

# 長期的経済リスク低減のために

～超長期エネルギー戦略が不可欠～  
10.11.2015

安井 至

(独)製品評価技術基盤機構・名誉顧問  
東京大学名誉教授・国際連合大学元副学長  
(一財)持続性推進機構・理事長

<http://www.yasuienv.net/>

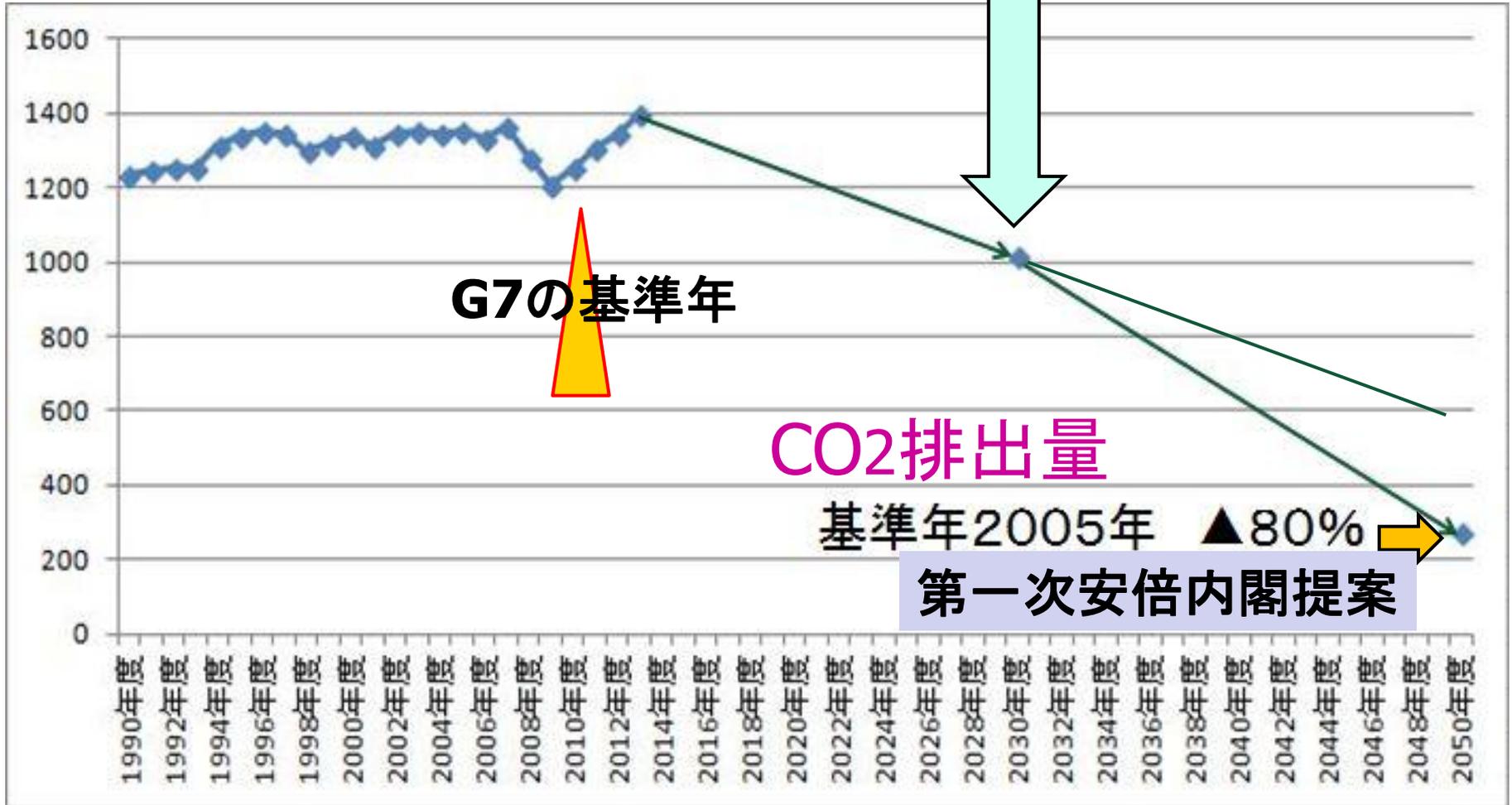
19年目になったWebサイト:870万アクセス

# COP21のための日本の約束草案

約束草案はゴールか？

26.0%削減

NO!



「2050年80%削減」を実現するために、  
26.0%削減を何回やる必要があるのか

- 14.0億トン スタート
- 2.8億トン ゴール
- 2030年までに、15年かけて26%削減

答：

簡単な計算をすれば、2030年から2050年の間で、  
26%削減を4.3回実行すると、2050年で80%削減  
の実現が可能になる

## 2015 エルマウ・サミット首脳宣言

- 世界全体の温室効果ガス排出の大幅な削減が必要であることを強調する。
- 2050年までに2010年比で最新のIPCC提案の40%から70%の幅の上方の削減とすることを共有することを支持する。＝先進国は、2000年比で80%削減ぐらい。
- 2050年までにエネルギー部門の変革を図ることにより、革新的な技術の開発と導入を含め、長期的にグローバルな低炭素経済を実現するため。

# 2050年のエネルギー供給

- 必要な認識 = 常識はまず全否定から
  - 化石燃料からは離脱、あるいは、CCS必須
  - 電力は、ゼロカーボン化が必須
    - 選択肢は2つのみ: 再エネと原子力
  - 水素は、もう一つのゼロカーボン化の候補
- 克服すべき難点
- 1. 再エネの難点
  - 再エネで安定性の高いものは少ない: 水力・地熱
  - 不安定な再エネを安定に使用する技術は、現時点でも候補はあるが、電力マーケットでの取り扱い方、さらには、コストが未知
- 2. 原子力利用の推測は困難

