

# エネ研の model による日本の分析報告

2009年1月23日  
(財)日本エネルギー経済研究所  
内藤正久

エネ研モデルは、対策技術の普及程度を前提として、削減量を導出している。専門家の知見も踏まえて、エネルギー分野に可能な限り詳細に積み上げているので、実態に即したシナリオ設定に貢献できる。ここでは、その検討結果の概要を以下で説明する。

## I 分析にあたっての考え方

### A) 国際的分析結果の参考活用例

- 1) IEA の Energy Technology Perspectives 2008  
色々な海外の知見を活用しているが、特に IEA とは多面的に調査活動に協力している点も考慮しつつ、その見通し以外の意見交流も活用している。  
(図 1 - 1 CO2 削減技術の cost curve)  
(図 1 - 2 CO2 削減技術の貢献見通し)
- 2) McKinsey の温暖化対策技術 cost curve による対策分類  
James Baker 研究所との日米共同研究会等の場で交流がある。  
(図 2 - McKinsey 対策分類)

### B) 上記 A を参考に日本での実現可能性を検討

主たる需要部門（輸送、住宅・ビル、電気・電子機器、産業の省エネを中心とする）及び供給部門（電力、renewable energy）のそれぞれについて、  
①技術的障害、②市場（cost 競争力、finance、CO2 削減 cost、削減 potential＝規模・標準化）、③インフラ（導入機会）、  
④政策、⑤実施主体、⑥外的阻害・推進要因、⑦社会的受容性を概略分析し、規制を除く、全ての要因を最大限 positive に活用することを基本方針とした。

（図3－電力、需要部門における技術普及の概略分析検討(案)）

## II 分析結果の概要

A) **特に注目すべき部門別**（輸送部門、電力貯蔵、省エネルギー、太陽光、原子力）の関心事項の例をあげると次の通り。

### 1) 輸送部門

- ・ハイブリッド、プラグイン、液体燃料のミックスにどう対応するか。
- ・電池の技術革新をどう評価するか。
- ・ガソリンステーションの転換などインフラ整備をどう進めるか。

### 2) 電力貯蔵

- ・系統電源の安定化をどのように達成するか。
- ・分散型電源の安定化をどのように達成するか。
- ・誰がコストを負担するか。

### 3) 省エネ

- ・日本の製造業の省エネはトップクラスだが、削減ポテンシャルは、今後の製造技術の進展も踏まえて、どの程度あるか。技術進歩、収益状況、エネルギー価格等の変化と密接に関連するので、簡単に想定できるのか。
- ・設備の寿命、更新をどう考えるか。特に民生用（住宅・ビル）の省エネはポテンシャルが大きい既存の建物では促進が難しい。（cf. オバマ政権のエネルギー政策はこの分野に大胆な投資を提言）
- ・原単位の比較基準をどう統一するか。

### 4) グリーン IT

- ・動画の配信サービスや各種 IT サービスの普及により、情報処理量が急増するが、情報ネットワークの核となるデータセンター及びそれを構成するサーバ・電源装置向けの技術開発をどのように推進するか。

### 5) 太陽光

- ・集光型太陽熱発電所の発展の可能性はどの程度あるか。技術開発 road-map をどう考えるか。
- ・高効率太陽電池の road-map をどう考えるか。

### 6) 原子力

- ・大規模導入の制約として、2030 年までは生産能力（人材問題を含む）があるが、2030 年以降はどう考えるか。
- ・途上国への大規模導入は可能か。
- ・国際的な PA の形成。

## B) 日本政府の既発信戦略等との整合性がとれることの確認

1) 昨年7月の閣議決定（「**低炭素社会づくり行動計画**」）で、例えば次のような数値目標が設定されており、その実現の政策支援が必要である。エネ研の検討では、**この行動計画の実施を前提**としている。

- ・ 2050年までにGHGを現状から60～80%削減。
- ・ 世界全体の排出量を今後10～20年程度の間ピークアウト。
- ・ 太陽光発電の導入量を2020年に10倍、2030年には40倍に増加。
- ・ 3～5年後に太陽光発電システムの価格を半減。
- ・ ゼロ・エミッション電源の比率を2020年を目途に50%以上に。
- ・ 2020年までに新車販売のうち2台に1台の割合で次世代自動車を導入。
- ・ 次世代電池の高性能化・低価格化を進める。（2015年までに容量を現状の1.5倍、コストを1/7、2030年までに容量7倍、コスト1/40）
- ・ 2012年を目途に、原則として白熱電球を電球型蛍光灯などに切替。
- ・ 原子力発電について、主要利用国並みの設備利用率を目指すとともに、新規建設の着実な実現を目指す。（2017年度までに原子力発電所を新規に9基建設計画中）

2) **2050年、排出削減のため、日本は60%～80%削減する方針と適合するか**

△60%の削減は可能性が高い。特に今後の「電力」中心のエネルギー需要の流れを考えると、原子力のshareが重要であるが、日本では他国からの送電が行えないため、原子力share60%未満が限界ではないか。

（図4－2050年の見通し試算）

3) **10年～20年以内に peak out させる方針に適合するか**

技術活用の road-map や既存設備・建造物の耐用年数、新規投資 finance の活性化時期等を考えると2020年～の実現 curve の立ち上がる scenario に全力をあげる必要がある。

## C) エネ研モデルによる仮分析結果と他の分析との比較

1) **前提の改訂による仮分析結果**

- ・ 「長期エネルギー需給見通し」の「最大導入ケース」をベースに、経済成長率、交通需要推計等について事務局から提示されたマクロ諸元に変更し、また最新のエネルギーバランス表も織り込んだ上で、モデルの仮試算を行ったところ、エネルギー起源CO<sub>2</sub>排出量は90年総排出量比△4%、05年総排出量比△14%となった。従来の見通しに比べて1ポイント程度減少した。

- ・具体的には、運輸部門や民生部門等の CO<sub>2</sub> 排出量が、数パーセントの規模で減少した。
- ・なお、経済成長率等、諸前提については、政府の見通し等を踏まえつつ、ある程度の幅をもって考えるべきであると思う。

## 2) RITE「DNE21+モデル」等による国際比較に関する分析

- ・エネ研モデルを R I T E モデルと接合させて、限界削減費用で評価した結果、「最大導入ケース」(05年比 $\Delta 13\%$ )(90年比 $\Delta 3\%$ )は、トン当たり「110ドル」を要するものであり、これは、EU提案(90年比 $\Delta 20\%$ )よりも高い水準までの削減努力を見込んだものである。また、他の先進国も「最大導入ケース」と同じ限界削減費用の水準まで削減を行えば、先進国全体で90年比 $\Delta 25\%$ が達成できるものであり、国際的にみて最も「野心的」な目標であると評価出来る。
- ・国環研のモデルによる分析結果をみると、限界削減費用が100ドルの場合と200ドルの場合で削減水準はほとんど変わらず、100ドル以上ではほとんど削減ポテンシャルがない絵姿となっている。最大導入ケースの削減ポテンシャルはこれらのケースの付近に位置しており、文字通り、「最大導入ケース」以上の削減をしようと思っても、削減ポテンシャルがないことを示している。

## 3) 「コスト」について(一般均衡モデルとの接合結果)

- ・慶應義塾大学KEOモデルによる分析によると、「最大導入ケース」では限界削減費用をかけなかった場合の「BAUケース」と比較して $\Delta 0.5\%$ の実質GDPの低下となり、「90年比CO<sub>2</sub>、15%削減ケース」では $\Delta 2\%$ の低下となった。
- ・一定の経済成長を前提とする限りは、削減可能性には限度があり、それを超える場合には、経済成長の低下と失業率の増加が生じることが、一般均衡モデルにおいても、示されたものと理解される。

## D) エネ研「最大導入ケース」から追加的に1%削減するために必要な対策

- 1) 「長期エネルギー需給見通し」の「最大導入ケース」では、設備更新時に最先端の技術を最大限導入するという前提のもと、対策毎に最大限の導入量を想定している。これまでの効率改善等の努力を今後も継続するケースである「努力継続ケース」でさえ、実現には相当の努力を要するが、「最大導入ケース」は劇的な改善が必要となる。

