

水素・燃料電池を取り巻く 国内外の動向と今後の展望

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

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 水素政策小委員会委員長、アンモニア等脱炭素燃料政策小委員会委員長、両合同会議座長)
(email) sasaki@mech.kyushu-u.ac.jp

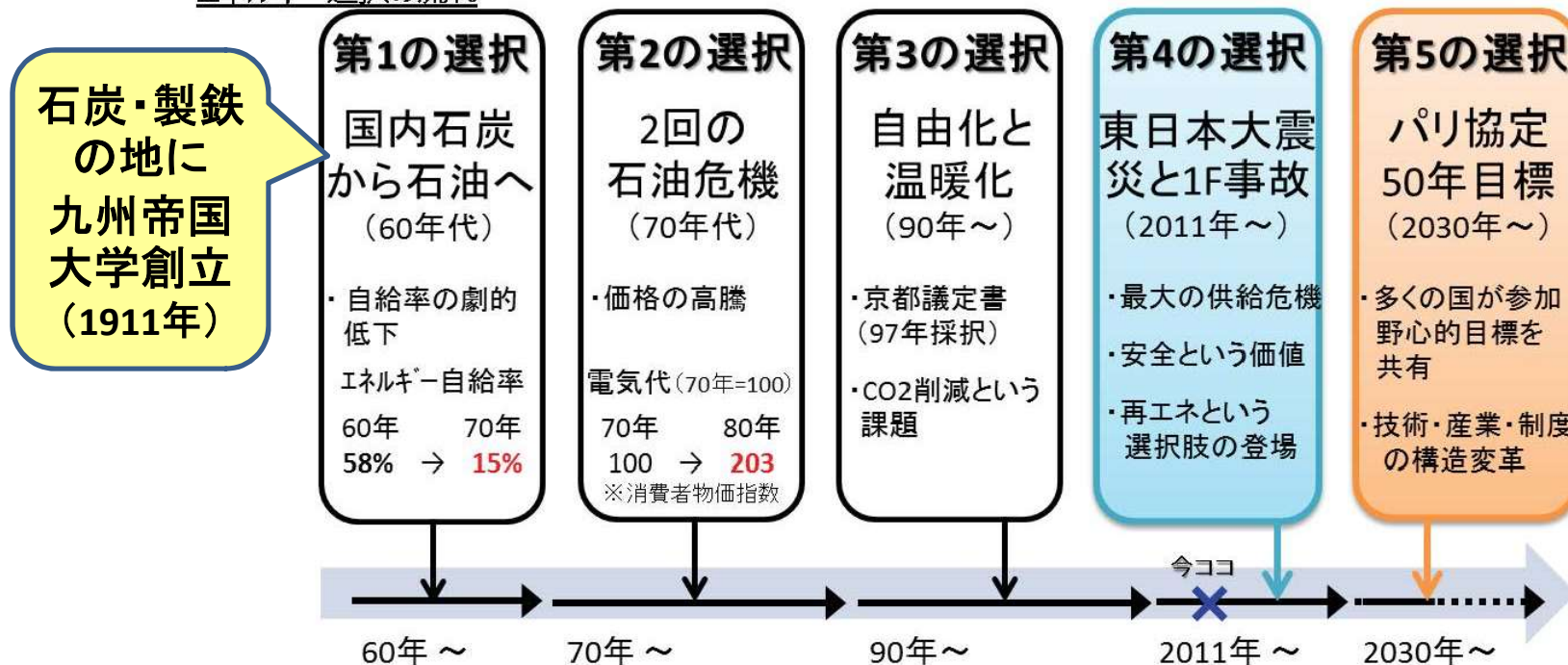
NEDO水素・燃料電池成果報告会2022(プレナリーセッション)
2022年7月27日



水素を法律上の「非化石エネルギー」に位置づけ

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



エネルギー政策のメガトレンド



出典: 経済産業省HP (第6回 産業構造審議会 製造産業分科会資料に加筆) https://www.meti.go.jp/shingikai/sankoshin/seizo_sangyo/pdf/006_03_00.pdf

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

脱炭素化に向けた技術イノベーションと「水素」

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>水素等</u>
	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>水素発電等</u>
	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

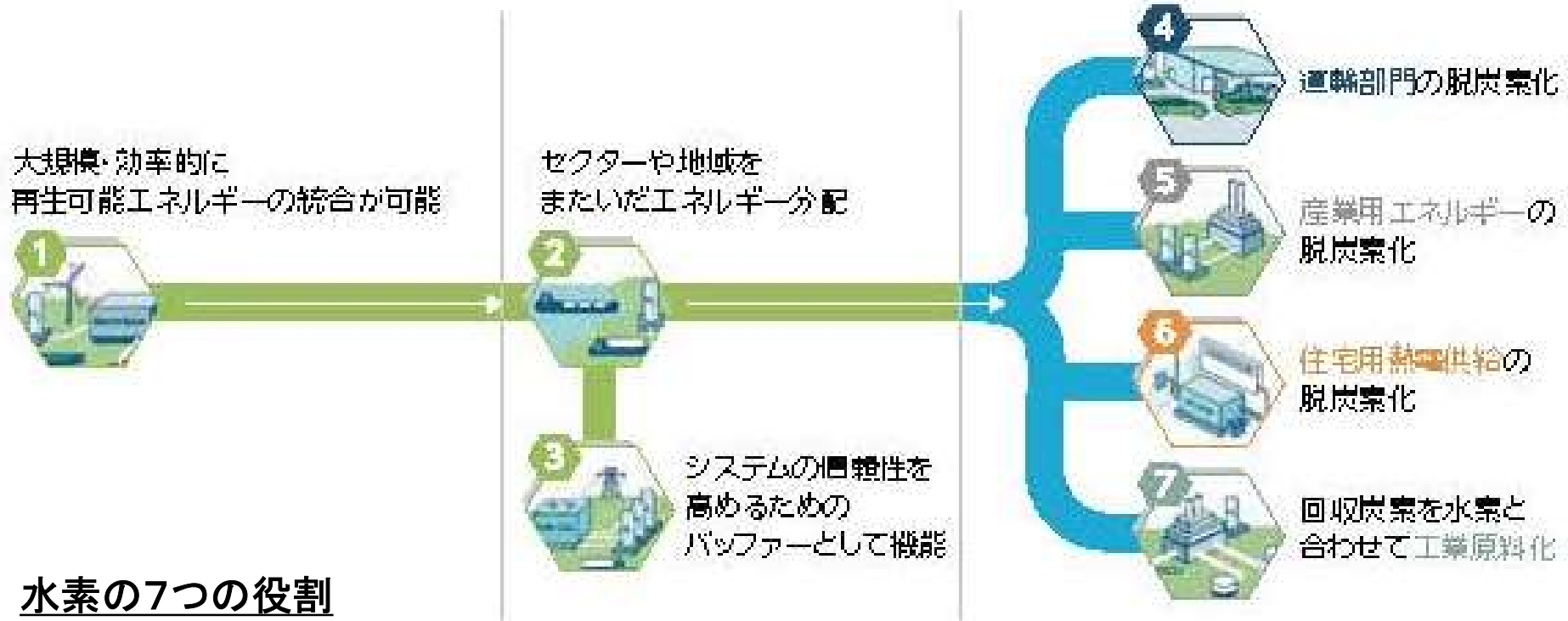
(出所) 資源エネルギー庁作成 4

(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)

社会全体の脱炭素化へ：電化+水素化

水素:FCV用⇒社会全体の脱炭素化戦略物質(電化+水素化)⁴

再生可能エネルギーシステムの実現 → エンドユーザーの脱炭素化



水素の7つの役割

- ①大規模・効率的に再生可能エネルギーの統合が可能
- ②セクターや地域をまたいだエネルギー分配
- ③システムの信頼性を高めるためのバッファーとして機能
- ④運輸部門の脱炭素化
- ⑤産業用エネルギーの脱炭素化
- ⑥住宅用熱電供給の脱炭素化
- ⑦回収炭素を水素と合わせて工業原料化

【社会全体の脱炭素化】
 (電力+燃料+原料)

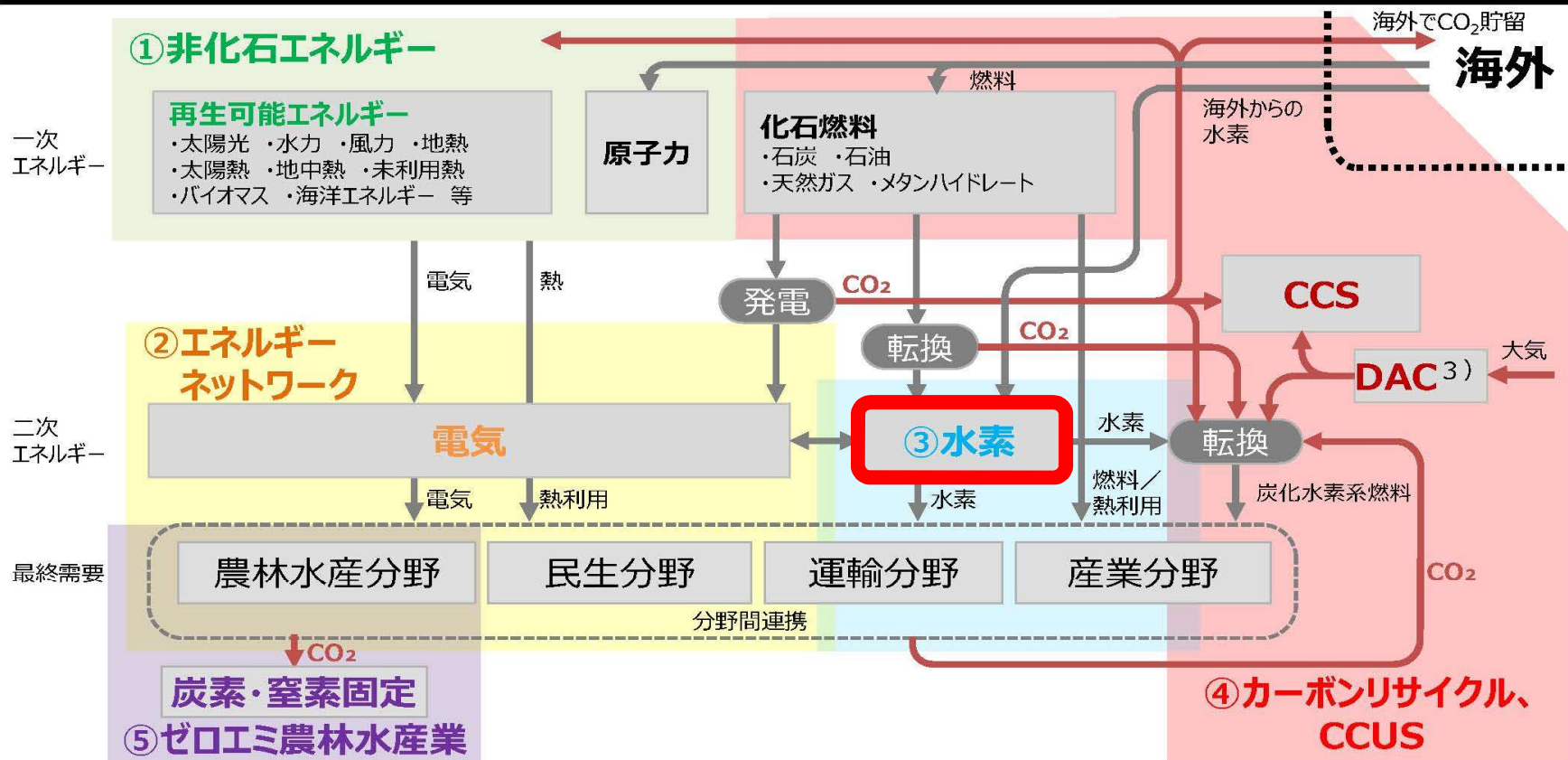
- **電力**: 再エネ(余剰⇒**水素**)
 + 原子力+**水素**発電でCO₂フリー化
- **燃料・原料**: CO₂フリーの化学的な
 エネルギー媒体 = **水素**

