



Environment
Energy
Economy
TSUKUBA

つくば
環境
エネルギー
経済フォーラム



第8回

つくば3Eフォーラム会議報告書

2014

2015年1月25日(日)
つくば市庁舎

「第8回つくば3Eフォーラム会議」を終えて

水素を燃料とする究極のエコカーといわれる燃料電池車が昨年12月に販売され、話題を集めました。しかし、水素は輸送に留まらず、社会生活の多様な局面で活用できると考えられています。燃料電池で電気をつくり、そのときに発生する熱を温水に変えて利用すれば、水素エネルギーを基盤とする水素社会が生まれます。もしも、再生可能エネルギーを用いて水素を生産することができれば、大きな社会変革につながると考えられます。2020年の東京オリンピック・パラリンピックが後世に残すのは水素社会であるともいわれています。日本では、水素社会の実現に向けた動きがはじまったと思います。

つくば3Eフォーラム・次世代エネルギータスクフォースでは、大学、研究機関の研究者、自治体、さまざまな技術をもつ複数の企業が参加して、水素エネルギーの社会実装をめざして活発な議論を続けています。つくば、茨城のもつさまざまな技術を統合した実証研究プロジェクトを立案しており、水素社会の実現に貢献できる、すぐれた内容に仕上がりにつつあると思っています。つくば、茨城から水素社会の普及、波及が起こることを願っています。

近い将来、実際にプロジェクトが実施されるときには、市民生活のなかに水素を持ち込むこととなります。これを実現するには、実際に水素エネルギーを使用される市民のみなさんの理解と協力が大前提になることは言うまでもありません。第8回のフォーラム会議は、水素エネルギーの利活用、水素社会のあり方について市民のみなさんと知識と情報を共有することを目的に実施し、多くのみなさんに参加していただきました。演者やパネリストと会場の間で活発な質疑があり、予想以上に有益な会議になったと思います。講演者、パネリスト、そして参加いただいたみなさんにお礼申し上げます。関係するすべてのステークホルダーが水素に関する理解を共有していくことがますます重要になってきます。今後も、このような情報共有の機会を設けていきたいと考えています。ご支援、ご協力をお願いいたします。

2015年3月

つくば3Eフォーラム議長 井上 勲



開催概要

2015年1月25日（日）、つくば市庁舎において、「第8回つくば3Eフォーラム会議」を開催しました。第8回目となる今回は、「水素社会の実現に向けて」をテーマとし、のべ300名以上に参加いただきました。（シンポジウム：約150名、FCV同乗体験：約80名、その他展示等：約80名）



つくば市庁舎



会場の様子



井上議長の挨拶

はじめに、茨城県企画部科学技術振興課 新エネルギー対策室長 根崎良文氏より「茨城県のエネルギー施策について」と題し、ご講演いただきました。2014年5月に策定した「いばらきエネルギー戦略」の概要及び茨城県内の再生可能エネルギーの導

入状況について紹介され、地域特性を活かした県内市町村等の主な取組を知ることができました。

次に、（一財）日本自動車研究所 FC・EV部 次長 三石洋之氏より「次世代自動車と水素エネルギーの活用」と題し、水素・燃料電池自動車の普及に向けて取り組んできた（一財）日本自動車研究所の活動ならびに水素の実態についてご講演いただきました。



根崎氏による講演



三石氏による講演



角口氏による講演

続いて、（独）産業技術総合研究所 つくばセンター次長 角口勝彦氏より「エネルギー資源の持続的有効利用に向けて」と題し、（独）産業技術総合研究所におけるエネルギー研究開発を概説いただき、来る水素社会の構築に向けた期待と課題についてご講演いただきました。

パネルディスカッションでは、「未来を先取りするまちづくり」と題し、水素を利用した地産地消のエネルギーシステムを普及させて何か変わるのかなど、会場の参加者も交えて活発な意見が交わ

されました。モデレーター（座長）は、つくば3Eフォーラム 次世代エネルギーシステムタスクフォース座長 石田政義氏（筑波大学システム情報系 教授）が務め、パネリスト4名に登壇いただきました。岡田小枝子氏（大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構 広報室長）からは、子供たちが思い描く未来の筑波研究学園都市の紹介、前田哲彦氏（（独）産業技術総合研究所 再生可能エネルギー研究センター 主任研究員）からは、再生可能エネルギー由来水素の活用に関する研究開発の



紹介、足永靖信氏（国土交通省国土技術政策総合研究所 建築研究部環境・設備基準研究室長）からは、



都市の水素利用に向けた実験及び住宅地への水素導入効果の試算について、山王一郎氏（つくば市環境生活部長）からは、環境モデル都市・つくばの取組紹介がありました。



筑波大学生手作り燃料電池三輪車の試乗

験や展示コーナーにおいて、水素がエネルギーとなる仕組みについて学ぶことができました。

前日の1月24日（土）には、3回目となるつくば3Eフォーラムオリジナルサイエンスツアー「『実験する街つくば』を見よう！」を実施しました。今回は、自動車の排気ガスやCO₂計測などを行う「低公害車実験施設（（独）国立環境研究所）」と自然から得られるエネルギーを最大限に利用できる電力システムや水素の貯蔵などの開発を行っている「カーボンニュートラル対応エネルギーシステム開発実験・実証設備（筑波大学）」を専門家から説明を受けながら見学しました。県内外から14名の方に参加頂きました。



パネルディスカッションの様子

また、今回初の試みの体験コーナーでは、燃料電池自動車トヨタ「ミライ」・日産「エクストレイル」同乗体験を通して身近な水素エネルギー利用について知ることができるとともに、燃料電池組み立て体



燃料電池自動車同乗体験



カーボンニュートラル対応エネルギーシステム開発実験・実証設備（筑波大学）の見学



燃料電池組み立て体験



低公害車実験施設（（独）国立環境研究所）の見学

目次

巻頭言：「第8回つくば3Eフォーラム会議」を終えて	1
開催概要	2
目次	4
第8回つくば3Eフォーラム会議 プログラム	5
講演録（要旨，講演録，スライド）	6
オープニング	6
茨城県の再生可能エネルギー関連の施策	11
次世代自動車と水素エネルギーの活用	20
エネルギー資源の持続的有効利用に向けて	32
パネルディスカッション	44
閉会挨拶	67



「水素社会の実現に向けて」プログラム

1月25日(日) 会場：つくば市庁舎 201 会議室

- | | | |
|---------------|---|--|
| 13:30 – 13:45 | <p>ご挨拶
 つくば3Eフォーラム議長
 筑波研究学園都市交流協議会 会長
 つくば市長
 筑波大学長</p> | <p>井上 勲
 潮田 資勝
 市原 健一
 永田 恭介</p> |
| 13:45 – 14:05 | <p>茨城県のエネルギー施策について
 茨城県企画部科学技術振興課 新エネルギー対策室長</p> | <p>根崎 良文</p> |
| 14:05 – 14:35 | <p>次世代自動車と水素エネルギーの活用
 (一財) 日本自動車研究所 FC・EV部 次長</p> | <p>三石 洋之</p> |
| 14:35 – 15:05 | <p>エネルギー資源の持続的有効利用に向けて
 (独) 産業技術総合研究所 つくばセンター次長</p> | <p>角口 勝彦</p> |
| 15:05 – 15:20 | <p>————— 休 憩 —————</p> | |
| 15:20 – 16:25 | <p>パネルディスカッション：「未来を先取りするまちづくり」
 モデレーター：
 つくば3Eフォーラム 次世代エネルギーシステム
 タスクフォース座長
 筑波大学システム情報系 教授</p> <p>パネリスト：
 大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構
 広報室長</p> <p>(独) 産業技術総合研究所
 再生可能エネルギー研究センター 主任研究員</p> <p>国土交通省国土技術政策総合研究所
 建築研究部環境・設備基準研究室長</p> <p>つくば市環境生活部長</p> | |
| 16:25 – 16:30 | <p>閉会挨拶</p> | <p>石田 政義
 岡田小枝子
 前田 哲彦
 足永 靖信
 山王 一郎</p> |

第8回つくば3Eフォーラム会議 「水素社会の実現に向けて」

1月25日(日)：つくば市庁舎 201 会議室

オープニング

井上 勲 つくば3Eフォーラム議長

皆さん、こんにちは。井上でございます。今日は日曜日のお昼という時間帯にもかかわらず、大勢の方においでいただきまして、お礼を申し上げたいと思います。つくば3Eフォーラム会議の開催ということで、一言ご挨拶をさせていただきたいと思います。

第1回のフォーラム会議を開催したのは2007年の年末でしたから、もう8年目で、今回は第8回の会議になります。年1回、途切れずに開催してまいりました。この間3Eフォーラムでは、環境・エネルギー問題に関係する課題を抽出し、大学・研究機関の研究者の皆さん、関連する企業、自治体、そして市民の皆さんが参画する形で、タスクフォースを設置して、調査・研究を実施してまいりました。主に提案型のタスクフォースということでしたが、一部では具体的なプロジェクトとして、技術の実用化を目指した研究開発も実施いたしました。

つくば国際戦略総合特区のプロジェクトの一つに認定されて進めております藻類バイオマスのプロジェクトは、3Eフォーラムのバイオマスタスクフォースから生まれたものです。今日も市庁舎の前で藻類オイルを使った自動車が展示されています。関彰商事様にお世話になって、展示が実現しています。

3Eフォーラムでは現在、これまでの提案型のタスクフォースから、プロジェクト型のタスクフォースへの再編を進めております。その一つが、昨年新たに設置いたしました次世代エネルギーシステムタスクフォースです。昨今、水素エネルギーあるいは水素社会という言葉が注目を浴びています。本日も日本自動車研究所様にご尽力いただき、水素を燃料とする燃料電池車の試乗会を実施しております。既に体験乗車された方もいらっしゃるかと思います。試乗のために、トヨタ自動車様のMIRAI(ミライ)、日産自動車様のX-TRAIL(エクストレイル)をつくばまで持ってきていただいたということで、お礼を

申し上げたいと思います。

国は、世界に先駆けて燃料電池自動車の社会普及を実現するロードマップを描いていて、福岡から東京、埼玉の間に水素ステーションを設置するということが進められております。残念ながら、茨城県への設置は全く議論されていないのが現状です。しかし、つくばの大学・研究機関、茨城の研究機関・企業には、水素エネルギーの活用に関するさまざまな技術が集積しております。茨城県とつくばの技術は自動車だけではなく、電気の弱みを補完するもう一つのエネルギーとして活用する、本当の意味での水素社会を実現する可能性を秘めていると考えています。

この強みを使わない手はないということで、昨年4月以降、水素エネルギーに関係する研究者と自治体の関係者が、半ば自然発生的に会合を開いて、水素社会の実現に向けてつくばが何をできるのかという議論を続けてまいりました。3Eフォーラムでは、この新たなつくばの連携の活動をプロジェクト型のタスクフォースとして位置付けて、機関、研究者、企業、自治体、そして市民の皆さまを結ぶ役割を果たしたいと考えて、昨年7月に次世代エネルギーシステムタスクフォースを立ち上げたところでございます。

水素社会は、世界が目指している将来像・未来像だと思いますが、水素社会に向かって進むために、市民や若い世代の皆さんの理解と合意が大前提になると思います。しかし、なぜ水素なのか、水素は安全なのか、水素の役割は電気とどう違うのかなど、多くの疑問について、社会に対して十分な説明がなされているとは思えません。

タスクフォースでは、今後、水素エネルギーを社会実装していくための研究開発を進めていくに当たって、一般の方々の理解が最も重要であるという立場に立って、啓蒙・啓発のためのシンポジウムを企画してまいりました。昨年12月20日、茨城県日立市において、茨城県次世代エネルギーパーク推進協議会およびつくば3Eフォーラムの主催とし



て、「いばらきエネルギー戦略策定記念 水素利用シンポジウム～水素社会の実現に向けた取組の推進～」というシンポジウムを開催し、盛況を博したところです。同じ趣旨で、県南のつくば市で開催するのが、本日の第8回のフォーラム会議ということになります。

本日は3名の方にご講演を頂き、その後、パネルディスカッションで「未来を先取りするまちづくり」ということで議論を進めていただくことにしております。水素を基盤とする社会は、実現すれば世界各地に普及できる地産地消の優れたエネルギーシステムだと思います。つくばは、水素社会実現のための社会実験を実施できる国内で最も適した地域であり、関係するステークホルダーが一体となって、推進する体制を構築していきたいと考えております。本日のフォーラム会議がそのキックオフとなり、つくば発の水素イノベーションに展開していくことを期待したいと思います。本日も活発なご議論をお願いします。私のご挨拶に代えさせていただきます。ありがとうございました。

筑波研究学園都市交流協議会 会長 代理 住 明正（筑協副会長）

ただ今ご紹介にあずかりました、本年度より筑波研究学園都市交流協議会の副会長を務めております、国立環境研究所の住でございます。本日はご多忙中にもかかわらず、第8回つくば3Eフォーラム会議にご参画いただきまして、誠にありがとうございます。（私は、前からスリーイーをさんイーと呼んできましたので、本日もそのように言わせて頂きます。）

つくば3Eフォーラムというのは、省エネルギー都市設計に不可欠な省エネ・クリーンエネルギー技術・システムの開発を目指す「環境・エネルギー・経済プログラム」、安全・低公害・省エネ輸送システム、防災情報システム等の安全で快適な都市設計を目指す「都市再生基盤モデルプログラム」。それか

ら、健康、教育、文化、文化遺産を大事にする住みたくなるまちモデルの開発を目指す「教育・文化・健康モデルプログラム」。そして最後に、循環・共生を基調とした社会形成の基盤となる環境技術とシステム開発を目指す「環境保全モデルプログラム」の四つのプログラムから構成されるつくばエコシティ構想に基づき、つくば市を省エネルギー・低炭素の科学都市として構築する研究に取り組むことを目的として、平成19年に筑波研究学園都市の大学研究機関・自治体が連携して結成されました。われわれ国立環境研究所も、環境施策決定に必要となる科学的な事項の検討への参加、関係審議会等への参画などを通じ、幅広く社会へ貢献することを研究所の方針としておりますので、一緒に協力させていただいております。

昨日、本会議のプレイベントとして企画していただいたサイエンスツアーでは、当所の低公害車実験施設にもお越しいただいたと聞いております。また、筑波研究学園都市交流協議会でも、3Eシステム、3Eシティつくばモデルを構築するための各研究機関等による取組と連携を推進することとし、筑協「つくば3Eフォーラム」委員会を設置して、筑波大学等との密接な連携の下に施策の推進に取り組んできております。

環境・エネルギー・経済という三つのEの調和を図りながら、2030年までにつくば市の二酸化炭素排出を50%削減することを目標に、さまざまな施策を展開し、その活動報告や、産官学民の協働のための情報交流の場として、平成19年から毎年、つくば3Eフォーラム会議を開催してきました。第8回の今回は、昨年度に引き続きつくば市役所を会場に、「水素社会の実現に向けて」をテーマに、つくばが未来の水素エネルギー社会を後押しするための方策を探る本会議、私も楽しみにしております。

最後に一言だけ付け加えさせていただきます。昨今、シェールオイルが評判になっておりますが、シェールオイルの技術は、実は、十何年前には全く



駄目だろうと言われていた技術でした。水素も、十何年前に一時期ブームとなって、それが駄目になって、またブームになってきました。このように技術には、その時のやりすたりがあり、はっきりとは選択すべき技術というものがあるわけではなく、非常にさまざまな技術が競争しながら、その時々の方や価値観が広がり、私たちは、その状況の変化に一喜一憂しがちです。そういう中であって、皆さんお一人お一人が自分の頭で冷静に本当の意味で、選択すべき技術というものを判断していくということが、これからは問われてくるように思います。

また、技術の発展というものは、必ずしも優れた技術が社会に使われるというわけではありません。様々な技術をどのように社会に展開していくかということは、現代の非常に大きなテーマとなっており、そのような観点からも考慮していくべきだと思います。

本日はご参加いただきました皆さま方から活発なご意見、提言、発言を頂き、つくば3Eフォーラム会議が実りあるものになりますことを祈念いたしまして、簡単ではございますが、主催者の1人としてご挨拶させていただきます。本当に今日はありがとうございました。

筑波大学長

永田 恭介



ただ今ご紹介いただきました筑波大学長の永田です。第8回つくば3Eフォーラム会議の開催にあたり、一言ご挨拶申し上げます。

現在、この世界はどのような状況にあるかということですが、グローバル化という波の中で、私達は、様々な地域で様々な問題に直面しています。身近なところ言えば、人口の急激な増加とそれに伴う食糧問題、一方で人口の急激な減少、また、インフルエンザやエボラといった感染症の大流行、そして、本日の話題である環境やエネルギーの問題などが挙

げられます。これらのことは、特定の地域に限られた問題ではなく、遠い国や地域で起こったことが、世界中で互いに影響を与えていってしまうという問題です。私達はこのような課題を地球規模課題と捉え、日々考えています。

これら地球規模課題の解決にあたり、特定の組織だけで取り組んでいけば良いというのではなく、複数の研究分野が互いに手を取り合って解決していくものであろうと考えています。このつくば3Eフォーラムは、地球規模課題の一つである環境・エネルギー問題をテーマとし、その課題解決に向けて、つくばにおける研究開発の連携・融合を目指して、平成19年(2007年)の立ち上げ時から本学が関わり、継続してきた事業です。これまで、行政、アカデミア、産業界、市民など、つくばに関わる全てのステークホルダーが一堂に会し、情報交換や連携を深めてまいりました。

本フォーラムの成果の一つで、かつ分かりやすい例を紹介します。先ほど既にご紹介がありました、バイオマスタスクフォースから生まれた藻類バイオマス燃料の研究開発で、平成24年(2012年)に採択されたつくば国際戦略総合特区の1つのプロジェクトでもあります。総合特区というのは、通常は自治体を選ばれますが、つくば国際戦略総合特区は、自治体と共に大学が参画して大きな役割を果たしているという、非常に珍しいケースです。その先導的なプロジェクトの一つに認定され、その他の関連プロジェクトを含めて、日本あるいは世界の藻類バイオマス研究を先導していくところまで育ってきました。実際に、燃料の一部となる期待が高まっておりますし、その副産物の一部は、衣料品、健康食品あるいは既に販売されている化粧品など、幅広い展開を見せています。

さて、本フォーラムは、昨年「次世代エネルギーシステムタスクフォース」を立ち上げました。このタスクフォースは、エネルギー供給源の多様化に寄与するものとして、先ほどご説明のあった水素



を課題の中心に据えて、水素エネルギーを社会に実装していくための方策について、関係者が集まって考えていこうというものです。水素については、新しいエネルギー源の一つとして関心が高まってきております。燃焼させても水しか発生しないことはもちろん、様々な工業プロセスや化学プロセスにおいて副次的な生成ガスとして発生すること、あるいはバイオマスの転換の中で発生することなどから、これを利用しない手はないということです。

周知のとおり、昨年末に、燃料電池自動車の販売が始まりましたが、水素の需要は今後ますます高まっていくと考えています。水素は、次世代エネルギーとして非常に注目を浴びているところですが、実際にはまだ幾つもの課題があり、新しい科学や技術開発が強く求められます。

筑波大学のことで恐縮ですが、本日、パネルディスカッションの座長を務めるシステム情報系の石田政義研究室では、これまで二つの新しい技術を開発してきました。一つは、水素の精製と貯蔵を兼ねる高効率プロセスの開発、もう一つは再生可能エネルギーを統合する飛躍的なシステム化技法の開発です。これらの技術開発は、先ほど申し上げた水素というものの扱いにくさを変えていく一つのブレークスルーであろうと考えています。その他、つくばの地には、既に数多くの要素技術が、研究所や研究組織に点在しています。筑波大学もそうですが、つくば全体として水素社会の実現のための協業を進めていきたいと考えています。

最後になりますが、平成23年3月11日の東日本大震災から、間もなく4年が経とうとしています。未曾有の震災からの復興は、未だ成し遂げられているわけではありません。様々な課題に果敢に挑戦していくにあたり、実は日本の他の地域や世界に散在する様々な課題をも合わせて考えて解決していく必要があるものと考えています。

50年、100年先の未来を見据えて、環境やエネルギーの問題に取り組むことは、それ自身が重要な

ことであり、私達の受けた未曾有の被害からの復興という観点からも、大変重要なことだと考えています。本日、この会議にご参加いただきました皆さまに感謝を申し上げますとともに、皆さま一人一人がそれぞれの立場で、地球規模課題の解決に向けて、どのように協力できるかを考えて、ぜひともこの3Eフォーラム会議において、様々な議論を聞かれ、また、活発に意見を述べられることを期待しております。そして、このつくばが、環境都市、イノベーション都市として、日本のみならず世界の中で存在感のあるまちとなることを強く期待し、私の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。

つくば市長

代理 副市長 岡田 久司



ただ今紹介いただきました、つくば市副市長の岡田でございます。市長は本会議へ出席を希望していましたが、公務が重なりましたので、私が市長に代わりまして出席させていただきました。

このつくば3Eフォーラムは今回が8回目になりますが、会場入口付近に本フォーラムのこれまでの歴史がまとめられているポスターを拝見したときに、当時のことがちらりと頭をよぎりました。先ほど挨拶された井上3Eフォーラム議長、永田筑波大学学長からもお話しがありましたが、これからの地球や日本を考えたときに、CO₂削減というのは今日的な課題でございます。つくばがこの課題に取り組まない、一つの実証の場にしないということは、研究学園都市としての役割を放棄することに等しいということだと、当時、ものすごくきつく言われたことを思い出しております。

当時、本フォーラムで「CO₂を2030年までに50%削減しよう、それをつくばから発信しよう」と提言され、「そんなこと、なかなかできるわけではないでしょう」と言った記憶がございます。しかしながら、つくば市はこの課題に取り組むことにいたしま



