

参加費
無料

※ただし、通信料等は
自己負担となります

グリーン水素の 活用に向けた モビリティへの挑戦



講座内容

気候危機が一層深刻化する中、世界は2050年CO₂排出実質ゼロという共通のゴールに向けて、急速に歩みを進めています。

その中で、あらゆる分野で再生可能エネルギー由来の水素、いわゆる「グリーン水素」の本格活用が期待されています。

「グリーン水素」を柱とした脱炭素社会の実現について、更なる活用が期待される自動車などモビリティへの導入の視点から考えます。

講師

ししど てつや

宍戸哲也氏

東京都立大学
都市環境科学研究科
環境応用化学域 教授



博士(工学)。広島大学助手、東京学芸大学助教授、京都大学准教授を経て現在は東京都立大学教授、水素エネルギー社会構築推進研究センター長。「触媒」をキーマテリアルとする化学により「エネルギー・資源・環境」に関する課題の解決に取り組んでいる。

日程

令和5年1月28日(土) 13:30~15:00

実施方法

Zoomによるオンライン開催

募集人数

定員なし

申込方法・申込期限

こちらからお申し込みください。

東京都環境公社ホームページ

<https://www.tokyokankyo.jp/30354.html>

申込期限 令和5年1月28日(土)11:00

主催:東京都環境局

実施:公益財団法人 東京都環境公社

【お問合せ】公益財団法人 東京都環境公社 総務部経営企画課 SDGs推進室
TEL 03-3644-2166 E-mail renkei@tokyokankyo.jp



令和4年度 第4回 都民を対象としたテーマ別環境学習講座報告

「グリーン水素の活用に向けたモビリティへの挑戦」

- 実施日時 令和5年1月28日(土)
13時30分~15時00分
- 実施方法 Zoomを使用したオンライン開催
場所 東京都環境公社 本社



□実施内容

1. グリーン水素の活用に向けたモビリティへの挑戦

○ (講師)東京都立大学 宍戸 哲也氏

・水素の活用はすでに身の回りのいろいろな場所で導入されている。

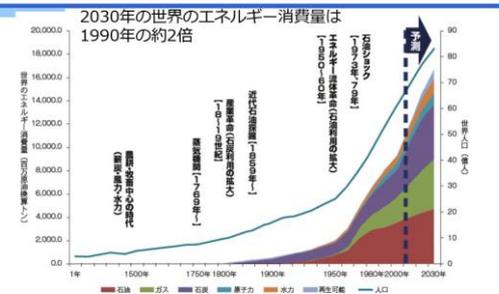
例:家庭用燃料電池、燃料電池車、水素ステーションなど

・また近い将来、燃料電池車、燃料電池船など、さまざまなモビリティに燃料電池や水素エネルギーの利活用が進められている。



・産業革命以降の人間が消費するエネルギーは飛躍的に増加しており、世界の人口の増加とエネルギーの消費量の増加がリンクしていることがわかる。(右図参照)

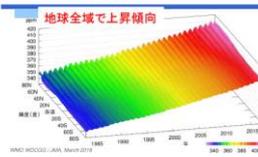
世界のエネルギー消費量と人口の推移



また、化石燃料を構成する炭素、水素、酸素と、食料を作成するのに重要な化学肥料に含まれる窒素、この4つの元素は、地球上での循環が今後重要となり、管理が必要になると考えられている。

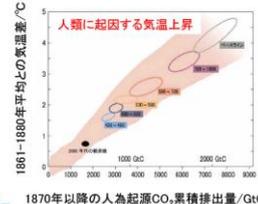
・また、人間が排出した二酸化炭素量と気温上昇に正の相関が確認されていることから、CO2の排出量削減・回収・資源化が世界で求められてきている。(右図参照)

