



## 第26回フロンティア技術検討会講演録：水素エネルギー社会の実現に向けて

著者	栗林 和徳, 吉積 潔, 小池田 章, 萩原 靖仁, 田邊 博義
雑誌名	室蘭工業大学地域共同研究開発センター研究報告
巻	26
ページ	63-76
発行年	2016-02
URL	<a href="http://hdl.handle.net/10258/00008949">http://hdl.handle.net/10258/00008949</a>

# 第26回フロンティア技術検討会

## 講演録

【日時】平成26年10月16日(木) 14:00～19:15

【場所】中嶋神社 蓬峽殿(室蘭市)

【参加者】94名

### 【講演会】

テーマ：「水素エネルギー社会の実現に向けて」

### 【開会挨拶】

(公財)室蘭テクノセンター理事長 栗林 和徳

### 講演1：「水素社会の実現に向けて ～課題と取り組みの方向性～」

(独)新エネルギー・産業技術総合開発機構 新エネルギー部 主任研究員 吉積 潔 氏

### 講演2：「北海道を水素油田に!!再生可能なエネルギーを活用した社会システムの構造改革」

(株)フレイン・エナジー 代表取締役 小池田 章 氏

### 講演3：「燃料電池車へのトヨタの取り組み」

トヨタ自動車(株) 流通企画部 北海道・近畿 地域統括部長 萩原 靖仁 氏

### 講演4：「炭素ナノ資材を活用した燃料電池用電極触媒の開発と高性能化」

室蘭工業大学 暮らし環境系領域 准教授 田邊 博義

### 【開会挨拶】

(公財)室蘭テクノセンター 理事長 栗林 和徳  
司会者)これより第26回フロンティア技術検討会を開催致します。みなさまには、本日、大変お忙しい中、ご参加いただきまして、誠にありがとうございます。本日は、お手許のプログラムの通り、「水素エネルギー社会の実現に向けて」というテーマについて、4名の講師に講演をお願いしております。

松村専務理事)みなさん、こんにちは。私は、公益財団法人室蘭テクノセンターの専務理事をしております。松村と申します。本日は理事長が参りまして、挨拶する予定でございましたけれども、所用のため欠席をさせていただいておりますので、私の方から、実行委員会を代表いたしまして、開催のご挨拶を申し上げます。

本日は、何かとお忙しい中、講師の先生方を始め、多くのみなさまのご出席をいただきまして、また、多くの団体のご後援をいただきまして、このようにフロンティア技術検討会を開催することができました。本当に心から、御礼を申し上げます。このフロンティア技術検討会ですけれども、平成元年に、室蘭工業大学の地域共同研究開発センター、それから地域企業のみなさんと、産学官連携事業と言うことで誕生しておりまして、今回、26年目、26回ということで、毎年継続をして参りました。

昨年ですと、地域における環境ビジネスの転換社会、一昨年は、エネルギー戦略と省エネ技術、そして震災がありました3年前は、企業のリスク管理と言ったことをテ

マとして、タイムリーな地域の産業界にとって、有益と思われるようなテーマを設定をしております。地域の活性化と、産学官の地域連携のきっかけづくりと言ったようなことを目指して取り組んで参ります。

今年のテーマは、「水素」です。「水素エネルギー社会の実現に向けて」と言うふうにテーマを設定いたしました。水素については、国は昨年度から取り組みを強化いたしましたし、北海道におきましても、初めて水素エネルギーの現状を学ぶ研究会を開催したと聞いております。また、室蘭市では、この水素エネルギーの活用を視野に入れまして、室蘭市グリーンエネルギー構想と言うものを来年の2月に発表すると聞いております。また、新聞報道で知ったのですが、トヨタ自動車の内山田会長は、講演の中で、「燃料電池車を広く普及させ世界を変えたい、水素社会の実現に尽力する姿勢を示した」と、報道もございました。燃料自動車につきましては、室蘭市でも全国に先駆けて走る姿を見てみたいものだと思っております。

水素は社会において、非常に大きなものがございます。水素は、特に室蘭地域におきまして、水素は水や化石燃料からつくるわけですけれども、室蘭においては企業の生産活動の中から得られると言うことなんです。また、地域の企業においては、水素急増の動き、あるいは水素ステーションの蓄圧機の研究、水素需要のポテンシャルが高い地域であろうと思っております。

水素ですけれども、使うときには二酸化炭素を出さない、循環可能な低炭素型のエネルギーでもございます。

昔、理科で習ったと思いますが、周期律表で一番最初にくるのが水素。原子番号が1。常温、常圧では気体と言う

ことで、最も軽いと言うことです。水素はいろいろな可能性を持っており、水素をめぐる様々な観点から講演をいただくということになっておりまして、4人の先生方からご講演をいただきます。

ご紹介いたしますと、最初は、水素をめぐるの国の動きや水素社会実現に向けての課題を、独立行政法人新エネルギー産業技術総合開発機構、一般にはNEDOと呼ばれていますが、吉積様からご講演いただきます。次は、再生可能エネルギーによって得られた電力を活用するということでの社会システムの構造改革について、株式会社フライン・エナジーの小池田様。そして、今年度中にも燃料電池車の市販と言うものが予定をされておりますが、この燃料電池車への取り組みについて、トヨタ自動車の萩原様。最後は地元の大学から、炭素ナノ素材を活用した燃料電池用電極触媒の開発と高性能化と言うことで、室蘭工業大学

の田邊先生からご講演をいただくということになっております。4人の先生方がそれぞれの異なるお立場から、専門的、具体的なお話が聞けるのではないかと楽しみにしておりますし、期待をしているところでもあります。

本日のこの検討会が、地域の産業の振興とその発展につながる、そのきっかけづくりになれば、開催した者としては歓迎であります。結びになりますけれども、日頃から、私どもに対して産学官連携の中でご支援をいただいております室蘭工業大学を始め、関係の方々、毎年開催をしておりますフロンティア技術検討会にお集まりをいただいているみなさま、そして今日お忙しい中、講師としてなりました先生方に、敬意と感謝を申し上げます。開催にあたって実行委員会を代表してのご挨拶とさせていただきます。

本日は、どうもありがとうございました。

## 講演 I : 「水素社会の実現に向けて-課題と取り組みの方向性」

新エネルギー・産業技術総合開発機構

新エネルギー部 主任研究員 吉積 潔 氏

司会者) それでは早速講演に入りたいと存じます。水素社会の実現に向けて-課題と取り組みの方向性をテーマに、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 新エネルギー部 主任研究員吉積 潔様にご講演いただきます。吉積様はトヨタ自動車株式会社に入社後、1999年から燃料電池自動車の開発に従事され、2014年6月よりNEDOに出向。水素ステーションをはじめ、これからの水素社会の実現に向けた業務に従事されています。それでは、吉積様、どうぞよろしくお願ひいたします。

吉積氏) ご紹介いただきましたNEDO 新エネルギー・産業技術総合開発機構の吉積でございます。今日はどうぞよろしくお願ひ致します。今、ご紹介いただきましたように、今年の6月からNEDOの人間なものですから、まだ慣れないことも多くて、少しごたつくこともあるかと思いますがご了承願ひしたいと思います。

今回、この催し、26回目ということで、平成元年からということで、長い期間粘り強く、このように技術検討会をやっておられるのだと、実は私事ではありますが、同じ平成元年の結婚でございまして、同じ銀婚式を迎えた同士ということで、なかなかいいことかなと、続けることは大事なことかと思ひます。

本日のこれが私の講演メニューでございます。最初に、なぜ水素がこのように取り上げられて来ているのか、水素エネルギーの導入の意義について、まず述べさせていただきます。その後、水素社会をどのように実現していくのか、私どもNEDOのミッションであるとか、役割というようなことのご紹介も交えながらお話ししたいと思います。

まず、水素でございますけれども、宇宙で最も豊富にある元素ということで、約138億年前ビッグバンがあったときからある元素でございまして、宇宙全体の約70%を占めることになっております。水素単体では自然界にほとんど存在していない、地球上ではほとんどが化合物として存在している。それから色もありませんし、臭いもありません。最も軽い気体ですので、拡散が非常に早くてすぐに散ってってしまうという物理的特性があります。特徴的なこととしまして、燃えても火炎がほとんど見えない。水素が燃える状態をどう可視化していくかが1つの課題にもなります。燃焼すると酸素と反応して水になる。それから、マイナス252.6℃で液化化する。液体水素になり、た

いへん低温であるということです。

水素の利用としましては、このように(プロジェクターの画面を示す)多くの使い方がございます。例えば、半導体で使う、製鉄所では精錬で使う、アンモニア製造で使う、ロケット燃料としても燃料として使うということがございます。

年間の消費量としまして、すでに180億ニュートン立方メートル、実はすでに使われておまして、自動車にしますと、1,800万台分になります。ここに来てこの新参者も、例えば家庭用の燃料電池、燃料電池自動車、今後ということではありますが、水素発電に使って行こうということになっております。

水素エネルギーの利用ということで、水素が安全か危険かということと言うと、使い方を誤ると危険です。他のメタン、プロパン、ガソリンと比べたとき、特別に危険なのかと言うと、実はそれほどでもなくて、水素が持つ特性、拡散係数であるとか、爆発のエネルギーであるとか、それぞれの燃料のなかで特質はあるのですが、基本的な水素の性質、様々な実験データに基づいて、法令が決まっております。それを守っていくとさほど難しいものではない。ただ、なめてはいけないということがございまして、水素ステーションの安全対策ですとか、車であれば燃料電池車の安全性。例えば、水素ステーションであれば、漏らしてはいけない。漏れたものを貯めてはいけないというように、いろいろな規制に基づいて、安全に使えるようになっております。

次に政策の状況ですが、なぜ水素エネルギーを今後推進していくのか?

