

METI 超長期エネルギー技術ビジョン

「温暖化研究最前線：気候変動と 温暖化対策研究への日本の取組」 公開シンポジウム

2005年11月11日

三田共用会議所

産業技術総合研究所・赤井 誠

ビジョン策定をとりまく背景

- 国の技術開発政策に対する問題意識
- Post-Kyoto
- 長期的ビジョンの多くが環境制約重視で論じられていることへの危惧
 - 資源論(セキュリティ)こそ重視すべきでは？
- METI技術戦略マップの策定(技環局)
 - エネルギー分野は資工庁で作成
- G8 Summitの議題(気候変動＋アフリカ)への対応
- トリプル50(東京大学 持続型社会研究協議会)

基本的スタンス

- 3Eのトリレンマ克服のための技術の役割の重要性を論じ、次期温暖化防止枠組み交渉 (**Post-Kyoto**) で世界をリードすべき
- 世界のエネルギー関連マーケットで我が国が長期的に**競争力**を発揮すべき
- 内外で共有可能な長期のエネルギー技術ビジョンを策定し、その実現を裏付ける技術シーズを発掘し、**戦略的な技術開発**に取り組むべき
→ R&Dプログラム検討、資源配分に活用
- 第3期科学技術基本計画対応

何故、超長期の検討か？

- 制約の顕在化
 - 資源制約(数十年～百年？)
 - 環境制約(数百年～千年程度)
- リードタイムの長さ
 - 研究開発→実証→実用化
 - 市場導入
 - StockのTurnover timeの長さ(数十年)
 - インフラ整備

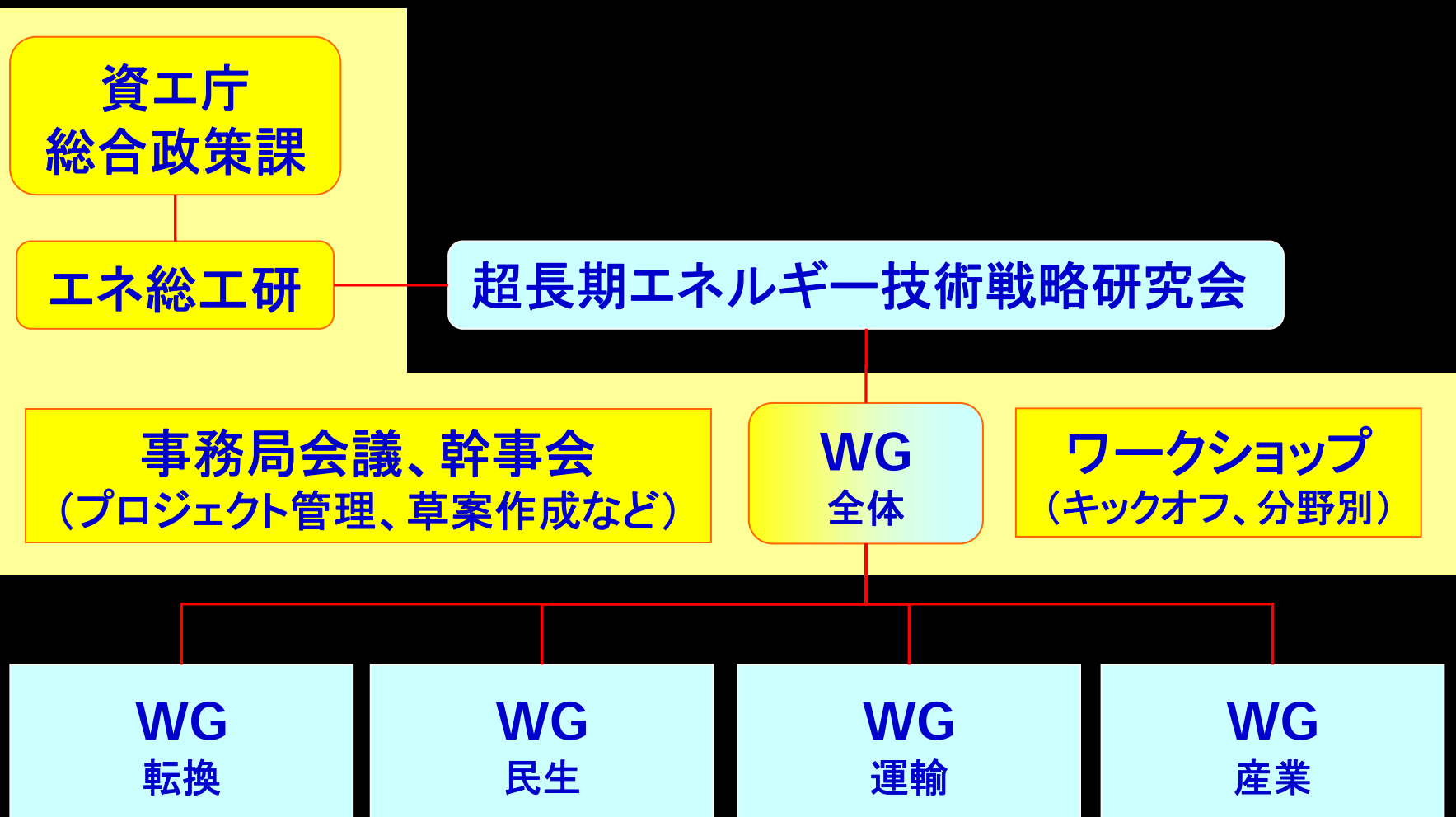
超長期エネルギー技術戦略研究会

- エネルギーに関し将来懸念されるリスクを踏まえ、目指すべき社会を提示し、それを実現するために必要となる我が国のエネルギー技術戦略を提案する
- 検討に当たっては、資源制約、環境制約といった将来のリスクへの対処、エネルギー関連の技術が一般的に有する、研究開発から実用化に至る技術の懐妊期間の長さ、普及やインフラ整備に要するリードタイムの長さを考慮した検討の必要性から、エネルギー、経済、環境の3要素を踏まえつつ、今後一世紀程度の超長期的な視点からの目標設定と、バックキャスト的手法を用いた時系列的検討を行う

作業範囲

- 対象とする時間枠
 - ビジョン: 2100年まで(それ以降も念頭)
 - 技術ロードマップ: 2030、2050年をマイルストーンとする
- アプローチ
 - Backcasting手法をベースとする
 - 専門家の知見の集約
 - ボトムアップのシナリオ分析による検証
 - GRAPEなどのエネルギーモデルによる

検討体制



・当初提案の水素、省エネ、再生可能、分散、原子力、化石などのSWG構成は排除

検討スケジュール

- 040806: キックオフ打合せ (METI/IAE/赤井)
- 040831: ミニワークショップ開催 (講演7件; 参加42名)
- 041007: H16第1回全体ビジョンWG
- 041029: H16第1回超長期エネルギー技術戦略研究会
- 0501初: 分野別ワークショップ開催
- 050215: 分野別WGスタート
- 050413: H16第4回超長期エネルギー技術戦略研究会
 - 中間報告骨子案承認
- 050727: 産構審・研究開発小委にて中間報告
- 050824: H17第3回超長期エネルギー技術戦略研究会
 - 技術戦略マップ案承認
- 051005: 産構審・研究開発小委にて報告