二酸化炭素排出量と気温上昇



グローバル且つユニバーサルな課題

2022年の世界の平均濃度
421 ppm
工業化(1750年)以前の平均
278 ppm



CO2の累積総排出量と世界平均地上気温の応答は、ほぼ比例関係

世界の平均気温を一定にするためには、CO2の累積排出量を一定にする、つまり、増分の排出量(年間排出量)をゼロにすることが必要

CO2の排出量低減
CO2の回収・資源化

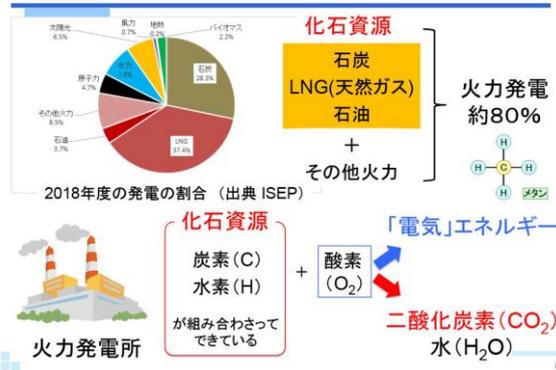
1870年以降の人為起源CO2累積排出量/GtCO2

出典:気候変動に関する政府間パネル第5次評価報告書

・日本における電気エネルギーは約80%が火力発電所で作られている。

火力発電所では、化石資源を燃やすことで電気エネルギーを得ることができる。化石資源とは、石炭、LNG（液化天然ガス）、石油などのことであり、炭素や水素からできているため、必ず二酸化炭素と水も排出される問題がある。

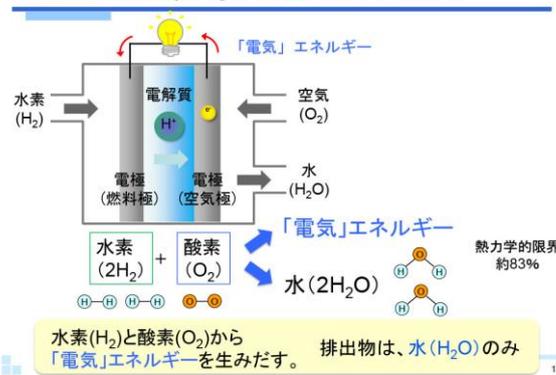
現在：日本における「電気」エネルギーのつくりかた（発電）



・また、熱力学から計算すると火力発電所の理論的発電効率は60%である。

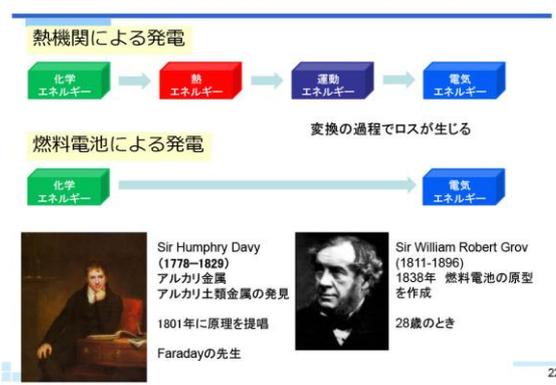
・水素を用いてエネルギーを取り出す際、燃料電池をもちいる。燃料電池に水素と酸素入れると、電気エネルギーを取り出すことができる。電気エネルギーを取り出す際は水のみが発生し二酸化炭素が排出されない、また理論的な熱力学的効率は約83%とされていることから、火力発電よりもメリットがあると言える。

水素燃料電池 (Hydrogen Fuel Cell) による発電



・熱機関(燃料を燃やして電気エネルギーを取り出す場合など)は、色々なエネルギーの形態を経て最終的に電気エネルギーに変換するため、その間のロスが多くある。一方、燃料電池での発電は、分子が持つ化学エネルギーを直接電気エネルギーに変換するため、ロスが少なく発電効率が高い。

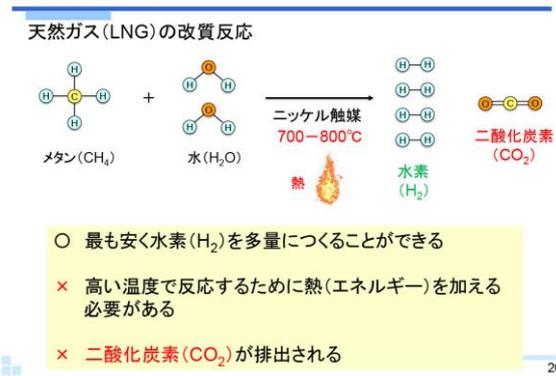
エネルギーの変換（化学エネルギー→電気エネルギー）



・しかし、燃料電池を使用するためには、大量の水素が必要となる。

水や有機化合物(メタンなど)の中に存在している水素(H)を水素(H₂)という形で取り出す方法として、メタンと水を高温で反応させるといものがある。この方法は安価に生成できるため世界の90%が選択しているが、高温での反応のため、エネルギーが必要であり、さらに二酸化炭素を排出するものである。

