

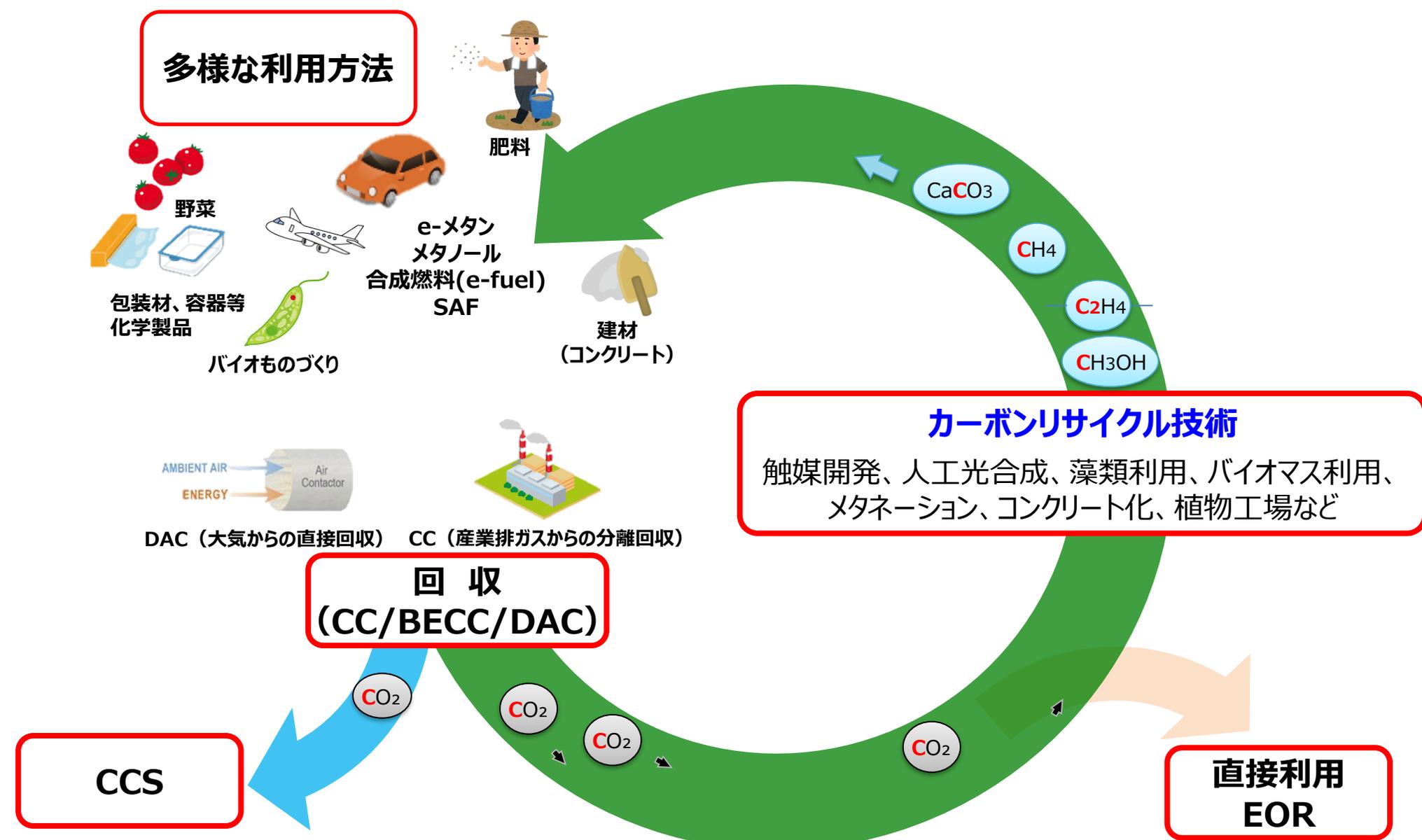
カーボンリサイクルロードマップ^o

令和5年6月23日

経済産業省

協力府省 内閣府 文部科学省 国土交通省 環境省

カーボンマネジメント（CCU・カーボンリサイクル/CCS/CDR）のイメージ

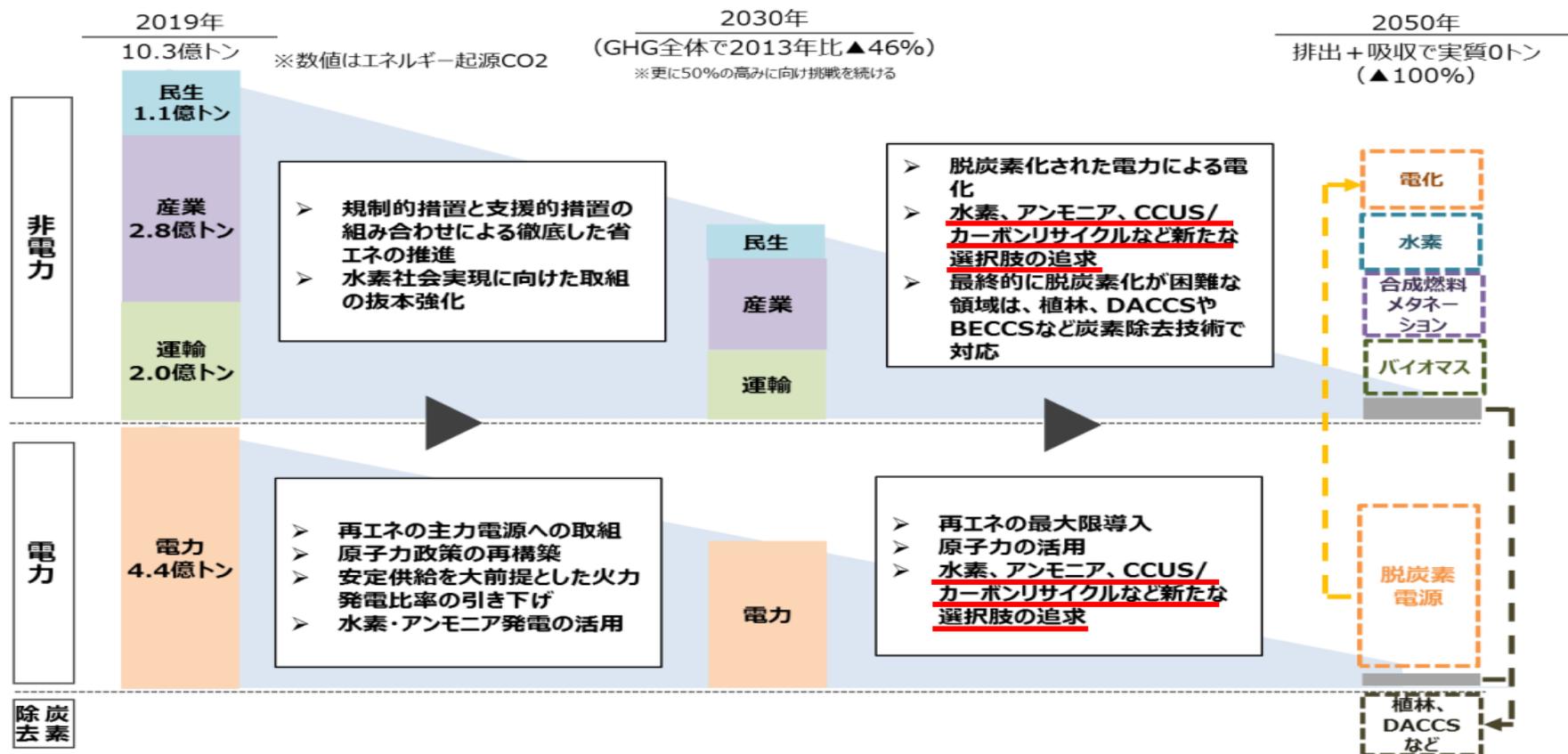


CCU : Carbon dioxide Capture and Utilization (二酸化炭素回収・有効利用)
CCS : Carbon dioxide Capture and Storage (二酸化炭素回収・貯留)
CDR : Carbon Dioxide Removal (二酸化炭素除去)

I .カーボンリサイクルの意義

カーボンニュートラルに向けたカーボンリサイクルの役割

- 2050年カーボンニュートラル目標の実現に向けて、火力発電所の脱炭素化や、素材産業や石油精製産業といった電化や水素化等で脱炭素化できずCO₂の排出が避けられない分野を中心に、カーボンマネジメントとして、カーボンリサイクル・CCSを最大限活用する必要。
- CO₂を有価物として捉え再利用するカーボンリサイクルは、再生可能エネルギー、原子力、水素・アンモニアとともに、日本の脱炭素化と産業政策やエネルギー政策を両立するための「鍵」となる重要なオプションの一つ。



