

(2)水素/燃料電池

地域資源を活かした水素社会への取組み
～ 地方自治体の取組み事例から～

チーフコンサルタント 加納 達也

1. 求められる地方からの水素社会への取組み

地球温暖化や化石エネルギーの枯渇といったことなどを背景として、自動車であればバイオ燃料や、ガソリンハイブリッド、クリーンディーゼル、燃料電池自動車（FCV：Fuel Cell Vehicle）といった低公害車が、そして、定置式分散電源としては、固体高分子型燃料電池（PEFC：Polymer Electrolyte Fuel Cell）やガスコジェネレーションなどの普及が官民一体となって進められている。いずれの方式も、従来のシステムから比較優位な選択¹と考えられても、燃料の調達可能性やコスト等の問題によって何が次世代の本命システムとなり得るのか、という点については様々な議論がなされているものの明確な回答は出されていない。その中でも燃料電池は、高効率で発電過程では一切CO₂やNO_x等を排出しない「究極のクリーンエネルギーシステム」であり、長期的に見た場合「省エネ・地球温暖化防止の切り札」²となる可能性は高いと考えられる。図表1に水素社会・燃料電池を普及させていくことの意義を整理した。

総合効率が高い 省エネルギー

排熱を有効に利用することで、70%～80%の高い総合効率が実現。

環境性に優れている

燃料電池は、発電段階でCO₂を全く発生させない他、NO_xやSO_xなどの大気汚染物質も排出しない。

多様なエネルギーが利用できる(石油代替効果と分散型エネルギー源)

水素の原料には水の電気分解、天然ガスや石油燃料、及びバイオマスなどからも取り出すことができ、エネルギーの多様化、自立性に優れている。

部分負荷効率が高い

負荷変動の大きい需要家や、部分負荷率の高い自動車用として適している。

新たなエネルギー産業創出の可能性

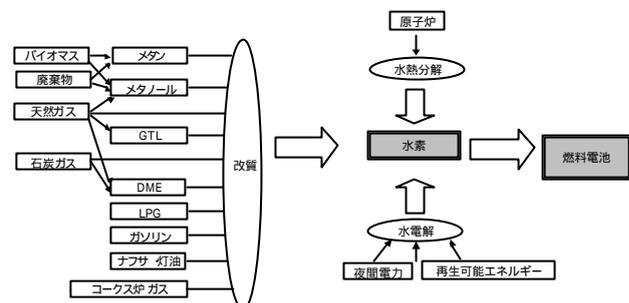
水素/燃料電池は、我が国が優位性を持つ新産業分野として期待されている他、燃料電池の持つ多様な特性を利用して、環境ビジネスや新しいエネルギーサービスなどを提供する、新たな産業の創出が期待できる。

(図表1) 水素社会・燃料電池の意義

本稿のテーマである「地方自治体の水素社会への取組み」を考えた場合には、図表1における「水素は多様なエネルギーが利用できること」「新たなエネルギー産業創出の可能性」の2点に特に着目することができる。

水素は地球上には単体の分子としては殆ど存在せず、水や有機化合物の形で広く存在しているため、水素を得るためには、水や有機化合物を原料として水蒸気改質や

電気分解などの方法により製造しなければならない。このことは逆に言えば、石油や天然ガスなどの化石エネルギーや、バイオマス、再生可能エネルギー、水などの身近にある様々な物質（＝「地域資源」）からも水素を得ることができることになる（図表2）。更にこうした水素製造と利活用システムを地域社会に構築することで、地域の特性にあった新しい産業集積や雇用の創出が期待できる。



(図表2) 多様な水素の供給源

水素・燃料電池を実社会で普及させていくためには、JHFC（Japan Hydrogen & Fuel Cell Demonstration Project）などの官民を上げた国家プロジェクトとして行われる技術開発や実証事業の成果等を踏まえ、今後は、地域が主体となり水素供給・普及促進を図る「草の根の取組み」が益々重要となってくる。

本稿では、このような観点から、地方公共団体を主体とする「地域資源」を活かした水素社会への取組みとして、三重県と日光市の事例を紹介する。

2. コンビナート水素の利活用を目指して(三重県)

