

水素をめぐる動向を踏まえた 九州への期待

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、
産業構造審議会 水素保安小委員会委員)

(email) sasaki@mech.kyushu-u.ac.jp

九州水素・燃料電池フォーラム&水素先端世界フォーラム2024

2024年2月1日



国内最大の“実証の場”(東京ドーム57個分)

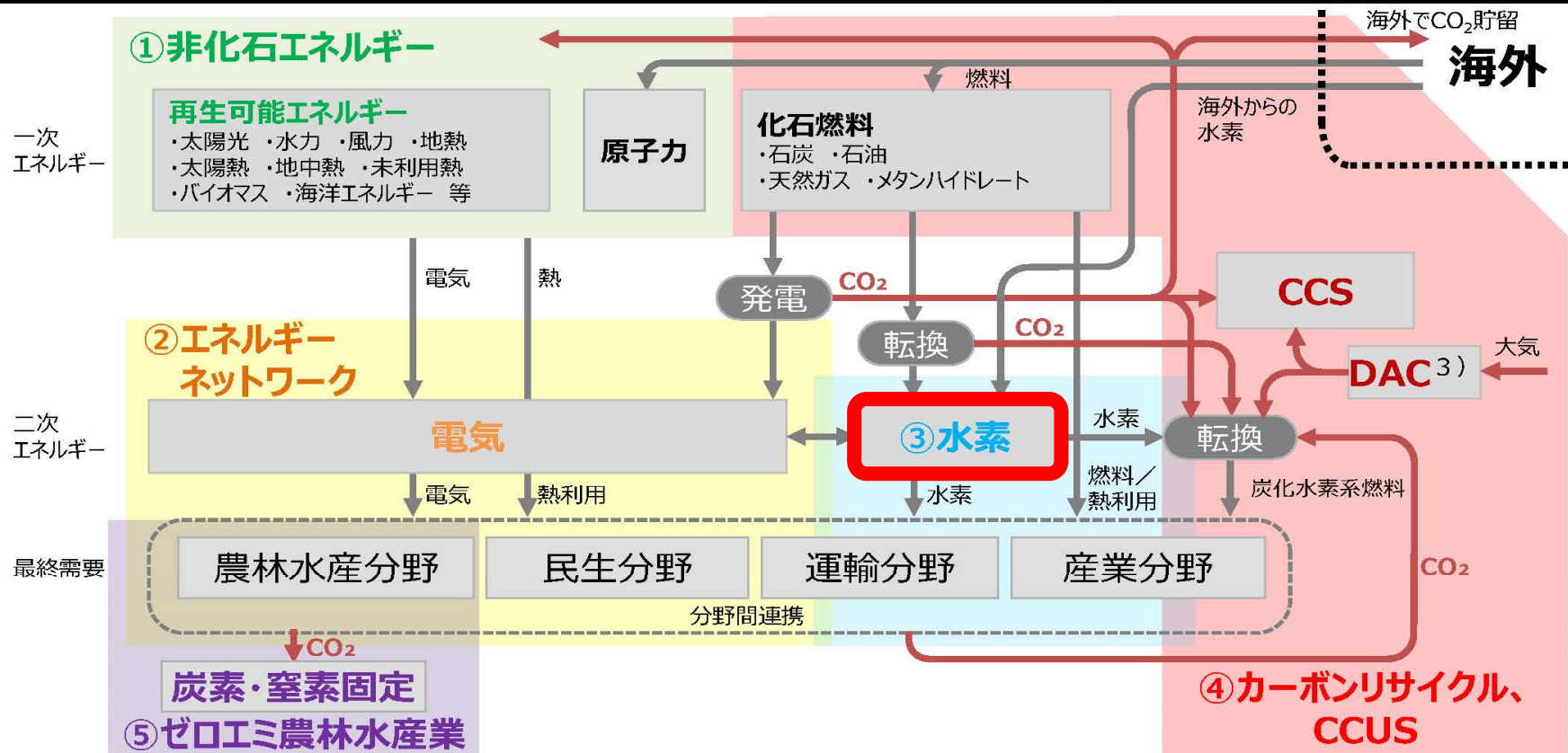
脱炭素・水素社会実現へ世界と戦う“チーム福岡”

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)²

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・カーボンリ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、④CO₂の大幅削減に不可欠なカーボンリサイクル、CCUS¹⁾、⑤世界GHG排出量の1/4²⁾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)

