

福島原発事故を踏まえた 2050 年までの日本の原子力シナリオに関する分析

小宮山涼一*・鈴木研悟**・永富悠**・松尾雄司***・末広茂****

要旨

本稿では、福島原子力発電事故を踏まえた原子力の長期シナリオの下、2050年までの日本の長期エネルギー需給見通しを計算した。エネルギー基本計画に基づき原子力の導入が継続的に実施される場合、2050年の総発電量に占める原子力比率は約5割に達するが、原子力の導入が長期的に停滞した場合、その比率は4割程度(42%)、もしくは、2割以下(16%)へ低下する可能性がある。その結果、CO₂排出削減措置を講じない場合、原子力導入の長期的停滞は、主に石炭火力の増加を促し、エネルギー基本計画に基づき原子力導入が進む場合に比較して、石炭消費が約2300万トン～9000万トン増加し、CO₂排出量も約6000万トン～約2.5億トン増加する。一方、2050年のCO₂排出量を2005年比で約6割削減する場合、原子力の導入停滞は天然ガス火力の増加をもたらし、エネルギー基本計画に基づき原子力導入が進む場合に比較して、天然ガス消費が約2500万～6500万LNG換算トン増加する。この場合さらに、発電部門でCO₂回収・貯留技術の導入が拡大する。また、原子力の導入停滞は、CO₂削減に必要なコスト(CO₂限界削減コスト)を上昇させることが分かった。原子力の導入が長期的に停滞する場合、CO₂削減を経済合理的に国内対策のみで実施するためには、燃料転換、再生可能エネルギー導入、CO₂回収・貯留技術等の導入拡大など、複合的な対策を一層強化する必要がある。

1. はじめに

東日本大震災、ならびに福島原子力発電事故を受けて、日本の原子力発電を取り巻くエネルギー情勢は、その将来ビジョンを描く上での不確実性が高まりつつあるという意味において、大きな変化に晒されている。そのため、想定される各種の原子力ビジョンの下での日本の長期エネルギー需給見通しを再構築することが大変重要な課題であると考えられる。一方、温室効果ガスの削減に関して、2050年の超長期目標に向けた関心が世界的に高まりつつある。2007年のG8サミット等の国際的な政治的対話の場をはじめとして、長期的な地球の平均気温上昇を持続可能な範囲内に抑制するために、2050年までに世界の温室効果ガス排出量を現状比で半減することが、国際的な目標として掲げられるようになった。この中で現在、世界のCO₂排出量の4%¹⁾を占める日本も、2050年までにCO₂排出量を現状比で60%から80%削減することを目標として²⁾、様々な低炭素技術を普及拡大することが重要であるとの認識が広まりつつある。しかし、日本の2050年までの経済、エネルギーを総合的に考慮したエネルギー需給の分析例は少なく、とくに福島原子力事故を受けて温室効果ガス排出削減の中核的技術とみられていた原子力の不確実性が高まる中、効果的なエネルギー政策を立案する上で、日本の長期エネルギー需給見通しの作成が、大変重要であると考えられる。

これまで、経済産業省の長期エネルギー需給見通し³⁾では、計量経済モデルによるトップダウン的手法によりエネルギー需給を分析しており、過去の社会経済指標とエネルギー指標の回帰分析をベースにしたモデルであり、中期的なエネルギー需給を行う上で適したモデルであるが、コストに基づく内生的な技術導入量の決定やCO₂削減費用等の経済的計算ができない欠点がある。佐藤ら^{4) 5) 6)}による分析では、コスト最適化型技術評価モデル(MARKAL)を用いて、革新的技術の導入量、エネルギー消費量を決定している。本モデルの特徴は、工学的データに基づいた詳細な技術のモデル化により、供給サイドでの革新的技術をボトムアップで分析できる点にある。本モデルは、有効エネルギー需要(エネルギーサービス需要)を、想定したシナリオの下で外生的に与えているが、

* (財)日本エネルギー経済研究所 客員研究員 (東京大学 大学院工学系研究科 助教)

** (財)日本エネルギー経済研究所 計量分析ユニット 需給分析・予測グループ 研究員

*** (財)日本エネルギー経済研究所 戦略研究ユニット 原子力グループ 兼 計量分析ユニット 需給分析・予測グループ 主任研究員

**** (財)日本エネルギー経済研究所 計量分析ユニット 需給分析・予測グループ グループマネージャー

当該需要は経済指標と密接に連動するため、経済指標との相関関係を明示的に考慮に入れて設定する必要がある。

そこで本稿では、上述したモデルを統合的に活用して、日本の2050年までのエネルギー需給分析の枠組みを新たに構築し、各種の原子力長期シナリオの下で、技術の普及とエネルギー需給を分析する。

2. モデルの構造

本稿で作成したモデルはトップダウン型の計量経済型モデルと、ボトムアップ型のコスト最小化型技術評価モデルを組合せた統合型エネルギー経済モデルである。トップダウン型の計量経済型モデルは、日本エネルギー経済研究所が開発した文献⁷⁾のモデルを部分的に用いる。コスト最小化型技術評価モデルのベースは、日本原子力研究所(現在、独立行政法人日本原子力研究開発機構)により開発された日本版MARKALモデルである⁴⁾⁵⁾⁶⁾。本稿では、両モデルを統合的に利用することで、2050年までの日本のエネルギー需給シナリオを計算する。

2-1 MARKALモデルの概要

MARKALモデルでは、一国のエネルギーシステムが線形計画法によりモデル化されており、長期にわたるエネルギー需給とエネルギー技術の経済合理的な導入規模が決定される。予測期間は、2000年から2050年、1期5年とした計11時点进行分析可能である。目的関数は、同期間における割引後のシステム総コスト(割引率3%)であり、制約式として、資源量制約、エネルギー需給バランス制約等を考慮している。エネルギーサービス需要を所与として、エネルギーを生産、輸出入、転換、輸送、消費する技術の導入規模や、システム内のエネルギー需給バランスが、コスト、資源制約、CO₂排出量制約等を通じて、最適決定される。MARKALモデルで想定した技術やエネルギー需要の概要を以下に示す。

