



水素社会の実現に向けた取組

江 川 光

水素は利用段階で温室効果ガスの排出が無い、燃料電池を活用することによって高いエネルギー効率が期待される、様々な資源から製造出来るという特徴を有している。また日本の産業界が強みを有する分野であり、日本の課題であるエネルギー・セキュリティの確保、環境対策及び産業競争力の強化に向けて、水素をエネルギーとして日常の生活や産業活動で利活用する社会、すなわち“水素社会”の構築が期待されている。

世界に先駆けて販売された家庭用燃料電池の普及台数が10万台を超え、2014年12月に燃料電池自動車の一般販売が開始される中、燃料電池・水素エネルギーに注目が集まっている。一方で、本格的な水素社会の実現に向けては、技術面、コスト面、制度面、インフラ面で未だ多くの課題が存在している。

本稿では、水素エネルギー社会の実現に向けた政策、課題、今後の方向性について紹介する。

キーワード：燃料電池、水素、産学官連携

1. はじめに

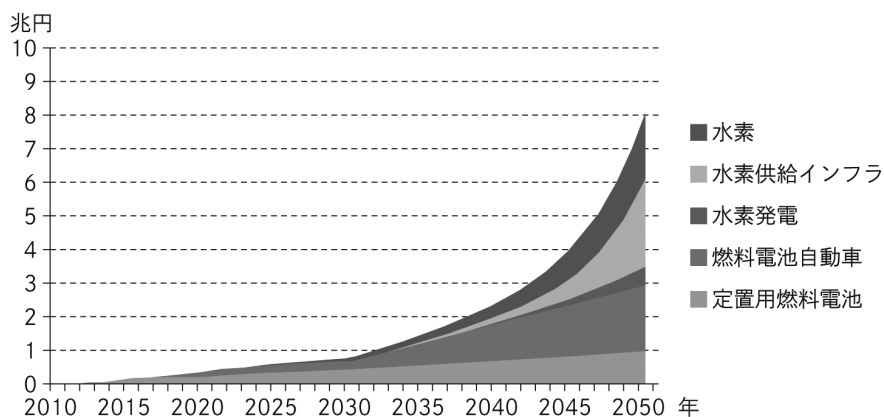
地球環境問題やエネルギー問題の解決及び産業競争力強化の観点から、水素エネルギーを大きく利用する水素社会への期待が高まっている。

水素の特徴のひとつはクリーンであること、すなわち使用段階であれば二酸化炭素を発生しない、また再生可能エネルギーを用いるなどCO₂フリーな水素によって、大きく温暖化対策に貢献出来るポテンシャルを有している。また、水素エネルギーを利用するアプリケーションである燃料電池は、燃料である水素と、空気中の酸素との電気化学反応から電気エネルギーを直接取り出すため発電効率が低い。また、電気と熱の両方を有効利用することで、さらに総合エネルギー効

率を高めることが可能である。このため、燃料電池の活用を広げることで、大幅な省エネルギーにつながり得ると考えられる。

次にエネルギーの多様性という観点が挙げられる。水素自体は様々な資源から製造することが可能であり、現在は、化石燃料の改質や工業プロセスの副生物として製造されているが、再生可能エネルギーの電力を用いた水電解にて製造することも出来る。この水素エネルギーを利用する観点では、燃料電池を使ったコジェネレーションや、ガスタービン等による大規模の発電、乗用車や大型のバス、トラック、燃料電池船といった移動体への利用と多用途に展開可能であり、製造と利用、両方で多様性を有している。

さらにエネルギー・セキュリティ確保の観点からも



図—1 我が国における水素・燃料電池関連の市場規模予測

重要である。海外の褐炭や原油随伴ガス、再生可能エネルギーなどの未利用エネルギーを調達することが検討されており、これが実現すれば、エネルギーに関する地政学的リスクの低減が期待される。

さらに、日本の燃料電池分野の特許出願件数は世界1位で、2位以下の欧米をはじめとする各国と比べて約5倍と諸外国を大きく引き離している。また、水素・燃料電池関連の市場規模は、我が国だけでも2030年に1兆円程度、2050年に8兆円程度に拡大するとの試算もあり（図—1）、今後10～35年間で大きく成長する分野と期待されている。燃料電池・水素の領域で世界をリードしていくことは、産業競争力確保の観点からも重要である。

2. 国の政策における位置づけ

2014年4月11日に閣議決定された「エネルギー基本計画」においては、水素の特徴を踏まえて、水素を日常生活や産業活動で利活用する社会（水素社会）を目指した取り組みを加速することが示された。具体的には、従前より取り組みが進められている定置用燃料電池（エネファームなど）の普及・拡大、燃料電池自動車の導入加速に向けた環境の整備といった取組に加え、水素の本格的な利活用に向けた水素発電などの新たな技術の実現、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が追加されるとともに、水素の製造、輸送・貯蔵、利用までを俯瞰した、“水素社会”の実現に向けたロードマップの策定が示された。