「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)⁵

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)

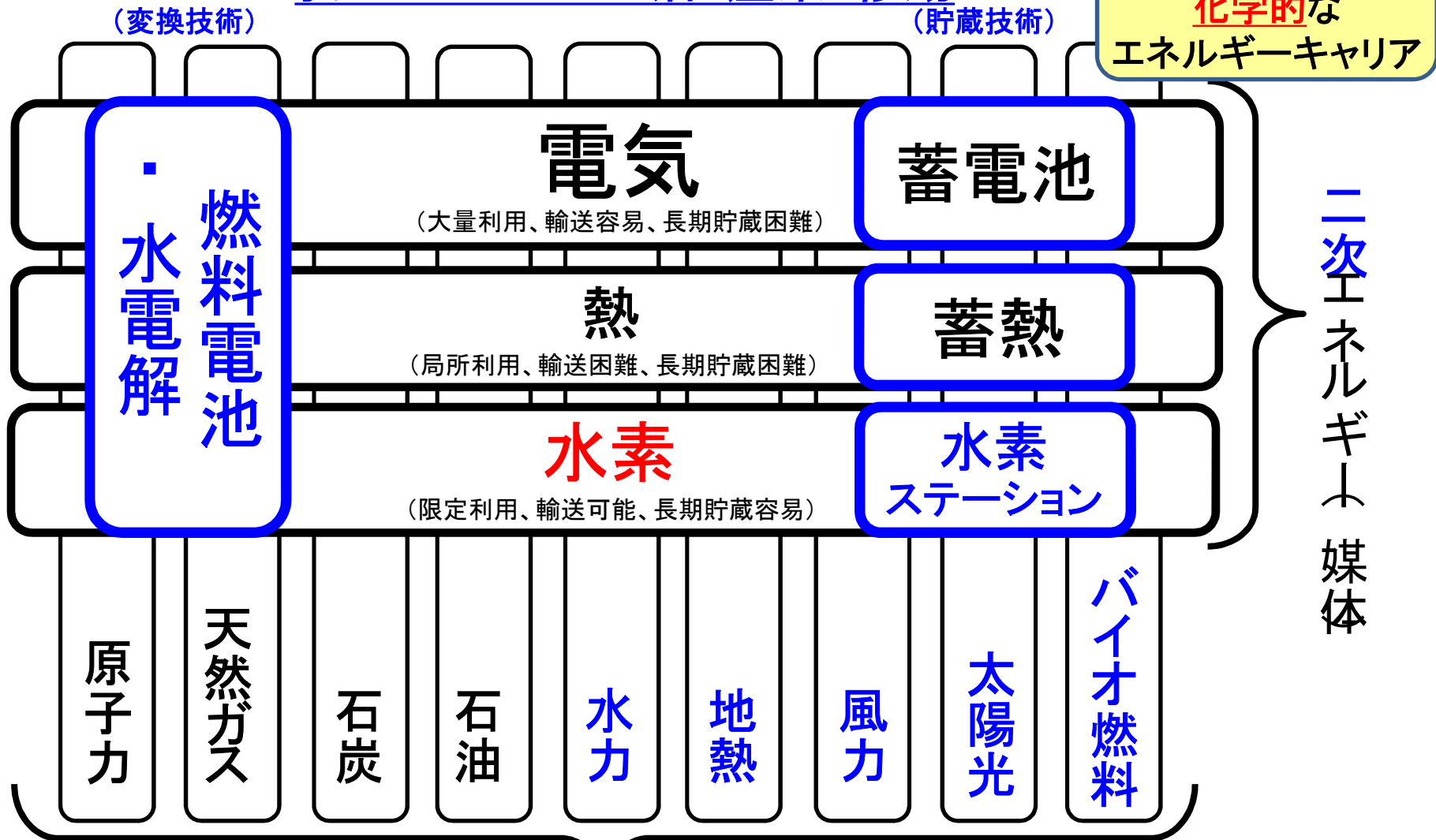
3) DAC : Direct Air Capture (大気からのCO₂分離)

<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

我々の日々の生活・産業・移動



CO2フリーの
化学的な
エネルギーキャリア

二次エネルギー媒体

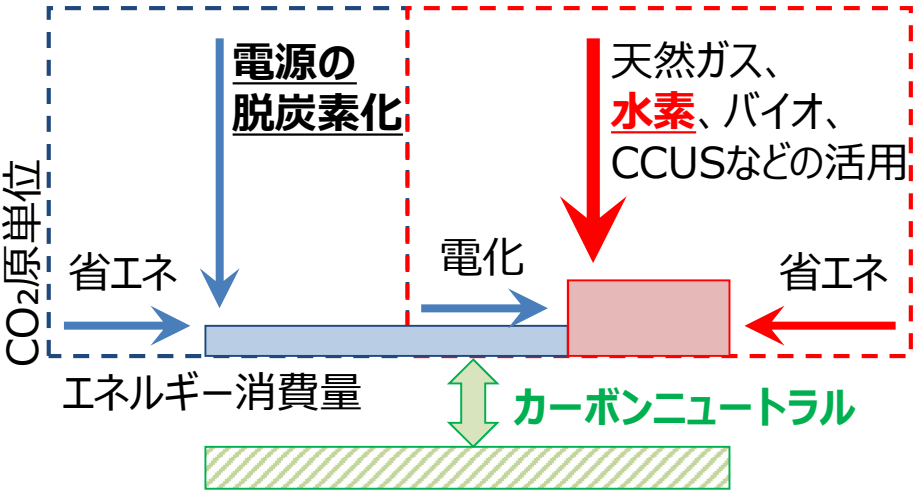
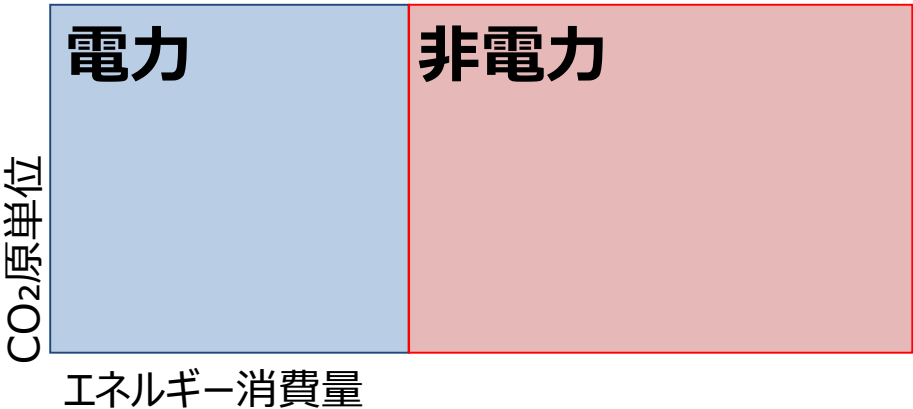
K. Sasaki et al. (Ed.), *Hydrogen Energy Engineering: A Japanese perspective*, Springer, (2016).

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!

