

水素エネルギーの重要性

高坂 祐顕

埼玉工業大学工学部機械工学科

kosaka@sit.ac.jp

Recognition on Importance of Using Hydrogen Energy

Masataka KOSAKA

Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Saitama Institute of Technology

Abstract

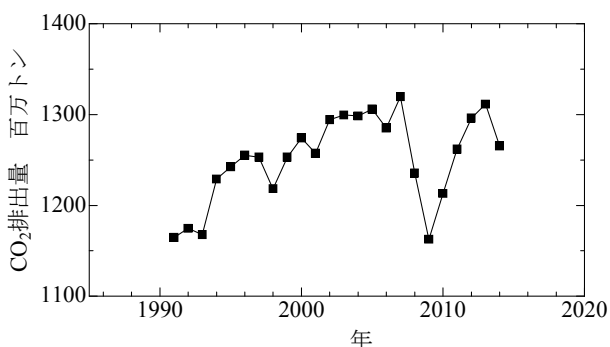
Various pollutions such as acid rain, global warming, etc. are mostly caused by the combustion of fossil fuel which generates carbon dioxide, etc. and the environment is destroyed by them. Therefore, as rapidly as possible, the alternative energy sources as a pollution free energy sources should be developed. Hydrogen is expected to become one of the major secondary energy sources and to be treated as important as conventional secondary energy such as electrical energy, thermal energy and so on. In future, if the hydrogen can be mass-produced by water electrolysis utilizing various primary energy resources such as wind, solar, and biomass, etc. what is called renewable energy, the low carbon society can be achieved. In this paper, the importance of using hydrogen energy to sustainable society is described. In the present circumstances, the most important things for sustainable society just are the energy saving. Utilization of hydrogen energy would lead to decreasing an amount of CO₂ emission, but the focus on the importance of hydrogen energy using is to save the fossil fuel rather than whether only to reduce the CO₂ emission or not.

Key Words: fuel cell vehicle, global warming, hydrogen, renewable energy resource, sustainable society

1. はじめに

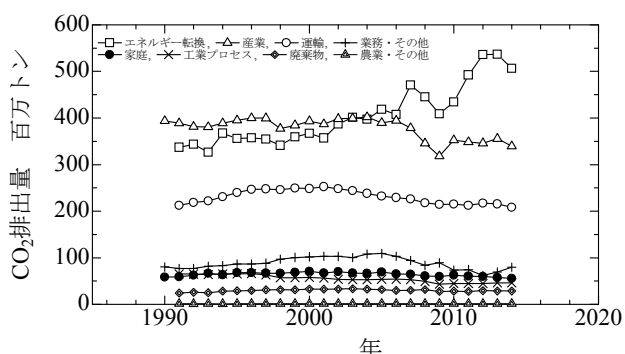
2015年の世界人口はおよそ73億人で、そのうち先進国の人口はおよそ12億人である。言うなれば、現在流通しているエネルギーのほとんどはこの全人口の17%が消費していると言ってもよい。2050年には世界人口はおよそ97億人になると推計されており¹⁾、今後、化石燃料をベースとするエネルギー需給状況は逼迫する。

現状のエネルギー利用状況を考えると、化石燃料を利用し続ける上でのリスク（地球温暖化など）を克服するのは難しい。しかし、少しずつであってもこのリスクを減らしてゆくことが重要であり、そのために、化石燃料に代替する一次エネルギー需給構造を担える、太陽光、風力、地熱、水力、バイオマスの再生可能エネルギーの推進や、また、それらを利用した分散型エネルギーシステムに注目が



国立環境研究所 日本の温室効果ガス排出データ (1990~2014年度確報値) を基に作成

図1 日本の総CO2排出量の推移(1990~2014)



国立環境研究所 日本の温室効果ガス排出データ (1990~2014年度確報値) を基に作成

図2 日本の部門別CO2排出量の推移(1990~2014)

