

中長期的技術開発のあり方

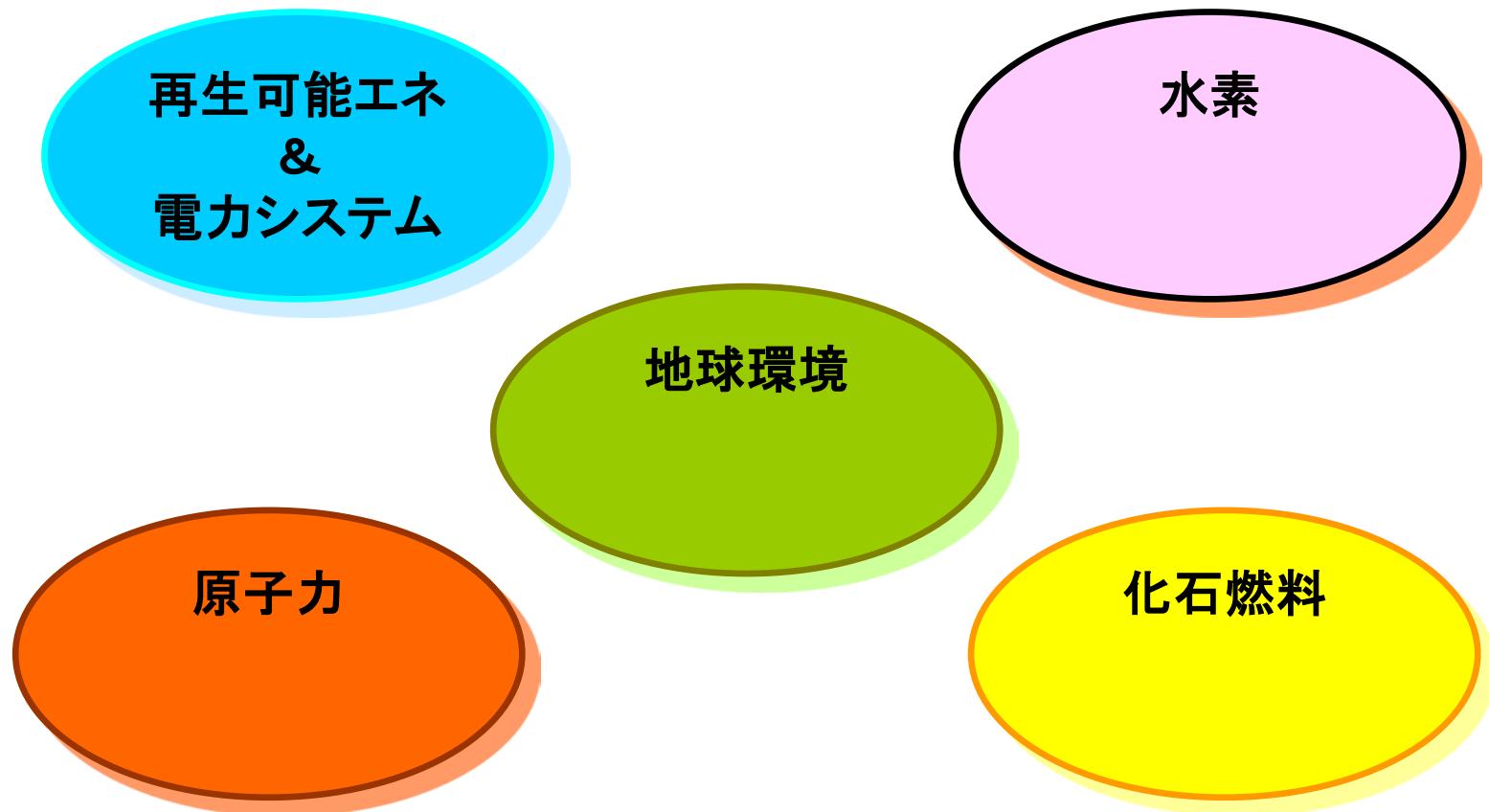
一般財団法人 エネルギー総合工学研究所

黒沢 厚志

本資料に含まれる意見、視点は、個人的なものを含みます。必ずしもエネルギー総合工学研究所やその他の組織の意見を代表するものではありません。

エネルギー総合工学研究所

- 幅広いエネルギー分野における長年の評価経験
 - 国内外の専門家ネットワーク
- <http://wwwiae.or.jp>



アウトライン

1. 温暖化対策の長期的視点

2. 技術ロードマップ

3. 革新技術開発

4. 気候工学とFuture Earth

5. まとめ

温暖化対策の長期的視点

■ 不確実性をどうとらえるのか

- 気候変動とその影響
いつごろ、どのくらいの大きさで顕在化？
- 社会の将来像
人口、経済活動、産業構造
- 対策とその効果
対策の規模、必要資金、効果

■ 限られた資源と研究開発投資

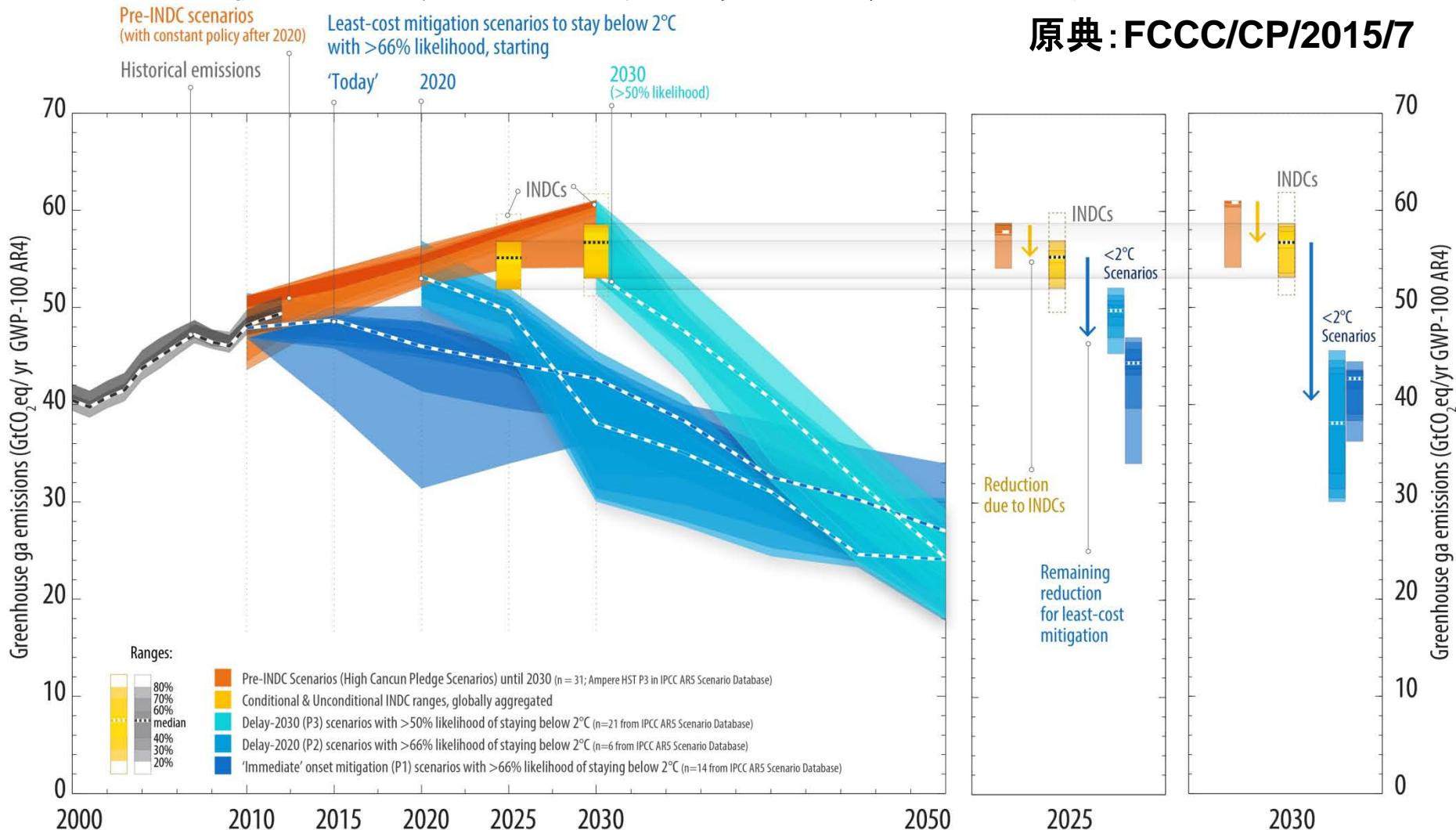
- 全部のオプションに賭けられる無尽蔵の資源があれば、考えられる全対策を徹底的に実施するのがよい。
- 実際の資源は有限
→社会的な選択が必要



気候変動枠組条約事務局 UNFCCC

INDCとPre-INDC(2020年以前政策のみ継続)
最適削減、遅延行動の場合の排出量比較

原典:FCCC/CP/2015/7



アウトライン

1. 温暖化対策の長期的視点

2. 技術ロードマップ

3. 革新技術開発

4. 気候工学とFuture Earth

5. まとめ

技術ロードマップ



■開発目標確認(時期, 規模, コスト)

■メタロードマップ 技術連関, Enabling Technology確認

我が国における総合技術ロードマップ事例

	技術戦略マップ (エネルギー分野)	Cool Earth エネルギー革新技術	環境エネルギー 技術革新計画
作成年度	2005以降数回	2008	2008, 2013
作成主体	経済産業省産業技術局	経済産業省資源エネルギー庁	内閣府総合科学技術会議
主要な背景	エネルギー分野における技術分野のロードマップを集約し、研究開発目標を共有。	G8サミットのミッションを受け、今世紀中葉における世界CO2半減を達成するための革新技術を選定。	今世紀中葉の世界CO2半減を達成するための革新技術選定(2008)。技術で世界貢献する攻めの地球温暖化外交戦略のため、RM改訂(2013)。
内容概要	2100年までの産業、民生、運輸、転換の技術の性能やコスト目標を明示(超長期エネ技術ビジョン、2005年度)。技術別に2030年頃までの詳細RM	転換、運輸、民生、産業および横断的技術に関し、21分野の技術を選定するとともに、技術性能、コスト、導入普及に関する目標提示。	36技術について技術概要、GHG削減効果、技術RM／普及シナリオ、国際競争力、国際展開提示(2008)。37技術について技術概要、技術課発動向・課題、技術RM、国際動向提示(2013)。
IAE の 貢献	検討委員会事務局 ロードマップ作成作業	検討委員会事務局 ロードマップ作成作業	ロードマップ作成作業(2013年)

