

# 超長期エネルギー技術ビジョン (2100年までの極端なエネルギー構成による ケーススタディ)

(財)エネルギー総合工学研究所  
黒沢厚志

本資料は、平成17年度に(財)エネルギー総合工学研究所が実施した試算に基づくものである

1

# 分析の背景

- 世界的にエネルギー需要が増大する中、2100年までの長期的視野から、地球的で規模で将来顕在化することが懸念される資源制約、環境制約を乗り越えるために求められる技術の姿を、転換、産業、民生、運輸のエネルギー部門別にバックキャストにより描く。
- 作業の一環として、エネルギー資源利用ポテンシャル、高速増殖炉、炭素回収隔離、省エネポテンシャルなど、将来の世界エネルギー需給に重要な影響を与える技術要素について、エネルギーモデルシミュレーションによる感度分析を実施。極端ケース感度分析のそれぞれのケースの前提条件が完全に達成される可能性は非常に低いですが、技術的な可能性としてどの程度の要件を満たしていれば資源および環境の制約を乗り越えることができるかをみるために実施したもの。
- 需給想定には統合評価モデルGRAPEのエネルギーモジュール利用。

## 主な結論

世界的な環境制約、資源制約を乗り越えるためには、化石燃料、原子力、再生可能、および省エネといった幅広いエネルギー技術の開発を進めることが必須であることが導かれた。

# 技術による備えの必要性

(以下[http://www.iaee.or.jp/2100/01\\_vision-j.pdf](http://www.iaee.or.jp/2100/01_vision-j.pdf) から抜粋)

[1] 検討では、将来の制約条件を仮定し、エネルギー構成のケーススタディを通じて、民生、運輸、産業、転換の各分野が満たすべき最も厳しい技術スペックを洗い出した。

【分野毎に求められる技術スペック（2100年の概観）】

（民生分野）

「効用」がGDP比例で増大する中、転換分野からの必要エネルギー量を80%削減（世帯、床面積当たり）

電化・水素化率を100%

（運輸分野）

「効用（人・km、トン・km）」がGDP比例で増大する中、必要エネルギー量の70%削減相当

（自動車では80%削減相当）の燃費改善

電化・水素化率を100%（飛行機等を除く）

資源制約解消に必要なタイミングでの燃料転換

（産業分野）

「効用（製造量×製品の価値）」がGDP比例で増大する中、必要エネルギー量を70%削減（効用当たり）

資源制約解消に必要なタイミングでの原燃料転換

（転換分野）

需要分野の必要エネルギー量を各ケースにて不足なく供給

# 技術による備えの必要性(続き)

(以下[http://www.iae.or.jp/2100/01\\_vision-j.pdf](http://www.iae.or.jp/2100/01_vision-j.pdf) から抜粋)

[2] 将来に求められる技術スペックを実現するために必要となる主な技術メニューを時間軸に沿って分野別ロードマップとして整理した。

## 【転換分野】

エネルギー需要を効率的かつCO<sub>2</sub>排出原単位改善を図りつつ満たすため、以下の3つの技術群の備えが必要。

### (化石資源の効率的利用)

石油ピークに備えて天然ガスへの燃料転換、さらには資源量が比較的豊富な石炭への燃料転換を行う。石炭等の資源も有限であるため、発電(転換)効率上など化石資源利用の高効率化が重要であり、ガス化発電(燃料製造)技術、燃料電池と複合した高効率発電技術が必要となる。同時に、CO<sub>2</sub>排出を伴うため、CO<sub>2</sub>回収・隔離(CCS)技術が必須となる。

### (原子力利用技術)

核燃料資源の有効利用が必要であり、現状の軽水炉の効率向上とともに、核燃料サイクルの確立が必須となる。

### (再生可能エネルギー利用技術)

太陽、地熱、風力、バイオマスなどの再生可能エネルギーによる発電(転換)効率向上が重要。太陽や風力などの設備利用率は低く、大きな設備容量を必要とするため、設置を容易にする技術も必要。また、自然エネルギーは気象条件等に左右され、需給の双方が変動するため、大規模な蓄エネルギー技術や系統制御(エネルギーマネジメント)などのネットワークシステム技術の確立が必須となる。

[3] 3つのケースの技術が融合した社会イメージ(起こり得る可能性が高い社会像)

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、環境影響評価と社会的合意獲得の面で課題を乗り越える必要のある海洋隔離を想定しなければ量的には不十分であり、また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CO<sub>2</sub>回収・隔離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い(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。