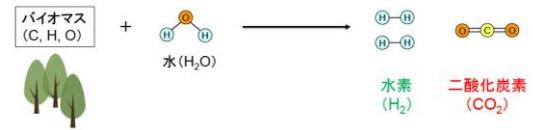
化石資源を利用する水素のつくりかた



・また、バイオマスを用いた反応で水素(H₂)を取り出す方法もある。二酸化炭素も排出するが、量は少ないとされること、また光合成をする中で二酸化炭素を循環させているだけであるため二酸化炭素は増加していないと考えることも出来る。

バイオマスを利用する水素製造

バイオマスの改質反応

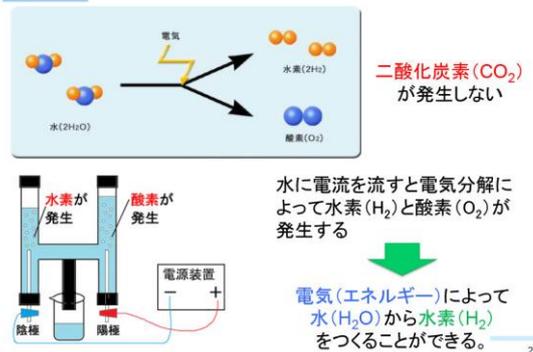


○ 水素 (H₂) を多量につくることができる

△ 二酸化炭素 (CO₂) の排出は、少ない(と考えてもよい)カーボンニュートラル ということもある

・電気エネルギーによって、水から水素と酸素を電離させ、取り出す方法(電気分解)もある。電気分解の際に用いる電気エネルギーに、太陽光発電などの二酸化炭素を出さない再生可能エネルギーを使用することで、この方法からは二酸化炭素は排出されないことになる。

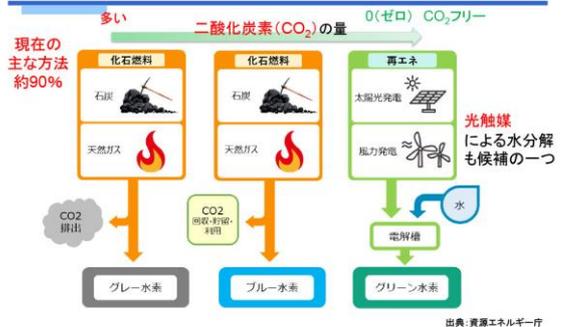
水からの水素製造 再生可能エネルギーの利用



このような再生可能エネルギー由来のエネルギーを使った二酸化炭素を排出しない H₂ を「グリーン水素」と呼ぶ。

・二酸化炭素を削減していくには、使用する水素をグリーン水素に移行していかなければならない。太陽光パネルの設置だけではなく、風力発電など他の発電の選択、さらにそれを計画的に導入しなければ、グリーン水素への移行は経済的、実質的に成り立たない。これが私たちに課せられた課題である。

グレー水素・ブルー水素・グリーン水素



国際エネルギー機関 (I E A) 「Energy Technology Perspectives 2020」
世界の水素需要は2019年の7500万トンから2050年には約3億トンになるとの見通し

・次に、どのように水素を利活用していくかを考える。同じエネルギーを持つ物質の体積を比較すると、水素1気圧 1000L に対し、ガソリンは 0.34L であることから、ガソリンはコンパクトで高エネルギーを有する物質であることが分かる。同じエネルギーの水素を輸送、貯蔵するためには、体積をコンパクトにする必要がある。

水素 エネルギー密度

1気圧の水素1 m³と等しいエネルギーを持つのは?
(図中、立方体の大きさは体積に沿って正確に作図してある)



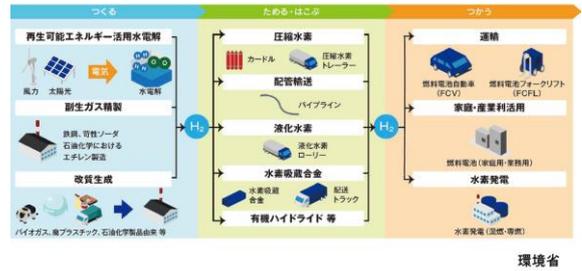
e-fuel: 再生可能エネルギー電力で製造した水素とCO₂から製造された合成燃料

