

# 長期的エネルギー技術ロードマップと 原子力

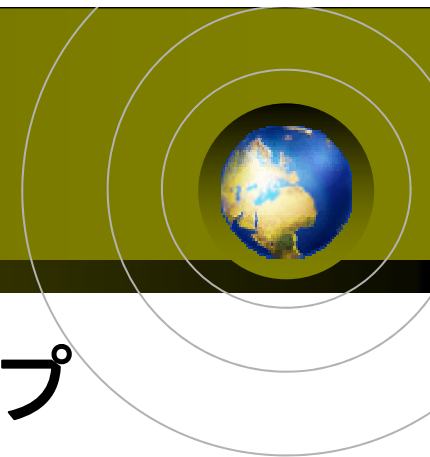


原子力委員会  
原子力政策についてのヒヤリング資料

2010年8月24日

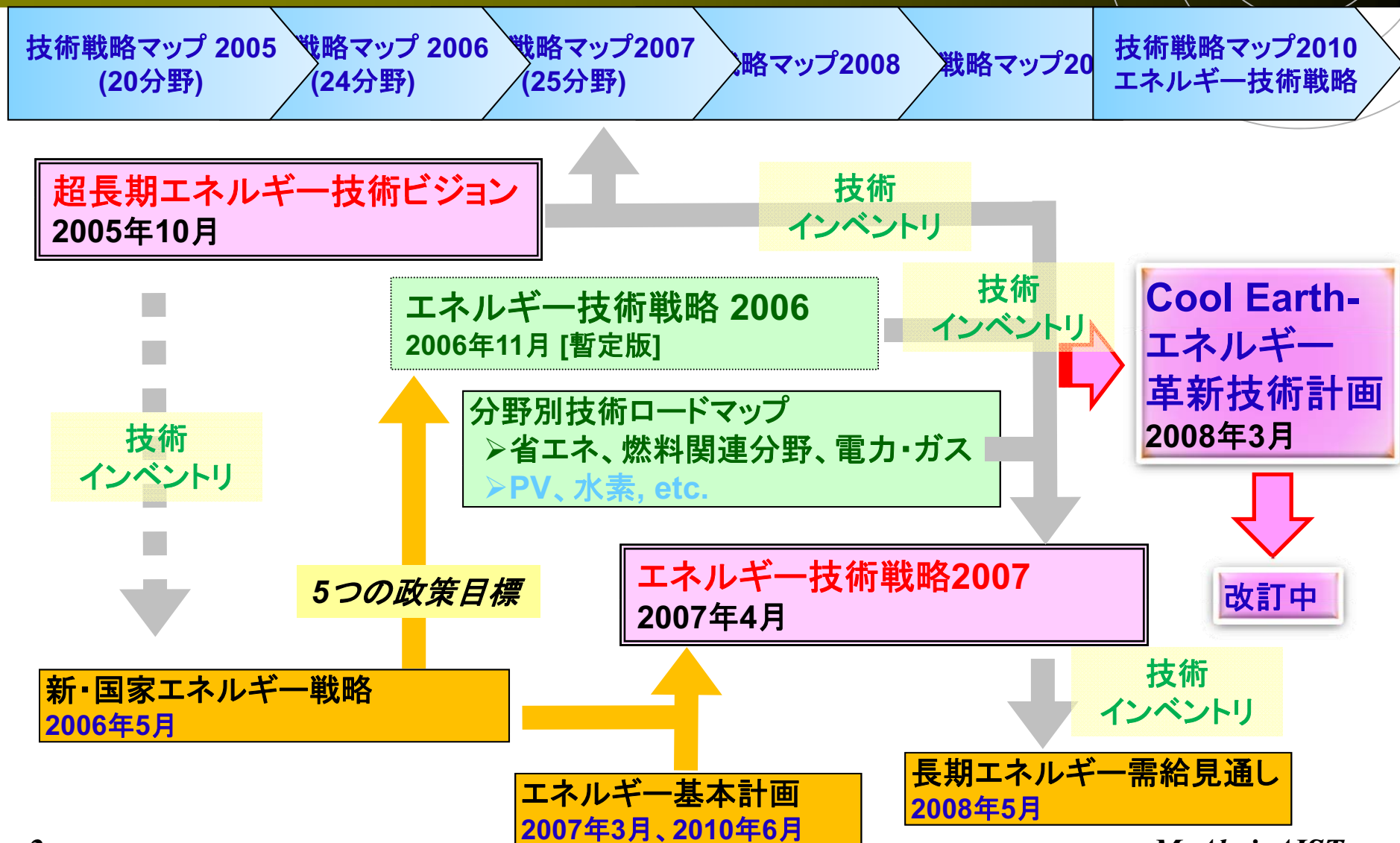
産業技術総合研究所・赤井 誠

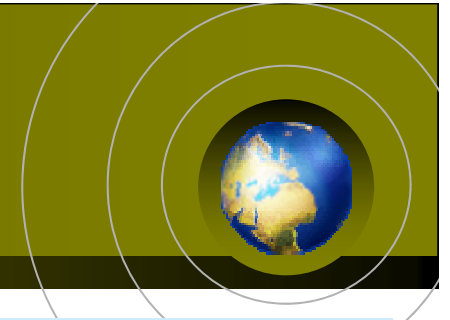
# 内容



- エネルギー技術戦略と技術ロードマップ
  - 超長期エネルギー技術ビジョン
  - **Cool Earth** – エネルギー革新技術計画
  - 環境省・中長期ロードマップ
- まとめ

# 最近のエネルギー施策と エネルギー技術戦略・ロードマップの展開



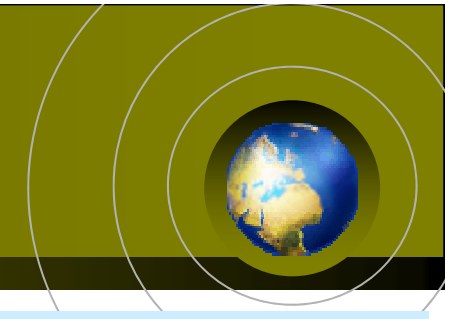


**技術戦略マップ(エネルギー分野)**  
**～超長期エネルギー技術ビジョン～**  
**Energy Technology Vision 2100**

平成17年10月  
経済産業省

<http://www.meti.go.jp/committee/materials/g51013aj.html>

# 超長期エネルギー技術ビジョン (2005年10月)



## ▶ 2100年からのバックキャスト

資源制約  
環境制約  
長いリードタイム

	2050年	2100年
資源制約	石油生産量ピーク	天然ガス生産量ピーク
CO <sub>2</sub> /GDP	1/3	1/10以下
GDP(日本)	1.5倍	2.1倍
(世界)	3倍	10倍

## ▶ セクター別アプローチ(転換／産業／民生／運輸)

## ▶ 原単位アプローチ(CO<sub>2</sub>/GDP、セクター別原単位)

民生(家庭)分野 : t-CO <sub>2</sub> /世帯	=		× MJ/世帯
民生(業務)分野 : kg-CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>	=	t-CO <sub>2</sub> /MJ	× MJ/m <sup>2</sup>
運輸分野 : g-CO <sub>2</sub> /km	=		× MJ/km
産業分野 : t-CO <sub>2</sub> /生産量	=		× MJ/生産量
転換分野* : t-CO <sub>2</sub> /MJ	=		