図2-1 MARKALモデルのエネルギーフロー

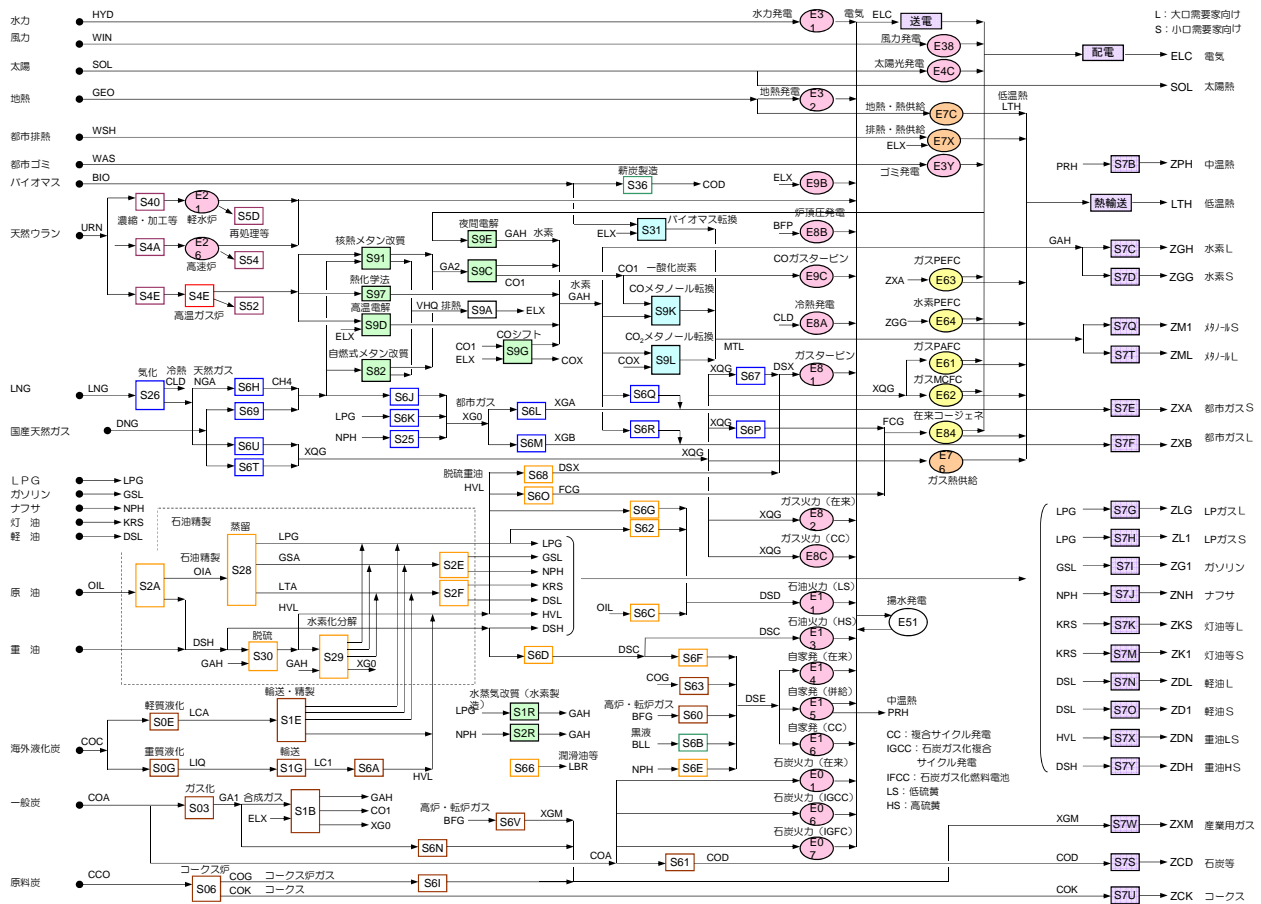
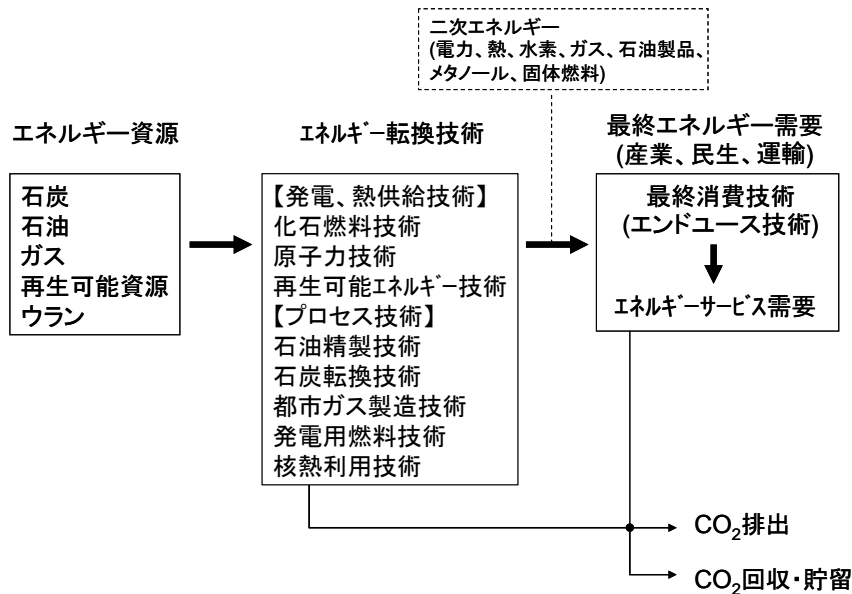


図 2-1 が MARKAL モデルのエネルギーフロー、図 2-2 が簡略化した MARKAL モデルのエネルギーフローである。供給サイドの技術(発電部門等)のコスト、ならびに、需要サイドの技術(クリーンエネルギー自動車、民生機器)のコストを同時に考慮した上で、一国の最適なエネルギー需給を決定できる。また、エネルギー転換、最終消費において発生する CO₂ の回収、貯留も考慮している。二次エネルギーは、電力、熱、水素、ガス、石油製品、メタノール、固体燃料等を想定している。

図2-2 MARKAL モデルのエネルギーフロー(簡略版)



(a) 一次エネルギー資源

石炭、原油、LNG、ウラン、太陽エネルギー、地熱、水力、風力、都市ごみ、バイオマス、パルプ黒液、廃油

(b) 二次エネルギー

電力、熱、太陽熱、水素、都市ガス、LPG、ガソリン、ナフサ、灯油、軽油、重油、石炭、コークス

(c) 有効エネルギー需要

産業部門(粗鋼、セメント、パルプ、紙・板紙等)、業務部門(動力、暖房、給湯、冷房)、家庭部門(動力、暖房、給湯、冷房)、旅客輸送部門(鉄道、乗用車、バス、航空、船舶)、貨物(鉄道、トラック、航空、船舶)、国際旅客(航空)、国際貨物(航空、船舶)

(d) 発電技術

石炭火力(在来、IGCC、MCFC)、石油火力(低硫黄、高硫黄、産業自家発、産業熱併給、複合サイクル)、LNG 火力、LNG 複合、原子力(軽水炉、高速増殖炉)、水力、地熱、風力、太陽光、燃料電池(PAFC、PEFC、MCFC)、コージェネ