早稲田大学 関根泰先生

SAF: Sustainable aviation fuel

・これらの輸送、貯蔵の問題は、モビリティを使う上で水素ステーションの運営にも関わるため、この技術開発はモビリティへの水素活用を広げていく一つのカギである。

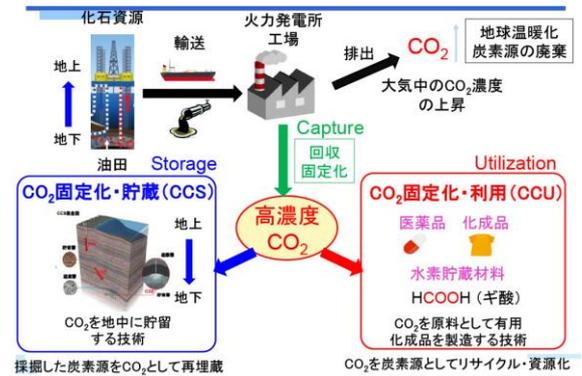
水素の運搬・貯蔵



環境省

・発生した二酸化炭素を減らす方法として、現在は回収し地下に貯蔵する方法 (CCS) が主にとられているが、二酸化炭素を資源化する方法 (CCU) についても研究が進められている。例えば、二酸化炭素と水素を反応させるとギ酸が生成できる。ギ酸は簡単に二酸化炭素と水素に分解できることから、水素貯蔵として注目されている。

二酸化炭素の回収・貯留・利用技術 (CCSとCCU)



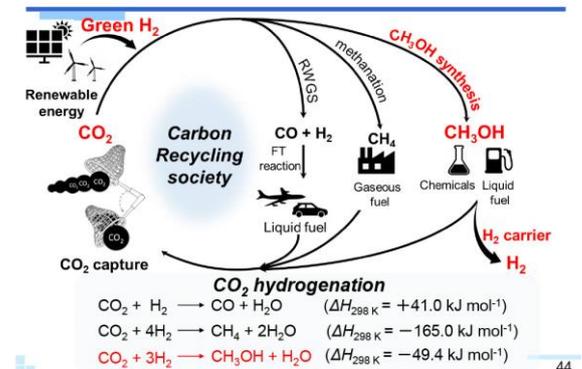
採掘した炭素源をCO₂として再埋蔵

CO₂を炭素源としてリサイクル・資源化

・二酸化炭素と水素の反応では様々な物質を作成でき、CCU 研究が進めば二酸化炭素が循環し、増加を防ぐことができる。(右図参照)

・回収した二酸化炭素と水素を反応させると、燃料化する水素として利用することができるため、二酸化炭素排出量の観点から、グリーン水素の役割はとて大きい。

Hydrogenation of CO₂



44

・水素社会の実現に向けた取り組みとして、まとめると以下の課題がある。

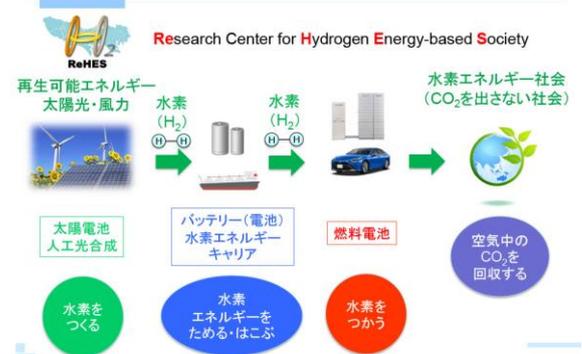
製造…グリーン水素をどのように作成するか

再生可能エネルギーの利用

輸送・供給…水素をどのように運搬・貯蔵するか

利用…水素をどのように活用するか(水素燃料電池など)

東京都立大学 水素エネルギー社会構築推進研究センター



・また、エネルギーを利用する地域性や時間帯、季節変動など、それぞれの特徴を組み合わせた、長期変動・短期変動を乗り切るシステムの構築も必要となる。そのため、複数の分野の研究者が分野横断型で研究に取り組むことが重要である。

・水素利用を広げるために、東京都では様々な目標（右図参照）を掲げており、このような社会的システムの整備と技術の拡大の両輪がなければ、水素社会は実現しない。

水素の製造、輸送・供給、利用などの問題解決に関して様々な研究が進んでおり、皆さんの身の回りにも導入が進んでいることを知っていただくと嬉しい。

水素エネルギー社会構築推進研究センター
Natureの特集記事で紹介されました

FOCAL POINT | 24 MARCH 2021
Focal Point on Hydrogen Energy in Japan

千代田化工建設 SPERA、ENEOS Direct MCH、川崎重工業 水素運搬船、三菱パワー 水素タービン

Leading Tokyo's starring role in the hydrogen revolution

The Hydrogen Center for a Carbon-Free Society (H2C) at TOKYO METROPOLITAN UNIVERSITY has been chosen as a hydrogen research center by the Japanese government.