関連国際活動

**0410中: IEA/CERT - Group of Experts on R&D
Priority-setting and Evaluation**

- WS on Priority-setting in the context of country visions and long-term goals

0412初: 米国DOEとのDiscussion

**0503初: IEA/CERT- Ad Hoc Group on Science and
Energy Technologies (AHGSET)**

- WS on Tools and Methodologies for Evaluation of Energy Chains and for Technology Perspective

0503中: EU、仏、独、英の政府機関とのDiscussion

0505中: G8 Energy Research and Innovation WS

0507中: Gleneagles G8 Summitへの対応

統計データ

- 超長期エネルギー技術戦略研究会(8回)
 - 委員、資工庁、METI原課、内閣府、関連団体、AIST、事務局等(max約60名)
- 全体ビジョンWG(17回)
- 分野別(民生・運輸・産業・転換)WG(29回)
- ワークショップ(5回)
- 事務局打合せ・幹事会など(>50回)
- E-mail: ~3,000通

Methodology - Backcasting

- In competitive analysis, it is helpful to differentiate the direction of forecasts as either **opportunity-oriented (exploratory)** or **goal-oriented (normative)**.
- **Exploratory** “starts from today’s assured basis of knowledge and is oriented towards the future,
- **Normative**...first assesses future goals, needs, desires, missions, etc. and works backward to the present”

Clement K. Wang & Paul D. Guild

Backcasting

Exploratory:

- asking *what futures are likely to happen?*

Normative:

- concerned with *how desirable futures might be attained?*

⇒ *Backcasting*

Clement K. Wang & Paul D. Guild

バックキャストによる検討

制約条件(資源、環境、etc)

2000 2030 2050 2100

既存RMなど

バックキャスト

バックキャスト

定量的目標
求められる技術

社会像
定量的目標
求められる技術

スペックプル型
ロードマップ

社会像・ビジョンの検討に際して

- 特定技術分野に依存した社会を前提としない
 - 水素
 - 分散型エネルギーシステム
 - バイオマス、等
- 既存の政策(資料)などに制約されない
 - 地球温暖化対策推進大綱
 - 長期エネルギー需給見通し
 - 技術分野別(エネルギー関連)ロードマップ
 - 地球再生計画、など

将来のあるべき社会像

- 5つの要素 -

- ① 経済が発展し・生活の質が向上する社会
- ② 必要なエネルギーが量的に充足でき、安定的に得られる社会
- ③ 住みよい地球環境を保持した社会
- ④ 国際協力して技術革新・先進技術の利用を進めている社会
- ⑤ 国・地域の特性を活かした選択を通じた柔軟な社会

将来のあるべき社会像(1)

① 経済が発展し・生活の質が向上する社会

- 経済発展を通じ技術が進展し、技術的挑戦によって各種制約を克服した、誰もが生活の質を向上できる社会。

② 必要なエネルギーが量的に充足でき、安定的に得られる社会

- 社会経済活動に必要なエネルギーが適正価格で安定的に入手可能で、特定のエネルギー資源への依存度が低い、エネルギーセキュリティが確保された社会。

将来のあるべき社会像(2)

③ 住みよい地球環境を保持した社会

- 誰もが生活の質を向上させつつも、地球環境への負荷が少なく、経済と環境が両立した社会。

④ 国際協力して技術革新・先進技術の利用を進めている社会

- 技術革新を進め、先進技術が広く利用される社会。この中で、資源小国である我が国は、先導的役割を果たし貢献。

将来のあるべき社会像(3)

⑤ 国・地域の特性を活かした選択を通じた柔軟な社会

- 歴史的・文化的・経済的特性に応じた先進技術の活用や国際ネットワークの活用など、各国が自由な選択を行うことが相互に尊重される柔軟な社会。

超長期エネルギー技術ビジョンの社会像

— 要約 —

- 良い意味での、**人間中心**的な価値観 (Anthropocentric Value)を基本
- エネルギーセキュリティ、環境に強く配慮
→ 制約条件を想定
- 制約の解消手段:
→ 市場メカニズムの活用を基礎とした、
技術による貢献を最重要視
- 選択の自由度の保証

将来展望（世界）

- 人口・経済
 - 世界の人口は増加し、経済(GDP)も成長し続ける
- エネルギー消費
 - 人口増加、経済成長の中で、エネルギー消費も増加。
- 化石燃料生産
 - 石油をはじめとする化石資源の資源量には限界があり、今世紀の中頃までに、世界全体の石油の生産はピークを迎えるとの見通しもある。
- CO₂排出
 - 経済が成長し、エネルギー消費が増大していく中、CO₂濃度を将来的に安定化させるためには、排出原単位(CO₂/GDP)を改善させなければならない。

資源制約の仮定

将来の資源制約の仮定には高い不確実性を伴うものの、リスクをできる限り円滑に解消していくとの観点から、「備え」として厳しい制約条件を仮定

- 世界が経済成長する中、
 - 石油生産量のピーク: **2050年**と仮定
 - 天然ガス生産量のピーク: **2100年**と仮定
- 我が国技術の将来像の条件
 - ピーク想定時期までに、エネルギー源の多様化、使用可能資源量の拡大、エネルギー使用の高効率化を行うなど、**他のエネルギーと互換可能な状態**とすることを条件とする。

経済成長については、

世界のGDPは、2050年で3倍程度、2100年で10倍程度との想定に対し、我が国のGDPは、2050年で1.5倍程度、2100年で2倍程度と想定。

環境制約の仮定

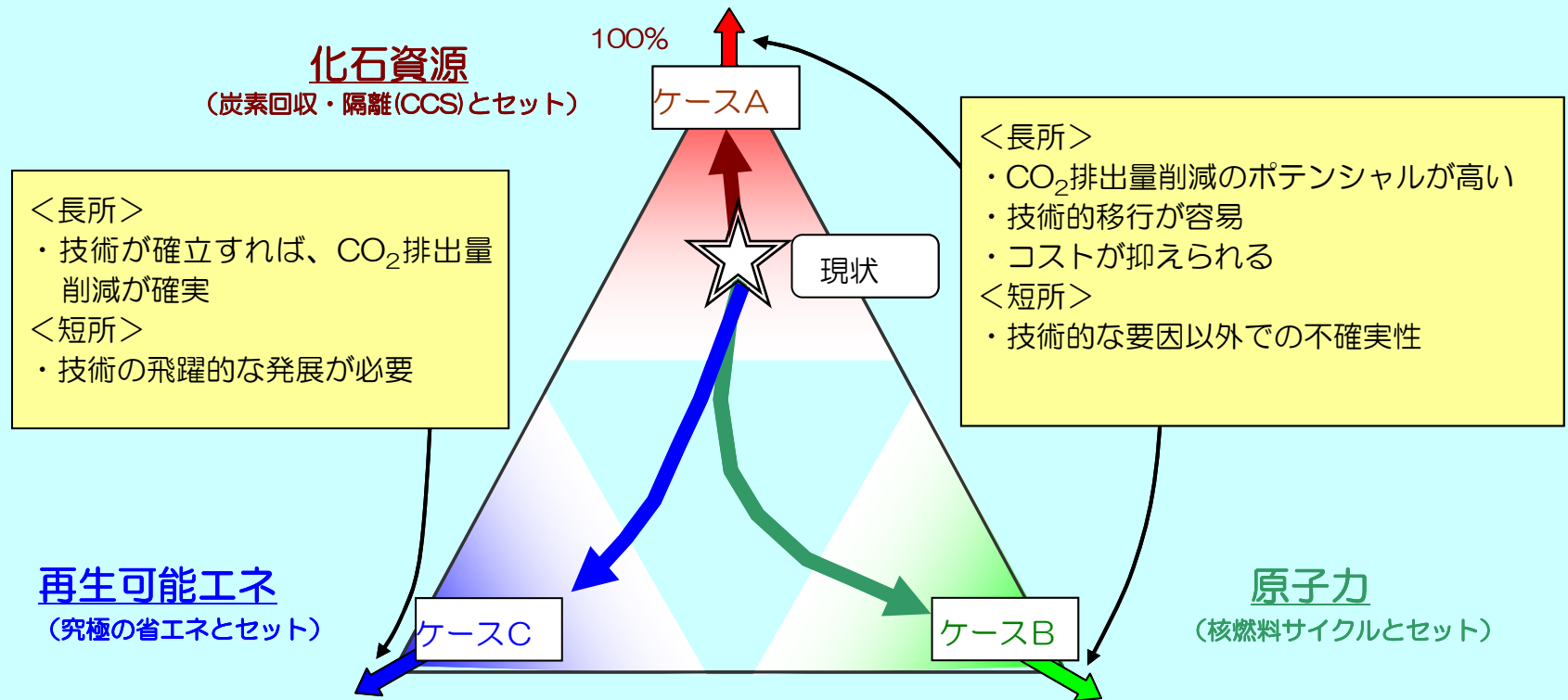
将来の環境制約の仮定には高い不確実性を伴うものの、リスクをできる限り円滑に解消していくとの観点から、「備え」として厳しい制約条件を仮定