三重県では、燃料電池に関する技術、ノウハウの蓄積を図るため、構造改革特区制度を活用し平成15年度から県内10箇所で企業や大学らと共同で燃料電池の実証試験を実施し、平成16年度には、四日市コンビナートから発生する大量の水素含有副生ガス等を活用した水素エネルギー社会の実現可能性について調査を行うなど、早い段階から水素・燃料電池産業の育成に力を入れている。これらの成果などを踏まえ、一層の水素産業や研究開発、教育機能の育成・集積を目指し、平成17年11月に「三重県水素エネルギー総合戦略会議」を発足させた。これには、平成19年2月現在で、140社弱の関連企業や研究機関などが参加し、水素エネルギー社会の構築に向けた様々な活動を実施している。また、新エネルギー産業技

¹ 従来システムと比べて全ての場面でコストや環境面で優位であるとは限らない。この点については、各利用形態で個別の評価が必要である。

² 経済産業省次世代自動車・燃料に関する懇談会「次世代自動車・燃料ニシアチブ」P16 2007.5

術総合開発機構（NEDO）の事業として三重大学等と「水管理によるセル劣化対策の研究」に取り組んでおり、この研究プロジェクトの拠点として「三重県燃料電池研究センター」を設置した。更には、三重大学、三菱化学等と経済産業省の事業に採択され「含侵修飾した高性能電極を有する固体酸化物形燃料電池セルの開発」に取り組んでいる。価値総合研究所は、水素エネルギー総合戦略会議の幹事会社の一社として発足当初より参加しているが、ここでは、調査受託機関の立場で関与したNEDO補助による「三重県次世代エネルギーパーク整備プラン」で位置づけられた「四日市臨海部の水素・燃料電池エリア」³の整備構想をもとに、三重県の実情を紹介したい。

地域資源としての製油所水素

四日市臨海部には、我が国でも有数の規模を誇り中部地区で唯一の石油化学コンビナートが立地する。コンビナート内の製油所などでは、石油精製の過程で発生する水素含有の副生ガスと水素製造装置の余力水素（あわせて「コンビナート水素」という）などが大量に賦存する。三重県が平成16年度に行った調査では、四日市コンビナートからの年間水素供給ポテンシャルは、約3億Nm³程度と試算されている。これは、平均的な年間走行距離の乗用車にして30万台分の年間水素消費量に匹敵する量である。三重県内の乗用車登録台数が約100万台であるので、県内の1/3程度の乗用車が四日市コンビナートで供給できる水素に必要な燃料を賄うことができる計算になる⁴。三重県の貴重な地域資源の一つといえる「コンビナート水素」を活用し、関連技術の研究・実証機会の提供や関連産業の集積を図り、県民に向けた水素社会の普及啓発拠点を整備することを目的として、「水素・燃料電池エリア」構想が検討された。

水素 燃料電池エリア 構想の概要

本エリア構想では、図表3に示す からの5つの取り組みを柱としている。ここではこの内の「水素ステーション・FCV導入」と「副生ガス+SOFC実証」の2点について内容の概略を示す。

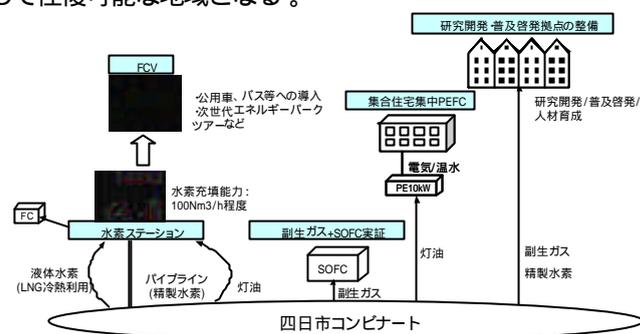
A) 水素ステーションとFCVの導入

ステーションへの水素供給方式としては、精製されたコンビナート水素をパイプラインでステーションまで搬送する「オフサイト方式」と、灯油等の石油製品をローリー車等で運び、ステーション内で改質する「オンサイ

