



カーボンニュートラル実現に向けた 技術開発の方向性

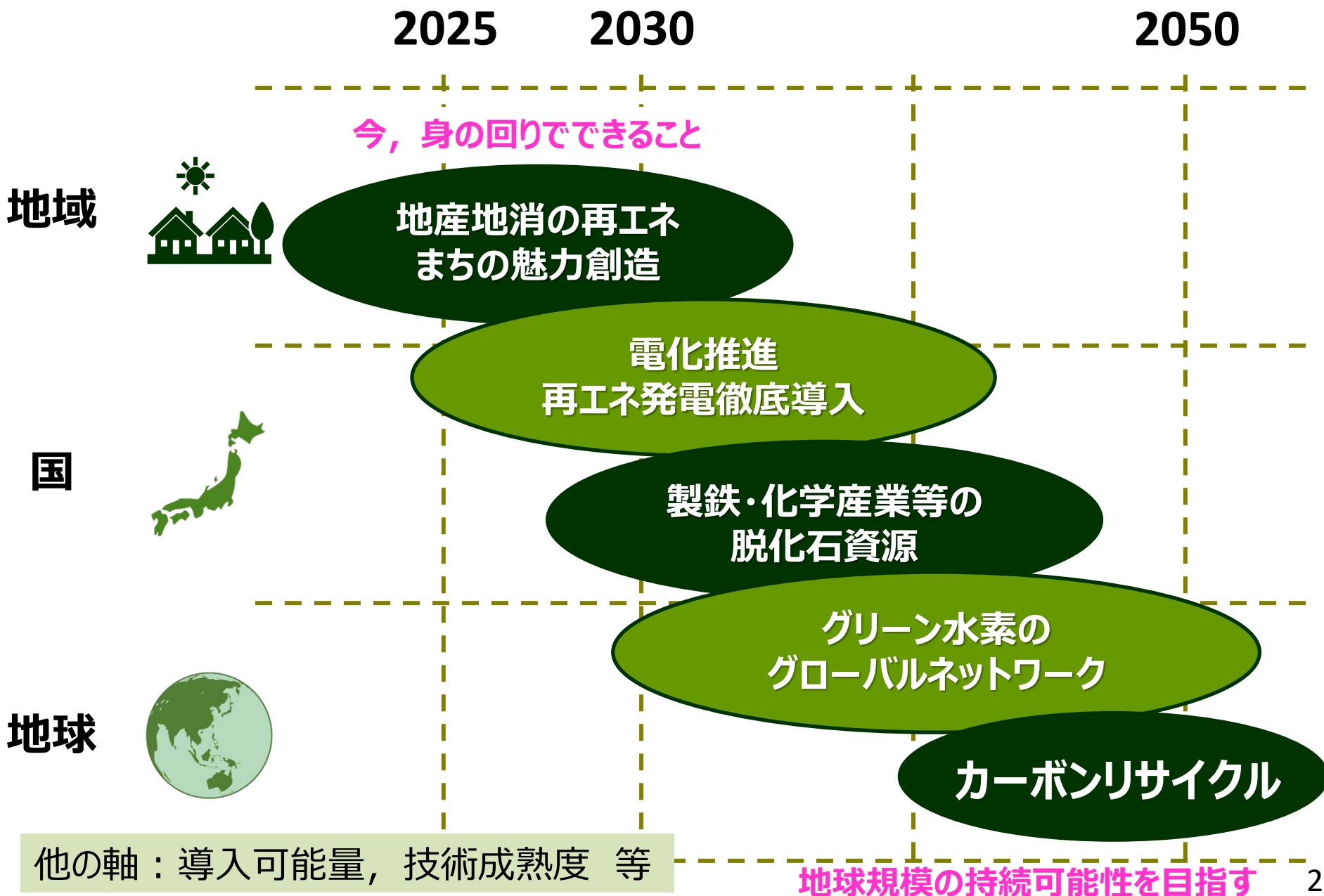
UTokyo
Green
Transformation

東京大学先端科学技術研究センター
杉山 正和



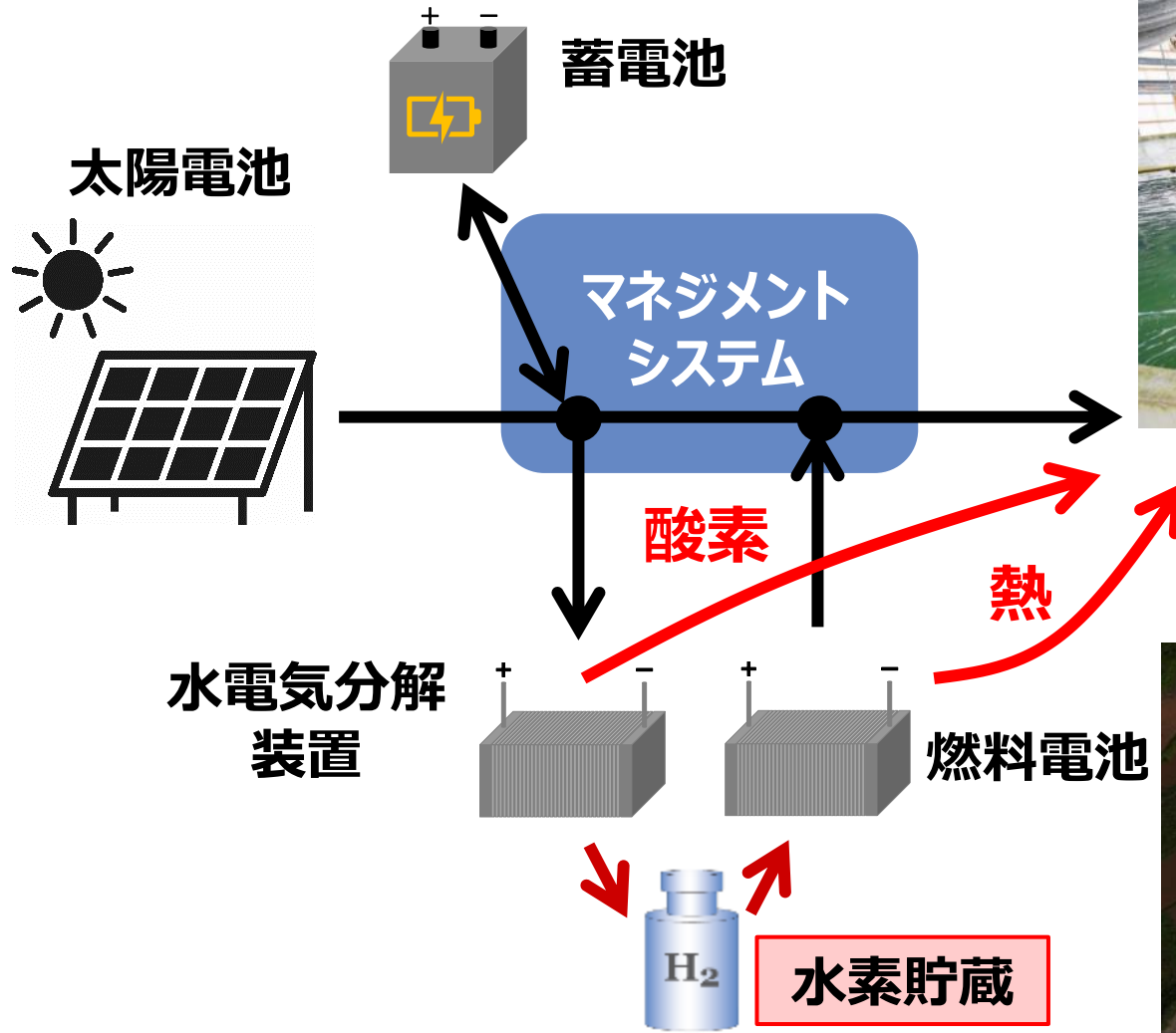
東大先端研
Research Center for
Advanced Science and Technology
The University of Tokyo

