

温暖化への対応

茅 陽一

(地球環境産業技術研究機構)

2010. 10. 29

目次

1. 温暖化への基本姿勢
2. 対応の方向
3. 原子力の拡大
4. 再生可能エネルギーと問題点
5. 火力とCCSの重要性
6. おわりに

温暖化への懐疑論

1. 温暖化の事実を疑うもの
赤祖父(アラスカ大)他
#反論: IPCC結論参照
2. 温暖化の原因を疑うもの
 - 1) デンマークグループ他
太陽活動変化→宇宙線変化→下層雲の変化
#反論: 因果関係不明確
 - 2) 植田他
温度変化→CO₂濃度変化 の因果関係逆転説
#反論: 微小変化分だけ取り上げている

IPCCの基本メッセージ

—第4次報告から—

1. 地球温暖化が起きていることは疑う余地がない
2. 20世紀後半以降に生じた温度上昇の大部分が、人為起源温室効果ガスの濃度増加によるものである可能性が非常に高い

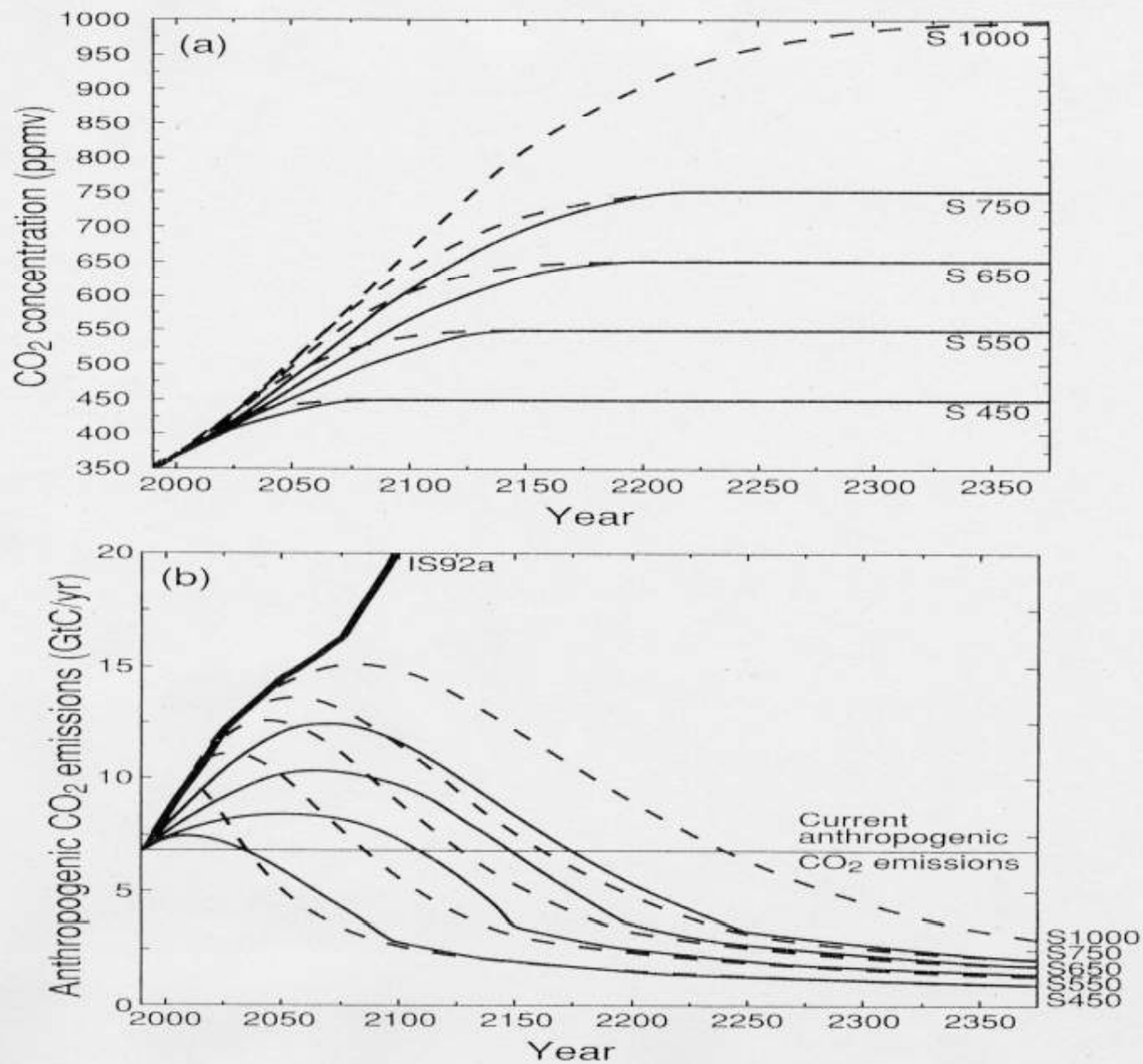


図:CO2濃度安定化と対応排出曲線

$$CO_2 = \frac{C}{E} E \quad (1)$$

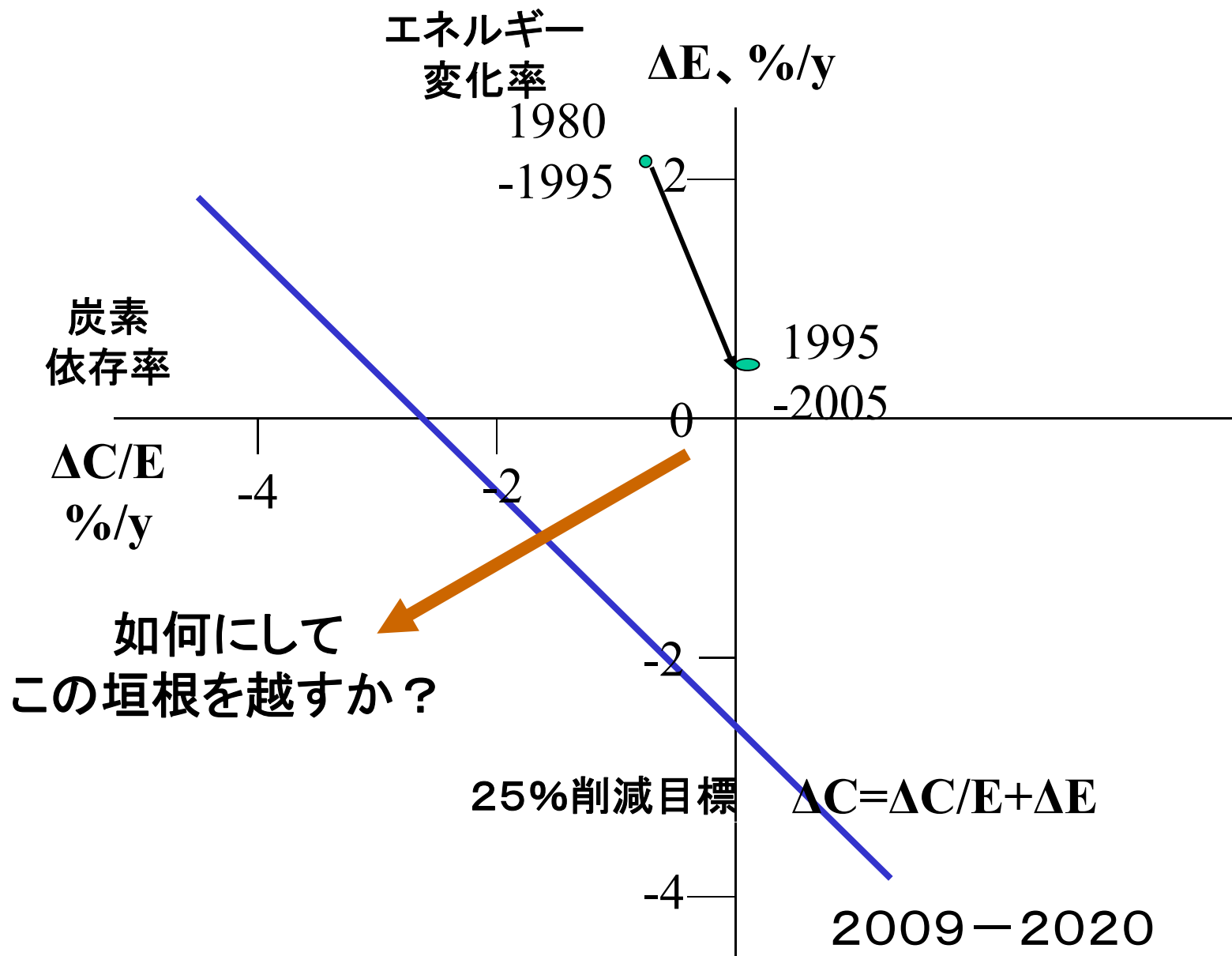
一次エネルギー

炭素集約率

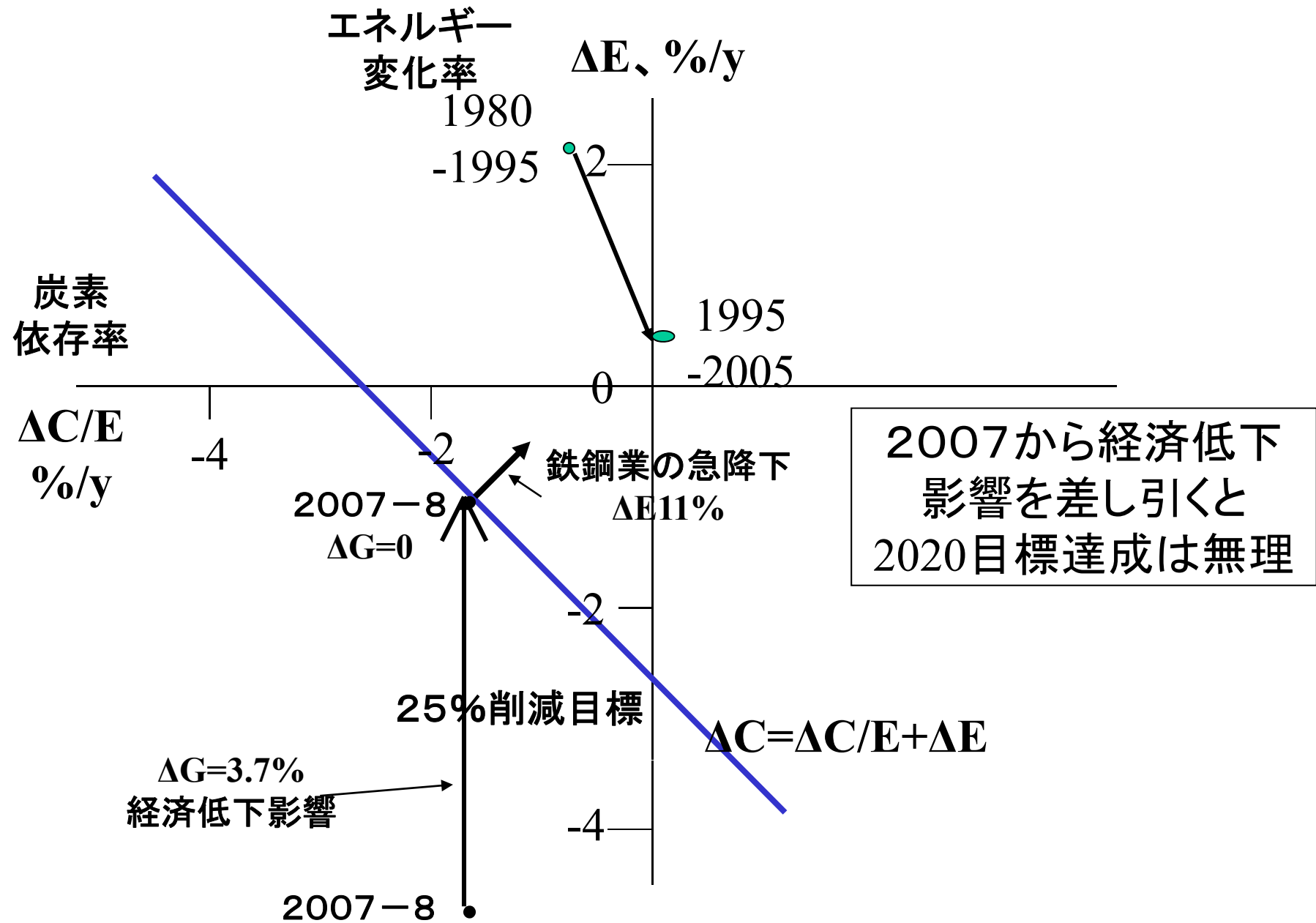
$$\Delta CO_2 = \Delta \frac{C}{E} + \Delta E \quad (2)$$

脱炭素率(負の場合)