# 技術必要性確認のための極端条件でのケーススタディ

## 主な前提

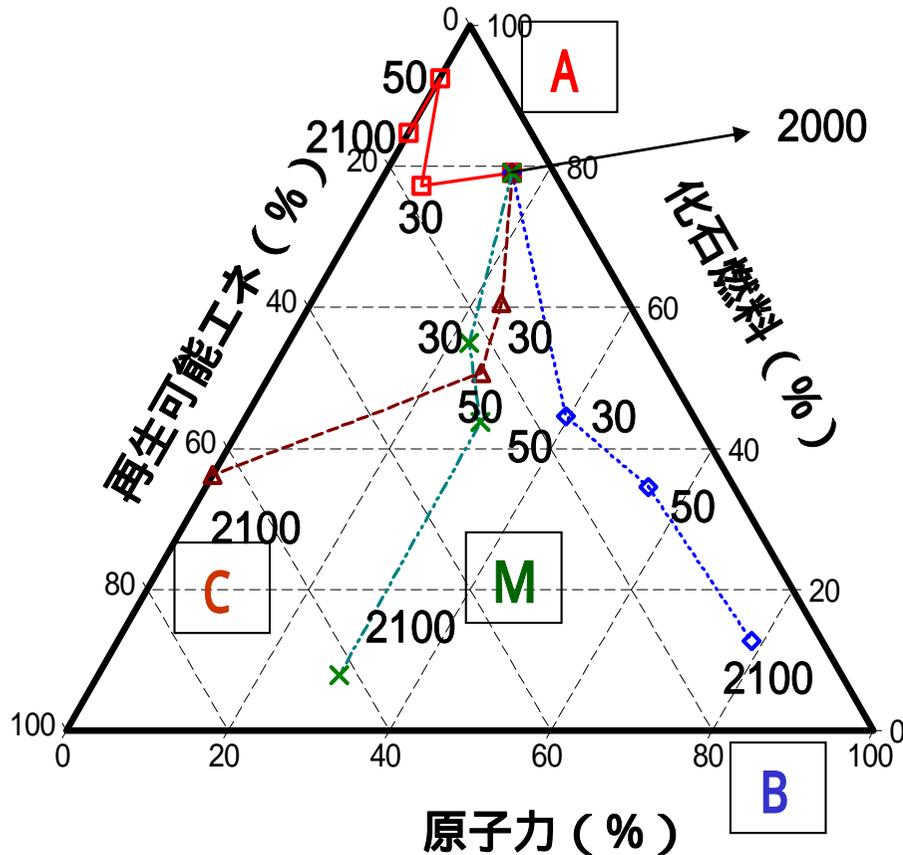
ケースA、B、Cはあくまでも技術の可能性をみるために設定。完全な実現を想定していない。MIXケースは、3ケースの技術的条件として、当時最も現実的と思われる条件を組み合わせたもの。

ケース	A	B	C	MIX
人口	国連人口中位推計（世界人口2100年90.6億、日本人口2100年9千万人）			
GDP	世界GDP：2100年は2000年比7.2倍（実質） 日本GDP：2100年は2000年比2.1倍（実質）			
エネルギー需要	日本は2010年以降GDP比例で伸びる。その他地域は2030年以前はIEAシナリオ、2040年以降GDP比例で伸びる。	ケースAおよびBの需要に省エネルギー率考慮		ケースAおよびBの需要に省エネルギー率考慮（Cより多少高めの需要）
CO <sub>2</sub> 制約	地域別のCO <sub>2</sub> /GDPが、2000年を1として、2050年で1/3以下、2100年で1/10以下。（CO <sub>2</sub> 濃度550ppm安定化に相当）			
世界資源量	天然ガス、原油は非在来型を含まない。石炭の資源制約なし。ウラン等核燃料は標準想定（約1500万t-U）。再生可能エネルギーは世界各地でバイオマス、風力、太陽光に上限。	天然ガス、原油は非在来型を含まない。石炭は標準想定。ウラン等核燃料は標準想定10倍。再生可能エネルギーは世界各地でバイオマス、風力、太陽光に上限。	天然ガス、原油は非在来型を含まない。石炭は標準想定。ウラン等核燃料は標準想定。再生可能エネルギーの上限制約なし。	天然ガス、原油は非在来型を含まない。石炭は標準想定。ウラン等核燃料は標準想定。再生可能エネルギーは世界各地でバイオマス、風力、太陽光に上限。
原子力と高速増殖炉	世界原子力発電シェア上限50%。高速増殖炉導入なし。	世界原子力発電シェア上限なし。高速増殖炉2030年以降導入可能	世界原子力発電シェア上限50%。高速増殖炉導入なし。	世界原子力発電シェア上限75%。高速増殖炉2050年以降導入可能。
CO <sub>2</sub> 回収隔離量	累積隔離量上限あり	回収隔離なし	回収隔離なし	累積隔離量上限あり