- 世界が経済成長する中、CO₂排出量を現状と同程度に抑えるとした場合、GDP当たりのCO₂排出原単位(CO₂排出量／GDP)を、現状に対して以下のとおり改善。
 - 2050年に**1/3**、
 - 2100年に**1/10以下**
(2100年以降のさらなる改善も視野)
- 我が国技術の将来像の条件
 - 我が国はこれまで最高水準の効率を達成してきたが、将来に亘って世界をリードし続けるとの考えから、**環境制約の仮定(世界)から求められるものと同等の原単位改善率**を我が国としての条件とする。

条件を踏まえた技術の将来像の整理

- 制約条件を需給分野毎の特徴を踏まえてブレークダウンし、必要となる技術スペック等を具体化
- エネルギー構成について極端な条件設定を行うことによりケーススタディを行い、最も厳しい技術スペックの洗い出しを行った。
 - 結果として、全て達成すれば、条件を超過達成可能となる。
- エネルギー構成が極端に偏ることは現実的でなく、実際には適切な組み合わせが選択されると考えられるが、技術の不確実性等を考慮し、最大限の「備え」を論じるために最も厳しい技術スペックとした。

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

検討の前提

- 水素社会、分散型エネルギー社会、バイオマス社会といった絵姿を前提としない
- エネルギーに係る種々の制約を構成する連鎖構造を断ち切るとの観点から技術を検討
- 極端シナリオを想定して技術の備えを検討
- バックキャストと既存のフォアキャストによるシナリオ・ロードマップのギャップを同定する
 - 長期エネルギー需給見通し、既存のロードマップなどに制約されない

分野別ロードマップ概要版(素案)

ー全体の考え方ー

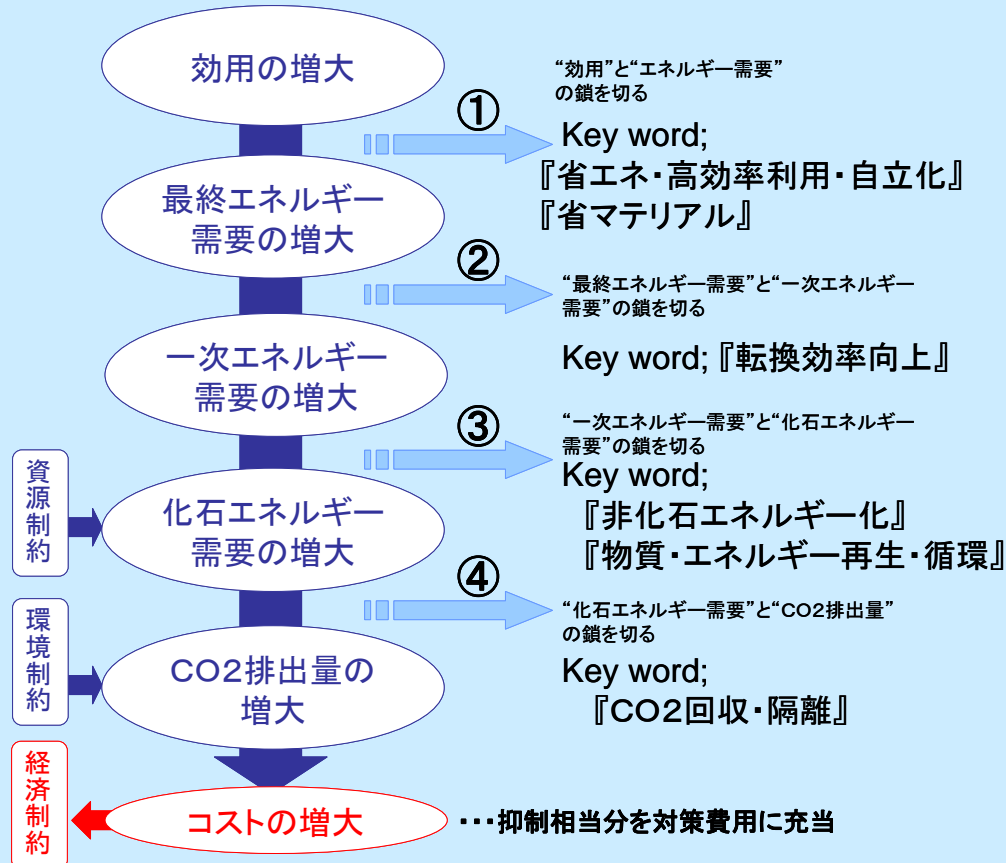
- 需要分野では、得られる「効用(経済活動、生活の質など)」は、GDPに比例して増大することが共通の前提。その上で、連鎖脱却に向け、必要エネルギー量(=転換分野からの供給エネルギー)の原単位を最小化する等の必要な技術的備えを行う。
- GDP(日本): 2050年で1.5倍、2100年で2倍程度と想定。

検討の基本コンセプト

- エネルギーを取り巻く連鎖からの脱却 -

【世界・人類全体】

効用の増大の実現とリスク増大連鎖からの脱却



・「効用」とは、生活・福祉の質、物質・知識の蓄積など、人類が経済活動によって享受する便益の量の概念

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)