1つは、クリーンなエネルギーであることが第一です。使用時に大気汚染物質やCO<sub>2</sub>ガスの排出がなく、基本は水が出るだけということになります。それから、柔軟な二次エネルギーということ。これは、さまざまな資源、つくり方がございます。様々な運び方があって、また様々な器機に使える。柔軟なエネルギーということになります。そして、何よりも日本の強みが発揮できるということで、実は日本は水素の使い方ということで、30年以上に渡る経験がございまして、経験と蓄積を使って、日本としての強みが発揮できるというようなことがあります。

(クリーンエネルギーに関するグラフを示し) CO<sub>2</sub>について、縦軸がCO<sub>2</sub>の排出量、横軸が年度になりますが、リーマンショックの年が産業的に厳しくなって大きく減りましたが、2011年の地震の後、原子力発電の稼働停止ということもあまして、発電が火力発電に推移する、CO<sub>2</sub>の排出量が増えてきまして、2012年にはこれまでのレベ

ルを超えるような状態になってきております。水素というクリーンなエネルギーに転換していくということが、待たなしの状態ということでございます。

水素は多様な原料から製造可能で、化石燃料から造るやりかた、工業プロセスの製造物、バイオマス、自然エネルギーから、水素に変換して運ぶ。使い方としましては、様々な使い方が期待できます。水素を介して運ぶというところまで考えますと、これまでですと、電力で運ぶとなると、送電線を建てて、全戸に運ぶということになる。送電ロスも生まれます。世界中にある、使われていないエネルギー資源を、日本に運んでくると、それが使えるということになりまして、石油に依存しないエネルギーセキュリティの向上に大いにこれからも役だっていくこととなります。

日本における技術の蓄積が30年分あるとお話しました。

まず1つ特許という観点で見た時に、水素に関連する特許、日本を出しているものが全体の60%という、日本の技術ベースが高いということが上げられます。(水素・燃料電池関連の国内市場規模予測のグラフを示して)これから全体の市場規模としては、2035年におよそ1兆円、2050年にはおよそ8兆円ぐらいまでには伸びるのではないかと見ています。産業力強化のためには、水素が必要に、大事になってくることであります。

最近における水素エネルギーに関する政策展開ですが、安部総理の日本再興戦略のなかで、これはアベノミクスの中のひとつなんです。エネファームの拡大、2030年に530万基のエネファームと、たいへん意欲的な目標が掲げられている。それと、もう一つFCV世界最速普及を掲げています。それを受けた形で、エネルギー基本計画が立てられています。その中で、「水素はたいへん有望な2次エネルギーで、今後水素社会の実現をめざす」ということが謳われています。これは、エネルギー基本計画のなかで初めて、水素が有望と謳われたということで、たいへんに象徴的なことだと思っています。

エネルギー基本計画のなかで謳われていることなんです。先ほどもお話しましたが、家庭用、定置用エネファームの拡大、2030年に530万台という大きな目標ですが、これを目標にしています。これを達成するためには何が大事かという、導入に対する支援も必要ですが、コストを下げていかないことには普及は望めない。これを産業界含めて推進していくこととなります。

それと、燃料自動車の導入で、世界最速の普及をめざしていますが、車をつくるだけでは燃料電池自動車が普及いたしません。水素ステーション、インフラを整備しないとイケません。様々な規制の見直しも必要です。補助金も必要になります。当面、2015年ということで、ステーション100ヶ所の整備、2025年には1,000ヶ所の目標が掲げられています。

燃料電池の自動車だけの普及では、大量の水素社会の普及ということにはならない。大量につくって、大量に運んで、大量に使うということが、これから大事になってきます。そこで、本格的な利用、活用に向けた水素発電を実現するために、研究開発に着手しております。

先ほどもお話しましたが、水素は様々なつくり方、貯め方、運び方がございます。それらについての技術開発を着実に進めていかなければなりません。このような発展、推進のためには、思いつきではいけないので、水素社会の実現に向けてロードマップの策定をしなければいけません。今年の春を目標に策定して参りました。

ロードマップ策定にあたって、昨年末から、水素燃料電池戦略協議会が招集されまして、ロードマップをどのよう

に策定するか議論が進められて参りました。メンバーとしましては、自動車会社、エネルギー会社、インフラの関連会社、学会関係、官・役所、そこから代表が出まして、様々な議論がなされました。

1つは、水素利用、サプライチェーンまで考えた、製造・貯蔵・輸送の構築が重要であるということになっています。今年の6月にロードマップが策定されております。3つのフェーズに分けられております。1つは、燃料電池の利用拡大が第一フェーズ。家庭用燃料電池、エネファームに加えて、業務用、産業用の燃料電池を市場に投入していく。2017年度をメドに進めて行こう。それから、2020年代から2025年頃をめざして、燃料電池車の普及・拡大を推進しようということ。1つは燃料電池車の燃費、燃料の費用がハイブリッドと同じくらいになるように燃費向上に努めましょうということ。2030年くらいには、ハイブリッド車と燃料電池車の価格を同じくらいにする。これはなかなか厳しい目標なんです。そう言う目標を掲げて開発を進めて行こうというのがフェーズ1になります。

フェーズ2としましては、水素電池の本格導入。即ち大規模な水素供給システムの確立を考えています。2020年代後半から2030年にかけての水素発電、大量につくって、大量に運んで、大量に使うというようなことを考えている。水素をつくる時に、オーストラリアには石炭になる手前の褐炭というものがあるのですが、それを原料(褐炭)として使うと、CO<sub>2</sub>が出る場合があります。CO<sub>2</sub>フリーの水素をつくる際に、そこでCO<sub>2</sub>が発生してしまうと仕方がないので、CO<sub>2</sub>を取り出して、それを地中に埋めるというCCS(二酸化炭素回収・貯蓄)という考え方で、CO<sub>2</sub>フリーの水素供給システムの確立しようということが、第3ステップ、2040年くらいにひとつの目標として、割と長い目で見たときのロードマップが策定されました。

(水素・燃料電池戦略ロードマップの図を示して)水素の利用であるとか、輸送・貯蔵、製造に分けて、年度別毎の目標が掲げられています。ここでは、政策上のそれぞれの目標。何年くらいまでに、どこくらいの目標にしましょうということで、お手許の資料にあると思いますが、家庭用の燃料電池の目標、その規模を大きくしたところの業務用・産業用の燃料電池の目標、それから自動車の目標、発電の目標というようなことを、2015、2020、2025、2030の年度別に目標を掲げて推進しているような状態です。

ここからは、NEDOの取り組みについてのご紹介になります。

NEDOのミッションですが、1つは、エネルギー・地球環境問題の解決。

もう1つは、わが国の産業競争力の強化ということが上げられます。経済産業省で政策的に立てられたものを事業に具体化して、産業界・大学の英知を結集してイノベーションを実現する。さらに大事なのは、イノベーションを継続して、イノベーションを産業化していく、そこが非常に重要な役割となっています。職員数としては、約800名。予算としては、1,500億円で、全体を動かしております。

1973年に第一次オイルショックがございまして、1974年に堺屋太一さんのサンシャイン計画が開始、1978年に第二次オイルショックがあり、日本のエネルギーをどうしていくのかがたいへん重要な課題として上がって参りまして、1980年にNEDOが設立されております。手始めに、太陽光、地熱、風力、バイオマス、燃料電池の開発に着手して参りました。開発に加えまして、1990年の半ばからフィールドテストを繰り返しております。導入促進事業を

行いまして、業務用の新エネルギーの初期市場の創設に貢献してきました。

例えば、定置式の燃料電池であれば、量産効果による低価格化、2016年に市場自立化をめざす。燃料電池自動車の導入。そのためには水素ステーションをどのように導入していくのかを検討。さらに新たな利用可能性の拡大、火力発電の高効率化、火力発電に燃料電池を用いるやり方であるとか、またエネルギーキャリアと言うことで、再生由来エネルギーをどのようにして運ぶか、例えばアンモニアにかえてタンカーに乗せて運ぶとか、有機ハイドライドにして運ぶとかございます。それと、家庭への給電、ヴィークル・ツウ・ホームということ。乗用車とバスで発電した電気を家庭に給電するというような技術開発をしまして、実証試験も行いながら、ものとして成立させて産業化していくという取り組みを致しております。

取り組みの概要として、まとめておきますと、1つは技術開発の推進。これが一番の大きな役割となります。その中で、市場環境の整備というとも必要になっていきます。まず新エネルギーとして、市場創出するという。社会基盤の整備ということもやって行かなければ、なかなか市場も育っていかないものですから、ルールの見直しであるとか、規制の緩和をやって行かなければなりません。それから、日本だけ独自に進めていてもダメで、国際協力・協調が問われてきます。水素エネルギーに関する国際的な枠組みに積極的に参画すると同時に、アメリカのエネルギー庁ですとか、ドイツ連邦交通・建設・都市開発省といったところの水素エネルギーを担当する部局と深いネットワークを構築して、日本の独自性を活かしながら、世界の中でどのように協調していくかが日夜進めているところで

す。  
(燃料電池・水素分野のプロジェクトの展開を示して)平成26年に、燃料電池本体の固体高分子形燃料電池の実用化。固体酸化物形燃料電池システムをすすめていたところ。これらを統合して固体酸化物形燃料電池の実用化につながった。

水素利用等先導研究開発も行われて、水素利用技術として、例えば、どのように貯めるのか、高圧で貯める、液体で貯める、液体水素で貯めるかによって、その貯蔵技術とか、それと水素供給インフラが、当面たいへん重要な技術になってきます。それぞれにコスト低減策を進めていくとか、それぞれに予算規模がございまして。総額で言いますと、NEDO全体で、1,200億円、燃料電池に関しましては、約90億円。水素利用とかインフラ関係で約600億円。

水素社会実現に向けた3つのステップということで、まず1つ、水素というものがどういうものをみなさまにとって身近に感じてもらう、エネファームで水素を身近に感じてもらう。日本は世界で一番早く家庭用のエネファームを導入しているわけですが、そこで使う人が増えれば増えるほど、水素が身近かなものになっていく。水素はヒンデンブルグ号が爆発したような危ないものではなく、水素は実際には都市ガスとたいして変わらない、危ない使い方をしなければ、ちゃんと使えば安全だと言うことで、エネルギーとして使っていく。

2つ目は燃料電池自動車を普及させることによって、それと並行して必要な水素インフラを整える。

それと、その先にある大規模発電、水素発電、燃やして使うという、水素の量的な拡大をはかっていく。このような3つのステップを考えております。

まず、最初のステップ、エネファーム。都市ガスとかLPガスから精製して取り出します。空気中の酸素と化学反応

により電気と、同時に、発生する熱を給湯に使うということで、家庭用燃料電池システムとなります。東京では、テレビCM(キャラクターを採用)も展開しています。現在は、戸建て用のエネファームしかないのですが、マンションタイプも開発中ということでございます。エネファームの開発に向けて、どのような取り組みをしているかですが、このひと言に尽きます。「最後の一押しまで貢献」ということです。1つは、定置用燃料電池大規模実証事業が必要だと言うことで、家庭用燃料電池システムを住宅に導入してデータを取ることで、2つのタイプがありまして、固体高分子形タイプは3,307台。固体酸化物形は223台とがあり、実証を行いまして、データを取得しております。得たデータをもって、器機性能、信頼性の検証に役立てています。それと、いつまでも高いと普及しません。エネファームメーカー4社、東芝、ジェネックス、パナソニック、アイシン精機の協力のもとに、燃料電池本体と、それを動かすためのシステム部品がございまして、周辺機器も含めて必要な仕様を共通にしまして、それを公表して周辺機器メーカーの参画を促進してまいりました。エネファームのシステムを同じものにして、各社が同じものを使うということで、実はこれは画期的なことで、そこは各社の競争の部分なんです、各社が同じものを使うことによって周辺機器コストを約1/4に低減することを実現。平成20年度には、対象機種の約7割に、4社のもの(プロジェクト成果品)が使用されている状況でございます。