マルチスケールな取り組みを多次元マッピング



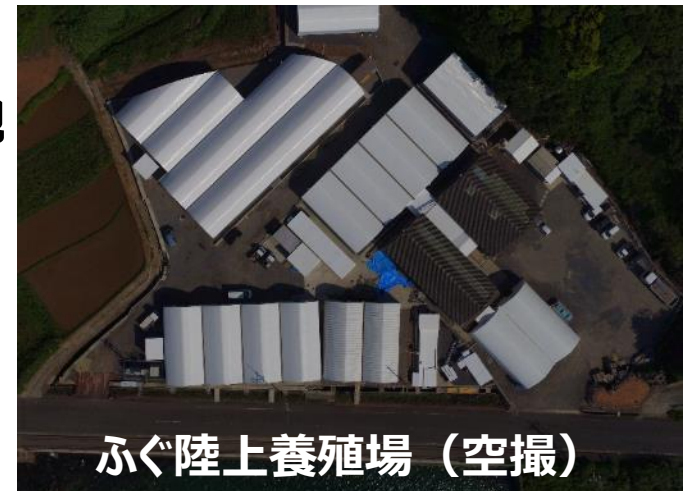
身近な地域の取り組み：自立型再エネ電力供給

長崎県壱岐市での取り組み



<https://ikigurume.net/news/2020/02/08/425/>

ふぐ陸上養殖用電力

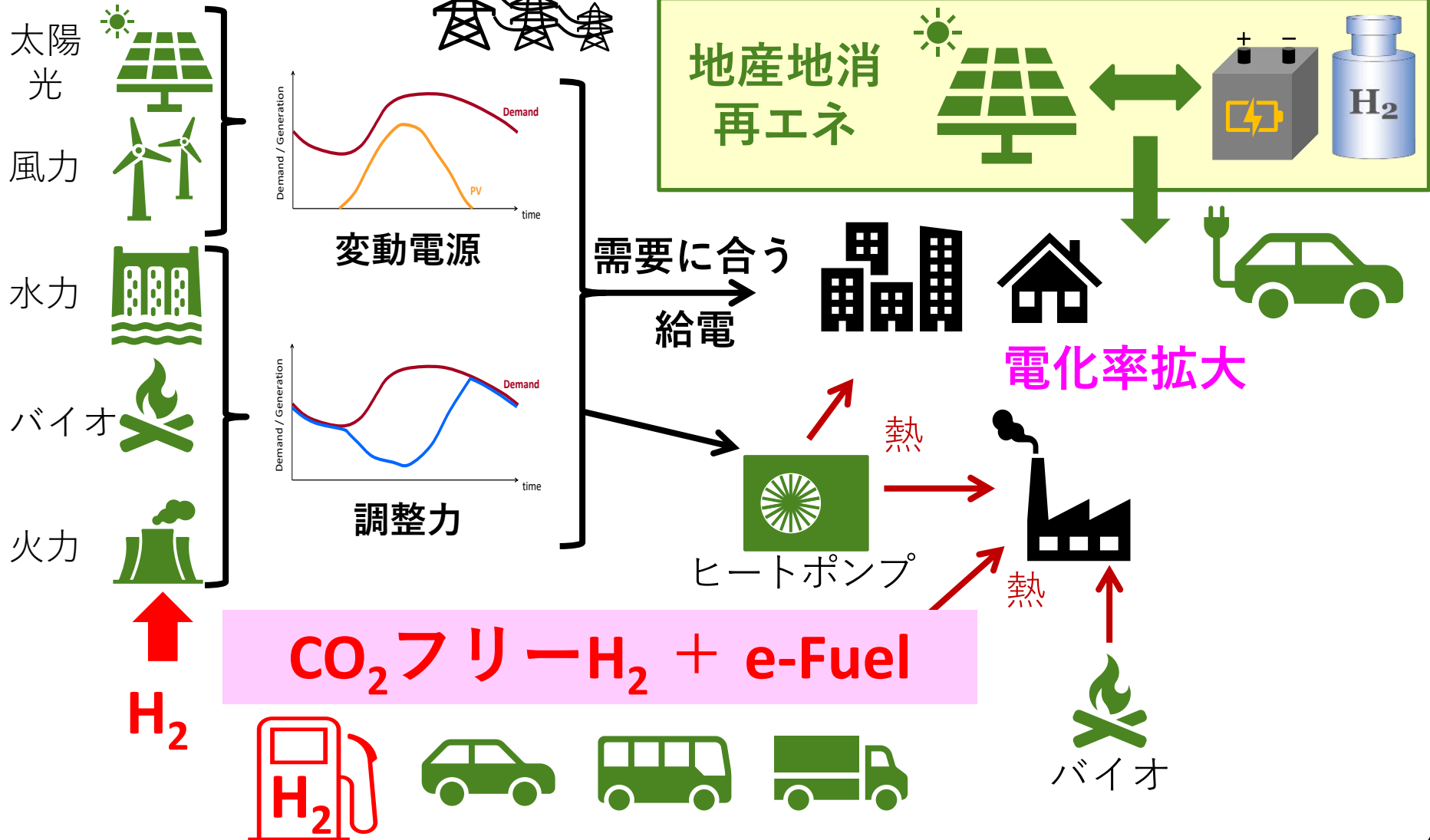


ふぐ陸上養殖場（空撮）

