

第一回 カーボンニュートラルセミナー
2022年3月24日

日本の2050年カーボンニュートラル に向けた分析シナリオ

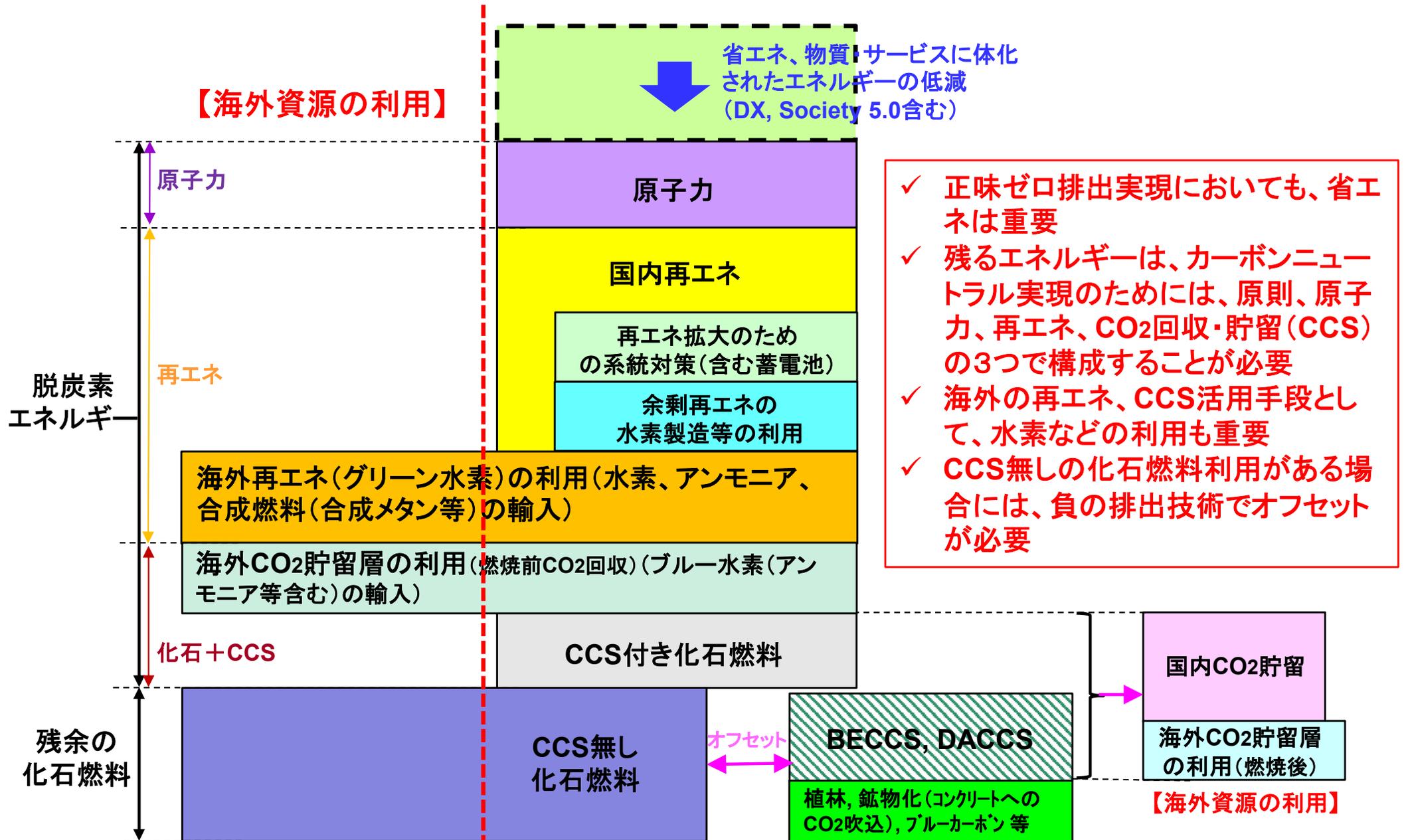
(公財)地球環境産業技術研究機構(RITE)
システム研究グループ グループリーダー
秋元 圭吾



1. カーボンニュートラルに向けた 対策の概要



【国内の一次エネルギー供給】



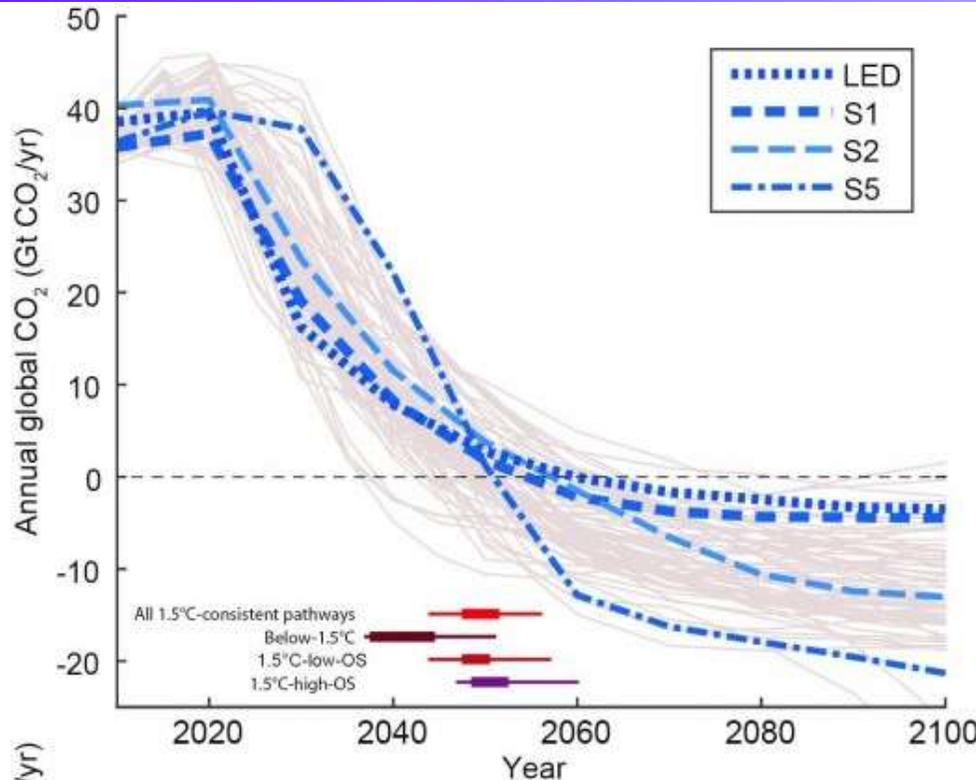
- ✓ 正味ゼロ排出実現においても、省エネは重要
- ✓ 残るエネルギーは、カーボンニュートラル実現のためには、原則、原子力、再エネ、CO₂回収・貯留(CCS)の3つで構成することが必要
- ✓ 海外の再エネ、CCS活用手段として、水素などの利用も重要
- ✓ CCS無しの化石燃料利用がある場合には、負の排出技術でオフセットが必要

負の排出削減技術(NETs)

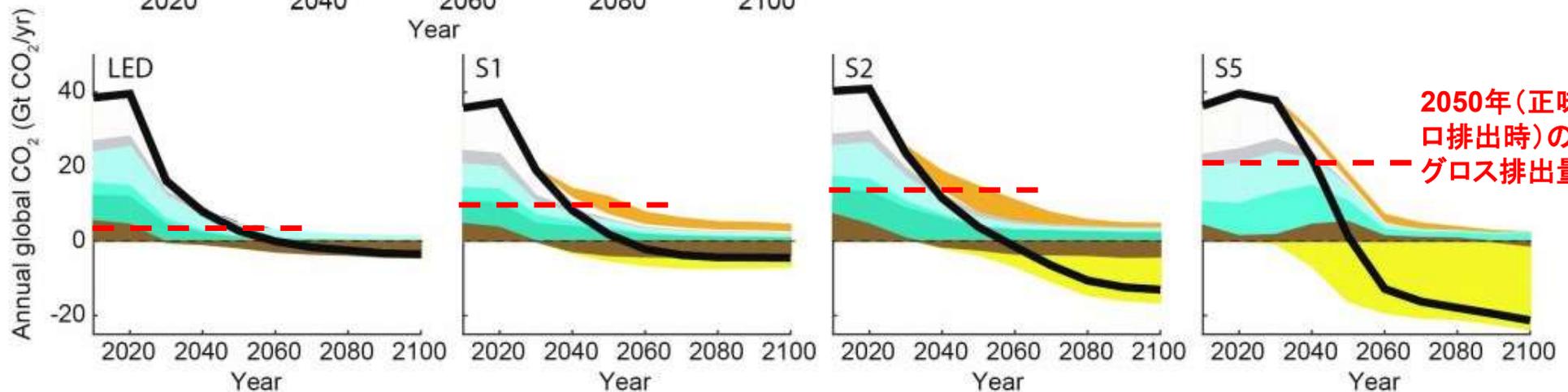
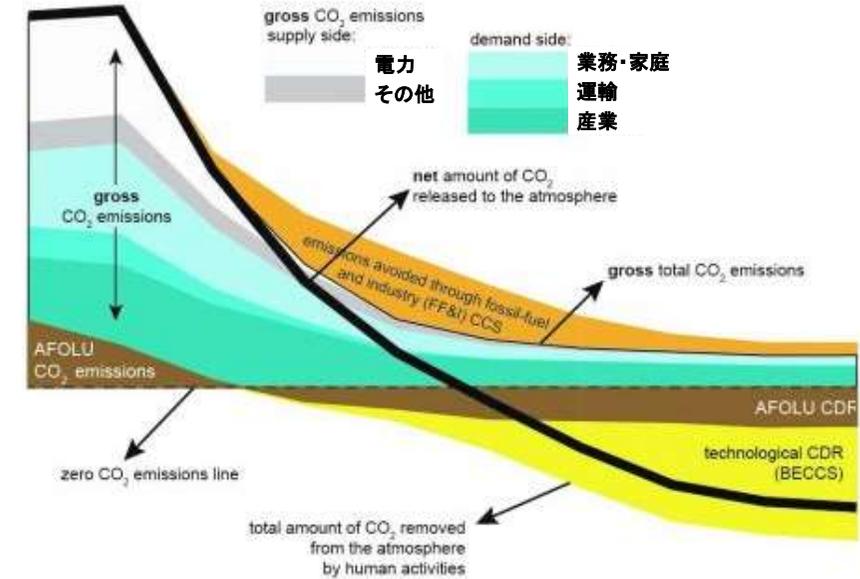
BECCS: バイオエネルギー+CO₂回収・貯留
 DACCS: 大気中CO₂直接回収・貯留

1.5°C実現の世界CO₂排出経路：様々なカーボンニュートラルの姿

出典) IPCC SR15(1.5°C特別報告書), 2018



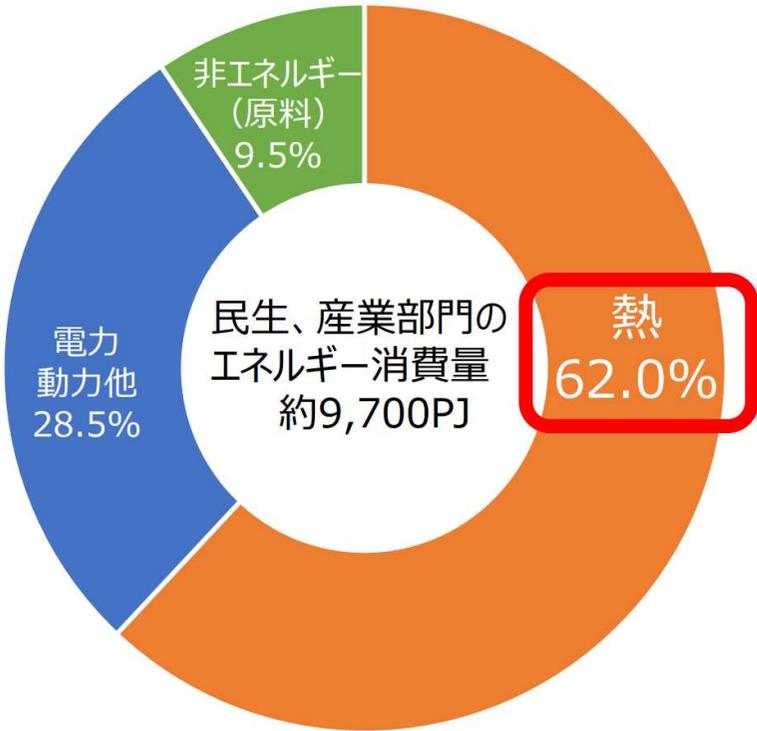
LEGEND: EMISSION CONTRIBUTIONS



2050年(正味ゼロ排出時)の
グロス排出量

- ✓ カーボンニュートラル(正味ゼロ排出)といっても、様々な排出経路、対策があり得る。一つのシナリオ(LEDシナリオ)を除くすべてのシナリオで負排出技術の必要性が示唆
- ✓ 各部門の排出がゼロにならなくても、カーボンニュートラルを実現し得る。