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

CO₂排出削減
の方向性



CO₂を回収/貯留するネガティブエミッション技術

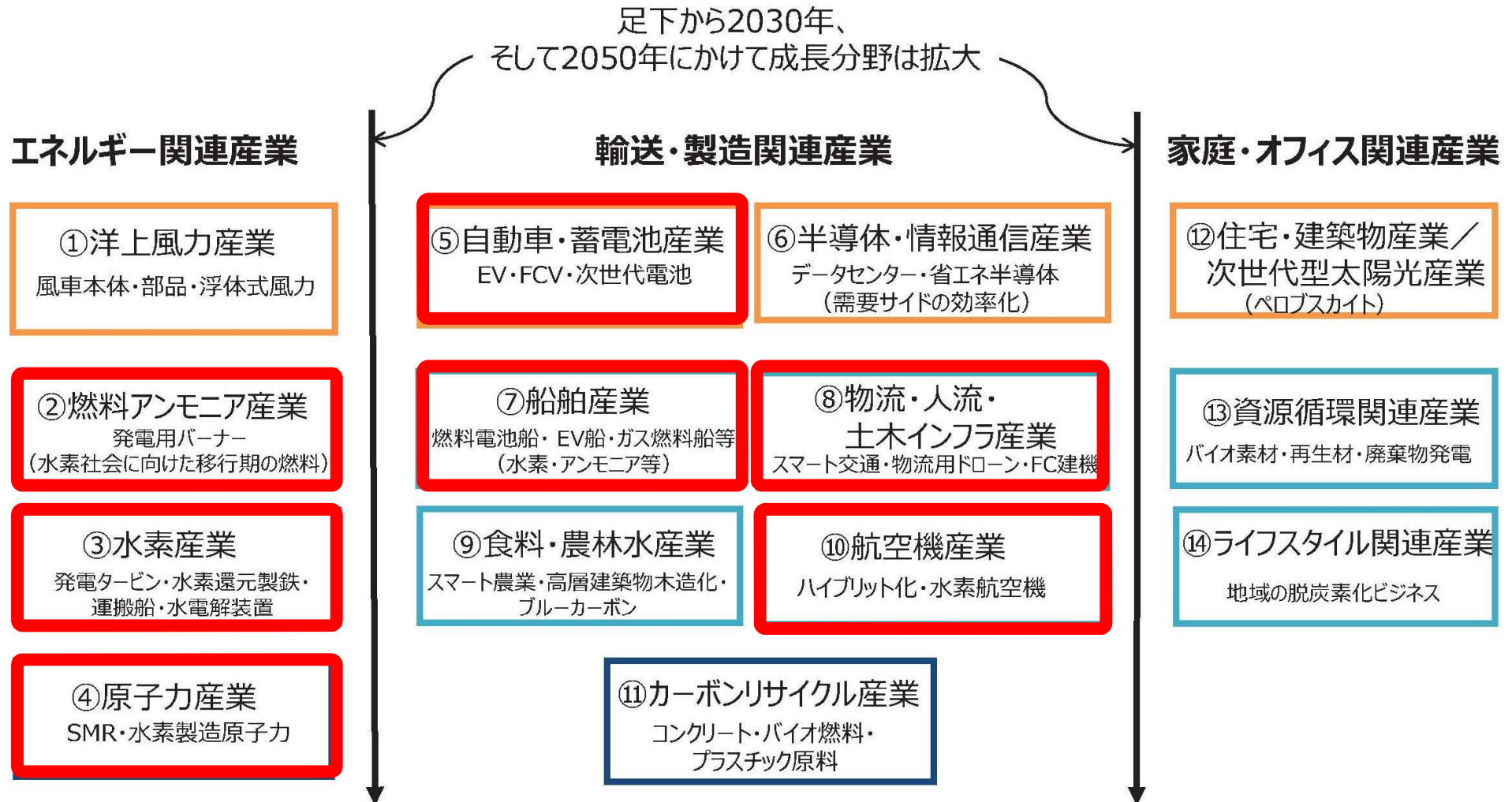
https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/green_innovation/pdf/gi_003_04_00.pdf

電力と非電力の両方の脱炭素化

水素：各産業のキーテクノロジー（グリーン成長戦略、2020年12月）⁸

分野毎の「実行計画」（課題と対応、工程表）

※来春のグリーン成長戦略の改定に向けて
目標や対策の更なる深掘りを検討。
(自動車・蓄電池産業など)

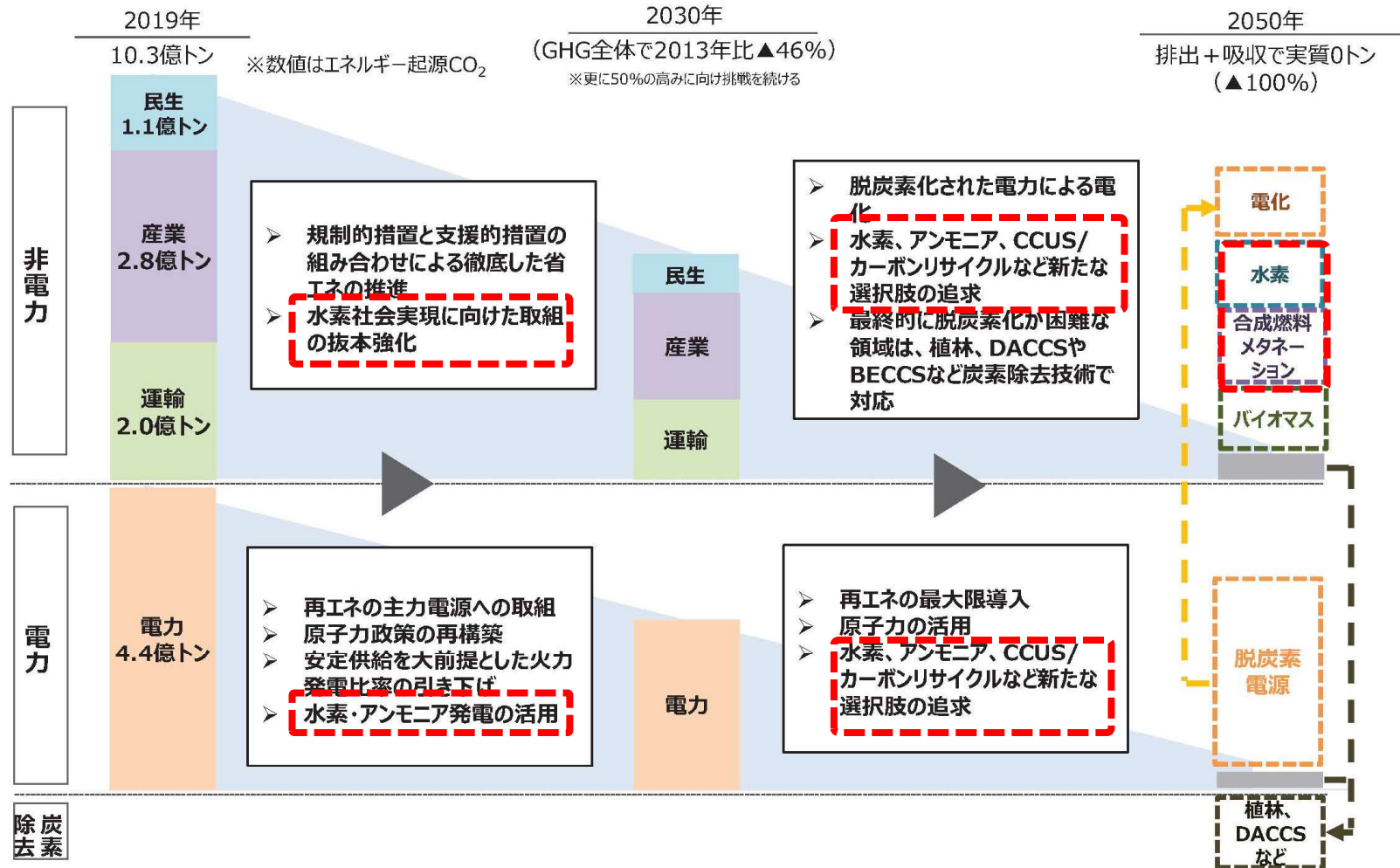


https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/suiso_nenryo/pdf/018_01_00.pdf

③水素産業のみならず②アンモニア、④原子力、⑤自動車、⑦船舶、⑧建機、⑩飛行機で水素・FC明記

電化+水素化+CO₂回収 (グリーン成長戦略改訂版、2021年6月)⁹

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>

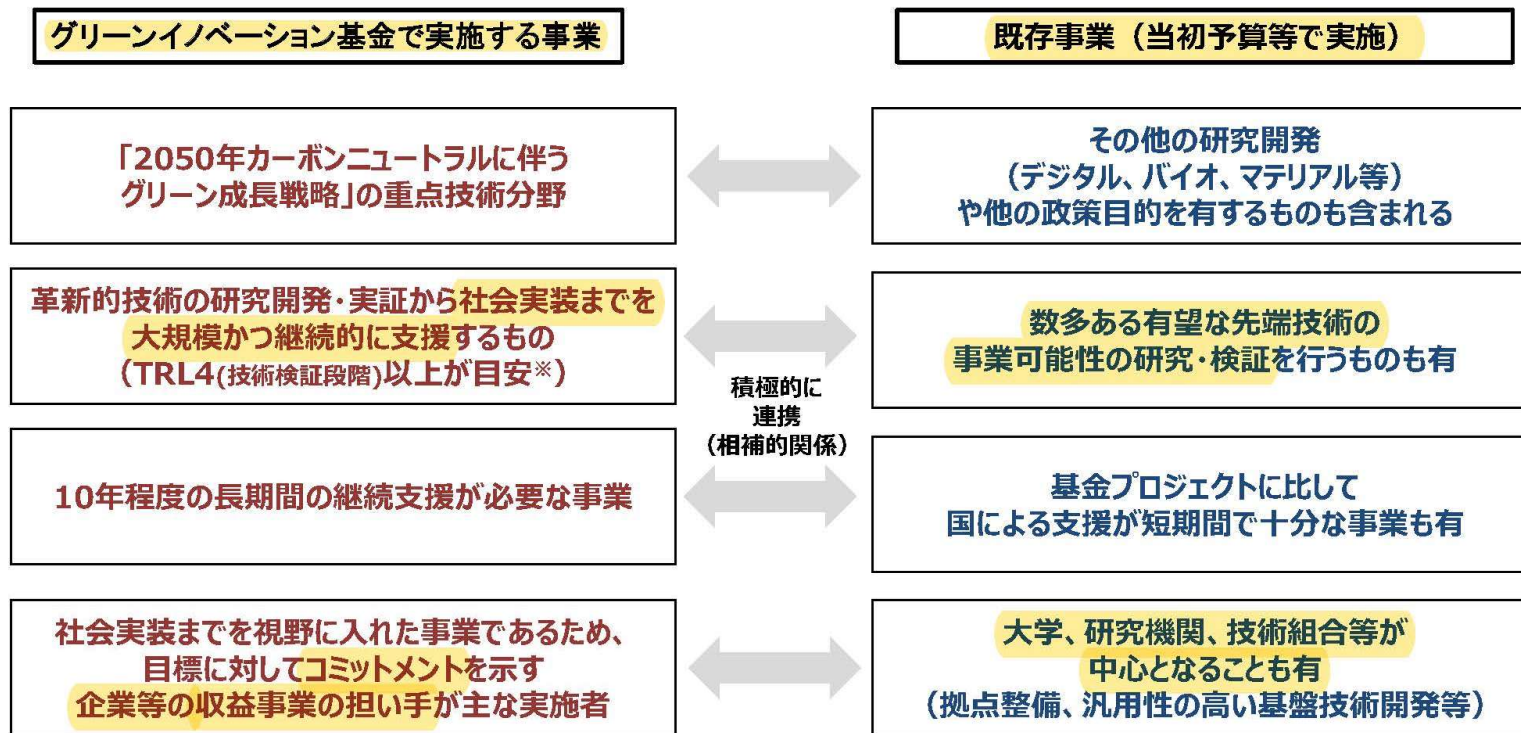
水素(+水素キャリア): 脱炭素電源の1%(2030年)、10%(2050年)、需要大幅増(2030年30→300万トン、2050年2000万トン/年(ポテンシャル: 商用車600万トン、水素発電1000万トン、水素製鉄700万トンなど))

