

平成29年度

日本海国土軸・環日本海交流推進大会 特別講演会

講 演 録



日本海沿岸地帯振興促進議員連盟
日本海沿岸地帯振興連盟

日本海国土軸・環日本海交流推進大会 特別講演会

講演録

平成30年3月 発行

発行：日本海沿岸地帯振興促進議員連盟

日本海沿岸地帯振興連盟

問合せ先：日本海沿岸地帯振興連盟事務局

(富山県総合政策局企画調整室内)

〒930-8501 富山市新総曲輪1番7号

TEL 076-431-4111 (代表)

FAX 076-444-8694

※本講演録の掲載内容の無断引用・複製を一切禁じます。

「水素活用社会の可能性：日本海沿岸地帯への期待」

きっかわ たけお
橘川 武郎 氏

(東京大学・一橋大学名誉教授
東京理科大学大学院イノベーション研究科 教授)

と き：平成29年11月7日(火)

ところ：ホテルニューオータニ ザ・メイン「舞の間」

講師のご紹介

1 略 歴

- 1951年 和歌山県生まれ
- 1975年 東京大学経済学部経済学科卒業
- 1977年 東京大学経済学部経営学科卒業
- 1983年 東京大学大学院経済学研究科博士課程単位取得退学
青山学院大学経営学部専任講師
- 1987年 青山学院大学経営学部助教授
ハーバード大学ビジネススクール客員研究員（1987～1988）
- 1993年 東京大学社会科学研究所助教授
- 1996年 東京大学社会科学研究所教授経済学博士
- 2007年 一橋大学大学院商学研究科教授
- 2015年 一橋大学定年退職
東京大学・一橋大学名誉教授、東京理科大学イノベーション
研究科教授

2 分 野

- 日本経営史
- エネルギー産業論

3 著 書

- 『電力改革—エネルギー政策の歴史的な大転換』講談社（2012年）
- 『日本のエネルギー問題』N T T出版（2013年）
- 『エネルギー産業（産業経営史シリーズ7）』日本経営史研究所（2015年）
など多数

皆さん、おはようございます。橘川と申します。それでは「水素活用社会の可能性：日本海沿岸地帯への期待」ということでお話をさせていただきます。

今、ご紹介に希望学の話が出てきたのですが、釜石市だけではなく、2009年、震災の前から福井県でもお世話になっていて、福井県でもずっと希望学の仕事をしていただきました。特に私は嶺南の原子力の立地地帯の担当で、そこで見聞きしたことに基づいてさまざまに発言してきました。また、3.11の後は、原子力についても発言してきました。一言で申しますと、原子力のような難しい問題は、片方で確かに経済的なメリットも受けていますが、一方で危険性にも一番直面している地元の皆さんの考え方が最適解に近いというのが私の実感です。例えば、3.11の後、規制委員会が新しい規制基準を作りましたが、これは一言で言うと、永遠の暫定基準です。現時点での一番の知見に基づいて厳しい基準を打ち出す。ただし、将来、新しい知見が見つかった場合には、いったん許可した原発についても止めることもある。これをバックフィット制度と言いますが、永遠の暫定基準プラスバックフィットという考え方は、震災直後に福井県から打ち出された考え方で、これが全国の規制基準にも反映された。つまり、一番問題が煮詰まっているところに直面されている方が最適な解を見つけ出す。これが、私どもが調査した結論です。同じように、水素の問題を考えると、あるいは、特に分散型電源、スマートコミュニティというのを考えるときに、どういうところでそういうことが進むかということ、むしろ一番インフラが整っていないところの方が進むのではないかと。ということで、ある意味ひっくり返した話なのですが、日本海沿岸地帯でこそ、日本のエネルギーを変える新しい動きが始まるのではないかと。この話をこれからさせていただきたいと思っております。よろしくお願いたします。

(以下スライド併用)

#1 人類が直面する二つの危機

まず大きく物事を考えてみたいと思うのですが、2017年の時点で、人類が今抱えている最大の危機は一体何なのかというと、残念ながら、今でも飢餓だと言わざるを得ません。世界に七十数億の人口がいるわけですが、8億以上の方がまだ飢餓ゾーンにいられていると言われています。死亡率も飢えが一番大きいです。これを解決するためには、端的に言うとうと、豊かになる必要があります。人類の人口が急増したのは、18世紀半ば、イギリスで始まった産業革命以降のことで、豊かになるということは、同時に化石燃料を使うこととかなり等しいわけです。ご存じのように産業革命は、まず18世紀、19世紀は石炭、そして、20世紀は石油を使って世界に広がっていったわけで、飢餓をなくすために豊かになろうとすると、化石燃料の使用量が増える側面があります。

では、2番目の危機は一体何なのか。これは地球温暖化ではないかと思います。2年前にパリ協定ができ、そこで世界の人が集まって、「2℃以上上昇しないように」と決めましたが、この2℃上昇という起点は何かというと、産業革命以前の状態なのです。そこから比べて地球の温度が2℃以上上がらないようにしよう。上がってしまうと、もう元に戻れない。できれば上げ幅を1.5℃以内にしようというのがパリ協定で決まったことだったのです。今、来日しているトランプさんがアメリカ脱退という方向を打ち出しましたが、規定上、そう簡単に脱退はできません。実質的にはパリ協定はかなり力を持って、世界に広がっていくと考えた方がいいと思います。そうすると、2℃以上上げてはいけない、1.5℃以内に抑えようとする、一番重要な解決策は化石燃料の使用量を抑制するということになります。明らかに1番目の危機と2番目の危機の対策が矛盾する。これが現在の人類が抱えている最大のジレンマと言っていると思います。

この二つを同時に解決する方法はないのか。かなり厳しいですが、答えは二つしかないと思います。一つは省エネルギー。同じ経済的な効果をもたらすのに必要なエネルギーの量をなるべく小さくしてい

