

# エネルギーの低炭素化 Decarbonization of Energy

茅 陽一

(地球環境産業技術研究機構)

2010. 2. 8

# 目次

1. わが国のCO<sub>2</sub>排出構成
2. 民生部門の対応
3. 運輸部門の対応
  - 1) エタノール
  - 2) 電力と水素
4. 発電部門への対応
  - 1) 火力
  - 2) 原子力
  - 3) 自然エネルギー
5. 超長期の対応
6. おわりに

# 先進国・温室効果ガス削減目標

2020

IPCCシナリオ 25～40%削減

日本 25%削減(非真水目標)

2050

IPCCシナリオ 80～95%削減

サミット合意 80%削減

超長期

温度上昇2度以下で安定化

注: 発電以外はすべて非電力  
需要からのCO2排出

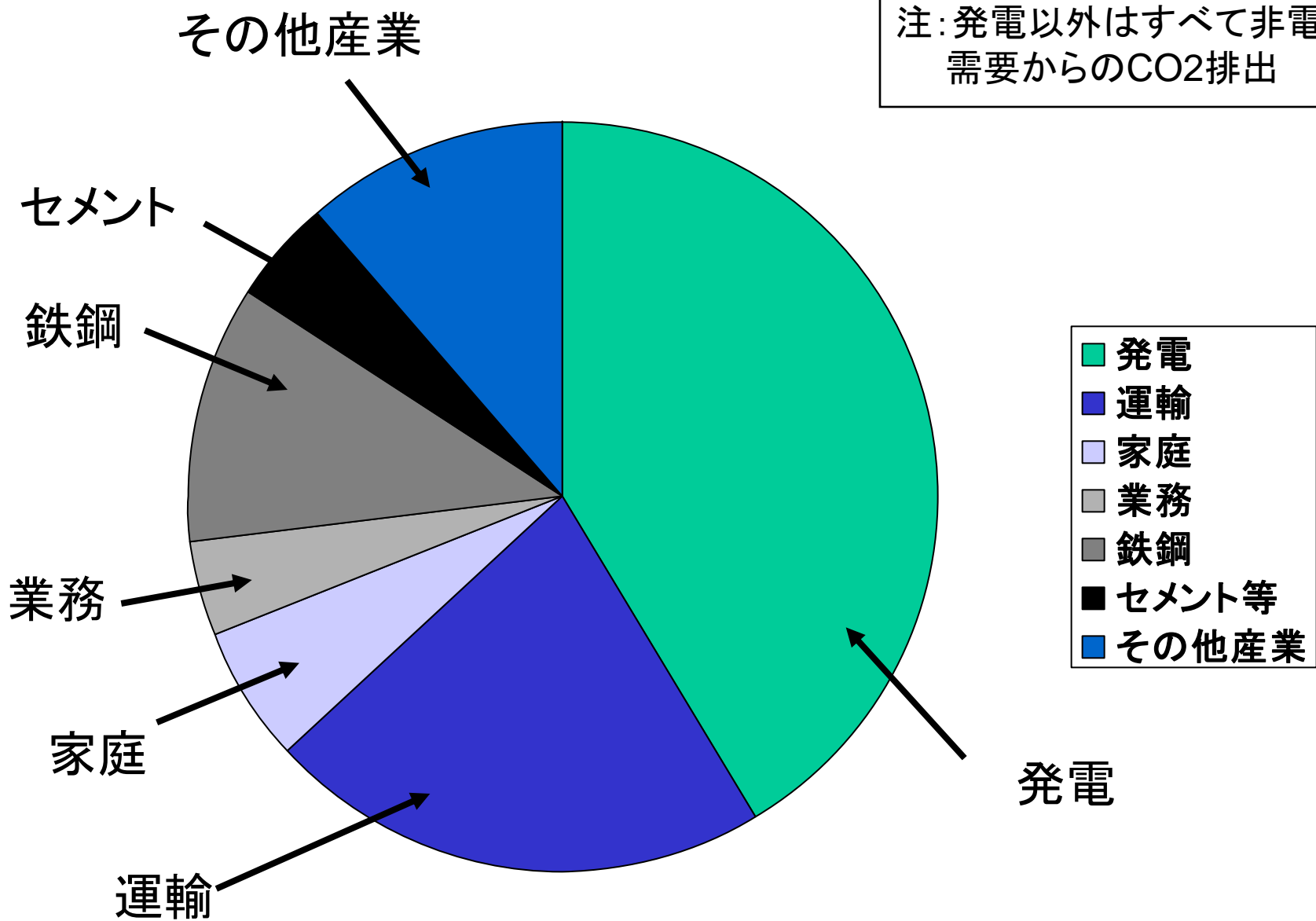
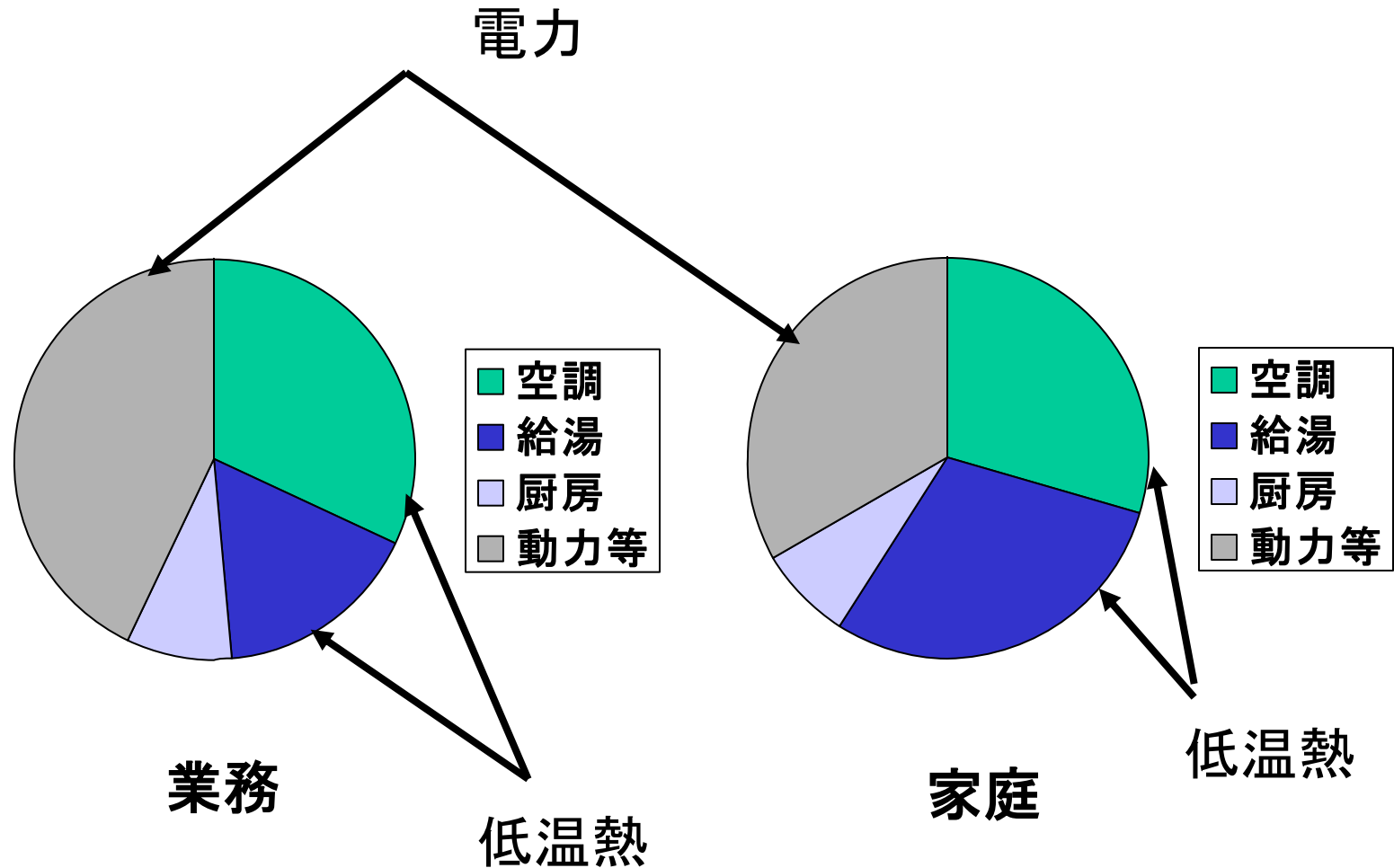