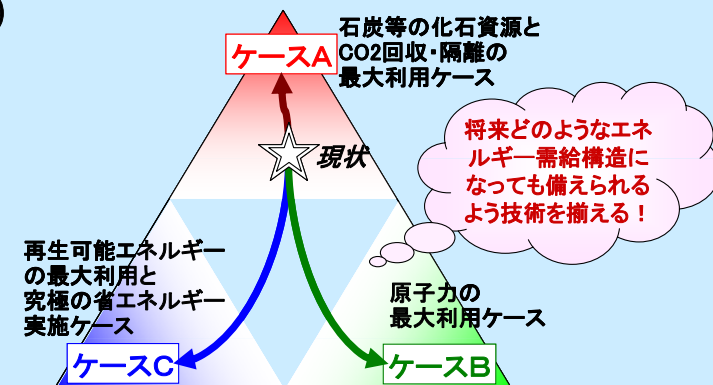
## ▶ 3つの極端ケースでの検討

A: 石炭等の化石資源とCO<sub>2</sub>回収

・隔離の最大利用ケース

B: 原子力の最大利用ケース

C: 再生可能エネルギーの最大利用と  
究極の省エネルギー実施ケース

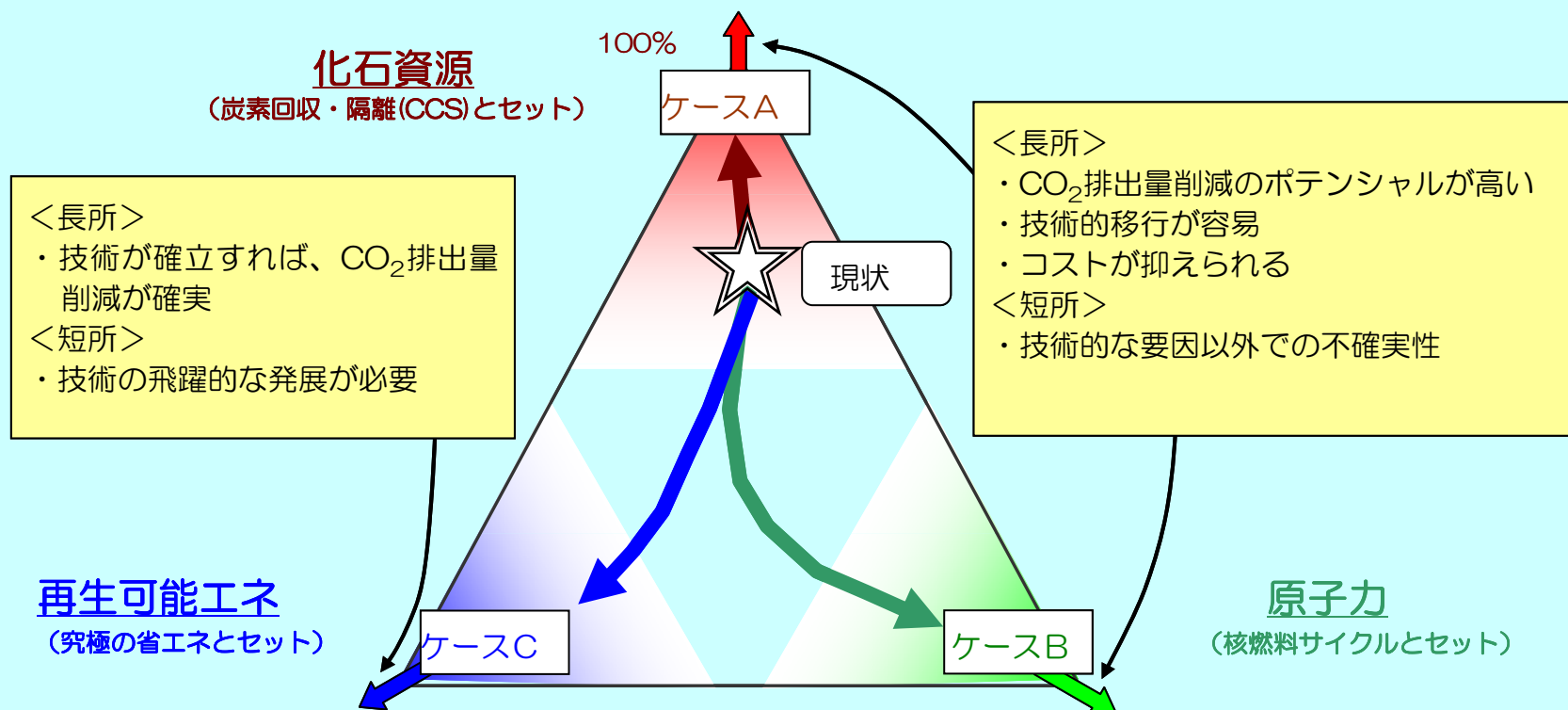
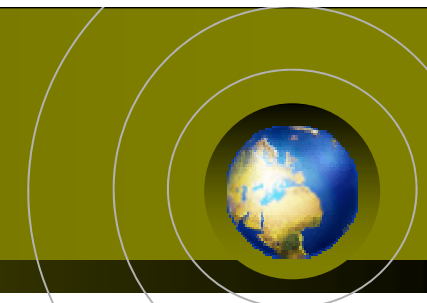


ケースA: 資源埋蔵量が比較的多い石炭、非在来型化石資源等の化石資源によってエネルギー供給を賄いつつ、化石資源の利用に伴って発生するCO<sub>2</sub>を回収・隔離するケース。

ケースB: CO<sub>2</sub>が排出されない原子力によって全分野のエネルギー供給を行うケース。エネルギーキャリアとしては、運輸分野、産業分野も含め、電気および水素を想定。

ケースC: 再生可能エネルギーを最大限に利用するとともに、省エネ・高効率利用・自立化、転換効率向上によってエネルギー需要の低減を究極的に押し進めることによって、生活の質の維持・向上を図りつつ、必要なエネルギー供給量を抑えるケース。

# 極端条件によるケーススタディ

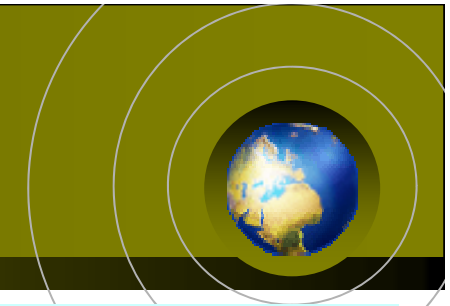


ケースA,Bは、省エネに大きく依存できないとして検討。

ケースA~Cはいずれも技術を洗い出すために設定した極端ケース

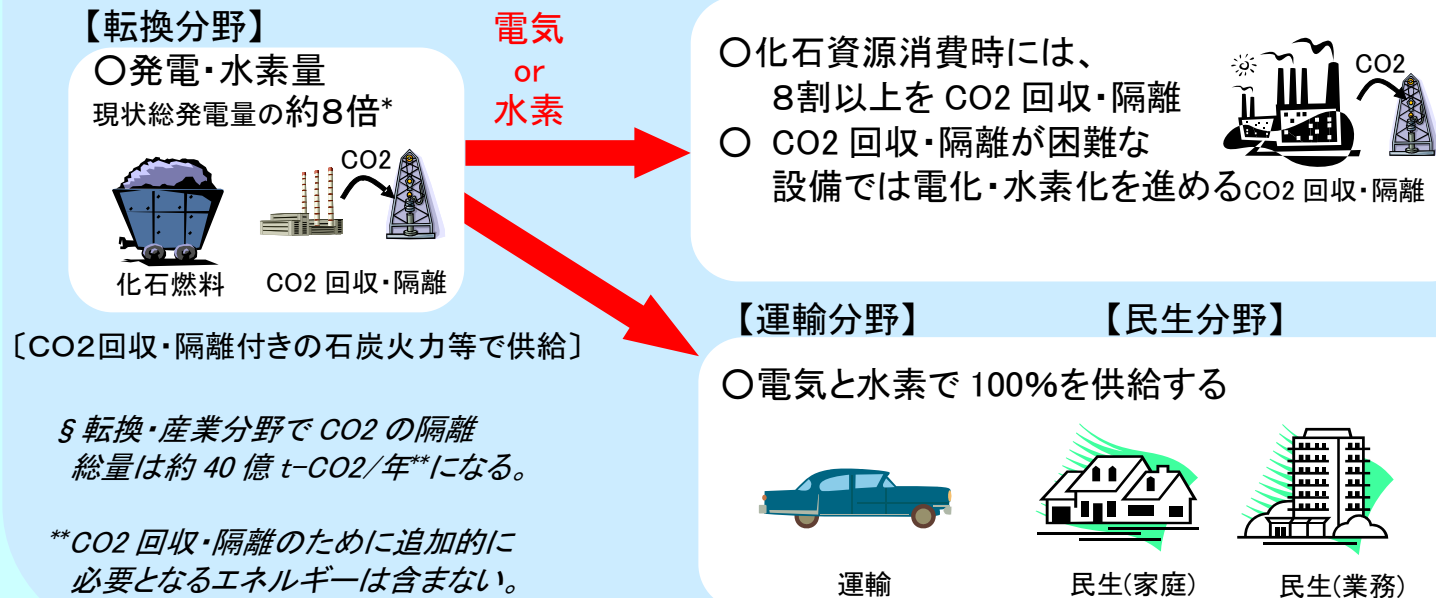
# 2100年の技術スペックのイメージ

## 極端ケースA(化石資源+CCS)



- ・ケースAでは、省エネ等に大きく依存できない場合を想定。
- ・電化・水素化率の上昇を加味。

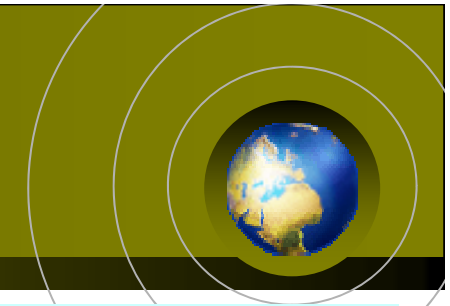
\*数値は 2000 年比



- 発電・水素製造設備の設備稼働率は、**80%**と想定。
- エネルギー需要が**2.1倍**に増加するとともに、電化・水素化率の上昇によって、発電・水素量は、現状の約**8倍**と算出
- 転換分野から**95%**、産業分野から**80%**のCO<sub>2</sub>を回収・隔離する前提で算出
- 運輸分野において、飛行機等を除く。

