

アジア／世界 エネルギー アウトロック 2016

ー新たな国際エネルギー情勢下で世界の3E+Sを考えるー

2016年10月



一般財団法人
日本エネルギー経済研究所
The Institute of Energy Economics, JAPAN



「アジア/世界エネルギーアウトルック 2016」作成担当者

研究顧問

伊藤 浩吉

計量分析ユニット

理事・ユニット担任	山下 ゆかり
グループマネージャー	末広 茂
グループマネージャー	柳澤 明
主任研究員	青島 桃子
主任研究員	上野 宏一
主任研究員	呂 正
研究員	江藤 謙
研究員	加藤 利哉
研究員	川上 恭章
研究員	津野田 美幸
研究員	寄田 保夫

戦略研究ユニット

常務理事・首席研究員	小山 堅
担任補佐	久谷 一朗
グループマネージャー	村上 朋子
研究員	田口 鋼志
研究員	鈴木 敦彦
研究員	下郡 けい

化石エネルギー・電力ユニット

グループマネージャー	小林 良和
グループマネージャー	佐川 篤男
グループマネージャー	森川 哲男
主任研究員	永富 悠

地球環境ユニット

常務理事・ユニット担任	黒木 昭弘
グループマネージャー	田上 貴彦
研究員	渡辺 俊平

新エネルギー・国際協力ユニット

グループマネージャー	柴田 善朗
研究員	闌 思超

研究主幹

松尾 雄司

編集補助

恩田 知代子

序

世界のエネルギー消費は、これを強力にけん引してきた中国の経済・産業構造が変化し始めていることなどで、足元では増加の勢いが一時に比べ緩慢となっている。しかし、世界の石油消費は、低下した原油価格の影響もあり、引き続き毎年1 Mb/dを超える増加を示している。また、世界金融危機後、低位に沈んでいたヨーロッパの天然ガス消費も、上向く様相を見せている。中長期的な視点に立脚すれば、世界は新興国を中心にはますます多くのエネルギーを需要してゆく確度が高い。中国に続き、こうした増加にとりわけ寄与してゆくのが、インドであり、あるいは来る2017年に結成50年を迎える東南アジア諸国連合(ASEAN)地域である。

ASEANは、欧州連合を上回る6億人の人口を擁し、大きな経済発展余地を有している加盟国も多く、今後の力強い成長が期待されている。さまざまな経済発展段階に位置する国があることから、域内の関税撤廃などを図るべく昨年末に発足したASEAN経済共同体が実効性を高めてゆくなどすれば、その成長はより確固としたものになりうる。「アジア/世界エネルギー・アウトロック 2016」では、この有望な地域連合の発展に焦点を当て、その最新情勢を整理した上で、エネルギー・経済などに関する分析を展開した。

ただし、ASEANに限らず、こうした発展の礎として、エネルギーの安定的な供給が欠かせないことは論を待たない。現在、世界のエネルギー需要の8割超は、化石燃料によって充足されている。化石燃料の安定供給にかかる問題のうち、価格高騰に伴う経済的な問題は2014年後半以降の原油価格の下落により緩和した。一方で、物理的な供給制約のリスクは減滅していない。例えば、世界最大の石油輸出地域である中東の不安定な情勢は、歴史的な背景もあり容易に解消しそうにない。ちょうど100年前の1916年に英仏間で結ばれたサイクス・ピコ協定は、オスマン帝国領内のアラブ地域をヨーロッパ列強で分割する試みであった。同協定は、その後に独立したアラブ諸国の人工的で不自然な国境線の原因となり、多くの問題の根源ともなった。今日でも、サイクス・ピコ協定破壊を標榜するテロ組織「イスラム国」(IS)が中東情勢を混迷化させている。資源が偏在する石油においては、供給障害はまず指摘されうるテール・リスクである。「アジア/世界エネルギー・アウトロック 2016」では、原油・天然ガスの供給障害による経済的影響を評価し、あわせて、リスク低減の方策について整理する。

化石燃料の供給障害に対する頑強性を高める1つの方策として、代替エネルギーの活用がある。実際、石油危機を契機に、再生可能エネルギーや原子力の導入が促進された。その原子力は、スリーマイル島、チエルノブイリ、福島での事故を経験し、国によりその政策の方向性に相違が現れている。ただ、福島第一原子力発電所事故をはさみ前年末の441基から2011年末に435基まで減少した世界の運転中・可能な原子炉は、5年を経た今年、450基まで増加している。原子力のたゆまぬ安全対策の強化を前提に、旺盛な電力需要を経済的・安定的に賄う電源として原子力の活用が求められている。「アジア/世界エネルギー・アウトロック 2016」では、その活用いかんによるエネルギー安全保障、経済、地球環

境問題(3E)への定量的な影響評価を行うとともに、その前提となる安全性(S)の確保に向けた方策などについて取りまとめている。

こんにち、原子力は再生可能エネルギーとともに気候変動対策の大きな柱をなすエネルギー源であるが、長期の視座に立てば水素もその一翼を担う。もっとも、水素利用は、現状その萌芽が散見されるに過ぎない。使用時に二酸化炭素(CO₂)を排出しないエネルギーとして、発電部門を中心に重要な地位を占めるためには、各種の条件がそろう必要がある。「アジア/世界エネルギーアウトロック 2016」では、水素の生産、貿易、利用状況まで一貫した分析を行い、かつ他のエネルギー源・技術との競合も踏まえた上で、水素社会の姿を描いている。

来年は、国連気候変動枠組条約が採択されてから25年の節目の年となる。この間、気候メカニズムについて研究が数多くなされてきた。しかし、不明な点も少なからず残っており、人類が気候変動に関して得なければならない知識もいまだ多い。こうした情報不十分な状況において今後の対応を評価する際、多くの人は、指標の分かりやすさからか、ややもすると温室効果ガス(GHG)の削減率や気温の上昇幅のみに目を向かわせがちである。昨年の同条約第21回締約国会議で言及された2つの気温上昇抑制のうち、2°C目標より1.5°C目標の方が無条件で優れていると不吟味のまま速断した人も少なからずいたのではないかろうか。「アジア/世界エネルギーアウトロック 2016」では、気候変動問題が広範な領域に影響し、かつ何世代にもわたる長期的課題であると改めて認識する。その上で、持続可能性を多面的にとらえ、排出削減、適応、残余被害の3つのバランスをどのようにとってゆくのが望ましいのか慎重に検討を行い、1つの規範を提示した。

幸い、直近ではエネルギー起源CO₂排出は、中国での石炭消費の失速や再生可能エネルギーの拡大などもあり増勢が鈍化している。しかし、この鈍化を刹那の現象と見るか、経済とCO₂排出の本格的なデカップリングの兆しとするかは意見が割れるところである。後になって振り返れば容易に分かることも、その流れの中では認識・判断がまま難しい。ただ、近視眼的なとらえ方に陥らないことは、物事の本質を見失わないための1つの手立てである一曰く「過去をより遠くまで振り返ることができれば、未来もそれだけ遠くまで見渡せるだろう」(サー ウィンストン・チャーチル)。

「アジア/世界エネルギーアウトロック 2016」も、長期にわたるデータを踏まえつつ、最新の情報、各分野の専門家による緻密な分析に基づき、この先の世界のエネルギー需給像を描く試みである。それは、現代社会が直面する大きな課題に対して、処方の1つの示唆を与える試みでもある。読者がエネルギー情勢の将来を考察するに際し、創立50年を迎えたわれわれは、この最新のアウトロックをもって、練達したシェルパの役割を果たすことができたと考えている。

2016年10月、東京



一般財団法人

日本エネルギー経済研究所
The Institute of Energy Economics, Japan



目次

エグゼクティブ・サマリー.....	1
第I部 世界・アジアのエネルギー需給展望.....	19
1. 主要前提.....	21
1.1 モデルの概要およびケース設定	21
レファレンスケース	21
技術進展ケース	21
1.2 主要な前提	22
人口	22
経済	23
国際エネルギー価格	24
2. エネルギー需要	26
2.1 一次エネルギー消費	26
世界	26
石油	28
天然ガス	29
石炭	31
非化石エネルギー	33
アジア	33
2.2 最終エネルギー消費	36
世界	36
地域別	36
部門別	37
エネルギー源別	38
3. エネルギー供給	41
3.1 原油	41
供給	41
貿易	41
3.2 天然ガス	43
生産	43
貿易	44
3.3 石炭	45
生産	45
貿易	49
3.4 発電	51
発電量・電源構成	51
原子力	54
再生可能エネルギー	55
3.5 バイオ燃料	57

4. エネルギー供給障害シナリオ	58
4.1 途絶リスク	58
リスク要因	58
第一次石油危機	58
ウクライナ向け天然ガス供給停止	58
東日本大震災	59
4.2 供給障害の経済影響	59
原油供給障害と原油価格	59
経済影響の分析	61
中東原油生産10 Mb/d減少ケース	61
中東、ロシア天然ガス輸出110 Bcm減少ケース	64
中東原油生産10 Mb/d、天然ガス輸出110 Bcm同時減少ケース	65
米国シェールオイルによる緩和効果	66
4.3 供給途絶リスク回避のための施策	66
第II部 ASEANのエネルギー需給展望	69
5. ASEANのエネルギー需給	71
5.1 需給概要	71
5.2 主要前提	73
人口	74
経済	75
5.3 エネルギー需要	75
地域別	76
部門別	77
エネルギー源別	78
技術進展ケース	80
5.4 エネルギー供給	80
石炭	80
石油	81
天然ガス	81
電力	82
バイオ燃料	83
5.5 温室効果ガス削減目標の評価	83
6. ASEAN各国のエネルギー需給	85
6.1 インドネシア	85
現況	85
見通し	86
6.2 タイ	87
現況	87
見通し	88
6.3 マレーシア	89
現況	89

見通し	90
6.4 ベトナム	91
現況	91
見通し	92
6.5 フィリピン	93
現況	93
見通し	94
6.6 ミャンマー	95
現況	95
見通し	96
6.7 その他のASEAN加盟国	97
シンガポール	97
ブルネイ	97
カンボジア	97
ラオス	98
7. ASEAN市場統合のエネルギーへの影響	99
7.1 石油および天然ガス	99
7.2 電力	101
8. ASEANのエネルギー投資の展望	106
8.1 エネルギー投資額	106
8.2 石油・天然ガス部門への投資	107
8.3 発電部門への投資	110
8.4 省エネルギー投資	110
第III部 原子力技術の課題と展望	113
9. 原子力技術の課題と展望	115
9.1 原子力シナリオ	115
シナリオの前提	115
結果	116
低原子力シナリオの成立条件と示唆する課題	117
高原子力シナリオの成立条件と示唆する課題	117
9.2 安全基準	118
9.3 規制体制	120
9.4 高レベル放射性廃棄物処分の問題	122
高レベル放射性廃棄物処分の概要と超長期安全性および経済性	122
各国の処分計画の進展状況	124
9.5 第4世代炉	125
第IV部 地球環境問題への対処	129
10. 技術進展ケース	131
10.1 主要対策	131

省エネルギー	131
再生可能エネルギー	133
原子力	134
10.2 エネルギー需給	135
一次エネルギー消費	135
最終エネルギー消費	137
電源構成	140
原油供給	141
天然ガス供給	142
石炭供給	142
11. 地球環境問題への対処	145
11.1 二酸化炭素、温室効果ガス排出量	145
パリ協定と温室効果ガス削減目標	145
技術進展ケース	148
11.2 超長期の削減パス	149
超長期を踏まえた規範	149
費用最適化パス	150
11.3 超長期に向けた革新的技術開発	153
12. 二酸化炭素回収・貯留と水素利用シナリオ	156
12.1 二酸化炭素回収・貯留の導入可能性とコスト	156
現状	156
貯留	156
削減量	157
コスト	157
12.2 水素のエネルギー利用	158
水素の特性	158
利用方法	158
輸送方法	159
経済性	159
12.3 長期の将来に向けたCCS・水素利用のシナリオ設定	160
CCS最大利用シナリオ	160
水素低位シナリオ	160
水素高位シナリオ	161
12.4 水素利用シナリオ	161
水素需要	161
水素輸出	162
地球環境問題への貢献	163
まとめ	163
付表	165

図目次

図1 世界の実質GDP、人口、一次エネルギー消費	1
図2 世界の一次エネルギー消費増分[2014-2040年]	2
図3 確認埋蔵量と期間消費量	3
図4 電力最終消費	3
図5 世界の発電用エネルギー消費	3
図6 主要地域の原油生産	4
図7 主要地域間の原油貿易[2040年]	4
図8 主要地域の天然ガス生産	5
図9 主要地域間の天然ガス貿易[2040年]	5
図10 世界の発電電力量構成	6
図11 世界の発電設備容量構成	6
図12 100 kb/dの計画外生産停止による原油価格への影響	7
図13 中東の原油生産10 Mb/d減少の影響	7
図14 ASEANの一次エネルギー消費	8
図15 ASEANのエネルギー自給率	8
図16 ASEANの経済・エネルギー関連指標	10
図17 ASEANのエネルギー投資額 [2040年までの累積]	11
図18 ASEANのエネルギーインフラ整備の効果[2040年までの累積]	11
図19 世界のGHG排出	12
図20 主要国・地域のGHG排出	13
図21 世界の一次エネルギー消費増減	14
図22 世界の二酸化炭素排出と削減寄与	14
図23 緩和、適応、被害の総合コストのイメージ	14
図24 超長期パス	15
図25 世界の発電電力量構成	16
図26 水素の生産・消費	16
図27 原子力シナリオ[2040年]	18
図28 地域区分	21
図29 技術進展ケースにおける技術導入の想定例	22
図30 主要国・地域の人口	23
図31 主要国・地域の経済成長率	24
図32 世界の一次エネルギー消費と対GDPエネルギー消費原単位[レファレンスケース]	26
図33 主要国・地域の一次エネルギー消費[レファレンスケース]	26
図34 世界の一次エネルギー消費 [レファレンスケース]	27
図35 主要国・地域の化石燃料依存度 [レファレンスケース]	27
図36 世界の化石燃料消費	27
図37 世界の石油消費と一次エネルギー消費に占めるシェア[レファレンスケース]	28
図38 主要国・地域の石油消費[レファレンスケース]	29
図39 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[レファレンスケース]	30
図40 主要国・地域の天然ガス消費[レファレンスケース]	30
図41 世界の天然ガス消費[レファレンスケース]	31
図42 世界の石炭消費と一次エネルギー消費に占めるシェア[レファレンスケース]	32

図43 主要国・地域の石炭消費[レファレンスケース].....	32
図44 世界の石炭消費[レファレンスケース].....	33
図45 アジアの一次エネルギー消費[レファレンスケース].....	34
図46 アジアの石油消費[レファレンスケース].....	35
図47 アジアの天然ガス消費 [レファレンスケース].....	35
図48 GDPと最終エネルギー消費[1990-2014年、レファレンスケース2030年、2040年] ..	36
図49 最終エネルギー消費(地域別)[レファレンスケース]	37
図50 OECD、非OECDの最終エネルギー消費[レファレンスケース].....	38
図51 世界の最終エネルギー消費(エネルギー源別)[レファレンスケース].....	39
図52 電力最終消費[レファレンスケース].....	39
図53 主要地域間の原油貿易[2015年].....	42
図54 主要地域間の原油貿易[レファレンスケース2040年].....	42
図55 主要地域間の天然ガス貿易[2015年].....	44
図56 主要地域間の天然ガス貿易[レファレンスケース2040年].....	45
図57 石炭生産(炭種別)[レファレンスケース]	46
図58 石炭生産(地域別)[レファレンスケース]	46
図59 石炭貿易[レファレンスケース].....	49
図60 石炭の純輸出入量[レファレンスケース].....	50
図61 世界の発電電力量と電力最終消費[レファレンスケース].....	51
図62 主要国・地域の発電電力量[レファレンスケース].....	51
図63 世界の電源構成 [レファレンスケース].....	52
図64 世界の発電設備容量構成 [レファレンスケース].....	52
図65 OECD、非OECDの電源構成[レファレンスケース].....	53
図66 中国、インド、ASEANの電源構成[レファレンスケース].....	53
図67 原子力発電設備容量と基数.....	54
図68 原子力発電設備容量[レファレンスケース].....	55
図69 世界の再生可能エネルギー(水力を除く)発電量[レファレンスケース].....	56
図70 世界の風力、太陽光発電設備容量[レファレンスケース].....	56
図71 液体バイオ燃料の利用量[レファレンスケース].....	57
図72 原油の計画外生産停止量.....	60
図73 100 kb/dの計画外生産停止による原油価格への影響.....	60
図74 主要国・地域の原油総供給構成[2015年].....	62
図75 中東の原油生産10 Mb/d減少の影響	63
図76 主要国・地域の天然ガス総供給構成[2015年].....	64
図77 中東、あるいはロシアの天然ガス輸出110 Bcm減少の実質GDPへの影響.....	65
図78 中東の原油生産10 Mb/d、天然ガス輸出110 Bcm減少の実質GDPへの影響	66
図79 ASEANの一次エネルギー供給.....	71
図80 ASEAN諸国のLNG輸入インフラ	72
図81 1人あたり一次エネルギー消費 [2014年].....	73
図82 1,000人あたり自動車保有台数 [2013年].....	73
図83 ASEANの発電量	73
図84 未電化人口[2013年末時点].....	73
図85 人口	74

図86 経済成長率	75
図87 1人あたりGDP(2010年価格)	75
図88 世界の一次エネルギー消費と増分[レファレンスケース]	76
図89 ASEANの一次エネルギー消費と国別増分[レファレンスケース]	77
図90 1人あたりエネルギー消費量[レファレンスケース]	77
図91 ASEANの一次エネルギー消費とエネルギー源別増分[レファレンスケース]	78
図92 ASEANのエネルギー自給率[レファレンスケース]	79
図93 ASEANの最終エネルギー消費とレファレンスケース比増減[技術進展ケース]	80
図94 ASEANの発電構成と発電量増減[レファレンスケース]	82
図95 ASEAN 7か国のGHG排出	84
図96 インドネシアのエネルギー概況	85
図97 インドネシアの一次エネルギー消費[レファレンスケース]	86
図98 タイのエネルギー概況	87
図99 タイの一次エネルギー消費[レファレンスケース]	88
図100 マレーシアのエネルギー概況	89
図101 マレーシアの一次エネルギー消費[レファレンスケース]	90
図102 ベトナムのエネルギー概況	91
図103 ベトナムの一次エネルギー消費[レファレンスケース]	92
図104 フィリピンのエネルギー概況	93
図105 フィリピンの一次エネルギー消費[レファレンスケース]	94
図106 ミャンマーのエネルギー概況	95
図107 ミャンマーの一次エネルギー消費[レファレンスケース]	96
図108 Trans ASEAN Pipeline構想	100
図109 ASEAN Power Grid	102
図110 ASEANの水力ポテンシャル	102
図111 ASEANの発電構成[2040年]	103
図112 電力供給フロー[連系ありケース2040年]	104
図113 系統連系に伴う2040年までの累積費用・便益	105
図114 ASEANのエネルギー投資額[2015-2040年累積]	106
図115 新設発電容量[2015-2040年]と電化人口	110
図116 原子力設備容量	115
図117 二酸化炭素排出量(レファレンスケース比)[2040年]	116
図118 世界の非化石燃料比率	116
図119 アジアの自給率	116
図120 発電コスト(レファレンスケース比)[2040年]	117
図121 新旧規制基準の比較概念図	119
図122 地層処分の概念	122
図123 超長期安全性の評価例	123
図124 第4世代原子炉の6概念の概要	127
図125 政策・技術の想定例[技術進展ケース]	131
図126 技術による省エネルギー(レファレンスケース比)[技術進展ケース2040年]	132
図127 自動車燃費	133
図128 世界の風力、太陽光発電設備容量[技術進展ケース]	134

図129 原子力発電設備容量	135
図130 世界の一次エネルギー消費と地域別省エネルギー	136
図131 世界の一次エネルギー消費の変化(レファレンスケース比) [技術進展ケース]	136
図132 一次エネルギー消費量の対GDP原単位[技術進展ケース]	137
図133 最終エネルギー消費の変化(レファレンスケース比) [技術進展ケース]	138
図134 世界の道路部門のエネルギー消費構成	138
図135 道路部門エネルギー消費の変化(レファレンスケース比) [技術進展ケース2040年]	139
図136 電力最終消費の節減等に伴う一次エネルギー消費の削減[技術進展ケース2040年]	139
図137 世界のエネルギー源別発電量[技術進展ケース]	140
図138 アジアのエネルギー源別発電量[技術進展ケース]	141
図139 石炭生産[技術進展ケース]	143
図140 世界の温室効果ガス排出	147
図141 主要国・地域の温室効果ガス排出	147
図142 世界の二酸化炭素排出	148
図143 主要国・地域の二酸化炭素排出 [2050年]	148
図144 世界の二酸化炭素排出と対策別削減寄与	149
図145 緩和、適応、被害の総合コストのイメージ	150
図146 限界削減費用	151
図147 超長期パスでの二酸化炭素排出	152
図148 超長期パス	152
図149 革新的技術と超長期パス	153
図150 世界のCCSでの二酸化炭素貯留ポテンシャル	156
図151 CCSによる二酸化炭素削減量	157
図152 水素発電単価の評価例	159
図153 発電部門の水素需要	161
図154 地域別水素輸出量[水素高位シナリオ]	162
図155 天然ガス生産[2040年]	162
図156 世界のエネルギー起源二酸化炭素排出	163

表目次

表1 パリ協定の評価	12
表2 国際エネルギー価格	25
表3 原油供給[レファレンスケース]	41
表4 天然ガス生産[レファレンスケース]	43
表5 一般炭生産[レファレンスケース]	48
表6 原料炭生産[レファレンスケース]	48
表7 供給障害を引き起こす要因	58
表8 ASEANの石炭生産[レファレンスケース]	81
表9 ASEANの原油生産[レファレンスケース]	81
表10 ASEANの天然ガス生産[レファレンスケース]	82

表11 ASEAN各国のINDC.....	83
表12 ASEANの主要な製油所建設・増強計画.....	107
表13 ASEANのLNG生産設備建設計画.....	108
表14 ASEANのLNG受入基地建設計画.....	109
表15 欧米主要国の規制機関	121
表16 アジア諸国の規制機関	121
表17 各国の地層処分計画の進展状況.....	124
表18 GIFの各概念検討への加盟各国の参加状況[2014年1月].....	127
表19 原油供給[技術進展ケース].....	141
表20 天然ガス生産[技術進展ケース].....	142
表21 一般炭生産[技術進展ケース].....	143
表22 原料炭生産[技術進展ケース].....	144
表23 パリ協定の概要	145
表24 G20諸国のINDC.....	146
表25 緩和、適応、被害	149
表26 中長期的に開発されるべき革新的な技術.....	154
表27 新設火力発電所でのCCSのコスト	157

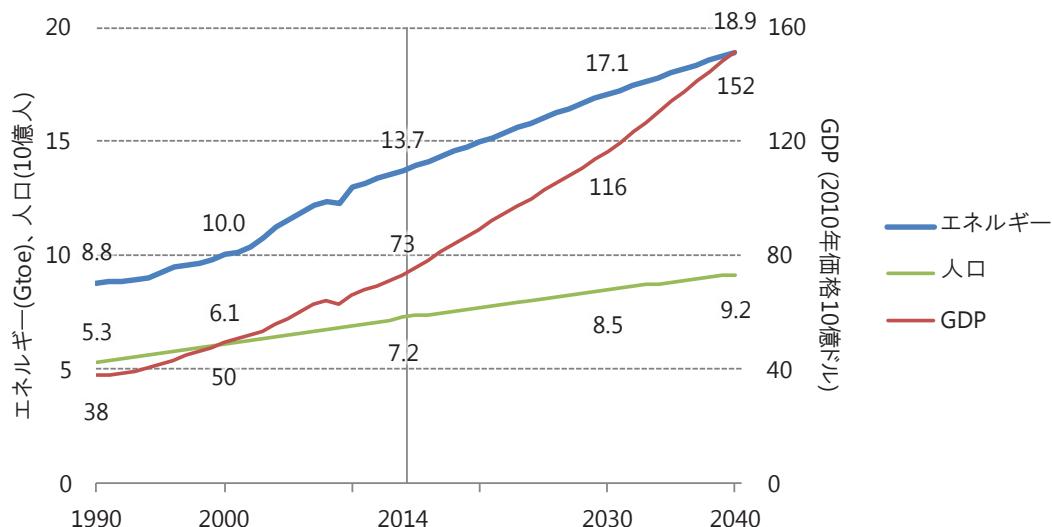
エグゼクティブ・サマリー

世界のエネルギー需給展望

需要

この先2040年までの26年間で、世界の人口は19億人増加し、世界経済は2.1倍へ拡大する。エネルギー消費も2014年の石油換算13,699百万t (Mtoe)から18,904 Mtoeへと増加を続ける(レファレンスケース、以下同様)。\$1,000の国内総生産(GDP)を生み出すために費やされるエネルギーは、2014年から2040年にかけて3分の1少なくて済むようになり、一定の省エネルギーが進展する。それでも、同期間の世界のエネルギー消費の増分5,205 Mtoeは、世界第1、第2の消費国である米国と中国の現消費量を合わせたものに匹敵する膨大な量である。1990年から2040年までの50年間では、消費量は2倍以上に膨張することになる。

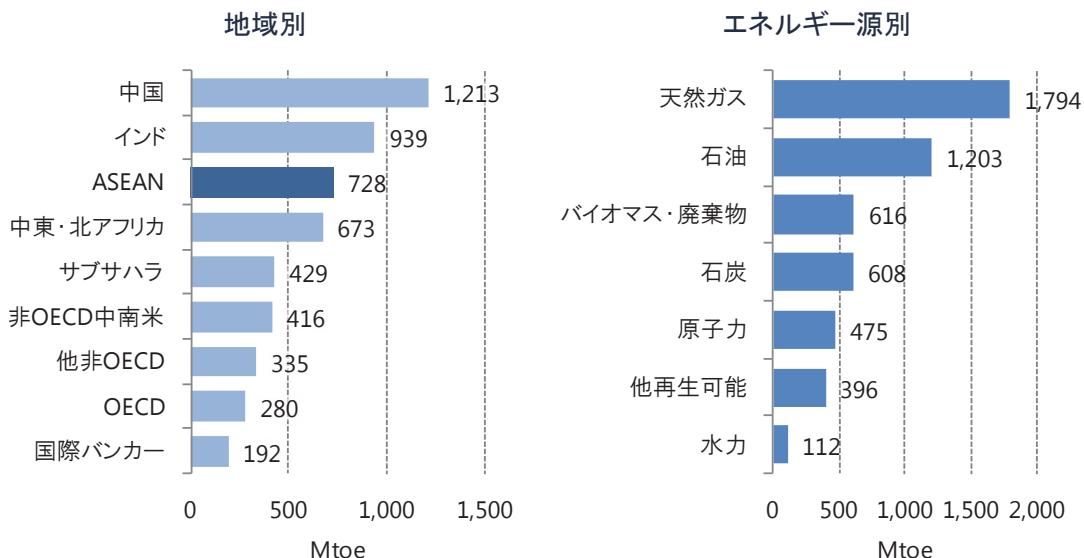
図1 世界の実質GDP、人口、一次エネルギー消費



エネルギー消費の増加は、地域的には経済協力開発機構(OECD)域外で発生するものが圧倒的である。非OECDの中でも、中国、インド、東南アジア諸国連合(ASEAN)の増加は著しく、その増分2,879 Mtoeは、日本の現消費量の6年分以上に相当する。対してOECDの増分は世界の消費増分の5%を占めるに過ぎない。

この新たに発生する膨大な需要を満たすのは、第一義的には、天然ガス、石油を中心とする化石燃料である。非化石エネルギーへの期待は大きいが、見通し期間においては、非化石エネルギーが1 toe増加する間に化石燃料は2.3 toe増加する。化石燃料はシェアを足元の81%よりは低下させるものの、2040年においても人類が必要とするエネルギーの78%を賄う。

図2 世界の一次エネルギー消費増分[2014-2040年]



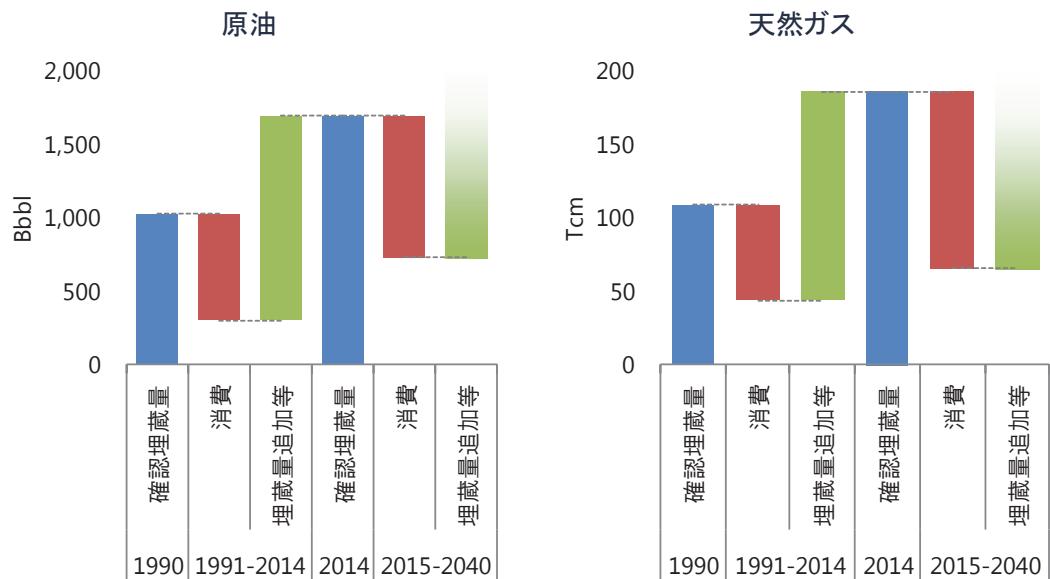
石油は、今後の増分こそ天然ガスを下回るが、2040年においても最も消費量が多いエネルギー源である。足元では、一時と比べた低価格の影響もあり、その消費量は1年で約日量1.5百万バレル(Mb/d)も増えている。この先も堅調な増加が継続し、2020年代半ばには100 Mb/dを超え、2040年には114 Mb/dに達する。その増加を主にけん引するのは非OECDである。特に、中国は2030年代初頭には米国を凌駕して世界最大の消費国となる。インドは今年日本を上回るところであるが、2030年代半ばには欧州連合(EU)を抜いて、2040年には10 Mb/dにまで達する。

天然ガスは、他のどのエネルギー源よりも消費量の増加が大きく、2040年までに石炭を抜き第2のエネルギー源となる。米国では2030年までに石油を上回り、最大のエネルギーとなる。EUでも2040年を過ぎて5年程度で同様の状況となる。また、天然ガスはその利用地域が多様化する。現在は米国、ヨーロッパ、旧ソ連の3地域で世界の天然ガスの53%を使っているが、2040年にはそれ以外の地域が62%を消費する。

石炭は、今世紀に入ってからの10年間、世界のエネルギー消費増分の半分を賄うほど大きく伸張した。しかし、足元ではその勢いは急速に鈍化しており、今後も総体としてはこの傾向が続く。ただし、個別の様相は地域によってかなり異なる。欧米では消費が減少してゆく一方で、中国、インドでは旺盛なエネルギー需要の過半および40%超を支え続ける。ASEANでは石炭への依存がむしろ高まり、消費するエネルギーの4分の1が石炭になる。アジアでは石炭が欠かせざるものであり、気候変動問題への現実的な対応としては、これをクリーンに活用する工夫が要請される。

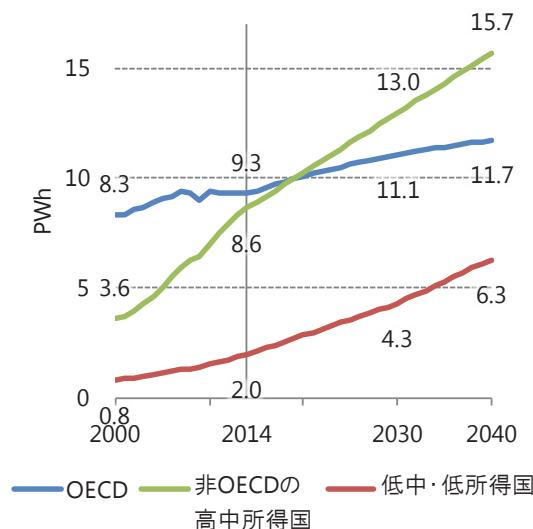
潤沢な石炭に限らず、石油、天然ガスとともに、現在の技術・経済性で生産可能な資源—確認(可採)埋蔵量—のみで、この先四半世紀の消費を賄うことができる(図3)。このほかに、技術の進歩などによる埋蔵量成長や未確認資源もあることから、世界全体としては資源枯渇による供給制約発生の可能性は小さい。懸念すべきは、近年の原油・天然ガス価格の乱高下が適切な供給投資の妨げとなることなどである。

図3 確認埋蔵量と期間消費量



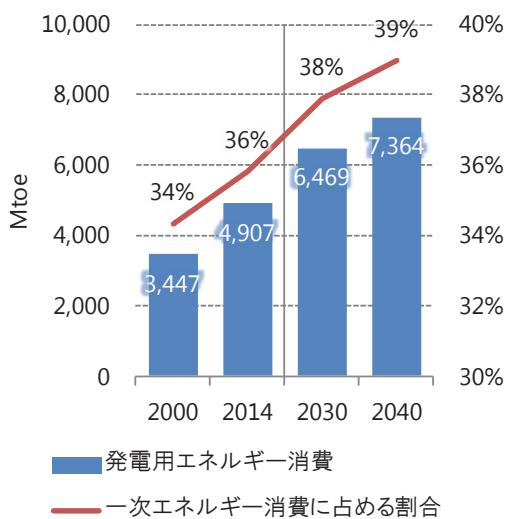
電力最終消費は、今後も各国・地域の経済発展段階を問わず増加を続ける(図4)。増加がとりわけ著しいのは非OECDであり、この先26年の増分では中国、インド、米国、EU、インドネシアの順となる。その結果、最大消費国は2011年にその地位についた中国であり続け、インドはEUと日本を抜いて米国に次ぐ第3の消費国となる。

図4 電力最終消費



注: 低中・低所得国は2014年時点の1人あたり実質GDPが\$4,000以下の国・地域とした

図5 世界の発電用エネルギー消費



電力消費の伸長に伴い、世界の電力供給(発電電力量)も急速に増大する(図5)。2000年には発電用に使われるエネルギーは一次エネルギー消費全量の3分の1強であった

が、発電効率の継続的な向上にもかかわらず、2040年には全エネルギーの約4割が発電向けとなる。その比率は石炭では62%にも達する。

供給

2020年にかけての原油生産では、中東の石油輸出機構(OPEC)加盟国および北米が世界の増加量の9割を占める(図6)。OPECで増産の原動力になるのは、最大の生産能力を誇るサウジアラビア、経済制裁が解除されたイラン、大きな生産ポテンシャルを持つイラクといった国々である。北米では、シェールオイルの生産性が向上し続けており、原油価格の緩やかな上昇に伴って、非在来型石油が増産をけん引する。その後は、北米および欧州・ユーラシアでの生産量が2030年頃にピークアウトし、非OPECが世界の供給に占めるシェアは2014年の60%から2040年には54%に低下する。

主要地域間の原油貿易は、2015年の38 Mb/dから2040年には48 Mb/dとなる。OECDの輸入は需要減少や北米での生産増加に伴って減少するが、中国、インド、ASEANといった新興国で増加する需要を賄うための輸入が全体の貿易量を押し上げる。アジアでは、北米や非OECDヨーロッパ/中央アジアからの供給が増加することで、ある程度の供給源多角化が図られるものの、中東およびアフリカからの供給量は2040年時点でも8割を占める(図7)。

図6 主要地域の原油生産

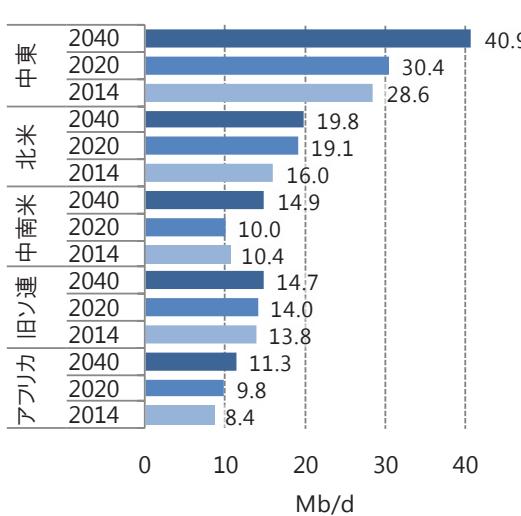


図7 主要地域間の原油貿易[2040年]



天然ガス生産量は、2015年から2040年にかけて63%増加する(図8)。足元では原油価格低下に伴い世界的に上流投資が縮小しているものの、北米の生産はシェールオイル生産に伴う随伴ガスによって堅調に増加してゆく。ロシアでは、輸出の増大に対応すべく、新規のガス田開発が進められてゆく。中東は、イラン、エネルギー需要が増大するサウジアラビアの2か国がけん引して拡大を続けてゆく。アジアでは、中国やインドにおいて開発が進む。特に中国は、2025年以降、シェールガス開発投資が本格化すれば、さらに増加する。アフリカでは、モザンビークやタンザニアなど新興液化天然ガス(LNG)供給源の登場が生産量をけん引する。

主要地域間の天然ガス貿易は、2015年の511十億m³ (Bcm)から2040年には887 Bcmまで74%増大する。原油と異なり、貿易の伸び率が生産のそれを上回る。2030年までに輸出が最も増加するのが、2020年代前半に多くのLNGプロジェクトの稼働開始が計画されているオセアニアと北米である。2030年を過ぎると貿易量増加のペースはやや落ち着く。OECDでは需要増が鈍化すること、中国や中南米でシェールガスをはじめとする生産が本格的に行われるようになるためである。2016年に始まった北米からのLNG輸出は、2040年になると世界でも主要な供給源の1つとなる(図9)。パイプライン貿易では、ロシアから中国向けが著しく増加する。

図8 主要地域の天然ガス生産

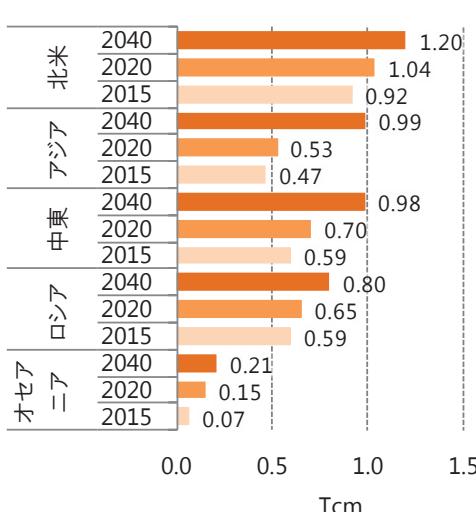
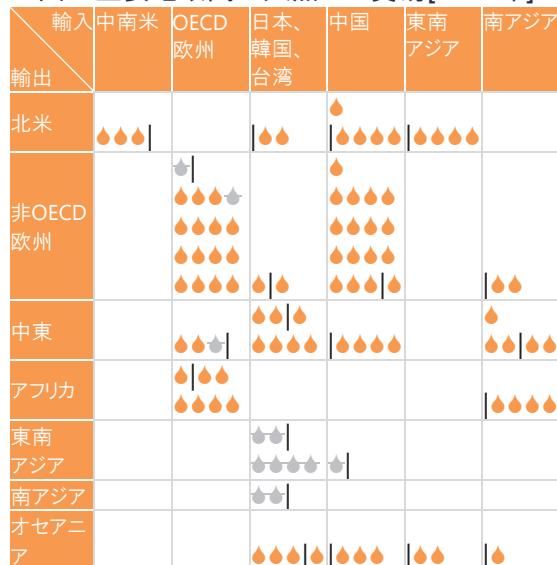


図9 主要地域間の天然ガス貿易[2040年]



注: ● = 10 Bcm, | = 2015年

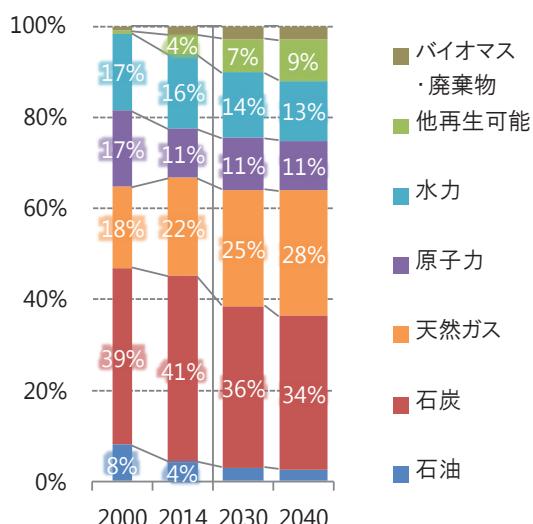
石炭生産量は、アジアを中心に中南米、アフリカ、中東などの非OECDでの石炭需要の増加に伴い、2014年の7,937百万t (Mt)から2040年には9,286 Mtまで増加する。一般炭生産量は、主に電力向け需要の増加に伴い2014年の6,004 Mtから2040年には7,522 Mtと1.25倍に増加する。一方で、原料炭は2014年の1,116 Mtから2040年には988 Mtまで減少し、褐炭は2014年の817 Mtから2040年には776 Mtまで減少する。

発電では、火力が中心的なシェア3分の2程度の電源構成が維持される(図10)。石炭火力は欧米で減少することなどでシェアが7%ポイント(p)低下し34%となるが、それでも見通し期間を通じて最大の電源であり続ける。天然ガス火力は、英国、イタリアを除く全ての地域で発電量が増加、世界計でも増分が最も大きくなる。そのシェアは6%p増え28%まで拡大する。

原子力は、2014年の2,535 TWhから2040年には4,357 TWhとなるが、2040年における世界の発電量に占める構成比は現在の11%と変わらない。設備容量は、2020年代に全停止となるドイツ、2040年までに20 GW減少する日本など8か国・地域で減少する。一方、14か国が新規導入し、18か国が増設・増強することで、世界の設備容量は2015年の399 GWから2040年には612 GWまで拡大する。

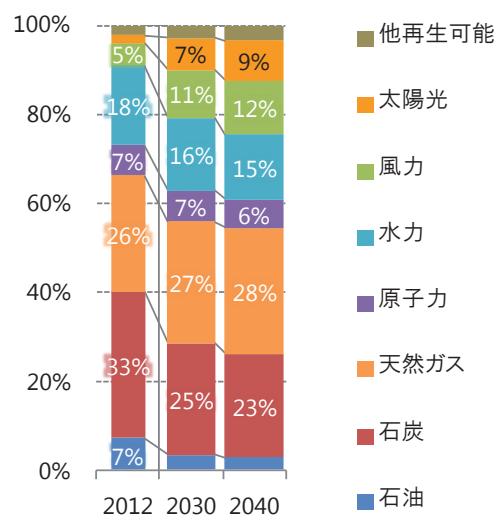
再生可能エネルギーでは、水力は、中国、インド、ブラジルを中心に開発が進み、発電量は緩やかに増える。しかし、総発電量ほどは伸びず、シェアとしては3%pの縮小となる。風力・太陽光等は、政策支援や技術開発により、2014年の1,005 TWhから2040年には3.6倍の3,573 TWhまで急速に拡大し、総発電量の9%を占めるに至る。そのために必要となる設備容量は、風力が現在の3.2倍の1,170 GW、太陽光が同4.9倍の857 GWであり、あわせて総発電容量の21%も占めることになる(図11)。

図10 世界の発電電力量構成



注: 棒の幅は総発電量に比例

図11 世界の発電設備容量構成



注: 棒の幅は総発電容量に比例

石油、天然ガスの供給障害

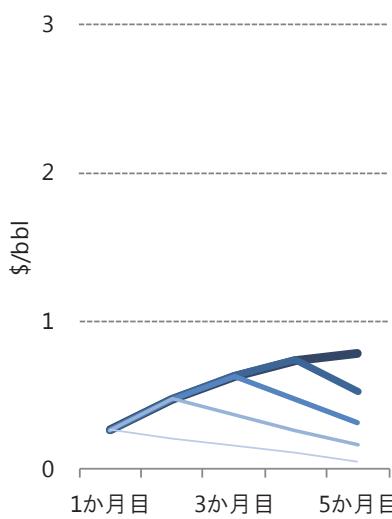
石油、天然ガスなどの化石燃料は、現代社会の基盤を支える重要なエネルギーであり、人々が日々需要するエネルギーの8割超を担っている。近年は幸いにして化石燃料の大規模な供給途絶は発生していないが、原油の計画外生産停止は災害、事故、紛争、テロ、ストライキなどを背景に常にいざこかで生じている。

100 kb/dの計画外生産停止が発生すると、平均的にはその月の原油価格を\$0.3/bbl押し上げる効果があった(図12)。その停止が5か月継続すれば、価格上昇幅は\$0.8/bblまで拡大する。また、実際に当該国の原油減産に結びつきがちな非OPECでの計画外生産停止に限定すれば、その影響度合いは格段に大きいものであった。

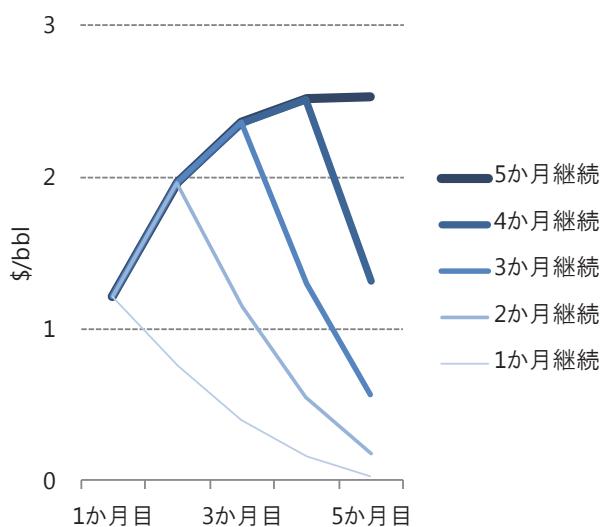
こうした価格効果とならび、必要な量のエネルギーが入手できない供給制約もまた、大きなリスク要因である。仮に、中東の原油生産が意図せず大きく(10 Mb/d)落ち込み、他の国・地域がこれを補う増産を行えない場合、世界経済は9%縮小する(図13)。

図12 100 kb/dの計画外生産停止による原油価格への影響

[a]計画外生産停止地域不問



[b]非OPECで計画外生産停止

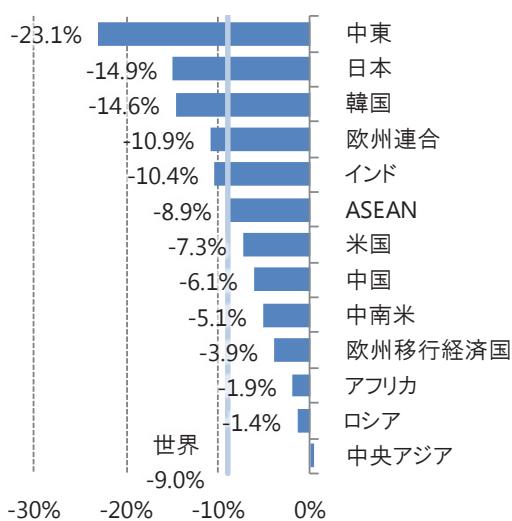


注: 2011年～2016年上期における平均的な影響

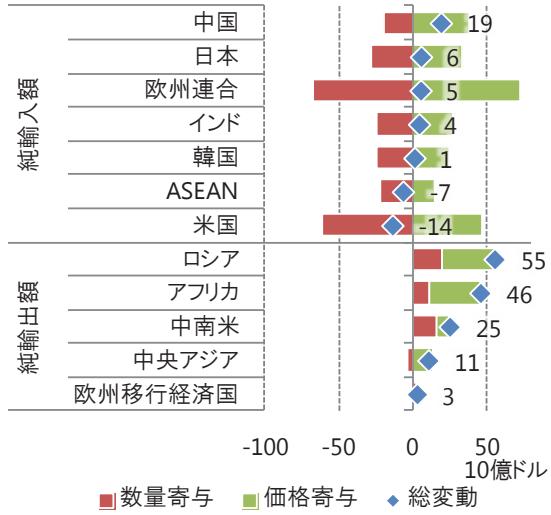
供給障害の震源地である中東を除き最も大きなダメージに襲われるのが、中国以外の東アジア地域である。それぞれの経済成長率と比べると、韓国、台湾は約5年分、日本にいたっては約20年分の消失に相当する。原油の中東依存度が低めなEUでも10%超の落ち込みとなる。米国は、足元にかけ原油生産量が増えていることから、落ち込み程度は7%と世界平均を下回るが、悪影響から無縁というわけにはいかない。

図13 中東の原油生産10 Mb/d減少の影響

実質GDP



原油純輸出入額



注: 中東の原油純輸出額は1,390億ドル減。

シェール革命により米国が新たなスウィング・プロデューサーとなりうることが一部では言及されている。そのアナロジーで中東での供給障害発生時に米国の原油増産に期待する向きもあるかもしれない。しかしながら、そうした際に米国が原油生産を追加的に3.6 Mb/d引き上げられたとしても、GDP縮小に対する緩和幅は世界平均で2.5%p程度である。日本やEUでは2%p程度にとどまり、供給障害によるダメージの8分の1、6分の1相当しか緩和されない。

エネルギー供給障害は、その供給国から原油、天然ガスを輸入していない国・地域を含め、世界的に大きな経済ダメージをもたらす。これにかかるリスク要因を完全に排除することは不可能と言って良い。であるからこそ、古典的かつ地道な取り組みを、自国はもとより国際社会とともに継続してゆくことが求められる。

ASEANのエネルギー需給展望

一次エネルギー消費

ASEANの一次エネルギー消費は、経済成長、人口増加を背景に、2014年の624 Mtoeから2040年の1,352 Mtoeまで年率3.0%で増加する(図14)。その増加量は、現在の日本と韓国の合計消費量を上回り、世界全体の需要増加の14%を占め、中国、インドに次ぐ3番手に位置する(図2)。

ASEAN地域は比較的エネルギー資源に恵まれており、現在のエネルギー自給率は125%とエネルギーの純輸出地域となっている(図15)。しかし、域内で急増する需要増加に化石燃料の生産が追い付かず、自給率は2030年までに100%を割り込み、2040年には76%まで落ち込む。

図14 ASEANの一次エネルギー消費

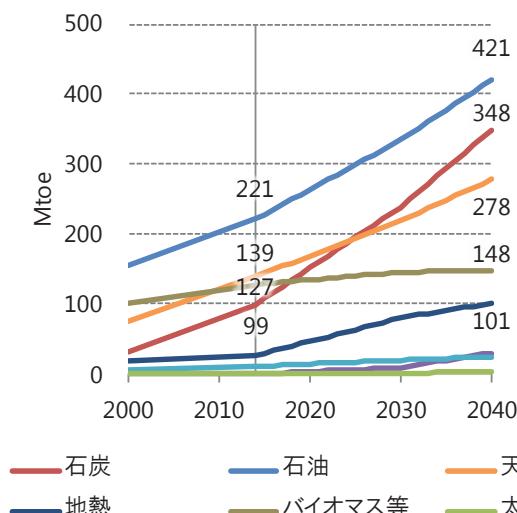
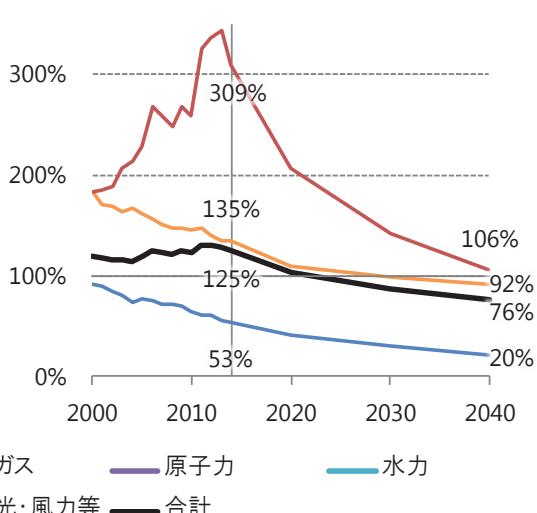


図15 ASEANのエネルギー自給率



一次エネルギー消費の増加の8割以上が化石燃料で賄われ、化石燃料への依存は2014年の74%から2040年には77%へと上昇する。中でも、増加量が最も大きいのが発電用

にけん引される石炭であり、伸びの34%を占める。その量石炭換算356百万t (Mtce) は、世界の石炭消費増分の約4割を占める。

石油消費は、2014年比で1.9倍となり、増加分4.1 Mb/dのうち自動車燃料用が半分を占める。また、民生用の液化石油ガス(LPG)や石油化学原料用も大きく伸びる。構成比は35%から31%へ低下するものの、ASEANにとって最も重要なエネルギーの地位を維持する。対して、域内の生産量は減少することで、石油の自給率は53%から20%へ低下する。

天然ガス消費は、2040年までに2.0倍に増加し、増加分170 Bcmの過半が発電燃料用、残りのほとんどが産業用(石油化学原料を含む)である。ASEANの消費増分の過半を占めるインドネシアとマレーシアは豊富な資源を有するが、両国の輸出余力は縮小してゆく。ASEANは、現在60 Bcmを域外に輸出をしているが、2030年までに純輸入ポジションに陥る。

原子力は、現在運用実績はないが、2025年以降にタイ、ベトナム、インドネシア、マレーシアで合計16 GWが導入される。しかし、2040年の発電構成の4%、一次エネルギー構成の2%を占めるにとどまる。

水力、地熱、バイオマスなど再生可能エネルギーの供給ポテンシャルは大きい。カンボジア、タイ、ベトナム、ラオス、ミャンマーを含む大メコン圏地域は水力発電ポテンシャルが248 GWと膨大であり、多くの開発プロジェクトが進行している。域内の水力発電量は2040年までに2.2倍に増加し、再生可能エネルギー発電量増分の約6割を占める。

地熱は、インドネシア、フィリピンでポテンシャルが大きい。地熱発電は、再生可能エネルギー発電量増分の約2割を占めるが、一次エネルギーベースでは一次換算効率の違い¹から水力の約5倍の増加となる。

再生可能エネルギーでも、農村部を中心に使われている薪や畜糞などの伝統的なバイオマスの利用は、都市化の進展や生活水準の増加などで減少してゆく。一方で、発電用や自動車用液体バイオ燃料が普及してゆく。バイオマスの消費量は2040年までに2割増加するが、エネルギー構成比では20%から11%へと半減する。

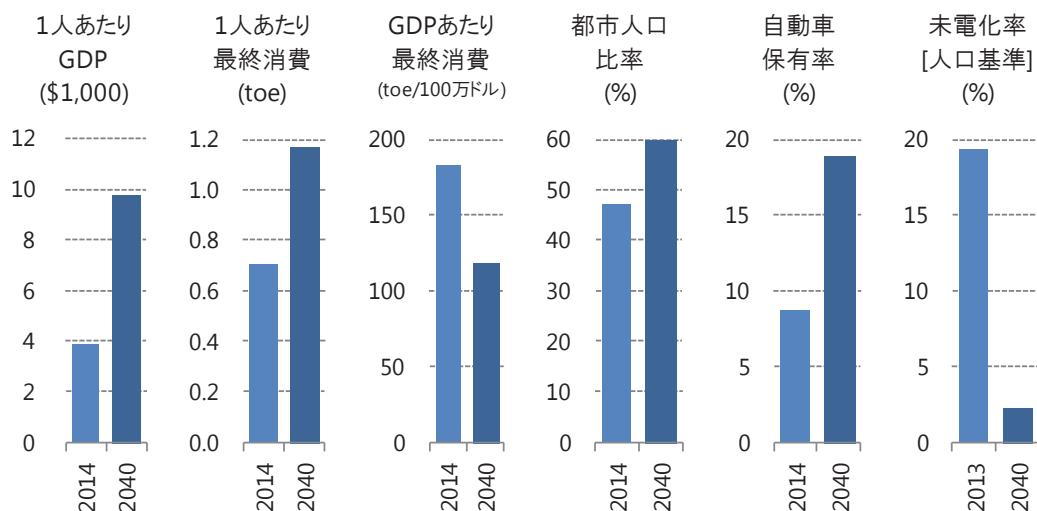
風力、太陽光発電は、増加率こそ最も大きいが、2040年時点でもASEANのエネルギー・ミックスに占める割合は1%にも満たない。

最終エネルギー消費

最終エネルギー消費は、経済の工業化、生活水準の向上、域内の人団増加などを背景に、2014年の440 Mtoeから2040年の890 Mtoeまで、年率2.7%で増加する。自動車・家電機器への効率基準の設定や燃料補助金の廃止などを含む省エネルギー政策の強化に加えて、産業構造の変化、都市化の進展などにより、GDP原単位は35%改善する(図16)。

¹ 地熱の10%程度に対して、水力は100%の効率で換算される

図16 ASEANの経済・エネルギー関連指標



産業部門は、増加率が年率3.5%と他の部門よりも高い。マレーシア、タイ、インドネシア、フィリピン、ベトナムなどでは、豊富で安価な労働力を期待して、海外からの直接投資が急増している。機械系組立産業が大きく発展し、電力需要が大きく伸びる。

これに次ぐ年率2.7%という高い伸び率を示すのが運輸部門である。1,000人あたり自動車保有台数は2014年の88台から2040年には189台まで増加、域内の保有台数は2.7倍に拡大し、道路部門の石油需要は2.0 Mb/d増加する。

民生・農業部門は年率2.2%と伸びが低いが、これは主に伝統的バイオマスの利用からエネルギー効率の良いLPGクッキングコンロなどへの代替が進むためである。都市化の進展や電化地域の拡大、生活水準の向上などを背景に、近代的エネルギー需要の伸び率は年率4.0%と、産業、運輸部門を上回る。

未電化率は現在19%で、1億2,000万人の人々が電力供給を受けていない。各国政府は電化政策を進めており、未電化人口ゼロの早期達成を目指している。こうした政策と経済成長が相まって、電力需要は2040年までに3.2倍に増加、2,450 TWhに達する。電力需要の増加に応えるために発電用エネルギー消費も3.1倍に増加し、増加分の約3分の2は化石燃料で賄うことになる。

ASEANのエネルギー投資、市場統合

エネルギー投資額は、2015-2040年の累積で2.3兆ドルに上る(図17)。これは、現在の域内GDP(2.4兆ドル)に匹敵する。電力供給部門と燃料供給部門への投資がそれぞれ1.0兆ドルを占める。電力供給のうち、55%が発電設備への投資であり、残りの45%が送配電設備への投資である。燃料供給では、ガス油田などの上流開発が約8割を占め、LNGなどの燃料輸送施設が1割弱、残りが石油精製への投資である。レファレンスケースにおける省エネルギーへの投資額は2,200億ドルと小さい。

ASEAN全体が天然ガスの輸入バランスへと移行しつつある現在、域内におけるパイプライン建設の正当性が失われつつある。その中でも現時点で唯一その可能性が考えられるのが、East Natunaガス田からマレーシアおよびタイへのパイプライン建設である。総生産量15 Bcmの全量がマレーシアに輸出され、輸入LNGを代替すると、域外へのLNG輸入支払を2040年までの累積で1,690億ドル削減することができる(図18)。

図17 ASEANのエネルギー投資額
[2040年までの累積]

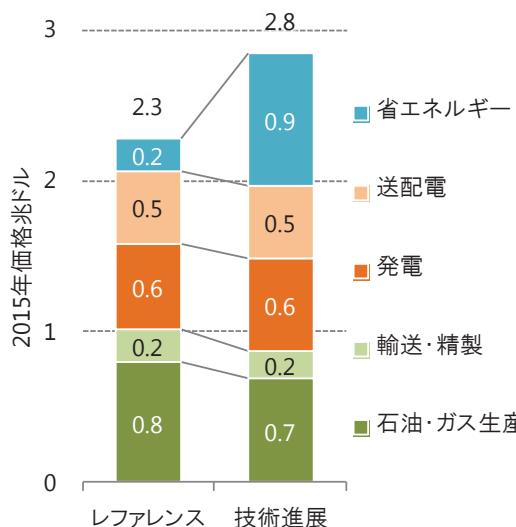
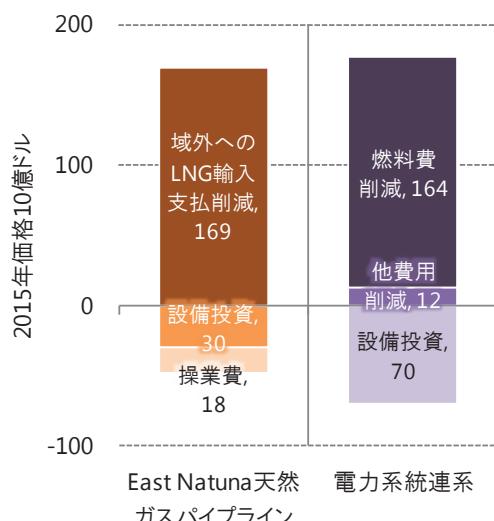


図18 ASEANのエネルギーインフラ整備の効果[2040年までの累積]



パイプライン網の広域整備により、エネルギー安全保障面で供給源分散効果が期待できる。国際的な融通により予期せぬLNG供給途絶がもたらす悪影響の緩和のみならず、平時においては供給途絶に備えた在庫の合理化も可能となる。また、現在、域内では10か所以上のLNG受入基地が建設されているが、その配置の適切化により導入費用削減の可能性がある。

ASEAN域内の水力資源はラオスやミャンマーなどに多く存在しており、これらの国々・その周辺地域と電力需要地とを結ぶことによる資源の有効活用が目指されている。また、同じく大きな水力資源が存在するボルネオ島でも、島内の連系線増強、その上でのマレー半島やジャワ島等の需要地との連系が図られている。

系統連系によって連系線・水力発電設備の初期投資が700億ドルかかる一方で、連系による系統安定化に伴い、停電発生時間を一定時間以下にするための供給予備力を節減することができる。また、水力発電の拡大により、全域での電源部門の二酸化炭素(CO₂)排出量を78 Mt、5%抑制するとともに、化石燃料費を1,640億ドル削減することができる。

地球環境問題への対処

パリ協定

2015年12月の国連気候変動枠組条約第21回締約国会議(COP21)で、2020年以降の温室効果ガス(GHG)排出削減等のための新たな国際枠組みであるパリ協定が採択された。その「自主的に決定する約束草案(INDC)」をもとに推計した世界のGHG排出量は、2030年で45.5 GtCO₂であり、足元より増加する(図19)。これまでのトレンドよりは抑制されているが、2050年に排出半減といった将来像には結びつき難い姿である。

表1 パリ協定の評価

好評価点

中国、インドなどの途上国も含め、全ての国が削減義務を負うこととし、180を超える国々が、今後の削減努力に合意。

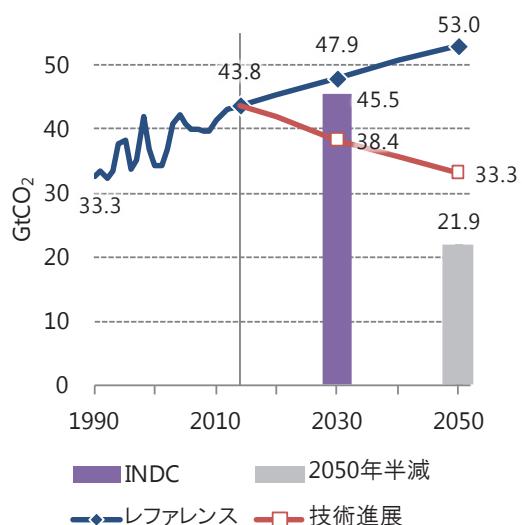
京都合意のように先に削減率を決めて各国にそれを当てはめようとしたトップダウン方式ではなく、それぞれが削減目標を持ち寄り、積み上げてゆくボトムアップ方式。

5年に1度、各国の目標の合計を評価し、さらなる削減努力を求めてゆく方式。

課題

世界のGHG排出量が足元より増加する。

図19 世界のGHG排出

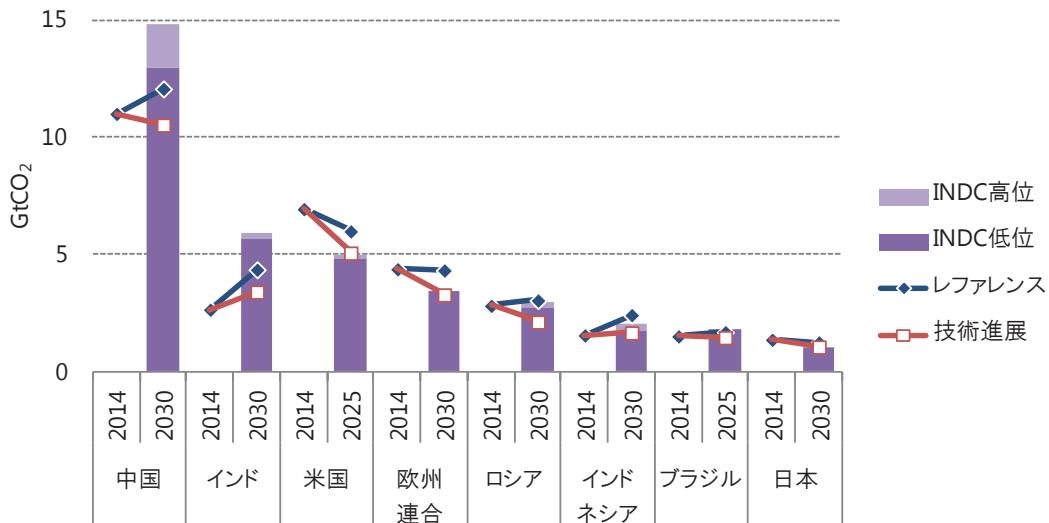


注: G20のパリ協定におけるINDCをもとに推計

主要各国のINDCを評価すると、先進国は総じて後述する技術進展ケースに近い(図20)。一方、中国およびインドはレファレンスケースに近く、インドネシアおよびブラジルは技術進展ケースとレファレンスケースの間にある。各国には技術進展ケース程度の努力が望まれ、そのためには途上国での低炭素技術の展開推進が重要となる。

それでも—現状では—パリ協定は、世界規模の取り組みの一歩として、しっかりと足跡を残すものと評価すべきであろう。要諦は、今後この協定での目標を着実に現実のものとし、さらなる削減につなげてゆくことである。そのためには、技術革新と同時に、二国間クレジット制度を含む市場メカニズムを活用した技術移転による世界全体での対策を後押しすることが欠かせない。

図20 主要国・地域のGHG排出



注: パリ協定におけるINDCをもとに推計

技術進展ケース

現実社会での適用機会・受容性を踏まえた最大限のCO₂排出削減対策を見込む「技術進展ケース」では、2040年のエネルギー消費がレファレンスケース比2,343 Mtoe、12%節減され、今後の増分は同55%に抑制される。

最も大きな変化が表れるエネルギー源は、電力消費の抑制、発電効率の向上、他エネルギーへの代替影響で主に発電用が減少する石炭、次いで天然ガスである(図21)。ただし、石炭は2040年の消費が現在を17%下回る一方で、天然ガスは技術進展ケースにおいても今後約四半世紀の間増加が継続する。石油は、レファレンスケースを832 Mtoe下回り、水準としては2040年頃には頭打ちとなる。化石燃料がレファレンスケースから3,196 Mtoe削減されるのに対して、原子力は433 Mtoe、再生可能エネルギーは太陽光、風力を中心に419 Mtoe増加する。これらの結果、化石燃料のシェアは、2014年の81%から2040年に70%まで低下する。

レファレンスケースの2040年における中国・インドの一次エネルギー消費の世界シェアは合わせて32%であるが、レファレンスケースから技術進展ケースに向けた節減量シェアでは36%を占め、これらアジアの大消費国が果たす役割は大きい。特に石炭節減シェアは61%と非常に高いほか、原子力、および風力・太陽光などの増加に対する寄与もそれぞれ38%に及ぶ。こうした非OECDを中心とするポテンシャルに恵まれた地域での積極的な省エネルギー・低炭素化展開の可否が、世界の将来像を左右する。

技術進展ケースでは、世界のエネルギー起源CO₂排出量は、2020年ごろをピークに緩やかな減少に転じ、2050年には2014年比1.2 Gt、3.8%減の31.8 Gtとなる(図22)。2050年におけるレファレンスケースからの削減量13.7 Gtは世界の現排出量の42%に相当し、2050年までの累積削減量259 Gtは世界の現排出量の7.8年分にあたる。

図21 世界の一次エネルギー消費増減

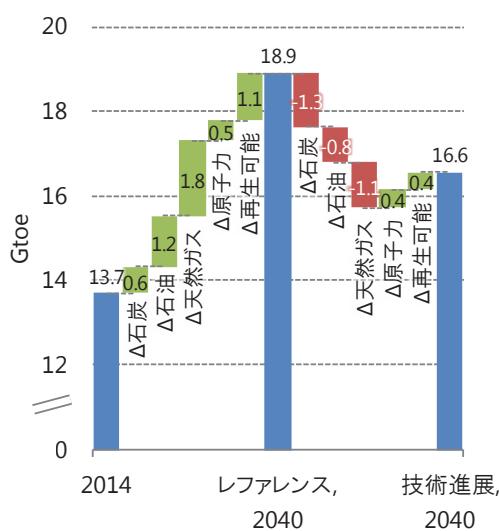
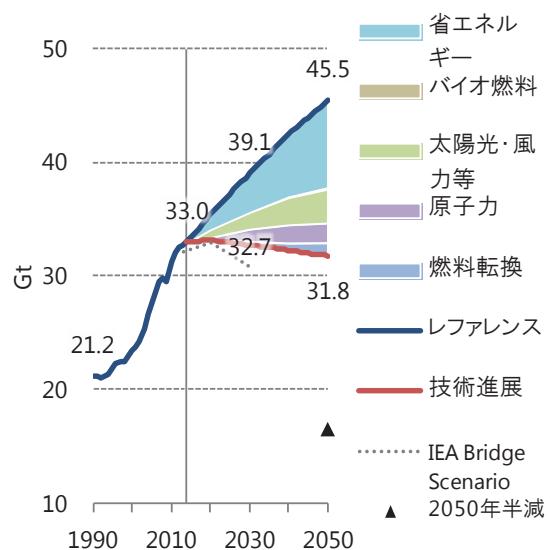


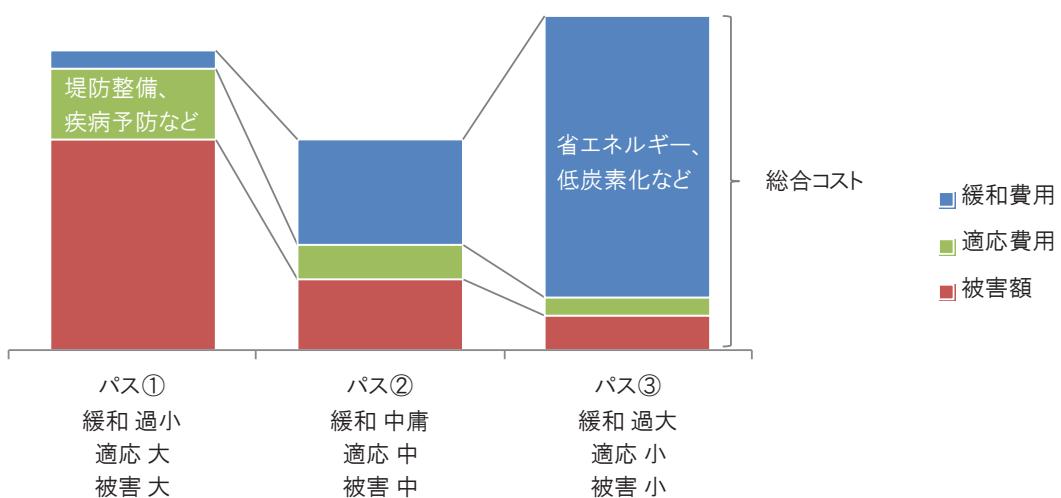
図22 世界の二酸化炭素排出と削減寄与



超長期の気候変動対策パス

気候変動問題は、広範な領域に影響し、かつ何世代にもわたる長期的課題である。いつ、どのような、どの程度の対策を講じてゆくべきかは、よくよく吟味する必要がある。持続可能という視点に基づき、緩和費用、適応費用、被害額の和である総合コストが小さくなるような組み合わせをわれわれは評価する(図23)。\$100の被害を防止するために\$1,000の費用を投じて排出を削減し堤防を築く—そのようなことを長期にわたり続けるのは相当に困難であり、いざこかで破綻するリスクを否めない。

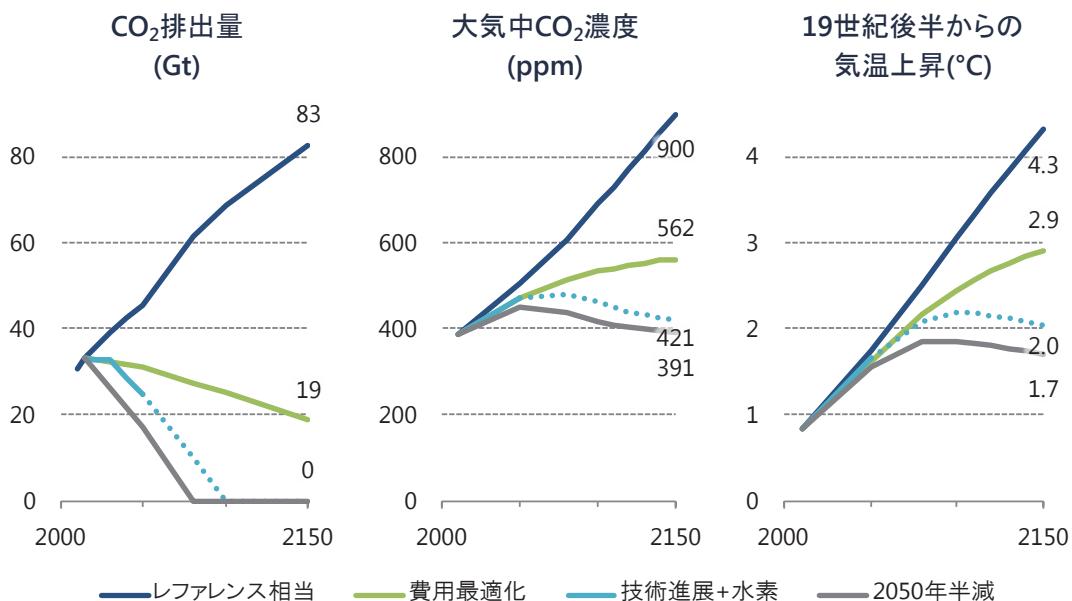
図23 緩和、適応、被害の総合コストのイメージ



累積総合コストを小さくする「費用最適化パス」でのCO₂排出量は、レファレンスケースからは大幅な削減となるが、2050年に排出を半減させなければならないほどのものではない(図24)。費用最適化パスでの排出量は、2050年以降も緩やかに減少を続け、2150年過ぎに現状より半減程度となる。費用最適化パスでの大気中CO₂濃度は、緩やかに上昇を続け、2150年時点で560 ppmとなる。気温も緩やかに上昇し続け、2150年時点で19世紀後半と比べ約3°C高くなる。

もっとも、これらは条件次第で異なった姿にもなりうる。例えば、2050年以降の限界削減費用が、技術開発のより急速な進展により低減される場合、あるいは、気候感度²が3°Cではなく2.5°Cである場合、費用最適化パスは上述のそれとは違うものになり、気温上昇幅はより小さくなる。人類が気候感度を操作することはできないが、緩和コストは既存低炭素技術の低コスト化、革新的技術の開発を進めることで低減が可能である。われわれに求められているのは、適切な気候変動対策を継続的に実施するのと並行して、長期的な視点から技術開発を協力して行うことである。

図24 超長期パス



次に記すカーボンフリー水素と並行してさらなる低炭素技術のコスト削減と革新的技術の開発促進をすることで、総コストは上振れする可能性はあるが、気温上昇を2150年頃までに2°C程度まで抑えるようなパスもオプションの1つとして考えられる。

水素利用シナリオ

長期の将来にかけて世界規模で野心的なCO₂削減に努める場合、世界の一部のエネルギー需要地域、例えば日本や中国において国内で二酸化炭素回収・貯留(CCS)技術を十分に利用できない場合には、第4のゼロ・エミッション電源として輸入水素による発電が大きな役割を果たし得る。CCSが難しいあるいは量的に限度がある地域では

² 大気中のGHGのCO₂換算濃度が倍増した場合の平均気温の上昇幅(°C)

2030年以降に導入される石炭火力・天然ガス火力が全て水素発電に代替され、これに伴い水素の供給コストも大幅に低減し、燃料電池自動車の普及が世界大で加速する場合³、2050年には水素が発電量の13%を担い、販売される乗用車の8台に1台が燃料電池自動車となる(図25)。合計3.2兆Nm³超の水素が消費されるが、その90%までもがCCSが難しい地域の発電部門によるものである。

水素の主要な生産・輸出国は、中東・北アフリカ、北米、オーストラリア、ロシアを主とするヨーロッパなどである。石油・天然ガスなど従来のエネルギー輸出国は、水素においても重要な供給者となる。

水素はインフラ整備などにコストがかかるため、経済性には乏しい。ただし、他に代替手段がない場合には、相対的により経済的な低炭素化の手段として水素が用いられる可能性はある。また、供給元が中東ばかりでなく、北米やオーストラリアも有力な候補となることから、エネルギー供給元の多様化につながる。

図25 世界の発電電力量構成

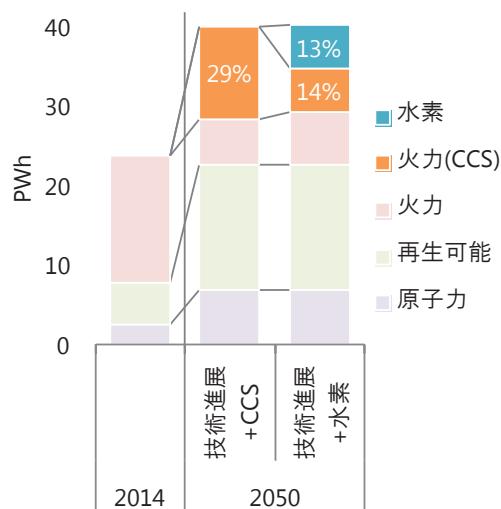
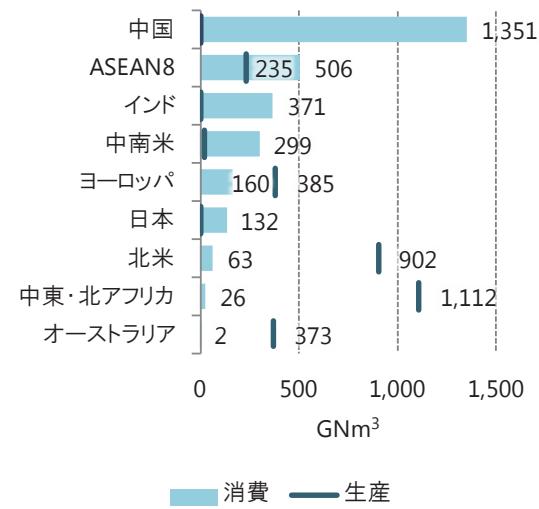


図26 水素の生産・消費



3E達成に向けた原子力の重要性と課題

安全性向上と規制機関の独立性

東北太平洋地震に伴う津波により発生した福島第一原子力発電所事故は、単一の外部事象により複数の安全機能が壊滅的な打撃を受けるという共通要因故障(CCF)であった。特に電源や給水源や格納施設といった設備における対策、また津波のような自然災害への備えが不十分であったこと等を踏まえ、日本では規制基準が全面的に見直された。新規制基準の基本方針は、①深層防護の考え方の徹底、②信頼性の強化、③自然災害によるCCFの想定と防護対策の引き上げ、である。この方針に基

³ 本文中の「水素高位シナリオ」

づく安全対策強化の結果、一部の原子力発電所は新基準への適合性を認められ、徐々に再稼働が進んでいる。

欧米先進国では、こうした基準の厳格化は1980年代から行われていた。また、規制基準への適合で良しとするのではなく、それを超えた安全性向上の取り組みが産業界において自主的に行われてきた。米国スリーマイル・アイランド事故でゼロリスクはあり得ないことを痛感した原子力事業者にとり、合理的な自主的安全性向上の取り組みはいわば現実的かつ合理的に事業を継続するためには必然の道であった。このプロセスは、わが国の規制のあり方にも重要な参考となると考えられる。

規制機関は、その役割上、政治的な意向や経済情勢といった技術的指標以外の動向にも左右されない高い独立性や、厳密かつ公正な審査を行うための高い技術力が求められる。アジアの規制機関は欧米と比較すると、独立性の確保に課題が残っているといえる。日本および韓国は2011年以降、規制体系を更新し独立性を高めたが、欧米に比べまだ歴史は浅い。高い独立性と規制活動の透明さ、および信頼に値する水準の高さは、安全水準を維持してゆくための必須の条件である。

原子力発電によって生じた高レベルの放射性廃棄物を適切に処分する必要がある。その方法は、深地層に埋設し、岩盤の特性を利用して廃棄物を閉じ込める「地層処分」が国際的に共通の方針となっている。日本の場合、廃棄物処分の総コストは約2.8兆円、原子力発電単価への寄与は¥0.04/kWhと評価されている。経済性の観点からは、原子力発電にかかる問題の中で廃棄物処分が占める位置は決して大きくない。

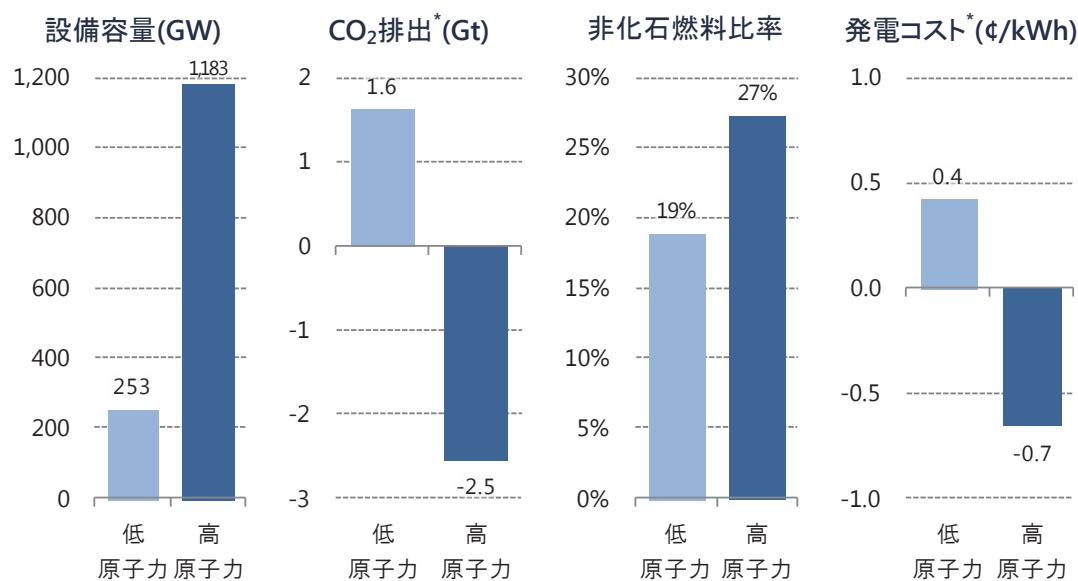
それでも処分計画が遅延する原因として、安全性に関する地元の懸念等から、処分地の選定自体が進まないケースがあることが挙げられる。世界に先駆けて処分地を選定したスウェーデンでは、環境法典および原子力活動法に基づき地元との協議が繰り返し行われた。この際、「オスカーシャム・モデル」と呼ばれる自治体、規制機関、事業者や環境団体といった全ての関係者を交えた協議体制が構築された。このような双方向の対話が、成功を生み出したものと考えることができる。

低原子力シナリオと高原子力シナリオ

特にアジアにおける原子力開発を左右するドライバーにより着目し、レファレンスケースより原子力開発にとってマイナスのドライバーが効いている「低原子力シナリオ」、技術進展ケースより原子力開発にとってプラスのドライバーが効いている「高原子力シナリオ」を設け、それらのシナリオが示唆する課題を分析した。

2040年の原子力設備容量が世界で約1,200 GW (2014年比の約3倍)、アジアで約700 GW (同約7倍)となる高原子力シナリオでは、世界で約6%、アジアで約9%のCO₂排出量が減少し、アジアの自給率は約74%とほぼ2014年水準を維持する(図27)。発電コストもレファレンスケースより約0.9/kWh低くなり、総じてエネルギー安全保障、経済、地球環境問題「3E」の全てが良い傾向となる。このシナリオが成立する条件は先進国から新興国への技術移転であるが、特に新興国における安全規制体制の整備が課題となろう。

図27 原子力シナリオ[2040年]



* レファレンスケース比

反面、2040年の原子力設備容量が世界で約250 GW (2014年比の約6割)、アジアで約60 GW (同約6割)となる低原子力シナリオでは、世界・アジアともCO₂排出量が約4%増加し、アジアの自給率は約63%まで大幅に低下する。発電コストもレファレンスケースより約\$0.4/kWh高くなり、3Eの全てにマイナスの影響が出る。このシナリオにおける課題は、3Eへの悪影響に加え、原子力産業が衰退してゆく中においていかにして安全基準や人材のレベルを維持するか、ということである。

第I部

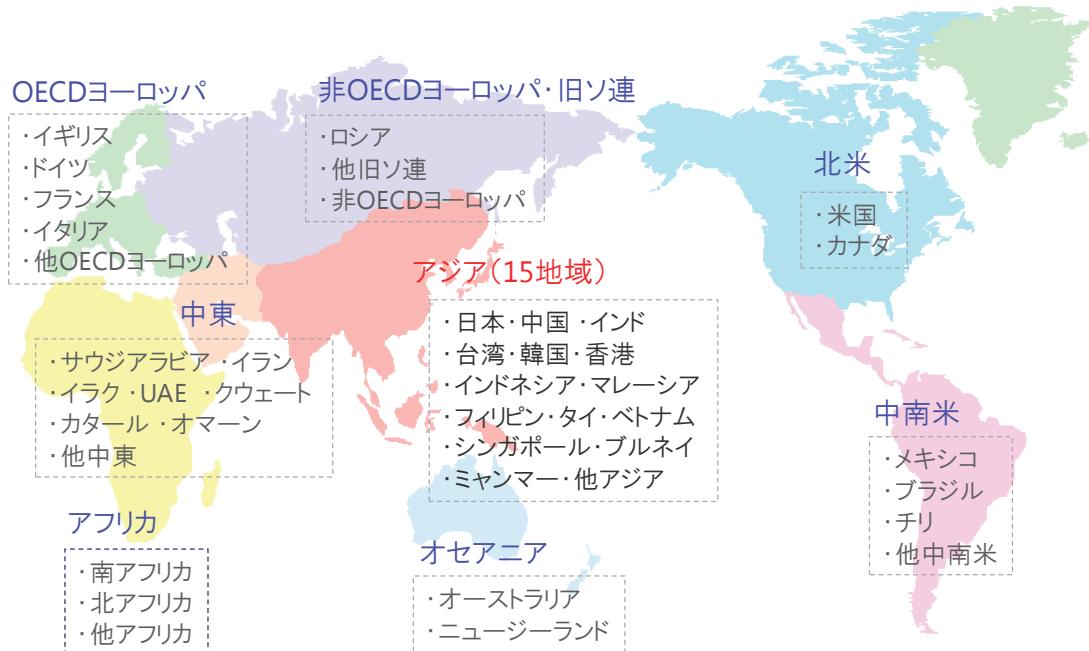
世界・アジアのエネルギー需給展望

1. 主要前提

1.1 モデルの概要およびケース設定

2040年までの将来にわたる世界のエネルギー需給を定量的に評価するため、計量経済的手法を中心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、モデル化を行っている。世界全体を図28に示す42地域に分割し、それぞれの地域を対象として詳細な需給分析モデルを構築した上で試算を実施した。

図28 地域区分



試算にあたっては、以下の2つの中核的なケースを想定した。

レファレンスケース

本研究における中核的なケースである。このケースでは過去の趨勢および現在までのエネルギー・環境政策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を織り込む一方で、それ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。

技術進展ケース

このケースでは、世界全ての国において、エネルギー安定供給の確保や気候変動対策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29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ことを想定し、推計している。

図29 技術進展ケースにおける技術導入の想定例

【需要サイドの技術】	【供給サイドの技術】
■ 産業部門 セクトラルアプローチ等により最高効率水準(ベストプラクティス)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	■ 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
■ 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、プライайнハイブリッド車、電気自動車、燃料電池車)の普及拡大	■ 原子力導入促進 原子力発電建設加速化、設備利用率向上
■ 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	■ 高効率火力発電技術 超々臨界圧石炭火力、石炭IGCC、石炭IGFC、天然ガスMACCの普及拡大

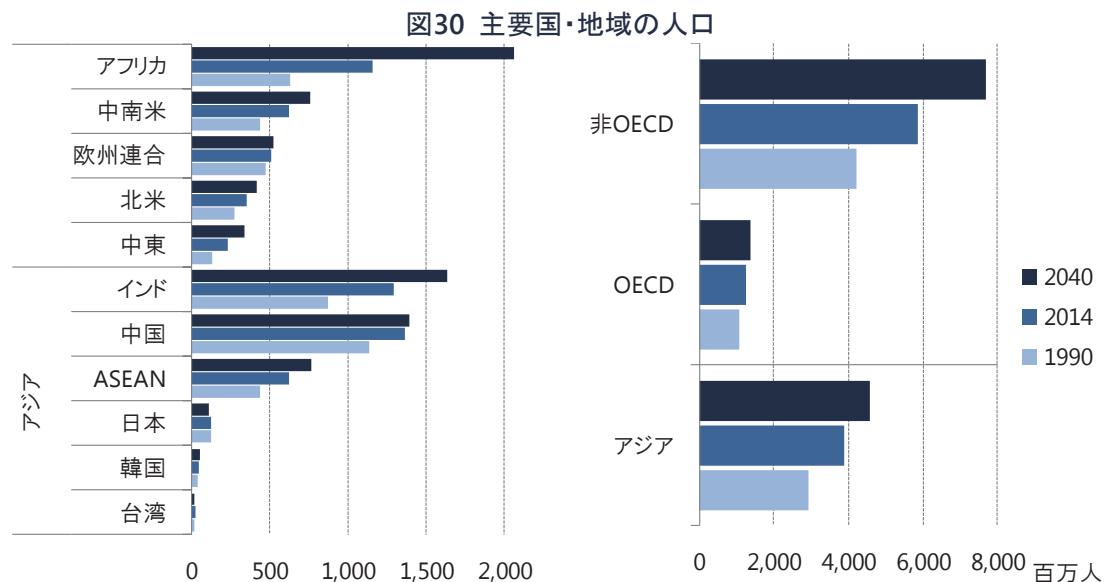
1.2 主要な前提

エネルギー需給構造は、人口や経済成長等の社会・経済要因、エネルギー価格、エネルギー利用技術、エネルギー・環境政策等に大きく左右される。このうち、人口、経済成長、国際エネルギー価格については、両ケース共通の前提として、以下のような想定をしている。

人口

人口の想定においては、国際連合の“World Population Prospects”等を参考した。多くの経済開発協力機構(OECD)諸国においては、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を割り込んでおり、人口減少圧力が増大する。非OECD諸国においても所得水準の上昇、女性の社会進出に伴い出生率は低下傾向にあるが、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いるため、人口の増加が続く。世界の人口は今後も年平均0.9%程度の増加基調で推移する。その結果、1990年に53億人、2014年に72億人であった世界の人口は、2040年には92億人に達する(図30、付表3)。

OECDのうち、北米では、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。ヨーロッパでは、ドイツ、イタリアで減少する一方、フランス、英国のように緩やかに増加してゆく国もあり、欧州連合(EU)全体の人口は非常に緩やかに増加する。アジアでは、日本は2011年より既に減少に転じており、今後は世界で最も速いスピードで減少してゆく。2015年には老齢人口が年少人口の2倍を超えており、今後もいっそうの少子高齢化が進む。韓国も2030年代半ばをピークに減少に転じる。



他方、非OECDの多くでは、人口が引き続き増加する。2040年までに世界で増加する人口の大半は非OECDに居住する。アフリカは、かつて人口爆発と称されたほどではないが、多くの国が高い出生率を維持し、年率2.3%と引き続き急速に増加する。中東は、政府が人口を増やすために資金面で優遇策を探っていること、国外からの流入が増加することなどから、約1.6倍に増加する。アジアでは、インドは高い増加率を維持し、2020年代半ばには中国を抜き、2040年には世界最大の約16億人に達する。東南アジア諸国連合(ASEAN)は、既にヨーロッパを大きく上回る規模まで増加しており、今後もインドに次ぐ高い率で増加する。その一方、現在、最大の人口を擁する中国は、2030年頃には14億1,000万人でピークを打ち、その後2040年に向けて約2,000万人減少する。中国は65歳以上の人口が1億人を超える唯一の国であり、今後もますます高齢化が進む。都市部には多くの若年層が集中し、農村部での高齢化がさらに深刻化する。ヨーロッパでは、ロシアがソ連崩壊以降の人口減に悩んでいるが、今後も引き続き減少基調で推移し、東欧諸国もロシア以上に速いスピードで減少する。

アジア全体としては、引き続き増加となるものの、世界に占める割合は緩やかに減少してゆき、2014年には55%であった世界シェアは、2040年にはおよそ50%にまで縮小する。

経済

世界経済は足元では不透明性を増している。世界最大の米国経済は、ドル高等による外需低迷や混迷する大統領選のため先行きに不透明感があるものの、2014年以降の原油安および失業率の低下とそれに伴う個人消費拡大により経済が緩やかに拡大してきている。また、米国に次ぐヨーロッパ経済は、原油安、ユーロ安、低金利を背景に個人消費と企業の雇用見通しが改善しつつあるものの、英国のEU離脱やイタリアの不良債権問題、中東からの難民増加、高まるテロの脅威などの不安定要素が存在する。世界第3の経済規模を持つ中国経済は、ヨーロッパ・資源国の景気悪化に伴う輸出減速や投資の伸び減少などを背景に、成長率は7%程度に減速した。それ伴い、対中輸出によって経済を拡大してきたアジアの新興国経済も、成長が鈍化している。特にシンガポール、マレーシアやタイなどは、対中輸出額が輸出総額に占める割合が高く、中国需要の減速の影響を受けて

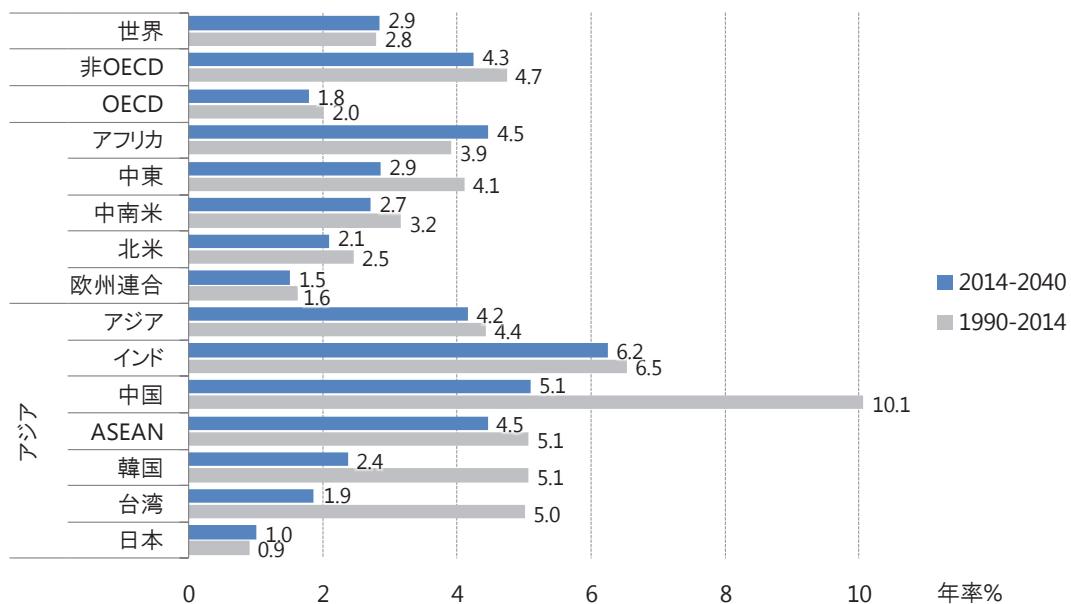
いるが、米国を中心とした世界経済が持ち直すのに合わせて経済は改善していく。このほか、原油安がロシアや中東、中南米などの産油国・資源国経済を圧迫している。

しかしながら、中長期的には、多くの国々が適切な財政・金融政策の実行や国際協調行動などを通じて、経済は回復してゆくと考えられる。その中で今後、世界経済の新たなけん引役として存在感を増してゆくのがインドである。インド経済は、見通し期間において、世界で最も高い年率6.2%で成長してゆく。構造改革、内需拡大、外資導入が経済成長の源泉となる。インドの対中輸出は輸出総額の4%、国内総生産(GDP)に占める割合は0.7%と小さく、中国景気減速の影響にも大きな影響を受けない。その中国も減速するとはいえ、年率5.1%で成長を続ける。また、ASEANも年率4.5%の成長率を維持する。

このように、アジアは今後も世界経済の成長センターであることが期待されている。しかしながら、賃金水準の上昇や国民の権利意識の芽生え等により、従来のような豊富な余剰労働力と低コストを武器とした輸出主導型の経済成長は転換を迫られることになる。現在の景気減速が成長の限界を示しているわけではないが、輸出依存度が高いアジア新興国、とりわけ中国においては、これまでの高成長を支えてきた環境は変わり、中進国の罷への警戒が必要とされつつある。

以上のような情勢を鑑み、また国際通貨基金、アジア開発銀行をはじめとする国際機関による予測、ならびに各国政府の経済開発計画等も参考にして、見通し期間における世界の経済成長率を年率2.9%と想定した(図31、付表4)。

図31 主要国・地域の経済成長率



国際エネルギー価格

2014年後半以降、ヨーロッパや中国の景気減速等に、米国の原油増産、および石油輸出国機構(OPEC)の減産見送り等も加わり、国際原油市場で需給緩和・供給余剰感が拡大し、原油価格が急落した。その後、米国の原油生産のための稼働リグ数の減少や生産量の増加減速傾向などを受け、一時原油価格が上昇する時期もあったが、OPEC減産再見送りや

欧米の対イラン経済制裁解除に伴うイラン産原油の輸出増への期待の高まりなどにより、2016年1月にはBrent原油価格は\$30.80/bblまで下落した。2016年2月以降は、一部産油国が原油生産量凍結に合意したことで原油価格は上昇に転じ、2016年9月にはOPEC臨時総会で減産が合意され、原油価格は一時\$53/bbl台と1年ぶりの高値に上昇したが、減産の実行を疑う見方もあり先行きは不透明である。

中長期的には、石油需要は世界経済の堅調な成長に伴って増加を続ける。供給側では、米国等の非OPECの石油生産も増加傾向にあるとはいえ、依然として供給の多くを地政学リスクを抱えるOPECやロシアに依存することに変わりはない。同時に、相対的に生産コストの高い中小規模、極地、大水深油田等へのシフトによる限界費用の上昇も見込まれる。また、先物市場への過剰な資金流入に対し強力な規制が導入される見込みは薄く、投機・投資資金による原油価格の押し上げの発生も否定できない。これらから、原油価格は短期的な変動幅を増しつつ、中長期的にはじりじりと上昇してゆくものと見込む。実質原油価格(2015年価格)は、2020年に\$75/bbl、2040年には\$125/bblと想定する(表2)。想定インフレ率2%/年の下での名目価格は、2020年に\$83/bbl、2040年には\$205/bblに達する。

表2 国際エネルギー価格

実質価格	2015	2020	2030	2040	年平均変化率(%)					
					2015/2020	2020/2030	2030/2040	2015/2040		
原油	\$2015/bbl	52	75	100	125	7.6	2.9	2.3	3.6	
天然ガス	日本	\$2015/MBtu	10.4	10.7	12.8	14.1	0.7	1.8	1.0	1.2
	ヨーロッパ(英国)	\$2015/MBtu	6.5	8.5	9.8	11.7	5.4	1.4	1.8	2.4
	米国	\$2015/MBtu	2.6	4.5	5.6	6.3	11.4	2.2	1.2	3.6
一般炭	\$2015/t	80	89	106	132	2.2	1.8	2.3	2.1	

名目価格	2015	2020	2030	2040	年平均変化率(%)					
					2015/2020	2020/2030	2030/2040	2015/2040		
原油	\$/bbl	52	83	135	205	9.8	5.0	4.3	5.6	
天然ガス	日本	\$/MBtu	10.4	11.8	17.2	23.1	2.7	3.8	3.0	3.3
	ヨーロッパ(英国)	\$/MBtu	6.5	9.4	13.2	19.2	7.5	3.5	3.8	4.4
	米国	\$/MBtu	2.6	5.0	7.5	10.3	13.6	4.3	3.2	5.6
一般炭	\$/t	80	98	142	217	4.3	3.8	4.3	4.1	

注: インフレ率を年率2%として算出。

天然ガスは、米国では今後も廉価な価格が持続する。ただし、開発・生産コストの上昇に伴い、その価格は現在の記録的な安さからは上昇する。日本の実質輸入価格は、2015年の\$10.4/MBtuから2040年にかけて\$14.1/MBtuに上昇すると想定する。なお、米国の液化天然ガス(LNG)輸出開始で、アジア向けLNG価格の割高(プレミアム)問題の解消・低減に貢献することが期待されるが、足元の低油価とLNG価格ではその効果は限定的である。また、液化や海上輸送等のコスト低減は一定の限界があり、欧米との価格差は残る。

石炭価格は、足元までは需給の緩和を反映してかなり低廉であった。資源制約が相対的に小さいものの、アジアで発電用を中心とした需要増加傾向にあること、およびこれまでの安値からの反発により、長期的にその価格は上昇しゆく。もっとも、単位発熱量あたりの価格は原油や天然ガスと比べると低廉である。

2. エネルギー需要

2.1 一次エネルギー消費

世界

世界の一次エネルギー消費は、足元では世界経済の減速を受け、増加スピードが鈍化している。しかし、エネルギー需給にまつわる社会・経済・政策・技術導入等の趨勢的な変化の継続を想定するレファレンスケースでは、世界経済の回復と人口増などにより、2014年の石油換算13,699百万トン(Mtoe)から2040年には18,904 Mtoeへと5,205 Mtoe増加する。この増分は、世界最大の消費国である中国と第2の米国の現消費量を合わせたものに匹敵する。見通し期間中に、世界経済が2.1倍に増加し、エネルギー消費が1.4倍に増加することは、省エネルギーの進展により、エネルギー消費が経済の拡大に比べ抑制されることを意味する(図32)。これは、現在見込まれる各国のエネルギー政策や省エネルギー技術を織り込んだとしても、経済成長を推し進めながらエネルギー消費を抑えてゆくことがいかに難しいかということを示している。

中国、高い経済成長が期待されるインドや東南アジア諸国連合(ASEAN)など、アジアが世界のエネルギー消費増に大きく寄与する(図33)。ただし、これまで世界の消費増をけん引してきた中国は、今後もエネルギー消費を増加させてゆくものの、世界に占めるシェアは2014年と同水準にとどまる。対して、米国と欧州連合(EU)は、この先も世界に占めるシェアを減少させ続ける。

図32 世界の一次エネルギー消費と対GDP原単位[レファレンスケース]