カーボンリサイクルの意義

- カーボンリサイクルは、産業活動から排出されるCO₂を可能な限り低減した上で、なお排出される残余CO₂を適切にマネジメントする脱炭素化に向けた重要な取組の一つ。
- CO₂を有価物（資源）として捉え、新たな別の有価物に転換することで、製品等のサプライチェーン全体で従来通りの方法と比較してCO₂の排出を全体として抑制することが出来るため、2050年カーボンニュートラル社会の実現に貢献。

<従来通り化石燃料を利用した場合：ベースケース>



<CO₂を回収して再利用>



<DAC、バイオ技術で大気中からCO₂を直接回収して再利用（2050年理想の姿）>

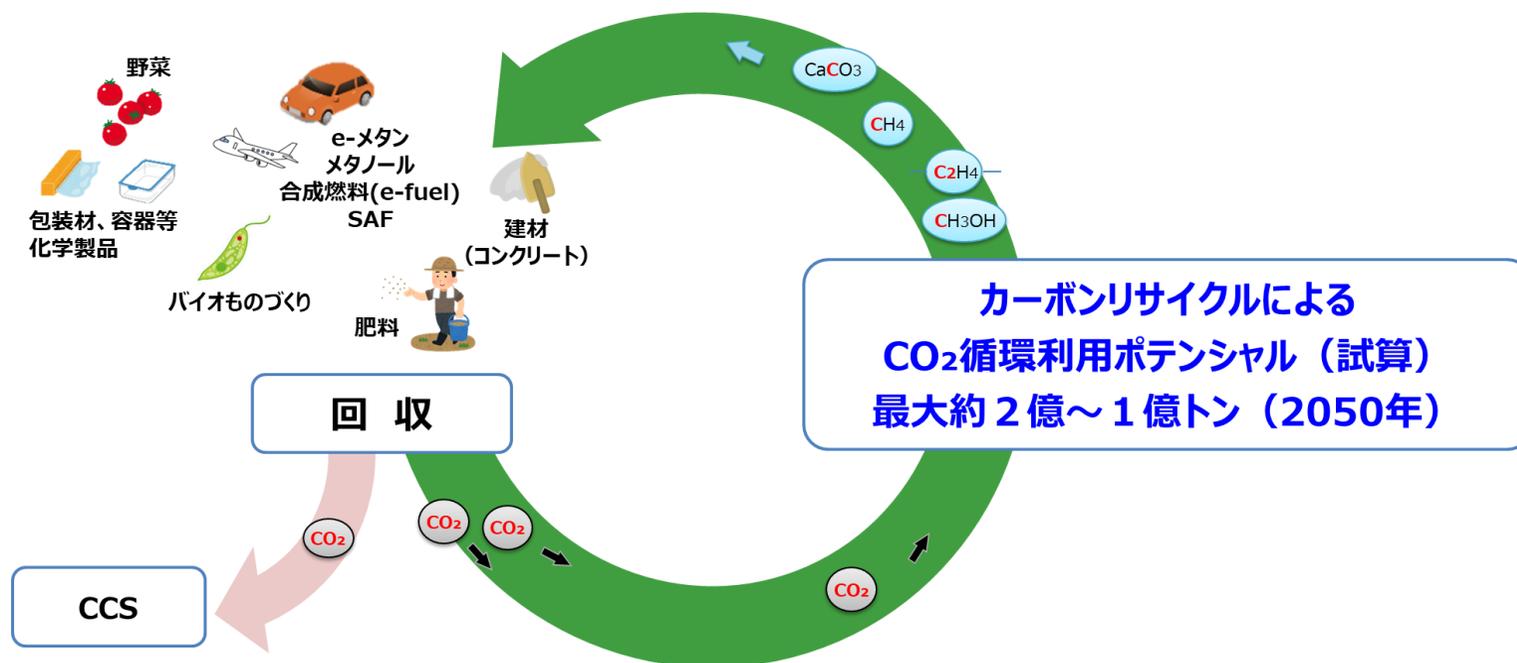
大気中のCO₂



これらシステム全体を比較すると、
下段の排出の方がより抑制されている。

カーボンリサイクルによるCO₂循環利用ポテンシャル

- 我が国で使用される**カーボンリサイクル製品**の製造に伴うCO₂利用量の**理論上の最大ポテンシャル**を試算※
 - 我が国の地形的、エネルギー政策的な制約を踏まえ、**CO₂を循環的に利用する最大シナリオを想定**。
 - 試算値には、CO₂の由来、発生地点（国内外）、固定期間の長短は問わない。
- **2050年時点**での最大CO₂リサイクル量（国内利用されるカーボンリサイクル製品相当）は、**約2億～1億トン**。