😊 電力だけでなく排熱や酸素も有効利用

国全体の取り組み：エネルギーの脱炭素戦略

発電 → 電力網 → 電力消費

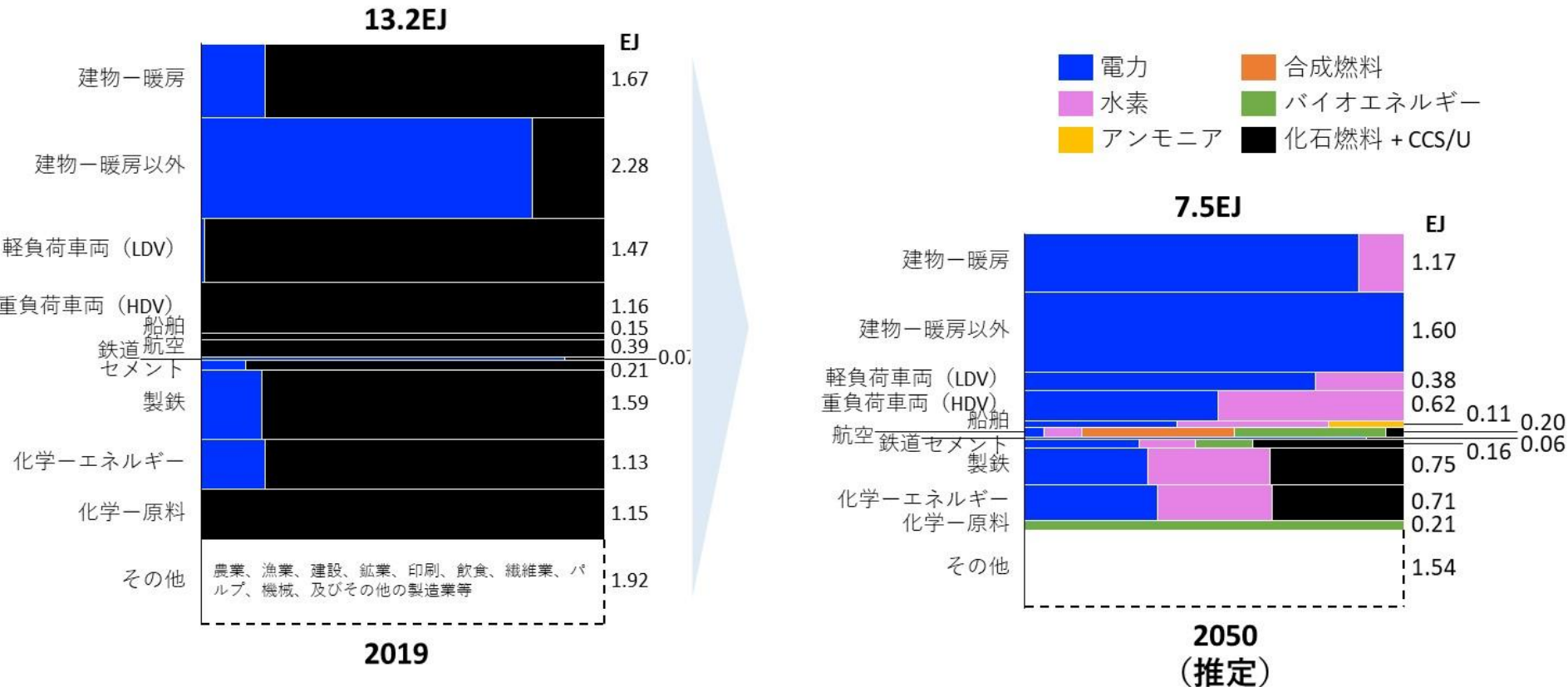


国全体の取り組み：Net Zeroエネルギーシナリオ

Net Zero Japan 2050 —Summary for Business Leaders—

“2050年の脱炭素化シナリオの中間報告まとめ”