図: CO₂の要素分解



図：日本の過去の $\Delta E - \Delta C/E$



図：日本の2007-8の $\Delta E - \Delta C/E$

注: 発電以外はすべて非電力
需要からのCO2排出

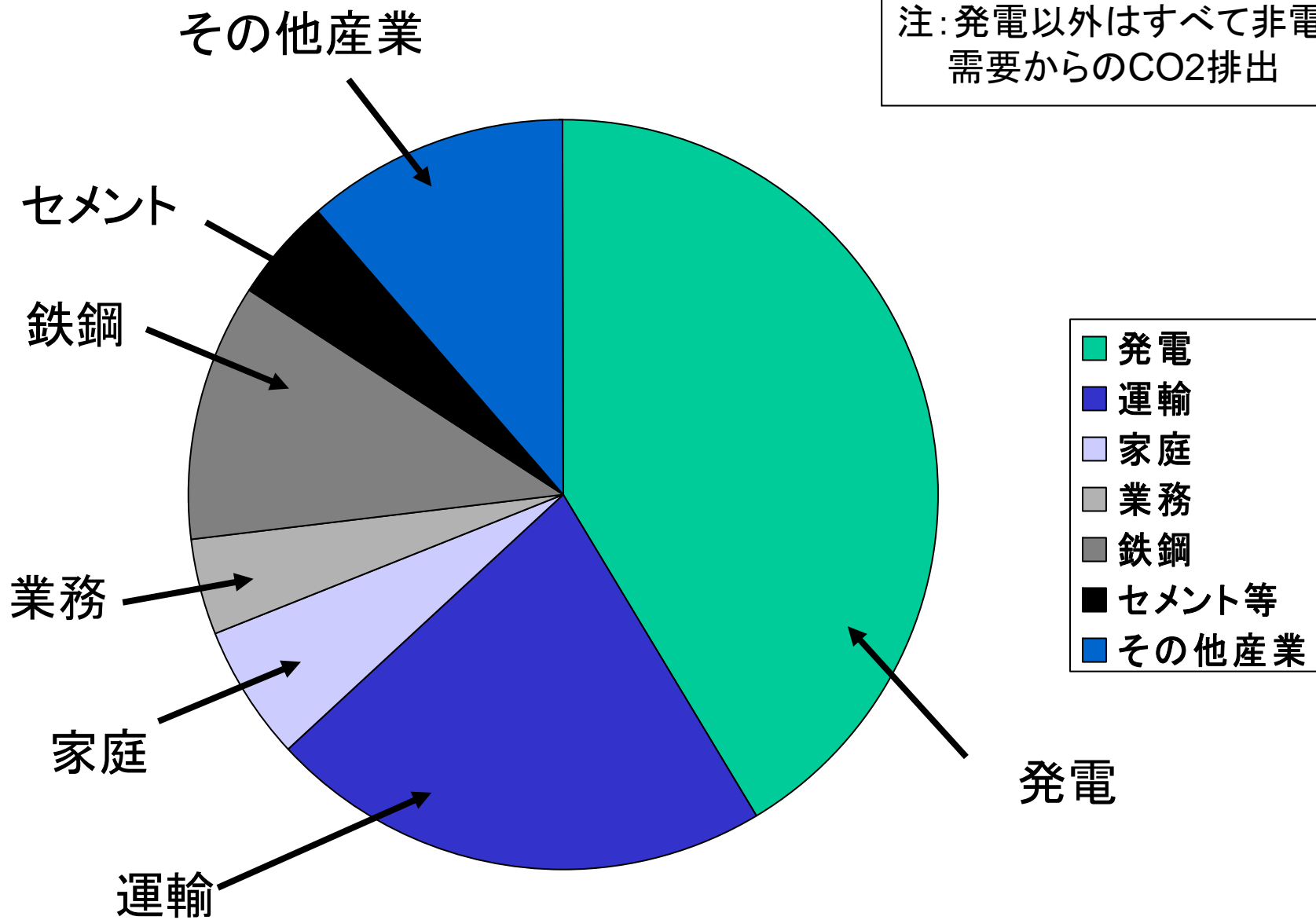
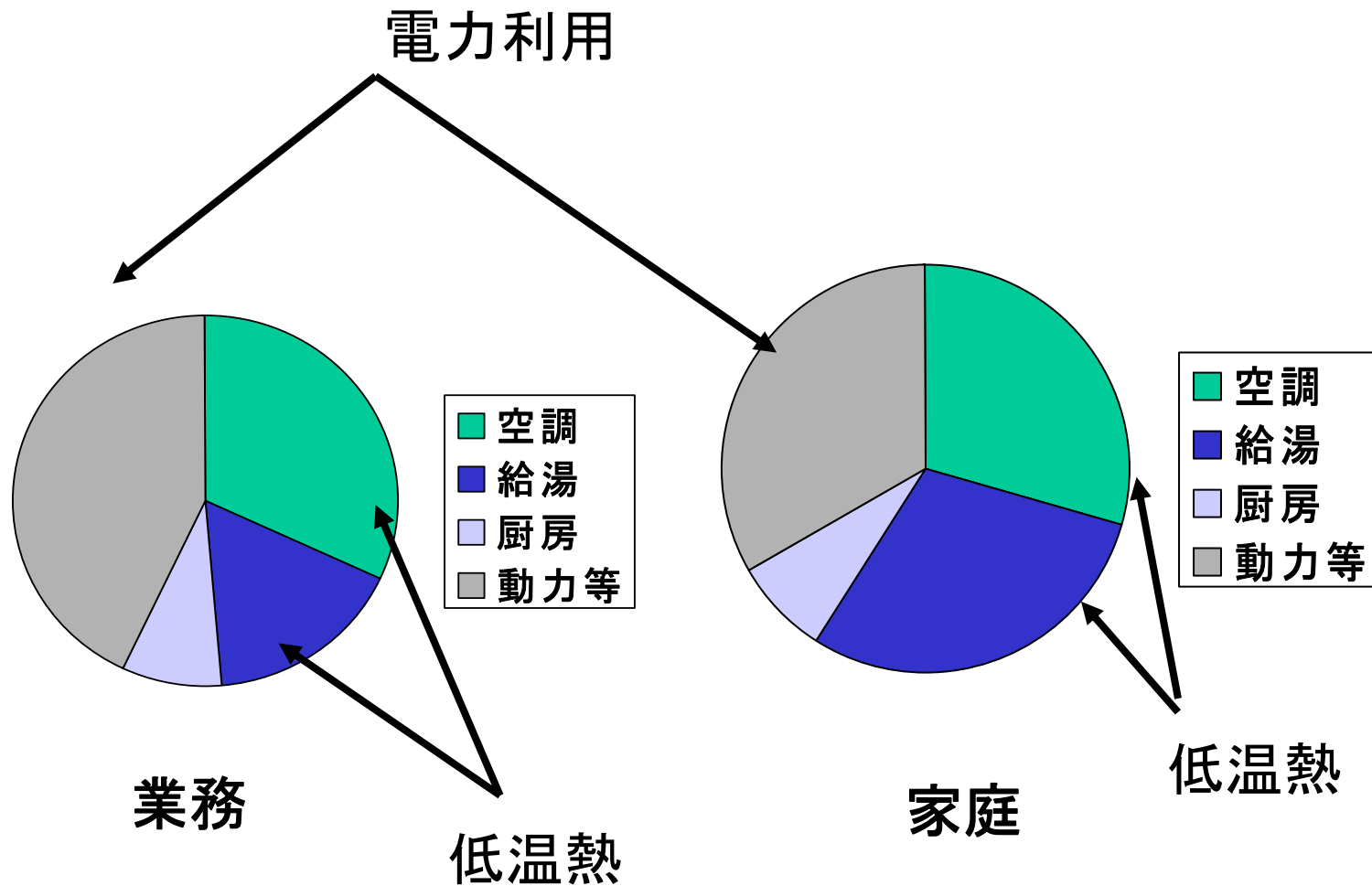
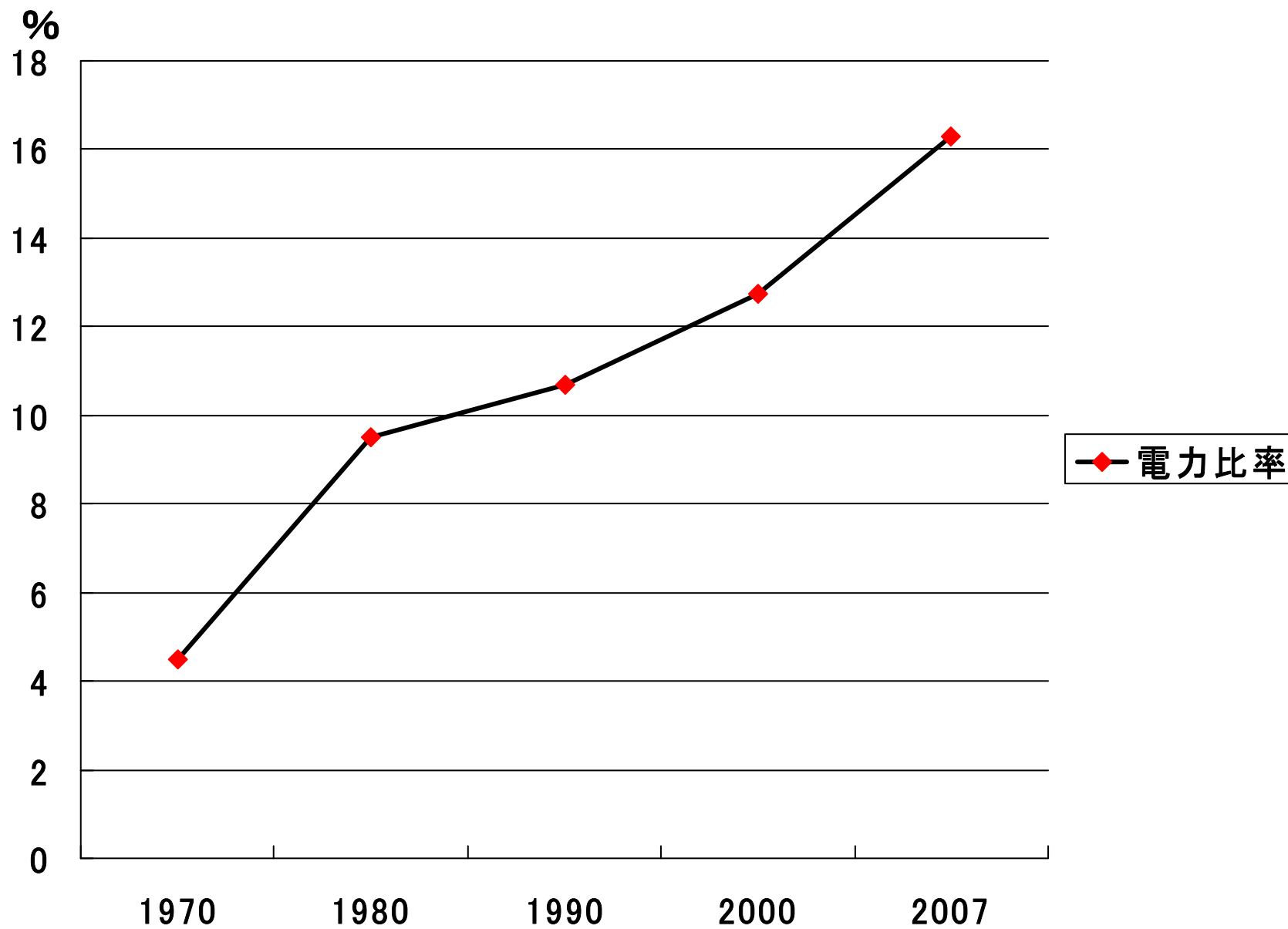