「最大導入ケース」をさらに超える導入量を実現するためには、買換えを促す大規模なインセンティブ導入や規制等の強力な措置が必要となる。

- 2) **1%追加削減の可能性検討** 「最大導入ケース」では、20年における05年比総排出量比は14%減(森林吸収源3.8%を含む)となっているが、この場合の投資を含むコストは**52兆円**となる。更に、主要技術分野ごとに△1%の追加的削減(計6%の追加削減)をするには、**更に約50兆円(計100兆円)**の追加投資が必要となる。その対策例を示す(それぞれの項目で△1%)と次のとおりとなる。

(**図5—エネ研「最大導入ケース」から追加的に1%削減するための対策**)

a) **太陽光発電(初期投資:約9兆円+約22兆円)**

「長期エネルギー需給見通し」の「最大導入ケース」では、太陽光パネルを新築住宅の約7割に導入し、導入件数をストックで現状32万戸(35万kL)から2020年には320万戸(350万kL)とすると想定している。

太陽光パネルをさらに導入し、追加的にCO<sub>2</sub>を1%削減するためには、新築住宅の全てに導入し、かつ既築住宅には年間約60万戸(長崎県の全住宅数に相当)に導入することが必要となる。これは、住宅への強制導入に値する量である。

b) **風力発電(初期投資:約1兆円+約9兆円)**

「長期エネルギー需給見通し」の「最大導入ケース」では、風力発電を現状の約5倍(200万kL)まで導入すると想定している。

風力発電をさらに導入し、追加的に1%削減するためには、800万kLまで導入する必要がある。

しかし、風力発電の陸上の設置可能面積(自然公園等を除く)の全てに風力発電を導入した場合でも、270万kL程度が限界となるため、陸上には物理的に設置が不可能。また、洋上風力も漁業権の問題等、多くの課題が残っており、2020年までに大きな導入を期待することはできない。

c) **次世代自動車(初期投資:約12兆円+約15兆円)**

「長期エネルギー需給見通し」の「最大導入ケース」では、新車販売の半分、保有台数では約20%に導入すると想定している。

次世代自動車をさらに導入し、追加的に1%削減するためには、新車販売の全てを次世代自動車とし、保有台数の約45%を次世代自動車とする必要がある。

しかし、これを実現するには、従来自動車の販売規制などの強制措置を実施することになりかねない。

d) **粗鋼生産量**

鉄鋼業では、現在でも世界最高水準の技術を持っているが、さらに設備更新時には最先端の技術を全て導入することにより、エネルギー原単位を改善することを想定している。

鉄鋼業の取組により、既存設備の耐用年数を前倒しして最新設備を導入しても、追加的な1%削減は不可能である。仮に、生産調整で対応するとなると、粗鋼生産量を約8%削減しなければならない。付加価値額では5,000億円の減少で、これは約10万人の給与に相当する。なお、鉄鋼産業のみならず、鉄鋼製品ユーザー等関連産業（自動車、機械、造船等）にも、悪影響が出る恐れがある。

e) **原子力発電**

長期エネルギー需給見通しでは、2020年までに原子力発電所新設を9基、稼働率を約80%と想定している。原子力発電所の新設により、追加的に1%削減するためには、1.5基の新設が必要。また、稼働率向上により、追加的に1%削減するためには、85%まで向上させる必要がある。しかし、原子力発電所は立地申入れから運転開始まで20年以上かかること等を考慮すると、将来見通しは不透明である。また、稼働率については、地震などの不可抗力による低下など、リスク要因を考慮する必要がある。

3) **長期エネルギー需給見通し(最大導入ケース)の一世帯における資金投入例**

家庭で①省エネルギー住宅への断熱工事、②高効率給湯器、③各種家電製品、④太陽光パネルの設置、⑤次世代自動車への置換え等を行った場合には、一つの試算として約800万円の追加支出が必要になることも考えられる。  
(図6－長期エネルギー需給見通し(最大導入ケース)の一世帯における姿(例))

- 4) なお、新エネを大幅に電源として導入すると、**電力の安定供給**に支障をきたし、停電も発生するため、系統側、又は、需要者側に「**蓄電池**」の設置が必要となるが、そのために必要な追加コストは4.6～6.7兆円にのぼる。  
(図7－太陽電池大量導入に係るシナリオ別コスト)

- 5) 「最大導入ケース」では環境技術の追加投資約5.2兆円が必要である。2.3兆円以上の追加投資を行っても、2005年比△18%削減（森林吸収源3.8%を含む）にとどまり、1990年比で△25%削減するには、生産活動の調整が必要となり、合わせて**380兆円以上のコスト負担**となる。  
(図8－90年比△25%削減するために追加的に必要な対策と費用)

### III 結論

- 1) エネ研 model を活用して算出された「長期エネルギー需給見通し」の「**最大導入ケース**」は「実現可能性」のある「最大努力対応」であると考えている。その積上げのポイントとなる 2020 年までの必要投資額をみると
  - a) 「**最大導入ケース**」(2005 年比 $\Delta 14\%$ 、1990 年比 $\Delta 8\%$ 、森林吸収源  $3.8\%$ を含む)で**52兆円**(GDP の  $1\% \cdot 10$ 年間)であるが、**1990 年比 $\Delta 25\%$ では、380兆円**(GDP の  $7\% \cdot 10$ 年間)以上となる。  
その実現のためには、**相当大幅な減税や regulation** と、大幅な公的資金の投入を行わなければ実現は困難である。しかし、現在、進められている審議会等での専門家、実務家の実現可能性を踏まえた検討を尊重すべきであると考えている。
  - b) また、すべてが一気に導入されるというシナリオは、**製品開発のリードタイム**(初期の商品は価格、機能面で十分でなく、先駆的・導入的な需要創出から本格的な需要拡大に至るまでは時間がかかる)、**工場建設のリードタイム**(工場の立地選定から現実の稼働までは数年間を要する)という企業活動の基本や、**消費者の選択**(従来製品の販売禁止などの強制的な措置が必要)を考慮すると、現実的ではない。
  - c) 産業界からは、「努力継続ケース」が実現できる現実性のあるケースであり、「最大導入ケース」は考えられる全ての努力を目一杯実施する必要があるとして批判的な意見が多いため、今年 1 月 19 日の**総合資源エネルギー調査会総合部会**では、「**ベンチマーク**」と位置付けられた。
  - d) 当研究所での**日本の限界削減 cost の試算**については、現在作業中である。(図 9-限界削減費用曲線)  
なお、慶応モデルによる分析では、最大導入ケースで 2 万円/CO<sub>2</sub>-t 弱、 $\Delta 15\%$ を実現する際の限界削減コストは 5.5 万円/CO<sub>2</sub>-t 程度となっている。
- 2) **国際社会への日本の貢献**を考えたときには、
  - a) **2005 年基準**で見ると、

日本	$\Delta 14\%$ (森林吸収源 $3.8\%$ を含む。1990 年基準で $\Delta 8\%$ )
EU	$\Delta 14\%$ (1990 年基準で $\Delta 20\%$ )
米	$\Delta 14\%$ (オバマ新大統領選挙時公約。1990 年基準で $\pm 0\%$ )

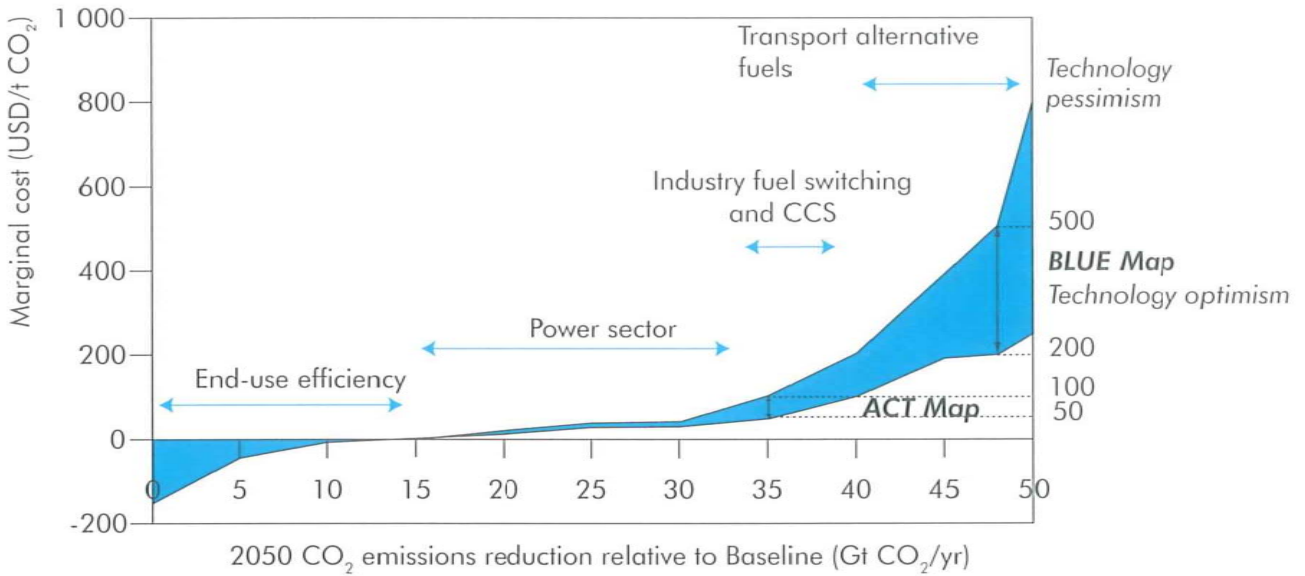
と**平仄が合っており、決して劣後していない。**
  - b) 本中期目標検討委員会で **GDP 成長率が改訂**( $1.9\%$ から  $1.6\%$ )されたこと、国土交通省の**交通需要見通し**の改訂(貨物輸送量  $8.4\%$ 増、旅客機輸送量  $11.2\%$ 減)が行われたことで修正すると、**CO<sub>2</sub> 削減量は $\Delta 1\%$ 追加され、 $\Delta 13\%$ から $\Delta 14\%$ に改訂される。**

