



UTokyo
Green
Transformation

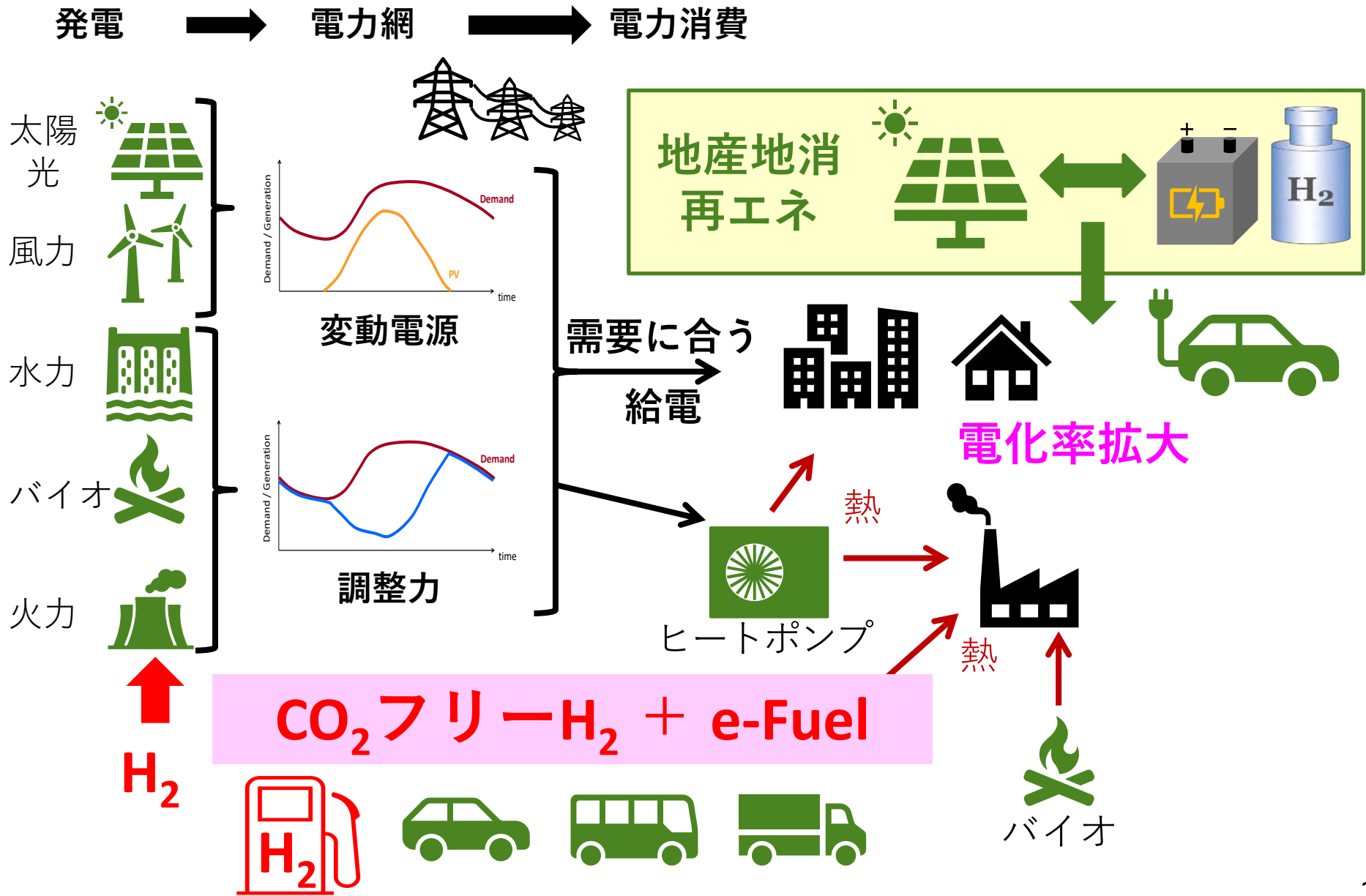
CN社会への移行を加速するために —シナリオ分析と 俯瞰的科学技术政策の必要性—

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

エネルギーの脱炭素戦略：まとめ



CO₂フリーなエネルギー源を利用するエネルギーシナリオ

- 複数のエネルギーシナリオを検討する。
- 実際の社会像はこれらの中間的な姿になる可能性もある。

シナリオ分類		① 再エネ ¹ 活用	② 水素 ² 活用	③再エネ or 水素 & 原子力活用	④CN 燃料 ³ 活用
セクター別 エネルギー 転換方針	建物	最大限の電化			電化+CN 燃料
	移動体	BEV、重負荷は水素、航空機等は CN 燃料			CN 燃料利用の PHEV 重負荷は水素 航空機等は CN 燃料
	産業	電化・水素化・CCS 併用の化石資源（限定的利用）			
電力供給 ⁴	再エネ	高位の賦存量 低コスト	低位の賦存量 高コスト	低位/高位の賦存量 低/高コスト	低位の賦存量 高コスト
	原子力	60 年寿命・新設なし		寿命延長・ 置換および新設 ⁵	60 年寿命・新設なし
	水素火力	再エネ・原子力が担うことのできない調整力・不足発電量を提供			

*1 主に太陽光・風力発電による電力

*2 主に海外から調達するCO₂フリー水素/アンモニア

*3 バイオ燃料・回収したCO₂から製造する合成燃料（製造ポテンシャル制約の中で活用）

*4 9ゾーンの中での電力需給バランス（1時間毎）を条件にして設備コストを最小化する最適計算で求める

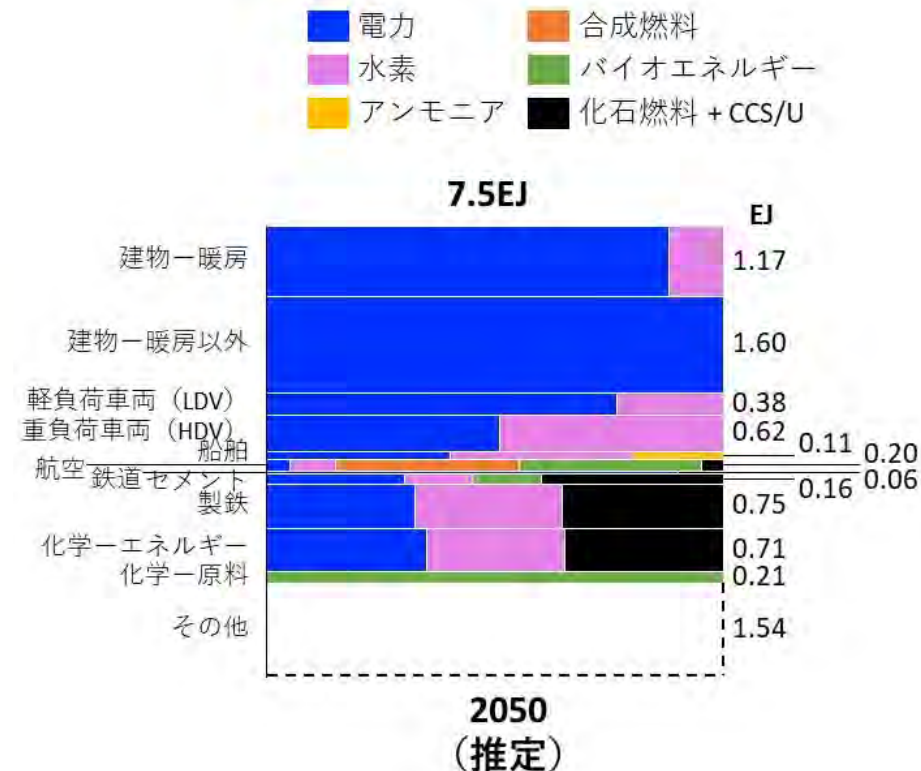
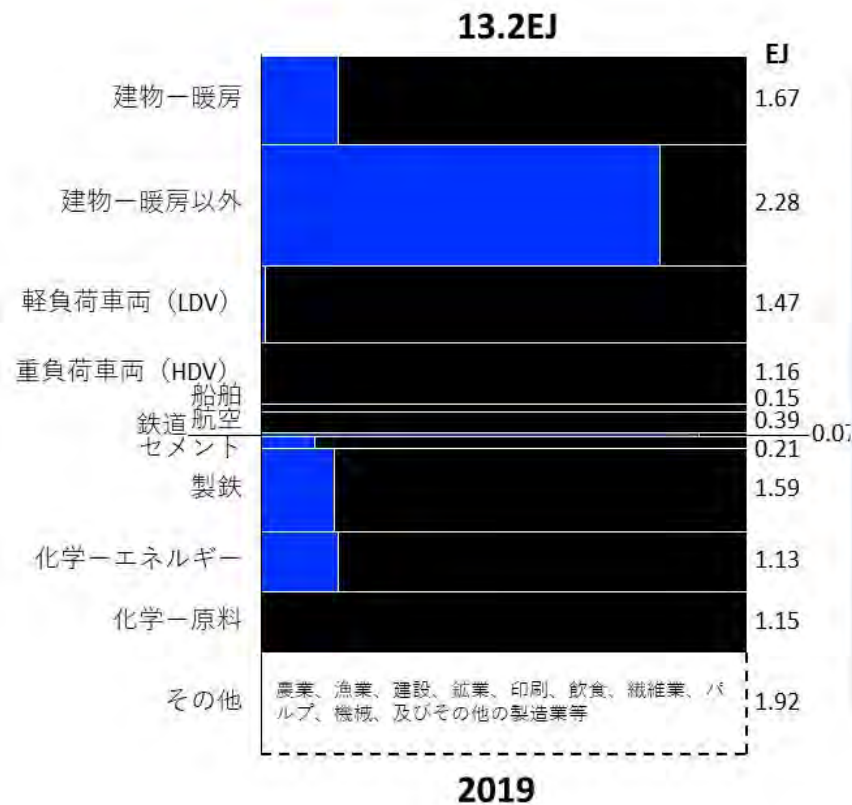
*5 想定する発電容量は要検討