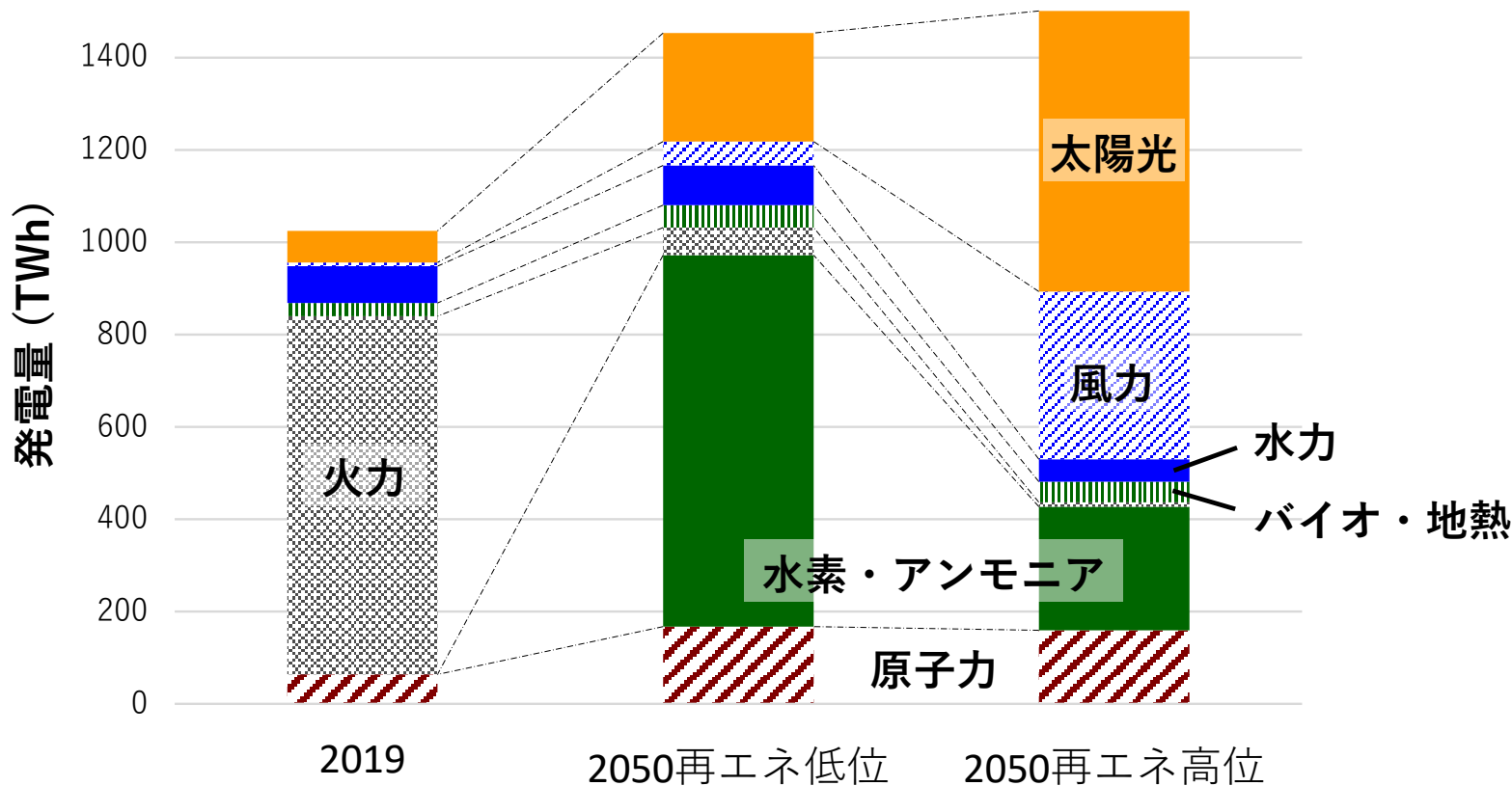
東京大学 グローバル・コモンズ・センター <https://cgic.ifi.u-tokyo.ac.jp/topics/eticgc2306/>



□ Net zero実現のためには…

- 化石燃料の直接利用 → 電化, CO₂フリー水素
- それでもCO₂排出をゼロにはできない → CCS, CCUの必要性

2050年の日本における電力ミックス



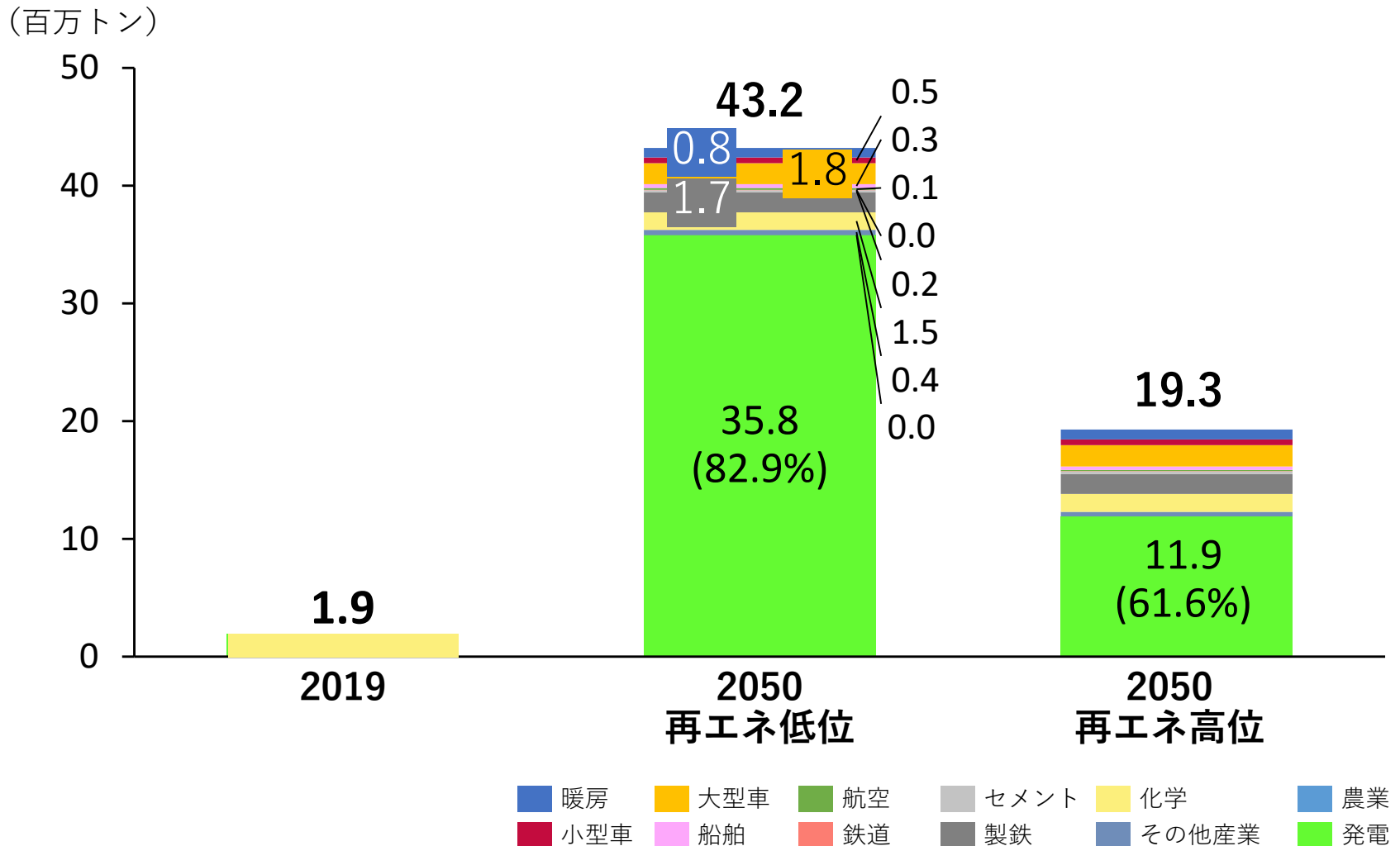
設備容量	年	2022	2050	
			再エネ低位	再エネ高位
太陽光 (GW)		67	256	657
風力 (GW) (うち洋上風力)		5	19 (6)	135 (36)
電力調整用 蓄電池 (GWh)			146	1322