技術開発：GI基金事業と当初予算事業の役割分担¹⁰

基金事業と既存事業の役割分担（概念整理）

参考資料2

- 「グリーンイノベーション基金事業の基本方針」の事業趣旨に合致する研究開発事業は、原則、基金を活用して実施。他方、基金の事業趣旨とは異なる、既存の関連事業とは、重複を排除した上で、積極的な連携を推進。



※IEAによるTRL（11段階）に基づく。
基金でTRL3以下の取組を排除するわけではない。

（注）この他、基金への移管により既存事業に遅延が生じる場合等は、直ちに基金を用いたプロジェクト組成を行わない。


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エネルギー構造転換分野WG（第2回）資料（2021年4月28日）
https://www.meti.go.jp/shingikai/sankoshin/green_innovation/energy_structure/002.html

GI基金事業（社会実装に企業の経営陣がコミット）＋当初予算事業（革新的な技術開発）の両輪！


水素に係る海外動向（世界各国が投資急拡大・日本を猛追）

11


- EUやドイツやオランダ、豪州など多くの国で水素の国家戦略が策定されるなど、世界中で取組が本格化。
- 脱炭素化が困難な商用車（HDV）や産業分野での水素利用や、水素発電の導入、水素輸入に向けたサプライチェーンの検討等の動きが進展。

 **ドイツ**


- **2020年6月に国家水素戦略を策定。国内再エネ水素製造能力の目標を設定**（2030年5GW等）。
- 2020年6月3日に採択した経済対策において、国内の水素技術の市場創出に70億ユーロ、国際パートナーシップ構築に20億ユーロの助成を予定。
- 水電解による水素製造設備に対して、**再エネ賦課金を免除**。加えて、**再エネ由来水素等の大規模輸入に向けたサプライチェーン構築事業（H2 Global）**を実施予定。
- **大型FCトラック**向けの水素充填インフラ構築を支援。

 **米国**


- 新車販売の一定割合をZEVとする規制の下、**カリフォルニア中心にFCVの導入が進展（8000台超）**。2024年からは**商用車もZEV規制適用**開始。
- ユタ州でのグリーン水素を活用した**大型水素発電プロジェクト**を計画。2025年に水素混焼率30%、2045年に100%専焼運転を目指す。（三菱重工がガスタービン設備を受注）
- ロサンゼルス港の**ゼロエミッション化**に向けた構想の一環で、大型輸送セクターでの水素利用の検討が進む。
- DOEは**大型FCトラック**の開発を支援。
- 2022年2月に**地域クリーン水素ハブ**や、**クリーン水電解プログラム**などに**総額約100億ドル**を拠出することを発表

 **EU**

- **2020年7月に水素戦略を発表**。
- 2030年までに**電解水素の製造能力を40GW**を目指す。
- 暫定的に、低炭素水素(化石+CCUS)も活用を志向するが、長期的には再エネ水素のみを「**グリーン水素**」と定義。
- **水素パイプラインの整備に必要な制度改革**に着手。
- 官民連携による**グリーン水素アライアンス**を立ち上げ。
- 輸送分野では、**HDVでの水素利用**を重視。

 **フランス**

- **2020年9月に水素戦略を改訂**。
- 2030年までに**電解装置6.5GW**の設置を目指す。
- 水素の生産に使用する電力としては、**再生可能エネルギーおよび原子力発電**由来の電力を想定。
- 産業に加え、**FCトラック**が水素活用先の優先項目に。

 **中国**

- 2020年に業界団体(中国汽車工程学会)が、野心的なFCVの普及目標を策定(2030年100万台)。
- **商用車中心に、約9000台が導入済**(21年末)。また、水素ステーション数は世界最大の178箇所(22年1月)
- **燃料電池等のサプライチェーン整備**を目的とし、中央政府がモデル都市(5都市群)を選定し、**FCV等の技術開発・普及状況に応じて奨励金を与える政策**を実施中

水素政策小委員会（2022年3月29日）資料：https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/shoene_shinene/suiso_seisaku/pdf/001_03_00.pdf

共通点：国家戦略策定、大型公的支援、水電解、商用車（HDV）

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!

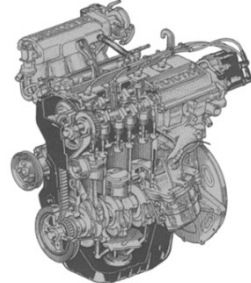
熱エネルギー変換(燃焼)

(化学エネルギー⇒**熱**⇒運動⇒電気)

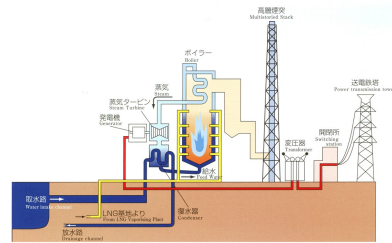
内燃機関(**集中型**): **量的**なCO₂排出減



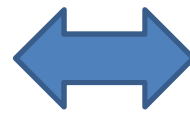
ニューコメンの熱機関
(Newcomen, 1712)
【当時の効率約1%】



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】



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)



電気化学エネルギー変換

(化学エネルギー⇒電気)

燃料電池(**分散型**): **質的**なCO₂排出減



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%】

燃料電池

水素
を介して
燃やさず
に発電!



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】

家庭用燃料電池 (九大伊都キャンパス)



2009年発売当初から着実に進化！

燃料電池自動車 (東京モーターショー2019)

Toyota-MIRAI2



Mercedes (FC-PHV)



Mitsubishi FUSO



Lexus (Concept)