した。早速、政府が選定する「環境モデル都市」へつくば市も提案書をまとめ提出しましたが、結果は不採択でした。

その時のじくじたる思いを今も思い出しますが、そのときに、つくばというものが持っているポテンシャルはどのような形なのかということを書いた裏書的なことを思い出しました。筑波研究学園都市は、政府がつくったのだから、政府が面倒を見るのが当たり前だろうというような思いが若干あったように思います。不採択の結果を受け止めて、その後関係する方々と委員会をつくりながら粛々と方向付けをして、アクションプランを作り、そして課題解決に向けた事業を実践してきました。その結果5年後の2012年 新しくリニューアルした提案書“SMILe”で、環境モデル都市に選定されるという形になったのだと思います。当時の提案書に取り上げた項目として、藻類に関するプロジェクト、市民一人当たりのCO₂削減50%に向けた取組の方向など今のプランに引き継がれているものもあります。

また一昨年、筑波研究学園都市は、閣議了解から50年を迎えました。閣議了解以降、つくばは政府からの様々な支援を受け、6カ町村の合併、TXの開通、統一庁舎の建設等を経て、変化を遂げてまいりました。だからこそ、つくば市としてそのお返しをしなければなりません。お返しというのは、つくばが持っているポテンシャルを、日本の成長戦略に貢献するつくば市になるよう都市経営を行っていくことだと思っています。

政府の特区制度等を活用して、新しい取組ができるまちというのがつくばだろうと思います。

今回のテーマである水素社会の実現に向けて是非ともつくば市にも1つ水素ステーションを造っていただき、水素エネルギーの普及に対応できるような場を提供していきたいと考えております。今日のこのフォーラムが一つのきっかけとなって、次のステージが生まれることを、心からご祈念申し上げます。挨拶とさせていただきます。

茨城県の再生可能エネルギー関連の施策

茨城県企画部科学技術振興課 新エネルギー対策室長 根崎 良文

要 旨

県では、2014年4月の国の「エネルギー基本計画」の閣議決定を踏まえ、県民、事業者、市町村等の幅広い関係者と、県の今後のエネルギー施策の取組の方向性を共有するため、同年5月、「いばらきエネルギー戦略」を策定しました。

「地域特性を活かした『エネルギー先進県』の実現」を基本目標とする本戦略では、県が特に重点的に取り組む8つの事業を重点プロジェクトとして位置づけ、その1つである「LNGの有効活用プロジェクト」では、天然ガス及び水素の有効活用策について検討を進めることとしています。

本日は、「いばらきエネルギー戦略」を中心に、茨城県のエネルギー施策の概要についてお話しします。

講演録

茨城県庁企画部科学技術振興課新エネルギー対策室の根崎と申します。私の方からは、茨城県のエネルギー施策について、概況のご報告をしたいと思えます。

茨城県は、ご案内のとおり人口は300万人弱です。茨城県も昭和20年のころは、人口は隣の千葉県、埼玉県と同じく200万人でした。片や、500万人、700万人となっていく中、しっかりと300万人になってきて、平成11年に常住人口で300万人を超えました。今現在は人口規模で11位です。1人当たりの県民所得も上位、工業製品の出荷額も上位にあって、農業生産額も1～2位と、非常にバランスの取れた県ではないかと考えております。その一方で、あるシンクタンクというか研究所の発表ではイメージが低いということで、なかなか最下位から脱出できないということですが、住んでいる方々は、ガラパゴス系で進化してきた茨城県に非常に誇りを持っており、満足感を持っているのではないかと考えております。そういう観点も含め

て、再生可能エネルギーを中心とした県の施策についてご紹介をしたいと考えております。

3点、再生可能エネルギーの導入状況、水素の話を中心としたエネルギー戦略、参考事例のご紹介をしたいと思います。

1. 県内の再生可能エネルギーの導入状況

2012年(平成24年)の固定価格買取制度(FIT制度)以降、特に産業用の太陽光発電が一気に上がっています。国の方で出している最新の数字が昨年9月現在ですが、固定価格買取制度以前に導入されていたものを足しますと、再生可能エネルギーで約96万kWほど茨城県内の中に入っています。

茨城県内の発電関係はどうなっているかといいますと、火力で950万kW、今止まっていますけれども東海第二が110万kW、再生可能エネルギーが96万kWということで、全体で1100万kW超です。どちらかというと電力移出県という状況になっています。

内訳を見ますと、太陽光発電、風力発電、バイオマス発電、中小水力発電ということで、バランスは取れていますが、平地が非常に多い、日照条件が良いということで、太陽光発電の伸びが著しく顕著だということが表れています。風力発電は、地域差もあるので場所によって変わってきます。中小水力発電については、県北山間部を中心に動いているという状況です。

特に太陽光発電がすごく普及しているということで、一部、制度の見直し等が行われているところですが、固定価格買取制度の設備認定量では、茨城県は福島県と鹿児島県に次いで第3位です。設備認定された量だけで申し上げますと、420万kW。うち稼働しているのが大体70万kWで、これからもっと稼働していくという状況になっています。

太陽光発電ですが、平坦な部分が多いので、非常に普及しております。メガソーラー等も含めて、全体で75万kWほど入っています。もともとはRPS



関係があったり、余剰買取の話がありましたので、住宅用は伸びていたのですが、FIT以降は産業用の10kW以上（家庭用でないもの）が飛躍的に増えています。特に1000kW以上（メガソーラー）の場合には、土地当たり1.5～2ha必要だと言われていますが、各所にメガソーラーの導入が見受けられます。

分布なのですが、県内各所に平べったく、薄く、広く普及している状況になっています。

一方、風力発電については現在一基約2000kWで、陸上から海上に出ていくということで、風力発電機は大型化しており、洋上に出ていく場合には一基5000kWぐらいになっています。年間風速が平均で6m/秒以上のところが風力発電に適していると言われていますが、本県の中で見ますと、鹿嶋市、神栖市、あとは県北の一部地区が非常に適しているということです。今、県内で風力発電機は62基稼働しており、うち52基は鹿嶋市、神栖市と、8割を超える風力発電機が動いています。あとは県北、一部別のところという感じになっています。

分布状況を見ると、ほとんどが鹿嶋市・神栖市に集中しています。

県内のバイオマスに関しては、9万kW弱、8万6000kWほど入っています。特に1カ所当たりの設備容量が非常に大きく、ひたちなか市の北越紀州製紙、あるいは神栖市の神之池バイオエネルギーがあります。北越紀州製紙は建設廃材を燃やすもので、神栖市の神之池バイオエネルギーについては、中国木材で端材が出たものをオンサイトで発電や熱利用に利用しているというものです。ご案内のとおり、木質バイオマスですと、特に搬出、あるいは移送・輸送にコストが掛かり、ペイしないため、できれば出たところで利用した方がいいということで、オンサイト処理型のところが、これから県北でも動くという計画があります。

少し偏りがありますが、常陸太田市に1カ所、ひたちなか市に2カ所、常総市に1カ所、神栖市に1

カ所という導入状況になっております。

中小水力の発電システムですが、県内で1万9000kWほど動いております。これはほとんど県北です。これはもともと東京発電がやっており、自然地的には適地には導入され済みという状況です。水力の場合には、当然、流量、流速、落差が必要ですが、なかなか落差があるところがないということで、今あるものはどちらかというと大型ですが、これからは、大きいものではなく、例えば土地改良区の農業用水などで、10kW未満とか、あるいは10～50kWの小型のもので地域に還元できないかということで検討を進めているというのが中小水力発電です。

分布状況としては、県北の方にほとんど集中しているという状況です。

2. いばらきエネルギー戦略～「『エネルギー先進県』を目指して」～

以下、県のホームページでも同じ内容を公開していますので確認していただければと思います。「いばらきエネルギー戦略」を昨年5月に策定しました。これは国のエネルギー政策の動向を反映したものです。エネルギー政策については、エネルギー政策基本法というものが、国が基本計画を作り、地方公共団体は、その国の基本計画に沿って、地方の実情に沿った施策をそれに準じて行うという規定があります。それを受けて、県の長期総合計画の部門別計画として「いばらきエネルギー戦略」を策定しています。

特に今回の場合は、東日本大震災以降のエネルギー問題があります。先ほど来お話がありました、エネルギー源の多様化、災害時の電源確保といった面から必要であり、さらなる省エネルギー、あるいは、つくば市や東海村も含めた、科学技術の集積を生かしたグリーンイノベーション推進という柱で、しっかりとした計画を作っていくということで、2020年までの7カ年の計画としております。



ここで、通常の計画であれば数値目標があるのではないかという話になりますが、国のエネルギー基本計画は昨年4月11日に閣議決定されましたが、まだ電源構成がしっかりしないということで、実際に数値目標的なものの策定は見送られております。従いまして、法に準じて行うというものですから、本県のエネルギー政策についても、まだ具体的な数値目標は入れておりません。これは、関係者の方々と、エネルギー施策に関して、これからの方向性をしっかり共有するために作りました。今月1月30日に電源構成に関する小委員会が開かれます。今年の夏に向けて、こういった電源構成がいいのかということが議論されていくと思うのですが、もし国の方で新たな数値目標等が示された場合には、この戦略の中にも県版として数値目標を入れ込んでいくような整合を図る措置を講じてまいりたいと考えております。

目標の柱としては、先ほど来言われているエネルギー源の多層化・多様化です。それから省エネルギーのより一層の推進。そして水素も含めてですが、グリーンイノベーションの推進をしていくということになっております。

県で作る計画は総花的で、何でも入っていて、どこがポイントなのか分からないということになって困ると思ひまして、八つのプロジェクトを設けております。さっとご説明します。1が太陽光、2は大規模ウィンドファームの実現です。風力発電機の62機のうち8割は鹿嶋・神栖市に集中しているという先ほどの話です。あとは先ほど申し上げたとおり、陸上から海上に風力が行くということで、5000kWの風車を50基ほど、鹿嶋港の港湾区域の中の再生可能エネルギー源活用ゾーンというところに設置する計画が進められています。平成29年から一部稼働ということで動いており、これは県も一緒になってきちんと進めていきたいと考えております。

3が地域エネルギーの利活用促進です。メガソー

ラーや大規模洋上風力は、県の方で施策としてコントロールできるかということ、なかなかできません。そこで県では、むしろ小さな取組をしっかり支援していきたいと考えており、昨年度から地域に対する再生可能エネルギーのアドバイザー派遣制度を行っています。今年度から新たに地域コーディネーター養成講座を茨城大学と連携して行っており、まずは地域で抱える課題を解決する。それから、地域で再生可能エネルギー等の導入をしっかりやっていく方の養成を、3番目のプロジェクトの下で行っているところです。

4と5は、ナノテク、先ほど来お話のある国際戦略総合特区の関係の藻類バイオマスをしっかり行っていくということです。

6はスマートコミュニティの形成促進ということで、つくば市もそうですが、最終的にはICTコントロールによって必要な電気、節電も含めて、街の中でコントロールしていく。その中にも水素を使っていくという形で、スマートコミュニティの形成促進を柱にしています。

7です。本県は農業県でもありますので、農業と再生可能エネルギーのマッチングによって生産性を高めながらCO₂排出を抑えていくということをプロジェクトの一つにしています。

最後、8は液化天然ガスの有効活用の検討です。これは日立市で東京ガスのLNG基地とパイプラインの整備が進められています。ご案内のとおり、水素は基本的に二次エネルギーですから、いろいろな一次エネルギー、化石エネルギーから製造できません。使い方によってはエネルギー効率が非常に高いので、そういうものも含めて、水素の有効利用をしっかり図っていくというのが8番目のプロジェクトです。

この計画期間が終わる2020年には、東京オリンピック・パラリンピックが行われます。本県としては、1年前の2019年に茨城国体が開かれます。先ほど議長のお話にもありましたが、せっかくいろ



いろいろなことがありますが、本県には水素ステーションの動きがまだ出ておらず、これは喫緊の課題だと考えています。県としても、実際に水素ステーションがいつまでもできないという状況では、水素燃料電池車の普及にも影響が出ると思いますので、関係者の皆さんとしっかり取り組んで、まずは水素ステーションの誘致、あるいは、石田先生をはじめ筑波大学等で進められている新しい技術、あるいは研究の方とも連携して、できるだけ水素技術の実用化に向けた環境づくりをしっかりと行っていきたいと考えているところです。

3. 参考事例

再生可能エネルギーの話に戻りますが、幾つか事例紹介をまとめて終わりたいと思います。常陸大宮市で、木質バイオマスを利用する取組があります。常陸大宮市には、ささの湯、三太の湯、四季彩館という温浴施設があります。重油ボイラーで燃やしていますが、端材などの未利用間伐材、使えないものを有効利用するというので、重油と木質バイオマスの併用で温浴施設の燃料代を減らしていくというのと、未利用の間伐材を有効活用しようというまさにオンサイトの話です。これについて、常陸大宮市では、平成27年4月から、ささの湯から供用開始していくという計画と伺っています。

あとは近くの美浦村です。美浦村では、財務省所管の土地の払下げを受けて、村が自ら太陽光発電を行い、その利益で村民の方が住宅用発電をするときに補助を行うというものです。われわれも行政マン

としてよく言われることは、当然、税収の確保はありますが、税外収入をしっかりと収入として捉えて、かつ、それを住んでいる県民の方、市町村民の方に還元していくということで、これは、村が自ら、水道などと同じような公営企業として行い、その利益を村民の方に還元していくというものです。これは1.9MWですが、平成27年4月ごろの稼働開始を予定していると同っています。

それから東海村では、村営の施設、職員の駐車場やコミュニティセンターの屋根貸しをすることによって、20年間で1400万円近くの税外収入を得て、それを施策の中に反映していくということを積極的に進めています。

最後になりますが、守谷市では、汚泥のバイオガスを使ったものが進められております。

また、波崎未来エネルギーでは、市民出資型で風力発電を普及するというやり方です。風力発電は特にデンマークが先進国ですが、外資が入ってきて、そこで風力の発電機が回っていると、風切り音や機械の音が騒音に聞こえるそうです。しかし近くの方が出資していれば、その騒音がお金の落ちる音に聞こえるということで、非常に受け入れやすいと。いろいろなやり方があると思うのですが、再生可能エネルギーは、地域主導であって、地域還元型、あるいは地域の方が一緒に参加できない限りはうまくいかないと思っています。

以上、私から再生可能エネルギーを含めた県内のエネルギー施策をご紹介させていただきました。ご清聴いただき、ありがとうございました。

質疑応答

(Q 1) 水戸のいばらき KIZUNA プロジェクトの理事をやっています羽石と申します。水戸市に水道を配給している楮川ダムという大きなダムは落差が30mあるのですが、その落差のエネルギーは、今はほとんどエネルギーに転換していない。そこを

小水力発電を兼ねた政策があるといいかなと思って

(根崎) 今、実際にダムとして落下している水が有効に発電等に利用されていない。県でも、水沼ダムや小山ダムがありますが、一部については、落下

水を利用した小水力発電ができないかということで今検討を進めております。いずれ具現化していくと思います。今ご提案のありました楮川についても、場所的には悪くないと思っていますし、私自身も長

靴を履いて現場を歩いています。一つの大きな候補地だと思っていますので、具現化に向けた取組を進めていきたいと考えています。

○講演者プロフィール



根崎 良文 (ねざき よしふみ)
茨城県企画部科学技術振興課
新エネルギー対策室長

○略歴

1962年生まれ、茨城県出身
1986年4月 茨城県入庁
1998年4月 企画部企画調整課 企画員
2000年4月 生活環境部企画員
2003年4月 総務部市町村課 理財・財政担当係長
2006年4月 企画部事業推進課空港対策室 主査
2012年4月 現職



茨城県
再生可能エネルギーの推進

茨城県の再生可能エネルギー関連の施策

茨城県 企画部 科学技術振興課
再生可能エネルギー対策室

茨城県
再生可能エネルギーの推進

目次

1. 県内の再生可能エネルギーの導入状況
2. いばらきエネルギー戦略
～「エネルギー先進県」を目指して～
3. 参考事例

茨城県
再生可能エネルギーの推進

県内の再生可能エネルギー導入状況

■2003(平成15)年4月に施行された「電気事業者による新エネルギー等の利用に関する特別措置法(RP8法)」や2009(平成21)年11月に「太陽光発電の余剰電力買取制度」、さらに2012(平成24)年7月に「固定価格買取制度」が導入されたことにより、年々増加し、2014(平成26年)9月末時点で、約84万kWが導入されていると推定。

3

茨城県
再生可能エネルギーの推進

県内の再生可能エネルギーの利用可能量と導入容量

■県内には設備容量ベースで約250万kWの再生可能エネルギーの利用可能量が存在すると推定。

	利用可能量(kW)	導入容量(kW)	備考	
太陽光発電	住宅用	1,302,200	194,000	
	非住宅用	341,200	568,000	うちメガソーラー205,546kW(184MW)
	小計	1,643,400	762,000	
風力発電	981,000*	194,000	全体的に既に先行エリアに集中	
バイオマス発電	365,000	56,700	「本質派」「先進派」「西尾派」の合計	
小水力発電	9,600	18,000	東倉岡発電所が東北エリアに18.2MW(14MW)	
合計	2,699,000	988,000		

(注)
 ① 利用可能量は、国土交通省の「再生可能エネルギーポテンシャルマップ」に基づき、太陽光発電は、日照時間や気象条件等を考慮して算出されており、風力発電は、風速や地形等を考慮して算出されている。
 ② 導入容量は、2014年9月末時点の導入容量を示している。
 ③ 太陽光発電は、メガソーラーを含む。

4

茨城県
再生可能エネルギーの推進

県内の固定価格買取制度における設備認定の状況

■茨城県の認定価格買取制度における設備認定容量は、全国第3位(2014年9月末)。

順位	自治体	太陽光			風力	水力	地熱	バイオマス	合計
		10kW未満	10kW以上	計					
1	福島県	34,400	4,246,438	4,280,838	29,400	14,819	400	8,776	4,279,827
2	鹿児島県	81,000	4,188,765	4,269,765	44,500	5,856	1,800	29,676	4,313,297
3	茨城県	211,440	2,869,812	3,081,252	27,131	23,888	26	260,794	3,403,171
4	北海道	91,107	2,809,101	2,900,208	140,811	48,564	100	197,117	3,226,800
5	熊本県	71,865	3,872,868	3,944,733	0	57,196	2,840	9,116	3,213,905
	全国計	2,128,014	48,842,881	50,970,895	1,214,124	328,281	14,916	1,247,190	51,985,327

※1.上記の数値は、平成26年9月末までの設備認定された設備の容量。○内の数値は、上記の数値のうち太陽光発電のみの数値。五数字は、千単位。

5

茨城県
再生可能エネルギーの推進

県内の太陽光発電の導入状況

■本県は、土地が平坦で一戸建て住宅も多く、比較的日照条件にも恵まれていることから、太陽光発電の適地。
 ■「住宅用」、「非住宅用」ともに、補助制度及び買取制度の導入により急速な拡大傾向。
 ■現在の導入容量は751,706kW(2014年9月末時点 国土省)。

【主な設備】

所在地	名称	設備容量	備考
茨城県	水鏡湖太陽ソーラー	14,700kW	
神栖町	湖いそら	12,700kW	
鹿嶋市	鹿嶋中央太陽発電所	1,000kW	県有施設
利根町	利根川流域治水太陽発電所	2,000kW	県有施設

6



県内の太陽光発電（1,000kW以上）の主な導入状況

茨城県 再生可能エネルギーの推進

・日立製作所（日立製作所） 約100MW（1,000kW）	・日立製作所（日立製作所） 約100MW（1,000kW）
・日立製作所（日立製作所） 約100MW（1,000kW）	・日立製作所（日立製作所） 約100MW（1,000kW）
・日立製作所（日立製作所） 約100MW（1,000kW）	・日立製作所（日立製作所） 約100MW（1,000kW）

県内の風力発電の導入状況

茨城県 再生可能エネルギーの推進

■茨城県北山間地域や豊前地域の太平洋沿岸の地域においては、風力発電に適した年平均毎時6m以上の風況が確認されているところ。
 ■豊前・神栖地区には県全体の8割以上の風力発電が集中しており、関東では有数の風力発電地帯。
 ■陸上における風況が平準化は少なくなってきており、更なる導入拡大には、海上の風力エネルギーの活用が必要。
 ■現在の導入容量は194.280kW(2014年9月末時点 調査)。

【主な設備】

所在地	名称	設備容量	備考
鹿嶋市	マレットウィンドパワー機	20,000kW	
神栖市	南ウィンド・パワー・いばらき	18,000kW	洋上
	南ウィンド・パワー・いばらき	15,000kW	洋上

県内風力発電の主な導入状況

茨城県 再生可能エネルギーの推進

・日立製作所（日立製作所） 約100MW（1,000kW）	・日立製作所（日立製作所） 約100MW（1,000kW）
・日立製作所（日立製作所） 約100MW（1,000kW）	・日立製作所（日立製作所） 約100MW（1,000kW）
・日立製作所（日立製作所） 約100MW（1,000kW）	・日立製作所（日立製作所） 約100MW（1,000kW）

県内のバイオマス発電（木質系）の導入状況

茨城県 再生可能エネルギーの推進

■「農業系」については県内全域に存在するものの、「木質系」は県北地域（大子町等）、「畜産系」は利根川流域（小美玉町等）や豊前地域（家原町等）に多くが存在するなど、県内へ偏在。
 ■木材関連産業による製材残材や建設残材等を利用する大規模施設の導入があるものの、農業関連や林地残材、畜舎修繕物などの地域資源の活用が進んでいない。
 ■バイオマスは県内に広く存在するため、利用にあたっては、関係者による安定的かつ低コストで収集・輸送するシステムの構築が必要。
 ■現在の導入容量は88,736kW(2014年9月末時点 調査)。

【主な設備】

所在地	名称	設備容量	備考
ひたちなか市	北越紀州製材所	41,000kW	
神栖市	津之庄バイオエネルギー機	21,000kW	
茨城県	高砂製材所	11,400kW	

県内バイオマス発電の主な導入状況

茨城県 再生可能エネルギーの推進

・日立製作所（日立製作所） 約100MW（1,000kW）	・日立製作所（日立製作所） 約100MW（1,000kW）
・日立製作所（日立製作所） 約100MW（1,000kW）	・日立製作所（日立製作所） 約100MW（1,000kW）
・日立製作所（日立製作所） 約100MW（1,000kW）	・日立製作所（日立製作所） 約100MW（1,000kW）