デバイスの基礎技術 ≠ 大量実装の技術

- 低コスト・低環境負荷製造技術
- 高信頼・長寿命化技術 etc.

学理に基づいた開発が必要
(アカデミアの参画)

2050年の日本における水素需要



- シナリオにより異なるが、1930～4320万トン/年の水素が必要
- 水素の大部分は(火力)発電用
→水電解装置の需要 ≫ 燃料電池の需要

CO₂フリー水素をどこで製造するか？

グリーン成長戦略で必要とされているCO₂フリー水素

→ 2000万トン/年 (@2050)

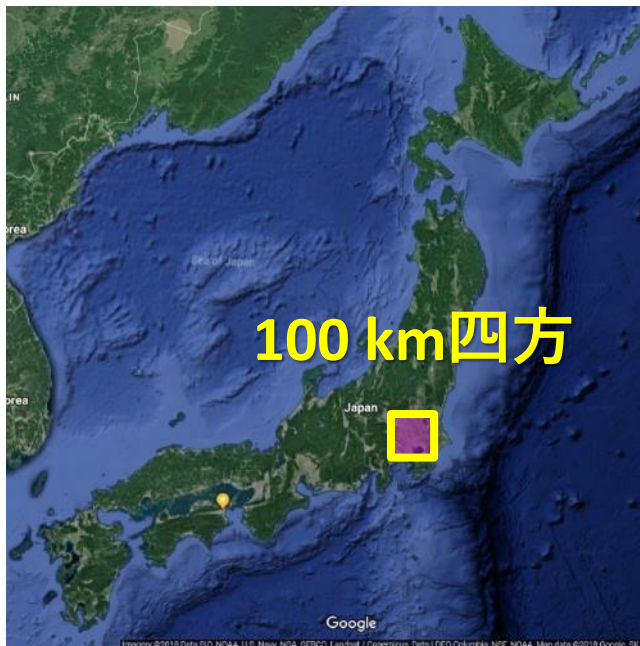
仮に、再エネ電力による水電解で製造すると... 水電解に必要な電力：1000 TWh/年

現在の日本の年間発電量に等しい

必要な面積（太陽光発電の場合）

日本

PV発電容量 ~900 GW
(設備利用率 13%)



オーストラリア

PV発電容量 ~ 600 GW
(設備利用率 19%)