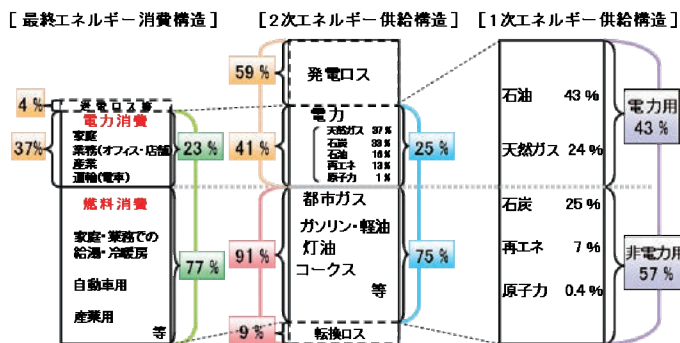
集まる。しかしながら、これらの再生可能エネルギー利用にも、出力不安定による系統の問題や発電プラントの立地上の問題など、解決すべき問題が幾つかあり、それらの問題を解決するとして水素に注目が集まる。一方で、水素は古くから様々な一次エネルギーから転化し、利用されており、今後、再生可能エネルギーから転化することでCO₂の発生を抑えることができるため脱化石燃料エネルギー需給問題や温室効果ガス排出削減に大きく寄与できるとして世界から着目されている。

本稿では、未来の二次エネルギーの代表である水素エネルギーを取り巻く状況とその利活用技術に焦点をあて、水素エネルギーの重要性を述べる。

2. 日本のエネルギー政策

化石燃料を使用するリスクへの懸念から、1997年に国連気候変動枠組条約第3回締約国会議(COP3)が行われ、温室効果ガス排出削減への大きな一歩を踏み出した。現在、日本

では2013年度を基準に温室効果ガス排出量を26%削減することを目標としている²⁾。1990年度から2014年度までの日本の総CO₂排出量および部門別CO₂排出量の推計結果³⁾を整理したものを図1、図2に示す。現在の総CO₂排出量は13億トン程度で、エネルギー転換部門、産業部門におけるCO₂排出量はその他の部門と比較して多いことがわかる。また、図3からもわかるように、一次エネルギー供給構造のうち電力用として利用されるのは40%程度であるので、現状では、化石燃料に依存せずに産業活動を続けることは難しい。このような背景から、CCS(Carbon Capture and Storage: 二酸化炭素回収・貯留技術)などの排出された温室効果ガスを削減するための様々な試みがなされているが、化石燃料を使用し続けるリスクをぬぐい去ることはできない。現在のところ、この問題を解決し得る代替エネルギーはない。化石燃料の一部を代替する一次エネルギー需給構造を担うことができるとして、太陽光、風力、地熱、水力、バイオマスの再生可能エネルギーの推進やそれらを利用した分散型エネルギーシステムの技術開発が世界的に行われている。再生可能エネルギーにより発電された電力はその場所で消費することが望ましいが、余剰電力などが発生した場合は、この電力を貯蔵しておく必要がある。

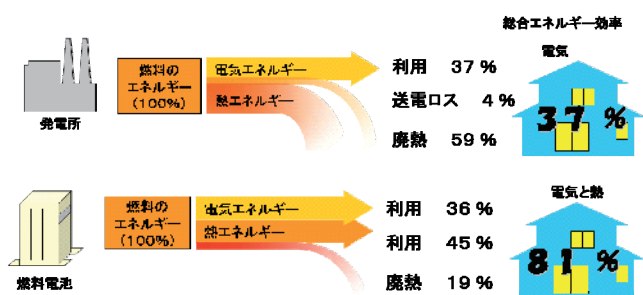


経済産業省総合資源エネルギー調査会基本政策分科会第(16回会合)資料もとに作成

図3 日本のエネルギー需給構造

また、比較的大きな規模の供給プラントは電力需要地から離れていることが多く、出力の変動も大きく、需要地までの系統用インフラ

を共用することが難しいという欠点があり、その電気エネルギーを輸送・貯蔵する中間のエネルギー媒体が必要となってくる。そのエネルギー媒体の一つとして注目されているのが水素である。日本においても、エネルギー政策基本法に基づき 2003 年 10 月に閣議決定されたエネルギー基本計画（2014 年 4 月第 3 回改訂）において、水素を熱や電気に並ぶ二次エネルギーの代表として取り扱うということが明記されている⁴⁾。