環境エネルギー技術革新計画(2013)

生産・供給	火力発電	1. 高効率石炭火力発電 2. 高効率天然ガス発電
	再生可能エネルギー利用	3. 風力発電 4、5. 太陽エネルギー利用 6. 海洋エネルギー利用 7. 地熱発電 8. バイオマス利活用
	原子力発電	9. 原子力発電
	二酸化炭素回収・貯蔵・利用 (CCUS)	10. 二酸化炭素回収・貯留 (CCS) 11. 人工光合成
		12、13. 次世代自動車
消費・需要	運輸	14、15、16. 航空機・船舶・鉄道 17. 高度道路交通システム
	デバイス	18、19、20. 革新的デバイス
	材料	21. 革新的構造材料
	エネルギー利用技術	22. エネルギーマネジメントシステム 23. 省エネ住宅・ビル 24. 高効率エネルギー産業利用 25. 高効率ヒートポンプ
	生産プロセス	26. 環境調和型製鉄プロセス 27. 革新的製造プロセス
需給統合	エネルギー変換・貯蔵・輸送	28、29. 水素製造・輸送・貯蔵 30. 燃料電池 31. 高性能電力貯蔵 32. 蓄熱・断熱等技術 33. 超電導送電
その他 温暖化対策技術		34. メタン等削減技術 35. 植生による固定 36. 温暖化適応技術 37. 地球観測・気候変動予測

37分野

2013年追加
革新構造材料
人工光合成
地熱発電
太陽熱利用
海洋エネルギー利用

技術ロードマップ(高効率石炭火力発電)

出典:環境エネルギー技術革新計画(2013年)

1. 高効率石炭火力発電

技術の概要

- 高効率石炭火力発電技術としては、研究段階のものも含め、微粉炭石炭火力発電の蒸気条件が高温・高圧である超々臨界圧発電(USC)、先進的超々臨界圧発電(A-USC)や石炭をガス化して発電する石炭ガス化複合発電(IGCC)、IGCCに燃料電池を組み合わせた石炭ガス化燃料電池複合発電(IGFC)といった技術がある。
- 将来CCSが商用化し、導入されれば、二酸化炭素排出をほぼゼロにすることが可能。
- 既に商用化されている日本の石炭火力発電技術(USC)を、米中印の海外の石炭火力発電に導入した場合、エネルギー起源CO₂を15億トン削減できるとの試算あり。

我が国の技術開発の動向・課題

- A-USCについては、技術開発支援を2008年度から実施中。電力産業用大容量ボイラータービンシステム、高温弁技術の開発が主要な課題。700°C以上の高温蒸気にも耐えられる材料の開発も課題。
- IGCCについては、空気吹きIGCCについて、福島県で実証試験を行い、今後は、ガスタービンの高効率化、燃焼器部分等の技術開発等が課題。
- IGFCについては、基幹技術である酸素吹IGCCについて、中国電力(株)の大崎発電所構内で、全体システムの信頼性向上等に係る実証試験を実施中。今後は、石炭ガス化ガスと燃料電池の適合性の検証等が課題。
- 発電効率の向上、多炭種の活用、発電コストの低減に向けた技術開発が重要。

技術ロードマップ



- 大学等における材料や触媒技術等の基礎研究と、民間主体のプラントをシステムとして実証する大型プロジェクトの連携を強化
- 幅広い人材の育成による技術開発の推進

(※関連技術ロードマップ:30. 燃料電池)

国際動向

普及の現状

- 世界の石炭火力発電所の大半は米国と中国、インドに集中しており、その多くは発電効率が35%以下と低い。USCは日本では既にかなり普及しており、中国でも最近大型石炭火力で導入が始まっている。インドでは一部SCの導入が行われているが、石炭火力発電所の多くは低効率の従来型である。

技術開発の動向

- 欧州では電力・メーカーを主体としたAD700プロジェクトにおいて、現在700°Cの蒸気を用いた各種要素試験が行われている。また、クリーン・コール政策として、(1)CCS(CO₂分離回収・貯留)、(2)IGCC(石炭ガス化複合発電)の推進に向けた資金支援プログラ

ムを導入し、(3)超々臨界圧発電(USC)、先進的超々臨界圧発電(A-USC)についてはEU企業参加による共同開発を推進している。CCSについては2020年以降の商業実用化を目指しており、A-USCについては2016年までに実証試験を完了する。

○米国では、「クリーン・コール・パワー・イニシアチブ」(CCPI)や、「クリーン・コール技術実証プログラム」の中で、将来的にゼロ・エミッションまたはそれに近い石炭火力の実現を目指している。

我が国の国際競争力

- 我が国の石炭火力発電設備の平均発電効率は現時点で約41%(発電端・HHV)となっており、諸外国が30%台であるのと比較して世界最高の水準にある。

技術ロードマップ(水素製造)

出典:環境エネルギー技術
革新計画(2013年)

28. 水素製造・輸送・貯蔵(水素製造)

技術の概要

○水素は、多様なエネルギーから製造することが可能な二次エネルギーであり、化石燃料や水、バイオマス等を原料として、右記の表に示されている様々な方法で製造することができ、排出されるのが水のみというクリーンエネルギーとしての特質を有する。

要素	
改質(オンサイト)	水蒸気改質
改質(オフサイト)	オートサーマル 水蒸気改質(CCSとの組み合わせ)
水電解	部分酸化(組み合わせ) 固体高分子水電解 アルカリ水電解 高温水蒸気電解
再生可能エネルギー	バイオマス・植物利用 太陽・風力エネルギー利用
原子力エネルギー	原子力エネルギー利用
精製	PSA 膜分離 合金膜、非合金膜 高分子膜 深冷分離

(出典)NEDO「燃料電池・水素技術開発ロードマップVer.2」

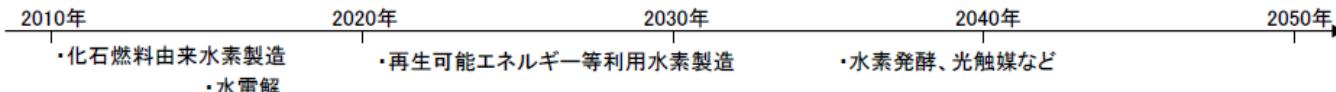
我が国の技術開発の動向・課題

ONEDOでは、高圧下又は液化状態の水素基礎物性の解明に関する研究や、水素製造・輸送・貯蔵・充填に関する低コストかつ信頼性・耐久性に優れた機器及びシステムの要素技術並びに実用化技術の開発等が行われている。

○水素製造については、製造コストの制約とともに、低コスト水素製造技術の開発や水素原料の多様化等が課題。水素供給は、輸送や貯蔵と合わせて、最適なシステムが求められるため、輸送や貯蔵技術と組み合わせて検討する必要がある。

○JAEAでは、水の熱分解で水素を製造するISプロセスの試験研究が行われている。

技術ロードマップ



化石燃料由来水素、副生水素

再生可能エネルギー等水素
太陽光・太陽熱・風力・水力利用、バイオマス利用、褐炭由来水素 他

革新的水素製造
水素発酵、光触媒、ISプロセス 他

水素導入時期は、既存施設(副生水素等)を活用。ポイントは、普及拡大時期(急激に水素需要が増大)に何から水素を作るか。CO₂回収を前提としたオフサイト製造、原油高に左右されない安価な燃料源(例 石炭、重質油等)の活用、夜間電力や再生可能エネルギー等を利用した水電解等、水素社会インフラ全体としての評価が必要。

(※関連技術ロードマップ: 13. 次世代自動車(燃料電池自動車)、29. 水素製造・輸送・貯蔵(水素輸送・貯蔵)、30. 燃料電池)

国際動向

普及の現状

○2011年1月に自動車メーカー及び水素供給事業者13社が共同声明を発表し、自動車メーカーがFCV量産車を2015年に4大都市圏を中心とした国内市場への導入と一般ユーザーへの販売開始を目指して開発を進めることが示された。

技術開発の動向

○米国では生体触媒やバイオマス処理による生物学的プロセス、化石燃料からの水素生産、再生可能エネルギー等による電解プロセス、高温・超高温水分解等の熱化学プロセスに加え、光触媒及び光電気化学水分解やメタンのソーラー改質等の代替アプローチを研究課題としている。

OEUでは、2020年時点での化石燃料に対して価格競争力を有する水素の供給を目標として、電気分解による100MW級集中型生産システムの開発や、水素生産効率の30%向上並びに能力の倍増、電気分解及びバイオガス改質技術による分散型生産体制の実現を掲げている。