（原典：黒沢他、超長期エネルギーモデルによる技術戦略マップのシミュレーション、日本エネルギー学会誌(2006)を参考に作成）<sup>5</sup>

# 日本の一次エネルギー構成(試算)

ケースA、B、Cはあくまでも技術の可能性をみるために設定。完全な実現を想定していない。MIXケースは、3ケースの技術的条件として、当時最も現実的と思われる条件を組み合わせたもの。



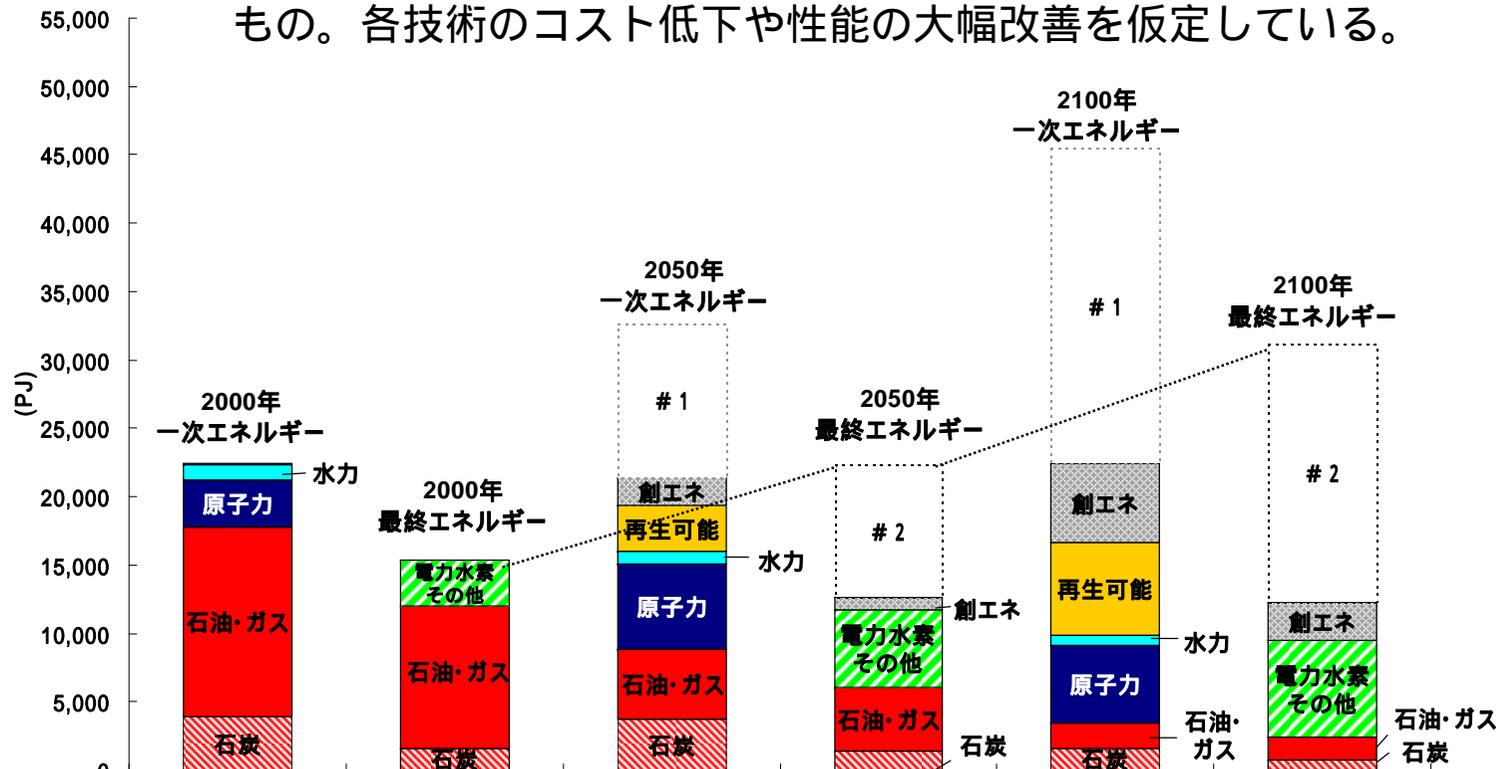
- ケースA  
石炭等の化石資源と  
炭素回収・隔離の最大利用
- ケースB  
原子力の最大利用
- ケースC  
再生可能エネルギー最大利用と  
省エネルギー実施
- MIXケース(M)  
3ケースの技術が融合したケース