水素・燃料電池戦略ロードマップ，経済産業省 資源エネルギー庁省エネルギー・新エネルギー部燃料電池推進室，水素・燃料電池戦略協議会，平成 28 年 3 月をもとに作成

図 4 燃料電池のエネルギー利用効率

また、日本からの水素燃料電池分野の特許出願件数は世界 1 位であり、水素エネルギー利活用分野における競争力は高く、水素・燃料電池関連の市場規模は国内だけでも 2030 年に 1 兆円程度、2050 年には 8 兆円程度に拡大するとの試算があり⁵⁾、産業政策の観点からも重要視されている。このように、水素エネルギーには、環境負荷の低減、エネルギー供給源の多様化によるエネルギー確保という安全保障上の問題、安定供給の実現、非常時への対応および経済産業への波及効果といった重要な意義があり、水素エネルギーを本格的に利活用する水素社会をできるだけ早く実現していくことは、資源の乏しい日本にとって重要である。

3. 水素エネルギーの重要性

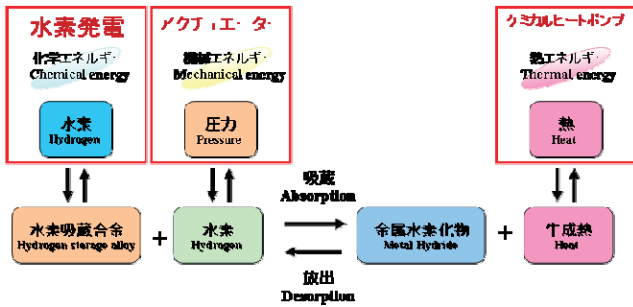
水素は、利用段階では温室効果ガスを排出することがなく、たとえば化石燃料からの改質により得られた水素であっても、図 4 に示すように燃料電池技術を活用すれば、燃料を燃焼させて利用する従来のエネルギー利用方法

より高い効率を持っており、エネルギー消費量や環境負荷の低減に大きく貢献できる二次エネルギーである。また、製造原料の代替性も高く、副生水素（日本では主にソーダ産業および製鉄所から副生される水素のこと）、原油改質時の随伴ガス、褐炭（オーストラリア等で賦存量が多いが現状では自然発火性を持つため輸出が困難）といった未利用のエネルギーなどの多様な一次エネルギー源から製造ができる。さらに、一次エネルギー源として再生可能エネルギーを選択すれば、CO₂ 排出を抑制できることから低炭素社会を構築することができることと期待されている。その中でも、再生可能エネルギーを中心とした分散型発電システムにおいては、エネルギー生産からその利用までの間に生産されたエネルギーを貯蔵・輸送するという課題があり、その課題を解決し得るとして水素が注目されている。水素は気体、液体、固体（合金に吸蔵）というあらゆる形態で貯蔵が可能で、その貯蔵時の安定性から、この中間を補うエネルギー媒体としてこの課題解決に大きく貢献することが期待されている。さらに、この安定性に加えエネルギーとして利用するときの利便性から非常時対応等の効果も期待されており、エネルギーの安定供給と CO₂ 排出削減等の効果から電気、熱と並び、その中心的役割を担う将来の二次エネルギーとして期待されている。