# 2100年の技術スペックのイメージ

## 極端ケースB(原子力)



\*数値は 2000 年比

- ・ケースBでは、省エネ等に大きく依存できない場合を想定。
- ・電気・水素化率の上昇を加味。

### 【転換分野】

(1) 発電・水素量  
現状総発電量の約 8 倍\*



原子力

〔原子力で供給〕

電気  
or  
水素

### 【産業分野】

(1) 原材料以外は、全て電気と水素で賄う。

### 【運輸分野】

(1) 電気と水素で 100%を供給する



運輸

### 【民生分野】



民生(家庭)



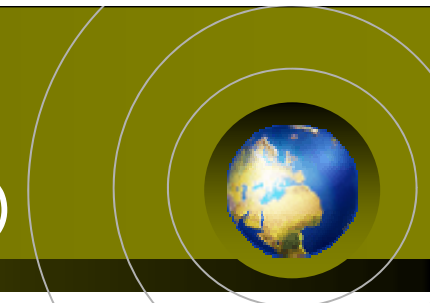
民生(業務)

- 原子力設備(発電・水素製造)の利用率は、**90%**を想定。
- エネルギー需要が**2.1倍**に増加するとともに、電化・水素化率の上昇によって、発電・水素量は、現状の約**8倍**と算出。
- 運輸分野において、飛行機等を除く。



# 2100年の技術スペックのイメージ

## 極端ケースC(再生可能エネ＋究極の省エネ)



### 【転換分野】

○発電・水素量  
現状総発電量の約2倍\*



再生可能エネルギー

〔再生可能エネルギーで供給〕

### 【運輸分野】

○省エネ、燃料転換により  
エネルギー需要\*\*を 70%低減



運輸

(自動車では  
80%低減)

### 【産業分野】

○エネルギー需要\*\*を 70%低減

- ①製造エネルギー原単位を 50%低減
- ②物質エネルギー再生を 80%に
- ③高機能化(強度等)を4倍に

### 【民生分野】

○省エネ、創エネにより  
エネルギー需要\*\*を 80%低減



民生(家庭)



民生(業務)

\*数値は 2000 年比  
\*\*効用あたり

電気 or  
水素 or  
バイオマス

- 「効用」が2.1倍に増大する中で、各需要分野での省エネ等を最大限に引き出してもなお転換分野において供給することが必要となる量を再生可能エネルギーで賄うものとして算出。

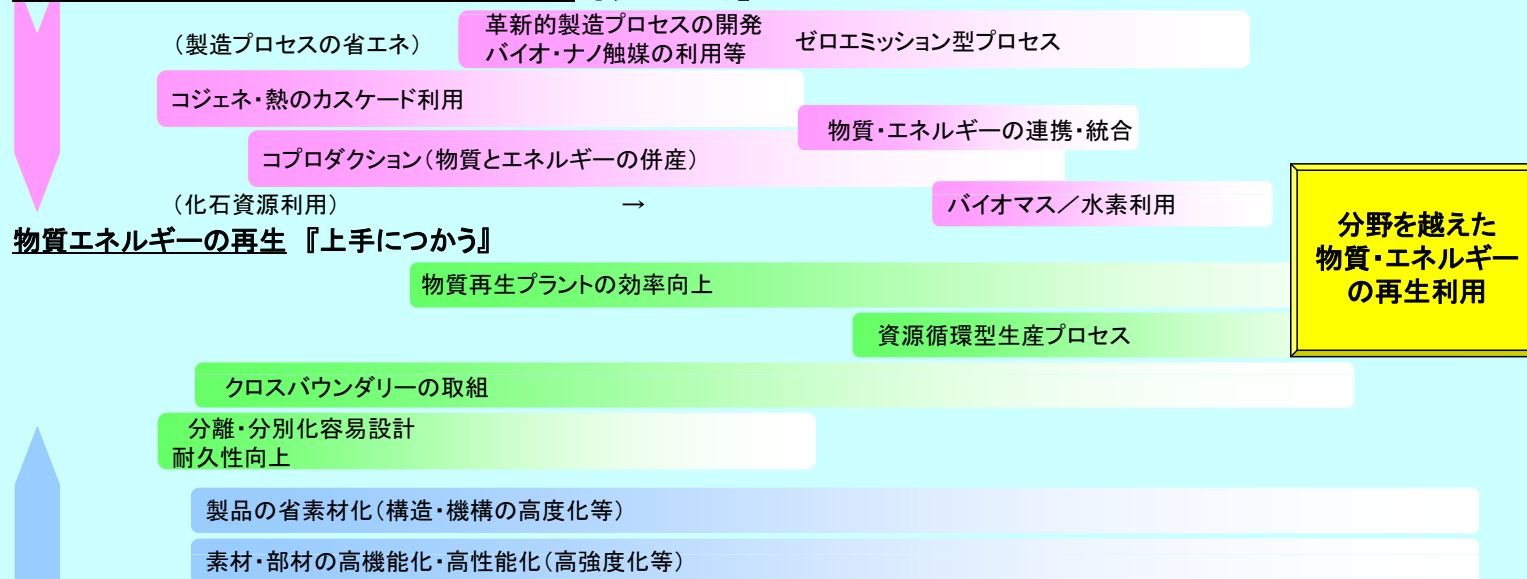
# 超長期エネルギー技術ビジョン【産業部門】 分野を越えた物質・エネルギー再生



産業	2000	2030	2050	2100
製造量×製品の価値	1倍		1.5倍	2.1倍
転換分野からの供給が必要な 必要エネルギー量※	—	25%削減	40%削減	70%削減
1) 製造エネルギー原単位改善	—	20%削減	30%削減	50%削減
2) 物質エネルギー再生率		50%	60%	80%
3) 高機能化(強度等) (機能/物質量)	1倍	2倍	3倍	4倍

※GDPに比例して効用(製造量×製品の価値)が増加した場合を基準として、転換分野からの供給が必要なエネルギー(単位当たり)の削減量

## 製造プロセスにおけるエネルギー利用の高度化『うまくつくる』



# 超長期エネルギー技術ビジョン【運輸部門】

## 自動車はゼロエミッション



運輸	2000	2030	2050	2100
効用(人・km、トン・km)	1倍		1.5倍	2.1倍
転換分野からの供給が必要な 必要エネルギー量※(運輸全体)		20%削減	50%削減	70%削減
自動車 必要エネルギー量※		30%削減	60%削減	80%削減
電化・水素化率	0%	1%以上	40%	100%
CO2原単位	160 g-CO2/km (1倍)	100 g-CO2/km (2/3倍)	50 g-CO2/km (1/3倍)	0 g-CO2/km
航空機・船舶・鉄道 必要エネルギー量※		10~20%削減	20~35%削減	30~50%削減

※GDPに比例して効用が増加した場合を基準にして、転換分野からの供給に必要なエネルギー(単位当たり)の削減量

### 省エネ

自動車

(エンジン) →

エンジン/モータ  
(ハイブリッドシステム)

→

モータ  
燃料電池/蓄電池

0 g-CO<sub>2</sub>/km  
(自動車)

軽量化による省エネ

域内用途の超軽量小型車

[液体燃料]

(石油) →

合成燃料(混合)

バイオマス燃料(混合)

[水素貯蔵] 圧縮水素 →

液体水素、水素吸蔵材料

[水素供給] バッチ輸送 →

高効率オンサイト製造 →

パイプライン輸送(局所、地域)

[電力貯蔵]