将来の前提想定および試算結果には不確実性を伴う。  
非化石エネルギーの一次エネルギー量については、化石燃料による転換効率を用いて便宜的に換算した場合がある。

(原典：黒沢他、超長期エネルギーモデルによる技術戦略マップのシミュレーション、日本エネルギー学会誌(2006)) 6

# 日本のエネルギー需給構造の試算例 (MIXケース)

供給側での化石燃料、原子力、再生可能、および需要側省エネにわたる幅広い研究開発を進め、バランスのよいエネルギー需給構造の姿の一例を示したものの。各技術のコスト低下や性能の大幅改善を仮定している。



将来の前提想定および試算結果には不確実性を伴う。

最終需要家によるエネルギー生産を「創エネ」と定義した。

非化石エネルギーの一次エネルギー量については、化石燃料による転換効率を用いて便宜的に換算したことがある。

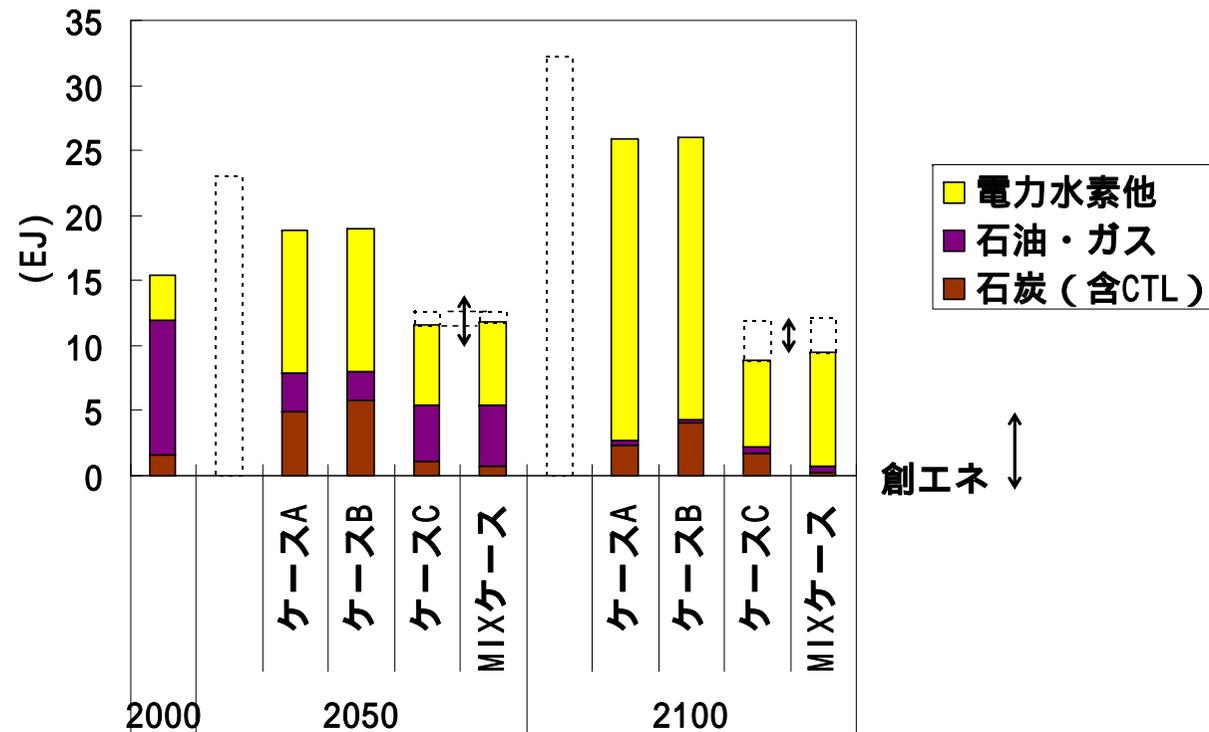
#1: GDP比例での最終需要の伸び率と同率で一次エネルギーが伸びたと仮定した場合の一次エネルギー供給量から、最終需要削減、転換効率向上等によって削減された供給量。