この基本計画を受けて、2014年6月23日には、経済産業省によって「水素・燃料電池戦略ロードマップ～水素社会の実現に向けた取組の加速～」が策定、公表された。このロードマップでは水素の利用について、

技術的課題の克服や経済性の確保に要する期間の長短に着目し、3つのフェーズに分けて取組を進めていくことが示された（図—2）。

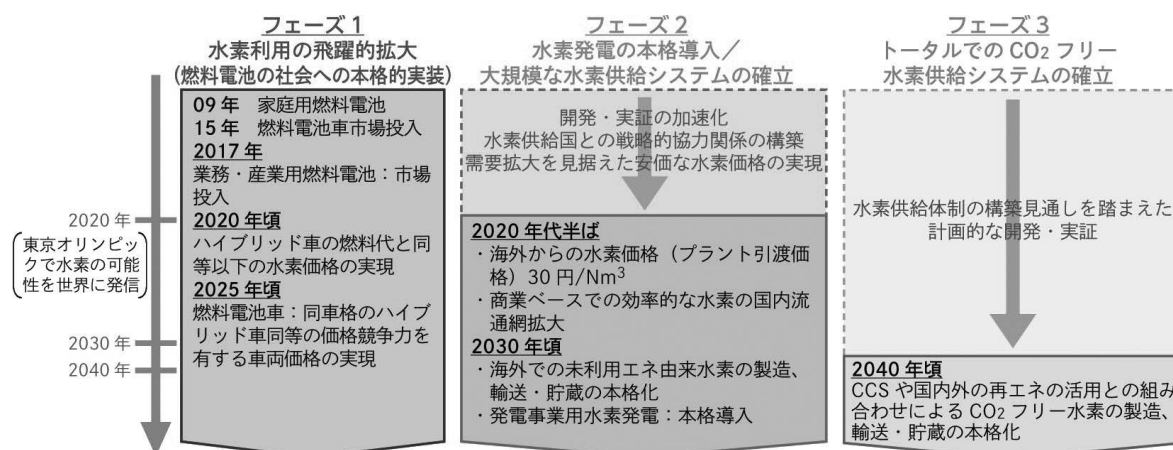
これらの政策において、家庭用燃料電池システムについては、2020年に140万台、2030年に530万台の普及を目標としている。また、燃料電池自動車についても、2015年度までに水素ステーションの場所を100カ所程度確保することなどが、目標として掲げられている。

3. 水素社会実現に向けた取り組み状況

(1) 定置用燃料電池

燃料電池・水素エネルギー技術の研究開発は、30年以上にわたり国家プロジェクトとして推進されてきた。この技術の社会実装の先駆けとなったのが、家庭用燃料電池システム「エネファーム」である。家庭用燃料電池システムは、2009年に我が国が世界に先駆けて商用化し、現在までに10万台以上が普及している。早期の商用化・普及に成功した要因としては、産学官が連携して、技術開発、実証研究および法規制の見直しの三位一体の取組を推進したことが大きい。主な例は以下の通りである。

- ・燃料電池の実用化には、高効率・低コスト・高耐久化に必要な不可欠な材料、触媒反応、高分子、電気化学等の幅広い分野の専門知識が必要であった。この多様な学問分野にわたる大学・研究機関が、国の一貫した政策支援を受けて研究開発を推進した。
- ・燃料電池だけではなく、システムとしてのコスト低減のため、補機類（空気ブロワ、ポンプ、弁類、圧力計、流量計、水処理装置、熱交換器、電力変換装置等）の仕様を共通化した。これにより、周辺機器のコストを約1/4まで削減し、さらに機器開発に取



図—2 経済産業省「水素・燃料電池戦略ロードマップ」の概要

り組む新規企業の参画を促した。

- ・当初の電気事業法や消防法などでは、燃料電池の家庭での使用は想定されておらず、厳しい規制が設けられていたが、家庭用のガス消費機器と同等の取り扱いを目指した安全基準の整備や信頼性等に関する試験方法の検討を行うことで、規制の再点検が行われた。
- ・2005年から全国の一般家庭に約3500台の燃料電池システムを設置した大規模な社会実証を実施。実際の運転データ、不具合データ、効率データ等を取得し、運転制御の改良、故障情報の整理分析、運転実績の開発へのフィードバックによる信頼性の向上、これらを踏まえたコストダウンを推進した。さらには、大規模な実証試験により各企業が商用化時に必要な量産体制の準備を可能とした。

定置用燃料電池システムの更なる普及に向けて、今後はコストのより一層の低減と、集合住宅や業務用・産業用へのユーザーの拡大、さらに、日本が技術的に先行しているこの時期に、海外展開を積極的に進めることによる市場の拡大が必要である。