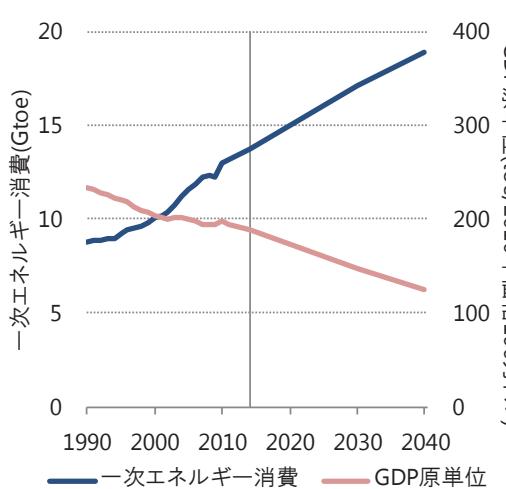
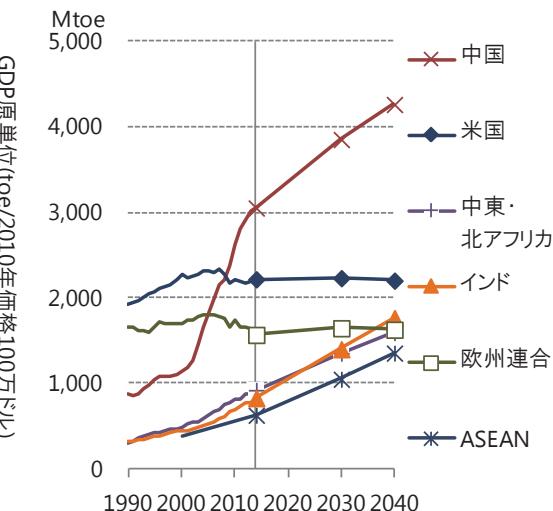


図33 主要国・地域の一次エネルギー消費[レファレンスケース]



現在、一次エネルギー消費の81%は化石燃料(石油、石炭、天然ガス)であるが、今後の増分のうち約7割もが化石燃料によって賄われる(図34)。近年、気候変動問題の観点から化石燃料に依存しない社会の創生に努める国・地域が多く見られる。しかし、温室効果ガスの削減に積極的なEUであっても2040年の化石燃料依存は7割に近い(図35)。経済成長著

しいインドおよびASEANは、化石燃料への依存をますます強めてゆく。

図34 世界の一次エネルギー消費
[レファレンスケース]

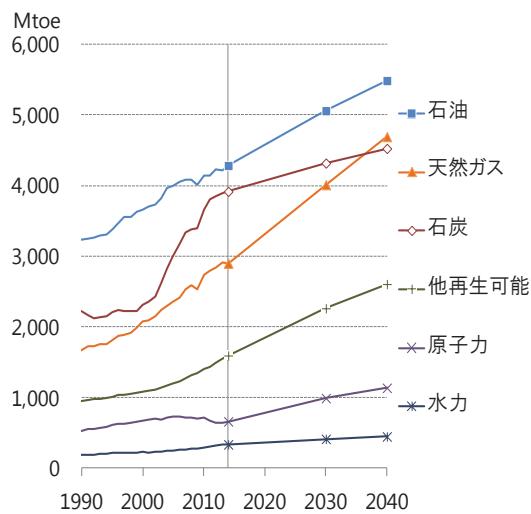
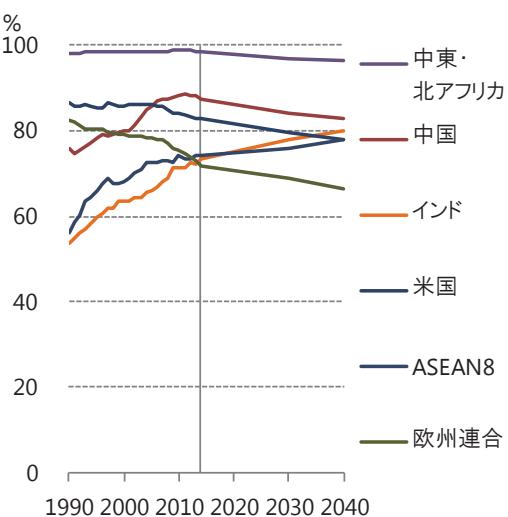


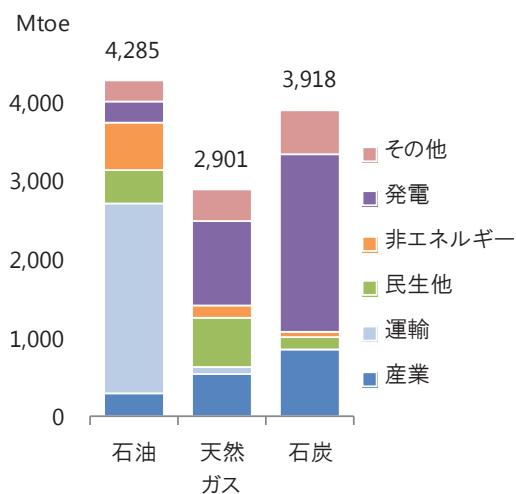
図35 主要国・地域の化石燃料依存度
[レファレンスケース]



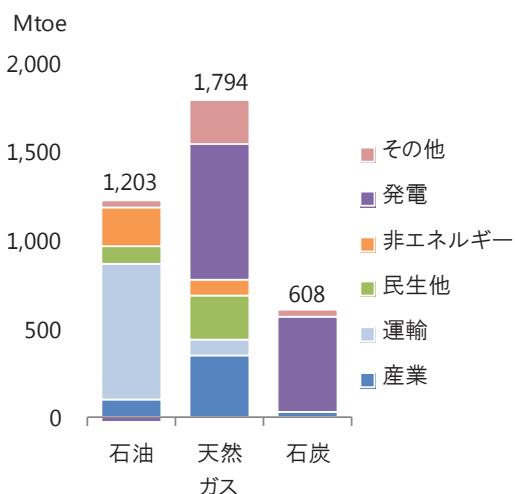
化石燃料の利用用途は、エネルギー源によって異なる(図36)。特に石油は、産業用や発電用に利用されている天然ガスや石炭と比べると様相が異なる。石油消費の半分以上を占めるのは運輸部門である。この先26年間の運輸部門の石油消費増分は、石油消費増分全体1,203 Mtoeの約3分の2を占める。石油消費の抑制を進めるためには、運輸部門のエネルギー・ミックスについて考えることが重要である。

図36 世界の化石燃料消費

[2014年]



[レファレンスケース2040年、2014年比]

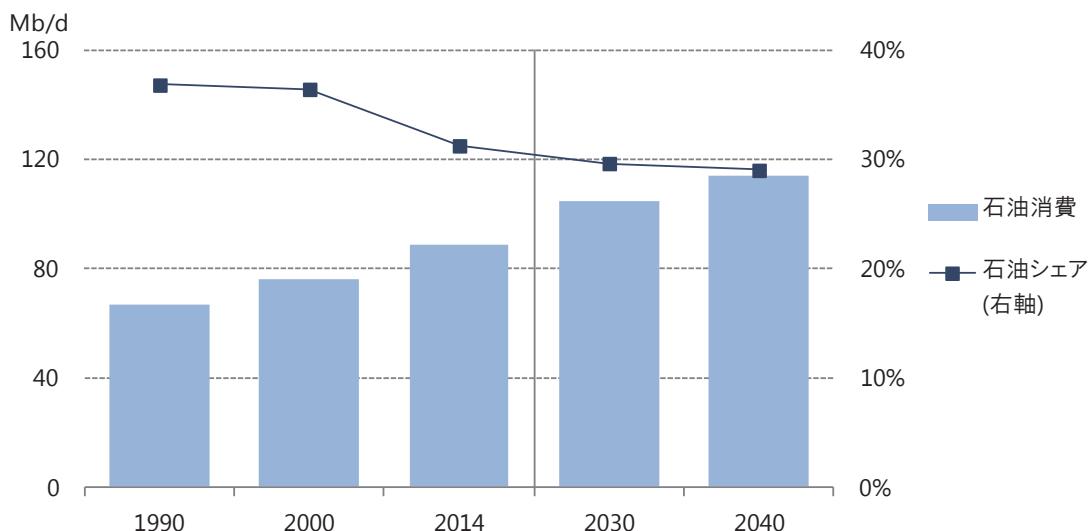


天然ガスは、主に発電部門と産業部門での消費が伸張し、2040年までの消費増加量が他のどのエネルギー源よりも大きい。その消費量は2014年の2,901 Mtoeから、2040年には1.6倍の4,695 Mtoeになる。一次エネルギー消費に占めるシェアは、2014年の21%から2040年には25%まで上昇し、石油に次ぐ第2のエネルギーとなる。石炭は、主に発電部門での消費量増加により消費が伸張するが、大気汚染や気候変動問題などから世界全体で石炭節減のための政策がいっそう進み、石油や天然ガスに比して緩やかな伸びとなる。その消費量は、2014年の3,918 Mtoeから2040年には1.2倍の4,527 Mtoeにとどまり、石炭の一次エネルギー消費に占める石炭の割合は2014年の29%から2040年には24%に縮小する。

石油

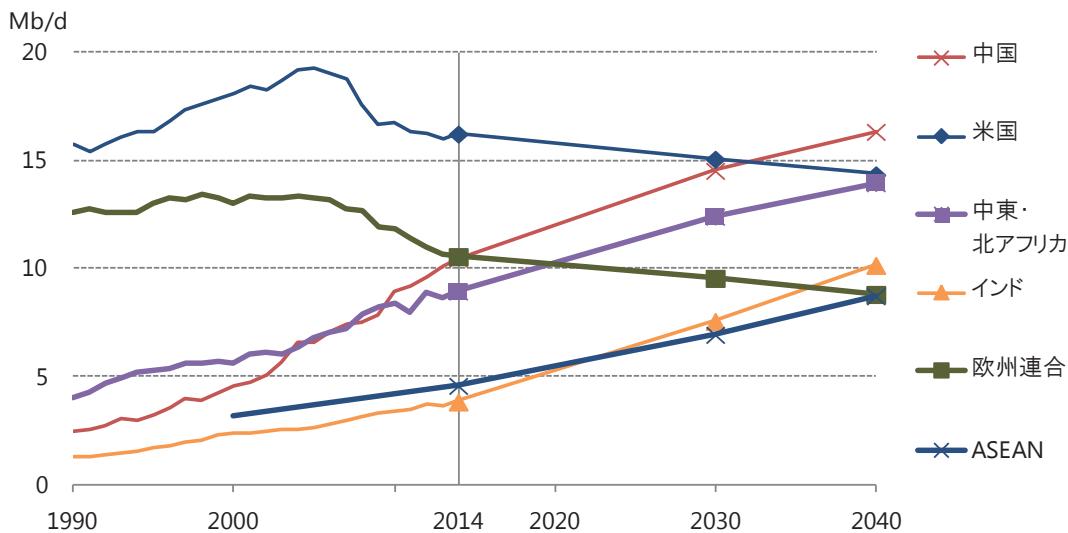
世界の一次エネルギー消費をエネルギー源別に見ると、石油は、天然ガス等への燃料転換や運輸部門の省エネルギーの進展などによって、一次エネルギー消費に占めるシェアが、2014年の31%から2040年には29%まで低下するものの、依然として最も消費されるエネルギー源であり続ける。2014年に日量88.9百万bbl (Mb/d) であった消費量は、この先10年ほどで100 Mb/dの大台を突破し、2040年には113.5 Mb/dまで年率1.0%で増加する(図37)。その増分25.0 Mb/dは、中東・北アフリカOPECの現在の原油生産量36.7 Mb/dの3分の2を上回る。そのうち3分の2の15.9 Mb/dまでが自動車を中心とする運輸部門によるものである。2040年には、石油の58%が運輸部門で、15%が石油化学原料等として消費され、石油消費は運輸部門と非エネルギー消費部門にますます集中してゆく。

図37 世界の石油消費と一次エネルギー消費に占めるシェア[レファレンスケース]



非OECDの石油消費は、引き続き力強い伸びを示し、見通し期間においても年率1.8%で増加する(図38)。一方、OECDの石油消費は、年率0.4%で減少してゆく。石油消費に占めるOECDの割合は、2014年の44%から2040年には31%まで減少する。

図38 主要国・地域の石油消費[レファレンスケース]



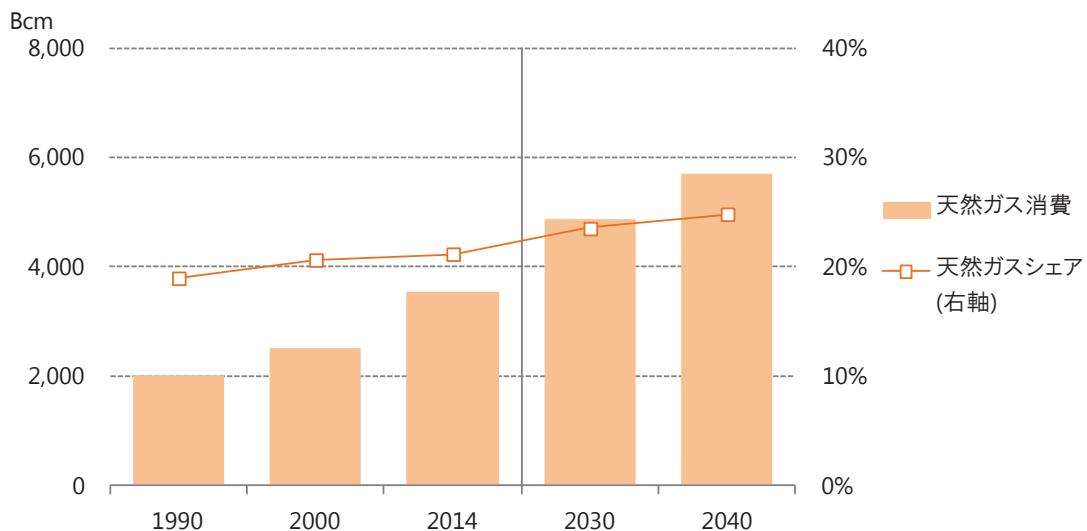
中国は2030年代前半には石油消費量で米国を抜き、世界最大の消費国となる。インドおよびASEANの石油消費は、2014年から2040年にかけて約2倍に増加する。中国やインド、ASEANは国内消費の増加に対応するために輸入を拡大させてゆくこととなり、中国はまた米国を抜き、世界最大の石油輸入国になろうとしている。国内資源が乏しい日本や韓国はエネルギーの供給を海外からの輸入に全面的に依存せざるを得ない。アジアは中東への依存が高いことからも、エネルギー安全保障はいっそう重要な課題となる。

気候変動問題や大気汚染問題の観点からも、増大する運輸部門の石油消費の厳しい抑制が引き続き求められる。中国では、PM2.5等による大気汚染が深刻になっている。インドネシアやベトナムなどでも、自動車やオートバイによる排気ガスによって大気汚染が深刻になっている。中国政府は、2016年1月に大気汚染防止法を改正し、ガソリン燃料などの品質基準を定め、石油の精製企業に対して基準に基づいた精製や生産を求めている。加えて、重大な大気汚染を起こした企業への罰則強化も盛り込んでいる。インドネシアでも2012年からオートバイによる排気ガス規制が強化されている。大気汚染の抑制のためには、こうした品質基準や排気ガスについて規制することも重要であるが、運輸部門のエネルギー消費そのものを抑制することも大きな効果をもたらす。主として、鉄道などの大量輸送システムの整備を進めてゆくことや、次世代自動車の普及拡大などがある。大気汚染問題の解決には、品質等の規制と省エネルギーという両面からのアプローチが必要である。

天然ガス

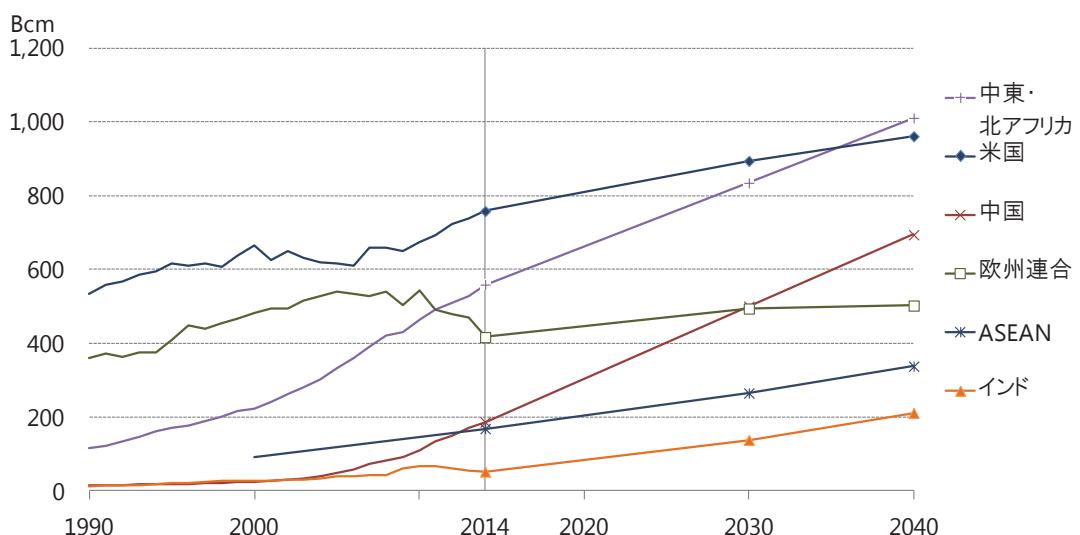
天然ガスは、発電部門での石炭からの燃料転換や最終消費での伸張などから、2040年までに他のどのエネルギー源よりも消費が拡大し、その量は2014年の3,524十億m³ (Bcm)から、2040年には1.6倍の5,704 Bcmになる(図39)。一次エネルギー消費に占めるシェアは、2014年の21%から2040年には25%まで上昇し、石油に次ぐ第2のエネルギーに躍り出る。

図39 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[レファレンスケース]



天然ガスの増分のうち、OECDの割合は18%に過ぎず、非OECDが大宗を占める(図40)。世界の天然ガス消費に占める非OECDのシェアは半分強から6割へと増加する。

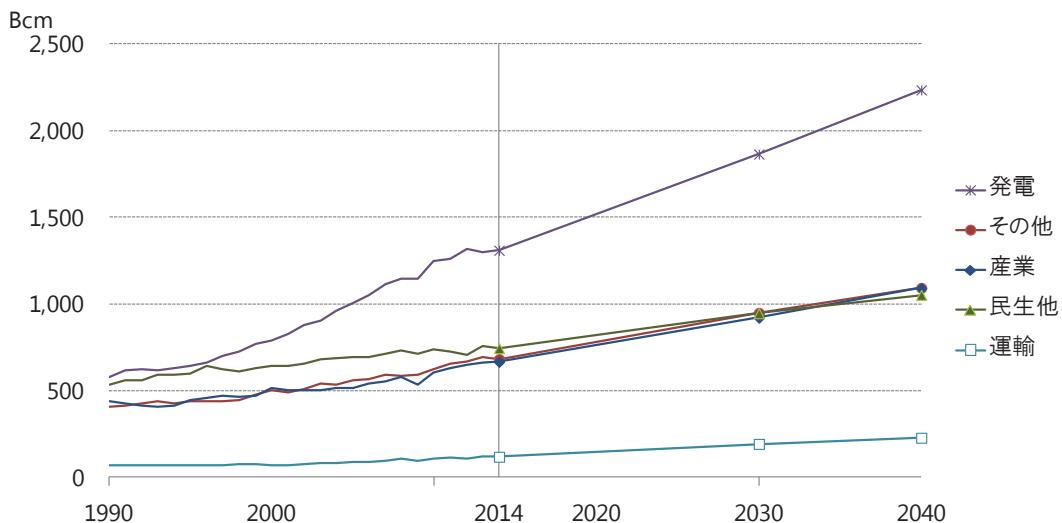
図40 主要国・地域の天然ガス消費[レファレンスケース]



OECDの中では、米国の増加が著しい。米国では、2030年までに天然ガス消費が石油を上回り、最大のエネルギーとなる。米国でのこの先26年間の増分は203 Bcmである。非OECDの中で、著しい増加が見込まれるのが、中国、インドおよび中東・北アフリカである。中国の天然ガス需要はこの先26年間で507 Bcm、インドは159 Bcm増加する。中東・北アフリカの天然ガス消費量は2040年までに米国を抜き、世界第1位の天然ガス消費地域となる。

利用形態としては、利用技術の進歩、経済性、環境面への適合性から、天然ガス複合発電等が着実に増加する。このため、天然ガス消費量増加分の半分は発電部門による(図41)。石油は発電コストが高く、石炭は環境影響の問題等から、天然ガスの活用が進んでゆく。2040年には世界の発電電力量に占める天然ガスの割合は28%となり、石炭に次いで重要な電源となる。産業部門は民生部門より伸びている。民生部門では、新興国の高い経済成長とともに都市化が進むことから、天然ガスの消費が増加する。

図41 世界の天然ガス消費[レファレンスケース]

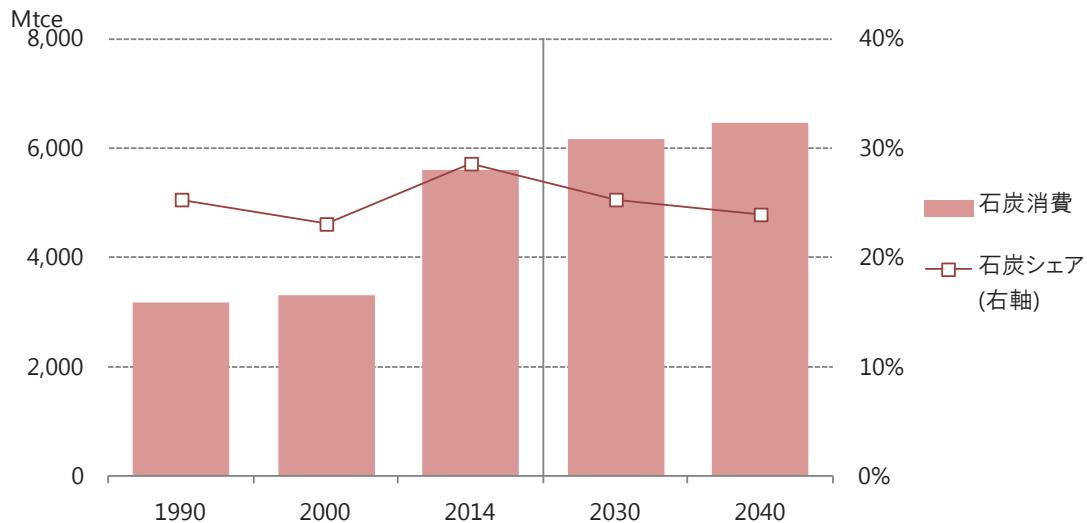


石炭

石炭は、同じ化石燃料でも、石油・天然ガスとはやや異なる趣を示す。大気汚染や気候変動問題などから世界全体で石炭節減のための政策がいっそう進むため、石油や天然ガスに比して緩やかな伸びとなる。一次エネルギー消費に占める石炭の割合は2014年の29%から2040年には24%に縮小する。世界の消費量は、2014年の石炭換算5,598百万t (Mtce⁴)から2040年には6,467 Mtceと、2割の増加にとどまる(図42)。増分の大半は発電用である。

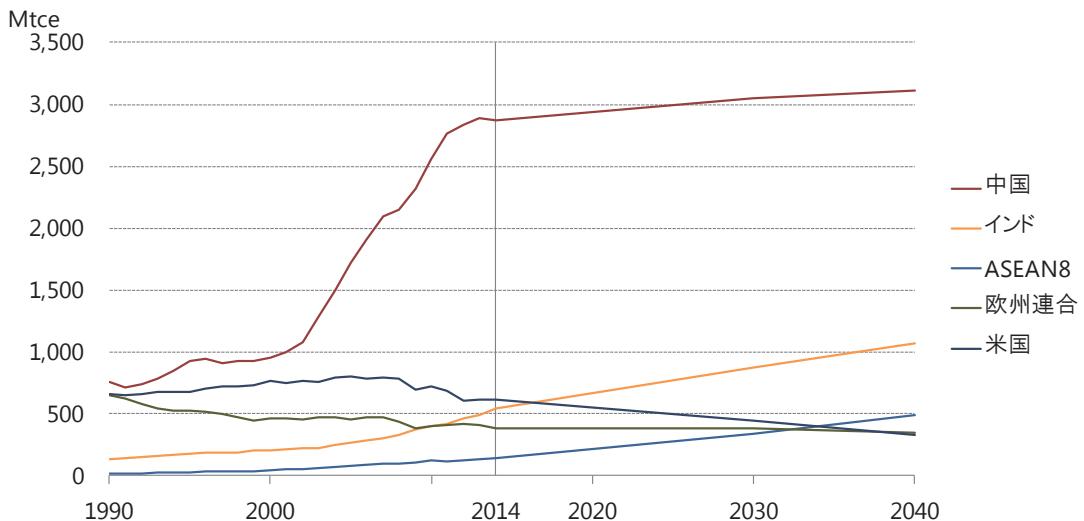
⁴ 1 Mtce = 0.7 Mtoe

図42 世界の石炭消費と一次エネルギー消費に占めるシェア[レファレンスケース]



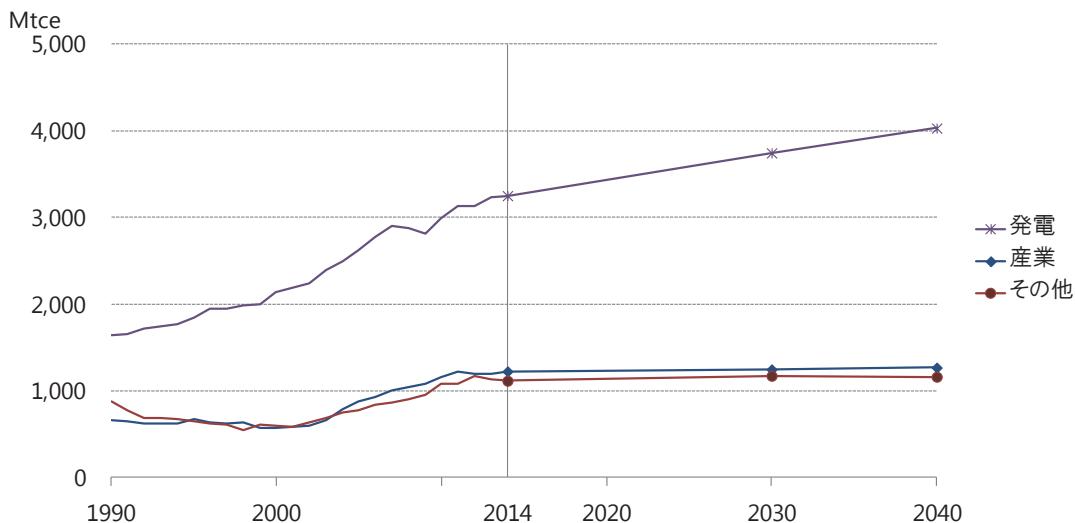
OECDでは、米国やヨーロッパを中心に石炭火力に対する課税負担の増大、二酸化炭素(CO₂)や水銀などの排出規制の強化が、石炭火力発電所を閉鎖に追い込んでゆく。今後26年の増分は全て非OECDによるものである。このうちアジアの増分は95%を占める。インドは、2020年までに米国を抜き、中国に次ぐ石炭消費国となる(図43)。

図43 主要国・地域の石炭消費[レファレンスケース]



石炭は世界に広く賦存し、少数の地域に偏在する石油や天然ガスに比べ供給リスクが少ない。割安であることから、燃料コストが経済性において特に大きな意味を持つ発電用で主に増加する(図44)。発電用石炭は、2040年にかけて年率0.8%で増加し、現状の1.2倍となる。

図44 世界の石炭消費[レファレンスケース]



非化石エネルギー

水力や地熱、太陽光、風力、バイオマスなどの再生可能エネルギーを全て合わせると、一次エネルギー消費に占めるそのシェアは、2014年の14%から2040年には16%に上昇する。2040年までの増分は、天然ガス、石油に次ぐ1,124 Mtoeとなる。太陽光発電や風力発電などの普及が拡大する一方で、依然として発展途上国の中薪・糞等に代表される低コストのバイオマス・廃棄物直接消費の増分も多い。

原子力は、安定的な経済成長のために大量の電力を必要とする新興国を中心に増加し、原子力発電を行っている国は2014年の31か国から2040年には41か国まで拡大する。一次エネルギー消費に占めるシェアは、2014年の4.8%から2040年には6.0%に増加する。OECDでは、一部で縮小の動きが進むものの、2040年の一次エネルギー消費に占める割合は10%と、2014年とほぼ同じ水準を維持する。

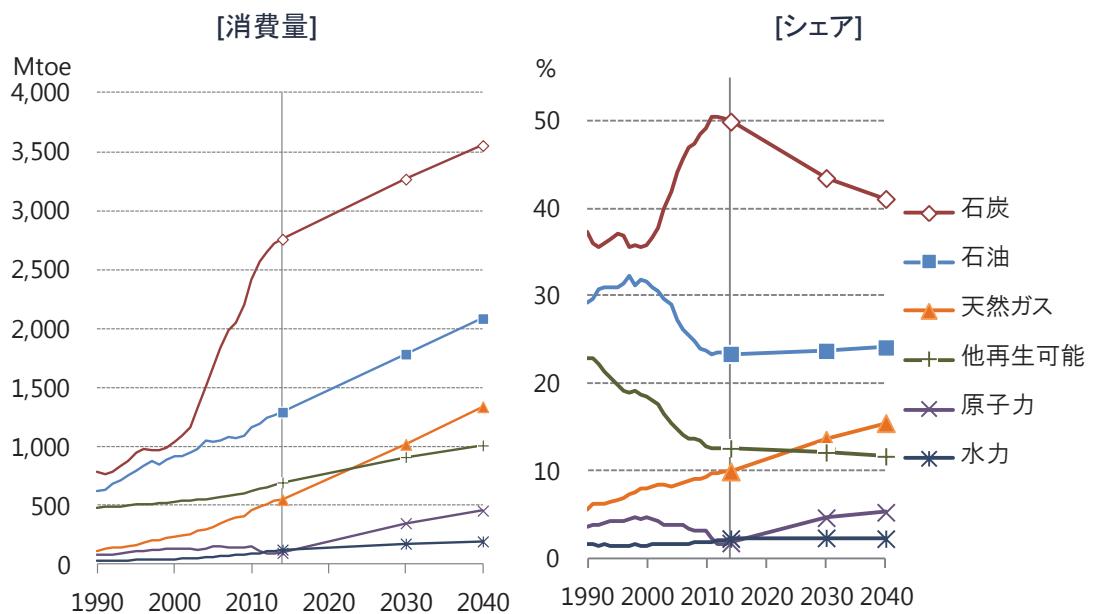
アジア

2014年の5,517 Mtoeであったアジアの一次エネルギー消費は、堅調な経済成長に伴い2040年まで年率1.7%で増加し、2040年には8,635 Mtoeに達する(図45)。この増分3,118 Mtoeは、中国の現消費量に相当し、世界のエネルギー消費増分の6割を占める。世界の一次エネルギー消費に占めるアジアのシェアは、2014年の40%から2040年には46%に上昇する。

アジアの中でも、中国、高い経済成長が期待されるインド、ASEANの消費は引き続き大きく増大し、アジアの増分の92%を発生させる。その結果、アジアのエネルギー消費に占めるこれら3地域のシェアは、現在の81%から2040年には84%にまで上昇する。一方、日本、韓国、台湾等の成熟した経済ではエネルギー消費はほぼ横ばいにとどまる。

現在、アジアの一次エネルギー消費の83%は化石燃料であり、今後26年間の増分も76%が化石燃料によって賄われる。世界の化石燃料消費に占めるアジアのシェアは、2014年の43%から2040年には49%に増加する。

図45 アジアの一次エネルギー消費[レファレンスケース]

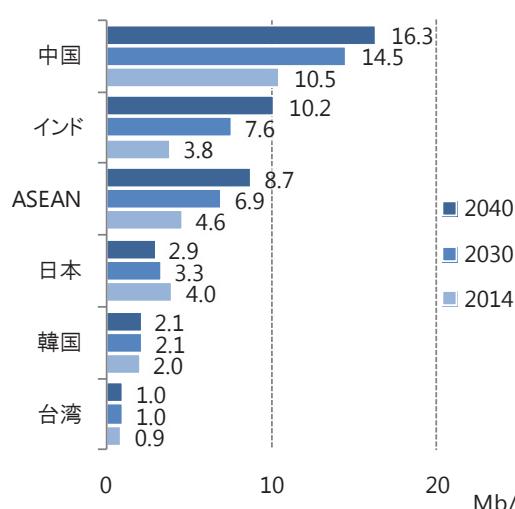
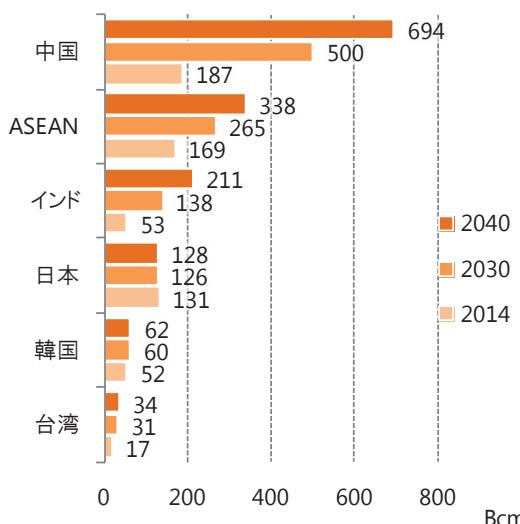


アジアの石油消費は2014年に26.8 Mb/dであったが、2040年には43.3 Mb/dまで増加し、その伸び率は年率1.9%、世界全体の伸び率に比べ0.9%ポイント高い(図46)。アジアは、国際石油市場においていっそう存在感を高めてゆく。世界の石油需要増分の6割強はアジアに由来し、アジアの世界シェアは30%から38%へ拡大する。

アジアの天然ガス消費は、2014年の667 Bcmから2040年には1,625 Bcmへと2.4倍になり、世界の消費動向(1.6倍)に比べ増加割合が大きい(図47)。世界の天然ガス消費に占めるアジアのシェアは、2014年の19%から2040年の28%に上昇する。シェアの増大幅は、他のどの地域よりも大きい。多くの国で消費が増大し、2040年には中国1国で現在のアジア全体より多くの天然ガスが消費される。インドの天然ガス消費は2011年をピークに減少しているものの、今後は発電や肥料の原料を中心に増大してゆく。大気汚染対策としても、公共交通機関の燃料に天然ガスの活用を進めている。一方、現在、LNG輸入大国である日本や韓国では、経済成熟や非化石燃料の活用により、天然ガス消費の増加は小幅である。

世界のLNG貿易量は2015年の245 Mtから2040年には547 Mtまで増大するが、このうち7割強はアジアに輸出されている。今後は、アジアの天然ガス市場を巡る動きがいっそう活発になる。ロシアなどの多くの資源国がアジア市場に目を向けている。アジア諸国は、価格面で不利な契約を結ぶことがないよう、資源外交、市場の制度整備などをさらに進めてゆく必要がある。また、天然ガスの備蓄や、緊急時に国や地域間での流通や融通を可能にするパイプラインの敷設など天然ガスの緊急時対応体制を強化してゆくことも必要である。

図46 アジアの石油消費[レファレンスケース]

図47 アジアの天然ガス消費
[レファレンスケース]

アジアの石炭消費は、2014年の3,940 Mtceから、2040年には5,075 Mtceになり、アジア域外では減少となるとの対照をなす。一次エネルギー消費に占める石炭のシェアは、2014年の50%から2040年の41%まで低下するが、最大のエネルギー源であり続ける。中国での伸びは鈍化するものの、インドとASEANでは発電用を中心に伸びてゆく。中国、インド、ASEANのシェアは、2040年までアジア全体の9割を維持し続ける。

今後、アジアでの石炭火力の新規建設・増設においては、環境保全対策、大気汚染対策へのいっそう配慮が必要であるが、既にその萌芽は表れている。中国では、効率の悪い小規模石炭発電所を閉鎖している。インドでは、石炭火力発電所に対する汚染物質の排出規制を強化し、煤塵に加えて新たに二酸化硫黄(SO₂)や窒素酸化物(NO_x)などの排出基準を2015年12月に策定した。

アジアの再生可能エネルギーは、2014年の897 Mtoeから2040年には1,203 Mtoeになる。このうち、バイオマス・廃棄物を除く、水力・地熱・太陽光・風力等の再生可能エネルギーは、その導入余地が大きいことから、世界に占めるアジアのシェアは2014年の40%から2040年には48%になり、そのうち中国が過半を占める。

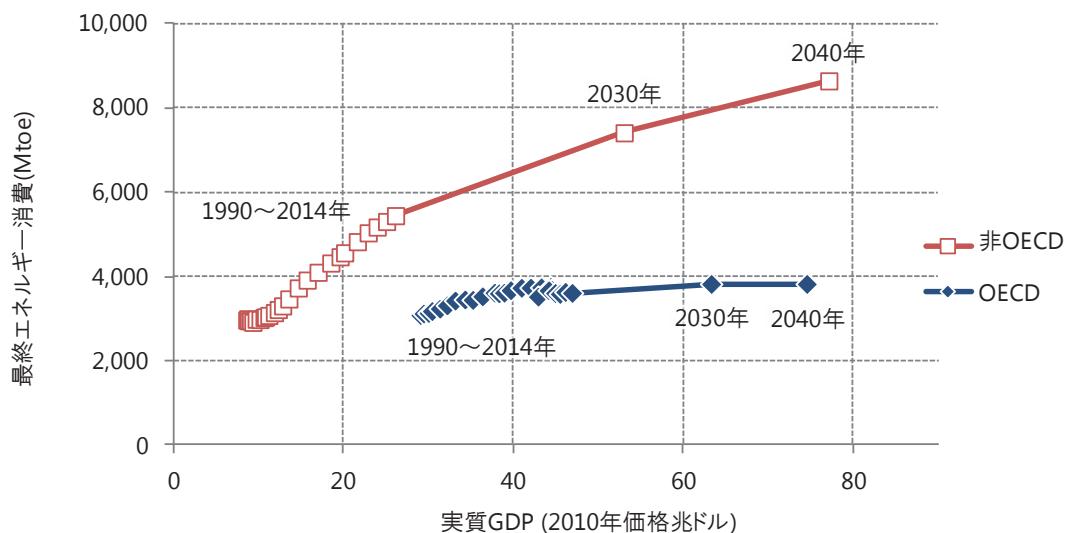
アジアの原子力は、2014年の373 TWhから2040年の1,748 TWhまで拡大する。一次エネルギー消費に占める原子力のシェアは2014年1.8%から2040年5.3%に上昇する。世界の原子力増分の75%がアジアで発生し、とりわけ拡大が著しいのは電力需要が大きく増加する中国、インドである。世界の原子力に占めるアジアのシェアは、2014年の15%から2040年には40%に上昇する。

2.2 最終エネルギー消費

世界

世界の最終エネルギー消費は、過去、経済成長率に比べて低い伸び率で増加してきた。1990年から2014年の間、実質GDPの伸び率が年率2.9%であったのに対して、最終エネルギー消費の伸び率は年率1.7%であった。OECDにおいては、特に省エネルギーが進展し、実質GDPは年率2.0%で増加したものの、最終消費は年率0.7%の増加にとどまった。非OECDでもその傾向は見られるものの、年率4.7%の高い経済成長率とエネルギー多消費型産業の生産量の増大、および人口増を主な要因として、最終消費は年率2.6%で増加した。このOECDと非OECDとで二極化した最終消費の動きは今後も継続し、OECDでは、2014年の3,614 Mtoeから2040年の3,827 Mtoeへの年率0.2%の増加にとどまる一方、非OECDの最終消費は2014年の5,447 Mtoeから、2040年には8,645 Mtoeへと年率1.8%で増加する(図48)。

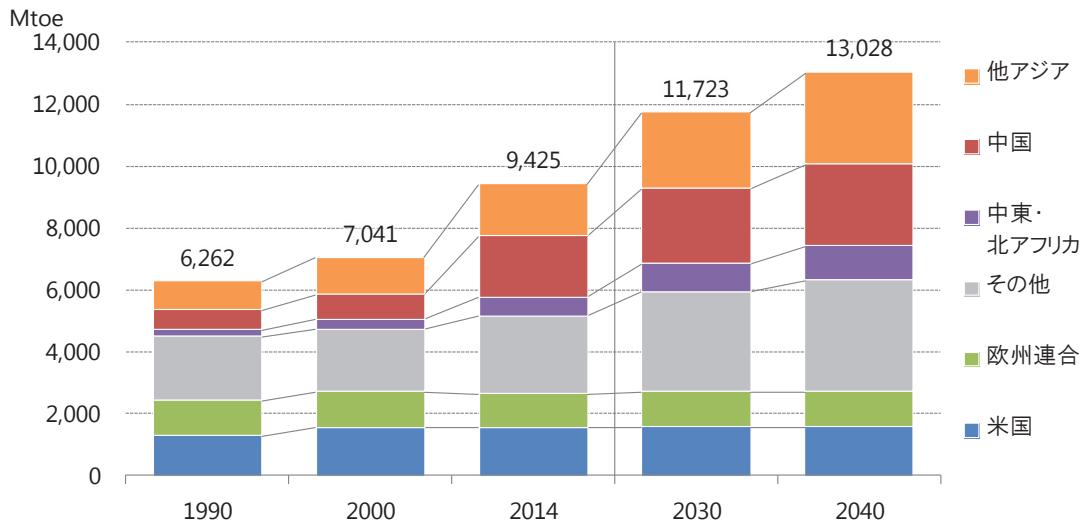
図48 GDPと最終エネルギー消費[1990-2014年、レファレンスケース2030年、2040年]



地域別

世界の最終エネルギー消費の2040年までの増分3,603 Mtoeのうち、54%の1,948 Mtoeがアジアによるものとなる(図49)。高い経済成長率を維持するアジアでは、鉄鋼や化学などエネルギー消費が多い素材系産業や加工組立型産業の発達、モータリゼーション、都市化の進展、生活水準の向上などを背景に、2014年の3,677 Mtoeから年率1.6%で増加し、2040年には5,625 Mtoeに達する。アジアのうち、中国、インド、ASEANだけで世界の2040年までの増加分の半数を占める。中国、インド、ASEANの最終消費は、2014年から2040年の間、それぞれ年率1.1%、3.0%、2.7%で増加し、その増加量は679 Mtoe、654 Mtoe、451 Mtoeとなる。

図49 最終エネルギー消費(地域別) [レファレンスケース]



また、中東・北アフリカは、2014年の609 Mtoeから、2040年には1,103 Mtoeとなる。これは中国の増加率を上回る年率2.3%であり、増加量は世界の増加分の14%を占めることになる。一方、成熟社会である米国やEUは、それぞれ2014年の1,538 Mtoe、1,095 Mtoeからほぼ横ばいで推移し、2040年でも1,550 Mtoe、1,148 Mtoeにとどまる。

部門別

部門別の最終エネルギー消費は、2014年から2040年の増加分3,603 Mtoeのうち、民生他部門が1,324 Mtoeとなり、全体の約3分の1を占める。次いで、産業部門が1,030 Mtoe、運輸部門が946 Mtoe、非エネルギー消費部門が304 Mtoeと続く。増加率は、民生他部門、産業部門、運輸部門のいずれも年率1.2～1.3%となる。2014年から2040年にかけて、OECDでは民生他部門が微増するが、自動車の燃費改善などに伴う運輸部門の減少により合計ではほぼ横ばいで推移する(図50)。一方、非OECDでは民生他部門、産業部門、運輸部門いずれも急速に増加する。

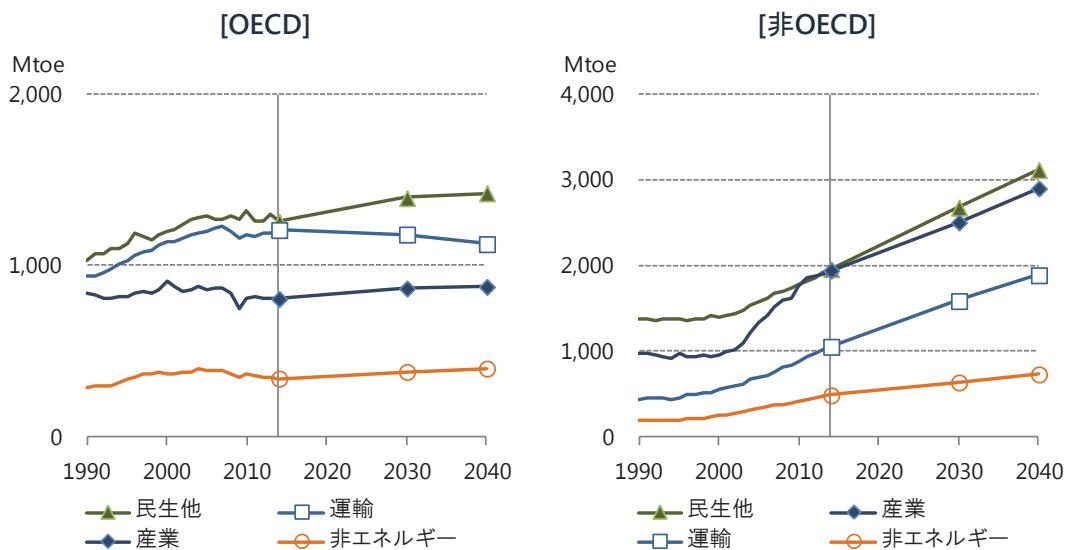
民生他部門では、特に、中国、インド、ASEANなどで所得水準の上昇とともに生活環境の向上、家電製品の普及などが進むことから、非OECDアジアにおいて年率1.9%と他の国・地域と比べて高い伸び率で増加する。増加量では中国が群を抜き、2014年から2040年にかけて315 Mtoe増加する。これは日本の年間最終エネルギー消費全体を上回る量に相当する。

産業部門では、非OECDアジアを中心に、高い経済成長に伴い農業などに代表される第一次産業から製造業へと産業構造が移行することにより、エネルギー消費は2014年2,751 Mtoeから2040年には3,781 Mtoeに増加する。この増分1,030 Mtoeのうち50%は非OECDアジアの増加によるものとなる。

運輸部門では、特に、非OECDアジアにおけるモータリゼーションの進展がエネルギー消費の増加をけん引し、世界全体では年率1.2%で増加する。世界の自動車保有台数は2014年の12億4,000万台から2040年には21億7,000万台まで増加するが、この増加分の実に54%が非OECDアジアに集中する。2014年から2040年の間、OECDでは自動車の燃費改善等に

より年率0.3%の減少となる一方、非OECDでは保有台数の増加影響が燃費改善効果を大きく上回り年率2.3%の増加となる。

図50 OECD、非OECDの最終エネルギー消費[レファレンスケース]



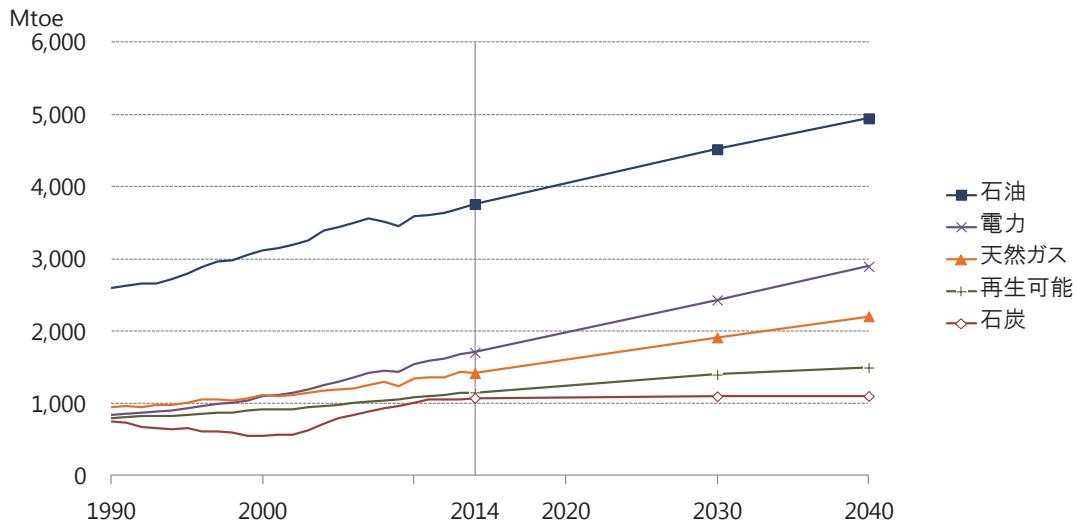
エネルギー源別

世界の最終エネルギー消費をエネルギー源別に見ると、増加量が最も大きいのは石油であり、最終消費全体の増分の33%を占める。天然ガスは、中国の民生部門、中南米および中東の産業部門で大幅な増加が見られる。また、電力はOECD、非OECDいずれにおいても主要エネルギー源の中で最も高い増加率を示す(図51)。2014年から2040年の間、電力は年率2.1%、天然ガスは年率1.7%、石油は年率1.1%で増加する。その一方、石炭は年率0.1%の増加にとどまる。エネルギー源別シェアでは、同期間に順位の変化はないが、石油は40%から38%へ減少、電力が18%から22%に増加、天然ガスが15%から17%に増加、石炭は11%から8%に減少する。

石油消費の主な増加要因は、アジアの運輸部門である。中国やインドといった非OECDアジアを中心に所得水準の向上に伴うモータリゼーションが進展、自動車の保有台数が急速に増加する。アジアは2040年までの世界の石油消費増加量の66%を占め、世界の石油消費に占めるシェアも2014年の30%から2040年には38%へ拡大する。運輸部門のガソリンや軽油の利用が増加することなどから軽質石油製品へのシフトが進む。

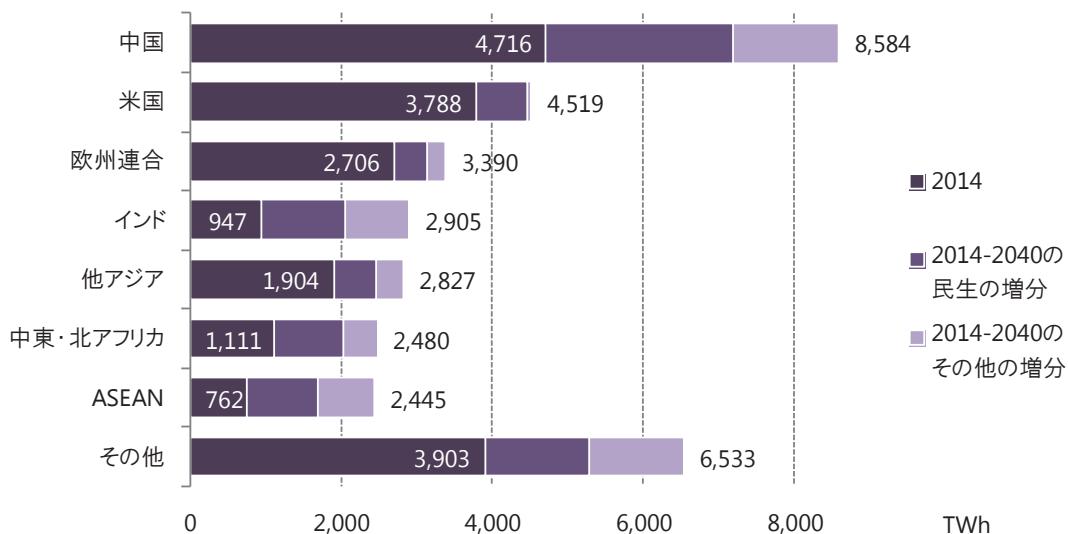
天然ガス消費の主な増加要因は、中国の家庭部門、中南米の産業部門、中東の非エネルギー部門である。中国の家庭部門では、石炭や薪などのバイオマス燃料がまだ利用されているが、健康被害・衛生上の問題から都市ガスへの燃料転換が進む。中南米では、ブラジルやメキシコの鉄鋼、化学、窯業土石等の素材系産業で石炭および石油から天然ガスへの燃料転換が図られる。中東では、石油輸出による外貨獲得のために、国内での天然ガス活用を進めるほか、雇用創出の見地から天然ガスを原料とする石油化学プラントが増強される。

図51 世界の最終エネルギー消費(エネルギー源別) [レファレンスケース]



一般に所得の増大につれ利便性の高い電力が嗜好されてゆくが、今後もその傾向は変わらない。電力の消費はOECD、非OECDいずれにおいても主要エネルギーの中で最大の増加率を示す。とりわけその増加をけん引するのは、中国、インド、ASEANを中心とするアジア地域、および中東やブラジル等の新興国である(図52)。また、1つの国・地域の中でも、都市部のみならず農村部を中心に電力インフラ整備が進むことや、所得水準の向上に伴いエアコンやテレビ等の家電製品の普及が進むことが電力消費の増加を誘発する。

図52 電力最終消費[レファレンスケース]



現在、世界の電力最終消費の47%はOECDによるものである。しかし、世界最大の電力消費国である中国の消費量が第2位の米国の現消費量を上回る3,868 TWhも増加し、インドも年率4.4%で増え2040年に2,905 TWhに達するなど、非OECDの電力消費量の伸びは速く

て大きい。世界の電力消費量増分の約8割は非OECDで発生し、2040年にはOECDのシェアは35%まで低下する。

3. エネルギー供給

3.1 原油

供給

レファレンスケースでの原油供給見通しを表3に示す。世界の石油需要の増加に合わせてOPEC、非OPECとも供給量は増加する。しかし、北米および欧州・ユーラシアでの生産量が2030年頃にピークアウトすることが影響し、世界全体に占める非OPEC供給量のシェアは2014年の60%から2040年には52%に低下する。

2020年にかけては、中東のOPEC加盟国および北米の生産量増加が世界全体の増加量の9割を占める。OPECでは最大の生産能力を誇るサウジアラビア、制裁が解除され増産を推進するイラン、治安に問題があるものの大きな生産ポテンシャルを持つイラクといった国々がOPEC増産の原動力になる。北米では、シェールオイルの生産性が向上し続けており、緩やかな原油価格回復に伴って、探鉱・開発部門への投資が回復し、シェールオイルやオイルサンドといった非在来型石油が増産をけん引する。

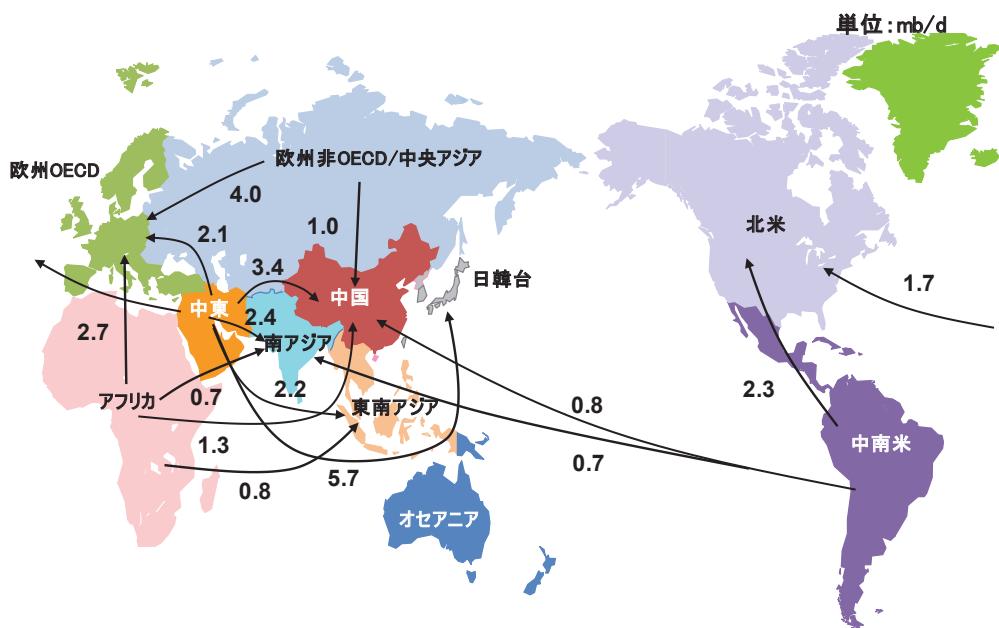
表3 原油供給[レファレンスケース]

	2014	2020	2030	2040	(Mb/d)	
					変化量	変化率
合計	91.04	96.34	105.17	114.03	23.00	0.9%
OPEC	36.65	39.40	45.35	51.92	15.27	1.3%
中東	27.22	29.00	33.51	39.15	11.92	1.4%
その他	9.43	10.40	11.84	12.77	3.34	1.2%
非OPEC	52.18	54.59	57.26	59.33	7.15	0.5%
北米	16.00	19.09	20.15	19.78	3.78	0.8%
中南米	7.15	7.03	8.44	10.68	3.54	1.6%
欧州・ユーラシア	17.21	17.31	17.35	17.21	0.00	0.0%
中東	1.33	1.44	1.57	1.71	0.37	1.0%
アフリカ	2.18	2.37	2.58	2.80	0.61	1.0%
アジア	8.31	7.34	7.17	7.16	-1.15	-0.6%
中国	4.25	3.51	3.14	3.09	-1.16	-1.2%
インドネシア	0.85	0.81	0.76	0.66	-0.19	-1.0%
インド	0.89	0.72	0.59	0.56	-0.33	-1.8%
プロセスゲイン	2.20	2.35	2.57	2.78	0.58	0.9%

貿易

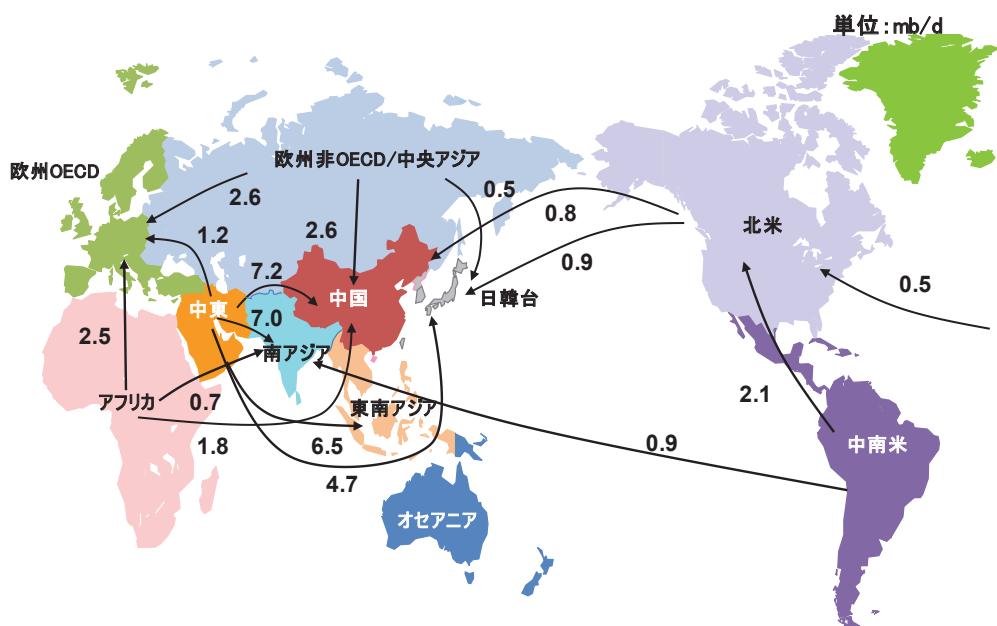
世界の原油貿易量は、2015年に38 Mb/dであった。図53は2015年時点の原油貿易フローを示したものである。主要な輸入地域は、アジア(日韓台、中国、東南アジア、南アジア)、OECDヨーロッパ、および北米であるが、アジアには中東・アフリカ、OECDヨーロッパには非OECDヨーロッパ/中央アジア、北米には中南米や中東がそれぞれ主要な原油供給地域となっている。

図53 主要地域間の原油貿易[2015年]



貿易量は2040年には48 Mb/dにまで増加する。OECD諸国では、需要減少や北米での生産量増加に伴って輸入量が減少するが、中国、インド、東南アジア諸国連合(ASEAN)といった新興国で増加する需要を賄うための輸入量が全体の貿易量を押し上げる。図54は2040年時点での原油貿易フローを示したものである。

図54 主要地域間の原油貿易[レファレンスケース2040年]



アジアでは、北米や非OECDヨーロッパ/中央アジアからの供給が増加することで、ある程度の供給源多角化が図られるものの、中東およびアフリカからの供給量は2040年時点でも8割を占める。欧州の輸入量が減少する中で非OECDヨーロッパ/中央アジア、アフリカ、中東が競合するが、非OECDヨーロッパ/中央アジアおよび中東は需要が増加するアジアへのシフトを強め、結果として欧州への供給量を減少させる。上述のとおり、北米でも輸入量が減少し、中南米からの供給量は2040年時点でも相当程度維持されるが、中東からの供給量は大幅に減少する。

3.2 天然ガス

生産

レファレンスケースにおける天然ガス生産量は2015年から2040年にかけて63%増加する。

表4 天然ガス生産[レファレンスケース]

	2015	2020	2030	2040	(Bcm)	
					変化量	変化率
世界	3,497	4,039	4,875	5,700	2,202	2.0%
北米	915	1,035	1,132	1,199	284	1.1%
中南米	205	251	375	485	280	3.5%
OECDヨーロッパ	235	227	211	203	-32	-0.6%
非OECDヨーロッパ/中央アジア	809	902	1,044	1,205	396	1.6%
ロシア	595	651	707	800	205	1.2%
中東	595	702	858	982	387	2.0%
アフリカ	206	247	343	444	238	3.1%
アジア	467	525	723	972	505	3.0%
中国	131	180	295	412	282	4.7%
インド	32	33	71	134	102	5.9%
ASEAN	217	221	260	310	93	1.4%
オセアニア	65	150	189	210	145	4.8%

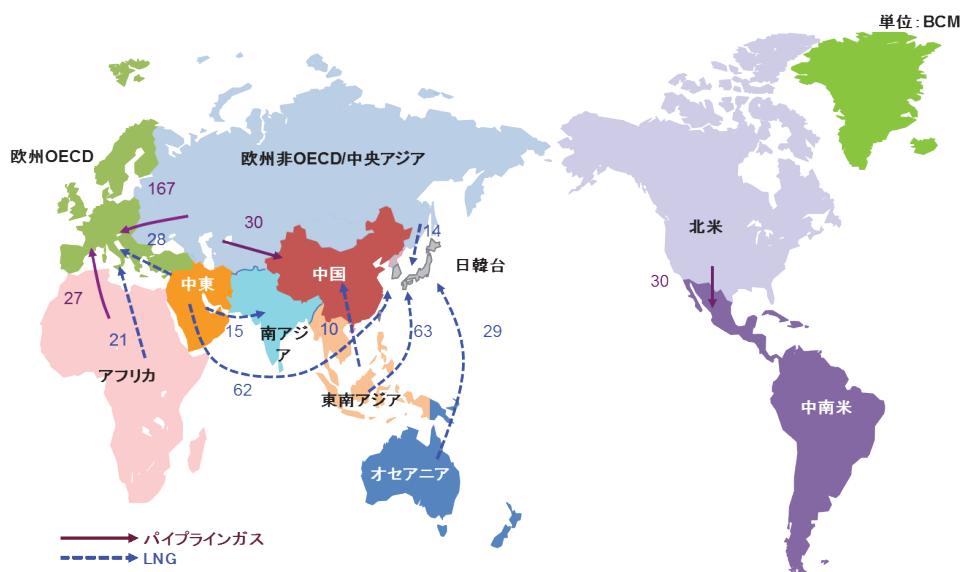
2014年以降の原油価格低迷に伴い、世界的に上流投資が縮小しているものの、北米における天然ガス生産量は、米国北東部におけるMarcellusシェールからの生産や、同南部Permianにおけるシェールオイルの生産に伴って生産される随伴ガスの生産によって、今後も堅調に増加してゆく。またカナダにおいても、2020年以降に西海岸におけるLNG案件が実現すると予想されることから、2030年にかけてその生産量は徐々に拡大してゆく。非OECDヨーロッパにおいても、ロシアやトルクメニスタンといった豊富な埋蔵量を有する国からの増産が予想され、特にロシアでは、パイプライン、LNGの双方の輸出増大に伴い、新規のガス田開発が進められてゆく。中東では、核開発に関連する経済制裁が解除されたイランにおける増産に対する期待が高まってきており、2030年にかけて新規のLNGプロジェクトが立ち上がりれば、その生産量はさらに拡大する。サウジアラビアにおいては、国内のエネルギー需要の拡大を満たすために、今後さらに国内のガス田開発に力を入れてゆくことが確実であり、中東の生産量は、これら2か国がけん引して拡大を続けてゆく。アジアにおいては、需要が拡大する中国やインドにおいて、国内のガス開発

が進み、特に中国においては、2025年以降、国内のシェールガス開発に対する投資が本格化していけば、その生産量はさらに増加してゆく。アフリカでは、モザンビークやタンザニアなど新興LNG供給源の登場が生産量をけん引する。その一方で、OECDヨーロッパにおいては、地質学的な限界もあり、域内の生産量は徐々に減少してゆく。

貿易

2015年時点での世界の主要地域間の天然ガス貿易量は511 Bcmである。その半分がパイプライン貿易であり、特にロシアから欧州へと輸出されるパイプライン輸出量が大半を占める。LNG貿易は元々、東南アジアから日本や韓国など北東アジアへの貿易が多かったが、最近ではカタールや豪州などでの新規LNGプロジェクトの稼働開始に伴い。世界のLNG貿易フローはより多様化・複雑化しつつある。2016年に入っても、2月には米国本土からシェールガスを原料としたLNGの輸出も開始されたこと、またヨルダンやパキスタンなどといった新たにLNG輸入を始める国も増えてきていることから、LNG貿易パターンは今後さらに多様化してゆく。

図55 主要地域間の天然ガス貿易[2015年]



出所: BP「BP Statistical Review of World Energy」

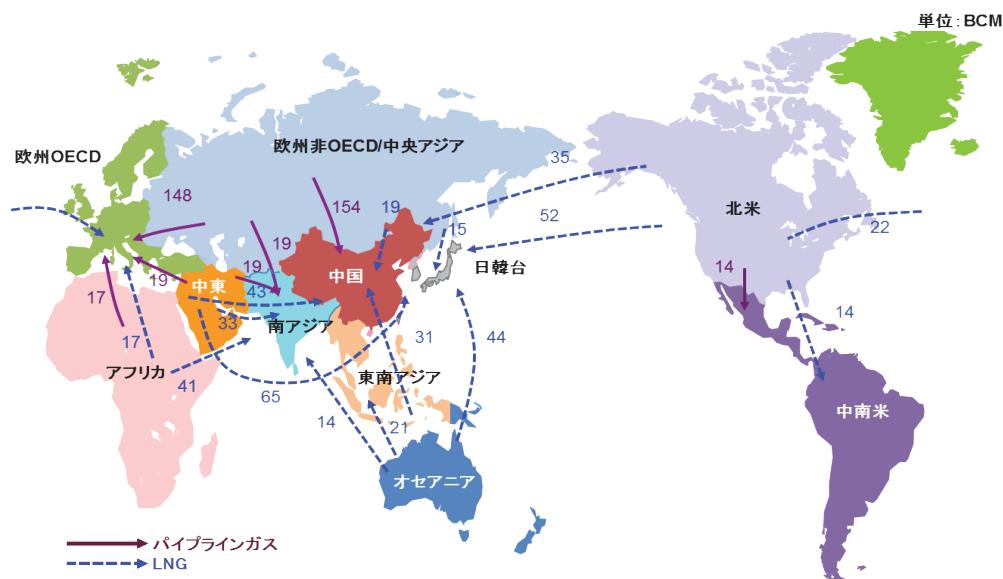
主要地域間の天然ガス貿易量は、2040年までには887 Bcmにまで増加する。

2030年までを見据えると、輸出地域として最も大きく増加するのがオセアニアと北米であり、それぞれ2020年から2025年にかけて多くのLNGプロジェクトの稼働開始が計画されている。輸出量全体の規模としては、ロシアや中央アジアを含む非OECDヨーロッパが世界最大の輸出拠点であり続け、今後も従来の中国や欧州向けのパイプライン輸出の拡大に加え、ヤマルLNGなどの新規LNG輸出プロジェクトからの輸出を増やしてゆく。

2030年を過ぎると貿易量増加のペースはやや落ち着きを見せるようになる。これはOECD諸国においては天然ガス需要増が鈍化すること、中国や中南米において域内のシェールガスをはじめとする天然ガス生産が本格的に行われるようになるため、その輸入量の伸

びが鈍化するためである。2016年から始まった北米からのLNG輸出は2040年になると世界でも主要なLNG供給源の1つとなり、日本・韓国・台湾・中国の北東アジア4か国・地域に対する輸出量は87 Bcmまで拡大する。パイプライン貿易では、欧州地域における需要が頭打ちとなるためロシアから欧州向けの輸出が停滞する一方、ロシアから中国向けの輸出は堅調に増加する。この他、2040年時点では、中央アジアから南アジア、中東から南アジアといった、これまでその構想はありながら実現してこなかったパイプライン計画が実現する可能性も出てくると考えられる。

図56 主要地域間の天然ガス貿易[レファレンスケース2040年]

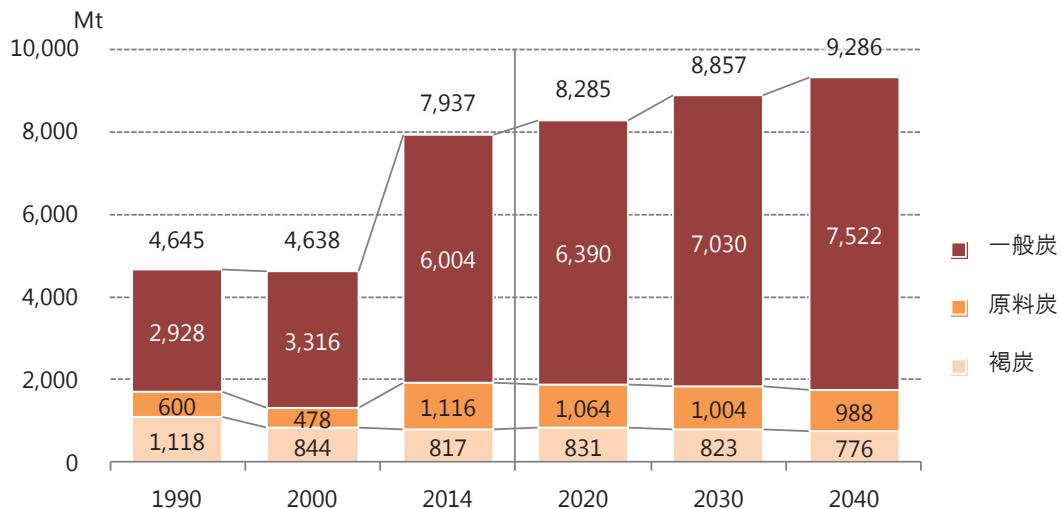


3.3 石炭

生産

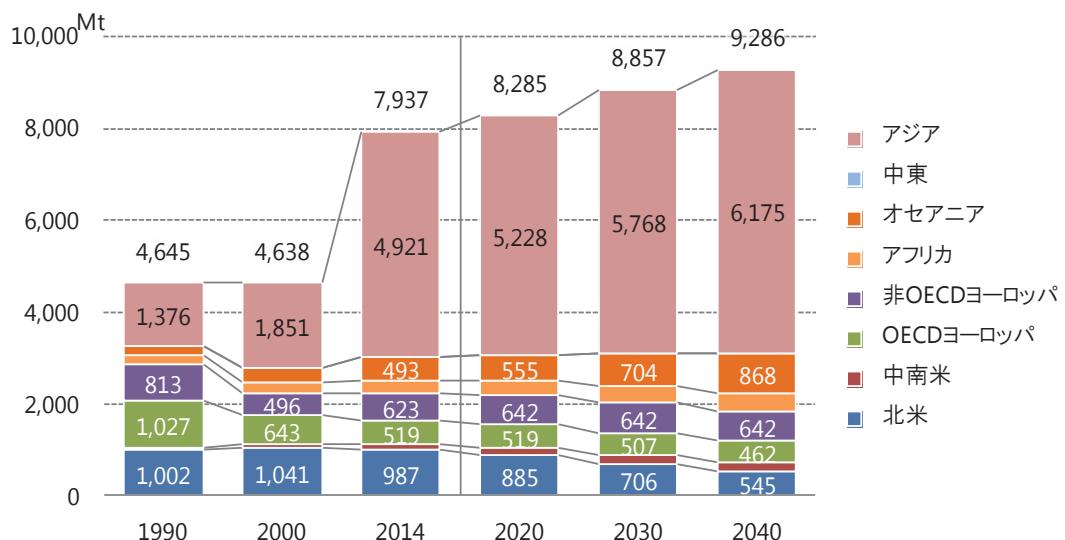
世界の石炭生産量は、アジアを中心に中南米、アフリカ、中東などの非OECDでの石炭需要の増加に伴い、2014年の7,937 Mtから2040年には9,286 Mtまで増加する(図57)。炭種別で見ると、一般炭生産量は主に電力向け需要の増加に伴い2014年の6,004 Mtから2040年には7,522 Mtと1.25倍に増加する一方で、原料炭は2014年の1,116 Mtから2040年には988 Mtまで減少し、褐炭は2014年の817 Mtから2040年には776 Mtまで減少する。

図57 石炭生産(炭種別) [レファレンスケース]



地域別に見ると、石炭生産量は、石炭需要が増加するアジアと主要石炭輸出国があるオセアニアやアフリカ、中南米で増加し、石炭需要が減少する北米やOECDヨーロッパでは減少する(図58)。一般炭の地域別生産量を表5に、原料炭の地域別生産量を表6に示す。

図58 石炭生産(地域別) [レファレンスケース]



アジアの石炭生産量は、2014年の4,921 Mtから2040年には6,175 Mtまで1,254 Mt増加する。世界最大の石炭の消費・生産国である中国では、2000年代に入り急増した国内需要に対応するために生産量が急拡大してきたが、足元では停滞している。今後は電力向け需要の増加により一般炭需要は穏やかに増加し、これに伴い生産量も穏やかに増加する。しかし、その増加量は次第に減少する。一方、原料炭の生産量は、銑鉄生産量の減少に伴い原料炭需要が減少することから減少傾向を示す。インドでは石炭需要拡大に伴い一般炭・原料炭ともに生産量は増加する。インドは豊富な石炭資源を有し、国内生産の拡大

に力を入れているが、賦存する石炭が高灰分であることや需要増加に炭鉱開発と石炭輸送インフラ整備が追い付かないなどの問題から増加する需要を全て満たすことはできない。インドネシアはこれまでアジア市場の拡大に伴い一般炭の生産量を大きく増加してきたが、足元では中国の輸入量の減少や石炭価格の低迷により生産量は減少している。今後は国内需要の拡大に伴い生産量は増加するが、インドネシア政府は自国の石炭資源の保護と持続的・効率的な利用のために生産量を調整する方針を打ち出している。このため生産量は穏やかな増加にとどまる。

北米の石炭生産量は、2014年の987 Mtから2040年には545 Mtと大きく減少する。米国の生産量は、一般炭については中南米、アフリカ、アジアなどへの輸出需要が見込めるが、国内需要の減少、炭鉱操業に対する環境規制などにより生産量は大きく減少する。カナダにおいても、国内需要の減少に伴い一般炭の生産量は減少する。原料炭の生産量は国際価格の低迷と輸出需要の減少により足元大きく減少している。今後も輸出需要の回復が見込めず微減する。

OECDヨーロッパでは、域内の需要が減少することに加え、生産コストの上昇や数か国で石炭産業への補助金がなくなることから、石炭生産量は一般炭、原料炭ともに減少する。

非OECDでは、自国と域内の需要は減少するものの輸出需要の増加が見込ることから、石炭生産量はほぼ横ばいで推移する。なお、ロシアの生産量は、アジア市場向け輸出の増加が見込まれることから一般炭、原料炭ともに増加する。

アフリカでは、域内的一般炭需要の増加と輸出需要の増加(主にアジアでの一般炭需要の増加とインドでの原料炭需要の増加)に伴い石炭生産量は2014年の275 Mtから2040年には411 Mtに増加する。南アフリカで一般炭の生産量が増加し、モザンビークでは原料炭と一般炭の生産量が増加する。

中南米の石炭生産量は、域内需要と輸出需要の拡大により増加する。一般炭の主要な輸出国であるコロンビアでは、主な輸出先であるヨーロッパ市場は縮小するが、アフリカや南米、中東での輸入拡大に加え、アジア市場の拡大にも対応することで生産量は増加する。

オセアニアでは、アジアを中心とした石炭市場の拡大に伴いオーストラリアの石炭生産量が大きく増加する。オーストラリアの一般炭生産量は、アジアの一般炭市場の拡大に加え、インドネシアの一般炭輸出量の減少を補うために2014年の248 Mtから2040年には598 Mtと大きく増加し、原料炭生産量はインドの輸入の拡大に対応して増加する。

表5 一般炭生産[レファレンスケース]

	2014	2020	2030	2040	(Mt)	
					2014-2040 変化量	変化率
世界	6,004	6,390	7,030	7,522	1,518	0.9%
北米	802	723	563	420	-382	-2.5%
米国	773	700	548	410	-363	-2.4%
中南米	107	132	152	169	62	1.8%
コロンビア	84	105	120	132	49	1.8%
OECDヨーロッパ	88	92	81	73	-15	-0.7%
非OECDヨーロッパ・中央アジア	328	361	370	383	56	0.6%
ロシア	188	214	225	235	47	0.9%
中東	0	0	0	0	0	0.0%
アフリカ	267	300	342	378	111	1.3%
南アフリカ	257	288	319	341	84	1.1%
アジア	4,161	4,477	5,076	5,498	1,337	1.1%
中国	3,020	3,158	3,448	3,572	551	0.6%
インド	559	726	963	1,186	627	2.9%
インドネシア	484	489	542	604	120	0.9%
オセアニア	250	305	445	600	350	3.4%
オーストラリア	248	304	443	598	350	3.4%

表6 原料炭生産[レファレンスケース]

	2014	2020	2030	2040	(Mt)	
					2014-2040 変化量	変化率
世界	1,116	1,064	1,004	988	-128	-0.5%
北米	105	83	80	77	-27	-1.2%
米国	73	55	53	52	-21	-1.3%
中南米	7	6	6	6	-1	-0.5%
コロンビア	5	4	4	4	0	-0.2%
OECDヨーロッパ	23	20	17	14	-8	-1.8%
非OECDヨーロッパ・中央アジア	106	96	104	107	1	0.0%
ロシア	76	69	74	79	3	0.1%
中東	1	1	1	1	0	1.2%
アフリカ	8	14	24	33	25	5.8%
モザンビーク	4	10	19	28	24	7.9%
アジア	686	663	581	545	-141	-0.9%
中国	620	583	488	441	-179	-1.3%
インド	51	64	78	87	36	2.1%
モンゴル	14	13	13	13	-3	-0.5%
オセアニア	182	182	192	205	23	0.5%
オーストラリア	180	180	190	203	23	0.5%

貿易

石炭貿易量(輸入量)は、石炭需要の増加に伴い2014年の1,410 Mtから2040年には1,800 Mtにまで増加する(図59)。炭種別に見ると、一般炭貿易量はインドや東南アジアでの需要増に伴い2014年の1,113 Mtから2040年には1,459 Mtにまで、原料炭貿易量はインドでの需要増により2014年の292 Mtから2040年には336 Mtまで増加する。

図59 石炭貿易[レファレンスケース]



一般炭輸入量は、電力向け需要の増加によりアジアで2014年の791 Mtから2040年には1,079 Mtまで増加する。輸入量はインドとASEAN主要4か国(マレーシア、タイ、フィリピン、ベトナム)で大きく増加し、アジアの増加量287 Mtのうちインドが94 Mt、ASEAN主要4か国が189 Mtを占める。その他地域では、2014年から2040年にかけて中南米で58 Mt、中東で21 Mt、アフリカで11 Mt増加する。一方、OECDヨーロッパと中国では輸入量が減少する。OECDヨーロッパの輸入量は需要の減少に伴い2014年の220 Mtから2040年の196 Mtに減少する。中国の輸入量は、今後の緩やかな国内需要の増加に伴い輸入量は増加することが見込まれるが、2015年に輸入量が大きく減少していることから2014年との比較では減少となる。

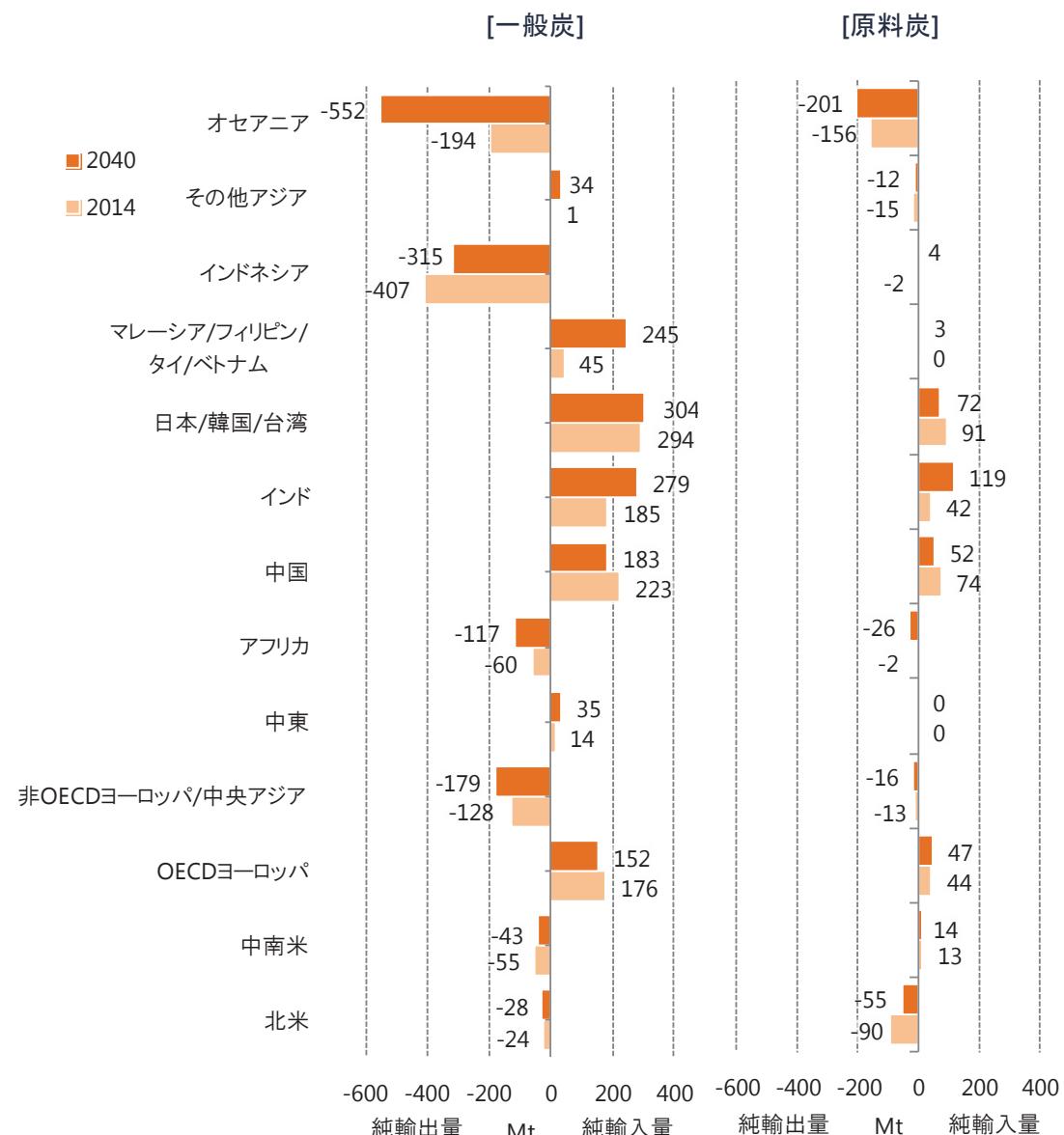
一般炭輸出量は、オーストラリア、南アフリカ、ロシア、コロンビア等で増加する一方で、インドネシアでは国内需要が伸びるなか生産量が調整されるため輸出量は減少する。オーストラリアの輸出量は、アジア市場の拡大に加え、インドネシアからの輸出量の減少分を補うために2014年の195 Mtから2040年には552 Mtと358 Mtも増加する。南アフリカは2014年の68 Mtから2040年に123 Mt、ロシアは2014年の132 Mtから2040年に180 Mt、コロンビアは2014年の80 Mtから2040年に125 Mtへと増加する。

原料炭輸入量は、インドで2014年の52 Mtから2040年に119 Mtと大きく増加する一方で、需要が減少する中国、日本、韓国でそれぞれ9 Mt、13 Mt、7 Mt減少する。OECDヨーロッパでは需要は減少するものの域内生産が減少するためほぼ横ばいとなる。

原料炭輸出量は、オーストラリアや新規ソースであるモザンビークで増加するが、中国、日本、韓国での輸入が減少することからカナダや米国での輸出量は減少する。オーストラリアの輸出量は2014年の180 Mtから2040年には200 Mtに、モザンビークの輸出量は2014年の4 Mtから2040年には27 Mtに増加する。一方、米国の輸出量は2014年の54 Mtから2040年には35 Mtに、カナダの輸出量は2014年の31 Mtから2040年には25 Mtに減少する。ロシアの輸出量は2014年の21 Mtから2040年には24 Mtと微増にとどまる。

図60に地域別(アジアについては国別)の一般炭および原料炭の純輸出入量を示す。

図60 石炭の純輸出入量[レファレンスケース]

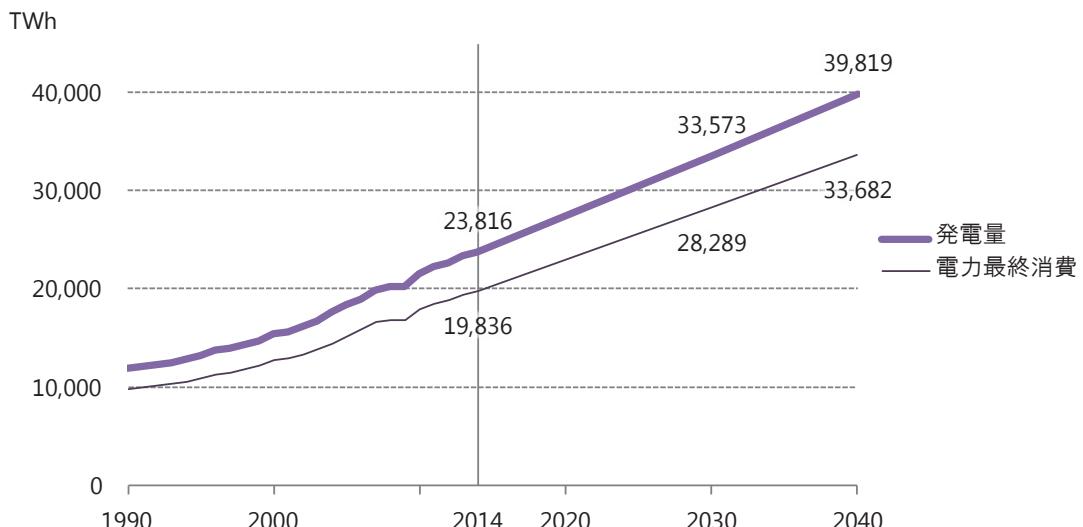


3.4 発電

発電量・電源構成

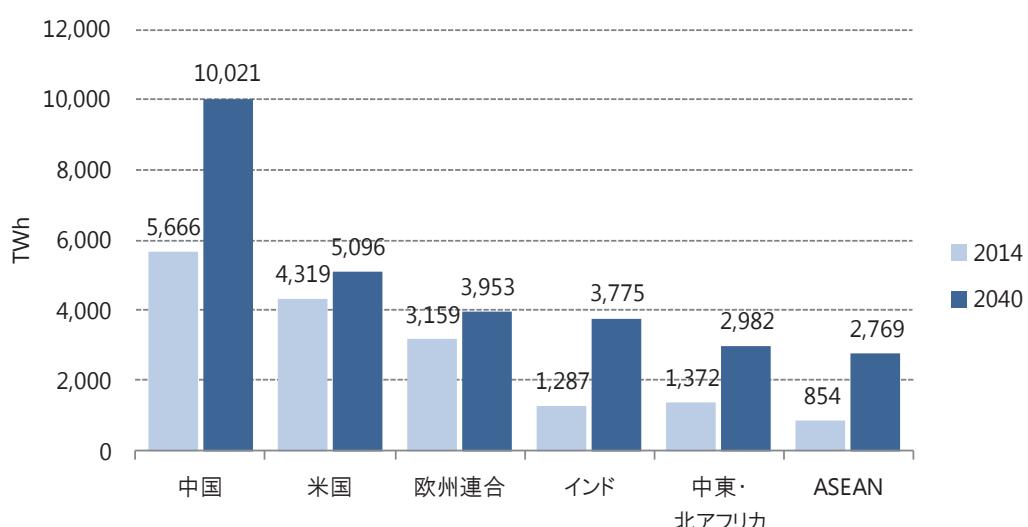
電力消費の増加に伴い、世界の発電量は2014年の23,816 TWhから年率2.0%で増加し、2040年には39,819 TWhとなり、1.7倍に増大する(図61)。この増加量16,003 TWhは世界最大の中国の現発電量のおよそ3倍、日本の現発電量のおよそ15倍に相当する。

図61 世界の発電電力量と電力最終消費[レファレンスケース]



2040年までの発電量増加のうち約8割が非OECDによるものである(図62)。アジアの発電量は2014年の9,895 TWhから年率2.7%で増加し、2040年には19,627 TWhにまで達する。アジアの発電量をけん引するのは、中国、インド、ASEANである。

図62 主要国・地域の発電電力量[レファレンスケース]



2014年の世界の発電構成において、石炭のシェアは41%と最大であり、次いで天然ガス(22%)、水力(16%)、原子力(11%)となっている(図63)。2040年にかけて、石炭のシェアは低下するものの、依然として最大のシェアを占めるエネルギー源となり、基幹電源の役割を引き続き担う。技術開発により天然ガス複合発電(CCGT)が普及、変動性再生可能エネルギーの調整電源としてガスタービンも用いられること等から、天然ガスへのシフトが進展、天然ガスのシェアは、2014年の22%から2040年には28%に拡大する。石油のシェアは、先進諸国、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。原子力については、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、アジアを中心とし新規着工が進む。しかし、2040年までの電力需要の増加率を上回るほどの拡大は見込めず、シェアは2014年から2040年にかけて11%と横ばいで推移する。風力・太陽光等の増加率は、政策的な後押しとコスト低減を追い風に、他に比肩するものがいないほど高い年率5.0%ではあるが、そのシェアは2040年においても1割弱である。

発電設備容量で見ると、天然ガスが2040年にかけてそのシェアを徐々に増やし、石炭を追い抜き最大となる。また、発電量では1割弱に過ぎない風力・太陽光等は2割を超える(図64)。

図63 世界の電源構成
[レファレンスケース]

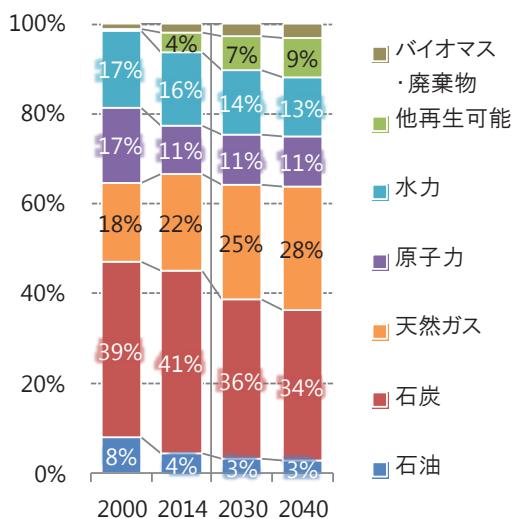
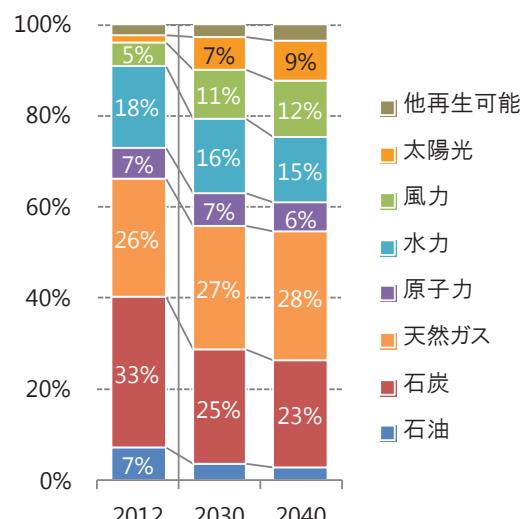
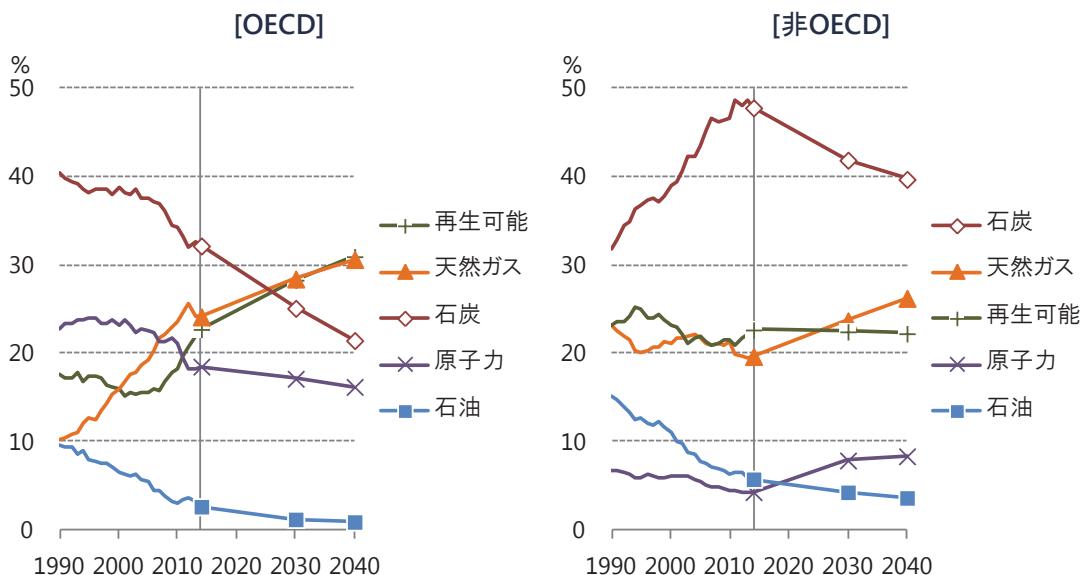


図64 世界の発電設備容量構成
[レファレンスケース]



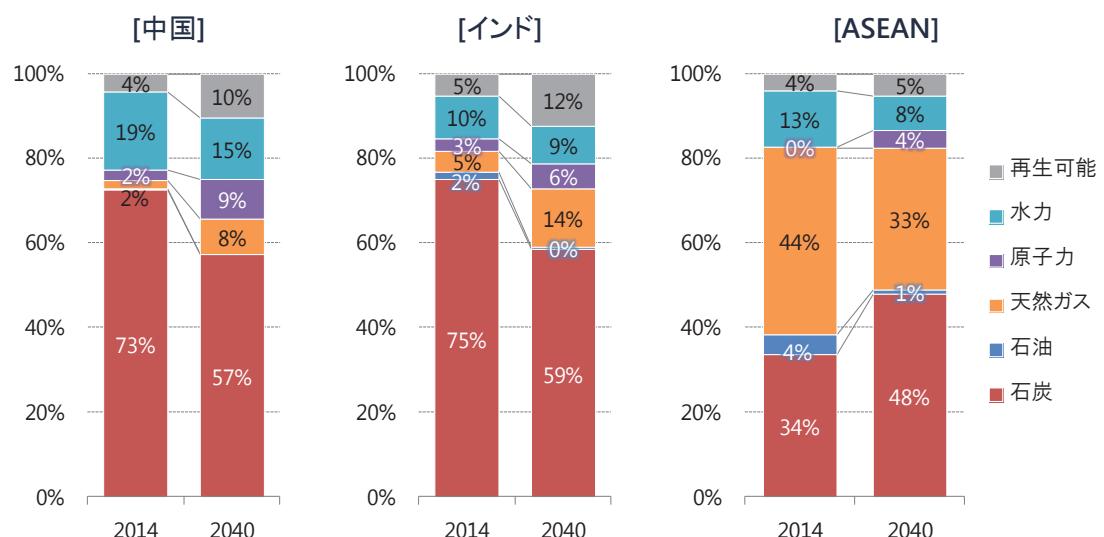
OECDでは、発電量全体に占める再生可能エネルギーのシェアが2040年に3割を超し、天然ガスを追い抜き最大のシェアとなる。非OECDでは、石炭が高い比率を維持してゆく。また、天然ガスがそのシェアを伸ばし、石炭に次いで2番目に高いシェアとなる(図65)。

図65 OECD、非OECDの電源構成[レファレンスケース]



アジア、特に中国、インドにおいては急速に伸びる電力需要に対し、減少傾向にあるものの石炭火力が主要な電源としての地位を維持する。発電構成では、中国、インドでは石炭が高いシェアを徐々に落とすが、天然ガスの割合は増加してゆく(図66)。一方でASEANにおいては、タイ湾等での天然ガス資源開発により、1990年代以降、発電構成は石油から天然ガスへと大きくシフトした。しかし、2000年代には天然ガス生産量の頭打ち、他部門での需要増により、発電向けの供給力が不足しつつある。地域としては天然ガス純輸出であったASEANでも輸入計画が進められているが、その発電構成は中国、インドとは逆に天然ガスのシェアが減少し、石炭へのシフトが進む。

図66 中国、インド、ASEANの電源構成[レファレンスケース]

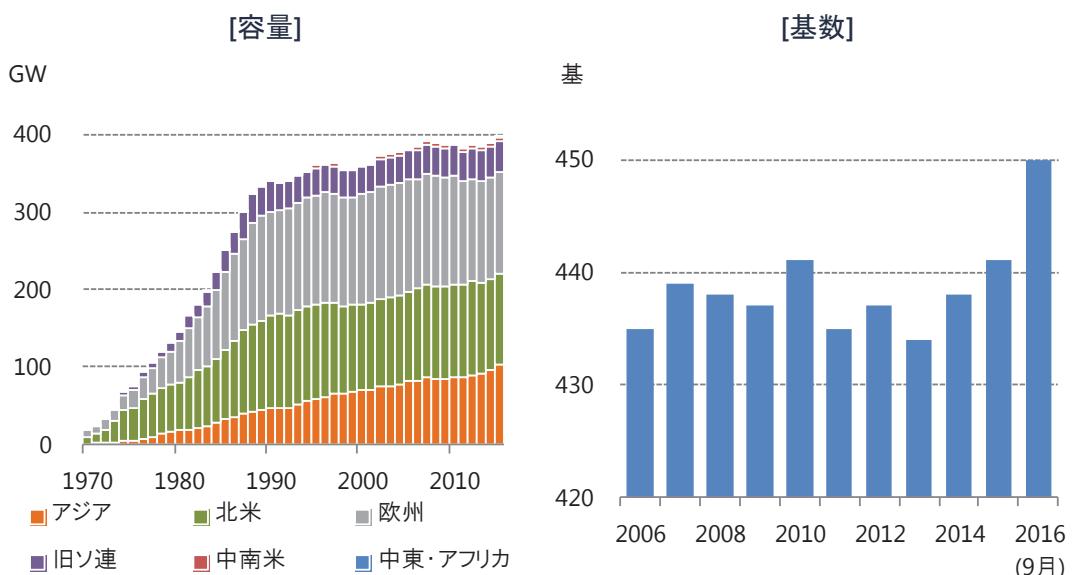


原子力

世界の原子力発電の設備容量は、1970～1980年代は欧米を中心に急激に拡大したが、1990年代には増加率が低下して横ばいで推移し、1990年代後半には欧米でパフォーマンスの低下した原子炉の廃止もあって減少した時期もあった。2000年代以降は、1970年代ほどではないものの、アジアを中心に着実に設備容量が増加しつつある(図67左)。

2011年3月の福島第一原子力発電所事故(福島事故)後は、日本における新規制基準に基づく安全対策実施のための運転停止や、ドイツにおける政策変更に伴う既設炉の閉鎖、米国における経済的な観点による既設炉の閉鎖等を背景に、運転中の原子炉基数が減少したものの、アジアを中心に新規建設が進捗し、2015年末時点の運転中基数は福島事故前の水準まで回復した。2016年に入っても新規運転開始は続き、9月現在、福島事故前を上回る450基が運転中である(図67右)。

図67 原子力発電設備容量と基数

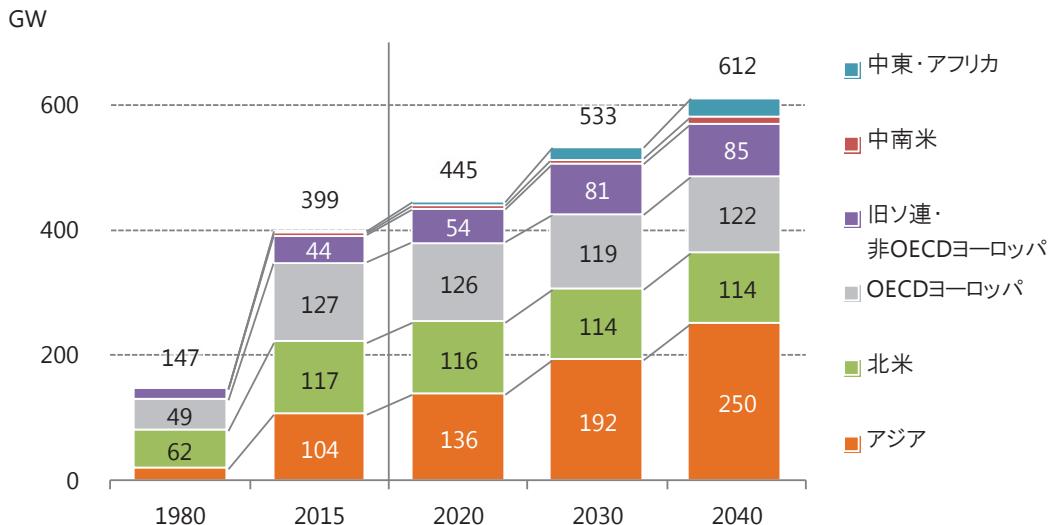


福島事故は、日本やヨーロッパの一部の国において原子力政策に直接の影響を与えた。一方で、米国、フランス、ロシア、韓国といった従来から原子力発電を積極的に推進してきた国々、および中国等の新興国では、エネルギー安定供給や気候変動問題への対応、さらには自国の原子力産業育成を通じた国際競争力の維持・強化という観点から、原子力の維持ないしは推進政策を大きく変更していない。なお、後述するように、フランスはエネルギー転換法を可決し、原子力発電の設備容量について現行の66 GW(ネット電気出力63.2 GW)を上限とするという目標を定めているが、原子力発電を基幹電源として維持する方針に変更はない。

米国は99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、シェール開発により天然ガス火力発電の経済的優位性が増したことなどで新規に建設される原子力の足取りが弱まり、経済的な観点から一部既設炉の閉鎖も行われている。しかし、原子力から天然ガスへの代替は燃料価格の変動リスクを伴うことや、気候変動対策面から、今後も

原子力を維持する方針は堅持される。2015年時点の設備容量は103 GWとなり、その後も既設炉の閉鎖分を新規建設によって補うとして、2040年まで同水準を維持する(図68)。

図68 原子力発電設備容量[レファレンスケース]



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年には原子力比率を50%(2015年時点は78%)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。しかし電気料金の高騰や雇用問題といった課題に直面しており、Fessenheim 1号機以外の閉鎖計画は明らかにされていない。2015年時点の設備容量は66 GWであるが、当面は現状の維持が続くと考えられる。福島事故を受けて脱原子力政策の方向性を明確にしているドイツ、スイス、ベルギーでは、政府の原子炉閉鎖計画に従い、2025年から2035年にかけて原子力発電は0になる。OECDヨーロッパ諸国では、老朽化した既設炉が廃炉される一方で、新規建設へ向けた動きも見られる。そのため、2025年には一時的に設備容量が114 GWまで落ち込むが、その後再び増加する。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、2040年にかけて国内の設備容量は2015年の26 GWの2倍を超える61 GWまで拡大する。