図: 日本でのCO2排出内訳 ('07)

# わが国の民生需要内訳(2005)



	利用地点の 近さ	設備コスト	COP (利用温度)
周辺大気	○	○	×
水源 (湖水、海、 貯水池)	×	△	△
地中熱	△	× ~ △	○

表:ヒートポンプの諸種低温熱源の特性

	地中熱利用住宅数
USA	500, 000
Germany	50, 000
Switzerland	42. 000
France	9. 000
日本	200

表：地中熱利用の住宅数

# H2-FC cogeneration の評価

1. 一次エネルギーが化石燃料の場合（現状）  
H2製造が分散型で可能、効率もよい  
→ FCの価格低下があれば  
cogenerationとして有効に働く可能性
2. 一次エネルギーが原子力の場合（将来）  
H2の大規模生産—H2infrastructureが必要  
電力—HPの方が有利となる可能性が大



一次E	二次E	自動車
現状 化石燃料	化石燃料製品	ICV
将来 自然E 原子力	エタノール 電力 水素 電力+水素	ICV BEV FCEV FCHEV

表：今後の自動車の選択

# 自動車燃料としてのエタノール

## 1. エタノールの利点

1) 駆動システム：従来システムの延長

2) ガソリンとの混合比率が可変

E5, E10 → エタノール中心 (E100)