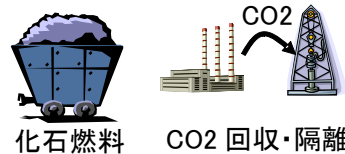
・ケースAでは、省エネ等に大きく依存できない場合を想定。

・電化・水素化率の上昇を加味。

*数値は 2000 年比

【転換分野】

○発電・水素量
現状総発電量の約8倍*



電気
or
水素

【産業分野】

○化石資源消費時には、
8割以上を CO2 回収・隔離

○ CO2 回収・隔離が困難な
設備では電化・水素化を進めるCO2 回収・隔離



〔CO2回収・隔離付きの石炭火力等で供給〕

§ 転換・産業分野で CO2 の隔離
総量は約 40 億 t-CO2/年**になる。

**CO2 回収・隔離のために追加的に
必要となるエネルギーは含まない。

【運輸分野】

【民生分野】

○電気と水素で 100%を供給する



運輸



民生(家庭)



民生(業務)

- ・ 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CO₂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)

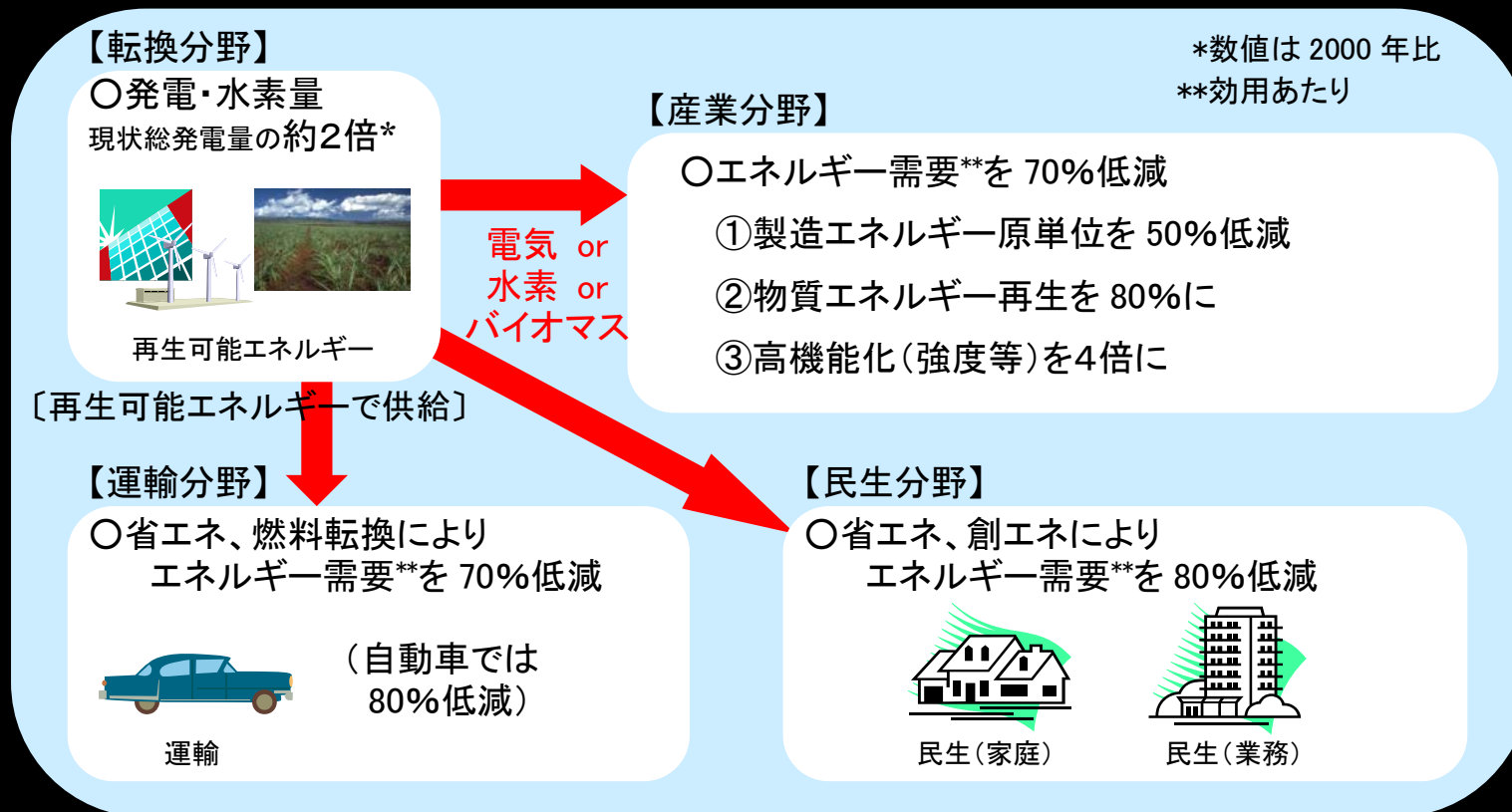


民生(業務)

- ・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(再生可能エネルギー究極の省エネ)



- 「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。

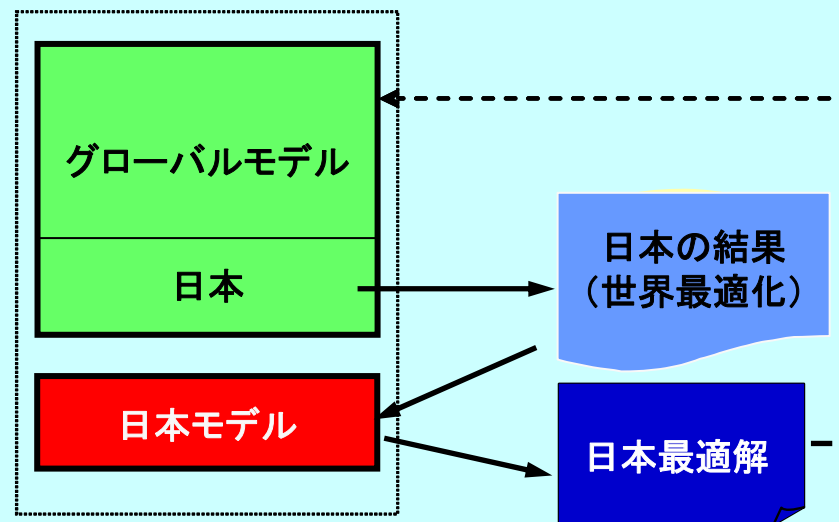
超長期エネルギー技術ビジョンによる エネルギー需給イメージ

- エネルギーモデルによるエネルギー構成の試算
- 以下の例は、赤井のATOM-Jモデルによるもので、METI資料にあるIAEのGRAPEモデルによる試算例とは別（種々のシナリオの可能性を示唆）