図: 日本でのCO2排出内訳('07)

わが国の民生需要内訳(2005)





図：家庭における冷暖房・給湯の電化率推移（日本）

家庭エネルギー需要の電力化

1. 動力需要の増加
2. 冷暖房・給湯へのヒートポンプの参入増大

COPの増加、供給温度の増大

将来

家庭充電型の電気自動車、plug-in HV
の導入

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

表：今後の自動車燃料の選択

EtOHの可能性

1. 政府方針

EtOHのガソリン混合方式利用で拡大

E3~5程度

2. ポテンシャル

日本の自動車燃料をすべてEtOH代替

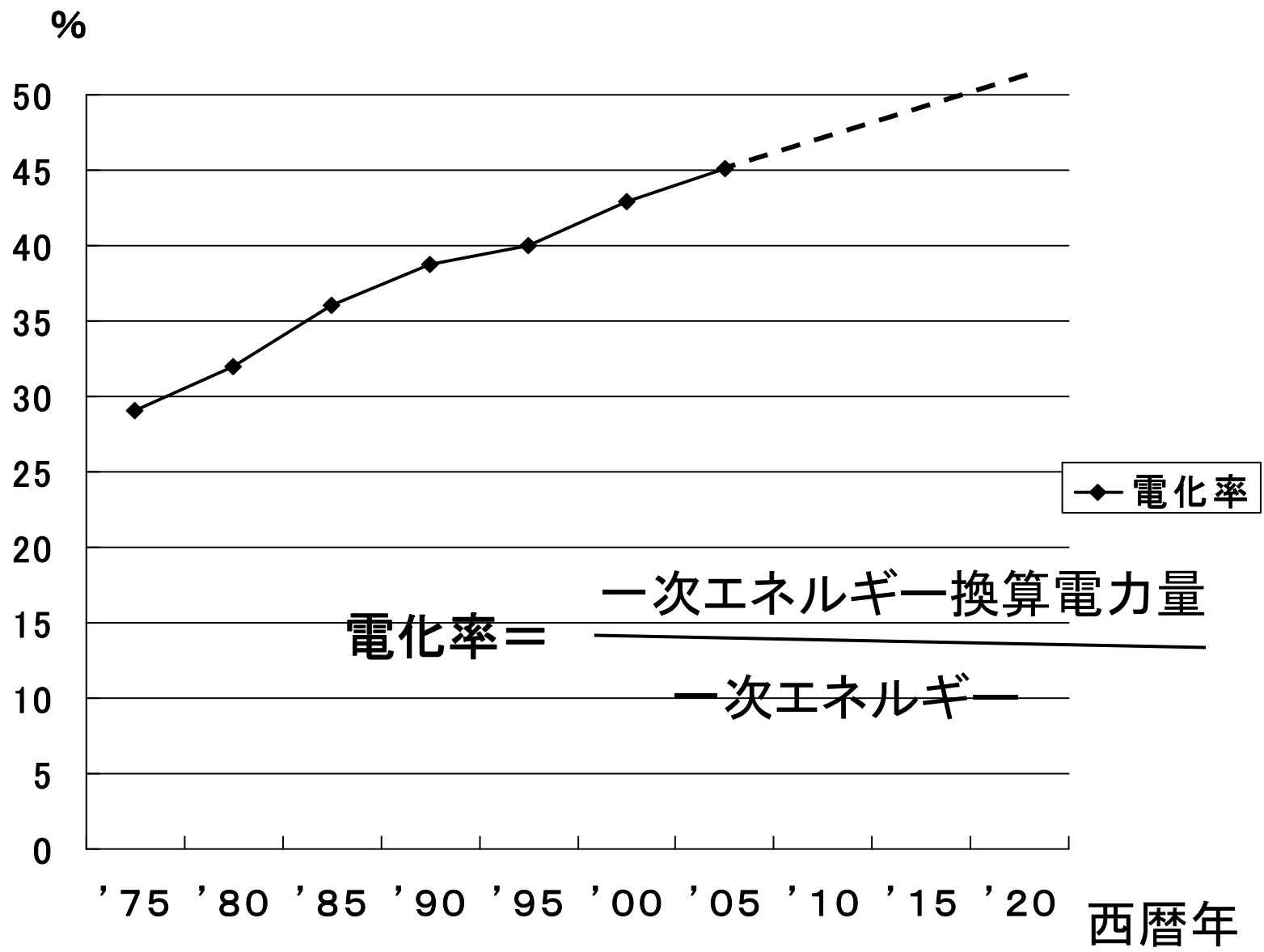
→ ブラジルのさとうきびで 2, 200万ha

(日本の総面積の3分の2)

→ 現実的には 石油混合方式

BEVとFCEV

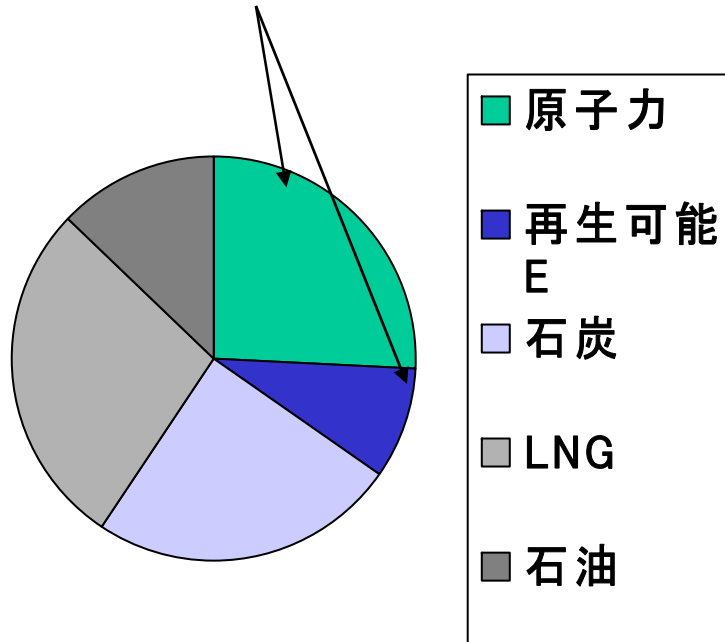
1. 両者の利点 ゼロエミッション
2. 両者の欠点
 - 1) BEV バッテリーの重量、コスト大
充電時間が長い
 - 2) FCEV FCが大きく高価
水素の供給ネットワーク不在
3. 今後の可能性
 - 1) BEVがplug-in HEVを先導として導入
 - 2) 水素供給が可能となればBEV・FCEVのハイブリッド
が相対的に有利



