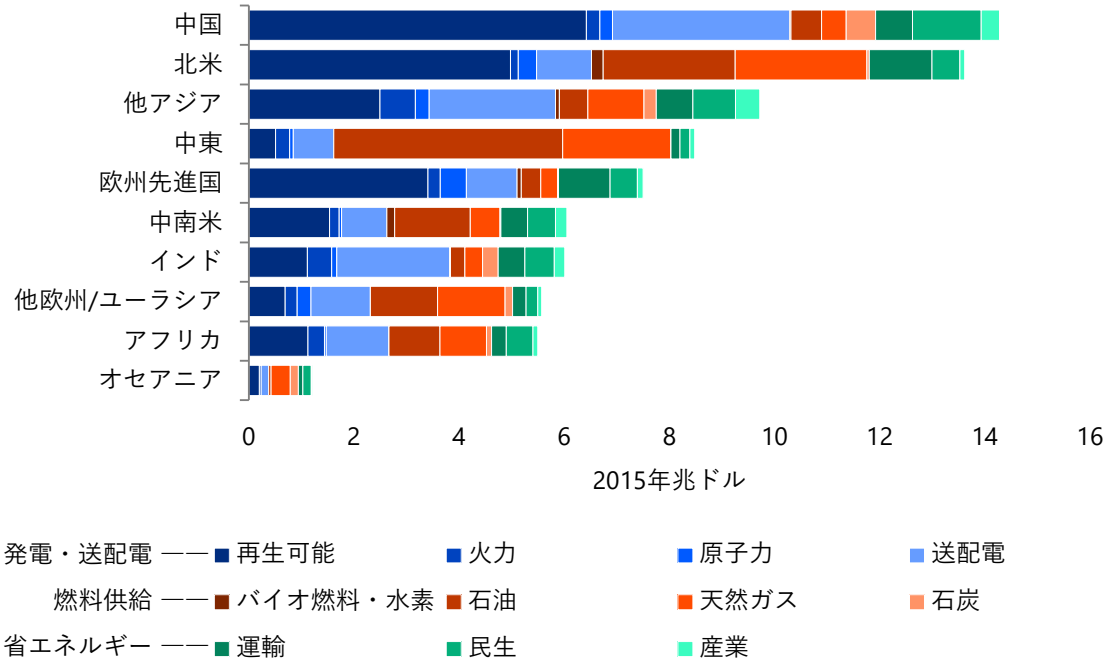
図5-1 | 世界のエネルギー関連投資



注: 2012年～2021年は実績推計値

エネルギー関連の投資額は地域による特色がある(図5-2)。例えば、化石燃料依存からの脱却に向けた動きが進んでいる欧州先進国においては、再生可能エネルギーや省エネルギーに対する投資額が半分以上を占めている。他方で、化石燃料の供給地域であるオセアニアや中東においては、石油や天然ガス生産への投資が占める割合が大きく、再生可能エネルギーに対する投資は小さい。また、米国では、再生可能エネルギーの投資が4割程度を占める一方、シェールオイル・ガスの開発など化石燃料の生産に対する投資が占める割合も同程度となっている。中国では、2030年までの二酸化炭素(CO_2)排出のピークアウト、2060年までのカーボンニュートラルを目指す国家戦略「3060目標」のために、再生可能エネルギー設備への投資が加速し、全体の半分弱を占める。また、電力需要の増大に伴う送配電網の新設が必要となるため、送配電に対する投資額も大きく、これらにより中国の累積投資額は、国・地域別で最大となる。

図5-2 | エネルギー関連投資[レファレンスシナリオ、2022年～2050年累積]

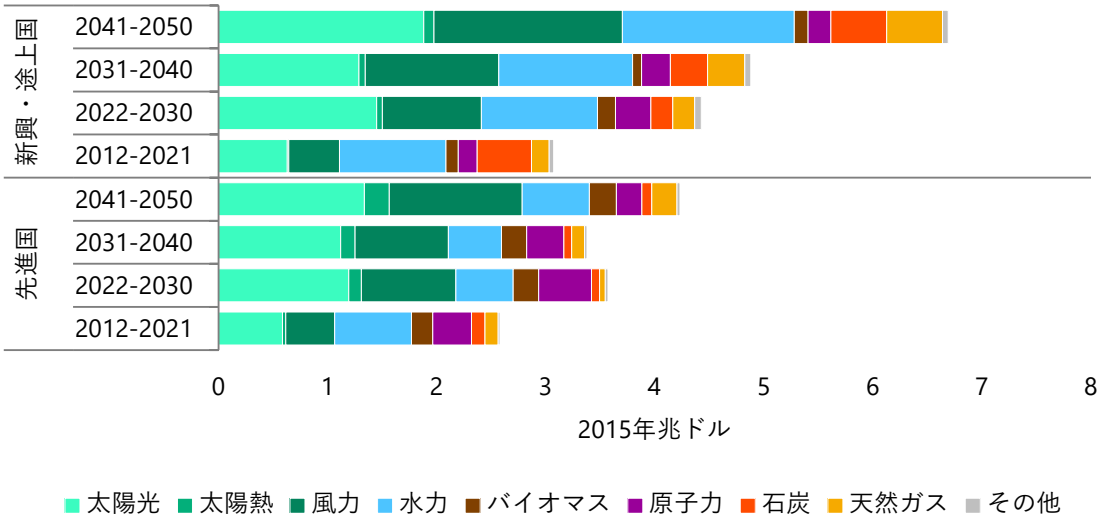


5.2 電力投資

新興・途上国を中心に再生可能エネルギーへの投資は増大

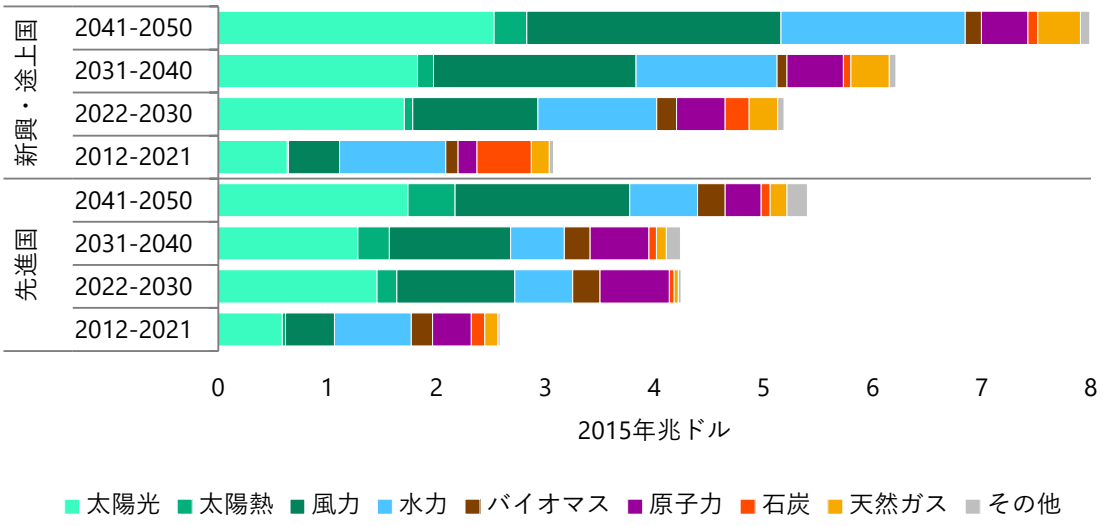
発電分野に関わる投資のうち、投資額が最も大きい分野は再生可能エネルギーである(図5-3、図5-4)。直近10年間は、固定価格買取制度やネットメータリングなどによって多くの地域で再生可能エネルギーへの投資が盛んに行われた。2020年代以降は、レファレンスシナリオ・技術進展シナリオともに、新興・途上国における投資額の増大が特に顕著となる。

図5-3 | 発電分野の投資[レファレンスシナリオ]



注: 2012年～2021年は実績推計値

図5-4 | 発電分野の投資[技術進展シナリオ]



注: 2012年～2021年は実績推計値

レファレンスシナリオでは、2020年代以降の投資額は直近10年間よりも増加する。特に2020年代(2022～2030年)においては、各国が「国が決定する貢献」(NDC)達成に向けて再生可能エネルギー設備への投資を拡大することで、先進国、新興・途上国ともに、直近10年間に比べて累計投資額は1.4倍程度まで急増する。先進国では、2030年代は太陽光パネルの低価格化や風車の大型化などによる資本費の低下により投資額は少なくなるが、2040年代は、再び太陽光や風力の増大により、投資額が増加する。新興・途上国では、2030年代以降も投

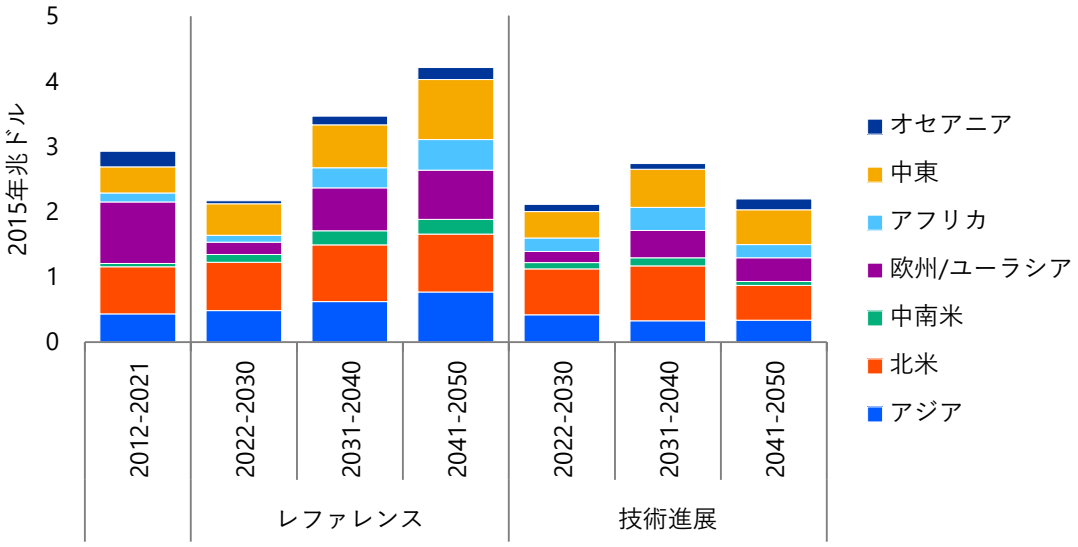
資額は増加し、2040年代は太陽光や風力の顕著な増により、投資額が大きく増加する。技術進展シナリオにおいては、レファレンスシナリオと比較し、太陽光や風力などの再生可能エネルギーおよび原子力発電の導入が特に増加する。これらの投資額が増大することで、投資額全体も引き上げられる。

5.3 天然ガス投資、石油投資

カーボンニュートラルや化石燃料供給におけるロシアなどの特定地域への依存脱却の動きがあるものの、特に新興・途上国において需要が増加する天然ガスと石油に対する投資は、今後、必ずしも減少しない。

天然ガスに対する投資は、レファレンスシナリオにおいて、中東や北米などを中心に増大し、2040年代には直近10年間の約1.4倍に増大する（図5-5）。一方、再生可能エネルギーや原子力発電がさらに増大する技術進展シナリオでは、2020年代以降は直近10年間の投資額を下回って推移し、2030年代をピークとして減少に転じる。その結果、2040年代の投資額は、直近10年間の8割程度となる。

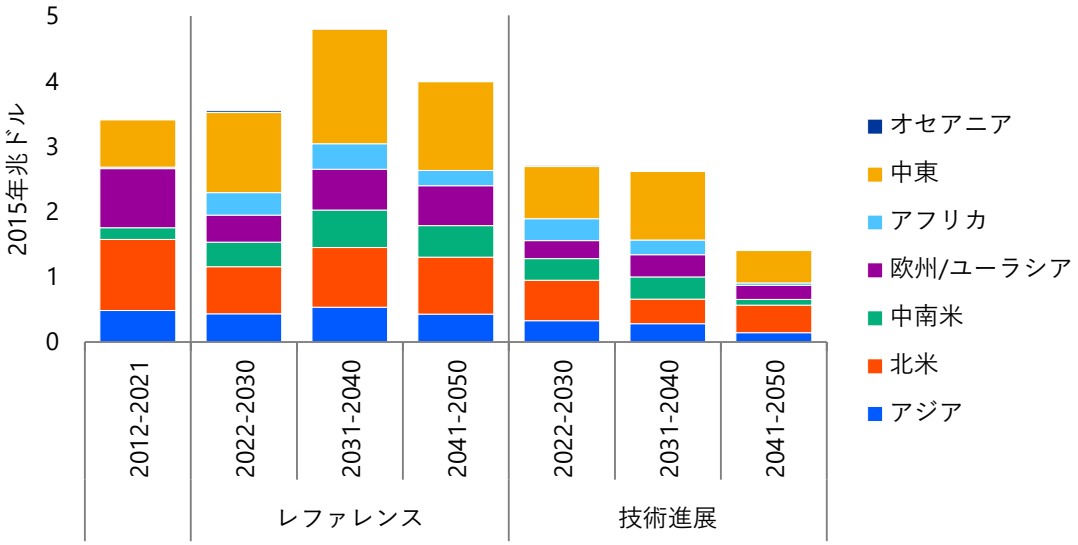
図5-5 | 天然ガス分野の投資



注: 2012年～2021年は実績推計値

石油に対する投資は、レファレンスシナリオでは2030年代にピークとなり、その後、緩やかに減少する（図5-6）。一方、技術進展シナリオでは輸送用燃料などで節減や石油以外のエネルギーへの代替などがさらに進展することを受けて、2020年代以降は直近10年間の投資額を下回り、減少してゆく。その結果、2040年代の投資額は、直近10年間の半分以下にまで減少する。

図5-6 | 石油分野の投資



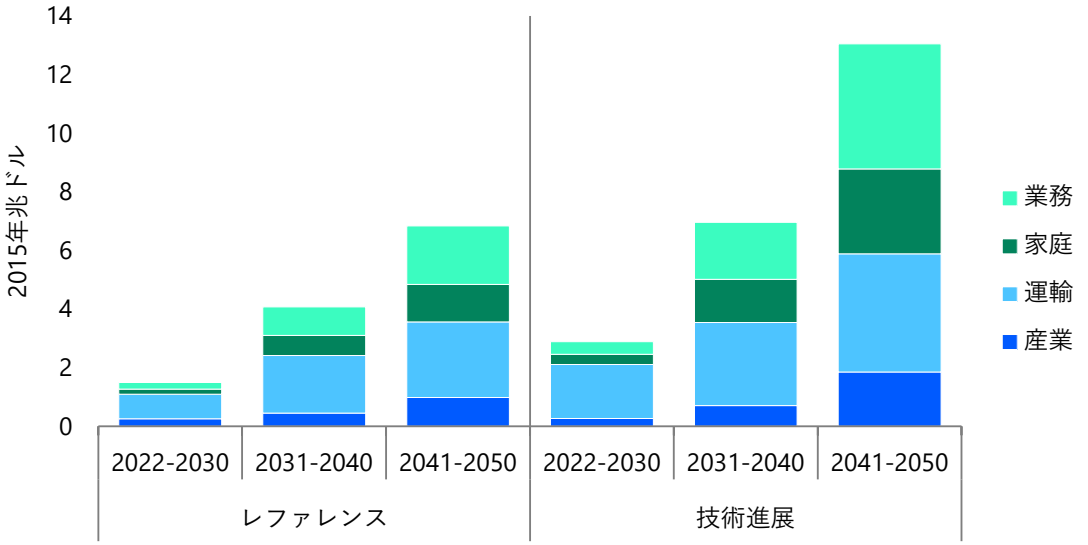
注: 2012年～2021年は実績推計値

5.4 省エネルギー投資

需要側でエネルギー効率が高い[20]設備を導入するための省エネルギーへの投資では、民生部門と運輸部門が大きな割合を占める(図5-7)。民生部門では、業務部門への投資額が家庭部門を上回る。運輸部門は、ガソリン車やディーゼル車などの従来型内燃機関車から電気自動車などのゼロエミッション自動車への転換に伴い投資額が増大する。技術進展シナリオにおいては、電気自動車のさらなる普及、水素を利用する燃料電池自動車の導入など電動化が加速するため、投資額も大きく増加する。

[20] 2021年のエネルギー効率をベースラインとする。

図5-7 | 世界の省エネルギーの投資



第II部

エネルギー転換への多様な道筋をどう実現するか

6. LNG・天然ガスの役割発揮に向けて

液化天然ガス(LNG)・天然ガスは、化石燃料のなかで、エネルギートランジションにおいて一定の役割を果たし続けることが期待されている。本章ではその役割発揮に向けて、課題と対応策についてまとめる。

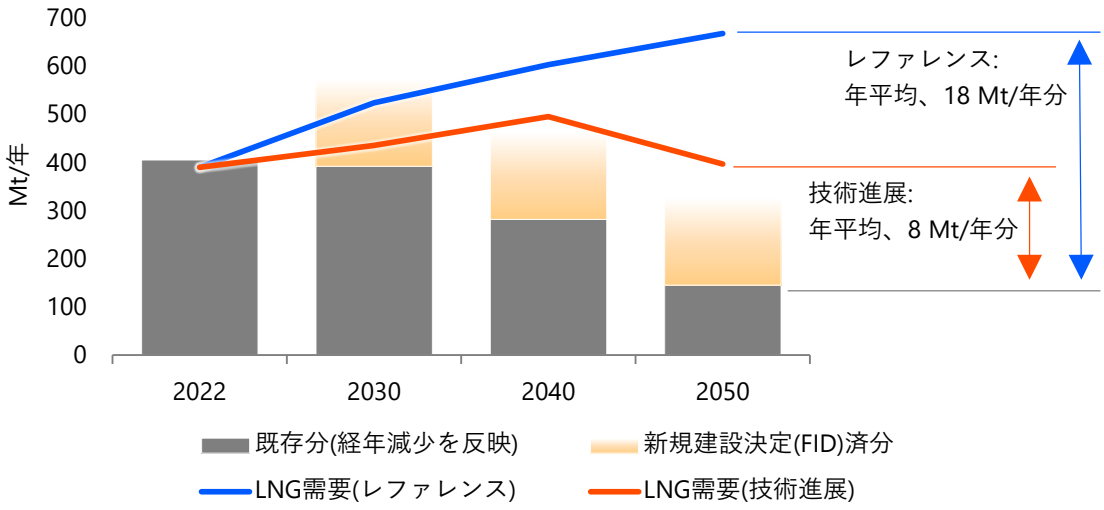
6.1 LNG・天然ガス安定供給に必要な新規投資

LNG需要純増分、既存LNG生産設備・原料ガス田老朽化代替で投資必要

天然ガス生産部門の必要累積投資額(2022年～2050年)について、レファレンスシナリオ: 9兆8,000億ドル、技術進展シナリオ: 7兆ドルとしている。2050年までの見通し期間中に、LNG生産部門では、新規プロジェクト投資、代替供給(バックフィル)用の新規ガス田投資、原料ガス田生産減少分補完、既存LNG液化等の設備若返り改修含めて、8 Mt/年～18 Mt/年の投資が必要となる。

既建設決定分の実現にも不確実性があり、実現しない、遅延などの可能性にも留意すべきである。

図6-1 | LNG生産部門の投資必要容量



6.2 LNG生産プロジェクトのコスト傾向、日本向けLNG調達の課題

近年のLNG生産プロジェクトのコスト動向

2021年以降、パンデミックによる供給チェーン支障に伴い、LNG生産プロジェクト建設の遅延・コスト上昇が発生している。ロシア・ウクライナ戦争に伴う全般的なコストプレッ

シャーは拡大している。投資決定後のLNG生産プロジェクトのホスト国による不安定要因による遅延も発生している。

同時に、コスト増加を抑制するため、小・中規模液化設備の技術革新によるコスト削減努力も顕在化している。また、LNG生産プロジェクトの裾野、全体規模の拡大に伴い、モジュラー方式(同一設計の繰り返し適用)拡大によるコスト低下も試みられている。また、ロシア産ガスからのフェーズアウトの動き、他地域でのLNG生産プロジェクト開発は触発されている。

全般的なコスト増加要因としては、鋼材・コンクリート等の基礎資材コスト上昇、資金調達コスト上昇がある。さらに、LNGクリーン化のための二酸化炭素回収・貯留(CCS)、電化(再生可能エネルギー)促進もコスト増加要因となる。他方、当面は2020年代後半のLNG市場機会の限定されたパイを競い合う生産プロジェクト各社は、コストダウンを競い合うこととなる。

LNG生産プロジェクトのクリーン化、グリーン化動向

LNG生産プロジェクトのクリーン化、グリーン化手段の筆頭として、プロセス動力の電化・その電力のグリーン化が検討され、一部実施されつつある。

液化プロセスを完全電化することにより、操業信頼性向上、メンテナンスコスト低下、液化効率向上、温室効果ガス(GHG)排出管理向上、またプロセス自体に関わるガス消費削減も期待される。

一方、課題としては、その電源がグリーン化できるか、また十分な電力供給力およびバックアップ電源の確保が必要となる。特に、再生可能エネルギー源を近隣で確保できるか否かが成否に関わる。立地点が工業地帯で、再生可能エネルギー電源の調整・融通性が高ければ優位となるが、LNG生産プロジェクトの立地は遠隔地の場合も多い。また、設備が附加されることにより、初期投資額増加も織り込まなくてはならない。

現在のLNG生産プロジェクトの開発の中心地となっている米国メキシコ湾岸では、大気汚染対策も含め、動力の電化・電力のグリーン化は徐々に進行中である。新規LNG生産プロジェクト開発が進むカナダ西部では、豊富な水力発電供給をグリッドより受ける計画となっている。LNG生産プロジェクト巨大拡張計画が進行中のカタールでは、ノース・フィールド・イースト(NFE)、ノース・フィールド・サウス(NFS)拡張計画に向け、大型太陽光発電設備計画も並行して推進されつつある。

LNG生産プロジェクトに関わるCCSとしては、原料ガス源からのネイティブ二酸化炭素(CO_2)、LNG生産のためのガス圧送・液化プロセスより生じるCO_2の大きく2つに分けた対

象としたCCSがある。前者については、LNG品質維持の観点で、伝統的にCO_2は原料ガスフローからの分離対象であり、これに比して後者のプロセスからの回収は相対的には新たな分野となる。クリーン電化の場合と同様に、工業地帯に立地し近隣工業等からのCO_2回収が可能ならば経済的優位性が向上する。

課題としては、CCS適地層が近距離に存在するか、一定規模以上のCO_2需要を創出できるか、初期投資額の増加(立地により異なるが、LNG生産プロジェクト全体としてみた場合、おおむね10%以上増加する見込み)、さらに既存LNG設備への新たなCCS組み込みの場合には、LNG生産について半年程度のシャットダウンが必要と見込まれる。

さらに、CO_2回収・貯留が安定的に実施できるか実証が必要になる。前記のとおり、プロセスからの回収は原料ガスからの分離・回収以上に技術的に高度となる。

この意味で、米国などで見込まれる政府による税制優遇等の支援が、LNGプロジェクト推進企業によるCCS計画に優位に働く可能性が高い。カタールの場合、NFE、NFS拡張計画にCCS織り込み済みである。また同国では従来より、桟橋からのボイルオフガス(BOG)回収・再液化も既存プロジェクトより実施中であり、LNG生産プロジェクトにおけるGHG削減が着実に推進されている。

表6-1 | LNG生産プロジェクトのコスト傾向

	主要動向	コストダウン要因、プロジェクト推進要因
2010～2014	日本、中国を含む北東アジアLNG需要急増を受け、オーストラリアLNG生産プロジェクト開発ブーム、プロジェクト建設活動集中に伴う高コスト化	当時のLNG生産プロジェクト開発の主流であるオーストラリアの高コスト傾向が、他地域での開発の現実性を覚醒させる効果につながった
2015～2020	LNG生産プロジェクト開発の中心地が米国に移り、LNG原料向けの上流部門、液化部門ともコスト増加ペースが相対的に低下 米国産LNGの原料ガスコストは、米国ガス消費市場と同じネットワークを通じて供給されるガスであり、絶対的に安価なガスではないが、長期的安定性を期待	米国LNG輸入基地利用低迷に伴い、インフラストラクチャー設備をLNG輸出設備の開発に転用できたこともコストダウン要因 米国ガス生産部門・原料ガス輸送部門が総じて分離していることも、リスク低減・コスト低下要因 他地域含め、浮体液化(FLNG)方式も遠隔ガス田開発では競争力あるオプションとして普及拡大
2021～2023	パンデミックによるロジスティックス障害に伴い、建設遅延、結果としてコスト上昇が発生 ロシア・ウクライナ戦争に伴う全般的なコスト上昇(インフレーション) 投資決定後のLNG生産プロジェクトのホスト国による不安定要因による建設遅延	小規模・中規模液化設備の技術革新によるコスト低下 LNG生産プロジェクト裾野・全体規模拡大に伴う、モジュラー方式(同一設計の繰り返し適用)拡大によるコスト低下 ロシア産ガスからのフェーズアウトの動きにより、他地域でのLNG生産プロジェクト開発の促進へ
今後	基礎素材コスト上昇懸念 資金調達コスト上昇懸念 CCS、電化(再生可能エネルギー)に伴う追加コスト	2020年代後半のLNG市場機会を競い合う生産プロジェクト各社は、コストダウンに取り組む

日本のLNG調達対応――調達提携、ポートフォリオプレイヤー依存の増加見込み

日本の2030年代以降の必要LNG調達の確保に向けて、内外企業間の共同購入・融通など調達提携、日本の大手買主・商社の準ポートフォリオプレイヤー化、調達構成最適化(長期・短期・スポットの組み合わせ)の検討、これらでの官民協力・政策的支援が重要となる。

現時点で、日本のLNG買主によるターム契約確保量は、2025年頃までの年間60 Mt強から、2030年時点で50 Mtまで低下する状況となっている。今後、追加調達により、必要量を確保することとなる。

本アウトルックでは、レファレンスシナリオで、日本のLNG需要は2050年まで年間60 Mt弱を維持することとなる。長期的な将来のLNG調達に関して、個社(特に電力会社)での単独大規模・長期ターム契約は困難になっており、短中期・スポット調達比率が拡大する見通しである。

この点で、さまざまな対策における官民協力や政策的支援が重要となる。今後は、内外ポートフォリオプレイヤーからの調達活用が重要な役割を果たしてゆく。この点では、日本の大手買主・商社などの準ポートフォリオプレイヤー化も期待される。また海外企業との共同購入・融通など調達提携の強化も選択肢として重みを増す。国内主要企業間の連携により調達のパイを拡大しリスクを分散し合い、共同で購入することなどの検討も重要である。

6.3 LNG輸送長距離化と輸送合理化ニーズ

パナマ運河拡張後のLNG輸送

LNG供給源多様化に伴い、輸送経路・距離も供給源・消費地によりさまざまである。2016年のパナマ運河拡張完成以降、LNG輸送船舶の通航が可能となり、米国産LNGのアジア向け輸送の利便性が向上した。シェール革命に伴い、天然ガスだけでなく増産された液化石油ガス(LPG)のアジア向け輸送の増加にもつながっている。

着実な輸送量の増加の一方で、アジアのLNG輸入需要急増時に、待機長時間が発生することもある。通航・予約の合理化は進んでいるが、直近では待機時間が比較的長くなっている。渇水による水位低下、これによる大型船舶通航可能隻数制限も発生している。

過去、平均LNG海上輸送距離は、特に予想外の需要急増時に長距離化した。米国メキシコ湾岸産LNGの出現で、アジア向け輸送時に長距離輸送が増加した。今後の米国産LNGの増加により、輸送合理化の必要性が高まる。他方で、北米西海岸・東アフリカLNG輸出の本格化は、LNG輸送合理化・最適化にとっても重要になる。

6.4 G7、LNG産消会議で示されたLNG役割明確化・セキュリティ強化の必要性

LNGセキュリティ強化に向けて、基準明確化、緊密な対話が重要

主要7か国(G7)で天然ガス・LNGの重要性が認知されたが、エネルギー転換において認められる「Abatedな」LNGの基準確立が重要となる。メタン・GHGの排出測定・実測強化と国際基準化の重要性、排出削減対策における国際協力の重要性が2023年、G7大臣会合、LNG産消会議でも強調された。

LNG産消会議では、国際エネルギー機関(IEA)加盟国、LNG生産国、LNG消費国が、それぞれネットゼロ実現に向けた、各国自らのクリーンLNG利用へのアプローチ、エネルギー

セキュリティ面でのLNG、天然ガスへの期待を表明した。日本はグリーントランジション推進の重要性を強調。また緊急対応のLNGリザーブ確保、相互協力の必要性を指摘した。さらに、「戦略的余剰LNG」(SBL)を紹介、仕向地条項廃止に向けた世界的協力、日本貿易保険(NEXI)によるLNGトレーディング支援を表明した。また、日本・欧州連合(EU)間のLNG協力に向けた共同声明により、国際協力に基づくLNGセキュリティ強化のなかで、国際機関(具体的にはIEA)との協力、LNG市場情報の透明性向上、メタン排出対策の協力推進を表明した。

このLNG産消会議で示されたガス・LNGセキュリティ強化に向けたIEAの役割強化の具体化も注目される。IEA非加盟諸国も含めたガスセキュリティに関する情報の強化、各国に対する助言機能の強化が期待される。

さらに、ガス・LNGセキュリティ強化に向けては、政府間レベルのバイラテラル協議によるLNG生産国との緊密な対話、消費国間の調達協力、緊急時融通協力促進が重要になる。

6.5 LNG市場長期安定化・発展への課題

最適な調達方法、国際連携の重要性

国際LNG市場で長期契約での引き取りコミットメント増加により、米国を中心にLNG投資・建設活動が前進している。一方、過去投資決定したプロジェクトも先行き不透明化や遅延があり、長期契約も含めた適切な方法の組み合わせによるLNG調達とLNG供給力確保に予断は許されない。

LNG生産プロジェクトの資金ニーズに対応する多様な金融手段の開発が必要である。この点でLNG消費国の輸出信用機関を含めたサポートの重要性はいっそう高くなり、これによりLNG生産プロジェクトを着実に実現する必要が高まる。

途上国市場も含めた買主側の柔軟性要求、買主の裾野拡大を踏まえて、共同調達を含む国内外買主間の連携の構築が有効となる。このことは、長期契約を含めた日本のLNG必要量安定確保にも貢献する。

7. 重要性高まるネガティブエミッション技術

近年、将来のカーボンニュートラルを実現するための方策の1つとしてネガティブエミッション技術に対する関心が集まっている。本章ではその概要と意義、そして今後の導入促進に向けた課題と対応策についてまとめる。

7.1 ネガティブエミッション技術とは

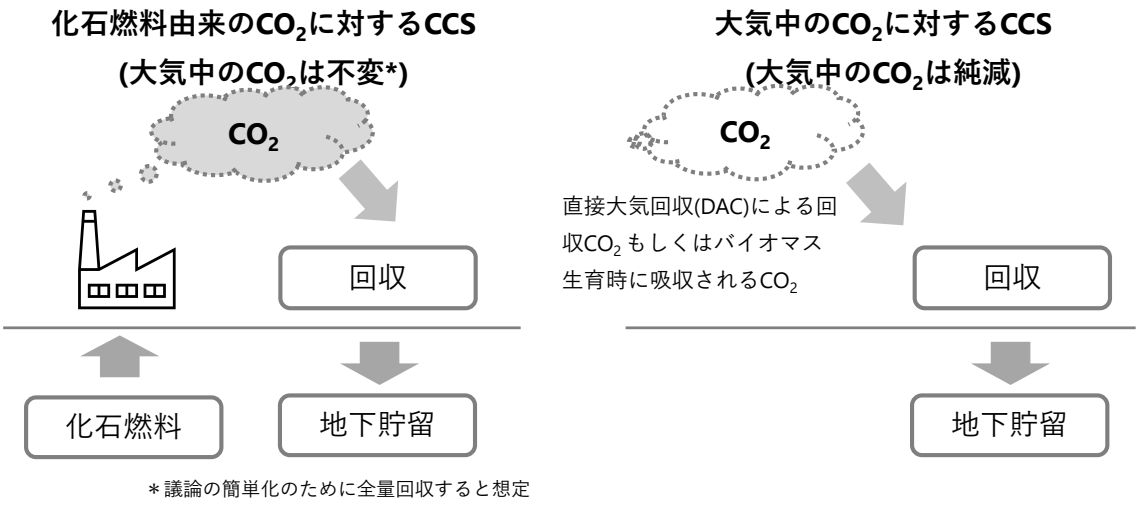
概念

ネガティブエミッション技術(Negative Emission Technologies: NETs)とは、大気中の温室効果ガスを回収し、長期間にわたって固定する技術の総称である。温室効果ガスのなかでも、特に二酸化炭素(CO_2)の回収と固定を行う行為については、炭素除去(Carbon dioxide removal [CDR])という用語が用いられることがある。本章においても以降は、CO_2に焦点を当てるので、NETsと炭素除去は同義のものとして考える。

NETsや炭素除去と通常の気候変動対策との違いは、大気中からCO_2を回収して長期固定することで、大気中のCO_2濃度を純減させるという点にある。そもそもカーボンニュートラルの状態とは、大気中に排出されるCO_2の量が大気中から除去されるCO_2の量とバランスしている状態を指す。これに対し、ネガティブエミッション技術は、大気中のCO_2濃度が中立状態に保たれているカーボンニュートラルの状態からさらに進んでその濃度をネットで低下させるという意味において、局所的ではあるものの「カーボンネガティブ」の状態を作り出すことになる。

通常の気候変動対策とネガティブエミッション技術との違いを二酸化炭素回収貯留(CCS)の使い方を例にして示す(図7-1)。まず、図中左側の通常の排出削減策であれば、地中から産出された化石燃料を燃焼させ、そこで発生したCO_2を回収して地中にCCS技術を利用して貯留することになる。この場合、その炭素のフローに着目すれば、もともと地下にあった炭素(化石燃料)を地上に生産してそれを利用することによって発生したCO_2を回収して地中に戻すことになる。大気中のCO_2の量という観点でみれば差し引き0であり、カーボンニュートラルの状態が保たれる。他方、NETsの場合には、地下から化石燃料を産出するのではなく、大気中のCO_2そのものを工学的ないしは自然的な手法によって直接回収し、それをCCSによって地下に貯留する。炭素のフローという観点でみると大気から地下へという流れになる。この場合、もともと大気にあったCO_2を地下に貯留するので、大気中のCO_2という意味では純減し、カーボンネガティブの状態を作り出すことができる。

図7-1 | CCSを用いた排出削減策とネガティブエミッション(炭素除去)技術

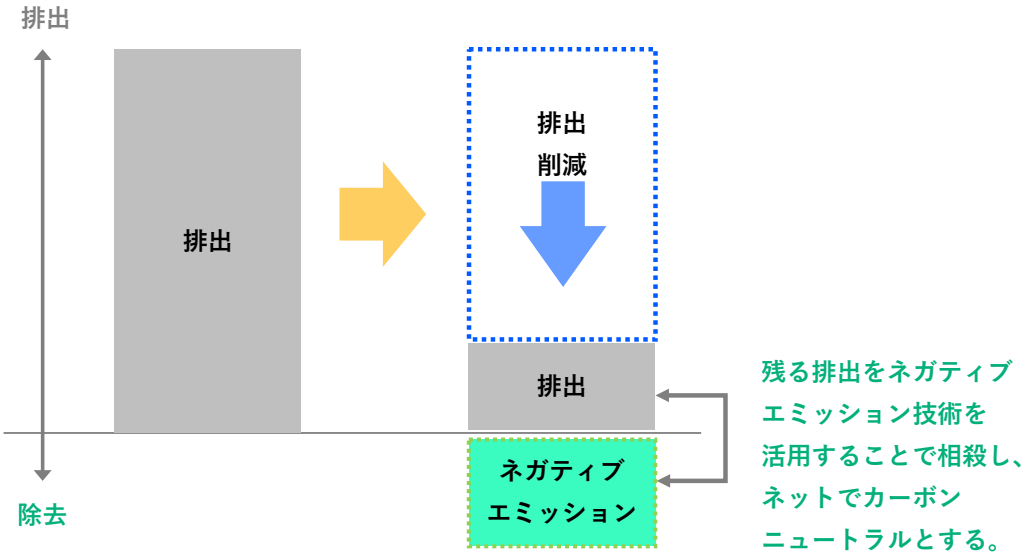


＊議論の簡単化のために全量回収すると想定

意義

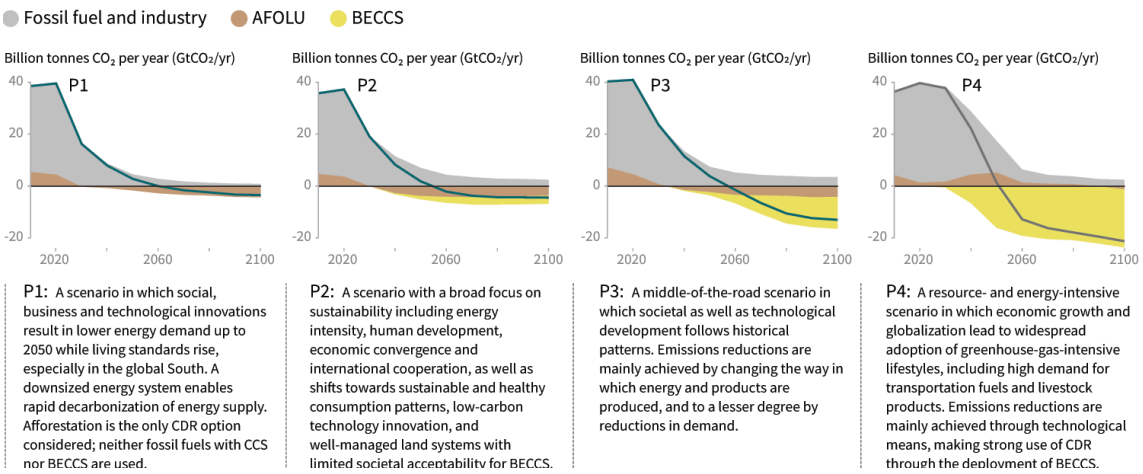
NETsは大気中のCO_2濃度のそのものを直接的に低下させることができるため、他の場所で排出されているCO_2と合わせてネットでカーボンニュートラルの状態を作り出すことができるという点に意義がある。今後、2050年のカーボンニュートラルの実現に向けて、さらなる省エネルギーや再生可能エネルギー、原子力の利用だけではなく、水素やアンモニア、カーボンリサイクル、CCSといった現在では広範には商用化されていない脱炭素化策についても総動員することで、CO_2排出量は相当程度減少してゆくことが予想される。しかし、本質的にCO_2の排出削減が難しい重工業部門(鉄鋼やセメント、化学、石油精製など)においては、そうした脱炭素化策を総動員しても化石燃料の利用が残ってしまう可能性が高い。そうした残余のCO_2排出に対しNETsを適用すれば、全体でみれば、ネットでカーボンニュートラルを実現できる可能性が高くなる(図7-2)。

図7-2 | カーボンニュートラル実現におけるネガティブエミッション技術の役割



なお、NETsについては、そうした技術の導入をあらかじめ想定することで、化石燃料の延命を許容することにつながるのではないかとする見方がある。こうした見方はNETsに過度に期待することは適切ではないとする意味では正しいが、他方でNETsを使わずに再生可能エネルギーや原子力、水素アンモニア等の脱炭素化だけでカーボンニュートラルが実現できるとする意味では誤りである。図7-3は気候変動に関する政府間パネル(IPCC)の報告書において示されている世界の今後のカーボンニュートラルを実現するうえでの複数の削減シナリオを概念的に示したものである。いずれのシナリオにおいても残余CO_2の排出が発生することが想定されていること、またその残余のCO_2を相殺するためにNETsの適用が想定されていること、さらにそのNETsの導入量は2050年以降、2100年にかけてさらに拡大させてゆく必要があることが見通されている。NETsの導入はIPCCの報告書にも明確に記載された脱炭素化策であり、必ずしも「化石燃料の延命」を正当化させるための技術ではないことが分かる。

図7-3 | IPCC報告書における排出削減パスとNETs（炭素除去）の導入量のイメージ



注: AFOLU: Agriculture, Forestry, Other Land Use; BECCS: Bioenergy with Carbon Capture and Storage

出所: Babiker *et al.* (2022) Cross-sectoral Perspectives. In IPCC, 2022: Climate Change 2022: *Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*

特に日本においては、再生可能エネルギー資源の賦存量が少ない一方で、世界有数の鉄鋼産業や化学産業が存在し、上記のような残余CO_2排出の問題が起きる可能性が非常に高い。そうしたなかで、NETsの社会実装をいち早く実現させておくことで、将来のカーボンニュートラルの実現をより確実なものにすることが可能となる。国・地域によっては、固有の資源の賦存や産業構造を考慮した場合、NETsはカーボンニュートラルを実現するために特に重要度の高い技術であると言える。

主なネガティブエミッション技術とその特徴

NETsには多種多様な技術が存在する。NETsは大きく分けて、大気中のCO_2を工学的な手法で回収して固定する技術ベースの手法と、自然界で行われている炭素循環のプロセスを人為的に促進することで大気中のCO_2の固定を加速させる自然ベースの手法とが存在する。

直接大気回収貯留

まず技術ベースの代表的なNETsとして挙げられるのが、直接大気回収貯留（Direct Air Carbon Dioxide Capture with Storage: DACCS）である。これは、大気中に0.04%程度含まれているCO_2を直接回収する直接大気回収（Direct Air Capture [DAC]）の技術と、回収したCO_2を地下に貯留するCCSの技術を組み合わせたものである。大気からCO_2を直接回収する方法としては、化学溶液を用いてCO_2を吸収する化学吸収法や、同じく化学溶液を用いるがCO_2を物理的に吸着させてその後回収する物理吸収法、膜を利用してCO_2を回収する膜分離法、湿度の差を用いてCO_2を回収する湿度スイング法などが用いられる。DACに関しては、

国際エネルギー機関(IEA)の集計によると現在すでに18件が稼働しているが、いずれも年間の回収量が1,000 t以下の小規模なものである[21]。ある程度の規模をもって商用化されているものとしては、Climeworks社がアイスランドで操業している年間4,000 tのプラントがある[22]。このプラントでは、回収したCO_2は地下に貯留し鉱物化させることで固定するという方式を採用している。

DACの場合、回収対象の気体が通常の大気であり、そのなかに含まれるCO_2の濃度が非常に低いことから、回収コストは通常のCO_2回収よりも高く、少なくとも$125/t$CO_2$から$335/tCO_2程度とみられている[23]。DACCSの場合には、回収したCO_2の輸送と貯留コストがこれに追加されることとなるため、経済的な優位性がある脱炭素化策とは必ずしも言えない。このDACCSに対し、2022年8月に成立した米国のインフレ抑制法では、$130/t$CO_2$(回収した$CO_2$を油田の生産量改善のために用いる場合)から$180/tCO_2(回収したCO_2を純粋に地下に貯留する場合)という大型の税額控除制度が導入された。このことで、その実用化に対し世界中の投資家から高い関心が集まっており、開発投資が一気に進むことで今後その回収コストが大幅に低下することが期待されている。

バイオエネルギー炭素回収貯留

次に代表的な技術ベースのNETsとして挙げられるのがバイオエネルギー炭素回収貯留(Bio Energy Carbon Capture and Storage [BECCS])である。これはバイオエネルギーの利用時に発生するCO_2を回収して、地下に貯留するものである。バイオエネルギーの利用時に排出されるCO_2は、バイオマスの成育時に大気から回収されたものであるので、そのCO_2をそのまま大気に排出してもカーボンニュートラルである。そのCO_2を排出してしまうのではなく回収して貯留することで、大気中のCO_2を純減させることが可能となる。具体例としては、バイオエタノール製造工場で排出されるCO_2を回収して貯留する案件が米国で現在操業している[24]。英国でもバイオマス火力発電所から排出されるCO_2を回収して地下貯留するプロジェクトが計画されている[25]。このほか、例えば、石炭火力発電所においてバイオペレット

[21] International Energy Agency, *Direct Air Capture: A Key Technology for Net Zero* (Paris: 2022, International Energy Agency), p19.

[22] Climeworks, "Orca: the first large-scale plant." https://climeworks.com/roadmap/orca. 2023年7月27日アクセス

[23] International Energy Agency, *Direct Air Capture: A Key Technology for Net Zero* (Paris: International Energy Agency, 2022), p.9.

[24] ADM, "ADM and Carbon Capture and Storage," 2023. https://www.adm.com/en-us/standalone-pages/adm-and-carbon-capture-and-storage/. 2023年8月8日アクセス

[25] Drax, "BECCS and negative emissions." https://www.drax.com/about-us/our-projects/bioenergy-carbon-capture-use-and-storage-beccs/ 2023年7月27日アクセス

を混焼し、そこで排出されるCO_2を回収して地下に貯留すれば、バイオペレットを利用した部分については、NETsの一種であるとみなすことができる。BECCSについては、DACCSとは異なり、バイオエネルギーの利用はすでに商用化されているため、CCSをうまく組み合わせることができれば、DACCSよりも低コストで導入することができるという利点がある。他方、通常のバイオマスエネルギー利用と同様、燃料となるバイオマスエネルギーを長期かつ安定的に確保できるかどうかが大きな課題となる。

植林・森林管理

自然ベースのNETsのなかで最も代表的なのが植林と森林管理である。これは、樹木を新たに植えることで、その樹木の成育時にCO_2を吸収させることによって大気中のCO_2を純減させてゆく技術を指す。樹木はある程度成育するとCO_2の吸収量が低下するので、伐採を行い新たな樹木を植えることでCO_2の吸収をさらに促すことができる。最近は世界各地で山火事の発生が深刻な問題となっているが、こうした山火事のような森林破壊を積極的に予防することで、樹木によるCO_2の吸収を継続させることもNETsの一種とみなされている。植林は、NETsとしてすでに世界各地において導入されており、その除去量に基づく自発的な(ボランタリーな)クレジット市場も形成されている。近年では、成育が通常の樹木と比べて早く大量のCO_2を吸収する新種の樹木も開発されており、植林によるNETsの効果をさらに高めることが期待されている。植林や森林管理は、比較的に低コストで大量のCO_2を除去することができるとされているが、その一方で、実際にどれくらいのCO_2が除去されたのかを正確に測定することは難しい。例えば、それぞれの樹木が吸収するCO_2の量は、その位置や日照時間などによって異なる。このため、より正確なCO_2吸収量の測定手法の確立が大きな課題であると言える。

土壌炭素貯留

土壌炭素貯留も代表的な自然ベースのNETsである。土壌の利用によって大気中のCO_2を純減させる方法にはいくつかの方法がある。その1つは、化学肥料ではなく堆肥を活用することであり、これによって土壌からの大気中にCO_2を放出される量を抑制することができる。そのほか、不耕起栽培、すなわち畑を耕さないという農法を利用することで、耕す際に地中から大気に放出されるCO_2の量を抑制するという方法もある。さらには、地表を植物で覆うことによって、地表から大気に放出されるCO_2の量を抑えるという方法も知られている。その関連では、森林において農作物を栽培する森林農法という方法も、大気へのCO_2の排出が通常の耕作地で農作物を栽培する場合と比べて抑制されるという利点がある。ただ、これらのいずれも、通常の農作物の生産パターンに対して大きな変更を要するものであり、そのインパクトを精査する必要がある。また、こうした土壌の利用を変更することによって具体的

にどの程度のCO_2の大気への放出が抑制されたのかを正確に把握することは困難であり、その客観的かつ科学的な測定手法の確立が必要である。

バイオ炭

その他の自然ベースのNETsとしてはバイオ炭がある。通常、木材などのバイオマスは、腐食が進む過程においてそれまで自らのなかに貯留していた炭素をCO_2という形で大気に放出する。バイオ炭は、バイオマスを炭化させることによってそのCO_2放出プロセスを食い止め、炭素を炭という形で長期間、貯留するというものである。一般には、バイオマスを熱分解することで炭化させる方法が採用される。バイオ炭は、農地において堆肥などと合わせて利用すると、炭素を長期的に地下に貯蔵するだけではなく、土壌の肥沃化や植物の病気予防にも寄与する場合があり、副次的な利益(コベネフィット)をもたらす可能性もある。

風化プロセスによる鉱物化促進

もう1つの自然ベースのNETsとして挙げられるのが風化の促進である。これは、自然状態においてCO_2と反応し固形化(鉱物化)するような岩石を、土壌を削ることで露出させ、その鉱物化を促進させたり、もしくはそういった岩石を砂状にして地表に散布してCO_2との反応と固定化を促進させたりすることによって大気中のCO_2の削減を進める技術である。そうした岩石として利用されるものとしては、玄武岩、かんらん岩、蛇紋岩などがある。これは自然の鉱物化反応を促すものなので、比較的低コストで実施できる可能性がある一方で、やはり他の自然ベースのNETs同様、実際に吸収され固定化されたCO_2量の把握が難しいという課題もある。

海洋アルカリ化

自然ベースのNETsのなかで、海域で利用される代表的なものとして海洋のアルカリ化がある。これは通常行われている海面でのCO_2の吸収を、海水をアルカリ化することによってさらに促進を図るというものである。具体的には酸化カルシウムなどを海洋に散布することでCO_2の吸収促進を図る。この手法を用いると、いったんは海洋のアルカリ化が進むが、CO_2の吸収が進むことで再び元の状態に戻るため、海洋中の環境には大きな影響は生じないとする見方があるものの、実際の影響度合いについてはさらなる検証が必要である。

ブルーカーボン

最後に沿岸海域でのCO_2の除去促進を図る手法としてブルーカーボンが挙げられる。ブルーカーボンには多様なNETsが含まれるが、代表的なものとしては、沿岸域でのマングローブ林の促成であり、植林と同様、マングローブによるCO_2の吸収を図ることで大気中のCO_2の固定化を促進するものである。また海洋中の海藻栽培を進めることで、マングローブと同様

に海藻のなかにCO_2の固定を進めるという技術も検討されている。特に日本においては世界有数の海岸線の長さを有していることもあり、このブルーカーボンによるCO_2の除去に対し、近年大きな関心が寄せられている。そのなかで、ブルーカーボンによる気候変動緩和と気候変動適応へ向けた取り組みを加速すべく、新たなカーボンクレジットとしての「Jブルークレジット®」制度が創設されている[26]。

上記のような各種NETsを一覧に示したものが表7-1である。技術のベースのDACCSとBECCSの2つのNETsについては、技術成熟度(Technology Readiness Level [TRL])は5〜6程度となっており、実社会での実証試験からシステムとしての技術の確立への移行段階にある。コストはBECCSが安いが、除去ポテンシャルについてはバイオマスのような原料による制約がないDACCSが高い水準の評価がなされている。

表7-1 | 代表的なNETsの特徴

手法	プロセス	技術成熟度 (TRL)*	除去コスト ($/tCO$_2$)	除去ポテンシャル ($GtCO_2$/年)
直接大気回収+CCS (DACCS)	技術	6	100〜300	5〜40
バイオエネルギー+CCS (BECCS)	技術	5〜6	15〜400	0.5〜11
植林・森林管理	自然	8〜9	0〜240	0.5〜10
土壌炭素貯留	自然	8〜9	−45〜100**	0.6〜9.3
バイオ炭	自然	6〜7	10〜345	0.3〜6.6
風化プロセスによる鉱物化促進	自然	3〜4	50-200	2〜4
ブルーカーボン	自然	2〜3	N/A	<1
海洋アルカリ化	自然	1〜2	40〜260	1〜100

* 技術成熟度(Technology Readiness Level): 特定の技術の成熟度レベルを評価するために使用される指標。9段階で評価され、TRL9が最も成熟度が高く、TRL1が最も低い。

** 土壌炭素貯留は、土壌改善に伴う便益が大きい場合には全体としても便益(マイナスのコスト)が発生する可能性がある。

出所: Babiker et al. (2022) Cross-sectoral Perspectives. In IPCC, 2022: Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Changeを元に作成

一方、自然ベースのNETsについては、植林・森林管理や土壌炭素貯留の技術成熟度が高く、ほぼ実運用に近い水準にあり、コストも相対的に低い。しかしそれ以外の自然ベースのNETsについては、技術成熟度が低い、除去ポテンシャルの規模が小さい、コストが高い(も

[26] ジャパンブルーエコノミー技術研究組合「Jブルークレジット」 https://www.blueeconomy.jp/credit/

しくはまだ明確なコスト水準を算出するほど技術が成熟していない)などの課題を抱えており、その技術としての有望性を評価するには、さらなる技術開発の取り組みが必要である。

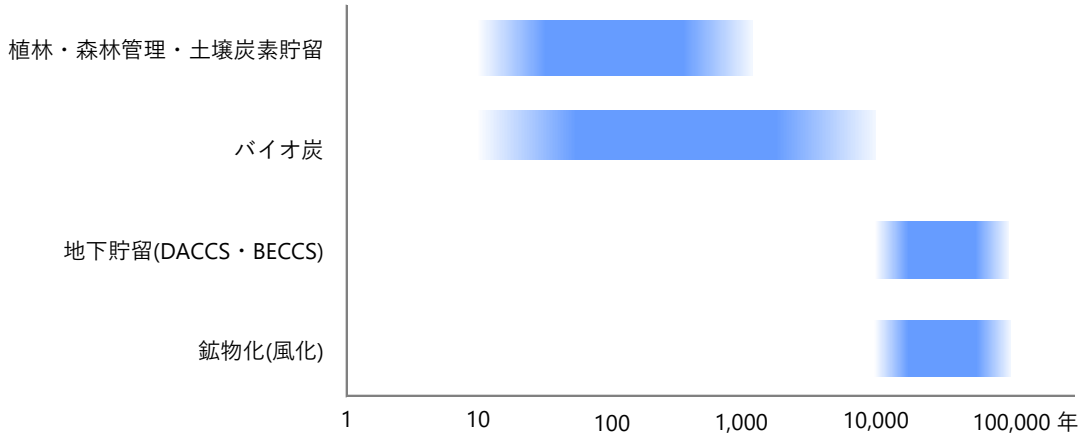
こうした多様な種類を持つNETsのなかでも、近年特に海外において関心が集まっているのが、DACCSとBECCSである。これには4つの理由がある。1つは、これらの技術の相対的な技術成熟度が高いという点である。両方ともCCSを組み合わせる点が共通しているが、CCSはすでに世界各地で導入され、社会実装がなされている技術である。これに対してDACもすでにアイスランドにおいて稼働している装置があり、また米国では年間1 Mtを回収する装置の建設が進められている。またバイオエネルギーの利用自体もすでに世界各地で商用化されている技術である。DACCSやBECCSはこれらの要素技術を組み合わせたものであり、他のNETsと比べた場合、技術的な成熟度は比較的高い。

2つ目に、これらの技術によって除去できるポテンシャルの量が大きいという点である。IPCCによる分析によれば、これらの技術によって除去できるCO_2の量は年間で最大で40 Gt(DACCSの場合)と評価されている。これは主として地下に貯留できるCO_2の量によって規定されてくるが、その他のNETsと比べても除去可能な量が大きい。その意味で、今後、重点的に導入の可能性を追求してゆく技術としては、比較的有望な技術である。

3つ目には、これらの技術によって除去できるCO_2の量が正確に測定しやすいという点である。DACによるCO_2の回収量やバイオマスによって吸収されているCO_2の量は、すでに確立した測定手法がある。またCCSによって地下に貯留される数量も同様に正確な把握が可能である。これに対し、その他の自然ベースによるNETsの場合には、その技術によって大気中から除去されたCO_2の量を正確に測定することが難しい場合が多い。その意味で、大気中のCO_2濃度の低下を確実に確認することのできるこれらの技術に対する信頼性は高い。

4つ目には、これらの技術によって固定されるCO_2の期間が相対的に長いという点が挙げられる。NETsによってCO_2が固定される期間は、技術の種類や適用の仕方によって大きく異なる(図7-4)。例えば、植林を通じて大気から吸収されたCO_2の場合、そのCO_2を吸収した樹木が成育後に伐採され、紙や家具などに利用された場合、数十年単位でしか固定されない。一方、DACCSやBECCSについては、基本的には地中に貯留されれば半永久的にその場に貯留され続ける。言うまでもなく、半永久的に貯留される技術のほうが比較的に短期間ののちに再度大気中に放出される技術より望ましく、この点ではDACCSやBECCSのNETsとしての優位性はその他のNETsに比べて高いと言える。

図7-4 | 各種NETsによるCO_2の固定期間



出所: Smith *et al.* (2023). *The States of Carbon Dioxide Removal* 1st Edition, p.15

7.2 国内外におけるNETs導入に向けた取り組み

国内外政府による取り組み

ネガティブエミッション技術の導入については、ヨーロッパや米国においても政府による政策的な促進策が採られている。まず、その支援の規模と今後及ぼすであろうインパクトの点で特筆されるのが米国政府による支援策である。米国政府は、2022年6月、インフレ抑制法を制定し、多種多様な脱炭素化策の導入に対し手厚い支援策を導入した。NETsに関しては、DACCSに関する支援策が含まれており、その支援額は、大気から直接回収したCO_2を油田の生産量引き上げ(増進回収)に用いる場合には、\$130/tCO_2、そのまま地下に貯留する場合には同じく\$180/tCO_2の税額控除を導入している[27]。上述のとおり、DACCSの実施には少なくとも\$100/tCO_2以上のコストを要することが確実であり、こうした水準の支援策は大きな導入促進効果をもたらすことが予想される。このようなDACCSに対する税額控除策に加えて、米国政府は国内にDACCSを集中的に実施するDACCSハブの創設を計画しており、35億

[27] International Energy Agency, "Inflation Reduction Act 2022: Sec. 13104 Extension and Modification of Credit for Carbon Oxide Sequestration," 17 November 2022. https://www.iea.org/policies/16255-inflation-reduction-act-2022-sec-13104-extension-and-modification-of-credit-for-carbon-oxide-sequestration. 2023年8月7日アクセス

ドルもの予算を拠出する計画を明らかにしている[28]。さらに、米国政府は、将来のNETsの導入について、年間1 Gt単位のCO_2を$100/t$CO_2$以下で除去するという目標も掲げている[29]。

英国でも、NETsの導入に向けた政策的な対応が採られている。英国では、革新的NETsなどの技術開発に対し、1億ポンドの財政支援が計画されている[30]。具体的なNETsの導入量の目標についても、技術ベースの手法による除去量として2030年に5 Mt、2050年に75 Mt～81 Mtという数値目標が掲げられている[31]。また、炭素除去によって生じるクレジットの既存の英国排出量取引制度(UK-ETS)に対する組み入れについても、検討が今後なされる見通しである。

欧州連合(EU)においても、同様に、NETsの今後の取り扱いについての議論が始まっている。EUは全般的に再生可能エネルギーを主軸とした脱炭素化を進めることに優先順位を置いており、ある意味では化石燃料の利用継続を前提とするNETsの活用に対し、米国や英国ほど積極的ではない。現在、今後の脱炭素化プロセスにおいてNETsをどのように位置づけるかの議論を行っている。数値目標としては、土地利用や土地の利用変更などによる炭素除去の数値について、2030年までに310 Mtという目標値を置いている[32]。さらに、英国同様、既存の排出権取引システムであるEU域内排出量取引制度(EU-ETS)に対し、炭素除去によって得られたクレジットをどう反映させてゆくかについての検討も始めている。

---

[28] The United States Department of Energy. "Funding Notice: Bipartisan Infrastructure Law: Regional Direct Air Capture Hubs," https://www.energy.gov/fecm/funding-notice-bipartisan-infrastructure-law-regional-direct-air-capture-hubs#:~:text=On%20December%2013%2C%202022%2C%20the%20U.S.%20Department%20of,geologic%20formation%20or%20through%20its%20conversion%20into%20products. 15 March 15 2023. 2023年8月7日アクセス

[29] The United States Department of Energy, "Carbon Negative Earthshot," 5 November 2021. https://www.energy.gov/fecm/carbon-negative-shot. 2023年8月7日アクセス。

[30] HM Government, *Net Zero Strategy: Build Back Greener*, October 2021, p. 185. https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/1033990/net-zero-strategy-beis.pdf. 2023年8月7日アクセス。

[31] HM Government, *Net Zero Strategy: Build Back Greener*, October 2021, pp. 188-89. https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/1033990/net-zero-strategy-beis.pdf. 2023年8月7日アクセス。

[32] Council of the European Union, "'Fit for 55': provisional agreement sets ambitious carbon removal targets in the land use, land use change and forestry sector," 11 November 2022. https://www.consilium.europa.eu/en/press/press-releases/2022/11/11/fit-for-55-provisional-agreement-sets-ambitious-carbon-removal-targets-in-the-land-use-land-use-change-and-forestry-sector/. 2023年8月7日アクセス。

日本においても、ネガティブエミッションの市場創出に向けた対応策に関するタスクフォースが開催されている。欧米とは異なり具体的な数値目標などは設定されていないものの、DAC等の技術開発に対する政府支援や、今後のネガティブエミッションの市場創出に向けた政策的対応のオプションとして、値差補てん、政府調達、余剰クレジットの買い取りなどの手法についての検討がすでに始まっている(表7-2)。

表7-2 | 日本国内でNETsの導入推進のために検討されている政策オプション

手法	概要
①値差補てん	参照価格(市場価格に連動)が権利価格(コストを元に設定される価格)を下回る場合、差額を政府が補てん
②政府調達	事業者が実施したネガティブエミッションに対し、政府が一定価格で買い取り
③余剰クレジットの買い取り	ネガティブエミッションを行った事業者が販売しきれなかったクレジットを政府が買い取り
④税額控除	ネガティブエミッション実施分に対する税額控除を提供
⑤設備投資・実証支援	実現性調査や基本設計調査、プロジェクト開発や調達・建設等に対する支援
⑥研究開発支援	コスト低減に向けた多様なNETs技術開発に対する支援
⑦義務量割り当て	多排出セクターに対して、排出量のうち一定割合の NETsプロジェクト(もしくはクレジット)を購入する義務を発生させる

出所: 経済産業省エネルギー・環境イノベーション戦略室(2023)「ネガティブエミッション市場創出に向けた検討会 とりまとめ骨子案」を元に作成

国内外企業による取り組み

このほか、企業による先行的な取り組みも進められている。NETsの導入を検討している会社の業種は多岐にわたり、情報技術(IT)から物流、航空、金融、消費財メーカーなど幅広い。どちらかと言えば、欧米の企業がより積極的に取り組んでいるが、日本企業でも炭素除去クレジットと取り扱うプラットフォームの形成に向けた検討が始まっている(表7-3)。

表7-3 | 国内外の企業によるNETsの導入

業種	社名	取り組み内容
IT (物流)	Amazon	植林・再生林をはじめとする自然ベースのCDR技術に投資
IT	Microsoft	2030年までにカーボンネガティブの実現を目指し、炭素除去(森林やバイオ炭、ブルーカーボンなど)の購入を計画。 2022年度は1.5 Mt以上の炭素除去を契約。DACについてはClimeworksと10年間で10 ktの炭素除去を購入。 OrstedからBECCSによる炭素除去を11年間で276万t購入
金融	JP Morgan Chase	2023年5月23日、DACCSなどによる800 ktの炭素除去を購入し、2030年の自社残余排出量と均衡させると表明
製造	Airbus	1PointFiveから4年間で400 ktの炭素除去を購入することで合意。 また、Air Canadaなど主要航空7社と2025年～2028年の4年間の炭素除去の供給についての交渉を行うことに合意
石油	Occidental	DAC事業を行う1PointFiveに出資
航空	United	DAC事業を行う1PointFiveに出資
消費財	Unilever	2039年時点でのネットゼロを目指し、15,000 km^2の森林・土地・海洋の保全を実施
商社	三菱商事	技術系CDR由来の炭素除去取引の基盤としてNextGen CDR Facilityを設立
海運	商船三井	NextGen CDR Facilityにバイヤーとして参加。 NextGenとしてはすでにバイオマス、DACCS、バイオ炭などの炭素除去を購入
航空	全日本空輸	DAC事業を行う1PointFiveから3年間で3万t以上の除去クレジットを購入

出所: 各社公開資料を元に作成

7.3 ネガティブエミッション技術導入に向けた諸課題

カーボンニュートラル化に向けたNETsの位置づけの明確化

まず検討すべきなのは、それぞれのカーボンニュートラル実現に向けた対応計画において、NETsの位置づけを明確にするということである。カーボンニュートラルの状態を今後実現するには、電力需要に関しては再生可能エネルギーや原子力、水素などのエネルギー源によって排出ゼロを実現できるかもしれないが、産業用などの熱需要については化石燃料の利用が残る可能性が非常に高い。そうした状況に対し、残余の排出を相殺するNETsは、カーボンニュートラルを実現するうえで、多くの国にとって不可欠な技術となることが確実である。この意味で、各国は今後のカーボンニュートラルに向けた脱炭素化計画を策定する際に、

どの程度の規模のNETs導入が必要になるのかをある程度の確度を持った水準で示す必要がある。またそうした定量的な目標を設定したうえで、その実現に向けたさまざまな資源(財政、技術、人材)を配分してゆくべきである。

NETsの位置づけを特定するためには、数あるNETsのなかでも、どのNETsをどのように活用してゆくかについての整理が必要である。その際には、①CO_2除去に要するコストの水準や、②国内で完結してできるものかどうか、③最終的な除去量のポテンシャルの規模はどれくらいか、④何年ごろに本格的に実用化を実現することができるのか、などといった項目についての検証を行われなければならない。NETsのなかには、まだ本格的な研究開発が始まったばかりという技術もあり、その開発の進展度合いも不確実性が非常に高い。このため、個別のNETsの位置づけについては、そうした技術開発の開発状況も踏まえながら、不断に見直してゆく必要がある。

コスト削減と技術開発

NETsを本格的に導入してゆく際には、コストの議論を避けては通れない。NETsにおいては、濃度が低い大気からのCO_2の回収が必要となることもあり、一般に導入コストは高くなる傾向がある。NETsのなかには、土壌炭素貯留のように、その導入に伴う副次的な便益(コベネフィット)によって全体として便益が生じるものがないわけではないが、tCO_2当たりの導入コストは、再生可能エネルギーや水素・アンモニア、二酸化炭素回収・有効利用・貯留(CCUS)などの通常の排出削減策と比べて高い。このため、一足飛びにNETsの導入を本格的に進めるというよりは、まずは導入コストが比較的安い再生可能エネルギーや水素といった排出削減策の導入を優先的に進めながら、長期的な導入を想定しながらNETsの技術開発とコスト削減を進めてゆくという形にならざるをえない。

導入コストの削減を図るには、地道な技術開発を進めてゆくしかないが、NETsは比較的新しい技術分野であり、大幅なコスト削減や技術革新が起こる余地もまだ残されている。この分野においては、Climeworksのようないわゆるスタートアップ企業による技術開発も活発に進められている。そうしたこれまでの発想にとらわれない革新的な技術開発に取り組む企業に対し、十分な資金や人材が投入されるような環境を整えてゆくことも重要である。さらには、そうした企業が自ら開発した技術を実証したり、商用化を図ったりする際の規制面での優遇なども有意義な支援策となりうる。

クレジット制度の整備

NETsの社会実装を進めてゆくうえでは、クレジット制度の整備も欠かせない。NETsを導入する意義は、カーボンニュートラルを実現するうえで残余のCO_2排出量を相殺できる点にある。その「相殺」のプロセスにおいては、NETsによって大気中から除去されたCO_2の量を

何らかの形で定量化し、事業者間で移転や取引ができるようにしなければならない。実際に、英国やEUにおいては、既存の排出権取引制度における除去クレジットの導入がすでに議論されている。日本国内でも、バイオ炭の農地施用に伴うCO_2の除去が、J-クレジット制度のなかで認められており[33]、NETsによって生み出される炭素除去クレジットは、大気中のCO_2を直接的に除去することによって生まれるクレジットであるという点において、再生可能エネルギーや省エネルギー、化石燃料の利用に対するCCSの導入によって生まれる排出削減クレジットとは質的に異なる(表7-4)。いずれのクレジットにおいても、ベースラインの排出シナリオ(ないしは排出枠)に対して削減したCO_2の量をクレジットとしてみなす点においては共通しているが、削減クレジットが将来排出されるであろうCO_2を対象としているのに対し、除去クレジットはすでに大気中に存在するCO_2を対象としているという違いがある。一般に、カーボンニュートラルに向かう移行段階においては排出削減クレジットが有効活用され、カーボンニュートラルの実現段階においては炭素除去クレジットが大きな役割を果たすとされている[34]。ボランタリークレジット市場においては、削減クレジットとともに除去クレジットの取引も一部で行われているが、排出削減に比べれば炭素除去のほうが大気中のCO_2そのものの量を引き下げることができ、気候変動対策としての貢献度が大きいとみなされることから、削減クレジットと比べると除去クレジットのほうが高い価格で取引がなされている[35]。今後はこれらの2つの異なる性格を持つクレジットをどう制度化し、どう事業者に対し活用を促してゆくべきかについても検討する必要がある。

[33] 農林水産省環境政策室、「バイオ炭の農地施用を対象とした方法論について」(2020年11月)。J-クレジット制度は、省エネルギー・再生可能エネルギー設備の導入や森林管理等による温室効果ガスの排出削減・吸収量をクレジットとして認証する制度であり、日本政府によって運営されている。

[34] 例えば、今後の企業によるネットゼロ実現に向けた代表的なガイドラインにおいては、ネットゼロを実現している段階では、削減クレジットの活用は認められておらず、除去クレジットによる残余排出量の中立化(Neutralization)が求められている。Science Based Targets initiative (SBTi), *Foundations for Science-based Net-Zero Target Setting in the Corporate Sector*. September 2020.

[35] World Bank, *State and Trends of Carbon Pricing 2023*, p41

表7-4 | 削減クレジットと除去クレジット

業種	削減クレジット	除去クレジット
クレジット対象のCO_2の量	特定のベースケースシナリオまたは排出枠と比べて排出が削減されたCO_2の量	特定のベースケースシナリオと比べて大気中から除去されたCO_2排出量
対象となるCO_2	これから排出されるであろうCO_2	すでに大気中に存在するCO_2
主なクレジット創出の手段	省エネ、再生可能エネルギー、原子力等	NETs
クレジットが活用される時間軸	相対的に短中期	相対的に中長期

計測・報告・検証制度の整備

NETsが有効な脱炭素化策として運用されるためには、それぞれのNETsによるCO_2の除去量を客観的かつ正確に測定し、報告、検証するためのいわゆる測定、報告および検証(MRV)手法の確立も急ぐ必要がある。NETsのなかには、原理的には大気中のCO_2の吸収・固定につながることが確実であるものの、具体的にどの程度のCO_2が回収されて固定されているのか、その量を正確に特定することが難しい技術が、特に自然ベースの技術を中心に存在する。そうした技術に対しては、回収・固定量が過大に評価され、技術の利用が悪用されることがないよう、客観的かつ正確な除去量を把握する手法が確立されていなければならない。さらに、NETsによって固定されたCO_2が一定期間にわたってそのまま固定されており、短期間のうちに大気に再び放出されることがないようモニタリングすることも重要であり、そのための方法も確立させなければならない。

実際のMRVの整備を進めてゆくには、①将来のMRV手法や環境影響等に関する技術を含む要素技術の開発、②CO_2除去効果の検証、③具体的なMRV手法の開発、④「国が決定する貢献」(NDC)への反映が可能となるよう国際的な手法の権威付けを行う、というプロセスを踏むことになる。しかし、まだ多くのNETsは段階としては①の段階であること、NETsの種類によっては②以降のプロセスの難易度や要する時間も異なってくるため、NETsの種類に応じた対応が必要になってくる[36]。なお、こうしたMRV手法の開発は現在、世界各国において取り組みが進められており、2023年5月時点で合計69ものMRV手法が開発されているが、これらのMRV手法には対象とする区分やその制度において多くの差異が存在する[37]。そう

[36] 経済産業省 エネルギー・環境イノベーション戦略室「CDR市場創出にかかるルール形成について」(2023年5月)

[37] Leo Mercer and Josh Burke. *Strengthening MRV Standards for Greenhouse Gas Removals to Improve Climate Change Governance*. May 2023.

したMRVの手法については、NDCへの計上の必要性を考慮すると、国際的に受け入れられる水準にまで精緻なものにする必要があるため、この点では、後述するような国際協力体制の整備も重要となる。

国際協力の必要性

NETsの導入を促進してゆくためには国際協力の視点も重要である。NETsについては植林や土壌改質といった自然ベースのNETsについては前向きに捉えるものの、BECCSやDACCSのようなより人為的な行為としての性格が強い技術ベースのNETsについては否定的な見解も存在する。しかしながら、上述のとおり、実際に除去されたCO_2の量をより確実に把握でき、除去可能なCO_2のポテンシャル量も大きく、CO_2を固定化できる期間が相対的に長いのは、技術ベースのNETsである。自然ベースだけではなく技術ベースのNETsも今後の重要な脱炭素化策として国際的に認知されることが望ましい。

また、今後はより安価にCCSができる地域など海外においてNETsによる炭素除去を行い、そこで得られた除去効果をもって国内の残余排出量を相殺するというNETsの利用方法も考えられる。そうした国境を越えたNETsの活用に際しては、当然のことながら相手国との除去量やクレジットの取り扱いについての合意がなされていなければならず、除去効果に関するMRV手法に対する国際標準の設定や、その除去量に対する国際的な認証が必要となる。また将来的には、そうした海外で行われた炭素除去効果について、自国の削減目標（NDC）にカウントできるような仕組みを追求してゆくべきである。こうしたNETsの国際的な運用については、政府間レベルにおいて、共通の利害を有する2国間での協議とともに、IEAなど国際機関の場での多国間での合意形成を図ってゆく必要がある。

CCS技術の早期社会実装

NETsの導入促進には、CCSの早期の社会実装が欠かせない。CCSは、化石燃料の利用に伴うCO_2排出を回収して地下に貯留することでカーボンニュートラルを実現するための主要な技術である。すでに世界では30件もの案件が商用化されており、今後さらにその導入が加速してゆくことが期待されている。CCSは通常の脱炭素化策としても今後、重要な役割を果たすことが確実視されているが、NETsにおいてもDACCSやBECCSに不可欠な技術であり、その重要度はこの上なく高い。CCSは、当面の化石燃料由来のCO_2排出を削減するために用いられる一方で、長期的に化石燃料の利用が大きく減少した世界においても、NETsの重要な要素技術として相当程度、長期にわたって利用される。このため、CCSは化石燃料利用の延命策などではなく、将来のカーボンニュートラル実現に向けたNETsの主要な要素技術で

https://www.lse.ac.uk/granthaminstitute/publication/strengthening-mrv-standards-for-greenhouse-gas-removals/. 2023年9月30日アクセス。

あると位置づけることが適切であり、今後はさらにその社会実装の向けた取り組みを進めてゆかなければならない。

8. ASEANのエネルギートランジションに向けた道筋

8.1 背景

ASEANのエネルギー需要拡大は続く

地球規模での二酸化炭素(CO_2)排出削減を目指すなかで、先進国はもとより新興・途上国の役割を無視することはできない。レファレンスシナリオでの2050年における世界のCO_2排出量31.8 Gtのうち、およそ8割の25.1 Gtは新興・途上国によるものである(2.3 二酸化炭素排出)。

新興・途上国のなかでも東南アジア諸国連合(ASEAN)は経済的に著しい発展を遂げている地域であり、2011～2021年の10年間で域内の人口は1.1倍、実質国内総生産(GDP)は1.5倍に増加している[38]。それに呼応して一次エネルギー消費も10年前から1.3倍に増加しており、さらにレファレンスシナリオでは2050年までに足元の2倍になる。この量のエネルギーを低廉かつ安定的に供給することは、ASEANにおける経済発展のカギとなる。他方で世界的な気候変動対策の重要性は高まっており、エネルギー供給量を増やしながらもCO_2排出量を抑制することが課題となりつつある。

本章は、このようなASEAN地域のエネルギー転換にあたりどのようなエネルギーミックスを目指し、また過渡期においてどのように安定供給、コスト低減と排出削減を成し遂げてゆくべきかを考察するものである。

ASEAN各国のゼロエミッションに向けた動き

エネルギー需要が伸び続けるASEANにおいても、2021年に開催された第26回国連気候変動枠組条約締約国会議(COP26)をきっかけに、長期的な脱炭素化目標を打ち出す国が増加した。ASEAN加盟10か国のうち8か国がすでにネットゼロを宣言している(表8-1)。

[38] World Bank “World Development Indicators”

表8-1 | ASEAN諸国のカーボンニュートラルおよびネットゼロエミッションに関する宣言

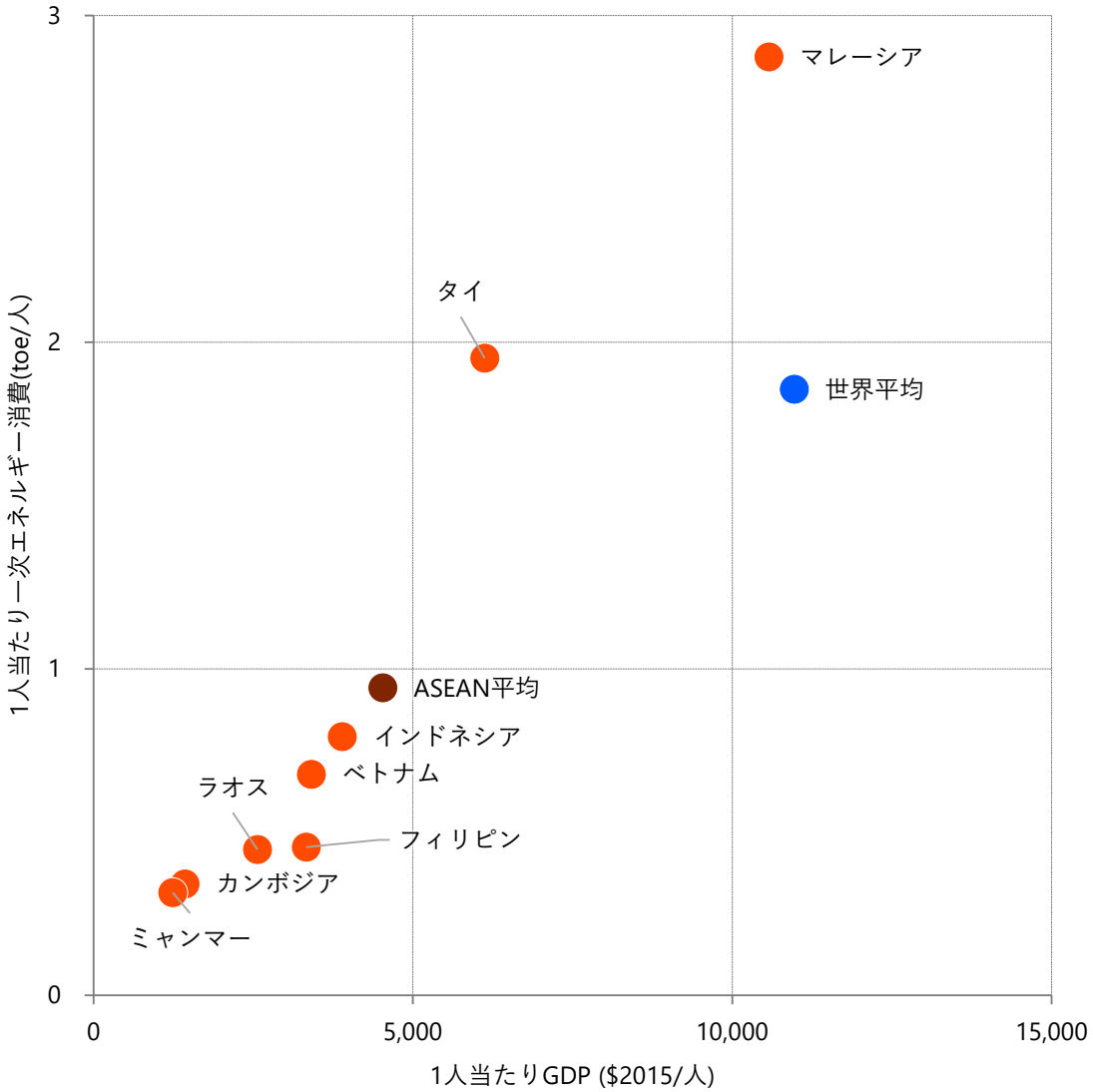
地域	宣言内容
ブルネイ	表明なし
カンボジア	2050年カーボンニュートラル(長期戦略、2021年12月)
インドネシア	2060年あるいはそれ以前にネットゼロ(長期戦略、2021年7月)
ラオス	2050年カーボンニュートラル(気候野心同盟)
マレーシア	2050年カーボンニュートラル(首相表明、2021年9月)
ミャンマー	2050年カーボンニュートラル(気候野心同盟)
フィリピン	表明なし
シンガポール	2050年ネットゼロ(長期戦略、2022年11月)
タイ	2050年カーボンニュートラル、2065年ネットゼロ(首相表明、2021年11月)
ベトナム	2050年カーボンニュートラル(首相表明、2021年11月)

出所: 各国声明などから作成

他方、フィリピンなどは最新のエネルギー計画案においても、ネットゼロに関する具体的な目標年をコミットしていない[39]。一口にASEANといえども加盟国の経済発展度合いやエネルギー需給構造はさまざまであり、画一的にゼロエミッションの道筋を描けるものではない。足元の情勢として1人当たりGDPやエネルギー消費量は各国で大きく異なっており、例えば経済発展がある程度進んでいるタイやマレーシア、シンガポールでは1人当たり一次エネルギー消費が多く、ある程度エネルギーアクセスが進んでいる(図8-1)。このような国では、次の課題であるCO_2排出量の削減に向けて取り組む素地が比較的整っているといえる。

[39] https://powerphilippines.com/doe-no-net-zero-target-yet-under-new-energy-plan/

図8-1 | ASEANの1人当たりGDPと一次エネルギー消費[2021年]



注: シンガポール、ブルネイのGDPはそれぞれ図の外部に相当する(シンガポール: $66,000/人, 5.2 toe/人、ブルネイ: $30,000/人, 7.4 toe/人)
出所: IEA "World Energy Balances", World Bank "World Development Indicators"より作成

他方、ミャンマーやフィリピン、カンボジアなどは経済発展の余地が大きく、今後、工業化および電化製品や自動車の普及が進むことでエネルギー需要がますます高まることが見込まれる。このような国においても排出削減は重要な事項であるが、より喫緊の課題として低廉なエネルギーアクセスの確保があり、その実現のさなかで可能な限り排出削減を進めてゆくのが現実的な政策のあり方であろう。

このように排出削減へコミットを始めたASEANに対し、日本を含む諸外国は技術的・経済的支援の動きを強めている。2021年5月、経済産業省は、アジアにおける多様かつ現実的な

エネルギートランジションの実現に向けたさまざまな支援を含むアジア・エネルギー・トランジション・イニシアティブ(AETI)を発表した。AETIは、第一に各国のエネルギートランジションのロードマップ策定を支援する。続いて、策定したロードマップと整合する形で、再生可能エネルギー、省エネルギー、液化天然ガス(LNG)、二酸化炭素回収・有効利用・貯留(CCUS)、その他のプロジェクトに100億ドルの財政支援を提供する。ASEAN 10か国のロードマップ策定支援は、東アジア・ASEAN経済研究センター(ERIA)/日本エネルギー経済研究所(IEEJ)による研究を通じて実施されており、本分析はその成果を活用して行うものである[40]。また、2022年に主要7か国(G7)や欧州連合(EU)などからなる支援国グループは、ASEANのうちベトナム、インドネシアとそれぞれ公正なエネルギー移行パートナーシップ(JETP)に関する共同声明を公表した。それぞれのパートナー国における石炭火力の早期退役、再生可能エネルギーに代表される脱炭素インフラ投資への支援を目的としたパートナーシップであり、移行資金の供与などを行う。

Box 8-1 | 旺盛な経済成長と両立するゼロエミッションへの道筋とは?: ASEANの脱炭素化に向けたIEAとERIA/IEEJのシナリオの比較

2023年のG7で確認されたように、世界中の国々には、それぞれの経済事情やエネルギー事情があり、カーボンニュートラル(CN)というゴールは共通ながらも、そこへの道筋は多様である。その目指すべき道筋は、今後の経済成長をどのように想定するか、将来のエネルギー需要をどう見込むかによって大きく異なることとなる。

このことを端的に示したのが、国際エネルギー機関(IEA)が、IEEJの全面的な協力の下、2023年4月のG7札幌 気候・エネルギー・環境大臣会合への貢献として発表した、「Decarbonisation Pathways for Southeast Asia」のレポートである。

ASEANの脱炭素化に向けたIEAとERIA/IEEJのシナリオの比較

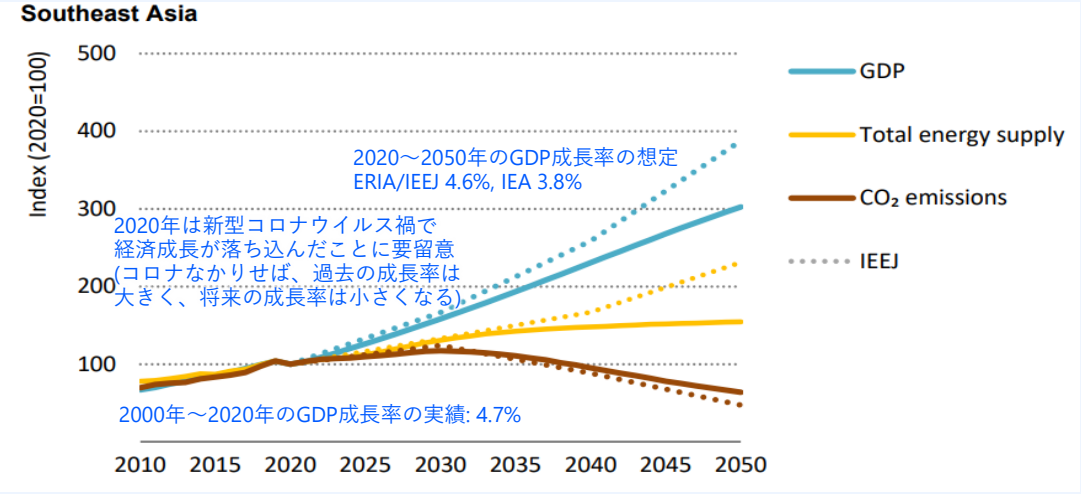
当該IEAレポートは、ASEANとインドネシアの脱炭素化に向けた道筋について、IEAのWorld Energy Outlook 2022におけるAnnounced Pledges Scenario (APS)と、IEEJがERIAとの協力の下で策定したDecarbonisation of ASEAN Energy Systems: Optimum Technology Selection Model Analysis to 2060のシナリオ(CN2050/2060)を比較分析したものである。なお、これらの分析は、将来におけるカーボンニュートラルを前提として、そこに至るまでの最適の道筋を分析する、いわゆるバックキャスト・アプローチで

[40] アジアにおけるカーボンニュートラルに向けた日本の取り組みとして、2022年1月には、アジア・ゼロエミッション共同体(AZEC)が発表された。AZECのもとでも、ロードマップ策定に対するERIA/IEEJの支援は依然として日本の協力の主要な柱の1つである。

あるのに対し、本アウトルックの分析は、過去のすう勢から将来を予測する、いわゆるフォアキャスト・アプローチであることに留意されたい。

この比較分析において、まず特筆すべきは、最終エネルギー消費に大きな影響を及ぼす今後の経済成長に関する前提の違いである。将来の人口増加の見通しは両者ともほぼ同等である。しかし、実質GDPについては、2020年から2050年にかけて、IEAはASEANが3.0倍（年成長率3.8%）、インドネシアが3.3倍（同4.1%）の増加を見込むのに対し、ERIA/IEEJはASEANが3.9倍（同4.6%）、インドネシアが4.4倍（同5.0%）と想定している（図8-2）。これらの違いは、IEAは、過去のマクロ経済の分析から所得レベルが上がるにつれ成長率が下がる傾向を加味したのに対し、ERIA/IEEJは、ASEAN各国自身の今後の経済成長見通しを踏まえたことに起因する。実際、インドネシア政府は、国連気候変動枠組条約（UNFCCC）に提出した長期戦略では、ERIA/IEEJの想定と同等の経済成長を前提としている。

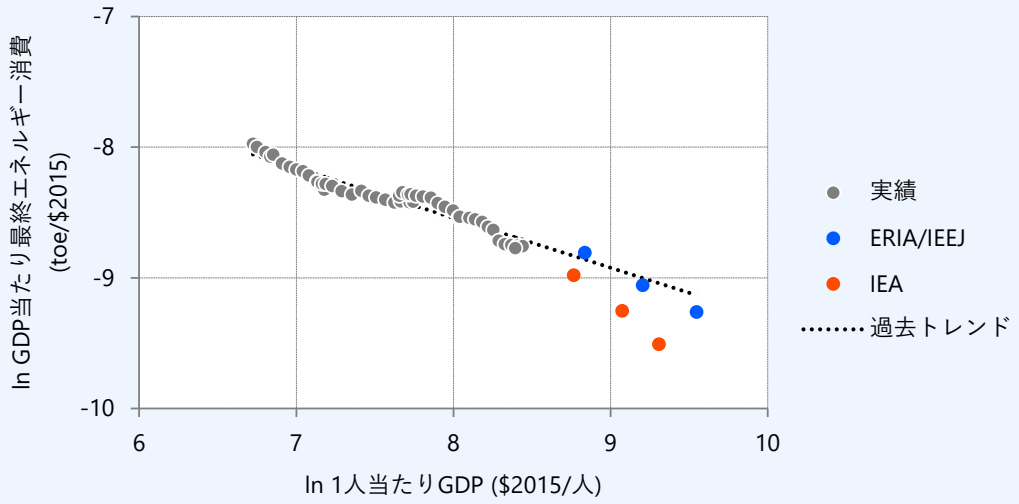
図8-2 | ASEANの経済成長の実績と見通し



出所: IEA "Decarbonisation Pathways for Southeast Asia"に加筆

加えて、IEAは、今後の省エネルギーの進展（GDP当たり最終エネルギー消費の減少）をERIA/IEEJより大きく見込む。ASEANについて、過去約50年間の1人当たりGDPとGDP当たり最終エネルギー消費の関係をみると、IEAは経済成長に応じた省エネルギーの進展が今後はおおむね2倍のスピードで加速、ERIA/IEEJは過去のトレンドで推移するという結果となる（図8-3）。

図8-3 | ASEANの1人当たりGDPと最終エネルギー消費のGDP原単位

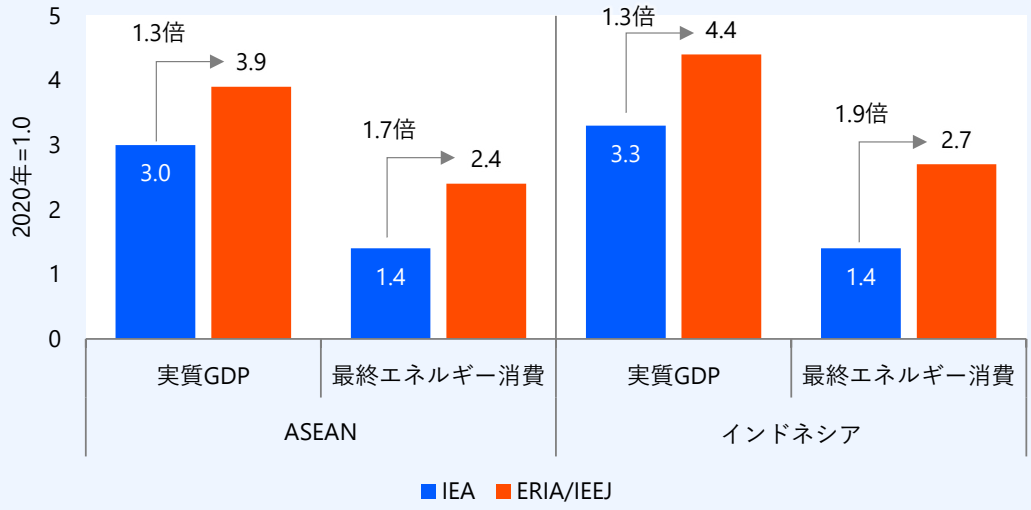


注: 実績は1971年～2020年、見通しは2030年～2050年

出所: IEA "Decarbonisation Pathways for Southeast Asia"、IEA "World Energy Balances"より作成

この違いにより、2050年の最終エネルギー消費は、IEAとERIA/IEEJでは、ASEANで1.7倍、インドネシアで1.9倍もの差が生じている(図8-4)。ちなみに、インドネシア政府がその長期戦略で見込む2050年の最終エネルギー消費は、ERIA/IEEJよりさらに若干大きい。今後の省エネルギーの進展も含めエネルギー需要の絶対値の多寡は脱炭素化に重大な影響を及ぼす。

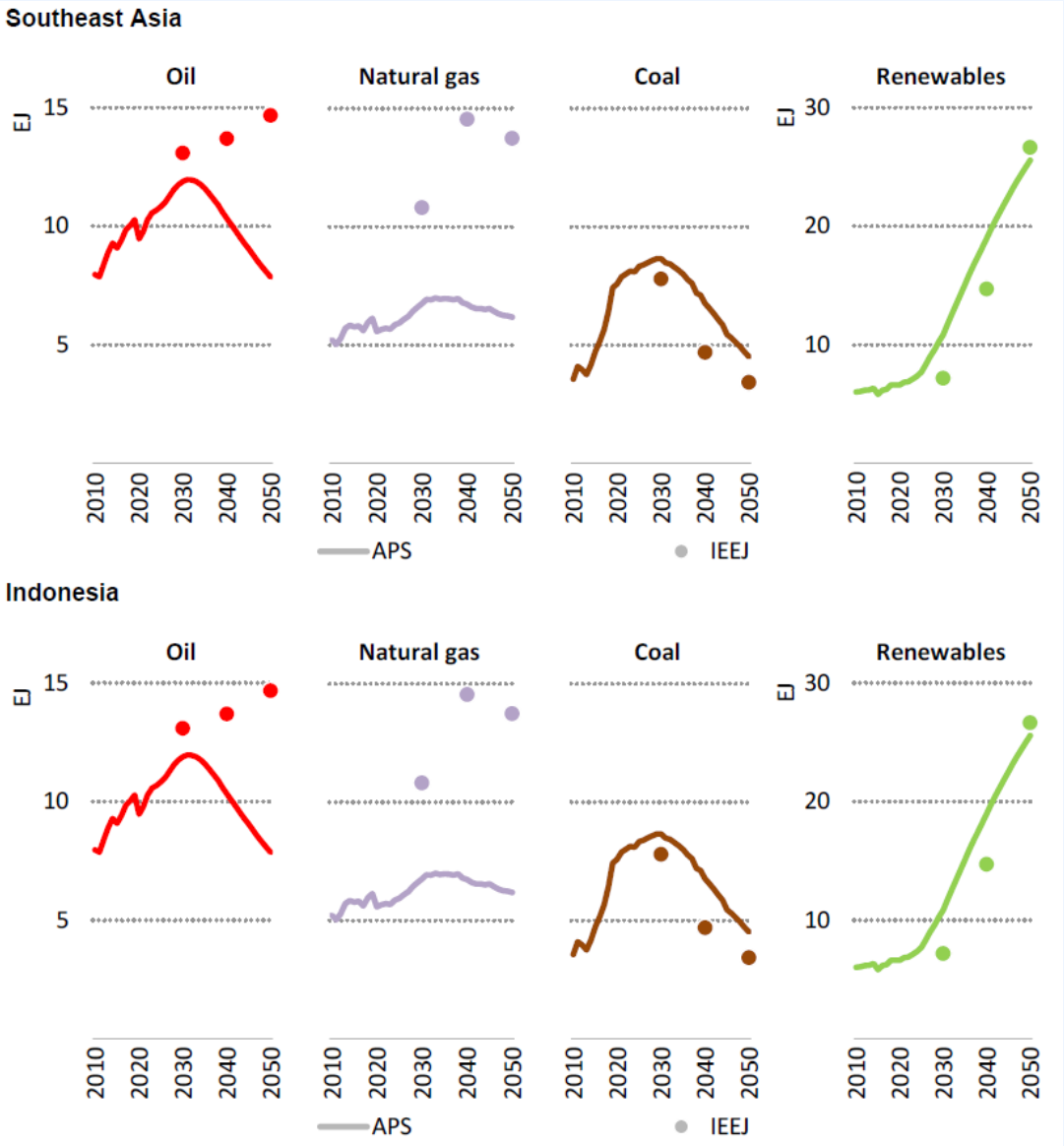
図8-4 | ASEANとインドネシアの実質GDPと最終エネルギー消費[2050年]



このように最終エネルギー消費の見通しが倍近く異なるIEAとERIA/IEEJのシナリオではカーボンニュートラルへの道筋がどう違ってくるのか、個別にみてみよう。

まず、一次エネルギー供給だが、石油については、両シナリオとも2030年まで増大するが、IEAではその後ピークアウト、ERIA/IEEJでは運輸(商用車)、産業で伸びが続くと見込む。天然ガスについては、両シナリオで最も大きな差を示しており、IEAでは微増であるが、ERIA/IEEJではトランジションとして2030年、2040年に産業、発電で大きな需要増大を見込み、その後2050年には微減となる(図8-5)。

図8-5 | ASEANとインドネシアの一次エネルギー供給

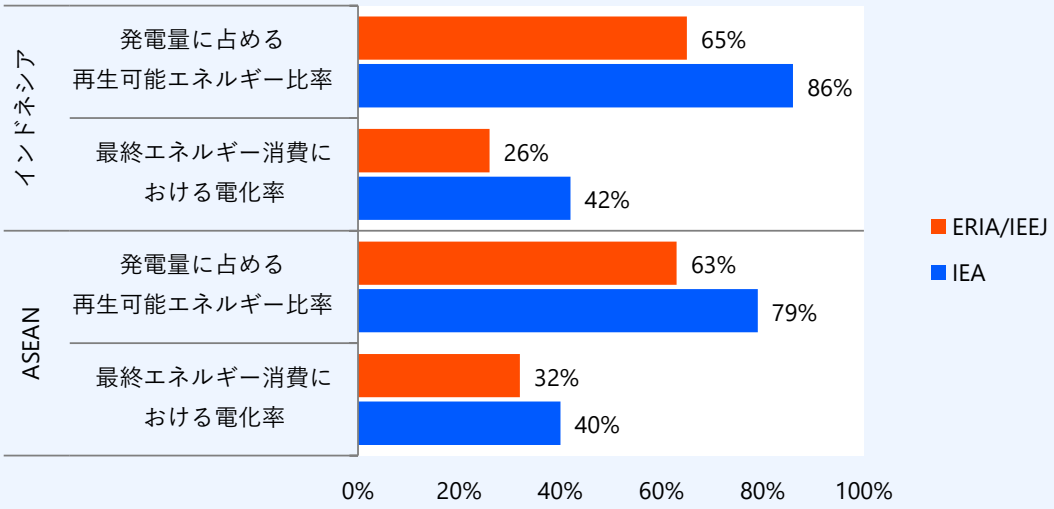


出所: IEA "Decarbonisation Pathways for Southeast Asia"

次に電力であるが、2050年における発電電力量はERIA/IEEJがIEAより大きいが、最終エネルギー消費はERIA/IEEJがさらに大きいため、電化率(最終エネルギー消費に占める電力の比率)をみると逆にERIA/IEEJが小さくなっている。同様に、再生可能エネル

ギーによる発電電力量は、ASEAN全体ではERIA/IEEJがIEAより大きいが、発電電力量全体がERIA/IEEJがさらに大きいため、その再生可能エネルギー比率(発電電力量全体に占める再生可能エネルギーの比率)をみると逆にERIA/IEEJが小さくなっている(図8-6)。また、火力発電については、ERIA/IEEJのシナリオでは旺盛な電力需要を満たすため、天然ガス火力・石炭火力も引き続き活用されるため、その脱炭素化のために、二酸化炭素回収・貯留(CCS)に加え水素・アンモニア混焼・専焼が導入されると見込むが、IEAではこれらの導入はわずかとなる。

図8-6 | ASEANとインドネシアの電化率と再生可能エネルギー比率[2050年]



エネルギー起源の二酸化炭素排出量をみると、IEAは長期においても、技術ベースの二酸化炭素除去(バイオエネルギー炭素回収貯留[BECCS]、直接大気回収・貯留[DACCS])をほとんど見込まないが、ERIA/IEEJでは、コスト最小化の観点から、技術ベースの二酸化炭素除去が最適解として大規模に導入される(2050年にASEAN全体で約0.7 Gt)。

以上まとめれば、IEAとERIA/IEEJのシナリオの最大の違いは、今後の経済成長の前提と省エネルギーの進展の見通しにある。IEAは、ERIA/IEEJに比し経済成長を小さく、省エネルギーを大きく見込み、電化+電源の再生可能エネルギー化を中心とした道筋を描いていると言えよう。他方、ERIA/IEEJは、旺盛な経済成長とエネルギー需要に対応するため、IEA以上の再生可能エネルギーの導入に加え、当面は化石燃料の利用拡大(特に天然ガス)も必要とし、同時に化石燃料の脱炭素化、ネットゼロ達成に向けて、水素・アンモニア、CCSを導入しつつ、DACCS、BECCS、森林シンクなどの二酸化炭素除去の活用も見込む。

将来の不確実性に備えた道筋の必要性

ネットゼロに向けたロードマップが議論されるとき、再生可能エネルギーの比率に注目が集まりがちであるが、経済・社会にとって必要とされるエネルギーの量をどう見込むかが根本的な重要性を持ち、それにより目指すべきエネルギーミックスは大きく変わる。新興・途上国の今後の経済成長には不確実性があるが、エネルギーインフラの整備には長年を要することから、かかる不確実性を踏まえた道筋の検討が必要であろう。

8.2 最適なエネルギーミックスの検討

分析枠組み

本分析ではBox 8-1におけるERIA/IEEJの需要増加を前提としつつ、ASEAN各国のカーボンニュートラル目標を極力低廉なコストで達成しうるエネルギーミックスを求め、現実的なエネルギートランジションの指針とする。

具体的には、ERIA/IEEJ分析で使用したモデル[41]を利用し、諸般の技術経済的制約の下、総コストが最も小さいエネルギー源の組み合わせ(一次エネルギー消費、最終エネルギー消費、電源などの構成)を導出する。この算出にあたり、ボトムアップ型技術選択モデルによるシミュレーションを行った。代表的な制約条件には、CO_2の排出目標や再生可能エネルギーの導入量上限などを想定しており、現実的に妥当なミックスとなるよう配慮している。

ASEANにおける排出削減では、再生可能エネルギーと天然ガスが重要な役割を担う。最適なエネルギーミックスが実現できない場合にどのような影響が及ぶのかを評価するために、同一のエネルギーサービス需要想定の下、天然ガスや再生可能エネルギーについてあえて最適ケースから外れる条件を想定した: 天然ガス供給が足元(2019年)水準から増加しない「ガス制約」ケース、電源構成に占める再生可能エネルギーの割合を4割に固定した「RE40」ケース、同8割に固定した「RE80」ケース、ガス制約と再生可能エネルギー8割の両制約を組み合わせた「Combo」ケース(表8-2)。これらの非最適なケースでコストがどのように増加し、さらにエネルギーミックスの全体像がどのように変わるかを分析することで、各技術の役割や現実的なエネルギートランジションに対する考察を深めることを目的とする。なお、比較対象としてCO_2排出量に一切の制約を課さない「ベースライン」ケースを設ける。

[41] Economic Research Institute for ASEAN and East Asia “Decarbonisation of ASEAN Energy Systems: Optimum Technology Selection Model Analysis up to 2060” (2022) https://www.eria.org/research/decarbonisation-of-asean-energy-systems-optimum-technology-selection-model-analysis-up-to-2060

表8-2 | ASEANのカーボンニュートラル達成にかかるケース設定

ケース名	ネットゼロ年	再生可能エネルギーシェア(電源構成,2040年以降)	天然ガス国内供給
最適	2050/2060 ※各国の政策目標に応じ設定	制約なし(60%程度)	制約なし
ガス上限		制約なし	2019年横ばい*
RE40		40%	制約なし
RE80		80%	制約なし
Combo		80%	2019年横ばい
(参考)ベースライン	排出目標なし	制約なし	制約なし

注: * ASEAN全体で約140 Mtoe。2021年までの最大値であり、天然ガス供給能力が輸入・国内生産ともに今後、拡大しない場合を想定。

各国の排出目標については、政策目標などを参考に、ネットゼロ達成時期を表8-3のとおり想定した。実際には一部の国はネットゼロに対するコミットメントを掲げておらず、そのような国については排出パスを仮定したうえでの議論である点に留意されたい。また、温室効果ガス(GHG)の「ネットゼロ」については、今回の分析対象であるエネルギー起源CO_2だけでなく、カーボンシンクのような吸収源の存在を含めてネットゼロとなるように設定したものである。吸収源のポテンシャルについては各国の意見を踏まえて設定している。必ずしもエネルギー起源CO_2単体でネットゼロ排出を目指す必要はなく、特に森林吸収源が豊富な国については、排出量のうち削減が難しい分を吸収源でオフセットすることが現実的な解決策となりうる。

