

グリーン分野の先端研究と人材育成 ～水素分野を例に～

佐々木一成

副学長(産学官民連携・研究教育推進(エネルギー・脱炭素)担当)・主幹教授

(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、合同会議座長)

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

環境エネルギー科学技術委員会・革新的GX技術開発小委員会

2023年1月23日

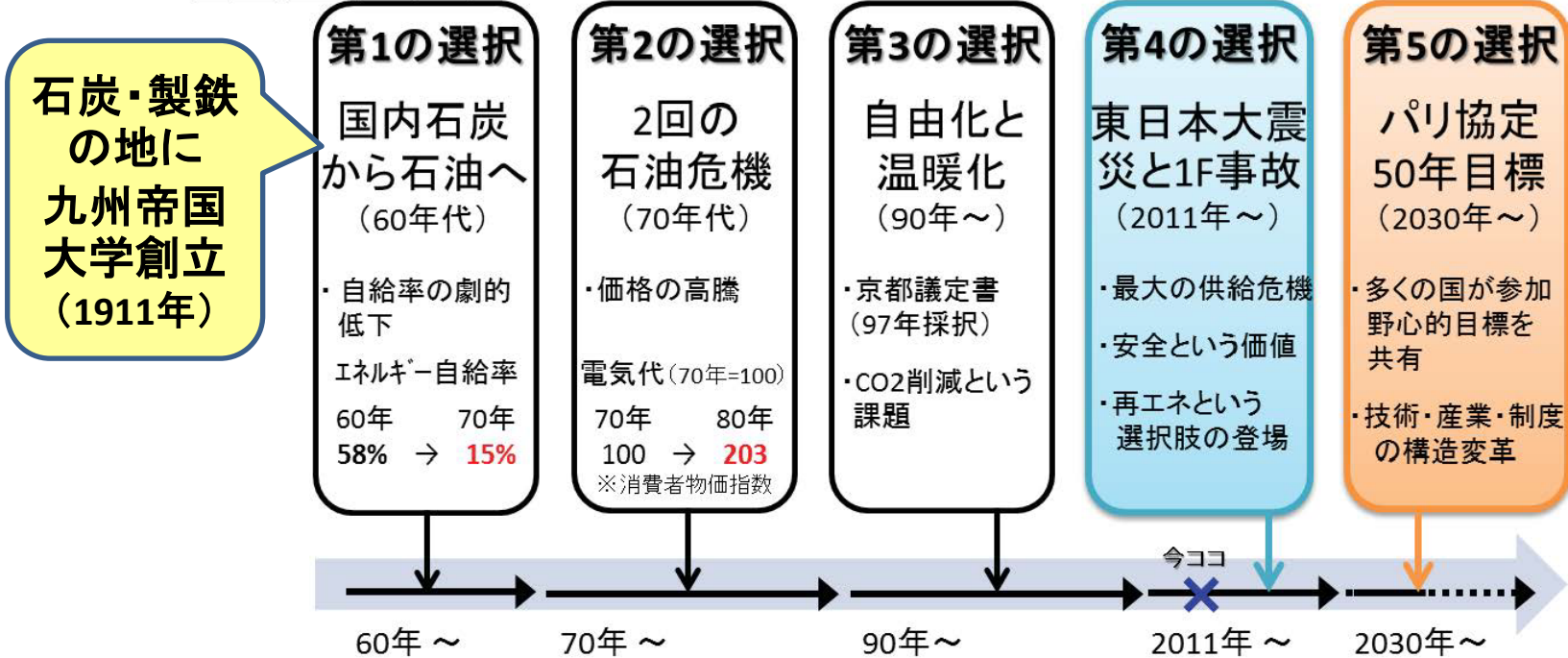


脱炭素へのグリーンイノベーションハブ

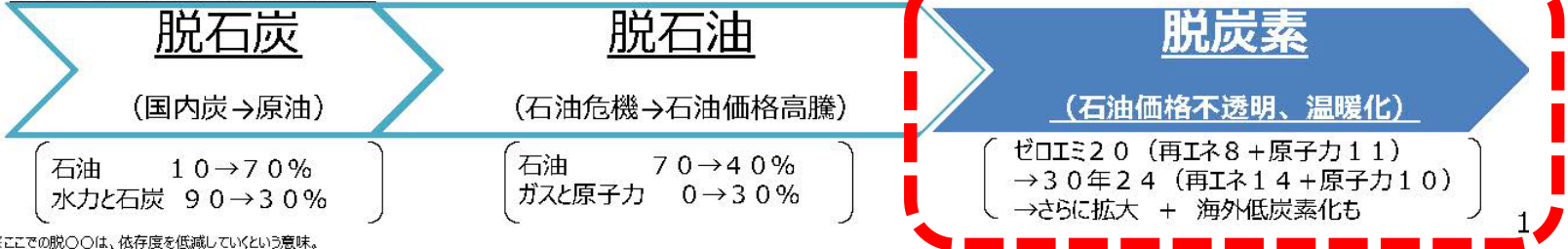
脱炭素・水素社会実現へ世界と戦う“チーム福岡”

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



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: 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)