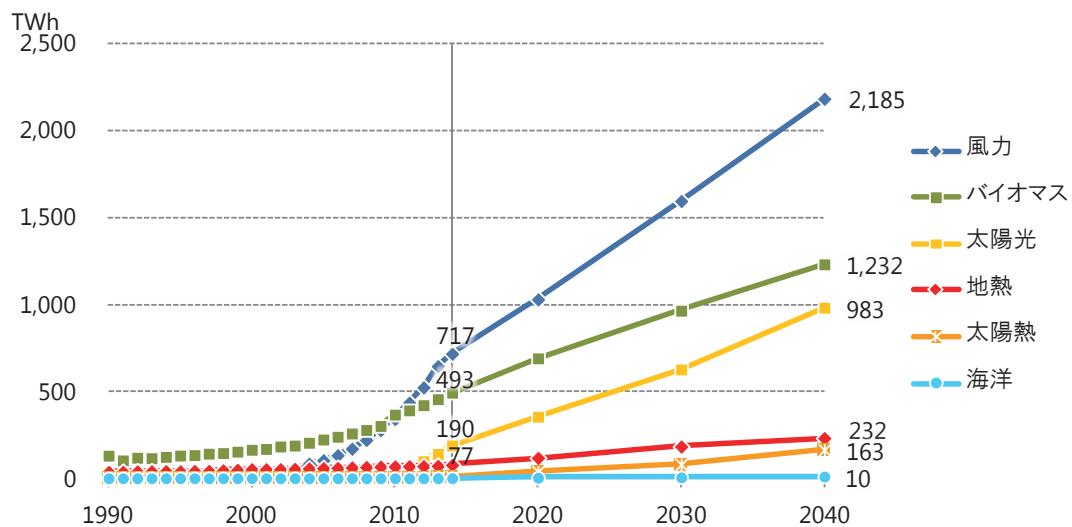
原子力においても中国、インドを中心とするアジアの存在感はますます高まってゆく。2035年には、中国は米国を抜いて設備容量が112 GWとなり(2015年時点の中国の設備容量は29 GW)、世界第1位の原子力大国となる。アジア地域の設備容量は、2040年には250 GWとなり、OECDヨーロッパと米国の設備容量の和である236 GWを上回る。さらに、2030年以降には、これまでほとんど市場化されていなかった中東やアフリカ、および中南米等の国々の台頭も見られるようになる。中東地域では、アラブ首長国連邦(UAE)やサウジアラビアを中心に2030年には設備容量が14 GWに達する。アフリカ地域では南アフリカ、中南米地域ではブラジルを中心に、国内の電力需要の拡大を満たすため原子力発電の導入計画が掲げられており、着実に新規建設が進められる。

再生可能エネルギー

太陽光発電、風力発電等の再生可能エネルギーに対しては、大きな期待が寄せられている。ヨーロッパ先進国を中心とした導入支援政策の規模縮小、原油価格の急落等、ネガ

ティブ要素の影響を受けながらも、大幅にコストが低下している太陽光発電や風力発電を中心に再生可能エネルギー(特に再生可能エネルギー発電)の導入量は順調に拡大している。しかし、供給が自然条件に左右され不安定であることから、世界全体で見た場合、化石資源と肩を並べる基幹エネルギーとして地位を確立するには至らない(図69)。

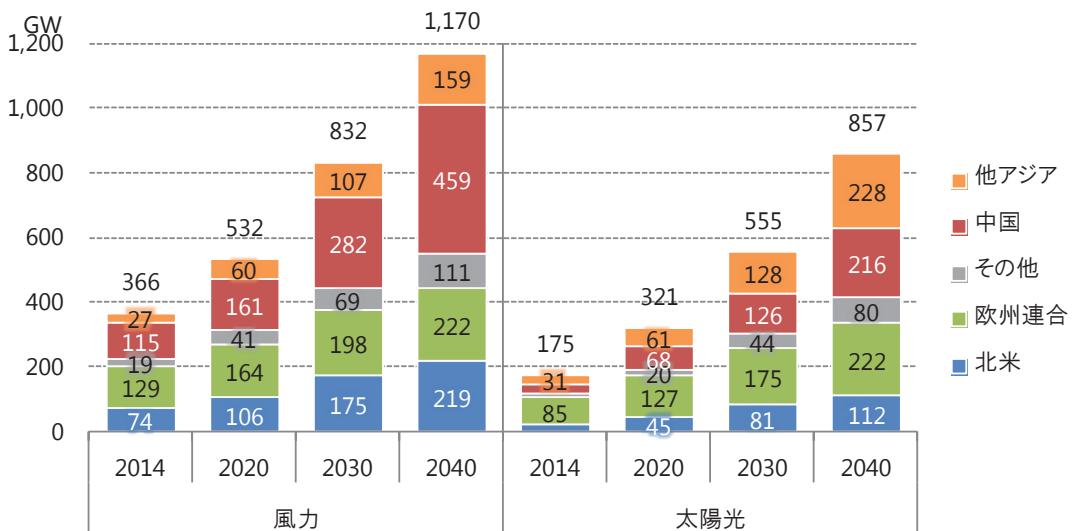
図69 世界の再生可能エネルギー(水力を除く)発電量[レファレンスケース]



再生可能エネルギーの導入は、電源の低炭素化に貢献し、対外依存度を低減し、化石燃料価格高騰を潜在的に抑制しうる。大規模な普及の実現には、研究開発の継続によるさらなる低コスト化、高効率化、エネルギーシステムとの調和の実現が重要な課題となる。

現在、主要な風力発電市場はヨーロッパと北米であるが、中国とインドのけん引によって新興国へとシフトしつつあり、その傾向は続く。風力発電設備容量は、2014年の366 GWから2040年には1,170 GWまで増加し、2014年比3倍強に拡大する(図70)。

図70 世界の風力、太陽光発電設備容量[レファレンスケース]



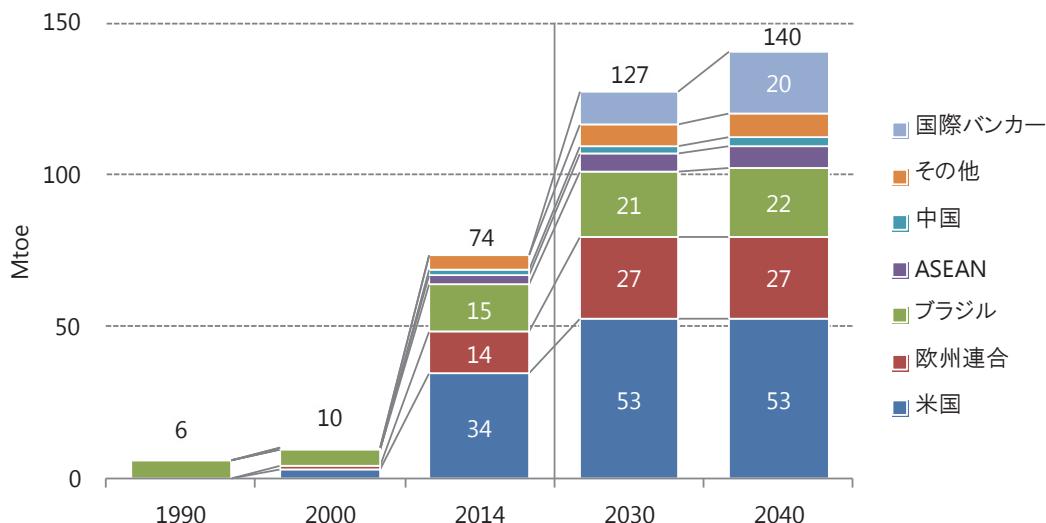
太陽光発電の世界市場は、ヨーロッパから中国、米国、日本を中心としたアジア太平洋地域に主役交代し、引き続き拡大してゆく。例えば、中国やインドでは野心的な太陽光発電導入目標を打ち出すなど各国政府の高い目標設定やそれに伴う優遇支援策の強化によって市場が拡大し、コストも徐々に低下し、導入が加速される。世界全体では太陽光発電の発電コストは従来発電技術より依然として高いものの、UAEやチリなど日射に恵まれた国での太陽光発電入札で\$30/MWh以下の売電価格が記録されるなど、今後太陽光発電の競争力がさらに高まると予想される。レファレンスケースにおける世界の太陽光発電設備容量は、2014年の175 GWから2040年には857 GWへ増加し、2014年比約5倍まで拡大する。

3.5 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が、自動車用バイオ燃料の利用は米国、ブラジル、欧州連合(EU)に偏っており、2014年において、これら3地域が世界のバイオ燃料消費量の86%を占めている。

世界のバイオ燃料導入量は2014年の74 Mtoeから2040年に140 Mtoeに増加する(図71)。今後も、自動車用バイオ燃料利用は米国、ブラジル、EUが中心であり続ける。米国は高いバイオエタノール混合率でも対応できる自動車の普及拡大によって、消費量は若干増える。ブラジルではエタノールとガソリンの両方を利用できるFlexible Fuel Vehicle (FFV)の普及より、バイオ燃料の利用量が堅調に増加する。一方、EUでは液体燃料の需要増の鈍化とともに、第一世代のバイオ燃料の環境影響に対する懸念が強まっているため、2030年以降のバイオ燃料の消費量がほぼ横ばいになる。アジアでは、ASEAN、中国等で大きく伸びるが、欧米やブラジル程の規模には至らない。また、現在はほとんど利用実績がないが、国際航空用のバイオジェット燃料が2020年以降に活用されるようになる。

図71 液体バイオ燃料の利用量[レファレンスケース]



4. エネルギー供給障害シナリオ

4.1 途絶リスク

リスク要因

エネルギー供給に障害を生じるリスクは常に存在する。最も端的な事例は1970年代の石油危機であろう。供給障害は原油価格の高騰と相まって、特に先進国の経済に大きなダメージを与えた。記憶に新しいところでは、東日本大震災がある。地震によってエネルギーの供給インフラが破壊され、特に東北地方の産業や日々の生活に甚大な影響を与えた。このように、普段あたり前のように利用しているガソリンや都市ガス、電気の安定供給は必ずしも保証されているわけではない。

では、供給障害を引き起こす要因にはどのようなものがあるだろうか。大きく分けて地政学的リスクと自然災害・事故・テロがある。

表7 供給障害を引き起こす要因

供給障害の要因	例
地政学的リスク	<ul style="list-style-type: none"> 第一次石油危機による米国などへの禁輸(1973年) 第二次石油危機によるイランの原油輸出停止(1978年) 湾岸戦争によるクウェートの原油生産減少(1990年) イラク戦争による原油輸出停止(2003年) ウクライナ向け天然ガス供給停止(2006年以降複数回)
自然災害、事故、テロ	<ul style="list-style-type: none"> 火災によるマレーシアTigaのLNG輸出停止(2003年) メキシコ湾のハリケーンによる石油/天然ガス減産(2005年) オーストラリアの洪水による原料炭輸出停止(2011年) エジプト-イスラエル間天然ガスパイプライン爆破(2011年) 東日本大震災(2011年)

第一次石油危機

1973年に発生した第一次石油危機は、イスラエルを巡る中東諸国と米国の争いが原因であった。1973年に勃発したイスラエル-エジプト/シリア間の第4次中東戦争を受け、石油輸出国機構(OPEC)加盟の湾岸産油国は原油価格を引き上げた。さらに、アラブ石油輸出国機構(OAPEC)が原油生産の段階的削減と米国をはじめとしたイスラエル支持国への禁輸を決定したことで、原油価格は\$3/bbl台から\$12/bbl台へと一気に4倍も値上がりした。このことは、当時一次エネルギー供給の78%を石油に依存していた日本を直撃することとなった。例えばトイレットペーパーや洗剤といった日用品の買いだめが横行し、その後の物価急上昇の引き金となった。こうした重大な経済への影響を踏まえ、日本はエネルギー構造を転換すべく、脱石油、脱中東、エネルギー効率向上に向けた息の長い取り組みを始めることとなった。

ウクライナ向け天然ガス供給停止

2006年以降に複数次にわたって発生したウクライナ向け天然ガス供給停止は、エネルギー輸送のリスクを端的に示す事象である。原因是、ロシアとウクライナとの間の天然ガスの売買価格と支払いを巡るトラブルである。ロシアからウクライナ向けの天然ガス輸

出停止は、ウクライナはもちろん、パイプラインの下流に位置する欧州諸国にも大きな影響を与えた。特に東欧諸国はロシア産天然ガスに対する依存が高く、暖房用に天然ガスを多く利用するこれらの国では、冬期の天然ガス供給停止は国民にとって死活問題であった。この事象をきっかけに、欧州では天然ガスのセキュリティ政策を大きく見直すこととなった。国際パイプラインには、この他にもエジプト-イスラエル間天然ガスパイプラインの爆破など、テロや事故によっても障害を生じるリスクがある。

全てのエネルギーを船舶で輸入する日本がこれらのリスクから無縁であるかといえば、そうではない。海上交通路にはホルムズ海峡やマラッカ海峡など choke point と言われる箇所があり、紛争や海賊行為などのリスクに常に晒されている。交通路の安全を確保するために、日々、政府間での対話や、場合によっては軍備の派遣が行われている。

東日本大震災

東日本大震災による東北地方を中心としたエネルギーの供給障害は、これまであまり顧みられることのなかったリスクに焦点を当てることとなった。先に説明した第一次石油危機とウクライナ向け天然ガス供給の例では、リスクは自国の国境の外側に存在した。東日本大震災が明らかにしたのは、国内に存在するリスクである。

震災直後は電気や都市ガスはもちろん、道路が寸断されたことで地域によっては石油の供給にも支障を生じた。これまで盤石と思われてきたエネルギー供給インフラが、自然災害という不可抗力によって容易に脅かされ得ることを、身をもって知ることとなったのである。周辺の産業や住民に長期間にわたって大きな影響を与えたこの事象は、その後国内のエネルギー供給インフラの強化を目指す契機となった。

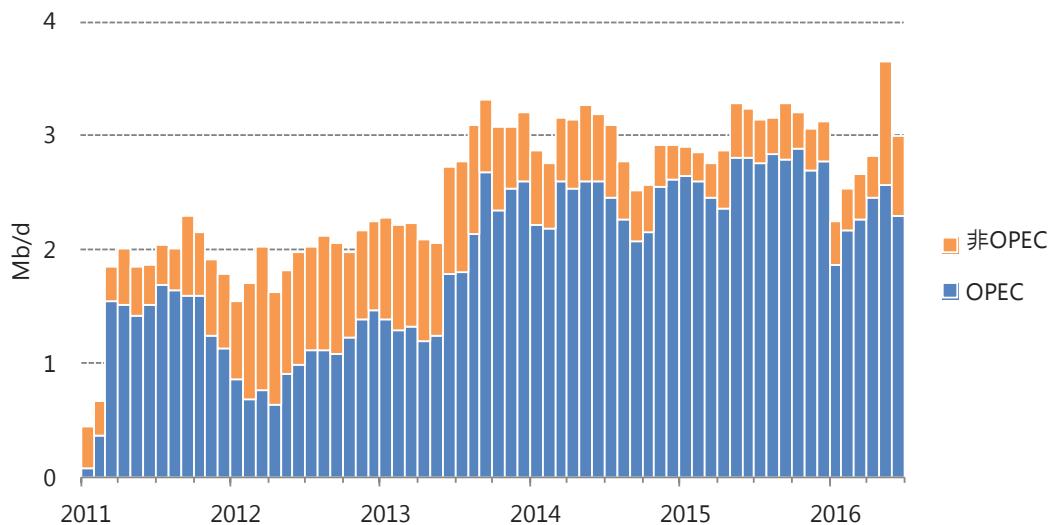
ここまで過去に発生した供給障害の事例を説明してきたが、これらは目に見える表面上の要因に過ぎない点に注意すべきである。例えば、仮に第一次石油危機当時に、日本が石油供給を中東以外から多くを輸入していた場合はどうなっていたであろうか。また仮に、日本が当時石炭や天然ガスなどさまざまなエネルギーをバランスよく利用していたらどうなっていたであろうか。さらには、仮に日本が当時十分な量の石油備蓄を持っていたらどうなっていたであろうか。おそらく、中東で発生した供給障害の影響は、当時実際に日本が経験したほど深刻なものにはならなかったであろう。このように、エネルギー供給に支障をきたす直接的な要因とは別に、事象が発生した際の影響の程度を決める潜在的な要素が多く隠されていることを知っておく必要がある。

4.2 供給障害の経済影響

原油供給障害と原油価格

近年は幸いにして原油供給の大規模な途絶は発生していないが、計画外の生産停止は災害、事故、紛争、テロ、ストライキなどを背景に常にいざこで生じている。米国エネルギー情報局(EIA)によると、2011年から2016年上期においては、平均すると2.5 Mb/d分(うちOPEC: 1.9 Mb/d、非OPEC: 0.6 Mb/d)が計画外生産停止状態にあった(図72)。

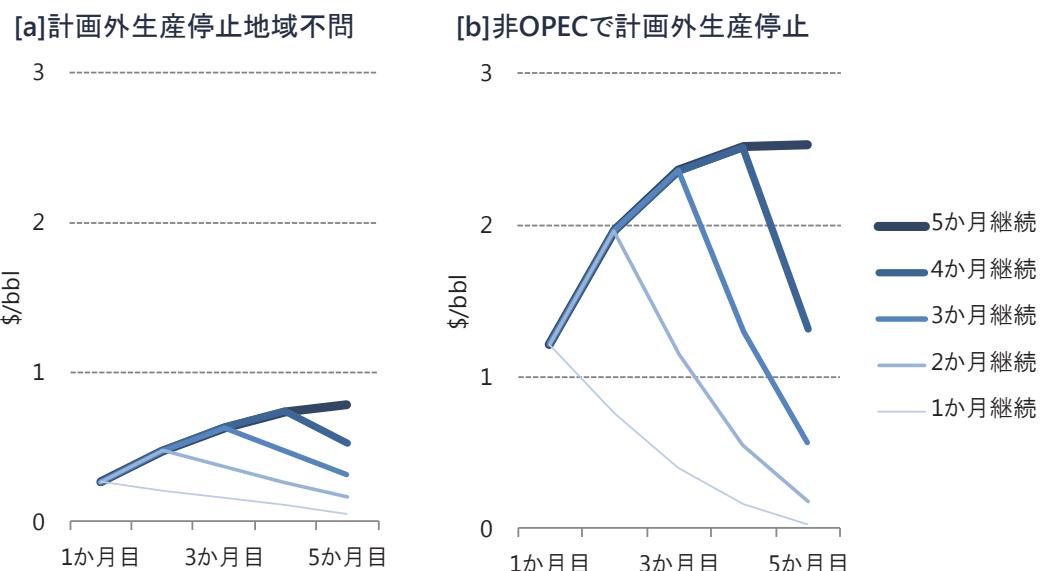
図72 原油の計画外生産停止量



出所: EIA「Short-Term Energy Outlook」

この期間を対象とするナイーブな分析によれば、100 kb/dの計画外生産停止が発生すると、平均的にはその月の原油価格を\$0.3/bbl押し上げる効果があった(図73 [a])。100 kb/d分の計画外生産停止が5か月継続すれば、価格上昇幅は\$0.8/bblまで拡大する。また、実際に当該国の原油減産に結びつきがちな非OPECでの計画外生産停止に限定すれば、その影響度合いは格段に大きいものであった(図73 [b])。

図73 100 kb/dの計画外生産停止による原油価格への影響



注: 2011年～2016年上期における平均的な影響

市場が供給不足を懸念し、これを材料としている状況においては、投機的な影響がさらに強まり、こうした価格の押し上げ効果はいっそう増幅されうる。逆に足元のように供給超過が市場のセンチメントを形成している場合には、計画外生産停止の影響は抑制されたものにとどまりがちである。

経済影響の分析

こうした価格変動の影響は、石油市場のうちにとどまらず実体経済にも波及する(「アジア/世界エネルギーアウトロック2015」の低価格ケース参照)。それと同様に、必要な量のエネルギーが入手できない供給制約もまた、大きなリスク要因である。ここでは、もっぱら後者に注目し、原油あるいは天然ガスの供給障害による経済影響について取り上げる。

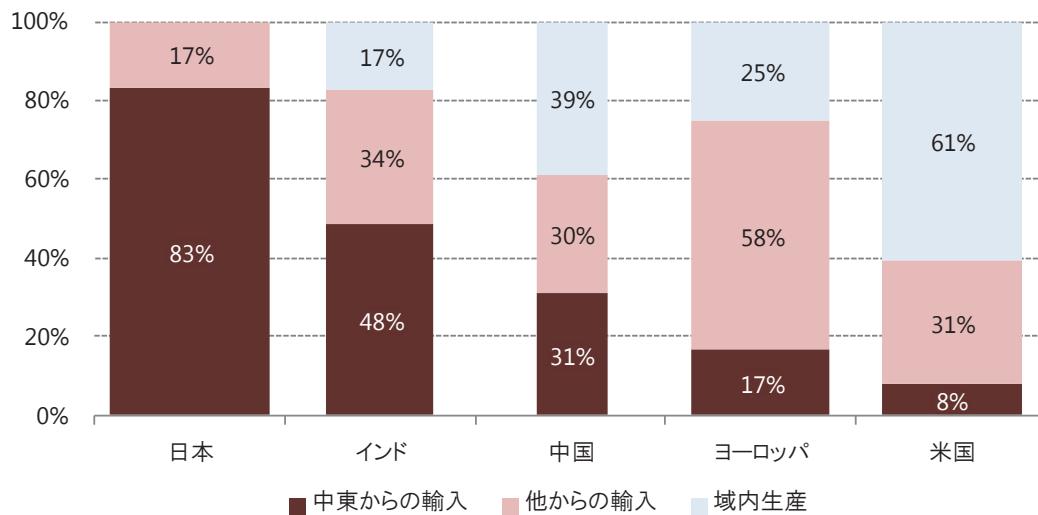
分析は代表的な一般均衡モデルの1つであるGlobal Trade Analysis Project (GTAP)モデルのバージョン9⁵を用いる。供給障害は、その財の需給バランスを崩して価格を上昇させるのみならず、他財の相対価格の変化、生産活動の変化、所得や生産要素の移転などを通じ、各地域の各経済主体の活動に影響が及ぶ。ここで想定し描写しているのは、供給障害発生直後のパニックは沈静化したものの、他の国・地域での増産や石油消費節減のための投資はまだその効果を上げていない、という状況である。また、石油については、国際エネルギー機関(IEA)加盟国は純輸入量90日分以上の備蓄が求められているが、ここでは簡単のため備蓄放出による効果は捨象する。

中東原油生産10 Mb/d減少ケース

世界の原油生産に占める中東のシェアは約3分の1である。しかし、各国の原油供給における中東依存度は、資源の賦存状況、代替エネルギーの利用可能性、経済・産業構造、地理的・歴史的な要因などによりさまざまである(図74)。アジアの国々は、原油の中東依存度が欧米に比べて高めであるが、とりわけ日本、韓国、台湾などは、石油依存度が高いことと相まって、エネルギー供給全体の中で見ても中東原油に頼るところは大きい。中国は、世界第2の石油消費国ではあるが、同時にアジア最大、世界でも第5位の生産国であり、また石炭中心のエネルギー構造であるため、中東原油への依存度は相対的に低めである。ヨーロッパは、パイプラインがつながっている旧ソ連などからの輸入と北海などでの域内生産により、消費する原油6 bblのうち中東原油は1 bblしかない。米国にいたっては、シェール革命による原油生産の回復で、国産で6割を賄えるようになったこと、輸入は米州内からが多いことから、中東原油への依存度は極めて低い。米国は日本の5倍弱の石油を消費しているが、中東からの原油輸入量は日本の半分に過ぎない。

⁵ 当該バージョンの基準年は原則として2011年である。ここでは、足元にかけての米国での原油および天然ガス生産の急速な拡大を鑑み、2015年までの増加を簡便的に反映させている。

図74 主要国・地域の原油総供給構成[2015年]



注: 棒の幅は一次エネルギー供給に占める石油の構成比に比例

出所: BP「BP Statistical Review of World Energy」より算出

エネルギー供給における中東原油への依存度のこうした違いは、中東原油の供給障害に対する各国・地域の脆弱性・頑強性を左右する。仮に、中東の原油生産が意図せず大きく(10 Mb/d)落ち込み、他の国・地域がこれを補う増産を行えない場合、世界経済は全体として9%縮小する。その中で、供給障害の震源地である中東を除けば最も大きなダメージに襲われるのが、中国以外の東アジア地域である(図75)。韓国、台湾はそれぞれの経済成長率と比べると約5年分の消失に相当する。日本にいたっては約20年分が吹き飛ぶ。

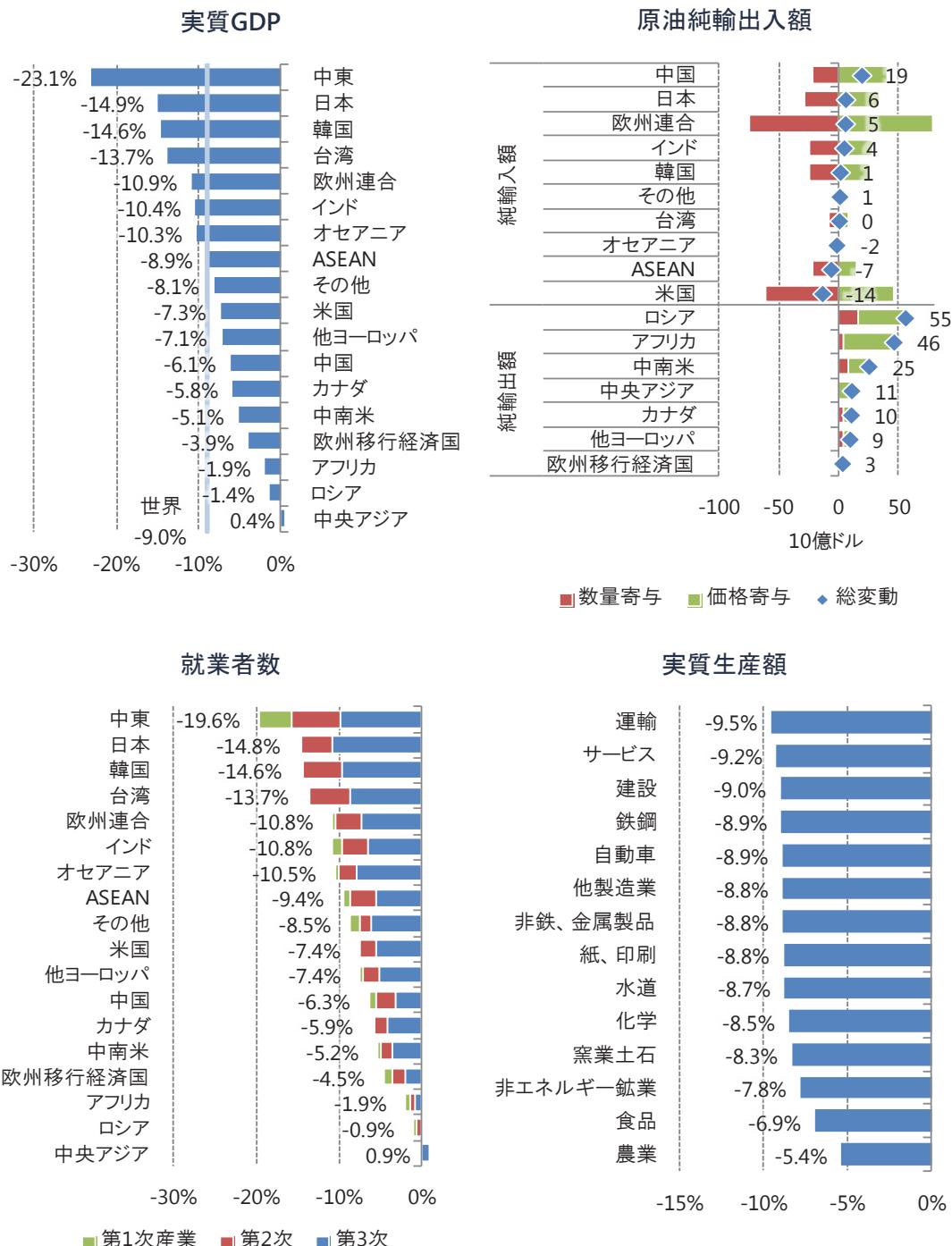
石炭シェアが高めなインド、原油の中東依存度が低めな欧州連合での経済収縮は上記東アジア3か国・地域ほどにはならないが、それでも10%超の落ち込みとなる。米国は、足元にかけ原油生産量が増えていることから、落ち込み程度は7%と世界平均を下回るが、悪影響から無縁というわけにはいかない。石炭依存度が高い中国においても6%のマイナスとなる。

ロシア、アフリカ、中南米、カナダは原油の純輸出国・地域であるが、それでも悪影響からは免れえない。原油純輸出額は価格上昇⁶と輸出量増大により拡大するが、実質GDPは世界経済の縮小により1%～5%落ち込む。こうした国・地域は相対利得を得ることはできるものの、中央アジアを除き絶対利得を得られる国・地域はない。

就業者数の減少は、概ねGDPのそれと同じ傾向となる。産業別生産量は、エネルギー産業を除けば、石油多消費な運輸が最大の低下を示す。一方、その生産する財に必需品的性格がある農業、食品は相対的に下げ幅が小さい。

⁶ 需給バランスの変化に起因するものであり、投機的なものによる分は含まない。

図75 中東の原油生産10 Mb/d減少の影響



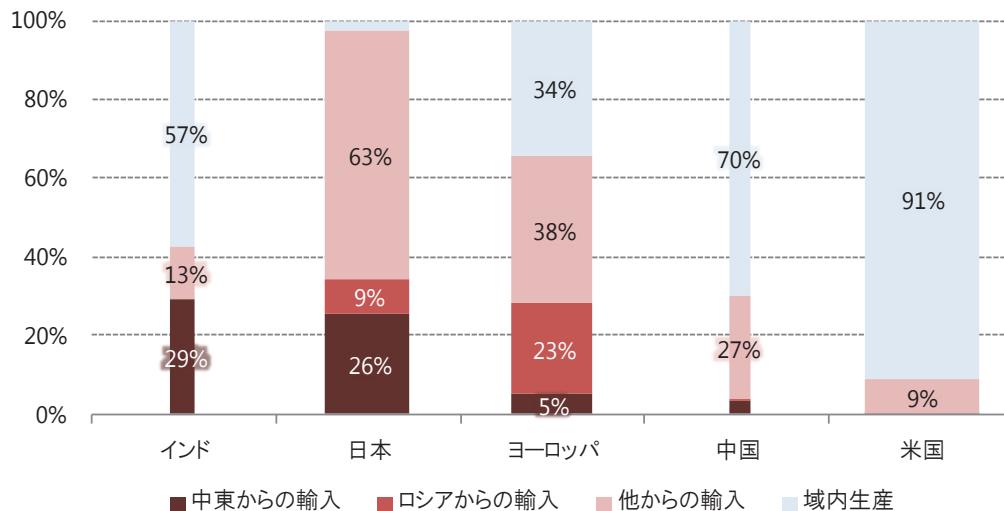
注: [原油純輸出入額]中東の原油純輸出額は1,390億ドル減。[就業者数]鉱業は第1次産業に、電気業等は第2次産業に含まれる。

中東、ロシア天然ガス輸出110 Bcm減少ケース

別のケースとして、中東の天然ガス輸出が110 Bcm (1 cm = 40 MJ換算、LNG 80 Mt相当) 減少し、他の国・地域がこれを補う増産を行えない場合の影響を考える。また、比較のために、ロシアの天然ガス輸出が同じく110 Bcm減少するケースも設ける。

天然ガスの中東依存度も原油同様に日本で高く、欧米で低めという相対関係にある(図76)。ただし、日本においてもその値が25%程度にとどまるのは、原油と天然ガスとで大きく異なるところである。また、天然ガスは供給インフラの整備に相応の投資が必要であることから、旧ソ連・東欧を除く経済協力開発機構(OECD)非加盟の国々では活用度が低めということも天然ガスの特徴である。

図76 主要国・地域の天然ガス総供給構成[2015年]



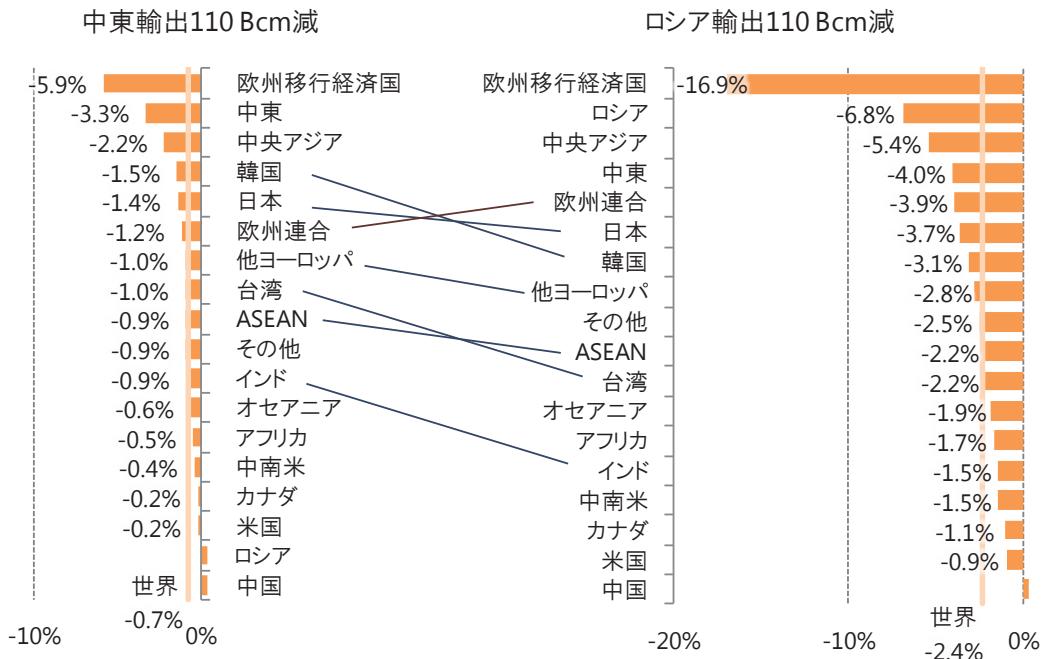
注: 棒の幅は一次エネルギー供給に占める天然ガスの構成比に比例

出所: BP「BP Statistical Review of World Energy」、IEA「World Energy Balances」より算出

天然ガス輸出減少の影響は、その輸出元が中東であれロシアであれ、前述の中東原油生産10 Mb/d減少のそれと比べると、程度が小さめである。これは、第一義的には、原油10 Mb/dが500 Mtoe/年弱に相当するのに対し、天然ガス110 Bcm/年は約100 Mtoe/年と5分の1のエネルギー量に過ぎないためである。

天然ガス輸出減少で被る悪影響が日本、韓国、台湾で大きめとなることは、原油の場合と変わらない(図77)。ただし、相対的に欧州連合(EU)のそれが深刻なものとなり、特に、ロシアの輸出が減少する場合は顕著である。中東やロシアからの天然ガス輸入がない米国一逆に米国は2016年にクウェートとアラブ首長国連邦にLNGを輸出さえしている一のダメージは相当に抑制されたものにとどまる。純輸入国として例外的なのが中国である。天然ガスの中東・ロシア依存度の低さ、一次エネルギー供給における石炭シェアの高さなどから、天然ガス供給障害に起因する物価上昇が他国に比べ低めで済む。その結果、国際競争力が相対的に高まり、中東・ロシアの天然ガス輸出減少が経済に向かい風とはならない可能性がある。

図77 中東、あるいはロシアの天然ガス輸出110 Bcm減少の実質GDPへの影響



生産国に目を転じれば、輸出減少の当事地域・国である中東、あるいはロシアで相当の経済縮小となるのは両ケースとも共通である。ただし、中東輸出減の場合にロシアが利得を得るのに対し、ロシア輸出減の場合は中東がロシアに次ぐ損失を被るという非対称性がある。その一因は、中東との結びつきが強いヨーロッパ経済の落ち込み具合の違いにある。

いずれのケースでも、ヨーロッパの経済移行国⁷が最も厳しい悪影響に直面する。このグループには一次エネルギー供給における天然ガスのシェアが高く、またエネルギー非効率な国が多い。特にロシアの天然ガス輸出が減少する場合、そのロシアから天然ガスを輸入するこの地域ではGDPが17%も縮小する。また同ケースにおいては、ロシアへ天然ガスを輸出する中央アジアも5%もの経済縮小となる。外洋に面しない内陸国も含むこれらの地域が世界経済の落ち込みに最も脆弱であるというのは、やや意外感をもって受け止められるかもしれない。しかし、条件次第ではそうした状況が起こりうることは、2008年のリーマンショックとそれに引き続く世界金融危機でわれわれが目撃したことである。

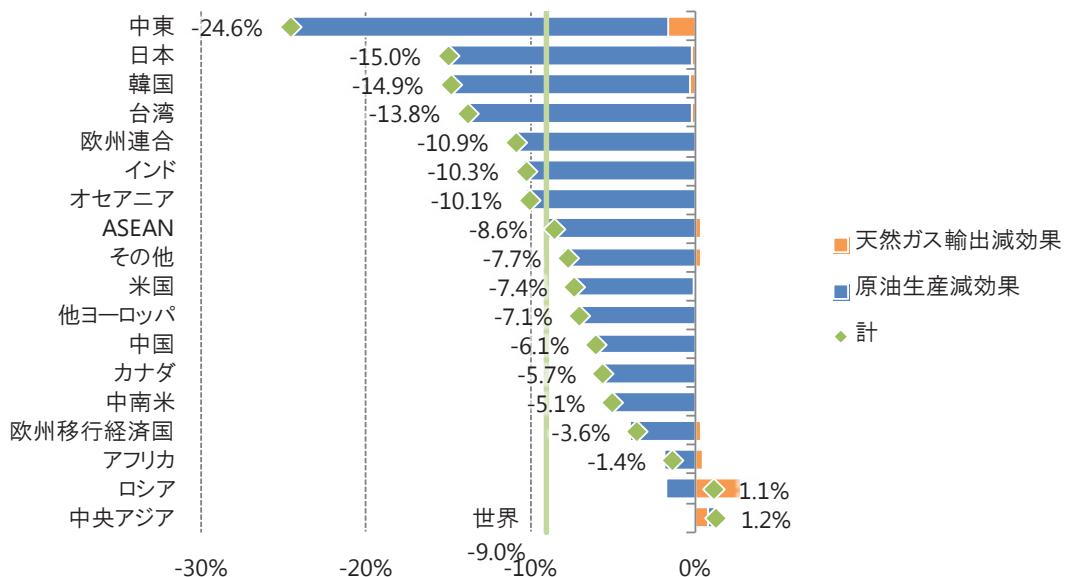
中東原油生産10 Mb/d、天然ガス輸出110 Bcm同時減少ケース

最後に、中東の原油生産10 Mb/d減少と中東の天然ガス輸出110 Bcm減少とが同時に発生する場合を取り上げる。

その影響は、原油生産減少ケースと基本的には同様のものである(図78)。これは、原油減産により世界経済は9%も収縮しエネルギー需要も大幅に落ち込むため、もはや天然ガス輸出の減少が厳しい供給制約とはならないためである。

⁷ 社会主義体制から資本主義体制に転換し、欧州連合に非加盟なヨーロッパの国々。ウクライナ、アルバニアなど。

図78 中東の原油生産10 Mb/d、天然ガス輸出110 Bcm減少の実質GDPへの影響



米国シェールオイルによる緩和効果

シェール革命により米国が新たなスwing・プロデューサーとなりうることが一部では言及されている。そのアロジーで中東での供給障害発生時に米国の原油増産に期待する向きもあるかもしれない。しかしながら、仮にそうした際に米国が原油生産を追加的に3.6 Mb/d増加⁸できたとしても、GDP縮小に対する緩和幅は一米国こそ6%p程度と相応の効果があるものの一世界平均で2.5%p程度である。日本やEUでは2%p程度にとどまり、供給障害によるダメージの8分の1、6分の1相当しか緩和されない。現状、シェールオイルに安定供給面で過大な期待を抱き、慢心することはリスクを生じさせることになる。

4.3 供給途絶リスク回避のための施策

中東でのエネルギー供給障害は、中東から原油、天然ガスを輸入していない国・地域を含め、世界的に大きな経済ダメージをもたらす。こうした悪影響を少しでも緩和するためには何を行うべきであろうか。残念ながらこの問い合わせに応えることができる魔法のような手段はなく、エネルギー安全保障の強化に資する古典的な方策を怠ることなく実践するしかない。

供給途絶リスクの根源はエネルギー供給の輸入依存にあるため、これを減らすことが第一である。この意味からはまず、エネルギー消費量を少しでも減らすための努力があらゆる分野でなされる必要がある。供給面では、日本、韓国、台湾など化石燃料資源に乏しい国・地域の選択肢は限られている。日本の場合、開発が進められているメタンハイ

⁸ 2016年8月時点での米国掘削済み未仕上げ坑井は5,031本あり、新規井戸あたりの平均生産量717 bbl/d。ただし、シェールオイルの減退率は高い。ここから計算される生産ポテンシャルは3.6 Mb/dに相当する。この分は、条件が整えば比較的容易に生産可能とみなすことができる。

ドレートに対する期待を除けば、将来にわたって化石燃料生産を大幅に増やすことは現実的でない。そのため、近年利用が急速に増え、またコストの低下が著しい再生可能エネルギーの利用を拡大することが重要となる。ただし、太陽光や風力といった間欠性電源の大量導入に対する措置が求められることは言うまでもない。また、燃料(ウラン)の輸入頻度が化石燃料と比較して極めて低く、また貯蔵性もある原子力発電は有効な選択肢である。

こうした自給率を高めるための努力にもかかわらず、予見可能な将来の範囲では、多くの国が一定量の化石燃料輸入は避けることができない。そのため、利用するエネルギー、輸入相手国、および輸入ルートを多様化することで、供給途絶が発生した場合の影響を限定すること、あるいは途絶した供給を代替する方策を保持しておくことが求められる。また、備蓄が万が一の場合の安全装置として有効であることは言うまでもない。

もう少し幅を広げると、国際社会との関係の中でも供給途絶リスク回避の方策を見つけることができる。日本を含むほとんどのOECD諸国はIEAに加盟しており、エネルギー供給の危機に際しては加盟国が協調して行動することとなっている。エネルギー市場は巨大であり、多国間で協調して行動することによって、より効果的に危機に対処することができる。IEAは消費国連合という色彩が濃いが、国際エネルギーフォーラム(IEF)の枠組みを通じてOPECなどエネルギー輸出国との対話を強化することで、より多くの国が協調してエネルギー市場の安定化を図ること、すなわち供給途絶リスクを引き下げることができる。

長期的な視点に立てば、途上国に対する経済支援も重要な対策である。例えば「イスラム国」(IS)などによるテロ行為はエネルギー供給を脅かす要因となり得るが、テロ行為の根源には貧困がある。エネルギー輸出国のなかには経済格差や貧困の問題を抱える国が多くあり、その解消は社会や政治の安定化をもたらす。迂遠なようだが、エネルギー輸出国の安定化を支援することは、エネルギー供給途絶リスクの低下に役立つのである。

このように、エネルギー供給はさまざまな要素を持っており、リスク要因を完全に排除することは不可能と言って良い。であるからこそ、古典的かつ地道な取り組みを、自国はもとより国際社会とともに継続していくことが求められるのである。

第II部

ASEANのエネルギー需給展望

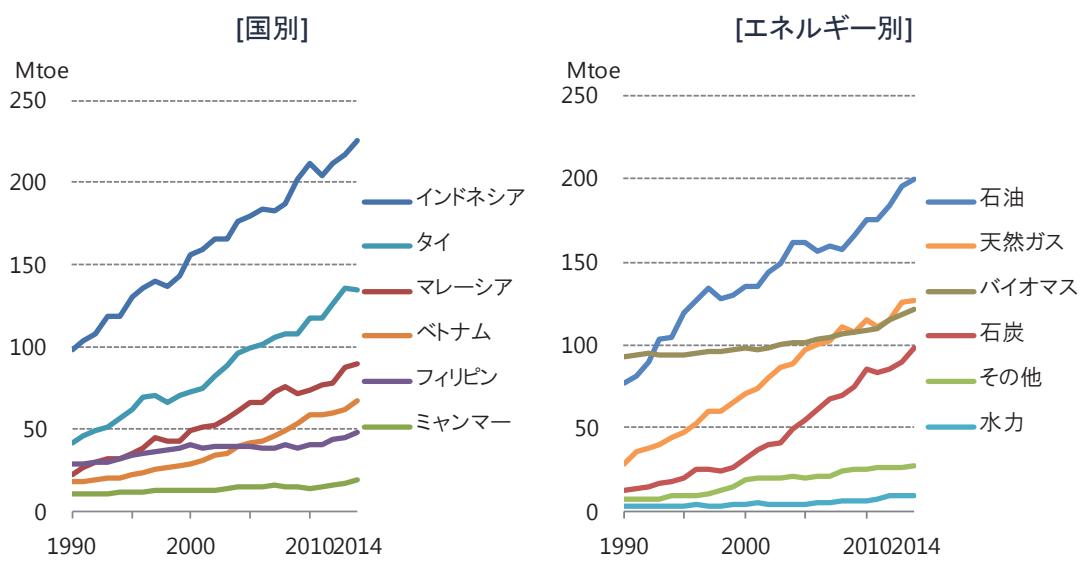
5. ASEANのエネルギー需給

5.1 需給概要

東南アジア諸国連合(ASEAN)のエネルギー消費量は、人口の増加と経済成長に支えられて堅調に増え続けている。ただし国によって状況はさまざまであり、したがってエネルギー消費量の伸びも一様ではない。例えば、ASEANの中では人口が最も多くまた近年は工業部門も成長しているインドネシアのエネルギー消費量が大きく伸びている一方、最近になってようやく市場が開放されたミャンマーのエネルギー消費量の伸びは緩やかである。

エネルギー別には、自動車や産業用で多く用いられる石油の消費量が最も大きく、またその伸びも著しい。一方、発電用で多く利用されている天然ガスおよび石炭の消費量も急増している。ここで、バイオマス需要の見方には注意を要する。バイオマスには薪など伝統的なものが多く含まれており、これらは経済成長とともに電気や都市ガス、石油へと転換してゆく。一方、バイオディーゼルやバイオガスなど新しいバイオマスエネルギーの利用も増える傾向にあり、両者を区別して評価する必要がある。

図79 ASEANの一次エネルギー供給



出所: IEA "Energy Balance 2016"

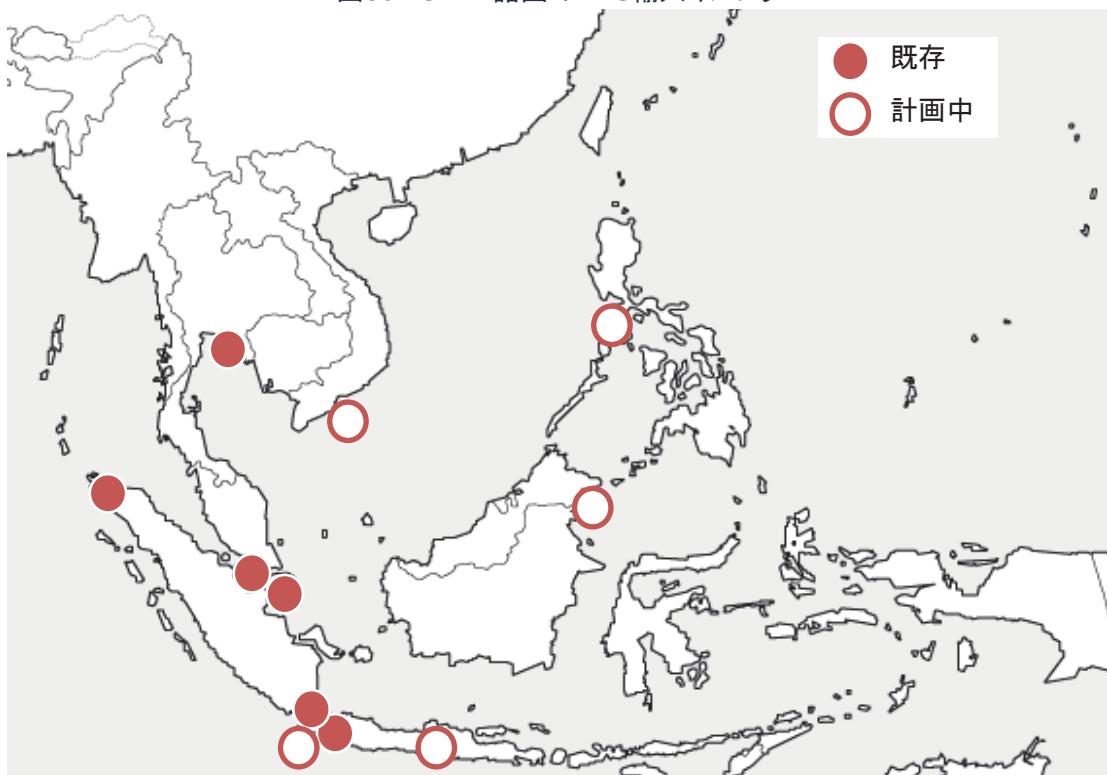
注: インドネシア、タイ、マレーシア、ベトナム、フィリピン、ミャンマーの合計

エネルギー消費量が増え続ける中で問題となっているのが、輸入依存度の高まりである。ASEANにはインドネシアやマレーシアを筆頭に、化石エネルギー資源を比較的豊富に有する国があり、地域全体で見れば現在も純輸出のポジションにある。しかし、国別あるいはエネルギー別に見ると、需給バランスには大きな濃淡がある。例えばインドネシアの石油資源を見ると、過去に日本はインドネシアから多くの原油を輸入し、第二次石油危機が発生した1979年当時は原油輸入の15%を頼るほどであった。しかし、その後インドネシアの原油生産量は次第に減少し、また自国での石油需要が増えたこともあり、イン

ドネシアの石油自給率は54% (2014年)にまで低下している。同様の傾向は、マレーシアの石油と天然ガス需給、タイの石炭と天然ガス需給、ベトナムの石油と石炭需給などでも見ることができる。

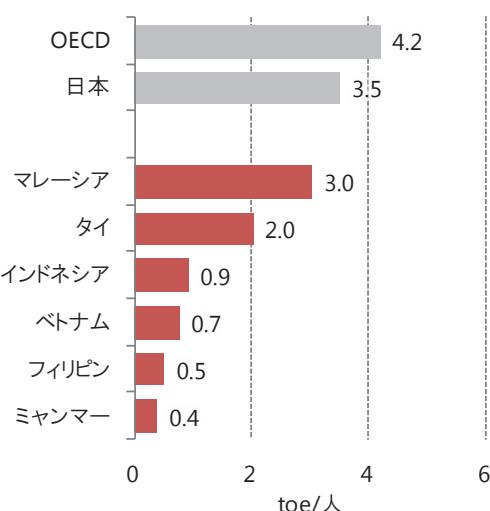
近年特に顕著となっているのは、LNG輸入計画である。インドネシアとマレーシアは現在でもLNG輸出国であるが、LNG輸入に向けたインフラ整備を着々と進めている。また、タイは輸入能力の拡大を計画しているほか、フィリピンやベトナムもLNG輸入に向けた検討を始めている。こうした動きの背景には、海に囲まれているという地理的環境も影響している。ASEANにはカリマンタン島などで天然ガスの開発余地が残されているが、これを有効活用するにはパイプラインよりもLNGの形で輸送する方が適しているためである。

図80 ASEAN諸国のLNG輸入インフラ

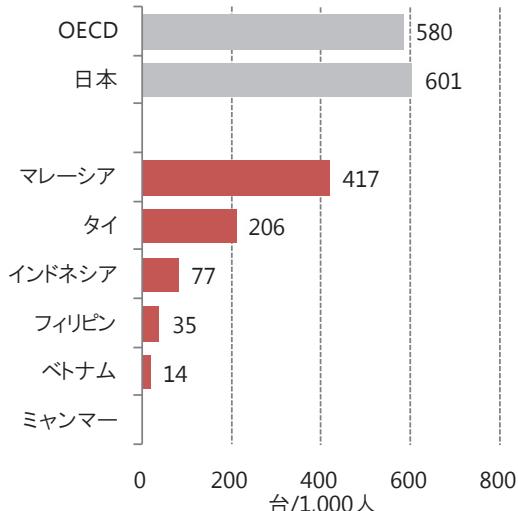


出所: 各種資料より

では、ASEANのエネルギー消費量は今後どのようになるのであろうか。幾つかの要素は、今後講じられる省エネルギー対策にもかかわらず、この地域ではさらにエネルギー需要が増え続ける可能性の高いことを示している。例えば、1人あたりエネルギー消費量は依然として日本を含む先進諸国よりも低く、所得の向上などによってさらにエネルギー消費量が増えることがうかがえる。また、石油需要を大きく左右する自動車の保有台数という点でも、今後ますます増え、したがって石油消費量も堅調に増加する。さらには、近年の急速な電力需要の増加にも係わらず、この地域では日本の人口に匹敵するおよそ1億2,000万人もの電力供給を受けていない人々が残されており、電力と発電用エネルギー消費量は増えざるを得ないと考えられる。

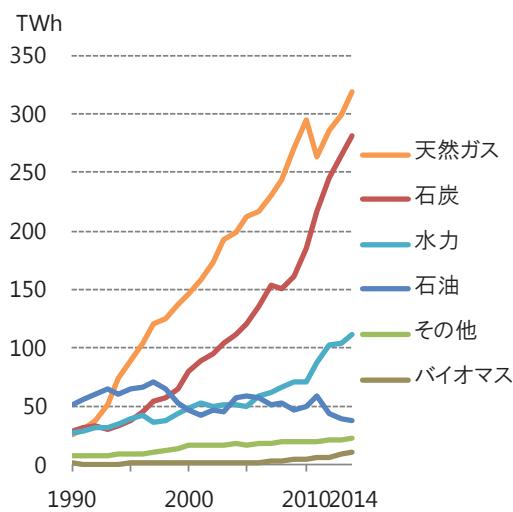
図81 1人あたり一次エネルギー消費
[2014年]

出所: IEA "Energy Balance 2016"

図82 1,000人あたり自動車保有台数
[2013年]

出所: エネルギー・経済統計要覧

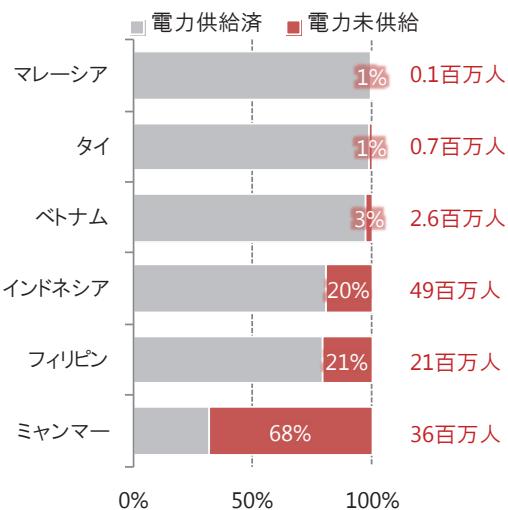
図83 ASEANの発電量



注: インドネシア、タイ、マレーシア、ベトナム、フィリピン、ミャンマーの合計

出所: IEA "Energy Balance 2016"

図84 未電化人口[2013年末時点]



出所: IEA "Southeast Asia Energy Outlook 2015"

5.2 主要前提

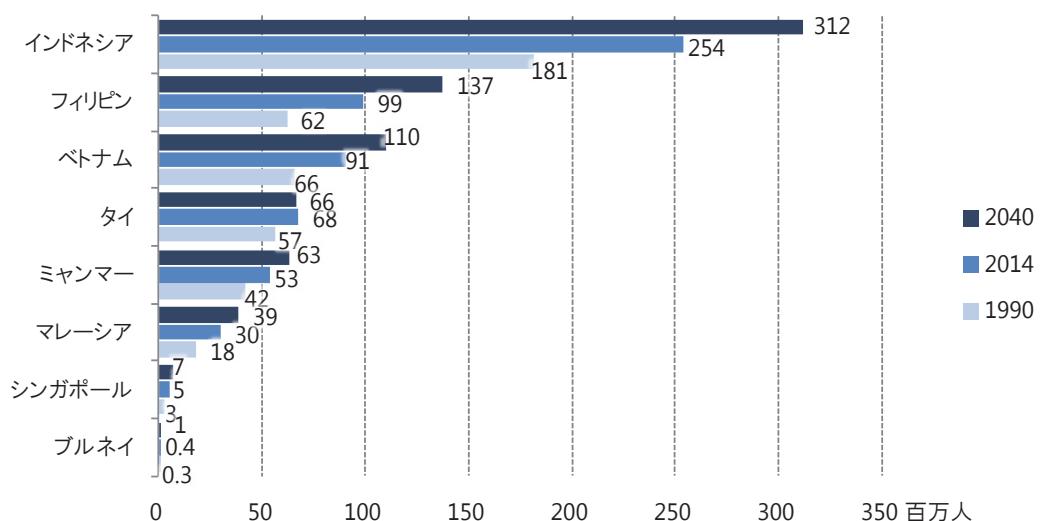
エネルギー需給構造は、経済成長や人口動態、都市化率などに大きく影響を受ける。

人口

ASEANの域内人口は現在6億2,000万人で、その約4割がインドネシアに居住、次いでフィリピン、ベトナム、タイの順に多い。この4か国で域内人口の8割以上を占める。ASEANの年齢構成は若く、各国中央値の平均は29.1歳と、日本の46歳、中国の37歳に比べると際立って若い⁹。とりわけ、ラオス(21歳)、フィリピン(23歳)、カンボジア(24歳)が若い年齢構成となっている一方で、一部の国では高齢化も進んでいる。シンガポールの中央値年齢は38歳、タイで37歳となっており、出生率も低い。

国際連合の“World Population Prospects”によれば、ASEANの人口は2040年までに7億6,000万人まで増加する。年平均の増加率は0.8%で、2000-2014年の実績1.3%に比べると減速する。年齢構成の若いフィリピン、ラオス、カンボジアで増加率が高い。多くの国で生産年齢人口(15-64歳)が増加する。一方、高齢化が進むタイでは、2020年代中盤に人口のピークを迎える、以降減少に転じる(図85)。

図85 人口



エネルギー利用実態は、都市部と農村部とで大きく異なる。都市部では電力、ガス(都市ガスまたはLPG)などの供給インフラが整っており、1人あたりのエネルギー消費は比較的多い。一方、農村部では未だに電力網が繋がっていない地域があり(人口の19%、1億2,000万人)、調理や暖房に薪や畜糞などを使っていることが多い(同45%、2億8,000万人)¹⁰。

ASEAN全体では人口の47%が都市部に暮らしているが、国別ではカンボジアで21%、ベトナムで33%、ミャンマーで34%、ラオスで38%と低い比率となっている。将来的には、経済発展、工業化の進展とともに、農村部の都市化や都市部へ移住などにより、都市に暮らす人口が増加する。国際連合によれば、ASEAN全体での都市化率(都市人口比率)は現在の47%から2040年には60%まで上昇する。ベトナム、ミャンマーおよびカンボジアでも都市化が進むものの、2040年時点で50%に満たない。また、都市化の進展および政策の

⁹ PwC Japan “ASEAN Economic Dashboard”

¹⁰ IEA “Southeast Asia Outlook 2015”

強化などにより、未電化人口比率は大きく低下する。カンボジアやミャンマーでは未電化地域が残ることになるが、その他の国では完全電化(ユニバーサル・アクセス)が達成される。

経済

2.4兆ドルの実質GDP(2014年)のうち、約4割がインドネシアで生み出され、タイ、マレーシア、シンガポール、フィリピンを含めた5か国で域内総生産の9割を占める。1人あたりのGDPは3,900ドルで、世界平均の10,000ドルを大きく下回る。しかし、シンガポール、ブルネイといった先進国並みの所得水準の国から、カンボジア、ミャンマー、ラオス、ベトナムなど1,000ドル程度の低所得の国までさまざまである。

ASEANの2040年までの平均経済成長率は4.5%と、世界平均の2.9%を上回る高い成長率を維持する。多くの国で生産年齢人口が増加するため、労働力としても消費者としても経済成長に貢献する。この豊富で安価な労働力に加えて、中国、インドという巨大市場に隣接する好立地を背景に、欧州や日本などからの海外直接投資(FDI)が増加している。さらに、2015年末にASEAN経済共同体(ASEAN Economic Community; AEC)が発足し、域内の貿易自由化や市場統合などを通じて成長加速を目指す動きも出ている。1人あたりのGDPは2040年には9,800ドルと2.5倍に増加するが、なお世界平均17,000ドルを下回る。ミャンマー、ラオスなどは5,000ドルに届かず、2040年以降も成長ポテンシャルは大きい。

図86 経済成長率

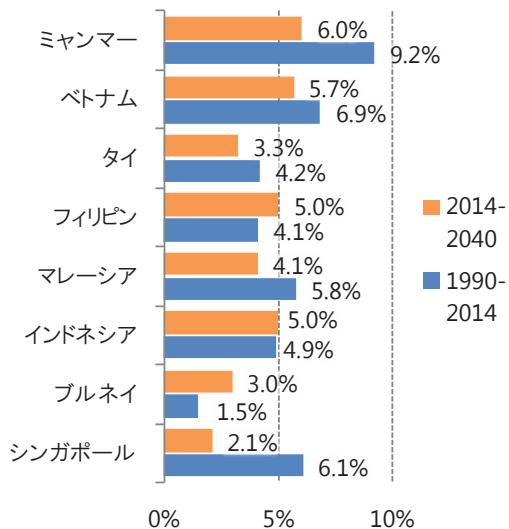
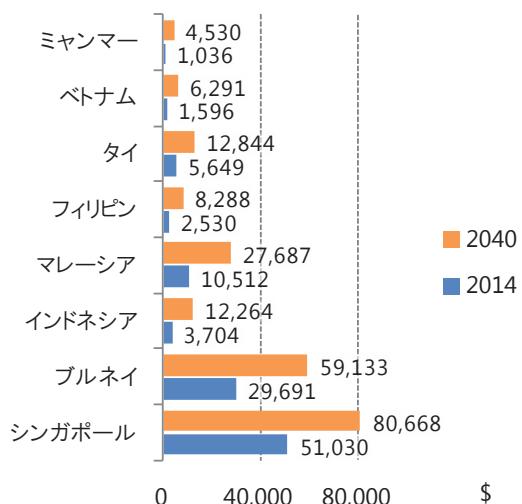


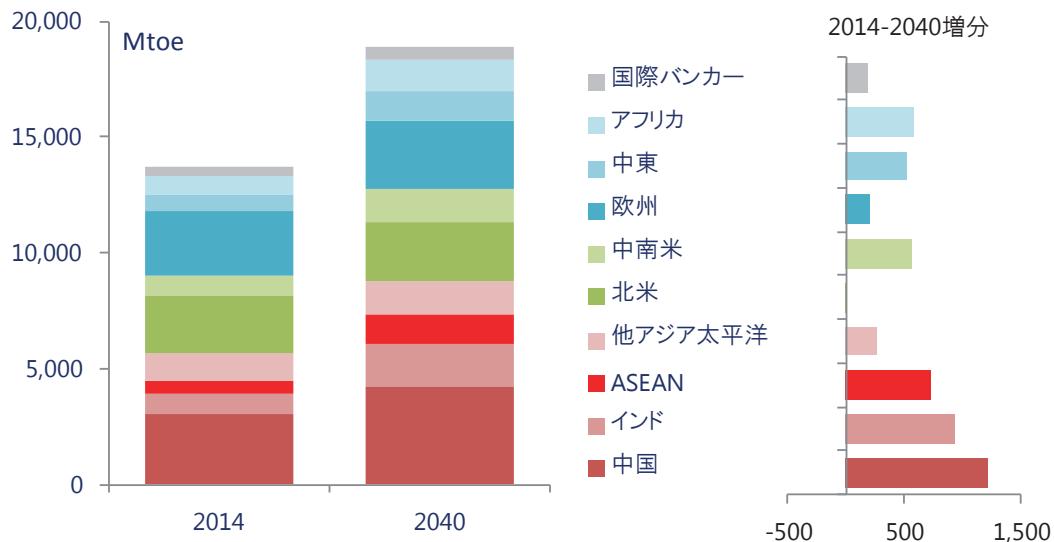
図87 1人あたりGDP (2010年価格)



5.3 エネルギー需要

ASEAN地域の一次エネルギー消費は、1990年から2014年の24年間で2.6倍に増加した。この先、域内の人団増加、経済成長を背景に、2014年の620 Mtoeから2040年の1,350 Mtoeまで2.2倍に増加する。その増分は世界全体の需要増加分の14%を占め、中国、インドに次いで3番目の増加量(現在の日本と韓国の合計消費量を上回る)である。エネルギー市場の中心がますますアジアに集中することになる(図88)。

図88 世界の一次エネルギー消費と増分[レファレンスケース]



見通し期間のGDP成長率が4.5%であるのに対し、一次エネルギー消費の増加率は3.0%である。最終エネルギー消費のGDP原単位は35%改善する。自動車・家電機器への効率基準の設定や燃料補助金の廃止などを含む省エネルギー政策の強化に加えて、産業構造の変化、都市化の進展なども、このエネルギー消費原単位の改善に寄与している。

1人あたりエネルギー消費量は2040年に1.8 toeへと倍増するものの、OECD平均の半分以下の水準であり、世界平均の2.1 toeよりも低い。ASEAN地域のエネルギー消費は、見通し期間以降も、ますます増加してゆくことが容易に想像できる。

ASEAN地域は比較的エネルギー資源に恵まれており、現在のエネルギー自給率は125%とエネルギーの純輸出地域となっている。しかし、域内で急増する需要増加に生産が追いつかず、自給率は2030年までに100%を割り込み、2040年には76%まで落ち込む。

地域別

域内人口の約4割を占めるインドネシアの一次エネルギー消費は、2040年までに2.5倍に増加、ASEAN全体の増加分の45%を占める(図89)。域内でも高い経済成長と人口増加を背景に、エネルギー消費シェアは現在の36%から41%まで上昇する。一方、域内で唯一、人口が減少するタイのエネルギー消費シェアは22%から17%へ低下するものの、域内第2位のシェアを維持する。域内人口の15%程度を占めるベトナムのエネルギー消費は2.6倍に増加し、その人口ボリュームを背景に、マレーシアを超える域内第3位のエネルギー市場に成長する。しかし、1人あたり消費量はマレーシアの半分以下にとどまる(図90)。

都市化率も低く、いまだ近代エネルギーを利用できない人々が多いフィリピン、ミャンマー、カンボジア、ラオスは、経済の工業化や生活水準の改善によりエネルギー消費量を大きく増加させるものの、依然として、1人あたりエネルギー消費量は域内平均を大きく下回る。一方、既に1人あたり消費水準が先進国以上のシンガポール、ブルネイは、産業構造の変化や省エネルギーの進展によりエネルギー消費量の増加は緩やかであり、1人あたりでは減少してゆく。

図89 ASEANの一次エネルギー消費と国別増分[レファレンスケース]

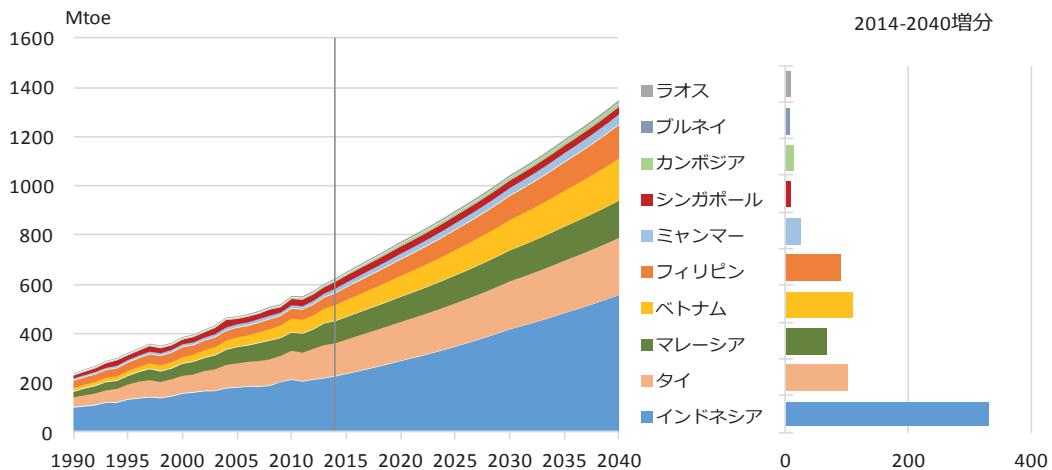
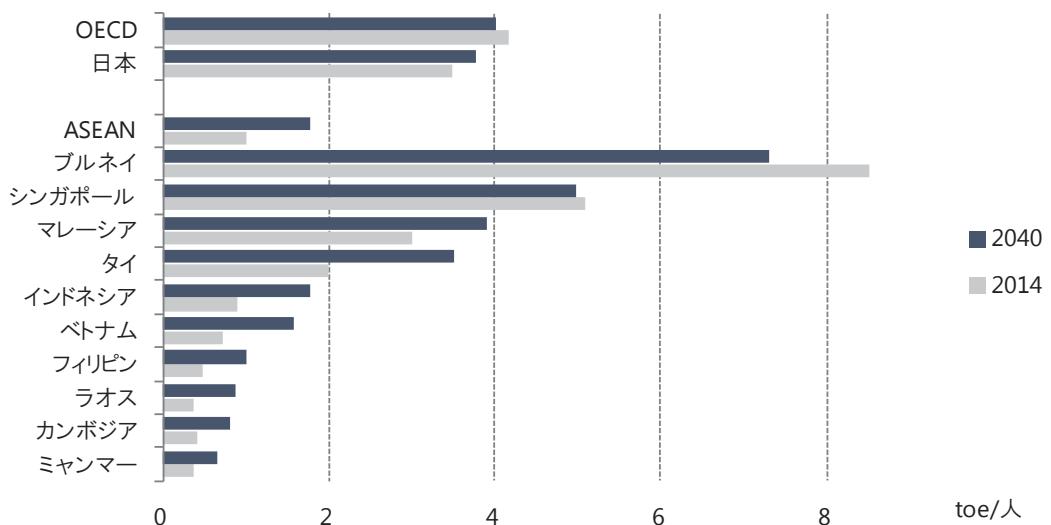


図90 1人あたりエネルギー消費量[レファレンスケース]



部門別

最終エネルギー消費は、域内の人団増加、生活水準の向上、経済の工業化などを背景に、2014年の440 Mtoeから2040年の890 Mtoeまで年率2.7%で増加する。産業部門は年率3.5%と他の部門よりも消費の増加が大きい。マレーシア、タイ、インドネシア、フィリピン、ベトナムなどでは、工業化の進展が目覚ましく、豊富で安価な労働力を期待して海外からの直接投資が急増している。国内インフラ拡充のための素材系産業も進展するが、機械系組立産業が大きく発展し、電力需要が大きく伸びる。次いで、年率2.7%で運輸部門の伸びが高い。道路部門が9割以上を占め、自動車需要が同部門のエネルギー消費動向を左右する。2014年の1,000人あたり自動車保有台数は88台で、2040年には189台まで増加する(世界平均237台は下回る)。保有台数は2.7倍に増加し、道路部門の石油需要は2.0 Mb/d

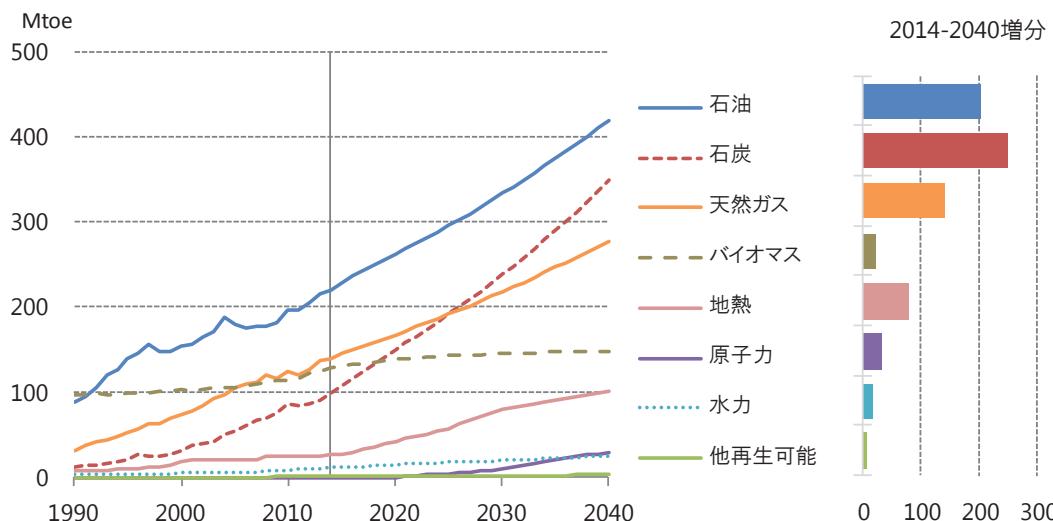
増加する。民生(家庭・業務)・農業部門は年率2.2%と伸びが低いが、これは主に伝統的バイオマス(薪や畜糞など)の利用からエネルギー効率の良いLPG調理コンロなどの利用が進むためである。都市化の進展(都市人口率は47%から60%へ)や電化地域の拡大(電化人口率は81%から98%へ)、生活水準の向上(1人あたりGDPは\$3,900から\$9,800へ)などを背景に、近代的エネルギー需要の伸び率は年率4.0%と産業、運輸部門以上の伸びとなる。一方、民生・農業部門の約6割を占めていた伝統的バイオマスの割合は34%まで低下するが、2040年時点でも近代的な調理器具を利用できない人々が多く残ることになる。

未電化率は現在19%で、約1億2,000万人が電力供給を受けていない。各国政府は電化政策を進めており、未電化人口ゼロの早期達成を目指している。こうした政策と経済成長が相まって、電力需要は2040年まで3.2倍に増加、2,450 TWhに達する。その増加量は、アフリカと中東を合わせた現在の発電量に匹敵する。最終エネルギー消費の電力比率は15%から24%に上昇する。こうした電力需要の増加に応えるために発電部門でのエネルギー需要も3.1倍に増加し(発電効率の改善や送配電ロスの低下によって、電力需要の伸びを下回る)、増加分の約3分の2は化石燃料で賄うことになる。また、同部門の燃料投入は一次エネルギー消費の増加分の約6割を占める。

エネルギー源別

こうしたエネルギー需要の増加の8割以上が化石燃料で賄われることになる(図91)。一次エネルギー消費ミックスの化石燃料への依存は2014年の74%から2040年77%へと増加する。最も増加量が大きいのが3.5倍に増加する石炭であり、全エネルギー需要増分の34%を占める。石炭需要の増加は主に発電燃料用で、電力需要の急増を賄うために域内に豊富にある安価な石炭が利用されることになる。ASEAN地域における石炭需要の増加は石炭換算356百万トン(Mtce)で、世界の石炭需要増加の約4割を占める。

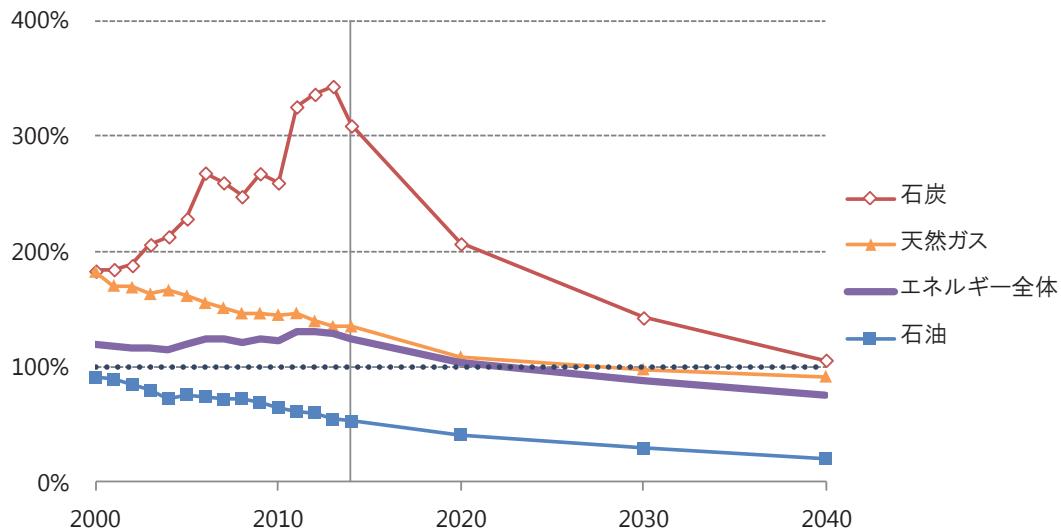
図91 ASEANの一次エネルギー消費とエネルギー源別増分[レファレンスケース]



石油需要は、2014年比で1.9倍増(4.1 Mb/d増)となり、増加分のうち自動車燃料用が半分を占める。また、民生用のLPGや石油化学原料用でも大きく伸びる。一次エネルギー消費

に占める構成比は35%から31%へ低下するものの、最も重要なエネルギーの地位を維持する。域内の生産量が減少する中で、石油需要の輸入依存度は47%から80%へ高まる(図92)。

図92 ASEANのエネルギー自給率[レファレンスケース]



天然ガスは、2040年までに2.0倍に増加し(170 Bcm増)、増加分の過半が発電燃料用、残りのほとんどが産業用(石油化学原料を含む)である。導管インフラの必要性から民生部門での増加は限定的である。資源の豊富なインドネシアとマレーシアにおける需要増加が域内全体の過半を占めるが、両国の輸出余力は縮小してゆく。ASEAN地域全体では、現在60 Bcmの天然ガスを域外に輸出をしているが、2030年までには純輸入ポジションに陥る。

ASEAN地域は、水力、地熱、バイオマスなど再生可能エネルギーの供給ポテンシャルが大きい。カンボジア、タイ、ベトナム、ラオス、ミャンマーを含む大メコン圏地域(The Greater Mekong Sub-region, GMS)は水力発電ポテンシャルが248 GWと膨大であり¹¹、多くの開発プロジェクトが進行している。水力発電量は2040年までに2.2倍に増加し、増加する再生可能エネルギー電源の約6割を占める。地熱は、インドネシア、フィリピンでポテンシャルが大きい。地熱発電の増加量は再生可能エネルギー電源の約2割を占めるが、一次エネルギーベースでは、一次換算効率の違いから(地熱は10%程度に対して、水力は100%の効率で換算)、水力の約5倍の増加となる。風力、太陽光発電の導入増加率は最も大きいが、2040年時点でもエネルギー・ミックスに占める割合は1%にも満たない。バイオマス燃料は、農村部を中心に薪や畜糞などが使われており、2014年のエネルギー需要の約2割を占める。こうした伝統的なバイオマス燃料利用は、都市化の進展や生活水準の増加などで減少してゆくが、一方で発電混焼用や自動車用液体バイオ燃料が普及してゆく。バイオマス燃料は2040年までに2割増加するが、エネルギー構成比では11%へと半減する。

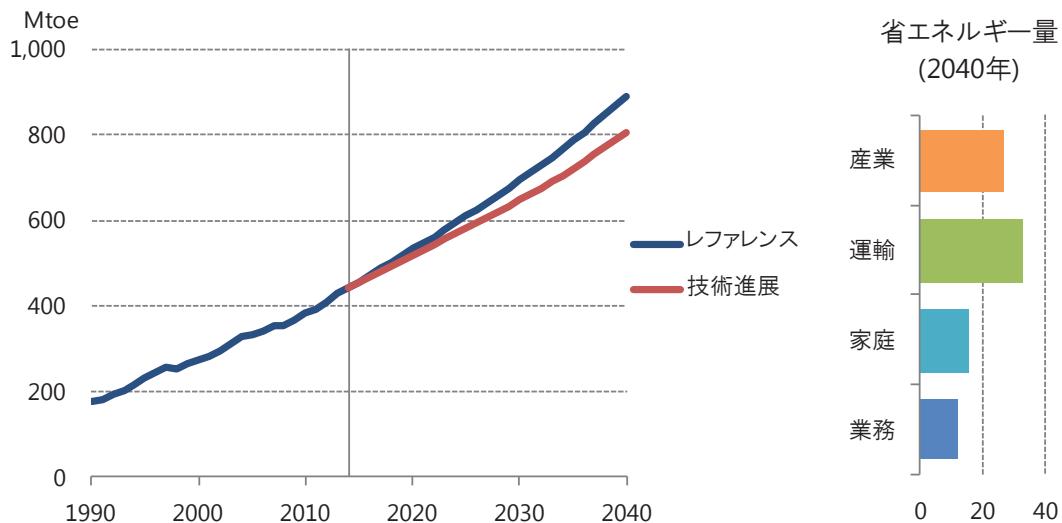
原子力は、現在ASEAN域内での運用実績はないが、2025年以降にタイ、ベトナム、インドネシア、マレーシアで合計16 GWが導入される。2040年の発電構成の4%、一次エネルギー構成の2%を占めるにとどまる。

¹¹ Asian Development Bank "Energy Sector in the Greater Mekong Subregion" (2008)

技術進展ケース

環境政策の強化などを前提とした技術進展ケースでは、ASEAN地域の最終エネルギー消費は、2040年までに年率2.3%で増加し、レファレンスケースと比べて10%低下する(図93)。省エネルギー量のうちの約4割が運輸部門で、残りの約3割ずつが産業部門、民生部門であり。省エネルギーの進展により、エネルギー原単位は2014年比で41%改善する(レファレンスケースは35%の改善)。一方で、原子力、風力、太陽光などの低炭素エネルギーは、現在の2.6倍に増加し(レファレンスケースは1.9倍)、一次エネルギー消費に占める割合は33%となる。こうした省エネルギーと低炭素エネルギーの導入により、2040年時点では石炭124 Mtce、石油1.1 Mb/d、天然ガス66 Bcmの消費を節約できる。化石燃料の域内への純輸入金額は、2040年までの累積で6,100億ドル(現在のインドネシアのGDPに匹敵)をレファレンスケースより節約でき、域内のエネルギー自給率は83%とレファレンスケースの76%より改善する(2014年は125%)。また、エネルギー起源CO₂排出量は、2040年に2,493 Mtと、レファレンスケースに比べて644 Mt(21%)の排出を回避できる。

図93 ASEANの最終エネルギー消費とレファレンスケース比増減[技術進展ケース]



5.4 エネルギー供給

石炭

ASEAN地域では2014年に556 Mtの石炭を生産し、このうちインドネシアが9割近くを占めている(表8)。その他の国では、ベトナム、タイ、フィリピン、マレーシア等が石炭を生産するが、生産量は少なく、これらの国では増加する一般炭需要を輸入で賄っている。インドネシアは一般炭の世界最大の輸出国で、2014年に生産量の84%を輸出した。主な輸出先はアジア地域で、インド、中国、日本、韓国、台湾向けに全体の8割を輸出し、ASEAN域内向けは1割強に過ぎない。

2040年にかけてもインドネシアを中心に石炭生産は拡大する。しかし、インドネシア政府は、石炭資源保護の観点から生産調整を行う方針を示しており、増大する一般炭需要

によりインドネシアの石炭輸出量は減少する。インドネシア以外の国でも自国の需要増に少しでも対応するために生産拡大が図られるが、その生産増加量は僅かであることからこれらの国の輸入依存度は高まることになる。なお、インドネシアの輸出量が減少することからASEAN域外からの輸入量が増加する。ラオスの生産量が増加するが、これは褐炭発電所(3ユニット)が2015年以降順次運転することによるもので、発電電力量の9割程度がタイへ輸出される計画である。

表8 ASEANの石炭生産[レファレンスケース]

	2014	2020	2030	2040	(Mt)	
					変化量	変化率
ASEAN	555.5	584.5	647.6	720.8	165.2	1.0%
インドネシア	484.7	490.5	544.5	608.6	123.9	0.9%
マレーシア	2.7	4.6	4.8	4.8	2.2	2.3%
タイ	18.0	18.5	18.5	18.5	0.4	0.1%
ミャンマー	0.7	0.8	1.0	1.4	0.7	2.7%
ベトナム	41.7	47.7	55.7	63.7	22.0	1.6%
フィリピン	7.6	8.9	9.5	10.2	2.6	1.1%
ラオス	0.1	13.5	13.5	13.5	13.4	19.5%

石油

ASEAN地域では2014年に2.4 Mb/dの原油を生産している(表9)。主要な生産国はインドネシア、マレーシア、タイ、ベトナムの4か国で、これらの国々でASEAN全体の生産量の9割を生産している。ブルネイ、フィリピン、ミャンマーでは少量の生産が行われているが、ラオス、カンボジア、シンガポールでは生産されていない。2040年にかけても上記4か国が原油生産の中心となるが、全体の生産量は既存油田の減退に伴い、2040年で1.8 Mb/dにまで減少する。一方、2040年の需要はレファレンスケースで8.7 Mb/d、技術進展ケースでも7.7 Mb/dに達するため、域外からの輸入依存度が大幅に高まることになる。

表9 ASEANの原油生産[レファレンスケース]

	2014	2020	2030	2040	(Mb/d)	
					変化量	変化率
ASEAN	2.4	2.2	2.1	1.8	-0.6	-1.1%
インドネシア	0.9	0.8	0.8	0.7	-0.2	-1.0%
マレーシア	0.7	0.6	0.6	0.5	-0.1	-0.8%
タイ	0.5	0.4	0.4	0.3	-0.1	-1.0%
ベトナム	0.3	0.3	0.3	0.3	0.0	-0.6%

天然ガス

ASEANの2015年時点での天然ガス生産量は217 Bcmであるが、これは今後も徐々に増加を続け、2040年には310 Bcmに達する。地質面での制約からタイの生産量は低下するが、インドネシアやマレーシアなどで生産量の積み上げが期待できるため、ASEAN全体としては今後も増産トレンドが続く。インドネシアにおいては、今後は従来の在来型天然ガ

スだけではなく、コールベッドメタン(CBM)などの非在来型天然ガスの開発が軌道に乗るかが、今後の生産動向を占う上では、大きなカギを握ることになる。

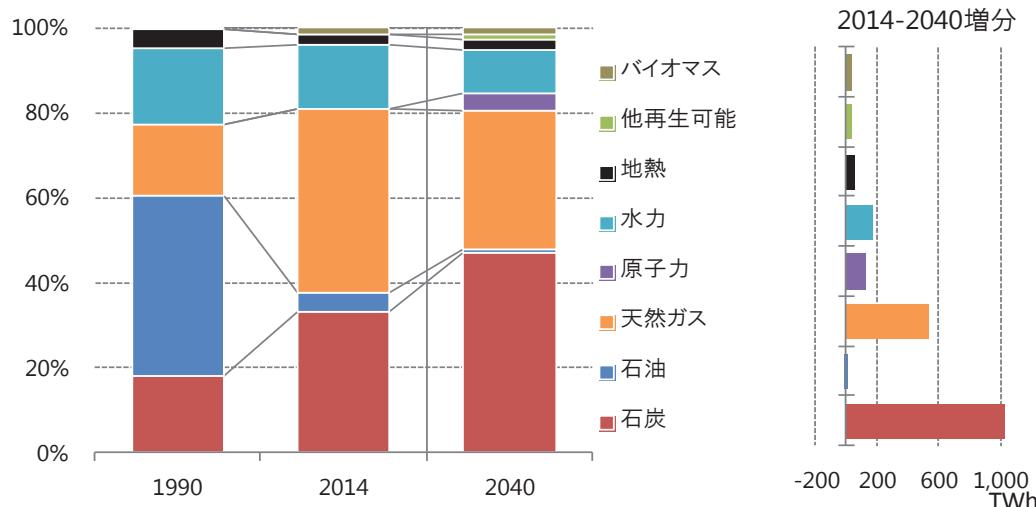
表10 ASEANの天然ガス生産[レファレンスケース]

	2015	2020	2030	2040	(Bcm)	
					2015-2040 変化量	2015-2040 変化率
ASEAN	217	221	260	310	93	1.4%
インドネシア	73	83	111	154	81	3.0%
マレーシア	63	65	71	75	12	0.7%
タイ	40	29	31	31	-9	-1.0%
ミャンマー	18	20	24	28	11	1.9%
ブルネイ	12	12	11	10	-2	-0.7%
ベトナム	9	9	9	9	0	0.0%
フィリピン	3	3	3	3	0	0.6%

電力

高い経済成長を背景に急増してきている電力需要は、約8割が火力発電によって賄われている(図94)。電力需要は2040年までにさらに3倍以上に増加するが、その増加分の約8割も火力発電で賄う。豊富な資源を背景に石炭火力が最も増加し、発電構成は現在の3割強から5割弱まで上昇し、筆頭電源になる。現在、4割強の電力需要を賄っている天然ガス火力も大きく伸びるが、発電構成は約3割まで低下する。水力発電は、ポテンシャルの大きい大メコン圏地域を中心に2倍以上に増加するが、供給エリアと需要エリアのギャップを埋めるための国際グリッド開発の遅れなどから、域内の電源シェアは10%と現在よりやや低下する。水力以外の再生可能エネルギー電源(地熱、風力、太陽光、バイオマスなど)は4倍以上に増加するが、電源構成の5%を占めるに過ぎない。その導入ポテンシャルは大きいものの、ファイナンスなど課題が多い。原子力は、2025年以降に合計16GWが導入され、2040年の発電構成の4%を占める。

図94 ASEANの発電構成と発電量増減[レファレンスケース]



バイオ燃料

バイオ燃料利用はインドネシア、マレーシア、フィリピン、タイに集中している。これらの国では、関連産業の発展や石油輸入依存度の低減を目的に、補助金制度、混合義務、導入目標の設定など政府が利用を促進している。これらの政策は今後も継続し、この4か国を中心には、2040年のバイオ燃料利用量は8 Mtoe、2014年水準の2.4倍に伸びる。なお、第一世代バイオ燃料が中心であるため、今後はその生産拡大が、土地利用、熱帯雨林、食料供給などに与える影響を見極めつつ、利用拡大を推進してゆくことが課題となる。

5.5 温室効果ガス削減目標の評価

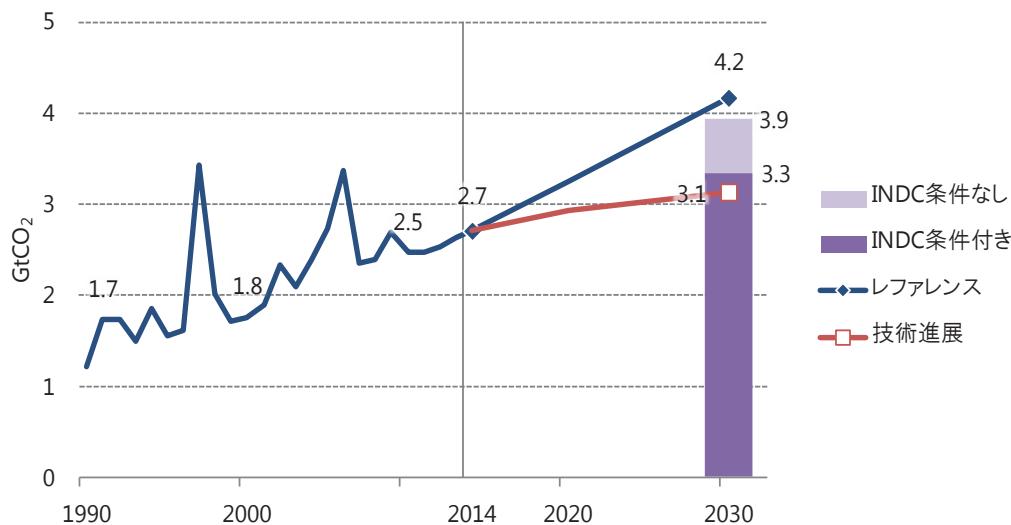
以下、ASEAN各国の「自主的に決定する約束草案(INDC)」の目標水準はどの程度厳しいものか検討する。ASEAN各国のINDCをまとめると、表11のとおりとなる。

表11 ASEAN各国のINDC

国名	基準年	目標	備考
インドネシア	BAU	BAU比GHG排出量を2030年までに 29%削減(条件なし) 41%削減(条件つき)	対象ガスは、 CO ₂ 、CH ₄ 、 N ₂ Oのみ
ベトナム	BAU	BAU比GHG排出量を2030年までに 8%削減(条件なし) 25%削減(条件つき)	対象セクター から工業プロ セスを除く
タイ	BAU	BAU比GHG排出量を2030年までに 20%削減(条件なし) 25%削減(条件つき)	対象セクター から森林等を 当面除く
マレーシア	2005	対GDP GHG排出原単位を2030年までに 35%削減(条件なし) 45%削減(条件つき)	対象ガスは CO ₂ 、CH ₄ 、 N ₂ Oのみ
フィリピン	BAU	BAU比GHG排出量を2030年までに70%削減(条件つき)	
シンガポール	2005	対GDP GHG排出原単位を2030年までに36%削減(条件なし)	
ミャンマー		2030年までに水力発電を9.4 GW増加、農村電化で30%の再 生可能エネルギーを使用、製造業の予測電力消費量の20% を節約、26万の高効率調理コンロを配布等	
カンボジア	BAU	エネルギー産業、製造業、運輸およびその他セクターにつ いて、緩和(削減)行動を実施し、2030年までにBAUの1,160万t に対して310万tを削減等	
ラオス		再生可能エネルギーを2025年までにエネルギー消費量の 30%まで増加、農村電化を2020年までに90%の世帯に実施、 近隣国へ電力を供給するため大規模水力発電所を2020年ま でに5.5 GWまで増加、2030年までに20G MWを追加等	
ブルネイ		エネルギー総消費量を2035年までにBAU比63%削減、再生 可能エネルギーの総発電量占める割合を2035年までに10% まで増加、対GDPエネルギー原単位を2005年比45%削減等	

経済大の目標をもつ7か国(インドネシア、ベトナム、タイ、マレーシア、フィリピン、シンガポール、カンボジア)のINDCの水準と、レファレンスケースおよび技術進展ケースの温室効果ガス(GHG)排出量¹²とを比較した(図95)。ASEAN 7か国で、ASEAN全体のGHG排出量¹³の97%をカバーしている。

図95 ASEAN 7か国のGHG排出



ASEAN 7か国のINDCの水準は、先進国からの資金提供などの条件なしの場合はレファレンスケースに近く、条件付きの場合は技術進展ケースに近い。各国には技術進展ケース程度の努力が望まれ、そのためには途上国への技術移転の推進が重要となる。

¹² エネルギー起源CO₂以外のGHGの推計方法は以下のとおりである。

実績値: Emissions Database for Global Atmospheric Research (EDGAR)を使用した。ただし、各国が国連気候変動枠組条約に提出した国別報告書もしくは隔年更新報告書のインベントリに記載された直近の値に合わせて補正した。

将来推計値: レファレンスケースではCO₂、CH₄およびN₂Oについて排出源(エネルギー、産業プロセス、漏出、農業、森林等、廃棄物など)ごとに、またHFC、PFCおよびSF₆についてはそれぞれの排出量合計の実績値のみをもとに、GDPや人口、素材生産量、エネルギー生産量等を用いて簡易な回帰分析を行って推計した。また技術進展ケースでは、CO₂以外の温室効果ガスについては米国Environmental Protection Agency (EPA)による排出源別の2030年削減率を参考に排出削減ポテンシャルを設定した。森林等起源のCO₂排出量については、既存の評価例等を参考に、2040年までに0に削減できると設定した。

¹³ パリ協定の採択の時点で、各国から国連気候変動枠組条約に通知されていた最も新しいGHG排出量に基づく。

6. ASEAN各国のエネルギー需給

6.1 インドネシア

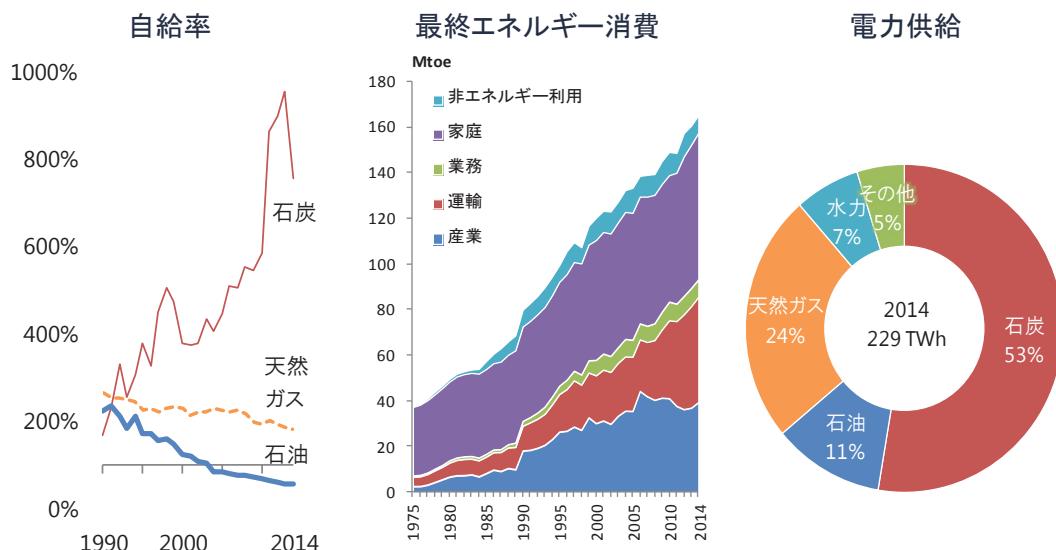
現況

インドネシアの一次エネルギー消費は、1970年代以降、一貫して増え続けており、過去10年間の年平均伸び率は2.6%であった。同国は人口と経済規模の両面で東南アジア諸国連合(ASEAN)最大の約4割を占め、エネルギー消費の面でも他を圧倒する。最終エネルギー消費の部門別では、家庭用が2014年時点では39%と最も大きな割合を占める。一方伸び率では、近年は運輸部門が大きく、過去5年間の平均伸び率は年7.8%と高率であった。エネルギー源別には、石油が最終消費の40%、薪や畜糞など伝統的バイオマスが35%と多く利用されている(2014年)。伝統的バイオマスは、今後エネルギー供給システムがより整備され、また個人の所得が向上するに従って、次第に石油や電力などへと切り替わってゆく。

発電では石炭の利用が圧倒的に多い。これは、自国で豊富に石炭を産出しあつ安価なためであり、大型の石炭火力を建設する計画が多くある。インドネシアは豪州に次ぐ世界第2位の石炭輸出国でもある。次いで利用が多いのは天然ガスであるが、近年は生産量が減少傾向にあることに加え、発電用の他に肥料製造や産業用などの需要も増えていることで、需給バランスが急速に悪化している。そのためインドネシア政府は、国内資源の開発を急ぐと同時に、輸出の抑制や、開発した資源の一定割合を国内向けに供給することを義務づけること、LNG輸入基地の整備を進めることをしている。

インドネシアは数千の島嶼からなり、それら地域へのエネルギー供給をいかに効率化、クリーン化してゆくかが課題となっている。多くの場合、島嶼地域はエネルギー需要が小さく、従って設備の大型化や大量処理・輸送による高効率化が難しい。例えば発電では、多くの場合に小型かつ燃料の輸送と保管が簡便なディーゼル発電が用いられている。

図96 インドネシアのエネルギー概況



出所: IEA「Energy Balance 2016」

見通し

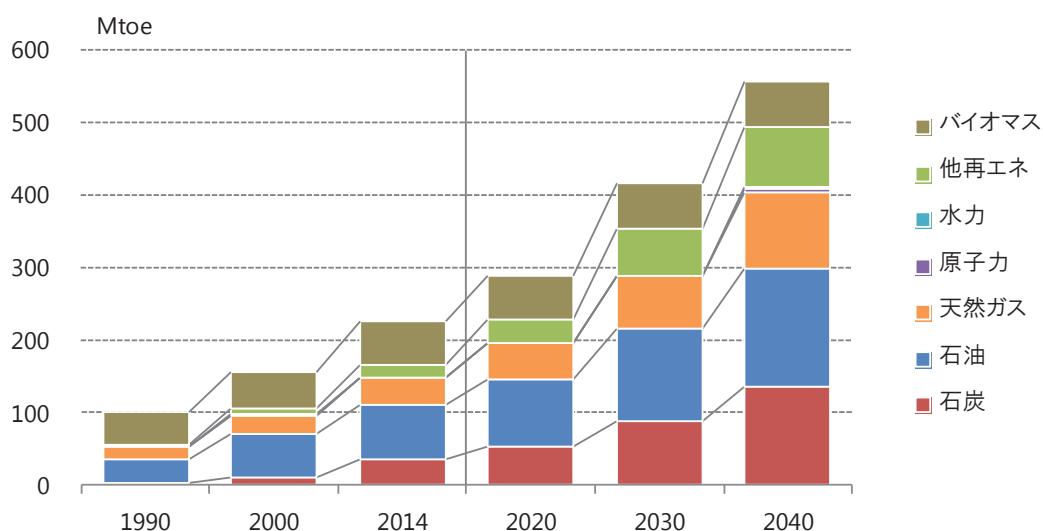
インドネシアのGDPは、ASEAN平均を上回る年率5.0%で成長する。高い経済成長を背景に、一次エネルギー消費量は2.5倍の556 Mtoeまで増加する一方で、GDP原単位は年率1.4%で改善してゆく。1人あたり消費量では1.8 toeと倍増し、ASEAN平均とほぼ一致する。

一次エネルギー消費の約3分の1を占める石油は、主に自動車燃料用の増加(自動車保有率は8%から22%まで上昇)により、2.2倍に増加する。石炭は豊富な国内資源を活用して約4倍に増加(需要増加分の約8割が発電用である)、エネルギー믹스の構成比は16%から25%まで上昇する。同じく国内資源に恵まれている天然ガスは、主に産業用、発電用で使われ、約3倍に増加する。民生部門エネルギー消費の約7割を占める伝統的バイオマスは、しばらくは農村人口とともに増加するが2030年ごろには減少に転じる。バイオマスを除く再生可能エネルギー(ほとんどが地熱)は4.6倍に増加し、エネルギー構成の15%を占める。

工業化の進展や生活水準の向上などに伴い電力需要は約4倍に増加、この増加分の約3分の2は国内の石炭資源を活用して対応してゆく。2040年の発電構成における石炭火力のシェアは6割を超える。3割弱は天然ガス火力で、地熱を含む再生可能エネルギーのシェアは8%である。原子力発電は2030年以降に2基運転開始する。

域内で唯一のOPEC加盟国であるが、石油の国内生産量は既存油田の減衰および新規開発の遅れなどから、850 kb/dから660 kb/dに減少し、石油の純輸入量は4倍に増加する。天然ガス生産は150 Bcmに倍増するが、そのうち8割以上は急増する国内需要向けとなる。豊富な資源を有する石炭生産量は570 Mtceまで増加するが、純輸出量は25%減少する。こうした国内生産と国内需要の動向からエネルギー自給率は現在の203%から113%まで大きく低下する。

図97 インドネシアの一次エネルギー消費[レファレンスケース]



6.2 タイ

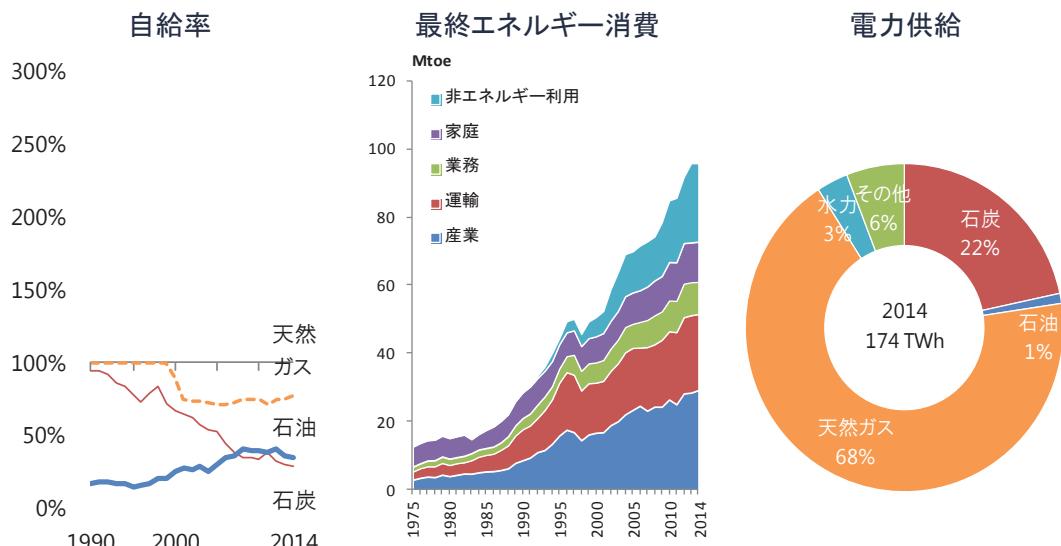
現況

タイの一次エネルギー供給は、1997年に発生したアジア通貨危機の影響による一時的な減少を除いて堅調に増え続け、過去10年間の平均伸び率は年3.5%であった。最終エネルギー消費の部門別では、産業用が2014年時点では31%と最も大きな割合を占める。近年は輸送部門の伸び率が最も早く、2014年時点では最終消費の23%を占めるまでになっている。エネルギー源別には石油が最も多く利用されており、2014年の最終消費の54%を占めている。