民生、産業部門の用途別エネルギー消費量



(出典) 2020年エネルギー白書を基に日本ガス協会作成



出典) 総合資源エネルギー調査会基本政策分科会 (2021)

出典) 大阪ガス、総合資源エネルギー調査会資料 (2022)

- ✓ 電力の対応は重要であるが、熱需要(非電力)は、電力よりも大きい需要がある。
- ✓ カーボンニュートラル化において電化の促進は重要であるが、産業では高温熱の利用も多く、石炭、石油系燃料から、天然ガス(将来的には合成メタン)への転換は、CO2削減に大きく寄与し得る。

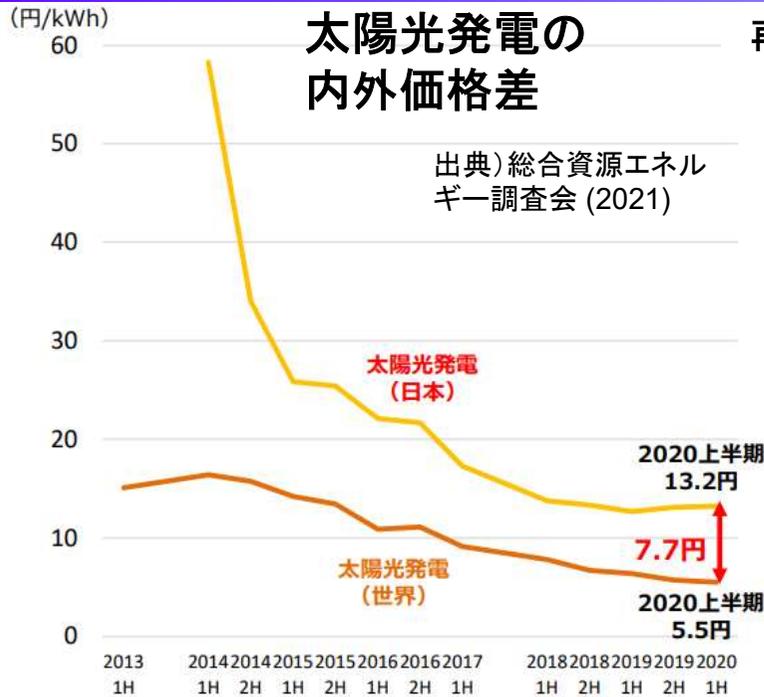
2. カーボンニュートラルに向けた 各種対策技術の役割と課題



2.1. 再生可能エネルギーの役割と課題



世界の再生可能エネルギーの動向



再エネ発電電力量の国際比較 (水力除く)

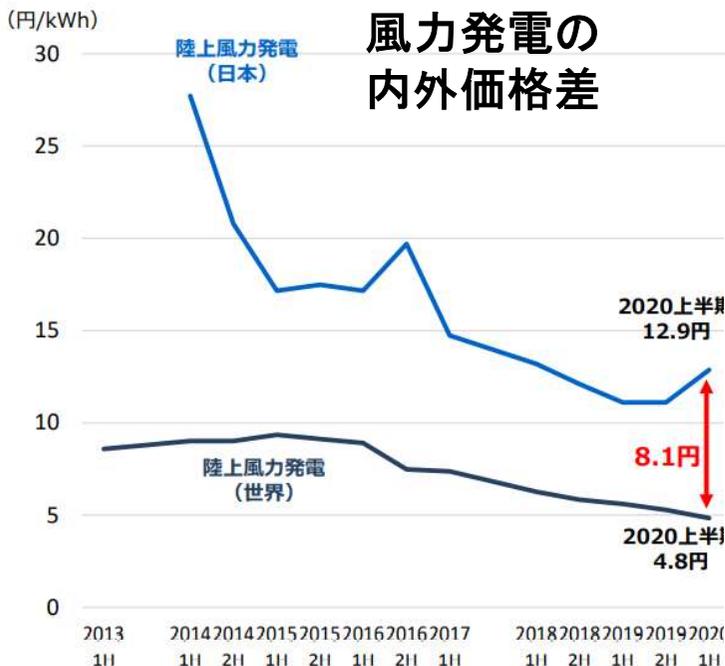
単位: 億kWh

	2012年	2019年
日本	309	1,056 3.4倍
EU	3,967	6,600 1.7倍
ドイツ	1,213	2,227 1.8倍
イギリス	359	1,146 3.2倍
世界	10,586	27,938 2.8倍

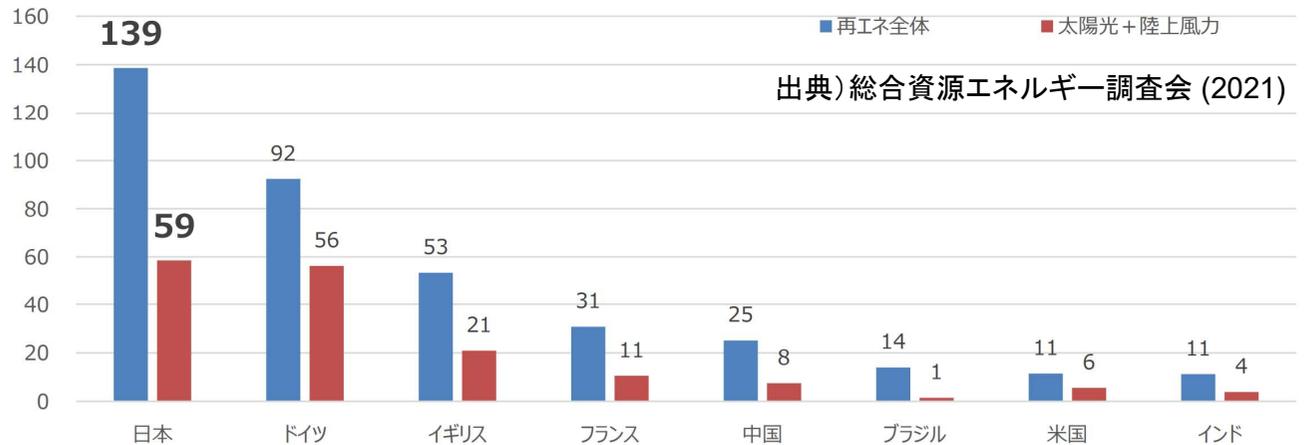
出典: IEA データベースより資源エネルギー庁作成

出典) 調達価格等算定委員会 (2021)

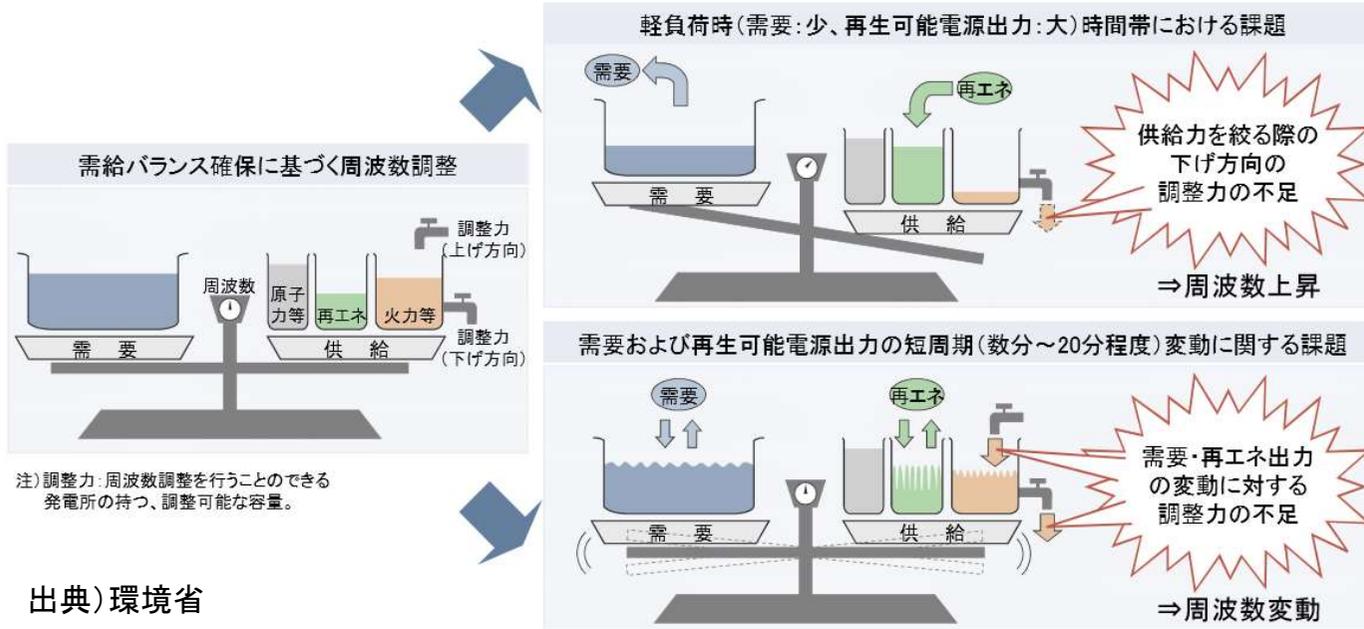
- ✓ 特に変動性再生可能エネルギー(太陽光、風力)のコスト低減は大きく進展してきている。
- ✓ カーボンニュートラル実現に向けて、再エネの拡大、主力化は必須。ただし、国間によって大きなコストの差異があり、日本のコストは依然として高い。
- ✓ 日本は平地面積当たりの再エネ導入量ではすでに世界最大規模
- ✓ 海外再エネとのコスト差が残る可能性が高いため、海外の再エネを水素や合成メタンとして活用することが経済合理的



平地面積あたりの各国再エネ／太陽光・陸上風力の発電電力量



再エネの拡大に向けた課題



✓ 電気は瞬時に需要と供給を一致させなければならないが、太陽光や風力発電のような変動性再生可能エネルギーが増大すると、大停電のリスクが増大する。その対策のためには大きな費用が必要

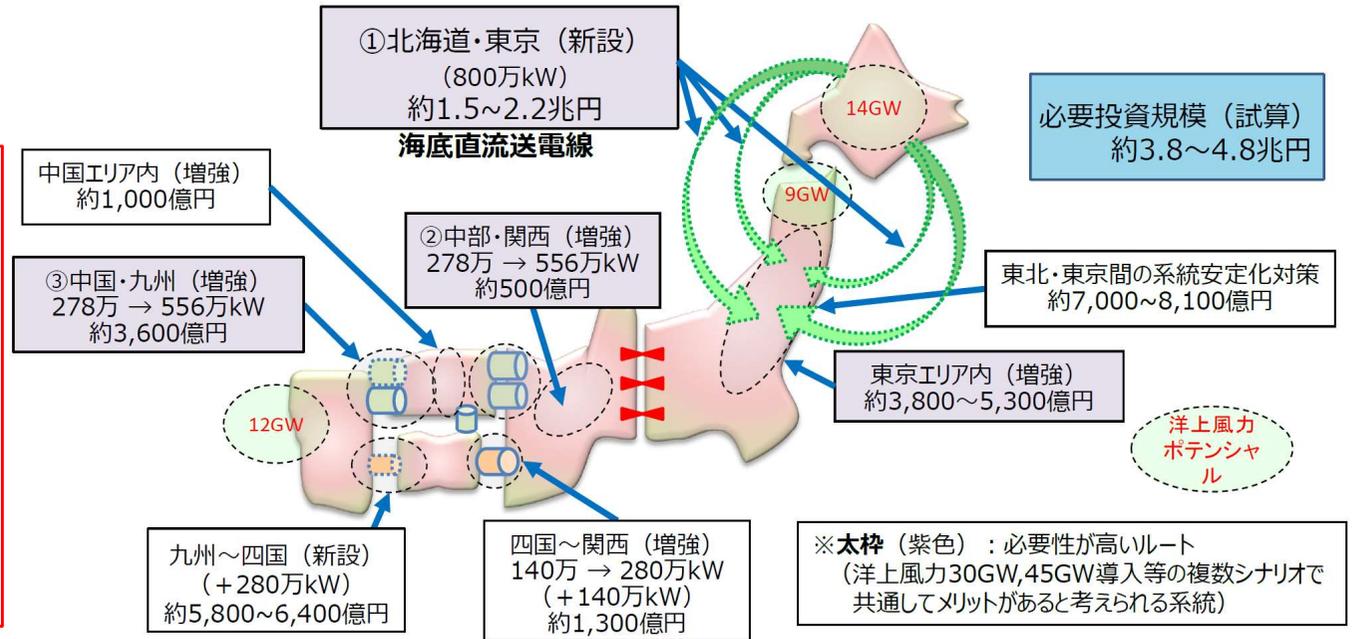
✓ 調整力としての火力発電等も重要

出典) 環境省

マスタープランの中間整理 (電源偏在シナリオ45GWの例)

