

21 世紀のエネルギー需給構造における原子力の役割に関する研究 水素・電気時代の展望

A Study on the Role of Nuclear Energy in the Demand-Supply Structure
in the 21st Century
Towards the use of hydrogen and electricity energy -

守川 伸一 (Shinichi Morikawa)* 河波 潤 (Jun Kawanami)*

要約 石油、石炭などの化石燃料の大量消費により地球温暖化問題が引き起こされているといわれ、その抜本的な対策として燃焼時の生成物が水である水素に次世代のエネルギーとしての期待が高まっている。従来の研究では太陽光、風力発電などを利用して水素を製造し、液化したものを我が国へ輸送するシステムの検討が中心であった(NEDO WE-NET 計画)。本研究では原子力(高温ガス炉など)による水素製造を考慮するとともに、水素・電気を中核とするエネルギーシステム時代の到来をふまえて、エネルギー需給モデルによりシミュレーションを行い、水素普及の条件と原子力の役割を検討した。その結果、水素の普及は環境規制により促進され、水素製造時に CO₂ を発生しない原子力による水素製造は重要な役割を果たしうることが分かった。

キーワード 水素, エネルギー需給モデル, 原子力発電, 地球温暖化

Abstract It is said that global warming has been caused by the massive consumption of fossil fuel such as oil and coal. As a fundamental measure to solve this problem, hydrogen is highly expected to be the next-generation energy source, the by-product after combustion of which is water. Previous studies have concentrated on the examination of hydrogen-producing systems that use such means as sunlight or wind power generation and transporting liquefied hydrogen to Japan (NEDO WE-NET Plan). In this study, a simulation using the energy demand-supply model was conducted in view of the advent of an energy system that is based on hydrogen and electrical energy while taking hydrogen production by means of nuclear power such as a high-temperature gas reactor into consideration. On the basis of the results, the conditions for dissemination of use of hydrogen and the role of nuclear power were examined. As a result, we found that widespread use of hydrogen will be promoted by environmental regulations and that hydrogen produced by means of nuclear power, which does not produce carbon dioxide at the time of production, will likely play an important role.

Keywords hydrogen, energy demand-supply model, nuclear power generation, global warming

1. はじめに

1.1 研究の背景

化石燃料の大量消費にともなう CO₂ をはじめとする温室効果ガスによる地球温暖化など地球環境問題に対する関心は高い。1997 年には京都で国連気候変動枠組条約第 3 回締約国会議(以下「COP3」)

が開かれ、目標年である 2008-2012 年には温室効果ガスを基準年である 1990 年の排出量に比べ 5% を、日本は 6% を削減するという京都議定書が採択された。現在、その発効に向けて各国間で協議が進められているところである。さらに具体的な実施の手段として排出権取引制度等について話し合いが続けられている。一方、環境問題としては古いタイプに属するかもしれないが、都市部の大気汚染は一向

* (株)原子力安全システム研究所 社会システム研究所

に改善されず、深刻さを増している。その主な原因である自動車の排気ガス対策が進められつつある。具体的には、先頃発表された東京都のディーゼル車の排気ガス規制や、米国、カリフォルニア州の低公害車の導入義務づけなどである。

温室効果ガス対策や大気汚染防止対策としてエネルギーシステムについても、種々検討が加えられてきた。最近では、燃焼時の生成物が水である水素が注目されている。水素はエネルギー密度が高く、排ガスがクリーンという優れた性質を有している。水素自体を燃焼してエネルギー源として利用するのみならず、水を電気分解して製造した水素を液化して需要地へ輸送し、気化して利用する、または貯蔵しておき発電能力が不足するときには発電用の燃料とするというように一次エネルギーから転換して製造された水素は輸送、貯蔵が可能でありエネルギーのキャリアーとしても利用でき、電気と並んで究極のエネルギーといわれている。

水素の製造、利用などに関する研究は、石油ショック以降本格化し、当時は石油代替エネルギーとして研究されていたが、1980年代半ばからは地球環境問題に対するエネルギーシステムと位置づけを変えて研究が続けられてきた(太田, 1987)。

我が国では、海外で太陽光発電、風力発電による電力で水を電気分解して水素を製造し、製造した水素を液化またはメタノールなどに合成して、日本にタンカーで輸送し、発電用などに利用しようという研究が行われてきた(NEDO WE-NET 計画)。原子力を利用した水素製造に関する研究では、日本原子力研究所が高温ガス炉を利用した方法を研究している程度であった。すなわち、高温ガス炉から取り出した高温により天然ガスを改質して水素を製造する

天然ガス改質法、高温ガス炉から取り出した高温により高効率で水を電気分解する 高温電解法、高温ガス炉から取り出した高温により硫黄化合物やヨウ素などと反応させて水を分解して水素をとりだす 熱化学法の3つである。