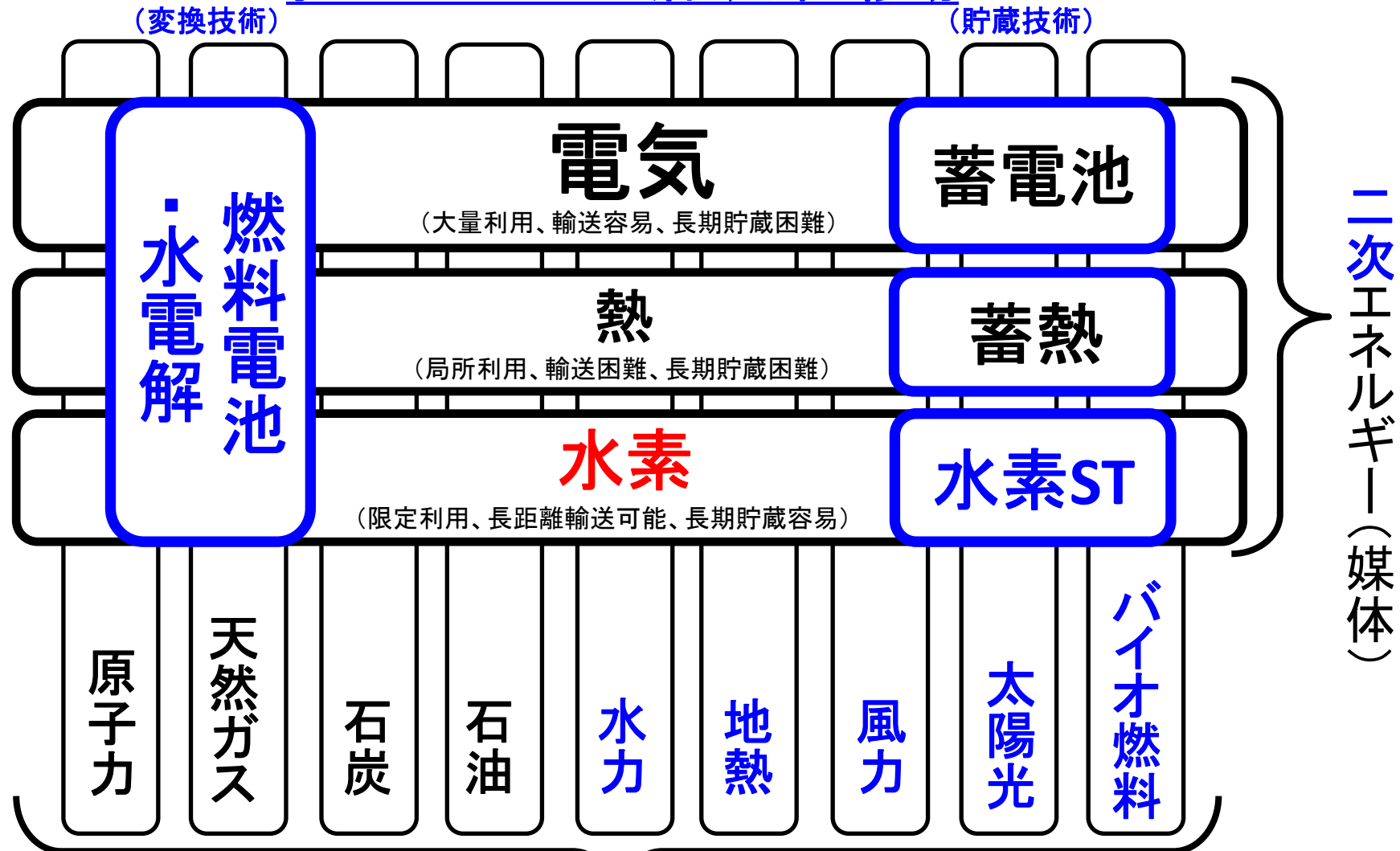
3) DAC : Direct Air Capture (大気からのCO₂分離)

<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CO₂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

電気、熱と並ぶ二次エネルギー「水素」@脱炭素社会 ³

我々の日々の生活・産業・移動



K. Sasaki et al. (Ed.), *Hydrogen Energy Engineering: A Japanese perspective*, Springer, (2016).

一次エネルギー(資源)

●「水素」で多様なエネルギー(資源)が使いやすくなる!