4. 水素エネルギー利用技術

利用技術としては、家庭用燃料電池、燃料電池自動車、水素発電や水素吸蔵合金を利用したケミカルヒートポンプ、アクチュエーター等^{6), 7)} の様々な応用例があり、特に水素吸蔵合金を利用することにより、より安全に水素を貯蔵することが可能な上に、図 5 に示すように、その吸蔵放出過程で発生する機械エネルギーや熱エネルギーを有効に利用することができるため、このような水素吸蔵合金を利用した水素貯蔵利用技術が最近見直されてきている。

家庭用燃料電池や水素燃料電池自動車はす



出典：機械の研究、水素エネルギーの有効利用⁸⁾

図5 水素吸蔵合金の水素吸蔵放出原理図
 すでに実用化されており、家庭用燃料電池が全世界の約1割に普及したとすると、家庭部門におけるCO₂の排出量を約4%（年間約800万トン）削減できると試算されている⁹⁾。また、運輸部門では、燃料電池自動車が自家用普通乗用車の全保有台数の約1割普及すると、旅客部門におけるCO₂の排出量を約9%程度（Well to Wheelベースで年間約390万トン）削減する効果が見込まれている¹⁰⁾。

さらに、非常時の対応として、燃料電池自動車は非常時電源として電気自動車の約5倍（120 kWh程度）の容量があり、これは、図6に示すように、一般家庭の一日の電力消費量をおよそ10 kWhとすると10日間分程度に相当する容量であり、災害時には非常用電源として有用である。特に、公共交通機関での運用を目的としている水素燃料電池バスなどは約455 kWh程度の容量があるので、非常時に解放される施設（例えば体育館等：非常時の電力消費量は一日およそ100 kWh）を考えると約5日間程度賄えるほどであるため、災害等の非常時には避難所などに対して電力供給を行うことが期待されている。

水素発電に関しては、水素を燃料に用いた発電方法¹¹⁾として、汽力発電、ガスタービン発電、燃料電池を用いる大規模発電などの開発が進められている。汽力発電はこれまでの燃料利用法と同様に水素に天然ガスを加えた燃料をボイラーで燃焼させ発生した蒸気によりタービンを回転させて発電する方式である。

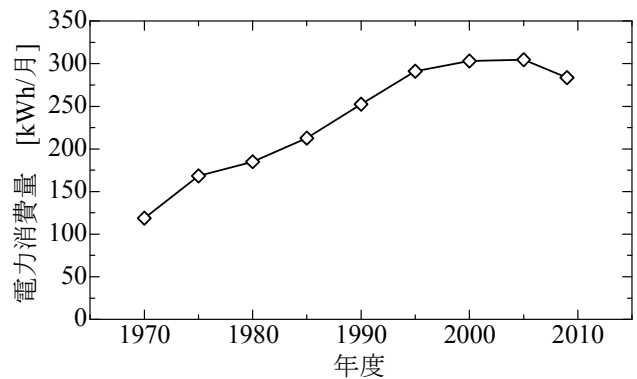
ガスタービン発電には水素のみで発電する専燃発電と水素に天然ガスを混ぜた混燃発電

がある。専燃発電については世界的にも事例が少ないが、イタリアではEnel社による12 MWの水素専燃発電がすでに実証されており、今後さらなる検討が必要であるが、発電段階ではCO₂を排出せず、水素の製造方法によっては、CO₂の排出が非常に少ない電源になり得るとして期待されている¹¹⁾。

そして、これらの水素エネルギー利活用技術を使用するために必要な水素製造に関しては、現在、ソーダ産業による副生水素が大部分を占めているが、石油随伴ガス、水電解、バイオマス熱分解による水素製造等様々な試みがなされており、再生可能エネルギーから水素を効率良く製造する方法も研究されている。さらに、オーストラリアでは未利用となっている褐炭から水素を大量に製造（排出したCO₂はCCS等で回収）し液体水素として輸出することなどが検討されている。