#2: GDP比例での最終需要から、省エネルギー、機器効率向上、燃料効率向上等によって減少した需要。

(原典: 蘆田、エネルギー分野の技術戦略マップの策定について、季報 エネルギー総合工学(2008))

# 日本の最終エネルギー需要の低炭素化(試算)

- ケースA、B、Cはあくまでも技術の可能性をみるために設定。完全な実現を想定していない。MIXケースは、3ケースの技術的条件として、当時最も現実的と思われる条件を組み合わせ。
- CO2排出量を大幅に低下させるには、エネルギー需要端での電化または水素化を進めることが必要である。その程度は、エネルギー需要の大きさや、CO2排出削減の要請の程度によって異なる。

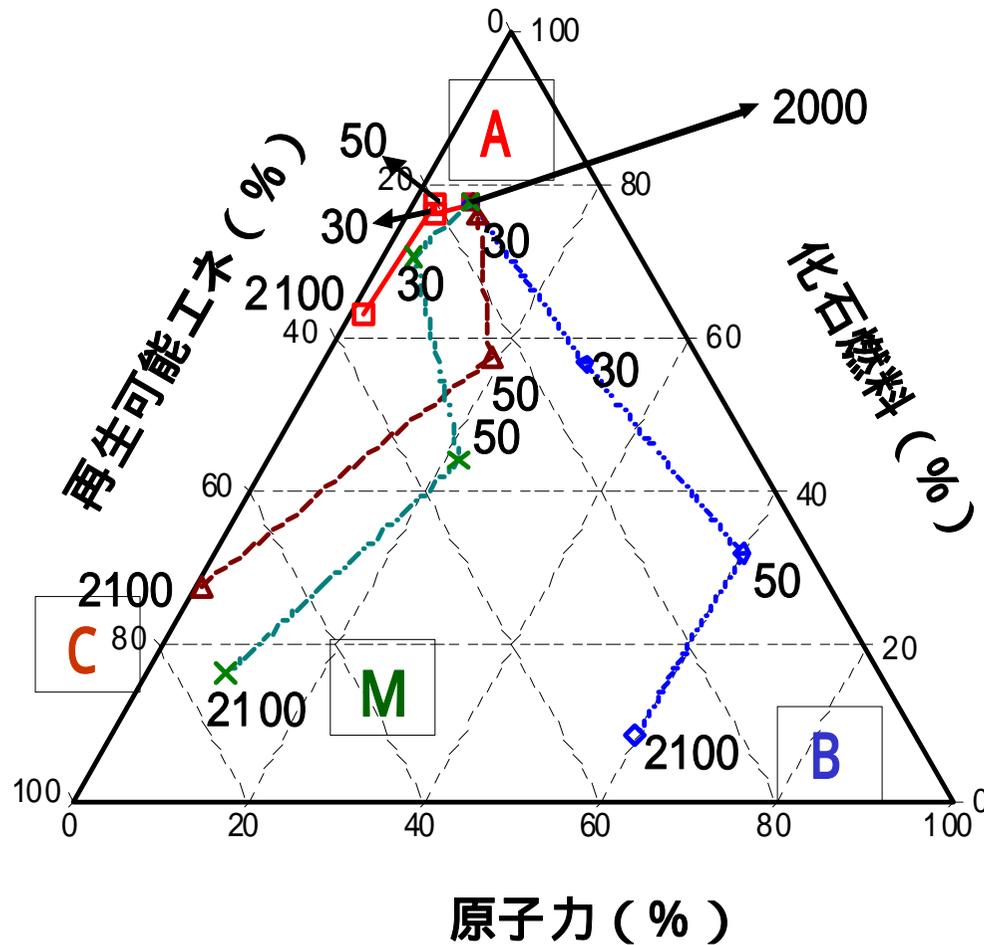


将来の前提想定および試算結果には不確実性を伴う。  
 最終需要家によるエネルギーを「創エネ」と定義した。  
 2050年および2100年のケース名がない点線で囲んだ棒グラフ部分は、GDP比例での最終需要の伸び。  
 実際の需要は、機器効率向上、省エネルギーなどによって減少する。