蓄電池、キャパシタ等

[電力供給] ケーブル接続充電 →

ケーブルレス非接触充電

航空機

船舶

鉄道

運輸全体

エンジン効率向上

軽量化  
による省エネ

[内航船] 水素駆動化・超電動駆動化  
[外航船] 大型化、低速運行システム

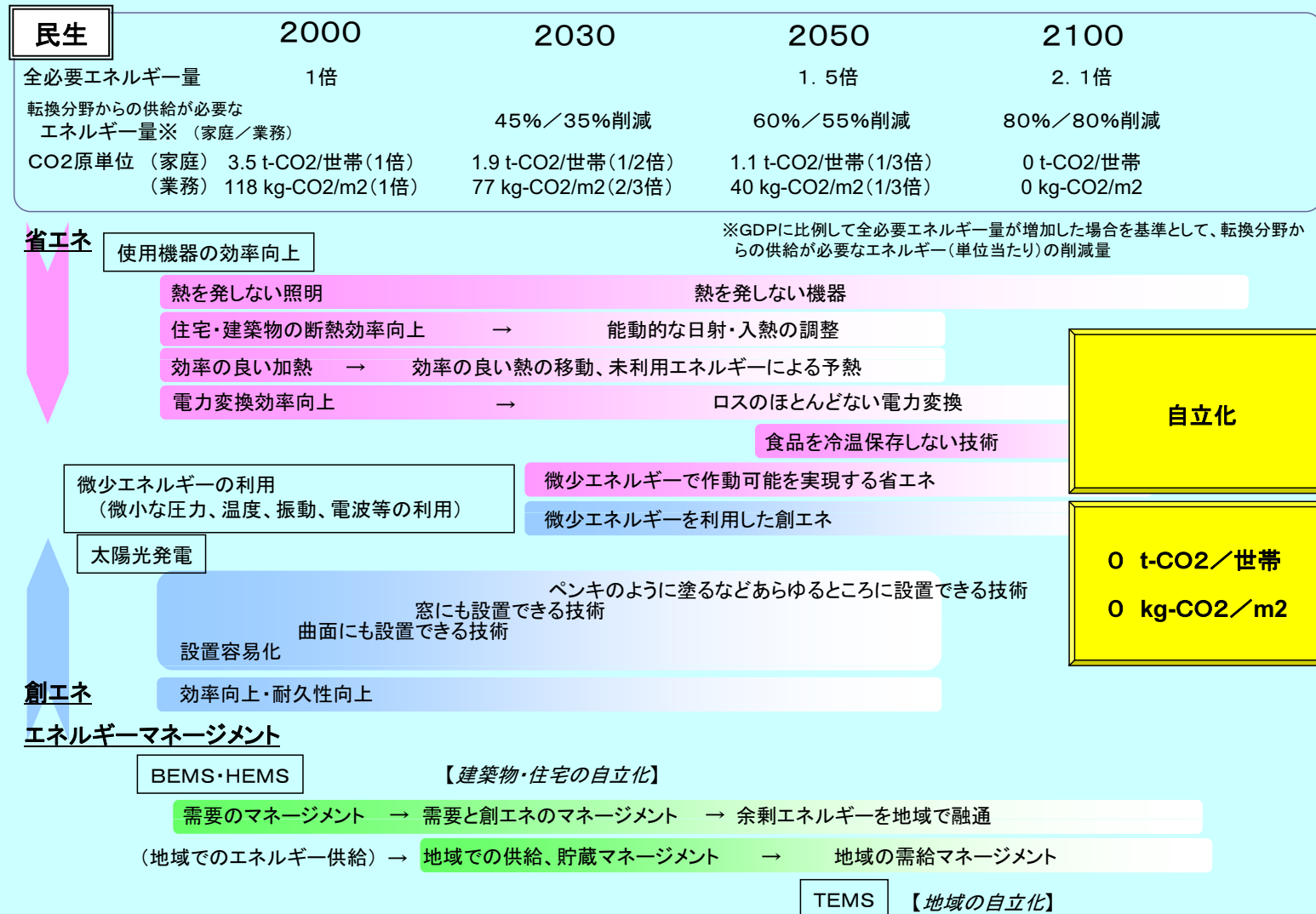
ハイブリッド駆動

運輸システム連携による省エネ

### 燃料転換

# 超長期エネルギー技術ビジョン【民生部門】

## 省エネ・創エネにより自立



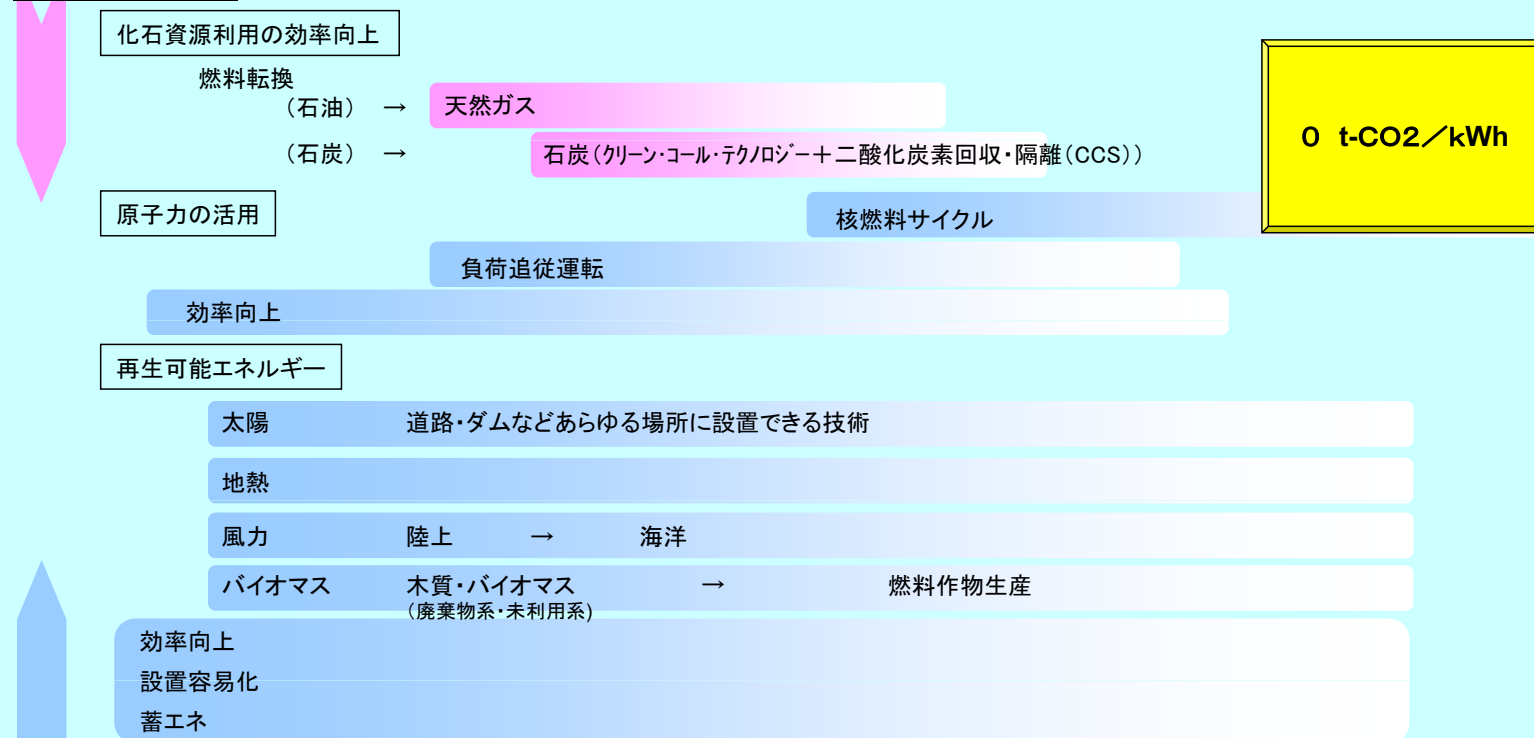
# 超長期エネルギー技術ビジョン【転換部門】

## ゼロエミッションエネルギー供給



転換	2000	2030	2050	2100
需要端での全エネルギー需要 (最大ケース)	1倍		1.5倍	2.1倍
電化・水素化率	1倍		2倍	4倍
CO2原単位	370 g-CO2/kWh (1倍)	270 g-CO2/kWh (2/3倍)	120 g-CO2/kWh (1/3倍)	0 kg-CO2/kWh CCS併用化石燃料使用時 110 g-CO2/kWh (1/3 倍)