- c) 更に、日本の限界削減 cost が高いことから、エネ研 model と RITE model を接合させ、**日本の 2005 年比△14%削減の場合**、(1990 年比△8%、森林吸収源 3.8%を含む)**の限界削減 cost (110\$/CO<sub>2</sub>-t) を欧米等に適用**すると **ANNEX I 諸国全体の削減は 1990 年比、約△25%**となり、世界的に政治的な意見として広がっている 2020 年△25%とも整合がとれると考えることもできる。
- 3) **日本は技術力、産業力、資金力を活用**して世界の CO<sub>2</sub> 削減に大きく寄与できる。例えば CCS 一つをとっても、日本での活用は限定的であるが、世界的には不可欠であり、日本の研究開発力による成果を普及できる。原子力、太陽光についても、日本国内の導入と合わせて国際展開することで貢献することができる。
- 4) 地球温暖化は**全人類が一体となって**、宇宙船「地球号」の浮沈をかけて**対応すべき「全く新しいリスク・マネジメント」**である。現状では、世界の中で 4.5%程度排出の日本が「環境理想主義」のみで走っても問題解決にならないのみならず、日本の資源の非効率的配分をもたらし、「産業の国際競争力の低下」「日本経済の沈滞」、「日本産業の海外流出」等をもたらしかねない。従って**日本は低炭素社会をめざして世界の半歩先を進むことで、長期的に経済的利益を維持拡大させることが後世の「日本国民の利益」を守る上で現世代の責務**である。人間は「環境」のために動いているのではなく、「環境」は長期的視点から見て人間の生活を守る一つの要素である。
- 5) 経済の動きは多面的・流動的である。**エネルギー・セキュリティー**の点から見ても石油価格の乱高下は、長期のエネルギー資源開発に大きな impact をもたらし、中長期的にみると**資源国の control**を一層強めることになる。世界の統治のあり方も多極化し、大きく変わる。  
エネルギーは今後益々「市況商品」であるより「戦略商品」の性格を強める可能性が高い。欧米ではこの考え方の広まり、資源 nationalism の高まりのなかで、自給率の向上を含む「energy security」が重視されている。世界からみれば、**日本ほどの人口規模の国が“energy security”の意識の低いこと**と、世界的存在感のある企業体の育成を含む総合的戦略の不十分なことに驚きの声強い。エネルギーなくして日々の生活も成り立たないことを考えると**3E (environment, energy, economy)の balance を真剣に考えることが不可欠**である。