表8-3 | ネットゼロ目標年、エネルギー起源CO_2排出量の設定

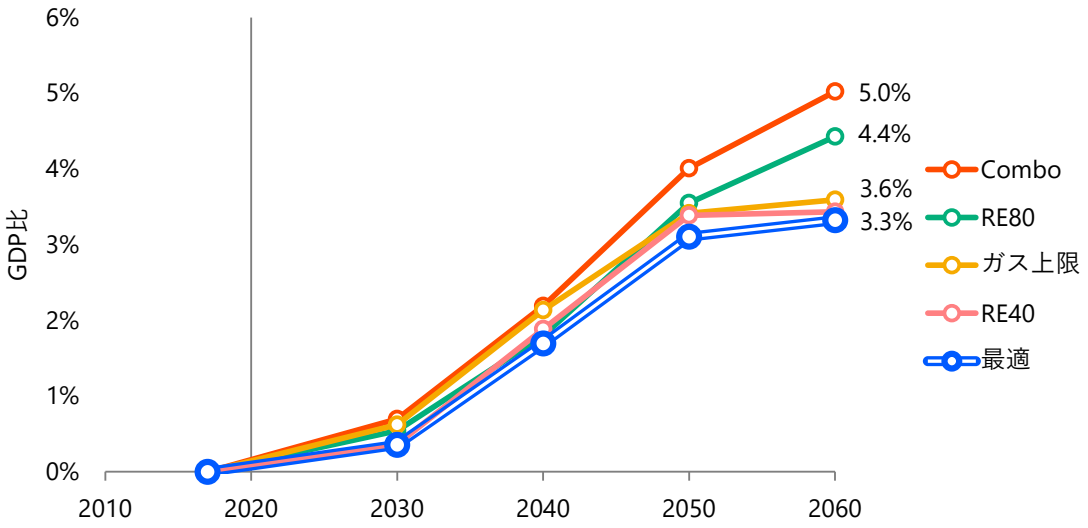
国	ネットゼロ達成年	エネルギー起源CO_2排出量（2017年比）
ブルネイ	2050	-100%
カンボジア	2050	-100%
インドネシア	2060	-50%
ラオス	2050	-100%
マレーシア	2050	-50%
ミャンマー	2060	-60%
フィリピン	2060	-100%
シンガポール	2050	-100%
タイ	2050	-50%
ベトナム	2050	-70%

コスト比較

2060年、ASEAN全体がネットゼロ排出を達成するために必要なCO_2削減コストは、コスト最適なエネルギーミックスの場合でGDP比3.3%に相当する5,700億ドル（2015年実質価格）である（図8-7）。これと比較した各ケースの特徴は以下のとおりである:

- 最適なエネルギーミックスが実現しない場合、当然、削減コストは高くなる。RE80ケース（再生可能エネルギー導入が過剰な場合）では2060年断面で同4.4%、ガス制約ケースでは同3.6%の削減コストが必要となる。両制約が合わさった場合、同5.0%と最適ケースの約1.5倍の削減コストを要する。
- ガス制約ケースは2060年の増分が比較的小さい一方、2030年～2040年の転換期におけるコスト増分が大きい。この結果は、特に転換期における低コストなエネルギー供給において、天然ガスが果たす役割が大きいことを示唆している。
- 期間内累積の費用では、最適ケースで10兆7,000億ドルが必要となる。さらにRE80ケースでは2兆5,000億ドル、天然ガス上限ケースでは1兆3,000億ドルが追加で必要となる。比較対象として、Green Climate Fundに投資された金額は269億ドル（2023年10月現在）にとどまり、ASEAN一地域をとってもカーボンニュートラルのためには現状集積されている気候基金と比較してきわめて大きな削減コストを要する。

図8-7 | ASEANのCO_2削減コスト(GDP比)



注: エネルギー供給に係る総コスト(資本費、燃料費、設備運転維持費など)について、排出削減を行わないベースラインケースとの費用差をCO_2削減コストとした。将来のGDPはERIA "Energy Outlook and Energy Saving Potential in East Asia 2020" (2021)を参考に推計、金額はすべて2017年(基準年)実質ドル。

以降、この結果の背景について、具体的には再生可能エネルギーシェアが最適ケースから上下する場合や、転換期に天然ガスの一次供給量を拡張できない場合になぜコストがかさむのかを考察する。

再生可能エネルギーシェアの考察: 最適解では電源の6割程度

最適ケースの電源構成は、再生可能エネルギーが6割(うち、太陽光や風力のような変動性再生可能エネルギーは45%程度)で、原子力が1割程度、火力(そのほとんどはCCS、水素により脱炭素化)が残りの3割を占める(図8-8)。再生可能エネルギーの導入が進まないRE40ケースでは、発電量を埋め合わせるために天然ガス水素混焼やアンモニアが最適ケースより多く導入される。これらの発電手段は、kWh当たり発電コスト(平準化発電原価[LCOE])が太陽光や風力のような再生可能エネルギーに比べ高い(図8-9)。再生可能エネルギーの導入拡大は、ある程度の水準まではCO_2削減、発電コスト低減の両面で有効な施策と言え、ASEANにとって優先的に進める価値があるものであろう。

図8-8 | ASEANの発電電力量

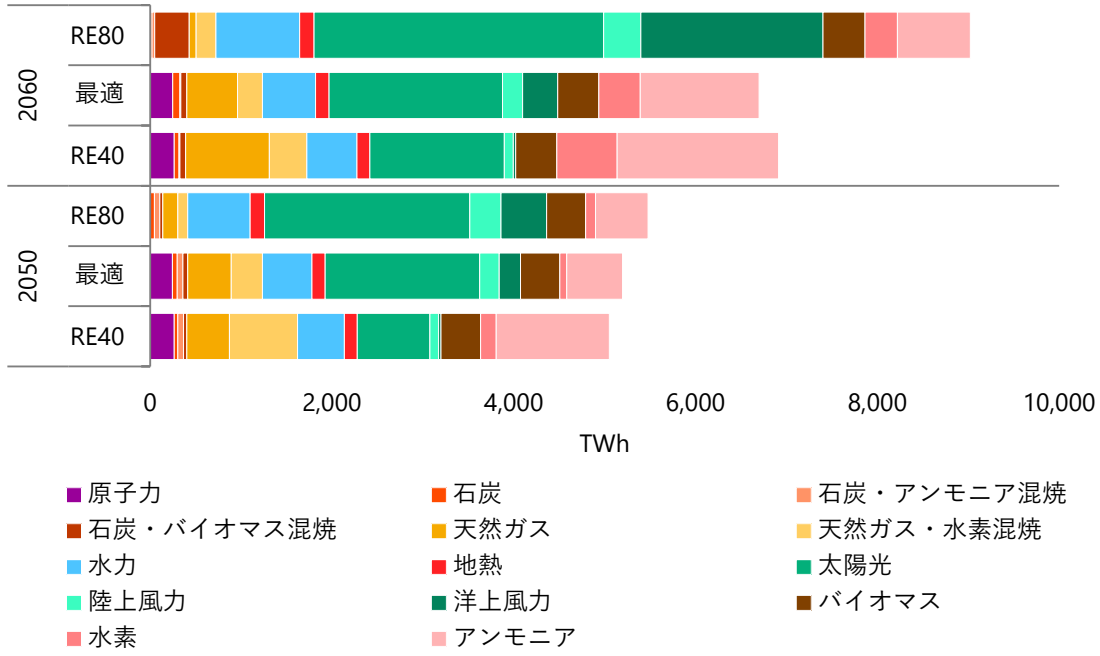
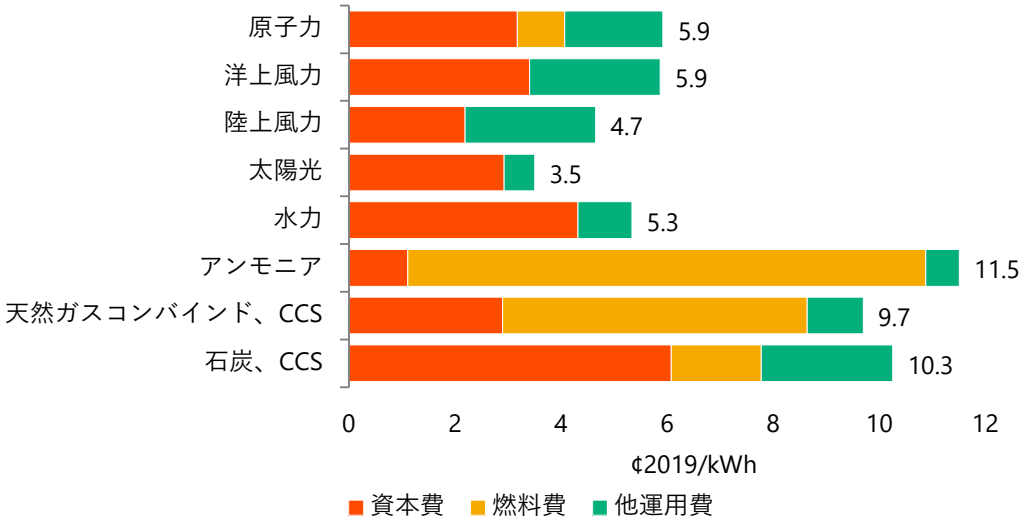


図8-9 | タイのkWh当たり発電コスト[2050年]



注: 発電設備そのものに係る資本費、燃料費、運用・保守点検(O&M)費などの合計であり、発電設備外のコスト、例えば系統整備や需給調整に係るものは含まない。

出所: Danish Energy Agency (2021)をもとに推計

他方、その再生可能エネルギーの導入を大きく推し進めたRE80ケースでは、総コストはむしろ高くなっている。この水準まで再生可能エネルギーを増やすためには、気象・地形条件

が悪い地域にも導入を進める必要があり、それらの発電コストが逓増することが増加の要因である。

また先に述べたとおり、太陽光・風力は、kWh当たり発電コストそのものは2050年時点で他のゼロエミッション電源より小さい水準であるが、その出力変動が激しくなることで需給調整に追加的なコストを要するからである。RE80ケースのような電源構成を実現する場合、2050年にASEAN全体で蓄電池が737 GW、さらに水電解装置が110 GWが必要になる。これらを合わせた容量は最適ケースの2.2倍、ASEAN全体の電力需要平均値(kW単位)の80%に相当するものであり、出力変動に対応するためのきわめて大規模な貯蔵設備がエネルギーシステムのコストを押し上げている。また、電源構成において原子力が含まれていない点もコスト増加の一因となっている。これは、変動性再生可能エネルギーの導入が増えるなかで、電力需給バランスの調整手段として各種火力が優先的に導入され、負荷追従が難しい原子力は系統から追い出されるためである。

総じて、再生可能エネルギー――特に太陽光・風力――は、それら自体の発電コストは近年低下が進んでおり、このコスト低減が着実に継続すればASEANの脱炭素化を支える有望な電源であるといえる。ただし、それらを過剰に導入することはコストパフォーマンスの悪い地域における再生可能エネルギー設置を強いたり、需給調整のためのコスト増を招いたりすることで、電力システム全体ではむしろコスト増大につながる。

今回の需要を前提にした場合はASEANの電源の6割程度が適切な割合であると評価されるが、先述のとおり将来の需要規模は大きな不確実性が伴う。いずれにしろ、過剰な再生可能エネルギー依存を避けるべく他の電源についても適切な技術開発、投資を行うことが望ましい。

また、2060年にかけては総電力量および電源構成の違いはさらに極端なものとなる。RE80ケースにおいて、2060年の発電量はきわめて大きく増加する。ASEANのうち多くの国では、気象・土地利用条件から推計される太陽光・風力の上限まで導入しても、電力需要の80%を満たすことができない。そのため、ベトナムのような再生可能エネルギーポテンシャル(特に洋上風力)に富む地域で非常に多くの再生可能エネルギー発電+水電解を行い、所与の条件である「ASEANで再生可能エネルギー80%」の帳尻を合わせるようないびつな電源構成になっている。

先のIEAとERIA/IEEJの見通し比較で述べたとおり、将来のエネルギー需要は――特に経済発展が著しいASEANでは――大きな不確実性が伴う。仮に電力需要が大幅に増加しなかった場合は、再生可能エネルギーでその大部分を賄うことも実現可能かもしれない。ただし、需要増加が堅調な場合は、特に再生可能エネルギーのポテンシャルが乏しい地域で供給不

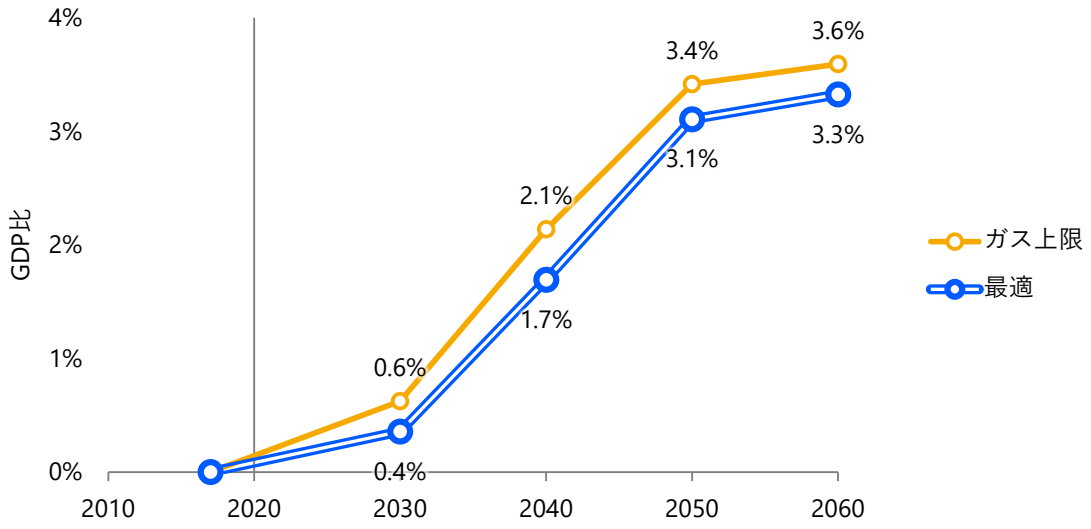
足に陥ることが懸念される。代替電源として火力(必要に応じて脱炭素化)、原子力などをオプションとして見定めておき、経済成長や需要増加の動向をみつつ供給計画に順次、織り込んでゆくことが必要となる。

なお、本分析では国際連系線について、2007年にASEAN加盟国間で覚書が締結されたASEAN Power Grid構想[42]の実現を前提としている。具体的には、足元の国際連系線容量5.7 GWから大幅に拡張され、2050年段階で55 GWの導入を想定している。仮にこれが実現しない場合、地域偏在性がある再生可能エネルギーは、地域間送電が難しくなり最適解における導入量がより小さくなることに留意されたい。また、本稿のシミュレーション計算では各国を1つの点として表現しているため、国内の送電網の費用、設置可能性については評価が十分でない可能性に留意されたい。

天然ガス: 転換期において、発電、最終需要ともに重要な燃料

天然ガスの供給拡大が不可能なケースでは、CO_2削減コストの上昇が特に2040年段階で大きい(図8-10)。エネルギー転換の過渡期において天然ガスの利用がコスト低減に寄与することを示唆している。

図8-10 | ASEANのCO_2削減コスト(GDP比)



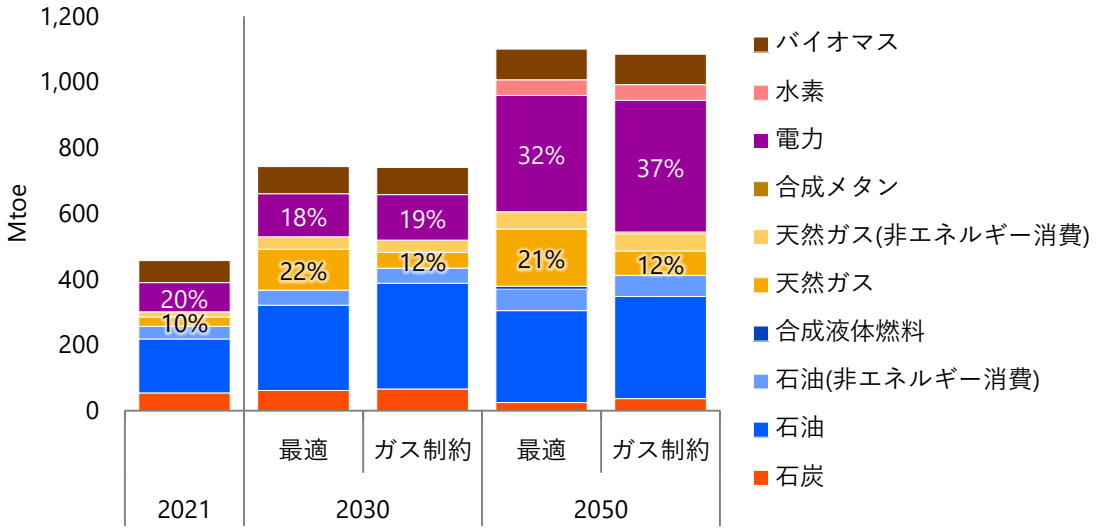
注: 図8-7から最適ケースとガス制約ケースのみ再掲

天然ガスは最終エネルギー消費、発電の両面において、特に転換期のエネルギー供給を支える。

[42] ASEAN "Memorandum of Understanding on the ASEAN Power Grid" (2007) https://agreement.asean.org/media/download/20140119102307.pdf

2021年時点で、天然ガスは最終エネルギー消費の10%を占める燃料である。今後、主に産業部門における特に電化が難しい工業炉などの高温熱需要を満たす燃料として、加えて石油化学原料として消費される。結果、最適ケースでは2050年段階で最終エネルギー消費の21%を占め、排出削減とコスト低減に寄与する(図8-11)。

図8-11 | ASEANの最終エネルギー消費



注: 割合は最終エネルギー消費に占めるシェア(非エネルギー利用を含む)
出所: IEA "World Energy Balances" (2023) [実績値]

低コストの水素供給が実現するまでに長い時間を要することから、電化が難しい需要部門ではそれまで化石燃料利用が続くと見込まれる。ただし、カーボンニュートラルに向けた取り組みのなかでは、規制による暗示的な炭素価格あるいは炭素税・排出枠のような明示的な炭素価格が導入されることが予期され、燃料の選択においてはその本体価格のみならず排出量が重要な要素となるであろう。

将来、明示的であれ暗示的であれ炭素価格が導入され、それが排出削減の進展に伴い上昇することを仮定すると、燃料間のコスト優劣は以下のように推移する(図8-12):

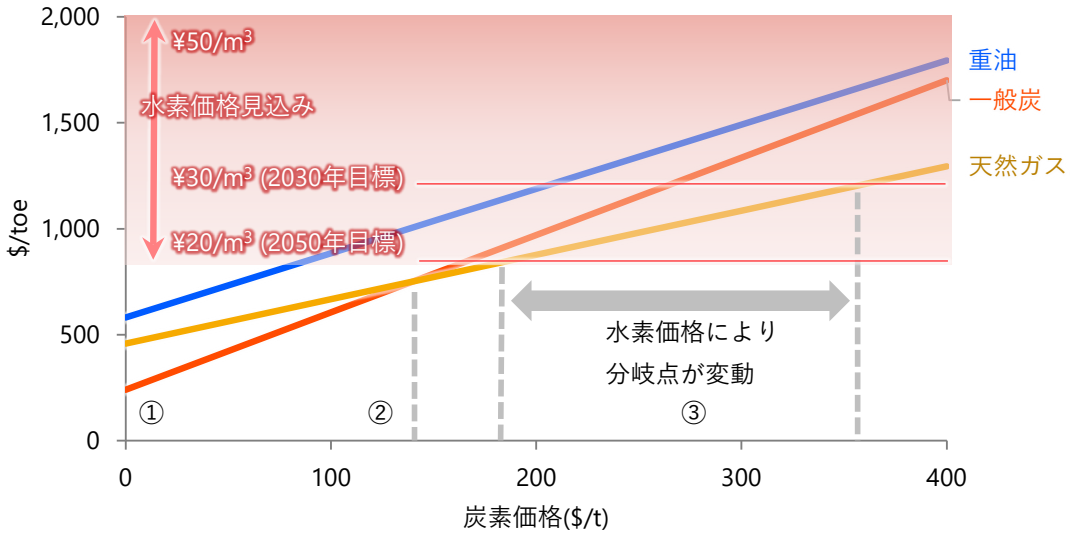
①炭素価格がない状態では、熱量当たりの価格は石炭が最も安い。重油、天然ガスの関係は近い水準。

②炭素価格が$150/t程度まで上昇すると、天然ガスの価格が最も安くなる。

③さらに炭素価格が著しく上昇し、あわせて水素生産コストの低減に成功した場合、水素価格が天然ガス価格を下回る可能性がある。

ただし、③のように水素が炭素価格込みで天然ガスよりも経済合理的な燃料となるためには、水素価格が十分廉価な水準になることが必要となる。この低下度合いには不確実性があり、とりわけ¥20/m³のようなきわめて安い水準へ至るには長い時間を要すると見込まれる。それに至るまで、炭素価格が②と③の間になるような転換期において、天然ガスは特に優位性が高い燃料になると言える。

図8-12 | ASEANにおける燃料の経済性[2050年]



注: 燃料価格の単純比較であり、最終消費段階におけるコスト差は需要者価格や消費機器の性能差により変動する。

出所: 技術進展シナリオの2050年における価格想定をASEAN向けに補正

また、天然ガスは最終エネルギー消費のみならず発電においても一定の役割を果たす。最適ケースでは2030年で電源の30%、2050年で16%を占め、出力変動に対応するためのピーク電源の役割を果たす。他方、ガス上限ケースでは、供給制約に伴いピーク電源としてCO_2排出量が大きい石炭や、単価が高い水素の導入を強いられる。再生可能エネルギー拡大に伴い、急しゅんな出力変動に対応する調整力はこれまで以上に大きく確保することが求められる。将来的には蓄電池やカーボンフリー水素火力のコスト低下が実現してこの役割を担うことが予期されるが、中期的にはそのコスト低下は必ずしも十分ではなく、転換期の需給調整を支える電源として天然ガス発電が期待される。

総じて、天然ガスはゼロエミッション目標年だけでなく、過渡期における最終エネルギー消費――特に電化が難しい産業炉など――や発電の需給調整を支える燃料である。その供給能力を着実に拡大することが、低廉かつ安定したエネルギー供給を実現するための重要な方策となる。

付表

付表1 | 地域区分

アジア	中国	
	香港	
	インド	
	日本	
	韓国	
	台湾	
	東南アジア諸国連合	ブルネイ
	(ASEAN)	インドネシア
		マレーシア
		ミャンマー
		フィリピン
		シンガポール
		タイ
		ベトナム
	その他アジア	バングラデシュ，カンボジア，朝鮮民主主義人民共和国，ラオス，モンゴル，ネパール，パキスタン，スリランカ，IEA統計におけるその他非OECDアジア
北米	米国	
	カナダ	
中南米	ブラジル	
	チリ	
	メキシコ	
	その他中南米	アルゼンチン，ボリビア，コロンビア，コスタリカ，キューバ，キュラソー島，ドミニカ共和国，エクアドル，エルサルバドル，グァテマラ，ガイアナ，ハイチ，ホンジュラス，ジャマイカ，ニカラグア，パナマ，パラグアイ，ペルー，トリニダート・トバゴ，ウルグアイ，ベネズエラ，IEA統計におけるその他非OECDアメリカ
ヨーロッパ	欧州先進国	フランス
		ドイツ
		イタリア

		英国	
		他欧州先進国	オーストリア，ベルギー，チェコ，デンマーク，エストニア，フィンランド，ギリシャ，ハンガリー，アイスランド，アイルランド，ラトビア，リトアニア，ルクセンブルク，オランダ，ノルウェー，ポーランド，ポルトガル，スロバキア，スロベニア，スペイン，スウェーデン，スイス，トルコ
	他欧州/ユーラシア	ロシア	
		他旧ソビエト連邦	アルメニア，アゼルバイジャン，ベラルーシ，ジョージア，カザフスタン，キルギスタン，モルドバ，タジキスタン，トルクメニスタン，ウクライナ，ウズベキスタン
		他欧州新興・途上国	アルバニア，ボスニア・ヘルツェゴビナ，ブルガリア，クロアチア，キプロス，ジブラルタル，コソボ，マルタ，モンテネグロ，北マケドニア，ルーマニア，セルビア
アフリカ	南アフリカ共和国		
	北アフリカ	アルジェリア，エジプト，リビア，モロッコ，チュニジア	
	その他アフリカ	アンゴラ，ベニン，ボツワナ，カメルーン，コンゴ共和国，コンゴ民主共和国，コートジボアール，赤道ギニア，エリトリア，エスワティニ，エチオピア，ガボン，ガーナ，ケニア，マダガスカル，モーリシャス，モザンビーク，ナミビア，ニジェール，ナイジェリア，ルワンダ，セネガル，南スーダン，スーダン，トーゴ，タンザニア，ウガンダ，ザンビア，ジンバブエ，IEA統計におけるその他アフリカ	
中東	イラン		
	イラク		
	クウェート		
	オマーン		

	カタール	
	サウジアラビア	
	アラブ首長国連邦	
	その他中東	バーレーン，イスラエル，ヨルダン，レバノン，シリア，イエメン
オセアニア	オーストラリア	
	ニュージーランド	
国際バンカー		
欧州連合(EU)	オーストリア，ベルギー，ブルガリア，クロアチア，キプロス，チェコ，デンマーク，エストニア，フィンランド，フランス，ドイツ，ギリシャ，ハンガリー，アイルランド，イタリア，ラトビア，リトアニア，ルクセンブルク，マルタ，オランダ，ポーランド，ポルトガル，ルーマニア，スロバキア，スロベニア，スペイン，スウェーデン	
先進国	欧州先進国，香港，日本，韓国，北米，オセアニア，シンガポール，台湾	
新興・途上国	アフリカ，ブルネイ，中国，インド，インドネシア，中南米，マレーシア，中東，ミャンマー，他欧州/ユーラシア，その他アジア，フィリピン，タイ，ベトナム	
石油輸出国機構(OPEC)	アルジェリア，アンゴラ，コンゴ共和国，赤道ギニア，ガボン，イラク，イラン，クウェート，リビア，ナイジェリア，サウジアラビア，アラブ首長国連邦，ベネズエラ	

(注)原統計・分析の都合上、他旧ソビエト連邦は1989年以前のエストニア、ラトビア、リトアニアのエネルギーデータを含む。先進国、新興・途上国には地域を含む。

付表2 | 主要エネルギー・経済指標

				レファレンス		技術進展		年平均変化率(%)		
								1990/	2021/2050	
		1990	2021	2030	2050	2030	2050	2021	レファレンス	技術進展
一次エネルギー消費	世界	**8,754**	**14,759**	**15,968**	**17,449**	**15,389**	**13,802**	**1.7**	**0.6**	**-0.2**
(Mtoe)	先進国	4,471	5,139	4,900	4,397	4,711	3,681	0.5	-0.5	-1.1
	新興・途上国	4,081	9,306	10,559	12,330	10,211	9,590	2.7	1.0	0.1
	アジア	2,088	6,439	7,310	8,179	7,127	6,173	3.7	0.8	-0.1
	非アジア	6,463	8,006	8,149	8,549	7,795	7,098	0.7	0.2	-0.4
石油一次消費	世界	**3,237**	**4,352**	**4,727**	**5,001**	**4,321**	**2,704**	**1.0**	**0.5**	**-1.6**
(Mtoe)	先進国	1,827	1,771	1,671	1,298	1,502	595	-0.1	-1.1	-3.7
	新興・途上国	1,208	2,267	2,562	3,070	2,379	1,796	2.1	1.1	-0.8
	アジア	618	1,491	1,634	1,889	1,522	1,096	2.9	0.8	-1.1
	非アジア	2,416	2,547	2,599	2,479	2,358	1,295	0.2	-0.1	-2.3
天然ガス一次消費	世界	**1,662**	**3,487**	**3,660**	**4,519**	**3,541**	**3,044**	**2.4**	**0.9**	**-0.5**
(Mtoe)	先進国	827	1,508	1,368	1,209	1,269	664	2.0	-0.8	-2.8
	新興・途上国	835	1,979	2,280	3,233	2,255	2,269	2.8	1.7	0.5
	アジア	116	722	923	1,317	906	684	6.1	2.1	-0.2
	非アジア	1,547	2,764	2,725	3,125	2,618	2,249	1.9	0.4	-0.7
石炭一次消費	世界	**2,223**	**4,016**	**3,784**	**3,186**	**3,485**	**1,575**	**1.9**	**-0.8**	**-3.2**
(Mtoe)	先進国	1,090	741	492	297	402	164	-1.2	-3.1	-5.1
	新興・途上国	1,133	3,275	3,293	2,888	3,083	1,411	3.5	-0.4	-2.9
	アジア	789	3,142	3,150	2,638	2,951	1,248	4.6	-0.6	-3.1
	非アジア	1,434	874	635	548	534	327	-1.6	-1.6	-3.3
発電電力量	世界	**11,837**	**28,402**	**35,078**	**49,102**	**36,128**	**57,517**	**2.9**	**1.9**	**2.5**
(TWh)	先進国	7,666	10,972	11,799	14,035	12,123	17,420	1.2	0.9	1.6
	新興・途上国	4,171	17,430	23,278	35,066	24,005	40,097	4.7	2.4	2.9
	アジア	2,237	13,664	18,317	25,744	18,866	26,570	6.0	2.2	2.3
	非アジア	9,600	14,738	16,761	23,358	17,262	30,947	1.4	1.6	2.6
エネルギー起源	世界	**20,522**	**33,568**	**34,019**	**33,922**	**31,010**	**14,704**	**1.6**	**0.0**	**-2.8**
二酸化炭素排出	先進国	10,784	10,593	8,898	6,646	7,809	2,393	-0.1	-1.6	-5.0
(Mt)	新興・途上国	9,102	21,990	23,544	25,113	21,779	11,069	2.9	0.5	-2.3
	アジア	4,700	16,776	17,635	17,000	16,331	6,812	4.2	0.0	-3.1
	非アジア	15,186	15,807	14,807	14,759	13,257	6,650	0.1	-0.2	-2.9
GDP	世界	**35,916**	**86,438**	**109,746**	**184,046**	**109,746**	**184,046**	**2.9**	**2.6**	**2.6**
(2015年価格10億ドル)	先進国	27,230	50,940	59,864	81,906	59,864	81,906	2.0	1.7	1.7
	新興・途上国	8,685	35,497	49,883	102,141	49,883	102,141	4.6	3.7	3.7
	アジア	6,690	29,673	41,194	80,738	41,194	80,738	4.9	3.5	3.5
	非アジア	29,226	56,764	68,552	103,308	68,552	103,308	2.2	2.1	2.1
人口	世界	**5,286**	**7,877**	**8,511**	**9,680**	**8,511**	**9,680**	**1.3**	**0.7**	**0.7**
(100万人)	先進国	998	1,197	1,218	1,222	1,218	1,222	0.6	0.1	0.1
	新興・途上国	4,288	6,681	7,293	8,457	7,293	8,457	1.4	0.8	0.8
	アジア	2,955	4,284	4,507	4,772	4,507	4,772	1.2	0.4	0.4
	非アジア	2,331	3,593	4,004	4,908	4,004	4,908	1.4	1.1	1.1

付表3 | 人口

(100万人)

	1990	2010	2021	2030	2040	2050	年平均変化率(%) 1990/2021	2021/2030	2030/2040	2040/2050	2021/2050
世界	5,286 (100)	6,960 (100)	7,877 (100)	8,511 (100)	9,155 (100)	9,680 (100)	1.3	0.9	0.7	0.6	0.7
アジア	2,955 (55.9)	3,874 (55.7)	4,284 (54.4)	4,507 (53.0)	4,686 (51.2)	4,772 (49.3)	1.2	0.6	0.4	0.2	0.4
中国	1,135 (21.5)	1,338 (19.2)	1,412 (17.9)	1,404 (16.5)	1,367 (14.9)	1,305 (13.5)	0.7	-0.1	-0.3	-0.5	-0.3
インド	870 (16.5)	1,241 (17.8)	1,408 (17.9)	1,514 (17.8)	1,613 (17.6)	1,674 (17.3)	1.6	0.8	0.6	0.4	0.6
日本	123 (2.3)	128 (1.8)	126 (1.6)	120 (1.4)	112 (1.2)	105 (1.1)	0.1	-0.6	-0.6	-0.7	-0.6
韓国	43 (0.8)	50 (0.7)	52 (0.7)	51 (0.6)	49 (0.5)	46 (0.5)	0.6	-0.1	-0.4	-0.7	-0.4
台湾	20 (0.4)	23 (0.3)	23 (0.3)	24 (0.3)	23 (0.3)	22 (0.2)	0.5	0.1	-0.2	-0.5	-0.2
ASEAN	427 (8.1)	578 (8.3)	650 (8.3)	697 (8.2)	736 (8.0)	760 (7.8)	1.4	0.8	0.6	0.3	0.5
インドネシア	182 (3.4)	244 (3.5)	274 (3.5)	292 (3.4)	309 (3.4)	318 (3.3)	1.3	0.7	0.5	0.3	0.5
マレーシア	18 (0.3)	29 (0.4)	34 (0.4)	37 (0.4)	39 (0.4)	41 (0.4)	2.1	1.0	0.7	0.4	0.7
ミャンマー	40 (0.8)	49 (0.7)	54 (0.7)	57 (0.7)	59 (0.6)	60 (0.6)	1.0	0.7	0.4	0.1	0.4
フィリピン	62 (1.2)	95 (1.4)	114 (1.4)	130 (1.5)	145 (1.6)	158 (1.6)	2.0	1.4	1.2	0.9	1.1
シンガポール	3 (0.1)	5 (0.1)	5 (0.1)	6 (0.1)	6 (0.1)	6 (0.1)	1.9	0.6	0.3	-0.1	0.2
タイ	55 (1.0)	68 (1.0)	72 (0.9)	72 (0.8)	71 (0.8)	68 (0.7)	0.8	0.1	-0.1	-0.4	-0.2
ベトナム	67 (1.3)	87 (1.3)	97 (1.2)	103 (1.2)	106 (1.2)	107 (1.1)	1.2	0.6	0.3	0.1	0.3
北米	277 (5.2)	343 (4.9)	370 (4.7)	388 (4.6)	405 (4.4)	416 (4.3)	0.9	0.5	0.4	0.3	0.4
米国	250 (4.7)	309 (4.4)	332 (4.2)	347 (4.1)	361 (3.9)	370 (3.8)	0.9	0.5	0.4	0.2	0.4
中南米	438 (8.3)	586 (8.4)	652 (8.3)	694 (8.2)	729 (8.0)	748 (7.7)	1.3	0.7	0.5	0.3	0.5
欧州先進国	505 (9.6)	557 (8.0)	582 (7.4)	589 (6.9)	589 (6.4)	583 (6.0)	0.5	0.1	0.0	-0.1	0.0
欧州連合	420 (8.0)	442 (6.3)	447 (5.7)	449 (5.3)	446 (4.9)	437 (4.5)	0.2	0.0	-0.1	-0.2	-0.1
他欧州/ユーラシア	337 (6.4)	332 (4.8)	342 (4.3)	340 (4.0)	340 (3.7)	339 (3.5)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
アフリカ	620 (11.7)	1,021 (14.7)	1,346 (17.1)	1,652 (19.4)	2,024 (22.1)	2,405 (24.8)	2.5	2.3	2.0	1.7	2.0
中東	133 (2.5)	220 (3.2)	270 (3.4)	307 (3.6)	345 (3.8)	379 (3.9)	2.3	1.5	1.2	0.9	1.2
オセアニア	20 (0.4)	26 (0.4)	31 (0.4)	33 (0.4)	36 (0.4)	38 (0.4)	1.3	0.9	0.7	0.6	0.7
先進国	998 (18.9)	1,140 (16.4)	1,197 (15.2)	1,218 (14.3)	1,228 (13.4)	1,222 (12.6)	0.6	0.2	0.1	0.0	0.1
新興・途上国	4,288 (81.1)	5,820 (83.6)	6,681 (84.8)	7,293 (85.7)	7,927 (86.6)	8,457 (87.4)	1.4	1.0	0.8	0.6	0.8

(出所)国際連合 "World Population Prospects 2022"、世界銀行 "World Development Indicators"

(注)カッコ内は対世界比(%)

付表4 | GDP

(2015年価格10億ドル)

	1990	2010	2021	2030	2040	2050	年平均変化率(%) 1990/2021	2021/2030	2030/2040	2040/2050	2021/2050
世界	35,916 (100)	64,773 (100)	86,438 (100)	109,746 (100)	144,034 (100)	184,046 (100)	2.9	2.7	2.8	2.5	2.6
アジア	6,690 (18.6)	17,895 (27.6)	29,673 (34.3)	41,194 (37.5)	59,070 (41.0)	80,738 (43.9)	4.9	3.7	3.7	3.2	3.5
中国	1,027 (2.9)	7,554 (11.7)	15,802 (18.3)	22,368 (20.4)	32,274 (22.4)	43,522 (23.6)	9.2	3.9	3.7	3.0	3.6
インド	475 (1.3)	1,567 (2.4)	2,782 (3.2)	4,761 (4.3)	8,307 (5.8)	13,614 (7.4)	5.9	6.2	5.7	5.1	5.6
日本	3,510 (9.8)	4,219 (6.5)	4,435 (5.1)	4,744 (4.3)	5,178 (3.6)	5,607 (3.0)	0.8	0.8	0.9	0.8	0.8
韓国	402 (1.1)	1,261 (1.9)	1,694 (2.0)	2,060 (1.9)	2,479 (1.7)	2,817 (1.5)	4.8	2.2	1.9	1.3	1.8
台湾	161 (0.4)	463 (0.7)	658 (0.8)	812 (0.7)	990 (0.7)	1,137 (0.6)	4.7	2.4	2.0	1.4	1.9
ASEAN	728 (2.0)	1,947 (3.0)	3,011 (3.5)	4,570 (4.2)	6,979 (4.8)	9,916 (5.4)	4.7	4.7	4.3	3.6	4.2
インドネシア	270 (0.8)	658 (1.0)	1,066 (1.2)	1,657 (1.5)	2,664 (1.8)	4,013 (2.2)	4.5	5.0	4.9	4.2	4.7
マレーシア	75 (0.2)	233 (0.4)	355 (0.4)	535 (0.5)	756 (0.5)	992 (0.5)	5.2	4.7	3.5	2.8	3.6
ミャンマー	7 (0.0)	43 (0.1)	67 (0.1)	87 (0.1)	137 (0.1)	209 (0.1)	7.5	3.0	4.6	4.3	4.0
フィリピン	107 (0.3)	229 (0.4)	379 (0.4)	654 (0.6)	1,057 (0.7)	1,479 (0.8)	4.2	6.2	4.9	3.4	4.8
シンガポール	71 (0.2)	248 (0.4)	361 (0.4)	447 (0.4)	539 (0.4)	611 (0.3)	5.4	2.4	1.9	1.3	1.8
タイ	144 (0.4)	347 (0.5)	438 (0.5)	582 (0.5)	805 (0.6)	1,066 (0.6)	3.7	3.2	3.3	2.8	3.1
ベトナム	45 (0.1)	177 (0.3)	332 (0.4)	591 (0.5)	1,000 (0.7)	1,521 (0.8)	6.7	6.6	5.4	4.3	5.4
北米	10,626 (29.6)	17,783 (27.5)	22,210 (25.7)	26,292 (24.0)	32,069 (22.3)	38,016 (20.7)	2.4	1.9	2.0	1.7	1.9
米国	9,811 (27.3)	16,383 (25.3)	20,529 (23.8)	24,289 (22.1)	29,608 (20.6)	35,085 (19.1)	2.4	1.9	2.0	1.7	1.9
中南米	2,597 (7.2)	4,830 (7.5)	5,348 (6.2)	6,670 (6.1)	8,934 (6.2)	11,587 (6.3)	2.4	2.5	3.0	2.6	2.7
欧州先進国	11,682 (32.5)	16,894 (26.1)	19,669 (22.8)	23,173 (21.1)	26,699 (18.5)	30,170 (16.4)	1.7	1.8	1.4	1.2	1.5
欧州連合	9,107 (25.4)	12,897 (19.9)	14,681 (17.0)	17,280 (15.7)	19,827 (13.8)	22,275 (12.1)	1.6	1.8	1.4	1.2	1.4
他欧州/ユーラシア	1,832 (5.1)	2,089 (3.2)	2,628 (3.0)	3,085 (2.8)	3,867 (2.7)	4,805 (2.6)	1.2	1.8	2.3	2.2	2.1
アフリカ	920 (2.6)	1,998 (3.1)	2,663 (3.1)	3,830 (3.5)	6,227 (4.3)	9,596 (5.2)	3.5	4.1	5.0	4.4	4.5
中東	910 (2.5)	2,064 (3.2)	2,664 (3.1)	3,563 (3.2)	4,727 (3.3)	6,120 (3.3)	3.5	3.3	2.9	2.6	2.9
オセアニア	658 (1.8)	1,220 (1.9)	1,583 (1.8)	1,939 (1.8)	2,441 (1.7)	3,015 (1.6)	2.9	2.3	2.3	2.1	2.2
先進国	27,230 (75.8)	42,356 (65.4)	50,940 (58.9)	59,864 (54.5)	70,870 (49.2)	81,906 (44.5)	2.0	1.8	1.7	1.5	1.7
新興・途上国	8,685 (24.2)	22,418 (34.6)	35,497 (41.1)	49,883 (45.5)	73,163 (50.8)	102,141 (55.5)	4.6	3.9	3.9	3.4	3.7

(出所)世界銀行 "World Development Indicators"他
見通しは日本エネルギー経済研究所
(注)カッコ内は対世界比(%)

付表5 | 1人当たりGDP

(2015年価格1,000ドル/人)

	1990	2010	2021	2030	2040	2050	年平均変化率(%) 1990/2021	2021/2030	2030/2040	2040/2050	2021/2050
世界	6.8	9.3	11.0	12.9	15.7	19.0	1.6	1.8	2.0	1.9	1.9
アジア	2.3	4.6	6.9	9.1	12.6	16.9	3.7	3.1	3.3	3.0	3.1
中国	0.9	5.6	11.2	15.9	23.6	33.4	8.4	4.0	4.0	3.5	3.8
インド	0.5	1.3	2.0	3.1	5.1	8.1	4.2	5.3	5.1	4.7	5.0
日本	28.4	32.9	35.3	39.7	46.2	53.5	0.7	1.3	1.5	1.5	1.4
韓国	9.4	25.5	32.7	40.2	50.2	61.4	4.1	2.3	2.2	2.0	2.2
台湾	7.9	20.0	28.0	34.3	42.5	51.3	4.2	2.3	2.2	1.9	2.1
ASEAN	1.7	3.4	4.6	6.6	9.5	13.1	3.3	3.9	3.7	3.2	3.6
インドネシア	1.5	2.7	3.9	5.7	8.6	12.6	3.2	4.3	4.3	3.9	4.1
マレーシア	4.3	8.1	10.6	14.6	19.2	24.1	3.0	3.6	2.8	2.3	2.9
ミャンマー	0.2	0.9	1.2	1.5	2.3	3.5	6.4	2.4	4.2	4.1	3.6
フィリピン	1.7	2.4	3.3	5.0	7.3	9.3	2.1	4.7	3.7	2.5	3.6
シンガポール	23.3	48.8	66.2	77.9	91.3	104.7	3.4	1.8	1.6	1.4	1.6
タイ	2.6	5.1	6.1	8.1	11.3	15.7	2.8	3.1	3.5	3.3	3.3
ベトナム	0.7	2.0	3.4	5.7	9.4	14.2	5.4	6.0	5.1	4.2	5.0
北米	38.3	51.8	60.0	67.8	79.2	91.4	1.5	1.4	1.6	1.4	1.5
米国	39.3	53.0	61.9	70.1	82.0	94.8	1.5	1.4	1.6	1.5	1.5
中南米	5.9	8.2	8.2	9.6	12.3	15.5	1.1	1.8	2.5	2.4	2.2
欧州先進国	23.1	30.3	33.8	39.3	45.3	51.8	1.2	1.7	1.4	1.3	1.5
欧州連合	21.7	29.2	32.8	38.5	44.5	51.0	1.3	1.8	1.5	1.4	1.5
他欧州/ユーラシア	5.4	6.3	7.7	9.1	11.4	14.2	1.1	1.8	2.3	2.2	2.1
アフリカ	1.5	2.0	2.0	2.3	3.1	4.0	0.9	1.8	2.9	2.6	2.4
中東	6.8	9.4	9.9	11.6	13.7	16.2	1.2	1.8	1.7	1.7	1.7
オセアニア	32.2	46.3	51.4	57.9	68.0	79.4	1.5	1.3	1.6	1.6	1.5
先進国	27.3	37.2	42.6	49.2	57.7	67.0	1.4	1.6	1.6	1.5	1.6
新興・途上国	2.0	3.9	5.3	6.8	9.2	12.1	3.2	2.8	3.0	2.7	2.9

(出所)世界銀行 "World Development Indicators"、IEA "World Energy Balances"等より算出
見通しは日本エネルギー経済研究所

付表6 | 国際エネルギー価格

実質価格			レファレンス			技術進展		
		2022	2030	2040	2050	2030	2040	2050
原油	$2022/bbl	101	85	90	95	80	75	70
天然ガス								
日本	$2022/MBtu	17.3	9.5	9.7	9.4	9.0	8.8	8.1
ヨーロッパ(英国)	$2022/MBtu	37.5	10.1	10.6	10.4	9.9	9.9	9.3
米国	$2022/MBtu	6.4	3.0	4.0	4.0	3.4	4.1	4.0
一般炭	$2022/t	318	110	115	115	105	100	90

名目価格			レファレンス			技術進展		
		2022	2030	2040	2050	2030	2040	2050
原油	$/bbl	101	97	118	140	91	98	103
天然ガス								
日本	$/MBtu	17.3	10.8	12.7	13.9	10.3	11.5	12.0
ヨーロッパ(英国)	$/MBtu	37.5	11.4	13.8	15.3	11.3	13.0	13.8
米国	$/MBtu	6.4	3.4	5.3	5.9	3.9	5.4	5.9
一般炭	$/t	318	125	151	170	119	131	133

(注)インフレ率を年率2%として算出。

付表7 | 一次エネルギー消費[レファレンスシナリオ]

(石油換算100万t)

	1990	2010	2021	2030	2040	2050	年平均変化率(%) 1990/2021	2021/2030	2030/2040	2040/2050	2021/2050
世界	8,754 (100)	12,850 (100)	14,759 (100)	15,968 (100)	16,722 (100)	17,449 (100)	1.7	0.9	0.5	0.4	0.6
アジア	2,088 (23.9)	4,803 (37.4)	6,439 (43.6)	7,310 (45.8)	7,823 (46.8)	8,179 (46.9)	3.7	1.4	0.7	0.4	0.8
中国	874 (10.0)	2,536 (19.7)	3,738 (25.3)	3,977 (24.9)	3,837 (22.9)	3,514 (20.1)	4.8	0.7	-0.4	-0.9	-0.2
インド	280 (3.2)	667 (5.2)	944 (6.4)	1,280 (8.0)	1,645 (9.8)	2,054 (11.8)	4.0	3.4	2.5	2.2	2.7
日本	437 (5.0)	500 (3.9)	400 (2.7)	376 (2.4)	348 (2.1)	329 (1.9)	-0.3	-0.7	-0.8	-0.5	-0.7
韓国	93 (1.1)	250 (1.9)	292 (2.0)	296 (1.9)	288 (1.7)	276 (1.6)	3.8	0.2	-0.3	-0.4	-0.2
台湾	51 (0.6)	119 (0.9)	123 (0.8)	121 (0.8)	118 (0.7)	110 (0.6)	2.9	-0.1	-0.3	-0.6	-0.4
ASEAN	231 (2.6)	536 (4.2)	678 (4.6)	930 (5.8)	1,171 (7.0)	1,380 (7.9)	3.5	3.6	2.3	1.7	2.5
インドネシア	99 (1.1)	204 (1.6)	235 (1.6)	350 (2.2)	471 (2.8)	577 (3.3)	2.8	4.5	3.0	2.0	3.1
マレーシア	21 (0.2)	72 (0.6)	95 (0.6)	129 (0.8)	146 (0.9)	156 (0.9)	5.0	3.4	1.3	0.6	1.7
ミャンマー	11 (0.1)	14 (0.1)	22 (0.1)	28 (0.2)	36 (0.2)	46 (0.3)	2.3	3.0	2.4	2.6	2.6
フィリピン	27 (0.3)	42 (0.3)	61 (0.4)	83 (0.5)	109 (0.7)	134 (0.8)	2.7	3.5	2.7	2.1	2.7
シンガポール	12 (0.1)	24 (0.2)	35 (0.2)	38 (0.2)	39 (0.2)	40 (0.2)	3.7	0.7	0.4	0.3	0.5
タイ	42 (0.5)	118 (0.9)	130 (0.9)	147 (0.9)	165 (1.0)	179 (1.0)	3.7	1.4	1.2	0.8	1.1
ベトナム	18 (0.2)	59 (0.5)	95 (0.6)	152 (0.9)	200 (1.2)	244 (1.4)	5.5	5.3	2.8	2.0	3.3
北米	2,126 (24.3)	2,473 (19.2)	2,429 (16.5)	2,354 (14.7)	2,214 (13.2)	2,126 (12.2)	0.4	-0.4	-0.6	-0.4	-0.5
米国	1,914 (21.9)	2,216 (17.2)	2,139 (14.5)	2,045 (12.8)	1,897 (11.3)	1,804 (10.3)	0.4	-0.5	-0.7	-0.5	-0.6
中南米	467 (5.3)	788 (6.1)	821 (5.6)	921 (5.8)	1,031 (6.2)	1,143 (6.6)	1.8	1.3	1.1	1.0	1.1
欧州先進国	1,644 (18.8)	1,833 (14.3)	1,698 (11.5)	1,549 (9.7)	1,428 (8.5)	1,352 (7.7)	0.1	-1.0	-0.8	-0.5	-0.8
欧州連合	1,441 (16.5)	1,527 (11.9)	1,388 (9.4)	1,284 (8.0)	1,176 (7.0)	1,112 (6.4)	-0.1	-0.9	-0.9	-0.6	-0.8
他欧州/ユーラシア	1,514 (17.3)	1,112 (8.7)	1,225 (8.3)	1,190 (7.5)	1,217 (7.3)	1,296 (7.4)	-0.7	-0.3	0.2	0.6	0.2
アフリカ	390 (4.5)	685 (5.3)	853 (5.8)	975 (6.1)	1,100 (6.6)	1,228 (7.0)	2.6	1.5	1.2	1.1	1.3
中東	223 (2.5)	649 (5.0)	829 (5.6)	1,009 (6.3)	1,138 (6.8)	1,253 (7.2)	4.3	2.2	1.2	1.0	1.4
オセアニア	99 (1.1)	144 (1.1)	150 (1.0)	153 (1.0)	152 (0.9)	151 (0.9)	1.4	0.2	-0.1	-0.1	0.0
先進国	4,471 (51.1)	5,357 (41.7)	5,139 (34.8)	4,900 (30.7)	4,599 (27.5)	4,397 (25.2)	0.5	-0.5	-0.6	-0.4	-0.5
新興・途上国	4,081 (46.6)	7,132 (55.5)	9,306 (63.0)	10,559 (66.1)	11,502 (68.8)	12,330 (70.7)	2.7	1.4	0.9	0.7	1.0

(出所) IEA "World Energy Balances"
見通しは日本エネルギー経済研究所
(注)カッコ内は対世界比(%)。世界は国際バンカーを含む

付表8 | 一次エネルギー消費、石炭[レファレンスシナリオ]

(石油換算100万t)

	1990	2010	2021	2030	2040	2050	年平均変化率(%) 1990/2021	2021/2030	2030/2040	2040/2050	2021/2050
世界	2,223 (100)	3,662 (100)	4,016 (100)	3,784 (100)	3,492 (100)	3,186 (100)	1.9	-0.7	-0.8	-0.9	-0.8
アジア	789 (35.5)	2,416 (66.0)	3,142 (78.2)	3,150 (83.2)	2,941 (84.2)	2,638 (82.8)	4.6	0.0	-0.7	-1.1	-0.6
中国	531 (23.9)	1,790 (48.9)	2,266 (56.4)	2,143 (56.6)	1,763 (50.5)	1,290 (40.5)	4.8	-0.6	-1.9	-3.1	-1.9
インド	93 (4.2)	279 (7.6)	421 (10.5)	533 (14.1)	644 (18.5)	767 (24.1)	5.0	2.6	1.9	1.8	2.1
日本	77 (3.5)	115 (3.2)	109 (2.7)	77 (2.0)	65 (1.9)	57 (1.8)	1.1	-3.8	-1.7	-1.4	-2.2
韓国	25 (1.1)	73 (2.0)	75 (1.9)	75 (2.0)	73 (2.1)	66 (2.1)	3.6	0.0	-0.3	-0.9	-0.4
台湾	11 (0.5)	42 (1.1)	43 (1.1)	43 (1.1)	38 (1.1)	33 (1.0)	4.4	-0.1	-1.1	-1.5	-0.9
ASEAN	12 (0.6)	85 (2.3)	178 (4.4)	216 (5.7)	271 (7.8)	313 (9.8)	9.0	2.2	2.3	1.4	2.0
インドネシア	4 (0.2)	32 (0.9)	71 (1.8)	90 (2.4)	123 (3.5)	153 (4.8)	10.2	2.6	3.2	2.2	2.7
マレーシア	1 (0.1)	15 (0.4)	23 (0.6)	24 (0.6)	24 (0.7)	22 (0.7)	9.5	0.8	0.0	-1.1	-0.2
ミャンマー	0 (0.0)	0 (0.0)	1 (0.0)	3 (0.1)	5 (0.2)	9 (0.3)	9.5	12.5	5.1	4.8	7.2
フィリピン	1 (0.1)	7 (0.2)	19 (0.5)	22 (0.6)	27 (0.8)	29 (0.9)	9.1	1.7	2.0	0.8	1.5
シンガポール	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	10.4	0.1	-0.1	-1.0	-0.4
タイ	4 (0.2)	16 (0.4)	16 (0.4)	13 (0.4)	13 (0.4)	12 (0.4)	4.7	-1.7	-0.2	-1.0	-0.9
ベトナム	2 (0.1)	15 (0.4)	47 (1.2)	62 (1.6)	78 (2.2)	88 (2.8)	10.3	3.1	2.4	1.3	2.2
北米	484 (21.8)	525 (14.3)	264 (6.6)	145 (3.8)	68 (1.9)	30 (0.9)	-1.9	-6.5	-7.3	-7.9	-7.3
米国	460 (20.7)	501 (13.7)	254 (6.3)	141 (3.7)	66 (1.9)	28 (0.9)	-1.9	-6.3	-7.4	-8.3	-7.4
中南米	21 (1.0)	39 (1.1)	39 (1.0)	36 (1.0)	43 (1.2)	43 (1.3)	2.0	-0.7	1.6	0.1	0.3
欧州先進国	450 (20.3)	301 (8.2)	204 (5.1)	114 (3.0)	83 (2.4)	79 (2.5)	-2.5	-6.3	-3.1	-0.5	-3.2
欧州連合	393 (17.7)	252 (6.9)	166 (4.1)	97 (2.6)	71 (2.0)	68 (2.1)	-2.7	-5.8	-3.1	-0.3	-3.0
他欧州/ユーラシア	365 (16.4)	211 (5.8)	212 (5.3)	192 (5.1)	198 (5.7)	222 (7.0)	-1.7	-1.1	0.3	1.2	0.2
アフリカ	74 (3.3)	109 (3.0)	105 (2.6)	107 (2.8)	123 (3.5)	141 (4.4)	1.1	0.2	1.4	1.3	1.0
中東	3 (0.1)	10 (0.3)	8 (0.2)	9 (0.2)	8 (0.2)	7 (0.2)	3.3	0.8	-0.6	-1.8	-0.6
オセアニア	36 (1.6)	52 (1.4)	42 (1.0)	32 (0.8)	28 (0.8)	26 (0.8)	0.5	-2.9	-1.2	-0.7	-1.6
先進国	1,090 (49.0)	1,114 (30.4)	741 (18.5)	492 (13.0)	362 (10.4)	297 (9.3)	-1.2	-4.5	-3.0	-1.9	-3.1
新興・途上国	1,133 (51.0)	2,548 (69.6)	3,275 (81.5)	3,293 (87.0)	3,130 (89.6)	2,888 (90.7)	3.5	0.1	-0.5	-0.8	-0.4

(出所) IEA "World Energy Balances"
見通しは日本エネルギー経済研究所
(注)カッコ内は対世界比(%)。世界は国際バンカーを含む

付表9 | 一次エネルギー消費、石油[レファレンスシナリオ]

(石油換算100万t)

	1990	2010	2021	2030	2040	2050	年平均変化率(%) 1990/2021	2021/2030	2030/2040	2040/2050	2021/2050
世界	3,237 (100)	4,155 (100)	4,352 (100)	4,727 (100)	4,887 (100)	5,001 (100)	1.0	0.9	0.3	0.2	0.5
アジア	618 (19.1)	1,172 (28.2)	1,491 (34.3)	1,634 (34.6)	1,763 (36.1)	1,889 (37.8)	2.9	1.0	0.8	0.7	0.8
中国	119 (3.7)	428 (10.3)	678 (15.6)	682 (14.4)	654 (13.4)	607 (12.1)	5.8	0.1	-0.4	-0.7	-0.4
インド	61 (1.9)	162 (3.9)	223 (5.1)	295 (6.2)	407 (8.3)	548 (11.0)	4.3	3.1	3.3	3.0	3.1
日本	249 (7.7)	201 (4.8)	151 (3.5)	134 (2.8)	115 (2.4)	100 (2.0)	-1.6	-1.3	-1.5	-1.4	-1.4
韓国	50 (1.5)	95 (2.3)	112 (2.6)	109 (2.3)	101 (2.1)	92 (1.8)	2.6	-0.2	-0.8	-0.9	-0.7
台湾	28 (0.9)	49 (1.2)	44 (1.0)	43 (0.9)	40 (0.8)	35 (0.7)	1.4	-0.1	-0.7	-1.3	-0.7
ASEAN	88 (2.7)	189 (4.5)	222 (5.1)	298 (6.3)	354 (7.2)	397 (7.9)	3.0	3.4	1.7	1.2	2.0
インドネシア	33 (1.0)	67 (1.6)	68 (1.6)	91 (1.9)	109 (2.2)	123 (2.5)	2.3	3.3	1.8	1.2	2.0
マレーシア	11 (0.4)	25 (0.6)	26 (0.6)	35 (0.7)	35 (0.7)	32 (0.6)	2.6	3.6	0.0	-0.8	0.8
ミャンマー	1 (0.0)	1 (0.0)	6 (0.1)	8 (0.2)	12 (0.2)	15 (0.3)	6.8	3.8	3.9	2.8	3.5
フィリピン	10 (0.3)	14 (0.3)	18 (0.4)	30 (0.6)	44 (0.9)	56 (1.1)	2.1	5.7	3.8	2.5	3.9
シンガポール	11 (0.4)	17 (0.4)	25 (0.6)	25 (0.5)	27 (0.5)	27 (0.5)	2.5	0.4	0.4	0.3	0.4
タイ	18 (0.6)	45 (1.1)	56 (1.3)	62 (1.3)	67 (1.4)	69 (1.4)	3.7	1.2	0.8	0.4	0.8
ベトナム	3 (0.1)	18 (0.4)	23 (0.5)	46 (1.0)	60 (1.2)	73 (1.5)	7.1	7.9	2.7	2.1	4.1
北米	833 (25.7)	901 (21.7)	859 (19.7)	825 (17.5)	747 (15.3)	659 (13.2)	0.1	-0.4	-1.0	-1.2	-0.9
米国	757 (23.4)	807 (19.4)	764 (17.5)	728 (15.4)	658 (13.5)	581 (11.6)	0.0	-0.5	-1.0	-1.2	-0.9
中南米	241 (7.4)	365 (8.8)	333 (7.6)	364 (7.7)	383 (7.8)	395 (7.9)	1.0	1.0	0.5	0.3	0.6
欧州先進国	617 (19.1)	605 (14.6)	530 (12.2)	477 (10.1)	395 (8.1)	338 (6.7)	-0.5	-1.2	-1.9	-1.6	-1.5
欧州連合	531 (16.4)	506 (12.2)	437 (10.0)	390 (8.2)	324 (6.6)	277 (5.5)	-0.6	-1.3	-1.8	-1.6	-1.6
他欧州/ユーラシア	459 (14.2)	216 (5.2)	251 (5.8)	232 (4.9)	224 (4.6)	213 (4.3)	-1.9	-0.9	-0.4	-0.5	-0.6
アフリカ	85 (2.6)	161 (3.9)	195 (4.5)	243 (5.1)	311 (6.4)	378 (7.5)	2.7	2.5	2.5	2.0	2.3
中東	146 (4.5)	324 (7.8)	331 (7.6)	405 (8.6)	439 (9.0)	453 (9.1)	2.7	2.3	0.8	0.3	1.1
オセアニア	35 (1.1)	48 (1.2)	49 (1.1)	53 (1.1)	49 (1.0)	45 (0.9)	1.1	0.8	-0.7	-0.8	-0.3
先進国	1,827 (56.4)	1,920 (46.2)	1,771 (40.7)	1,671 (35.3)	1,477 (30.2)	1,298 (26.0)	-0.1	-0.6	-1.2	-1.3	-1.1
新興・途上国	1,208 (37.3)	1,873 (45.1)	2,267 (52.1)	2,562 (54.2)	2,834 (58.0)	3,070 (61.4)	2.1	1.4	1.0	0.8	1.1

(出所) IEA "World Energy Balances"
見通しは日本エネルギー経済研究所
(注)カッコ内は対世界比(%)。世界は国際バンカーを含む

付表10 | 一次エネルギー消費、天然ガス[レファレンスシナリオ]

(石油換算100万t)

	1990	2010	2021	2030	2040	2050	年平均変化率(%) 1990/2021	2021/2030	2030/2040	2040/2050	2021/2050
世界	1,662 (100)	2,734 (100)	3,487 (100)	3,660 (100)	4,025 (100)	4,519 (100)	2.4	0.5	1.0	1.2	0.9
アジア	116 (7.0)	455 (16.6)	722 (20.7)	923 (25.2)	1,128 (28.0)	1,317 (29.1)	6.1	2.8	2.0	1.6	2.1
中国	13 (0.8)	89 (3.3)	299 (8.6)	391 (10.7)	433 (10.8)	423 (9.4)	10.7	3.0	1.0	-0.2	1.2
インド	11 (0.6)	54 (2.0)	55 (1.6)	94 (2.6)	150 (3.7)	215 (4.7)	5.5	6.1	4.8	3.6	4.8
日本	44 (2.7)	86 (3.1)	87 (2.5)	72 (2.0)	69 (1.7)	68 (1.5)	2.2	-2.0	-0.5	-0.1	-0.8
韓国	3 (0.2)	39 (1.4)	54 (1.6)	52 (1.4)	60 (1.5)	68 (1.5)	10.1	-0.5	1.4	1.3	0.8
台湾	2 (0.1)	15 (0.5)	26 (0.7)	28 (0.8)	30 (0.7)	31 (0.7)	9.4	1.1	0.6	0.4	0.7
ASEAN	30 (1.8)	125 (4.6)	135 (3.9)	201 (5.5)	264 (6.6)	339 (7.5)	5.0	4.6	2.8	2.5	3.2
インドネシア	16 (1.0)	39 (1.4)	34 (1.0)	55 (1.5)	85 (2.1)	123 (2.7)	2.5	5.4	4.5	3.8	4.6
マレーシア	7 (0.4)	31 (1.1)	43 (1.2)	64 (1.8)	77 (1.9)	90 (2.0)	6.1	4.7	1.8	1.6	2.6
ミャンマー	1 (0.0)	1 (0.0)	3 (0.1)	8 (0.2)	12 (0.3)	18 (0.4)	5.0	10.3	4.1	3.7	5.8
フィリピン	- (-)	3 (0.1)	3 (0.1)	6 (0.2)	12 (0.3)	21 (0.5)	-	8.8	6.9	5.9	7.1
シンガポール	- (-)	6 (0.2)	10 (0.3)	10 (0.3)	11 (0.3)	11 (0.2)	-	0.9	0.5	0.3	0.5
タイ	5 (0.3)	33 (1.2)	34 (1.0)	39 (1.1)	41 (1.0)	40 (0.9)	6.3	1.7	0.6	-0.2	0.6
ベトナム	0 (0.0)	8 (0.3)	6 (0.2)	16 (0.4)	24 (0.6)	34 (0.7)	28.4	11.0	3.8	3.7	6.0
北米	493 (29.7)	632 (23.1)	840 (24.1)	818 (22.4)	753 (18.7)	680 (15.1)	1.7	-0.3	-0.8	-1.0	-0.7
米国	438 (26.4)	556 (20.3)	723 (20.7)	681 (18.6)	592 (14.7)	499 (11.0)	1.6	-0.7	-1.4	-1.7	-1.3
中南米	71 (4.3)	178 (6.5)	207 (5.9)	206 (5.6)	270 (6.7)	351 (7.8)	3.5	-0.1	2.7	2.7	1.8
欧州先進国	267 (16.1)	473 (17.3)	447 (12.8)	342 (9.3)	308 (7.7)	299 (6.6)	1.7	-2.9	-1.0	-0.3	-1.4
欧州連合	250 (15.0)	363 (13.3)	340 (9.7)	266 (7.3)	247 (6.1)	237 (5.2)	1.0	-2.7	-0.7	-0.4	-1.2
他欧州/ユーラシア	596 (35.8)	566 (20.7)	611 (17.5)	581 (15.9)	599 (14.9)	668 (14.8)	0.1	-0.6	0.3	1.1	0.3
アフリカ	30 (1.8)	88 (3.2)	141 (4.0)	182 (5.0)	253 (6.3)	361 (8.0)	5.2	2.9	3.4	3.6	3.3
中東	72 (4.3)	311 (11.4)	478 (13.7)	554 (15.1)	632 (15.7)	719 (15.9)	6.3	1.7	1.3	1.3	1.4
オセアニア	19 (1.1)	31 (1.1)	40 (1.1)	42 (1.1)	45 (1.1)	47 (1.0)	2.5	0.6	0.6	0.6	0.6
先進国	827 (49.8)	1,285 (47.0)	1,508 (43.2)	1,368 (37.4)	1,278 (31.8)	1,209 (26.8)	2.0	-1.1	-0.7	-0.6	-0.8
新興・途上国	835 (50.2)	1,449 (53.0)	1,979 (56.7)	2,280 (62.3)	2,710 (67.3)	3,233 (71.5)	2.8	1.6	1.7	1.8	1.7

(出所) IEA "World Energy Balances"
見通しは日本エネルギー経済研究所
(注)カッコ内は対世界比(%)。世界は国際バンカーを含む

付表11 | 最終エネルギー消費[レファレンスシナリオ]

(石油換算100万t)

	1990	2010	2021	2030	2040	2050	年平均変化率(%) 1990/2021	2021/2030	2030/2040	2040/2050	2021/2050
世界	6,242 (100)	8,829 (100)	10,082 (100)	11,014 (100)	11,618 (100)	12,194 (100)	1.6	1.0	0.5	0.5	0.7
アジア	1,534 (24.6)	3,166 (35.9)	4,131 (41.0)	4,653 (42.2)	5,071 (43.7)	5,464 (44.8)	3.2	1.3	0.9	0.7	1.0
中国	658 (10.5)	1,645 (18.6)	2,317 (23.0)	2,451 (22.2)	2,435 (21.0)	2,357 (19.3)	4.1	0.6	-0.1	-0.3	0.1
インド	215 (3.4)	443 (5.0)	632 (6.3)	846 (7.7)	1,110 (9.6)	1,413 (11.6)	3.5	3.3	2.8	2.4	2.8
日本	290 (4.7)	314 (3.6)	267 (2.7)	253 (2.3)	234 (2.0)	218 (1.8)	-0.3	-0.6	-0.8	-0.7	-0.7
韓国	65 (1.0)	158 (1.8)	182 (1.8)	185 (1.7)	181 (1.6)	174 (1.4)	3.4	0.2	-0.2	-0.4	-0.2
台湾	32 (0.5)	75 (0.8)	79 (0.8)	82 (0.7)	81 (0.7)	77 (0.6)	3.0	0.4	-0.1	-0.5	-0.1
ASEAN	171 (2.7)	377 (4.3)	446 (4.4)	588 (5.3)	724 (6.2)	854 (7.0)	3.1	3.1	2.1	1.7	2.3
インドネシア	79 (1.3)	148 (1.7)	152 (1.5)	195 (1.8)	249 (2.1)	307 (2.5)	2.1	2.8	2.5	2.1	2.4
マレーシア	13 (0.2)	42 (0.5)	56 (0.6)	80 (0.7)	91 (0.8)	97 (0.8)	4.7	4.0	1.3	0.7	1.9
ミャンマー	9 (0.2)	13 (0.1)	18 (0.2)	20 (0.2)	23 (0.2)	28 (0.2)	2.2	1.0	1.6	1.9	1.5
フィリピン	19 (0.3)	25 (0.3)	35 (0.3)	50 (0.5)	68 (0.6)	87 (0.7)	2.0	4.0	3.2	2.5	3.2
シンガポール	5 (0.1)	15 (0.2)	19 (0.2)	20 (0.2)	22 (0.2)	23 (0.2)	4.4	1.0	0.7	0.5	0.7
タイ	29 (0.5)	84 (1.0)	94 (0.9)	108 (1.0)	121 (1.0)	131 (1.1)	3.9	1.5	1.2	0.8	1.1
ベトナム	16 (0.3)	48 (0.5)	69 (0.7)	114 (1.0)	148 (1.3)	179 (1.5)	4.9	5.7	2.6	1.9	3.3
北米	1,452 (23.3)	1,697 (19.2)	1,731 (17.2)	1,719 (15.6)	1,667 (14.3)	1,615 (13.2)	0.6	-0.1	-0.3	-0.3	-0.2
米国	1,294 (20.7)	1,513 (17.1)	1,540 (15.3)	1,521 (13.8)	1,471 (12.7)	1,423 (11.7)	0.6	-0.1	-0.3	-0.3	-0.3
中南米	344 (5.5)	569 (6.4)	574 (5.7)	662 (6.0)	733 (6.3)	806 (6.6)	1.7	1.6	1.0	1.0	1.2
欧州先進国	1,142 (18.3)	1,289 (14.6)	1,255 (12.4)	1,193 (10.8)	1,097 (9.4)	1,027 (8.4)	0.3	-0.6	-0.8	-0.7	-0.7
欧州連合	995 (15.9)	1,070 (12.1)	1,023 (10.1)	972 (8.8)	893 (7.7)	833 (6.8)	0.1	-0.6	-0.8	-0.7	-0.7
他欧州/ユーラシア	1,057 (16.9)	711 (8.1)	802 (8.0)	782 (7.1)	782 (6.7)	793 (6.5)	-0.9	-0.3	0.0	0.1	0.0
アフリカ	286 (4.6)	495 (5.6)	614 (6.1)	689 (6.3)	744 (6.4)	785 (6.4)	2.5	1.3	0.8	0.5	0.9
中東	157 (2.5)	451 (5.1)	568 (5.6)	708 (6.4)	803 (6.9)	882 (7.2)	4.2	2.5	1.3	0.9	1.5
オセアニア	66 (1.1)	90 (1.0)	92 (0.9)	100 (0.9)	101 (0.9)	100 (0.8)	1.1	0.9	0.1	0.0	0.3
先進国	3,058 (49.0)	3,644 (41.3)	3,632 (36.0)	3,561 (32.3)	3,390 (29.2)	3,242 (26.6)	0.6	-0.2	-0.5	-0.4	-0.4
新興・途上国	2,981 (47.8)	4,824 (54.6)	6,135 (60.9)	6,945 (63.1)	7,607 (65.5)	8,230 (67.5)	2.4	1.4	0.9	0.8	1.0

(出所) IEA "World Energy Balances"
見通しは日本エネルギー経済研究所
(注)カッコ内は対世界比(%)。世界は国際バンカーを含む

付表12 | 最終エネルギー消費、産業[レファレンスシナリオ]

(石油換算100万t)

	1990	2010	2021	2030	2040	2050	年平均変化率(%) 1990/2021	2021/2030	2030/2040	2040/2050	2021/2050
世界	1,797 (100)	2,643 (100)	3,037 (100)	3,326 (100)	3,565 (100)	3,673 (100)	1.7	1.0	0.7	0.3	0.7
アジア	508 (28.3)	1,405 (53.1)	1,750 (57.6)	1,930 (58.0)	2,065 (57.9)	2,116 (57.6)	4.1	1.1	0.7	0.2	0.7
中国	234 (13.0)	924 (35.0)	1,129 (37.2)	1,100 (33.1)	1,011 (28.4)	876 (23.8)	5.2	-0.3	-0.8	-1.4	-0.9
インド	59 (3.3)	158 (6.0)	247 (8.1)	379 (11.4)	515 (14.4)	627 (17.1)	4.7	4.9	3.1	2.0	3.3
日本	108 (6.0)	92 (3.5)	80 (2.6)	75 (2.2)	69 (1.9)	64 (1.7)	-1.0	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8
韓国	19 (1.1)	45 (1.7)	47 (1.6)	50 (1.5)	50 (1.4)	47 (1.3)	2.9	0.7	0.0	-0.6	0.0
台湾	13 (0.7)	24 (0.9)	27 (0.9)	28 (0.9)	29 (0.8)	28 (0.8)	2.4	0.7	0.2	-0.4	0.1
ASEAN	41 (2.3)	120 (4.6)	162 (5.3)	215 (6.5)	273 (7.7)	320 (8.7)	4.5	3.2	2.4	1.6	2.4
インドネシア	17 (1.0)	49 (1.9)	56 (1.9)	75 (2.3)	101 (2.8)	127 (3.4)	3.9	3.2	3.0	2.3	2.8
マレーシア	6 (0.3)	15 (0.6)	19 (0.6)	25 (0.7)	31 (0.9)	35 (0.9)	4.0	3.2	2.3	1.0	2.2
ミャンマー	0 (0.0)	1 (0.0)	3 (0.1)	4 (0.1)	6 (0.2)	8 (0.2)	7.0	3.4	3.9	3.0	3.4
フィリピン	4 (0.2)	6 (0.2)	7 (0.2)	10 (0.3)	13 (0.4)	15 (0.4)	1.6	4.1	2.9	1.6	2.8
シンガポール	1 (0.0)	5 (0.2)	7 (0.2)	8 (0.2)	8 (0.2)	8 (0.2)	8.1	1.0	0.5	-0.1	0.4
タイ	9 (0.5)	26 (1.0)	30 (1.0)	36 (1.1)	42 (1.2)	45 (1.2)	4.1	2.0	1.5	0.8	1.4
ベトナム	5 (0.3)	17 (0.7)	40 (1.3)	58 (1.7)	72 (2.0)	82 (2.2)	7.3	4.2	2.2	1.3	2.5
北米	331 (18.4)	313 (11.8)	324 (10.7)	333 (10.0)	338 (9.5)	330 (9.0)	-0.1	0.3	0.2	-0.2	0.1
米国	284 (15.8)	270 (10.2)	278 (9.2)	285 (8.6)	287 (8.1)	279 (7.6)	-0.1	0.3	0.1	-0.3	0.0
中南米	114 (6.3)	179 (6.8)	169 (5.6)	202 (6.1)	237 (6.7)	267 (7.3)	1.3	2.0	1.6	1.2	1.6
欧州先進国	330 (18.4)	296 (11.2)	305 (10.1)	307 (9.2)	298 (8.4)	280 (7.6)	-0.3	0.1	-0.3	-0.6	-0.3
欧州連合	313 (17.4)	247 (9.3)	246 (8.1)	251 (7.5)	244 (6.9)	230 (6.3)	-0.8	0.2	-0.3	-0.6	-0.2
他欧州/ユーラシア	391 (21.8)	205 (7.8)	211 (7.0)	208 (6.3)	217 (6.1)	221 (6.0)	-2.0	-0.2	0.4	0.2	0.2
アフリカ	53 (3.0)	84 (3.2)	90 (3.0)	111 (3.3)	148 (4.1)	185 (5.0)	1.7	2.3	2.9	2.3	2.5
中東	47 (2.6)	134 (5.1)	160 (5.3)	205 (6.2)	230 (6.5)	242 (6.6)	4.0	2.8	1.2	0.5	1.4
オセアニア	23 (1.3)	26 (1.0)	27 (0.9)	30 (0.9)	31 (0.9)	32 (0.9)	0.5	1.3	0.6	0.2	0.6
先進国	826 (46.0)	803 (30.4)	817 (26.9)	832 (25.0)	825 (23.1)	790 (21.5)	0.0	0.2	-0.1	-0.4	-0.1
新興・途上国	970 (54.0)	1,840 (69.6)	2,219 (73.1)	2,494 (75.0)	2,740 (76.9)	2,883 (78.5)	2.7	1.3	0.9	0.5	0.9

(出所) IEA "World Energy Balances"
見通しは日本エネルギー経済研究所
(注)カッコ内は対世界比(%)

付表13 | 最終エネルギー消費、運輸[レファレンスシナリオ]

(石油換算100万t)

	1990	2010	2021	2030	2040	2050	年平均変化率(%) 1990/2021	2021/2030	2030/2040	2040/2050	2021/2050
世界	1,578 (100)	2,430 (100)	2,690 (100)	3,127 (100)	3,291 (100)	3,476 (100)	1.7	1.7	0.5	0.5	0.9
アジア	189 (12.0)	493 (20.3)	719 (26.7)	884 (28.3)	984 (29.9)	1,101 (31.7)	4.4	2.3	1.1	1.1	1.5
中国	30 (1.9)	195 (8.0)	346 (12.9)	420 (13.4)	422 (12.8)	406 (11.7)	8.2	2.2	0.0	-0.4	0.5
インド	21 (1.3)	65 (2.7)	102 (3.8)	141 (4.5)	205 (6.2)	304 (8.8)	5.3	3.6	3.8	4.1	3.8
日本	72 (4.6)	79 (3.2)	63 (2.4)	60 (1.9)	52 (1.6)	45 (1.3)	-0.4	-0.5	-1.6	-1.5	-1.2
韓国	15 (0.9)	30 (1.2)	36 (1.3)	34 (1.1)	29 (0.9)	24 (0.7)	2.9	-0.6	-1.5	-1.8	-1.3
台湾	7 (0.5)	13 (0.5)	13 (0.5)	13 (0.4)	11 (0.3)	8 (0.2)	1.8	0.1	-1.6	-2.6	-1.4
ASEAN	33 (2.1)	86 (3.6)	120 (4.5)	169 (5.4)	204 (6.2)	236 (6.8)	4.3	3.9	1.9	1.5	2.4
インドネシア	11 (0.7)	30 (1.2)	51 (1.9)	70 (2.2)	84 (2.5)	97 (2.8)	5.2	3.4	1.8	1.5	2.2
マレーシア	5 (0.3)	15 (0.6)	17 (0.6)	25 (0.8)	24 (0.7)	23 (0.6)	4.2	4.0	-0.1	-0.7	0.9
ミャンマー	0 (0.0)	1 (0.0)	2 (0.1)	3 (0.1)	4 (0.1)	6 (0.2)	4.4	5.8	4.3	3.3	4.4
フィリピン	5 (0.3)	8 (0.3)	11 (0.4)	19 (0.6)	29 (0.9)	37 (1.1)	2.9	6.2	4.2	2.7	4.3
シンガポール	1 (0.1)	2 (0.1)	2 (0.1)	2 (0.1)	2 (0.1)	2 (0.1)	1.7	0.0	-1.0	-1.5	-0.9
タイ	9 (0.6)	19 (0.8)	25 (0.9)	28 (0.9)	30 (0.9)	31 (0.9)	3.3	1.3	0.6	0.3	0.7
ベトナム	1 (0.1)	10 (0.4)	11 (0.4)	23 (0.7)	32 (1.0)	41 (1.2)	6.8	8.6	3.4	2.6	4.7
北米	531 (33.6)	655 (26.9)	660 (24.5)	647 (20.7)	588 (17.9)	531 (15.3)	0.7	-0.2	-0.9	-1.0	-0.7
米国	488 (30.9)	596 (24.5)	604 (22.4)	586 (18.8)	535 (16.2)	483 (13.9)	0.7	-0.3	-0.9	-1.0	-0.8
中南米	104 (6.6)	197 (8.1)	205 (7.6)	246 (7.9)	263 (8.0)	282 (8.1)	2.2	2.1	0.7	0.7	1.1
欧州先進国	269 (17.0)	335 (13.8)	338 (12.6)	313 (10.0)	254 (7.7)	217 (6.2)	0.7	-0.8	-2.1	-1.6	-1.5
欧州連合	220 (13.9)	279 (11.5)	274 (10.2)	251 (8.0)	205 (6.2)	175 (5.0)	0.7	-1.0	-2.0	-1.6	-1.5
他欧州/ユーラシア	170 (10.8)	145 (6.0)	156 (5.8)	142 (4.5)	135 (4.1)	129 (3.7)	-0.3	-1.1	-0.5	-0.5	-0.7
アフリカ	38 (2.4)	87 (3.6)	122 (4.6)	157 (5.0)	199 (6.1)	241 (6.9)	3.8	2.8	2.4	1.9	2.4
中東	51 (3.2)	121 (5.0)	140 (5.2)	192 (6.1)	211 (6.4)	220 (6.3)	3.3	3.5	0.9	0.4	1.6
オセアニア	24 (1.5)	35 (1.4)	35 (1.3)	38 (1.2)	36 (1.1)	34 (1.0)	1.2	0.9	-0.5	-0.6	-0.1
先進国	921 (58.3)	1,151 (47.3)	1,149 (42.7)	1,109 (35.5)	974 (29.6)	862 (24.8)	0.7	-0.4	-1.3	-1.2	-1.0
新興・途上国	455 (28.8)	918 (37.8)	1,227 (45.6)	1,509 (48.3)	1,697 (51.6)	1,892 (54.4)	3.3	2.3	1.2	1.1	1.5

(出所) IEA "World Energy Balances"
見通しは日本エネルギー経済研究所
(注)カッコ内は対世界比(%)。世界は国際バンカーを含む

付表14 | 最終エネルギー消費、民生・農業他[レファレンスシナリオ]

(石油換算100万t)

	1990	2010	2021	2030	2040	2050	年平均変化率(%) 1990/2021	2021/2030	2030/2040	2040/2050	2021/2050
世界	2,390 (100)	2,968 (100)	3,360 (100)	3,462 (100)	3,548 (100)	3,724 (100)	1.1	0.3	0.2	0.5	0.4
アジア	721 (30.2)	977 (32.9)	1,222 (36.4)	1,337 (38.6)	1,463 (41.2)	1,637 (44.0)	1.7	1.0	0.9	1.1	1.0
中国	351 (14.7)	413 (13.9)	629 (18.7)	703 (20.3)	767 (21.6)	838 (22.5)	1.9	1.2	0.9	0.9	1.0
インド	122 (5.1)	187 (6.3)	228 (6.8)	250 (7.2)	285 (8.0)	342 (9.2)	2.0	1.0	1.3	1.8	1.4
日本	78 (3.2)	108 (3.6)	94 (2.8)	88 (2.5)	84 (2.4)	82 (2.2)	0.6	-0.7	-0.5	-0.3	-0.5
韓国	24 (1.0)	44 (1.5)	46 (1.4)	46 (1.3)	45 (1.3)	46 (1.2)	2.0	0.0	-0.1	0.3	0.1
台湾	7 (0.3)	12 (0.4)	13 (0.4)	13 (0.4)	14 (0.4)	14 (0.4)	2.0	0.3	0.2	0.1	0.2
ASEAN	86 (3.6)	130 (4.4)	110 (3.3)	125 (3.6)	151 (4.3)	187 (5.0)	0.8	1.4	1.9	2.1	1.8
インドネシア	44 (1.8)	59 (2.0)	38 (1.1)	41 (1.2)	52 (1.5)	67 (1.8)	-0.5	0.9	2.4	2.7	2.0
マレーシア	2 (0.1)	8 (0.3)	9 (0.3)	12 (0.3)	14 (0.4)	17 (0.4)	4.8	3.2	1.7	1.5	2.1
ミャンマー	8 (0.4)	10 (0.3)	13 (0.4)	13 (0.4)	12 (0.3)	13 (0.4)	1.4	-0.5	-0.1	0.7	0.0
フィリピン	10 (0.4)	11 (0.4)	16 (0.5)	18 (0.5)	23 (0.6)	29 (0.8)	1.5	1.9	2.2	2.5	2.2
シンガポール	1 (0.0)	2 (0.1)	3 (0.1)	3 (0.1)	3 (0.1)	4 (0.1)	3.0	1.1	0.6	1.1	0.9
タイ	11 (0.5)	20 (0.7)	16 (0.5)	17 (0.5)	19 (0.5)	20 (0.5)	1.2	0.9	0.7	0.8	0.8
ベトナム	10 (0.4)	18 (0.6)	16 (0.5)	21 (0.6)	28 (0.8)	36 (1.0)	1.5	3.0	3.0	2.7	2.9
北米	456 (19.1)	572 (19.3)	570 (17.0)	555 (16.0)	546 (15.4)	554 (14.9)	0.7	-0.3	-0.2	0.1	-0.1
米国	403 (16.9)	511 (17.2)	504 (15.0)	488 (14.1)	479 (13.5)	484 (13.0)	0.7	-0.4	-0.2	0.1	-0.1
中南米	100 (4.2)	148 (5.0)	166 (4.9)	177 (5.1)	188 (5.3)	208 (5.6)	1.6	0.7	0.6	1.0	0.8
欧州先進国	442 (18.5)	544 (18.3)	506 (15.0)	466 (13.4)	439 (12.4)	426 (11.4)	0.4	-0.9	-0.6	-0.3	-0.6
欧州連合	374 (15.7)	447 (15.0)	408 (12.1)	376 (10.9)	352 (9.9)	338 (9.1)	0.3	-0.9	-0.7	-0.4	-0.6
他欧州/ユーラシア	431 (18.0)	281 (9.5)	331 (9.8)	327 (9.4)	319 (9.0)	325 (8.7)	-0.9	-0.1	-0.3	0.2	-0.1
アフリカ	184 (7.7)	306 (10.3)	380 (11.3)	397 (11.5)	365 (10.3)	321 (8.6)	2.4	0.5	-0.8	-1.3	-0.6
中東	40 (1.7)	118 (4.0)	160 (4.8)	178 (5.2)	201 (5.7)	226 (6.1)	4.6	1.2	1.2	1.2	1.2
オセアニア	15 (0.6)	23 (0.8)	25 (0.7)	26 (0.8)	27 (0.8)	28 (0.8)	1.7	0.6	0.4	0.4	0.5
先進国	1,025 (42.9)	1,310 (44.1)	1,260 (37.5)	1,201 (34.7)	1,162 (32.7)	1,157 (31.1)	0.7	-0.5	-0.3	0.0	-0.3
新興・途上国	1,365 (57.1)	1,658 (55.9)	2,101 (62.5)	2,261 (65.3)	2,386 (67.3)	2,567 (68.9)	1.4	0.8	0.5	0.7	0.7

(出所) IEA "World Energy Balances"
見通しは日本エネルギー経済研究所
(注)カッコ内は対世界比(%)

付表15 | 最終エネルギー消費、電力[レファレンスシナリオ]

(TWh)

	1990	2010	2021	2030	2040	2050	年平均変化率(%) 1990/2021	2021/2030	2030/2040	2040/2050	2021/2050
世界	9,699 (100)	17,880 (100)	24,150 (100)	29,832 (100)	35,753 (100)	42,483 (100)	3.0	2.4	1.8	1.7	2.0
アジア	1,823 (18.8)	6,677 (37.3)	11,896 (49.3)	15,826 (53.0)	19,281 (53.9)	22,549 (53.1)	6.2	3.2	2.0	1.6	2.2
中国	454 (4.7)	3,450 (19.3)	7,580 (31.4)	9,954 (33.4)	11,395 (31.9)	12,181 (28.7)	9.5	3.1	1.4	0.7	1.6
インド	212 (2.2)	718 (4.0)	1,206 (5.0)	2,034 (6.8)	3,067 (8.6)	4,299 (10.1)	5.8	6.0	4.2	3.4	4.5
日本	765 (7.9)	1,035 (5.8)	932 (3.9)	919 (3.1)	946 (2.6)	992 (2.3)	0.6	-0.2	0.3	0.5	0.2
韓国	94 (1.0)	449 (2.5)	536 (2.2)	602 (2.0)	659 (1.8)	718 (1.7)	5.8	1.3	0.9	0.9	1.0
台湾	77 (0.8)	218 (1.2)	264 (1.1)	295 (1.0)	318 (0.9)	335 (0.8)	4.1	1.2	0.8	0.5	0.8
ASEAN	130 (1.3)	601 (3.4)	1,018 (4.2)	1,513 (5.1)	2,124 (5.9)	2,895 (6.8)	6.9	4.5	3.4	3.1	3.7
インドネシア	28 (0.3)	147 (0.8)	286 (1.2)	445 (1.5)	695 (1.9)	1,062 (2.5)	7.8	5.0	4.6	4.3	4.6
マレーシア	20 (0.2)	111 (0.6)	155 (0.6)	226 (0.8)	298 (0.8)	369 (0.9)	6.8	4.3	2.8	2.2	3.0
ミャンマー	2 (0.0)	6 (0.0)	17 (0.1)	29 (0.1)	50 (0.1)	85 (0.2)	7.6	6.4	5.5	5.6	5.8
フィリピン	21 (0.2)	55 (0.3)	87 (0.4)	139 (0.5)	204 (0.6)	288 (0.7)	4.7	5.3	3.9	3.5	4.2
シンガポール	13 (0.1)	42 (0.2)	53 (0.2)	61 (0.2)	67 (0.2)	73 (0.2)	4.7	1.6	0.9	0.8	1.1
タイ	38 (0.4)	149 (0.8)	191 (0.8)	243 (0.8)	300 (0.8)	357 (0.8)	5.3	2.7	2.1	1.8	2.2
ベトナム	6 (0.1)	87 (0.5)	223 (0.9)	364 (1.2)	504 (1.4)	655 (1.5)	12.3	5.6	3.3	2.6	3.8
北米	3,051 (31.5)	4,265 (23.9)	4,362 (18.1)	4,722 (15.8)	5,215 (14.6)	5,917 (13.9)	1.2	0.9	1.0	1.3	1.1
米国	2,633 (27.1)	3,788 (21.2)	3,838 (15.9)	4,140 (13.9)	4,552 (12.7)	5,144 (12.1)	1.2	0.8	1.0	1.2	1.0
中南米	516 (5.3)	1,125 (6.3)	1,375 (5.7)	1,723 (5.8)	2,195 (6.1)	2,751 (6.5)	3.2	2.5	2.4	2.3	2.4
欧州先進国	2,248 (23.2)	3,106 (17.4)	3,151 (13.0)	3,383 (11.3)	3,600 (10.1)	3,944 (9.3)	1.1	0.8	0.6	0.9	0.8
欧州連合	1,887 (19.5)	2,510 (14.0)	2,487 (10.3)	2,686 (9.0)	2,857 (8.0)	3,115 (7.3)	0.9	0.9	0.6	0.9	0.8
他欧州/ユーラシア	1,448 (14.9)	1,193 (6.7)	1,349 (5.6)	1,476 (4.9)	1,790 (5.0)	2,331 (5.5)	-0.2	1.0	1.9	2.7	1.9
アフリカ	256 (2.6)	543 (3.0)	696 (2.9)	1,004 (3.4)	1,561 (4.4)	2,393 (5.6)	3.3	4.2	4.5	4.4	4.4
中東	199 (2.0)	719 (4.0)	1,066 (4.4)	1,390 (4.7)	1,761 (4.9)	2,207 (5.2)	5.6	3.0	2.4	2.3	2.5
オセアニア	158 (1.6)	252 (1.4)	255 (1.1)	308 (1.0)	349 (1.0)	391 (0.9)	1.6	2.1	1.3	1.2	1.5
先進国	6,429 (66.3)	9,410 (52.6)	9,600 (39.7)	10,338 (34.7)	11,204 (31.3)	12,424 (29.2)	1.3	0.8	0.8	1.0	0.9
新興・途上国	3,270 (33.7)	8,469 (47.4)	14,551 (60.3)	19,494 (65.3)	24,548 (68.7)	30,059 (70.8)	4.9	3.3	2.3	2.0	2.5

(出所) IEA "World Energy Balances"
見通しは日本エネルギー経済研究所
(注)カッコ内は対世界比(%)

付表16 | 発電電力量[レファレンスシナリオ]

(TWh)

	1990	2010	2021	2030	2040	2050	年平均変化率(%) 1990/2021	2021/2030	2030/2040	2040/2050	2021/2050
世界	11,837 (100)	21,538 (100)	28,402 (100)	35,078 (100)	41,769 (100)	49,102 (100)	2.9	2.4	1.8	1.6	1.9
アジア	2,237 (18.9)	7,992 (37.1)	13,664 (48.1)	18,317 (52.2)	22,235 (53.2)	25,744 (52.4)	6.0	3.3	2.0	1.5	2.2
中国	621 (5.2)	4,197 (19.5)	8,560 (30.1)	11,305 (32.2)	12,894 (30.9)	13,678 (27.9)	8.8	3.1	1.3	0.6	1.6
インド	289 (2.4)	972 (4.5)	1,635 (5.8)	2,715 (7.7)	3,939 (9.4)	5,274 (10.7)	5.7	5.8	3.8	3.0	4.1
日本	862 (7.3)	1,164 (5.4)	1,040 (3.7)	1,024 (2.9)	1,050 (2.5)	1,094 (2.2)	0.6	-0.2	0.3	0.4	0.2
韓国	105 (0.9)	497 (2.3)	608 (2.1)	682 (1.9)	743 (1.8)	805 (1.6)	5.8	1.3	0.9	0.8	1.0
台湾	87 (0.7)	244 (1.1)	287 (1.0)	321 (0.9)	346 (0.8)	365 (0.7)	3.9	1.2	0.8	0.5	0.8
ASEAN	154 (1.3)	675 (3.1)	1,107 (3.9)	1,667 (4.8)	2,349 (5.6)	3,203 (6.5)	6.6	4.7	3.5	3.2	3.7
インドネシア	33 (0.3)	170 (0.8)	309 (1.1)	488 (1.4)	769 (1.8)	1,179 (2.4)	7.5	5.2	4.7	4.4	4.7
マレーシア	23 (0.2)	125 (0.6)	180 (0.6)	259 (0.7)	340 (0.8)	419 (0.9)	6.9	4.1	2.7	2.1	3.0
ミャンマー	2 (0.0)	9 (0.0)	20 (0.1)	56 (0.2)	91 (0.2)	142 (0.3)	6.9	12.3	4.9	4.6	7.0
フィリピン	26 (0.2)	68 (0.3)	106 (0.4)	168 (0.5)	243 (0.6)	338 (0.7)	4.6	5.2	3.8	3.3	4.1
シンガポール	16 (0.1)	46 (0.2)	56 (0.2)	65 (0.2)	71 (0.2)	77 (0.2)	4.2	1.6	0.9	0.8	1.1
タイ	44 (0.4)	159 (0.7)	177 (0.6)	219 (0.6)	268 (0.6)	317 (0.6)	4.6	2.4	2.1	1.7	2.0
ベトナム	9 (0.1)	95 (0.4)	253 (0.9)	406 (1.2)	561 (1.3)	725 (1.5)	11.5	5.4	3.3	2.6	3.7
北米	3,685 (31.1)	4,957 (23.0)	4,997 (17.6)	5,400 (15.4)	5,940 (14.2)	6,702 (13.6)	1.0	0.9	1.0	1.2	1.0
米国	3,203 (27.1)	4,354 (20.2)	4,354 (15.3)	4,694 (13.4)	5,143 (12.3)	5,785 (11.8)	1.0	0.8	0.9	1.2	1.0
中南米	623 (5.3)	1,406 (6.5)	1,726 (6.1)	2,131 (6.1)	2,671 (6.4)	3,281 (6.7)	3.3	2.4	2.3	2.1	2.2
欧州先進国	2,695 (22.8)	3,623 (16.8)	3,637 (12.8)	3,897 (11.1)	4,125 (9.9)	4,487 (9.1)	1.0	0.8	0.6	0.8	0.7
欧州連合	2,256 (19.1)	2,955 (13.7)	2,885 (10.2)	3,198 (9.1)	3,452 (8.3)	3,818 (7.8)	0.8	1.2	0.8	1.0	1.0
他欧州/ユーラシア	1,856 (15.7)	1,689 (7.8)	1,867 (6.6)	2,007 (5.7)	2,356 (5.6)	2,946 (6.0)	0.0	0.8	1.6	2.3	1.6
アフリカ	309 (2.6)	686 (3.2)	885 (3.1)	1,262 (3.6)	1,919 (4.6)	2,867 (5.8)	3.4	4.0	4.3	4.1	4.1
中東	244 (2.1)	888 (4.1)	1,316 (4.6)	1,692 (4.8)	2,109 (5.0)	2,616 (5.3)	5.6	2.8	2.2	2.2	2.4
オセアニア	187 (1.6)	298 (1.4)	310 (1.1)	372 (1.1)	416 (1.0)	459 (0.9)	1.6	2.1	1.1	1.0	1.4
先進国	7,666 (64.8)	10,867 (50.5)	10,972 (38.6)	11,799 (33.6)	12,732 (30.5)	14,035 (28.6)	1.2	0.8	0.8	1.0	0.9
新興・途上国	4,171 (35.2)	10,671 (49.5)	17,430 (61.4)	23,278 (66.4)	29,037 (69.5)	35,066 (71.4)	4.7	3.3	2.2	1.9	2.4

(出所) IEA "World Energy Balances"
見通しは日本エネルギー経済研究所
(注)カッコ内は対世界比(%)

付表17 | 1人当たり一次エネルギー消費[レファレンスシナリオ]

(石油換算t/人)

							年平均変化率(%)				
	1990	2010	2021	2030	2040	2050	1990/2021	2021/2030	2030/2040	2040/2050	2021/2050
世界	1.66	1.85	1.87	1.88	1.83	1.80	0.4	0.0	-0.3	-0.1	-0.1
アジア	0.71	1.24	1.50	1.62	1.67	1.71	2.5	0.9	0.3	0.3	0.5
中国	0.77	1.90	2.65	2.83	2.81	2.69	4.1	0.8	-0.1	-0.4	0.1
インド	0.32	0.54	0.67	0.85	1.02	1.23	2.4	2.6	1.9	1.9	2.1
日本	3.54	3.90	3.18	3.15	3.10	3.14	-0.3	-0.1	-0.2	0.1	0.0
韓国	2.17	5.05	5.64	5.77	5.83	6.01	3.1	0.3	0.1	0.3	0.2
台湾	2.50	5.13	5.22	5.14	5.06	4.98	2.4	-0.2	-0.1	-0.2	-0.2
ASEAN	0.54	0.93	1.04	1.34	1.59	1.82	2.1	2.8	1.8	1.3	1.9
インドネシア	0.54	0.84	0.86	1.20	1.53	1.81	1.5	3.8	2.4	1.7	2.6
マレーシア	1.21	2.52	2.83	3.50	3.72	3.78	2.8	2.4	0.6	0.2	1.0
ミャンマー	0.27	0.28	0.40	0.49	0.60	0.76	1.3	2.4	2.0	2.4	2.2
フィリピン	0.43	0.44	0.54	0.64	0.75	0.84	0.7	2.0	1.5	1.2	1.6
シンガポール	3.78	4.76	6.46	6.56	6.67	6.92	1.7	0.2	0.2	0.4	0.2
タイ	0.77	1.73	1.81	2.03	2.32	2.63	2.8	1.3	1.3	1.3	1.3
ベトナム	0.27	0.67	0.98	1.47	1.88	2.27	4.3	4.7	2.5	1.9	3.0
北米	7.67	7.20	6.56	6.07	5.47	5.11	-0.5	-0.9	-1.0	-0.7	-0.9
米国	7.67	7.16	6.44	5.90	5.25	4.88	-0.6	-1.0	-1.2	-0.7	-1.0
中南米	1.07	1.35	1.26	1.33	1.41	1.53	0.5	0.6	0.6	0.8	0.7
欧州先進国	3.25	3.29	2.92	2.63	2.42	2.32	-0.4	-1.1	-0.8	-0.4	-0.8
欧州連合	3.43	3.46	3.10	2.86	2.64	2.55	-0.3	-0.9	-0.8	-0.4	-0.7
他欧州/ユーラシア	4.50	3.35	3.59	3.50	3.58	3.82	-0.7	-0.3	0.2	0.7	0.2
アフリカ	0.63	0.67	0.63	0.59	0.54	0.51	0.0	-0.8	-0.8	-0.6	-0.7
中東	1.67	2.95	3.07	3.28	3.29	3.31	2.0	0.7	0.0	0.0	0.3
オセアニア	4.85	5.46	4.87	4.57	4.22	3.97	0.0	-0.7	-0.8	-0.6	-0.7
先進国	4.48	4.70	4.29	4.02	3.74	3.60	-0.1	-0.7	-0.7	-0.4	-0.6
新興・途上国	0.95	1.23	1.39	1.45	1.45	1.46	1.2	0.4	0.0	0.0	0.2

(出所)世界銀行 "World Development Indicators"、IEA "World Energy Balances"等より算出
見通しは日本エネルギー経済研究所
(注)世界は国際バンカーを含む

付表18 | GDP当たり一次エネルギー消費[レファレンスシナリオ]

(石油換算t/2015年価格100万ドル)

	1990	2010	2021	2030	2040	2050	年平均変化率(%) 1990/2021	2021/2030	2030/2040	2040/2050	2021/2050
世界	244	198	171	145	116	95	-1.1	-1.8	-2.2	-2.0	-2.0
アジア	312	268	217	177	132	101	-1.2	-2.2	-2.9	-2.6	-2.6
中国	850	336	237	178	119	81	-4.0	-3.1	-3.9	-3.8	-3.6
インド	590	426	339	269	198	151	-1.8	-2.6	-3.0	-2.7	-2.8
日本	124	118	90	79	67	59	-1.0	-1.4	-1.7	-1.3	-1.5
韓国	231	198	172	144	116	98	-0.9	-2.0	-2.1	-1.7	-1.9
台湾	315	256	186	150	119	97	-1.7	-2.4	-2.3	-2.0	-2.2
ASEAN	317	275	225	204	168	139	-1.1	-1.1	-1.9	-1.9	-1.6
インドネシア	365	310	221	211	177	144	-1.6	-0.5	-1.8	-2.1	-1.5
マレーシア	284	312	268	240	194	157	-0.2	-1.2	-2.1	-2.1	-1.8
ミャンマー	1,489	318	323	323	260	220	-4.8	0.0	-2.2	-1.7	-1.3
フィリピン	249	182	161	127	103	90	-1.4	-2.6	-2.1	-1.3	-2.0
シンガポール	163	98	98	84	73	66	-1.6	-1.6	-1.4	-1.0	-1.3
タイ	294	340	296	252	205	168	0.0	-1.8	-2.1	-2.0	-1.9
ベトナム	397	330	286	256	200	161	-1.0	-1.2	-2.4	-2.2	-2.0
北米	200	139	109	90	69	56	-1.9	-2.2	-2.6	-2.1	-2.3
米国	195	135	104	84	64	51	-2.0	-2.3	-2.7	-2.2	-2.4
中南米	180	163	154	138	115	99	-0.5	-1.2	-1.8	-1.6	-1.5
欧州先進国	141	109	86	67	53	45	-1.6	-2.8	-2.2	-1.8	-2.2
欧州連合	158	118	95	74	59	50	-1.6	-2.6	-2.2	-1.7	-2.2
他欧州/ユーラシア	826	532	466	386	315	270	-1.8	-2.1	-2.0	-1.5	-1.9
アフリカ	424	343	320	255	177	128	-0.9	-2.5	-3.6	-3.2	-3.1
中東	245	314	311	283	241	205	0.8	-1.0	-1.6	-1.6	-1.4
オセアニア	150	118	95	79	62	50	-1.5	-2.0	-2.4	-2.1	-2.2
先進国	164	126	101	82	65	54	-1.6	-2.3	-2.3	-1.9	-2.2
新興・途上国	470	318	262	212	157	121	-1.9	-2.3	-2.9	-2.6	-2.6

(出所)世界銀行 "World Development Indicators"、IEA "World Energy Balances"等より算出
見通しは日本エネルギー経済研究所
(注)世界は国際バンカーを含む

付表19 | エネルギー起源二酸化炭素排出[レファレンスシナリオ]

(100万t)