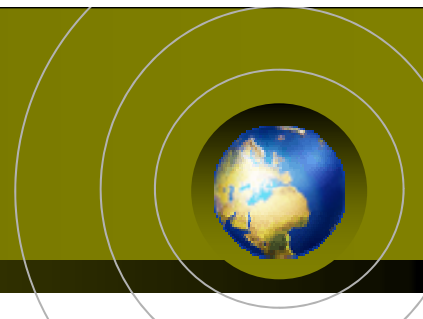
### 化石使用量の削減



### 非化石エネルギーの導入

# 詳細検討・シナリオ分析からの示唆

－ 資源・環境制約の克服による持続可能な将来に向けて －



- 省エネ技術の開発と普及が鍵となる
- 再生可能エネルギーの利用拡大も期待される
- 原子力及びCCSは、CO<sub>2</sub>排出制約下でのエネルギー需給のフレキシビリティを増す
- 3つのケースの技術が融合した社会イメージ
  - － 我が国では、現状では国内でのCO<sub>2</sub>の地中隔離には量的限界があり…化石資源の有限性を考えるとケースAは長期的な解決とはなり難い。よって、**短中期的には必要に応じてCCSにより急激な気候変動を回避し、長期的に見れば再生可能エネルギーを最大限活用しつつ、省エネを究極的に行的(ケースC)、原子力を安定的に運転していく(ケースB)**ことが持続的な社会としては望ましい組合せと考えられる。
  - － ただし、このような各ケースの評価、組合せは今後の情勢等によって変わり得るものであり、**技術的な備え**としては、将来の各時点における社会経済情勢、技術の進展状況等を見つつそれぞれの研究を進めていくことが重要である。

# Cool Earth - エネルギー革新技术計画

平成20年3月5日

経済産業省

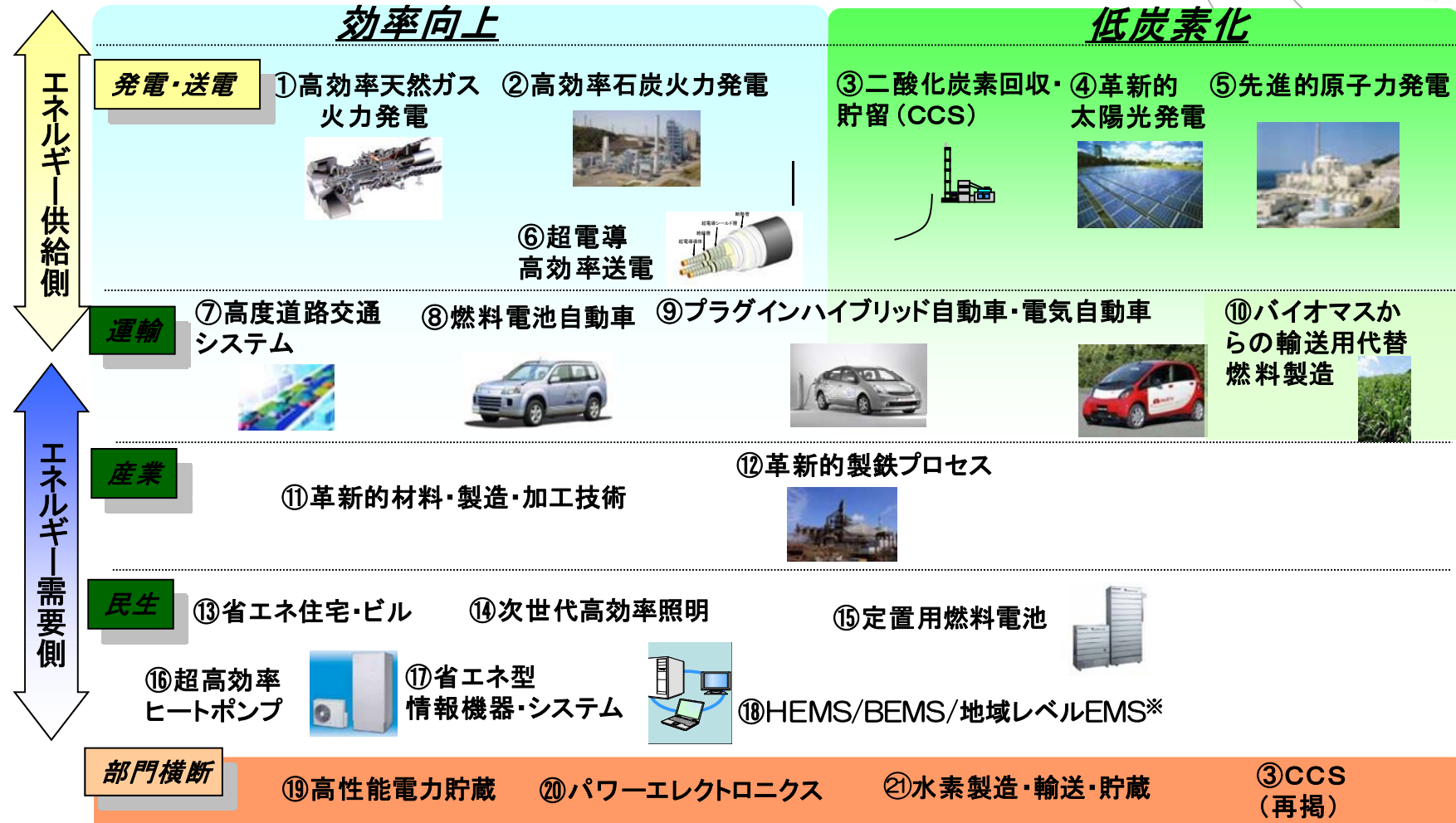
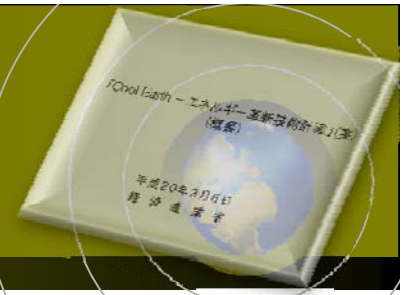
- 2050年の大幅削減に向け我が国として重点的に取り組むべき技術の特定
  - ① 2050年の世界における大幅な二酸化炭素削減に寄与する技術
    - a. 技術の普及に要する時間を考慮し、2030年までには実用化が期待される技術
    - b. 普及に要する時間が短い技術については、2030年以降に実用化が期待されるものも対象
  - ② 以下のいずれかの方法を通じて、飛躍的な性能の向上、低コスト化、普及の拡大等が期待できる革新的な技術
    - a. 新たな原理の活用、既存材料の新活用を含めた材料の革新
    - b. 製造プロセスの革新
    - c. 要素技術が確立した技術をシステムとして実証
  - ③ 日本が世界をリードできる技術(要素技術について強みを要する技術を含む)
- 各技術のロードマップの作成
- ロードマップを軸とした国際連携のあり方の検討

## 改訂作業中(新たなエネルギー革新技术計画の策定)

- 革新技术の選定とロードマップ策定
- CCS及び原子力の普及拡大に向けたアクションプランの策定



# 重点的に取り組むべき エネルギー革新技術

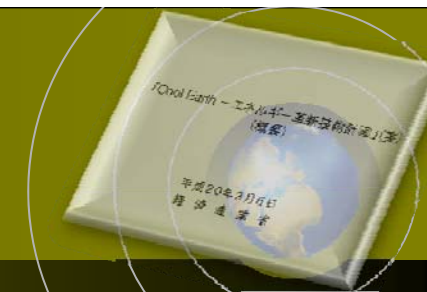


※EMS: Energy Management System、HEMS: House Energy Management System、BEMS: Building Energy Management System