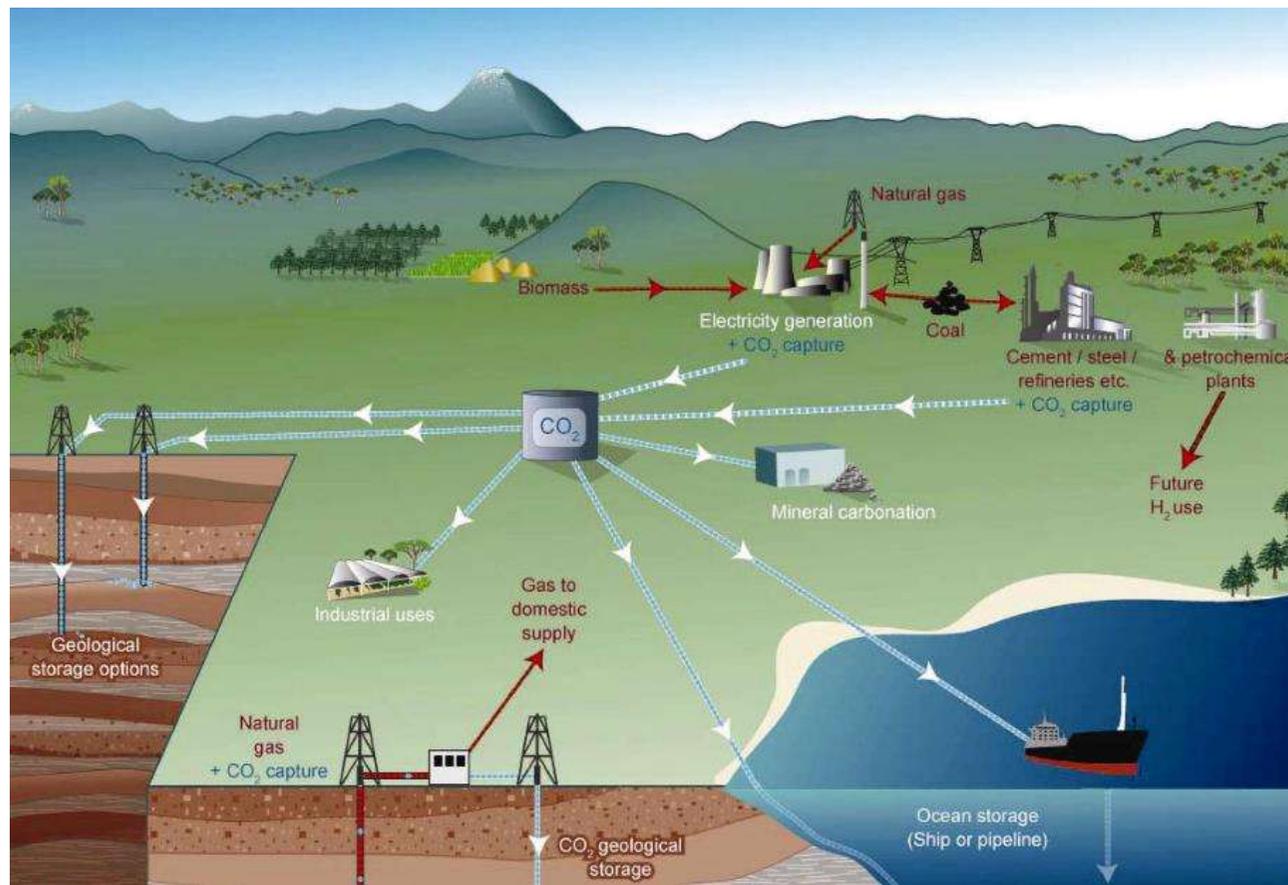
✓ 相対的に安価な太陽光や風力発電は地域偏在あり。大消費地に電気を運ぶには電力系統の大幅な増強が必要。それにも大きな費用が必要