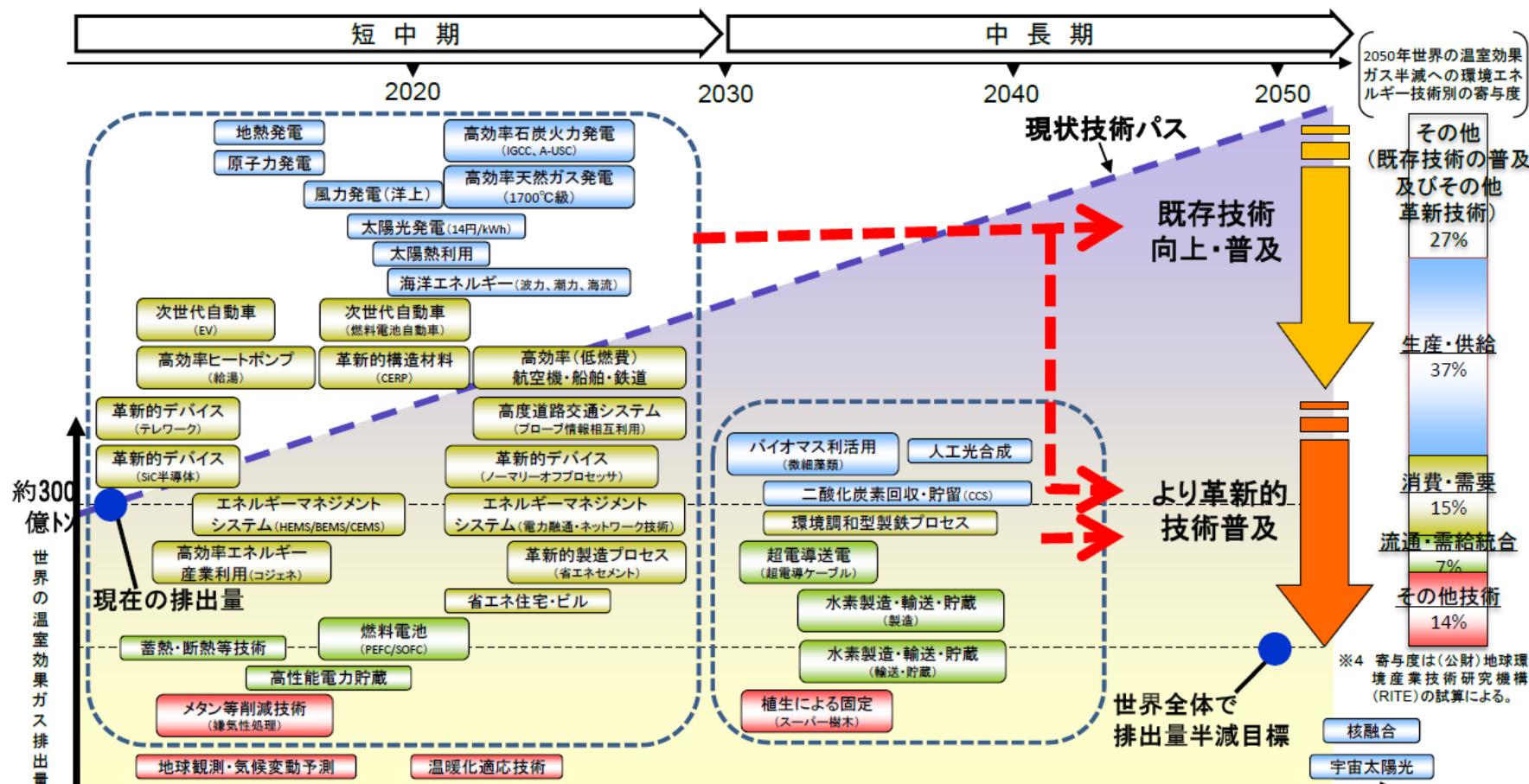
我が国の国際競争力

○核となる要素技術では、性能は世界レベルに到達の見込み。
要素技術: 水蒸気改質、オートサーマル技術、部分酸化技術、水電解

短期、中長期の技術分類

出典:環境エネルギー技術革新計画(2013年)

我が国は、優れた環境エネルギー技術を、短中期、中長期と切れ目なく開発を進め、世界に普及することにより、2050年までに世界全体で温室効果ガスを半減する目標達成に貢献する。既存技術の向上・普及だけでは限界があることから、中長期的により革新的な技術開発を推進する必要がある。



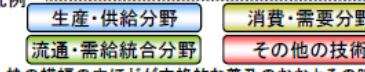
※1 環境エネルギー技術の横軸上の位置は、各技術のロードマップを踏まえ、本格的な普及のおおよその時期を示すものである。

※2 「現状技術パス」は、各種技術の効率(例えば、石炭火力発電の発電効率)が変化しない場合の世界全体のおおよその排出量を示すものである。

※3 「既存技術向上・普及」及び「より革新的な技術普及」の矢印は、世界全体で排出量半減の目標を達成するためには、既存技術の向上・普及

だけでなく、より革新的な技術の普及による削減が必要であることを示すものであり、それぞれの技術による削減幅を示すものではない。

凡例



※1 棒の横幅の中ほどが本格的な普及のおおよその時期を示す

※2 括弧の中は、各項目における技術の一例を、本文の短中期、中長期の分類に合わせて抜き出したもの

総合資源 エネルギー調査会

出典:基本政策分科会
第14回会合資料(2014)

環境エネルギー技術革新計画 のマイナーアップデート

追加項目

メタンハイドレート
資源開発技術
次世代海洋資源
水素利用

(従来の燃料電池に水素発電追加)

本ロードマップにおける主要な技術項目(案)

生産・供給	再生可能 エネルギー利用	火力発電	高効率石炭火力発電 高効率天然ガス発電
			風力発電
			太陽エネルギー利用(太陽光発電)
			再生可能エネルギー熱利用
			海洋エネルギー利用
			地熱発電
			バイオマス利活用
		原子力発電	原子力発電
		メタンハイドレート	メタンハイドレート
		資源開発技術	資源開発技術
消費・需要	運輸	次世代海洋資源 開発技術	次世代海洋資源開発技術(海底熱水鉱床)
		二酸化炭素回収・ 貯蔵・利用(CCUS)	二酸化炭素回収・貯留(CCS) 人工光合成
			次世代自動車
	デバイス		航空機
			高度道路交通システム
		材料	革新的デバイス
	エネルギー利用技術		革新的構造材料
			エネルギー・マネジメントシステム
			省エネ住宅・ビル
			高効率エネルギー産業利用
需給統合	エネルギー 変換・貯蔵・輸送		高効率ヒートポンプ
			環境調和型製鉄プロセス
			革新的製造プロセス
			水素製造・輸送・貯蔵
			水素利用(燃料電池・水素発電)
			高性能電力貯蔵
			蓄熱・断熱等技術 超電導送電



■ 科学とエネルギー、核セキュリティ、マネージメントとパフォーマンスに対する戦略目標

- 気候変動

‘All of the above’ 工策総動員

省エネ、電源多様化(再エネ促進, CCS, 原子力)

ファイナンス支援、運輸(燃料多様化,燃費向上)

国内石油・ガス資源開発、国際協力

目標例:太陽電池コスト, 新型地熱発電容量,

非在来石油・ガス成果報告, 洋上風力概念,

変動電源とEV・エネマネ連携,

セルロースバイオ燃料ライフサイクルGHG原単位,

燃料電池コストと運転時間, PHEV用バッテリーコスト



- エネルギーインフラ

戦略石油備蓄、自然災害・原子力事象に対するマネージメント報告,

グリッドスケールエネ貯蔵コストとバックアップ時間, サイバーセキュリティ,

エネ配達システム間の運用互換性

- 基礎研究とイノベーション

- 核セキュリティ(4目標)

- 放射性および化学物質のクリーンアップ

- その他管理関係(3目標)

アメリカ

**DOE
ARPA-E**

arpa-e
CHANGING WHAT'S POSSIBLE



- エネルギーの製造・貯蔵・使用に関する施策によって、**エネルギーと経済の安全保障**を向上させることを目的に、2007年に米国議会による立法(America Competes Act(ARRA), 米国競争力強化法)によって設立
- 国防行動研究計画局(Defense Advanced Research Project Agency, DARPA)がインターネットの原型やGPSを開発した成功事例にならって、米国がエネルギー分野において技術的優位性を失いつつあるという危機感から、エネルギー分野での**イノベーション**を目的に、ハイリスクだがハイインパクトな成果を上げることを意図。
- 公募形式は下記の3種
 - テーマを定めない(**OPEN**)
 - 分野指定**
 - 中小企業向け(SBIR/STTR, The Small Business Innovative Research, Small Business Technology Transfer)
- **技術目標**がFunding Opportunity Announcement(FOA)に提示され、提案者はその達成に向けた提案を行う。プロジェクト選定においては革新性を重視。
- プロジェクト開始は2009年から。**多様なエネ分野**からプロジェクトを選定。

EU



- 1980年代 日米に対する技術レベルの遅れ認識
- EU研究は各国の研究開発支援を補完するという位置づけ
(補完性原則)
- 研究開発投資 域内GDPの3%を目指(バルセロナ目標).
欧洲研究圏(ERA)構想.
- FP フレームワークプログラム(1980年代~)
CIP 競争力・イノベーションプログラム
- Horizon2020(2014~2020) FPの後継
- 環境エネルギー分野の政策文書
 - 欧州環境健康行動計画(2003)
 - 環境技術行動計画(2004)
 - 戰略的エネルギー技術計画(SET-Plan,2007-)
 - Energy Roadmap 2050 (2011)-全体ポートフォリオの提示

EU

戦略的エネルギー技術計画

(Strategic Energy Technology Plan(SET-Plan))



- 2007年 エネルギー技術開発長期枠組. JRC(Joint Research Center)協力. 産業界との対話システムあり.
- 2020年目標達成に向け、バイオエネ、CCS、電力グリッド、燃料電池・水素、原子力、スマート都市、太陽エネ、風力.
- 2050年目標を達成するための再エネ、エネ貯蔵、水素燃料電池、次世代原子炉、核融合、欧洲エネネットワーク、ブレークスルー（材料・ナノ・情報・バイオ）
- 2050年目標達成に向けて必要な投資分析：
太陽光、太陽熱、風力、バイオマス、CCS、原子力、化石燃料、海洋、燃料電池・水素、電力貯蔵、電力ネットワーク、エネ多消費産業、建築物、スマコミ.