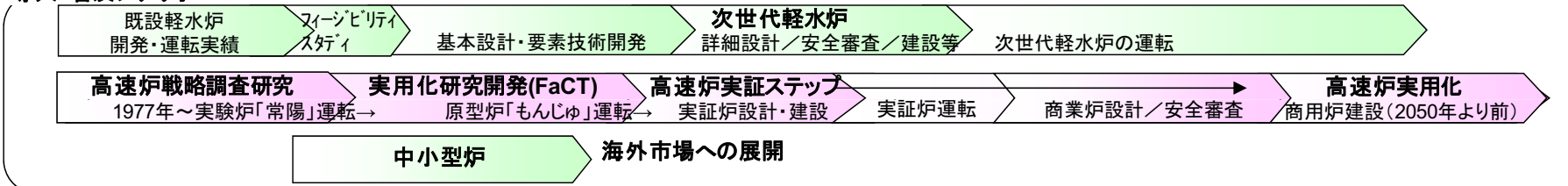


# 技術開発ロードマップ

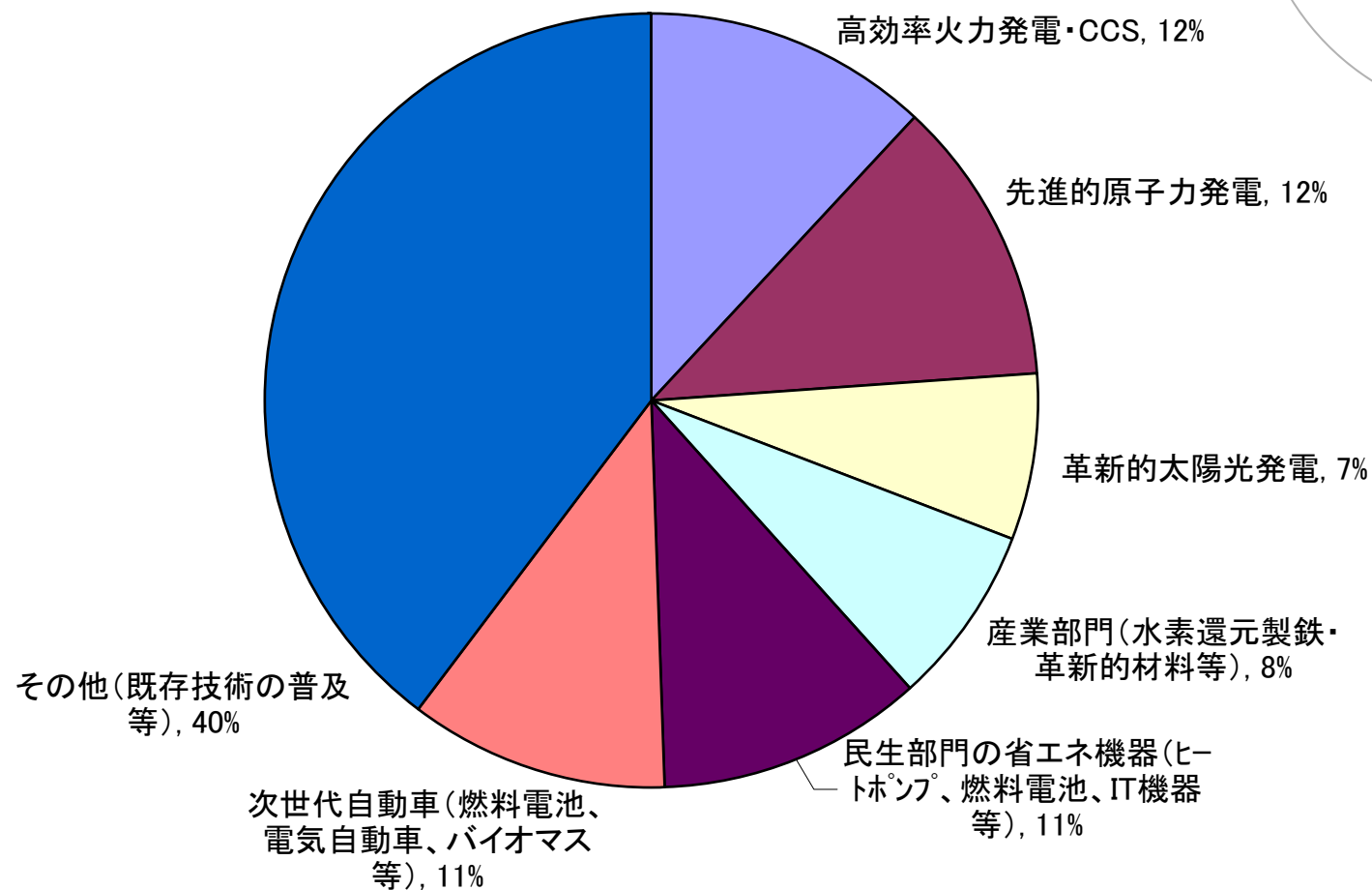
## ⑤先進的原子力発電



### 導入・普及シナリオ



# エネルギー技術面から見た 2050年の社会システム像【参考】



- (財)エネルギー総合工学研究所試算。技術固定ケースは、新たな技術の進歩が現状に固定されるとともに、現状のエネルギー需給構成が維持されたケース。

# 環境省・中長期ロードマップ



- 地球温暖化対策に係る中長期ロードマップ検討会によるとりまとめ(2009年12月～2010年3月)

地球温暖化対策に係る  
中長期ロードマップの提案  
～環境大臣 小沢鋭仁 試案～

目標達成のための対策・施策パッケージ

環境大臣 小沢 鋭仁

平成22年 3月 31日

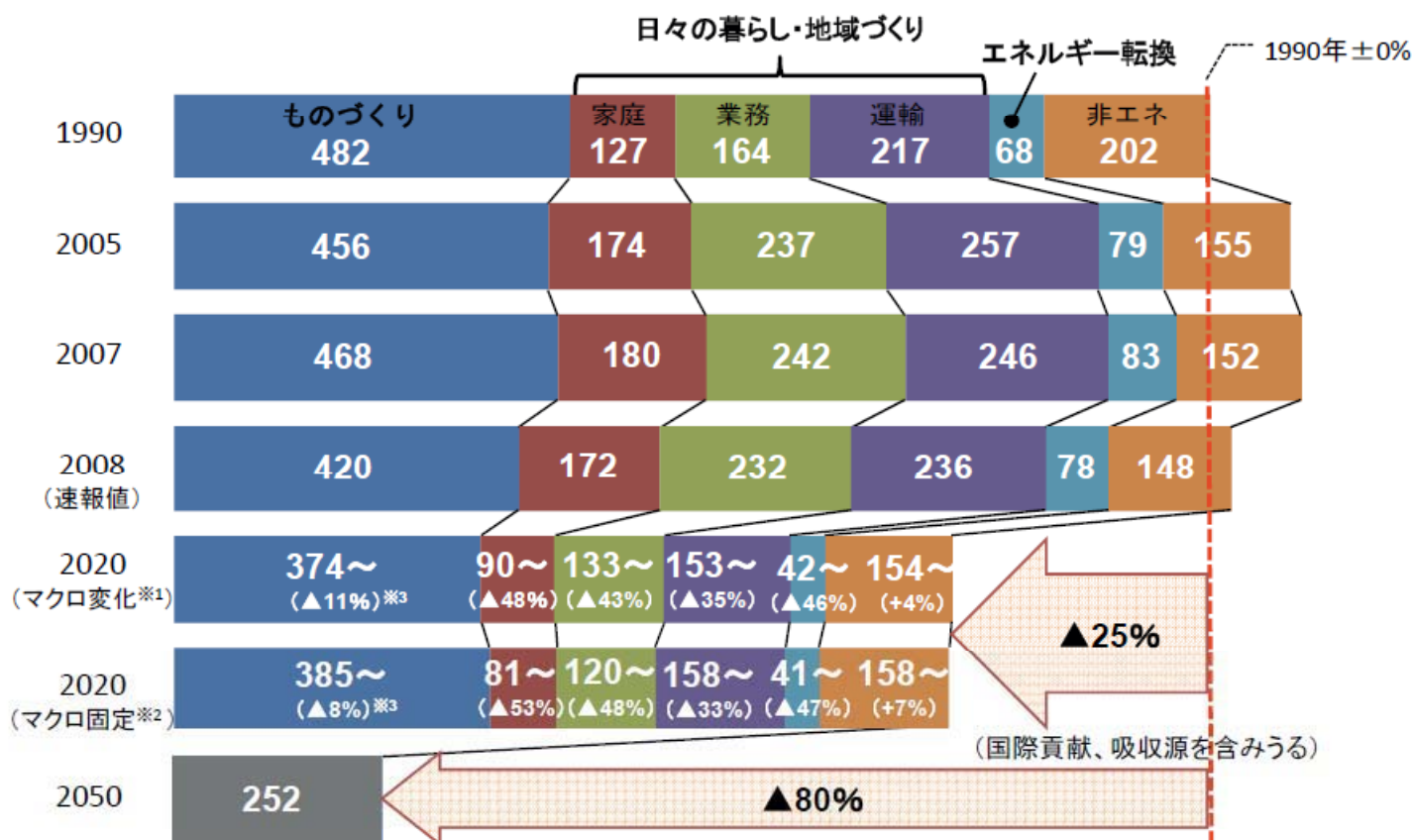
- 中央環境審議会・地球環境部会・中長期ロードマップ小委員会に於いて検討を継続(2010年4月～)

# 中長期ロードマップ

温室効果ガス排出量の姿(単位:百万t-CO<sub>2</sub>)



2020年、2050年における部門別温室効果ガス排出量の姿(単位:百万t-CO<sub>2</sub>)