県内の中小水力発電システムの導入状況

茨城県 再生可能エネルギーの推進

■本県は平地が多く、河川等の水路を利用する場合に必要な容量を確保しやすいため、状況が多い県北地域や茨城山付沿に限られている。
 ■河川を利用する発電については、従来から県北地域を中心に比較的大規模な発電設備があるものの、新設の計画の余地は少なくなっているところ。
 ■今後は、農業用水や貯留ダム、上下水道等の未利用エネルギーを利用するマイクロ水力発電の導入が期待。
 ■現在の導入容量は18,899kW(2014年9月末時点 調査)。

【主な設備】

所在地	名称	設備容量	備考
北茨城市	東京発電/芝岡第一発電所	5,900kW	
高萩市	東京発電/関川発電所	2,800kW	
北茨城市	東京発電/八潮川発電所	2,100kW	



「いばらきエネルギー戦略」の概要

「いばらきエネルギー戦略」を要約して

1. 背景と目的
2. 戦略の柱
3. 具体的な施策
4. 今後の展望

宮城県 国土・建設部 14

「いばらきエネルギー戦略」 自らの取り組みプロジェクト

「いばらきエネルギー戦略」を要約して

1. 再生可能エネルギーの活用
2. 省エネルギーの推進
3. エネルギーの効率化
4. 再生可能エネルギーの普及
5. エネルギーの安定供給
6. エネルギーの安定供給

宮城県 国土・建設部 15

県内市町村等の主な取組（常陸大宮市）

■常陸大宮市の取組の概要
■地域の取組

宮城県 国土・建設部 16

県内市町村等の主な取組（美濃村）

■計画出力 約1,000kW
■稼働予定 平成27年4月

宮城県 国土・建設部 17

県内市町村等の主な取組（東海村）

■村有施設で発電事業
■再生可能エネルギーの普及

施設名	出力	使用料(20年度)
東海村役場駐車場	1.010kW	約1,203万円
白方コミュニティセンター	27.88kW	約41万円
中丸コミュニティセンター	48.96kW	約76万円

宮城県 国土・建設部 18



県内市町村等の主な取組（守谷市）

茨城県 再生可能エネルギーの推進

■下水道処理施設でガス発電
 守谷市は、市の下水道処理施設「守谷市浄水センター」で、処理する際に発生する消化ガスに含まれるメタンガスを活用し、民間事業者と連携した発電事業を平成27年10月から開始する予定。
 同センターで発生した消化ガスを民間事業者へ売却。民間事業者は同センター内に発電施設を建設し、消化ガスによる発電を行い、発電した電力の建設と運営を事業者が行う（民設民営方式）（BOO方式）。

- ・事業開始予定期間 平成27年10月1日～平成47年9月30日（20年間）
- ・着収入見込み（20年間） 約8,000万円（消化ガス売却料、土地賃付料等）
- ・年間発電量見込み 142万kWh

【守谷市浄水センター（浄化槽）】

【守谷市浄水センター（浄化槽）】

19

県内市町村等の主な取組（茨城未来エネルギーの市民風車 神栖町）

茨城県 再生可能エネルギーの推進

地球の資源である風エネルギーを市民自らが主力発電事業として有効活用することにより、その利益を自然エネルギーの普及啓発や環境保全、地域経済や活性化事業として地域に還元していく事を目的に実施。

- 運転開始時期 平成19年
- 名称 市民風車なみまる
- 定持出力 1,500kW
- タワー高 85m
- ローター径 70.5m
- 年間発電量予定 350万kWh/年（一般家庭約1,900世帯分の年間消費電力量相当）

茨城未来エネルギー事業スキーム図

20

次世代自動車と水素エネルギーの活用

一般財団法人日本自動車研究所 FC・EV 部次長 三石 洋之

要 旨

地球温暖化を抑制すべく低炭素社会実現に向けた取り組みが、電力、建築、輸送などの各分野で盛んに進められている。JARI でも 2000 年から水素・燃料電池自動車の普及に向けた取り組みを進めてきた。その活動をとおして、2003 年度に水素・燃料電池自動車の安全性を調べるための設備である Hy-SEF（ハイセフ）が竣工し、それまで国内では実施が困難であった高圧水素を搭載する車両の安全性が国内で試験できるようになった。また、2004 年度には 35MPa 自動車用圧縮水素容器および附属品の基準である JARI S001 および JARI S002 を策定し、FCV の普及に向けた法整備にも貢献してきた。

ここでは、水素・燃料電池自動車の普及に向けて JARI が取り組んできた活動ならびに水素の実態について紹介する。

講 演 録

日本自動車研究所の三石と申します。今日は時間が押していますので、簡単に題目から紹介させていただきます。題目は「次世代自動車と水素エネルギーの活用」です。弊所は一般的には JARI（ジャリ）と呼ばれています。JARI の中で、燃料電池自動車に関する基準、標準、安全、性能の面の研究活動をしています。その中で、私はどちらかというと安全というものに関してこれまでずっと取り組んできた関係もありまして、今日はその活動をご紹介します。

1. 燃料電池自動車

まずは燃料電池自動車です。この中で今日乗っていただいた方はどのくらいいらっしゃいますか。ありがとうございます。まだ乗っていただけていないかもしれません。日立市で前回やったときには割と大勢の方に乗っていただきました。ぜひ時間の許す範囲で乗っていただければと思います。

写真は 2008 年の洞爺湖サミットのときに北海道に持ち込まれた燃料電池自動車です。今日ここにはこの X-TRIL が来ています。このときはまだ MIRAI は産声を上げていないというタイミングです。燃料電池自動車というのはシリーズ型のハイブリッド車です。プリウスは一般的にはパラレル型のハイブリッドです。

昨今では、2000 年代に燃料電池自動車が一時非常に盛り上がりを見せまして、その後、2005 年ぐらいからは少ししぼんでおります。その後に電池自動車が出てきたのですが、FCV（燃料電池自動車）、EV（電気自動車）の二つは、簡単に言いますと、航続距離にそれぞれ得意・不得意があり、車両コストでも得意・不得意があります。電気自動車であればバッテリーを搭載してどんどん増やしていけば航続距離が伸びていきますが、その分、価格も高くなります。

燃料電池自動車の初期の投資額は結構高いです。走れる距離が短かろうが長かろうが、載せなければいけない機材は同じです。一方で、航続距離が伸びてくると結果的には安くなっていくということで、航続距離が短くても長くても載せるものは同じなので、当然、水素を搭載する量が増えれば長く走れ、長距離は FCV の方が有利なので、自動車業界は両方に取り組んでいます。燃料電池自動車というのは電気自動車で、非常に静かな車です。燃料電池の話は今日は割愛します。

なぜ水素なのかというのを簡単に考えてみます。産業革命が起きたのが 18 世紀後半ぐらいからで、その後、いろいろなものが作られるようになると同時に、移動もどんどん増えていきます。それに伴って化石燃料がつくられ、どんどん CO₂ が増えてきたというのが今の状態です。水素は、ちょうど昨年ぐらいからマスコミで非常に取り上げられていますが、急に出てきた話ではなく、1974 年にサンシャイン計画というのが国で始まっています。始まったときはオイルショックのころで、目的は石油代替工



エネルギーです。水素はこのころから始まっているわけですが、途中から温暖化という問題に対してCO₂の排出低減に非常に効果があるということで、水素、電気自動車という形がどんどん取り沙汰されてきました。

ちょうど1回目の盛り上がるのころ、小泉首相が乗ったのが2002年ぐらいです。この後、全部走れるように規制を見直しましょうという活動が起こり、2005年に燃料電池自動車の規制が出来上がっています。その後、紆余曲折があって、ようやく昨年12月5日に今日来ているMIRAIが発売になりました。

そもそも水素というのは二次エネルギーですが、水素は一次エネルギーを使って作られます。それから、ステーションで水素を作るといって、オンサイト型の水素ステーションやオフサイト型の水素ステーションと言われていますが、オンサイト型というのは、水素ステーションで水素を作るタイプで、オフサイト型というのは、どこかで作って持ってくるというものです。実際にはいろいろなところで既に工業製品の副生成物として出てきています。製鉄所、石油精製プラント、苛性ソーダを作るようなところからも水素が出てきています。水素というのは、意外と通常は出ています。その水素をどうやって使うかということ、あまり積極的な消費地がなく、これは副生成物で、輸送してどこかで使うのは大変だったので、大体工場の中で発電用に使われているというのが今までの複製水素の使われ方です。また新たに作っていくことも、いろいろなものからできますし、こういったものを回すことで十分水素は出回ります。

燃料電池自動車です。水素は、非常に高い品質が求められています。その国際標準もJARIの方で扱っております。

2. 燃料電池自動車の普及のシナリオ

燃料電池自動車の普及のシナリオということで、

最近目にされた方がいらっしゃるかもしれませんが、燃料電池自動車をどのように増やしていくかのイメージです。ちょうど今、2015年です。2015年に100基の水素ステーションを造りましょうと言っています。まずは水素ステーションを造って、それからだんだんFCVを増やしていくという中で、2025年ぐらいにはある程度の調和が取れた形になるでしょう。どういう数字になるかはまだ見えないのですが、以上のような形で増やしていこうと言っています。

日本で登録されている車の台数は数千台あります。2025年にFCVを200万台程度に増やすのは、頑張っていって、この段階でも、燃料電池自動車に全部切り替えるだけのパワーがあるわけではありません。いろいろなものを使ってCO₂排出低減に取り組んでいく中で、水素というのも非常に重要な燃料になります。

先ほど来て説明のありました水素ステーションの設置ですが、2015年までに100カ所の水素ステーションを整備する先が、関東、愛知、大阪、福岡で、トータルで100カ所程度を造ろうと言っています。整備場所は大体決まっているのですが、茨城県はありません。今まで、つくば地区の研究機関のFCV普及に向けた活動という非常に重要なことに取り組んできているにもかかわらず、水素ステーションの設置がないということで、これからいろいろな形で水素の拠点をつくる活動をしていくことが大事だと思います。

3. 水素について

今日のパンフレットの裏面にはもっと素晴らしい筑波大の絵が出ています。燃料電池自動車と水素ステーションは今一番脚光を浴びているように思われがちですが、水素を使っていくまちの中にあります。水素が水素ステーションに取り込まれて圧縮され、FCVに供給される。これが今日見ていただいている車の状態です。



そもそも水素とは何かというと、本来、家庭でも使えるようなエネルギー源です。電気をためると言くと、一般的には蓄電池にためたり、ダムで揚水発電でくみ上げて電気を蓄えます。燃料電池が使えるようになってくると、水素は非常に高効率で発電もできるので、水素を送るということは電気を送ると全く同じこととなります。ですから、水素が送られて家庭で使えと、家庭の中は電気で回ればいいので、電気か水素のどちらかが遮断されても、どちらかが来ていれば家庭では電気が使えます。ですから、震災のときに私の家がそうだったのですが、天然ガスは来ていましたが、残念なことに電気は来ませんでした。電気が来なかったので、家庭の中でできたのはガスコンロに火をつけることぐらいでした。水素が来ていると、電気が駄目でも家庭で燃料電池があれば水素で発電できるようになります。エネルギーセキュリティが強くなります。本来は家庭などの生活できるところで使うのですが、災害拠点でも非常用に使うことができる。これが水素のあるべき姿であって、そこで水素を分けてもらって車を使っていくという状態が理想的です。

ちなみに、燃料電池自動車は、今日乗っていた方は、非常に加速が良くて驚かれたかもしれませんが、燃料電池という発電機は大体 100kW 程度のもを搭載しています。100kW といえますと、10 台ぐらい集まると、町ぐらいまでであれば電力供給ができるパワーを持っています。

ただ、街の中で使おうとすると、水素がどれだけ危ないのかがすぐ頭に浮かびます。私たちは燃料電池自動車を走らせるために基準をつくりましょうと。その中で、私も 2000 年ぐらいから水素に触ったのですが、こんな危ないものをこれに載せるのかというイメージを持っていました。ただ、水素をいろいろテストしてみると意外と普通に使えます。簡単に言いますと、天然ガスよりも割と扱いやすい部分もあります。注意しなければいけないところがありますが、非常に使いやすいところもありま

す。水素による事故では、最初に飛行船ヒンデンブルク号がイメージされると思います。あれが水素の事故だったかというのは、正式なコメントが出ております。

もう一つは、最近起きた福島第一です。水素がたまれば爆発するわけですが、放射性物質を遮断するための建物の中で水素がたまっていました。そういった問題がありますが、それ以外には水素の事故はあまり聞きません。事実はそういうことなのですが、われわれはそれをきちんと見える形にしていかなければいけないということで、これから少しずつ水素の話を出していきます。

4. JARI の取組

まず、JARI がこれまでどういう取組をしてきたかを簡単にご紹介します。私が水素に初めて触ったのは、2000 年と申しましたが、実はその 1 年前、1999 年に初めて水素に触りました。それからずっと水素に触っています。燃料電池自動車は、2005 年に一度国内規制ができています。それから、車に対していろいろな規制をつくっていくわけですが、国際商品なので国連を使って基準をつくるということも行っており、ちょうど昨年、国際ルールも出来上がりました。JARI はずっと水素の取組をしてきました。2005 年ぐらいから少し雲行きがあやしくなり、蓄電池の方も少し進めてきました。蓄電池も、燃料電池自動車には二次電池として非常に重要なものなので、この二つを両方やってきました。

その中で、自動車研究所は城里町の中に新しいテストコースができていて、その中に水素の安全性を見るための大型の試験装置を 2003 年に着工して 2 年間で造り、ずっと稼働させてきて、JARI の設備として運用し、ちょうど今来ている車のような技術開発の試験もしており、いろいろな水素の取組をしてきました。

車の規制の話です。燃料電池自動車は、普通の車



と少し違う基準のつくり込みになっています。普通、車の場合は国土交通省の道路運送車両法の保安基準で規制が入りますが、水素ガスを燃料として使うので、高圧ガス保安法が適用されます。ですから、燃料電池自動車というのは、国土交通省と経済産業省の二つの決まりで造られています。国連の中ではそれが一本化され、2013年6月に国際ルールができています。これから燃料電池をもっと安くしていかなければいけないので、値段を下げるために、さらにこれに見直しをかけます。その見直しで、特に高圧水素のタンクの部分は JARI の方で対応するというので今進めています。ですから、JARI もルールづくりの中では貢献している方だと思っています。JARI はつくば市にありますので、ここも水素を使っていく拠点になればと考え、一緒に活動させていただいています。

5. 城里テストセンター

城里町にある新しいテストコース、城里テストセンターです。まさにつくばのここにあったものと同じで、1周5.5km、設計速度190kmのテストコースが城里の町の中にあります。私がいる水素の安全性を見るための試験設備 Hy-SEF はここにあります。

その中にはいろいろなものがあります。耐爆型の火災試験設備、高圧水素の試験設備、水素タンクの試験設備があります。耐爆型の試験設備は非常にユニークな装置で、直径が18m、高さ16mほどある円筒形の耐爆構造の中で火災試験ができます。この中で、例えば水素容器が破裂しても、この中に全部封じ込める耐爆性の設備で、非常に珍しい装置です。

安全については、主に四つの項目を行っています。まず水素がどういうものかを見ること。車ですから、衝突事故、火災事故がありますが、そういうときの安全性をどうするかの確認、電池の問題なども扱っています。

耐爆型の設備はこのような形になっています。

TMT 火薬、ダイナマイトに換算すると50kgほどの耐爆性になっており、岩盤を割ったりするときに発破作業で使うダイナマイト1本100gぐらいだったと思いますので、結構な数が爆発しても耐えられ、安全に試験ができるようになっています。

その設備の中では、車の火災のときの安全性を見たりします。新しい車なので、消防隊がどうやって活動したらいいのかということもつくっていく必要があります。それに必要なデータを取っています。それから、水素が漏れたらどのようになるかを見たりします。それから、水素容器や電池を安全に試験ができるようにというのに使っています。

次が高圧水素容器の試験装置の一つです。水圧を使って容器を破裂させて強度がどのくらいあるかを調べています。今の容器は15年間使えるようになっていますが、15年間ちゃんと持つかどうかを見る耐久性の試験をしています。

破裂試験をどのように行っているかというと、例えば、単に容器を水圧でどんどん加圧して行って破裂させる試験があります。せっかくなので一つだけ見ていただこうと思います。車用の容器で、隣の部屋に展示してある容器をサンプルにご紹介します。

*****ビデオ上映*****

これは水圧で破裂させるための試験で、車が走ったときにはこんなことは絶対に起こりません。あくまで強度を、どのくらい持つかを調べている試験です。こういうのは高圧容器の場合には必ず行う試験です。

それから、今、燃料電池自動車は水素ステーションで3分間で充填することができます。そのためにどうやって3分間で詰めたらいいのかを実際にテストをして調べています。これが城里テストセンターの中にある水素設備 (Hy-SEF) です。圧縮機、蓄ガス設備という圧縮した水素をためこむタンクがあります。それから、水素を3分で充填するので、タンクの中の温度は結構上がります。そのために、最



初から水素を冷やしておくような装置もあります。水素ステーションにはこの機能は全てあるのですが、それを最初に設置したのが Hy-SEF です。

水素を短時間で充填するとどのくらい温度が上がるかを、実際にタンクの中に熱電センサーを入れて温度を測っています。それによって水素ステーションで短時間で安全に詰めることができるようになってきました。ちゃんとしたデータを取っているのはここだけです。いろいろなことが分かってきて、条件が変わってくると、またちょっと変わるのですが、ちゃんとした状態では3分で詰められるようになっていきます。

6. 水素の性質

水素の性質としては、やはり危ないという印象しか持たれないようです。まず可燃範囲が、空気中の濃度で見ると4～75%。これは正しい数字です。ガソリンや天然ガスであれば、ずっと小さい範囲でしか燃えません。空気との混ざりが薄くても濃くても燃えます。

着火エネルギーは、天然ガスに比べると1桁ぐらい小さく、静電気でも火がついてしまうと言われています。それから燃焼温度が高かったり、炎が無色で見えにくいとか、いろいろなことが言われます。

一方で、意外と忘れられているのが比重です。非常に軽いのです。空気の15分の1ぐらいの重さしかありません。こういう空間で水素が漏れると、単純に上に上がって行って消えてしまいます。ですから、通常、空気の成分を調べてみると、水素の濃度というのはあまり見ないのですが、ないのです。ですから、漏れたとしてもどんどん拡散して消えていきます。そういうことがあって、きちんと水素の性質を理解すれば、どういうことに注意すればいいかが分かってきます。性質を理解して使用すれば十分使えるというのが結論なのですが、その根拠になっているものを少しだけご紹介します。

まず水素の拡散性です。これはシミュレーション

ですが、水素を1 m 四方の箱の中に入れていきます。色が付いているところが水素があるところです。このシミュレーションをずっとやっていると、平均濃度になると4%になるはずという水素を入れます。実際に見ていただいたとおり、水素は軽いので、上に上がって天井で拡散して終わりです。これは非常に薄いところで、この中に濃いところがあるわけですが、火がつくと言われる4%はこちらです。火がつくところはここだけです。実際これで火をつける試験をやっています。そうすると、火がつくのですが、四角い箱を弱いビニール板で覆って試験をしてみても火がつくだけで、ビニール板が壊れることは一切ありません。もともと水素は発熱量も小さいので、薄い水素の場合は意外と何の危害も出ません。

これがトンネルなどで起こるとどうなるか。水素を積んだ車がトンネルの中でガス漏れを起こしたことをシミュレーションしてみます。

日本のトンネルの中では2 m の風が吹いています。その中で水素を漏らすと、1 台の車に搭載されている水素が1 分間で出るとどうなるかを示す映像です。

*****ビデオ上映*****

簡単に言いますと、水素は軽いので風に飛ばされて消えていくということです。これがもう少し重いガスであれば違う拡散形態を取りますが、非常に軽いので消えてなくなっていきます。

あとは、タンクの安全弁からガス放出が起こるのですが、その炎が見えないとレスキュー活動が非常にしにくいのですが、やってみると意外と炎が見えます。これも水素の炎が見えているわけではありません。空気中にはいろいろな不純物が少しだけ入っています。高速で放出される水素がそういったものを一緒に巻き込んで燃えるので、そういったものによって見えてきます。

一つだけ見ていただこうと思います。車室内に水



素を漏らして火をつけるという試験です。車のフロアの下から水素を客室内に強制的に入れます。シミュレーションのときには、ここから入れると、ずっと上に上がって拡散しますと言いました。真上に水素の濃度を測るセンサーと点火装置を付けています。ここが12%ぐらいになったときに火をつけるというテストです。先ほどのシミュレーションを思い出していただきたいのですが、ずっと入れて拡散するだけで意外と他のところには水素がないというのが水素の漏れ方の特徴です。

それから申し遅れましたが、車の水素のシステムは車室外に付いています。車室外で漏えいを検知したら、そもそも全てのシステムが止まるので、車室内に入ってくることはないのです。ただ、それをあえて行ったのがこの試験です。

こちらの絵から見ていただきます。何も見えない可能性があるのです、よく見てください。

*****ビデオ上映*****

今、水素を流しはじめたところですよ。もう少ししたら火をつけます。今、火をつけました。多分、目の良い方は何名か見えたかもしれませんが、もしかしたら後でもう一回見ていただきます。こちらの絵は、天井部分を車室内で撮ったもので、内張を剥いていまして、少し接着剤が残ったものがあります。それから、火がついたときに分かりやすいようにティッシュペーパーを垂らしています。今、火をつけました。12%の水素濃度、あくまでも水素があったのはここだけです。ここが12%になったところで、何も見えない方がほとんどでした。ティッシュペーパー自体も発火する温度まで上がっていないという状況です。

もう一回こちらを見てください。こちら辺を見てみてください。天井から接着剤の残渣物が少し落ちてきます。今、水素を流しはじめました。間もなく火をつけます。上からちらっと接着剤と一緒に燃えて落ちているのが見えた方がいらっしまったかと思

います。これは12%です。あくまでも水素というのは拡散性が良くて、濃度分布がつくということで、濃いところと薄いところがどうしても出てしまう。ここが12%といえども他のところはない。火をつけた後は見ていただいたとおりです。

