

# 水素エネルギーの将来展望と 交通分野への期待

佐々木一成

九州大学 副学長(産学官連携・研究教育推進担当)・水素エネルギー国際研究センター長  
(次世代燃料電池産学連携研究センター長、カーボンニュートラル・エネルギー国際研究所、工学研究院主幹教授)  
(総合資源エネルギー調査会 水素・アンモニア政策小委員会委員長、脱炭素燃料政策小委員会委員長)  
(email) sasaki@mech.kyushu-u.ac.jp

運輸総合研究所「交通分野の水素利用に関するセミナー」  
2024年3月7日



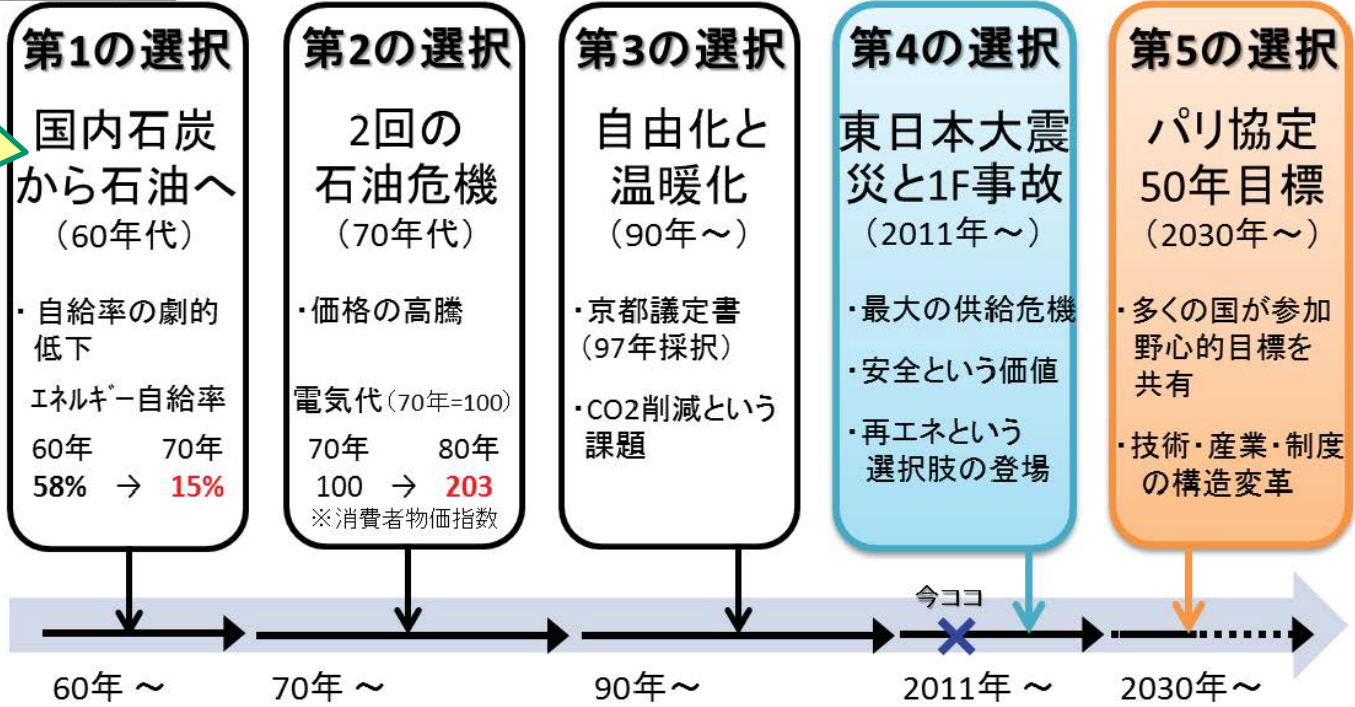
国内最大の“実証の場”(東京ドーム57個分)

脱炭素・水素社会実現へ世界と戦う“チーム福岡”

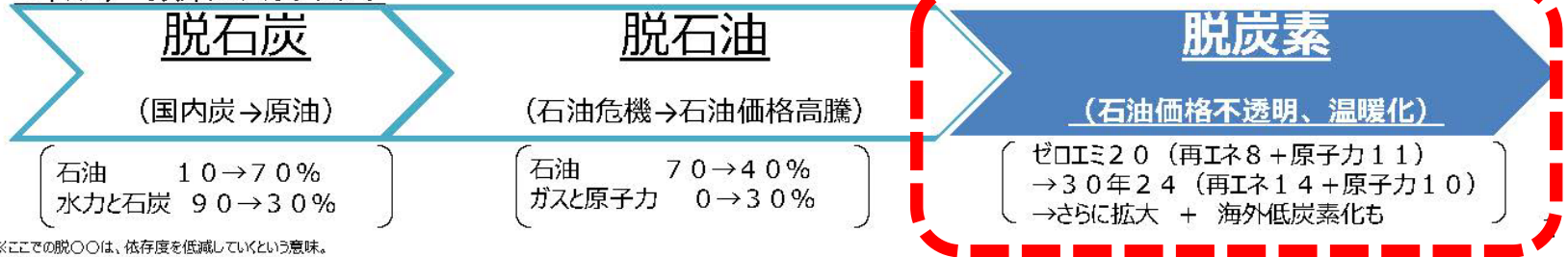
# エネルギーのメガトレンド: 脱炭素へ

## エネルギー選択の流れ

石炭・製鉄の地に九州帝国大学創立 (1911年)



## エネルギー政策のメガトレンド



※ここでの脱〇〇は、依存度を低減していくという意味。

出典(一部加筆): 経済産業省HP [http://www.meti.go.jp/committee/sankoushin/seizou/pdf/006\\_03\\_00.pdf](http://www.meti.go.jp/committee/sankoushin/seizou/pdf/006_03_00.pdf)

炭素:水素 = 石炭(固体) 1:0      石油(液体) 1:2      天然ガス(気体) 1:4      水素(気体) 1:∞

半世紀前(1969年)にLNG輸入開始

サプライチェーン構築開始



# 方向性:脱炭素イノベーションと「水素」(2018年)

## 分野別CO2排出量と主な個別技術

主な要素		現状	将来
運輸 (2.1億トン)	車体・システム	内燃機関・手動運転 金属車体	電動化・自動運転 マルチマテリアル
	燃料	化石燃料	電気・ <u>水素</u> バイオ燃料
産業 (3.1億トン)	プロセス	スマート化の進展	CCUS・ <u>水素還元</u> 更なるスマート化
	製品	化石エネルギー原料	非化石エネルギー原料
民生 (1.2億トン)	熱源	石油・ガス・電気	電気・ <u>水素</u> 等
	機器	高効率機器	機器のIoT化 M2M制御
電力 (5.1億トン)	火力	石油・石炭・天然ガス	CCUS・ <u>水素発電</u> 等
	原子力	第3世代+原子炉	次世代原子炉
	再エネ	導入制約 (導入コスト、調整電源コスト・系統等)	蓄電×系統革新

イノベーション

水素  
(サプライチェーン・メタネーション)

※ ( ) 内は2015年度の排出量

(出所) 資源エネルギー庁作成 4

(エネルギー情勢懇談会、2018年、経済産業省HP [http://www.enecho.meti.go.jp/committee/studygroup/ene\\_situation/007/pdf/007\\_008.pdf](http://www.enecho.meti.go.jp/committee/studygroup/ene_situation/007/pdf/007_008.pdf))

