

2014年6月19日 全7頁

水素社会の兆し 第1回

水素社会への期待

環境調査部長
岡野 武志

[要約]

- 化石燃料の消費には限界が懸念され、地球環境への影響がさらに深刻になることも危惧されている。エネルギーのS+3E実現に向けた取り組みの一つに水素の有効活用がある。4月に公表されたエネルギー基本計画には、安定供給と地球温暖化対策に資する水素の有効活用が盛り込まれ、水素社会実現に向けた動きが活発になっている。
- 欧米でも、水素社会実現に向けた産官学連携の組織が立ち上げられ、ロードマップ等が示されるなど、今世紀に入って積極的な動きがみられている。日本の社会インフラは、将来に向けて見直されるべき時期に来ており、2020年のオリンピック・パラリンピック東京開催は、国民的な議論を進める良い機会かもしれない。

水素は、地球上に大量に存在するものの、それを取り出してエネルギーとして使うことは、それほど容易ではない。それでも、水素の有効な利活用に向け、各国で粘り強い研究が続けられ、その方策が探究されてきた。今世紀に入ると、実を結んだ研究が一つの形となり、社会・経済からの要請の高まりとともに、水素社会への扉が開かれる兆しが見えはじめている。

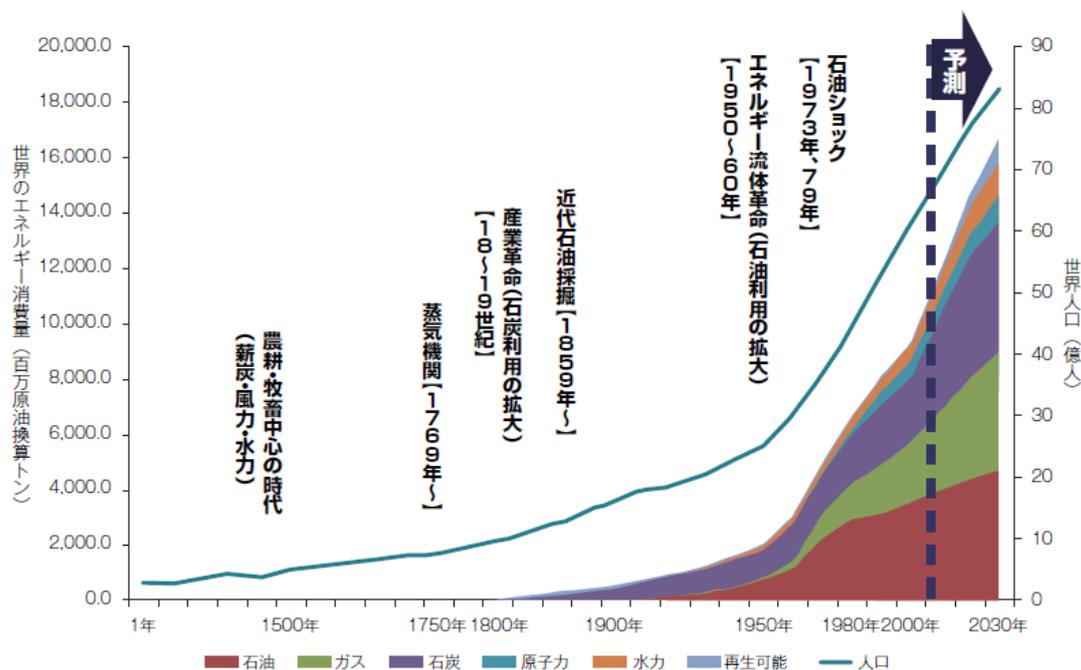
1. 化石燃料への懸念

世界のエネルギー消費量は増加を続けており、特に20世紀の後半ごろからは、人口増加や各国の経済発展などにより、消費量が急速に拡大してきた。エネルギー消費量は今後も増加が続くとみられており、2030年のエネルギー消費量は、1990年の約2倍に達すると予測されている(図表1)¹。エネルギー消費の中心には、石油、ガス、石炭などの化石燃料があり、化石燃料の消費量は、これからも増加し続けるものと考えられている。シェールガスに代表される非在来型化石燃料の登場などにより、化石燃料全体の可採年数が従前より長くなる可能性はあるものの、消費量の拡大が加速すれば、いつまでも化石燃料を使い続けられるとは限らないであろう。