燃料電池技術の進展は近年めざましく、大気汚染防止のため石油系の燃料に対する規制の強化にともない、代替燃料を検討する必要がある自動車会社のニーズもあって燃料電池自動車の開発が急ピッチで進められている。最近では試作車の発表が各メーカー

から相次ぎ、2003-2004年には実用車が市場に登場し、2010年代半ばには普及段階に至るとの予想もなされている。本格的な燃料電池自動車の普及ともなれば燃料となる水素の需要が現在とは比べものにならないほど大きくなると予想され、大量の水素をどのように製造するのが問題となる。

地球温暖化などにもなう環境規制の進展、燃料電池など水素利用技術の発達は、今後のエネルギー需給構造に大きな影響を与えると考えられる。

1.2 水素・電気時代

21世紀には、人口の増加、各国の経済成長、CO₂排出規制等の環境規制の変化などにもないエネルギーシステムも大きく変容していくと考えられる。本研究では、環境特性に優れるなど多くの利点を有し究極のエネルギーとも言われる水素と、今後も一層需要が増大していく電気を中心としたエネルギーシステムについて考察する。

熱、光など全てのエネルギーサービスが提供でき、かつ炭素を含まないエネルギーは水素と電気のみである。水素と電気は、石炭、石油、天然ガス、バイオマス、原子力、水力、地熱など全ての一次エネルギー源から製造できる。これは時間と場所について非常に広いバリエーションを持ったエネルギーシステムを可能にするものである。30-50年以上となる超長期的なエネルギー計画においては、特定のエネルギー資源と技術に縛られず、かつ技術変化に柔軟に対応できる計画が求められるが、水素と電気はこの点からみても今後のエネルギー計画の中心となりうる条件を満たしている。

また、水素と電気は以下のように相互に補完しあう特徴を有している。

水素は貯蔵できるが、電気は現在のところ貯蔵できない。

電気はものを移動させずにエネルギーを移動できるが、水素はできない。

水素は化学工業原料となるが、電気はなれない。電気は情報の伝達、加工、貯蔵に利用できるが、水素はできない。

この相互補完性から、電気は今日と同様の役割を果たす一方で、水素は長期的には石油をベースとす

る液体燃料に替わりうる唯一の候補となるのである。21世紀には水素と電気がこのような役割を果たすことになる可能性が極めて高いと予想される。将来のエネルギーシステムを模式的に示すと図1のようになる。図1の左側は化石燃料などの一次エネルギーを示しており、中央には石油製品、電力など一次エネルギーを転換したエネルギーを示している。これらが、右側の最終需要では熱、光、動力などとして利用されるのである。黒で示した部分は現行のエネルギーシステムである。赤で示した部分は水素が加わった将来の部分を示している。原子力は現在は発電がほとんどであるが、将来は技術開発が進み発電とともに水素製造にも活躍する。

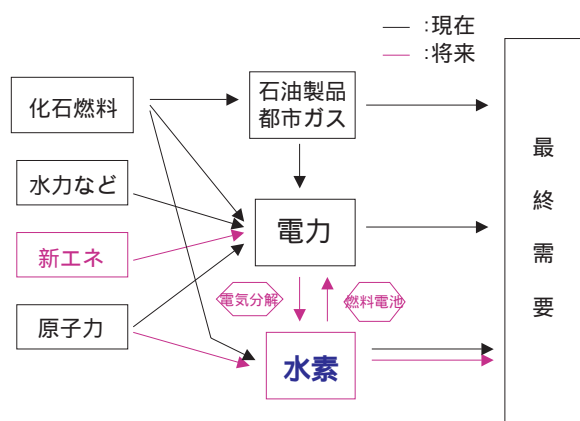


図1 水素・電気エネルギーシステム(将来)

水素の製造と組み合わせることにより、石油、水力、太陽光、風力など全ての電源はベースロードになることも可能となり、逆に原子力、石炭などベースロード電源は負荷追従が可能となる。すなわち、負荷に対して発電能力が上回っている低負荷時には、余剰電力で水を電気分解して水素の製造を行うというように運用し、製造した水素は製品として売却するか、貯蔵しておくのである。逆に、負荷が発電能力を上回るときには水素を燃料とする燃料電池発電、水素タービン発電などにより発電能力の不足を補うことになる。つまり、一定の発電をしても負荷の変動に追従できることになるのである。このように水素の製造と発電を組み合わせることにより円滑にエネルギーを供給できるシステムが可能となる。

水素と電気の組み合わせで重要な点は、化石燃料

でも非化石燃料でもどのような一次エネルギー源からも水素も電気も生産できることである。今日、水素製造に利用されているエネルギー源と技術は限られているが、将来の選択肢は極めて広いと考えられるのである。現在、水素は主に天然ガス(メタン)の水蒸気改質で製造されているが、これは製造時にはCO₂を発生させてしまう方法である。水の電気分解もカナダ、ケベック州及びブラジルなどで水力発電により行なわれており、アイスランドでは地熱発電による電力によって水を電気分解して水素を製造、利用し、CO₂を排出しない社会をつくる計画が推進されている。