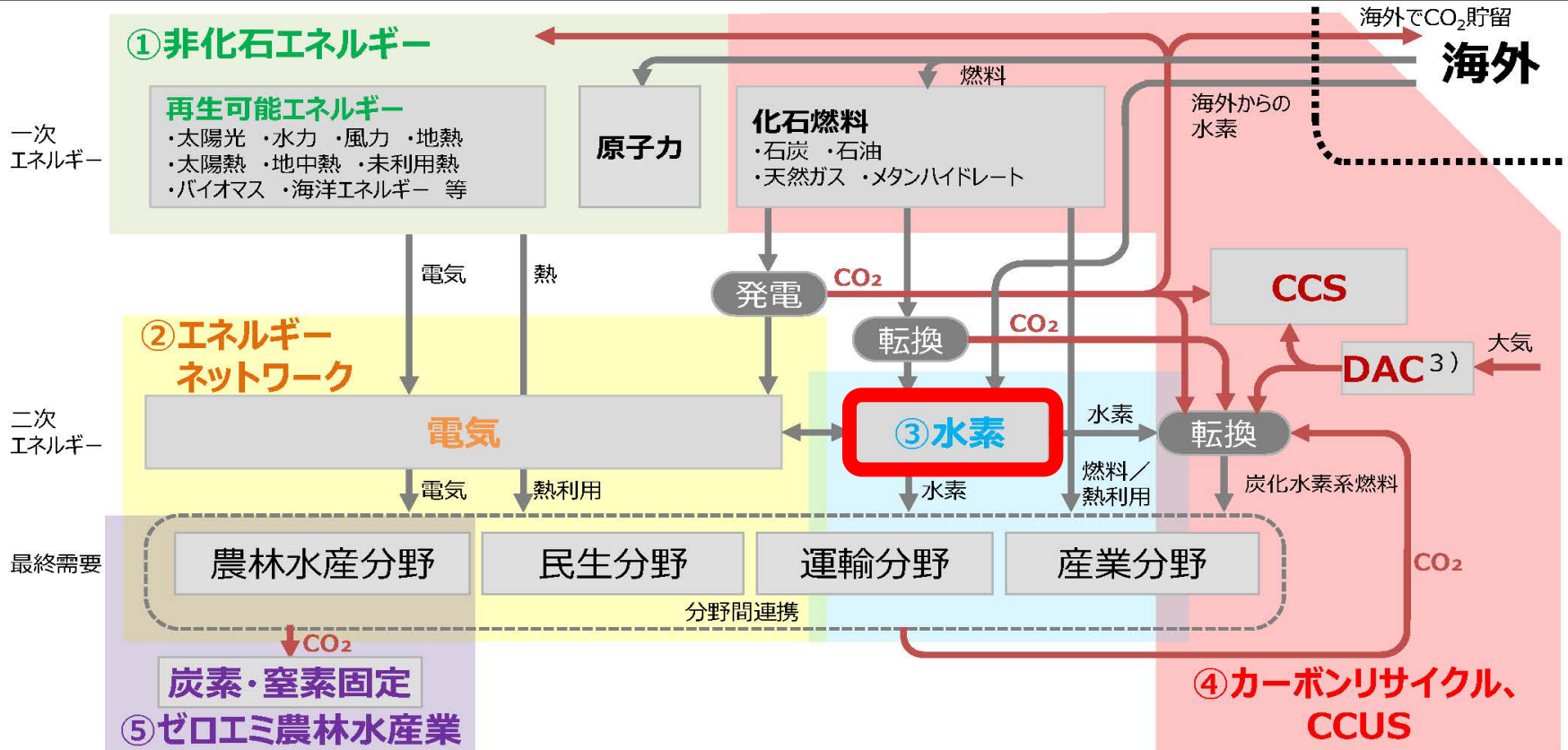
**社会全体の脱炭素化へ: 電化+水素化**

# 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通じ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、発電など様々な分野で活用可能な水素、④CO<sub>2</sub>の大幅削減に不可欠なカーボンサイクル、CCUS<sup>1)</sup>、⑤世界GHG排出量の1/4<sup>2)</sup>を占める農林水産分野の5つが重点領域となる。



1) CCUS : Carbon Capture, Utilization and Storage (炭素の回収・利用・貯留)

2) 農業・林業・その他土地利用部門からのGHG排出量は世界の排出量の約1/4を占める (出典: IPCC AR5 第3作業部会報告書)

3) DAC : Direct Air Capture (大気からのCO<sub>2</sub>分離)

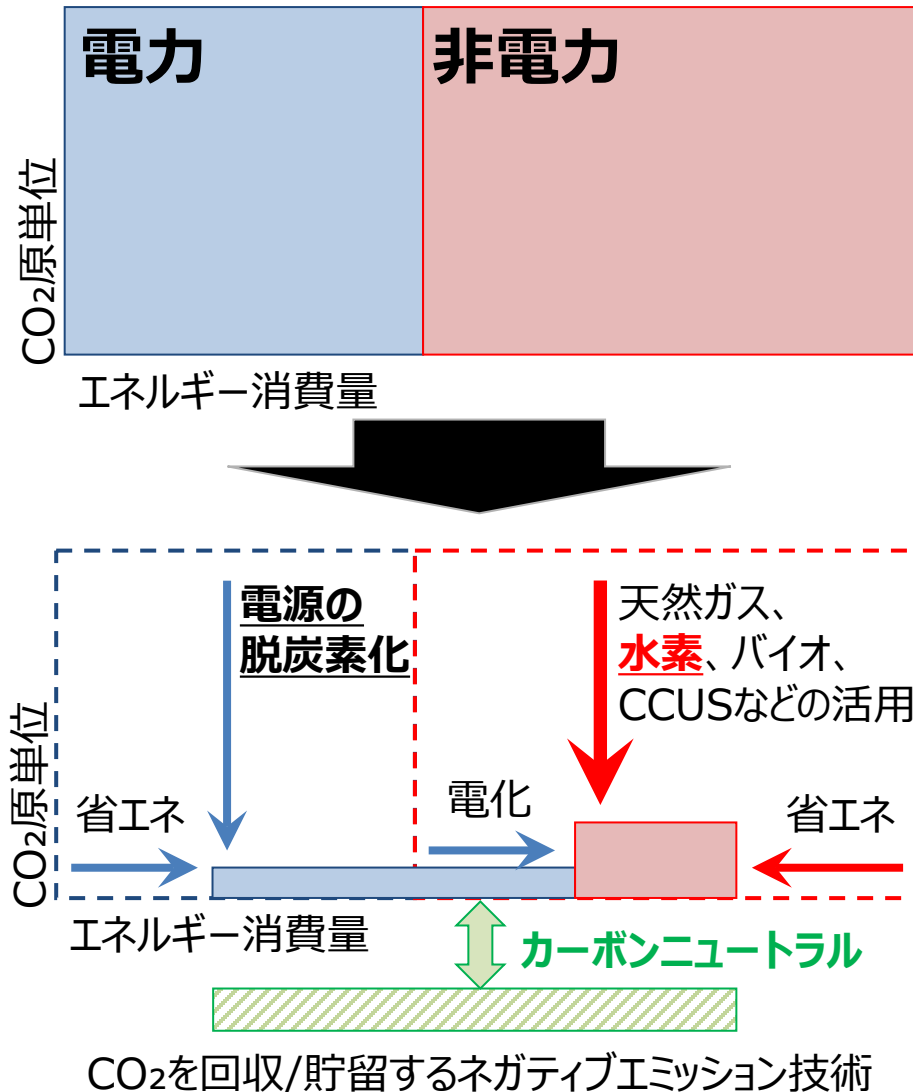
<https://www.kantei.go.jp/jp/singi/tougou-innovation/pdf/kankyousenryaku2020.pdf>

「国内再エネ利用拡大(左上)」「海外からの再エネ大量輸入(右上)」「回収CO<sub>2</sub>の燃料化(右下)」  
に「水素」が不可欠: 脱炭素社会の電力+燃料+原料をまかなう化学的なエネルギー媒体



# 全体像：カーボンニュートラル (グリーンイノベーション戦略推進会議、2020年11月)

CO<sub>2</sub>排出削減  
の方向性

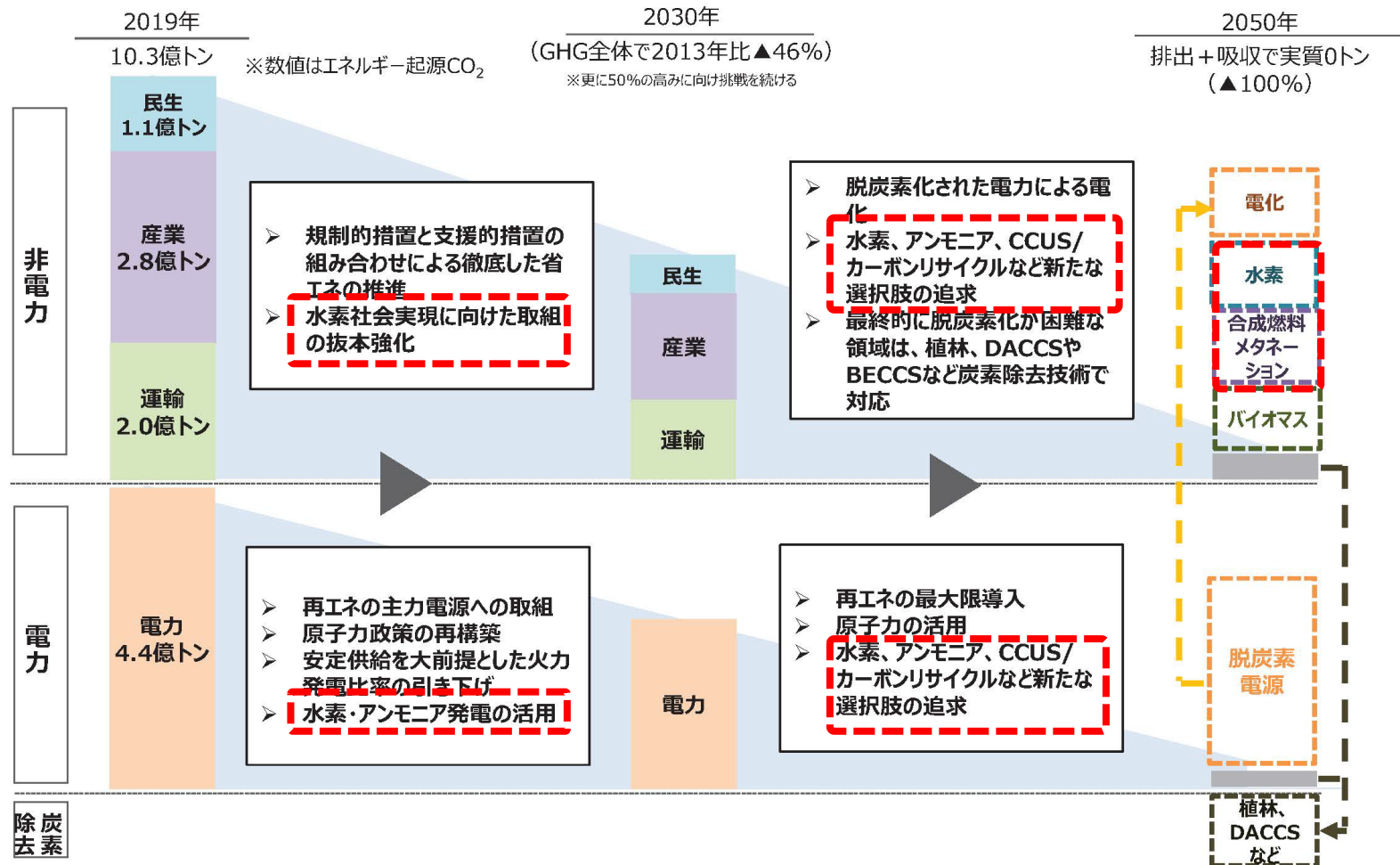


[https://www.meti.go.jp/shingikai/energy\\_environment/green\\_innovation/pdf/gi\\_003\\_04\\_00.pdf](https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/green_innovation/pdf/gi_003_04_00.pdf)