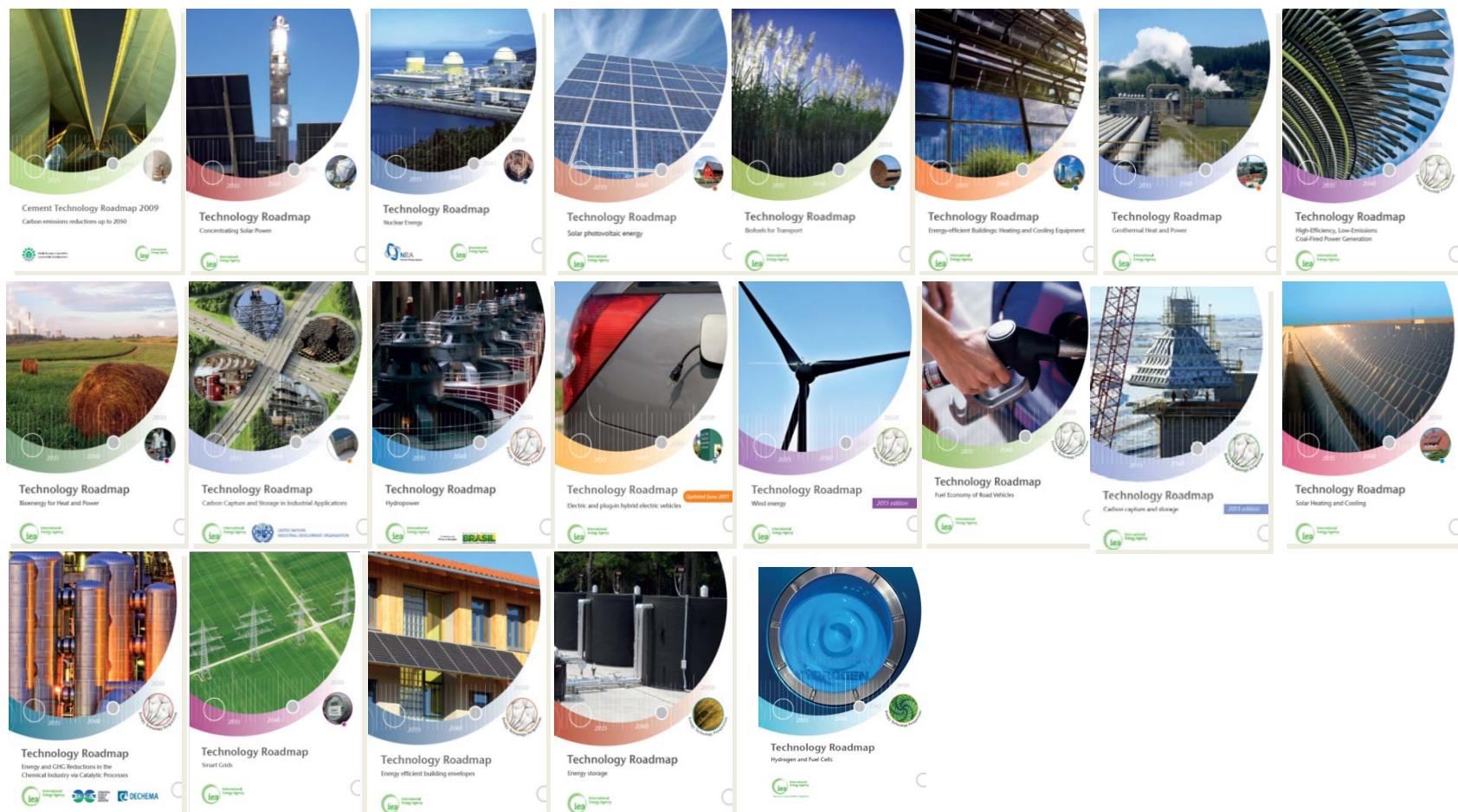


国際エネルギー機関(IEA)

IEA技術ロード
マップ



- G8サミットの要請 2050年GHG半減のシナリオ
- エネルギーの供給、転換、需要の各側面から、数多くのロードマップを発表
- エネルギー技術見通し(ETP)と連動





IEA ロード マップ 分野 (21)

Bioenergy for Heat and Power,
 Biofuels for Transport,
 Carbon Capture and Storage,
 Carbon Capture and Storage in Industrial Applications,
 Cement,
 Chemical Industry via Catalytic Processes,
 Concentrating Solar Power,
 Electric and Plug-in Hybrid Vehicles,
Energy-efficient Buildings: Heating and Cooling Equipment,
 Energy-efficient Building Envelopes,
 Energy Storage,
 Fuel Economy of Road Vehicles,
 Geothermal Heat and Power,
 High-Efficiency, Low-Emissions Coal-Fired Power Generation,
 Hydrogen,
 Hydropower,
 Nuclear Energy,
 Solar Photovoltaic Energy,
 Smart Grids,
 Solar Heating and Cooling,
 Wind Energy



Technology Roadmap

Hydrogen and Fuel Cells



水素RM

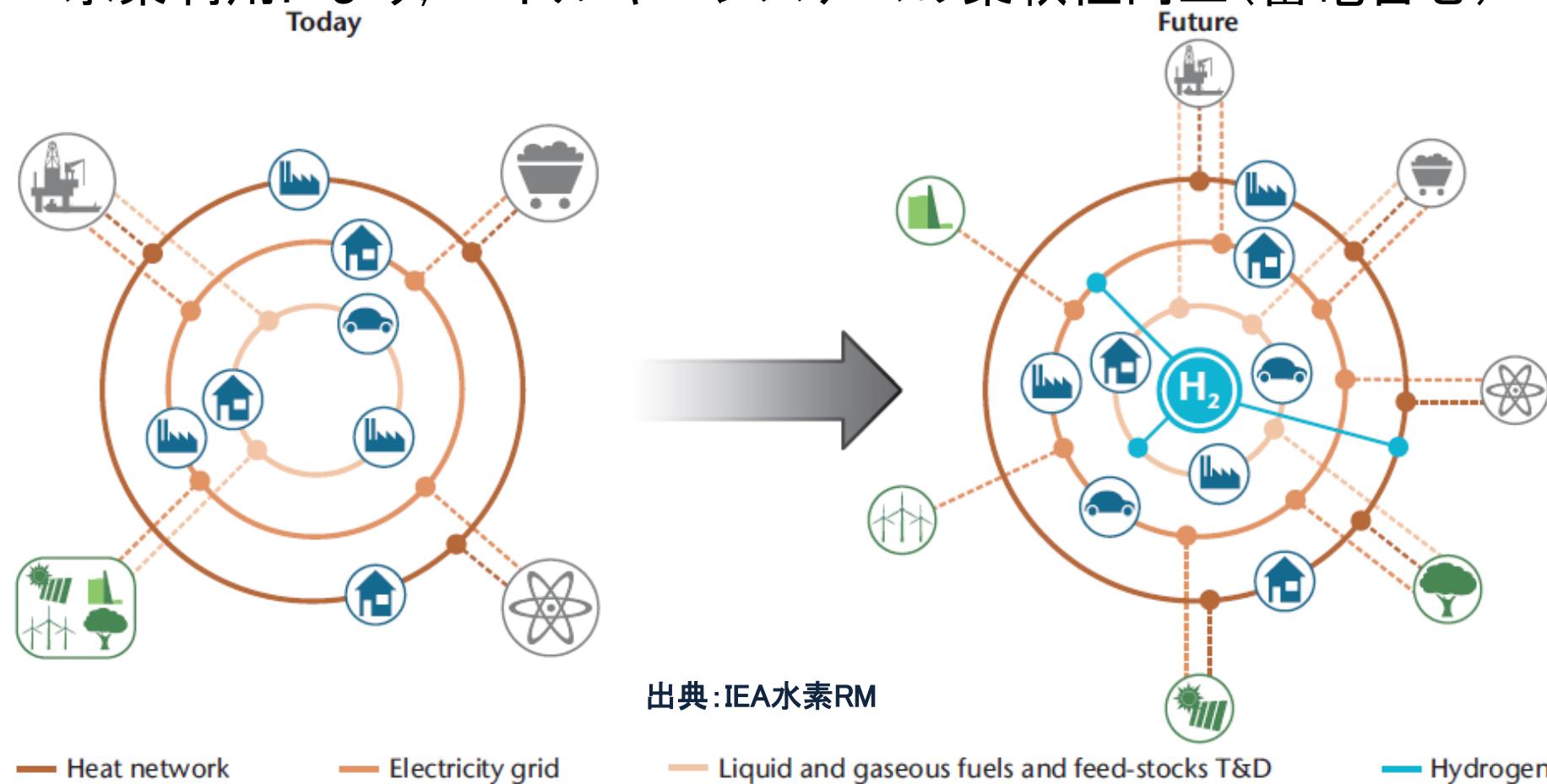
- 2015/06/30リリース.
- IEA事務局分析に地域ワークショップ(アジア, 米, 欧)知見を統合
- 構成

今後10年間のアクション
技術水準
2050年に向けたビジョン
技術開発のマイルストーン
政策, 規制とファイナンス
Technical Annex

エネルギーシステムの将来



- 熱、電気、液体・ガス燃料に加えて水素がエネルギーキャリアに
- 複数エネ供給源→複数キャリア→最終需要(産業、民生、運輸)
- 水素利用により、エネルギーシステムの柔軟性向上(蓄電含む)



太陽電池効率向上の推移

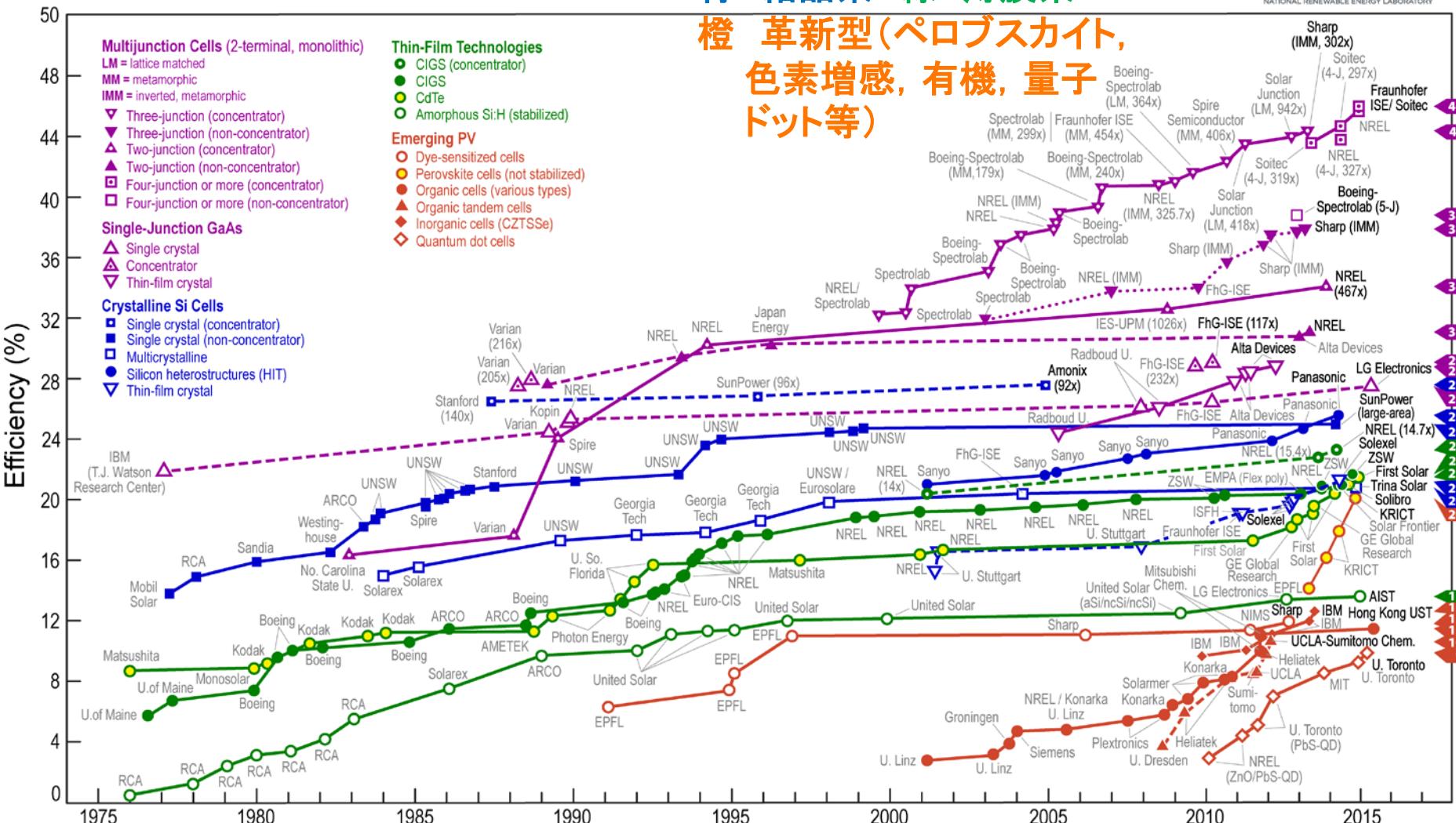
出典:NRELWebページ(データは2015/8/8現在)