2050年に向けたエネルギートランジション

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://cgc.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

マルチスケールな取り組みを多次元マッピング

2025

2030

2050

今、身の回りでできること

地域



地産地消の再エネ
まちの魅力創造

国



電化推進
再エネ発電徹底導入

製鉄・化学産業等の
脱化石資源

地球



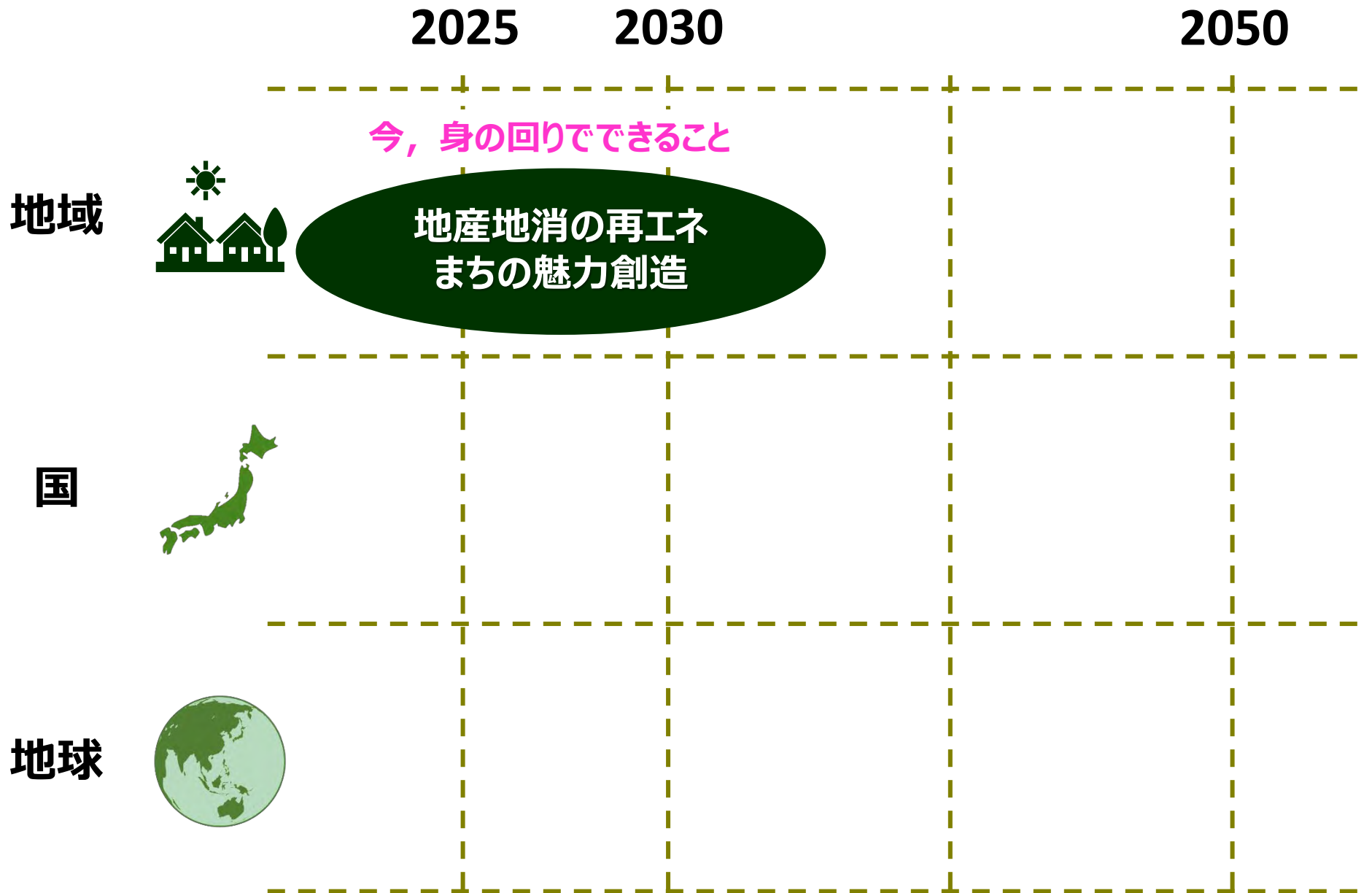
グリーン水素の
グローバルネットワーク

カーボンリサイクル

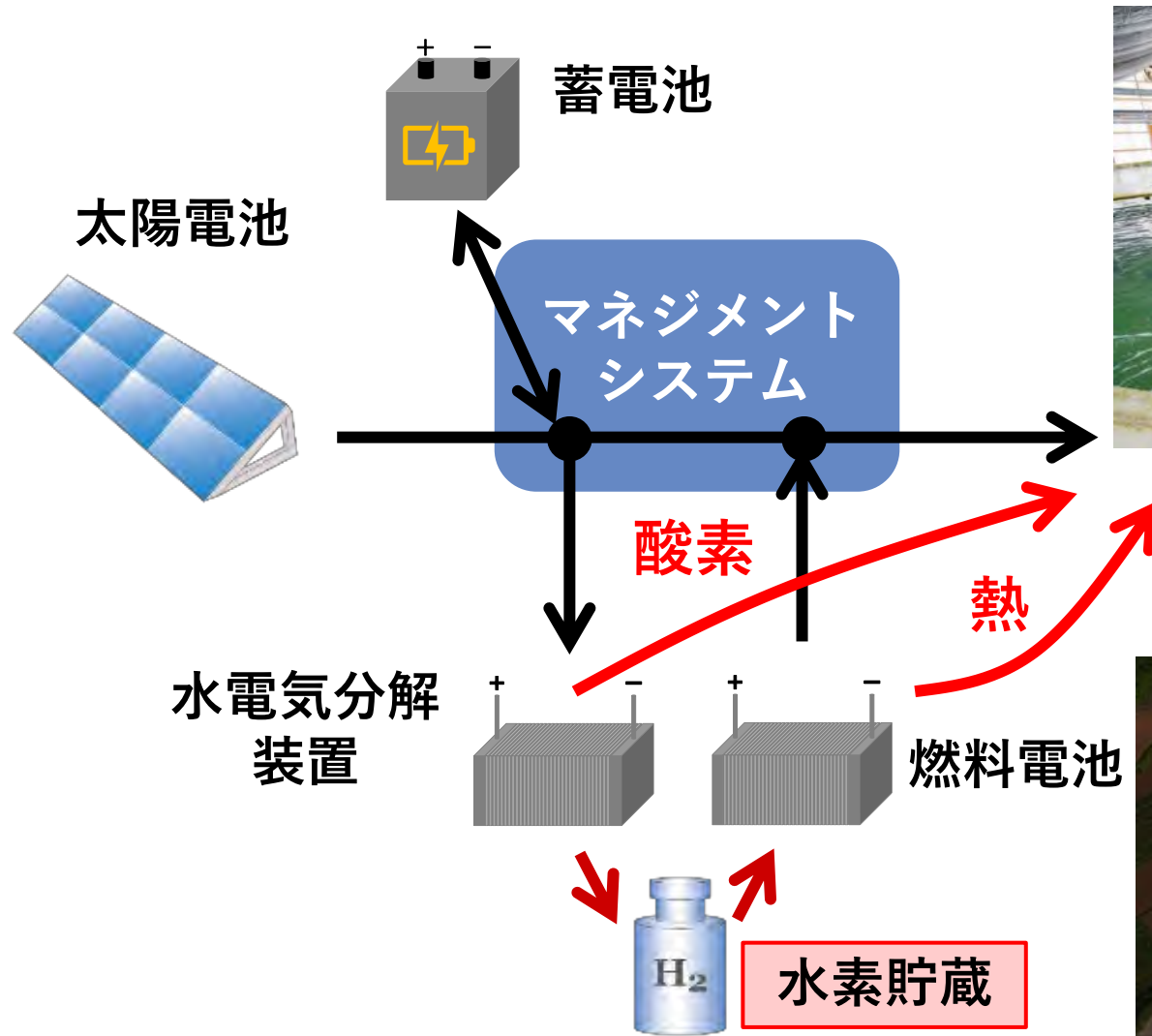
他の軸：導入可能量，技術成熟度 等

地球規模の持続可能性を目指す

マルチスケールな取り組みを多次元マッピング

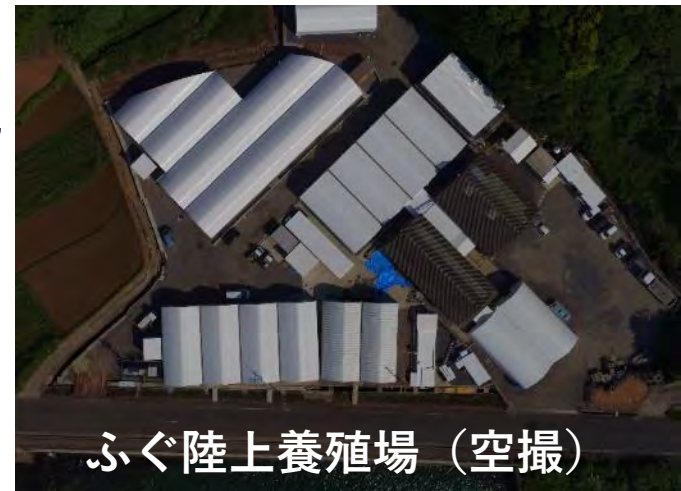


壱岐市での水素活用再エネマネジメント



<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）