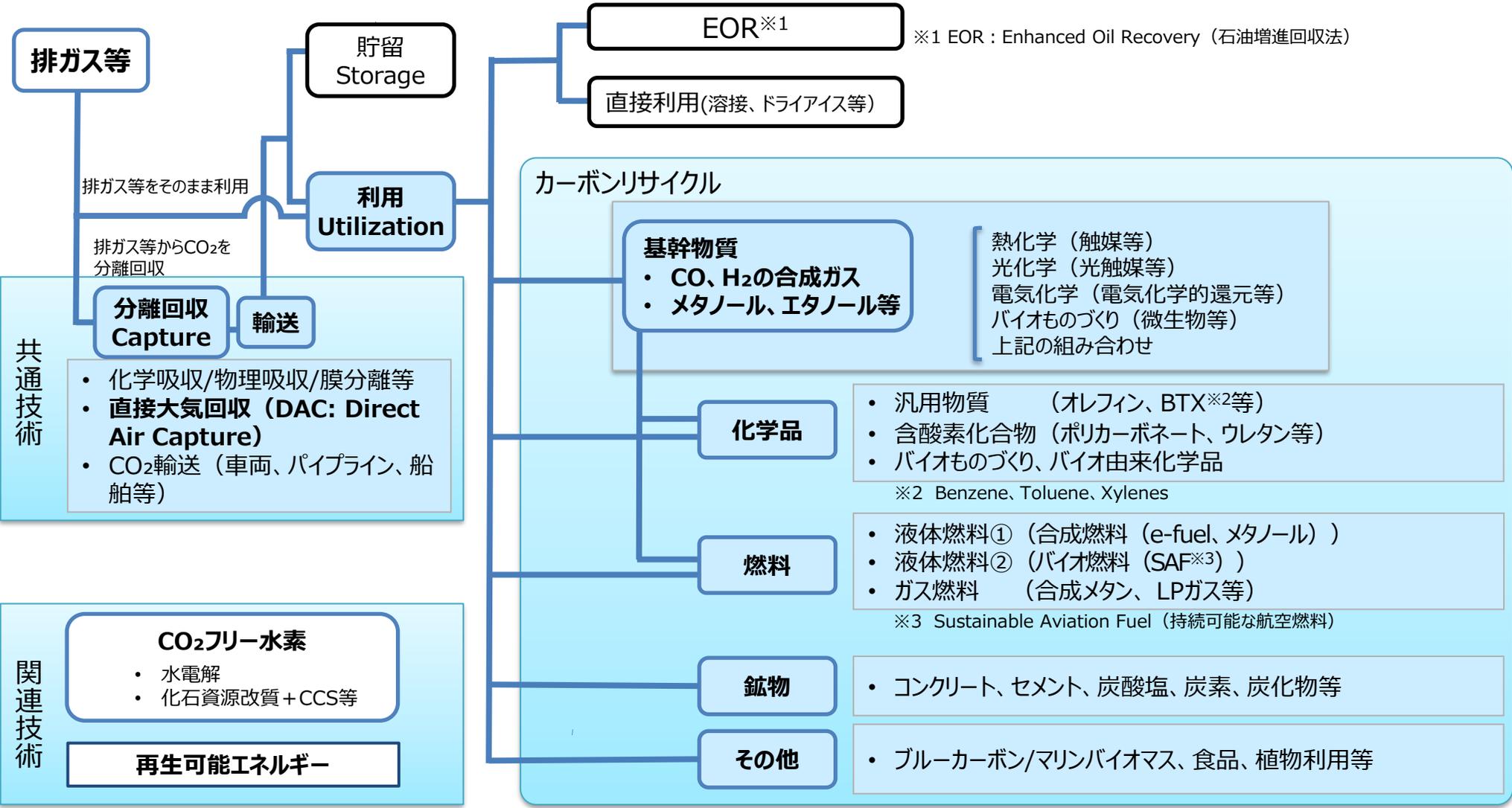
※IEA World Energy Outlook等の国際機関が発表する需要見通しをベースに試算。関連業界が個別に目標値を発表している場合には、その数値を利用。こうした数値をもとに算出可能な品目に限定し、試算。

数値は、技術の進歩や需要見通しの変化により、今後変化しうる。例えば、将来的に省エネや水素利用などが進展した場合、カーボンリサイクルの最大ポテンシャルは減少すると見込まれる。