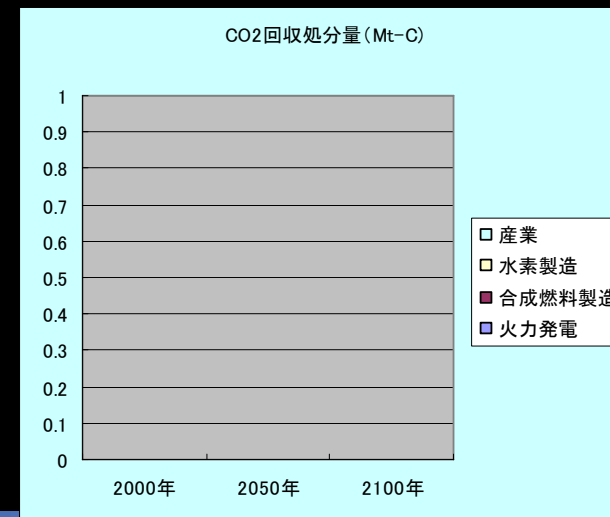
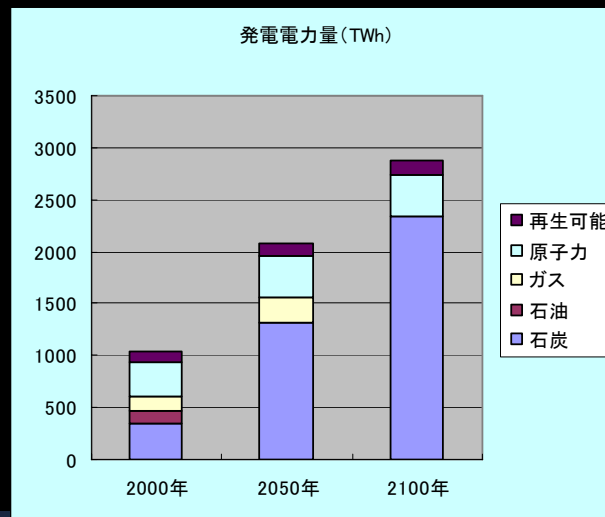
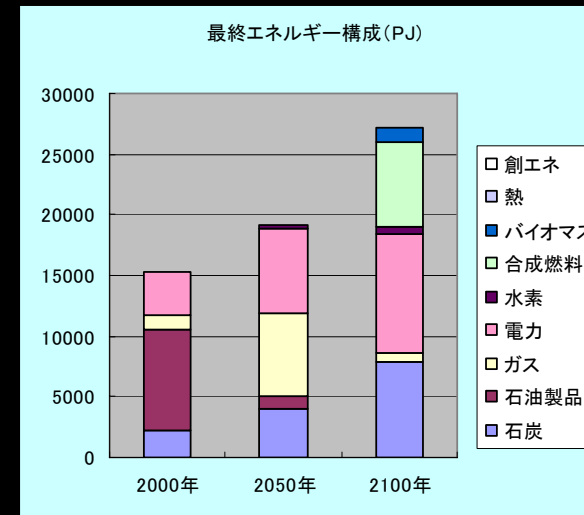
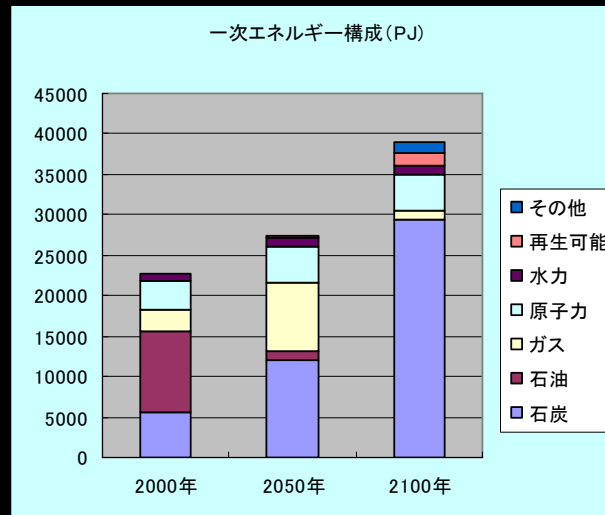
ATOM-Jモデル

- コスト最小化
- 最適化期間: ~2100
- 世界18地域分割
- 日本の需要分野
 - 産業、業務、家庭、運輸

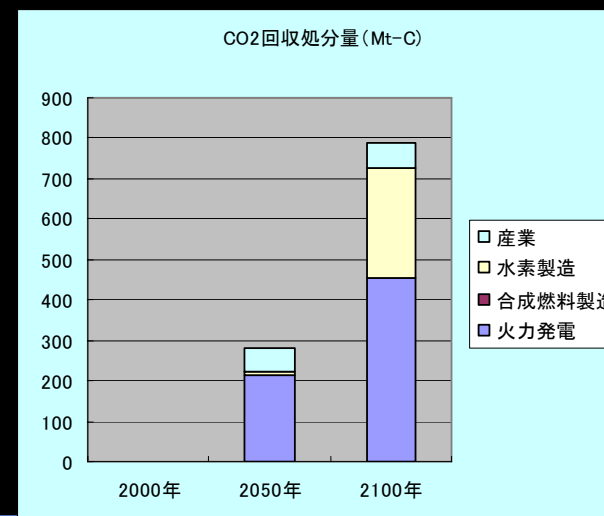
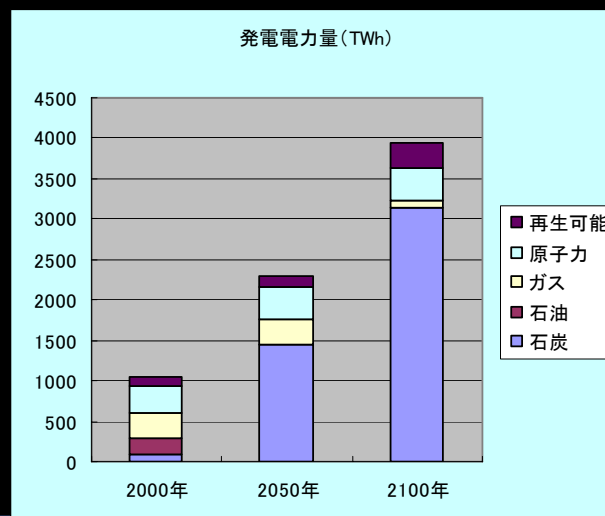
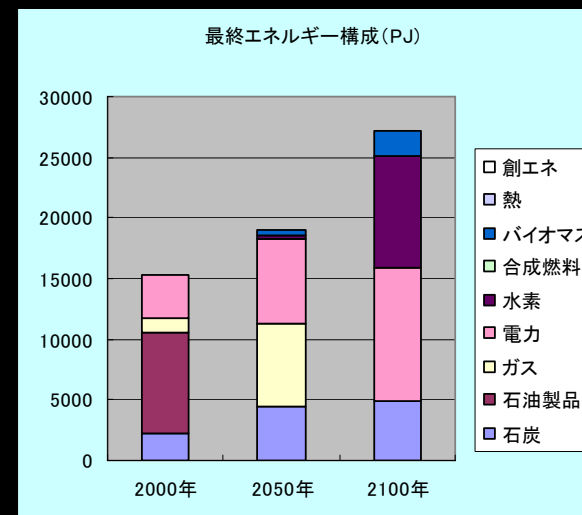
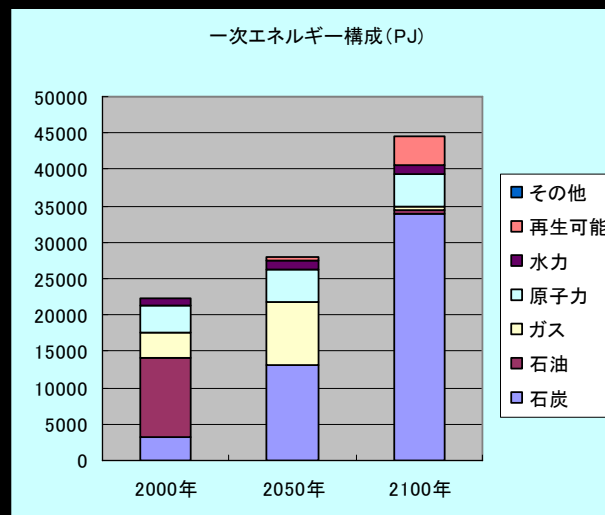
ATOM-Jモデルの構造