ト方式」を検討した。どちらも、地域資源であるコンビナートの特色を活かした水素供給方式である。なお、コンビナートの液化天然ガス（LNG）冷熱を利用した液体水素搬送も四日市の特色を活かした水素搬送手段であり、今後は、検討に加えていくことが望ましいと考えられる。

ここでは、一定の条件下で輸送距離による水素供給コストの感度分析を実施したが、コンビナートからの輸送距離が近いほどパイプラインによるオフサイト方式が優位となり、コスト分岐点はパイプ延長7kmとなっている⁵。

また、四日市を拠点としてFCVバス向けに水素を供給することを考えた場合、最大で片道150km程度までが移動可能な範囲となる。その場合、愛知県常滑市にある中部国際空港（セントレア）や伊勢神宮までが途中充填なしで往復可能な地域となる⁶。

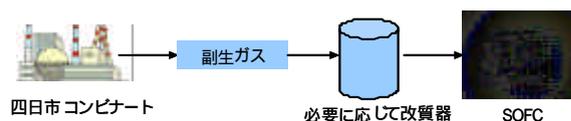


図表3 四日市水素 燃料電池エリアのイメージ

（三重県次世代エネルギーパーク整備プラン策定調査報告書 20072）

B) 副生ガスによるSOFC実証

SOFC（Solid Oxide Fuel Cell：固体酸化物形燃料電池）は、一酸化炭素（CO）被毒の問題が無い場合、COを含有するオフガスや改質ガスがそのまま燃料として使える上に、PEFCと比較して発電効率が高いため次世代の燃料電池の本命としてその普及が期待されている。コンビナートで発生する副生ガスは微量のCOを含んでいるが、これをSOFCの燃料として利用する実証事例は国内では行われていない。四日市コンビナートからの水素含有の副生ガスでSOFCの運転実証を行うことで、全国に100億Nm³賦存⁷と言われるコンビナート等副生ガスの高度利用につながるから、その社会的意義は大きい（図表4）。



図表4 四日市の副生ガスを使ったSOFC実証のイメージ

（三重県次世代エネルギーパーク整備プラン策定調査報告書 20072）

³ 平成18年度にNEDOの補助事業として、新エネルギーを県民が見て触る機会を増やし、新エネルギーに対する県民の理解の増進を図ることなどを目的とした「三重県次世代エネルギーパーク整備プラン」を策定した。同プランでは新エネ種別ごとに複数のエリアで分けた地域分散型のパーク整備を図ることとしているが、その中で四日市臨海部は「水素・燃料電池エリア」として、パークのコア地域の役割を担うとされている。

⁴ 「三重県次世代エネルギーパーク整備プラン策定調査報告書」P52

⁵ 「三重県次世代エネルギーパーク整備プラン策定調査報告書」P59

⁶ 「三重県次世代エネルギーパーク整備プラン策定調査報告書」P61

⁷ 石油化学業界の合計（財団法人石油産業活性化センターPEC-2002P-04）

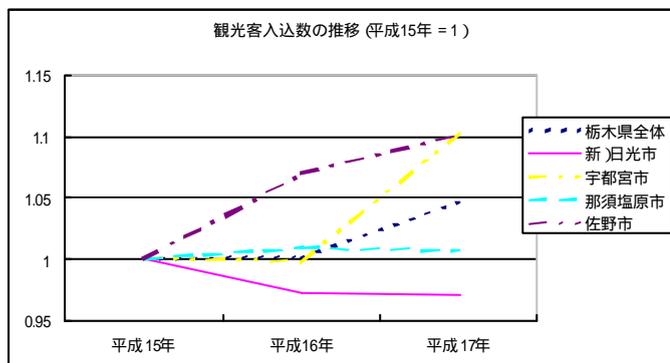
三重県では、こうした取組みを「水素利用」「PEFC普及」「SOFC実証」の3つのテーマごとに「水素エネルギー総合戦略会議」に参加する関連企業や研究機関等と共同で推進していく予定である。今後の、三重県の具体的な活動の進展に大いに期待するところである。