水素の用途拡大(乗用車、商用車、船、航空機など) 15

(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

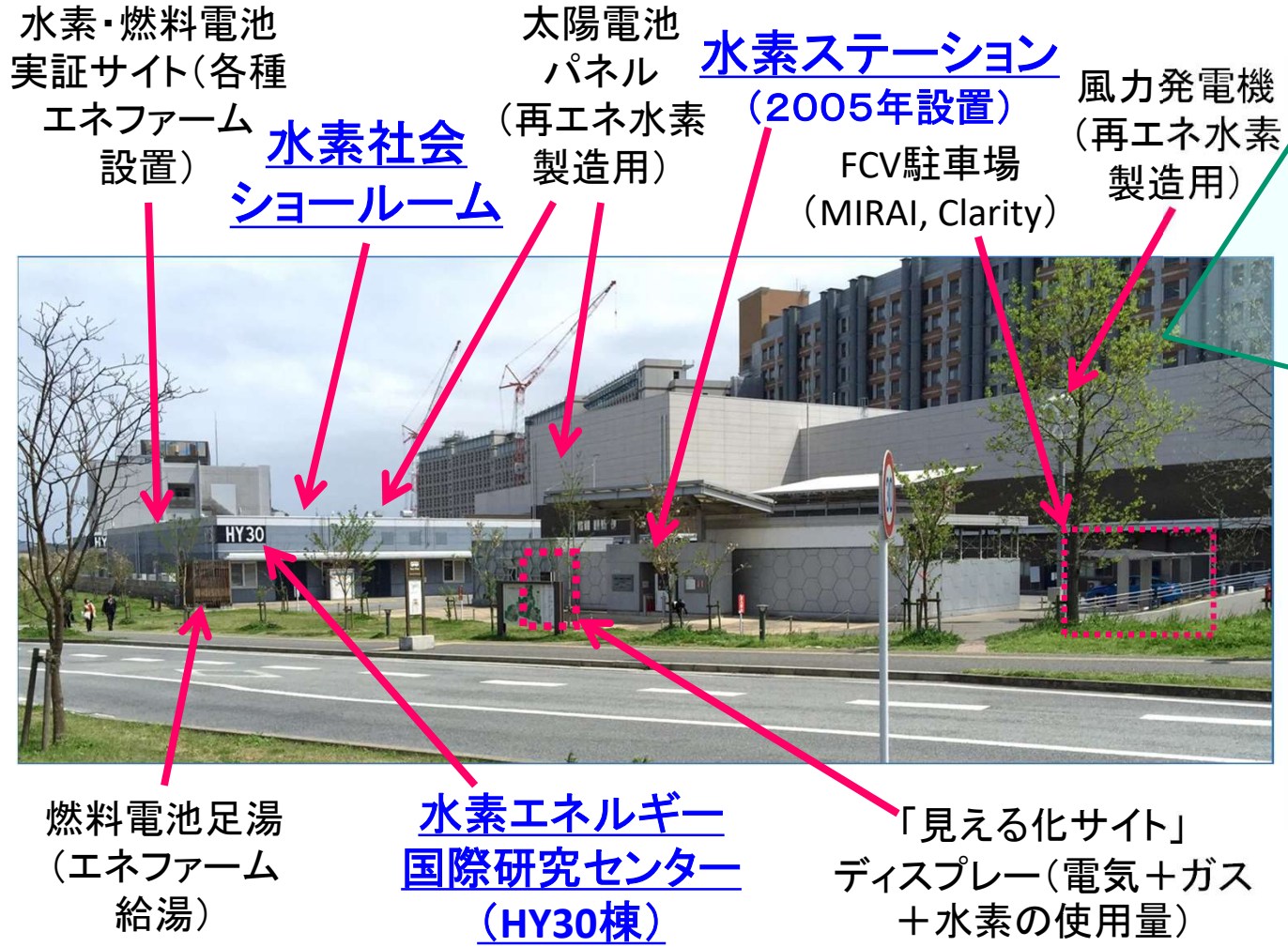


燃料電池フォークリフト

「水素キャンパス」@九州大学・伊都キャンパス

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！

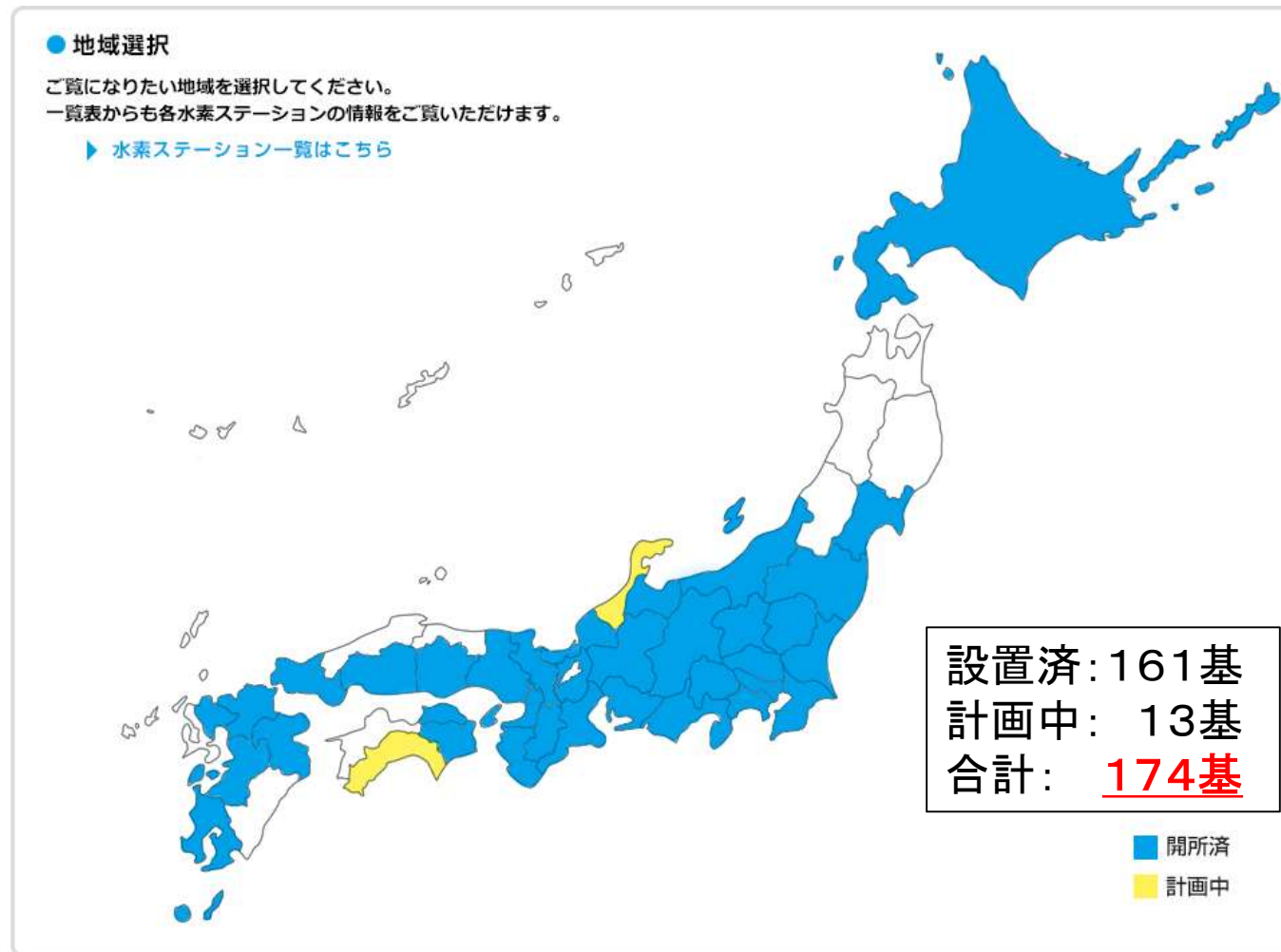
世界最大規模の水素エネルギー常設ショーケース！



**九大水素
モーターショー**
(**新型MIRAI
納車式、
2021年3月19日**)
(総長、学生ほか。
MIRAIの開発に
参画した九大
卒業生もWeb参加)
+ **関連車両展示**

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)

水素ステーション網は？（順次設置しながら、需要を創出）



（2022年7月現在、FCCJホームページ <http://fccj.jp/hystation/index.html#hystop>）

国のロードマップにほぼ沿って水素ステーションを整備中！（BEVへの充電と違って）
FCVへの充填は数分で済むので、現在のガソリンスタンドほどの数は不要。
（国のロードマップ：160基@2020年、320基@2025年、1000基@2030年）

水素キャリア（液化水素、有機ヒドライド、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 ¹⁹



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



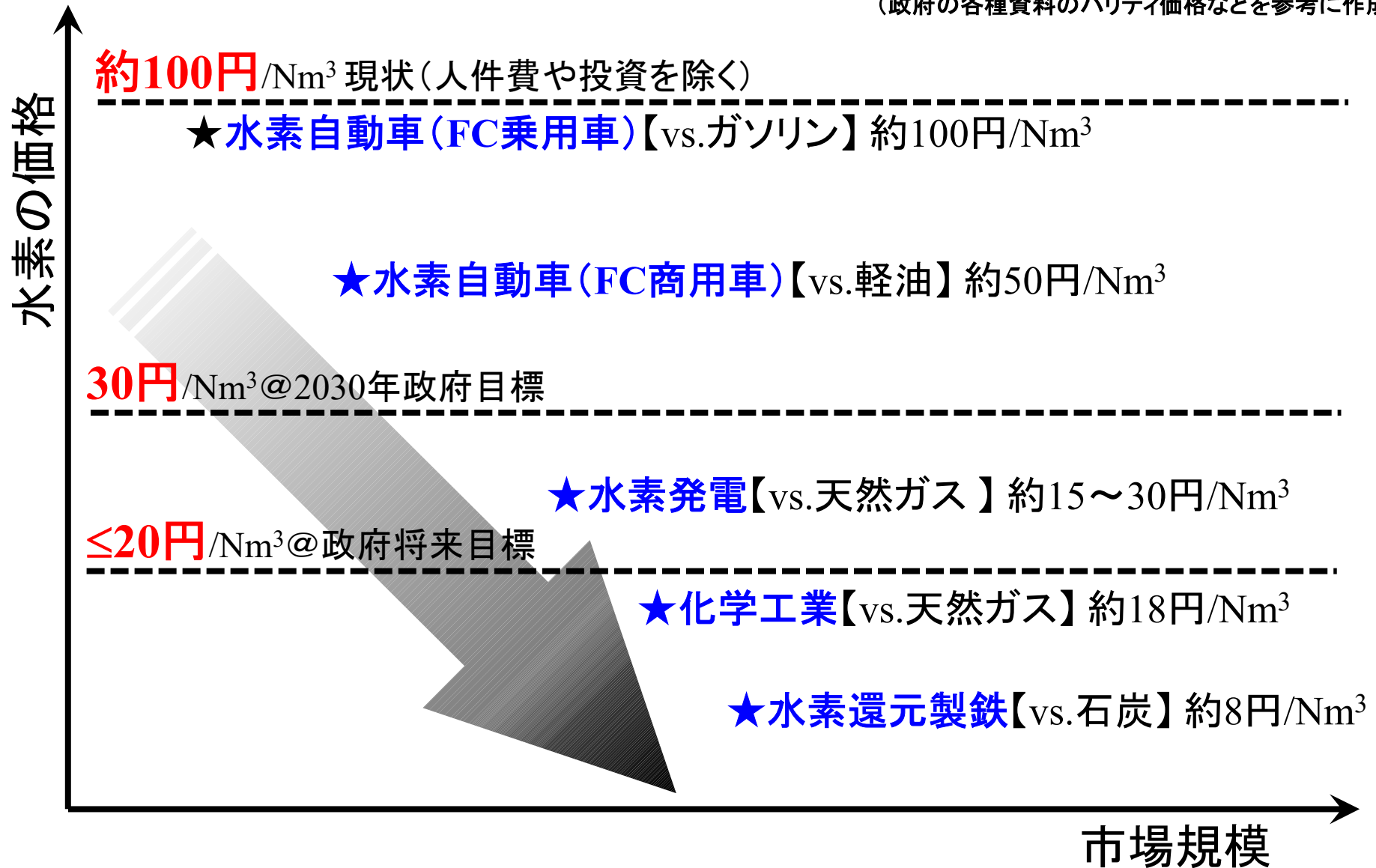
岸田総理の水素運搬実証式典出席(2022年4月9日)(出典:首相官邸HP)



(完成前の風景(2019年8月27日))

水素価格と用途拡大(輸送⇒発電⇒化学⇒製鉄)

(政府の各種資料のパリティ価格などを参考に作成)



水素価格低下に伴って用途拡大、環境価値等は今後変動

化石資源価格高騰 vs. 再エネ価格低下 (ENEOS)