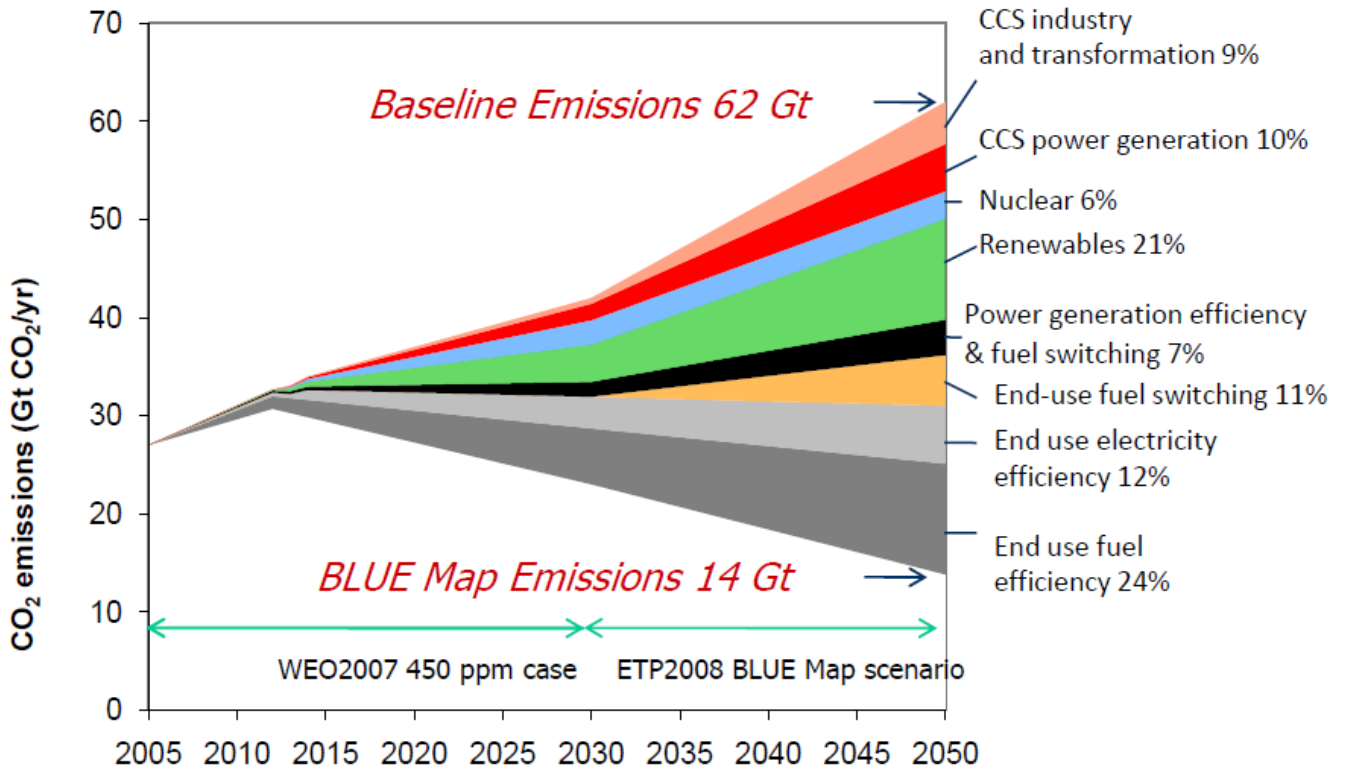
図 1 - 1 CO2 削減技術の cost curve

Figure ES.1 Marginal emission reduction costs for the global energy system, 2050



(出所) IEA, Energy Technology Perspectives 2008

図 1 - 2 CO2 削減技術の貢献見通し

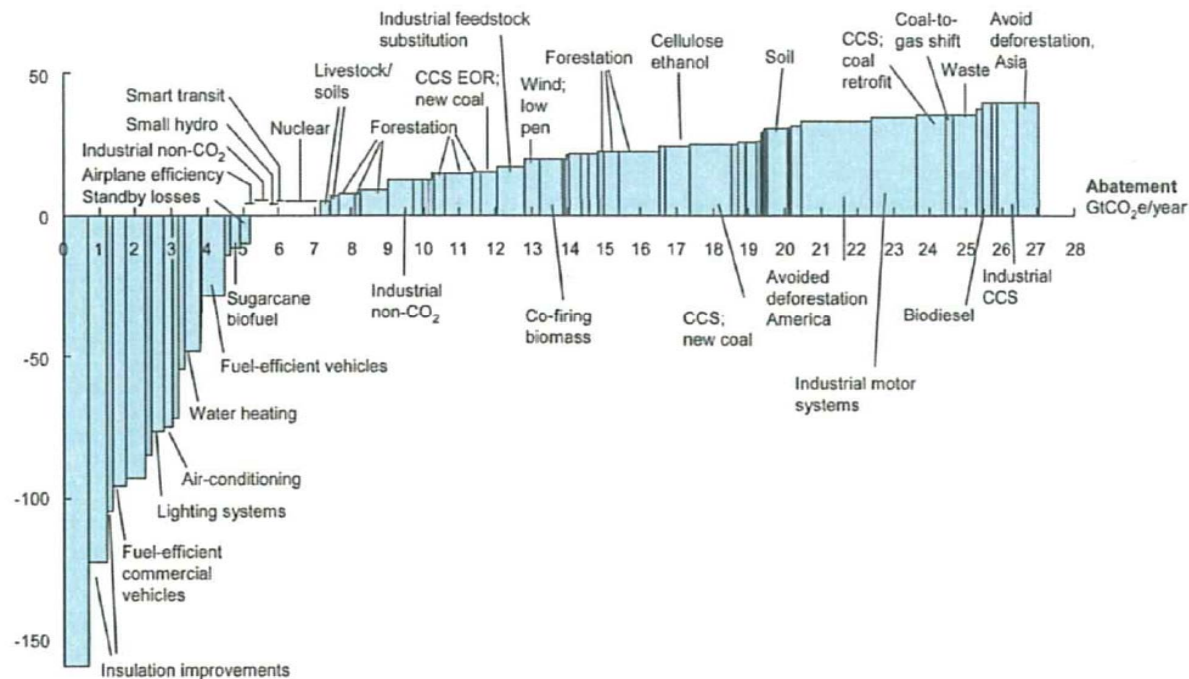


(出所) IEA, Energy Technology Perspectives 2008

## 図2 Mckinsey の対策分類

### THE COST CURVE PROVIDES A “MAP” OF ABATEMENT OPPORTUNITIES

Cost of abatement, 2030, €/tCO<sub>2</sub>e\*



\* Tons of carbon equivalents.

Source: McKinsey and Vattenfall analysis

(出所) McKinsey Global institute, The Carbon Productivity Challenge June 2008

図3 電力、需要部門における  
技術普及の概略分析検討(案)

項目		電力貯蔵システム		電力システム	CCT		原子力	発電
		電気自動車用	系統用		先進石炭火力	CCS		
技術的障壁		<ul style="list-style-type: none"> <li>高エネルギー密度化(PHEV: 12.5kWh, EV: 50kWh程度)</li> <li>高出力密度化</li> <li>低コスト化</li> <li>耐久性向上(15年程度)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>エネルギー密度、大出力化(～100MW程度)</li> <li>充放電効率向上(揚水発電: 55～90%, CAES: 70%程度)</li> <li>大容量化</li> <li>低コスト化</li> <li>耐久性向上(数十年)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>再生可能エネルギーの変動に対応するためには、余剰電力の吸収能力、周波数調整能力などの整備が必要。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>効率向上(IGCCなど)</li> <li>高温対応(A-USC)のための材料開発</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>CO<sub>2</sub>の分離法(化学吸収法が実用化に近いが、膜も低コスト化に資する革新的な技術として期待されている)</li> <li>輸送(貯留場が遠隔の場合)</li> <li>貯留とモニタリング</li> <li>海洋隔離の実現可能性</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>既存炉の寿命延長</li> <li>稼働率向上</li> <li>次世代炉の可能性</li> <li>安全性(特に途上国)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>発電効率</li> <li>バイオマス、混焼の場合、石炭火力以外では対応不可</li> </ul>
市場	コスト(競争力)	<ul style="list-style-type: none"> <li>自動車用蓄電池コスト</li> <li>2010年: 10万円/kWh</li> <li>2015年: 3万円/kWh</li> <li>2030年: 0.5万円/kWh</li> </ul>	2010年: 4万円/kWh 2030年: 1.5万円/kWh <ul style="list-style-type: none"> <li>炭素価格次第で優位性を発揮</li> <li>(例: 風力+CAESの組み合わせるとガスCC発電との価格差は炭素価格にして40\$/CO<sub>2</sub>t増)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>バックアップ能力維持コストは、全体で0.1～0.2c/kWh。</li> <li>海上風力発電の場合2000kmの海底送電だと、0.2～0.3c/kWh(約50%強)のコスト増</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>USC石炭火力など、他電源とのコスト競争</li> <li>勿来IGCC 260千円/kWh(複合プラントにすれば競争可能か)</li> <li>国内USC 150千円/kWh</li> </ul>	(IPCC Spe. Report) 微粉炭火力: 30-71\$/t-CO <sub>2</sub> IGCC: 14-53\$/t-CO <sub>2</sub> 微粉炭火力: 63-99\$/MWh IGCC: 55-91\$/MWh	<ul style="list-style-type: none"> <li>&lt;現在&gt;72ドル/MWh(米CBOの試算)</li> <li>多大な初期投資がかかる</li> <li>高炭素価格・化石燃料価格高騰等の状況下では火力発電に比べて経済的優位性をもつ(米国)</li> <li>欧州、日本では競争力ありとの推定</li> </ul>	<現在> 10-100MW: \$1975-3086/kW
	CO <sub>2</sub> 削減コスト	—	—	—	商用機になれば、コストダウンとなる IGCCの投資コストはPCCの約20%アップ、普及が進めば10%未満のアップ	わが国技術開発ロードマップでの分離・回収コストの低減目標 2015年頃で2,000円/ton-CO <sub>2</sub> 台 2020年代で1,000円/ton-CO <sub>2</sub> 台	—	—
	規模(CO <sub>2</sub> 削減ポテンシャル)	蓄電する電力のCO <sub>2</sub> 排出原単位と効率次第	—	再生可能エネルギー普及に制限	既存の石炭火力全般を転換するポテンシャル、但し運転条件に制約	立地場所の貯留可能量に依存(不確実性大)、2050年でIEA BLUEシナリオの削減量～19%	2050年の発電電力量の23%の場合(3Gt/yrの節約、全削減量の6% ⇒ IEA BLUE MAP)	—
	標準化	ISO標準化提案中	—	—	—	モニタリングについて標準化可能	—	木質ペレット等の固形燃料(バイオマス混焼の場合、木質ペレット以外も)
	ファイナンス	—	—	—	企業金融で対応	大規模な資金	低金利かつ大規模な資金調達が必要	企業金融で対応
インフラ		グリッドへの接続	—	系統安定化対策による最適化	概ね既存のインフラで対応 使用石炭への適合	立地場所に依存	送配電網など(特に途上国) バックエンド施設、産業インフラ	燃料バイオマスの集荷・集積
政府(政策)		<ul style="list-style-type: none"> <li>現在、一部の国で補助金等(日本: 国及び地方自治体による補助金・税制優遇)</li> <li>電池のリサイクル・廃棄物規制等</li> <li>安全性</li> </ul>	[蓄電池]現在、一部の国(日本)で補助金等 [CAES・揚水]環境アセス等	インセンティブが必要	—	<ul style="list-style-type: none"> <li>インセンティブが必要</li> <li>米国では支援制度(プラント建設費補助)あり</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>各国政府による導入計画及び施策が必要</li> <li>厳格な安全規制が必要</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>技術開発補助</li> <li>環境アセス</li> <li>法規制</li> </ul>
担い手		エネルギー・運輸関係の省庁	電力・エネルギー関係の省庁	電力・エネルギー関係の省庁	電力・エネルギー関係の省庁	電力・エネルギー関係の省庁	電力・エネルギー関係の省庁	電力・エネルギー関係の省庁
政府[規制・支援双方の面から]		—	—	—	—	—	—	—
メーカー		自動車・電池メーカー 電気事業者	[蓄電池]電池メーカー	電線メーカー、機器メーカー	<ul style="list-style-type: none"> <li>発電事業者</li> <li>エンジニア(ボイラメーカー、プラントメーカー)等</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>エンジニア(プラントメーカー)、地質調査会社、掘削会社</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>プラントメーカー(仏・米・日・露等)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>プラントメーカー(重工、エンジニアリング)</li> </ul>
ユーザー		一般ユーザー	[蓄電池]RE供給事業者 [CAES・揚水]電気事業者 需要家	<ul style="list-style-type: none"> <li>電気事業者</li> <li>再生可能エネルギー発電事業者</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>電気事業者</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>電気事業者</li> <li>一部の産業</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>電気事業者</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>電気事業者</li> <li>再生可能エネルギー業者</li> <li>産業(工場の自家発電)</li> </ul>
外的		公共交通との競合	[CAES・揚水]立地	<ul style="list-style-type: none"> <li>投資コストやバックアップ電源コストの負担のあり方</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>コスト(他電源との競合、既存石炭火力との競争)</li> <li>炭素価格</li> <li>炭種制約</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>貯留可能な地質構造の有無</li> <li>コスト(CO<sub>2</sub>排出権価格との比較)</li> <li>PA</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>プラント・機器の供給制約</li> <li>立地</li> <li>反対運動等</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>バイオマス資源の安定的な確保・輸送</li> <li>廃棄物系バイオマスの悪臭等への対策</li> </ul>
推進		温暖化制約(炭素価格)	<ul style="list-style-type: none"> <li>間欠性RE導入促進</li> <li>温暖化制約(炭素価格)</li> </ul>	再生可能エネルギーの推進	<ul style="list-style-type: none"> <li>環境制約</li> <li>石炭・ガス価格の上昇</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>環境制約</li> <li>CO<sub>2</sub>排出のコスト化</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>温暖化制約</li> <li>化石燃料価格の上昇</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>地球温暖化対策</li> <li>化石燃料価格の上昇</li> <li>バイオマス燃料効率の向上</li> </ul>
社会的受容性		—	—	—	<ul style="list-style-type: none"> <li>コンベンショナルな石炭火力に比べてクリーンなイメージ</li> </ul>	—	<ul style="list-style-type: none"> <li>安全性、放射性廃棄物処分等の面での国民的理解が必要</li> </ul>	立地点の制約