(e) エネルギー転換技術

石炭転換プロセス、石油精製プロセス、都市ガスプロセス、核燃料サイクルシステム、熱供給システム

(f) エネルギー需要技術

鉄鋼(粗鋼生産、圧延、鋳造)、セメント(動力、加熱)、紙・パルプ(動力、加熱)、化学(動力、ボイラ、加熱、燃料)、ガラス(動力、加熱)、業務(動力・照明、暖房、給湯・厨房、空調・冷房)、家庭(動力・照明、暖房、給湯・厨房、空調・冷房)、旅客輸送(鉄道、乗用車、バス、航空機、船舶)、貨物輸送(鉄道、トラック、航空機、船舶)

(g) その他

CO₂ 回収・貯留技術

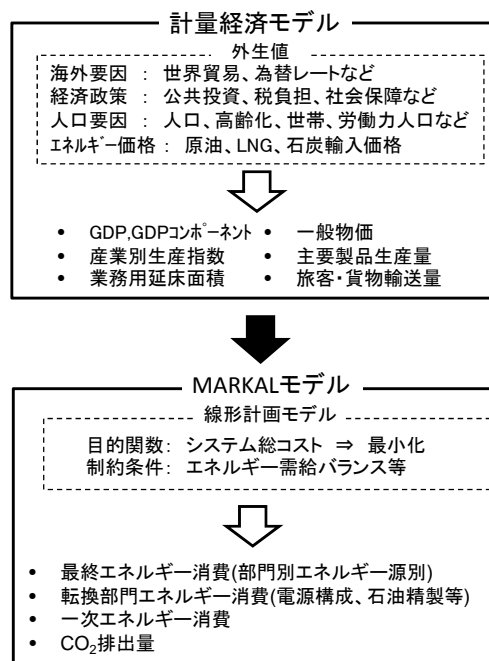
2-2 エネルギー需給の推計方法

トップダウン型の計量経済型モデルとボトムアップ型の MARKAL モデルを用いて、2050 年までのエネルギー需給構造を決定する。

計量経済型モデルでは、世界貿易等の海外要因、公共投資等の経済政策、世帯数等の人口要因、原油価格等のエネルギー価格を前提条件として、産業別生産指数、主要製品生産量、業務用延床面積、旅客・貨物輸送量等のエネルギー需給に大きな影響を及ぼす経済指標(エネルギーサービス需要)を計量経済的手法を用いて将来推計を実施する。

計量経済型モデルを用いて推計したエネルギーサービス需要を、MARKAL モデルの前提条件として用い、MARKAL モデルでの最適化計算により、2050 年までの最終エネルギー消費、転換部門のエネルギー消費、一次エネルギー消費、CO₂ 排出量を統合的に計算する(図 2-3)。ただし、本稿では、エネルギー設備の新設等を通じた新たな固定資本形成が経済成長に与える影響を、MARKAL モデルから計量経済モデルへフィードバックしていない点に留意する必要がある。

図2-3 統合型エネルギー経済モデル



2-3 諸前提とケース設定

2-3-1 諸前提

将来の経済社会構造を見通す上で大前提となる日本の総人口は、長期的に減少する。人口推計は厚生労働省人口問題研究所の中位推計を用いている。1 人当たりの消費額が一定ならば、人口減によって財・サービスの需要が減少し、また労働生産性が一定ならば財・サービスの供給が減少する。しかし、技術進展などにより労働生産性が上昇し、1 人当たりの所得が増えれば、1 人当たりの消費額も増加し得る。本稿では、2050 年までの日本経済は、人口減少下でも緩やかな経済成長が見込まれると想定している。経済成長の年平均伸び率の想定に関しては、2005 年～2020 年 1.5%、2020 年～2050 年 0.9%として設定する。労働人口の継続的減少が潜在成長率を押し下げるが、技術進歩の向上により、緩やかな経済成長を見込んでいる。緩やかな経済成長、人口減少を受けて、一人当たり GDP は着実に増加し、2005 年から 2050 年までの年平均伸び率は 1.7%となる。MARKAL モデルで

の目的関数に用いる割引率は 2050 年までを通じて 3%として想定する。

また、本稿では MARKAL モデルにおいて想定する原子力発電設備容量の見通しに関しては、外生的に設定する。ただし、原子力の見通しには不確実性が大きいと、次項での説明の通り、日本の原子力の見通しにいくつかのシナリオを設定し、日本のエネルギー需給に与える影響を感度分析する。

エネルギー輸入価格(2005 年実質 CIF 価格)の想定に関しては、IEA の見通しを参照し、2035 年以降 2050 年までの見通しに関しては一定とする。原油輸入価格(名目価格)は 2008 年の 93\$/bbl から 2050 年に 302\$/bbl、LNG 輸入価格は 2008 年約 66,000 円/トンから 2050 年には約 240,000 円/トン、一般炭輸入価格は 2008 年約 14,000 円/トンから 2050 年に約 23,000 円/トンに上昇すると想定した。米国の金融危機に端を発した世界的不況により世界の石油需要は短期的に伸びが鈍化したが、今後長期的には途上国を中心に需要は増大し、一方で既存油田の減退率上昇等の制約条件が顕在化する中で、相対的に生産コストの高い中小規模油田や深海油田等へのシフトが見込まれ、これに伴い原油価格は上昇傾向に向うと考えられる。LNG 輸入価格は、JCC(Japan Crude Cocktail)と呼ばれる原油輸入価格とリンクした価格決定方式に従うと仮定し、原油価格と同率で上昇すると想定した。一般炭価格は、過去のトレンドを見ると原油価格に比較してその価格上昇率は低い。一般炭輸送用のバンカー油の価格上昇等の影響も考えられるが、緩やかな価格上昇を想定する。