実際に、どうなってきたかといいますと、スタート時、770万円台であったエネファームのシステム価格が、200万円台くらいまで下がっている状態でございます。システムの共通化という、比較的、乱暴なことをした結果が現れているようです。

次に、燃料電池自動車と水素ステーション。この6月に、トヨタ自動車さんが2015年度内に、燃料電池自動車FCVを市販化しますと発表。どういう車かと言うと、ひと言で言うと、「究極のエコカー」という表現しかないのかと思います。出てくるのは水だけ、CO<sub>2</sub>もNO<sub>x</sub>、COも出ません。化学反応で得た電気でモーターを回すということです。熱で無駄に排出されることもないですし、エネルギー効率も高いです。1回充填すると、約5kgくらいの水素になるのですが、およそ3分位で満充填してしまい、これで500km走行。タンクは70メガパスカル、これは700気圧、水深で言いますと7,000メートルに耐えるタンクになります。超高圧で充填しています。この燃料電池でつくった電気は家庭への給電も可能だということで、満充填だと一戸の家庭だと5日間くらい使用可能だということです。1ブロックの家庭の電気、一晩くらい使うのは十分に可能だということです。燃料電池車もバスになると、避難所、病院というようなものもまかなうことも可能になります。

よく言われるのが、燃料電池自動車と電気自動車とどっちがいいんでしょうか、と言うことがありますが、これからは燃料電池自動車も電気自動車も、もうなくなるんですよねと言われるんですが、私はそうは考えなくて、それぞれに使い方があって考えます。バッテリーのBEV、ハイブリッドのPHV、FCV(次世代自動車はFCVで大型・長距離を担うという図を示して)縦軸が車のサイズ、横軸が航続距離を示していますが、車として小さくて、航続距離が短いものはBEV。そして比較的車両が大きくて航続距離が長いものはFCV、燃料電池の車が担うということに、そしてその中間をつなぐものがHV-PHVになるのではないかと。(画面には)「2030年までに、新車販売台数の5-7割を次世代自動車に」とありますが、正直そこまでいくのかなというの

が実感としてございます。

自動車メーカーの取り組みの状況ですが、2015年には、2014年度内に一般販売がされると発表されているようですが、トヨタのFCVこれはモーターショーで発表されたもの、市販されるのは「ミライ」。ホンダは2015年にFCEV Concept、日産も2017年にはFCV販売開始を予定とあります。各社、それぞれ単独で開発するのではなく、開発費用がかさむので、国際的な共同開発がなされています。トヨタとBMWとの関係、日産とダイムラー・フォードの関係、ホンダはGMとの関係で、いずれも2013年に発表されて、国際的な共同開発が加速しています。この次のステップ、燃料電池の第二世代の燃料電池車が、この共同研究から出てくるのではないかとというふうに考えています。

技術の進展でいいますと、私が燃料電池自動車の開発に関わった当初は、車両価格が、1台1億円するんですよとよく言われていましたが、当たらずとも遠からずでして、それが今回、車両として700万円ですというレベルまで来ました。正直、血のにじむような努力もありました。燃料電池車は、水素と酸素が反応して、水と電気が発生します。水が出るというところが、スタート時のウィークポイントでした。0°Cで凍ってしまいます。凍ってしまっただけでは使えません。北海道では使えません。それに対して、いろいろな工夫をしまして、マイナス25°Cまではいける、マイナス30°Cまではいける、実際には、マイナス40°Cでも始動するところまで開発が進んでいます。また、充填時間ですが、当初、3kgの水素を入れるのに3分かかったものが、5kgの水素を入れるのに3分となった。耐久性、車として考えたら重要なのですが、当初、1、2年かかっていたものが、15年くらいにまでに、このようなどころまで開発が進んでいます。

燃料電池の車を普及させるのに、一番大事なのは何かということですが、車をつくることではなく、車にどういふふうに入水素を入れるか。そこが非常に大切なところ。車が走ろうとすると、水素が必要。ステーションを運用しようとする、車がどんどん来てくれないとステーションが建てられない。そこはいわばニワトリとタマゴの関係だと見ております。例えば、ニワトリを自動車会社にして、タマゴをインフラ側としてみて、それぞれが睨み合いをして始まらない。自動車会社3社と、エネルギー事業者を担っている、JX日鉱日石エネルギー、出光、昭和シェル石油、コスモ石油、東京ガス、大阪ガス、東邦ガス、西部ガス、岩谷産業、大阪日酸の10社が共同声明を発表して、それぞれ協調してやっというということで、燃料電池自動車を2015年から市場に導入すること、それに先だって、ここがポイントなんです。まずは4大都市圏を中心に100箇所程度の水素ステーションを整備することを、共同声明で発表しています。首都圏、名古屋、大阪、北九州を中心に100箇所整備することで、ニワトリ、タマゴ論争に終止符を打ちたいということです。この先行する100箇所の水素ステーションが大変重要になります。

NEDOの取り組みですが、70MPa(700気圧、水深7,000メートル)という超高压水素への対応。水素としての難しさ、高压としての難しさがあります。ステーションを開くにしても、高压ガス取締法対応としてのステーションを開発しなければいけませんし、圧縮する技術を開発、いろいろな部品があります、それらの開発をしなければいけない。そうした技術を開発することが1つ。

2013年に、商用規模の水素ステーションを建設する。商用規模とは、1日に1台の車に水素を充填するというのでは商用とは言えません。1時間に3台、4台、それが1日

10時間来ても持つような水素タンクを持っていないと、それは商用とは言えない。そういう規模をもったステーションが必要であるということです。

(スライドを示して)これは、海老名市にある日本初の本格的商用使用の水素ステーションになります。実際に、商用ステーションとして開業したのは、今年の8月に尼崎に岩谷産業さんがスタートさせたものです。これは、ガソリンスタンドに併設しているステーションであります。商用使用のものとして建設しています。ステーションを建てるために、たいへんコストがかかります。そのコストとはどういう理由なのかを考えていくと、欧米に比べて日本の規制が結構厳しいものがある。1つは使える材料が大変限られていて、高い材料しかない。それから立地の条件、例えば水素保有量の制限があるとか、運営の規制、輸送上の規制、水素トレーラーに乗せていい運送用容器で使える圧力の上限が決まっていたり、水素ディスペンサーと公道との距離だとか、実際の、日本のガソリンスタンドからいきますと、それを満足させるのは限られたものになりました。こうした様々な規制の見直しを、民間だけでもなく、当然官だけでもつとまりません、そこは一緒に官民一体となって取り組む、安全を確認しながら、規制をひとつひとつ見直していくということになります。

実際には、46箇所の候補地が、平成26年度内ということで決まったということです。ここは首都圏、愛知県、大阪、それから九州、ちょっと広がって、山口県まで。まずはこれに着手していくことになります。それから規制の見直しと言うことで、先ほど、限られた金属材料しか使えない、そのために、安くて使える材料はないかと一生懸命探しているところで、九州大学水素材料先端科学研究センター(アイドルジーニアス)では、随分長い間やられていまして、水素物性・材料強度のメカニズム研究をされていて、評価機能を集約しまして、高压の水素、低温での水素がどうなるのか、材料評価をデータベースを整備していくやり方をしております。

(機器低コスト化のスライドを示して)様々な機器がございしますが、水素ステーションのシステムとしましては、出来た水素を貯めておく貯蔵設備、都市ガスから来たものを水素製造設備でつくり、圧縮して、畜圧して、ディスペンサーで送る。短時間で入れるために、燃料を冷やしておかなければなりません。プレクーラーでマイナス40°Cまで冷やしておくという仕方をしています。それぞれの機器をつなぐところには、バルブ、継手類があります。これら全てを、規制見直しと併せて、各要素機器の低コスト化を図り、部品としての低コスト化を図る。当初、全体で5億円くらいかかるかなというものが、なんとか2億円くらいまでに減らすことに。機器の低コスト化をはかっているところです。

我々は技術的に安全を担保してきていますが、いくら開発陣が安全ですと、このようなデータになりましたと言っても、それがそのまま世の中に受け入れられるかと言うと、それはそうじゃない部分があることは我々も思っています。では、何なのかと言うと、それは「安全からさらに安心」だと考えています。

まず1つにソフト面の対応。これからステーションがどんどん増えるということになりますと、これまでは比較的限られた人たちが運営していましたが、それをさらに増やしていくためには、車にエネルギーを充填する人、ノズルを持って車に挿す人がどんどん増えるということになります。そのようなオペレーターの教育であるとか、水素は危険ではないですよ、使い方を誤ってはいけませんよ

と、ユーザーのみなさんへの啓蒙。

そうは言っても、ハードとして、ヒューマンエラーは必ずありますので、それをどのように回避するかということ。それから社会受容性と言っていますが、データベースにまとめて、こうだと危険です、こう使うと安全ですとか、世の中への水素の安全性に対するアピールを、今後の活動としてやっていきます。

エネファームで水素の使い方の勉強をして、車で水素社会を立ち上げ、これをホップとして、次にステップとして、そして次にどうしていくのか。今後考えて行かなければならない。それがジャンプということになります。それは何かと言うと、1つは燃料電池の車両からその先にあるのは何かを考えること。家庭用燃料電池、燃料電池自動車、それぞれありますが、車だけではなくて、これはトヨタ自動織機さんで実際にやっているフォークリフトですが、フォークリフトとかバスの場合、ステーションを1箇所で作っておけばいい。例えばバスの場合、1日の運行が終わって帰ったら充填する。フォークリフトも同じ。ステーションをあちこちにつくっておく必要がない。このように使い方を広めていくやり方、それと、大量につくって、大量に使う水素発電。それから家庭用燃料電池の発展型として、業務用、工場であったり事務所で使える規模のもの、大きなエネファームをこれからつくろうと言うことで、今後、みなさんのところにお披露目される時期もくるかと思えます。さらにその先ということであれば、燃料電池で走る電車であるとか、水素発電であるとかになります。