マルチスケールな取り組みを多次元マッピング

2025

2030

2050

地域



国



地球



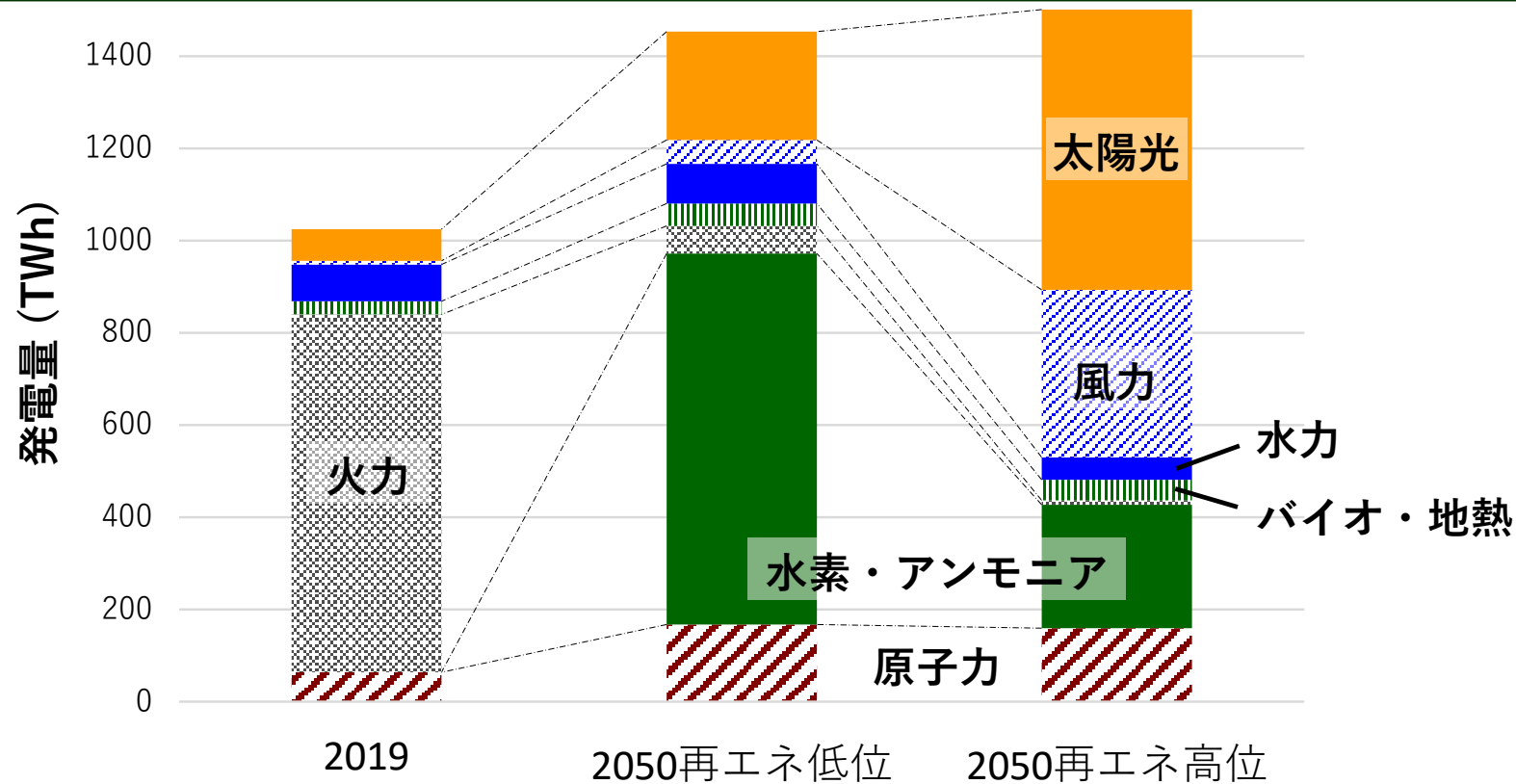
電化推進
再エネ発電徹底導入

電源ミックスのシナリオ検討

太陽光・風力発電のコスト・賦存量，蓄電池コスト，原子力発電の最大容量などの想定を組み合わせた複数のシナリオを検討。

シナリオID	1	2	3	4	5	6	7	8	9
分類	水素活用 ←──								

2050年の日本における電力ミックスのシナリオ例



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

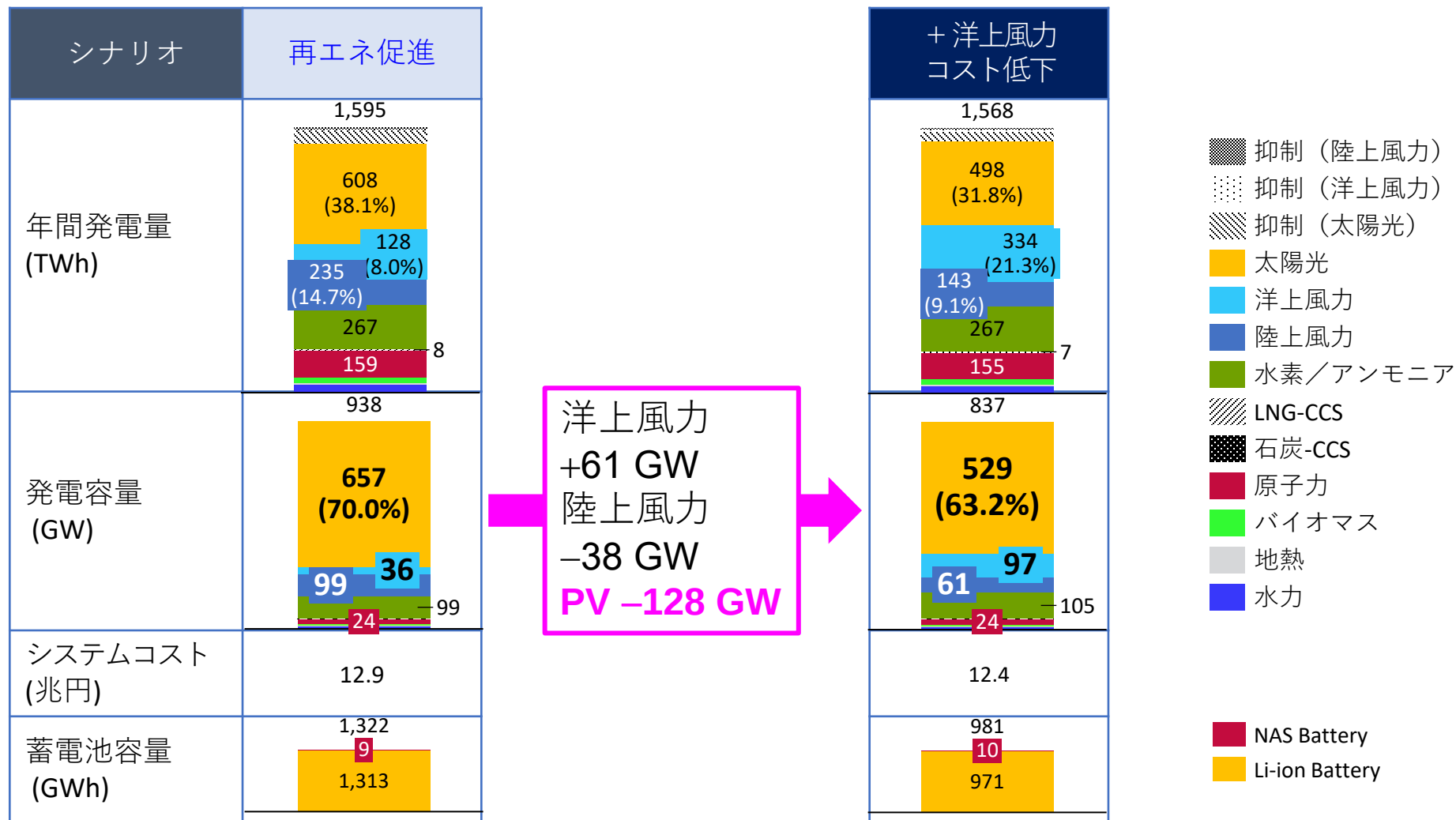
農地の1/4にPV敷設
建物の壁にもPV

遠洋洋上風力

車載用の40～60%
の容量

洋上風力の大量導入が太陽光発電導入の困難さを救う

□ 洋上風力のコスト低下@2050を仮定：267円/W→200円/W

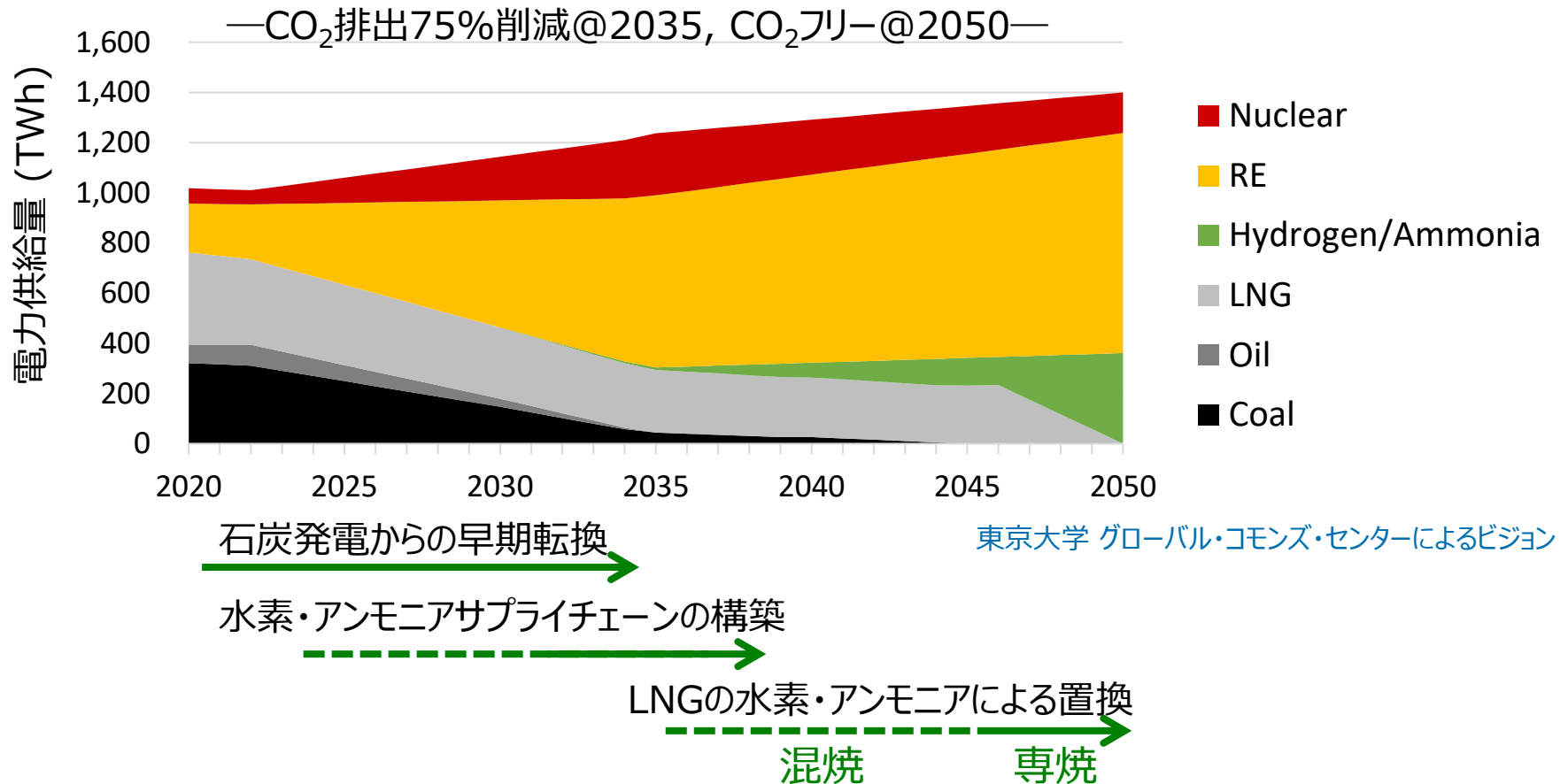


洋上風力導入の進展により，陸上風力と太陽光発電の必要量が大幅減。

CO₂ゼロエミッション発電へのトランジション