	1990	2010	2021	2030	2040	2050	年平均変化率(%) 1990/2021	2021/2030	2030/2040	2040/2050	2021/2050
世界	20,522 (100)	30,703 (100)	33,568 (100)	34,019 (100)	33,905 (100)	33,922 (100)	1.6	0.1	0.0	0.0	0.0
アジア	4,700 (22.9)	13,032 (42.4)	16,776 (50.0)	17,635 (51.8)	17,515 (51.7)	17,000 (50.1)	4.2	0.6	-0.1	-0.3	0.0
中国	2,195 (10.7)	8,110 (26.4)	10,649 (31.7)	10,454 (30.7)	8,925 (26.3)	6,874 (20.3)	5.2	-0.2	-1.6	-2.6	-1.5
インド	531 (2.6)	1,588 (5.2)	2,279 (6.8)	2,976 (8.7)	3,810 (11.2)	4,786 (14.1)	4.8	3.0	2.5	2.3	2.6
日本	1,056 (5.1)	1,137 (3.7)	998 (3.0)	794 (2.3)	685 (2.0)	607 (1.8)	-0.2	-2.5	-1.5	-1.2	-1.7
韓国	208 (1.0)	528 (1.7)	559 (1.7)	537 (1.6)	522 (1.5)	495 (1.5)	3.2	-0.4	-0.3	-0.5	-0.4
台湾	109 (0.5)	254 (0.8)	267 (0.8)	270 (0.8)	247 (0.7)	216 (0.6)	2.9	0.1	-0.9	-1.3	-0.7
ASEAN	350 (1.7)	1,069 (3.5)	1,517 (4.5)	1,979 (5.8)	2,465 (7.3)	2,891 (8.5)	4.8	3.0	2.2	1.6	2.2
インドネシア	131 (0.6)	397 (1.3)	557 (1.7)	742 (2.2)	989 (2.9)	1,226 (3.6)	4.8	3.3	2.9	2.2	2.8
マレーシア	50 (0.2)	185 (0.6)	226 (0.7)	289 (0.8)	309 (0.9)	315 (0.9)	5.0	2.8	0.7	0.2	1.1
ミャンマー	4 (0.0)	8 (0.0)	28 (0.1)	54 (0.2)	83 (0.2)	119 (0.4)	6.4	7.8	4.4	3.7	5.2
フィリピン	35 (0.2)	75 (0.2)	132 (0.4)	184 (0.5)	253 (0.7)	315 (0.9)	4.3	3.8	3.2	2.2	3.0
シンガポール	29 (0.1)	51 (0.2)	46 (0.1)	48 (0.1)	49 (0.1)	49 (0.1)	1.5	0.6	0.3	0.0	0.3
タイ	80 (0.4)	223 (0.7)	235 (0.7)	248 (0.7)	254 (0.8)	244 (0.7)	3.5	0.6	0.3	-0.4	0.1
ベトナム	16 (0.1)	122 (0.4)	285 (0.8)	404 (1.2)	518 (1.5)	615 (1.8)	9.6	4.0	2.5	1.7	2.7
北米	5,126 (25.0)	5,698 (18.6)	5,055 (15.1)	4,383 (12.9)	3,674 (10.8)	3,085 (9.1)	0.0	-1.6	-1.7	-1.7	-1.7
米国	4,740 (23.1)	5,204 (17.0)	4,549 (13.6)	3,859 (11.3)	3,132 (9.2)	2,529 (7.5)	-0.1	-1.8	-2.1	-2.1	-2.0
中南米	867 (4.2)	1,524 (5.0)	1,453 (4.3)	1,519 (4.5)	1,730 (5.1)	1,939 (5.7)	1.7	0.5	1.3	1.1	1.0
欧州先進国	3,944 (19.2)	3,823 (12.5)	3,242 (9.7)	2,467 (7.3)	2,027 (6.0)	1,827 (5.4)	-0.6	-3.0	-1.9	-1.0	-2.0
欧州連合	3,464 (16.9)	3,135 (10.2)	2,579 (7.7)	1,724 (5.1)	1,419 (4.2)	1,274 (3.8)	-0.9	-4.4	-1.9	-1.1	-2.4
他欧州/ユーラシア	3,878 (18.9)	2,511 (8.2)	2,584 (7.7)	2,424 (7.1)	2,454 (7.2)	2,662 (7.8)	-1.3	-0.7	0.1	0.8	0.1
アフリカ	524 (2.6)	1,008 (3.3)	1,218 (3.6)	1,463 (4.3)	1,876 (5.5)	2,375 (7.0)	2.8	2.1	2.5	2.4	2.3
中東	569 (2.8)	1,553 (5.1)	1,862 (5.5)	2,192 (6.4)	2,393 (7.1)	2,542 (7.5)	3.9	1.8	0.9	0.6	1.1
オセアニア	279 (1.4)	421 (1.4)	392 (1.2)	360 (1.1)	341 (1.0)	328 (1.0)	1.1	-1.0	-0.5	-0.4	-0.6
先進国	10,784 (52.5)	11,954 (38.9)	10,593 (31.6)	8,898 (26.2)	7,584 (22.4)	6,646 (19.6)	-0.1	-1.9	-1.6	-1.3	-1.6
新興・途上国	9,102 (44.4)	17,615 (57.4)	21,990 (65.5)	23,544 (69.2)	24,426 (72.0)	25,113 (74.0)	2.9	0.8	0.4	0.3	0.5

(出所) IEA "World Energy Balances"より算出
見通しは日本エネルギー経済研究所
(注)カッコ内は対世界比(%)。世界は国際バンカーを含む

付表20 | 世界[レファレンスシナリオ]

一次エネルギー消費

	(石油換算100万トン[Mtoe])							構成比(%)			年平均変化率(%)			
	1990	2000	2010	2021	2030	2040	2050	1990	2021	2050	1990/2021	2021/2030	2030/2050	2021/2050
合計[*1]	8,754	10,026	12,850	14,759	15,968	16,722	17,449	100	100	100	1.7	0.9	0.4	0.6
石炭	2,223	2,318	3,662	4,016	3,784	3,492	3,186	25	27	18	1.9	-0.7	-0.9	-0.8
石油	3,237	3,684	4,155	4,352	4,727	4,887	5,001	37	29	29	1.0	0.9	0.3	0.5
天然ガス	1,662	2,068	2,734	3,487	3,660	4,025	4,519	19	24	26	2.4	0.5	1.1	0.9
原子力	526	675	719	732	842	878	915	6.0	5.0	5.2	1.1	1.6	0.4	0.8
水力	184	225	296	369	416	461	505	2.1	2.5	2.9	2.3	1.3	1.0	1.1
地熱	34	52	62	111	210	269	298	0.4	0.8	1.7	3.9	7.4	1.7	3.5
太陽光・風力等	2.5	8.2	48	291	769	1,208	1,612	0.0	2.0	9.2	16.5	11.4	3.8	6.1
バイオマス・廃棄物	885	994	1,173	1,397	1,556	1,499	1,412	10	9.5	8.1	1.5	1.2	-0.5	0.0
水素	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

最終エネルギー消費

	(Mtoe)							構成比(%)			1990/2021	2021/2030	2030/2050	2021/2050
	1990	2000	2010	2021	2030	2040	2050	1990	2021	2050				
合計	6,242	7,012	8,829	10,082	11,014	11,618	12,194	100	100	100	1.6	1.0	0.5	0.7
産業	1,797	1,869	2,643	3,037	3,326	3,565	3,673	29	30	30	1.7	1.0	0.5	0.7
運輸	1,578	1,966	2,430	2,690	3,127	3,291	3,476	25	27	29	1.7	1.7	0.5	0.9
民生・農業他	2,390	2,561	2,968	3,360	3,462	3,548	3,724	38	33	31	1.1	0.3	0.4	0.4
非エネルギー消費	477	616	788	995	1,100	1,214	1,322	7.6	9.9	11	2.4	1.1	0.9	1.0
石炭	751	542	1,061	913	843	803	766	12	9.1	6.3	0.6	-0.9	-0.5	-0.6
石油	2,608	3,130	3,621	3,926	4,331	4,505	4,640	42	39	38	1.3	1.1	0.3	0.6
天然ガス	945	1,120	1,344	1,710	1,787	1,870	1,925	15	17	16	1.9	0.5	0.4	0.4
電力	834	1,087	1,538	2,077	2,566	3,075	3,654	13	21	30	3.0	2.4	1.8	2.0
熱	336	248	275	347	370	359	331	5.4	3.4	2.7	0.1	0.7	-0.6	-0.2
水素	-	-	-	-	0.0	0.0	0.0	-	-	0.0	n.a.	n.a.	0.8	n.a.
再生可能	768	886	990	1,109	1,117	1,006	879	12	11	7.2	1.2	0.1	-1.2	-0.8

発電量

	(TWh)							構成比(%)			1990/2021	2021/2030	2030/2050	2021/2050
	1990	2000	2010	2021	2030	2040	2050	1990	2021	2050				
合計	11,837	15,423	21,538	28,402	35,078	41,769	49,102	100	100	100	2.9	2.4	1.7	1.9
石炭	4,430	5,995	8,674	10,252	9,831	9,083	8,460	37	36	17	2.7	-0.5	-0.7	-0.7
石油	1,317	1,184	963	723	565	497	396	11	2.5	0.8	-1.9	-2.7	-1.8	-2.1
天然ガス	1,748	2,772	4,856	6,556	6,876	8,550	11,332	15	23	23	4.4	0.5	2.5	1.9
原子力	2,013	2,591	2,756	2,808	3,233	3,371	3,511	17	9.9	7.2	1.1	1.6	0.4	0.8
水力	2,139	2,611	3,447	4,293	4,835	5,364	5,871	18	15	12	2.3	1.3	1.0	1.1
地熱	36	52	68	96	180	228	255	0.3	0.3	0.5	3.2	7.3	1.7	3.4
太陽光	0.1	0.8	32	1,020	3,905	6,627	8,884	0.0	3.6	18	35.1	16.1	4.2	7.7
風力	3.9	31	342	1,864	4,278	6,370	8,416	0.0	6.6	17	22.0	9.7	3.4	5.3
太陽熱・海洋	1.2	1.1	2.2	16	96	180	307	0.0	0.1	0.6	8.6	22.4	6.0	10.8
バイオマス・廃棄物	130	163	362	735	1,238	1,460	1,630	1.1	2.6	3.3	5.7	6.0	1.4	2.8
水素	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
その他	20	22	35	39	39	39	39	0.2	0.1	0.1	2.2	0.0	0.0	0.0

エネルギー・経済指標他

	1990	2000	2010	2021	2030	2040	2050	1990/2021	2021/2030	2030/2050	2021/2050
GDP (2015年価格10億ドル)	35,916	48,229	64,773	86,438	109,746	144,034	184,046	2.9	2.7	2.6	2.6
人口(100万人)	5,286	6,135	6,960	7,877	8,511	9,155	9,680	1.3	0.9	0.6	0.7
エネルギー起源CO_2排出(100万t)	20,522	23,175	30,703	33,568	34,019	33,905	33,922	1.6	0.1	0.0	0.0
一人あたりGDP (2015年価格1,000ドル/人)	6.8	7.9	9.3	11	13	16	19	1.6	1.8	2.0	1.9
一人あたり一次エネルギー消費(toe/人)	1.7	1.6	1.8	1.9	1.9	1.8	1.8	0.4	0.0	-0.2	-0.1
GDPあたり一次エネルギー消費[*2]	244	208	198	171	145	116	95	-1.1	-1.8	-2.1	-2.0
GDPあたりCO_2排出量[*3]	571	481	474	388	310	235	184	-1.2	-2.5	-2.6	-2.5
一次エネルギー消費あたりCO_2排出(t/toe)	2.3	2.3	2.4	2.3	2.1	2.0	1.9	-0.1	-0.7	-0.5	-0.5

*1 電力、熱の輸出入を掲載していないため、合計と内訳は必ずしも一致しない。
*2 toe/2015年価格100万ドル。*3 t/2015年価格100万ドル

付表21 | アジア[レファレンスシナリオ]

一次エネルギー消費

	(石油換算100万トン[Mtoe])							構成比(%)			年平均変化率(%)			
	1990	2000	2010	2021	2030	2040	2050	1990	2021	2050	1990/2021	2021/2030	2030/2050	2021/2050
合計[*1]	2,088	2,867	4,803	6,439	7,310	7,823	8,179	100	100	100	3.7	1.4	0.6	0.8
石炭	789	1,038	2,416	3,142	3,150	2,941	2,638	38	49	32	4.6	0.0	-0.9	-0.6
石油	618	918	1,172	1,491	1,634	1,763	1,889	30	23	23	2.9	1.0	0.7	0.8
天然ガス	116	233	455	722	923	1,128	1,317	5.5	11	16	6.1	2.8	1.8	2.1
原子力	77	132	152	189	279	340	399	3.7	2.9	4.9	3.0	4.4	1.8	2.6
水力	32	41	92	157	180	207	230	1.5	2.4	2.8	5.3	1.5	1.2	1.3
地熱	8.2	23	31	64	133	173	187	0.4	1.0	2.3	6.8	8.5	1.7	3.8
太陽光・風力等	1.3	2.1	16	142	371	616	845	0.1	2.2	10	16.4	11.3	4.2	6.3
バイオマス・廃棄物	448	480	469	530	638	654	672	21	8.2	8.2	0.5	2.1	0.3	0.8
水素	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

最終エネルギー消費

	(Mtoe)							構成比(%)			1990/2021	2021/2030	2030/2050	2021/2050
	1990	2000	2010	2021	2030	2040	2050	1990	2021	2050				
合計	1,534	1,976	3,166	4,131	4,653	5,071	5,464	100	100	100	3.2	1.3	0.8	1.0
産業	508	654	1,405	1,750	1,930	2,065	2,116	33	42	39	4.1	1.1	0.5	0.7
運輸	189	323	493	719	884	984	1,101	12	17	20	4.4	2.3	1.1	1.5
民生・農業他	721	818	977	1,222	1,337	1,463	1,637	47	30	30	1.7	1.0	1.0	1.0
非エネルギー消費	115	181	291	439	502	559	610	7.5	11	11	4.4	1.5	1.0	1.1
石炭	423	373	897	762	703	671	645	28	18	12	1.9	-0.9	-0.4	-0.6
石油	465	743	993	1,343	1,488	1,614	1,739	30	33	32	3.5	1.1	0.8	0.9
天然ガス	46	89	201	392	459	516	558	3.0	9.5	10	7.1	1.8	1.0	1.2
電力	157	279	574	1,023	1,361	1,658	1,939	10	25	35	6.2	3.2	1.8	2.2
熱	14	30	69	157	185	183	169	0.9	3.8	3.1	8.1	1.9	-0.5	0.3
水素	-	-	-	-	0.0	0.0	0.0	-	-	0.0	n.a.	n.a.	0.0	n.a.
再生可能	429	462	433	454	456	429	414	28	11	7.6	0.2	0.0	-0.5	-0.3

発電量

	(TWh)							構成比(%)			1990/2021	2021/2030	2030/2050	2021/2050
	1990	2000	2010	2021	2030	2040	2050	1990	2021	2050				
合計	2,237	3,971	7,992	13,664	18,317	22,235	25,744	100	100	100	6.0	3.3	1.7	2.2
石炭	868	1,984	4,780	7,824	8,250	7,788	7,079	39	57	27	7.4	0.6	-0.8	-0.3
石油	433	381	260	130	98	92	84	19	1.0	0.3	-3.8	-3.1	-0.8	-1.5
天然ガス	237	566	1,096	1,466	2,100	2,949	3,916	11	11	15	6.1	4.1	3.2	3.4
原子力	294	505	582	727	1,071	1,303	1,533	13	5.3	6.0	3.0	4.4	1.8	2.6
水力	368	478	1,072	1,825	2,091	2,407	2,678	16	13	10	5.3	1.5	1.2	1.3
地熱	8.4	20	22	30	76	99	108	0.4	0.2	0.4	4.2	10.8	1.8	4.5
太陽光	0.1	0.4	5.2	560	2,069	3,639	5,073	0.0	4.1	20	33.6	15.6	4.6	7.9
風力	0.0	2.4	70	761	1,878	3,108	4,284	0.0	5.6	17	38.1	10.6	4.2	6.1
太陽熱・海洋	0.0	0.0	0.0	2.5	11	17	32	0.0	0.0	0.1	20.8	17.5	5.6	9.2
バイオマス・廃棄物	9.0	15	82	315	651	810	935	0.4	2.3	3.6	12.2	8.4	1.8	3.8
水素	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
その他	20	20	21	23	23	23	23	0.9	0.2	0.1	0.5	0.0	0.0	0.0

エネルギー・経済指標他

	1990	2000	2010	2021	2030	2040	2050	1990/2021	2021/2030	2030/2050	2021/2050
GDP (2015年価格10億ドル)	6,690	10,397	17,895	29,673	41,194	59,070	80,738	4.9	3.7	3.4	3.5
人口(100万人)	2,955	3,454	3,874	4,284	4,507	4,686	4,772	1.2	0.6	0.3	0.4
エネルギー起源CO_2排出(100万t)	4,700	6,817	13,032	16,776	17,635	17,515	17,000	4.2	0.6	-0.2	0.0
一人あたりGDP (2015年価格1,000ドル/人)	2.3	3.0	4.6	6.9	9.1	13	17	3.7	3.1	3.1	3.1
一人あたり一次エネルギー消費(toe/人)	0.7	0.8	1.2	1.5	1.6	1.7	1.7	2.5	0.9	0.3	0.5
GDPあたり一次エネルギー消費[*2]	312	276	268	217	177	132	101	-1.2	-2.2	-2.8	-2.6
GDPあたりCO_2排出量[*3]	703	656	728	565	428	297	211	-0.7	-3.0	-3.5	-3.3
一次エネルギー消費あたりCO_2排出(t/toe)	2.3	2.4	2.7	2.6	2.4	2.2	2.1	0.5	-0.9	-0.7	-0.8

*1 電力、熱の輸出入を掲載していないため、合計と内訳は必ずしも一致しない。
*2 toe/2015年価格100万ドル。*3 t/2015年価格100万ドル

付表22 | 中国[レファレンスシナリオ]

一次エネルギー消費

	(石油換算100万トン[Mtoe])							構成比(%)			年平均変化率(%)			
	1990	2000	2010	2021	2030	2040	2050	1990	2021	2050	1990/2021	2021/2030	2030/2050	2021/2050
合計[*1]	874	1,133	2,536	3,738	3,977	3,837	3,514	100	100	100	4.8	0.7	-0.6	-0.2
石炭	531	668	1,790	2,266	2,143	1,763	1,290	61	61	37	4.8	-0.6	-2.5	-1.9
石油	119	221	428	678	682	654	607	14	18	17	5.8	0.1	-0.6	-0.4
天然ガス	13	21	89	299	391	433	423	1.5	8.0	12	10.7	3.0	0.4	1.2
原子力	-	4.4	19	106	147	193	237	-	2.8	6.7	n.a.	3.7	2.4	2.8
水力	11	19	61	112	121	135	145	1.2	3.0	4.1	7.8	0.9	0.9	0.9
地熱	-	1.7	3.6	24	28	30	31	-	0.6	0.9	n.a.	1.7	0.6	0.9
太陽光・風力等	0.0	1.0	12	111	275	440	589	0.0	3.0	17	29.9	10.6	3.9	5.9
バイオマス・廃棄物	200	198	133	144	192	191	193	23	3.9	5.5	-1.1	3.3	0.0	1.0
水素	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

最終エネルギー消費

	(Mtoe)							構成比(%)			1990/2021	2021/2030	2030/2050	2021/2050
	1990	2000	2010	2021	2030	2040	2050	1990	2021	2050				
合計	658	781	1,645	2,317	2,451	2,435	2,357	100	100	100	4.1	0.6	-0.2	0.1
産業	234	302	924	1,129	1,100	1,011	876	36	49	37	5.2	-0.3	-1.1	-0.9
運輸	30	83	195	346	420	422	406	4.6	15	17	8.2	2.2	-0.2	0.5
民生・農業他	351	339	413	629	703	767	838	53	27	36	1.9	1.2	0.9	1.0
非エネルギー消費	43	58	113	212	227	235	237	6.5	9.2	10	5.3	0.7	0.2	0.4
石炭	311	274	712	542	437	347	277	47	23	12	1.8	-2.4	-2.2	-2.3
石油	85	180	369	619	625	602	562	13	27	24	6.6	0.1	-0.5	-0.3
天然ガス	8.9	12	73	223	242	241	228	1.3	9.6	9.7	11.0	0.9	-0.3	0.1
電力	39	89	297	652	856	980	1,048	5.9	28	44	9.5	3.1	1.0	1.6
熱	13	26	62	147	176	174	159	2.0	6.4	6.8	8.1	2.0	-0.5	0.3
水素	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
再生可能	200	199	132	133	115	93	84	30	5.8	3.6	-1.3	-1.6	-1.6	-1.6

発電量

	(TWh)							構成比(%)			1990/2021	2021/2030	2030/2050	2021/2050
	1990	2000	2010	2021	2030	2040	2050	1990	2021	2050				
合計	621	1,356	4,197	8,560	11,305	12,894	13,678	100	100	100	8.8	3.1	1.0	1.6
石炭	441	1,060	3,240	5,417	5,505	4,571	3,285	71	63	24	8.4	0.2	-2.5	-1.7
石油	50	47	15	11	9.8	6.3	3.0	8.1	0.1	0.0	-4.7	-1.7	-5.7	-4.5
天然ガス	2.8	5.8	78	268	561	763	787	0.4	3.1	5.8	15.9	8.6	1.7	3.8
原子力	-	17	74	408	564	739	910	-	4.8	6.7	n.a.	3.7	2.4	2.8
水力	127	222	711	1,300	1,406	1,566	1,684	20	15	12	7.8	0.9	0.9	0.9
地熱	0.1	0.1	0.1	0.1	1.1	1.5	1.6	0.0	0.0	0.0	2.6	27.9	1.6	9.1
太陽光	0.0	0.0	0.7	327	1,275	2,112	2,813	0.0	3.8	21	47.3	16.3	4.0	7.7
風力	0.0	0.6	45	656	1,591	2,654	3,649	0.0	7.7	27	50.6	10.3	4.2	6.1
太陽熱・海洋	0.0	0.0	0.0	2.0	4.1	6.3	14	0.0	0.0	0.1	20.0	8.2	6.2	6.8
バイオマス・廃棄物	-	2.4	34	170	388	476	532	-	2.0	3.9	n.a.	9.6	1.6	4.0
水素	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
その他	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

エネルギー・経済指標他

	1990	2000	2010	2021	2030	2040	2050	1990/2021	2021/2030	2030/2050	2021/2050
GDP (2015年価格10億ドル)	1,027	2,770	7,554	15,802	22,368	32,274	43,522	9.2	3.9	3.4	3.6
人口(100万人)	1,135	1,263	1,338	1,412	1,404	1,367	1,305	0.7	-0.1	-0.4	-0.3
エネルギー起源CO_2排出(100万t)	2,195	3,209	8,110	10,649	10,454	8,925	6,874	5.2	-0.2	-2.1	-1.5
一人あたりGDP (2015年価格1,000ドル/人)	0.9	2.2	5.6	11	16	24	33	8.4	4.0	3.8	3.8
一人あたり一次エネルギー消費(toe/人)	0.8	0.9	1.9	2.6	2.8	2.8	2.7	4.1	0.8	-0.3	0.1
GDPあたり一次エネルギー消費[*2]	850	409	336	237	178	119	81	-4.0	-3.1	-3.9	-3.6
GDPあたりCO_2排出量[*3]	2,137	1,158	1,074	674	467	277	158	-3.7	-4.0	-5.3	-4.9
一次エネルギー消費あたりCO_2排出(t/toe)	2.5	2.8	3.2	2.8	2.6	2.3	2.0	0.4	-0.9	-1.5	-1.3

*1 電力、熱の輸出入を掲載していないため、合計と内訳は必ずしも一致しない。
*2 toe/2015年価格100万ドル。*3 t/2015年価格100万ドル

付表23 | インド[レファレンスシナリオ]

一次エネルギー消費

	(石油換算100万トン[Mtoe])							構成比(%)			年平均変化率(%)			
	1990	2000	2010	2021	2030	2040	2050	1990	2021	2050	1990/2021	2021/2030	2030/2050	2021/2050
合計[*1]	280	418	667	944	1,280	1,645	2,054	100	100	100	4.0	3.4	2.4	2.7
石炭	93	146	279	421	533	644	767	33	45	37	5.0	2.6	1.8	2.1
石油	61	112	162	223	295	407	548	22	24	27	4.3	3.1	3.1	3.1
天然ガス	11	23	54	55	94	150	215	3.8	5.8	10	5.5	6.1	4.2	4.8
原子力	1.6	4.4	6.8	12	36	47	61	0.6	1.3	3.0	6.8	12.8	2.6	5.7
水力	6.2	6.4	11	14	20	27	34	2.2	1.5	1.6	2.7	3.9	2.7	3.1
地熱	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
太陽光・風力等	0.0	0.2	2.0	15	53	113	169	0.0	1.5	8.2	26.3	15.3	6.0	8.8
バイオマス・廃棄物	108	126	152	204	249	257	261	39	22	13	2.1	2.3	0.2	0.9
水素	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

最終エネルギー消費

	(Mtoe)							構成比(%)			1990/2021	2021/2030	2030/2050	2021/2050
	1990	2000	2010	2021	2030	2040	2050	1990	2021	2050				
合計	215	290	443	632	846	1,110	1,413	100	100	100	3.5	3.3	2.6	2.8
産業	59	85	158	247	379	515	627	27	39	44	4.7	4.9	2.5	3.3
運輸	21	32	65	102	141	205	304	9.6	16	22	5.3	3.6	3.9	3.8
民生・農業他	122	147	187	228	250	285	342	57	36	24	2.0	1.0	1.6	1.4
非エネルギー消費	13	27	34	55	76	105	139	6.2	8.8	9.9	4.7	3.6	3.1	3.2
石炭	38	33	87	107	138	180	218	18	17	15	3.4	2.9	2.3	2.5
石油	50	94	138	205	275	381	516	23	32	37	4.6	3.3	3.2	3.2
天然ガス	6.1	12	19	38	57	87	118	2.8	6.0	8.4	6.1	4.7	3.7	4.0
電力	18	32	62	104	175	264	370	8.5	16	26	5.8	6.0	3.8	4.5
熱	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
水素	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
再生可能	102	119	138	179	202	199	191	48	28	13	1.8	1.4	-0.3	0.2

発電量

	(TWh)							構成比(%)			1990/2021	2021/2030	2030/2050	2021/2050
	1990	2000	2010	2021	2030	2040	2050	1990	2021	2050				
合計	289	561	972	1,635	2,715	3,939	5,274	100	100	100	5.7	5.8	3.4	4.1
石炭	189	387	658	1,170	1,503	1,756	2,088	65	72	40	6.1	2.8	1.7	2.0
石油	13	25	19	4.5	1.4	-	-	4.3	0.3	-	-3.2	-12.5	-100	-100
天然ガス	10.0	56	107	62	176	309	505	3.4	3.8	9.6	6.1	12.4	5.4	7.5
原子力	6.1	17	26	47	140	179	234	2.1	2.9	4.4	6.8	12.8	2.6	5.7
水力	72	74	125	162	230	309	391	25	9.9	7.4	2.7	3.9	2.7	3.1
地熱	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
太陽光	-	0.0	0.1	76	452	1,055	1,589	-	4.6	30	n.a.	22.0	6.5	11.1
風力	0.0	1.7	20	77	126	214	320	0.0	4.7	6.1	28.6	5.6	4.8	5.0
太陽熱・海洋	-	-	-	-	3.2	5.9	9.5	-	-	0.2	n.a.	n.a.	5.6	n.a.
バイオマス・廃棄物	-	0.2	17	37	82	110	139	-	2.3	2.6	n.a.	9.3	2.6	4.7
水素	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
その他	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

エネルギー・経済指標他

	1990	2000	2010	2021	2030	2040	2050	1990/2021	2021/2030	2030/2050	2021/2050
GDP (2015年価格10億ドル)	475	817	1,567	2,782	4,761	8,307	13,614	5.9	6.2	5.4	5.6
人口(100万人)	870	1,060	1,241	1,408	1,514	1,613	1,674	1.6	0.8	0.5	0.6
エネルギー起源CO_2排出(100万t)	531	892	1,588	2,279	2,976	3,810	4,786	4.8	3.0	2.4	2.6
一人あたりGDP (2015年価格1,000ドル/人)	0.5	0.8	1.3	2.0	3.1	5.1	8.1	4.2	5.3	4.9	5.0
一人あたり一次エネルギー消費(toe/人)	0.3	0.4	0.5	0.7	0.8	1.0	1.2	2.4	2.6	1.9	2.1
GDPあたり一次エネルギー消費[*2]	590	512	426	339	269	198	151	-1.8	-2.6	-2.8	-2.8
GDPあたりCO_2排出量[*3]	1,119	1,092	1,013	819	625	459	352	-1.0	-3.0	-2.8	-2.9
一次エネルギー消費あたりCO_2排出(t/toe)	1.9	2.1	2.4	2.4	2.3	2.3	2.3	0.8	-0.4	0.0	-0.1

*1 電力、熱の輸出入を掲載していないため、合計と内訳は必ずしも一致しない。
*2 toe/2015年価格100万ドル。*3 t/2015年価格100万ドル

付表24 | 日本[レファレンスシナリオ]

一次エネルギー消費

	(石油換算100万トン[Mtoe])							構成比(%)			年平均変化率(%)			
	1990	2000	2010	2021	2030	2040	2050	1990	2021	2050	1990/2021	2021/2030	2030/2050	2021/2050
合計[*1]	437	516	500	400	376	348	329	100	100	100	-0.3	-0.7	-0.7	-0.7
石炭	77	97	115	109	77	65	57	18	27	17	1.1	-3.8	-1.5	-2.2
石油	249	253	201	151	134	115	100	57	38	30	-1.6	-1.3	-1.5	-1.4
天然ガス	44	66	86	87	72	69	68	10	22	21	2.2	-2.0	-0.3	-0.8
原子力	53	84	75	18	41	37	37	12	4.6	11	-3.3	9.3	-0.6	2.4
水力	7.6	7.2	7.2	6.8	7.9	8.3	8.4	1.7	1.7	2.6	-0.4	1.7	0.3	0.8
地熱	1.6	3.1	2.4	2.7	4.4	5.5	6.3	0.4	0.7	1.9	1.8	5.5	1.8	2.9
太陽光・風力等	1.2	0.9	1.1	8.4	15	19	20	0.3	2.1	6.1	6.4	6.4	1.6	3.1
バイオマス・廃棄物	4.2	5.0	11	17	26	29	33	1.0	4.2	9.9	4.6	4.8	1.2	2.3
水素	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

最終エネルギー消費

	(Mtoe)							構成比(%)			1990/2021	2021/2030	2030/2050	2021/2050
	1990	2000	2010	2021	2030	2040	2050	1990	2021	2050				
合計	290	336	314	267	253	234	218	100	100	100	-0.3	-0.6	-0.7	-0.7
産業	108	103	92	80	75	69	64	37	30	29	-1.0	-0.8	-0.8	-0.8
運輸	72	89	79	63	60	52	45	25	24	20	-0.4	-0.5	-1.5	-1.2
民生・農業他	78	108	108	94	88	84	82	27	35	37	0.6	-0.7	-0.4	-0.5
非エネルギー消費	32	36	35	30	30	29	29	11	11	13	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2
石炭	27	21	23	20	18	16	14	9.3	7.5	6.2	-1.0	-1.4	-1.3	-1.3
石油	180	205	166	132	123	106	92	62	49	42	-1.0	-0.8	-1.4	-1.2
天然ガス	14	21	29	28	26	24	21	4.7	11	9.8	2.4	-0.7	-1.1	-0.9
電力	66	84	89	80	79	81	85	23	30	39	0.6	-0.2	0.4	0.2
熱	0.2	0.5	0.6	0.5	0.5	0.4	0.3	0.1	0.2	0.1	3.1	-0.7	-2.4	-1.9
水素	-	-	-	-	0.0	0.0	0.0	-	-	0.0	n.a.	n.a.	0.0	n.a.
再生可能	3.8	4.1	6.1	6.5	6.5	6.1	5.7	1.3	2.4	2.6	1.8	-0.1	-0.7	-0.5

発電量

	(TWh)							構成比(%)			1990/2021	2021/2030	2030/2050	2021/2050
	1990	2000	2010	2021	2030	2040	2050	1990	2021	2050				
合計	862	1,055	1,164	1,040	1,024	1,050	1,094	100	100	100	0.6	-0.2	0.3	0.2
石炭	125	228	317	322	183	146	124	14	31	11	3.1	-6.1	-2.0	-3.2
石油	250	133	91	39	13	4.1	-	29	3.8	-	-5.8	-11.6	-100	-100
天然ガス	168	255	332	359	285	294	323	19	35	29	2.5	-2.5	0.6	-0.4
原子力	202	322	288	71	157	141	141	23	6.8	13	-3.3	9.3	-0.6	2.4
水力	88	84	84	79	92	96	98	10	7.6	8.9	-0.4	1.7	0.3	0.8
地熱	1.7	3.3	2.6	3.0	5.0	6.2	7.2	0.2	0.3	0.7	1.8	5.7	1.9	3.1
太陽光	0.1	0.4	3.5	86	126	152	156	0.0	8.3	14	26.0	4.3	1.1	2.1
風力	-	0.1	4.0	9.4	43	65	78	-	0.9	7.2	n.a.	18.5	3.0	7.6
太陽熱・海洋	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
バイオマス・廃棄物	8.1	9.2	21	53	101	126	150	0.9	5.1	14	6.2	7.5	2.0	3.7
水素	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
その他	20	20	21	18	18	18	18	2.3	1.7	1.6	-0.3	0.0	0.0	0.0

エネルギー・経済指標他

	1990	2000	2010	2021	2030	2040	2050	1990/2021	2021/2030	2030/2050	2021/2050
GDP (2015年価格10億ドル)	3,510	3,987	4,219	4,435	4,744	5,178	5,607	0.8	0.8	0.8	0.8
人口(100万人)	123	127	128	126	120	112	105	0.1	-0.6	-0.7	-0.6
エネルギー起源CO_2排出(100万t)	1,056	1,161	1,137	998	794	685	607	-0.2	-2.5	-1.3	-1.7
一人あたりGDP (2015年価格1,000ドル/人)	28	31	33	35	40	46	54	0.7	1.3	1.5	1.4
一人あたり一次エネルギー消費(toe/人)	3.5	4.1	3.9	3.2	3.1	3.1	3.1	-0.3	-0.1	0.0	0.0
GDPあたり一次エネルギー消費[*2]	124	129	118	90	79	67	59	-1.0	-1.4	-1.5	-1.5
GDPあたりCO_2排出量[*3]	301	291	270	225	167	132	108	-0.9	-3.2	-2.1	-2.5
一次エネルギー消費あたりCO_2排出(t/toe)	2.4	2.3	2.3	2.5	2.1	2.0	1.8	0.1	-1.9	-0.7	-1.0

*1 電力、熱の輸出入を掲載していないため、合計と内訳は必ずしも一致しない。
*2 toe/2015年価格100万ドル。*3 t/2015年価格100万ドル

付表25 | 韓国[レファレンスシナリオ]

一次エネルギー消費

	(石油換算100万トン[Mtoe])							構成比(%)			年平均変化率(%)			
	1990	2000	2010	2021	2030	2040	2050	1990	2021	2050	1990/2021	2021/2030	2030/2050	2021/2050
合計[*1]	93	187	250	292	296	288	276	100	100	100	3.8	0.2	-0.3	-0.2
石炭	25	40	73	75	75	73	66	27	26	24	3.6	0.0	-0.6	-0.4
石油	50	99	95	112	109	101	92	54	38	33	2.6	-0.2	-0.9	-0.7
天然ガス	2.7	17	39	54	52	60	68	2.9	19	25	10.1	-0.5	1.4	0.8
原子力	14	28	39	41	42	35	28	15	14	10.0	3.6	0.2	-2.1	-1.4
水力	0.5	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.6	0.1	0.1	-2.3	1.7	0.0	0.5
地熱	-	-	0.0	0.3	0.4	0.4	0.4	-	0.1	0.1	n.a.	4.6	0.2	1.6
太陽光・風力等	0.0	0.0	0.2	2.8	7.5	9.0	11	0.0	0.9	3.9	19.9	11.8	1.9	4.8
バイオマス・廃棄物	0.7	1.4	3.5	6.3	8.7	9.5	9.9	0.8	2.2	3.6	7.2	3.7	0.6	1.6
水素	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

最終エネルギー消費

	(Mtoe)							構成比(%)			1990/2021	2021/2030	2030/2050	2021/2050
	1990	2000	2010	2021	2030	2040	2050	1990	2021	2050				
合計	65	127	158	182	185	181	174	100	100	100	3.4	0.2	-0.3	-0.2
産業	19	38	45	47	50	50	47	30	26	27	2.9	0.7	-0.3	0.0
運輸	15	26	30	36	34	29	24	22	20	14	2.9	-0.6	-1.7	-1.3
民生・農業他	24	37	44	46	46	45	46	38	25	27	2.0	0.0	0.1	0.1
非エネルギー消費	6.7	25	38	53	55	57	56	10	29	32	6.9	0.4	0.1	0.2
石炭	12	9.1	9.5	7.1	6.4	5.7	4.6	18	3.9	2.6	-1.6	-1.0	-1.7	-1.5
石油	44	80	82	97	95	89	80	67	54	46	2.6	-0.2	-0.9	-0.7
天然ガス	0.7	11	21	22	22	21	19	1.0	12	11	11.9	0.0	-0.8	-0.5
電力	8.1	23	39	46	52	57	62	13	25	36	5.8	1.3	0.9	1.0
熱	-	3.3	4.3	5.5	5.3	4.9	4.4	-	3.0	2.5	n.a.	-0.5	-1.0	-0.8
水素	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
再生可能	0.7	1.3	2.7	3.9	4.4	4.5	4.5	1.1	2.1	2.6	5.5	1.3	0.2	0.5

発電量

	(TWh)							構成比(%)			1990/2021	2021/2030	2030/2050	2021/2050
	1990	2000	2010	2021	2030	2040	2050	1990	2021	2050				
合計	105	289	497	608	682	743	805	100	100	100	5.8	1.3	0.8	1.0
石炭	18	111	219	208	221	227	217	17	34	27	8.3	0.7	-0.1	0.1
石油	19	35	19	8.2	4.5	-	-	18	1.3	-	-2.7	-6.4	-100	-100
天然ガス	9.6	29	103	190	183	249	325	9.1	31	40	10.1	-0.4	2.9	1.9
原子力	53	109	149	158	161	134	106	50	26	13	3.6	0.2	-2.1	-1.4
水力	6.4	4.0	3.7	3.1	3.6	3.6	3.6	6.0	0.5	0.4	-2.3	1.7	0.0	0.5
地熱	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
太陽光	0.0	0.0	0.8	23	67	76	87	0.0	3.8	11	38.3	12.4	1.3	4.6
風力	-	0.0	0.8	3.2	17	23	31	-	0.5	3.8	n.a.	20.2	3.1	8.1
太陽熱・海洋	-	-	-	0.5	3.2	4.7	8.0	-	0.1	1.0	n.a.	24.1	4.7	10.4
バイオマス・廃棄物	-	0.1	1.1	8.6	17	21	23	-	1.4	2.9	n.a.	8.1	1.5	3.5
水素	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
その他	-	-	0.3	4.7	4.7	4.7	4.7	-	0.8	0.6	n.a.	0.0	0.0	0.0

エネルギー・経済指標他

	1990	2000	2010	2021	2030	2040	2050	1990/2021	2021/2030	2030/2050	2021/2050
GDP (2015年価格10億ドル)	402	799	1,261	1,694	2,060	2,479	2,817	4.8	2.2	1.6	1.8
人口(100万人)	43	47	50	52	51	49	46	0.6	-0.1	-0.5	-0.4
エネルギー起源CO_2排出(100万t)	208	399	528	559	537	522	495	3.2	-0.4	-0.4	-0.4
一人あたりGDP (2015年価格1,000ドル/人)	9.4	17	25	33	40	50	61	4.1	2.3	2.1	2.2
一人あたり一次エネルギー消費(toe/人)	2.2	4.0	5.0	5.6	5.8	5.8	6.0	3.1	0.3	0.2	0.2
GDPあたり一次エネルギー消費[*2]	231	234	198	172	144	116	98	-0.9	-2.0	-1.9	-1.9
GDPあたりCO_2排出量[*3]	517	499	418	330	261	211	176	-1.4	-2.6	-2.0	-2.1
一次エネルギー消費あたりCO_2排出(t/toe)	2.2	2.1	2.1	1.9	1.8	1.8	1.8	-0.5	-0.6	-0.1	-0.2

*1 電力、熱の輸出入を掲載していないため、合計と内訳は必ずしも一致しない。
*2 toe/2015年価格100万ドル。*3 t/2015年価格100万ドル

付表26 | 台湾[レファレンスシナリオ]

一次エネルギー消費

	(石油換算100万トン[Mtoe])							構成比(%)			年平均変化率(%)			
	1990	2000	2010	2021	2030	2040	2050	1990	2021	2050	1990/2021	2021/2030	2030/2050	2021/2050
合計[*1]	51	90	119	123	121	118	110	100	100	100	2.9	-0.1	-0.5	-0.4
石炭	11	30	42	43	43	38	33	23	35	30	4.4	-0.1	-1.3	-0.9
石油	28	42	49	44	43	40	35	56	36	32	1.4	-0.1	-1.0	-0.7
天然ガス	1.6	6.2	15	26	28	30	31	3.1	21	28	9.4	1.1	0.5	0.7
原子力	8.6	10	11	7.2	-	-	-	17	5.9	-	-0.5	-100	n.a.	-100
水力	0.5	0.4	0.3	0.3	0.4	0.4	0.4	1.1	0.2	0.4	-2.2	4.9	0.2	1.6
地熱	0.0	-	-	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.6	0.0	0.0	0.0
太陽光・風力等	0.0	0.1	0.2	1.0	4.9	6.9	8.7	0.0	0.8	7.9	13.4	20.0	2.9	7.9
バイオマス・廃棄物	0.0	0.9	1.8	1.7	1.8	1.8	1.9	0.1	1.4	1.7	12.0	0.6	0.3	0.4
水素	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

最終エネルギー消費

	(Mtoe)							構成比(%)			1990/2021	2021/2030	2030/2050	2021/2050
	1990	2000	2010	2021	2030	2040	2050	1990	2021	2050				
合計	32	54	75	79	82	81	77	100	100	100	3.0	0.4	-0.3	-0.1
産業	13	21	24	27	28	29	28	40	34	36	2.4	0.7	-0.1	0.1
運輸	7.3	12	13	13	13	11	8.5	23	16	11	1.8	0.1	-2.1	-1.4
民生・農業他	6.9	11	12	13	13	14	14	22	16	18	2.0	0.3	0.1	0.2
非エネルギー消費	4.9	9.5	25	27	28	28	27	15	34	35	5.6	0.3	0.0	0.1
石炭	3.5	5.3	6.4	5.5	5.2	4.7	4.0	11	7.0	5.1	1.5	-0.6	-1.4	-1.1
石油	21	32	45	43	43	41	36	65	55	47	2.4	0.0	-0.9	-0.6
天然ガス	1.0	1.8	2.4	5.1	5.5	5.7	5.6	3.1	6.4	7.3	5.4	0.9	0.1	0.4
電力	6.6	14	19	23	25	27	29	21	29	37	4.1	1.2	0.6	0.8
熱	-	0.0	1.6	2.1	2.1	2.1	1.9	-	2.6	2.5	n.a.	0.2	-0.4	-0.2
水素	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
再生可能	0.0	0.4	0.7	0.5	0.7	0.7	0.8	0.1	0.7	1.0	11.2	2.4	1.1	1.5

発電量

	(TWh)							構成比(%)			1990/2021	2021/2030	2030/2050	2021/2050
	1990	2000	2010	2021	2030	2040	2050	1990	2021	2050				
合計	87	181	244	287	321	346	365	100	100	100	3.9	1.2	0.6	0.8
石炭	24	88	122	129	126	110	91	28	45	25	5.5	-0.3	-1.6	-1.2
石油	22	31	11	5.3	4.2	2.0	-	26	1.9	-	-4.5	-2.6	-100	-100
天然ガス	1.2	18	60	108	126	146	165	1.4	38	45	15.6	1.7	1.4	1.5
原子力	33	39	42	28	-	-	-	38	9.7	-	-0.5	-100	n.a.	-100
水力	6.2	4.6	3.9	3.1	4.8	4.9	5.0	7.1	1.1	1.4	-2.2	4.9	0.2	1.6
地熱	0.0	-	-	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.6	0.0	0.0	0.0
太陽光	-	-	0.0	8.0	19	25	30	-	2.8	8.1	n.a.	10.0	2.3	4.6
風力	-	0.0	1.0	2.2	38	55	71	-	0.8	19	n.a.	37.0	3.2	12.7
太陽熱・海洋	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
バイオマス・廃棄物	0.2	1.8	3.4	3.8	3.8	3.8	3.8	0.2	1.3	1.0	9.8	0.0	0.0	0.0
水素	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
その他	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

エネルギー・経済指標他

	1990	2000	2010	2021	2030	2040	2050	1990/2021	2021/2030	2030/2050	2021/2050
GDP (2015年価格10億ドル)	161	307	463	658	812	990	1,137	4.7	2.4	1.7	1.9
人口(100万人)	20	22	23	23	24	23	22	0.5	0.1	-0.3	-0.2
エネルギー起源CO_2排出(100万t)	109	215	254	267	270	247	216	2.9	0.1	-1.1	-0.7
一人あたりGDP (2015年価格1,000ドル/人)	7.9	14	20	28	34	43	51	4.2	2.3	2.0	2.1
一人あたり一次エネルギー消費(toe/人)	2.5	4.0	5.1	5.2	5.1	5.1	5.0	2.4	-0.2	-0.2	-0.2
GDPあたり一次エネルギー消費[*2]	315	293	256	186	150	119	97	-1.7	-2.4	-2.1	-2.2
GDPあたりCO_2排出量[*3]	677	701	548	406	333	250	190	-1.6	-2.2	-2.8	-2.6
一次エネルギー消費あたりCO_2排出(t/toe)	2.1	2.4	2.1	2.2	2.2	2.1	2.0	0.0	0.2	-0.6	-0.4

*1 電力、熱の輸出入を掲載していないため、合計と内訳は必ずしも一致しない。
*2 toe/2015年価格100万ドル。*3 t/2015年価格100万ドル

付表27 | ASEAN [レファレンスシナリオ]

一次エネルギー消費

	(石油換算100万トン[Mtoe])							構成比(%)			年平均変化率(%)			
	1990	2000	2010	2021	2030	2040	2050	1990	2021	2050	1990/2021	2021/2030	2030/2050	2021/2050
合計[*1]	231	378	536	678	930	1,171	1,380	100	100	100	3.5	3.6	2.0	2.5
石炭	12	31	85	178	216	271	313	5.3	26	23	9.0	2.2	1.9	2.0
石油	88	153	189	222	298	354	397	38	33	29	3.0	3.4	1.4	2.0
天然ガス	30	74	125	135	201	264	339	13	20	25	5.0	4.6	2.6	3.2
原子力	-	-	-	-	-	9.7	18	-	-	1.3	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
水力	2.3	4.1	6.1	14	18	21	23	1.0	2.0	1.7	5.8	3.3	1.2	1.8
地熱	6.6	18	25	37	93	129	142	2.9	5.4	10	5.7	11.0	2.1	4.8
太陽光・風力等	-	-	0.0	4.0	12	21	36	-	0.6	2.6	n.a.	13.6	5.5	8.0
バイオマス・廃棄物	92	97	106	87	88	97	107	40	13	7.8	-0.2	0.2	1.0	0.7
水素	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

最終エネルギー消費

	(Mtoe)							構成比(%)			1990/2021	2021/2030	2030/2050	2021/2050
	1990	2000	2010	2021	2030	2040	2050	1990	2021	2050				
合計	171	269	377	446	588	724	854	100	100	100	3.1	3.1	1.9	2.3
産業	41	74	120	162	215	273	320	24	36	38	4.5	3.2	2.0	2.4
運輸	33	62	86	120	169	204	236	19	27	28	4.3	3.9	1.7	2.4
民生・農業他	86	112	130	110	125	151	187	50	25	22	0.8	1.4	2.0	1.8
非エネルギー消費	11	21	40	54	78	95	110	6.5	12	13	5.2	4.2	1.7	2.5
石炭	5.4	13	40	54	67	79	83	3.2	12	9.7	7.7	2.4	1.1	1.5
石油	67	123	163	198	269	321	363	39	44	43	3.6	3.4	1.5	2.1
天然ガス	7.5	17	29	44	65	81	94	4.4	9.8	11	5.8	4.4	1.8	2.6
電力	11	28	52	88	130	183	249	6.5	20	29	6.9	4.5	3.3	3.7
熱	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
水素	-	-	-	-	-	0.0	0.0	-	-	0.0	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
再生可能	81	88	93	62	57	60	65	47	14	7.6	-0.8	-1.0	0.7	0.2

発電量

	(TWh)							構成比(%)			1990/2021	2021/2030	2030/2050	2021/2050
	1990	2000	2010	2021	2030	2040	2050	1990	2021	2050				
合計	154	370	675	1,107	1,667	2,349	3,203	100	100	100	6.6	4.7	3.3	3.7
石炭	28	79	185	492	594	795	992	18	44	31	9.7	2.1	2.6	2.4
石油	66	72	59	13	18	17	10	43	1.2	0.3	-5.1	3.7	-2.9	-0.9
天然ガス	26	154	336	330	580	858	1,265	17	30	39	8.5	6.5	4.0	4.7
原子力	-	-	-	-	-	37	71	-	-	2.2	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
水力	27	47	71	158	212	244	267	18	14	8.3	5.8	3.3	1.2	1.8
地熱	6.6	16	19	27	61	83	90	4.3	2.4	2.8	4.6	9.7	2.0	4.3
太陽光	-	-	0.0	37	91	165	322	-	3.4	10	n.a.	10.4	6.5	7.7
風力	-	-	0.1	8.6	54	79	101	-	0.8	3.1	n.a.	22.7	3.2	8.8
太陽熱・海洋	-	-	-	-	0.1	0.2	0.3	-	-	0.0	n.a.	n.a.	8.3	n.a.
バイオマス・廃棄物	0.6	1.0	5.7	41	57	72	85	0.4	3.7	2.7	14.6	3.7	2.0	2.5
水素	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
その他	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

エネルギー・経済指標他

	1990	2000	2010	2021	2030	2040	2050	1990/2021	2021/2030	2030/2050	2021/2050
GDP (2015年価格10億ドル)	728	1,167	1,947	3,011	4,570	6,979	9,916	4.7	4.7	3.9	4.2
人口(100万人)	427	507	578	650	697	736	760	1.4	0.8	0.4	0.5
エネルギー起源CO_2排出(100万t)	350	680	1,069	1,517	1,979	2,465	2,891	4.8	3.0	1.9	2.2
一人あたりGDP (2015年価格1,000ドル/人)	1.7	2.3	3.4	4.6	6.6	9.5	13	3.3	3.9	3.5	3.6
一人あたり一次エネルギー消費(toe/人)	0.5	0.7	0.9	1.0	1.3	1.6	1.8	2.1	2.8	1.5	1.9
GDPあたり一次エネルギー消費[*2]	317	324	275	225	204	168	139	-1.1	-1.1	-1.9	-1.6
GDPあたりCO_2排出量[*3]	481	583	549	504	433	353	292	0.2	-1.7	-2.0	-1.9
一次エネルギー消費あたりCO_2排出(t/toe)	1.5	1.8	2.0	2.2	2.1	2.1	2.1	1.3	-0.6	-0.1	-0.2

*1 電力、熱の輸出入を掲載していないため、合計と内訳は必ずしも一致しない。
*2 toe/2015年価格100万ドル。*3 t/2015年価格100万ドル

付表28 | インドネシア[レファレンスシナリオ]

一次エネルギー消費

	(石油換算100万トン[Mtoe])							構成比(%)			年平均変化率(%)			
	1990	2000	2010	2021	2030	2040	2050	1990	2021	2050	1990/2021	2021/2030	2030/2050	2021/2050
合計[*1]	99	156	204	235	350	471	577	100	100	100	2.8	4.5	2.5	3.1
石炭	3.5	12	32	71	90	123	153	3.6	30	26	10.2	2.6	2.7	2.7
石油	33	58	67	68	91	109	123	34	29	21	2.3	3.3	1.5	2.0
天然ガス	16	27	39	34	55	85	123	16	14	21	2.5	5.4	4.2	4.6
原子力	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
水力	0.5	0.9	1.5	2.1	2.7	3.0	3.4	0.5	0.9	0.6	4.8	2.6	1.2	1.6
地熱	1.9	8.4	16	27	81	117	128	2.0	12	22	8.9	12.9	2.3	5.5
太陽光・風力等	-	-	0.0	0.1	1.1	3.2	12	-	0.0	2.1	n.a.	40.2	12.5	20.5
バイオマス・廃棄物	44	50	48	33	29	31	35	44	14	6.0	-0.9	-1.3	0.9	0.2
水素	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

最終エネルギー消費

	(Mtoe)							構成比(%)			1990/2021	2021/2030	2030/2050	2021/2050
	1990	2000	2010	2021	2030	2040	2050	1990	2021	2050				
合計	79	120	148	152	195	249	307	100	100	100	2.1	2.8	2.3	2.4
産業	17	30	49	56	75	101	127	22	37	41	3.9	3.2	2.7	2.8
運輸	11	21	30	51	70	84	97	14	34	32	5.2	3.4	1.7	2.2
民生・農業他	44	59	59	38	41	52	67	55	25	22	-0.5	0.9	2.5	2.0
非エネルギー消費	7.4	9.8	10	7.0	9.3	13	16	9.3	4.6	5.3	-0.1	3.1	2.9	2.9
石炭	1.5	4.6	17	21	27	33	37	1.9	14	12	8.9	2.7	1.6	2.0
石油	27	48	55	66	88	105	119	34	43	39	2.9	3.3	1.5	2.1
天然ガス	6.0	12	16	16	23	31	38	7.6	11	12	3.3	3.7	2.6	2.9
電力	2.4	6.8	13	25	38	60	91	3.1	16	30	7.8	5.0	4.4	4.6
熱	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
水素	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
再生可能	42	49	48	25	19	20	22	53	16	7.3	-1.7	-2.8	0.8	-0.4

発電量

	(TWh)							構成比(%)			1990/2021	2021/2030	2030/2050	2021/2050
	1990	2000	2010	2021	2030	2040	2050	1990	2021	2050				
合計	33	93	170	309	488	769	1,179	100	100	100	7.5	5.2	4.5	4.7
石炭	9.8	34	68	190	244	363	494	30	61	42	10.0	2.8	3.6	3.4
石油	15	18	34	8.7	10	8.8	2.1	47	2.8	0.2	-1.8	1.7	-7.5	-4.8
天然ガス	0.7	26	40	52	119	229	398	2.2	17	34	14.7	9.7	6.2	7.3
原子力	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
水力	5.7	10	17	25	31	35	39	17	8.0	3.3	4.8	2.6	1.2	1.6
地熱	1.1	4.9	9.4	16	47	68	75	3.4	5.2	6.3	8.9	12.9	2.3	5.5
太陽光	-	-	0.0	0.2	9.7	30	127	-	0.1	11	n.a.	54.6	13.7	25.1
風力	-	-	0.0	0.4	3.5	7.1	13	-	0.1	1.1	n.a.	25.8	6.7	12.3
太陽熱・海洋	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
バイオマス・廃棄物	-	0.0	0.1	17	23	28	31	-	5.7	2.6	n.a.	3.2	1.5	2.0
水素	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
その他	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

エネルギー・経済指標他

	1990	2000	2010	2021	2030	2040	2050	1990/2021	2021/2030	2030/2050	2021/2050
GDP (2015年価格10億ドル)	270	395	658	1,066	1,657	2,664	4,013	4.5	5.0	4.5	4.7
人口(100万人)	182	214	244	274	292	309	318	1.3	0.7	0.4	0.5
エネルギー起源CO_2排出(100万t)	131	255	397	557	742	989	1,226	4.8	3.3	2.5	2.8
一人あたりGDP (2015年価格1,000ドル/人)	1.5	1.8	2.7	3.9	5.7	8.6	13	3.2	4.3	4.1	4.1
一人あたり一次エネルギー消費(toe/人)	0.5	0.7	0.8	0.9	1.2	1.5	1.8	1.5	3.8	2.1	2.6
GDPあたり一次エネルギー消費[*2]	365	394	310	221	211	177	144	-1.6	-0.5	-1.9	-1.5
GDPあたりCO_2排出量[*3]	484	647	604	522	448	371	306	0.2	-1.7	-1.9	-1.8
一次エネルギー消費あたりCO_2排出(t/toe)	1.3	1.6	1.9	2.4	2.1	2.1	2.1	1.9	-1.2	0.0	-0.4

*1 電力、熱の輸出入を掲載していないため、合計と内訳は必ずしも一致しない。
*2 toe/2015年価格100万ドル。*3 t/2015年価格100万ドル

付表29 | マレーシア[レファレンスシナリオ]

一次エネルギー消費

	(石油換算100万トン[Mtoe])							構成比(%)			年平均変化率(%)			
	1990	2000	2010	2021	2030	2040	2050	1990	2021	2050	1990/2021	2021/2030	2030/2050	2021/2050
合計[*1]	21	48	72	95	129	146	156	100	100	100	5.0	3.4	1.0	1.7
石炭	1.4	2.3	15	23	24	24	22	6.4	24	14	9.5	0.8	-0.6	-0.2
石油	11	19	25	26	35	35	32	54	27	21	2.6	3.6	-0.4	0.8
天然ガス	6.8	25	31	43	64	77	90	32	45	58	6.1	4.7	1.7	2.6
原子力	-	-	-	-	-	3.7	3.7	-	-	2.3	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
水力	0.3	0.6	0.6	2.7	3.0	3.4	3.5	1.6	2.8	2.3	6.8	1.2	0.8	0.9
地熱	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
太陽光・風力等	-	-	-	0.2	0.4	1.5	2.8	-	0.2	1.8	n.a.	10.1	10.1	10.1
バイオマス・廃棄物	1.2	1.2	0.8	1.2	1.3	1.5	1.7	5.8	1.3	1.1	0.0	0.8	1.2	1.1
水素	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

最終エネルギー消費

	(Mtoe)							構成比(%)			1990/2021	2021/2030	2030/2050	2021/2050
	1990	2000	2010	2021	2030	2040	2050	1990	2021	2050				
合計	13	29	42	56	80	91	97	100	100	100	4.7	4.0	1.0	1.9
産業	5.5	12	15	19	25	31	35	41	33	36	4.0	3.2	1.7	2.2
運輸	4.9	11	15	17	25	24	23	36	31	23	4.2	4.0	-0.4	0.9
民生・農業他	2.1	4.3	8.2	9.1	12	14	17	16	16	17	4.8	3.2	1.6	2.1
非エネルギー消費	0.8	2.2	3.7	11	18	21	23	6.3	19	24	8.6	5.8	1.3	2.6
石炭	0.5	1.0	1.8	0.6	0.7	0.7	0.7	3.8	1.1	0.7	0.6	1.2	0.0	0.4
石油	9.3	18	24	23	32	32	30	70	42	30	3.0	3.5	-0.4	0.8
天然ガス	1.1	3.9	6.3	18	27	31	34	8.2	32	35	9.4	4.6	1.2	2.2
電力	1.7	5.3	9.5	13	19	26	32	13	24	33	6.8	4.3	2.5	3.0
熱	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
水素	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
再生可能	0.7	0.7	0.2	0.8	0.9	1.0	1.2	5.6	1.5	1.2	0.3	1.3	1.2	1.2

発電量

	(TWh)							構成比(%)			1990/2021	2021/2030	2030/2050	2021/2050
	1990	2000	2010	2021	2030	2040	2050	1990	2021	2050				
合計	23	69	125	180	259	340	419	100	100	100	6.9	4.1	2.4	3.0
石炭	2.9	7.7	43	86	90	87	77	13	48	18	11.5	0.5	-0.8	-0.4
石油	11	3.6	3.7	1.0	0.8	0.3	-	46	0.6	-	-7.3	-2.4	-100	-100
天然ガス	5.5	51	71	58	128	181	252	24	32	60	7.9	9.1	3.5	5.2
原子力	-	-	-	-	-	14	14	-	-	3.3	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
水力	4.0	7.0	6.5	31	35	39	41	17	17	9.7	6.8	1.2	0.8	0.9
地熱	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
太陽光	-	-	-	2.0	4.8	17	33	-	1.1	7.9	n.a.	10.1	10.1	10.1
風力	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
太陽熱・海洋	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
バイオマス・廃棄物	-	-	1.0	1.2	1.2	1.5	1.6	-	0.7	0.4	n.a.	0.0	1.5	1.0
水素	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
その他	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

エネルギー・経済指標他

	1990	2000	2010	2021	2030	2040	2050	1990/2021	2021/2030	2030/2050	2021/2050
GDP (2015年価格10億ドル)	75	148	233	355	535	756	992	5.2	4.7	3.1	3.6
人口(100万人)	18	23	29	34	37	39	41	2.1	1.0	0.6	0.7
エネルギー起源CO_2排出(100万t)	50	108	185	226	289	309	315	5.0	2.8	0.4	1.1
一人あたりGDP (2015年価格1,000ドル/人)	4.3	6.5	8.1	11	15	19	24	3.0	3.6	2.5	2.9
一人あたり一次エネルギー消費(toe/人)	1.2	2.1	2.5	2.8	3.5	3.7	3.8	2.8	2.4	0.4	1.0
GDPあたり一次エネルギー消費[*2]	284	326	312	268	240	194	157	-0.2	-1.2	-2.1	-1.8
GDPあたりCO_2排出量[*3]	674	731	797	636	540	409	317	-0.2	-1.8	-2.6	-2.4
一次エネルギー消費あたりCO_2排出(t/toe)	2.4	2.2	2.6	2.4	2.2	2.1	2.0	0.0	-0.6	-0.5	-0.6

*1 電力、熱の輸出入を掲載していないため、合計と内訳は必ずしも一致しない。
*2 toe/2015年価格100万ドル。*3 t/2015年価格100万ドル

付表30 | ミャンマー[レファレンスシナリオ]

一次エネルギー消費

	(石油換算100万トン[Mtoe])							構成比(%)			年平均変化率(%)			
	1990	2000	2010	2021	2030	2040	2050	1990	2021	2050	1990/2021	2021/2030	2030/2050	2021/2050
合計[*1]	11	13	14	22	28	36	46	100	100	100	2.3	3.0	2.5	2.6
石炭	0.1	0.3	0.4	1.1	3.2	5.3	8.5	0.6	5.2	19	9.5	12.5	5.0	7.2
石油	0.7	2.0	1.3	5.7	7.9	12	15	6.8	26	33	6.8	3.8	3.3	3.5
天然ガス	0.8	1.2	1.3	3.4	8.3	12	18	7.1	16	38	5.0	10.3	3.9	5.8
原子力	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
水力	0.1	0.2	0.5	0.8	1.3	1.6	2.0	1.0	3.8	4.3	6.9	5.0	2.2	3.0
地熱	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
太陽光・風力等	-	-	-	0.0	0.0	0.2	0.4	-	0.0	0.9	n.a.	34.8	15.5	21.2
バイオマス・廃棄物	9.0	9.2	10	11	9.1	7.0	5.2	84	49	11	0.5	-1.7	-2.7	-2.4
水素	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

最終エネルギー消費

	(Mtoe)							構成比(%)			1990/2021	2021/2030	2030/2050	2021/2050
	1990	2000	2010	2021	2030	2040	2050	1990	2021	2050				
合計	9.4	11	13	18	20	23	28	100	100	100	2.2	1.0	1.7	1.5
産業	0.4	1.2	1.3	3.2	4.3	6.3	8.5	4.2	17	30	7.0	3.4	3.4	3.4
運輸	0.4	1.2	0.8	1.7	2.8	4.3	5.9	4.7	9.3	21	4.4	5.8	3.8	4.4
民生・農業他	8.5	9.1	10	13	13	12	13	90	71	47	1.4	-0.5	0.3	0.0
非エネルギー消費	0.1	0.1	0.1	0.4	0.4	0.5	0.6	1.0	2.2	2.2	4.8	0.8	1.8	1.5
石炭	0.1	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.5	1.1	0.8	4.7	0.3	0.3	0.3
石油	0.6	1.5	1.0	5.6	7.7	11	15	6.2	31	52	7.6	3.6	3.3	3.4
天然ガス	0.2	0.3	0.6	0.5	0.6	0.7	0.8	2.4	2.8	2.8	2.7	1.7	1.4	1.4
電力	0.1	0.3	0.5	1.4	2.5	4.3	7.3	1.6	7.8	26	7.6	6.4	5.6	5.8
熱	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
水素	-	-	-	-	-	-	0.0	-	-	0.0	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
再生可能	8.4	9.0	10	11	9.1	7.0	5.2	89	58	18	0.8	-1.7	-2.8	-2.4

発電量

	(TWh)							構成比(%)			1990/2021	2021/2030	2030/2050	2021/2050
	1990	2000	2010	2021	2030	2040	2050	1990	2021	2050				
合計	2.5	5.1	8.6	20	56	91	142	100	100	100	6.9	12.3	4.7	7.0
石炭	0.0	-	0.6	2.1	12	23	42	1.6	11	29	13.7	21.6	6.3	10.8
石油	0.3	0.7	0.0	0.1	0.4	0.6	0.7	11	0.6	0.5	-2.7	16.0	2.8	6.7
天然ガス	1.0	2.5	1.8	7.9	28	46	72	39	40	51	7.0	15.2	4.8	7.9
原子力	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
水力	1.2	1.9	6.2	9.5	15	19	23	48	48	16	6.9	5.0	2.2	3.0
地熱	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
太陽光	-	-	-	0.0	0.3	1.9	4.6	-	0.1	3.3	n.a.	34.8	15.5	21.2
風力	-	-	-	0.0	0.0	0.0	0.0	-	0.0	0.0	n.a.	0.0	0.0	0.0
太陽熱・海洋	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
バイオマス・廃棄物	-	-	-	0.0	0.0	0.0	0.0	-	0.0	0.0	n.a.	0.0	0.0	0.0
水素	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
その他	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

エネルギー・経済指標他

	1990	2000	2010	2021	2030	2040	2050	1990/2021	2021/2030	2030/2050	2021/2050
GDP (2015年価格10億ドル)	7.2	14	43	67	87	137	209	7.5	3.0	4.5	4.0
人口(100万人)	40	46	49	54	57	59	60	1.0	0.7	0.3	0.4
エネルギー起源CO_2排出(100万t)	4.0	9.5	8.1	28	54	83	119	6.4	7.8	4.0	5.2
一人あたりGDP (2015年価格1,000ドル/人)	0.2	0.3	0.9	1.2	1.5	2.3	3.5	6.4	2.4	4.2	3.6
一人あたり一次エネルギー消費(toe/人)	0.3	0.3	0.3	0.4	0.5	0.6	0.8	1.3	2.4	2.2	2.2
GDPあたり一次エネルギー消費[*2]	1,489	942	318	323	323	260	220	-4.8	0.0	-1.9	-1.3
GDPあたりCO_2排出量[*3]	564	700	188	415	622	606	572	-1.0	4.6	-0.4	1.1
一次エネルギー消費あたりCO_2排出(t/toe)	0.4	0.7	0.6	1.3	1.9	2.3	2.6	4.0	4.6	1.5	2.5

*1 電力、熱の輸出入を掲載していないため、合計と内訳は必ずしも一致しない。
*2 toe/2015年価格100万ドル。*3 t/2015年価格100万ドル

付表31 | フィリピン[レファレンスシナリオ]

一次エネルギー消費

	(石油換算100万トン[Mtoe])							構成比(%)			年平均変化率(%)			
	1990	2000	2010	2021	2030	2040	2050	1990	2021	2050	1990/2021	2021/2030	2030/2050	2021/2050
合計[*1]	27	39	42	61	83	109	134	100	100	100	2.7	3.5	2.4	2.7
石炭	1.3	4.6	7.0	19	22	27	29	4.7	31	22	9.1	1.7	1.4	1.5
石油	9.7	16	14	18	30	44	56	36	30	42	2.1	5.7	3.2	3.9
天然ガス	-	0.0	3.1	2.8	6.1	12	21	-	4.6	16	n.a.	8.8	6.4	7.1
原子力	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
水力	0.5	0.7	0.7	0.8	1.1	1.2	1.4	2.0	1.3	1.1	1.3	3.4	1.5	2.1
地熱	4.7	10	8.5	9.2	12	13	13	18	15	9.9	2.2	2.9	0.5	1.3
太陽光・風力等	-	-	0.0	0.2	1.7	2.3	3.0	-	0.4	2.3	n.a.	24.9	2.8	9.2
バイオマス・廃棄物	10	7.6	8.7	11	10	10	10	39	18	7.6	0.1	-0.5	-0.1	-0.2
水素	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

最終エネルギー消費

	(Mtoe)							構成比(%)			1990/2021	2021/2030	2030/2050	2021/2050
	1990	2000	2010	2021	2030	2040	2050	1990	2021	2050				
合計	19	23	25	35	50	68	87	100	100	100	2.0	4.0	2.8	3.2
産業	4.1	4.6	5.9	6.8	9.8	13	15	22	19	18	1.6	4.1	2.3	2.8
運輸	4.5	8.3	8.0	11	19	29	37	24	31	43	2.9	6.2	3.4	4.3
民生・農業他	10.0	9.9	11	16	18	23	29	52	44	33	1.5	1.9	2.3	2.2
非エネルギー消費	0.4	0.4	0.2	1.6	2.6	3.9	5.6	2.1	4.7	6.4	4.7	5.1	4.0	4.3
石炭	0.7	0.8	1.9	2.2	2.8	3.3	3.4	3.7	6.2	3.9	3.7	2.8	1.0	1.6
石油	8.1	13	11	18	28	41	53	43	50	60	2.5	5.3	3.2	3.8
天然ガス	-	-	0.1	0.0	0.0	0.1	0.2	-	0.0	0.2	n.a.	63.9	9.3	23.9
電力	1.8	3.1	4.8	7.5	12	18	25	9.6	21	28	4.7	5.3	3.7	4.2
熱	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
水素	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
再生可能	8.4	6.4	6.9	7.7	6.8	6.4	6.3	44	22	7.2	-0.3	-1.3	-0.4	-0.7

発電量

	(TWh)							構成比(%)			1990/2021	2021/2030	2030/2050	2021/2050
	1990	2000	2010	2021	2030	2040	2050	1990	2021	2050				
合計	26	45	68	106	168	243	338	100	100	100	4.6	5.2	3.6	4.1
石炭	1.9	17	23	62	74	97	112	7.3	58	33	11.8	1.9	2.1	2.1
石油	12	9.2	7.1	1.6	4.0	4.3	3.4	47	1.5	1.0	-6.4	10.5	-0.7	2.6
天然ガス	-	0.0	20	19	41	83	151	-	18	45	n.a.	9.2	6.7	7.5
原子力	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
水力	6.1	7.8	7.8	9.2	12	14	17	23	8.7	5.0	1.3	3.4	1.5	2.1
地熱	5.5	12	9.9	11	14	15	15	21	10	4.6	2.2	2.9	0.5	1.3
太陽光	-	-	0.0	1.5	12	14	19	-	1.4	5.7	n.a.	25.8	2.6	9.3
風力	-	-	0.1	1.3	8.7	12	16	-	1.2	4.7	n.a.	23.9	3.0	9.1
太陽熱・海洋	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
バイオマス・廃棄物	0.4	-	0.0	1.2	2.2	2.9	3.3	1.6	1.1	1.0	3.3	7.3	2.1	3.7
水素	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
その他	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

エネルギー・経済指標他

	1990	2000	2010	2021	2030	2040	2050	1990/2021	2021/2030	2030/2050	2021/2050
GDP (2015年価格10億ドル)	107	143	229	379	654	1,057	1,479	4.2	6.2	4.2	4.8
人口(100万人)	62	78	95	114	130	145	158	2.0	1.4	1.0	1.1
エネルギー起源CO_2排出(100万t)	35	65	75	132	184	253	315	4.3	3.8	2.7	3.0
一人あたりGDP (2015年価格1,000ドル/人)	1.7	1.8	2.4	3.3	5.0	7.3	9.3	2.1	4.7	3.1	3.6
一人あたり一次エネルギー消費(toe/人)	0.4	0.5	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.7	2.0	1.4	1.6
GDPあたり一次エネルギー消費[*2]	249	272	182	161	127	103	90	-1.4	-2.6	-1.7	-2.0
GDPあたりCO_2排出量[*3]	330	454	327	349	282	240	213	0.2	-2.3	-1.4	-1.7
一次エネルギー消費あたりCO_2排出(t/toe)	1.3	1.7	1.8	2.2	2.2	2.3	2.4	1.6	0.3	0.3	0.3

*1 電力、熱の輸出入を掲載していないため、合計と内訳は必ずしも一致しない。
*2 toe/2015年価格100万ドル。*3 t/2015年価格100万ドル

付表32 | タイ[レファレンスシナリオ]

一次エネルギー消費

	(石油換算100万トン[Mtoe])							構成比(%)			年平均変化率(%)			
	1990	2000	2010	2021	2030	2040	2050	1990	2021	2050	1990/2021	2021/2030	2030/2050	2021/2050
合計[*1]	42	73	118	130	147	165	179	100	100	100	3.7	1.4	1.0	1.1
石炭	3.8	7.7	16	16	13	13	12	9.0	12	6.7	4.7	-1.7	-0.6	-0.9
石油	18	32	45	56	62	67	69	43	43	38	3.7	1.2	0.6	0.8
天然ガス	5.0	17	33	34	39	41	40	12	26	22	6.3	1.7	0.2	0.6
原子力	-	-	-	-	-	1.8	6.2	-	-	3.5	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
水力	0.4	0.5	0.5	0.4	0.9	1.0	1.1	1.0	0.3	0.6	-0.2	9.2	1.1	3.5
地熱	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.3	-3.9	3.0	0.8
太陽光・風力等	-	-	0.0	0.7	1.8	4.2	6.8	-	0.6	3.8	n.a.	10.1	6.9	7.9
バイオマス・廃棄物	15	15	23	21	26	32	38	35	16	21	1.1	2.4	1.9	2.0
水素	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

最終エネルギー消費

	(Mtoe)							構成比(%)			1990/2021	2021/2030	2030/2050	2021/2050
	1990	2000	2010	2021	2030	2040	2050	1990	2021	2050				
合計	29	51	84	94	108	121	131	100	100	100	3.9	1.5	1.0	1.1
産業	8.7	17	26	30	36	42	45	30	32	34	4.1	2.0	1.2	1.4
運輸	9.2	15	19	25	28	30	31	32	26	23	3.3	1.3	0.4	0.7
民生・農業他	11	14	20	16	17	19	20	37	17	15	1.2	0.9	0.8	0.8
非エネルギー消費	0.4	5.8	18	24	27	31	35	1.5	25	27	13.8	1.3	1.4	1.3
石炭	1.3	3.6	9.2	8.1	8.1	8.1	7.5	4.6	8.6	5.7	6.0	0.1	-0.4	-0.3
石油	15	29	43	54	60	65	68	52	57	52	4.2	1.2	0.6	0.8
天然ガス	0.1	1.1	4.6	5.4	5.7	6.7	7.4	0.5	5.7	5.7	12.5	0.7	1.3	1.1
電力	3.3	7.6	13	16	21	26	31	11	17	24	5.3	2.7	1.9	2.2
熱	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
水素	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
再生可能	9.3	9.4	14	11	13	15	17	32	11	13	0.4	2.0	1.6	1.7

発電量

	(TWh)							構成比(%)			1990/2021	2021/2030	2030/2050	2021/2050
	1990	2000	2010	2021	2030	2040	2050	1990	2021	2050				
合計	44	96	159	177	219	268	317	100	100	100	4.6	2.4	1.9	2.0
石炭	11	18	30	35	25	26	25	25	20	7.8	3.8	-3.7	-0.1	-1.2
石油	10	10.0	1.1	0.7	-	-	-	23	0.4	-	-8.5	-100	n.a.	-100
天然ガス	18	62	120	110	139	143	138	40	62	43	6.1	2.6	-0.1	0.8
原子力	-	-	-	-	-	7.0	24	-	-	7.5	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
水力	5.0	6.0	5.6	4.7	10	12	13	11	2.6	4.0	-0.2	9.2	1.1	3.5
地熱	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.3	-3.9	3.0	0.8
太陽光	-	-	0.0	5.0	15	42	70	-	2.8	22	n.a.	13.1	8.0	9.5
風力	-	-	-	3.6	5.1	6.3	7.4	-	2.0	2.3	n.a.	4.1	1.9	2.6
太陽熱・海洋	-	-	-	-	0.1	0.2	0.3	-	-	0.1	n.a.	n.a.	8.3	n.a.
バイオマス・廃棄物	-	0.5	3.4	18	24	32	40	-	10	13	n.a.	3.3	2.6	2.8
水素	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
その他	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

エネルギー・経済指標他

	1990	2000	2010	2021	2030	2040	2050	1990/2021	2021/2030	2030/2050	2021/2050
GDP (2015年価格10億ドル)	144	221	347	438	582	805	1,066	3.7	3.2	3.1	3.1
人口(100万人)	55	63	68	72	72	71	68	0.8	0.1	-0.3	-0.2
エネルギー起源CO_2排出(100万t)	80	151	223	235	248	254	244	3.5	0.6	-0.1	0.1
一人あたりGDP (2015年価格1,000ドル/人)	2.6	3.5	5.1	6.1	8.1	11	16	2.8	3.1	3.4	3.3
一人あたり一次エネルギー消費(toe/人)	0.8	1.2	1.7	1.8	2.0	2.3	2.6	2.8	1.3	1.3	1.3
GDPあたり一次エネルギー消費[*2]	294	328	340	296	252	205	168	0.0	-1.8	-2.0	-1.9
GDPあたりCO_2排出量[*3]	557	683	644	535	426	316	228	-0.1	-2.5	-3.1	-2.9
一次エネルギー消費あたりCO_2排出(t/toe)	1.9	2.1	1.9	1.8	1.7	1.5	1.4	-0.1	-0.8	-1.1	-1.0

*1 電力、熱の輸出入を掲載していないため、合計と内訳は必ずしも一致しない。
*2 toe/2015年価格100万ドル。*3 t/2015年価格100万ドル

付表33 | ベトナム[レファレンスシナリオ]

一次エネルギー消費

	(石油換算100万トン[Mtoe])							構成比(%)			年平均変化率(%)			
	1990	2000	2010	2021	2030	2040	2050	1990	2021	2050	1990/2021	2021/2030	2030/2050	2021/2050
合計[*1]	18	29	59	95	152	200	244	100	100	100	5.5	5.3	2.4	3.3
石炭	2.2	4.4	15	47	62	78	88	12	49	36	10.3	3.1	1.8	2.2
石油	2.7	7.8	18	23	46	60	73	15	24	30	7.1	7.9	2.4	4.1
天然ガス	0.0	1.1	8.1	6.3	16	24	34	0.0	6.6	14	28.4	11.0	3.8	6.0
原子力	-	-	-	-	-	4.2	8.6	-	-	3.5	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
水力	0.5	1.3	2.4	6.8	9.3	11	12	2.6	7.1	4.7	9.0	3.7	1.1	1.9
地熱	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
太陽光・風力等	-	-	0.0	2.7	7.2	9.4	11	-	2.8	4.6	n.a.	11.7	2.2	5.0
バイオマス・廃棄物	12	14	15	9.7	11	14	16	70	10	6.7	-0.8	1.4	2.0	1.8
水素	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

最終エネルギー消費

	(Mtoe)							構成比(%)			1990/2021	2021/2030	2030/2050	2021/2050
	1990	2000	2010	2021	2030	2040	2050	1990	2021	2050				
合計	16	25	48	69	114	148	179	100	100	100	4.9	5.7	2.3	3.3
産業	4.5	7.9	17	40	58	72	82	28	57	46	7.3	4.2	1.8	2.5
運輸	1.4	3.5	10	11	23	32	41	8.7	15	23	6.8	8.6	3.0	4.7
民生・農業他	10	13	18	16	21	28	36	63	23	20	1.5	3.0	2.9	2.9
非エネルギー消費	0.0	0.1	2.3	2.9	13	16	19	0.2	4.2	11	16.2	18.2	1.8	6.7
石炭	1.3	3.2	9.8	22	29	33	34	8.3	31	19	9.4	3.0	0.9	1.6
石油	2.3	6.5	17	19	39	52	64	15	27	36	7.0	8.4	2.5	4.3
天然ガス	-	0.0	0.5	1.7	7.0	9.3	11	-	2.5	6.3	n.a.	16.8	2.4	6.7
電力	0.5	1.9	7.5	19	31	43	56	3.3	28	32	12.3	5.6	3.0	3.8
熱	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
水素	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
再生可能	12	13	14	7.6	8.2	10	12	74	11	7.0	-1.4	0.8	2.1	1.7

発電量

	(TWh)							構成比(%)			1990/2021	2021/2030	2030/2050	2021/2050
	1990	2000	2010	2021	2030	2040	2050	1990	2021	2050				
合計	8.7	27	95	253	406	561	725	100	100	100	11.5	5.4	2.9	3.7
石炭	2.0	3.1	20	115	147	196	240	23	45	33	14.0	2.7	2.5	2.6
石油	1.3	4.5	3.4	0.3	2.5	3.0	3.5	15	0.1	0.5	-4.7	26.4	1.8	8.9
天然ガス	0.0	4.4	44	26	61	106	179	0.1	10	25	31.1	9.8	5.5	6.8
原子力	-	-	-	-	-	16	33	-	-	4.5	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
水力	5.4	15	28	79	109	125	134	62	31	19	9.0	3.7	1.1	1.9
地熱	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
太陽光	-	-	-	28	47	56	64	-	11	8.9	n.a.	6.0	1.6	2.9
風力	-	-	0.1	3.3	37	53	65	-	1.3	8.9	n.a.	30.5	2.9	10.8
太陽熱・海洋	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
バイオマス・廃棄物	-	-	0.1	2.1	3.5	4.7	6.0	-	0.8	0.8	n.a.	6.0	2.6	3.7
水素	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
その他	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

エネルギー・経済指標他

	1990	2000	2010	2021	2030	2040	2050	1990/2021	2021/2030	2030/2050	2021/2050
GDP (2015年価格10億ドル)	45	94	177	332	591	1,000	1,521	6.7	6.6	4.8	5.4
人口(100万人)	67	79	87	97	103	106	107	1.2	0.6	0.2	0.3
エネルギー起源CO_2排出(100万t)	16	42	122	285	404	518	615	9.6	4.0	2.1	2.7
一人あたりGDP (2015年価格1,000ドル/人)	0.7	1.2	2.0	3.4	5.7	9.4	14	5.4	6.0	4.6	5.0
一人あたり一次エネルギー消費(toe/人)	0.3	0.4	0.7	1.0	1.5	1.9	2.3	4.3	4.7	2.2	3.0
GDPあたり一次エネルギー消費[*2]	397	307	330	286	256	200	161	-1.0	-1.2	-2.3	-2.0
GDPあたりCO_2排出量[*3]	365	444	689	857	683	518	405	2.8	-2.5	-2.6	-2.6
一次エネルギー消費あたりCO_2排出(t/toe)	0.9	1.4	2.1	3.0	2.7	2.6	2.5	3.9	-1.3	-0.3	-0.6

*1 電力、熱の輸出入を掲載していないため、合計と内訳は必ずしも一致しない。
*2 toe/2015年価格100万ドル。*3 t/2015年価格100万ドル

付表34 | 北米[レファレンスシナリオ]

一次エネルギー消費

	(石油換算100万トン[Mtoe])							構成比(%)			年平均変化率(%)			
	1990	2000	2010	2021	2030	2040	2050	1990	2021	2050	1990/2021	2021/2030	2030/2050	2021/2050
合計[*1]	2,126	2,525	2,473	2,429	2,354	2,214	2,126	100	100	100	0.4	-0.4	-0.5	-0.5
石炭	484	565	525	264	145	68	30	23	11	1.4	-1.9	-6.5	-7.6	-7.3
石油	833	958	901	859	825	747	659	39	35	31	0.1	-0.4	-1.1	-0.9
天然ガス	493	622	632	840	818	753	680	23	35	32	1.7	-0.3	-0.9	-0.7
原子力	179	227	242	236	223	181	174	8.4	9.7	8.2	0.9	-0.6	-1.2	-1.0
水力	49	53	53	55	61	63	64	2.3	2.3	3.0	0.4	1.3	0.2	0.5
地熱	14	13	8.4	9.4	11	13	14	0.7	0.4	0.7	-1.3	1.6	1.2	1.3
太陽光・風力等	0.3	2.1	11	53	149	268	383	0.0	2.2	18	17.9	12.2	4.8	7.1
バイオマス・廃棄物	73	86	101	115	121	122	123	3.5	4.7	5.8	1.5	0.5	0.1	0.2
水素	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

最終エネルギー消費

	(Mtoe)							構成比(%)			1990/2021	2021/2030	2030/2050	2021/2050
	1990	2000	2010	2021	2030	2040	2050	1990	2021	2050				
合計	1,452	1,728	1,697	1,731	1,719	1,667	1,615	100	100	100	0.6	-0.1	-0.3	-0.2
産業	331	386	313	324	333	338	330	23	19	20	-0.1	0.3	0.0	0.1
運輸	531	640	655	660	647	588	531	37	38	33	0.7	-0.2	-1.0	-0.7
民生・農業他	456	528	572	570	555	546	554	31	33	34	0.7	-0.3	0.0	-0.1
非エネルギー消費	134	173	158	177	185	195	201	9.2	10	12	0.9	0.5	0.4	0.4
石炭	59	36	30	16	15	13	10	4.1	0.9	0.6	-4.2	-0.9	-1.6	-1.4
石油	749	870	850	818	792	723	645	52	47	40	0.3	-0.4	-1.0	-0.8
天然ガス	346	413	364	421	403	383	354	24	24	22	0.6	-0.5	-0.6	-0.6
電力	262	338	367	375	406	449	509	18	22	32	1.2	0.9	1.1	1.1
熱	2.8	6.1	7.1	6.2	5.9	5.6	5.2	0.2	0.4	0.3	2.6	-0.5	-0.7	-0.6
水素	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
再生可能	33	64	80	95	97	94	92	2.3	5.5	5.7	3.5	0.2	-0.3	-0.1

発電量

	(TWh)							構成比(%)			1990/2021	2021/2030	2030/2050	2021/2050
	1990	2000	2010	2021	2030	2040	2050	1990	2021	2050				
合計	3,685	4,632	4,957	4,997	5,400	5,940	6,702	100	100	100	1.0	0.9	1.1	1.0
石炭	1,782	2,247	2,074	1,026	541	207	41	48	21	0.6	-1.8	-6.9	-12.1	-10.5
石油	147	133	56	40	23	12	2.8	4.0	0.8	0.0	-4.1	-6.0	-10.0	-8.8
天然ガス	391	668	1,070	1,711	1,546	1,264	1,019	11	34	15	4.9	-1.1	-2.1	-1.8
原子力	685	871	930	904	857	693	667	19	18	9.9	0.9	-0.6	-1.2	-1.0
水力	570	612	614	636	715	732	743	15	13	11	0.4	1.3	0.2	0.5
地熱	16	15	18	19	22	27	29	0.4	0.4	0.4	0.6	1.7	1.3	1.4
太陽光	0.0	0.2	3.3	154	649	1,354	1,887	0.0	3.1	28	41.9	17.3	5.5	9.0
風力	3.1	5.9	104	418	895	1,431	2,000	0.1	8.4	30	17.2	8.8	4.1	5.5
太陽熱・海洋	0.7	0.6	0.9	3.2	52	100	174	0.0	0.1	2.6	5.0	36.3	6.3	14.8
バイオマス・廃棄物	91	80	82	80	96	116	135	2.5	1.6	2.0	-0.4	2.1	1.7	1.8
水素	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
その他	-	-	6.8	5.1	5.1	5.1	5.1	-	0.1	0.1	n.a.	0.0	0.0	0.0

エネルギー・経済指標他

	1990	2000	2010	2021	2030	2040	2050	1990/2021	2021/2030	2030/2050	2021/2050
GDP (2015年価格10億ドル)	10,626	14,918	17,783	22,210	26,292	32,069	38,016	2.4	1.9	1.9	1.9
人口(100万人)	277	313	343	370	388	405	416	0.9	0.5	0.4	0.4
エネルギー起源CO_2排出(100万t)	5,126	6,085	5,698	5,055	4,383	3,674	3,085	0.0	-1.6	-1.7	-1.7
一人あたりGDP (2015年価格1,000ドル/人)	38	48	52	60	68	79	91	1.5	1.4	1.5	1.5
一人あたり一次エネルギー消費(toe/人)	7.7	8.1	7.2	6.6	6.1	5.5	5.1	-0.5	-0.9	-0.9	-0.9
GDPあたり一次エネルギー消費[*2]	200	169	139	109	90	69	56	-1.9	-2.2	-2.3	-2.3
GDPあたりCO_2排出量[*3]	482	408	320	228	167	115	81	-2.4	-3.4	-3.5	-3.5
一次エネルギー消費あたりCO_2排出(t/toe)	2.4	2.4	2.3	2.1	1.9	1.7	1.5	-0.5	-1.2	-1.2	-1.2

*1 電力、熱の輸出入を掲載していないため、合計と内訳は必ずしも一致しない。
*2 toe/2015年価格100万ドル。*3 t/2015年価格100万ドル

付表35 | 米国[レファレンスシナリオ]

一次エネルギー消費

	(石油換算100万トン[Mtoe])							構成比(%)			年平均変化率(%)			
	1990	2000	2010	2021	2030	2040	2050	1990	2021	2050	1990/2021	2021/2030	2030/2050	2021/2050
合計[*1]	1,914	2,273	2,216	2,139	2,045	1,897	1,804	100	100	100	0.4	-0.5	-0.6	-0.6
石炭	460	533	501	254	141	66	28	24	12	1.5	-1.9	-6.3	-7.8	-7.4
石油	757	871	807	764	728	658	581	40	36	32	0.0	-0.5	-1.1	-0.9
天然ガス	438	548	556	723	681	592	499	23	34	28	1.6	-0.7	-1.5	-1.3
原子力	159	208	219	211	202	166	166	8.3	9.9	9.2	0.9	-0.5	-1.0	-0.8
水力	23	22	23	22	27	27	28	1.2	1.0	1.5	-0.2	2.3	0.2	0.9
地熱	14	13	8.4	9.4	11	13	14	0.7	0.4	0.8	-1.3	1.6	1.2	1.3
太陽光・風力等	0.3	2.1	11	49	143	260	373	0.0	2.3	21	17.6	12.5	4.9	7.2
バイオマス・廃棄物	62	73	89	103	109	111	113	3.3	4.8	6.2	1.6	0.7	0.2	0.3
水素	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

最終エネルギー消費

	(Mtoe)							構成比(%)			1990/2021	2021/2030	2030/2050	2021/2050
	1990	2000	2010	2021	2030	2040	2050	1990	2021	2050				
合計	1,294	1,546	1,513	1,540	1,521	1,471	1,423	100	100	100	0.6	-0.1	-0.3	-0.3
産業	284	332	270	278	285	287	279	22	18	20	-0.1	0.3	-0.1	0.0
運輸	488	588	596	604	586	535	483	38	39	34	0.7	-0.3	-1.0	-0.8
民生・農業他	403	473	511	504	488	479	484	31	33	34	0.7	-0.4	0.0	-0.1
非エネルギー消費	119	153	135	154	162	170	177	9.2	10.0	12	0.8	0.5	0.4	0.5
石炭	56	33	27	14	13	11	9.1	4.3	0.9	0.6	-4.5	-0.8	-1.6	-1.3
石油	683	793	762	735	706	644	574	53	48	40	0.2	-0.5	-1.0	-0.9
天然ガス	303	360	322	370	353	334	309	23	24	22	0.6	-0.5	-0.7	-0.6
電力	226	301	326	330	356	391	442	18	21	31	1.2	0.8	1.1	1.0
熱	2.2	5.3	6.6	5.6	5.3	5.1	4.6	0.2	0.4	0.3	3.1	-0.6	-0.7	-0.7
水素	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
再生可能	23	54	70	85	88	86	84	1.8	5.5	5.9	4.3	0.3	-0.2	-0.1

発電量

	(TWh)							構成比(%)			1990/2021	2021/2030	2030/2050	2021/2050
	1990	2000	2010	2021	2030	2040	2050	1990	2021	2050				
合計	3,203	4,026	4,354	4,354	4,694	5,143	5,785	100	100	100	1.0	0.8	1.1	1.0
石炭	1,700	2,129	1,994	992	535	205	39	53	23	0.7	-1.7	-6.6	-12.2	-10.5
石油	131	118	48	36	19	8.6	2.8	4.1	0.8	0.0	-4.1	-6.7	-9.2	-8.4
天然ガス	382	634	1,018	1,634	1,422	1,051	683	12	38	12	4.8	-1.5	-3.6	-3.0
原子力	612	798	839	812	776	639	637	19	19	11	0.9	-0.5	-1.0	-0.8
水力	273	253	262	253	311	319	324	8.5	5.8	5.6	-0.2	2.3	0.2	0.9
地熱	16	15	18	19	22	27	29	0.5	0.4	0.5	0.6	1.7	1.3	1.4
太陽光	0.0	0.2	3.1	148	634	1,332	1,860	0.0	3.4	32	41.7	17.5	5.5	9.1
風力	3.1	5.7	95	383	833	1,355	1,911	0.1	8.8	33	16.8	9.0	4.2	5.7
太陽熱・海洋	0.7	0.5	0.9	3.2	52	100	174	0.0	0.1	3.0	5.2	36.3	6.3	14.8
バイオマス・廃棄物	86	72	73	69	85	103	119	2.7	1.6	2.1	-0.7	2.3	1.7	1.9
水素	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
その他	-	-	3.7	4.7	4.7	4.7	4.7	-	0.1	0.1	n.a.	0.0	0.0	0.0

エネルギー・経済指標他

	1990	2000	2010	2021	2030	2040	2050	1990/2021	2021/2030	2030/2050	2021/2050
GDP (2015年価格10億ドル)	9,811	13,754	16,383	20,529	24,289	29,608	35,085	2.4	1.9	1.9	1.9
人口(100万人)	250	282	309	332	347	361	370	0.9	0.5	0.3	0.4
エネルギー起源CO_2排出(100万t)	4,740	5,611	5,204	4,549	3,859	3,132	2,529	-0.1	-1.8	-2.1	-2.0
一人あたりGDP (2015年価格1,000ドル/人)	39	49	53	62	70	82	95	1.5	1.4	1.5	1.5
一人あたり一次エネルギー消費(toe/人)	7.7	8.1	7.2	6.4	5.9	5.3	4.9	-0.6	-1.0	-0.9	-1.0
GDPあたり一次エネルギー消費[*2]	195	165	135	104	84	64	51	-2.0	-2.3	-2.4	-2.4
GDPあたりCO_2排出量[*3]	483	408	318	222	159	106	72	-2.5	-3.6	-3.9	-3.8
一次エネルギー消費あたりCO_2排出(t/toe)	2.5	2.5	2.3	2.1	1.9	1.7	1.4	-0.5	-1.3	-1.5	-1.4

*1 電力、熱の輸出入を掲載していないため、合計と内訳は必ずしも一致しない。
*2 toe/2015年価格100万ドル。*3 t/2015年価格100万ドル

付表36 | 中南米[レファレンスシナリオ]

一次エネルギー消費

	(石油換算100万トン[Mtoe])							構成比(%)			年平均変化率(%)			
	1990	2000	2010	2021	2030	2040	2050	1990	2021	2050	1990/2021	2021/2030	2030/2050	2021/2050
合計[*1]	467	610	788	821	921	1,031	1,143	100	100	100	1.8	1.3	1.1	1.1
石炭	21	28	39	39	36	43	43	4.6	4.7	3.8	2.0	-0.7	0.8	0.3
石油	241	313	365	333	364	383	395	52	41	35	1.0	1.0	0.4	0.6
天然ガス	71	118	178	207	206	270	351	15	25	31	3.5	-0.1	2.7	1.8
原子力	3.2	5.3	7.2	9.8	17	18	15	0.7	1.2	1.3	3.6	6.3	-0.7	1.5
水力	33	50	63	60	72	77	82	7.1	7.3	7.2	1.9	2.0	0.7	1.1
地熱	5.1	6.5	6.4	6.2	13	15	17	1.1	0.8	1.5	0.7	8.2	1.6	3.6
太陽光・風力等	0.0	0.2	0.9	17	45	56	67	0.0	2.0	5.9	22.2	11.6	2.0	4.9
バイオマス・廃棄物	93	90	128	149	168	170	173	20	18	15	1.6	1.3	0.2	0.5
水素	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

最終エネルギー消費

	(Mtoe)							構成比(%)			1990/2021	2021/2030	2030/2050	2021/2050
	1990	2000	2010	2021	2030	2040	2050	1990	2021	2050				
合計	344	442	569	574	662	733	806	100	100	100	1.7	1.6	1.0	1.2
産業	114	143	179	169	202	237	267	33	29	33	1.3	2.0	1.4	1.6
運輸	104	140	197	205	246	263	282	30	36	35	2.2	2.1	0.7	1.1
民生・農業他	100	122	148	166	177	188	208	29	29	26	1.6	0.7	0.8	0.8
非エネルギー消費	26	38	45	34	38	44	50	7.6	5.9	6.2	0.9	1.1	1.5	1.4
石炭	8.2	11	15	13	14	14	14	2.4	2.2	1.7	1.4	0.9	0.0	0.3
石油	178	235	284	271	310	331	349	52	47	43	1.4	1.5	0.6	0.9
天然ガス	38	54	74	63	73	82	90	11	11	11	1.6	1.7	1.0	1.3
電力	44	68	97	118	148	189	237	13	21	29	3.2	2.5	2.4	2.4
熱	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
水素	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
再生可能	75	74	99	109	117	116	117	22	19	15	1.2	0.8	0.0	0.2

発電量

	(TWh)							構成比(%)			1990/2021	2021/2030	2030/2050	2021/2050
	1990	2000	2010	2021	2030	2040	2050	1990	2021	2050				
合計	623	1,009	1,406	1,726	2,131	2,671	3,281	100	100	100	3.3	2.4	2.2	2.2
石炭	24	44	75	84	72	98	101	3.8	4.9	3.1	4.2	-1.8	1.7	0.6
石油	130	197	188	143	80	64	33	21	8.3	1.0	0.3	-6.2	-4.4	-5.0
天然ガス	58	142	326	492	444	770	1,228	9.3	29	37	7.1	-1.1	5.2	3.2
原子力	12	20	28	38	65	69	57	2.0	2.2	1.7	3.6	6.3	-0.7	1.5
水力	386	584	731	700	833	896	952	62	41	29	1.9	2.0	0.7	1.1
地熱	5.9	8.0	9.9	9.2	18	21	24	1.0	0.5	0.7	1.4	7.8	1.5	3.4
太陽光	0.0	0.0	0.1	48	220	278	318	0.0	2.8	9.7	41.6	18.3	1.9	6.7
風力	0.0	0.3	4.7	127	283	352	439	0.0	7.3	13	46.1	9.4	2.2	4.4
太陽熱・海洋	-	-	-	0.2	0.2	0.2	0.2	-	0.0	0.0	n.a.	0.0	0.0	0.0
バイオマス・廃棄物	7.4	13	44	82	111	120	127	1.2	4.8	3.9	8.1	3.5	0.6	1.5
水素	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
その他	-	0.4	0.5	2.4	2.4	2.4	2.4	-	0.1	0.1	n.a.	0.0	0.0	0.0

エネルギー・経済指標他

	1990	2000	2010	2021	2030	2040	2050	1990/2021	2021/2030	2030/2050	2021/2050
GDP (2015年価格10億ドル)	2,597	3,524	4,830	5,348	6,670	8,934	11,587	2.4	2.5	2.8	2.7
人口(100万人)	438	518	586	652	694	729	748	1.3	0.7	0.4	0.5
エネルギー起源CO_2排出(100万t)	867	1,195	1,524	1,453	1,519	1,730	1,939	1.7	0.5	1.2	1.0
一人あたりGDP (2015年価格1,000ドル/人)	5.9	6.8	8.2	8.2	9.6	12	15	1.1	1.8	2.4	2.2
一人あたり一次エネルギー消費(toe/人)	1.1	1.2	1.3	1.3	1.3	1.4	1.5	0.5	0.6	0.7	0.7
GDPあたり一次エネルギー消費[*2]	180	173	163	154	138	115	99	-0.5	-1.2	-1.7	-1.5
GDPあたりCO_2排出量[*3]	334	339	315	272	228	194	167	-0.7	-1.9	-1.5	-1.7
一次エネルギー消費あたりCO_2排出(t/toe)	1.9	2.0	1.9	1.8	1.6	1.7	1.7	-0.2	-0.8	0.1	-0.1

*1 電力、熱の輸出入を掲載していないため、合計と内訳は必ずしも一致しない。
*2 toe/2015年価格100万ドル。*3 t/2015年価格100万ドル

付表37 | 欧州先進国[レファレンスシナリオ]

一次エネルギー消費

	(石油換算100万トン[Mtoe])							構成比(%)			年平均変化率(%)			
	1990	2000	2010	2021	2030	2040	2050	1990	2021	2050	1990/2021	2021/2030	2030/2050	2021/2050
合計[*1]	1,644	1,759	1,833	1,698	1,549	1,428	1,352	100	100	100	0.1	-1.0	-0.7	-0.8
石炭	450	331	301	204	114	83	79	27	12	5.8	-2.5	-6.3	-1.8	-3.2
石油	617	654	605	530	477	395	338	38	31	25	-0.5	-1.2	-1.7	-1.5
天然ガス	267	396	473	447	342	308	299	16	26	22	1.7	-2.9	-0.7	-1.4
原子力	210	247	239	201	177	171	157	13	12	12	-0.1	-1.4	-0.6	-0.8
水力	39	47	48	49	50	52	53	2.4	2.9	3.9	0.8	0.2	0.3	0.2
地熱	4.9	7.1	11	22	32	36	37	0.3	1.3	2.7	5.0	4.2	0.7	1.8
太陽光・風力等	0.4	2.9	18	64	152	187	204	0.0	3.8	15	18.3	10.0	1.5	4.1
バイオマス・廃棄物	56	72	137	178	202	193	183	3.4	10	14	3.8	1.4	-0.5	0.1
水素	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

最終エネルギー消費

	(Mtoe)							構成比(%)			1990/2021	2021/2030	2030/2050	2021/2050
	1990	2000	2010	2021	2030	2040	2050	1990	2021	2050				
合計	1,142	1,235	1,289	1,255	1,193	1,097	1,027	100	100	100	0.3	-0.6	-0.7	-0.7
産業	330	325	296	305	307	298	280	29	24	27	-0.3	0.1	-0.5	-0.3
運輸	269	318	335	338	313	254	217	24	27	21	0.7	-0.8	-1.8	-1.5
民生・農業他	442	477	544	506	466	439	426	39	40	41	0.4	-0.9	-0.4	-0.6
非エネルギー消費	101	114	113	106	107	106	104	8.9	8.5	10	0.1	0.1	-0.1	-0.1
石炭	124	62	55	43	37	30	25	11	3.4	2.4	-3.4	-1.5	-2.0	-1.9
石油	528	573	538	493	450	373	319	46	39	31	-0.2	-1.0	-1.7	-1.5
天然ガス	205	269	285	292	266	249	223	18	23	22	1.1	-1.0	-0.9	-0.9
電力	193	234	267	271	291	310	339	17	22	33	1.1	0.8	0.8	0.8
熱	45	42	53	50	46	44	40	3.9	4.0	3.9	0.3	-0.7	-0.7	-0.7
水素	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
再生可能	48	56	91	106	103	91	81	4.2	8.5	7.9	2.6	-0.4	-1.2	-0.9

発電量

	(TWh)							構成比(%)			1990/2021	2021/2030	2030/2050	2021/2050
	1990	2000	2010	2021	2030	2040	2050	1990	2021	2050				
合計	2,695	3,236	3,623	3,637	3,897	4,125	4,487	100	100	100	1.0	0.8	0.7	0.7
石炭	1,030	968	873	535	172	55	59	38	15	1.3	-2.1	-11.8	-5.2	-7.3
石油	209	180	81	43	13	5.2	1.5	7.8	1.2	0.0	-4.9	-12.6	-10.2	-11.0
天然ガス	176	514	857	769	347	280	468	6.5	21	10	4.9	-8.5	1.5	-1.7
原子力	804	948	916	769	680	657	603	30	21	13	-0.1	-1.4	-0.6	-0.8
水力	450	547	559	575	586	602	617	17	16	14	0.8	0.2	0.3	0.2
地熱	3.6	6.2	11	23	36	42	42	0.1	0.6	0.9	6.2	5.0	0.8	2.1
太陽光	0.0	0.1	23	184	677	893	949	0.0	5.0	21	35.2	15.6	1.7	5.8
風力	0.8	22	153	485	1,015	1,190	1,324	0.0	13	30	23.1	8.6	1.3	3.5
太陽熱・海洋	0.5	0.5	1.2	5.7	7.5	9.7	14	0.0	0.2	0.3	8.1	3.1	3.3	3.2
バイオマス・廃棄物	21	48	146	241	356	385	402	0.8	6.6	9.0	8.2	4.4	0.6	1.8
水素	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
その他	0.3	1.5	4.6	6.7	6.7	6.7	6.7	0.0	0.2	0.1	10.0	0.0	0.0	0.0

エネルギー・経済指標他

	1990	2000	2010	2021	2030	2040	2050	1990/2021	2021/2030	2030/2050	2021/2050
GDP (2015年価格10億ドル)	11,682	14,633	16,894	19,669	23,173	26,699	30,170	1.7	1.8	1.3	1.5
人口(100万人)	505	528	557	582	589	589	583	0.5	0.1	-0.1	0.0
エネルギー起源CO_2排出(100万t)	3,944	3,916	3,823	3,242	2,467	2,027	1,827	-0.6	-3.0	-1.5	-2.0
一人あたりGDP (2015年価格1,000ドル/人)	23	28	30	34	39	45	52	1.2	1.7	1.4	1.5
一人あたり一次エネルギー消費(toe/人)	3.3	3.3	3.3	2.9	2.6	2.4	2.3	-0.4	-1.1	-0.6	-0.8
GDPあたり一次エネルギー消費[*2]	141	120	109	86	67	53	45	-1.6	-2.8	-2.0	-2.2
GDPあたりCO_2排出量[*3]	338	268	226	165	106	76	61	-2.3	-4.7	-2.8	-3.4
一次エネルギー消費あたりCO_2排出(t/toe)	2.4	2.2	2.1	1.9	1.6	1.4	1.4	-0.7	-2.0	-0.8	-1.2

*1 電力、熱の輸出入を掲載していないため、合計と内訳は必ずしも一致しない。
*2 toe/2015年価格100万ドル。*3 t/2015年価格100万ドル

付表38 | 他欧州/ユーラシア[レファレンスシナリオ]

一次エネルギー消費

	(石油換算100万トン[Mtoe])							構成比(%)			年平均変化率(%)			
	1990	2000	2010	2021	2030	2040	2050	1990	2021	2050	1990/2021	2021/2030	2030/2050	2021/2050
合計[*1]	1,514	988	1,112	1,225	1,190	1,217	1,296	100	100	100	-0.7	-0.3	0.4	0.2
石炭	365	209	211	212	192	198	222	24	17	17	-1.7	-1.1	0.7	0.2
石油	459	199	216	251	232	224	213	30	20	16	-1.9	-0.9	-0.4	-0.6
天然ガス	596	481	566	611	581	599	668	39	50	52	0.1	-0.6	0.7	0.3
原子力	55	61	76	90	117	125	119	3.6	7.4	9.2	1.6	2.9	0.1	1.0
水力	22	23	26	30	30	32	33	1.5	2.4	2.6	0.9	0.1	0.6	0.4
地熱	0.0	0.1	0.6	0.2	0.3	0.3	0.3	0.0	0.0	0.0	7.7	1.2	0.3	0.6
太陽光・風力等	-	0.0	0.2	3.2	7.2	10	13	-	0.3	1.0	n.a.	9.3	2.8	4.8
バイオマス・廃棄物	17	15	19	31	33	31	29	1.1	2.5	2.3	1.9	0.8	-0.6	-0.1
水素	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