※網掛け部分は、エネ研独自の評価により記入

(出所) エネ研

図3 電力、需要部門における  
技術普及の概略分析検討(案)

項目		バイオマス		風力	太陽		水力	
		CHP(コージェネ)	輸送用バイオ燃料		PV	CSP	大規模	小規模
技術的障壁		・発電効率・熱効率の向上	・次代燃料製造技術 ・セルロース系エタノール ・BTL	・洋上風力及び系統安定化対策のためのコスト低減	・結晶系PVの効率向上 ・薄膜系PVの効率と寿命向上 ・第3世代PVの開発	・CSPのミラー ・工作流体の効率向上 ・熱貯蔵 ・耐熱材料の開発 ・水素製造 等	・メンテナンスフリー ・遠隔監視	・制御システム ・パッケージ化設備
市場	コスト(競争力)	<現在> 0.1-1MW: \$3333-4320/kW 1-50MW: \$3085-3700/kW	セルロース系エタノール:\$0.57/L(米国DOE) 将来 2015:40円/L(クールアース革新技術計画) 2020:\$0.15/L(米国DOE) ※1L=0.26ガロンとして計算	<現在> \$64~95/MWh	<現在> PVのコストは高い(建設費 \$6.25/W) <将来> 発電コスト \$50/MWh(2050)	・火力、風力より高いが、PVより安い(\$4~10/W) <現在> \$125~225/MWh <将来> 2050年 \$35~62/MWh	<現在> \$1000-5500/kW \$0.03-0.04/kWh	<現在> \$2500-7000/kW \$0.02-0.06/kWh
	CO2削減コスト	\$200/t-CO2 (Blueシナリオ:150EJ/yrの場合)		—	—	同左	—	—
	規模 (CO2削減ポテンシャル)	バイオマスガス化複合発電の場合の2050年のCO2削減量: 0.22Gt/yr(Actシナリオ) 1.46Gt/yr(Blueシナリオ)	次世代バイオ燃料の場合の2050年のCO2削減量: 1.8Gt/yr(Actシナリオ) 2.2Gt/yr(Blueシナリオ)	2050年発電電力量の12% (Blueシナリオ)	2050年は世界全体の発電量の6%~11%程度(両方)	同左	2050年に世界全発電電力量の16%(5,000-5,500TWh/yr)[Act, Blueシナリオ] 再生可能エネルギー発電の約半分	—
	標準化	・木質ペレット等の固形燃料	・燃料品質規格	・欧州標準あり ・日本基準は未整備、	・PVシステムの標準化、モジュール化は進んでいる	同左	—	—
	ファイナンス	企業金融で対応	研究開発資金	公的資金の支援	ベンチャー、政府支援、大学などの研究費	同左	大規模な資金(初期投資)	—
インフラ		・燃料バイオマスの集荷・集積	・燃料バイオマスの集荷・集積 ・エタノール保存タンク(水分混入防止)	・系統安定確保のための蓄電システム ・送配電網の強化 など	・系統安定化のための蓄電システムや送配電網の強化など	同左	・ダム建設 ・グリッドへの接続	・グリッドへの接続
政府(政策)		・初期投資補助金 ・優遇税制 ・発生エネルギーの購入施策	・化石燃料との差額の補助金 ・研究開発資金の援助	・補助金、FIT、RPS制度など	・技術開発、設備導入への補助、売電など(FIT、RPS制度など)	同左	—	・導入支援補助
規制		—	・持続可能性	・系統安定確保との関係	・系統安定確保との関係	同左	・立地(環境アセス、維持流量)	・環境破壊
担い手	政府 [規制・支援双方の面から]	電力・エネルギー関係の省庁	エネルギー・運輸関係の省庁	電力・エネルギー関係の省庁	電力・エネルギー関係の省庁	電力・エネルギー関係の省庁	電力・エネルギー関係の省庁	自治体、コミュニティ
	メーカー	・プラントメーカー(重工、エンジニアリング)	石油、化学	・風車メーカー	・PVメーカー(日本、ドイツ、中国など)	・火力発電設備のメーカーなど(CSP用タービンなど)	・電機(発電機)、建設、エンジニアリング	・電機(発電機)
	ユーザー	・電気事業者 ・再生可能エネルギー業者 ・産業(工場のコージェネ)	・一般消費者	・電気事業者 ・再生可能エネルギー業者	・家庭 ・電気事業者	・海水淡水化、水素製造事業者 ・電気事業者	・電気事業者 ・公営電気事業者	・電気事業者 ・再生可能エネルギー業者 ・公営電気事業者
外的	阻害	・バイオマス資源の確保・輸送 ・廃棄物系バイオマスの悪臭等への対策	・食糧価格の上昇 ・エネルギー作物栽培土地	・立地制約 ・系統安定化対策 ・騒音、バードストライク	・立地制約 ・面積確保 ・系統安定化対策	・立地に制限あり(日照条件等)	・水利権/水資源確保 ・土地利用	・水利権(農業用水等) ・漁業権(川) ・立地
	推進	・未利用・廃棄物系バイオマスの有効利用	・原油価格高騰 ・温暖化制約(化石燃料規制)	・地球温暖化対策 ・化石燃料価格の上昇	・地球温暖化対策 ・化石燃料価格の上昇 ・辺鄙地の電化	・地球温暖化対策 ・化石燃料価格の上昇	・地球温暖化対策 ・化石燃料価格の上昇	農村地域(無電化地域)に最適
社会的受容性		・立地点の制約	・食糧との競合(第2世代で解決可能)	・騒音、生態破壊、景観など	・受容性は良好	・生物への影響など	・自然環境破壊(ダム式の場合)	・比較的受け入れられやすいが、生態系や景観への影響もあり

※網掛け部分は、エネ研独自の評価により記入

(出所) エネ研

図3 電力、需要部門における  
技術普及の概略分析検討(案)