## 2. エタノール供給の現状

1) さとうきび起源：ブラジル 1,600万kL

2) とうもろこし起源：米国 2,000万kL

# エタノール供給の 物理的可能性

## 1. さとうきび起源

### 1) 現状: ブラジル

1,600万kL, 6.2 kL/ha, 500万ha

### 2) エタノール 1L = 石油 0.7L として

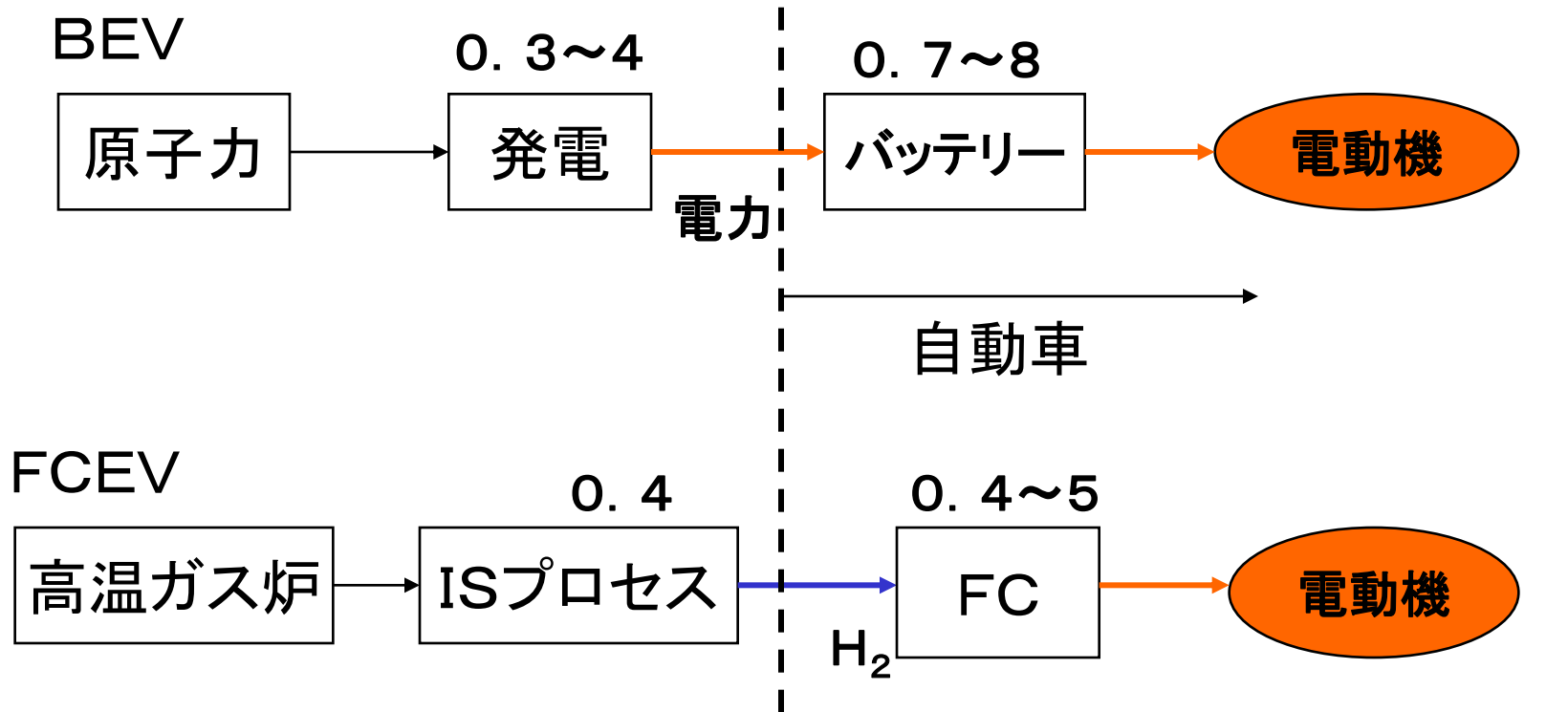
世界全運輸燃料→エタノール

必要さとうきび面積 4億ha

世界の可耕地面積 15億ha

## 2. 将来 セルローズ起源の可能性大 運輸燃料の一定部分の分担?

## 図: BEVとFCEV



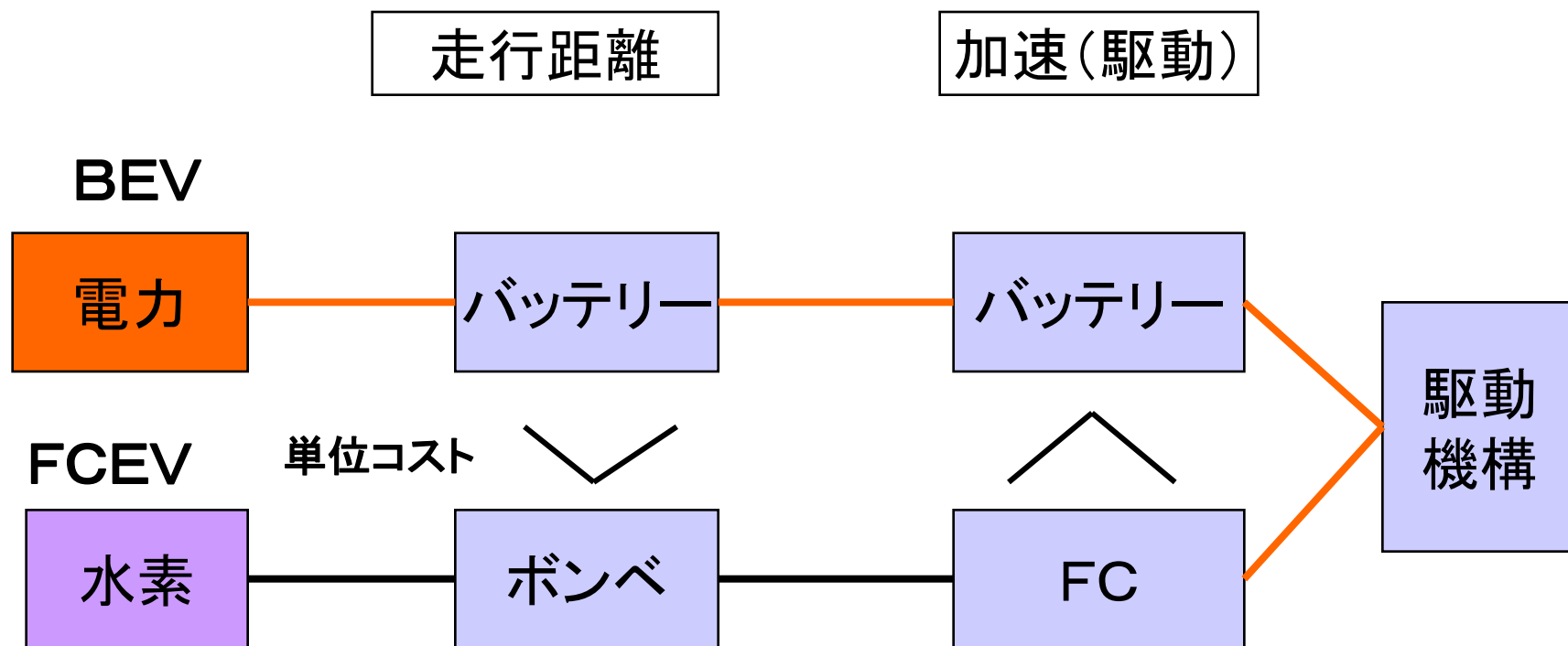
$$\text{BEV} = 0.4 * 0.8 \sim 0.3$$

$$\text{FCEV} = 0.4 * 0.5 \sim 0.2$$

BEVとFCEVは、駆動システムが共通  
効率的にはやや BEV > FCEV

注1: 最大効率で計算

# 図：BEVとFCEVの組み合わせ 競合から協調へ



FCHEV = BEV + FC range extender

	2010	2030
ICE エンジン車	2, 200	2, 400~ 2. 530
FCEV 燃料電池車	47, 400	7, 000~14, 060
BEV 電気自動車	6, 200	6, 200~ 9, 530
FCHEV ハイブリッド	19, 700	4, 000~ 7, 330