- 調整力を有する火力発電は電力系統の安定化に不可欠.
- Net-zeroを達成するためには 火力発電用のCO₂フリー燃料（水素・アンモニア）が不可欠.
- 水素の大量供給と大型の水素100%発電機が実用化される前は、アンモニア・石炭混焼による水素サプライチェーンの構築に取り組む.

電源ミックスのトランジション



マルチスケールな取り組みを多次元マッピング

2025

2030

2050

地域



国



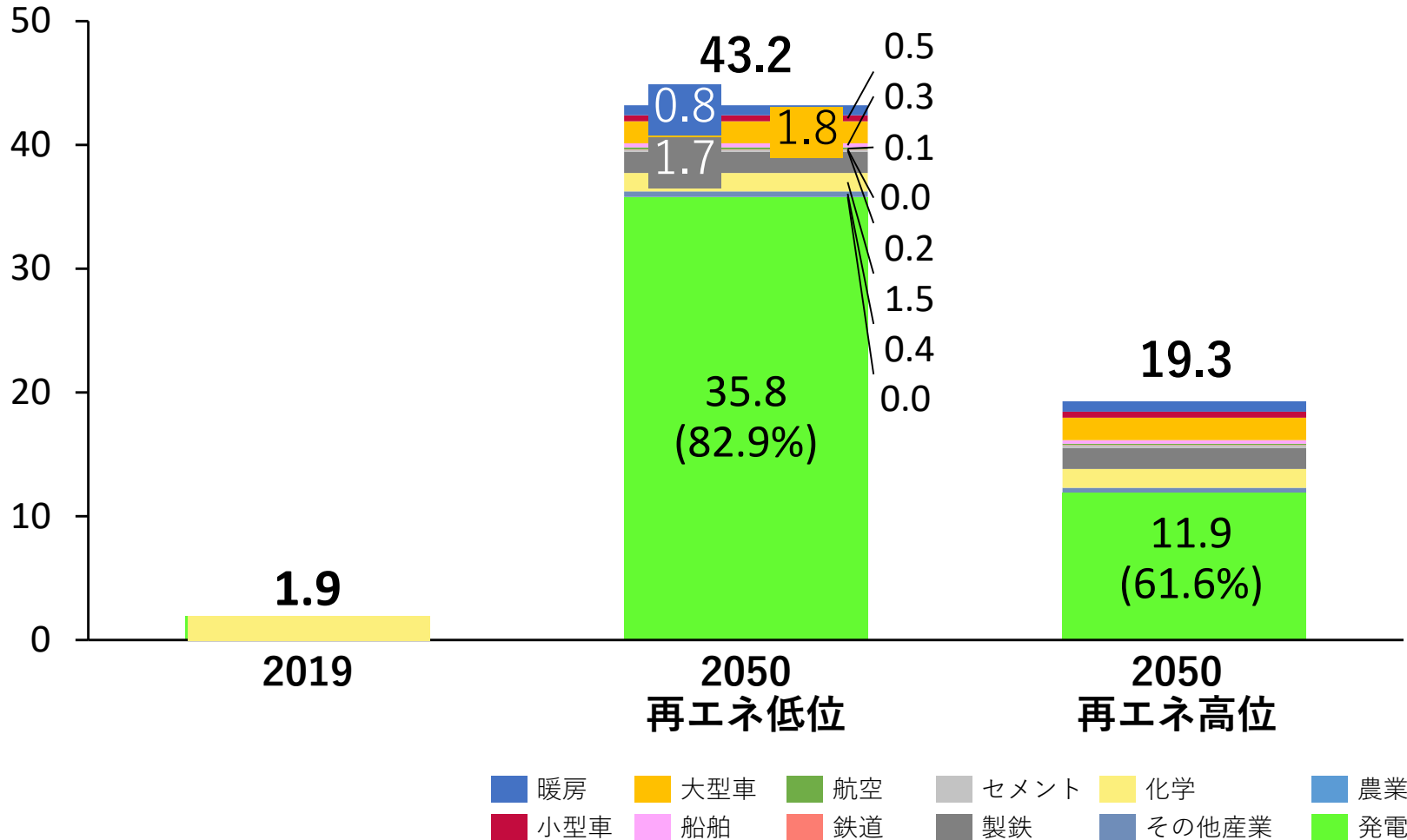
地球



グリーン水素の
グローバルネットワーク

2050年カーボンニュートラル達成に必要な水素需要

(百万トン)



シナリオにより異なるが、1930～4320万トン/年の水素が必要

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)

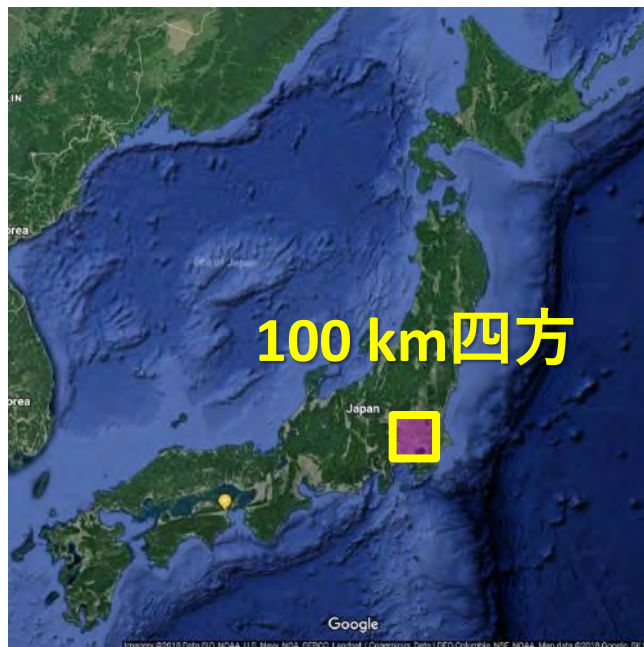
仮に、再エネ電力による水電解で製造すると... 水電解に必要な電力：1000 TWh/年

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%)