これで終わりにしてしまうかという、これでは実は終わりにしてなくて、もっと濃い領域までやっています。ですから、これが20%なり、50%なりという情報を持っています。ただ、今日はこの絵だけにさせていただきます。非常に分かりやすいのがこれです。ですから、薄い水素はこのようになっていますが、そもそも水素は4%で火がつくガスですから、本来は1%で水素を止めます。車については4%でこの状態なので、4%で止めます。ですから、こういう濃度になることもありません。

7. まとめ

まとめますと、水素というのは拡散性が非常に良く、すぐに薄くなります。水素はあくまで軽いので濃度分布がつくことが一番大きいのもかもしれませんが、10%以下であれば、先ほど見ていただいたとおりです。水素というのは、やはり注意しなければいけないところはあります。ガソリンや天然ガスと同じように可燃性ガス、可燃物ですから、安全ではありません。ただし、きちんと注意事項を守って使えば十分使える燃料であることが分かってきています。

最後になりますが、これからやっていかなければいけないこともあります。燃料電池自動車、水素ステーションの技術開発、コストを下げること、普及させていくことは当然大事です。一方で、水素とはそもそもどういうものかちゃんと伝わっていないところがあるので、そういった情報発信をすること。それから、水素固有の技術者があまり育っていないので、レスキュー隊も含めた人材育成。それから、いきなり大きな設備を本格的に稼働させるのではなく、専用設備で確認してから入れていくことが必要になってきます。



従って、人材育成や実証するための拠点が必要になってきて、これから国外でどこが誘致するかということになります。こういったものも、今回の活動を通して、ぜひこのあたりに持っていきたいという

のが私の希望ですので、また引き続き今後ともよろしくお願いたします。ご清聴どうもありがとうございました。

質疑応答

(Q 1) ご講演どうもありがとうございました。原子力機構の岡島と申します。技術的な点で若干お伺いしたいことがあります。一つ教えていただきたいのは、今回、水素自動車、水素自身は内燃機関としてではなく、いったん電気に換えてというお話だったと思います。そうすると、今日のお話ではリチウムを使うというお話だったと思うのですが、そういう他の資源がどれぐらい利用できるのかということご検討はいかがなのでしょう。先ほどの最後のところでも量産というお話がありました。その資源がどのぐらいあるかというのが、今後普及させるための大きなポイントになると思います。水素ばかりが注目されていますが、全体の資源として、その辺はどういう観点でご検討されているのか、もしあれば教えていただきたいと思います。

(三石) ありがとうございます。正確な数字をお示しできる状態にはないのですが、燃料電池自動車でも核になるのは燃料電池本体です。ここは今はまだ貴金属を使っていてコスト自体が高いのです。使用量を減らすという研究・開発活動をどんどんやっていますので、そういった点で言うと、非常に特殊なものでない限りは資源の問題は大丈夫だと思います。あるいは駆動系の方、モーターでは確かに希少金属を使っています。そういったものについては別途対応が必要だと思います。それからリチウムイオン電池を搭載しています。これは普通のフルの電気自動車と違ってハイブリッドのバッテリーで済みますので、量的にはそんなに使わなくて済みます。リチウムに関しては、今のハイブリッド車と同じような状態になるという程度かだと思います。いずれにし

ても、今はコストが非常に高いので、貴金属の使用量を減らしていくというところごみそで、資源よりも使用量を減らせるかどうかというところの開発が大切なのではないかと思います。正確なことを申し上げられず申し訳ありませんが、以上です。

(Q 1) リチウムというのは、全体として意外と資源が少ないと思っているのです。自動車でも、わずかながらでもかなり普及すると、その量はばかにならない。そういう点で、おのずと何らかの形の対応が迫られるのではないかという感じがします。

(三石) ありがとうございます。

(Q 2) 藤田と申します。水素の安全性、お話を聞いていろいろ分かったのですが、状況として、水素自動車が普及しはじめるころは、まだガソリン車がたくさんある中に水素自動車が入ってくることになると思うのですが、そういう場合に、他で火が発生して、例えば道路以外でも、家の近くにあった場合に、その火で周りが過熱されたことでタンクが危険にさらされるということは、どうなのですか。爆発などは、持つ状況にされていると思っていいのでしょうか。

(三石) 軽い燃料タンクにするように、カーボンファイバーを使っています。CFRPという複合材料を使っています。それが高温にさらされ続けると、強度が下がって、どうしても材質上の特性が出てきます。ですから、車に搭載されているシステムは、高温に長時間さらされると、安全弁からガスを放出するようになっています。ですから、基本的には破裂を起こさずにガスを放出することになります。JARIの方では、そういったことも当然考えな

ければいけないので、ガソリン車と燃料電池自動車の合わせた状態の火災の状況まで調べております。そういった中では、水素の問題というのは、ガスが放出されて炎が上がっているとき、そこは大きな炎が出るとびっくりされるかもしれませんが、そ

この技術自体は天然ガス自動車と同じです。システムとしては天然ガス自動車と同じものを使っていますので、その状態でちゃんと使えるとご理解いただければと思います。

○講演者プロフィール



三石 洋之 (みついし ひろゆき)
(一財)日本自動車研究所 FC・EV部
次長
つくば3Eフォーラム 次世代エネルギーシステムタスクフォース委員

○略歴

1964 年生まれ、長野県出身
1991 年 3 月 日本大学大学院理工学研究科機械工学専攻
博士前期課程修了
1991 年 4 月～ 現職

○研究経歴

- ・自動車の衝突安全
- ・構造部材の高速変形
- ・ヘルメットなど保護具の安全性
- ・バスの安全性、ノンステップバスの標準仕様
- ・水素・燃料電池自動車（車、水素容器、水素リチウムイオン電池）の安全性
など

第8回つくばエフォーラム会議 「水素社会の実現に向けて」

次世代自動車と水素エネルギーの活用

水素・燃料電池自動車の安全性に関する
JARIの取組紹介

2015年1月25日(日)

一般財団法人日本自動車研究所
FC-EV研究部 三石 洋之



水素・燃料電池自動車

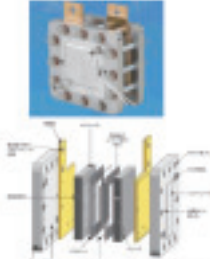
洞爺湖サミットに集結した燃料電池自動車(2008年、水素内閣府環境省主催)



2

燃料電池とは？

JARI標準セル



燃料電池の種類

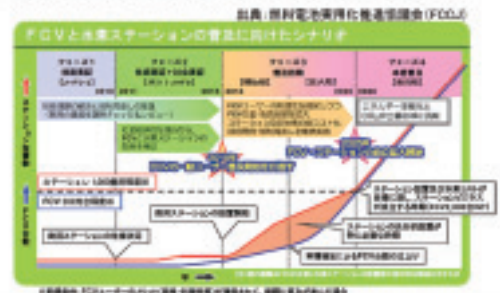
種類	電圧	電流密度	動作温度	燃料	空気	電解質	電極
固体高分子形	0.6V	0.4A/cm ²	80℃	H ₂	O ₂	PEM	Pt
リン酸塩形	0.7V	0.4A/cm ²	200℃	H ₂	O ₂	PAAC	Pt
窒化珪素形	0.8V	0.4A/cm ²	800℃	H ₂	O ₂	YSZ	Pt
窒化珪素形	0.8V	0.4A/cm ²	800℃	H ₂	O ₂	YSZ	Pt

- 燃料電池は、水素と酸素を使用して発電する発電機
- 燃料電池自動車には固体高分子形燃料電池を使用

3

水素・燃料電池自動車の普及シナリオ

平成25年6月14日閣議決定「規制改革実施計画
「次世代自動車(燃料電池自動車など)の世界最速普及」



4

水素供給インフラの先行整備



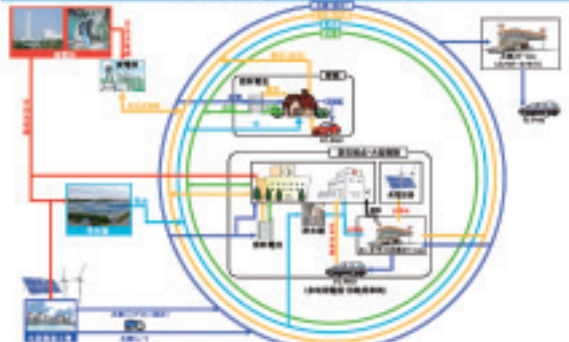
HyGUT(水素供給・利用技術研究会)
水素ステーション設置数: 12ステーション

※ 個人は無し、民間は57件(個人はなし)と事業者向けインフラの整備に重点
2015年度までに100箇所の水素ステーションの先行整備
(京畿圏: 40箇所、中部圏: 20箇所、関西圏: 20箇所、九州圏: 10箇所、その他: 10箇所程度)

(一社)次世代自動車整備センター補助金交付決定状況
平成25年度: 18ステーション
平成26年度: 24ステーション(9/28.6.30 3次公募) 計42ステーション

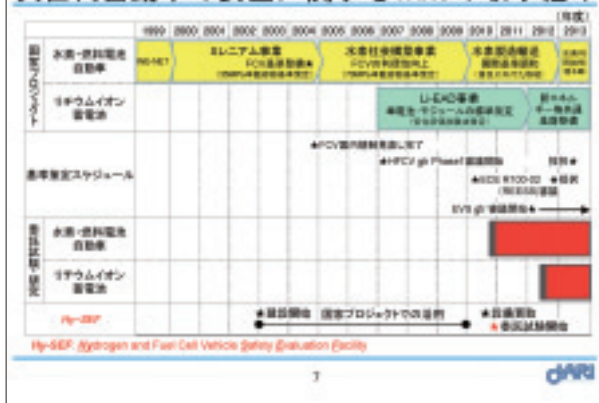
5

水素を使用する低炭素・循環型社会 ～災害にも強いまちづくり～

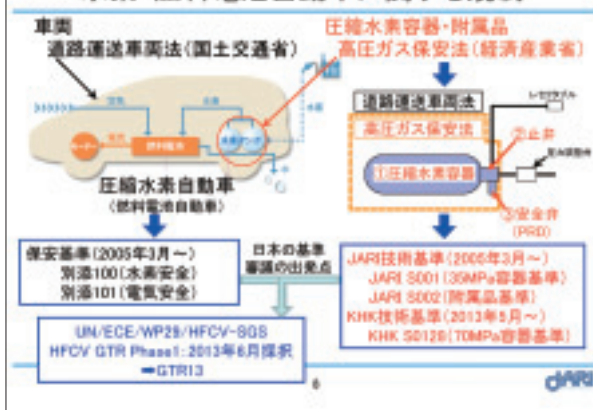


6

次世代自動車の安全に関するJARIの取り組み



水素・燃料電池自動車に関する規制

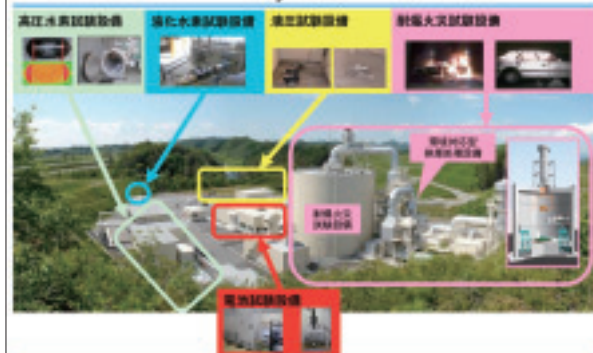


STCおよびHy-SEF

(Hy-SEF: Hydrogen and Fuel Cell Vehicle Safety Evaluation Facility)



Hy-SEF



～次世代自動車の安全に関する活動～

- 【水素安全】**
 - 自動車用水素容器の安全基準の確立
 - 漏洩水素の拡散挙動の把握
 - 水素の着火、燃焼特性の把握
- 【火災安全】**
 - 水素容器・車両の火災時の安全性確保
 - 火災事故時の対応(消火、救援、避難・・・)
- 【衝突安全】**
 - 水素漏れ許容量の基準
 - 容器・部品の耐衝撃性の確保
- 【電気安全】**
 - リチウムイオン電池、感電保護、絶縁、冷却水の絶縁

耐爆火災試験設備





耐爆火災試験設備の活用

1. 車両火災時の安全性評価
放出水素火災特性、安全な放出方法
2. 車両火災事故時の対応マニュアル
消火・救助・避難の方法
3. 漏洩水素の挙動解析
拡散、着火、燃焼特性の把握
事故防止の有効対策検討
4. 水素容器、Li-ion電池の安全性評価
エネルギー貯蔵システムの火災安全性評価

10

水圧試験設備（破裂試験、耐久試験）

14

高圧容器の破裂試験（水圧試験装置）

15

圧縮水素試験設備

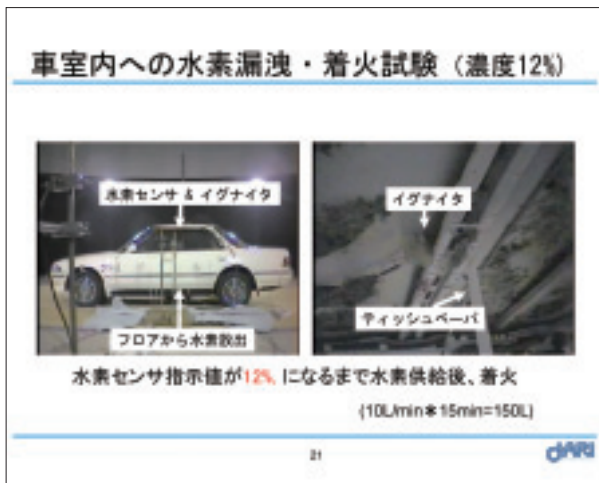
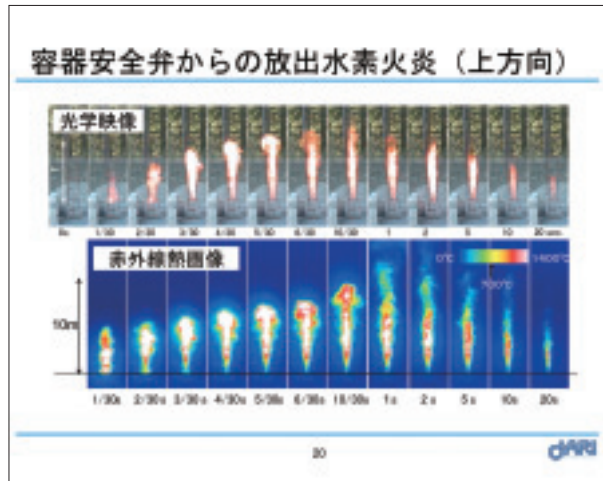
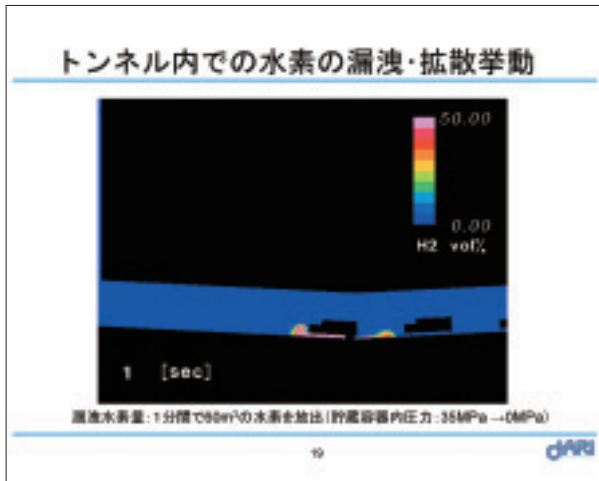
16

水素ガス急速充填

17

水素の実態 ～水素の拡散挙動～

18



- ### 水素の実態 まとめ
- 水素は空気中で速やかに拡散し燃焼限界以下に希釈される
 - 希薄な水素(<10%)はこれまで言われてきたほど危険ではない
 - 水素はガソリン・天然ガスと比べ、危険な燃料ではない
- 22



エネルギー資源の持続的有効利用に向けて

独立行政法人産業技術総合研究所 つくばセンター 次長 角口 勝彦

要 旨

2011年に発生した震災に端を発する全国的な原発停止と、これを代替する火力発電の増強に伴うエネルギー資源の輸入額増加は、日本を貿易赤字国へと変化させるのみならず、今後のエネルギーセキュリティ確保に向けたエネルギー・ミックス最適化の問題等、様々な議論を喚起した。この流れの中で、電力、エネルギー資源の需要の低減が求められると共に、従来利用率が低かったエネルギー資源の新規開拓、国産エネルギーの開発とその導入普及がクローズアップされている。前者については省エネルギー、特に排熱の更なる有効利用が指摘され、後者については安価な低品位炭、重質油等の利用による既存エネルギー資源の代替、再生可能エネルギー導入、メタンハイドレート開発等が注目されている。これらに関連した産業技術総合研究所におけるエネルギー研究について概説する。更に、それらの研究開発により利用可能となる多様なエネルギー資源から製造可能という点で、エネルギーセキュリティ上重要な位置を占める水素に関する研究についても、産総研その他で行われている研究事例を紹介し、来る水素社会の構築に向けた期待と課題について整理する。

講 演 録

このようなタイトルで発表の機会を頂きました、産総研の角口と申します。

簡単に、エネルギー事情の私の認識から。皆さん、同じような認識だと思いますが、まず震災の後、原発が止まって、現在、火力発電でこれをカバーしています。火力発電の電力比は、震災前は60%だったのですが、今は全体の94%までいっているという状況です。その中で、LNGの火力は49%で、燃料を非常にたくさん輸入してこなければいけなくなっており、貿易赤字化が非常に重要な課題に

なっています。3Eの中で、経済のところが非常に問題にさらされているわけです。

電力とエネルギー資源をできるだけ節約していくことが非常に重要な課題です。そのために省エネをどんどん進めていくということがありますが、省エネは、最近は総量だけでなくピーク値の対策、昼間のたくさん使うときに下げるのが大事だと言われています。

それからもう一つは、私も熱利用の研究をやってきた人間なので、廃熱の有効利用があります。エネルギーの大半のものは熱として捨てられていますが、それを取り返しながら有効に活用していく技術開発を、企業ですとやってきました。石油が安いとき、あるいは原発がどんどん動いているときは、これぐらいでいいだろうというところで終わっていましたが、今はこんな状況なのでそうはいきませんが、今までなら、質の悪い熱をこれ以上使っていても駄目だと言っていたのが、お金を掛けてでもいいから開発して使えるようにするという技術開発が非常に重要になってきています。

一方で、今まであまり使っていなかった天然資源を使えるようにするということもあります。もう一つは国産エネルギーの導入普及で、再生可能エネルギーをどんどん入れていくということです。また、メタンハイドレートというエネルギーもあり、こういうものの開発が重要です。

整理すると、今の状況が少しずつ解決できるのではないかということです。本日の発表では、産総研のこれらのものに関連したエネルギーの研究を、化石エネルギー資源からのクリーン省エネルギー・チェーン、メタンハイドレート開発、再生可能エネルギーから水素へという三つの切り口で紹介していきたいと思います。

1. 化石資源からのクリーン省エネルギー・チェーン

まずエネルギーの安定供給の確保です。一つは、未利用のエネルギーの資源として褐炭があります。



これはオーストラリアにたくさんあります。後で少し説明しますが、これは使いにくい石炭で、あまり使われていないものです。これを産炭地でうまく、きれいな合成ガスのようなエネルギーに変えて、きれいになったものを高密度にして、日本に持ってきて使うというストーリーで、合成ガスを作る技術開発を進めています。

それから、これも石炭を使います。循環流動層という昔からある技術です。循環流動層で石炭から水素などのきれいなガスを取り出して使い、余分なものは燃焼の方で使う技術開発です。これはシステムの改良というところでやってきている技術です。

それから重質油や超重質油です。あまり聞き慣れない言葉かもしれませんが、どろどろ、ねとねとした油があります。中東などで取り出せない、地中にたまってしまっている石油です。これもうまく使える方法がないかを考えています。

このような今使っていない資源をきれいにして燃料に使って、例えば次世代型の高効率のエンジンに入れて車を運転する、あるいは燃料電池をもっと大規模に入れて、大きな発電所で水素を使って高効率な発電をする技術に適用していきます。

さらに、こういうところで使っていると、どうしても熱が余ってしまいます。この余った熱を使う、熱の有効利用の技術として、例えば熱電発電の技術を開発したりしています。

このように、産総研では上流から下流まで、全体にわたっていろいろな技術開発をしています。

未利用の資源で、今、褐炭が出ましたが、2013年段階の世界の石炭の可採埋蔵量は8915億tで、瀝青炭無煙炭はどんどん使っています。その中で、褐炭はほとんど残っていて、あまり使われていません。石炭資源の中でも褐炭は水分をたくさん含んでいるので、どうしても使いにくいのです。それから、これは放っておくと途端に自然発火して、自然に燃えてしまうという現象が起こります。褐炭を大きなタンカーに積んで日本に持っていき途中で燃え

てしまいかねないので、輸送が非常に難しく、使いにくい石炭ということです。

それから、重質油と超重質油は、JOGMECさんが計算したところ、可採量が結構多いということです。

特に重質油については、中東にまだたっぷり残っています。それからカナダやベネズエラなど、中東でもアメリカでもないところに超重質油、オイルサンドビチューメンというものが眠っており、これがかなり膨大な資源量としてあります。こういうものをどんどん使っていく方法がないかということです。

これは普通のオイルと違って油田の底にたまっているもので、これをどうやって地上に引っ張り出すがまず問題です。その回収法にはSAGD法というものがあります。水蒸気を吹き込むと、どろどろ、ねとねとが少しさらさら系になります。水蒸気は逆に凝縮して水になるので、水とさらさらになった油を一緒に引っ張り上げるというやり方です。回収率は7割ぐらいだそうです。このやり方で、回収はできるようになってきています。あとはこれをどうやって使うかです。

その使い方について、産総研でやっている研究があります。まず褐炭です。褐炭を、最終的にはきれいな水素などのガスにしたいのですが、ガスにするときにガス化というプロセスがあるのです。通常は1200℃という非常に高い温度でやるのですが、これを700℃ぐらいの低い温度でやることによって、省エネを図るという技術があります。ところが、低い温度でガス化の手続きをしようすると、褐炭から灰がどんどん出てくるのです。このときに触媒を使うのですが、この灰が表面にくっついて触媒が働かなくなってしまうという問題があります。