# 21世紀前半の限界が2°C = 1500GtCO<sub>2</sub>なら化石燃料は？

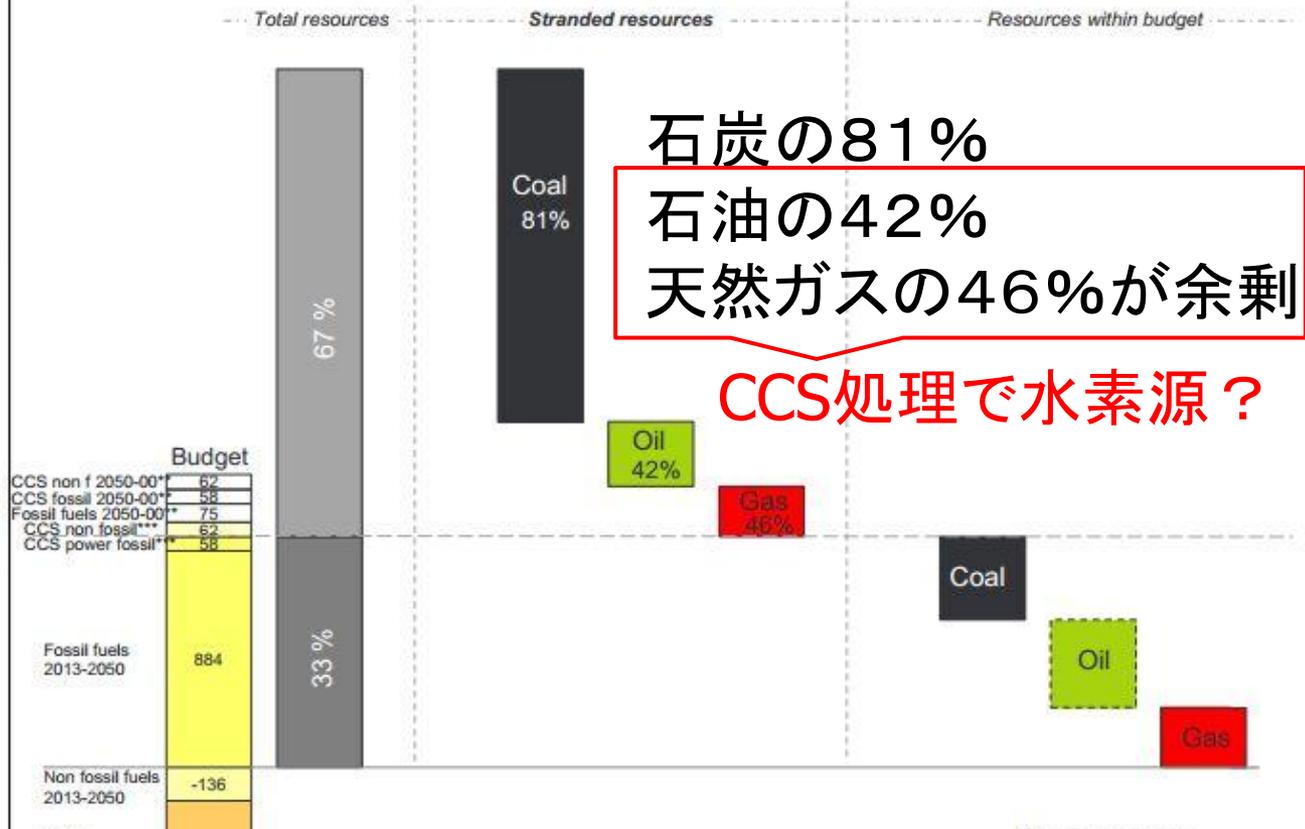
80% of the coal, but less than half of known oil and gas resources must be left in the ground\*

Under the 2DS, maximum cumulative CO<sub>2</sub> emissions during first half of the 21st century is 1500 Gt CO<sub>2</sub>\*. Maximum emissions from fossil fuels during 2013-2050 around 950 Gt, including some 60 Gt removed from the atmosphere with CCS.

Measured in potential CO<sub>2</sub> emissions during combustion, 2/3 of known fossil resources must be left in the ground under 2DS. 63 % of these reserves are coal, and coal's share of CO<sub>2</sub> emissions is reduced from 45% to 36% under 2DS. This implies 81 % of known coal resources must be left in the ground.

Assuming ETP 2050 emission mix, 42% of known oil resources and 46% of known gas resources must be left in the ground under 2DS.

Known resources\*\*\*\* versus 2DS carbon budget\* 2012-2050  
Gt CO<sub>2</sub> emissions during combustion