Best Research-Cell Efficiencies

紫 多接合系, 単接合系
青 結晶系 緑 薄膜系



橙 革新型(ペロブスカイト,
色素増感, 有機, 量子
ドット等)



アウトライン

1. 温暖化対策の長期的視点

2. 技術ロードマップ

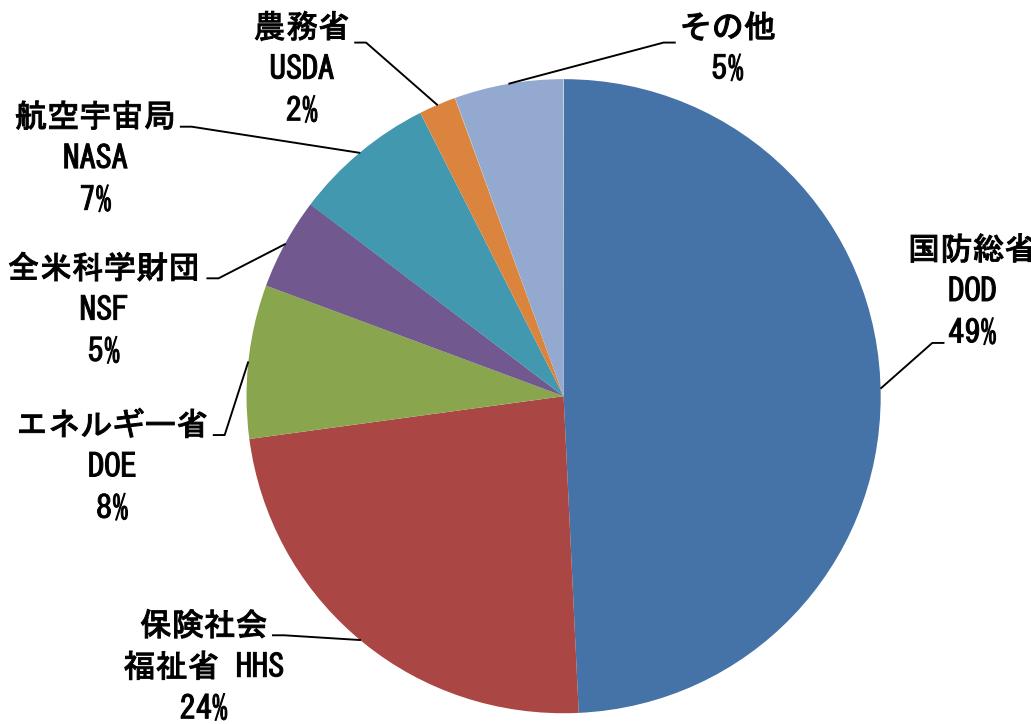
3. 革新技術開発

4. 気候工学とFuture Earth

5. まとめ

米国のR&D予算

(2014年、総額:\$134,042 Mil\$, preliminary)



資金配分機関

NSF(科学, ファンディング専門)
NIH(医学, 内部研究有)
DOE/OS(科学局, 内部研究有)
等

国防総省	65,997Mil\$
保健社会福祉省	31,631Mil\$
エネルギー省	10,488Mil\$
全米科学財団	6,240Mil\$
航空宇宙局	9,696Mil\$
農務省	2,538Mil\$

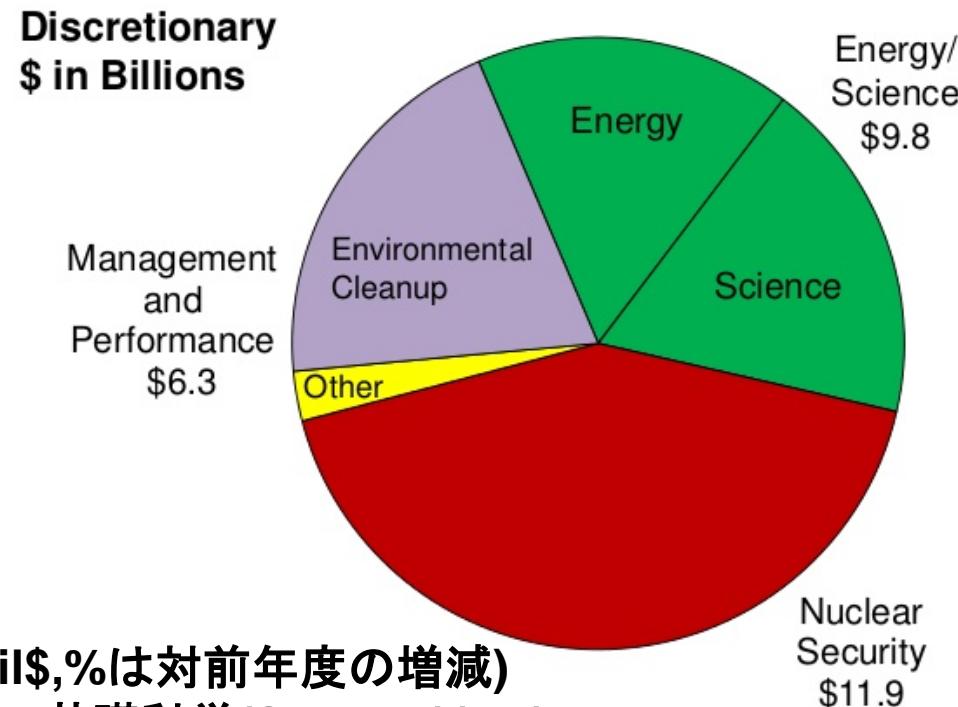
(出典:Federal Funds for Research and Development: Fiscal Years 2012-14を基にIAE作成)
(Table3: Federal Obligations and outlays for research, development and R&D plant, by agency: Fys 2012-14)

FY2016 エネルギー省予算

(要求ベース, 総額27.9bil\$, Feb2015)

Nuclear Security(軍事)
および
Environmental Cleanup(除染)
の比率高

Energy / Science 約三分の一



Energy / Scienceの主な内訳 (括弧内はbil\$,%は対前年度の増減)