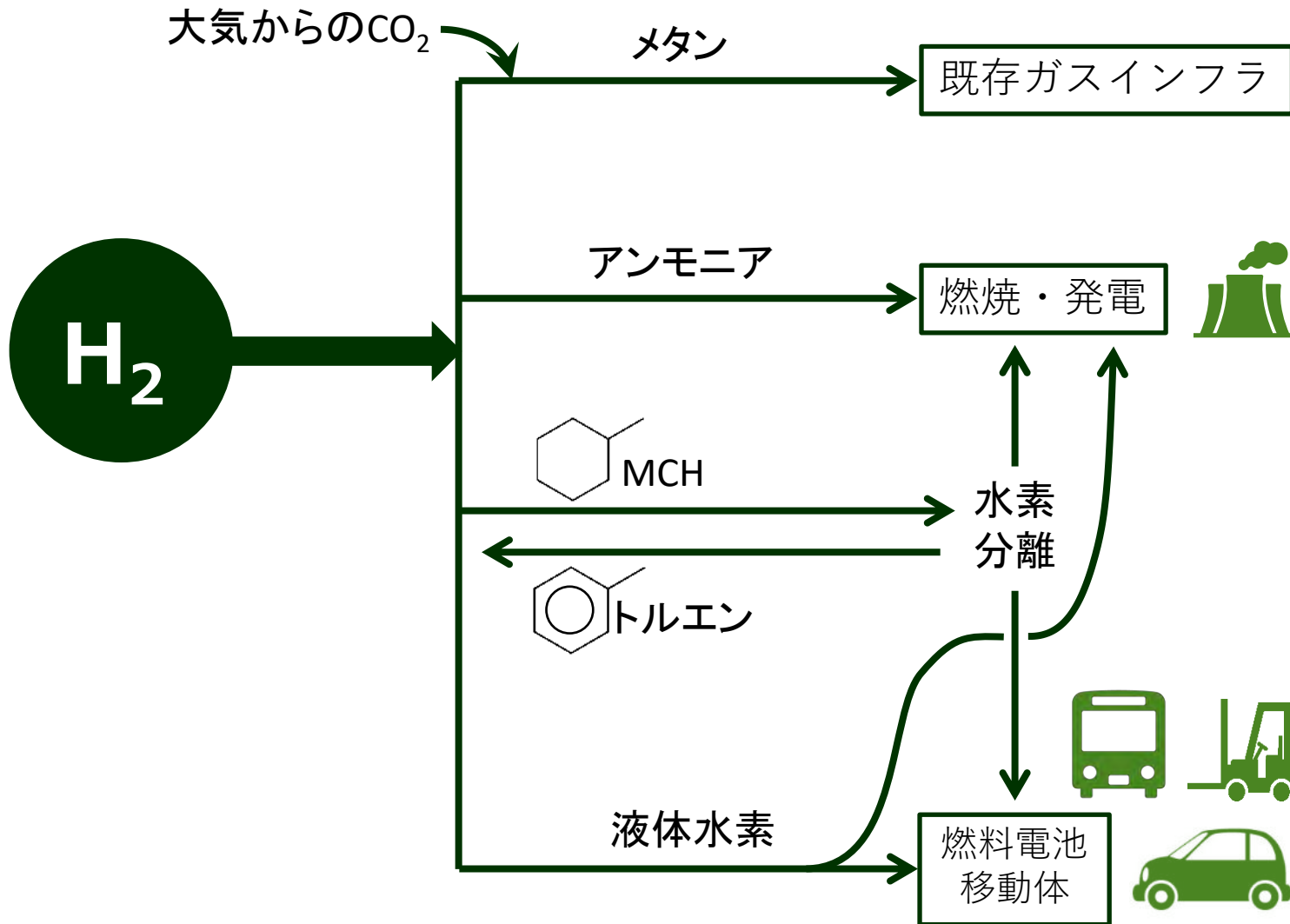


海外からのCO₂フリー水素輸入

製造（海外・洋上）



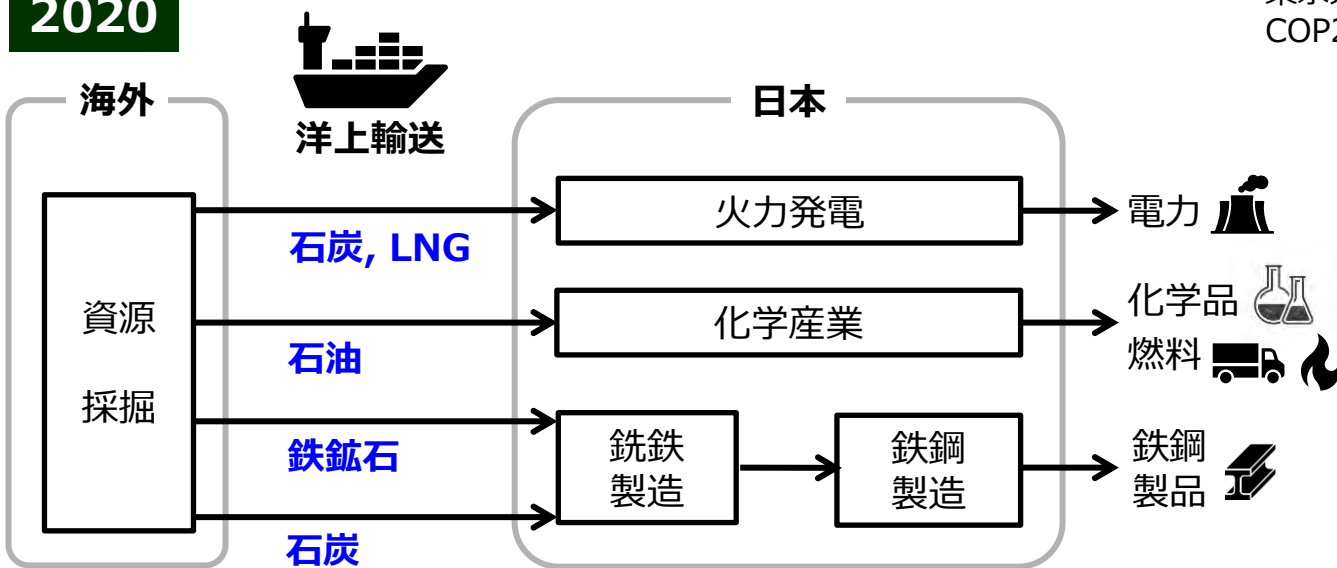
消費（日本）



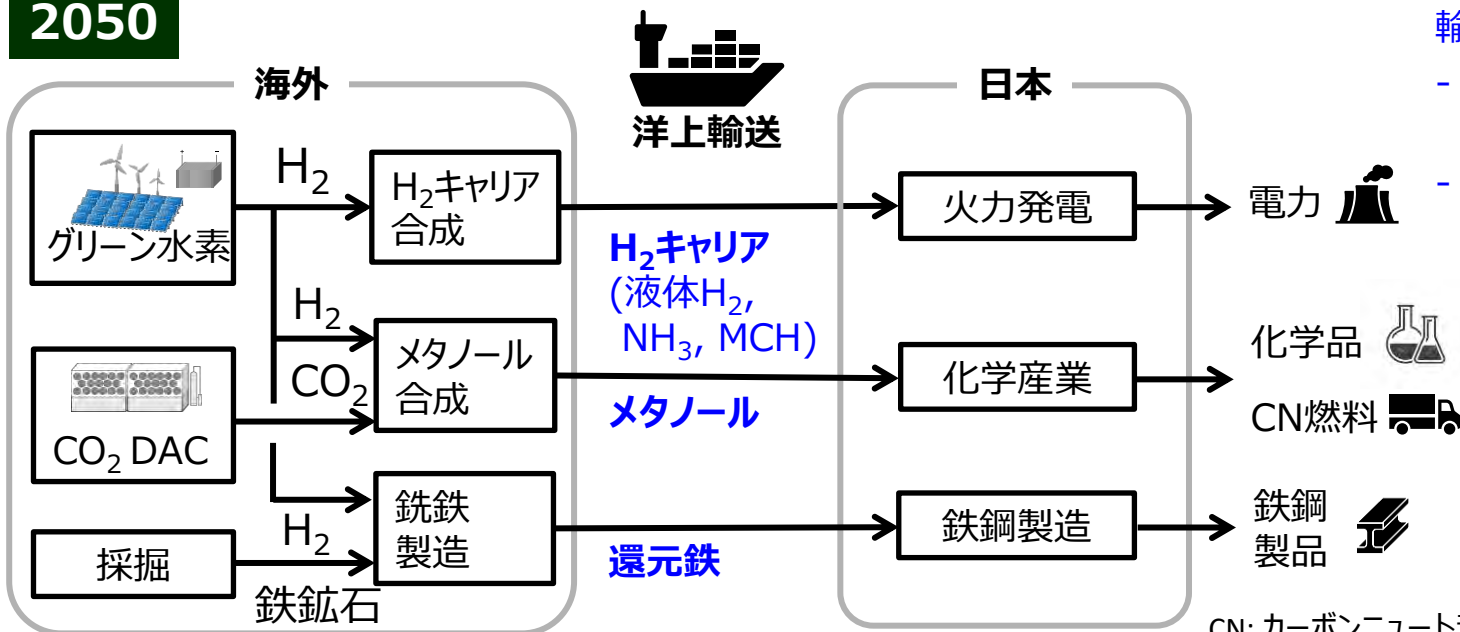
カーボンニュートラル時代のサプライチェーン？

東京大学グローバルコモンズセンター
COP28 Japan Sessionにおける発表資料から

2020



2050



水素を運ぶのは大変。
水素製造地で1次加工し、
運びやすい固体として
輸入する選択肢もある。

- 化学品用水素→メタノール
(大気回収したCO₂と反応)
- 製鉄用水素→銑鉄
(鉄鉱石を水素還元)