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

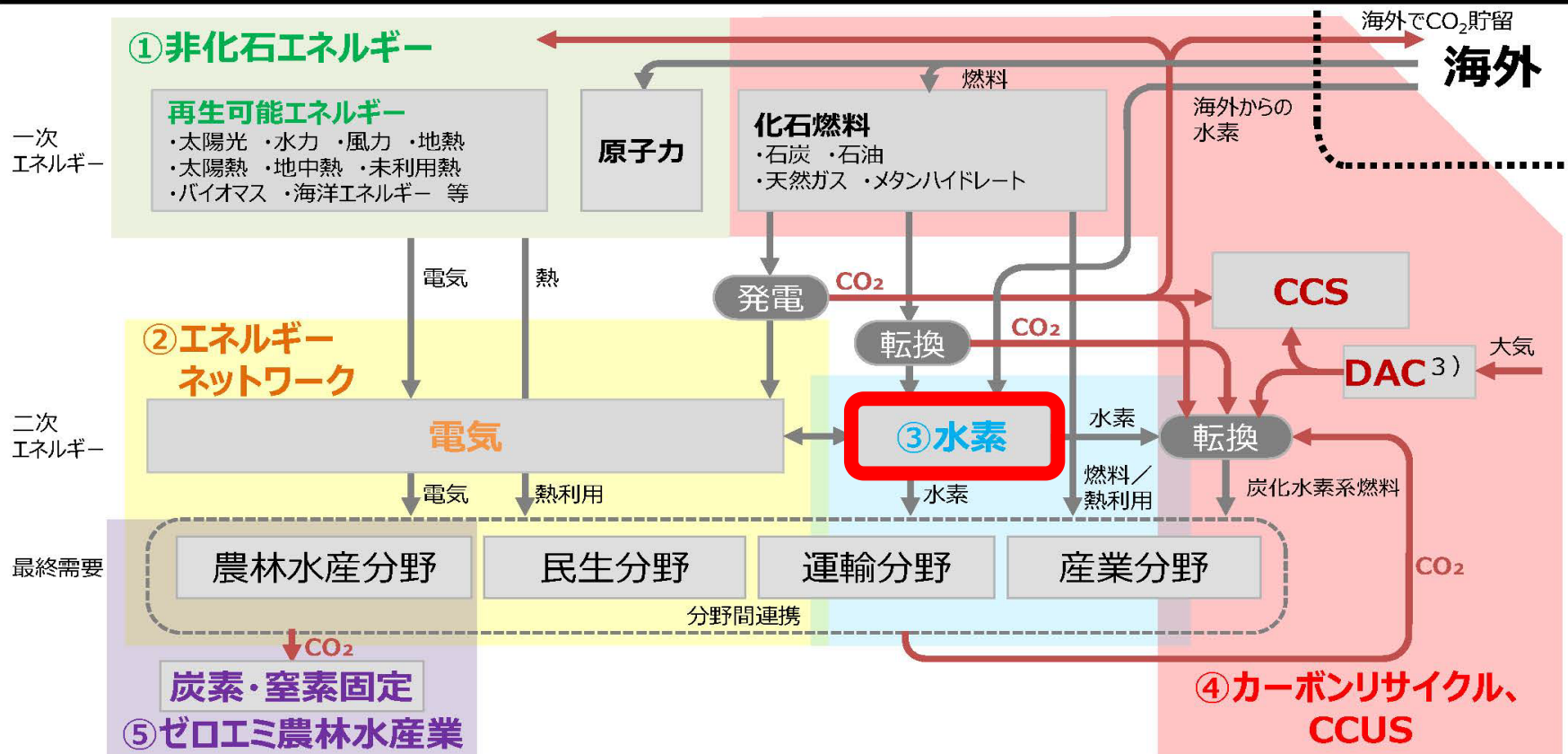
サプライチェーン構築開始

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

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(燃烧)

(化学エネルギー⇒**熱**⇒運動⇒電気)

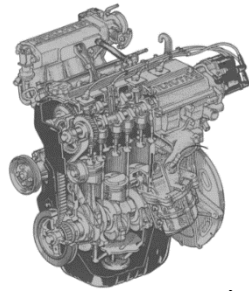
内燃機関(**集中型**): **量的**なCO₂排出減



ニューコメンの熱機関

(Newcomen, 1712)

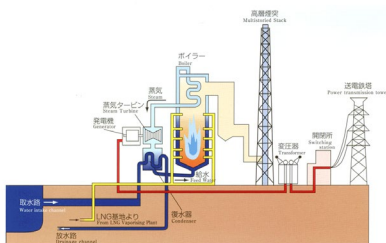
【当時の効率約1%】



ガソリンエンジン

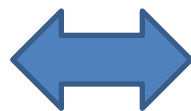
(Otto cycle, 1876)

【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!