2-3-2 ケース設定

本稿では CO₂ 排出量に関する上限制約、ならびに、原子力発電の見通しに関してケース設定を行う(表 2-1)。

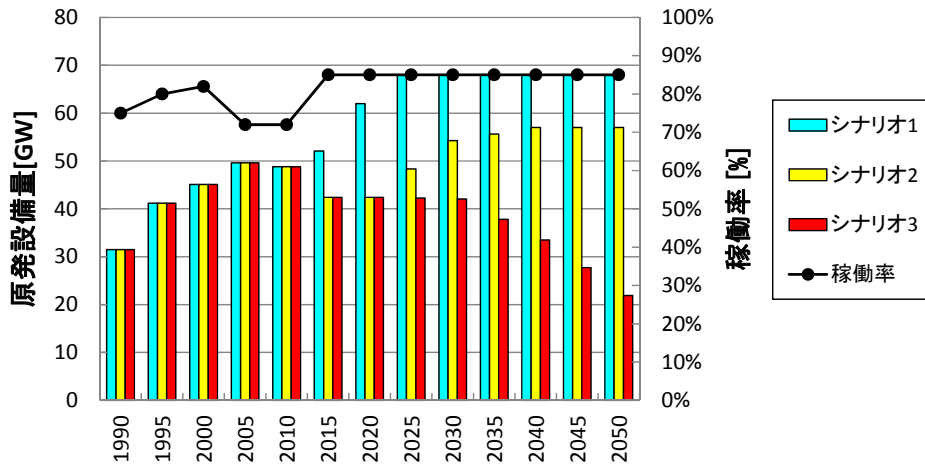
CO₂ 排出制約に関しては、CO₂ 排出上限制約を設定しないケース、CO₂ 排出上限制約を設定するケースの 2 ケースを想定する。後者の制約に関しては、2030 年の排出量上限を、エネルギー基本計画を参考として、1990 年排出量比 30%削減、2050 年の排出量上限を同じく 1990 年比で 60%削減するように制約を設定する。

原子力発電の見通しに関しては、3 つのシナリオを想定する(表 2-1、図 2-4)。「シナリオ 1」では、経済産業省のエネルギー基本計画に従い、敦賀 1 号機(36 万 kW)の廃炉を考慮した上で、2030 年までに 14 基が新規建設されると想定する。「シナリオ 2」では、福島第一原発の廃炉(470 万 kW)を考慮した上で、10 年経過後の福島第二原発の運転再開、ならびに、関東圏の電気事業者が関与する計画を除いた新規原発建設計画が予定通り進展すると想定する。「シナリオ 3」では、福島第一原発の廃炉と福島第二原発の廃炉(計 910 万 kW)を考慮した上で、関東圏の電気事業者が関与する東通原子力発電所を除く着工済みの新規原発建設計画のみ、予定通り進展すると想定する。また同シナリオでは、運転期間が 60 年を超える原発は運転を随時停止すると想定する。

表2-1 ケース設定

CO ₂ 制約のシナリオ設定	備考
CO ₂ 制約なし	CO ₂ 排出上限制約なし
CO ₂ 制約あり	2030 年: 1990 年比 30%削減、2050 年: 1990 年比 60%削減
原子力のシナリオ設定	備考
シナリオ 1	2030 年までに 14 基が新規建設(エネルギー基本計画の原子力開発に相当) : 2009 年 49GW、2035 年 68GW、2050 年 68GW
シナリオ 2	福島第一廃炉、10 年経過後に福島第二運転再開、関東圏事業者の計画除く原発は新規建設 : 2009 年 49GW、2035 年 56GW、2050 年 57GW
シナリオ 3	福島第一・第二廃炉、関東圏事業者の東通原発除く着工済み原発のみ新規建設、運転期間 60 年 : 2009 年 49GW、2035 年 38GW、2050 年 22GW

図2-4 原子力シナリオの想定



3. 計算結果

3-1 エネルギーサービス需要

本稿で作成したモデルはトップダウン型の計量経済型モデルとボトムアップ型の技術評価モデルを組合せた統合型エネルギー経済モデルである。産業部門でのエネルギー需要は、生産活動と密接に相関する。また、業種毎にエネルギー消費構造が異なるため、業種毎の生産動向を見通す必要がある。とりわけ、エネルギー多消費型産業である素材系製品（粗鋼、セメント、エチレン、紙・板紙）の生産動向は重要である（図3-1～図3-5）。

図3-1 エネルギーサービス需要(産業部門)

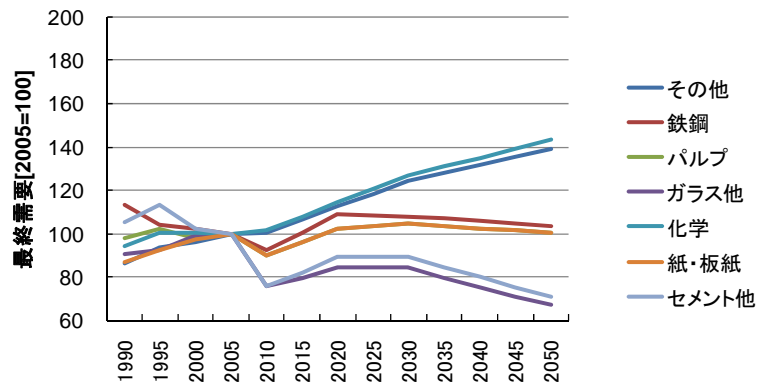


図3-2 エネルギーサービス需要(業務部門)

図3-3 エネルギーサービス需要(家庭部門)

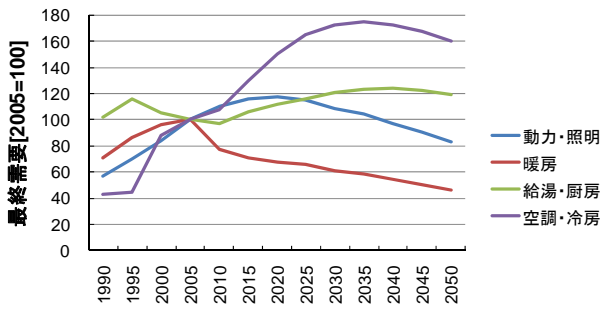


図3-4 エネルギーサービス需要(旅客部門)

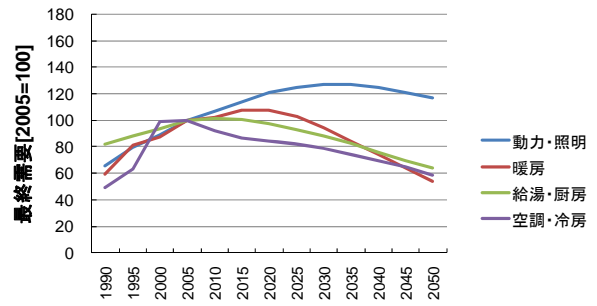
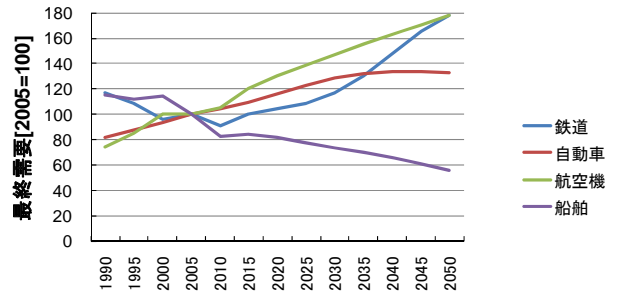
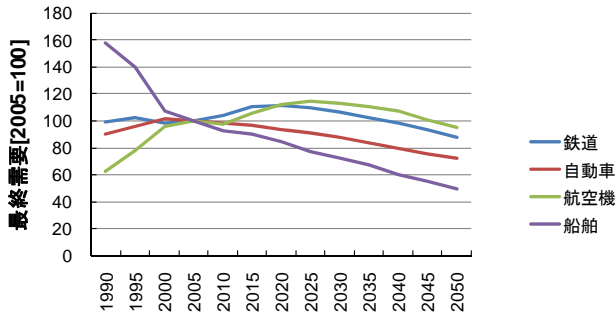