¹「平成24年度エネルギーに関する年次報告」(エネルギー白書2013) 経済産業省資源エネルギー庁

また、化石燃料の元になっているエネルギー資源は、産出地が地理的に偏在しているものも多く、産出地の政治情勢や資源ナショナリズム、経済環境や外交交渉の状況など、さまざまな要因によって、その供給に影響が及ぶこともしばしばみられてきた。さらに、原油などの市場価格は変動が大きく、エネルギー消費国間で獲得競争が激しくなることなどがあれば、価格が高騰する懸念もある。国民生活や社会活動に必要な量のエネルギー資源を受容可能な価格で確保する、いわゆるエネルギー安全保障は、エネルギー資源の賦存量が際立って少ない日本にとって、重要かつ喫緊の課題であるといえよう。

図表 1：世界のエネルギー消費量と人口の推移



(出典) United Nations, "The World at Six Billion"
 United Nations, "World Population Prospects 2010 Revision"
 Energy Transitions: History, Requirements, Prospects
 BP Statistical Review of World Energy June 2012
 BP Energy Outlook 2030: January 2013

(出所) 「平成 24 年度エネルギーに関する年次報告」(エネルギー白書 2013) 経済産業省資源エネルギー庁

他方、2013 年 9 月に公表された [IPCC 第 5 次評価報告書 第 1 作業部会報告書](#)²は、「気候システムの温暖化には疑う余地がなく、また 1950 年代以降、観測された変化の多くは数十年から数千年間にわたり前例のないものである」としている。また、その原因について、「人間による影響が 20 世紀半ば以降に観測された温暖化の支配的な原因であった可能性が極めて高い」と分析している。そして、将来については、「[温室効果ガス](#)の継続的な排出は、更なる温暖化と気候システム全ての要素の変化をもたらすだろう。気候変動を抑制するには、温室効果ガス排出量の大幅かつ持続的な削減が必要であろう」と述べている。

² 「[IPCC 第 5 次評価報告書 第 1 作業部会報告書 政策決定者向け要約](#)」気象庁訳

このように化石燃料の確保やその消費に関わる懸念が高まる中、エネルギー供給における S + 3 E (Safety, Energy security, Economic Efficiency, Environment) の実現に向け、[再生可能エネルギー](#)の利用拡大や原子力の利用、省エネ技術の向上など、各国は多方面での取り組みを進めている。そのような取り組みの一つに、地球上に大量に存在する「水素」の有効活用がある。化石燃料の改質のほか、水の電気分解やバイオマス利用など、さまざまな方法で製造可能で、利用段階において CO₂を排出しない水素が有効に活用されれば、化石燃料の消費量削減や気候変動の抑制にも役立つものと期待されている。

2. エネルギー政策における水素

気体、固体、液体という形態で輸送・貯蔵できる水素は、民生部門・産業部門の分散型エネルギーシステムや輸送用機器のエネルギー源などに利用可能と考えられており、20 世紀から多方面で研究・開発が進められてきた³。また、化石燃料に水素を加えることで、CO₂の排出量を抑制することや、水素によって電気を蓄えることで、電力ピークの緩和や災害時のバックアップに活用するなど、さまざまな用途での利活用も期待されている。このような期待を背景に、水素を本格的に利活用する「水素社会」の実現に向けたさまざまな取り組みが、今世紀に入って日本でも積極的に進められている。

エネルギーの需給に関する施策を長期的、総合的かつ計画的に推進することを目指して 2002 年に制定された「エネルギー政策基本法⁴」は、「石油等の一次エネルギーの輸入における特定の地域への過度な依存を低減するとともに、我が国にとって重要なエネルギー資源の開発、エネルギー輸送体制の整備、エネルギーの備蓄及びエネルギーの利用の効率化を推進すること並びにエネルギーに関し適切な危機管理を行うこと等により、エネルギーの供給源の多様化、エネルギー自給率の向上及びエネルギーの分野における安全保障を図ることを基本として施策が講じられなければならない」（第 2 条）としている。