基礎科学(Science)(5.3) +5.4%

省エネ・新エネ(Energy Efficiency and Renewable Energy)(2.7) + 42.3%

配電・エネ信頼性(Electricity Delivery and Energy Reliability)(0.3) +83.8%

化石燃料(Fossil Energy)(0.8) +6.4%

原子力(Nuclear Energy)(0.9) +8.9%

ARPA-E(Advanced Research Projects Agency – Energy)(0.3) + 16.1%

情報(Energy Information Administration)(0.1) +12.0%

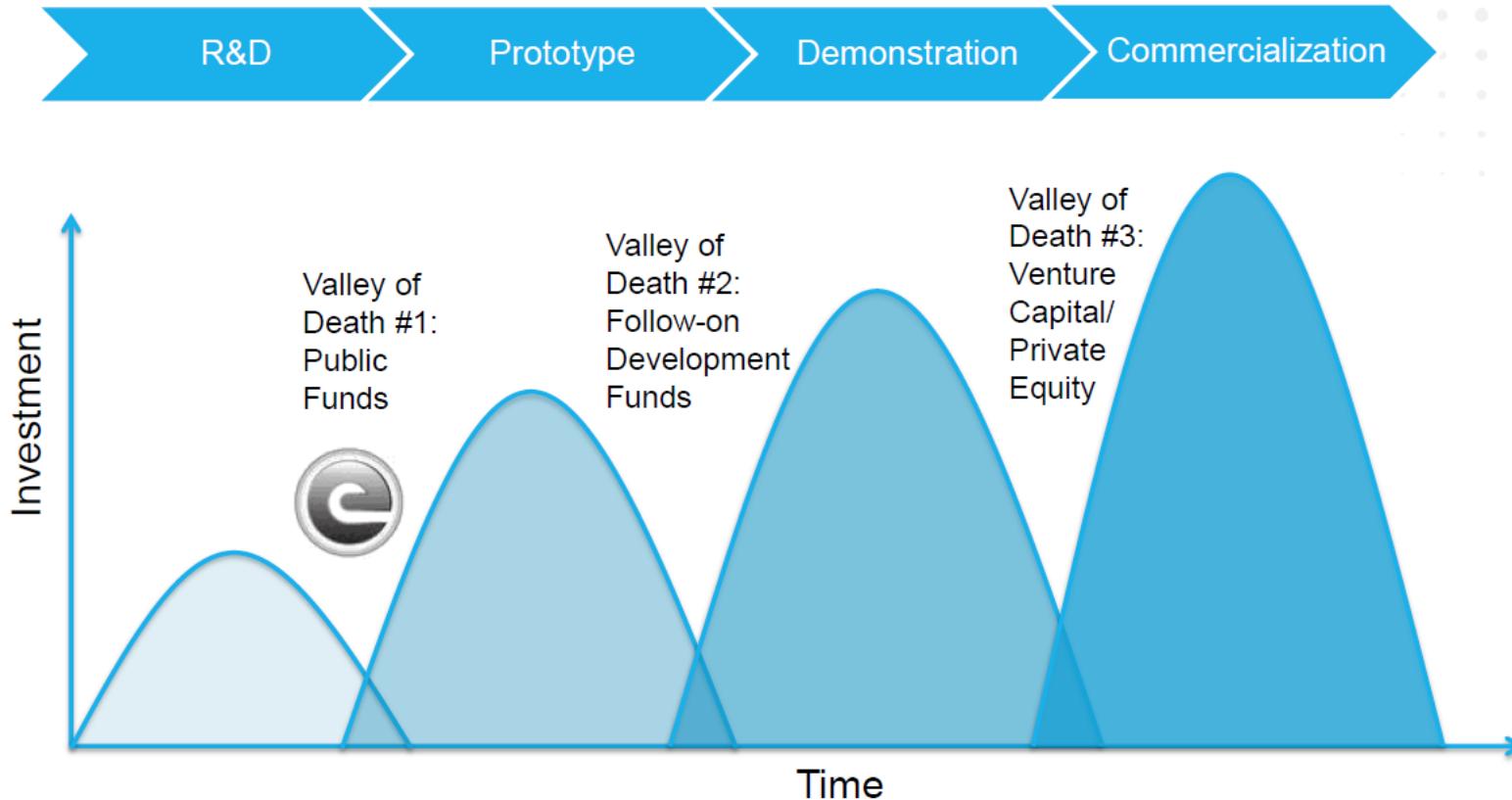
ARPA-Eのプロジェクト選定

- 32のプログラムで多くのプロジェクトを採択(2015年10月現在)
 - 予算規模, プロジェクト実施期間は様々
- 予備審査, 本審査の2段階選抜
- 予備審査の評価基準
 - 提案技術の最先端技術に及ぼすインパクト
 - 科学的, 技術的利点 – **ユニークさ, 革新性**等も評価対象
- 本審査の評価基準
 - 予備審査項目
 - プロジェクトチームの質, 経験, 能力
 - マネジメント計画の健全性



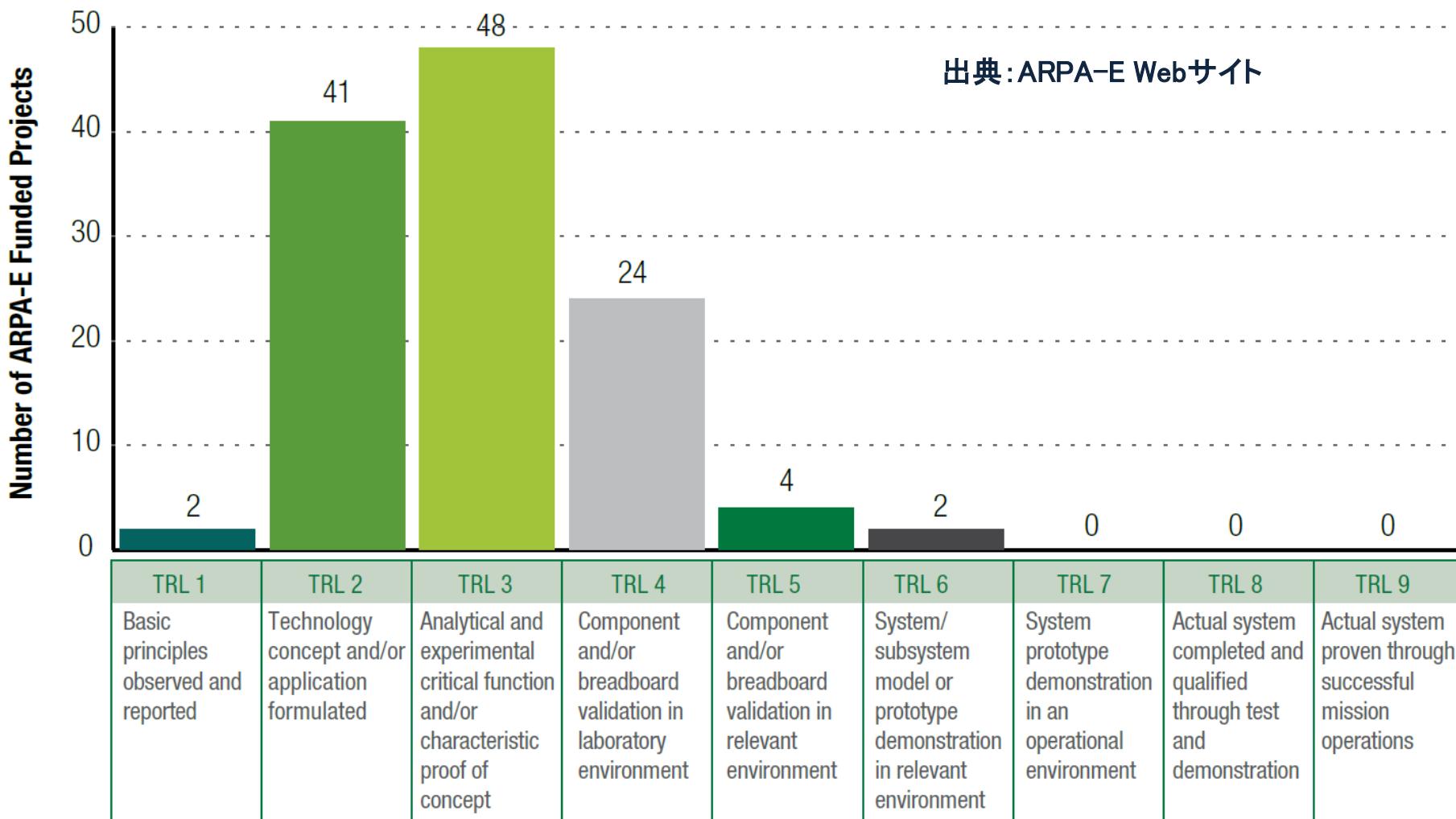
複数ある「死の谷」

R&D – プロトタイプ – 実証 – 商用化



ARPA-Eが資金援助するプロジェクトのTRL (Technology Readiness Levels) 2010年レポートの例

死の谷レベルにある基礎側(TRL2-4)に配分



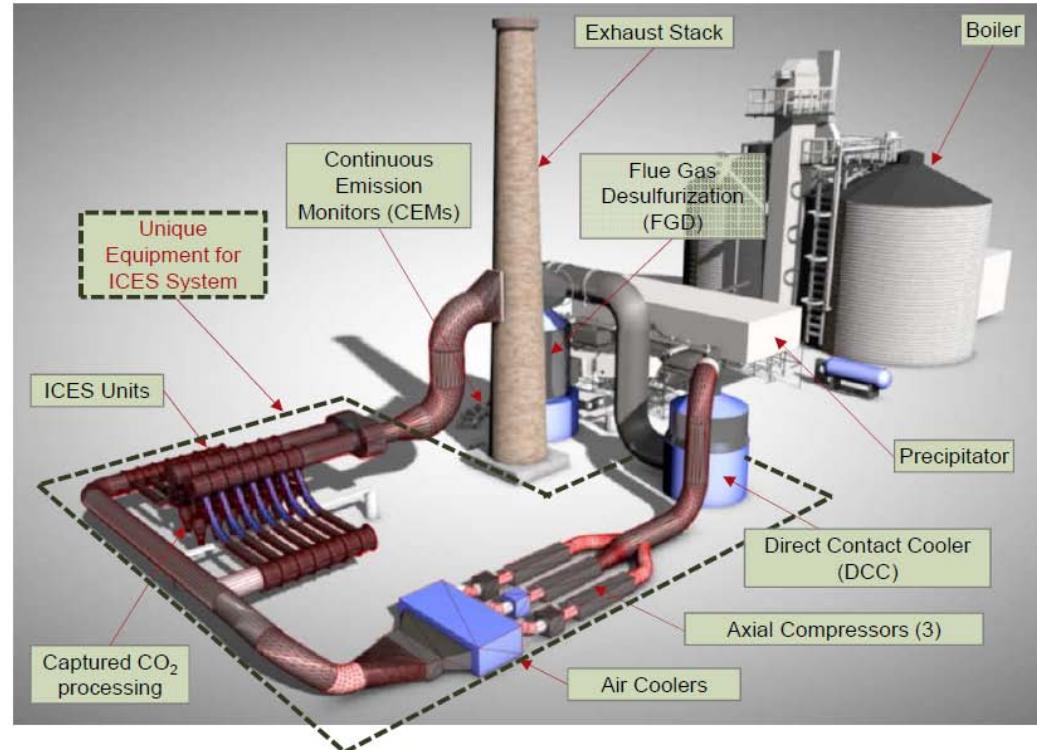
ARPA-E IMPACCTプログラムでの成功事例

Inertial CO₂ Extraction System(ICES) (ATK社) NETLで国プロ化

ICES Plant Layout and Footprint



A premier aerospace and defense company



出典:ATK社資料

ICES footprint of ~8k m² compares to 20k to 30k m² for an amine plant of similar capacity. ICES nozzle and compressor stacking can further reduce footprint by 30-40%.