電力と非電力(燃料+原料)の**両方**の脱炭素化が必要

# 電化+水素化+CO<sub>2</sub>回収 (グリーン成長戦略改訂版、2021年6月)<sup>6</sup>

## 2050年カーボンニュートラルの実現



<https://www.meti.go.jp/press/2021/06/20210618005/20210618005.html>

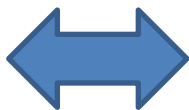
水素(キャリア): 脱炭素電源の1%(2030年)、10%(2050年)、需要増(2030年: 30→300万トン、2050年: 水素2000万トン/年=熱量換算でLNG5000万トン/年に相当(23年LNG輸入量は6500万トン/年))  
(ポテンシャル: 商用車600万トン、水素発電500~1000万トン、水素製鉄700万トンなど)



# 水素:使って出るのは水だけ(炭素循環⇒水素循環)!

## 燃料電池:“燃やさない”直接変換で高効率発電!

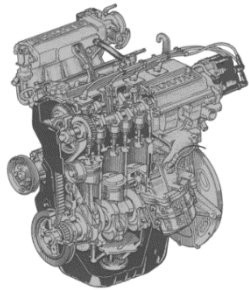
**熱エネルギー変換(燃焼)**  
(化学エネルギー⇒**熱**⇒運動⇒電気)



**電気化学エネルギー変換**  
(化学エネルギー⇒電気)

内燃機関(**集中型**):**量的**なCO<sub>2</sub>排出減

燃料電池(**分散型**):**質的**なCO<sub>2</sub>排出減



ニューコメンの熱機関  
(Newcomen, 1712)  
【当時の効率約1%】

ガソリンエンジン  
(Otto cycle, 1876)  
【実運転で十数%、  
最近は効率アップ、  
水素エンジンも】

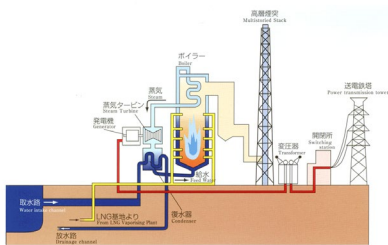
**燃料電池**



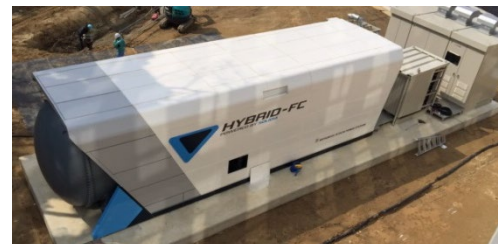
エネファーム  
(九大伊都に7台設置)  
【家庭で発電効率50%  
総合効率約90%超】

燃料電池車  
(トヨタ製、九大所有、  
世界初の大学公用車)  
【車両効率約65%】

**水素**  
を介して  
燃やさず  
に発電!



蒸気タービン【ガスタービン、複合発電、  
水素タービンへ】(Rankin cycle, 1854)  
(日本機械学会編「熱力学」より引用)



業務産業用・発電用燃料電池  
(三菱日立パワーシステムズ製、九大伊都設置)  
【将来、天然ガスで発電効率約70%へ】

# 多様な水素利用技術

## 水素モビリティ

(トヨタ・ホンダ@九大伊都)



## 家庭用燃料電池

(パナソニック・アイシン・京セラ@九大伊都)



## 産業用分散電源

(三菱重工@九大伊都)



## 水素商用車

(いすゞ@スマートエネルギーウィーク)



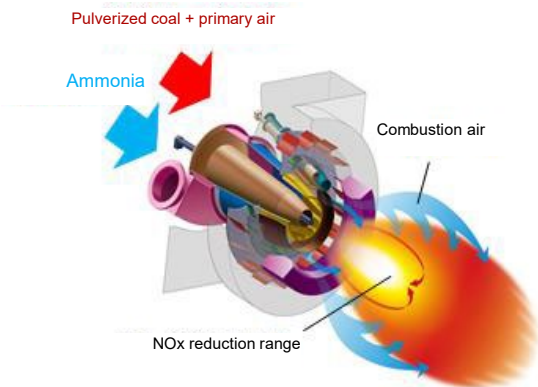
## 水素エンジン

(川崎重工@ジャパンモビリティショー)



## 水素タービン・ボイラー

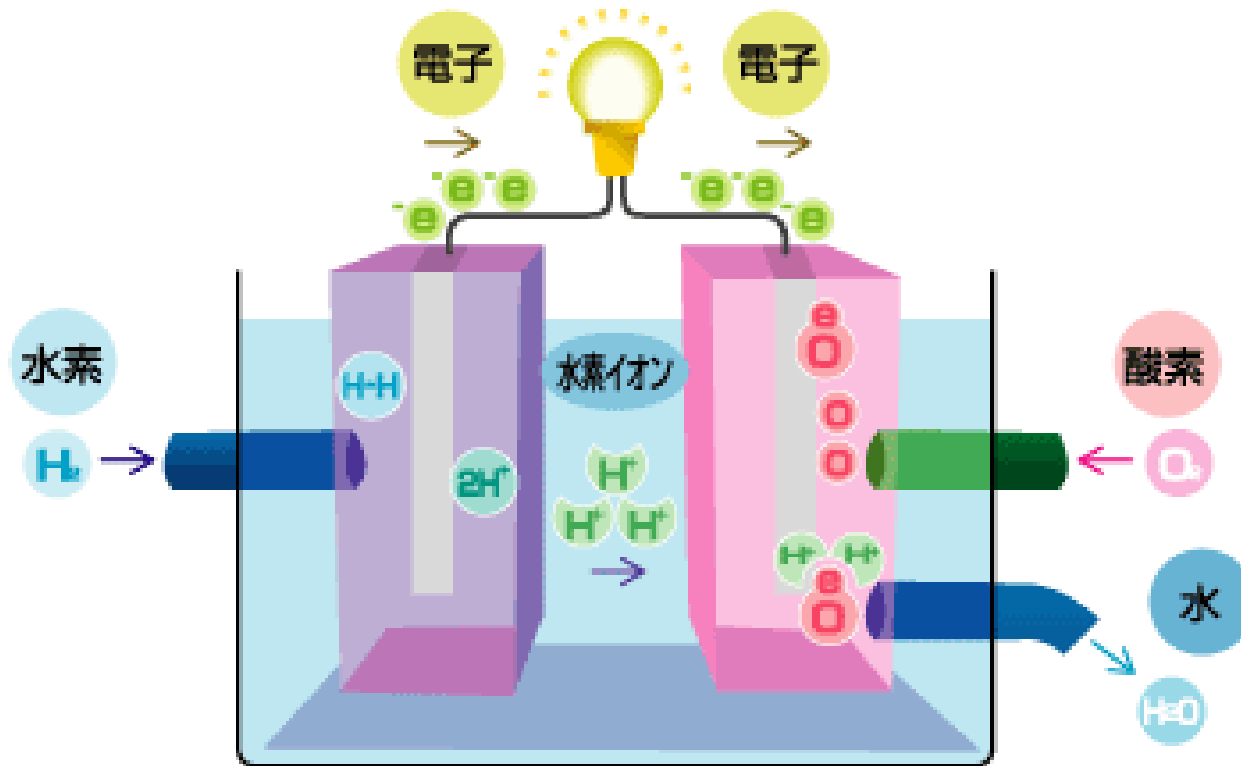
(川崎重工@経産省資料)





# 水素とは？燃料電池とは？

「水素」と「酸素」を化学反応させて発電する、『燃料電池』



燃料となる「水素」は、天然ガスやメタノールを改質して作るのが一般的です。「酸素」は、大気中から取り入れます。また、発電と同時に発生する熱も活かすことができます。

# 経済：水素価格と用途拡大(輸送⇒発電⇒化学⇒製鉄)

(佐々木一成、日本経済新聞「経済教室」2023年5月30日、政府の各種資料のパリティ価格などを参考に作成)

約100円/Nm<sup>3</sup> 現状(人件費や投資を除く)

水素・アンモニア政策小委員会(値差支援などの制度設計中)  
[https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/shoene\\_shinene/suiso\\_seisaku/index.html](https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/shoene_shinene/suiso_seisaku/index.html)

★水素乗用車【vs.ガソリン】約100円/Nm<sup>3</sup>



★水素商用車【vs.軽油】約50円/Nm<sup>3</sup>

30円/Nm<sup>3</sup>@2030年政府目標

★水素発電【vs.天然ガス】約15~30円/Nm<sup>3</sup>

≤20円/Nm<sup>3</sup>@政府将来目標

★化学工業【vs.天然ガス】約18円/Nm<sup>3</sup>

★水素還元製鉄【vs.石炭】約8円/Nm<sup>3</sup>

水素の価格

市場規模

水素価格低下に伴い用途拡大。環境価値もマネタイズして回収(カーボンプライシング等)