実現に向けた課題

グリーン水素とブルー水素の将来コスト想定

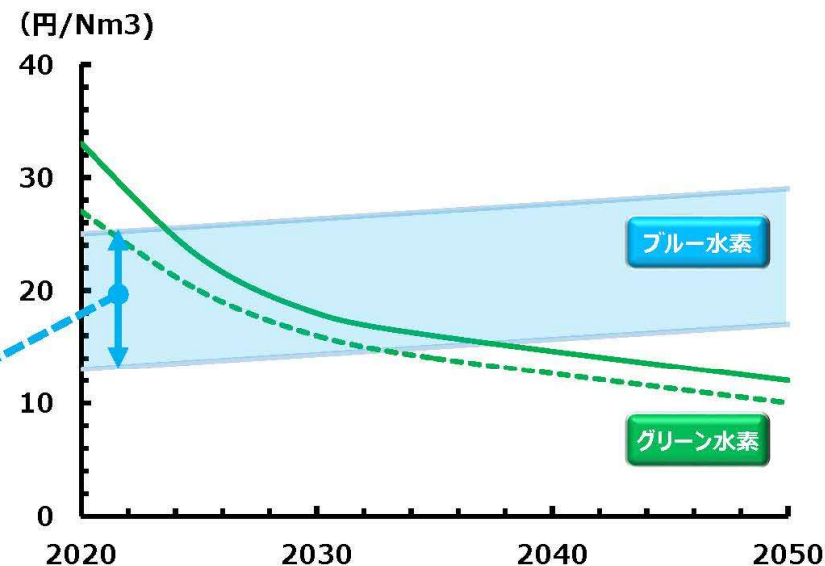
- 足元ではグリーン水素よりブルー水素が相対的に安価だが、近い将来、**再エネ電力の低コスト化**や**技術革新**（水電解装置コストダウン・電解効率向上等）に伴い、**グリーン水素がコスト優位**となる見込み。
- **ブルー水素は原料となる化石資源の価格高騰リスク**があり、**適正価格での安定供給に懸念**がある。
- 諸外国は、**有望なグリーン水素源の確保を**狙っており、**日本も早期に参入する必要がある**。

<水素資源国における水素製造コスト見通し¹⁾>

水素コスト増減要因	
グリーン水素	電力単価の低減
	水電解装置コストの低減
	水電解効率の向上
ブルー水素	天然ガス価格変動

天然ガス価格変動²⁾(2015年～2020年)
 → 2~5\$/mmBtuの変動
 → ブルー水素コスト換算で、10円/Nm³-H₂変動

1) IRENA_Global_Renewables_Outlook_2020を参考
 2) Natural gas, U.S.

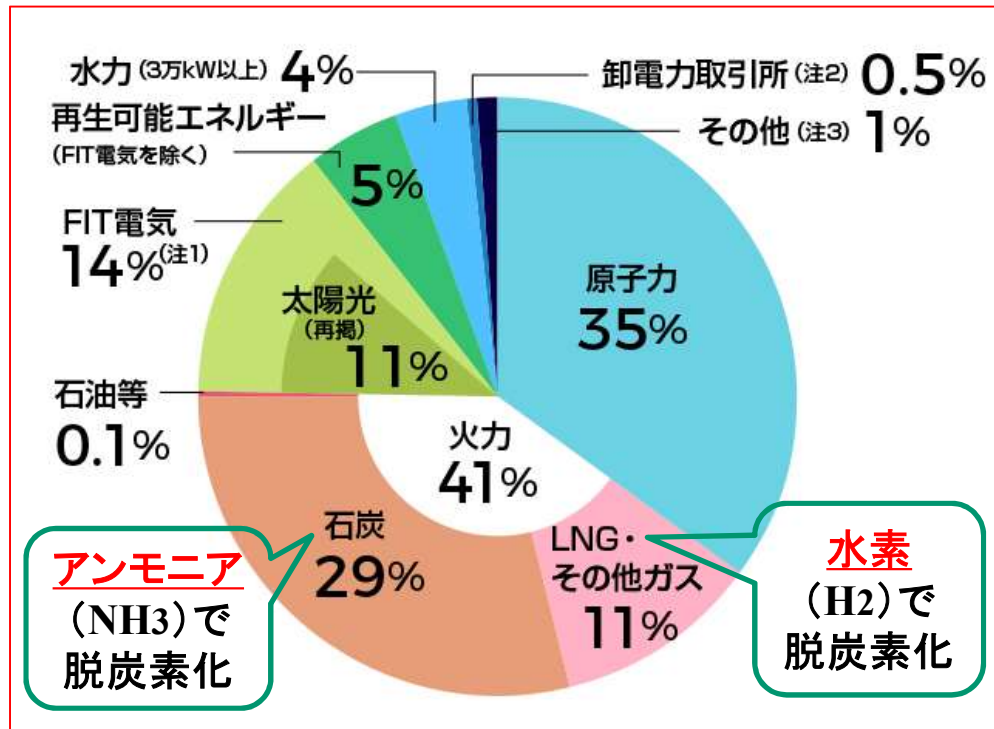


化石資源: 脱炭素で投資減少、ウクライナ情勢で化石資源価格が高騰・供給不足
再エネ: ESG投資増加、技術革新で価格は着実に低下

地域(例): 脱炭素化への水素の貢献(九州)

脱炭素へ (58% ⇒ 100%)

九州電力の2019年度の電源構成(実績)



(再エネ: 23% + 原子力35% = 58%)

九州: CO₂フリー電源比率58% @ 2019
(政府の2030年目標を達成済!)

(出典: 九州電力ホームページ)

http://www.kyuden.co.jp/rate_adj_power_composition_co2.html)

脱炭素地域の実現に向けて (九州の例)

●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! 「水素」は脱炭素化を可能にする戦略的なエネルギー媒体

★「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、余剰再エネは水素へ)

★「非電力」の脱炭素化は再エネ余剰電力や海外からのCO₂フリー水素で! (モビリティ・熱・原料・半導体製造への供給)

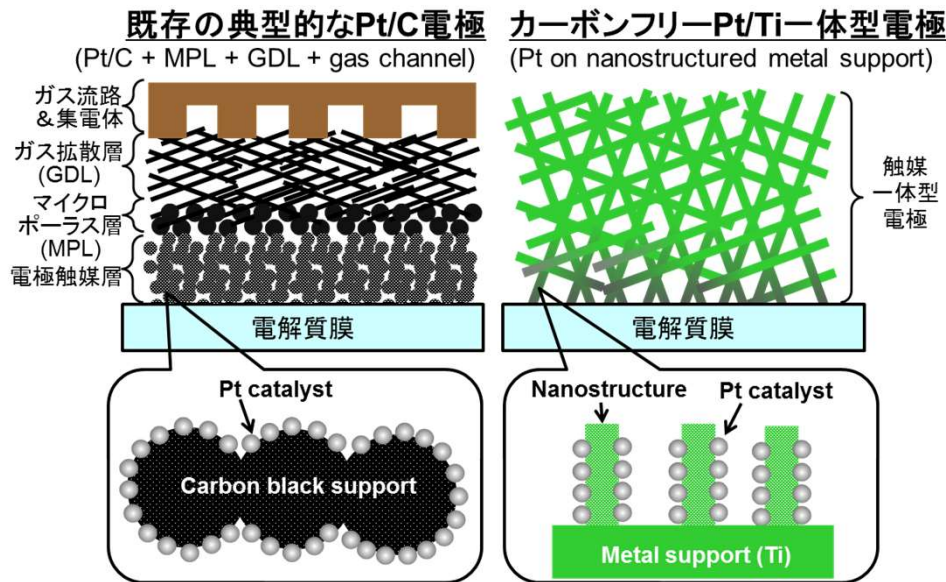
●今後増える再エネグリーン電力を企業誘致の強みに! (地域の電力の半分超は、すでにカーボンニュートラル)

●電化と水素化のグリーン投資を地域へ。カーボンニュートラルを国際金融都市への転換や脱炭素イノベーションの好循環へ

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】

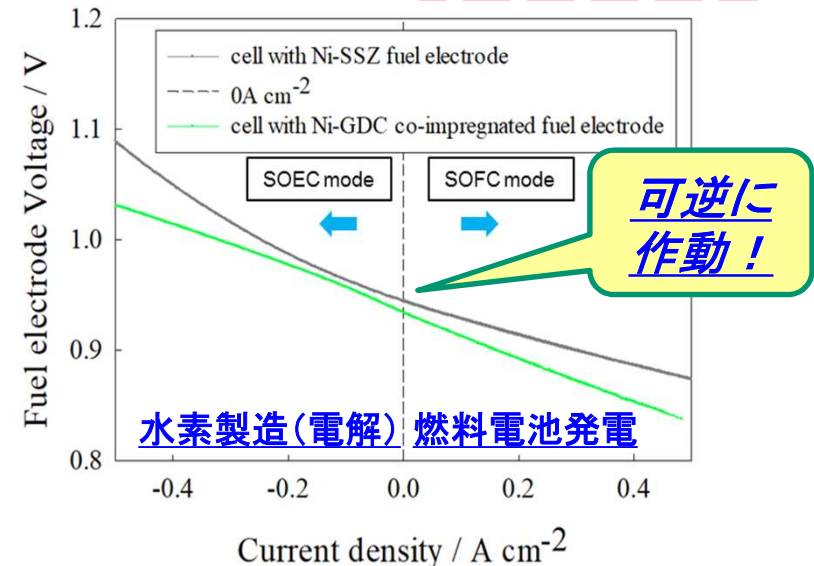
2030年やその先の産業界目標を達成する「**タフな燃料電池**」を創製し、乗用車のみならず、更なる高耐久化が欠かせない**商用車 (トラック、バス、船舶、列車)** などへの用途拡大と本格普及につなげる。(NEDO事業実施中)



【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。(NEDO国際事業実施中)

	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”)



安定的なエネルギー需給構造の確立を図るための エネルギーの使用の合理化等に関する法律等^(※)の一部を改正する法律の概要

(2022年5月13日可決成立、24
2023年4月施行)

※エネルギーの使用の合理化等に関する法律、エネルギー供給構造高度化法（高度化法）、JOGMEC法、鉱業法、電気事業法

背景

- ✓ 第6次エネルギー基本計画（2021年10月閣議決定）を踏まえ、「**2050年カーボンニュートラル**」や**2030年度の野心的な温室効果ガス削減目標の実現に向け、日本のエネルギー需給構造の転換を後押し**すると同時に、**安定的なエネルギー供給を確保**するための制度整備が必要。

法律の概要

- ✓ **省エネの対象範囲の見直しや非化石エネルギーへの転換促進、脱炭素燃料や技術への支援強化、電源休廃止時の事前届出制の導入や蓄電池の発電事業への位置付け**等の措置を講ずることで、①需要構造の転換、②供給構造の転換、③安定的なエネルギー供給の確保を同時に進める。