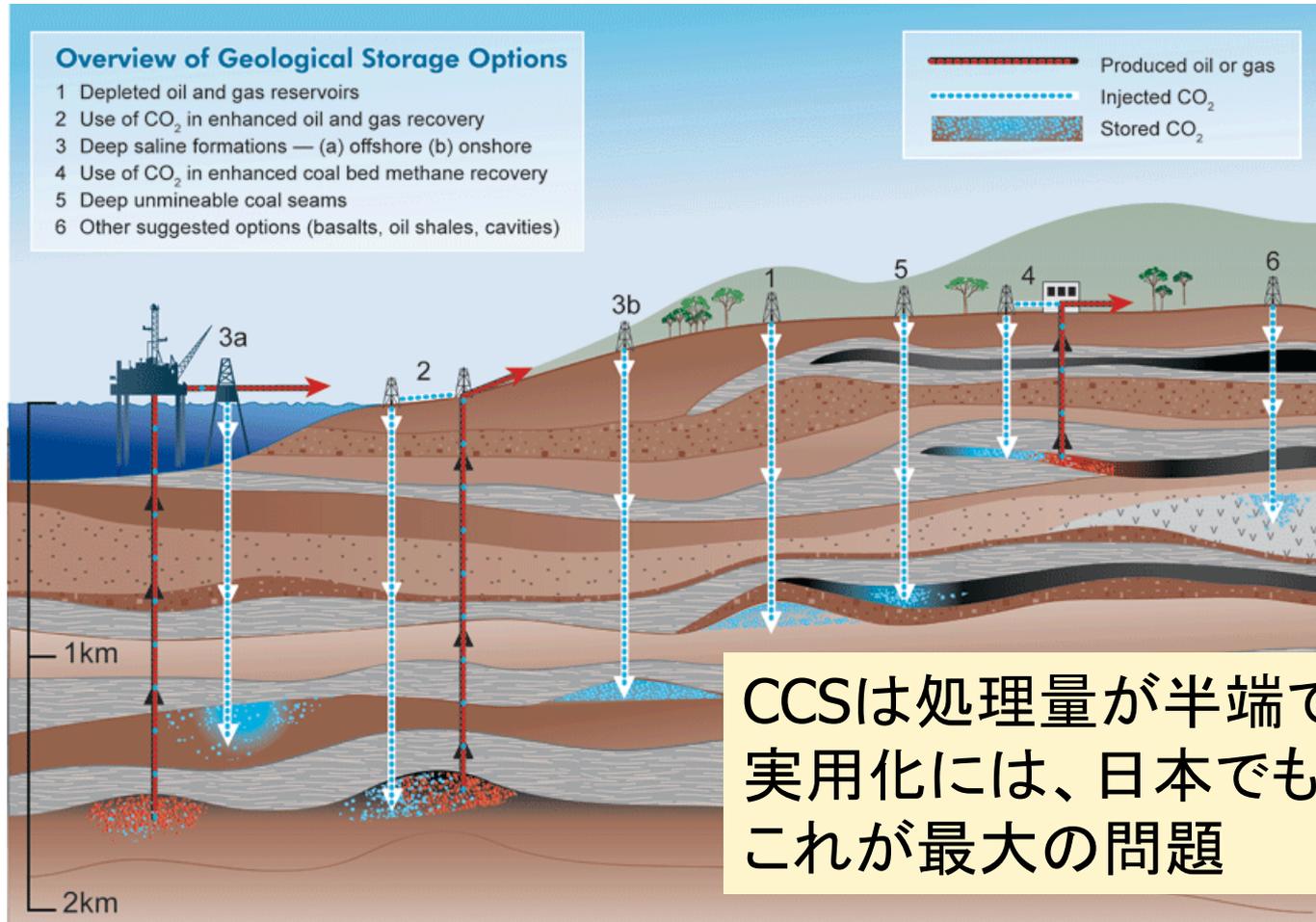
石炭の81%  
石油の42%  
天然ガスの46%が余剰  
CCS処理で水素源？