CN: カーボンニュートラル

マルチスケールな取り組みを多次元マッピング

2025

2030

2050

地域



国



地球



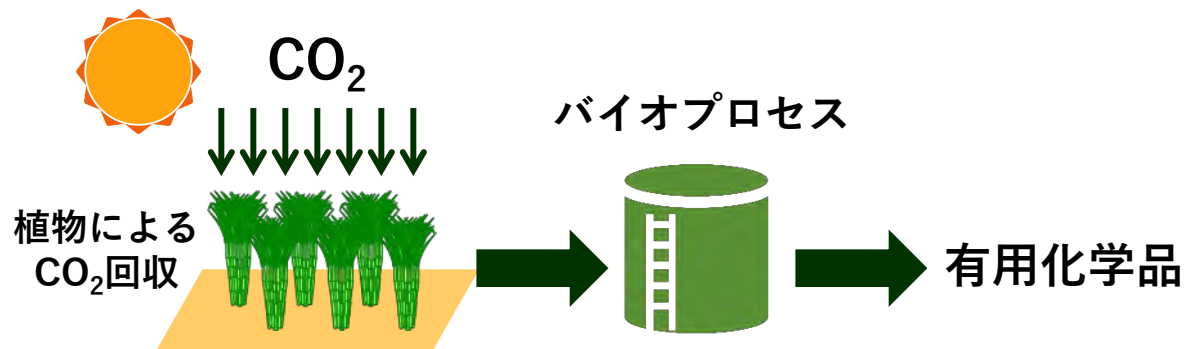
カーボンリサイクル

他の軸：導入可能量，技術成熟度 等

CO₂還元技術

バイオ

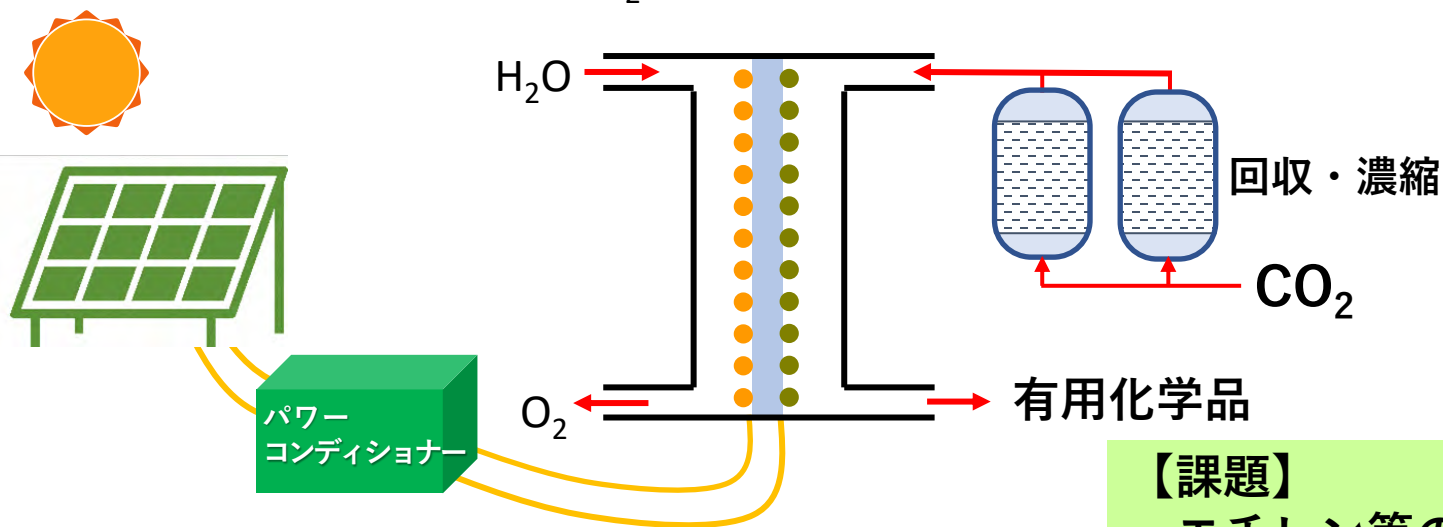
CO₂と水の捕集，還元を一体化，
複雑な生成物を算出する優れたプロセス。



【課題】
面積効率の向上

物理的手法

高効率，スケーラブル。
大量のCO₂資源化に必須。



【課題】
エチレン等の有用品生成

大気中CO₂の回収／資源化

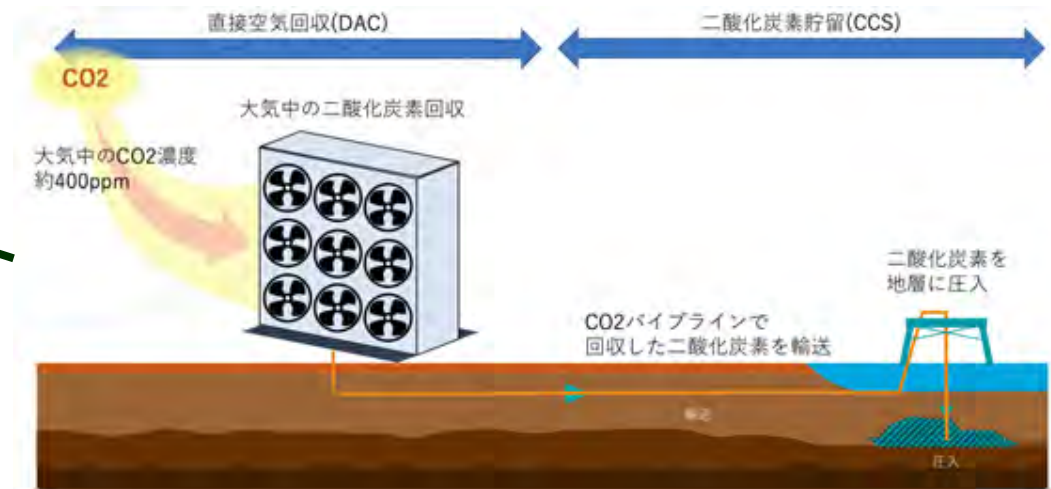
都市部

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

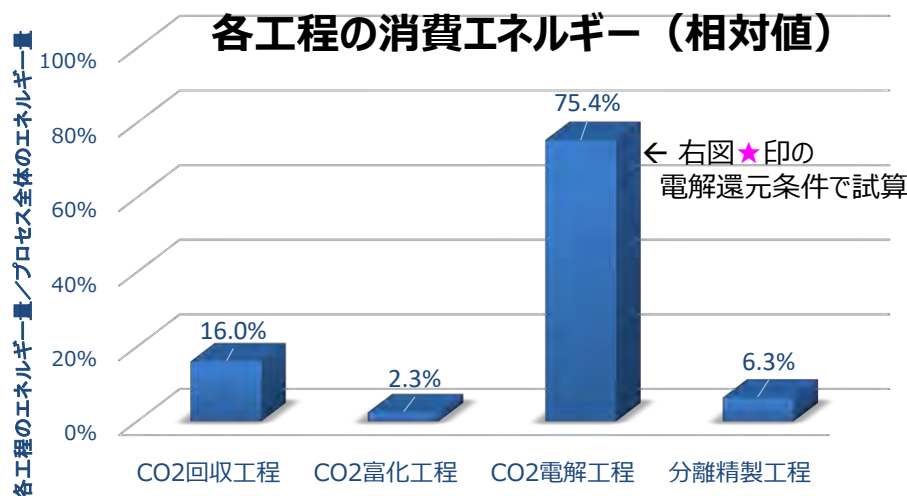
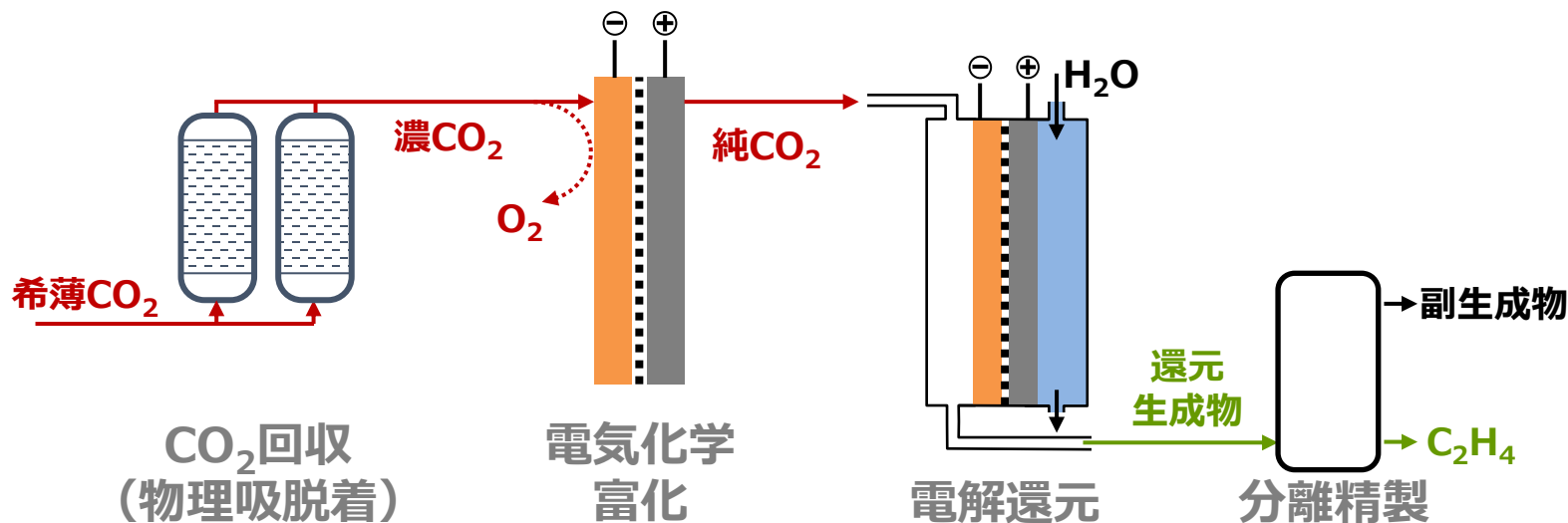