# 供給：水素キャリア（液化水素、有機ハイドライド、アンモニア、メタン）

（第25回 水素・燃料電池戦略協議会、2021年3月）

水素を極低温（20K）で液化して船等で運搬

トルエンに水素を化合させたメチルシクロヘキサン（MCH）をケミカルタンカーで運搬

石炭火力発電所の排ガス浄化で使っているアンモニア（NH<sub>3</sub>）を燃料として使用

CO<sub>2</sub>フリー水素と回収CO<sub>2</sub>からのCNメタンを作って、既存の都市ガスインフラ活用

キャリア	液化水素	MCH	アンモニア	メタネーション
体積(対常圧水素)	約1/800	約1/500	約1/1300	約1/600
液体となる条件、毒性	-253℃、常圧 無毒	常温常圧 トルエンは毒性有	-33℃、常圧等 毒性、腐食性有	-162℃、常圧 無毒
直接利用の可否	N.A.(化学特性変化無)	現状不可	可（石炭火力混焼等）	可（都市ガス代替）
高純度化のための追加設備	不要	必要（脱水素時）		
特性変化等のエネルギーロス	現在:25-35% 将来:18%	現在:35-40% 将来:25%	水素化:7-18% 脱水素:20%以下	現在: -32%
既存インフラ活用可否	国際輸送は不可（要新設）。国内配送は可	可（ケミカルタンカー等）	可（ケミカルタンカー等）	可（LNGタンカー、都市ガス管等）
技術的課題等	大型海上輸送技術（大型液化器、運搬船等）の開発が必要	エネルギーロスの更なる削減が必要	直接利用先拡大のための技術開発、脱水素設備の技術開発が必要	製造地における競争的な再エネ由来水素、CO <sub>2</sub> 供給が不可欠

出典：IEA, the Future of Hydrogen等に基づき、資源エネルギー庁作成

[https://www.meti.go.jp/shingikai/energy\\_environment/suiso\\_nenryo/pdf/025\\_01\\_00.pdf](https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/suiso_nenryo/pdf/025_01_00.pdf)

35

産業用ガス  
会社！

石油会社！

電力会社！

ガス会社！

各水素キャリアのメリットと課題を踏まえて、並行して技術開発を進め、適材適所で利活用

# 海外からの水素の輸入に向けて(例):川崎重工業 12



川崎重工業ホームページ: <https://www.khi.co.jp/hydrogen/>



岸田総理の水素運搬実証式典出席(2022年4月9日)(出典:首相官邸HP)



(完成前の風景(2019年8月27日))



# 水素の用途拡大(乗用車、商用車、船、航空機など)

(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。

### 港湾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湾において、港湾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



### 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等を実施



燃料電池自動車

### 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



燃料電池鉄道車両のイメージ

### 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ション船の商業運航実現を目指し、ガス燃料船等の開発・実用化に向けた取組を加速
- 我が国造船・海運業の国際競争力の強化と海上輸送のカーボンニュートラルを実現



### 航空分野におけるカーボンニュートラルの実現

- 持続可能な航空燃料の導入促進、エコエアポートの推進等を通じて、航空分野におけるカーボン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商用運航



燃料電池フォークリフト



## 水素トラック(日野+トヨタ)



## 水素トラック(いすゞ+ホンダ)



## 水素FCEV(BMW)



## 水素列車(JR東日本)



商用車に期待

(撮影:佐々木)

## クラウンFCEV(トヨタ)



## 水素SUV(ホンダ)



## 水素バス(福岡市)



## 水素BRT(日田彦山線)



新型FCEV発売、バスも都市・地方に展開

(撮影:佐々木)



## 給食配送車(トヨタ・福岡市)



## 水素パッカー車(トヨタ・福岡市)



## 小型トラック(トヨタ・福岡県)



多様な商用車に横展開

(撮影:佐々木)



# オートポリス大分2023

## 水素エンジン車：液化水素利用(トヨタ)



## 水素SUV(トヨタ)



## 水素バギー



水素モビリティの用途拡大

(撮影:佐々木)

# 環境省・水素ミッション：水素燃料電池列車への乗車

【水素燃料電池列車への乗車】環境省facebook 2019年5月4日 5:41

5月4日、原田環境大臣は、昨日訪問したAlstom社が世界で初めて実用化した水素燃料電池列車(Coradia iLint;コラディア・アイリント)に乗車しました。この列車は、2018年9月、ドイツ北部ニーダーザクセン州の約100kmの区間(ブクステフェーデ=クックス・ハーフェン間)で運行を開始しました。今回の乗車はブレーマフェルデからブレーマハーフェン中央駅までの約36kmの区間です。燃料電池と水素タンクは屋根に設置され、現在は移動式水素ステーションから水素供給を受けていますが、将来的には定置式ステーションからの供給も予定しています。列車にはAlstom社Gerald Kowalski局長らも同乗し、車両の構造などについて説明を受けました。昨日から引き続き九州大学の佐々木副学長(次世代燃料電池産学連携研究センター長)を団長とする6社※、10名の企業団も同乗しました。

ディーゼル車両と比べても非常に静かで匂いもなく、運行時にCO2を排出しません。停電などの災害対応も可能で、架線が不要という利点もあります。環境省ではこれまで燃料電池フォークリフト、バス、船、トラック、ごみ収集車などの開発に取り組んできましたが、水素が有する可能性は大きいと言えます。

※岩谷産業株式会社、川崎重工業株式会社、九州旅客鉄道株式会社、第一実業株式会社、トヨタ自動車株式会社、日本エア・リキード株式会社(五十音順)

写真：水素燃料電池列車の外観、Alstom社や企業団と、車内での様子(5/4)

(環境省facebook) <https://www.facebook.com/KankyoJpn.gov/>





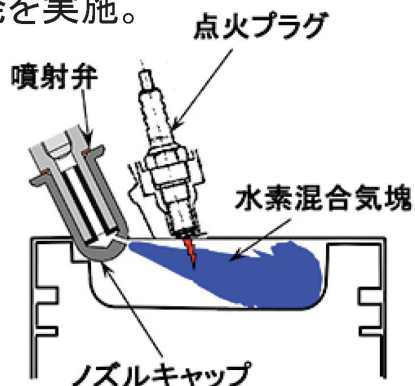
## 次世代船舶に関する技術開発の状況



- 戦略的イノベーション創造プログラム (SIP) 第1期「エネルギーキャリア」において、アンモニア直接燃焼及び水素エンジン技術開発を実施。
- 小型の船舶では、バッテリー船の実用化が進められているほか、燃料電池船の実証事業が実施されている。

### SIP水素エンジン技術開発

試験用小型エンジン(1.05 L)を用いて、火花点火水素エンジンの水素燃焼技術の基礎技術開発を実施。



### SIPアンモニアエンジン技術開発

試験用小型エンジン(1.08 L)を用いて、ディーゼルエンジンの燃焼技術の基礎技術開発を実施。



### バッテリー船、燃料電池船の技術開発

世界初のゼロエミッション電気推進タンカーの建造決定  
2022年3月竣工予定



出典: e5ラボ

NEDO「高出力燃料電池搭載船の実用化に向けた実証事業」  
2024年に実証運航予定



出典: 横浜市



## エアバスの公表したゼロエミッション航空機

- 2020年9月、エアバスは、2035年に世界初の「ゼロエミッション航空機」の実用化を目指すとして、**3種類のコンセプト航空機 (ZEROe) を公表**。2020年代後半までにこれらのプロトタイプを完成させる計画。  
※ 仏政府は、6月COVIDからの復興を目的に、総額150億ユーロからなる航空産業支援策を発表。  
このうち、15億ユーロを航空産業のグリーン化に向けた研究開発に充当しており、当該計画に呼応する形。
- 3つのコンセプトはいずれも、**液体水素を燃料として燃焼させる改良型ガスタービンエンジン**とガスタービンを補完する**水素燃料電池**から構成されるハイブリッド型の推進システム。



ターボファン

2つのハイブリッド水素ターボファンエンジンにより推進。120-200席を想定。3700km以上の後続距離を持ち、大陸間飛行が可能。  
燃料となる液体水素は後部圧隔壁に貯蔵。



ターボプロップ

ターボファンの代わりにターボプロップエンジン（ガスタービンエンジンの1形態で出力の大部分をプロペラの回転に当てる）を推進源として用いる。  
定員は最大100席。航続距離は1850キロで近距離飛行向け。



ブレンデッド・ウイング・ボディ

翼と機体が一体化した「ブレンディッド・ウイング・ボディ」デザイン。水素ターボファンエンジンにより推進。  
定員は最大200席。航続距離は3700キロ。胴体が広いため、水素の貯蔵や供給方法については多様な選択肢が可能。

(出典) : <https://www.airbus.com/newsroom/press-releases/en/2020/09/airbus-reveals-new-zeroemission-concept-aircraft.html>

# 世界：水素に係る海外動向（世界各国が投資急拡大）

## 世界各国における水素政策

### 欧州

- **REPowerEU（2022年3月）**  
2030年より前に露の化石燃料脱却  
域内製造1000万トン、輸入1000万トン<sup>1</sup>を供給できる体制を目指す
- **IPCEI（2022年7月、9月）**  
①官民で総額140億ユーロ超（約2.03兆円）の投資  
②官民で総額120億ユーロ超（約1.74兆円）の投資
- **炭素国境調整メカニズム（CBAM）（2022年12月）**  
欧州委員会（EC）は、初期的な炭素国境調整メカニズム（CBAM）の対象として、水素（アンモニア）をCBAMに追加することで合意
- **グリーンディール産業計画（2023年2月）**  
欧州委員会（EC）は、グリーン水素の製造を支援するための競争的入札を2023年秋に実施予定。10年間にわたり、製造した再生可能水素1kgあたり固定されたプレミアムを補助として受け取る。今後の支援額400億ユーロ程度を想定（約5兆6千億円）。

### ドイツ

- **国家水素戦略（2020年6月）**  
2030年までに5GW（230万トン/年）の水素製造能力、2040年までに追加で5GW（230万トン/年）規模の水素製造能力を目指す。
- **H2Global導入（2021年6月）**  
固定価格買い取り・販売制度（H2Global）を導入。初回入札を2022年12月より指導。9億ユーロ（約1,200億円）を確保しており、2036年までに補填に必要となる35億ユーロ（約4,655億円）を確保する予定。また、水素派生製品の実際の欧州・ドイツへの輸入は2024年末から始まる見込み。