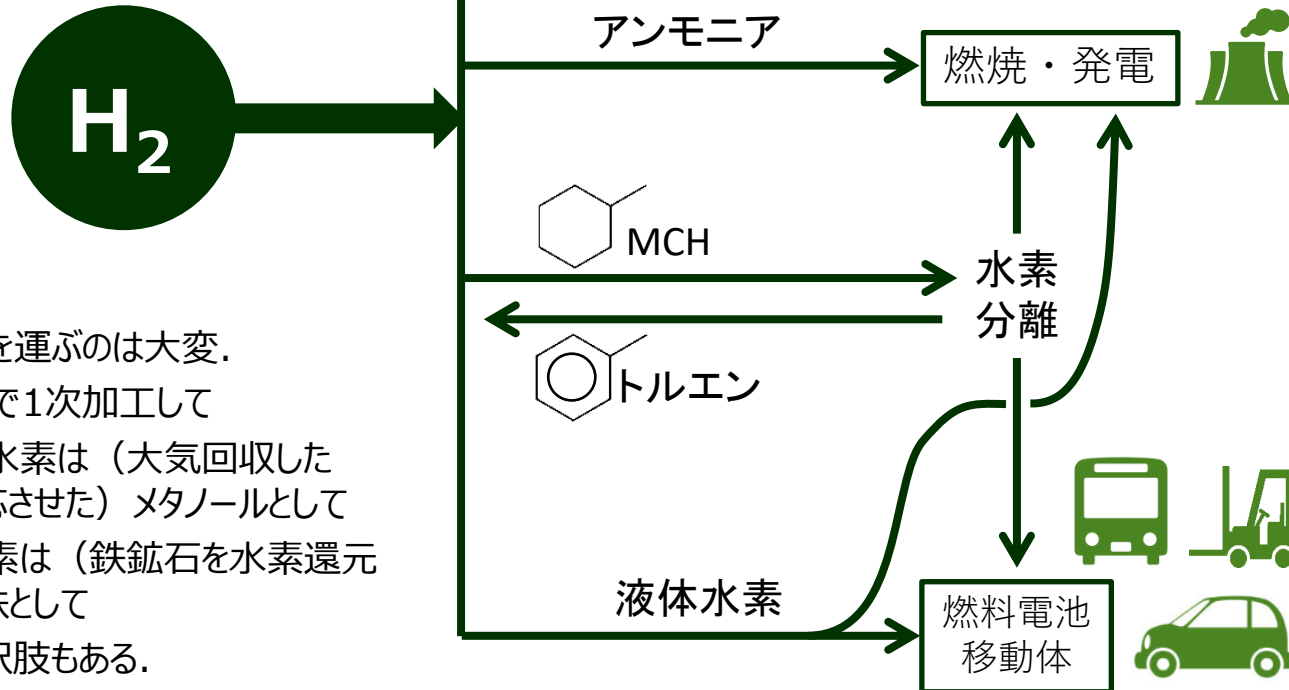


海外からのCO₂フリー水素輸入

製造（海外・洋上）



消費（日本）



(補足)水素を運ぶのは大変.
水素製造地で1次加工して

- 化学品用水素は（大気回収したCO₂と反応させた）メタノールとして
- 製鉄用水素は（鉄鉱石を水素還元した）銑鉄として

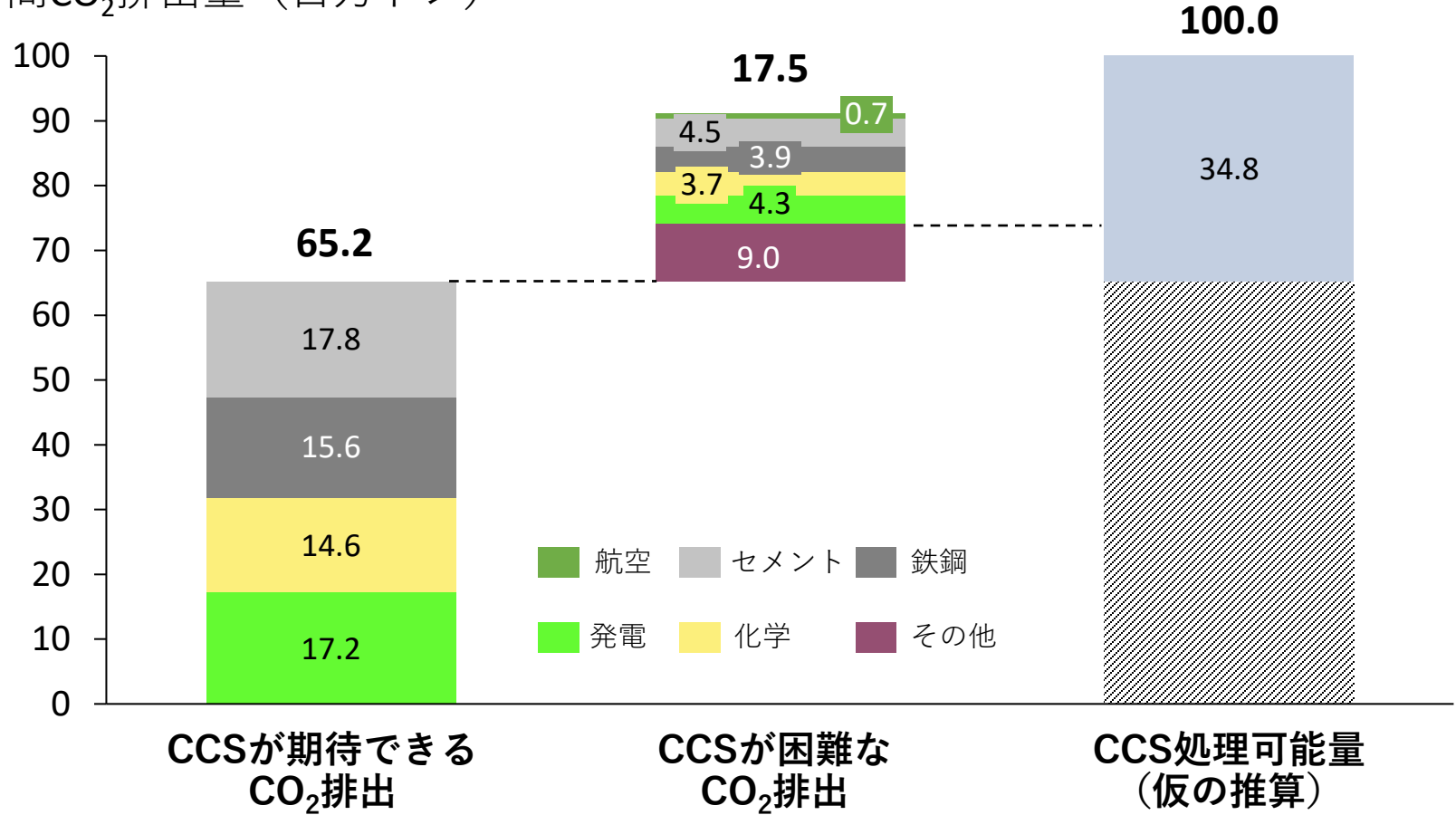
輸入する選択肢もある。

グリーン水素関連技術への要求

- 高日射地域の過酷な環境，多様な水資源への対応
- 製造だけでなく輸送・貯蔵も含めたCO₂排出の最小化

2050年の日本におけるCO₂排出

年間CO₂排出量（百万トン）



CO₂排出を極力抑制しても、年間0.8億トン余の排出量が見込まれる。
 高濃度排出：日本近傍のCCS適地は少ないと言われている → CCUなら問題解決？
 大気放散：日本に大規模なDAC設備を導入するか？

CO₂の回収資源化：国内(小型分散)／海外(集中)