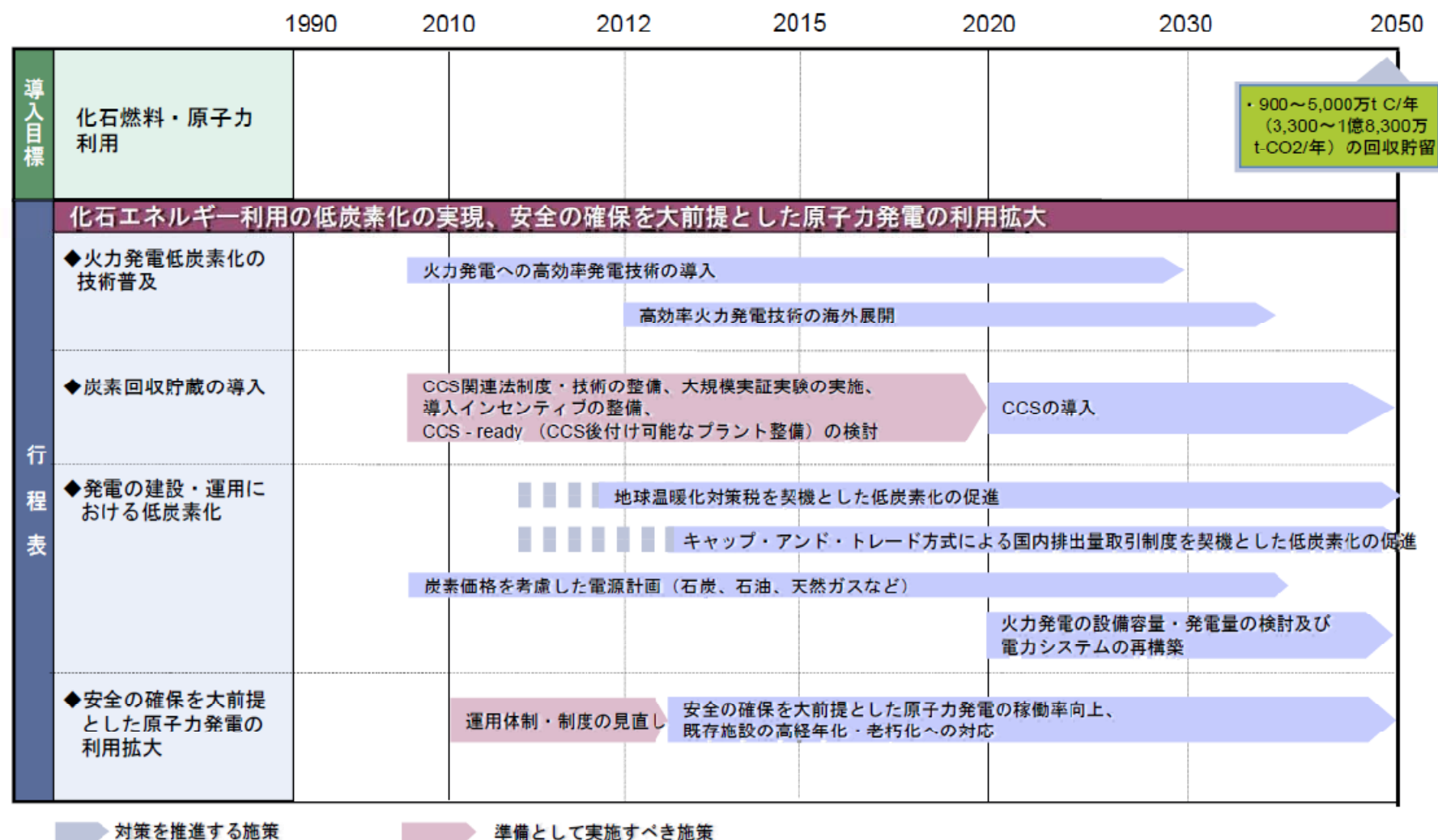
※1:炭素の価格付けが行われることを前提とした「全部門マクロフレーム変化ケース」

※2:産業部門のマクロフレームを固定した「産業マクロフレーム固定ケース」

※3:2008年比排出量削減割合

# 中長期ロードマップ

## エネルギー供給ロードマップ(化石燃料・原子力利用)



# 2020年に90年比25%削減を実現するための絵姿 (主な対策の導入量)ーエネルギー供給分野



## 主要な対策項目

## 2020年の絵姿

エネルギー供給	【エネルギー供給】 (エネルギー転換部門)	<再生可能エネルギー> 太陽光発電(住宅以外)	➢ 2005年:30万kW → 2020年: <u>最大2,560万kW</u> 約85倍
		風力発電	➢ 2005年:109万kW → 2020年: <u>最大1,131万kW</u> 約10倍
		地熱発電	➢ 2005年:53万kW → 2020年: <u>最大171万kW</u> (温泉発電含む) 約3倍
		中小水力発電(3万kW以下)	➢ 2005年:40万kW → 2020年: <u>最大600万kW</u> 約15倍
		<CO2回収貯留(CCS)> CCS	➢ 2020年:回収量 <u>最大440万t-CO2</u>
		<原子力発電> 原子力発電	➢ 現状:54基、2008年度の稼働率60% →2020年: <u>最大62基(8基新增設)</u> 、稼働率 <u>最大88%</u>

追加投資額:36.9兆円

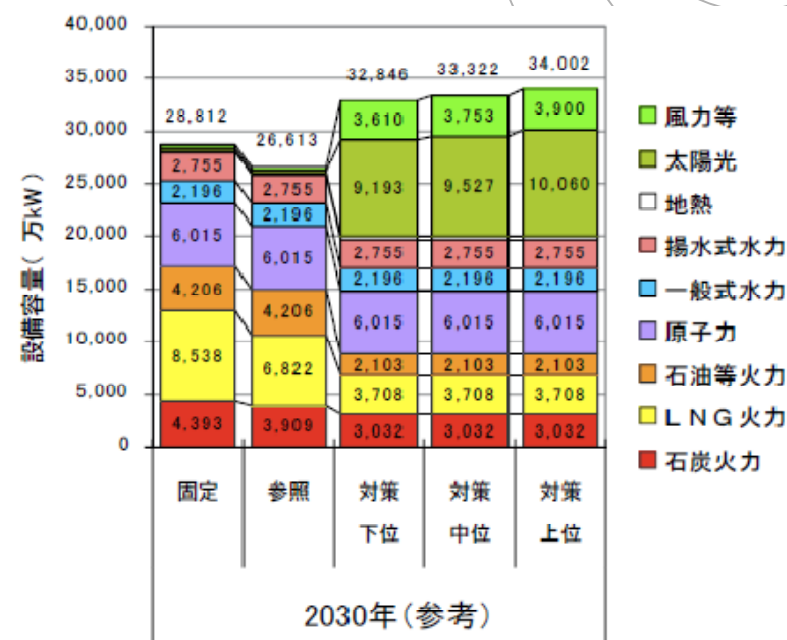
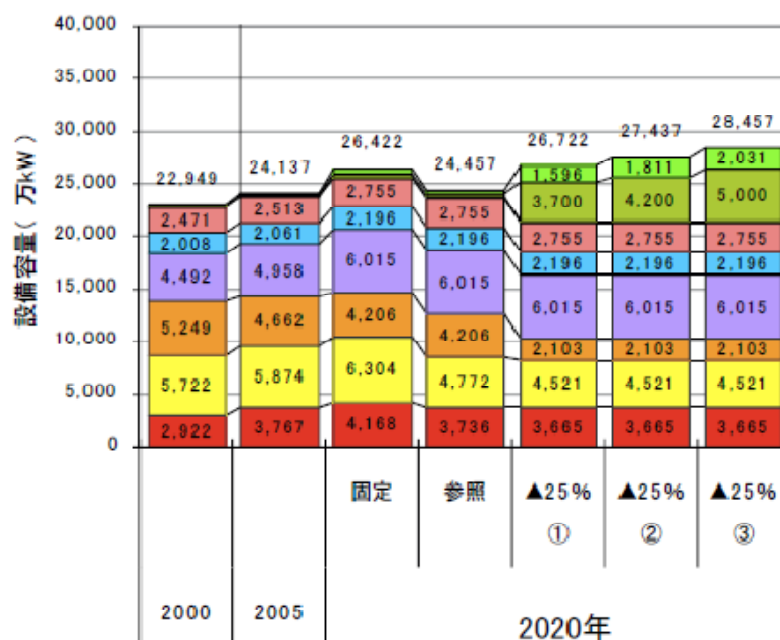
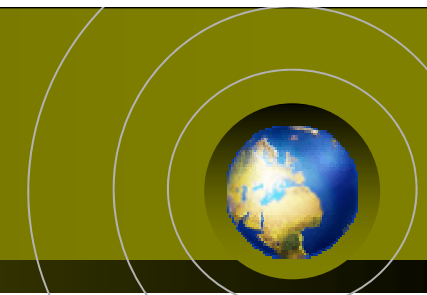