16

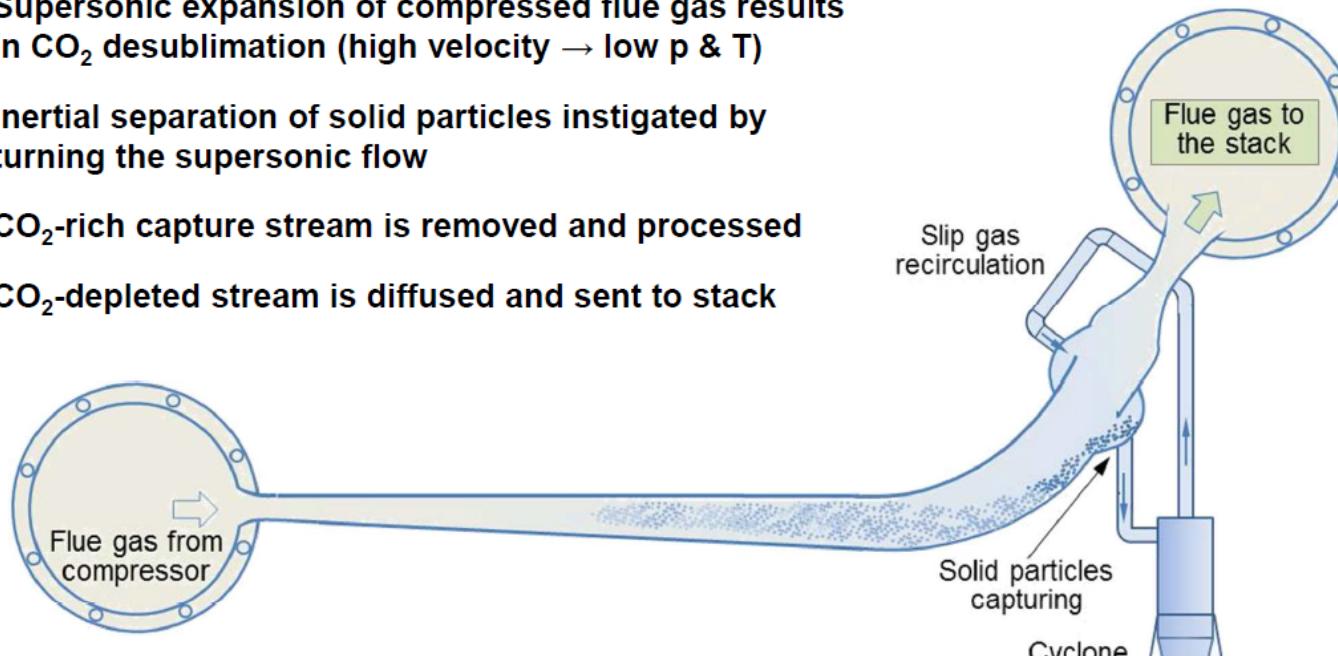
ICES – CO₂をドライアイスとして回収

ICES Technology Background

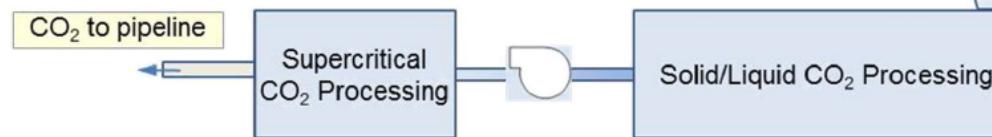


A premier aerospace and defense company

- Supersonic expansion of compressed flue gas results in CO₂ desublimation (high velocity → low p & T)
- Inertial separation of solid particles instigated by turning the supersonic flow
- CO₂-rich capture stream is removed and processed
- CO₂-depleted stream is diffused and sent to stack



出典:ATK社資料



3

その他のARPA-E プログラム の例

Electrofuels

電気燃料(光合成によらないバイオ燃料合成)

FOCUS

フルスペクトル太陽エネ変換

(熱 & 電気)(革新エネ貯蔵含む)

ARID

発電所冷却システム(水節約型)

→革新性重視、幅広い分野をカバー

短期で見切り、市場導入支援

アウトライン

1. 温暖化対策の長期的視点

2. 技術ロードマップ

3. 革新技術開発

4. 気候工学とFuture Earth

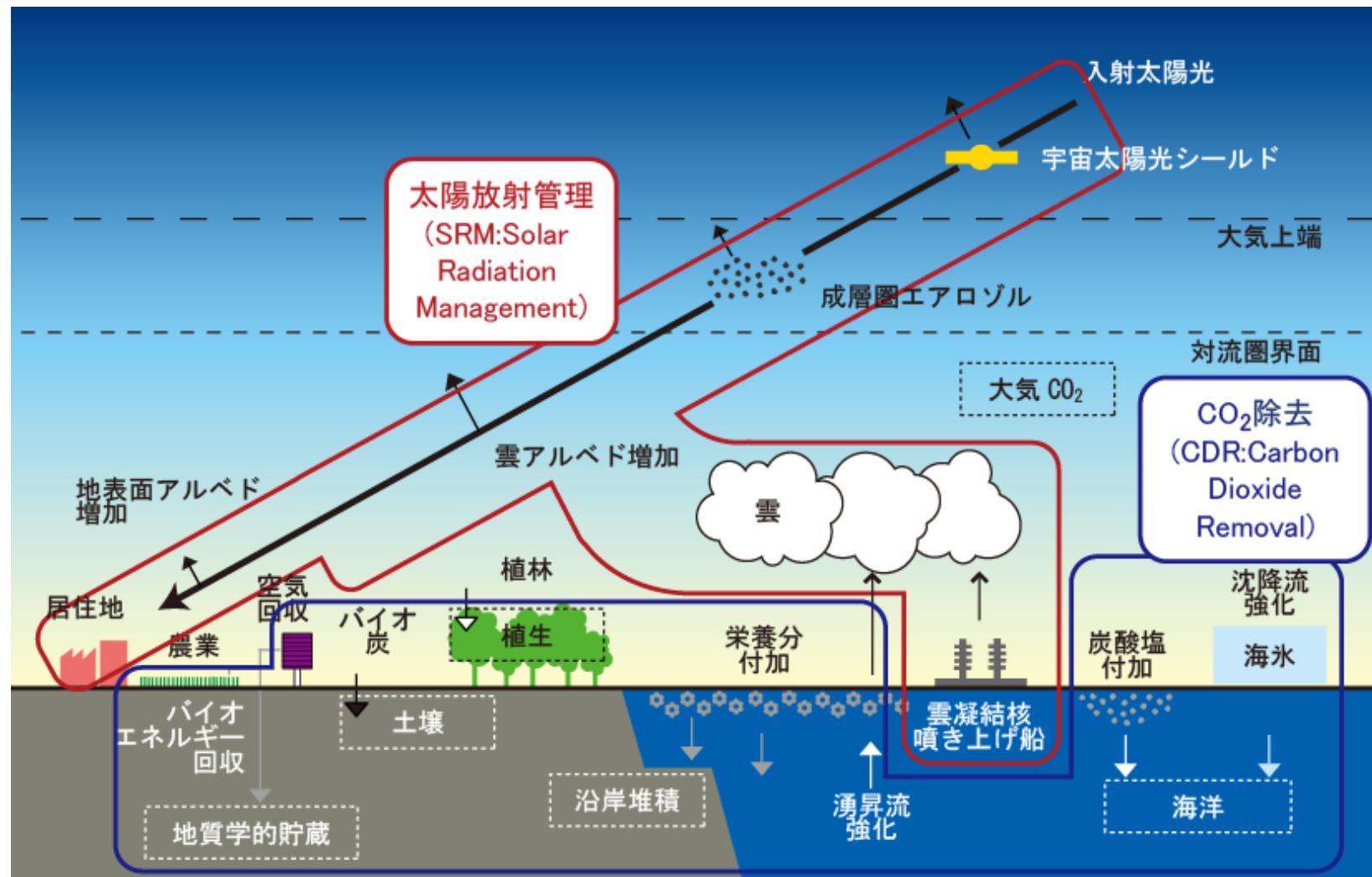
5. まとめ

気候工学(ジオエンジニアリング)

© Lenton and Vaughan 2009 "The radiative forcing potential of different climate geoengineering options", Atmos. Chem. Phys., 9, pp. 5539-5561

人為的に気候介入
SRMとCDRに大別
ほとんどが提案レベル

出典:杉山, 気候工学入門, 日刊工業新聞社, 2011



NRC気候工学報告書

ONRC気候工学報告書(February 2015) ‘Climate Intervention’ 2部構成

Carbon Dioxide Removal and Reliable Sequestration Reflecting Sunlight to Cool Earth

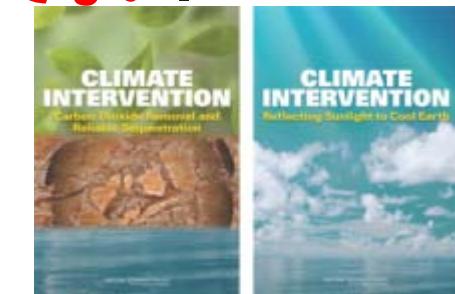
- ・2オプションの影響、便益、コストに言及。
- ・Climate Interventionは、緩和や適応の代替にならない
(NO SUBSTITUTE)
- ・CDR 大規模化が適切かの評価が必要
- ・Albedo modification