エネルギー政策基本法は、エネルギーの需給に関する基本的な計画（[エネルギー基本計画](#)）を策定することを定めており、2003 年に策定された基本計画では、水素の利用について、「燃料電池自体の技術開発と並んで、水素の生産、貯蔵及び輸送を含め、利用プロセス全体を通じた効率を向上させるための技術開発、インフラ整備及び規制の見直しを含む総合戦略を強力に推進する」としている。2005 年 9 月に日本学術会議が公表した報告⁵は、高効率な水素エネルギーの利用に向けて、「政府のイニシアティブで開発や実用化の加速、国際協力等を推進し、それと呼応して自動車メーカーや電気メーカー、素材産業やエネルギー産業等が方向性を確認しつつ産官学連携のもとで協力することが重要である」と述べている。

エネルギー基本計画は、少なくとも三年ごとに見直されることになっており、第 2 次の計画

³ “WE-NET : World Energy Network”をはじめ、さまざまな方面で研究・開発が行われてきた。

⁴ 「エネルギー政策基本法」法令データ提供システム

⁵ 「提言・報告等【19 期 平成 15 年 7 月 22 日～平成 17 年 9 月 30 日】（人口減少時代の“豊かな”社会-わが国の人口・食料・エネルギー問題-）」日本学術会議

(2007年)、第3次の計画(2010年)に続いて、2014年4月には第4次となる基本計画が閣議決定されている⁶。同基本計画は、各エネルギー源の位置付けと政策の時間軸を取りまとめており、水素については、「技術革新が進んできていることから、水素をエネルギーとして利用する“水素社会”についての包括的な検討を進めるべき時期に差し掛かっている」(第2章第2節)との認識を示している。また、同基本計画には、「安定供給と地球温暖化対策に貢献する水素等の新たな二次エネルギー構造への変革」と題する一節(第3章第8節)が設けられており、これまでの基本計画と比較して、水素社会について、より踏み込んだ具体的な記述になっている(図表2)。

図表2：エネルギー基本計画(2014年)における水素関連の記述の概要(第3章第8節)

蓄電池や水素などの技術の活用は、二次エネルギー構造の変革を促す可能性を持つものであり、将来の社会を支える二次エネルギー構造の在り方を視野に入れて、着実に取組を進めていく必要がある
1. 電気をさらに効率的に利用するためのコージェネレーションの推進や蓄電池の導入促進
(1) コージェネレーションの推進
(2) 蓄電池の導入促進
2. 自動車等の様々な分野において需要家が多様なエネルギー源を選択できる環境整備の促進
3. “水素社会”の実現に向けた取組の加速
(1) 定置用燃料電池(エネファーム等)の普及・拡大
(2) 燃料電池自動車の導入加速に向けた環境の整備
(3) 水素の本格的な利活用に向けた水素発電等の新たな技術の実現
(4) 水素の安定的な供給に向けた製造、貯蔵・輸送技術の開発の推進
(5) “水素社会”の実現に向けたロードマップの策定

(出所)「エネルギー基本計画」(2014)より大和総研作成

3. 欧米でも進む取り組み

エネルギー資源の確保や低価格での供給、地球温暖化の軽減などは、日本だけが直面している課題ではなく、米国や欧州にとっても重要な課題になっている。こうした課題の解決策の一つとして、水素経済や水素社会の実現に向けた取り組みは、今世紀に入って欧米でも活発化している。

(1) 米国

米国では、“hydrogen economy”についてのビジョンを共有することを目的として、産業、学術、行政などの各分野からの参加者が集う“National Hydrogen Vision Meeting”が2001年に開かれた。このミーティングでは、将来の米国において水素システムが果たす役割の可能性について幅広い視点で検討され、その成果は、“A National Vision of America’s Transition

⁶「エネルギー基本計画について」経済産業省資源エネルギー庁

to a Hydrogen Economy—to 2030 and Beyond”として取りまとめられた。また、2002年には、米国エネルギー省（DOE）から“The National Hydrogen Energy Roadmap”が公表されており、このロードマップでは、製造から輸送・貯蔵、最終消費の段階に至るまで、相互に関連する各分野について、水素の幅広い活用に向けた道筋が提示されている⁷。

これに先立ちカリフォルニア州では、燃料電池自動車（FCV）の普及を促進するための官民連携組織として、1999年にカリフォルニア州燃料電池パートナーシップ（The California Fuel Cell Partnership : CaFCP⁸）が立ち上げられている。CaFCPは、2016年初めまでに68の水素ステーションを戦略的に整備することなどを盛り込んだ“A California Road Map”（2012年）や電気自動車等を含めたZero-Emission Vehicle（ZEV）の普及加速に向けた“2013 ZEV Action Plan”（2013年）を公表するなど、近年も活発に活動している。また、州政府も2004年に水素ハイウェイネットワーク（The California Hydrogen Highway Network : CaH2Net⁹）に関する構想を示しており、このネットワークは、250ヶ所の水素ステーション設置とFCV2万台の普及に向けたプロセスを、3段階のフェーズに分けて示している。