(原典：黒沢他、超長期エネルギーモデルによる技術戦略マップのシミュレーション、日本エネルギー学会誌(2006))

# 以下參考資料

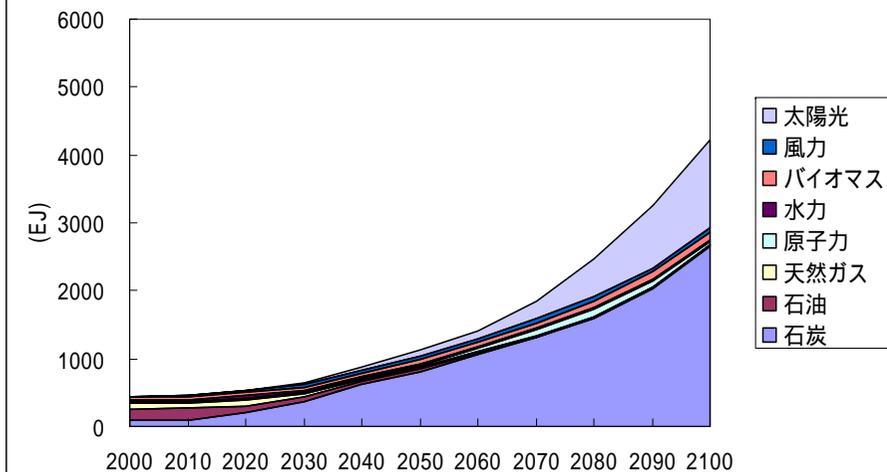
# 世界一次エネルギー構成 (試算、参考)



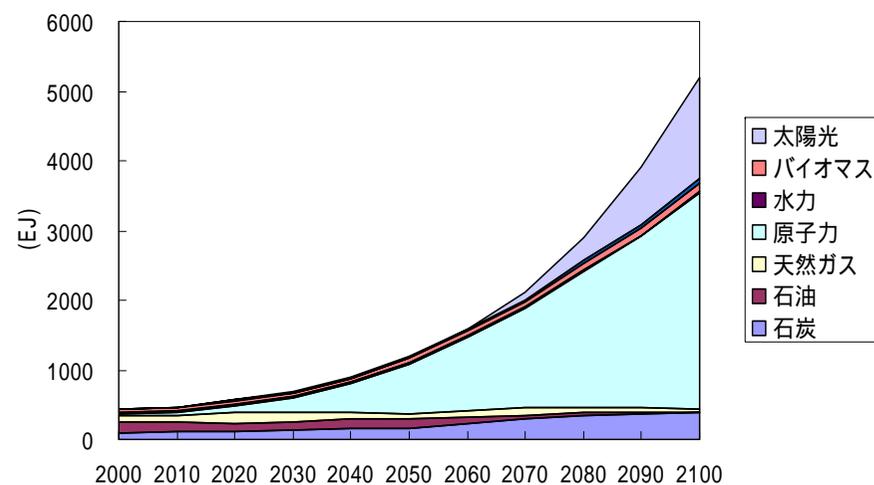
将来の前提想定および試算結果には不確実性を伴う。  
非化石エネルギーの一次エネルギー量については、化石燃料による転換効率を用いて便宜的に換算したことがある。

(原典：黒沢他、超長期エネルギーモデルによる技術戦略マップのシミュレーション、日本エネルギー学会誌(2006))