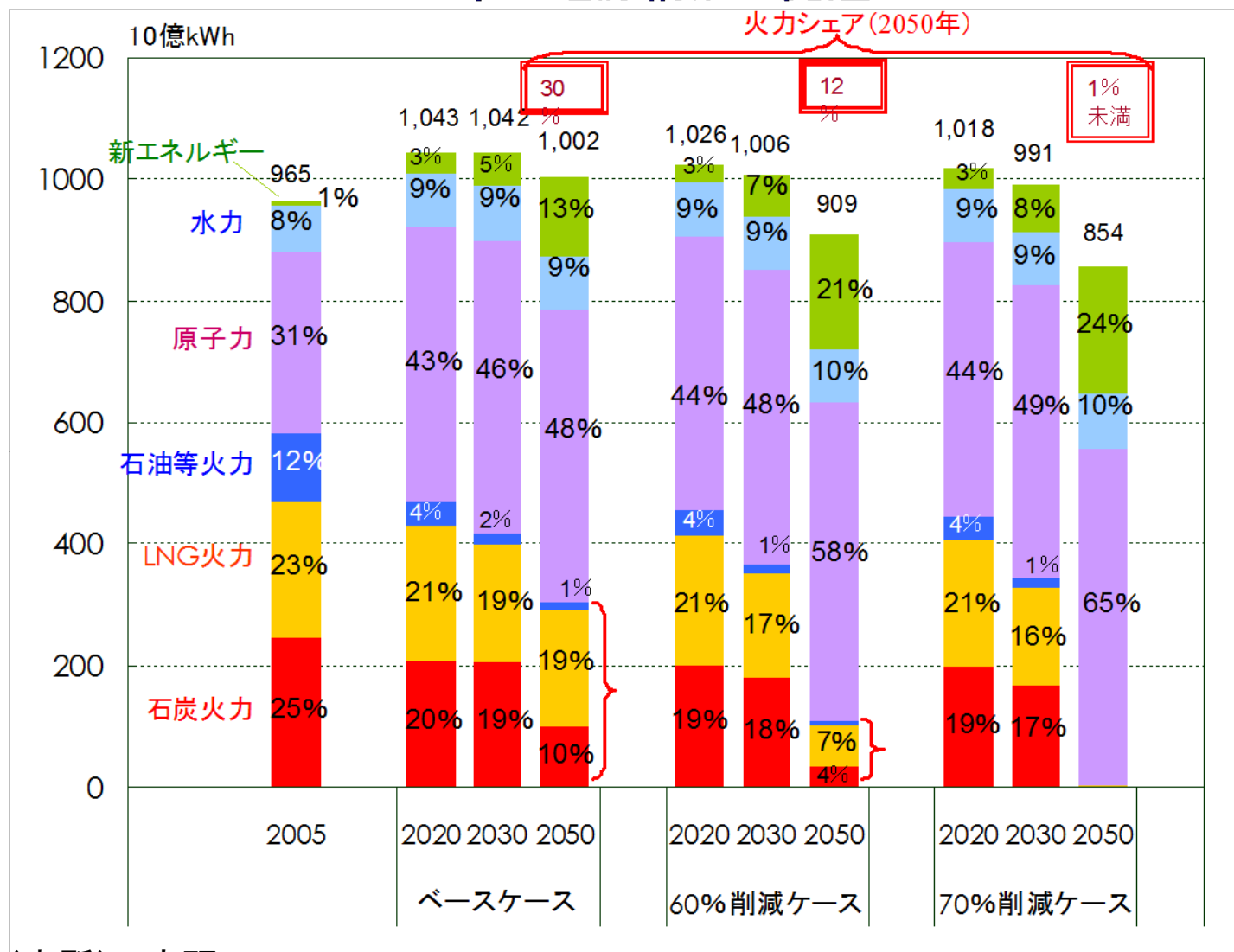
項目		地熱	海洋	輸送	省エネ		
					ビル・住宅	電気・電子機器	産業
技術的障壁		・EGS(HDR) ・深部掘削	・研究開発段階であり、さらなる技術進展が必要 (実証試験中)	・燃料電池 ・エネルギー貯蔵技術、 バッテリー	・断熱材料(窓ガラス等)、断熱手法、窓ガラス 等	・技術進歩は早い(例・照明機器、家電製品、OA機器など)	・単一企業ではエネルギー多消費産業を中心に相当程度進展、ただしより広い範囲での最適化の可能性あり
市場	コスト(競争力)	<現在> \$1700-5700/kW \$0.05-0.08/kWh EGS: \$5000-15000/kW	<現在> 潮汐: \$2000-4000/kW 海流: \$7000-10000/kW 波力: \$6000-15000/kW	一般車両で50%、海運/航空で30%高	競争力あり(投資リターンあり)	競争力あり(リターン期待可)	Case-by-Case
	CO2削減コスト	—	—	US\$500/トン	最も安いとの期待	安い	安い
	規模 (CO2削減ポテンシャル)	2050年に世界全発電電力量の2~3%(900-1100TWh/yr) [Blueシナリオ]	海洋エネルギー発電設備容量は、2050年に50GW程度 [Blueシナリオ]	輸送部門の石油使用分は全世界の石油使用量の半分以上。輸送部門の削減効果は大きい	大きい	大きい	大きい
	標準化	—	・機器の標準化	・政府の燃料効率規制	・寒冷地で標準化が進む ・温帯・熱帯地域では未整備	・各機器ごとに進展	・技術ごとに進展
ファイナンス		大規模な資金	研究開発資金	技術開発の財政援助	新規は問題ないが既設には適用困難	一般消費者にとっての障壁あり(ペイバック期間が現在は5~10年)	企業金融で対応
インフラ		・グリッドへの接続	・グリッドへの接続 (海中ケーブル)	・水素供給、充電設備	・設備更新時がチャンス	・設備更新時がチャンス	・設備更新時がチャンス
政府(政策)		・導入支援補助	・技術開発財政援助	・技術開発財政援助	・政府による優遇措置及び法規制	・政府による優遇措置及び法規制	・政府による優遇措置及び法規制
担い手	政府 [規制・支援双方の面から]	電力・エネルギー関係の省庁	電力・エネルギー関係の省庁	エネルギー・運輸関係の省庁	エネルギー・建設関係の省庁	電力・エネルギー関係の省庁	電力・エネルギー関係の省庁
	メーカー	・電機(発電機)	・重工、エンジニアリング	石油、自動車、航空機、鉄道等	・建築業者、住宅メーカー	・家電メーカー	・設備メーカー
	ユーザー	・電気事業者 ・再生可能エネルギー業者	・電気事業者 ・再生可能エネルギー業者	・一般消費者	・一般消費者 ・ビル所有者	・一般消費者	・製造業者
外的	阻害	・場所選定 ・熱持続の不確実性	・漁業権	・社会インフラコスト	・低水準のエネルギー価格	・低水準のエネルギー価格	・低水準のエネルギー価格
	推進	・地球温暖化対策 ・化石燃料価格の上昇	・高水準のエネルギー価格	・燃料費上昇	・高水準のエネルギー価格 (代替エネルギーへの切り替え)	・高水準のエネルギー価格 (代替エネルギーへの切り替え)	・高水準のエネルギー価格 (代替エネルギーへの切り替え)
社会的受容性		・景観や地下水系への影響あり	・海中生態系への悪影響の可能性	・経済性 ・環境	・人々の生活様式の変更を要求する可能性あり(諾否)	・問題なし	・問題なし

※網掛け部分は、エネ研独自の評価により記入

(出所) エネ研

図4 2050年の見通し試算

### 日本の電源構成の見通し



(出所) エネ研

○「最大導入ケース」では、設備更新時に最先端技術を最大限導入していると仮定しているため、これを超える導入量を実現するためには、導入、買換え等の強制措置が必要となる。仮に追加的に1%削減するためには下記のような対策が必要となる(各項目で1%)。

## 長期エネルギー需給見通しにおける対策(2020年)

コスト  
(09~20)

太陽光発電	<p>新築持家住宅の7割に導入している、現状32万戸から2020年には320万戸まで普及させる。</p> 	9兆円
風力発電	<p>現状の約5倍(約200万kL)まで導入(山手線内の面積約8コ分)</p> <p>○現状は、約1100基(44万kL)</p> 	1兆円
次世代自動車	<p>・次世代自動車※が新車販売の約50%、保有台数の20%まで普及</p> <p>・自動車の燃費を保有ベースで約15%改善</p>  <p><small>※次世代自動車 ハイブリッド車、プラグインハイブリッド車、電気自動車、燃料電池車、CNG車、クリーンディーゼル車</small></p>	12兆円
粗鋼生産量	<p>次世代コークス炉、高効率自家発・共同火力発電設備等の最先端技術を設備更新時に全て導入することにより原単位を改善</p> 	
原子力発電	<p>2020年までに原子力発電所9基の新たな運転開始を想定(現状55基)。</p>  <p>原子力発電所の稼働率は約81%想定(現状約60%)。</p>	