そこで産総研では、褐炭以外にも、どんな石炭にも使えると思いますが、あらかじめハイパーコールという技術で灰を取り除いた後の褐炭を使ってこのプロセスをすると、きれいなガスが触媒の活性を失わせないような形で得られます。ラボスケールでは結構良い線を書いていて、これから実用化というこ



とで、いろいろなところと話をさせていただいています。

それから、重質油と超重質油です。重質油や超重質油がどれくらいのどろどろ加減かという、重質油はケチャップぐらいの感じで、超重質油がピーナツバターぐらいのねとねと感です。これをさらさらで透明感のある軽い油にすると非常に使いやすくなります。これだと、今までいろいろなところで使っているものに使いそうです。重質油を軽質化するのですが、産総研の中には分子構造を調べる技術を持った人がいます。調べてみると、アスファルテンという重質油の連鎖の成分が固まって存在しているのです。通常、軽質化をするときによく使う手で、これを熱分解すると、つながったまま固まってしまう、コークという邪魔者がどんどん出てきます。コークは回収して処理するだけで大変なコストが掛かります。そんなものが出てくると非常に非効率なので、やっていられません。

そこで、構造解析の技術で、その過程である反応をさせれば、凝集したアスファルテンがぶつぶつに切れてうまくいくのではないかと考えることができます。具体的には水素の添加などをやりながら凝集を緩和することで、非常に効果が高く軽質油が得られるプロセスに持っていくことができます。この辺の技術開発も、現在進められているところです。

それから、先ほどの流動層です。これは昔からある技術です。ポイントは、石炭と触媒微粒子という触媒を表面に担持した小さな微粒子を一緒に混ぜて入れることです。通常、流動層に入れると、最初に熱分解が起こります。熱分解が起こった後の石炭に水蒸気を入れてガス化させると、水素やCOのきれいなものが出てきます。水素とCOの混合物であれば、水素だけを取り出してきれいに使うことが割とやりやすいのです。

通常はこういうことをやる時に、一緒に石炭の一部が燃え出すことがあったのですが、これを燃えないように、燃焼炉をうまく分けられるような仕組

みに変えています。そうするとチャーが出てきます。これは、炭素など、石炭からガス化したガスを除いたガス化残りの成分です。燃焼炉に空気を入れてあげると、燃焼炉を上昇しながらチャーが燃えていきます。燃えたときに出る熱は、触粒子が受け取り、温度の高い触粒子になって熱分解炉に入ります。入ってきた触粒子が、熱分解やガス化の熱源になります。それがぐるぐる回っています。非常に効率良く、迅速に低温のガスが取り出せるのがこの技術の特長です。これは非常に実用的なもので、システムの改良でやっている技術です。

このようにして石炭をガス化したガスを、最終的には、燃料電池複合発電という発電効率が非常に高い、未来の発電形式として注目されているところに持っていきたいのです。石炭をガス化して、出てきた水素を使って燃料電池を動かして、その余り熱でまた発電するというシステムになります。

ところが、石炭から作ったガスを、燃料電池のように電極が非常に緻密な構造をしているものの中にいきなり入れてしまうと、どうなるかという心配があります。石炭の中には、シリコンやイオンなどの非常に微量の成分があります。こういった微量の成分を含んだガス化ガスを、精緻な燃料電池の電極のところに持って行って大丈夫なのかということがあります。アノードの表面にヒ素を混ぜたガスを適用してやると、このように大きな塊になって、劣化している部分が出てきます。こういう成分がどれくらい影響するのかを事前に調べておかなければいけないので、事前に微量の成分の影響を調べる研究もしています。

この燃料電池ですが、我々のところではSOFCを対象にしています。固体酸化物形燃料電池と呼ばれています。先ほどのご講演の燃料電池自動車に今使われているのは、PEFCという固体高分子形の燃料電池です。

SOFCは非常に高い温度で動作することもあって、発電効率が自動車に使われているものよりは高



いところまでいける可能性があります。容量も、かなり大きなところまでカバーできそうです。SOFCは非常に高い温度で動作するので、ここから出てくる廃熱も使えます。廃熱をさらに大規模なところに使い、ガスタービンを動かします。そうすると、SOFCとガスタービンのドッキングでもっと高い効率が得られるなど、将来有望な性能を持っています。通常的气体エンジンやガスタービンの発電効率は15～45%程度ですが、SOFCは45～55%程度と非常に将来有望です。

実際に市場では、エネファームという燃料電池と給湯器が付いたものが販売されています。SOFCのエネファームの発電効率は大体45%です。今は46%ぐらいになっていると思うのですが、お湯と発電で、総合効率が80%を超えているようなものが市場に投入されています。

SOFCについて、先ほど劣化の話がありましたが、ここでは先ほどと同じで、燃料の中に入っている不純物の影響を調べています。先ほどの例もありましたが、ここでは燃料電池を作っている幾つかのメーカーと産総研が個別に秘密保持契約を結んで、コンソーシアムをつくっています。各メーカーでロングラン運転した後に劣化した電極をゆずってもらい、産総研でそれをたたき壊して、中を微細に調べるといことをやり続けてきました。原因がここにあるから、この成分が悪いから、これをここに来ないようにするためにこんなことをやろうなど、電極にいろいろな細工をすることを企業と話し合いながらやってきています。

コンソーシアムですから何社かあるのですが、その中の1社がそこで産総研のアドバイスを受けながら、寿命の厳しい基準を突破して、製品化まで持っていたという実績があります。現在はもう少しハードルの高い寿命の基準突破に向かってやっているところですが、優れた分析技術を持った産総研の人たちがやっている仕事です。

その他には、高温で使うので、いろいろな燃料を

使えます。そういうものを使ったときに低コストにできるかどうかの検討も必要です。それから、SOFCの燃料電池は燃料を入れると全く使われないうでスルーパスして逃げていってしまうものが結構あるのです。燃料がうまく利用される割合を燃料利用率と呼んでいます。スルーパスしたものをもう一回戻して使うことでこの値を上げるなど、システムの開発も細かく検討しているところです。

それから、余った熱を使う熱電変換の技術です。原理としては、まずゼーベック効果を生じさせます。金属の表と裏の二つの面で、p型やn型がありますが、ここに温度差を付けてやると、電圧が発生して電気になります。片方を冷却して、片方を加熱して温度差を付けてやります。

市販のものは効率が非常に低いのですが、これがもっとも高くなると、いろいろなところで余っている熱をうまく電気に変えてやることができるようになります。産総研では、まず効率の高い素子を作る材料を開発します。現在、鉱物などの天然材料をそのまま使うことも含めて、いろいろな検討をしているところです。

それから、単純に素子だけを作るのは割と簡単かもしれないのですが、それをモジュールの形で直列にずっとつないで大きなものにして、ある程度まとまった電気が取れるように工夫するというモジュール化の技術があります。これは非常に難しく、この設計指針の開発などもしています。

そうやってモジュール化したものがちゃんとした性能を出しているかどうかを評価する技術もあります。こういうものは企業からサンプルを持ち込んで評価をしていくといったことで、最終的には標準化に持っていこうと頑張っているところです。以上が化石燃料から省エネルギーに至る技術開発です。

2. メタンハイドレート開発

次にメタンハイドレートです。メタンハイドレートは世界各地の大陸縁辺部の海域や凍土地帯にある



ことが確認されていて、推定してありそうなところが分かっています。日本でも賦存量の大きなところが分かっています。メタンハイドレートは、メタンがカゴのような構造の中に閉じ込められた形で収まっているものです。見かけ上は雪の塊のように見えますが、火をつけると燃えます。

メタンハイドレートは、海底の砂ががっちり固まったようなところに眠っています。天然ガスとは違い、井戸を掘って当たったら出てくるというのではなく、当たっても出てこないの、取り出さなければいけません。取り出す仕組みを考えて、産総研では減圧法というやり方を提案しています。砂の層の中に眠っているメタンハイドレートに二重円管の井戸を打ち込みます。外側の円管に穴が開いています。

これに水を満たし、ポンプで満たした水を吸い上げてやります。そうすると容器の中が減圧されます。圧力が低くなると、海底に打ち込んだ井戸に空けてある穴からメタンハイドレートが吸い寄せられます。吸い寄せられながら減圧していくと、メタンハイドレートが分解し、メタンガスと水に分かれます。その分かれたものが穴から入ってきて、水は真ん中の管を上がって行って、外側の管をガスが上がっていきます。このような方法で、メタンハイドレートをうまく取り出そうとしています。

このようなことをやっていくうちに砂の中の状態が変わってくるので、その辺のシミュレーションがすごく大事になってきます。

産総研では、モデルを立てて、シミュレータを開発して、濃度分布や応力分布をずっとシミュレーションで探索しています。皆さん見たことがあるかもしれませんが、平成25年に渥美半島から志摩半島の沖合で、JOGMECが中心になって、試しに掘って、めでたくメタンハイドレートが採れました。実績として、約6日間での累積生産量は約2万 m^3 になりました。ただ、まだ問題が出てきていて、今それに対して産総研でも実験などをして解明しよ

うと頑張っています。

3. 再生可能エネルギーから水素へ

次に「再生可能エネルギーから水素へ」ということで、幾つか課題を挙げて説明しようと思っています。福島再生可能エネルギー研究所の紹介もしようと思ったのですが、この後のパネルディスカッションでやるので話さないでくれと言われたので、それ以外にしておきます。

ここでちょっと一息です。この図は先進国と新興国(BRICs)における、1人当たりの年間の一次エネルギー消費量(原油換算トン)を横軸に、その内数である、1人当たりの電力消費量を縦軸に置いて描いたもので、面白いものでほぼ一直線上に各国が並びます。震災前(2010年)と震災後(2012年)を比べても、どちらも一直線に乗りますが、ヨーロッパやアメリカ、日本は、2010年から2012年にかけて需要が下がっています。一方、BRICs諸国は需要が伸びています。経済情勢など、いろいろな理由があると思うのですが、そのような状況です。

ただし、直線に乗らない国もあります。カナダとロシアと日本です。日本はわずかですが、乗りません。カナダは莫大な水力エネルギーを持っていて、人口もそれほど多くないので、1人当たりになると少し目立ってしまうようです。水力発電で結構電気をたくさん使っています。ロシアは寒いところでもあるし、エネルギー資源が非常に豊富なので、このような形になるということです。日本は少し電気を多めに使う国ということが分かります。フランスやドイツは多分夏の冷房需要があまりないという影響も出ているのかもしれませんが、いずれにしても、日本は電気を割とよく使う国であることが分かります。

では、日本でその電気をどのように使っているか。これは電力システムのマネジメントの話ですが、大きな発電所でつくった電力を、非常に高い電圧でどんどん送っていきます。その途中で大きな工場や鉄道に配ったりしながら、変電所を通してビルや住宅



に6.6kVや100Vという形で電気を配っています。この大きな系統でつながっている電力網の制御の仕方のひとつが、30分同時同量のルールに対応した周波数制御です。

電力は、需要と供給がそろってなければいけないという約束があります。ところが、需要側が時々刻々変化するので、それに合わせて送る側も変化しなければいけなくなり、周波数の変動を最小限にとどめて、基準周波数を維持しなければなりません。基準周波数は、東日本の大半は50Hzです。これを調整するのは大体は火力発電所ですが、需要が増えるのに応じて、発電機器にどんどん燃料を送らなければいけないのですが、通常は間に合いません。そこで、需要増に対応して、回転しているタービンのエネルギーが食われます。タービンの回転数が下がるので、発電機の電力の周波数も下がります。需要が減ると、その逆のことが起こってしまうということです。このようになったときに、余剰の火力発電の設備を予備力として常に持っておきながら、それを動かして、30分以内に問題ないように合わせるというのが周波数制御です。

もう一つ、電圧制御があります。系統の中の電圧も結構変動するので。電圧制御は、無効電力を送りながらやるという方法が通常あります。無効電力というのは、役に立たない電力というわけではありません。有効電力というのは確かに周波数制御の世界の話ですが、無効電力というのは、ちょうど潤滑剤のような役割を果たします。自分では表立って役に立っているところは見せないのですが、役に立つ電力がうまく回るように潤滑剤のような働きをして、電圧が狂ったらさっとならしてやるような働きをするものです。

最後に熱容量です。送電線や変圧器は熱容量を持っているので、この辺でもっと電気を使いたいから、大きな工場が建つときにむやみやたらとつながると、送電電力がそこまで送れません。許容電流があるので、熱容量のことをよく考えながら制御しなけ

ればいけません。このように非常に大きな約束を持ちながら、電力会社はよく見ながらこのような制御をしているわけです。

こういう状況で、これから再生可能エネルギーをたくさん入れていこうと言っているのです。再生可能エネルギーは曇ったり照ったりで発電量がふらつきます。風力も風任せです。そんなものをいきなりどんとつなぐと、需要の変動と同じような効果があるので、それに応じた調整をしなければいけません。調整するための予備力として、バックアップ電源がたくさん必要になってきます。バックアップの電源が増えると、電力会社は設備をたくさん入れなければいけません。しかし、その大半はろくに動いていません。利用率の非常に低い状態ができるので、これも非常に問題になります。

それから、直接つながずに蓄電池にためればいいのかという意見がありますが、蓄電池が常時動くために必要な運転条件があり、物によっては非常に高い温度で動作せざるを得ないものがあります。高くつくということです。それから、パワーコンディショナーといって、電気をきれいな波形にならしてつなぐものがありますが、パワエレ素子などを使っていて、これは過電流や過電圧に弱いので、系統の中でちょっとした電圧の変動が起こると、これを保護するためにパワーコンディショナーが止まってしまうなど、いろいろなことが起こります。

このように、いきなりつなぐことには結構大きな問題があるので、つながずにためます。しかも蓄電池ではなくて水素という形でためるのが、今のところ一番有力なオプションと考えられます。

水素は先ほどたくさん説明があったので省きますが、高密度にためて、使いやすい形で誘導させなければいけないので、別の水素が入っているような化学物質に変えてためて、実際に使うときに分解して水素で取り出したり、アンモニアであれば直接燃焼利用したりします。水素にバイオマスを加えてメタンにする装置を使うやり方もあります。このような



形で、再生可能エネルギーは、エネルギーキャリアという別の化学物質の形で使いこなすことができます。

エネルギーキャリアは、再生可能エネルギーだけでなく、化石燃料を使ったCO₂フリー水素というやり方もあります。オーストラリアの褐炭を川崎重工業が地元でガス化して、非常に低い温度にして液体水素にしてタンカーで運ぶという構想を持っています。

千代田化工建設は、メチルシクロヘキサンは有機ハイドライドの一種ですが、トルエンに水素をくっつけ、メチルシクロヘキサンという液体にしてタンカーで日本に運びます。日本では逆の反応を起こして、トルエンだけ取り出してまた戻すという形です。このプロセスでCO₂が発生しないのでCO₂フリーと言われていています。このように化石燃料をうまく使うことで、水素をエネルギーキャリアとしてうまく使うことに役立てることができる。

産総研では未来の技術として、人工光合成を使った研究もしています。光が当たることで半導体光電極で電気が起こり、少し補助電源が要るのですが、水を分解することができます。これを使うと、普通の太陽電池を使って酸素と水素を出して、水素を取り出すような分解の仕方と比べてずっと安くできます。資源制約が非常に少ないわけです。ただ、効率がまだ低いので、未来の技術として研究しているところです。

質疑応答

(Q 1) みずほ情報総研の山本と申します。ありがとうございました。水素の貯蔵と輸送に関して一つ質問させていただきます。MCH、または液水で運んでくるというお話だったのですが、確かにエネルギーの体積密度や重量密度を上げた方が輸送に強いというのはよく分かるのですが、MCHや液水は液体ですが、固体にしてさらにエネルギー密度を上げ

最後になります。先ほどの三石さんのご発表の中にあつた水素の貯蔵の話です。水素ステーションや高圧の水素タンクを造るときに、先ほどはカーボンファイバーを使っていると言いましたが、例えば鋼材を使おうとすると、今は限られた鋼材しかありません。鋼材は水素脆化という現象を起こします。これは、水素をためると鋼材がもろくなって壊れやすくなってしまふという現象です。産総研では、70MPa以上の高圧の水素をためた状態で、材料の強度試験ができる装置があります。これを使うことにより、材料の強度を正確に把握します。

それから、先ほど高圧ガスの話がありましたが、安全性は、今、ヨーロッパに比べると日本は過度にとは言えないのですが、非常に高いレベルの安全設計を求められているところがあります。水素供給プラグについても、ドイツ側は安全率3ぐらいでできているのだけれども日本は4にしなければいけないなど、設計上の高いハードルを設けています。こういうところで本当に4なのかということも含めて適正に材料の評価をする。そうすることで、今、水素スタンドを造るときのコストが欧州の3~4倍ぐらい掛かっているのを何とか欧州並みにできるようにと頑張っているところです。

長くなりましたが以上です。ご清聴ありがとうございました。

て運ぶという方法は検討されていないのでしょうか。

(角 口) 多分、私よりも詳しい人はたくさんいると思うのですが、私はそういう技術は知りません。液体水素にするだけでも非常にエネルギーを使います。固化するところまでいくのがどれぐらい現実的なものかは予想がつかないところです。

○講演者プロフィール



角口 勝彦 (かどぐち かつひこ)
 (独)産業技術総合研究所 つくばセンター次長
 つくば3Eフォーラム委員会 委員

○略歴

- 1959年生まれ、福岡県出身
- 1987年3月 九州大学大学院博士後期課程単位取得退学
- 1987年4月 九州大学工学部機械工学科助手
- 1990年1月 九州大学工学部機械エネルギー工学科助教授(工学博士)
- 1994年4月 通産省工業技術院資源環境技術総合研究所
熱エネルギー利用技術部熱利用研究室 主任研究官
- 2001年4月 (独)産業技術総合研究所エネルギー利用研究部門
熱回生利用研究グループ長
- 2004年7月 同・エネルギー技術研究部門 熱利用グループ長
- 2009年1月 同・エネルギー技術研究部門 主幹研究員
- 2010年10月 同・エネルギー技術研究部門 副研究部門長
- 2012年4月 同・エネルギー技術研究部門 研究部門長
- 2014年4月～ 現職

AST

エネルギー資源の
持続的有効利用に向けて

産総研総合研究所
つくばセンター 12号棟

角口 陽彦
h.kadoguchi@aist.go.jp

産総研 産学連携推進センター

AST 日本エネルギー事情 (震災後)

◆要点

- エネルギー資源輸入額が増加
 原状代替：火力発電比率は全体の94%(2014)←60%(2010)
 特にLNG火力が45% → 貿易赤字化
- 電力需要、エネルギー資源需要の低減が必要
 → 省エネルギー：消費総量だけでなくピーク値対策も
 → 高度な排熱有効利用技術開発：更に進める意義
- 利用中の低いエネルギー資源の拡張開拓
 → 安価な低品位炭や重質油等の利用：既存資源の代替
- 国産エネルギーの導入普及
 → 再生可能エネルギー導入、メタンハイドレート開発など

◆本日の発表：産総研のエネルギー研究を中心に

- 化石エネルギー資源からのクリーン省エネルギー・チェーン
- メタンハイドレート開発
- 再生可能エネルギーから水素へ

AST 化石資源からのクリーン省エネルギー・チェーン

◆エネルギー安定供給の確保：低利用率化石資源、廃棄物等の高効率・クリーン利用

産産地 → 日本へ

◆次世代エンジンシステム

◆IGFC、AHGCC等の高効率発電

◆各種排熱の有効利用

◆高効率な燃料電池

◆高効率な燃料電池

◆高効率な燃料電池

AST 未利用エネルギー資源について

石油資源の中で、褐炭は水分含有率が40~60%であることに加えて、自然発火性の問題から輸送が困難(非在来型資源)

中東に汲まれた原油
 ⇒ その多くが重質油
 ⇒ かつベネズエラ等の超重質油
 ⇒ 中東を上回る膨大な資源量
 ⇒ 回収：SAGD法(回収率約70%)
 (Steam-Assisted Gravity Drainage)

AST 非在来型資源の有効活用技術

褐炭 → 炭化 (ハイパーコール製造技術) → 低溫熱ガス化技術：1200℃ → 700℃ → 合成ガス (H₂, CO)

炭による地球の失活を抑制

重質油、超重質油 (原油ダンプ、シーブスター) → 凝集緩和による重質油の軽質化 → 軽質油

アスファルテン (重質成分) → 凝集緩和 → アスファルテン成分は凝集して存在

20~50℃の低温での軽質化
 30~50%の軽質化
 炭化、炭化コスト削減、炭化機工場の

AST 二塔式流動層ガス化技術

ガス化反応装置

特徴

- ガス化と燃焼を分離
- 熱を固体で伝達

長所

- 低炭素化→高効率化
- 合成ガスにH₂を含まない
- CO₂の分離容易

従来：1200℃以上の高温でガス化反応
 → 低温(<900℃)で迅速にガス化
 → ターゲット達成



石炭ガス化ガスの燃料電池への適用性

**微粉炭燃焼
流動層燃焼**

熱効率 35-42%

**ガス化複合発電 (IGCC)
ガス化燃料電池複合発電 (IGFC)**

熱効率 45-60%

石炭利用発電
技術の高度化

■ 石炭中の微量元素（硫黄、塩素、シリコン、ボロンなど）が燃料電池 (SOFC) に及ぼす影響が未解明

■ 硫酸等をドーブした積層ガスでの試験では、アノードの劣化が進行

重金属系(3ppmのAs)をドーブした積層石炭
ガス化ガスを用いた発電後のアノード表面

AST 産業技術総合研究所

固体酸化物形燃料電池 (SOFC)

SOFC

SOFC+HT

PEFC

Related power / kW

- > 700-900°Cで作動
- > O²⁻伝導性セラム電解質
- > 発電効率が最も高い (1-1000 kW)
- > 都市ガス、灯油などマルチフェューエルが利用可能