タイのエネルギー供給構造の特徴は、発電部門の天然ガス依存の高さにある。2014年時点で、電力供給のおよそ7割が天然ガス火力である。タイは天然ガスを生産するものの、その量は国内需要を満たすのに十分でなく、資源量も減退する傾向にある。そのため、1998年の天然ガス輸入開始以降その量は増え続け、エネルギー安全保障上の懸念となっている。こうした状況からタイ政府は、LNG受入設備を建設することで将来の輸入増に対応する一方、発電における天然ガス利用の抑制と石炭利用の拡大を目指している。しかし、過去にタイ中部の褐炭火力が原因となって発生した公害問題(現在は対策がされている)の影響から石炭火力に対する国民の強い反発があり、石炭火力の新設が難しくなっている。また、長期的な選択肢として原子力を例示しているものの、計画の具体的な進展は見られない。結果として、政策の意図にもかかわらず、天然ガスへの高い依存が続いている。

こうした状況を踏まえて近年見られる動きとして、ラオスやミャンマーといった隣国で発電所を建設し、その電力を輸入することがある。ラオスでは水力発電が、ミャンマーでは石炭火力発電がターゲットとなっている。ただし、行き過ぎた輸入依存は逆に安全保障上の懸念を招くとの考え方から、全電力供給に占める輸入の比率には上限を設けている。このように、電力を中心としたエネルギー供給の多様化が大きな課題となっている。

図98 タイのエネルギー概況



出所: IEA「Energy Balance 2016」

見通し

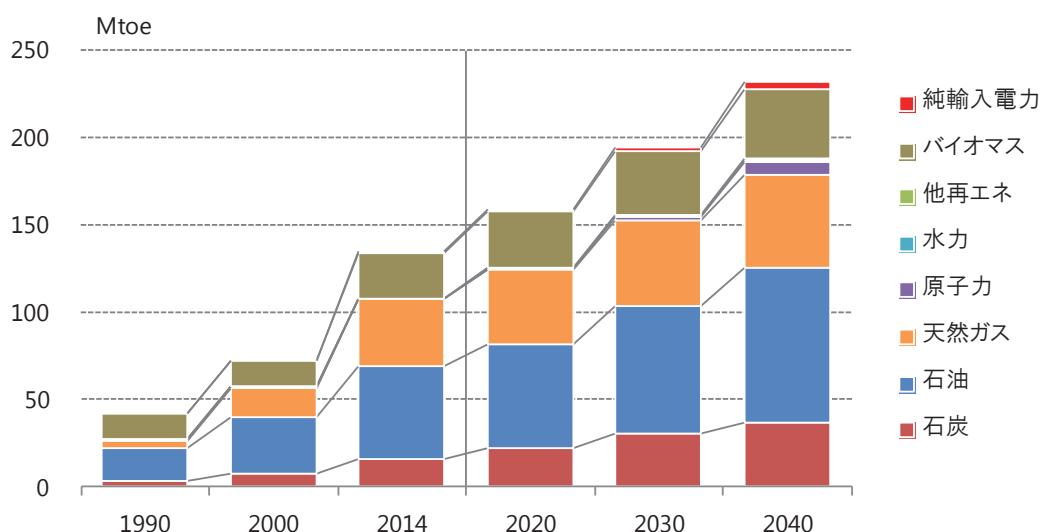
域内で唯一、人口が減少するタイは、2040年までの平均経済成長率も年率3.3%とASEAN平均を下回る。製造業の成長、生活水準の向上などを背景に、一次エネルギー消費量は1.7倍の232 Mtoeまで増加する一方で、GDP原単位は年率1.1%で改善してゆく。1人あたり消費量では3.5 toeと、ASEAN平均の2倍の水準を維持する。

一次エネルギー消費の約4割を占める石油は1.7倍に増加するが、多くのASEAN加盟国が自動車燃料用で石油需要が急増するのに対して、タイでは増加分の約7割が産業用(石油化学産業を含む)である。石炭需要は、発電用や鉄鋼業、窯業などの産業用で約2倍に増加、エネルギー・ミックスの構成比は12%から16%まで上昇する。天然ガスは、主に産業用、発電用で使われ、約1.4倍に増加する。農村で利用される伝統的バイオマスは都市化とともに減少するが、発電用、自動車用燃料用が増加し、全体で1.6倍に増加する。バイオマスを除く再生可能エネルギーは3.3倍に増加するが、エネルギー構成の1%に満たない。

電力需要は約2倍に増加、この増加分の3分の1以上を石炭火力で賄う。公害問題を背景に地域住民の反対はあるものの、安価な石炭の利用が進む。一方、現在の発電構成の約7割を占める天然ガス火力は5割を下回り、電源の多様化が進む。原子力発電は、2025年以降に3基導入される。一方、ミャンマー、ラオスなどからの電力輸入は増加し、輸入依存度は現在の6%から11%まで高まる。

石油の国内生産量は450 kb/dから350 kb/dに減少し、石油の純輸入量は倍増する。天然ガス生産も緩やかに減少し、純輸入量は3倍以上になる。化石燃料の国内生産と国内需要の動向および電力輸入増によって、エネルギー自給率は現在の58%から42%まで低下する。

図99 タイの一次エネルギー消費[レファレンスケース]



6.3 マレーシア

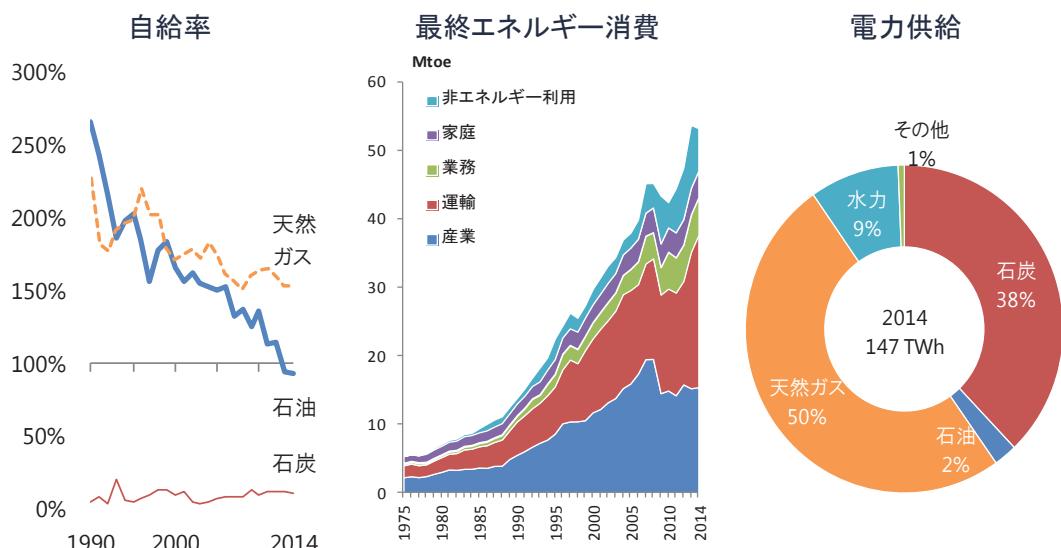
現況

マレーシアの一次エネルギー供給は、2009年に一時的に減少した以外は、堅調に増え続けてきた。過去10年間の平均伸び率は年3.5%であった。最終エネルギー消費の部門別では、過去10年間の平均伸び率(5.6%)、2014年時点のシェア(42%)とも運輸部門が最大である。業務用および家庭用のエネルギー需要も増えてきた中で、産業部門だけが2009年の大幅な減少以降に需要が回復していない。エネルギー源別には石油が最も多く利用されており、2014年の最終消費の55%を占めている。

マレーシアは、石油および天然ガスの輸出国であるが、過去20年以上、自給率の低下傾向が続いている。特に石油でその傾向が顕著で、2013年にはついに石油の純輸入国となつた。天然ガスでは、消費地と資源が賦存する場所とのミスマッチが問題となっている。需要地は首都のクアラルンプールがあるマレー半島に集中する一方、資源の大部分は海を挟んだボルネオ島に賦存している。そのため、マレー半島部への天然ガス供給を確保する目的から半島西部にLNG受入基地を完成させたほか、新たな受入基地建設計画も進んでいる。また、天然ガス消費量を抑制するための取り組みも強化している。

電力供給では、半分は天然ガス火力である。過去には、天然ガスは最大で74% (2000年)を占めるまでになっていたが、その後石炭火力の建設が進んだことで天然ガス火力に依存する比率が次第に低下してきた。これは前述のとおり、自国の天然ガス資源量に限界が見えてきたことや、マレー半島部の天然ガス供給に懸念を生じるようになったためである。

図100 マレーシアのエネルギー概況



出所: IEA「Energy Balance 2016」

見通し

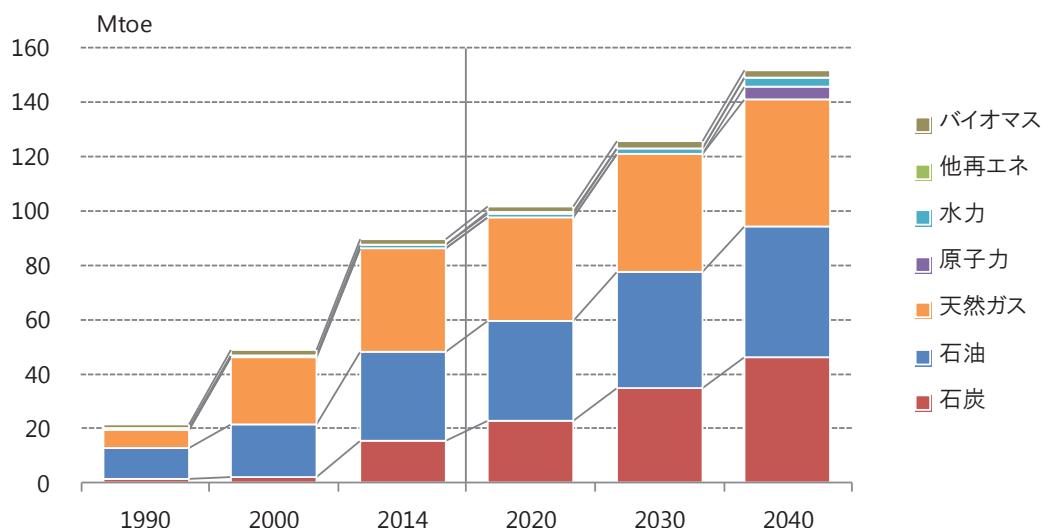
1人あたり所得が\$10,000を超える、域内では比較的裕福なマレーシアは、2040年までの人口は年平均1.0%で増加し、GDPは年率4.1%で成長する。一次エネルギー消費量は1.7倍の152 Mtoeとなるが、年率で2.0%増と経済成長率を大きく下回り、GDP原単位は約4割改善する。

伝統的バイオマスの利用も少なく、大需要地であるマレー半島では水力資源に相対的に恵まれていないため、現在、一次エネルギー消費の97%が化石燃料で賄われている。天然ガスは、主に石油化学を含む産業用で使われ、2040年までに約2割増加するが、エネルギー構成比は43%から31%まで低下する。石油は主に自動車燃料用途で約5割増加するが、天然ガス同様に構成比は低下する。一方、石炭は約3倍も増加し(増加の9割以上が発電用)、構成比は31%まで上昇し、石油、天然ガスに匹敵するようになる。原子力、水力などの非化石燃料も大きく増加するものの、一次エネルギーの9割以上を化石燃料に依存し続ける。

工業化の進展や生活水準の向上などに伴い電力需要は2.5倍に増加、この増加分の約3分の2は安価な石炭火力で対応してゆく。2040年の発電構成における石炭火力のシェアは5割を超える。一方、現在5割を占めている天然ガス火力は3割を下回る。水力発電は9%程度を維持、その他の再生可能エネルギー電源は7倍に増加するが、シェアは2%にとどまる。原子力発電は2030年以降に2基が運転開始する。

石油の国内生産量は310 kb/dから250 kb/dに減少し、かつての石油輸出国の輸入依存はおよそ半分にまで達する。天然ガス生産は現在より5%増加し75 Bcmとなるが、そのうち75%は急増する国内需要向けとなる。こうした国内生産と国内需要の動向からエネルギー自給率は現在の106%から67%へと100%を大きく割り込むことになる。

図101 マレーシアの一次エネルギー消費[レファレンスケース]



6.4 ベトナム

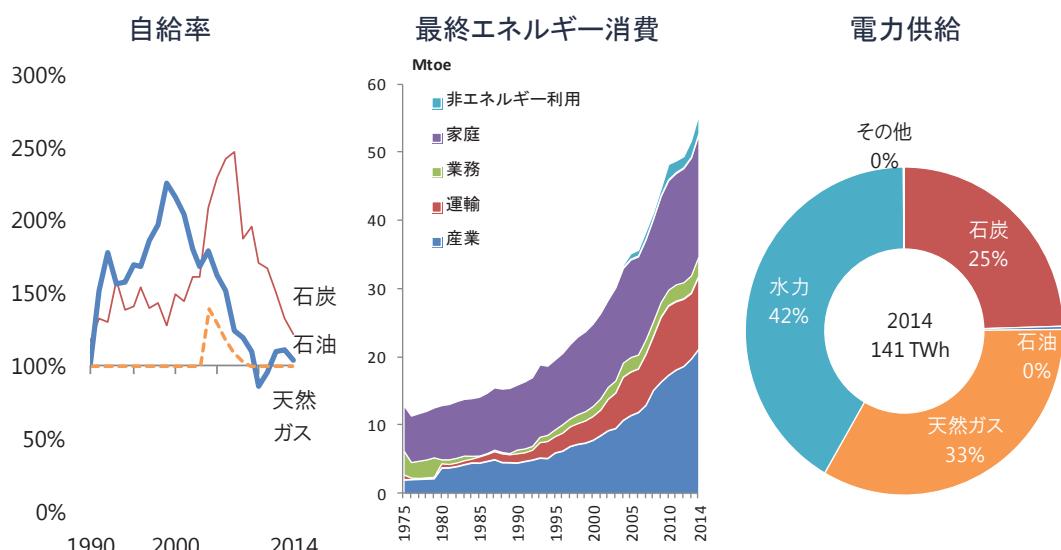
現況

ベトナムの一次エネルギー供給は、1970年代以降一貫して増え続けており、2000年代以降はその速度が増している。過去10年間の平均伸び率は年5.5%であった。最終エネルギー消費の部門別では、過去10年間の平均伸び率(17.1%)、2014年時点のシェア(38%)とも産業用が最大である。運輸部門は、現時点では最終消費に占める比率は19% (2014年)と他に比較してそれほど大きくなかったが、過去10年間は年平均5.8%と高い率で拡大を続けている。エネルギー源別には際立って多く利用されているものではなく、石炭、石油、電力、伝統的バイオマスが概ね4分の1ずつを占めている。石油供給では、従来ベトナムは石油製品の大部分を輸入に依存していたが、2009年に初の製油所が稼働したことによって国産原油を自ら精製することが可能となった。現在は第2製油所の建設が進んでいる。

電力供給という点では水力が最も多く利用されており、これに加えてハノイを中心とした北部では石炭火力が、ホーチミンを中心とした南部では天然ガス火力が多く利用されている。地域によって利用するエネルギーに偏りがあるのは、北部に石炭が、南部に天然ガスが多く賦存しているためである。電力需要の伸びは非常に速く、国内で生産する石炭や天然ガスだけでは将来の供給が危ぶまれる事態となっている。そのため、石炭については国内資源開発の強化や輸出量の削減を行うとともに、輸入を開始している。天然ガスでは、将来の供給不足に備えてLNG受入基地の建設計画を進めている。

こうした対策に加え、ベトナムはASEAN地域では初めて原子力発電の利用を開始しようとしている。初号機はロシアの技術を採用しており、計画はやや遅延する傾向にあるが、2030年前後に運転を開始する見込みとなっている。

図102 ベトナムのエネルギー概況



見通し

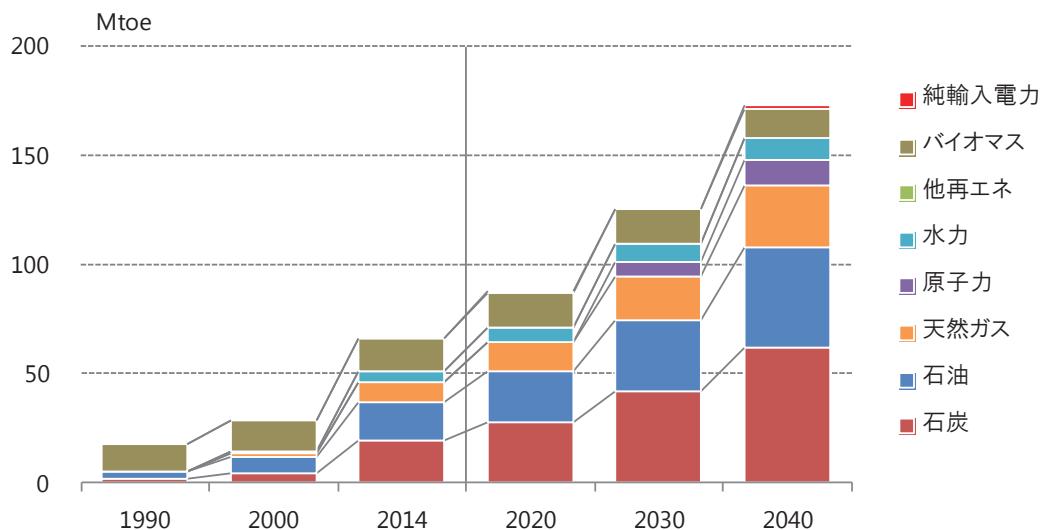
1人あたり所得が約\$1,600とASEAN平均の半分以下といまだ貧しいベトナムは、年平均5.7%という高い経済成長を見込んでいる。この高成長に加え、域内の15%を占める人口ボリュームを背景に、一次エネルギー消費量は2.6倍の173 Mtoeまで増加し、マレーシアを抜き、ASEAN第3位のエネルギー市場に成長する。1人あたり消費量は1.6 toeへ倍増する一方で、GDP原単位は年率1.8%で改善してゆく。

一次エネルギー消費の約3割を占める石炭は、急増する電力需要を背景に、主に発電用で3.2倍に増加、エネルギーミックスの構成比は36%まで上昇してゆく。天然ガスも主に発電用(ガス需要増加の85%)で使われ3.1倍に増加、石油は主に道路部門(同部門の7割が二輪車燃料用と推計される)で2.6倍に増加する。化石燃料の依存度は69%から79%へ上昇する。一方、エネルギー構成の2割を超える民生部門では約6割を占める伝統的バイオマスは、都市化の進展とともに減少していき、構成比は8%まで低下する。

工業化の進展や生活水準の向上などに伴い電力需要は3.6倍に増加、この増加分の4割強は石炭火力、3割弱を天然ガス火力で対応してゆく。計画から着工が遅れている原子力発電は、2020年代以降に合計6.4 GWの運用を開始し、2040年には電源構成の9%を占める。現在4割以上を占める筆頭電源の水力発電は倍増するが、構成比は23%まで低下する。

石油の国内生産量は、290 kb/dから250 kb/dに緩やかに減少する一方で、国内需要が急増し、石油自給率は30%を割り込む。豊富な資源を有する石炭生産量は1.5倍まで増加するが、急増する国内需要を賄えず、石炭輸入が大幅に増加する。こうした国内生産と国内需要の動向からエネルギー自給率は現在の107%から53%まで低下する。

図103 ベトナムの一次エネルギー消費[レファレンスケース]



6.5 フィリピン

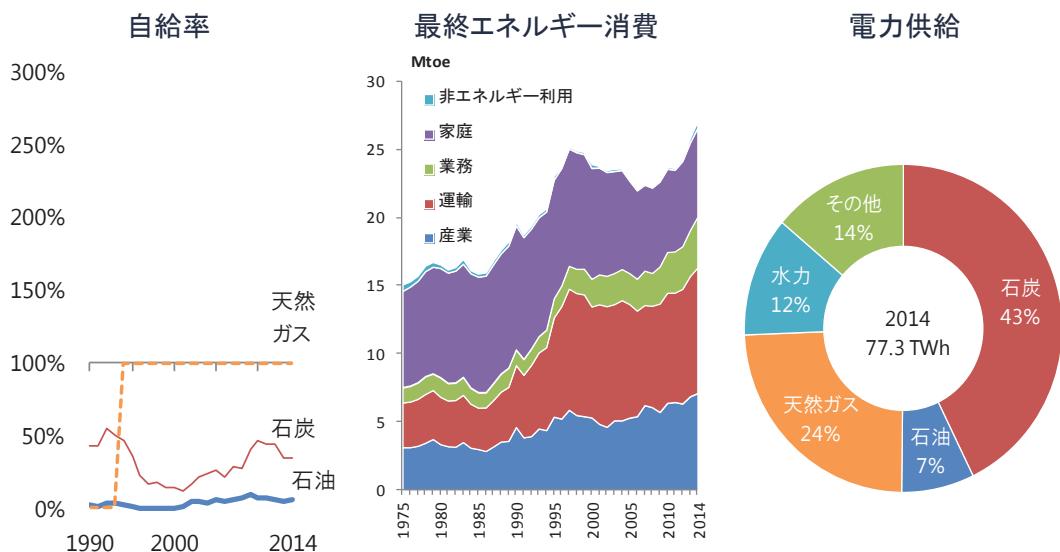
現況

フィリピンの一次エネルギー供給は、1990年代の後半にかけて急速に増えたが、1997年のアジア通貨危機以降に減少に転じた。近年はASEAN地域の中でも好調な経済を反映して増加に転じている。過去10年間の平均伸び率は年2.3%と他のASEAN諸国と比較して低めであるが、過去5年間に限ってみると年率4.5%と伸びが大きくなっている。最終エネルギー消費の部門別では、比率では運輸部門が34%と最大を占め、過去10年間の平均伸び率では産業部門が3.3%と最も高かった。エネルギー源別には2014年時点で石油が最終消費の48%と最大である。フィリピンもインドネシアと同様に多くの島嶼で構成され、そうした場所では石油が最も簡単かつ、場合によっては唯一利用可能なエネルギーであることが要因の一つと考えられる。

発電では石炭が最も多く利用され、次いで天然ガスとなっている。石炭が多いのは安価なためで、電力市場が自由化されているフィリピンでは、経済性を重視したエネルギー選択が行われやすいことも影響している。天然ガスは電力供給の約4分の1を占めているが、天然ガス供給の全量を依存している国内ガス田の資源量が制約となっている。フィリピン政府は電力供給の低炭素化を目指しており、この意味から天然ガスの利用拡大も有望な選択肢であるが、輸入インフラの構築なしには実現しない。天然ガスの自給率が100%となっているのは、国内ガス田が供給可能な量だけを消費しているためである。

フィリピンは他のASEAN諸国から地理的に分断されており、ガスパイプラインや送電線の連結によって供給力を高め、安定化させることが難しい。さらには離島が多く、既存のシステムではエネルギー供給を効率化することも困難である。そのため、水力やバイオマスなど再生可能エネルギーの利用を拡大することや、分散型のエネルギー供給システムに注目している。

図104 フィリピンのエネルギー概況



見通し

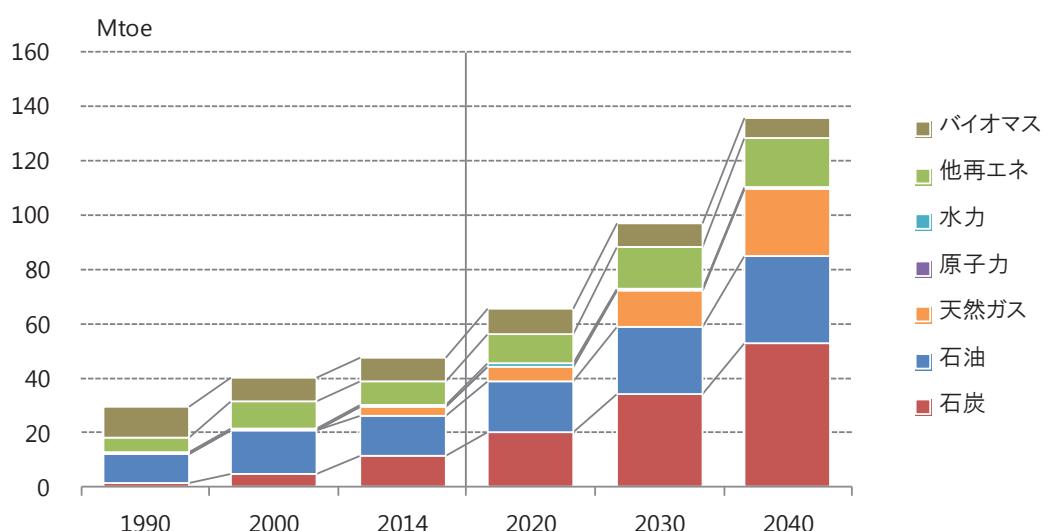
1億人の人口を抱えるフィリピンは、2040年までさらに年平均1.3%で人口が増加し(ASEANではラオスに次いで2番目の増加率)、域内人口の18%を占める。GDP成長率は年率5.0%で、一次エネルギー消費量は2.9倍の136 Mtoeまで増加する。1人あたり消費量は1.0 toeと倍増するが、2040年でも域内平均の6割程度の水準にとどまる。

一次エネルギー消費の約3割を占める石油は、主に自動車燃料用の増加(自動車保有率は10%と域内平均の半分)により、2.2倍に増加する。石炭および天然ガスは、急増する電力需要に対応するためにそれぞれ約5倍、約8倍の増加、エネルギー・ミックスの構成比は合わせて31%から57%まで倍増する。石油を含めた化石燃料依存度は81%へ拡大する。一方、エネルギー構成の2割弱、民生部門では4割強を占める伝統的バイオマスは、都市化の進展とともに減少して構成比は6%まで低下、その他再生可能エネルギー(ほとんどが地熱)は約2倍に増加するが、ミックス構成比は低下する

都市化や生活水準の向上、工業化の進展やなどに伴い電力需要は5倍以上に増加、この増加分の6割弱を石炭火力、4割強を天然ガス火力で賄ってゆく。現在、13%の電源を担っている地熱発電は倍増するが、急増する電力需要に追いつかず、シェアは5%まで低下する。太陽光、風力発電は20倍以上増加するが、電源構成の1%程度を占めるに過ぎない。

フィリピンは化石資源に乏しく、石油の僅かな国内生産量は減少し、天然ガス、石炭についても概ね現状の生産量を維持するにとどまる。国内需要の増加分は輸入に依存することになり、エネルギー自給率は現在の54%から25%まで低下する。

図105 フィリピンの一次エネルギー消費[レファレンスケース]



6.6 ミャンマー

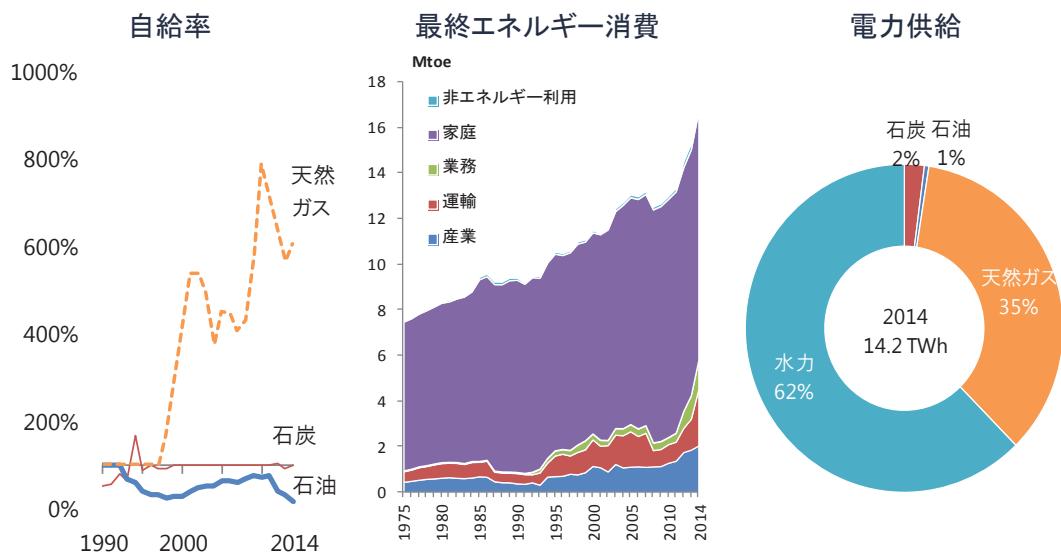
現況

ミャンマーの一次エネルギー供給は、1970年代以降一貫して増え続けている。過去10年間の平均伸び率は年2.9%と他のASEAN諸国と比較して標準的なものであるが、過去5年間に限ると年平均6.2%と大きく増えている。最終エネルギー消費の部門別では、依然として家庭用が64%と圧倒的に大きく、産業の発達やモータリゼーションの初期段階にあることがうかがえる。ただし伸び率という点では運輸部門が過去5年間で年平均32%、産業部門が12%と爆発的な伸びを示している。2015年の民主化によって国際社会による支援が進み、また多くの国際企業が同国での展開を進めている。そのため、今後も両部門を中心としたエネルギー消費の増加は続くと見られる。エネルギー源別には、2014年時点では伝統的バイオマスが最終消費の64%と圧倒的に多く利用されている。

発電では水力が6割を占め、残りの大部分は天然ガスである。ミャンマーはASEAN随一の水力発電ポテンシャルを有しており、今後も利用量が増える可能性がある。化石エネルギーの中では天然ガス資源が豊富であり、そのため発電で多く利用されている。

ミャンマーのエネルギー供給上の課題は、電力を全ての国民に供給することと、将来の天然ガス供給である。ミャンマーの電力供給率は32% (2015年、IEA)と低く、大規模な発電所の建設と送配電網の整備が求められている。天然ガス供給は、現在は中国やタイに輸出するなど十分な量を生産することができているが、今後の発電用および都市ガス用の需要の伸びを勘案すると、中長期には国内向け供給が不足する懸念が生じている。そのため、未開発資源が残されているとみられる海洋鉱区の開発を急いでいる。

図106 ミャンマーのエネルギー概況



見通し

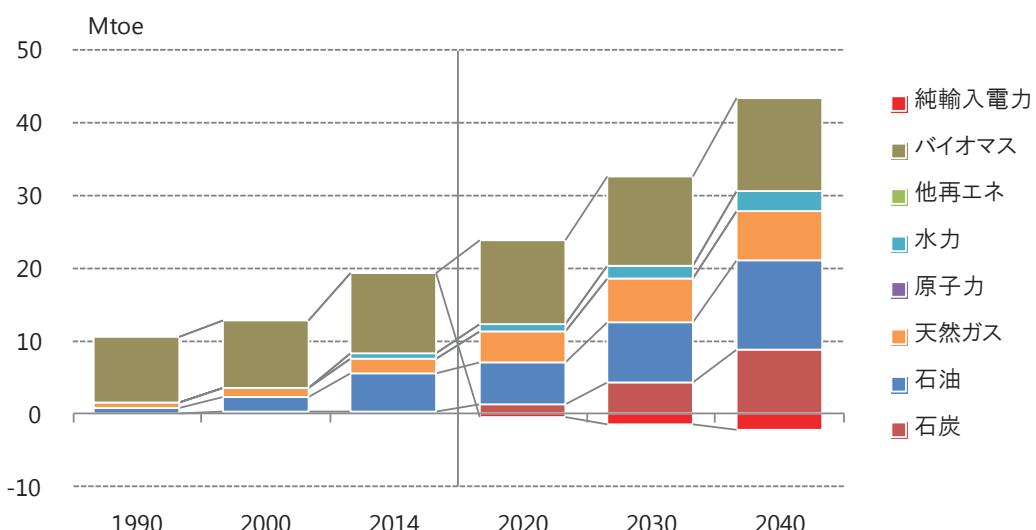
1人あたり所得が\$1,000程度と低いミャンマーは、域内でも最貧国の一つといえる。しかし、民主化、経済開放が進んでいることから、アジアの注目株として期待されており、見通し期間では年平均6.0%の高い経済成長を示す。高成長を背景に一次エネルギー消費量は2.1倍増の41 Mtoeまで増加、1人あたり消費量も0.7 toeと倍増するが、ASEAN平均の4割以下の水準にとどまる。

一次エネルギー消費の約6割を占めるのは伝統的バイオマスであり、民生部門(主に調理用)では約9割を賄っている。都市化の進展などにより需要の伸びは緩やかになり、一方で化石燃料需要が急拡大するため、構成比は3割ほどに低下する。約4分の1を担う石油は、主に自動車燃料用、産業用の増加により2倍以上、国内資源を有する天然ガスは、主に産業用、発電用で使われ約3倍に、それぞれ増加する。石炭は、急増する電力需要に対応するために約22倍に増加、高成長する同国の化石燃料依存度は39%から68%に上昇する。

工業化の進展や生活水準の向上などに伴い電力需要は約6倍に増加、この増加分の5割弱を安価な石炭火力、残りの半数ずつを天然ガス火力、水力で対応してゆく。現在の電力需要は、国内資源を活用した水力(6割強)、天然ガス火力(4割弱)で賄っているが、2040年には石炭火力が4割と筆頭電源となり、水力、ガスの発電構成シェアは約3割ずつに低下する。豊富な水力資源を背景に、発電総量の約4分の1をタイなどに輸出する。

石油の僅かな国内生産量は減少し、ほぼ全ての需要を輸入に依存する。国内需要に比して多くの資源を有する天然ガスは、現在より生産が約8割増加し、ASEAN域内では唯一、天然ガス輸出量が増加する。電力輸出も含めたエネルギー自給率は現在の133%から101%まで低下するが、かろうじて100%超を維持する。

図107 ミャンマーの一次エネルギー消費[レファレンスケース]



6.7 その他のASEAN加盟国

シンガポール

1人あたり所得が\$50,000を超える、域内でも最富裕国であるシンガポールは、2014年の最終エネルギー消費は17.4 Mtoeである。小国そのため最終消費の絶対量はミャンマーと同程度しかないが、1人あたりで見ると10倍大きい。エネルギー需要は飽和に近づいており、2040年までの増加率は2割程度にとどまる。1人あたり一次エネルギー消費は5.0 toeへとわずかに減少し、GDP原単位は約3割改善する。同国はアジアの石油取引の中心として機能しており、国の規模と比較して大きな石油および石油化学産業を有している。そのため、産業部門および石油化学原料用のエネルギー消費量は、最終消費の7割以上にもなる。また、こうした産業構造により、一次エネルギー消費の6割以上を石油が占めている。発電では95%が天然ガスであり、天然ガス供給の全量を輸入に依存している。電力需要は主に民生用で4割増加、その増加分の8割以上が天然ガス火力で、残りをバイオマスなどの再生可能電源で賄われる。こうした発電用などの天然ガスの増加で、エネルギー・ミックスにおける石油のシェアは徐々に減少してゆく。自国資源の乏しい同国のエネルギー自給率は現在2%で、2040年には再生可能エネルギーの導入で5%程度まで高まる。

ブルネイ

石油・天然ガスの生産国であるブルネイは、域内人口の0.1%を占めるに過ぎないが、1人あたりで見たGDP、エネルギー消費がASEAN平均の約8倍、約9倍それぞれ高い。2014年の最終エネルギー消費は1.4 Mtoeである。部門別には、人口が少なく石油・ガス輸出以外の目立った産業もないため、運輸部門が最も消費量が多く3割を占める。エネルギー需要は飽和に近づいており、2040年までの増加率は1割程度にとどまり、1人あたりでは減少する。相対的に石油は輸出に向けて、国内需要は天然ガスで賄っているため、一次エネルギーに占める石油のシェア(2割程度)は低いが、主に産業用や自動車燃料用で1.4倍に増加する。約8割を担う天然ガスは、石油化学を含む産業用で増加するが、発電用で減少し、ほぼ横ばいで推移する。電力はほぼ全てを天然ガス火力で賄っているが、開発を進めている太陽光、風力発電の導入も進み、2040年には7%を占めるようになる。資源量は緩やかな減少傾向にあり、天然ガス資源の保全と中長期的な経済の多様化が課題となっている。石油はほぼ枯渇に向かい純輸入に転じ、天然ガス生産も2割程度減少するが、輸出ポジションを維持する。

カンボジア

1人あたり所得が\$1,000程度と低く、電化人口率も34%に過ぎないカンボジアは、域内ではミャンマーとともに最貧国の一つである。一次エネルギー消費は近年堅調に拡大しており、2014年の消費量は6.4 Mtoeで、部門別には家庭用の比率が高く、産業の発展やモータリゼーションは現在離陸期にある。2040年までの平均GDP成長率は6.1%で、一次エネルギー消費量は2.6倍の16.8 Mtoeまで増加する。1人あたり消費量では0.8 toeと倍増するが、ASEAN平均の半分以下にとどまる。人口の約8割が農村に暮らしており、伝統的バイオマス利用が一次エネルギー消費の3分の2を占める。都市化は進むものの、農村人口は増え続け、バイオマス消費も1.4倍に増加する。石油は、運輸および民生部門を中心に4倍以上に急増し、高成長する同国の化石燃料依存度は31%から53%に上昇する。発電部門では、従来は過半を石油火力に依存していたため発電コストの高さが問題となっていたが、石炭火力の利用と水力発電の開発が進んだことで石油火力の比率が急減し、ここ10年あま

りで供給構造が大きく変化している。今後の電力需要は6倍以上に増え、増加分のうち約2割は石炭火力、残りを水力発電で賄う。水力以外に自国資源に乏しく、エネルギー自給率は現在の67%から2040年には46%まで低下する。

ラオス

タイプラスワンとして近年注目を集めているラオスは、経済の工業化進んでおり、2040年までのGDP成長率は年平均5.2%である。一次エネルギー消費量は2014年の推計2.4 Mtoeから3.3倍に増加し、域内では最も高い増加率となる。1人あたり消費量は0.9 toeと2.4倍に増加するが、ASEAN平均の半分以下にとどまる。メコン川の豊富な水力資源を背景に、一次エネルギー消費の過半は水力であり、その大半を電力としてタイなどに輸出している。自国の需要に比して大きな水力発電のポテンシャルを有しており、隣国に電力を輸出することでこれを最大限に活用する方針である。しかし、季節により水力の利用可能量が大きく変動することが課題となっていた。2015年以降は、石炭火力が順次稼働し、気象に左右されない安定電源が供給力として加わっている。2040年までに国内の電力需要は約5倍に増加、その増加分の3割を石炭火力、残りを水力発電で賄う(電力の輸出比率は概ね7割を維持する)。石油は主に運輸部門、石炭は発電用で、合わせて7倍以上増加し、化石燃料依存度は33%から72%に上昇する。石油はほぼ全量輸入だが、石炭は国産炭を使用する。電力輸出も含めたエネルギー自給率は2040年の153%と概ね現在の自給率(147%)を維持する。

7. ASEAN市場統合のエネルギーへの影響

7.1 石油および天然ガス

東南アジア諸国連合(ASEAN)のさらなる深化を目指した2003年のASEAN第2協和宣言により準備が進められていたASEAN経済共同体が2015年末に発足した。エネルギー分野に関しては、エネルギー供給安全保障に主眼が置かれている。石油・天然ガス部門では、ASEAN加盟国同士で緊急時に石油供給支援を行う枠組みを定めた協定(ASEAN Petroleum Security Agreement)やASEANを網羅するガスピープライン計画(Trans ASEAN Gas Pipeline)が公的文書¹⁴で言及されているが、これらは市場統合というより石油・天然ガスの供給セキュリティ確保に主眼が置かれたものである。

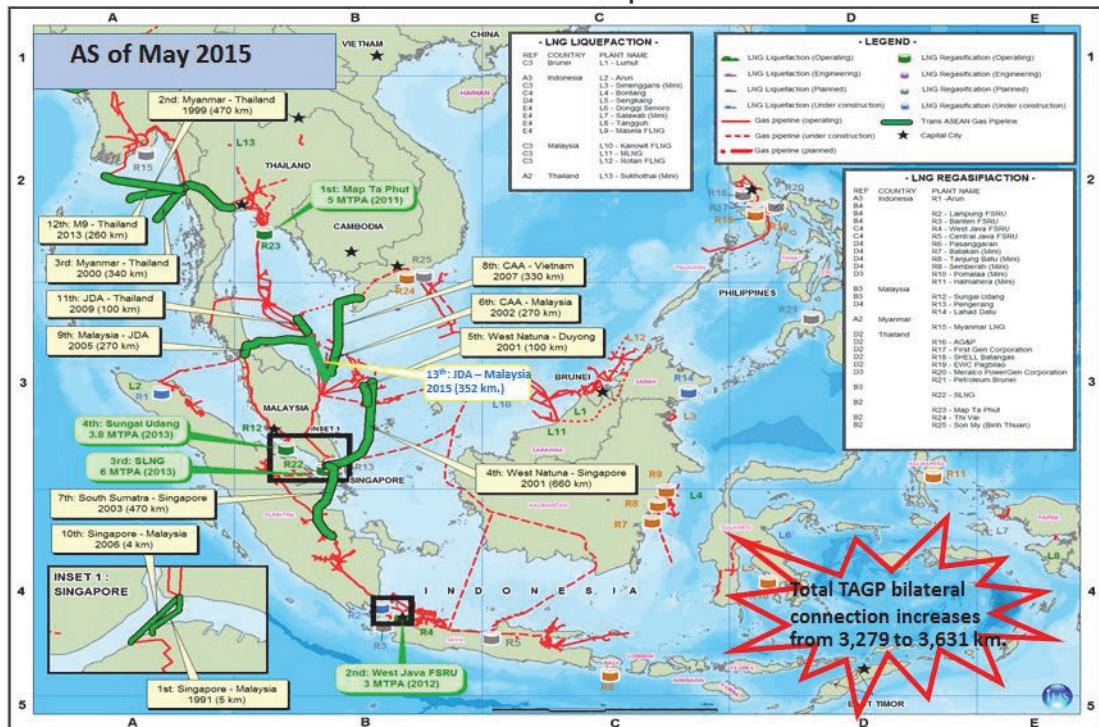
市場統合がASEAN域内のエネルギー供給安全保障向上やエネルギー価格低減に寄与することは明らかである。ASEANは市場統合に向けて、ASEAN Trade in Goods Agreement (ATIGA)の下で商品やサービスの関税撤廃を進めている。石油や天然ガスも例外ではなく、ASEAN域内取引の関税が残っているのはカンボジア、ベトナム、ミャンマー、ラオスのみである。これら4か国の石油・天然ガス輸入量がASEAN全体の5%を占めるに過ぎず、かつ、域外からの輸入もあることを考慮すると、域内関税が完全に撤廃されたとしても市場統合効果は限定的である。ASEANの場合、域内関税の完全撤廃やインフラ連結といった手段とともに、国内エネルギー市場参入規制やエネルギー補助金といった非関税障壁の撤廃を進めることが必要である。

Trans ASEAN Gas Pipelineは、元々1997年にクアラルンプールで開催された首脳会合においてASEAN地域統合に向けた方策の一つとして提唱されたものであり、ASEAN域内の国営石油会社からなるASEAN Council on Petroleumがその推進に向けた事務局業務を任命されている。2000年には建設に向けたマスターplanが完成され、それ以降、ミャンマーからタイへのパイプラインや、インドネシア(West Natuna)からシンガポール、マレーシアへとパイプラインなど、域内合計13か所のパイプラインが開通しているが、当初想定されていたようなASEAN全域をカバーするようなパイプラインの建設は実現していない。その背景には、パイプラインの建設費用負担の問題もさることながら、当初輸出国として想定されていたようなインドネシアやマレーシアといったような国々で需要が増加したことで輸出余力が減少してきているという事情も指摘できる。

¹⁴ ASEAN Economic Community Blueprint 2025、2015年11月、

<http://www.asean.org/storage/images/2015/November/aec-page/AEC-Blueprint-2025-FINAL.pdf>

図108 Trans ASEAN Pipeline構想



出所: ASCOPE, <http://www.ascope.org/Projects/Detail/1060>

ASEAN全体が天然ガスの輸入バランスへと移行しつつある現在、ASEAN域内におけるパイプライン建設の正当性が失われつつある。その中でも現時点で唯一その可能性が考えられるのが、East Natunaガス田からマレーシアおよびタイへのパイプライン建設である。

East Natunaガス田は、インドネシアのスマトラ島北部の洋上に位置するガス田であり、その確認埋蔵量は46 Tcfとされている。開発の主体は、ExxonMobil、Pertamina (インドネシア)、Total、PTT (タイ)の4社による事業体となる予定であるが、いまだ開発に向けた生産物分与契約が締結されていないこと、また産出ガスに二酸化炭素が大量(全体の71%)に含まれており、開発難易度が高いことなどといった理由により、その開発作業が遅延している。ガス田の開発費用は200億ドルから400億ドルと想定されており¹⁵、その生産量は約20 Bcmになる見通しである。ここでは、生産された天然ガスがマレーシアに輸出されることで、同国におけるLNG輸入が減少するとの想定でごく簡単な経済効果を概算する。

まずEast Natunaガス田の開発費用について、井戸元の開発総費用を300億ドル、操業費はその初期投資額の3%、年間生産量は20 Bcmでその全量がマレー半島に輸出されるとする。マレー半島までのパイプラインの敷設費用(約150 kmと想定)を4.5億ドル、その操業費用を初期投資の2%相当とし、LNGの輸入コストは1章の前提で見たとおり2020年から

¹⁵ Jakarta Post, 2016年1月6日,
<http://www.thejakartapost.com/news/2016/01/07/joint-operation-natuna-block-proposed.html>

2040年にかけて\$10.7/MBtuから\$14.1/MBtuへと徐々に上昇してゆくとする。そこで、East Natunaで増産された天然ガスをパイプラインで輸送し、マレーシアにおいて輸入LNGを代替すると、域外へのLNG輸入支払いが2040年までの累積で1,690億ドル削減される。

この他のパイプライン建設に伴うメリットとしては、まずエネルギー安全保障面での供給源の分散効果が期待できる。国際的なパイプラインをASEAN域内に整備することで、例えば予期せぬLNG供給の途絶が発生した場合においても、国際的な天然ガスの融通を行うことでその悪影響を最小化することが可能となる。また常時こうした国際的な融通を行うことができれば、そうした供給途絶に備えた在庫の保有も引き下げることができるかもしれない。

またパイプライン網を広く整備することによって、複数のLNG基地の集約化が可能となる。現在、ASEAN域内においては10か所以上のLNG受入基地が建設されているが、広域のパイプライン網を整備することで、少なくともLNGの導入初期においては、その受入基地を集約化することができ、導入費用を削減できる可能性がある。こうした集約化によって、LNG受入基地における規模の経済のメリットを享受することができる。また、こうした受入LNGの融通を国際的に行うことで、LNGの受入基地を建設するための沿岸を持たないラオスのような内陸国においてもLNGの導入を図ることができる。

さらに、パイプライン網の整備は、エネルギー供給構造における天然ガス化の進展にも資する。もちろんこれには、石炭と比べて経済性で劣る天然ガスのシェアを政策的に引き上げるという、各国の政策当局による明確なコミットメントが前提となるが、パイプラインを広範に整備することでその沿線における天然ガス化の推進を促し、過度な石炭利用による大気汚染の予防や温室効果ガス排出の削減にも資することになる。

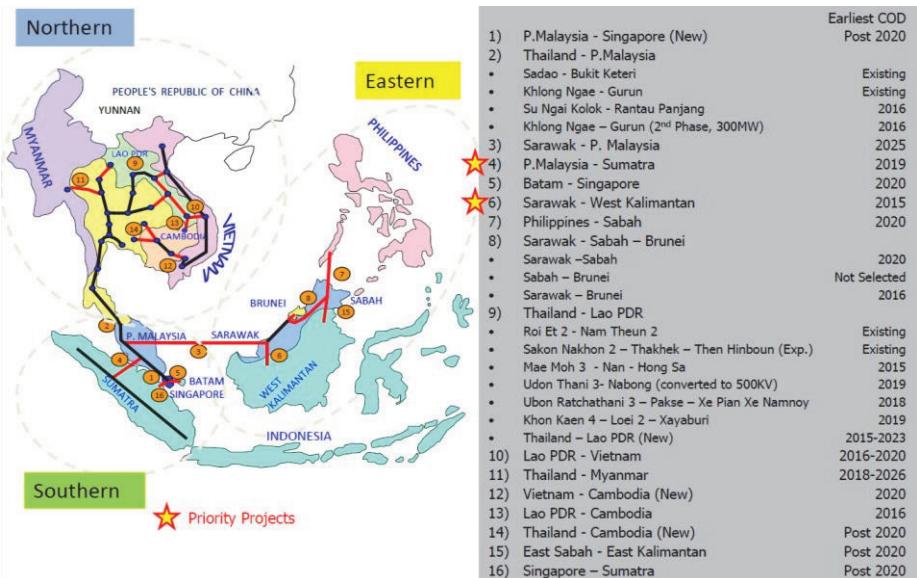
7.2 電力

長期の将来に向けて、市場統合がより大きく期待されているのは電力部門である。例えば図109に示すとおり、ASEAN Power Grid (APG)構想として域内諸国の送電線の国際連系が計画されている。これは現状でばらばらの電力系統を繋ぐことにより、域内のエネルギー資源を有効に利用し、また電力取引を強化することでシステムの信頼性を向上させ、増大する電力需要に対処しようとするものである。

このような構想の背景として、域内のエネルギー資源、特に水力資源の偏在が挙げられる。すなわち図110に示すとおりASEAN域内の水力資源はラオスやミャンマーなどに多く存在しており、これらの国々や、さらには中国南部(雲南省)やインド東北部とタイやマレー半島、ジャワ島などのエネルギー需要地とを結ぶことにより、水力資源をより有効に活用することが目指されている。

また、同じ国の中でも島ごと、もしくは島内の地域ごとに電力系統が独立しているのが特にASEAN南部の大きな特徴である。中でもブルネイ領、マレーシア領およびインドネシア領からなるボルネオ島には大きな水力資源が存在することが知られており、特にマレーシア領サラワク州において大規模な水力資源開発が既に進行中である。これに対応して、まずボルネオ島内(現状では島内の州ごとにほぼ電力網が独立している)での連系線を増強し、その上で海底ケーブルによってマレー半島やジャワ島等の需要地と連系することによって、資源を有効利用することが図られている。

図109 ASEAN Power Grid



出所: HAPUA

図110 ASEANの水力ポテンシャル



出所: EGAT

以下、国際系統連系が実現した場合の経済効果について評価を行った¹⁶。ここでは、①今後2040年に至るまで、現状以上の系統連系が行われない「連系なしケース」¹⁷、②既存の

¹⁶ 本章ではKutani, I and Y. Li, "Investing in Power Grid Interconnection in East Asia", ERIA Research Project Report 2013-23, (2014)に準じた手法によって評価を実施した。

¹⁷ レファレンスケースに相当

計画相当に連系が進む「連系ありケース」に加えて、参考として③2030年までに既存の計画を超えて最大限の連系線増強が進む「連系あり(無制約)ケース」についても評価した。

図111 ASEANの発電構成[2040年]

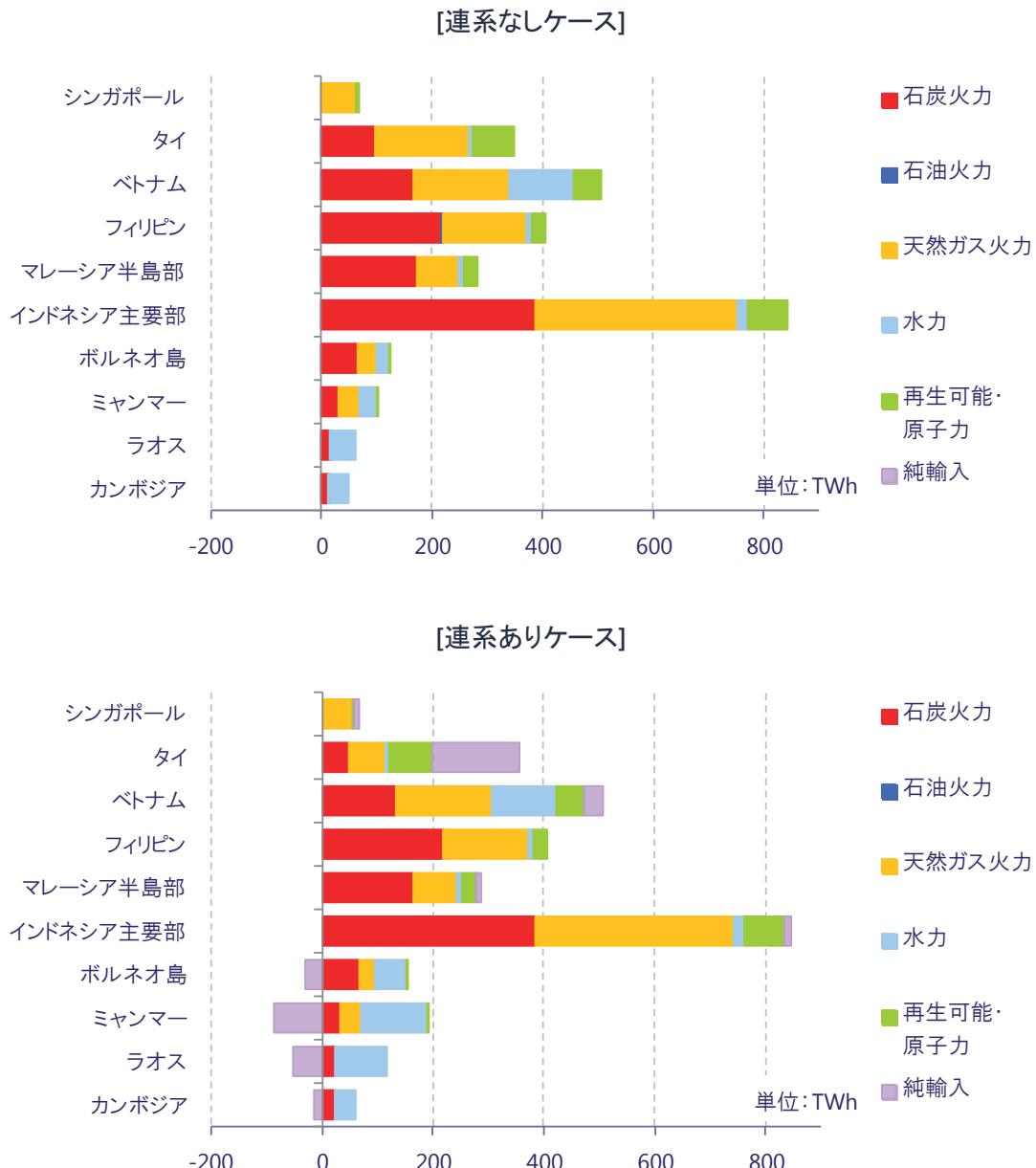
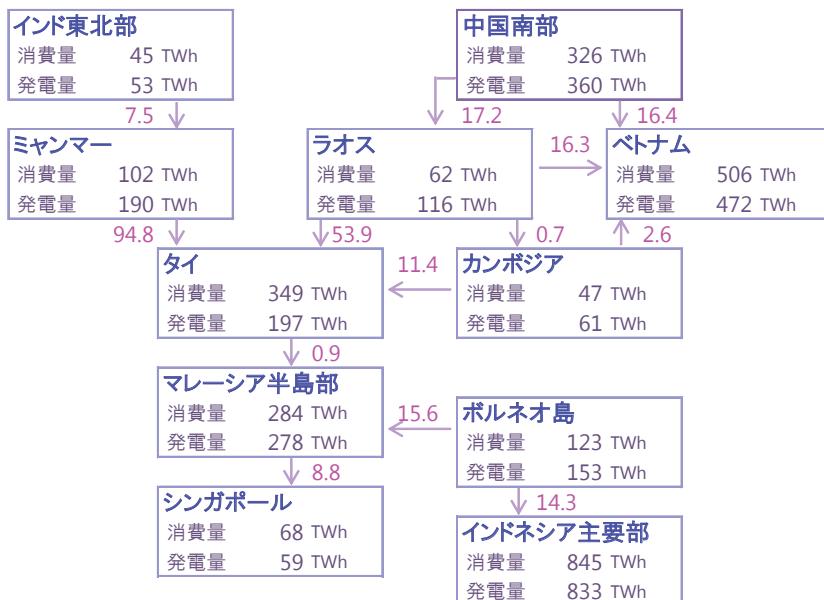


図111は2040年時点での各国の発電構成を示したものである。上段に示す連系なしケースでは各国は自立した電力供給を行い、電力の融通は行われない。これに対して下段に示す連系ありケースでは、ボルネオ島、ミャンマー、ラオス、カンボジア等の国において水力資源の利用が拡大し、電力を輸出する一方で、タイ、ベトナム、マレーシア半島部、インドネシア主要部などの国・地域では電力を輸入することとなる。特にラオスやミャンマーといった大資源地に隣接するタイにおいてその影響は大きい。

図112は連系ありケースでの2040年の電力供給フローを示したものである。ベトナムでは今後電力需要の急速な伸びが見込まれるため、系統連系が進んだ場合には、ラオス・カンボジアやASEAN域外(中国南部・雲南省)から電力を輸入することとなる。一方で大需要地であるタイ、マレーシア半島部、ジャワ島などの電力需要を満たすため、ASEAN北部から南部へ向かう電力供給が行われる。

図112 電力供給フロー[連系ありケース2040年]



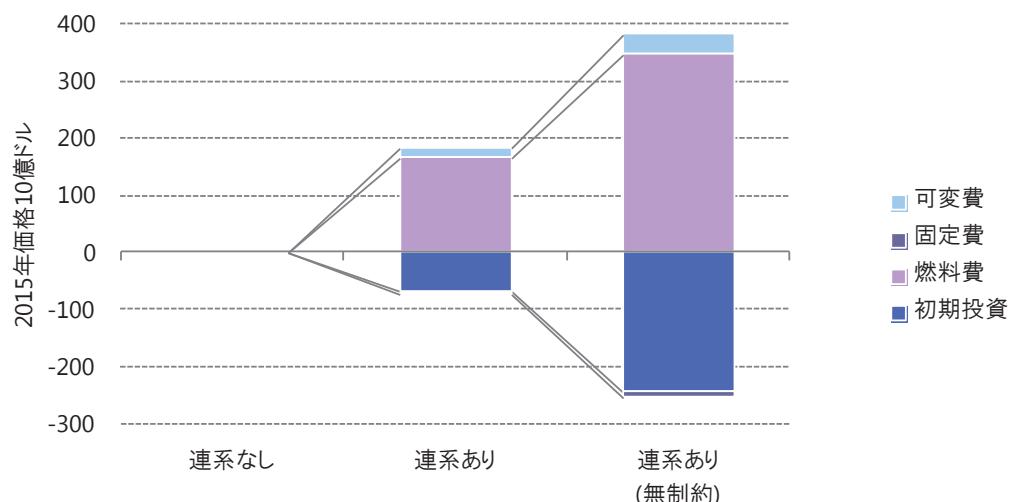
単位: TWh

注: 「消費量」には所内・送配電ロス分等を含む

図113は系統連系に伴う2040年までの累積費用および便益を、連系なしケースとの差分で示したものである。系統連系によって連系線の初期投資と、水力発電設備の初期投資が追加的にかかる一方で、連系による電力系統の安定化に伴い、同一の停電発生時間期待値(Loss of Load Expectation、ここでは年間24時間程度と想定)を実現するために必要な供給予備力が削減され、その分の設備投資を節約することができる。また、水力発電の拡大により、全域での電源部門からのCO₂排出量を2040年に連系なしケースの1,465 Mtに対し、連系ありケースで1,387 Mt (5%)減、連系あり(無制約)ケースで1,190 Mt (19%)減と低減させることができる。さらに、化石燃料の購入費用を大幅に削減することができる。

このように、電力部門における系統連系によってASEAN諸国は大きな恩恵を受けることができる。この効果は2040年を超えた将来において顕著に現れるため、長期の見通しに基づいて着実に計画を進めることが必要である。また実際には国際系統連系には政治的な課題が多く、特に連系強化は一面では他国にセキュリティを委ねることになるため、時として反対する意見が見られるのも事実である。系統連系による利益を最大限に享受するためには、まずは関係国全体がその意思を共有することが重要であると言える。

図113 系統連系に伴う2040年までの累積費用・便益



注: 連系なしケースからの差分。各国・地域間の連系線とボルネオ島内の連系線の費用を含み、その他の地域内連系線の費用は含まない。

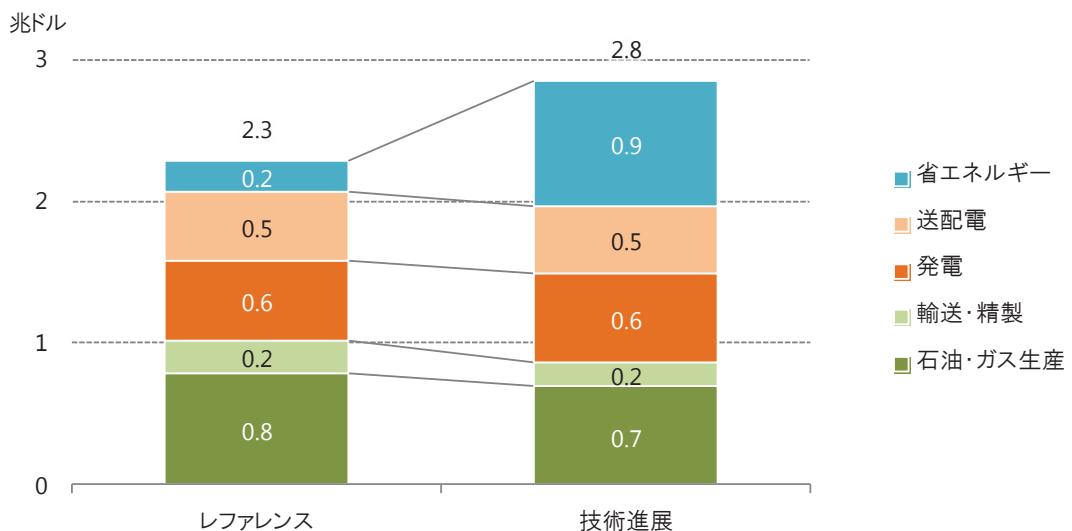
8. ASEANのエネルギー投資の展望

8.1 エネルギー投資額

東南アジア諸国連合(ASEAN)のエネルギー需要は、2014年の620 Mtoeから2040年の1,350 Mtoeまで2倍以上に増加する。この急増する需要を賄うため、エネルギー生産(発電)、輸送(送配電)等に多くの投資が必要になる。また、各国は省エネルギー政策を強化してきており、従来品よりコストのかかる製品、設備の導入が必要となってきている。本章では、2040年までに必要なエネルギー関連施設、設備・製品への投資額を推計している。

エネルギー投資額は、2015-2040年の累積で約2.3兆ドルに上る。これは、現在の域内GDP(2.4兆ドル)に匹敵する。内訳を見ると、電力供給部門と燃料供給部門への投資がそれぞれ1.0兆ドルを占める。電力供給のうち、約55%が発電設備への投資であり、残りの45%が送配電設備への投資である。燃料供給では、ガス油田などの上流開発が約8割を占め、LNGなどの燃料輸送施設が1割弱、残りが石油精製への投資である。省エネルギーへの投資は約2,200億ドルとレファレンスケースにおける投資額は小さい。

図114 ASEANのエネルギー投資額[2015-2040年累積]



技術進展ケースでのエネルギー投資総額は約2.8兆ドルと、レファレンスケースからの追加額は5,600億ドルになる。省エネルギー投資が8,800億ドルと大きく増加、とりわけ、運輸部門で大きい。電力供給部門への投資は、若干増加して1.1兆ドルとなる。火力発電が1,100億ドル減少する一方で、再生可能エネルギー・原子力発電が1,600億ドル増える。燃料供給投資は、域内および輸出需要が抑制されることから、1,500億ドル少ない8,700億ドルとなる。省エネルギーと低炭素エネルギーの導入により、2040年に石炭124 Mtce、石油1.1 Mb/d、天然ガス66 Bcmをレファレンスケースから節約できる。化石燃料の域内純輸入額は、2040年までの累積で6,100億ドル節約でき、追加投資額の5,600億ドルを上回る。

レファレンスケースのエネルギー投資額2.3兆ドルを年平均に換算すると880億ドルとなる。一方、ここ5年間の民間企業のエネルギー投資額は平均100億ドル程度である。ASEANのエネルギー部門の多くは、国営石油ガス会社、国営電力会社が独占しており、民間企業の投資額が少ないことは頗ける。しかし、供給コストを十分にカバーできない規制価格の設定や、資源国においては国際石油・ガス価格の低下など、国営会社あるいは政府部門において財政的に余裕があるとは言えない状況である¹⁸。そのため、民間資金の活用が不可欠となる。多くの国でエネルギー分野における外資規制が課されており、制限の撤廃または緩和が急務となる。また、化石燃料補助金の廃止(規制価格の撤廃または引き上げ)も、民間資金取り入れに必要である。供給コストがカバーできない事業に民間企業は参入しない。政策の透明性、安定性も求められる。ASEANの多くの国は民主政治を取り入れているが、政治体制、行政体制が脆弱な面が見られる。民間資金を引き付けるための課題は多いが、エネルギーは経済発展の基盤であり、最優先で対処すべきである。

8.2 石油・天然ガス部門への投資

エネルギー需要増加に対応するために、ASEAN地域では多くのエネルギー開発プロジェクトが進行中である。石油・天然ガスに関しては、油・ガス田探鉱・開発、製油所、LNG生産・受入プラント、パイプライン、といった部門が主たる投資対象となる。

レファレンスケースの場合、ASEANの原油生産量は、2014年の2.4 Mb/dから2040年には1.8 Mb/dに減少するが、天然ガス生産量は2015年の217 Bcmから2040年には310 Bcmに増加する。既存油・ガス田の減退率、新規油・ガス田の生産性、技術進歩、投資条件によって投資額は大きく異なるが、2040年までの累積必要投資額は7,900億ドルに達する。

また、製油所は、インドネシア、マレーシア、フィリピン、ベトナム、ミャンマーで新規あるいは増強計画があり、合計の精製キャパシティは2.0 Mb/dを超える。投資額は明らかにされていない例が多いが、これらのプロジェクトが全て建設されれば、全体で600～800億ドルに達する。2040年時点のASEANの原油輸入量および石油製品需要を勘案すると、製品輸入量の多寡にもよるが、2040年までに1,400億ドルに達する。

表12 ASEANの主要な製油所建設・増強計画

国	プロジェクト	参加者	能力(kb/d)	完成予定
インドネシア	Cilacap増強	Pertamina, Saudi Aramco	348 → 370	2022
	Balikpapan増強	Pertamina	220 → 360	2019
	Pare Pare	Pare Pare	300	n.a.
	Tanjung Sauh	Gulf	200	n.a.
	Situbondo	Prima, Indo Refinery DEX	150	n.a.
	West Java	Kreasindo, Nakhle Barani Pardis	150	n.a.
	Tuban	Pertamina, Rosneft	300	n.a.
マレーシア	RAPID	Petronas	300	2019
フィリピン	Bataan	Petron	180	n.a.
ベトナム	Van Phong	Petrolimex, JX	200	n.a.
	Nhon Hoi	PTT, Saudi Aramco, ベトナム政府	400	n.a.
ミャンマー	Dawei	Zuhai Zhenrong, UMEHL, Yangon Engineering	100	2019

¹⁸ 2014年の公共投資はASEAN合計で1,700億ドルである。必要なエネルギー投資額はその半分の規模に相当する。輸送インフラ(道路、橋、鉄道、港湾など)、教育、医療、情報ネットワークの構築など多くの分野で投資を必要としており、投資分野のバランスが重要となる。

LNGの生産設備に関しては、現時点でASEANにおいて計画されている液化プロジェクトは表13に示すとおりであり、その投資総額は500億ドル近くに達する。製油所への投資額と比べても非常に巨額の投資がなされる見込みであるが、域内の天然ガス供給ポテンシャルや輸出余力、今後の中期的なLNG需給バランスなどを考慮すると、2040年までを想定しても、現状計画されている案件以外にさらに数多くの案件が実現する可能性は低い。若干の既存施設における増強の可能性などを踏まえると、液化施設に対する投資総額は概ね600億～700億ドル程度になる。

表13 ASEANのLNG生産設備建設計画

国	プラント	液化設備		生産開始	会社および参加者 (所有割合)	投資額 (10億ドル)
		トレイン	液化能力 (Mt/年)			
インドネシア	Tangguh (Train 3)	1	3.80	2019-2020 (計画中)	BP 37.16%, MI Berau B.V. (三井商事 56%, INPEX 44%) 16.3%, CNOOC 13.9%, 日石ベ ラウ石油開発 12.23%, KG Berau Petroleum 8.56%, KG Wiriagar 1.44%, エルエヌジージ ヤパン 7.35%, Talisman 3.06%	12.0
	Sengkang (Train 1-4)	4	2.00	2016 (建設中)	Energy Equity Epic Sengkang (Energy World Corporation傘 下)	0.352
		6	3.00	計画中		n.a.
	Abadi (浮体式)	n.a.	2.50	計画中	INPEX 65%, Shell 35%	15.0
マレーシア	Petronas LNG 9 (Train 9)	1	3.60	2016 (建設中)	Petronas 90%, JX 10%	2.0
	Petronas FLNG 1 (浮体式)	1	1.20	2016 (建設中)	Petronas	10.0
	Petronas FLNG 2 (浮体式)	1	1.50	2018 (建設中)	Petronas	10.0

注: 投資額は推定値。

出所: GIIGNL「The LNG industry」、各社ホームページ等より作成

一方、LNG受入基地に関しては、域内の需要の拡大によって今後堅調に新規案件への投資が進んでいくことが予想される。表14に現時点でのLNGの受け入れ基地建設計画を示す。多くの案件がまだ計画ないしは構想段階であり、その総額費用は不明であるが、仮にこれらの案件が全て実現した場合、その投資総額は200億ドルを下回らない。

表14 ASEANのLNG受入基地建設計画

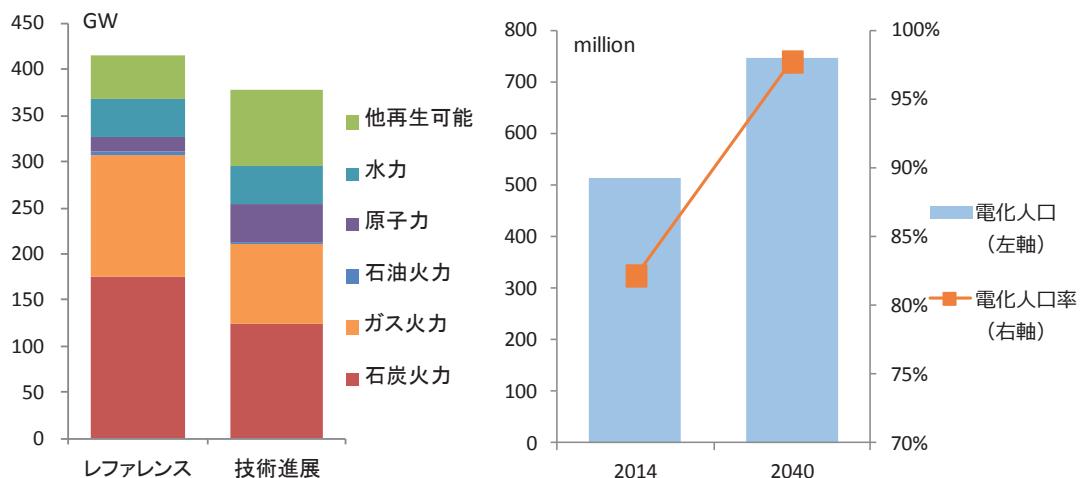
国	プラント	受入能力 (Mt)	貯蔵容量 (ML)	受入開始	会社および参加者 (所有割合)	投資額(特記 無きは10億ドル)
タイ	Map Ta Phut ,Rayong, Phase 2	5.00	320	2017 (計画中)	PTT, EGAT, EGCO	n.a.
マレーシア	Pengerang, Johor	3.50	400	2018 (計画中)	Petronas 65%, Dialog LNG 25%, Johor州政府 10%	RM27億
	Lumut, Perak	n.a.	n.a.	計画中	Petronas	n.a.
	Lahad Datu, Sabah	1.00	n.a.	計画中	Tenaga Nasional Bhd (TNB), Petronas	0.66
インドネシア	Central Java, Semarang/ Offshore (FSRU)	3.00	n.a.	計画中	Pertamina	0.4
	Banten, Bojonegara	4.00	n.a.	2019 (計画中)	Pertamina, Bumi Sarana Migas	n.a.
	Central Java, Cilacap/ Offshore (FSRU)	1.60	n.a.	2017 (計画中)	Pertamina	n.a.
	West Java, Cilamaya/ Offshore (FSRU)	3.80	n.a.	2017-2018 (計画中)	Pertamina	n.a.
	North Java	n.a.	n.a.	計画中	Perusahaan Gas Negara, ENGIE	n.a.
	East Java, Lamongan	3.00	n.a.	計画中	Energy World Corporation	n.a.
	Jurong Island Phase 3	5.00	260	2018 (計画中)	Singapore LNG	S\$7億
フィリピン	Pagbilao LNG	3.00	130	2016 (建設中)	Inter Oil, Pacific Energy, Energy World Corporation	0.21
	Batangas (FSRU)	4.00	170	2016-2017 (計画中)	Shell	1.6
	(名称未定)	n.a.	n.a.	計画中	First Gen	1.0
ベトナム	Thi Vai	1.00	100	2017 (計画中)	PetroVietnam Gas	n.a.
	Son My, Binh Thuan	1.80 (→ 9.60)	320	2019-2020 (計画中)	PetroVietnam Gas, Shell	n.a.

出所: GIGNL「The LNG industry」、各社ホームページ等より作成

8.3 発電部門への投資

ASEANの電力需要は2040年までに3倍に増加し、そのために必要な新規発電設備は約420 GWに上る。これだけの発電設備に必要な投資額は5,700億ドルで、その大半は火力発電である。また、急増する電力需要に応える一方で、無電化地帯の削減のために送配電網を拡充する必要があり、その投資額は4,800億ドルになる。技術進展ケースでは、レファレンスケースに比べて2040年の電力需要は13%低下し、必要な火力発電設備も約100 GW少なくて済む。一方、原子力、再生可能エネルギー電源は約60 GW増加するため、発電設備に必要な投資額は6,200億ドルとレファレンスケースに比べて500億ドル高くなる。

図115 新設発電容量[2015-2040年]と電化人口



8.4 省エネルギー投資

レファレンスケースにおける最終エネルギー消費のGDP原単位は2040年までに現在よりも35%低下する。この原単位の改善には、産業構造の変化によるものも含まれているが、従来の省エネルギー努力の継続が必要であり、そのためにASEAN全体で2040年までに累積2,200億ドルの投資が必要となる¹⁹。この省エネルギー投資のうち、6割弱が運輸部門、とりわけ燃費の良い自動車(ハイブリッド車や電気自動車)に対する追加費用である。3割弱がエアコンや断熱など民生部門における投資であり、残りの15%程度が産業部門である。

技術進展ケースの達成には、ASEAN全体で累積8,800億ドルの省エネルギー投資が最終部門で必要となる。そのうち、運輸部門が4,900億ドルと6割弱を占め、次いで民生部門が3,200億ドル、産業部門が600億ドル程度の投資を必要とする。レファレンスケースからの追加投資額は累積で約6,600億ドルとなるが、一方、2040年時点での省エネルギー量は85 Mtoeで、追加投資額で除した省エネルギーのための平均単価は1 toeあたり\$7,800程度

¹⁹ これは、最終ユーザー側が行う省エネルギー投資(従来よりも効率のよい製品、設備を導入するために必要な追加的費用。従来品との価格差)であって、省エネルギー技術開発のために要する投資ではない。しかし、開発投資費用が全て最終価格に転嫁されているとすれば、同義に近くなる。

となる。運輸部門、家庭部門の平均単価は\$10,000/toeを超える、産業部門では\$1,000/toe程度と低めである。技術進展ケースにおける省エネルギー量を小売価格で金額換算すると、2040年までの累積額は約8,500億ドルとなる²⁰。すなわち、省エネルギーによる最終需要家のエネルギー購入金額の削減額は、追加投資額の6,600億ドルを上回る見込みである。

²⁰ 電力、石油製品などの最終小売価格は、補助金政策などにより ASEAN各国でさまざまである。本試算では、インドネシアにおける現在の小売価格を暫定的に使用した概算値であることに留意されたい。

第III部

原子力技術の課題と展望

9. 原子力技術の課題と展望

9.1 原子力シナリオ

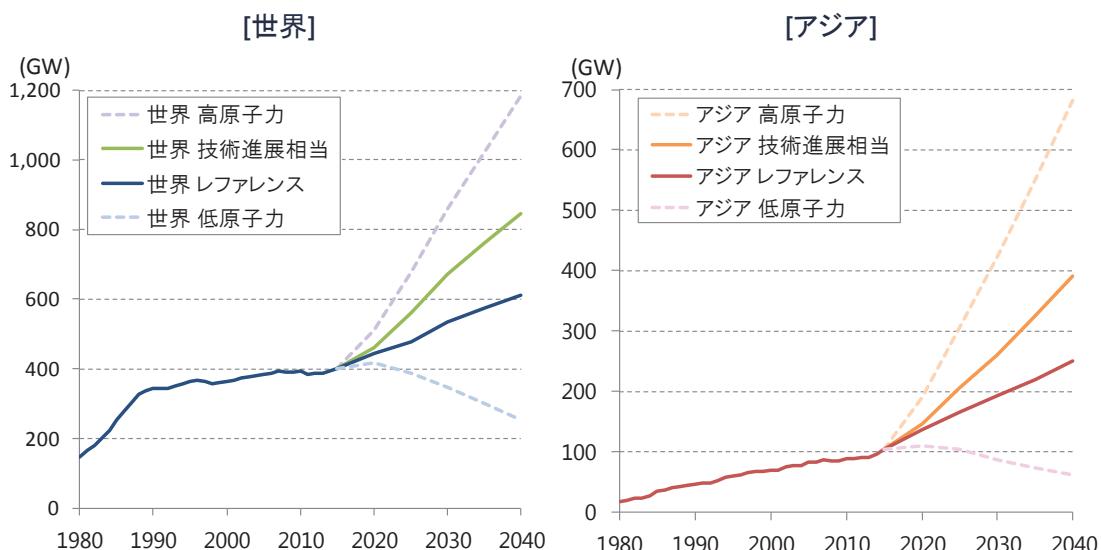
原子力の設備容量が将来どの程度増加・減少するか、という予測は、その国や地域のエネルギー事情・経済・社会インフラ成熟度のみならず国際関係等にも左右され、いつの時代も不確実性が大きく困難である。本章では、特にアジアにおける原子力開発を左右するドライバーにより着目し、レファレンスケースより原子力開発にとってマイナスのドライバーが効いている「低原子力シナリオ」、技術進展ケースより原子力開発にとってプラスのドライバーが効いている「高原子力シナリオ」の2シナリオを設け、それらのシナリオが示唆する課題を分析する。

シナリオの前提

低原子力シナリオは、2016年1月1日時点で計画中の原子炉は建設されず、建設中のもので営業運転予定年が「世界の原子力発電開発の動向2016」に記載があるものはその年に運転開始、記載がないものは運転しない、とする。今後の原子炉運転年数は、北米、OECDヨーロッパで60年、中南米、アジア、中東、アフリカで40年とする。ただし、ドイツ、スイス(50年廃炉)、ベルギー(40年廃炉、Tihange-1は2025年まで運転)、英国は各国の閉鎖予定年を参照している。2040年における原子力設備容量は、世界で約250 GW (2014年比の約6割)、アジアで約60 GW (同約6割)となる。

高原子力シナリオでは、中東、アジア(日本および台湾を除く)、アフリカで、設備容量増加量が2020年以降技術進展ケースの2倍になると想定する。2040年における原子力設備容量は、世界で約1,200 GW (2014年比の約3倍)、アジアで約700 GW (同約7倍)となる。

図116 原子力設備容量



結果

二酸化炭素(CO₂)排出量、自給率、コストの変化を世界およびアジアについて示す。

高原子力シナリオでは、2040年にCO₂排出量が世界で約6%、アジアで約9%減少し、アジアの自給率は約74%とほぼ2014年水準を維持する。発電コストもレファレンスケースより約¢0.9/kWh低くなる。反面、低原子力シナリオでは、2040年にCO₂排出量が世界、アジアとも約4%増加し、アジアの自給率は約63%まで大幅に低下する。発電コストもレファレンスケースより約¢0.4/kWh高くなる。

図117 二酸化炭素排出量(レファレンスケース比) [2040年]

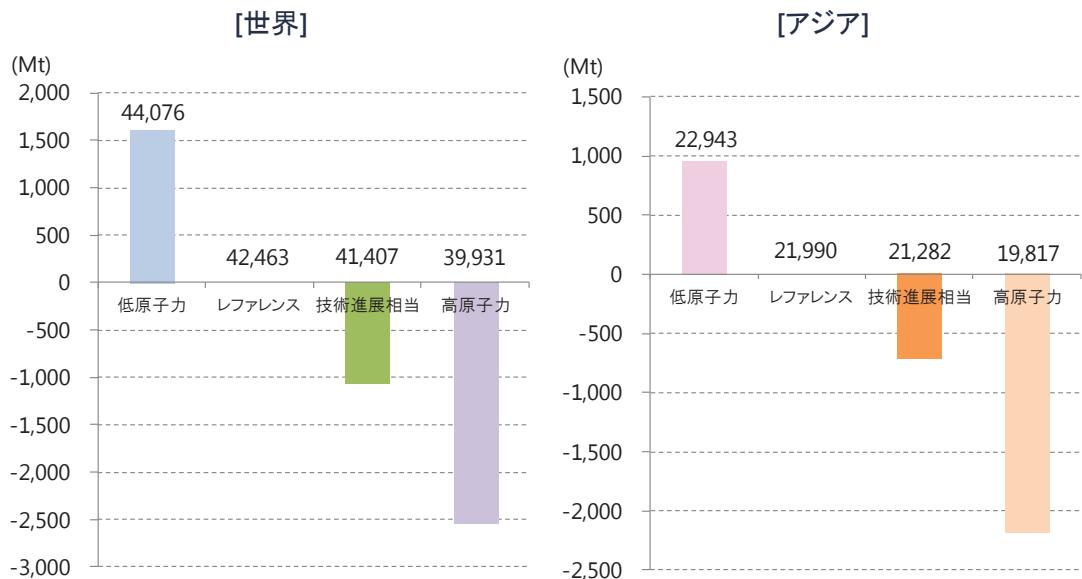


図118 世界の非化石燃料比率

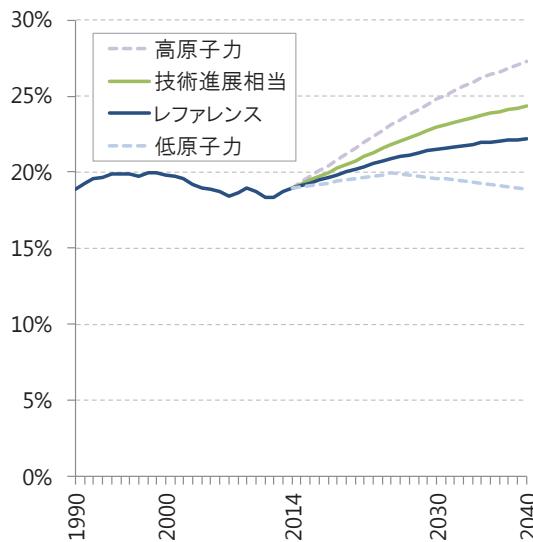


図119 アジアの自給率

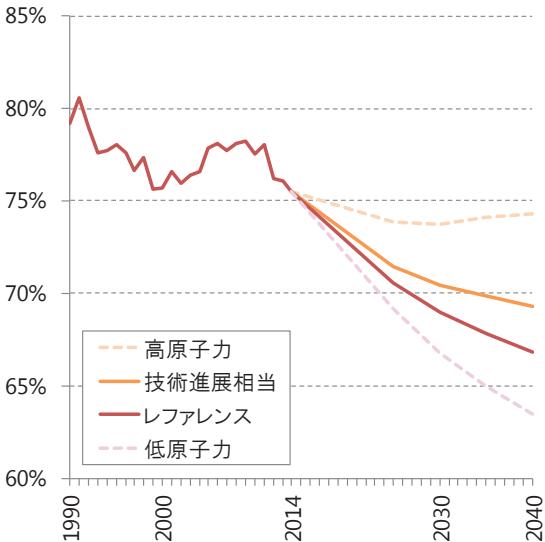
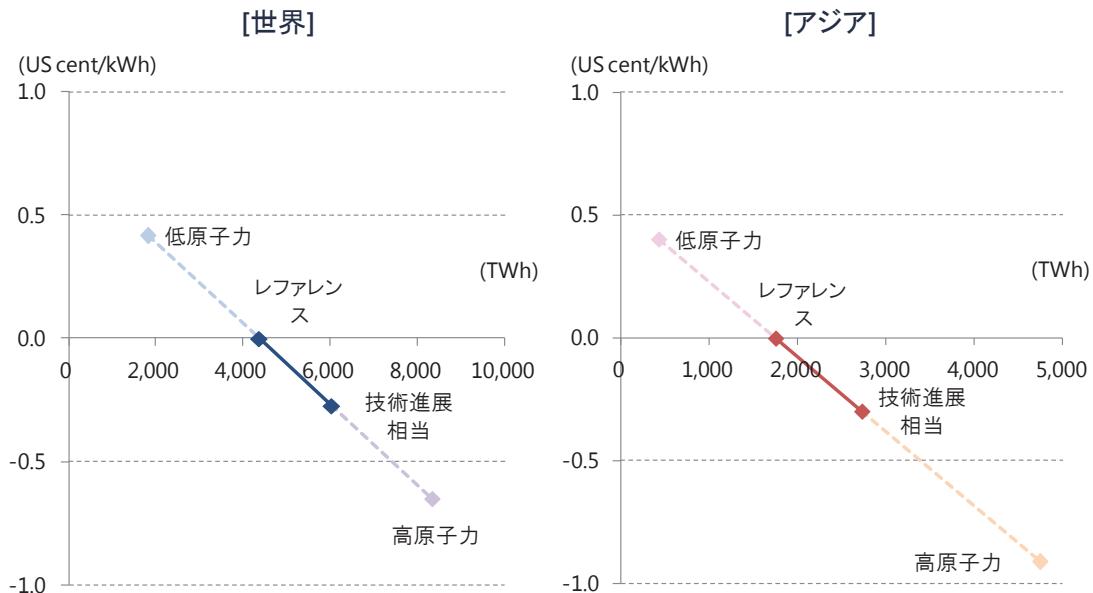


図120 発電コスト(レファレンスケース比) [2040年]



低原子力シナリオの成立条件と示唆する課題

現在計画中のプロジェクトも(国を問わず)全て中止、今後の計画は一切なく、ただ建設中のプラントのみ運転し、40年ないし60年の運転年限とともに全て廃止される、というシナリオである。中国、インドを含む電力需要増加中の新興国全てにおいて原子力に代わる安定した基幹電源が備わることがこのシナリオの成立条件となろう。しかし、その場合でも、エネルギー安全保障、特に化石燃料を他地域からの輸入に大きく依存するアジアの自給率は大幅に低下する。原子力より割高な電源の比率が増加することから電力コストも悪影響を受ける。原子力に代わる安定した低炭素電源が十分でないことからCO₂排出量も増加する。すなわち、3Eの全てが悪化する。

仮に世界全体が脱原子力に向かって進んだ場合でも、エネルギー安全保障問題や地球環境問題以外にも原子力にかかる課題は残る。イタリアやドイツや日本の例を見るまでもなく、脱原子力に向かう国の原子力産業基盤は弱体化し、将来を担う次世代が育たず技術継承も困難となる。そのような中でも、原子炉や核燃料サイクル施設が存在する限りは安全性を確保する必要もあれば、使用済燃料の処分や廃止措置も安全に行われねばならない。原子力産業基盤が衰退しつつある国においてこれらのことを行っていくのは、原子力拡大成長国において同様のことを遂行するよりはるかに困難である。わが国を含め世界の原子力技術保有国は、原子力への依存度を低減していくことにはそのようなリスクが存在することを深く認識すべきである。

高原子力シナリオの成立条件と示唆する課題

欧米先進国に比べて電力・社会インフラの基盤が弱い中東やアジア等の新興国において、技術進展ケースよりさらにハイペースで原子力導入が進むシナリオであるから、原子力のコスト競争力が維持されることはもとより、何十基もの原子炉を長年にわたり運営してきた米国、フランス、日本等から新興国への適切な技術移転も重要な成立条件となる。

すなわち、中国やインドやUAEやイラン等に、現在の欧米諸国と同水準の原子力産業界が形成されることが必要となる。

仮にこのシナリオが成立した場合、エネルギー安全保障や環境問題、電力コストの面では相当な改善が期待されるが、懸念もある。一つは産業基盤の拡大・充実と並行して安全規制基準および規制体系の整備が行われるかどうかである。日本や韓国の規制機関の独立性が確保された時期が欧米先進国より遅かったことを鑑みれば、急速な拡大に規制制度の整備が追いつかない恐れがある。言いかえれば、現在既に顕在化している先進国と新興国との安全規制体系の成熟度、安全文化の考え方における乖離—いわば原子力安全文化の“南北問題”—がさらに拡大する恐れがある。新興国にとって原子力導入加速のドライバーは電力安定供給であるから、安価で安定的に入手可能なウラン燃料を巡る争奪戦も激化するであろう。さらに、使用済燃料や廃棄物の処分などを巡る問題が二の次とされ、本来は国際原子力機関(IAEA)の保障措置をきちんと受けるべき取り組みが軽視される、といった問題も顕在化する恐れがある。結果として、核セキュリティ上の脅威も拡大するであろう。

これまでの世界の原子力大事故を振り返ると、1979年のスリーマイル・アイランド、1986年のチェルノブイリ、そして2011年の福島と、いずれも商業用原子炉を導入して30年以上経過し、十分な設計・製造インフラ基盤を有している国で大事故が起きていることに留意する必要がある。事故のリスクはインフラ基盤の弱い国のみならず、原子力を利用する全ての国にある。厳格な基準があるからといって慢心せず、「安全に終わりはない(Safety is never perfect)」に基づき自主的な安全性向上努力を継続する姿勢が、これからも原子力を利用する全ての国に求められる。

9.2 安全基準

2011年3月11日に東京電力福島第一原子力発電所において、東北地方太平洋沖地震に伴う津波により発生した大事故(以下、福島事故)は、単一の外部事象により複数の安全機能が壊滅的な打撃を受けるという典型的な共通要因故障(Common Cause Failure, CCF)であった。それまでの規制基準においてCCFが考慮されていないわけではなかったが、特に電源や給水源、格納施設といった原子炉安全には不可欠な設備において対策が不十分であったこと、また津波のような自然災害への備えも不十分であったこと等を踏まえ、福島事故を契機に日本では規制基準が全面的に見直されることとなった。

2013年7月に施行された新規制基準の基本方針は以下のとおりである。

①深層防護の考え方の徹底

目的達成に有効な多層の防護策を設ける。当該層より前段にある対策は突破されてしまうものと想定し(前段否定)、さらに、当該層より後段の対策があることに期待しない(後段否定)。

②信頼性の強化

火災防護対策の強化・徹底、内部溢水対策の導入、安全上特に重要な機器の強化。

③自然災害によるCCFの想定と防護対策の引き上げ

地震・津波の評価の厳格化、津波浸水対策の導入、多様性・独立性をさらに高め、CCFの可能性を低減する。

上記のうちでも特に、炉心損傷や格納容器破損による大規模な放射性物質放出の可能性が十分低いレベルにあるとして、事故後の影響緩和の対策を不要、としていたいわゆる「安全神話への過信」が最大の反省点とされた。炉心損傷はほぼ実質的に排除できる(Practically Eliminated)から、その後の放射性物質の拡散防止や地域住民の避難までは不要(Evacuation Free)という考え方は深層防護の思想をまるで理解していないものであり、福島事故を契機として深層防護の考え方を各段階において徹底することとされた。

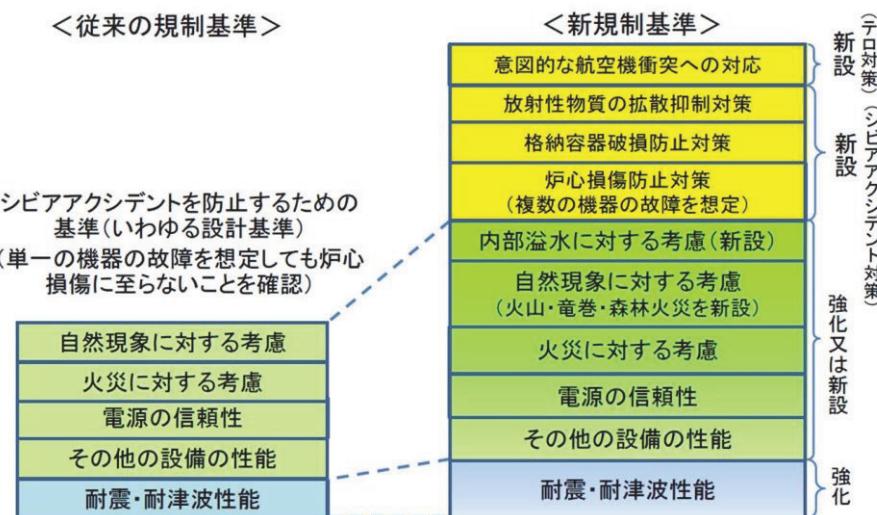
旧基準においては事業者の自主対応としていたシビアアクシデントやテロ等の外部脅威に対しても、対策を義務付けることとし、基本方針を以下のとおりとした。

- ①「炉心損傷防止」、「格納機能維持」、「放射性物質の拡散抑制」という多段階の防護措置
- ②可搬設備での対応を基本とし、恒設設備との組み合わせにより信頼性をさらに向上
- ③使用済燃料プール防護対策を強化
- ④緊急時対策所の耐性強化、通信の信頼性・耐久力の向上、計測系の強化
- ⑤航空機衝突に備えた特定重大事故等対処施設の導入

事業者はこの新規制基準に基づき、2013年より各社のプラントについて準備が整ったものから適合性審査申請を開始した。2016年10月現在、全ての審査に合格したプラントは5基である。

図121に新旧規制基準の比較概念図を示す。

図121 新旧規制基準の比較概念図



出所: 原子力規制委員会

福島事故後に日本で行われた基準の厳格化は、1979年の米国スリーマイル・アイランド2号機(TMI)事故および1986年の旧ソ連・ Chernobyl 4号機事故から教訓を得た欧米先進国においては既に1980年代から行われていた。例えば、航空機衝突を想定した建屋等の耐性強化や電源の分散化は、米国では2001年9月の同時多発テロ以前より基準となって

いたし、格納容器の過圧破損防止対策として欧州諸国ではフィルター・ベントが格納容器に標準装備されていた。

そのような基準の厳格化や設備の強化に加え、欧米主要国では規制基準への適合で良しとするのではなく、それを超えた安全性向上の取り組みが産業界において自主的に行なわれてきた。その結果、特に米国においては原子力発電所の平均設備利用率が1980年代から1990年代にかけて大幅に改善している。

欧米における1980～1990年代の事業者を合理的な自主規制に走らせ、結果としてプラントのパフォーマンス向上につながった主要なドライバーは、TMIや Chernobyl 事故の教訓もさりながら、電力自由化による競争環境であると考えられる。かけたコストの回収が保証されない事業環境下では、安全のためにはいくらでもコストをかけていいことには当然ならず、事業者は良好なパフォーマンスとともに経済合理的な発電所運営を達成する実績も要求されるから当然といえよう。TMI事故でゼロリスクはあり得ないことを痛感した事業者にとっては、合理的な自主的安全性向上の取り組みはいわば現実的かつ合理的に事業を継続するためには必然の道だったのである。このプロセスは、わが国の規制のあり方にも重要な参考となると考えられる。

9.3 規制体制

規制基準を運用し、原子力施設の基準適合性を審査し、事業者に認可を与える責任主体は原子力規制機関である。米国ではNuclear Regulatory Commission (NRC)、フランスではThe French Nuclear Safety Authority (ASN)、英国ではOffice of Nuclear Regulation (ONR)、韓国ではNuclear Safety and Security Commission (NSSC)、スウェーデンではSwedish Radiation Safety Authority (SSM)、フィンランドではRadiation and Nuclear Safety Authority (STUK)、スイスではSwiss Federal Nuclear Safety Inspectorate (ENSI)、そしてわが国では原子力規制委員会(Nuclear Regulation Authority, NRA)と、名称は各国で少しずつ異なるが、役割は同じである。

規制機関はその役割上、政治的な意向や経済情勢といった技術的指標以外の動向にも左右されない高い独立性や、厳密かつ公正な審査を行うための高い技術力が求められる。欧米先進国の規制機関は、2011年より前から高い独立性と人材水準を維持してきたところが多い。IAEAには総合的規制評価サービス(Integrated Regulatory Review Service, IRRS)という、各国の規制活動や基準についてその妥当性をレビューするシステムがある。各国規制機関はこのIRRを定期的に受けつつ、組織・規制活動の改善を続け、安全性確保に寄与してきた。

表15に欧米主要国の規制機関について、表16にアジアの規制機関について、その意思決定および統制構造・規模の比較一覧表を示す。アジアについてはIRRによる評価コメントもあわせて示す。

表15 欧米主要国の規制機関

	アメリカ	フランス	イギリス	スウェーデン	フィンランド
規制機関	NRC	ASN	ONR	SSM	STUK
位置付け	連邦政府の独立機関	独立機関	公社	環境省下の独立機関	社会保険省下の独立機関
法的根拠	1974年「エネルギー機構再組織法」	2006年「原子力に関する透明性及び安全性に関する法律」	2013年 ^{※1} 「エネルギー法」	2008年「原子力活動法」	2015年 ^{※2} 「原子力法」
マネジメント・意思決定	委員会(5名の委員による票決)	委員会(5名の委員による合議)	役員会 ^{※3}	長官の下に「原子力施設安全部」等の各部局が存在	長官の下に「原子炉規制部」等の各部局が存在
(参考) スタッフ数	約4,000名	約470名	約500名	約300名	約320名

※1 2008年から自動的に規制組織の改編に着手。2013年「エネルギー法」に基づき、2014年にONRを創設

※2 2015年以前から独立規制機関として機能していたが、2012年のIRRSの勧告を踏まえ、2015年に法的根拠を明確化

※3 規制に関する決定は役員会が任命する主任検査官の指導のもと、十分な専門性と経験を有する職員が行い、役員会自身は責任を負わない

出所: IAEA、各国規制機関ホームページより作成

表16 アジア諸国の規制機関

	日本	韓国	中国	インド	ベトナム
規制機関	NRA	NSSC	NNSA	AERB	VARANS
位置付け	環境省下の独立機関	首相直轄の独立機関	環境保護部下の機関	独立機関	科学技術省下の機関
法的根拠	2012年「原子力規制委員会設置法」	2013年「原子力安全委員会の設置及び運営に関する法律」	「原子力安全法」の制定準備中	1983年「原子力法」	2008年「原子力法」
マネジメント・意思決定	委員会(5名の委員による合議)	委員会(委員による票決)	長官の下に「原子力施設安全管理部」等の各部局が存在	委員会(委員長及び5名の委員による合議)	長官の下に「検査部」等の各部局が存在
直近のIRRSにおける指摘事項(独立性関連)	-	-	「原子力安全法」の制定に際して、独立性・透明性を担保するよう勧告(2016)	独立性を法的に担保するよう勧告(2015)	商工省・天然資源環境省からの独立性を法的に担保するよう勧告(2014)

出所: IAEA、各国規制機関ホームページより作成

アジアの規制機関は欧米と比較すると、独立性の確保に課題が残っているといえる。日本および韓国は2011年以降、規制体系を更新し独立性を高めたが、欧米に比べまだ歴史は浅い。高い独立性と規制活動の透明さ、および信頼に値する水準の高さは、安全水準を維持していくための必須の条件である。これから原子力が増加するアジアでは、引き続き規制基準および規制活動の質の向上が望まれる。

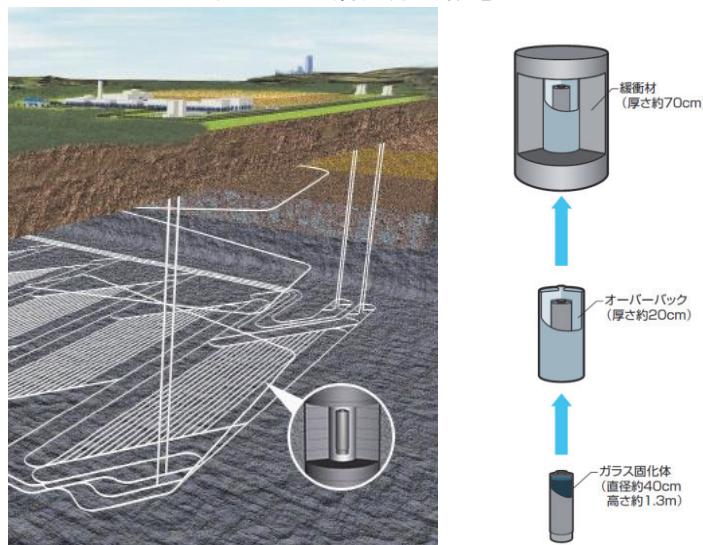
9.4 高レベル放射性廃棄物処分の問題

高レベル放射性廃棄物処分の概要と超長期安全性および経済性

原子力発電によって生じた使用済燃料は再処理されるか、もしくは再処理せずに直接処分される。各国の政策に応じていずれの方針を採用するにせよ、高レベルの放射性廃棄物を適切に処分する必要がある。

高レベル放射性廃棄物の処分には種々の方法が考えられるが、例えば海洋処分や氷床処分は国際条約等により不可能であり、宇宙処分は大気圏外に搬出するまでの安全性に根本的な問題がある。このため、深地層に埋設し、岩盤の特性を利用して廃棄物を閉じ込める「地層処分」が国際的に共通の方針となっている。廃棄物をガラスの中に分散させたガラス固化体を厚い金属製の容器(オーバーパック)と粘土層(緩衝材)で覆い、それを地下300m以深の岩盤中に埋設することで、人工・天然の多重バリアによって地上から隔離することとされている(図122)。

図122 地層処分の概念



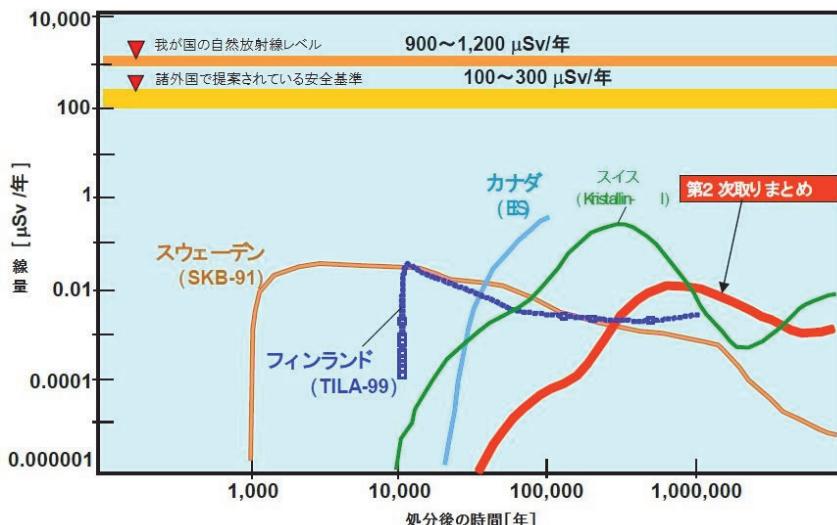
出所: 原子力発電環境整備機構(NUMO)

ここで重要なのは、廃棄物を処分場に埋設した後、放射能が十分に減衰するまでの数十万年の間、本当に安全に隔離しえるのかという問題である。実際に数万年後の社会がどのような体制で運営されているかはだれにも予想がつかない。また将来の世代に負担を残さないため、埋設後人類が長期にわたる管理をしなくとも安全性が担保できるように立地・設計・施工することが目指されている。

長期の安全性については数十年来、非常に多くの検討がなされている。例えば日本は火山国であり、活火山の近傍に立地した場合には長期の安全性が失われることは容易に想像がつく。ただし日本の地層や地質構造を詳細に調査すると、過去数百万年にわたって国内の火山の位置はほとんど変化しておらず、また断層活動も数十万年にわたって繰り返し同じ場所でのみ生じていることがわかる。このため、サイト選定にあたって地質環境を十分に調査すれば、少なくとも数十万年の間は火山や活断層の影響を避けることができると考えられている。

超長期の安全性については、核燃料サイクル開発機構(JNC、現・日本原子力研究開発機構)が詳細な検討結果を1999年に公表した²¹。そこでの超長期安全性の評価例を図123に示す。ここでは、仮に処分場閉鎖後1,000年の時点でのオーバーパックの機能が喪失し、ガラス固化体が地下水と接触することによって溶出し、地表へと運ばれると保守的に想定した「地下水シナリオ」の標準的なケースにおいて、人間への影響が最大となるのは処分後80万年、その時の線量は0.005 $\mu\text{Sv}/\text{年}$ に止まる、という評価結果になっている(図123中「第2次取りまとめ」)。諸外国において固有の地質環境等の想定のもとに行った評価においても、概ね同様の結果が得られている。

図123 超長期安全性の評価例



出所: 燃料サイクル開発機構(JNC)、NUMO

廃棄物処分のために必要な総コストはおよそ2.8兆円と見積もられており、これによる原子力発電単価への寄与は¥0.04/kWhと評価されている²²。すなわち経済性のみの観点からは、原子力発電にかかる問題の中で廃棄物処分が占める位置は決して大きくない。この2.8兆円は処分場の操業等にかかる費用であり、上述のとおり数十万年の間人類が維持管理することはそもそも想定されていない²³。従って廃棄物処分を考える際に重要なのは経済性ではなく、あくまでも「超長期の安全性をいかに確保するか、本当に確保できるのか」という問題である。これについては引き続き新たな科学的知見を収集し、その上で検討が進められる必要がある。

²¹ 核燃料サイクル開発機構「わが国における高レベル放射性廃棄物地層処分の技術的信頼性—地層処分研究開発第2次取りまとめ」、<https://www.jaea.go.jp/04/tisou/houkokusyo/dai2jitoimatome.html>

²² 発電コスト検証ワーキンググループ「長期エネルギー需給見通し小委員会に対する発電コスト等の検証に関する報告」、
http://www.enecho.meti.go.jp/committee/council/basic_policy_subcommittee/mitoshi/cost_wg/pdf/cost_wg_01.pdf

²³ ただし、仮に100万年の間毎年10億円の管理費用がかかったと想定しても、例えば実質割引率3%の想定のもとでは100万年間の累積費用(現在価値換算後)は330億円であり、2.8兆円がごくわずかに上昇するに過ぎない。これは、初期に一定の金額を拠出すれば、その運用益によって少なくとも計算上は永遠に費用を捻出できることに対応している。

各国の処分計画の進展状況

表17に示すとおり、地層処分計画の進展状況は国によってまちまちである。処分計画が遅延する原因として、安全性に関する地元の懸念等から、処分地の選定自体が進まないケースがあるということが挙げられる。

日本ではこれまで処分地選定プロセスの最初の段階として考えられていた「文献調査」を行うべく立候補する自治体が見つからず、今後国が国内で「科学的により適性の高いと考えられる地域(科学的有望地)」を選定・提示し、自治体に働きかける方針としている。米国や英国においても選定の途中、もしくはほぼ選定に至った候補地が撤回されるなど、処分地選定は必ずしも順調に進んでいない。

一方で、フィンランドおよびスウェーデンでは既に処分地の選定も終わり、処分の実施に向けて進行中である。この2か国は決して例外的な事例ではなく、他に例を挙げればフランスやスイスにおいても処分地選定は比較的順調に進んでいる。高レベル放射性廃棄物の処分は非常に時間のかかるプロセスであり、政府や自治体のみでなく事業者や地元住民、環境関連団体など、各ステークホルダーが十分な対話をを行い、着実に作業を進めることが求められる。

表17 各国の地層処分計画の進展状況

国名	サイト選定の状況	処分場操業予定
日本	「科学的有望地」の提示に向けて検討中	平成40年代後半
中国	複数の候補地域で調査中	—
韓国	方針検討中	—
米国	ネバダ州ユッカマウンテンを計画していたが、中断	2048年頃
英国	カンブリア州西部の自治体が撤退、新たに選定中	2050年代
フランス	ビュール地下研究所の近傍で選定中	2025年頃
スイス	2か所の候補サイトを選定、2017年から選定の最終段階を開始予定	2060年頃
スウェーデン	エストハンマル自治体 フォルスマルクに決定	2029年頃
フィンランド	エウラヨキ自治体 オルキルオトに決定	2022年頃

出所: 原子力環境整備促進・資金管理センター

スウェーデンでは2002年からサイト選定に至る2010年まで、環境法典および原子力活動法に基づき地元との協議が繰り返し行われた。この際、「オスカーシャム・モデル」と呼ばれる自治体、規制機関、事業者や環境団体といった全ての関係者を交えた協議体制が構築された。ここでは市民団体および環境団体が常に対話の主役であり、ステークホルダーが決断に関する独立性を維持しつつ参与した。住民側がいつでも(時間的制約なく)拒否する権利を保有することで、住民と政府・事業者が対等な関係で議論が進められたと言われている。また、電気事業者が拠出する原子力廃棄物管理基金からの資金援助は地元自治体のみでなく、環境NGO等に対しても行われていた。このような国や事業者からの一方向の関与ではない、双方向の対話が、世界に先駆けた処分地の選定という成功を生み出したものと考えることができる。

9.5 第4世代炉

第4世代炉とは、定義によればこのようなものである²⁴。

「燃料の効率的利用、核廃棄物の最小化、核拡散抵抗性の確保等エネルギー源としての持続可能性、炉心損傷頻度の飛躍的低減や敷地外の緊急時対応の必要性排除など安全性/信頼性の向上、および他のエネルギー源とも競合できる高い経済性の達成を目標として、2030年代の実用化を目指して開発されている将来炉型」。

2016年現在、世界で運転中の約400基の原子炉の大半が「第2世代」と呼ばれる軽水炉であり、建設中の約70基の半分程度が「第3世代」ないしは「第3世代+」と呼ばれる軽水炉である。

第4世代原子炉は一部を除き、軽水炉ではない。上記の開発目標を念頭に、軽水(普通の水)以外の冷却材を採用し、減速材を用いない高速炉を含めた革新的な概念である。

論点1: なぜ、現在世界で圧倒的なシェアで普及している型式が軽水炉なのか?