原子力発電はその初期の頃から水素製造と組み合わせることによって石油に替わるエネルギー供給システムとなると考えられてきた。また、太陽光など不連続で変動の激しい供給特性をカバーするものとして水素製造が注目されている。超長期的なエネルギーシステムを考えるうえで、特に化石エネルギー資源に乏しく、一方で巨大なエネルギー需要を抱える日本のような国にとっては、このような水素・電気時代を指向し、原子力開発と水素製造を組み合わせたエネルギー戦略を検討していくことが重要であろう。

2. 研究目的

化石燃料の大量消費に伴う地球温暖化問題に対してはCO₂排出量制約などの環境規制が実施されようとしている。一方、燃料電池自動車の実用化など水素の利用技術の開発は急速に進展している。原子力についても高温ガス炉など技術開発が進んでいる。このようにエネルギーを巡る状況が大きく変動している。

本研究の目的は、環境規制、技術進歩など大きく変動していく21世紀のエネルギー需給構造の中で、水素・電気時代を展望して水素製造など新しい役割を追加した原子力の役割について明らかにしていくものである。具体的な課題として、CO₂排出規制にともない水素がどのように普及していくのか、そして水素製造段階でCO₂を排出しない原子力の位置づけはどのようなものであるのかを、シミュレーション結果から考察する。

3. 研究方法

3.1 エネルギー需給モデル開発の検討

水素の普及を予測するに際しては水素の製造、輸送、貯蔵および利用等に関する技術進歩、コスト、環境規制の進展など多くの要素を考慮しなければならない。技術進歩に関しては、国内外で多数のプロジェクトが計画、実施されており、その過程で技術的に大きな課題はほぼ解決されてきている。しかし、環境的にも優れた性質を有する水素が、エネルギー源としては宇宙ロケット用燃料、その他の用途としては化学工業原料など限られた分野でしか利用されておらず、ほとんど普及が進んでいないのは、コストの問題とインフラが未整備であることが原因とされている。コストは生産、輸送などの技術的な問題と、ガソリン、都市ガスなど水素と競合すると考えられる他のエネルギーのコストの動向などが関係する。

環境規制に関して、温室効果ガスの削減では、1997年12月京都で行われたCOP3においてCO₂をはじめとする温室効果ガスの排出削減目標が定められ、排出権取引など実施方法について議論が進められている。また、都市部の大気汚染についても自動車の排気ガス規制は強化されていくと考えられる。これらの環境問題に対する規制にともないエネルギー需給は大きな影響を受けることは明らかである。

さらに、燃料電池自動車の開発の進展などにもともない水素の大きな需要が生まれることも予想されるが、この動向如何も技術進歩と導入基盤整備の優先順位の評価選択によるところが大きい。

このように水素の普及などを予測するに際しては多くの要素がお互いに関係しており、矛盾なく総合的な予測を行うことは極めて困難である。

本研究では、技術進歩、環境規制が相当進み、一方で化石燃料資源の枯渇が現実化しない程度の期間として50年程度にわたる期間を考慮することとした。期間の長さとして考慮すべき要素の複雑さからモデルによるシミュレーションにより考察することが適切である。モデルのタイプはいくつかあるが、50年という長期で、多くの要素が複雑に絡む場合に適当なモデルとして、線形計画法型のエネルギー需給モデルを開発することとした。

3.2 エネルギー需給モデルの概要

本研究では、種々の制約条件下で、それぞれの国のエネルギー供給、転換、消費のバランスをとると共に、他国とのエネルギー輸送(輸出入)をも考慮し、全世界におけるコストが最小となる最適解を算出するエネルギー需給モデルを開発した。

ここでは、最終エネルギー消費を固定し、どのように供給するとコストが最小になるのかを分析する(山地・藤井, 1995)。最終エネルギー消費には、「気候変動に関する政府間パネル(以下「IPCC」)の高成長型社会における化石燃料・非化石燃料のバランス型シナリオ(以下「A1B」)を採用するとともに(IPCC, 2000)、一次エネルギー供給についてはIEA(1998a; 1998b)の、転換装置関係については後藤・佐藤・田所(1999)のデータを主に使用した。

モデルの特徴は、世界全体を14地域に分割し(表1)、CO₂の排出量制約がエネルギー需給構造に与える影響をシミュレーションできるようにした。シミュレーション期間は、2000年から2050年までの1期10年の6期モデルとした。