く。少し前の統計になりますが、資源エネルギー庁が発表した統計によると、特定の経済単位、GDPをたたき出すために必要な日本のエネルギーの量を1とすると、アメリカやヨーロッパは大体倍かかります。ロシアに至っては、その時点で16倍かかったのです。ということは、日本並みの省エネが世界に広がっていけば、たとえロシアがかなり経済成長したとしても、それほどエネルギーを消費しないことも可能になる。それぐらい省エネは非常に重要だということです。もう一つは温室効果ガス、二酸化炭素を出さないようなエネルギー源を使うことです。そうなりますと、再生可能エネルギー及び原子力発電が非常に重要になってくるわけです。ただ、原子力発電はもう一つ問題がありまして、温暖化にはいいのですが、使用済み核燃料を出してしまう問題があります。この処理が今のところ、なかなか難しいという問題もあります。そういうことを考えますと、ゼロエミッションのエネルギー源として再生可能エネルギーが一番素晴らしいということになります。省エネルギーをどう進めるか、そして、再生可能エネルギーをどうやって広げていくか。この2点と水素が非常に深く関わっているというのが水素問題の本質なのではないかと思います。

#2 省エネルギーと水素

まず省エネについて考えてみたいと思います。政府は3年前に決めたエネルギー基本計画に基づき、おとし、エネルギーミックス、電源ミックスを決めました。2030年の電源構成ですが、原子力が20～22%、再生可能エネルギーが22～24%、合わせて44%で、残り56%を火力でいくというのが今の電源ミックスです。ただ、この大前提に、今の原子力、再生、火力という三つの電源の他に、四つ目の電源として省エネというのがカウントされています。現在の安倍内閣の下で長期計画を出すときには、毎年1.7%の実質経済成長率があることが前提とされます。それによって自然に増えていく電気の使用量から17%の節電をかけて、9800億kWhという総消費量を出して、その中の内

訳の構成を先ほどのように言っているわけです。ということは、117 になってしまふところを100に抑えた上で、先ほどの三つに分けているわけですから、117の中に占める17というのはかなり大きなウエイトで、原子力の20～22%にかなり近い数字だと言ってもいいと思います。それぐらい節電が重要な要素として入っているわけです。

その省エネを進めていく上で、先ほど日本の省エネは素晴らしいと言いましたが、エネルギー消費は大きく三つの部分に分かれます。一つは産業です。ここが特に日本は頑張ってきた。ただ、日本人は倫理性が優れているから頑張ったというのはちょっとうそで、もっと経済的な理由だと思っています。石油危機が起きた1973年に、今では信じられませんが、全電源の73%が石油火力だったのです。水力が強いと言われた北陸電力でさえ、73%までは行っていませんが、そうだったわけです。あるいは、エネルギーは電気以外にも熱としても使えますので、それを含めると、一次エネルギー全体の78%が石油に依存していた国だったわけです。

そういう状況の中で、一次オイルショックで4倍、二次オイルショックでまた4倍、原油価格が上がって、16倍上がったわけです。バレル2ドルがバレル32ドルになった。これではとてもやっていけないということで、必死の思いで日本の産業は省エネ、あるいは、脱石油に取り組みました。脱石油の中心になったのは、電力で言いますと、原子力とLNG（液化天然ガス）と海外から輸入する海外石炭火力の三つで3分の1ずつぐらいですが、73%だった石油火力の比率を、3.11前の2010年には65ポイント減の8%まで下げたわけです。これが日本人の努力だったわけです。一次エネルギーの比率も78%から42%まで下がりました。そういう意味で、産業用はこのとき、かなり頑張りました。

2番目のエネルギー消費部門は、自動車を中心とする運輸部門です。ここで省エネが進んだのは2000年代に入ってからです。これも倫理的な理由というよりは、経済的な理由だと思っています。1999年から原油価格が再び上がり始めました。1990年代にはバレル10ドル台だったもの

が、何と2008年のリーマンショックの直前にはバレル147ドルまで急騰していきました。そうなってくると、自動車の運転に一番大事な要因は燃費ということになりました。その燃費の向上のために、つまり、車を売するために省エネを一生懸命やったのです。その中で、例えば、ハイブリッドカーという日本のヒット商品が生まれていった。この2000年代に運輸部門はかなり省エネが進みました。ただ、まだやれることがたくさんあります。そこで出てくるのがEV（電気自動車）、あるいは、水素を使う燃料電池車（FCV：fuel cell vehicle）と言われるものです。ここに水素が絡んできます。

ということで、産業用と運輸をかなり頑張ってきたのですが、問題があります。ある意味で一番大きなエネルギー消費部門である民生用は、日本は特に際立って優れているわけではないという点があります。ここはやり残したことがたくさんあります。家屋やビルなどの建物ということになりますので、断熱性を高めることが非常に重要ですが、その中で省エネに大きな期待をされるのが電気と熱を合わせて使う定置型の燃料電池、商品名で言うと、エネファームと言われているものです。これが広がっていくと、残された建物の民生用部門での省エネが進んでくるとということで、水素は多方面で省エネと非常に組み合わせがあるということになります。

#3 再生可能エネルギーと水素

次に再生可能エネルギーです。再生可能エネルギーには二つのタイプがあるということを見ておく必要があると思います。ここでタイプAと書いたのは、地熱・水力・バイオマスです。こちらはいわば筋のいい再生可能エネルギーというか、稼働率も高い、出力変動もあまりない、システムに対する負担も低いということで、非常に優秀な再生電源なのですが、いろいろボトルネックがあり、そう簡単には進んでいないのが実情です。

まず地熱は、日本はものすごいポテンシャルがあります。日本は火

山国なので、世界でアメリカ、インドネシアに続いて、3番目の地熱発電の可能性を持っていると言われています。ところが、ここ20年、大きな地熱発電所は建ってきていません。なぜか。ボトルネックが二つあります。一つは環境規制です。日本はポテンシャルが高いのですが、その地熱に適する土地のほとんどが国立公園ないし国定公園の中ないし周辺ということで、環境アセスをはじめ環境規制が非常に厳しい。これをどういう形で緩和していくかというのが一つの課題だと思えます。