(1) 需要構造の転換（エネルギーの使用の合理化等に関する法律）

- ① **非化石エネルギーを含むエネルギー全体の使用の合理化**
 - ・非化石エネルギーの普及拡大により、供給側の非化石化が進展。これを踏まえ、**エネルギー使用の合理化（エネルギー消費原単位の改善）の対象に、非化石エネルギーを追加**。化石エネルギーに留まらず、エネルギー全体の使用を合理化
- ② **非化石エネルギーへの転換の促進**
 - ・工場等で使用するエネルギーについて、**化石エネルギーから非化石エネルギーへの転換（非化石エネルギーの使用割合の向上）を求める**
 - ・一定規模以上の事業者に対して、**非化石エネルギーへの転換に関する中長期的な計画の作成を求める**
- ③ **ダイヤモンドリスポンス等の電気の需要の最適化**
 - ・再エネ出力制御時への需要シフトや、需給逼迫時の需要減少を促すため、**「電気需要平準化」を「電気需要最適化」に見直し**
 - ・電気事業者に対し、**電気需要最適化に資するための措置に関する計画（電気需要最適化を促す電気料金の整備等に関する計画）の作成等を求める**

(2) 供給構造の転換（高度化法、JOGMEC法、鉱業法）

- ① **再生可能エネルギーの導入促進**
 - ・JOGMECの業務に、**洋上風力発電のための地質構造調査等**を追加
 - ・JOGMECの出資業務の対象に、**海外の大規模地熱発電等の探査事業（経済産業大臣の認可が必要）**を追加
- ② **水素・アンモニア等の脱炭素燃料の利用促進**
 - ・位置づけが不明瞭であった**水素・アンモニアを高度化法上の非化石エネルギー源として位置付け**、それら脱炭素燃料の利用を促進（高度化法）
 - ・JOGMECの出資・債務保証業務の対象に、**水素・アンモニア等の製造・液化等や貯蔵等**を追加
- ③ **CCS[※]の利用促進**
 - ・JOGMECの出資・債務保証業務等の対象に**CCS事業及びそのための地層探査**を追加
 - ・**火力発電であってもCCSを備えたもの（CCS付き火力）は高度化法上に位置付け**、その利用を促進（高度化法）
- ④ **レアアース・レアメタル等の権益確保**
 - ・**レアアースを鉱業法上の鉱業権の付与対象に追加**し、経済産業大臣の許可がなければ採掘等できないこととする（鉱業法）
 - ・JOGMECの出資・債務保証業務の対象に、**国内におけるレアメタル等の選鉱・製錬**を追加

※Carbon dioxide Capture and Storage(二酸化炭素を回収・貯蔵すること)

(3) 安定的なエネルギー供給の確保（電気事業法）

- ① **必要な供給力（電源）の確保**
 - ・発電所の休廃止が増加し、安定供給へのリスクが顕在化している状況を踏まえ、発電所の休廃止について事前に把握・管理し、必要な供給力確保策を講ずる時間を確保するため、**発電所の休廃止について、「事後届出制」を「事前届出制」に改める**
 - ・脱炭素化社会での電力の安定供給の実現に向けて、**経済産業大臣と広域的運営推進機関（広域機関）が連携し、国全体の供給力を管理する体制を強化**
- ② **電力システムの柔軟性向上**
 - ・脱炭素化された供給力・調整力として導入が期待される「**大型蓄電池**」を**電気事業法上の「発電事業」に位置付け、系統への接続環境を整備**

※上記のほか、JOGMECによる事業者に対する情報提供や石油精製プロセスの脱炭素化などの措置を講ずる。

経済産業省HP <https://www.meti.go.jp/press/2021/03/20220301002/20220301002.html> 1

法律上の“エネルギーの定義”の改正

エネルギーの使用の合理化及び非化石エネルギーへの転換等に関する法律(昭和五十四年法律第四十九号)

施行日：令和五年四月一日

(令和四年法律第四十六号による改正)



参議院インターネット中継 <https://www.webtv.sangiin.go.jp/webtv/index.php>

- (定義)
- 第二条 この法律において「エネルギー」とは化石燃料及び非化石燃料並びに熱 政令で定めるものを除く。以下同じ。）及び電気をいう。
- 2 この法律において「化石燃料」とは、原油及び揮発油 重油その他経済産業省令で定める石油製品 可燃性天然ガス並びに石炭及び「**ク**」スその他経済産業省令で定める石炭製品であつて、燃焼その他の経済産業省令で定める用途に供するものをいう。
- 3 この法律において「**非化石燃料**」とは、前項の経済産業省令で定める用途に供する物であつて**水素**その他の化石燃料以外のものをいう。
- 4 この法律において「**非化石エネルギー**」とは**非化石燃料**並びに化石燃料を熱源とする熱に代えて使用される熱 第五条第二項第二号ロ及びイにおいて「**非化石熱**」と(いう。)及び化石燃料を熱源とする熱を交換して得られる動力を変換して得られる電気に代えて使用される電気 同号一において「**非化石電気**」と(いう。)をいう。
- 5 この法律において「**非化石エネルギーへの転換**」とは、使用されるエネルギーのうちを占める**非化石エネルギー**の割合を向上させることをいう。
- 6 この法律において「**電気の需要の最適化**」とは、季節又は時間帯による電気の需給の状況の変動に応じて電気の需要量の増加又は減少をさせることをいう。

2-1. 供給構造の転換

①水素・アンモニア等の脱炭素燃料の利用促進

- 水素やアンモニアの利用等を発電や輸送・産業分野で拡大するためには、国内での製造を促進するとともに、LNGと同様、製造・液化等・輸送・貯蔵等に至る国際バリューチェーンの構築が必要。民間企業による海外での操業リスク低減を図るため、**JOGMECが水素やアンモニア等の製造・液化等や貯蔵等への出資・債務保証を行う。**
- エネルギー供給事業者に対して**水素・アンモニア**の利用を促進するため、それらを高度化法上の**非化石エネルギー源**として位置付け、**エネルギー供給事業者に水素・アンモニアを含めた非化石エネルギー源の利用に関する計画の作成を求める。**
- 石油精製業者に対して環境負荷の低減に配慮した取組を促進するため、化石エネルギー原料の有効な利用の定義を改め、**精製プロセスへの水素の導入やアンモニア混焼といった脱炭素燃料の使用を含めた計画の作成を求める。**

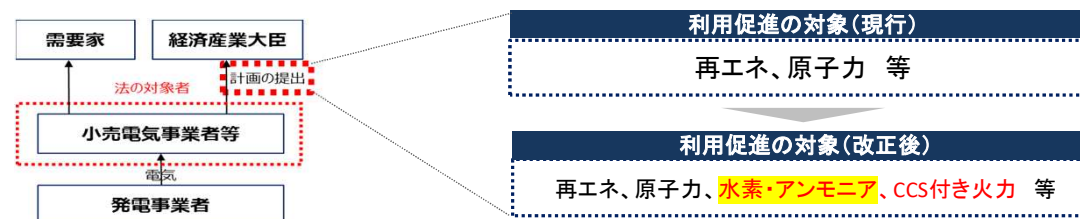
②CCSの利用促進

- CCS事業については、正確な貯留量の把握が困難といった地下リスクがあるため、**JOGMECがCO₂の貯蔵及びそのための地層探査への出資・債務保証等を行う。**
- 電気事業者に対してCCS付き火力発電の利用を促進するため、高度化法上、**電気事業者が作成することが義務づけられている計画にCCS付き火力発電の利用を記載できることとする。**

水素等の製造、CCS事業支援の業務追加（国内事業も支援対象）



高度化法のスキーム（例：電気事業者）



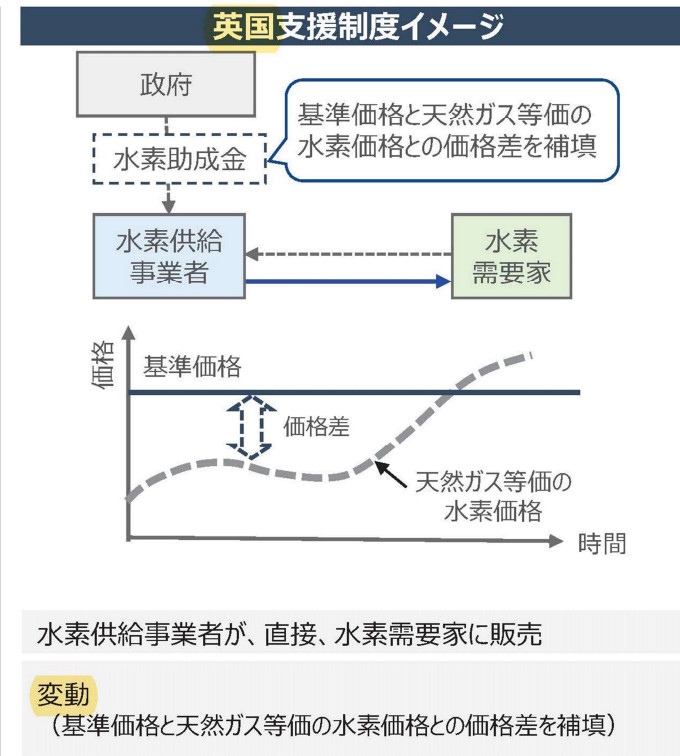
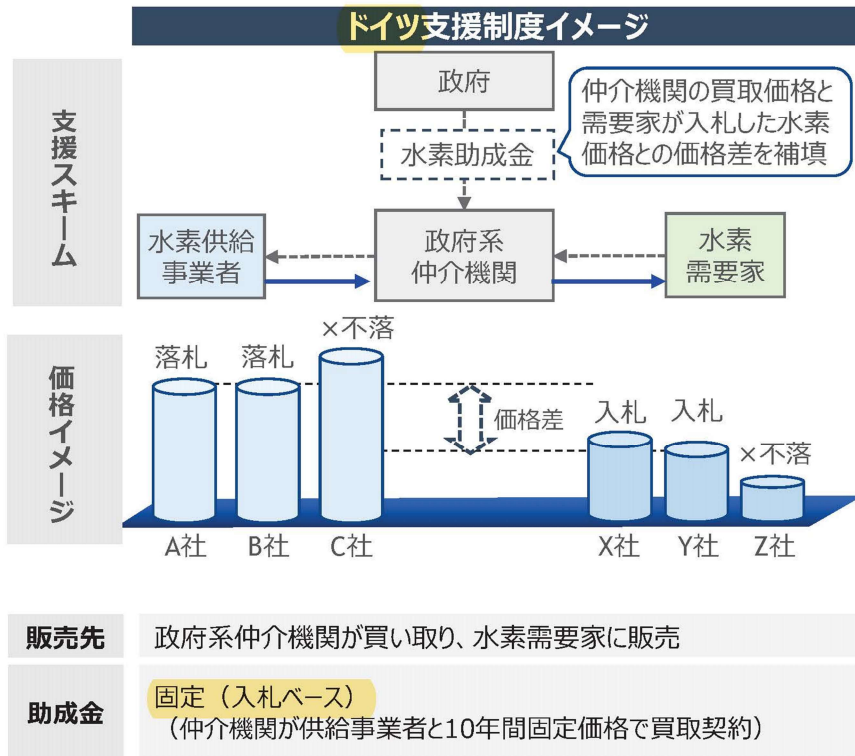
サプライチェーン構築への支援策の例(ドイツ・英国)