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（NH₃）を燃料として使用

CO₂フリー水素と回収CO₂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 ₂ 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

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

5



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

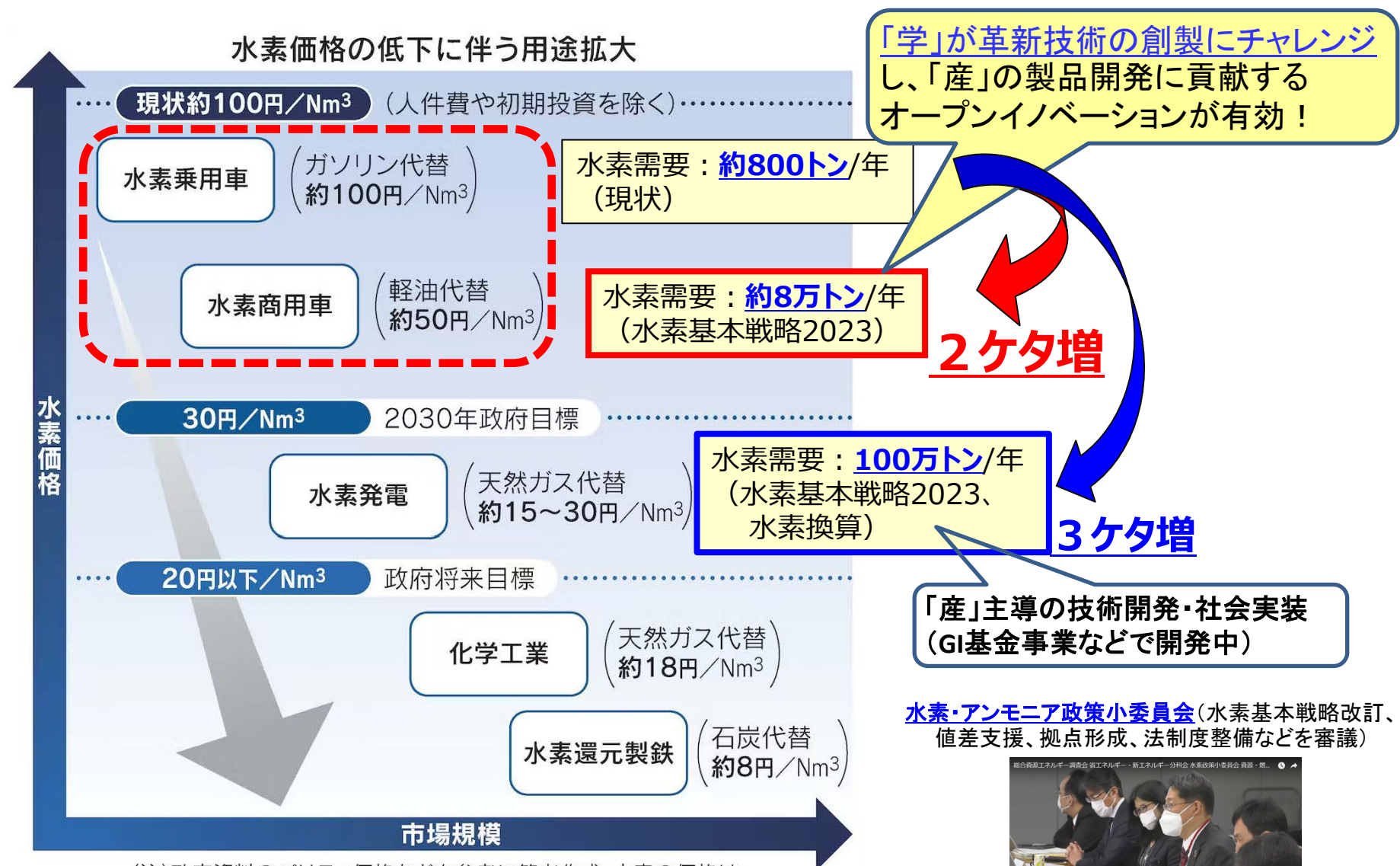


岸田総理の水素運搬実証式典出席(2022年4月9日)(出典:首相官邸HP)



(完成前の風景(2019年8月27日))

経済：水素価格と用途拡大（輸送⇒発電⇒化学⇒製鉄）



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)



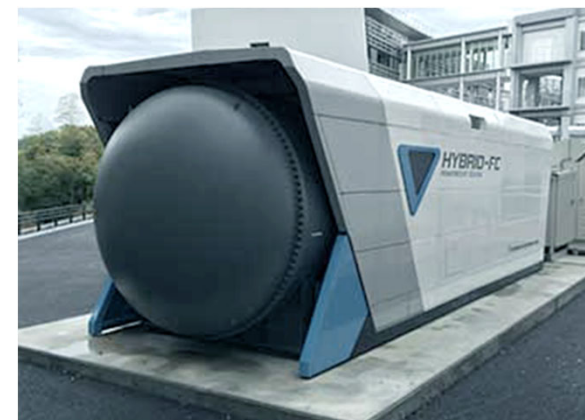
家庭用燃料電池

(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)