最終エネルギー消費

	(Mtoe)							構成比(%)			1990/2021	2021/2030	2030/2050	2021/2050
	1990	2000	2010	2021	2030	2040	2050	1990	2021	2050				
合計	1,057	647	711	802	782	782	793	100	100	100	-0.9	-0.3	0.1	0.0
産業	391	205	205	211	208	217	221	37	26	28	-2.0	-0.2	0.3	0.2
運輸	170	110	145	156	142	135	129	16	19	16	-0.3	-1.1	-0.5	-0.7
民生・農業他	431	285	281	331	327	319	325	41	41	41	-0.9	-0.1	0.0	-0.1
非エネルギー消費	65	47	80	104	105	111	118	6.2	13	15	1.5	0.0	0.6	0.4
石炭	113	36	41	52	46	45	42	11	6.4	5.3	-2.5	-1.3	-0.5	-0.7
石油	275	144	174	214	204	197	187	26	27	24	-0.8	-0.6	-0.4	-0.5
天然ガス	258	200	233	265	251	242	230	24	33	29	0.1	-0.6	-0.4	-0.5
電力	125	86	103	116	127	154	201	12	14	25	-0.2	1.0	2.3	1.9
熱	274	170	147	135	132	126	116	26	17	15	-2.3	-0.2	-0.6	-0.5
水素	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
再生可能	13	11	14	21	22	19	17	1.2	2.6	2.1	1.6	0.7	-1.3	-0.7

発電量

	(TWh)							構成比(%)			1990/2021	2021/2030	2030/2050	2021/2050
	1990	2000	2010	2021	2030	2040	2050	1990	2021	2050				
合計	1,856	1,415	1,689	1,867	2,007	2,356	2,946	100	100	100	0.0	0.8	1.9	1.6
石炭	429	338	396	372	392	474	646	23	20	22	-0.5	0.6	2.5	1.9
石油	252	69	22	22	13	12	11	14	1.2	0.4	-7.5	-5.8	-0.7	-2.3
天然ガス	707	504	671	735	707	884	1,279	38	39	43	0.1	-0.4	3.0	1.9
原子力	209	234	289	345	451	480	457	11	18	16	1.6	3.0	0.1	1.0
水力	259	267	306	345	347	373	389	14	18	13	0.9	0.1	0.6	0.4
地熱	0.0	0.1	0.5	0.5	0.6	0.6	0.6	0.0	0.0	0.0	9.9	0.7	0.0	0.2
太陽光	-	-	0.0	15	42	60	72	-	0.8	2.5	n.a.	12.0	2.8	5.5
風力	-	0.0	1.2	21	40	55	70	-	1.1	2.4	n.a.	7.5	2.9	4.3
太陽熱・海洋	-	-	-	-	0.0	0.1	0.2	-	-	0.0	n.a.	n.a.	12.7	n.a.
バイオマス・廃棄物	0.0	2.6	3.3	10	14	17	20	0.0	0.5	0.7	18.9	3.5	1.8	2.3
水素	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
その他	-	-	0.0	0.2	0.2	0.2	0.2	-	0.0	0.0	n.a.	0.0	0.0	0.0

エネルギー・経済指標他

	1990	2000	2010	2021	2030	2040	2050	1990/2021	2021/2030	2030/2050	2021/2050
GDP (2015年価格10億ドル)	1,832	1,264	2,089	2,628	3,085	3,867	4,805	1.2	1.8	2.2	2.1
人口(100万人)	337	335	332	342	340	340	339	0.0	0.0	0.0	0.0
エネルギー起源CO_2排出(100万t)	3,878	2,339	2,511	2,584	2,424	2,454	2,662	-1.3	-0.7	0.5	0.1
一人あたりGDP (2015年価格1,000ドル/人)	5.4	3.8	6.3	7.7	9.1	11	14	1.1	1.8	2.3	2.1
一人あたり一次エネルギー消費(toe/人)	4.5	3.0	3.4	3.6	3.5	3.6	3.8	-0.7	-0.3	0.4	0.2
GDPあたり一次エネルギー消費[*2]	826	782	532	466	386	315	270	-1.8	-2.1	-1.8	-1.9
GDPあたりCO_2排出量[*3]	2,116	1,850	1,202	983	786	635	554	-2.4	-2.5	-1.7	-2.0
一次エネルギー消費あたりCO_2排出(t/toe)	2.6	2.4	2.3	2.1	2.0	2.0	2.1	-0.6	-0.4	0.0	-0.1

*1 電力、熱の輸出入を掲載していないため、合計と内訳は必ずしも一致しない。
*2 toe/2015年価格100万ドル。*3 t/2015年価格100万ドル

付表39 | 欧州連合[レファレンスシナリオ]

一次エネルギー消費

	(石油換算100万トン[Mtoe])							構成比(%)			年平均変化率(%)			
	1990	2000	2010	2021	2030	2040	2050	1990	2021	2050	1990/2021	2021/2030	2030/2050	2021/2050
合計[*1]	1,441	1,471	1,527	1,388	1,284	1,176	1,112	100	100	100	-0.1	-0.9	-0.7	-0.8
石炭	393	285	252	166	97	71	68	27	12	6.1	-2.7	-5.8	-1.7	-3.0
石油	531	550	506	437	390	324	277	37	32	25	-0.6	-1.3	-1.7	-1.6
天然ガス	250	309	363	340	266	247	237	17	24	21	1.0	-2.7	-0.6	-1.2
原子力	190	224	223	191	172	152	139	13	14	12	0.0	-1.1	-1.1	-1.1
水力	24	30	32	30	30	31	31	1.7	2.2	2.8	0.7	0.0	0.2	0.2
地熱	3.2	4.6	5.5	6.8	8.0	8.2	8.2	0.2	0.5	0.7	2.5	1.8	0.1	0.6
太陽光・風力等	0.3	2.5	16	52	120	147	160	0.0	3.8	14	18.0	9.7	1.4	3.9
バイオマス・廃棄物	47	65	128	163	182	172	161	3.3	12	15	4.1	1.3	-0.6	0.0
水素	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

最終エネルギー消費

	(Mtoe)							構成比(%)			1990/2021	2021/2030	2030/2050	2021/2050
	1990	2000	2010	2021	2030	2040	2050	1990	2021	2050				
合計	995	1,027	1,070	1,023	972	893	833	100	100	100	0.1	-0.6	-0.8	-0.7
産業	313	274	247	246	251	244	230	31	24	28	-0.8	0.2	-0.4	-0.2
運輸	220	262	279	274	251	205	175	22	27	21	0.7	-1.0	-1.8	-1.5
民生・農業他	374	391	447	408	376	352	338	38	40	41	0.3	-0.9	-0.5	-0.6
非エネルギー消費	88	100	98	94	95	93	90	8.9	9.2	11	0.2	0.0	-0.3	-0.2
石炭	109	47	37	28	25	20	17	11	2.8	2.0	-4.2	-1.4	-2.0	-1.8
石油	445	479	448	406	367	307	263	45	40	32	-0.3	-1.1	-1.7	-1.5
天然ガス	185	220	231	227	209	196	176	19	22	21	0.7	-0.9	-0.9	-0.9
電力	162	189	216	214	231	246	268	16	21	32	0.9	0.9	0.7	0.8
熱	55	43	52	47	44	42	38	5.5	4.6	4.6	-0.5	-0.8	-0.7	-0.7
水素	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
再生可能	39	50	86	101	95	82	71	4.0	9.8	8.5	3.1	-0.6	-1.5	-1.2

発電量

	(TWh)							構成比(%)			1990/2021	2021/2030	2030/2050	2021/2050
	1990	2000	2010	2021	2030	2040	2050	1990	2021	2050				
合計	2,256	2,630	2,955	2,885	3,198	3,452	3,818	100	100	100	0.8	1.2	0.9	1.0
石炭	844	846	755	453	182	80	88	37	16	2.3	-2.0	-9.6	-3.6	-5.5
石油	189	173	82	47	17	8.8	3.3	8.4	1.6	0.1	-4.4	-10.6	-7.9	-8.7
天然ガス	188	331	589	552	274	269	382	8.3	19	10	3.5	-7.5	1.7	-1.3
原子力	729	860	854	732	662	584	533	32	25	14	0.0	-1.1	-1.1	-1.1
水力	284	350	372	348	349	357	364	13	12	9.5	0.7	0.0	0.2	0.2
地熱	3.2	4.8	5.6	6.5	12	14	14	0.1	0.2	0.4	2.3	6.8	0.8	2.7
太陽光	0.0	0.1	22	159	575	759	808	0.0	5.5	21	34.8	15.4	1.7	5.8
風力	0.8	21	140	387	827	1,055	1,285	0.0	13	34	22.2	8.8	2.2	4.2
太陽熱・海洋	0.5	0.5	1.2	5.7	7.4	9.7	14	0.0	0.2	0.4	8.1	3.1	3.3	3.2
バイオマス・廃棄物	19	42	129	191	289	311	322	0.8	6.6	8.4	7.7	4.7	0.5	1.8
水素	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
その他	0.2	1.4	4.4	5.0	5.0	5.0	5.0	0.0	0.2	0.1	10.8	0.0	0.0	0.0

エネルギー・経済指標他

	1990	2000	2010	2021	2030	2040	2050	1990/2021	2021/2030	2030/2050	2021/2050
GDP (2015年価格10億ドル)	9,107	11,262	12,897	14,681	17,280	19,827	22,275	1.6	1.8	1.3	1.4
人口(100万人)	420	429	442	447	449	446	437	0.2	0.0	-0.1	-0.1
エネルギー起源CO_2排出(100万t)	3,464	3,265	3,135	2,579	1,724	1,419	1,274	-0.9	-4.4	-1.5	-2.4
一人あたりGDP (2015年価格1,000ドル/人)	22	26	29	33	38	45	51	1.3	1.8	1.4	1.5
一人あたり一次エネルギー消費(toe/人)	3.4	3.4	3.5	3.1	2.9	2.6	2.5	-0.3	-0.9	-0.6	-0.7
GDPあたり一次エネルギー消費[*2]	158	131	118	95	74	59	50	-1.6	-2.6	-2.0	-2.2
GDPあたりCO_2排出量[*3]	380	290	243	176	100	72	57	-2.5	-6.1	-2.7	-3.8
一次エネルギー消費あたりCO_2排出(t/toe)	2.4	2.2	2.1	1.9	1.3	1.2	1.1	-0.8	-3.6	-0.8	-1.7

*1 電力、熱の輸出入を掲載していないため、合計と内訳は必ずしも一致しない。
*2 toe/2015年価格100万ドル。*3 t/2015年価格100万ドル

付表40 | アフリカ[レファレンスシナリオ]

一次エネルギー消費

	(石油換算100万トン[Mtoe])							構成比(%)			年平均変化率(%)			
	1990	2000	2010	2021	2030	2040	2050	1990	2021	2050	1990/2021	2021/2030	2030/2050	2021/2050
合計[*1]	390	495	685	853	975	1,100	1,228	100	100	100	2.6	1.5	1.2	1.3
石炭	74	90	109	105	107	123	141	19	12	11	1.1	0.2	1.4	1.0
石油	85	100	161	195	243	311	378	22	23	31	2.7	2.5	2.2	2.3
天然ガス	30	47	88	141	182	253	361	7.6	17	29	5.2	2.9	3.5	3.3
原子力	2.2	3.4	3.2	3.2	7.3	12	12	0.6	0.4	1.0	1.2	9.5	2.6	4.7
水力	4.8	6.4	9.4	13	17	25	36	1.2	1.5	2.9	3.2	3.0	3.9	3.6
地熱	0.3	0.4	0.9	4.3	17	27	37	0.1	0.5	3.1	9.2	16.1	4.2	7.7
太陽光・風力等	0.0	0.0	0.3	4.3	18	36	54	0.0	0.5	4.4	33.9	17.7	5.5	9.2
バイオマス・廃棄物	194	245	312	387	384	313	210	50	45	17	2.2	-0.1	-3.0	-2.1
水素	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

最終エネルギー消費

	(Mtoe)							構成比(%)			1990/2021	2021/2030	2030/2050	2021/2050
	1990	2000	2010	2021	2030	2040	2050	1990	2021	2050				
合計	286	366	495	614	689	744	785	100	100	100	2.5	1.3	0.7	0.9
産業	53	58	84	90	111	148	185	19	15	24	1.7	2.3	2.6	2.5
運輸	38	54	87	122	157	199	241	13	20	31	3.8	2.8	2.2	2.4
民生・農業他	184	239	306	380	397	365	321	64	62	41	2.4	0.5	-1.1	-0.6
非エネルギー消費	11	15	19	21	25	31	38	3.8	3.4	4.9	2.1	1.9	2.2	2.1
石炭	20	19	18	21	22	24	24	7.0	3.5	3.1	0.2	0.1	0.6	0.4
石油	70	89	137	170	212	271	328	24	28	42	2.9	2.5	2.2	2.3
天然ガス	8.6	14	27	45	56	72	88	3.0	7.3	11	5.5	2.5	2.3	2.3
電力	22	31	47	60	86	134	206	7.7	9.7	26	3.3	4.2	4.4	4.4
熱	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
水素	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
再生可能	166	213	267	317	313	243	139	58	52	18	2.1	-0.1	-4.0	-2.8

発電量

	(TWh)							構成比(%)			1990/2021	2021/2030	2030/2050	2021/2050
	1990	2000	2010	2021	2030	2040	2050	1990	2021	2050				
合計	309	439	686	885	1,262	1,919	2,867	100	100	100	3.4	4.0	4.2	4.1
石炭	164	208	259	246	261	324	403	53	28	14	1.3	0.6	2.2	1.7
石油	35	34	64	55	68	91	109	11	6.2	3.8	1.5	2.3	2.4	2.4
天然ガス	45	106	234	371	514	805	1,345	15	42	47	7.0	3.7	4.9	4.5
原子力	8.4	13	12	12	28	45	47	2.7	1.4	1.6	1.2	9.5	2.6	4.7
水力	56	75	110	151	196	285	419	18	17	15	3.2	3.0	3.9	3.6
地熱	0.3	0.4	1.1	5.0	19	31	44	0.1	0.6	1.5	9.2	16.1	4.2	7.7
太陽光	-	0.0	0.4	14	76	181	287	-	1.6	10	n.a.	20.3	6.9	10.9
風力	-	0.2	2.4	23	76	108	139	-	2.6	4.9	n.a.	13.9	3.1	6.4
太陽熱・海洋	-	-	-	2.9	20	42	66	-	0.3	2.3	n.a.	23.6	6.2	11.3
バイオマス・廃棄物	0.5	1.4	2.4	2.2	4.3	5.2	6.2	0.2	0.2	0.2	5.0	7.9	1.8	3.7
水素	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
その他	-	0.1	1.9	1.6	1.6	1.6	1.6	-	0.2	0.1	n.a.	0.0	0.0	0.0

エネルギー・経済指標他

	1990	2000	2010	2021	2030	2040	2050	1990/2021	2021/2030	2030/2050	2021/2050
GDP (2015年価格10億ドル)	920	1,208	1,998	2,663	3,830	6,227	9,596	3.5	4.1	4.7	4.5
人口(100万人)	620	794	1,021	1,346	1,652	2,024	2,405	2.5	2.3	1.9	2.0
エネルギー起源CO_2排出(100万t)	524	652	1,008	1,218	1,463	1,876	2,375	2.8	2.1	2.5	2.3
一人あたりGDP (2015年価格1,000ドル/人)	1.5	1.5	2.0	2.0	2.3	3.1	4.0	0.9	1.8	2.8	2.4
一人あたり一次エネルギー消費(toe/人)	0.6	0.6	0.7	0.6	0.6	0.5	0.5	0.0	-0.8	-0.7	-0.7
GDPあたり一次エネルギー消費[*2]	424	410	343	320	255	177	128	-0.9	-2.5	-3.4	-3.1
GDPあたりCO_2排出量[*3]	569	540	504	458	382	301	248	-0.7	-2.0	-2.1	-2.1
一次エネルギー消費あたりCO_2排出(t/toe)	1.3	1.3	1.5	1.4	1.5	1.7	1.9	0.2	0.6	1.3	1.0

*1 電力、熱の輸出入を掲載していないため、合計と内訳は必ずしも一致しない。
*2 toe/2015年価格100万ドル。*3 t/2015年価格100万ドル

付表41 | 中東[レファレンスシナリオ]

一次エネルギー消費

	(石油換算100万トン[Mtoe])							構成比(%)			年平均変化率(%)			
	1990	2000	2010	2021	2030	2040	2050	1990	2021	2050	1990/2021	2021/2030	2030/2050	2021/2050
合計[*1]	223	381	649	829	1,009	1,138	1,253	100	100	100	4.3	2.2	1.1	1.4
石炭	3.0	8.1	9.8	8.1	8.7	8.2	6.9	1.3	1.0	0.5	3.3	0.8	-1.2	-0.6
石油	146	226	324	331	405	439	453	66	40	36	2.7	2.3	0.6	1.1
天然ガス	72	145	311	478	554	632	719	32	58	57	6.3	1.7	1.3	1.4
原子力	-	-	-	3.4	21	32	38	-	0.4	3.1	n.a.	22.2	3.1	8.7
水力	1.0	0.7	1.5	1.9	2.0	2.2	2.3	0.5	0.2	0.2	2.0	0.5	0.8	0.7
地熱	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
太陽光・風力等	0.4	0.7	1.3	2.7	14	19	29	0.2	0.3	2.3	6.2	20.3	3.7	8.6
バイオマス・廃棄物	0.5	0.4	1.0	1.1	1.8	2.2	2.7	0.2	0.1	0.2	3.0	5.4	1.9	3.0
水素	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

最終エネルギー消費

	(Mtoe)							構成比(%)			1990/2021	2021/2030	2030/2050	2021/2050
	1990	2000	2010	2021	2030	2040	2050	1990	2021	2050				
合計	157	261	451	568	708	803	882	100	100	100	4.2	2.5	1.1	1.5
産業	47	71	134	160	205	230	242	30	28	27	4.0	2.8	0.8	1.4
運輸	51	75	121	140	192	211	220	32	25	25	3.3	3.5	0.7	1.6
民生・農業他	40	74	118	160	178	201	226	25	28	26	4.6	1.2	1.2	1.2
非エネルギー消費	20	41	77	108	132	161	194	12	19	22	5.7	2.3	1.9	2.1
石炭	0.2	0.5	1.2	3.2	3.5	3.5	3.1	0.1	0.6	0.4	9.6	1.1	-0.6	-0.1
石油	108	162	240	254	331	373	399	69	45	45	2.8	3.0	0.9	1.6
天然ガス	31	65	146	218	252	274	289	20	38	33	6.5	1.6	0.7	1.0
電力	17	32	62	92	120	151	190	11	16	22	5.6	3.0	2.3	2.5
熱	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
水素	-	-	-	-	0.0	0.0	0.0	-	-	0.0	n.a.	n.a.	0.0	n.a.
再生可能	0.7	1.0	2.2	1.6	1.6	1.9	2.2	0.5	0.3	0.3	2.6	0.0	1.6	1.1

発電量

	(TWh)							構成比(%)			1990/2021	2021/2030	2030/2050	2021/2050
	1990	2000	2010	2021	2030	2040	2050	1990	2021	2050				
合計	244	472	888	1,316	1,692	2,109	2,616	100	100	100	5.6	2.8	2.2	2.4
石炭	11	30	35	21	24	23	19	4.3	1.6	0.7	2.2	1.6	-1.2	-0.4
石油	108	189	286	283	267	220	152	44	22	5.8	3.2	-0.7	-2.8	-2.1
天然ガス	114	246	549	956	1,155	1,520	1,980	47	73	76	7.1	2.1	2.7	2.5
原子力	-	-	-	13	80	124	148	-	1.0	5.6	n.a.	22.2	3.1	8.7
水力	12	8.0	18	22	23	25	27	4.9	1.7	1.0	2.0	0.5	0.8	0.7
地熱	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
太陽光	-	-	0.1	16	108	139	202	-	1.2	7.7	n.a.	23.3	3.2	9.0
風力	0.0	0.0	0.2	3.0	28	46	67	0.0	0.2	2.6	29.4	28.1	4.6	11.4
太陽熱・海洋	-	-	-	1.2	6.8	11	21	-	0.1	0.8	n.a.	21.5	5.7	10.3
バイオマス・廃棄物	-	0.0	0.1	0.0	0.5	0.6	0.7	-	0.0	0.0	n.a.	38.0	2.0	12.0
水素	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
その他	-	-	0.0	0.2	0.2	0.2	0.2	-	0.0	0.0	n.a.	0.0	0.0	0.0

エネルギー・経済指標他

	1990	2000	2010	2021	2030	2040	2050	1990/2021	2021/2030	2030/2050	2021/2050
GDP (2015年価格10億ドル)	910	1,377	2,064	2,664	3,563	4,727	6,120	3.5	3.3	2.7	2.9
人口(100万人)	133	171	220	270	307	345	379	2.3	1.5	1.0	1.2
エネルギー起源CO_2排出(100万t)	569	948	1,553	1,862	2,192	2,393	2,542	3.9	1.8	0.7	1.1
一人あたりGDP (2015年価格1,000ドル/人)	6.8	8.0	9.4	9.9	12	14	16	1.2	1.8	1.7	1.7
一人あたり一次エネルギー消費(toe/人)	1.7	2.2	2.9	3.1	3.3	3.3	3.3	2.0	0.7	0.0	0.3
GDPあたり一次エネルギー消費[*2]	245	277	314	311	283	241	205	0.8	-1.0	-1.6	-1.4
GDPあたりCO_2排出量[*3]	625	689	752	699	615	506	415	0.4	-1.4	-1.9	-1.8
一次エネルギー消費あたりCO_2排出(t/toe)	2.6	2.5	2.4	2.2	2.2	2.1	2.0	-0.4	-0.4	-0.3	-0.4

*1 電力、熱の輸出入を掲載していないため、合計と内訳は必ずしも一致しない。
*2 toe/2015年価格100万ドル。*3 t/2015年価格100万ドル

付表42 | オセアニア[レファレンスシナリオ]

一次エネルギー消費

	(石油換算100万トン[Mtoe])							構成比(%)			年平均変化率(%)			
	1990	2000	2010	2021	2030	2040	2050	1990	2021	2050	1990/2021	2021/2030	2030/2050	2021/2050
合計[*1]	99	125	144	150	153	152	151	100	100	100	1.4	0.2	-0.1	0.0
石炭	36	49	52	42	32	28	26	36	28	18	0.5	-2.9	-0.9	-1.6
石油	35	40	48	49	53	49	45	35	33	30	1.1	0.8	-0.8	-0.3
天然ガス	19	24	31	40	42	45	47	19	27	31	2.5	0.6	0.6	0.6
原子力	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
水力	3.2	3.5	3.3	3.4	3.7	3.8	3.9	3.2	2.2	2.6	0.1	1.2	0.2	0.5
地熱	1.5	2.0	3.3	4.9	5.0	4.9	4.9	1.5	3.2	3.3	3.9	0.2	0.0	0.0
太陽光・風力等	0.1	0.1	0.9	5.2	11	14	17	0.1	3.5	11	12.8	9.1	1.9	4.1
バイオマス・廃棄物	4.7	6.0	5.9	5.8	6.1	6.3	6.3	4.7	3.8	4.2	0.7	0.7	0.2	0.3
水素	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

最終エネルギー消費

	(Mtoe)							構成比(%)			1990/2021	2021/2030	2030/2050	2021/2050
	1990	2000	2010	2021	2030	2040	2050	1990	2021	2050				
合計	66	82	90	92	100	101	100	100	100	100	1.1	0.9	0.0	0.3
産業	23	28	26	27	30	31	32	34	29	32	0.5	1.3	0.4	0.6
運輸	24	30	35	35	38	36	34	36	38	33	1.2	0.9	-0.5	-0.1
民生・農業他	15	19	23	25	26	27	28	22	27	28	1.7	0.6	0.4	0.5
非エネルギー消費	4.6	6.1	5.9	6.4	6.6	6.7	6.7	6.9	7.0	6.7	1.1	0.3	0.1	0.2
石炭	5.2	4.7	3.1	3.2	3.3	3.3	3.2	7.9	3.5	3.1	-1.5	0.2	-0.2	-0.1
石油	33	40	45	47	50	47	43	50	51	43	1.2	0.5	-0.7	-0.3
天然ガス	10	14	14	15	15	15	15	16	16	15	1.1	0.3	0.0	0.1
電力	14	18	22	22	26	30	34	21	24	33	1.6	2.1	1.2	1.5
熱	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
水素	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
再生可能	3.8	5.2	5.3	5.0	5.1	5.1	5.1	5.8	5.5	5.1	0.9	0.2	0.0	0.0

発電量

	(TWh)							構成比(%)			1990/2021	2021/2030	2030/2050	2021/2050
	1990	2000	2010	2021	2030	2040	2050	1990	2021	2050				
合計	187	249	298	310	372	416	459	100	100	100	1.6	2.1	1.1	1.4
石炭	122	176	182	144	120	115	112	65	46	24	0.5	-2.0	-0.3	-0.8
石油	3.6	1.8	6.1	4.7	3.5	3.1	2.7	1.9	1.5	0.6	0.9	-3.1	-1.3	-1.9
天然ガス	20	26	54	55	64	78	96	11	18	21	3.3	1.7	2.1	2.0
原子力	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
水力	37	41	38	39	43	44	45	20	13	9.8	0.1	1.2	0.2	0.5
地熱	2.1	2.9	5.9	8.4	8.6	8.6	8.6	1.1	2.7	1.9	4.5	0.2	0.0	0.1
太陽光	-	0.0	0.4	28	64	82	96	-	9.0	21	n.a.	9.7	2.0	4.3
風力	-	0.2	6.7	27	64	80	93	-	8.8	20	n.a.	9.9	1.9	4.3
太陽熱・海洋	-	-	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2	-	0.0	0.0	n.a.	27.7	6.5	12.6
バイオマス・廃棄物	1.6	2.0	3.5	4.1	5.2	5.7	6.0	0.9	1.3	1.3	3.1	2.5	0.7	1.3
水素	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
その他	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.2	0.0	0.0	0.0

エネルギー・経済指標他

	1990	2000	2010	2021	2030	2040	2050	1990/2021	2021/2030	2030/2050	2021/2050
GDP (2015年価格10億ドル)	658	908	1,220	1,583	1,939	2,441	3,015	2.9	2.3	2.2	2.2
人口(100万人)	20	23	26	31	33	36	38	1.3	0.9	0.6	0.7
エネルギー起源CO_2排出(100万t)	279	359	421	392	360	341	328	1.1	-1.0	-0.5	-0.6
一人あたりGDP (2015年価格1,000ドル/人)	32	40	46	51	58	68	79	1.5	1.3	1.6	1.5
一人あたり一次エネルギー消費(toe/人)	4.9	5.5	5.5	4.9	4.6	4.2	4.0	0.0	-0.7	-0.7	-0.7
GDPあたり一次エネルギー消費[*2]	150	138	118	95	79	62	50	-1.5	-2.0	-2.3	-2.2
GDPあたりCO_2排出量[*3]	424	396	345	248	185	140	109	-1.7	-3.2	-2.6	-2.8
一次エネルギー消費あたりCO_2排出(t/toe)	2.8	2.9	2.9	2.6	2.3	2.2	2.2	-0.2	-1.2	-0.4	-0.6

*1 電力、熱の輸出入を掲載していないため、合計と内訳は必ずしも一致しない。
*2 toe/2015年価格100万ドル。*3 t/2015年価格100万ドル

付表43 | 先進国[レファレンスシナリオ]

一次エネルギー消費

	(石油換算100万トン[Mtoe])							構成比(%)			年平均変化率(%)			
	1990	2000	2010	2021	2030	2040	2050	1990	2021	2050	1990/2021	2021/2030	2030/2050	2021/2050
合計[*1]	4,471	5,234	5,357	5,139	4,900	4,599	4,397	100	100	100	0.5	-0.5	-0.5	-0.5
石炭	1,090	1,116	1,114	741	492	362	297	24	14	6.8	-1.2	-4.5	-2.5	-3.1
石油	1,827	2,071	1,920	1,771	1,671	1,477	1,298	41	34	30	-0.1	-0.6	-1.3	-1.1
天然ガス	827	1,135	1,285	1,508	1,368	1,278	1,209	19	29	27	2.0	-1.1	-0.6	-0.8
原子力	463	596	606	503	484	423	395	10	9.8	9.0	0.3	-0.4	-1.0	-0.8
水力	100	111	112	115	124	128	130	2.2	2.2	3.0	0.5	0.9	0.2	0.4
地熱	22	25	25	39	52	60	62	0.5	0.8	1.4	1.9	3.3	0.9	1.6
太陽光・風力等	2.1	6.1	31	134	340	504	643	0.0	2.6	15	14.4	10.9	3.2	5.5
バイオマス・廃棄物	139	172	261	324	366	364	359	3.1	6.3	8.2	2.8	1.4	-0.1	0.4
水素	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

最終エネルギー消費

	(Mtoe)							構成比(%)			1990/2021	2021/2030	2030/2050	2021/2050
	1990	2000	2010	2021	2030	2040	2050	1990	2021	2050				
合計	3,058	3,579	3,644	3,632	3,561	3,390	3,242	100	100	100	0.6	-0.2	-0.5	-0.4
産業	826	906	803	817	832	825	790	27	22	24	0.0	0.2	-0.3	-0.1
運輸	921	1,121	1,151	1,149	1,109	974	862	30	32	27	0.7	-0.4	-1.3	-1.0
民生・農業他	1,025	1,185	1,310	1,260	1,201	1,162	1,157	34	35	36	0.7	-0.5	-0.2	-0.3
非エネルギー消費	286	367	380	407	419	430	434	9.4	11	13	1.1	0.3	0.2	0.2
石炭	230	138	127	95	85	73	61	7.5	2.6	1.9	-2.8	-1.2	-1.7	-1.5
石油	1,561	1,812	1,739	1,646	1,570	1,395	1,232	51	45	38	0.2	-0.5	-1.2	-1.0
天然ガス	578	732	717	784	740	699	640	19	22	20	1.0	-0.6	-0.7	-0.7
電力	553	715	809	826	889	964	1,068	18	23	33	1.3	0.8	0.9	0.9
熱	48	52	66	64	60	57	52	1.6	1.8	1.6	0.9	-0.7	-0.7	-0.7
水素	-	-	-	-	0.0	0.0	0.0	-	-	0.0	n.a.	n.a.	0.0	n.a.
再生可能	89	131	185	217	216	202	189	2.9	6.0	5.8	2.9	0.0	-0.7	-0.5

発電量

	(TWh)							構成比(%)			1990/2021	2021/2030	2030/2050	2021/2050
	1990	2000	2010	2021	2030	2040	2050	1990	2021	2050				
合計	7,666	9,705	10,867	10,972	11,799	12,732	14,035	100	100	100	1.2	0.8	0.9	0.9
石炭	3,129	3,837	3,812	2,378	1,386	882	669	41	22	4.8	-0.9	-5.8	-3.6	-4.3
石油	667	539	274	142	62	26	7.4	8.7	1.3	0.1	-4.9	-8.9	-10.1	-9.7
天然ガス	766	1,528	2,527	3,269	2,625	2,394	2,488	10.0	30	18	4.8	-2.4	-0.3	-0.9
原子力	1,776	2,288	2,324	1,930	1,856	1,625	1,516	23	18	11	0.3	-0.4	-1.0	-0.8
水力	1,158	1,293	1,302	1,335	1,445	1,483	1,512	15	12	11	0.5	0.9	0.2	0.4
地熱	23	27	37	54	71	83	87	0.3	0.5	0.6	2.7	3.3	1.0	1.7
太陽光	0.1	0.7	31	484	1,604	2,585	3,207	0.0	4.4	23	32.1	14.2	3.5	6.7
風力	3.8	29	269	944	2,072	2,843	3,596	0.1	8.6	26	19.4	9.1	2.8	4.7
太陽熱・海洋	1.2	1.1	2.1	9.3	62	114	196	0.0	0.1	1.4	6.9	23.5	5.9	11.1
バイオマス・廃棄物	121	142	257	392	583	661	723	1.6	3.6	5.2	3.9	4.5	1.1	2.1
水素	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
その他	20	22	33	35	35	35	35	0.3	0.3	0.2	1.8	0.0	0.0	0.0

エネルギー・経済指標他

	1990	2000	2010	2021	2030	2040	2050	1990/2021	2021/2030	2030/2050	2021/2050
GDP (2015年価格10億ドル)	27,230	35,871	42,356	50,940	59,864	70,870	81,906	2.0	1.8	1.6	1.7
人口(100万人)	998	1,070	1,140	1,197	1,218	1,228	1,222	0.6	0.2	0.0	0.1
エネルギー起源CO_2排出(100万t)	10,784	12,220	11,954	10,593	8,898	7,584	6,646	-0.1	-1.9	-1.4	-1.6
一人あたりGDP (2015年価格1,000ドル/人)	27	34	37	43	49	58	67	1.4	1.6	1.6	1.6
一人あたり一次エネルギー消費(toe/人)	4.5	4.9	4.7	4.3	4.0	3.7	3.6	-0.1	-0.7	-0.6	-0.6
GDPあたり一次エネルギー消費[*2]	164	146	126	101	82	65	54	-1.6	-2.3	-2.1	-2.2
GDPあたりCO_2排出量[*3]	396	341	282	208	149	107	81	-2.1	-3.7	-3.0	-3.2
一次エネルギー消費あたりCO_2排出(t/toe)	2.4	2.3	2.2	2.1	1.8	1.6	1.5	-0.5	-1.4	-0.9	-1.1

*1 電力、熱の輸出入を掲載していないため、合計と内訳は必ずしも一致しない。
*2 toe/2015年価格100万ドル。*3 t/2015年価格100万ドル

付表44 | 新興・途上国[レファレンスシナリオ]

一次エネルギー消費

	(石油換算100万トン[Mtoe])							構成比(%)			年平均変化率(%)			
	1990	2000	2010	2021	2030	2040	2050	1990	2021	2050	1990/2021	2021/2030	2030/2050	2021/2050
合計[*1]	4,081	4,516	7,132	9,306	10,559	11,502	12,330	100	100	100	2.7	1.4	0.8	1.0
石炭	1,133	1,201	2,548	3,275	3,293	3,130	2,888	28	35	23	3.5	0.1	-0.7	-0.4
石油	1,208	1,338	1,873	2,267	2,562	2,834	3,070	30	24	25	2.1	1.4	0.9	1.1
天然ガス	835	933	1,449	1,979	2,280	2,710	3,233	20	21	26	2.8	1.6	1.8	1.7
原子力	62	79	113	229	359	455	520	1.5	2.5	4.2	4.3	5.1	1.9	2.9
水力	84	113	184	254	292	334	375	2.1	2.7	3.0	3.6	1.5	1.3	1.3
地熱	12	27	36	72	158	209	235	0.3	0.8	1.9	5.9	9.2	2.0	4.2
太陽光・風力等	0.5	2.1	17	157	429	703	968	0.0	1.7	7.9	20.4	11.8	4.2	6.5
バイオマス・廃棄物	747	823	913	1,072	1,187	1,128	1,040	18	12	8.4	1.2	1.1	-0.7	-0.1
水素	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

最終エネルギー消費

	(Mtoe)							構成比(%)			1990/2021	2021/2030	2030/2050	2021/2050
	1990	2000	2010	2021	2030	2040	2050	1990	2021	2050				
合計	2,981	3,158	4,824	6,135	6,945	7,607	8,230	100	100	100	2.4	1.4	0.9	1.0
産業	970	963	1,840	2,219	2,494	2,740	2,883	33	36	35	2.7	1.3	0.7	0.9
運輸	455	569	918	1,227	1,509	1,697	1,892	15	20	23	3.3	2.3	1.1	1.5
民生・農業他	1,365	1,377	1,658	2,101	2,261	2,386	2,567	46	34	31	1.4	0.8	0.6	0.7
非エネルギー消費	191	249	408	589	681	784	888	6.4	9.6	11	3.7	1.6	1.3	1.4
石炭	521	404	934	818	759	731	705	17	13	8.6	1.5	-0.8	-0.4	-0.5
石油	844	1,043	1,521	1,965	2,267	2,533	2,776	28	32	34	2.8	1.6	1.0	1.2
天然ガス	367	388	627	926	1,035	1,133	1,207	12	15	15	3.0	1.3	0.8	0.9
電力	281	372	728	1,251	1,677	2,111	2,585	9.4	20	31	4.9	3.3	2.2	2.5
熱	288	196	209	283	309	302	279	9.7	4.6	3.4	-0.1	1.0	-0.5	-0.1
水素	-	-	-	-	0.0	0.0	0.0	-	-	0.0	n.a.	n.a.	5.6	n.a.
再生可能	679	755	805	892	898	797	678	23	15	8.2	0.9	0.1	-1.4	-0.9

発電量

	(TWh)							構成比(%)			1990/2021	2021/2030	2030/2050	2021/2050
	1990	2000	2010	2021	2030	2040	2050	1990	2021	2050				
合計	4,171	5,718	10,671	17,430	23,278	29,037	35,066	100	100	100	4.7	3.3	2.1	2.4
石炭	1,301	2,158	4,862	7,874	8,445	8,201	7,791	31	45	22	6.0	0.8	-0.4	0.0
石油	650	645	689	580	503	471	388	16	3.3	1.1	-0.4	-1.6	-1.3	-1.4
天然ガス	982	1,244	2,329	3,287	4,252	6,155	8,844	24	19	25	4.0	2.9	3.7	3.5
原子力	236	303	432	878	1,376	1,747	1,996	5.7	5.0	5.7	4.3	5.1	1.9	2.9
水力	981	1,319	2,145	2,958	3,391	3,881	4,359	24	17	12	3.6	1.5	1.3	1.3
地熱	13	25	31	42	109	145	169	0.3	0.2	0.5	3.9	11.2	2.2	4.9
太陽光	0.0	0.1	1.4	536	2,301	4,041	5,677	0.0	3.1	16	47.7	17.6	4.6	8.5
風力	0.0	2.8	73	920	2,207	3,527	4,820	0.0	5.3	14	38.7	10.2	4.0	5.9
太陽熱・海洋	0.0	0.0	0.0	6.3	34	66	111	0.0	0.0	0.3	24.5	20.7	6.1	10.4
バイオマス・廃棄物	8.5	21	105	343	655	798	907	0.2	2.0	2.6	12.7	7.5	1.6	3.4
水素	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
その他	-	0.5	2.4	4.3	4.3	4.3	4.3	-	0.0	0.0	n.a.	0.0	0.0	0.0

エネルギー・経済指標他

	1990	2000	2010	2021	2030	2040	2050	1990/2021	2021/2030	2030/2050	2021/2050
GDP (2015年価格10億ドル)	8,685	12,357	22,418	35,497	49,883	73,163	102,141	4.6	3.9	3.6	3.7
人口(100万人)	4,288	5,065	5,820	6,681	7,293	7,927	8,457	1.4	1.0	0.7	0.8
エネルギー起源CO_2排出(100万t)	9,102	10,092	17,615	21,990	23,544	24,426	25,113	2.9	0.8	0.3	0.5
一人あたりGDP (2015年価格1,000ドル/人)	2.0	2.4	3.9	5.3	6.8	9.2	12	3.2	2.8	2.9	2.9
一人あたり一次エネルギー消費(toe/人)	1.0	0.9	1.2	1.4	1.4	1.5	1.5	1.2	0.4	0.0	0.2
GDPあたり一次エネルギー消費[*2]	470	365	318	262	212	157	121	-1.9	-2.3	-2.8	-2.6
GDPあたりCO_2排出量[*3]	1,048	817	786	619	472	334	246	-1.7	-3.0	-3.2	-3.1
一次エネルギー消費あたりCO_2排出(t/toe)	2.2	2.2	2.5	2.4	2.2	2.1	2.0	0.2	-0.6	-0.5	-0.5

*1 電力、熱の輸出入を掲載していないため、合計と内訳は必ずしも一致しない。
*2 toe/2015年価格100万ドル。*3 t/2015年価格100万ドル

付表45 | 一次エネルギー消費[技術進展シナリオ]

(石油換算100万t)

	1990	2010	2021	2030	2040	2050	年平均変化率(%) 1990/2021	2021/2030	2030/2040	2040/2050	2021/2050
世界	8,754 (100)	12,850 (100)	14,759 (100)	15,389 (100)	14,666 (100)	13,802 (100)	1.7	0.5	-0.5	-0.6	-0.2
アジア	2,088 (23.9)	4,803 (37.4)	6,439 (43.6)	7,127 (46.3)	6,815 (46.5)	6,173 (44.7)	3.7	1.1	-0.4	-1.0	-0.1
中国	874 (10.0)	2,536 (19.7)	3,738 (25.3)	3,908 (25.4)	3,317 (22.6)	2,510 (18.2)	4.8	0.5	-1.6	-2.7	-1.4
インド	280 (3.2)	667 (5.2)	944 (6.4)	1,217 (7.9)	1,365 (9.3)	1,464 (10.6)	4.0	2.9	1.1	0.7	1.5
日本	437 (5.0)	500 (3.9)	400 (2.7)	375 (2.4)	324 (2.2)	283 (2.0)	-0.3	-0.7	-1.5	-1.3	-1.2
韓国	93 (1.1)	250 (1.9)	292 (2.0)	293 (1.9)	269 (1.8)	233 (1.7)	3.8	0.0	-0.8	-1.4	-0.8
台湾	51 (0.6)	119 (0.9)	123 (0.8)	119 (0.8)	108 (0.7)	90 (0.7)	2.9	-0.3	-1.0	-1.7	-1.0
ASEAN	231 (2.6)	536 (4.2)	678 (4.6)	901 (5.9)	1,055 (7.2)	1,153 (8.4)	3.5	3.2	1.6	0.9	1.9
インドネシア	99 (1.1)	204 (1.6)	235 (1.6)	339 (2.2)	437 (3.0)	519 (3.8)	2.8	4.1	2.6	1.7	2.8
マレーシア	21 (0.2)	72 (0.6)	95 (0.6)	123 (0.8)	126 (0.9)	123 (0.9)	5.0	2.9	0.2	-0.3	0.9
ミャンマー	11 (0.1)	14 (0.1)	22 (0.1)	25 (0.2)	29 (0.2)	35 (0.3)	2.3	1.9	1.3	1.8	1.7
フィリピン	27 (0.3)	42 (0.3)	61 (0.4)	82 (0.5)	100 (0.7)	107 (0.8)	2.7	3.3	2.0	0.7	2.0
シンガポール	12 (0.1)	24 (0.2)	35 (0.2)	37 (0.2)	37 (0.3)	36 (0.3)	3.7	0.6	0.1	-0.5	0.0
タイ	42 (0.5)	118 (0.9)	130 (0.9)	145 (0.9)	148 (1.0)	149 (1.1)	3.7	1.3	0.2	0.0	0.5
ベトナム	18 (0.2)	59 (0.5)	95 (0.6)	146 (0.9)	174 (1.2)	182 (1.3)	5.5	4.8	1.8	0.5	2.3
北米	2,126 (24.3)	2,473 (19.2)	2,429 (16.5)	2,244 (14.6)	1,916 (13.1)	1,721 (12.5)	0.4	-0.9	-1.6	-1.1	-1.2
米国	1,914 (21.9)	2,216 (17.2)	2,139 (14.5)	1,958 (12.7)	1,650 (11.2)	1,475 (10.7)	0.4	-1.0	-1.7	-1.1	-1.3
中南米	467 (5.3)	788 (6.1)	821 (5.6)	884 (5.7)	904 (6.2)	923 (6.7)	1.8	0.8	0.2	0.2	0.4
欧州先進国	1,644 (18.8)	1,833 (14.3)	1,698 (11.5)	1,489 (9.7)	1,303 (8.9)	1,182 (8.6)	0.1	-1.4	-1.3	-1.0	-1.2
欧州連合	1,441 (16.5)	1,527 (11.9)	1,388 (9.4)	1,246 (8.1)	1,085 (7.4)	972 (7.0)	-0.1	-1.2	-1.4	-1.1	-1.2
他欧州/ユーラシア	1,514 (17.3)	1,112 (8.7)	1,225 (8.3)	1,171 (7.6)	1,125 (7.7)	1,061 (7.7)	-0.7	-0.5	-0.4	-0.6	-0.5
アフリカ	390 (4.5)	685 (5.3)	853 (5.8)	901 (5.9)	926 (6.3)	998 (7.2)	2.6	0.6	0.3	0.8	0.5
中東	223 (2.5)	649 (5.0)	829 (5.6)	965 (6.3)	1,040 (7.1)	1,087 (7.9)	4.3	1.7	0.7	0.4	0.9
オセアニア	99 (1.1)	144 (1.1)	150 (1.0)	141 (0.9)	128 (0.9)	125 (0.9)	1.4	-0.7	-1.0	-0.2	-0.6
先進国	4,471 (51.1)	5,357 (41.7)	5,139 (34.8)	4,711 (30.6)	4,096 (27.9)	3,681 (26.7)	0.5	-1.0	-1.4	-1.1	-1.1
新興・途上国	4,081 (46.6)	7,132 (55.5)	9,306 (63.0)	10,211 (66.4)	10,060 (68.6)	9,590 (69.5)	2.7	1.0	-0.1	-0.5	0.1

(出所) IEA "World Energy Balances"
見通しは日本エネルギー経済研究所
(注)カッコ内は対世界比(%)。世界は国際バンカーを含む

付表46 | 一次エネルギー消費、石炭[技術進展シナリオ]

(石油換算100万t)

	1990	2010	2021	2030	2040	2050	年平均変化率(%) 1990/2021	2021/2030	2030/2040	2040/2050	2021/2050
世界	2,223 (100)	3,662 (100)	4,016 (100)	3,485 (100)	2,532 (100)	1,575 (100)	1.9	-1.6	-3.1	-4.6	-3.2
アジア	789 (35.5)	2,416 (66.0)	3,142 (78.2)	2,951 (84.7)	2,146 (84.7)	1,248 (79.2)	4.6	-0.7	-3.1	-5.3	-3.1
中国	531 (23.9)	1,790 (48.9)	2,266 (56.4)	2,062 (59.2)	1,316 (52.0)	518 (32.9)	4.8	-1.0	-4.4	-8.9	-5.0
インド	93 (4.2)	279 (7.6)	421 (10.5)	472 (13.5)	443 (17.5)	407 (25.9)	5.0	1.3	-0.6	-0.8	-0.1
日本	77 (3.5)	115 (3.2)	109 (2.7)	69 (2.0)	51 (2.0)	33 (2.1)	1.1	-5.0	-3.1	-4.1	-4.0
韓国	25 (1.1)	73 (2.0)	75 (1.9)	63 (1.8)	49 (1.9)	23 (1.5)	3.6	-1.9	-2.5	-7.2	-4.0
台湾	11 (0.5)	42 (1.1)	43 (1.1)	39 (1.1)	28 (1.1)	12 (0.8)	4.4	-1.1	-3.2	-7.9	-4.2
ASEAN	12 (0.6)	85 (2.3)	178 (4.4)	189 (5.4)	185 (7.3)	169 (10.7)	9.0	0.7	-0.2	-1.0	-0.2
インドネシア	4 (0.2)	32 (0.9)	71 (1.8)	80 (2.3)	88 (3.5)	94 (6.0)	10.2	1.3	1.0	0.7	1.0
マレーシア	1 (0.1)	15 (0.4)	23 (0.6)	22 (0.6)	18 (0.7)	11 (0.7)	9.5	-0.3	-2.1	-4.4	-2.4
ミャンマー	0 (0.0)	0 (0.0)	1 (0.0)	3 (0.1)	4 (0.2)	6 (0.4)	9.5	11.3	3.8	3.5	6.0
フィリピン	1 (0.1)	7 (0.2)	19 (0.5)	18 (0.5)	19 (0.7)	18 (1.2)	9.1	-0.8	0.5	-0.1	-0.1
シンガポール	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	10.4	-0.1	-2.0	-6.3	-2.9
タイ	4 (0.2)	16 (0.4)	16 (0.4)	12 (0.3)	10 (0.4)	7 (0.4)	4.7	-2.8	-2.3	-3.2	-2.8
ベトナム	2 (0.1)	15 (0.4)	47 (1.2)	53 (1.5)	46 (1.8)	31 (1.9)	10.3	1.5	-1.5	-3.9	-1.4
北米	484 (21.8)	525 (14.3)	264 (6.6)	114 (3.3)	24 (1.0)	20 (1.3)	-1.9	-8.9	-14.3	-1.9	-8.5
米国	460 (20.7)	501 (13.7)	254 (6.3)	111 (3.2)	22 (0.9)	18 (1.2)	-1.9	-8.8	-15.0	-1.8	-8.7
中南米	21 (1.0)	39 (1.1)	39 (1.0)	30 (0.9)	25 (1.0)	23 (1.5)	2.0	-2.8	-1.9	-0.8	-1.8
欧州先進国	450 (20.3)	301 (8.2)	204 (5.1)	90 (2.6)	74 (2.9)	64 (4.1)	-2.5	-8.7	-2.0	-1.5	-3.9
欧州連合	393 (17.7)	252 (6.9)	166 (4.1)	77 (2.2)	61 (2.4)	50 (3.2)	-2.7	-8.2	-2.4	-1.9	-4.0
他欧州/ユーラシア	365 (16.4)	211 (5.8)	212 (5.3)	179 (5.1)	160 (6.3)	141 (8.9)	-1.7	-1.9	-1.1	-1.3	-1.4
アフリカ	74 (3.3)	109 (3.0)	105 (2.6)	93 (2.7)	81 (3.2)	68 (4.3)	1.1	-1.3	-1.4	-1.8	-1.5
中東	3 (0.1)	10 (0.3)	8 (0.2)	7 (0.2)	6 (0.3)	5 (0.3)	3.3	-1.2	-1.2	-2.9	-1.8
オセアニア	36 (1.6)	52 (1.4)	42 (1.0)	21 (0.6)	15 (0.6)	6 (0.4)	0.5	-7.4	-3.2	-8.5	-6.4
先進国	1,090 (49.0)	1,114 (30.4)	741 (18.5)	402 (11.5)	246 (9.7)	164 (10.4)	-1.2	-6.6	-4.8	-4.0	-5.1
新興・途上国	1,133 (51.0)	2,548 (69.6)	3,275 (81.5)	3,083 (88.5)	2,286 (90.3)	1,411 (89.6)	3.5	-0.7	-2.9	-4.7	-2.9

(出所) IEA "World Energy Balances"
見通しは日本エネルギー経済研究所
(注)カッコ内は対世界比(%)。世界は国際バンカーを含む

付表47 | 一次エネルギー消費、石油[技術進展シナリオ]

(石油換算100万t)

	1990	2010	2021	2030	2040	2050	年平均変化率(%) 1990/2021	2021/2030	2030/2040	2040/2050	2021/2050
世界	3,237 (100)	4,155 (100)	4,352 (100)	4,321 (100)	3,545 (100)	2,704 (100)	1.0	-0.1	-2.0	-2.7	-1.6
アジア	618 (19.1)	1,172 (28.2)	1,491 (34.3)	1,522 (35.2)	1,347 (38.0)	1,096 (40.5)	2.9	0.2	-1.2	-2.0	-1.1
中国	119 (3.7)	428 (10.3)	678 (15.6)	639 (14.8)	502 (14.2)	364 (13.5)	5.8	-0.6	-2.4	-3.2	-2.1
インド	61 (1.9)	162 (3.9)	223 (5.1)	272 (6.3)	299 (8.4)	288 (10.7)	4.3	2.2	0.9	-0.4	0.9
日本	249 (7.7)	201 (4.8)	151 (3.5)	122 (2.8)	84 (2.4)	59 (2.2)	-1.6	-2.3	-3.6	-3.6	-3.2
韓国	50 (1.5)	95 (2.3)	112 (2.6)	105 (2.4)	86 (2.4)	71 (2.6)	2.6	-0.7	-1.9	-2.0	-1.6
台湾	28 (0.9)	49 (1.2)	44 (1.0)	41 (0.9)	34 (0.9)	27 (1.0)	1.4	-0.8	-1.9	-2.1	-1.6
ASEAN	88 (2.7)	189 (4.5)	222 (5.1)	278 (6.4)	272 (7.7)	222 (8.2)	3.0	2.6	-0.2	-2.0	0.0
インドネシア	33 (1.0)	67 (1.6)	68 (1.6)	83 (1.9)	78 (2.2)	55 (2.1)	2.3	2.3	-0.6	-3.4	-0.7
マレーシア	11 (0.4)	25 (0.6)	26 (0.6)	33 (0.8)	27 (0.8)	19 (0.7)	2.6	2.9	-2.1	-3.7	-1.1
ミャンマー	1 (0.0)	1 (0.0)	6 (0.1)	7 (0.2)	9 (0.3)	9 (0.3)	6.8	2.9	2.1	0.1	1.7
フィリピン	10 (0.3)	14 (0.3)	18 (0.4)	27 (0.6)	32 (0.9)	26 (0.9)	2.1	4.6	1.7	-2.3	1.2
シンガポール	11 (0.4)	17 (0.4)	25 (0.6)	25 (0.6)	23 (0.6)	21 (0.8)	2.5	0.2	-0.9	-0.6	-0.5
タイ	18 (0.6)	45 (1.1)	56 (1.3)	58 (1.3)	54 (1.5)	46 (1.7)	3.7	0.4	-0.7	-1.5	-0.6
ベトナム	3 (0.1)	18 (0.4)	23 (0.5)	43 (1.0)	48 (1.4)	45 (1.7)	7.1	7.2	1.1	-0.7	2.3
北米	833 (25.7)	901 (21.7)	859 (19.7)	732 (16.9)	459 (12.9)	239 (8.8)	0.1	-1.8	-4.6	-6.3	-4.3
米国	757 (23.4)	807 (19.4)	764 (17.5)	645 (14.9)	400 (11.3)	202 (7.5)	0.0	-1.9	-4.7	-6.6	-4.5
中南米	241 (7.4)	365 (8.8)	333 (7.6)	339 (7.8)	292 (8.2)	236 (8.7)	1.0	0.2	-1.5	-2.1	-1.2
欧州先進国	617 (19.1)	605 (14.6)	530 (12.2)	426 (9.9)	267 (7.5)	159 (5.9)	-0.5	-2.4	-4.6	-5.0	-4.1
欧州連合	531 (16.4)	506 (12.2)	437 (10.0)	349 (8.1)	221 (6.2)	133 (4.9)	-0.6	-2.5	-4.5	-5.0	-4.0
他欧州/ユーラシア	459 (14.2)	216 (5.2)	251 (5.8)	218 (5.0)	173 (4.9)	127 (4.7)	-1.9	-1.5	-2.3	-3.0	-2.3
アフリカ	85 (2.6)	161 (3.9)	195 (4.5)	223 (5.2)	230 (6.5)	222 (8.2)	2.7	1.5	0.3	-0.4	0.4
中東	146 (4.5)	324 (7.8)	331 (7.6)	372 (8.6)	343 (9.7)	291 (10.8)	2.7	1.3	-0.8	-1.6	-0.4
オセアニア	35 (1.1)	48 (1.2)	49 (1.1)	48 (1.1)	34 (1.0)	20 (0.7)	1.1	-0.2	-3.4	-5.4	-3.1
先進国	1,827 (56.4)	1,920 (46.2)	1,771 (40.7)	1,502 (34.8)	988 (27.9)	595 (22.0)	-0.1	-1.8	-4.1	-5.0	-3.7
新興・途上国	1,208 (37.3)	1,873 (45.1)	2,267 (52.1)	2,379 (55.1)	2,159 (60.9)	1,796 (66.4)	2.1	0.5	-1.0	-1.8	-0.8

(出所) IEA "World Energy Balances"
見通しは日本エネルギー経済研究所
(注)カッコ内は対世界比(%)。世界は国際バンカーを含む

付表48 | 一次エネルギー消費、天然ガス[技術進展シナリオ]

(石油換算100万t)

	1990	2010	2021	2030	2040	2050	年平均変化率(%) 1990/2021	2021/2030	2030/2040	2040/2050	2021/2050
世界	1,662 (100)	2,734 (100)	3,487 (100)	3,541 (100)	3,432 (100)	3,044 (100)	2.4	0.2	-0.3	-1.2	-0.5
アジア	116 (7.0)	455 (16.6)	722 (20.7)	906 (25.6)	904 (26.3)	684 (22.5)	6.1	2.5	0.0	-2.7	-0.2
中国	13 (0.8)	89 (3.3)	299 (8.6)	396 (11.2)	332 (9.7)	110 (3.6)	10.7	3.2	-1.7	-10.5	-3.4
インド	11 (0.6)	54 (2.0)	55 (1.6)	98 (2.8)	126 (3.7)	138 (4.5)	5.5	6.6	2.6	0.9	3.2
日本	44 (2.7)	86 (3.1)	87 (2.5)	63 (1.8)	53 (1.6)	24 (0.8)	2.2	-3.5	-1.7	-7.6	-4.3
韓国	3 (0.2)	39 (1.4)	54 (1.6)	49 (1.4)	42 (1.2)	11 (0.4)	10.1	-1.3	-1.5	-12.7	-5.4
台湾	2 (0.1)	15 (0.5)	26 (0.7)	27 (0.8)	22 (0.6)	3 (0.1)	9.4	0.4	-2.1	-18.0	-7.2
ASEAN	30 (1.8)	125 (4.6)	135 (3.9)	195 (5.5)	216 (6.3)	239 (7.9)	5.0	4.2	1.0	1.0	2.0
インドネシア	16 (1.0)	39 (1.4)	34 (1.0)	54 (1.5)	70 (2.0)	92 (3.0)	2.5	5.4	2.6	2.7	3.5
マレーシア	7 (0.4)	31 (1.1)	43 (1.2)	61 (1.7)	66 (1.9)	63 (2.1)	6.1	4.0	0.8	-0.4	1.4
ミャンマー	1 (0.0)	1 (0.0)	3 (0.1)	9 (0.2)	12 (0.3)	16 (0.5)	5.0	10.8	3.4	3.0	5.5
フィリピン	- (-)	3 (0.1)	3 (0.1)	5 (0.1)	9 (0.3)	18 (0.6)	-	6.6	6.5	6.9	6.7
シンガポール	- (-)	6 (0.2)	10 (0.3)	10 (0.3)	8 (0.2)	4 (0.1)	-	0.6	-2.4	-7.8	-3.4
タイ	5 (0.3)	33 (1.2)	34 (1.0)	39 (1.1)	31 (0.9)	28 (0.9)	6.3	1.7	-2.1	-1.0	-0.6
ベトナム	0 (0.0)	8 (0.3)	6 (0.2)	15 (0.4)	17 (0.5)	15 (0.5)	28.4	10.2	0.9	-0.8	3.1
北米	493 (29.7)	632 (23.1)	840 (24.1)	782 (22.1)	607 (17.7)	491 (16.1)	1.7	-0.8	-2.5	-2.1	-1.8
米国	438 (26.4)	556 (20.3)	723 (20.7)	658 (18.6)	487 (14.2)	390 (12.8)	1.6	-1.0	-3.0	-2.2	-2.1
中南米	71 (4.3)	178 (6.5)	207 (5.9)	193 (5.5)	215 (6.3)	229 (7.5)	3.5	-0.8	1.1	0.6	0.3
欧州先進国	267 (16.1)	473 (17.3)	447 (12.8)	296 (8.4)	200 (5.8)	106 (3.5)	1.7	-4.5	-3.9	-6.2	-4.9
欧州連合	250 (15.0)	363 (13.3)	340 (9.7)	235 (6.6)	163 (4.7)	87 (2.9)	1.0	-4.0	-3.6	-6.0	-4.6
他欧州/ユーラシア	596 (35.8)	566 (20.7)	611 (17.5)	578 (16.3)	555 (16.2)	512 (16.8)	0.1	-0.6	-0.4	-0.8	-0.6
アフリカ	30 (1.8)	88 (3.2)	141 (4.0)	199 (5.6)	272 (7.9)	299 (9.8)	5.2	3.9	3.2	1.0	2.6
中東	72 (4.3)	311 (11.4)	478 (13.7)	531 (15.0)	589 (17.2)	589 (19.4)	6.3	1.2	1.0	0.0	0.7
オセアニア	19 (1.1)	31 (1.1)	40 (1.1)	39 (1.1)	32 (0.9)	23 (0.7)	2.5	-0.1	-2.2	-3.3	-1.9
先進国	827 (49.8)	1,285 (47.0)	1,508 (43.2)	1,269 (35.8)	966 (28.1)	664 (21.8)	2.0	-1.9	-2.7	-3.7	-2.8
新興・途上国	835 (50.2)	1,449 (53.0)	1,979 (56.7)	2,255 (63.7)	2,407 (70.1)	2,269 (74.5)	2.8	1.5	0.7	-0.6	0.5

(出所) IEA "World Energy Balances"
見通しは日本エネルギー経済研究所
(注)カッコ内は対世界比(%)。世界は国際バンカーを含む

付表49 | 最終エネルギー消費[技術進展シナリオ]

(石油換算100万t)

	1990	2010	2021	2030	2040	2050	年平均変化率(%) 1990/2021	2021/2030	2030/2040	2040/2050	2021/2050
世界	6,242 (100)	8,829 (100)	10,082 (100)	10,513 (100)	9,900 (100)	9,176 (100)	1.6	0.5	-0.6	-0.8	-0.3
アジア	1,534 (24.6)	3,166 (35.9)	4,131 (41.0)	4,487 (42.7)	4,397 (44.4)	4,130 (45.0)	3.2	0.9	-0.2	-0.6	0.0
中国	658 (10.5)	1,645 (18.6)	2,317 (23.0)	2,384 (22.7)	2,160 (21.8)	1,846 (20.1)	4.1	0.3	-1.0	-1.6	-0.8
インド	215 (3.4)	443 (5.0)	632 (6.3)	804 (7.7)	912 (9.2)	979 (10.7)	3.5	2.7	1.3	0.7	1.5
日本	290 (4.7)	314 (3.6)	267 (2.7)	243 (2.3)	202 (2.0)	170 (1.8)	-0.3	-1.1	-1.8	-1.7	-1.6
韓国	65 (1.0)	158 (1.8)	182 (1.8)	180 (1.7)	163 (1.6)	143 (1.6)	3.4	-0.1	-1.0	-1.3	-0.8
台湾	32 (0.5)	75 (0.8)	79 (0.8)	79 (0.8)	73 (0.7)	64 (0.7)	3.0	0.0	-0.9	-1.3	-0.7
ASEAN	171 (2.7)	377 (4.3)	446 (4.4)	564 (5.4)	628 (6.3)	646 (7.0)	3.1	2.6	1.1	0.3	1.3
インドネシア	79 (1.3)	148 (1.7)	152 (1.5)	186 (1.8)	214 (2.2)	231 (2.5)	2.1	2.2	1.4	0.7	1.4
マレーシア	13 (0.2)	42 (0.5)	56 (0.6)	77 (0.7)	80 (0.8)	76 (0.8)	4.7	3.6	0.4	-0.5	1.1
ミャンマー	9 (0.2)	13 (0.1)	18 (0.2)	18 (0.2)	18 (0.2)	19 (0.2)	2.2	-0.5	0.2	0.8	0.2
フィリピン	19 (0.3)	25 (0.3)	35 (0.3)	48 (0.5)	59 (0.6)	62 (0.7)	2.0	3.4	2.1	0.6	2.0
シンガポール	5 (0.1)	15 (0.2)	19 (0.2)	20 (0.2)	20 (0.2)	20 (0.2)	4.4	0.7	0.0	-0.3	0.2
タイ	29 (0.5)	84 (1.0)	94 (0.9)	104 (1.0)	107 (1.1)	103 (1.1)	3.9	1.1	0.3	-0.4	0.3
ベトナム	16 (0.3)	48 (0.5)	69 (0.7)	110 (1.0)	129 (1.3)	134 (1.5)	4.9	5.3	1.6	0.4	2.3
北米	1,452 (23.3)	1,697 (19.2)	1,731 (17.2)	1,641 (15.6)	1,388 (14.0)	1,180 (12.9)	0.6	-0.6	-1.7	-1.6	-1.3
米国	1,294 (20.7)	1,513 (17.1)	1,540 (15.3)	1,453 (13.8)	1,225 (12.4)	1,041 (11.3)	0.6	-0.6	-1.7	-1.6	-1.3
中南米	344 (5.5)	569 (6.4)	574 (5.7)	635 (6.0)	634 (6.4)	618 (6.7)	1.7	1.1	0.0	-0.3	0.3
欧州先進国	1,142 (18.3)	1,289 (14.6)	1,255 (12.4)	1,140 (10.8)	926 (9.4)	760 (8.3)	0.3	-1.1	-2.1	-2.0	-1.7
欧州連合	995 (15.9)	1,070 (12.1)	1,023 (10.1)	928 (8.8)	753 (7.6)	612 (6.7)	0.1	-1.1	-2.1	-2.0	-1.8
他欧州/ユーラシア	1,057 (16.9)	711 (8.1)	802 (8.0)	754 (7.2)	680 (6.9)	601 (6.6)	-0.9	-0.7	-1.0	-1.2	-1.0
アフリカ	286 (4.6)	495 (5.6)	614 (6.1)	609 (5.8)	569 (5.7)	576 (6.3)	2.5	-0.1	-0.7	0.1	-0.2
中東	157 (2.5)	451 (5.1)	568 (5.6)	686 (6.5)	711 (7.2)	703 (7.7)	4.2	2.1	0.4	-0.1	0.7
オセアニア	66 (1.1)	90 (1.0)	92 (0.9)	96 (0.9)	86 (0.9)	75 (0.8)	1.1	0.4	-1.1	-1.3	-0.7
先進国	3,058 (49.0)	3,644 (41.3)	3,632 (36.0)	3,406 (32.4)	2,864 (28.9)	2,418 (26.4)	0.6	-0.7	-1.7	-1.7	-1.4
新興・途上国	2,981 (47.8)	4,824 (54.6)	6,135 (60.9)	6,640 (63.2)	6,527 (65.9)	6,227 (67.9)	2.4	0.9	-0.2	-0.5	0.1

(出所) IEA "World Energy Balances"
見通しは日本エネルギー経済研究所
(注)カッコ内は対世界比(%)。世界は国際バンカーを含む

付表50 | 最終エネルギー消費、産業[技術進展シナリオ]

(石油換算100万t)

	1990	2010	2021	2030	2040	2050	年平均変化率(%) 1990/2021	2021/2030	2030/2040	2040/2050	2021/2050
世界	1,797 (100)	2,643 (100)	3,037 (100)	3,246 (100)	3,119 (100)	2,717 (100)	1.7	0.7	-0.4	-1.4	-0.4
アジア	508 (28.3)	1,405 (53.1)	1,750 (57.6)	1,882 (58.0)	1,786 (57.2)	1,511 (55.6)	4.1	0.8	-0.5	-1.7	-0.5
中国	234 (13.0)	924 (35.0)	1,129 (37.2)	1,080 (33.3)	900 (28.9)	652 (24.0)	5.2	-0.5	-1.8	-3.2	-1.9
インド	59 (3.3)	158 (6.0)	247 (8.1)	363 (11.2)	405 (13.0)	382 (14.1)	4.7	4.4	1.1	-0.6	1.5
日本	108 (6.0)	92 (3.5)	80 (2.6)	74 (2.3)	64 (2.1)	54 (2.0)	-1.0	-0.9	-1.4	-1.8	-1.4
韓国	19 (1.1)	45 (1.7)	47 (1.6)	49 (1.5)	45 (1.4)	36 (1.3)	2.9	0.5	-1.0	-2.1	-0.9
台湾	13 (0.7)	24 (0.9)	27 (0.9)	28 (0.9)	26 (0.8)	21 (0.8)	2.4	0.5	-0.8	-1.9	-0.8
ASEAN	41 (2.3)	120 (4.6)	162 (5.3)	209 (6.4)	241 (7.7)	243 (9.0)	4.5	2.9	1.4	0.1	1.4
インドネシア	17 (1.0)	49 (1.9)	56 (1.9)	72 (2.2)	90 (2.9)	102 (3.8)	3.9	2.8	2.3	1.2	2.1
マレーシア	6 (0.3)	15 (0.6)	19 (0.6)	24 (0.7)	27 (0.9)	25 (0.9)	4.0	2.9	1.0	-0.9	0.9
ミャンマー	0 (0.0)	1 (0.0)	3 (0.1)	4 (0.1)	5 (0.2)	6 (0.2)	7.0	3.0	2.7	1.2	2.2
フィリピン	4 (0.2)	6 (0.2)	7 (0.2)	10 (0.3)	12 (0.4)	12 (0.4)	1.6	3.9	1.9	0.1	1.9
シンガポール	1 (0.0)	5 (0.2)	7 (0.2)	7 (0.2)	7 (0.2)	6 (0.2)	8.1	0.8	-0.5	-1.5	-0.4
タイ	9 (0.5)	26 (1.0)	30 (1.0)	35 (1.1)	37 (1.2)	34 (1.2)	4.1	1.7	0.5	-0.8	0.4
ベトナム	5 (0.3)	17 (0.7)	40 (1.3)	56 (1.7)	62 (2.0)	59 (2.2)	7.3	3.9	1.0	-0.5	1.4
北米	331 (18.4)	313 (11.8)	324 (10.7)	326 (10.0)	302 (9.7)	258 (9.5)	-0.1	0.1	-0.8	-1.6	-0.8
米国	284 (15.8)	270 (10.2)	278 (9.2)	278 (8.6)	258 (8.3)	220 (8.1)	-0.1	0.0	-0.8	-1.6	-0.8
中南米	114 (6.3)	179 (6.8)	169 (5.6)	197 (6.1)	210 (6.7)	203 (7.5)	1.3	1.7	0.6	-0.3	0.6
欧州先進国	330 (18.4)	296 (11.2)	305 (10.1)	301 (9.3)	268 (8.6)	221 (8.2)	-0.3	-0.1	-1.2	-1.9	-1.1
欧州連合	313 (17.4)	247 (9.3)	246 (8.1)	246 (7.6)	219 (7.0)	180 (6.6)	-0.8	0.0	-1.1	-1.9	-1.1
他欧州/ユーラシア	391 (21.8)	205 (7.8)	211 (7.0)	204 (6.3)	194 (6.2)	174 (6.4)	-2.0	-0.4	-0.5	-1.1	-0.7
アフリカ	53 (3.0)	84 (3.2)	90 (3.0)	106 (3.3)	127 (4.1)	139 (5.1)	1.7	1.8	1.8	0.9	1.5
中東	47 (2.6)	134 (5.1)	160 (5.3)	200 (6.2)	205 (6.6)	186 (6.8)	4.0	2.5	0.2	-0.9	0.5
オセアニア	23 (1.3)	26 (1.0)	27 (0.9)	29 (0.9)	27 (0.9)	23 (0.9)	0.5	0.9	-0.6	-1.4	-0.4
先進国	826 (46.0)	803 (30.4)	817 (26.9)	815 (25.1)	739 (23.7)	620 (22.8)	0.0	0.0	-1.0	-1.7	-0.9
新興・途上国	970 (54.0)	1,840 (69.6)	2,219 (73.1)	2,431 (74.9)	2,380 (76.3)	2,096 (77.2)	2.7	1.0	-0.2	-1.3	-0.2

(出所) IEA "World Energy Balances"
見通しは日本エネルギー経済研究所
(注)カッコ内は対世界比(%)

付表51 | 最終エネルギー消費、運輸[技術進展シナリオ]

(石油換算100万t)

	1990	2010	2021	2030	2040	2050	年平均変化率(%) 1990/2021	2021/2030	2030/2040	2040/2050	2021/2050
世界	1,578 (100)	2,430 (100)	2,690 (100)	2,896 (100)	2,567 (100)	2,343 (100)	1.7	0.8	-1.2	-0.9	-0.5
アジア	189 (12.0)	493 (20.3)	719 (26.7)	823 (28.4)	773 (30.1)	732 (31.2)	4.4	1.5	-0.6	-0.6	0.1
中国	30 (1.9)	195 (8.0)	346 (12.9)	396 (13.7)	340 (13.3)	291 (12.4)	8.2	1.5	-1.5	-1.6	-0.6
インド	21 (1.3)	65 (2.7)	102 (3.8)	129 (4.5)	155 (6.0)	187 (8.0)	5.3	2.7	1.8	1.9	2.1
日本	72 (4.6)	79 (3.2)	63 (2.4)	54 (1.9)	35 (1.4)	27 (1.1)	-0.4	-1.7	-4.1	-2.9	-3.0
韓国	15 (0.9)	30 (1.2)	36 (1.3)	31 (1.1)	22 (0.9)	17 (0.7)	2.9	-1.5	-3.5	-2.8	-2.6
台湾	7 (0.5)	13 (0.5)	13 (0.5)	11 (0.4)	7 (0.3)	5 (0.2)	1.8	-1.5	-4.1	-3.3	-3.0
ASEAN	33 (2.1)	86 (3.6)	120 (4.5)	158 (5.4)	162 (6.3)	148 (6.3)	4.3	3.1	0.3	-0.9	0.7
インドネシア	11 (0.7)	30 (1.2)	51 (1.9)	64 (2.2)	65 (2.5)	59 (2.5)	5.2	2.5	0.1	-1.0	0.4
マレーシア	5 (0.3)	15 (0.6)	17 (0.6)	23 (0.8)	20 (0.8)	16 (0.7)	4.2	3.3	-1.7	-2.3	-0.4
ミャンマー	0 (0.0)	1 (0.0)	2 (0.1)	3 (0.1)	4 (0.1)	4 (0.2)	4.4	5.0	3.1	2.0	3.3
フィリピン	5 (0.3)	8 (0.3)	11 (0.4)	18 (0.6)	24 (0.9)	23 (1.0)	2.9	5.6	2.9	-0.2	2.6
シンガポール	1 (0.1)	2 (0.1)	2 (0.1)	2 (0.1)	1 (0.1)	1 (0.0)	1.7	-1.2	-3.3	-2.4	-2.3
タイ	9 (0.6)	19 (0.8)	25 (0.9)	26 (0.9)	23 (0.9)	19 (0.8)	3.3	0.6	-1.2	-2.2	-1.0
ベトナム	1 (0.1)	10 (0.4)	11 (0.4)	21 (0.7)	26 (1.0)	26 (1.1)	6.8	7.7	2.1	0.2	3.1
北米	531 (33.6)	655 (26.9)	660 (24.5)	594 (20.5)	418 (16.3)	313 (13.4)	0.7	-1.2	-3.4	-2.9	-2.5
米国	488 (30.9)	596 (24.5)	604 (22.4)	540 (18.7)	381 (14.8)	284 (12.1)	0.7	-1.2	-3.4	-2.9	-2.6
中南米	104 (6.6)	197 (8.1)	205 (7.6)	230 (8.0)	215 (8.4)	202 (8.6)	2.2	1.3	-0.7	-0.6	0.0
欧州先進国	269 (17.0)	335 (13.8)	338 (12.6)	286 (9.9)	179 (7.0)	130 (5.5)	0.7	-1.8	-4.5	-3.2	-3.2
欧州連合	220 (13.9)	279 (11.5)	274 (10.2)	229 (7.9)	144 (5.6)	103 (4.4)	0.7	-2.0	-4.5	-3.3	-3.3
他欧州/ユーラシア	170 (10.8)	145 (6.0)	156 (5.8)	132 (4.5)	106 (4.1)	82 (3.5)	-0.3	-1.9	-2.2	-2.6	-2.2
アフリカ	38 (2.4)	87 (3.6)	122 (4.6)	148 (5.1)	168 (6.5)	182 (7.8)	3.8	2.2	1.2	0.8	1.4
中東	51 (3.2)	121 (5.0)	140 (5.2)	181 (6.3)	169 (6.6)	148 (6.3)	3.3	2.9	-0.7	-1.3	0.2
オセアニア	24 (1.5)	35 (1.4)	35 (1.3)	35 (1.2)	29 (1.1)	23 (1.0)	1.2	0.2	-2.1	-2.0	-1.4
先進国	921 (58.3)	1,151 (47.3)	1,149 (42.7)	1,016 (35.1)	694 (27.0)	516 (22.0)	0.7	-1.4	-3.7	-2.9	-2.7
新興・途上国	455 (28.8)	918 (37.8)	1,227 (45.6)	1,414 (48.8)	1,363 (53.1)	1,295 (55.3)	3.3	1.6	-0.4	-0.5	0.2

(出所) IEA "World Energy Balances"
見通しは日本エネルギー経済研究所
(注)カッコ内は対世界比(%)。世界は国際バンカーを含む

付表52 | 最終エネルギー消費、民生・農業他[技術進展シナリオ]

(石油換算100万t)

	1990	2010	2021	2030	2040	2050	年平均変化率(%) 1990/2021	2021/2030	2030/2040	2040/2050	2021/2050
世界	2,390 (100)	2,968 (100)	3,360 (100)	3,271 (100)	3,001 (100)	2,796 (100)	1.1	-0.3	-0.9	-0.7	-0.6
アジア	721 (30.2)	977 (32.9)	1,222 (36.4)	1,280 (39.1)	1,280 (42.6)	1,278 (45.7)	1.7	0.5	0.0	0.0	0.2
中国	351 (14.7)	413 (13.9)	629 (18.7)	682 (20.8)	685 (22.8)	668 (23.9)	1.9	0.9	0.0	-0.3	0.2
インド	122 (5.1)	187 (6.3)	228 (6.8)	236 (7.2)	246 (8.2)	270 (9.7)	2.0	0.4	0.4	0.9	0.6
日本	78 (3.2)	108 (3.6)	94 (2.8)	86 (2.6)	73 (2.4)	61 (2.2)	0.6	-1.0	-1.5	-1.8	-1.5
韓国	24 (1.0)	44 (1.5)	46 (1.4)	44 (1.4)	40 (1.3)	35 (1.2)	2.0	-0.3	-1.0	-1.4	-0.9
台湾	7 (0.3)	12 (0.4)	13 (0.4)	13 (0.4)	12 (0.4)	10 (0.4)	2.0	-0.1	-0.9	-1.5	-0.9
ASEAN	86 (3.6)	130 (4.4)	110 (3.3)	119 (3.6)	131 (4.4)	145 (5.2)	0.8	0.8	1.0	1.0	0.9
インドネシア	44 (1.8)	59 (2.0)	38 (1.1)	39 (1.2)	46 (1.5)	54 (1.9)	-0.5	0.5	1.6	1.5	1.2
マレーシア	2 (0.1)	8 (0.3)	9 (0.3)	12 (0.4)	13 (0.4)	13 (0.5)	4.8	2.8	0.8	0.3	1.2
ミャンマー	8 (0.4)	10 (0.3)	13 (0.4)	10 (0.3)	8 (0.3)	8 (0.3)	1.4	-2.6	-2.0	-0.2	-1.6
フィリピン	10 (0.4)	11 (0.4)	16 (0.5)	17 (0.5)	19 (0.6)	22 (0.8)	1.5	1.2	1.1	1.2	1.2
シンガポール	1 (0.0)	2 (0.1)	3 (0.1)	3 (0.1)	3 (0.1)	3 (0.1)	3.0	0.7	-0.5	-0.9	-0.3
タイ	11 (0.5)	20 (0.7)	16 (0.5)	16 (0.5)	16 (0.5)	16 (0.6)	1.2	0.4	-0.1	-0.4	0.0
ベトナム	10 (0.4)	18 (0.6)	16 (0.5)	20 (0.6)	25 (0.8)	29 (1.1)	1.5	2.5	2.2	1.8	2.1
北米	456 (19.1)	572 (19.3)	570 (17.0)	536 (16.4)	473 (15.8)	409 (14.6)	0.7	-0.7	-1.2	-1.4	-1.1
米国	403 (16.9)	511 (17.2)	504 (15.0)	472 (14.4)	416 (13.9)	360 (12.9)	0.7	-0.7	-1.3	-1.4	-1.2
中南米	100 (4.2)	148 (5.0)	166 (4.9)	170 (5.2)	165 (5.5)	162 (5.8)	1.6	0.2	-0.3	-0.2	-0.1
欧州先進国	442 (18.5)	544 (18.3)	506 (15.0)	445 (13.6)	372 (12.4)	305 (10.9)	0.4	-1.4	-1.8	-2.0	-1.7
欧州連合	374 (15.7)	447 (15.0)	408 (12.1)	360 (11.0)	299 (10.0)	244 (8.7)	0.3	-1.4	-1.8	-2.0	-1.8
他欧州/ユーラシア	431 (18.0)	281 (9.5)	331 (9.8)	314 (9.6)	269 (9.0)	228 (8.1)	-0.9	-0.6	-1.5	-1.6	-1.3
アフリカ	184 (7.7)	306 (10.3)	380 (11.3)	329 (10.1)	242 (8.1)	217 (7.7)	2.4	-1.6	-3.0	-1.1	-1.9
中東	40 (1.7)	118 (4.0)	160 (4.8)	172 (5.3)	176 (5.9)	176 (6.3)	4.6	0.8	0.2	0.0	0.3
オセアニア	15 (0.6)	23 (0.8)	25 (0.7)	25 (0.8)	24 (0.8)	22 (0.8)	1.7	0.2	-0.6	-0.8	-0.4
先進国	1,025 (42.9)	1,310 (44.1)	1,260 (37.5)	1,156 (35.3)	1,001 (33.3)	847 (30.3)	0.7	-0.9	-1.4	-1.6	-1.4
新興・途上国	1,365 (57.1)	1,658 (55.9)	2,101 (62.5)	2,115 (64.7)	2,001 (66.7)	1,949 (69.7)	1.4	0.1	-0.6	-0.3	-0.3

(出所) IEA "World Energy Balances"
見通しは日本エネルギー経済研究所
(注)カッコ内は対世界比(%)

付表53 | 最終エネルギー消費、電力[技術進展シナリオ]

(TWh)

	1990	2010	2021	2030	2040	2050	年平均変化率(%) 1990/2021	2021/2030	2030/2040	2040/2050	2021/2050
世界	9,699 (100)	17,880 (100)	24,150 (100)	30,814 (100)	37,694 (100)	43,310 (100)	3.0	2.7	2.0	1.4	2.0
アジア	1,823 (18.8)	6,677 (37.3)	11,896 (49.3)	16,326 (53.0)	19,928 (52.9)	22,655 (52.3)	6.2	3.6	2.0	1.3	2.2
中国	454 (4.7)	3,450 (19.3)	7,580 (31.4)	10,247 (33.3)	11,538 (30.6)	11,661 (26.9)	9.5	3.4	1.2	0.1	1.5
インド	212 (2.2)	718 (4.0)	1,206 (5.0)	2,149 (7.0)	3,381 (9.0)	4,810 (11.1)	5.8	6.6	4.6	3.6	4.9
日本	765 (7.9)	1,035 (5.8)	932 (3.9)	950 (3.1)	998 (2.6)	976 (2.3)	0.6	0.2	0.5	-0.2	0.2
韓国	94 (1.0)	449 (2.5)	536 (2.2)	610 (2.0)	652 (1.7)	643 (1.5)	5.8	1.4	0.7	-0.1	0.6
台湾	77 (0.8)	218 (1.2)	264 (1.1)	302 (1.0)	314 (0.8)	295 (0.7)	4.1	1.5	0.4	-0.6	0.4
ASEAN	130 (1.3)	601 (3.4)	1,018 (4.2)	1,527 (5.0)	2,137 (5.7)	2,879 (6.6)	6.9	4.6	3.4	3.0	3.6
インドネシア	28 (0.3)	147 (0.8)	286 (1.2)	446 (1.4)	709 (1.9)	1,090 (2.5)	7.8	5.1	4.7	4.4	4.7
マレーシア	20 (0.2)	111 (0.6)	155 (0.6)	224 (0.7)	286 (0.8)	335 (0.8)	6.8	4.1	2.5	1.6	2.7
ミャンマー	2 (0.0)	6 (0.0)	17 (0.1)	33 (0.1)	58 (0.2)	92 (0.2)	7.6	7.9	5.9	4.7	6.1
フィリピン	21 (0.2)	55 (0.3)	87 (0.4)	143 (0.5)	221 (0.6)	333 (0.8)	4.7	5.6	4.5	4.2	4.7
シンガポール	13 (0.1)	42 (0.2)	53 (0.2)	61 (0.2)	63 (0.2)	60 (0.1)	4.7	1.4	0.3	-0.5	0.4
タイ	38 (0.4)	149 (0.8)	191 (0.8)	244 (0.8)	299 (0.8)	354 (0.8)	5.3	2.8	2.1	1.7	2.2
ベトナム	6 (0.1)	87 (0.5)	223 (0.9)	371 (1.2)	495 (1.3)	608 (1.4)	12.3	5.8	2.9	2.1	3.5
北米	3,051 (31.5)	4,265 (23.9)	4,362 (18.1)	4,855 (15.8)	5,621 (14.9)	6,048 (14.0)	1.2	1.2	1.5	0.7	1.1
米国	2,633 (27.1)	3,788 (21.2)	3,838 (15.9)	4,259 (13.8)	4,934 (13.1)	5,308 (12.3)	1.2	1.2	1.5	0.7	1.1
中南米	516 (5.3)	1,125 (6.3)	1,375 (5.7)	1,749 (5.7)	2,253 (6.0)	2,782 (6.4)	3.2	2.7	2.6	2.1	2.5
欧州先進国	2,248 (23.2)	3,106 (17.4)	3,151 (13.0)	3,502 (11.4)	3,890 (10.3)	4,084 (9.4)	1.1	1.2	1.1	0.5	0.9
欧州連合	1,887 (19.5)	2,510 (14.0)	2,487 (10.3)	2,776 (9.0)	3,073 (8.2)	3,220 (7.4)	0.9	1.2	1.0	0.5	0.9
他欧州/ユーラシア	1,448 (14.9)	1,193 (6.7)	1,349 (5.6)	1,533 (5.0)	1,923 (5.1)	2,338 (5.4)	-0.2	1.4	2.3	2.0	1.9
アフリカ	256 (2.6)	543 (3.0)	696 (2.9)	1,107 (3.6)	1,776 (4.7)	2,492 (5.8)	3.3	5.3	4.8	3.4	4.5
中東	199 (2.0)	719 (4.0)	1,066 (4.4)	1,433 (4.6)	1,950 (5.2)	2,519 (5.8)	5.6	3.3	3.1	2.6	3.0
オセアニア	158 (1.6)	252 (1.4)	255 (1.1)	309 (1.0)	354 (0.9)	391 (0.9)	1.6	2.1	1.4	1.0	1.5
先進国	6,429 (66.3)	9,410 (52.6)	9,600 (39.7)	10,636 (34.5)	11,940 (31.7)	12,543 (29.0)	1.3	1.1	1.2	0.5	0.9
新興・途上国	3,270 (33.7)	8,469 (47.4)	14,551 (60.3)	20,178 (65.5)	25,753 (68.3)	30,767 (71.0)	4.9	3.7	2.5	1.8	2.6

(出所) IEA "World Energy Balances"
見通しは日本エネルギー経済研究所
(注)カッコ内は対世界比(%)

付表54 | 発電電力量[技術進展シナリオ]

(TWh)

	1990	2010	2021	2030	2040	2050	年平均変化率(%) 1990/2021	2021/2030	2030/2040	2040/2050	2021/2050
世界	11,837 (100)	21,538 (100)	28,402 (100)	36,128 (100)	45,879 (100)	57,517 (100)	2.9	2.7	2.4	2.3	2.5
アジア	2,237 (18.9)	7,992 (37.1)	13,664 (48.1)	18,866 (52.2)	23,006 (50.1)	26,570 (46.2)	6.0	3.6	2.0	1.5	2.3
中国	621 (5.2)	4,197 (19.5)	8,560 (30.1)	11,633 (32.2)	13,029 (28.4)	13,184 (22.9)	8.8	3.5	1.1	0.1	1.5
インド	289 (2.4)	972 (4.5)	1,635 (5.8)	2,831 (7.8)	4,208 (9.2)	5,755 (10.0)	5.7	6.3	4.0	3.2	4.4
日本	862 (7.3)	1,164 (5.4)	1,040 (3.7)	1,057 (2.9)	1,131 (2.5)	1,171 (2.0)	0.6	0.2	0.7	0.4	0.4
韓国	105 (0.9)	497 (2.3)	608 (2.1)	689 (1.9)	750 (1.6)	792 (1.4)	5.8	1.4	0.8	0.6	0.9
台湾	87 (0.7)	244 (1.1)	287 (1.0)	328 (0.9)	353 (0.8)	364 (0.6)	3.9	1.5	0.7	0.3	0.8
ASEAN	154 (1.3)	675 (3.1)	1,107 (3.9)	1,687 (4.7)	2,438 (5.3)	3,566 (6.2)	6.6	4.8	3.8	3.9	4.1
インドネシア	33 (0.3)	170 (0.8)	309 (1.1)	492 (1.4)	811 (1.8)	1,365 (2.4)	7.5	5.3	5.1	5.3	5.3
マレーシア	23 (0.2)	125 (0.6)	180 (0.6)	259 (0.7)	344 (0.8)	474 (0.8)	6.9	4.1	2.9	3.3	3.4
ミャンマー	2 (0.0)	9 (0.0)	20 (0.1)	61 (0.2)	110 (0.2)	186 (0.3)	6.9	13.3	6.2	5.4	8.1
フィリピン	26 (0.2)	68 (0.3)	106 (0.4)	172 (0.5)	266 (0.6)	398 (0.7)	4.6	5.5	4.5	4.1	4.7
シンガポール	16 (0.1)	46 (0.2)	56 (0.2)	64 (0.2)	66 (0.1)	48 (0.1)	4.2	1.4	0.3	-3.1	-0.5
タイ	44 (0.4)	159 (0.7)	177 (0.6)	220 (0.6)	284 (0.6)	402 (0.7)	4.6	2.5	2.6	3.6	2.9
ベトナム	9 (0.1)	95 (0.4)	253 (0.9)	414 (1.1)	551 (1.2)	685 (1.2)	11.5	5.6	2.9	2.2	3.5
北米	3,685 (31.1)	4,957 (23.0)	4,997 (17.6)	5,547 (15.4)	6,688 (14.6)	7,941 (13.8)	1.0	1.2	1.9	1.7	1.6
米国	3,203 (27.1)	4,354 (20.2)	4,354 (15.3)	4,822 (13.3)	5,756 (12.5)	6,708 (11.7)	1.0	1.1	1.8	1.5	1.5
中南米	623 (5.3)	1,406 (6.5)	1,726 (6.1)	2,151 (6.0)	3,084 (6.7)	4,726 (8.2)	3.3	2.5	3.7	4.4	3.5
欧州先進国	2,695 (22.8)	3,623 (16.8)	3,637 (12.8)	4,026 (11.1)	4,850 (10.6)	5,872 (10.2)	1.0	1.1	1.9	1.9	1.7
欧州連合	2,256 (19.1)	2,955 (13.7)	2,885 (10.2)	3,404 (9.4)	4,137 (9.0)	4,755 (8.3)	0.8	1.9	2.0	1.4	1.7
他欧州/ユーラシア	1,856 (15.7)	1,689 (7.8)	1,867 (6.6)	2,073 (5.7)	2,493 (5.4)	2,902 (5.0)	0.0	1.2	1.9	1.5	1.5
アフリカ	309 (2.6)	686 (3.2)	885 (3.1)	1,391 (3.9)	2,448 (5.3)	3,973 (6.9)	3.4	5.2	5.8	5.0	5.3
中東	244 (2.1)	888 (4.1)	1,316 (4.6)	1,702 (4.7)	2,703 (5.9)	4,343 (7.6)	5.6	2.9	4.7	4.9	4.2
オセアニア	187 (1.6)	298 (1.4)	310 (1.1)	372 (1.0)	607 (1.3)	1,191 (2.1)	1.6	2.1	5.0	7.0	4.8
先進国	7,666 (64.8)	10,867 (50.5)	10,972 (38.6)	12,123 (33.6)	14,486 (31.6)	17,420 (30.3)	1.2	1.1	1.8	1.9	1.6
新興・途上国	4,171 (35.2)	10,671 (49.5)	17,430 (61.4)	24,005 (66.4)	31,393 (68.4)	40,097 (69.7)	4.7	3.6	2.7	2.5	2.9

(出所) IEA "World Energy Balances"
見通しは日本エネルギー経済研究所
(注)カッコ内は対世界比(%)

付表55 | 1人当たり一次エネルギー消費[技術進展シナリオ]

(石油換算t/人)

	1990	2010	2021	2030	2040	2050	年平均変化率(%) 1990/2021	2021/2030	2030/2040	2040/2050	2021/2050
世界	1.66	1.85	1.87	1.81	1.60	1.43	0.4	-0.4	-1.2	-1.2	-0.9
アジア	0.71	1.24	1.50	1.58	1.45	1.29	2.5	0.6	-0.8	-1.2	-0.5
中国	0.77	1.90	2.65	2.78	2.43	1.92	4.1	0.6	-1.4	-2.3	-1.1
インド	0.32	0.54	0.67	0.80	0.85	0.87	2.4	2.0	0.5	0.3	0.9
日本	3.54	3.90	3.18	3.14	2.88	2.70	-0.3	-0.2	-0.8	-0.7	-0.6
韓国	2.17	5.05	5.64	5.71	5.45	5.07	3.1	0.1	-0.5	-0.7	-0.4
台湾	2.50	5.13	5.22	5.03	4.63	4.08	2.4	-0.4	-0.8	-1.3	-0.8
ASEAN	0.54	0.93	1.04	1.29	1.43	1.52	2.1	2.4	1.0	0.6	1.3
インドネシア	0.54	0.84	0.86	1.16	1.42	1.63	1.5	3.4	2.0	1.4	2.2
マレーシア	1.21	2.52	2.83	3.34	3.19	2.98	2.8	1.8	-0.5	-0.7	0.2
ミャンマー	0.27	0.28	0.40	0.45	0.49	0.58	1.3	1.2	1.0	1.6	1.3
フィリピン	0.43	0.44	0.54	0.63	0.69	0.68	0.7	1.8	0.9	-0.2	0.8
シンガポール	3.78	4.76	6.46	6.46	6.35	6.11	1.7	0.0	-0.2	-0.4	-0.2
タイ	0.77	1.73	1.81	2.01	2.08	2.18	2.8	1.2	0.3	0.5	0.6
ベトナム	0.27	0.67	0.98	1.42	1.64	1.69	4.3	4.2	1.5	0.3	1.9
北米	7.67	7.20	6.56	5.79	4.73	4.14	-0.5	-1.4	-2.0	-1.3	-1.6
米国	7.67	7.16	6.44	5.65	4.57	3.99	-0.6	-1.5	-2.1	-1.4	-1.6
中南米	1.07	1.35	1.26	1.27	1.24	1.23	0.5	0.1	-0.3	0.0	-0.1
欧州先進国	3.25	3.29	2.92	2.53	2.21	2.03	-0.4	-1.6	-1.3	-0.9	-1.2
欧州連合	3.43	3.46	3.10	2.78	2.43	2.22	-0.3	-1.2	-1.3	-0.9	-1.1
他欧州/ユーラシア	4.50	3.35	3.59	3.44	3.31	3.13	-0.7	-0.5	-0.4	-0.6	-0.5
アフリカ	0.63	0.67	0.63	0.54	0.46	0.42	0.0	-1.7	-1.7	-1.0	-1.4
中東	1.67	2.95	3.07	3.14	3.01	2.87	2.0	0.3	-0.4	-0.5	-0.2
オセアニア	4.85	5.46	4.87	4.21	3.55	3.30	0.0	-1.6	-1.7	-0.7	-1.3
先進国	4.48	4.70	4.29	3.87	3.33	3.01	-0.1	-1.2	-1.5	-1.0	-1.2
新興・途上国	0.95	1.23	1.39	1.40	1.27	1.13	1.2	0.1	-1.0	-1.1	-0.7

(出所)世界銀行 "World Development Indicators"、IEA "World Energy Balances"等より算出
見通しは日本エネルギー経済研究所
(注)世界は国際バンカーを含む

付表56 | GDP当たり一次エネルギー消費[技術進展シナリオ]

(石油換算t/2015年価格100万ドル)

	1990	2010	2021	2030	2040	2050	年平均変化率(%) 1990/2021	2021/2030	2030/2040	2040/2050	2021/2050
世界	244	198	171	140	102	75	-1.1	-2.2	-3.1	-3.0	-2.8
アジア	312	268	217	173	115	76	-1.2	-2.5	-4.0	-4.0	-3.5
中国	850	336	237	175	103	58	-4.0	-3.3	-5.2	-5.6	-4.7
インド	590	426	339	256	164	108	-1.8	-3.1	-4.3	-4.1	-3.9
日本	124	118	90	79	62	50	-1.0	-1.4	-2.3	-2.1	-2.0
韓国	231	198	172	142	109	83	-0.9	-2.1	-2.7	-2.7	-2.5
台湾	315	256	186	146	109	80	-1.7	-2.6	-2.9	-3.1	-2.9
ASEAN	317	275	225	197	151	116	-1.1	-1.5	-2.6	-2.6	-2.3
インドネシア	365	310	221	205	164	129	-1.6	-0.8	-2.2	-2.4	-1.8
マレーシア	284	312	268	229	166	124	-0.2	-1.7	-3.2	-2.9	-2.6
ミャンマー	1,489	318	323	292	212	166	-4.8	-1.1	-3.2	-2.4	-2.3
フィリピン	249	182	161	125	95	72	-1.4	-2.8	-2.8	-2.6	-2.7
シンガポール	163	98	98	83	70	58	-1.6	-1.8	-1.7	-1.7	-1.8
タイ	294	340	296	250	184	139	0.0	-1.9	-3.0	-2.7	-2.6
ベトナム	397	330	286	246	174	120	-1.0	-1.7	-3.4	-3.7	-3.0
北米	200	139	109	85	60	45	-1.9	-2.7	-3.5	-2.7	-3.0
米国	195	135	104	81	56	42	-2.0	-2.8	-3.6	-2.8	-3.1
中南米	180	163	154	133	101	80	-0.5	-1.6	-2.7	-2.4	-2.2
欧州先進国	141	109	86	64	49	39	-1.6	-3.2	-2.7	-2.2	-2.7
欧州連合	158	118	95	72	55	44	-1.6	-3.0	-2.7	-2.2	-2.6
他欧州/ユーラシア	826	532	466	379	291	221	-1.8	-2.3	-2.6	-2.7	-2.5
アフリカ	424	343	320	235	149	104	-0.9	-3.4	-4.5	-3.5	-3.8
中東	245	314	311	271	220	178	0.8	-1.5	-2.1	-2.1	-1.9
オセアニア	150	118	95	73	52	42	-1.5	-2.9	-3.2	-2.3	-2.8
先進国	164	126	101	79	58	45	-1.6	-2.7	-3.0	-2.5	-2.8
新興・途上国	470	318	262	205	138	94	-1.9	-2.7	-3.9	-3.7	-3.5

(出所)世界銀行 "World Development Indicators"、IEA "World Energy Balances"等より算出
見通しは日本エネルギー経済研究所
(注)世界は国際バンカーを含む

付表57 | エネルギー起源二酸化炭素排出[技術進展シナリオ]

(100万t)

	1990	2010	2021	2030	2040	2050	年平均変化率(%) 1990/2021	2021/2030	2030/2040	2040/2050	2021/2050
世界	20,522 (100)	30,703 (100)	33,568 (100)	31,010 (100)	23,137 (100)	14,704 (100)	1.6	-0.9	-2.9	-4.4	-2.8
アジア	4,700 (22.9)	13,032 (42.4)	16,776 (50.0)	16,331 (52.7)	12,109 (52.3)	6,812 (46.3)	4.2	-0.3	-2.9	-5.6	-3.1
中国	2,195 (10.7)	8,110 (26.4)	10,649 (31.7)	9,930 (32.0)	6,281 (27.1)	2,178 (14.8)	5.2	-0.8	-4.5	-10.0	-5.3
インド	531 (2.6)	1,588 (5.2)	2,279 (6.8)	2,657 (8.6)	2,585 (11.2)	2,299 (15.6)	4.8	1.7	-0.3	-1.2	0.0
日本	1,056 (5.1)	1,137 (3.7)	998 (3.0)	706 (2.3)	466 (2.0)	272 (1.8)	-0.2	-3.8	-4.1	-5.2	-4.4
韓国	208 (1.0)	528 (1.7)	559 (1.7)	472 (1.5)	354 (1.5)	150 (1.0)	3.2	-1.9	-2.8	-8.2	-4.4
台湾	109 (0.5)	254 (0.8)	267 (0.8)	244 (0.8)	169 (0.7)	49 (0.3)	2.9	-1.0	-3.6	-11.7	-5.7
ASEAN	350 (1.7)	1,069 (3.5)	1,517 (4.5)	1,762 (5.7)	1,625 (7.0)	1,277 (8.7)	4.8	1.7	-0.8	-2.4	-0.6
インドネシア	131 (0.6)	397 (1.3)	557 (1.7)	652 (2.1)	619 (2.7)	495 (3.4)	4.8	1.8	-0.5	-2.2	-0.4
マレーシア	50 (0.2)	185 (0.6)	226 (0.7)	261 (0.8)	219 (0.9)	156 (1.1)	5.0	1.6	-1.7	-3.3	-1.3
ミャンマー	4 (0.0)	8 (0.0)	28 (0.1)	52 (0.2)	70 (0.3)	87 (0.6)	6.4	7.3	3.0	2.2	4.0
フィリピン	35 (0.2)	75 (0.2)	132 (0.4)	156 (0.5)	165 (0.7)	143 (1.0)	4.3	1.9	0.6	-1.4	0.3
シンガポール	29 (0.1)	51 (0.2)	46 (0.1)	46 (0.1)	32 (0.1)	15 (0.1)	1.5	0.2	-3.7	-7.3	-3.8
タイ	80 (0.4)	223 (0.7)	235 (0.7)	227 (0.7)	176 (0.8)	117 (0.8)	3.5	-0.4	-2.5	-4.0	-2.4
ベトナム	16 (0.1)	122 (0.4)	285 (0.8)	360 (1.2)	337 (1.5)	258 (1.8)	9.6	2.6	-0.7	-2.6	-0.3
北米	5,126 (25.0)	5,698 (18.6)	5,055 (15.1)	3,895 (12.6)	2,119 (9.2)	1,011 (6.9)	0.0	-2.9	-5.9	-7.1	-5.4
米国	4,740 (23.1)	5,204 (17.0)	4,549 (13.6)	3,452 (11.1)	1,793 (7.7)	794 (5.4)	-0.1	-3.0	-6.3	-7.8	-5.8
中南米	867 (4.2)	1,524 (5.0)	1,453 (4.3)	1,391 (4.5)	1,271 (5.5)	1,119 (7.6)	1.7	-0.5	-0.9	-1.3	-0.9
欧州先進国	3,944 (19.2)	3,823 (12.5)	3,242 (9.7)	2,113 (6.8)	1,346 (5.8)	770 (5.2)	-0.6	-4.6	-4.4	-5.4	-4.8
欧州連合	3,464 (16.9)	3,135 (10.2)	2,579 (7.7)	1,473 (4.8)	934 (4.0)	515 (3.5)	-0.9	-6.0	-4.5	-5.8	-5.4
他欧州/ユーラシア	3,878 (18.9)	2,511 (8.2)	2,584 (7.7)	2,240 (7.2)	1,760 (7.6)	1,290 (8.8)	-1.3	-1.6	-2.4	-3.1	-2.4
アフリカ	524 (2.6)	1,008 (3.3)	1,218 (3.6)	1,335 (4.3)	1,297 (5.6)	1,168 (7.9)	2.8	1.0	-0.3	-1.0	-0.1
中東	569 (2.8)	1,553 (5.1)	1,862 (5.5)	1,987 (6.4)	1,663 (7.2)	1,188 (8.1)	3.9	0.7	-1.8	-3.3	-1.5
オセアニア	279 (1.4)	421 (1.4)	392 (1.2)	295 (1.0)	182 (0.8)	104 (0.7)	1.1	-3.1	-4.7	-5.4	-4.5
先進国	10,784 (52.5)	11,954 (38.9)	10,593 (31.6)	7,809 (25.2)	4,697 (20.3)	2,393 (16.3)	-0.1	-3.3	-5.0	-6.5	-5.0
新興・途上国	9,102 (44.4)	17,615 (57.4)	21,990 (65.5)	21,779 (70.2)	17,050 (73.7)	11,069 (75.3)	2.9	-0.1	-2.4	-4.2	-2.3

(出所) IEA "World Energy Balances"より算出
見通しは日本エネルギー経済研究所
(注)カッコ内は対世界比(%)。世界は国際バンカーを含む

付表58 | 世界[技術進展シナリオ]

一次エネルギー消費

	(石油換算100万トン[Mtoe])							構成比(%)			年平均変化率(%)			
	1990	2000	2010	2021	2030	2040	2050	1990	2021	2050	1990/2021	2021/2030	2030/2050	2021/2050
合計[*1]	8,754	10,026	12,850	14,759	15,389	14,666	13,802	100	100	100	1.7	0.5	-0.5	-0.2
石炭	2,223	2,318	3,662	4,016	3,485	2,532	1,575	25	27	11	1.9	-1.6	-3.9	-3.2
石油	3,237	3,684	4,155	4,352	4,321	3,545	2,704	37	29	20	1.0	-0.1	-2.3	-1.6
天然ガス	1,662	2,068	2,734	3,487	3,541	3,432	3,044	19	24	22	2.4	0.2	-0.8	-0.5
原子力	526	675	719	732	988	1,257	1,450	6.0	5.0	11	1.1	3.4	1.9	2.4
水力	184	225	296	369	419	471	527	2.1	2.5	3.8	2.3	1.4	1.2	1.2
地熱	34	52	62	111	227	306	367	0.4	0.8	2.7	3.9	8.3	2.4	4.2
太陽光・風力等	2.5	8.2	48	291	903	1,781	2,848	0.0	2.0	21	16.5	13.4	5.9	8.2
バイオマス・廃棄物	885	994	1,173	1,397	1,502	1,339	1,289	10	9.5	9.3	1.5	0.8	-0.8	-0.3
水素	-	-	-	-	-	-1.4	-3.5	-	-	-0.0	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

最終エネルギー消費

	(Mtoe)							構成比(%)			1990/2021	2021/2030	2030/2050	2021/2050
	1990	2000	2010	2021	2030	2040	2050	1990	2021	2050				
合計	6,242	7,012	8,829	10,082	10,513	9,900	9,176	100	100	100	1.6	0.5	-0.7	-0.3
産業	1,797	1,869	2,643	3,037	3,246	3,119	2,717	29	30	30	1.7	0.7	-0.9	-0.4
運輸	1,578	1,966	2,430	2,690	2,896	2,567	2,343	25	27	26	1.7	0.8	-1.1	-0.5
民生・農業他	2,390	2,561	2,968	3,360	3,271	3,001	2,796	38	33	30	1.1	-0.3	-0.8	-0.6
非エネルギー消費	477	616	788	995	1,099	1,213	1,320	7.6	9.9	14	2.4	1.1	0.9	1.0
石炭	751	542	1,061	913	799	659	509	12	9.1	5.6	0.6	-1.5	-2.2	-2.0
石油	2,608	3,130	3,621	3,926	3,981	3,339	2,636	42	39	29	1.3	0.2	-2.0	-1.4
天然ガス	945	1,120	1,344	1,710	1,701	1,457	1,097	15	17	12	1.9	-0.1	-2.2	-1.5
電力	834	1,087	1,538	2,077	2,650	3,242	3,725	13	21	41	3.0	2.7	1.7	2.0
熱	336	248	275	347	346	307	246	5.4	3.4	2.7	0.1	-0.1	-1.7	-1.2
水素	-	-	-	-	0.2	86	261	-	-	2.8	n.a.	n.a.	43.3	n.a.
再生可能	768	886	990	1,109	1,036	810	702	12	11	7.6	1.2	-0.8	-1.9	-1.6

発電量

	(TWh)							構成比(%)			1990/2021	2021/2030	2030/2050	2021/2050
	1990	2000	2010	2021	2030	2040	2050	1990	2021	2050				
合計	11,837	15,423	21,538	28,402	36,128	45,879	57,517	100	100	100	2.9	2.7	2.4	2.5
石炭	4,430	5,995	8,674	10,252	8,854	5,671	2,468	37	36	4.3	2.7	-1.6	-6.2	-4.8
石油	1,317	1,184	963	723	453	287	161	11	2.5	0.3	-1.9	-5.0	-5.0	-5.0
天然ガス	1,748	2,772	4,856	6,556	6,833	7,661	8,119	15	23	14	4.4	0.5	0.9	0.7
原子力	2,013	2,591	2,756	2,808	3,792	4,824	5,565	17	9.9	9.7	1.1	3.4	1.9	2.4
水力	2,139	2,611	3,447	4,293	4,871	5,482	6,128	18	15	11	2.3	1.4	1.2	1.2
地熱	36	52	68	96	201	264	313	0.3	0.3	0.5	3.2	8.6	2.2	4.2
太陽光	0.1	0.8	32	1,020	4,642	9,798	16,458	0.0	3.6	29	35.1	18.3	6.5	10.1
風力	3.9	31	342	1,864	4,955	9,318	14,214	0.0	6.6	25	22.0	11.5	5.4	7.3
太陽熱・海洋	1.2	1.1	2.2	16	147	374	676	0.0	0.1	1.2	8.6	28.3	7.9	13.9
バイオマス・廃棄物	130	163	362	735	1,341	1,600	1,830	1.1	2.6	3.2	5.7	6.9	1.6	3.2
水素	-	-	-	-	-	562	1,545	-	-	2.7	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
その他	20	22	35	39	39	39	39	0.2	0.1	0.1	2.2	0.0	0.0	0.0

エネルギー・経済指標他

	1990	2000	2010	2021	2030	2040	2050	1990/2021	2021/2030	2030/2050	2021/2050
GDP (2015年価格10億ドル)	35,916	48,229	64,773	86,438	109,746	144,034	184,046	2.9	2.7	2.6	2.6
人口(100万人)	5,286	6,135	6,960	7,877	8,511	9,155	9,680	1.3	0.9	0.6	0.7
エネルギー起源CO_2排出(100万t)	20,522	23,175	30,703	33,568	31,010	23,137	14,704	1.6	-0.9	-3.7	-2.8
一人あたりGDP (2015年価格1,000ドル/人)	6.8	7.9	9.3	11	13	16	19	1.6	1.8	2.0	1.9
一人あたり一次エネルギー消費(toe/人)	1.7	1.6	1.8	1.9	1.8	1.6	1.4	0.4	-0.4	-1.2	-0.9
GDPあたり一次エネルギー消費[*2]	244	208	198	171	140	102	75	-1.1	-2.2	-3.1	-2.8
GDPあたりCO_2排出量[*3]	571	481	474	388	283	161	80	-1.2	-3.5	-6.1	-5.3
一次エネルギー消費あたりCO_2排出(t/toe)	2.3	2.3	2.4	2.3	2.0	1.6	1.1	-0.1	-1.3	-3.1	-2.6

*1 電力、熱の輸出入を掲載していないため、合計と内訳は必ずしも一致しない。
*2 toe/2015年価格100万ドル。*3 t/2015年価格100万ドル

付表59 | アジア[技術進展シナリオ]

一次エネルギー消費

	(石油換算100万トン[Mtoe])							構成比(%)			年平均変化率(%)			
	1990	2000	2010	2021	2030	2040	2050	1990	2021	2050	1990/2021	2021/2030	2030/2050	2021/2050
合計[*1]	2,088	2,867	4,803	6,439	7,127	6,815	6,173	100	100	100	3.7	1.1	-0.7	-0.1
石炭	789	1,038	2,416	3,142	2,951	2,146	1,248	38	49	20	4.6	-0.7	-4.2	-3.1
石油	618	918	1,172	1,491	1,522	1,347	1,096	30	23	18	2.9	0.2	-1.6	-1.1
天然ガス	116	233	455	722	906	904	684	5.5	11	11	6.1	2.5	-1.4	-0.2
原子力	77	132	152	189	377	531	645	3.7	2.9	10	3.0	7.9	2.7	4.3
水力	32	41	92	157	182	216	251	1.5	2.4	4.1	5.3	1.7	1.6	1.6
地熱	8.2	23	31	64	140	202	246	0.4	1.0	4.0	6.8	9.2	2.9	4.8
太陽光・風力等	1.3	2.1	16	142	424	853	1,331	0.1	2.2	22	16.4	12.9	5.9	8.0
バイオマス・廃棄物	448	480	469	530	623	591	584	21	8.2	9.5	0.5	1.8	-0.3	0.3
水素	-	-	-	-	0.0	25	87	-	-	1.4	n.a.	n.a.	54.2	n.a.