✓ 分散型のコジェネなどの活用によって、全体の費用抑制につながり得る。

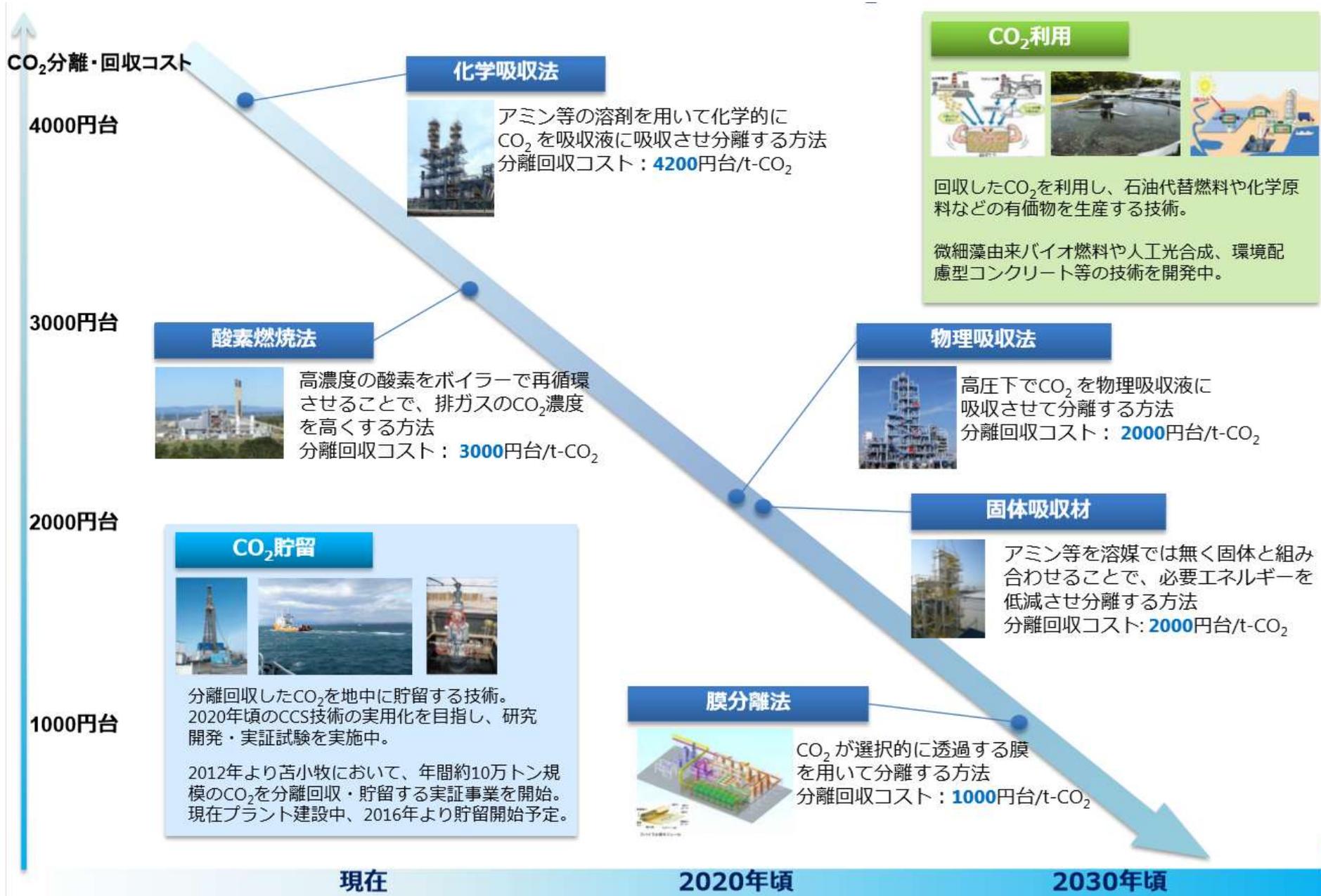


2.2. CCUS、DACの役割

* CCUS: 二酸化炭素回収・利用・貯留、DAC: 大気中CO₂回収

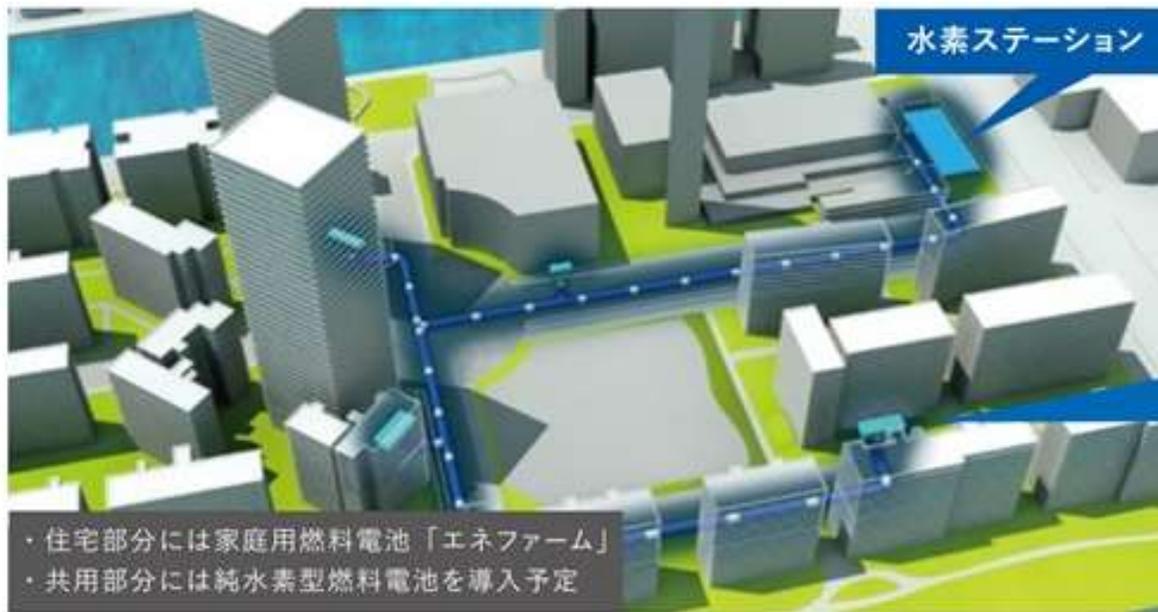


CO₂回収関連技術の概要



2.3. 水素、合成メタンの役割

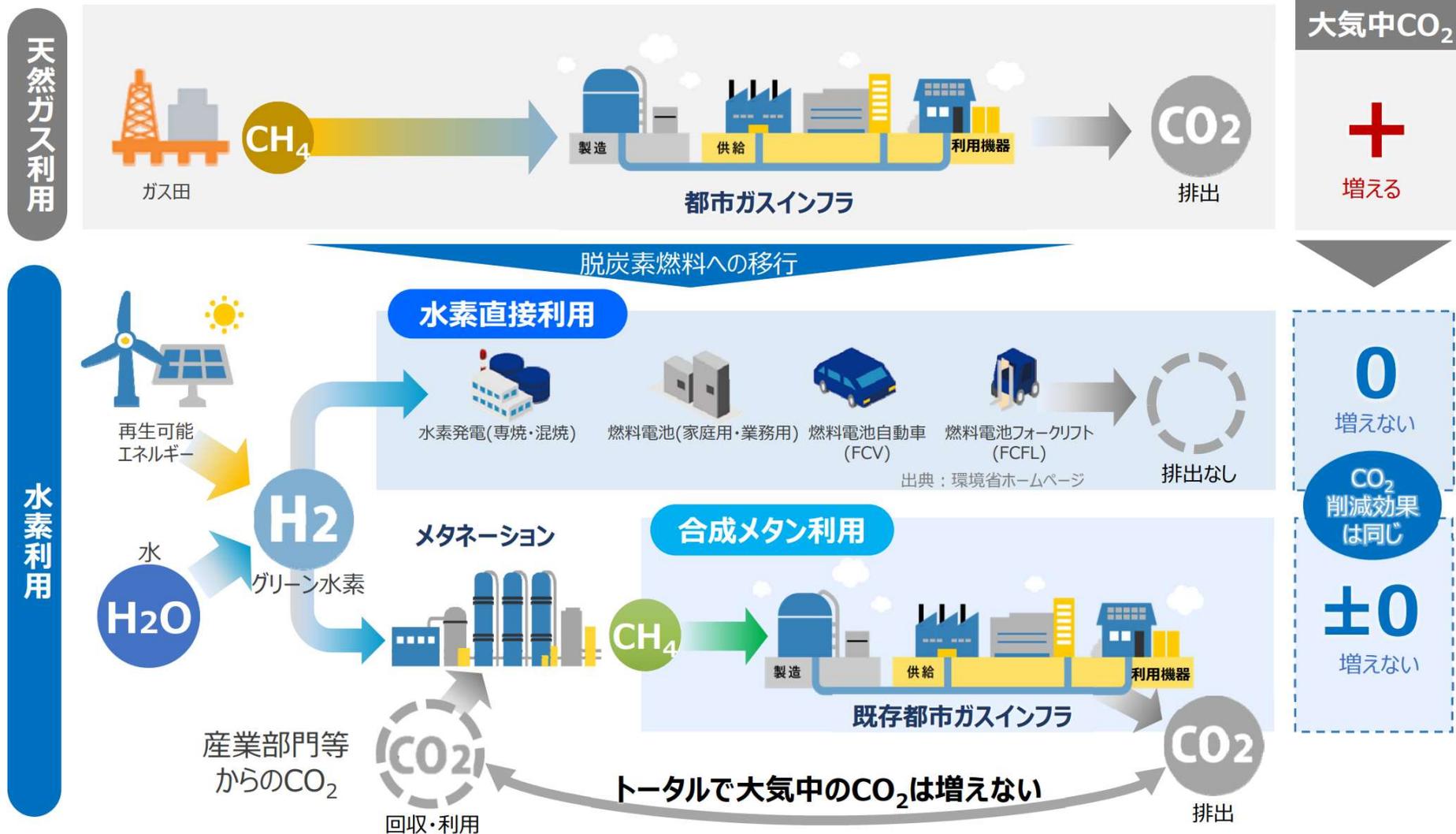




出典) Panasonic

- ✓ 再生可能エネルギー由来の水素(グリーン水素)やCCUS由来の水素(ブルー水素)を活用することにより、ガス体エネルギーのカーボンニュートラル化を実現
- ✓ 再エネポテンシャルの地理的偏りがある中、変動性再生可能エネルギーの拡大により、系統増強費用が大きくなる可能性もあることから、需要地近くへのカーボンニュートラル分散電源の導入の経済性が大きくなる可能性がある。
- ✓ 各種エネルギーのバランスのとれた導入が重要

合成メタンのカーボンニュートラル性



出典)大阪ガス、総合資源エネルギー調査会資料 (2022)

- ✓ 合成メタンは、燃焼時に CO_2 排出があるが、排出されるはずだった CO_2 を回収したものを活用するため、正味では排出ゼロ。合成メタンは、再生可能エネルギーの一利用形態
- ✓ カーボンニュートラル下でも、排出削減が困難な部門からの CO_2 排出が残るため(CO_2 除去技術CDRでオフセット)、 CO_2 は利用可能。仮に CO_2 排出がゼロになった場合には、バイオエネルギーや大気中から直接 CO_2 回収する方法もある。

メタネーション実証

メタネーション実証試験を2021年度内に開始

- 東京ガスは、横浜市鶴見区において、メタネーションの実証試験を2021年度内に開始。
- 将来的には、横浜市や近隣企業との地域連携や、最新の水電解装置や革新的メタネーション技術を適用することにより、地域におけるカーボンニュートラルの地産地消モデルを目指す。



出典：東京ガスプレスリリース（2021年7月7日）

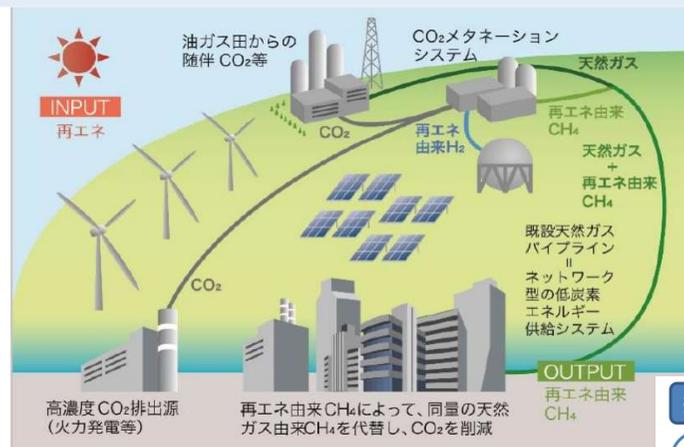
メタネーション実証試験に向けた横浜市との連携協定の締結（2022年1月18日）

世界最大級のメタネーションによるCO2排出削減・有効利用実用化技術開発事業の開始

- INPEXと大阪ガスは、INPEX長岡鉾場内から回収した二酸化炭素を用いて合成メタンを製造する実証実験を2024年度後半から2025年度にかけて実施。
- 本事業で開発するメタネーション設備の合成メタン製造能力は約400Nm³/hを予定しており、現時点で世界最大級の規模となる。

体制：株式会社INPEX、大阪ガス株式会社
国立大学法人東海国立大学機構名古屋大学

出典：INPEX、大阪ガスプレスリリース（2021年10月15日）



出典) 日本ガス協会、メタネーション官民協議会資料 (2022)

合成メタン(メタネーション)の積極的な技術開発が進行してきている。

技術開発の事例



8Nm³/h級のメタネーション試験装置

【概要】

- INPEXが日立造船の触媒・反応器等を活用し、NEDO事業で2017～2021年度に試験を実施。
- 技術開発（反応制御、触媒活性化、装置試験）の目標達成。

3. 日本の2050年カーボンニュートラル に向けた定量的な分析シナリオ

(世界エネルギーシステム・温暖化対策評価モデルによる分析例)

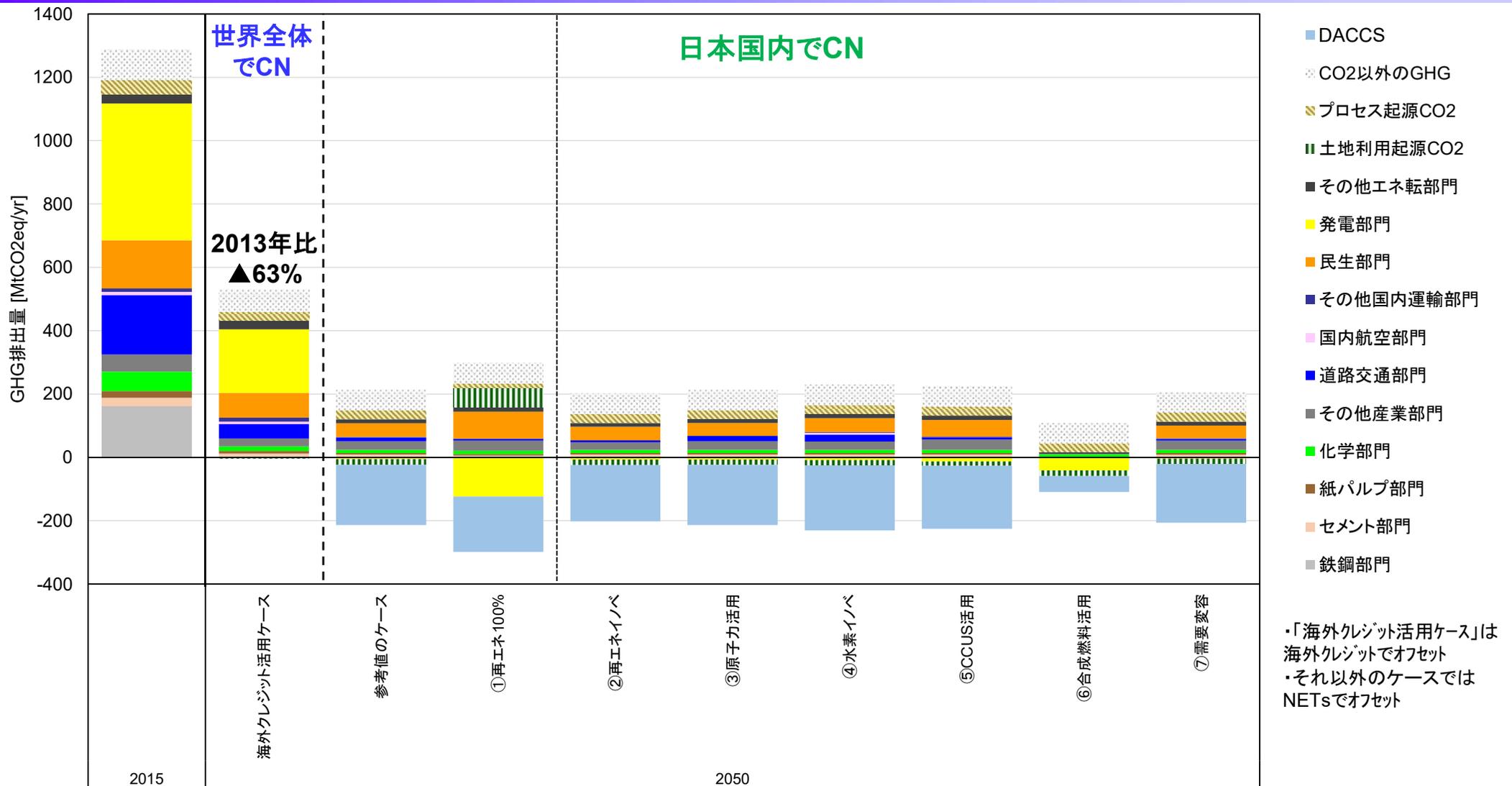
注)2021年5月13日の総合資源エネルギー調査会基本政策分科会に提示のシナリオに一部シナリオを追加したもの。
ただし、この分析においては、エネルギーのレジリエンスの価値については考慮していない。