**表：諸種自動車価格の予測例(米ドル)**

ref. Offer, G.J. et al: Comprehensive analysis of BEV, FCEV and FCHEV, Energy policy, 38, pp.24-29, Jan.2010

# 発電源からのCO2排出削減

## 1. 火力発電

- 1) 効率化 2) CCSの適用

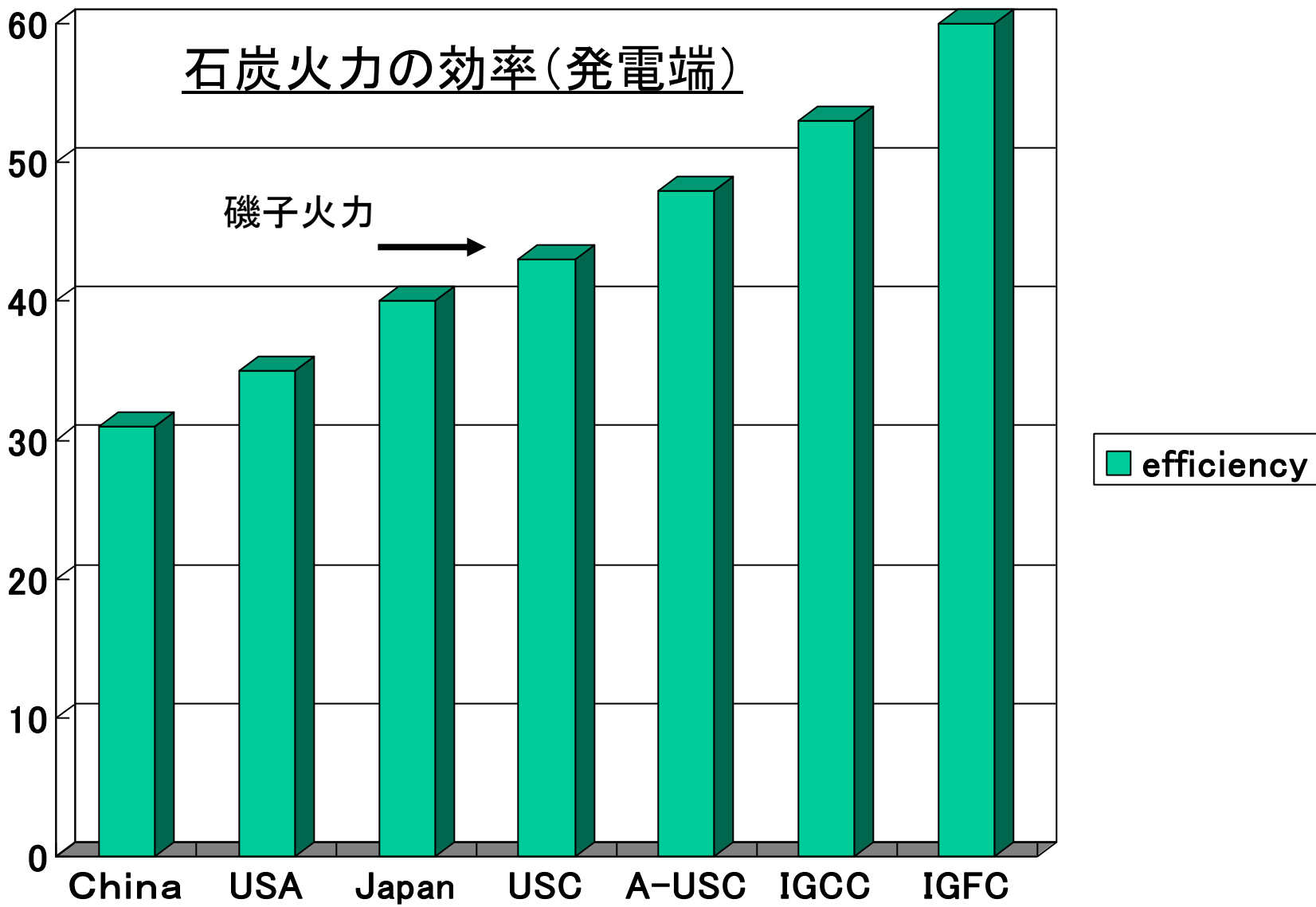
## 2. 原子力発電

- 1) シェアの拡大 2) 稼働率向上
- 3) 高速増殖炉と核燃料サイクル

## 3. 再生可能エネルギー

- 1) 太陽光発電への期待 2) 出力変動問題

Efficiency at generator output, %



注: 1. 各国データは2005年.  
2. USC= Ultra Super Critical (温度>566C)  
3. IGFC: 燃料電池+複合サイクル