II. 技術

カーボンリサイクル技術とは

● CO₂を有価物（資源）として捉え、これを分離・回収し、鉱物化によりコンクリート等、人工光合成等により化学品、メタネーション等により燃料へ再利用することで、従来どおり化石燃料を利用した場合と比較して大気中へのCO₂排出を抑制し、カーボンニュートラル社会の実現に貢献する。



※1 EOR : Enhanced Oil Recovery (石油増進回収法)

※2 Benzene, Toluene, Xylenes

※3 Sustainable Aviation Fuel (持続可能な航空燃料)

カーボンリサイクルを拡大していく絵姿

- 水素の調達環境や技術成熟度等を踏まえつつ、各製品分野における可能な限り早期の技術確立、低コスト化、普及を目指し、技術開発や実証を進める。
- ※市場投入や海外展開を見据え、CO₂削減効果（環境価値）についてLCA等の観点を含め、意識することが重要。

LCA : Life Cycle Assessment (ライフサイクルアセスメント)



製造コスト、事業環境等の
変化により前倒しの可能性

安価な水素供給かつ2040年以降に普及可能なカーボンリサイクル製品について、製造方法の効率化、スケールアップ。

2040年頃から普及

- **化学品** 汎用品（オレフィン、BTX等）
- **燃料** グリーンLPガス
- **鉱物** コンクリート製品（建築、橋梁等の用途）

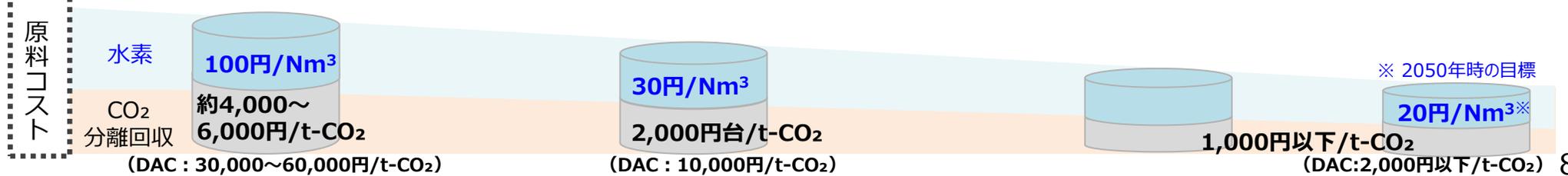
カーボンリサイクルに資する研究・技術開発・実証を推進。特に、商用化に向けて、水素が不要な製品や技術成熟度が高い製品を重点的に技術開発。

2030年頃から普及

- **化学品** ポリカーボネート 等
- **燃料** 合成燃料、SAF、合成メタン
- **鉱物** コンクリート製品（道路ブロック等）、セメント

→ **更なる低コスト化**
消費が拡大

- 化学品**（ポリカーボネート等）
プロセス改良等によるCO₂排出量の更なる削減
- 燃料**（SAF等）
現状から1/8～1/16程度に低コスト化
- 鉱物**（コンクリート製品（道路ブロック等））
現状から1/3～1/5程度に低コスト化



カーボンリサイクル技術開発に関する留意点

- 気候変動対策・資源確保の必要性に着目して、カーボンリサイクル技術開発を効果的に進めるための留意点は以下のとおり。
- **多くの技術において、安価なCO₂フリー水素が重要。**
 - ✓ 水素基本戦略において、2050年で水素のプラント引き渡し価格20円/Nm³がターゲット
 - ✓ 水素供給に課題が残る状況においても、①バイオマス、その他の水素が必要ない技術開発を進めるとともに、②水素供給の確立を待つことなく研究開発や天然ガスを利用した橋渡しの取り組みを進める。
- **カーボンリサイクル技術には、ゼロ・エミッション電源の活用が必要。**
 - ✓ 安定物質であるCO₂を有用物質に転換するためには、多大なエネルギー投入が必要。
- **カーボンリサイクル技術の評価には、LCAの視点が重要であり、分析・検証を行う。**
また、規格化・標準化についても取り組むことが必要。
- **その他、CO₂の分離回収コスト（DAC含む）についても低減を図る。**

(参考) カーボンリサイクル技術・製品概要

- ※ 1 現状のカーボンリサイクル製品の価格は事務局調べ
- ※ 2 既成製品の価格は統計情報や調査結果等に基づく参考値
- ※ 3 「CO2等を用いた燃料製造技術開発」プロジェクトの研究開発・社会実装の方向性(第8回 産構審GIプロジェクト部会 エネルギー構造転換分野 WG(2021年12月23日))における目標値
- ※ 4 「2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略」(2021年6月)における目標値