【参考】シナリオ想定：不確実性に対応した戦略

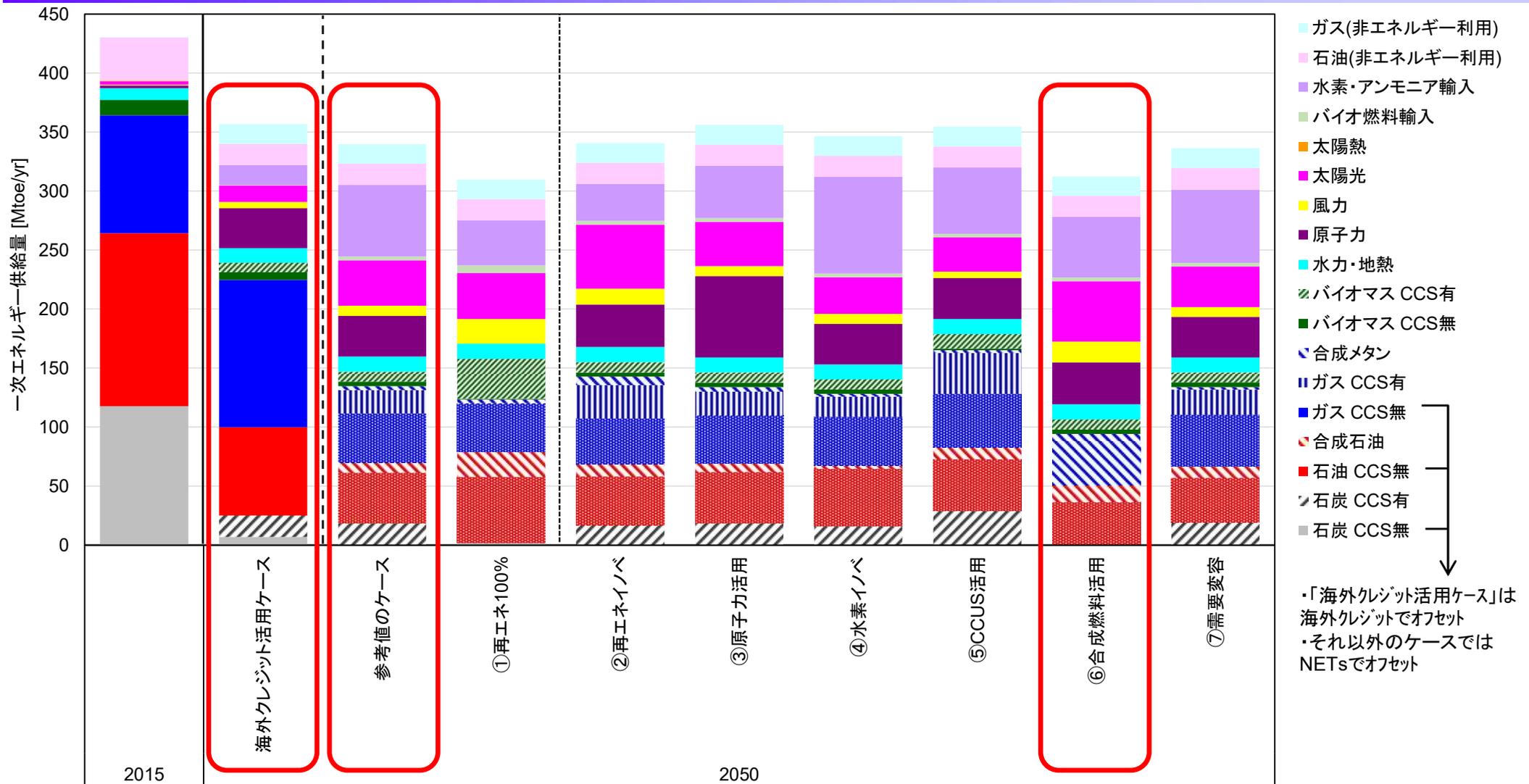
		2050年GHG排出削減	各種技術の想定 (コスト・性能)	各種技術の導入シナリオ
海外クレジット活用ケース(世界費用最小化=世界限界削減費用均等)		国内削減率はモデルで 内生的に決定	モデルの標準想定 (注:ただし、再エネ比率が高いシナリオでは、疑似慣性力が実現し、普及していることが暗黙の前提となる)	モデルで 内生的に決定 (コスト最小化)。ただし 原子力は上限10% で制約。 CO2貯留量制約想定
参考値のケース		▲100%		再エネほぼ100%(原子力0%)
参考値のケースのモデル想定下で再エネ比率が変化した場合のコスト等を推計	① 再エネ100%	(日本以外については、欧米はそれぞれ▲100%、それ以外は、CO2について全体で▲100%を想定(GHGは2065年頃▲100%):1.5°Cシナリオ)	再エネのコスト低減加速	モデルで 内生的に決定 。ただし原子力は上限10%で制約。CO2貯留量制約想定
	② 再エネイノベ		原子力の導入拡大	モデルで 内生的に決定 。ただし 原子力の上限を20% と感度を想定。CO2貯留量制約想定
	③ 原子力活用		水素のコスト低減加速	モデルで 内生的に決定 。ただし原子力は上限10%で制約。CO2貯留量制約想定
	④ 水素イノベ		CO2貯留可能量拡大	モデルで 内生的に決定 。ただし原子力は上限10%で制約。 CCS可能量を大きく想定
	⑤ CCS活用		再エネコスト低減加速+CO2海外輸送無	モデルで 内生的に決定 。ただし原子力は上限10%で制約。CO2貯留量制約想定(CO2海外輸送は無)
	⑥ 合成燃料活用		カー・ライドシェア拡大	完全自動運転車実現・普及により、 カーシェア・ライドシェアが劇的に拡大 すると想定。その他は参照シナリオの想定と同じ
	⑦ 需要変容			

日本の部門別GHG排出量（2050年）



- ✓ 世界の限界削減費用均等化の「海外クレジット活用ケース」では、日本の2050年の正味GHG排出量は2013年比▲63%に留まる。海外に、植林、BECCS、DACCS等のオプションが十分存在し、それを活用し、国内の排出をオフセットすることが経済合理性が高いため。
- ✓ その他のケースでは、いずれも国内でのDACCSの活用が見られる。(CO₂以外のGHG、プロセス起源CO₂排出量のオフセットも必要)

日本の一次エネルギー供給量（2050年）

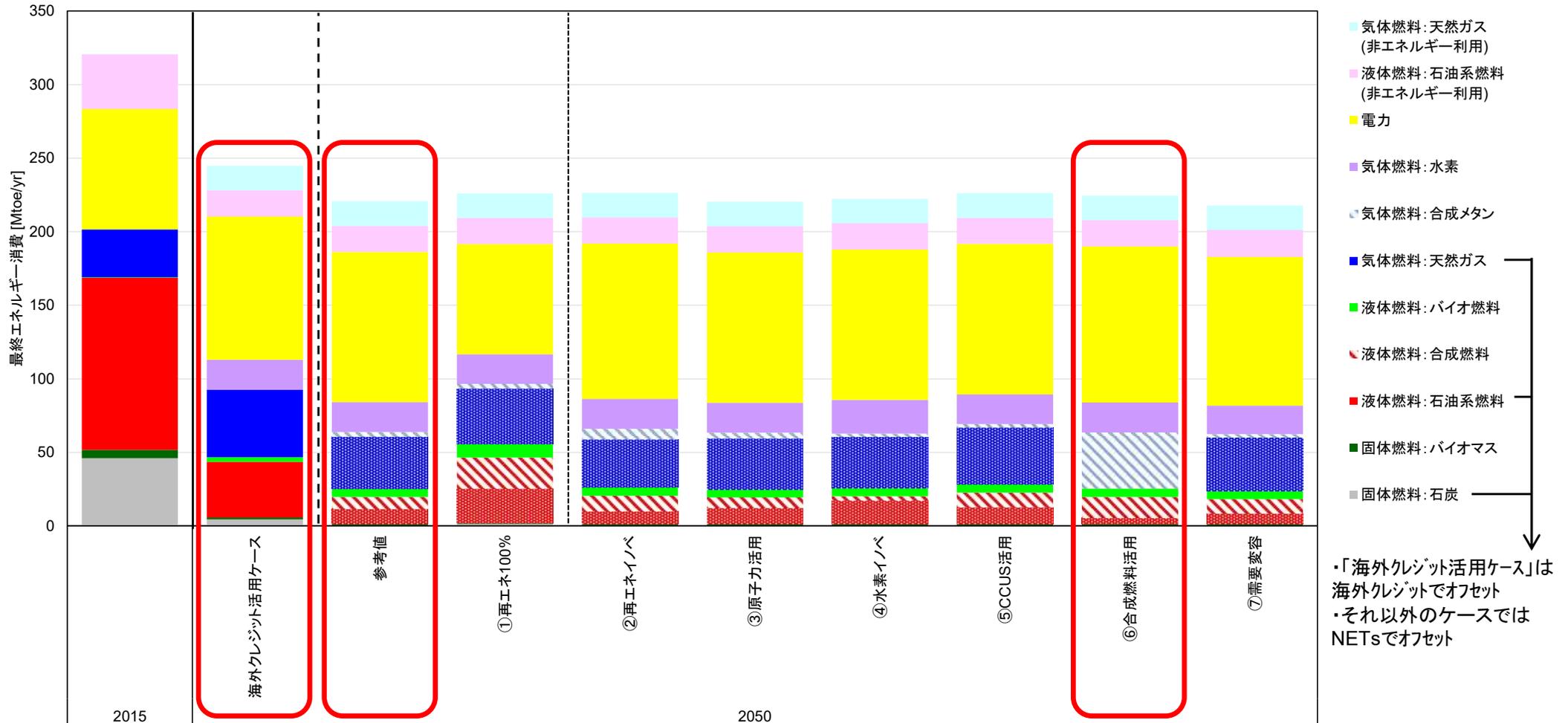


注1) 一次エネルギー換算はIEA統計に準じている。バイオマス以外の再エネ: 1 TWh=0.086 Mtoe、原子力: 1TWh=0.086÷0.33 Mtoe

注2) CCSなしの化石燃料は、負排出技術でオフセットされており、カーボンニュートラル化石燃料となっている。

- ✓ 海外クレジット活用ケースでは、天然ガス利用拡大が経済合理的。海外の植林、DACCS等で排出オフセット
- ✓ ▲100%のいずれのシナリオにおいても、相当量の水素・アンモニア・合成燃料の輸入・利用が見られる。
- ✓ CO₂の海外輸送を想定しない⑥合成燃料活用ケースでは、DACCSのオフセットが小さくなるため、ガス供給の大部分は合成メタンに。

最終エネルギー消費量（2050年）



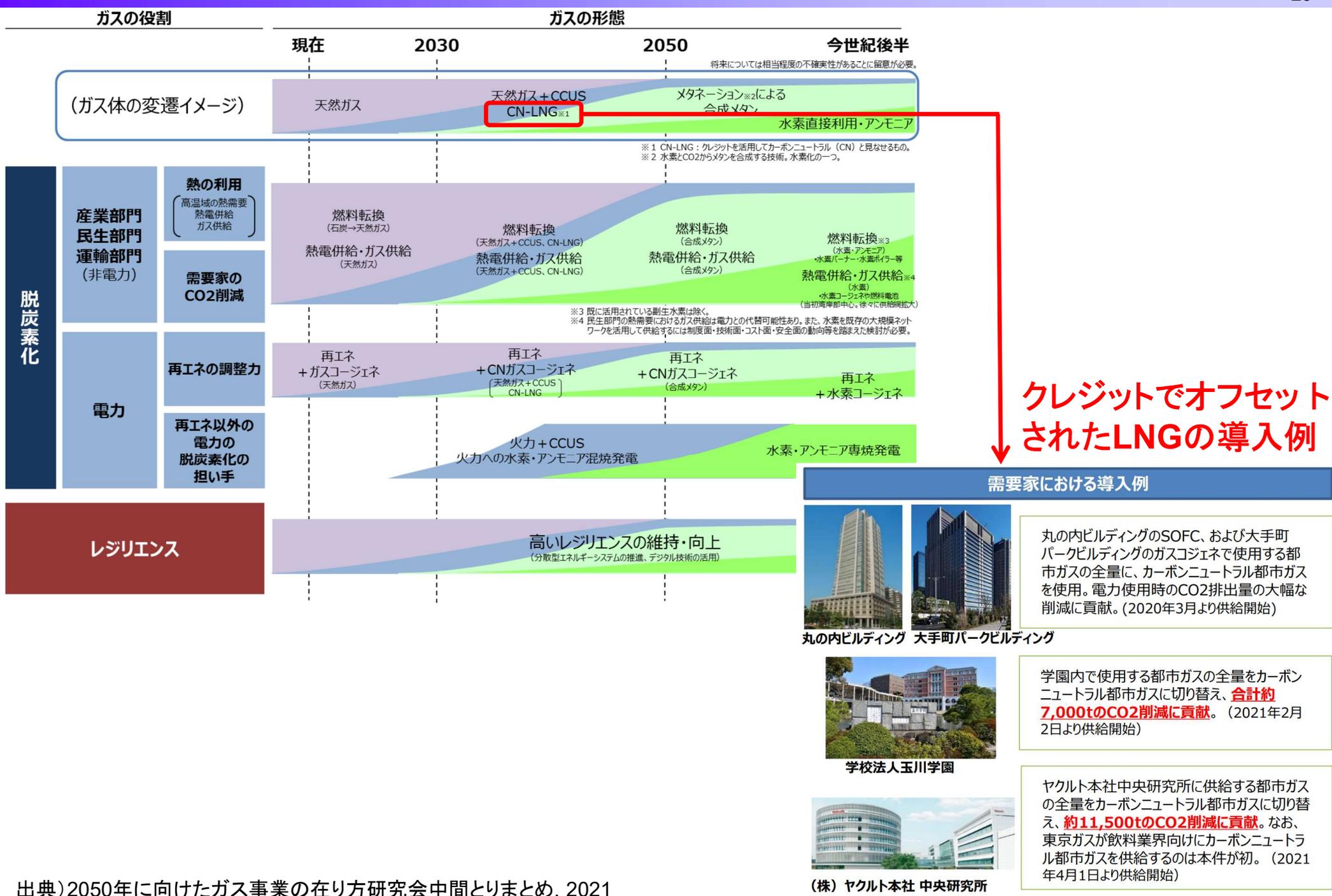
注) CCSなしの化石燃料は、負排出技術でオフセットされており、カーボンニュートラル化石燃料となっている。産業部門などでは石炭からガスへの転換が見られるが、電化が難しい部門もあり、ガスが残りやすい。

- ✓ 2050年▲100%ではいずれのシナリオでも相当大きな省エネルギーが見られる。
- ✓ カーボンニュートラルの大部分のシナリオにおいて、電力とガスの比率が上昇。カーボンニュートラル下においてもガスの役割は引き続き大きい。
- ✓ ガスの利用があっても、海外もしくは国内での負の排出技術（植林やDACCSなど）でオフセットしたり、合成メタンを混合もしくは全体を転換することが経済合理性が高い。