8. August 2013

化石燃料枯渇のリスクを問題した過去から  
余剰になることでの国際情勢の不安定化リスクへ

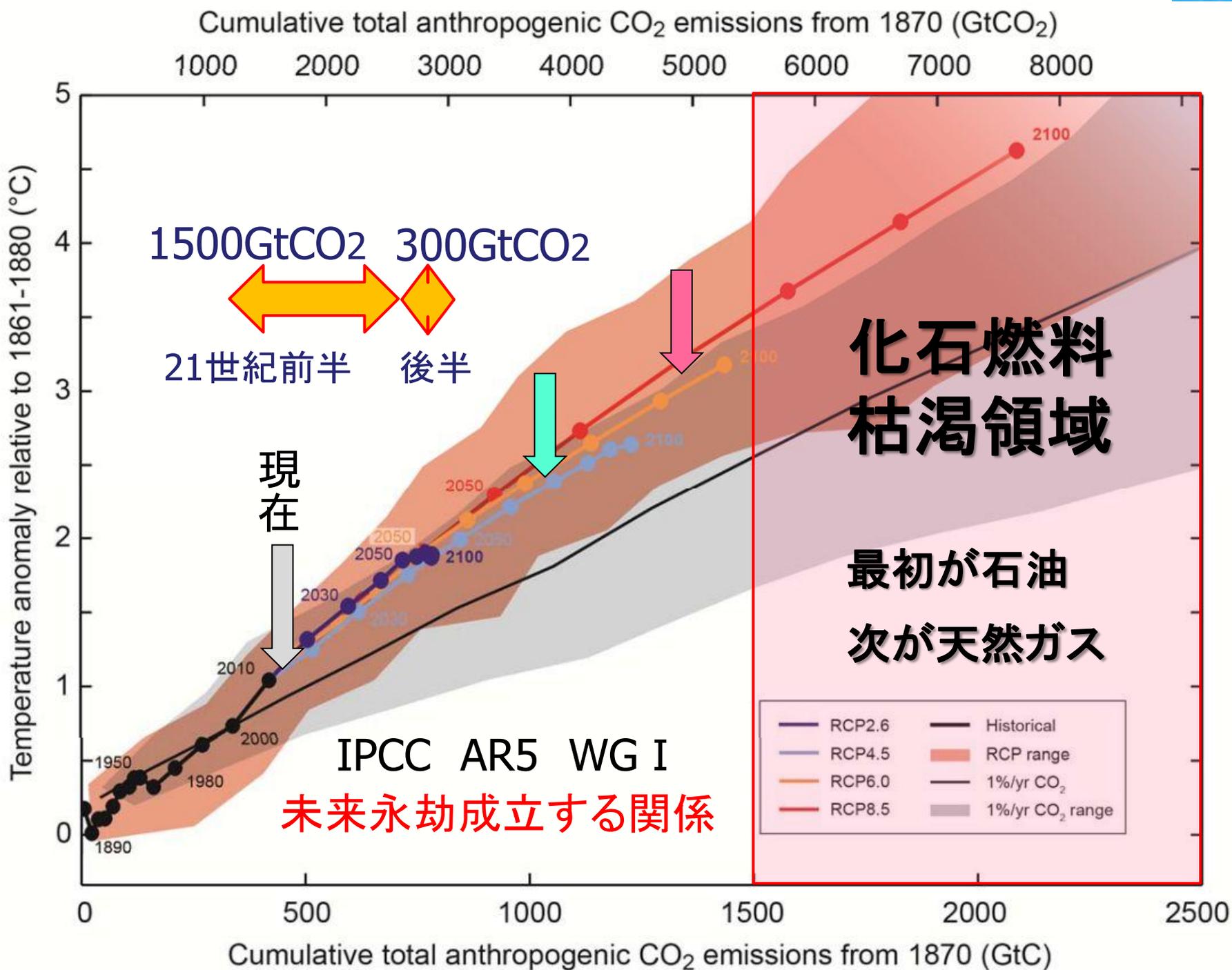
# CCS=Carbon Capture and Storage

## CCU=Carbon Capture and Utilization

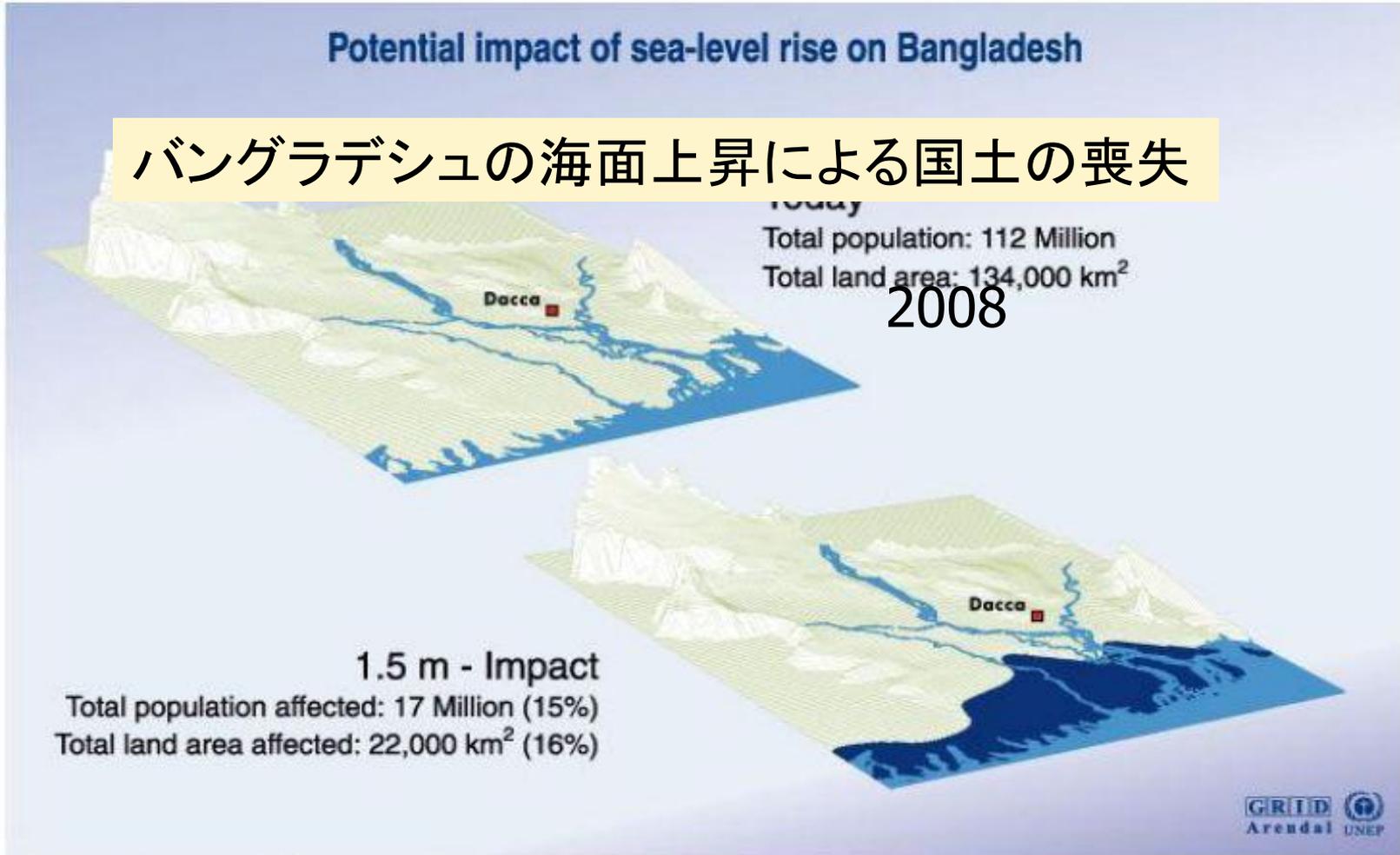


EOR用途  
がベスト？

Cost of CCS = \$30/ton-CO<sub>2</sub> = **\$12.5/Barrel** (for Petro)  
Cost for separation, liquefy and storage