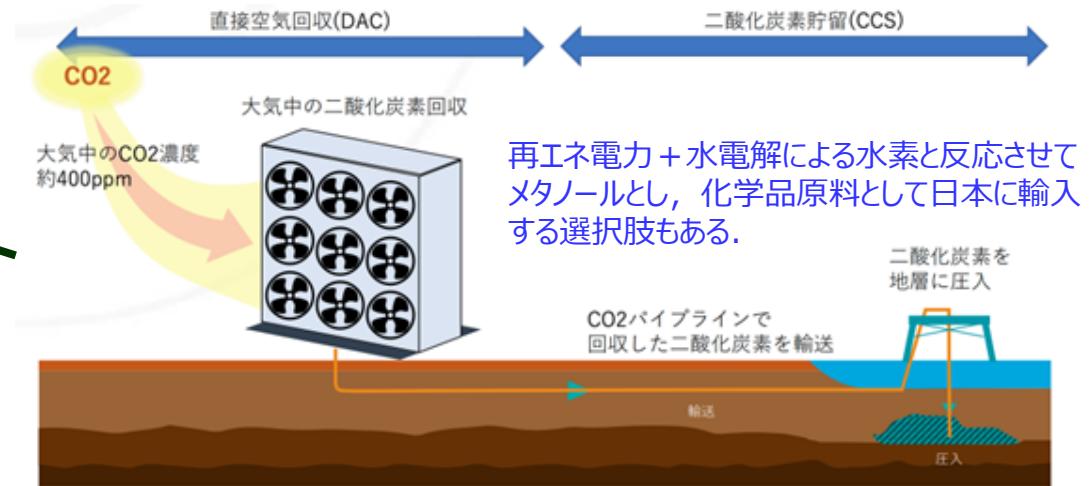
都市部

大量のCO₂排出
小規模分散処理



海外の適地

豊富な再エネ
+ CCS適地
大規模集中処理

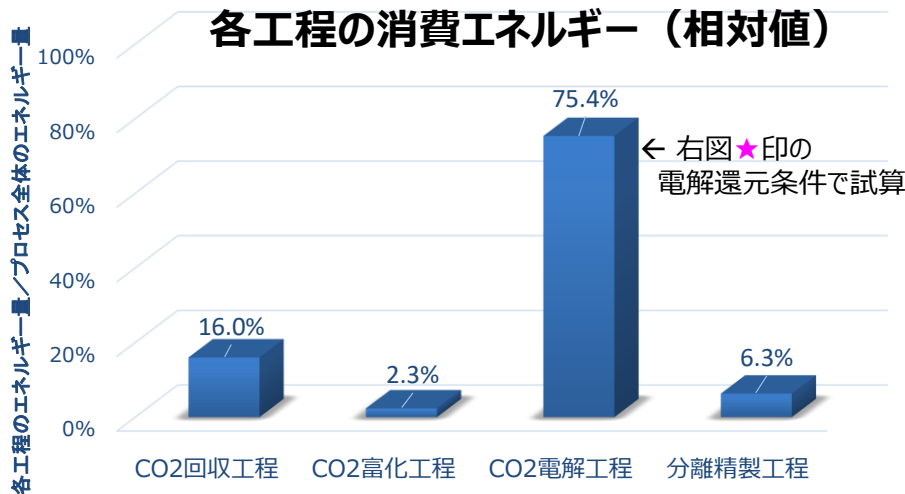
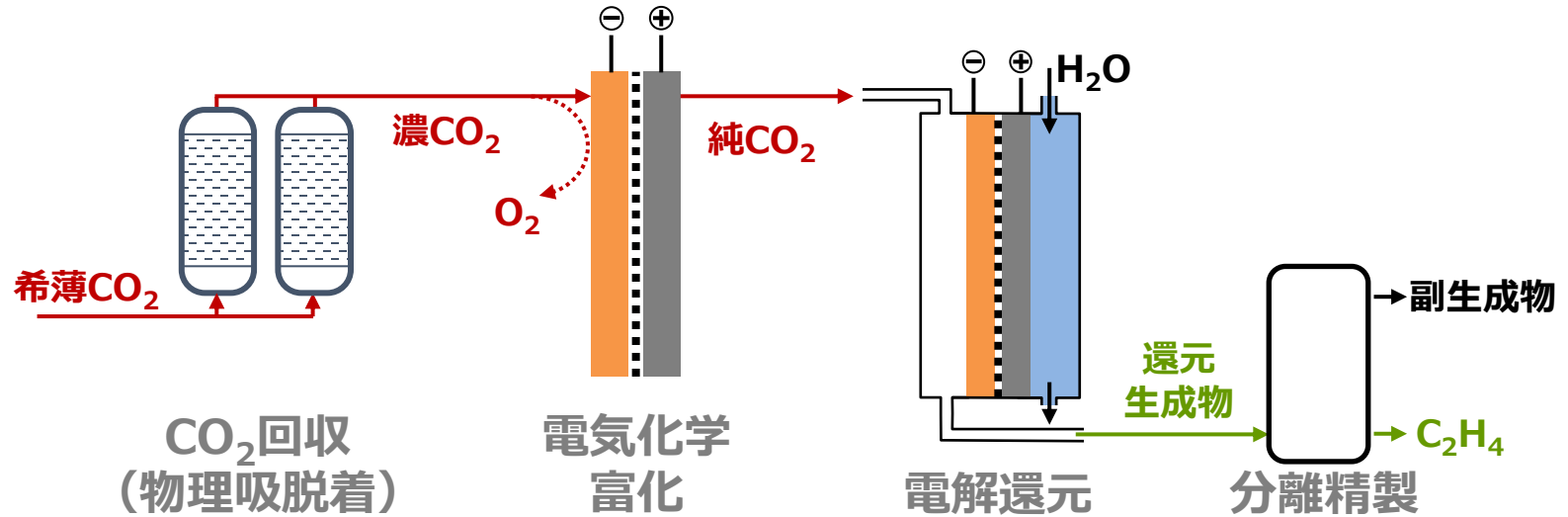