(サプライチェーン構築のスライドを示して) ここではサプライチェーンということになりますが、海外での油田で出てくる随伴ガス、褐炭、そういうものを使って水素をつくる。例えば広い土地があるような場合、太陽光、風力を使ってつくる水素、それを有機ハイドライドに配合、液体水素にかえる。そして日本に運んできてそれを使う。水素ステーションに持ってきて車に使うとか、業務用に使う、水素発電に使う。また、水素できたものを都市ガス、LP ガスに戻して使うとか、パイプラインで運びます、圧縮水素で運ぶとか、使い方、運び方がいろいろあります。

目指すべき姿としましては、燃料電池の車だけではなくなか発展はしません。いろいろな省エネ技術がありまして、スマートコミュニティという言い方をしておりますけれども、例えば、マンション一棟分ですとか、住宅地全体を家庭用燃料電池を使うとか、民間型の電源にして送電線とはおさらばというような使い方、社会システムとしての導入と言うことになります。また、非常時の燃料電池自動車、バスの活用ということになります。

今後の取り組み(ここまでのものを少しまとめた形になります。)

水素・燃料電池戦略ロードマップにおけるフェーズ毎に課題が設定されます。

フェーズ1は、水素利用の飛躍的拡大でございます。定置用燃料電池に関しては、ある程度安くしていかなければならない。それからユーザーを拡大していく。日本国内だけでなく、国際展開、輸出していくことを考える。燃料電池自動車に関しては、700万円も出して補助金も付くと言っても、まだ片手くらいで決して安くはない。もっともっと普及して、ハイブリッド並みのコストにしていかなければなりませんし、水素価格も安くしていかなければなりませんし、水素ステーションの戦略的整備も必要になってきます。例えば北海道といった場所にも戦略的に必要としたりすることも。

フェーズ2、水素発電の本格導入、大量使用しましよ

うということになります。発電事業用水素発電を導入しないことには始まらないので、そのために、発電用の燃料に水素を部分的に入れるというやり方もありましてそれに関しては結果が出ています。ただ純水素をそのまま水素を燃料として使うと、水素の性質上、温度は上がるがカロリーは低いと言うことがありまして、少しタービンに工夫が必要です。水素発電のガスタービンの開発、海外からの水素供給に関する制度的な規制の緩和、技術的な環境整備が必要になってきます。

フェーズ3、たくさんつくるときに出てくる可能性のあるCO<sub>2</sub>。これをどう処理するか。つくるところでは二酸化炭素がたくさん出てくるが、日本で使うときにはCO<sub>2</sub>はないですというのでは、国際的に通用しませんので、もってくる先でのCCSをどうするか、まだだいぶ先の話しにはなりますが、いざ実際、その時になると、間に合わないということになります。

NEDOとしての取り組みですが、技術開発の着実な実施。頂点に敵なし。どこまでもつきまとう低コスト化。耐久性化、高性能化。これを支える計測・解析技術の基礎的な技術開発が整備されていくと、購入レベルもあがってくると思われます。それから水素エネルギーの利用拡大、これについては、今後一緒に注目していかなければなりません。そして制度上の問題があります。制度上の問題に関しましては、どのような要望が、産業界から出てくるのか。アンテナ高くして要望を吸い上げ、経済産業省に見直しの要望を出していくことになります。そのためには当然裏付けのデータが必要になります。裏付けのデータを取るところが我々の役割ということになります。

水素供給体制等のインフラ面の課題としまして、これに関しては、水素ステーション、水素を充填できればそれで良かったのですが、少量となると、ある町にある水素ステーションと、隣町にある水素ステーションでは、充填する水素の量にバラツキがあるということになってはいけません。それはどこに行ってもちゃんと計量が出来ているということ基準があること、どこに行っても同じ水素の品質だと言うことが必要になる。それからメンテナンスも必要なんです、今までのルールで行きますと、何年かに1回、水素のタンクを開けて、中を見なくてははいけないということでした。そんなことは出来ないものですから、どうやって簡易メンテナンスをやるか、運用上の基盤技術を開発していかなければなりません。それから安全性の更なる向上ということで、「安全から安心へ」を確保していく。

そろそろ終わりに近づいて参りましたが、水素社会の実現のためにということで、水素エネルギーは大変クリーンなエネルギーであることを繰り返して申して参りました。そして、それだけにクリーンなエネルギーとしての期待が高く、日本の産業界はこの分野での高い競争力を有していること。2030年には1兆円規模の市場が立ち上がり、2050年には8兆円に達し、2050年には世界全体で160兆円の市場規模になると試算されている。水素社会としては、どんどん伸びてゆくと考えています。それだけに、今、基盤部分を整備していく必要がある。日本の課題であるエネルギーセキュリティの確保、石油をほとんど輸入しております。水素をエネルギーにかえることでエネルギーを自力で持つことは大切です。それから環境対策、産業競争力の強化、この3つが大変重要だと考えています。

燃料電池の車の普及だけでは、水素社会が細々としか継続していかないので、水素を大量につくる、使う、そのところの利用技術の確立が重要。エネファーム、燃料

電池自動車に次ぐ第3の水素利用の柱として水素発電技術が有望であります。

拙い話してございましたが、以上で説明を終わりにしたいと思います。 どうもありがとうございます。

司会者) 吉積様、ありがとうございます。 ここで、会

## 講演Ⅱ:「北海道を水素油田に！再生可能エネルギーを活用した社会システムの構造改革」

株式会社 フレイン・エナジー  
代表取締役 小池田 章 氏

司会者) 2つ目の講演は、「北海道を水素油田に！再生可能エネルギーを活用した社会システムの構造改革」と題して、株式会社フレイン・エナジー 代表取締役 小池田 章様にご講演いただきます。小池田様は、HOYA 株式会社に入社され、株式会社電制を経て、2008年より現職に専念され、現在、札幌商工会議所エネルギービジネス研究会幹事、同環境・ローカルネット事務局長をなされています。それでは、小池田様、どうぞよろしくお願い致します。

小池田氏) フレイン・エナジーの小池田と申します、今日はどうぞよろしくお願い致します。

今、あらためて司会の方から、タイトルを聞くと、後々から考えると大袈裟なタイトルをつけたと、失敗したと思っているのですが、今日伝えたいことは、限られた時間にはなるのですが、北海道の資源を使って水素をつくり、儲ける社会に何とかならないかと、そう言う提案をさせていただければと思います。

配布資料にある写真のところから説明しますが、今日は、再生可能由来の水素を中心にお伝えしたいと思います。様々な水素を扱って北海道が儲ければそれはそれでいいのではと思っています。北海道を油田にして提案をさせてもらえればと思います。

この後、トヨタ自動車さんの方にお話しただけと思っていますので、私は、北海道に住んでいる立場からでのお話をします。

私の会社は、1999年から水素の研究開発を始めています。何度か、「水素がくるぞ」という、オオカミ少年のような話しがどこにもありまして、なんだかヒザが折れてしますということがあったのですが、トヨタ様が先頭を走っていらっしゃる、いよいよ本格的な水素の時代、これに乗り遅れずに我々もついて行きたいと、ここ数年活動を続けておりました。

最近、新聞記事を見ても、モーターショーに行っても、車をエコとかよりも格好いいという感覚で捉えている、すごく身近になってきたと実感しております。世代を超えてよく見られているこのマンガを見られたことないですか？「こち亀」。三週間前のジャンプですが、水素自動車がマンガの中では走っている時代が来ております。身近な感じで、燃料電池自動車の時代が来ているのかなと感じています。先ほど、NEDOの吉積様からの説明もありましたが、車はかなり身近になってきていると思っております。一方で、水素スタンドの普及が大変なんだよと、マンガの中でもその認識がありまして、ニワトリとタマゴかも知れませんが、いずれも必要な状態に来ていると思っています。北海道では、水素を燃料として、売って儲かっていくと、そのことがどうにか出来ないかという話しをさせていただきます。

車が先導することで始まっている水素社会生活について、水素社会をひらく、大きく3つのテーマが必要なのではないかと思っています。くり返しになりますが、水素がクリーン

場からご質問をお受けしたいと存じます。ご質問のある方はいらっしゃいませんか？ある場合、挙手をお願い致します。それではご質問がないようでございますので、これで吉積様のご講演を終了いたします。

であれば高くてもいいと言う時代ではない。ある程度、手の届く価格、低廉で低炭素な水素、その水素をインフラにつなげるには、運ぶ技術。最後に、水素を使ったことによって、儲かった人たちが、便利だと言うような人が生まれる社会でなければ、満たされないのだと思っています。

私が話していることは、どちらかと言うと、主観に寄っていますので、意見は別々にあっていいとは思いますが、主観による提案をさせていただければと思います。いくつかテーマごとにお話したいのですが、私の会社、フレイン・エナジーという会社の紹介をさせていただきたいのですが、北海道の会社で、琴似に本社を置いています。社内ベンチャーであり、北大との共同研究から始めておりまして、会社自体は2004年につくっております。開発自体は、1999年から開発しています。有機ハイドライドという、水素を貯める技術を、1999年からものづくりを始めています。有機ハイドライドとは、水素を圧力をかけてボンベに貯める技術。液化水素とどう違うのかと言うと、水素という状態で貯めるのではなく、扱いづらい水素を一度、水素化合物に置き換える。トルエンに3H<sub>2</sub>の水素を付けて、気体の水素をメチルシクロヘキサンに変えましょうということです。メチルシクロヘキサンは聞き馴染みないかも知れませんが、修正液の原料です。ガソリンと同じ分類となるものですから、第4類危険物の第1石油類になり、既存のインフラで貯めたり、運んだりできる。それと同時に、気体の水素と違って、液体になりますので、経年変化もなく保存することができるので、大量に、もしくは長期間保存することに有利な技術だと思っています。

水素をくっつけたり、もう一度そこから剥ぎ取ったり、付けたりする装置が必要になります。我々は、そう言った装置を、水素をくっ付ける、水素とトルエンを有機ハイドライドに加工するプラントで、右側はもう一度剥ぎ取るための反応器です。こう言ったものをつくっている会社です。

私どもの会社は、設計をする会社で、ものづくりは地域の会社さんからエントリーしています。今は、小樽の会社さんと一緒に製造連携しています。この小樽の会社さんは室蘭出身の会社です。室蘭に感じるのは、ものづくりの技術もある、大学もそうなんですが、北海道の中では特徴的な町だと思っています。我々の会社では、圧力容器とかも使いますので、室蘭にはこう言ったプラントを扱っている会社さんがあると聞いているので、出来れば北海道産のものづくりに特化していければいいのかと思っています。