追加コスト

## 追加的に1%削減するための対策(※)

<p>新築持家の全てに導入するとともに、既築住宅には年間60万戸(長崎県の全住宅に相当)に導入。</p> <p>※住宅への強制導入に値する。</p>	+22兆円
<p>現状の約18倍(約800万kL)まで導入</p> <p>※風力発電の陸上の設置可能量(自然公園等を除く)は、約270万kL程度が限界であるため、陸上には物理的に設置が不可能。 ※洋上風力も漁業権の問題等、課題が残っており、20年までに大きな導入を期待することはできない。</p>	+9兆円
<p>次世代自動車为新車販売の全て、保有台数の45%まで普及。</p> <p>※次世代自動車の保有台数を最大導入ケースから追加的に25%(需給見通しの2.3倍)普及</p>	+15兆円
<p>既存設備の耐用年数を前倒して最新設備を導入しても追加的に1%削減は不可能。仮に生産調整で対応すると粗鋼生産量約8%の削減が必要。付加価値額では5000億円の減少で、10万人の給与に相当。</p> <p>※なお、鉄鋼産業のみならず、鉄鋼製品ユーザー等関連産業(自動車、機械、造船等)にも、悪影響が出るおそれがある</p>	
<p>原子力発電が追加的に約1.5基分必要。</p> <p>※原子力発電所は立地申入れから運転開始まで概ね20年以上かかる。</p>	
<p>原子力発電所の稼働率を約85%とする(稼働率約4%向上でCO2▲1%)</p> <p>※稼働率は天災等などの変動要因がある。</p>	

**約52兆円(GDPの約1%)**

(長期エネルギー需給見通し(最大導入ケース)実現にかかるコスト)  
(上記以外の各種対策の費用を含む)

(出所)エネ研



**約100兆円**

(追加的に6%(05年比▲20%)削減した場合のコスト)

# 図6 長期エネルギー需給見通し(最大導入ケース)の一世代における姿(例)

全ての対策を講じた場合、世帯あたりCO2排出量は半分以下になる

5.5tCO2 → 2.3tCO2

省エネ住宅への断熱工事

**100万円**

700kg削減

太陽光パネルの設置

**230万円**

(66万円/kW × 3.5kW)

1300kg削減

○21年度予算案額 約201億円

○3~5年以内の価格半減を目指している。

○一基あたり約25万円(7万円/kW × 3.5kW)の補助。

次世代自動車への買換え

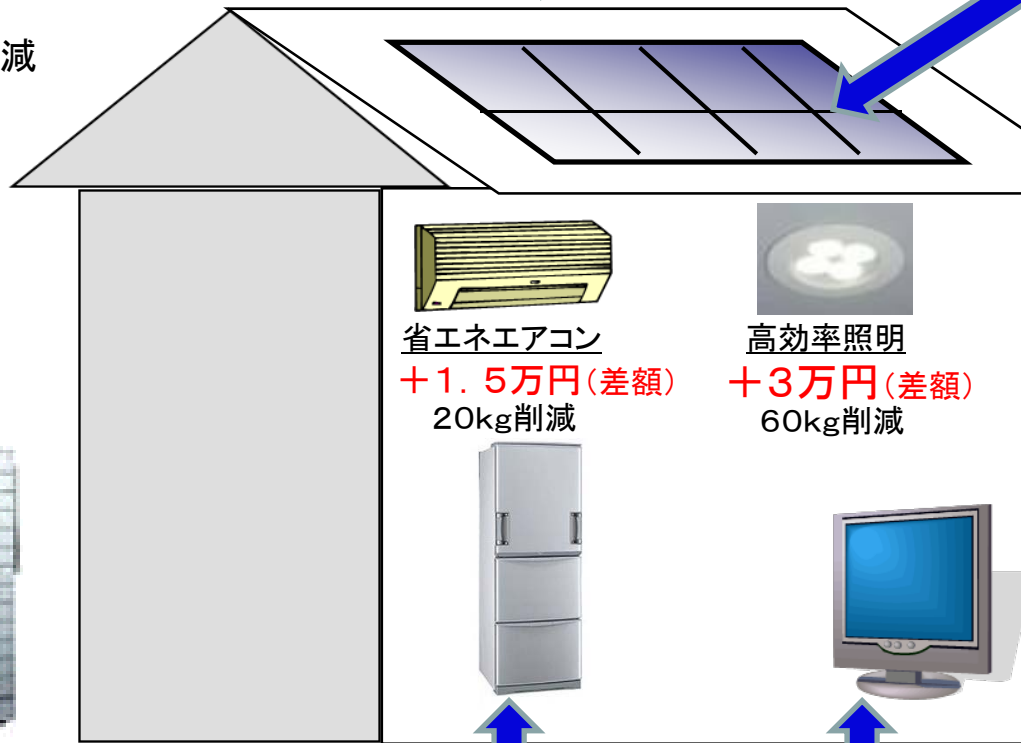
**+150万円(差額)**

(次世代自動車平均価格と従来車の差額)

○21年度予算案額 10億円

○差額の半額を補助。

800kg削減



高効率給湯器(HP、燃料電池等)

【ヒートポンプ】 **+50万円(差額)**

○21年度予算案額 100億円

○一台4.2万円の補助額(20年度)。

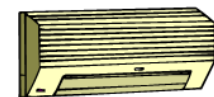
300kg削減(高効率給湯器平均)

【燃料電池】 **+300万円程度(差額)**

○21年度予算案額 61億円

○2020年~2030年には、40万円未満を目指している。

○補助額は上限140万円。



省エネエアコン

**+1.5万円(差額)**

20kg削減



高効率照明

**+3万円(差額)**

60kg削減



省エネ冷蔵庫

**+2万円(差額)**

20kg削減



有機ELディスプレイ(1台)の購入

**+4万円(差額)**

50kg削減





# 図7 太陽電池大量導入に係るシナリオ別コスト

シナリオ	出力抑制 (年末年始 とGW) <sup>※1</sup>	配電対策	需要家側 蓄電池	系統側 蓄電池・揚 水発電	火力発電 による調 整運転 <sup>※2</sup>	蓄電池の充 放電ロス・揚 水ロス <sup>※2</sup>	太陽光出力 の把握 <sup>※2</sup>	総額 <sup>※3</sup>
I. 需要家側蓄電池	0.04 ~0.14 兆円	— <sup>※4</sup>	4.80 ~6.00 兆円	— <sup>※4</sup>	~0.23 兆円	0.06~ 兆円	~0.26 兆円	5.39 ~6.70 兆円
II. 配電対策+系 統側蓄電池	0.04 ~0.14 兆円	0.44 兆円	—	3.59 兆円	0.23 兆円	0.06 兆円	~0.26 兆円	4.61 ~4.72 兆円
III. 配電対策+系 統側蓄電池+ 揚水発電	0.04 ~0.14 兆円	0.44 兆円	—	3.60 兆円	0.23 兆円	0.06 兆円	~0.26 兆円	4.62 ~4.73 兆円

(長期割引率3%で2008年現在価値換した。四捨五入により総額が一致しない場合がある。)

※1 年末年始及びGW期間中における出力抑制による発電電力量の減少分を2%と仮定すると、総抑制量は約59.5億kWh(太陽光発電協会試算)となり、当該抑制量を基に機会損失コストを試算すると約842億円となる。

※2 火力発電による調整運転及び蓄電池の充放電ロス・揚水ロスに係るコストは、2030年度における対策量約70億kWh及び約20億kWh(ともに電事連試算)を基に試算した。また、太陽光出力の把握に係るコストについては、5,300万kW導入時の対策費用4,000億円(電事連試算)を基に試算した。

※3 各シナリオにおいては、出力抑制、需要家側蓄電池など幅をもって試算している項目もあるが、以後のコスト負担の試算においては各シナリオにおける最大額(6.70兆円、4.72兆円、4.73兆円)を用いる。

※4 シナリオIでは、実際には配電対策、系統側蓄電池・揚水発電が必要となる可能性もある。

なお、追加発生コストではないが、太陽光発電の導入に伴う自家消費の増加により、既存設備に係るkWh当たりの固定費負担額が導入しない場合に比べて相対的に増加する。

(出所)「低炭素電力供給システムに関する研究会」資料

長期エネルギー需給見通しにおける対策(2020年)  
90年比8%削減、05年比14%削減

コスト(09~20)

90年比25%削減するための対策

追加コスト

住宅太陽光

太陽光パネルを現状の約10倍まで導入(新築持家住宅の約7割に導入)  
○05年は戸建住宅32万戸。これを320万戸まで導入することを想定。



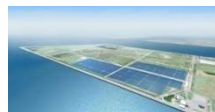
9兆円

戸建て住宅への太陽光発電の設置を法的に義務づけ、新築住宅には全て、既築住宅には毎年約140万戸(ほぼ静岡県<sup>の</sup>全住宅戸数に相当)に設置し、全戸建て住宅(ストック)の約7割まで導入  
(太陽光パネルを現状の約55倍まで導入)