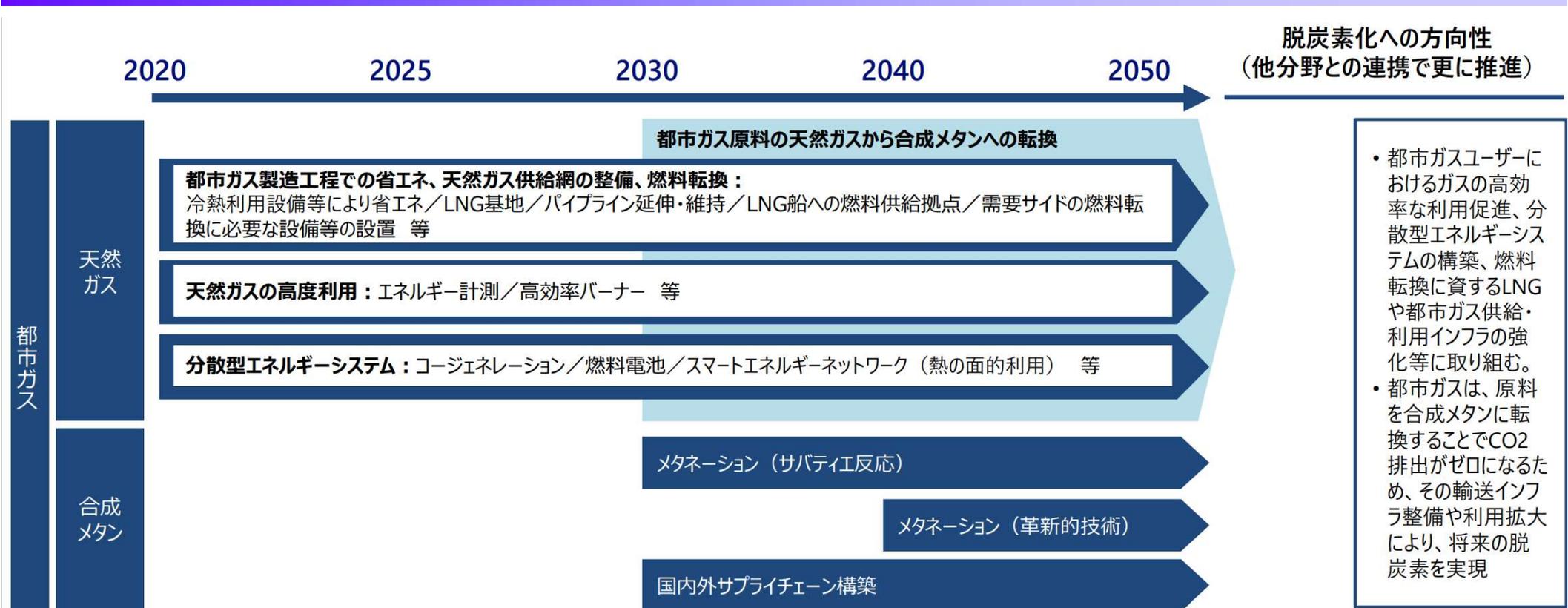
4. カーボンニュートラルに向けた トランジション(移行)とガスの貢献



ガスエネルギーの変遷の見通し(1/2)



ガスエネルギーの変遷の見通し(2/2)

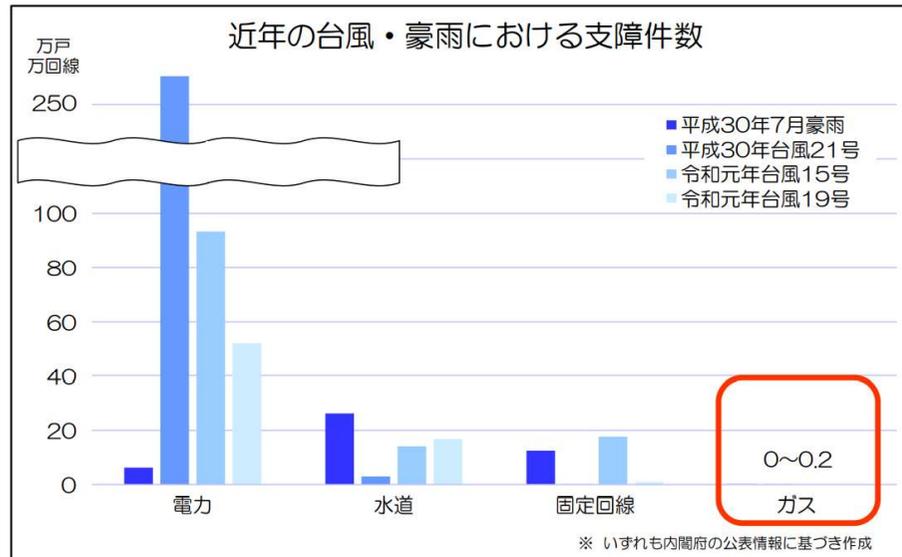


出典) 経済産業省、「トランジションファイナンス」に関するガス分野における技術ロードマップ, 2022

✓ トランジションから、カーボンニュートラルへと、一体的な変遷の見通しが策定されている

【参考】都市ガスのレジリエンス(強靱性)

- ガス導管は、大部分が埋設されていることから風雨の影響を受けにくいという特徴がある。
- また、大部分は耐震性も備えており、継続的な耐震性向上の取組も行われている。



出典：第21回ガス安全小委員会（令和2年3月11～18日 書面審議）

近年の地震における支障件数

	東日本大震災	熊本地震	大阪北部地震	北海道胆振東部地震
発生日	2011.3.11	2016.4.16	2018.6.18	2018.9.6
地震規模	震度7、M9.0	震度7、M7.3	震度6弱、M6.1	震度6強、M6.7
供給停止戸数	約46万戸	約10万戸	約11万戸	供給停止なし
復旧期間	54日	15日	7日	-

ガス導管の強靱性

- 高圧・中圧ガス導管は高い耐震性が確認されている。
 - 阪神・淡路大震災時、橋に添架された中圧ガス導管が、橋が落ちて変形。ガス漏れは発生せず。
 - 東日本大震災時、高圧ガス導管は被害なし。
- 低圧ガス導管は耐震性向上の取組を継続中(耐震化率:約90%)



(出典：東京ガスHP)

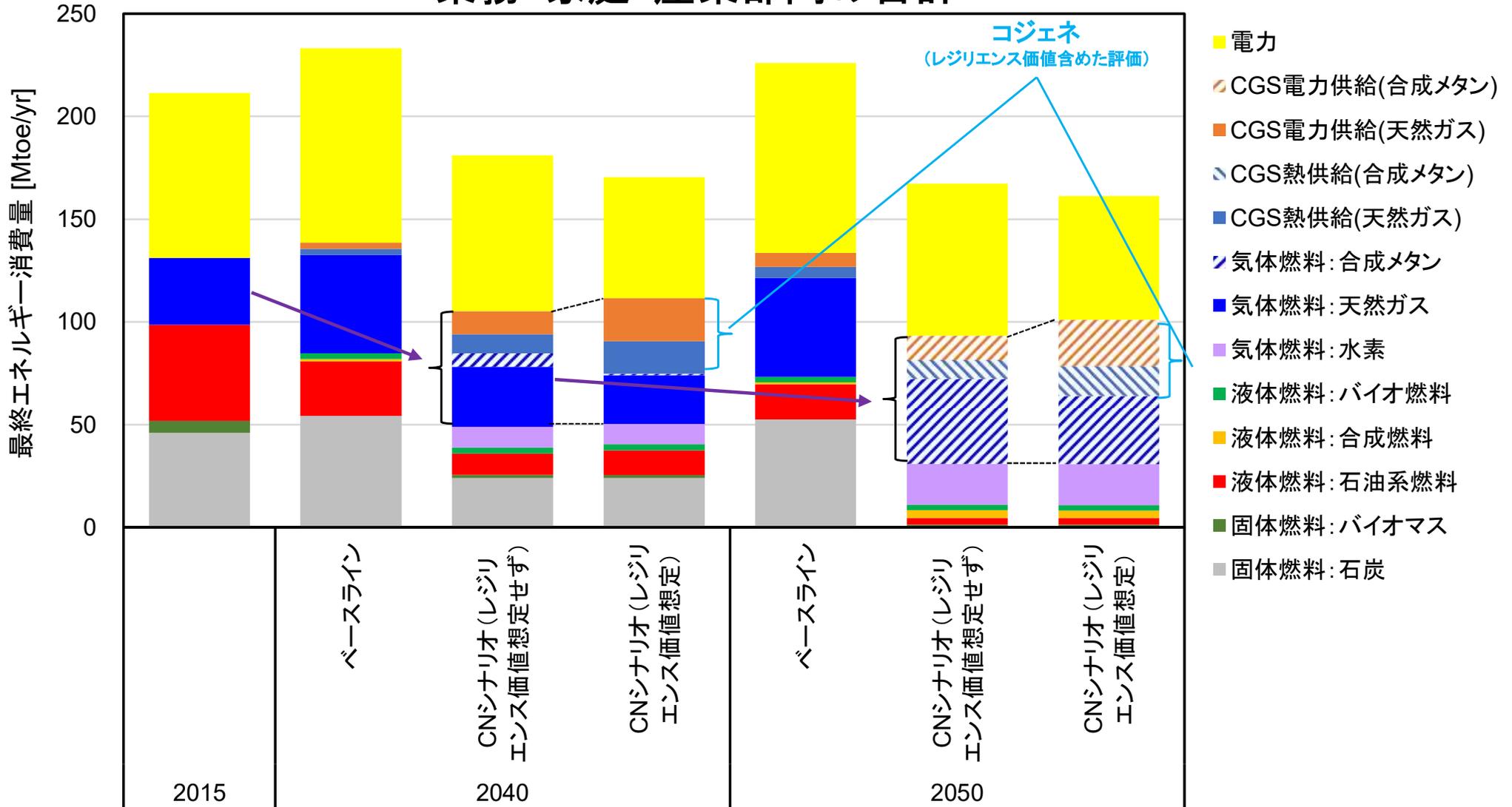
更なる地震対策の強化

- **設備対策**
 - 低圧ガス導管の耐震性向上の継続 (耐震化率:約90%)
- **緊急対策**
 - 新たな緊急停止判断基準の適用 (一律設定→ブロック毎設定)
 - 供給停止ブロックの細分化
- **復旧対策**
 - 応援受入に関する事業者間連携の強化 (マニュアル整備・演習実施)
 - 情報発信の強化 (復旧進捗の見える化、SNS等の活用) 等

都市ガスのレジリエンスの価値を考慮した分析例

業務・家庭・産業部門の合計

出典) RITEによる分析 (2022)



注1) 革新的合成メタン製造における技術進展シナリオ

注2) レジリエンス価値を想定したケースでは、停電確率と停電コストを実績値やアンケート結果を基にモデル分析で想定

- ✓ カーボンニュートラルに向けても、そのトランジションを含め、都市ガスの役割は増大し得る。
- ✓ とりわけガスのレジリエンス価値を考慮した場合、コジェネを含めた都市ガスの経済性は一層増大し得る。

トランジションファイナンスのためのロードマップ

ーガス分野:カーボンニュートラルへの道筋:パリ協定との整合性ー

主な参照先・作成根拠

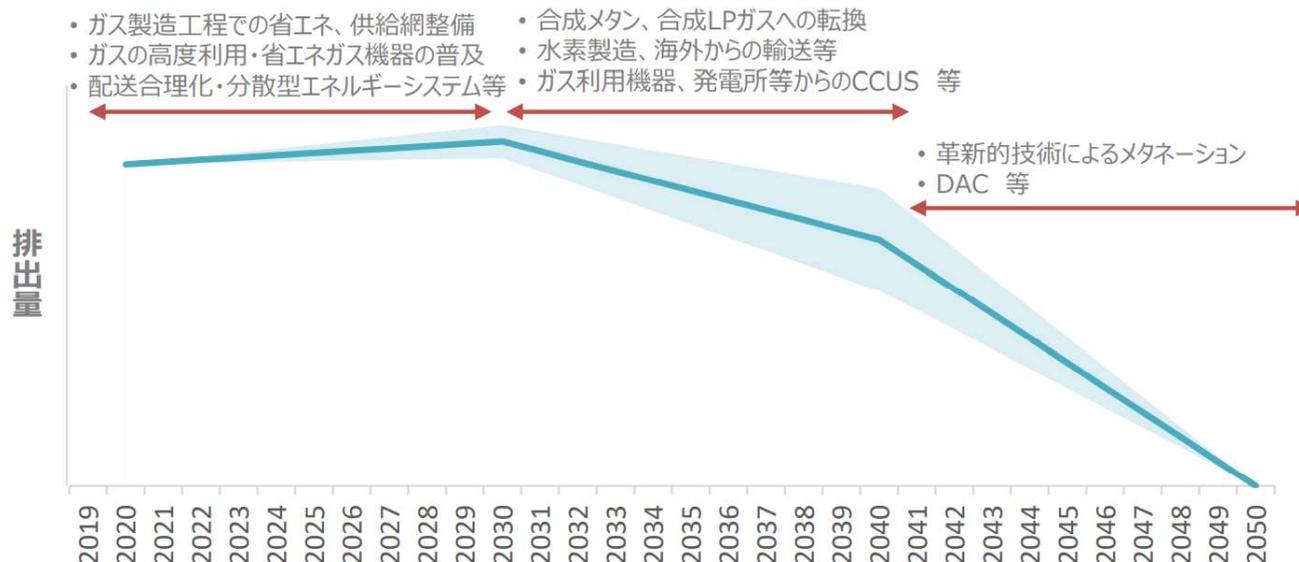
各種政府施策

- ✓ エネルギー基本計画、基本政策分科会資料
- ✓ 2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略
- ✓ 「CO2の分離・回収等技術開発」プロジェクトに関する研究開発・社会実装計画
- ✓ 「燃料アンモニアサプライチェーンの構築」プロジェクトに関する研究開発・社会実装計画
- ✓ 「再エネ等由来の電力を活用した水電解による水素製造」プロジェクトに関する研究開発・社会実装計画
- ✓ 「大規模水素サプライチェーンの構築」プロジェクトに関する研究開発・社会実装計画