最終エネルギー消費

	(Mtoe)							構成比(%)			1990/2021	2021/2030	2030/2050	2021/2050
	1990	2000	2010	2021	2030	2040	2050	1990	2021	2050				
合計	1,534	1,976	3,166	4,131	4,487	4,397	4,130	100	100	100	3.2	0.9	-0.4	0.0
産業	508	654	1,405	1,750	1,882	1,786	1,511	33	42	37	4.1	0.8	-1.1	-0.5
運輸	189	323	493	719	823	773	732	12	17	18	4.4	1.5	-0.6	0.1
民生・農業他	721	818	977	1,222	1,280	1,280	1,278	47	30	31	1.7	0.5	0.0	0.2
非エネルギー消費	115	181	291	439	501	558	608	7.5	11	15	4.4	1.5	1.0	1.1
石炭	423	373	897	762	666	549	426	28	18	10	1.9	-1.5	-2.2	-2.0
石油	465	743	993	1,343	1,387	1,238	1,020	30	33	25	3.5	0.4	-1.5	-0.9
天然ガス	46	89	201	392	434	389	290	3.0	9.5	7.0	7.1	1.1	-2.0	-1.0
電力	157	279	574	1,023	1,404	1,714	1,948	10	25	47	6.2	3.6	1.7	2.2
熱	14	30	69	157	167	149	117	0.9	3.8	2.8	8.1	0.7	-1.8	-1.0
水素	-	-	-	-	0.0	13	44	-	-	1.1	n.a.	n.a.	41.1	n.a.
再生可能	429	462	433	454	428	345	285	28	11	6.9	0.2	-0.6	-2.0	-1.6

発電量

	(TWh)							構成比(%)			1990/2021	2021/2030	2030/2050	2021/2050
	1990	2000	2010	2021	2030	2040	2050	1990	2021	2050				
合計	2,237	3,971	7,992	13,664	18,866	23,006	26,570	100	100	100	6.0	3.6	1.7	2.3
石炭	868	1,984	4,780	7,824	7,670	5,001	1,894	39	57	7.1	7.4	-0.2	-6.8	-4.8
石油	433	381	260	130	80	74	59	19	1.0	0.2	-3.8	-5.3	-1.5	-2.7
天然ガス	237	566	1,096	1,466	2,182	2,700	2,310	11	11	8.7	6.1	4.5	0.3	1.6
原子力	294	505	582	727	1,446	2,037	2,474	13	5.3	9.3	3.0	7.9	2.7	4.3
水力	368	478	1,072	1,825	2,121	2,514	2,921	16	13	11	5.3	1.7	1.6	1.6
地熱	8.4	20	22	30	84	122	151	0.4	0.2	0.6	4.2	12.1	3.0	5.7
太陽光	0.1	0.4	5.2	560	2,435	5,199	8,434	0.0	4.1	32	33.6	17.7	6.4	9.8
風力	0.0	2.4	70	761	2,115	4,278	6,507	0.0	5.6	24	38.1	12.0	5.8	7.7
太陽熱・海洋	0.0	0.0	0.0	2.5	15	35	83	0.0	0.0	0.3	20.8	22.1	9.0	12.9
バイオマス・廃棄物	9.0	15	82	315	695	872	1,047	0.4	2.3	3.9	12.2	9.2	2.1	4.2
水素	-	-	-	-	-	152	667	-	-	2.5	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
その他	20	20	21	23	23	23	23	0.9	0.2	0.1	0.5	0.0	0.0	0.0

エネルギー・経済指標他

	1990	2000	2010	2021	2030	2040	2050	1990/2021	2021/2030	2030/2050	2021/2050
GDP (2015年価格10億ドル)	6,690	10,397	17,895	29,673	41,194	59,070	80,738	4.9	3.7	3.4	3.5
人口(100万人)	2,955	3,454	3,874	4,284	4,507	4,686	4,772	1.2	0.6	0.3	0.4
エネルギー起源CO_2排出(100万t)	4,700	6,817	13,032	16,776	16,331	12,109	6,812	4.2	-0.3	-4.3	-3.1
一人あたりGDP (2015年価格1,000ドル/人)	2.3	3.0	4.6	6.9	9.1	13	17	3.7	3.1	3.1	3.1
一人あたり一次エネルギー消費(toe/人)	0.7	0.8	1.2	1.5	1.6	1.5	1.3	2.5	0.6	-1.0	-0.5
GDPあたり一次エネルギー消費[*2]	312	276	268	217	173	115	76	-1.2	-2.5	-4.0	-3.5
GDPあたりCO_2排出量[*3]	703	656	728	565	396	205	84	-0.7	-3.9	-7.4	-6.3
一次エネルギー消費あたりCO_2排出(t/toe)	2.3	2.4	2.7	2.6	2.3	1.8	1.1	0.5	-1.4	-3.6	-2.9

*1 電力、熱の輸出入を掲載していないため、合計と内訳は必ずしも一致しない。
*2 toe/2015年価格100万ドル。*3 t/2015年価格100万ドル

付表60 | 中国[技術進展シナリオ]

一次エネルギー消費

	(石油換算100万トン[Mtoe])							構成比(%)			年平均変化率(%)			
	1990	2000	2010	2021	2030	2040	2050	1990	2021	2050	1990/2021	2021/2030	2030/2050	2021/2050
合計[*1]	874	1,133	2,536	3,738	3,908	3,317	2,510	100	100	100	4.8	0.5	-2.2	-1.4
石炭	531	668	1,790	2,266	2,062	1,316	518	61	61	21	4.8	-1.0	-6.7	-5.0
石油	119	221	428	678	639	502	364	14	18	14	5.8	-0.6	-2.8	-2.1
天然ガス	13	21	89	299	396	332	110	1.5	8.0	4.4	10.7	3.2	-6.2	-3.4
原子力	-	4.4	19	106	170	238	305	-	2.8	12	n.a.	5.3	3.0	3.7
水力	11	19	61	112	121	135	145	1.2	3.0	5.8	7.8	0.9	0.9	0.9
地熱	-	1.7	3.6	24	28	28	24	-	0.6	1.0	n.a.	1.9	-0.7	0.1
太陽光・風力等	0.0	1.0	12	111	294	563	822	0.0	3.0	33	29.9	11.5	5.3	7.2
バイオマス・廃棄物	200	198	133	144	199	205	222	23	3.9	8.9	-1.1	3.7	0.6	1.5
水素	-	-	-	-	-0.0	-0.0	1.6	-	-	0.1	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

最終エネルギー消費

	(Mtoe)							構成比(%)			1990/2021	2021/2030	2030/2050	2021/2050
	1990	2000	2010	2021	2030	2040	2050	1990	2021	2050				
合計	658	781	1,645	2,317	2,384	2,160	1,846	100	100	100	4.1	0.3	-1.3	-0.8
産業	234	302	924	1,129	1,080	900	652	36	49	35	5.2	-0.5	-2.5	-1.9
運輸	30	83	195	346	396	340	291	4.6	15	16	8.2	1.5	-1.5	-0.6
民生・農業他	351	339	413	629	682	685	668	53	27	36	1.9	0.9	-0.1	0.2
非エネルギー消費	43	58	113	212	226	234	236	6.5	9.2	13	5.3	0.7	0.2	0.4
石炭	311	274	712	542	416	291	194	47	23	10	1.8	-2.9	-3.7	-3.5
石油	85	180	369	619	586	465	344	13	27	19	6.6	-0.6	-2.6	-2.0
天然ガス	8.9	12	73	223	227	168	84	1.3	9.6	4.6	11.0	0.2	-4.8	-3.3
電力	39	89	297	652	881	992	1,003	5.9	28	54	9.5	3.4	0.6	1.5
熱	13	26	62	147	157	140	109	2.0	6.4	5.9	8.1	0.7	-1.8	-1.0
水素	-	-	-	-	0.0	8.5	30	-	-	1.6	n.a.	n.a.	47.8	n.a.
再生可能	200	199	132	133	116	95	83	30	5.8	4.5	-1.3	-1.5	-1.7	-1.6

発電量

	(TWh)							構成比(%)			1990/2021	2021/2030	2030/2050	2021/2050
	1990	2000	2010	2021	2030	2040	2050	1990	2021	2050				
合計	621	1,356	4,197	8,560	11,633	13,029	13,184	100	100	100	8.8	3.5	0.6	1.5
石炭	441	1,060	3,240	5,417	5,363	3,053	328	71	63	2.5	8.4	-0.1	-13.0	-9.2
石油	50	47	15	11	9.8	4.5	0.3	8.1	0.1	0.0	-4.7	-1.7	-15.5	-11.4
天然ガス	2.8	5.8	78	268	701	764	142	0.4	3.1	1.1	15.9	11.3	-7.7	-2.2
原子力	-	17	74	408	651	912	1,169	-	4.8	8.9	n.a.	5.3	3.0	3.7
水力	127	222	711	1,300	1,406	1,566	1,684	20	15	13	7.8	0.9	0.9	0.9
地熱	0.1	0.1	0.1	0.1	2.1	2.6	2.7	0.0	0.0	0.0	2.6	36.5	1.3	11.1
太陽光	0.0	0.0	0.7	327	1,399	2,754	4,068	0.0	3.8	31	47.3	17.5	5.5	9.1
風力	0.0	0.6	45	656	1,689	3,431	5,083	0.0	7.7	39	50.6	11.1	5.7	7.3
太陽熱・海洋	0.0	0.0	0.0	2.0	5.9	19	50	0.0	0.0	0.4	20.0	12.7	11.2	11.7
バイオマス・廃棄物	-	2.4	34	170	407	503	597	-	2.0	4.5	n.a.	10.2	1.9	4.4
水素	-	-	-	-	-	19	60	-	-	0.5	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
その他	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

エネルギー・経済指標他

	1990	2000	2010	2021	2030	2040	2050	1990/2021	2021/2030	2030/2050	2021/2050
GDP (2015年価格10億ドル)	1,027	2,770	7,554	15,802	22,368	32,274	43,522	9.2	3.9	3.4	3.6
人口(100万人)	1,135	1,263	1,338	1,412	1,404	1,367	1,305	0.7	-0.1	-0.4	-0.3
エネルギー起源CO_2排出(100万t)	2,195	3,209	8,110	10,649	9,930	6,281	2,178	5.2	-0.8	-7.3	-5.3
一人あたりGDP (2015年価格1,000ドル/人)	0.9	2.2	5.6	11	16	24	33	8.4	4.0	3.8	3.8
一人あたり一次エネルギー消費(toe/人)	0.8	0.9	1.9	2.6	2.8	2.4	1.9	4.1	0.6	-1.8	-1.1
GDPあたり一次エネルギー消費[*2]	850	409	336	237	175	103	58	-4.0	-3.3	-5.4	-4.7
GDPあたりCO_2排出量[*3]	2,137	1,158	1,074	674	444	195	50	-3.7	-4.5	-10.3	-8.6
一次エネルギー消費あたりCO_2排出(t/toe)	2.5	2.8	3.2	2.8	2.5	1.9	0.9	0.4	-1.3	-5.2	-4.0

*1 電力、熱の輸出入を掲載していないため、合計と内訳は必ずしも一致しない。
*2 toe/2015年価格100万ドル。*3 t/2015年価格100万ドル

付表61 | インド[技術進展シナリオ]

一次エネルギー消費

	(石油換算100万トン[Mtoe])							構成比(%)			年平均変化率(%)			
	1990	2000	2010	2021	2030	2040	2050	1990	2021	2050	1990/2021	2021/2030	2030/2050	2021/2050
合計[*1]	280	418	667	944	1,217	1,365	1,464	100	100	100	4.0	2.9	0.9	1.5
石炭	93	146	279	421	472	443	407	33	45	28	5.0	1.3	-0.7	-0.1
石油	61	112	162	223	272	299	288	22	24	20	4.3	2.2	0.3	0.9
天然ガス	11	23	54	55	98	126	138	3.8	5.8	9.4	5.5	6.6	1.7	3.2
原子力	1.6	4.4	6.8	12	49	91	119	0.6	1.3	8.1	6.8	16.6	4.5	8.1
水力	6.2	6.4	11	14	22	33	49	2.2	1.5	3.3	2.7	5.0	4.1	4.4
地熱	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
太陽光・風力等	0.0	0.2	2.0	15	74	177	294	0.0	1.5	20	26.3	19.9	7.1	10.9
バイオマス・廃棄物	108	126	152	204	231	196	166	39	22	11	2.1	1.4	-1.6	-0.7
水素	-	-	-	-	-0.0	1.1	3.5	-	-	0.2	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

最終エネルギー消費

	(Mtoe)							構成比(%)			1990/2021	2021/2030	2030/2050	2021/2050
	1990	2000	2010	2021	2030	2040	2050	1990	2021	2050				
合計	215	290	443	632	804	912	979	100	100	100	3.5	2.7	1.0	1.5
産業	59	85	158	247	363	405	382	27	39	39	4.7	4.4	0.3	1.5
運輸	21	32	65	102	129	155	187	9.6	16	19	5.3	2.7	1.9	2.1
民生・農業他	122	147	187	228	236	246	270	57	36	28	2.0	0.4	0.7	0.6
非エネルギー消費	13	27	34	55	76	105	139	6.2	8.8	14	4.7	3.6	3.1	3.2
石炭	38	33	87	107	127	135	126	18	17	13	3.4	2.0	-0.1	0.6
石油	50	94	138	205	253	279	269	23	32	28	4.6	2.4	0.3	0.9
天然ガス	6.1	12	19	38	54	68	71	2.8	6.0	7.3	6.1	4.1	1.4	2.2
電力	18	32	62	104	185	291	414	8.5	16	42	5.8	6.6	4.1	4.9
熱	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
水素	-	-	-	-	-	1.9	5.3	-	-	0.5	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
再生可能	102	119	138	179	185	136	93	48	28	9.5	1.8	0.4	-3.4	-2.2

発電量

	(TWh)							構成比(%)			1990/2021	2021/2030	2030/2050	2021/2050
	1990	2000	2010	2021	2030	2040	2050	1990	2021	2050				
合計	289	561	972	1,635	2,831	4,208	5,755	100	100	100	5.7	6.3	3.6	4.4
石炭	189	387	658	1,170	1,274	1,017	805	65	72	14	6.1	1.0	-2.3	-1.3
石油	13	25	19	4.5	1.2	-	-	4.3	0.3	-	-3.2	-13.7	-100	-100
天然ガス	10.0	56	107	62	209	342	441	3.4	3.8	7.7	6.1	14.5	3.8	7.0
原子力	6.1	17	26	47	188	348	455	2.1	2.9	7.9	6.8	16.6	4.5	8.1
水力	72	74	125	162	251	385	566	25	9.9	9.8	2.7	5.0	4.1	4.4
地熱	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
太陽光	-	0.0	0.1	76	611	1,561	2,607	-	4.6	45	n.a.	26.2	7.5	13.0
風力	0.0	1.7	20	77	209	429	710	0.0	4.7	12	28.6	11.7	6.3	8.0
太陽熱・海洋	-	-	-	-	5.1	11	22	-	-	0.4	n.a.	n.a.	7.6	n.a.
バイオマス・廃棄物	-	0.2	17	37	82	115	150	-	2.3	2.6	n.a.	9.3	3.0	4.9
水素	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
その他	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

エネルギー・経済指標他

	1990	2000	2010	2021	2030	2040	2050	1990/2021	2021/2030	2030/2050	2021/2050
GDP (2015年価格10億ドル)	475	817	1,567	2,782	4,761	8,307	13,614	5.9	6.2	5.4	5.6
人口(100万人)	870	1,060	1,241	1,408	1,514	1,613	1,674	1.6	0.8	0.5	0.6
エネルギー起源CO_2排出(100万t)	531	892	1,588	2,279	2,657	2,585	2,299	4.8	1.7	-0.7	0.0
一人あたりGDP (2015年価格1,000ドル/人)	0.5	0.8	1.3	2.0	3.1	5.1	8.1	4.2	5.3	4.9	5.0
一人あたり一次エネルギー消費(toe/人)	0.3	0.4	0.5	0.7	0.8	0.8	0.9	2.4	2.0	0.4	0.9
GDPあたり一次エネルギー消費[*2]	590	512	426	339	256	164	108	-1.8	-3.1	-4.2	-3.9
GDPあたりCO_2排出量[*3]	1,119	1,092	1,013	819	558	311	169	-1.0	-4.2	-5.8	-5.3
一次エネルギー消費あたりCO_2排出(t/toe)	1.9	2.1	2.4	2.4	2.2	1.9	1.6	0.8	-1.1	-1.6	-1.5

*1 電力、熱の輸出入を掲載していないため、合計と内訳は必ずしも一致しない。
*2 toe/2015年価格100万ドル。*3 t/2015年価格100万ドル

付表62 | 日本[技術進展シナリオ]

一次エネルギー消費

	(石油換算100万トン[Mtoe])							構成比(%)			年平均変化率(%)			
	1990	2000	2010	2021	2030	2040	2050	1990	2021	2050	1990/2021	2021/2030	2030/2050	2021/2050
合計[*1]	437	516	500	400	375	324	283	100	100	100	-0.3	-0.7	-1.4	-1.2
石炭	77	97	115	109	69	51	33	18	27	12	1.1	-5.0	-3.6	-4.0
石油	249	253	201	151	122	84	59	57	38	21	-1.6	-2.3	-3.6	-3.2
天然ガス	44	66	86	87	63	53	24	10	22	8.5	2.2	-3.5	-4.7	-4.3
原子力	53	84	75	18	64	59	58	12	4.6	21	-3.3	14.9	-0.5	4.1
水力	7.6	7.2	7.2	6.8	8.0	8.5	8.8	1.7	1.7	3.1	-0.4	1.8	0.5	0.9
地熱	1.6	3.1	2.4	2.7	4.7	6.0	6.8	0.4	0.7	2.4	1.8	6.2	1.9	3.2
太陽光・風力等	1.2	0.9	1.1	8.4	16	24	34	0.3	2.1	12	6.4	7.8	3.7	4.9
バイオマス・廃棄物	4.2	5.0	11	17	27	30	34	1.0	4.2	12	4.6	5.5	1.0	2.4
水素	-	-	-	-	0.0	7.5	25	-	-	8.9	n.a.	n.a.	40.0	n.a.

最終エネルギー消費

	(Mtoe)							構成比(%)			1990/2021	2021/2030	2030/2050	2021/2050
	1990	2000	2010	2021	2030	2040	2050	1990	2021	2050				
合計	290	336	314	267	243	202	170	100	100	100	-0.3	-1.1	-1.8	-1.6
産業	108	103	92	80	74	64	54	37	30	32	-1.0	-0.9	-1.6	-1.4
運輸	72	89	79	63	54	35	27	25	24	16	-0.4	-1.7	-3.5	-3.0
民生・農業他	78	108	108	94	86	73	61	27	35	36	0.6	-1.0	-1.7	-1.5
非エネルギー消費	32	36	35	30	30	29	29	11	11	17	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2
石炭	27	21	23	20	17	13	9.5	9.3	7.5	5.6	-1.0	-1.9	-2.8	-2.6
石油	180	205	166	132	112	77	53	62	49	32	-1.0	-1.8	-3.6	-3.1
天然ガス	14	21	29	28	25	19	12	4.7	11	6.9	2.4	-1.2	-3.8	-3.0
電力	66	84	89	80	82	86	84	23	30	49	0.6	0.2	0.1	0.2
熱	0.2	0.5	0.6	0.5	0.5	0.4	0.3	0.1	0.2	0.2	3.1	-1.1	-2.6	-2.1
水素	-	-	-	-	0.0	1.2	5.0	-	-	3.0	n.a.	n.a.	29.0	n.a.
再生可能	3.8	4.1	6.1	6.5	6.3	5.9	5.9	1.3	2.4	3.4	1.8	-0.4	-0.4	-0.4

発電量

	(TWh)							構成比(%)			1990/2021	2021/2030	2030/2050	2021/2050
	1990	2000	2010	2021	2030	2040	2050	1990	2021	2050				
合計	862	1,055	1,164	1,040	1,057	1,131	1,171	100	100	100	0.6	0.2	0.5	0.4
石炭	125	228	317	322	151	87	27	14	31	2.3	3.1	-8.1	-8.2	-8.1
石油	250	133	91	39	6.7	2.9	-	29	3.8	-	-5.8	-17.8	-100	-100
天然ガス	168	255	332	359	235	235	103	19	35	8.8	2.5	-4.6	-4.0	-4.2
原子力	202	322	288	71	247	225	224	23	6.8	19	-3.3	14.9	-0.5	4.1
水力	88	84	84	79	93	99	103	10	7.6	8.8	-0.4	1.8	0.5	0.9
地熱	1.7	3.3	2.6	3.0	5.3	6.9	7.9	0.2	0.3	0.7	1.8	6.5	2.0	3.4
太陽光	0.1	0.4	3.5	86	136	182	226	0.0	8.3	19	26.0	5.2	2.6	3.4
風力	-	0.1	4.0	9.4	54	99	165	-	0.9	14	n.a.	21.3	5.8	10.4
太陽熱・海洋	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
バイオマス・廃棄物	8.1	9.2	21	53	111	136	159	0.9	5.1	14	6.2	8.6	1.8	3.9
水素	-	-	-	-	-	40	138	-	-	12	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
その他	20	20	21	18	18	18	18	2.3	1.7	1.5	-0.3	0.0	0.0	0.0

エネルギー・経済指標他

	1990	2000	2010	2021	2030	2040	2050	1990/2021	2021/2030	2030/2050	2021/2050
GDP (2015年価格10億ドル)	3,510	3,987	4,219	4,435	4,744	5,178	5,607	0.8	0.8	0.8	0.8
人口(100万人)	123	127	128	126	120	112	105	0.1	-0.6	-0.7	-0.6
エネルギー起源CO_2排出(100万t)	1,056	1,161	1,137	998	706	466	272	-0.2	-3.8	-4.7	-4.4
一人あたりGDP (2015年価格1,000ドル/人)	28	31	33	35	40	46	54	0.7	1.3	1.5	1.4
一人あたり一次エネルギー消費(toe/人)	3.5	4.1	3.9	3.2	3.1	2.9	2.7	-0.3	-0.2	-0.7	-0.6
GDPあたり一次エネルギー消費[*2]	124	129	118	90	79	62	50	-1.0	-1.4	-2.2	-2.0
GDPあたりCO_2排出量[*3]	301	291	270	225	149	90	48	-0.9	-4.5	-5.5	-5.2
一次エネルギー消費あたりCO_2排出(t/toe)	2.4	2.3	2.3	2.5	1.9	1.4	1.0	0.1	-3.1	-3.3	-3.2

*1 電力、熱の輸出入を掲載していないため、合計と内訳は必ずしも一致しない。
*2 toe/2015年価格100万ドル。*3 t/2015年価格100万ドル

付表63 | 韓国[技術進展シナリオ]

一次エネルギー消費

	(石油換算100万トン[Mtoe])							構成比(%)			年平均変化率(%)			
	1990	2000	2010	2021	2030	2040	2050	1990	2021	2050	1990/2021	2021/2030	2030/2050	2021/2050
合計[*1]	93	187	250	292	293	269	233	100	100	100	3.8	0.0	-1.1	-0.8
石炭	25	40	73	75	63	49	23	27	26	9.9	3.6	-1.9	-4.9	-4.0
石油	50	99	95	112	105	86	71	54	38	30	2.6	-0.7	-1.9	-1.6
天然ガス	2.7	17	39	54	49	42	11	2.9	19	4.6	10.1	-1.3	-7.3	-5.4
原子力	14	28	39	41	58	58	46	15	14	20	3.6	3.8	-1.1	0.4
水力	0.5	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.6	0.1	0.1	-2.3	1.7	0.0	0.5
地熱	-	-	0.0	0.3	0.4	0.4	0.4	-	0.1	0.2	n.a.	4.8	-0.1	1.4
太陽光・風力等	0.0	0.0	0.2	2.8	8.7	13	21	0.0	0.9	9.0	19.9	13.6	4.5	7.2
バイオマス・廃棄物	0.7	1.4	3.5	6.3	9.3	11	14	0.8	2.2	6.0	7.2	4.4	2.0	2.8
水素	-	-	-	-	0.0	9.3	47	-	-	20	n.a.	n.a.	71.3	n.a.

最終エネルギー消費

	(Mtoe)							構成比(%)			1990/2021	2021/2030	2030/2050	2021/2050
	1990	2000	2010	2021	2030	2040	2050	1990	2021	2050				
合計	65	127	158	182	180	163	143	100	100	100	3.4	-0.1	-1.1	-0.8
産業	19	38	45	47	49	45	36	30	26	25	2.9	0.5	-1.6	-0.9
運輸	15	26	30	36	31	22	17	22	20	12	2.9	-1.5	-3.1	-2.6
民生・農業他	24	37	44	46	44	40	35	38	25	24	2.0	-0.3	-1.2	-0.9
非エネルギー消費	6.7	25	38	53	55	57	56	10	29	39	6.9	0.4	0.1	0.2
石炭	12	9.1	9.5	7.1	6.1	4.7	3.1	18	3.9	2.1	-1.6	-1.6	-3.4	-2.8
石油	44	80	82	97	91	76	63	67	54	44	2.6	-0.7	-1.8	-1.5
天然ガス	0.7	11	21	22	20	15	7.5	1.0	12	5.2	11.9	-0.7	-4.9	-3.6
電力	8.1	23	39	46	52	56	55	13	25	39	5.8	1.4	0.3	0.6
熱	-	3.3	4.3	5.5	5.2	4.6	3.7	-	3.0	2.6	n.a.	-0.7	-1.6	-1.3
水素	-	-	-	-	0.0	0.8	2.8	-	-	1.9	n.a.	n.a.	48.7	n.a.
再生可能	0.7	1.3	2.7	3.9	4.7	5.8	7.7	1.1	2.1	5.4	5.5	2.2	2.5	2.4

発電量

	(TWh)							構成比(%)			1990/2021	2021/2030	2030/2050	2021/2050
	1990	2000	2010	2021	2030	2040	2050	1990	2021	2050				
合計	105	289	497	608	689	750	792	100	100	100	5.8	1.4	0.7	0.9
石炭	18	111	219	208	167	116	10	17	34	1.3	8.3	-2.4	-13.1	-9.9
石油	19	35	19	8.2	3.8	-	-	18	1.3	-	-2.7	-8.3	-100	-100
天然ガス	9.6	29	103	190	169	176	25	9.1	31	3.1	10.1	-1.3	-9.2	-6.8
原子力	53	109	149	158	221	222	176	50	26	22	3.6	3.8	-1.1	0.4
水力	6.4	4.0	3.7	3.1	3.6	3.6	3.6	6.0	0.5	0.4	-2.3	1.7	0.0	0.5
地熱	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
太陽光	0.0	0.0	0.8	23	78	110	168	0.0	3.8	21	38.3	14.4	3.9	7.0
風力	-	0.0	0.8	3.2	19	35	64	-	0.5	8.0	n.a.	21.8	6.3	10.9
太陽熱・海洋	-	-	-	0.5	3.8	6.0	11	-	0.1	1.4	n.a.	26.6	5.5	11.6
バイオマス・廃棄物	-	0.1	1.1	8.6	18	23	28	-	1.4	3.5	n.a.	8.8	2.1	4.1
水素	-	-	-	-	-	53	303	-	-	38	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
その他	-	-	0.3	4.7	4.7	4.7	4.7	-	0.8	0.6	n.a.	0.0	0.0	0.0

エネルギー・経済指標他

	1990	2000	2010	2021	2030	2040	2050	1990/2021	2021/2030	2030/2050	2021/2050
GDP (2015年価格10億ドル)	402	799	1,261	1,694	2,060	2,479	2,817	4.8	2.2	1.6	1.8
人口(100万人)	43	47	50	52	51	49	46	0.6	-0.1	-0.5	-0.4
エネルギー起源CO_2排出(100万t)	208	399	528	559	472	354	150	3.2	-1.9	-5.6	-4.4
一人あたりGDP (2015年価格1,000ドル/人)	9.4	17	25	33	40	50	61	4.1	2.3	2.1	2.2
一人あたり一次エネルギー消費(toe/人)	2.2	4.0	5.0	5.6	5.7	5.5	5.1	3.1	0.1	-0.6	-0.4
GDPあたり一次エネルギー消費[*2]	231	234	198	172	142	109	83	-0.9	-2.1	-2.7	-2.5
GDPあたりCO_2排出量[*3]	517	499	418	330	229	143	53	-1.4	-4.0	-7.0	-6.1
一次エネルギー消費あたりCO_2排出(t/toe)	2.2	2.1	2.1	1.9	1.6	1.3	0.6	-0.5	-1.9	-4.5	-3.7

*1 電力、熱の輸出入を掲載していないため、合計と内訳は必ずしも一致しない。
*2 toe/2015年価格100万ドル。*3 t/2015年価格100万ドル

付表64 | 台湾[技術進展シナリオ]

一次エネルギー消費

	(石油換算100万トン[Mtoe])							構成比(%)			年平均変化率(%)			
	1990	2000	2010	2021	2030	2040	2050	1990	2021	2050	1990/2021	2021/2030	2030/2050	2021/2050
合計[*1]	51	90	119	123	119	108	90	100	100	100	2.9	-0.3	-1.4	-1.0
石炭	11	30	42	43	39	28	12	23	35	14	4.4	-1.1	-5.6	-4.2
石油	28	42	49	44	41	34	27	56	36	30	1.4	-0.8	-2.0	-1.6
天然ガス	1.6	6.2	15	26	27	22	3.0	3.1	21	3.3	9.4	0.4	-10.4	-7.2
原子力	8.6	10	11	7.2	4.3	6.8	6.8	17	5.9	7.5	-0.5	-5.7	2.3	-0.2
水力	0.5	0.4	0.3	0.3	0.4	0.4	0.4	1.1	0.2	0.5	-2.2	4.9	0.2	1.6
地熱	0.0	-	-	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.6	0.0	0.0	0.0
太陽光・風力等	0.0	0.1	0.2	1.0	6.1	10	15	0.0	0.8	17	13.4	22.9	4.6	10.0
バイオマス・廃棄物	0.0	0.9	1.8	1.7	1.9	2.5	3.6	0.1	1.4	4.0	12.0	1.2	3.4	2.7
水素	-	-	-	-	-	4.6	22	-	-	24	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

最終エネルギー消費

	(Mtoe)							構成比(%)			1990/2021	2021/2030	2030/2050	2021/2050
	1990	2000	2010	2021	2030	2040	2050	1990	2021	2050				
合計	32	54	75	79	79	73	64	100	100	100	3.0	0.0	-1.1	-0.7
産業	13	21	24	27	28	26	21	40	34	33	2.4	0.5	-1.4	-0.8
運輸	7.3	12	13	13	11	7.4	5.3	23	16	8.3	1.8	-1.5	-3.7	-3.0
民生・農業他	6.9	11	12	13	13	12	10	22	16	16	2.0	-0.1	-1.2	-0.9
非エネルギー消費	4.9	9.5	25	27	28	28	27	15	34	43	5.6	0.3	0.0	0.1
石炭	3.5	5.3	6.4	5.5	4.9	3.8	2.6	11	7.0	4.1	1.5	-1.3	-3.1	-2.5
石油	21	32	45	43	41	35	29	65	55	45	2.4	-0.6	-1.7	-1.4
天然ガス	1.0	1.8	2.4	5.1	5.1	3.9	2.1	3.1	6.4	3.3	5.4	0.0	-4.3	-3.0
電力	6.6	14	19	23	26	27	25	21	29	40	4.1	1.5	-0.1	0.4
熱	-	0.0	1.6	2.1	2.0	1.7	1.4	-	2.6	2.2	n.a.	-0.5	-1.7	-1.4
水素	-	-	-	-	-	0.3	1.0	-	-	1.5	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
再生可能	0.0	0.4	0.7	0.5	0.8	1.4	2.5	0.1	0.7	3.8	11.2	4.0	6.1	5.5

発電量

	(TWh)							構成比(%)			1990/2021	2021/2030	2030/2050	2021/2050
	1990	2000	2010	2021	2030	2040	2050	1990	2021	2050				
合計	87	181	244	287	328	353	364	100	100	100	3.9	1.5	0.5	0.8
石炭	24	88	122	129	111	68	1.8	28	45	0.5	5.5	-1.6	-18.7	-13.7
石油	22	31	11	5.3	3.8	1.3	-	26	1.9	-	-4.5	-3.6	-100	-100
天然ガス	1.2	18	60	108	118	105	4.1	1.4	38	1.1	15.6	1.0	-15.4	-10.6
原子力	33	39	42	28	16	26	26	38	9.7	7.1	-0.5	-5.7	2.3	-0.2
水力	6.2	4.6	3.9	3.1	4.8	4.9	5.0	7.1	1.1	1.4	-2.2	4.9	0.2	1.6
地熱	0.0	-	-	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.6	0.0	0.0	0.0
太陽光	-	-	0.0	8.0	23	34	54	-	2.8	15	n.a.	12.6	4.3	6.8
風力	-	0.0	1.0	2.2	47	81	122	-	0.8	33	n.a.	40.5	4.9	14.8
太陽熱・海洋	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
バイオマス・廃棄物	0.2	1.8	3.4	3.8	3.8	4.1	4.3	0.2	1.3	1.2	9.8	0.0	0.6	0.4
水素	-	-	-	-	-	28	147	-	-	40	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
その他	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

エネルギー・経済指標他

	1990	2000	2010	2021	2030	2040	2050	1990/2021	2021/2030	2030/2050	2021/2050
GDP (2015年価格10億ドル)	161	307	463	658	812	990	1,137	4.7	2.4	1.7	1.9
人口(100万人)	20	22	23	23	24	23	22	0.5	0.1	-0.3	-0.2
エネルギー起源CO_2排出(100万t)	109	215	254	267	244	169	49	2.9	-1.0	-7.7	-5.7
一人あたりGDP (2015年価格1,000ドル/人)	7.9	14	20	28	34	43	51	4.2	2.3	2.0	2.1
一人あたり一次エネルギー消費(toe/人)	2.5	4.0	5.1	5.2	5.0	4.6	4.1	2.4	-0.4	-1.0	-0.8
GDPあたり一次エネルギー消費[*2]	315	293	256	186	146	109	80	-1.7	-2.6	-3.0	-2.9
GDPあたりCO_2排出量[*3]	677	701	548	406	300	171	43	-1.6	-3.3	-9.3	-7.4
一次エネルギー消費あたりCO_2排出(t/toe)	2.1	2.4	2.1	2.2	2.0	1.6	0.5	0.0	-0.7	-6.4	-4.7

*1 電力、熱の輸出入を掲載していないため、合計と内訳は必ずしも一致しない。
*2 toe/2015年価格100万ドル。*3 t/2015年価格100万ドル

付表65 | ASEAN [技術進展シナリオ]

一次エネルギー消費

	(石油換算100万トン[Mtoe])							構成比(%)			年平均変化率(%)			
	1990	2000	2010	2021	2030	2040	2050	1990	2021	2050	1990/2021	2021/2030	2030/2050	2021/2050
合計[*1]	231	378	536	678	901	1,055	1,153	100	100	100	3.5	3.2	1.2	1.9
石炭	12	31	85	178	189	185	169	5.3	26	15	9.0	0.7	-0.6	-0.2
石油	88	153	189	222	278	272	222	38	33	19	3.0	2.6	-1.1	0.0
天然ガス	30	74	125	135	195	216	239	13	20	21	5.0	4.2	1.0	2.0
原子力	-	-	-	-	12	46	73	-	-	6.4	n.a.	n.a.	9.6	n.a.
水力	2.3	4.1	6.1	14	19	22	25	1.0	2.0	2.2	5.8	3.6	1.5	2.1
地熱	6.6	18	25	37	97	156	205	2.9	5.4	18	5.7	11.4	3.8	6.1
太陽光・風力等	-	-	0.0	4.0	17	53	119	-	0.6	10	n.a.	17.8	10.2	12.5
バイオマス・廃棄物	92	97	106	87	92	99	109	40	13	9.4	-0.2	0.6	0.9	0.8
水素	-	-	-	-	-0.0	2.3	-11	-	-	-0.9	n.a.	n.a.	45.5	n.a.

最終エネルギー消費

	(Mtoe)							構成比(%)			1990/2021	2021/2030	2030/2050	2021/2050
	1990	2000	2010	2021	2030	2040	2050	1990	2021	2050				
合計	171	269	377	446	564	628	646	100	100	100	3.1	2.6	0.7	1.3
産業	41	74	120	162	209	241	243	24	36	38	4.5	2.9	0.8	1.4
運輸	33	62	86	120	158	162	148	19	27	23	4.3	3.1	-0.3	0.7
民生・農業他	86	112	130	110	119	131	145	50	25	22	0.8	0.8	1.0	0.9
非エネルギー消費	11	21	40	54	78	95	110	6.5	12	17	5.2	4.2	1.7	2.5
石炭	5.4	13	40	54	65	68	61	3.2	12	9.5	7.7	2.0	-0.3	0.4
石油	67	123	163	198	250	249	207	39	44	32	3.6	2.6	-1.0	0.1
天然ガス	7.5	17	29	44	63	72	71	4.4	9.8	11	5.8	4.1	0.6	1.7
電力	11	28	52	88	131	184	248	6.5	20	38	6.9	4.6	3.2	3.6
熱	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
水素	-	-	-	-	-	0.1	0.4	-	-	0.1	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
再生可能	81	88	93	62	54	55	59	47	14	9.2	-0.8	-1.4	0.4	-0.1

発電量

	(TWh)							構成比(%)			1990/2021	2021/2030	2030/2050	2021/2050
	1990	2000	2010	2021	2030	2040	2050	1990	2021	2050				
合計	154	370	675	1,107	1,687	2,438	3,566	100	100	100	6.6	4.8	3.8	4.1
石炭	28	79	185	492	504	492	486	18	44	14	9.7	0.3	-0.2	0.0
石油	66	72	59	13	16	12	5.1	43	1.2	0.1	-5.1	2.2	-5.5	-3.2
天然ガス	26	154	336	330	571	684	862	17	30	24	8.5	6.3	2.1	3.4
原子力	-	-	-	-	45	178	282	-	-	7.9	n.a.	n.a.	9.6	n.a.
水力	27	47	71	158	217	258	291	18	14	8.2	5.8	3.6	1.5	2.1
地熱	6.6	16	19	27	65	100	129	4.3	2.4	3.6	4.6	10.4	3.5	5.6
太陽光	-	-	0.0	37	120	456	1,105	-	3.4	31	n.a.	13.8	11.8	12.4
風力	-	-	0.1	8.6	80	158	281	-	0.8	7.9	n.a.	28.2	6.5	12.8
太陽熱・海洋	-	-	-	-	0.1	0.2	0.5	-	-	0.0	n.a.	n.a.	8.8	n.a.
バイオマス・廃棄物	0.6	1.0	5.7	41	70	89	106	0.4	3.7	3.0	14.6	6.1	2.1	3.3
水素	-	-	-	-	-	12	19	-	-	0.5	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
その他	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

エネルギー・経済指標他

	1990	2000	2010	2021	2030	2040	2050	1990/2021	2021/2030	2030/2050	2021/2050
GDP (2015年価格10億ドル)	728	1,167	1,947	3,011	4,570	6,979	9,916	4.7	4.7	3.9	4.2
人口(100万人)	427	507	578	650	697	736	760	1.4	0.8	0.4	0.5
エネルギー起源CO_2排出(100万t)	350	680	1,069	1,517	1,762	1,625	1,277	4.8	1.7	-1.6	-0.6
一人あたりGDP (2015年価格1,000ドル/人)	1.7	2.3	3.4	4.6	6.6	9.5	13	3.3	3.9	3.5	3.6
一人あたり一次エネルギー消費(toe/人)	0.5	0.7	0.9	1.0	1.3	1.4	1.5	2.1	2.4	0.8	1.3
GDPあたり一次エネルギー消費[*2]	317	324	275	225	197	151	116	-1.1	-1.5	-2.6	-2.3
GDPあたりCO_2排出量[*3]	481	583	549	504	386	233	129	0.2	-2.9	-5.3	-4.6
一次エネルギー消費あたりCO_2排出(t/toe)	1.5	1.8	2.0	2.2	2.0	1.5	1.1	1.3	-1.5	-2.8	-2.4

*1 電力、熱の輸出入を掲載していないため、合計と内訳は必ずしも一致しない。
*2 toe/2015年価格100万ドル。*3 t/2015年価格100万ドル

付表66 | インドネシア[技術進展シナリオ]

一次エネルギー消費

	(石油換算100万トン[Mtoe])							構成比(%)			年平均変化率(%)			
	1990	2000	2010	2021	2030	2040	2050	1990	2021	2050	1990/2021	2021/2030	2030/2050	2021/2050
合計[*1]	99	156	204	235	339	437	519	100	100	100	2.8	4.1	2.1	2.8
石炭	3.5	12	32	71	80	88	94	3.6	30	18	10.2	1.3	0.8	1.0
石油	33	58	67	68	83	78	55	34	29	11	2.3	2.3	-2.0	-0.7
天然ガス	16	27	39	34	54	70	92	16	14	18	2.5	5.4	2.6	3.5
原子力	-	-	-	-	3.7	7.3	7.3	-	-	1.4	n.a.	n.a.	3.5	n.a.
水力	0.5	0.9	1.5	2.1	2.9	3.4	4.0	0.5	0.9	0.8	4.8	3.4	1.7	2.2
地熱	1.9	8.4	16	27	82	140	187	2.0	12	36	8.9	13.0	4.2	6.9
太陽光・風力等	-	-	0.0	0.1	2.0	16	46	-	0.0	8.8	n.a.	49.7	16.8	26.2
バイオマス・廃棄物	44	50	48	33	31	34	40	44	14	7.8	-0.9	-0.4	1.3	0.7
水素	-	-	-	-	-0.0	-0.7	-7.1	-	-	-1.4	n.a.	n.a.	50.5	n.a.

最終エネルギー消費

	(Mtoe)							構成比(%)			1990/2021	2021/2030	2030/2050	2021/2050
	1990	2000	2010	2021	2030	2040	2050	1990	2021	2050				
合計	79	120	148	152	186	214	231	100	100	100	2.1	2.2	1.1	1.4
産業	17	30	49	56	72	90	102	22	37	44	3.9	2.8	1.7	2.1
運輸	11	21	30	51	64	65	59	14	34	25	5.2	2.5	-0.5	0.4
民生・農業他	44	59	59	38	39	46	54	55	25	23	-0.5	0.5	1.6	1.2
非エネルギー消費	7.4	9.8	10	7.0	9.3	13	16	9.3	4.6	7.1	-0.1	3.1	2.9	2.9
石炭	1.5	4.6	17	21	26	30	29	1.9	14	12	8.9	2.3	0.5	1.1
石油	27	48	55	66	81	77	57	34	43	25	2.9	2.3	-1.7	-0.5
天然ガス	6.0	12	16	16	22	27	28	7.6	11	12	3.3	3.3	1.3	1.9
電力	2.4	6.8	13	25	38	61	94	3.1	16	41	7.8	5.1	4.6	4.7
熱	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
水素	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
再生可能	42	49	48	25	19	19	23	53	16	10.0	-1.7	-3.1	1.1	-0.2

発電量

	(TWh)							構成比(%)			1990/2021	2021/2030	2030/2050	2021/2050
	1990	2000	2010	2021	2030	2040	2050	1990	2021	2050				
合計	33	93	170	309	492	811	1,365	100	100	100	7.5	5.3	5.2	5.3
石炭	9.8	34	68	190	210	240	289	30	61	21	10.0	1.1	1.6	1.5
石油	15	18	34	8.7	9.0	5.7	0.7	47	2.8	0.0	-1.8	0.4	-12.3	-8.5
天然ガス	0.7	26	40	52	124	191	314	2.2	17	23	14.7	10.2	4.8	6.4
原子力	-	-	-	-	14	28	28	-	-	2.1	n.a.	n.a.	3.5	n.a.
水力	5.7	10	17	25	33	40	46	17	8.0	3.4	4.8	3.4	1.7	2.2
地熱	1.1	4.9	9.4	16	48	81	109	3.4	5.2	8.0	8.9	13.0	4.2	6.9
太陽光	-	-	0.0	0.2	13	155	460	-	0.1	34	n.a.	59.0	19.8	30.8
風力	-	-	0.0	0.4	11	32	71	-	0.1	5.2	n.a.	43.4	9.6	19.2
太陽熱・海洋	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
バイオマス・廃棄物	-	0.0	0.1	17	31	39	46	-	5.7	3.4	n.a.	6.4	2.1	3.4
水素	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
その他	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

エネルギー・経済指標他

	1990	2000	2010	2021	2030	2040	2050	1990/2021	2021/2030	2030/2050	2021/2050
GDP (2015年価格10億ドル)	270	395	658	1,066	1,657	2,664	4,013	4.5	5.0	4.5	4.7
人口(100万人)	182	214	244	274	292	309	318	1.3	0.7	0.4	0.5
エネルギー起源CO_2排出(100万t)	131	255	397	557	652	619	495	4.8	1.8	-1.4	-0.4
一人あたりGDP (2015年価格1,000ドル/人)	1.5	1.8	2.7	3.9	5.7	8.6	13	3.2	4.3	4.1	4.1
一人あたり一次エネルギー消費(toe/人)	0.5	0.7	0.8	0.9	1.2	1.4	1.6	1.5	3.4	1.7	2.2
GDPあたり一次エネルギー消費[*2]	365	394	310	221	205	164	129	-1.6	-0.8	-2.3	-1.8
GDPあたりCO_2排出量[*3]	484	647	604	522	393	232	123	0.2	-3.1	-5.6	-4.9
一次エネルギー消費あたりCO_2排出(t/toe)	1.3	1.6	1.9	2.4	1.9	1.4	1.0	1.9	-2.3	-3.4	-3.1

*1 電力、熱の輸出入を掲載していないため、合計と内訳は必ずしも一致しない。
*2 toe/2015年価格100万ドル。*3 t/2015年価格100万ドル

付表67 | マレーシア[技術進展シナリオ]

一次エネルギー消費

	(石油換算100万トン[Mtoe])							構成比(%)			年平均変化率(%)			
	1990	2000	2010	2021	2030	2040	2050	1990	2021	2050	1990/2021	2021/2030	2030/2050	2021/2050
合計[*1]	21	48	72	95	123	126	123	100	100	100	5.0	2.9	0.0	0.9
石炭	1.4	2.3	15	23	22	18	11	6.4	24	9.3	9.5	-0.3	-3.3	-2.4
石油	11	19	25	26	33	27	19	54	27	15	2.6	2.9	-2.9	-1.1
天然ガス	6.8	25	31	43	61	66	63	32	45	52	6.1	4.0	0.2	1.4
原子力	-	-	-	-	1.8	3.8	8.9	-	-	7.2	n.a.	n.a.	8.2	n.a.
水力	0.3	0.6	0.6	2.7	3.0	3.4	3.5	1.6	2.8	2.9	6.8	1.2	0.8	0.9
地熱	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
太陽光・風力等	-	-	-	0.2	0.6	6.1	18	-	0.2	14	n.a.	14.2	18.7	17.3
バイオマス・廃棄物	1.2	1.2	0.8	1.2	1.2	2.3	3.7	5.8	1.3	3.0	0.0	-0.1	5.7	3.8
水素	-	-	-	-	-0.0	-0.5	-4.5	-	-	-3.7	n.a.	n.a.	52.3	n.a.

最終エネルギー消費

	(Mtoe)							構成比(%)			1990/2021	2021/2030	2030/2050	2021/2050
	1990	2000	2010	2021	2030	2040	2050	1990	2021	2050				
合計	13	29	42	56	77	80	76	100	100	100	4.7	3.6	-0.1	1.1
産業	5.5	12	15	19	24	27	25	41	33	32	4.0	2.9	0.1	0.9
運輸	4.9	11	15	17	23	20	16	36	31	20	4.2	3.3	-2.0	-0.4
民生・農業他	2.1	4.3	8.2	9.1	12	13	13	16	16	17	4.8	2.8	0.6	1.2
非エネルギー消費	0.8	2.2	3.7	11	18	21	23	6.3	19	30	8.6	5.8	1.3	2.6
石炭	0.5	1.0	1.8	0.6	0.7	0.6	0.5	3.8	1.1	0.7	0.6	1.0	-1.1	-0.5
石油	9.3	18	24	23	30	25	18	70	42	23	3.0	2.9	-2.6	-0.9
天然ガス	1.1	3.9	6.3	18	26	28	26	8.2	32	34	9.4	4.4	0.0	1.4
電力	1.7	5.3	9.5	13	19	25	29	13	24	38	6.8	4.1	2.0	2.7
熱	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
水素	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
再生可能	0.7	0.7	0.2	0.8	0.8	1.7	2.9	5.6	1.5	3.7	0.3	0.0	6.4	4.4

発電量

	(TWh)							構成比(%)			1990/2021	2021/2030	2030/2050	2021/2050
	1990	2000	2010	2021	2030	2040	2050	1990	2021	2050				
合計	23	69	125	180	259	344	474	100	100	100	6.9	4.1	3.1	3.4
石炭	2.9	7.7	43	86	82	60	32	13	48	6.8	11.5	-0.6	-4.5	-3.3
石油	11	3.6	3.7	1.0	0.8	0.2	-	46	0.6	-	-7.3	-2.9	-100	-100
天然ガス	5.5	51	71	58	127	157	158	24	32	33	7.9	9.0	1.1	3.5
原子力	-	-	-	-	7.0	15	34	-	-	7.2	n.a.	n.a.	8.2	n.a.
水力	4.0	7.0	6.5	31	35	39	41	17	17	8.6	6.8	1.2	0.8	0.9
地熱	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
太陽光	-	-	-	2.0	6.7	71	206	-	1.1	43	n.a.	14.2	18.7	17.3
風力	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
太陽熱・海洋	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
バイオマス・廃棄物	-	-	1.0	1.2	1.2	2.0	2.8	-	0.7	0.6	n.a.	0.0	4.2	2.9
水素	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
その他	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

エネルギー・経済指標他

	1990	2000	2010	2021	2030	2040	2050	1990/2021	2021/2030	2030/2050	2021/2050
GDP (2015年価格10億ドル)	75	148	233	355	535	756	992	5.2	4.7	3.1	3.6
人口(100万人)	18	23	29	34	37	39	41	2.1	1.0	0.6	0.7
エネルギー起源CO_2排出(100万t)	50	108	185	226	261	219	156	5.0	1.6	-2.5	-1.3
一人あたりGDP (2015年価格1,000ドル/人)	4.3	6.5	8.1	11	15	19	24	3.0	3.6	2.5	2.9
一人あたり一次エネルギー消費(toe/人)	1.2	2.1	2.5	2.8	3.3	3.2	3.0	2.8	1.8	-0.6	0.2
GDPあたり一次エネルギー消費[*2]	284	326	312	268	229	166	124	-0.2	-1.7	-3.0	-2.6
GDPあたりCO_2排出量[*3]	674	731	797	636	487	290	157	-0.2	-2.9	-5.5	-4.7
一次エネルギー消費あたりCO_2排出(t/toe)	2.4	2.2	2.6	2.4	2.1	1.7	1.3	0.0	-1.2	-2.5	-2.1

*1 電力、熱の輸出入を掲載していないため、合計と内訳は必ずしも一致しない。
*2 toe/2015年価格100万ドル。*3 t/2015年価格100万ドル

付表68 | ミャンマー[技術進展シナリオ]

一次エネルギー消費

	(石油換算100万トン[Mtoe])							構成比(%)			年平均変化率(%)			
	1990	2000	2010	2021	2030	2040	2050	1990	2021	2050	1990/2021	2021/2030	2030/2050	2021/2050
合計[*1]	11	13	14	22	25	29	35	100	100	100	2.3	1.9	1.6	1.7
石炭	0.1	0.3	0.4	1.1	2.9	4.3	6.0	0.6	5.2	17	9.5	11.3	3.6	6.0
石油	0.7	2.0	1.3	5.7	7.3	9.0	9.1	6.8	26	26	6.8	2.9	1.1	1.7
天然ガス	0.8	1.2	1.3	3.4	8.6	12	16	7.1	16	46	5.0	10.8	3.2	5.5
原子力	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
水力	0.1	0.2	0.5	0.8	1.3	1.7	2.0	1.0	3.8	5.9	6.9	5.3	2.3	3.2
地熱	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
太陽光・風力等	-	-	-	0.0	0.1	1.7	5.0	-	0.0	14	n.a.	47.7	25.8	32.2
バイオマス・廃棄物	9.0	9.2	10	11	6.9	3.4	1.8	84	49	5.3	0.5	-4.8	-6.4	-5.9
水素	-	-	-	-	-	-0.6	-2.2	-	-	-6.4	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

最終エネルギー消費

	(Mtoe)							構成比(%)			1990/2021	2021/2030	2030/2050	2021/2050
	1990	2000	2010	2021	2030	2040	2050	1990	2021	2050				
合計	9.4	11	13	18	18	18	19	100	100	100	2.2	-0.5	0.5	0.2
産業	0.4	1.2	1.3	3.2	4.1	5.4	6.1	4.2	17	31	7.0	3.0	1.9	2.2
運輸	0.4	1.2	0.8	1.7	2.6	3.6	4.4	4.7	9.3	23	4.4	5.0	2.6	3.3
民生・農業他	8.5	9.1	10	13	10	8.4	8.3	90	71	43	1.4	-2.6	-1.1	-1.6
非エネルギー消費	0.1	0.1	0.1	0.4	0.4	0.5	0.6	1.0	2.2	3.3	4.8	0.8	1.8	1.5
石炭	0.1	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.5	1.1	0.9	4.7	0.0	-1.0	-0.7
石油	0.6	1.5	1.0	5.6	7.1	8.7	8.9	6.2	31	46	7.6	2.7	1.1	1.6
天然ガス	0.2	0.3	0.6	0.5	0.6	0.6	0.6	2.4	2.8	2.9	2.7	1.0	-0.1	0.3
電力	0.1	0.3	0.5	1.4	2.8	5.0	7.9	1.6	7.8	41	7.6	7.9	5.3	6.1
熱	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
水素	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
再生可能	8.4	9.0	10	11	6.8	3.4	1.8	89	58	9.3	0.8	-4.8	-6.5	-5.9

発電量

	(TWh)							構成比(%)			1990/2021	2021/2030	2030/2050	2021/2050
	1990	2000	2010	2021	2030	2040	2050	1990	2021	2050				
合計	2.5	5.1	8.6	20	61	110	186	100	100	100	6.9	13.3	5.8	8.1
石炭	0.0	-	0.6	2.1	12	20	31	1.6	11	17	13.7	21.4	4.8	9.7
石油	0.3	0.7	0.0	0.1	0.5	0.6	0.7	11	0.6	0.4	-2.7	17.1	1.8	6.4
天然ガス	1.0	2.5	1.8	7.9	32	50	73	39	40	39	7.0	16.9	4.2	8.0
原子力	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
水力	1.2	1.9	6.2	9.5	15	19	24	48	48	13	6.9	5.3	2.3	3.2
地熱	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
太陽光	-	-	-	0.0	0.5	18	52	-	0.1	28	n.a.	45.7	25.9	31.8
風力	-	-	-	0.0	0.1	1.7	5.9	-	0.0	3.2	n.a.	146	25.1	54.4
太陽熱・海洋	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
バイオマス・廃棄物	-	-	-	0.0	0.0	0.0	0.0	-	0.0	0.0	n.a.	0.0	0.0	0.0
水素	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
その他	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

エネルギー・経済指標他

	1990	2000	2010	2021	2030	2040	2050	1990/2021	2021/2030	2030/2050	2021/2050
GDP (2015年価格10億ドル)	7.2	14	43	67	87	137	209	7.5	3.0	4.5	4.0
人口(100万人)	40	46	49	54	57	59	60	1.0	0.7	0.3	0.4
エネルギー起源CO_2排出(100万t)	4.0	9.5	8.1	28	52	70	87	6.4	7.3	2.6	4.0
一人あたりGDP (2015年価格1,000ドル/人)	0.2	0.3	0.9	1.2	1.5	2.3	3.5	6.4	2.4	4.2	3.6
一人あたり一次エネルギー消費(toe/人)	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4	0.5	0.6	1.3	1.2	1.3	1.3
GDPあたり一次エネルギー消費[*2]	1,489	942	318	323	292	212	166	-4.8	-1.1	-2.8	-2.3
GDPあたりCO_2排出量[*3]	564	700	188	415	598	512	416	-1.0	4.1	-1.8	0.0
一次エネルギー消費あたりCO_2排出(t/toe)	0.4	0.7	0.6	1.3	2.0	2.4	2.5	4.0	5.3	1.0	2.3

*1 電力、熱の輸出入を掲載していないため、合計と内訳は必ずしも一致しない。
*2 toe/2015年価格100万ドル。*3 t/2015年価格100万ドル

付表69 | フィリピン[技術進展シナリオ]

一次エネルギー消費

	(石油換算100万トン[Mtoe])							構成比(%)			年平均変化率(%)			
	1990	2000	2010	2021	2030	2040	2050	1990	2021	2050	1990/2021	2021/2030	2030/2050	2021/2050
合計[*1]	27	39	42	61	82	100	107	100	100	100	2.7	3.3	1.4	2.0
石炭	1.3	4.6	7.0	19	18	19	18	4.7	31	17	9.1	-0.8	0.2	-0.1
石油	9.7	16	14	18	27	32	26	36	30	24	2.1	4.6	-0.3	1.2
天然ガス	-	0.0	3.1	2.8	5.1	9.5	18	-	4.6	17	n.a.	6.6	6.7	6.7
原子力	-	-	-	-	2.2	6.6	6.6	-	-	6.1	n.a.	n.a.	5.6	n.a.
水力	0.5	0.7	0.7	0.8	1.1	1.2	1.4	2.0	1.3	1.4	1.3	3.4	1.5	2.1
地熱	4.7	10	8.5	9.2	15	16	17	18	15	16	2.2	5.5	0.7	2.2
太陽光・風力等	-	-	0.0	0.2	3.1	5.2	8.9	-	0.4	8.3	n.a.	33.3	5.4	13.3
バイオマス・廃棄物	10	7.6	8.7	11	10	10	11	39	18	9.8	0.1	-0.6	0.1	-0.1
水素	-	-	-	-	-	0.0	-0.1	-	-	-0.1	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

最終エネルギー消費

	(Mtoe)							構成比(%)			1990/2021	2021/2030	2030/2050	2021/2050
	1990	2000	2010	2021	2030	2040	2050	1990	2021	2050				
合計	19	23	25	35	48	59	62	100	100	100	2.0	3.4	1.4	2.0
産業	4.1	4.6	5.9	6.8	9.6	12	12	22	19	19	1.6	3.9	1.0	1.9
運輸	4.5	8.3	8.0	11	18	24	23	24	31	37	2.9	5.6	1.3	2.6
民生・農業他	10.0	9.9	11	16	17	19	22	52	44	35	1.5	1.2	1.1	1.2
非エネルギー消費	0.4	0.4	0.2	1.6	2.6	3.9	5.6	2.1	4.7	9.0	4.7	5.1	4.0	4.3
石炭	0.7	0.8	1.9	2.2	2.7	2.8	2.5	3.7	6.2	4.0	3.7	2.3	-0.3	0.5
石油	8.1	13	11	18	26	31	25	43	50	39	2.5	4.3	-0.3	1.1
天然ガス	-	-	0.1	0.0	0.0	0.1	0.1	-	0.0	0.2	n.a.	62.8	7.0	21.9
電力	1.8	3.1	4.8	7.5	12	19	29	9.6	21	46	4.7	5.6	4.3	4.7
熱	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
水素	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
再生可能	8.4	6.4	6.9	7.7	6.7	6.2	6.5	44	22	10	-0.3	-1.6	-0.1	-0.6

発電量

	(TWh)							構成比(%)			1990/2021	2021/2030	2030/2050	2021/2050
	1990	2000	2010	2021	2030	2040	2050	1990	2021	2050				
合計	26	45	68	106	172	266	398	100	100	100	4.6	5.5	4.3	4.7
石炭	1.9	17	23	62	56	66	72	7.3	58	18	11.8	-1.1	1.3	0.5
石油	12	9.2	7.1	1.6	3.2	3.3	2.9	47	1.5	0.7	-6.4	7.8	-0.5	2.0
天然ガス	-	0.0	20	19	36	74	153	-	18	38	n.a.	7.5	7.5	7.5
原子力	-	-	-	-	8.4	25	25	-	-	6.3	n.a.	n.a.	5.6	n.a.
水力	6.1	7.8	7.8	9.2	12	14	17	23	8.7	4.2	1.3	3.4	1.5	2.1
地熱	5.5	12	9.9	11	17	19	20	21	10	5.1	2.2	5.5	0.7	2.2
太陽光	-	-	0.0	1.5	19	29	52	-	1.4	13	n.a.	32.9	5.2	13.1
風力	-	-	0.1	1.3	17	31	51	-	1.2	13	n.a.	33.7	5.6	13.6
太陽熱・海洋	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
バイオマス・廃棄物	0.4	-	0.0	1.2	2.3	3.3	3.5	1.6	1.1	0.9	3.3	8.0	2.1	3.9
水素	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
その他	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

エネルギー・経済指標他

	1990	2000	2010	2021	2030	2040	2050	1990/2021	2021/2030	2030/2050	2021/2050
GDP (2015年価格10億ドル)	107	143	229	379	654	1,057	1,479	4.2	6.2	4.2	4.8
人口(100万人)	62	78	95	114	130	145	158	2.0	1.4	1.0	1.1
エネルギー起源CO_2排出(100万t)	35	65	75	132	156	165	143	4.3	1.9	-0.4	0.3
一人あたりGDP (2015年価格1,000ドル/人)	1.7	1.8	2.4	3.3	5.0	7.3	9.3	2.1	4.7	3.1	3.6
一人あたり一次エネルギー消費(toe/人)	0.4	0.5	0.4	0.5	0.6	0.7	0.7	0.7	1.8	0.3	0.8
GDPあたり一次エネルギー消費[*2]	249	272	182	161	125	95	72	-1.4	-2.8	-2.7	-2.7
GDPあたりCO_2排出量[*3]	330	454	327	349	239	157	97	0.2	-4.1	-4.4	-4.3
一次エネルギー消費あたりCO_2排出(t/toe)	1.3	1.7	1.8	2.2	1.9	1.7	1.3	1.6	-1.4	-1.8	-1.6

*1 電力、熱の輸出入を掲載していないため、合計と内訳は必ずしも一致しない。
*2 toe/2015年価格100万ドル。*3 t/2015年価格100万ドル

付表70 | タイ[技術進展シナリオ]

一次エネルギー消費

	(石油換算100万トン[Mtoe])							構成比(%)			年平均変化率(%)			
	1990	2000	2010	2021	2030	2040	2050	1990	2021	2050	1990/2021	2021/2030	2030/2050	2021/2050
合計[*1]	42	73	118	130	145	148	149	100	100	100	3.7	1.3	0.1	0.5
石炭	3.8	7.7	16	16	12	9.7	7.0	9.0	12	4.7	4.7	-2.8	-2.7	-2.8
石油	18	32	45	56	58	54	46	43	43	31	3.7	0.4	-1.1	-0.6
天然ガス	5.0	17	33	34	39	31	28	12	26	19	6.3	1.7	-1.6	-0.6
原子力	-	-	-	-	-	3.9	9.0	-	-	6.0	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
水力	0.4	0.5	0.5	0.4	0.9	1.0	1.1	1.0	0.3	0.7	-0.2	9.2	1.1	3.5
地熱	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.3	-3.9	3.2	1.0
太陽光・風力等	-	-	0.0	0.7	2.3	9.2	18	-	0.6	12	n.a.	13.1	11.0	11.7
バイオマス・廃棄物	15	15	23	21	29	35	37	35	16	25	1.1	3.7	1.2	2.0
水素	-	-	-	-	-0.0	-0.5	-3.2	-	-	-2.2	n.a.	n.a.	49.7	n.a.

最終エネルギー消費

	(Mtoe)							構成比(%)			1990/2021	2021/2030	2030/2050	2021/2050
	1990	2000	2010	2021	2030	2040	2050	1990	2021	2050				
合計	29	51	84	94	104	107	103	100	100	100	3.9	1.1	-0.1	0.3
産業	8.7	17	26	30	35	37	34	30	32	33	4.1	1.7	-0.2	0.4
運輸	9.2	15	19	25	26	23	19	32	26	18	3.3	0.6	-1.7	-1.0
民生・農業他	11	14	20	16	16	16	16	37	17	15	1.2	0.4	-0.2	0.0
非エネルギー消費	0.4	5.8	18	24	27	31	35	1.5	25	34	13.8	1.3	1.4	1.3
石炭	1.3	3.6	9.2	8.1	7.8	7.1	5.4	4.6	8.6	5.2	6.0	-0.3	-1.9	-1.4
石油	15	29	43	54	56	53	46	52	57	44	4.2	0.4	-1.0	-0.6
天然ガス	0.1	1.1	4.6	5.4	5.4	5.7	5.5	0.5	5.7	5.3	12.5	0.0	0.1	0.1
電力	3.3	7.6	13	16	21	26	30	11	17	30	5.3	2.8	1.9	2.2
熱	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
水素	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
再生可能	9.3	9.4	14	11	14	16	16	32	11	15	0.4	3.0	0.7	1.4

発電量

	(TWh)							構成比(%)			1990/2021	2021/2030	2030/2050	2021/2050
	1990	2000	2010	2021	2030	2040	2050	1990	2021	2050				
合計	44	96	159	177	220	284	402	100	100	100	4.6	2.5	3.1	2.9
石炭	11	18	30	35	21	13	9.7	25	20	2.4	3.8	-5.8	-3.7	-4.3
石油	10	10.0	1.1	0.7	-	-	-	23	0.4	-	-8.5	-100	n.a.	-100
天然ガス	18	62	120	110	135	102	91	40	62	23	6.1	2.3	-2.0	-0.6
原子力	-	-	-	-	-	15	34	-	-	8.6	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
水力	5.0	6.0	5.6	4.7	10	12	13	11	2.6	3.2	-0.2	9.2	1.1	3.5
地熱	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.3	-3.9	3.2	1.0
太陽光	-	-	0.0	5.0	20	94	189	-	2.8	47	n.a.	16.6	11.9	13.3
風力	-	-	-	3.6	5.9	12	22	-	2.0	5.6	n.a.	5.9	6.8	6.5
太陽熱・海洋	-	-	-	-	0.1	0.2	0.5	-	-	0.1	n.a.	n.a.	8.8	n.a.
バイオマス・廃棄物	-	0.5	3.4	18	28	36	43	-	10	11	n.a.	5.3	2.1	3.1
水素	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
その他	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

エネルギー・経済指標他

	1990	2000	2010	2021	2030	2040	2050	1990/2021	2021/2030	2030/2050	2021/2050
GDP (2015年価格10億ドル)	144	221	347	438	582	805	1,066	3.7	3.2	3.1	3.1
人口(100万人)	55	63	68	72	72	71	68	0.8	0.1	-0.3	-0.2
エネルギー起源CO_2排出(100万t)	80	151	223	235	227	176	117	3.5	-0.4	-3.3	-2.4
一人あたりGDP (2015年価格1,000ドル/人)	2.6	3.5	5.1	6.1	8.1	11	16	2.8	3.1	3.4	3.3
一人あたり一次エネルギー消費(toe/人)	0.8	1.2	1.7	1.8	2.0	2.1	2.2	2.8	1.2	0.4	0.6
GDPあたり一次エネルギー消費[*2]	294	328	340	296	250	184	139	0.0	-1.9	-2.9	-2.6
GDPあたりCO_2排出量[*3]	557	683	644	535	390	218	110	-0.1	-3.4	-6.2	-5.3
一次エネルギー消費あたりCO_2排出(t/toe)	1.9	2.1	1.9	1.8	1.6	1.2	0.8	-0.1	-1.6	-3.4	-2.8

*1 電力、熱の輸出入を掲載していないため、合計と内訳は必ずしも一致しない。
*2 toe/2015年価格100万ドル。*3 t/2015年価格100万ドル

付表71 | ベトナム[技術進展シナリオ]

一次エネルギー消費

	(石油換算100万トン[Mtoe])							構成比(%)			年平均変化率(%)			
	1990	2000	2010	2021	2030	2040	2050	1990	2021	2050	1990/2021	2021/2030	2030/2050	2021/2050
合計[*1]	18	29	59	95	146	174	182	100	100	100	5.5	4.8	1.1	2.3
石炭	2.2	4.4	15	47	53	46	31	12	49	17	10.3	1.5	-2.7	-1.4
石油	2.7	7.8	18	23	43	48	45	15	24	25	7.1	7.2	0.2	2.3
天然ガス	0.0	1.1	8.1	6.3	15	17	15	0.0	6.6	8.4	28.4	10.2	0.0	3.1
原子力	-	-	-	-	4.0	25	42	-	-	23	n.a.	n.a.	12.4	n.a.
水力	0.5	1.3	2.4	6.8	9.5	11	13	2.6	7.1	7.1	9.0	3.9	1.5	2.3
地熱	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
太陽光・風力等	-	-	0.0	2.7	9.0	14	23	-	2.8	13	n.a.	14.4	4.9	7.8
バイオマス・廃棄物	12	14	15	9.7	11	12	13	70	10	7.0	-0.8	1.5	0.7	1.0
水素	-	-	-	-	-0.0	-0.0	-0.8	-	-	-0.4	n.a.	n.a.	39.5	n.a.

最終エネルギー消費

	(Mtoe)							構成比(%)			1990/2021	2021/2030	2030/2050	2021/2050
	1990	2000	2010	2021	2030	2040	2050	1990	2021	2050				
合計	16	25	48	69	110	129	134	100	100	100	4.9	5.3	1.0	2.3
産業	4.5	7.9	17	40	56	62	59	28	57	44	7.3	3.9	0.2	1.4
運輸	1.4	3.5	10	11	21	26	26	8.7	15	20	6.8	7.7	1.1	3.1
民生・農業他	10	13	18	16	20	25	29	63	23	22	1.5	2.5	2.0	2.1
非エネルギー消費	0.0	0.1	2.3	2.9	13	16	19	0.2	4.2	14	16.2	18.2	1.8	6.7
石炭	1.3	3.2	9.8	22	27	28	24	8.3	31	18	9.4	2.5	-0.6	0.3
石油	2.3	6.5	17	19	37	42	40	15	27	30	7.0	7.5	0.4	2.6
天然ガス	-	0.0	0.5	1.7	6.8	8.4	9.1	-	2.5	6.8	n.a.	16.5	1.4	5.9
電力	0.5	1.9	7.5	19	32	43	52	3.3	28	39	12.3	5.8	2.5	3.5
熱	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
水素	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
再生可能	12	13	14	7.6	7.7	8.4	8.4	74	11	6.3	-1.4	0.1	0.4	0.3

発電量

	(TWh)							構成比(%)			1990/2021	2021/2030	2030/2050	2021/2050
	1990	2000	2010	2021	2030	2040	2050	1990	2021	2050				
合計	8.7	27	95	253	414	551	685	100	100	100	11.5	5.6	2.6	3.5
石炭	2.0	3.1	20	115	122	91	50	23	45	7.2	14.0	0.6	-4.4	-2.9
石油	1.3	4.5	3.4	0.3	2.1	1.5	0.8	15	0.1	0.1	-4.7	24.1	-4.8	3.4
天然ガス	0.0	4.4	44	26	55	57	45	0.1	10	6.6	31.1	8.5	-0.9	1.9
原子力	-	-	-	-	15	95	160	-	-	23	n.a.	n.a.	12.4	n.a.
水力	5.4	15	28	79	111	133	150	62	31	22	9.0	3.9	1.5	2.3
地熱	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
太陽光	-	-	-	28	59	85	141	-	11	21	n.a.	8.6	4.5	5.8
風力	-	-	0.1	3.3	46	82	131	-	1.3	19	n.a.	33.8	5.4	13.5
太陽熱・海洋	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
バイオマス・廃棄物	-	-	0.1	2.1	4.7	5.9	7.1	-	0.8	1.0	n.a.	9.4	2.1	4.3
水素	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
その他	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

エネルギー・経済指標他

	1990	2000	2010	2021	2030	2040	2050	1990/2021	2021/2030	2030/2050	2021/2050
GDP (2015年価格10億ドル)	45	94	177	332	591	1,000	1,521	6.7	6.6	4.8	5.4
人口(100万人)	67	79	87	97	103	106	107	1.2	0.6	0.2	0.3
エネルギー起源CO_2排出(100万t)	16	42	122	285	360	337	258	9.6	2.6	-1.6	-0.3
一人あたりGDP (2015年価格1,000ドル/人)	0.7	1.2	2.0	3.4	5.7	9.4	14	5.4	6.0	4.6	5.0
一人あたり一次エネルギー消費(toe/人)	0.3	0.4	0.7	1.0	1.4	1.6	1.7	4.3	4.2	0.9	1.9
GDPあたり一次エネルギー消費[*2]	397	307	330	286	246	174	120	-1.0	-1.7	-3.5	-3.0
GDPあたりCO_2排出量[*3]	365	444	689	857	609	337	170	2.8	-3.7	-6.2	-5.4
一次エネルギー消費あたりCO_2排出(t/toe)	0.9	1.4	2.1	3.0	2.5	1.9	1.4	3.9	-2.1	-2.7	-2.5

*1 電力、熱の輸出入を掲載していないため、合計と内訳は必ずしも一致しない。
*2 toe/2015年価格100万ドル。*3 t/2015年価格100万ドル

付表72 | 北米[技術進展シナリオ]

一次エネルギー消費

	(石油換算100万トン[Mtoe])							構成比(%)			年平均変化率(%)			
	1990	2000	2010	2021	2030	2040	2050	1990	2021	2050	1990/2021	2021/2030	2030/2050	2021/2050
合計[*1]	2,126	2,525	2,473	2,429	2,244	1,916	1,721	100	100	100	0.4	-0.9	-1.3	-1.2
石炭	484	565	525	264	114	24	20	23	11	1.2	-1.9	-8.9	-8.3	-8.5
石油	833	958	901	859	732	459	239	39	35	14	0.1	-1.8	-5.4	-4.3
天然ガス	493	622	632	840	782	607	491	23	35	29	1.7	-0.8	-2.3	-1.8
原子力	179	227	242	236	226	227	215	8.4	9.7	13	0.9	-0.5	-0.2	-0.3
水力	49	53	53	55	62	64	65	2.3	2.3	3.8	0.4	1.4	0.2	0.6
地熱	14	13	8.4	9.4	12	14	15	0.7	0.4	0.9	-1.3	2.9	1.0	1.6
太陽光・風力等	0.3	2.1	11	53	183	390	531	0.0	2.2	31	17.9	14.8	5.5	8.3
バイオマス・廃棄物	73	86	101	115	134	146	157	3.5	4.7	9.1	1.5	1.7	0.8	1.1
水素	-	-	-	-	-0.0	-15	-12	-	-	-0.7	n.a.	n.a.	37.1	n.a.

最終エネルギー消費

	(Mtoe)							構成比(%)			1990/2021	2021/2030	2030/2050	2021/2050
	1990	2000	2010	2021	2030	2040	2050	1990	2021	2050				
合計	1,452	1,728	1,697	1,731	1,641	1,388	1,180	100	100	100	0.6	-0.6	-1.6	-1.3
産業	331	386	313	324	326	302	258	23	19	22	-0.1	0.1	-1.2	-0.8
運輸	531	640	655	660	594	418	313	37	38	27	0.7	-1.2	-3.2	-2.5
民生・農業他	456	528	572	570	536	473	409	31	33	35	0.7	-0.7	-1.3	-1.1
非エネルギー消費	134	173	158	177	185	195	201	9.2	10	17	0.9	0.5	0.4	0.4
石炭	59	36	30	16	14	11	8.4	4.1	0.9	0.7	-4.2	-1.3	-2.5	-2.1
石油	749	870	850	818	709	467	281	52	47	24	0.3	-1.6	-4.5	-3.6
天然ガス	346	413	364	421	385	288	171	24	24	14	0.6	-1.0	-4.0	-3.1
電力	262	338	367	375	418	483	520	18	22	44	1.2	1.2	1.1	1.1
熱	2.8	6.1	7.1	6.2	5.5	4.9	4.1	0.2	0.4	0.3	2.6	-1.2	-1.5	-1.4
水素	-	-	-	-	0.1	20	75	-	-	6.3	n.a.	n.a.	42.9	n.a.
再生可能	33	64	80	95	110	114	121	2.3	5.5	10	3.5	1.6	0.5	0.8

発電量

	(TWh)							構成比(%)			1990/2021	2021/2030	2030/2050	2021/2050
	1990	2000	2010	2021	2030	2040	2050	1990	2021	2050				
合計	3,685	4,632	4,957	4,997	5,547	6,688	7,941	100	100	100	1.0	1.2	1.8	1.6
石炭	1,782	2,247	2,074	1,026	396	11	9.6	48	21	0.1	-1.8	-10.0	-17.0	-14.9
石油	147	133	56	40	21	6.3	0.2	4.0	0.8	0.0	-4.1	-7.1	-21.8	-17.5
天然ガス	391	668	1,070	1,711	1,493	565	194	11	34	2.4	4.9	-1.5	-9.7	-7.2
原子力	685	871	930	904	867	871	827	19	18	10	0.9	-0.5	-0.2	-0.3
水力	570	612	614	636	722	744	757	15	13	9.5	0.4	1.4	0.2	0.6
地熱	16	15	18	19	25	29	31	0.4	0.4	0.4	0.6	3.1	1.1	1.7
太陽光	0.0	0.2	3.3	154	772	1,840	2,545	0.0	3.1	32	41.9	19.6	6.1	10.2
風力	3.1	5.9	104	418	1,063	2,033	2,668	0.1	8.4	34	17.2	10.9	4.7	6.6
太陽熱・海洋	0.7	0.6	0.9	3.2	84	208	307	0.0	0.1	3.9	5.0	43.9	6.7	17.1
バイオマス・廃棄物	91	80	82	80	99	134	154	2.5	1.6	1.9	-0.4	2.5	2.2	2.3
水素	-	-	-	-	-	243	442	-	-	5.6	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
その他	-	-	6.8	5.1	5.1	5.1	5.1	-	0.1	0.1	n.a.	0.0	0.0	0.0

エネルギー・経済指標他

	1990	2000	2010	2021	2030	2040	2050	1990/2021	2021/2030	2030/2050	2021/2050
GDP (2015年価格10億ドル)	10,626	14,918	17,783	22,210	26,292	32,069	38,016	2.4	1.9	1.9	1.9
人口(100万人)	277	313	343	370	388	405	416	0.9	0.5	0.4	0.4
エネルギー起源CO_2排出(100万t)	5,126	6,085	5,698	5,055	3,895	2,119	1,011	0.0	-2.9	-6.5	-5.4
一人あたりGDP (2015年価格1,000ドル/人)	38	48	52	60	68	79	91	1.5	1.4	1.5	1.5
一人あたり一次エネルギー消費(toe/人)	7.7	8.1	7.2	6.6	5.8	4.7	4.1	-0.5	-1.4	-1.7	-1.6
GDPあたり一次エネルギー消費[*2]	200	169	139	109	85	60	45	-1.9	-2.7	-3.1	-3.0
GDPあたりCO_2排出量[*3]	482	408	320	228	148	66	27	-2.4	-4.7	-8.2	-7.1
一次エネルギー消費あたりCO_2排出(t/toe)	2.4	2.4	2.3	2.1	1.7	1.1	0.6	-0.5	-2.0	-5.3	-4.3

*1 電力、熱の輸出入を掲載していないため、合計と内訳は必ずしも一致しない。
*2 toe/2015年価格100万ドル。*3 t/2015年価格100万ドル

付表73 | 米国[技術進展シナリオ]

一次エネルギー消費

	(石油換算100万トン[Mtoe])							構成比(%)			年平均変化率(%)			
	1990	2000	2010	2021	2030	2040	2050	1990	2021	2050	1990/2021	2021/2030	2030/2050	2021/2050
合計[*1]	1,914	2,273	2,216	2,139	1,958	1,650	1,475	100	100	100	0.4	-1.0	-1.4	-1.3
石炭	460	533	501	254	111	22	18	24	12	1.2	-1.9	-8.8	-8.6	-8.7
石油	757	871	807	764	645	400	202	40	36	14	0.0	-1.9	-5.7	-4.5
天然ガス	438	548	556	723	658	487	390	23	34	26	1.6	-1.0	-2.6	-2.1
原子力	159	208	219	211	204	203	192	8.3	9.9	13	0.9	-0.4	-0.3	-0.3
水力	23	22	23	22	27	27	28	1.2	1.0	1.9	-0.2	2.3	0.2	0.9
地熱	14	13	8.4	9.4	12	14	15	0.7	0.4	1.0	-1.3	2.9	1.0	1.6
太陽光・風力等	0.3	2.1	11	49	175	371	489	0.0	2.3	33	17.6	15.1	5.3	8.2
バイオマス・廃棄物	62	73	89	103	122	134	146	3.3	4.8	9.9	1.6	1.9	0.9	1.2
水素	-	-	-	-	-0.0	-12	-8.0	-	-	-0.5	n.a.	n.a.	35.3	n.a.

最終エネルギー消費

	(Mtoe)							構成比(%)			1990/2021	2021/2030	2030/2050	2021/2050
	1990	2000	2010	2021	2030	2040	2050	1990	2021	2050				
合計	1,294	1,546	1,513	1,540	1,453	1,225	1,041	100	100	100	0.6	-0.6	-1.7	-1.3
産業	284	332	270	278	278	258	220	22	18	21	-0.1	0.0	-1.2	-0.8
運輸	488	588	596	604	540	381	284	38	39	27	0.7	-1.2	-3.2	-2.6
民生・農業他	403	473	511	504	472	416	360	31	33	35	0.7	-0.7	-1.3	-1.2
非エネルギー消費	119	153	135	154	162	170	177	9.2	10.0	17	0.8	0.5	0.4	0.5
石炭	56	33	27	14	12	10	7.4	4.3	0.9	0.7	-4.5	-1.3	-2.4	-2.0
石油	683	793	762	735	631	410	242	53	48	23	0.2	-1.7	-4.7	-3.8
天然ガス	303	360	322	370	337	253	151	23	24	14	0.6	-1.0	-3.9	-3.0
電力	226	301	326	330	366	424	457	18	21	44	1.2	1.2	1.1	1.1
熱	2.2	5.3	6.6	5.6	5.0	4.4	3.6	0.2	0.4	0.3	3.1	-1.3	-1.6	-1.5
水素	-	-	-	-	0.1	18	68	-	-	6.5	n.a.	n.a.	42.5	n.a.
再生可能	23	54	70	85	101	106	113	1.8	5.5	11	4.3	1.8	0.6	1.0

発電量

	(TWh)							構成比(%)			1990/2021	2021/2030	2030/2050	2021/2050
	1990	2000	2010	2021	2030	2040	2050	1990	2021	2050				
合計	3,203	4,026	4,354	4,354	4,822	5,756	6,708	100	100	100	1.0	1.1	1.7	1.5
石炭	1,700	2,129	1,994	992	394	8.3	7.8	53	23	0.1	-1.7	-9.8	-17.8	-15.4
石油	131	118	48	36	17	4.0	0.2	4.1	0.8	0.0	-4.1	-7.8	-21.1	-17.2
天然ガス	382	634	1,018	1,634	1,374	396	15	12	38	0.2	4.8	-1.9	-20.1	-14.9
原子力	612	798	839	812	784	781	737	19	19	11	0.9	-0.4	-0.3	-0.3
水力	273	253	262	253	311	319	324	8.5	5.8	4.8	-0.2	2.3	0.2	0.9
地熱	16	15	18	19	25	29	31	0.5	0.4	0.5	0.6	3.1	1.1	1.7
太陽光	0.0	0.2	3.1	148	756	1,803	2,458	0.0	3.4	37	41.7	19.9	6.1	10.2
風力	3.1	5.7	95	383	988	1,850	2,269	0.1	8.8	34	16.8	11.1	4.2	6.3
太陽熱・海洋	0.7	0.5	0.9	3.2	84	208	307	0.0	0.1	4.6	5.2	43.9	6.7	17.1
バイオマス・廃棄物	86	72	73	69	85	118	136	2.7	1.6	2.0	-0.7	2.3	2.4	2.3
水素	-	-	-	-	-	236	417	-	-	6.2	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
その他	-	-	3.7	4.7	4.7	4.7	4.7	-	0.1	0.1	n.a.	0.0	0.0	0.0

エネルギー・経済指標他

	1990	2000	2010	2021	2030	2040	2050	1990/2021	2021/2030	2030/2050	2021/2050
GDP (2015年価格10億ドル)	9,811	13,754	16,383	20,529	24,289	29,608	35,085	2.4	1.9	1.9	1.9
人口(100万人)	250	282	309	332	347	361	370	0.9	0.5	0.3	0.4
エネルギー起源CO_2排出(100万t)	4,740	5,611	5,204	4,549	3,452	1,793	794	-0.1	-3.0	-7.1	-5.8
一人あたりGDP (2015年価格1,000ドル/人)	39	49	53	62	70	82	95	1.5	1.4	1.5	1.5
一人あたり一次エネルギー消費(toe/人)	7.7	8.1	7.2	6.4	5.6	4.6	4.0	-0.6	-1.5	-1.7	-1.6
GDPあたり一次エネルギー消費[*2]	195	165	135	104	81	56	42	-2.0	-2.8	-3.2	-3.1
GDPあたりCO_2排出量[*3]	483	408	318	222	142	61	23	-2.5	-4.8	-8.8	-7.6
一次エネルギー消費あたりCO_2排出(t/toe)	2.5	2.5	2.3	2.1	1.8	1.1	0.5	-0.5	-2.1	-5.8	-4.6

*1 電力、熱の輸出入を掲載していないため、合計と内訳は必ずしも一致しない。
*2 toe/2015年価格100万ドル。*3 t/2015年価格100万ドル

付表74 | 中南米[技術進展シナリオ]

一次エネルギー消費

	(石油換算100万トン[Mtoe])							構成比(%)			年平均変化率(%)			
	1990	2000	2010	2021	2030	2040	2050	1990	2021	2050	1990/2021	2021/2030	2030/2050	2021/2050
合計[*1]	467	610	788	821	884	904	923	100	100	100	1.8	0.8	0.2	0.4
石炭	21	28	39	39	30	25	23	4.6	4.7	2.5	2.0	-2.8	-1.3	-1.8
石油	241	313	365	333	339	292	236	52	41	26	1.0	0.2	-1.8	-1.2
天然ガス	71	118	178	207	193	215	229	15	25	25	3.5	-0.8	0.9	0.3
原子力	3.2	5.3	7.2	9.8	21	36	44	0.7	1.2	4.7	3.6	9.1	3.6	5.3
水力	33	50	63	60	72	77	82	7.1	7.3	8.9	1.9	2.0	0.7	1.1
地熱	5.1	6.5	6.4	6.2	13	17	19	1.1	0.8	2.0	0.7	8.8	1.7	3.9
太陽光・風力等	0.0	0.2	0.9	17	51	103	212	0.0	2.0	23	22.2	13.1	7.4	9.2
バイオマス・廃棄物	93	90	128	149	165	155	142	20	18	15	1.6	1.1	-0.7	-0.2
水素	-	-	-	-	0.0	-16	-64	-	-	-6.9	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

最終エネルギー消費

	(Mtoe)							構成比(%)			1990/2021	2021/2030	2030/2050	2021/2050
	1990	2000	2010	2021	2030	2040	2050	1990	2021	2050				
合計	344	442	569	574	635	634	618	100	100	100	1.7	1.1	-0.1	0.3
産業	114	143	179	169	197	210	203	33	29	33	1.3	1.7	0.2	0.6
運輸	104	140	197	205	230	215	202	30	36	33	2.2	1.3	-0.6	0.0
民生・農業他	100	122	148	166	170	165	162	29	29	26	1.6	0.2	-0.2	-0.1
非エネルギー消費	26	38	45	34	38	44	50	7.6	5.9	8.1	0.9	1.1	1.5	1.4
石炭	8.2	11	15	13	13	12	9.7	2.4	2.2	1.6	1.4	0.5	-1.5	-0.9
石油	178	235	284	271	288	256	210	52	47	34	1.4	0.7	-1.6	-0.9
天然ガス	38	54	74	63	70	67	55	11	11	8.9	1.6	1.2	-1.2	-0.5
電力	44	68	97	118	150	194	239	13	21	39	3.2	2.7	2.3	2.5
熱	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
水素	-	-	-	-	0.0	2.9	15	-	-	2.5	n.a.	n.a.	38.6	n.a.
再生可能	75	74	99	109	113	103	89	22	19	14	1.2	0.4	-1.2	-0.7

発電量

	(TWh)							構成比(%)			1990/2021	2021/2030	2030/2050	2021/2050
	1990	2000	2010	2021	2030	2040	2050	1990	2021	2050				
合計	623	1,009	1,406	1,726	2,151	3,084	4,726	100	100	100	3.3	2.5	4.0	3.5
石炭	24	44	75	84	49	29	26	3.8	4.9	0.6	4.2	-5.9	-3.1	-4.0
石油	130	197	188	143	72	39	31	21	8.3	0.7	0.3	-7.3	-4.1	-5.1
天然ガス	58	142	326	492	408	655	929	9.3	29	20	7.1	-2.1	4.2	2.2
原子力	12	20	28	38	82	138	167	2.0	2.2	3.5	3.6	9.1	3.6	5.3
水力	386	584	731	700	833	896	952	62	41	20	1.9	2.0	0.7	1.1
地熱	5.9	8.0	9.9	9.2	19	24	26	1.0	0.5	0.6	1.4	8.6	1.5	3.7
太陽光	0.0	0.0	0.1	48	237	450	955	0.0	2.8	20	41.6	19.3	7.2	10.8
風力	0.0	0.3	4.7	127	328	719	1,487	0.0	7.3	31	46.1	11.2	7.8	8.9
太陽熱・海洋	-	-	-	0.2	0.1	0.1	0.1	-	0.0	0.0	n.a.	-0.4	-1.3	-1.0
バイオマス・廃棄物	7.4	13	44	82	119	130	141	1.2	4.8	3.0	8.1	4.2	0.8	1.9
水素	-	-	-	-	-	2.2	8.7	-	-	0.2	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
その他	-	0.4	0.5	2.4	2.4	2.4	2.4	-	0.1	0.0	n.a.	0.0	0.0	0.0

エネルギー・経済指標他

	1990	2000	2010	2021	2030	2040	2050	1990/2021	2021/2030	2030/2050	2021/2050
GDP (2015年価格10億ドル)	2,597	3,524	4,830	5,348	6,670	8,934	11,587	2.4	2.5	2.8	2.7
人口(100万人)	438	518	586	652	694	729	748	1.3	0.7	0.4	0.5
エネルギー起源CO_2排出(100万t)	867	1,195	1,524	1,453	1,391	1,271	1,119	1.7	-0.5	-1.1	-0.9
一人あたりGDP (2015年価格1,000ドル/人)	5.9	6.8	8.2	8.2	9.6	12	15	1.1	1.8	2.4	2.2
一人あたり一次エネルギー消費(toe/人)	1.1	1.2	1.3	1.3	1.3	1.2	1.2	0.5	0.1	-0.2	-0.1
GDPあたり一次エネルギー消費[*2]	180	173	163	154	133	101	80	-0.5	-1.6	-2.5	-2.2
GDPあたりCO_2排出量[*3]	334	339	315	272	209	142	97	-0.7	-2.9	-3.8	-3.5
一次エネルギー消費あたりCO_2排出(t/toe)	1.9	2.0	1.9	1.8	1.6	1.4	1.2	-0.2	-1.3	-1.3	-1.3

*1 電力、熱の輸出入を掲載していないため、合計と内訳は必ずしも一致しない。
*2 toe/2015年価格100万ドル。*3 t/2015年価格100万ドル

付表75 | 欧州先進国[技術進展シナリオ]

一次エネルギー消費

	(石油換算100万トン[Mtoe])							構成比(%)			年平均変化率(%)			
	1990	2000	2010	2021	2030	2040	2050	1990	2021	2050	1990/2021	2021/2030	2030/2050	2021/2050
合計[*1]	1,644	1,759	1,833	1,698	1,489	1,303	1,182	100	100	100	0.1	-1.4	-1.1	-1.2
石炭	450	331	301	204	90	74	64	27	12	5.4	-2.5	-8.7	-1.7	-3.9
石油	617	654	605	530	426	267	159	38	31	13	-0.5	-2.4	-4.8	-4.1
天然ガス	267	396	473	447	296	200	106	16	26	8.9	1.7	-4.5	-5.0	-4.9
原子力	210	247	239	201	203	231	258	13	12	22	-0.1	0.1	1.2	0.9
水力	39	47	48	49	50	52	53	2.4	2.9	4.5	0.8	0.2	0.3	0.2
地熱	4.9	7.1	11	22	32	38	38	0.3	1.3	3.2	5.0	4.3	0.8	1.9
太陽光・風力等	0.4	2.9	18	64	173	226	288	0.0	3.8	24	18.3	11.6	2.6	5.3
バイオマス・廃棄物	56	72	137	178	217	191	170	3.4	10	14	3.8	2.2	-1.2	-0.2
水素	-	-	-	-	0.1	24	54	-	-	4.6	n.a.	n.a.	41.3	n.a.

最終エネルギー消費

	(Mtoe)							構成比(%)			1990/2021	2021/2030	2030/2050	2021/2050
	1990	2000	2010	2021	2030	2040	2050	1990	2021	2050				
合計	1,142	1,235	1,289	1,255	1,140	926	760	100	100	100	0.3	-1.1	-2.0	-1.7
産業	330	325	296	305	301	268	221	29	24	29	-0.3	-0.1	-1.5	-1.1
運輸	269	318	335	338	286	179	130	24	27	17	0.7	-1.8	-3.9	-3.2
民生・農業他	442	477	544	506	445	372	305	39	40	40	0.4	-1.4	-1.9	-1.7
非エネルギー消費	101	114	113	106	107	106	104	8.9	8.5	14	0.1	0.1	-0.1	-0.1
石炭	124	62	55	43	35	25	16	11	3.4	2.2	-3.4	-2.1	-3.7	-3.2
石油	528	573	538	493	403	261	171	46	39	23	-0.2	-2.2	-4.2	-3.6
天然ガス	205	269	285	292	248	173	88	18	23	12	1.1	-1.8	-5.1	-4.1
電力	193	234	267	271	301	334	351	17	22	46	1.1	1.2	0.8	0.9
熱	45	42	53	50	45	40	31	3.9	4.0	4.1	0.3	-1.1	-1.8	-1.6
水素	-	-	-	-	0.1	15	44	-	-	5.9	n.a.	n.a.	38.6	n.a.
再生可能	48	56	91	106	107	79	58	4.2	8.5	7.7	2.6	0.0	-3.0	-2.0

発電量

	(TWh)							構成比(%)			1990/2021	2021/2030	2030/2050	2021/2050
	1990	2000	2010	2021	2030	2040	2050	1990	2021	2050				
合計	2,695	3,236	3,623	3,637	4,026	4,850	5,872	100	100	100	1.0	1.1	1.9	1.7
石炭	1,030	968	873	535	77	45	46	38	15	0.8	-2.1	-19.4	-2.5	-8.1
石油	209	180	81	43	7.3	3.4	0.4	7.8	1.2	0.0	-4.9	-18.0	-13.9	-15.2
天然ガス	176	514	857	769	191	163	182	6.5	21	3.1	4.9	-14.4	-0.2	-4.9
原子力	804	948	916	769	778	886	990	30	21	17	-0.1	0.1	1.2	0.9
水力	450	547	559	575	586	602	617	17	16	11	0.8	0.2	0.3	0.2
地熱	3.6	6.2	11	23	36	44	44	0.1	0.6	0.8	6.2	5.2	1.0	2.3
太陽光	0.0	0.1	23	184	807	1,058	1,376	0.0	5.0	23	35.2	17.9	2.7	7.2
風力	0.8	22	153	485	1,130	1,491	1,883	0.0	13	32	23.1	9.9	2.6	4.8
太陽熱・海洋	0.5	0.5	1.2	5.7	7.7	10	15	0.0	0.2	0.2	8.1	3.4	3.3	3.3
バイオマス・廃棄物	21	48	146	241	399	429	448	0.8	6.6	7.6	8.2	5.8	0.6	2.2
水素	-	-	-	-	-	111	264	-	-	4.5	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
その他	0.3	1.5	4.6	6.7	6.7	6.7	6.7	0.0	0.2	0.1	10.0	0.0	0.0	0.0

エネルギー・経済指標他

	1990	2000	2010	2021	2030	2040	2050	1990/2021	2021/2030	2030/2050	2021/2050
GDP (2015年価格10億ドル)	11,682	14,633	16,894	19,669	23,173	26,699	30,170	1.7	1.8	1.3	1.5
人口(100万人)	505	528	557	582	589	589	583	0.5	0.1	-0.1	0.0
エネルギー起源CO_2排出(100万t)	3,944	3,916	3,823	3,242	2,113	1,346	770	-0.6	-4.6	-4.9	-4.8
一人あたりGDP (2015年価格1,000ドル/人)	23	28	30	34	39	45	52	1.2	1.7	1.4	1.5
一人あたり一次エネルギー消費(toe/人)	3.3	3.3	3.3	2.9	2.5	2.2	2.0	-0.4	-1.6	-1.1	-1.2
GDPあたり一次エネルギー消費[*2]	141	120	109	86	64	49	39	-1.6	-3.2	-2.4	-2.7
GDPあたりCO_2排出量[*3]	338	268	226	165	91	50	26	-2.3	-6.4	-6.2	-6.2
一次エネルギー消費あたりCO_2排出(t/toe)	2.4	2.2	2.1	1.9	1.4	1.0	0.7	-0.7	-3.2	-3.8	-3.6

*1 電力、熱の輸出入を掲載していないため、合計と内訳は必ずしも一致しない。
*2 toe/2015年価格100万ドル。*3 t/2015年価格100万ドル

付表76 | 他欧州/ユーラシア[技術進展シナリオ]

一次エネルギー消費

	(石油換算100万トン[Mtoe])							構成比(%)			年平均変化率(%)			
	1990	2000	2010	2021	2030	2040	2050	1990	2021	2050	1990/2021	2021/2030	2030/2050	2021/2050
合計[*1]	1,514	988	1,112	1,225	1,171	1,125	1,061	100	100	100	-0.7	-0.5	-0.5	-0.5
石炭	365	209	211	212	179	160	141	24	17	13	-1.7	-1.9	-1.2	-1.4
石油	459	199	216	251	218	173	127	30	20	12	-1.9	-1.5	-2.7	-2.3
天然ガス	596	481	566	611	578	555	512	39	50	48	0.1	-0.6	-0.6	-0.6
原子力	55	61	76	90	127	158	186	3.6	7.4	18	1.6	3.9	1.9	2.5
水力	22	23	26	30	30	32	33	1.5	2.4	3.2	0.9	0.1	0.6	0.4
地熱	0.0	0.1	0.6	0.2	0.3	0.3	0.3	0.0	0.0	0.0	7.7	0.9	0.1	0.3
太陽光・風力等	-	0.0	0.2	3.2	8.4	17	32	-	0.3	3.0	n.a.	11.1	6.9	8.2
バイオマス・廃棄物	17	15	19	31	33	31	31	1.1	2.5	2.9	1.9	1.0	-0.4	0.0
水素	-	-	-	-	-0.0	-3.2	-9.2	-	-	-0.9	n.a.	n.a.	57.8	n.a.