# 国際交渉リスクのために、2°Cゴールは必須 なぜ？



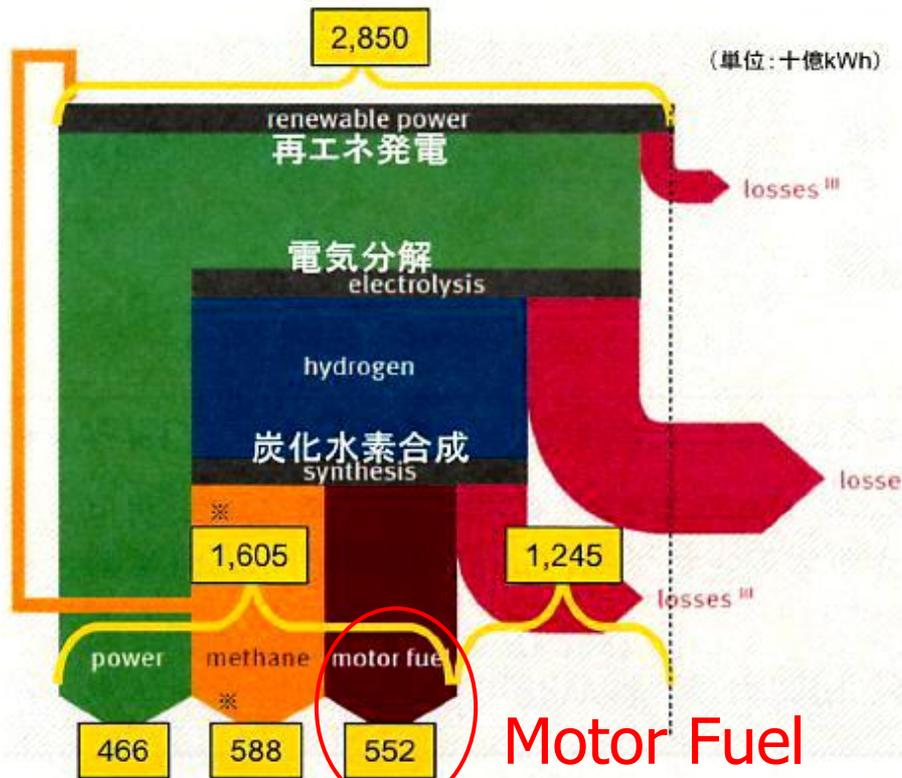
Source : UNEP/GRID Geneva; University of Dacca; JRO Munich; The World Bank; World Resources Institute, Washington D.C.

海面上昇と異常気象による環境難民問題  
2. 5°C上昇で始まる(?) 10mもの海面上昇

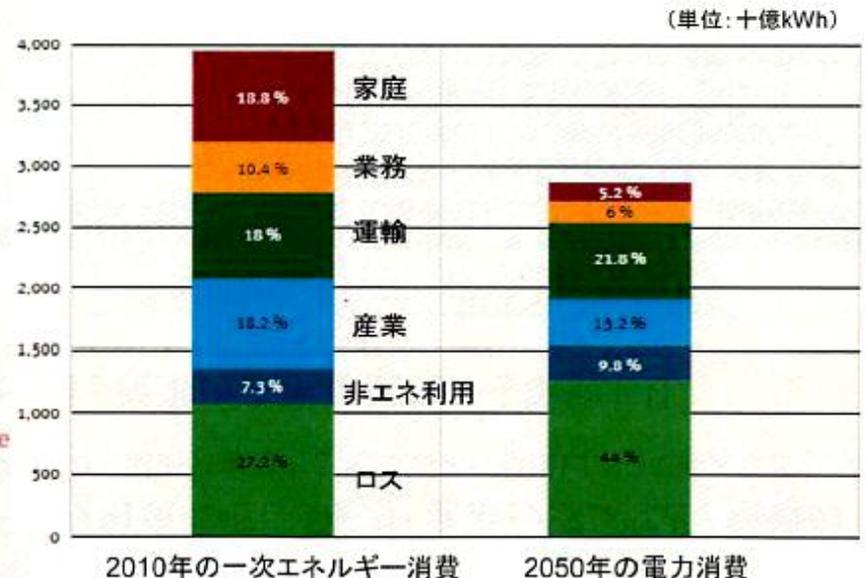
# ドイツ 2050年のエネルギー需給

- 再エネ発電を全てのエネルギー源とし、カーボンニュートラルなエネルギーシステムを構築。  
CCS、原子力、エネルギー作物は利用しない。
- 最終エネルギー消費の形態は、電力、水素を介したメタンガス、動力用燃料。水素の直接利用は想定せず。
- システム全体として、3兆kWh程度の再エネ電力が必要。