産業用燃料電池のステータス

- 燃料: 都市ガス、LPG、灯油
- 発電容量: 10kW
- 発電効率: 40-50%
- 燃料電池の種類別発電
- 燃料電池: SOFC

産総研における技術開発

- > ppmレベルの不純物による劣化現象及び機構の解明と対策技術の開発
- > 燃料多様化、高効率・低コスト化のための新規材料、評価技術の開発
- > 50%を超える発電効率を目指し、90%以上まで燃料利用率を向上させる技術、発電交換等による稼働有効利用率等の要素技術の開発

AST 産業技術総合研究所

熱電変換技術

材料利用工率(40%)向上

発電出力

冷却(熱回収)

環境負荷低減

経済性の向上

- 発電効率向上
- 燃料消費削減
- CO₂削減効果

社会受容性の向上

- LCA, EPC評価
- 運転経費の低減

発電容量の中間的拡大

発電容量の中間的拡大

燃料供給システム

燃料供給システム

発電システム

発電システム

熱電変換システム

熱電変換システム

発電システム

発電システム

AST 産業技術総合研究所

メタンハイドレート開発

- ✓ メタンハイドレート資源は、大陸縁辺部の海域、凍土地帯に賦存が認められている
- ✓ 東部南海トラフの埋蔵資源量は、1兆1,415億立方メートル(算定値)。

世界のメタンハイドレート資源分布

日本周辺の分布

AST 産業技術総合研究所

メタンハイドレート(MH)資源からの天然ガス生産

従来の天然ガス資源とMH資源の開発上の違い

- メタンハイドレートは、砂層中に固体として存在するため、掘削しただけでは従来の天然ガス資源のように自噴しない。
- 原位置でMH分解をして、ガスとして回収する生産平法を開発⇒減圧法
- MHが分解すると地層内で固体として存在していたMHが水とガスに変わるため、地層内の物理的條件が変化する。その条件を把握し、最適な生産手法の開発が重要。

減圧式の原理

AST 産業技術総合研究所

地層特性評価技術

MHの分解やMH層に加わる圧力の変動などにより、MH層の圧縮や変形が生じると予想される

MH貯留層の基礎特性及び力学特性を評価し、長期的に安定・安全な生産を可能とするための技術開発が必要

⇒数値シミュレータ(COThMA)の開発

Coupled thermo-geomechanical analysis with description and simulation of methane hydrate dissociation in multiphase porous media

＜数値シミュレーションの概要＞

地層特性に関する解析(計測例)

- ✓ 鹿児島半島から志摩半島の沖合50～80kmの海域で実測。
- ✓ 約6日間で累積生産量は約12万m³、平均生産量は約2万m³/日(平成26年)。

AST 産業技術総合研究所



再生可能エネルギーから水素へ

- 電力システムの課題
- 多様なエネルギー源から作り出せる水素 (エネルギーセキュリティ上重要)
 - ◆エネルギーキャリア
- 製造・貯蔵関連技術開発
 - ◆ソーラー水素
 - ◆水素材料評価

13

各国の一人当たり年間エネルギー消費実績

先進国と新興国(BRICS)

2010-2012年平均消費

- 減少
- 増加

14

電力システムのマネジメント

- 30分同時同量：周波数制御
 - 周波数変動を最小限に留めて基準周波数(例：東京は50Hz)に維持
 - 系統に並列している発電機の予備力として調整力を常時確保
- 電圧制御：無効電力(SVC等)
- 送電線、変圧器等の熱容量(許容電流が送電電力を制限)

15

再生可能エネルギー導入の影響

- 不安定な出力への対応：
 - バックアップ電源(火力等)→低利用率
 - 蓄電池の利用→長時間の運転条件維持に多大なエネルギー消費、高コスト
 - パワーコンディショナー：
 - 蓄積エネルギー→周波数低下時にエネルギー放出がない
 - パワーエレクトロニクスは過電圧・過電流に弱い→系統擾乱時(開断等)停止の可能性

16

エネルギーキャリア

CO2フリー水素製造

産出地でCO2

メチルシクロヘキサン(MCH) トルエン+炭酸から (9年開始予定)

油気水道(+250°C) 觸媒(化石資源)から (2025年開始)

再生可能エネルギーによる水素製造

17

酸化物光電極による水分解水素製造

- 電界の電圧による水の分解反応
 - 電圧は1.23V以上、実際には過電圧の影響で1.8V以上の電圧電圧が必要
- 水分解用の酸化物光電極中で最も高い太陽エネルギー変換効率(20%達成)
 - 高い補助電圧(電圧)で水を分解して水素を生成できる
 - 水素製造のコスト化

18



水素材料の評価

水素貯蔵等に用いられる金属材料の脆性評価
(70MPa以上の高圧下)

水素ステーション
高圧水素容器
高圧水素ガスシステム

- ✓ 安全性の適切な確保 → 適正化
- ✓ 使用可能な鋼材の拡大(現状 70MPaスタンダードではSUS316Lのみ)

水素スタンドの低コスト化(海外製品が使用可、等)

ASST 産業技術総合研究所

まとめ

エネルギー資源の持続的有効利用に関連して、産総研で実施しているエネルギー研究開発を中心に述べた。

- ①化石エネルギー資源からのクリーン省エネルギーチェーン
化石エネルギーの徹底利用について、上流(非在来型資源)から下流(未利用排熱)までに渡り、クリーン化、省エネルギー化の視点からとらえた研究開発を紹介した。
- ②メタンハイドレート開発
国産エネルギーとして有望なメタンハイドレートの研究開発手法および採掘の現状について示した。
- ③再生可能エネルギーから水素へ
系統電力網と再生可能エネルギーとの協調における課題、エネルギーセキュリティ上の水素の重要性、産総研水素製造技術と福島再生可能エネルギー研究所について概説した。

ASST 産業技術総合研究所 20

ご清聴ありがとうございました

技術を社会へ
Integration for Innovation

産総研
産業技術総合研究所

ASST 産業技術総合研究所 21

パネルディスカッション

テーマ：「未来を先取りするまちづくり」

要 旨

エネルギーとかけ、水と解く。その心は、どこにでもいっぱい有る、でも無くなると困るでしょう。下手な謎かけですみません。今、いくらでも入手できて自由に使えるエネルギーが無いという世の中が想像できますでしょうか。資源の枯渇なのか、環境を守るためなのか、制約を受ける日が迫っていることは、紛れもない事実です。しかしながら、我々はそんな現実からいつも目をそむけがちです。枯れるなんて信じたくない、誰かが何とかしてくれる、…、いろいろな捉え方があるのかもしれませんが。

一つ、真理として考えていることは、「自然は人間の都合に合わせてくれない」ということです。些か情緒的ですが、神が際限ない贅沢を許すはずがありません。良くも悪くも、ヒトは蜜の味を覚えてしまいました。まず自らの意志で手放すことはできないでしょう。とは言っても、子孫を繋ぐ生命本来の役割として、将来に生き抜ける環境を残すことも義務であり責任です。エネルギー工学に携わる立場からは、技術開発には時間がかかるのが必然で可及的速やかに進めないと間に合わない、大胆な変革を求めない限り実効的な改善があり得ない、そしもはや皆がそれぞれにできることをしていけないと焼け石に水、との思いがわき上がってきます。

水素は、再生可能エネルギーと並び、エネルギー・環境問題の救世主のようにされています。答えが分かっているのなら、そのとおりにすれば良いだけです。なので、なんだかんだ言われながらも身近にないのは単にまだまだ難しいことを示している訳です。技術的には輸送・貯蔵が容易ではなく、社会的には理解に乏しく安全に不安がある、などのハードルを越えなければなりません。昨年末に燃料電池自動車（FCV）が発売されて、誰もが水素技術を所有できる時代になりました。これは正に歴史が変わったと申しても過言ではないでしょう。でも、問題はこれからです。滑走路を走り出したばかりで、テイクオフしない限りは決して安心できません。

当パネルディスカッションでは、“水素で何が変わるのか”についてのイメージを共有できたらと期待しています。次世代エネルギーシステムタスクフォースの中では、いばらきプラスアルファの総力を結集して、未来を先取りしたエネルギー供給インフラを備えるまちづくりのあり方を提案しようと模索しています。プロジェクト推進には住民全体にサポーターになっていただく必要があります。まずは議論を通じて、ユニークな求めるべき“まち”を創造してください。水しか出さないエネルギー、行き着く究極の本質です。文字どおり、水の素ですもの。

モデレーター	石田 政義 (つくば3Eフォーラム 次世代エネルギーシステムタスクフォース座長, 筑波大学システム情報系 教授)
パネリスト	岡田小枝子 (大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構 広報室長) 前田 哲彦 (独)産業技術総合研究所 再生可能エネルギー研究センター 主任研究員) 足永 靖信 (国土交通省国土技術政策総合研究所 建築研究部環境・設備基準研究室長) 山王 一郎 (つくば市環境生活部長)



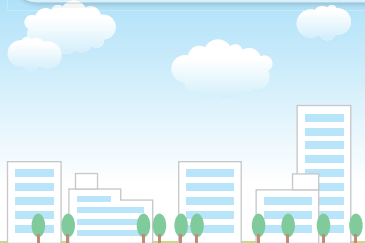
講演録



(石田) 皆さん、こんにちは。筑波大学の石田でございます。これまでのご講演は非常に難しい話を聞いたところですが、これからは肩の力を抜いて、テーマは「未来を先取りするまちづくり」ということで、今まで産総研をはじめ、筑波大学、研究学園都市、あるいは日本中と言ってもいいと思うのですが、新しいエネルギー技術開発が随分進んできております。ただ、研究開発の成果だけではなく、これをきちんと使っていくことが大事だろうと思えます。今日お乗りいただいた方もいらっしゃると思いますが、水素燃料電池自動車が非常に身近なところになります。これは実は感動もので、私が筑波大にきたのが95年ですので、ちょうど20年前、私はこういう研究はやっておらず、高電圧、地中送電の研究をやっておりました。大学に来て、研究をどうしようかと思っていた頃、私の先生から「石田君、これからは燃料電池がはやりそうなんだよ」と言われたことがきっかけで、この研究を始めました。そのときに、確かフォードだったかと思うのですが、燃料電池で試作した車がありまして、それを見たら、当時は運転席以外には全部装置が入っていました。ただ、燃料電池は非常に期待があるということで、自動車会社が始めました。私の記憶では、当時、燃料電池の大きさが1Lで1kWぐらいの出力が出るレベルになれば、割と使い物になるのではないかという話がありましたが、本当にそうなるのかと思いました。運転席以外は全部装置で、これでは全然使い物にならないではないか、動かすのは面白いだろうという感じでした。それが97年か98年ぐらいでしたか。記憶が正しくないかもしれないのですが、確かダイムラー・クライスラーだったのではないかと思います。NECARという車が出てきて、それが結構良い感じになってきたのですね。そのときの出力が確か1Lで1kWぐらい出るようになりました。今日見ていただいたMIRAIぐらいのレベ

ルになると、1Lで3kWぐらいの出力が出ます。これは素晴らしいわけです。普通の車と全く遜色ないというか、ほとんど水素で動いているのか燃料電池を積んでいるのか分からない。静かだなというぐらいで、そういう意味では非常に大きな技術開発を感じております。これを車だけに使うのは非常に勿体なく、この目標は、CO₂の排出を50%削減する。2030年ですから、あと15年しか残っていません。この中で半減しなければいけないという大変な目標です。できることは全てやらなければいけないのではないかと考えています。環境問題や資源問題を含めて、できることは何でもやって、削減できる場所は全てやらなければいけないのではないかとというのが私の思いです。技術開発をきちんと社会でやる、それをぜひ、つくばでやりたいというのがテーマです。進めるにあたり、技術開発側だけではなく、市民と一緒に取り組んでいくことが大事になります。そこで、昨年末に日立で水素エネルギーシンポジウムが行われました。3Eフォーラムの中でのパネルディスカッションも、そういう趣旨でやりたいと考えております。これを使ったらどうなるか、身近に使うという観点、車、自分の家のエネルギー、産業用でも結構ですので、そういう視点でぜひご参加いただきたいと思います。まず、今回のパネリストのご紹介をさせていただきます。まず、高エネルギー加速器研究機構の岡田小枝子様から順番に、自己紹介がてら、取り組んでいる内容やどういうことに期待するかをお話しいただきたいと思います。それではお願いいたします。

(岡田) ご紹介いただきまして、ありがとうございました。高エネルギー加速器研究機構の広報室から参りました岡田小枝子と申します。高エネルギー加速器研究機構というのは、ここにいらっしゃる方は皆さんよくご存じかと思いますが、つくばの北の方にございます。加速器を使った研究をしている施設です。「エネルギーの研究をしているのですか」と聞かれることもあるのですが、私たちはエネルギー



をつくる研究はしておりません。電子や陽子といった物質を作る小さな粒子を光速に近い速度まで加速して、エネルギーの高い状態に持って行って研究をしています。加速器を動かすためにたくさんの電気を使っていますので、化石燃料を使わない、廉価でエコな電力が利用できればいいなと思っております。研究の一環で、燃料電池に関連した研究も行っており、燃料電池で使われる触媒の構造を見るような研究もたくさんしております。話が前後しますが、私が高エネルギー加速器研究機構（KEK）に来たのは今から2年前で、大学は筑波大学を卒業し、今はなくなってしまったのですが、農林学類というところで4年間勉強しておりました。バイオマスエネルギーにも興味があったのですが、その後で日立製作所に就職したのですが、隣の研究室は燃料電池を研究しているところでした。その研究者に「どうですか」と聞くと、「いや、まだまだ燃料電池はなかなか難しいよ」というご返答で、それ以来、私と燃料電池の縁は切れてしまっていました。その後、東京大学や理研の広報室を経て、今は高エネルギー加速器研究機構で基礎科学の研究成果を皆さんに分かってもらうための仕事をしています。それと同時に、つくばの研究学園都市を魅力的にするにはどうすればいいかということ、他の研究機関の広報担当者とも協力してやっています。2年前にKEKへの就職が決まったときに、何十年かぶりにつくばに来たのですが、小さかった木が生い茂っていて、緑が濃いすてきな町になったなと思いました。TXという電車もできていて、東京とも直結していて、理想的な町になってきたと思ったのですが、1点変わっていないことは、交通手段が依然としてガソリンを使っている車とバスに頼っているということでした。ヨーロッパの町では、どのようなエネルギーが分かりませんが、トラムを使ったような非常にエコな交通手段を使っているすてきな町がたくさんあります。つくばもそういった町になればいいなと常日頃思っていますが、今日、前半の講義を伺いまし

て、そういった未来も近々訪れるのではないかとこの感じがしました。子どもたちがどういうふうにいるか。実は少し前に、筑波研究学園都市、つくば科学万博記念財団というところが研究学園都市50周年記念事業で作文絵画コンテストをなさいました。私はその審査員をさせていただいたのですが、その入賞作品は「想像してみよう 50年後のつくば」という作品集にまとめられています。残念ながら関係者にしか配られていません。絵画と作文部門の2部門があり、子どもたちの創造した素晴らしい作品が収められています。広くお目に掛けてはいいようですが、子どもたちは本当に素晴らしいことを考えています。私は子どもたちが考えたり言ったりすることは正しいと思っております。例えば私が小学校から大人になるまでに一番変わったのは携帯電話だと思うのですが、子どもの怪獣番組などで腕にウェアラブル電話を付けて交信しているということ、皆、昔の子どもは夢見ていました。その夢を見ていた子どもの一部が頑張って、その夢を持ち続けて、今、携帯電話が普及しているわけです。ですから、子どもたちが思うことは大体かなっていくのだらうと思います。絵画部門の作品を見ると、50年後のつくばでは、みんな空を飛んでいます。車だけではなく、発電所や家も飛んでいます。電車も飛んでいます。こういった絵が何枚もありました。竹園西小の小林さんの作文では、「ぼくの考えたみらいのつくばは、月と行き帰りできるエレベーターや、空にうく家があるまちです。夏休みに、けんきゅうじょを回って、つくばには、いろんなけんきゅうをしている場所があるということが分かりました。今はゆめのようなはなしだけど、けんきゅうじょどうしがきょう力して新しい物を作ろうとするかもしれないし、他のけんきゅうじょに負けるかときょうそうして、新しい発明や発見が出るかもしれません」と書かれています。非常によく見ていますし、空に浮く家ですと、電気はどうするのかというと、やはり燃料電池を使っているということを示唆



しているのかもしれませんが。次の作文です。同じく竹園西小学校の桐さんの作文です。「このようにわたしたしの生活がかわったのは、ある日、『エコなくらしをしよう』というイベントがあったからです。このイベントでは、緑をいっぱいふやしてちきゅうをつつもうとみんなで話し合ったり、エネルギーをせつやくするための新しいぎじゅつがしょうかいされたりしました。この中には、つくばにあるたくさんさんのけんきゅう所がきょう力して作った空気で走る自動車が発表されました。体が不自由な人をたすけるロボットが町じゅうでかつやくしていますが、これらもつくばのけんきゅう所で発明された物です」ということで、まさに水素で走る自動車を小学生は予言していると言えるのではないかと思います。ということで、このフォーラムにも非常に期待しております。今日はいろいろ勉強させていただきたいと思ひます。よろしくお願ひします。

(石田) それでは、続きまして産業技術総合研究所の前田様です。前田様は福島県の研究所におりまして、実は私どもの学生もお世話になっております。それでは、前田様、よろしくお願ひします。

(前田) ご紹介ありがとうございます。産業技術総合研究所（産総研）の前田と申します。先ほど当所の角口次長からも福島の話に少し触れたのですが、私からも紹介させていただきます。産総研が福島県内に再生可能エネルギー研究所をつくり、私は去年4月、つくばから赴任しました。ここでは、再生可能エネルギーという冠を付けた、場所の名前に研究テーマが付いているというのは初めてなのですが、極めて特殊な産総研の場所で、ここではもちろん再生可能エネルギー全体のマネジメント、われわれがよく言う水素キャリア、多結晶シリコンタイプの太陽電池、風力発電、地熱・地中熱の利用の研究をしているところです。現場を上空から撮った写真です。本館と実験棟があり、その北側にある実証フィールドに500kWの太陽光発電設備、300kWの風車、その他、水素を扱う実験設備などがありま

す。太陽光発電は500kWで、300kWの風車プラス20kWずつ10種類、いろいろな太陽光を並べています。この一つのポイントは、今、あちこちで太陽光の工事をしている、たくさん目にするようになったと思うのですが、ここは発電事業ではないので、全て研究用に使うことができます。ですから、いろいろなアイデアをいろいろな太陽電池を使ってできますし、風力に関しても300kWと中型ですが、これをいかに高性能にしていくかという研究もしております。それから水素関係です。固体高分子型水電解の電気分解をして水素を作る装置は、私が作ったのですが、電線を付けて、配管を付けて、水を流してと、闘っているところです。それから水素を貯蔵するところがあります。隣にも、水素を作るための大きな電解装置があり、アルカリ電解と呼ばれるものを入れています。電気入力で150kWの電気で水を電気分解して水素を作ります。結果として、30Nm³/hぐらいの水素ができます。それから、発電するときに作った水素を使う装置があります。今、燃料電池が話題になっていますが、ここではエンジンを使った水素の発電をやろうとしています。軽油のディーゼルエンジンなのですが、少し水素を混ぜて、混焼させるという技術をやっています。水素をためるときに、先ほど話題になりましたトルエンに水素をくっつけたメチルシクロヘキサンという液体の水素で大量に貯蔵することを実証する場所でもあります。ガソリンスタンドと同じような地下タンクがあり、そこに大量に貯蔵するということを実証しています。最後に、今年4月に開所したので、まだほとんど成果を発表していませんが、唯一成果があります。アンモニアを燃やして発電したということです。灯油のマイクロガスタービンにアンモニアを混ぜてもちゃんと発電したということです。アンモニアというのはNH₃ですから、水素を最も含んでいる化合物と言っても過言ではないと思うのですが、これを使って燃やすことができました。今、こういったことを産総研の福島で、ほ



とんどの人間がつくばから行って、自ら手を汚して、研究しています。そんなことをやっております。以上です。よろしくお願いいたします。

(石田) それでは、次は国土技術政策総合研究所の足永（あしえ）様です。足永様はエネルギー供給インフラの開発をされていまして、私どもも共同で研究させていただいております。それでは、足永様、よろしくお願いいたします。

(足永) 国土技術政策総合研究所（国総研）の足永でございます。国土交通省は社会資本の仕事として、土木と建築と港湾の三つを持っておりますが、そのうちの土木と建築についてはつくば市に研究庁舎があります。私が所属しているのは建築で、建築の環境と設備の研究をしています。従いまして、エネルギーの消費量については、これを何とか削減できないかと日々検討しています。例えば、日本全体の二酸化炭素の排出量は12億7600万tです。つくば市の場合、「つくば環境スタイル」に数字が出ていますが、約200万tです。そのうち住宅やビルの由来で発生している二酸化炭素は、全体の55%を占めています。住宅やビルの二酸化炭素排出量は年々増加傾向にあり、これを半減させることは、大変ハードルが高いと私は考えています。水素のような革新的な技術を投入しなければ、これを半分にするのは大変難しいのではないかと考えています。そういった意味で、今日は大変魅力的な、革新的なお話を聞けると期待して参りました。よろしくお願いいたします。

(石田) それでは最後になりますが、つくば市の山王様でございます。よろしくお願いいたします。

(山王) つくば市の環境生活部長をしております山王と申します。よろしくお願いいたします。私の方からは、もう何度か出てきている話ですし、このフォーラムでも散々ご説明させていただいている「つくば環境スタイル“SMILe”」について、概略を簡単にご説明させていただければと思っています。ご案内のとおり、つくば市では、2030年までに市