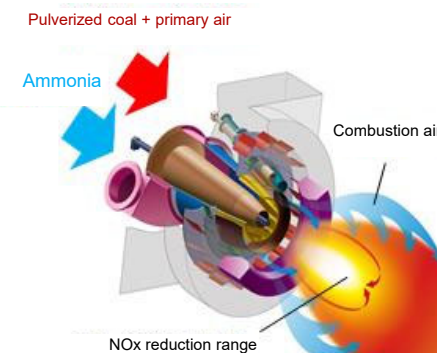
水素エンジン

(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)



ジャパンモビリティショー2023①

8

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)

ジャパンモビリティショー2023②

9

水素調理窯(トヨタ・リンナイほか)



水素エンジンバイク(スズキ)



水素の価値の展開

(撮影:佐々木)

福岡モビリティショー2023①

10

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)

福岡モビリティショー2023②

11

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)

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)

水素の国内外での実装に向けて(2023年)

日豪連携(福岡県)



日台連携(九大)



水素パイプライン実証(北九州市)



水素技術の国内外での関心の高まり

(撮影: 佐々木)

九大水素モーターショー2023

14



(撮影: 佐々木)

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)

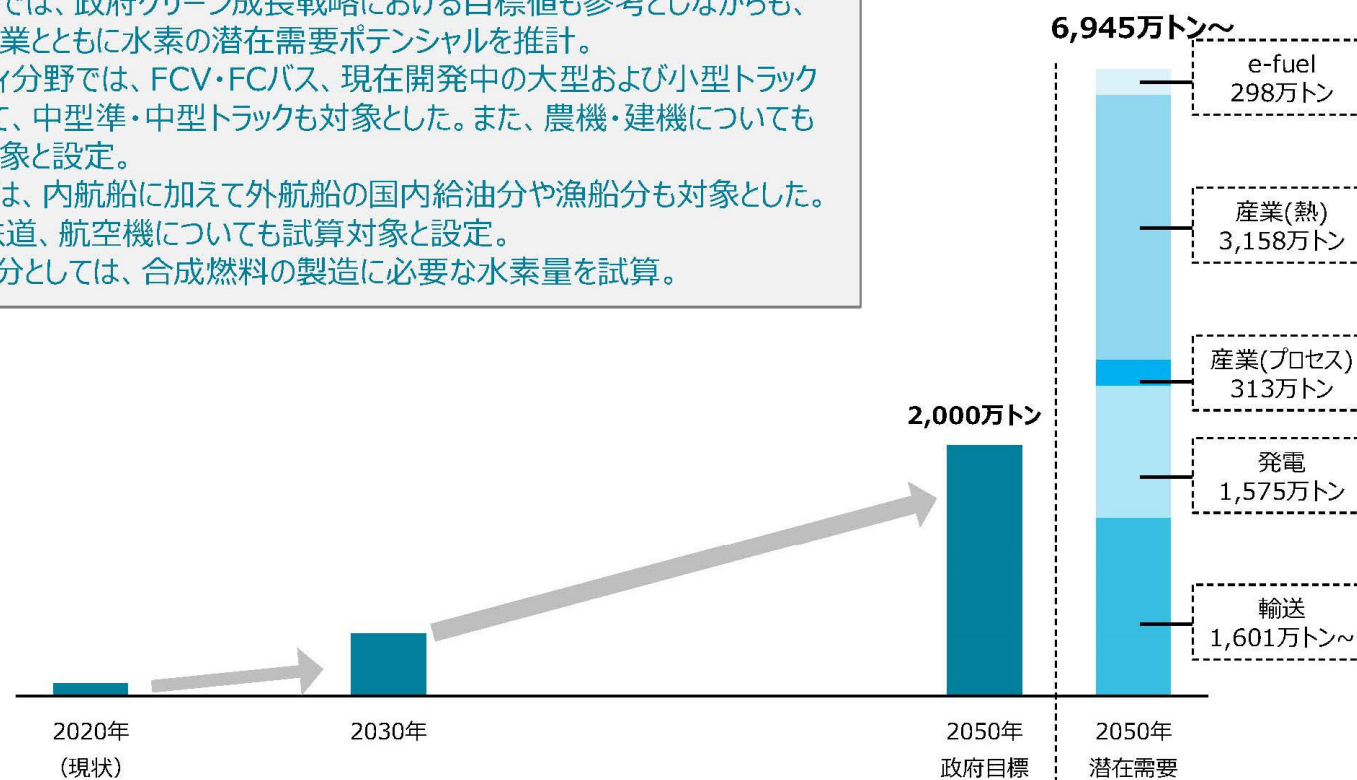
15

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。



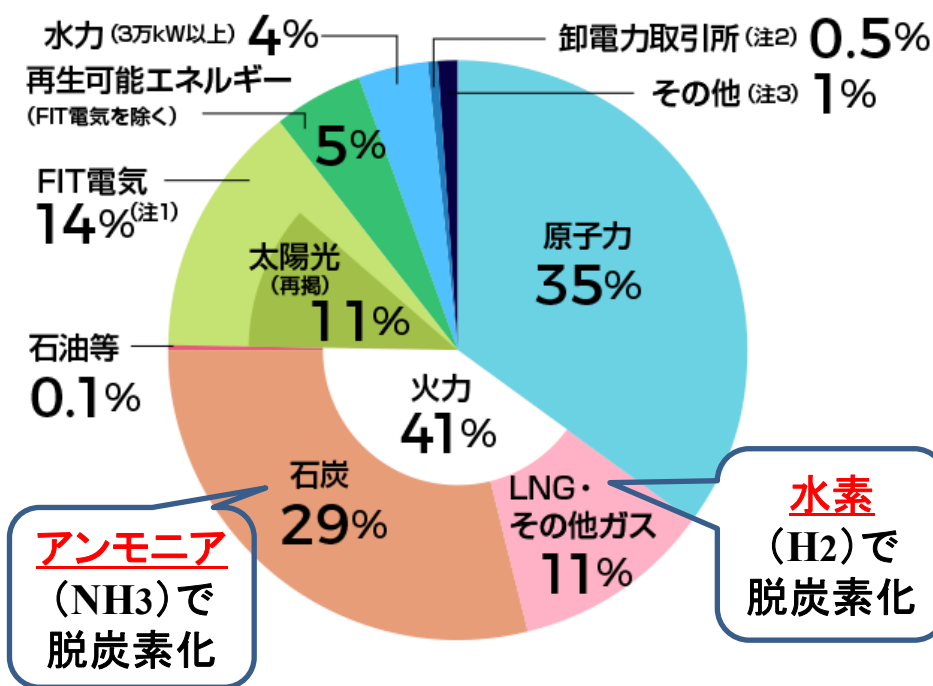
出所: 日本総研作成

5

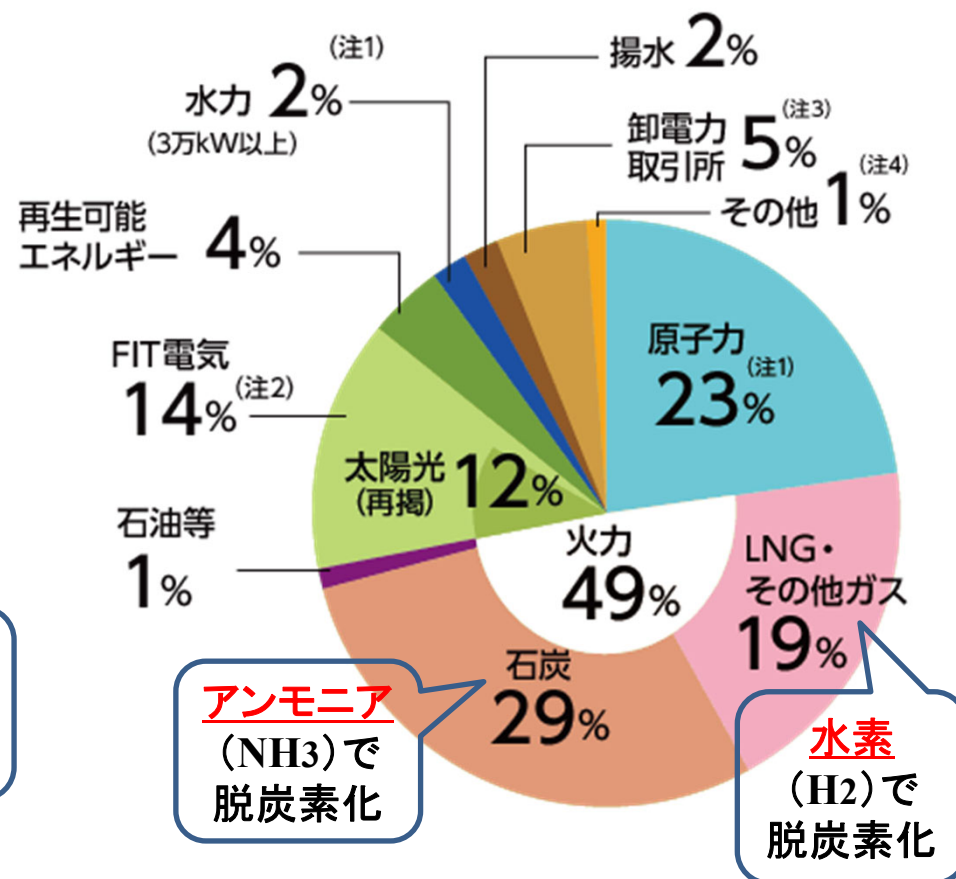
地域：脱炭素化への水素の貢献（九州の例）

16

九州電力の2019年度の電源構成（実績）



九州電力の2022年度の電源構成（実績）



九州：再エネ + 原子力 + 水素発電で電気をCO₂フリーへ

地域：九州の再エネポテンシャル

17

九州本土の再生可能エネルギーの接続・申込状況

●再エネ電力接続検討申込まで⇒計3,741万kW (vs.電力需要:1000万kW前後)

●接続済は「太陽光発電＞風力発電」、接続検討申込は「風力＞＞太陽光」

九州本土(離島除く)の再生可能エネルギーの接続・申込状況(2023年11月末時点)

(単位:万kW)	太陽光	風力	バイオマス	水力 (揚水除く)	地熱	合計
接続検討申込み	105	1,010	8	1	4	1,128
接続契約申込み	24	303	2	0	0	329
承諾済	206	374	53	18	5	655