図3-5 エネルギーサービス需要(貨物部門)



素材系製品の生産量は、人口減を背景とした社会資本設備や住宅・事務所ビルの飽和など、土木・建設需要の頭打ちにより、概して減少傾向で推移する。既に減産が続いているセメント生産は、今後も公共投資の抑制などによって官公需が大きく減少、下支えしていたマンション、オフィスビルなど民需も徐々に減少していくと見られる。粗鋼生産でも建設用鋼材などの需要が落ち込み、さらに中国国内での粗鋼生産能力の拡大によって、出荷の3割強を占める海外需要の減少も見込まれる。逆に中国産の汎用鋼材が日本国内に流入してくる可能性もある。石油化学製品は、中国、中東諸国などで相次ぐエチレンプラントの新規稼働により、出荷の3割程度を占める海外需要の減少が見込まれる。また、国内需要もリサイクル製品の増加や半加工製品の輸入増などにより微減で推移すると見られる。石油化学製品の基幹原料であるエチレンの生産は長期的に減少すると見込まれる。

業務部門には、事務所ビルや商業ビルのほか、学校や病院なども含まれ、業務活動は多岐にわたる。業務部門における活動指標としては、商業販売額や第3次産業活動指数などの統計があるが、これまでの統計的検証から業務部門のエネルギー需要は業務用床面積との相関が高いことが分かっている。業務用床面積は経済のサービス化の進展とともに、これまではGDPの伸び以上に増加してきた。今後も床面積は増加することが見込まれるが、人口の減少などにより伸びは鈍化し、これに伴い、業務部門の各種サービス需要の伸びも長期的に飽和する。家庭部門も人口、世帯数の減少に伴い、同じく、各種サービス需要の伸びも軟調に推移する。

運輸部門のエネルギー需要を見通す上で重要な活動指標は、旅客輸送需要(人キロ)及び貨物輸送需要(トンキロ)である。旅客輸送需要は、これまで自家用乗用車の保有台数の増加とともに増加してきた。しかし、足元は保有台数の増加ほど旅客輸送量は増加していない。これは、保有増加の主体が世帯のセカンドカーとなっており、台当たりの走行距離が短く、また乗車人数も少なくなっていることを反映している。さらに、景気の低迷や人口の頭打ちにより、最近の旅客輸送量はほぼ横ばいとなっている。今後は、人口の減少や自動車保有台数も頭打ちとなることから、長期的に減少基調で推移する。生産活動と密接な関係にある貨物輸送需要は、生産活動が今後も増加するものの、製造業の軽薄短小化、経済のサービス化等により長期的に軟調に推移する。とりわけ、粗鋼、セメントなどの素材系生産の減少により、海上輸送(内航船舶)は減少する。サービスの付加価値化(宅配、保冷輸送など)に伴い、トラック輸送は2020年ごろまでは増加傾向を示す。

3-2 一次エネルギー供給

CO2 排出制約の無い場合、シナリオ1における一次エネルギー消費量は2050年にかけて徐々に減少し、2050

年の一次エネルギー消費量は、2005 年比で石油換算 1.4 億トン(28%)減少し、同 3.6 億トンとなる(図 3-6)。エネルギー源別に見ると、原油価格、LNG 価格の上昇を反映して、石油と天然ガスの比率が減少する一方、石炭と原子力の比率が上昇する。現在、最も重要な燃料源である石油の比率は 2005 年の 45%から 2050 年には 22%へ減少する。原子力の新規建設数が減少するシナリオ 2、シナリオ 3 とシナリオ 1 を比較すると、後述する電源構成の変化に対応して、原子力は主に石炭により代替される。

図3-6 一次エネルギー供給

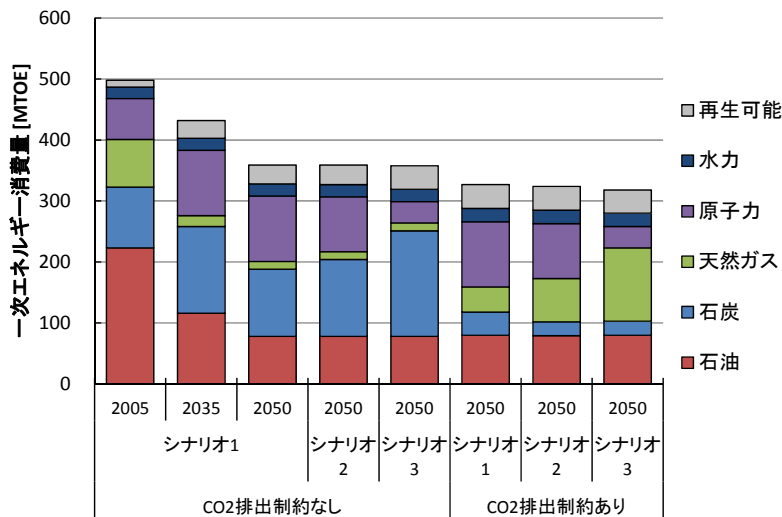
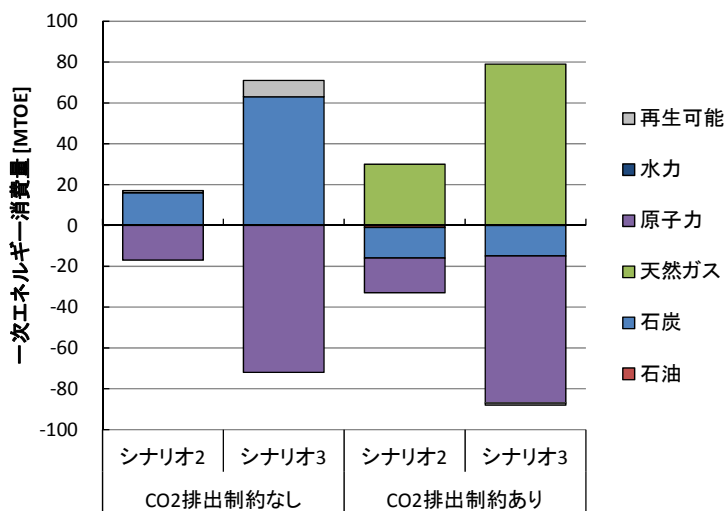