一次エネルギーとして、石炭、石油、天然ガス、オリマルジョン、ウラン、自然エネルギー(水力、太陽光、風力、地熱)を設定した。また、エネルギー転換設備として、発電(火力発電、原子力発電、自然エネルギー発電)、高温ガス炉の核熱による水素製造(天然ガス改質法、高温電解法、熱化学法)と発電、従来方法による水素製造(天然ガス改質法、水電気分解法)、石油精製を設定し、最終エネルギー消費では、石炭、ガス、石油製品(ガソリン、ナフサ、灯油、軽油、重油、その他石油製品、LPG)、電力、水素の11種類とした。原子力関係では、ウランを使用する軽水炉(LWR)と高温ガス炉、使用済み燃料からウランとプルトニウムを分離抽出する再処理工場、ウランとプルトニウムを燃料とする高速増殖炉(FBR)を設定した(図2)。

一次エネルギー生産と価格との関係を示す関数にはコストステップを用い、生産量の増加にともない残存資源量が少なくなるため、エネルギー生産コストが上昇するように設定した(Rogner, 1997)。

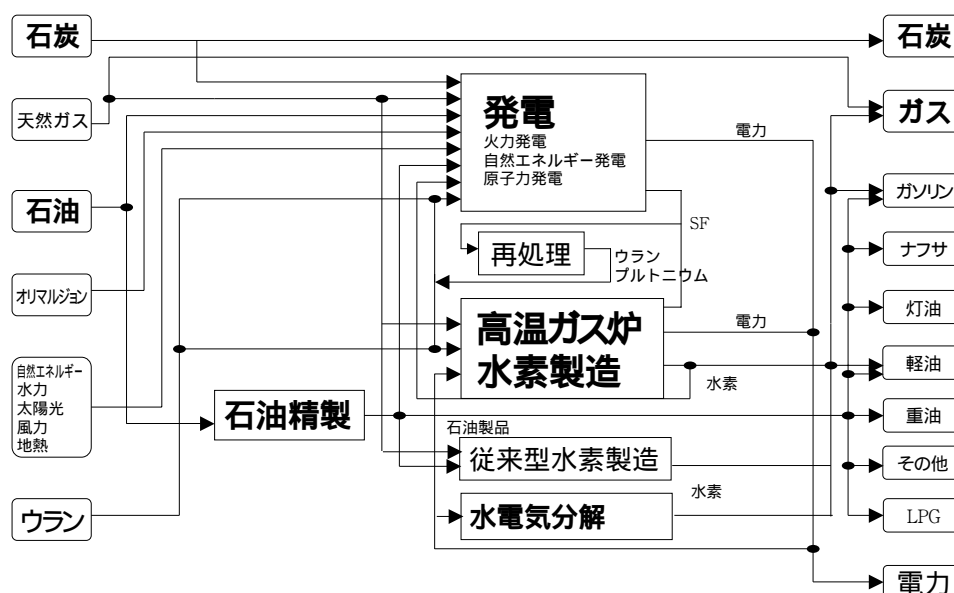


図2 エネルギーフロー図(全体)

表1 国，地域分割の内容

No. 国，地域名	No. 国，地域名
1 日本	8 中東
2 中国	9 アフリカ
3 韓国	10 西欧
4 東南アジア	11 東欧
5 インド	12 旧ソ連諸国
6 その他アジア	13 北米
7 大洋州	14 中南米

3.3 シミュレーションケース，シナリオの設定

上記の前提条件を基に以下に述べる順にシミュレーションを実施していった。第1番目は，エネルギー供給も計画通りに進み，特段の制約もなく現状のまま推移したらどのようなようになるかを検討する「基本ケース」(イ・)である。他のケースと比較するうえで基準となるケースである。この「基本ケース」(イ・)に対してCO₂排出量制約を課した場合にどのようなようになるかを検討するためのケースとして「基本ケース」(イ・)を設定した。さらに他電源とのコスト競争力を高めるために高温ガス炉の発電原価を25%低下させて，原子力の普及がどの程度促進されるかをみる「高温ガス炉低価格ケース」(ロ・)，これに対してCO₂排出量制約を課し，原

子力の普及促進によりCO₂排出量制約をクリアできるかをみる「高温ガス炉低価格ケース」(ロ・)を設定した。次に水素は「基本ケース」「高温ガス炉低価格ケース」いずれにおいても，2050年での使用量は現在の約2倍とほとんど普及しないという結果であった。そこで，水素のシェアの上限を基本ケースの5倍に引き上げて水素が普及しやすい条件にした「水素シェア5倍ケース」(ハ・)，これに対してCO₂排出量制約を課した「水素シェア5倍ケース」(ハ・)を設定した。さらに水素の用途をガソリン，軽油，都市ガスに加えて重油，石炭などにも拡大し，CO₂排出量制約を課した「水素用途拡大ケース」(ニ・)を実施した(表2)。なお，水素用途拡大ケースではCO₂排出量制約がある場合のみ実施した。