接続契約申込及 び承諾済(再掲)	230 【204】	676 【623】	56	18	5	984
接続済	1,193 【414】	63 【2.27】	162	186	24	1,629
合計	1,527	1,749	226	206	33	3,741

※合計は四捨五入の関係で合わないことがある

※【 】は、指定ルールにおける出力制御対象分 九州電力送配電ホームページ(https://www.kyuden.co.jp/td_renewable-energy_application_index)

九大水素プロジェクト(20年間)

18

- 世界最大規模の水素研究教育拠点を伊都に構築
- 政府審議会に貢献(水素・アンモニア政策小委員長、脱炭素燃料政策小委員長など)
- 水素3センターで受託研究・共同研究積極受入
- 国家元首・大臣を含む視察・見学者は計6万人超
(2012年10月皇太子殿下御行啓(現天皇陛下)、
2023年11月ベトナム国家主席、水素バス式典など)
- 大型プロジェクト対応
(佐々木とりまとめ実務主導分)
 - ・産総研Hydrogenius誘致(NEDO)
 - ・稲盛会館誘致(稲盛財団)
 - ・WPI(I2CNER)獲得(JSPS)
 - ・NEXT-FCセンター棟整備(経産省)
 - ・国際戦略総合特区推進運営費交付金(内閣府)
 - ・ASPIRE先端国際共同研究推進事業(JST)(その他、個別のNEDO・JST事業多数)