連邦政府も、2050年までに温室効果ガス排出量を80%削減するとともに、輸入燃料への依存から脱却するために、多様な国内エネルギーの活用などが求められるとして、“The Department of Energy Hydrogen and Fuel Cells Program Plan¹⁰”（2011年）を公表している。このプログラム・プランは、米国内の水素・燃料電池産業が、主要なハイテクセクターの一つになり得るとしており、国内産業の強化や幅広い分野における高度人材の雇用につながる可能性があるとして指摘している。また、2013年5月には、シェールガス生産の拡大による水素製造コストの低下などを背景に、官民連携のパートナーシップ（H₂USA¹¹）も立ち上げられており、FCV等の普及を加速すべく、多方面で取り組みが進められている。

（2）欧州

欧州でも、水素と燃料電池に関するビジョンを共有すべく、2002年に“High Level Group on Hydrogen and Fuel Cells（HLG）¹²”が立ち上げられた。HLGは2003年に“Hydrogen Energy and Fuel Cells – A Vision for Our Future”と題するレポートを公表して、持続可能な水素社会の実現に向けたアウトラインなどを示している。HLGの提言により、“The European Hydrogen & Fuel Cell Technology Platform”が設置されており、同プラットフォームは、戦略的研究アジェンダ（Strategic Research Agenda : 2005年）、展開戦略（Deployment Strategy : 2005年）、及び、実行に向けたプラン（Implementation Plan : 2007年）について取りまとめている¹³。

⁷ [“Program Plans, Roadmaps, and Vision Documents” DOE](#)

⁸ [“California Fuel Cell Partnership”](#)

⁹ [“California’s Hydrogen Transportation Initiatives” カリフォルニア州](#)

¹⁰ [“Program Plans, Roadmaps, and Vision Documents” DOE 再掲](#)

¹¹ [“Energy Department Launches Public-Private Partnership to Deploy Hydrogen Infrastructure” DOE](#)

¹² [“High Level Group on Hydrogen and Fuel Cells” 欧州委員会](#)

¹³ [“Documents” FUEL CELL AND HYDROGEN JOINT UNDERTAKING（FCH JU）](#)

他方、2004年には欧州の主要国から産官学の関係者が参加した“HyWays project”も設置されており、3年以上に及ぶ検討結果が“the European Hydrogen Roadmap”として公表されている（2008年）¹⁴。このロードマップは、水素の有効な利活用により、CO₂削減やエネルギー安全保障をコスト面でも効率的に実現できると捉えており、水素市場において先駆的な取り組みを進めることで、新たな経済的な機会への道が開け、欧州の競争力強化につながるとの認識を示している。このロードマップには、研究開発やインフラ構築などについて、2050年までを見据えたアクションプランも盛り込まれている。

最近では2013年9月に、FCV関連ビジネスに携わるダイムラー、シェルなどが参加する“H2 Mobility initiative”から、2023年までに水素ステーションを400ヶ所に増やす計画が公表されており¹⁵、FCV普及に向けた取り組みは欧州でも加速している。一方、再生可能エネルギーの積極的な導入を進める欧州では、変動が大きい風力発電や太陽光発電から生じた電力を有効に活用するため、水素を利用するニーズも高まっているという。余剰電力を使って水を電気分解し、水素の形で貯蔵しておけば、水素のまま充填ステーションで活用したり、需要が大きい時期に燃料電池で発電したりすることができる。また、再生可能エネルギーから製造した水素等を天然ガス供給網に提供して、CO₂削減を図るプロジェクト¹⁶なども進められている¹⁷。

4. インフラとしての水素

2013年6月に公表された「日本再興戦略¹⁸」は、エネルギーを賢く消費する社会に向けた取り組みの一つとして、「水素供給インフラ導入支援、燃料電池自動車・水素インフラに係る規制の見直し」を挙げており、「2015年の燃料電池自動車の市場投入に向けて、燃料電池自動車や水素インフラに係る規制を見直すとともに、水素ステーションの整備を支援することにより、世界最速の普及を目指す」と述べている。2014年4月に閣議決定された前述のエネルギー基本計画では、水素社会の実現に向けたロードマップを策定することが定められており、このロードマップは近く公表されるものとみられている¹⁹。

