

「脱炭素社会実現に向けた 水素エネルギーの可能性」 —生活と環境全国大会 特別講演から—

さ さ き かすなり
佐々木 一成

九州大学副学長／水素エネルギー国際研究センター長



九州大学・佐々木一成副学長

水素は脱炭素燃料の代表

本日はこのような素晴らしい機会をいただきまして、主催者ならびに関係の皆さま方に心より感謝申し上げます。本大会のプログラムを拝見し、多くの方々が環境問題に本当に真摯に対応されていると感じました。心より感謝申し上げ、敬意を表したいと思います。

今日は、身近なところですぐに変わるという話ではありませんが、逆に地球規模でわれわれが一番大きな課題として直面している気候危機・地球環境問題を根本的に改善するためにはどうしたらいいかという取り組みについてお話します。

気候危機の話はCO₂の排出が大部分だということは皆さんよくご存じだと思います。CO₂排出の大部分はエネルギー由来ですので、脱炭素社会を実現するには、エネルギーを脱炭素化していくことが大事です。そして、脱炭素燃料の代表的なものが水素です。今日は脱炭素燃料の現状・課題、そして国を挙げてどんな取り組みをしているかお話しします。

九州大学は福岡市の西のほうにあります。が、実は日本の国公立大学なかで一番大きなキャンパスを持っています。演習林や農場などを除いて、学生がいて、講義を行う、そういう取り組みができる場所という意味で一番大きなキャンパスです。九州大学では、脱炭素を非常に重要な取り組みとして、三つのミッションの筆頭に掲げ、大学を挙げた取り組みをしています。

人類とエネルギーの関わり

水素の話をする前に、そもそもわれわれがエネルギーとどういう付き合いをしてきたのかというところから話を始めたいと思います（図1）。

人類が生まれた頃、原始人がどのぐらいエネルギーを使っていたのか。資料には4,000kcalという数字が出ています。kcalと

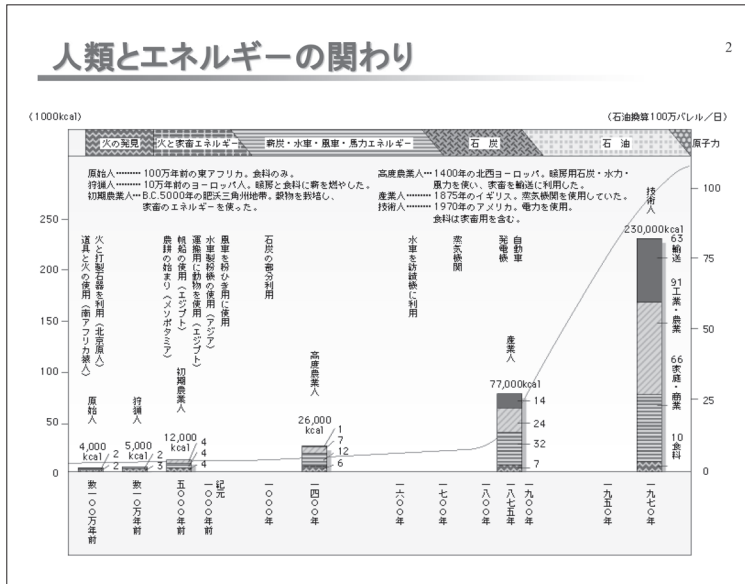


図1 人類とエネルギーの関わり

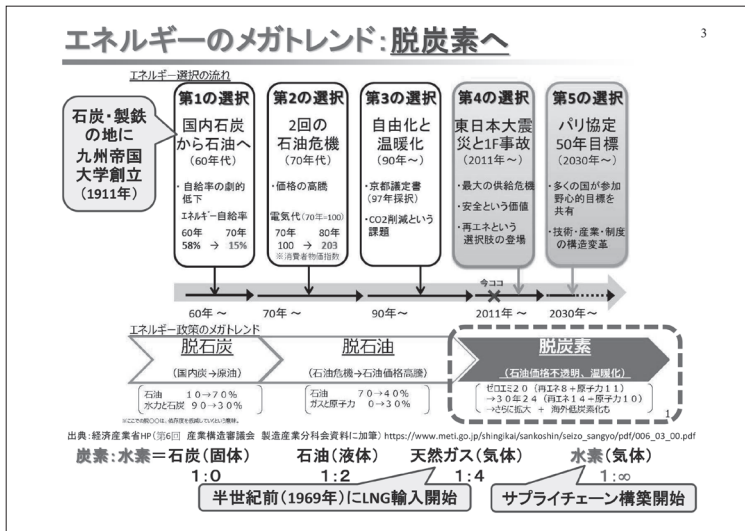


図2 エネルギーのメガトレンド：脱炭素へ

が、明らかに増え方が変わってきたのが産業革命以降です。産業革命以降、われわれが使っているエネルギーは右肩上がりに増えてきて、今は原始人と比べて遥かに多いエネルギーを使っています。これによってわれわれは快適な社会を作り、快適な生活ができて、行きたいところへ移動できるということを享受してきたわけです。これもエネルギーあってこそこの話ということがわかりいただけると思います。

エネルギーのメガトレンド

このようにエネルギーの使用量は増えてきていますが、エネルギーの使用量が、アジアで、日本で本格的に増え始めたのは産業革命以後であり、今日皆さんが来ているのは、アジアで初めて産業革命が起こった地、北部九州です（図2）。

当時はまさに石炭が代表的なエネルギー資源でしたが、その3分の2が

いってもピンと来ないと思いますが、コンビニに行くと弁当に「何kcal」と付いているので、お弁当一つが何kcalとわかります。4,000kcalということは、つまりほとんど食糧プラスアルファぐらいのエネルギーを使っていたということです。

その100万年以上前から、少しずつエネルギーの使用量は増えてきているわけです

北部九州で産炭されていました。石炭を使う大事な産業は、日本が発展し始めるときから始まっている製鉄です。官営八幡製鉄所は、皆さんも日本史の教科書で習ったと思いますが、1901年にこの地に造られました。ここから歩いてすぐのところですよ。日本が先進国になるために、国を挙げて国を強くする、産業を発展させる、今日はまさ