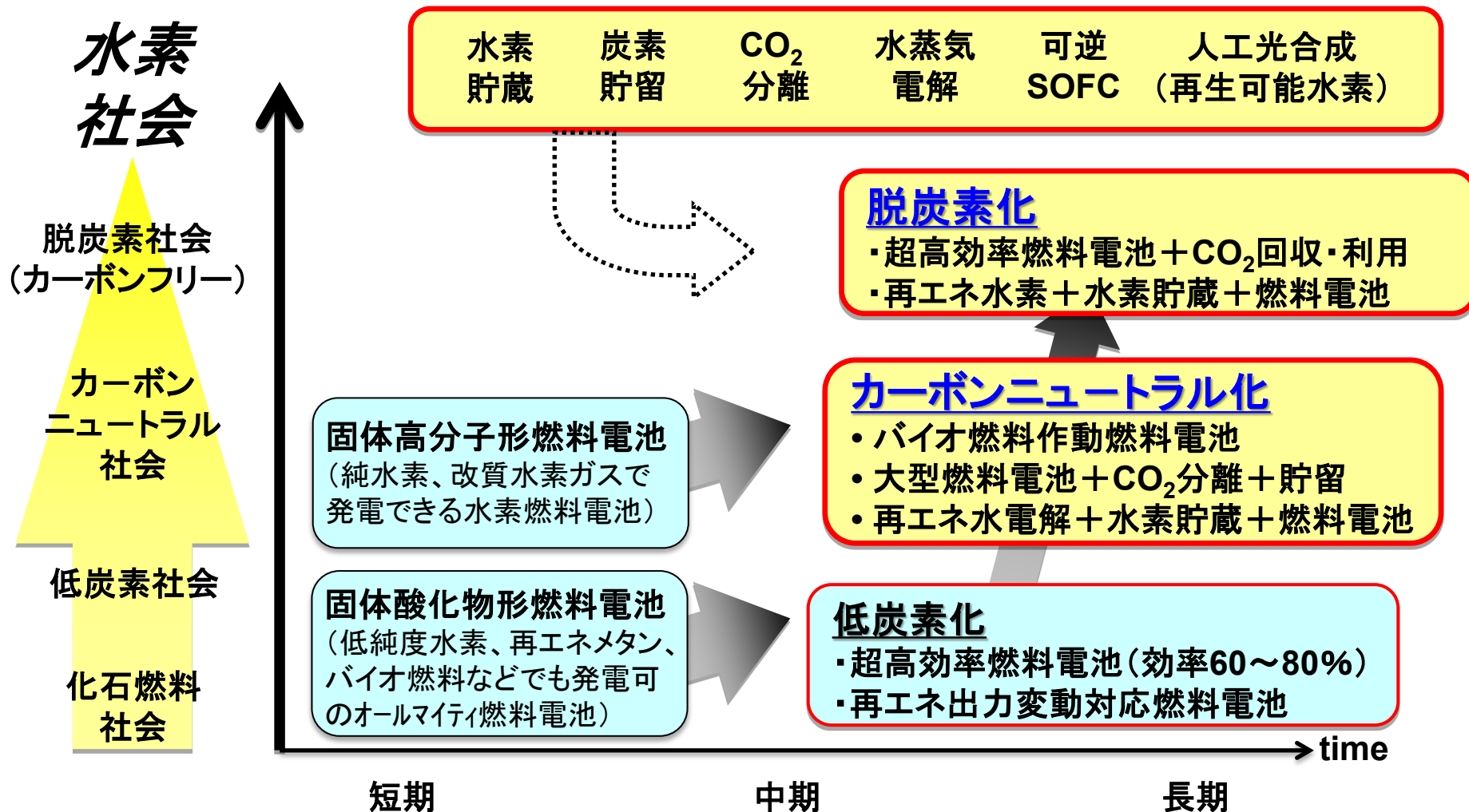
業務産業用・発電用燃料電池

(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】

水素技術体系の確立：技術シーズの創製・発掘・体系化へ

＜多様な関連シーズを創製・発掘・統合＞



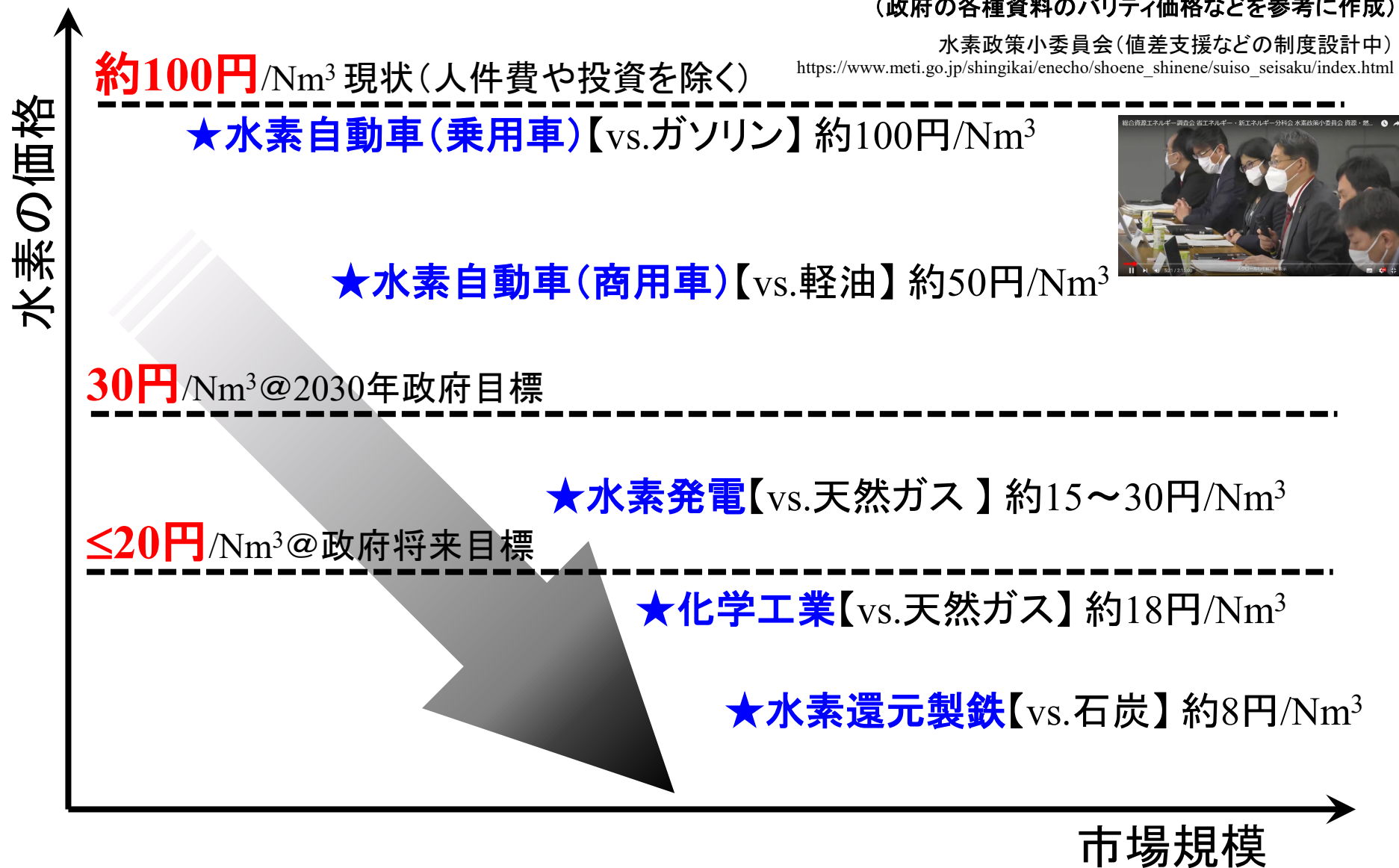
目標：水素に関わる次世代科学技術の確立⇒サイエンスへ！

経済：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



水素価格低下に伴って用途拡大。環境価値等は今後変動

水素に係る海外動向（世界各国が投資急拡大・日本を猛追）