CO2排出, Mt CO2/y

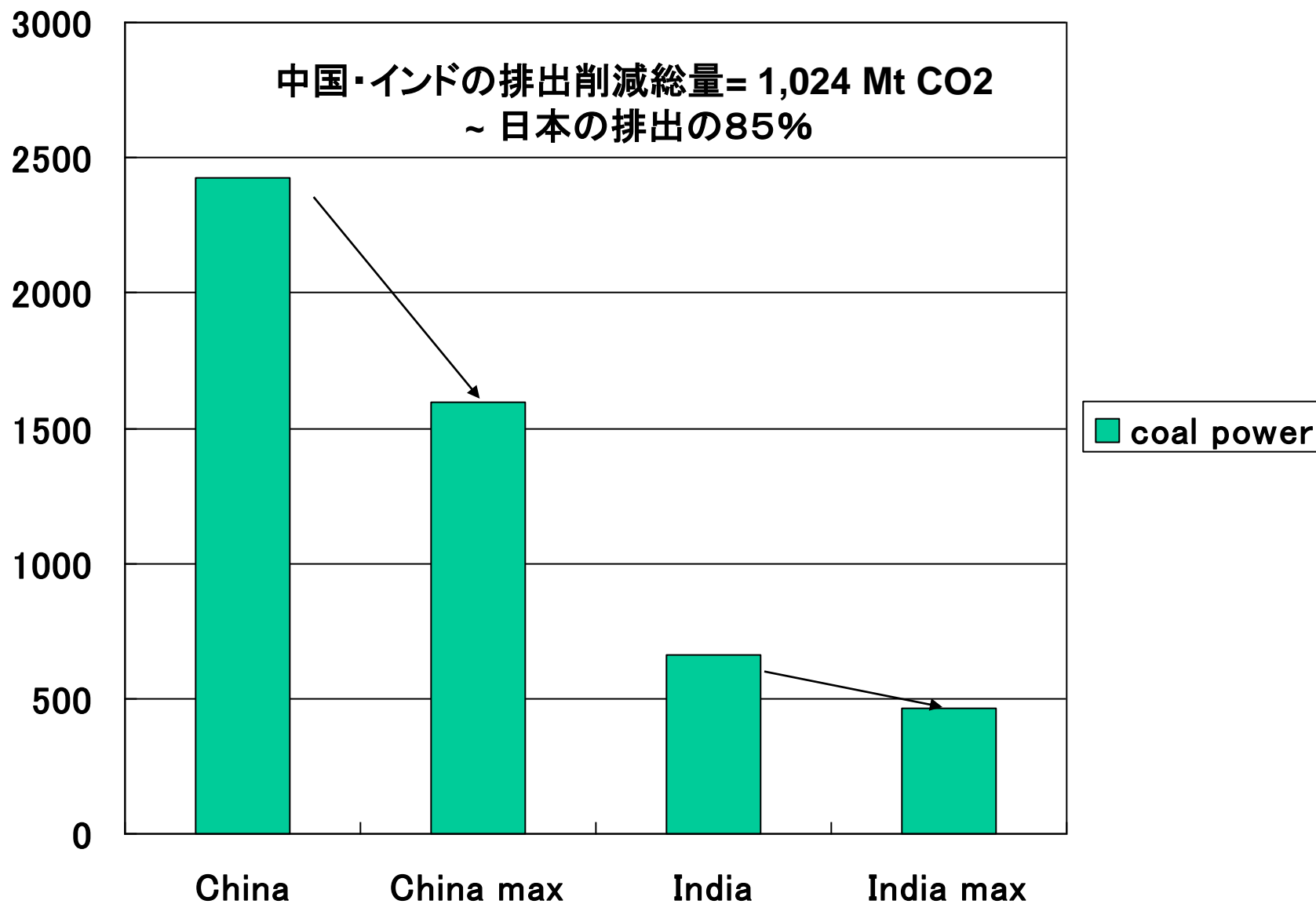
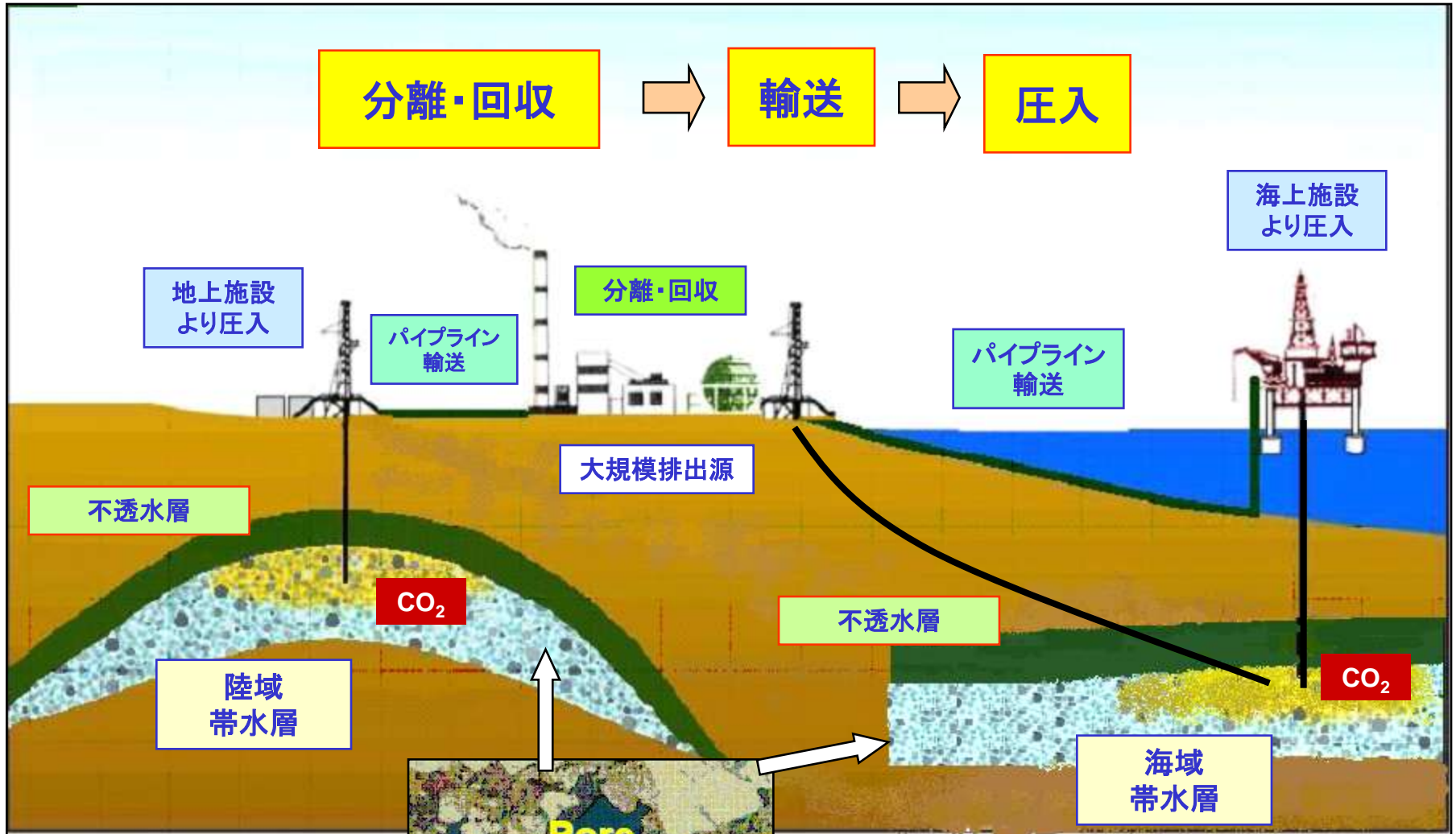