にその地に来ていただいたわけですから。

石炭の時代には、この地域は潤っていましたが、それ以降、脱石炭となり、そしてオイルショックがちょうど50年前に起こり、急速に脱石油の時代が来しました。そして今、地球環境問題を前にして、われわれは脱炭素の時代を迎えています。

その間、われわれが主に使うエネルギーは、石炭から石油、そして天然ガスにシフトしてきました。このようなエネルギー転換は非常に時間がかかります。天然ガスの場合、日本が1969年に天然ガスを液化してLNG（液化天然ガス）としてアラスカから持ってくるところから始まっています。ちょうど都市環境問題が非常に深刻化して、これ以上首都圏に発電所を造れないというときに、LNGというクリーンな燃料があるということで、関東に持ってくることができました。高かったのですが、それを英断したことで、今は天然ガスをそれなりにうまく使う社会になっています。

ただし、天然ガスが各家庭の隅々まで行くのにはどこでも15～20年かかっています。エネルギー転換は1～2年で済むものではなく、5年、10年、15年というスケールで、非常に時間がかかるプロセスであることもご理解いただけたと思います。しかし、天然ガスでもCO₂を排出しますので、今は炭素を含まない脱炭素燃料を本格的に使うためのサプライチェーンを作っていくと、政府でも本格的に議論しています。

エネルギーの代金

脱炭素に向けてエネルギーの話をき

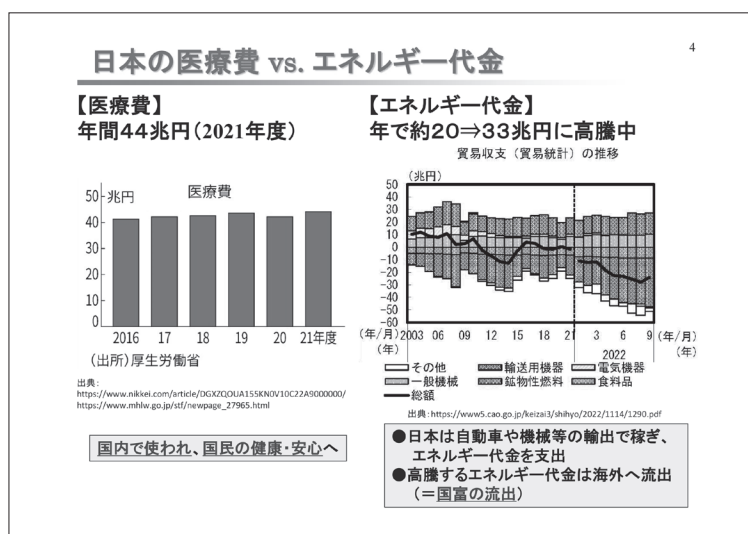


図3 日本の医療費 vs.エネルギー代金

とする必要があるのですが、エネルギーの問題がどのぐらいのスケールのものかは、われわれがどれだけ費用を払っているかで見るとわかりやすいと思います(図3)。例えば日本の場合、コロナで数年間苦労しましたが、医療費に年間40兆円以上、毎年使っています。この40兆円は、われわれの健康や何かあったときの医療に使うわけですから、ある意味で日本のために使われています。しかしエネルギーの場合、エネルギー代金はほとんど海外に流出しているのが現状です。

特に2022年はエネルギー価格が高騰したため、電気代で苦労された方が多いのではないかと思います。今は少し落ち着いてきていますが、併せて円安が進んでいるので、決して状況が元に戻ったわけではないことはご存じのとおりです。年間20兆円ぐらいだったのが、昨年は33兆円まで膨らみましたが、このお金は日本に返ってくるお金ではなく、海外にそのまま流出している金額です。消費税1%は約2.5兆円です。エネルギーを使わない人は多分いませんから、33兆円というと実は消費税10数%が社会全体に上乗せされているわけです。消費税は日本で福祉や将来の社会保障に使われるの

ですが、エネルギー代金はほとんどすべて海外に持っていかれるので、これをどうにか減らしつつ、エネルギーをいろいろなところから買えて、地政学的なリスクも減らすというのが、われわれに求められていることだといえます。

再生可能エネルギーの利用

このようにエネルギーはわれわれにとって非常に重要で、そのスケールもかなり大きいことがご理解いただけると思います。環境問題を減らすために、われわれが一丁目一番地で取り組んでいるのが、再生可能エネルギーを増やしていくことですし、この会場の多くの方がそこに関わっていると思います。

代表的なものが太陽光発電であり、屋根に太陽電池が付いているご家庭も多いと思います。屋根に敷き詰めると3～4kWくらいの電気ができるので、家庭で使うより少し余裕が出るぐらいで、売電して少し収入も得られるのが太陽光発電のポイントだと思います。

日本でこれから増えていくのが風力発電です。北九州市の場合も、海沿いの響の辺りでは洋上風力を造る話が進んでいますし、

かなり大きなサイズのものも造れるのが風力発電の特徴です。九州でも今はまだ太陽光発電の割合が多いのですが、接続の申込みや接続の検討まで含めると、どこかで風力が太陽光を上回ることも予想されています。

さらに農業が盛んな地域には、九州では南のほう、北海道や東北もそうですが、当然バイオエネルギーがあります。ご存じのとおり植物が成長するときには光合成で大気中のCO₂を吸って成長します。植物の使わないところを例えばペレットにして、バイオマスエネルギーという形で使います。もちろんCO₂はまた出のですが、大気中にあったものを吸収したものが、もう1回元に戻るだけなので、トータルではCO₂が大気中で増えているわけではありません。これをいわゆるカーボンニュートラルといいます。バイオエネルギーはカーボンニュートラルなエネルギーとして期待されています。

水素による脱炭素イノベーション

このように再エネが増えてくるので、積極的に取り入れていくことが大事なのですが、再エネを入れれば脱炭素社会が実現するかどうか、実はそれは社会のなかの一部であ

り、社会全体の脱炭素化をするには、社会全体のCO₂排出を考え、それを実質ゼロにしていく取組みの検討が必要です(図4)。

日本全体で1年間にどのぐらいCO₂を排出しているかというと、運輸・産業・民生・電力、すべてを合わせて10億～11億tぐらいが全体量になります。大事なのは電力由来のCO₂、つまり電気を作るときに出てくるCO₂で、資料では5.1億tで