図3-7 「シナリオ 1」を基準とした一次供給の変化(2050 年)



CO2 排出制約がある場合、2050 年のシナリオ 1 の一次エネルギー消費は、CO2 排出制約の無い場合に比較して、約 1 割省エネされる。エネルギー源別構成比率では、CO2 排出制約が無い場合に比較して、石炭や石油の比率が減少する一方、天然ガス、再生可能エネルギーの比率が増加する。石炭の比率は 2005 年の 20%から、2050 年には CO2 制約のあるシナリオ 1 で 12%まで大きく減少する。非化石エネルギーの比率は 2005 年の 19%から 2050 年には CO2 制約の無いシナリオ 1 で 44%、CO2 制約ケースでは 51%まで上昇する。

シナリオ 1 を基準とした 2050 年の一次エネルギー供給の変化量を見ると(図 3-7)、CO2 排出制約のない場合、シナリオ 3 では原子力の導入減少に伴い(原発約 46GW 減少)、石炭消費量が約 9000 万石炭換算トン(6300 万石油換算トン)増加し(2009 年の石炭輸入量: 1.6 億トン)、シナリオ 2 では(原発約 11GW 減少)石炭消費量が約 2300 万石炭換算トン増加する。同じく CO2 排出制約のある場合、シナリオ 3 では、天然ガス消費量が約 6500 万 LNG 換算トン(7900 万石油換算トン)増加し(2009 年の LNG 輸入量: 6600 万トン)、シナリオ 2 では天然ガス消費量が約 2500 万 LNG 換算トン増加する。

CO2 排出制約のない場合、シナリオ 3 では(原発約 46GW 減少)、石炭消費量が約 9000 万石炭換算トン増加し、シナリオ 2(原発約 11GW 減少)では約 2300 万石炭換算トン増加するが、CO2 排出量で見ると、それぞれ約 2.5 億トン、6000 万トン増加することに相当する(2009 年の排出量: 約 10 億トン)。同じく CO2 排出制約のある場合、シナリオ 3 では、天然ガス消費量が約 6500 万 LNG 換算トン増加し、シナリオ 2 では約 2500 万 LNG 換算トン増加するが、CO2 排出量で見ると、それぞれ約 1.9 億トン、7000 万トン増加することに相当する。

3-3 最終エネルギー消費

CO2 排出制約の無い場合、シナリオ 1 における最終エネルギー消費量は 2050 年にかけて減少し、2050 年の同消費量は、2005 年比で 34%減少し、2.2 億トンとなる(図 3-8)。部門別にみると、旅客部門や産業部門において減少する。CO2 排出制約ケースでは、2050 年のシナリオ 1 の最終エネルギー消費合計は、CO2 排出制約の無い場合に比較して約 1 割省エネが進み、産業部門、家庭部門、業務部門、旅客部門で主に省エネが進む。運輸部門では CO2 制約ケースで、自動車の普及の中心が、内燃機関自動車から電気自動車へシフトする。

図3-8 最終エネルギー消費(部門別)

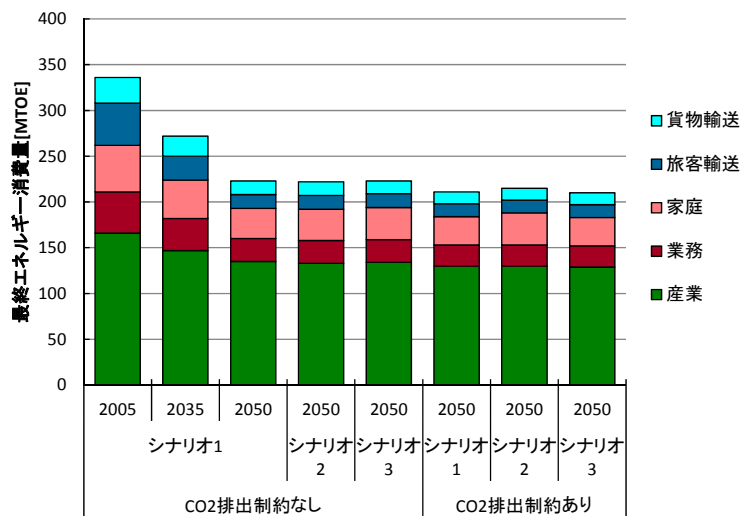
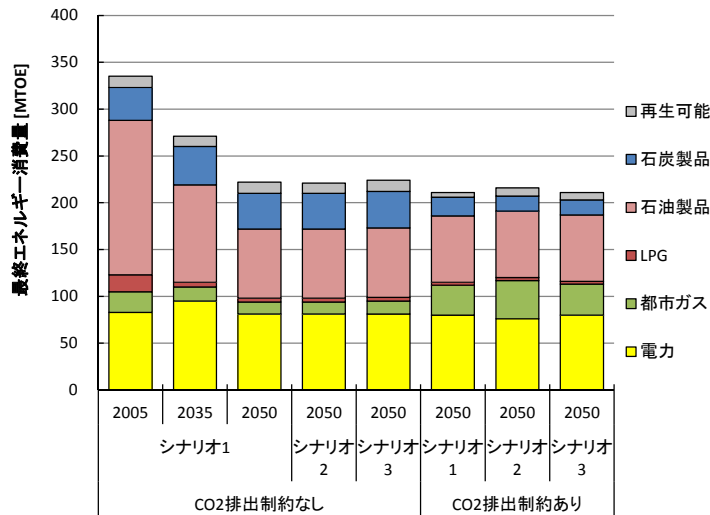


図3-9 最終エネルギー消費(エネルギー源別)



最終エネルギー消費をエネルギー源別にみると(図 3-9)、CO₂ 排出制約の無い場合、シナリオ 1 では、電力消費の比率が増加し、その構成比率は 2005 年の 25%から 2050 年には 36%へ拡大する。一方、石油消費量が減少し、構成比率は 2005 年の 49%から 2050 年には 33%へ減少する。CO₂ 制約がある場合のシナリオ 1 における 2050 年の構成比率をみると、CO₂ 制約が無い場合に比較して、電力消費の比率が 36%から 38%へ増加する。

3-4 電源構成

CO₂ 排出制約の無い場合、シナリオ 1 の発電量の内訳は、ガス火力の比率が減少する一方、石炭火力、原子力、再生可能エネルギーの比率が徐々に拡大する(図 3-10)。原子力の新規建設数が減少するシナリオ 2、シナリオ 3 とシナリオ 1 を比較すると、原子力は主に石炭火力により代替される(図 3-11)。原子力比率は 2005 年の 31%から、2050 年にはシナリオ 1 で 49%まで増加するが、シナリオ 2 で 42%、シナリオ 3 で 16%まで低下する。