### 米国

- **水素ショット（2022年6～9月）**  
10年以内に、水素製造コストを1ドル/kg以下を目指す。水素源、最終用途、地理的な多様性を目標に、6～10の地域水素ハブに予算総額60～70億ドルで公募を実施。
- **インフレ抑制法「IRA」（2022年8月）**  
グリーン水素製造に対する10年間の税額控除。最大3ドル/kgの控除を実施。
- **超党派インフラ投資雇用法（2022年11月）**  
グリーン水素関連プロジェクトに対し、5年間で95億ドル（約1.34兆円）を投資

### 英国

- **Low Carbon Hydrogen Business Model（2022年XX月）**  
2030年までに低炭素水素製造能力を10GW（約20万トン/年）確保。国内水電解事業とブルー案件を支援し、国内水電解で5GW（約10万トン/年）以上を目指す。2ラウンドを2022年、2023年実施予定。その先は予算、法律、賦課金の手段を検討。25年末までに運転開始の案件を採択予定。

### インド

- **水素推進政策（2022年2月）**  
グリーン水素・アンモニア用の再エネの優遇策を発表。
- **国家水素グリーンミッション（2023年1月）**  
グリーン水素移行への戦略的介入プログラムとして、水電解装置の国産化とグリーン水素製造について、それぞれ異なる財政インセンティブを提供予定。

産業構造審議会グリーンイノベーションプロジェクト部会資料（2023年2月13日）資料：

[https://www.meti.go.jp/shingikai/sankoshin/green\\_innovation/energy\\_structure/pdf/014\\_04\\_00.pdf](https://www.meti.go.jp/shingikai/sankoshin/green_innovation/energy_structure/pdf/014_04_00.pdf)

各国が「水素」を成長産業に位置づけ、民の投資を引き出す官の投資競争が世界的に激化



# 「水素基本戦略」改定 (2023年6月6日、再生可能エネルギー・水素等関係閣僚会議)

## 「水素基本戦略」の改定のポイントについて (案)

資料 1 - 1

**水素基本戦略** (アンモニア等を含む) を改定し、関係府省庁が一体となって水素社会の実現に向けた取組を加速する。

- ①2030年の水素等導入目標300万トンに加え、**2040年目標を1200万トン**、2050年目標は2000万トン程度と設定 (コスト目標として、現在の100円/Nm<sup>3</sup>を2030年30円/Nm<sup>3</sup>、2050年20円/Nm<sup>3</sup>とする) ②2030年までに国内外における**日本関連企業の水電解装置の導入目標を15GW程度**と設定 ③**サプライチェーン構築・供給インフラ整備に向けた支援制度を整備** ④**G7で炭素集約度に合意、低炭素水素等への移行**

### 水素産業戦略 ～ 「我が国水素コア技術が国内外の水素ビジネスで活用される社会」実現 ～

- ① **「技術で勝ってビジネスでも勝つ」となるよう、早期の量産化・産業化を図る。**  
 ② **国内市場に閉じず、国内外のあらゆる水素ビジネスで、我が国の水素コア技術 (燃料電池・水電解・発電・輸送・部素材等) が活用される世界を目指す。**  
 →脱炭素、エネルギー安定供給、経済成長の「一石三鳥」を狙い、大規模な投資を支援。(官民合わせて**15年間で15兆円**のサプライチェーン投資計画を検討中)

つくる	はこぶ	つかう
<ul style="list-style-type: none"> <li>□ <b>水電解装置</b></li> <li>□ <b>電解膜、触媒などの部素材</b></li> <li>□ <b>効率的なアンモニア合成技術</b></li> </ul> <p>・A社 (素材) は、国内外大手と連携、水電解装置による国内外の大規模グリーン水素製造プロジェクトに参画。          ・B社 (自動車) は、燃料電池の技術力をベースに多くの共通技術を活かす水電解装置を開発・実装。          ・C社 (ベンチャー) は、GI基金を通じアンモニア製造の新技術を開発・実証。</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>□ <b>海上輸送技術 (液化水素、MCH等)</b></li> </ul> <p>・D社 (重工) は、世界初の液化水素運搬技術を確立し、G7でも各国閣僚から高い関心。          ・E社 (エンジニアリング) は、欧州でのMCHによる輸送プロジェクトの事業化調査に着手。</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>□ <b>燃料電池技術</b></li> <li>□ <b>水素・アンモニア発電技術</b></li> <li>□ <b>革新技術 (水素還元製鉄、CCUS等)</b></li> </ul> <p>・F社 (自動車) は、燃料電池の海外での需要をみこして多用途展開を促し、コア技術としての普及を目指す。          ・G社 (重工) は、大型水素発電の実証・実装で世界を先行。          ・H社 (発電) は、アンモニア混焼の2020年代後半の商用運転開始に向け、実証試験を実施。</p>

### 水素保安戦略 ～ 水素の大規模利用に向け、安全の確保を前提としたタイムリーかつ経済的に合理的・適正な環境整備 ～

#### 需給一体の国内市場の創出

#### 規制・支援一体型の制度を、需給の両面から措置、水素普及の加速化

##### 供給

- 既存燃料との価格差に着目した大規模サプライチェーン構築支援
  - S + 3Eの観点からプロジェクト評価
  - ブレンデッド・ファイナンスの活用
- 効率的な供給インフラ整備支援 -国際競争力ある産業集積を促す拠点を整備
- 低炭素水素への移行に向けた誘導的規制の検討
- 保安を含む法令の適用関係を整理・明確化
- 上流権益への関与や市場ルール形成による安定したサプライチェーンの確保

##### 需要

- 需要創出に向けた省エネ法の活用
  - 工場、輸送事業者・荷主等の非化石転換を進め、将来的に水素の炭素集約度等に応じて評価。
  - トップランナー制度を発展させ、機器メーカーに水素仕様対応等を求めることを検討。
- 燃料電池ビジネスの産業化 (セパレーター等の裾野産業育成)
  - 国内外のモビリティ、港湾等の燃料電池の需要を一体で獲得することでコストダウン・普及拡大
  - 港湾等における「塊の需要」や意欲ある物流事業者等による先行取組への重点的支援
- 地域での水素製造・利活用と自治体連携※、国民理解 ※特に「福島新エネ社会構想」の取組加速

#### 世界市場の獲得

#### 拡大する欧米市場で初期需要を獲得、将来のアジア市場を見越し先行投資

- **規模・スピードで負けないよう大胆な民間の設備投資を促す政策支援**
- 大規模サプライチェーン構築支援の有効活用
- 海外政府・パートナー企業との戦略的連携、トップセールスによる海外大規模プロジェクトへの参画
- 『アジア・ゼロエミッション共同体 (AZEC)』構想等の枠組みを活用したアジア連携
- 日本の水素ビジネスを支える国際的な知財・標準化の取組 (GI基金等も活用)
- 人材育成の強化・革新技術の開発

米国：インフレ削減法(IRA)により、低炭素水素製造に10年間で最大3ドル/kgの税額控除を実施予定 (約50兆円規模 ※水素以外も含む)  
 欧州：グリーンディール産業計画で、グリーン投資基金の設立や水素銀行構想を発表 (約5.6兆円規模 ※水素以外も含む)  
 英国：国内低炭素水素製造案件について15年間の値差支援や、拠点整備支援を実施予定 (第一弾として約5,400億円規模)

再生可能エネルギー・水素等関係閣僚会議 (2023年6月6日) : [https://www.cas.go.jp/jp/seisaku/saisei\\_energy/index.html](https://www.cas.go.jp/jp/seisaku/saisei_energy/index.html)

技術で勝って**ビジネスでも勝つ** / 日本の強みで**世界市場獲得** / **脱炭素+エネルギー安定供給+経済成長**の一石三鳥



# 水素政策動向

(水素・アンモニア政策小委、脱炭素燃料政策小委など、2023年10月25日)

● **値差支援**(天然ガスvs.水素、石炭vs.アンモニア)・**拠点整備**(3+5拠点程度←20拠点FS)・**法制度整備**(クリーン化、国が保安を主導)を水素審議会で議論⇒**水素新法(推進+規制)**

## (1) 価格差に着目した支援の中核となる条件

### ① エネルギー政策 (S+3E) の観点

- S+3Eそれぞれの観点、すなわち、**安全性を大前提として、安定供給(利用)に貢献し、低廉で、脱炭素化に資する取組**であり、かつ、**経済的に合理的・効率的な手法で脱炭素資源が活用される事業**であることを求めているかどうか。

### ② GX実現の観点

- GX施策は「GX経済移行債を活用した投資促進策の基本原則」に基づき、「産業競争力強化・経済成長及び排出削減のいずれの実現にも貢献」するものを、「GX達成に不可欠な国内供給の必要性等を総合的に勘案して優先順位をつけ、当該優先順位の高いものから支援」することとしている。
- こうした観点を踏まえ、価格差に着目した支援を受けようとする事業計画に含まれる事項として、以下3点を求めているかどうか。
  - 1) **鉄・化学といった代替技術が少なく転換困難な分野・用途に関し、新たな設備投資や事業革新を伴う形で原燃料転換も主導する**ものであること。
  - 2) 1)の結果、**クリーン水素等の供給及び利用に関する産業の国際競争力の強化に相当程度寄与すると認められる**こと。
  - 3) **国際的な算定ルールと整合的な考えの下、国内の排出削減に資するとともに、炭素集約度が一定値以下になると見込まれる**こと。