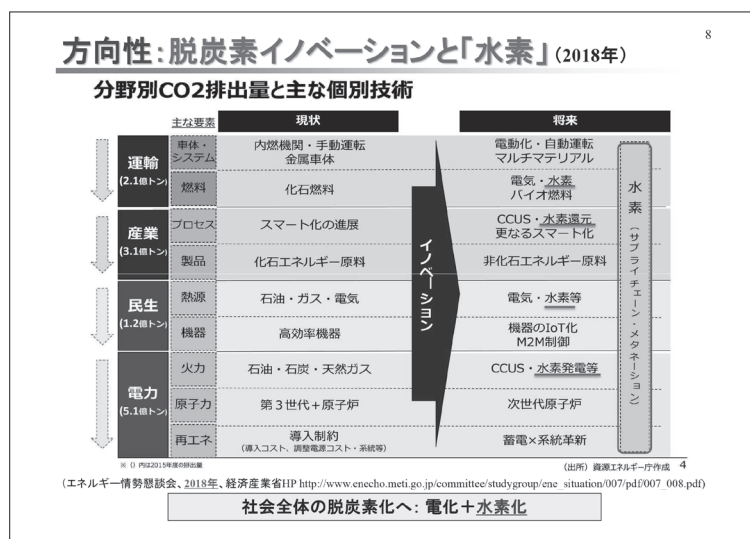


図4 方向性：脱炭素イノベーションと「水素」

す。つまり10億tのうち電力由来は半分弱ぐらいです。電力に一生懸命再エネを入れれば、電力は理論上カーボンニュートラルになるかもしれませんが、実は運輸や産業、民生も含めたCO₂の排出を減らさないと、結局社会全体のカーボンニュートラルは難しいということが、量的にもわかっていただけたと思います。

電力由来も多いのですが、次に来るのが産業活動で出てくるCO₂です。製鉄、化学工業、セメントなどでかなり熱を使う、もしくは燃料・原料をかなり使うなかで、CO₂がかなり排出されます。

運輸では、自家用車もありますが、最近ではAmazonなどで買えば配達してくれるなど、トラックやバスでの配送等でのCO₂排出が結構あります。また家庭、民生でもCO₂を出しています。

それらをすべてゼロに近づけていくということですから、言うは易く行うは極めて大変だということもご理解いただけたと思います。

この資料は5年前、2018年のものですが、その解決策は何か。例えば車では電気自動車や水素自動車を入れ、エンジン車も残しますがバイオで作った燃料で走らせるといった解があります。産業活動では水素還元があります。例えば製鉄も今は石炭・コークスを使っていますが、水素で鉄鉱石を還元させる技術開発がグリーンイノベーション基金等で進められています。

資料を見てみると、電気を使うことがまず一つの大きなポイントです。電気は、使うところではCO₂を出しませんし、運びやすいので、電化を進めるのが大事なポイントになります。しかし、水素をはじめとする脱炭素燃料を入れないと、実は社会全体の脱炭素化は難しいということもイメージできると思います。「電化」という言葉は皆さんよく知っていると思いますが、「水素化」はまだまだ認知されていません。これが政

府のエネルギー施策の根幹にあります。

政策による実現戦略

実際になぜ水素が重要になってくるのでしょうか。革新的環境イノベーション戦略という政府の政策があり、2020年に発出されています（図5）。現在のいろいろな施策は大体これをベースに作られています、ポイントが幾つかあります。

まず再生可能エネルギーを増やしていくことで、これは多くの方の共通した思いだと思います。九州は太陽光、風力、地熱が豊富ですし、バイオエネルギーなど、いろいろな未利用の自然エネルギーを使っていくことが大事なポイントです。

それらは基本的に電気になるので、電気という形で使ったほうがいいわけですが、当然余る電気がどんどん増えていきます。九州では、昼間の電気は接続調整するぐらいまで再エネが増えています。今は余る電気の接続を切っているだけですが、水を電気分解して水素を作っておけば、貯めることができますし、パイプラインで融通することも可能です。これが水素が期待されている理由の一つです。

もう一つ、自然エネルギーを増やすのは共通した思いだと思いますが、例えば東京のエネルギーをすべて自然エネルギーで賄えるか、東京の再エネで賄えるかというところ、もちろんいろいろなビルに全部太陽電池を貼り付けるという方法がありますが、それでもなかなか追いつきません。

他方、海外を見回すと、再生可能エネルギーが非常に安くなっている地域がかなり増えています。イメージしやすいのは、例えばオーストラリアには広大な土地があり、本当に大きなメガソーラーを作れば電気が豊富に得られます。中東でも砂漠が広がっていて雨は降りませんから、太陽電池で確実に発電できます。南米のチリは偏西風が非常に強いので、風力発電の適地です。

政策:「水素」がカギ (革新的環境イノベーション戦略、2020年1月策定)

イノベーション・アクションプランの重点領域

政府の司令塔：
グリーンイノベーション戦略推進会議

技術領域で整理すると、①電力供給に加え、水素・カーボンサイクルを両立全ての分野で貢献する非化石エネルギー、②再生可能エネルギー導入に不可欠な蓄電池を含むエネルギーネットワーク、③運輸、産業、発電などの様々な分野で活用可能な水素、④CO₂の大幅削減に不可欠なカーボンサイクル、CCUS¹⁾、⑤世界GHG排出量の1/4²⁾を占める緑地・林業分野の5つが重点領域となる。