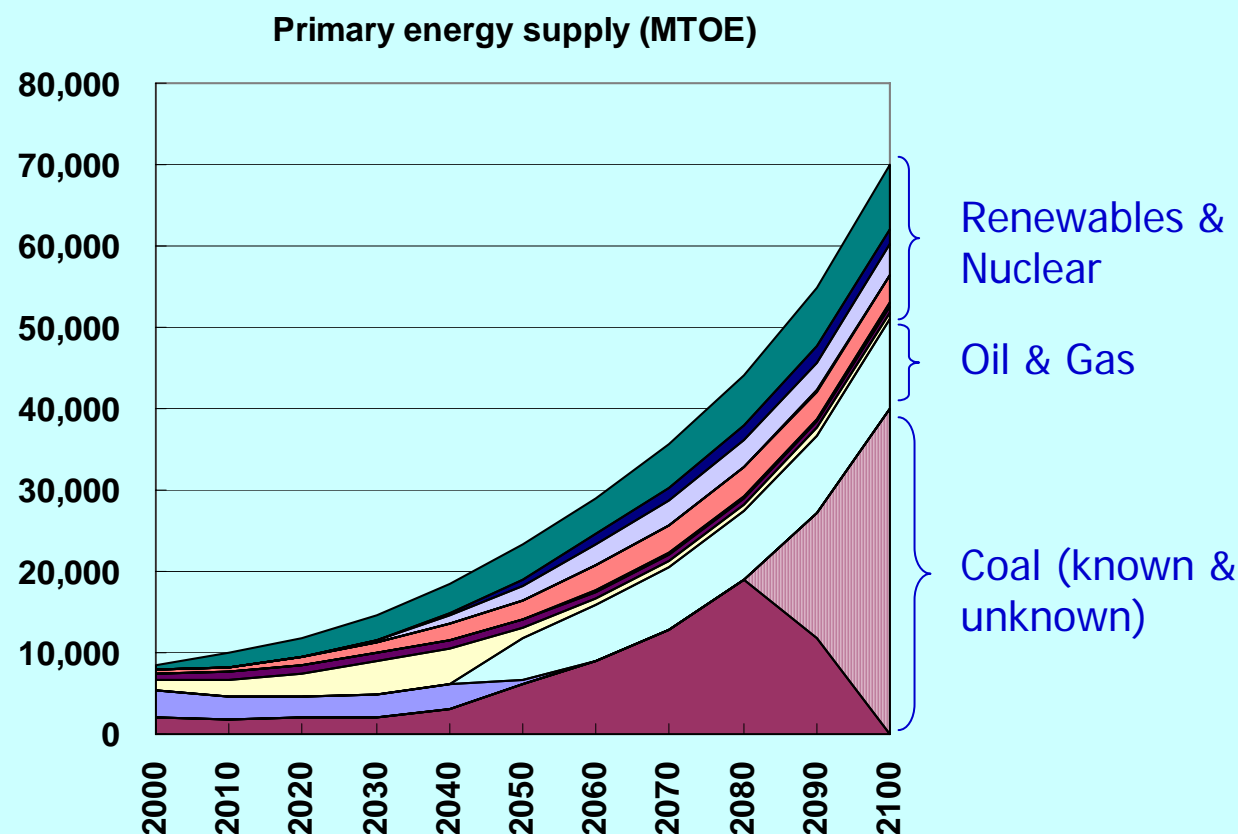
我が国のエネルギー構成 超長期BAUケース



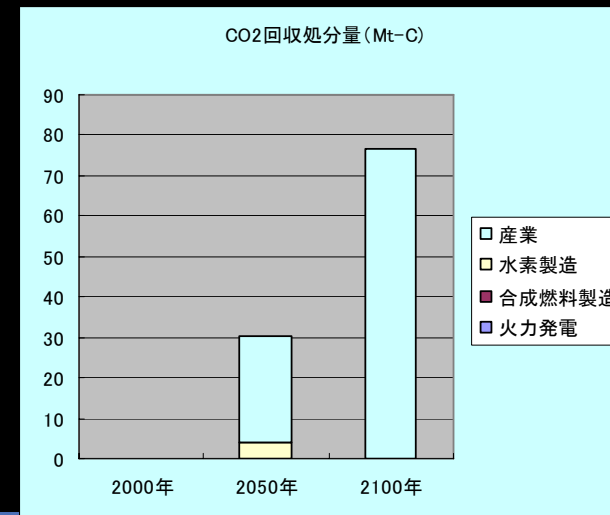
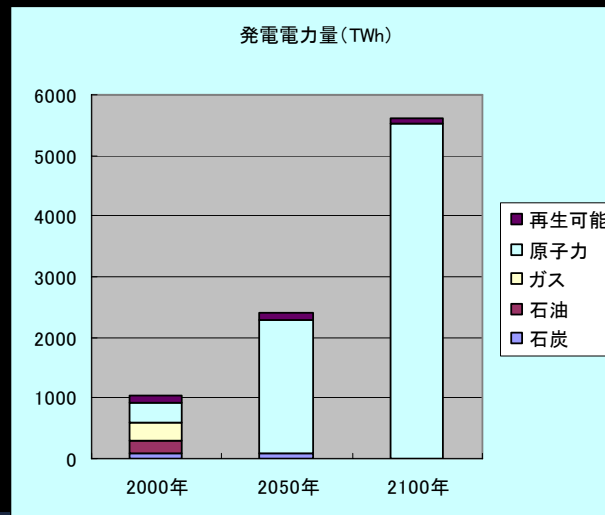
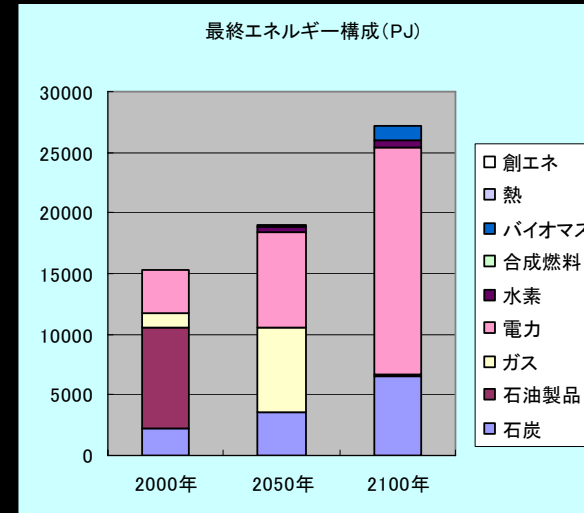
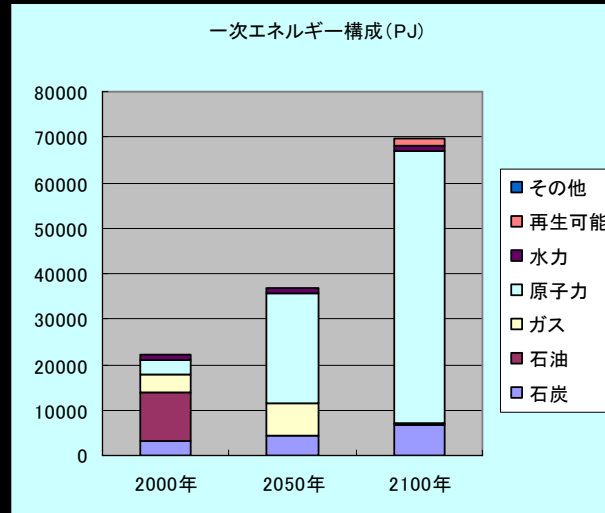
我が国のエネルギー構成 ≈ 極端ケースA(化石資源+CCS)