最終エネルギー消費

	(Mtoe)							構成比(%)			1990/2021	2021/2030	2030/2050	2021/2050
	1990	2000	2010	2021	2030	2040	2050	1990	2021	2050				
合計	1,057	647	711	802	754	680	601	100	100	100	-0.9	-0.7	-1.1	-1.0
産業	391	205	205	211	204	194	174	37	26	29	-2.0	-0.4	-0.8	-0.7
運輸	170	110	145	156	132	106	82	16	19	14	-0.3	-1.9	-2.4	-2.2
民生・農業他	431	285	281	331	314	269	228	41	41	38	-0.9	-0.6	-1.6	-1.3
非エネルギー消費	65	47	80	104	105	111	118	6.2	13	20	1.5	0.0	0.6	0.4
石炭	113	36	41	52	44	36	27	11	6.4	4.5	-2.5	-1.9	-2.4	-2.2
石油	275	144	174	214	193	155	118	26	27	20	-0.8	-1.2	-2.4	-2.0
天然ガス	258	200	233	265	237	192	144	24	33	24	0.1	-1.2	-2.4	-2.1
電力	125	86	103	116	132	165	201	12	14	33	-0.2	1.4	2.1	1.9
熱	274	170	147	135	128	113	94	26	17	16	-2.3	-0.5	-1.6	-1.2
水素	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
再生可能	13	11	14	21	21	18	18	1.2	2.6	3.0	1.6	0.4	-0.9	-0.5

発電量

	(TWh)							構成比(%)			1990/2021	2021/2030	2030/2050	2021/2050
	1990	2000	2010	2021	2030	2040	2050	1990	2021	2050				
合計	1,856	1,415	1,689	1,867	2,073	2,493	2,902	100	100	100	0.0	1.2	1.7	1.5
石炭	429	338	396	372	353	349	323	23	20	11	-0.5	-0.6	-0.4	-0.5
石油	252	69	22	22	13	9.6	6.8	14	1.2	0.2	-7.5	-6.2	-3.1	-4.0
天然ガス	707	504	671	735	761	933	1,076	38	39	37	0.1	0.4	1.8	1.3
原子力	209	234	289	345	488	608	714	11	18	25	1.6	3.9	1.9	2.5
水力	259	267	306	345	347	373	389	14	18	13	0.9	0.1	0.6	0.4
地熱	0.0	0.1	0.5	0.5	0.6	0.6	0.6	0.0	0.0	0.0	9.9	0.7	0.0	0.2
太陽光	-	-	0.0	15	48	93	159	-	0.8	5.5	n.a.	13.8	6.1	8.4
風力	-	0.0	1.2	21	46	106	209	-	1.1	7.2	n.a.	9.4	7.8	8.3
太陽熱・海洋	-	-	-	-	0.1	0.4	0.9	-	-	0.0	n.a.	n.a.	13.4	n.a.
バイオマス・廃棄物	0.0	2.6	3.3	10	16	20	24	0.0	0.5	0.8	18.9	5.2	1.9	2.9
水素	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
その他	-	-	0.0	0.2	0.2	0.2	0.2	-	0.0	0.0	n.a.	0.0	0.0	0.0

エネルギー・経済指標他

	1990	2000	2010	2021	2030	2040	2050	1990/2021	2021/2030	2030/2050	2021/2050
GDP (2015年価格10億ドル)	1,832	1,264	2,089	2,628	3,085	3,867	4,805	1.2	1.8	2.2	2.1
人口(100万人)	337	335	332	342	340	340	339	0.0	0.0	0.0	0.0
エネルギー起源CO_2排出(100万t)	3,878	2,339	2,511	2,584	2,240	1,760	1,290	-1.3	-1.6	-2.7	-2.4
一人あたりGDP (2015年価格1,000ドル/人)	5.4	3.8	6.3	7.7	9.1	11	14	1.1	1.8	2.3	2.1
一人あたり一次エネルギー消費(toe/人)	4.5	3.0	3.4	3.6	3.4	3.3	3.1	-0.7	-0.5	-0.5	-0.5
GDPあたり一次エネルギー消費[*2]	826	782	532	466	379	291	221	-1.8	-2.3	-2.7	-2.5
GDPあたりCO_2排出量[*3]	2,116	1,850	1,202	983	726	455	268	-2.4	-3.3	-4.9	-4.4
一次エネルギー消費あたりCO_2排出(t/toe)	2.6	2.4	2.3	2.1	1.9	1.6	1.2	-0.6	-1.1	-2.2	-1.9

*1 電力、熱の輸出入を掲載していないため、合計と内訳は必ずしも一致しない。
*2 toe/2015年価格100万ドル。*3 t/2015年価格100万ドル

付表77 | 欧州連合[技術進展シナリオ]

一次エネルギー消費

	(石油換算100万トン[Mtoe])							構成比(%)			年平均変化率(%)			
	1990	2000	2010	2021	2030	2040	2050	1990	2021	2050	1990/2021	2021/2030	2030/2050	2021/2050
合計[*1]	1,441	1,471	1,527	1,388	1,246	1,085	972	100	100	100	-0.1	-1.2	-1.2	-1.2
石炭	393	285	252	166	77	61	50	27	12	5.2	-2.7	-8.2	-2.1	-4.0
石油	531	550	506	437	349	221	133	37	32	14	-0.6	-2.5	-4.7	-4.0
天然ガス	250	309	363	340	235	163	87	17	24	9.0	1.0	-4.0	-4.8	-4.6
原子力	190	224	223	191	199	216	226	13	14	23	0.0	0.5	0.6	0.6
水力	24	30	32	30	30	31	31	1.7	2.2	3.2	0.7	0.0	0.2	0.2
地熱	3.2	4.6	5.5	6.8	8.0	8.3	8.1	0.2	0.5	0.8	2.5	1.8	0.1	0.6
太陽光・風力等	0.3	2.5	16	52	136	178	229	0.0	3.8	24	18.0	11.2	2.6	5.2
バイオマス・廃棄物	47	65	128	163	195	169	149	3.3	12	15	4.1	2.0	-1.3	-0.3
水素	-	-	-	-	0.0	18	38	-	-	3.9	n.a.	n.a.	40.7	n.a.

最終エネルギー消費

	(Mtoe)							構成比(%)			1990/2021	2021/2030	2030/2050	2021/2050
	1990	2000	2010	2021	2030	2040	2050	1990	2021	2050				
合計	995	1,027	1,070	1,023	928	753	612	100	100	100	0.1	-1.1	-2.1	-1.8
産業	313	274	247	246	246	219	180	31	24	29	-0.8	0.0	-1.5	-1.1
運輸	220	262	279	274	229	144	103	22	27	17	0.7	-2.0	-3.9	-3.3
民生・農業他	374	391	447	408	360	299	244	38	40	40	0.3	-1.4	-1.9	-1.8
非エネルギー消費	88	100	98	94	94	90	85	8.9	9.2	14	0.2	0.0	-0.5	-0.4
石炭	109	47	37	28	24	17	11	11	2.8	1.8	-4.2	-2.1	-3.7	-3.2
石油	445	479	448	406	330	217	144	45	40	24	-0.3	-2.3	-4.1	-3.5
天然ガス	185	220	231	227	196	138	72	19	22	12	0.7	-1.6	-4.9	-3.9
電力	162	189	216	214	239	264	277	16	21	45	0.9	1.2	0.7	0.9
熱	55	43	52	47	43	38	30	5.5	4.6	4.8	-0.5	-1.1	-1.8	-1.6
水素	-	-	-	-	0.1	11	33	-	-	5.5	n.a.	n.a.	38.4	n.a.
再生可能	39	50	86	101	97	68	45	4.0	9.8	7.4	3.1	-0.4	-3.8	-2.7

発電量

	(TWh)							構成比(%)			1990/2021	2021/2030	2030/2050	2021/2050
	1990	2000	2010	2021	2030	2040	2050	1990	2021	2050				
合計	2,256	2,630	2,955	2,885	3,404	4,137	4,755	100	100	100	0.8	1.9	1.7	1.7
石炭	844	846	755	453	99	55	42	37	16	0.9	-2.0	-15.6	-4.2	-7.9
石油	189	173	82	47	11	5.3	0.6	8.4	1.6	0.0	-4.4	-14.7	-13.5	-13.9
天然ガス	188	331	589	552	178	161	155	8.3	19	3.3	3.5	-11.8	-0.7	-4.3
原子力	729	860	854	732	763	829	867	32	25	18	0.0	0.5	0.6	0.6
水力	284	350	372	348	349	357	364	13	12	7.7	0.7	0.0	0.2	0.2
地熱	3.2	4.8	5.6	6.5	12	15	15	0.1	0.2	0.3	2.3	7.1	1.0	2.8
太陽光	0.0	0.1	22	159	709	877	973	0.0	5.5	20	34.8	18.1	1.6	6.5
風力	0.8	21	140	387	943	1,392	1,770	0.0	13	37	22.2	10.4	3.2	5.4
太陽熱・海洋	0.5	0.5	1.2	5.7	8.0	11	16	0.0	0.2	0.3	8.1	3.9	3.5	3.6
バイオマス・廃棄物	19	42	129	191	328	350	364	0.8	6.6	7.7	7.7	6.2	0.5	2.3
水素	-	-	-	-	-	80	183	-	-	3.9	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
その他	0.2	1.4	4.4	5.0	5.0	5.0	5.0	0.0	0.2	0.1	10.8	0.0	0.0	0.0

エネルギー・経済指標他

	1990	2000	2010	2021	2030	2040	2050	1990/2021	2021/2030	2030/2050	2021/2050
GDP (2015年価格10億ドル)	9,107	11,262	12,897	14,681	17,280	19,827	22,275	1.6	1.8	1.3	1.4
人口(100万人)	420	429	442	447	449	446	437	0.2	0.0	-0.1	-0.1
エネルギー起源CO_2排出(100万t)	3,464	3,265	3,135	2,579	1,473	934	515	-0.9	-6.0	-5.1	-5.4
一人あたりGDP (2015年価格1,000ドル/人)	22	26	29	33	38	45	51	1.3	1.8	1.4	1.5
一人あたり一次エネルギー消費(toe/人)	3.4	3.4	3.5	3.1	2.8	2.4	2.2	-0.3	-1.2	-1.1	-1.1
GDPあたり一次エネルギー消費[*2]	158	131	118	95	72	55	44	-1.6	-3.0	-2.5	-2.6
GDPあたりCO_2排出量[*3]	380	290	243	176	85	47	23	-2.5	-7.7	-6.3	-6.8
一次エネルギー消費あたりCO_2排出(t/toe)	2.4	2.2	2.1	1.9	1.2	0.9	0.5	-0.8	-4.9	-3.9	-4.2

*1 電力、熱の輸出入を掲載していないため、合計と内訳は必ずしも一致しない。
*2 toe/2015年価格100万ドル。*3 t/2015年価格100万ドル

付表78 | アフリカ[技術進展シナリオ]

一次エネルギー消費

	(石油換算100万トン[Mtoe])							構成比(%)			年平均変化率(%)			
	1990	2000	2010	2021	2030	2040	2050	1990	2021	2050	1990/2021	2021/2030	2030/2050	2021/2050
合計[*1]	390	495	685	853	901	926	998	100	100	100	2.6	0.6	0.5	0.5
石炭	74	90	109	105	93	81	68	19	12	6.8	1.1	-1.3	-1.6	-1.5
石油	85	100	161	195	223	230	222	22	23	22	2.7	1.5	0.0	0.4
天然ガス	30	47	88	141	199	272	299	7.6	17	30	5.2	3.9	2.1	2.6
原子力	2.2	3.4	3.2	3.2	7.3	24	37	0.6	0.4	3.7	1.2	9.5	8.4	8.8
水力	4.8	6.4	9.4	13	17	25	36	1.2	1.5	3.6	3.2	3.0	3.9	3.6
地熱	0.3	0.4	0.9	4.3	23	31	44	0.1	0.5	4.4	9.2	20.6	3.2	8.3
太陽光・風力等	0.0	0.0	0.3	4.3	26	88	206	0.0	0.5	21	33.9	22.0	11.0	14.3
バイオマス・廃棄物	194	245	312	387	312	190	133	50	45	13	2.2	-2.4	-4.2	-3.6
水素	-	-	-	-	-0.0	-15	-46	-	-	-4.6	n.a.	n.a.	51.1	n.a.

最終エネルギー消費

	(Mtoe)							構成比(%)			1990/2021	2021/2030	2030/2050	2021/2050
	1990	2000	2010	2021	2030	2040	2050	1990	2021	2050				
合計	286	366	495	614	609	569	576	100	100	100	2.5	-0.1	-0.3	-0.2
産業	53	58	84	90	106	127	139	19	15	24	1.7	1.8	1.3	1.5
運輸	38	54	87	122	148	168	182	13	20	32	3.8	2.2	1.0	1.4
民生・農業他	184	239	306	380	329	242	217	64	62	38	2.4	-1.6	-2.1	-1.9
非エネルギー消費	11	15	19	21	25	31	38	3.8	3.4	6.6	2.1	1.9	2.2	2.1
石炭	20	19	18	21	21	20	17	7.0	3.5	3.0	0.2	-0.5	-0.8	-0.7
石油	70	89	137	170	198	216	217	24	28	38	2.9	1.7	0.5	0.8
天然ガス	8.6	14	27	45	54	59	59	3.0	7.3	10	5.5	1.9	0.5	0.9
電力	22	31	47	60	95	153	214	7.7	9.7	37	3.3	5.3	4.1	4.5
熱	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
水素	-	-	-	-	0.0	1.2	7.0	-	-	1.2	n.a.	n.a.	47.3	n.a.
再生可能	166	213	267	317	241	119	61	58	52	11	2.1	-3.0	-6.6	-5.5

発電量

	(TWh)							構成比(%)			1990/2021	2021/2030	2030/2050	2021/2050
	1990	2000	2010	2021	2030	2040	2050	1990	2021	2050				
合計	309	439	686	885	1,391	2,448	3,973	100	100	100	3.4	5.2	5.4	5.3
石炭	164	208	259	246	224	190	154	53	28	3.9	1.3	-1.0	-1.9	-1.6
石油	35	34	64	55	51	22	0.9	11	6.2	0.0	1.5	-0.9	-18.2	-13.2
天然ガス	45	106	234	371	622	993	1,255	15	42	32	7.0	5.9	3.6	4.3
原子力	8.4	13	12	12	28	91	142	2.7	1.4	3.6	1.2	9.5	8.4	8.8
水力	56	75	110	151	196	285	419	18	17	11	3.2	3.0	3.9	3.6
地熱	0.3	0.4	1.1	5.0	27	36	51	0.1	0.6	1.3	9.2	20.6	3.2	8.3
太陽光	-	0.0	0.4	14	106	454	1,121	-	1.6	28	n.a.	25.0	12.5	16.2
風力	-	0.2	2.4	23	101	274	601	-	2.6	15	n.a.	17.6	9.3	11.9
太陽熱・海洋	-	-	-	2.9	29	94	219	-	0.3	5.5	n.a.	28.9	10.7	16.0
バイオマス・廃棄物	0.5	1.4	2.4	2.2	5.2	6.8	8.2	0.2	0.2	0.2	5.0	10.1	2.4	4.7
水素	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
その他	-	0.1	1.9	1.6	1.6	1.6	1.6	-	0.2	0.0	n.a.	0.0	0.0	0.0

エネルギー・経済指標他

	1990	2000	2010	2021	2030	2040	2050	1990/2021	2021/2030	2030/2050	2021/2050
GDP (2015年価格10億ドル)	920	1,208	1,998	2,663	3,830	6,227	9,596	3.5	4.1	4.7	4.5
人口(100万人)	620	794	1,021	1,346	1,652	2,024	2,405	2.5	2.3	1.9	2.0
エネルギー起源CO_2排出(100万t)	524	652	1,008	1,218	1,335	1,297	1,168	2.8	1.0	-0.7	-0.1
一人あたりGDP (2015年価格1,000ドル/人)	1.5	1.5	2.0	2.0	2.3	3.1	4.0	0.9	1.8	2.8	2.4
一人あたり一次エネルギー消費(toe/人)	0.6	0.6	0.7	0.6	0.5	0.5	0.4	0.0	-1.7	-1.4	-1.4
GDPあたり一次エネルギー消費[*2]	424	410	343	320	235	149	104	-0.9	-3.4	-4.0	-3.8
GDPあたりCO_2排出量[*3]	569	540	504	458	349	208	122	-0.7	-3.0	-5.1	-4.5
一次エネルギー消費あたりCO_2排出(t/toe)	1.3	1.3	1.5	1.4	1.5	1.4	1.2	0.2	0.4	-1.2	-0.7

*1 電力、熱の輸出入を掲載していないため、合計と内訳は必ずしも一致しない。
*2 toe/2015年価格100万ドル。*3 t/2015年価格100万ドル

付表79 | 中東[技術進展シナリオ]

一次エネルギー消費

	(石油換算100万トン[Mtoe])							構成比(%)			年平均変化率(%)			
	1990	2000	2010	2021	2030	2040	2050	1990	2021	2050	1990/2021	2021/2030	2030/2050	2021/2050
合計[*1]	223	381	649	829	965	1,040	1,087	100	100	100	4.3	1.7	0.6	0.9
石炭	3.0	8.1	9.8	8.1	7.3	6.5	4.8	1.3	1.0	0.4	3.3	-1.2	-2.0	-1.8
石油	146	226	324	331	372	343	291	66	40	27	2.7	1.3	-1.2	-0.4
天然ガス	72	145	311	478	531	589	589	32	58	54	6.3	1.2	0.5	0.7
原子力	-	-	-	3.4	27	50	65	-	0.4	6.0	n.a.	25.6	4.6	10.7
水力	1.0	0.7	1.5	1.9	2.0	2.2	2.3	0.5	0.2	0.2	2.0	0.4	0.8	0.7
地熱	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
太陽光・風力等	0.4	0.7	1.3	2.7	22	63	154	0.2	0.3	14	6.2	26.2	10.3	15.0
バイオマス・廃棄物	0.5	0.4	1.0	1.1	2.4	3.2	5.4	0.2	0.1	0.5	3.0	8.6	4.1	5.5
水素	-	-	-	-	-0.0	-19	-27	-	-	-2.5	n.a.	n.a.	40.5	n.a.

最終エネルギー消費

	(Mtoe)							構成比(%)			1990/2021	2021/2030	2030/2050	2021/2050
	1990	2000	2010	2021	2030	2040	2050	1990	2021	2050				
合計	157	261	451	568	686	711	703	100	100	100	4.2	2.1	0.1	0.7
産業	47	71	134	160	200	205	186	30	28	26	4.0	2.5	-0.4	0.5
運輸	51	75	121	140	181	169	148	32	25	21	3.3	2.9	-1.0	0.2
民生・農業他	40	74	118	160	172	176	176	25	28	25	4.6	0.8	0.1	0.3
非エネルギー消費	20	41	77	108	132	161	194	12	19	28	5.7	2.3	1.9	2.1
石炭	0.2	0.5	1.2	3.2	3.4	3.4	2.8	0.1	0.6	0.4	9.6	0.8	-1.0	-0.5
石油	108	162	240	254	316	310	280	69	45	40	2.8	2.5	-0.6	0.3
天然ガス	31	65	146	218	242	219	174	20	38	25	6.5	1.1	-1.6	-0.8
電力	17	32	62	92	123	168	217	11	16	31	5.6	3.3	2.9	3.0
熱	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
水素	-	-	-	-	0.0	7.6	26	-	-	3.6	n.a.	n.a.	66.1	n.a.
再生可能	0.7	1.0	2.2	1.6	1.6	2.3	4.2	0.5	0.3	0.6	2.6	0.0	4.8	3.3

発電量

	(TWh)							構成比(%)			1990/2021	2021/2030	2030/2050	2021/2050
	1990	2000	2010	2021	2030	2040	2050	1990	2021	2050				
合計	244	472	888	1,316	1,702	2,703	4,343	100	100	100	5.6	2.9	4.8	4.2
石炭	11	30	35	21	18	15	11	4.3	1.6	0.2	2.2	-1.5	-2.7	-2.3
石油	108	189	286	283	207	133	62	44	22	1.4	3.2	-3.4	-5.8	-5.1
天然ガス	114	246	549	956	1,130	1,622	2,162	47	73	50	7.1	1.9	3.3	2.9
原子力	-	-	-	13	103	193	251	-	1.0	5.8	n.a.	25.6	4.6	10.7
水力	12	8.0	18	22	23	25	27	4.9	1.7	0.6	2.0	0.4	0.8	0.7
地熱	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
太陽光	-	-	0.1	16	151	509	1,411	-	1.2	32	n.a.	27.9	11.8	16.6
風力	0.0	0.0	0.2	3.0	59	133	213	0.0	0.2	4.9	29.4	39.4	6.6	15.9
太陽熱・海洋	-	-	-	1.2	11	26	52	-	0.1	1.2	n.a.	28.1	8.0	13.9
バイオマス・廃棄物	-	0.0	0.1	0.0	1.1	1.4	1.6	-	0.0	0.0	n.a.	51.5	1.9	15.3
水素	-	-	-	-	-	45	152	-	-	3.5	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
その他	-	-	0.0	0.2	0.2	0.2	0.2	-	0.0	0.0	n.a.	0.0	0.0	0.0

エネルギー・経済指標他

	1990	2000	2010	2021	2030	2040	2050	1990/2021	2021/2030	2030/2050	2021/2050
GDP (2015年価格10億ドル)	910	1,377	2,064	2,664	3,563	4,727	6,120	3.5	3.3	2.7	2.9
人口(100万人)	133	171	220	270	307	345	379	2.3	1.5	1.0	1.2
エネルギー起源CO_2排出(100万t)	569	948	1,553	1,862	1,987	1,663	1,188	3.9	0.7	-2.5	-1.5
一人あたりGDP (2015年価格1,000ドル/人)	6.8	8.0	9.4	9.9	12	14	16	1.2	1.8	1.7	1.7
一人あたり一次エネルギー消費(toe/人)	1.7	2.2	2.9	3.1	3.1	3.0	2.9	2.0	0.3	-0.4	-0.2
GDPあたり一次エネルギー消費[*2]	245	277	314	311	271	220	178	0.8	-1.5	-2.1	-1.9
GDPあたりCO_2排出量[*3]	625	689	752	699	558	352	194	0.4	-2.5	-5.1	-4.3
一次エネルギー消費あたりCO_2排出(t/toe)	2.6	2.5	2.4	2.2	2.1	1.6	1.1	-0.4	-1.0	-3.1	-2.5

*1 電力、熱の輸出入を掲載していないため、合計と内訳は必ずしも一致しない。
*2 toe/2015年価格100万ドル。*3 t/2015年価格100万ドル

付表80 | オセアニア[技術進展シナリオ]

一次エネルギー消費

	(石油換算100万トン[Mtoe])							構成比(%)			年平均変化率(%)			
	1990	2000	2010	2021	2030	2040	2050	1990	2021	2050	1990/2021	2021/2030	2030/2050	2021/2050
合計[*1]	99	125	144	150	141	128	125	100	100	100	1.4	-0.7	-0.6	-0.6
石炭	36	49	52	42	21	15	6.2	36	28	4.9	0.5	-7.4	-5.9	-6.4
石油	35	40	48	49	48	34	20	35	33	16	1.1	-0.2	-4.4	-3.1
天然ガス	19	24	31	40	39	32	23	19	27	18	2.5	-0.1	-2.7	-1.9
原子力	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
水力	3.2	3.5	3.3	3.4	3.7	3.8	3.9	3.2	2.2	3.1	0.1	1.2	0.2	0.5
地熱	1.5	2.0	3.3	4.9	5.0	4.9	4.9	1.5	3.2	3.9	3.9	0.2	0.0	0.0
太陽光・風力等	0.1	0.1	0.9	5.2	17	42	95	0.1	3.5	76	12.8	14.3	8.8	10.5
バイオマス・廃棄物	4.7	6.0	5.9	5.8	6.2	6.0	5.5	4.7	3.8	4.4	0.7	0.8	-0.6	-0.2
水素	-	-	-	-	-0.0	-9.5	-33	-	-	-26	n.a.	n.a.	52.6	n.a.

最終エネルギー消費

	(Mtoe)							構成比(%)			1990/2021	2021/2030	2030/2050	2021/2050
	1990	2000	2010	2021	2030	2040	2050	1990	2021	2050				
合計	66	82	90	92	96	86	75	100	100	100	1.1	0.4	-1.2	-0.7
産業	23	28	26	27	29	27	23	34	29	31	0.5	0.9	-1.0	-0.4
運輸	24	30	35	35	35	29	23	36	38	31	1.2	0.2	-2.1	-1.4
民生・農業他	15	19	23	25	25	24	22	22	27	29	1.7	0.2	-0.7	-0.4
非エネルギー消費	4.6	6.1	5.9	6.4	6.6	6.7	6.7	6.9	7.0	8.9	1.1	0.3	0.1	0.2
石炭	5.2	4.7	3.1	3.2	3.1	2.7	1.9	7.9	3.5	2.5	-1.5	-0.4	-2.4	-1.8
石油	33	40	45	47	46	36	25	50	51	34	1.2	-0.2	-3.0	-2.1
天然ガス	10	14	14	15	15	11	7.0	16	16	9.2	1.1	-0.2	-3.6	-2.6
電力	14	18	22	22	27	30	34	21	24	45	1.6	2.1	1.2	1.5
熱	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
水素	-	-	-	-	0.0	0.9	3.4	-	-	4.5	n.a.	n.a.	50.2	n.a.
再生可能	3.8	5.2	5.3	5.0	5.1	4.6	4.0	5.8	5.5	5.4	0.9	0.2	-1.2	-0.8

発電量

	(TWh)							構成比(%)			1990/2021	2021/2030	2030/2050	2021/2050
	1990	2000	2010	2021	2030	2040	2050	1990	2021	2050				
合計	187	249	298	310	372	607	1,191	100	100	100	1.6	2.1	6.0	4.8
石炭	122	176	182	144	67	31	5.5	65	46	0.5	0.5	-8.1	-11.8	-10.7
石油	3.6	1.8	6.1	4.7	2.1	-	-	1.9	1.5	-	0.9	-8.4	-100	-100
天然ガス	20	26	54	55	47	30	11	11	18	0.9	3.3	-1.6	-7.1	-5.4
原子力	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
水力	37	41	38	39	43	44	45	20	13	3.8	0.1	1.2	0.2	0.5
地熱	2.1	2.9	5.9	8.4	8.6	8.6	8.6	1.1	2.7	0.7	4.5	0.2	0.0	0.1
太陽光	-	0.0	0.4	28	85	194	457	-	9.0	38	n.a.	13.2	8.8	10.1
風力	-	0.2	6.7	27	113	284	646	-	8.8	54	n.a.	17.1	9.1	11.5
太陽熱・海洋	-	-	0.0	0.0	0.1	0.1	0.2	-	0.0	0.0	n.a.	29.1	6.5	13.1
バイオマス・廃棄物	1.6	2.0	3.5	4.1	5.4	6.1	6.7	0.9	1.3	0.6	3.1	3.0	1.0	1.6
水素	-	-	-	-	-	8.7	11	-	-	0.9	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
その他	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.2	0.0	0.0	0.0

エネルギー・経済指標他

	1990	2000	2010	2021	2030	2040	2050	1990/2021	2021/2030	2030/2050	2021/2050
GDP (2015年価格10億ドル)	658	908	1,220	1,583	1,939	2,441	3,015	2.9	2.3	2.2	2.2
人口(100万人)	20	23	26	31	33	36	38	1.3	0.9	0.6	0.7
エネルギー起源CO_2排出(100万t)	279	359	421	392	295	182	104	1.1	-3.1	-5.1	-4.5
一人あたりGDP (2015年価格1,000ドル/人)	32	40	46	51	58	68	79	1.5	1.3	1.6	1.5
一人あたり一次エネルギー消費(toe/人)	4.9	5.5	5.5	4.9	4.2	3.6	3.3	0.0	-1.6	-1.2	-1.3
GDPあたり一次エネルギー消費[*2]	150	138	118	95	73	52	42	-1.5	-2.9	-2.8	-2.8
GDPあたりCO_2排出量[*3]	424	396	345	248	152	74	35	-1.7	-5.3	-7.1	-6.6
一次エネルギー消費あたりCO_2排出(t/toe)	2.8	2.9	2.9	2.6	2.1	1.4	0.8	-0.2	-2.4	-4.5	-3.9

*1 電力、熱の輸出入を掲載していないため、合計と内訳は必ずしも一致しない。
*2 toe/2015年価格100万ドル。*3 t/2015年価格100万ドル

付表81 | 先進国[技術進展シナリオ]

一次エネルギー消費

	(石油換算100万トン[Mtoe])							構成比(%)			年平均変化率(%)			
	1990	2000	2010	2021	2030	2040	2050	1990	2021	2050	1990/2021	2021/2030	2030/2050	2021/2050
合計[*1]	4,471	5,234	5,357	5,139	4,711	4,096	3,681	100	100	100	0.5	-1.0	-1.2	-1.1
石炭	1,090	1,116	1,114	741	402	246	164	24	14	4.4	-1.2	-6.6	-4.4	-5.1
石油	1,827	2,071	1,920	1,771	1,502	988	595	41	34	16	-0.1	-1.8	-4.5	-3.7
天然ガス	827	1,135	1,285	1,508	1,269	966	664	19	29	18	2.0	-1.9	-3.2	-2.8
原子力	463	596	606	503	555	581	584	10	9.8	16	0.3	1.1	0.3	0.5
水力	100	111	112	115	125	129	132	2.2	2.2	3.6	0.5	0.9	0.3	0.5
地熱	22	25	25	39	54	63	65	0.5	0.8	1.8	1.9	3.7	0.9	1.7
太陽光・風力等	2.1	6.1	31	134	404	705	984	0.0	2.6	27	14.4	13.0	4.5	7.1
バイオマス・廃棄物	139	172	261	324	397	389	386	3.1	6.3	10	2.8	2.3	-0.1	0.6
水素	-	-	-	-	0.1	28	113	-	-	3.1	n.a.	n.a.	46.4	n.a.

最終エネルギー消費

	(Mtoe)							構成比(%)			1990/2021	2021/2030	2030/2050	2021/2050
	1990	2000	2010	2021	2030	2040	2050	1990	2021	2050				
合計	3,058	3,579	3,644	3,632	3,406	2,864	2,418	100	100	100	0.6	-0.7	-1.7	-1.4
産業	826	906	803	817	815	739	620	27	22	26	0.0	0.0	-1.4	-0.9
運輸	921	1,121	1,151	1,149	1,016	694	516	30	32	21	0.7	-1.4	-3.3	-2.7
民生・農業他	1,025	1,185	1,310	1,260	1,156	1,001	847	34	35	35	0.7	-0.9	-1.5	-1.4
非エネルギー消費	286	367	380	407	419	430	434	9.4	11	18	1.1	0.3	0.2	0.2
石炭	230	138	127	95	80	61	42	7.5	2.6	1.7	-2.8	-1.8	-3.2	-2.8
石油	1,561	1,812	1,739	1,646	1,419	965	637	51	45	26	0.2	-1.6	-3.9	-3.2
天然ガス	578	732	717	784	700	511	287	19	22	12	1.0	-1.3	-4.4	-3.4
電力	553	715	809	826	915	1,027	1,079	18	23	45	1.3	1.1	0.8	0.9
熱	48	52	66	64	58	51	41	1.6	1.8	1.7	0.9	-1.0	-1.8	-1.5
水素	-	-	-	-	0.2	38	132	-	-	5.5	n.a.	n.a.	40.0	n.a.
再生可能	89	131	185	217	234	211	200	2.9	6.0	8.3	2.9	0.8	-0.8	-0.3

発電量

	(TWh)							構成比(%)			1990/2021	2021/2030	2030/2050	2021/2050
	1990	2000	2010	2021	2030	2040	2050	1990	2021	2050				
合計	7,666	9,705	10,867	10,972	12,123	14,486	17,420	100	100	100	1.2	1.1	1.8	1.6
石炭	3,129	3,837	3,812	2,378	991	378	119	41	22	0.7	-0.9	-9.3	-10.1	-9.8
石油	667	539	274	142	45	14	0.7	8.7	1.3	0.0	-4.9	-12.0	-19.0	-16.9
天然ガス	766	1,528	2,527	3,269	2,327	1,341	562	10.0	30	3.2	4.8	-3.7	-6.9	-5.9
原子力	1,776	2,288	2,324	1,930	2,130	2,230	2,243	23	18	13	0.3	1.1	0.3	0.5
水力	1,158	1,293	1,302	1,335	1,452	1,497	1,531	15	12	8.8	0.5	0.9	0.3	0.5
地熱	23	27	37	54	75	89	92	0.3	0.5	0.5	2.7	3.9	1.0	1.9
太陽光	0.1	0.7	31	484	1,905	3,422	4,831	0.0	4.4	28	32.1	16.4	4.8	8.3
風力	3.8	29	269	944	2,425	4,024	5,547	0.1	8.6	32	19.4	11.1	4.2	6.3
太陽熱・海洋	1.2	1.1	2.1	9.3	95	224	333	0.0	0.1	1.9	6.9	29.5	6.4	13.1
バイオマス・廃棄物	121	142	257	392	641	736	804	1.6	3.6	4.6	3.9	5.6	1.1	2.5
水素	-	-	-	-	-	496	1,324	-	-	7.6	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
その他	20	22	33	35	35	35	35	0.3	0.3	0.2	1.8	0.0	0.0	0.0

エネルギー・経済指標他

	1990	2000	2010	2021	2030	2040	2050	1990/2021	2021/2030	2030/2050	2021/2050
GDP (2015年価格10億ドル)	27,230	35,871	42,356	50,940	59,864	70,870	81,906	2.0	1.8	1.6	1.7
人口(100万人)	998	1,070	1,140	1,197	1,218	1,228	1,222	0.6	0.2	0.0	0.1
エネルギー起源CO_2排出(100万t)	10,784	12,220	11,954	10,593	7,809	4,697	2,393	-0.1	-3.3	-5.7	-5.0
一人あたりGDP (2015年価格1,000ドル/人)	27	34	37	43	49	58	67	1.4	1.6	1.6	1.6
一人あたり一次エネルギー消費(toe/人)	4.5	4.9	4.7	4.3	3.9	3.3	3.0	-0.1	-1.2	-1.2	-1.2
GDPあたり一次エネルギー消費[*2]	164	146	126	101	79	58	45	-1.6	-2.7	-2.8	-2.8
GDPあたりCO_2排出量[*3]	396	341	282	208	130	66	29	-2.1	-5.0	-7.2	-6.5
一次エネルギー消費あたりCO_2排出(t/toe)	2.4	2.3	2.2	2.1	1.7	1.1	0.7	-0.5	-2.4	-4.6	-3.9

*1 電力、熱の輸出入を掲載していないため、合計と内訳は必ずしも一致しない。
*2 toe/2015年価格100万ドル。*3 t/2015年価格100万ドル

付表82 | 新興・途上国[技術進展シナリオ]

一次エネルギー消費

	(石油換算100万トン[Mtoe])							構成比(%)			年平均変化率(%)			
	1990	2000	2010	2021	2030	2040	2050	1990	2021	2050	1990/2021	2021/2030	2030/2050	2021/2050
合計[*1]	4,081	4,516	7,132	9,306	10,211	10,060	9,590	100	100	100	2.7	1.0	-0.3	0.1
石炭	1,133	1,201	2,548	3,275	3,083	2,286	1,411	28	35	15	3.5	-0.7	-3.8	-2.9
石油	1,208	1,338	1,873	2,267	2,379	2,159	1,796	30	24	19	2.1	0.5	-1.4	-0.8
天然ガス	835	933	1,449	1,979	2,255	2,407	2,269	20	21	24	2.8	1.5	0.0	0.5
原子力	62	79	113	229	433	676	866	1.5	2.5	9.0	4.3	7.3	3.5	4.7
水力	84	113	184	254	294	343	395	2.1	2.7	4.1	3.6	1.6	1.5	1.5
地熱	12	27	36	72	172	243	302	0.3	0.8	3.1	5.9	10.2	2.8	5.1
太陽光・風力等	0.5	2.1	17	157	499	1,076	1,864	0.0	1.7	19	20.4	13.7	6.8	8.9
バイオマス・廃棄物	747	823	913	1,072	1,096	925	842	18	12	8.8	1.2	0.2	-1.3	-0.8
水素	-	-	-	-	-0.1	-55	-163	-	-	-1.7	n.a.	n.a.	49.1	n.a.

最終エネルギー消費

	(Mtoe)							構成比(%)			1990/2021	2021/2030	2030/2050	2021/2050
	1990	2000	2010	2021	2030	2040	2050	1990	2021	2050				
合計	2,981	3,158	4,824	6,135	6,640	6,527	6,227	100	100	100	2.4	0.9	-0.3	0.1
産業	970	963	1,840	2,219	2,431	2,380	2,096	33	36	34	2.7	1.0	-0.7	-0.2
運輸	455	569	918	1,227	1,414	1,363	1,295	15	20	21	3.3	1.6	-0.4	0.2
民生・農業他	1,365	1,377	1,658	2,101	2,115	2,001	1,949	46	34	31	1.4	0.1	-0.4	-0.3
非エネルギー消費	191	249	408	589	680	783	886	6.4	9.6	14	3.7	1.6	1.3	1.4
石炭	521	404	934	818	719	598	467	17	13	7.5	1.5	-1.4	-2.1	-1.9
石油	844	1,043	1,521	1,965	2,122	1,975	1,685	28	32	27	2.8	0.9	-1.1	-0.5
天然ガス	367	388	627	926	983	887	700	12	15	11	3.0	0.7	-1.7	-1.0
電力	281	372	728	1,251	1,735	2,215	2,646	9.4	20	42	4.9	3.7	2.1	2.6
熱	288	196	209	283	287	256	205	9.7	4.6	3.3	-0.1	0.2	-1.7	-1.1
水素	-	-	-	-	0.0	22	83	-	-	1.3	n.a.	n.a.	46.7	n.a.
再生可能	679	755	805	892	794	574	440	23	15	7.1	0.9	-1.3	-2.9	-2.4

発電量

	(TWh)							構成比(%)			1990/2021	2021/2030	2030/2050	2021/2050
	1990	2000	2010	2021	2030	2040	2050	1990	2021	2050				
合計	4,171	5,718	10,671	17,430	24,005	31,393	40,097	100	100	100	4.7	3.6	2.6	2.9
石炭	1,301	2,158	4,862	7,874	7,863	5,293	2,350	31	45	5.9	6.0	0.0	-5.9	-4.1
石油	650	645	689	580	408	273	160	16	3.3	0.4	-0.4	-3.8	-4.6	-4.3
天然ガス	982	1,244	2,329	3,287	4,505	6,320	7,557	24	19	19	4.0	3.6	2.6	2.9
原子力	236	303	432	878	1,662	2,594	3,322	5.7	5.0	8.3	4.3	7.3	3.5	4.7
水力	981	1,319	2,145	2,958	3,419	3,985	4,597	24	17	11	3.6	1.6	1.5	1.5
地熱	13	25	31	42	126	175	221	0.3	0.2	0.6	3.9	13.0	2.9	5.9
太陽光	0.0	0.1	1.4	536	2,737	6,376	11,628	0.0	3.1	29	47.7	19.9	7.5	11.2
風力	0.0	2.8	73	920	2,530	5,294	8,667	0.0	5.3	22	38.7	11.9	6.4	8.0
太陽熱・海洋	0.0	0.0	0.0	6.3	51	150	344	0.0	0.0	0.9	24.5	26.2	10.0	14.8
バイオマス・廃棄物	8.5	21	105	343	700	864	1,026	0.2	2.0	2.6	12.7	8.3	1.9	3.9
水素	-	-	-	-	-	66	221	-	-	0.6	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
その他	-	0.5	2.4	4.3	4.3	4.3	4.3	-	0.0	0.0	n.a.	0.0	0.0	0.0

エネルギー・経済指標他

	1990	2000	2010	2021	2030	2040	2050	1990/2021	2021/2030	2030/2050	2021/2050
GDP (2015年価格10億ドル)	8,685	12,357	22,418	35,497	49,883	73,163	102,141	4.6	3.9	3.6	3.7
人口(100万人)	4,288	5,065	5,820	6,681	7,293	7,927	8,457	1.4	1.0	0.7	0.8
エネルギー起源CO_2排出(100万t)	9,102	10,092	17,615	21,990	21,779	17,050	11,069	2.9	-0.1	-3.3	-2.3
一人あたりGDP (2015年価格1,000ドル/人)	2.0	2.4	3.9	5.3	6.8	9.2	12	3.2	2.8	2.9	2.9
一人あたり一次エネルギー消費(toe/人)	1.0	0.9	1.2	1.4	1.4	1.3	1.1	1.2	0.1	-1.0	-0.7
GDPあたり一次エネルギー消費[*2]	470	365	318	262	205	138	94	-1.9	-2.7	-3.8	-3.5
GDPあたりCO_2排出量[*3]	1,048	817	786	619	437	233	108	-1.7	-3.8	-6.7	-5.8
一次エネルギー消費あたりCO_2排出(t/toe)	2.2	2.2	2.5	2.4	2.1	1.7	1.2	0.2	-1.1	-3.0	-2.4

*1 電力、熱の輸出入を掲載していないため、合計と内訳は必ずしも一致しない。
*2 toe/2015年価格100万ドル。*3 t/2015年価格100万ドル

スライド

第445回 定例研究報告会

IEEJ Outlook 2024

エネルギー・環境・経済

エネルギー転換への多様な道筋をどう実現するか

2023年10月20日, 東京

日本エネルギー経済研究所

IEEJ Outlook 2024

IEEJ © 2023年10月 禁無断転載

第1部
2050年までの世界エネルギー需給見通し

一般財団法人日本エネルギー経済研究所

計量分析ユニット　計量・統計分析グループ
遠藤　聖也

IEEJ Outlook 2024 とは

- 2050年までの世界全体のエネルギー需給の定量的な見通し。
- 技術・政策等の進展・動向について2つのシナリオを設定。

【レファレンスシナリオ】
現在までのエネルギー・環境政策等を背景とし、これまでの**趨勢的な変化**が継続。
※政策・技術等の現状固定を意味するものではない

【技術進展シナリオ】
エネルギー安定供給の確保や気候変動対策の強化に向けた政策等が強力に実施され、**適用機会や受容性を踏まえ最大限に導入**。

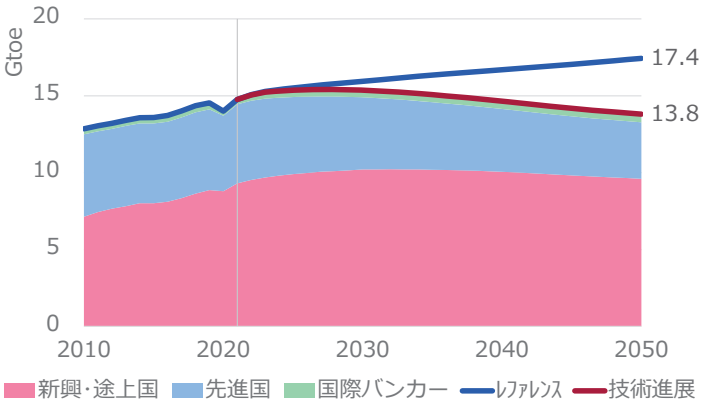
- 計量経済モデルなどを駆使したフォアキャスト型の分析。

フォアキャスト型：現在を出発点とし、各種前提のもと「どうなるか？」を推計。
（参考）バックキャスト型：将来目標（排出量など）を定め、その実現のために「どうすべきか？」を描く。

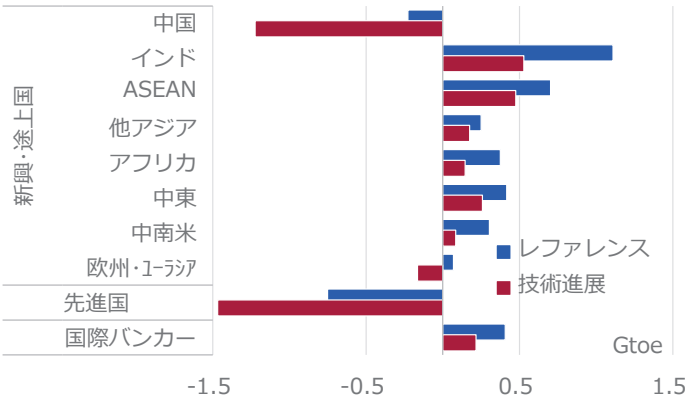
IEEJ © 2023

需要増加の中心は先進国・中国から他アジア・中東・アフリカへ

一次エネルギー需要の見通し



一次エネルギー需要の増減量(2021-2050年)

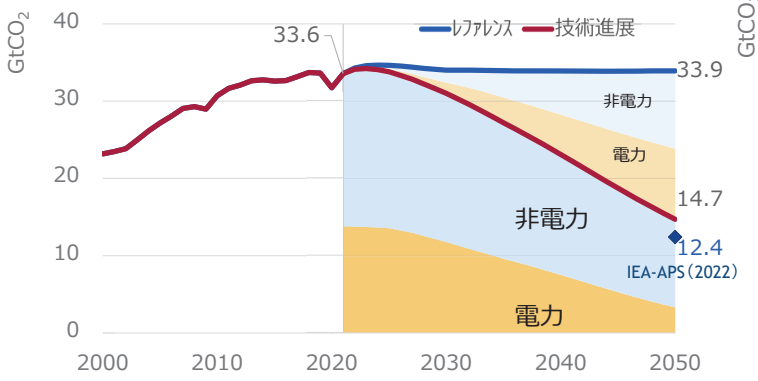


- (**レファレンス**)
需要は足元の増加ペースを継続。先進国・中国は需要が減少する一方、他新興・途上国が増加を牽引。
- (**技術進展**)
世界全体で2050年には足元の需要水準を下回る。新興・途上国も2030年代で需要が頭打ちに。ただし、新興国の需要減少は主に中国であり、インド、ASEAN、中東、アフリカの増加基調は継続。

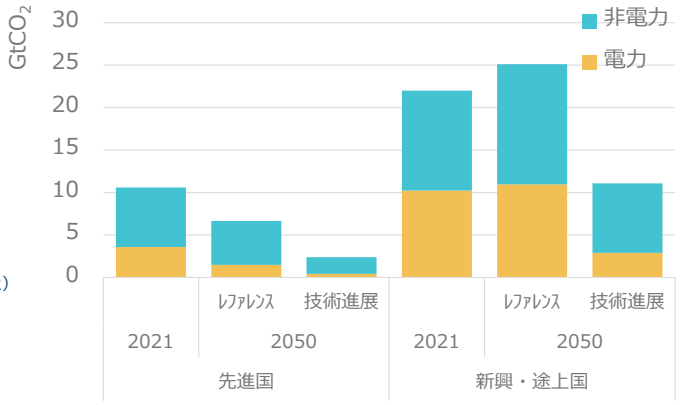
IEEJ © 2023

電力は脱炭素化に近づく。非電力がカーボンニュートラルへの難題に

エネルギー起源CO_2排出量の見通し



地域別CO_2排出量の見通し



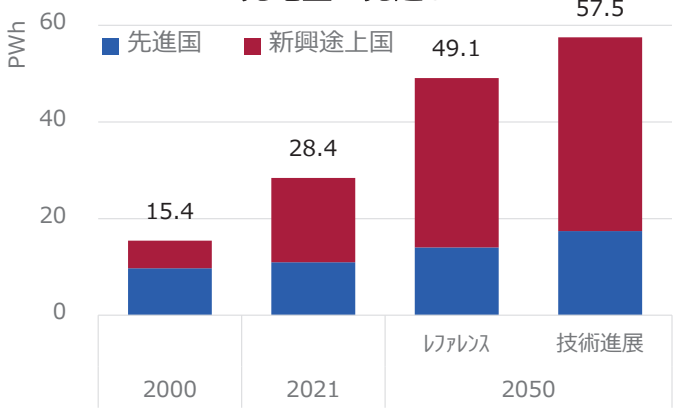
- （**レファレンス**）需要増加と排出原単位の低下が相殺しほぼ横ばいで推移。
- （**技術進展**）
  2020年代にピークアウトし、2050年には14.7GtCO_2（2021年比56%減）まで減少。各国の政策目標実現を織り込んだIEA-APSシナリオに近い水準。特に電力部門の排出削減割合が大きく足元の1/4以下に。しかし、カーボンニュートラル実現は道半ばであり、非電力部門、新興・途上国での脱炭素化が引き続き課題。

IEEJ © 2023

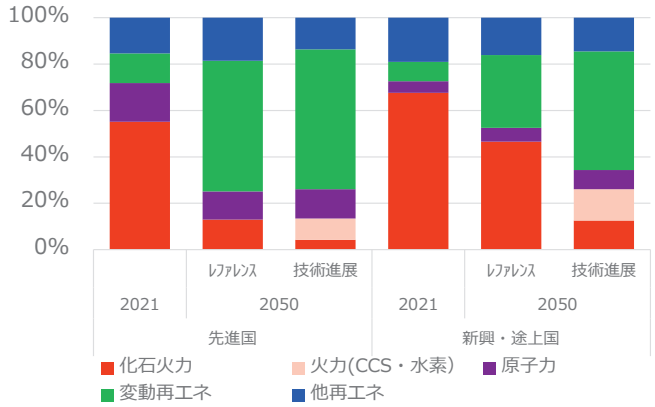
*IEA-APS: IEA “World Energy Outlook 2022” (2022年10月) より、Announced Pledges Scenario（各国が表明した政策目標が実現した場合）の推計。工業プロセス分を含む。

発電量は2050年に現在の1.7～2倍。
再エネが著しく増加、新興途上国では火力も重要。

発電量の見通し



電源構成割合（発電量[kWh]ベース）



- (**レファレンス**) 発電量は足元の1.7倍に増加。その大半は新興・途上国だが、先進国も電化進展に伴い増加。
- (**技術進展**)
  発電量は足元の2倍に増加。電化進展に加え、グリーン水素用需要が押し上げ。先進国、新興・途上国の電源構成は大きく変化し、技術進展ケースでは電源の約85%が脱炭素電源。その過半を占める変動再エネに対応した需給安定化対策が課題。新興・途上国においてはトランジションの過程で化石火力が一定程度残る。

IEEJ © 2023

再エネ容量は2030年に倍以上。導入加速には制約への対処が課題。

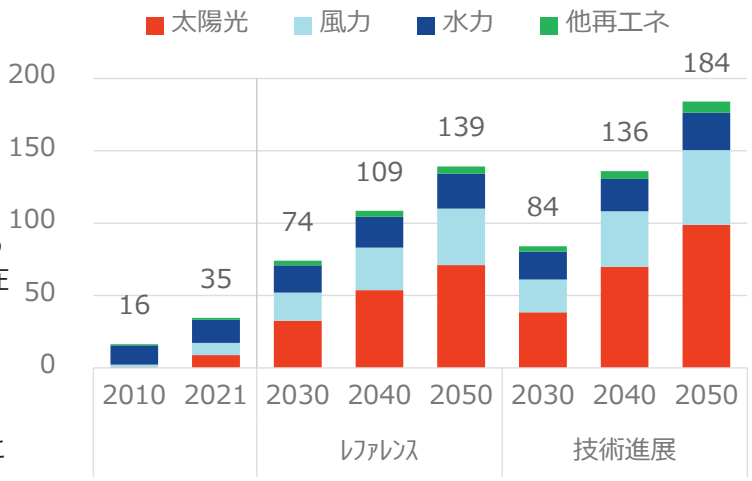
- 2022年の再エネ設備容量増加は、年間3億kW以上と従来の倍に近いペース。
- この趨勢が継続し、2030年の再エネ設備容量は2021年の2.0~2.4倍と見込まれる。
- 2030年以降も両シナリオで増加が進む。

レファレンスでは、導入の進展に伴い条件の悪い地域［設備利用率低、遠隔地等］にも設置する必要が生じるため、増加ペースはやや減速。それでも容量（2050年）は現在の4倍。

技術進展では導入が加速し、現在の5.4倍の容量に。

特に太陽光・風力の設備容量合計が現在の10倍近くとなり、出力変動への効果的な対応がさらに重要となる。日間、季節間貯蔵の両方が不可欠であり、電力貯蔵手段の大幅な拡充（揚水、系統増設、蓄電池など）や火力設備の確保（特にCCS付あるいは水素等）が求められる。

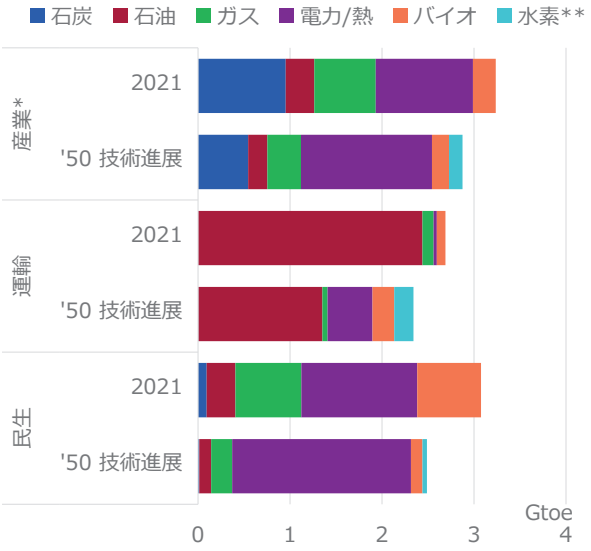
再エネ設備容量の見通し［億kW］



IEEJ © 2023

最終需要：進む電化・水素化と、残る化石燃料の役割

最終需要（技術進展シナリオ）



*産業は高炉含む　　**水素はアンモニア、合成燃料含む

- 産業

電化が進むも、高い温度帯の熱需要においては代替が難しいことから化石燃料が残る。特に鉄鋼、セメント中心に石炭需要は根強い。水素製鉄は先進国中心に導入。

- 運輸

需要の大部分を占める自動車で、 ZEV（EV+水素FCV）の導入が進展。乗用車保有台数の60%、トラック・バスの47%を占める。

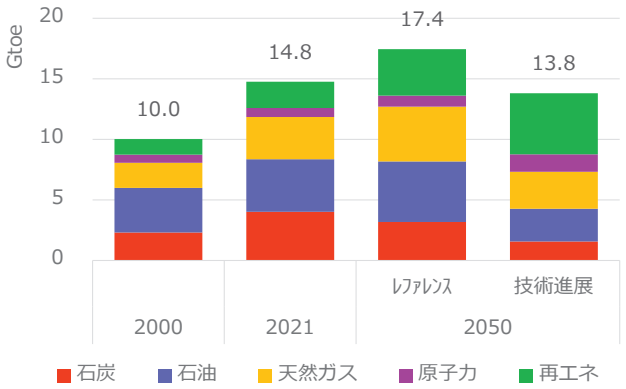
- 民生

家庭・業務ともに電化が大きく進み、電源の脱炭素化と合わせて排出削減。途上国では薪や家畜排泄物など伝統的バイオマスから転換。

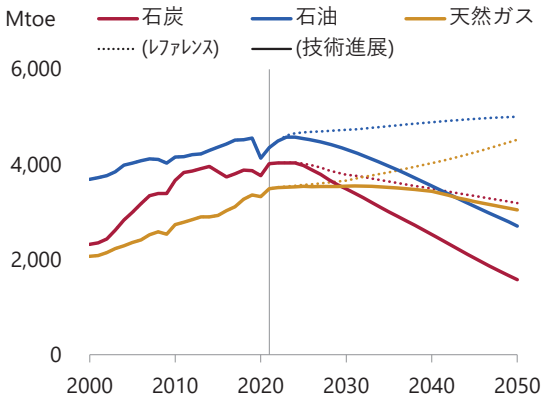
IEEJ © 2023

石油・ガスの一次供給はレファレンスで増加、技術進展では減少

一次供給の見通し



化石燃料一次供給の推移



- (**レファレンス**)
  2050年には一次供給全体で足元の1.2倍に増加。一次供給のうち73%が化石燃料。ただし、石油は1.2倍、ガスは1.3倍に増加する一方、石炭は0.8倍と減少。
- (**技術進展**)
  2050年でも一次供給の半分程度（53%）は化石燃料。石油・石炭は主に運輸・発電用需要の減少から2020年代にピーク。ガスは2030年代に概ね横ばいで推移したのち2040年手前より減少基調に。供給能力の維持が課題。

IEEJ © 2023

まとめ

- 中国のエネルギー需要は2030年ごろにピークを迎え減少に転じる。他方、インド・ASEAN・中東・アフリカが両シナリオにおいてエネルギー需要を牽引。
- レファレンスシナリオのCO_2排出量はほぼ横ばい、技術進展の場合でもカーボンニュートラル実現は道半ば。さらなる削減のためには、非電力部門・新興途上国における排出量削減が難題。
- 発電量は、経済成長や電化に加えて、グリーン水素用需要の押し上げなどにより、足元の2倍程度に増加。とりわけ変動再エネの拡大は当面続く見込みであることから、電力貯蔵や火力（CCS付/水素）による需給安定への取り組みが極めて重要。
- 2050年でも一次供給に占める化石燃料の割合は、レファレンスシナリオ、技術進展シナリオでそれぞれ73%、53%と依然高い水準。消費効率改善やCCS導入などCO_2排出量削減に向けた取り組みとともに安定供給確保が引き続き必要。

IEEJ © 2023

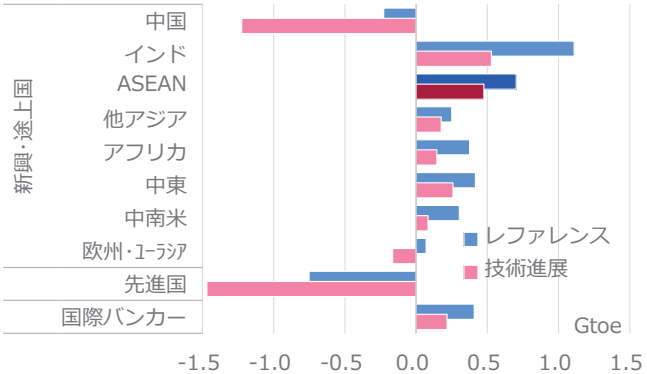
トピック：
ASEAN諸国のエネルギートランジションに向けた道筋

計量分析ユニット　計量･統計分析グループ
遠藤　聖也

IEEJ © 2023

ASEANのエネルギー需要増加は顕著、排出削減は大きな挑戦

一次エネルギー需要の増減量(2021-2050年)



ASEAN諸国のカーボンニュートラル目標表明

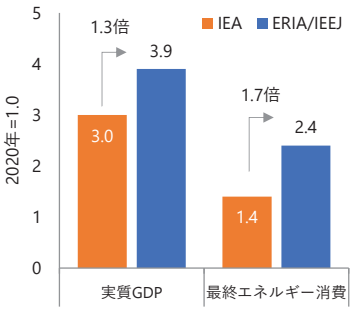
地域	表明内容
ブルネイ	表明なし
カンボジア	2050年カーボンニュートラル（長期戦略、2021年12月）
インドネシア	2060年あるいはそれ以前にネットゼロ（長期戦略、2021年7月）
ラオス	2050年カーボンニュートラル（気候野心同盟）
マレーシア	2050年カーボンニュートラル（首相表明、2021年9月）
ミャンマー	2050年カーボンニュートラル（気候野心同盟）
フィリピン	表明なし
シンガポール	2050年ネットゼロ（長期戦略、2022年11月）
タイ	2050年カーボンニュートラル、2065年ネットゼロ（首相表明、2021年11月）
ベトナム	2050年カーボンニュートラル（首相表明、2021年11月）

- ASEANは今後も著しい経済発展を遂げる中、工業化やエネルギーアクセスが進展することで世界のエネルギー需要増加の中心に。
- COP26以降、8カ国が2050年又は2060年までのカーボンニュートラル（CN）目標を表明。エネルギー供給を拡大しつつCO_2排出量を抑えることは難易度の高い挑戦。
- 経済発展とCNの両立のため、排出削減を目指しつつ、エネルギー転換を最小コストで実施していくことが必要。

IEEJ © 2023

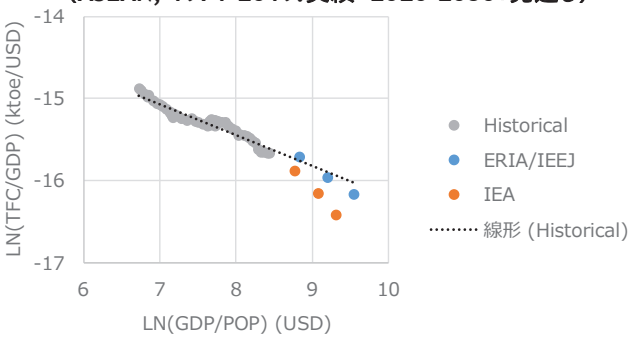
今後の経済成長と省エネの進展をどう見るかにより、将来のエネルギー需要の予測には大きな差が生じる

実質GDP,最終エネルギー消費
（2050年ASEAN, IEAとERIA/IEEJの比較）



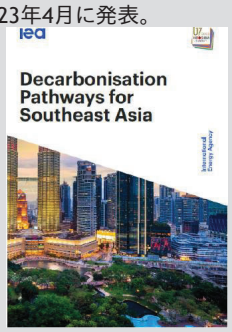
出所：IEA, Decarbonization Pathways for Southeast Asia(2023)より作成

一人あたりGDPとエネルギー消費原単位
（ASEAN, 1971-2019:実績 2020-2050:見通し）



出所：IEA, Decarbonization Pathways for Southeast Asia(2023) , IEA, World Energy Balancesより作成

IEAは、自身とERIA/IEEJの見通しを比較したレポートを2023年4月に発表。



- IEAとERIA/IEEJは、それぞれASEANのCNに向けたシナリオを作成。（バックキャスト型シナリオ）
- ERIA/IEEJのASEANエネルギー需要は、2050年時点でIEAの1.7倍。

要因①　2050年までのGDP成長率の想定：IEAは過去の世界のマクロ経済統計の傾向から成長率を推計、ERIA/IEEJは各国自身の公表する成長見通しを重視。結果、2050年のGDPには1.3倍の差。

要因②　省エネ想定：経済成長に応じたGDP当たりの最終エネルギー消費の変化は、ERIA/IEEJが過去のトレンドで推移、IEAはこれまでのおよそ2倍のペースで低下。

詳細はIEA,ERIA/IEEJを比較したIEAレポートを参照。IEA, Decarbonization Pathways for Southeast Asia, 2023
https://www.iea.org/reports/decarbonisation-pathways-for-southeast-asia

IEEJ © 2023

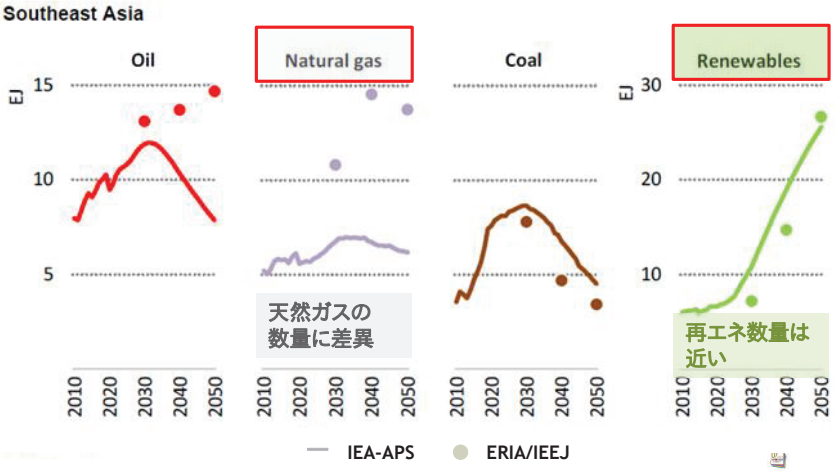
需要規模に応じて最適なエネルギーミックスは異なる

- **需要規模に応じて将来の望ましいエネルギーミックスが変わる**。 IEAとERIA/IEEJのシナリオでは、再エネ導入量は近いが、再エネ割合、ガス需要に大きな差異。

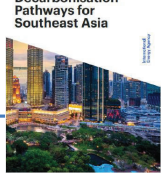
- **IEA**　需要水準が低位であるため、天然ガスの供給を抑えつつ、再エネ増+電化で多くを賄う将来像を描くことができる。
  再エネは電源全体の80%程度を占める。

- **ERIA/IEEJ**　高い需要水準に対応するため、IEAと同等の量の再エネ導入だけでなく
  ①当面は化石燃料の利用拡大(特に天然ガス)
  ②長期的には水素、CCSによる脱炭素化、DACCS・BECCSによるCO2除去
  を見込む。電源の再エネ割合は60%程度。

ASEAN 一次エネルギー需要(IEA,ERIA/IEEJの比較)



出所：IEA, Decarbonization Pathways for Southeast Asia,(2023)



IEEJ © 2023

分析枠組み：コスト最適なエネルギーミックスを求める

- ERIA/IEEJの需要増加を満たしつつ、ASEAN各国のCN目標を最も小さなコストで達成しうるエネルギーミックスを求め、現実的なエネルギートランジションの指針とする。（**最適**ケース）
- 同じ需要増加の下、シナリオ上重要な要素である①再エネ、②天然ガスについて、敢えて**最適**ケースから逸脱した場合として3ケース（**RE40**:再エネ低位/ **RE80**:再エネ高位/**ガス上限**:ガス供給制約）を試算。

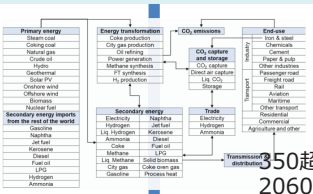
*分析にはIEEJ-NEモデルを使用。約350のエネルギー技術を組み合わせ、最も総コストが小さくなるエネルギーミックスを求める技術選択モデルである。地理情報システムを活用し、気象、土地利用条件を踏まえて再エネの稼働率を推計。

ケース想定

ケース	再エネシェア（電源構成,2040年以降）	天然ガス一次供給	CN達成年
最適	**制約なし（60%程度）**	**制約なし**	2050/2060 ※各国目標に応じ設定
ガス上限	制約なし	**2019年横ばい**	
RE40	**40%**	制約なし	
RE80	**80%**	制約なし	

IEEJ-NEモデル

入力:
- CO_2排出目標　- エネルギー需要
- コスト、効率　- 気象条件（日照・風速・土地利用条件）…etc.



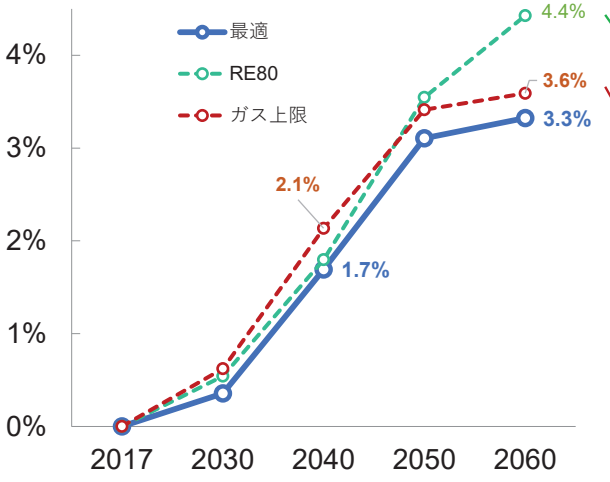
350超の技術を想定
2060年までシミュレーション

出力：
排出目標を達成する中で、コスト最小となるエネルギーミックス
最終需要、電源構成、一次供給、コスト　…etc.

IEEJ © 2023

再エネ割合増加は長期的な、ガス制約は中期的な削減コスト増を招く

CO_2削減コスト*（ASEAN全体・GDP比）



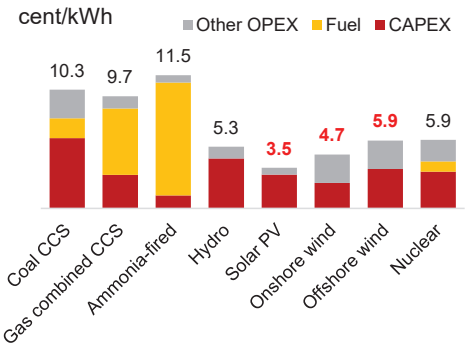
- 2060年CN達成のためのCO_2削減コストは**最適**ケースでもGDPの3.3%に相当する5,700億米ドル/年となる。最適ミックスが実現しない場合、さらに削減コストが上昇。
  - **RE80**（再エネ高位）：2060年時点のコストは同4.4%に上昇。特に2050-2060年の上昇が大きい。
  - **ガス上限**：2030～2040年の転換期におけるコスト増分が特に大きい。裏を返せば、転換期における天然ガス供給の拡大がコスト低減に大きく寄与する。
- 期間内（2021-2060年）累積の費用では、**最適**で10.7兆ドル、さらに**RE80**で2.5兆ドル、**ガス上限**で1.3兆ドルが追加で必要。

＊エネルギー供給に係る総コスト（資本費、燃料費、設備運転維持費など）について、排出削減を行わないベースラインケースとの費用差。将来のGDPはERIA, Energy Outlook and Energy Saving Potential in East Asia 2020(2021)を参考に推計。金額はすべて2017年（基準年）実質ドル。

IEEJ © 2023

再エネの発電単価は他電源より小さくなる見通しだが、大量導入には追加的コストが生じる

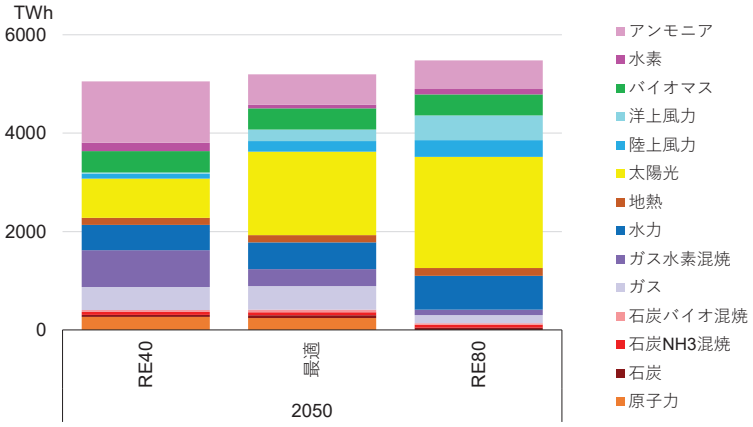
発電コスト見通し（2050年・タイ）



出所）Danish Energy Agency (2021), IEA(2022)等をもとに弊所推計

注）発電設備そのものの費用であり、発電設備外のコスト、例えば系統整備や需給調整にかかるものは含まず。

発電電力量（ASEAN全体）

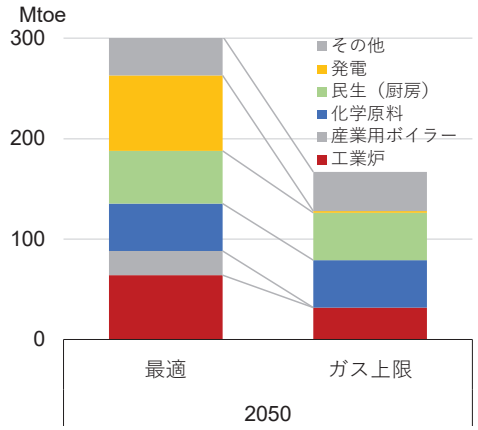


- 再エネ設備単体の発電コスト（LCOE）は2050年にはゼロエミッション電源の中で相対的に低位となることが見込まれる。そのため、導入が低位になる場合は発電コスト増加。［RE40］
- 他方、［RE80］程度まで変動再エネ（太陽光・風力）を増やす場合、気象や地形の条件の悪い地域にも導入する必要が生じる他、出力変動への対応（蓄電池など）のため統合コストが嵩み、システム全体のコスト増を招く。

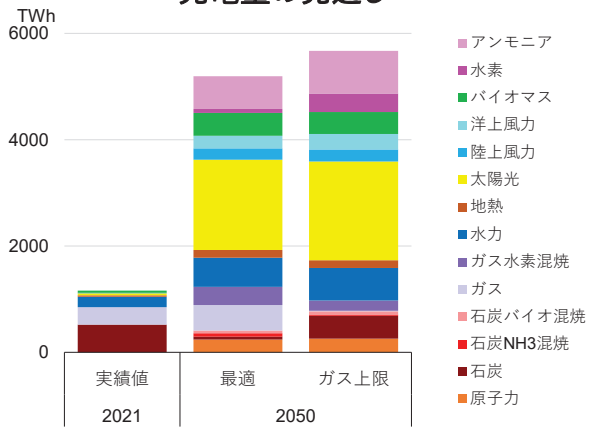
IEEJ © 2023

ガスは転換期において、産業の熱需要、発電部門で重要な役割

天然ガス需要の見通し



発電量の見通し

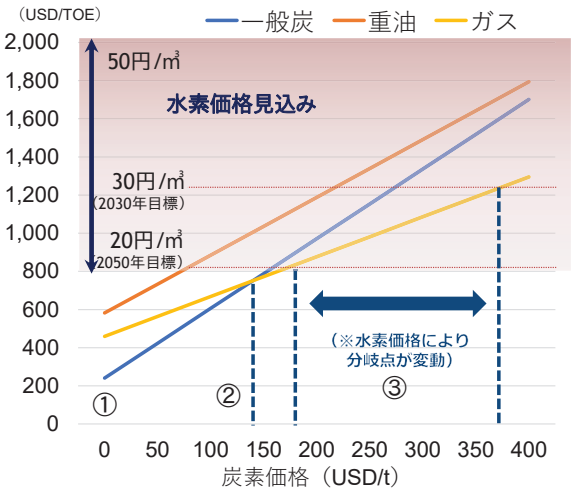


- **最適ケース**では、天然ガスは、主に電化の難しい工業炉の燃料として役割を果たす。**［ガス上限］**の場合はこの需要をCO_2排出量の大きい石油・石炭で埋め合わせ、他の分野でよりコストの高い排出削減を行う必要。
- **最適ケース**では発電部門でもガス火力が導入され、主に需給調整手段として太陽光・風力の出力変動を補う。**［ガス上限］**の場合は排出の多い石炭、単価の高い水素の導入、再エネの拡大（→条件の悪い地域への設置）が必要となる。

IEEJ © 2023

カーボンニュートラルへの道筋で、ガスは化石燃料の中で競争力を持ちうる

熱量当たり燃料価格（炭素価格含む）



出所）技術進展シナリオ，2050年の価格想定をASEAN向けに補正。

- 電化の難しい需要部門においては、低コストの水素供給が実現するまでの期間で化石燃料利用が続くと見込まれる。燃料間のコスト優劣は以下のように変わる。

  ①燃料単体の熱量あたり価格は石炭が最も小さい。重油、ガスの関係は近い水準。

  ②ASEANがCNに向かう中では、炭素排出に何らかの外部コストが付帯することが見込まれる。このような炭素価格が150ドル/t程度まで上昇すると、ガスの熱量当たりコストが最も小さくなる。

  ③炭素価格が著しく上昇、かつ水素価格20円/㎥程度まで低減するとガス価格を下回る可能性がある。ただし、この達成には長い時間を要すると見込まれ、またその分岐点には不確実性がある。

- ガスは炭素価格が②と③の間になるような転換期で、競争力を持つ燃料になりうる。

本分析から算出されるMAC（限界削減費用）は2040年200$/t-$CO_2$,2050年370$/t程度で、ガス利用が一定の優位性を持つ水準。

*限界削減費用：それぞれの年において、CO2を排出目標から追加で1単位削減する場合に生じる費用。理論上は排出目標達成に必要な炭素価格の水準とみなすことができる。

IEEJ © 2023

まとめ

- 経済発展の著しいASEANは今後の世界のエネルギー需要増加の中心であり、この地域における排出削減が世界全体の脱炭素化の成否に影響。他方、経済成長とCNの両立のためにはエネルギー転換のコスト抑制が必須で、経済合理的なエネルギーミックスを追求すべき。

- 今後の経済成長やエネルギー効率改善をどう見るかにより、将来のエネルギー需要の予測には大きな差が生じる。エネルギー需要の総量によって目指すべきエネルギーミックスは大きく変わるため、再エネの「比率」に注目するだけでは十分でない。

- 再エネの発電コストは、ゼロエミッション電源の中で低位になると見込まれ、有望な電源となる。ただし適地には限りがあること及び適地を超えて普及を図ればコスト上昇の可能性があることにも留意が必要。また、変動再エネが電源の大部分を占める場合は需給安定化のための統合コスト（蓄電池等）増加を招く。需要や気象条件、土地制約に応じて最適な数量を見極める必要がある。

- ガスは主に産業の排出削減（特に電化の難しい高温の熱需要）および電力の需給調整で役割を果たす。特にゼロエミッションに向かう転換期の排出削減において経済合理的な燃料となりうる。ガス市場安定とそのための供給能力拡大はエネルギー転換コスト低減に貢献する。

IEEJ © 2023

IEEJ ©2023

IEEJアウトルック　2024
LNG・天然ガスの役割発揮に向けて

2023年10月20日
一般財団法人日本エネルギー経済研究所

資源・燃料・エネルギー安全保障ユニット
上級スペシャリスト　橋本　裕

本報告要点

- ✓ **LNG・天然ガス安定供給に必要な新規投資**
  - 天然ガス生産部門の必要累積投資額（2022-2050年）
    レファレンスシナリオ(REF): 9.8兆ドル、技術進展シナリオ(ATS): 7.0兆ドル
  - REFで 1800万トン/年、ATSで 800万トン/年程度のLNG生産設備の追加が必要となる
  - 既建設決定分の実現にも不確実性があり、実現しない・遅延などの可能性にも留意すべき
- ✓ **LNG生産プロジェクトのコスト傾向、日本向けLNG調達の課題**
  - 供給チェーン支障・ロシア戦争・インフレに伴い、建設遅延や全体としてのコスト上昇
  - 同時に、小・中規模液化設備の技術革新、モジュラー方式によるコスト削減努力も顕在化
  - 日本の2030年代以降の必要LNG調達の確保に向けて、内外企業間の共同購入・融通など調達提携、大手買主・商社の準ポートフォリオプレイヤー化、調達構成最適化を検討すべき
- ✓ **LNG輸送長距離化と輸送合理化ニーズ**
  - パナマ運河拡張利便性向上・ボトルネック発生、LNG輸送長距離化中、輸送合理化が重要
- ✓ **G7・LNG産消会議で示されたLNG役割明確化・セキュリティ強化の必要性**
  - エネルギー転換において認められる「Abatedな」LNGの基準確立が重要
  - 非加盟国対話も含めIEAガスセキュリティ機能強化、生産国・消費国との対話強化期待
- ✓ **LNG市場安定化への長期的要因および課題**
  - 適切な長期契約確保とLNG供給力確保に予断は禁物
  - LNG生産プロジェクトの資金ニーズに対応する多様な金融手段が必要
  - 途上国市場も含めた買主のすそ野拡大を踏まえ、国内外買主間の連携の構築が有効

IEEJ© 2023

LNG需要純増分、既存LNG生産設備・原料ガス田老朽化代替で投資必要

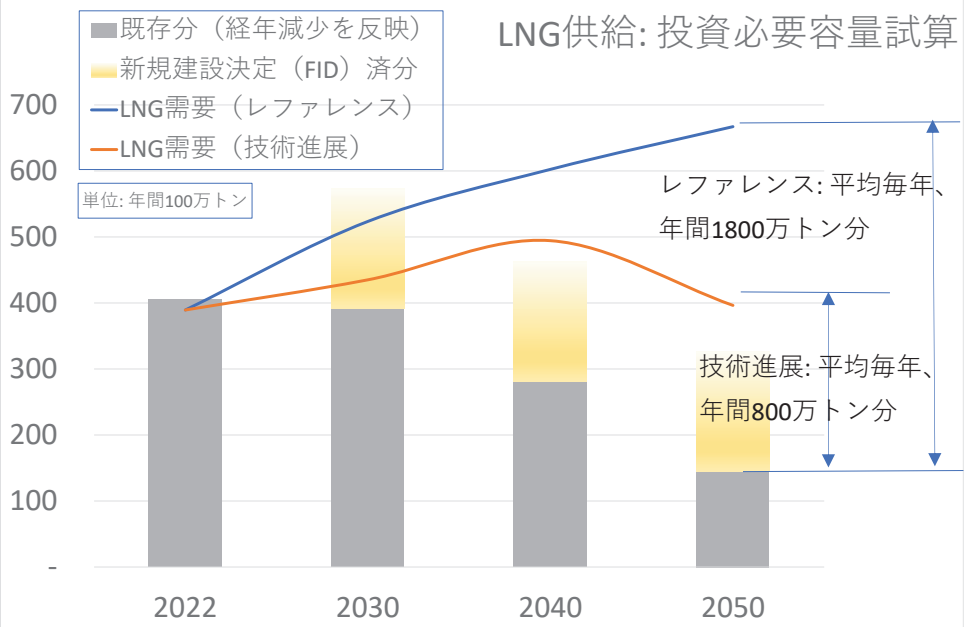
2050年まで、800～1800万トン/年のLNG投資が必要

なお、「投資が必要な生産容量」とは、

- ✓ = 見通し上のLNG需要量と、経年により減少する既存生産容量の差。これには以下を含む

1. 新規プロジェクト投資
2. 代替供給（バックフィル）用の新規ガス田投資
   （1-2中、黄色スタックは既決定分）
3. 原料ガス田生産減少分補完
4. 既存LNG液化等の設備若返り改修

- ✓ 既建設決定分（黄色スタック）の実現にも、不確実性があり、実現しない・遅延などの可能性に留意すべき



IEEJ© 2023

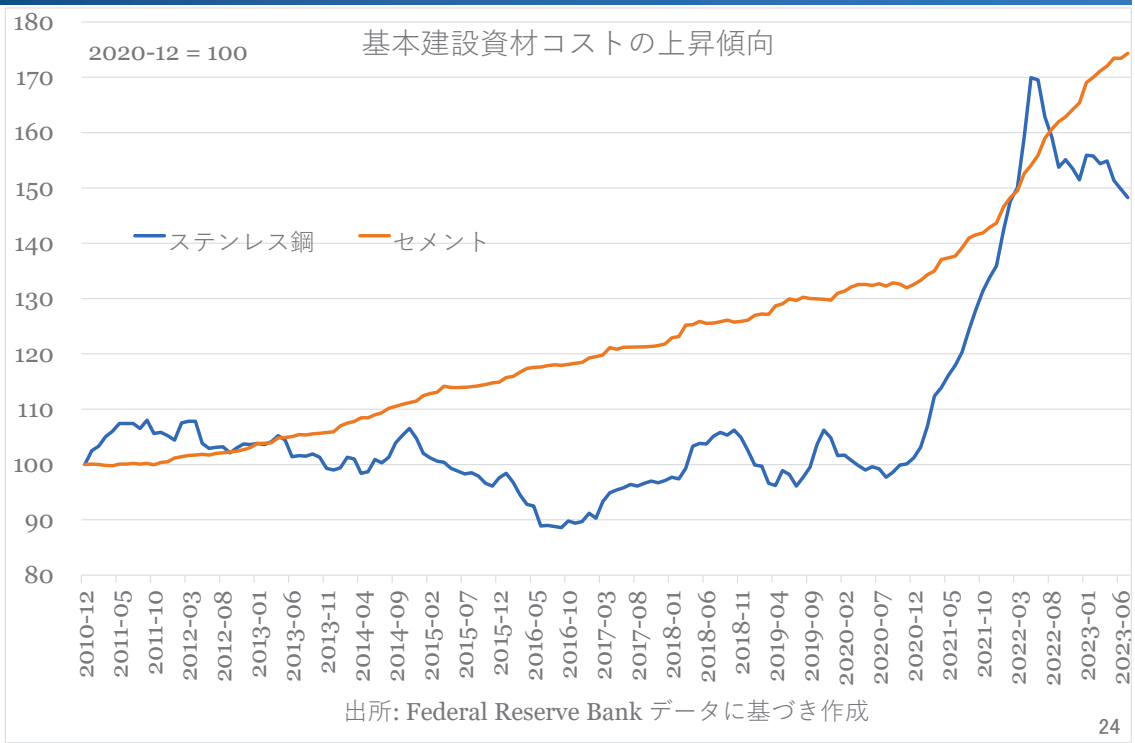
LNG生産プロジェクトのコスト傾向

	主要動向	コストダウン要因、プロジェクト推進要因
2010-2014	• 日本、中国を含む北東アジアLNG需要急増を受け、豪LNG生産プロジェクト開発ブーム、プロジェクト建設活動集中に伴う高コスト化	• 当時のLNG生産プロジェクト開発の主流である豪州の高コスト傾向が、他地域での開発の現実性を覚醒させる効果につながった
2015-2020	• LNG生産プロジェクト開発の中心地が米国に移り、LNG原料向けの上流部門、液化部門ともコスト増加ペースが相対的に低下 • 米国産LNGの原料ガスコストは、米国ガス消費市場と同じネットワークを通じて供給されるガスであり、絶対的に安価なガスではないが、長期的安定性を期待	• 米国LNG輸入基地利用低迷に伴い、インフラストラクチャー設備をLNG輸出設備の開発に転用できたこともコストダウン要因 • 米国ガス生産部門・原料ガス輸送部門が総じて分離していることも、リスク低減・コスト低下要因 • 他地域含め、浮体液化（FLNG）方式も遠隔ガス田開発では競争力あるオプションとして普及拡大
2021-2023	• パンデミックによるロジスティックス障害に伴い、建設遅延、結果としてコスト上昇が発生 • ロシア・ウクライナ戦争に伴う全般的なコスト上昇（インフレ高進） • 投資決定後のLNG生産プロジェクトのホスト国による不安定要因による建設遅延	• 小規模・中規模液化設備の技術革新によるコスト低下 • LNG生産プロジェクト裾野・全体規模拡大に伴う、モジュラー方式（同一設計の繰り返し適用）拡大によるコスト低下 • ロシア産ガスからのフェーズアウトの動きにより、他地域でのLNG生産プロジェクト開発の促進へ
	• 鋼材・コンクリート等の基礎素材コスト上昇 • 資金調達コスト上昇（ゼロ金利の終わり） • CCS・電化（再生可能エネルギー）コスト	• 2020年代後半のLNG市場機会を競い合う生産プロジェクト各社は、コストダウンに取り組む

IEEJ© 2023

資材コストの上昇による、LNG生産プロジェクト建設コストへの影響懸念

- ✓ 特に2021年後半以降に、鋼材、セメント等の建設資材コストの上昇傾向が高まっている
- ✓ LNG生産プロジェクト建設コストへの影響が懸念される

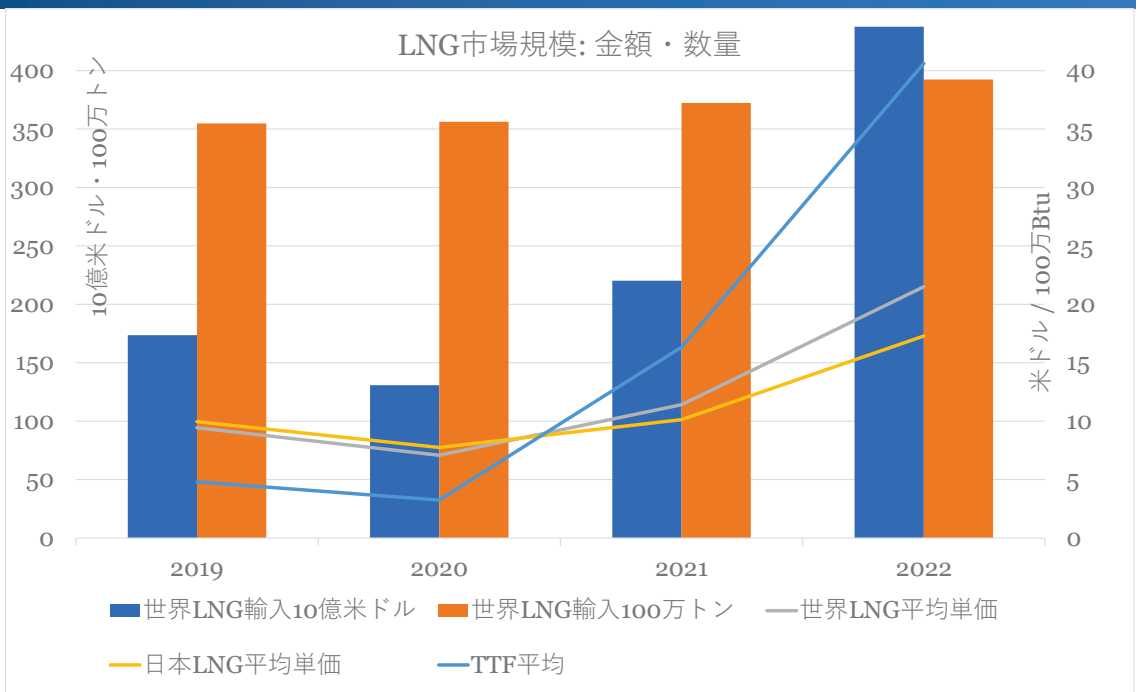


出所: Federal Reserve Bank データに基づき作成

IEEJ© 2023

価格激変により、LNG市場規模は、数量面の成長以上に変動・大幅拡大

- ✓ 2022年は、LNG市場は数量面でも堅調な拡大
- ✓ しかし、市場規模は金額面では前年比倍増（金額が激減した2020年と好対照）
- ✓ 2023年は、LNG価格下落で金額面で市場規模は低下する見込み



出所: GIIGNL, Global Trade Atlas, Trade Statistics, ICEデータに基づき作成

IEEJ© 2023

投資決定後のリスク: LNG生産プロジェクトでの事例

	現状	今後の注目点
モザンビーク	• FLNG設備は2022年輸出開始 • 陸上プロジェクト第1プロジェクト、建設開始後に政情不安で建設停止、完成は2年以上遅延	• 陸上第1プロジェクト、セキュリティ回復・建設コスト上昇分の吸収が課題。コントラクターとの交渉次第で再入札・日程さらに延期可能性
ロシア Arctic LNG 2	• 第1モジュール完成、以降第2、3モジュールが予定通り完成できるか	• 制裁制約下で技術困難
モーリタニア・セネガル沖 Greater Tortue Ahmeyim FLNG	• FLNG生産設備完成遅延で稼働開始は2024年第1四半期へと遅延	• コストは投資決定時より10%程度超過見込み
豪 Barossa ガス田	• 2023年中に掘削再開できれば、2025年上半期供給開始目標維持 • コスト見通しも維持	• 掘削再開が遅延すれば、既存 Darwin LNG 停止期間が長期化する • 予定通りでも、コストは増加可能性
豪 Scarborough ガス田	• 2026年LNG生産開始、コスト見通しを維持 • 環境団体より手続き面にチャレンジ	• 環境問題手続き遅延により、パイプライン敷設開始に遅延可能性
豪州その他プロジェクト	• GHG排出削減を課すセイフガードメカニズム実施に関する不確実性 • 操業プロジェクトに労働争議リスク	• プロジェクト稼働初日からのGHGネットゼロ義務が新規案件の制約につながる可能性 • LNG生産プロジェクトにて争議が発生しない対策が必要

IEEJ© 2023

LNG生産プロジェクトの「グリーン化」

	動力の電化・電力のグリーン化	CCS
全般	• 液化プロセスの完全電化 • 操業信頼性向上・メンテナンスコスト低下 • 液化効率向上、GHG排出管理向上、ガス消費削減も期待	• 原料ガス源、圧送・液化プロセスより生じるCO2を対象としたCCS • 近隣工業等からのCO2回収が可能なら経済的優位向上
課題	• 電源がグリーン化できるか 供給力およびバックアップ電源の確保が必要 • 近距離に再生可能エネルギー源が確保できるかが課題 • 工業地帯で、再生可能エネルギー電源の調整・融通性が高ければ優位だが、遠隔地の場合が多い • 初期投資額増加の問題も	• 近距離に適地層が存在するか • 一定規模以上のCO2需要が創出できるか • 初期投資額の増加（立地により異なるが概ね10%以上増加する見込み） • 既存LNG設備への組み込みの場合には、半年程度のシャットダウンが必要 • 安定的に実施できるか実証が必要 • 原料ガスからの分離・回収以上に、プロセスからの回収は技術的に高度
米メキシコ湾	• 大気汚染対策も含め、動力の電化・電力のグリーン化は徐々に進行中	• IRAによる税制優遇が、LNGプロジェクト推進企業によるCCS計画に優位に
カナダ西海岸	• 豊富な水力発電供給をグリッドより受ける計画	
カタール	• NFE、NFS拡張計画に向け、大型太陽光発電設備計画も並行して推進	• NFE、NFS拡張計画にCCS織り込み済み • 桟橋からのBOG回収再液化も既存プロジェクトより実施中

IEEJ© 2023

主要ガス生産地域の将来のLNG供給源としての注目点

- ✓世界各地でLNG供給増への取り組み進展
- ✓一方、開発に伴うリスクも散見
- ✓開発しやすい案件は、多くの場合開発済みで、今後はフロンティア資源あるいは難度の高い案件となる
- ✓既存LNG生産設備に追加建設する拡張（ブラウンフィールド）、原料ガス供給を代替するバックフィルなどの案件に経済的優位性

ロシア
- Arctic LNG-2など新規プロジェクトの開発進展は不透明
- **Sakhalin 2プロジェクトからのLNG出荷停止可能性は否定できず、既存買主のターム契約更新は不確実**

カナダ
- カナダ政府はガス田、LNG設備の電化、低炭素事業機会への大規模投資を奨励。スマートグリッド、貯蔵技術、炭素回収技術も世界有数
- **世界で最もクリーンなLNG設備のひとつとするカナダ初となる輸出プロジェクトであるLNG Canadaを建設中（2025年生産開始を予定）**

アルジェリア
- 2022年以降、イタリアを中心に欧州向けガス・LNG輸出を拡大
- 2021年にはモロッコとの間の西サハラ領有権をめぐる対立から、モロッコ向けガス輸出を停止など政治リスクも存在

東地中海（イスラエル・エジプト・トルコ）
- 2023年10月、紛争影響で Tamar ガス田生産停止
- 2022年6月にイスラエル・エジプト・EUはイスラエル産のガスをパイプライン経由でエジプトに輸送し、エジプトの液化施設からEU向けにLNGを輸出拡大することで合意
- イスラエルは東地中海ガス田開発を進めており、LNG基地建設も検討

米国
- Freeport LNGプロジェクトが再稼働したこともあり、2023年は世界最大のLNG輸出国になる
- **LNG引き取りコミットメント増加により、FID・建設の活発化への期待**
- 環境重視派によるLNG開発への反発といった政治リスクは存在するが、現政権は現実路線であり、当分の間は同路線が継続見込み

タンザニア
- 2023年5月、Equinor、Shell、ExxonMobil がLNG輸出プロジェクト開発でタンザニア政府と基本合意。規制枠組や生産分与契約も含まれる模様。FIDは2025年に期待

イラン
- 世界有数の天然ガス埋蔵量を誇るが、核開発問題による欧米からの制裁により大きく開発は進まず
- ロシアや中国は将来的なLNG化も含めたガス開発の協力拡大を模索。2023年3月の中国仲介によるサウジとの外交正常化合意の影響も要注視

パプアニューギニア
- PNG LNGは後継ガス田候補のP'Nyang ガス田開発に関し2022年2月政府と基本合意
- **Papua LNGは2027年末 - 2028年頭の生産開始に向けて2023年3月にFEED開始**

カタール
- North Field East (NFE) / North Field South (NFS) の両拡張プロジェクトがそれぞれ2025年、2027年の生産開始を目指す。**未販売分の帰趨に注目**
- 同プロジェクトには2022年以降、欧米メジャー、中国Sinopec, PetroChinaが出資を決定。Sinopec, PetroChina は、いずれも27年間の長期調達契約を締結。Petrobanglaも15年間の調達契約を締結

メキシコ
- Altamira FLNG（New Fortress Energy）は2023年6月に輸出許可取得、2023年内にLNG生産開始予定

出所: 各社プレスリリース等を基に作成

モザンビーク
- 2022年11月、Coral South FLNGプロジェクトより同国初となるLNGが出荷。容量年間340万トンであり、bpが20年間の全量引き取り。**2023年5月には日本がスポットでbpより購入**
- Mozambique LNG 1 プロジェクトは、2019年にFID、2024年の生産開始予定であったが、治安悪化に伴い、2021年4月に工事を中断。現時点では**2026年以降の生産開始を目指すが、治安状況に加え、コスト増の問題も出ている模様**

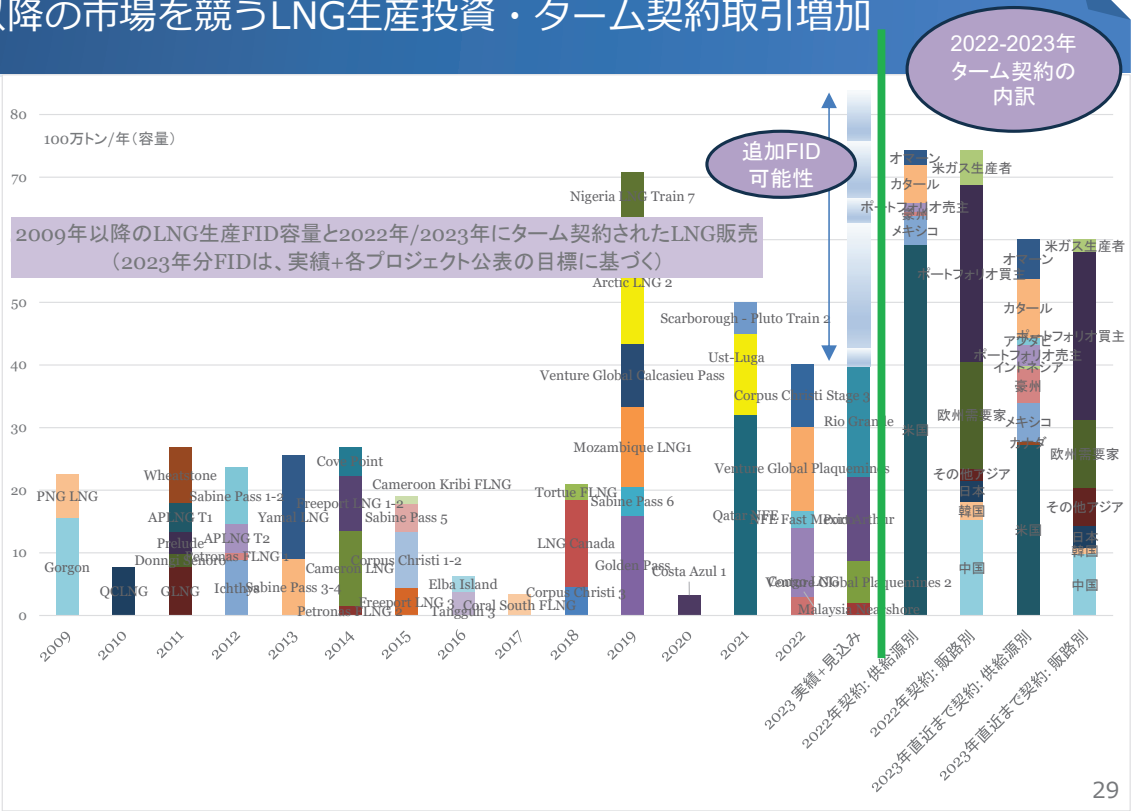
豪州
- 2023年7月よりLNG関連法制度改正が適用。国内ガス供給保護や脱炭素対策の観点からLNG事業者の対応事項や負担が増加する
- **日本企業含めてLNG事業者側には事業開始後の制度変更に対する懸念あり、今後のインセンティブ策含めた投資環境の整備が注目される**
- **労使協議動向次第での供給支障可能性も要注視**

IEEJ© 2023

当面2020年代後半以降の市場を競うLNG生産投資・ターム契約取引増加

- ✓ウクライナ危機後、米国を中心にLNG FID・建設活動が活発化する傾向
- ✓ただしプロジェクトブームは建設コスト上昇につながる
- ✓より長期を睨み、脱炭素のエネルギー転換に適合する「AbatedなLNG」の基準明確化が投資促進に必要
- ✓なお、既投資決定済みのうち、ロシア案件実現は不確実
- ✓2022年・2023年直近までのターム契約では、供給元は米国、買手としては、中国などアジア、欧州、ポートフォリオ買主が中心に。

注: 2023年分FID見込みは、直近までの実績および各プロジェクトの発表されたFID目標に基づく



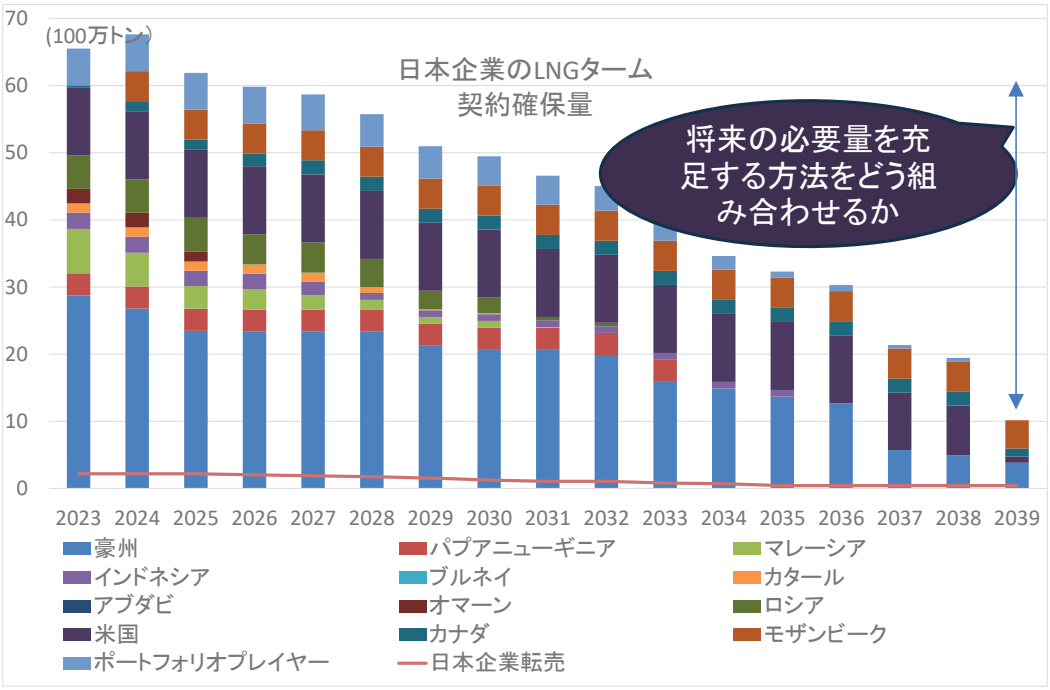
IEEJ© 2023

日本のLNG調達対応 - 調達提携、ポートフォリオプレイヤー依存の増加見込み

- ✓現時点でターム契約確保量は、2025年頃までの年間6000万トン強から、2030年時点で5000万トンまで低下
- ✓レファレンスシナリオで、LNG需要は2050年まで年間6000万トン弱を維持
- ✓長期的な将来の調達に関して
  - 個社（特に電力会社）での単独大規模・長期ターム契約は困難に
  - 短中期・スポット調達比率拡大

↓

- ✓以下の対策における官民協力や政策的支援が重要
  - 内外ポートフォリオプレイヤーからの調達活用
  - 日本の大手買主・商社などの準ポートフォリオプレイヤー化
  - 海外企業との共同購入・融通など調達提携の強化
  - 国内主要企業間の連携による共同購入などの検討

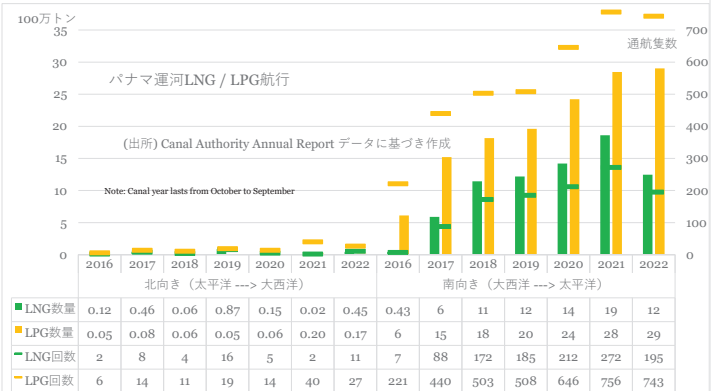


IEEJ© 2023

パナマ運河通航船舶数・LNG輸送量は増加の一方で、ボトルネックも発生

＜現状＞

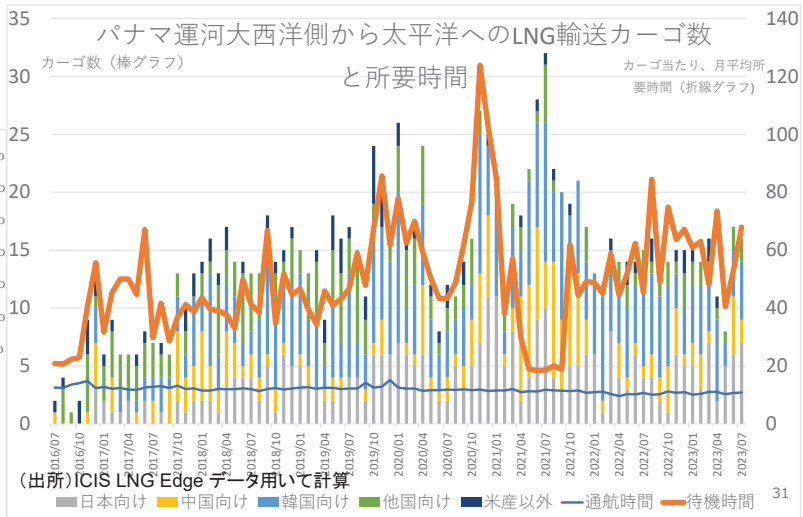
- ✓2016年パナマ運河拡張完成以降、大型LNG輸送船舶の通航が可能となり、メキシコ湾岸を中心とする米国産LNGの北東アジア向け輸送の利便性が向上
- ✓シェール革命に伴い、天然ガスだけでなく増産されたLPGのアジア向け輸送の増加にもつながっている



	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
LNG数量	0.12	0.46	0.06	0.87	0.15	0.02	0.45	0.43	6	11	12	14	19	12
LPG数量	0.05	0.08	0.06	0.05	0.06	0.20	0.17	6	15	18	20	24	28	29
LNG回数	2	8	4	16	5	2	11	7	88	172	185	212	272	195
LPG回数	6	14	11	19	14	40	27	221	440	503	508	646	756	743