水素を出したり、取り出したりする装置をつくっている会社です。そのことによって、有機ハイドライドは、タンク高圧35メガと書いてあるように、タンクより下にいけばいくほど容積が小さくなり、右にいけば重くなる、左にいけば軽くなる。左下にいけば、いくほど、コンパクトで軽く貯められるということです。水素5kgの時の容積を示しています。燃料電池車で、水素5kgを積みますと500km走りますと、5m×10m×1mの直方体の水素を、この気体を80リッターの大きさに変換してしまいます。それだけコンパクトにしますということです。

ちなみに、日本製鋼社さんと実証事業をやってきましたが、合金というのも、非常にメリットがあると思っています。

重たくなることから、船とか車椅子などには、その重たさもいいんでしょうが、車の場合、水素5kg積むために、合金を含めた重量は500kgになってしまいますので、人が乗れないとか、曲がれないとか、性能に支障をきたすかと思えますので、インフラとか、法律で求められる場合は、左下にいくほうが効率がいいのではと思っています。

水素をコンパクトに貯めてしまう方法を提案しておりますが、これに関するニュースについては後ほど紹介しますが、千代田化工さんがいろいろと提案をされているかと思えます。最近ですと、川崎市や秋田県と連携を組んでいろいろと提案されていますが、私どもは北海道の自治体と一緒に組んだり、むしろどちらかと言うと道内企業とリンクをはりながら提案を重ねているところです。

よりコンパクトな装置、変動する水素も帯同できる変動に強い装置というのをコンセプトにつくっています。そうした技術や装置を持っていることから、風力など、変動ある再生可能エネルギーを安定的な水素エネルギーにしよう、出来れば水素は燃料として外に売って行こうと言うことを中心に提案させていただいております。

モデル地域として、北海道の日本海側にある苫前町で、公開実験をしている様子です。

2008年には英国のニューカッスル周辺と政策連携を結びました。ニューカッスルはかつて産業革命が起こった地域で、蒸気機関が生まれた地域、石油化学と触媒技術があるんですが、時代とともに斜陽になってきて、新しい環境革命を基本に、もともと持っている石油化学、プラント技術の水素と言うものに置き換えて、再生させようじゃないかと、そう言った試みを持った地域と我々は技術移管をするという前提で、アライアンスを結びました。この潜在的欲求は、室蘭と似ているかも知れませんが、我々はものづくりをしない、工場を持たないメーカーですので、室蘭ともぜひ連携が取れるかと思えます。

ちなみに苫前町の風車なんですけど、水素貯蔵装置をトラックの荷台に積んでいますから、20フィートコンテナの中に、毎時30立米の水素を有機ハイドライドに置き換える装置、これを車に載せて風車の下に運んで現地で実験をしました。コンテナは横に3層に分かれています。手前が制御室、真ん中が反応部、一番奥がバッファ部分になっています。実際に反応させる装置は真ん中のみで、私が一人立って収まるのが反応器で、非常にコンパクトにできていて、車乗も可能で、移動も可能な状態で市販しています。

圧縮水素、液化水素、有機ハイドライドのどれが安いのかと言うことの表を、データをもらいながらカウントしています。

(グラフを示しながら)このグラフにあるように、液体、高圧、有機ハイドライドの順で、安くなっていきます。水素を10t/日を、50キロ先、100キロ先運びますということは、例えば、室蘭で出来た複製水素を100km先、札幌市に室蘭から売ると、運ぶと言うことになったときの流通コストと似てくるのかなと、有機ハイドライドが一番安く運んで売ることができるということです。(グラフを示して)ここであまり結論づいたことは避けて、有機ハイドライドが安くなるかと言うことの傾向が示せますということ止めておきたいと思えます。

ここまで、当社の特長、有機ハイドライドを説明させていただきました。

ここで、目線を変えて、北海道では、現状、エネルギーがどう言う状況にあるかを、みなさんの方が詳しい方も多いかと思えますが、一度、トンネルの逆方向から話

しを掘ってみたいと思っております。

2007年のデータをくり返し使っているところがあるのですが、北海道は化石資源に依存している地域だと、みなさんご存じだと思いますが、特に灯油ですね。東京のエネルギー政策の話の話を聞いたりすると、夏、冷房、電気。北海道の場合は、冬、暖房、灯油。エネルギー消費の構造が違うというか、これはある種、北方圏ということでは、同じエネルギーの目線を持っている方が多かったものから、熱を含めたエネルギー対策というものもどうしても重要になるかと思えます。

それと、光熱費の部分で考えると、北海道は石炭を売っているときは、儲かっていたと思います。外にエネルギーを売って、外貨を得ていたときです。今、灯油、軽油、ガソリンを中東から買ってくるという状態で、お金が外に漏れていっている。経済産業省から、北海道を1つの国とみたとき、外に売って儲けるお金が2,000~3,000億円で、食品を中心にした、あと自動車部品の売上があって、その一方、1兆円くらいのを北海道は買っていますと、その9割くらいは中東からでした。食品とか自動車部品をいかに一生懸命売っても、中東にお金を漏らしている状態。なので、エネルギーは環境ということも必要ですが、経済の循環が伴わないと儲かりようがない、使いようがないということ。値札だけを見て、100円、120円どっちが高い。120円だと思いますが、仮に120円が北海道の燃料であれば、これは経済の循環が伴いますので、外に漏れないお金のすれば、120円でも決して高くないようなことがあるかと思えます。安い水素を北海道でつくって、北海道で外に漏らさず、北海道が外貨信用を得るためにした場合、今の経済構造から循環して、経済効果がマイナスからプラスに転じますので、大きく変わるんじゃないかと言う期待があります。

安い水素を手に入れるためには、どうやってつくるかということがどうしても出てくると思うのですが、ここ新日鉄住金さんのように複製水素を持っているのであれば、それを使うと言うのも1つの方法だと思います。もう一つ、私どもでは、稚内とか苫前、日本海側の自治体と連絡を密にするのですが、北海道北部にある風力発電を設置している状況です。稚内から順に下りてくる感じですね。現状、プレミアム単価ということで、キロワット当たり11円75銭くらいで販売していて、その後、RPS法で、3円とかで安くなり、但しクレジットが付いたので、総合で9円~10円くらいで販売していた風力発電。これが最近では、固定買い取り制度になりまして、苫前町の場合は、1998年から売電。町営の風車なんですけど、600キロと1,000キロとありますが、ここが最初に立ち上げたときは、11円75銭で販売されていて、ここ数年高くなりまして、18円台後半で売電していますので、今は非常に収益が高くなっています。ただし、売電開始から20年で、固定買い取り制。その後は、北電との契約のなかで、限界価格で、いくらかかかっていくことができるので、高い料金が続くのは1998年から2020年、計算すると2018年まで高く買ってくれる。で、2018年移行はどうなるかと言うと、送電線がまだ太くありませんので、建て増しは出来ないと思えます。出来るとしたら、今建っているものを引っ込めて、新しいものに建て替える、そう言う状態はまだ出来ると思うのですが、風車は部品を取り替えていて、立ち上げは98年ですが、まだ回る風車なんです。なので、20年でこの風車を使って、他に新しい風車を建てますということになると、この風車も電気としては売れなくなってしまふ。この設備を維持していった場合、

安い発電単価で、水の電気分解にまわす電気が生まれてくるのではないかと思います。

北海道でも、青森県（八戸市）でも、風力発電が最初の頃、建って、北電さんなどの買い取り制限のなかで、送電線の太さ、強さの枠のなかで売電。初期の風車がまもなく、フィールドチェックでの売電期間を終えようとしている状況にあります。北海道北部の安い風車、まもなく売電期間を終わる風車を使って、水素をつくと、結構な量の水素がつくれます。5箇所分の風車をピックアップして、車、1万台くらい。室蘭は確か、数億立米の複製水素が出ていると記事で見たことがあるのですが、その数億立米を換算すると1万台分の燃料電池を供給できる規模を持っていると思うのですが、風車もそれに負けず、それくらいの規模を持つことができそうですね。こうした風車を苫前町を中心に、再生可能エネルギー水素、グリーン水素と言っていますが、グリーン水素を用いるプロジェクトを提案しようと思っています。室蘭市にも白鳥大橋にある稼働率の高い風車もありますので、室蘭には技術もありますので、一緒にトライできたらおもしろいかと思います。

水素をつくること、使うことを、地産地消の中から苫前町でやってみようと、ただし苫前町の地域のなかで水素を使って儲かるのではなくて、水素を外に売って儲かるので、地産外消に結びつけるのが目的です。なので、言葉が的確かどうかかわからないですが、水素油田。自分たちの方から出す、売って儲かるという仕組みにするためのキックオフのプロジェクトをやりたい。NEDOさんの方では、日本全体の大きなストーリーがありましたが、それに添ってというよりは、むしろ地域で出来る限られたことかも知れませんが、こう言うアクションを起こして、トンネルの小さな入口からでも掘っていかないと。4大都市圏しか車がこないというのは寂しいので、北海道らしいプロジェクトが出来ないかと考えております。その背景にあるのは、苫前町、人口3,600人くらい、一時期1万人まで行ったのですが、それは羽幌というところに炭鉱があったから生産人口も多くて、人も多かったのですが、（グラフを示しながら）北海道全体の人口が減っていく様子、それに比べると当麻町はかなり傾斜が急なのが分かるかと思いますが、室蘭もそういう意味では、近い傾斜かも知れませんが、地域が豊かになるためには、いくつかの資源をお金に換えて、人を定住させるということにしないと、なかなか地域は変わらないと思います。

稚内、苫前に行っていますと、言い方は悪いのですが、商社や大手の通信会社とかが一生涯懸命風力発電をやりたいと言う方がいらっしゃるのですが、固定資産税だけ落として、収入の大半は持って帰ってしまう、結局、場所だけ貸している状態になってしまう。出来れば自分たちがプレイヤーになって、出来れば地元の信金も国債を買うのではなくて、地元の企業や住民に対して出資還元して、経済循環として、資源社会を地元の人がプレイヤーになってやれる状況をつくらなければならない。もっと言えば、風車を建て替えるとき、日本製鋼社の風車はピアレスですから、30年も40年も持つのではないですか。とてもいい風車だと思っています。道内産の風車を使って、道内のプレイヤーが水素をお金に換えて、地元の地域振興と生産人口をある程度止めていくことに使えないかと、そんなことを考えています。

苫前においても、モデルプロジェクトをやるときに、地域との関わりを必ず持とうということで、町にお願いして、情報交換や月イチくらいで勉強会をやって進めています。そうした準備をする中で、苫前町では、栃木県日光市でD

HFCで実証事業をされている会社が水素ステーションを譲り受けて、苫前町と我々が関与しながら扱っています。これを北海道で使える水素ステーションにリメイクしたいと思っています。