※1)を確認するため、**事業計画は支援を受けようとする供給者・利用者の双方による連名で一体的な計画を作成すること**としてはどうか。

### ③ 自立したパイロットサプライチェーンの構築

- 価格差に着目した支援では、**2030年度までに供給開始が見込まれるプロジェクト**のうち、それ以降の後続サプライチェーンの構築へと繋がる、**先行的で自立が見込まれることを条件に、プロジェクトを採択する必要**。
- そのため、経済的な自立を担保する観点から、**15年間の支援終了後、一定期間(10年間)の供給を継続すること**を求めているかどうか。
- また、価格差に着目した支援で得られた知見を適切に還元するため、**支援対象事業のノウハウ等を活用して、新産業・新市場開拓のため、国内外で新たな関連事業を実施する**等の取組を予定しているか、についても確認することとしてはどうか。

# 水素社会推進法案 (2024年2月13日閣議決定)

## 脱炭素成長型経済構造への円滑な移行のための 低炭素水素等の供給及び利用の促進に関する法律案【水素社会推進法】の概要

### 背景・法律の概要

- ✓ **2050年カーボンニュートラル**に向けて、今後、脱炭素化が難しい分野においてもGXを推進し、エネルギー安定供給・脱炭素・経済成長を同時に実現していくことが課題。こうした分野における**GXを進めるためのカギとなるエネルギー・原材料として、安全性を確保しながら、低炭素水素等の活用を促進することが不可欠。**
- ✓ このため、**国が前面**に立って、**低炭素水素等の供給・利用を早期に促進**するため、**基本方針の策定**、需給両面の**計画認定制度の創設**、**計画認定を受けた事業者に対する支援措置や規制の特例措置**を講じるとともに、低炭素水素等の供給拡大に向けて、**水素等を供給する事業者が取り組むべき判断基準の策定等の措置**を講じる。

### 1. 定義・基本方針・国の責務等

#### (1) 定義

- 「**低炭素水素等**」：水素等であって、
  - ①その製造に伴って排出されるCO2の量が一定の値以下
  - ②CO2の排出量の算定に関する国際的な決定に照らしてその利用が我が国のCO2の排出量の削減に寄与する等の経済産業省令で定める要件に該当するもの
- ※「水素等」：水素及びその化合物であって経済産業省令で定めるもの（アンモニア、合成メタン、合成燃料を想定）

#### (2) 基本方針の策定

- 主務大臣は、関係行政機関の長に協議した上で、低炭素水素等の供給・利用の促進に向けた**基本方針**を策定。
- 基本方針には、①低炭素水素等の供給・利用に関する**意義・目標**、②**GX実現に向けて重点的に実施すべき内容**、③**低炭素水素等の自立的な供給に向けた取組**等を記載。

#### (3) 国・自治体・事業者の責務

- **国**は、低炭素水素等の供給・利用の促進に関する**施策を総合的かつ効果的に推進する責務**を有し、**規制の見直し等の必要な事業環境整備や支援措置**を講じる。
- **自治体**は、**国の施策に協力**し、低炭素水素等の供給・利用の促進に関する**施策を推進**する。
- **事業者**は、**安全を確保**しつつ、低炭素水素等の供給・利用の促進に資する**設備投資等を積極的に行うよう努める**。

### 2. 計画認定制度の創設

#### (1) 計画の作成

- **低炭素水素等を国内で製造・輸入して供給する事業者や、低炭素水素等をエネルギー・原材料として利用する事業者が、単独又は共同で計画を作成し、主務大臣に提出。**

#### (2) 認定基準

- **先行的で自立が見込まれるサプライチェーンの創出・拡大**に向けて、以下の基準を設定。
  - ①計画が、**経済的かつ合理的**であり、かつ、低炭素水素等の供給・利用に関する**我が国産業の国際競争力の強化に寄与**するものであること。
  - ②「**価格差に着目した支援**」「**拠点整備支援**」を希望する場合は、
    - (i) **供給事業者と利用事業者の双方が連名となった共同計画**であること。
    - (ii) 低炭素水素等の供給が**一定期間内に開始され、かつ、一定期間以上継続的に行われると見込まれる**こと。
    - (iii) **利用事業者が、低炭素水素等を利用するための新たな設備投資や事業革新等を行うことが見込まれる**こと。
  - ③ 導管や貯蔵タンク等を整備する港湾、道路等が、**港湾計画、道路の事情等の土地の利用の状況に照らして適切**であること。 等

#### (3) 認定を受けた事業者に対する措置

##### ① 「価格差に着目した支援」「拠点整備支援」

(JOGMEC（独法エネルギー・金属鉱物資源機構）による助成金の交付)

- (i) **供給事業者が低炭素水素等を継続的に供給するために必要な資金や、**
- (ii) **認定事業者の共用設備の整備に充てるための助成金を交付**する。

##### ② 高圧ガス保安法の特例

認定計画に基づく設備等に対しては、一定期間、**都道府県知事に代わり、経済産業大臣が一元的に保安確保のための許可や検査等を行う。**

※ 一定期間経過後は、高圧ガス保安法の認定高度保安実施者（事業者による自主保安）に移行可能。

##### ③ 港湾法の特例

認定計画に従って行われる**港湾法の許可・届出を要する行為**（水域の占用、事業場の新設等）について、**許可はあったものとみなし、届出は不要とする。**

##### ④ 道路占用の特例

認定計画に従って敷設される**導管**について**道路占用の申請**があった場合、一定の基準に適合するときは、**道路管理者は占用の許可を与えなければならないこととする。**

### 3. 水素等供給事業者の判断基準の策定

- **経済産業大臣は、低炭素水素等の供給を促進するため、水素等供給事業者（水素等を国内で製造・輸入して供給する事業者）が取り組むべき基準（判断基準）を定め、低炭素水素等の供給拡大に向けた事業者の自主的な取組を促す。**
- **経済産業大臣は、必要があると認めるときは、水素等供給事業者に対し指導・助言を行うことができる。また、一定規模以上の水素等供給事業者の取組が著しく不十分であるときは、当該事業者に対し**勧告・命令**を行うことができる。**

**電気・ガス・石油・製造・運輸等の産業分野の低炭素水素等の利用を促進するための制度の在り方**について検討し、所要の措置を講ずる。



# 政府：水素への3兆円の値差支援 (日本経済新聞、2023年12月15日)

政府は次世代の脱炭素エネルギーとして期待する水素の普及に向け、天然ガスなど既存の燃料との価格差を補う支援に15年間で3兆円を投じる。割高な水素のコストを抑えて普及を狙う。2023年度から政府が発行するGX(グリーントランスフォーメーション)経済移行債を活用する。

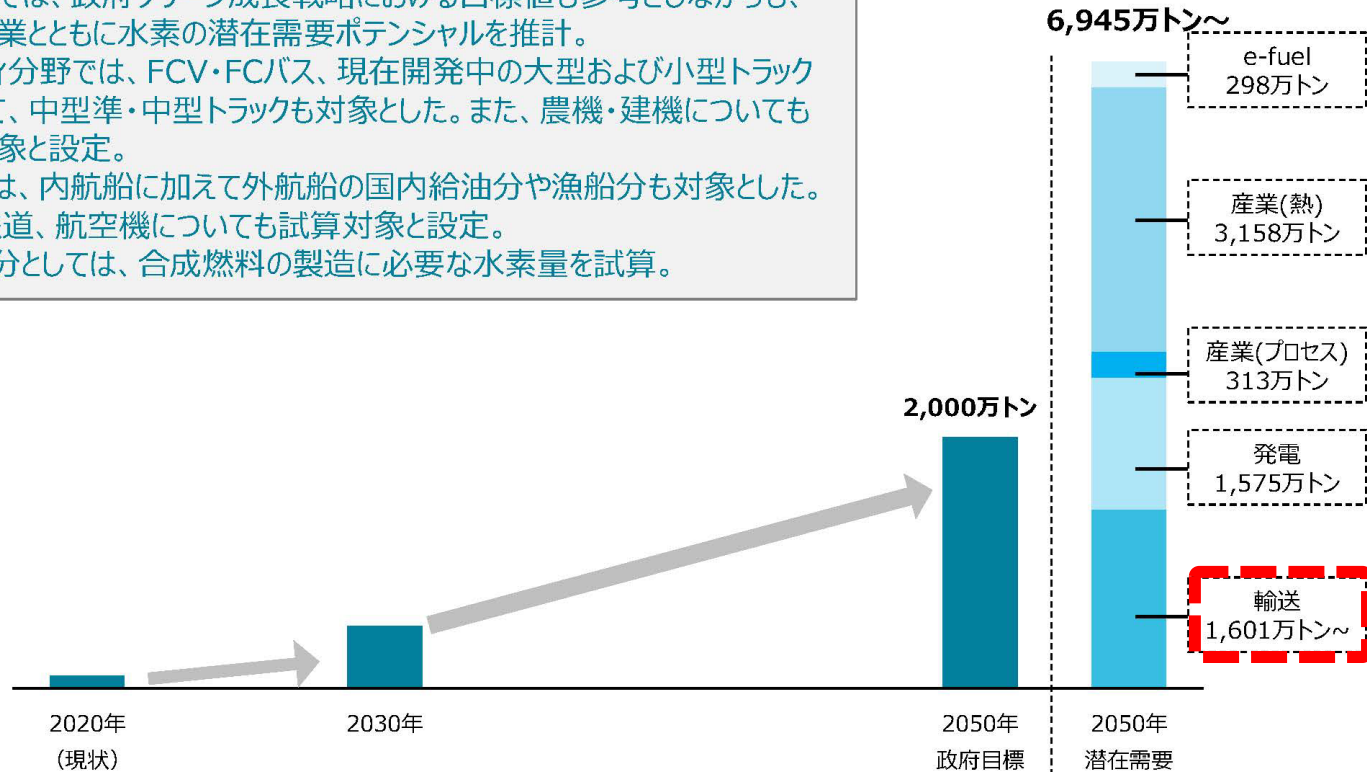
GX債による主な分野別の支援		
水素	既存燃料との価格差を補填	15年で3兆円
鉄鋼など製造業	製造工程の脱炭素化	10年で1.3兆円
再生エネ	薄型太陽電池や洋上風力の供給網強化	10年で1兆円
くらし	断熱窓や高効率の給湯器、EV購入補助	3年で2兆円