皇太子殿下(当時)御行啓



ベトナム国家主席御視察



水素バス運行開始式

大学：社会に多様な価値を提供！ 九大水素拠点の例

19

エネルギー研究教育機構（総長が機構長。オール九大で今世紀後半のエネルギー社会を提案）

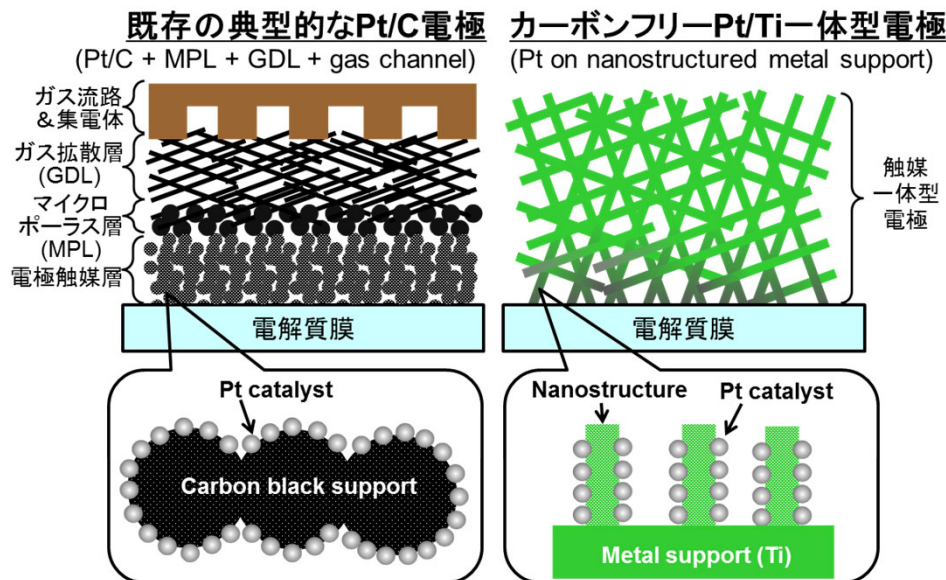


産学官地域連携：基礎基盤研究から産学共創、そして本格普及へ

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）

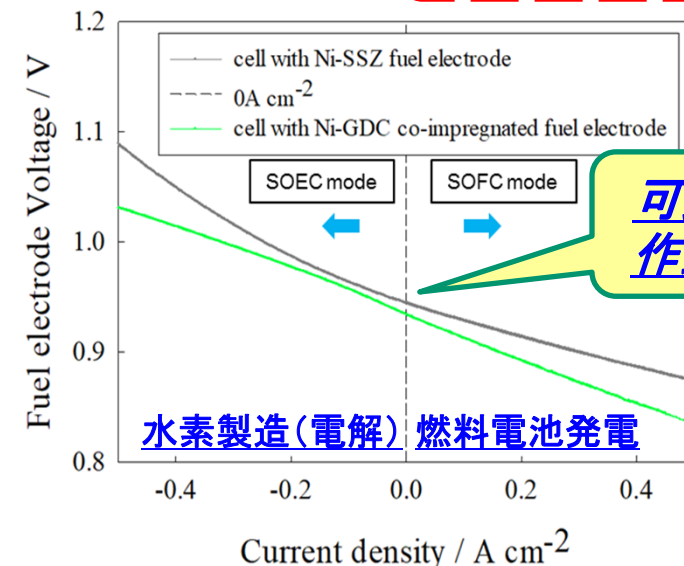


【電気も水素も作れる 可逆セルの創製】

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国際事業実施中、JST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	(通常の)燃料電池	可逆セル ("二次燃料電池")



教育：機械系学科以外からも入学可「自己推薦型入試」

- 学部：工学部・機械工学科生への徹底的な機械系基礎教育（四力学中心）
- 修士課程：院試で厳選した修士学生への視野を広げる教育（電気化学、機能材料学、政策論など）
- 修士+博士課程：水素エネルギー・燃料電池に関係する最先端研究に従事
- グローバルに活躍できる研究者・技術者の育成（国際会議積極派遣、英語公用語化、留学支援等）

【修士課程】

工学府・水素エネルギーシステム専攻では、
「自己推薦型入試」を夏に実施。

機械系以外の理系分野の学生を広く募集。

GPAとTOEICのスコア、小論文、

口頭試問で若干名が合格

<http://www.mech.kyushu-u.ac.jp/j/exam02.html>

材料・プロセス・システムを理解する機械系人材の輩出

低炭素エネルギー学



【博士課程】

(全学府・全専攻対象)

脱炭素エネルギー

先導人材育成フェローシップ

<https://q-pit.kyushu-u.ac.jp/fellow-ship/>

- 全学府・全専攻から学内公募選拔し
少数精鋭で育成(12人／年)
- 先端研究に集中(月約20万円支援
+授業料免除(博士全免・修士半免※))
- 全学の多様なエネルギー遠隔講義
の受講で俯瞰力
- インターンシップ、産学連携
プロジェクト参画、国際共同研究
参画、産業界向け成果報告会
などの機会