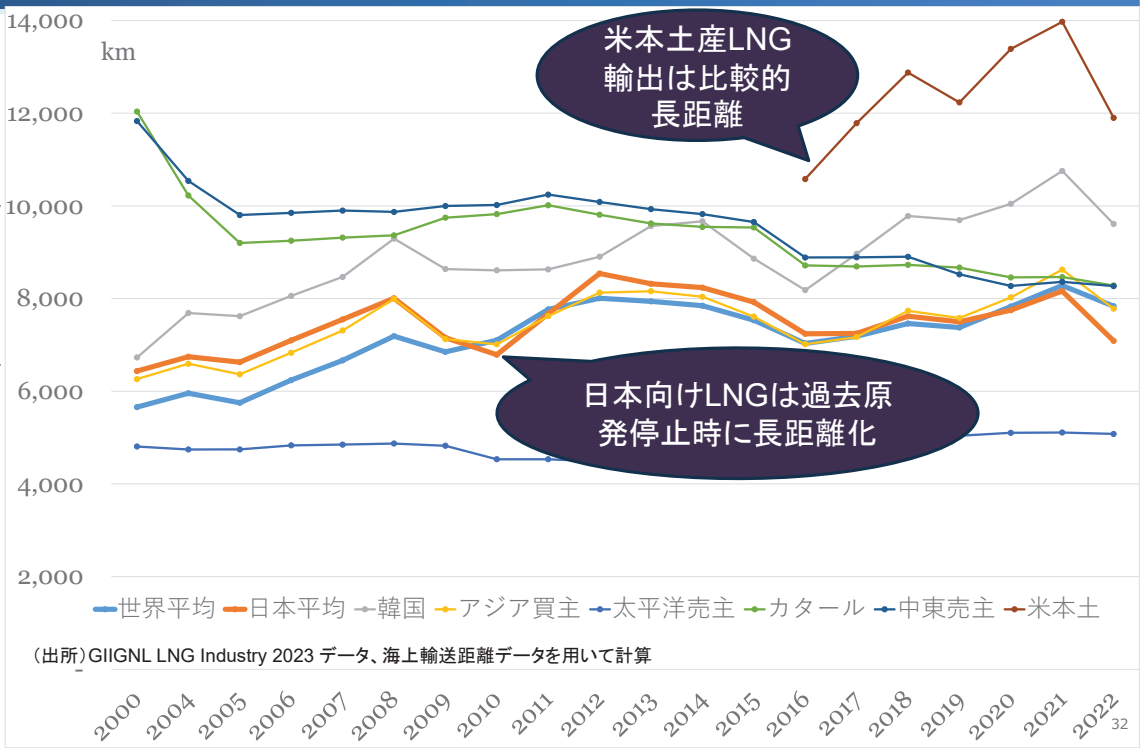
＜課題＞

- ✓輸送増加で、アジアLNG輸入急増時に待機時間長期化発生
- ✓通航・予約の合理化が進む一方、直近では長い待機時間が継続する傾向も
- ✓渇水による水位低下と大型船舶通航可能隻数制限も発生



LNG輸送長距離化と輸送ボトルネックの存在で輸送合理化が重要に

- ✓LNG供給源多様化に伴い、輸送経路・距離も多様化
- ✓日本向けでは、サハリン3日～米メキシコ湾（パナマ運河経由）20日まで大きな差
- ✓LNG海上輸送距離は、特に、予想外の日本・アジア需要急増時に長距離化（パナマ回避）
- ✓米メキシコ湾岸産LNG、特に北東アジア向け輸送時に、長距離輸送が増加
- ✓2022年は米国産LNGが欧州シフトし、全体輸送距離も若干低下
- ✓今後の米国産LNGの増加により、輸送合理化の必要性がさらに高まる
- ✓北米西海岸・東アフリカLNG輸出本格化は輸送合理化にとっても重要



（出所）GIIGNL LNG Industry 2023 データ、海上輸送距離データを用いて計算

IEEJ© 2023

G7大臣会合コミュニケにおける天然ガス関連要点

天然ガス・LNG関連主要条項	留意点
49. Energy security and clean energy transitions: . . . commitment. . . to accelerate the **phase-out of unabated fossil fuels**	「対策されている」基準が重要
61. Methane: . . . **an internationally aligned approach for measurement, monitoring, reporting, and verification of methane and other GHG** emissions to create an international market that minimizes GHG emissions across oil, gas, and coal value chains, including by minimizing flaring and venting, and adopting best available leak detection and repair solutions and standards.	メタン・GHG排出測定・実測強化と国際基準化が重要に 排出削減対策における国際協力の重要性
69. Natural gas and LNG . . . **investment in the gas sector can be appropriate** to help address potential market shortfalls provoked by the crisis, subject to clearly defined national circumstances, and **if implemented in a manner consistent with our climate objectives** and without creating lock-in effects, for example by ensuring that projects are integrated into national strategies for the development of low-carbon and renewable hydrogen.	天然ガス・LNG重要性を認知した点は有意義 しかし脱炭素のエネルギー転換に認められるLNGの基準確立が重要

IEEJ© 2023

LNG産消会議の要点

- ✓IEA加盟国、LNG生産国、LNG消費国が、それぞれネットゼロ実現に向けた、各国自らのクリーンLNG利用へのアプローチ、 エネルギーセキュリティ面でのLNG、天然ガスへの期待を表明
- ✓日本はグリーントランジッション推進の重要性を強調。また緊急対応のリザーブ確保、相互協力の必要性を指摘。「戦略的余剰LNG （SBL）」を紹介、仕向地条項廃止に向けた世界的協力、NEXIによる LNGトレーディング支援を表明
- ✓日本・EU間の LNG協力に向けた共同声明により、国際協力に基づくLNGセキュリティ強化の中で、国際機関（具体的にはIEA）との協力、LNG市場情報の透明性向上、メタン排出対策の協力推進

国際協力を通じてのLNG供給セキュリティ強化の必要性

- ✓LNG産消会議2023の議長総括にも示された通り、IEAによる非加盟諸国も含めたガスセキュリティに関する情報機能の強化やガス市場情報透明性の向上、助言機能の強化が期待される。
- ✓ネットゼロへのトランジッション、エネルギーセキュリティ確保に向けて、LNG・天然ガス供給確保・安定調達・安定流通のため、生産国・消費国間、消費国相互間の協力強化が必要。 LNG産消会議に加えて、政府間レベルでのバイラテラル協議によるLNG生産国との緊密な対話、消費国間での調達協力、緊急時融通協力促進

IEEJ© 2023

LNG市場長期安定化・発展への課題

	注目点および、LNG消費国側から取り組むべき課題
供給面	今後の主力供給源となる米LNG生産プロジェクトの着実な実現 豪州・カナダ・メキシコなどでのLNG生産の拡張・維持 アフリカのフロンティア地域でのLNG生産プロジェクトの実現 償却済みLNG生産プロジェクトの市場柔軟化に資する活用
需要面	長期的に需要増の中心が途上国へとシフトする中、先行LNG消費国からの支援が重要 LNG市場での柔軟性追求が重視される中、安定需要確保して長期コミットメント可能とする官民での工夫が必要。需要アグリゲーション、ポートフォリオプレイヤー活用や共同調達が必要
価格面	原油連動主流から、ガスハブ価格方式連動が拡大。適切な組み合わせ追求が課題
環境面	脱炭素のエネルギー転換に適合するLNGプロジェクト基準の明確化（メタン・GHG排出対策など）必要 LNG液化におけるCC(U)S/電力グリーン化の推進がLNGのグリーン化に貢献する
金融面	契約短期化に対応する資金調達方法が必要 市場拡大により、新たに参入する買主の信用力担保の対応も重要に

IEEJ© 2023

重要性高まるネガティブエミッション技術

一般財団法人日本エネルギー経済研究所

研究戦略ユニット　研究戦略グループ　兼
クリーンエネルギーユニット　次世代エネルギーシステムグループ
小林　良和

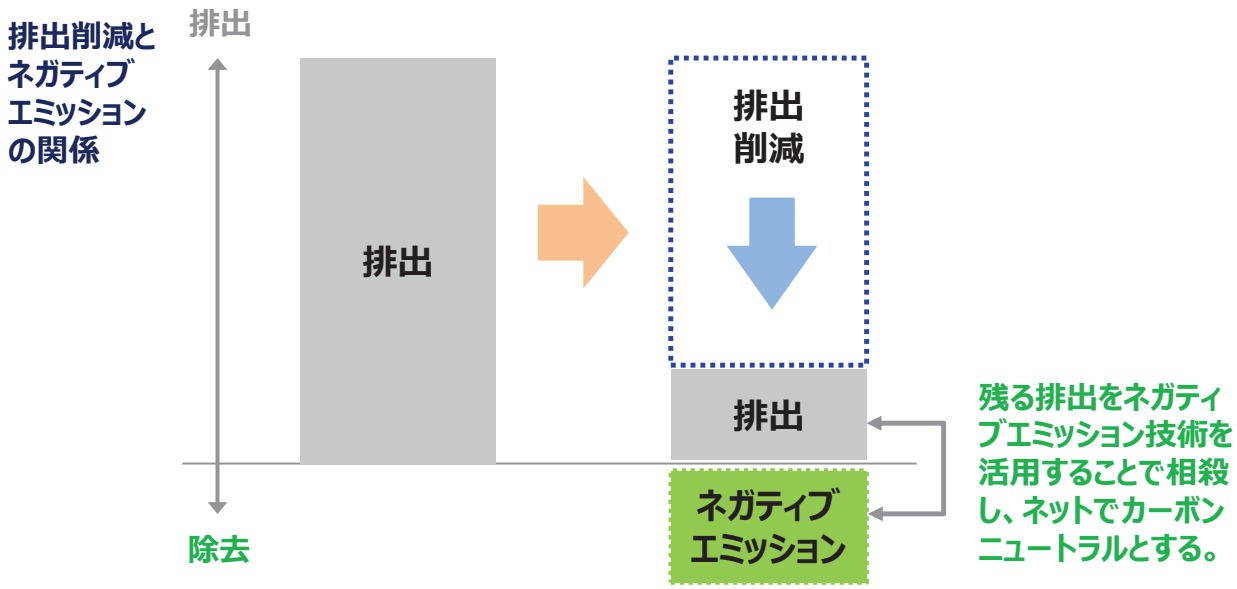
本報告のまとめ

- ネガティブエミッション技術（NETs）の貢献なしにカーボンニュートラルを実現することは極めて困難である。NETsの活用を長期的なカーボンニュートラルに向けた排出削減計画の中に明確且つより具体的に位置づけるべきである。
- NETsには多種多様な技術が存在する。当面は、個々のNETsについて、①自国内における炭素除去のポテンシャルの把握、②正確な除去量の測定手法の検討・コスト削減・生態系への影響評価、などに注力すべきである。
- 本格的なNETsの導入には国際協力も不可欠である。NETsがカーボンニュートラル実現に不可欠な手段であることに対する国際的な認識を共有し、国際的に共有されるMRV制度や認証制度、クレジットの制度の確立に向けた準備作業を加速させる必要がある。

IEEJ © 2023

ネガティブエミッションとは？

- ネガティブエミッション技術 (NETs)：大気中から人為的にGHGを回収し、それを長期間にわたって固定する技術
  - 炭素除去 (Carbon Dioxide Reduction) 技術とほぼ同義
- ネガティブエミッションの意義：排出削減が困難な残余排出量の相殺



IEEJ © 2023

多様なネガティブエミッション技術

- 多様な技術を活用することで大気中のCO_2を純減させることができる。

IEEJ © 2023

出典：エネルギー総合工学研究所 (2021)「図解でわかるカーボンニュートラル」; p256

多様なネガティブエミッション技術（続き）

直接大気回収+CCS (DACCS)

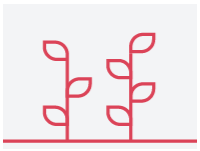
大気中から技術的に直接CO_2を回収し(DAC)、地下に貯留する (CCSを組み合わせる)。

バイオエネルギー＋CCS (BECCS)

バイオエネルギーを利用した際に排出されるCO_2を技術的に回収して地下に貯留する (CCSを組み合わせる)。

植林・森林管理

大規模な植林や森林の再生、森林農法の採用、森林破壊の積極的な抑制を通して森林によるCO_2吸収量を高める。



土壌炭素貯留

不耕起（耕さない）栽培、土壌表面を覆う作物の栽培、堆肥の活用によって土壌中の炭素貯留を促す。

IEEJ © 2023

出典: エネルギー総合工学研究所 (2021)「図解でわかるカーボンニュートラル」; J Wilcox, B Kolosz, & J Freeman (2021) CDR Primer

多様なネガティブエミッション技術（続き）

バイオ炭

バイオマスを熱分解などによって炭化させることで、バイオマス中に含まれている炭素を長期間固定する。

風化プロセスによる鉱物化促進

玄武岩、かんらん岩、蛇紋岩などを散布することで大気中のCO_2を吸収し固定化（鉱物化）させる。

ブルーカーボン

沿岸地域における植生や土壌の改善による炭素貯留、大型海藻の養殖などによるCO_2吸収を促進する。

海洋アルカリ化

炭酸カルシウムなどを投入することで海水中のアルカリ度を高めることで海水面でCO_2吸収量を高める。

IEEJ © 2023

出典: エネルギー総合工学研究所 (2021)「図解でわかるカーボンニュートラル」; J Wilcox, B Kolosz, & J Freeman (2021) CDR Primer

多様なネガティブエミッション技術（続き）

- NETsは技術ベースのものと自然プロセスを加速させるものに大きく二分される。
- それぞれのNETsには一長一短があるが、相対的に技術成熟度が高く、除去ポテンシャルが大きく、除去量の計測が容易であり、CO2の固定期間が長い手法がDACCSとBECCS（共にCCSを活用する）
- 採用する技術によっては、土壌の改善や海洋環境の改善などの副次的な便益 (コベネフィット) が得られるものもある。

主要なネガティブエミッション技術の概要

手法	プロセス	技術成熟度 (TRL)*	除去コスト (US$/tCO2)	除去ポテンシャル (GtCO2/yr)
直接大気回収+CCS (DACCS)	技術	6	100-300	5-40
バイオエネルギー+CCS (BECCS)	技術	5-6	15-400	0.5-11
植林・森林管理	自然	8-9	0-240	0.5-10
土壌炭素貯留	自然	8-9	-45-100**	0.6-9.3
バイオ炭	自然	6-7	10-345	0.3-6.6
風化プロセスによる鉱物化促進	自然	3-4	50-200	2-4
ブルーカーボン	自然	2-3	N/A	<1
海洋アルカリ化	自然	1-2	40-260	1-100

＊技術成熟度（Technology Readiness Level）：特定の技術の成熟度レベルを評価するために使用される指標。9段階で評価され、TRL 9 が最も成熟度が高く、TRL 1 が最も低い。
** 土壌炭素貯留は、土壌改善に伴う便益が大きい場合には全体としても便益（マイナスのコスト）が発生する可能性がある。
出典：Babiker *et al.* (2022) Cross-sectoral Perspectivesを元に発表者作成

IEEJ © 2023

諸外国における取組み

- 諸外国においては、具体的なプロジェクトに対する税額控除や個別のNETsに対する導入目標の設定、既存の排出権取引システムへの除去クレジットの統合等、NETs導入への具体的なインセンティブに関する検討が進められている。
- 日本は現在、DACなどの技術開発への政府支援を実施中。市場創設に向けた政策オプションについての議論を実施

国・地域	政府支援	導入目標	クレジット制度
米国	• DACプロジェクトに対し130-180$/t-$CO_2$の税額控除 • 国内4か所のDACハブ形成に35億ドル支援	• 10億トン規模での炭素除去の実現 • 技術開発では100$/t-$CO_2$以下を目指す	-
英国	• DACCS などの技術革新に向けて1 億ポンドを支援	• 技術的手法で2030 年に500万トン、2050 年に7,500-8,700万トンの除去	• 除去クレジットのUK-ETSへの組入れ検討
EU	• NETsに対するインセンティブを拡大予定（具体的内容は検討中）	• 2030年までに、土地利用、土地利用変化及び林業部門で3.1億トン。技術的手法で500万トン	• 除去クレジットのEU-ETSへの組入れ検討

IEEJ © 2023

日本の取り組みは？

■ 2023年5月、ネガティブエミッション市場創出に向けた検討会がとりまとめ骨子を公表。市場創出・拡大に向けた手法のオプションとして下表の７点を提示

- 今後これらの手法のどれを採用すべきかについての議論が進められていくと考えられる。

手法	概要
①値差補填	参照価格（市場価格に連動）が権利価格（コストを元に設定される価格）を下回る場合、差額を政府が補填
②政府調達	事業者が実施したネガティブエミッションに対し、政府が一定価格で買取
③余剰クレジットの買い取り	ネガティブエミッションを行った事業者が販売しきれなかったクレジットを政府が買い取り
④税額控除	ネガティブエミッション実施分に対する税額控除を提供
⑤設備投資・実証支援	実現性調査や基本設計調査、プロジェクト開発や調達・建設等に対する支援
⑥研究開発支援	コスト低減に向けた多様なNETs技術開発に対する支援
⑦義務量割当	多排出セクターに対して、排出量のうち一定割合の NETsプロジェクト（もしくはクレジット）を購入する義務を発生させる

出典：経済産業省（2023）「ネガティブエミッション市場創出に向けた検討会 とりまとめ骨子案」

IEEJ © 2023

各国の政府・研究機関によるCNシナリオにおけるNETs

■ 各国の代表的な政府機関・研究機関によるカーボンニュートラルシナリオにおいては、殆どの国のシナリオで2050年時点で現在の総排出量の１～2割の除去量が想定されている（CN実現にNETsの貢献は必須）。

	基準年（総排出量）	LULUCF	その他NETs	合計	除去量（million t-CO_2e）
日本	2015年	予測なし	14%	—	185
中国	2020年	6%	6%	12%	1,553
EU	2020年	13%	6%	19%	593
ドイツ	2018年	算入なし	9%	9%	72
フランス	2015年	14%	3%	18%	78
英国	2020年	4%	12%	16%	64

表中、黄色は当該政府・行政組織によって作成されたシナリオ
LULUCF: 土地利用、土地利用変化および林業; その他NETs: BECCS, DACCSなどLULUCF以外のNETs
出典：次頁を参照

IEEJ © 2023

参考：各国の政府・研究機関によるCNシナリオ

■ 前頁の各国のシナリオの出典は下表のとおり

国名	出所	備考	モデル期初年
日本	（公財）地球環境産業技術研究機構（RITE）（2021年）「2050年カーボンニュートラルのシナリオ分析（中間報告）」（総合資源エネルギー調査会基本政策分科会）	参考値ケースを図から読値して採用	2015年
中国	プロジェクト総合報告編集チーム（2020年）「中国長期低炭素発展戦略と転換経路研究総合報告」、『中国人口・資源と環境』Vol.30、No.11（清華大学を中心とするチームによる分析）	1.5℃シナリオを対象	2020年
EU	European Commission (2020), Stepping up Europe's 2030 climate ambition.	4つのサブシナリオの平均値を採用	2015年
ドイツ	Prognos, Öko-Institut, Wuppertal-Institut (2020), Klimaneutrales Deutschland (Agora Energiewende, Agora Verkehrswende und Stiftung Klimaneutralität).(民間機関) Prognos, Öko-Institut, Wuppertal-Institut (2021), *Klimaneutrales Deutschland 2045* (Stiftung Klimaneutralität, Agora Energiewende und Agora Verkehrswende).（CN2045の分析）		2018年
フランス	Direction Générale de l'Energie et du Climat (2020), *Synthèse du scénario de référence de la stratégie française pour l'énergie et le climat*. 政府による長期戦略のシナリオ分析）	AMS (追加措置)シナリオを対象	2015年
英国	Committee on Climate Change (2020), The Sixth Carbon Budget .（気候変動委員会による分析）	バランスネットゼロ経路シナリオを対象	2020年

IEEJ © 2023

カーボンニュートラルに向けたNETsの位置付けの明確化

■ NETsによる炭素除去なしにカーボンニュートラルを実現することは極めて困難である。
- IPCC報告書が参照しているほぼ全てのシナリオでNETsの採用が前提されている。

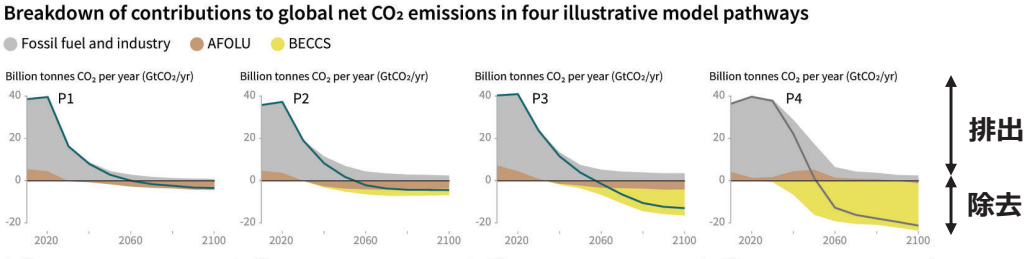
■ 長期の排出削減計画にNETsの活用をより明確かつ具体的に位置づけるべき。

IPCC報告書で参照されているシナリオの代表的なパターンと炭素除去の位置づけ

Characteristics of four illustrative model pathways

Different mitigation strategies can achieve the net emissions reductions that would be required to follow a pathway that limits global warming to 1.5°C with no or limited overshoot. All pathways use Carbon Dioxide Removal (CDR), but the amount varies across pathways, as do the relative contributions of Bioenergy with Carbon Capture and Storage (BECCS) and removals in the Agriculture, Forestry and Other Land Use (AFOLU) sector. This has implications for emissions and several other pathway characteristics.

Breakdown of contributions to global net CO_2 emissions in four illustrative model pathways



P1: A scenario in which social, business and technological innovations result in lower energy demand up to 2050 while living standards rise, especially in the global South. A downsized energy system enables rapid decarbonization of energy supply. Afforestation is the only CDR option considered; neither fossil fuels with CCS nor BECCS are used.

P2: A scenario with a broad focus on sustainability including energy intensity, human development, economic convergence and international cooperation, as well as shifts towards sustainable and healthy consumption patterns, low-carbon technology innovation, and well-managed land systems with limited societal acceptability for BECCS.

P3: A middle-of-the-road scenario in which societal as well as technological development follows historical patterns. Emissions reductions are mainly achieved by changing the way in which energy and products are produced, and to a lesser degree by reductions in demand.

P4: A resource- and energy-intensive scenario in which economic growth and globalization lead to widespread adoption of greenhouse-gas-intensive lifestyles, including high demand for transportation fuels and livestock products. Emissions reductions are mainly achieved through technological means, making strong use of CDR through the deployment of BECCS.

出典: IPCC (2018), Special Report: Global Warming of 1.5 ºC. Figure SPM 3b.

IEEJ © 2023

今後の国内におけるNETsの技術開発について

- 技術ベースのものについては、当面は、既存の**DAC技術開発**を進めるとともに国内の**CO_2貯留先**の確保を図る。
  - BECCSについては、バイオマス燃料（火力での混焼含む）＋CCSの可能性も追求
- 自然ベースのものについては、まずはNDCに定められた**森林吸収**目標の実現
- その他のものについては、短期的には**土壌炭素貯留・バイオ炭**の可能性を検討

NETs	種類	主な課題
DACCS	技術ベース	• コスト削減（CO2吸収、エネルギーコスト） • CCS実施能力（輸送インフラ、貯留先の確保）
BECCS	技術ベース	• バイオマスの調達源確保 • コベネフィット（電力など）の最大化 • CCS実施能力（輸送インフラ、貯留先の確保）
植林・森林管理	自然ベース	• 実施対象の用地・森林の確保 • 老齢林の伐採促進 • 伐採木材製品の活用
土壌炭素貯留	自然ベース	• 既存の農業活動への影響の可能性（農地を利用する場合） • 異なる手法・土壌における除去量の把握とMRV体制の確立 • コベネフィット（土壌改善効果など）の最大化

IEEJ © 2023

今後の国内におけるNETsの技術開発について（続き）

- 自然ベースのものについては、長期的には、国内の地理的条件に適しているブルーカーボン、風化促進の適用に向けた取組（除去量の測定手法の確立、コスト削減、適用地域・海域の確保等）を進める。

NETs	種類	主な課題
バイオ炭	自然ベース	• 実施用地の確保 • 除去効果・固定期間に関する評価と精度の高いMRV手法の整備 • バイオ炭製造から利用に至るまでのバリューチェーン構築 • 大気・水質への影響の管理
風化促進	自然ベース	• 実証試験の実施とデータ・技術的知見の蓄積 • 実施対象地域の確保（含パブリックアクセプタンス） • 実施に要するバリューチェーン（輸送・散布）の確立
ブルーカーボン	自然ベース	• 除去効果・固定期間に関する評価と精度の高いMRV体制の整備 • 実施対象地域の確保（含パブリックアクセプタンス） • コスト水準の把握とその削減
海洋アルカリ化	自然ベース	• 実証試験の実施とデータ・技術的知見の蓄積 • 除去効果・固定期間に関する精度の高いMRV体制の整備 • 海洋生態系への影響の管理

IEEJ © 2023

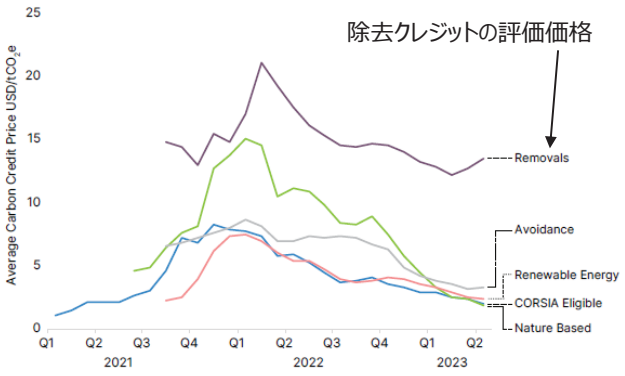
除去クレジット制度の整備

- NETsによる異地点間での残余排出量の相殺には除去クレジット制度の整備が必要
- 除去クレジットは、左下表に示す通り、削減クレジットとは異なる性格を持つ。
  - ボランタリークレジット市場では既に除去クレジットが取引されているが、削減クレジットよりも高い価格で取引されている。
- 国内における制度整備に向けたMRV・認証・取引ルールの整備を進めるべき。

削減クレジットと除去クレジットの比較

	削減クレジット (reduction)	除去クレジット (removal)
クレジット対象のCO_2の量	特定のベースケースシナリオまたは排出枠と比べて排出が削減されたCO_2の量	特定のベースケースシナリオと比べて大気中から除去されたCO_2排出量
対象となるCO_2	これから排出されるであろうCO_2	既に大気中に存在するCO_2
主なクレジット創出の手段	省エネ、再エネ、原子力等	NETs
クレジットが活用される時期	相対的に短中期	相対的に中長期

各種クレジットの評価価格



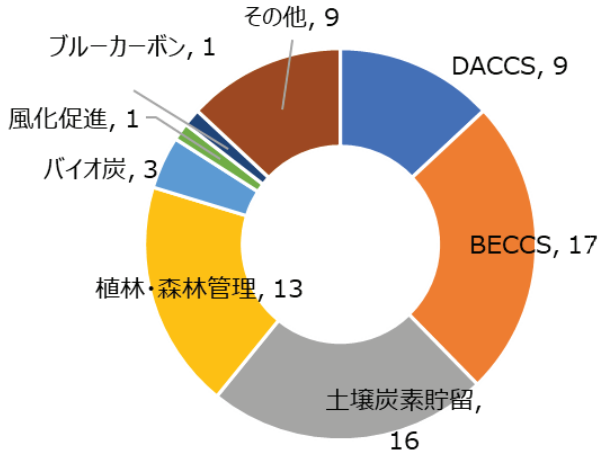
出所: World Bank, State and Trends of Carbon Pricing 2023

IEEJ © 2023

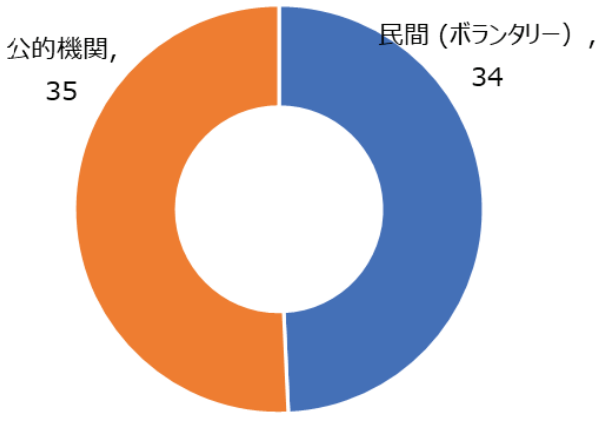
測定・報告・検証（MRV）制度

- 現状は多様な機関・組織による各種NETsに対するMRV手法が併存
  - 2023年5月時点で世界全体で69種類のNETsに関連するMRV手順が存在
- 広く国際的に共有されるMRV手法の確立は道半ばであり、今後の多国間での取り組み（最低基準の設定、ライフサイクルでの除去量の把握など）が必要

NETs別のMRV実施手順の数



主体別のMRV実施手順の数



注：その他には、Peatland rewetting、Wetland restoration、Woody biomass burial、Bio oilが含まれる
出典：Leo Mercer and Josh Burke（2023）Strengthening MRV standards for greenhouse gas removals to improve climate change governance を元に発表者作成

IEEJ © 2023

国際協力の推進

- NETsの必要性に対する国際的な認識の共有
  - 現状IPCC報告書では植林・森林管理とBECCSのみが明示的にNETsとして記載
  - 各NETsによる除去効果測定手法や炭素固定期間に関する共通認識の形成
- MRV制度の整備
  - 各NETsの除去効果に関するデータの蓄積・共有
  - MRV手法に関する国際標準化（もしくは最低限の条件に関する合意）
  - ライフサイクルでの除去効果測定手法整備に向けた国際連携・協力
- 国際的な認証制度とクレジット制度の整備
  - 各国における炭素除去に関する認証制度の整備と国際的な認証制度への統合
  - 国境を越えた除去クレジット制度の構築
  - NDCへのカウントが可能となるような仕組み作り
- 国際的なNETsの活用プロジェクトの組成と推進
  - 海外における低コストNETs適用機会の追求とNDCへのカウント
- その他
  - 海洋におけるNETs利用に関するルール策定など

IEEJ © 2023

付属資料

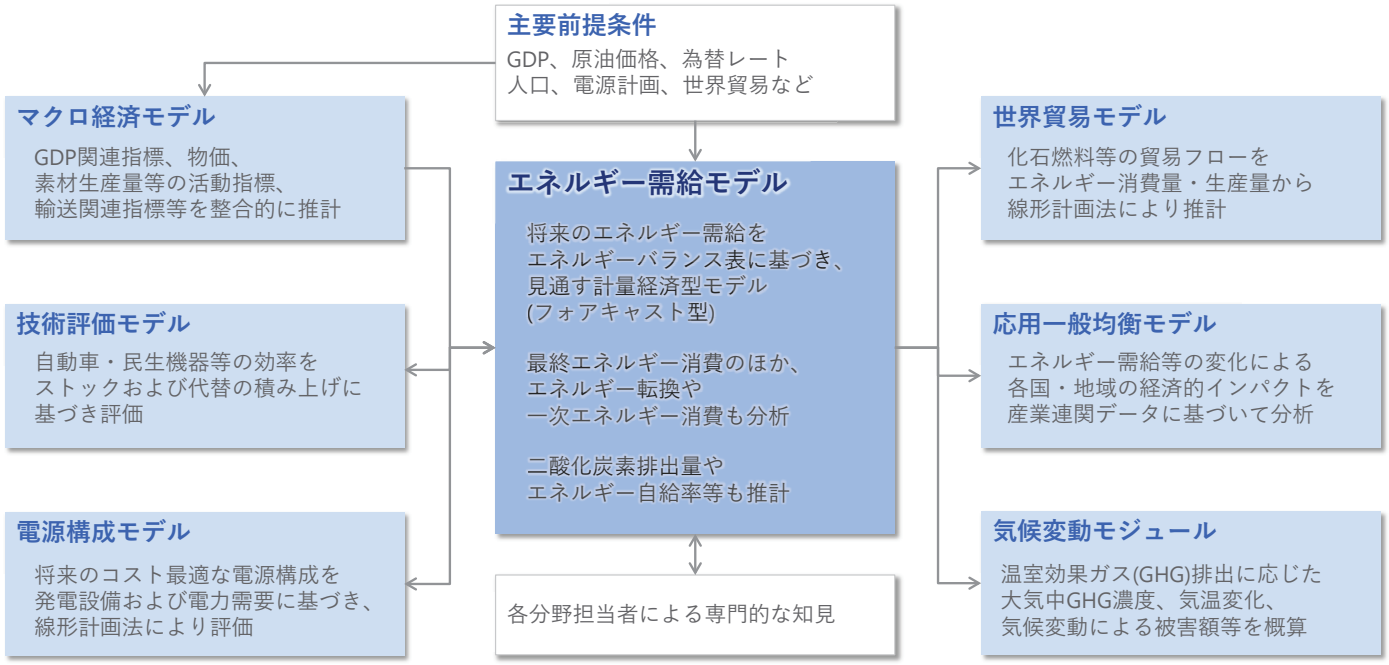
IEEJ © 2023

地域区分

- 世界を42か国・地域および国際バンカーに区分
- アジアは15か国・地域、中東は8か国・地域に区分し、特に詳細な分析を可能に

IEEJ © 2023

IEEJ Outlookモデルの構造



IEEJ © 2023

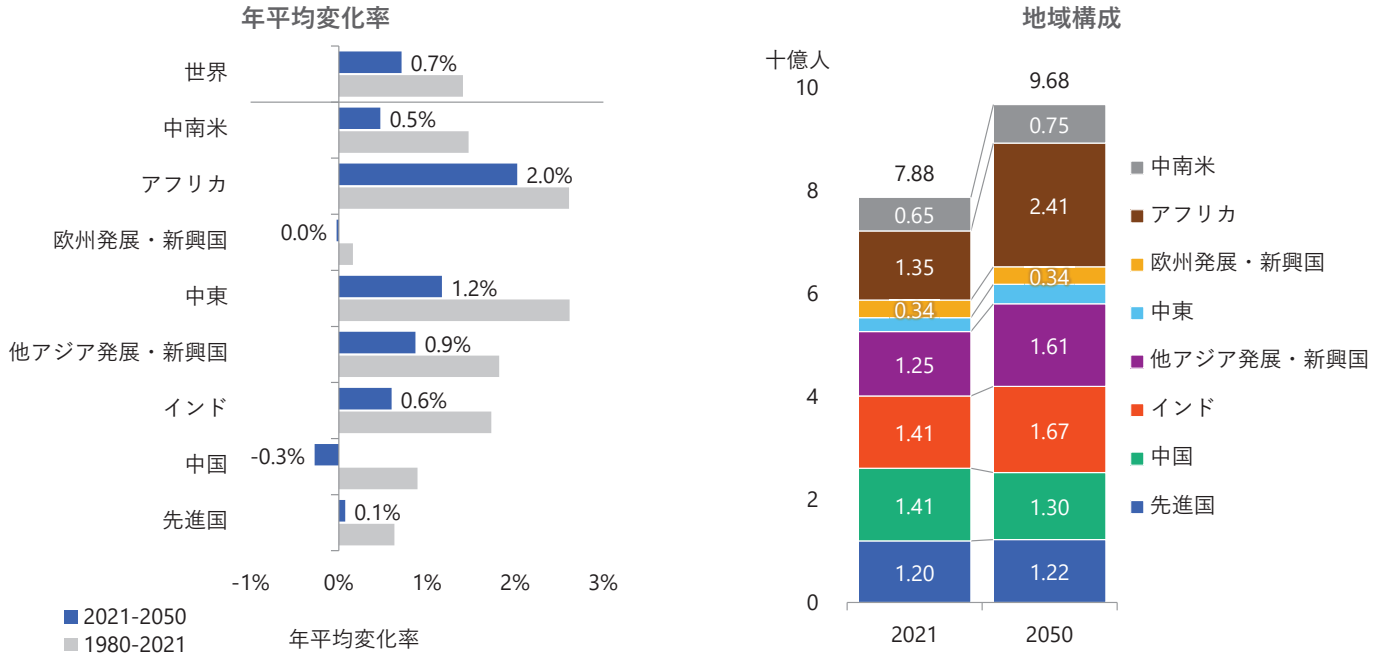
IEEJ Outlookの基本シナリオ

	レファレンスシナリオ	技術進展シナリオ
	現在までのエネルギー・環境政策等を背景とし、 これまでの趨勢的な変化が継続するシナリオ。 急進的な省エネルギー・低炭素化政策は 打ち出されない	各国がエネルギー安定供給の確保や 気候変動対策の強化のため、 強力なエネルギー・環境政策を打ち出し、 それが最大限奏功するシナリオ
社会経済構造	人口増加率は低下するものの、新興・途上国を中心に安定した経済成長 経済構造の変化は連続的、産業のサービス化が進展 所得水準の向上により、家電、自動車等のエネルギー消費機器が大きく普及	
国際エネルギー価格	原油: 需要増に伴い、生産費用が上昇 ガス: ヨーロッパ、米国、アジア市場の価格差が縮小 石炭: 脱炭素による需要減により低下	省エネルギーの進展や 脱炭素による需要減により低下
エネルギー・環境政策	過去の動向と同様に低炭素化政策を漸進的に強化 • 規制措置(省エネルギー基準、排出規制等) • 経済的誘導措置(補助金、税金等)	国内政策強化とともに国際連携を推進 • エネルギー安定供給の確保 • 気候変動問題への対処 • 低開発農村地域のエネルギー近代化
エネルギー・環境技術	現行技術について • 過去の趨勢と同程度の効率進展 • 過去の趨勢と同程度の価格低下 • 規制・誘導による低炭素技術の普及	現行技術及び商業化の見込みが高い技術について • 技術進展により価格低下が加速 • 規制・誘導強化により普及が加速

IEEJ © 2023

前提条件

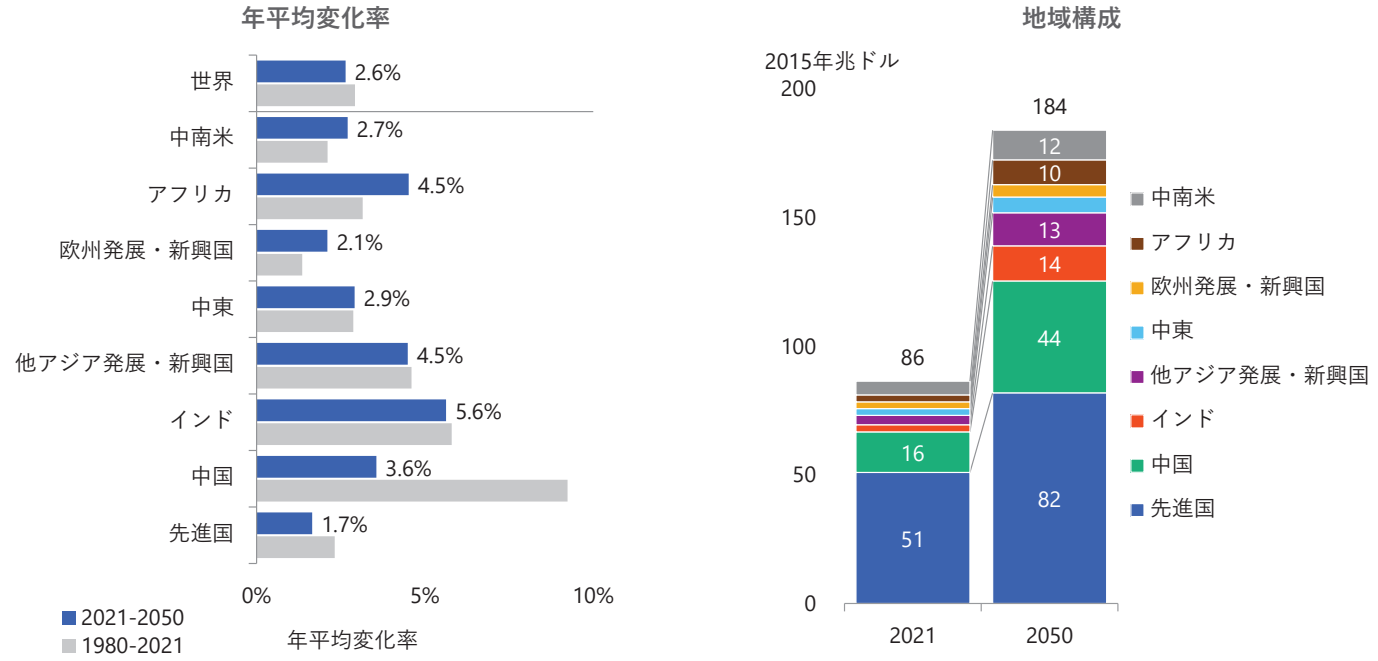
人口



IEEJ © 2023

前提条件

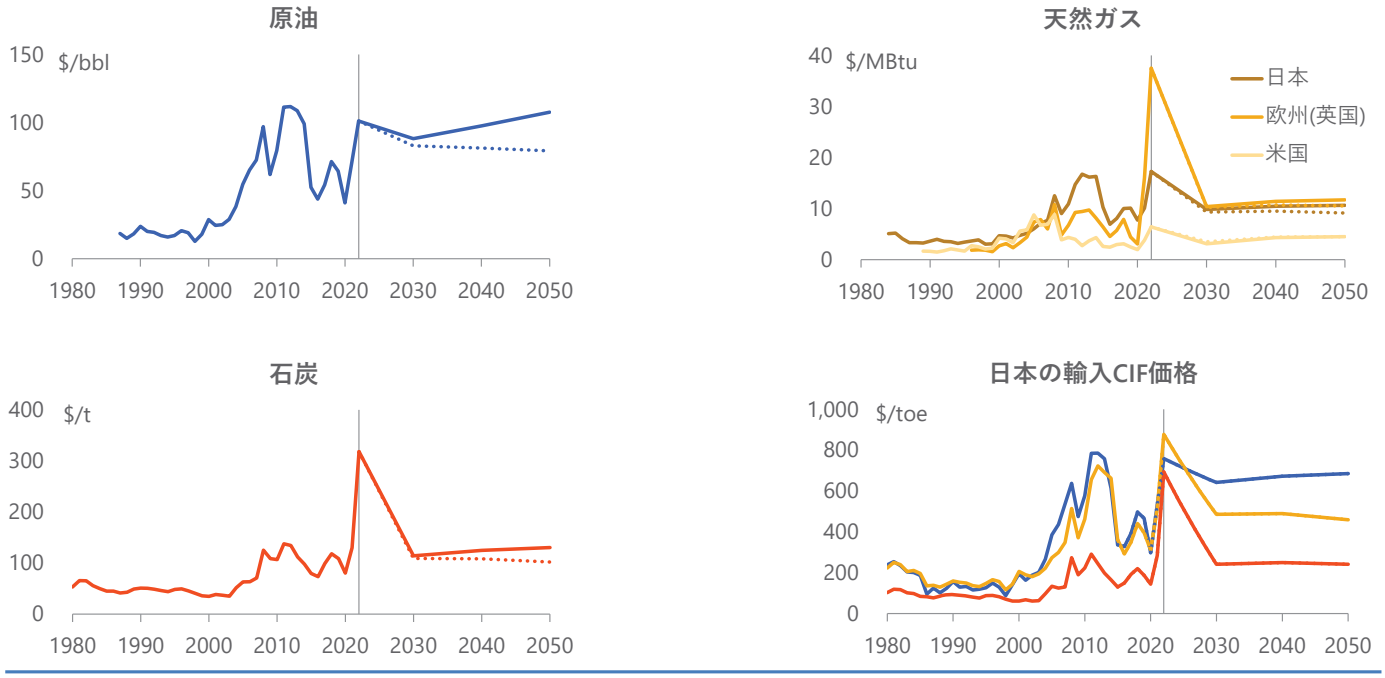
実質GDP



IEEJ © 2023

前提条件

国際化石燃料価格



注: 実績値は名目価格、見通しは2022年価格。実線: 技術進展、点線: レファレンス

IEEJ © 2023

前提条件

エネルギー・環境技術の前提

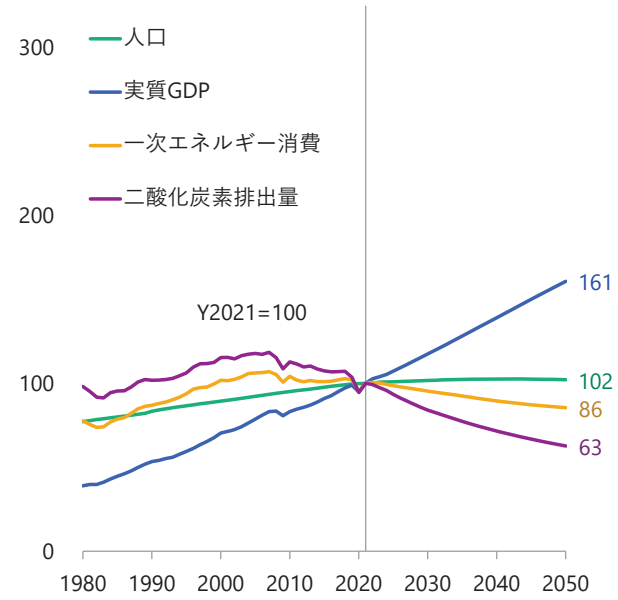
		2021	2050 レファレンス	2050 技術進展	技術進展シナリオにおける前提
エネルギー効率の改善	産業部門 鉄鋼業の原単位 (ktoe/kt)	0.261	0.254	0.202	2050年までにBest available technologyが100%普及
	窯業土石業の原単位	0.091	0.070	0.055	
	運輸部門 電動乗用車販売比率	12%	66%	96%	電動自動車のコスト低下。燃料インフラを含む普及促進策の強化 ※電動自動車: ハイブリッド車、プラグインハイブリッド車、電気自動車、燃料電池車
	乗用車新車燃費 (km/L)	15.0	27.4	46.6	
	民生部門 家庭の総合効率 (Y2021=100)	100	154	202	新規、新設の家電・機器効率及び断熱効率の改善スピードが約2倍に
	業務の総合効率	100	153	204	暖房・給湯・厨房用途における電化。クリーンクッキング化(途上国)
	発電部門 火力発電効率(発電端)	37%	44%	49%	高効率火力発電導入のための初期投資ファイナンススキーム整備
低炭素エネルギーの導入	運輸用バイオ燃料消費量 (Mtoe)	94	138	236	次世代バイオ燃料の開発・コスト低下。農業政策としての位置づけ(途上国)
	原子力発電設備容量 (GW)	429	506	802	適切な卸電力市場価格の維持。初期投資の融資枠組み整備(途上国)
	風力発電設備容量 (GW)	842	3,904	5,170	発電コストのさらなる低下
	太陽光発電設備容量 (GW)	883	7,104	9,883	系統安定化技術のコスト低減 、系統システムの効率的運用
	CCS付設火力発電設備容量 (GW)	0	0	1,110	2030年以降の新設火力はCCS付設(帯水層を除く貯留ポテンシャルがある国)
	ゼロエミッション発電比率 (CCS含む)	38%	59%	88%	国際連系を含む系統システムの効率的運用

IEEJ © 2023

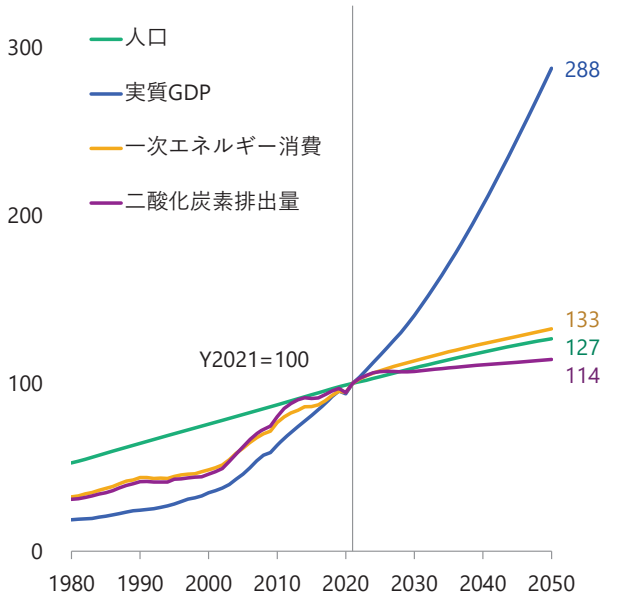
レファレンスシナリオ

人口、GDP、エネルギー消費、二酸化炭素排出量

先進国



新興・途上国

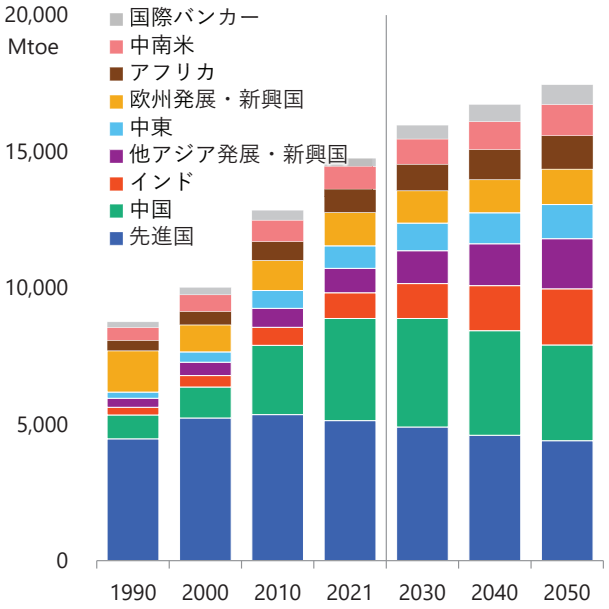


IEEJ © 2023

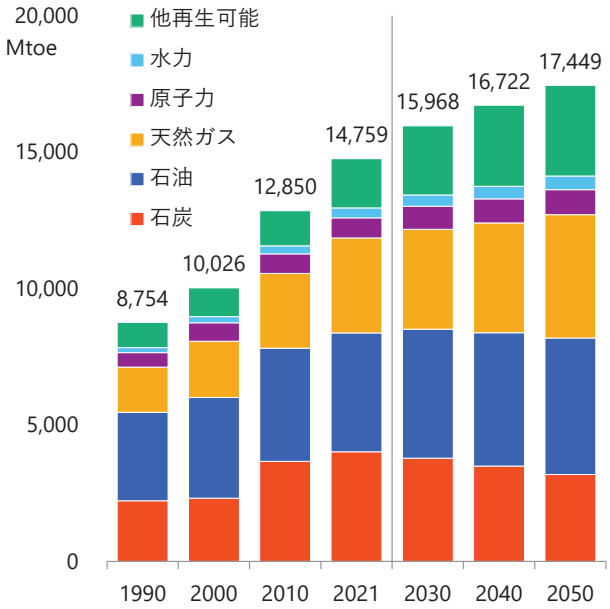
レファレンスシナリオ

一次エネルギー消費

地域別



エネルギー源別

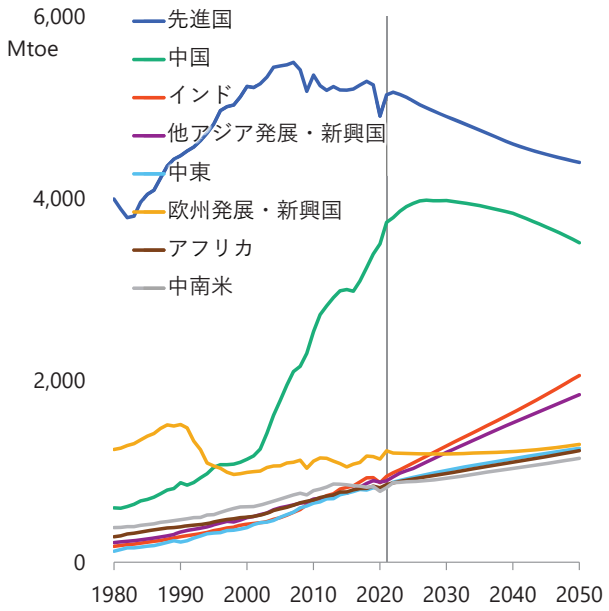


IEEJ © 2023

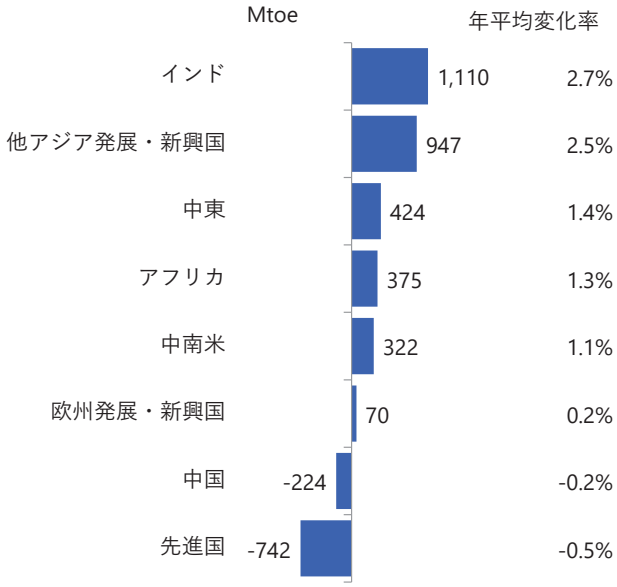
レファレンスシナリオ

一次エネルギー消費(地域別)

消費量



増減分(2021-2050年)

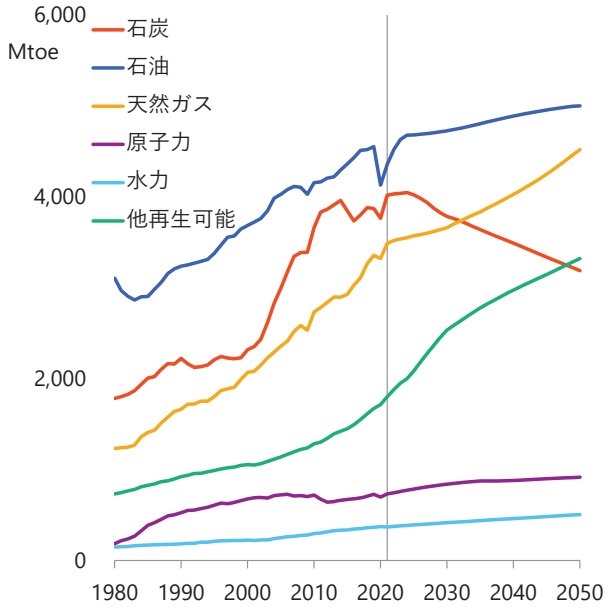


IEEJ © 2023

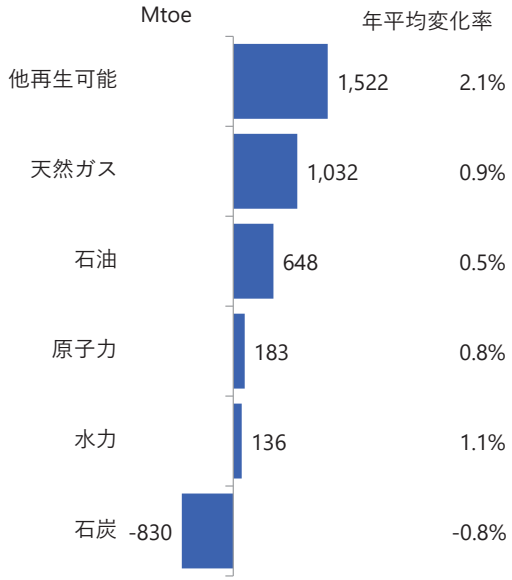
レファレンスシナリオ

一次エネルギー消費(エネルギー源別)

消費量



増減分(2021-2050年)

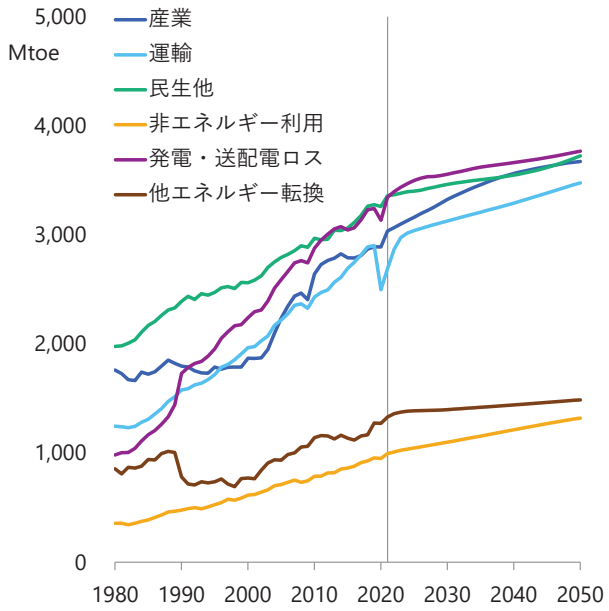


IEEJ © 2023

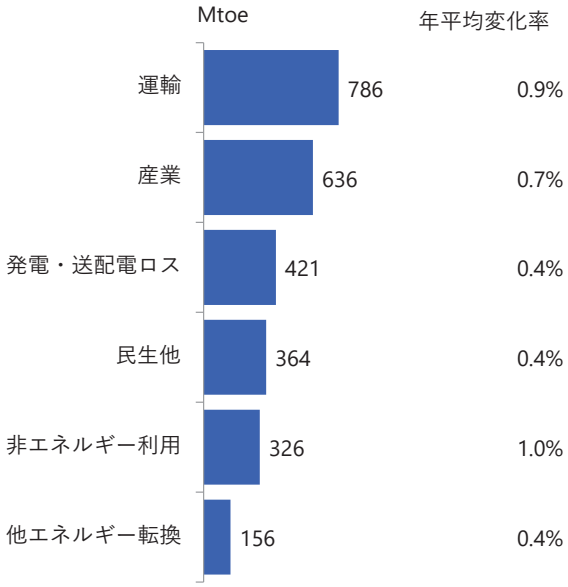
レファレンスシナリオ

一次エネルギー消費(部門別)

消費量



増減分(2021-2050年)

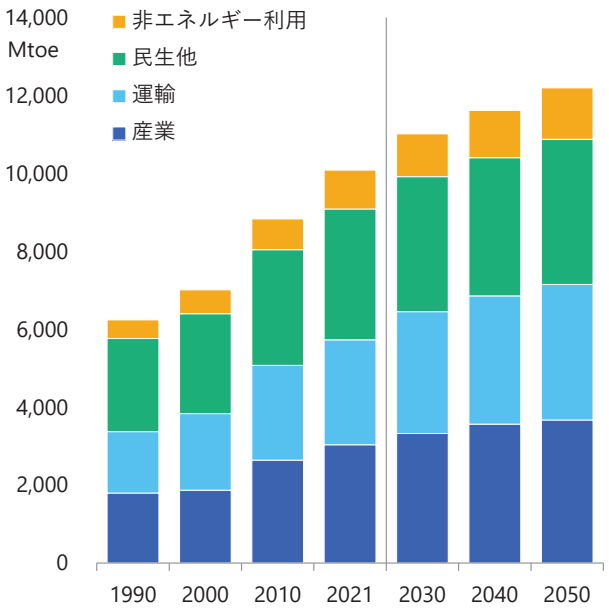


IEEJ © 2023

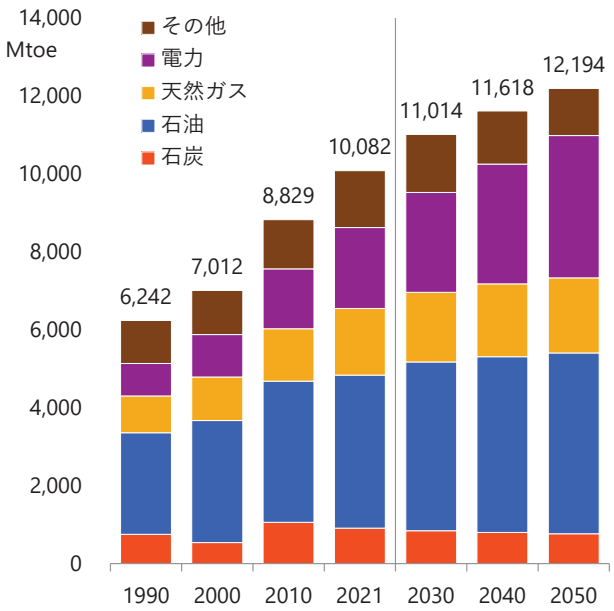
レファレンスシナリオ

最終エネルギー消費

部門別



エネルギー源別

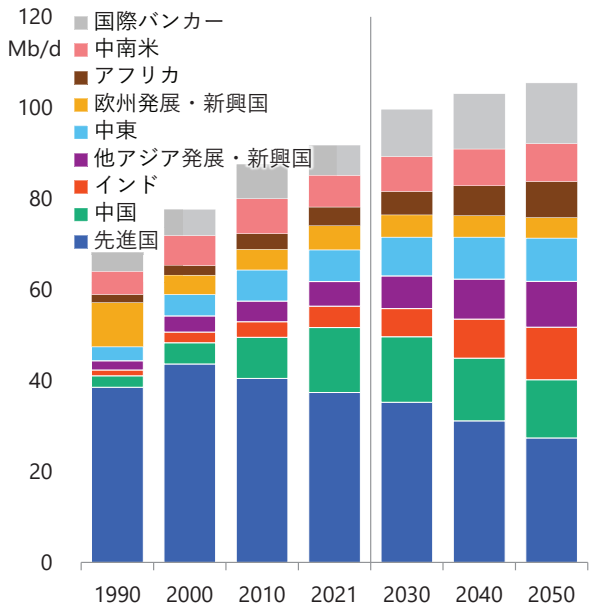


IEEJ © 2023

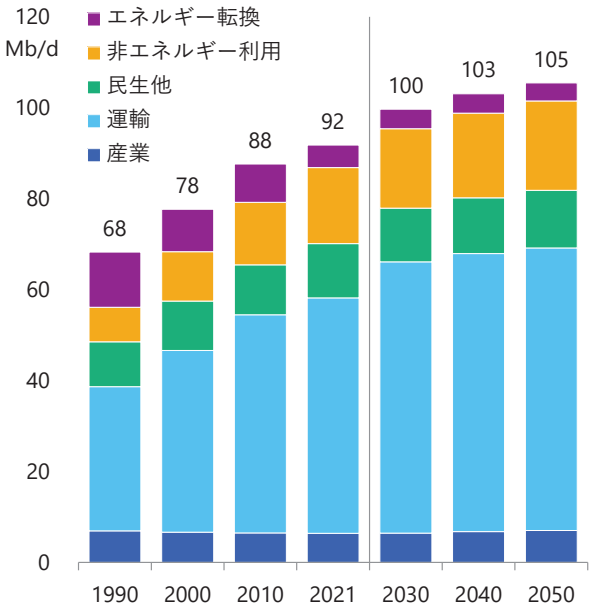
レファレンスシナリオ

石油消費

地域別



エネルギー源別

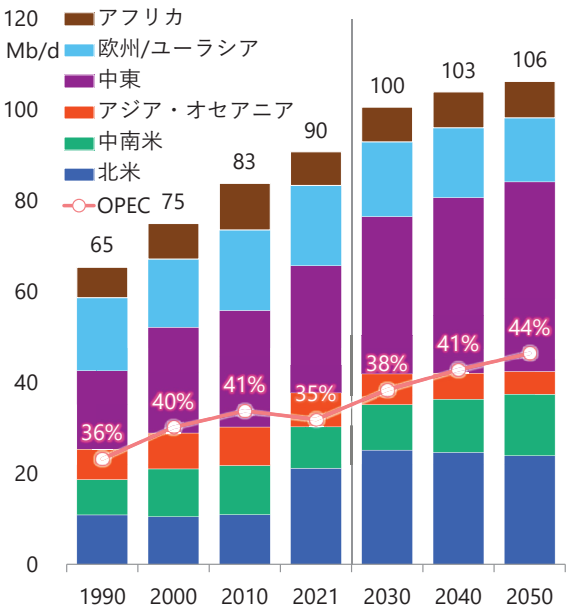


IEEJ © 2023

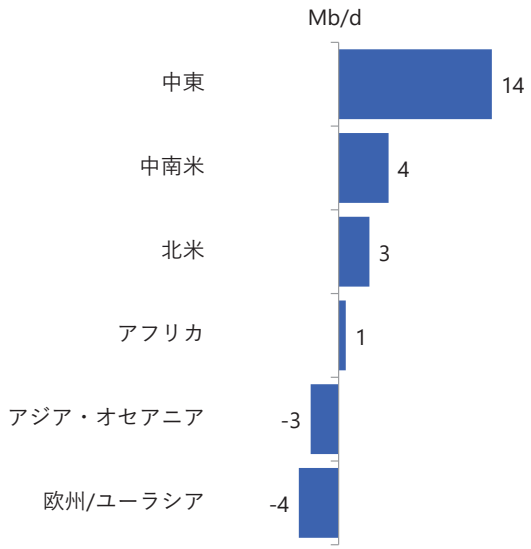
レファレンスシナリオ

原油生産

地域別



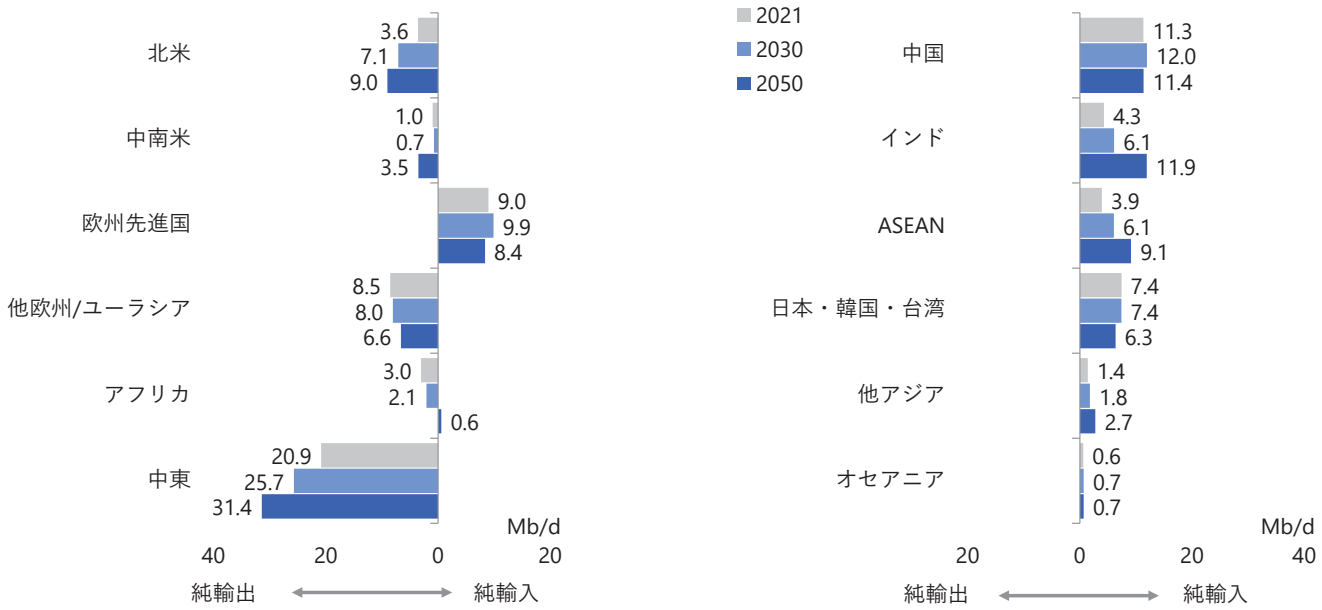
増減分(2021-2050年)



IEEJ © 2023

レファレンスシナリオ

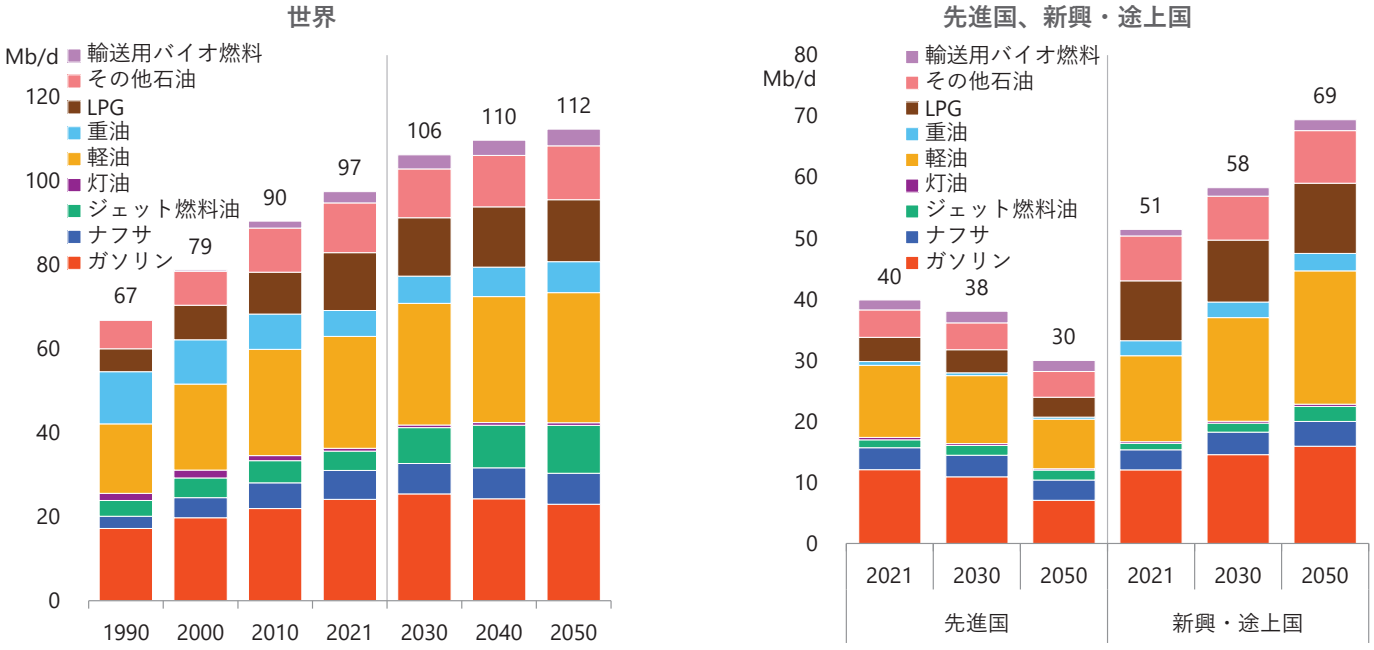
石油純輸出入



IEEJ © 2023

レファレンスシナリオ

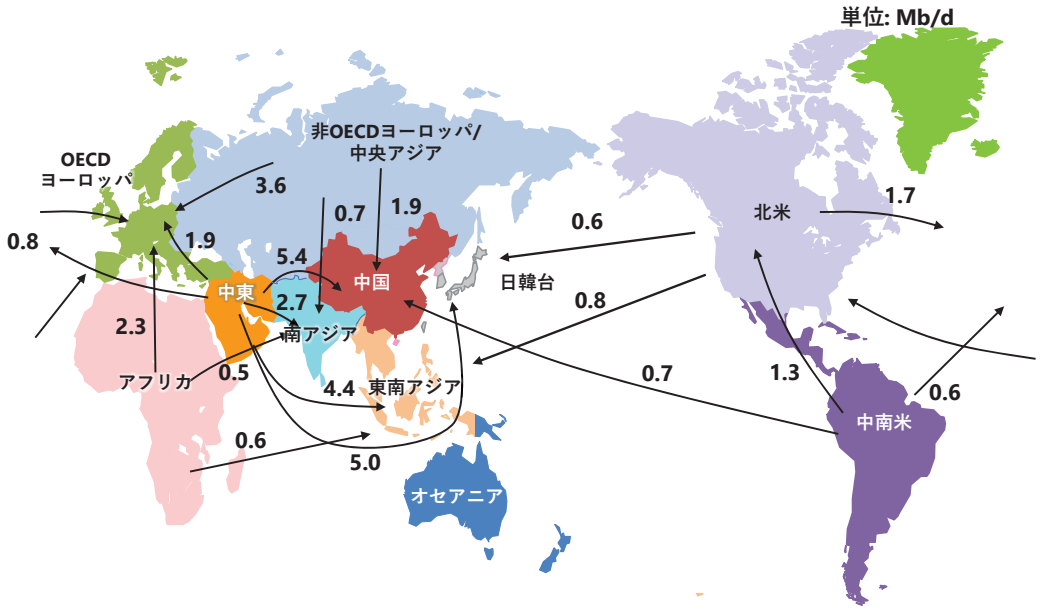
液体燃料需要



注: その他石油は、原油(直接消費分)、アスファルト、製油所ガス、ガス液化油[GTL]などを含む

IEEJ © 2023

主要な原油貿易フロー(2022年)

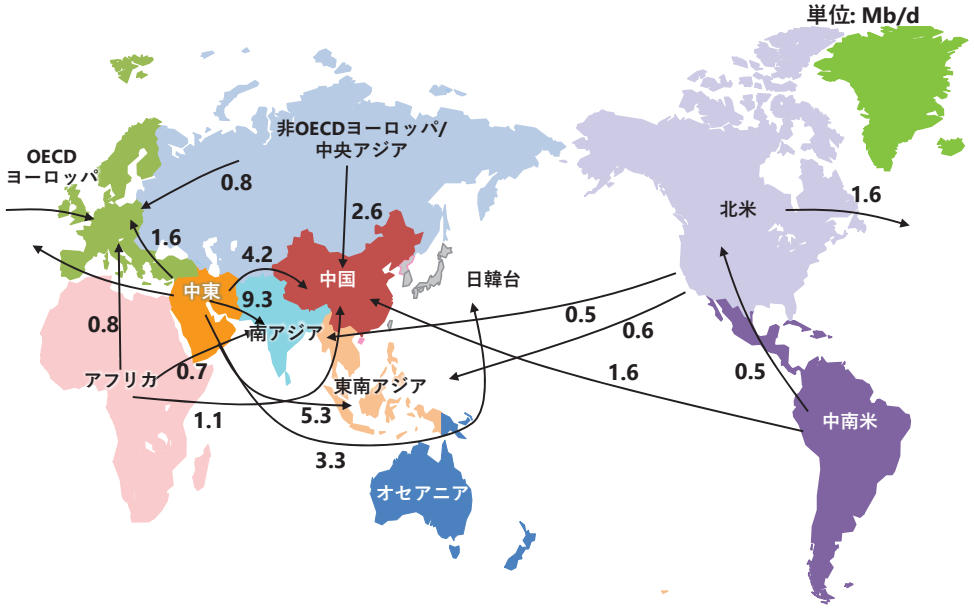


注: 0.5Mb/d以上のフローを記載

IEEJ © 2023

レファレンスシナリオ

主要な原油貿易フロー(2050年)



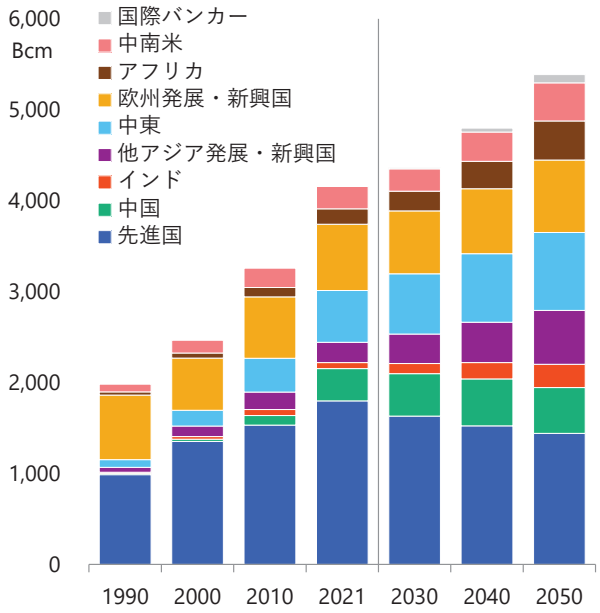
注: 0.5Mb/d以上のフローを記載

IEEJ © 2023

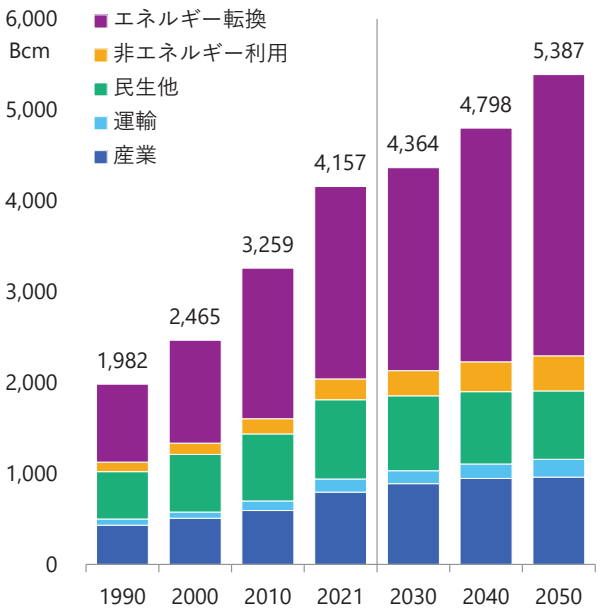
レファレンスシナリオ

天然ガス消費

地域別



部門別

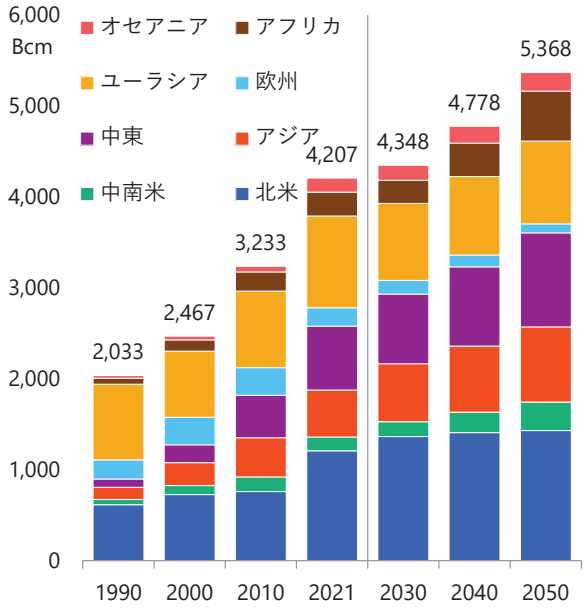


IEEJ © 2023

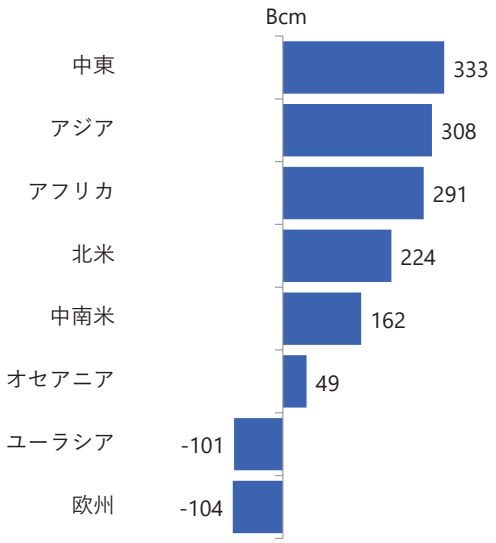
レファレンスシナリオ

天然ガス生産

地域別



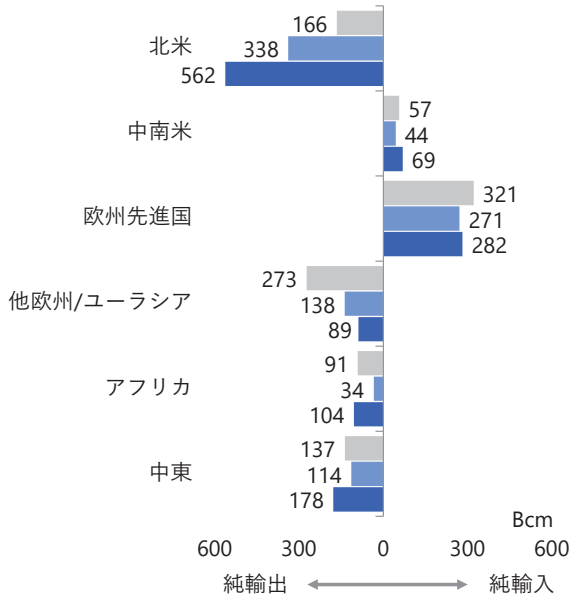
増減分(2021-2050)

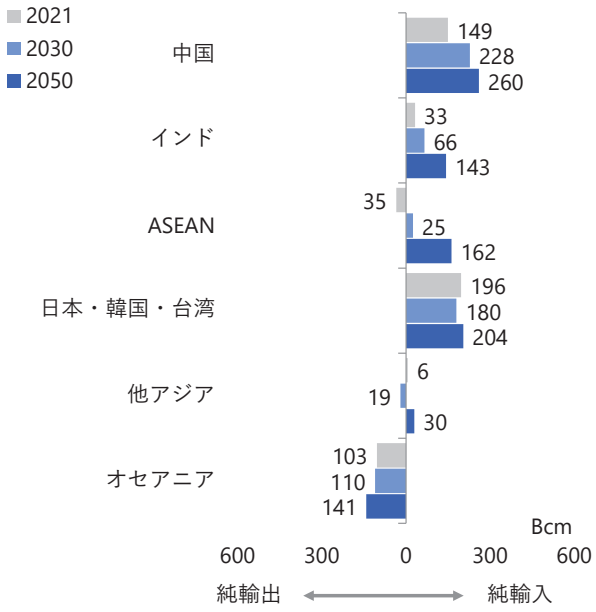


IEEJ © 2023

レファレンスシナリオ

天然ガス純輸出入量

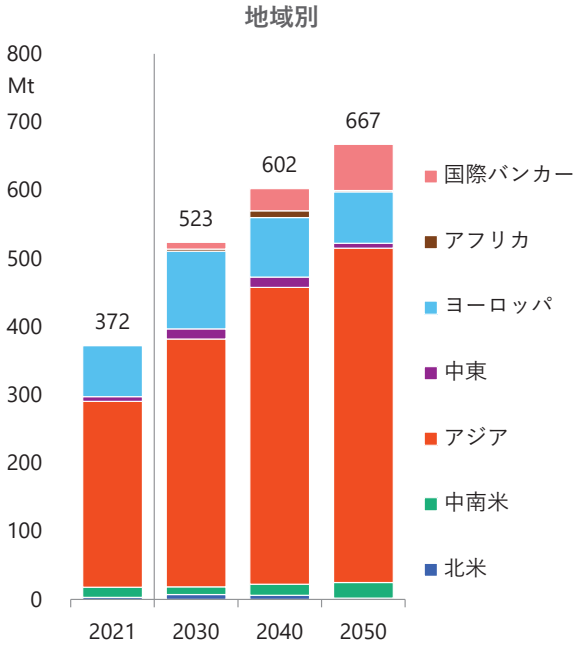


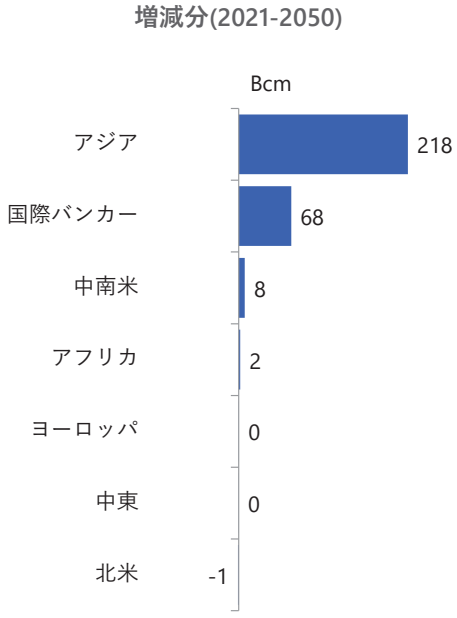


IEEJ © 2023

レファレンスシナリオ

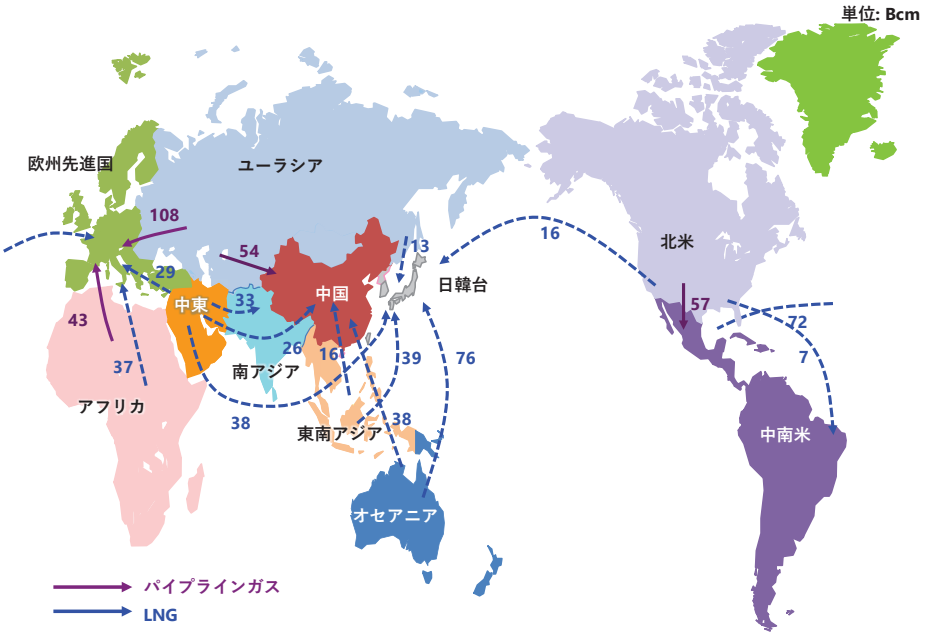
LNG需要量





IEEJ © 2023

主要な天然ガス貿易フロー(2022年)

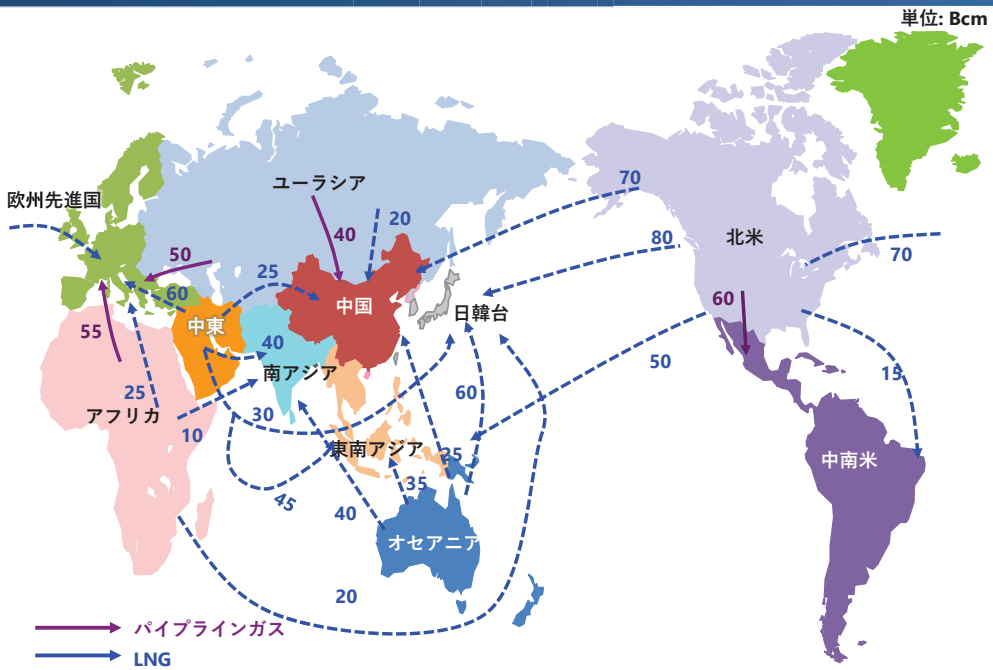


注:本図には、主な地域間貿易を記載しており、全貿易量を包含するものではない。一部、パイプラインガスがLNGに代替される可能性はある。

IEEJ © 2023

レファレンスシナリオ

主要な天然ガス貿易フロー(2050年)



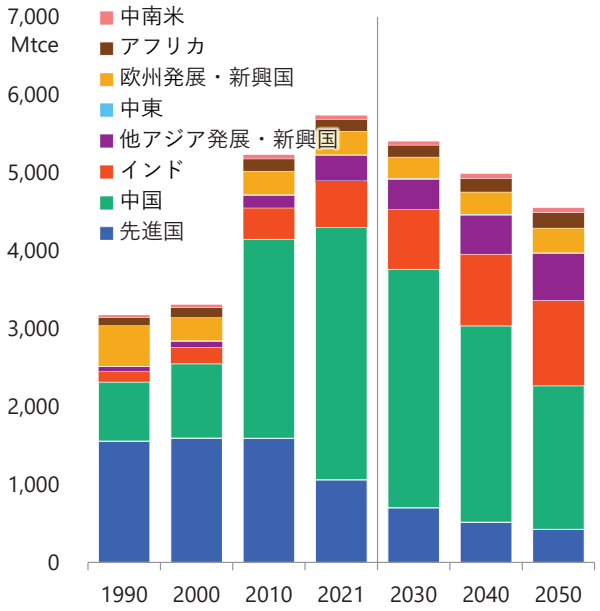
注:本図には、主な地域間貿易を記載しており、全貿易量を包含するものではない。一部、パイプラインガスがLNGに代替される可能性はある。

IEEJ © 2023

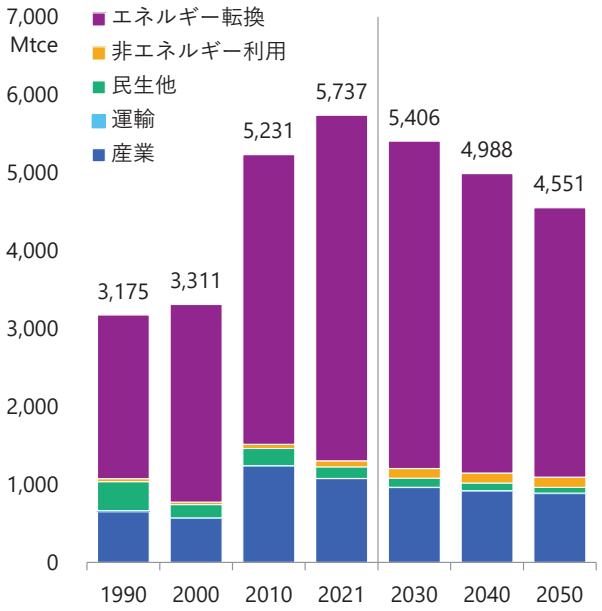
レファレンスシナリオ

石炭消費

地域別



部門別

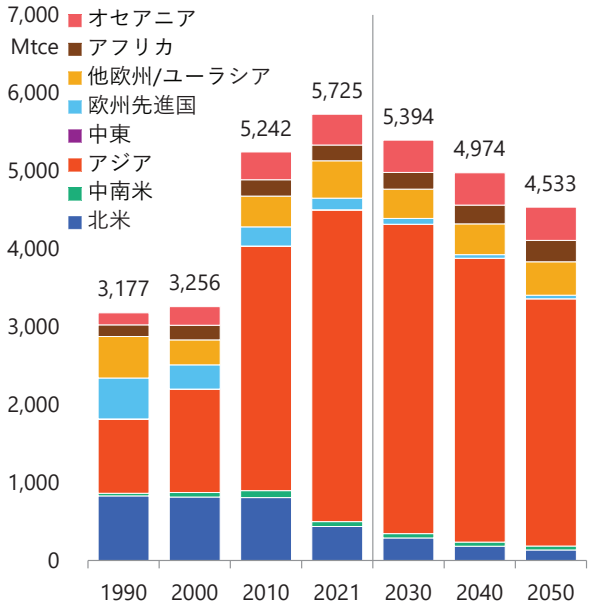


IEEJ © 2023

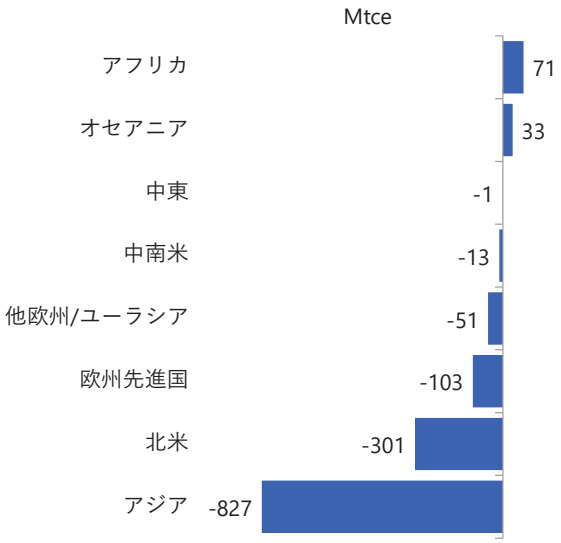
レファレンスシナリオ

石炭生産

地域別



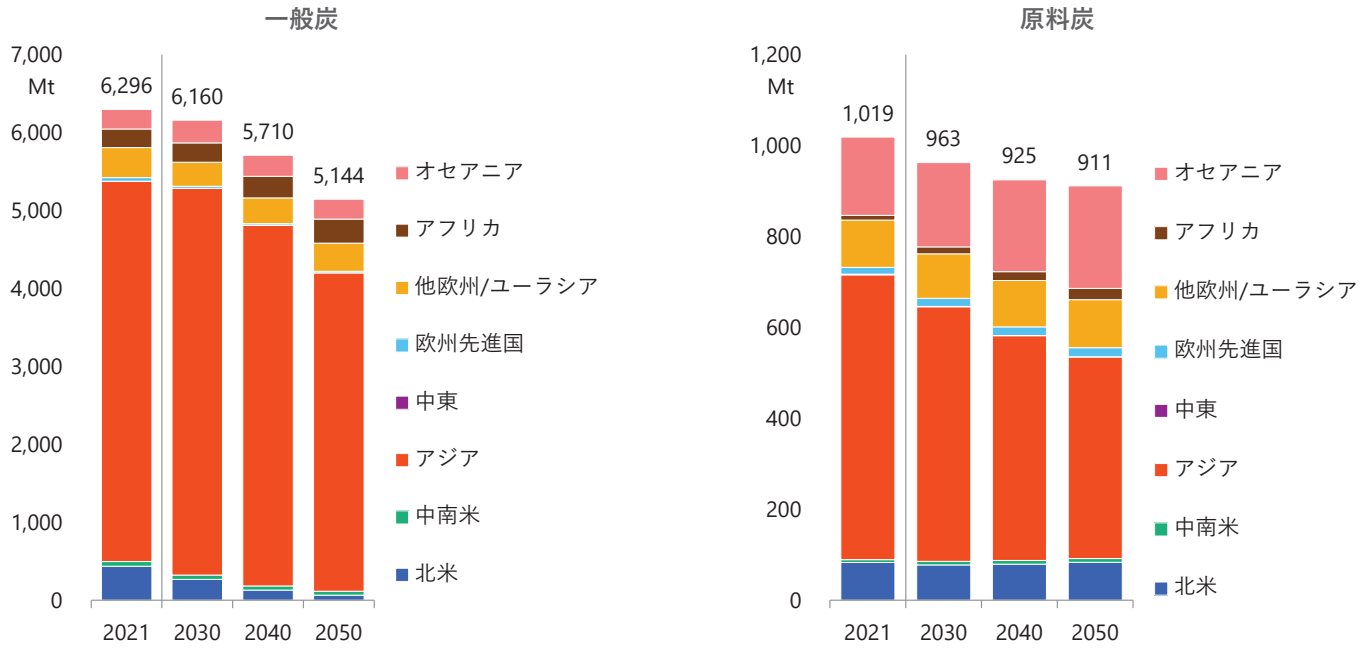
増減分(2021-2050年)



IEEJ © 2023

レファレンスシナリオ

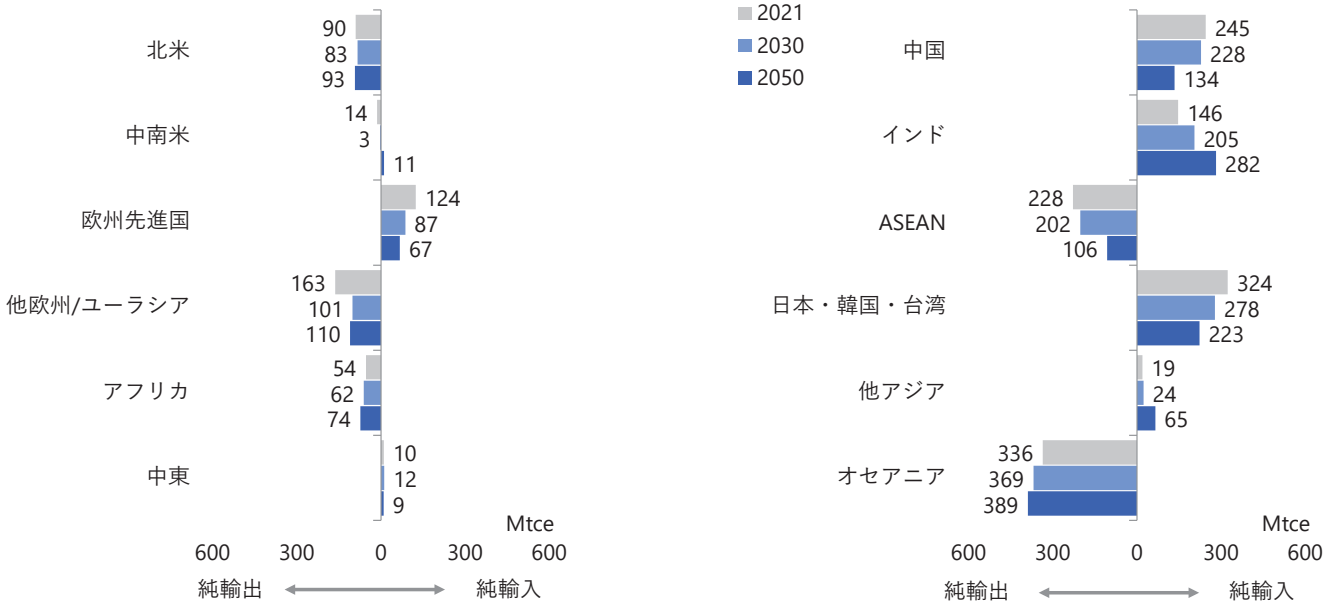
石炭生産(一般炭・原料炭)



IEEJ © 2023

レファレンスシナリオ

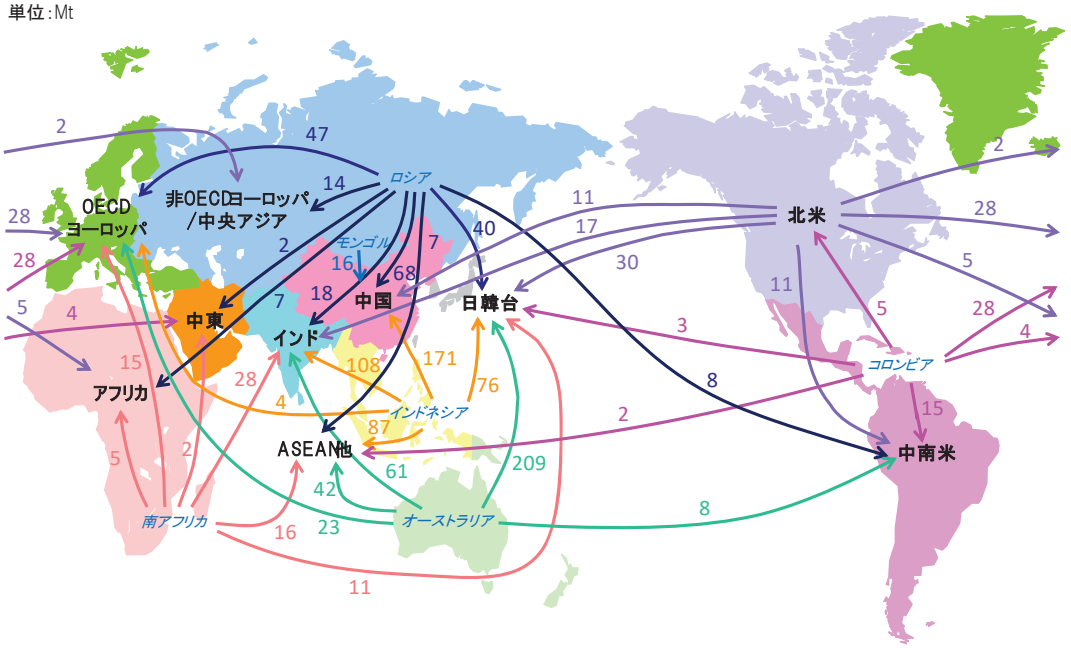
石炭純輸出入量



IEEJ © 2023

主要な石炭貿易フロー(2022年)

単位：Mt



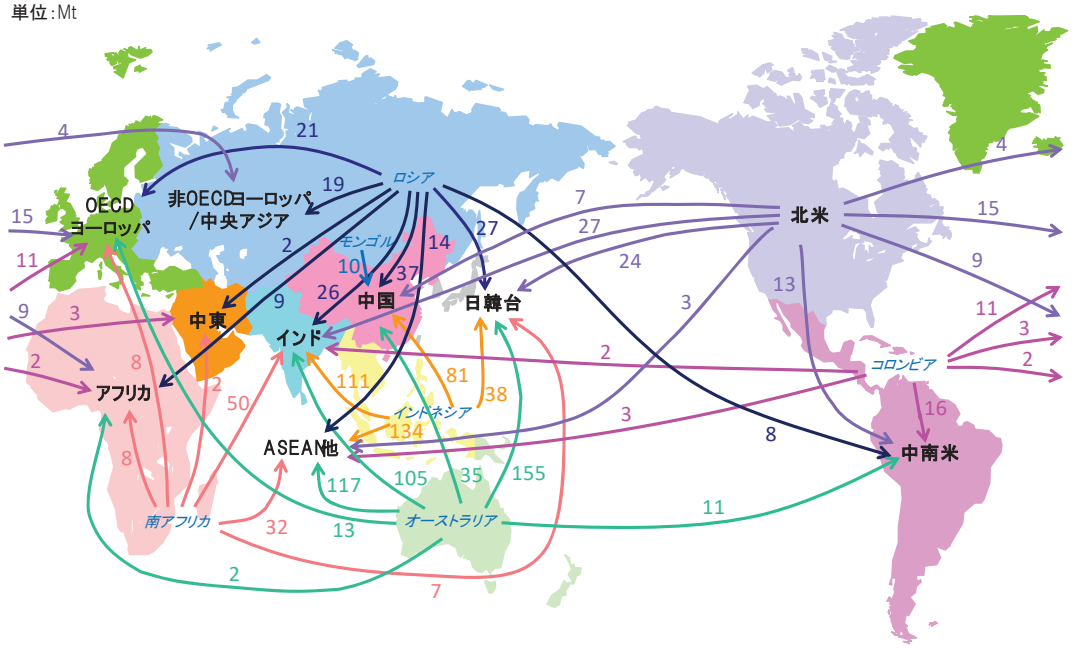
注: 一般炭と原料炭の合計。2Mt以上を記載、南アフリカにはモザンビークが含まれる。 出所: IEA "Coal Information 2023"、TEXレポート等をもとに推定

IEEJ © 2023

レファレンスシナリオ

主要な石炭貿易フロー(2050年)

単位：Mt

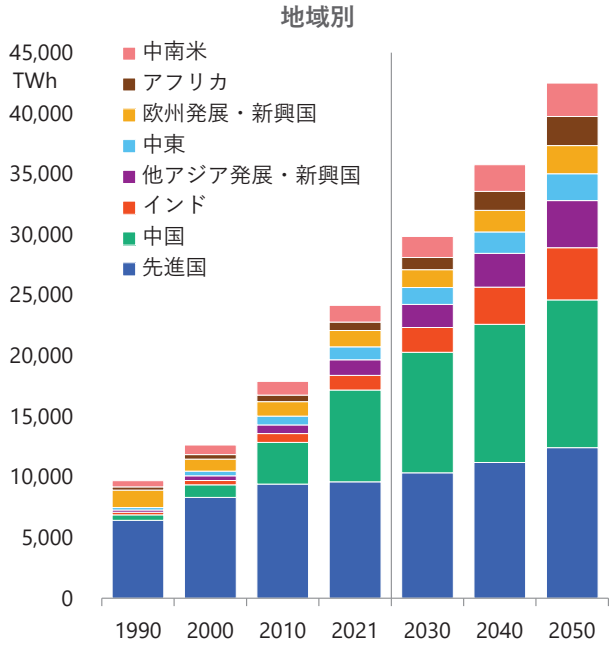


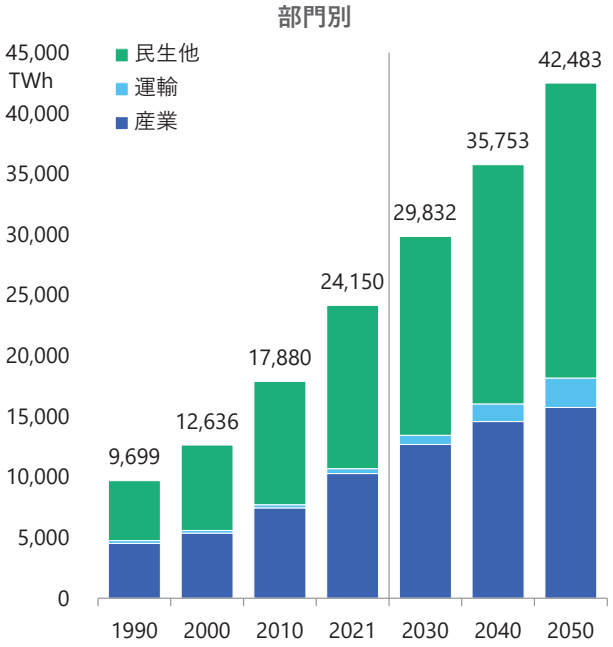
注: 一般炭と原料炭の合計。2Mt以上を記載、南アフリカにはモザンビークが含まれる。