Through its Hydrogen Center for a Carbon-Free Society (H2C), the university is leading the development of a hydrogen society in Japan. The center is a hub for research and development in hydrogen energy, and is working to create a hydrogen society that is sustainable and secure. The center is also working to promote the use of hydrogen energy in various sectors, including transportation, industry, and power generation. The center is also working to create a hydrogen society that is sustainable and secure. The center is also working to promote the use of hydrogen energy in various sectors, including transportation, industry, and power generation.



2. 水素情報館 東京スイソミルについて

○（講師）東京都環境公社 鈴木

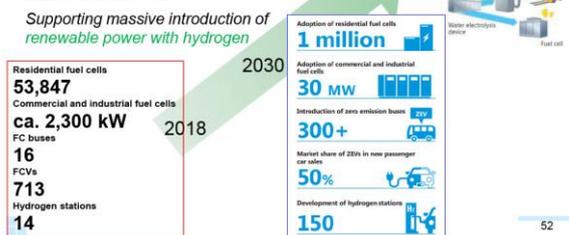
・水素情報館東京スイソミルは、水素や水素社会の未来を見て触って体験しながら楽しく学べる施設である。

・場所は江東区潮見にあり、2階建ての施設となっている。1階はタッチパネルや水素模擬製造機、タッチ式のクイズゲームなどで学ぶことができ、2階は企業展示などが設置されている。

Expand the use of hydrogen energy

- Support adoption and endorsement of residential, commercial, and industrial fuel cells.
- Support introduction of equipment using hydrogen generated from renewable energy and use CO₂-free hydrogen generated from RE in Fukushima Pref.

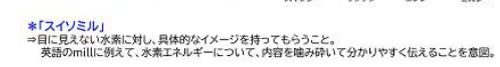
CO₂-free hydrogen generated from renewable energy as a crucial pillar for realizing a decarbonized society



水素情報館 東京スイソミル

【目に見えない水素のこと、水素社会の将来像を見て触って体験しながら楽しく学べる総合的な学習施設】

設立日	平成28年7月26日
所在地	江東区潮見1-3-2
累計来館者数 (2022年3月末時点)	69,283人



*「スイソミル」
⇒目に見えない水素に対し、具体的なイメージを持ってもらうこと。
英語のmillに例えて、水素エネルギーについて、内容を噛み砕いて分かりやすく伝えることを意図。

●質疑応答（質問は原文ママ）

1：事前質問

（回答者：事務局）

質問：東京都としては水素カーとEVとどちらをどのように推奨していく計画でしょうか。

回答：水素を燃料とする燃料電池自動車（FCV）も電気自動車（EV）も脱炭素化に寄与するゼロエミッションモビリティであることから、普及を促進しています。

現在、電気自動車や燃料電池自動車などに対し、車両の購入費の補助を実施しています。

また、燃料電池自動車に水素を供給する水素ステーションの整備や、電気自動車等に給電する充電設備の整備にも補助を行っています。

質問： 東京都における、グリーン水素の精製計画等をご教示頂けますでしょうか？

回答：再生可能エネルギーの電力から作ることができるグリーン水素は、脱炭素社会に貢献するエネルギーの一つです。

東京都では、2050年にはあらゆる分野でのグリーン水素の利用拡大を目指し、これに向けて2030年に水素需要を拡大・水素の実装化を進めています。

令和5年度は、都内においてグリーン水素を製造するための設備の設計等を実施する予定です。

(回答者：宍戸先生)

質問： 日本としてグリーン水素を押し進めていくことは適切か。

回答： 適切であり、かつ必要であると私は考える。

まず、現在は石油から色々な化合物を作っている。その際に、酸化反応(Oを使用した反応)をして物質変換している。

しかし、今後は石油関連の物質変換を変えていくには、水素を利用した物質変換が求められる。

例えば、バイオマスの場合、物質の中に酸素が多く含まれており酸素を外すために水素が必要となるほか、講義で説明をした二酸化炭素と水素と化合させ物質を作成するためにも、多くの水素が必要になる。