それからもう一つ、世界ではそれほど盛んではなくて、日本で非常に盛んな重要な産業があります。温泉業です。この温泉業者の方が地熱に対して反対運動をされることが多くあります。日本に今、二十数カ所に地熱発電所があり、これによって温泉が枯れたという例は報告されていません。掘る深さが違います。しかし、温泉業者の方にとっては非常に死活問題であることは間違いないわけで、ここをどう対策するのかが問題になるわけです。解決の糸口は見えています。例えば、別府の杉乃井ホテル、あるいは、霧島国際ホテルのように、温泉業者自身が地熱発電をやるケースがあります。それから、大分の滝上という地熱発電所で行われていますが、地熱発電というのは、発電し終わった暖かい蒸気を地中へ戻すわけですが、その一部を地元にとただで熱供給するというやり方。これはニュージーランドで非常に広く行われていて、ニュージーランドは全体の電源の10%は地熱で、そのほとんどをマオリ族という原住民の地域で発電していて、マオリ族に熱供給をしています。こういうやや迂回的可能かもしれませんが、地道な努力をすることによって地熱は進めることができると思います。ただ、時間はかかりそうです。

水力については、電力会社はほぼやり切りました。残されているのは、いわゆる小水力です。日本の技術をもってすれば、2mの落差があれば発電できると言われています。どこに一番ポテンシャルがあるかと言うと、上下の水道用水と農業用水になります。ただ、これは非

常に利用が重要な水道水であり、農業用水なので、規制が厳しいわけです。その規制緩和が問題です。

三つ目はバイオマスです。森の間伐材を使って、バイオマスで専焼ないし他のエネルギーと混焼する。これは森の再生にもつながるし、再生可能エネルギーの利用拡大にもつながるので、非常にいいわけです。ところが、一つ大きなネックがあります。それは日本の林業が非常に弱くなってしまったということです。そのために運輸コストが非常にかかる。逆に言うと、日本中で林業組合が元気なところでは、かなりバイオマス発電は進んでいるという感じになっています。ただ、林業の再建にはそれなりに時間がかかると思います。従って、タイプAは筋がいいのですが、なかなか進まないボトルネックを抱えていることになります。

それに比べてタイプBの風力と太陽光は、あえて言うと、やんちゃな再生可能エネルギー電源です。これは非常に扱いにくいです。稼働率が低い、出力変動が激しい。例えば、太陽光は雨の日は最初から諦めがつくし、晴れの日には期待できるからいいのですが、曇りの日は最悪です。出力が変動してしまうので、それをどうやって系統の方で受け止めるかは大問題になってしまうわけです。それでも太陽光は夏の日が照っているときに発電してくれるので、需要増とマッチするのですが、片方の風力はやや風任せで、需要がないときにどんどん発電してしまったりすることもある。ここら辺が難しいところです。

ところが、世界的に見て、太陽光、風力は劇的に安くなっています。日本でも電源ミックスを決めたときに、2030年の時点で新しく電源を作るとしたら、どの電源が安いというコストを計算したのです。原発の上限がないので、平均値は言えないのですが、下限値で言うと、原子力が一番安い。2番目に安いのは石炭だと思われがちなのですが、そのときの試算で太陽光が2番目に安いということになっています。そういう感じでどんどん安くなっていますから、このやんちゃな方は伸び代がものすごくあるわけです。それをどうするのかというのが問

題になってきます。

そこで大きく問題になるのがF I T（固定価格買取制度）で、これによる国民負担がものすごく広がっています。それをどうするのか。そもそも2030年のことを考えるときに、F I Tを当てにしていたら駄目だと思うのです。下駄を履かせた電源があってはいけない。市場ベースでどう入れるかという話が重要になってくると思います。例えば、ドイツはF I Tで太陽光が増えたわけですが、ドイツの民生用の電気料金は、高いと言われていた日本の電気料金より1.5倍高いのです。そういう状況になってしまうので、F I T頼みである限り、太陽光や風力はあるところまでしか行かないと思います。逆に言うと、F I Tがあるので、どんどん値下げが進まないような逆機能さえ果たしていると思います。

よって、どうやってF I Tなしで太陽光、風力を入れていくのかということを考えていくことが重要になってくると思います。後ほど言いますが、これが日本海沿岸地帯の出番にもなってくるわけですが、リアルに考えると、今後、原子力が使われるにしても、かなりの廃炉が出てくるというところを見ておく必要があると思います。福島第一の事故が起きたときに、日本で54基の原発が動いていて、プラス3基造っていたので、57基あったわけです。そのうち、今日までに既に12基が廃炉になっています。それから、19基が7年近くたっていますが、いまだに「稼働させてくれ」という申請が規制委員会に出していません。もちろんこの中には島根の3号機、浜岡の5号機のような最新鋭の原発もあるので、幾つかは動いてくる可能性があります。ただ、19基のうちのかなりのものは廃炉になってくる可能性があるのではないかと。そして、12基、原子力規制委員会に申請しているけれど、まだ許可が下りていない原子力があります。この中の幾つかは活断層などの問題があり、廃炉になってくるものが出てくるかもしれない。そうすると、57基を出発点に考えると、25～30基ぐらいが廃炉になるということが考えられるわけです。そうすると、この送電線が余ってくるので、そ

ここにどうやって再生可能エネルギーの電気を乗せるのかを真面目にシミュレーションした方がいいのではないかとというのが1点です。

2番目、送電線を作る仕組みを考えようではないか。電力会社は、送電線は高いから作れないと言いますが、本当でしょうか。今、世界的にお金が余っていて、世界の金融市場ではESG投資ということが言われています。環境に優しい (environment)、社会的な価値がある (social)、governanceが効いた投資案件に対しては、どんどん投資していこうではないかというのが世界の流れです。あるいは、国連はsustainable developmentという永続性のある開発ということを言っています。そうすると、太陽光、風力を受け入れるための送電線を充実させるといふ投資案件を電力会社が言った場合、金融市場がこれを歓迎して、そういう会社の株価が上がる、あるいは、社債が発行しやすくなるような条件ができれば、私は送電線ができてくるのではないかと考えています。

そして、一番大事なのは三つ目です。そもそも送電線を必要としないような仕組みを作るということです。送電線を必要としない仕組みとは一体何なのか。二つあります。一つはスマートコミュニティです。地元で作った電気を地元で使うという考え方です。そしてもう一つは、地元で作った電気が余ってしまった場合には、それを水素に変えて運ぶというやり方です。ヨーロッパではこれをパワー・トゥ・ガスという言い方で、北海沿岸で風力の電気がたくさんできて余ってしまうと、その地元で水の電気分解をして、そこで出てきた水素をそのままガス管に入れてしまう。家庭用で2%まで混ぜて、そのまま使う。工場でも発電でも使うことがあります。ヨーロッパで水素と言うと、大体このパワー・トゥ・ガスを指しています。ガス管がないところでも、水素を液体水素という形や、トルエンに混ぜてローリーで運ぶというやり方もあり得ます。3番目の送電線を使わない仕組みに水素が関わってくるといふことになります。その意味で、この再生可能エネルギーにとっても水素は非常に意味があるものなのではないかと思