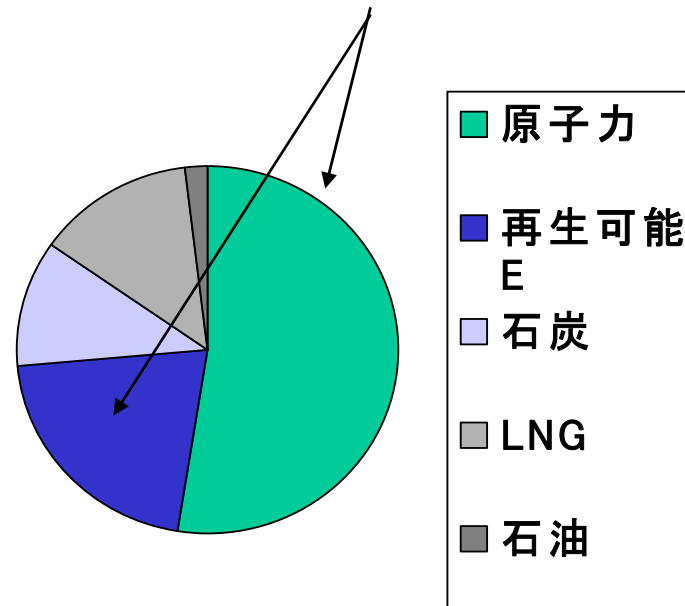
図：日本の電化率の推移

わが国の電力供給構造

ゼロエミッション



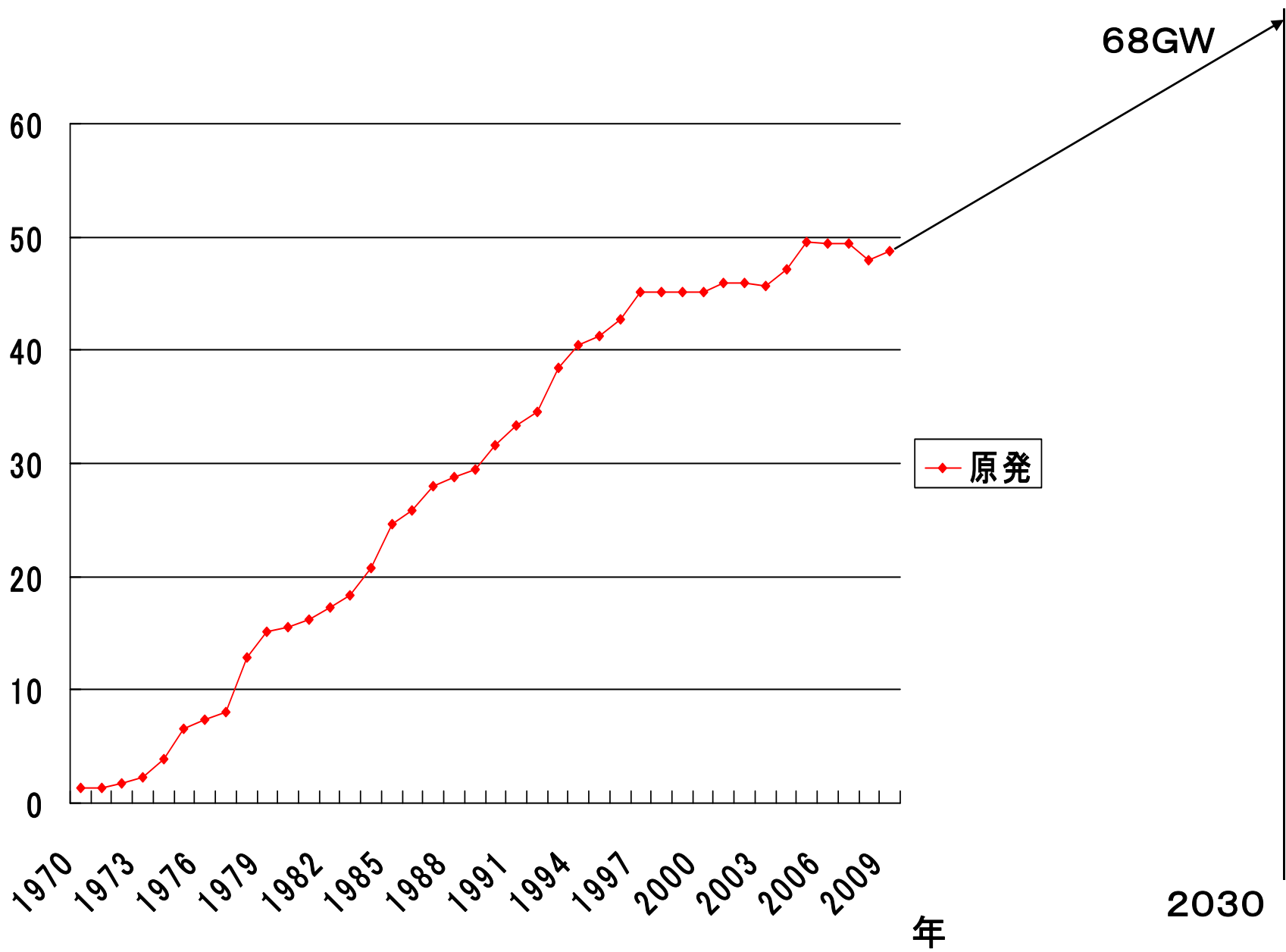
ゼロエミッション



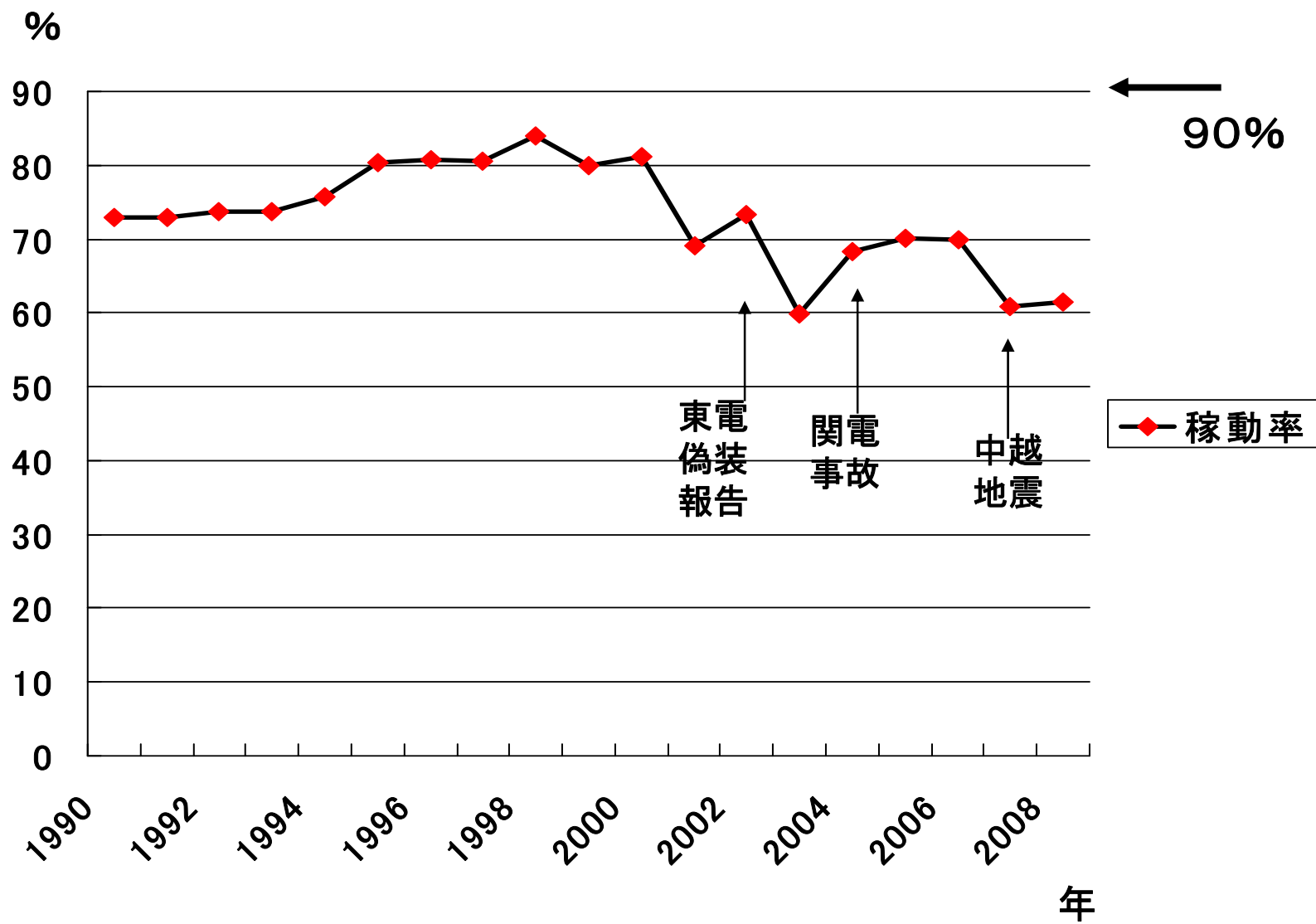
| | 2007 | 2030見通し |
|-----------------|------|---------|
| 設備容量 | 49GW | 68GW |
| 設備稼働率 | 60% | 90% |
| 発電量比 (対全発電量) | 26% | 53% |

表：日本の原子力の将来見通し

資料：METI総合エネルギー資源調査会

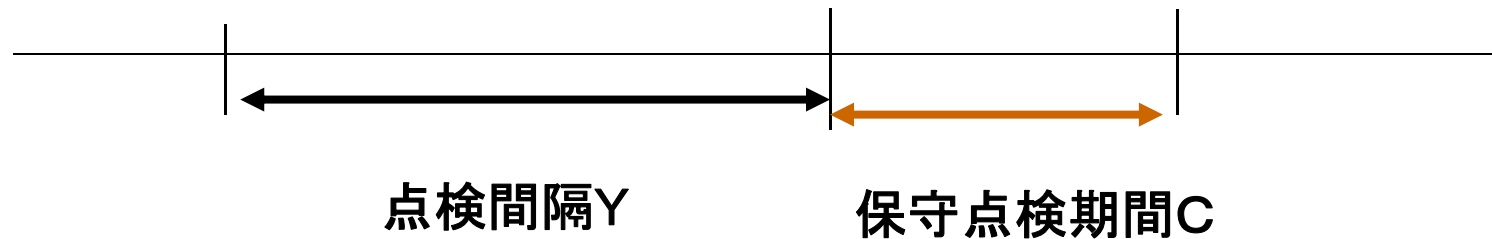


図：日本の原子力発電所容量推移



図：日本の原子力発電所の設備稼働率

原子力発電所保守点検期間と最大稼働率



$$\text{最大設備稼働率}\gamma = \frac{Y}{Y+C}$$

Y: 従来は13月、最近状況によって24月まで認める

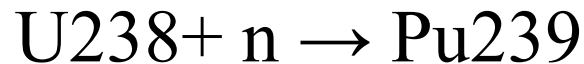
C: 過去の例では 最小30日、最大数百日

| | |
|-------|---------------|
| C=30日 | $\gamma=93\%$ |
| 50日 | 88% |
| 100日 | 80% |