Hydrogen Society with CCS is NOT a Sustainable Option

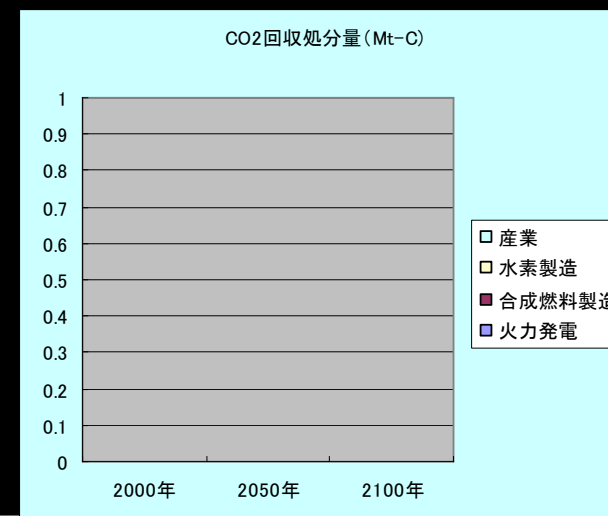
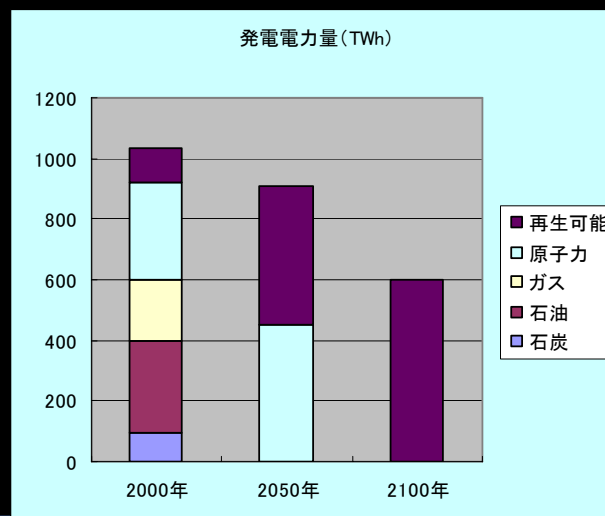
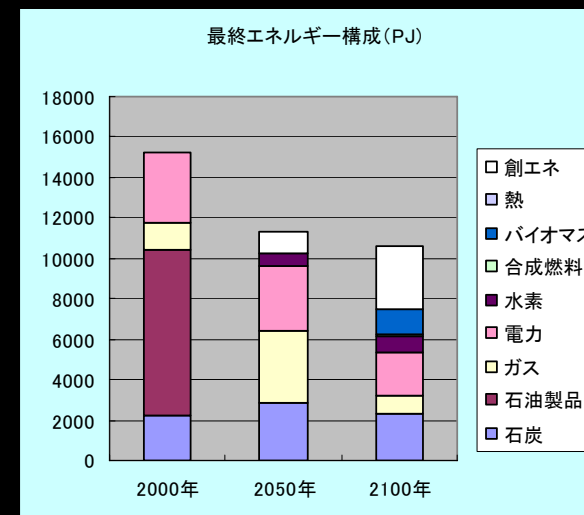
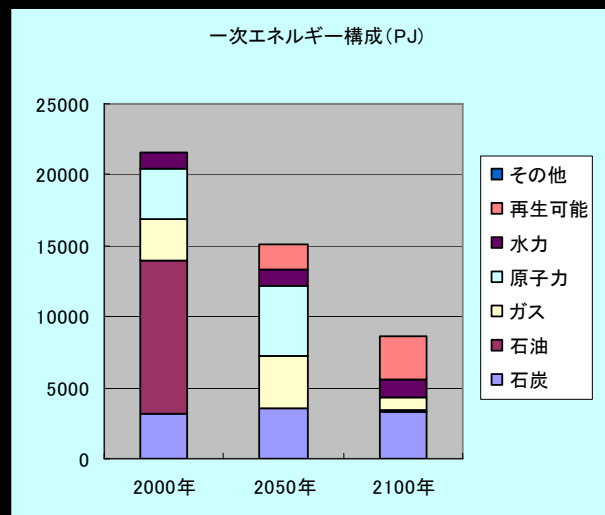


我が国のエネルギー構成 ≈ 極端ケースB(原子力)



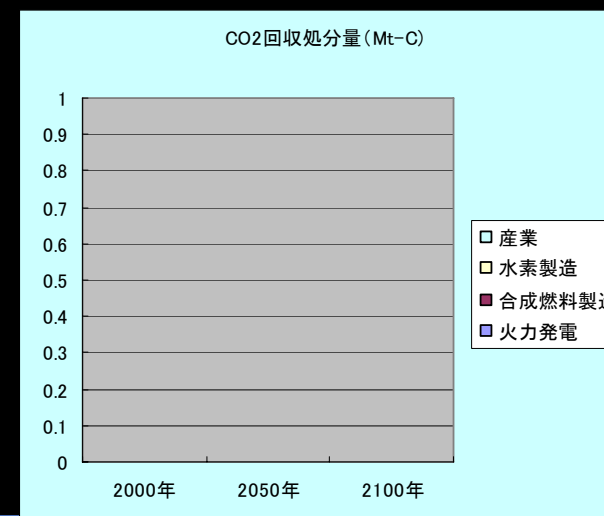
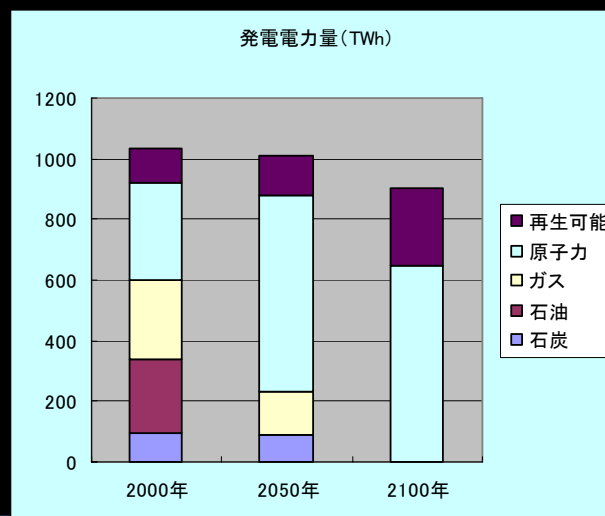
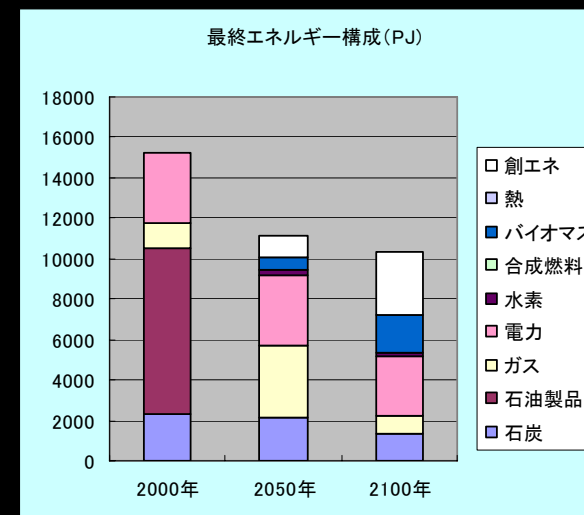
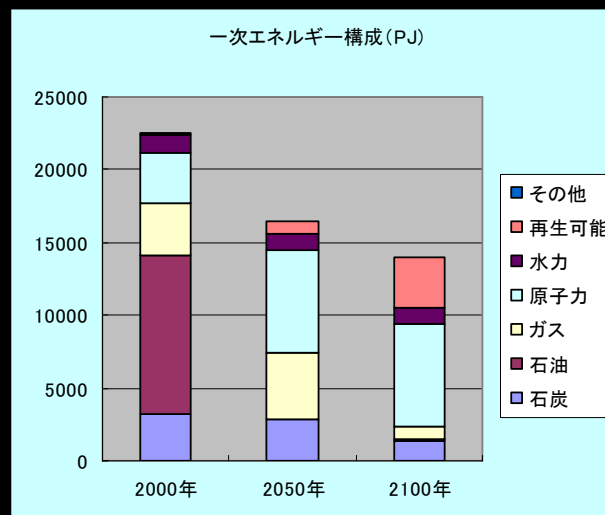
我が国のエネルギー構成