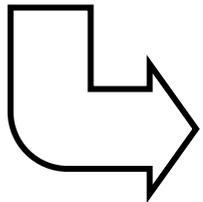
	CO ₂ 変換後の物質	カーボンリサイクル技術開発の現状	課題	既存製品の価格(2023年1月現在)	2030年	2040年以降
基幹物質	合成ガス メタノール等	一部実用化、革新的プロセス(光、電気等利用)は技術開発段階	変換効率・反応速度の向上、触媒の耐久性向上 等	-	製造コストの低減	製造コストの更なる低減
化学品	汎用品 (オレフィン、BTX等)	一部実用化(石炭等から製造した合成ガス等を利用)その他は技術開発段階	転換率・選択率の向上 等	約180円/kg ^{※2} (エチレンの国内販売価格)	製造コストの低減	製造コストの更なる低減
	含酸素化合物	一部実用化(ポリカーボネート等)、その他は技術開発段階【価格例】既存の同等製品程度(ポリカーボネート)	ポリカーボネートはCO ₂ 排出量の更なる削減 ポリカーボネート以外の実用化(転換率・選択率の向上)	約400円/kg ^{※2} (ポリカーボネートの国内販売価格)	既存製品と同等のコスト	製造コストの更なる低減
	バイオものづくり、 バイオ由来化学品	技術開発段階(CO ₂ や非可食性バイオマス等を原料とした物質生産)	低コスト・効率的な前処理技術、微生物改変技術 等	-	既存製品の1.2倍程度のコスト	更なる低コスト化
燃料	液体燃料 (バイオ燃料(SAF))	技術開発/実証段階【価格例】SAF1600円/L ^{※1}	生産率向上、低コスト・効率的な前処理技術 等	100円台/L ^{※2} (ジェット燃料の国内販売価格)	製品コストの低減	更なる低コスト化
	液体燃料 (合成燃料(e-fuel))	技術開発段階(合成燃料(e-fuel))【価格例】合成燃料 約300~700円/L ^{※1}	現行プロセスの改善、システム最適化 等	約170円/L ^{※2} (ガソリンの国内販売価格)	-	既存の製品と同等のコスト(約100-150円/L) ^{※3}
	ガス燃料 (合成メタン、LPガス等)	技術開発/実証段階	システム最適化、スケールアップ、高効率化 等	105円/Nm ^{3※2} (天然ガスの輸入価格)	製造コストの低減	既存の製品と同等のコスト(40-50円/Nm ³) ^{※4}
鉱物	コンクリート、セメント、炭酸塩、炭素、炭化物	一部実用化、低コスト化に向けた技術開発段階【価格例】数百円/kg(道路ブロック)	CO ₂ と反応させる有効成分の分離、微粉化、低コスト化 等	30円/kg ^{※2} (道路ブロック用プレキャストコンクリートの国内販売価格)	道路ブロック等、技術成熟度が高い製品について、既存の製品と同等のコスト	新たに用途拡大された製品について、既存製品と同等のコスト
共通技術	CO₂分離回収(DAC含む)	一部実用化(化学吸収法)、その他手法は技術開発段階【価格例】約4000円~6000円/t-CO ₂ (化学吸収法)	所要エネルギーの削減 等	-	1000-2000円台/t-CO ₂ (共通技術(CO ₂ 分離回収技術)のスライド参照)	1000円以下/t-CO ₂ 2000円以下/t-CO ₂ (DAC)
基盤物質	水素	概ね技術確立済み(水電解等)、他の手法含め低コスト化に向けた技術開発を実施	低コスト化 等	-	30円/Nm ^{3※4}	20円/Nm ^{3※4} (プラント引き渡しコスト)

Ⅲ.産業化の加速

①産業間連携

産業間連携の推進に向けた考え方と取組の方向性

- カーボンリサイクルの社会実装を進めるためには、CO₂排出者と利用者を連携させる産業間連携、すなわちCO₂等のサプライチェーン構築が必要。他方、現状では、直接利用分野を除き、ほぼ存在しない。
- また、長期見通しに不確実性が伴うこともある中で、既存インフラを最大限活用しつつ、水素・アンモニアの普及、CCSやDACの実装など、将来的な社会デザインも想定した検討が必要。
- 産業間連携は、CO₂分離回収、輸送、利用のプロセスで構成されるが、各プロセスに様々な業種の事業者が存在。産業間連携のあり方は多様であり、事業環境なども踏まえ、段階的なCO₂サプライチェーンの構築のあり方を検討していくことにより、事業の幅が広がっていく可能性がある。その際、関連法令の動向にも留意していくことが重要。
- カーボンリサイクルは既存技術に比べて、コストが総じて高いが、産業間連携などを通じて、CO₂の流通規模を大きくすることで、将来的なコスト低減も期待できる。また、CO₂削減効果の最大化や新たな産業育成による地域活性化にも繋がる可能性もある。