図3-10 発電量構成

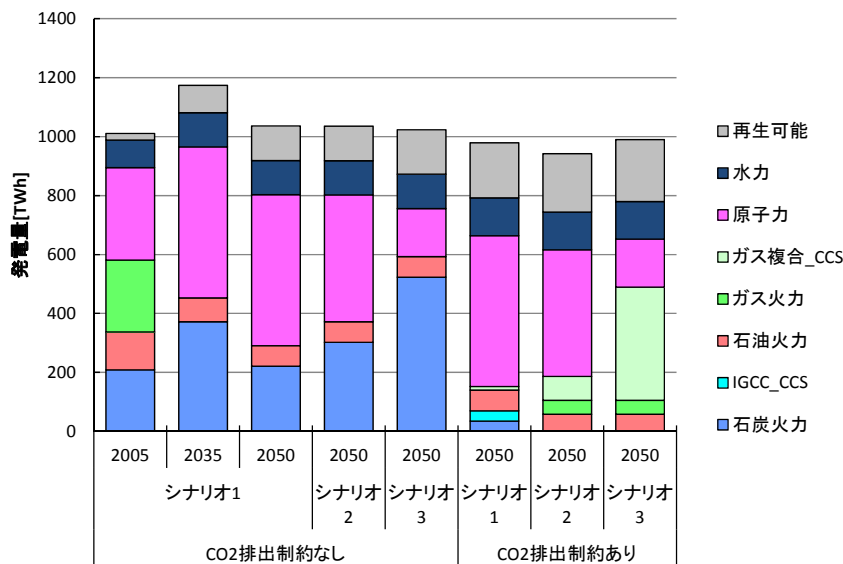
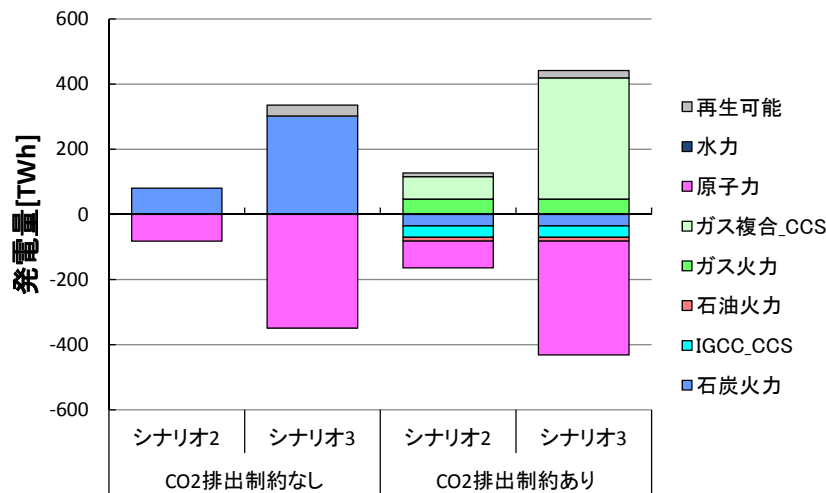


図3-11 「シナリオ1」を基準とした発電量の変化(2050年)



CO2 排出制約がある場合、シナリオ1では、CO2 排出制約の無い場合に比較して、主に再生可能エネルギーの比率が拡大する。シナリオ2、シナリオ3とシナリオ1を比較すると、原子力は主にガス火力+CCSを中心に、再生可能エネルギー、IGCC+CCSにより代替される。CO2 排出制約がある場合、2050年の原子力比率は、シナリオ1で52%、シナリオ2で46%、シナリオ3で16%となる。

3-5 CO2 排出量

CO2 排出制約が無いシナリオ1では、2050年にかけて、CO2 排出量が減少する(図3-12)。2050年のCO2 排出量において、原子力の新規建設数が減少するシナリオ2、シナリオ3とシナリオ1を比較すると、原子力の減少は石炭火力により代替されることからCO2 排出が増加する。2050年の排出量を見ると、シナリオ1に比較して、シナリオ2で約6000万トン、シナリオ3で約2.5億トン増加する。また、2050年のCO2 排出量は、シナリオ1で2005年比44%減少、シナリオ2で39%減少、シナリオ3で25%減少となる。

CO2 排出制約がある場合、シナリオ1では、火力発電の高効率化や、再生可能エネルギー、CO2 回収貯留技術の導入が進み、電力部門の排出量が大きく減少する。旅客運輸部門では、クリーンエネルギー自動車の普及拡大に伴い、CO2 排出量は2005年比で約8割減少する。原子力の影響に関しては、2050年のCO2 排出量において、シナリオ3とシナリオ1を比較すると、原子力の減少により電力部門でCO2 排出量が増加するが、同時にCO2 回収・貯留技術(CCS)の進展により、CO2 排出量が安定化される。CCS 導入量は、シナリオ1で0.3億トン、シナリオ2で0.3億トン、シナリオ3で1.2億トンとなる。

図3-12 CO2 排出量

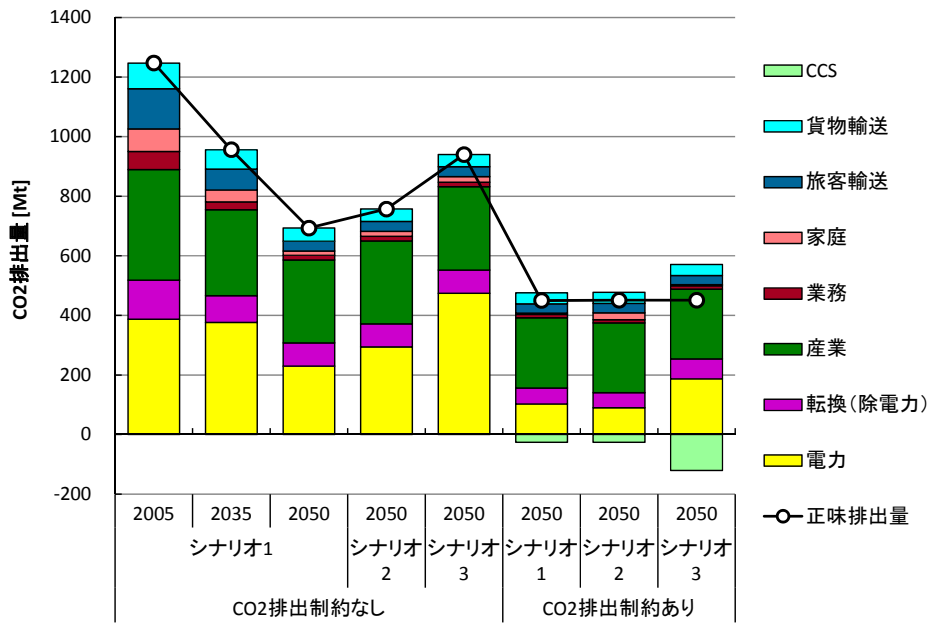


図3-13にシナリオ3におけるCO2排出削減量(CO2排出制約ありと制約なしでのCO2排出量の比較)の内訳を示す。シナリオ3では原発がほとんど新設されない結果、省エネ、燃料転換、CCSが一層進展し、2005年比で60%のCO2排出削減が達成される。2050年におけるCO2限界削減費用(2000年実質価格)は、CO2排出量を2005年比で60%削減する場合、シナリオ1でも約800\$/t-CO2に達し、原子力の導入が縮小するシナリオ2、シナリオ3では、基本計画に比較してCO2限界削減費用が約4割上昇し、約1200\$/t-CO2に達する傾向が見られた(図3-14)。