+104兆円

産業用・公共用太陽光  
(メガソーラー等)

工場・公共施設等大型建築物に、現状の約10倍まで導入



工場、公共施設への太陽光パネル設置を法的に義務化し、国内の主な工場、主な公共施設(病院、学校、庁舎等)に設置した上、1万kW級メガソーラー3000基建設

(現状約30万kW→20年約4000万kW)

風力発電

現状の約5倍(約5000基(約200万kL))まで導入(山手線内の面積約8コ分)  
○現状は、約1100基(44万kL)



1兆円

現状の約9倍(10000基(約400万kL))まで導入(山手線内の面積約10コ分)  
○設置可能面積を超過

+3兆円

次世代自動車

・次世代自動車\*が新車販売の約50%、保有台数の20%まで普及  
・自動車の燃費を保有ベースで約15%改善  
※次世代自動車  
ハイブリッド車、プラグインハイブリッド車、電気自動車、燃料電池車、CNG車、クリーンディーゼル車



12兆円

次世代自動車が新車販売の全て、保有台数の43%まで普及。

+15兆円

原子力発電

2020年までに原子力発電所9基の新たな運転開始を想定(現状55基)。



原子力発電所の稼働率は約81%想定(現状約60%)。

原子力発電が追加的に約1.5基分必要。  
※原子力発電所は立地申入れから運転開始まで概ね20年以上かかる。

原子力発電所の稼働率を約85%とする(稼働率約4%向上でCO2▲1%)  
※稼働率は天災等などの変動要因がある。

# 90年比25%削減するために追加的に必要な対策と費用②

長期エネルギー需給見通しにおける対策(2020年) 90年比8%削減、05年比14%削減		コスト(09~20)	90年比25%削減するための対策(※)	追加コスト
省エネ住宅	2020年には、最も厳しい基準(平成11年基準)を満たす新築が8割程度となる(現状3割)。 	5兆円	新築住宅は全て最も厳しい基準を満たさなければならないことを法的に義務づけ、 <b>全ての新築住宅を最も厳しい基準の省エネ住宅とする。</b> さらに、 <b>既築住宅の約8割を占める平成4年基準未達の住宅(3700万軒)を全て平成4年基準に改築する。</b>	+28兆円
省エネ建築物	2020年には、最も厳しい基準(平成11年基準)を満たす新築が8~9割程度となる(現状6割)。	2兆円	国内の建築物は全て最も厳しい基準を満たさなければならないことを <b>法的に義務化し</b> 、新築、既築を含め、 <b>国内の全ての建築物が最も厳しい基準を達成する。</b>	+31兆円
高効率給湯器等	2020年までに、高効率給湯器(ヒートポンプ、潜熱回収型)、コジェネ(含燃料電池)を約70万台(05年)から約2800万台まで普及させる(全世帯の約55%)。 	4兆円	国民に対し、 <b>法的な規制</b> により、まだ使えるものも含め、 <b>強制的に買換え</b> させることにより、2020年までに <b>全世帯の約9割</b> の約4430万台まで普及させる。	+2兆円

## まとめ

長期エネルギー需給見通しにおける対策(2020年)  
90年比8%削減、05年比14%削減

实用段階にある最先端の技術で、高コストであるが、省エネ性能の格段の向上が見込まれる機器・設備について、**国民や企業に対して更新を法的に強制する一歩手前のギリギリの政策**を講じ、最大限普及させるケース

**約52兆円(GDPの1%)**

(長期エネルギー需給見通し(最大導入ケース)実現にかかるイニシャルコスト)  
(上記以外の各種対策の費用を含む)

90年比25%削減するための対策(2020)

少なくとも下記のような強権措置及びコストが必要。

- 国内の住宅、主な工場、主な公共施設への太陽光パネル設置の義務化。
- 次世代自動車以外の販売禁止。
- 省エネ住宅以外の販売禁止。全既築住宅、その他全建築物の改修義務づけ
- 高効率給湯器、コジェネへ買換えを強制...等

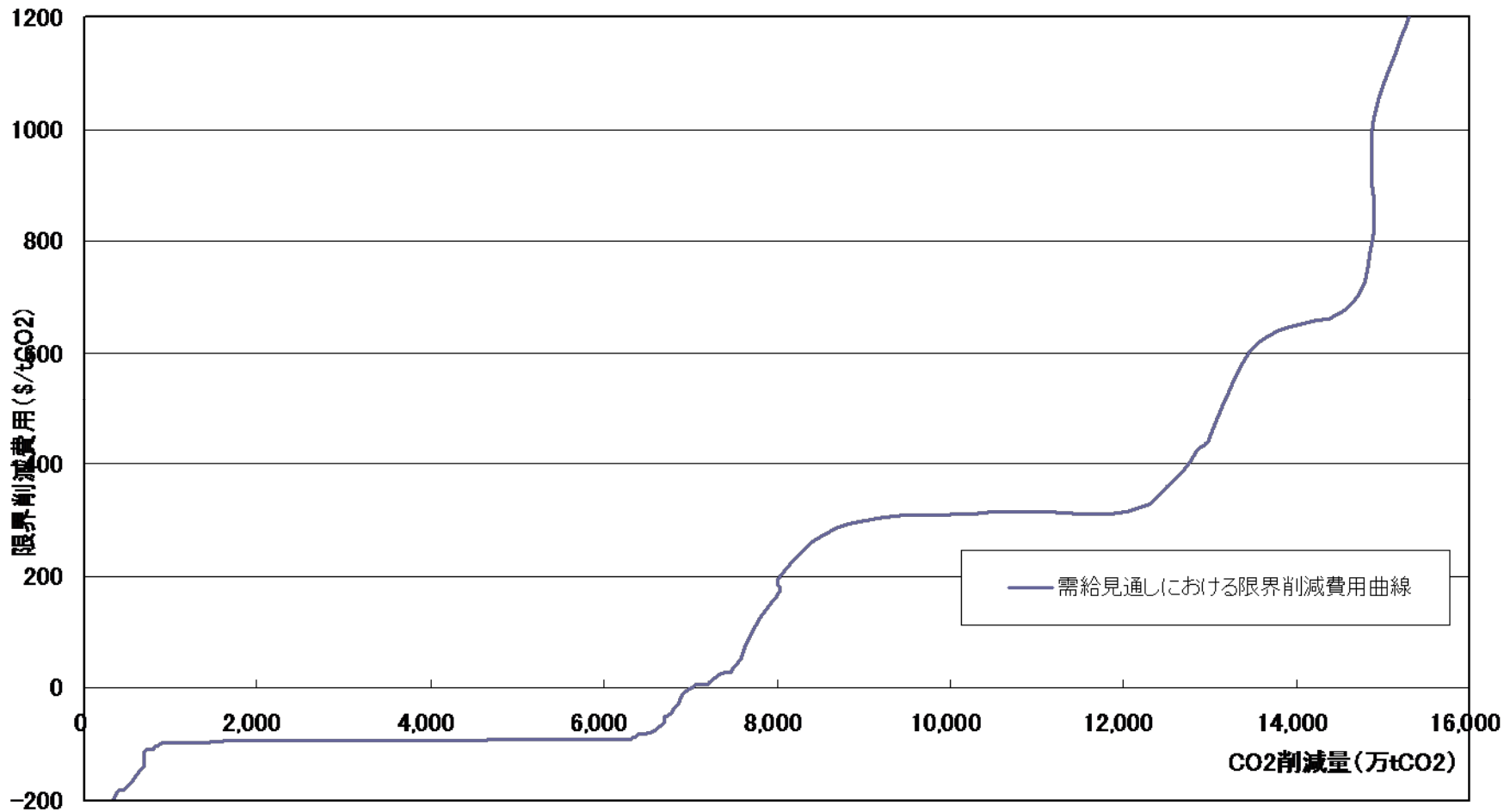
**約230兆円以上(GDPの4%)**  
(90年比▲18%(森林吸収3.8%含む)までのコスト)

▲25%削減のためには、さらに約150兆円(計380兆円)必要  
(製造業の年間活動量を平均約10%程度を削減することに相当)

※森林吸収90年比3.8%と仮定

図9 限界削減費用曲線

限界削減費用曲線



(出所)エネ研