論点2: なぜ、第4世代炉は軽水以外の冷却材も視野に入れようとしているのか?

本項ではこれらの論点を掘り下げたい。

1950年代、欧米とロシアで原子力発電の商業化が開始されて以来、原子炉の技術(型式)は改良を重ね、進歩してきた。原子炉開発の歴史を振り返る際、軽水は核燃料を最大限活用する観点からは決して最適な材料ではなかったことに留意する必要がある。

原子力エネルギー利用のアイデアは熱中性子を使わない高速臨界体系から発している。最初に作られた原子炉は黒鉛減速空気冷却炉²⁵であったし、その後最初に商業化された発電用原子炉も黒鉛減速ガス冷却炉²⁶ (GCR)であった。GCRの時代はかなり長く続き、日本に最初に導入された技術もGCRであったが、それは当時、核反応持続に必要な減速効果が最も高いのは黒鉛だと考えられていたからである。その上、当時は(今でもだが)水は金属を錆びさせる厄介なものであり、ガスに比べて冷却性に優れるとはいえ、構造材料との相性には疑問が持たれていた。

しかし軽水炉の概念が完成し、原型炉としてある程度の運転実績が蓄積され、またウラン濃縮技術が商業ベースに乗った1960年代以降、軽水炉は世界数十か国にまたたく間に普及した。1980年代以降は日本や韓国等で独自の改良も進められ、第2世代、第3世代、そして第3+世代と順調に技術進展を遂げた。軽水炉とそれほど違わない時期に提唱された一体型高速炉(Integrated Fast Reactor, IFR)など他の炉概念が未だに概念検討段階にあるのとは対照的である。

軽水炉は水とステンレスという、世界中どこにでもある材料でできている。だから応力腐食割れ²⁷をはじめとする材料関係のトラブルが起きても次々に材料を改良し、現場に投入し、その実績を踏まえてさらなる改良を重ねることができたし、火力発電や他産業で

²⁴ 原子力百科事典ATOMICA 「第4世代原子炉の概念」

²⁵ シカゴ・パイール1号

²⁶ コールダーホール1号

²⁷ 応力環境下にある材料の腐食現象。Stress Corrosion Crack, SCC

使われる高温高圧・耐腐食材料などの知見も活かすことができた。前述のとおり課題は多かったが、その改良案が多方面から現場に投入され、共有されたのである。

他方、水以外の冷却材やそれに適合する材料を必要とする概念は、その特性ゆえに限られた実験施設しか技術実証の場を持つことができなかつた。例えばナトリウム冷却高速炉の大型熱流動実験施設は、わが国では茨城県大洗町の日本原子力研究開発機構内などごく限られている。ナトリウム冷却高速実験炉は世界でも数基しかないため、軽水炉で行われたようなトラブルの相互レビューやフィードバックも行われず、他分野からの知見導入や産業界での情報交換もごく限定的であった。設計・運転の現場を世界中に持っているかどうか、いわば材料の普遍性に起因する技術のすそ野の広さが軽水炉とその他の革新的概念との差であったように思える。

以上が冒頭の論点その1「なぜ、現在世界で圧倒的なシェアで普及している型式が軽水炉なのか?」への回答である。

それではなぜ、既に広く普及し、他電源と比較したコスト競争力の面でも優れている軽水炉があるにもかかわらず、次の世代では違う型式の研究開発が進められているのであろうか。

端的に言えば、軽水炉の弱点・課題を別の材料で解決しようという、第2世代の時代からの試みが依然として続けられているということであろう。繰り返しになるが、軽水は核燃料を最大限効率的に活用するという点では決して理想的ではない。天然ウランを濃縮する必要があるし(濃縮コストは相当低減しているし、今後とも技術革新によりさらに低減できるポテンシャルは大きいが)、ウランから生じたプルトニウムを消費することはできても、消費した以上のプルトニウムを取り出すことができる高速炉を軽水炉で成立させることは、不可能ではないが相当なチャレンジである。限られた資源の有効活用、特に使用済燃料中に存在する多様な物質の効率的な利用を目指すなら、軽水ではなく他の冷却材を用いたほうが望ましい。そのことは原子力利用の開始当初から見えていたことではあったが、軽水以外の冷却材の課題である「材料の普遍性に起因する技術のすそ野の広さ」の解決策が見えないまま現在に至っているといってよい。

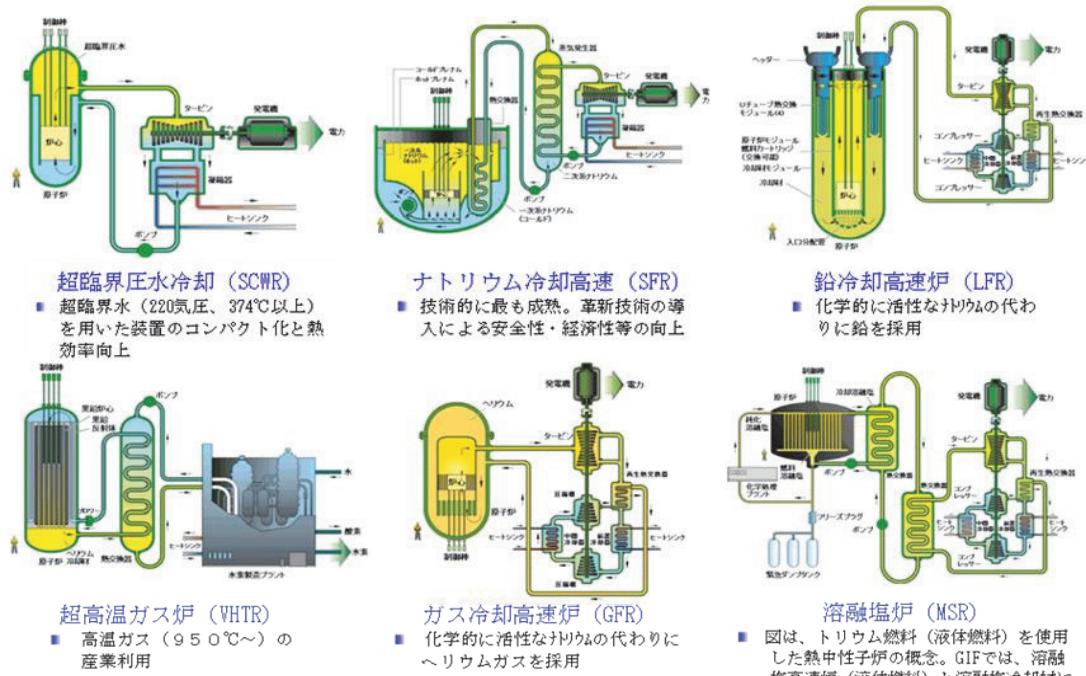
一口に革新型炉といつても、冷却材と燃料形態や構造材の組み合わせパターンは多岐にわたる。1990年代まで世界においては、ナトリウム冷却高速炉のように大型発電炉の建設・運転まで開発が進んだものからペーパーリアクターまで、さまざまな開発フェーズの概念が混在し、各国・各機関の研究者が互いに競い合う状況であった。競い合う状況は研究段階では多様なアイデアを誘発する観点からは望ましいとも言えるが、予算の制約がある開発段階では望ましくない。

そこで、1999年、米国エネルギー省が2030年頃に実用化可能な炉概念を各国から提案し、数個に絞り、国際共同開発プロジェクト「第4世代原子力システムに関する国際フォーラム(Generation IV International Forum, GIF)」として進めていくことを提唱した。これを受け2001年4月より各国が応募を開始し、2001年7月にアルゼンチン、英国、カナダ、韓国、日本、ブラジル、フランス、米国および南アフリカは、GIFの理念を定めた憲章を作成した。関係各国が公募したアイデアを技術作業グループ(Technical Working Group, TWG)で検討し、その結果をロードマップ統合チーム(Roadmap Integration Team, RIT)がレビューという過程を経て、2002年7月、GIFの研究および開発課題として6つのシステムが選定され、同年12月、これらのシステムならびにシステムに共通する安全性および

不拡散性等の事項についての研究開発計画が作成された。2016年10月現在、GIF加盟国は13か国および1機関(EU)となっている。加盟国は、GIF憲章に署名し枠組協定を締結した後、システム取決めおよび事業取決めを作成し、具体的な研究開発プロジェクトに参加している。

6つの概念を図124に示す。

図124 第4世代原子炉の6概念の概要



出所: 第4世代原子炉フォーラムホームページより引用、作成

GIFの各概念への各国の参加状況を表18に示す。

表18 GIFの各概念検討への加盟各国の参加状況[2014年1月]

System	CA	CN	EU	FR	JP	KR	RU	CH	US	ZA
SFR	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	
VHTR	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	
SCWR	✓		✓		✓		✓			
GFR	✓		✓		✓			✓		
LFR				P			P			
MSR	P	P					P			

✓ = Signatory to the System Arrangement; P = signatory to the Memorandum of Understanding; Argentina, Brazil, and the United Kingdom are inactive.

出所: Technology Roadmap Update for Generation IV Nuclear Energy Systems GIF HP, January 2014

加盟国の中では日本が最も多くの概念検討に参加しており、次いでフランス、ロシアの順である。韓国と加盟順では後のはうになる中国も、2つの概念、しかもGIFの中では中

核とも言えるナトリウム冷却炉と高温ガス炉に参加していることから、両国の水準は今やフランス、日本それに米国と比べても引けを取らないところまで来ているとしてもおかしくはない。反面、英国やカナダなど先進国でも実質的な活動にはほとんど寄与していない国もあり、その国の原子力技術水準とGIFへの貢献度は必ずしもリンクしているとは言えない面もある。

第4世代原子炉は前述のとおり、軽水炉では達成困難なチャレンジングな目標に向かって革新的な材料と技術を適用していくものである。1990年代終わりに米国が提唱し、フランスや日本が中心となって結成した国際フォーラムにおいて、日本やフランスや米国といった当初の主導国が今後とも主導的立場になり得るかどうかは不明である。フランスは1990年代に実証炉SuperPhoenixの運転を終了し、2010年には原型炉Phoenixも停止した。わが国ではもんじゅの廃炉が事実上の既定路線となりつつある。対照的に、中国では高温ガス炉や高速炉の開発が進捗中であり、韓国でも次世代原子炉と先進的核燃料リサイクルの研究開発に多くの予算が割り当てられている。GIFにおける主導的立場の国がフランスや日本から中国ないしは韓国に移る日もそう遠くないかもしれない。

第IV部

地球環境問題への対処

10. 技術進展ケース

10.1 主要対策

「技術進展ケース」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(CO₂)排出削減対策を見込む。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、革新的技術の開発・導入が世界大で加速する。環境規制や国家目標の導入、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・原子力の普及拡大などが強力に図られる(図125)。

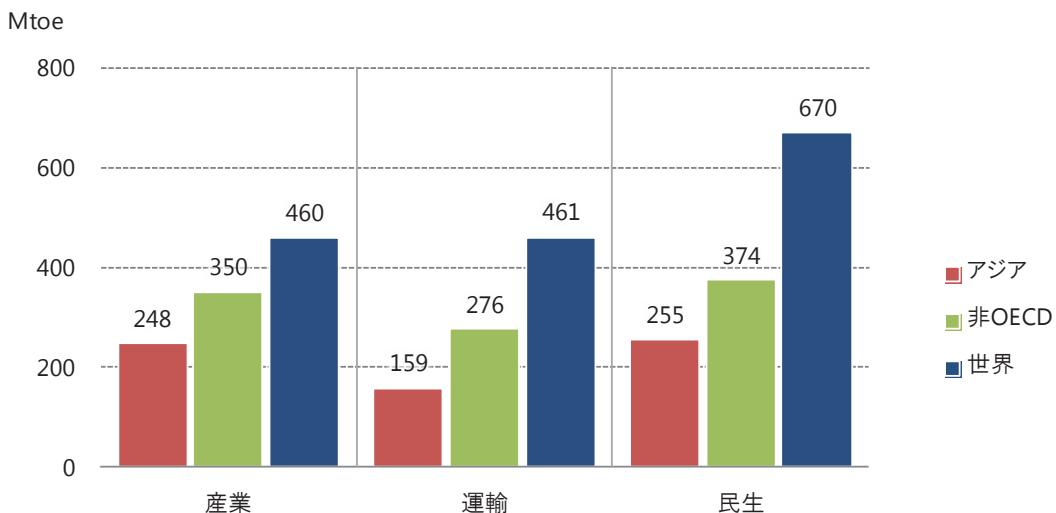
図125 政策・技術の想定例[技術進展ケース]

<p>環境規制や国家目標の導入、強化</p> <p>国家的戦略・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</p>	<p>技術開発強化や国際的な技術協力の推進</p> <p>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</p>
<p>【需要サイドの技術】</p> <p>■ 産業部門 セクトラルアプローチ等により最高効率水準(ベストプラクティス)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</p> <p>■ 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、燃料電池車)の普及拡大</p> <p>■ 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</p>	<p>【供給サイドの技術】</p> <p>■ 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</p> <p>■ 原子力導入促進 原子力発電建設加速化、設備利用率向上</p> <p>■ 高効率火力発電技術 超々臨界圧石炭火力、石炭IGCC、石炭IGFC、天然ガスMACCの普及拡大</p>

省エネルギー

技術進展ケースでは、レファレンスケースと比較して1,590 Mtoeの最終エネルギー消費が節減される。これは、2014年のOECDヨーロッパと日本の最終エネルギー消費を合計したものを上回る量である。節減量の内訳は、民生部門が670 Mtoe、運輸部門が461 Mtoe、産業部門が460 Mtoeである(図126)。全ての部門において、非OECDによる節減量が過半を占めており、同地域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カギを握っている。中でも産業部門ではその占有率が76%と大きい。以下に技術進展ケースにおける部門別の省エネルギーの特徴について説明する。

図126 技術による省エネルギー(レファレンスケース比) [技術進展ケース2040年]

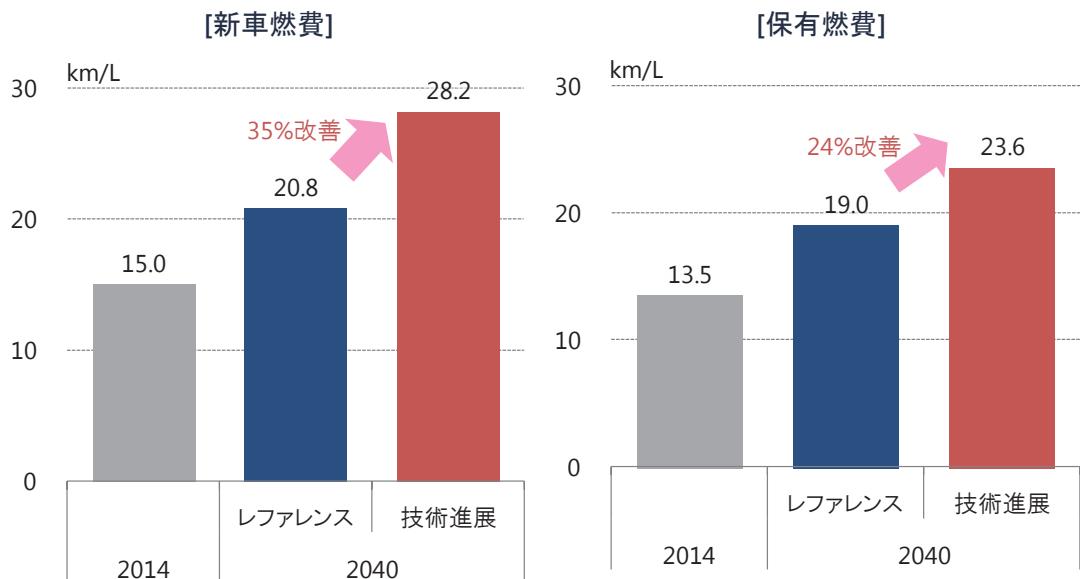


民生部門は、経済的な観点等から省エネルギー意識の高い産業部門とは異なり、エネルギー消費節減のインセンティブが働きにくい。言い換えれば、OECD、非OECDを問わずエネルギー消費の節減余地が非常に大きい。中でも、寒冷地域における暖房・給湯機器の効率改善、非OECDにおける断熱性能の向上等がエネルギー節減に大きく貢献する。給湯や暖房には、国による違いはあるものの、灯油、LPG、都市ガスなどが用いられることが多いため、両用途に関しては燃料が大きく削減されうる。しかし、民生部門全体で見たエネルギー消費節減の過半は、冷房・動力・照明等での節減も効く電力である。

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。2040年の世界平均の自動車燃費は、新車燃費がレファレンスケースから7.4 km/L改善して28.2 km/L(3.5 L/100 km)に、また保有燃費が4.5 km/L改善して23.6 km/L(4.2 L/100 km)となる(図127)。車種構成においては、ハイブリッド自動車や電気自動車の導入拡大が世界大で進むほか、先進地域では、プラグインハイブリッド自動車や燃料電池自動車など、次世代型自動車の導入・普及拡大が見込まれる。先進地域では次世代型自動車の車種構成に占める割合がより早期に増加しうるため、運輸部門のレファレンスケースからのエネルギー節減量に占めるOECDのシェアは産業部門と比較して大きい40%である。

産業部門では、非OECDの効率改善余地が特に大きい。同部門での非OECDによる消費の増加は著しく、2000年に世界全体に占める割合は51%であったが、2014年には71%まで急上昇している。非OECDのエネルギー効率は新規設備の導入等により改善傾向にあるものの、エネルギー多消費な素材型産業の生産増加の結果、エネルギー消費は増加している。現状で利用可能な高効率技術を、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に適用することにより、非OECDの産業部門の消費はレファレンスケースから350 Mtoe節減されうる。また、素材系産業の生産量の著しい伸びが見込まれるアジア地域における節減はその54%を占める。他方、OECDにおいては、効率の改善余地は非OECDに比して少ないものの、109 Mtoeを削減しうる。また、高効率技術の技術移転という形で非OECDの効率改善に協力する効果は非常に大きい。OECDによる省エネルギー技術に関する研究事業、途上国との共同フォーラムなど積極的な協力事業が期待される。

図127 自動車燃費



再生可能エネルギー

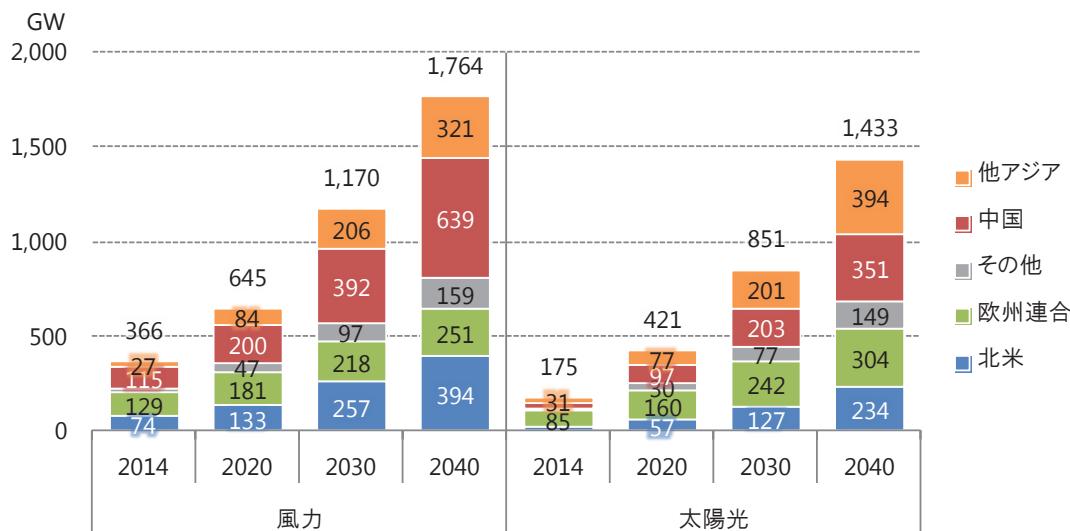
技術進展ケースでは、一次エネルギー消費に占める再生可能エネルギー(水力を含む)のシェアは、2014年の14%から2040年にはレファレンスケースを5%ポイント上回る21%に上昇する。そのけん引役は、風力発電や太陽光発電であり、これらの合計(太陽熱発電と海洋発電も含む)が一次エネルギー消費に占める割合は、2014年の0.8%から2040年には3.2%まで上昇する。

風力発電については、陸上風力のさらなるコスト削減と送配電インフラの整備によって、新興・途上国および米国を中心に導入が加速する。また、ヨーロッパを中心に建設コスト、運営管理費、系統連系コストの低減により洋上風力発電の導入が拡大する(図128)。技術進展ケースにおける2040年の全世界の累積導入設備量は1,764 GWで、レファレンスケースにおける導入量の1.5倍となる。

太陽光発電については、システムコストの低減によって、新興・途上国において普及がさらに拡大する。特に、中国、インド、中東、北アフリカ、中南米等の日射量に恵まれたサンベルト地域での伸びが大きい。先進国では、蓄電池の価格低下が、太陽光発電の普及を加速させる。2040年における全世界の累積導入設備容量は1,433 GWと、レファレンスケースの1.7倍に拡大する。

風力発電や太陽光発電等の自然変動電源の導入拡大を加速させる要因は、建設コストや、システム価格の低減であるが、発展途上国では低コスト融資も重要な要素である。また、発電予測技術、出力抑制、エネルギー貯蔵技術、送配電網増強、さらにはこれらの技術を情報技術(IT)と組み合わせたスマートグリッド技術による系統安定化対策の強化も大きな役割を果たす。

図128 世界の風力、太陽光発電設備容量[技術進展ケース]



原子力

原子力発電の導入は、低炭素化対策の観点から期待が大きい。新興国では、国内電力需要の急速な拡大に対応し、かつ低炭素化対策を進めるために、原子力発電の導入が検討されている。従来原子力発電を積極的に推進してきた国々の中でも、米国やフランスは2015年時点の設備容量を維持するにとどまる一方で、ロシア、韓国は現状の設備容量を上回る規模での新規建設が進む。また、福島事故を受けて、脱原子力政策の方向性を明確にしたドイツ、スイス、ベルギーでも、低炭素化対策や、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検討される可能性がある。

技術進展ケースでは、一次エネルギー消費に占める原子力のシェアは、2014年の4.8%から2040年にはレファレンスケースを3.6%ポイント上回る9.8%に上昇する。設備容量は、2015年の399 GWから2040年には847 GWに増大する(図129)。レファレンスケースでの2040年の設備容量612 GW比では約1.4倍に相当する。

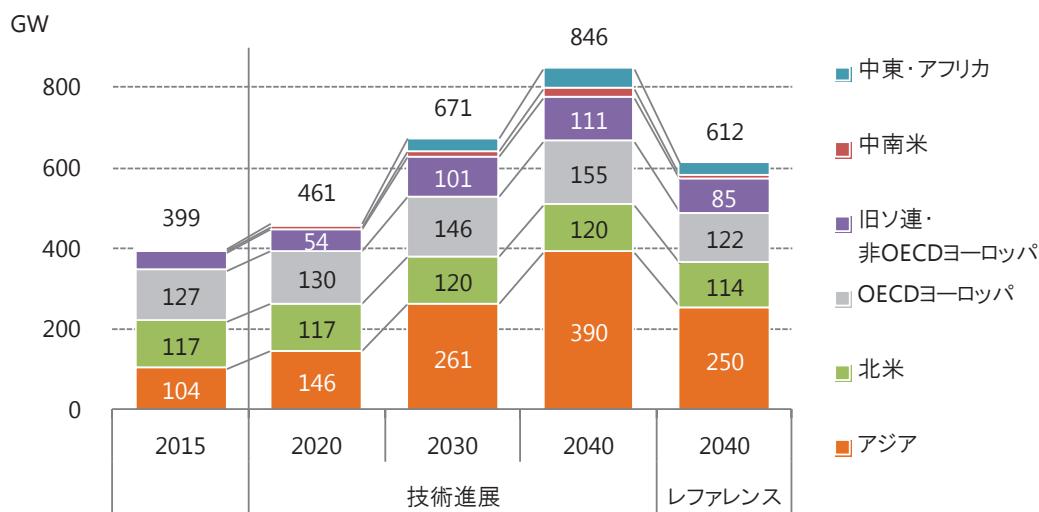
北米は、カナダのけん引により2040年に設備容量が120 GWへと拡大する。カナダでは、既設炉閉鎖で2025年には設備容量が11 GWまで落ち込むものの、新規建設の進展により2030年以降は17 GWの設備容量を維持する。米国では、既設炉について60年までの運転延長が既に8割以上の原子炉に対して認可され、さらに80年までの延長も検討されている。しかし、最近の電力需要の伸び悩みと安価な天然ガス価格を背景とした新規建設計画の低迷が続くと考えられ、設備容量は2040年でも現状と同等の水準(103 GW)にとどまる。

OECDヨーロッパでは、老朽化した既設炉が廃炉される一方で、リプレースによって設備容量は補われ、2015年の127 GWから2040年には155 GWまで拡大する。例えば、英国では、既設炉の廃炉が進み設備容量は2025年に8 GWまでいったん落ち込むものの、2040年には12 GWまで拡大する。ドイツやスイス、ベルギー、イタリアは、1986年の切尔ノブイリ事故後に脱原子力へ政策を転換したが、その後原子力利用へ政策を再転換した経緯がある。福島事故後の政策転換も、国際情勢に合わせて見直される可能性がある。ま

た、ロシアでは新規建設計画がさらに加速し、設備容量は2015年の26 GWから2040年には76 GWへと大きく拡大する。東欧諸国でも、原子力導入目標が着実に進められる。

アジアでは、中国、インドを中心に、東南アジア諸国でも新規建設が進展する。設備容量は2035年にOECDヨーロッパと北米の和(269 GW)を上回り、2040年には390 GWに達する。中国は2020年以降5年間に34 GWずつのペースで新規建設が行われ、2030年に米国の設備容量(103 GW)を上回って世界最大の原子力利用国となり、2040年には194 GWまで導入が進む。インドは2015年時点の設備容量が6 GWであるが、政府は積極的な原子力導入目標を掲げており、2030年には33 GW、2040年には62 GWまで拡大する。新興市場とされる中東、アフリカ、中南米では、2025年頃より新設炉の運転開始を迎える、以降設備容量は着実に拡大する。特に中東地域では、アラブ首長国連邦とサウジアラビアを中心とした新規建設が計画されており、設備容量は2030年に20 GW、2040年に29 GWまで達する。

図129 原子力発電設備容量



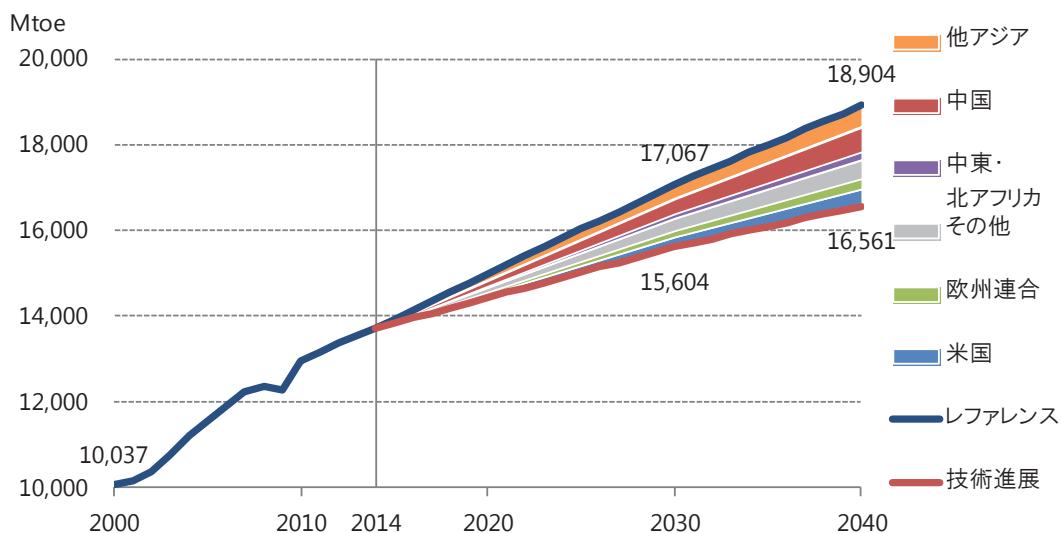
10.2 エネルギー需給

一次エネルギー消費

上述の省エネルギー・気候変動対策の強力な展開により、一次エネルギー消費は大幅に節減されうる(図130)。技術進展ケースにおける2040年の一次エネルギー消費量は16,561 Mtoeであり、レファレンスケースからの節減量は2,343 Mtoeと、現在の北米の一次エネルギー消費量に匹敵する。さらに、2040年までの累積で見れば、この節減量は約32 Gtoeにもおよぶ。これは、2014年の世界の一次エネルギー消費の2.3倍にあたる。

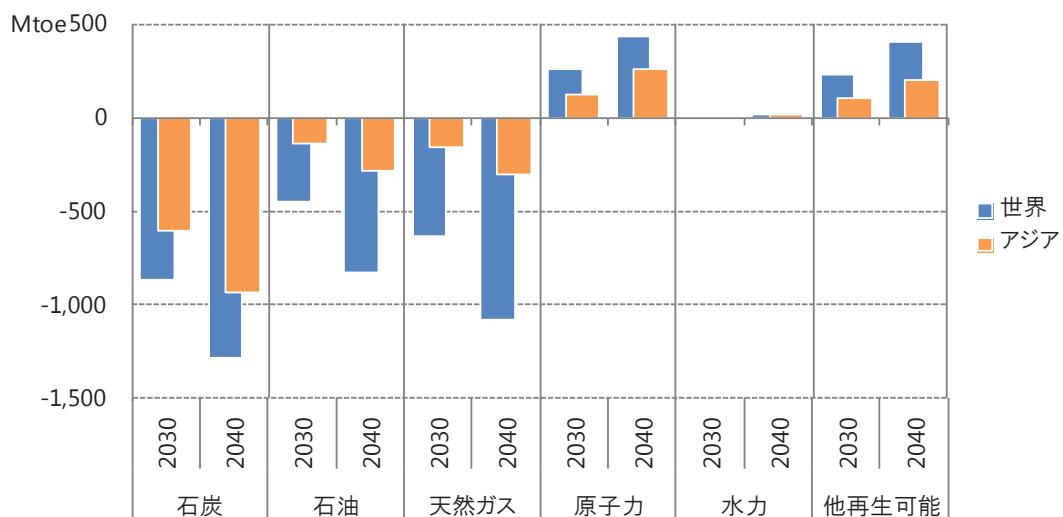
技術進展ケースへの移行においては、今後エネルギー需要が拡大し、かつ節減対策ポテンシャルが大きい非OECDやアジアの役割が大きい。2040年における世界の省エネルギー量のうち、非OECDによる分は65%、アジアによる分は45%にのぼる。これらの地域が、世界が必要とするエネルギー源の消費・生産形態、あるいは地球環境への影響力など、広い意味での世界のエネルギーシステムを変革するカギを握っている。

図130 世界の一次エネルギー消費と地域別省エネルギー



エネルギー源別に一次エネルギー消費節減量を見ると、化石燃料のそれが非常に大きい(図131)。2040年における一次エネルギー消費のレファレンスケースからの節減量2,343 Mtoeのうち、石炭が1,286 Mtoe、天然ガスが1,078 Mtoe、石油が832 Mtoeをそれぞれ占有する。他方、原子力や再生可能エネルギーは導入が加速し、その消費量は、原子力がレファレンスケースを433 Mtoe(うちアジアが254 Mtoe)、水力を除く再生可能エネルギーが408 Mtoe(同198 Mtoe)、それぞれ上回る。これらの結果、技術進展ケースにおける化石燃料のシェアは、2014年の81%から2040年に70%まで低下する。

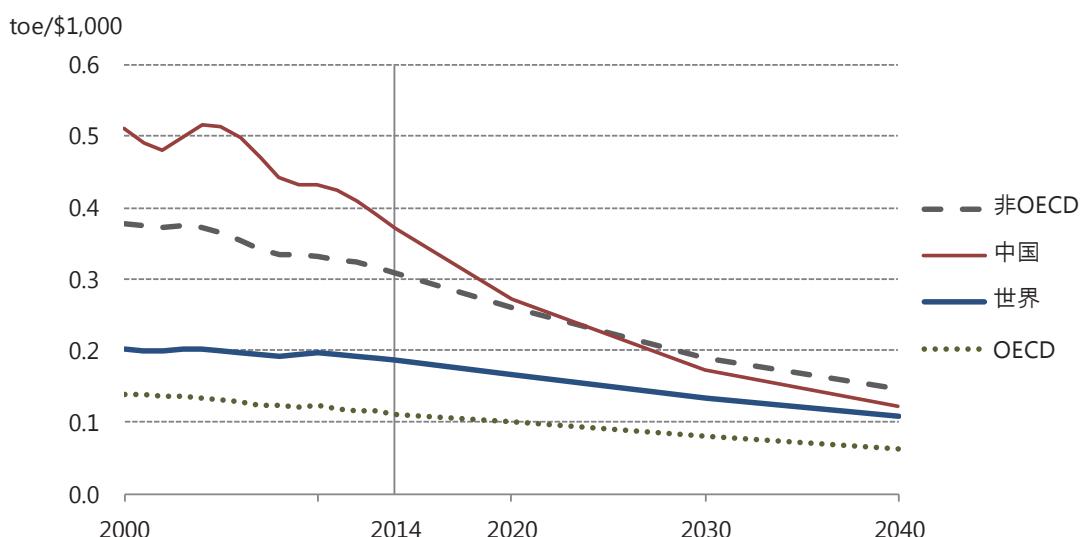
図131 世界の一次エネルギー消費の変化(レファレンスケース比) [技術進展ケース]



化石燃料消費の節減量のうち、中国やインドを中心とするアジアが占める割合は48%であり、特に石炭の節減量では73%と非常に高い。また、原子力および他再生可能エネルギーの増加量に対しても、アジアの寄与は過半を占める。

マクロなエネルギー効率を示す世界の一次エネルギー消費量の対GDP原単位は、2040年に2014年比42%減少する。OECDは44%減であるのに対して、非OECDは53%減少し、その差を縮めてゆく。中でも中国の対GDP原単位は、産業構造の変化などから足元でも急速に減少しているが、この先も減少が続き、2030年までに非OECDの平均を下回る(図132)。その後、中国は非OECDの省エネルギーをけん引する存在となる。アジア全体では、対GDP原単位は2040年までに52%減少する。

図132 一次エネルギー消費量の対GDP原単位[技術進展ケース]

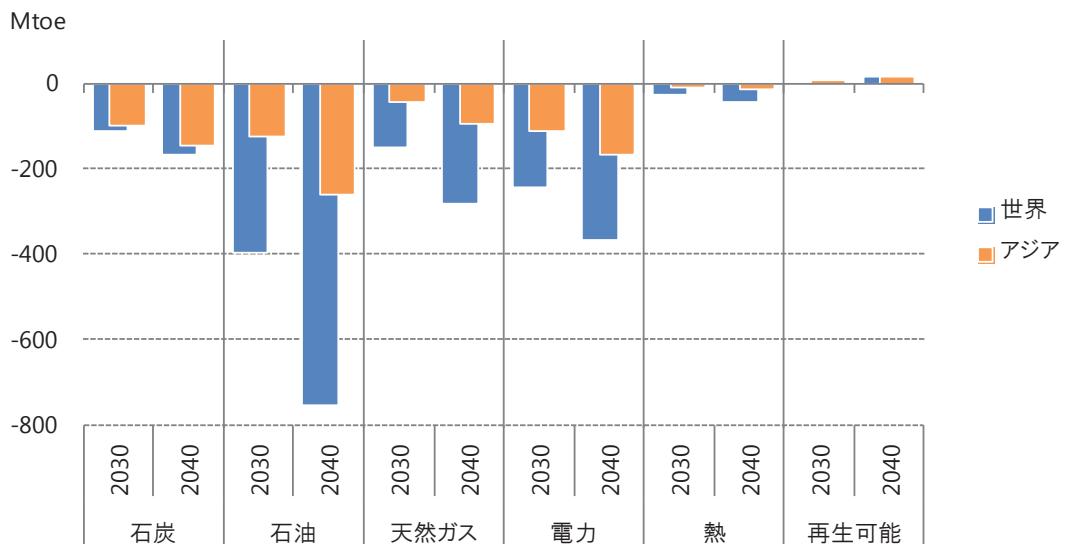


技術進展ケースが描く世界のエネルギーシステムの実現のために、アジアが極めて重要な役割を担う。技術の普及を阻む資金調達力や意識の不足などの省エネルギーbarrierの解消が重要である。低所得者層に対してリーズナブルな価格で省エネルギー機器の普及を促すことや、都市部と郊外のライフスタイルの違いも考慮した省エネルギー技術の提供も必要である。国全体で省エネルギー意識を高めてゆく教育も必要となろう。共催フォーラム等の二国間協力や、ASEAN+3、APEC等の多国間枠組みなどがその一助となる。

最終エネルギー消費

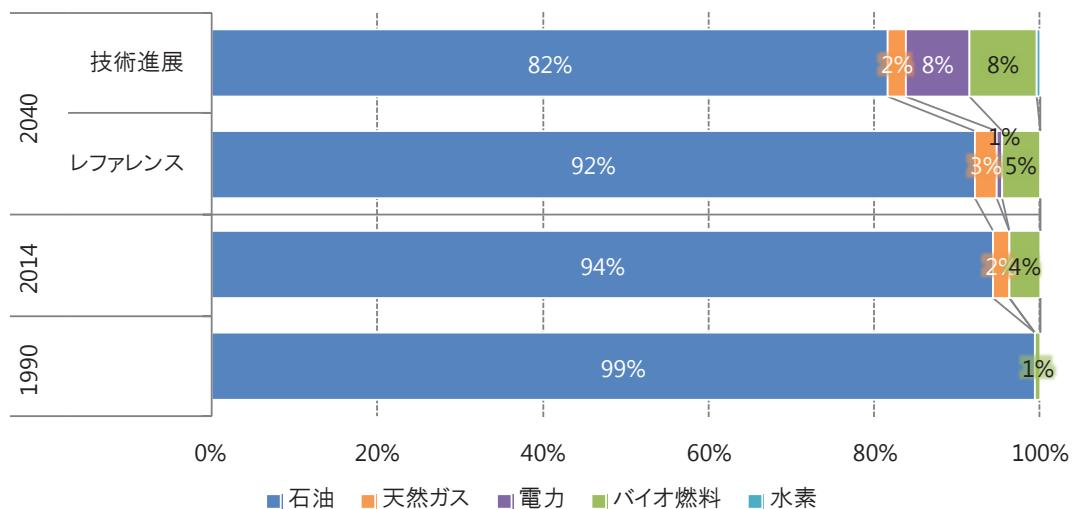
最終エネルギー消費は、2040年において1,590 Mtoe節減されうる。このうち、石油が753 Mtoe、電力が368 Mtoeと、これら2つで省エネルギー量の70%を占める(図133)。

図133 最終エネルギー消費の変化(レファレンスケース比) [技術進展ケース]



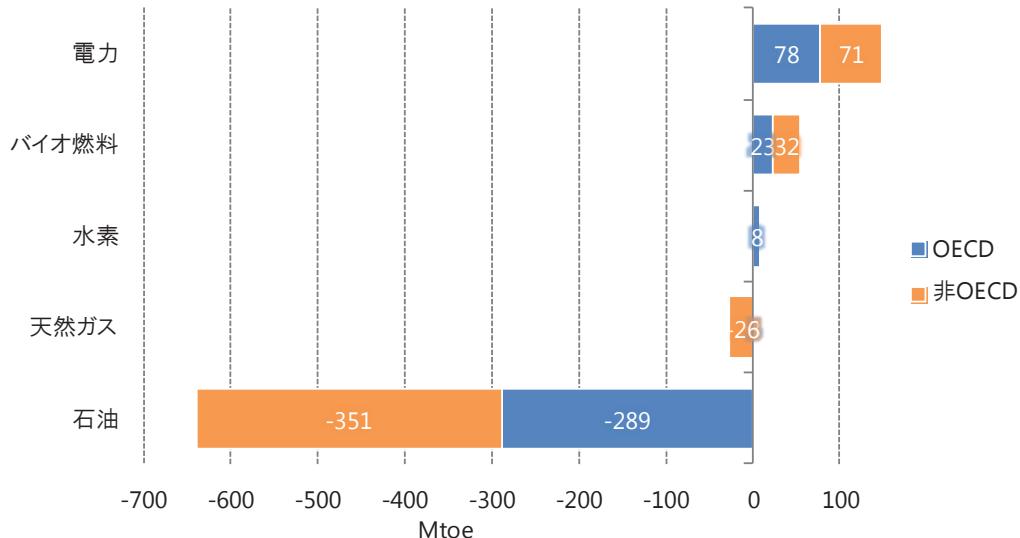
石油の節減は、主として運輸部門の省エネルギー進展の寄与が大きい。技術進展ケースでは、2014年に94%を占めていた道路部門の石油の割合は、2040年に82%まで低下する(図134)。他方、天然ガス自動車や電気自動車、燃料電池車などの次世代自動車の普及が進むことにより、石油以外のエネルギー源が道路部門に占める割合は、2040年に18%に達する。

図134 世界の道路部門のエネルギー消費構成



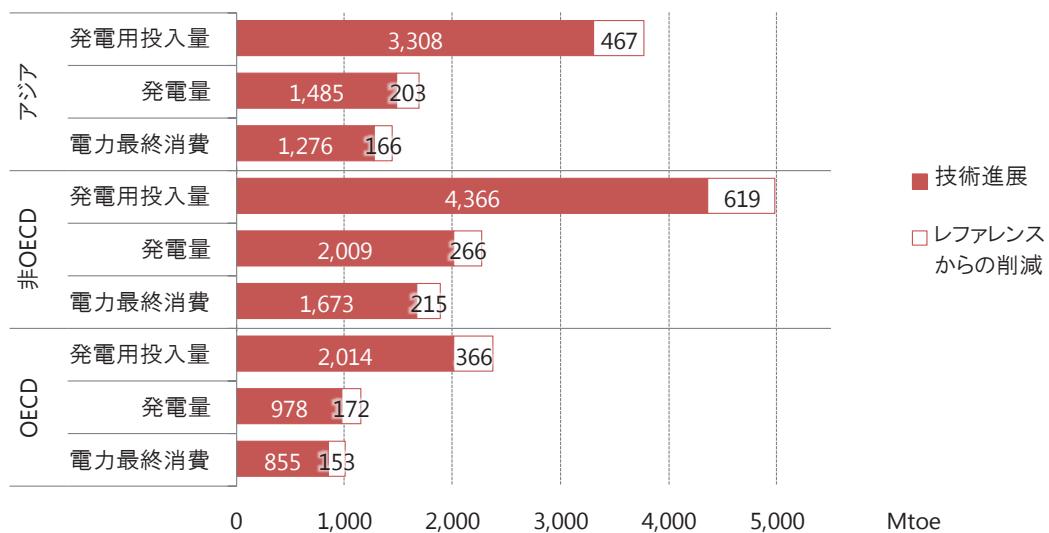
道路部門のエネルギー消費をレファレンスケースと比べると、電力の増加が最も多い(図135)。技術進展ケースでは、電気自動車の普及に加え、渋滞緩和・物流効率化を含む交通需要マネジメントの情報技術の普及も進む。

図135 道路部門エネルギー消費の変化(レファレンスケース比) [技術進展ケース2040年]



電力の最終消費は368 Mtoe節減され、これにより発電量を438 Mtoe削減することができる。発電効率向上の効果も相まって、結果的に一次エネルギー消費を985 Mtoe節減することができる(図136)。これは一次エネルギー消費の総節減量のうち42%に相当する。この節減に大きく寄与する地域は、アジアである。アジア新興国での発電効率は大きく向上し、電力需要の増加に伴う新規発電設備の導入やリプレースによって2040年には先進地域とほぼ大差ない水準まで改善する。

図136 電力最終消費の節減等に伴う一次エネルギー消費の削減[技術進展ケース2040年]



世界的な発電効率改善の実現を目指す過程においては、先進地域と新興国が協力してこの課題に取り組むことが重要である。新興国では、高い経済成長を急ぐあまりに、環境への配慮を欠いた開発が進められていることも少なくない。例えば、産業部門による大気汚染問題について取り組もうとすれば、経済成長の抑制につながりかねないため、新

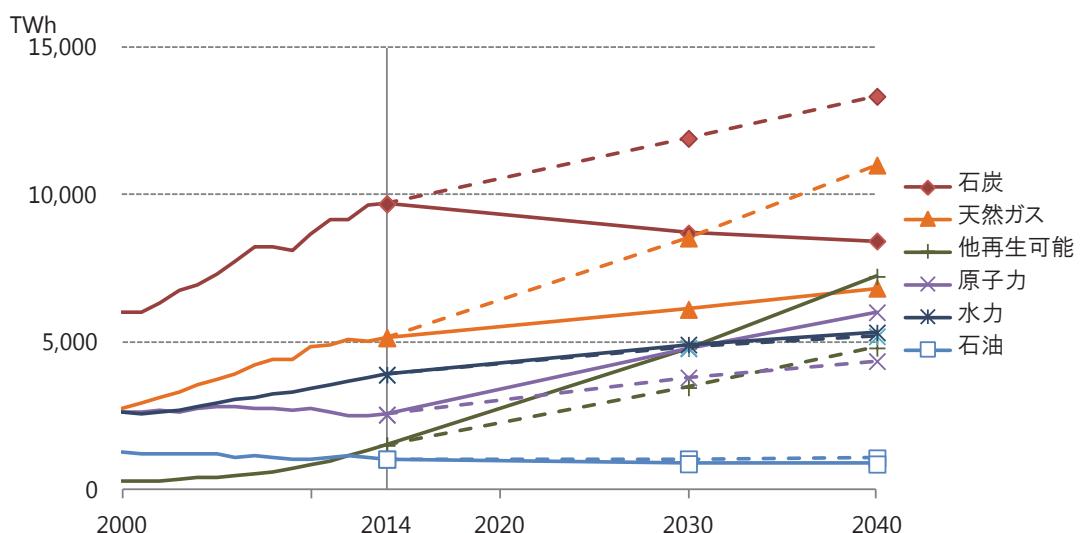
興国の対応は鈍くなる。そのため、かつて環境問題を克服してきた先進地域の協力がますます重要になる。

石炭の最終消費の節減においてアジアの寄与は大きく、2040年には世界全体の節減量の85%を占める。このうち、粗鋼生産量が拡大するインド等の鉄鋼業での省エネルギーが要諦となる。例えば、日本の鉄生産量あたりのエネルギー消費量は、世界トップレベルの小ささであり、インドの3分の1未満となっている。今後、インドを含むアジア新興国に、日本のような先進地域の高効率技術を移転することができれば、当該部門のエネルギー節減の実現性は非常に高くなる。先進地域は、省エネルギー設備・機器のハード面だけでなく、オペレーション等のソフト面においてもエネルギー節減に貢献できよう。

電源構成

技術進展ケースでは、電力最終消費の節減が発電量を5,089 TWh減少させる。これは、世界最大の中国と日本の現発電量に相当する。また、石炭ガス化複合化発電(IGCC)やバイオマスとの混焼が石炭消費量を大幅に節減させる。これとは対照的に、天然ガスや原子力、再生可能エネルギーによる発電の存在感が高まってゆく(図137)。

図137 世界のエネルギー源別発電量[技術進展ケース]

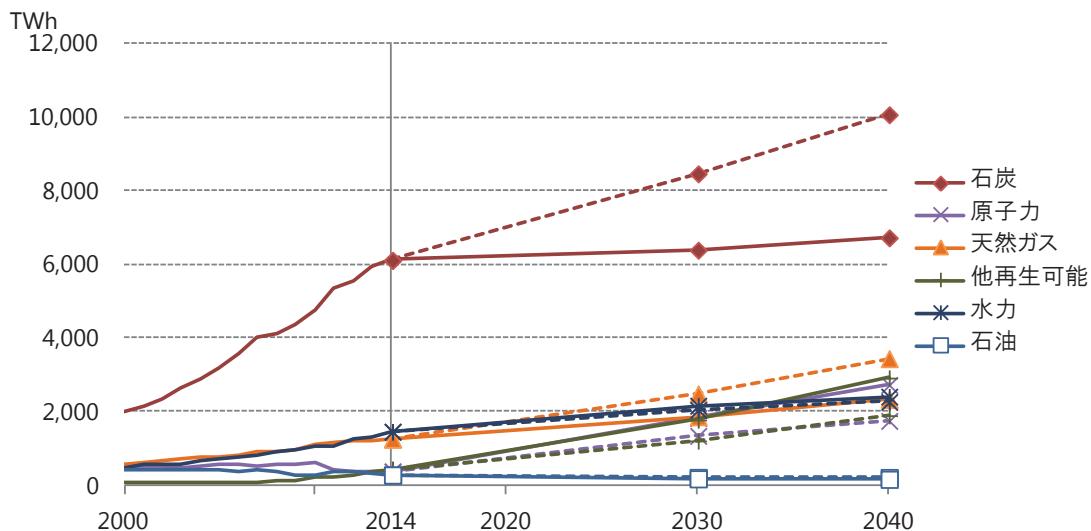


注: 破線はレファレンスケース

アジアでも、石炭による発電量は大幅に節減されうる。とはいえ、アジアでは、総発電量に占める石炭の割合は2040年においても、他の地域に比べて高いことに変わりはない(図138)。中国等では再生可能エネルギー技術の導入が盛んになっており、これらの導入拡大を今後も持続させながら、石炭消費量を節減することが重要である。

発電効率の向上によって一次エネルギー消費を節減することはもちろん、電力消費そのものを抑制する技術も重要である。とりわけ、生活水準の向上とともに増加を続ける民生部門の電力消費をいかに抑制するかは、先進地域においても重要な課題である。スマートメーターを含むホームエネルギー管理システム(HEMS)やビルエネルギー管理システム(BEMS)など、エネルギー消費をコントロールする技術が先進地域に普及し、新興国にその技術が移転されることが期待される。

図138 アジアのエネルギー源別発電量[技術進展ケース]



注: 破線はレファレンスケース

原油供給

技術進展ケースでの原油供給を表19に示す。2040年時点の需要はレファレンスケースと比べて15%減少する。需要の伸びが大幅に低下する状況で、供給国間の競合が強まり、相対的にコスト競争力の高いOPECのシェアが2014年の40%から2040年には44%に拡大する。一方、需要が減少する北米、同じく需要が減少する欧州向け供給が多いロシアを中心とする欧州・ユーラシアでは生産量が減少する。

表19 原油供給[技術進展ケース]

	2014	2020	2030	2040	(Mb/d)	
					変化量	変化率
合計	91.04	94.03	95.63	96.64	5.60	0.2%
OPEC	36.65	38.43	40.69	41.70	5.05	0.5%
中東	27.22	28.28	30.51	32.19	4.97	0.6%
その他	9.43	10.15	10.18	9.51	0.08	0.0%
非OPEC	52.18	53.31	52.61	52.58	0.40	0.0%
北米	16.00	17.82	16.84	16.07	0.07	0.0%
中南米	7.15	7.38	7.68	9.06	1.92	0.9%
欧州・ユーラシア	17.21	17.18	16.93	16.10	-1.11	-0.3%
中東	1.33	1.41	1.45	1.48	0.15	0.4%
アフリカ	2.18	2.37	2.58	2.80	0.61	1.0%
アジア	8.31	7.16	7.13	7.07	-1.24	-0.6%
中国	4.25	3.43	3.12	3.05	-1.20	-1.3%
インドネシア	0.85	0.79	0.76	0.65	-0.20	-1.0%
インド	0.89	0.70	0.59	0.55	-0.34	-1.8%
プロセスゲイン	2.20	2.29	2.33	2.36	0.16	0.3%

天然ガス供給

技術進展ケースにおいては、天然ガスの消費量が抑制されるため、生産量は、2030年時点で、レファレンスケースに比べて16%、2040年時点では同23%低い水準となる。中でも両ケース間で大きく異なるのが、比較的開発コストが高いOECDヨーロッパであり、2040年時点ではレファレンスケースと比べて40%低い水準となる。また北米も2030年をピークに減少に転じ、2040年時点では2015年時点に近い水準にまで減少する。

表20 天然ガス生産[技術進展ケース]

	2015	2020	2030	2040	(Bcm)	
					2015-2040 変化量	変化率
世界	3,602	3,775	4,100	4,394	792	0.8%
北米	915	975	982	935	20	0.1%
中南米	205	211	305	364	159	2.3%
OECDヨーロッパ	235	202	161	122	-114	-2.6%
非OECDヨーロッパ/中央アジア	809	882	894	960	151	0.7%
ロシア	595	631	642	656	61	0.4%
中東	595	662	688	737	142	0.9%
アフリカ	206	207	283	345	139	2.1%
アジア	467	505	653	767	300	2.0%
中国	131	170	275	357	226	4.1%
インド	32	33	61	105	72	4.8%
ASEAN	217	221	221	216	-1	0.0%
オセアニア	65	130	149	168	103	3.9%

石炭供給

技術進展ケースでは、利用効率の向上および発電構成におけるシェア減少等により、石炭需要は減少に向かう。それに伴い石炭生産量は、2014年の7,937 Mtから2040年の6,565 Mtまで減少する(図139)。炭種別に見ると、一般炭生産量は2014年の6,004 Mtから2040年には5,291 Mtに、原料炭生産量は2014年の1,116 Mtから2040年には872 Mtに、褐炭生産量は2014年の817 Mtから2040年には402 Mtに減少する。レファレンスケースと比較すると、石炭生産量は2040年において石炭全体で2,721 Mt減少し、その内訳は一般炭が2,231 Mt、原料炭が117 Mt、褐炭が374 Mtの減少となる。

図139 石炭生産[技術進展ケース]

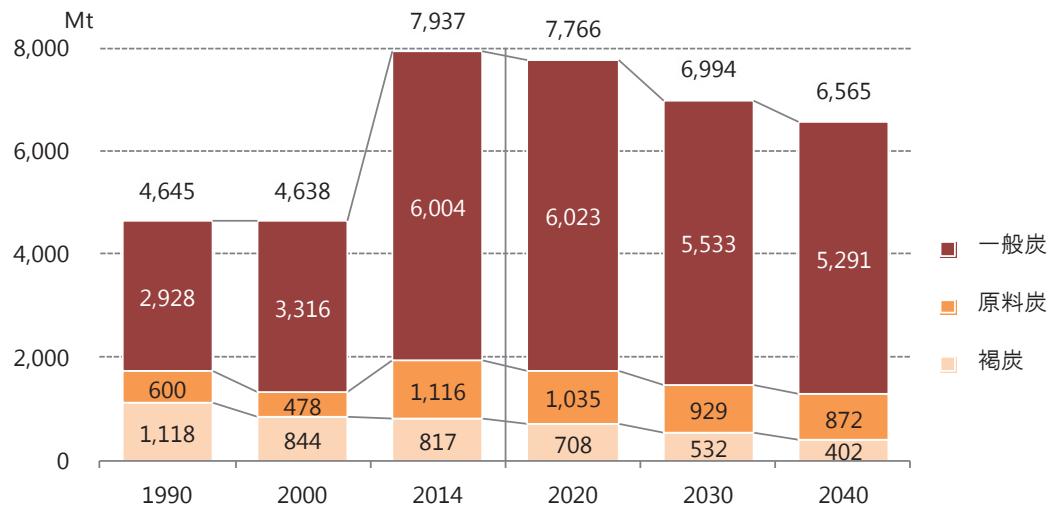


表21に一般炭の地域別生産量を、表22に原料炭の地域別生産量を示す。石炭生産量は需要が大きく減少する北米、OECDヨーロッパ、中国において大きく減少する。一方、インドとインドネシアでは需要増に伴い生産量が増加する。また、世界全体の需要減少に伴い石炭貿易量が減少するため、地域により異なるが石炭輸出国の生産量は横ばいから減少となる。

表21 一般炭生産[技術進展ケース]

	2014	2020	2030	2040	(Mt)	
					2014-2040 変化量	2014-2040 変化率
世界	6,004	6,023	5,533	5,291	-713	-0.5%
北米	802	631	413	234	-568	-4.6%
米国	773	614	406	230	-544	-4.6%
中南米	107	105	104	110	4	0.1%
コロンビア	84	79	75	79	-5	-0.2%
OECDヨーロッパ	88	80	54	34	-54	-3.5%
非OECDヨーロッパ・中央アジア	328	325	293	281	-47	-0.6%
ロシア	188	187	177	176	-12	-0.3%
中東	0	0	0	0	0	0.0%
アフリカ	267	281	288	306	38	0.5%
南アフリカ	257	270	272	280	23	0.3%
アジア	4,161	4,347	4,139	4,080	-81	-0.1%
中国	3,020	3,158	2,838	2,644	-377	-0.5%
インド	559	605	658	732	173	1.0%
インドネシア	484	486	531	586	103	0.7%
オセアニア	250	254	242	245	-5	-0.1%
オーストラリア	248	252	241	243	-5	-0.1%

表22 原料炭生産[技術進展ケース]

	2014	2020	2030	2040	(Mt)	
					2014-2040 変化量	変化率
世界	1,116	1,035	929	872	-244	-0.9%
北米	105	86	82	79	-25	-1.1%
米国	73	58	56	55	-17	-1.0%
中南米	7	5	5	5	-2	-1.1%
コロンビア	5	4	4	4	-1	-0.8%
OECDヨーロッパ	23	20	17	14	-9	-1.8%
非OECDヨーロッパ・中央アジア	106	95	97	97	-10	-0.4%
ロシア	76	69	70	73	-4	-0.2%
中東	1	1	1	1	0	1.2%
アフリカ	8	10	14	18	11	3.4%
モザンビーク	4	6	10	14	10	5.1%
アジア	686	647	547	494	-192	-1.3%
中国	620	574	471	414	-206	-1.5%
インド	51	59	63	68	17	1.1%
モンゴル	14	13	10	9	-6	-1.8%
オセアニア	182	171	166	164	-19	-0.4%
オーストラリア	180	170	164	162	-18	-0.4%

11. 地球環境問題への対処

11.1 二酸化炭素、温室効果ガス排出量

パリ協定と温室効果ガス削減目標

2015年12月の国連気候変動枠組条約第21回締約国会議(COP21)においてパリ協定が採択され、2020年以降の温室効果ガス(GHG)排出削減等のための新たな国際枠組みが整備された。パリ協定は、京都議定書の反省を踏まえ、全ての国が参加し、各国が自主的な削減目標である「自主的に決定する約束草案」(Intended Nationally Determined Contributions, INDC)を持ち寄るボトムアップ的な枠組みである(表23、表24)。主要国・地域は、INDCを5年ごとに提出、更新することが求められている。各国が次のINDCを提出する際には、その前のINDCより厳格化することになっており、長期目標の達成に向けた全体の進捗が5年に1度評価されるが(グローバルストックテイク)、その結果を各国はINDCを5年ごとに通知する際に考慮に入れなければならない。また、原則として2年に1度、各国の目標実施・達成の進捗を他国とともに評価し、さらなる削減努力を求めてゆくピアレビュー方式も採用している。

また、緩和(削減)だけでなく、適応並びに気候変動の悪影響に伴う損失および被害について、独立した条文が置かれた。2016年10月5日には、世界のGHG排出量の55%以上を占める55か国以上がパリ協定を批准したため、採択から1年以内で、パリ協定は同11月4日、発効することとなった。

表23 パリ協定の概要

項目	内容
目的	世界平均気温上昇を2°Cより低く保ち、さらに気温上昇を1.5°Cに抑える努力を推進することなどにより、気候変動の脅威に対する世界的対応を強化する。
緩和(削減)に関する共同の長期目標	温室効果ガス排出のピークアウトをできる限り早く達成し、その後、最良の科学的知見にしたがって急速に削減を実施、排出と吸収のバランスを21世紀後半に達成する。
目標設定の事前プロセス	パリ協定締約国会合は定期的に、この協定の目的と長期目標の達成に向けた全体の進捗を評価しなければならない(グローバルストックテイク)。また各国が定める貢献(削減目標等)を5年ごとに通知する際には、グローバルストックテイクの結果を踏まえなければならない。
目標達成の事後レビュー	各締約国が緩和行動および支援に関して提出した情報は、技術的専門家レビューを受けなければならない。また各締約国は、支援に対する努力および各国が定める貢献の実施・達成に関して、促進的性質で多国間の進捗検討に参加しなければならない。
資金	先進国は隔年で、資金提供および気候資金の動員(調達)に関する情報を通知しなければならない。
適応	気候変動に対する脆弱性の減少などの適応に関する世界目標を設定。途上国の適応努力は認識されなければならない。各国は、適当な場合、適応に関する報告を提出および定期的に更新すべき。
損失および被害(ロス&ダメージ)	COP19で設立された、損失および被害に関する理解、行動および支援の拡大のための「気候変動影響に伴う損失および被害についてのワルシャワ国際メカニズム」はパリ協定締約国会合の権限およびガイダンスの下に置かなければならない。

表24 G20諸国のINDC

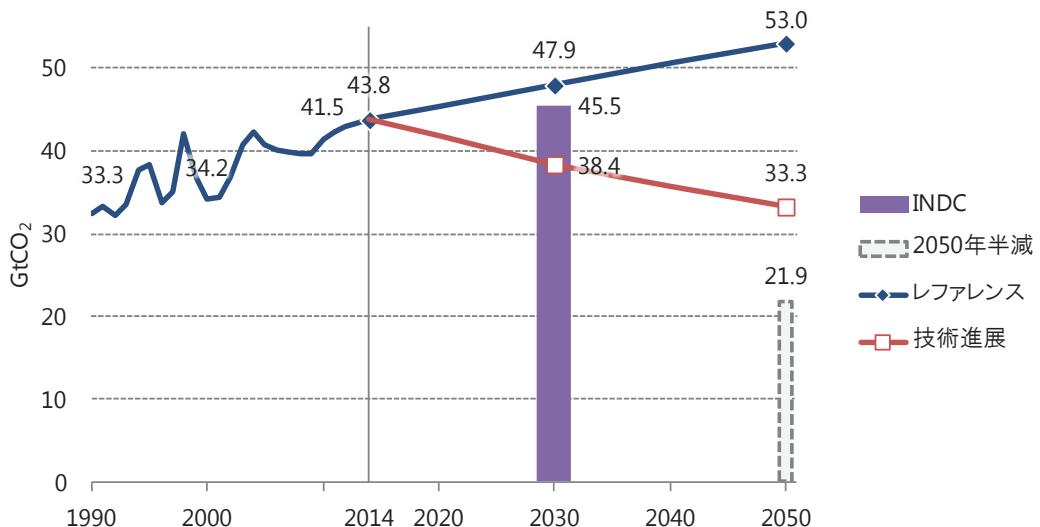
目標タイプ	削減水準(%)	参照点	目標年	対象セクター・ガス
中国 基準年比対GDP原単位	60~65	2005	2030	CO ₂ 排出量
米国 基準年比排出量	26~28	2005	2025	GHG排出量*
欧州連合 基準年比排出量	40	1990	2030	GHG排出量
ロシア 基準年比排出量	25~30	1990	2030	GHG排出量
インド 基準年比対GDP原単位	33~35	2005	2030	GHG排出量
日本 基準年比排出量	26	2013	2030	GHG排出量
ブラジル 基準年比排出量	37 (2030年 43)	2005	2025	GHG排出量
カナダ 基準年比排出量	30	2005	2030	GHG排出量*
韓国 BAU比排出量	37	BAU	2030	GHG排出量 (森林吸収源等は当面除く)
メキシコ BAU比排出量	22 (条件なし), 40 (条件つき)	BAU	2030	GHG排出量*
インドネシア BAU比排出量	29	BAU	2030	GHG排出量
南アフリカ 排出量	排出量3.98~ 6.14億t	-	2025, 2030	GHG排出量
オーストラリア 基準年比排出量	26~28	2005	2030	GHG排出量*
トルコ BAU比排出量	21	BAU	2030	GHG排出量
アルゼンチン BAU比排出量	15 (条件なし), 30 (条件つき)	BAU	2030	GHG排出量
サウジアラビア BAU比排出量	1.3億t削減	BAU	2030	GHG排出量

注: 欧州連合に加盟するドイツ、英国、フランスおよびイタリアを除く。* 基準年排出量には森林吸収源等による吸収量を含む

パリ協定の評価できる点としては次のようなものがある。第一に、中国、インドなどの途上国も含め、全ての国が削減義務を負うこととし、180を超える国々が、今後の削減努力に合意したこと。1997年の京都議定書は、37か国しか削減義務を負っておらず、米国が批准をしなかったことで、実質、EUと日本の合意のような偏ったものとなっていた。第二に、京都合意のように先に削減率を決めて各国にそれを当てはめようとしたトップダウン方式ではなく、それぞれが削減目標を持ち寄り、積み上げるボトムアップ方式をとっていること。京都議定書と異なり、その目標の達成自体は法的義務とはなっておらず、5年に1度、各国の目標の合計を評価し、さらなる削減努力を求めてゆく方式も採用している。

一方で、課題もある。G20のINDCをもとに推計した世界のGHG排出量²⁸は、2030年で45.5 GtCO₂であり、足元より増加する(図140)。これまでのトレンドよりは抑制されているが、2050年に排出半減といった将来像には結びつき難い姿である。

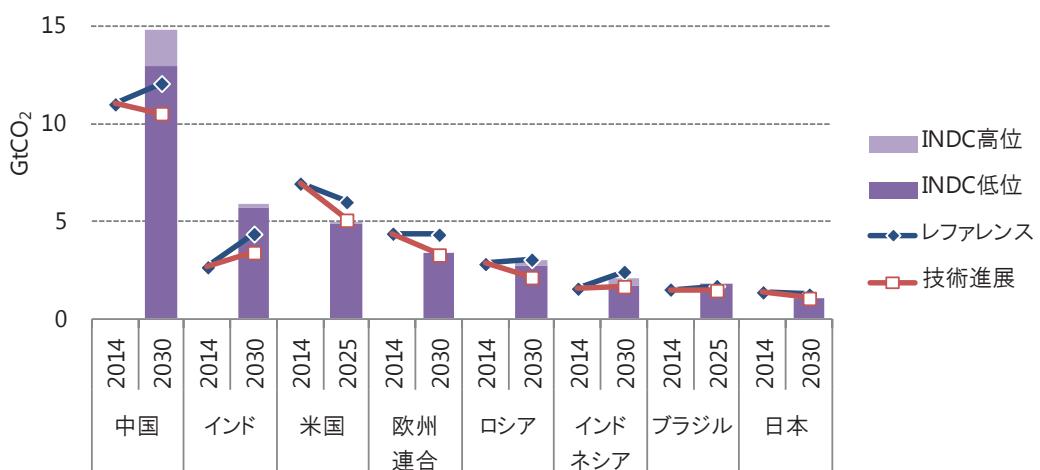
図140 世界の温室効果ガス排出



注: G20のINDCをもとに推計

各国のINDCの排出量水準とレファレンスケース、後述する技術進展ケースを比較すると、図141のとおりとなる。

図141 主要国・地域の温室効果ガス排出



注: 各国のINDCをもとに推計

²⁸ 2010年のエネルギー起源CO₂排出量は、世界で30.2 GtCO₂ (バンカーを除く)、G20で25.5 GtCO₂である。2030年のG20のGHG排出量にこの比率を乗じて世界のGHG排出量を推計した。

主要各国のINDCを評価すると、先進国は総じて技術進展ケースに近い。一方、中国およびインドはレファレンスケースに近く、インドネシアおよびブラジルは技術進展ケースとレファレンスケースの間にある。各国には技術進展ケース程度の努力が望まれ、そのためには途上国への技術移転が重要となる。

それでも一現状では一パリ協定は、世界規模の取り組みの一歩として、しっかりとした足跡を残すものと評価すべきであろう。要諦は、今後この協定での目標を着実に現実のものとし、さらなる削減につなげてゆくことである。そのためには、削減目標の客観的評価が必要であり、その上で、技術革新と同時に、二国間クレジット制度(JCM)等を活用した技術移転および金融支援による世界全体での対策を後押しすることが欠かせない。

技術進展ケース

省エネルギー・低炭素技術のいっそうの進展を見込む技術進展ケースでは、世界のエネルギー起源二酸化炭素(CO₂)排出量は、2020年ごろをピークに緩やかな減少に転じる(図142)。2050年には2014年比1.2 Gt、3.8%減の31.8 Gtとなる。レファレンスケースからの削減量13.7 Gtは世界の現排出量の42%に相当し、2050年までの累積削減量259 Gtは世界の現排出量の7.8年分にあたる。

図142 世界の二酸化炭素排出

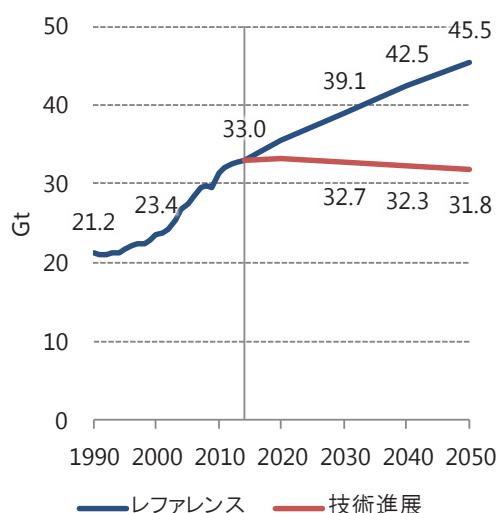
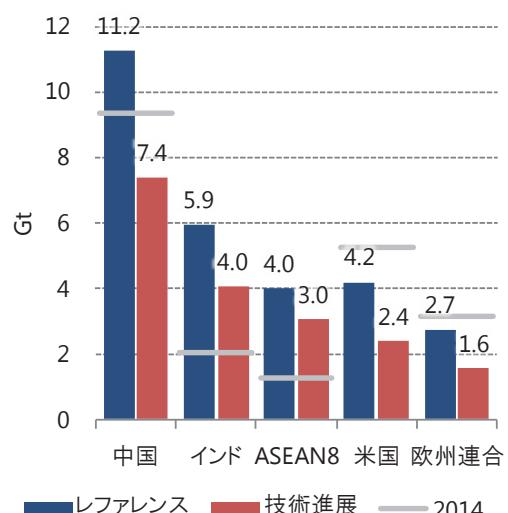


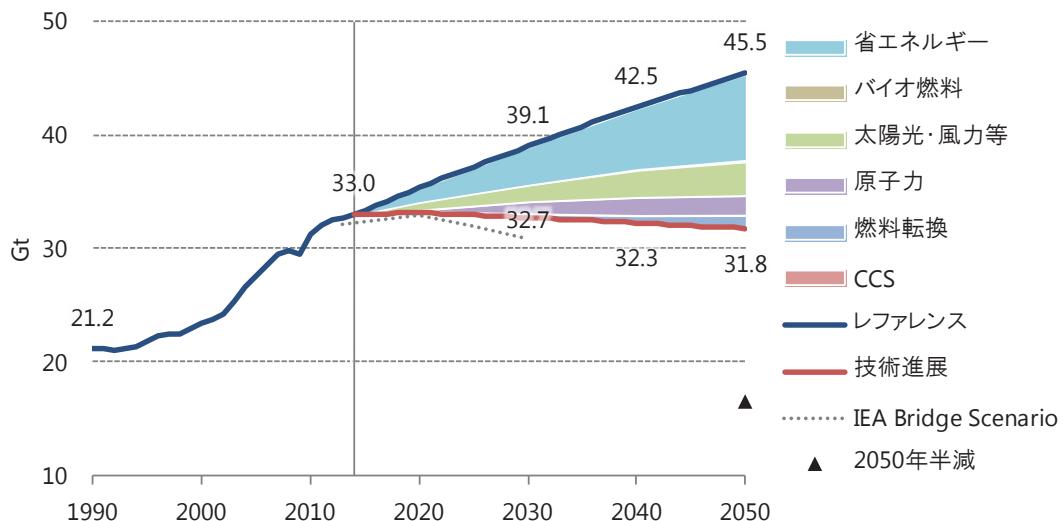
図143 主要国・地域の二酸化炭素排出
[2050年]



2050年における削減量を地域別に見ると、非OECDが世界の約7割を占める。世界最大の排出国である中国の削減量は、欧州連合の現排出量3.1 Gtを大きく上回る3.8 Gtにものぼる(図143)。2040年までに米国を越え世界第2の排出国となるインドは、現排出量の9割に相当する1.9 Gtを削減する。技術進展ケースでは2050年までに米国を上回る排出地域になるASEAN8の削減量は、世界の削減量の7%を占める。アジアをはじめとする途上国においてCO₂排出削減を実現することが、実効性のある気候変動対策として不可欠である。その意味で、途上国自身の取り組み、先進国による途上国への技術移転や制度構築支援等による低炭素技術の展開支援の意義は極めて大きい。

2050年における世界のCO₂削減量を技術別に見ると、省エネルギーによるものが最大で7.6 Gt、次いで再生可能エネルギーが3.2 Gt、原子力が1.7 Gt、燃料転換が1.2 Gtとなる(図144)。それぞれの技術は、完璧なものではなく、長所と同時に短所も併せ持つ。ある特定の技術や手段に偏ることなく、さまざまなオプションの適切な活用を模索することが肝要である。

図144 世界の二酸化炭素排出と対策別削減寄与



11.2 超長期の削減パス

超長期を踏まえた規範

技術進展ケースでは、社会での適用機会および受容性を踏まえた最大限のCO₂排出削減対策を見込んでいる。この意欲的なケースにおけるGHG排出量をもって、目指すべき目標として掲げることも可能ではある。しかしながら、気候変動問題は、広範な領域に影響し、かつ何世代にもわたる長期的課題である。いつ、どのような、どの程度の対策を講じてゆくべきかは、よくよく吟味する必要がある。この重大なパスの選択を、一時点における削減量の多寡の単純比較に貶めては決してならない。そうした認識の下、持続可能性を多面的にとらえれば、GHG削減(≈緩和)、適応、残余被害のバランスを適切にとつてゆくのがわれわれは望ましいと考える。

表25 緩和、適応、被害

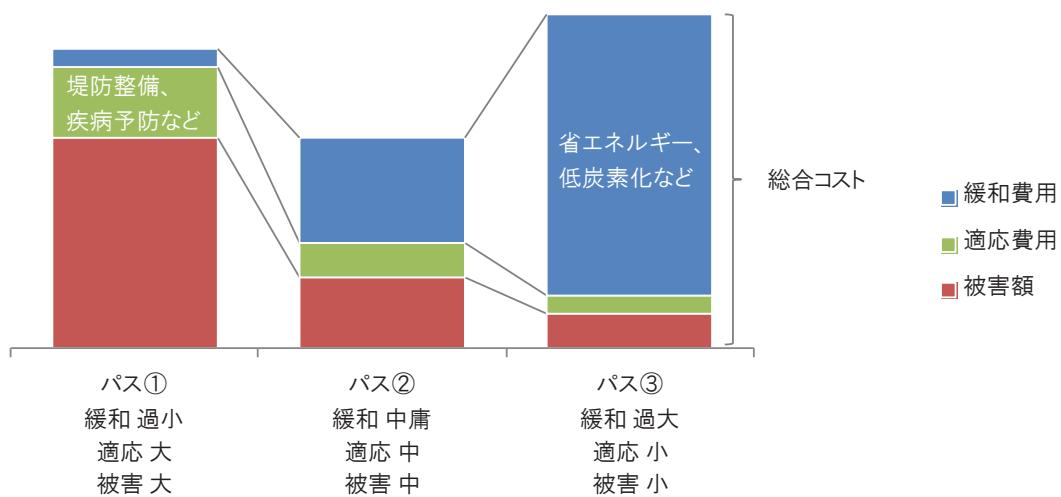
緩和	適応	被害
GHG排出削減が代表的。CCSによりGHGの大気中への放出削減なども含む。これらにより、気候変動を「緩和」する。	気温上昇により、海面上昇、農作物の旱魃、疾病的蔓延などが発生しうる。これらに対する堤防・貯水池整備、農業研究、疾病的予防・処置などが「適応」である。	緩和、適応によっても気候変動の影響が十分に低減できない場合、実際に海面上昇、農作物の旱魃、新たな疾病的蔓延などの「被害」が発生することになる。

気候変動に対して無策であれば、緩和にかかる費用は0で済むが、適応費用もしくは被害は膨大となる。緩和策を講じれば、適応費用・被害は軽減される。ただし、一定程度ま

での緩和はそのコストが比較的小さい²⁹が、大幅な削減を実現するためには高コストな省エネルギー機器の普及などが必要となり費用は顕著に大きくなる。すなわち、この3者、特に緩和と適応および被害との間にはトレードオフの関係がある。

これら緩和、適応、被害のバランスのとり方には多様な考え方がありうる。その中で、長期にわたり持続可能という視点に基づき、緩和費用、適応費用、被害額の合計たる総合コストが小さくなるような組み合わせを好ましいものとわれわれは評価する。図145でのパス①やパス③よりもパス②を推すべきと考える。やや乱暴な言い方をすれば、\$100の被害を防止するために\$500あるいは\$1,000の費用を投じて排出を削減し堤防を築く—そのようなことを長期にわたり続けるのは相当に困難であり、いざこかで破綻するリスクを否めない下策である、ということである。

図145 緩和、適応、被害の総合コストのイメージ



費用最適化パス

本アウトロックでは、総合コストの推計にあたり、2050年までの緩和(削減)費用については当所積み上げモデルによる限界削減費用の推計値を用いている(図146)。これは、2050年までの各省エネルギー・低炭素化技術導入のストック・フローを考慮し、CO₂排出量の削減比率に対する技術導入コストの変化を計算したものである。ここでは最新鋭の技術導入の拡大に伴い大幅なCO₂排出削減が可能であるものの、既存のストックでの排出分の削減は難しく、またエネルギー利用効率の向上によって排出量を小さくすることは可能でも0にすることは不可能であることなどから、レファレンスケースからの削減率が60%を超える極限的な状況ではコストが急速に上昇する。「標準シナリオ」では2050年以降、技術進歩によって年率0.5%で緩和コストが低減するものと想定した。

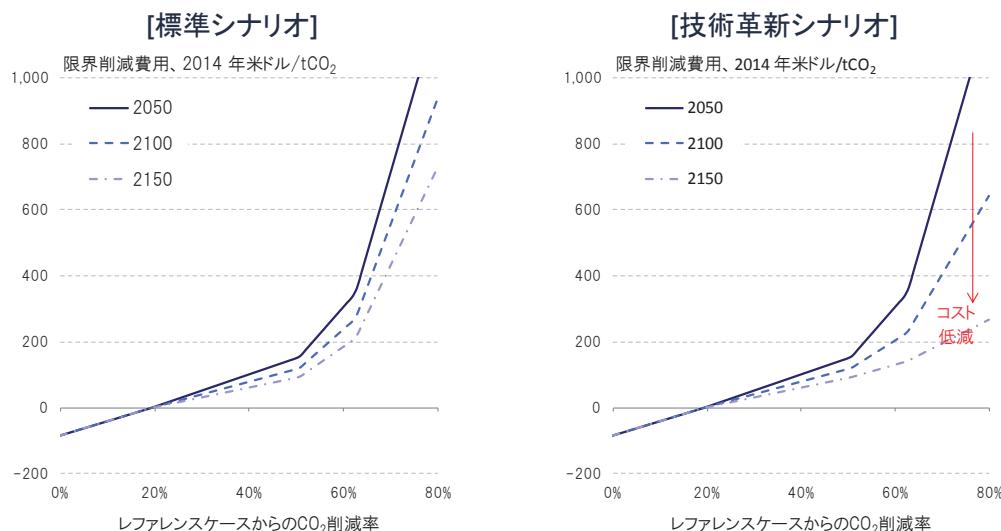
一方で2050年以降の長期の将来においては、既存の最新鋭の技術を超えた革新的な技術の導入により、緩和コストがさらに大幅に低下する可能性がある。特に超長期にわたり全世界でゼロ・エミッションに近い極めて大幅なCO₂排出削減を目指すためには、削減

²⁹ 省エネルギーによるエネルギーコスト低減により逆に便益が得られることもある。

率の大きな領域での限界削減費用の急速な高騰を低減することが必要である。このためには省エネルギーの深化のみでなく、エネルギー利用構造の変革を伴う革新的な技術導入が必要となる。ここでは「技術革新シナリオ」として、2050年以降図146右に示すような限界削減費用の低下を想定した。

また「被害額+適応費用」については、DICE-2013Rモデル³⁰における推計式を利用した。これは将来の各時点の被害額(およびそれを部分的に代替する適応費用)を19世紀後半以降の気温上昇の2次関数によって近似的に示したものである。

図146 限界削減費用



これらの費用推計に基づき、累積総合コストが最小になるような標準ケースと技術革新ケースの「費用最適化パス」を導出した³¹。費用最適化パスで求められる2050年までのCO₂排出量は、レファレンスケースからは大幅な削減となるが、2050年に排出を半減させなければならないほど強度なものではなく、技術進展ケースなみとなる(図147)。

標準シナリオでは、費用最適化パスでの排出量は2050年以降も緩やかに減少を続け、2150年過ぎに現状より半減程度となる(図148)。すなわち、このシナリオではCO₂削減率の大きな領域での限界削減費用の立ち上がりという障壁のため、2100年を超えた長期においてもゼロ・エミッഷンに近い排出量を実現することは難しい。一方で技術革新シナリオにおいては費用最適化パスのCO₂排出量は2100年以降急速に低下し、2150年近傍で0に近付くことになる。このように、世界全体でのゼロ・エミッഷンに近い極めて野心的なCO₂排出削減目標を達成するためには、既存技術を大きく超えた革新的な技術の開発・普及が不可欠である。

³⁰ W. Nordhaus and P. Sztorc, "DICE 2013R: Introduction and User's Manual", http://www.econ.yale.edu/~nordhaus/homepage/documents/DICE_Manual_103113r2.pdf

³¹ 正確には、これらの費用等の下での消費に対応する効用の累積値が最大となるようなパスを求めた。実質割引率のパラメータについては「アジア/世界エネルギー・アウトロック2015」で用いた「標準的な割引率」、すなわち純時間選好率1.5%、限界効用の対消費弾性値1.45を用いた。また気候感度(平衡気候感度)としては暫定的に3°Cを用いている。

図147 超長期パスでの二酸化炭素排出

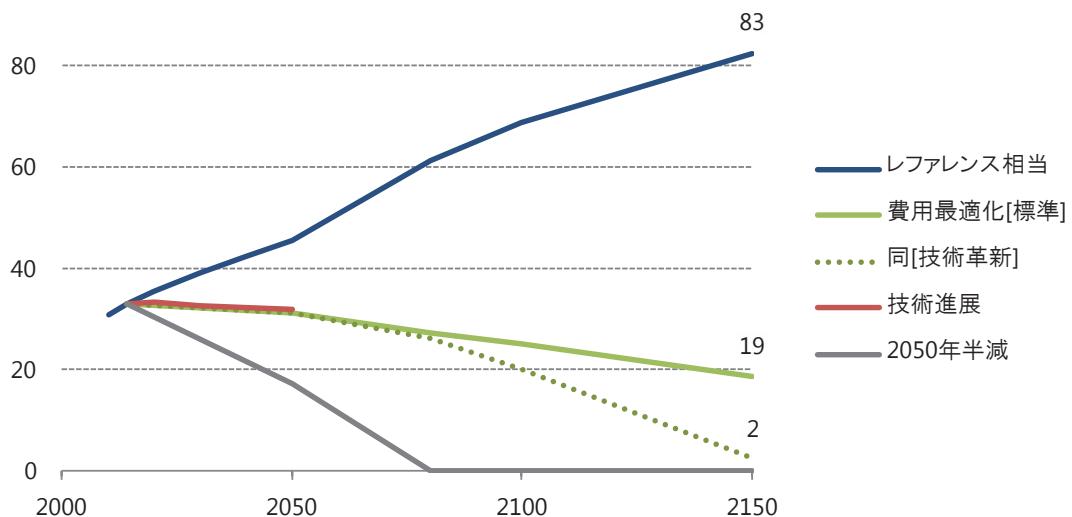
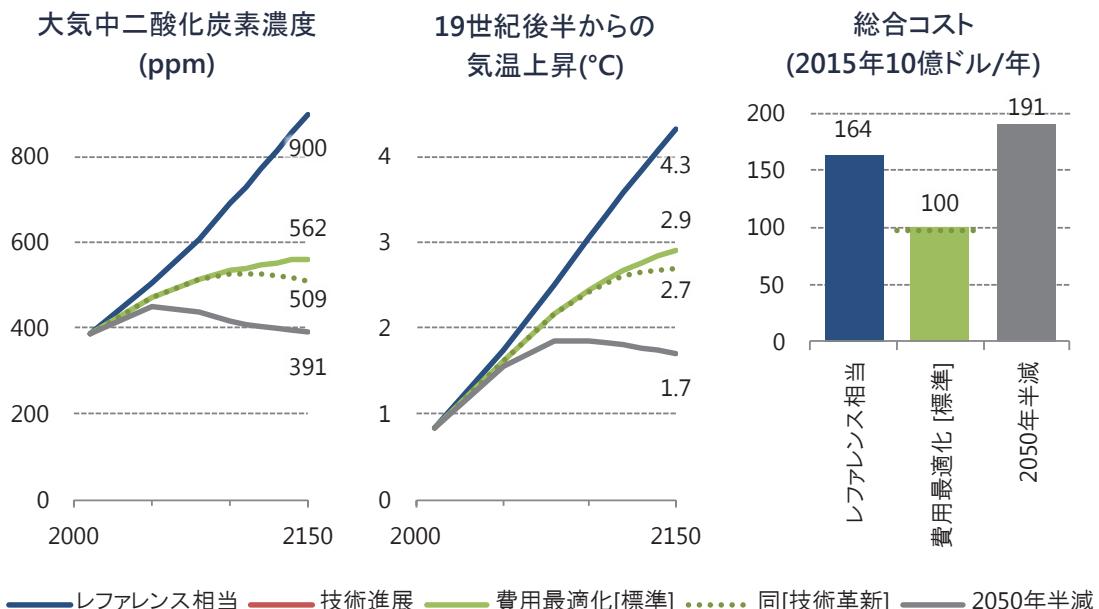


図148 超長期パス



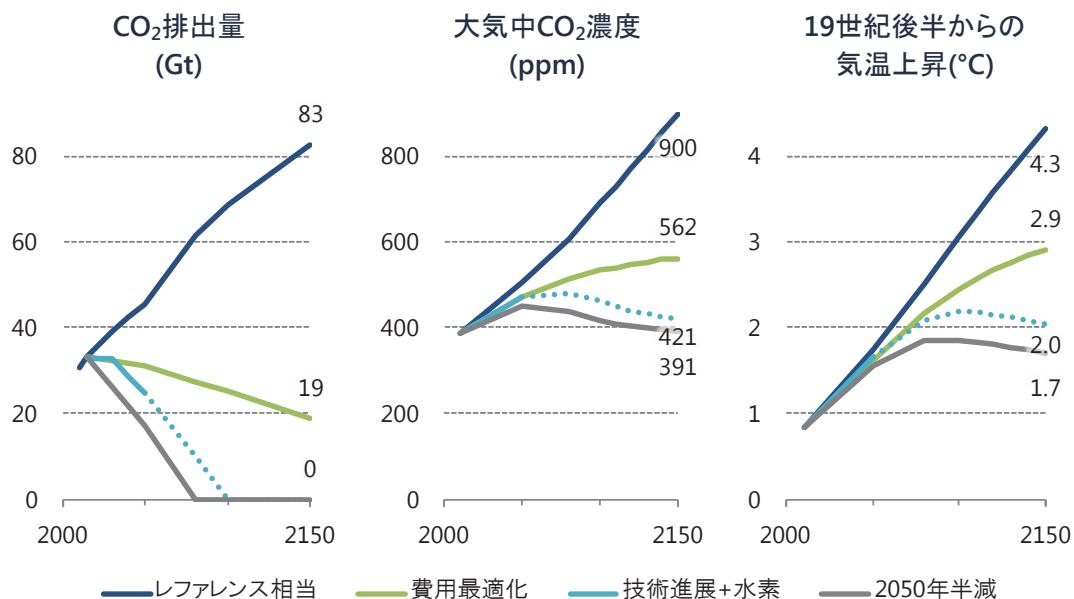
標準シナリオでの費用最適化パスでは、2150年までに気温は19世紀後半から2.9°C上昇し、さらに長期にわたって上昇を続ける。それでも総合コストは年平均1,000億ドル程度と、レファレンスケース相当、2050年半減パスの双方を大きく下回る。一方で技術革新シナリオの費用最適化パスでは、19世紀後半からの気温上昇は2100年に2.4°C、2150年に2.7°Cとなるが、その後低下に向かい、最終的には2°C台前半で落ちつくことになる(仮に2150年以降に負の排出量を想定するならば気温上昇はさらに抑えられる)。このように、将来

の技術開発に伴う緩和コストの低減は、人類の長期にわたる持続的発展にとって極めて重要な事項である。

もっとも、超長期的な規範として総合コストを重視するとしただけでは、最適な排出パスを確定したことにはならない。20世紀半ば以降に観測された温暖化の支配的な原因が人間の影響によるものであったことに関しては、既に科学的におよそ認識の一一致をみるに至っているが、将来の気候変動にまつわる各種要素については不詳なものもいまだ数多い。「アジア/世界エネルギー・アウトロック2015」で述べたとおり、これらの不確実要素(緩和・適応費用や被害額推計の不確実性の他に、気候感度や実質割引率の設定などを含む)は、費用最適化パスを大きく左右しうる。

ただし、人類は気候感度を操作することはできない。その一方で緩和コストは既存低炭素技術の低コスト化、革新的技術の開発を進めることで低減することが可能である。われわれに求められているのは、適切な気候変動対策を継続的に実施するのと並行して、長期的な視点から技術開発を協力して行うことである。例えば、12章に記すカーボンフリー水素と並行してさらなる低炭素技術のコスト削減と革新的技術の開発促進をすることで、総コストは上振れする可能性はあるが、気温上昇を2150年頃までに2°C程度まで抑えるようなパスもオプションの1つとして考えられる(図149)。

図149 革新的技術と超長期パス



11.3 超長期に向けた革新的技術開発

長期的には気温上昇を2°Cに戻すことが理想的である。そのため、向こう50年では、技術移転を目指すのと並行して、革新的技術開発を進めることが重要である。その1つが次世代原子力であり、他に水素+CCS、CCU、核融合、宇宙太陽光発電などがある。

表26 中長期的に開発されるべき革新的な技術

二酸化炭素の発生を抑制するもの

次世代原子炉

技術開発の現状	<p>次世代(第4世代)原子炉として、燃料の効率的利用、核廃棄物の最小化、核拡散抵抗性などを満足し、同時に安全性および経済性を確保した新世代原子炉概念の検討が進められている。中小型炉も、現在国際的に開発が進められている。</p> <p>第4世代原子炉には、超高温原子炉、超臨界圧軽水冷却炉、融解塩炉、ガス冷却高速炉、ナトリウム冷却高速炉、鉛冷却高速炉が含まれる。</p> <p>特に、超高温ガス炉は、水素の大量生産に利用できる点に特徴があり、いくつかの国で建設が決定され、または、計画段階にある。</p> <p>新型炉では、ロシアが高速炉を稼働させ、中国は高温ガス炉の運転を予定。</p>
今後の課題	課題としては、次世代原子炉に対する研究開発支援の拡大等が挙げられる。

核融合

技術開発の現状	<p>質量数の小さな水素等の核融合により、太陽と同じようにエネルギーを取り出す技術である。燃料となる重水素は豊富かつ普遍的に存在する。また、高レベル放射性廃棄物としての使用済燃料が発生しない。</p> <p>プラズマ閉じ込め方式等に応じて、トカマク型、ヘリカル型、逆転地場磁場配位型、レーザー核融合などの方式が提案されている。</p> <p>日本、米国、ロシア、欧州、中国等、35か国の国際コンソーシアムの下、トカマク型の国際熱核融合実験炉(ITER)の建設が進められており、2020年に最初の燃焼プラズマ(安定的に核融合反応が行われる状態)の達成を目指している。</p> <p>このほか、各国でも核融合炉の研究が進められている。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ドイツのマックスプランク研究所ではヘリカル型のWendelstein 7-Xが2015年に初起動した。 ・米国ではエネルギー省下の複数の国立研究所で要素技術の研究が進められている。 ・また、より早期の商業化を目指し、下記を例とする、野心的なベンチャー企業も小型核融合炉等の開発に乗り出している。 ・英国Tokamak Energy社は球状トカマク炉に注力している。 ・米国Tri Alpha Energy社はゴールドマンサックス等の民間企業の出資で逆転磁場配位型炉の研究開発を進めている。
今後の課題	<p>技術的な課題としては主に下記が挙げられる。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・連続的に核融合反応を起こし、またそれを一定の空間に閉じ込める技術 ・高温、高圧、高磁気および高中性子線下で安定した材料の開発 ・トリチウムの安全な取り扱い技術の確立 ・エネルギー収支およびコストの削減 <p>また、長期的な技術開発を可能にするためには下記のような取り組みも重要である。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・大規模な開発のための資金調達と国際協力体制の構築 ・商業化に向け民間企業の参画の促進

宇宙太陽光発電

技術開発の現状	<p>地上よりも豊富に太陽光の降り注ぐ宇宙空間にて太陽光発電を行い、発電した電気を、マイクロ波等を通じて無線で地球に伝送し地上で利用する技術である。宇宙空間で太陽光発電を行うため、気象条件や昼夜の出力変動を受けないため、ベースロード電源になりうる。現在は研究開発の段階にあり、地上において要素技術の実験が行われている。これまで主に、日本でさまざまな構想が検討されてきた。</p> <p>なお、現在日本では宇宙航空研究開発機構(JAXA)によりマイクロ波による電力の伝送実験が実施されている。</p>
---------	---

宇宙太陽光発電

今後の課題

技術的な課題としては、無線エネルギー転送技術の確立およびマイクロ波等から電気に再転換する際の効率向上や、衛星の姿勢制御が重要である。また、建設にあたって宇宙に資材を運ぶコストを低減する必要がある。これについては、近年再利用ロケットのベンチャー企業を中心に相次いでいる。

短期的に成果を出すのが難しい中、研究開発資金を用意する必要がある。この際、途中の成果のスピンドルによる社会貢献も考える必要がある。また、超長期にわたって技術開発をする必要があるので、そのための人材育成も不可欠である。

発生した二酸化炭素を固定、または、大気中の二酸化炭素を取り除くもの

水素製造・利用

技術開発の現状

水素は、水蒸気改質を通じた化石燃料転換、ガス化または発酵を通じたバイオマス、水の電気分解を通じた電力の3つから製造されている。水素自体の消費はカーボンフリーであるが、水素を天然ガスや石炭の水蒸気改質によって製造する場合、CO₂が発生するため、発生したCO₂についてCCSを実施することが考えられる。また、今後、再生可能エネルギー、原子力を用いてカーボンフリーの形で製造できる可能性がある。

水素の輸送方法としては、現在は圧縮水素と工場間のパイプラインが主流であるが、将来的には液化水素、有機ハイドライド、アンモニアなども検討されている。

水素の利用としては、燃料電池や、天然ガスと同様にコンバインドサイクル発電の燃料としての利用や、産業部門における燃焼用途も考えられる。

今後の課題

技術的な課題としては、水素製造・貯蔵・輸送・利用全てにおけるコスト削減、効率向上等がある。

社会的な課題としては、必要なインフラの整備がエネルギー供給システム全体の改変を必要とすること等がある。

CO₂固定化・有効利用

技術開発の現状

CO₂を固定化・有効利用(CCU)する技術として、CO₂を原料にして化学原料等となる炭素化合物を製造する人工光合成技術や、バイオマスを炭化水素燃料や化学品原料、その他の有価物等に転換・利用する技術、環境配慮型コンクリート生産技術等がある。

CO₂で炭化水素を製造する方法には、電気化学的方法、光化学的方法、生物化学的方法、熱化学的方法がある。

CCUにより、大気中からCO₂を除去できる。また、CCUは、CO₂貯留サイトが限られている地域にとって特に重要である。

現在の人工光合成技術は3段階の化学反応プロセスからなる。第1段階は光触媒による水の水素と酸素への分離、第2段階は水素と酸素との分離、第3段階は有機物を生成するための水素とCO₂との反応であり、エネルギー変換効率の向上が続いている。

CO₂との反応については、メタン、一酸化炭素、ギ酸等が生成されている。

今後の課題

固定化・有効利用できる量や効率の格段の向上が課題である。

また、人工光合成の課題として、触媒物質の開発、また、水素は燃えるため、水素と酸素を安全に分離する技術の改善等が挙げられる。

Innovation for Cool Earth Forumでは、CCUの技術ロードマップを2017年に公表予定である。

革新的技術開発には国際協力が必要であり、Innovation for Cool Earth Forum (ICEF)はその視点から期待される。

12. 二酸化炭素回収・貯留と水素利用シナリオ

12.1 二酸化炭素回収・貯留の導入可能性とコスト

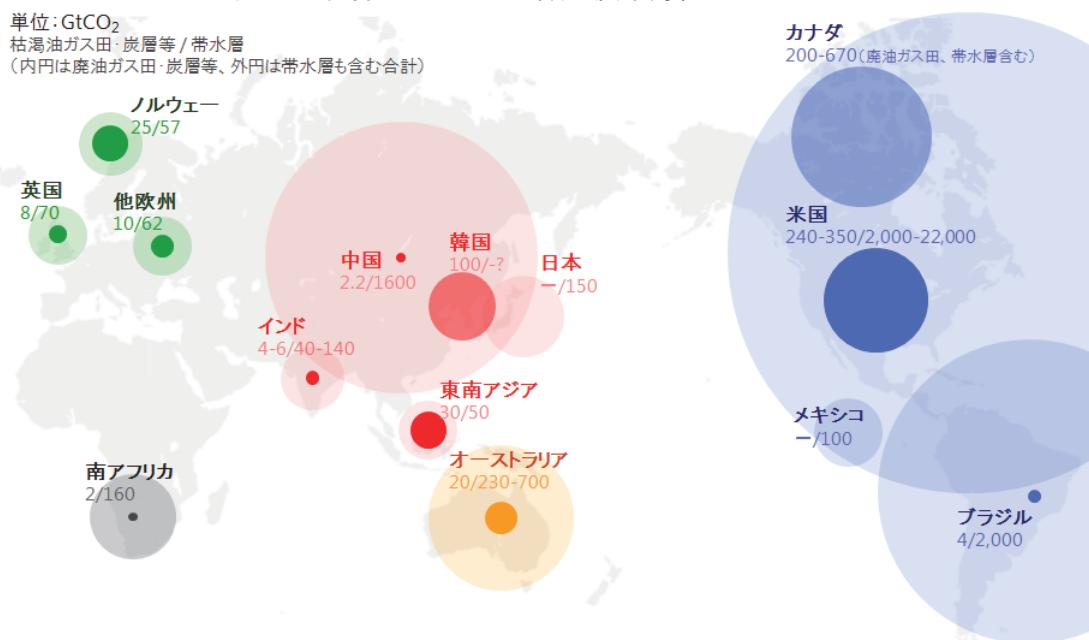
現状

二酸化炭素回収・貯留(Carbon Dioxide Capture and Sequestration, CCS)は長期的な二酸化炭素(CO₂)排出量の大幅削減のために必須の技術として、調査・開発が進められている。大規模なCO₂排出源となりうる発電部門および産業部門での展開が特に期待されている。Global CCS Instituteによると、現在、世界では40の大規模CCSプロジェクトが北米、中国、英国を中心に進行中である。日本でも、苫小牧において製油所をCO₂排出源とする大規模実証試験が実施中であり、2016年4月から年間10万t以上のCO₂圧入を開始している。エネルギー基本計画では、2020年頃の実用化を目指し、研究開発を行うとしている。