ます。

#4 なぜ、水素なのか？

ここでなぜ水素なのか、水素のメリットは何なのかということを考えてみたいと思います。1番目はよく言われますが、地球に優しいということです。利用時に二酸化炭素を出さなくて、水しか出てこない。これは非常に大きなメリットですが、ただしがあります。水素を作るときに二酸化炭素が出てしまうと、このメリットは半減するわけです。だから、最終的には再生可能エネルギーで水素を作るのが一番いいということになります。2番目は省エネに貢献するということです。燃料電池での電気の作り方ですが、エネルギー効率が非常にいいです。通常の電気だと、100エネルギー投入して、40ぐらいは熱でなくなってしまうと、60ぐらしか電気として拾えませんが、燃料電池による発電は、ほぼ全部のエネルギーが使えます。それから、さらにエネファームという形で使うと、その電気と熱を合わせて、コージェネレーションという形で使えるということでも省エネに貢献していきます。3番目は非常時に強いということです。例えば、直下型の地震等があり、全電源喪失、あるいは、ガスのパイプラインが止まってしまったときにも、燃料電池車があると、その家だけではなく、周辺の家まで電気を供給することができ、緊急時の発電所になります。この機能は電気自動車（EV）にもあります。ただし、強さが違うので、燃料電池車の方が機能は大きいとは言えると思います。

この1、2、3はよく言われることですが、4番目、5番目はあまり言われていないことです。4番目は日本の技術力を生かせるということです。エネルギー回りで、かつて日本はいろいろな分野で強かったのです。ところが、残念なことに、今、FITで、例えば、どんどんメガソーラーができたとして、どこで雇用が増えるかということ、中国で雇用が増えるという状況になってしまっているわけです。原子力も過去はそれなりに強かったのですが、東芝の状況等を踏まえ、今、

東芝、日立、三菱、フランスのアレヴァという西側の原子力メーカーがみんな力を失ってきて、競争力を持っているのは中国とロシアという実情になってきているわけです。

その中で、エネルギー回りでいまだに日本が強いと胸を張って言えるのは、一つは地熱です。例えば、アイスランドは地熱王国と言われていますが、アイスランドの地熱発電の仕組みは、富士電機をはじめとした日本のメーカーのシステムで動いています。そして、それ以上に日本勢が強いのが燃料電池です。特許の数が圧倒的に違います。周辺の燃料タンクの技術等も含めて日本がリードしている状況なので、水素の活用が広がってくると、雇用をはじめとする経済効果が大きくなるというのが4番目の点です。そしてもう1点、5番目の点を特に強調したいと思いますが、先ほど再生の弱点を水素が埋めるという話をしましたが、水素は水素という形で存在しなくて、大体何かから作られるので、二次エネルギーであることが多いです。さらに水の電気分解で作るという話になると、電気自体が二次エネルギーなので、三次エネルギーということになります。ということは、必ず他のエネルギーと組み合わせると水素というものが生きるのです、いろいろな組み合わせがあり得て、その組み合わせ方によっては、他のエネルギーの弱点を埋めて、エネルギーの在り方を大きく変える可能性がある。実はこの5番目の点こそ、水素社会が持っている一番の可能性。これからどういう組み合わせが起きるか、まだよく分からないというところで

#5 化石燃料と水素

例えば、一番遠そうに見える化石燃料と水素の組み合わせが意外にいいということです。川崎重工が今考えているのは、オーストラリアの北の方のニューサウスウェールズやクイーンズランドでは真っ黒な瀝青炭が取れて、非常に外貨を稼いでいますが、メルボルン周辺のビクトリア州は大地全体が真っ茶色、褐炭ですが、全然使われていない

ので、そこで石炭火力発電をやり、化学工場をつくり、出てくる二酸化炭素と水素のうち、二酸化炭素は、オーストラリアは埋める場所があるので、CCSと言われる二酸化炭素の分離・貯蔵をして、その水素を液体水素という形で日本に持ってこようということです。これはつまり、石炭利用と水素が結び付いてくるわけです。

その上で日本に持ってきた水素をどうやって使うかという、一番ボリュームが出るのは水素発電です。そのときに水素単体で燃やすやり方もありますが、石炭と組み合わせるのが最も有効だと思います。石炭火力は3.11以降の日本のエネルギーを支えてきましたが、二酸化炭素が出るという大きな問題があります。その二酸化炭素を減らすために、いろいろな技術開発が行われていて、最先端のものだと、石炭ガス化複合発電（IGCC）と言われるものが取り組まれています。そこに水素を混ぜる、あるいは、既存の石炭火力のリプレースのときに水素を混ぜるようなやり方をすると、石炭の経済性と水素によってCO₂を下げるという二つを取ることによって、いわば石炭火力の再生を可能にしていく。これが日本海側に非常に大きな可能性があるのではないかと考えています。例えば、具体的に言えば、IGCC最先端のものを中国電力とJ-POWERが広島県で大崎クールジェンという形でやっていますが、その大崎クールジェンは狭くて実験しかできないので、どこに実機を造るかという話になります。そのときに例えば、島根の三隅2号機の増設があった場合には、そういうところが浮かび上がってくる。あるいは、中国電力と北陸電力は元々石炭のウエイトが非常に高いのです。最近、北陸電力は厳しくなってきましたが、3.11の後、原発が全部止まった状況で、なぜ中国と北陸だけが値上げしないで済んだかという、石炭火力が強かったからです。ただ、その石炭は今の上では持たすことができなくて、CO₂を減らさなければいけないので、そこで水素を使うという発想でいくのであれば、例えば、北陸を支えてきた七尾と敦賀のリプレースのときに水素を使うという発想も十分あり得るわけです。そういう石炭と水素の組み合わせ