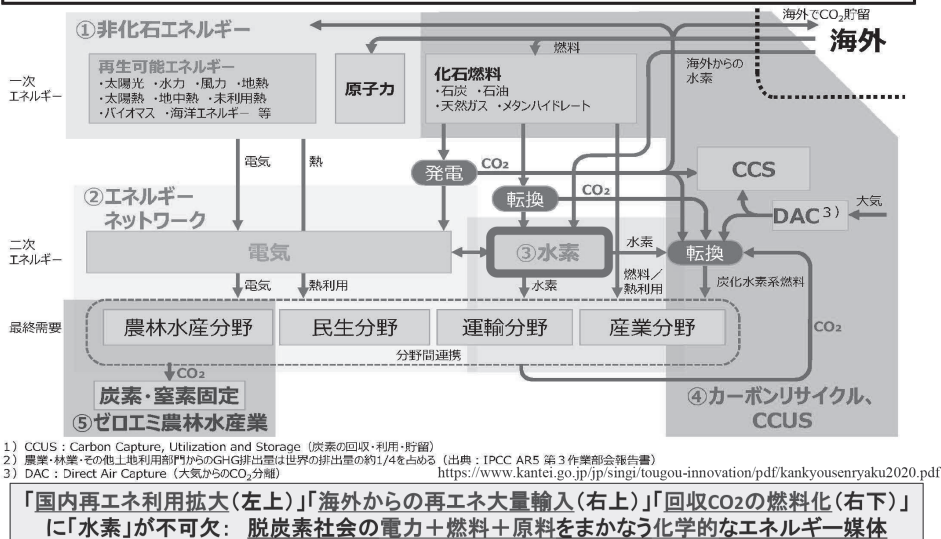


図5 政策：「水素」がカギ

そういうところには使い切れないぐらいの再生可能エネルギーが豊富に存在します。海外の再エネは、kWh当たり2円を割るぐらいのものが世界中でできてきています。われわれは海に囲まれている国なので、中東の安い電気を送電線で持ってくるわけにはいきません。船で持ってくることになりますから、船で運べる化学的なエネルギー媒体に変えていく必要があります、水素や水素キャリアとしてのアンモニア等が候補に挙がってきます。

三つ目のポイントは、CO₂というごみを捨てられない時代になることです。回収したCO₂をどう使うかという、ニーズはあります。例えば、CO₂を炭素源としてプラスチックを作るとか、航空ジェット燃料はいきなり蓄電池というわけにはいかないので合成燃料を使って飛行機を飛ばすとか、そのような取組みをするときには炭化水素を作らな

くتهはいけません。CO₂を炭素源として使いつつ、CO₂フリーの水素で反応させると炭化水素を作ることができるので、合成燃料を作るときにも水素が必要になってきます。

政府の全体の政策は、大量に安く水素が供給できる・運べる・使える状況になって初めて成立しますので、水素を30年ぐらい研究している私としては、水素に全部押し付けられたというのが正直なところです。水素はそれほど安くならないのだけれどと言いつつ、安い水素が大量に来ることを前提に技術開発をしているという企業も多いので、非常に重い責任を押し付けられているような感じがしますが、脱炭素燃料が必要なこととはご理解いただけるかと思います。

カーボンニュートラルの実現方策

カーボンニュートラルを宣言し、本当にカーボンニュートラルを実現するにはどう

したらいいか、これは考えれば考えるほど重い話になってきます。

先ほど申し上げたように、CO₂排出の半分弱は発電するときですが、半分強は産業活動や運輸など、非電力のところでも排出されますから、両方をカーボンニュートラルにしていかななくては駄目です。

まず何ができるかという、電気省エネです。省エネのエアコンに替えるような方法もありますし、発電の技術を脱炭素化する、再エネを増やすことも一つの方策です。

非電力の部分で電化を進めることもCO₂排出削減には効果的ですし、燃料や原料部分の省エネルギーと、燃料や原料もできるだけ炭素分を含まない脱炭素燃料に替えていくことが目指す方向性になります。それによって、CO₂の排出量はかなり小さくな

りますが、それでもゼロにはなりません。そこでネガティブエミッションとして、CO₂を吸収する技術もしっかり開発していく必要があり、多くの国家プロジェクトが走っています。

あまり報道されていませんが、通常国会後の記者会見で岸田総理が最初に言及されたのは、GX（グリーン・トランスフォーメーション）を進めるために水素の法制度を整備していくという話です。報道では全く取り上げられませんでした。脱炭素燃料を政府としてきちんと入れていくことを、総理自ら宣言されました。

日本の水素政策の加速

これをどう普及させていくかですが、まずはきちんとした国の目標を掲げることです。実は「2030年に300万t」という数字が、既

12

日本の水素政策の加速 (2023年4月4日、再生可能エネルギー・水素等関係閣僚会議)

水素社会実現に向けた政策の骨格（案）

資料 2

「水素基本戦略」の改定

水素基本戦略（アンモニア等*を含む）について、以下を骨格とした改定の検討を進め、5月末を目途に取りまとめ、制度設計の具体化を図る。

＜主なポイント＞

- ① 2040年における水素等の野心的な導入量目標を新たに設定し、水素社会の実現を加速化
～2030年300万トンより先の目標として、水素需要ポテンシャルの見直し等から、2040年1200万トン程度を軸に検討～
- ② 2030年の国内外における日本企業関連の水電解装置の導入目標を設定し、水素生産基盤を確立
～2030年の世界の水電解装置の導入見通しの約1割に当たる、15GW程度を軸に検討～
- ③ 大規模かつ強固なサプライチェーン構築、拠点形成に向けた支援制度を整備
～2030年頃の商用開始に向けて、大規模かつ強固な水素・アンモニアサプライチェーンの早期構築を目指す。現時点で、官民合弁で15兆円のサプライチェーンの投資計画を検討中～
- ④ 「グリーン水素」の世界基準を日本がリードして策定し、グリーン水素への移行を明確化
～水素の製造源ではなく、炭素集約度*で評価する基準の策定、グリーン水素へ移行するための規制措置～

事業等から挙げられた課題：①水素社会実現への投資に向け見込み性を高めるための目標の提示や政府支援（水素や水電解装置等の導入目標、水素関連製品の製造設備投資への支援）、②特に、国内外の大規模水素製造や輸送に関するインフラ構築・製造輸送に要するコストへの支援、③水素の利活用に関わる規制・支援一体型での包括的な制度整備、④資源国との関係強化、⑤水素パイプラインにわたる適用法令の明確化、⑥水電解装置に対する安全基準等の合理化、⑦地域での水素製造・利活用、自治体連携等