民1人当たりのCO₂排出量を50%削減する取組ということで、「つくば環境スタイル“SMILe”」を掲げています。ここでは「オールつくば」をキーワードにやっております。市民、企業、大学・研究機関、行政が一体となった連携体制で環境問題にチャレンジしていこうということで「オールつくば」という単語をよく使っております。何度か出てきておりますが、2年前の平成25年3月に国の環境モデル都市に選定されています。「SMILe」は、Smart Community, Mobility Traffic, Innovation & Technology, Learning & Education, このそれぞれの頭文字、S, M, I, Leを取って、SMILeとっております。それぞれのアプローチをしながら、環境問題に対応していこうというものです。Smart Communityですから、建築活動系の話。Mobility Trafficであれば交通。Innovation & Technologyは最先端技術ということで、つくばならではの技術を生かして、最後にLeですが、環境教育、実践ということで、市民、子どもたちの教育をしっかりやっていきたいという取組になっています。今年度はどういうことをやってきたかを主にお話しさせていただきます。Smart Communityの点では、市役所の庁舎の北側に低炭素モデル街区が整備されております。一昨年12月から入居が始まり、今、半分近くの方が入居されています。それから、LCCM (Life Cycle Carbon Minus) 住宅ということで、建築時から運用時、廃棄時までを含めて、カーボンがマイナスになる住宅です。この写真は、もともと建築研究所の方で造ったモデルルームですが、こういったものにも補助金を交付しており、今年度で3棟、つくば市内にLCCM住宅が建っています。続きまして、Mobility Trafficということで、超小型モビリティ、1人乗り、2人乗りのEV車で、いろいろな活用のシーンの実証実験をしています。例えば、この写真は、筑波山の観光周遊ツアーで貸し出しています。パーソナル・モビリティということで、セグウェイのシェアリングの実証実験なども、つくば駅



や研究学園駅で始まろうとしています。それから、国総研や筑波大と一緒にやっているつくばモビリティ・交通研究会の「つくログ」では、人の動きや車の動きをタイムリーに押さえる取組をしています。次にInnovation & Technologyです。何度か出ております藻類バイオマスの実験が、国際戦略総合特区の関係、今回の3Eフォーラムやタスクフォース、研究機関と一緒に連携しながら、いろいろな最先端技術を活用するシーンを街中で実証しています。最後にLeです。「つくばスタイル科」ということで、小中学校につくば独自の科目があります。総合の学習や英会話の学習を統合したような科目の中で、環境も取り上げていただいております。体育館に小学校6年生を集めて、私が出前講座をしているシーンの写真が出ております。もう一つは、つくば環境スタイルサポーターズという組織を立ち上げ、今7000人近くの方に加入いただいております。ICカードによるエコポイント制度、グリーンカーテンのコンテスト、竹園西小では2階建ての上までカーテンになっていて、立派な最優秀賞のカーテンができています。あとは筑波山の自然環境教育事業で、筑波山の山麓の方から霞ヶ浦までを見て回るようなツアーを年間をかけてやるという活動をしています。こういった活動、地球温暖化防止や環境保全の取組を、気軽に、自由に、無理せずというコンセプトで行っています。会員になっていらっしゃらない方は、本日、封筒の中に入れてさせていただいた案内の裏が入会申込書になっておりますので、ぜひともご記入いただいて、アンケートと一緒に出口にある箱に入れておいていただければ、後日、会員証を交付させていただきたいと思っております。ぜひ環境教育、実践の活動に皆さんのお力をお貸しいただければと思っています。よろしくお願いします。

(石田) ありがとうございます。こういった非常にバラエティに富んだ顔ぶれでお送りさせていただきたいと思います。進め方ですが、私の方でまず簡

単な論点を幾つか用意しました。それをパネラーの間でディスカッションいただいて、それを踏まえて、できるだけ会場の皆さんとのキャッチボール、質疑やご意見等の時間をできるだけ多く取りたいと思います。会場の皆さまの発言する時間もたくさん取りたいと思いますので、いろいろな考えをお持ちの方は、後ほど積極的にご発言いただければと思います。まず論点その1です。水素エネルギーです。これは今までのご講演でもいろいろ出ていましたが、もう一度、整理させていただきたいと思います。水素エネルギーというのは、三石様のお話にもありましたが、これは二次エネルギーなので、あまり電力と変わりません。どうしてこれを今使わなければいけないのか、これが一般の方々、市民の皆さまは多分びんどこないのではないかと思います。これは日立のシンポジウムでもそうでした。それが例えば水素の自動車になります。水素そのものはガソリンとあまり変わらない値段で出ていますが、これを今なぜ入れなければいけないのかというところを、まず専門家でいらっしゃる産総研の前田様、いろいろコメントを頂けますでしょうか。

(前田) 私がいつもそういう話題のときに一つ答えるのが、私のポケットの中に入っている携帯電話です。皆さんもお持ちで、リチウムイオン電池が絶対に中に入っていると思います。先ほどリチウムの議論もありましたが、リチウムは元素番号が3番です。2番と1番は何でしょうか。1番は水素、2番がヘリウムです。リチウムより軽い元素を考えたときに、キャリアとしてあり得る物質は、ヘリウムはちょっと難しいと思うので、化学エネルギーとしてキャリアになり得るのは水素しかなく、これは絶対に研究開発をして闘う相手だと思っています。今、車ができればはじめましたが、人間が乗るためだけなら、電気自動車もあるかと思いますが、物流を支えるという観点からすると、電気ではトラックやバスは運ぶのは難しいのではないかと、やはり水素をキャリアにした大型の物流を考えなければいけないので



はないかと思っています。ですから、水素の研究開発をしなければいけないと私自身としても理解しております。

(石 田) 例えばエネルギー物質というのはいろいろあると思います。必ずしも水素に限りませんよね。メタノールなどもございます。先ほど個体という話もありましたが、その辺も含めて、ちょっとコメントを頂けますでしょうか。

(前 田) なかなか難しい質問です。他の物質でも代替はあると思いますが、やはり排出、ローカルにそれを消費したときに、何かを出すものというのは、必ずそこでその問題を解決しなければいけないと思います。水素に関しては水しか出ませんので、基本的にはその問題はほとんどありません。水は別に垂れ流しても誰も文句は言いません。ただ、他の物質になってくると、恐らくその処理をしなければいけません。車のような移動体になってくると、ローカルで使用したときにその処理をするのはほぼ無理なのではないでしょうか。CO₂を含んだ化学物質にしてしまうと、必ずそこで最後にCO₂が出てしまいます。それを回収するのは、プラントなら可能ですが、移動体では難しいでしょう。そういう観点でも他に代替するのはなかなか難しいと思っています。

(石 田) ありがとうございます。次に、FCVという形で車は使うということになりました。先ほど私が申し上げましたように、車だけではなく、これを地域のエネルギーとして使っていく。電力だけではなく、水素も使うということであると、社会がきちんと受け入れていかなければいけないわけです。先ほどご講演がありましたように、これは危なくはないという話なのですが、経済面も含めて、安全・安心の確認がされなければ、なかなか入っていきません。ただ、技術的には結構良いものだと思っているのですが、単純に技術的な側面だけではなく、どういう形で入れていくかということ、まさに行政の支援がないと難しいのではないかと私は考えておりま

すが、山王さん、いかがでしょうか。

(山 王) もちろん行政だけでというのは難しいところがあるのですが、私どもがいつも思っているところとして、社会に受け入れてもらうためには、市民の方に身近に感じてもらうなければいけないと思います。なので、今、エネファームや、今回の燃料電池車が街中に頻繁に、ごく当たり前にあるというのがまずスタートだと思います。そこで、それを増やしていくために何をすべきかということで、行政だけでなく、今回お集まりの専門家の方々にも、正確で分かりやすい情報をいかに市民の方に提供するかということに尽きると思っています。よく部下に言っているのですが「伝える」から「伝わる」というところを意識しましょう。「伝える」だけでは発信側の勝手に済むのですが、市民にちゃんと「伝わる」というところがすごく重要です。そういう意味では、伝える側が伝えたい相手を意識して分かりやすくということを工夫しながら説明しないとイケないと思います。どういう球だったら取ってくれるかということ、ボールを投げる側が意識しないと、受け取ってくれる人はよけてしまうかもしれませんし、まるっきり無視されるかもしれません。また、受けようと思ってもけがをしてしまうかもしれません。ですから、やはり投げる側にちゃんと意識がある必要があると思っています。先ほどご説明させていただいたSMILEの取組の中でも、何度も言うようで恐縮なのですが、環境スタイルサポーターズという組織をつくって、最先端技術の見学会などをやらせていただいております。来月ですと、県内にある次世代エネルギーパーク巡りをやらせてもらったり、足永室長のところで以前やりました、共同溝での水素の供給の実証実験も、サポーターズの方に見学会のご案内をさせていただいたりしています。そのように、市からいろいろな情報を流すように心掛けております。なので、興味があるものに、気軽に、自由に、無理せずに参加いただいて、環境に対する意識や最先端技術に対する関心をしっかり醸成して



いければと思っています。そういう意味では、行政がしっかりつなぎ役になることが、お題である社会受容性の部分を担っていると思っています。

(石田) 私としても、ぜひ強く牽引していただきたいと考えています。そういう意味では、やはりこういうものが正しく市民の皆さんに伝わっているかどうかが最も大事だと思います。次の論点でいきますと、水素に期待するという話。あるいは今日のディスカッションや講演で、ぜひ市民代表の岡田様に、このあたりの印象なり何なり、率直な感想を聞かせていただきたいと思います。

(岡田) 初めてこのお話を伺ったときに、先ほどお見せした絵が最初に頭に浮かんで、空飛ぶ家や空飛ぶ自動車、空飛ぶ鉄道をつくるためには、軽いエネルギーでなければいけないということで、私の頭の中では直結しまして、水素エネルギーでやるしか子どもたちの夢はかなえられないのではないかと考えたので、非常に期待しております。あとは、水しかできないので環境にも優しいということです。安全性についても、一抹の不安があったのですが、今日のご説明を聞いて、技術開発が進んでいるということで安心しました。あとは経済性の他に、水素が燃えて水ができるわけですが、空飛ぶ家を実現するためには、できてしまった水が重たいのはどうなるのだろうということです。それから、水を分解して水素ができるわけですが、その水はどうするのか。日本列島は海に囲まれているから、海水を使うのだろうけれども、海からいろいろな塩分等を取り除く技術などはどうするのだろう。でも、例えば水から水素を作り、水素から水ができて、その水をまた再利用することができる、究極的な、永く機関のような形のエネルギーになるのかしらということも思いました。今後の研究開発に、子どもたちと一緒に期待したいと思っています。

(石田) 例えばこれまでのディスカッションやご講演を通じて、水素を使ってみたいと思いましたか。

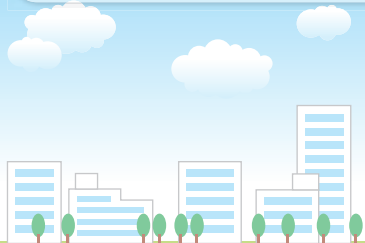
(岡田) 大変思いました。あと、天然ガスの自動

車がライバルということなのですが、その辺と対比して、どれだけコストが掛かるか、1L当たりどれぐらい効率が良いのか、1台造るのにどれぐらいコストパフォーマンスが良いのか、今は負けているけれども、どれぐらいで勝つのかということを知りたいと思いました。

(石田) こういう新しい技術の究極の問題は、どうしてもコストになってしまいます。性能は良いのだけれども、コストがどうしても少し高いのです。今日のMIRAIでも723万円でしたか。それで補助金を入れて500万円くらいです。同じレベルといいますが、同じぐらいの大きさの普通の車を買おうとすると、200～300万円ぐらい高くなります。これを環境のために買うかどうかということが難しいと思うのですが、普通の感覚で考えると、どれぐらいの差であれば許容範囲でしょうか。その辺についてご意見はありますでしょうか。

(岡田) 電気自動車もそうだったと思うのですが、多分、最初にハリウッドのセレブなどのお金持ちの方たちが買って行って、知名度、市民権を得て、買われるようになって、コストダウンしていったのだと思います。イメージ戦略みたいなことも売っていくためには必要だと思います。環境に良いということは、私たちにとって、例えばオーガニックコットンなどの衣料品についても、環境に良かったり、体に良かったりすると、女性は少し高くても買います。その少しがどれくらいかということなのですが、倍になってしまったら買いません。1.5倍は難しいかもしれません。でも、2～3割であれば、環境に良く、自分たちの子どもの未来にとっても良いものを買っていくというのが実感だと思います。

(石田) なるほど。技術開発の目標が2～3割増しというところで、ちょっと頑張らなければいけないということがよく分かりました。それで言いますと、今日のメインの話題は、これをいかに社会に入れていくかということになります。ここは大専門家でいらっしゃる足永様、解説を頂けますでしょうか。



(足 永) これまで自動車の話がメインに取り上げられてきたのですが、私の方では建物に利用できないかということですとずっと考えています。国総研ではスマート水素ハウスというものを考えているのですが、これは、仮に建物に水素がもし来てくれたら、そこから先はどうなるかという話です。水素が地下のパイプラインから建物側に供給されると燃料電池が待ち受けていて、そこで発電をします。発電をする際は、廃熱はお湯になり、お風呂に使うことができます。また、太陽光発電は、現在、茨城県は全国上位の太陽光パネルの導入実績があると聞いていますが、これを導入しすぎると、電力会社も受けきれないということで拒否されてしまうのです。そうすると、せっかく投入した太陽光パネルが無駄になってしまいます。この太陽光の電気を使いながら、ただ、これは非常にランダムに変動するので、変動しているところを燃料電池で穴埋めをするとうまくいくのではないかという考え方があります。水素を建物で利用する際の建築の規制は、都市ガスの規制と同程度と予想されています。燃料電池を建物の外に設置する場合、一戸建ての場合は外に置くことになると思うのですが、ほとんど障壁はないのです。ところが、共同住宅やビルに燃料電池を入れようとする、建物の壁を水素配管が貫通する際に、そこで規制がかかります。そこで、国総研では先回りをして、壁に貫通する水素配管が地震時に破損しないかということ、前もって実大で試験をして、大丈夫そうだという知見を得ております。従いまして、もし建物側に水素を使うという話になったときに、一戸建てであればほぼ問題なく、共同住宅などに導入する際も、関係法令の面から先回りして予備資料を作っておりますので、そういった面では、建物に使う際にはそれほどハードルは高くないと言えるのではないかと思います。では、これを社会、都市で使おうというときに、イメージとしては中心に水素スタンドを置きます。先ほど、建物に水素が来てくれれば何とかなるという話をしましたが、今度は水素

スタンドから各建物に水素を送る話になります。燃料電池車を走行させるには高圧の水素が必要なので、車の水素タンクの材質やスタンドにおける水素の充填方法など気を使わなくてははいけません。一方、建物で使う水素燃料電池は1 MPa以下の中圧もしくは低圧で十分作動します。そうすると、現在、都市ガスを供給しているポリエチレン管を使って、先ほどの共同溝、あるいは直埋でもいいのですが、建物側に水素を供給することができます。そこで難問が待ち受けていることもないということが挙げられます。国総研でもつくば市の共同溝に水素配管を試験的ではありますが、敷設した実績があります。なかなか普通は入れることができないと思いますが、実験的にやってみる分には良いということのでつくば市のご協力の下、実際に水素配管を共同溝に入れて、250m 搬送して、地上に取り出して発電するというのも実証しています。最後にコスト、お金の問題です。燃料電池は、先ほど石田先生から1 kW 幾らという話がありましたが、燃料電池の価格をNEDOが試算しています。2030年までに1 kW 当たり40万円ぐらいまで初期コストが低下すると見込んでいます。水素の供給コストも、現在120円のところが40円ぐらいまで仮に下がるという試算です。これらのコストの予測は燃料電池車を想定しているようですが、この数値を仮に建物側でも使わせていただいたらどうなるかということいろいろ検討いたしました。結果的には、ガス給湯器を水素燃料電池に差し替えた際に、これくらいの価格帯になれば、持ち出しなしで水素化ができます。従来のガス給湯器とあまり変わらない出費で普段通りお湯を使うことができるのです。生活はさほど変わりませんが、二酸化炭素排出量は大きく変わります。住宅の水素化による二酸化炭素排出の削減割合を試算すると、約7割となっており、極めて有効な環境技術であると言えます。水素ステーションも単に車に水素ガスを供給するだけではなく、車のエネルギー使用量と建物のエネルギー使用量はつく



ば市の場合は半々なので、建物側に使うことまで考えると、水素ステーションの設置においても、結構有利側に働くのではないかと考えています。以上でございます。

(石 田) ありがとうございます。これは例えばつくば市でこういうことをやることについてはどうでしょうか。

(足 永) 建物側で二酸化炭素を減らすためには、太陽光発電をできるだけ導入する必要がありますが、入れすぎるとつまずくので、水素で太陽光の変動を吸収しながらうまく制御していく必要があります。水素技術は、再生可能エネルギーの利活用とワンセットで考えると良さそうなのです。水素のような新しい環境技術を導入するには、インフラが必要になりますし、市民の理解を得る必要もあります。つくば市には新都市としてインフラが整備されており、市民の環境意識も高いのです。この前の共同溝実験でも、そういう感触というか、そういうサイレントマジョリティがあるのではないかと感じており、やってみるのは、つくば市は非常に良いのではないかという印象を受けています。

(石 田) ありがとうございます。これからは、もう会場の皆さまもパネリストということで、ぱっと顔を見渡しますと、私の知り合いもたくさんいらして、専門の方もたくさんいますので、場合によってはお答えいただくこともありで進めさせていただきたいと思います。それでは、皆さま、今までの議論等を踏まえて、何かコメントや質問はございますでしょうか。

(Q 1) 産総研の花井と申します。本日は素晴らしい取組のご紹介を大変ありがとうございました。最近、原油価格が低下して、ガソリン価格も下がっています。いつも強気なプーチン大統領ですら「回復に2年ぐらいかかるかな」と弱気なことを言っているくらいで、影響は深刻だと思います。今までもオイルショック後などに、新エネだ、代替エネルギーだと取り組んだのが、供給が少し緩んでくると

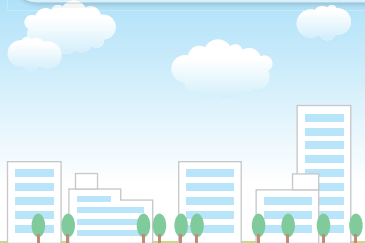
下火になったところもあると思います。今回の原油の下落については、中長期的な影響はどのようなものになるか、お分かりになる方はいらっしゃいますでしょうか。

(石 田) これは随分難しい話ですね。私もあまり経済的な話はやっておりませんので、この辺はどなたかいらっしゃるか。角口さん、資源とか、その辺はどうですか。

(角 口) 私は別に専門家でも何でもないのですが、エネルギー経済の専門家の先生がいろいろ言っているのは、確かに今は非常に安いのですが、そのうちじわりじわりとまた戻ってくるのではないかという話をする人が多いようです。なので、何かやるのであれば今がチャンスかなという感じで、今が知恵の出どころではないかと感じています。

(Q 2) 今日はどうもありがとうございます。水戸の羽石と申します。つくば市役所の取組は素晴らしいと思いました。「つくば環境スタイル“SMILE”」の中で、水素と連携して、取組がこれから進むのではないかと思ったのが、建物の低炭素化です。LCCM住宅が3棟建っていらっしゃるというお話でしたが、これは一般の方でも見学できるようになっているのでしょうか。あと、LCCM住宅は、将来つくばでどのくらい増やしていくのか。これと水素の連携のあたりもお聞きしたいのですが、よろしいですか。

(山 王) まず、LCCM住宅自体、もともと国土交通省の独立行政法人である建築研究所でモデル住宅を造っています。定期的に行っているはずなのですが、見学会は参加できますし、以前、サポーターズの皆さんにも見学会への参加を呼び掛けたという状況があります。今、3棟建っているという話については、やはり個人住宅でして、個人住宅に補助金を交付したということですので、そこは個人の持ち物ですので、見学等はできないという状況にあると思います。補助金は用意しておりますし、今後、研究所で実証されたものが街中に出てくることはほとんど



ん進めていきたいと考えているのですが、具体的な数値目標は設けていません。ただ、できるだけ補助金を交付しながら、数が増えていけばと思っております。

(Q 3) 筑波大学で教員のアシスタントをしています山本泰弘です。このお話の中で、一つ新しいキーワード「金融」について伺いたいと思います。金融機関がこういったお話に関心を示しているかどうか気になります。今いる研究学園駅周辺の都市も、いろいろな先進的なスマートな技術が使われている町がこの5年、10年の間にできてきたと思います。それには、金融機関の投資やディベロッパーがそれに伴って動き、それに魅力を感じた消費者が移り住んでくるといった経緯で町が生まれ変わったのだと思います。水素技術についても、投資商品やディベロッパーの新たな産業の種として、大変魅力的なものだと思うのですが、パネリストの皆さまから金融機関側や産業界、ディベロッパーなどの反応がどのくらいなのかを伺いたいと思います。先ほど、みずほ情報総研の質問者からもあったように、かなり期待があるのではないかと考えています。

(石田) これも難しい質問なのですが、私から答えましょうか。私の知っている範囲で申し上げますと、実は金融関係、特に、銀行系、あるいは証券系のシンクタンクから調査は随分来るのです。そういう意味では、経済的にかなり大きな規模になるという期待が恐らくあって、相当気にしている感じです。ただ、実態は、まだビジネスにまではなかなか結び付かないところもあって、本気で投資をするかというところまでは何とも言えないのですが、国内のそういった機関がかなり興味を持っているのは間違いありません。外国からもそういう問い合わせ等も随分ありまして、やはり水素が将来の、ある意味、経済の主役で、日立のときもそういうタイトルでやったのですが、そうなることはほぼ間違いないのではないのでしょうか。水素の特性や、先ほど前田様からもお話がありましたように、期待感とい

う意味では最も高いものだと思います。それはもう経済とは決して分離できるような話ではないと考えております。パネリストの方で補足はございますか。

(山王) 直接的なお答えにならないのかもしれませんが、オイルショックのときから民生業務部門の電力使用量は倍になっています。40年前のオイルショックから生活の利便性がすごく向上している分、電力の消費量も倍になっているという状況があります。環境の話をしたときに、我慢するとか、40年前の生活に戻すという話をするつもりは決してありませんし、誰も40年前の世の中に戻したいと思う人はいないと思います。ただ、今やらなければいけないことは、半分にできないにしろ、低炭素に向けた環境配慮の行動をしてもらわなければいけないと思いますし、技術革新がどんどん進んで、CO₂の排出が抑えられるということを目指していかなければいけないと考えています。そういう意味で、行政としてこういった街をつくっていききたいということをまず打ち上げることが重要だと思い、「つくば環境スタイル“SMILE”」のような形で宣言をさせていただいているわけです。その中で、つくばに住むのであれば、こういう環境に配慮したものでなければ売れないというような社会をつくっていかねばいけないと思っています。そういう意味では、ディベロッパー等にも、「つくば環境スタイル」に配慮したまちづくりをしてくださいと、なかなか規制はできないのですが、お願いということで誘導をさせていただいています。そういう中で、ユーザーである市民の皆さまも、そういう環境に配慮した住宅でなければ買わないという社会になればいいかと思しますので、それに当然、金融もディベロッパーも付いてくるという市場が出来上がってくると思います。そういう意味で、SMILEのような取組をしっかり打ち上げて、高い目標ですけれども進めていくところを「オールつくば」ということでやっていきたいと思っています。そこには当然、企業も入っていますし、市民も入っているとい