<https://www.nedo.go.jp/content/100943752.pdf>

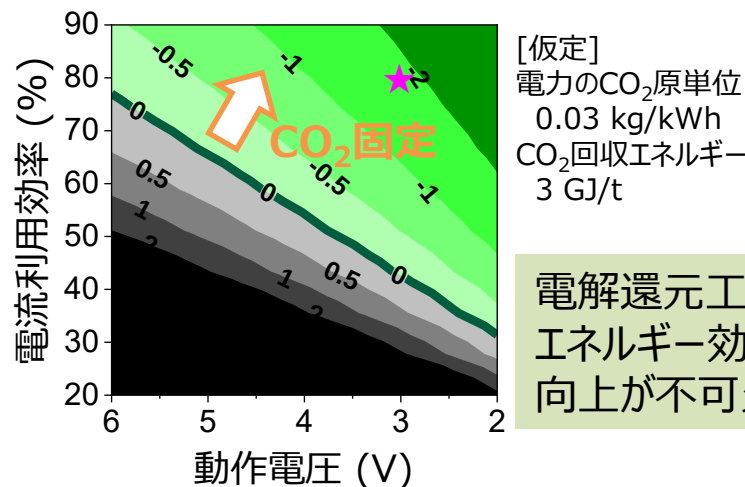
CO₂回収・資源化の課題：エネルギー効率



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

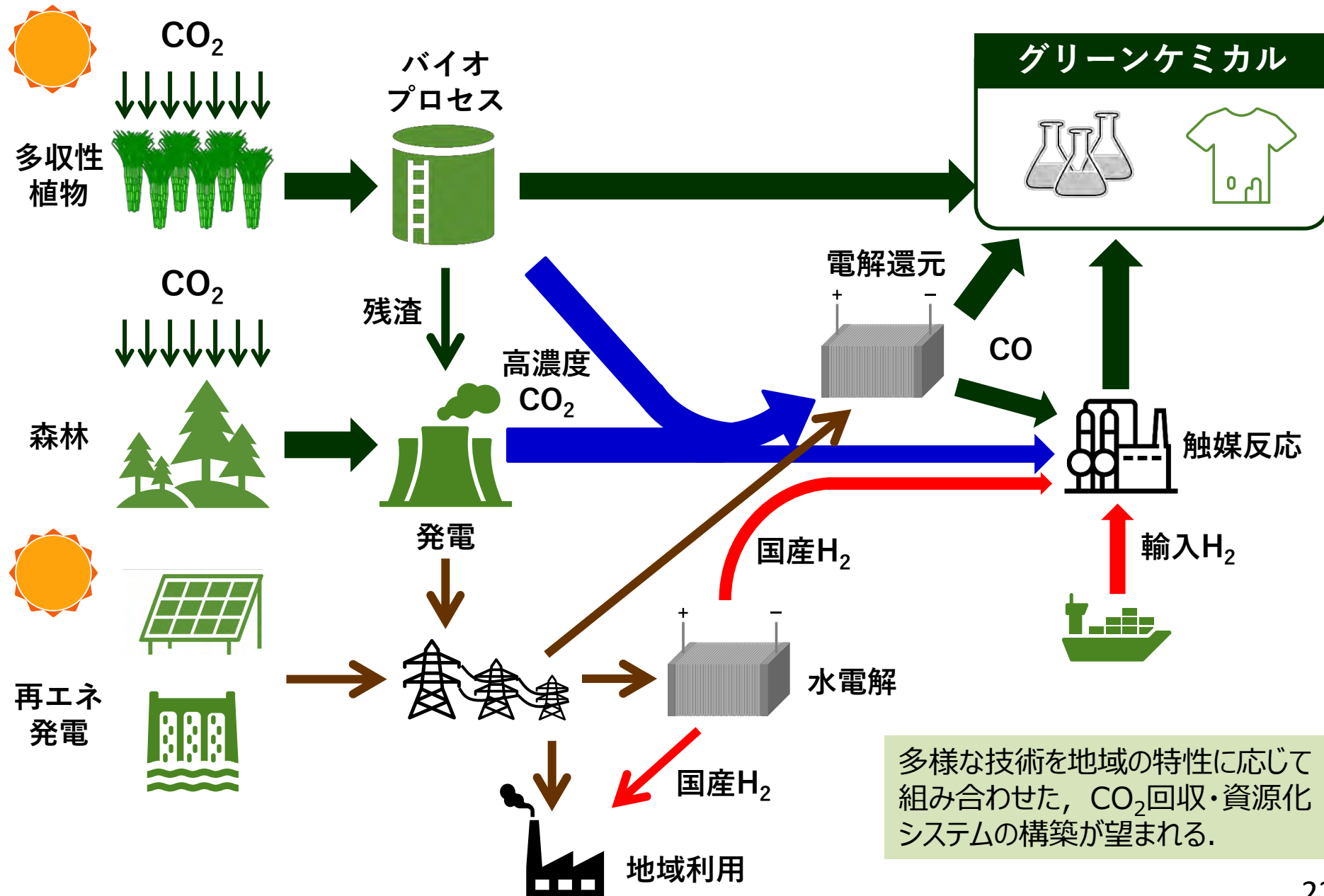


CO₂排出量 (C₂H₄ 1トンあたり)