IEEJ © 2023

レファレンスシナリオ

電力最終消費

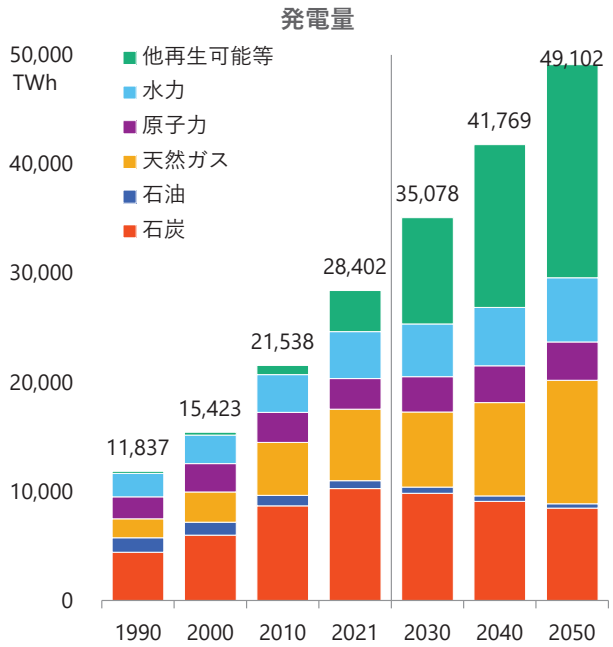


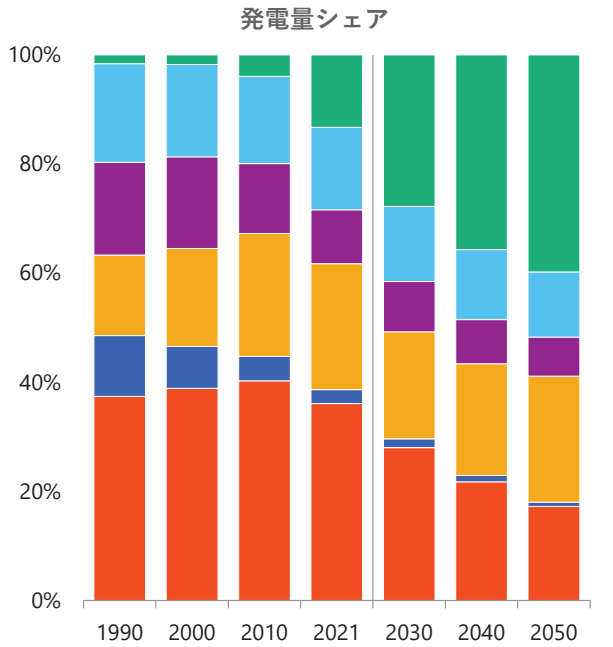


IEEJ © 2023

レファレンスシナリオ

発電構成

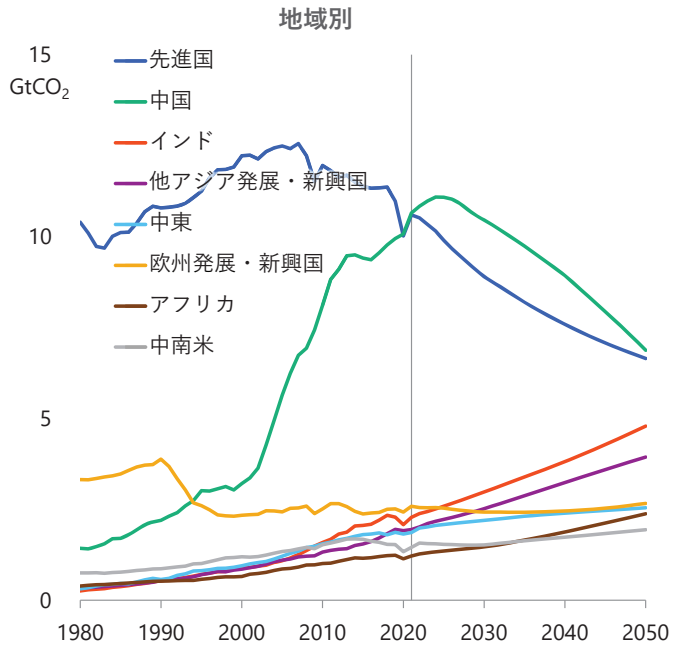


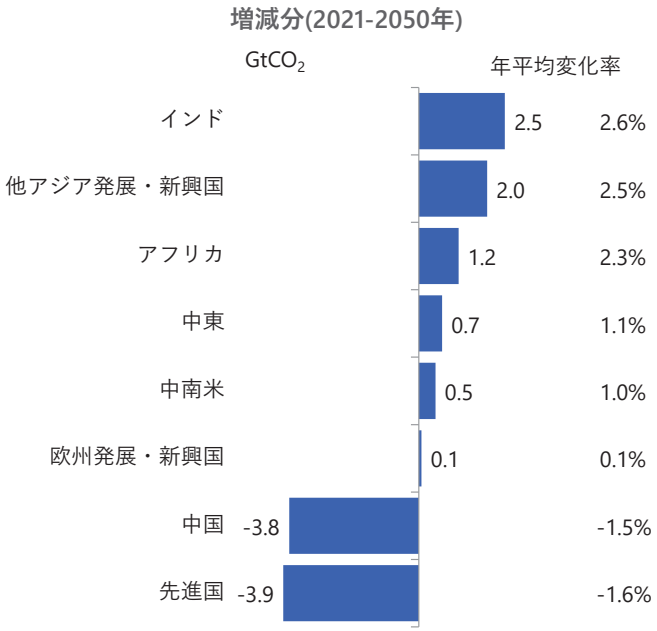


IEEJ © 2023

レファレンスシナリオ

エネルギー起源二酸化炭素排出量

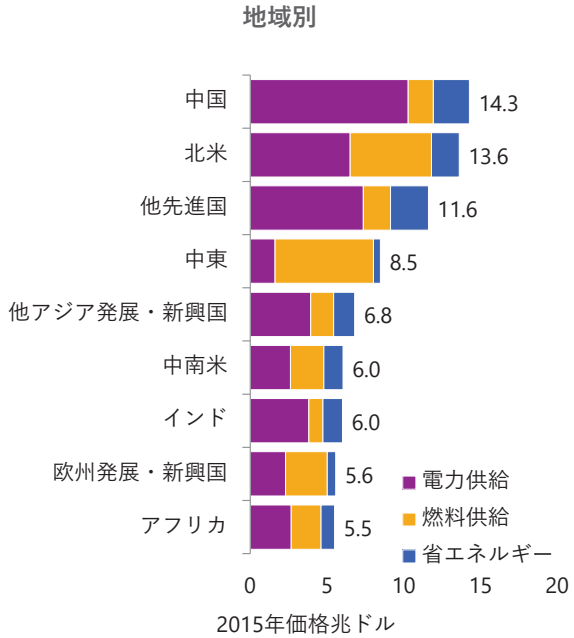


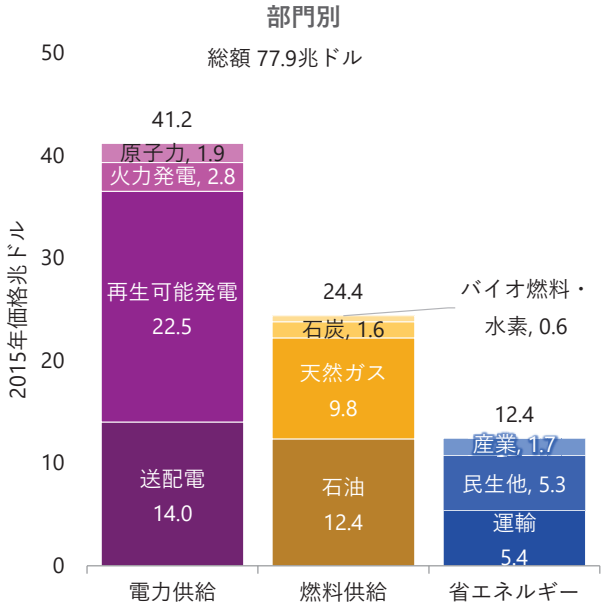


IEEJ © 2023

レファレンスシナリオ

エネルギー関連投資額(2022年～2050年 累積投資額)



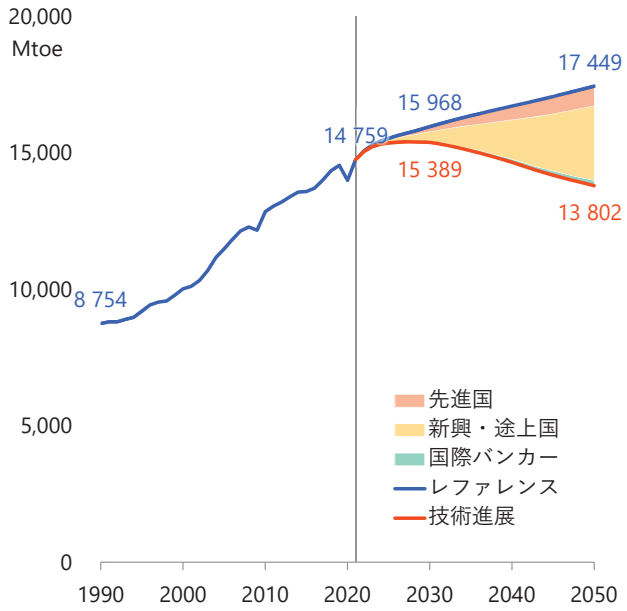


IEEJ © 2023

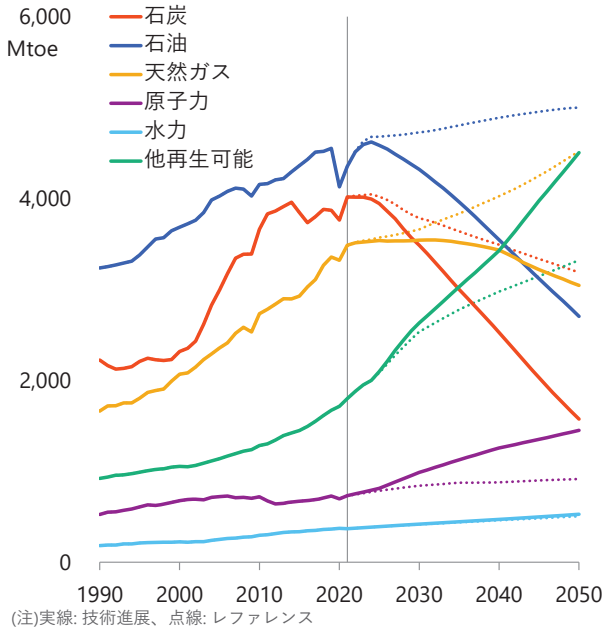
技術進展シナリオ

一次エネルギー消費

地域別



エネルギー源別



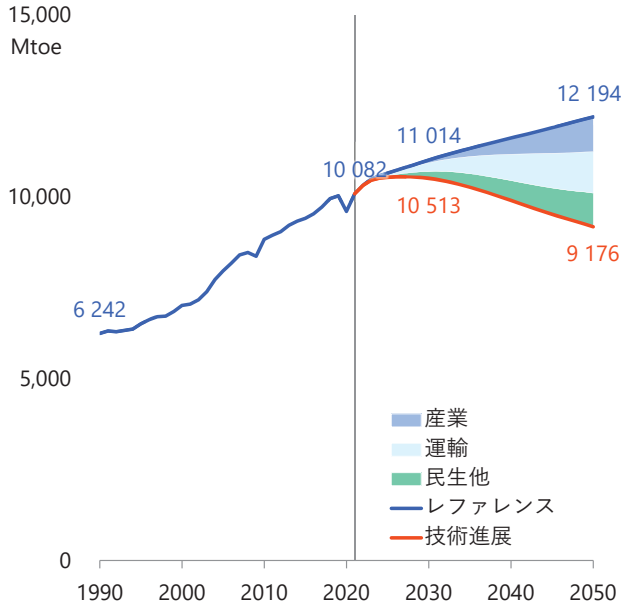
(注)実線: 技術進展、点線: レファレンス

IEEJ © 2023

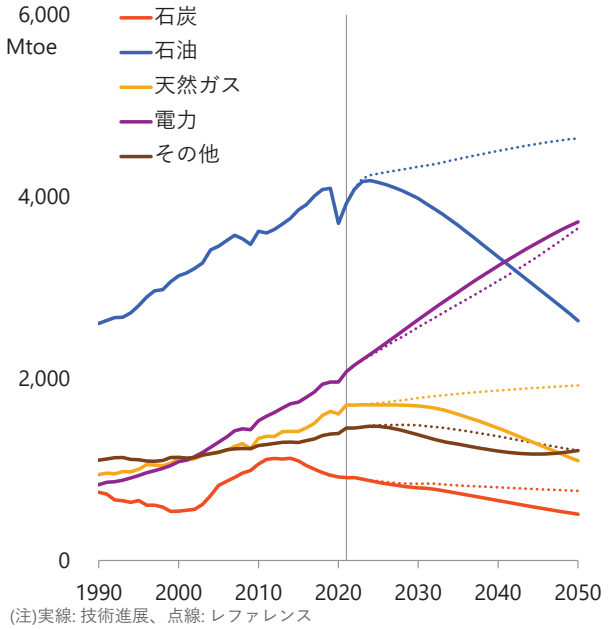
技術進展シナリオ

最終エネルギー消費

部門別



エネルギー源別

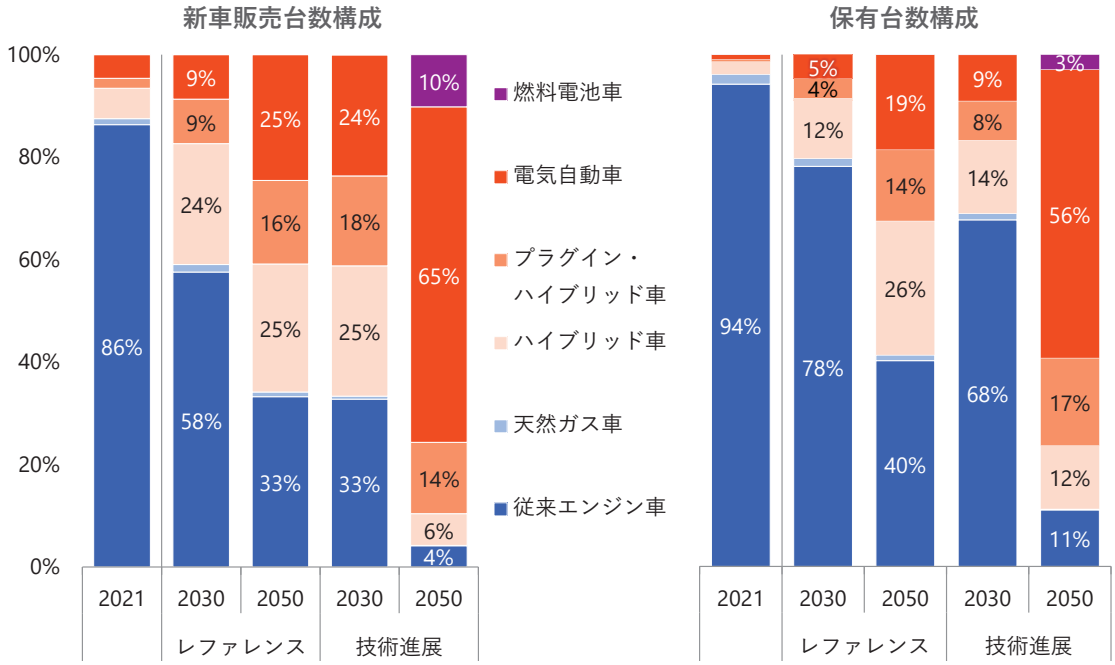


(注)実線: 技術進展、点線: レファレンス

IEEJ © 2023

技術進展シナリオ

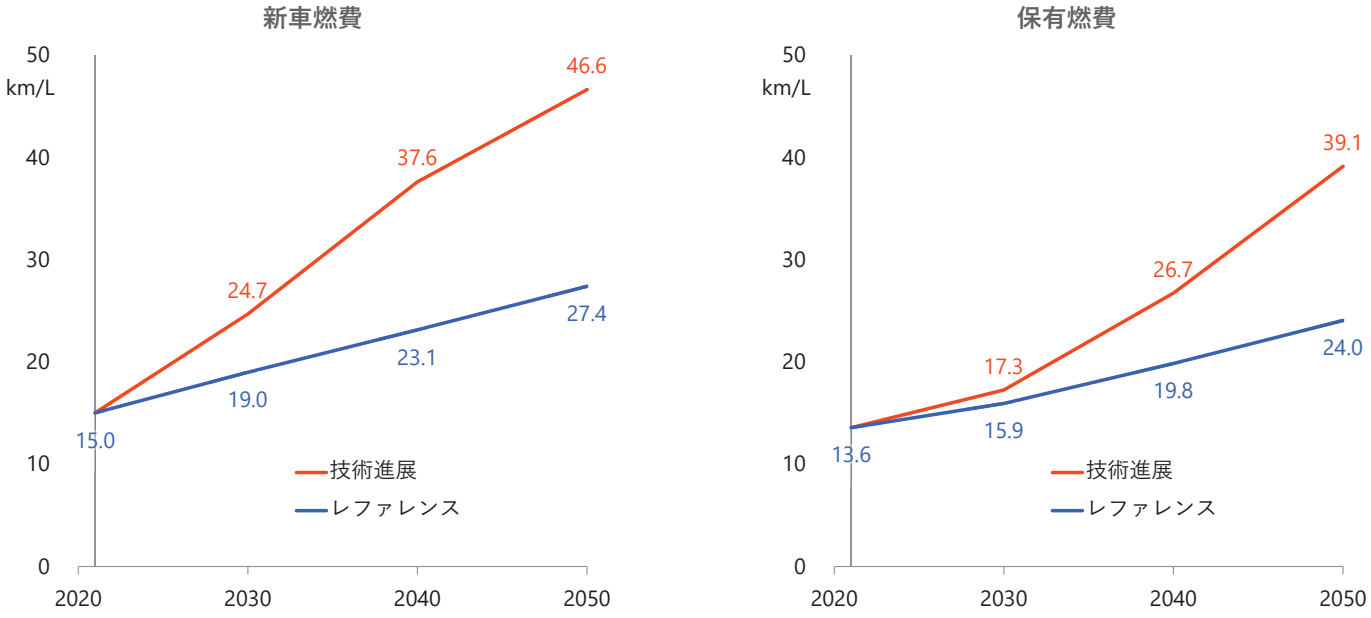
自動車駆動タイプ構成(乗用車)



IEEJ © 2023

技術進展シナリオ

自動車燃費(乗用車)

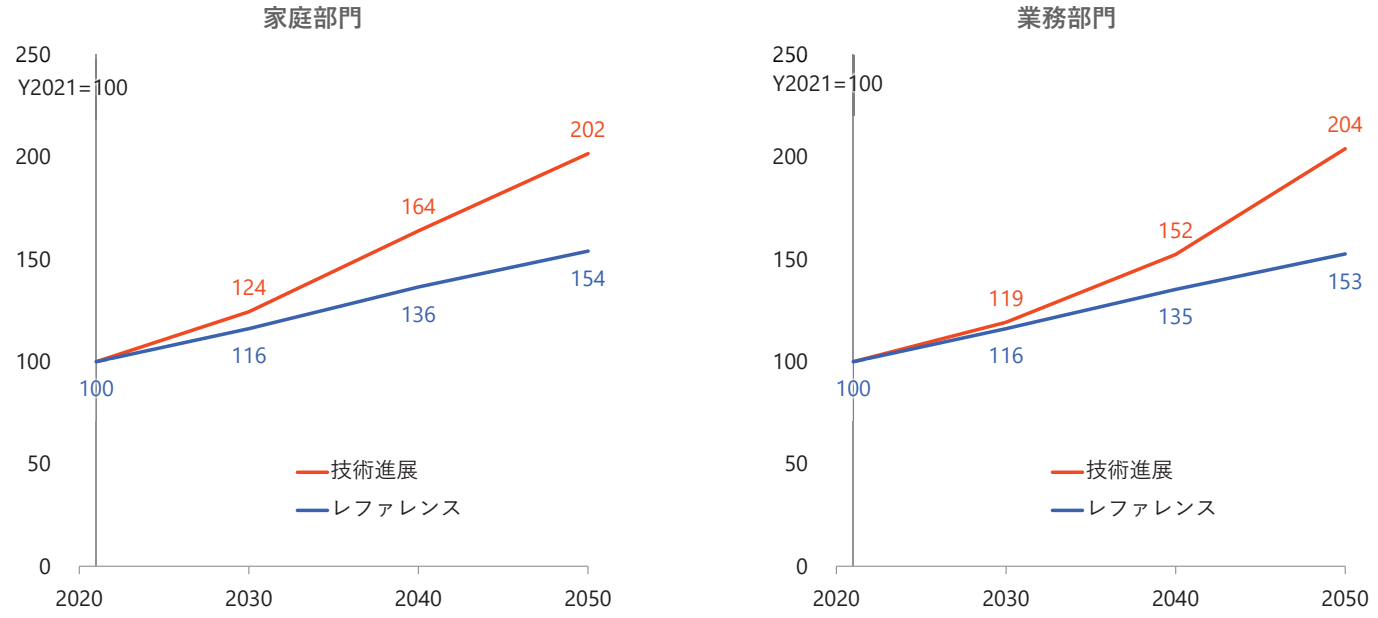


注: ガソリン換算

IEEJ © 2023

技術進展シナリオ

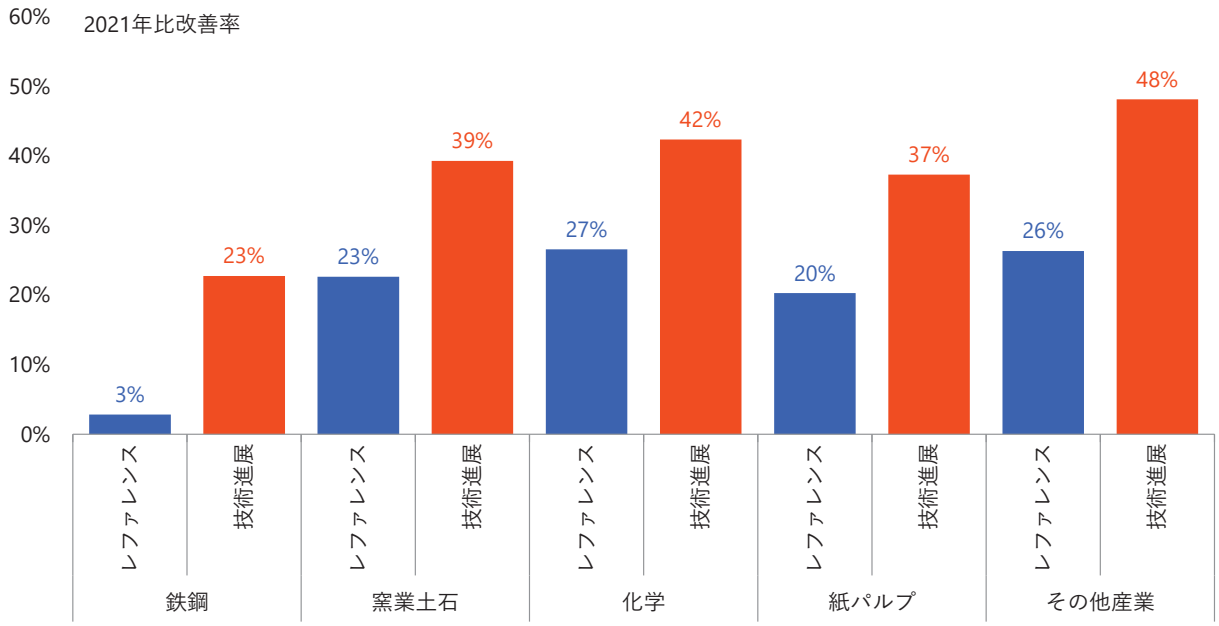
民生部門総合効率



IEEJ © 2023

技術進展シナリオ

産業部門原単位改善率(2050年)

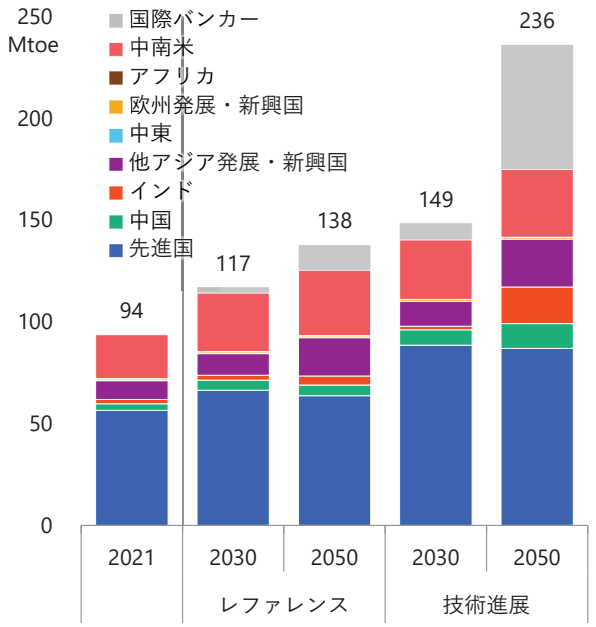


IEEJ © 2023

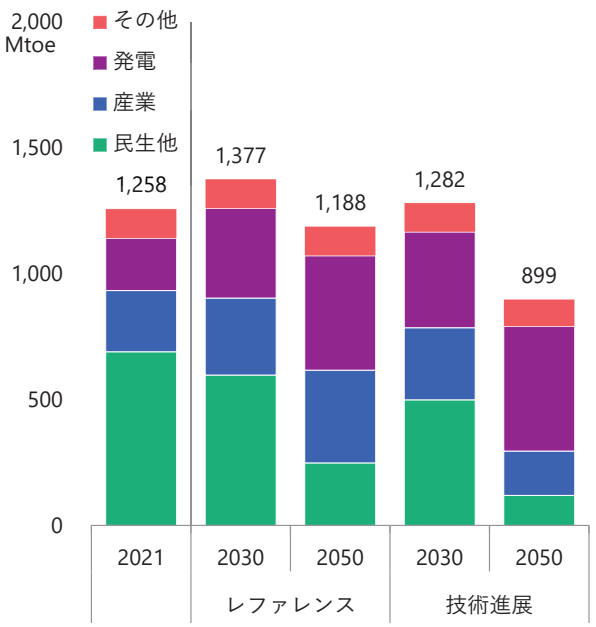
技術進展シナリオ

バイオマスエネルギー

輸送用バイオ燃料



固形バイオマス利用量

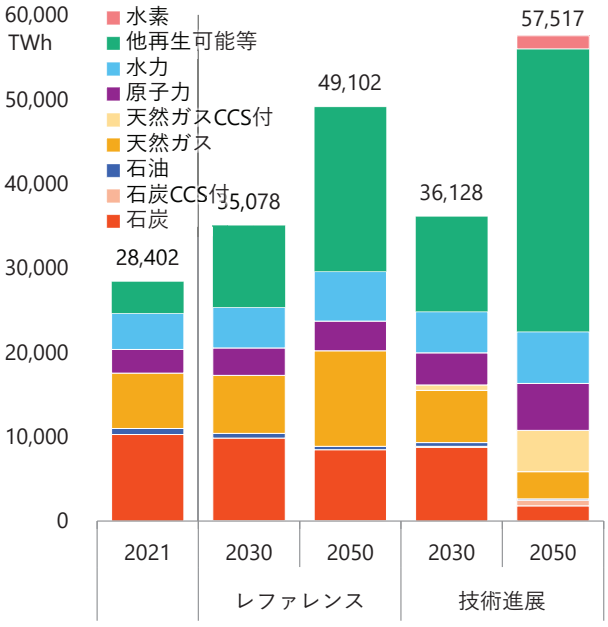


IEEJ © 2023

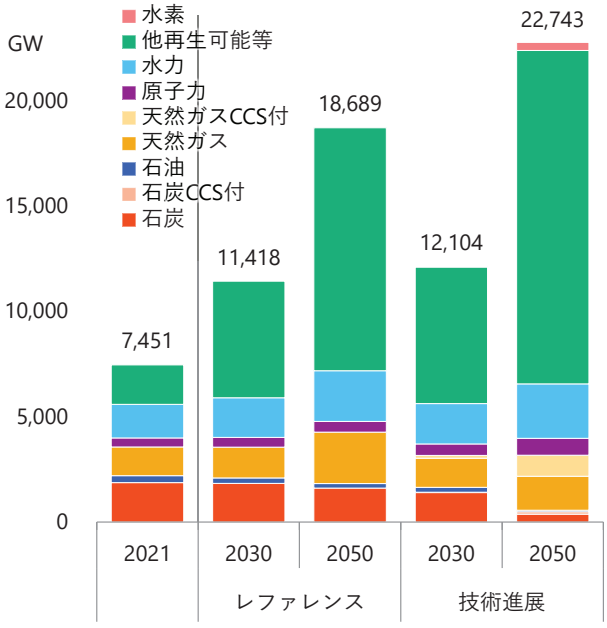
技術進展シナリオ

発電構成

発電量



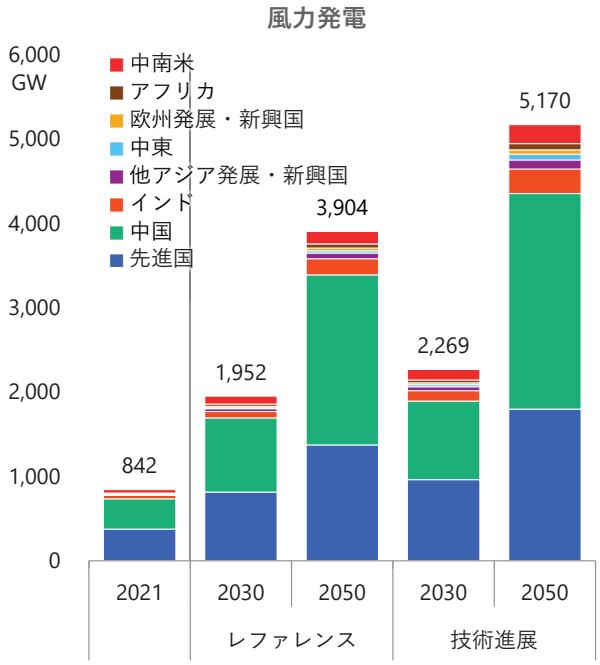
発電設備容量

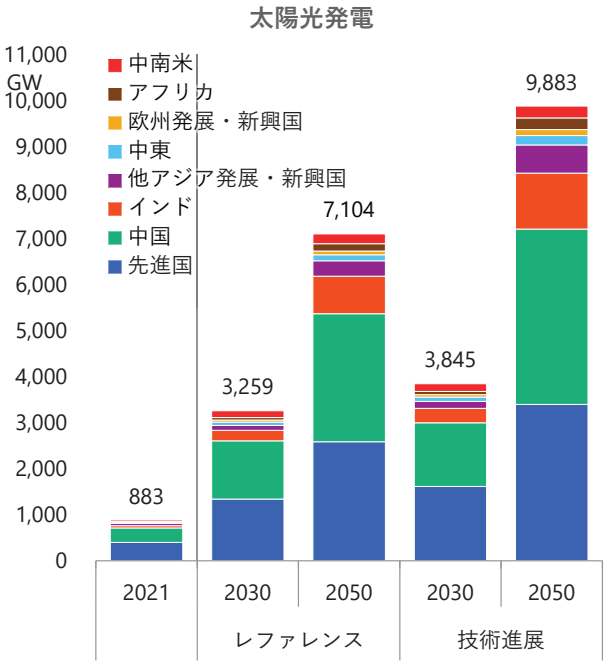


IEEJ © 2023

技術進展シナリオ

風力・太陽光発電設備容量

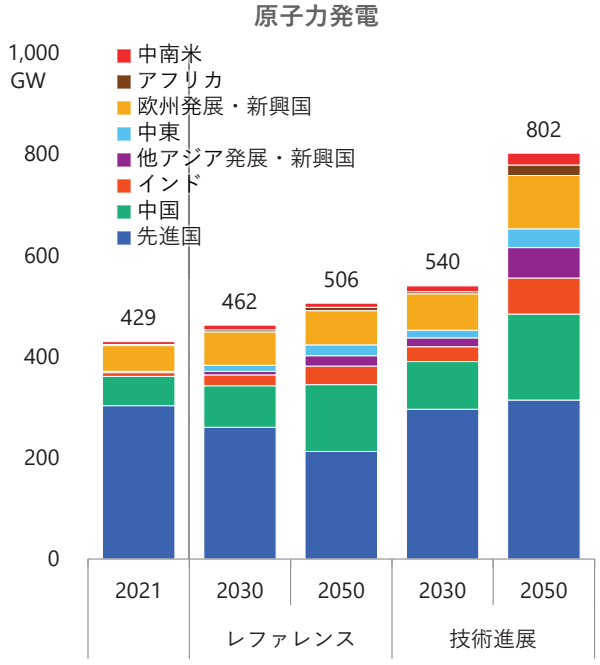


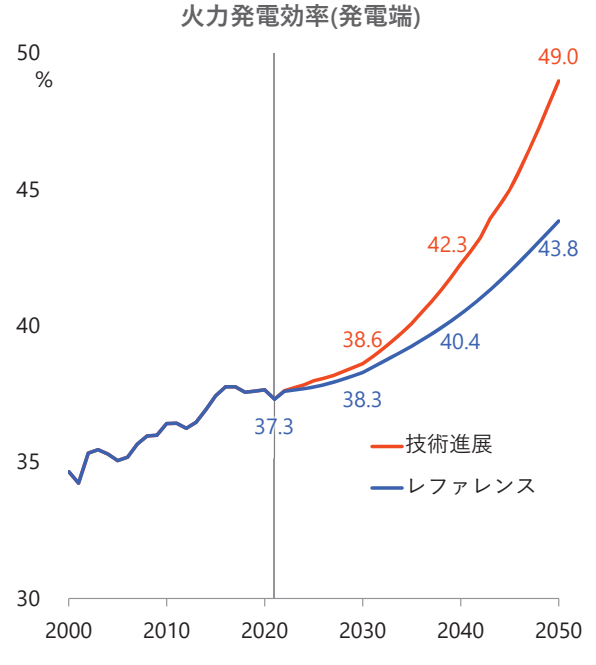


IEEJ © 2023

技術進展シナリオ

原子力発電設備容量・火力発電効率





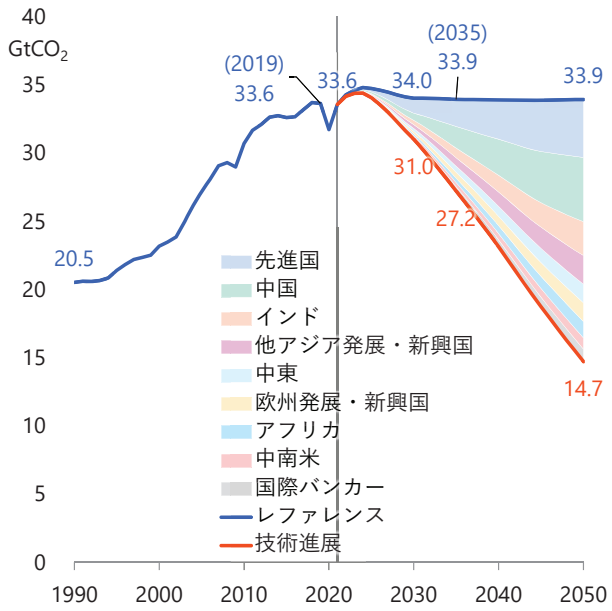
注:バイオマス・廃棄物を除く

IEEJ © 2023

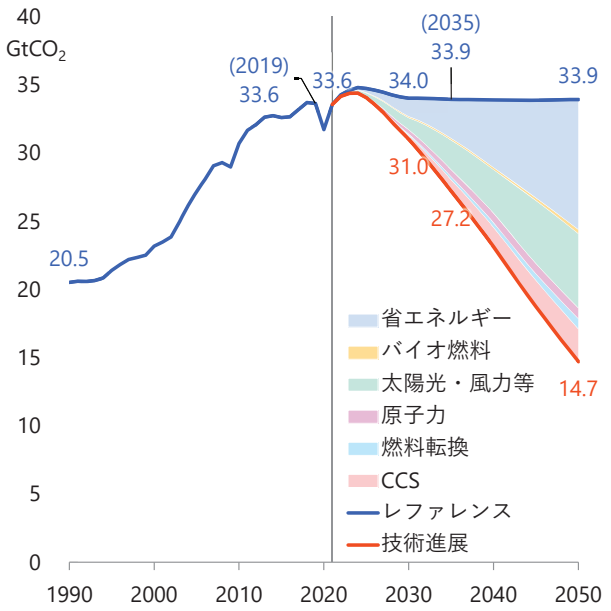
技術進展シナリオ

エネルギー起源二酸化炭素排出量

国・地域別



技術別削減量

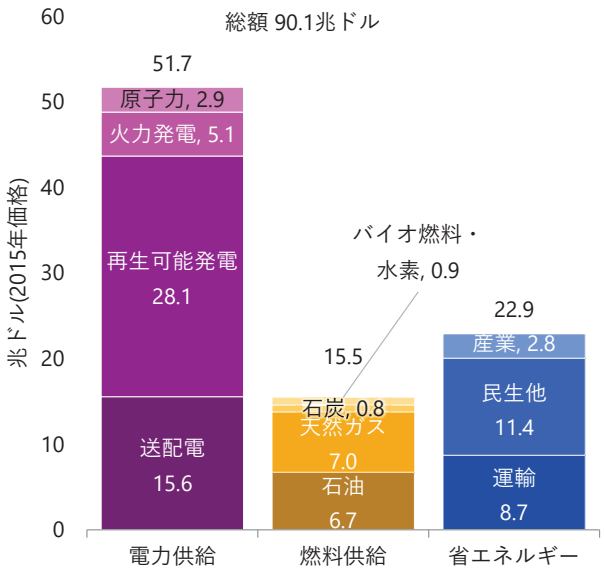


IEEJ © 2023

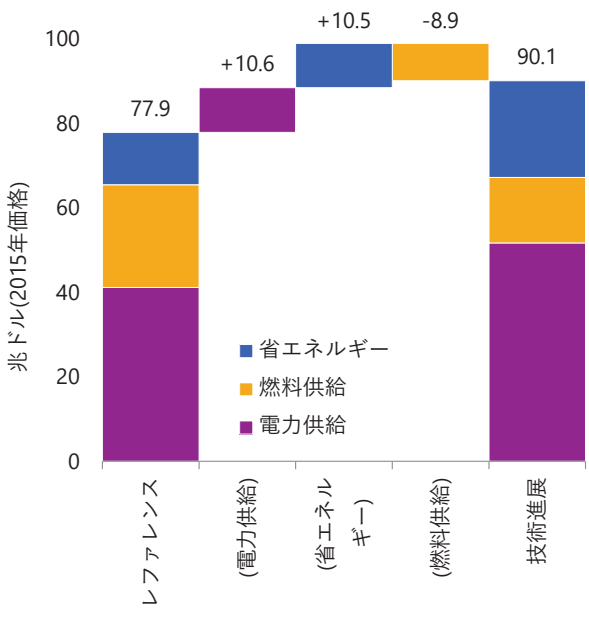
技術進展シナリオ

エネルギー関連投資額(2022年～2050年 累積投資額)

部門別



部門別増減

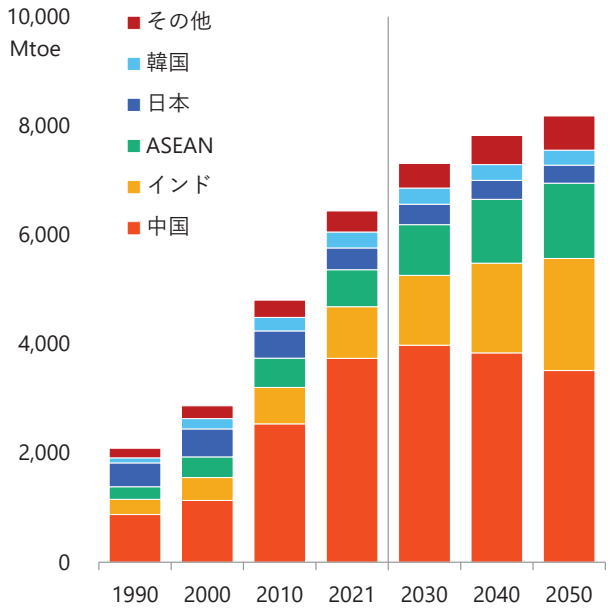


IEEJ © 2023

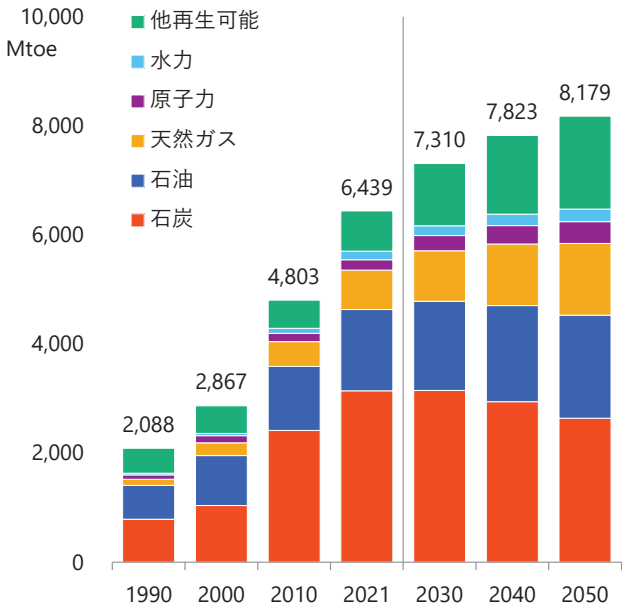
アジア　レファレンスシナリオ

一次エネルギー消費

地域別



エネルギー源別

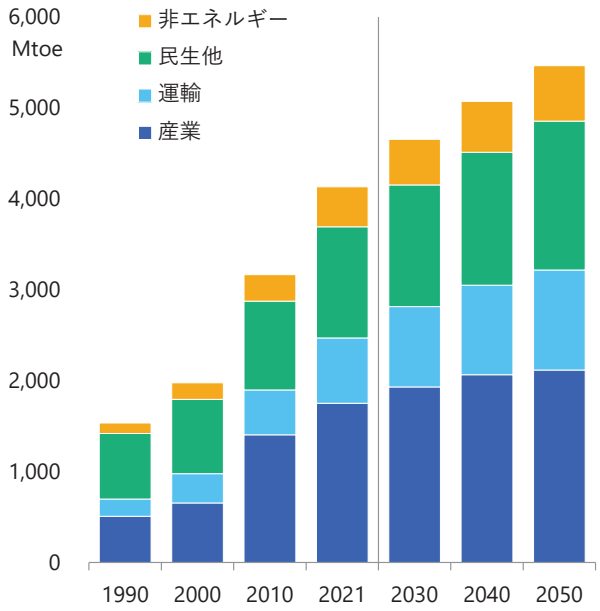


IEEJ © 2023

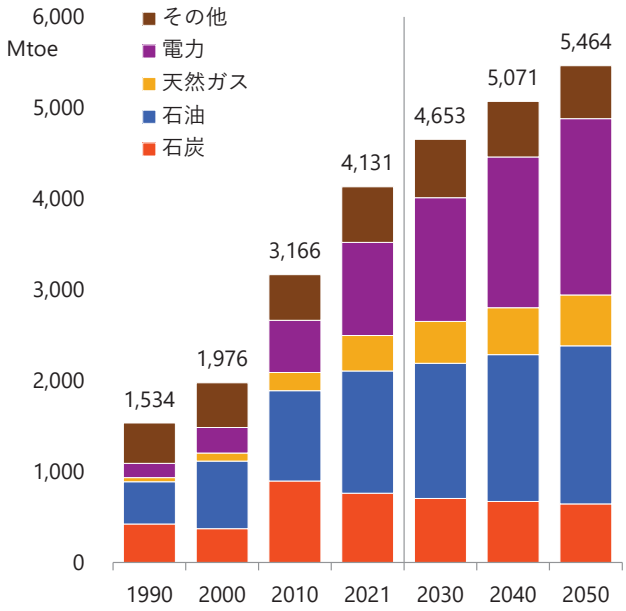
アジア　レファレンスシナリオ

最終エネルギー消費

部門別



エネルギー源別

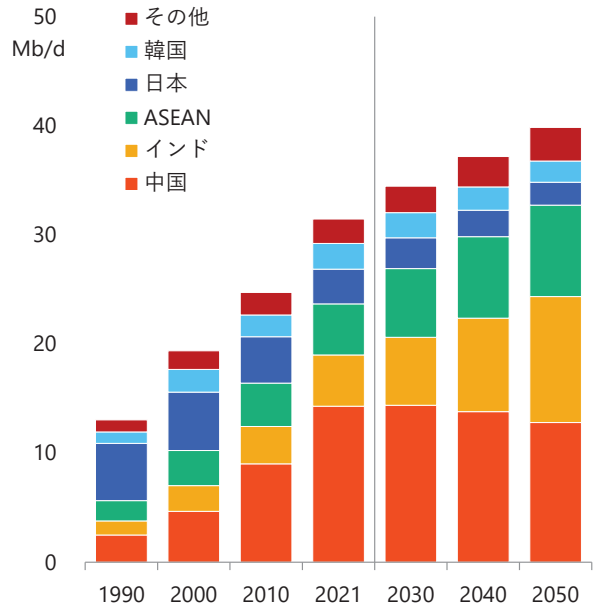


IEEJ © 2023

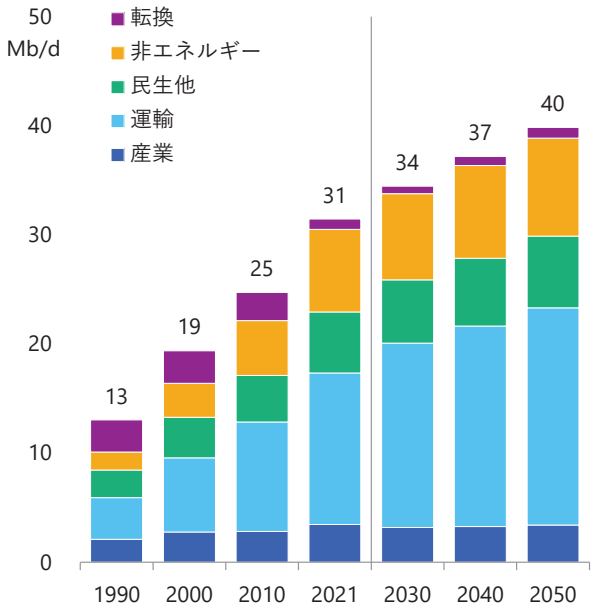
アジア　レファレンスシナリオ

石油消費

地域別



部門別

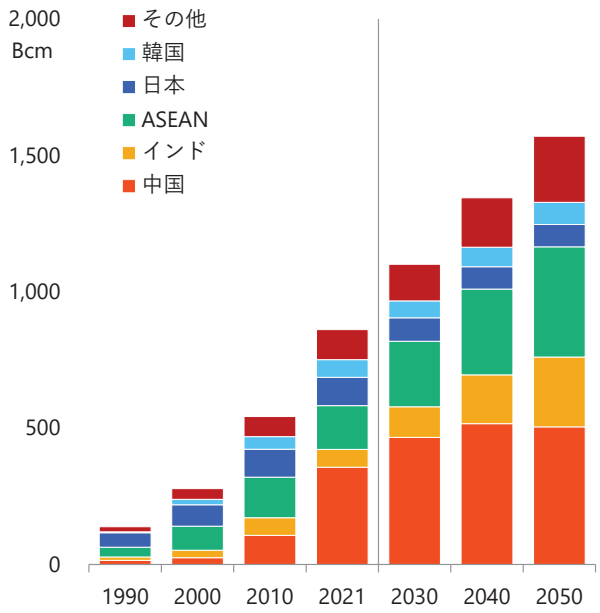


IEEJ © 2023

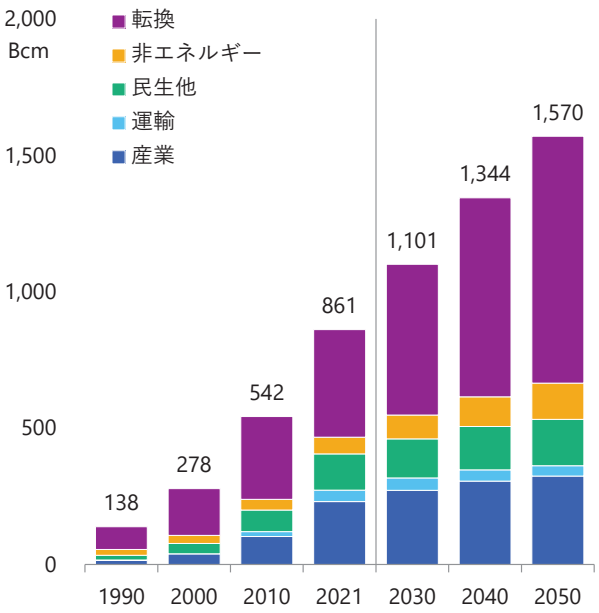
アジア　レファレンスシナリオ

天然ガス消費

地域別



部門別

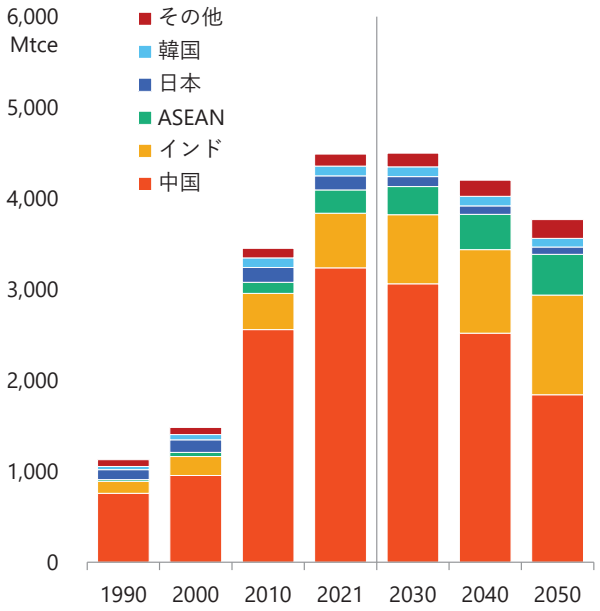


IEEJ © 2023

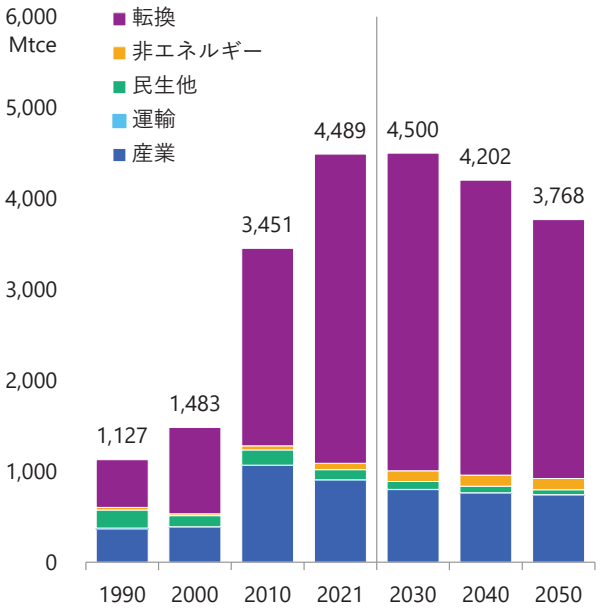
アジア　レファレンスシナリオ

石炭消費

地域別



部門別

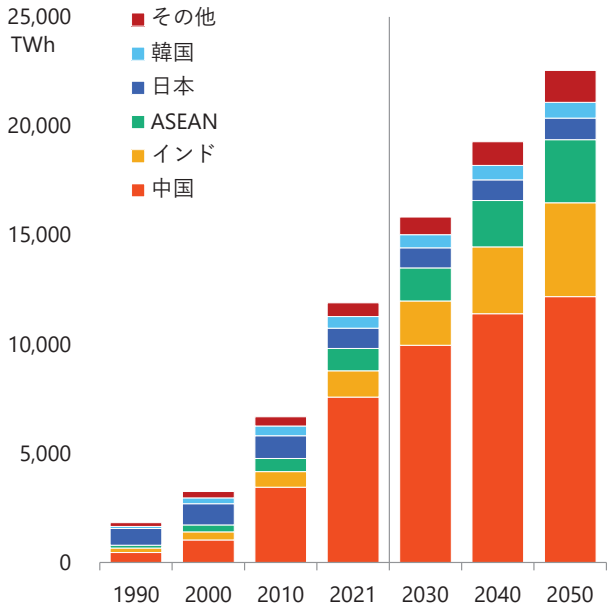


IEEJ © 2023

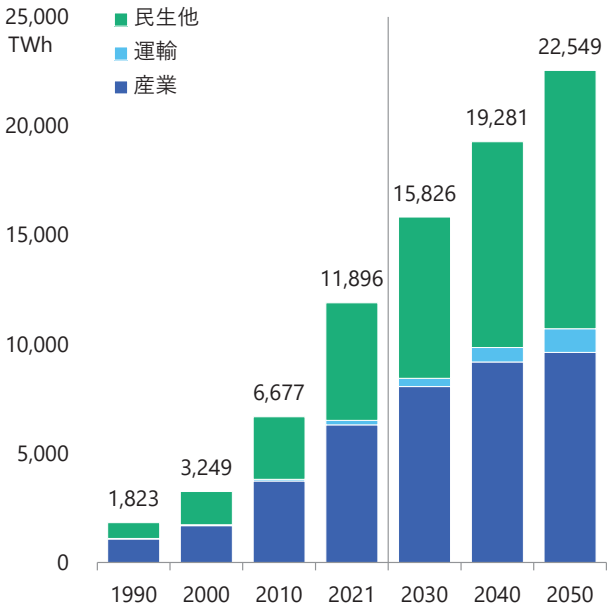
アジア　レファレンスシナリオ

電力最終消費

地域別



部門別

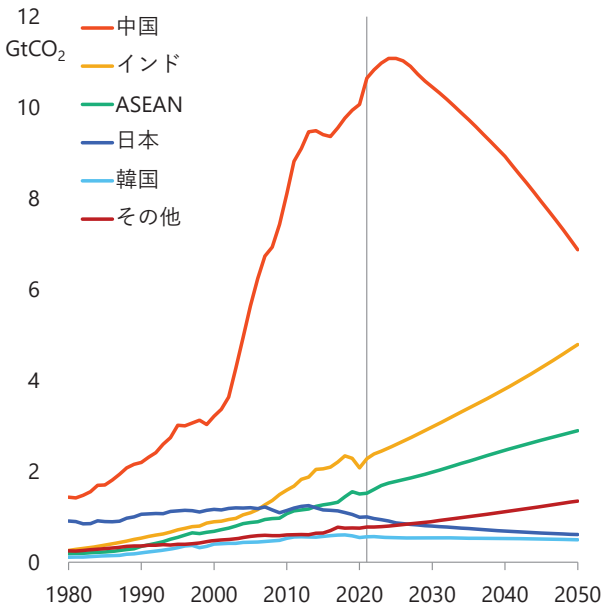


IEEJ © 2023

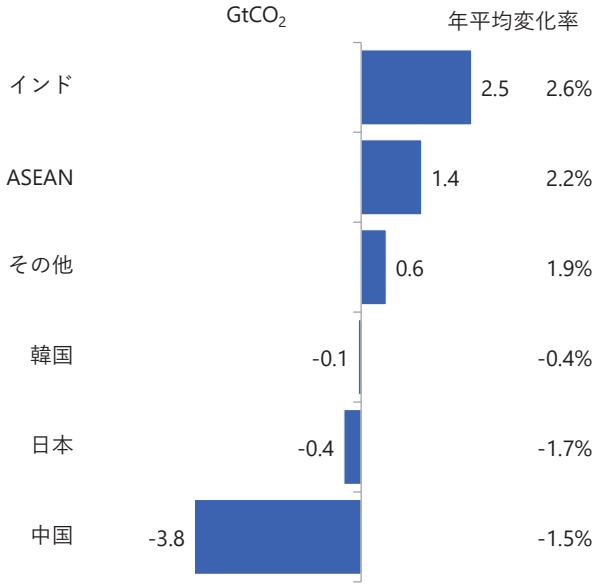
アジア　レファレンスシナリオ

エネルギー起源二酸化炭素排出量

地域別



増減分(2021-2050年)

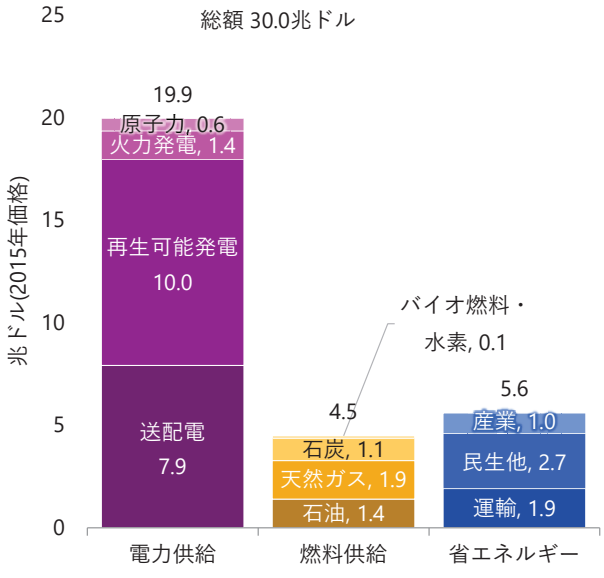


IEEJ © 2023

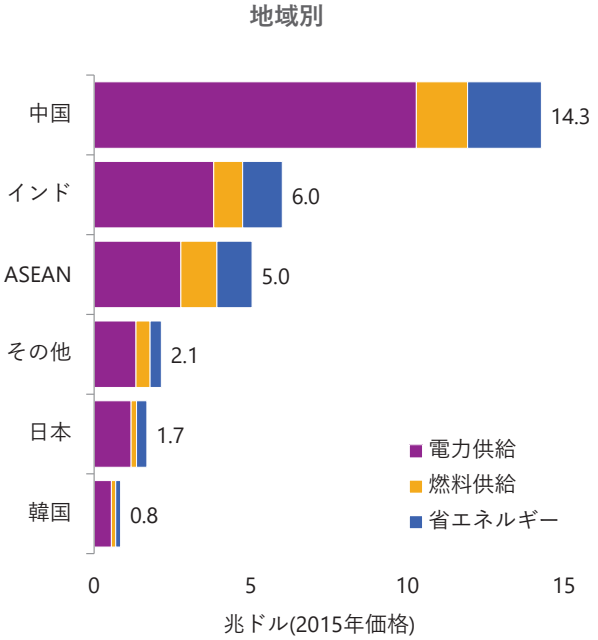
アジア　レファレンスシナリオ

エネルギー関連投資額(2022年～2050年 累積投資額)

部門別



地域別

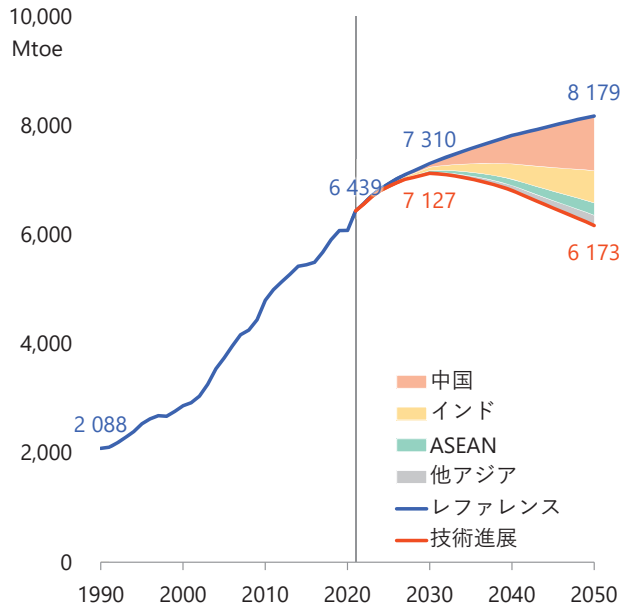


IEEJ © 2023

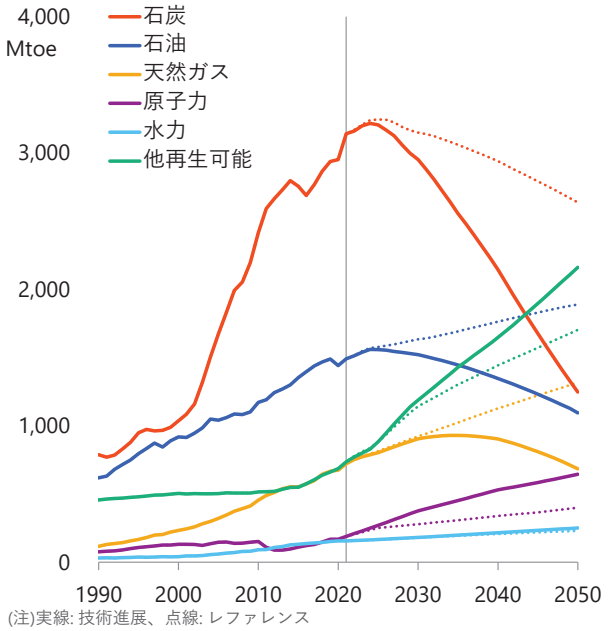
アジア　技術進展シナリオ

一次エネルギー消費

国・地域別



エネルギー源別



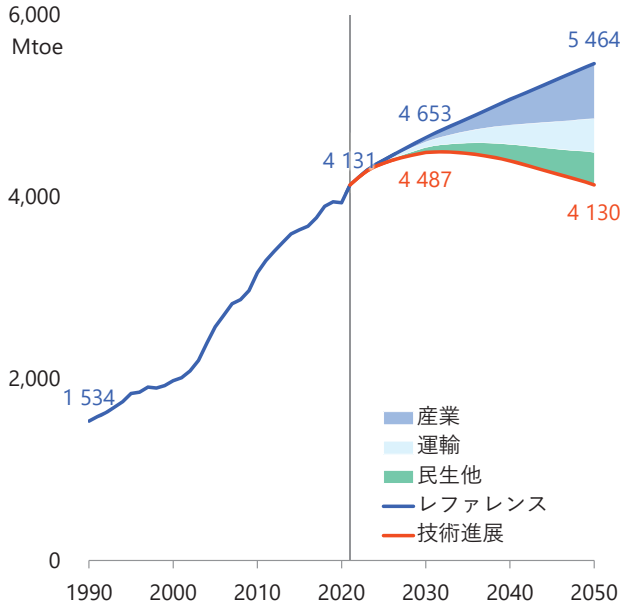
(注)実線: 技術進展、点線: レファレンス

IEEJ © 2023

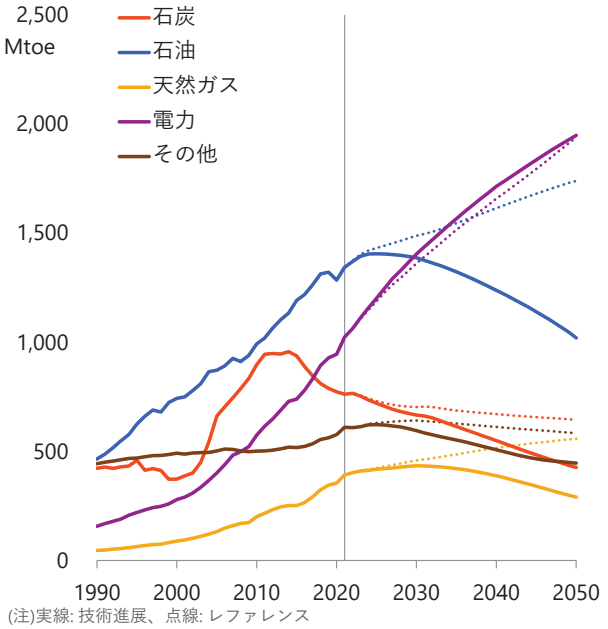
アジア　技術進展シナリオ

最終エネルギー消費

部門別



エネルギー源別

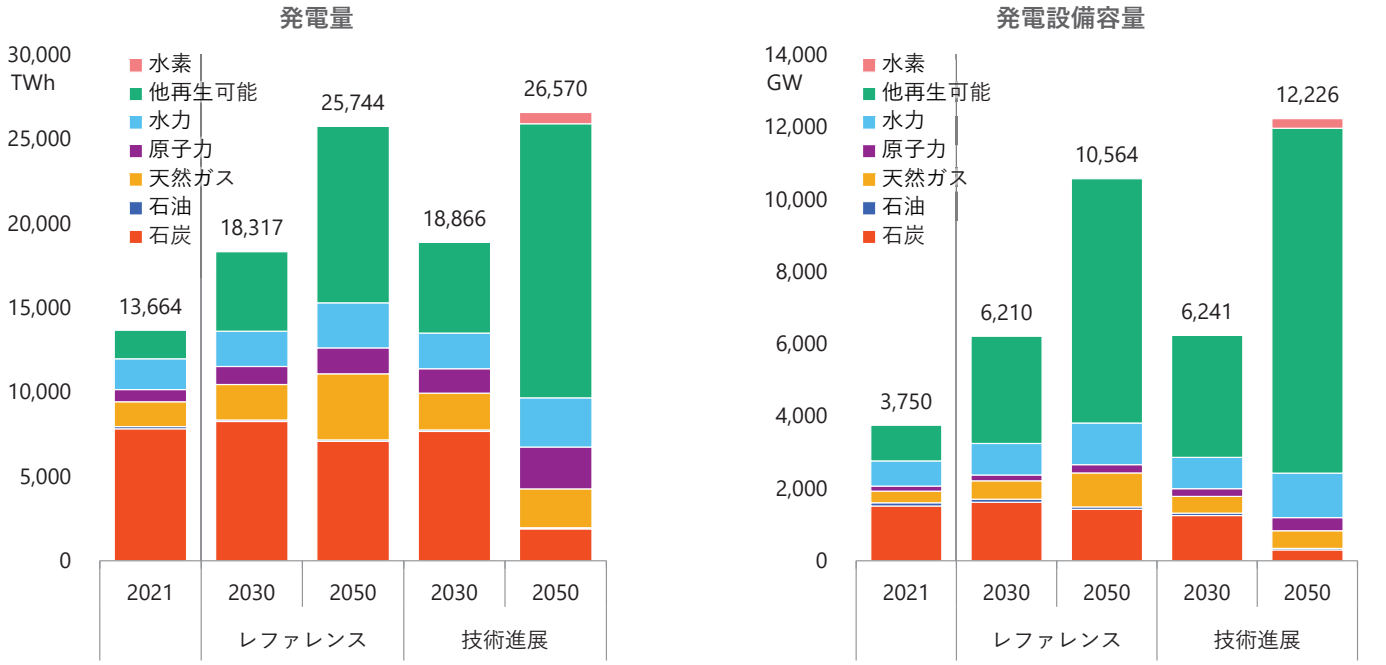


(注)実線: 技術進展、点線: レファレンス

IEEJ © 2023

アジア

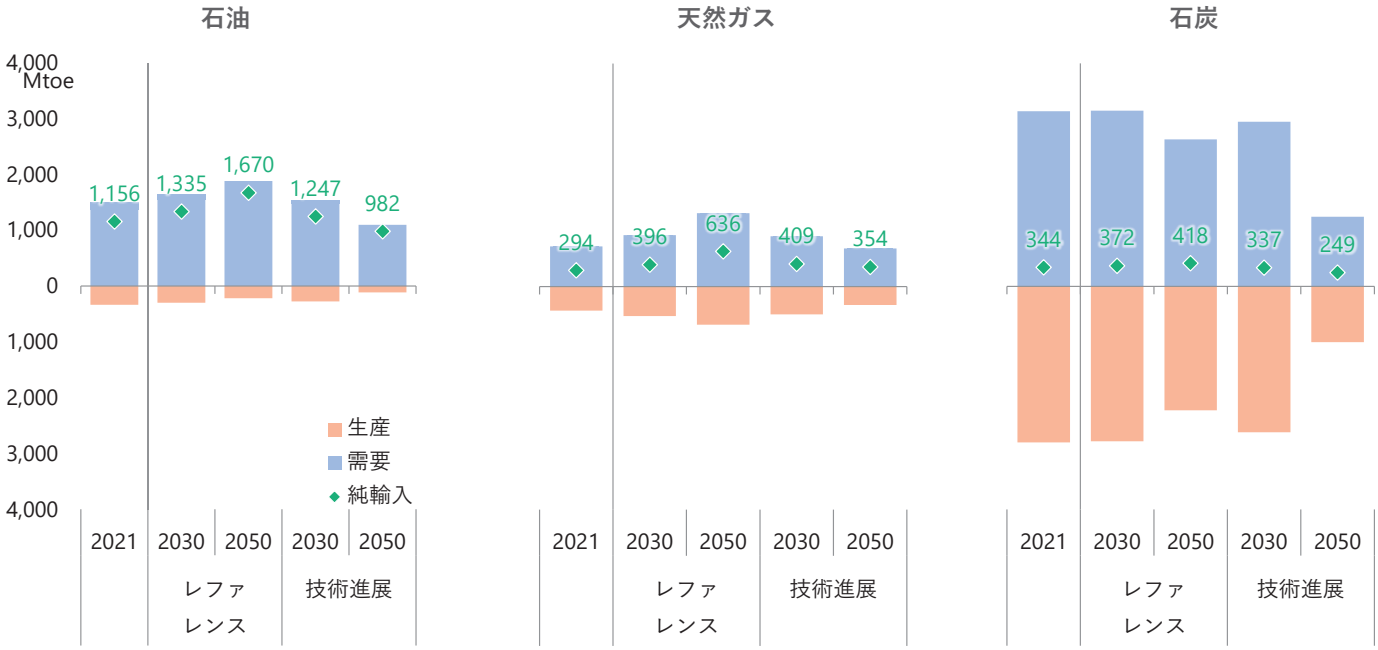
発電構成



IEEJ © 2023

アジア

化石燃料需給バランス

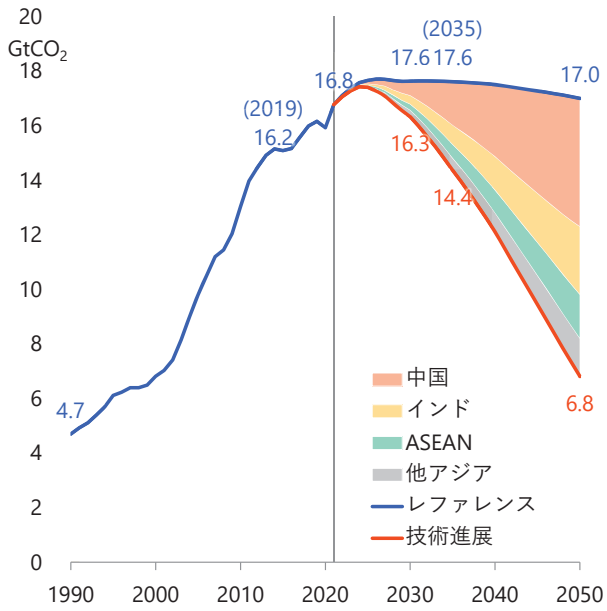


IEEJ © 2023

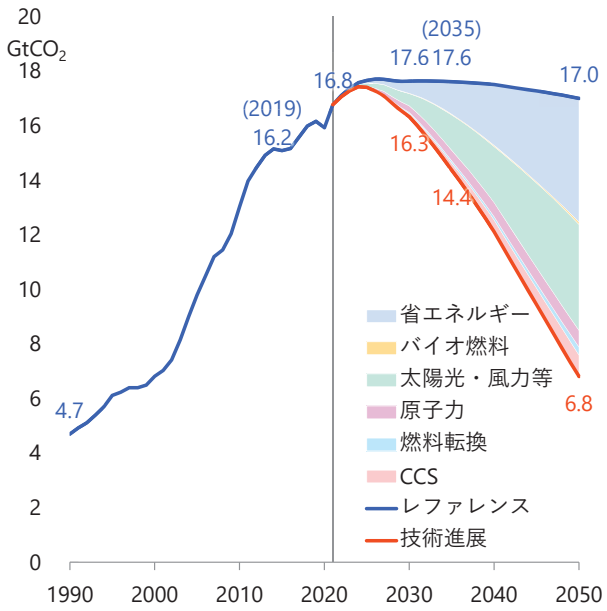
アジア　技術進展シナリオ

エネルギー起源二酸化炭素排出量

国・地域別



技術別削減量

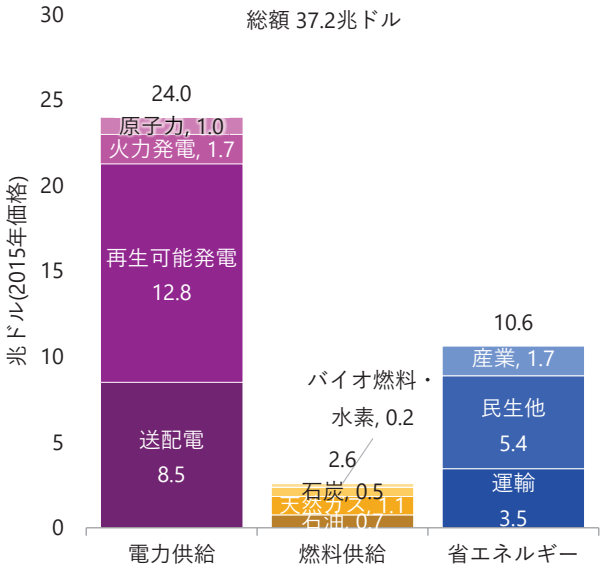


IEEJ © 2023

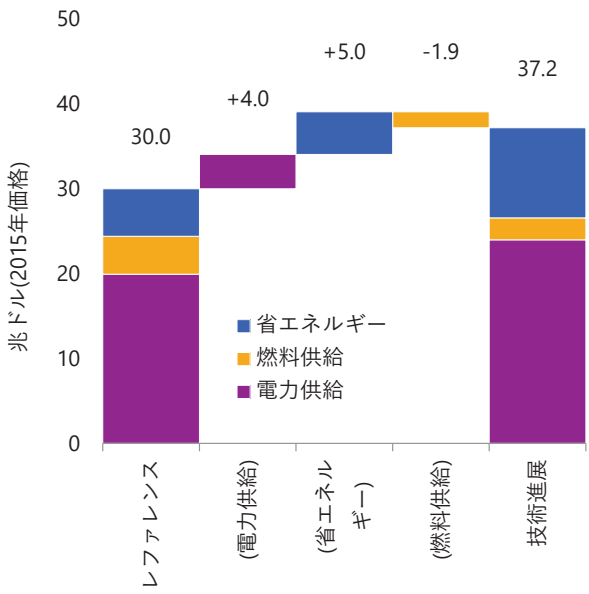
アジア　技術進展シナリオ

エネルギー関連投資額(2022年～2050年 累積投資額)

部門別



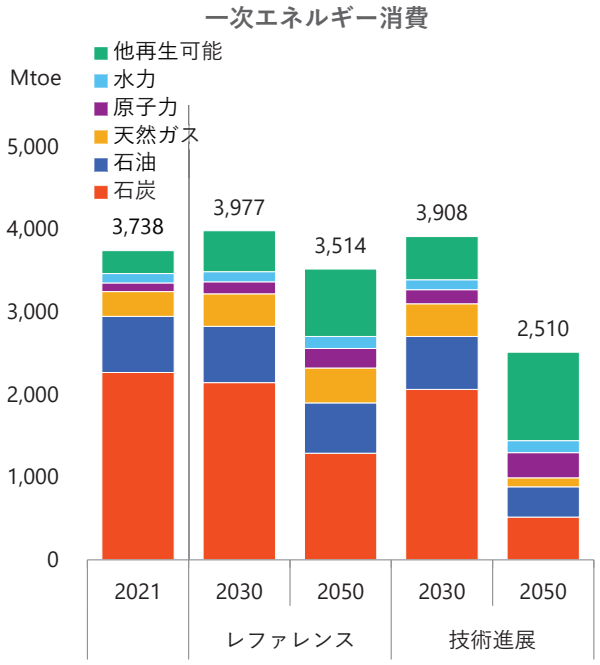
部門別増減

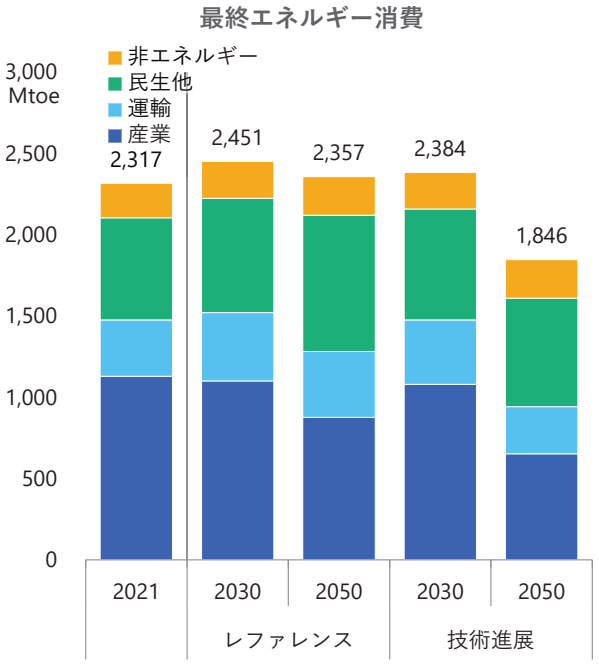


IEEJ © 2023

中国

エネルギー消費

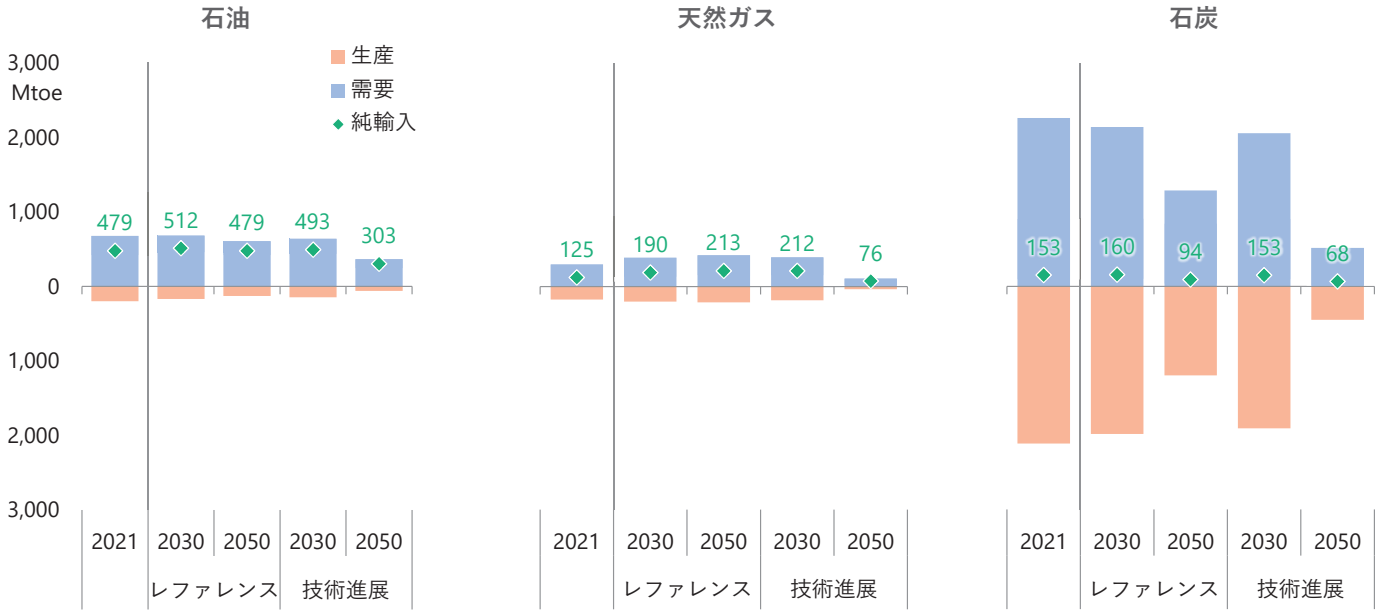




IEEJ © 2023

中国

化石燃料需給バランス

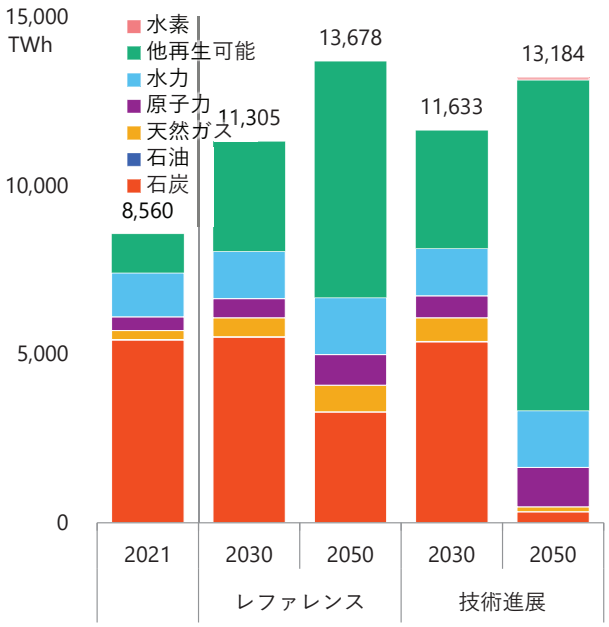


IEEJ © 2023

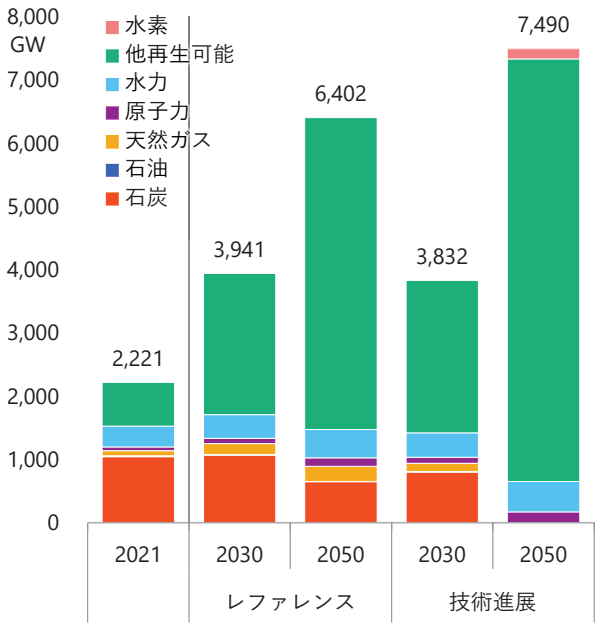
中国

発電構成

発電量



発電設備容量

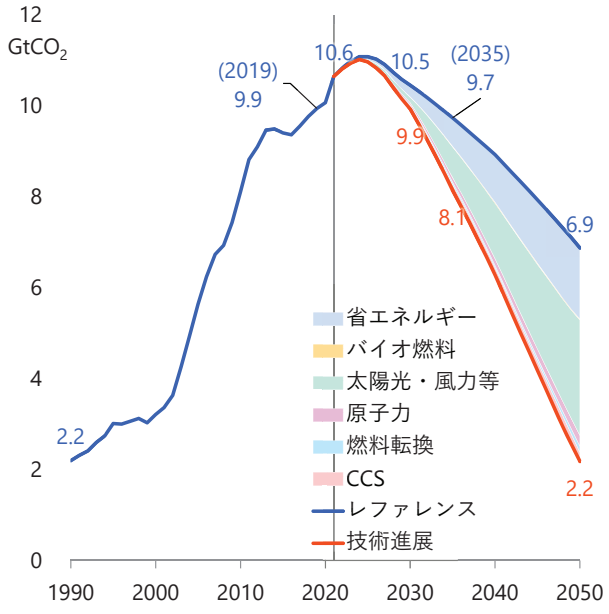


IEEJ © 2023

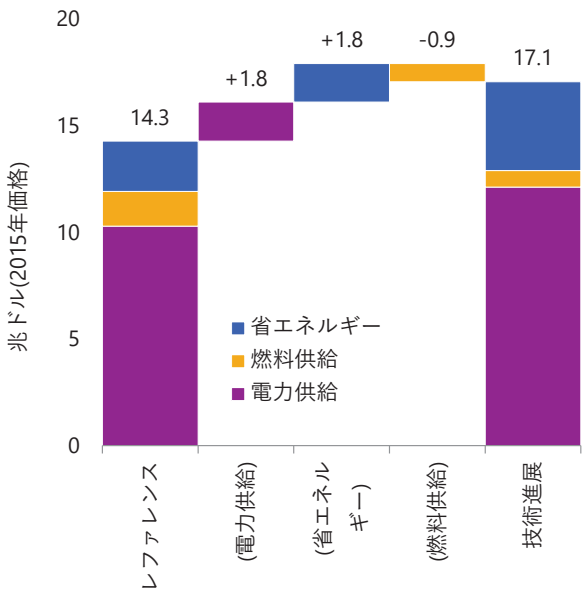
中国

エネルギー起源二酸化炭素排出量・エネルギー関連投資

エネルギー起源二酸化炭素排出量



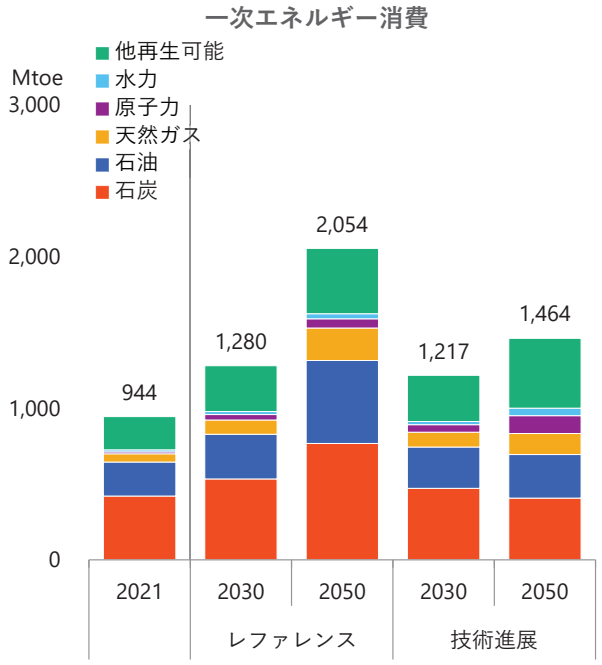
エネルギー関連投資(2022年～2050年累積額)

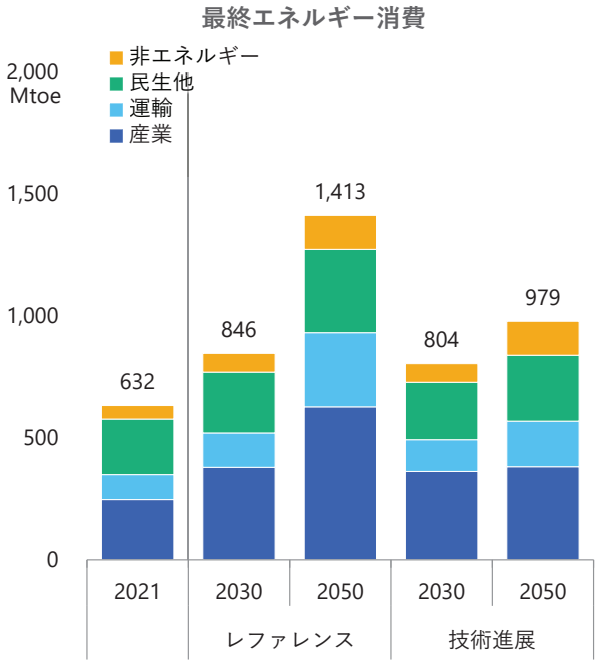


IEEJ © 2023

インド

エネルギー消費

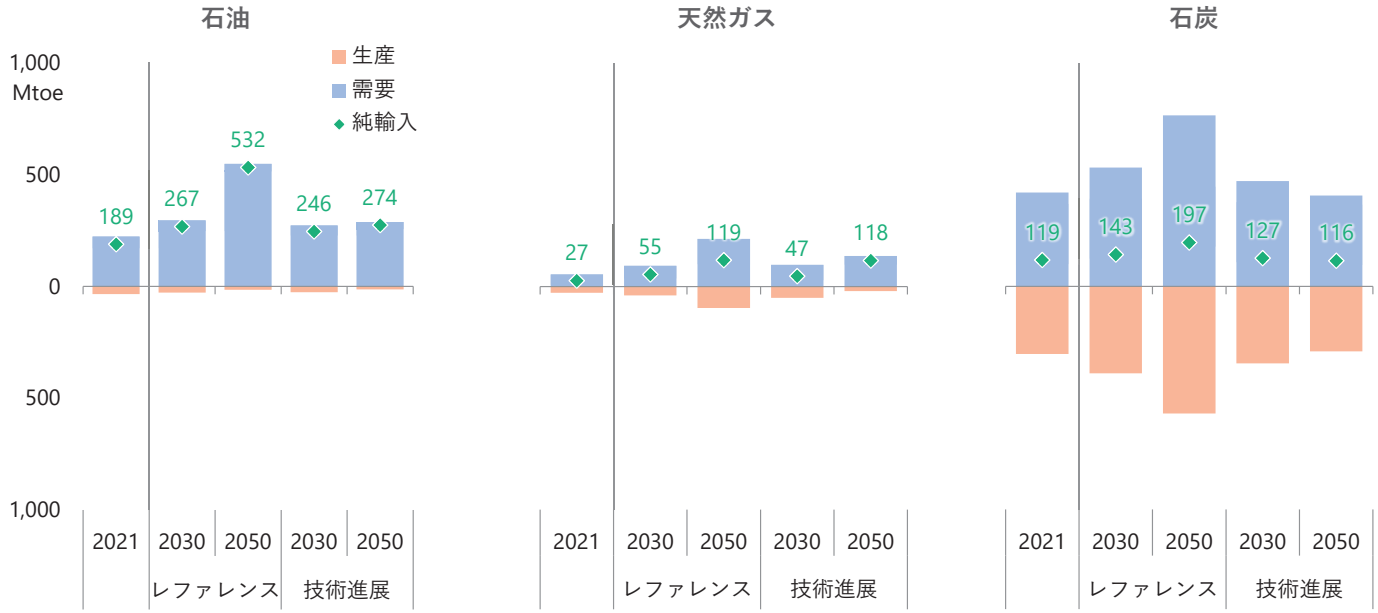




IEEJ © 2023

インド

化石燃料需給バランス

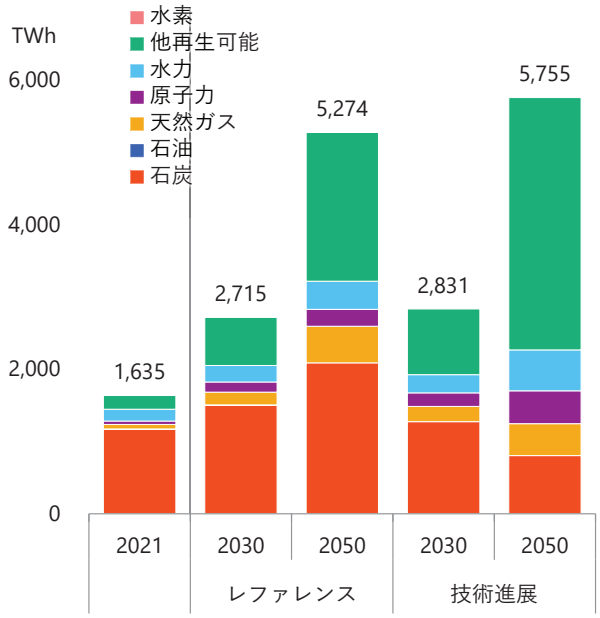


IEEJ © 2023

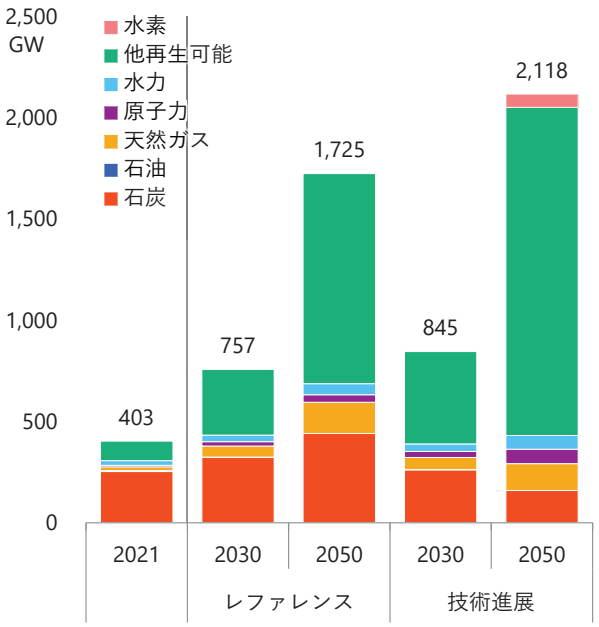
インド

発電構成

発電量



発電設備容量

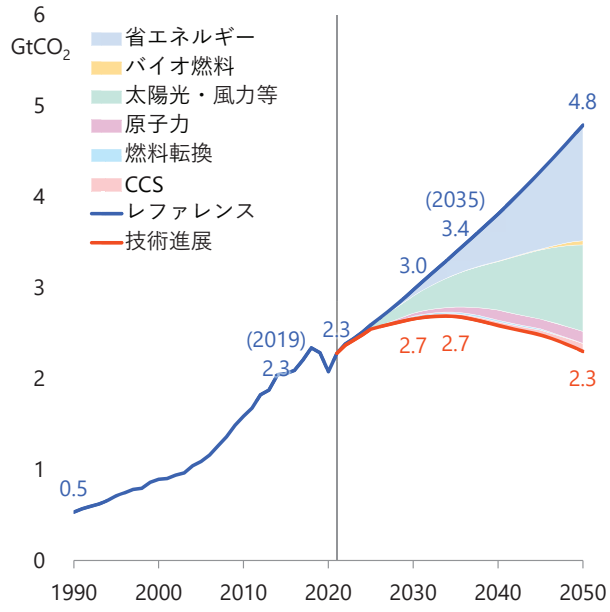


IEEJ © 2023

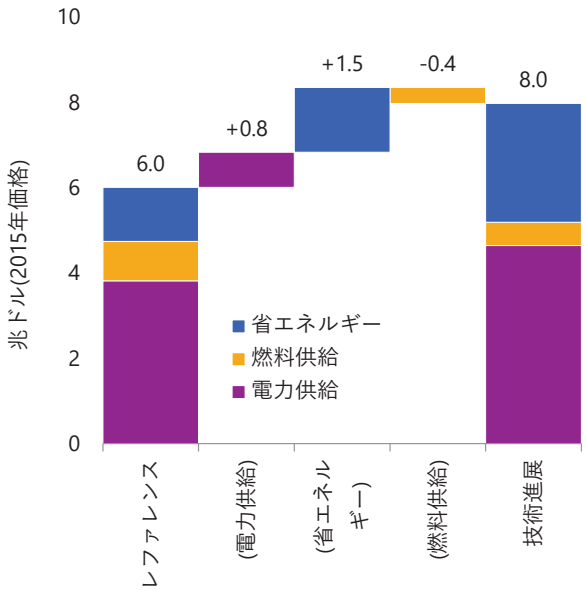
インド

エネルギー起源二酸化炭素排出量・エネルギー関連投資

エネルギー起源二酸化炭素排出量



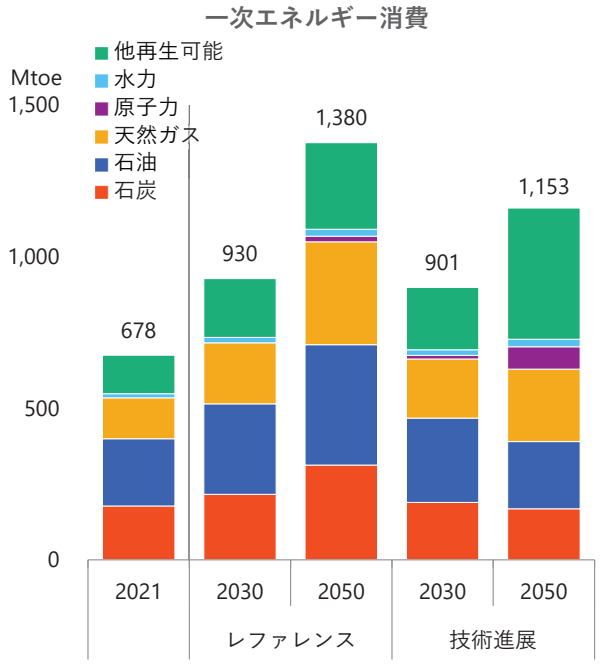
エネルギー関連投資(2022年～2050年累積額)

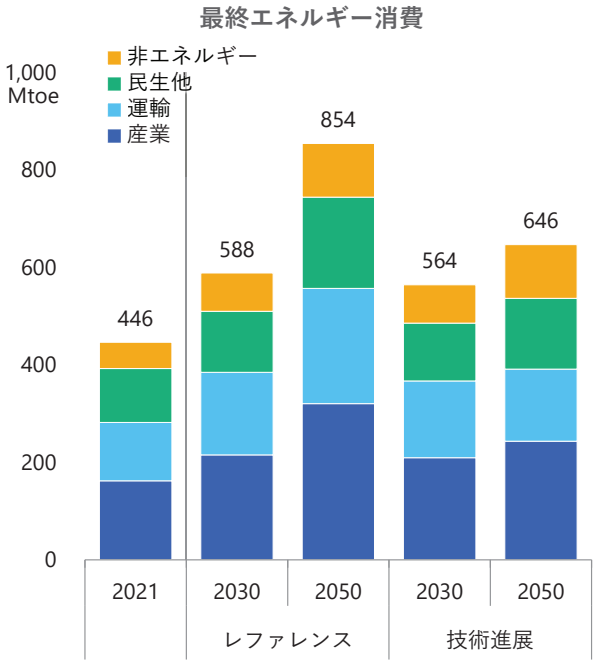


IEEJ © 2023

ASEAN

エネルギー消費

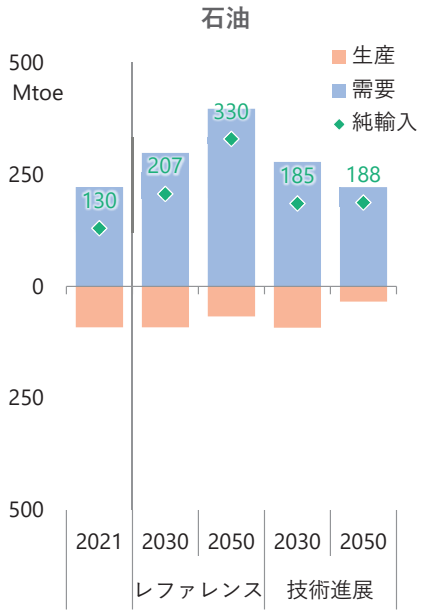


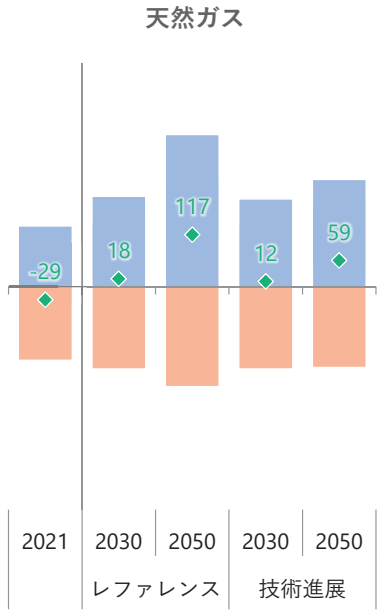


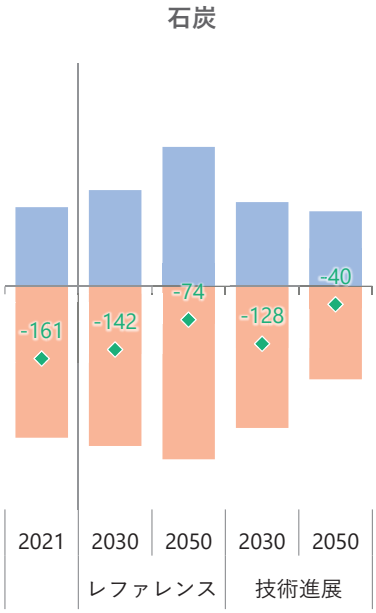
IEEJ © 2023

ASEAN

化石燃料需給バランス



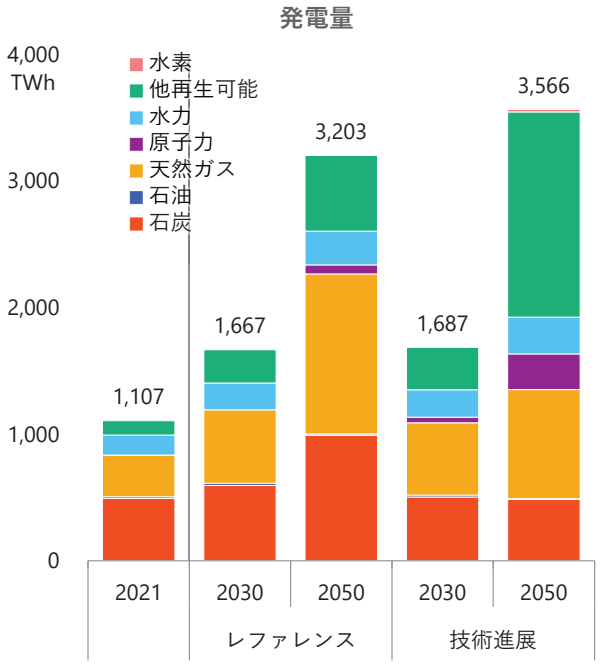


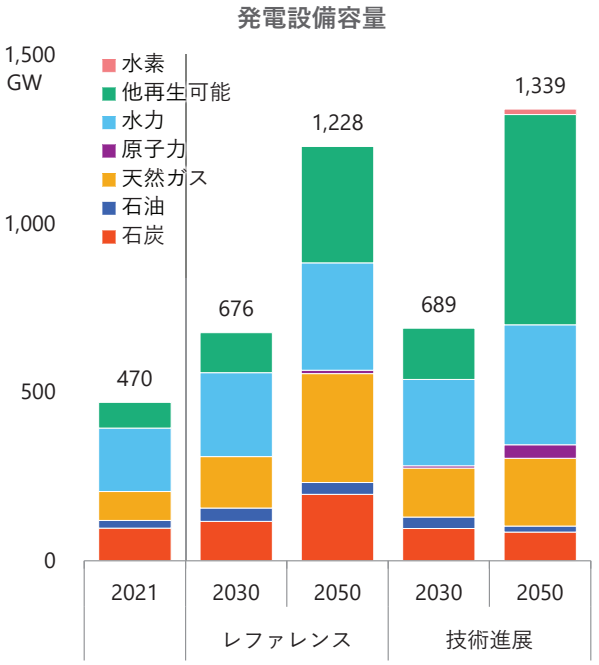


IEEJ © 2023

ASEAN

発電構成

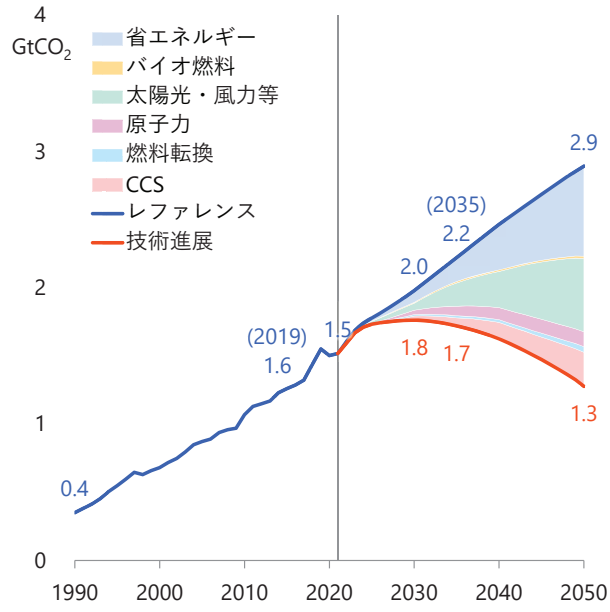


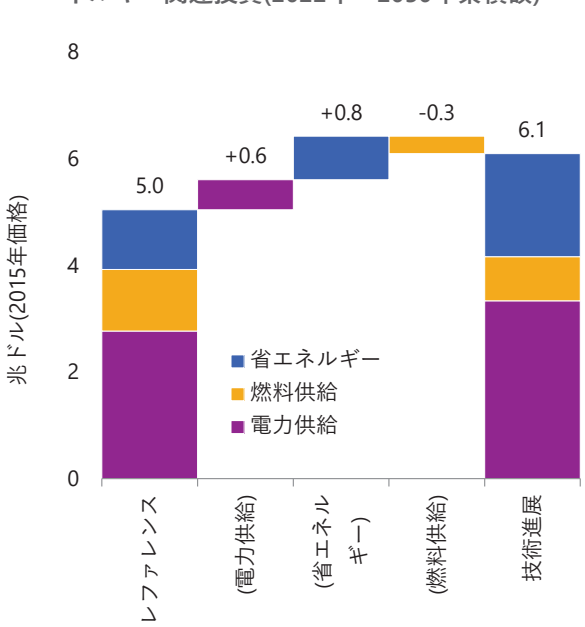


IEEJ © 2023

ASEAN

エネルギー起源二酸化炭素排出量・エネルギー関連投資





IEEJ © 2023

IEEJ Outlook 2024

2023年10月

日本エネルギー経済研究所

IEEJ © 2023