## 協議会における需要ポテンシャルの推計結果



### ポイント

- 協議会では、政府グリーン成長戦略における目標値も参考としながらも、会員企業とともに水素の潜在需要ポテンシャルを推計。
- モビリティ分野では、FCV・FCバス、現在開発中の大型および小型トラックに加えて、中型準・中型トラックも対象とした。また、農機・建機についても試算対象と設定。
- 船舶では、内航船に加えて外航船の国内給油分や漁船分も対象とした。また、鉄道、航空機についても試算対象と設定。
- e-fuel分としては、合成燃料の製造に必要な水素量を試算。



出所: 日本総研作成



# 民間の水素ロードマップ (水素バリューチェーン推進協議会、2022年8月29日)

## 参考. 需要ポテンシャルの推計の考え方



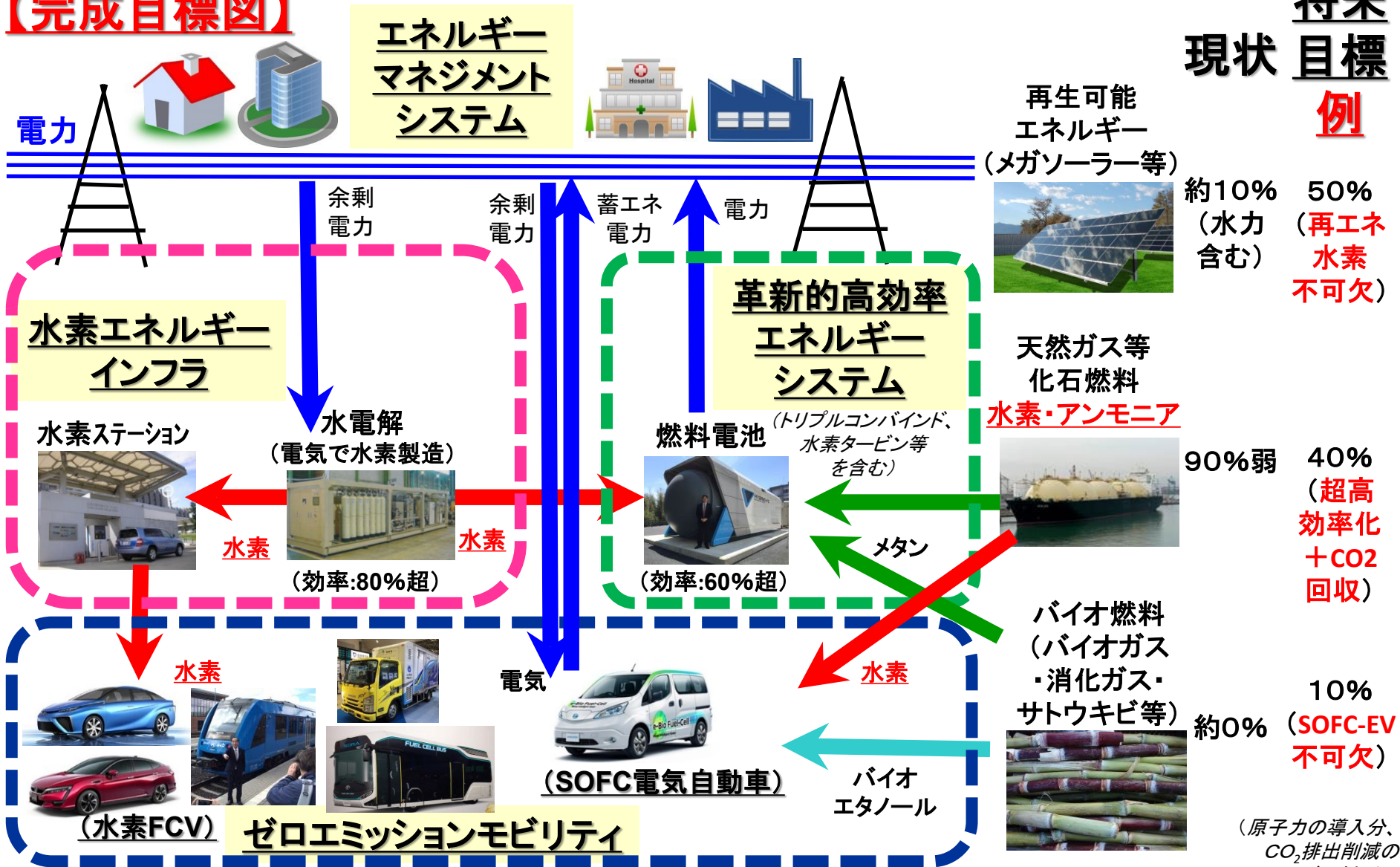
項目	政府 水素・燃料電池戦略協議会における試算値※1	JH2A試算(2050年)	差 (万トン)	
モビリティ	FCV	2030年：80万台、 <b>7万トン</b> (水素基本戦略) 2050年：台数、ポテンシャルについては記載なし	約1,260万台がFCV or e-fuel車に移行を想定 <b>58~150万トン</b>	+51~143
	バス	2030年：1,227台、 <b>1万トン</b> (水素基本戦略) 2050年：台数、ポテンシャルについては記載なし	約4万台がFCV or e-fuel車に移行を想定 <b>34~63万トン</b>	+33~62
	トラック	大型トラック62.8万台、小型トラック151.9万台 <b>636万トン</b>	大型・小型に加え、中型・準中型を計上 <b>789~1,492万トン</b>	+153~856
	フォークリフト	大規模ユーザー保有車両 (12万台) <b>3万トン</b> ※2017年9月第10回水素・燃料電池戦略会議資料	小規模ユーザーを含む全ユーザー保有分を含む49万台 <b>5万トン</b>	+2
	農機	なし	190万台のうち20%がFC化、60%がe-fuel化 <b>312万トン</b>	+312
	建機	なし	83万台のうち30%がFC化、40%がe-fuel化 <b>111万トン</b>	+111
	船舶	内航船国内総燃料消費量 重油35.1億L <b>111万トン</b>	内航船に加え、外航船国内給油分および漁船を計上 <b>167万トン~316万トン</b>	+56~205
	鉄道	なし	非電化区間、路面電車等(既存16都市+新設計画7都市分) <b>5万トン~10万トン</b>	+5~10
	航空機	なし	国内線+国際線国内給油量に人口減少を考慮 <b>120~226万トン</b>	+120~226
発電	大規模火力	総発電量の10% (1,300~1,500億kWh) <b>578.2~667.2万トン</b>	RITEによる試算をベースに総発電量の約30% <b>1,443万トン</b>	+865~776
	大型FC	「今後は純水素燃料電池導入拡大も視野に入れた取り組みが必要不可欠」との記載に留まる	RITEによる試算でのコジェネ分340億kWh <b>133万トン</b>	+133
	家庭用FC		家庭用FCは都市ガス駆動を想定 (都市ガス・天然ガスの内数として計上)	-

※1：2021/3/22「今後の水素政策の課題と対応の方向性 中間整理 (案)」に記載があるもの

# 展望：脱炭素・水素社会実現加速(例)

これまでどおり快適にエネルギーを使いながらCO2排出 実質ゼロへ！

## 【完成目標図】



(原子力の導入分、CO2排出削減のハードル低下)



# 九大水素プロジェクト ～水素エネルギー社会実現を目指して～

- **15000m<sup>2</sup>超の実験研究スペース**で、院生も含む**200名超**が最先端の水素エネルギー・燃料電池関連研究に従事(フェローシップで博士生を支援)
- 水素研究施設の**見学者・視察者は累積で約6万人**

**世界トップレベル研究拠点**  
**「カーボンニュートラル・エネルギー国際研究所」**  
 (英語が公用語のWPI 世界トップレベル国際研究所)

**次世代燃料電池 産学連携研究センター**  
**(NEXT-FC)**  
 (次世代燃料電池に関する世界初の本格的な産学連携集研中)



### 水素ハイウェイ

(国内最古の水素ステーションを擁する「九大水素キャンパス」から、全国へ展開)



### 水素エネルギー システム専攻

(世界初、工学府に平成22年度設置)



**センターオブイノベーション**  
 (社会実装のためのイノベーション拠点 ⇒COI研究会へ発展)



**水素先端 世界フォーラム**  
 (最先端成果を世界に発信する国際会議 ⇒九大エネルギーウィークへ発展)



**水素タウン**  
 (世界最大規模、150台の燃料電池が集中設置)



### 水素エネルギー 水素材料先端科学研究センター (稲盛フロンティア研究センター)

(水素に触れる材料に関する集中研)

(世のため、人のための未来科学創造 ⇒稲盛フロンティアプログラムへ発展)



**次世代エネルギー実証施設**  
 (大学発技術をキャンパス内で実証)



**(公財)水素エネルギー製品研究試験センター(福岡県)**  
 (伊都近郊に立地。産業化を支援)



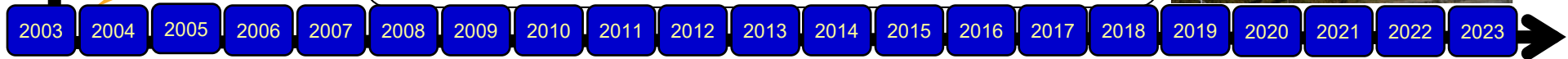
福岡水素利用技術研究開発特区

21世紀COEプログラム: 水素機械システムの統合技術

### 福岡県水素グリーン成長戦略会議

(福岡水素エネルギー戦略会議が発展、**870企業・機関**の産学官地域連携組織)  
 ・福岡水素戦略(国際的な「IPHE優秀リーダーシップ賞」受賞)