先ほども触れたのですが、青森で関わったものも、ウチ建設だから関係ないよという方もいたんですが、実際には、水素よりその周辺のほうがお金がかかることなんです。このときも、1.5メガの風車を200本建てて水素をつかった。これも地産外産ですね。やはり地元で使って、8割くらいは東京で売ると。建設の場合もそうですが、結構な収益があがるが見えました。

（グラフを示しながら）NEDOの中間評議員をさせていただいたことがありますので、その時の水素の目標値が60円/立米だった、そのとき確かガソリンが160円だったと思いますが、燃料電池がハイブリッド自動車より安く感じるためには、水素がいくらだったらいのということです。今、ガソリンが160円なので、80円代後半でだいたいオープンくらいになります。80円/立米くらいになると、ガソリン車は高い、燃料電池車は燃料も安いとなります。80円/立米をどうやってつくるかにつなげて行きたいですね。そのためには、償却の終わった風車や安い電源をもとに、水素をつかった場合、苫前町のような町営の風車は3本で、2,200キロワットの発電量しかないのですが、町内に湯浅とJパワーの風車があって、足して42基あるのですが、52,800キロワットの発電容量があります。乱暴な条件ですが、それで水素をつくったら、補助金なしでカウントして、41.7円/立米、これに水素ステーションのコストが、20円くらい乗りますので、大体60円台後半くらいに。グリーン水素も安くできるかと。この条件をどうやって組み合わせるのか重要なのですが、ある場合によっては、洋上風車などで非常に安い電源が得られた場合、今立米当たり20円くらい。水素ステーションも40円くらいが可能。実現するにはかなり壁はありますが、試算上は可能な範囲ということです。

北海道の中では、風力と水素を別々に考えるのではなく、建て替える際には、20年間は電気として売ることを前提とし、21年目以降は水素、地元燃料として落とすとか、もしくは水素と電源、売電を2層重ねて水素をつくって、電力を売るとか、逆でもいいです。1,000キロワットの送電線に1,500キロワットのボトムアップした電力で、上の部分を水素を抜き取ったり、そうしたことをすると、送電線に対しても比較的安定供給ができますので、電力会社に依存した売電も業者が歩みよれることになるのかと思います。水素を何かのつなぎ手というか、遠からず近からずモデルケースは幾つか生まれてくるのかと思っています。室蘭でこういう機会をいただきましたので、技術の1つの提案を今後勉強していければと思います。

昨日、北海道大学の近久先生と話しをしてきたのですが、本格的な水素社会は20年かかるというコメントをいただいたのですが、20年後には本格的な水素社会が来ている可能性がある先生がおっしゃっているのだと考え、ワクワクしてきて、20年後なんて、あつと言う間にくるのかなと思って楽しみにしているんですけど、急に20年経つわけではないので、今始めようとしていることは、先行者利益を取るべきプロジェクトだと思いますので、こういったところに人と企業が集まってくるんですね。それを上手く利用して、地域と企業が加速しながらできればと思います。何らかのお役に立てればと思います。時間が過ぎましたが、以上で説明を終わらせていただきます。ありがとうございます。

司会者) 小池田様、ありがとうございました。ここで、会場からご質問をお受けしたいと思います。ご質問のある方はいらっしゃいませんか?ある場合、挙手をお願い

致します。ご質問がないようでございますので、これで小池田様のご講演を終了いたします。

### 講演Ⅲ:「燃料電池車へのトヨタの取り組み」

トヨタ自動車株式会社 流通企画部

北海道・近畿 地域統括部長 萩原 靖仁 氏

司会者) 次の講演は、「燃料電池車へのトヨタの取り組み」と題しまして、トヨタ自動車株式会社流通企画部北海道・近畿地域統括部長 萩原 靖仁様にご講演いただきます。萩原様は、1984年トヨタ自動車株式会社に入社され、2011年に同社流通企画部北海道・近畿地域統括部長に就任され、現在に至っています。それでは、萩原様、宜しくお願い致します。

萩原氏) こんにちは。只今、紹介いただきましたトヨタ自動車の萩原と申します。ご紹介いただいた内容で、流通企画部って何やっているんだ、こいつは何者なんだと言うふうにお思いになった方、いらっしゃると言うんです。それで、まさしく2011年に、弊社の次世代の環境車で用意していく中で、各自治体さんを含めていろいろな意味での支援をいただけないと、なかなか上手く進まないと言う観点もございまして新設された部署です。その中で、私、北海道担当ということで、今年で3年目になります。

それでは、私は技術屋ではないものですから説明もいささか拙いものになるかと思ひますし、お聞き苦しい点多々あるかと思ひます。それでは、リラックスして聞いていただければ幸いです。宜しくおつき合いいただければと思ひます。

それではタイトルにあります「燃料電池車へのトヨタの取り組み」と言うことに関して、説明をさせていただきますと思ひます。宜しくお願ひ致します。

まず初めに、トヨタの次世代環境車全体と言うことについて、紹介というか少しPRさせて頂きたいと思ひますので宜しくお願いします。今、ご覧いただいておりますのが、自動車用燃料・パワートレインの多様化についてと言うことで、グラフをご覧いただいております。この図は、左側に様々な一次エネルギーを示し、そして中央がそれらを加工して作られる自動車用燃料、そして右側にそれらの燃料を使う自動車用のパワートレインを示しています。1次エネルギーにつきましては、当面は石油が主流であろうと言う観点から、その上部の石油を燃料とした従来車、あるいはハイブリッドのパワートレインの開発を、我々としては、グローバルな基礎基盤技術と位置づけ、さらに、現状に磨きをかけていきたいと思ひます。また、平行しまして、その下側のガス燃料、バイオ、電気、水素、こう言った燃料の多様化に対応したパワートレインを、次世代の技術ととらえ開発を鋭意進めている最中でございます。その中で、現時点でハイブリッドに次ぐ次世代環境車の柱と位置づけておりますのが、ハイブリッドとEVを融合し進化させた車、プラグインハイブリッド・PHVになります。我々のPHVは、プリウスに、外部充電機能を追加するとともに、電池容量を拡大し電気だけ約25キロの走行が可能というものでございます。近距離の日中用電気だけで走行できて、充電した電気を使い切った後は、そのまま燃費のよいハイブリッドカーとして、安心してお乗り頂けると言うことがセリングポイントかと思ひます。

続いて、EVです。EVには排気ガスを全く出ない、家庭で蓄電が可能と言ううれしさがある一方、航続距離、充電時間が長い、とりわけ急速充電インフラ整備といった課題と

言ったものがございまして、こう言う中で、我々はEVは近距離用途と割り切った使い方と言うことで普及していくのではと考えております。そして、今日は、少しお話をさせていただきますが、我々が近い将来の有効なエコカーと位置づけているのが燃料電池自動車FCVであります。我々は今年度中にご覧のモデルを発売。世の中に導入というのを考えております。FCVにつきましては、後ほど、詳細についてご説明申し上げます。

今、ご紹介したPHV、EV、FCV、いずれもトヨタのハイブリッド技術を応用し開発しております。(スライドを示しながら)この図は応用している技術を色分けして示したものであります。具体的には、ピンクのバッテリー、ブルーのモーター、グリーンコンピューターが3車に、共通する技術になります。多様化する今後のパワートレインに、短いリードタイムで、適時、適地、適車の対応が可能になると考えております。トヨタのハイブリッド技術をコアに、当面の開発にリソースを重点配備して、地球環境にやさしい持続可能なモビリティ社会を一刻も早く実現していきたいと思ひています。

それでは、EVとFCV、それぞれの優位性について少し触れさせていただきます。グラフは縦軸にシステムコストを、横軸に航続距離をとって、EVとFCVの特性を示したものです。グラフの右上に近づくとともに、航続距離が長くなりますが、システムコストも高くなることを表しています。FCVの燃料、すなわち水素。これはEVの燃料バッテリーに比べエネルギー密度が高く、航続距離を確保するために水素タンクの容量を増やしても、バッテリーほど極端なコスト増につながりません。従って、先ほど申し上げた近距離にはEVが優位、中長距離にはFCVの方が優位と言うふう考えております。

(図を示しながら)この図は、将来燃料パワートレインについて、縦軸が車両サイズ、横軸に移動の距離で整理したものであります。現在の乗用車と同等の大きさ、同等の移動距離が必要な車については、グラフ中央、うすい緑色の部分にお示ししたハイブリッドやPHVが適していると考えています。その際、地球環境を考慮し、バイオ燃料などのCO<sub>2</sub>排出量の少ない液体燃料の普及ということも重要になろうかと思ひます。また、この図の左下に示すピンクの部分、比較的小さな車においては、電気自動車が活躍するのではないかと思ひます。そして、水素燃料は図の右側の青色の部分、比較的大きめの乗用車でありまして、バス・トラック等の中長距離用途にご利用いただけるのではないかと思ひます。

続きまして、我々トヨタの燃料電池自動車FCV開発について、少しご紹介させていただきます。

ご覧いただいております、図の通り世界の各メーカーもFCVの開発を鋭意推進しております。単独ではなく他のメーカーと連携して推進しているようです。我々は、単独ではありますが、今年度中の導入というものにおいて、今、準備を進めているところでございます。

それでは、FCVにお乗りいただけるお客様のうれしさという観点から少しまとめさせていただきます。

5点ほどございまして、特にポイントになっていくと思ひますが、①③⑤の3項目かと言うふう思ひています。1つ目ですが、走行中のCO<sub>2</sub>排出ゼロ、すなわちゼロエミッションで、地球環境に対して、極めてやさしいと

いう点。次に、③であります。災害時等の非常用電源になること、供給能力につきましてはEVの4-5倍以上ということになります。この点は後ほど少しご説明申し上げます。そして、⑤に示しましたエネルギーの多様化への対応ということが上げられます。

また、我々グループの少しPRになりますが、燃料電池に関する技術ということに関して、地球環境にやさしい持続可能なモビリティ社会を実現する。究極のグリーンエネルギーと位置づけておまして、乗用車の他に、日野自動車でもFCバス、またアイシン精機で家庭用燃料電池、コジェネレーションシステム。また先ほども少しご紹介がありました。トヨタ自動織機のFCフォークリフトと言った多方面にわたっての研究開発にも取り組んでおります。FCバスについても、これまでご覧いただいているような実証実験を重ねておまして、2016年には、日野自動車の国内への導入が予定されていると聞いております。

FCVの今後の展開になりますが、我々はFCVの普及に向け、今年度からまず水素供給インフラの整備が見込まれている4大都市圏。具体的には、首都圏、近畿圏、中京、北部九州というふうになりますが、ここを中心としてセダンタイプの乗用車の導入を開始を致します。また2020年代から予測されている本格的な普及期には、年間数万台規模で市場に普及できるFCVを重要な領域と位置づけて、開発を進めております。