ここでCO₂排出量制約の内容はCOP3の京都議定書にある1990年を基準年に先進国全体で5%削減(日本は6%)を2010年に実施し(京都議定書では2008-2012年となっているがシミュレーションでは中央の2010年とした)，その後も各国はCO₂排出量制約を2010年のレベルでそのまま継続することとした。

途上国については，CO₂排出量制約の内容が京都議定書では合意されていなかったため，本研究では1990年比300%まで排出を許容することとした。

表2 各ケースとシナリオ

	基本ケース (イ)	高温ガス炉 低価格(ロ)	水素シェア 5倍(ハ)	水素用途 拡大(ニ)
CO ₂ 制約 なし()	イ-	ロ-	ハ-	
CO ₂ 制約 あり()	イ-	ロ-	ハ-	ニ-

4. シミュレーション結果

4.1 基本ケース

4.1.1 基本ケース・CO₂排出量制約なし(イ・)

原子力(高温ガス炉)は、開発計画程度の稼働であった。一次エネルギー供給(図3-1)では、石炭、石油、天然ガスの化石燃料が大部分を占め、原子力は全体の1割強となっている。発電において石炭火力が全体の約半分を占めるため、CO₂の排出量は年々増加し、2050年には250億トンCとなる(図3-2)。これは、京都議定書に基づく制約のCO₂排出量約120億トンCの2倍強に相当するものである。水素製造はわずかだが行われており、製造方法は従来の天然ガス改質法が大半となり、原子力(高温ガス炉)を利用した製造量は全体の1%にも満たない(図3-3)。

4.1.2 基本ケース・CO₂排出量制約あり(イ・)

シミュレーションした結果、京都議定書のCO₂排出量制約を満たす最適解は得られなかった。つまり、CO₂排出量削減対策を講じなければ、京都議定書は到底遵守できないことを、シミュレーション結果は改めて示すものであった。

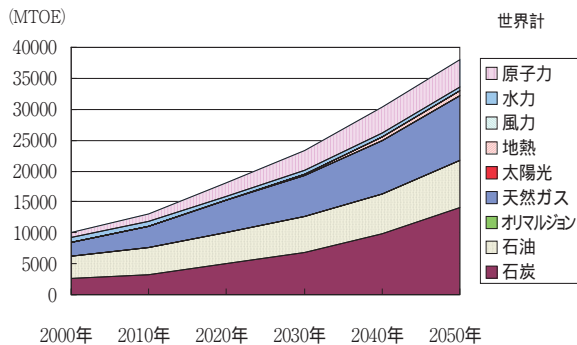


図3-1 一次エネルギー供給 基本ケース

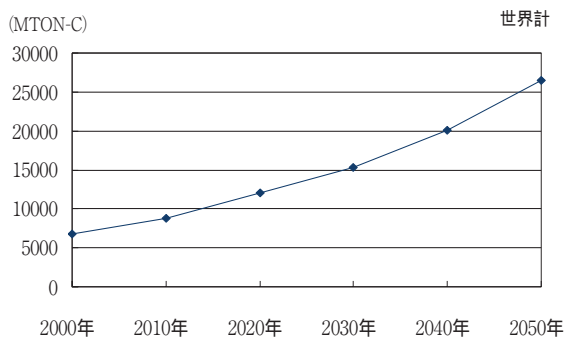


図3-2 CO₂排出量 基本ケース

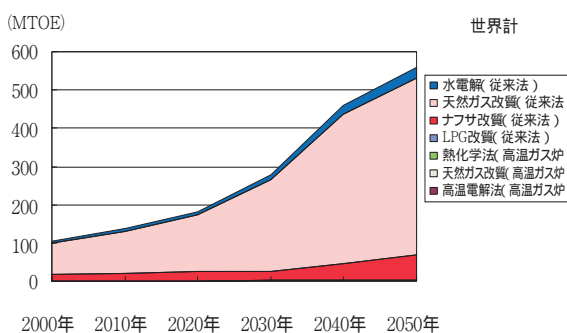


図3-3 水素製造 基本ケース

4.2 高温ガス炉低価格ケース

4.2.1 高温ガス炉低価格ケース・CO₂排出量制約なし(ロ・)

基本ケースで\$3,000/kWとした高温ガス炉のコストを、一律25%低下させることでその導入を促すケースである。この結果、一次エネルギー供給(図4-1)において、2050年時点で計画の約300倍の原子力(高温ガス炉)が導入されている。このため、一次エネルギー供給に占める原子力の割合が石油に比べ高くなっていることが分かる。CO₂排出量(図4-2)は基本ケース(イ・)とほとんど差がないが、水素製造量(図4-3)は高温ガス炉の導入が進んだことを受けて増加している。また、水素製造法では、基本ケースでは従来法の天然ガス改質法がほとんどであったのに対して、原子力(高温ガス炉)を利用した製造法が水素製造量の約半数を占めており、従来の製造技術と十分競合していることを示している。