せも可能です。

あるいは、水素を持ってくる先として、油が取れるところが一番いいのですが、油田は埋蔵量の3割ぐらいいしか自噴しないで、7割は残っているのです。そこに二酸化炭素を押し込んで、石油をたくさん取れるようにする技術(EOR)と結び付けて水素を持ってくるという形。これは石油と結び付いた水素ということです。あるいは、コンビナートの中に水素が余っている。現状、水素ステーションで回っている水素はほとんどコンビナート、特にガラス工場等の電気分解工場で余っている水素が使われる。つまり、作るときに二酸化炭素は出ていますが、コンビナートと水素も相性がいいということになってきます。化石燃料といろいろな組み合わせ方があるというのが水素の面白いところでは。

#6 水素をめぐる四つの誤解

ただ、この手のエネルギー問題を話すときに、自分たちが今取り上げているエネルギーのいいところばかり言うというのが問題です。原子力村があることは間違いないと思いますが、一方で太陽光村もあるし、風力村もあるし、石炭村もあるし、天然ガス村もあると思います。それぞれの学者や企業の人たちがそのエネルギーを応援するが故に、他のエネルギーの悪口を言うということが、3.11以降、しょっちゅう見られますが、私はリアリストなので、資源小国の日本はそれでは駄目だと思うのです。原子力から再生まで全てのエネルギーは重要で、その選択肢の中でどう組み合わせていくかを真面目に考えてきたというのが、日本人がここまでやってこれた最大の理由だと思いますので、水素を論じるときも、水素を過大評価してはいけません。水素の問題点を直視しなければいけないと思います。

水素に関するよくある四つの誤解をあえて申し上げたいと思います。一つは無条件に「地球にやさしい」わけではない。これは先ほどから申しているとおりです。水素利用時には地球にやさしいですが、

作るときに二酸化炭素を出すということは大いにある。現状はむしろ二酸化炭素を出しながら作った水素を、水素ステーションで売っているのが現実です。そこを見なければいけない。だから、最終的には再生可能エネルギーと結び付けなければいけない。

それから、「地球上に無尽蔵に存在する」わけではない。水素は無尽蔵にあるという言い方をする人がいますが、無尽蔵にあるのは水で、水から水素を作るために電気分解しなければいけない。そうなってくると、かなりの無駄が出てくるところを見なければいけない。

それから、「日本は水素先進国である」わけではない。先ほど言ったように、燃料電池先進国ではありますが、水素インフラに関しては先進国ではありません。欧米の方が進んでいます。日本で今、水素ステーションを造ると、大体5億円かかると言われています。ヨーロッパでは2億円だと言っています。その違いは、日本では規制が厳しすぎるという面もありますが、日本ではまだ量産効果が働いていないというのがもう一つの大きな理由です。

それから、「水素社会の到来が近い」わけではない。今日のテーマも「水素社会」と言わないで、あえて「水素活用社会」と言っているのは、ボリュームを考えると、まだまだ遠いということです。政府は三つのステップで、第1ステップは燃料電池、つまり燃料電池車とエネファームを普及させると言っています。例えば、2030年までに530万台のエネファームと、かなり意欲的な目標ですが、燃料電池車、エネファームが普及したとしても、電源で言うと、水素は2%にしかすぎません。一次エネルギーで言うと、1%にしかすぎません。とても水素社会とは言えません。本当に水素社会と言えるようになるためには、水素発電が一番ボリュームを稼がなければならない。ところが、電力会社は現状、水素発電に関しては、非常に消極的で、ここが進んでいない。どちらかというと、電力会社はアンモニアを使う方向を今模索している感じがあり、ここが今の日本の水素社会に関して、一つのネックであるというところははっきり見ておかなければいけない。

第3ステップは、政府は再生と水素を結び付けるという話をしていますが、こちらの方は意外に進んでいます。日本海側の自治体もたくさんあり、出雲市みたいに非常に早い時期からやったところもありますが、水素と再生を結び付けようという動きは、ボリューム的には大したことないかもしれませんが、提案の数で言うと、雨後のたけのこのように全国から出ているというのが実態です。そういう意味で、水素社会の到来が近いというのはちょっと言い過ぎだというのは見ておかなければいけない。こういう四つぐらいの誤解があると思います。

#7 水素社会実現への課題

ということで、どういう課題があるのか。一番大きいのはコストの問題です。このコストの問題をどうクリアしていくかということで、私は二つのことが重要だと思っています。一つは時間差攻撃というか、二段階でコスト削減を達成する。まずは副生水素。つまり、電解工場等のCO₂を出しながら作る水素でも構わないので、そういう水素を使って水素のインフラを整えて、その上で少し時間を置いてから再生可能エネルギーと結び付けていくという二段階のアプローチが一つ必要だと思います。そしてもう一つは、化石燃料とうまく結び付けるということです。水素の最大の特徴は環境にやさしい、最大のデメリットは高い。その逆のものと組み合わせればいいわけです。逆のものは何かというと、安いけれど、環境に悪いもの、つまり、石炭ということになります。この石炭の黒と水素の白を結び付けるいろいろなアイデアが、実はコスト削減にとってはかなり重要になってくるのではないかと。これは日本海側で石炭火力があるところでは、全部打ち手があることなのではないかと思っています。

2番目に社会的受容性です。水素に関して、多くの住民の方には不安感があります。そこははっきり見なければいけません。特に福島第一の事故は水素爆発と言われました。日本海の向こう側には水素爆弾を作っている国がある。そういう意味で、水素に対して非常に不安感を

があるのは確かだと思います。しかも、水素の保安は結構厄介なところがあり、まず漏れないようにしなければいけない。だけれど、漏れてしまったら、狭い空間にたまらないようにして抜かなければいけない。抜けば、ぱっと抜けて安全なので、漏れないということと、たまらないという両方を達成するアプローチが難しいところがあります。そういうところまで含めてきちんと説明して、安全と安心を実現していくことが大事だと思います。ちなみに、福島第一の水素爆発は水素が爆発したことは間違いありませんが、あれは中に放射能が入っていて抜けなかったことによって爆発してしまったので、放射能の問題だということは見ておかなければいけないと思います。