※ 宮本淳式水素研究奨励賞受賞の場合

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)へ

(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。

②GX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。

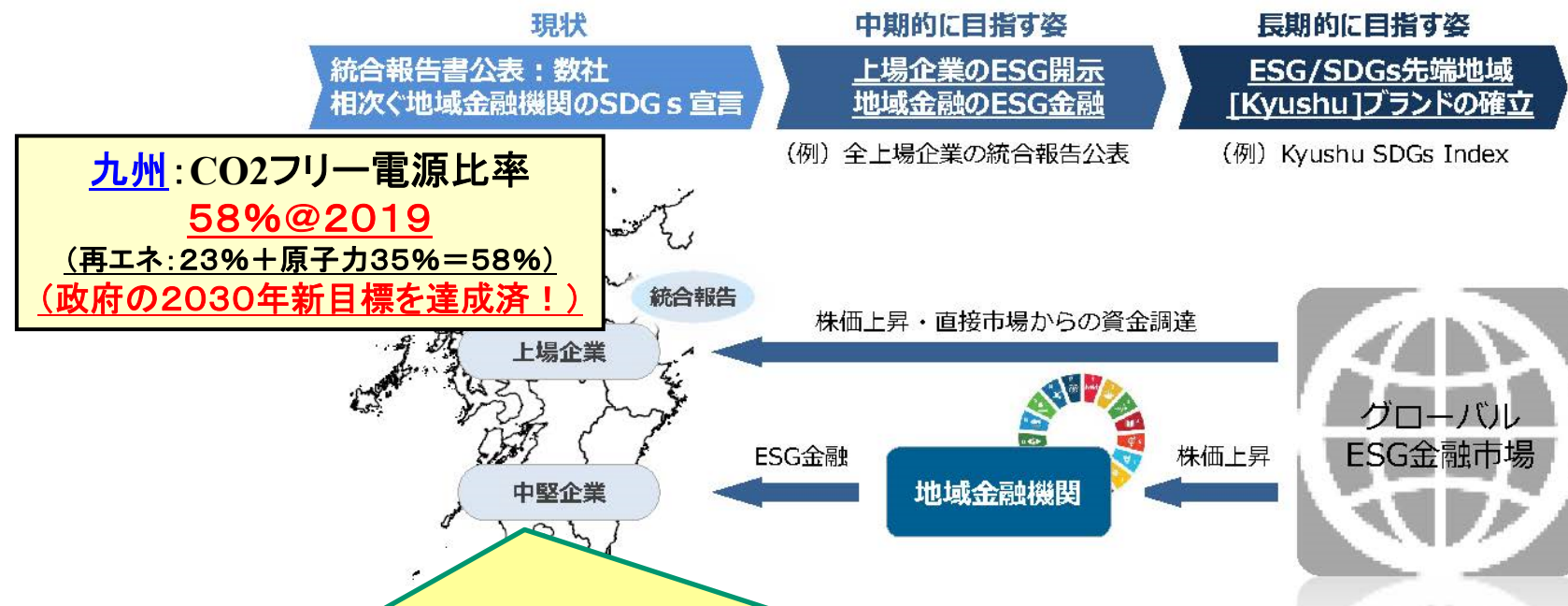
環境金融(例):九州経済連合会「九州の未来のエネルギーへの提言」

【戦略実行アプローチ例】

一般社団法人
九州経済連合会

九州上場企業のESG開示を促すとともに、地域金融機関によるESG金融を進展させ、グローバル金融市場においてESG/SDGs先端地域「Future Zero-emission Kyushu(案)」ブランドを確立。

⑤環境金融の啓発



“Future Zero-Emission Kyushu”

- 九州での事業・生産は自動的に低炭素・脱炭素へ！(国内外からの企業誘致加速)
- 九州立地企業に国内外からESG投資が集まる！(Kyushu ESG/SDGs Index?)
- 福岡を「カーボンニュートラル国際金融都市」へ！(九大箱崎キャンパス跡地などを利活用)

(出典:九州経済連合会、「九州の未来のエネルギーに関する提言書」、2020年3月4日、(一社)九州経済連合会ホームページ
<https://www.kyukeiren.or.jp/report/index.php?category=suggestion&id=3148>)

「九州からの水素社会実現」に向けて

- 九州は脱炭素化を国内最速で実現できるポテンシャルあり！
そのための戦略エネルギー媒体が「水素」
- ★「電力」の脱炭素化は再エネ＋原子力＋水素発電で可能！
(アンモニア⇒石炭火力、水素⇒天然ガス火力)
- ★「非電力」の脱炭素化は、九州の余剰電力からの再エネ水素で！
(モビリティ、熱需要、工業原料、半導体製造プロセスなど)
- ★モビリティ(乗用車＋商用車)が水素の用途としての第一ステップ
要の水素インフラとなる水素ステーションの全県設置を！
- さらに増える再エネグリーン電力を企業誘致の強みに！
- 電化と水素化のグリーン投資を九州へ。カーボンニュートラル
を国際金融都市の目玉に！脱炭素イノベーションの好循環へ
- 水素イノベーションに九大も貢献！