2050年のエネルギーフローの一例



2010年と2050年の部門別エネルギー消費

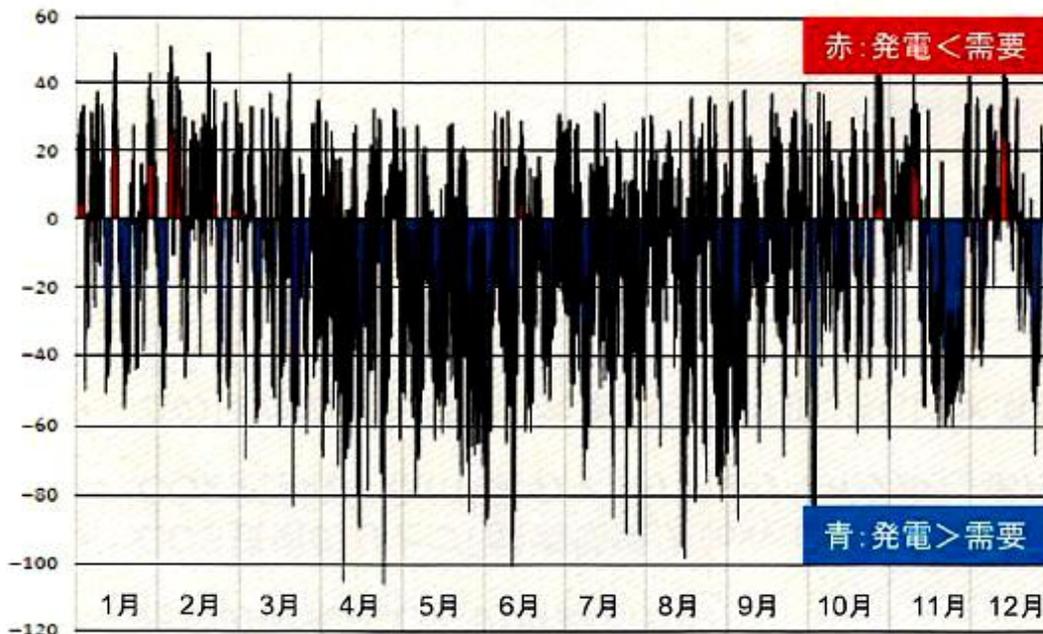


(出所)いずれもUmwelt Bundesamt "Germany 2050 a greenhouse gas-neutral Country"より作成

※化学産業でのメタンの原料利用(282(十億kWh))含む

- 国内の再エネ発電は、時間変動の大きい、風力と太陽光がメイン。
- 短期的な調整方法としては、デマンドレスポンス、バイオガス発電、揚水発電、大型電池など。
- 季節変動に対しては、**発電量が需要を上回るときに水素やメタンを生成・貯蔵し、需要が上回る**ときは、これらを燃料とし発電。

2050年の推計残余需要(百万kW)



※2009年の気候データを利用して計算。  
デマンドレスポンスと揚力発電は織り込み済み。

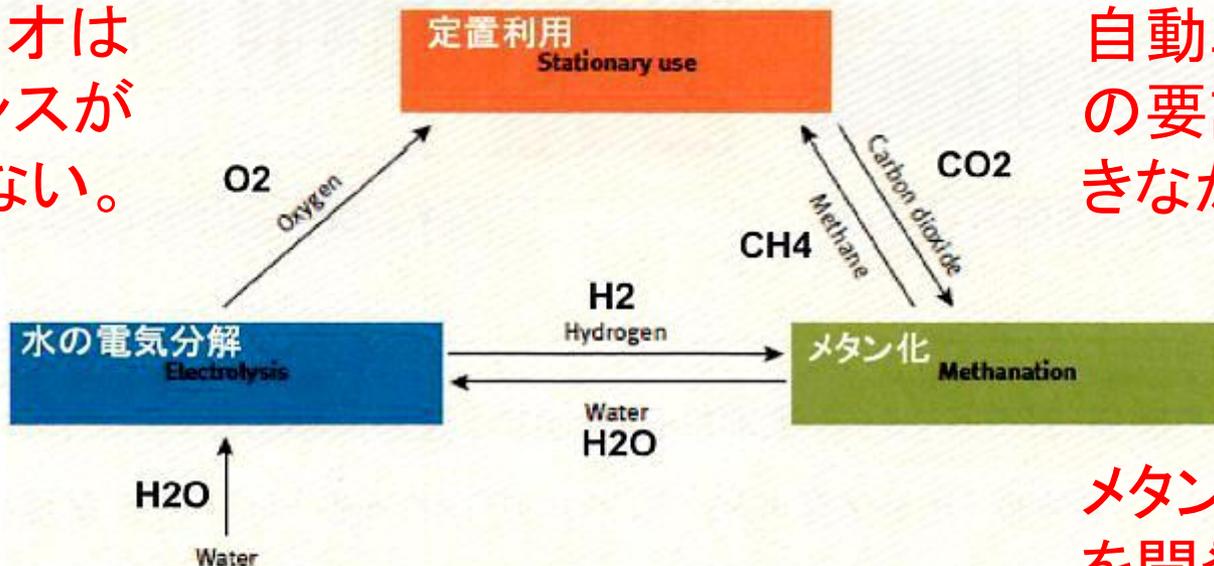
2050年の再エネ発電

	容量 (百万kW)	発電量 (十億kWh)
太陽光	120	104
陸上風力	60	170
洋上風力	45	177
水力	5.2	22
地熱	6.4	50
バイオガス	23.3	11
合計		534

(出所)いずれもUmwelt Bundesamt "Germany 2050 a greenhouse gas-neutral Country"より作成

- カーボンニュートラルなエネルギーシステム構築には、再エネ起源メタン及び動力用燃料生成のための炭素(CO2)の供給がカギ。 ???
- CCS技術のひとつ「酸素燃焼法(oxy-fuel)」を用い、定置の再エネ起源メタンの燃焼施設からCO2を回収する(下図のマテリアルリサイクル)。また、バイオガスや産業部門から回収。
- このほかの選択肢は、大気からの回収。さらに水素の直接利用を増やして、必要なCO2を減らすことも一案。