- 将来的な社会デザインを想定した、多様な産業間連携に向けた段階的な検討を進め、見える化。
- また、地域全体でのCO₂排出削減や、回収されたCO₂の供給者と利用者のマッチング等を担う、「CO₂マネジメント事業者（仮称）」の役割・課題、担い手等の検討。
- 官民による普及啓発、ファーストムーバーへの支援

カーボンリサイクルにおける産業間連携の類型

- コンビナートなどの産業集積地では、既存インフラが整備されており、カーボンリサイクルに必要な水素供給も効率的に実施することが可能。他方で、CO₂は日本全国から排出されており、セメント・コンクリートなど、水素が不要な技術も存在。
- 産業間連携のあり方は多様であるが、CO₂の供給量と利用者の集積度合いや既存インフラの整備状況などを踏まえると以下のような分類が可能。

大規模産業集積型

- CO₂排出者とCO₂利用者が存在
- 複数のCR用途が見込まれる
- 規模のメリットを活かした効率的なインフラ整備が可能

(五井・蘇我(千葉)コンビナートの例)

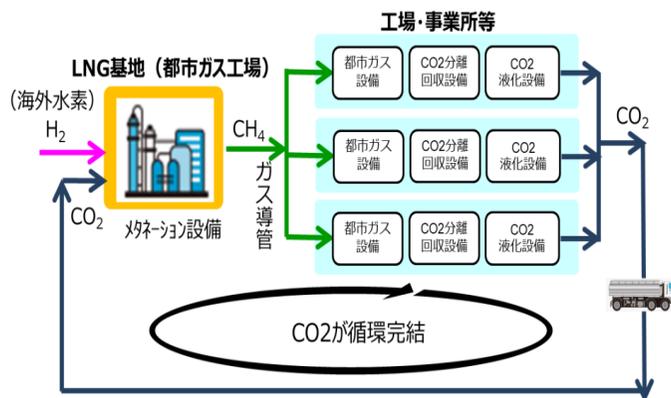


(出典) NEDO事業「千葉県五井地区産業間連携調査(横河電機)」

中小規模分散型

- 大規模なCO₂排出源がないため、CO₂を集約することが必要
- CRの用途は水素の調達状況により異なる。(内陸地などでは、コンクリート・セメントや食品、農業、バイオなど)

(中部圏での検討例)

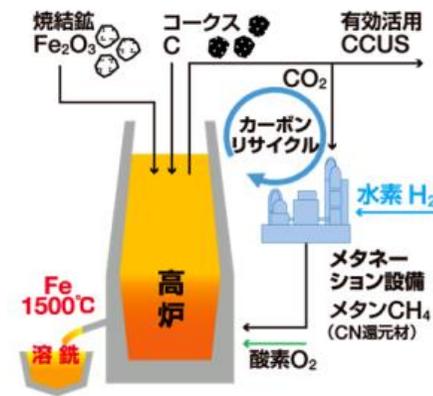


(出典) 第9回メタネーション推進官民協議会
(株式会社アイシン、株式会社デンソー、東邦ガス株式会社資料)

オンサイト型

- メタネーションなどのCR技術を想定
- 実証段階から早期に実現可能であり、CR導入初期、実証期において重要な役割
- 排熱や蒸気の有効利用など、トータルのエネルギー収支の検討が必要

(カーボンリサイクル高炉の例)



(出典) 第7回メタネーション推進官民協議会 (JFEスチール(株)資料)

CO₂流通におけるマネジメントについて

- CCUSや省エネ・エネルギー転換等を個別で実施するだけでは限界。より多くの企業が参加した産業間連携を進めることで、地域全体でのCO₂排出削減に繋がるとともに、安定的かつ効率的なCO₂等の需給にも貢献。
- これを実現するためには、供給者と利用者をマッチングさせる役割の他、需給のバランス調整、CO₂削減を最大化する全体マネジメント等の役割を担う、事業主体（CO₂マネジメント事業者）の設置することが効果的であり、事業主体には、CO₂のトレーサビリティの確保を担う事も期待される。