≈ 極端ケースC(再生可能エネ＋究極の省エネ)



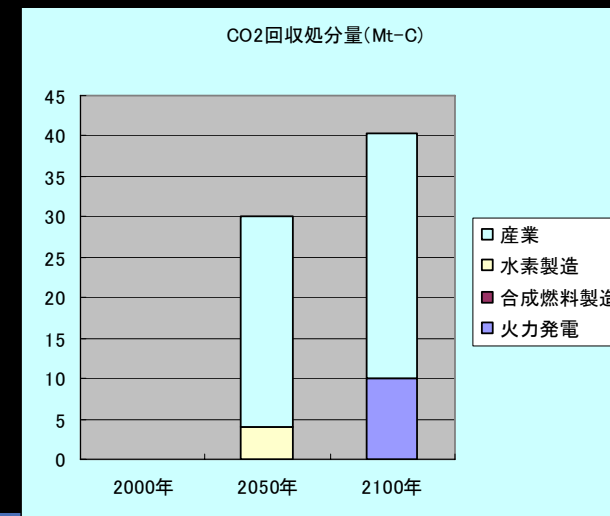
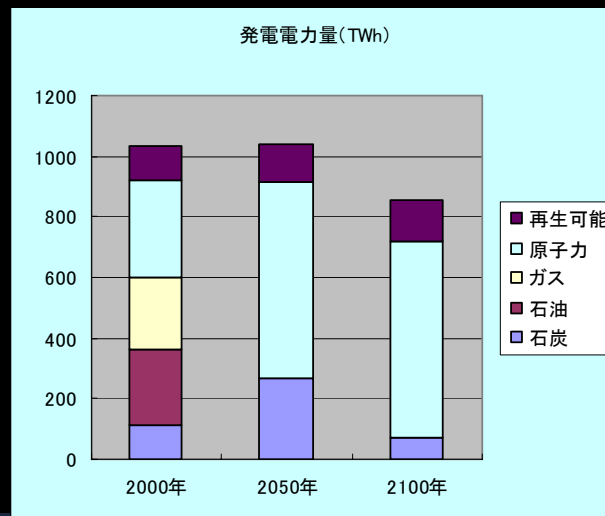
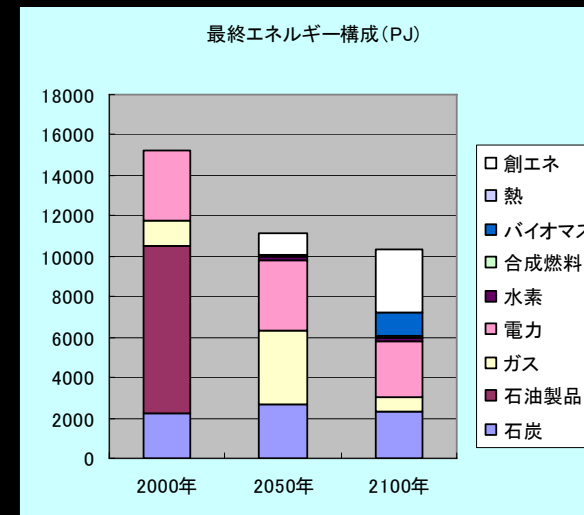
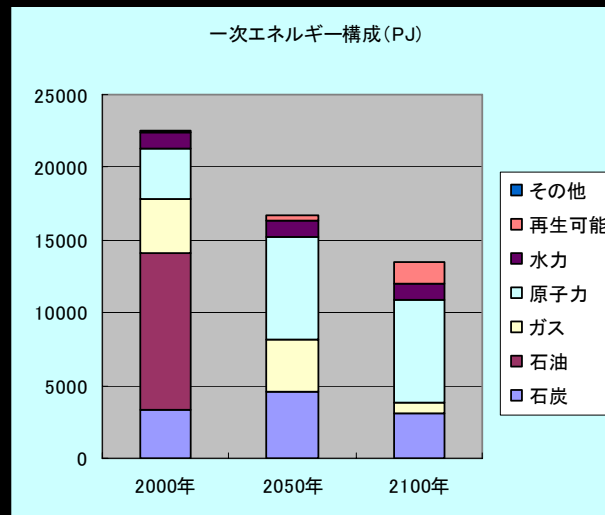
我が国のエネルギー構成

≈ Mix(原子力制約緩和+ケースC;CCS無し)



我が国のエネルギー構成

≈ Mix(原子力制約緩和+ケースC; CCS上限: 100億t-CO₂)



超長期エネルギー技術ビジョンシナリオ

— 詳細検討結果から —

- 水素
 - FCV導入は燃料電池実用化戦略研究会の導入目標を大きく下回る(～2030年)
 - 制約の達成のためだけには大規模導入を急がなくても可(早期導入を否定するものではない)【前提に注意】
 - エネルギー貯蔵媒体としての役割が大(特に再生可能エネルギー利用拡大時)
- バイオマス
 - 転換(発電・水素製造)への寄与は小さい
 - 主として産業部門で利用
- CO₂回収隔離
 - 短中期的技術オプション(火力発電、産業、水素製造)

スケジュール

- 2005年8月中にとりまとめ
- 2005年10月5日: 産業構造審議会研究開発小委員会において報告
<http://www.meti.go.jp/committee/materials/g51013aj.html>
- 現在、フォローアップ計画について検討中
 - 重要個別技術分野に対する検討の深化
 - 政策的ツールとしての活用
 - 研究開発プログラムの設計、資源配分
 - 短中期的エネルギー(技術)政策とのマッチング
 - 国際的展開