3. 地域共生型の水素社会に向けた取組（日光市）

水素社会への取組の背景

平成18年3月に、旧今市市、旧日光市など5市町が合併して誕生した新生「日光市」は、全国3位の行政面積を有し、市内には、世界遺産「日光東照宮」をはじめとする「日光の社寺」や「日光国立公園」を抱える他、2005年には戦場ヶ原、小田代原の一部が「奥日光の湿原」としてラムサール条約に登録されるなど、豊かな自然と緑、歴史的遺産に恵まれた国際観光都市である。

栃木県商工労働観光部の行った調査によると、平成17年の観光客入込数は、1145万人と栃木県全体の観光客の15.3%を占め、県内では宇都宮市に次いで2番目の観光客数を誘客している。しかしながら、観光客数は栃木県の他の観光地と比べても減少傾向にあり（図表5）今後は日光市の知名度や自然、歴史的遺産などを活かした一層の観光産業の育成が望まれるところである。



図表5 栃木県の主な自治体別観光客入込数の推移

*いずれも新基準の観光客数による（上位4自治体と全体の値）
（平成17年栃木県観光客入込数 宿泊数推定調査結果 栃木県商工労働観光部観光交流課）

一方で、日光市に観光として訪問するマイカーによる、「東照宮参道」や「いろは坂」などにおける激しい交通渋滞、また、それに伴うNO_xや粒子状物質などの大気汚染、CO₂の排出などの問題が指摘されている。日光市の調査では、平成16年に日光市を訪れた観光客の85%が外来車であり、鉄道利用客は15%弱に留まっている（図表6）。平成18年3月にJRが東武鉄道に乗り入れを開始し、新宿や池袋からの日光へのアクセスが以前より向上したことで、鉄道利用客の増加が期待されているが、2つの鉄道駅

（JR日光、東武日光）から日光東照宮や中禅寺湖など主要観光地へのアクセスの悪さがマイカー乗人数削減に向けた障害になっていると考えられる。鉄道利用客が「便利に」「快適に」「クリーンな手段で」参道往來を楽しむことができれば、観光客増加の一助となるのではないかと考える。なお、旧日光市内には、かつて路面電車が走っていた経緯もあり、交通渋滞の緩和や環境対策を見据えたLRT導入の庁内検討がされているところである⁸。

図表6 利用機関別の観光客数（平成16年）

| 総数 | 鉄道 | | 定期バス | 外来車 |
|-------|----------------------|-----|------|-------|
| | JR | 東武 | | |
| 6,021 | 364 | 531 | 12 | 5,114 |
| 100% | 6.0% (鉄道合計 14.8%) | | 0.2% | 85.0% |

（数字から見る日光 旧日光市観光商工課 WebSite）

日光における水素協議会の立ち上げ

このような観点を踏まえ、日光市は平成18年8月に環境にやさしいエネルギーキャリアである水素を使った社会システムを構築し、燃料電池のもつ先進性と利便性による観光客増加と地域活性化、新産業の創造などを目的とした、「日光水素エネルギー社会促進協議会（以下、協議会）」を、日光市長を会長として複数の関係企業等とともに設立した。日光市内には豊富な水資源が賦存し、市内の道路標高差が1633mもあることから水力発電の適地が多い地域である。実際に市内には、多くの水力発電所が立地しており、東京電力所有ダムだけで発電出力は220万kW⁹（揚水式も含まれる）に達する。協議会ではこうした地域資源としての豊富な水力エネルギーに着目し、化石エネルギーに依存しない小水力発電による水電解水素製造を念頭に置いた。製造された水素は、FCV向けを当面の利用先として水素ステーションで供給することを検討している。協議会には、事務局の日光市をはじめ、栃木県、地元バス会社、自動車メーカー2社、水素インフラメーカー、及びコンサルタントとして価値総合研究所が参加している。FCVや水素を提供する側とそれを実際に利用する側の方が同じ席で議論を交わすことで、より実効性の高い議論が期待される場所である。ラムサール条約登録湿地周辺は、一部でマイカーの乗り入れが禁止されており、現在は、ディーゼルハイブリッドバス（写真1）などが使われている。こうした交通手段にFCVを使い湿原のエコツアーに使うことは、国際観光地としての日光の知名度を活かした地域活性化策として意義のあることであると考えられる。