## マテリアルサイクルの可能性



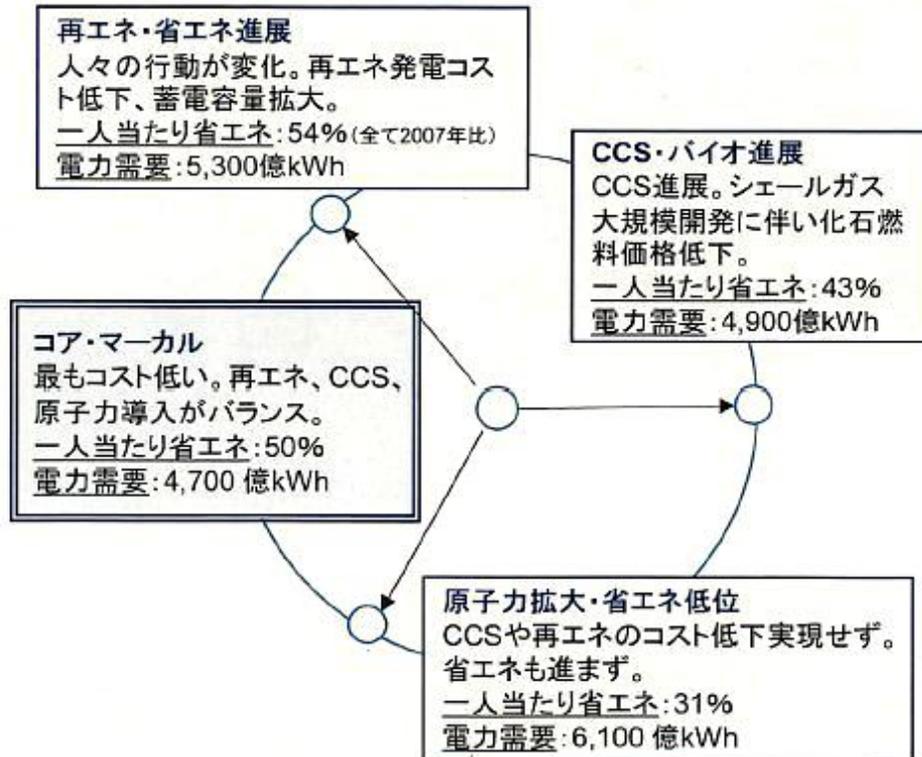
このシナリオは  
マスバランスが  
取れていない。

自動車産業からの  
要請を無視で  
きなかった？

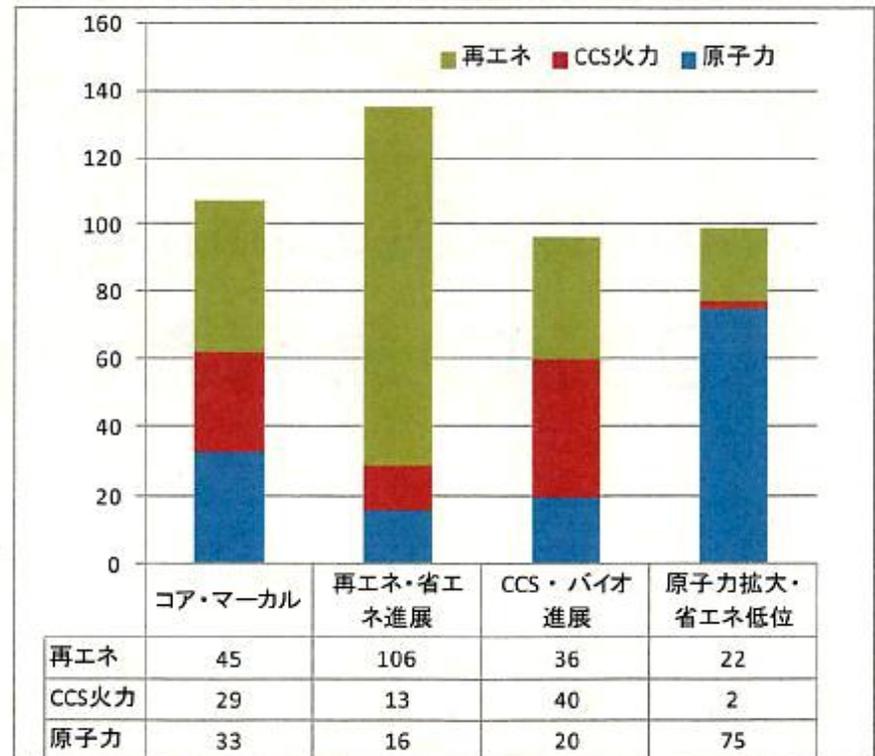
メタンディーゼル  
を開発する気か？

- 再エネ、原子力、CCS火力(ガス、石炭)の組み合わせにより、排出ほぼゼロを達成(4つのシナリオ例示)。政府はエネルギーミックスの目標は設けず、市場競争に委ねる。
- 暖房、運輸、産業分野において電化が進み、2007年比で電力需要が30~60%増加。
- 高い電力需要や発電の時間変動などに対処するため、配送電網がスマートかつ大規模に。

2050年の4つのシナリオ



2050年の低炭素電源導入量(百万kW)