そのための水素をどうするかであるが、日本の温帯の場所での太陽光の再生可能エネルギーから作成する水素の製造効率日光が強い地域よりも悪いため、海外から水素を輸入する必要がある。輸入する際には、水素ではなくアンモニアやトルエンという形へ変換し、運輸すると効率が良い。

これら物質変換の際に、グリーン水素を使用しなければ、二酸化炭素も減らない、二酸化炭素の利活用が進まなくなってしまうことから、グリーン水素の推進は必要と考える。

質問： グリーン水素を活用していくうえで、海外より優位な日本の強みは何か。

回答： 水素燃料電池関係の特許は世界1位であること。光触媒関連の技術も世界をけん引している。

また、今後技術を組み合わせる際に制御系の技術も必要が出てくる。この部門でも技術力が高い。これらが、日本の強みであると考えている。

質問： グリーン水素の経済的製造と安全な輸送と供給をどうするのか？

回答： 二酸化炭素を回収して水素を化合させる場合、二酸化炭素の回収コストとグリーン水素の製造コストを考えなければならない。グリーン水素の製造コストは下がってきているので、二酸化炭素の回収コストを下げる研究がおこなわれている。

しかし、日本は地域柄、太陽光による変換効率が良くないため、グリーン水素の製造コストは海外よりも少し高値になっている。そのため、どのようにグリーン水素のコストを下げていくのが問題である。

また、海外の安いグリーン水素をどのように持ち込むか、仕組みも考えなければならない。

さらに、CO₂由来の物質を作成し、使用し、また回収する循環の仕組みを作ることが、経済的な合理性、安全な供給つなげると考える。

これらを解決するためには、技術的な課題と政治的な課題、輸入先の距離など色々な問題がまだ

存在する。

質問： エコカーとしてはEVもありますが、チャージングステーションをいかに増やしていくかが課題になっているようです。水素を用いたエコカーを広めていく際にも似たような課題があると思われませんか。どのような解決策があるのでしょうか。

回答： エコカーを広めるには、ステーションの問題がある。水素ステーションの建設コストは、現在のガソリンスタンドは高い。これを安くしていく必要があり、これには法律や助成の整備と技術的な向上によるコストの削減の両輪が合わさって発展していくと考える。

2：当日質問

質問： エネルギー効率の熱力学的理論値はどのように計算されているのですか？火力発電・燃料電池発電それぞれについてお聞きすることができれば幸いです。

回答： 火力発電はカルノーの式を用いた。内燃機関の発電効率は、低温側の熱源と高温側の熱源の温度差で決まる。燃料電池の発電効率は、反応が決まれば決まる。ファラデーの式を用いた。

質問： 軽い気体ほど温度を下げないと液体にならないのはなぜですか？

回答： 軽い気体程たくさん動いているので、それを止めるために温度を多く下げなければいけない。また、軽いと分子間力が小さいため、液体になりにくい性質を持つため。

質問： CCSで再埋蔵したCO₂はどうなるのですか？

回答： 埋蔵してその後確認しないので、どのようになっているか分からない。

質問： モビリティのなかでも一般車両ではEV車に注目が集まっていますが、大型、重量級のトラックやトレーラーは、EVよりFCVが有効だとされているようですが、先生はどのようにお考えでしょうか。

回答： 現状、電池は近い距離ではエネルギーの出し入れが自由なため、メリットはある。一方、長距離の場合は、電池全体のエネルギー量を大きくしなければならず、電池自体の重さが重くなるため効率が悪くなり、FCVの方が有効だとされている。

質問： 燃料電池の触媒として、白金にかわるものはどんなものが候補としてあがっているのでしょうか。やはりレアメタルが多いのでしょうか？

回答： 現状の燃料電池では、白金が非常に良いことが分かっている。

現在家庭用燃料電池で使用されている固体高分子型燃料電池は、水を使用しているため80℃くらいで稼働している。100℃以上になると水が蒸発するため現在はその温度帯では稼働できない。

ただし、この温度よりも高い温度で稼働できる燃料電池が開発された場合は、別の触媒の可能性も出てくる。

質問： もし時間があれば以下について考えを伺いたいです。

水素の輸送分野での活用で、FCVの普及が計画より遅れている理由と利用者の増加には何が必要

だと考えますか。

回答：白金を多く使用しているため燃料電池の値段が高くなっている点と、ステーションの数が少ない点の2つがあると考えます。

これには法律や助成の整備と技術的な向上によるコストの削減の両輪が合わさって発展していくと考えます。