貯留

CCSでのCO₂の貯留地としては、枯渇油ガス田や不利用石炭層、帯水層などが考えられる。現状で稼働しているCCSプロジェクトは多くが石油増進回収(Enhanced Oil Recovery, EOR)など、現存もしくは枯渇油ガス田に関連するものであり、帯水層を安定的な貯留層として利用するためには、今後さらに技術的・経済的な検討を進めることになる。

図150 世界のCCSでの二酸化炭素貯留ポテンシャル



出所: Global CCS Institute (2016), "Global Storage Portfolio", Global CCS Institute, Melbourne. P. 93, U.S. DOE/NETL (2015), "Carbon Storage Atlas 5th ed.", Carbon Storage Taskforce (2009), "National Carbon Mapping and Infrastructure Plan – Australia"より作成

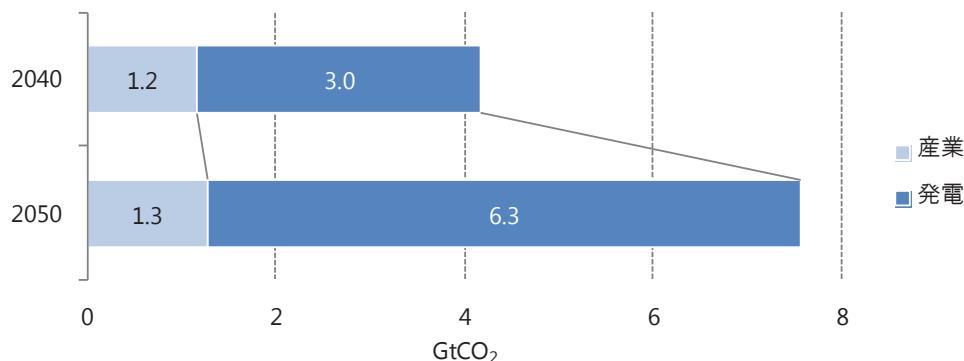
貯留ポテンシャルについては各国で調査が進んでいる。現状の評価は国ごとに調査の精度や進展レベル等が異なっており、世界で一律に比較することはできない。調査が特に

進んでいる北米や豪州、欧州などで比較的大きなポテンシャルが報告されている一方で、中東やアフリカ、東南アジア等の地域では今後の調査の進展によりポテンシャルが拡大する可能性が高い。総じて、帯水層への貯留が経済的・社会的にも可能であるならば、世界の多くの国でCCSを実施することが可能である。一方で、現実的なポテンシャルが枯渇油ガス田への貯留やEORに限られるならば、CCSの普及可能性は一部の地域のみに限られることとなる。

削減量

帯水層への圧入が広い範囲で経済的に可能となる場合、日本を含む多くの国において導入が進み得る。仮に2030年以降に運転開始する石炭火力・天然ガス火力発電所全てにCCS設備が導入され、また鉄鋼・セメント等の産業部門においても最大限に導入が進んだ場合、CCSによるCO₂削減量は図151のとおり2040年に4.2 Gt、2050年に7.6 Gtに及ぶ。中でも発電部門による回収・貯留量が占める割合が大きい。

図151 CCSによる二酸化炭素削減量



コスト

CCSのコストについても、いくつかの調査研究が存在する。新設火力発電所でのCCSに対する代表的なコスト(Avoided cost)評価結果をまとめると、表27のとおりとなる。発電技術の違い、燃料価格および熱効率の想定の相違などから、算定されたコストは大きな幅を持っており、\$30-140/tCO₂程度である。

表27 新設火力発電所でのCCSのコスト

	IPCC (2005) ^{*1} (\$2013/tCO ₂)	E.S. Rubin et al. (2015) (\$2013/tCO ₂)	GCCSI (2015) ^{*2} (\$2014/tCO ₂)
天然ガスコンバインド(NGCC)	64-136	59-143	74-114
超臨界圧石炭火力(SCPC)	45-114	46-99	48-109
石炭ガス化複合発電(IGCC)	25-85	38-84	

注1: 出所著者による単位換算後の値

注2: 米国を対象とした評価値

出所: Edward S. Rubin, John E. Davison and Howard J. Herzog "The cost of CO₂ capture and storage", International Journal of Greenhouse Gas Control 40 (2015) pp.378-400およびGlobal CCS Institute (GCCSI) "The Costs of CCS and Other Low-Carbon Technologies in the United States -2015 Update", (2015)より作成

将来これを上回る炭素価格相当の技術導入が図られる場合にのみ、CCSは経済合理的に導入されることが可能である。例えば、IEA「Energy Technology Perspectives 2015」では、世界平均気温の上昇を2°Cに抑えるためのシナリオである2DSシナリオを実現するためには、2030年に最大で\$100/tCO₂、2050年に同じく\$170/tCO₂程度の炭素価格付けが必要であると指摘している。仮にこの炭素価格を参照するならば、世界規模でCO₂の大規模な削減するために、2030年にコストの安いCCSが導入され、2050年には比較的コストの高いプロジェクトも含めた大量のCCSが導入されることも十分に考えられる。

12.2 水素のエネルギー利用

水素の特性

水素はエネルギー源として、単位重量あたりの発熱量が高く、利用段階でCO₂を排出せず、また多種類のエネルギー源から精製でき貯蔵も比較的容易であるなど、さまざまな利点を有する。ただし、水素のエネルギー利用の歴史は長いものの、その用途および消費量はこれまで限定的であった。その背景としては、取扱い時に安全性の確保が必要なこと、輸送・貯蔵には従来とは異なる新たなエネルギー・システムを構築しなければならないこと、導入のためにはインフラの整備が必要なことから社会全体としてのコストが高くなることなどが課題として挙げられる。水素は二次エネルギーであり、システム全体の効率性が低い(≈概ねコストが高い)。また、天然ガスやLNGを扱うことに比べて遙かに手間がかかり、そのためのインフラ設備の開発が必要であり、投資も巨額となる。特にエネルギー需要の急速な拡大に伴い電化対策や石油精製能力の増強が求められている途上国では、それに加えて水素への投資をすることは難しい。すなわち、今後の技術開発によるコストの大幅な低減が水素の大規模な利用のためには不可欠であると言える。

水素は単体では自然にほとんど存在しないため、エネルギー利用する際には何らかの原料から製造する必要がある。主な製造方法としては化石燃料からの製造、水の電気分解、原子力による製造、産業プロセスからの副生水素などがある。

利用方法

水素の利用方法としては、主に燃料電池と水素発電が考えられる。燃料電池は燃料のもつ化学エネルギーを、熱エネルギーや機械エネルギーを経由することなく直接電気エネルギーに変換する技術である。このため発電効率が規模にかかわらず高いという特長を有しており、出力規模を自由に選択できる。大規模発電所から家庭用、自動車用まで広く利用可能であり、中でも燃料電池自動車(FCV)は近年研究開発が急速に進んでいる。運輸部門は他のエネルギー消費部門と比較して、石油への依存度が極めて大きい。そのため、多様なエネルギー源から製造した水素を利用可能なFCVが本格的に普及すれば、エネルギー需給構造上大きな変革をもたらすことができる。

水素発電は、ガスタービンやボイラーで水素を燃焼させることによって行う発電方式である。基本的には、天然ガス用のものと類似したガスタービンを用いることができる。タービンの入口温度は天然ガスより高く1,700°Cとなり、発電端の熱効率を60%超にすることが可能となる。他の特長として、水素ガスが構成機器内で高速で流れるため、機器の寸法、重量の割に多量のガスを処理できることから、出力あたりの重量、容積が小さくなることが挙げられる。

輸送方法

水素の輸送方法としては、圧縮水素、液化水素、有機ハイドライド、アンモニアなどがある。圧縮水素は水素を圧縮し、シリンダーなどに充填して輸送する方式である。現在産業用として流通している水素の充填圧力は15~20 MPaであるが、燃料電池自動車向けには70 MPaの圧縮水素が供給されている。また液化水素はマイナス253°Cという極低温状態で水素を液化させ輸送する方式である。20 MPaの圧縮水素と比べても容積が12分の1になることから、大量の水素を輸送することが容易になる。

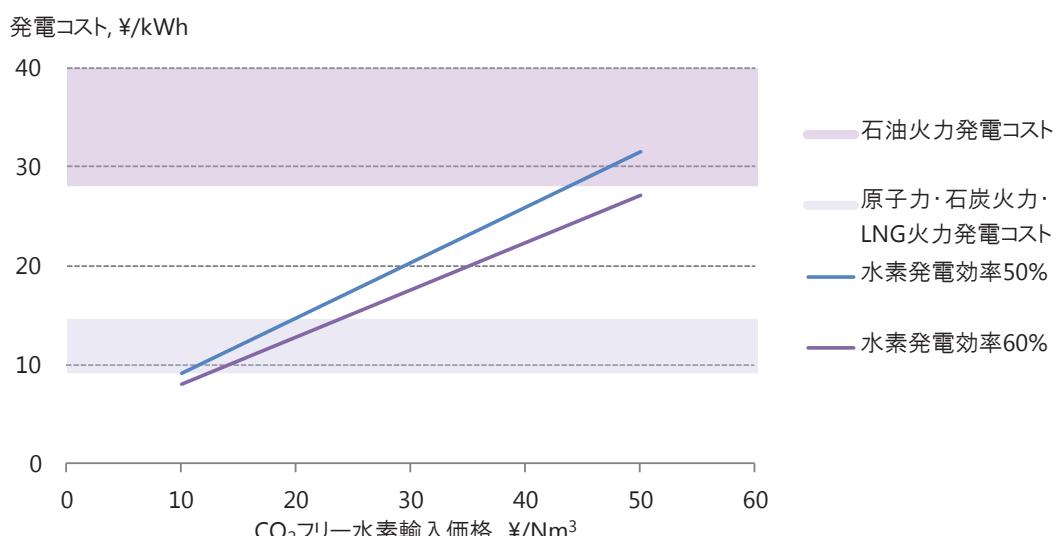
有機ハイドライドはメチルシクロヘキサンやデカリンなど、芳香族化合物に水素を結合させたものである。水素化と脱水素化を組み合わせることで繰り返し利用が可能なこと、常温・常圧で液体であるため石油製品と同様に取り扱うことが可能なことが特長である。

アンモニアは17.8 wt%もの水素を含有しており、これは液体系の水素化物の中で著しく大きい。またアンモニア分子には炭素が含まれていないため、燃焼してもCO₂が発生しない。さらに常温・常圧に近い条件下では液体として扱えることから、LPガスなどと同等の取扱いが可能である。既存の流通インフラが利用可能であるため、新たな追加投資は最小で済む。アンモニア利用ガスタービンの技術が確立すれば、発展途上国では直接的な水素利用よりもコスト負担が少なくて済む。一方でシステム全体のエネルギー効率は低下するので、先進国ではアンモニアよりも水素の直接利用が優位となる可能性もある。

経済性

経済性は今後の水素の利用にとって最も大きな課題である。例として、水素発電単価の評価例を図152に示す。化石燃料由来のCO₂フリー水素を日本に輸入する場合、その輸入価格はおよそ¥30/Nm³程度まで低減しえると試算されており、この場合の水素発電単価はおよそ¥20/kWh弱になる。これが原子力や火力発電と同等の水準となるためには、水素の輸入価格が¥20/Nm³を切る必要がある。同様に、燃料電池車用の水素価格も現状では割高であり、水素製造・流通コスト等がさらに削減される必要がある。

図152 水素発電単価の評価例



注: 設備利用率=50%、建設コスト=12万円/kW (LNG火力同等)と想定

一般的に、インフラ等も含めたコストがかなり削減されない限り、水素の利用が従来型のエネルギー利用に対して経済的な競争力を持つことは難しい。このため水素の利用は、競合するエネルギー源(石油やLNGなど)の価格が将来急騰した場合の代替手段、もしくはCO₂大幅削減の観点から競合する技術の利用可能性に制約が生じた場合の補完的なオプションとして位置づけられるべきである。

12.3 長期の将来に向けたCCS・水素利用のシナリオ設定

以下、長期の将来にかけて世界規模で野心的なCO₂削減に努める場合、水素エネルギーの利用がどのような位置を持ち得るのかについて評価を行う。

水素の利用は燃料電池および水素発電の両面で行われ得るが、規模の面で潜在的により大きな導入可能性を持つのは水素発電である。全世界で火力発電に対してCCSの利用が十分に可能な場合は、CCS付き火力発電を原子力・再生可能エネルギーと並ぶ有力なゼロ・エミッション電源として導入することが可能となる。相対的にコスト高となる水素発電の導入余地は、極めて限定的になると考えられる。一方で世界の一部のエネルギー需要地域、例えば日本や中国において国内でCCS技術を十分に利用できない場合には、第4のゼロ・エミッション電源として輸入水素による発電が大きな役割を果たし得る。

水素を天然ガスや石炭(褐炭)の水蒸気改質によって製造する場合、フロー全体でゼロ・エミッションとするためには、水素製造地(北米、中東や豪州等を想定)においてCCSを実施することが必要となる。CO₂削減の観点からは、水素の利用はCCSをエネルギー需要地で行うか、供給地で行うかの相違となり、枯渇油ガス田のあるCCS適地とエネルギー需要地とのアンバランスを解消する手段として、水素が利用されることとなる。

ゼロ・エミッション水素の製造は化石燃料の水蒸気改質のみでなく、再生可能エネルギー由来の電力を用いた電気分解や、高温ガス炉等の原子力技術によっても可能である。ただし本章では、技術開発やコスト低減等の観点から、これらの技術は化石燃料由来の水素よりも時期的に遅れて導入されると見なし、2050年までの時間スケールでは主に化石燃料由来の水素が利用されると想定した。より長期の水素利用シナリオを考える場合には、非化石エネルギー由来の水素エネルギーをも考慮する必要があるであろう。

評価シナリオとしては、技術進展ケース相当の省エネルギー・低炭素化技術の普及を前提に、CCSの利用可能性や技術の導入速度に応じて以下の3つを想定した。後二者ではCCSが全世界的に利用可能とはならない。具体的には、図150に示す北米や豪州、さらには中東、アフリカ等では枯渇油ガス田等において十分なCCS導入が可能であるのに対し、アジアを中心とする、帶水層以外に大きなポテンシャルを有しない国では十分なCCS導入が進まないと想定した。

CCS最大利用シナリオ

このシナリオでは、世界全体で帶水層も含めてCCSが最大限利用可能になると想定する。すなわち、発電部門において輸入水素の利用は行われず、水素の導入コストも十分に低減しないため、運輸部門における燃料電池自動車の導入も限定的である。

水素低位シナリオ

CCS技術が全世界的には利用可能とはならない状況で、CO₂排出量の大幅な削減が世界的に目指されると想定する。その中で、CCSが難しいあるいは量的に限度がある地域では、

2035年以降に建設される石炭火力・天然ガス火力発電プラントの半分が水素発電プラントに代替されると想定する。産業部門でのCCS導入は進まない。

水素高位シナリオ

発電部門を中心とした水素の導入の最大ポテンシャルを評価するために、上記水素発電導入地域で2030年以降に建設される石炭火力・天然ガス火力が全て水素発電に代替されると想定する。これに伴い水素の供給コストも大幅に低減し、燃料電池自動車の普及も技術進展ケースに比べて世界大でさらに加速すると想定する。乗用車販売に占める燃料電池自動車の割合は2050年には13%を占め、保有台数ベースでは8%程度となる。

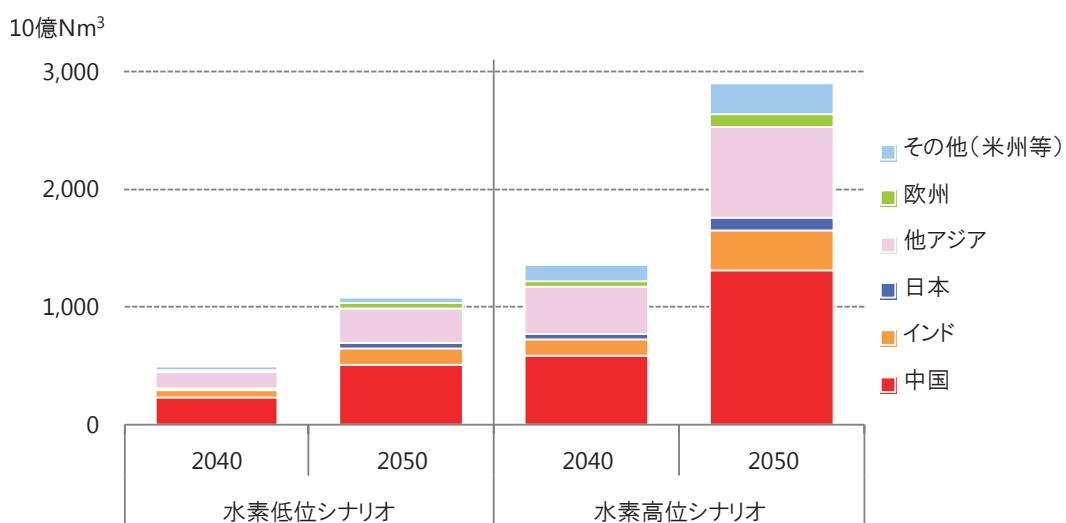
なお水素を外部から直接供給する定置式燃料電池を用いたコジェネレーションシステムについては、主にインフラ面に係るコストの観点から、十分な導入が進まないと想定した³²。ただし、総合的なエネルギー利用効率、また分散型電源としての価値という観点からも、将来水素の供給コストが低下するとともに、インフラ整備も十分に進んだ場合には、定置式燃料電池による水素の直接利用が進む可能性もあることに注意が必要である。

12.4 水素利用シナリオ

水素需要

世界の水素需要は2050年に水素低位シナリオで9,400億Nm³、水素高位シナリオで3兆2,400億Nm³にも及ぶ。そのうち9割以上が発電用に用いられる。水素低位シナリオにおいて世界の発電量のうち5%、水素高位シナリオにおいて13%が水素発電によって賄われており、そのための水素需要を地域別に示すと図153のとおりとなる。いずれのシナリオでも水素需要量の9割近くがアジアであり、中でも中国が全体の4割以上を占める。

図153 発電部門の水素需要

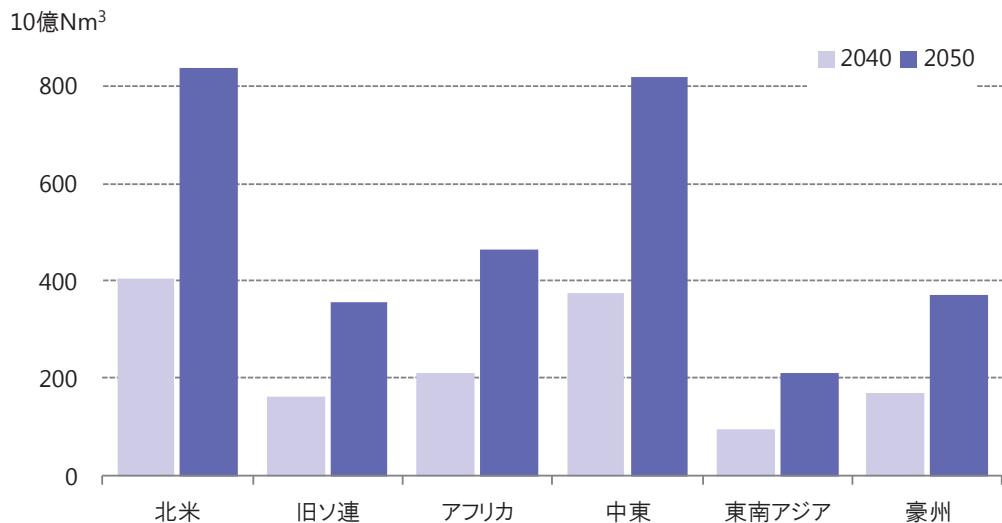


³² 松尾, 川上, 江藤, 柴田, 末広, 柳澤, 「2050年の低炭素社会に向けた水素エネルギーの位置づけと導入見通し」, 『エネルギー経済』, 39 (3), (2013), pp.15-24, <http://eneken.ieej.or.jp/data/4854.pdf> 参照。

水素輸出

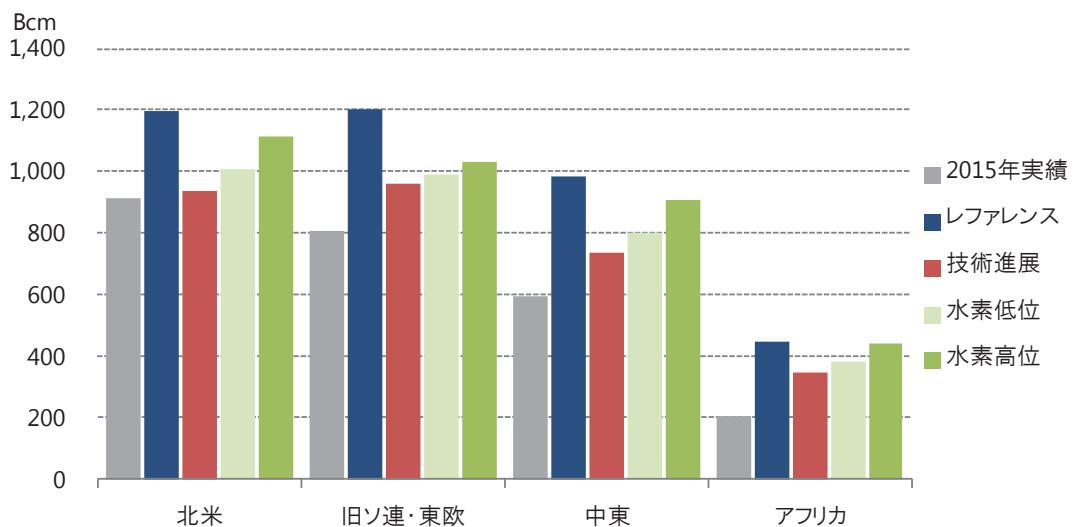
地域別水素輸出量の見通しは図154のとおりである。大きな化石燃料資源量とCCSポテンシャルを有する北米や中東、さらにはアフリカや豪州等からの水素輸出が多い。

図154 地域別水素輸出量[水素高位シナリオ]



豪州等では褐炭の水蒸気改質により、北米や中東、アフリカ等では天然ガスを原料として水素が製造される。例えば、北米の天然ガス生産量は、2015年に915 Bcmであったが、技術進展ケースでは拡大が非常に限定的で2040年に935 Bcmどまりである。対して、水素低位シナリオでは1,006 Bcm、水素高位シナリオでは1,115 Bcmと、レファレンスケース(1,199 Bcm)には及ばないものの、相当程度拡大する(図155)。

図155 天然ガス生産[2040年]

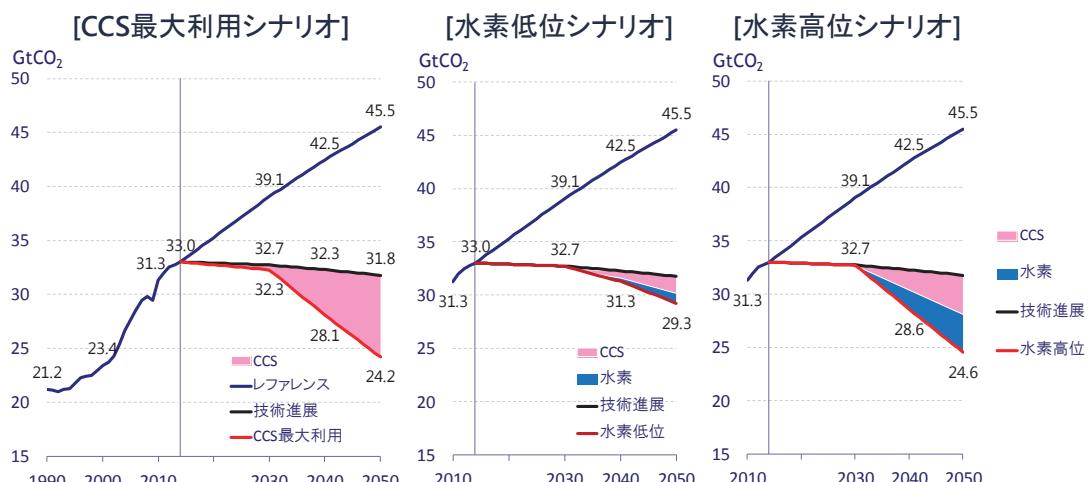


地球環境問題への貢献

技術進展ケースでは、世界のエネルギー起源CO₂排出量は、2014年の33.0 Gtから2050年に31.8 Gtへとゆるやかに減少する(図156)。これに対しCCS最大利用シナリオでは、2050年のCO₂排出量はCCSによりさらに7.6 Gt削減され、24.2 Gtまで減少する。一方、2つの水素利用シナリオでは、全ての国・地域でCCSが導入可能であるわけではなく、また水素の利用によってCCS火力発電分の一部を代替するものの、全てを代替するわけではないことから、CCSによるCO₂排出量の削減量は相対的に小さい。

水素低位シナリオでは、CCS火力ないし水素発電によるその代替分が比較的小さいことから、2050年のCO₂排出量は技術進展ケースよりも2.5 Gt少ない29.3 Gtにとどまる。これに対し水素高位シナリオは、2030年以降に新設される石炭火力・天然ガス火力の全てをCO₂排出量削減のための代替対象としている。枯渇油ガス田を豊富に有する地域ではCCSの、そうでない地域では水素発電の導入が進み、CO₂排出量の削減に寄与する。2050年には、CCSにより3.6 Gt、燃料電池自動車の大規模な普及による効果も含めた水素により同じく3.6 Gt削減され、CO₂排出量は24.6 Gtまで減少する。

図156 世界のエネルギー起源二酸化炭素排出



まとめ

水素社会の実現のためには、世界全体が極めて野心的な温室効果ガス(もしくはエネルギー起源CO₂)の排出削減に向けて動きを進めることが前提条件となる。水素の利用はこの条件の下で、特に電源部門においては他の低炭素エネルギー利用手段(原子力、再生可能エネルギー、CCS)の普及に限界が生じた場合の、最後の代替手段として位置づけることができる。ただし逆に言えば、これらの他の手段が十分に普及しそる場合には、水素の利用はその分低下することになる。電力部門は非常に大きな市場であり、この部門における水素の潜在的な需要量は他の部門を圧倒して大きい。従って電力部門でどの程度水素エネルギーが必要とされるかが、今後の水素利用普及の動向にとって非常に大きな鍵となる。

運輸部門も水素の有力な需要部門である。ただし、厳しいCO₂排出削減制約の下では電力部門の低炭素化が進展するため、電気自動車も大きな競合相手となる。運輸部門は化石燃料への依存度が高いため、燃料電池車や電気自動車等によるエネルギー代替が進んだ場合には、CO₂排出削減効果やエネルギーセキュリティへの効果は大きい。

水素を原子力もしくは再生可能エネルギーから製造する場合には、その利用は当然ながらCO₂排出削減のみならず、エネルギーセキュリティ向上にも大きく資する。ただし、少なくとも水素利用の初期の段階では、化石燃料を水蒸気改質して水素を製造し、CO₂排出削減が必要な場合には製造地の近傍でCCSを実施する方法が主流になる可能性が高い。この場合においても、水素の供給が中東や旧ソ連地域の他に北米や豪州など比較的広い範囲で可能であることから、エネルギー需要国の観点からはセキュリティ向上に資するものと評価される。またエネルギー供給国側からは、化石燃料の直接輸出に代替する供給のあり方として位置づけることが可能である。

一方で水素エネルギーの普及のためにはそのコストが障壁となる可能性がある。これは水素の供給コストのみでなく、輸送等のインフラ整備に係るコストも含む。すなわち将来の技術開発によって水素の利用に係るトータルのコストがどの程度まで低減するか、またそのコストの水準が世界的に求められるCO₂排出削減努力に対してどの程度見合うものとなるかが今後の水素の普及にとって重要な要素となる。

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	
ASEAN	ブルネイ	
	カンボジア	
	インドネシア	
	ラオス	
	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	バングラデシュ, 北朝鮮, モンゴル, ネパール, パキスタン, スリランカ, ラオス以外のIEA統計におけるその他アジア	
北米	米国	
	カナダ	
中南米	ブラジル	
	チリ	
	メキシコ	
その他	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, グアテマラ, 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	OECDヨーロッパ	フランス
		ドイツ
		イタリア
		英国

	その他	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, 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
非OECDヨーロッパ	ロシア	
	その他非OECD旧ソ連	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, ラトビア, リトニア, 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
	その他	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, マケドニア, マルタ, モンテネグロ, 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	アンゴラ, ベニン, ボツワナ, カメルーン, コンゴ民主共和国, コンゴ共和国, コートジボアール, エリトリア, エチオピア, ガボン, ガーナ, ケニヤ, 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, セネガル, 南スーダン, スーダン, トーゴ, タンザニア, 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	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	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, ドイツ, デンマーク, エストニア, フィンランド, フランス, 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, 英国
OECD	オーストラリア, オーストリア, ベルギー, カナダ, チリ, 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, アイスランド, アイルランド, イタリア, 日本, 韓国, ルクセンブルク, メキシコ, オランダ, ニュージーランド, 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, 英国, 米国

(注)原統計・分析の都合上、(1)その他非OECD旧ソ連は1989年以前のエストニアのエネルギーデータを含む、(2)OECDはイスラエルを含まない、(3) ASEAN8はブルネイ、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。

付表2 主要エネルギー・経済指標

			1990	2014	2040	年平均変化率(%)		
						レファレンス		技術進展
						レファレンス	技術進展	
一次エネルギー消費 (Mtoe)	世界	8,772	13,699	18,904	16,561	1.9	1.2	0.7
	アジア	2,108	5,517	8,635	7,577	4.1	1.7	1.2
	中国	871	3,052	4,264	3,690	5.4	1.3	0.7
	インド	306	825	1,763	1,497	4.2	3.0	2.3
	日本	439	442	429	395	0.0	-0.1	-0.4
石油一次消費 (Mtoe)	世界	3,233	4,285	5,488	4,656	1.2	1.0	0.3
	アジア	618	1,291	2,085	1,798	3.1	1.9	1.3
	中国	119	504	787	663	6.2	1.7	1.1
	インド	61	185	490	424	4.7	3.8	3.2
	日本	250	192	141	122	-1.1	-1.2	-1.7
天然ガス一次消費 (Mtoe)	世界	1,663	2,901	4,695	3,617	2.3	1.9	0.9
	アジア	116	549	1,337	1,032	6.7	3.5	2.5
	中国	13	154	571	462	10.9	5.2	4.3
	インド	11	43	174	124	6.0	5.5	4.1
	日本	44	108	105	73	3.8	-0.1	-1.5
石炭一次消費 (Mtoe)	世界	2,220	3,918	4,527	3,241	2.4	0.6	-0.7
	アジア	785	2,758	3,552	2,620	5.4	1.0	-0.2
	中国	528	2,012	2,175	1,656	5.7	0.3	-0.7
	インド	93	378	747	487	6.0	2.7	1.0
	日本	76	118	108	92	1.8	-0.4	-0.9
発電電力量 (TWh)	世界	11,864	23,816	39,819	34,730	2.9	2.0	1.5
	アジア	2,252	9,895	19,627	17,264	6.4	2.7	2.2
	中国	621	5,666	10,021	9,136	9.6	2.2	1.9
	インド	293	1,287	3,775	3,167	6.4	4.2	3.5
	日本	873	1,036	1,203	1,059	0.7	0.6	0.1
エネルギー起源	世界	21,202	33,009	42,463	32,285	1.9	1.0	-0.1
二酸化炭素排出 (Mt)	アジア	4,918	15,067	21,990	16,701	4.8	1.5	0.4
	中国	2,339	9,347	11,618	8,922	5.9	0.8	-0.2
	インド	542	2,053	4,646	3,296	5.7	3.2	1.8
	日本	1,071	1,201	1,007	812	0.5	-0.7	-1.5
GDPあたり	世界	233	188	125	109	-0.9	-1.6	-2.1
一次エネルギー消費 (toe/100万ドル)	アジア	284	262	142	125	-0.3	-2.3	-2.8
	中国	1,056	371	142	123	-4.3	-3.6	-4.2
	インド	638	377	167	142	-2.2	-3.1	-3.7
	日本	96	78	58	54	-0.9	-1.1	-1.4
	世界	1.66	1.89	2.06	1.81	0.5	0.3	-0.2
1人あたり 一次エネルギー消費 (toe/人)	アジア	0.72	1.39	1.87	1.64	2.8	1.1	0.6
	中国	0.77	2.24	3.06	2.65	4.6	1.2	0.6
	インド	0.35	0.64	1.08	0.92	2.5	2.1	1.4
	日本	3.55	3.47	3.77	3.47	-0.1	0.3	0.0
	世界	37,578	72,934	151,552	151,552	2.8	2.9	2.9
GDP (2010年価格10億ドル)	アジア	7,433	21,055	60,826	60,826	4.4	4.2	4.2
	中国	824	8,230	29,970	29,970	10.1	5.1	5.1
	インド	479	2,188	10,573	10,573	6.5	6.2	6.2
	日本	4,553	5,650	7,354	7,354	0.9	1.0	1.0
人口 (100万人)	世界	5,276	7,249	9,157	9,157	1.3	0.9	0.9
	アジア	2,932	3,956	4,624	4,624	1.3	0.6	0.6
	中国	1,135	1,364	1,395	1,395	0.8	0.1	0.1
	インド	871	1,295	1,634	1,634	1.7	0.9	0.9
	日本	124	127	114	114	0.1	-0.4	-0.4

付表3 人口

	1980	1990	2000	2014	2030	2040	(100万人)				
							年平均変化率(%)				
							1990/2000	2000/2014	2014/2030	2030/2040	2014/2040
世界	4,434 (100)	5,276 (100)	6,107 (100)	7,249 (100)	8,493 (100)	9,157 (100)	1.5	1.2	1.0	0.8	0.9
アジア	2,440 (55.0)	2,932 (55.6)	3,408 (55.8)	3,956 (54.6)	4,445 (52.3)	4,624 (50.5)	1.5	1.1	0.7	0.4	0.6
中国	981 (22.1)	1,135 (21.5)	1,263 (20.7)	1,364 (18.8)	1,414 (16.6)	1,395 (15.2)	1.1	0.6	0.2	-0.1	0.1
インド	697 (15.7)	871 (16.5)	1,053 (17.3)	1,295 (17.9)	1,528 (18.0)	1,634 (17.8)	1.9	1.5	1.0	0.7	0.9
日本	117 (2.6)	124 (2.3)	127 (2.1)	127 (1.8)	120 (1.4)	114 (1.2)	0.3	0.0	-0.3	-0.6	-0.4
韓国	38 (0.9)	43 (0.8)	47 (0.8)	50 (0.7)	53 (0.6)	52 (0.6)	0.9	0.5	0.3	0.0	0.1
台湾	18 (0.4)	20 (0.4)	22 (0.4)	23 (0.3)	23 (0.3)	22 (0.2)	0.9	0.4	-0.1	-0.4	-0.2
ASEAN	n.a. (n.a.)	n.a. (n.a.)	523 (8.6)	623 (8.6)	723 (8.5)	765 (8.4)	-	1.3	0.9	0.6	0.8
インドネシア	147 (3.3)	181 (3.4)	212 (3.5)	254 (3.5)	295 (3.5)	312 (3.4)	1.5	1.3	0.9	0.6	0.8
マレーシア	14 (0.3)	18 (0.3)	23 (0.4)	30 (0.4)	36 (0.4)	39 (0.4)	2.5	1.8	1.2	0.7	1.0
ミャンマー	34 (0.8)	42 (0.8)	48 (0.8)	53 (0.7)	60 (0.7)	63 (0.7)	1.3	0.8	0.8	0.4	0.6
フィリピン	47 (1.1)	62 (1.2)	78 (1.3)	99 (1.4)	124 (1.5)	137 (1.5)	2.3	1.7	1.4	1.0	1.3
シンガポール	2 (0.1)	3 (0.1)	4 (0.1)	5 (0.1)	6 (0.1)	7 (0.1)	2.8	2.2	1.0	0.4	0.8
タイ	47 (1.1)	57 (1.1)	63 (1.0)	68 (0.9)	68 (0.8)	66 (0.7)	1.0	0.6	0.0	-0.3	-0.1
ベトナム	54 (1.2)	66 (1.3)	78 (1.3)	91 (1.3)	105 (1.2)	110 (1.2)	1.6	1.1	0.9	0.5	0.7
アジア(除日本)	2,323 (52.4)	2,808 (53.2)	3,281 (53.7)	3,828 (52.8)	4,324 (50.9)	4,510 (49.2)	1.6	1.1	0.8	0.4	0.6
北米	252 (5.7)	277 (5.3)	313 (5.1)	354 (4.9)	396 (4.7)	416 (4.5)	1.2	0.9	0.7	0.5	0.6
米国	227 (5.1)	250 (4.7)	282 (4.6)	319 (4.4)	356 (4.2)	374 (4.1)	1.2	0.9	0.7	0.5	0.6
中南米	361 (8.1)	442 (8.4)	522 (8.5)	622 (8.6)	719 (8.5)	761 (8.3)	1.7	1.3	0.9	0.6	0.8
OECDヨーロッパ	476 (10.7)	499 (9.5)	521 (8.5)	560 (7.7)	579 (6.8)	584 (6.4)	0.4	0.5	0.2	0.1	0.2
欧州連合	n.a. (n.a.)	478 (9.1)	488 (8.0)	508 (7.0)	521 (6.1)	522 (5.7)	0.2	0.3	0.2	0.0	0.1
非OECDヨーロッパ	319 (7.2)	344 (6.5)	341 (5.6)	342 (4.7)	341 (4.0)	333 (3.6)	-0.1	0.0	0.0	-0.2	-0.1
アフリカ	476 (10.7)	629 (11.9)	812 (13.3)	1,155 (15.9)	1,678 (19.8)	2,063 (22.5)	2.6	2.5	2.4	2.1	2.3
中東	92 (2.1)	132 (2.5)	168 (2.7)	232 (3.2)	302 (3.6)	340 (3.7)	2.5	2.3	1.7	1.2	1.5
オセアニア	18 (0.4)	20 (0.4)	23 (0.4)	28 (0.4)	34 (0.4)	36 (0.4)	1.2	1.4	1.1	0.8	1.0
OECD	981 (22.1)	1,062 (20.1)	1,149 (18.8)	1,263 (17.4)	1,350 (15.9)	1,382 (15.1)	0.8	0.7	0.4	0.2	0.3
非OECD	3,453 (77.9)	4,214 (79.9)	4,958 (81.2)	5,986 (82.6)	7,143 (84.1)	7,775 (84.9)	1.6	1.4	1.1	0.9	1.0

(出所)国際連合 "World Population Prospects: The 2015 Revision"、世界銀行 "World Development Indicators"

(注)カッコ内は対世界比(%)

付表4 GDP

(2010年価格10億ドル)

	1980	1990	2000	2014	2030	2040	年平均変化率(%)				
							1990/2000	2000/2014	2014/2030	2030/2040	2014/2040
世界	27,804 (100)	37,578 (100)	49,555 (100)	72,934 (100)	116,213 (100)	151,552 (100)	2.8	2.8	3.0	2.7	2.9
アジア	4,340 (15.6)	7,433 (19.8)	10,786 (21.8)	21,055 (28.9)	42,319 (36.4)	60,826 (40.1)	3.8	4.9	4.5	3.7	4.2
中国	338 (1.2)	824 (2.2)	2,224 (4.5)	8,230 (11.3)	20,185 (17.4)	29,970 (19.8)	10.4	9.8	5.8	4.0	5.1
インド	279 (1.0)	479 (1.3)	825 (1.7)	2,188 (3.0)	6,281 (5.4)	10,573 (7.0)	5.6	7.2	6.8	5.3	6.2
日本	2,894 (10.4)	4,553 (12.1)	5,093 (10.3)	5,650 (7.7)	6,582 (5.7)	7,354 (4.9)	1.1	0.7	1.0	1.1	1.0
韓国	149 (0.5)	377 (1.0)	710 (1.4)	1,234 (1.7)	1,878 (1.6)	2,270 (1.5)	6.5	4.0	2.7	1.9	2.4
台湾	73 (0.3)	162 (0.4)	309 (0.6)	523 (0.7)	723 (0.6)	845 (0.6)	6.7	3.8	2.1	1.6	1.9
ASEAN	n.a. (n.a.)	n.a. (n.a.)	1,188 (2.4)	2,407 (3.3)	5,071 (4.4)	7,488 (4.9)	-	5.2	4.8	4.0	4.5
インドネシア	162 (0.6)	300 (0.8)	453 (0.9)	943 (1.3)	2,193 (1.9)	3,334 (2.2)	4.2	5.4	5.4	4.3	5.0
マレーシア	46 (0.2)	82 (0.2)	163 (0.3)	314 (0.4)	633 (0.5)	896 (0.6)	7.1	4.8	4.5	3.5	4.1
ミャンマー	6 (0.0)	7 (0.0)	13 (0.0)	55 (0.1)	155 (0.1)	255 (0.2)	7.2	10.7	6.6	5.1	6.0
フィリピン	80 (0.3)	95 (0.3)	125 (0.3)	251 (0.3)	589 (0.5)	899 (0.6)	2.9	5.1	5.5	4.3	5.0
シンガポール	32 (0.1)	68 (0.2)	134 (0.3)	279 (0.4)	405 (0.3)	482 (0.3)	7.1	5.4	2.4	1.8	2.1
タイ	67 (0.2)	142 (0.4)	218 (0.4)	383 (0.5)	643 (0.6)	881 (0.6)	4.4	4.1	3.3	3.2	3.3
ベトナム	17 (0.1)	29 (0.1)	61 (0.1)	145 (0.2)	367 (0.3)	609 (0.4)	7.6	6.4	6.0	5.2	5.7
アジア(除日本)	1,446 (5.2)	2,880 (7.7)	5,693 (11.5)	15,405 (21.1)	35,737 (30.8)	53,472 (35.3)	7.1	7.4	5.4	4.1	4.9
北米	7,305 (26.3)	10,073 (26.8)	14,050 (28.4)	18,052 (24.8)	25,535 (22.0)	31,014 (20.5)	3.4	1.8	2.2	2.0	2.1
米国	6,529 (23.5)	9,064 (24.1)	12,713 (25.7)	16,282 (22.3)	23,132 (19.9)	28,154 (18.6)	3.4	1.8	2.2	2.0	2.1
中南米	2,410 (8.7)	2,782 (7.4)	3,774 (7.6)	5,881 (8.1)	9,045 (7.8)	11,817 (7.8)	3.1	3.2	2.7	2.7	2.7
OECDヨーロッパ	9,882 (35.5)	12,581 (33.5)	15,852 (32.0)	18,996 (26.0)	24,681 (21.2)	28,051 (18.5)	2.3	1.3	1.6	1.3	1.5
欧州連合	n.a. (n.a.)	11,801 (31.4)	14,729 (29.7)	17,396 (23.9)	22,607 (19.5)	25,741 (17.0)	2.2	1.2	1.7	1.3	1.5
非OECDヨーロッパ	1,750 (6.3)	2,141 (5.7)	1,494 (3.0)	2,704 (3.7)	3,863 (3.3)	5,043 (3.3)	-3.5	4.3	2.3	2.7	2.4
アフリカ	715 (2.6)	877 (2.3)	1,145 (2.3)	2,205 (3.0)	4,476 (3.9)	6,882 (4.5)	2.7	4.8	4.5	4.4	4.5
中東	875 (3.1)	971 (2.6)	1,461 (2.9)	2,556 (3.5)	4,126 (3.6)	5,331 (3.5)	4.2	4.1	3.0	2.6	2.9
オセアニア	525 (1.9)	720 (1.9)	994 (2.0)	1,485 (2.0)	2,170 (1.9)	2,588 (1.7)	3.3	2.9	2.4	1.8	2.2
OECD	21,329 (76.7)	29,003 (77.2)	37,727 (76.1)	46,852 (64.2)	63,227 (54.4)	74,479 (49.1)	2.7	1.6	1.9	1.7	1.8
非OECD	6,475 (23.3)	8,575 (22.8)	11,828 (23.9)	26,082 (35.8)	52,987 (45.6)	77,073 (50.9)	3.3	5.8	4.5	3.8	4.3

(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人あたりGDP

	1980	1990	2000	2014	2030	2040	年平均変化率(%)				
							1990/2000	2000/2014	2014/2030	2030/2040	2014/2040
世界	6.3	7.1	8.1	10.1	13.7	16.6	1.3	1.5	1.9	1.9	1.9
アジア	1.8	2.5	3.2	5.3	9.5	13.2	2.2	3.8	3.7	3.3	3.5
中国	0.3	0.7	1.8	6.0	14.3	21.5	9.3	9.2	5.5	4.2	5.0
インド	0.4	0.6	0.8	1.7	4.1	6.5	3.6	5.6	5.7	4.6	5.3
日本	24.8	36.9	40.2	44.4	54.7	64.6	0.9	0.7	1.3	1.7	1.5
韓国	3.9	8.8	15.1	24.5	35.7	43.3	5.6	3.5	2.4	2.0	2.2
台湾	4.1	7.9	13.9	22.3	31.2	37.9	5.8	3.4	2.1	1.9	2.1
ASEAN	n.a.	n.a.	2.3	3.9	7.0	9.8	-	3.9	3.8	3.4	3.6
インドネシア	1.1	1.7	2.1	3.7	7.4	10.7	2.6	4.0	4.4	3.7	4.2
マレーシア	3.3	4.5	6.9	10.5	17.5	23.1	4.4	3.0	3.2	2.8	3.1
ミャンマー	0.2	0.2	0.3	1.0	2.6	4.1	5.8	9.8	5.9	4.7	5.4
フィリピン	1.7	1.5	1.6	2.5	4.8	6.6	0.5	3.3	4.0	3.2	3.7
シンガポール	13.3	22.2	33.4	51.0	63.3	72.5	4.2	3.1	1.4	1.4	1.4
タイ	1.4	2.5	3.5	5.6	9.4	13.3	3.3	3.5	3.3	3.5	3.4
ベトナム	0.3	0.4	0.8	1.6	3.5	5.5	5.8	5.2	5.0	4.7	4.9
アジア(除日本)	0.6	1.0	1.7	4.0	8.3	11.9	5.4	6.2	4.6	3.7	4.2
北米	29.0	36.3	44.9	50.9	64.5	74.5	2.1	0.9	1.5	1.5	1.5
米国	28.7	36.3	45.1	51.1	65.1	75.3	2.2	0.9	1.5	1.5	1.5
中南米	6.7	6.3	7.2	9.4	12.6	15.5	1.4	1.9	1.8	2.1	1.9
OECDヨーロッパ	20.7	25.2	30.4	33.9	42.6	48.0	1.9	0.8	1.4	1.2	1.3
欧州連合	n.a.	24.7	30.2	34.2	43.4	49.3	2.0	0.9	1.5	1.3	1.4
非OECDヨーロッパ	5.5	6.2	4.4	7.9	11.3	15.1	-3.5	4.3	2.3	2.9	2.5
アフリカ	1.5	1.4	1.4	1.9	2.7	3.3	0.1	2.2	2.1	2.3	2.2
中東	9.5	7.4	8.7	11.0	13.7	15.7	1.7	1.7	1.4	1.4	1.4
オセアニア	29.5	35.3	43.2	53.1	64.7	71.0	2.0	1.5	1.2	0.9	1.1
OECD	21.7	27.3	32.8	37.1	46.8	53.9	1.9	0.9	1.5	1.4	1.4
非OECD	1.9	2.0	2.4	4.4	7.4	9.9	1.6	4.4	3.4	2.9	3.2

(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

付表6 国際エネルギー価格

実質価格		2015	2020	2030	2040	年平均変化率(%)				
						2015/2020	2020/2030	2030/2040	2015/2040	
原油		\$2015/bbl	52	75	100	125	7.6	2.9	2.3	3.6
天然ガス	日本	\$2015/MBtu	10.4	10.7	12.8	14.1	0.7	1.8	1.0	1.2
	ヨーロッパ(英国)	\$2015/MBtu	6.5	8.5	9.8	11.7	5.4	1.4	1.8	2.4
	米国	\$2015/MBtu	2.6	4.5	5.6	6.3	11.4	2.2	1.2	3.6
一般炭		\$2015/t	80	89	106	132	2.2	1.8	2.3	2.1

名目価格		2015	2020	2030	2040	年平均変化率(%)				
						2015/2020	2020/2030	2030/2040	2015/2040	
原油		\$/bbl	52	83	135	205	9.8	5.0	4.3	5.6
天然ガス	日本	\$/MBtu	10.4	11.8	17.2	23.1	2.7	3.8	3.0	3.3
	ヨーロッパ(英国)	\$/MBtu	6.5	9.4	13.2	19.2	7.5	3.5	3.8	4.4
	米国	\$/MBtu	2.6	5.0	7.5	10.3	13.6	4.3	3.2	5.6
一般炭		\$/t	80	98	142	217	4.3	3.8	4.3	4.1

(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[レファレンスケース]

	1980	1990	2000	2014	2030	2040	(石油換算100万t)				
							年平均変化率(%)				
							1990/2000	2000/2014	2014/2030	2030/2040	2014/2040
世界	7,205 (100)	8,772 (100)	10,037 (100)	13,699 (100)	17,067 (100)	18,904 (100)	1.4	2.2	1.4	1.0	1.2
アジア	1,439 (20.0)	2,108 (24.0)	2,893 (28.8)	5,517 (40.3)	7,506 (44.0)	8,635 (45.7)	3.2	4.7	1.9	1.4	1.7
中国	598 (8.3)	871 (9.9)	1,135 (11.3)	3,052 (22.3)	3,854 (22.6)	4,264 (22.6)	2.7	7.3	1.5	1.0	1.3
インド	200 (2.8)	306 (3.5)	441 (4.4)	825 (6.0)	1,398 (8.2)	1,763 (9.3)	3.7	4.6	3.4	2.3	3.0
日本	345 (4.8)	439 (5.0)	518 (5.2)	442 (3.2)	453 (2.7)	429 (2.3)	1.7	-1.1	0.2	-0.5	-0.1
韓国	41 (0.6)	93 (1.1)	188 (1.9)	268 (2.0)	321 (1.9)	318 (1.7)	7.3	2.6	1.1	-0.1	0.7
台湾	28 (0.4)	48 (0.5)	85 (0.8)	110 (0.8)	125 (0.7)	127 (0.7)	5.9	1.9	0.8	0.1	0.5
ASEAN	n.a. (n.a.)	n.a. (n.a.)	385 (3.8)	624 (4.6)	1,046 (6.1)	1,352 (7.1)	-	3.5	3.3	2.6	3.0
インドネシア	56 (0.8)	99 (1.1)	156 (1.6)	226 (1.6)	417 (2.4)	556 (2.9)	4.7	2.7	3.9	2.9	3.5
マレーシア	12 (0.2)	22 (0.2)	49 (0.5)	90 (0.7)	126 (0.7)	152 (0.8)	8.4	4.4	2.1	1.9	2.0
ミャンマー	9 (0.1)	11 (0.1)	13 (0.1)	19 (0.1)	31 (0.2)	41 (0.2)	1.9	3.0	3.1	2.7	2.9
フィリピン	22 (0.3)	29 (0.3)	40 (0.4)	48 (0.3)	97 (0.6)	136 (0.7)	3.4	1.3	4.5	3.4	4.1
シンガポール	5 (0.1)	12 (0.1)	19 (0.2)	28 (0.2)	32 (0.2)	33 (0.2)	4.9	2.9	0.8	0.4	0.6
タイ	22 (0.3)	42 (0.5)	72 (0.7)	135 (1.0)	195 (1.1)	232 (1.2)	5.6	4.5	2.3	1.8	2.1
ベトナム	14 (0.2)	18 (0.2)	29 (0.3)	67 (0.5)	126 (0.7)	173 (0.9)	4.9	6.2	4.1	3.2	3.7
アジア(除日本)	1,094 (15.2)	1,669 (19.0)	2,375 (23.7)	5,075 (37.0)	7,054 (41.3)	8,206 (43.4)	3.6	5.6	2.1	1.5	1.9
北米	1,997 (27.7)	2,126 (24.2)	2,527 (25.2)	2,496 (18.2)	2,524 (14.8)	2,499 (13.2)	1.7	-0.1	0.1	-0.1	0.0
米国	1,805 (25.0)	1,915 (21.8)	2,273 (22.6)	2,216 (16.2)	2,230 (13.1)	2,201 (11.6)	1.7	-0.2	0.0	-0.1	0.0
中南米	382 (5.3)	465 (5.3)	599 (6.0)	863 (6.3)	1,220 (7.1)	1,427 (7.5)	2.6	2.6	2.2	1.6	2.0
OECDヨーロッパ	1,494 (20.7)	1,619 (18.5)	1,748 (17.4)	1,674 (12.2)	1,763 (10.3)	1,744 (9.2)	0.8	-0.3	0.3	-0.1	0.2
欧州連合	n.a. (n.a.)	1,645 (18.8)	1,695 (16.9)	1,565 (11.4)	1,644 (9.6)	1,626 (8.6)	0.3	-0.6	0.3	-0.1	0.1
非OECDヨーロッパ	1,241 (17.2)	1,537 (17.5)	1,004 (10.0)	1,124 (8.2)	1,212 (7.1)	1,257 (6.6)	-4.2	0.8	0.5	0.4	0.4
アフリカ	273 (3.8)	393 (4.5)	496 (4.9)	772 (5.6)	1,118 (6.6)	1,357 (7.2)	2.3	3.2	2.3	2.0	2.2
中東	121 (1.7)	223 (2.5)	372 (3.7)	744 (5.4)	1,077 (6.3)	1,262 (6.7)	5.3	5.1	2.3	1.6	2.1
オセアニア	79 (1.1)	99 (1.1)	125 (1.2)	146 (1.1)	163 (1.0)	168 (0.9)	2.4	1.1	0.7	0.3	0.5
OECD	4,060 (56.3)	4,514 (51.5)	5,282 (52.6)	5,251 (38.3)	5,550 (32.5)	5,531 (29.3)	1.6	0.0	0.3	0.0	0.2
非OECD	2,967 (41.2)	4,056 (46.2)	4,482 (44.7)	8,085 (59.0)	11,035 (64.7)	12,818 (67.8)	1.0	4.3	2.0	1.5	1.8

(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8 一次エネルギー消費、石炭[レファレンスケース]

(石油換算100万t)

	1980	1990	2000	2014	2030	2040	年平均変化率(%)				
							1990/2000	2000/2014	2014/2030	2030/2040	2014/2040
世界	1,783 (100)	2,220 (100)	2,316 (100)	3,918 (100)	4,320 (100)	4,527 (100)	0.4	3.8	0.6	0.5	0.6
アジア	466 (26.1)	785 (35.3)	1,037 (44.8)	2,758 (70.4)	3,268 (75.6)	3,552 (78.5)	2.8	7.2	1.1	0.8	1.0
中国	313 (17.5)	528 (23.8)	665 (28.7)	2,012 (51.3)	2,134 (49.4)	2,175 (48.1)	2.3	8.2	0.4	0.2	0.3
インド	44 (2.5)	93 (4.2)	146 (6.3)	378 (9.6)	613 (14.2)	747 (16.5)	4.6	7.0	3.1	2.0	2.7
日本	60 (3.3)	76 (3.4)	97 (4.2)	118 (3.0)	114 (2.6)	108 (2.4)	2.4	1.4	-0.2	-0.6	-0.4
韓国	14 (0.8)	25 (1.1)	42 (1.8)	82 (2.1)	84 (2.0)	83 (1.8)	5.2	4.9	0.2	-0.2	0.0
台湾	4 (0.2)	11 (0.5)	30 (1.3)	41 (1.0)	41 (1.0)	40 (0.9)	10.2	2.3	0.0	-0.3	-0.1
ASEAN	n.a. (n.a.)	n.a. (n.a.)	32 (1.4)	99 (2.5)	239 (5.5)	348 (7.7)	-	8.4	5.6	3.9	5.0
インドネシア	0 (0.0)	4 (0.2)	12 (0.5)	36 (0.9)	88 (2.0)	136 (3.0)	13.0	8.2	5.7	4.5	5.3
マレーシア	0 (0.0)	1 (0.1)	2 (0.1)	15 (0.4)	35 (0.8)	46 (1.0)	5.5	14.4	5.3	2.9	4.4
ミャンマー	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	4 (0.1)	9 (0.2)	17.0	1.8	15.8	7.5	12.5
フィリピン	1 (0.0)	2 (0.1)	5 (0.2)	12 (0.3)	35 (0.8)	53 (1.2)	13.0	6.0	7.0	4.3	6.0
シンガポール	0 (0.0)	0 (0.0)	- (-)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	-100.0	-	0.3	0.3	0.3
タイ	0 (0.0)	4 (0.2)	8 (0.3)	16 (0.4)	31 (0.7)	37 (0.8)	7.2	5.3	4.3	1.9	3.3
ベトナム	2 (0.1)	2 (0.1)	4 (0.2)	19 (0.5)	42 (1.0)	62 (1.4)	7.0	11.1	5.0	4.1	4.6
アジア(除日本)	406 (22.8)	708 (31.9)	939 (40.6)	2,639 (67.4)	3,153 (73.0)	3,445 (76.1)	2.9	7.7	1.1	0.9	1.0
北米	397 (22.3)	485 (21.8)	565 (24.4)	451 (11.5)	320 (7.4)	239 (5.3)	1.6	-1.6	-2.1	-2.9	-2.4
米国	376 (21.1)	460 (20.7)	534 (23.0)	432 (11.0)	309 (7.2)	231 (5.1)	1.5	-1.5	-2.1	-2.9	-2.4
中南米	13 (0.7)	21 (1.0)	27 (1.2)	45 (1.2)	71 (1.6)	87 (1.9)	2.6	3.7	2.9	2.0	2.5
OECDヨーロッパ	464 (26.0)	449 (20.2)	330 (14.3)	292 (7.5)	288 (6.7)	265 (5.9)	-3.0	-0.9	-0.1	-0.8	-0.4
欧州連合	n.a. (n.a.)	456 (20.5)	321 (13.9)	268 (6.9)	265 (6.1)	243 (5.4)	-3.4	-1.3	-0.1	-0.8	-0.4
非OECDヨーロッパ	362 (20.3)	367 (16.5)	209 (9.0)	208 (5.3)	176 (4.1)	173 (3.8)	-5.5	-0.1	-1.0	-0.1	-0.7
アフリカ	52 (2.9)	74 (3.3)	90 (3.9)	112 (2.9)	135 (3.1)	146 (3.2)	2.0	1.6	1.2	0.8	1.0
中東	1 (0.1)	3 (0.1)	8 (0.3)	10 (0.2)	17 (0.4)	22 (0.5)	10.4	1.2	3.6	2.9	3.3
オセアニア	28 (1.6)	36 (1.6)	49 (2.1)	43 (1.1)	45 (1.0)	43 (0.9)	3.1	-1.0	0.3	-0.5	0.0
OECD	966 (54.2)	1,079 (48.6)	1,094 (47.2)	1,006 (25.7)	889 (20.6)	783 (17.3)	0.1	-0.6	-0.8	-1.3	-1.0
非OECD	817 (45.8)	1,142 (51.4)	1,222 (52.8)	2,913 (74.3)	3,431 (79.4)	3,743 (82.7)	0.7	6.4	1.0	0.9	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9 一次エネルギー消費、石油[レファレンスケース]

	1980	1990	2000	2014	2030	2040	年平均変化率(%)				
							(石油換算100万t)		1990/2000	2000/2014	2014/2030
							1990/2000	2000/2014			2030/2040
世界	3,102 (100)	3,233 (100)	3,660 (100)	4,285 (100)	5,062 (100)	5,488 (100)	1.2	1.1	1.0	0.8	1.0
アジア	477 (15.4)	618 (19.1)	917 (25.1)	1,291 (30.1)	1,783 (35.2)	2,085 (38.0)	4.0	2.5	2.0	1.6	1.9
中国	89 (2.9)	119 (3.7)	221 (6.0)	504 (11.8)	700 (13.8)	787 (14.3)	6.4	6.1	2.1	1.2	1.7
インド	33 (1.1)	61 (1.9)	112 (3.1)	185 (4.3)	364 (7.2)	490 (8.9)	6.2	3.6	4.3	3.0	3.8
日本	234 (7.5)	250 (7.7)	255 (7.0)	192 (4.5)	158 (3.1)	141 (2.6)	0.2	-2.0	-1.2	-1.1	-1.2
韓国	27 (0.9)	50 (1.5)	99 (2.7)	96 (2.2)	103 (2.0)	100 (1.8)	7.1	-0.2	0.4	-0.3	0.2
台湾	20 (0.6)	26 (0.8)	38 (1.0)	42 (1.0)	47 (0.9)	47 (0.8)	4.0	0.7	0.6	0.0	0.4
ASEAN	n.a. (n.a.)	n.a. (n.a.)	154 (4.2)	221 (5.2)	334 (6.6)	421 (7.7)	-	2.6	2.6	2.3	2.5
インドネシア	20 (0.7)	33 (1.0)	58 (1.6)	75 (1.8)	128 (2.5)	163 (3.0)	5.7	1.9	3.4	2.5	3.0
マレーシア	8 (0.3)	11 (0.4)	19 (0.5)	33 (0.8)	43 (0.8)	48 (0.9)	5.4	3.9	1.6	1.2	1.5
ミャンマー	1 (0.0)	1 (0.0)	2 (0.1)	5 (0.1)	8 (0.2)	12 (0.2)	10.5	7.0	3.1	4.0	3.4
フィリピン	10 (0.3)	11 (0.3)	16 (0.4)	15 (0.3)	24 (0.5)	33 (0.6)	4.0	-0.6	3.2	2.9	3.1
シンガポール	5 (0.2)	11 (0.4)	17 (0.5)	18 (0.4)	18 (0.4)	19 (0.3)	4.3	0.2	0.3	0.0	0.2
タイ	11 (0.3)	18 (0.6)	32 (0.9)	54 (1.3)	73 (1.4)	88 (1.6)	5.9	3.8	1.9	2.0	1.9
ベトナム	2 (0.1)	3 (0.1)	8 (0.2)	18 (0.4)	33 (0.6)	46 (0.8)	11.2	6.1	3.8	3.4	3.7
アジア(除日本)	244 (7.9)	368 (11.4)	662 (18.1)	1,099 (25.6)	1,625 (32.1)	1,943 (35.4)	6.1	3.7	2.5	1.8	2.2
北米	885 (28.5)	833 (25.8)	958 (26.2)	880 (20.5)	834 (16.5)	801 (14.6)	1.4	-0.6	-0.3	-0.4	-0.4
米国	797 (25.7)	757 (23.4)	871 (23.8)	782 (18.3)	726 (14.3)	692 (12.6)	1.4	-0.8	-0.5	-0.5	-0.5
中南米	223 (7.2)	238 (7.4)	302 (8.3)	397 (9.3)	478 (9.4)	518 (9.4)	2.4	2.0	1.2	0.8	1.0
OECDヨーロッパ	688 (22.2)	606 (18.7)	652 (17.8)	541 (12.6)	487 (9.6)	449 (8.2)	0.7	-1.3	-0.7	-0.8	-0.7
欧州連合	n.a. (n.a.)	605 (18.7)	625 (17.1)	509 (11.9)	460 (9.1)	425 (7.7)	0.3	-1.5	-0.6	-0.8	-0.7
非OECDヨーロッパ	464 (15.0)	468 (14.5)	203 (5.5)	245 (5.7)	253 (5.0)	255 (4.7)	-8.0	1.4	0.2	0.1	0.2
アフリカ	61 (2.0)	86 (2.7)	97 (2.7)	165 (3.8)	243 (4.8)	285 (5.2)	1.2	3.8	2.5	1.6	2.1
中東	90 (2.9)	146 (4.5)	217 (5.9)	353 (8.2)	473 (9.4)	533 (9.7)	4.0	3.5	1.9	1.2	1.6
オセアニア	34 (1.1)	35 (1.1)	40 (1.1)	50 (1.2)	58 (1.1)	60 (1.1)	1.4	1.7	0.9	0.4	0.7
OECD	1,938 (62.5)	1,861 (57.6)	2,103 (57.5)	1,872 (43.7)	1,778 (35.1)	1,697 (30.9)	1.2	-0.8	-0.3	-0.5	-0.4
非OECD	986 (31.8)	1,169 (36.2)	1,283 (35.1)	2,050 (47.8)	2,832 (56.0)	3,290 (59.9)	0.9	3.4	2.0	1.5	1.8

(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10 一次エネルギー消費、天然ガス[レファレンスケース]

	1980	1990	2000	2014	2030	2040	年平均変化率(%)				
							(石油換算100万t)		1990/2000	2000/2014	2014/2030
							1990/2000	2000/2014			2030/2040
世界	1,232 (100)	1,663 (100)	2,071 (100)	2,901 (100)	4,014 (100)	4,695 (100)	2.2	2.4	2.1	1.6	1.9
アジア	51 (4.1)	116 (7.0)	232 (11.2)	549 (18.9)	1,018 (25.4)	1,337 (28.5)	7.2	6.3	3.9	2.8	3.5
中国	12 (1.0)	13 (0.8)	21 (1.0)	154 (5.3)	412 (10.3)	571 (12.2)	4.9	15.4	6.4	3.3	5.2
インド	1 (0.1)	11 (0.6)	23 (1.1)	43 (1.5)	114 (2.8)	174 (3.7)	8.1	4.6	6.2	4.3	5.5
日本	21 (1.7)	44 (2.7)	66 (3.2)	108 (3.7)	104 (2.6)	105 (2.2)	4.0	3.6	-0.2	0.1	-0.1
韓国	- (-)	3 (0.2)	17 (0.8)	43 (1.5)	50 (1.2)	51 (1.1)	20.1	6.9	0.9	0.2	0.6
台湾	2 (0.1)	1 (0.1)	6 (0.3)	14 (0.5)	26 (0.6)	28 (0.6)	14.8	6.6	4.0	0.8	2.8
ASEAN	n.a. (n.a.)	n.a. (n.a.)	74 (3.6)	139 (4.8)	218 (5.4)	278 (5.9)	-	4.6	2.9	2.4	2.7
インドネシア	5 (0.4)	16 (1.0)	27 (1.3)	37 (1.3)	73 (1.8)	104 (2.2)	5.3	2.3	4.4	3.7	4.1
マレーシア	2 (0.2)	7 (0.4)	25 (1.2)	38 (1.3)	43 (1.1)	46 (1.0)	13.8	3.2	0.7	0.7	0.7
ミャンマー	0 (0.0)	1 (0.0)	1 (0.1)	2 (0.1)	6 (0.2)	7 (0.1)	4.6	4.1	7.0	0.9	4.6
フィリピン	- (-)	- (-)	0 (0.0)	3 (0.1)	13 (0.3)	25 (0.5)	-	51.9	9.5	6.5	8.3
シンガポール	- (-)	- (-)	1 (0.1)	9 (0.3)	11 (0.3)	12 (0.3)	-	16.2	1.3	0.8	1.1
タイ	- (-)	5 (0.3)	17 (0.8)	38 (1.3)	49 (1.2)	53 (1.1)	13.3	5.7	1.6	0.8	1.3
ベトナム	- (-)	0 (0.0)	1 (0.1)	9 (0.3)	20 (0.5)	28 (0.6)	82.6	16.0	5.1	3.5	4.5
アジア(除日本)	30 (2.4)	72 (4.3)	167 (8.0)	441 (15.2)	915 (22.8)	1,232 (26.2)	8.8	7.2	4.7	3.0	4.0
北米	522 (42.4)	493 (29.6)	622 (30.0)	713 (24.6)	836 (20.8)	893 (19.0)	2.3	1.0	1.0	0.7	0.9
米国	477 (38.7)	438 (26.3)	548 (26.4)	624 (21.5)	736 (18.3)	791 (16.8)	2.3	0.9	1.0	0.7	0.9
中南米	48 (3.9)	72 (4.3)	119 (5.7)	203 (7.0)	352 (8.8)	440 (9.4)	5.1	3.9	3.5	2.3	3.0
OECDヨーロッパ	206 (16.7)	260 (15.6)	393 (19.0)	374 (12.9)	445 (11.1)	452 (9.6)	4.2	-0.4	1.1	0.2	0.7
欧州連合	n.a. (n.a.)	297 (17.9)	396 (19.1)	343 (11.8)	407 (10.1)	413 (8.8)	2.9	-1.0	1.1	0.2	0.7
非OECDヨーロッパ	355 (28.8)	603 (36.2)	489 (23.6)	541 (18.7)	565 (14.1)	583 (12.4)	-2.1	0.7	0.3	0.3	0.3
アフリカ	12 (1.0)	30 (1.8)	47 (2.3)	108 (3.7)	184 (4.6)	250 (5.3)	4.8	6.1	3.4	3.1	3.3
中東	29 (2.4)	72 (4.3)	145 (7.0)	376 (13.0)	556 (13.8)	668 (14.2)	7.3	7.0	2.5	1.9	2.2
オセアニア	8 (0.7)	19 (1.1)	24 (1.2)	36 (1.2)	37 (0.9)	38 (0.8)	2.7	2.9	0.2	0.1	0.2
OECD	778 (63.2)	843 (50.7)	1,163 (56.1)	1,338 (46.1)	1,574 (39.2)	1,657 (35.3)	3.3	1.0	1.0	0.5	0.8
非OECD	454 (36.8)	820 (49.3)	909 (43.9)	1,563 (53.9)	2,419 (60.3)	3,004 (64.0)	1.0	4.0	2.8	2.2	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(%)。世界は国際バンカーを含む

付表11 最終エネルギー消費[レファレンスケース]

(石油換算100万t)

	1980	1990	2000	2014	2030	2040	年平均変化率(%)				
							1990/2000	2000/2014	2014/2030	2030/2040	2014/2040
世界	5,368 (100)	6,262 (100)	7,041 (100)	9,425 (100)	11,723 (100)	13,028 (100)	1.2	2.1	1.4	1.1	1.3
アジア	1,129 (21.0)	1,551 (24.8)	1,995 (28.3)	3,677 (39.0)	4,893 (41.7)	5,625 (43.2)	2.5	4.5	1.8	1.4	1.6
中国	487 (9.1)	654 (10.4)	786 (11.2)	1,988 (21.1)	2,433 (20.8)	2,667 (20.5)	1.9	6.9	1.3	0.9	1.1
インド	174 (3.2)	243 (3.9)	315 (4.5)	556 (5.9)	952 (8.1)	1,210 (9.3)	2.6	4.1	3.4	2.4	3.0
日本	232 (4.3)	287 (4.6)	328 (4.7)	296 (3.1)	294 (2.5)	279 (2.1)	1.4	-0.7	0.0	-0.5	-0.2
韓国	31 (0.6)	65 (1.0)	127 (1.8)	170 (1.8)	197 (1.7)	196 (1.5)	7.0	2.1	0.9	-0.1	0.5
台湾	19 (0.3)	29 (0.5)	49 (0.7)	68 (0.7)	79 (0.7)	81 (0.6)	5.2	2.4	1.0	0.2	0.7
ASEAN	n.a. (n.a.)	n.a. (n.a.)	274 (3.9)	441 (4.7)	695 (5.9)	892 (6.8)	-	3.4	2.9	2.5	2.7
インドネシア	50 (0.9)	80 (1.3)	120 (1.7)	165 (1.8)	274 (2.3)	360 (2.8)	4.2	2.3	3.2	2.8	3.0
マレーシア	7 (0.1)	14 (0.2)	30 (0.4)	53 (0.6)	78 (0.7)	96 (0.7)	7.9	4.2	2.4	2.1	2.3
ミャンマー	8 (0.2)	9 (0.2)	11 (0.2)	17 (0.2)	24 (0.2)	32 (0.2)	2.0	2.8	2.3	2.6	2.4
フィリピン	17 (0.3)	20 (0.3)	24 (0.3)	27 (0.3)	52 (0.4)	73 (0.6)	2.0	0.9	4.1	3.6	3.9
シンガポール	2 (0.0)	5 (0.1)	8 (0.1)	17 (0.2)	20 (0.2)	21 (0.2)	5.2	5.4	0.9	0.5	0.8
タイ	15 (0.3)	29 (0.5)	51 (0.7)	96 (1.0)	135 (1.2)	161 (1.2)	5.8	4.7	2.2	1.8	2.0
ベトナム	13 (0.2)	16 (0.3)	25 (0.4)	56 (0.6)	95 (0.8)	125 (1.0)	4.6	5.8	3.4	2.8	3.2
アジア(除日本)	897 (16.7)	1,264 (20.2)	1,667 (23.7)	3,381 (35.9)	4,600 (39.2)	5,346 (41.0)	2.8	5.2	1.9	1.5	1.8
北米	1,466 (27.3)	1,455 (23.2)	1,738 (24.7)	1,738 (18.4)	1,782 (15.2)	1,783 (13.7)	1.8	0.0	0.2	0.0	0.1
米国	1,311 (24.4)	1,294 (20.7)	1,546 (22.0)	1,538 (16.3)	1,553 (13.3)	1,550 (11.9)	1.8	0.0	0.1	0.0	0.0
中南米	288 (5.4)	343 (5.5)	447 (6.3)	617 (6.5)	855 (7.3)	995 (7.6)	2.7	2.3	2.1	1.5	1.9
OECDヨーロッパ	1,081 (20.1)	1,122 (17.9)	1,229 (17.5)	1,172 (12.4)	1,242 (10.6)	1,226 (9.4)	0.9	-0.3	0.4	-0.1	0.2
欧州連合	n.a. (n.a.)	1,130 (18.0)	1,180 (16.8)	1,095 (11.6)	1,161 (9.9)	1,148 (8.8)	0.4	-0.5	0.4	-0.1	0.2
非OECDヨーロッパ	869 (16.2)	1,073 (17.1)	654 (9.3)	713 (7.6)	797 (6.8)	836 (6.4)	-4.8	0.6	0.7	0.5	0.6
アフリカ	218 (4.1)	292 (4.7)	369 (5.2)	559 (5.9)	838 (7.1)	1,024 (7.9)	2.4	3.0	2.6	2.0	2.4
中東	84 (1.6)	157 (2.5)	253 (3.6)	491 (5.2)	724 (6.2)	868 (6.7)	4.9	4.9	2.5	1.8	2.2
オセアニア	54 (1.0)	66 (1.1)	83 (1.2)	95 (1.0)	110 (0.9)	116 (0.9)	2.2	1.0	0.9	0.6	0.8
OECD	2,937 (54.7)	3,090 (49.3)	3,621 (51.4)	3,614 (38.4)	3,827 (32.6)	3,827 (29.4)	1.6	0.0	0.4	0.0	0.2
非OECD	2,252 (42.0)	2,970 (47.4)	3,147 (44.7)	5,447 (57.8)	7,413 (63.2)	8,645 (66.4)	0.6	4.0	1.9	1.5	1.8

(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12 最終エネルギー消費、産業[レファレンスケース]

(石油換算100万t)

	1980	1990	2000	2014	2030	2040	年平均変化率(%)				
							1990/2000	2000/2014	2014/2030	2030/2040	2014/2040
世界	1,766 (100)	1,805 (100)	1,868 (100)	2,751 (100)	3,375 (100)	3,781 (100)	0.3	2.8	1.3	1.1	1.2
アジア	383 (21.7)	517 (28.6)	645 (34.6)	1,494 (54.3)	1,811 (53.7)	2,027 (53.6)	2.2	6.2	1.2	1.1	1.2
中国	181 (10.3)	234 (13.0)	299 (16.0)	983 (35.7)	995 (29.5)	1,007 (26.6)	2.5	8.9	0.1	0.1	0.1
インド	41 (2.3)	67 (3.7)	83 (4.5)	191 (6.9)	347 (10.3)	463 (12.3)	2.3	6.1	3.8	2.9	3.5
日本	91 (5.2)	110 (6.1)	100 (5.3)	88 (3.2)	95 (2.8)	93 (2.5)	-0.9	-0.9	0.5	-0.2	0.2
韓国	10 (0.6)	19 (1.1)	38 (2.1)	49 (1.8)	58 (1.7)	57 (1.5)	7.2	1.8	1.0	-0.2	0.6
台湾	10 (0.6)	12 (0.7)	19 (1.0)	23 (0.8)	27 (0.8)	27 (0.7)	4.5	1.2	1.1	0.1	0.7
ASEAN	n.a. (n.a.)	n.a. (n.a.)	76 (4.1)	121 (4.4)	221 (6.5)	296 (7.8)	-	3.4	3.8	3.0	3.5
インドネシア	7 (0.4)	18 (1.0)	30 (1.6)	39 (1.4)	81 (2.4)	116 (3.1)	5.2	1.9	4.6	3.7	4.2
マレーシア	3 (0.2)	6 (0.3)	12 (0.6)	15 (0.6)	24 (0.7)	31 (0.8)	7.8	2.0	2.8	2.6	2.7
ミャンマー	1 (0.0)	0 (0.0)	1 (0.1)	2 (0.1)	5 (0.1)	7 (0.2)	11.3	4.2	5.2	4.0	4.7
フィリピン	3 (0.2)	5 (0.3)	5 (0.3)	7 (0.3)	15 (0.5)	23 (0.6)	1.4	2.1	4.8	4.0	4.5
シンガポール	0 (0.0)	1 (0.0)	2 (0.1)	6 (0.2)	7 (0.2)	8 (0.2)	13.7	7.2	1.3	1.1	1.2
タイ	4 (0.2)	9 (0.5)	17 (0.9)	29 (1.1)	47 (1.4)	57 (1.5)	6.8	4.1	3.0	1.9	2.6
ベトナム	4 (0.2)	5 (0.3)	8 (0.4)	21 (0.8)	40 (1.2)	52 (1.4)	5.7	7.4	4.0	2.6	3.5
アジア(除日本)	292 (16.5)	407 (22.6)	546 (29.2)	1,406 (51.1)	1,716 (50.9)	1,934 (51.1)	3.0	7.0	1.3	1.2	1.2
北米	437 (24.8)	331 (18.3)	388 (20.7)	317 (11.5)	325 (9.6)	327 (8.6)	1.6	-1.4	0.2	0.0	0.1
米国	387 (21.9)	284 (15.7)	332 (17.8)	269 (9.8)	271 (8.0)	269 (7.1)	1.6	-1.5	0.0	-0.1	0.0
中南米	98 (5.6)	114 (6.3)	148 (7.9)	196 (7.1)	286 (8.5)	345 (9.1)	2.7	2.0	2.4	1.9	2.2
OECDヨーロッパ	356 (20.2)	323 (17.9)	325 (17.4)	280 (10.2)	289 (8.6)	286 (7.6)	0.1	-1.1	0.2	-0.1	0.1
欧州連合	n.a. (n.a.)	343 (19.0)	310 (16.6)	255 (9.3)	267 (7.9)	266 (7.0)	-1.0	-1.4	0.3	0.0	0.2
非OECDヨーロッパ	394 (22.3)	396 (21.9)	206 (11.0)	195 (7.1)	243 (7.2)	269 (7.1)	-6.3	-0.4	1.4	1.0	1.2
アフリカ	46 (2.6)	55 (3.0)	58 (3.1)	86 (3.1)	140 (4.2)	183 (4.8)	0.5	2.9	3.1	2.7	3.0
中東	30 (1.7)	47 (2.6)	71 (3.8)	156 (5.7)	250 (7.4)	314 (8.3)	4.2	5.8	3.0	2.3	2.7
オセアニア	20 (1.1)	23 (1.3)	28 (1.5)	29 (1.1)	30 (0.9)	31 (0.8)	2.0	0.2	0.2	0.4	0.3
OECD	940 (53.3)	835 (46.2)	913 (48.9)	806 (29.3)	868 (25.7)	877 (23.2)	0.9	-0.9	0.5	0.1	0.3
非OECD	825 (46.7)	970 (53.8)	954 (51.1)	1,945 (70.7)	2,507 (74.3)	2,904 (76.8)	-0.2	5.2	1.6	1.5	1.6

(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13 最終エネルギー消費、運輸[レファレンスケース]

(石油換算100万t)

	1980	1990	2000	2014	2030	2040	年平均変化率(%)				
							1990/2000	2000/2014	2014/2030	2030/2040	2014/2040
世界	1,248 (100)	1,573 (100)	1,961 (100)	2,627 (100)	3,255 (100)	3,573 (100)	2.2	2.1	1.3	0.9	1.2
アジア	126 (10.1)	186 (11.9)	321 (16.3)	612 (23.3)	963 (29.6)	1,171 (32.8)	5.6	4.7	2.9	2.0	2.5
中国	24 (1.9)	33 (2.1)	87 (4.5)	268 (10.2)	426 (13.1)	501 (14.0)	10.1	8.4	2.9	1.6	2.4
インド	17 (1.3)	21 (1.3)	32 (1.6)	78 (3.0)	190 (5.8)	258 (7.2)	4.4	6.6	5.7	3.1	4.7
日本	54 (4.3)	68 (4.3)	84 (4.3)	72 (2.7)	62 (1.9)	56 (1.6)	2.2	-1.2	-0.9	-1.1	-1.0
韓国	5 (0.4)	15 (0.9)	26 (1.3)	32 (1.2)	34 (1.0)	32 (0.9)	6.1	1.4	0.3	-0.6	0.0
台湾	3 (0.2)	7 (0.4)	12 (0.6)	12 (0.5)	13 (0.4)	13 (0.4)	5.7	0.4	0.4	-0.2	0.2
ASEAN	n.a. (n.a.)	n.a. (n.a.)	62 (3.1)	118 (4.5)	186 (5.7)	237 (6.6)	-	4.7	2.9	2.4	2.7
インドネシア	6 (0.5)	11 (0.7)	21 (1.1)	46 (1.8)	84 (2.6)	110 (3.1)	6.9	5.8	3.8	2.8	3.4
マレーシア	2 (0.2)	5 (0.3)	11 (0.6)	22 (0.8)	29 (0.9)	33 (0.9)	8.3	5.3	1.7	1.1	1.5
ミャンマー	1 (0.1)	0 (0.0)	1 (0.1)	2 (0.1)	4 (0.1)	7 (0.2)	10.0	5.6	3.3	5.3	4.1
フィリピン	3 (0.3)	5 (0.3)	8 (0.4)	9 (0.3)	17 (0.5)	25 (0.7)	6.0	0.9	4.1	3.7	3.9
シンガポール	1 (0.1)	1 (0.1)	2 (0.1)	2 (0.1)	3 (0.1)	3 (0.1)	2.6	2.5	0.6	0.0	0.4
タイ	3 (0.3)	9 (0.6)	15 (0.7)	22 (0.8)	23 (0.7)	24 (0.7)	5.0	3.0	0.3	0.1	0.3
ベトナム	1 (0.1)	1 (0.1)	3 (0.2)	11 (0.4)	20 (0.6)	28 (0.8)	9.7	8.3	4.1	3.5	3.8
アジア(除日本)	72 (5.8)	118 (7.5)	236 (12.0)	540 (20.6)	901 (27.7)	1,115 (31.2)	7.1	6.1	3.3	2.2	2.8
北米	470 (37.6)	531 (33.7)	640 (32.7)	685 (26.1)	655 (20.1)	620 (17.3)	1.9	0.5	-0.3	-0.6	-0.4
米国	425 (34.1)	488 (31.0)	588 (30.0)	623 (23.7)	588 (18.1)	556 (15.6)	1.9	0.4	-0.4	-0.6	-0.4
中南米	85 (6.8)	103 (6.5)	141 (7.2)	223 (8.5)	309 (9.5)	349 (9.8)	3.2	3.3	2.1	1.2	1.7
OECDヨーロッパ	209 (16.7)	266 (16.9)	316 (16.1)	325 (12.4)	304 (9.3)	281 (7.9)	1.8	0.2	-0.4	-0.8	-0.6
欧州連合	n.a. (n.a.)	259 (16.5)	304 (15.5)	307 (11.7)	288 (8.9)	267 (7.5)	1.6	0.1	-0.4	-0.8	-0.5
非OECDヨーロッパ	107 (8.6)	173 (11.0)	111 (5.6)	144 (5.5)	167 (5.1)	172 (4.8)	-4.3	1.9	0.9	0.3	0.7
アフリカ	27 (2.2)	38 (2.4)	54 (2.8)	96 (3.6)	143 (4.4)	161 (4.5)	3.7	4.2	2.5	1.2	2.0
中東	26 (2.1)	51 (3.2)	75 (3.8)	142 (5.4)	190 (5.8)	220 (6.2)	4.0	4.7	1.8	1.5	1.7
オセアニア	19 (1.5)	24 (1.5)	30 (1.5)	36 (1.4)	42 (1.3)	44 (1.2)	2.1	1.5	0.9	0.5	0.7
OECD	781 (62.6)	934 (59.4)	1,139 (58.1)	1,210 (46.0)	1,183 (36.4)	1,127 (31.5)	2.0	0.4	-0.1	-0.5	-0.3
非OECD	289 (23.1)	436 (27.7)	549 (28.0)	1,054 (40.1)	1,589 (48.8)	1,890 (52.9)	2.3	4.8	2.6	1.8	2.3

(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(%)。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[レファレンスケース]

	1980	1990	2000	2014	2030	2040	年平均変化率(%)					
							(石油換算100万t)		1990/2000	2000/2014	2014/2030	2030/2040
							1990/2000	2000/2014				
世界	2,000 (100)	2,408 (100)	2,596 (100)	3,219 (100)	4,076 (100)	4,543 (100)	0.8	1.5	1.5	1.1	1.3	
アジア	567 (28.3)	733 (30.4)	842 (32.4)	1,215 (37.7)	1,650 (40.5)	1,891 (41.6)	1.4	2.7	1.9	1.4	1.7	
中国	272 (13.6)	344 (14.3)	340 (13.1)	577 (17.9)	800 (19.6)	918 (20.2)	-0.1	3.9	2.1	1.4	1.8	
インド	110 (5.5)	142 (5.9)	173 (6.7)	246 (7.6)	351 (8.6)	408 (9.0)	2.0	2.5	2.3	1.5	2.0	
日本	58 (2.9)	76 (3.1)	103 (4.0)	100 (3.1)	102 (2.5)	97 (2.1)	3.1	-0.2	0.1	-0.5	-0.1	
韓国	13 (0.7)	24 (1.0)	37 (1.4)	43 (1.3)	51 (1.2)	51 (1.1)	4.4	1.0	1.1	0.1	0.7	
台湾	4 (0.2)	7 (0.3)	10 (0.4)	12 (0.4)	13 (0.3)	14 (0.3)	4.6	1.1	0.6	0.4	0.5	
ASEAN	n.a. (n.a.)	n.a. (n.a.)	116 (4.5)	154 (4.8)	216 (5.3)	268 (5.9)	-	2.0	2.2	2.2	2.2	
インドネシア	36 (1.8)	44 (1.8)	59 (2.3)	72 (2.2)	97 (2.4)	117 (2.6)	3.1	1.4	1.8	2.0	1.9	
マレーシア	2 (0.1)	3 (0.1)	5 (0.2)	9 (0.3)	15 (0.4)	20 (0.4)	6.6	4.6	3.2	2.7	3.0	
ミャンマー	7 (0.4)	8 (0.4)	9 (0.3)	12 (0.4)	15 (0.4)	17 (0.4)	0.7	2.1	1.4	1.3	1.3	
フィリピン	9 (0.5)	10 (0.4)	10 (0.4)	10 (0.3)	19 (0.5)	25 (0.5)	-0.1	0.1	3.7	3.0	3.5	
シンガポール	0 (0.0)	1 (0.0)	2 (0.1)	2 (0.1)	3 (0.1)	3 (0.1)	3.8	2.8	1.4	1.2	1.3	
タイ	8 (0.4)	11 (0.4)	14 (0.5)	21 (0.7)	29 (0.7)	36 (0.8)	2.4	3.3	2.0	2.0	2.0	
ベトナム	9 (0.4)	10 (0.4)	14 (0.5)	21 (0.6)	29 (0.7)	36 (0.8)	3.0	3.1	2.1	2.2	2.2	
アジア(除日本)	508 (25.4)	657 (27.3)	739 (28.5)	1,115 (34.6)	1,548 (38.0)	1,794 (39.5)	1.2	3.0	2.1	1.5	1.8	
北米	446 (22.3)	460 (19.1)	537 (20.7)	595 (18.5)	642 (15.7)	659 (14.5)	1.6	0.7	0.5	0.3	0.4	
米国	397 (19.8)	403 (16.7)	473 (18.2)	526 (16.4)	568 (13.9)	584 (12.9)	1.6	0.8	0.5	0.3	0.4	
中南米	89 (4.4)	101 (4.2)	120 (4.6)	159 (4.9)	210 (5.1)	245 (5.4)	1.8	2.0	1.8	1.6	1.7	
OECDヨーロッパ	425 (21.3)	433 (18.0)	473 (18.2)	463 (14.4)	531 (13.0)	537 (11.8)	0.9	-0.1	0.9	0.1	0.6	
欧州連合	n.a. (n.a.)	429 (17.8)	454 (17.5)	433 (13.5)	494 (12.1)	501 (11.0)	0.6	-0.3	0.8	0.1	0.6	
非OECDヨーロッパ	301 (15.1)	439 (18.2)	289 (11.1)	282 (8.8)	302 (7.4)	310 (6.8)	-4.1	-0.2	0.4	0.3	0.4	
アフリカ	139 (7.0)	188 (7.8)	242 (9.3)	357 (11.1)	523 (12.8)	638 (14.1)	2.6	2.8	2.4	2.0	2.3	
中東	22 (1.1)	40 (1.7)	75 (2.9)	125 (3.9)	190 (4.7)	229 (5.0)	6.5	3.7	2.7	1.9	2.4	
オセアニア	11 (0.6)	15 (0.6)	19 (0.7)	23 (0.7)	30 (0.7)	33 (0.7)	2.3	1.6	1.5	1.0	1.3	
OECD	972 (48.6)	1,032 (42.8)	1,198 (46.2)	1,258 (39.1)	1,396 (34.2)	1,424 (31.3)	1.5	0.3	0.7	0.2	0.5	
非OECD	1,027 (51.4)	1,376 (57.2)	1,397 (53.8)	1,961 (60.9)	2,681 (65.8)	3,119 (68.7)	0.2	2.5	2.0	1.5	1.8	

(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(%)

付表15 最終エネルギー消費、電力[レファレンスケース]

(TWh)

	1980	1990	2000	2014	2030	2040	年平均変化率(%)				
							1990/2000	2000/2014	2014/2030	2030/2040	2014/2040
世界	6,816 (100)	9,716 (100)	12,699 (100)	19,836 (100)	28,289 (100)	33,682 (100)	2.7	3.2	2.2	1.8	2.1
アジア	1,025 (15.0)	1,834 (18.9)	3,254 (25.6)	8,328 (42.0)	13,406 (47.4)	16,761 (49.8)	5.9	6.9	3.0	2.3	2.7
中国	248 (3.6)	454 (4.7)	1,037 (8.2)	4,716 (23.8)	7,193 (25.4)	8,584 (25.5)	8.6	11.4	2.7	1.8	2.3
インド	91 (1.3)	215 (2.2)	376 (3.0)	947 (4.8)	2,037 (7.2)	2,905 (8.6)	5.8	6.8	4.9	3.6	4.4
日本	513 (7.5)	771 (7.9)	969 (7.6)	951 (4.8)	1,087 (3.8)	1,117 (3.3)	2.3	-0.1	0.8	0.3	0.6
韓国	33 (0.5)	94 (1.0)	263 (2.1)	487 (2.5)	688 (2.4)	727 (2.2)	10.8	4.5	2.2	0.5	1.6
台湾	37 (0.5)	77 (0.8)	160 (1.3)	232 (1.2)	281 (1.0)	294 (0.9)	7.6	2.7	1.2	0.4	0.9
ASEAN	n.a. (n.a.)	n.a. (n.a.)	321 (2.5)	762 (3.8)	1,641 (5.8)	2,445 (7.3)	-	6.4	4.9	4.1	4.6
インドネシア	7 (0.1)	28 (0.3)	79 (0.6)	199 (1.0)	482 (1.7)	781 (2.3)	10.8	6.8	5.7	4.9	5.4
マレーシア	9 (0.1)	20 (0.2)	61 (0.5)	133 (0.7)	241 (0.9)	327 (1.0)	11.9	5.7	3.8	3.1	3.5
ミャンマー	1 (0.0)	2 (0.0)	3 (0.0)	10 (0.1)	33 (0.1)	57 (0.2)	6.5	8.3	7.8	5.5	6.9
フィリピン	17 (0.2)	21 (0.2)	37 (0.3)	63 (0.3)	198 (0.7)	333 (1.0)	5.6	4.0	7.4	5.4	6.6
シンガポール	6 (0.1)	13 (0.1)	27 (0.2)	46 (0.2)	58 (0.2)	64 (0.2)	7.7	3.9	1.4	1.0	1.2
タイ	13 (0.2)	38 (0.4)	88 (0.7)	169 (0.9)	275 (1.0)	361 (1.1)	8.7	4.8	3.1	2.8	3.0
ベトナム	3 (0.0)	6 (0.1)	22 (0.2)	131 (0.7)	325 (1.1)	476 (1.4)	13.7	13.4	5.9	3.9	5.1
アジア(除日本)	512 (7.5)	1,063 (10.9)	2,285 (18.0)	7,376 (37.2)	12,318 (43.5)	15,644 (46.4)	8.0	8.7	3.3	2.4	2.9
北米	2,329 (34.2)	3,052 (31.4)	3,981 (31.3)	4,277 (21.6)	4,900 (17.3)	5,135 (15.2)	2.7	0.5	0.9	0.5	0.7
米国	2,026 (29.7)	2,634 (27.1)	3,499 (27.6)	3,788 (19.1)	4,318 (15.3)	4,519 (13.4)	2.9	0.6	0.8	0.5	0.7
中南米	317 (4.7)	517 (5.3)	798 (6.3)	1,282 (6.5)	2,057 (7.3)	2,613 (7.8)	4.4	3.4	3.0	2.4	2.8
OECDヨーロッパ	1,709 (25.1)	2,230 (22.9)	2,708 (21.3)	2,988 (15.1)	3,546 (12.5)	3,729 (11.1)	2.0	0.7	1.1	0.5	0.9
欧州連合	n.a. (n.a.)	2,163 (22.3)	2,529 (19.9)	2,706 (13.6)	3,209 (11.3)	3,390 (10.1)	1.6	0.5	1.1	0.5	0.9
非OECDヨーロッパ	1,100 (16.1)	1,471 (15.1)	1,011 (8.0)	1,246 (6.3)	1,561 (5.5)	1,773 (5.3)	-3.7	1.5	1.4	1.3	1.4
アフリカ	162 (2.4)	257 (2.6)	361 (2.8)	605 (3.0)	1,021 (3.6)	1,381 (4.1)	3.4	3.8	3.3	3.1	3.2
中東	75 (1.1)	199 (2.0)	379 (3.0)	864 (4.4)	1,479 (5.2)	1,934 (5.7)	6.7	6.1	3.4	2.7	3.1
オセアニア	99 (1.4)	157 (1.6)	207 (1.6)	247 (1.2)	319 (1.1)	356 (1.1)	2.8	1.3	1.6	1.1	1.4
OECD	4,749 (69.7)	6,420 (66.1)	8,310 (65.4)	9,269 (46.7)	11,061 (39.1)	11,724 (34.8)	2.6	0.8	1.1	0.6	0.9
非OECD	2,067 (30.3)	3,296 (33.9)	4,389 (34.6)	10,567 (53.3)	17,228 (60.9)	21,958 (65.2)	2.9	6.5	3.1	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16 発電電力量[レファレンスケース]

(TWh)

	1980	1990	2000	2014	2030	2040	年平均変化率(%)				
							1990/2000	2000/2014	2014/2030	2030/2040	2014/2040
世界	8,283 (100)	11,864 (100)	15,471 (100)	23,816 (100)	33,573 (100)	39,819 (100)	2.7	3.1	2.2	1.7	2.0
アジア	1,196 (14.4)	2,252 (19.0)	4,013 (25.9)	9,895 (41.5)	15,749 (46.9)	19,627 (49.3)	5.9	6.7	2.9	2.2	2.7
中国	301 (3.6)	621 (5.2)	1,356 (8.8)	5,666 (23.8)	8,455 (25.2)	10,021 (25.2)	8.1	10.8	2.5	1.7	2.2
インド	120 (1.5)	293 (2.5)	570 (3.7)	1,287 (5.4)	2,687 (8.0)	3,775 (9.5)	6.9	6.0	4.7	3.5	4.2
日本	573 (6.9)	873 (7.4)	1,088 (7.0)	1,036 (4.3)	1,177 (3.5)	1,203 (3.0)	2.2	-0.4	0.8	0.2	0.6
韓国	37 (0.4)	105 (0.9)	289 (1.9)	546 (2.3)	747 (2.2)	788 (2.0)	10.6	4.7	2.0	0.5	1.4
台湾	43 (0.5)	88 (0.7)	181 (1.2)	257 (1.1)	307 (0.9)	320 (0.8)	7.4	2.6	1.1	0.4	0.8
ASEAN	n.a. (n.a.)	n.a. (n.a.)	374 (2.4)	854 (3.6)	1,864 (5.6)	2,769 (7.0)	-	6.1	5.0	4.0	4.6
インドネシア	8 (0.1)	33 (0.3)	93 (0.6)	229 (1.0)	553 (1.6)	890 (2.2)	11.1	6.6	5.7	4.9	5.4
マレーシア	10 (0.1)	23 (0.2)	69 (0.4)	147 (0.6)	262 (0.8)	355 (0.9)	11.6	5.5	3.6	3.1	3.4
ミャンマー	1 (0.0)	2 (0.0)	5 (0.0)	14 (0.1)	60 (0.2)	102 (0.3)	7.5	7.5	9.5	5.3	7.9
フィリピン	18 (0.2)	26 (0.2)	45 (0.3)	77 (0.3)	241 (0.7)	406 (1.0)	5.6	3.9	7.4	5.3	6.6
シンガポール	7 (0.1)	16 (0.1)	32 (0.2)	49 (0.2)	61 (0.2)	68 (0.2)	7.3	3.2	1.4	1.0	1.2
タイ	14 (0.2)	44 (0.4)	96 (0.6)	174 (0.7)	273 (0.8)	349 (0.9)	8.1	4.3	2.9	2.5	2.7
ベトナム	4 (0.0)	9 (0.1)	27 (0.2)	141 (0.6)	347 (1.0)	506 (1.3)	11.8	12.7	5.8	3.8	5.0
アジア(除日本)	623 (7.5)	1,380 (11.6)	2,925 (18.9)	8,860 (37.2)	14,571 (43.4)	18,425 (46.3)	7.8	8.2	3.2	2.4	2.9
北米	2,801 (33.8)	3,685 (31.1)	4,631 (29.9)	4,975 (20.9)	5,630 (16.8)	5,884 (14.8)	2.3	0.5	0.8	0.4	0.6
米国	2,427 (29.3)	3,203 (27.0)	4,026 (26.0)	4,319 (18.1)	4,878 (14.5)	5,096 (12.8)	2.3	0.5	0.8	0.4	0.6
中南米	380 (4.6)	623 (5.3)	1,009 (6.5)	1,592 (6.7)	2,484 (7.4)	3,116 (7.8)	4.9	3.3	2.8	2.3	2.6
OECDヨーロッパ	2,049 (24.7)	2,662 (22.4)	3,223 (20.8)	3,500 (14.7)	4,121 (12.3)	4,325 (10.9)	1.9	0.6	1.0	0.5	0.8
欧州連合	n.a. (n.a.)	2,577 (21.7)	3,006 (19.4)	3,159 (13.3)	3,729 (11.1)	3,953 (9.9)	1.6	0.4	1.0	0.6	0.9
非OECDヨーロッパ	1,461 (17.6)	1,894 (16.0)	1,432 (9.3)	1,749 (7.3)	2,173 (6.5)	2,457 (6.2)	-2.8	1.4	1.4	1.2	1.3
アフリカ	184 (2.2)	316 (2.7)	442 (2.9)	762 (3.2)	1,272 (3.8)	1,712 (4.3)	3.4	4.0	3.3	3.0	3.2
中東	95 (1.1)	244 (2.1)	472 (3.1)	1,051 (4.4)	1,771 (5.3)	2,280 (5.7)	6.8	5.9	3.3	2.6	3.0
オセアニア	118 (1.4)	187 (1.6)	249 (1.6)	292 (1.2)	374 (1.1)	416 (1.0)	2.9	1.1	1.6	1.1	1.4
OECD	5,656 (68.3)	7,645 (64.4)	9,726 (62.9)	10,724 (45.0)	12,650 (37.7)	13,367 (33.6)	2.4	0.7	1.0	0.6	0.9
非OECD	2,628 (31.7)	4,218 (35.6)	5,745 (37.1)	13,092 (55.0)	20,923 (62.3)	26,451 (66.4)	3.1	6.1	3.0	2.4	2.7

(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17 1人あたり一次エネルギー消費[レファレンスケース]

	1980	1990	2000	2014	2030	2040	年平均変化率(%)				
							1990/2000	2000/2014	2014/2030	2030/2040	2014/2040
世界	1.62	1.66	1.64	1.89	2.01	2.06	-0.1	1.0	0.4	0.3	0.3
アジア	0.59	0.72	0.85	1.39	1.69	1.87	1.7	3.6	1.2	1.0	1.1
中国	0.61	0.77	0.90	2.24	2.73	3.06	1.6	6.7	1.2	1.2	1.2
インド	0.29	0.35	0.42	0.64	0.92	1.08	1.8	3.0	2.3	1.7	2.1
日本	2.95	3.55	4.08	3.47	3.77	3.77	1.4	-1.1	0.5	0.0	0.3
韓国	1.08	2.17	4.00	5.32	6.09	6.08	6.3	2.1	0.8	0.0	0.5
台湾	1.56	2.34	3.81	4.70	5.41	5.68	5.0	1.5	0.9	0.5	0.7
ASEAN	n.a.	n.a.	0.74	1.00	1.45	1.77	-	2.2	2.3	2.0	2.2
インドネシア	0.38	0.54	0.74	0.89	1.41	1.78	3.1	1.3	2.9	2.3	2.7
マレーシア	0.86	1.20	2.09	3.00	3.48	3.91	5.7	2.6	0.9	1.2	1.0
ミャンマー	0.27	0.25	0.27	0.36	0.52	0.65	0.6	2.1	2.3	2.3	2.3
フィリピン	0.47	0.46	0.51	0.48	0.79	0.99	1.0	-0.5	3.1	2.4	2.8
シンガポール	2.13	3.78	4.63	5.12	4.95	4.97	2.1	0.7	-0.2	0.0	-0.1
タイ	0.46	0.74	1.15	1.99	2.85	3.50	4.5	4.0	2.3	2.1	2.2
ベトナム	0.27	0.27	0.37	0.73	1.20	1.57	3.2	5.0	3.1	2.7	3.0
アジア(除日本)	0.47	0.59	0.72	1.33	1.63	1.82	2.0	4.4	1.3	1.1	1.2
北米	7.93	7.66	8.08	7.04	6.38	6.00	0.5	-1.0	-0.6	-0.6	-0.6
米国	7.94	7.67	8.06	6.95	6.27	5.89	0.5	-1.0	-0.6	-0.6	-0.6
中南米	1.06	1.05	1.15	1.39	1.70	1.88	0.9	1.4	1.3	1.0	1.2
OECDヨーロッパ	3.14	3.25	3.36	2.99	3.04	2.99	0.3	-0.8	0.1	-0.2	0.0
欧州連合	n.a.	3.44	3.47	3.08	3.16	3.11	0.1	-0.9	0.2	-0.1	0.0
非OECDヨーロッパ	3.89	4.47	2.94	3.28	3.56	3.77	-4.1	0.8	0.5	0.6	0.5
アフリカ	0.57	0.62	0.61	0.67	0.67	0.66	-0.2	0.7	0.0	-0.1	-0.1
中東	1.32	1.69	2.22	3.20	3.57	3.71	2.7	2.7	0.7	0.4	0.6
オセアニア	4.41	4.86	5.44	5.21	4.87	4.61	1.1	-0.3	-0.4	-0.5	-0.5
OECD	4.14	4.25	4.60	4.16	4.11	4.00	0.8	-0.7	-0.1	-0.3	-0.1
非OECD	0.86	0.96	0.90	1.35	1.54	1.65	-0.6	2.9	0.8	0.7	0.8