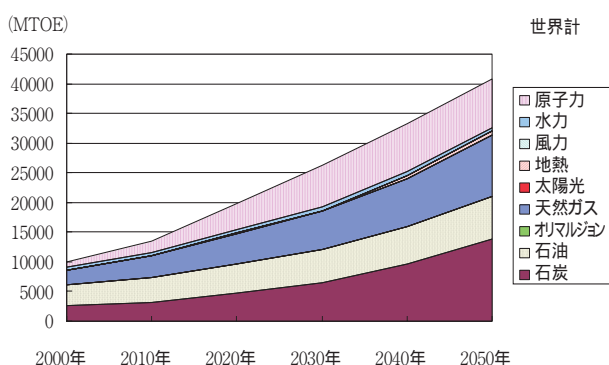


図 4-1 一次エネルギー供給 高温ガス炉低価格ケース

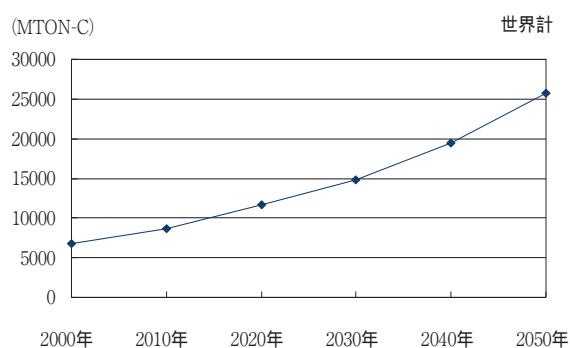


図 4-2 CO₂排出量 高温ガス炉低価格ケース

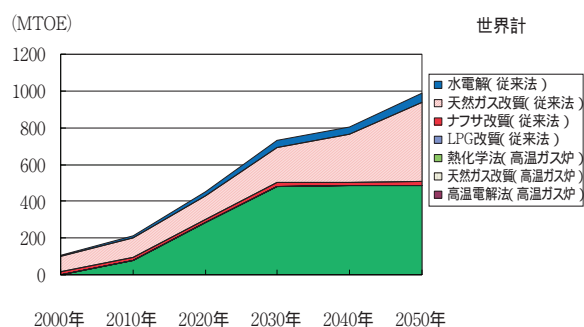


図 4-3 水素製造 高温ガス炉低価格ケース

4.2.2 高温ガス炉低価格ケース・CO₂排出量制約あり(ロ・)

シミュレーションした結果、京都議定書のCO₂排出量制約を満たす最適な解は得られなかった。これは、発電の過程でCO₂等の温室効果ガスを排出しない原子力(高温ガス炉)のコストを低下させることで普及を促すと共に、水素需要へのシフトを想定し、CO₂排出量制約の達成をシミュレーションしたので

あるが、高温ガス炉の普及により先進国の発電部門においてはCO₂排出削減が進んだが、発展途上国においてはエネルギー需要の増加にともなうCO₂排出量が依然高く、世界全体としてCO₂排出量制約を達成できなかったと推察される。

4.3 水素シェア5倍ケース

4.3.1 水素シェア5倍ケース・CO₂排出量制約なし(ハ・)

ガス、ガソリン、軽油の需要部門に代替できる水素のシェアの、国、地域別に設定した上限値を、基本ケースの5倍まで許容したケースである。この結果、原子力(高温ガス炉)は計画程度の導入となり、一次エネルギー供給(図5-1)に占める、石炭、石油、天然ガスの化石燃料は過半数を占め、原子力が全体の約10%であった。これは、基本ケース(イ・)と同じ傾向であり、CO₂排出量(図5-2)についても同様の傾向であった。一方の水素製造量(図5-3)は、基本ケース(イ・)の約2倍程度にとどまり、製造法も従来の天然ガス改質法が大部分を占める結果であった。