それから、意外にネックになるのが三つ目の点、サプライチェーンの一斉立ち上げです。どういうことかと言うと、水素ステーションを造ろうとしても、燃料電池車が走っていない。燃料電池車を造ろうとしても、水素ステーションがない。これが長らく水素が始まらないネックになっていたのです。鶏と卵問題と言われていて、どちらが先だか分からない。そこで東京の八王子の垣見さんというガソリンスタンドを営みながら水素ステーションに取り組みされている方が、「鶏と卵をやめて、花とミツバチでいこう」と言い出して、その後、それをトヨタが言ったので、だっと広がりました。つまり、「せーの」で同時に立ち上げればいいという話になりました。その「せーの」で立ち上げるには、どのようにして立ち上げるかという、自治体の役割が非常に重要になってくるわけです。市場に任せていると、「せーの」では立ち上がらないので、音頭を取る人が要ります。全国津々浦々から水素の動きが出てくるときに、地方自治体の役割にもものすごく光が当たっています。世界を見ても、ハンブルグの水素船やベルリンの飛行場の水素化、フランス東部の地方における水素を使った郵便車、カリフォルニアの水素フォークリフト、FCフォークリフトなど、必ず地域名が入るのが水素の特徴です。水素は地元の自治体がかんで、地方ごとに立ち上がってくるという面白いエネルギーの特徴がある。それ

が3番目の点に関わっていると思います。

#8 水素社会の実現に向けた東京戦略会議

例えば、私は水素社会の実現に向けた東京戦略会議の座長をさせていただいて、こういう目標を決めました。東京の場合、「せーの」で立ち上げるときに非常に有利な条件がありました。それは2020年の東京オリンピック・パラリンピックです。みんなが同じ方向を向くのによかった。ただ、例えば、水素ステーションの整備は、密度からいけば、愛知県の方が進んでいます。東京の最大の特徴は、2番目の燃料電池車・バスの普及です。これは既に東京駅とビッグサイトの間を走っていて、オリンピック・パラリンピックまでには100台導入するということで、バス専用の大型の水素ステーションが四つ要ることになりますが、東京の一つの特徴は燃料電池車・バスのところにあります。

#9 東京オリ・パラ選手村地区のエネルギー革新

それから、こちらも座長をさせていただいていますが、もう一つの大きな特徴は東京オリンピック・パラリンピックの選手村の跡地利用としての水素化です。これは残念ながら、オリンピック・パラリンピックのときには間に合わないのですが、2年後の2022年に開村ということで、まちの中に水素のパイプラインを通すというやり方をしていく。併せて、隣の清掃工場の熱利用と全体のエネルギーマネジメントをかけていくというやり方が進んでいます。

#10 全国の自治体の取り組み

今、全国で水素に関して言うと、v s 東京という言葉がはやっています。東京に負けるなということで、たくさんの地方からの取り組みがあります。ざっと申し上げますと、例えば、愛知県はトヨタのお膝元ということもあり、水素ステーションの数、燃料電池車の数は、密度からいくと、全国一です。北九州はスマートコミュニティの取り組

みの中で、東田地区で実現しましたが、民生用の水素のパイプライン供給を初めてやりました。ただし、その水素の元は隣にある新日鐵住金の製鉄所の水素ということなので、CO₂を出しながら作っている水素ということになります。川崎市はいろいろありますが、今度の2020年のオリンピック・パラリンピックに向けて、千代田化工がブルネイからトルエンに混ぜて水素を持ってきます。トルエンに混ぜることによって通常のタンカーで運んでこられるので、そこは安いのですが、それをもう一回水素に戻すときに、400℃の熱が要るので、どうしてもコンビナートでないと水素に戻せない。戻した水素を川崎コンビナートの中の東亜石油で水素発電を行うというやり方です。神戸は川崎重工が液体水素という形で持ってきて、水素発電でいくと、ここが一番早いかもしれませんが、2020年に向けて、埋め立てたエリアで実行しようとしています。

同じく関西空港では、水素をフォークリフトで使うという取り組みがあります。それは下の山口県周南市も同じです。周南市の取り組みが面白いのは、四大都市圏以外で初めて水素ステーションができたところです。どこにできたかという、まちの食品卸売市場の中にできました。二つ蛇口があって、片方は70MPaで、いわゆるM I R A IやホンダのクラリティF Cなどに供給する蛇口ですが、もう一つの半分の圧力の35MPaはどこに出しているかというと、そこのフォークリフトに出しています。フォークリフトは公道を走れないので、フォークリフトを使う場所に水素ステーションを造るという考え方になります。F Cのフォークリフトの最大のメリットは何かと言うと、充填する時間が短いということです。カリフォルニアで爆発的にF Cフォークリフトが増えているのは、24時間365日稼働することを特徴としている倉庫業において、室内だと化石燃料系は労働条件が悪くなるので、みんな電池系に切り替えていく。E Vを選択したわけですが、E Vは充填に時間がかかってしまう、あるいは、燃料電池の置き場というスペースの問題もあります。そこで倉庫の競争力を出すために、フォー

クリフトに転換していくという動きがあります。これは卸売市場みたいなものがあるところということで、ほとんどの市町村、あるいは、港があるところ、空港があるところと広がっていきます。FCVだけだと七百数十万円する車で、いろいろ補助が入っても、1台に400万円ぐらい払わないと買えない車なので、ある意味では、お金持ちがいるところ。お金持ちがいるというのは、一定の確率で考えれば人口があるところということになり、どうしても四大都市圏が中心になっていた展開が、フォークリフトという切り口で一斉に全国に広がっていくというのが、関空にしても、周南市にしても面白いところで、今、これがどんどん広がろうとしています。アメリカのメーカーしか作っていなかったFCフォークリフトを、今度、豊田自動織機が国産化するということになりました。

あるいは、弘前市は污水处理場のバイオガスを使って水素を作るという方向を出していますし、南相馬市は他の地域にもありますが、本格的な水素ステーションではなくて、ホンダのSHSという小型の水素ステーションを使いながら水素利用を始めている。これは例えば、東芝の小型のH₂O n eを使いながら、長崎のハウステンボスの「変なホテル」で水素を利用しています。こういう小ぶりな使い方もあるということで、全国でいろいろな動きがあります。