(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あたり一次エネルギー消費[レファレンスケース]

(石油換算t/2010年価格100万ドル)

	1980	1990	2000	2014	2030	2040	年平均変化率(%)				
							1990/2000	2000/2014	2014/2030	2030/2040	2014/2040
世界	259	233	203	188	147	125	-1.4	-0.5	-1.5	-1.6	-1.6
アジア	332	284	268	262	177	142	-0.6	-0.2	-2.4	-2.2	-2.3
中国	1,768	1,056	510	371	191	142	-7.0	-2.3	-4.1	-2.9	-3.6
インド	716	638	534	377	223	167	-1.8	-2.5	-3.2	-2.8	-3.1
日本	119	96	102	78	69	58	0.5	-1.9	-0.8	-1.6	-1.1
韓国	277	246	265	218	171	140	0.7	-1.4	-1.5	-1.9	-1.7
台湾	380	295	274	211	173	150	-0.7	-1.9	-1.2	-1.4	-1.3
ASEAN	n.a.	n.a.	324	259	206	181	-	-1.6	-1.4	-1.3	-1.4
インドネシア	345	329	343	239	190	167	0.4	-2.5	-1.4	-1.3	-1.4
マレーシア	260	267	301	285	198	170	1.2	-0.4	-2.2	-1.6	-2.0
ミャンマー	1,606	1,602	966	349	202	161	-4.9	-7.0	-3.3	-2.2	-2.9
フィリピン	280	304	319	190	165	151	0.5	-3.6	-0.9	-0.9	-0.9
シンガポール	160	171	139	100	78	69	-2.0	-2.3	-1.5	-1.3	-1.5
タイ	331	296	332	352	303	263	1.1	0.4	-0.9	-1.4	-1.1
ベトナム	851	606	470	460	343	284	-2.5	-0.2	-1.8	-1.9	-1.8
アジア(除日本)	757	579	417	329	197	153	-3.2	-1.7	-3.2	-2.5	-2.9
北米	273	211	180	138	99	81	-1.6	-1.9	-2.1	-2.0	-2.1
米国	276	211	179	136	96	78	-1.7	-1.9	-2.1	-2.1	-2.1
中南米	159	167	159	147	135	121	-0.5	-0.6	-0.5	-1.1	-0.7
OECDヨーロッパ	151	129	110	88	71	62	-1.5	-1.6	-1.3	-1.4	-1.3
欧州連合	n.a.	139	115	90	73	63	-1.9	-1.7	-1.3	-1.4	-1.4
非OECDヨーロッパ	709	718	672	416	314	249	-0.7	-3.4	-1.7	-2.3	-1.9
アフリカ	382	448	433	350	250	197	-0.3	-1.5	-2.1	-2.3	-2.2
中東	139	229	254	291	261	237	1.1	1.0	-0.7	-1.0	-0.8
オセアニア	150	138	126	98	75	65	-0.9	-1.8	-1.6	-1.5	-1.6
OECD	190	156	140	112	88	74	-1.1	-1.6	-1.5	-1.7	-1.6
非OECD	458	473	379	310	208	166	-2.2	-1.4	-2.5	-2.2	-2.4

(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[レファレンスケース]

	1980	1990	2000	2014	2030	2040	年平均変化率(%)					
							1990/2000		2000/2014		2014/2030	
	1990/2000	2000/2014	2014/2030	2030/2040	2014/2040	2014/2040	1990/2000	2000/2014	2014/2030	2030/2040	2014/2040	2014/2040
世界	18,409 (100)	21,202 (100)	23,433 (100)	33,009 (100)	39,062 (100)	42,463 (100)	1.0	2.5	1.1	0.8	1.0	1.0
アジア	3,267 (17.7)	4,918 (23.2)	6,893 (29.4)	15,067 (45.6)	19,379 (49.6)	21,990 (51.8)	3.4	5.7	1.6	1.3	1.5	
中国	1,505 (8.2)	2,339 (11.0)	3,164 (13.5)	9,347 (28.3)	10,894 (27.9)	11,618 (27.4)	3.1	8.0	1.0	0.6	0.8	
インド	263 (1.4)	542 (2.6)	899 (3.8)	2,053 (6.2)	3,638 (9.3)	4,646 (10.9)	5.2	6.1	3.6	2.5	3.2	
日本	916 (5.0)	1,071 (5.1)	1,195 (5.1)	1,201 (3.6)	1,075 (2.8)	1,007 (2.4)	1.1	0.0	-0.7	-0.6	-0.7	
韓国	126 (0.7)	239 (1.1)	433 (1.8)	578 (1.8)	599 (1.5)	582 (1.4)	6.1	2.1	0.2	-0.3	0.0	
台湾	74 (0.4)	115 (0.5)	225 (1.0)	259 (0.8)	286 (0.7)	282 (0.7)	6.9	1.0	0.6	-0.1	0.3	
ASEAN	n.a. (n.a.)	n.a. (n.a.)	713 (3.0)	1,258 (3.8)	2,328 (6.0)	3,137 (7.4)	-	4.1	3.9	3.0	3.6	
インドネシア	71 (0.4)	134 (0.6)	262 (1.1)	439 (1.3)	878 (2.2)	1,244 (2.9)	6.9	3.8	4.4	3.5	4.1	
マレーシア	29 (0.2)	54 (0.3)	121 (0.5)	236 (0.7)	347 (0.9)	410 (1.0)	8.3	4.9	2.4	1.7	2.1	
ミャンマー	5 (0.0)	4 (0.0)	10 (0.0)	21 (0.1)	56 (0.1)	87 (0.2)	9.3	5.7	6.1	4.6	5.5	
フィリピン	33 (0.2)	39 (0.2)	69 (0.3)	98 (0.3)	241 (0.6)	364 (0.9)	6.0	2.5	5.8	4.2	5.2	
シンガポール	15 (0.1)	29 (0.1)	48 (0.2)	57 (0.2)	63 (0.2)	66 (0.2)	4.9	1.3	0.6	0.5	0.5	
タイ	34 (0.2)	81 (0.4)	152 (0.6)	248 (0.8)	354 (0.9)	407 (1.0)	6.5	3.6	2.2	1.4	1.9	
ベトナム	15 (0.1)	17 (0.1)	43 (0.2)	143 (0.4)	294 (0.8)	426 (1.0)	9.8	8.9	4.6	3.8	4.3	
アジア(除日本)	2,351 (12.8)	3,847 (18.1)	5,698 (24.3)	13,866 (42.0)	18,304 (46.9)	20,983 (49.4)	4.0	6.6	1.8	1.4	1.6	
北米	5,169 (28.1)	5,236 (24.7)	6,125 (26.1)	5,739 (17.4)	5,316 (13.6)	4,972 (11.7)	1.6	-0.5	-0.5	-0.7	-0.5	
米国	4,743 (25.8)	4,820 (22.7)	5,617 (24.0)	5,221 (15.8)	4,805 (12.3)	4,476 (10.5)	1.5	-0.5	-0.5	-0.7	-0.6	
中南米	801 (4.4)	909 (4.3)	1,204 (5.1)	1,760 (5.3)	2,432 (6.2)	2,810 (6.6)	2.9	2.8	2.0	1.5	1.8	
OECDヨーロッパ	4,164 (22.6)	3,951 (18.6)	3,891 (16.6)	3,385 (10.3)	3,328 (8.5)	3,129 (7.4)	-0.2	-1.0	-0.1	-0.6	-0.3	
欧州連合	n.a. (n.a.)	4,067 (19.2)	3,783 (16.1)	3,134 (9.5)	3,085 (7.9)	2,898 (6.8)	-0.7	-1.3	-0.1	-0.6	-0.3	
非OECDヨーロッパ	3,497 (19.0)	4,123 (19.4)	2,462 (10.5)	2,596 (7.9)	2,569 (6.6)	2,607 (6.1)	-5.0	0.4	-0.1	0.1	0.0	
アフリカ	403 (2.2)	593 (2.8)	718 (3.1)	1,148 (3.5)	1,626 (4.2)	1,929 (4.5)	1.9	3.4	2.2	1.7	2.0	
中東	332 (1.8)	572 (2.7)	945 (4.0)	1,810 (5.5)	2,560 (6.6)	2,991 (7.0)	5.1	4.7	2.2	1.6	2.0	
オセアニア	227 (1.2)	281 (1.3)	357 (1.5)	390 (1.2)	418 (1.1)	417 (1.0)	2.4	0.6	0.4	0.0	0.3	
OECD	10,863 (59.0)	11,100 (52.4)	12,412 (53.0)	11,846 (35.9)	11,530 (29.5)	11,002 (25.9)	1.1	-0.3	-0.2	-0.5	-0.3	
非OECD	6,998 (38.0)	9,482 (44.7)	10,181 (43.4)	20,049 (60.7)	26,098 (66.8)	29,842 (70.3)	0.7	5.0	1.7	1.3	1.5	

(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(%)。CCSによる排出削減分を含まない。世界は国際バンカーを含む

付表20 世界[レファレンスケース]

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(%)					
	1980	1990	2000	2014	2030	2040	1990	2014	2040	2000	2014	2030	2040	2014/2040
合計 ^{*1}	7,205	8,772	10,037	13,699	17,067	18,904	100	100	100	1.4	2.2	1.4	1.0	1.2
石炭	1,783	2,220	2,316	3,918	4,320	4,527	25	29	24	0.4	3.8	0.6	0.5	0.6
石油	3,102	3,233	3,660	4,285	5,062	5,488	37	31	29	1.2	1.1	1.0	0.8	1.0
天然ガス	1,232	1,663	2,071	2,901	4,014	4,695	19	21	25	2.2	2.4	2.1	1.6	1.9
原子力	186	526	676	661	991	1,136	6.0	4.8	6.0	2.5	-0.2	2.6	1.4	2.1
水力	148	184	225	335	413	447	2.1	2.4	2.4	2.0	2.9	1.3	0.8	1.1
地熱	12	34	52	71	182	229	0.4	0.5	1.2	4.3	2.3	6.0	2.3	4.6
太陽光・風力等	0.1	2.6	8.0	110	247	348	0.0	0.8	1.8	11.9	20.5	5.2	3.5	4.5
バイオマス・廃棄物	741	909	1,028	1,413	1,834	2,028	10	10	11	1.2	2.3	1.6	1.0	1.4

最終エネルギー消費

	(Mtoe)						構成比(%)		年平均変化率(%)					
	1980	1990	2000	2014	2030	2040	1990	2014	2040	2000	2014	2030	2040	2014/2040
合計	5,368	6,262	7,041	9,425	11,723	13,028	100	100	100	1.2	2.1	1.4	1.1	1.3
産業	1,766	1,805	1,868	2,751	3,375	3,781	29	29	29	0.3	2.8	1.3	1.1	1.2
運輸	1,248	1,573	1,961	2,627	3,255	3,573	25	28	27	2.2	2.1	1.3	0.9	1.2
民生・農業他	2,000	2,408	2,596	3,219	4,076	4,543	38	34	35	0.8	1.5	1.5	1.1	1.3
非エネルギー消費	354	476	617	828	1,017	1,132	7.6	8.8	8.7	2.6	2.1	1.3	1.1	1.2
石炭	703	754	548	1,075	1,098	1,102	12	11	8.5	-3.1	4.9	0.1	0.0	0.1
石油	2,446	2,595	3,115	3,761	4,520	4,948	41	40	38	1.8	1.4	1.2	0.9	1.1
天然ガス	814	944	1,117	1,420	1,914	2,206	15	15	17	1.7	1.7	1.9	1.4	1.7
電力	586	836	1,092	1,706	2,433	2,897	13	18	22	2.7	3.2	2.2	1.8	2.1
熱	121	335	248	274	298	303	5.4	2.9	2.3	-3.0	0.7	0.5	0.2	0.4
水素	-	-	-	-	0.3	0.6	-	-	0.0	n.a.	n.a.	n.a.	5.8	n.a.
再生可能	698	799	921	1,188	1,460	1,571	13	13	12	1.4	1.8	1.3	0.7	1.1

発電量

	(TWh)						構成比(%)		年平均変化率(%)					
	1980	1990	2000	2014	2030	2040	1990	2014	2040	2000	2014	2030	2040	2014/2040
合計	8,283	11,864	15,471	23,816	33,573	39,819	100	100	100	2.7	3.1	2.2	1.7	2.0
石炭	3,137	4,425	6,005	9,707	11,934	13,365	37	41	34	3.1	3.5	1.3	1.1	1.2
石油	1,659	1,358	1,251	1,023	1,027	1,060	11	4.3	2.7	-0.8	-1.4	0.0	0.3	0.1
天然ガス	999	1,753	2,753	5,155	8,545	11,028	15	22	28	4.6	4.6	3.2	2.6	3.0
原子力	713	2,013	2,591	2,535	3,800	4,357	17	11	11	2.6	-0.2	2.6	1.4	2.1
水力	1,717	2,143	2,619	3,895	4,807	5,201	18	16	13	2.0	2.9	1.3	0.8	1.1
地熱	14	36	52	77	183	232	0.3	0.3	0.6	3.6	2.9	5.5	2.4	4.3
太陽光・風力等	0.5	5.2	35	928	2,309	3,342	0.0	3.9	8.4	20.8	26.5	5.9	3.8	5.1
バイオマス・廃棄物	44	131	164	493	965	1,232	1.1	2.1	3.1	2.3	8.2	4.3	2.5	3.6
水素	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

エネルギー・経済指標他

							年平均変化率(%)					
	1980	1990	2000	2014	2030	2040	1990	2000	2014	2030	2040	2014/2040
GDP(2010年価格10億ドル)	27,804	37,578	49,555	72,934	116,213	151,552	2.8	2.8	3.0	2.7	2.9	
人口(100万人)	4,434	5,276	6,107	7,249	8,493	9,157	1.5	1.2	1.0	0.8	0.9	
エネルギー起源CO ₂ 排出 ^{*2} (100万t)	18,409	21,202	23,433	33,009	39,062	42,463	1.0	2.5	1.1	0.8	1.0	
一人あたりGDP(2010年価格1,000ドル/人)	6.3	7.1	8.1	10	14	17	1.3	1.5	1.9	1.9	1.9	
一人あたり一次エネルギー消費(toe/人)	1.6	1.7	1.6	1.9	2.0	2.1	-0.1	1.0	0.4	0.3	0.3	
GDPあたり一次エネルギー消費 ^{*3}	259	233	203	188	147	125	-1.4	-0.5	-1.5	-1.6	-1.6	
GDPあたりCO ₂ 排出量 ^{*2,*4}	662	564	473	453	336	280	-1.8	-0.3	-1.8	-1.8	-1.8	
一次エネルギー消費あたりCO ₂ 排出 ^{*2} (t/toe)	2.6	2.4	2.3	2.4	2.3	2.2	-0.3	0.2	-0.3	-0.2	-0.3	
自動車保有台数(100万台)	416	577	767	1,243	1,853	2,171	2.9	3.5	2.5	1.6	2.2	
自動車保有率(台/1,000人)	94	109	126	171	218	237	1.4	2.3	1.5	0.8	1.3	

*1 電力、熱、水素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 CCSIによる削減分を含まない

*3 toe/2010年価格100万ドル、*4 t/2010年価格100万ドル

付表21 アジア[レファレンスケース]

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(%)					
	1980	1990	2000	2014	2030	2040	1990	2014	2040	1990/2000	2000/2014	2014/2030	2030/2040	2014/2040	
合計 ^{*1}	1,439	2,108	2,893	5,517	7,506	8,635	100	100	100	3.2	4.7	1.9	1.4	1.4	1.7
石炭	466	785	1,037	2,758	3,268	3,552	37	50	41	2.8	7.2	1.1	0.8	1.0	
石油	477	618	917	1,291	1,783	2,085	29	23	24	4.0	2.5	2.0	1.6	1.9	
天然ガス	51	116	232	549	1,018	1,337	5.5	10.0	15	7.2	6.3	3.9	2.8	3.5	
原子力	25	77	132	97	349	455	3.6	1.8	5.3	5.5	-2.2	8.3	2.7	6.1	
水力	20	32	41	125	176	195	1.5	2.3	2.3	2.7	8.3	2.2	1.0	1.7	
地熱	2.6	8.2	23	33	99	122	0.4	0.6	1.4	10.9	2.7	7.0	2.2	5.1	
太陽光・風力等	-	1.5	2.2	44	110	169	0.1	0.8	2.0	4.4	23.7	5.9	4.3	5.3	
バイオマス・廃棄物	397	471	508	617	701	718	22	11	8.3	0.8	1.4	0.8	0.2	0.6	

最終エネルギー消費

	(Mtoe)						構成比(%)			年平均変化率(%)					
	1980	1990	2000	2014	2030	2040	1990	2014	2040	1990/2000	2000/2014	2014/2030	2030/2040	2014/2040	
合計	1,129	1,551	1,995	3,677	4,893	5,625	100	100	100	2.5	4.5	1.8	1.4	1.4	1.6
産業	383	517	645	1,494	1,811	2,027	33	41	36	2.2	6.2	1.2	1.1	1.2	
運輸	126	186	321	612	963	1,171	12	17	21	5.6	4.7	2.9	2.0	2.5	
民生・農業他	567	733	842	1,215	1,650	1,891	47	33	34	1.4	2.7	1.9	1.4	1.7	
非エネルギー消費	54	115	188	356	469	536	7.4	9.7	9.5	5.0	4.7	1.7	1.3	1.6	
石炭	301	424	378	926	931	932	27	25	17	-1.1	6.6	0.0	0.0	0.0	
石油	327	453	727	1,120	1,616	1,909	29	30	34	4.9	3.1	2.3	1.7	2.1	
天然ガス	21	47	88	255	463	614	3.0	6.9	11	6.4	7.9	3.8	2.9	3.4	
電力	88	158	280	716	1,153	1,441	10	19	26	5.9	6.9	3.0	2.3	2.7	
熱	7.5	14	30	84	110	119	0.9	2.3	2.1	7.7	7.7	1.7	0.8	1.3	
水素	-	-	-	-	0.0	0.0	-	-	0.0	n.a.	n.a.	n.a.	7.1	n.a.	
再生可能	386	456	493	575	621	609	29	16	11	0.8	1.1	0.5	-0.2	0.2	

発電量

	(TWh)						構成比(%)			年平均変化率(%)					
	1980	1990	2000	2014	2030	2040	1990	2014	2040	1990/2000	2000/2014	2014/2030	2030/2040	2014/2040	
合計	1,196	2,252	4,013	9,895	15,749	19,627	100	100	100	5.9	6.7	2.9	2.2	2.7	
石炭	298	863	1,994	6,116	8,472	10,079	38	62	51	8.7	8.3	2.1	1.8	1.9	
石油	476	469	430	275	208	206	21	2.8	1.1	-0.9	-3.2	-1.7	-0.1	-1.1	
天然ガス	90	240	565	1,252	2,481	3,441	11	13	18	9.0	5.9	4.4	3.3	4.0	
原子力	97	294	505	373	1,340	1,748	13	3.8	8.9	5.5	-2.2	8.3	2.7	6.1	
水力	232	367	479	1,453	2,045	2,263	16	15	12	2.7	8.3	2.2	1.0	1.7	
地熱	3.0	8.4	20	23	65	80	0.4	0.2	0.4	9.0	1.0	6.7	2.0	4.9	
太陽光・風力等	-	0.0	3.0	268	863	1,430	0.0	2.7	7.3	52.3	37.8	7.6	5.2	6.7	
バイオマス・廃棄物	0.0	10	17	136	274	380	0.5	1.4	1.9	5.1	16.2	4.5	3.3	4.0	
水素	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	

エネルギー・経済指標他

							年平均変化率(%)					
	1980	1990	2000	2014	2030	2040	1990	2000	2014	2030	2040	2014/2040
GDP(2010年価格10億ドル)	4,340	7,433	10,786	21,055	42,319	60,826	3.8	4.9	4.5	3.7	4.2	
人口(100万人)	2,440	2,932	3,408	3,956	4,445	4,624	1.5	1.1	0.7	0.4	0.6	
エネルギー起源CO ₂ 排出 ^{*2} (100万t)	3,267	4,918	6,893	15,067	19,379	21,990	3.4	5.7	1.6	1.3	1.5	
一人あたりGDP(2010年価格1,000ドル/人)	1.8	2.5	3.2	5.3	9.5	13	2.2	3.8	3.7	3.3	3.5	
一人あたり一次エネルギー消費(toe/人)	0.6	0.7	0.8	1.4	1.7	1.9	1.7	3.6	1.2	1.0	1.1	
GDPあたり一次エネルギー消費 ^{*3}	332	284	268	262	177	142	-0.6	-0.2	-2.4	-2.2	-2.3	
GDPあたりCO ₂ 排出量 ^{*2,*4}	753	662	639	716	458	362	-0.3	0.8	-2.8	-2.3	-2.6	
一次エネルギー消費あたりCO ₂ 排出 ^{*2} (t/toe)	2.3	2.3	2.4	2.7	2.6	2.5	0.2	1.0	-0.4	-0.1	-0.3	
自動車保有台数(100万台)	48	86	139	351	709	900	5.0	6.8	4.5	2.4	3.7	
自動車保有率(台/1,000人)	20	29	41	89	160	195	3.4	5.7	3.7	2.0	3.1	

*1 電力、熱、水素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 CCSIによる削減分を含まない

*3 toe/2010年価格100万ドル、*4 t/2010年価格100万ドル

付表22 中国[レファレンスケース]

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(%)					
	1980	1990	2000	2014	2030	2040	1990	2014	2040	2000	2014	2030	2040	2014/2040
合計 ^{*1}	598	871	1,135	3,052	3,854	4,264	100	100	100	2.7	7.3	1.5	1.0	1.3
石炭	313	528	665	2,012	2,134	2,175	61	66	51	2.3	8.2	0.4	0.2	0.3
石油	89	119	221	504	700	787	14	17	18	6.4	6.1	2.1	1.2	1.7
天然ガス	12	13	21	154	412	571	1.5	5.0	13	4.9	15.4	6.4	3.3	5.2
原子力	-	-	4.4	35	172	240	-	1.1	5.6	n.a.	15.9	10.6	3.4	7.7
水力	5.0	11	19	90	121	126	1.3	3.0	2.9	5.8	11.7	1.8	0.4	1.3
地熱	-	-	1.7	4.8	10	12	-	0.2	0.3	n.a.	7.9	4.8	1.8	3.6
太陽光・風力等	-	0.0	1.0	36	79	118	0.0	1.2	2.8	40.4	29.3	5.1	4.0	4.7
バイオマス・廃棄物	180	200	203	217	226	236	23	7.1	5.5	0.1	0.5	0.3	0.4	0.3

最終エネルギー消費

	(Mtoe)						構成比(%)		年平均変化率(%)					
	1980	1990	2000	2014	2030	2040	1990	2014	2040	2000	2014	2030	2040	2014/2040
合計	487	654	786	1,988	2,433	2,667	100	100	100	1.9	6.9	1.3	0.9	1.1
産業	181	234	299	983	995	1,007	36	49	38	2.5	8.9	0.1	0.1	0.1
運輸	24	33	87	268	426	501	5.1	13	19	10.1	8.4	2.9	1.6	2.4
民生・農業他	272	344	340	577	800	918	53	29	34	-0.1	3.9	2.1	1.4	1.8
非エネルギー消費	10	43	60	160	212	240	6.6	8.0	9.0	3.4	7.2	1.8	1.3	1.6
石炭	214	308	274	726	616	554	47	37	21	-1.2	7.2	-1.0	-1.0	-1.0
石油	59	85	180	451	643	725	13	23	27	7.8	6.8	2.2	1.2	1.8
天然ガス	6.4	8.9	12	106	230	320	1.4	5.3	12	3.4	16.6	5.0	3.4	4.3
電力	21	39	89	406	619	738	6.0	20	28	8.6	11.4	2.7	1.8	2.3
熱	7.4	13	25	78	100	107	2.0	3.9	4.0	6.8	8.3	1.5	0.7	1.2
水素	-	-	-	-	0.0	0.0	-	-	0.0	n.a.	n.a.	n.a.	7.4	n.a.
再生可能	180	200	205	221	225	223	31	11	8.3	0.2	0.5	0.1	-0.1	0.0

発電量

	(TWh)						構成比(%)		年平均変化率(%)					
	1980	1990	2000	2014	2030	2040	1990	2014	2040	2000	2014	2030	2040	2014/2040
合計	301	621	1,356	5,666	8,455	10,021	100	100	100	8.1	10.8	2.5	1.7	2.2
石炭	159	441	1,060	4,115	5,147	5,739	71	73	57	9.2	10.2	1.4	1.1	1.3
石油	82	50	47	9.5	9.2	9.1	8.1	0.2	0.1	-0.6	-10.8	-0.2	-0.2	-0.2
天然ガス	0.7	2.8	5.8	115	589	840	0.4	2.0	8.4	7.6	23.8	10.8	3.6	8.0
原子力	-	-	17	133	660	920	-	2.3	9.2	n.a.	15.9	10.6	3.4	7.7
水力	58	127	222	1,051	1,405	1,460	20	19	15	5.8	11.7	1.8	0.4	1.3
地熱	-	0.1	0.1	0.1	0.4	0.4	0.0	0.0	0.0	6.7	1.0	7.1	1.4	4.9
太陽光・風力等	-	0.0	0.6	185	518	856	0.0	3.3	8.5	50.2	49.8	6.6	5.1	6.1
バイオマス・廃棄物	-	-	2.4	57	126	195	-	1.0	2.0	n.a.	25.4	5.0	4.5	4.8
水素	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

エネルギー・経済指標他

							年平均変化率(%)					
	1980	1990	2000	2014	2030	2040	1990	2000	2014	2030	2040	2014/2040
GDP (2010年価格10億ドル)	338	824	2,224	8,230	20,185	29,970	10.4	9.8	5.8	4.0	5.1	
人口(100万人)	981	1,135	1,263	1,364	1,414	1,395	1.1	0.6	0.2	-0.1	0.1	
エネルギー起源CO ₂ 排出 ^{*2} (100万t)	1,505	2,339	3,164	9,347	10,894	11,618	3.1	8.0	1.0	0.6	0.8	
一人あたりGDP (2010年価格1,000ドル/人)	0.3	0.7	1.8	6.0	14	21	9.3	9.2	5.5	4.2	5.0	
一人あたり一次エネルギー消費(toe/人)	0.6	0.8	0.9	2.2	2.7	3.1	1.6	6.7	1.2	1.2	1.2	
GDPあたり一次エネルギー消費 ^{*3}	1,768	1,056	510	371	191	142	-7.0	-2.3	-4.1	-2.9	-3.6	
GDPあたりCO ₂ 排出量 ^{*2,*4}	4,452	2,838	1,423	1,136	540	388	-6.7	-1.6	-4.5	-3.3	-4.0	
一次エネルギー消費あたりCO ₂ 排出 ^{*2} (t/toe)	2.5	2.7	2.8	3.1	2.8	2.7	0.4	0.7	-0.5	-0.4	-0.4	
自動車保有台数(100万台)	1.2	5.3	16	146	353	417	11.5	17.3	5.7	1.7	4.1	
自動車保有率(台/1,000人)	1.2	4.7	12	107	250	299	10.3	16.6	5.4	1.8	4.0	

*1 電力、熱、水素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 CCSIによる削減分を含まない

*3 toe/2010年価格100万ドル、*4 t/2010年価格100万ドル

付表23 インド[レファレンスケース]

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(%)					
	1980	1990	2000	2014	2030	2040	1990	2014	2040	2000	2014	2030	2040	2014/2040
合計 ^{*1}	200	306	441	825	1,398	1,763	100	100	100	3.7	4.6	3.4	2.3	3.0
石炭	44	93	146	378	613	747	30	46	42	4.6	7.0	3.1	2.0	2.7
石油	33	61	112	185	364	490	20	22	28	6.2	3.6	4.3	3.0	3.8
天然ガス	1.3	11	23	43	114	174	3.5	5.2	9.9	8.1	4.6	6.2	4.3	5.5
原子力	0.8	1.6	4.4	9.4	34	59	0.5	1.1	3.3	10.7	5.6	8.4	5.5	7.3
水力	4.0	6.2	6.4	11	21	29	2.0	1.4	1.6	0.4	4.2	3.8	3.4	3.6
地熱	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
太陽光・風力等	-	0.0	0.2	4.2	20	35	0.0	0.5	2.0	33.0	25.2	10.5	5.4	8.5
バイオマス・廃棄物	116	133	149	194	231	230	44	23	13	1.1	1.9	1.1	0.0	0.7

最終エネルギー消費

	(Mtoe)						構成比(%)		年平均変化率(%)					
	1980	1990	2000	2014	2030	2040	1990	2014	2040	2000	2014	2030	2040	2014/2040
合計	174	243	315	556	952	1,210	100	100	100	2.6	4.1	3.4	2.4	3.0
産業	41	67	83	191	347	463	27	34	38	2.3	6.1	3.8	2.9	3.5
運輸	17	21	32	78	190	258	8.6	14	21	4.4	6.6	5.7	3.1	4.7
民生・農業他	110	142	173	246	351	408	59	44	34	2.0	2.5	2.3	1.5	2.0
非エネルギー消費	5.7	13	27	41	63	81	5.5	7.4	6.7	7.3	3.1	2.7	2.5	2.6
石炭	25	39	35	114	194	244	16	20	20	-1.1	8.9	3.4	2.3	3.0
石油	27	50	94	156	336	460	21	28	38	6.5	3.7	4.9	3.2	4.2
天然ガス	0.7	5.6	9.7	29	52	73	2.3	5.2	6.0	5.5	8.1	3.8	3.4	3.6
電力	7.8	18	32	81	175	250	7.6	15	21	5.8	6.8	4.9	3.6	4.4
熱	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
水素	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
再生可能	114	130	144	176	195	183	54	32	15	1.0	1.4	0.6	-0.6	0.2

発電量

	(TWh)						構成比(%)		年平均変化率(%)					
	1980	1990	2000	2014	2030	2040	1990	2014	2040	2000	2014	2030	2040	2014/2040
合計	120	293	570	1,287	2,687	3,775	100	100	100	6.9	6.0	4.7	3.5	4.2
石炭	61	192	390	967	1,728	2,211	65	75	59	7.4	6.7	3.7	2.5	3.2
石油	8.8	13	29	23	19	16	4.5	1.8	0.4	8.2	-1.8	-1.0	-2.1	-1.4
天然ガス	0.6	10.0	56	63	284	522	3.4	4.9	14	18.8	0.8	9.9	6.3	8.5
原子力	3.0	6.1	17	36	131	225	2.1	2.8	6.0	10.7	5.6	8.4	5.5	7.3
水力	47	72	74	132	239	334	24	10	8.8	0.4	4.2	3.8	3.4	3.6
地熱	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
太陽光・風力等	-	0.0	1.7	42	227	390	0.0	3.3	10	48.7	25.8	11.1	5.5	8.9
バイオマス・廃棄物	-	-	1.3	25	59	78	-	2.0	2.1	n.a.	23.8	5.4	2.9	4.4
水素	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

エネルギー・経済指標他

							年平均変化率(%)					
	1980	1990	2000	2014	2030	2040	2000	2014	2030	2040	2014/2040	
GDP(2010年価格10億ドル)	279	479	825	2,188	6,281	10,573	5.6	7.2	6.8	5.3	6.2	
人口(100万人)	697	871	1,053	1,295	1,528	1,634	1.9	1.5	1.0	0.7	0.9	
エネルギー起源CO ₂ 排出 ^{*2} (100万t)	263	542	899	2,053	3,638	4,646	5.2	6.1	3.6	2.5	3.2	
一人あたりGDP(2010年価格1,000ドル/人)	0.4	0.6	0.8	1.7	4.1	6.5	3.6	5.6	5.7	4.6	5.3	
一人あたり一次エネルギー消費(toe/人)	0.3	0.4	0.4	0.6	0.9	1.1	1.8	3.0	2.3	1.7	2.1	
GDPあたり一次エネルギー消費 ^{*3}	716	638	534	377	223	167	-1.8	-2.5	-3.2	-2.8	-3.1	
GDPあたりCO ₂ 排出量 ^{*2,*4}	943	1,131	1,090	938	579	439	-0.4	-1.1	-3.0	-2.7	-2.9	
一次エネルギー消費あたりCO ₂ 排出 ^{*2} (t/toe)	1.3	1.8	2.0	2.5	2.6	2.6	1.4	1.4	0.3	0.1	0.2	
自動車保有台数(100万台)	1.7	4.3	9.4	38	126	207	8.1	10.5	7.8	5.1	6.7	
自動車保有率(台/1,000人)	2.4	5.0	8.9	29	83	127	6.1	8.9	6.7	4.4	5.8	

*1 電力、熱、水素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 CCSIによる削減分を含まない

*3 toe/2010年価格100万ドル、*4 t/2010年価格100万ドル

付表24 日本[レファレンスケース]

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(%)					
	1980	1990	2000	2014	2030	2040	1990	2014	2040	1990/2000	2000/2014	2014/2030	2030/2040	2014/2040	
合計 ^{*1}	345	439	518	442	453	429	100	100	100	1.7	-1.1	0.2	-0.5	-0.1	
石炭	60	76	97	118	114	108	17	27	25	2.4	1.4	-0.2	-0.6	-0.4	
石油	234	250	255	192	158	141	57	43	33	0.2	-2.0	-1.2	-1.1	-1.2	
天然ガス	21	44	66	108	104	105	10	24	25	4.0	3.6	-0.2	0.1	-0.1	
原子力	22	53	84	-	41	34	12	-	8.0	4.8	-100	n.a.	-1.7	n.a.	
水力	7.6	7.5	7.3	7.0	8.1	8.1	1.7	1.6	1.9	-0.2	-0.3	0.9	0.0	0.6	
地熱	0.8	1.6	3.1	2.4	7.7	8.9	0.4	0.5	2.1	7.0	-1.8	7.5	1.6	5.2	
太陽光・風力等	-	1.4	0.9	2.9	6.8	8.9	0.3	0.7	2.1	-3.7	8.4	5.5	2.7	4.4	
バイオマス・廃棄物	-	4.5	4.7	11	13	14	1.0	2.5	3.3	0.4	6.3	1.1	0.6	0.9	

最終エネルギー消費

	(Mtoe)						構成比(%)			年平均変化率(%)					
	1980	1990	2000	2014	2030	2040	1990	2014	2040	1990/2000	2000/2014	2014/2030	2030/2040	2014/2040	
合計	232	287	328	296	294	279	100	100	100	1.4	-0.7	0.0	-0.5	-0.2	
産業	91	110	100	88	95	93	38	30	33	-0.9	-0.9	0.5	-0.2	0.2	
運輸	54	68	84	72	62	56	24	24	20	2.2	-1.2	-0.9	-1.1	-1.0	
民生・農業他	58	76	103	100	102	97	26	34	35	3.1	-0.2	0.1	-0.5	-0.1	
非エネルギー消費	28	34	41	36	35	33	12	12	12	2.1	-1.0	-0.2	-0.6	-0.3	
石炭	25	30	24	24	25	22	11	8.0	8.1	-2.2	-0.2	0.4	-1.1	-0.2	
石油	157	171	194	156	133	116	59	53	42	1.3	-1.6	-1.0	-1.4	-1.1	
天然ガス	5.8	15	22	30	34	34	5.3	10	12	3.6	2.3	0.8	0.0	0.5	
電力	44	66	83	82	94	96	23	28	34	2.3	-0.1	0.8	0.3	0.6	
熱	0.1	0.2	0.5	0.5	4.7	6.5	0.1	0.2	2.3	10.5	0.1	14.3	3.4	10.0	
水素	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	
再生可能	-	4.1	3.8	3.9	4.0	4.0	1.4	1.3	1.4	-0.7	0.1	0.3	0.0	0.2	

発電量

	(TWh)						構成比(%)			年平均変化率(%)					
	1980	1990	2000	2014	2030	2040	1990	2014	2040	1990/2000	2000/2014	2014/2030	2030/2040	2014/2040	
合計	573	873	1,088	1,036	1,177	1,203	100	100	100	2.2	-0.4	0.8	0.2	0.6	
石炭	55	118	234	349	325	308	13	34	26	7.1	2.9	-0.4	-0.5	-0.5	
石油	265	284	179	116	60	59	33	11	4.9	-4.5	-3.0	-4.1	-0.1	-2.6	
天然ガス	81	171	254	421	411	446	20	41	37	4.0	3.7	-0.1	0.8	0.2	
原子力	83	202	322	-	156	132	23	-	11	4.8	-100	n.a.	-1.7	n.a.	
水力	88	87	85	82	94	94	10.0	7.9	7.9	-0.2	-0.3	0.9	0.0	0.6	
地熱	0.9	1.7	3.3	2.6	8.7	10	0.2	0.2	0.8	6.8	-1.9	7.9	1.6	5.4	
太陽光・風力等	-	0.0	0.5	30	76	100	0.0	2.9	8.3	84.4	34.7	6.0	2.8	4.8	
バイオマス・廃棄物	-	9.6	10	36	46	52	1.1	3.4	4.4	0.7	9.3	1.7	1.2	1.5	
水素	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	

エネルギー・経済指標他

							年平均変化率(%)					
	1980	1990	2000	2014	2030	2040	1990	2000	2014	2030	2040	2014/2040
GDP (2010年価格10億ドル)	2,894	4,553	5,093	5,650	6,582	7,354	1.1	0.7	1.0	1.1	1.0	
人口(100万人)	117	124	127	127	120	114	0.3	0.0	-0.3	-0.6	-0.4	
エネルギー起源CO ₂ 排出 ^{*2} (100万t)	916	1,071	1,195	1,201	1,075	1,007	1.1	0.0	-0.7	-0.6	-0.7	
一人あたりGDP (2010年価格1,000ドル/人)	25	37	40	44	55	65	0.9	0.7	1.3	1.7	1.5	
一人あたり一次エネルギー消費(toe/人)	3.0	3.6	4.1	3.5	3.8	3.8	1.4	-1.1	0.5	0.0	0.3	
GDPあたり一次エネルギー消費 ^{*3}	119	96	102	78	69	58	0.5	-1.9	-0.8	-1.6	-1.1	
GDPあたりCO ₂ 排出量 ^{*2,*4}	317	235	235	213	163	137	0.0	-0.7	-1.6	-1.7	-1.7	
一次エネルギー消費あたりCO ₂ 排出 ^{*2} (t/toe)	2.7	2.4	2.3	2.7	2.4	2.3	-0.6	1.2	-0.8	-0.1	-0.6	
自動車保有台数(100万台)	38	58	72	77	74	71	2.3	0.4	-0.2	-0.4	-0.3	
自動車保有率(台/1,000人)	325	467	571	604	615	626	2.0	0.4	0.1	0.2	0.1	

*1 電力、熱、水素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 CCSIによる削減分を含まない

*3 toe/2010年価格100万ドル、*4 t/2010年価格100万ドル

付表25 韓国[レファレンスケース]

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(%)					
	1980	1990	2000	2014	2030	2040	1990	2014	2040	1990/2000	2000/2014	2014/2030	2030/2040	2014/2040
合計 ^{*1}	41	93	188	268	321	318	100	100	100	7.3	2.6	1.1	-0.1	0.7
石炭	14	25	42	82	84	83	27	30	26	5.2	4.9	0.2	-0.2	0.0
石油	27	50	99	96	103	100	54	36	31	7.1	-0.2	0.4	-0.3	0.2
天然ガス	-	2.7	17	43	50	51	2.9	16	16	20.1	6.9	0.9	0.2	0.6
原子力	0.9	14	28	41	76	76	15	15	24	7.5	2.6	4.0	0.0	2.4
水力	0.2	0.5	0.3	0.2	0.2	0.2	0.6	0.1	0.1	-4.5	-2.7	0.0	0.0	0.0
地熱	-	-	-	0.1	0.1	-	0.0	0.0	n.a.	n.a.	1.4	1.1	1.2	
太陽光・風力等	-	0.0	0.0	0.5	1.5	2.6	0.0	0.2	0.8	15.8	18.5	7.6	5.5	6.8
バイオマス・廃棄物	-	0.7	1.4	5.6	5.8	5.8	0.8	2.1	1.8	6.6	10.5	0.3	-0.1	0.1

最終エネルギー消費

	(Mtoe)						構成比(%)		年平均変化率(%)					
	1980	1990	2000	2014	2030	2040	1990	2014	2040	1990/2000	2000/2014	2014/2030	2030/2040	2014/2040
合計	31	65	127	170	197	196	100	100	100	7.0	2.1	0.9	-0.1	0.5
産業	10	19	38	49	58	57	30	29	29	7.2	1.8	1.0	-0.2	0.6
運輸	4.8	15	26	32	34	32	22	19	16	6.1	1.4	0.3	-0.6	0.0
民生・農業他	13	24	37	43	51	51	38	25	26	4.4	1.0	1.1	0.1	0.7
非エネルギー消費	3.1	6.7	25	46	54	56	10	27	29	14.0	4.5	1.0	0.3	0.7
石炭	9.7	12	9.1	11	10	8.5	18	6.4	4.3	-2.5	1.3	-0.4	-1.7	-0.9
石油	19	44	80	87	94	92	67	51	47	6.2	0.6	0.5	-0.2	0.2
天然ガス	-	0.7	11	22	26	25	1.0	13	13	32.1	5.2	0.9	-0.1	0.5
電力	2.8	8.1	23	42	59	62	13	25	32	10.8	4.5	2.2	0.5	1.6
熱	-	-	3.3	4.6	4.1	3.9	-	2.7	2.0	n.a.	2.4	-0.7	-0.4	-0.6
水素	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
再生可能	-	0.7	1.3	4.2	4.1	4.0	1.1	2.5	2.0	5.9	8.7	-0.2	-0.3	-0.2

発電量

	(TWh)						構成比(%)		年平均変化率(%)					
	1980	1990	2000	2014	2030	2040	1990	2014	2040	1990/2000	2000/2014	2014/2030	2030/2040	2014/2040
合計	37	105	289	546	747	788	100	100	100	10.6	4.7	2.0	0.5	1.4
石炭	2.5	18	111	232	267	285	17	42	36	20.2	5.4	0.9	0.7	0.8
石油	29	19	35	17	7.7	6.1	18	3.2	0.8	6.3	-4.8	-4.9	-2.4	-4.0
天然ガス	-	9.6	29	130	157	169	9.1	24	21	11.9	11.2	1.2	0.7	1.0
原子力	3.5	53	109	156	291	291	50	29	37	7.5	2.6	4.0	0.0	2.4
水力	2.0	6.4	4.0	2.8	2.8	2.8	6.0	0.5	0.3	-4.5	-2.7	0.0	0.0	0.0
地熱	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
太陽光・風力等	-	0.0	0.0	5.1	17	30	0.0	0.9	3.8	36.2	47.6	7.8	5.6	7.0
バイオマス・廃棄物	-	-	0.1	2.2	3.2	3.7	-	0.4	0.5	n.a.	25.2	2.5	1.5	2.1
水素	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

エネルギー・経済指標他

							年平均変化率(%)					
	1980	1990	2000	2014	2030	2040	1990	2000	2014	2030	2040	2014/2040
GDP (2010年価格10億ドル)	149	377	710	1,234	1,878	2,270	6.5	4.0	2.7	1.9	2.4	
人口(100万人)	38	43	47	50	53	52	0.9	0.5	0.3	0.0	0.1	
エネルギー起源CO ₂ 排出 ^{*2} (100万t)	126	239	433	578	599	582	6.1	2.1	0.2	-0.3	0.0	
一人あたりGDP (2010年価格1,000ドル/人)	3.9	8.8	15	24	36	43	5.6	3.5	2.4	2.0	2.2	
一人あたり一次エネルギー消費(toe/人)	1.1	2.2	4.0	5.3	6.1	6.1	6.3	2.1	0.8	0.0	0.5	
GDPあたり一次エネルギー消費 ^{*3}	277	246	265	218	171	140	0.7	-1.4	-1.5	-1.9	-1.7	
GDPあたりCO ₂ 排出量 ^{*2,*4}	845	634	610	469	319	256	-0.4	-1.9	-2.4	-2.2	-2.3	
一次エネルギー消費あたりCO ₂ 排出 ^{*2} (t/toe)	3.1	2.6	2.3	2.2	1.9	1.8	-1.1	-0.5	-0.9	-0.2	-0.6	
自動車保有台数(100万台)	0.5	3.4	12	20	25	28	13.5	3.7	1.5	1.0	1.3	
自動車保有率(台/1,000人)	14	79	257	399	483	535	12.5	3.2	1.2	1.0	1.1	

*1 電力、熱、水素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 CCSIによる削減分を含まない

*3 toe/2010年価格100万ドル、*4 t/2010年価格100万ドル

付表26 台湾[レファレンスケース]

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(%)					
	1980	1990	2000	2014	2030	2040	1990	2014	2040	1990/2000/2014/2030/2040	2000/2014/2030/2040	2014/2030/2040	2014/2040	
合計 ^{*1}	28	48	85	110	125	127	100	100	100	5.9	1.9	0.8	0.1	
石炭	3.9	11	30	41	41	40	24	37	31	10.2	2.3	0.0	-0.3	
石油	20	26	38	42	47	47	54	38	37	4.0	0.7	0.6	0.0	
天然ガス	1.6	1.4	5.6	14	26	28	2.9	12	22	14.8	6.6	4.0	0.8	
原子力	2.1	8.6	10	11	8.0	8.0	18	10	6.3	1.6	0.7	-2.0	0.0	
水力	0.3	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4	1.1	0.3	0.3	-3.3	-0.4	0.0	0.0	
地熱	-	0.0	-	-	-	-	0.0	-	-	-100	n.a.	n.a.	n.a.	
太陽光・風力等	-	0.0	0.1	0.3	0.8	1.2	0.0	0.3	0.9	14.7	10.3	6.7	4.0	
バイオマス・廃棄物	-	-	0.6	1.7	2.7	3.1	-	1.5	2.4	n.a.	7.4	3.1	1.2	
													2.4	

最終エネルギー消費

	(Mtoe)						構成比(%)		年平均変化率(%)					
	1980	1990	2000	2014	2030	2040	1990	2014	2040	1990/2000/2014/2030/2040	2000/2014/2030/2040	2014/2030/2040	2014/2040	
合計	19	29	49	68	79	81	100	100	100	5.2	2.4	1.0	0.2	
産業	10	12	19	23	27	27	42	34	34	4.5	1.2	1.1	0.1	
運輸	2.9	6.6	12	12	13	13	22	18	16	5.7	0.4	0.4	-0.2	
民生・農業他	3.6	6.5	10	12	13	14	22	17	17	4.6	1.1	0.6	0.4	
非エネルギー消費	2.0	4.0	7.8	21	26	27	14	31	34	7.0	7.4	1.3	0.4	
石炭	2.2	3.6	5.0	7.6	9.2	9.5	12	11	12	3.3	3.1	1.2	0.3	
石油	12	18	28	37	42	42	62	55	52	4.4	2.0	0.8	0.0	
天然ガス	1.4	0.9	1.6	2.7	3.2	3.5	3.0	4.0	4.4	5.9	4.1	1.1	0.9	
電力	3.2	6.6	14	20	24	25	22	29	31	7.6	2.7	1.2	0.4	
熱	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	
水素	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	
再生可能	-	0.0	0.1	0.3	0.4	0.4	0.1	0.5	0.5	18.7	8.5	1.2	0.3	
													0.8	

発電量

	(TWh)						構成比(%)		年平均変化率(%)					
	1980	1990	2000	2014	2030	2040	1990	2014	2040	1990/2000/2014/2030/2040	2000/2014/2030/2040	2014/2030/2040	2014/2040	
合計	43	88	181	257	307	320	100	100	100	7.4	2.6	1.1	0.4	
石炭	6.0	24	88	125	118	113	28	49	35	13.7	2.5	-0.4	-0.4	
石油	26	23	30	8.6	5.8	5.4	26	3.3	1.7	2.5	-8.6	-2.4	-0.8	
天然ガス	-	1.2	17	70	134	146	1.4	27	46	30.3	10.5	4.1	0.9	
原子力	8.2	33	39	42	31	31	37	16	9.6	1.6	0.7	-2.0	0.0	
水力	2.9	6.4	4.6	4.3	4.3	4.3	7.2	1.7	1.3	-3.3	-0.4	0.0	0.0	
地熱	-	0.0	-	-	-	-	0.0	-	-	-100	n.a.	n.a.	n.a.	
太陽光・風力等	-	-	0.0	2.1	7.7	12	-	0.8	3.7	n.a.	72.4	8.6	4.6	
バイオマス・廃棄物	-	-	1.7	3.7	7.2	8.2	-	1.4	2.6	n.a.	5.7	4.2	1.3	
水素	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	

エネルギー・経済指標他

							年平均変化率(%)					
	1980	1990	2000	2014	2030	2040	1990	2000	2014	2030	2040	2014/2040
GDP (2010年価格10億ドル)	73	162	309	523	723	845	6.7	3.8	2.1	1.6	1.9	
人口(100万人)	18	20	22	23	23	22	0.9	0.4	-0.1	-0.4	-0.2	
エネルギー起源CO ₂ 排出 ^{*2} (100万t)	74	115	225	259	286	282	6.9	1.0	0.6	-0.1	0.3	
一人あたりGDP (2010年価格1,000ドル/人)	4.1	7.9	14	22	31	38	5.8	3.4	2.1	1.9	2.1	
一人あたり一次エネルギー消費(toe/人)	1.6	2.3	3.8	4.7	5.4	5.7	5.0	1.5	0.9	0.5	0.7	
GDPあたり一次エネルギー消費 ^{*3}	380	295	274	211	173	150	-0.7	-1.9	-1.2	-1.4	-1.3	
GDPあたりCO ₂ 排出量 ^{*2,*4}	1,015	714	727	495	395	334	0.2	-2.7	-1.4	-1.7	-1.5	
一次エネルギー消費あたりCO ₂ 排出 ^{*2} (t/toe)	2.7	2.4	2.6	2.3	2.2	0.9	-0.9	-0.2	-0.3	-0.2	-0.2	
自動車保有台数(100万台)	0.5	2.9	5.5	7.5	8.6	9.0	6.7	2.2	0.9	0.5	0.7	
自動車保有率(台/1,000人)	27	141	249	320	373	405	5.8	1.8	1.0	0.8	0.9	

*1 電力、熱、水素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 CCSIによる削減分を含まない

*3 toe/2010年価格100万ドル、*4 t/2010年価格100万ドル

付表27 ASEAN [レファレンスケース]

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(%)					
	1980	1990	2000	2014	2030	2040	1990	2014	2040	1990/2000	2000/2014	2014/2030	2030/2040	2014/2040	
合計 ^{*1}	n.a.	n.a.	385	624	1,046	1,352	n.a.	100	100	n.a.	3.5	3.3	2.6	2.6	3.0
石炭	n.a.	n.a.	32	99	239	348	n.a.	16	26	n.a.	8.4	5.6	3.9	5.0	
石油	n.a.	n.a.	154	221	334	421	n.a.	35	31	n.a.	2.6	2.6	2.3	2.5	
天然ガス	n.a.	n.a.	74	139	218	278	n.a.	22	21	n.a.	4.6	2.9	2.4	2.7	
原子力	n.a.	n.a.	-	-	9.1	30	n.a.	-	2.2	n.a.	n.a.	n.a.	12.5	n.a.	
水力	n.a.	n.a.	4.4	11	19	25	n.a.	1.8	1.8	n.a.	6.8	3.6	2.5	3.2	
地熱	n.a.	n.a.	18	26	80	101	n.a.	4.2	7.4	n.a.	2.5	7.3	2.3	5.3	
太陽光・風力等	n.a.	n.a.	0.0	0.2	1.1	2.7	n.a.	0.0	0.2	n.a.	72.9	11.7	9.3	10.7	
バイオマス・廃棄物	n.a.	n.a.	102	127	145	148	n.a.	20	11	n.a.	1.6	0.8	0.2	0.6	

最終エネルギー消費

	(Mtoe)						構成比(%)			年平均変化率(%)					
	1980	1990	2000	2014	2030	2040	1990	2014	2040	1990/2000	2000/2014	2014/2030	2030/2040	2014/2040	
合計	n.a.	n.a.	274	441	695	892	n.a.	100	100	n.a.	3.4	2.9	2.5	2.5	2.7
産業	n.a.	n.a.	76	121	221	296	n.a.	28	33	n.a.	3.4	3.8	3.0	3.5	
運輸	n.a.	n.a.	62	118	186	237	n.a.	27	27	n.a.	4.7	2.9	2.4	2.7	
民生・農業他	n.a.	n.a.	116	154	216	268	n.a.	35	30	n.a.	2.0	2.2	2.2	2.2	
非エネルギー消費	n.a.	n.a.	21	48	72	91	n.a.	11	10	n.a.	6.0	2.6	2.4	2.5	
石炭	n.a.	n.a.	13	29	54	68	n.a.	6.6	7.6	n.a.	5.7	3.9	2.3	3.3	
石油	n.a.	n.a.	123	197	309	395	n.a.	45	44	n.a.	3.4	2.9	2.5	2.7	
天然ガス	n.a.	n.a.	17	38	73	102	n.a.	8.5	11	n.a.	5.9	4.2	3.5	3.9	
電力	n.a.	n.a.	28	65	141	210	n.a.	15	24	n.a.	6.4	4.9	4.1	4.6	
熱	n.a.	n.a.	-	-	-	-	n.a.	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	
水素	n.a.	n.a.	-	-	0.0	0.0	n.a.	-	0.0	n.a.	n.a.	n.a.	6.9	n.a.	
再生可能	n.a.	n.a.	93	112	119	117	n.a.	25	13	n.a.	1.3	0.4	-0.2	0.2	

発電量

	(TWh)						構成比(%)			年平均変化率(%)					
	1980	1990	2000	2014	2030	2040	1990	2014	2040	1990/2000	2000/2014	2014/2030	2030/2040	2014/2040	
合計	n.a.	n.a.	374	854	1,864	2,769	n.a.	100	100	n.a.	6.1	5.0	4.0	4.6	
石炭	n.a.	n.a.	79	283	813	1,303	n.a.	33	47	n.a.	9.5	6.8	4.8	6.0	
石油	n.a.	n.a.	72	38	30	26	n.a.	4.4	0.9	n.a.	-4.5	-1.5	-1.4	-1.5	
天然ガス	n.a.	n.a.	154	371	662	898	n.a.	43	32	n.a.	6.5	3.7	3.1	3.5	
原子力	n.a.	n.a.	-	-	35	114	n.a.	-	4.1	n.a.	n.a.	n.a.	12.5	n.a.	
水力	n.a.	n.a.	51	128	224	288	n.a.	15	10	n.a.	6.8	3.6	2.5	3.2	
地熱	n.a.	n.a.	16	20	56	69	n.a.	2.4	2.5	n.a.	1.5	6.5	2.1	4.8	
太陽光・風力等	n.a.	n.a.	0.0	2.2	13	32	n.a.	0.3	1.1	n.a.	73.4	11.7	9.3	10.7	
バイオマス・廃棄物	n.a.	n.a.	1.0	12	32	42	n.a.	1.4	1.5	n.a.	19.3	6.4	2.8	5.0	
水素	n.a.	n.a.	-	-	-	-	n.a.	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	

エネルギー・経済指標他

							年平均変化率(%)						
	1980	1990	2000	2014	2030	2040	1990	2000	2014	2030	2040	2014/2040	
GDP (2010年価格10億ドル)	422	735	1,188	2,407	5,071	7,488	4.9	5.2	4.8	4.0	4.5		
人口(100万人)	357	443	523	623	723	765	1.7	1.3	0.9	0.6	0.8		
エネルギー起源CO ₂ 排出 ^{*2} (100万t)	n.a.	n.a.	713	1,258	2,328	3,137	n.a.	4.1	3.9	3.0	3.6		
一人あたりGDP (2010年価格1,000ドル/人)	1.2	1.7	2.3	3.9	7.0	9.8	3.2	3.9	3.8	3.4	3.6		
一人あたり一次エネルギー消費(toe/人)	n.a.	n.a.	0.7	1.0	1.4	1.8	n.a.	2.2	2.3	2.0	2.2		
GDPあたり一次エネルギー消費 ^{*3}	n.a.	n.a.	324	259	206	181	n.a.	-1.6	-1.4	-1.3	-1.4		
GDPあたりCO ₂ 排出量 ^{*2,*4}	n.a.	n.a.	601	523	459	419	n.a.	-1.0	-0.8	-0.9	-0.8		
一次エネルギー消費あたりCO ₂ 排出 ^{*2} (t/toe)	n.a.	n.a.	1.9	2.0	2.2	2.3	n.a.	0.6	0.6	0.4	0.5		
自動車保有台数(100万台)	n.a.	n.a.	21	55	106	145	n.a.	7.2	4.3	3.1	3.8		
自動車保有率(台/1,000人)	n.a.	n.a.	40	88	147	189	n.a.	5.8	3.3	2.5	3.0		

*1 電力、熱、水素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 CCSIによる削減分を含まない

*3 toe/2010年価格100万ドル、*4 t/2010年価格100万ドル

付表28 インドネシア[レファレンスケース]

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(%)					
	1980	1990	2000	2014	2030	2040	1990	2014	2040	1990/2000/2014/2030/2040	2000/2014/2030/2040	2014/2030/2040	2014/2040		
合計 ^{*1}	56	99	156	226	417	556	100	100	100	4.7	2.7	3.9	2.9	3.5	3.5
石炭	0.2	3.5	12	36	88	136	3.6	16	25	13.0	8.2	5.7	4.5	4.5	5.3
石油	20	33	58	75	128	163	34	33	29	5.7	1.9	3.4	2.5	3.0	3.0
天然ガス	4.9	16	27	37	73	104	16	16	19	5.3	2.3	4.4	3.7	4.1	
原子力	-	-	-	-	-	5.1	-	-	0.9	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	
水力	0.1	0.5	0.9	1.3	1.6	1.7	0.5	0.6	0.3	5.8	3.0	1.4	0.7	1.1	
地熱	-	1.9	8.4	17	65	83	2.0	7.7	15	15.8	5.3	8.6	2.5	6.2	
太陽光・風力等	-	-	-	0.0	0.0	0.1	-	0.0	0.0	n.a.	n.a.	22.9	11.8	18.5	
バイオマス・廃棄物	30	44	50	59	62	62	44	26	11	1.4	1.2	0.3	0.0	0.2	

最終エネルギー消費

	(Mtoe)						構成比(%)			年平均変化率(%)					
	1980	1990	2000	2014	2030	2040	1990	2014	2040	1990/2000/2014/2030/2040	2000/2014/2030/2040	2014/2030/2040	2014/2040		
合計	50	80	120	165	274	360	100	100	100	4.2	2.3	3.2	2.8	3.0	
産業	6.7	18	30	39	81	116	23	24	32	5.2	1.9	4.6	3.7	4.2	
運輸	6.0	11	21	46	84	110	13	28	31	6.9	5.8	3.8	2.8	3.4	
民生・農業他	36	44	59	72	97	117	55	44	33	3.1	1.4	1.8	2.0	1.9	
非エネルギー消費	1.2	7.4	9.8	7.7	12	16	9.2	4.7	4.4	2.9	-1.7	2.9	2.6	2.8	
石炭	0.1	2.2	4.7	6.6	15	20	2.7	4.0	5.6	7.8	2.5	5.4	2.8	4.4	
石油	17	27	48	67	118	153	34	40	43	5.8	2.4	3.7	2.6	3.3	
天然ガス	2.4	6.0	12	17	39	59	7.5	10	16	6.7	2.8	5.3	4.3	4.9	
電力	0.6	2.4	6.8	17	41	67	3.0	10	19	10.8	6.8	5.7	4.9	5.4	
熱	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	
水素	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	
再生可能	29	42	49	58	60	60	53	35	17	1.6	1.2	0.3	-0.1	0.1	

発電量

	(TWh)						構成比(%)			年平均変化率(%)					
	1980	1990	2000	2014	2030	2040	1990	2014	2040	1990/2000/2014/2030/2040	2000/2014/2030/2040	2014/2030/2040	2014/2040		
合計	7.5	33	93	229	553	890	100	100	100	11.1	6.6	5.7	4.9	5.4	
石炭	-	9.8	34	120	322	545	30	53	61	13.3	9.4	6.4	5.4	6.0	
石油	6.2	15	18	26	22	21	47	11	2.3	1.8	2.5	-0.9	-0.9	-0.9	
天然ガス	-	0.7	26	56	148	232	2.2	25	26	42.9	5.6	6.2	4.6	5.6	
原子力	-	-	-	-	-	20	-	-	2.2	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	
水力	1.3	5.7	10	15	19	20	17	6.6	2.3	5.8	3.0	1.4	0.7	1.1	
地熱	-	1.1	4.9	10	38	48	3.4	4.4	5.4	15.8	5.3	8.6	2.5	6.2	
太陽光・風力等	-	-	-	0.0	0.3	0.9	-	0.0	0.1	n.a.	n.a.	22.9	11.8	18.5	
バイオマス・廃棄物	-	-	0.0	1.0	2.6	3.5	-	0.4	0.4	n.a.	43.7	6.5	2.9	5.1	
水素	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	

エネルギー・経済指標他

							年平均変化率(%)					
	1980	1990	2000	2014	2030	2040	1990	2000	2014	2030	2040	2040
GDP (2010年価格10億ドル)	162	300	453	943	2,193	3,334	4.2	5.4	5.4	4.3	5.0	
人口(100万人)	147	181	212	254	295	312	1.5	1.3	0.9	0.6	0.8	
エネルギー起源CO ₂ 排出 ^{*2} (100万t)	71	134	262	439	878	1,244	6.9	3.8	4.4	3.5	4.1	
一人あたりGDP (2010年価格1,000ドル/人)	1.1	1.7	2.1	3.7	7.4	11	2.6	4.0	4.4	3.7	4.2	
一人あたり一次エネルギー消費(toe/人)	0.4	0.5	0.7	0.9	1.4	1.8	3.1	1.3	2.9	2.3	2.7	
GDPあたり一次エネルギー消費 ^{*3}	345	329	343	239	190	167	0.4	-2.5	-1.4	-1.3	-1.4	
GDPあたりCO ₂ 排出量 ^{*2,*4}	442	447	578	466	400	373	2.6	-1.5	-0.9	-0.7	-0.8	
一次エネルギー消費あたりCO ₂ 排出 ^{*2} (t/toe)	1.3	1.4	1.7	1.9	2.1	2.2	2.2	1.0	0.5	0.6	0.5	
自動車保有台数(100万台)	1.3	2.8	5.4	20	48	69	6.8	9.7	5.8	3.7	4.9	
自動車保有率(台/1,000人)	8.8	15	26	78	164	222	5.2	8.3	4.8	3.1	4.1	

*1 電力、熱、水素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 CCSIによる削減分を含まない

*3 toe/2010年価格100万ドル、*4 t/2010年価格100万ドル

付表29 マレーシア[レファレンスケース]

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(%)					
	1980	1990	2000	2014	2030	2040	1990	2014	2040	1990/2000/2014/2030/2040	2000/2014/2030/2040	2014/2030/2040	2014/2040	
合計 ^{*1}	12	22	49	90	126	152	100	100	100	8.4	4.4	2.1	1.9	2.0
石炭	0.1	1.4	2.3	15	35	46	6.2	17	31	5.5	14.4	5.3	2.9	4.4
石油	7.9	11	19	33	43	48	53	37	32	5.4	3.9	1.6	1.2	1.5
天然ガス	2.2	6.8	25	38	43	46	31	43	31	13.8	3.2	0.7	0.7	
原子力	-	-	-	-	-	5.1	-	-	3.4	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
水力	0.1	0.3	0.6	1.2	2.0	2.8	1.6	1.3	1.8	5.7	4.8	3.6	3.1	3.4
地熱	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
太陽光・風力等	-	-	-	0.0	0.1	0.3	-	0.0	0.2	n.a.	n.a.	12.4	8.8	11.0
バイオマス・廃棄物	1.6	1.9	1.9	1.9	2.5	2.8	8.5	2.1	1.9	0.0	0.0	1.8	1.3	1.6

最終エネルギー消費

	(Mtoe)						構成比(%)		年平均変化率(%)					
	1980	1990	2000	2014	2030	2040	1990	2014	2040	1990/2000/2014/2030/2040	2000/2014/2030/2040	2014/2030/2040	2014/2040	
合計	7.2	14	30	53	78	96	100	100	100	7.9	4.2	2.4	2.1	2.3
産業	3.1	5.6	12	15	24	31	40	29	32	7.8	2.0	2.8	2.6	2.7
運輸	2.1	4.9	11	22	29	33	35	42	34	8.3	5.3	1.7	1.1	1.5
民生・農業他	1.7	2.6	5.0	9.4	15	20	19	18	21	6.6	4.6	3.2	2.7	3.0
非エネルギー消費	0.3	0.8	2.2	6.2	9.6	12	6.0	12	13	10.4	7.5	2.8	2.3	2.6
石炭	0.1	0.5	1.0	1.7	2.7	4.1	3.7	3.2	4.2	6.8	4.0	2.9	4.1	3.4
石油	5.3	9.3	18	29	39	44	67	55	46	7.0	3.4	1.8	1.2	1.6
天然ガス	0.0	1.1	3.9	9.6	15	18	7.9	18	19	13.5	6.7	2.6	2.3	2.5
電力	0.7	1.7	5.3	11	21	28	12	21	29	11.9	5.7	3.8	3.1	3.5
熱	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
水素	-	-	-	-	0.0	0.0	-	-	0.0	n.a.	n.a.	n.a.	6.7	n.a.
再生可能	1.0	1.3	1.3	1.1	1.4	1.5	9.1	2.1	1.6	0.4	-1.1	1.2	1.0	1.1

発電量

	(TWh)						構成比(%)		年平均変化率(%)					
	1980	1990	2000	2014	2030	2040	1990	2014	2040	1990/2000/2014/2030/2040	2000/2014/2030/2040	2014/2030/2040	2014/2040	
合計	10	23	69	147	262	355	100	100	100	11.6	5.5	3.6	3.1	3.4
石炭	-	2.9	7.7	56	141	192	13	38	54	10.1	15.2	6.0	3.1	4.9
石油	8.5	11	3.6	3.5	0.7	0.3	46	2.4	0.1	-10.2	-0.2	-9.6	-9.1	-9.4
天然ガス	0.1	5.5	51	74	93	104	24	50	29	24.9	2.7	1.4	1.2	1.3
原子力	-	-	-	-	-	20	-	-	5.5	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
水力	1.4	4.0	7.0	13	24	32	17	9.1	9.1	5.7	4.8	3.6	3.1	3.4
地熱	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
太陽光・風力等	-	-	-	0.2	1.5	3.5	-	0.2	1.0	n.a.	n.a.	12.4	8.8	11.0
バイオマス・廃棄物	-	-	-	0.7	1.8	2.5	-	0.5	0.7	n.a.	n.a.	6.2	2.9	4.9
水素	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

エネルギー・経済指標他

							年平均変化率(%)					
	1980	1990	2000	2014	2030	2040	1990	2000	2014	2030	2040	2014/2040
GDP (2010年価格10億ドル)	46	82	163	314	633	896	7.1	4.8	4.5	3.5	4.1	
人口(100万人)	14	18	23	30	36	39	2.5	1.8	1.2	0.7	1.0	
エネルギー起源CO ₂ 排出 ^{*2} (100万t)	29	54	121	236	347	410	8.3	4.9	2.4	1.7	2.1	
一人あたりGDP (2010年価格1,000ドル/人)	3.3	4.5	6.9	11	18	23	4.4	3.0	3.2	2.8	3.1	
一人あたり一次エネルギー消費(toe/人)	0.9	1.2	2.1	3.0	3.5	3.9	5.7	2.6	0.9	1.2	1.0	
GDPあたり一次エネルギー消費 ^{*3}	260	267	301	285	198	170	1.2	-0.4	-2.2	-1.6	-2.0	
GDPあたりCO ₂ 排出量 ^{*2,*4}	630	665	744	751	548	457	1.1	0.1	-2.0	-1.8	-1.9	
一次エネルギー消費あたりCO ₂ 排出 ^{*2} (t/toe)	2.4	2.5	2.5	2.6	2.8	2.7	-0.1	0.4	0.3	-0.2	0.1	
自動車保有台数(100万台)	0.9	2.4	5.2	12	18	21	8.0	6.3	2.3	1.5	2.0	
自動車保有率(台/1,000人)	65	133	224	414	492	532	5.3	4.5	1.1	0.8	1.0	

*1 電力、熱、水素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 CCSIによる削減分を含まない

*3 toe/2010年価格100万ドル、*4 t/2010年価格100万ドル

付表

付表30 ミャンマー[レファレンスケース]

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(%)					
	1980	1990	2000	2014	2030	2040	1990	2014	2040	1990/2000/2014/2030/2040	2000/2014/2030/2040	2014/2030/2040	2014/2040		
合計 ^{*1}	9.4	11	13	19	31	41	100	100	100	1.9	3.0	3.1	2.7	2.7	2.9
石炭	0.2	0.1	0.3	0.4	4.3	8.9	0.6	2.1	22	17.0	1.8	15.8	7.5	12.5	
石油	1.3	0.7	2.0	5.1	8.3	12	6.8	26	30	10.5	7.0	3.1	4.0	3.4	
天然ガス	0.3	0.8	1.2	2.1	6.2	6.7	7.1	11	16	4.6	4.1	7.0	0.9	4.6	
原子力	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	
水力	0.1	0.1	0.2	0.8	1.7	2.8	1.0	3.9	6.7	4.7	11.6	5.1	5.1	5.1	
地熱	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	
太陽光・風力等	-	-	-	-	0.0	0.0	-	-	0.1	n.a.	n.a.	n.a.	3.2	n.a.	
バイオマス・廃棄物	7.6	9.0	9.2	11	12	13	84	57	31	0.2	1.3	0.7	0.4	0.6	

最終エネルギー消費

	(Mtoe)						構成比(%)			年平均変化率(%)					
	1980	1990	2000	2014	2030	2040	1990	2014	2040	1990/2000/2014/2030/2040	2000/2014/2030/2040	2014/2030/2040	2014/2040		
合計	8.4	9.4	11	17	24	32	100	100	100	2.0	2.8	2.3	2.6	2.4	
産業	0.6	0.4	1.2	2.0	4.6	6.8	4.2	12	22	11.3	4.2	5.2	4.0	4.7	
運輸	0.6	0.4	1.2	2.5	4.1	7.0	4.7	15	22	10.0	5.6	3.3	5.3	4.1	
民生・農業他	7.0	8.5	9.1	12	15	17	90	72	55	0.7	2.1	1.4	1.3	1.3	
非エネルギー消費	0.1	0.1	0.1	0.3	0.4	0.5	1.0	1.5	1.6	-0.1	7.5	3.3	1.9	2.8	
石炭	0.1	0.1	0.3	0.3	0.4	0.5	0.5	2.0	1.5	20.1	0.4	1.2	1.1	1.2	
石油	1.2	0.6	1.5	4.2	7.4	11	6.2	24	36	10.0	7.4	3.6	4.4	3.9	
天然ガス	0.1	0.2	0.3	0.7	1.5	2.2	2.4	4.1	6.9	3.7	5.6	4.9	3.8	4.5	
電力	0.1	0.1	0.3	0.9	2.9	4.9	1.6	5.1	16	6.5	8.3	7.8	5.5	6.9	
熱	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	
水素	-	-	-	-	0.0	0.0	-	-	0.0	n.a.	n.a.	n.a.	8.0	n.a.	
再生可能	6.9	8.4	9.0	11	12	13	89	64	40	0.7	1.4	0.7	0.4	0.6	

発電量

	(TWh)						構成比(%)			年平均変化率(%)					
	1980	1990	2000	2014	2030	2040	1990	2014	2040	1990/2000/2014/2030/2040	2000/2014/2030/2040	2014/2030/2040	2014/2040		
合計	1.5	2.5	5.1	14	60	102	100	100	100	7.5	7.5	9.5	5.3	7.9	
石炭	0.0	0.0	-	0.3	18	40	1.6	2.0	40	-100	n.a.	29.3	8.7	21.0	
石油	0.5	0.3	0.7	0.1	0.1	0.1	11	0.5	0.1	9.8	-15.5	0.0	0.0	0.0	
天然ガス	0.2	1.0	2.5	5.0	23	28	39	35	28	10.0	4.9	10.0	2.2	6.9	
原子力	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	
水力	0.8	1.2	1.9	8.8	20	32	48	62	32	4.7	11.6	5.1	5.1	5.1	
地熱	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	
太陽光・風力等	-	-	-	-	0.4	0.5	-	-	0.5	n.a.	n.a.	n.a.	3.2	n.a.	
バイオマス・廃棄物	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	
水素	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	

エネルギー・経済指標他

							年平均変化率(%)							
	1980	1990	2000	2014	2030	2040	1990	2000	2014	2030	2040	2040		
GDP (2010年価格10億ドル)	5.9	6.7	13	55	155	255	7.2	10.7	6.6	5.1	6.0			
人口(100万人)	34	42	48	53	60	63	1.3	0.8	0.8	0.4	0.6			
エネルギー起源CO ₂ 排出 ^{*2} (100万t)	5.2	4.1	9.9	21	56	87	9.3	5.7	6.1	4.6	5.5			
一人あたりGDP (2010年価格1,000ドル/人)	0.2	0.2	0.3	1.0	2.6	4.1	5.8	9.8	5.9	4.7	5.4			
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	0.7	0.6	2.1	2.3	2.3	2.3			
GDPあたり一次エネルギー消費 ^{*3}	1,606	1,602	966	349	202	161	-4.9	-7.0	-3.3	-2.2	-2.9			
GDPあたりCO ₂ 排出量 ^{*2,*4}	893	609	745	388	360	342	2.0	-4.6	-0.5	-0.5	-0.5			
一次エネルギー消費あたりCO ₂ 排出 ^{*2} (t/toe)	0.6	0.4	0.8	1.1	1.8	2.1	7.3	2.6	3.0	1.8	2.5			
自動車保有台数(100万台)	0.1	0.1	0.3	0.7	2.2	4.8	13.9	7.7	7.3	8.1	7.6			
自動車保有率(台/1,000人)	2.2	1.6	5.3	13	37	77	12.5	6.8	6.5	7.7	7.0			

*1 電力、熱、水素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 CCSIによる削減分を含まない

*3 toe/2010年価格100万ドル、*4 t/2010年価格100万ドル

付表31 フィリピン[レファレンスケース]

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(%)					
	1980	1990	2000	2014	2030	2040	1990	2014	2040	1990/2000	2000/2014	2014/2030	2030/2040	2014/2040
合計 ^{*1}	22	29	40	48	97	136	100	100	100	3.4	1.3	4.5	3.4	4.1
石炭	0.5	1.5	5.2	12	35	53	5.3	24	39	13.0	6.0	7.0	4.3	6.0
石油	10	11	16	15	24	33	38	31	24	4.0	-0.6	3.2	2.9	3.1
天然ガス	-	-	0.0	3.1	13	25	-	6.4	18	n.a.	51.9	9.5	6.5	8.3
原子力	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
水力	0.3	0.5	0.7	0.8	0.8	0.8	1.8	1.6	0.6	2.6	1.1	0.0	0.0	0.0
地熱	1.8	4.7	10.0	8.9	15	17	16	19	13	7.8	-0.9	3.5	1.2	2.6
太陽光・風力等	-	-	-	0.0	0.2	0.4	-	0.0	0.3	n.a.	n.a.	16.7	8.3	13.4
バイオマス・廃棄物	9.4	11	8.1	8.5	8.7	7.6	39	18	5.6	-3.1	0.3	0.1	-1.3	-0.4

最終エネルギー消費

	(Mtoe)						構成比(%)		年平均変化率(%)					
	1980	1990	2000	2014	2030	2040	1990	2014	2040	1990/2000	2000/2014	2014/2030	2030/2040	2014/2040
合計	17	20	24	27	52	73	100	100	100	2.0	0.9	4.1	3.6	3.9
産業	3.4	4.7	5.3	7.1	15	23	24	26	31	1.4	2.1	4.8	4.0	4.5
運輸	3.5	4.5	8.1	9.2	17	25	23	34	34	6.0	0.9	4.1	3.7	3.9
民生・農業他	9.4	10	10	10	19	25	52	38	34	-0.1	0.1	3.7	3.0	3.5
非エネルギー消費	0.3	0.2	0.3	0.5	0.6	0.7	1.2	1.7	1.0	1.8	3.6	1.9	1.9	1.9
石炭	0.2	0.6	0.8	2.3	4.3	5.8	3.1	8.7	7.9	2.3	8.2	3.9	3.0	3.5
石油	7.0	8.1	13	13	23	32	41	48	43	4.9	-0.1	3.7	3.2	3.5
天然ガス	-	-	-	0.1	0.7	1.3	-	0.3	1.7	n.a.	n.a.	14.6	6.2	11.3
電力	1.5	1.8	3.1	5.4	17	29	9.3	20	39	5.6	4.0	7.4	5.4	6.6
熱	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
水素	-	-	-	-	0.0	0.0	-	-	0.0	n.a.	n.a.	n.a.	9.2	n.a.
再生可能	7.8	9.1	6.9	6.2	6.5	5.9	46	23	8.1	-2.7	-0.7	0.3	-1.0	-0.2

発電量

	(TWh)						構成比(%)		年平均変化率(%)					
	1980	1990	2000	2014	2030	2040	1990	2014	2040	1990/2000	2000/2014	2014/2030	2030/2040	2014/2040
合計	18	26	45	77	241	406	100	100	100	5.6	3.9	7.4	5.3	6.6
石炭	0.2	1.9	17	33	127	217	7.3	43	53	24.0	5.0	8.8	5.5	7.5
石油	12	12	9.2	5.7	3.9	2.4	47	7.4	0.6	-3.0	-3.3	-2.4	-4.8	-3.3
天然ガス	-	-	0.0	19	80	152	-	24	37	n.a.	64.9	9.5	6.6	8.4
原子力	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
水力	3.5	6.1	7.8	9.1	9.1	9.1	23	12	2.3	2.6	1.1	0.0	0.0	0.0
地熱	2.1	5.5	12	10	18	20	21	13	5.0	7.8	-0.9	3.5	1.2	2.6
太陽光・風力等	-	-	-	0.2	2.0	4.5	-	0.2	1.1	n.a.	n.a.	16.7	8.3	13.4
バイオマス・廃棄物	-	0.4	-	0.2	0.5	0.7	1.6	0.3	0.2	-100	n.a.	6.6	2.9	5.1
水素	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

エネルギー・経済指標他

							年平均変化率(%)					
	1980	1990	2000	2014	2030	2040	1990	2000	2014	2030	2040	2014/2040
GDP (2010年価格10億ドル)	80	95	125	251	589	899	2.9	5.1	5.5	4.3	5.0	
人口(100万人)	47	62	78	99	124	137	2.3	1.7	1.4	1.0	1.3	
エネルギー起源CO ₂ 排出 ^{*2} (100万t)	33	39	69	98	241	364	6.0	2.5	5.8	4.2	5.2	
一人あたりGDP (2010年価格1,000ドル/人)	1.7	1.5	1.6	2.5	4.8	6.6	0.5	3.3	4.0	3.2	3.7	
一人あたり一次エネルギー消費(toe/人)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.8	1.0	1.0	-0.5	3.1	2.4	2.8	
GDPあたり一次エネルギー消費 ^{*3}	280	304	319	190	165	151	0.5	-3.6	-0.9	-0.9	-0.9	
GDPあたりCO ₂ 排出量 ^{*2,*4}	414	409	550	389	409	405	3.0	-2.4	0.3	-0.1	0.2	
一次エネルギー消費あたりCO ₂ 排出 ^{*2} (t/toe)	1.5	1.3	1.7	2.0	2.5	2.7	2.5	1.2	1.2	0.8	1.0	
自動車保有台数(100万台)	0.9	1.2	2.4	3.5	8.1	13	7.2	2.6	5.4	5.1	5.3	
自動車保有率(台/1,000人)	18	20	31	35	66	97	4.7	0.8	4.0	4.0	4.0	

*1 電力、熱、水素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 CCSIによる削減分を含まない

*3 toe/2010年価格100万ドル、*4 t/2010年価格100万ドル

付表32 タイ[レファレンスケース]

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(%)					
	1980	1990	2000	2014	2030	2040	1990	2014	2040	1990/2000/2014/2030/2040	2000/2014/2030/2040	2014/2030/2040	2014/2040	
合計 ^{*1}	22	42	72	135	195	232	100	100	100	5.6	4.5	2.3	1.8	
石炭	0.5	3.8	7.7	16	31	37	9.1	12	16	7.2	5.3	4.3	1.9	
石油	11	18	32	54	73	88	43	40	38	5.9	3.8	1.9	2.0	
天然ガス	-	5.0	17	38	49	53	12	28	23	13.3	5.7	1.6	0.8	
原子力	-	-	-	-	2.6	7.7	-	-	3.3	n.a.	n.a.	n.a.	11.6	
水力	0.1	0.4	0.5	0.5	0.5	0.5	1.0	0.4	0.2	1.9	-0.6	0.5	0.5	
地熱	-	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.2	-4.8	9.6	1.2	
太陽光・風力等	-	-	-	0.1	0.6	1.5	-	0.1	0.6	n.a.	n.a.	9.3	9.5	
バイオマス・廃棄物	11	15	15	26	37	40	35	19	17	-0.1	4.1	2.2	0.9	
													1.7	

最終エネルギー消費

	(Mtoe)						構成比(%)		年平均変化率(%)					
	1980	1990	2000	2014	2030	2040	1990	2014	2040	1990/2000/2014/2030/2040	2000/2014/2030/2040	2014/2030/2040	2014/2040	
合計	15	29	51	96	135	161	100	100	100	5.8	4.7	2.2	1.8	
産業	4.0	8.7	17	29	47	57	30	31	35	6.8	4.1	3.0	1.9	
運輸	3.2	9.0	15	22	23	24	31	23	15	5.0	3.0	0.3	0.1	
民生・農業他	7.8	11	14	21	29	36	37	22	22	2.4	3.3	2.0	2.0	
非エネルギー消費	0.2	0.4	5.6	23	35	46	1.5	24	28	29.4	10.6	2.7	2.7	
石炭	0.1	1.3	3.5	6.4	13	15	4.5	6.7	9.2	10.5	4.3	4.4	1.5	
石油	7.3	15	29	52	69	85	52	54	52	6.9	4.2	1.9	2.0	
天然ガス	-	0.1	1.1	7.4	12	14	0.5	7.8	8.7	23.1	14.6	2.8	1.9	
電力	1.1	3.3	7.6	15	24	31	11	15	19	8.7	4.8	3.1	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	6.7	9.2	9.4	16	18	17	32	17	10	0.2	3.8	0.6	-0.4	
													0.2	

発電量

	(TWh)						構成比(%)		年平均変化率(%)					
	1980	1990	2000	2014	2030	2040	1990	2014	2040	1990/2000/2014/2030/2040	2000/2014/2030/2040	2014/2030/2040	2014/2040	
合計	14	44	96	174	273	349	100	100	100	8.1	4.3	2.9	2.5	
石炭	1.4	11	18	38	77	101	25	22	29	4.9	5.5	4.6	2.8	
石油	12	10	10	1.7	1.6	1.5	23	1.0	0.4	-0.3	-12.0	-0.4	-0.5	
天然ガス	-	18	62	119	148	163	40	68	47	13.2	4.8	1.4	0.9	
原子力	-	-	-	-	9.8	29	-	-	8.4	n.a.	n.a.	n.a.	11.6	
水力	1.3	5.0	6.0	5.5	6.0	6.3	11	3.2	1.8	1.9	-0.6	0.5	0.5	
地熱	-	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.2	-4.8	9.6	1.2	
太陽光・風力等	-	-	-	1.7	7.0	17	-	1.0	5.0	n.a.	n.a.	9.3	9.5	
バイオマス・廃棄物	-	-	0.5	8.5	24	31	-	4.9	9.0	n.a.	22.3	6.6	2.9	
水素	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	

エネルギー・経済指標他

							年平均変化率(%)					
	1980	1990	2000	2014	2030	2040	1990	2000	2014	2030	2040	2014/2040
GDP (2010年価格10億ドル)	67	142	218	383	643	881	4.4	4.1	3.3	3.2	3.3	
人口(100万人)	47	57	63	68	68	66	1.0	0.6	0.0	-0.3	-0.1	
エネルギー起源CO ₂ 排出 ^{*2} (100万t)	34	81	152	248	354	407	6.5	3.6	2.2	1.4	1.9	
一人あたりGDP (2010年価格1,000ドル/人)	1.4	2.5	3.5	5.6	9.4	13	3.3	3.5	3.3	3.5	3.4	
一人あたり一次エネルギー消費(toe/人)	0.5	0.7	1.2	2.0	2.9	3.5	4.5	4.0	2.3	2.1	2.2	
GDPあたり一次エネルギー消費 ^{*3}	331	296	332	352	303	263	1.1	0.4	-0.9	-1.4	-1.1	
GDPあたりCO ₂ 排出量 ^{*2,*4}	512	570	697	648	550	462	2.0	-0.5	-1.0	-1.7	-1.3	
一次エネルギー消費あたりCO ₂ 排出 ^{*2} (t/toe)	1.5	1.9	2.1	1.8	1.8	1.8	0.9	-0.9	-0.1	-0.3	-0.2	
自動車保有台数(100万台)	0.9	2.8	6.1	16	23	25	8.1	6.9	2.4	0.9	1.8	
自動車保有率(台/1,000人)	19	50	98	230	333	377	7.0	6.3	2.3	1.2	1.9	

*1 電力、熱、水素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 CCSによる削減分を含まない

*3 toe/2010年価格100万ドル、*4 t/2010年価格100万ドル

付表33 ベトナム[レファレンスケース]

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(%)					
	1980	1990	2000	2014	2030	2040	1990	2014	2040	1990/2000	2000/2014	2014/2030	2030/2040	2014/2040	
合計 ^{*1}	14	18	29	67	126	173	100	100	100	4.9	6.2	4.1	3.2	3.7	
石炭	2.3	2.2	4.4	19	42	62	12	29	36	7.0	11.1	5.0	4.1	4.6	
石油	1.8	2.7	7.8	18	33	46	15	27	27	11.2	6.1	3.8	3.4	3.7	
天然ガス	-	0.0	1.1	8.9	20	28	0.0	13	16	82.6	16.0	5.1	3.5	4.5	
原子力	-	-	-	-	6.6	12	-	-	6.8	n.a.	n.a.	n.a.	5.9	n.a.	
水力	0.1	0.5	1.3	5.0	9.0	10	2.6	7.6	5.8	10.5	10.5	3.7	1.2	2.7	
地熱	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	
太陽光・風力等	-	-	-	0.0	0.1	0.3	-	0.0	0.2	n.a.	n.a.	19.1	10.0	15.5	
バイオマス・廃棄物	10	12	14	15	15	14	70	23	7.9	1.3	0.6	-0.1	-1.1	-0.5	

最終エネルギー消費

	(Mtoe)						構成比(%)			年平均変化率(%)					
	1980	1990	2000	2014	2030	2040	1990	2014	2040	1990/2000	2000/2014	2014/2030	2030/2040	2014/2040	
合計	13	16	25	56	95	125	100	100	100	4.6	5.8	3.4	2.8	3.2	
産業	3.8	4.5	7.9	21	40	52	28	38	41	5.7	7.4	4.0	2.6	3.5	
運輸	0.6	1.4	3.5	11	20	28	8.6	19	23	9.7	8.3	4.1	3.5	3.8	
民生・農業他	8.6	10	14	21	29	36	63	38	29	3.0	3.1	2.1	2.2	2.2	
非エネルギー消費	0.0	0.0	0.1	2.8	5.8	8.7	0.2	5.0	7.0	16.9	24.3	4.8	4.2	4.5	
石炭	1.5	1.3	3.2	12	18	22	8.3	21	18	9.3	9.6	2.9	2.1	2.6	
石油	1.7	2.3	6.5	17	32	45	15	31	36	10.8	7.2	4.0	3.5	3.8	
天然ガス	-	-	0.0	1.0	2.6	3.9	-	1.8	3.1	n.a.	33.1	6.1	4.2	5.4	
電力	0.2	0.5	1.9	11	28	41	3.3	20	33	13.7	13.4	5.9	3.9	5.1	
熱	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	
水素	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	
再生可能	9.7	12	13	14	14	13	74	26	10	1.2	0.5	-0.1	-1.1	-0.5	

発電量

	(TWh)						構成比(%)			年平均変化率(%)					
	1980	1990	2000	2014	2030	2040	1990	2014	2040	1990/2000	2000/2014	2014/2030	2030/2040	2014/2040	
合計	3.6	8.7	27	141	347	506	100	100	100	11.8	12.7	5.8	3.8	5.0	
石炭	1.4	2.0	3.1	35	110	189	23	25	37	4.6	18.7	7.5	5.6	6.8	
石油	0.7	1.3	4.5	0.4	0.4	0.4	15	0.3	0.1	13.2	-15.2	0.0	0.0	0.0	
天然ガス	-	0.0	4.4	47	106	150	0.1	34	30	93.2	18.6	5.2	3.5	4.6	
原子力	-	-	-	-	25	45	-	-	8.9	n.a.	n.a.	n.a.	5.9	n.a.	
水力	1.5	5.4	15	59	104	117	62	42	23	10.5	10.5	3.7	1.2	2.7	
地熱	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	
太陽光・風力等	-	-	-	0.1	1.4	3.7	-	0.1	0.7	n.a.	n.a.	19.1	10.0	15.5	
バイオマス・廃棄物	-	-	-	0.1	0.2	0.2	-	0.0	0.0	n.a.	n.a.	6.2	2.9	4.9	
水素	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	

エネルギー・経済指標他

							年平均変化率(%)					
	1980	1990	2000	2014	2030	2040	1990	2000	2014	2030	2040	2014/2040
GDP (2010年価格10億ドル)	17	29	61	145	367	609	7.6	6.4	6.0	5.2	5.7	
人口(100万人)	54	66	78	91	105	110	1.6	1.1	0.9	0.5	0.7	
エネルギー起源CO ₂ 排出 ^{*2} (100万t)	15	17	43	143	294	426	9.8	8.9	4.6	3.8	4.3	
一人あたりGDP (2010年価格1,000ドル/人)	0.3	0.4	0.8	1.6	3.5	5.5	5.8	5.2	5.0	4.7	4.9	
一人あたり一次エネルギー消費(toe/人)	0.3	0.3	0.4	0.7	1.2	1.6	3.2	5.0	3.1	2.7	3.0	
GDPあたり一次エネルギー消費 ^{*3}	851	606	470	460	343	284	-2.5	-0.2	-1.8	-1.9	-1.8	
GDPあたりCO ₂ 排出量 ^{*2,*4}	860	579	711	990	802	700	2.1	2.4	-1.3	-1.4	-1.3	
一次エネルギー消費あたりCO ₂ 排出 ^{*2} (t/toe)	1.0	1.0	1.5	2.2	2.3	2.5	4.7	2.5	0.5	0.5	0.5	
自動車保有台数(100万台)	0.1	0.2	0.4	1.3	5.4	9.5	9.2	9.5	9.1	5.9	7.9	
自動車保有率(台/1,000人)	2.6	2.3	4.8	15	51	87	7.5	8.3	8.2	5.4	7.1	

*1 電力、熱、水素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 CCSIによる削減分を含まない

*3 toe/2010年価格100万ドル、*4 t/2010年価格100万ドル

付表34 北米[レファレンスケース]

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(%)					
	1980	1990	2000	2014	2030	2040	1990	2014	2040	1990/2000	2000/2014	2014/2030	2030/2040	2014/2040	
合計 ^{*1}	1,997	2,126	2,527	2,496	2,524	2,499	100	100	100	1.7	-0.1	0.1	-0.1	0.0	
石炭	397	485	565	451	320	239	23	18	9.5	1.6	-1.6	-2.1	-2.9	-2.4	
石油	885	833	958	880	834	801	39	35	32	1.4	-0.6	-0.3	-0.4	-0.4	
天然ガス	522	493	622	713	836	893	23	29	36	2.3	1.0	1.0	0.7	0.9	
原子力	80	179	227	245	234	234	8.4	9.8	9.4	2.4	0.5	-0.3	0.0	-0.2	
水力	46	49	53	55	60	62	2.3	2.2	2.5	0.7	0.4	0.5	0.3	0.5	
地熱	4.6	14	13	9.0	21	27	0.7	0.4	1.1	-0.7	-2.7	5.5	2.3	4.3	
太陽光・風力等	-	0.3	2.1	23	57	74	0.0	0.9	3.0	20.6	18.5	6.0	2.7	4.7	
バイオマス・廃棄物	62	73	87	121	161	169	3.4	4.8	6.8	1.8	2.3	1.8	0.5	1.3	

最終エネルギー消費

	(Mtoe)						構成比(%)			年平均変化率(%)					
	1980	1990	2000	2014	2030	2040	1990	2014	2040	1990/2000	2000/2014	2014/2030	2030/2040	2014/2040	
合計	1,466	1,455	1,738	1,738	1,782	1,783	100	100	100	1.8	0.0	0.2	0.0	0.1	
産業	437	331	388	317	325	327	23	18	18	1.6	-1.4	0.2	0.0	0.1	
運輸	470	531	640	685	655	620	36	39	35	1.9	0.5	-0.3	-0.6	-0.4	
民生・農業他	446	460	537	595	642	659	32	34	37	1.6	0.7	0.5	0.3	0.4	
非エネルギー消費	114	134	173	142	159	178	9.2	8.1	10.0	2.6	-1.4	0.7	1.1	0.9	
石炭	60	59	36	26	24	22	4.0	1.5	1.2	-4.8	-2.4	-0.3	-1.0	-0.6	
石油	769	752	874	835	782	753	52	48	42	1.5	-0.3	-0.4	-0.4	-0.4	
天然ガス	374	346	413	405	422	433	24	23	24	1.8	-0.1	0.3	0.3	0.3	
電力	200	262	342	368	421	442	18	21	25	2.7	0.5	0.9	0.5	0.7	
熱	1.0	2.8	6.1	6.5	6.9	6.7	0.2	0.4	0.4	8.1	0.5	0.3	-0.2	0.1	
水素	-	-	-	-	0.2	0.4	-	-	0.0	n.a.	n.a.	n.a.	5.9	n.a.	
再生可能	62	33	66	98	125	126	2.3	5.7	7.1	7.2	2.9	1.5	0.1	1.0	

発電量

	(TWh)						構成比(%)			年平均変化率(%)					
	1980	1990	2000	2014	2030	2040	1990	2014	2040	1990/2000	2000/2014	2014/2030	2030/2040	2014/2040	
合計	2,801	3,685	4,631	4,975	5,630	5,884	100	100	100	2.3	0.5	0.8	0.4	0.6	
石炭	1,303	1,782	2,247	1,777	1,311	983	48	36	17	2.3	-1.7	-1.9	-2.8	-2.3	
石油	277	147	133	48	35	25	4.0	1.0	0.4	-1.0	-7.1	-2.0	-3.3	-2.5	
天然ガス	380	391	668	1,223	1,865	2,199	11	25	37	5.5	4.4	2.7	1.7	2.3	
原子力	304	685	871	938	897	897	19	19	15	2.4	0.5	-0.3	0.0	-0.2	
水力	530	570	612	644	703	724	15	13	12	0.7	0.4	0.5	0.3	0.5	
地熱	5.4	16	15	19	45	56	0.4	0.4	1.0	-0.9	1.8	5.6	2.4	4.3	
太陽光・風力等	-	3.8	6.7	239	623	817	0.1	4.8	14	5.9	29.1	6.2	2.7	4.8	
バイオマス・廃棄物	1.8	90	80	87	152	184	2.5	1.8	3.1	-1.2	0.6	3.5	1.9	2.9	
水素	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	

エネルギー・経済指標他

							年平均変化率(%)					
	1980	1990	2000	2014	2030	2040	1990	2000	2014	2030	2040	2014/2040
GDP (2010年価格10億ドル)	7,305	10,073	14,050	18,052	25,535	31,014	3.4	1.8	2.2	2.0	2.1	
人口(100万人)	252	277	313	354	396	416	1.2	0.9	0.7	0.5	0.6	
エネルギー起源CO ₂ 排出 ^{*2} (100万t)	5,169	5,236	6,125	5,739	5,316	4,972	1.6	-0.5	-0.5	-0.7	-0.5	
一人あたりGDP (2010年価格1,000ドル/人)	29	36	45	51	64	75	2.1	0.9	1.5	1.5	1.5	
一人あたり一次エネルギー消費(toe/人)	7.9	7.7	8.1	7.0	6.4	6.0	0.5	-1.0	-0.6	-0.6	-0.6	
GDPあたり一次エネルギー消費 ^{*3}	273	211	180	138	99	81	-1.6	-1.9	-2.1	-2.0	-2.1	
GDPあたりCO ₂ 排出量 ^{*2,*4}	708	520	436	318	208	160	-1.7	-2.2	-2.6	-2.6	-2.6	
一次エネルギー消費あたりCO ₂ 排出 ^{*2} (t/toe)	2.6	2.5	2.4	2.3	2.1	2.0	-0.2	-0.4	-0.5	-0.6	-0.6	
自動車保有台数(100万台)	169	205	239	275	327	352	1.5	1.0	1.1	0.8	1.0	
自動車保有率(台/1,000人)	671	740	764	775	825	846	0.3	0.1	0.4	0.3	0.3	

*1 電力、熱、水素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 CCSIによる削減分を含まない

*3 toe/2010年価格100万ドル、*4 t/2010年価格100万ドル

付表35 米国[レファレンスケース]

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(%)					
	1980	1990	2000	2014	2030	2040	1990	2014	2040	1990/2000	2000/2014	2014/2030	2030/2040	2014/2040	
合計 ^{*1}	1,805	1,915	2,273	2,216	2,230	2,201	100	100	100	1.7	-0.2	0.0	-0.1	0.0	
石炭	376	460	534	432	309	231	24	19	10	1.5	-1.5	-2.1	-2.9	-2.4	
石油	797	757	871	782	726	692	40	35	31	1.4	-0.8	-0.5	-0.5	-0.5	
天然ガス	477	438	548	624	736	791	23	28	36	2.3	0.9	1.0	0.7	0.9	
原子力	69	159	208	216	212	212	8.3	9.8	9.6	2.7	0.3	-0.1	0.0	-0.1	
水力	24	23	22	22	24	24	1.2	1.0	1.1	-0.8	0.2	0.4	0.1	0.3	
地熱	4.6	14	13	9.0	21	27	0.7	0.4	1.2	-0.7	-2.7	5.5	2.3	4.3	
太陽光・風力等	-	0.3	2.1	20	52	68	0.0	0.9	3.1	20.5	17.8	6.0	2.7	4.7	
バイオマス・廃棄物	54	62	73	105	145	152	3.3	4.7	6.9	1.6	2.6	2.0	0.5	1.4	

最終エネルギー消費

	(Mtoe)						構成比(%)			年平均変化率(%)					
	1980	1990	2000	2014	2030	2040	1990	2014	2040	1990/2000	2000/2014	2014/2030	2030/2040	2014/2040	
合計	1,311	1,294	1,546	1,538	1,553	1,550	100	100	100	1.8	0.0	0.1	0.0	0.0	
産業	387	284	332	269	271	269	22	17	17	1.6	-1.5	0.0	-0.1	0.0	
運輸	425	488	588	623	588	556	38	41	36	1.9	0.4	-0.4	-0.6	-0.4	
民生・農業他	397	403	473	526	568	584	31	34	38	1.6	0.8	0.5	0.3	0.4	
非エネルギー消費	102	119	153	119	127	141	9.2	7.8	9.1	2.5	-1.8	0.4	1.0	0.6	
石炭	56	56	33	22	20	18	4.3	1.4	1.2	-5.2	-2.7	-0.5	-1.2	-0.8	
石油	689	683	793	744	677	646	53	48	42	1.5	-0.5	-0.6	-0.5	-0.5	
天然ガス	337	303	360	355	368	378	23	23	24	1.7	-0.1	0.2	0.3	0.2	
電力	174	226	301	326	371	389	18	21	25	2.9	0.6	0.8	0.5	0.7	
熱	-	2.2	5.3	5.6	5.9	5.7	0.2	0.4	0.4	9.4	0.4	0.3	-0.3	0.1	
水素	-	-	-	-	0.2	0.3	-	-	0.0	n.a.	n.a.	n.a.	5.6	n.a.	
再生可能	54	23	54	84	111	112	1.8	5.5	7.3	9.0	3.2	1.7	0.2	1.1	

発電量

	(TWh)						構成比(%)			年平均変化率(%)					
	1980	1990	2000	2014	2030	2040	1990	2014	2040	1990/2000	2000/2014	2014/2030	2030/2040	2014/2040	
合計	2,427	3,203	4,026	4,319	4,878	5,096	100	100	100	2.3	0.5	0.8	0.4	0.6	
石炭	1,243	1,700	2,129	1,713	1,284	969	53	40	19	2.3	-1.5	-1.8	-2.8	-2.2	
石油	263	131	118	40	27	18	4.1	0.9	0.3	-1.0	-7.5	-2.4	-4.1	-3.0	
天然ガス	370	382	634	1,161	1,724	2,042	12	27	40	5.2	4.4	2.5	1.7	2.2	
原子力	266	612	798	831	812	812	19	19	16	2.7	0.3	-0.1	0.0	-0.1	
水力	279	273	253	261	278	281	8.5	6.1	5.5	-0.8	0.2	0.4	0.1	0.3	
地熱	5.4	16	15	19	45	56	0.5	0.4	1.1	-0.9	1.8	5.6	2.4	4.3	
太陽光・風力等	-	3.7	6.4	213	565	745	0.1	4.9	15	5.5	28.5	6.3	2.8	4.9	
バイオマス・廃棄物	0.5	86	72	82	143	173	2.7	1.9	3.4	-1.8	0.9	3.5	1.9	2.9	
水素	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	

エネルギー・経済指標他

							年平均変化率(%)					
	1980	1990	2000	2014	2030	2040	1990	2000	2014	2030	2040	2014/2040
GDP(2010年価格10億ドル)	6,529	9,064	12,713	16,282	23,132	28,154	3.4	1.8	2.2	2.0	2.1	
人口(100万人)	227	250	282	319	356	374	1.2	0.9	0.7	0.5	0.6	
エネルギー起源CO ₂ 排出 ^{*2} (100万t)	4,743	4,820	5,617	5,221	4,805	4,476	1.5	-0.5	-0.5	-0.7	-0.6	
一人あたりGDP(2010年価格1,000ドル/人)	29	36	45	51	65	75	2.2	0.9	1.5	1.5	1.5	
一人あたり一次エネルギー消費(toe/人)	7.9	7.7	8.1	7.0	6.3	5.9	0.5	-1.0	-0.6	-0.6	-0.6	
GDPあたり一次エネルギー消費 ^{*3}	276	211	179	136	96	78	-1.7	-1.9	-2.1	-2.1	-2.1	
GDPあたりCO ₂ 排出量 ^{*2,*4}	726	532	442	321	208	159	-1.8	-2.3	-2.7	-2.6	-2.7	
一次エネルギー消費あたりCO ₂ 排出 ^{*2} (t/toe)	2.6	2.5	2.5	2.4	2.2	2.0	-0.2	-0.3	-0.6	-0.6	-0.6	
自動車保有台数(100万台)	156	189	221	252	300	323	1.6	0.9	1.1	0.7	1.0	
自動車保有率(台/1,000人)	686	756	785	790	843	863	0.4	0.0	0.4	0.2	0.3	