図3-13 CO2排出削減の内訳

(原子力:シナリオ3)

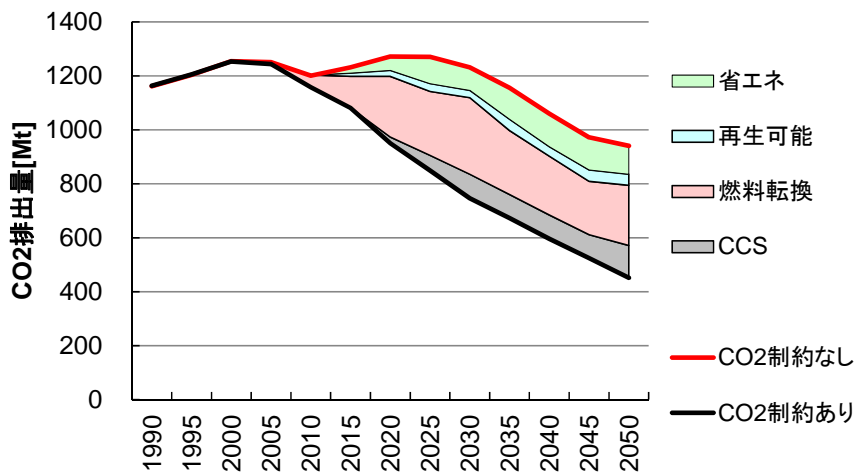
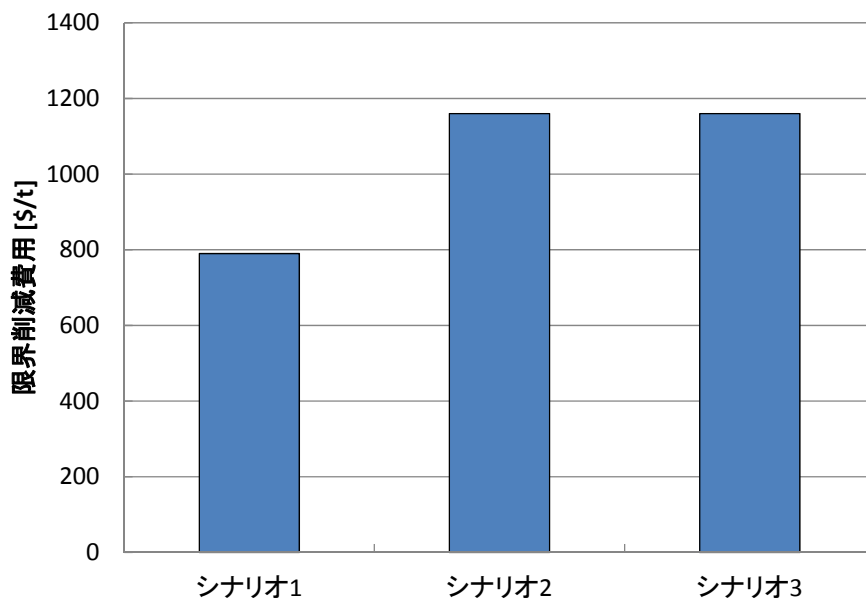


図3-14 CO2 限界削減費用(2050年)



4. まとめ

本稿では統合型エネルギー経済モデルにより原子力の各種シナリオの下で、2050年の日本のエネルギー需給見通しを作成した。その結果、CO₂ 排出制約の無い場合、発電量に占める原子力比率は2005年の31%から、2050年にはシナリオ1で49%まで増加するが、シナリオ2で42%、シナリオ3で16%まで低下する。この時、原子力の減少に伴い石炭火力等が増加するため、2050年のCO₂ 排出量を見ると、シナリオ1に比較して、シナリオ2で約6000万トン、シナリオ3で約2.5億トン増加する。CO₂ 排出制約がある場合、2050年の発電量に占める原子力比率は、シナリオ1で52%、シナリオ2で46%、シナリオ3で16%となる。この場合、原子力の減少に伴い、主にガス火力+CCSを中心に、再生可能エネルギー等が増加する結果となった。また、計算結果より、少数の技術によるCO₂の大幅削減ではなく、各技術の経済合理性、技術的制約、環境性でのメリット、デメリットを踏まえ、複数の技術を効率的に展開することが重要であるとの示唆が得られた。今後は、本稿で構築したエネルギー経済モデルを用いて、中国、インドなど、今後エネルギー需要の拡大が見込まれるアジア途上国を中心にエネルギー需給シナリオを作成する予定である。

参考文献

- 1) 日本エネルギー経済研究所 計量分析ユニット編; エネルギー・経済統計要覧 2011年版、省エネルギーセンター(2011)
- 2) 福田内閣総理大臣スピーチ「低炭素社会・日本」をめざして、平成20年6月9日。
(<http://www.kantei.go.jp/jp/hukudaspeech/2008/06/09speech.html>)
- 3) 経済産業省; 長期エネルギー需給見通し(再計算)について; <http://www.meti.go.jp/report/data/g90902aj.html>.
(アクセス日 2007.10.10)
- 4) 佐藤治、「我が国の長期エネルギー需給シナリオに関する検討」、JAREI-Research 2005-012、日本原子力研究所(2005)
- 5) 佐藤治、下田誠、立松研二、田所啓弘; 我が国における二酸化炭素削減戦略と原子力の役割、JAREI-Research 99-015、日本原子力研究所(1999)
- 6) 後藤純孝、佐藤治、田所啓弘; 我が国の長期エネルギーシステムのモデル化、JAREI-Research 99-046、日本原子力研究所(1999)
- 7) 柳澤明他; わが国の長期エネルギー需給展望—環境制約と変化するエネルギー市場の下での2030年までの見通し、(2008)、エネルギー・資源、29(6)、pp13-17.