パリ協定と整合する海外のシナリオ・ロードマップ等

- ✓ Clean Energy Technology Guide (IEA)
- ✓ World Energy Outlook 2021 (IEA)
- ✓ Science Based Target initiative

CO2排出の削減イメージ※



1 2020~2030

ガス供給網の整備やガスの高度利用等を通じ、ガスへの燃料転換を進めることで、ガス分野としての排出量は増加の可能性はあるが、それ以上に他分野への低炭素化への貢献（削減貢献）は大きいことに留意（P33）。また、ガス製造工程での省エネ、省エネガス機器の普及等による排出削減を進めつつ、将来的な合成メタン等の技術開発を実施。

2 2030~2040

合成メタン、合成LPガスの製造技術を確立し、化石燃料由来のガスからカーボンニュートラルなガスへの転換を進めることで、脱炭素化を進める。水素サプライチェーンやCCUS等の実用化・普及拡大にも取り組む。

3 2040~2050

合成メタン等への転換をさらに進めるとともに、DAC等の革新的技術の実用化を通じて、カーボンニュートラルを実現する。

※我が国におけるガス事業のうち本ロードマップの対象分野としての削減イメージであり、実際にはガス各社は各々の長期的な戦略の下でカーボンニュートラルの実現を目指していくことになるため、各社に上記経路イメージとの一致を求めるものではない。

出典)経済産業省、「トランジションファイナンス」に関するガス分野における技術ロードマップ, 2022

- ✓ 長期的には、合成メタンでのカーボンニュートラル化、植林に加えDACCS等で排出オフセットしカーボンニュートラル化へ。
- ✓ 短中期では、ガスコジェネの活用で、ガス需要増によってガス単体では排出増だが、日本全体としてCO2排出削減に貢献するというのが、政府も描く、カーボンニュートラルへの道筋

クライメート・トランジション・ファイナンス モデル事業にかかるモデル事例の選定

- ✓ 政府は、トランジション・ファイナンスに適した事例について、トランジション・ファイナンス基本指針における4要素や、分野別トランジション・ロードマップとの整合性等を確認した上で、モデル事業認定している。
- ✓ 2022年2月に東京ガス、3月に大阪ガスは、このモデル事業認定を受けた上で、トランジション・ボンドの発行を決定

要素 1 資金調達者のクライメート・トランジション戦略とガバナンス

トランジション・ファイナンスの目的

- ・パリ協定の目標に整合した目標や脱炭素化に向けて、事業変革をする意図が含まれたトランジション戦略の実現
- ・トランジション戦略の実行では、気候変動以外の環境及び社会への寄与も考慮（「公正な移行」）

トランジション戦略とガバナンスの開示

- ・TCFD提言などのフレームワークに整合した開示も可能

要素 3 科学的根拠のあるクライメート・トランジション戦略（目標と経路）

科学的根拠のある目標と経路

- ・科学的根拠のある目標とは、パリ協定の目標の実現に必要な削減目標（Scope 1～3が対象）
- ・短中期目標は長期目標の経路上に設定
- ・目標は地域や業種の特長など様々な事項を考慮して設定するため、経路は多様

参照・ベンチマーク

- ・国際的に認知されたシナリオ：IEAのSDSなどのシナリオ
- ・国際的に認知されたNGO等による検討：SBTiなど
- ・パリ協定と整合し、科学的根拠のある国別の削減目標や業種別のロードマップなど

【東京ガスのトランジションボンド】

トランジションボンドの資金使途

- 今回のトランジションボンドの資金使途となるプロジェクトは、需要サイドの低炭素化に資する①天然ガス高度利用に向けたインフラ整備、②スマートエネルギーネットワーク構築、またガス体エネルギーの脱炭素化に向けた長期的な取り組みである③水素事業であり、上記トランジション戦略に則ったプロジェクトである。

①新居浜LNGプロジェクト



出典)東京ガスHP

②スマートエネルギーネットワーク



<清原工業団地>

<(仮称)芝浦一丁目計画>

③晴海水素事業



東京ガス

【大阪ガスのトランジションボンド】

2. 本社債の資金使途

本社債の発行により調達した資金は、Daigasグループが開発及び投資する再生可能エネルギー事業（印南風力発電所、野辺地陸奥湾風力発電所、横浜町風力発電所、Daigas大分みらいソーラー（日産グリーンエナジーファーム大分））※4、並びにお客さま先設備の天然ガスへの燃料転換に貢献するプロジェクト※5への充当を予定しています。

印南風力発電所



横浜町風力発電所



出典)大阪ガスHP

5. まとめ



- ◆ パリ協定では、2°C目標、1.5°C目標や21世紀後半に実質ゼロ排出目標等と言及。また早期のカーボンニュートラル実現への要請が強まっている。日本政府も2050年実質ゼロ排出を目標に。
- ◆ 脱炭素化(ゼロ排出)のためには、原則的には、一次エネルギーは、再エネ、原子力、化石燃料+CCSのみとすることが求められる。いずれにしてもこれら脱炭素の各種技術のミックスが重要
- ◆ 再エネの大幅な拡大は、必須であるとともに、頑強な見通しがある。太陽光のコスト低減は進んでおり、洋上風力では安価な価格形成も見られつつあり、良い兆しはある。ただし、太陽光、風力発電の導入量が大きくなると、瞬時同時同量を実現するためのコストの大幅な増大が予想されるなど、多くの課題もある。
- ◆ 再エネの拡大が重要となる中、蓄電池、水素(アンモニア含む)は重要なオプション。更に、非電力部門で、再エネ、CCSを間接的に利用するためにも、水素とCO₂からの合成燃料(合成メタンなど)も重要なオプション。特に日本の場合、再エネ、CCSともに、海外と比較してコスト高と見られるため、海外再エネ、海外CCS活用手段として、水素や合成メタン等はとりわけ重要性が高い。
- ◆ 電力系統増強の費用最小化の点からも、需要地に近いところでの分散系の水素や合成メタン利用の重要性も高い。特にコージェネレーションシステムは、熱の有効活用が可能のため、省エネルギー化に資する。系統増強の費用負担増を回避しつつ、費用対効果の高い手段
- ◆ カーボンニュートラル化に向けても、事実上、カーボンフリーとなる、合成メタンへの移行の道筋が明確になってきており、ガス、とりわけコージェネの活用は有効。更に、カーボンニュートラルは、正味でゼロ排出を意味し、現状では、植林などでオフセットされたCN-LNGが既に提供されており、将来的には、より大規模に活用可能なDACCSなどのオプションもあり、カーボンニュートラル実現の多様な選択肢が見いだせる状況にあり、経済性を考慮しつつ途切れることのない移行が可能

参考

【参考】温暖化対策評価モデルDNE21+の概要

(Dynamic New Earth 21+)

- ◆ 各種エネルギー・CO2削減技術のシステムのなコスト評価が可能なモデル
- ◆ 線形計画モデル(エネルギーシステム総コスト最小化。決定変数:約1千万個、制約条件:約1千万本)
- ◆ モデル評価対象期間: 2000~2100年(代表時点:2005, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 70, 2100年)
- ◆ 世界地域分割: 54 地域分割(米国、中国等は1国内を更に分割。計77地域分割)
- ◆ 地域間輸送: 石炭、原油・各種石油製品、天然ガス・合成メタン、電力、エタノール、水素、CO2(ただしCO2は国外への移動は不可を標準ケースとしている)
- ◆ エネルギー供給(発電部門等)、CO2回収・利用・貯留技術(CCUS)を、ボトムアップ的に(個別技術を積み上げて)モデル化
- ◆ エネルギー需要部門のうち、鉄鋼、セメント、紙パ、化学、アルミ、運輸、民生の一部について、ボトムアップ的にモデル化。その他産業や民生においてCGSの明示的考慮
- ◆ 国際海運、国際航空についても、ボトムアップ的にモデル化
- ◆ 500程度の技術を具体的にモデル化、設備寿命も考慮
- ◆ それ以外はトップダウン的モデル化(長期価格弾性値を用いて省エネ効果を推定)

- ・ 地域別、部門別に技術の詳細な評価が可能。また、それらが整合的に評価可能
- ・ 非CO2 GHGについては、別途、米EPAの技術・コストポテンシャル推計を基にしてRITEで開発したモデルを利用

- ・ 中期目標検討委員会およびタスクフォースにおける分析・評価
- ・ 国内排出量取引制度の検討における分析・評価
- ・ 環境エネルギー技術革新計画における分析・評価

はじめ、気候変動政策の主要な政府検討において活用されてきた。またIPCCシナリオ分析にも貢献

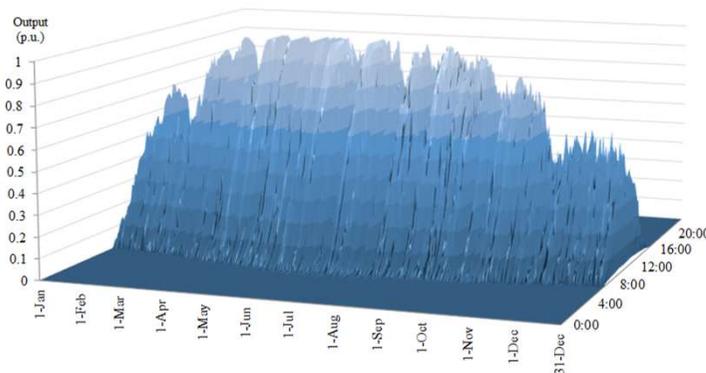
【参考】 統合費用の想定：東大-IEEJ電源構成モデル の分析結果を活用

- ◆ DNE21+モデルは世界モデルであるため、国内の電力系統や再エネの国内での地域偏在性を考慮した分析は難しい。そこで系統対策費用については、別途、東京大学藤井・小宮山研究室および日本エネルギー経済研究所による最適電源構成モデルによる、変動性再生可能エネルギーが大量に導入された場合の電力システム費用の上昇分（統合費用）を推計結果を活用
- ◆ 全国のAMeDASデータ等をもとに変動性再生可能エネルギーの出力の時間変動をモデル化し、線形計画法によって電力部門の最適な設備構成（発電設備及び蓄電システム）及び年間の運用を推計
- ◆ 今回は日本全体を5地域（北海道、東北、東京、九州、その他）に区分し、1時間刻みのモデル化により計算を実施。発電コストや資源制約などの前提条件はDNE21+の想定に合わせて設定

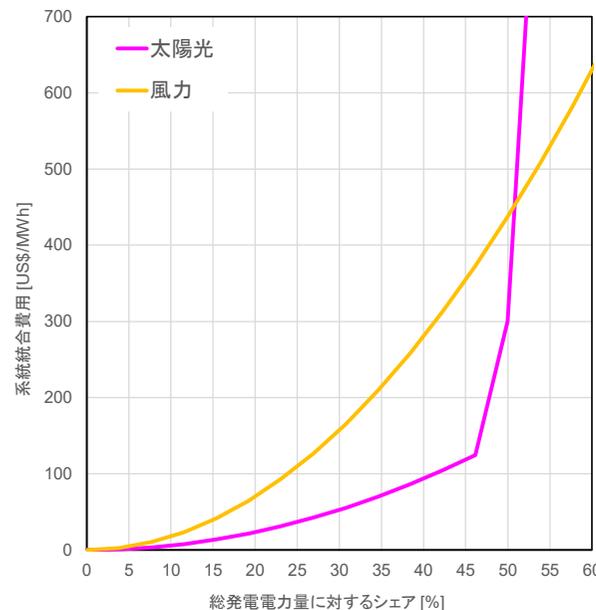
モデル計算で考慮されているもの・・・出力抑制、電力貯蔵システム（揚水発電、リチウムイオン電池、水素貯蔵）、発電設備の利用率低下、地域間連系線、貯蔵や送電に伴う電力ロス