*合成燃料等水素化合物を含む

水素等のサプライチェーン例

電力	82%
製鉄・金採	9%
石油精製	3%
化学	3%
その他	4%

長期水素需要（2030～）
（川崎・横浜周辺地区）
約42万トン/年
（2023年時点の推定値）

※ 単位当たりの水電解装置から発生するCO₂排出量

※ 水素の製造・輸送・貯蔵・利用におけるCO₂の排出量を削減するための措置

「水素産業戦略」の策定

- ①脱炭素、②エネルギー安定供給、③経済成長の「一石三鳥」を狙い、日本の技術的な強みを生かし、世界展開を図る。

生産 水電解装置の生産設備増強、水電解装置のコア技術の開発支援

輸送 輸送設備の国内生産設備増強、人材育成、液化水素・MCHの海外普及（欧州等へのトップセールス）、水素等品質規格の標準化

利用 FC（燃料電池）商用導入、水素SSTのモデル化、港湾や空港でのFC機器導入、発電技術の開発、国内外への普及促進、熱需要機器の導入促進

「水素保安戦略」の策定

大規模な水素利用に向け、サプライチェーン全体をカバーした法令の適用関係を合理化・適正化を図る。

- ①水素の安全性を裏付ける科学的データ等の戦略的獲得
- ②共有領域等に関するデータ等の共有
- ③技術基準の統一の適用を通じたシームレスな保安環境の構築
- ④第三者機関の活用（水素のノウハウ・経験を集約した中核拠点）
- ⑤人材育成・大学の活用等（リカレント教育等による水素保安の人材の推進）

規制・支援一体型での包括的な制度整備

支援

- 大規模なサプライチェーン構築支援（既存燃料との価格差支援）
- ・ S+3Eの観点からプロジェクトを選定する評価の枠組みを構築
- 安定供給（Energy Security）：国内製造、供給の多角化等関連上のリスク削減
- 経済性（Economic Efficiency）：供給事業者の経済的な自立化促進
- 環境性（Environment）：CO₂削減度合いに結びつけた評価
- 需要拡大に向けた拠点整備支援（効率的な供給インフラ整備支援）
- ・ 大規模な需要の立ち上げや産業集約を促す枠組みを構築

規制

- グリーン水素（Environment）への移行と適用法令の整理・明確化
- ・ グリーン水素を定義するとともに、今後の技術の進捗や国際動向等を踏まえ、黎明期における水素の導入拡大を阻害しないように十分配慮しつつ、国内で供給される水素を中長期的にグリーン化していくための誘導措置を検討する。
- ・ 現行の保安を含む適用法令全数の関係の整理・明確化。
- 水素の安全な（Safety）利活用に向けた環境の整備
- ・ 大規模な水素利活用に向けて必要な保安規制の合理化・適正化を図る。

再生可能エネルギー・水素等関係閣僚会議（2023年4月4日）： https://www.cas.go.jp/jp/seisaku/saisei_energy/index.html

図6 日本の水素政策の加速

に政府目標に掲げられています。しかし民間企業は、これだけでは10年、20年かかる投資をディシジョンできないということで、2040年の目標も作り、2050年の目標もグリーン成長戦略のなかで明記されていますから、2030年、2040年、2050年の目標が、政府のほうではある程度整理されてきました。

それに向けて産業戦略・保安戦略の両方で、安全・安心に脱炭素燃料を使っていたきながら、いろいろな活動で脱炭素化ができる産業構造・エネルギー構造に転換していく戦略として、水素基本戦略を改定したのが今年です（図6）。

脱炭素社会を作るための脱炭素燃料を、どのぐらい入れていくのか、どういうところで使うのか、首都圏の例を掲げています。2030年に発電の1%を水素発電にすることがエネルギー基本計画のなかに書かれているので、まず電力会社が脱炭素燃料を使い

たいというニーズがあり、ある意味でそれが牽引役になっています。

電力会社だけではなく、製鉄・金属・石油精製・化学といったところも脱炭素燃料を使いたいというニーズがあるので、そういうところが少しずつ脱炭素燃料を使っていけば、各産業分野でのCO₂の排出も減らせます。

水素の運搬技術

脱炭素燃料をどこで入手するのか。日本のなかにふんだんにあるわけではないので、ある程度海外から持ってくる必要があります。将来的には、できるだけ国産の割合を増やしたいのですが、海外からの輸入は避けて通れないことであり、それを運んでくる技術開発を進めています（図7）。