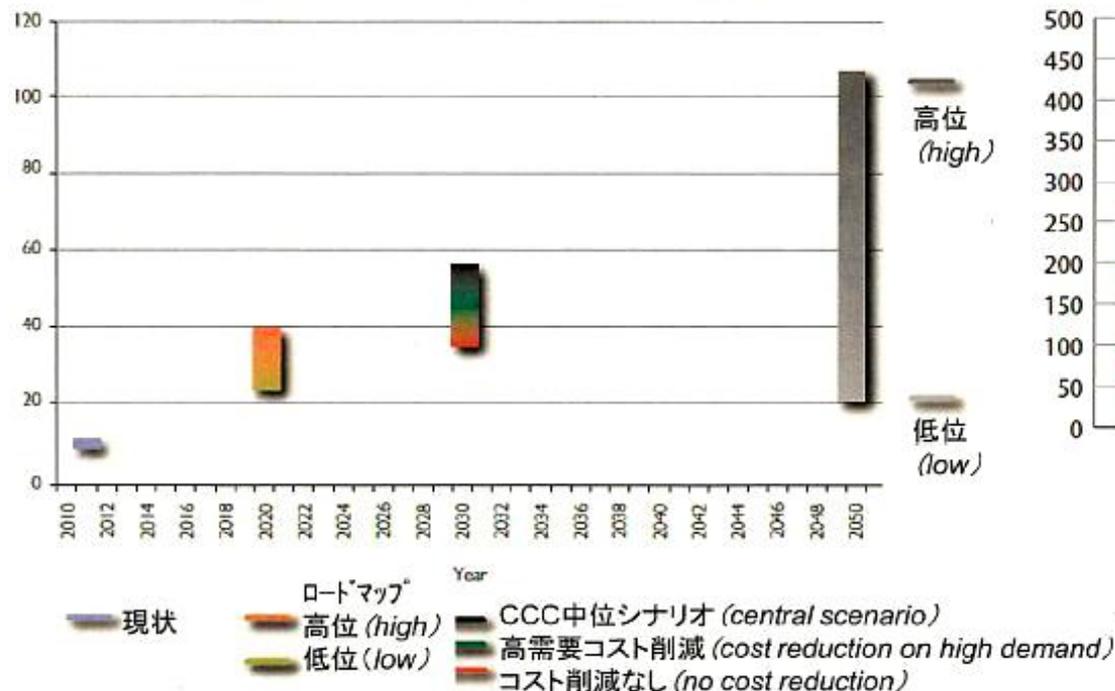
注) 低炭素電源以外に、バックアップ電源としてCCSなしのガス火力も利用するが、具体的な導入量の記述なし。

# 英国 再生可能エネルギー

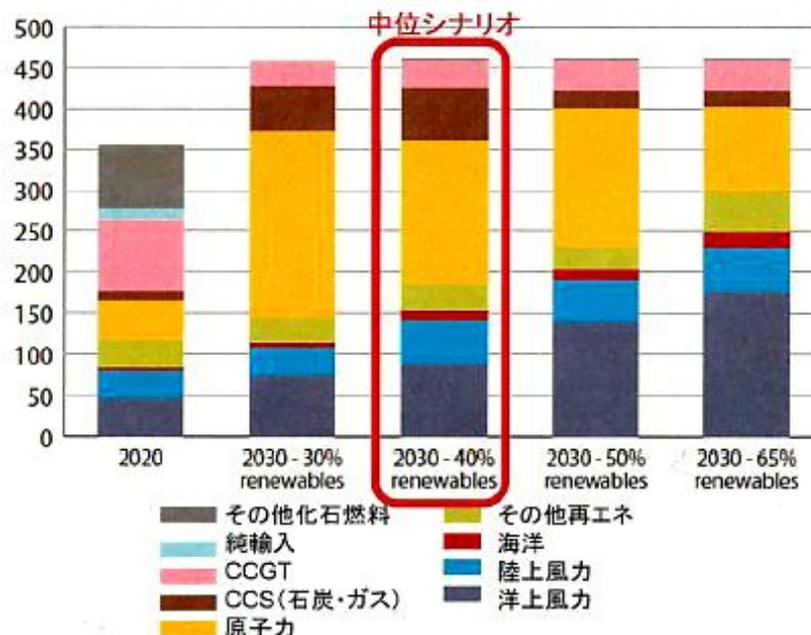
- 気候変動委員会 (CCC)※のレビューに基づき、2030年に発電量の40%を担う可能性との見方。
- 風力(特に洋上)のポテンシャルが大きい。潮力や波力といった海洋エネルギーの貢献にも期待。
- <参考> CCCのレビューでは、長期的な電力輸入(南欧や北アフリカの太陽熱、アイスランドの地熱、北欧の水力)の可能性に触れつつも、2030年の供給量には含めず。

※Committee on Climate Change: 2008年の気候変動法のもと設立された、独立の顧問機関

再生可能エネルギーの導入見通し(百万kW)



2020・30年の発電電力量(十億kWh)



(出所) CCC (2011) "The Renewable Energy Review" より作成

(出所) HR Government (2011) "The Carbon Plan : Delivering our low carbon future" より作成

# 2050年長期エネルギー・環境戦略

- これまで、エネルギー基本計画が長期プランを決めてきた。エネルギー政策基本法に基づき、少なくとも3年ごとに検討を加え必要に応じて改正する。
- 3年毎に必要なに応じて改正することは、もし、方針の根幹が変わるのであれば、長期ビジネスプランを立てにくいことを意味する。
- エネルギー供給産業は、基本的に設備産業である。
- 発電プラントの寿命は20年以上。
- 原子炉の利用は、さらに予測困難。多くの識者の意見が、国が前面にでないが無理。根拠：初期投資が大、継続性にリスクあり。
- 結論：2050年長期エネルギー・環境戦略の作成義務と、その位置づけの高度化が必須。