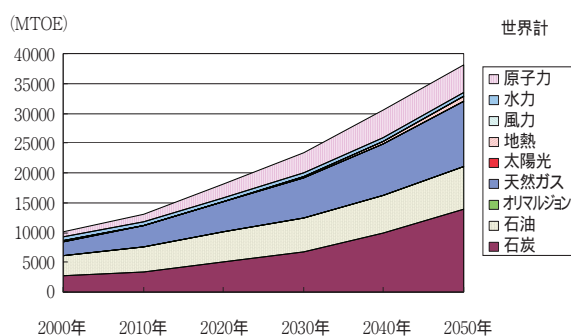


図 5-1 一次エネルギー供給 水素シェア5倍ケース

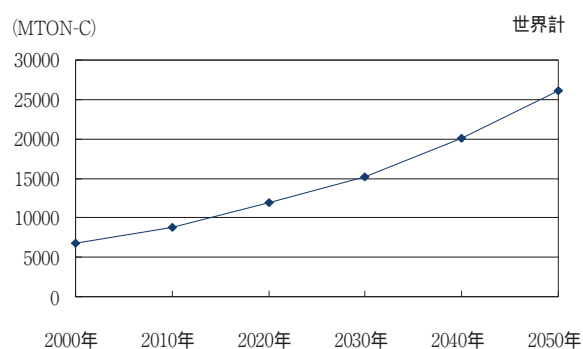


図 5-2 CO₂排出量 水素シェア5倍ケース

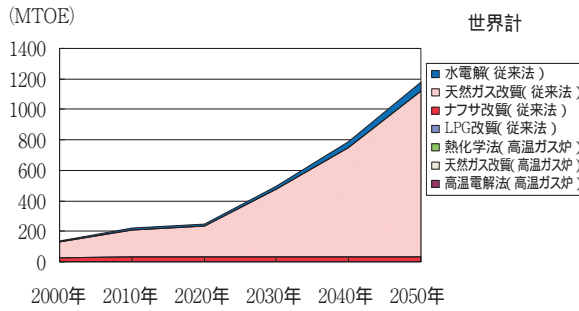


図 5-3 水素製造 水素シェア 5 倍ケース

4.3.2 水素シェア 5 倍ケース・CO₂ 排出制約あり (ハ -)

シミュレーションした結果、京都議定書の CO₂ 排出量制約を満たす最適な解は得られなかった。つまり、CO₂ 排出量制約をクリアするために、水素が化石燃料の代替としてその需要を伸ばすには、ガソリン等とコスト面で競合できることがまず重要であることは言うまでもないが、その用途についても、広く化石燃料をカバーできることが必要であることが示唆された。

4.4 水素用途拡大ケース・CO₂ 排出制約あり (ニ -)

以上見てきたように、高温ガス炉を低価格に設定したり、ガス、ガソリン、軽油の需要部門を代替できる水素シェアの上限を引き上げて、水素の普及を促しても、途上国の CO₂ 排出量制約が達成できないため、京都議定書の CO₂ 排出量制約をクリアできないことを示すものであった。ここでは、水素の需要用途の拡大を検討し、シミュレーションを行った結果を示す。

水素の用途を基本ケースのガス、ガソリン、軽油に加えて、石炭、重油、LPG に拡大し、広く化石燃料を代替するように設定したケースである。シミュレーションの結果、水素の需要代替はガス、ガソリン、軽油以外でも進み、水素製造量(図 6-3)は全ケースの中で最大となった。製造法においても、2040 年まで原子力(高温ガス炉)を利用した熱化学法が大部分を占めている。CO₂ 排出量(図 6-2)は、

京都議定書の CO₂ 排出量制約をクリアしているため、基本ケース(イ -)の約半分には止まっている。このため、発電などの過程で CO₂ 等の温室効果ガスを排出しない原子力が、一次エネルギー供給(図 6-1)の約 65% を占める結果となった。

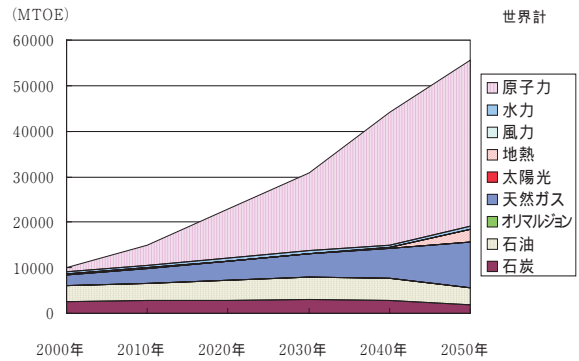


図 6-1 一次エネルギー供給 水素用途拡大ケース

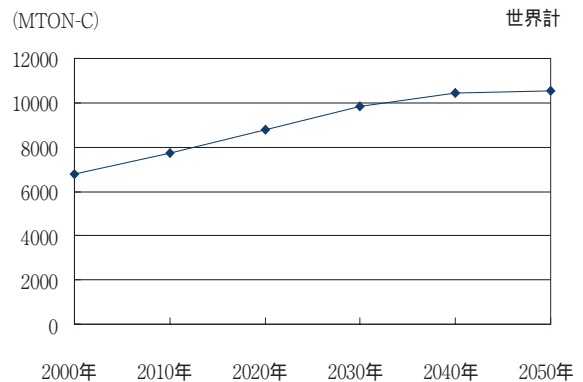


図 6-2 CO₂ 排出量 水素用途拡大ケース

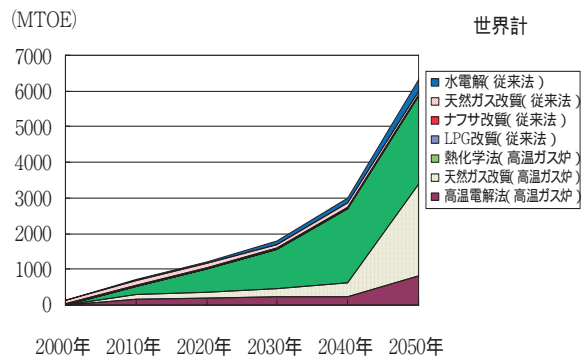


図 6-3 水素製造 水素用途拡大ケース

5. 考 察

シミュレーション結果を総合すると、COP3の京都議定書のCO₂排出量制約は、各国にとって非常に厳しい目標であることがわかる。

高温ガス炉の導入拡大、水素の導入拡大を本研究では検討したが、高温ガス炉はコストを低下させないと導入が進まず、しかもコスト低下により導入が進んだとしてもそれだけではCO₂排出量制約をクリアできないことがわかった。