天然ガスと同じように液化するのが、ある意味理想形ですが、マイナス253℃まで

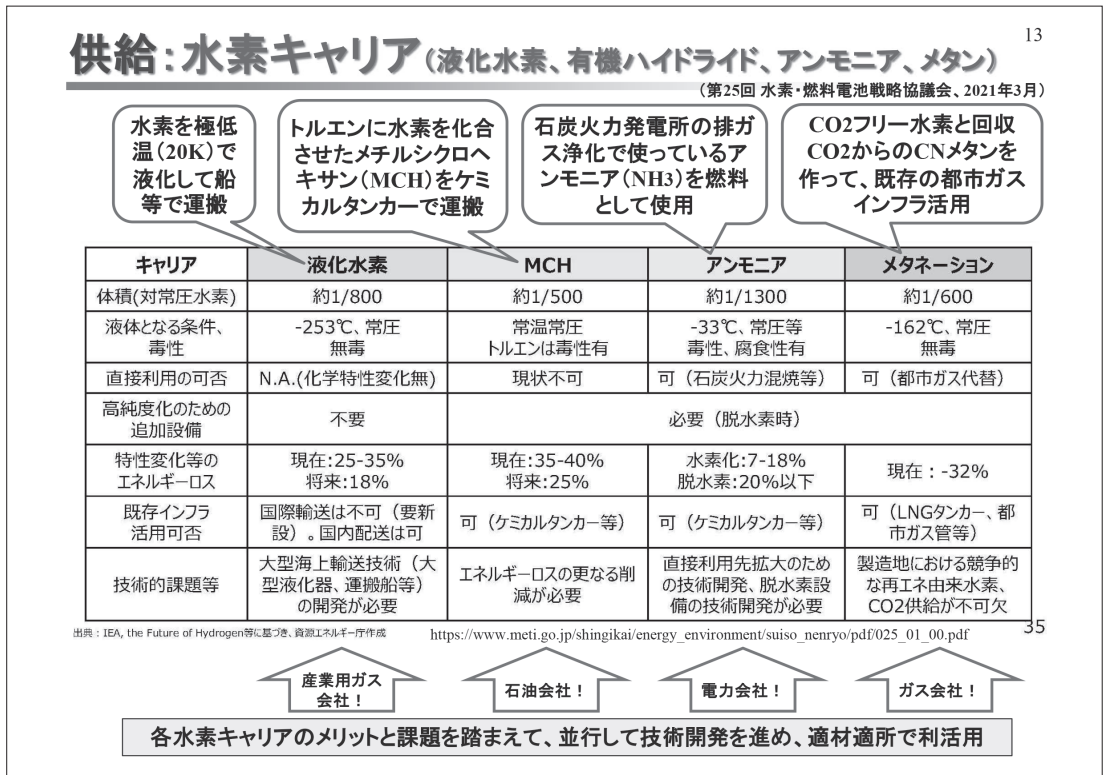


図7 供給：水素キャリア

下げないといけな
いで、2030年までに断熱構造も含めた船の技術開発が必要です。

MCH（メチルシクロヘキサン）は石油類の化合物で、普通の石油類を船で運ぶのと同じように使えますし、備蓄もできます。天然ガスを備蓄するのは難しいのですが、MCHは備蓄できる脱炭素燃料です。

アンモニアは、既に100年ぐらい肥料の原料として世界中で作られており、世界中でトレードもされています。これを肥料用途だけではなく、燃料として使う取組みもされています。技術開発要素はほとんどないので、多分アンモニアが先に入り、次にMCHが来て、最後に理想形の液化水素が立ち上がるというのが、ここ10年のスパンで起こることだろうと思います。

初めはどれかに集中したほうがいいという議論もありましたが、各業界が得意とする分野があるので、それぞれの業界に切磋琢磨していただき、われわれ使う側から見れば安いもののが使えるように、今それぞれの業界・企業が切磋琢磨していると思います。

代表的なものとしてよく取り上げられるのが液化水素の技術開発です。液化水素を運ぶ船も開発されています。元々宇宙開発でロケットを飛ばすときに液化水素を使うので、日本には技術があり、今、それを燃料用途に使う技術開発を政府のほうで進めています。オーストラリアから液化した水素を持ってくる実証にも成功しており、そういう面では理想形のエネルギー媒体になると思います。

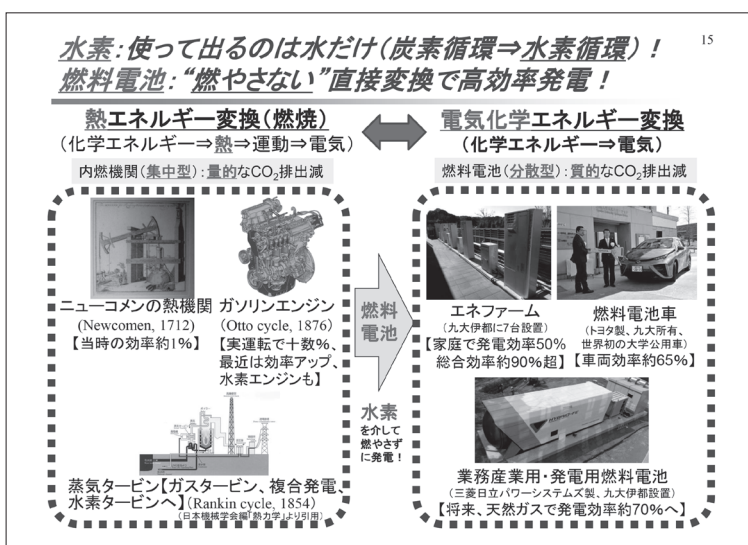


図8 水素と燃料電池

燃料電池の技術開発

日本はこの分野を結構真面目に、長く、地道にやってきました。50年前に石油ショックがあったことは、最近の報道でもよく振り返られています。ちょうどそのころに、日本は新エネルギー技術開発をしっかりとやらなくては駄目だということを決め、その体制を作ってきて、この50年ぐらい、かなりきちんと取り組んできました。それが「日本はエネルギー技術に結構強い」という世界的な評価にもつながっています。

燃料電池は効率よく発電できる技術として、50年ぐらい前から国家プロジェクトが本格的に始まっています。ただし最近、使用時に出てくるのが水だけである水素そのものの価値がかなり重要視されるようになってきました。

技術開発としては、産業革命を起こした熱機関は300年前に発明されましたが、その後、100年前に発明されたガソリンエンジンでモータリゼーションが起こりました（図8）。また、タービンで大量の電気を作る技術が生まれてきましたが、これらはそれほど効率が高くありません。燃料電池に

水素の用途拡大(乗用車、商用車、船、航空機など)¹⁷⁾

(国・地方脱炭素実現会議、2020年12月)