高速増殖炉 (FBR)の必要性

1. 現状の軽水炉での利用ではウラン資源が不足。
(利用されるU235は全ウランの0.7%)
2. 残りのU238(99.3%)の利用がしたがって不可欠。

FBR:

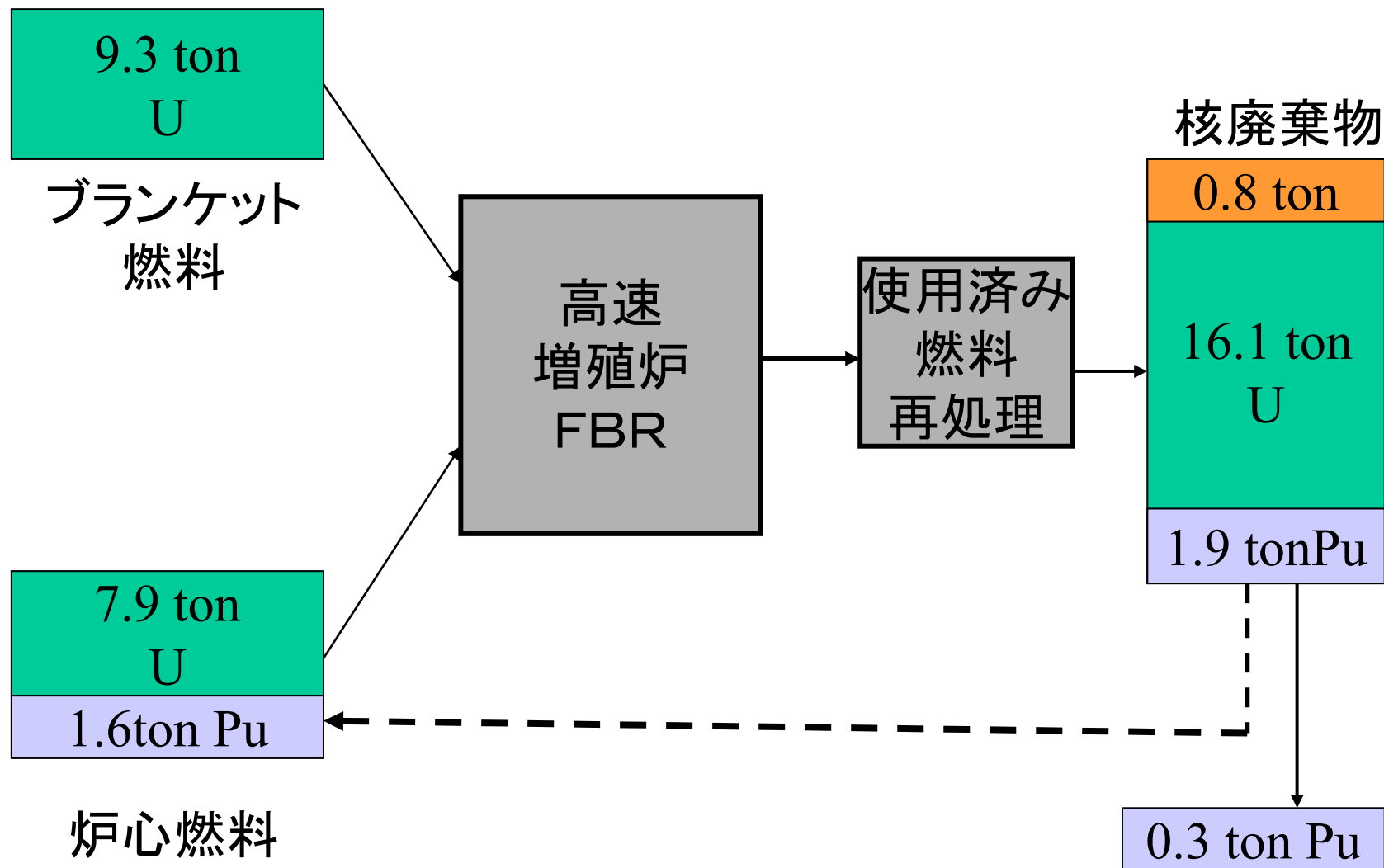


P239は核反応を引き起こす。

| | 耐用年数 (確認U埋蔵 量ベース) | 耐用年数 (究極U埋蔵 量ベース) |
|--------------------------|-------------------------|-------------------------|
| 現在の軽水炉 (once through) | 85 年 | 270 年 |
| 高速増殖炉 | 2,500 年 | 8,500 年 |