<https://www.nedo.go.jp/content/100943752.pdf>

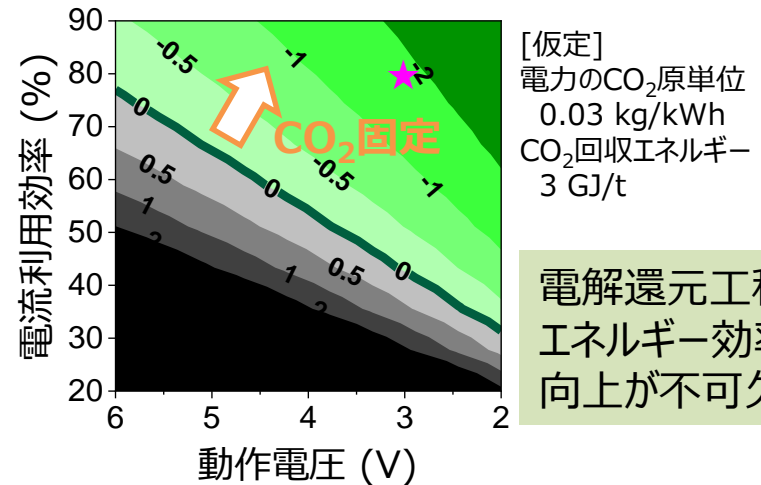
CO₂資源化はCO₂濃度削減に貢献できるのか？



NEDO「電気化学プロセスを主体とする革新的CO₂大量資源化システムの開発」
(PM: 杉山 正和) における予備的試算



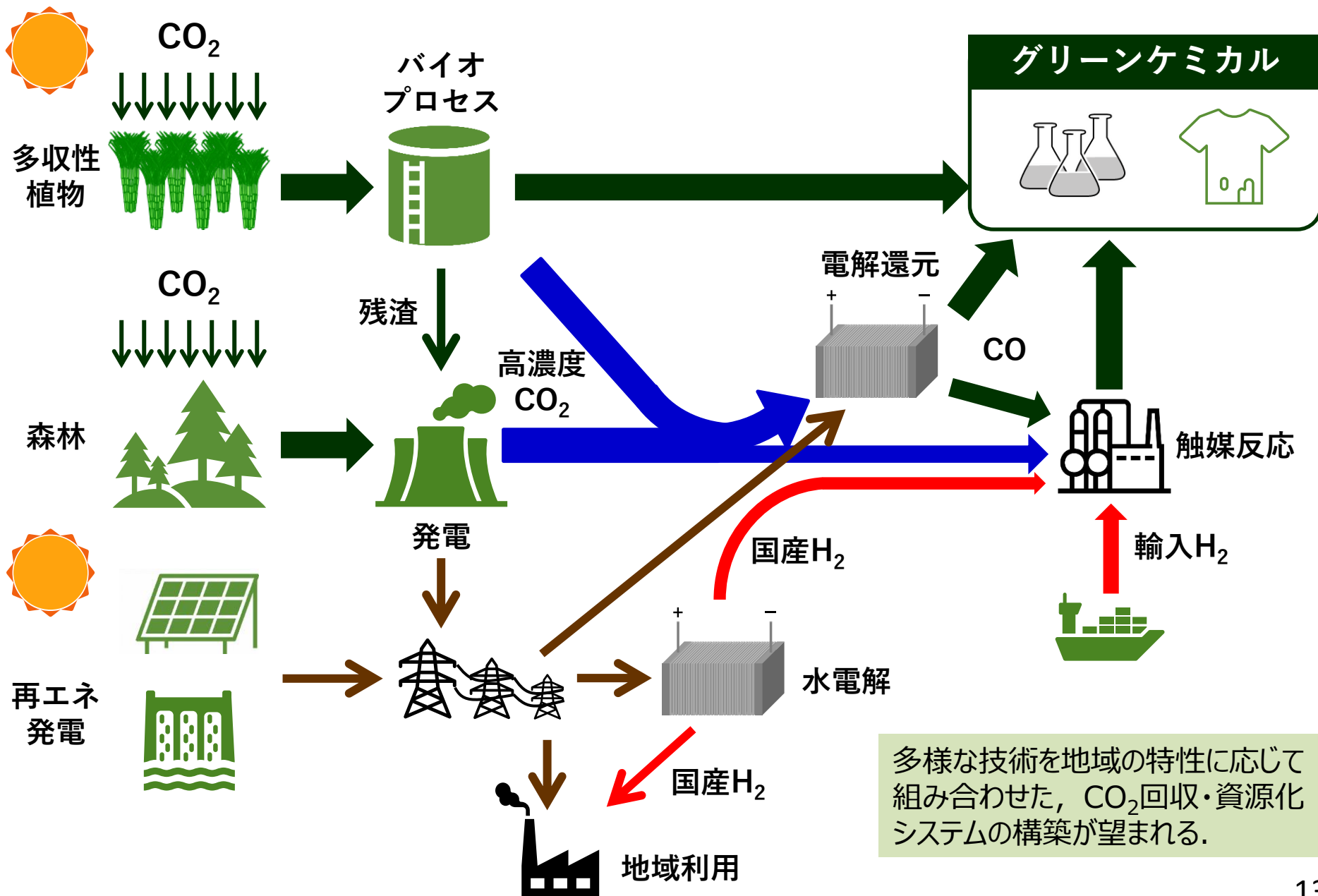
CO₂排出量 (C₂H₄ 1トンあたり)



電解還元工程のエネルギー効率向上が不可欠。

電解還元エネルギー消費が圧倒的に大きい

地域の特性を活かした多様なシステム構成



まとめ

- カーボンニュートラルに資する技術は多様。
時間, 空間, 導入可能量などの多軸でプロットして技術の立ち位置・重要性を整理する必要がある。
- 重点的に取り組む技術を明確化するためには, 定量的なシナリオが必要。
 - 新技術の見極めには, 量的貢献の吟味が不可欠。
- CO₂フリー水素, カーボンリサイクルの実装には, 国際サプライチェーンを考慮すべき。
 - どこで水素を製造するか? 水素として輸入するか, 1次製品として輸入するか。
 - どこでCO₂を大気回収するか? CO₂は埋めるのか, 資源化するのか?
(ただし, CO₂の資源化はエネルギー多消費プロセス。)
- 要素技術のみに注目せず, 社会実装を見据えたシステムとして考察する。
 - 複雑系のCO₂削減効果を評価するにはLCAが不可欠。
LCAからバックキャストした技術開発の目標設定が必要。
- カーボンニュートラル実現へのシナリオは一意ではない。
技術の進展を取り込んで, つねにシナリオを見直していく必要あり。
 - シナリオ分析・技術経済分析を担う人材育成が重要。
 - 技術開発とシナリオ分析が両輪として展開されるのが理想。