また、欧州ではドイツを中心に、風力発電等による再生可能エネルギーからの余剰電力を水素に転換し、この水素と都市ガス改質時に発生するCO₂とを反応させメタンに変換して活用するPower-to-Gasプロジェクトがすでに実施されている。

ここに述べた技術はほんの一部にすぎないが、これらを含む様々な水素利用技術の革新が進むことで低炭素社会の実現に大きく近づく。延いては、ゆとりを持ってエネルギーを利用できる持続可能な社会になることが期待できる。



数値は9電力会社（北海道、東北、東京、北陸、中部、関西、中国、四国、九州）の平均値
 「原子力・エネルギー」図文集2012に基づき作成

図6 一世帯当たりの消費電力の推移

5. おわりに

逼迫したエネルギー事情を考える上では、再生可能エネルギーを中心とした分散型のエネルギー体制であるスマートグリッドに注目が集まることが多い。しかしながら、各部門別のCO₂排出量（図2）が示すように、エネルギー転換部門、産業部門から排出されるCO₂の量はその他の部門からの排出量を大幅に上回っている。工業立国である日本にとっては、この産業基盤を支えていくことが非常に重要な課題であるが、この産業基盤を支えることができる水素社会を迎えるにはまだまだ時間が必要である。また、現状の一次エネルギー供給構造（図3）を考えると、化石燃料資源を使用することなく現在の活動を続けていくことは難しいことも明らかである。したがって、活動を続ける上ではCO₂を発生させざるを得ないわけであるが、どのみち、CO₂を排出するならば、水素エネルギーに変換して利用の方が従来（燃焼利用）よりも効率が良いことは先に述べた通りである。たとえば、燃料電池自動車が200万台導入されたとしても、CO₂削減量は、日本の総CO₂排出量（およそ13億トン）に対して0.2%に過ぎない。さらに、家庭用燃料電池が全世帯のおよそ1割に普及したとしてもそのCO₂削減量は総排出量の0.6%程度であり、家庭部門等で水素エネルギーを利用する社会を迎えてもすぐに状況が変化することはなさそうである。しかしながら、限りある化石燃料資源を利用せざるを得ない状況が今後も続くことは明白であり、より効率良く化石燃料資源を利用する意外にはエネルギーを確保する方法はない。有限の資源を効率良く有効に利用し、限りある資源を利用できる時間を延ばしてゆくこと

が、いわゆる持続可能な社会を構築する上で重要であり、現状では水素エネルギーを利用することが最善の方法である。

参考文献

- 1) 総務省統計局：世界の統計2016, (2016) p16
- 2) 環境省：日本の約束草案
- 3) 国立環境研究所：日本の温室効果ガス排出データ（1990～2014年度確報値）
- 4) 経済産業省資源エネルギー庁：エネルギー基本計画（第3回改訂），p26
- 5) 新エネルギー産業技術開発機構：NEDO水素エネルギー白書
- 6) 大角泰章，水素吸蔵合金，アグネ技術センター（1999）449
- 7) Sangchul Bae, Masataka Kosaka, Masanori Monde, Masafumi Katsuta：Dynamic Behavior and Refrigeration Performance in a Heat Driven Type Compact Metal Hydride Refrigeration System, International Refrigeration and Air Conditioning Conference at Purdue (2008) 2290
- 8) 高坂 祐顕，水素エネルギーの有効利用，機械の研究，第69巻，第5号，pp.377-384
- 9) 経済産業省資源エネルギー庁省エネルギー・新エネルギー部燃料電池推進室水素・燃料電池戦略協議会：水素・燃料電池戦略ロードマップ（2016）
- 10) 財団法人日本自動車研究所水素燃料電池実証プロジェクト総合効率検討作業部会：総合効率とGHG排出の分析（2012）
- 11) 経済産業省資源エネルギー庁：水素発電について，水素・燃料電池戦略協議会ワーキンググループ第4回資料2（2014）