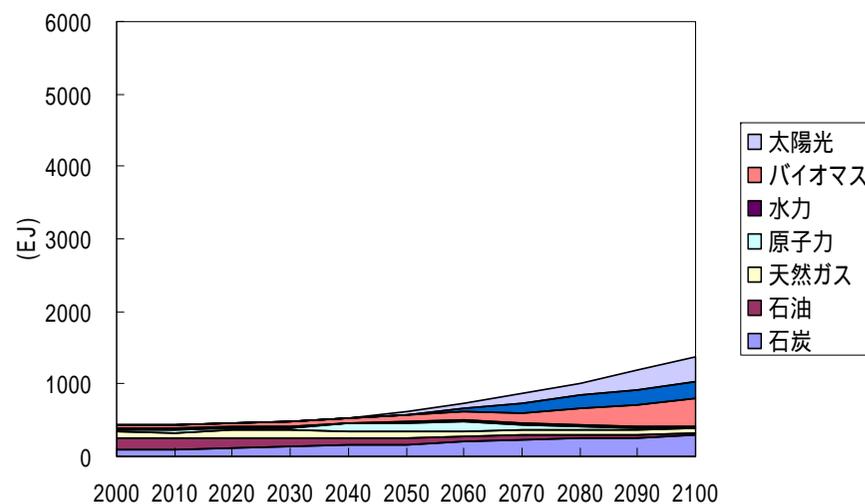
ケースA世界一次エネ



ケースB世界一次エネ



ケースC世界一次エネ

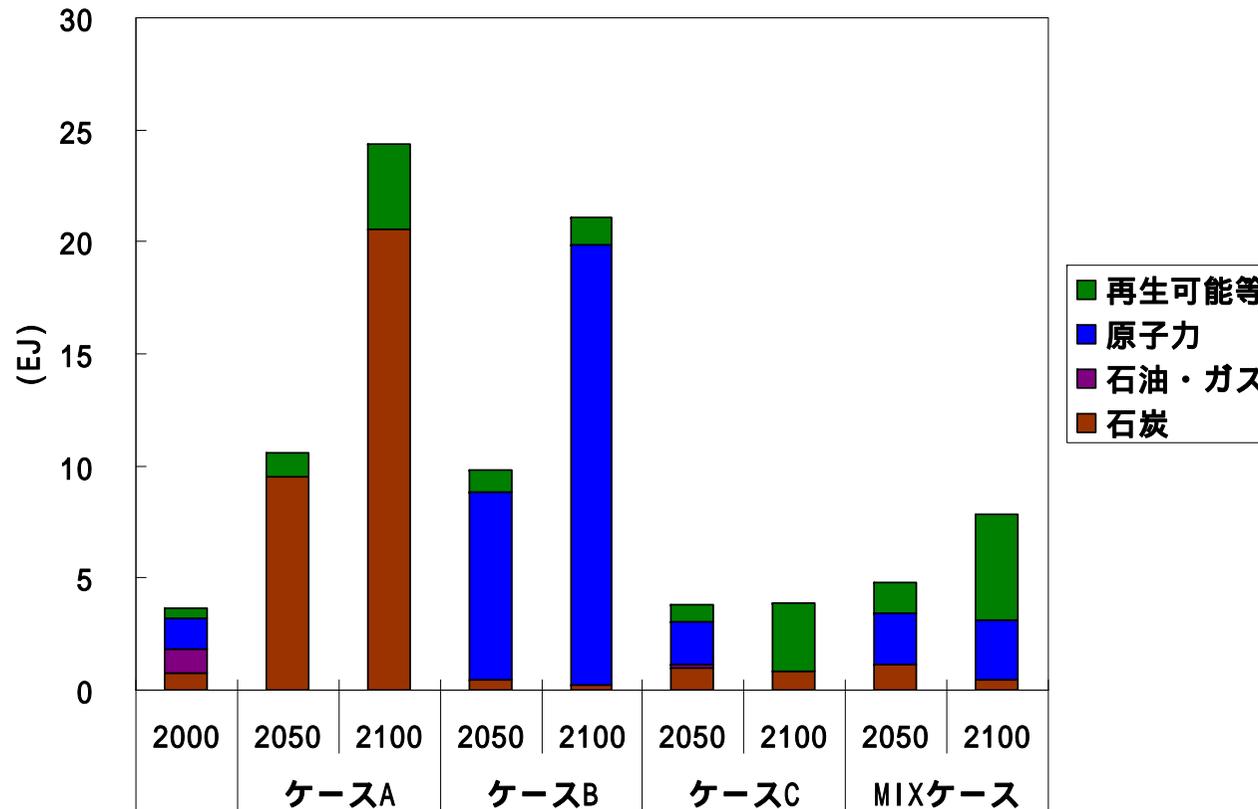


# 世界一次エネ供給 (試算、参考)

将来の前提想定および試算結果には不確実性を伴う。  
非化石エネルギーの一次エネルギー量については、化石燃料による転換効率を用いて便宜的に換算したことがある。

(原典：黒沢他、超長期エネルギーモデルによる技術戦略マップのシミュレーション、日本エネルギー学会誌(2006))

# 日本の発電・水素製造のエネルギー源 (試算、参考)



将来の前提想定および試算結果には不確実性を伴う。

(原典：黒沢他、超長期エネルギーモデルによる技術戦略マップのシミュレーション、日本エネルギー学会誌(2006))<sup>12</sup>