モデル計算で考慮されていないもの・・・地内送電線、配電網、回転慣性の低下の影響、EVによる系統電力貯蔵、再生可能エネルギー出力の予測誤差、曇天・無風の稀頻度リスクなど

東大-IEEJ電源構成モデルの分析結果から近似した系統統合費用
＝DNE21+で想定した系統統合費用の想定（各導入シェア実現時の**限界費用**）

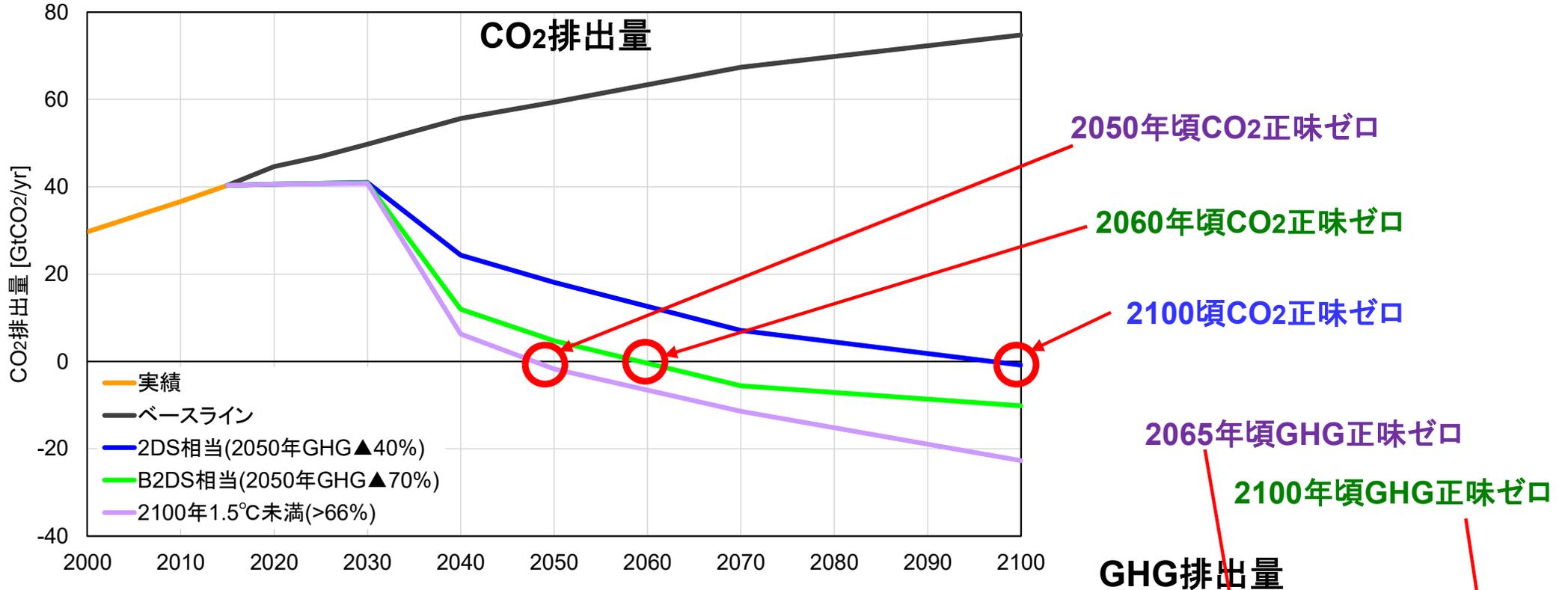


太陽光発電の出力例



- VRE比率が高まると、**限界統合費用は比較的急速に上昇傾向有**。これは、既にVREが大量に導入されている状況で更に導入を進める場合、曇天・無風状態が数日以上継続するリスクに対応するため、利用頻度の低い蓄電システムや送電線を保持することが必要となることによる。
- 例えば、再エネ比率50%程度（太陽光約400TWh、風力約100TWh）のケースにおいては、蓄電池導入量は最適化計算の結果、**870GWh**、再エネ100%程度（VRE56%）のケースでは**3980GWh**程度となる。（足下導入量約10GWh程度）

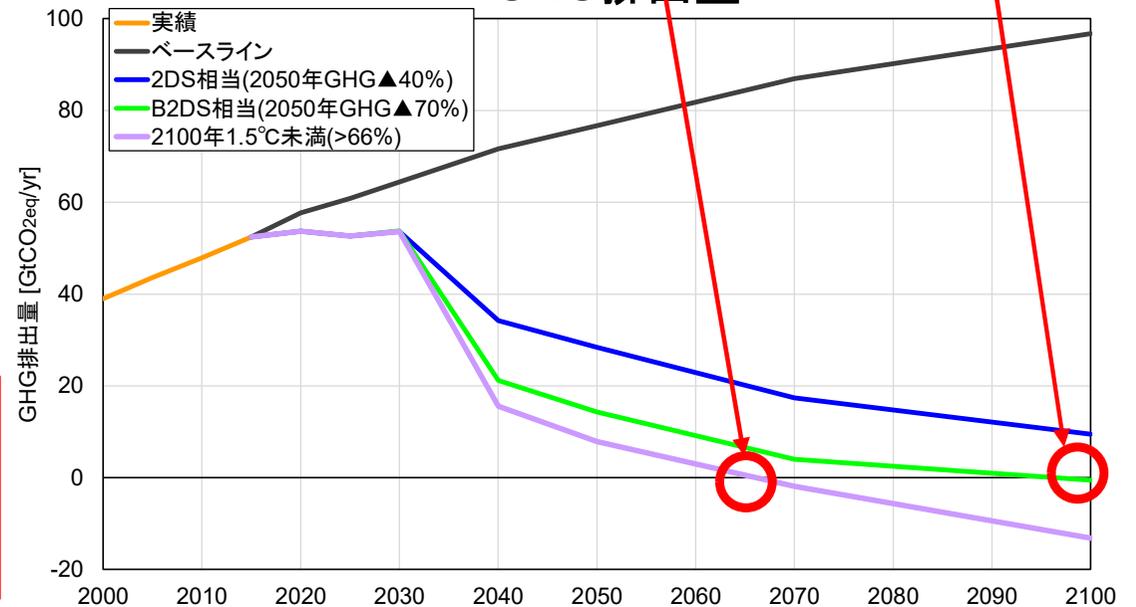
ベースラインの世界排出量と2°C、1.5°C排出シナリオ



注) ベースライン排出量は前提とする想定シナリオではなく、モデル計算結果(SSP2シナリオを表示)

※ 2DS、B2DS、B1.5OSシナリオについては、2030年までは各国NDCs相当の排出制約を想定

日本の2050年カーボンニュートラルシナリオの分析では、日本の排出削減シナリオに加えて、世界全体について1.5°Cシナリオを併せて想定(世界のカーボンニュートラルエネルギー資源の取り合いも踏まえた分析)



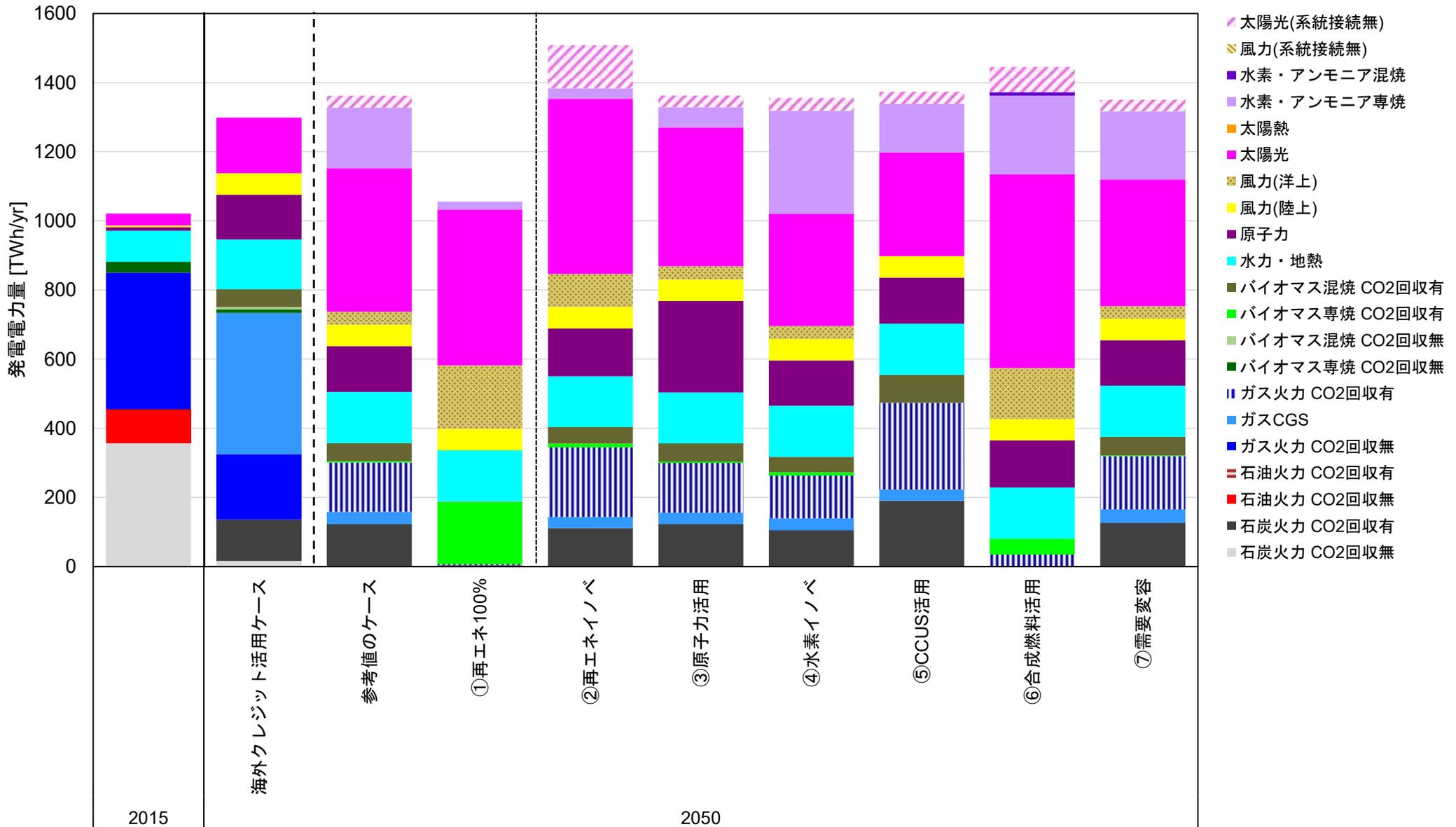
技術シナリオ想定 (2050年)

シナリオ名	再エネコスト	原子力比率	水素コスト	CCUS (貯留ポテンシャル)	完全自動運転 (カー・ライドシェア)
参考値のケース*1	標準コスト	10%	標準コスト	国内貯留:91MtCO ₂ /yr、 海外への輸送: 235MtCO ₂ /yr	標準想定 (完全自動運転車実現・ 普及想定せず)
①再エネ100%		0%			
②再エネイノベ	低位コスト	10%			
③原子力活用	標準コスト	20%			
④水素イノベ		水電解等の水素 製造、水素液化 設備費:半減			
⑤CCS活用		国内:273MtCO ₂ /yr、 海外:282MtCO ₂ /yr			
⑥合成燃料活用	低位コスト*2	10%	標準コスト	国内貯留:91MtCO ₂ /yr、 海外への輸送: 0MtCO ₂ /yr	
⑦需要変容				国内91Mt、 海外235Mt	2030年以降完全自動運転 実現・普及し、カー・ライドシェア 拡大、自動車台数低減によ り素材生産量低下

*1: DAC無しでは、2050年CNの実行可能解が無く、全てのシナリオでDACが利用可能と想定

*2: 国内は②再エネイノベと同じコスト・ポテンシャル想定。海外は更に安価な再エネコスト・ポテンシャルを想定

日本の発電電力量 (2050年)



- ✓ いずれのシナリオでも再エネ拡大は必須だが、様々な電源の組み合わせが重要
- ✓ 世界全体でCNを費用最小で実現するケース(海外クレジット活用ケース)ではCCS無のガス比率が高く、特にコジェネの経済性が高い。
- ✓ ①再エネ100%では電力の統合費用の急上昇により電力価格が大幅に上昇