*1 電力、熱、水素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 CCSIによる削減分を含まない

*3 toe/2010年価格100万ドル、*4 t/2010年価格100万ドル

付表36 中南米[レファレンスケース]

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(%)					
	1980	1990	2000	2014	2030	2040	1990	2014	2040	1990/2000	2000/2014	2014/2030	2030/2040	2014/2040	
合計 ^{*1}	382	465	599	863	1,220	1,427	100	100	100	2.6	2.6	2.2	1.6	2.0	
石炭	13	21	27	45	71	87	4.5	5.2	6.1	2.6	3.7	2.9	2.0	2.5	
石油	223	238	302	397	478	518	51	46	36	2.4	2.0	1.2	0.8	1.0	
天然ガス	48	72	119	203	352	440	16	24	31	5.1	3.9	3.5	2.3	3.0	
原子力	0.6	3.2	5.3	8.0	16	21	0.7	0.9	1.5	5.1	3.0	4.3	2.8	3.7	
水力	19	33	50	64	76	85	7.2	7.4	5.9	4.2	1.7	1.2	1.0	1.1	
地熱	1.2	5.1	6.3	6.4	26	40	1.1	0.7	2.8	2.2	0.0	9.2	4.2	7.3	
太陽光・風力等	-	0.0	0.2	3.1	8.1	13	0.0	0.4	0.9	24.4	23.8	6.2	4.8	5.6	
バイオマス・廃棄物	78	92	89	136	192	224	20	16	16	-0.3	3.1	2.2	1.5	1.9	

最終エネルギー消費

	(Mtoe)						構成比(%)			年平均変化率(%)					
	1980	1990	2000	2014	2030	2040	1990	2014	2040	1990/2000	2000/2014	2014/2030	2030/2040	2014/2040	
合計	288	343	447	617	855	995	100	100	100	2.7	2.3	2.1	1.5	1.9	
産業	98	114	148	196	286	345	33	32	35	2.7	2.0	2.4	1.9	2.2	
運輸	85	103	141	223	309	349	30	36	35	3.2	3.3	2.1	1.2	1.7	
民生・農業他	89	101	120	159	210	245	29	26	25	1.8	2.0	1.8	1.6	1.7	
非エネルギー消費	16	26	38	40	51	56	7.5	6.5	5.7	4.0	0.4	1.5	1.0	1.3	
石炭	6.1	7.8	11	14	19	20	2.3	2.3	2.0	3.1	2.0	1.8	0.5	1.3	
石油	159	179	240	316	412	458	52	51	46	3.0	2.0	1.7	1.1	1.4	
天然ガス	27	38	53	77	119	143	11	12	14	3.6	2.6	2.8	1.9	2.4	
電力	27	44	69	110	177	225	13	18	23	4.4	3.4	3.0	2.4	2.8	
熱	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	
水素	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	
再生可能	69	74	74	99	129	149	22	16	15	0.0	2.1	1.6	1.5	1.6	

発電量

	(TWh)						構成比(%)			年平均変化率(%)					
	1980	1990	2000	2014	2030	2040	1990	2014	2040	1990/2000	2000/2014	2014/2030	2030/2040	2014/2040	
合計	380	623	1,009	1,592	2,484	3,116	100	100	100	4.9	3.3	2.8	2.3	2.6	
石炭	7.8	23	43	103	236	322	3.8	6.5	10	6.3	6.4	5.3	3.2	4.5	
石油	111	128	197	200	147	121	21	13	3.9	4.4	0.1	-1.9	-1.9	-1.9	
天然ガス	35	60	141	416	900	1,263	9.6	26	41	9.0	8.1	4.9	3.4	4.4	
原子力	2.3	12	20	31	61	80	2.0	1.9	2.6	5.1	3.0	4.3	2.8	3.7	
水力	218	386	584	740	888	985	62	46	32	4.2	1.7	1.2	1.0	1.1	
地熱	1.4	5.9	7.8	10	31	47	1.0	0.6	1.5	2.8	1.8	7.3	4.2	6.1	
太陽光・風力等	-	0.0	0.3	26	78	121	0.0	1.6	3.9	66.8	36.6	7.0	4.5	6.0	
バイオマス・廃棄物	3.9	7.6	14	66	143	178	1.2	4.1	5.7	6.3	11.7	5.0	2.2	3.9	
水素	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	

エネルギー・経済指標他

							年平均変化率(%)					
	1980	1990	2000	2014	2030	2040	1990	2000	2014	2030	2040	2014/2040
GDP (2010年価格10億ドル)	2,410	2,782	3,774	5,881	9,045	11,817	3.1	3.2	2.7	2.7	2.7	
人口(100万人)	361	442	522	622	719	761	1.7	1.3	0.9	0.6	0.8	
エネルギー起源CO ₂ 排出 ^{*2} (100万t)	801	909	1,204	1,760	2,432	2,810	2.9	2.8	2.0	1.5	1.8	
一人あたりGDP (2010年価格1,000ドル/人)	6.7	6.3	7.2	9.4	13	16	1.4	1.9	1.8	2.1	1.9	
一人あたり一次エネルギー消費(toe/人)	1.1	1.1	1.1	1.4	1.7	1.9	0.9	1.4	1.3	1.0	1.2	
GDPあたり一次エネルギー消費 ^{*3}	159	167	159	147	135	121	-0.5	-0.6	-0.5	-1.1	-0.7	
GDPあたりCO ₂ 排出量 ^{*2,*4}	332	327	319	299	269	238	-0.2	-0.5	-0.7	-1.2	-0.9	
一次エネルギー消費あたりCO ₂ 排出 ^{*2} (t/toe)	2.1	2.0	2.0	2.0	2.0	0.3	0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	
自動車保有台数(100万台)	28	38	55	120	182	218	3.6	5.8	2.6	1.8	2.3	
自動車保有率(台/1,000人)	79	87	105	193	254	286	1.9	4.5	1.7	1.2	1.5	

*1 電力、熱、水素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 CCSIによる削減分を含まない

*3 toe/2010年価格100万ドル、*4 t/2010年価格100万ドル

付表37 OECDヨーロッパ[レファレンスケース]

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(%)					
	1980	1990	2000	2014	2030	2040	1990	2014	2040	1990/2000/2014/2030/2040	2000/2014/2030/2040	2014/2030/2040	2014/2040		
合計 ^{*1}	1,494	1,619	1,748	1,674	1,763	1,744	100	100	100	0.8	-0.3	0.3	-0.1	-0.2	
石炭	464	449	330	292	288	265	28	17	15	-3.0	-0.9	-0.1	-0.8	-0.4	
石油	688	606	652	541	487	449	37	32	26	0.7	-1.3	-0.7	-0.8	-0.7	
天然ガス	206	260	393	374	445	452	16	22	26	4.2	-0.4	1.1	0.2	0.7	
原子力	60	205	245	228	210	216	13	14	12	1.8	-0.5	-0.5	0.3	-0.2	
水力	36	38	47	49	51	51	2.4	2.9	2.9	2.0	0.3	0.2	0.0	0.2	
地熱	3.0	4.9	7.2	14	20	24	0.3	0.8	1.4	3.9	4.9	2.3	1.6	2.0	
太陽光・風力等	0.1	0.3	2.7	35	56	66	0.0	2.1	3.8	25.1	20.1	3.0	1.6	2.5	
バイオマス・廃棄物	36	54	70	140	204	219	3.4	8.4	13	2.6	5.1	2.4	0.7	1.7	

最終エネルギー消費

	(Mtoe)						構成比(%)			年平均変化率(%)					
	1980	1990	2000	2014	2030	2040	1990	2014	2040	1990/2000/2014/2030/2040	2000/2014/2030/2040	2014/2030/2040	2014/2040		
合計	1,081	1,122	1,229	1,172	1,242	1,226	100	100	100	0.9	-0.3	0.4	-0.1	0.2	
産業	356	323	325	280	289	286	29	24	23	0.1	-1.1	0.2	-0.1	0.1	
運輸	209	266	316	325	304	281	24	28	23	1.8	0.2	-0.4	-0.8	-0.6	
民生・農業他	425	433	473	463	531	537	39	40	44	0.9	-0.1	0.9	0.1	0.6	
非エネルギー消費	90	100	115	104	118	121	8.9	8.9	9.9	1.4	-0.7	0.8	0.2	0.6	
石炭	156	124	63	47	46	42	11	4.0	3.4	-6.6	-2.1	-0.1	-1.0	-0.4	
石油	551	518	571	491	450	417	46	42	34	1.0	-1.1	-0.5	-0.8	-0.6	
天然ガス	161	201	268	247	286	291	18	21	24	2.9	-0.6	0.9	0.2	0.6	
電力	147	192	233	257	305	321	17	22	26	2.0	0.7	1.1	0.5	0.9	
熱	35	40	41	45	48	48	3.6	3.9	3.9	0.1	0.8	0.4	-0.1	0.2	
水素	-	-	-	-	0.1	0.1	-	-	0.0	n.a.	n.a.	n.a.	5.2	n.a.	
再生可能	31	47	54	85	106	107	4.2	7.2	8.7	1.4	3.3	1.4	0.1	0.9	

発電量

	(TWh)						構成比(%)			年平均変化率(%)					
	1980	1990	2000	2014	2030	2040	1990	2014	2040	1990/2000/2014/2030/2040	2000/2014/2030/2040	2014/2030/2040	2014/2040		
合計	2,049	2,662	3,223	3,500	4,121	4,325	100	100	100	1.9	0.6	1.0	0.5	0.8	
石炭	887	1,030	968	876	947	906	39	25	21	-0.6	-0.7	0.5	-0.4	0.1	
石油	364	206	179	52	24	16	7.7	1.5	0.4	-1.4	-8.4	-4.7	-4.1	-4.5	
天然ガス	138	168	512	566	775	816	6.3	16	19	11.8	0.7	2.0	0.5	1.4	
原子力	230	787	939	876	807	831	30	25	19	1.8	-0.5	-0.5	0.3	-0.2	
水力	416	446	546	568	591	593	17	16	14	2.0	0.3	0.2	0.0	0.2	
地熱	2.7	3.6	6.2	14	22	26	0.1	0.4	0.6	5.5	5.9	2.8	2.0	2.5	
太陽光・風力等	0.5	1.4	24	355	596	711	0.1	10	16	33.3	21.2	3.3	1.8	2.7	
バイオマス・廃棄物	11	21	48	192	358	426	0.8	5.5	9.8	8.9	10.3	4.0	1.7	3.1	
水素	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	

エネルギー・経済指標他

							年平均変化率(%)					
	1980	1990	2000	2014	2030	2040	1990	2000	2014	2030	2040	2014/2040
GDP(2010年価格10億ドル)	9,882	12,581	15,852	18,996	24,681	28,051	2.3	1.3	1.6	1.3	1.5	
人口(100万人)	476	499	521	560	579	584	0.4	0.5	0.2	0.1	0.2	
エネルギー起源CO ₂ 排出 ^{*2} (100万t)	4,164	3,951	3,891	3,385	3,328	3,129	-0.2	-1.0	-0.1	-0.6	-0.3	
一人あたりGDP(2010年価格1,000ドル/人)	21	25	30	34	43	48	1.9	0.8	1.4	1.2	1.3	
一人あたり一次エネルギー消費(toe/人)	3.1	3.2	3.4	3.0	3.0	3.0	0.3	-0.8	0.1	-0.2	0.0	
GDPあたり一次エネルギー消費 ^{*3}	151	129	110	88	71	62	-1.5	-1.6	-1.3	-1.4	-1.3	
GDPあたりCO ₂ 排出量 ^{*2,*4}	421	314	245	178	135	112	-2.4	-2.3	-1.7	-1.9	-1.8	
一次エネルギー消費あたりCO ₂ 排出 ^{*2} (t/toe)	2.8	2.4	2.2	2.0	1.9	1.8	-0.9	-0.7	-0.4	-0.5	-0.5	
自動車保有台数(100万台)	124	179	238	304	356	370	2.9	1.8	1.0	0.4	0.8	
自動車保有率(台/1,000人)	261	359	457	543	615	634	2.4	1.2	0.8	0.3	0.6	

*1 電力、熱、水素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 CCSIによる削減分を含まない

*3 toe/2010年価格100万ドル、*4 t/2010年価格100万ドル

付表38 非OECDヨーロッパ[レファレンスケース]

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(%)					
	1980	1990	2000	2014	2030	2040	1990	2014	2040	1990/2000	2000/2014	2014/2030	2030/2040	2014/2040	
合計 ^{*1}	1,241	1,537	1,004	1,124	1,212	1,257	100	100	100	-4.2	0.8	0.5	0.4	0.4	0.4
石炭	362	367	209	208	176	173	24	18	14	-5.5	-0.1	-1.0	-0.1	-0.7	
石油	464	468	203	245	253	255	30	22	20	-8.0	1.4	0.2	0.1	0.2	
天然ガス	355	603	489	541	565	583	39	48	46	-2.1	0.7	0.3	0.3	0.3	
原子力	21	59	64	78	147	157	3.9	7.0	12	0.7	1.5	4.0	0.6	2.7	
水力	20	23	24	26	28	29	1.5	2.3	2.3	0.3	0.7	0.4	0.3	0.4	
地熱	-	0.0	0.1	0.2	1.4	1.6	0.0	0.0	0.1	12.5	7.6	12.3	1.5	8.0	
太陽光・風力等	-	-	0.0	1.3	4.7	8.5	-	0.1	0.7	n.a.	28.8	8.2	6.0	7.3	
バイオマス・廃棄物	21	18	17	24	37	51	1.2	2.1	4.0	-0.7	2.6	2.8	3.2	3.0	

最終エネルギー消費

	(Mtoe)						構成比(%)			年平均変化率(%)					
	1980	1990	2000	2014	2030	2040	1990	2014	2040	1990/2000	2000/2014	2014/2030	2030/2040	2014/2040	
合計	869	1,073	654	713	797	836	100	100	100	-4.8	0.6	0.7	0.5	0.6	
産業	394	396	206	195	243	269	37	27	32	-6.3	-0.4	1.4	1.0	1.2	
運輸	107	173	111	144	167	172	16	20	21	-4.3	1.9	0.9	0.3	0.7	
民生・農業他	301	439	289	282	302	310	41	40	37	-4.1	-0.2	0.4	0.3	0.4	
非エネルギー消費	67	66	49	91	85	85	6.2	13	10	-2.9	4.5	-0.4	0.0	-0.2	
石炭	152	114	37	36	39	40	11	5.1	4.8	-10.7	-0.1	0.5	0.2	0.4	
石油	310	280	146	203	210	213	26	28	26	-6.3	2.4	0.2	0.2	0.2	
天然ガス	215	261	201	212	265	284	24	30	34	-2.6	0.4	1.4	0.7	1.1	
電力	95	126	87	107	134	153	12	15	18	-3.7	1.5	1.4	1.3	1.4	
熱	78	278	172	138	133	130	26	19	16	-4.7	-1.6	-0.2	-0.2	-0.2	
水素	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	
再生可能	21	14	12	17	16	16	1.3	2.3	2.0	-1.0	2.1	-0.1	0.1	0.0	

発電量

	(TWh)						構成比(%)			年平均変化率(%)					
	1980	1990	2000	2014	2030	2040	1990	2014	2040	1990/2000	2000/2014	2014/2030	2030/2040	2014/2040	
合計	1,461	1,894	1,432	1,749	2,173	2,457	100	100	100	-2.8	1.4	1.4	1.2	1.3	
石炭	471	429	338	392	379	411	23	22	17	-2.4	1.1	-0.2	0.8	0.2	
石油	357	256	70	20	19	18	14	1.2	0.7	-12.2	-8.5	-0.5	-0.5	-0.5	
天然ガス	295	715	504	712	806	945	38	41	38	-3.4	2.5	0.8	1.6	1.1	
原子力	79	226	242	299	561	599	12	17	24	0.7	1.5	4.0	0.6	2.7	
水力	232	267	275	305	324	334	14	17	14	0.3	0.7	0.4	0.3	0.4	
地熱	-	0.0	0.1	0.5	1.5	1.7	0.0	0.0	0.1	7.6	15.9	7.5	1.5	5.2	
太陽光・風力等	-	-	0.0	14	53	97	-	0.8	4.0	n.a.	65.8	8.6	6.2	7.6	
バイオマス・廃棄物	27	0.0	2.6	5.6	29	52	0.0	0.3	2.1	48.8	5.8	10.7	6.2	8.9	
水素	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	

エネルギー・経済指標他

							年平均変化率(%)					
	1980	1990	2000	2014	2030	2040	1990	2000	2014	2030	2040	2014/2040
GDP (2010年価格10億ドル)	1,750	2,141	1,494	2,704	3,863	5,043	-3.5	4.3	2.3	2.7	2.4	
人口(100万人)	319	344	341	342	341	333	-0.1	0.0	0.0	-0.2	-0.1	
エネルギー起源CO ₂ 排出 ^{*2} (100万t)	3,497	4,123	2,462	2,596	2,569	2,607	-5.0	0.4	-0.1	0.1	0.0	
一人あたりGDP (2010年価格1,000ドル/人)	5.5	6.2	4.4	7.9	11	15	-3.5	4.3	2.3	2.9	2.5	
一人あたり一次エネルギー消費(toe/人)	3.9	4.5	2.9	3.3	3.6	3.8	-4.1	0.8	0.5	0.6	0.5	
GDPあたり一次エネルギー消費 ^{*3}	709	718	672	416	314	249	-0.7	-3.4	-1.7	-2.3	-1.9	
GDPあたりCO ₂ 排出量 ^{*2,*4}	1,998	1,926	1,648	960	665	517	-1.5	-3.8	-2.3	-2.5	-2.4	
一次エネルギー消費あたりCO ₂ 排出 ^{*2} (t/toe)	2.8	2.7	2.5	2.3	2.1	2.1	-0.9	-0.4	-0.5	-0.2	-0.4	
自動車保有台数(100万台)	22	32	47	96	118	126	3.9	5.3	1.3	0.6	1.0	
自動車保有率(台/1,000人)	69	93	137	281	347	378	4.0	5.3	1.3	0.9	1.1	

*1 電力、熱、水素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 CCSIによる削減分を含まない

*3 toe/2010年価格100万ドル、*4 t/2010年価格100万ドル

付表39 欧州連合[レファレンスケース]

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(%)					
	1980	1990	2000	2014	2030	2040	1990	2014	2040	1990/2000/2014/2030/2040	2000/2014/2030/2040	2014/2030/2040	2014/2040		
合計 ^{*1}	n.a.	1,645	1,695	1,565	1,644	1,626	100	100	100	0.3	-0.6	0.3	-0.1	-0.1	0.1
石炭	n.a.	456	321	268	265	243	28	17	15	-3.4	-1.3	-0.1	-0.8	-0.4	
石油	n.a.	605	625	509	460	425	37	33	26	0.3	-1.5	-0.6	-0.8	-0.7	
天然ガス	n.a.	297	396	343	407	413	18	22	25	2.9	-1.0	1.1	0.2	0.7	
原子力	n.a.	207	246	228	209	215	13	15	13	1.7	-0.5	-0.5	0.3	-0.2	
水力	n.a.	25	31	32	33	33	1.5	2.1	2.0	2.1	0.4	0.2	0.0	0.1	
地熱	n.a.	3.2	4.6	6.2	8.0	8.9	0.2	0.4	0.6	3.7	2.2	1.6	1.1	1.4	
太陽光・風力等	n.a.	0.3	2.4	34	56	68	0.0	2.2	4.2	25.3	20.8	3.2	1.9	2.7	
バイオマス・廃棄物	n.a.	47	67	142	203	219	2.9	9.1	13	3.5	5.5	2.3	0.8	1.7	

最終エネルギー消費

	(Mtoe)						構成比(%)			年平均変化率(%)					
	1980	1990	2000	2014	2030	2040	1990	2014	2040	1990/2000/2014/2030/2040	2000/2014/2030/2040	2014/2030/2040	2014/2040		
合計	n.a.	1,130	1,180	1,095	1,161	1,148	100	100	100	0.4	-0.5	0.4	-0.1	0.2	
産業	n.a.	343	310	255	267	266	30	23	23	-1.0	-1.4	0.3	0.0	0.2	
運輸	n.a.	259	304	307	288	267	23	28	23	1.6	0.1	-0.4	-0.8	-0.5	
民生・農業他	n.a.	429	454	433	494	501	38	40	44	0.6	-0.3	0.8	0.1	0.6	
非エネルギー消費	n.a.	99	113	100	111	114	8.7	9.1	9.9	1.4	-0.9	0.7	0.2	0.5	
石炭	n.a.	122	53	37	36	33	11	3.4	2.9	-8.1	-2.5	-0.1	-1.0	-0.4	
石油	n.a.	503	543	460	424	392	44	42	34	0.8	-1.2	-0.5	-0.8	-0.6	
天然ガス	n.a.	226	272	235	272	277	20	21	24	1.9	-1.0	0.9	0.2	0.6	
電力	n.a.	186	217	233	276	292	16	21	25	1.6	0.5	1.1	0.5	0.9	
熱	n.a.	54	45	46	49	49	4.8	4.2	4.3	-1.8	0.0	0.5	-0.1	0.3	
水素	n.a.	-	-	-	0.1	0.1	-	-	0.0	n.a.	n.a.	n.a.	5.2	n.a.	
再生可能	n.a.	40	50	85	104	105	3.5	7.7	9.1	2.3	3.8	1.3	0.1	0.8	

発電量

	(TWh)						構成比(%)			年平均変化率(%)					
	1980	1990	2000	2014	2030	2040	1990	2014	2040	1990/2000/2014/2030/2040	2000/2014/2030/2040	2014/2030/2040	2014/2040		
合計	n.a.	2,577	3,006	3,159	3,729	3,953	100	100	100	1.6	0.4	1.0	0.6	0.9	
石炭	n.a.	1,050	968	841	911	870	41	27	22	-0.8	-1.0	0.5	-0.5	0.1	
石油	n.a.	224	181	57	30	22	8.7	1.8	0.5	-2.1	-7.9	-4.0	-3.2	-3.7	
天然ガス	n.a.	193	480	457	618	661	7.5	14	17	9.5	-0.3	1.9	0.7	1.4	
原子力	n.a.	795	945	876	804	825	31	28	21	1.7	-0.5	-0.5	0.3	-0.2	
水力	n.a.	290	357	375	385	385	11	12	9.7	2.1	0.4	0.2	0.0	0.1	
地熱	n.a.	3.2	4.8	6.2	8.1	9.1	0.1	0.2	0.2	4.0	1.9	1.7	1.1	1.5	
太陽光・風力等	n.a.	1.3	24	355	616	752	0.1	11	19	33.9	21.2	3.5	2.0	2.9	
バイオマス・廃棄物	n.a.	20	46	189	357	430	0.8	6.0	11	8.9	10.6	4.0	1.9	3.2	
水素	n.a.	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	

エネルギー・経済指標他

							年平均変化率(%)					
	1980	1990	2000	2014	2030	2040	1990	2000	2014	2030	2040	2014/2040
GDP(2010年価格10億ドル)	n.a.	11,801	14,729	17,396	22,607	25,741	2.2	1.2	1.7	1.3	1.5	
人口(100万人)	n.a.	478	488	508	521	522	0.2	0.3	0.2	0.0	0.1	
エネルギー起源CO ₂ 排出 ^{*2} (100万t)	n.a.	4,067	3,783	3,134	3,085	2,898	-0.7	-1.3	-0.1	-0.6	-0.3	
一人あたりGDP(2010年価格1,000ドル/人)	n.a.	25	30	34	43	49	2.0	0.9	1.5	1.3	1.4	
一人あたり一次エネルギー消費(toe/人)	n.a.	3.4	3.5	3.1	3.2	3.1	0.1	-0.9	0.2	-0.1	0.0	
GDPあたり一次エネルギー消費 ^{*3}	n.a.	139	115	90	73	63	-1.9	-1.7	-1.3	-1.4	-1.4	
GDPあたりCO ₂ 排出量 ^{*2,*4}	n.a.	345	257	180	136	113	-2.9	-2.5	-1.7	-1.9	-1.8	
一次エネルギー消費あたりCO ₂ 排出 ^{*2} (t/toe)	n.a.	2.5	2.2	2.0	1.9	1.8	-1.0	-0.8	-0.4	-0.5	-0.4	
自動車保有台数(100万台)	n.a.	177	235	298	346	359	2.9	1.7	0.9	0.4	0.7	
自動車保有率(台/1,000人)	n.a.	371	482	587	665	687	2.7	1.4	0.8	0.3	0.6	

*1 電力、熱、水素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 CCSIによる削減分を含まない

*3 toe/2010年価格100万ドル、*4 t/2010年価格100万ドル

付表40 アフリカ[レファレンスケース]

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(%)					
	1980	1990	2000	2014	2030	2040	1990	2014	2040	1990/2000	2000/2014	2014/2030	2030/2040	2014/2040
合計 ^{*1}	273	393	496	772	1,118	1,357	100	100	100	2.3	3.2	2.3	2.0	2.2
石炭	52	74	90	112	135	146	19	15	11	2.0	1.6	1.2	0.8	1.0
石油	61	86	97	165	243	285	22	21	21	1.2	3.8	2.5	1.6	2.1
天然ガス	12	30	47	108	184	250	7.5	14	18	4.8	6.1	3.4	3.1	3.3
原子力	-	2.2	3.4	3.6	10	23	0.6	0.5	1.7	4.4	0.4	6.6	8.7	7.4
水力	4.1	4.8	6.4	11	16	20	1.2	1.4	1.5	2.9	3.6	2.7	2.0	2.4
地熱	-	0.3	0.4	3.5	6.4	7.2	0.1	0.5	0.5	2.9	17.4	3.9	1.1	2.8
太陽光・風力等	-	0.0	0.0	0.7	2.3	4.8	0.0	0.1	0.4	45.1	29.0	7.3	7.7	7.5
バイオマス・廃棄物	143	196	250	368	520	619	50	48	46	2.5	2.8	2.2	1.8	2.0

最終エネルギー消費

	(Mtoe)						構成比(%)		年平均変化率(%)					
	1980	1990	2000	2014	2030	2040	1990	2014	2040	1990/2000	2000/2014	2014/2030	2030/2040	2014/2040
合計	218	292	369	559	838	1,024	100	100	100	2.4	3.0	2.6	2.0	2.4
産業	46	55	58	86	140	183	19	15	18	0.5	2.9	3.1	2.7	3.0
運輸	27	38	54	96	143	161	13	17	16	3.7	4.2	2.5	1.2	2.0
民生・農業他	139	188	242	357	523	638	64	64	62	2.6	2.8	2.4	2.0	2.3
非エネルギー消費	5.4	11	15	20	32	41	3.8	3.5	4.0	3.2	1.9	3.0	2.5	2.8
石炭	22	20	19	21	31	38	6.7	3.8	3.7	-0.5	0.9	2.4	2.0	2.2
石油	54	71	89	145	222	263	24	26	26	2.4	3.5	2.7	1.7	2.3
天然ガス	2.8	8.6	14	34	54	72	2.9	6.1	7.1	5.0	6.5	3.0	2.9	2.9
電力	14	22	31	52	88	119	7.6	9.3	12	3.4	3.8	3.3	3.1	3.2
熱	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
水素	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
再生可能	126	171	216	306	443	532	59	55	52	2.4	2.5	2.3	1.9	2.2

発電量

	(TWh)						構成比(%)		年平均変化率(%)					
	1980	1990	2000	2014	2030	2040	1990	2014	2040	1990/2000	2000/2014	2014/2030	2030/2040	2014/2040
合計	184	316	442	762	1,272	1,712	100	100	100	3.4	4.0	3.3	3.0	3.2
石炭	100	165	209	258	358	411	52	34	24	2.4	1.5	2.1	1.4	1.8
石油	22	41	51	72	86	94	13	9.4	5.5	2.4	2.4	1.1	0.9	1.0
天然ガス	14	45	92	282	564	821	14	37	48	7.3	8.4	4.4	3.8	4.2
原子力	-	8.4	13	14	38	89	2.7	1.8	5.2	4.4	0.4	6.6	8.7	7.4
水力	47	56	75	123	189	230	18	16	13	2.9	3.6	2.7	2.0	2.4
地熱	-	0.3	0.4	4.1	7.5	8.4	0.1	0.5	0.5	2.9	17.4	3.9	1.1	2.8
太陽光・風力等	-	-	0.2	6.8	25	54	-	0.9	3.1	n.a.	27.2	8.4	8.0	8.3
バイオマス・廃棄物	0.2	0.5	1.1	1.8	3.7	4.9	0.1	0.2	0.3	8.9	3.9	4.5	2.8	3.8
水素	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

エネルギー・経済指標他

							年平均変化率(%)					
	1980	1990	2000	2014	2030	2040	1990	2000	2014	2030	2040	2014/2040
GDP (2010年価格10億ドル)	715	877	1,145	2,205	4,476	6,882	2.7	4.8	4.5	4.4	4.5	
人口(100万人)	476	629	812	1,155	1,678	2,063	2.6	2.5	2.4	2.1	2.3	
エネルギー起源CO ₂ 排出 ^{*2} (100万t)	403	593	718	1,148	1,626	1,929	1.9	3.4	2.2	1.7	2.0	
一人あたりGDP (2010年価格1,000ドル/人)	1.5	1.4	1.4	1.9	2.7	3.3	0.1	2.2	2.1	2.3	2.2	
一人あたり一次エネルギー消費(toe/人)	0.6	0.6	0.6	0.7	0.7	0.7	-0.2	0.7	0.0	-0.1	-0.1	
GDPあたり一次エネルギー消費 ^{*3}	382	448	433	350	250	197	-0.3	-1.5	-2.1	-2.3	-2.2	
GDPあたりCO ₂ 排出量 ^{*2,*4}	564	676	627	521	363	280	-0.8	-1.3	-2.2	-2.6	-2.4	
一次エネルギー消費あたりCO ₂ 排出 ^{*2} (t/toe)	1.5	1.5	1.4	1.5	1.5	1.4	-0.4	0.2	-0.1	-0.2	-0.2	
自動車保有台数(100万台)	9.8	14	20	37	70	95	3.1	4.6	4.1	3.1	3.7	
自動車保有率(台/1,000人)	21	23	24	32	42	46	0.5	2.0	1.7	1.0	1.4	

*1 電力、熱、水素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 CCSIによる削減分を含まない

*3 toe/2010年価格100万ドル、*4 t/2010年価格100万ドル

付表41 中東[レファレンスケース]

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(%)					
	1980	1990	2000	2014	2030	2040	1990	2014	2040	1990/2000	2000/2014	2014/2030	2030/2040	2014/2040
合計 ^{*1}	121	223	372	744	1,077	1,262	100	100	100	5.3	5.1	2.3	1.6	2.1
石炭	1.2	3.0	8.1	9.5	17	22	1.3	1.3	1.8	10.4	1.2	3.6	2.9	3.3
石油	90	146	217	353	473	533	66	47	42	4.0	3.5	1.9	1.2	1.6
天然ガス	29	72	145	376	556	668	32	51	53	7.3	7.0	2.5	1.9	2.2
原子力	-	-	-	1.2	25	30	-	0.2	2.4	n.a.	n.a.	21.1	1.9	13.3
水力	0.8	1.0	0.7	1.7	1.7	1.7	0.5	0.2	0.1	-3.9	6.8	0.0	0.0	0.0
地熱	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
太陽光・風力等	-	0.4	0.7	1.4	3.5	5.4	0.2	0.2	0.4	4.8	5.7	5.7	4.4	5.2
バイオマス・廃棄物	0.3	0.4	0.4	0.9	1.1	1.2	0.2	0.1	0.1	-0.4	5.4	1.3	0.9	1.1

最終エネルギー消費

	(Mtoe)						構成比(%)		年平均変化率(%)					
	1980	1990	2000	2014	2030	2040	1990	2014	2040	1990/2000	2000/2014	2014/2030	2030/2040	2014/2040
合計	84	157	253	491	724	868	100	100	100	4.9	4.9	2.5	1.8	2.2
産業	30	47	71	156	250	314	30	32	36	4.2	5.8	3.0	2.3	2.7
運輸	26	51	75	142	190	220	32	29	25	4.0	4.7	1.8	1.5	1.7
民生・農業他	22	40	75	125	190	229	25	25	26	6.5	3.7	2.7	1.9	2.4
非エネルギー消費	5.6	20	32	68	94	106	12	14	12	5.2	5.4	2.0	1.2	1.7
石炭	0.3	0.2	0.5	2.5	4.3	5.3	0.1	0.5	0.6	9.9	12.5	3.4	2.2	2.9
石油	67	108	153	239	322	374	69	49	43	3.6	3.2	1.9	1.5	1.7
天然ガス	9.8	31	65	173	267	318	20	35	37	7.6	7.2	2.7	1.8	2.4
電力	6.5	17	33	74	127	166	11	15	19	6.7	6.1	3.4	2.7	3.1
熱	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
水素	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
再生可能	0.2	0.7	1.0	2.1	3.3	4.3	0.5	0.4	0.5	3.1	5.2	2.9	2.8	2.9

発電量

	(TWh)						構成比(%)		年平均変化率(%)					
	1980	1990	2000	2014	2030	2040	1990	2014	2040	1990/2000	2000/2014	2014/2030	2030/2040	2014/2040
合計	95	244	472	1,051	1,771	2,280	100	100	100	6.8	5.9	3.3	2.6	3.0
石炭	0.1	11	30	31	58	81	4.3	2.9	3.5	11.0	0.2	4.1	3.3	3.8
石油	47	108	188	351	505	578	44	33	25	5.7	4.6	2.3	1.4	1.9
天然ガス	39	114	246	642	1,077	1,461	47	61	64	8.0	7.1	3.3	3.1	3.2
原子力	-	-	-	4.5	95	115	-	0.4	5.0	n.a.	n.a.	21.1	1.9	13.3
水力	9.7	12	8.0	20	20	20	4.9	1.9	0.9	-3.9	6.8	0.0	0.0	0.0
地熱	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
太陽光・風力等	-	0.0	0.0	1.5	14	25	0.0	0.1	1.1	44.6	29.6	14.8	6.0	11.3
バイオマス・廃棄物	-	-	-	0.1	0.3	0.4	-	0.0	0.0	n.a.	n.a.	6.0	2.6	4.6
水素	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

エネルギー・経済指標他

							年平均変化率(%)					
	1980	1990	2000	2014	2030	2040	1990	2000	2014	2030	2040	2014/2040
GDP (2010年価格10億ドル)	875	971	1,461	2,556	4,126	5,331	4.2	4.1	3.0	2.6	2.9	
人口(100万人)	92	132	168	232	302	340	2.5	2.3	1.7	1.2	1.5	
エネルギー起源CO ₂ 排出 ^{*2} (100万t)	332	572	945	1,810	2,560	2,991	5.1	4.7	2.2	1.6	2.0	
一人あたりGDP (2010年価格1,000ドル/人)	9.5	7.4	8.7	11	14	16	1.7	1.7	1.4	1.4	1.4	
一人あたり一次エネルギー消費(toe/人)	1.3	1.7	2.2	3.2	3.6	3.7	2.7	2.7	0.7	0.4	0.6	
GDPあたり一次エネルギー消費 ^{*3}	139	229	254	291	261	237	1.1	1.0	-0.7	-1.0	-0.8	
GDPあたりCO ₂ 排出量 ^{*2,*4}	380	589	647	708	621	561	0.9	0.6	-0.8	-1.0	-0.9	
一次エネルギー消費あたりCO ₂ 排出 ^{*2} (t/toe)	2.7	2.6	2.5	2.4	2.4	2.4	-0.1	-0.3	-0.1	0.0	-0.1	
自動車保有台数(100万台)	5.8	10	14	40	65	83	3.2	7.7	3.1	2.4	2.9	
自動車保有率(台/1,000人)	63	78	84	171	215	243	0.8	5.2	1.5	1.2	1.4	

*1 電力、熱、水素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 CCSIによる削減分を含まない

*3 toe/2010年価格100万ドル、*4 t/2010年価格100万ドル

付表42 オセアニア[レファレンスケース]

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(%)					
	1980	1990	2000	2014	2030	2040	1990	2014	2040	1990/2000	2000/2014	2014/2030	2030/2040	2014/2040	
合計 ^{*1}	79	99	125	146	163	168	100	100	100	2.4	1.1	0.7	0.3	0.3	0.5
石炭	28	36	49	43	45	43	37	29	25	3.1	-1.0	0.3	-0.5	0.0	0.0
石油	34	35	40	50	58	60	35	34	36	1.4	1.7	0.9	0.4	0.7	0.7
天然ガス	8.3	19	24	36	37	38	19	25	22	2.7	2.9	0.2	0.1	0.2	0.2
原子力	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
水力	2.7	3.2	3.5	3.7	4.0	4.4	3.2	2.5	2.6	0.9	0.3	0.6	1.0	0.7	0.7
地熱	1.0	1.5	1.9	4.8	7.5	7.9	1.5	3.3	4.7	2.8	6.6	2.9	0.5	2.0	2.0
太陽光・風力等	0.0	0.1	0.1	1.8	5.3	7.9	0.1	1.3	4.7	1.4	19.9	6.8	4.2	5.8	5.8
バイオマス・廃棄物	4.1	4.7	6.1	6.2	7.0	7.5	4.8	4.3	4.5	2.7	0.1	0.7	0.7	0.7	0.7

最終エネルギー消費

	(Mtoe)						構成比(%)			年平均変化率(%)					
	1980	1990	2000	2014	2030	2040	1990	2014	2040	1990/2000	2000/2014	2014/2030	2030/2040	2014/2040	
合計	54	66	83	95	110	116	100	100	100	2.2	1.0	0.9	0.6	0.6	0.8
産業	20	23	28	29	30	31	35	30	27	2.0	0.2	0.2	0.4	0.3	0.3
運輸	19	24	30	36	42	44	36	38	38	2.1	1.5	0.9	0.5	0.7	0.7
民生・農業他	11	15	19	23	30	33	22	24	28	2.3	1.6	1.5	1.0	1.3	1.3
非エネルギー消費	3.1	4.6	6.1	6.6	8.2	8.5	6.9	6.9	7.3	2.9	0.6	1.3	0.4	1.0	1.0
石炭	5.3	5.2	4.7	3.1	3.6	3.8	7.9	3.2	3.2	-1.0	-3.0	1.0	0.4	0.8	0.8
石油	31	33	40	49	56	58	50	51	50	1.9	1.4	0.8	0.5	0.7	0.7
天然ガス	5.4	10	14	16	17	17	16	17	15	3.3	1.0	0.0	0.3	0.1	0.1
電力	8.5	14	18	21	27	31	20	22	26	2.8	1.3	1.6	1.1	1.4	1.4
熱	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
水素	-	-	-	-	0.0	0.0	-	-	0.0	n.a.	n.a.	n.a.	7.1	n.a.	n.a.
再生可能	4.0	4.1	5.6	5.9	6.3	6.5	6.2	6.2	5.6	3.1	0.5	0.4	0.3	0.4	0.4

発電量

	(TWh)						構成比(%)			年平均変化率(%)					
	1980	1990	2000	2014	2030	2040	1990	2014	2040	1990/2000	2000/2014	2014/2030	2030/2040	2014/2040	
合計	118	187	249	292	374	416	100	100	100	2.9	1.1	1.6	1.1	1.4	1.4
石炭	70	122	176	154	174	173	65	53	42	3.7	-0.9	0.8	0.0	0.5	0.5
石油	5.2	3.6	1.8	5.0	3.7	2.2	1.9	1.7	0.5	-6.7	7.7	-1.9	-5.0	-3.1	-3.1
天然ガス	8.7	20	26	61	75	82	11	21	20	2.6	6.4	1.3	0.8	1.1	1.1
原子力	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
水力	32	37	41	43	47	52	20	15	12	0.9	0.3	0.6	1.0	0.7	0.7
地熱	1.2	2.1	2.9	7.3	12	12	1.1	2.5	3.0	3.2	6.7	3.0	0.5	2.0	2.0
太陽光・風力等	-	0.1	0.3	17	57	88	0.0	6.0	21	15.5	34.2	7.7	4.4	6.4	6.4
バイオマス・廃棄物	0.7	1.3	1.7	4.1	6.2	7.6	0.7	1.4	1.8	3.2	6.5	2.5	2.1	2.4	2.4
水素	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

エネルギー・経済指標他

							年平均変化率(%)					
	1980	1990	2000	2014	2030	2040	1990	2000	2014	2030	2040	2014/2040
GDP (2010年価格10億ドル)	525	720	994	1,485	2,170	2,588	3.3	2.9	2.4	1.8	2.2	
人口(100万人)	18	20	23	28	34	36	1.2	1.4	1.1	0.8	1.0	
エネルギー起源CO ₂ 排出 ^{*2} (100万t)	227	281	357	390	418	417	2.4	0.6	0.4	0.0	0.3	
一人あたりGDP (2010年価格1,000ドル/人)	30	35	43	53	65	71	2.0	1.5	1.2	0.9	1.1	
一人あたり一次エネルギー消費(toe/人)	4.4	4.9	5.4	5.2	4.9	4.6	1.1	-0.3	-0.4	-0.5	-0.5	
GDPあたり一次エネルギー消費 ^{*3}	150	138	126	98	75	65	-0.9	-1.8	-1.6	-1.5	-1.6	
GDPあたりCO ₂ 排出量 ^{*2,*4}	432	390	359	263	193	161	-0.8	-2.2	-1.9	-1.8	-1.9	
一次エネルギー消費あたりCO ₂ 排出 ^{*2} (t/toe)	2.9	2.8	2.9	2.7	2.6	2.5	0.1	-0.5	-0.3	-0.3	-0.3	
自動車保有台数(100万台)	8.8	12	15	20	25	27	2.6	2.2	1.3	0.9	1.2	
自動車保有率(台/1,000人)	495	567	648	725	750	754	1.3	0.8	0.2	0.1	0.1	

*1 電力、熱、水素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 CCSIによる削減分を含まない

*3 toe/2010年価格100万ドル、*4 t/2010年価格100万ドル

付表43 OECD [レファレンスケース]

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(%)					
	1980	1990	2000	2014	2030	2040	1990	2014	2040	1990/2000	2000/2014	2014/2030	2030/2040	2014/2040	
合計 ^{*1}	4,060	4,514	5,282	5,251	5,550	5,531	100	100	100	1.6	0.0	0.3	0.0	0.2	
石炭	966	1,079	1,094	1,006	889	783	24	19	14	0.1	-0.6	-0.8	-1.3	-1.0	
石油	1,938	1,861	2,103	1,872	1,778	1,697	41	36	31	1.2	-0.8	-0.3	-0.5	-0.4	
天然ガス	778	843	1,163	1,338	1,574	1,657	19	25	30	3.3	1.0	1.0	0.5	0.8	
原子力	162	451	586	516	564	563	10	9.8	10	2.7	-0.9	0.5	0.0	0.3	
水力	94	101	115	120	129	131	2.2	2.3	2.4	1.3	0.3	0.4	0.2	0.3	
地熱	10	27	30	33	73	95	0.6	0.6	1.7	1.4	0.7	5.0	2.6	4.1	
太陽光・風力等	0.1	2.1	5.9	63	130	165	0.0	1.2	3.0	10.7	18.4	4.6	2.4	3.7	
バイオマス・廃棄物	111	149	183	300	412	438	3.3	5.7	7.9	2.1	3.6	2.0	0.6	1.5	

最終エネルギー消費

	(Mtoe)						構成比(%)			年平均変化率(%)					
	1980	1990	2000	2014	2030	2040	1990	2014	2040	1990/2000	2000/2014	2014/2030	2030/2040	2014/2040	
合計	2,937	3,090	3,621	3,614	3,827	3,827	100	100	100	1.6	0.0	0.4	0.0	0.2	
産業	940	835	913	806	868	877	27	22	23	0.9	-0.9	0.5	0.1	0.3	
運輸	781	934	1,139	1,210	1,183	1,127	30	33	29	2.0	0.4	-0.1	-0.5	-0.3	
民生・農業他	972	1,032	1,198	1,258	1,396	1,424	33	35	37	1.5	0.3	0.7	0.2	0.5	
非エネルギー消費	243	289	370	341	380	400	9.4	9.4	10	2.5	-0.6	0.7	0.5	0.6	
石炭	259	232	139	113	113	101	7.5	3.1	2.6	-5.0	-1.5	0.0	-1.0	-0.4	
石油	1,570	1,574	1,830	1,703	1,633	1,564	51	47	41	1.5	-0.5	-0.3	-0.4	-0.3	
天然ガス	559	589	744	736	807	826	19	20	22	2.4	-0.1	0.6	0.2	0.4	
電力	408	552	715	797	951	1,008	18	22	26	2.6	0.8	1.1	0.6	0.9	
熱	36	43	50	57	64	65	1.4	1.6	1.7	1.6	0.8	0.8	0.1	0.5	
水素	-	-	-	-	0.3	0.5	-	-	0.0	n.a.	n.a.	n.a.	5.8	n.a.	
再生可能	105	100	143	208	259	262	3.2	5.8	6.9	3.7	2.7	1.4	0.1	0.9	

発電量

	(TWh)						構成比(%)			年平均変化率(%)					
	1980	1990	2000	2014	2030	2040	1990	2014	2040	1990/2000	2000/2014	2014/2030	2030/2040	2014/2040	
合計	5,656	7,645	9,726	10,724	12,650	13,367	100	100	100	2.4	0.7	1.0	0.6	0.9	
石炭	2,319	3,083	3,763	3,448	3,172	2,864	40	32	21	2.0	-0.6	-0.5	-1.0	-0.7	
石油	980	723	623	277	145	114	9.5	2.6	0.9	-1.5	-5.6	-4.0	-2.4	-3.4	
天然ガス	618	774	1,543	2,586	3,594	4,093	10	24	31	7.1	3.8	2.1	1.3	1.8	
原子力	621	1,729	2,249	1,981	2,162	2,161	23	18	16	2.7	-0.9	0.5	0.0	0.3	
水力	1,093	1,179	1,339	1,401	1,495	1,527	15	13	11	1.3	0.3	0.4	0.2	0.3	
地熱	11	29	33	48	106	137	0.4	0.5	1.0	1.4	2.8	5.0	2.6	4.1	
太陽光・風力等	0.5	5.2	31	655	1,396	1,780	0.1	6.1	13	19.8	24.2	4.8	2.5	3.9	
バイオマス・廃棄物	13	123	143	328	578	689	1.6	3.1	5.2	1.5	6.1	3.6	1.8	2.9	
水素	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	

エネルギー・経済指標他

							年平均変化率(%)					
	1980	1990	2000	2014	2030	2040	1990	2000	2014	2030	2040	2014/2040
GDP(2010年価格10億ドル)	21,329	29,003	37,727	46,852	63,227	74,479	2.7	1.6	1.9	1.7	1.8	
人口(100万人)	981	1,062	1,149	1,263	1,350	1,382	0.8	0.7	0.4	0.2	0.3	
エネルギー起源CO ₂ 排出 ^{*2} (100万t)	10,863	11,100	12,412	11,846	11,530	11,002	1.1	-0.3	-0.2	-0.5	-0.3	
一人あたりGDP(2010年価格1,000ドル/人)	22	27	33	37	47	54	1.9	0.9	1.5	1.4	1.4	
一人あたり一次エネルギー消費(toe/人)	4.1	4.3	4.6	4.2	4.1	4.0	0.8	-0.7	-0.1	-0.3	-0.1	
GDPあたり一次エネルギー消費 ^{*3}	190	156	140	112	88	74	-1.1	-1.6	-1.5	-1.7	-1.6	
GDPあたりCO ₂ 排出量 ^{*2,*4}	509	383	329	253	182	148	-1.5	-1.9	-2.0	-2.1	-2.0	
一次エネルギー消費あたりCO ₂ 排出 ^{*2} (t/toe)	2.7	2.5	2.4	2.3	2.1	2.0	-0.5	-0.3	-0.5	-0.4	-0.5	
自動車保有台数(100万台)	347	468	593	736	873	927	2.4	1.6	1.1	0.6	0.9	
自動車保有率(台/1,000人)	353	441	517	583	647	671	1.6	0.9	0.7	0.4	0.5	

*1 電力、熱、水素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 CCSIによる削減分を含まない

*3 toe/2010年価格100万ドル、*4 t/2010年価格100万ドル

付表44 非OECD [レファレンスケース]

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(%)					
	1980	1990	2000	2014	2030	2040	1990	2014	2040	1990/2000/2014/2030/2040	2000/2014/2030/2040	2014/2030/2040	2014/2040		
合計 ^{*1}	2,967	4,056	4,482	8,085	11,035	12,818	100	100	100	1.0	4.3	2.0	1.5	1.8	
石炭	817	1,142	1,222	2,913	3,431	3,743	28	36	29	0.7	6.4	1.0	0.9	1.0	
石油	986	1,169	1,283	2,050	2,832	3,290	29	25	26	0.9	3.4	2.0	1.5	1.8	
天然ガス	454	820	909	1,563	2,419	3,004	20	19	23	1.0	4.0	2.8	2.2	2.5	
原子力	24	74	89	145	427	573	1.8	1.8	4.5	1.9	3.5	7.0	3.0	5.4	
水力	54	83	110	214	285	316	2.0	2.7	2.5	2.9	4.9	1.8	1.0	1.5	
地熱	2.2	7.6	22	38	108	134	0.2	0.5	1.0	11.0	4.0	6.8	2.2	5.0	
太陽光・風力等	-	0.5	2.1	46	118	184	0.0	0.6	1.4	15.9	24.8	6.0	4.6	5.4	
バイオマス・廃棄物	631	760	844	1,113	1,411	1,570	19	14	12	1.1	2.0	1.5	1.1	1.3	

最終エネルギー消費

	(Mtoe)						構成比(%)			年平均変化率(%)					
	1980	1990	2000	2014	2030	2040	1990	2014	2040	1990/2000/2014/2030/2040	2000/2014/2030/2040	2014/2030/2040	2014/2040		
合計	2,252	2,970	3,147	5,447	7,413	8,645	100	100	100	0.6	4.0	1.9	1.5	1.8	
産業	825	970	954	1,945	2,507	2,904	33	36	34	-0.2	5.2	1.6	1.5	1.6	
運輸	289	436	549	1,054	1,589	1,890	15	19	22	2.3	4.8	2.6	1.8	2.3	
民生・農業他	1,027	1,376	1,397	1,961	2,681	3,119	46	36	36	0.2	2.5	2.0	1.5	1.8	
非エネルギー消費	111	187	247	486	637	732	6.3	8.9	8.5	2.8	5.0	1.7	1.4	1.6	
石炭	444	521	409	963	986	1,001	18	18	12	-2.4	6.3	0.1	0.2	0.2	
石油	697	819	1,012	1,695	2,436	2,882	28	31	33	2.1	3.8	2.3	1.7	2.1	
天然ガス	256	355	373	684	1,086	1,347	12	13	16	0.5	4.4	2.9	2.2	2.6	
電力	178	283	377	909	1,482	1,888	9.5	17	22	2.9	6.5	3.1	2.5	2.9	
熱	85	292	198	217	234	238	9.8	4.0	2.8	-3.8	0.7	0.5	0.2	0.4	
水素	-	-	-	-	0.0	0.0	-	-	0.0	n.a.	n.a.	n.a.	7.1	n.a.	
再生可能	592	699	779	980	1,190	1,289	24	18	15	1.1	1.7	1.2	0.8	1.1	

発電量

	(TWh)						構成比(%)			年平均変化率(%)					
	1980	1990	2000	2014	2030	2040	1990	2014	2040	1990/2000/2014/2030/2040	2000/2014/2030/2040	2014/2030/2040	2014/2040		
合計	2,628	4,218	5,745	13,092	20,923	26,451	100	100	100	3.1	6.1	3.0	2.4	2.7	
石炭	817	1,342	2,242	6,260	8,762	10,502	32	48	40	5.3	7.6	2.1	1.8	2.0	
石油	678	636	628	746	883	946	15	5.7	3.6	-0.1	1.2	1.1	0.7	0.9	
天然ガス	381	979	1,210	2,569	4,952	6,934	23	20	26	2.1	5.5	4.2	3.4	3.9	
原子力	93	283	341	555	1,637	2,196	6.7	4.2	8.3	1.9	3.5	7.0	3.0	5.4	
水力	624	963	1,280	2,494	3,312	3,674	23	19	14	2.9	4.9	1.8	1.0	1.5	
地熱	2.6	7.8	19	29	77	94	0.2	0.2	0.4	9.3	3.1	6.3	2.0	4.6	
太陽光・風力等	-	0.0	3.1	273	913	1,561	0.0	2.1	5.9	53.2	37.6	7.8	5.5	6.9	
バイオマス・廃棄物	31	7.7	21	165	387	543	0.2	1.3	2.1	10.7	15.7	5.5	3.4	4.7	
水素	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	

エネルギー・経済指標他

							年平均変化率(%)					
	1980	1990	2000	2014	2030	2040	1990	2000	2014	2030	2040	2014/2040
GDP (2010年価格10億ドル)	6,475	8,575	11,828	26,082	52,987	77,073	3.3	5.8	4.5	3.8	4.3	
人口(100万人)	3,453	4,214	4,958	5,986	7,143	7,775	1.6	1.4	1.1	0.9	1.0	
エネルギー起源CO ₂ 排出 ^{*2} (100万t)	6,998	9,482	10,181	20,049	26,098	29,842	0.7	5.0	1.7	1.3	1.5	
一人あたりGDP (2010年価格1,000ドル/人)	1.9	2.0	2.4	4.4	7.4	9.9	1.6	4.4	3.4	2.9	3.2	
一人あたり一次エネルギー消費(toe/人)	0.9	1.0	0.9	1.4	1.5	1.6	-0.6	2.9	0.8	0.7	0.8	
GDPあたり一次エネルギー消費 ^{*3}	458	473	379	310	208	166	-2.2	-1.4	-2.5	-2.2	-2.4	
GDPあたりCO ₂ 排出量 ^{*2,*4}	1,081	1,106	861	769	493	387	-2.5	-0.8	-2.7	-2.4	-2.6	
一次エネルギー消費あたりCO ₂ 排出 ^{*2} (t/toe)	2.4	2.3	2.3	2.5	2.4	2.3	-0.3	0.6	-0.3	-0.2	-0.2	
自動車保有台数(100万台)	69	109	173	507	980	1,245	4.8	8.0	4.2	2.4	3.5	
自動車保有率(台/1,000人)	20	26	35	85	137	160	3.1	6.5	3.1	1.6	2.5	

*1 電力、熱、水素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 CCSIによる削減分を含まない

*3 toe/2010年価格100万ドル、*4 t/2010年価格100万ドル

付表45 世界[技術進展ケース]

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(%)					
	1980	1990	2000	2014	2030	2040	1990	2014	2040	1990/2000	2000/2014	2014/2030	2030/2040	2014/2040	
合計 ^{*1}	7,205	8,772	10,037	13,699	15,604	16,561	100	100	100	1.4	2.2	0.8	0.6	0.7	
石炭	1,783	2,220	2,316	3,918	3,450	3,241	25	29	20	0.4	3.8	-0.8	-0.6	-0.7	
石油	3,102	3,233	3,660	4,285	4,609	4,656	37	31	28	1.2	1.1	0.5	0.1	0.3	
天然ガス	1,232	1,663	2,071	2,901	3,374	3,617	19	21	22	2.2	2.4	0.9	0.7	0.9	
原子力	186	526	676	661	1,250	1,569	6.0	4.8	9.5	2.5	-0.2	4.1	2.3	3.4	
水力	148	184	225	335	423	459	2.1	2.4	2.8	2.0	2.9	1.5	0.8	1.2	
地熱	12	34	52	71	269	382	0.4	0.5	2.3	4.3	2.3	8.7	3.6	6.7	
太陽光・風力等	0.1	2.6	8.0	110	339	528	0.0	0.8	3.2	11.9	20.5	7.3	4.5	6.2	
バイオマス・廃棄物	741	909	1,028	1,413	1,885	2,103	10	10	13	1.2	2.3	1.8	1.1	1.5	

最終エネルギー消費

	(Mtoe)						構成比(%)			年平均変化率(%)					
	1980	1990	2000	2014	2030	2040	1990	2014	2040	1990/2000	2000/2014	2014/2030	2030/2040	2014/2040	
合計	5,368	6,262	7,041	9,425	10,794	11,438	100	100	100	1.2	2.1	0.9	0.6	0.7	
産業	1,766	1,805	1,868	2,751	3,095	3,321	29	29	29	0.3	2.8	0.7	0.7	0.7	
運輸	1,248	1,573	1,961	2,627	3,022	3,112	25	28	27	2.2	2.1	0.9	0.3	0.7	
民生・農業他	2,000	2,408	2,596	3,219	3,660	3,873	38	34	34	0.8	1.5	0.8	0.6	0.7	
非エネルギー消費	354	476	617	828	1,017	1,132	7.6	8.8	9.9	2.6	2.1	1.3	1.1	1.2	
石炭	703	754	548	1,075	986	935	12	11	8.2	-3.1	4.9	-0.5	-0.5	-0.5	
石油	2,446	2,595	3,115	3,761	4,122	4,195	41	40	37	1.8	1.4	0.6	0.2	0.4	
天然ガス	814	944	1,117	1,420	1,764	1,925	15	15	17	1.7	1.7	1.4	0.9	1.2	
電力	586	836	1,092	1,706	2,188	2,529	13	18	22	2.7	3.2	1.6	1.5	1.5	
熱	121	335	248	274	270	259	5.4	2.9	2.3	-3.0	0.7	-0.1	-0.4	-0.2	
水素	-	-	-	-	4.7	8.6	-	-	0.1	n.a.	n.a.	n.a.	6.2	n.a.	
再生可能	698	799	921	1,188	1,459	1,587	13	13	14	1.4	1.8	1.3	0.8	1.1	

発電量

	(TWh)						構成比(%)			年平均変化率(%)					
	1980	1990	2000	2014	2030	2040	1990	2014	2040	1990/2000	2000/2014	2014/2030	2030/2040	2014/2040	
合計	8,283	11,864	15,471	23,816	30,201	34,730	100	100	100	2.7	3.1	1.5	1.4	1.5	
石炭	3,137	4,425	6,005	9,707	8,712	8,444	37	41	24	3.1	3.5	-0.7	-0.3	-0.5	
石油	1,659	1,358	1,251	1,023	865	855	11	4.3	2.5	-0.8	-1.4	-1.0	-0.1	-0.7	
天然ガス	999	1,753	2,753	5,155	6,118	6,840	15	22	20	4.6	4.6	1.1	1.1	1.1	
原子力	713	2,013	2,591	2,535	4,793	6,018	17	11	17	2.6	-0.2	4.1	2.3	3.4	
水力	1,717	2,143	2,619	3,895	4,919	5,332	18	16	15	2.0	2.9	1.5	0.8	1.2	
地熱	14	36	52	77	287	398	0.3	0.3	1.1	3.6	2.9	8.5	3.3	6.5	
太陽光・風力等	0.5	5.2	35	928	3,393	5,456	0.0	3.9	16	20.8	26.5	8.4	4.9	7.1	
バイオマス・廃棄物	44	131	164	493	1,111	1,385	1.1	2.1	4.0	2.3	8.2	5.2	2.2	4.1	
水素	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	

エネルギー・経済指標他

							年平均変化率(%)					
	1980	1990	2000	2014	2030	2040	1990	2000	2014	2030	2040	2014/2040
GDP(2010年価格10億ドル)	27,804	37,578	49,555	72,934	116,213	151,552	2.8	2.8	3.0	2.7	2.9	
人口(100万人)	4,434	5,276	6,107	7,249	8,493	9,157	1.5	1.2	1.0	0.8	0.9	
エネルギー起源CO ₂ 排出 ^{*2} (100万t)	18,409	21,202	23,433	33,009	32,724	32,285	1.0	2.5	-0.1	-0.1	-0.1	
一人あたりGDP(2010年価格1,000ドル/人)	6.3	7.1	8.1	10	14	17	1.3	1.5	1.9	1.9	1.9	
一人あたり一次エネルギー消費(toe/人)	1.6	1.7	1.6	1.9	1.8	1.8	-0.1	1.0	-0.2	-0.2	-0.2	
GDPあたり一次エネルギー消費 ^{*3}	259	233	203	188	134	109	-1.4	-0.5	-2.1	-2.0	-2.1	
GDPあたりCO ₂ 排出量 ^{*2,*4}	662	564	473	453	282	213	-1.8	-0.3	-2.9	-2.8	-2.9	
一次エネルギー消費あたりCO ₂ 排出 ^{*2} (t/toe)	2.6	2.4	2.3	2.4	2.1	1.9	-0.3	0.2	-0.9	-0.7	-0.8	
自動車保有台数(100万台)	416	577	767	1,243	1,853	2,172	2.9	3.5	2.5	1.6	2.2	
自動車保有率(台/1,000人)	94	109	126	171	218	237	1.4	2.3	1.5	0.8	1.3	

*1 電力、熱、水素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 CCSIによる削減分を含まない

*3 toe/2010年価格100万ドル、*4 t/2010年価格100万ドル

付表46 アジア[技術進展ケース]

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(%)					
	1980	1990	2000	2014	2030	2040	1990	2014	2040	1990/2000	2000/2014	2014/2030	2030/2040	2014/2040	
合計 ^{*1}	1,439	2,108	2,893	5,517	6,840	7,577	100	100	100	3.2	4.7	1.4	1.0	1.0	1.2
石炭	466	785	1,037	2,758	2,665	2,620	37	50	35	2.8	7.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2
石油	477	618	917	1,291	1,643	1,798	29	23	24	4.0	2.5	1.5	0.9	1.3	
天然ガス	51	116	232	549	854	1,032	5.5	10.0	14	7.2	6.3	2.8	1.9	2.5	
原子力	25	77	132	97	476	710	3.6	1.8	9.4	5.5	-2.2	10.4	4.1	8.0	
水力	20	32	41	125	186	207	1.5	2.3	2.7	2.7	8.3	2.5	1.1	2.0	
地熱	2.6	8.2	23	33	131	194	0.4	0.6	2.6	10.9	2.7	8.9	4.0	7.0	
太陽光・風力等	-	1.5	2.2	44	152	245	0.1	0.8	3.2	4.4	23.7	8.1	4.9	6.8	
バイオマス・廃棄物	397	471	508	617	730	767	22	11	10	0.8	1.4	1.1	0.5	0.8	

最終エネルギー消費

	(Mtoe)						構成比(%)			年平均変化率(%)					
	1980	1990	2000	2014	2030	2040	1990	2014	2040	1990/2000	2000/2014	2014/2030	2030/2040	2014/2040	
合計	1,129	1,551	1,995	3,677	4,519	4,963	100	100	100	2.5	4.5	1.3	0.9	1.2	
産業	383	517	645	1,494	1,661	1,779	33	41	36	2.2	6.2	0.7	0.7	0.7	
運輸	126	186	321	612	899	1,012	12	17	20	5.6	4.7	2.4	1.2	2.0	
民生・農業他	567	733	842	1,215	1,489	1,636	47	33	33	1.4	2.7	1.3	0.9	1.2	
非エネルギー消費	54	115	188	356	469	536	7.4	9.7	11	5.0	4.7	1.7	1.3	1.6	
石炭	301	424	378	926	835	789	27	25	16	-1.1	6.6	-0.6	-0.6	-0.6	
石油	327	453	727	1,120	1,491	1,648	29	30	33	4.9	3.1	1.8	1.0	1.5	
天然ガス	21	47	88	255	422	520	3.0	6.9	10	6.4	7.9	3.2	2.1	2.8	
電力	88	158	280	716	1,042	1,276	10	19	26	5.9	6.9	2.4	2.0	2.2	
熱	7.5	14	30	84	102	105	0.9	2.3	2.1	7.7	7.7	1.2	0.3	0.9	
水素	-	-	-	-	0.4	0.5	-	-	0.0	n.a.	n.a.	n.a.	2.5	n.a.	
再生可能	386	456	493	575	627	626	29	16	13	0.8	1.1	0.5	0.0	0.3	

発電量

	(TWh)						構成比(%)			年平均変化率(%)					
	1980	1990	2000	2014	2030	2040	1990	2014	2040	1990/2000	2000/2014	2014/2030	2030/2040	2014/2040	
合計	1,196	2,252	4,013	9,895	14,184	17,264	100	100	100	5.9	6.7	2.3	2.0	2.2	
石炭	298	863	1,994	6,116	6,393	6,729	38	62	39	8.7	8.3	0.3	0.5	0.4	
石油	476	469	430	275	171	157	21	2.8	0.9	-0.9	-3.2	-2.9	-0.8	-2.1	
天然ガス	90	240	565	1,252	1,861	2,332	11	13	14	9.0	5.9	2.5	2.3	2.4	
原子力	97	294	505	373	1,825	2,724	13	3.8	16	5.5	-2.2	10.4	4.1	8.0	
水力	232	367	479	1,453	2,161	2,408	16	15	14	2.7	8.3	2.5	1.1	2.0	
地熱	3.0	8.4	20	23	87	127	0.4	0.2	0.7	9.0	1.0	8.6	3.9	6.8	
太陽光・風力等	-	0.0	3.0	268	1,350	2,320	0.0	2.7	13	52.3	37.8	10.6	5.6	8.7	
バイオマス・廃棄物	0.0	10	17	136	337	467	0.5	1.4	2.7	5.1	16.2	5.8	3.3	4.8	
水素	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	

エネルギー・経済指標他

							年平均変化率(%)					
	1980	1990	2000	2014	2030	2040	1990	2000	2014	2030	2040	2014/2040
GDP (2010年価格10億ドル)	4,340	7,433	10,786	21,055	42,319	60,826	3.8	4.9	4.5	3.7	4.2	
人口(100万人)	2,440	2,932	3,408	3,956	4,445	4,624	1.5	1.1	0.7	0.4	0.6	
エネルギー起源CO ₂ 排出 ^{*2} (100万t)	3,267	4,918	6,893	15,067	16,176	16,701	3.4	5.7	0.4	0.3	0.4	
一人あたりGDP (2010年価格1,000ドル/人)	1.8	2.5	3.2	5.3	9.5	13	2.2	3.8	3.7	3.3	3.5	
一人あたり一次エネルギー消費(toe/人)	0.6	0.7	0.8	1.4	1.5	1.6	1.7	3.6	0.6	0.6	0.6	
GDPあたり一次エネルギー消費 ^{*3}	332	284	268	262	162	125	-0.6	-0.2	-3.0	-2.6	-2.8	
GDPあたりCO ₂ 排出量 ^{*2,*4}	753	662	639	716	382	275	-0.3	0.8	-3.8	-3.3	-3.6	
一次エネルギー消費あたりCO ₂ 排出 ^{*2} (t/toe)	2.3	2.3	2.4	2.7	2.4	2.2	0.2	1.0	-0.9	-0.7	-0.8	
自動車保有台数(100万台)	48	86	139	351	709	900	5.0	6.8	4.5	2.4	3.7	
自動車保有率(台/1,000人)	20	29	41	89	160	195	3.4	5.7	3.7	2.0	3.1	

*1 電力、熱、水素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 CCSIによる削減分を含まない

*3 toe/2010年価格100万ドル、*4 t/2010年価格100万ドル

付表47 中国[技術進展ケース]

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(%)					
	1980	1990	2000	2014	2030	2040	1990	2014	2040	1990/2000	2000/2014	2014/2030	2030/2040	2014/2040	
合計 ^{*1}	598	871	1,135	3,052	3,508	3,690	100	100	100	2.7	7.3	0.9	0.5	0.7	
石炭	313	528	665	2,012	1,793	1,656	61	66	45	2.3	8.2	-0.7	-0.8	-0.7	
石油	89	119	221	504	643	663	14	17	18	6.4	6.1	1.5	0.3	1.1	
天然ガス	12	13	21	154	364	462	1.5	5.0	13	4.9	15.4	5.5	2.4	4.3	
原子力	-	-	4.4	35	229	355	-	1.1	9.6	n.a.	15.9	12.6	4.5	9.4	
水力	5.0	11	19	90	131	138	1.3	3.0	3.7	5.8	11.7	2.3	0.6	1.6	
地熱	-	-	1.7	4.8	10	12	-	0.2	0.3	n.a.	7.9	4.8	1.9	3.7	
太陽光・風力等	-	0.0	1.0	36	99	152	0.0	1.2	4.1	40.4	29.3	6.6	4.3	5.7	
バイオマス・廃棄物	180	200	203	217	239	254	23	7.1	6.9	0.1	0.5	0.6	0.6	0.6	

最終エネルギー消費

	(Mtoe)						構成比(%)			年平均変化率(%)					
	1980	1990	2000	2014	2030	2040	1990	2014	2040	1990/2000	2000/2014	2014/2030	2030/2040	2014/2040	
合計	487	654	786	1,988	2,245	2,333	100	100	100	1.9	6.9	0.8	0.4	0.6	
産業	181	234	299	983	915	878	36	49	38	2.5	8.9	-0.4	-0.4	-0.4	
運輸	24	33	87	268	402	434	5.1	13	19	10.1	8.4	2.6	0.8	1.9	
民生・農業他	272	344	340	577	716	781	53	29	33	-0.1	3.9	1.4	0.9	1.2	
非エネルギー消費	10	43	60	160	212	240	6.6	8.0	10	3.4	7.2	1.8	1.3	1.6	
石炭	214	308	274	726	551	463	47	37	20	-1.2	7.2	-1.7	-1.7	-1.7	
石油	59	85	180	451	590	611	13	23	26	7.8	6.8	1.7	0.3	1.2	
天然ガス	6.4	8.9	12	106	205	258	1.4	5.3	11	3.4	16.6	4.2	2.3	3.5	
電力	21	39	89	406	578	679	6.0	20	29	8.6	11.4	2.2	1.6	2.0	
熱	7.4	13	25	78	92	93	2.0	3.9	4.0	6.8	8.3	1.0	0.2	0.7	
水素	-	-	-	-	0.1	0.1	-	-	0.0	n.a.	n.a.	n.a.	7.2	n.a.	
再生可能	180	200	205	221	228	229	31	11	9.8	0.2	0.5	0.2	0.0	0.1	

発電量

	(TWh)						構成比(%)			年平均変化率(%)					
	1980	1990	2000	2014	2030	2040	1990	2014	2040	1990/2000	2000/2014	2014/2030	2030/2040	2014/2040	
合計	301	621	1,356	5,666	7,876	9,136	100	100	100	8.1	10.8	2.1	1.5	1.9	
石炭	159	441	1,060	4,115	4,054	4,016	71	73	44	9.2	10.2	-0.1	-0.1	-0.1	
石油	82	50	47	9.5	9.2	9.1	8.1	0.2	0.1	-0.6	-10.8	-0.2	-0.2	-0.2	
天然ガス	0.7	2.8	5.8	115	505	658	0.4	2.0	7.2	7.6	23.8	9.7	2.7	7.0	
原子力	-	-	17	133	880	1,361	-	2.3	15	n.a.	15.9	12.6	4.5	9.4	
水力	58	127	222	1,051	1,521	1,607	20	19	18	5.8	11.7	2.3	0.6	1.6	
地熱	-	0.1	0.1	0.1	0.5	0.6	0.0	0.0	0.0	6.7	1.0	8.8	2.6	6.3	
太陽光・風力等	-	0.0	0.6	185	754	1,259	0.0	3.3	14	50.2	49.8	9.2	5.3	7.6	
バイオマス・廃棄物	-	-	2.4	57	152	225	-	1.0	2.5	n.a.	25.4	6.3	4.0	5.4	
水素	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	

エネルギー・経済指標他

							年平均変化率(%)					
	1980	1990	2000	2014	2030	2040	1990	2000	2014	2030	2040	2014/2040
GDP(2010年価格10億ドル)	338	824	2,224	8,230	20,185	29,970	10.4	9.8	5.8	4.0	5.1	
人口(100万人)	981	1,135	1,263	1,364	1,414	1,395	1.1	0.6	0.2	-0.1	0.1	
エネルギー起源CO ₂ 排出 ^{*2} (100万t)	1,505	2,339	3,164	9,347	9,257	8,922	3.1	8.0	-0.1	-0.4	-0.2	
一人あたりGDP(2010年価格1,000ドル/人)	0.3	0.7	1.8	6.0	14	21	9.3	9.2	5.5	4.2	5.0	
一人あたり一次エネルギー消費(toe/人)	0.6	0.8	0.9	2.2	2.5	2.6	1.6	6.7	0.7	0.6	0.6	
GDPあたり一次エネルギー消費 ^{*3}	1,768	1,056	510	371	174	123	-7.0	-2.3	-4.6	-3.4	-4.2	
GDPあたりCO ₂ 排出量 ^{*2,*4}	4,452	2,838	1,423	1,136	459	298	-6.7	-1.6	-5.5	-4.2	-5.0	
一次エネルギー消費あたりCO ₂ 排出 ^{*2} (t/toe)	2.5	2.7	2.8	3.1	2.6	2.4	0.4	0.7	-0.9	-0.9	-0.9	
自動車保有台数(100万台)	1.2	5.3	16	146	353	417	11.5	17.3	5.7	1.7	4.1	
自動車保有率(台/1,000人)	1.2	4.7	12	107	250	299	10.3	16.6	5.4	1.8	4.0	

*1 電力、熱、水素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 CCSIによる削減分を含まない

*3 toe/2010年価格100万ドル、*4 t/2010年価格100万ドル

付表48 インド[技術進展ケース]

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(%)					
	1980	1990	2000	2014	2030	2040	1990	2014	2040	1990/2000	2000/2014	2014/2030	2030/2040	2014/2040	
合計 ^{*1}	200	306	441	825	1,225	1,497	100	100	100	3.7	4.6	2.5	2.0	2.3	
石炭	44	93	146	378	440	487	30	46	33	4.6	7.0	1.0	1.0	1.0	
石油	33	61	112	185	335	424	20	22	28	6.2	3.6	3.8	2.4	3.2	
天然ガス	1.3	11	23	43	91	124	3.5	5.2	8.3	8.1	4.6	4.7	3.2	4.1	
原子力	0.8	1.6	4.4	9.4	57	108	0.5	1.1	7.2	10.7	5.6	12.0	6.5	9.8	
水力	4.0	6.2	6.4	11	21	29	2.0	1.4	1.9	0.4	4.2	3.8	3.4	3.6	
地熱	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	
太陽光・風力等	-	0.0	0.2	4.2	40	69	0.0	0.5	4.6	33.0	25.2	15.1	5.8	11.4	
バイオマス・廃棄物	116	133	149	194	242	256	44	23	17	1.1	1.9	1.4	0.6	1.1	

最終エネルギー消費

	(Mtoe)						構成比(%)			年平均変化率(%)					
	1980	1990	2000	2014	2030	2040	1990	2014	2040	1990/2000	2000/2014	2014/2030	2030/2040	2014/2040	
合計	174	243	315	556	873	1,068	100	100	100	2.6	4.1	2.9	2.0	2.5	
産業	41	67	83	191	308	398	27	34	37	2.3	6.1	3.1	2.6	2.9	
運輸	17	21	32	78	176	223	8.6	14	21	4.4	6.6	5.2	2.4	4.1	
民生・農業他	110	142	173	246	325	366	59	44	34	2.0	2.5	1.8	1.2	1.5	
非エネルギー消費	5.7	13	27	41	63	81	5.5	7.4	7.6	7.3	3.1	2.7	2.5	2.6	
石炭	25	39	35	114	169	204	16	20	19	-1.1	8.9	2.5	1.9	2.3	
石油	27	50	94	156	310	398	21	28	37	6.5	3.7	4.4	2.5	3.7	
天然ガス	0.7	5.6	9.7	29	50	67	2.3	5.2	6.3	5.5	8.1	3.5	2.9	3.3	
電力	7.8	18	32	81	149	210	7.6	15	20	5.8	6.8	3.8	3.5	3.7	
熱	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	
水素	-	-	-	-	0.0	0.0	-	-	0.0	n.a.	n.a.	n.a.	8.7	n.a.	
再生可能	114	130	144	176	196	190	54	32	18	1.0	1.4	0.7	-0.3	0.3	

発電量

	(TWh)						構成比(%)			年平均変化率(%)					
	1980	1990	2000	2014	2030	2040	1990	2014	2040	1990/2000	2000/2014	2014/2030	2030/2040	2014/2040	
合計	120	293	570	1,287	2,279	3,167	100	100	100	6.9	6.0	3.6	3.3	3.5	
石炭	61	192	390	967	1,101	1,218	65	75	38	7.4	6.7	0.8	1.0	0.9	
石油	8.8	13	29	23	12	8.6	4.5	1.8	0.3	8.2	-1.8	-3.8	-3.5	-3.7	
天然ガス	0.6	10.0	56	63	181	287	3.4	4.9	9.1	18.8	0.8	6.8	4.7	6.0	
原子力	3.0	6.1	17	36	220	414	2.1	2.8	13	10.7	5.6	12.0	6.5	9.8	
水力	47	72	74	132	239	334	24	10	11	0.4	4.2	3.8	3.4	3.6	
地熱	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	
太陽光・風力等	-	0.0	1.7	42	450	793	0.0	3.3	25	48.7	25.8	16.0	5.8	12.0	
バイオマス・廃棄物	-	-	1.3	25	76	113	-	2.0	3.6	n.a.	23.8	7.1	4.1	5.9	
水素	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	

エネルギー・経済指標他

											年平均変化率(%)					
	1980	1990	2000	2014	2030	2040	1990	2000	2014	2030	2040	2014/2040	2000/2014	2014/2030	2030/2040	2014/2040
GDP (2010年価格10億ドル)	279	479	825	2,188	6,281	10,573	5.6	7.2	6.8	5.3	6.2					
人口(100万人)	697	871	1,053	1,295	1,528	1,634	1.9	1.5	1.0	0.7	0.9					
エネルギー起源CO ₂ 排出 ^{*2} (100万t)	263	542	899	2,053	2,808	3,296	5.2	6.1	2.0	1.6	1.8					
一人あたりGDP (2010年価格1,000ドル/人)	0.4	0.6	0.8	1.7	4.1	6.5	3.6	5.6	5.7	4.6	5.3					
一人あたり一次エネルギー消費(toe/人)	0.3	0.4	0.4	0.6	0.8	0.9	1.8	3.0	1.5	1.3	1.4					
GDPあたり一次エネルギー消費 ^{*3}	716	638	534	377	195	142	-1.8	-2.5	-4.0	-3.2	-3.7					
GDPあたりCO ₂ 排出量 ^{*2,*4}	943	1,131	1,090	938	447	312	-0.4	-1.1	-4.5	-3.5	-4.1					
一次エネルギー消費あたりCO ₂ 排出 ^{*2} (t/toe)	1.3	1.8	2.0	2.5	2.3	2.2	1.4	1.4	-0.5	-0.4	-0.5					
自動車保有台数(100万台)	1.7	4.3	9.4	38	126	207	8.1	10.5	7.8	5.1	6.7					
自動車保有率(台/1,000人)	2.4	5.0	8.9	29	83	127	6.1	8.9	6.7	4.4	5.8					

*1 電力、熱、水素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 CCSIによる削減分を含まない

*3 toe/2010年価格100万ドル、*4 t/2010年価格100万ドル

付表49 日本[技術進展ケース]

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(%)					
	1980	1990	2000	2014	2030	2040	1990	2014	2040	1990/2000	2000/2014	2014/2030	2030/2040	2014/2040	
合計 ^{*1}	345	439	518	442	426	395	100	100	100	1.7	-1.1	-0.2	-0.8	-0.4	
石炭	60	76	97	118	102	92	17	27	23	2.4	1.4	-0.9	-1.0	-0.9	
石油	234	250	255	192	145	122	57	43	31	0.2	-2.0	-1.8	-1.7	-1.7	
天然ガス	21	44	66	108	77	73	10	24	19	4.0	3.6	-2.0	-0.5	-1.5	
原子力	22	53	84	-	61	56	12	-	14	4.8	-100	n.a.	-0.7	n.a.	
水力	7.6	7.5	7.3	7.0	8.3	8.3	1.7	1.6	2.1	-0.2	-0.3	1.0	0.0	0.6	
地熱	0.8	1.6	3.1	2.4	10	15	0.4	0.5	3.9	7.0	-1.8	9.5	4.1	7.4	
太陽光・風力等	-	1.4	0.9	2.9	7.4	10	0.3	0.7	2.6	-3.7	8.4	6.0	3.1	4.9	
バイオマス・廃棄物	-	4.5	4.7	11	16	16	1.0	2.5	4.2	0.4	6.3	2.1	0.6	1.5	

最終エネルギー消費

	(Mtoe)						構成比(%)			年平均変化率(%)					
	1980	1990	2000	2014	2030	2040	1990	2014	2040	1990/2000	2000/2014	2014/2030	2030/2040	2014/2040	
合計	232	287	328	296	271	248	100	100	100	1.4	-0.7	-0.5	-0.9	-0.7	
産業	91	110	100	88	92	87	38	30	35	-0.9	-0.9	0.3	-0.5	0.0	
運輸	54	68	84	72	57	48	24	24	19	2.2	-1.2	-1.4	-1.7	-1.6	
民生・農業他	58	76	103	100	88	81	26	34	32	3.1	-0.2	-0.8	-0.9	-0.8	
非エネルギー消費	28	34	41	36	35	33	12	12	13	2.1	-1.0	-0.2	-0.6	-0.3	
石炭	25	30	24	24	25	23	11	8.0	9.1	-2.2	-0.2	0.3	-1.1	-0.2	
石油	157	171	194	156	120	98	59	53	39	1.3	-1.6	-1.6	-2.0	-1.8	
天然ガス	5.8	15	22	30	31	30	5.3	10	12	3.6	2.3	0.2	-0.4	0.0	
電力	44	66	83	82	85	85	23	28	34	2.3	-0.1	0.2	0.0	0.2	
熱	0.1	0.2	0.5	0.5	5.1	7.2	0.1	0.2	2.9	10.5	0.1	15.0	3.5	10.4	
水素	-	-	-	-	0.4	0.4	-	-	0.2	n.a.	n.a.	n.a.	1.5	n.a.	
再生可能	-	4.1	3.8	3.9	4.7	4.9	1.4	1.3	2.0	-0.7	0.1	1.2	0.5	0.9	

発電量

	(TWh)						構成比(%)			年平均変化率(%)					
	1980	1990	2000	2014	2030	2040	1990	2014	2040	1990/2000	2000/2014	2014/2030	2030/2040	2014/2040	
合計	573	873	1,088	1,036	1,064	1,059	100	100	100	2.2	-0.4	0.2	-0.1	0.1	
石炭	55	118	234	349	262	236	13	34	22	7.1	2.9	-1.8	-1.1	-1.5	
石油	265	284	179	116	55	51	33	11	4.8	-4.5	-3.0	-4.6	-0.7	-3.1	
天然ガス	81	171	254	421	274	273	20	41	26	4.0	3.7	-2.6	0.0	-1.6	
原子力	83	202	322	-	233	216	23	-	20	4.8	-100	n.a.	-0.7	n.a.	
水力	88	87	85	82	96	96	10.0	7.9	9.1	-0.2	-0.3	1.0	0.0	0.6	
地熱	0.9	1.7	3.3	2.6	12	18	0.2	0.2	1.7	6.8	-1.9	9.9	4.2	7.6	
太陽光・風力等	-	0.0	0.5	30	76	105	0.0	2.9	9.9	84.4	34.7	6.1	3.3	5.0	
バイオマス・廃棄物	-	9.6	10	36	57	64	1.1	3.4	6.1	0.7	9.3	3.0	1.2	2.3	
水素	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	

エネルギー・経済指標他

							年平均変化率(%)					
	1980	1990	2000	2014	2030	2040	1990	2000	2014	2030	2040	2014/2040
GDP(2010年価格10億ドル)	2,894	4,553	5,093	5,650	6,582	7,354	1.1	0.7	1.0	1.1	1.0	
人口(100万人)	117	124	127	127	120	114	0.3	0.0	-0.3	-0.6	-0.4	
エネルギー起源CO ₂ 排出 ^{*2} (100万t)	916	1,071	1,195	1,201	922	812	1.1	0.0	-1.6	-1.3	-1.5	
一人あたりGDP(2010年価格1,000ドル/人)	25	37	40	44	55	65	0.9	0.7	1.3	1.7	1.5	
一人あたり一次エネルギー消費(toe/人)	3.0	3.6	4.1	3.5	3.5	3.5	1.4	-1.1	0.1	-0.2	0.0	
GDPあたり一次エネルギー消費 ^{*3}	119	96	102	78	65	54	0.5	-1.9	-1.2	-1.9	-1.4	
GDPあたりCO ₂ 排出量 ^{*2,*4}	317	235	235	213	140	110	0.0	-0.7	-2.6	-2.4	-2.5	
一次エネルギー消費あたりCO ₂ 排出 ^{*2} (t/toe)	2.7	2.4	2.3	2.7	2.2	2.1	-0.6	1.2	-1.4	-0.5	-1.1	
自動車保有台数(100万台)	38	58	72	77	74	71	2.3	0.4	-0.2	-0.4	-0.3	
自動車保有率(台/1,000人)	325	467	571	604	615	628	2.0	0.4	0.1	0.2	0.1	

*1 電力、熱、水素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 CCSIによる削減分を含まない

*3 toe/2010年価格100万ドル、*4 t/2010年価格100万ドル

付表50 ASEAN [技術進展ケース]

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(%)					
	1980	1990	2000	2014	2030	2040	1990	2014	2040	1990/2000	2000/2014	2014/2030	2030/2040	2014/2040	
合計 ^{*1}	n.a.	n.a.	385	624	992	1,275	n.a.	100	100	n.a.	3.5	2.9	2.5	2.5	2.8
石炭	n.a.	n.a.	32	99	191	262	n.a.	16	21	n.a.	8.4	4.2	3.2	3.2	3.8
石油	n.a.	n.a.	154	221	311	369	n.a.	35	29	n.a.	2.6	2.2	1.7	1.7	2.0
天然ガス	n.a.	n.a.	74	139	184	224	n.a.	22	18	n.a.	4.6	1.8	1.9	1.8	
原子力	n.a.	n.a.	-	-	27	73	n.a.	-	5.7	n.a.	n.a.	10.5	n.a.		
水力	n.a.	n.a.	4.4	11	19	24	n.a.	1.8	1.9	n.a.	6.8	3.5	2.5	3.1	
地熱	n.a.	n.a.	18	26	110	166	n.a.	4.2	13	n.a.	2.5	9.4	4.2	7.4	
太陽光・風力等	n.a.	n.a.	0.0	0.2	2.3	5.5	n.a.	0.0	0.4	n.a.	72.9	16.7	9.4	13.8	
バイオマス・廃棄物	n.a.	n.a.	102	127	149	152	n.a.	20	12	n.a.	1.6	1.0	0.2	0.7	

最終エネルギー消費

	(Mtoe)						構成比(%)			年平均変化率(%)					
	1980	1990	2000	2014	2030	2040	1990	2014	2040	1990/2000	2000/2014	2014/2030	2030/2040	2014/2040	
合計	n.a.	n.a.	274	441	649	805	n.a.	100	100	n.a.	3.4	2.4	2.2	2.2	2.3
産業	n.a.	n.a.	76	121	205	269	n.a.	28	33	n.a.	3.4	3.3	2.8	3.1	
運輸	n.a.	n.a.	62	118	172	204	n.a.	27	25	n.a.	4.7	2.4	1.7	2.1	
民生・農業他	n.a.	n.a.	116	154	199	240	n.a.	35	30	n.a.	2.0	1.6	1.9	1.7	
非エネルギー消費	n.a.	n.a.	21	48	72	91	n.a.	11	11	n.a.	6.0	2.6	2.4	2.5	
石炭	n.a.	n.a.	13	29	50	61	n.a.	6.6	7.6	n.a.	5.7	3.4	2.0	2.9	
石油	n.a.	n.a.	123	197	286	345	n.a.	45	43	n.a.	3.4	2.4	1.9	2.2	
天然ガス	n.a.	n.a.	17	38	69	94	n.a.	8.5	12	n.a.	5.9	3.8	3.3	3.6	
電力	n.a.	n.a.	28	65	124	184	n.a.	15	23	n.a.	6.4	4.1	4.0	4.0	
熱	n.a.	n.a.	-	-	-	-	n.a.	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	
水素	n.a.	n.a.	-	-	0.0	0.0	n.a.	-	0.0	n.a.	n.a.	n.a.	6.0	n.a.	
再生可能	n.a.	n.a.	93	112	120	121	n.a.	25	15	n.a.	1.3	0.5	0.0	0.3	

発電量

	(TWh)						構成比(%)			年平均変化率(%)					
	1980	1990	2000	2014	2030	2040	1990	2014	2040	1990/2000	2000/2014	2014/2030	2030/2040	2014/2040	
合計	n.a.	n.a.	374	854	1,632	2,412	n.a.	100	100	n.a.	6.1	4.1	4.0	4.1	
石炭	n.a.	n.a.	79	283	628	954	n.a.	33	40	n.a.	9.5	5.1	4.3	4.8	
石油	n.a.	n.a.	72	38	29	25	n.a.	4.4	1.0	n.a.	-4.5	-1.7	-1.3	-1.6	
天然ガス	n.a.	n.a.	154	371	512	648	n.a.	43	27	n.a.	6.5	2.0	2.4	2.2	
原子力	n.a.	n.a.	-	-	104	280	n.a.	-	12	n.a.	n.a.	10.5	n.a.		
水力	n.a.	n.a.	51	128	222	284	n.a.	15	12	n.a.	6.8	3.5	2.5	3.1	
地熱	n.a.	n.a.	16	20	74	107	n.a.	2.4	4.5	n.a.	1.5	8.4	3.8	6.6	
太陽光・風力等	n.a.	n.a.	0.0	2.2	26	64	n.a.	0.3	2.7	n.a.	73.4	16.7	9.4	13.8	
バイオマス・廃棄物	n.a.	n.a.	1.0	12	38	48	n.a.	1.4	2.0	n.a.	19.3	7.6	2.3	5.5	
水素	n.a.	n.a.	-	-	-	-	n.a.	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	

エネルギー・経済指標他

							年平均変化率(%)					
	1980	1990	2000	2014	2030	2040	1990	2000	2014	2030	2040	2014/2040
GDP (2010年価格10億ドル)	n.a.	n.a.	1,188	2,407	5,071	7,488	n.a.	5.2	4.8	4.0	4.0	4.5
人口(100万人)	n.a.	n.a.	523	623	723	765	n.a.	1.3	0.9	0.6	0.8	
エネルギー起源CO ₂ 排出 ^{*2} (100万t)	n.a.	n.a.	713	1,258	1,979	2,493	n.a.	4.1	2.9	2.3	2.7	
一人あたりGDP (2010年価格1,000ドル/人)	n.a.	n.a.	2.3	3.9	7.0	9.8	n.a.	3.9	3.8	3.4	3.6	
一人あたり一次エネルギー消費(toe/人)	n.a.	n.a.	0.7	1.0	1.4	1.7	n.a.	2.2	2.0	2.0	2.0	
GDPあたり一次エネルギー消費 ^{*3}	n.a.	n.a.	324	259	196	170	n.a.	-1.6	-1.7	-1.4	-1.6	
GDPあたりCO ₂ 排出量 ^{*2,*4}	n.a.	n.a.	601	523	390	333	n.a.	-1.0	-1.8	-1.6	-1.7	
一次エネルギー消費あたりCO ₂ 排出 ^{*2} (t/toe)	n.a.	n.a.	1.9	2.0	2.0	2.0	n.a.	0.6	-0.1	-0.2	-0.1	
自動車保有台数(100万台)	n.a.	n.a.	21	55	106	145	n.a.	7.2	4.3	3.1	3.8	
自動車保有率(台/1,000人)	n.a.	n.a.	40	88	147	189	n.a.	5.8	3.3	2.5	3.0	

*1 電力、熱、水素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 CCSIによる削減分を含まない

*3 toe/2010年価格100万ドル、*4 t/2010年価格100万ドル

付表51 米国[技術進展ケース]

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(%)					
	1980	1990	2000	2014	2030	2040	1990	2014	2040	1990/2000/2014/2030/2040	2000/2014/2030/2040	2014/2030/2040	2014/2040		
合計 ^{*1}	1,805	1,915	2,273	2,216	2,001	1,812	100	100	100	1.7	-0.2	-0.6	-1.0	-1.0	-0.8
石炭	376	460	534	432	231	131	24	19	7.2	1.5	-1.5	-3.8	-5.6	-4.5	
石油	797	757	871	782	631	514	40	35	28	1.4	-0.8	-1.3	-2.0	-1.6	
天然ガス	477	438	548	624	624	573	23	28	32	2.3	0.9	0.0	-0.8	-0.3	
原子力	69	159	208	216	214	214	8.3	9.8	12	2.7	0.3	-0.1	0.0	-0.1	
水力	24	23	22	22	24	24	1.2	1.0	1.3	-0.8	0.2	0.4	0.1	0.3	
地熱	4.6	14	13	9.0	39	50	0.7	0.4	2.7	-0.7	-2.7	9.6	2.4	6.8	
太陽光・風力等	-	0.3	2.1	20	81	133	0.0	0.9	7.3	20.5	17.8	8.9	5.1	7.5	
バイオマス・廃棄物	54	62	73	105	153	169	3.3	4.7	9.3	1.6	2.6	2.4	1.0	1.8	

最終エネルギー消費

	(Mtoe)						構成比(%)			年平均変化率(%)					
	1980	1990	2000	2014	2030	2040	1990	2014	2040	1990/2000/2014/2030/2040	2000/2014/2030/2040	2014/2030/2040	2014/2040		
合計	1,311	1,294	1,546	1,538	1,403	1,295	100	100	100	1.8	0.0	-0.6	-0.8	-0.7	
産業	387	284	332	269	249	233	22	17	18	1.6	-1.5	-0.5	-0.6	-0.5	
運輸	425	488	588	623	532	455	38	41	35	1.9	0.4	-1.0	-1.5	-1.2	
民生・農業他	397	403	473	526	495	465	31	34	36	1.6	0.8	-0.4	-0.6	-0.5	
非エネルギー消費	102	119	153	119	127	141	9.2	7.8	11	2.5	-1.8	0.4	1.0	0.6	
石炭	56	56	33	22	19	16	4.3	1.4	1.2	-5.2	-2.7	-0.9	-1.7	-1.2	
石油	689	683	793	744	589	481	53	48	37	1.5	-0.5	-1.5	-2.0	-1.7	
天然ガス	337	303	360	355	338	326	23	23	25	1.7	-0.1	-0.3	-0.3	-0.3	
電力	174	226	301	326	336	335	18	21	26	2.9	0.6	0.2	0.0	0.1	
熱	-	2.2	5.3	5.6	5.5	5.1	0.2	0.4	0.4	9.4	0.4	0.0	-0.8	-0.3	
水素	-	-	-	-	3.4	6.4	-	-	0.5	n.a.	n.a.	n.a.	6.5	n.a.	
再生可能	54	23	54	84	112	124	1.8	5.5	9.6	9.0	3.2	1.8	1.0	1.5	

発電量

	(TWh)						構成比(%)			年平均変化率(%)					
	1980	1990	2000	2014	2030	2040	1990	2014	2040	1990/2000/2014/2030/2040	2000/2014/2030/2040	2014/2030/2040	2014/2040		
合計	2,427	3,203	4,026	4,319	4,429	4,422	100	100	100	2.3	0.5	0.2	0.0	0.1	
石炭	1,243	1,700	2,129	1,713	923	488	53	40	11	2.3	-1.5	-3.8	-6.2	-4.7	
石油	263	131	118	40	19	9.0	4.1	0.9	0.2	-1.0	-7.5	-4.4	-7.4	-5.6	
天然ガス	370	382	634	1,161	1,240	1,029	12	27	23	5.2	4.4	0.4	-1.8	-0.5	
原子力	266	612	798	831	820	820	19	19	19	2.7	0.3	-0.1	0.0	-0.1	
水力	279	273	253	261	278	281	8.5	6.1	6.4	-0.8	0.2	0.4	0.1	0.3	
地熱	5.4	16	15	19	84	106	0.5	0.4	2.4	-0.9	1.8	9.8	2.4	6.9	
太陽光・風力等	-	3.7	6.4	213	900	1,499	0.1	4.9	34	5.5	28.5	9.4	5.2	7.8	
バイオマス・廃棄物	0.5	86	72	82	165	190	2.7	1.9	4.3	-1.8	0.9	4.5	1.4	3.3	
水素	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	

エネルギー・経済指標他

							年平均変化率(%)					
	1980	1990	2000	2014	2030	2040	1990	2000	2014	2030	2040	2014/2040
GDP (2010年価格10億ドル)	6,529	9,064	12,713	16,282	23,132	28,154	3.4	1.8	2.2	2.0	2.1	
人口(100万人)	227	250	282	319	356	374	1.2	0.9	0.7	0.5	0.6	
エネルギー起源CO ₂ 排出 ^{*2} (100万t)	4,743	4,820	5,617	5,221	3,940	3,024	1.5	-0.5	-1.7	-2.6	-2.1	
一人あたりGDP (2010年価格1,000ドル/人)	29	36	45	51	65	75	2.2	0.9	1.5	1.5	1.5	
一人あたり一次エネルギー消費(toe/人)	7.9	7.7	8.1	7.0	5.6	4.8	0.5	-1.0	-1.3	-1.5	-1.4	
GDPあたり一次エネルギー消費 ^{*3}	276	211	179	136	86	64	-1.7	-1.9	-2.8	-2.9	-2.8	
GDPあたりCO ₂ 排出量 ^{*2,*4}	726	532	442	321	170	107	-1.8	-2.3	-3.9	-4.5	-4.1	
一次エネルギー消費あたりCO ₂ 排出 ^{*2} (t/toe)	2.6	2.5	2.5	2.4	2.0	1.7	-0.2	-0.3	-1.1	-1.6	-1.3	
自動車保有台数(100万台)	156	189	221	252	300	323	1.6	0.9	1.1	0.7	1.0	
自動車保有率(台/1,000人)	686	756	785	790	843	863	0.4	0.0	0.4	0.2	0.3	

*1 電力、熱、水素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 CCSIによる削減分を含まない

*3 toe/2010年価格100万ドル、*4 t/2010年価格100万ドル

付表52 欧州連合[技術進展ケース]

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(%)					
	1980	1990	2000	2014	2030	2040	1990	2014	2040	1990/2000/2040	2000/2014/2040	2014/2030/2040	2030/2040	2014/2040	
合計 ^{*1}	n.a.	1,645	1,695	1,565	1,486	1,372	100	100	100	0.3	-0.6	-0.3	-0.8	-0.5	
石炭	n.a.	456	321	268	169	119	28	17	8.6	-3.4	-1.3	-2.9	-3.5	-3.1	
石油	n.a.	605	625	509	412	341	37	33	25	0.3	-1.5	-1.3	-1.9	-1.5	
天然ガス	n.a.	297	396	343	327	290	18	22	21	2.9	-1.0	-0.3	-1.2	-0.6	
原子力	n.a.	207	246	228	264	280	13	15	20	1.7	-0.5	0.9	0.6	0.8	
水力	n.a.	25	31	32	33	33	1.5	2.1	2.4	2.1	0.4	0.2	0.0	0.1	
地熱	n.a.	3.2	4.6	6.2	10	12	0.2	0.4	0.8	3.7	2.2	3.1	1.4	2.4	
太陽光・風力等	n.a.	0.3	2.4	34	66	82	0.0	2.2	5.9	25.3	20.8	4.3	2.1	3.4	
バイオマス・廃棄物	n.a.	47	67	142	203	214	2.9	9.1	16	3.5	5.5	2.3	0.5	1.6	

最終エネルギー消費

	(Mtoe)						構成比(%)			年平均変化率(%)					
	1980	1990	2000	2014	2030	2040	1990	2014	2040	1990/2000/2040	2000/2014/2040	2014/2030/2040	2030/2040	2014/2040	
合計	n.a.	1,130	1,180	1,095	1,051	966	100	100	100	0.4	-0.5	-0.3	-0.8	-0.5	
産業	n.a.	343	310	255	246	231	30	23	24	-1.0	-1.4	-0.2	-0.6	-0.4	
運輸	n.a.	259	304	307	264	225	23	28	23	1.6	0.1	-0.9	-1.6	-1.2	
民生・農業他	n.a.	429	454	433	430	397	38	40	41	0.6	-0.3	-0.1	-0.8	-0.3	
非エネルギー消費	n.a.	99	113	100	111	114	8.7	9.1	12	1.4	-0.9	0.7	0.2	0.5	
石炭	n.a.	122	53	37	33	28	11	3.4	2.9	-8.1	-2.5	-0.7	-1.6	-1.1	
石油	n.a.	503	543	460	380	318	44	42	33	0.8	-1.2	-1.2	-1.8	-1.4	
天然ガス	n.a.	226	272	235	250	240	20	21	25	1.9	-1.0	0.4	-0.4	0.1	
電力	n.a.	186	217	233	241	236	16	21	24	1.6	0.5	0.2	-0.2	0.1	
熱	n.a.	54	45	46	46	43	4.8	4.2	4.5	-1.8	0.0	0.0	-0.6	-0.2	
水素	n.a.	-	-	-	0.5	0.9	-	-	0.1	n.a.	n.a.	n.a.	6.2	n.a.	
再生可能	n.a.	40	50	85	101	100	3.5	7.7	10	2.3	3.8	1.1	0.0	0.7	

発電量

	(TWh)						構成比(%)			年平均変化率(%)					
	1980	1990	2000	2014	2030	2040	1990	2014	2040	1990/2000/2040	2000/2014/2040	2014/2030/2040	2030/2040	2014/2040	
合計	n.a.	2,577	3,006	3,159	3,323	3,299	100	100	100	1.6	0.4	0.3	-0.1	0.2	
石炭	n.a.	1,050	968	841	474	277	41	27	8.4	-0.8	-1.0	-3.5	-5.2	-4.2	
石油	n.a.	224	181	57	21	14	8.7	1.8	0.4	-2.1	-7.9	-6.0	-3.9	-5.2	
天然ガス	n.a.	193	480	457	313	189	7.5	14	5.7	9.5	-0.3	-2.3	-4.9	-3.3	
原子力	n.a.	795	945	876	1,012	1,074	31	28	33	1.7	-0.5	0.9	0.6	0.8	
水力	n.a.	290	357	375	385	385	11	12	12	2.1	0.4	0.2	0.0	0.1	
地熱	n.a.	3.2	4.8	6.2	10	12	0.1	0.2	0.4	4.0	1.9	3.3	1.3	2.5	
太陽光・風力等	n.a.	1.3	24	355	736	916	0.1	11	28	33.9	21.2	4.7	2.2	3.7	
バイオマス・廃棄物	n.a.	20	46	189	371	431	0.8	6.0	13	8.9	10.6	4.3	1.5	3.2	
水素	n.a.	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	

エネルギー・経済指標他

							年平均変化率(%)					
	1980	1990	2000	2014	2030	2040	1990	2000	2014	2030	2040	2014/2040
GDP (2010年価格10億ドル)	n.a.	11,801	14,729	17,396	22,607	25,741	2.2	1.2	1.7	1.3	1.5	
人口(100万人)	n.a.	478	488	508	521	522	0.2	0.3	0.2	0.0	0.1	
エネルギー起源CO ₂ 排出 ^{*2} (100万t)	n.a.	4,067	3,783	3,134	2,370	1,860	-0.7	-1.3	-1.7	-2.4	-2.0	
一人あたりGDP (2010年価格1,000ドル/人)	n.a.	25	30	34	43	49	2.0	0.9	1.5	1.3	1.4	
一人あたり一次エネルギー消費(toe/人)	n.a.	3.4	3.5	3.1	2.9	2.6	0.1	-0.9	-0.5	-0.8	-0.6	
GDPあたり一次エネルギー消費 ^{*3}	n.a.	139	115	90	66	53	-1.9	-1.7	-1.9	-2.1	-2.0	
GDPあたりCO ₂ 排出量 ^{*2,*4}	n.a.	345	257	180	105	72	-2.9	-2.5	-3.3	-3.6	-3.5	
一次エネルギー消費あたりCO ₂ 排出 ^{*2} (t/toe)	n.a.	2.5	2.2	2.0	1.6	1.4	-1.0	-0.8	-1.4	-1.6	-1.5	
自動車保有台数(100万台)	n.a.	177	235	298	346	359	2.9	1.7	0.9	0.4	0.7	
自動車保有率(台/1,000人)	n.a.	371	482	587	665	687	2.7	1.4	0.8	0.3	0.6	

*1 電力、熱、水素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 CCSIによる削減分を含まない

*3 toe/2010年価格100万ドル、*4 t/2010年価格100万ドル