- 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。
- ユタ州ので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月に地域グリーン水素ハブや、グ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

①国家戦略策定、②大型公的支援、③水電解、④商用車(HDV)

課題と期待

【課題】

- グリーンイノベーション基金 (GI、2兆円) が創設されたが、あくまで「経営陣がコミットして10年程度かけて社会実装させる技術開発」のみを対象。アカデミアは代表者になれない。GI基金による長期の企業向け研究資金で、現在知られている技術を基盤にした社会実装は進むが、関連企業への就活も売り手市場で博士課程進学者がさらに減少傾向。
⇒ 約10年後には「革新技術シーズ」と「革新シーズを生み出す若手研究者」の不足が危惧。
- 府省横断のGI戦略会議で各府省やNEDOが積極的に活動を紹介するが、文科省・JSTからのプレゼンは最近はほとんどなし。GteX事業が今後大きく貢献。

【期待】

- 「自由な発想の基盤研究」⇒ 「アカデミア主導の本格研究」 ⇒ 「産学連携での社会実装」をJSPS⇒ JST ⇒ NEDOとシームレスにつないでいけると、「創造知」が「社会実装」へ
- 文科省・JST事業は、多様な研究シーズ(革新材料、評価手法)を幅広に大きく発展させられる。発展が期待される分野や博士課程生を含む若手人材を伸ばすことができる取組。
- 当該分野の研究施設群が揃っている 大学・国研の施設群をハブ拠点として共同利用化することで、限られた予算を 若手研究者や大学院生に重点投資 可能に。