表：ウラン資源の耐用年数

資料: OECD/NEA, Trends in nuclear fuel cycle, 2005



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. 現在のエネルギー基本計画

#2030に 10GW以上

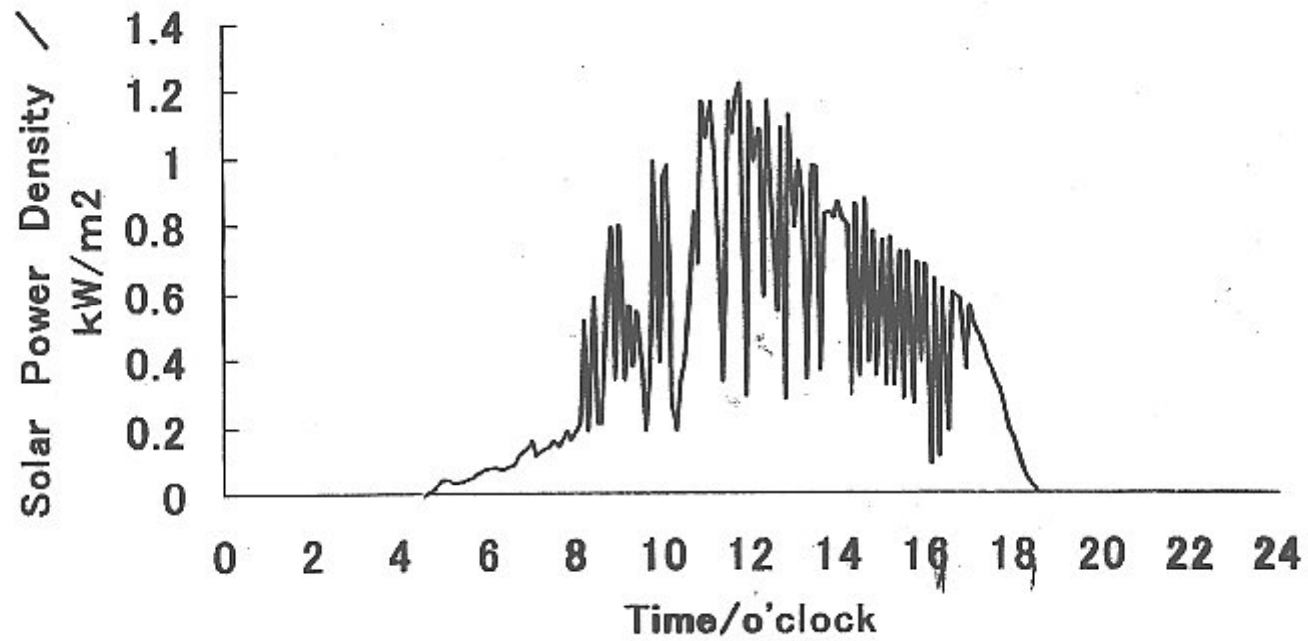
2. 環境省ロードマップ案

#2020に 49ー70GW

太陽光発電の問題点

1. 年間稼働率が低いこと
日本平均でほぼ12%
(系統発電所平均は50~60%)
→ 10GWの設置: 日本電力の1%
2. 出力が不規則変動し、系統内でそれを調整する
設備が必要なこと
従来型調整発電所(火力)、蓄電池

Promising but barrier of time-changeability



図：太陽光発電の一日の出力変動 ²⁶

| 主な目的 | 対策 | コスト |
|-----------------|-------|-------|
| 配電電圧上昇 抑制 | 配電線強化 | 0.6兆円 |
| 余剰電力吸収 周波数調整 | 蓄電池設置 | 6兆円 |
| その他合計 | | 7兆円 |

表：太陽光発電53GW導入時の系統安定化コスト

Source: 経産省低炭素電力供給システム研究会資料

出力変動対応コストの低減 —太陽光発電導入に際して—

1. 週末等一定範囲での余剰発電の停止
2. バッファ用バッテリーの低コスト増加
電気自動車、plug-in Hybrid車の
非利用時のバッテリー利用
3. 一定範囲のCCSつき火力発電所の増強

低炭素時代の火力発電の役割

1. 電力系統 (grid) での周波数・電圧安定化
目標周波数・電圧における
供給 = 需要 をみたすよう
火力出力を調整する
2. 電力貯蔵装置 (バッテリー、貯水水力) と
異なって ネット電力供給が可能
3. CO₂排出を低減するため CO₂回収貯留
装置 (CCS) の設置が必須

CCSの開発状況

1. 天然ガス随伴CO₂の回収貯留は世界数箇所で
実行中

例：北海Sleipnerガス田 100万吨/年

2. 火力発電への設置は世界的に計画中

例：Rotterdam CCS計画

通常石炭火力、IGCC等からCO₂回収

パイプラインでCO₂輸送、沖合廃ガス田貯留

合計処理量 年2,000万吨CO₂

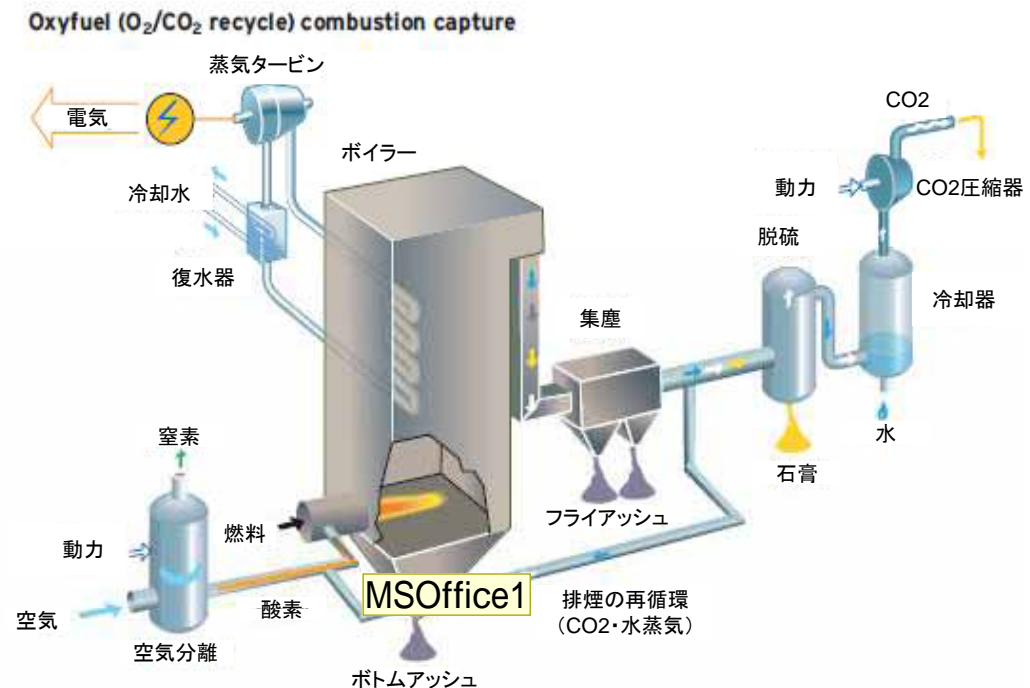
石炭火力へのCCSの例 —ドイツSchwarze Pumpe—

#酸素燃焼方式、世界初のCCS

#30MWth、2008年9月9日運転開始、3年間運用予定

#それ以後実証プラント(650MWth, 250~350MWe)、商業プラントに活用する計画。

| | |
|----------------------------------|---|
| プロジェクト概要 | |
| 事業主体: Vattenfall電力会社 (スウェーデン) | |
| 投資額 | : €70M |
| 発熱量 | : 30MWth |
| 燃料 | : 石炭 (褐炭及びハードコール) |
| 貯留場所 | : Zechstein Sealにおける Altmarkガス田 (枯渇天然ガス田) |
| 距離350kmをローリーで輸送 | |



) Vattenfall社 Press Releaseによる

出所) http://www.vattenfall.com/www/co2_en/co2_en/index.jsp

まとめ

1. 温暖化を防ぐためにCO2排出削減は絶対条件。
2. あらゆる分野で電化傾向があり、電力源の脱炭素は最大の低炭素化方策。
3. 原子力の容量の拡大と稼働率の向上は低炭素化の最重要方策。
4. 太陽光発電を中心とする再生可能エネルギーの電力化は出力変動の問題があり、その対応の低コスト化に力を入れるべき。
5. 化石燃料を用いた火力発電は、電力源とグリッド電力調整の二役をもちぜひとも必要。そしてそのCO2排出を低減するためにCCSの利用を今後ぜひ実用化すべき。