次に、燃料電池のシステムを簡単にご紹介いたします。先ほど、触れましたように、FCVは燃料電池技術のみならず、モーターですとか二次電池、パワーコントロールユニット、これまで我々が培ってきたハイブリッド技術を融合させた車となっております。

FCVの開発は、発展効率向上と小型化を両立しながら、進められております。燃料電池そのものであるFCスタックにつきましては、2008年に開発したトヨタFCアドバンスと比較しまして、出力密度を2倍以上に向上させることができました。また、システムそのものを小型化し、本年度発売するFCVでは、シートの下へ配置を実現することができました。それでは、一部開発の状況について、映像をご用意しましたのでご覧ください。

(映像が流れる) 今、車に乗り込みまして、システムを始動させているところでもあります。只今、ご覧いただいたのは、積雪雪寒地域で具体的にトヨタの持っている試験場ですが、マイナス14℃と温度計にあったように極寒の地区での始動性についても、十分確認を進めております。また、カナダ北部ではさらに厳しいマイナス30℃を超えるところでの始動性の確認も終わっております。そういうことでは、低温下でも使始動性ということではデータは十分確認しておりますので、ご安心いただけるかと思えます。

続いて、FCV普及の可能性と、役割について、バックグラウンドについてご説明申し上げます。

現在は数多くの自動車が世界中で使われるように参りました。それとともに我々メーカーが避けて通れない課題というものが出ております。具体的には、自動車を取り巻くエネルギーおよび環境についての課題です。最近いろいろなどで、よく話題になっております石油の将来への不安。CO<sub>2</sub>の増加による地球温暖化。また大気汚染の増加ということに対応することが不可欠だと考えられます。

また、2050年には、世界人口は、96億人に達すると言われております。その70%が都市部に集中。また、世界のGDPは3倍以上に拡大するのでは、と予測されています。温暖化、大気汚染、交通渋滞等、環境問題がさらに変化してい

くと思われています。

少し、見にくい図になりますが、先進国、後進国を問わず、GDPと移動距離比例の関係があることを示しております。今後の経済成長に伴い、交通移動ロスが、ますます増加すると考えられ、エネルギー事情がますます増加するということにつながります。移動に使われるエネルギーの大半は、現在、ガソリンや軽油、それらは原油を精製して、製造されております。現在、我々日本は、原油の99.6%を海外から輸入。その85%が中東の産油国に依存しています。これはわが国の、原油輸入額と輸入価格の推移をグラフに表しています。棒グラフでは原油輸入額、折れ線グラフでは原油価格、2008年のオイルショックは記憶に新しいと思いますが、ほんの10数年前、輸入額3-4兆円に対し、16兆円を超えてきました。年間12兆円もの国の富が産油国へ流失したということになります。また2003年から、10年間で国家予算にも相当する富が流失していることにもなって参ります。2008年、リーマンショック以降、一時的には減少したものの、この傾向はもとに戻っているのが現状です。

次に、中長期的に考えた時に、石油の将来の不安については、左のグラフに示したように拡大し、新興国の消費の拡大などにより潜在的な需要の増加により、供給が追いついていかないという状態になっていくと考えられます。そのため、右側のグラフが示しますように、将来は様々な石油代替燃料が拡大していくと考えています。もちろん、今日明日と言う急激な変化ではなく、暫くは石油が自動車燃料の主流であるのは変わらないと思いますが、徐々に多様化というものが進んでいくと考えています。ゼロエミッションという課題にも、同心体が出来るという意味で、電気、水素、石油代替エネルギーも有力な重要な候補になりうるわけです。ここで先ほども申し上げた、FCVの役割として注目されている外部充電機能について、少し触れさせていただきます。FCVは、同じサイズのEV、HVと比較して、電源供給量が多いことから、災害時における移動電源車としての期待も大きいものがあると考えます。今年導入されますFCVには、外部電源供給機能を設定し、車と社会をつなぐ給電という付加価値を、PHV、EV、一部のハイブリッド車よりも高いかたちで提供できるようにしていきたいと考えています。

これは将来のモビリティ社会を支えるエネルギー需要のイメージを図示したものです。化石燃料だけに頼らず、再生可能エネルギーなど、CO<sub>2</sub>の少ない電気や水素、これらが共存し当たり前のように利用されている社会、我々はこうした社会の中、お客様のニーズに応じタイムリーに提供していくことが使命と考えております。FCVを開発してきた意義は、まさにここにあると考えています。最後になりますが、FCVの導入にあたって、社会全体が取り組んでいくべき課題に関して、少しお時間をいただければと思います。

申し上げたい課題と言うのは、この3つと考えています。

1つ目は、水素を車両に供給する水素ステーションが広く普及していないと言うインフラ整備の課題。また、FCV普及に向けては、車両のさらなるコスト低減が必要不可欠であるということでもあります。限定リリースしていた先代のFCアドバンスでは、まだ1台あたり1億円でありましたが、今年度、導入する車両については700万円程度ということまで、引き下げることが出来ました。しかし、本格的にお客様にお買いいただくということを考えますと、通常のハイブリッド車と同等程度に引き下げていく必要があると、十分認識はしておまして、これらの取り組みを鋭

意進めているところではあります。また、先ほど申し上げたFCVの外部充電機能、家庭の燃料電池を活用した災害にも強いインフラ、ライフラインをモデルとして構築していくことも、水素社会を進めていくためには必要であると考えております。

少し詳細になりますが、課題の1つ目に上げた、水素ステーションの普及見直しについての現状についてお話させていただきます。水素ステーションの展開にありますように、2011年にインフラ事業者と自動車メーカーが国の後押しの中、FCV導入と水素インフラ整備に関する共同声明を発表し、15年度までに水素ステーション100基の設置を目標に掲げました。

またステーションの技術開発。低コストのステーションをインフラ業者のみならずにも開発いただくことが、普及の後押しになると思っております。そのため、規制見直し。水素ガスの規制に関する見直しについて、諸外国の事例も参考とし、安全、安心を担保しながら適切水準に見直されることを、我々としては期待をしています。燃料電池、水素供給インフラ規制見直し検討項目については約15ほどあり、その中で、今現在で2項目について見直しがなされていると聞いております。燃料自動車の本格普及に向けては、災害対策など社会的必要性を認識していただくことに加えまして、それぞれの事業者、エネルギー会社、我々メーカー、そして何よりもFCVをお使いいただくみなさまに、その全ての方々にもメリットを享受いただけるかたちを実現できることを、思っております。そのため、そのモデルづくりを、是非東京を始めとする4大都市圏、これはもとより北海道でも、水素に関して関心も高いと伺っております。この室蘭で、検討が着手されることを期待して止みませんし、我々としてもできる部分の協力は是非していきたいと考えています。

(図を示して)先ほどご覧いただいた、将来のモビリティ社会を支えるエネルギー利用のイメージをご確認いただければと思います。当面、それぞれのエネルギーの利点を活かしつつ、環境に低負荷となるよう有効利用する。そう言うかたちでの持続可能な社会への転換というものを、みなさまと共に感じ取っていただき、この世界の日でも早く実現をめざして、我々も一生懸命車の開発を進めていければと思っております。

以上で終わりとなりますが、本日申し上げたことを簡単にまとめさせていただいて、締めとさせていただきます。

第1であります。我々は次世代環境車の中で、FCVはEVとPHVと棲み分けをしながら、普及を図っていくものと思っております。その中で、FCユニットの開発につきましても、着実に推進を進めて参りました。今年度中には、みなさまの実社会に提供できるところまで進んできたと思っております。

今後の課題ということにつきまして、メーカーとしては、さらなるお求めやすいコスト低減に向けて取り組むことに加え、水素インフラの整備を始めとしまして、社会全体

として、水素社会の実現の諸課題に取り組みを進めていくことが不可欠と思っております。

以上で、私からの説明を終わらせていただきます。ご静聴ありがとうございました。

**司会者)** 萩原様、ありがとうございました。ここで、会場からご質問をお受けたいと存じます。ご質問のある方は挙手をお願い致します。

**質問者)** 質問を1点させていただきます。私は、北海道に水素ステーションを持ってこれないかということで、各地方とかに提案しているのですが、小規模の水素ステーションを地方に置きたいと思っています。そうした中、一般の消費者が車を買うということは想定しにくく、水素ステーションの周りに、10台とか20台のFCVがぶら下がっているようなかたちになっていることを考えています。ディーラーさんに対応していただくよりは、リース会社を挟んだほうが、メンテを含めて管理できるのかなと想像していたのですが、FCVのリース会社への提供というのは考えられるものなのでしょうか？

**萩原さん)** 私どもメーカーとしては、販売店さんと関係というものがまず1つあります。販売店さんの中でも、トヨタレンタリースさんもありますし、ご質問のあったリースはどうかということですが、私は十分対応できるかと思っております。そう言う意味では、いろんなビジネスモデルを考えていく必要があると思っておりますし、いろんなご提案があれば、ひとつ一つ真剣に受け止めて、検討を進めていきたいと思っております。

先ほどの説明の中でも触れましたが、本格的な普及は2020年代と申し上げました。技術的な部分では、考えられ得る状態は想定し、確認も進めてきています。全世界を200万km以上走って、いろんな状態を確認していると聞いています。それでも尚かつ、将来的に世に出していいかと言うと、全く初めての技術ではありますし、慎重により慎重を期したいと、水素タンクでありますとか、スタックですとか。

正直言いますと、導入は致しますが、すぐ何万台かと言うことはない。ひとつ一つを確認しつつステップを踏みたいと思っております。そこは慎重に進めていく必要はあるかと思っておりますし、そうしていきます。これは6月に弊社の加藤副社長も話しをしていることではあります。ひとつ一つ、確実に積み上げていかないといけないタイミングだと思っておりますし、この慎重さは変えません。そう言う意味では、どう言う使われ方がいいのか、FCVの持っている可能性を、マーケットのみなさまの耳に傾けながら、やっていきたいと考えています。ご要望、ご指摘があったら、供給の仕方とかは十分考えていける余地はあろうかと思っておりますので、アドバイスいただけるとありがたいと思っております。

**司会者)** ありがとうございます。他にもご質問されたいという方がいらっしゃいましたら挙手をお願いします。萩原様にご講演いただきました。ありがとうございました。

#### 講演IV:「炭素ナノ素材を活用した燃料電池用電極触媒の開発と高性能化」

室蘭工業大学 暮らし環境系領域・応用化学ユニット  
准教授 田邊 博義

燃料電池には多くの利点があります。燃料電池は使用する電解質によって分類されていますが、ここでお話しするのは、固体高分子形の燃料電池です。普及の拡大のためには、高性能・長寿命化とさらに低コスト化が課題となりま