図: 石炭火力からのCO2排出  
現状プラント → 43% 効率USC へ転換したときの変化

# CO<sub>2</sub>地中貯留(帯水層貯留)技術の概要



帯水層の顕微鏡写真  
Pore(空隙)部分に  
CO<sub>2</sub>を貯留

# CCS実施例

1. 北海Sleipner天然ガス田  
随伴CO<sub>2</sub>の帯水層貯留 100万吨/年
2. 米国Weyburn合成ガス工場  
発生CO<sub>2</sub>のカナダ油田EOR 100万吨/年
3. アルジェリアIn Salah天然ガス田  
随伴CO<sub>2</sub>の帯水層貯留 100万吨/年
4. 北極海Snohbit天然ガス田  
随伴CO<sub>2</sub>の帯水層貯留 70万吨/年

回収方式	North America	Europe	Australia
燃焼後回収	Mountaineer1(0.1M) Mountaineer2(1.5M) Antelope Valley(1M) Tenaska project(3M)	Jaenschwalden(2.5M) Kingsnorth(4M) Tbury(4M) Enel(1-1.5M) Nordlyland(1.5M)	
燃焼前回収		Goldenbergwerk(2.6M) Killingholme(2.25M) Teesside(5M) Hatfield(4.5M)	ZeroGen(0.42M) Monash E.project(15M) FutureGas(40MW)
酸素燃焼	Boundary Dam(100MW)	Schwarze Pumpe	Coolimba(400MW)

表1：世界の火力CCSの主な計画

注：黒字排出CO2 ton/year 赤字発電容量

データ存在	地層構造	貯留ポテンシャル (百万トン)
油ガス田・基礎試 錐 震探データ存在	背斜構造	8,700
	平面構造	27,500
基礎物理探査 震探データ存在	背斜構造	21,400
	平面構造	88,500
合計		146,100