自由な発想の基盤研究 (JSPS)

- 多様のシーズ創出の苗床
- 多様で幅広な「知」の蓄積

年約100万円レベル～

アカデミア主導の本格研究 (JST)

- 研究者の飛躍の場
- 社会を変える革新シーズ育成

年約1000万円レベル～

産業界主導の実装 (NEDO)

- 大学⇒企業の橋渡しの場
- 革新シーズを社会実装

年約5000万円レベル～ 8

水素分野の本格研究(目的基礎研究)は？

＜短中期課題：スケールアップ技術開発＞(産業界主導)⇒GI基金等で対応

【水素価格大幅低減・量的普及】：スケールアップ、大規模実証、導入補助(サプライチェーン、アルカリ水電解、水素を使う産業プロセス、脱炭素システム・コミュニティー・Society5.0など)

＜中長期課題：「水素学理」構築に向けて＞(大学・国研が主導可)

【水素製造】

- 低コスト水電解(高分子形)：分散型再エネ利用、低貴金属化(Ir)、アルカリ膜水電解
- 高耐久性水蒸気電解(酸化物形)：超高効率電解可、メタネーション等とも組み合わせ可

【水素貯蔵】

- 常圧水素貯蔵材料・システム：10気圧未満での簡便な水素貯蔵で本格普及・蓄電池代替

【水素利用】

- 高耐久性・低白金燃料電池触媒設計(高分子形)：商用車を含む高負荷利用
- 超高効率燃料電池(酸化物形)：究極の発電技術、CO₂フリーメタン利用で脱炭素
- 水素燃焼(水素タービン等)：大型システム開発に伴い基礎科学も重要

【共通技術(計測・学術)】

- 観察(3D・原子レベル・その場)・計算(量子化学、熱流体)手法：次世代手法で開発加速
- 材料と水素との相互作用解明(高分子、金属)：水素社会で使える汎用材料増

【水素社会】

- 水素エネルギーインフラ最適化(調整力など)：変動する再エネの最適利用モデル検討
- 水素社会の経済・環境性、社会受容性：量的・経済的・社会学的検討、LCAなど

イノベーションの基盤となる“サイエンス(本質的・横断的な理解)”が必要！

水素分野の人材育成は？

①【革新シーズを創製できる人材】2040年頃に向けて求められる目標はかなり高く、「ゼロ⇒イチ」を達成する研究者がそもそも居ないことが最大の課題ではないか。実用化が進んで産業界「ニーズ」は増え続けるが、「シーズ」は不足。「シーズを生み出せる人材」の育成が重要。

②【博士課程生の参画】今後の研究開発を担う中核人材を新たに育成するためには、20歳代の大学院生の研究力のレベルアップが王道ではないか。20歳代の大学院生が修士・博士一貫で最先端の水素研究に没頭し、欧米のトップ大学と同様に、修士修了者と同等の給与も支給して、20歳代中ごろで博士号を取得するのが、本来の姿ではないか。その際、研究室にこもらずに、国家プロジェクトに大学院生として参画し、産学ネットワークの中でもまれながら研究成果を出すことで、博士号取得後にどの企業・大学・国研も採用を希望するような「スーパー博士」になれば、就職の心配も無くなる。

③【海外武者修行の機会】大学院生や若手には半年～1年弱、留学(長期出張＝海外武者修行)の機会を与え、世界で戦える人材へ。同志国の海外サテライト拠点との共同研究枠の確保で、若手研究者が国際共同研究や共著論文執筆へ。(コロナ禍で日本は鎖国状態が続く、国際頭脳循環からほぼ脱落)