(2) 燃料電池自動車

燃料電池自動車は、走行時に排出されるのは水のみであり、究極のエコカーとも呼ばれ、期待が高まっている。2014年12月15日には、トヨタ自動車が一一般販売を開始しており、その価格は約723万円、経済産業省の補助金202万円により、実質は約521万円となっている。

この燃料電池自動車の普及に向けた取り組みであるが、国家プロジェクトとしては1990年代から研究開発、更に2002年度からは公道での実証研究が進められてきた。この間、コアとなる燃料電池技術には大きな進展があり、例えば燃料電池の耐久性については、当初の5年程度から現在は15年程度、また低温始動性に関しても現在では -30°C での始動が確認されている。また、燃料電池自動車に不可欠な水素ステーションについて、ユーザーニーズを踏まえ、70 MPaの水素ガスへの対応、3分間で満充填(5 kg)、1時間に6台充填を実現するための技術開発を進め、2013年4月には、実際にガソリンスタンド併設型の水素ステーションを設置(海老名水素ステーション)、実用化に向けた技術的な検証を行ってきた。

一方、燃料電池自動車を導入させるためには規制や基準の策定といった社会基盤の整備が不可欠であった。車両の火災試験といった安全に関する研究などが実施され、この結果を踏まえ、2005年に世界で初め

ての燃料電池自動車の安全基準が日本で策定された。現在、世界共通の安全基準が策定されているが、この基準は、多くが日本の基準がベースとなっている。加えて、従来、工場などで使用されていた水素を、市中で使用するための規制見直しも必要であった。関連する高圧ガス保安法、消防法、建築基準法などの見直しが実施され、例えば2012年度には市街地への70 MPa水素ステーション建設が可能となり、ガソリンスタンドと水素ステーションの併設が可能となった。今後は、水素ステーションにおける水素貯蔵量上限の引き上げや、水素利用設備に使用可能な鋼材の種類の拡大、さらには液化水素ポンプや新たなタイプの容器(フープラップ式複合容器)等、新たな技術の活用に向けた規制の見直しを進めることになっており、官民が連携して安全データの取得等に取り組んでいる。

現在、2015年度中に100カ所の水素ステーションを目標に、国の補助金制度のもと整備が進められている。コスト低減等の課題はあるものの、燃料電池自動車の一般販売が具体的に変わったことを受けて、その整備がさらに加速していくことが期待される。

4. 今後の取組の方向性

家庭用燃料電池による燃料電池の市場創出や、燃料電池自動車及び水素ステーションによる水素エネルギー利用のための社会基盤整備が進められているが、水素社会の実現に向けた次のステップは、水素エネルギー利用を大幅に拡大し、日本のエネルギー・システムにおける水素の位置付けを高めることであろう。

水素エネルギーの利用として期待されるのは、ガスタービン等により水素を直接燃焼して発電する水素発電である。水素発電では、一基で年間数億 Nm^3 の水素を消費するとの試算もあり、大量の水素需要の創出とスケールメリットを活かした水素コストの低減が期待される。一方で、この水素発電で大量の水素需要が創出されると、これに対して安定的に水素を供給するサプライチェーンの構築が不可欠となる。海外の未利用の資源を水素に転換し、これを大量かつ長距離で輸送するための検討が進められているが、今後は、水素発電といった新規需要の創出とも併せて、これを具体化するための取り組みの加速が必要である。

また、水素が持つエネルギーを大量かつ長期間貯蔵可能であるという特徴を活かし、再生可能エネルギーからの電力を水素に転換し利用するシステムについても技術開発が進められている。このシステムはPower to Gas (P2G)とも呼ばれ、特に風力発電の大量導入

が進むドイツを中心に実証研究が進められている。再生可能エネルギーは地球温暖化対策の観点からも更なる導入が期待されているが、時間的・地理的な遍在性から系統接続における課題が顕在化している。水素と再生可能エネルギーを組み合わせたシステムの構築は、この課題解決に向け大きく貢献出来るポテンシャルを有しており、今後、この分野における研究開発の取り組みが必要である。

5. おわりに

現在は長年にわたる研究開発によって水素社会の実現に向けた入り口に到達したという段階であり、今後はこれを本格的な水素社会の実現に結実させていくための絶え間ない取り組みが必要である。その際、産学

官の関係者間で目標と時間軸を共有した上で役割分担を明確化し、優先順位を付して資源を重点配分しながら、協力して取り組んでいくことが不可欠である。特に、民間企業を刺激し、積極的な参画やチャレンジを称揚するためには、水素エネルギーに対する社会の理解や期待を、より一層高める必要がある。

J C M A

【筆者紹介】

江川 光（えがわ ひかる）
（独）新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）
新エネルギー部