す。

私たちの研究室で行っているのは、一つは、FCで電流を生み出す場を形成している触媒材料の開発と触媒側界面での動作機構の解明です。もう一つは、固体高分子形電解質膜側界面の設計です。現状のFCが持つ大きな課題の一つが、水管理システムが必須ということ。酸素ガスと水素ガスだけをもってきて、それで発電できるかという、発電はできません。現状のパーフルオロスルホン酸系固体高分子膜は、ガスの加湿で初めて動作します。水

管理システムの必要ない電極触媒/電解質界面系を構築するためには、どうしたらいいか研究をしています。

現状のパーフルオロスルホン酸系固体高分子形 FC の最高温度条件は、程度の差はありますが、電解質膜が耐えられる温度、80℃くらいまでです。それ以上になると特性が完全に落ちてしまう。高性能化のためにはそれ以上の温度で発電する必要がある。そうするとどんな利点があるかと言うと、反応速度が上がる。反応速度が上がると電流を大量に取り出せるということになります。また、触媒としての白金が不要、あるいはその使用の大幅な低減化が可能になります。白金は車の触媒だけに使われるのではありません、装飾品にも医薬品にも必要ですし、他の環境浄化用触媒と言ったものにも使用する必要があります。作動温度を高くできると、反応には白金触媒の使用量の低減化が可能となり、高純度な水素を使わなくても、多少CO等の不純物が入っていても効率的に動作させることができます。また、反応によって生起する水が電極触媒界面に貯まってしまうというフラッディング、ドライアウト、凍結などのいろいろな問題をクリアできます。

研究室では、炭素ナノ材料を使って研究を実施していますが、炭素ナノ材料を設計するところから初めています。単層CNT、多層CNT、グラフェン(G)、高機能化カーボンブラック(CB)をつくって、FC用の電極触媒とします。炭素というのは、もともと水を弾くものですから、それを濡れるようにして高性能な触媒用インクをつくらなければなりません。

その他、分散液を利用するとセンサーを作製することも出来ます。作製したセンサーによる金属材料での水素イオン濃度の局所分布図です。さらには、バイオ燃料電池用の電極触媒にも使用しています。

FCには酸素極と水素極とがありますが、酸素極で起こる酸素還元反応には、大きな電圧、要するに大きなエネルギーが必要です。酸素を還元する場合、一般には、酸素を還元してそのまま水になるわけではありません。直接水までいかずに、その中間体である過酸化水素種というのが出来てしまいます。これは強い酸化力をもっており、触媒活性および界面特性の劣化を招くことになります。

(酸素還元反応は、反応過電圧が非常に大きい。エネルギー変換効率の大幅な低下を招く。高い電気化学的触媒作用による4電子反応で進行する触媒系を開発したい。4電子反応だと高い効率を達成でき、触媒毒を生じない。)

そのためには、反応電子数の増加、Onset Potentialの向上(アノード側へのシフト)、活性化支配電流の向上、交換電流密度の増加、有効電極面積の増加が必要要件となります。有効電極面積の増加というのは、幾何学的面積ではなく、実際にどれだけ働いているかという面積で、これを定量的に把握する必要があります。これを増加させ、先に述べた諸々の条件を満たす金属を使わない触媒材料の開発が、FCの開発・高性能化を考える大きな柱の一つと言えます。もう1つは、無加湿、中温域で作動する電解質膜です。だいたい100℃から200℃くらいの間で、働く固体高分子形電解質膜。それを用いて、MEA(膜電極接合体)を作製します。研究室での燃料電池の開発は先程述べたような金属を使わない、Metal-Free触媒を使った水管理システムがいらぬ無加湿中温作動型固体高分子形FCを目指して研究を実施しています。

電解質膜については、パーフルオロスルホン酸系固体高分子膜をデュボン社、旭化成と旭硝子がつくっていますが、FC用だけでなく電解用などにも使用され、実用化されています。これを次世代型FCの電解質膜に使用すると、前

にもお話ししたとおり、加湿、冷却等の水管理システムが必ず必要なため無加湿・中温では使用できずさらに白金系の触媒が必要となります。それらが装置を大きく複雑にしています。使用する燃料の水素ガスにも条件があります。こちらは、パーフルオロスルホン酸系膜と異なる最近研究されている膜です。いわゆる無加湿・中温動作が可能な固体高分子形電解質膜です。リン酸をドーブし導電性を持たせて使用します。膜の動作温度は、約100℃以上でも可能です。リン酸の沸点は150℃強くらいですから、それ以上になるとリン酸が漏出していきます。そうすると導電性能が低下してしまうので、それを防ぎ、導電性を最大限に維持できるような工夫が必要となります。このような問題を解決することにより、反応速度は上がり、より大きな電流を取り出すことができます。また、動作温度をより高くできるため燃料には多少の不純物が含まれていてもよく、燃料選択の自由度が上がります。最大のメリットは白金の支配から脱出できると言うことです。

CNTやG等の炭素ナノ材料は、その表面にいろんな官能基を持っています。それらの官能基とリン酸あるいはリン酸基含有化合物で炭素ナノ材料を修飾し、リン酸ドーブ固体高分子形電解質とコンポジット化することにより合目的な高性能な膜を設計しています。

Meta l-Free酸素電極触媒は、結局炭素を触媒のベースにしています。炭素をベースにする理由は、炭素は化学的に安定で、導電性が良好で、界面での電子移動速度が速く、その結果、電極反応速度を向上させることができます。例えば、CNTやGなどを利用して電極触媒を設計すればこれらの素材は反応サイトが露出しているので触媒表面の利用効率が上がります。白金や他の金属の代替なしで高性能な触媒をつくるのが可能になります。

研究で着目している炭素ナノ素材は、G-NR/CNT、G-NR/CB等です。G-NRは、グラフェンナノリボンの略で、CNTの側壁部を一部開裂させ作製したものです。これを他の炭素ナノ素材とコンポジット化して触媒を設計します。

CBはCNTやGに比べて付加価値が低く見られがちですが、CNTやGと同様にいろいろな表面修飾による高性能化ができます。CBを酸化して、表面上にナノリボン、ウォール状のものを形成してGと反応させます。その後、窒素ドーブによる高性能化を行っています。アンモニアガスで処理するのが一番簡単ですが、含窒素導電性高分子あるいは含窒素自己集積型化合物で所定の炭素ナノ素材を被覆し、それらを処理する方法です。どのサイトにドーブされた窒素が一番有効なのかを把握するため、窒素のドーブ法について検討しています。

窒素をドーブした触媒に他の非金属酸化物や非金属物質をコンポジット化して高性能化を図る研究も実施しています。これらのナノコンポジット触媒をFCに適用するためには、合成したコンポジット触媒粉を高分散したインクに仕上げる必要があります。インク化は、なかなか難しく1つのテーマになるくらいです。インクを用いた試験電極を調製した後、電子移動速度を測定し分類します。次に、実際にFCを構築し、特性を評価します。FCの+極では酸素還元反応が、一極では、水素の酸化反応が起こります。どちらかの反応速度の遅いほうで特性が律速、支配されてしまいます(酸-水素FCでは酸素極)。従って、律速側の電極触媒側界面および電解質側界面に着目する必要があります。

FCの特性を支配する酸素極触媒に研究している炭素ナノ素材のSEM像の説明。(CNT、G-NR/CNT、G-NR/CB等)

G-NR/炭素ナノ材料はバイオ燃料電池系にも有効で、こ

これはその模式図です。燃料にはグルコースを使用します。触媒の調製法は、MWCNTの部分的酸化処理によりG-NRを側壁部に形成し、遠心分離器で分級して所望のG-NR/MWCNTを分離します。そのようにして分級したものを分散インクに調製し、これまでと同様に電極化しそれぞれの特性を調べています。

これは、G-NR/CBとGとのコンポジット触媒設計のモードイスク電極法(RRDE)を使って定量的に評価しています。普通、4電子反応と2電子反応過程がまざっているため、反応電子数が3.5とか3.8とかの値になります。ここに一例を示しています。金属を使っていないG-NR/CBとGをアンモニアガスで処理した電極触媒系で現在、3.7くらいの値を達成しています。ちなみに、白金系はこのような値を示します。

CNTのうちで、配向性CNTは有効です。長さや太さが揃っているため、試験材料の作製には最適です。

これらの作製した触媒をMEA化してFCに組み込みます。MEAは、電解質、触媒層、MPL層をもったガス拡散層のカーボンペーパーの順に配置したものをホットプレスして作製します。これは片面だけを模式化して書いたものです。FCのカソード側およびアノード側に所定のガスを所定流量でそれぞれ流し発電します。この時得られた発電特性とMEA作製における化学的・物理的条件との関係を定量的に把握しMEAを評価しています。

PBI電解質膜は先に説明したように大変優れた特性を持っています。しかし、リン酸をドーピングして使用するため動作温度が上がり過ぎると漏出してしまふという致命的な欠点があります。それを防ぐのに2つの方法で研究を実施しています。一つは、リン酸を単純に閉じ込める方法、リ

図です。まず、CBは先ほどのものを使用し、酸化処理によりG-NR/CBとし、インク、分散液にします。これとある種のGを利用してコンポジット電極、直接4電子還元による酸素還元反応を達成する触媒づくりを目指しています。

触媒の評価は、まず、CV特性を測定し、次に、反応機構を、つまり、過酸化水素を経由する機構か、あるいは直接4電子還元で水まで進行する反応かを回転リングデン酸と無機物質とのコンポジットをつくる方法です。もうひとつは、炭素ナノ素材を所定の官能基で修飾しPBIとコンポジット化させて所望の固体高分子形電解質膜を設計する方法です。研究室で行っている方法を簡単に紹介します。

合成したPBI粉を、有機溶媒に溶解させたものです。これと所定の修飾を施した炭素ナノ素材とをコンポジット化した電解質溶液を膜化してMEAに仕上げます。また、電解質調製溶液として、PBIとイオン液体をコンポジット化したものについても研究を行っています。特性の一例です。分極をし始めると起電力は低下しますが、比較的大きな電流を取り出せています。電力特性のピーク値をもたらす電流値のところで運転するのが、最適な電力ということになります。

いま、興味深く検討しているのは、リン酸やホスホン酸基で修飾したナノ素材やそれらの官能基をもった化合物とPBIとをコンポジット化あるいは共重合した電解質膜です。これらは、特徴ある有効な特性を示すことを見出しています。以上のように、私たちは電極触媒側界面、電解質側界面からメタルフリーな無加湿中温作動型FCの開発を行っています。以上です。