#11 日本海沿岸地帯への期待

ということをお話ししてきましたが、最後に日本海沿岸地帯への期待をまとめてみたいと思います。

スマートコミュニティにしろ、あるいは、水素ステーションにしろ、よく語られる世界のベンチマークがあります。それはドイツのシュタットベルゲです。これはまちの電気、ガス、水道、場合によっては鉄道まで含めて地元の自治体単位で運営してくというやり方です。一方で、4大電力会社がいるわけですが、それとは別にシュタットベルゲが全体の5分の1ぐらいのエネルギー供給を果たしているという世

界があります。あるいは、アメリカ合衆国の中西部、あるいは、オーストラリアの西部に行くと、オフグリッドという仕組みがあります。これは例えば、自分の家の屋根の上で発電した太陽光発電を余ったら地域、近場の人に売る。あるいは、風力がある場合には、その風力もそういう形で売る。足りないときにはグリッド、電力会社から電気を買うわけですが、基本的には自給自足で回していくというやり方です。FITは無しで、太陽光、風力がどんどん入っていく上で、このオフグリッドという仕組みは非常に大きな役割を果たしています。こういうものがなぜ進んだのか。端的に言うと、インフラが不十分だからです。ドイツの大都市部分は4大電力会社が押さえてしまったのですが、ドイツのコミュニティの地方はなかなか送電線が来ないということで、歴史的に地元の住民が送電線を作ったり、ガス管を引いたりして、そこからシュタットベルゲというものが出てきたのです。アメリカの中西部、オーストラリアの西部も同じで、全国的な送電線が弱い。届いていないわけではないけれど、非常に細いので、そこには頼れないということで、自分たちのオフグリッドを整えていったわけです。もちろん日本の日本海側の送電も決して弱くありません。ただ、ガス管に関して言うと、非常に弱いです。ガスの高圧パイプラインは、実際のところ、日本海側は新潟から富山の間しか通っていないと言っていると思います。他のところにはありません。

そういうことを踏まえて考えると、これからの時代は総合エネルギーなので、電力もガスもセットでいかなければいけない。そのときに、相対的にエネルギーのインフラが弱いのは日本海側なので、そこからいろいろ風穴を開けたシュタットベルゲ的な展開が起きてくる必然性があると私は思っています。ただ、大きな壁があります。それは送電線を電力会社が持っていて、隣に売るためにはkWh当たり9円かかるのです。家庭用の電気料金は23円ぐらいなので、9円はものすごいお金で、余っても隣に売れない。これがオフグリッドがいかない、スマートコミュニティがいかない最大の理由です。そこをどうやって

突破していくのか。全国的に「せいの」で変えるのは難しいと思います。私は特区などを使って、具体的にそれぞれのまちで幾つか成果を上げていくしかないのではないかと考えています。

私が知っている限りで、これに一番近いのは日本海側の鳥取で起きているとっとり市民電力の挑戦です。中国電力と北陸電力は値上げしていないので、今、新しい低圧の電力のスイッチングの比率は中国と北陸が一番低いのです。中国地方のガス会社は全部、中国電力に勝てない。しかも、中国電力が打ち出した新メニューがカーブのマツダスタジアムに行けるといふ非常に魅力的な新プランで、自由化とともにカーブが強くなったこともあり、強力です。その中国地方全体の中で唯一、中国電力に弓を引いていると思われるのが、このとっとり市民電力です。直前では石川県で石川電力という新しい動きがあり、これも北陸電力という非常に強い相手に挑戦を仕掛けてくる。こういう動きが日本海でどんどん始まっているのです。私が知っている限り、富山県、あるいは、敦賀市などでも、水素に対してどんどん積極的に進めていこうという動きがあります。特区を使いながら、スマートコミュニティ、あるいは、水素分散型電源みたいなことを考えていくやり方は、太平洋側からは起きないと思います。日本海側で分散型の世界がどんどん出てくるということが、日本の国土の強靱化、内なるエネルギーセキュリティにつながっていくのではないかと考えています。

2017.11.07 / ホテルニューオータニ(東京都千代田区)

平成29年度日本海沿岸地帯振興促進議員連盟総会、
日本海国土軸・環日本海交流推進大会
特別講演

水素活用社会の可能性 : 日本海沿岸地帯への期待

橘川 武郎(きっかわ たけお)
東京理科大学大学院イノベーション研究科教授
東京大学・一橋大学名誉教授
kikkawa09@gmail.com

1

人類が直面する二つの危機

(1) 飢 餓

- ・現在も最大の死亡原因
- ・解決には「豊かさ」が必要→化石燃料の使用の増大

(2) 地球温暖化

- ・パリ協定: 「2°C上昇が限界」「できれば1.5°C以内」
- ・化石燃料の使用を抑制せざるをえない

(1)と(2)を同時に解決することの困難性

- ・答えは、二つしかない
- ・①省エネルギー
- ・②温室効果ガスを排出しない(ゼロエミッション)
エネルギー源の使用

2

省エネルギーと水素

- ・「第4の電源」として省エネによる節電の「見える化」
2030年の電源ミックスの前提に組み込む
- ・民生部門に重点をおく省エネ
住宅・建築物における省エネ
定置型燃料電池の活用による熱と電気の同時利用
- ・運輸部門に重点をおく省エネ
燃料電池車の可能性
電気自動車にも期待
- ・地球温暖化対策としても貢献度高い
- ・世界最高水準の省エネ技術は、
わが国産業のコア・コンピタンス

3

再生可能エネルギーと水素

- ・大幅拡充を前提に、技術的・制度的ネックを1つ1つ克服する
- ・再生可能エネルギーには二つのタイプがある
- ・タイプA:地熱・水力・バイオマス
規制緩和(地熱、小水力)、温泉地との利害調整(地熱)、
物流コストの低減(バイオマス)
- ・タイプB:風力・太陽光
FIT(固定価格買取制度)後がむしろ重要
原発廃炉による余剰送電線の利用、
送電線を作る仕組み、
送電負荷を減らす仕込み
- ・ヨーロッパにおける「パワー・トゥ・ガス」
送電線を不要にするエネルギー運搬手段としての水素