2050年カーボンニュートラルに向けた水素等次世代エネルギーの利活用拡大 国土交通省

- 港湾・船舶分野等におけるカーボンニュートラルの実現に向け、民間事業者と連携した技術開発、実用化・導入促進を含め、水素等の次世代エネルギーの利活用拡大を図る。

港灣分野におけるカーボンニュートラルポートの形成

- 物流・産業の拠点である
港濱において、港濱荷役機
械の燃料電池化など、水素
等の次世代エネルギー需
要を一体的に創出

- エネルギーの大量輸入・貯蔵、利活用を図るとともに、脱炭素化に配慮した港湾機能の高度化等を通じて「カーボンニュートラルポート」を形成

船舶分野におけるカーボンニュートラルの実現

- 2028年までのゼロエミットの商業運航実現を目指し、船舶等の開発・実用化に向けた加速

- 我が国造船・海運業の国力の強化と海上輸送のニュートラルを実現

燃料電池自動車の普及促進

- 経済産業省や環境省と連携し、燃料電池タクシーを含め、次世代自動車の事業用車両の導入補助金を出す。

燃料電池鉄道車両の開発

- 燃料電池鉄道車両の実用化に向け、技術基準との適合確認など、安全性の確保に係る取組を実施

航空分野における

- 持続可能な航空燃料の推進等を通じて、ニュートラルを実現

- 本邦航空会社による持続可能な航空燃料を使用した飛来運航

国・地方脱炭素実現会議 <https://www.cas.go.jp/jp/seisaku/datsutanso/dai1/giisidai.html>

図9 水素の用途拡大

すると効率をかなり高くできるということで、2009年に家庭で発電するエネファーム、燃料電池自動車、そして業務用・産業用燃料電池の技術開発にもつながっています。

最近は水素を使う価値もかなり増えています。エンジンに水素を入れる、タービンに水素を入れることで、出てくるのは水だけなので、かなりの脱炭素化が可能です。

燃料電池を説明すると、水素とは何かがわかりやすいと思います。皆さんは、水の電気分解について、いろいろなところで耳にしているはずです。水に電気をかけると水(H₂O)の分子がばらばらになり、水素と酸素のガスに分かれるのが水の電気分解です。その逆をやるのが実は燃料電池です。水の電気分解の逆ですから、水素と空気中の酸素が反応して水に戻ります。水の電気分解は電気をかけて水素と酸素に分かれますが、燃料電池はその逆で、水素と酸素から水ができて、発電もできるのです。

水素の用途拡大

この技術を使って、まず立ち上がりつつあるのがモビリティの分野です（図9）。

水素で走る燃料電池自動車に乗った方もいると思いますし、東京では水素バスが結構いろいろなところで走っているので、乗った方もいると思います。

ヨーロッパでは水素列車も本格的な普及が少しずつ始まっていますし、将来的には船やフォークリフトなどの産業用途やいわゆる商用車で使おうという技術開発が本格化しています。

このような技術開発をするときに、水素社会はいつ来るのかとよく聞かれます。それにはなかなか答えられませんが、今使っている燃料の価格と同程度になれば、皆さんエコなものを買おうと思って、新しいエネルギーに乗り換えるようになります。水素自動車に乗った方もいると思いますが、これもセダンタイプのハイブリッド車が、ガソリン車と価格格・燃費的にはほぼ同じになったところで発売が始まりました。

水素は気体なので1m³当たりの価格でいいますが、1m³当たり100円でガソリンと同程度です。今は天然ガスが値上がりしているので、少し高くなっているかもしれませんが、今の価格は大体100円です。これならばガソリン車と入れ替わることができるので、水素自動車が発売されたわけです。

今後、2030年には水素の価格を30円程度まで下げようとしています。そうなればトラックやバスなどのディーゼル商用車の軽油と比較可能になりますから、恐らく2020年代中頃には商用車に少しずつ入り始めると思います。

2030年を目途に水素発電を始めたいと考えています。発電所を変えたり、海外から

それなりの量の水素を持ってくる必要があって、2030年までかかるとしていますが、その頃には火力発電に水素が少しずつ使われる時代になると思います。

産業界全体で脱炭素化するために、われわれとしては化学工業や最後は製鉄で脱炭素ができるようにしたいので、今の政府目標よりさらに下げる必要が出てきます。これは非常に大変ですし、価格差の支援も考えないとなかなか世の中には入らないので、政府も政策を考えています。

地域への拡大の試み

報道もされているように、いろいろな場所で水素を使うために大規模拠点の構築が考えられています。北九州市でも地域と産業界が連携し、脱炭素燃料を使うための拠点を考えています。

ここ九州は再エネが豊富な地域ですが、同じような検討は北海道や東北の日本海側でもできると思います。九州も今は太陽光発電が多いのですが、これからは洋上風力も含めて風力発電が増えてきます。太陽電池の一本足打法だったところに風力も入ってくると、夜の再エネも増えてきますので、それも本格的に使っていけば、地域のカーボンニュートラルがさらに進みます。

九州の電力の状況を見ると、これは2019年の数字で少し古いのですが、再生可能エネルギーの電気が20数%です（図10）。関西もそうですが九州も、安全が確認された原子力発電所は再稼働しており、それがかなり入っています。そのおかげもあって、九州電力と関西電力の地域は電気代がかな

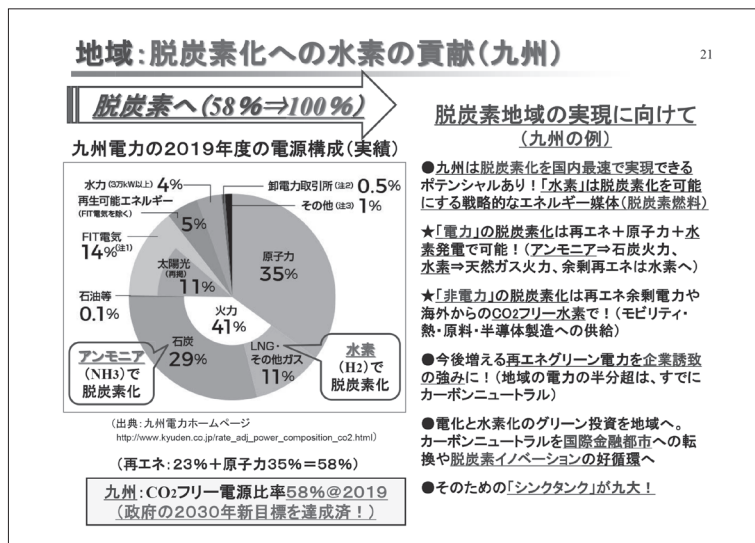


図10 地域：脱炭素への水素の貢献（九州）

り安くなっています。ただし火力発電が約4割とかなり残っています。石炭火力と天然ガス火力からのCO₂排出を減らしていくために、石炭火力にはアンモニア、天然ガス火力には水素を少しずつ増やしていけば、火力の脱炭素化ができます。

電力は再エネ・原子力・水素発電でカーボンニュートラルが実現できますし、再エネで余る電気が増えてきますので、水の電気分解で水素にしておいて、コンビナートや製鉄などの脱炭素化が難しいところにグリーン水素を回すことができれば、そのCO₂排出削減にもつながります。