水素社会の実現については国内産業界からの関心も高く、経済同友会は2014年4月に、水素エネルギー社会への転換促進や「水素・燃料電池戦略ロードマップ」の加速化などを盛り込んだ「エネルギー自立社会と低炭素社会の構築 ―課題の整理と提言―²⁰」を公表した。この提言は、水素エネルギーに関する研究開発や事業化について、「最重点分野の一つとして明確に位置付け、グリーン水素の低コストによる大量製造など、水素エネルギー社会への転換に必要な技

¹⁴ [“HyWays” Hydrogen Energy in Europe](#)

¹⁵ [“H2 Mobility initiative: Leading industrial companies agree on an action plan for the construction of a hydrogen refueling network in Germany” DAIMLER](#)

¹⁶ [“The GRHYD demonstration project” GDF Suez](#)

¹⁷ Power to gasと呼ばれるこのような取り組みには、水素とCO₂からメタンを製造してガス供給網に送るものなどもある。

¹⁸ 「成長戦略で、明るい日本に！ <詳細版>：日本再興戦略（本文）」首相官邸

¹⁹ 2014年6月16日の産業競争力会議で示された[日本再興戦略の改訂案](#)にも、「水素社会の実現に向けたロードマップの実行」などが盛り込まれている。

²⁰ [「エネルギー自立社会と低炭素社会の構築 ―課題の整理と提言―」経済同友会](#)

術開発に重点投資すべきである」としている。また、FCVの普及についても、次世代自動車向けインフラの一体的整備や初期段階における水素ステーションの運営支援、各種規制の国際標準化などを提言している。

水素社会に向けた動きは自治体からも注目されており、九都県市首脳会議²¹は、2014年5月に「首都圏における水素社会の実現に向けた取組について」と題する提言を取りまとめている(図表3)²²。この提言は、水素関連製品には日本の高い技術力が集約されており、関連する産業分野の裾野も広いとして、2020年に東京で開催されるオリンピック・パラリンピックでの水素エネルギーの利活用は、「環境と調和した未来型都市の姿を世界に示すとともに、改めて日本の高い技術力を世界に印象付けることになる」と述べている。また、この提言は、「今まさに、国を挙げて、水素エネルギーの普及に動いていく時機に来ている」との認識を示している。

図表3：九都県市首脳会議の提言の概要

1	水素エネルギーの利活用における安全性について、社会的受容性が高められるように普及啓発を強化すること。
2	水素社会の実現に向けたロードマップに基づき、水素エネルギーの利活用に向けて具体的な取組を着実に推進すること。
3	首都圏における水素ステーションの整備促進に向けて、初期費用の支援に限らず、運営費についても財政支援を講じること。また、安全性の確保を前提として、公道との距離や市街地における水素貯蔵量など水素ステーションの整備促進に必要な規制緩和を着実に実行すること。
4	燃料電池自動車の普及促進を図るため、車両の購入等に対する補助制度を創設すること。
5	国家資格取得支援など、水素ステーション等において水素業務に従事する人材の育成に向けて支援策等を講じること。

(出所)「首都圏における水素社会の実現に向けた取組について」より大和総研作成

経済や社会の拡大を前提として構築されてきた日本の社会インフラは、人口減少の時代を迎えて、そのあり方が見直されるべき時期に来ているといえよう。エネルギー安全保障や地球温暖化抑制などの観点では、水素を有効に利活用する仕組みは、将来の選択肢の一つとして、重要な位置を占める可能性がある。しかし、水素社会の実現に向けた産官などの取り組みや期待の高まりに比べると、一般の国民からの認知や受容はそれほど広がっていないように思える。2020年のオリンピック・パラリンピック東京開催は、将来の日本の社会インフラについて、国を挙げて議論を進め、そのあり方を見直す良い機会かもしれない。

以上

²¹ 埼玉県・千葉県・東京都・神奈川県の記事、横浜市・川崎市・千葉市・さいたま市・相模原市の市長で構成される。

²² 「第65回九都県市首脳会議」九都県市首脳会議