4

なぜ、水素なのか？

- (1) 地球にやさしい: 利用時に二酸化炭素(CO₂)を排出しない
 - * ただし、生成時にCO₂を排出することもある
 - * 再生可能エネルギーによる生成が理想的
- (2) 省エネに貢献: 燃料電池はエネルギー効率が低い
 - * 水素と酸素の電気化学反応のため発電効率が低い
 - * 家庭用等の定置型: 熱と電気の有効利用
- (3) 非常時に強い: 分散型電源としての燃料電池の防災機能
- (4) 日本の技術力を活かせる: 経済的波及効果が大きい
 - * 燃料電池の特許出願件数で2位を大きく引き離して世界1
 - * 水素タンクの技術でも世界をリード
 - * 家庭用燃料電池、燃料電池車の実用化で世界の先頭を切る
- (5) エネルギーのあり方を変える: 他のエネルギーを活かす
 - * 様々な製造方法
 - * エネルギーを運ぶ手段にもなりえる

5

化石燃料と水素

- ・海外の石炭火力でCO₂を分離・貯蔵し(CCS)、水素で運ぶ
- ・IGCC(石炭ガス化複合発電)での水素混入
- ・海外での石油/天然ガスの増進回収(EOR)とCCS&水素
天然ガスと水素の混焼による発電
ガス・パイプラインへの水素の混入
- ・コンビナートにおける水素活用

6

水素をめぐる4つの誤解

- (1) 無条件に「地球にやさしい」わけではない
 - * しばしば生成時にCO2を排出することもある
- (2) 「地球上に無尽蔵に存在する」わけではない
 - * 無尽蔵に存在するのは水
 - * 水を電気分解するときに使われる電気が何から作られるのか
 - * 水を電気分解して得られる水素は「3次エネルギー」
- (3) 「日本は水素先進国である」わけではない
 - * 日本は「燃料電池先進国」
 - * 水素インフラの整備では欧米に遅れをとる
- (4) 「水素社会の到来が近い」わけではない
 - * 燃料電池だけではボリュームが出ない
 - * 鍵を握る水素発電に肝心の電力業界は消極的(アンモニア・蓄電池を志向)

7

水素社会実現への課題

- (1) コスト
 - どのように量産のステージを迎えるか
 - 副生水素の有効活用(周辺自治体との協力)
 - 水素の「ゼロ・エミッション」と石炭の「安さ」を組み合わせる
- (2) 社会的受容性
 - 東京電力・福島第一原発の「水素爆発」の影響
 - 安全と安心の確保
- (3) サプライチェーンの一斉立ち上げ
 - 水素のインフラ面では諸外国に立ち遅れる日本
 - 燃料電池車と水素ステーションの「花とミツバチ」問題

8

水素社会の実現に向けた東京戦略会議

(1) 水素ステーションの整備

- * 2020年までに35カ所(車での到達時間15分)
- * 2025年までに80カ所(車での到達時間10分)

(2) 燃料電池車・バスの普及

- * 燃料電池車: 2020年まで6000台、2025年までに10万台
- * 燃料電池バス: 2020年までに100台以上の導入(都バスで先導的に導入)

(3) 家庭用燃料電池や業務・産業用燃料電池の普及

- * 家庭用燃料電池: 2020年まで15万台、2030年までに100万台
- * 業務・産業用燃料電池: 2017年高効率モデルの市場投入、2020年以降本格普及

(4) 安定的な燃料供給: 経済的波及効果が大い

- * 燃料電池車・バス向け: 2020年までにハイブリッド車の燃料代と同等以下の水素燃料価格
- * 水素発電向け: 海外からの水素価格(プラント引渡価格) 30円/Nm³を実現

(5) 社会的受容性の向上

- * 水素の安全性やリスクに関する情報を提供する環境の整備
- * 水素エネルギーの認知度の向上

9

東京オリ・パラ選手村地区のエネルギー革新

- ・東京都中央区晴海5丁目の一部(18ha)
- ・2022年に「街びらき」
- ・総戸数5650戸、集合住宅24棟、210mの幹線道路+1570mの区画道路

(1) 水素事業

- サブタンク付き水素ステーション(車両向け+街区向け)
- 燃料電池車(FCV)やFCバス
- 街区ごとに純水素型燃料電池
- 各戸にはエネファーム
- 未付奥によるコストダウン

(2) 熱供給

- 隣接する清掃工場からの未利用熱の導管供給

(3) エネルギーマネジメント

- AEMS(Area)、MEMS(Mansion)、HEMS(Home)
- 太陽光発電も活用
- 2030には13年比で二酸化炭素排出量48%・一次エネルギー消費量21%削減

10

全国の自治体の取り組み

- * 愛知県
- * 北九州市(東田地区)
- * 川崎市
- * 神戸市・関西空港
- * 弘前市
- * 南相馬市
- * 周南市

11

日本海沿岸地帯への期待

- * インフラの不十分性→分散型エネルギー網の充実
ドイツのシュタットベルゲ
北米、豪州のオフグリッド
- * とっとり市民電力の挑戦
- * 富山県、敦賀市などの動き
- * 「内なるエネルギーセキュリティ」の重要性

12

日本海沿岸地帯振興促進議員連盟

日本海沿岸地帯振興連盟

両連盟は、昭和39年の設立以来、相互に協調し、連携しながら、日本海沿岸地域の高速交通体系をはじめ、産業基盤、情報・通信基盤、生活環境基盤の整備拡充を行い、日本海国土軸の形成を目指すとともに、対岸交流を推進し、もって新日本海時代の実現を期することを目的として、日本海国土軸・環日本海交流推進大会や特別講演会の開催等活発な活動を展開してきています。

日本海沿岸地帯振興促進議員連盟

- 会 員 日本海沿岸12府県（青森県、秋田県、山形県、新潟県、富山県、石川県、福井県、京都府、兵庫県、鳥取県、島根県、山口県）の地域等から選出され、同連盟の目的に賛同する衆・参議院議員
- 会 長 河村建夫 衆議院議員

日本海沿岸地帯振興連盟

- 会 員 日本海沿岸12府県（青森県、秋田県、山形県、新潟県、富山県、石川県、福井県、京都府、兵庫県、鳥取県、島根県、山口県）の各府県知事、府県議会議長、市町村長代表、市町村議会議長代表、経済・産業団体代表等
- 世話人代表 石井隆一 富山県知事
- 事務局 〒930-8501 富山市新総曲輪1番7号
富山県総合政策局企画調整室内
T E L 076(431)4111(代表)
F A X 076(444)8694