**表：日本のCO<sub>2</sub>貯留ポテンシャル**

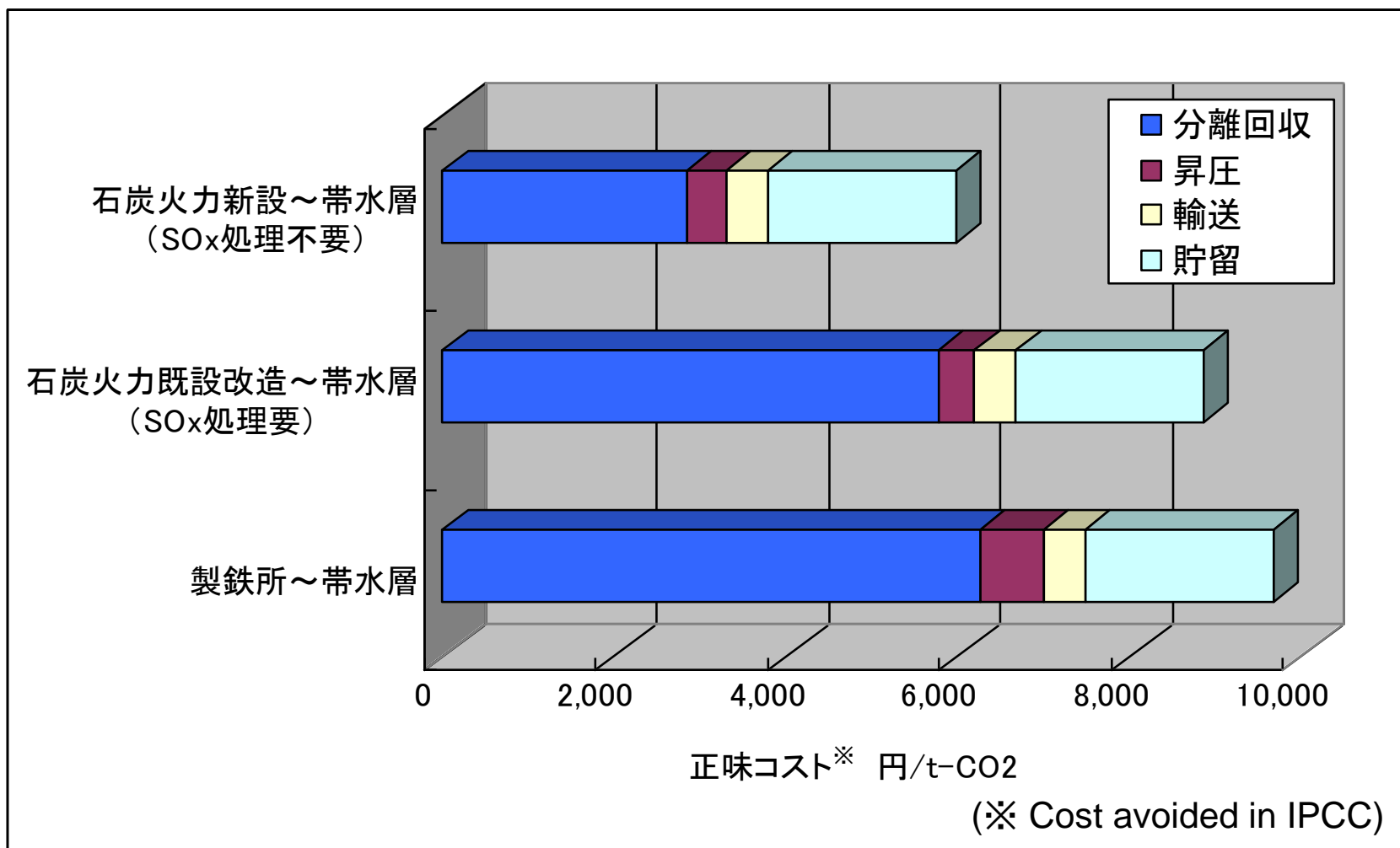
注1：CO<sub>2</sub>飽和率50%で算出

注2：日本の全CO<sub>2</sub>排出はほぼ1,200百万トン/年

出所：RITE, CO<sub>2</sub>地中貯留技術開発報告書

# 現状技術での分離回収～貯留コスト

○標準条件： 回収隔離量 100万t-CO<sub>2</sub>/年、 輸送距離20km  
圧入法：ERD、 坑井1本あたりの注入量：10万t-CO<sub>2</sub>/年



# 2020原子力への期待 —エネルギー需給見通し—

	設備量	稼働率	電力シェア
現状('08)	48.1GW	60%	31%
2020	61.5GW	81%	44%
新設分	9基	(浜岡1, 2代替分除く)	
計画中	17.2GW		

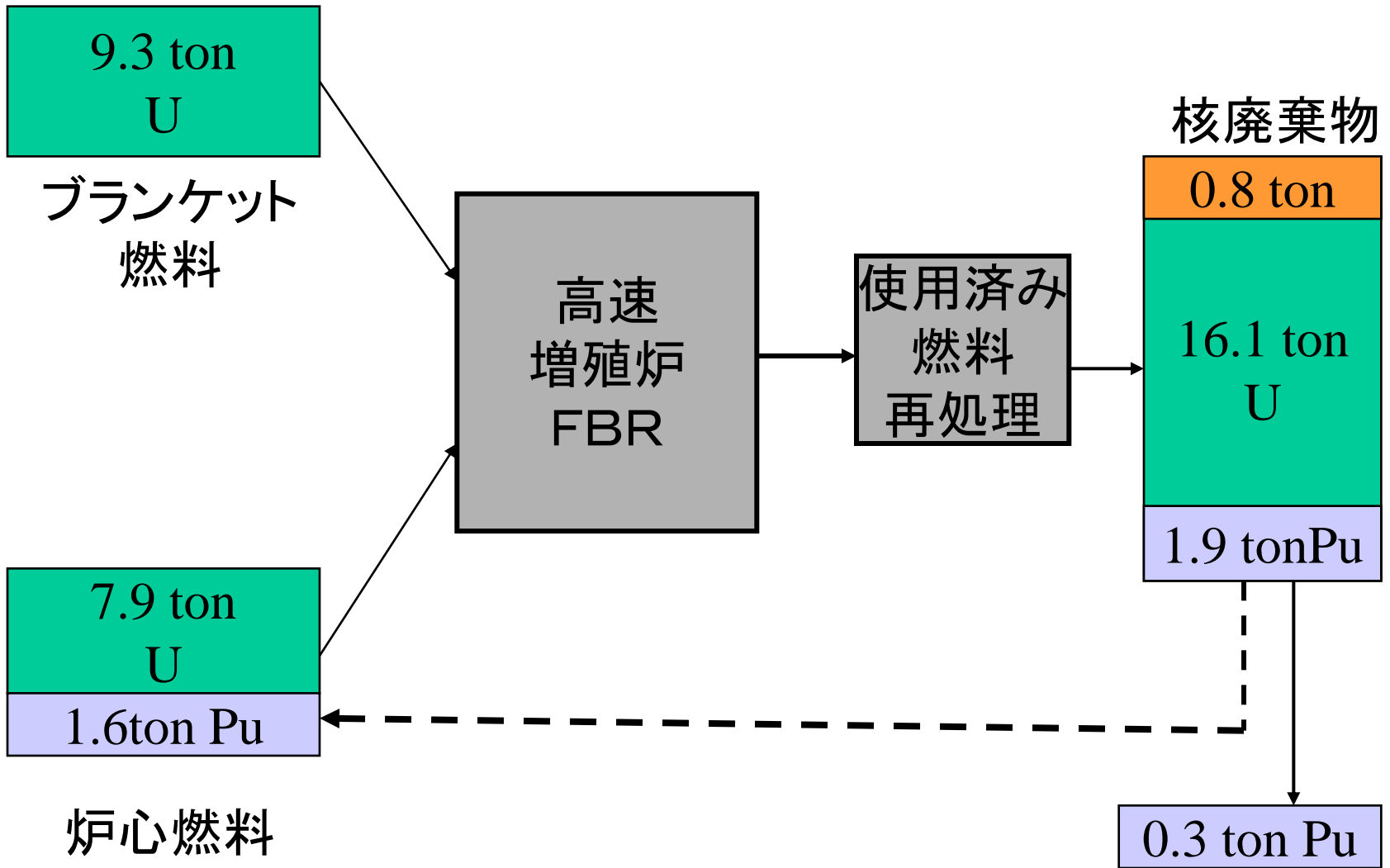
# 今後の原子力発電所対応

1. 高経年化への対応
  - 1) 技術的対応
  - 2) 発電設備更新の円滑化
2. 設備稼働率向上への対応
  - 1) 安全性の向上
  - 2) 保守点検間隔の増大努力
3. 核燃料サイクルの確立  
燃料面、高レベル廃棄物処理面の双方できわめて有効