配送車などのモビリティや、工場では熱の需要もありますし、原料も化石資源由来ではなく再エネ由来のものを使い、炭素源は回収したCO₂を使うということをすれば、カーボンニュートラルがかなり現実的になってきます。九州では半導体工場がかなり増えてきますが、半導体工場は必ず水素を使うので、そのような産業用途も重要になってきます。

大学の果たす役割

最後に、グリーンイノベーションでの大

学の役割について少しお話しします（図11）。社会に多様な価値を提供できるのが大学です。水素関係では、基盤研究や産学連携には大学が牽引役を果たせまし、キャンパスのなかで技術実証をしたり、社会実装を皆さんと一緒に考えたりできます。また、将来のカーボンニュートラルを背負う人材を育成し、世界にも開かれ、未来のサイエンスも作れる、これこそが大学です。これらをばらばらにやるのではなく、チームを作り、大学を挙げて取り組みます。

これが脱炭素を九州大学の3ミッションの筆頭に挙げている理由です。

不可能を可能にするのが大学です。例えば、今の自動車はトヨタやホンダが頑張っているのですが、2030年、そしてその先の技術開発は企業がすべて自社でやるのはなかなか難しくなります。トラックやバスなどはかなりタフな使い方をされるので、乗用車の10倍程度の寿命がないと本格的には使えませんので、その耐久性を伸ばす技術開発を国家プロジェクトで行っており、九州大学もそれを担っています（図12）。

電気も大事ですが、実は電気が余る時代となります。その両方があり得るということが九州で起こっている、これからは日本全国でそういう時代になってくると思います。電気が足りないから電気を作るというのも大事ですが、余った電気を有効に使う技術開発も非常に重要になってきます。乾電池と蓄電池があり、燃料電池もあります。発電と水素製造が両方できる新しいエネルギーデバイスの開発も行っています。

大学というのは、失敗しても学生は学位を取れますし、社会のなかで失敗が許される唯一の場所かと思っていますので、皆さんも何かチャレンジしたいときには大学のなかでやるのがいいと思います。

水素は脱炭素燃料の筆



図11 大学：社会に多様な価値を提供！

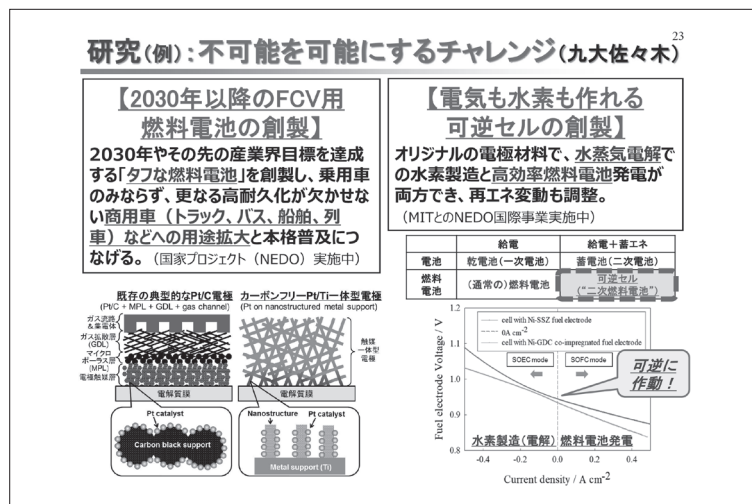


図12 研究(例)：不可能を可能にするチャレンジ

頭に挙げられています
が、電力・燃料・原料を
すべてカーボンニュート
ラル化できるのが、水素
や水素キャリアとしての
アンモニア等の特徴です
(図13)。

石炭・石油・天然ガス
と、われわれはずっとエ
ネルギーを輸入していま
す。それで、水素も全部
輸入なのか、そろそろど
うにかならないかとよく
いわれます。日本で石油
を掘ってもあまり出てき
ませんが、水素は再エネから作ることが
できますから、国産の水素を作ることができ
ます。これが水素の大きな強みです。

いろいろな地域があるので、再エネが豊
富な地域ではできるだけ再エネを使う。電
気としても使い、余った再エネの電気を脱
炭素燃料に変えればモビリティ等に使えま
すので、地域のエネルギーセキュリティに
もつながると思います。

日本は技術開発を頑張ってきているので
すが、いいところまで行って最後に持って
いかれることが、太陽電池しかり、風力し
かりでした。水素では、技術開発で勝って、
ビジネスでも勝つことを掲げているので、
ぜひ皆さんと一緒にビジネスモデルを考え
ていきたいと思っています。

最後になりますが、このような技術開発
はマラソンです。私もまだ定年まで7年ぐ
らいありますが、2050年までの目標ですか
ら、次の世代を育て、マラソンを一緒に走
ることがカーボンニュートラルでは非常に

社会全体の脱炭素化に向けた「水素」の役割

24

【展望】

- 水素は電力・燃料・原料をすべて脱炭素化できるエネルギー媒体。
電力部門では水素発電や調整力、非電力部門(運輸、産業など)も
脱炭素化可能
- 水素(キャリア)で、海外からの再エネ輸入が可能に。水素(電解)
で地域再エネも活用
- 脱炭素化は国家間の大競争。「技術で勝って、ビジネスでも勝つ」

【大学の位置づけ】

- エネルギー転換は、数十年から世紀単位で進行する「マラソン」。
革新的な基礎基盤研究や先導人材育成、産学官地域連携などの取
り組みで、社会変革を支えられるのが基幹大学
- 2050年までの厳しいマラソンに勝ち抜くためには「人を残すは上」、
つまりそれを担える、世界と伍せる人材を育てることが最重要

図13 社会全体の脱炭素化に向けた「水素」の役割



講演会場の様子

大事です。マラソンは、初めからペースを
上げ過ぎると最後まで行きませんが、ペー
スが全然遅いと先頭集団から遥かに離され
てしまっていて追い付けません。おれずに、着
実に、一步一步、カーボンニュートラルに
向けて取組みを進めていくことがポイント
だと思いますし、そのなかで2050年に向け
て活躍する人を育てることが、われわれの
大きな使命だと考えています。