⁸ 「LRT導入 可能性探る」下野新聞2005.8.20

⁹ http://www.tepco.co.jp/corp-com/elect-dict/file/zz_b02-j.html



写真1)小田代ヶ原周辺を走るディーゼルハイブリッドバス
(2005年6月筆者撮影)

小水力発電の候補地として、ここでは足尾地区の事例を紹介する。我が国における公害問題の原点といわれる足尾鉍毒事件で有名なこの地区は、現在は、坑木や燃料として乱伐され、2度の火災等で焼失した森林の再生と、環境に配慮した治山事業に取り組むことで、今では環境保全の大切さを全国に発信する地域として生まれ変わろうとしている。

製錬所跡地に面して流れる渡良瀬川支流の豊富な河川水(写真2)を利用して、数百kW規模の発電が可能であると考えられる。ここで発電された電力は、地元の庁舎などでの利用を基本としつつ、夜間の低負荷時には発電電力が余剰となることも想定されるため、これを使って水電解ができないかという議論がされている。



写真2)渡良瀬川支流の砂防ダム
(2007年1月筆者撮影)

現状では、水素輸送や自営線インフラをどうするのか等の課題を抱えつつも、鉍毒事件という負の歴史を背負い、今は森の再生に注力する足尾地区の小水力エネルギーを使った水素がFCVの燃料として使われるという自然エネルギーの繋がりは、山間部で植林に情熱をそそぐ人々と、市街地で観光客の誘致に尽力される方たちを繋ぐ山と街のネットワークとなるものである。

協議会の活動としては、平成18年度は、JHFCによる

FCV試乗会や、地元中学校へのFCVを使った科学教室を開催した。今年度に入り、協議会の下部組織で作業部会としての「水素ステーション設置可能性検討分科会」を立ち上げ、実務レベルでの本格的なステーション建設の可能性検討に入ったところである。

日光東照宮は400年前の最先端の匠の技術を結集して作られた当時としては我が国最高峰の宗教建築物である。現在の最先端エネルギー技術である水素・燃料電池を使った地域の活性化という試みは、まさにこの日光に相応しいものであるといえる。

電解水素ステーションとFCV導入に向けた課題

水素をFCVの燃料として利用していく上での最大の課題は、水素を使ってくれるFCVの台数が少ないということに尽きる。FCVのコストが乗用車の数倍もかかり、最近では、本格的な普及には抜本的な見直し「Back to the basic: 原点回帰」が必要であると様々な場面で指摘されている。FCVと水素ステーションの関係はしばしば「卵と鶏」の関係に例えられるが、水素社会の実現に向けてはFCVのコストダウンと量産技術の確立が不可欠であることは言うまでもない。しかし、地方には自動車メーカーの技術開発動向に関する情報は伝わりにくいのが現状で、これが、地方の取組を鈍くする要因の一つとなっている。

日光市における検討から、主に電解ステーションを実現させていく上で、地域だけで解決することが難しいと考えられるその他の諸課題を以下に整理した。

電解ステーションを実現する上での諸課題)

- ・ 電解、昇圧を電力コストの安い夜間に実施する場合、現行法制上は、ステーション営業時間外も保安責任者の人件費などが必要となり、これが水素供給コストを押し上げる大きな要因となる。
- ・ 自然エネルギーを使って電解を行う場合、電力供給インフラ(自営線)敷設や送電線託送料の負担に伴い水素製造コストが上昇する。
- ・ 数億円規模となる水素ステーション建設やFCV導入は地方公共団体や民間企業だけでできるものではなく、国費等による補助が不可欠となる。
- ・ 自然エネルギー利用に係る法規制や制度上の課題がある。例えば、小水力発電であれば、水利権や漁業権を考慮した計画としなければならない。

法制度の緩和や補助金の交付に関しては、国に検討して頂かなくてはならない分野であるなど、これらの課題の解決は自治体単独ではできないものである。水素社会を現実のものとするために、国や民間等の多様な主体が互いのノウハウを活かし、長期的な戦略を持って協働でこれを推進していくことが望まれる。以上