水素は、CO₂排出量制約など環境規制の強化にともない使用量が増大し、普及していくことが確認された。また、水素の用途を拡大し水素の使用量が増加した場合にCO₂排出量制約を達成できたことから、水素使用の増加が地球温暖化の防止に有効であることが示された。しかし、現在考えられている燃料電池車の普及などといった用途にともなう水素使用量の増大だけでは、CO₂排出量制約をクリアするためには不十分であることも確認された。水素の用途を液体燃料の代替といった分野に限定せず、石油や石炭などが使用されている分野にまで用途を拡大したケースでようやくCO₂排出量制約をクリアすることができたのである。CO₂排出量制約をクリアするための方策は、多くの選択肢を総合的に組み合わせなければならぬことを示唆している。(河波・守川・西野, 2001; 守川・河波・西野, 2001)。

CO₂排出量制約を課したケースでは、原子力が一次エネルギー供給で大きな役割を占めており(図6-1)、水素製造でも大半を占める結果となっている(図6-3)。これは、CO₂排出量制約が厳しい中では、水素製造時などにCO₂を排出しないエネルギー源として原子力が選択されていることを示している。

なお、ウランなどエネルギー資源量、CO₂回収・固定・処分や電力貯蔵、太陽光・バイオマス発電など関連する技術の進歩、地球温暖化以外の環境問題などモデルに十分に組み込めなかった課題については、今後さらに詳細に検討していくことが必要である。

6. まとめ

水素はエネルギー密度が高く、燃焼時の排出物は水だけという環境特性に優れたエネルギー源であるばかりでなく、エネルギーの貯蔵・輸送にも利用できるという面も有している。水素と電気は、水素はエネルギーの貯蔵ができるが電気はできない、電気は情報の伝達、貯蔵、処理ができるが、水素はできないなど相互補完的であり、しかも原料となる一次エネルギーを選ばないという点でも共通している。水素と電気を組み合わせたエネルギーシステムは将来的に極めて検討に値するものといえる。水素・電気時代における原子力の役割、水素普及の条件などをLPモデルにより探ってみた。

その結果は、京都議定書に基づくCO₂排出量制約は非常に厳しく、水素の普及、原子力の利用拡大などエネルギーシステムの転換、省エネルギーなどいろいろな方策を総合的に、先進国のみならず世界的に実施していかなければ達成できないことを改めて示すものであった。

水素の普及はCO₂排出量制約を達成する有力な手段の一つであるが、CO₂排出量制約など環境規制により普及が促進されることが示された。そして、水素の製造にあたっては製造時にCO₂を排出しない原子力を利用することは、コストを忘れてはならないが、将来の社会の福祉の増進と地球環境問題の解決に関して、有力な選択肢たりうることを示している。

謝 辞

本研究を実施するにあたり龍谷大学国際文化学部松井賢一教授、(財)エネルギー総合工学研究所松井一秋プロジェクト試験研究部部長、名古屋経済大学武井満男名誉教授に指導していただいた。記して感謝の意を表する。

引用文献

- 後藤純孝・佐藤治・田所啓弘 1999 我が国の長期エネルギーシステムのモデル化 日本原子力研究所
- International Energy Agency 1998a Energy Balances of OECD Countries 1997/1998. Paris : OECD.
- International Energy Agency 1998b Energy Balances of Non-OECD Countries 1997/1998. Paris : OECD.
- Intergovernmental Panel on Climate Change 2000 Emissions Scenario. Cambridge : Cambridge University Press.
- 河波潤・守川伸一・西野俊一 2001 21世紀のエネルギー需給構造における原子力発電の役割に関する研究 - 水素・利用時代の展望 - エネルギー・資源学会第20回研究発表会講演論文集, 255-260.
- 守川伸一・河波潤・西野俊一 2001 水素利用拡大と原子力利用水素製造に関する研究 エネルギー・資源学会第20回研究発表会講演論文集, 261-264.
- 太田時男 1987 水素エネルギー 森北出版
- Rogner, H.H. 1996 An Assessment of World Hydrocarbon Resources. Austria : IIASA.
- 山地憲治・藤井康正 1995 グローバルエネルギー戦略 - 地球環境時代の21世紀のシナリオ - 電力新報社