成長・展開



# 研究(例): 不可能を可能にするチャレンジ(九大佐々木)

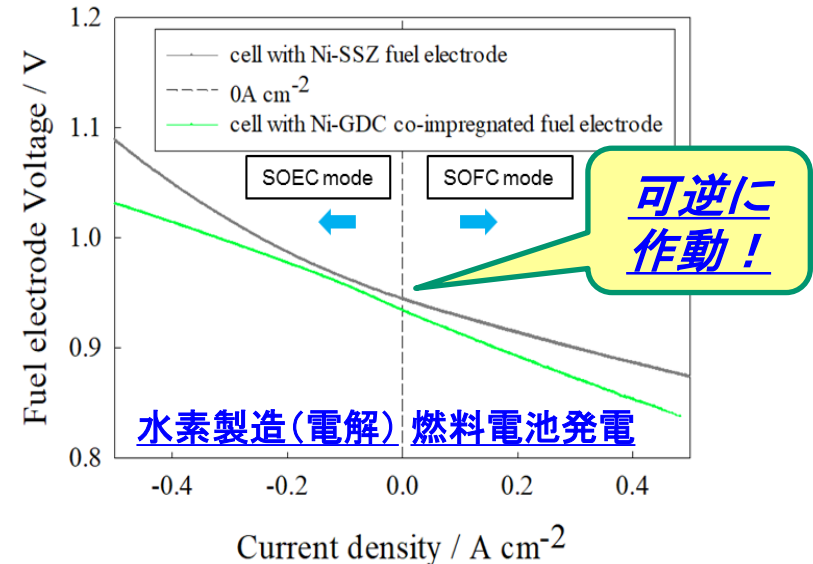
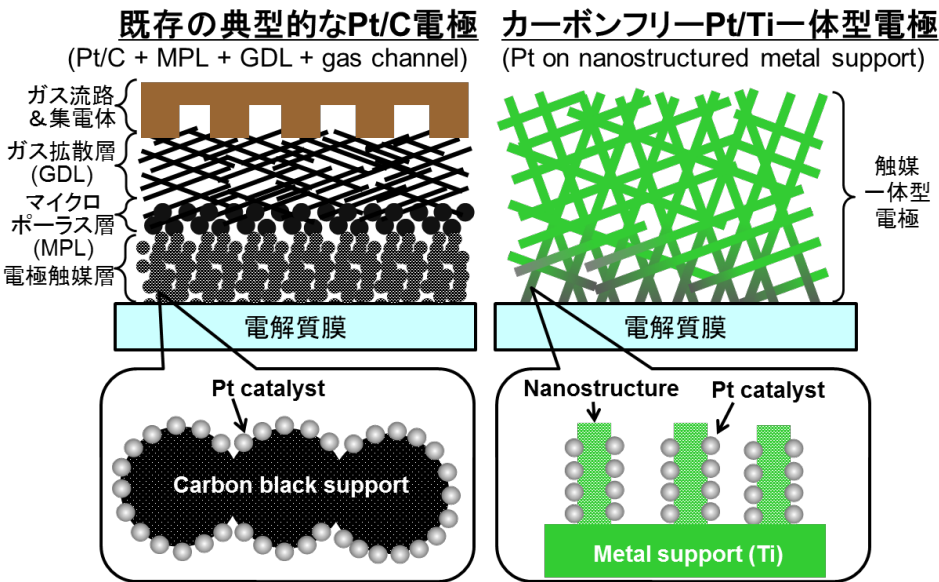
## 【2030年以降のFCV用燃料電池の創製】

2030年やその先の産業界目標を達成する「タフな燃料電池」を創製し、乗用車のみならず、更なる高耐久化が欠かせない商用車(トラック、バス、船舶、列車)などへの用途拡大と本格普及につなげる。  
(NEDO事業実施中)

## 【電気も水素も作れる可逆セルの創製】

オリジナルの電極材料で、水蒸気電解での水素製造と高効率燃料電池発電が両方でき、再エネ変動も調整。  
(MITとのNEDO国際研究。JST事業採択)

	給電	給電+蓄エネ
電池	乾電池(一次電池)	蓄電池(二次電池)
燃料電池	(通常)燃料電池	<b>可逆セル</b> ("二次燃料電池")





# 大学:「水素キャンパス」@九大伊都キャンパス

**世界最大規模の  
水素エネルギー  
常設ショーケース!**

伊都キャンパス=10年後、20年後の未来社会が見える  
「**タイムマシン**」! 学生は日々未来を夢見て勉強して社会へ!

水素・燃料電池  
実証サイト(各種  
エネファーム  
設置)

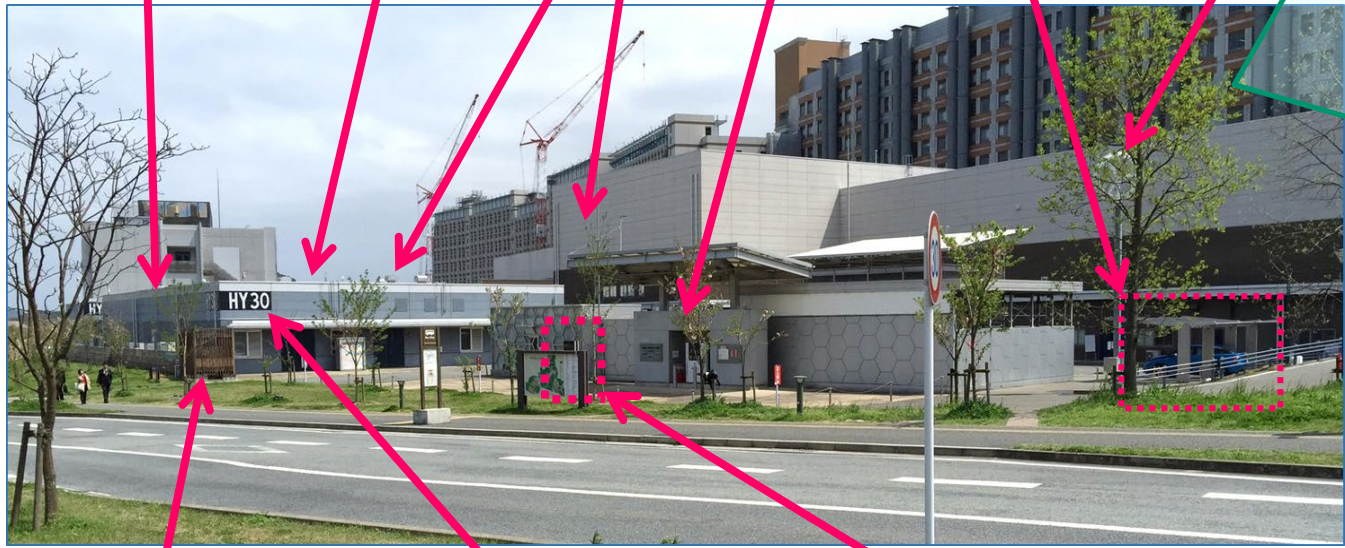
**水素社会  
ショールーム**

太陽電池  
パネル  
(再エネ水素  
製造用)

**水素ステーション  
(2005年設置)**

FCV駐車場  
(MIRAI, Clarity)

風力発電機  
(再エネ水素  
製造用)



燃料電池足湯  
(エネファーム  
給湯)

**水素エネルギー  
国際研究センター  
(HY30棟)**

「見える化サイト」  
ディスプレイ(電気+ガス  
+水素の使用量)

● **九大水素モーター  
ショー開催(21/3/19)**



● **水素自動車(FCV)**



● **定置用燃料電池**



未来の「水素社会」を延べ5万人超が視察・見学⇒環境大臣表彰(2019年12月)

# 社会にとって「水素」とは？（脱炭素社会を回せる燃料！）

佐々木一成、日本経済新聞「経済教室」2015年4月20日

Kazunari Sasaki, Nikkei Asian Review, pp. 60-61, May 18-24, 2015

## 【エネルギー・環境へのメリット】

- エネルギーを無駄なく使える社会へ
- 消費者がエネルギーを選べる時代へ
- 原油（中東、国際政治）に過度に依存しない社会へ
- 排気ガスがない社会へ
- 炭素循環社会から水素循環社会へ

## 【経済・社会へのメリット】

- 貿易赤字要因（エネルギー輸入代金）の削減へ
- 集中型から分散型の社会へ
- 地産地消の社会へ
- 個人や地域が自立した社会へ

## 【課題・リスク】

- 更なる低コスト化
- 長期にわたる技術開発と普及戦略
- 社会受容性

水素・アンモニア政策  
小委員会／  
脱炭素燃料政策小委員会／  
水素保安小委員会  
合同会議

（生中継・録画）

- 第1回 22年3月29日
- 第2回 4月18日
- 第3回 4月27日
- 第4回 8月26日
- 第5回 10月7日
- 第6回 11月16日
- 第7回 12月13日
- 第8回 23年5月17日
- 第9回 10月4日
- 第10回 10月25日
- 第11回 11月14日
- 第12回 11月28日
- 第13回 12月6日

- 法改正：非化石エネルギーへ位置付け！
- 日本：水素は輸入と国産が両方可能！  
⇒ エネルギー安全保障に貢献！
- 世界：水素は再エネを世界商品に！
- 本格普及には官民の長期投資が不可欠