# 中期目標に係る分析(国立環境研) 発電電力量(産業マクロフレーム固定ケース)



		2000	2005	2020					2030 (参考)				
				固定	参照	▲25% ①	▲25% ②	▲25% ③	固定	参照	対策 下位	対策 中位	対策 上位
発電電力量 (億kW h)	石炭火力	1,732	2,529	2,990	2,328	1,710	1,317	992	2,795	2,249	978	814	557
	LNG火力	2,479	2,339	2,650	2,502	1,648	1,805	1,529	4,090	3,653	935	1,106	852
	石油等火力	1,004	1,072	860	770	243	243	243	736	707	177	88	44
	原子力	3,219	3,048	4,215	4,215	4,215	4,215	4,637	4,215	4,215	4,215	4,215	4,637
	一般式水力	779	714	767	767	767	767	767	767	767	767	767	767
	揚水式水力	125	99	87	57	24	24	24	130	54	54	54	54
	地熱	33	32	32	32	105	105	105	32	32	144	144	144
	太陽光	15	15	31	31	389	442	526	31	31	966	1,001	1,058
	他新エネ等	23	56	168	168	470	587	706	168	168	1,053	1,131	1,211
	合計	9,409	9,904	11,802	10,872	9,571	9,504	9,529	12,966	11,878	9,290	9,321	9,324
発電電力量 (構成比)	石炭火力	18%	26%	25%	21%	18%	14%	10%	22%	19%	11%	9%	6%
	LNG火力	26%	24%	22%	23%	17%	19%	16%	32%	31%	10%	12%	9%
	石油等火力	11%	11%	7%	7%	3%	3%	3%	6%	6%	2%	1%	0%
	原子力	34%	31%	36%	39%	44%	44%	49%	33%	35%	45%	45%	50%
	一般式水力	8%	7%	7%	7%	8%	8%	8%	6%	6%	8%	8%	8%
	揚水式水力	1%	1%	1%	1%	0%	0%	0%	1%	0%	1%	1%	1%
	地熱	0%	0%	0%	0%	1%	1%	1%	0%	0%	2%	2%	2%
	太陽光	0%	0%	0%	0%	4%	5%	6%	0%	0%	10%	11%	11%
	他新エネ等	0%	1%	1%	2%	5%	6%	7%	1%	1%	11%	12%	13%
	合計	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

# 中期目標に係る分析(国立環境研) 発電設備容量(産業マクロフレーム固定ケース)

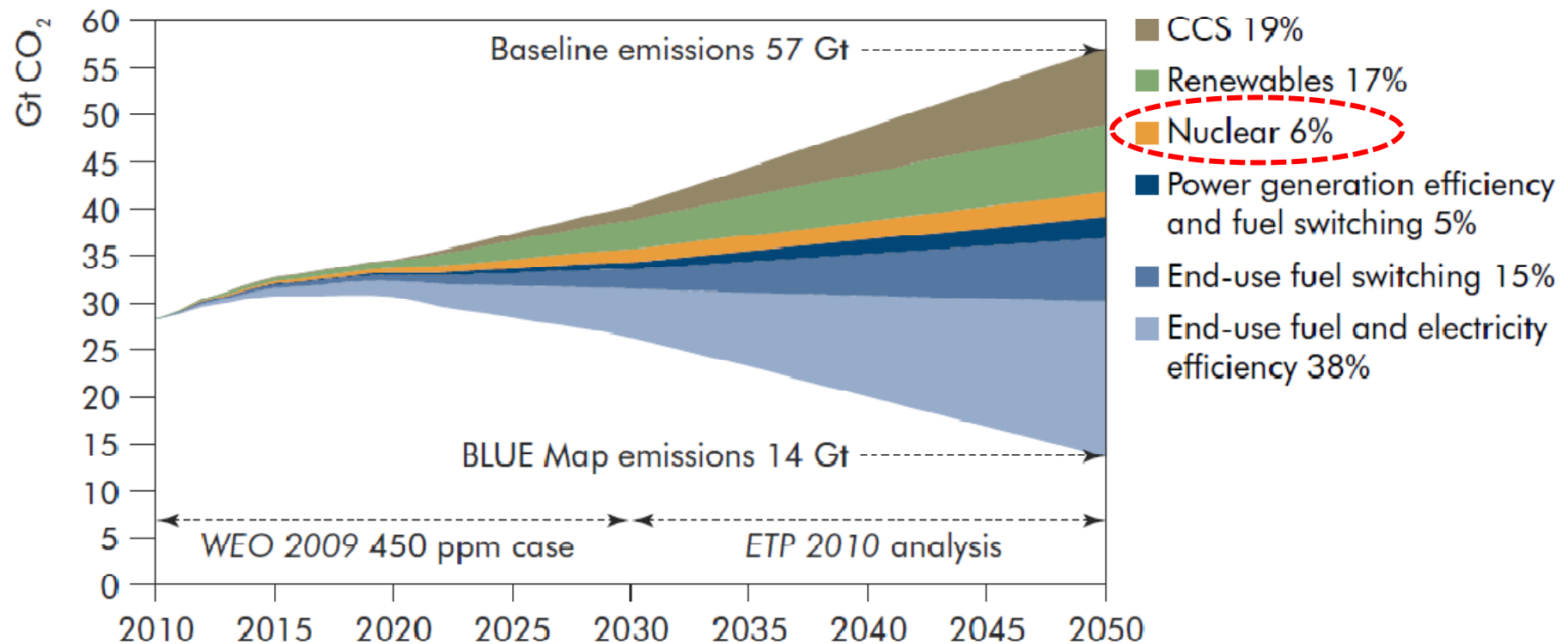
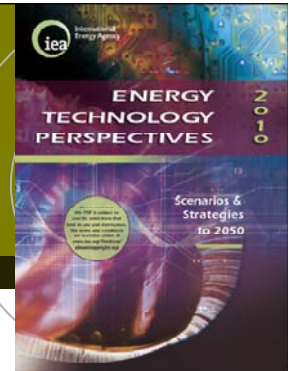


		2000	2005	2020					2030（参考）				
				固定	参照	▲25% ①	▲25% ②	▲25% ③	固定	参照	対策 下位	対策 中位	対策 上位
設備容量 （万kW）	合計	22,949	24,137	26,422	24,457	26,722	27,437	28,457	28,812	26,613	32,846	33,322	34,002
	石炭火力	2,922	3,767	4,168	3,736	3,665	3,665	3,665	4,393	3,909	3,032	3,032	3,032
	LNG火力	5,722	5,874	6,304	4,772	4,521	4,521	4,521	8,538	6,822	3,708	3,708	3,708
	石油等火力	5,249	4,662	4,206	4,206	2,103	2,103	2,103	4,206	4,206	2,103	2,103	2,103
	原子力	4,492	4,958	6,015	6,015	6,015	6,015	6,015	6,015	6,015	6,015	6,015	6,015
	一般式水力	2,008	2,061	2,196	2,196	2,196	2,196	2,196	2,196	2,196	2,196	2,196	2,196
	揚水式水力	2,471	2,513	2,755	2,755	2,755	2,755	2,755	2,755	2,755	2,755	2,755	2,755
	地熱	52	52	53	53	171	171	171	53	53	234	234	234
	太陽光	33	144	299	299	3,700	4,200	5,000	299	299	9,193	9,527	10,060
	風力等		106	426	426	1,596	1,811	2,031	358	358	3,610	3,753	3,900



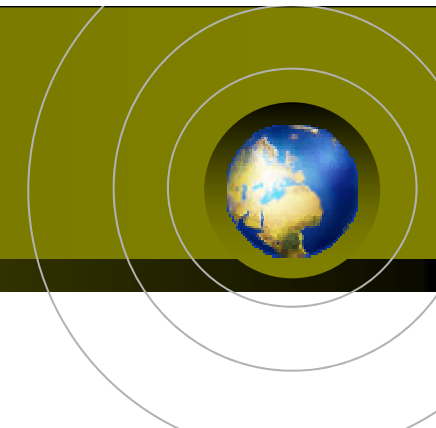
# IEA ETP2010

## エネルギー起源CO<sub>2</sub>削減シナリオ



# まとめに代えて

## 原子力政策への期待・課題



前提：原子力を賢く使いこなすことが、わが国の道

- **80%削減社会は、オール電化(+水素化)と成らざるを得ない**
  - － **超長期エネルギー技術ビジョンの2100年断面とほぼ同一**
    - エネルギー転換(供給)はゼロエミッション【原子力、CCS、再生可能】
    - 需要サイドのゼロエミ化に伴いゼロエミ**電力**(+水素)の**供給量は増大**
- **再生可能エネルギーの増大に対応した需給調整の考え方**
  - － 負荷追従→**CCS**付き火力のみで可能か？；大規模電力貯蔵？
- **バランスの取れた研究開発スキーム**
  - － 課題解決・目標達成
    - プロジェクト指向(例：核燃料サイクル、バックエンド技術、等)
  - － **人材確保・育成、科学技術基盤強化**
    - 過度な「選択と集中」・「アウトカム至上」主義の排除