# 高速炉利用の重要性と問題点

1. ウラン235のみの利用の場合、資源耐用年数は80年程度
2. 高速増殖炉の利用によりウラン238を利用することが原子力の長期利用のために必須
3. 核不拡散問題と核燃料サイクル確立の矛盾をどう解決するかが問題



図：高速増殖炉におけるPu生産

資料：鈴木、原子力の燃料サイクルp.54-55

	直接処分	核燃料サイクル (プルサーマル)	核燃料サイクル (FBR)
燃料利用効率	1	1.18	約30
高レベル廃棄物体積	1	0.37	
高レベル廃棄物放射能 有害度(1,000年後) KWHあたり	1	1 / 8	1 / 240
処理コスト (円 / kwh)	0.9-1.1	1.6	

表：使用済燃料処理方法の比較

出所：経済産業省、原子力立国計画等より

# わが国での太陽光発電への期待

1. 2005 1.4GW

2. 2009. 11より民生太陽光発電電力買取制度  
発足

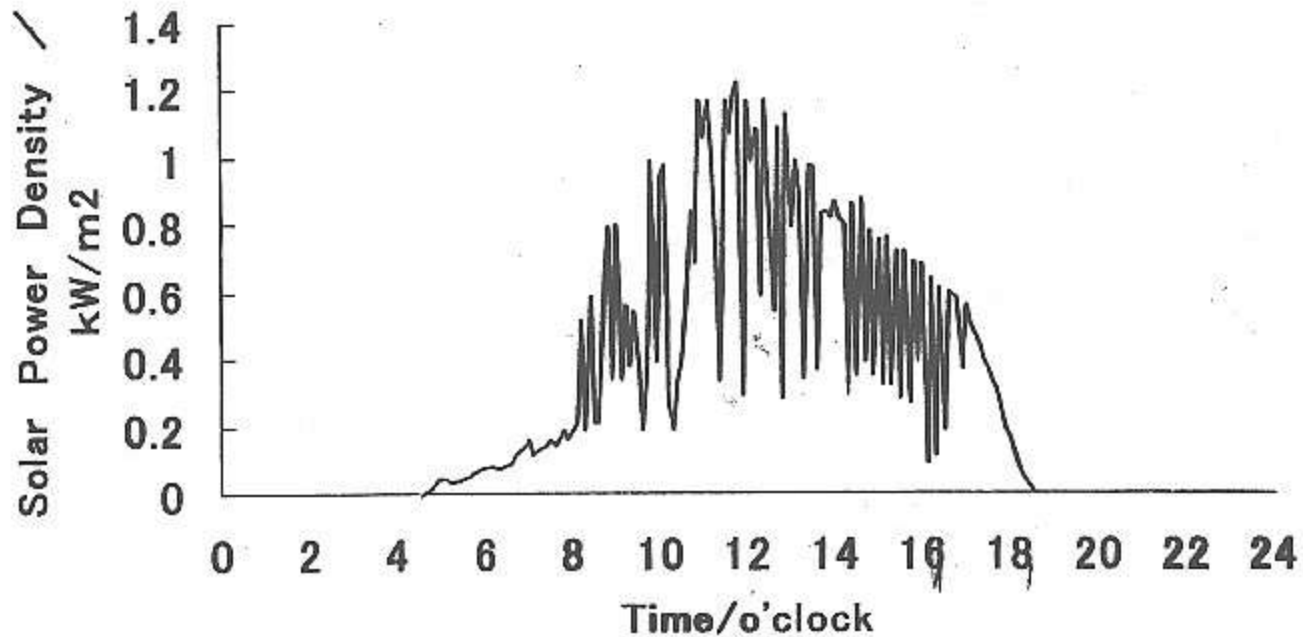
家庭余剰電力 48円 / kwh

3. 2020目標

麻生政権時代 20倍(28GW)

環境省ロードマップ 70GW?

Promising but barrier of time-changeability



図：太陽光発電の一日の出力変動

対応種類	バックアップ設備の必要 (火力)	系統周波数制御(LFC) バックアップ バッテリー	低需要時 過剰出力用 バッテリー
対応内容	PVなしの場合 と同一設備が 必要	20分以内 平均化	春秋週末 Goldenweek等 での過剰出力
コスト (PV50- 60GW)	火力設備コスト 10~15円/kwh	バッテリーコスト 数千億円/年	バッテリーコスト 数兆円/年

表：太陽光発電(PV)系統連携時の付加コスト

出所：茅他、低炭素エコノミー、日経、2008

# 太陽光・風力発電の位置づけ

1. 両者とも稼働率が低く、設備容量の割にエネルギー貢献度が低い

例：太陽光発電1億KW

設備容量：現状グリッド総容量の半分

KWH：全需要の10%

2. 出力変動の大きさも考慮すると、両者とも

グリッドの × 中心的電源

○ 補完的電源

# 超長期の対応

## 基本姿勢

気候安定化のためには、抜本的脱炭素が必要。そのためには長期ではあっても抜本的な大規模・非炭素技術を開発すべき

## そのような技術の例

1. 僻地自然エネルギーの大規模輸送

例：パタゴニア風力発電—水素—需要地

2. 宇宙太陽光発電



# Space Power Generation System