参考資料

海外における水素導入支援制度の検討例(ドイツ・英国)

- ドイツ・英国では、**水素の国家戦略**に基づき、**導入支援制度案**が示され、官民の議論が進展。
- 両制度は**事業者の供給可能水素価格と既存化石燃料の価格差を、国が買取し、事業者利益を確保**することで、**官民で適正に事業リスクをシェアし、民間事業者・金融機関の投資判断を可能**とする。
- **日本でも、水素事業の安定性を確保する支援制度の導入が望まれる。**

-----> :お金の流れ > :水素販売



商用サプライチェーン構築に向けた主要な論点と基本的な方向性（案）

論点	基本的な方向性案
①政策的位置づけ・役割	<ul style="list-style-type: none"> 他脱炭素技術（ゼロエミ電源、CCUS等）と比した水素・アンモニアの競争力には注視しつつも、2030年に最大300万トン/年の水素供給量、水素・アンモニアで電源構成1%を目指し、新規のサプライチェーンの構築を支援することとし、自立的な市場の形成が進んでいるか、コスト低減の状況などを定期的に検証するとともに、状況変化に応じて必要な見直しを行う。
②支援対象の水素等	<ul style="list-style-type: none"> 水素・アンモニアの供給関連技術の技術的な成熟度に留意し、その中で費用対効果最大化の観点から競争を促しつつも、製造源・調達先を限定せず支援する。 また、需要断面では水素の由来を問わず利活用を推奨するものの、新たに構築を支援するサプライチェーンには、何らかのCO2排出量の閾値等を設定する方向で、国際情勢等も踏まえつつ、詳細検討（※）を行う。 ※CO2閾値そのものだけでなく、その測定方法、いつから各事業に閾値の達成を求めるかなども含めて検討予定
③支援方法	<ul style="list-style-type: none"> 水素・アンモニアの用途先を原則制限しない方向で検討を行う。ただし、各分野における水素等の優位性や、事業者のコミットメントなどに十分留意すべく、必要に応じて、様々な脱炭素手段から、費用対効果を見極めて技術を選択する需要側からもヒアリングを行いながら、今後の詳細検討を進める。
④考慮すべきリスク	<ul style="list-style-type: none"> 水素供給事業に付随する販売価格が供給コストを下回り(価格リスク)、かつ販売量も少ない(量的リスク)というリスクを軽減し、事業の予見性・安定性を確保するための長期契約等の仕組みを検討する。 長期契約に基づき、事業者が負うリスクに対して過剰なレントが生じることを防ぐ観点からも、官民でのリスクシェアのあるべき姿を、英・独などの先行検討事例を踏まえつつ、今後詳細を検討する。
⑤事業者等による供給コスト等の低減	<ul style="list-style-type: none"> 商用サプライチェーン構築のための支援に際しては、前項論点④の適切な官民でのリスクシェアの在り方にも留意しつつも、事業者等に継続的な供給コストの低減を促すメカニズムを導入する。 ただし、その手法（目標価格・上限価格の設定、競争入札の実施等）は市場の成熟度合や想定される事業者数などを見極めつつ、詳細を検討する。
⑥他政策との関係	<ul style="list-style-type: none"> 製造から輸送・貯蔵、利用に至るバリューチェーン構築のためには、他政策との重複性・補完性を意識しつつ、それらとの適切な棲み分け図り、相乗効果を最大限図る。
⑦開始時期	<ul style="list-style-type: none"> 事業者の大規模投資決断時期に必要な予見性を確保するための詳細設計を完了し、出来るだけ早期に支援を開始することを目指す。

効率的な水素・アンモニア等の供給拠点の形成に向けた論点と基本的な方向性（案）

論点	基本的な方向性案
①拠点形成を支援する目的	<ul style="list-style-type: none"> 今後大量に必要となる水素・アンモニアを安定・安価に供給するには、<u>大規模な需要創出と効率的なサプライチェーン構築が必要であり、その双方を実現するためには、周辺の潜在的な需要家の集積を促し、我が国産業の国際競争力強化にも資するよう、</u>「<u>カーボンニュートラル燃料拠点</u>」の形成を戦略的に支援していく。 「<u>技術開発</u>」に続く、「<u>事業開発</u>」への支援が主眼。コンビナートは拠点形成の起点の一つとなり得る。
②拠点が備えるべき機能	<ul style="list-style-type: none"> 既存産業の延長のみならず、<u>新たな産業構造への転換や新たなプレイヤーの参入を促進することも念頭に置く。</u> 拠点の機能は、用途や事業者の集積、整備の時間軸に応じて、<u>現在の姿を起点とするもの（フォアキャスト）、将来の姿を起点とするもの（バックキャスト）の両面のアプローチで構想していく。</u> 拠点の機能は、<u>発電や産業用途を中心とした燃料用途（将来的には合成メタンや合成燃料を含む）に加え、原料・マテリアルとしての水素・炭素の利用（新たな産業創出を含む）も念頭に置いた設計とし、それらに必要な設備について詳細検討を行う。</u> 拠点の支援対象は<u>共用インフラをまずは念頭に置き、カーボンニュートラルなビジネスを志向する企業が、そこにいけば必要な原材料やインフラが得られるような「ユーティリティ」としての役割を持たせることも一案とし、集積効果を高めるための支援策や仕掛けの検討を行う。</u> 拠点の担い手は、<u>供給から利用にいたるまで幅広いステークホルダーを巻き込み、水素・アンモニアのまとまった需給や工程について具体的な見通しを持ち、かつ長期的なコミットメントを有する主体によって構成されることを検討していく。</u> 国際競争力の向上の観点も踏まえ、<u>拠点整備と商用サプライチェーン構築支援との関係については、諸外国の事例も参考に、今後検討を進めていく。</u>
③拠点選定の考え方	<ul style="list-style-type: none"> <u>サプライチェーン早期立ち上げを後押しする観点や、リスクの高さを背景に、先行者（ファーストムーバー）により手厚く支援する制度設計とする。</u> <u>先導性や国際的なモデル性も考慮しつつ、特にハブとしての機能を有する拠点については少数に絞って集中的に支援を講じる方向で検討していく。</u> 拠点の形成には、<u>中長期的な一定の時間や不確実性を伴うため、適切なステージゲートを設定し、試行錯誤を許容しつつも、成果・進捗に応じてメリハリのある支援を講じていく方向で検討していく。</u>
④留意点	<ul style="list-style-type: none"> <u>リソースの有効活用の観点から、金融機関や他省庁と連携し、CNPや他の補助金等との関係性の整理・重複排除をする方向で検討する。新たな燃料や原料を活用するための設備等については、規制緩和等の措置も併せて検討する。</u> <u>公的資金のみならず、金融機関などによる幅広い民間資金による投資が効果的に促されるような仕組みを今後検討していきたい。</u>

CN・GXへの400兆円規模の官民投資（経団連）

6. グリーンディール、CNが実現した際の経済の姿 （概要24～26、41頁）

問題意識

- IEA試算をベースとするとわが国のCN実現のためには、**2050年までの累計で、400兆円程度の投資**が必要。

とるべき施策

- 政府は、民間の継続的な投資を促すため、自ら中長期の財政支出にコミットすべき。
- 必要となる**政府負担は年平均で約2兆円程度**（財源 = **GXボンド**^{（注）}の発行等）。
- **リスクの大きい革新的技術開発**や**大規模なインフラ整備**など、市場原理だけに任せては取り組みが円滑に進まない分野への投資において、政府の役割は特に重要。

【参考：欧米の予算措置】

	米国	EU
規模	インフラ投資計画： 9.4兆円 Build Back Better Act： 64.9兆円	71.5兆円 (7か年予算+復興基金)
期間	5～10年	7年
年間	8.4兆円 /年	10.2兆円 /年

【参考：日米欧のCO2排出量】 （エネルギー起源CO2、2019年）

	日本	米国	EU
	10.6億 t	47.4億 t	29.9億 t

（注）CNに向けたトランジション及びイノベーションに関する技術の開発・社会実装に用途を限定して、GXを実現するために発行する国債。

2050年CNが実現した経済の姿 = **GDP1,000兆円経済の実現**

	2019年度（実績）	2050年度
実質GDP	537.5兆円 <small>（過去5年で平均0.9%成長）</small>	1,026.8兆円 <small>（年平均2.1%成長）</small>

社会にとって「水素」とは？（産業・社会のパラダイムシフト）

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

「水素政策小委員会・アンモニア等 脱炭素燃料政策小委員会 合同会議」

- 第1回 3月29日
- 第2回 4月18日
- 第3回 4月27日

（YouTube経産省チャンネルで生中継＋録画視聴可）

- 法改正：非化石エネルギーへ位置付け！
- 水素は、輸入と国産の両方が可能！
＝エネルギー安全保障にも貢献！
- 本格普及には官民の長期投資が不可欠