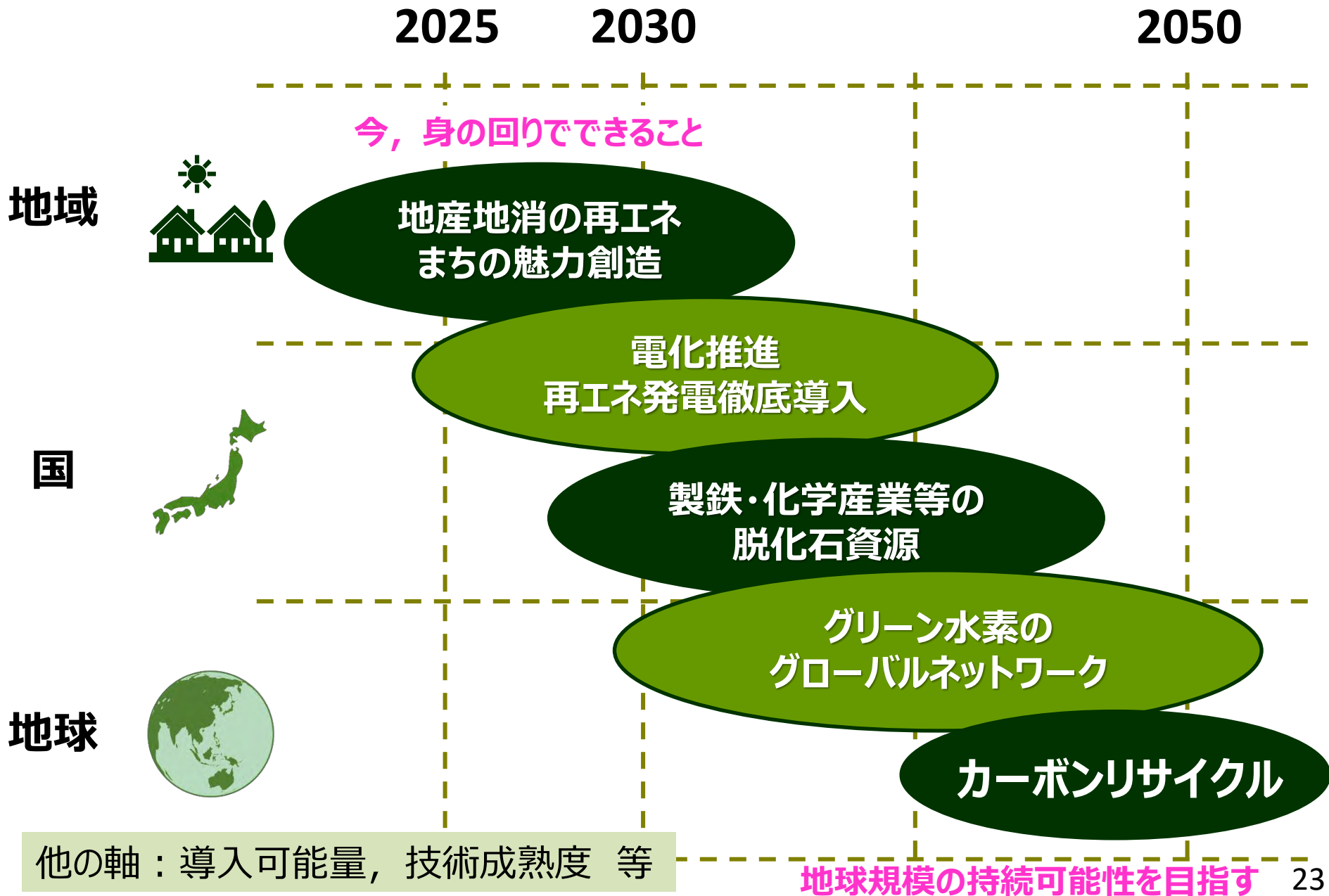


電解還元エネルギー消費が圧倒的に大きい

バイオと無機物理化学のハイブリットシステム



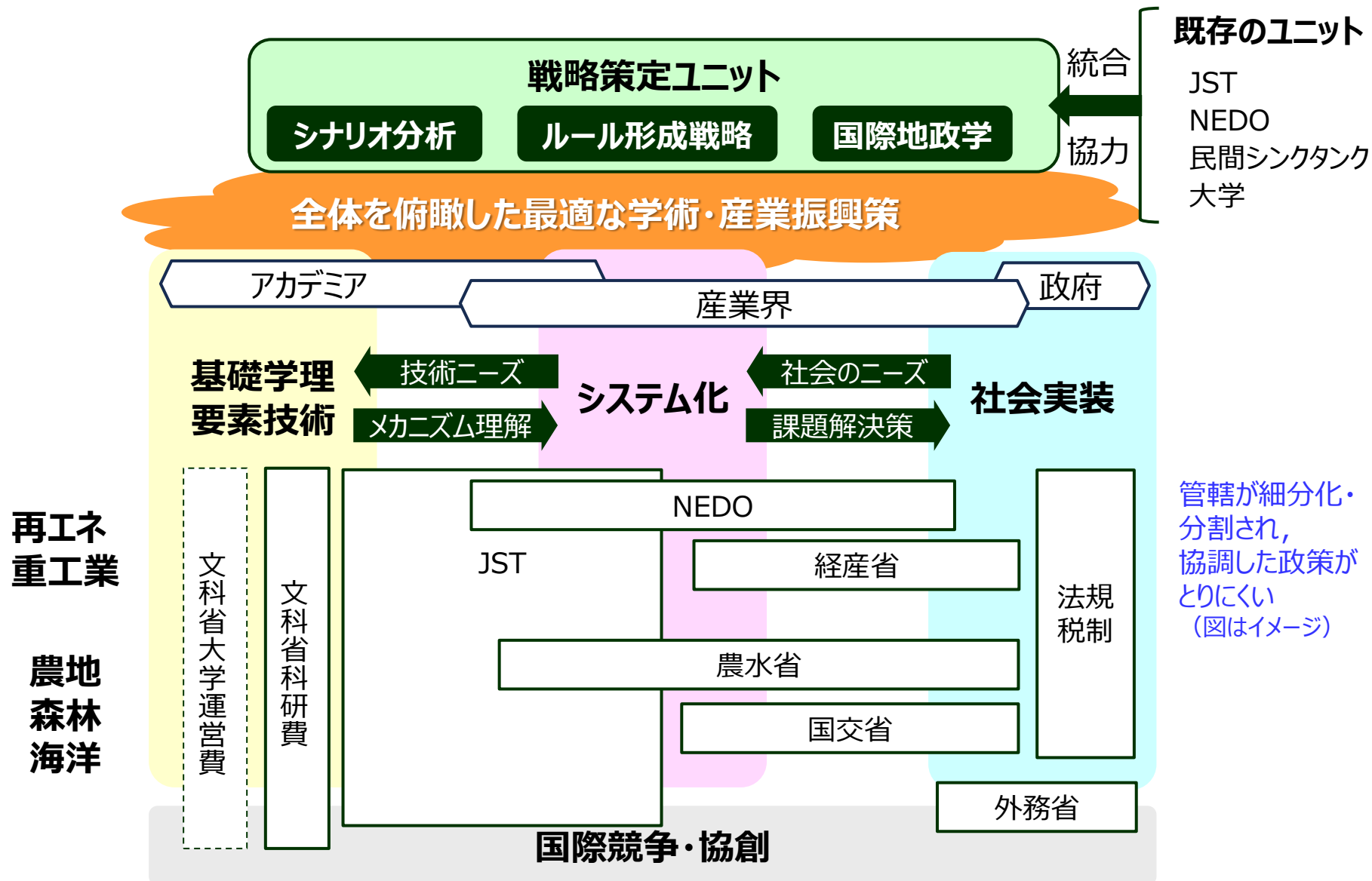
マルチスケールな取り組みを多次元マッピング



研究開発から社会実装の分断を解消する司令塔の必要性

GX実現への取り組みは複数セクターに跨る。

研究（国際競争力確保）から社会実装（国際ルール形成）までを**俯瞰した戦略策定**が必要。



カーボンニュートラル移行の加速に向けた 総合知に基づく社会シナリオ

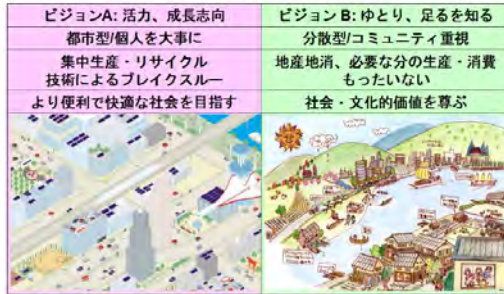
- 明るく豊かな未来の複数の定性的シナリオ・ナラティブを総合知的アプローチを用いて開発し、統合評価モデル等による定量的シナリオを開発する。
- 社会技術分析とシナリオ分析の統合により、社会的障壁と不確実性に対して頑健な社会戦略・政策ミックスを明らかにする。
- ライフサイクル思考に基づいた副次的便益や影響も明らかにする。
- 社会シナリオ創出と関連分析を通じて、CN移行の加速度的対応の知的基盤構築に貢献する。



定量シナリオに基づく未来社会洞察・戦略

社会像の例 (出典: 国立環境研究所)

https://2050.nies.go.jp/report/file/lcs_japan/20090814_narrativevision_j.pdf



資源・エネルギー源
(コスト・供給可能量)

新技術
(コスト・供給可能量)

再生可能エネルギー
水素
バイオ (エネルギー・素材)
合成燃料
CCS/CCU

市民との
対話

インプット
パラメータ
への変換

各領域の
専門家の
知見

将来の値を
想定

定量的
社会モデル

エネルギー
物質
貨幣
のフロー

モデルの出力

各セクターの活動規模
エネルギーミックス
脱炭素のコスト etc.

感度
解析

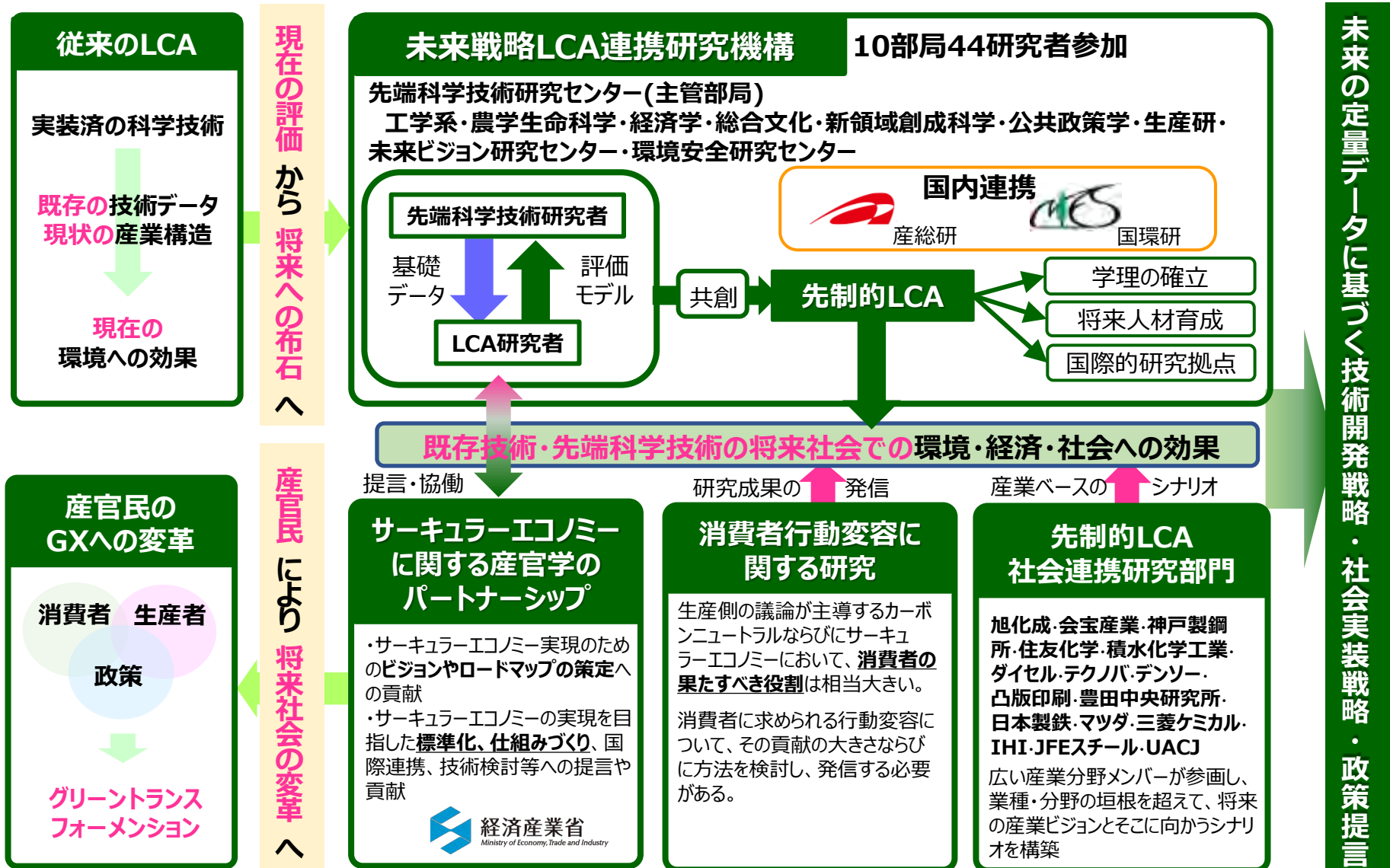
政策アイテム

- 科学技術予算の重点項目
- 税制
- 補助金の対象
- 国際ルール形成の対象

社会への
メッセージ

東大のLCA研究者を集結した戦略研究ユニット

未来戦略LCA連携研究機構 (UTLCA)



LCAを基軸とする社会協創

未来戦略LCA機構の価値