環境その他のリスクについての理解が十分でない。

気候に影響を与えるスケールでの実施をすべきでない。

より多くの研究が必要。

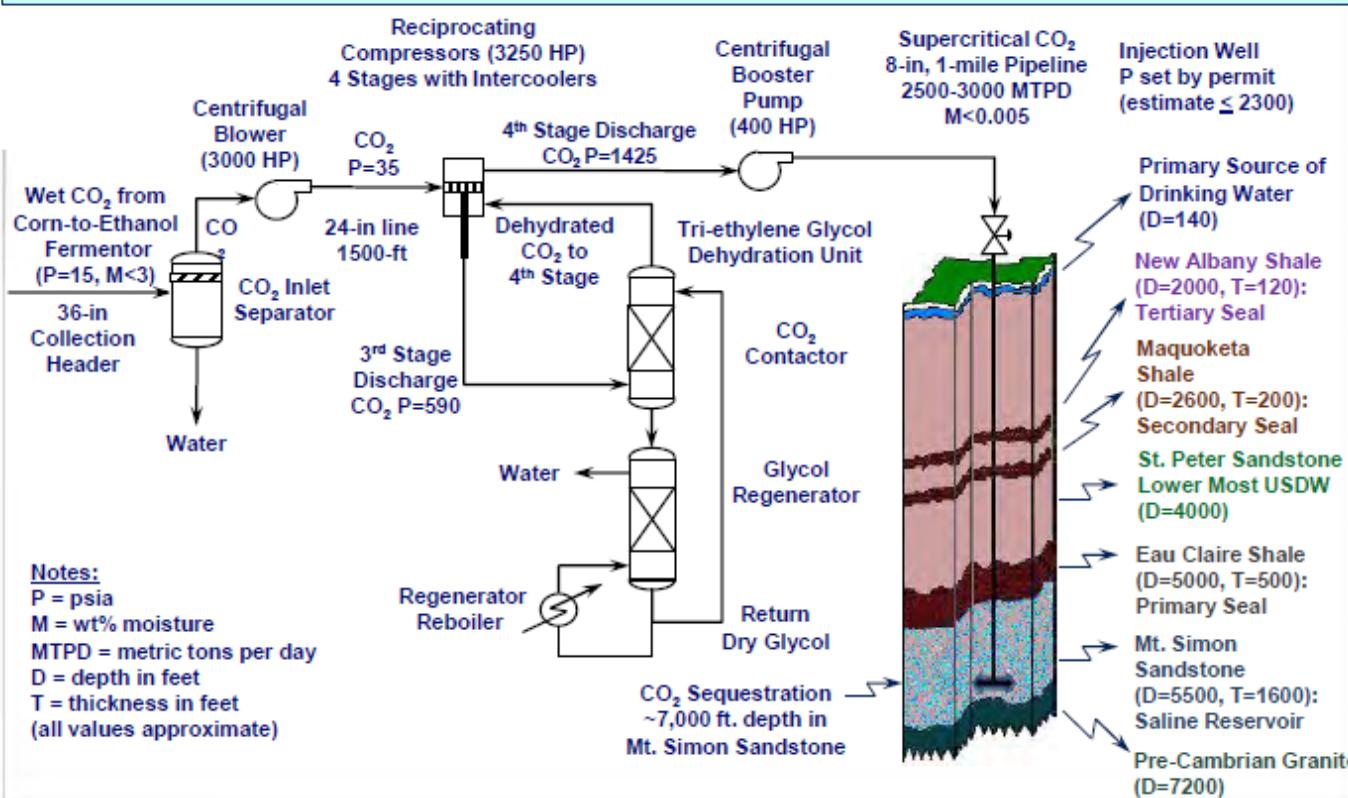
ガバナンスへの言及。



プロジェクトの例 BECCS

イリノイCCSプロジェクト

- 発酵ガス中の水分は3%以下、CO₂濃度は99%以上(水分フリーベース)。
- Tri-ethylene glycolを用いた脱水により、水分0.005%以下として地下貯留。
- 貯留場所は、5,500 ~ 7,100 feet(1,680 ~ 2,470m)のMt. Simon 砂岩層。
- EPAの地下注入規制要件をクリア(Class 6)



IL-ICCS システムフロー

出典: IBDP
Webページ

フューチャー・アース構想

- 地球環境研究に関する新たな国際研究枠組
- 学際研究だけではなく、研究設計や成果普及段階において重要な役割を担う幅広い利害関係者で構成される「社会」との協調によるトランスディシプリナリー(超学際)研究を促進、課題解決.
- 3つの研究領域

- 「ダイナミックな惑星」
- 「グローバルな開発・発展」

食料、水、生物多様性、エネルギー、物質及びその他の生態系機能と恩恵についての持続可能で確実で正当な管理運用を含む、人類にとって最も喫緊のニーズに取り組む知識提供

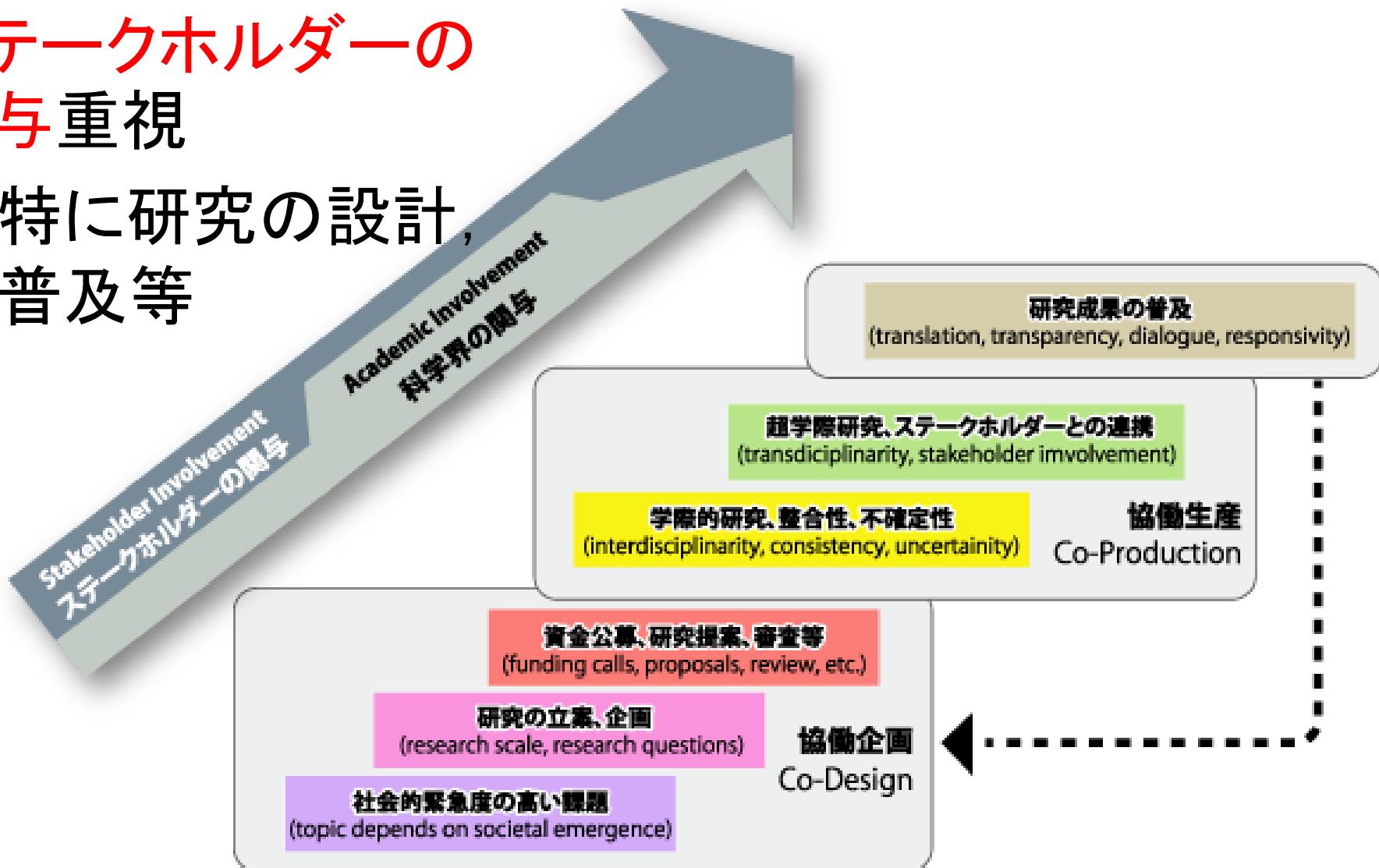
- 「持続可能性に向けての転換」

持続可能な未来に向けての転換の知識提供。転換プロセスと選択肢を理解、人間の価値と行動・新技術及び経済発展の道筋の関係評価、セクターとスケール横断のグローバル環境ガバナンスと管理の戦略評価、技術の社会受容可能性、技術と社会変革に関する課題重視

「社会」協調によるトランスディシプリナリー研究

ステークホルダーの 関与重視

特に研究の設計、
普及等



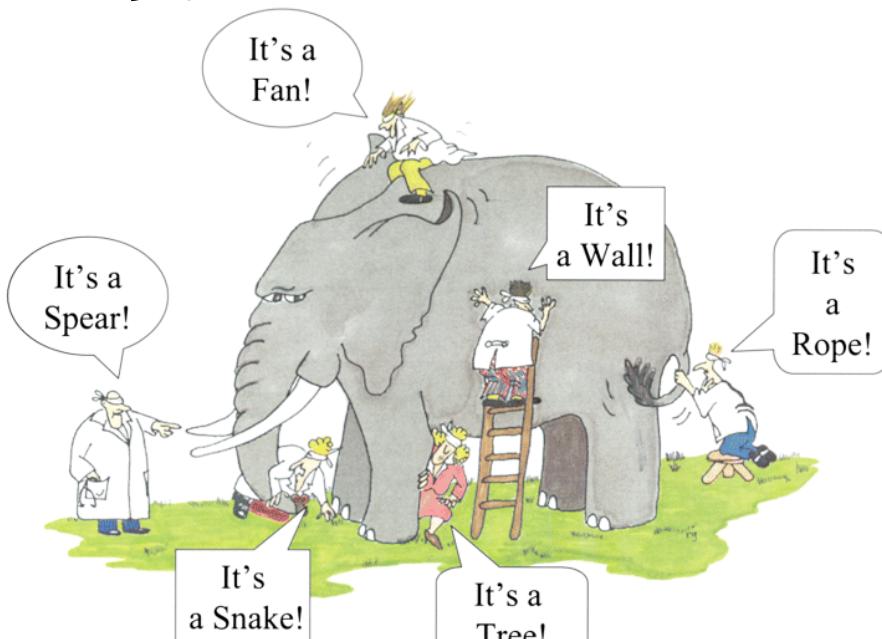
アウトライン

1. 温暖化対策の長期的視点
2. 技術ロードマップ
3. 革新技術開発
4. 気候工学とFuture Earth
5. まとめ

イノベーションへの期待

■ステークホルダーによって理解が違うのでは?

- 基礎研究者 発明, 発見 = イノベーション
- 産業界 製品の上市
- 政策担当者 政策ツールによる研究開発コミット
研究促進, イノベーションの普及
- 消費者 ライフスタイル変化, 市場シェア実感



No, it's
innovation.

まとめ

■ 温暖化対策における長期的技術開発促進の必要性

- 気候変動悪影響を回避するため、世界的に温室効果ガス削減を加速する必要があるとすれば、、、、
- 適応策と緩和策のポートフォリオを考慮した上で、
- 既存技術普及、革新技術開発と普及の推進が必要

■ 取り組みのあり方

- システム化が必要な技術(CCS、水素等)、実用化時期が読めない技術についても、できる範囲で幅広く継続的に取り組むべき
- バランスが大事(技術成熟度、分野間)
- 社会との関係を考慮すべき

Thank you for kind attention.

kurosawa@iae.or.jp