う話を強調したいと思っています。

(石 田) ありがとうございます。先ほど名前が出たところで、みずほ情報総研の方、何か当事者としてコメントはございましょうか。

(Q 4) 私個人としては、二次エネルギーの中では一番有望株だろうと見ています。特にエネルギーセキュリティの面で中東が危なくなっていて、ホルムズ海峡を通れないとなると、褐炭をオーストラリアから持ってきたり、太陽光を直接当てて、水素を出すということでアメリカから持ってきたり、輸入先を変えるという意味で、水素が一番有望な株だと考えています。

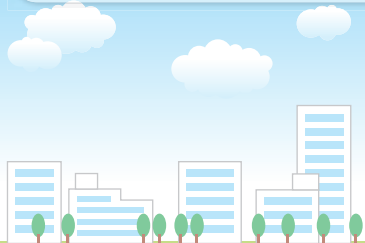
(石 田) ありがとうございます。水素を使う上での一つの目標として、やはり地産地消なのです。お金を地元で回しましょうというところが非常に大きくて、外国にどんどん出してしまうのは望ましくない。これが水素の技術を使うことによって、中で循環できるとなるともう少しいいのではないかと、個人的には考えています。

(Q 5) 原子力機構の岡島と申します。全体の話の中で少しお伺いしたかったのは、この話は軸が三つあるのですね。環境とエネルギーと経済、そのどれを中心、あるいはどれをどういうバランスで考えて、最終的なゴールを目指そうとされているかがよく見えません。具体的に言いますと、エネルギーも実は非常にミクロな部分からマクロな部分まであって、先ほどもおっしゃいましたが、エネルギーセキュリティという話になると国の話になってしまいます。そうすると、その中でベストミックスは一体何なのだろうという話で、水素は一体そのエネルギーのどこをサポートしようという形で考えていらっしゃるのかがよく見えません。あるいは、各個別の話になってしまって、例えば水素自動車でもそうですが、そういう話になった途端に、これは個人のレベルの部分にかなり大きく寄ってしまっています。あるいは地方の行政の話でもそうだと思います。そういう部分でやろうとしているのか

ということで、水素が一体どこを狙おうとしているのか、あまりよく見えないという点で、ゴールがはっきり見えません。その中で、2030年までにCO₂排出量50%削減と目標だけ上がっているのですが、では水素がそれにどれだけ寄与するのかというあたりが具体的によく見えません。そういう点では、これ全体が、今ゴールとして目指されている2030年のタイムラインに対して、一体どんなことをやろうとしているのかというあたりがよく見えなくて、ただ「こんなものが役立つよ」「こんなものは良いですよ」という紹介だけで終わってしまいます。これでプロジェクト型のタスクフォースになるのだろうかという感想を持ちました。それが一つです。

(石 田) 大変難しい問題で、われわれも経済の問題は非常にいつも難しいなと思っています。先ほども申し上げましたように、こういう技術開発をやっていると、やはり非常にお金が掛かってしまい、特に化石燃料が安すぎると思いますか、恨み節のようにいつも言っているのですが、ミネラルウォーターより安い。そこのところに対抗しなければいけないというのがエネルギー技術で、個人的には何とか付加価値を付けて、例えば将来、炭素税が付いてきたときに競合できるようにしていくことを目指そうというところでどうしても終わってしまっているところがあります。この辺は難しいのですが、三石さん、例えば水素を車に使っていくというところで見たときに、何かコメントはございましょうか。

(三 石) 車が水素を使わなければならないのは、炭酸ガスの排出を抑えなければならないからで、さらにゼロエミッションの車を作らなければならない規制もあります。ようやくハイブリッドも何とかクレジットの中に入れてもらえるようになって、ハイブリッドでも何とか持ちこたえているのですが、とにかく水素にして、CO₂排出をゼロにしないと駄目なものは駄目なのです。ですから、いかに早い段階でそこまで持っていけるかが大事で、そのためには車はとにかく死にもの狂いです。くどいようです



が、車だけで水素を使っていくというのは非常に社会効率が良くなって、これが生活で使えるものだということがよく分ければ、一刻も早くそういう方面に切り替えていく。経済性などは見なければいけないのですが、まずは水素を使っていく。それに取り組んで、できるかどうかをちゃんと試す。駄目だったら他のことを考えなければいけませんから。そんなところにいるのかなということでお答えになっていますでしょうか。

(石 田) そうですね。結局、自発的な普及の波に乗せていかないと、結局は自己満足で終わってしまうので、そこはなかなか大変ですね。井上議長、先ほどの3Eのバランスという難しいお話があったのですが、議長として何かコメントはございましょうか。

(井 上) 難しいご質問をありがとうございます。確かに、バランスをどうやっていくかということは、本当にさまざまな要因が絡んできます。先ほど話しに出た原油が安くなったという情勢の変化とか、その都度、考え直していかなければいけないことだろうと思っています。大事なことは、使える技術を社会情勢にどうインテグレートして、そのときのベストの選択ができるのかをしっかりと関係者が議論できる、情報を共有できることではないかと思っています。2030年に50%削減ということを

議論したときは、いろいろな研究者、研究機関から「こんな不可能なことを言うなよ」と総スカンを食らいました。でも、それくらい言わないと前に進めないということで強引に押し通しました。目標はしっかりと高く設定して、それに向かっていろいろな技術、アイデアを統合していくことができるのは、つくばがベストの地域だと考えています。言ってみれば、そういう運動を牽引していくためのキャッチコピーと考えていただければいいと思います。ただし、つくば市は具体的にそれを自治体の目標として設定していただいていますので、それに研究機関あるいは市民が協力して、できるだけ実現に近づいていくことが必要だと思っています。こんな答えでよろしいでしょうか。

(石 田) ありがとうございます。こういった取組は、もはや技術開発だけではなく、市民全員が一体となって取り組んでいかなければいけないレベルに来ているのではないかと考えています。そういう意味では、皆さんのこれからのご支援、ご鞭撻を頂きまして、ぜひ進めていただきたいと考えておりますので、今後ともご協力をよろしくお願い致します。それでは、パネルディスカッションはこれにて終了させていただきます。どうもありがとうございました。



石田 政義「未来を先取りするまちづくり」

第84回 JEAフォーラム(環境・エネルギー・経済)会議
“水素社会の実現に向けて”

パネルディスカッション

テーマ：未来を先取りするまちづくり

パネリストのご紹介

- ・ 岡田小枝子 様 (高エネルギー加速器研究機構)
- ・ 前田智彦 様 (産業技術総合研究所)
- ・ 足永靖信 様 (国土技術政策総合研究所)
- ・ 山王一郎 様 (つくば市役所)

モデレーター 石田政義(筑波大学)

論点 その1

何故、今、水素エネルギーなのか？

論点 その2

水素の社会受容性

論点 その3

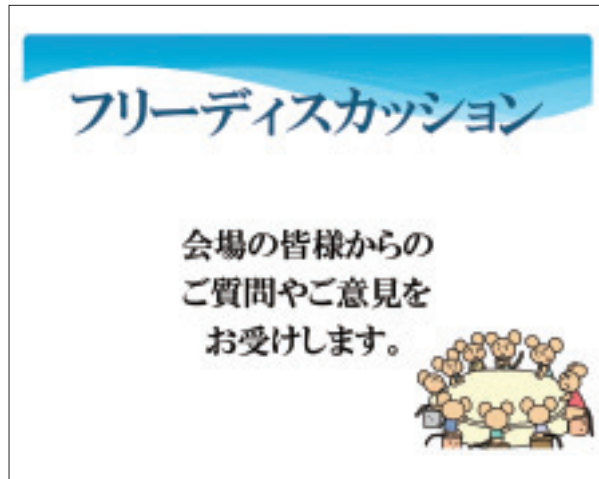
水素に期待するもの

論点 その4

水素技術の社会実装

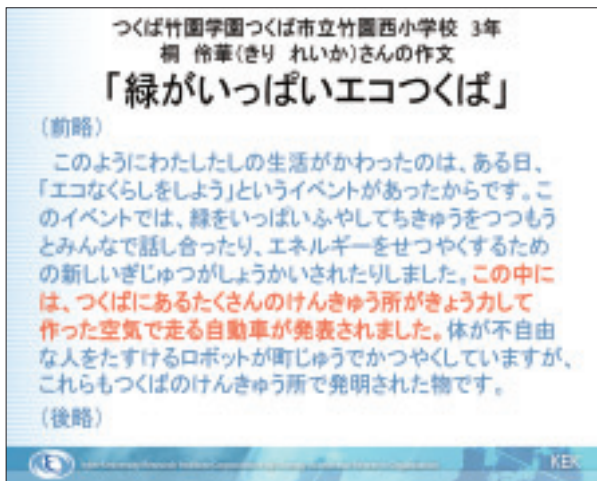
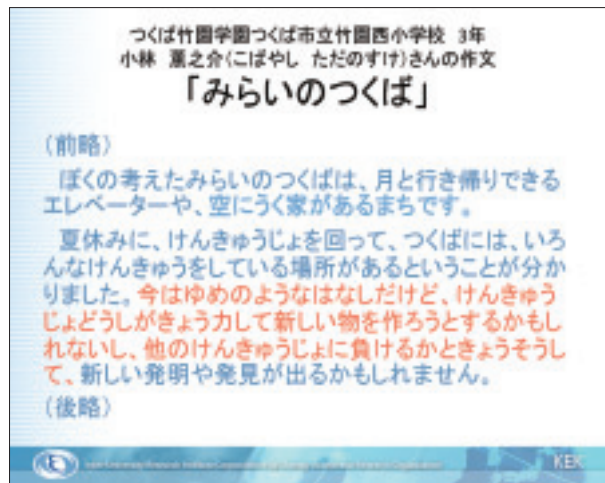
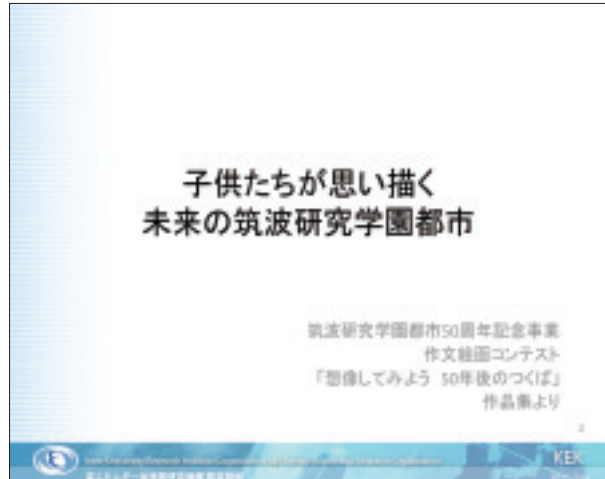


石田 政義「未来を先取りするまちづくり」





岡田小枝子「子供たちが思い描く未来の筑波研究学園都市」





前田 哲彦「再生可能エネルギー由来水素の活用に関する研究開発」

FREA

再生可能エネルギー由来水素の活用に関する研究開発

平成27年1月
産総研 福島再生可能エネルギー研究所
再生可能エネルギー研究センター
主任研究員 前田哲彦

再生可能エネルギー研究センター FUKUSHIMA REGENERABLE ENERGY RESEARCH CENTER, IPR

FREA

産総研 福島再生可能エネルギー研究所

場所
福島県郡山市、郡山西部第二工業団地
55,000m²

平成26年4月開所

ミッション
・再生可能エネルギーの導入可能性の拡大
・水素によるエネルギーマネージメント
・再生可能エネルギー関連産業の集積による
復興への貢献

エネルギーネットワーク
水素キャリア
多層シリコン太陽電池
風力発電
地熱、地中熱利用

再生可能エネルギー研究センター FUKUSHIMA REGENERABLE ENERGY RESEARCH CENTER, IPR

FREA

研究所外観・基本設備概要

アンモニアボイラスタービン実験設備
風力発電設備
水力発電設備
MCH実験機
実証フィールド (面積約1,000m²)
太陽光発電設備
エネルギー管理棟
実験別棟 (特別実験, 昼夜発電約1,000kW)
研究本館 (一般実験, 昼夜発電約1,500kW, 4階建)
地中熱利用実験棟 (面積1,000m², 地中熱実験棟, 面積約1,000m²)

敷地面積: 計55,000m²

再生可能エネルギー研究センター FUKUSHIMA REGENERABLE ENERGY RESEARCH CENTER, IPR

FREA

実証フィールド
日本国内総面積: 100,000m²
太陽光発電: 定額出力 500 kW
風力発電: 定額出力 300 kW

再生可能エネルギー研究センター FUKUSHIMA REGENERABLE ENERGY RESEARCH CENTER, IPR

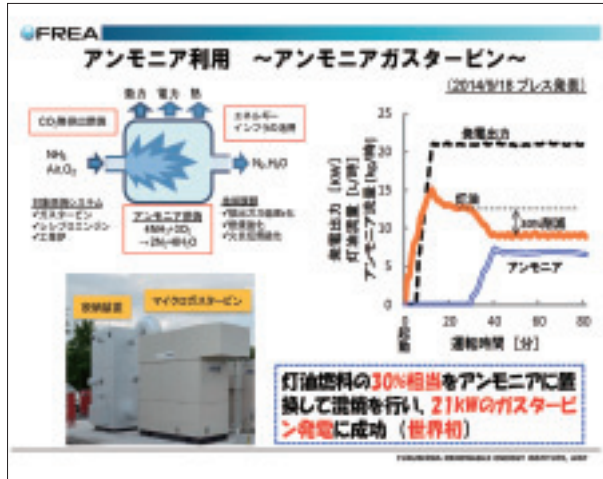
FREA 水素エネルギーシステム実証設備

再生可能エネルギー研究センター FUKUSHIMA REGENERABLE ENERGY RESEARCH CENTER, IPR

FREA MCH実験機 アルカリ水素製造機

再生可能エネルギー研究センター FUKUSHIMA REGENERABLE ENERGY RESEARCH CENTER, IPR

前田 哲彦「再生可能エネルギー由来水素の活用に関する研究開発」





足永 靖信「都市の水素利用に向けて」

国土院 国土交通省国土技術政策総合研究所
建築研究部 環境・設備研究室

足永靖信

スマート水素ハウス

水素配管の加振実験

a) 住宅の基礎模型の外観
b) 断面構成
c) 配管の加速度

水素エネルギーで地球にやさしい都市づくり

共同溝における水素供給実験

つくば市共同溝内に水素管を設置

低圧状態において耐圧気密性を確認

250m

水素配管 (国総研)

住宅地への水素導入効果の試算

2030年には現状の都市ガスシステムと同等の費用負担で、都市域の水素導入により大規模なCO₂削減が可能

項目	2011	2015	2020	2030
水素導入コスト (円/kWh)	100	50	40	40
水素供給コスト (円/kWh)	100	50	40	40

CO₂削減コストの定義

システムの導入・維持に伴うコスト増
(=導入コスト+維持コスト-現状のシステムコスト)

CO₂削減量
(=現状のシステムCO₂発生量-導入システムからのCO₂発生量)

試算結果



山王 一郎「環境モデル都市・つくば」





○モデレータープロフィール



石田 政義 (いしだ まさよし)
つくば3Eフォーラム委員会・次世代
エネルギーシステムタスクフォース座
長
筑波大学システム情報系 教授

○略歴

1960年生まれ
1985年3月 工学修士 筑波大学
1985年4月 (財)電力中央研究所
1990年9月~1991年9月
コネチカット大学化学部客員研究員
1993年3月 博士(工学) 筑波大学
1995年4月 筑波大学構造工学系助教授
2008年4月 筑波大学大学院システム情報工学研究
科 教授

○研究テーマ

超高温用無機絶縁材料に関する研究、燃料電池を主としたエネルギー変換システムの特性向上に関する研究など

○趣味

スキー、登山 など

○パネリストプロフィール



岡田小枝子 (おかだ さえこ)
大学共同利用機関法人 高エネルギー
加速器研究機構
広報室長

○略歴

1962年生まれ、東京都出身
1985年4月、筑波大学第二学群農林学類生物応用化学専攻卒業後、日立製作所基礎研究所入所。1993年退職後、1995年から2003年までフリーランスの医療ライターとして記事を執筆しながら、東京大学理学部および教養学部で教授秘書。2003年から2004年まで東京大学理学部広報室、2004年から2005年まで理化学研究所フロンティア研究システム、2005年から2012年まで理化学研究所広報室において広報業務に従事したのち、2012年9月より現職。

○現在の主な取り組み、力を入れている事項

高エネルギー加速器研究機構の広報業務に携わりながら、つくば市が「研究学園」としてもっと魅力的な街になって全国に知られ、たくさんの方々に来て頂き、つくばにある個々の研究機関の活動を理解してもらえるよう、市や県のご担当者の皆さんや、他の研究機関の広報関係の皆さんと知恵を絞りを絞っています。

○趣味

美食、ジャズボーカル、英語スピーチ、生け花(小原流準師範の免許を持っていますが、最近はお稽古に行けずもっぱら自己流) など

○パネリストプロフィール



前田 哲彦（まえだ てつひこ）
独立行政法人産業技術総合研究所
再生可能エネルギー研究センター
エネルギーネットワークチーム 主任
研究員

○略歴

1971年生まれ、3歳から大学3年まで千葉県柏市に在住
1994年3月 東京工業大学理学部応用物理学科 卒業
1999年3月 東京工業大学大学院総合理工学研究科
創造エネルギー専攻博士課程修了、博士（工学）
1999年4月～2001年3月 金沢大学工学部附属電磁場制御実験施設研究員
2001年4月 独立行政法人 産業技術総合研究所 入所（つくば市在住）
2014年3月 産総研福島再生可能エネルギー研究所（郡山市）に赴任

○研究テーマ、現在の主な取り組み、力を入れている事項
福島再生可能エネルギー研究所にて、再エネによる水素製造、関連技術の研究を行っています。
作った水素は、そのままではFCVへは供給できず、水分をとり、圧力を高くする必要があり、省エネ化を図っています。

○趣味

郡山に赴任したので、スキー復活。久しぶりに板をかって、シーズン券をかって、先行投資してみました。運動不足解消になればいいのですが。

○パネリストプロフィール



足永 靖信（あしえ やすのぶ）
国土交通省国土技術政策総合研究所建
築研究部環境・設備基準研究室長

○略歴

1963年生まれ、千葉県出身
1991年3月 北海道大学大学院工学研究科博士後期課程修了（工博）
1991年4月 建設省建築研究所研究員、主任研究員、上席研究員を経て（組織の独法化は2001年4月）
2009年4月～ 現職
2011年 日本建築学会賞（論文）
2012年 科学技術分野の文部科学大臣表彰 科学技術賞（研究部門）

○現在の主な取り組み

都市のヒートアイランドと建物の関係について興味があつて、ヒートアイランドの数値シミュレーションの研究テーマに取り組んでいます。最近、都市の水素利用や建築物の電力ピーク対策の研究プロジェクトを手がけています。

○趣味

学生時代は毎週のようにスキーに行くことができましたが、つくばから冬山に出かけるのは大変なのが残念です。最近、移動の際に車は使わず自宅からバス停まで歩く事を旨として、せめてもの運動不足の解消を心がけています。



○パネリストプロフィール



山王 一郎 (さんのう いちろう)
つくば市環境生活部 部長

○略歴

1967年生まれ、鹿児島県出身
1991年3月 日本大学法学部 卒業
1991年4月 建設省 入省
1997年7月 建設省 建設経済局 調整課 係長
1999年4月 建設省 建設経済局 不動産業課 係長
2001年1月 国土交通省 九州地方整備局 建政部 計画・建設産業課 係長
2003年4月 国土交通省 総合政策局 総務課 土地収用管理室 係長
2005年7月 国土交通省 総合政策局 総務課 係長
2006年10月 国土交通省 総合政策局 建設業課 係長
2009年4月 国土交通省 近畿地方整備局 建政部 建設産業課長
2011年4月 現職

○研究テーマ、現在の主な取り組み、力を入れている事項
東日本大震災直後の4月に出向して以来、放射線対策や竜巻災害対応といったなかなか経験することのできない業務に携わってきました。2013年3月には、国から環境モデル都市に選定され、市民、企業、大学・研究機関、行政が一体となった「オールつくば」の連携体制で2030年までに温室効果ガス排出量を市民一人当たり50%削減する「つくば環境スタイル“SMILe”」を推進し、この取り組みを国内外に発信し、効果を波及させていきます。

○趣味

読書、スポーツ観戦

閉 会 挨 拶

(井 上) 今、タスクフォースでは、研究開発を進めるには外部資金が必要なわけです。それを何とか取りにいこうということで一生懸命、活動していただいています。それが実現すると、具体的に実証実験をつくばで進めることができるようになるかと思えますので、ぜひそれにつなげていきたいと思っております。つくば市のご協力、市民の方のご協力が不可欠になってくるだろうと思っておりますので、ぜひよ

ろしくお願いします。今日は長い時間、熱心な議論をしていただきまして、どうもありがとうございます。どうぞ気を付けてお帰りください。ありがとうございました。

(司 会) どうもありがとうございました。これを持ちまして、第8回つくば3Eフォーラム会議を閉会させていただきます。

発行元

つくば3Eフォーラム委員会
(筑波研究学園都市交流協議会)

問い合わせ先

つくば3Eフォーラム事務局
筑波大学内

〒305-8577 茨城県つくば市天王台1丁目1-1
E-mail : eee-forum@ml.cc.tsukuba.ac.jp
<http://eeeforum.sec.tsukuba.ac.jp/>