■ CO₂マネジメント事業者に求められる役割（案）

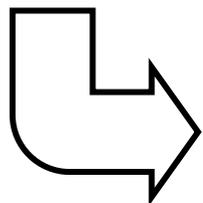
対象者	供給者	利用者	輸送者
モノ	最適な輸送ネットワーク		
	環境保全・保安・法令遵守		
	供給・利用保証（需給バランス調整、品質（濃度・不純物））		
サービス・制度	需要予測の提供	供給予測の提供	
	事業プランニング（環境価値、段階的な連携の進め方等）		
	バリューチェーンを可視化するデジタルプラットフォームの構築（トレーサビリティ含）		
	案件組成・拡張（供給者と利用者のマッチング）		
	参画事業者の事業活動に関する情報管理（暗号化）		

Ⅲ.産業化の加速

② 国際連携の取組

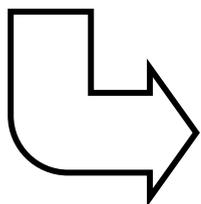
カーボンリサイクルの国際連携の意義と取組の方向性

- CO₂等原材料、エネルギーの最適配置の探求と、カーボンリサイクル市場の創造。
- 化石燃料の脱炭素化を踏まえた、資源外交の多様化。カーボンニュートラルを見据えた関係強化。



- 既に当該分野で日本企業が進出している国とは、さらなる案件の発掘を図る。企業等から政策支援等の要望があった場合は、既存の予算スキームや二国間対話等を通じて適切に対応。
- 産油・産ガス国等とは、エネルギー安定供給の確保の観点も踏まえつつ、国際場裏においてカーボンリサイクルを含め密に連携。
- アジア・ゼロエミッション共同体（AZEC）等、多様なカーボンニュートラルへの経路を探求する国々とは、カーボンリサイクルは有望なソリューションの一つである旨確認しつつ、協力関係の強化を目指す。

- カーボンリサイクルが生む環境価値の確立と国際場裏における共同歩調。



- カーボンリサイクルの環境価値を事業者や研究開発機関等がLCAの手法を通じて適切に測定・評価出来る仕組みとともに、その環境価値及びその帰属を相互に認め合うことで、ステークホルダーに対しその環境価値を説明・訴求出来る仕組み作りを目指す。

日本企業のカーボンリサイクルの国際展開

EU・欧州

積水化学とArcelorMittalが、**CO₂を再利用**するプロジェクトに関するパートナーシップを締結。
三菱商事は、スイスSouth Pole社（**カーボンクレジット**）と、CCUS由来カーボンクレジットの開発・販売事業の共同検討。

中東

三井物産とサウジアラムコによる**合成メタノールF/S**を実施。

中南米

ペルー：大ガス、丸紅が**eメタンF/S**を実施。

中国

日立造船が榆林経済技術開発区にて**メタネーションF/S**を実施。
丸紅がMFESとCCUによるメタノールのアジア販売権の取得に関する合意締結。

ASEAN

マレーシア：住友商事、東ガスがペトロナスと**eメタンF/S**。
タイ：日鉄エンジが地場セメント工場からのCO₂回収/on-site**メタン合成実証**（2024年～）。
インドネシア：千代化とプルタミナが**CCU技術適用**に係る共同検討。
シンガポール：IHIと科学技術研究所は、**CO₂原料SAF**を合成するための新触媒を開発。また共同研究開発センター設立のためのMOU。
シンガポール：大阪ガスと地元企業の間で**メタネーションF/S**に合意。

カナダ

三菱商事とCarbon Cure（**低炭素コンクリ**）の協働。
東ガスとCleanO2（回収装置開発）は、**都市ガスからの排出CO₂から炭酸カリウム**を製造するon-site CCU技術を開発。

豪州

INPEXとCSIROによる**メタネーションF/S**。
伊藤忠、大成建設とMCI（**炭カル固定化**）の協業。
大ガスがSantosと豪州での**e-メタン製造**と日本等への輸出に関する詳細検討。
東洋エンジ、双日がQLD州での**e-fuel/SAFバリューチェーン構築**に関し検討。
三菱ガス化学とセメントオーストラリア社は、回収CO₂と水素を用いた**メタノール製造販売**の事業化検討。

米国

三菱商事とBlue Planet（**CO₂活用骨材**）、三井物産とLanzaTech（**エタノール**）の協業。積水化学とLanzaTechとの協業（**岩手県実証プラント**）。
三井物産とセラニーズ社が出資しプラントからのCO₂を利用した**メタノール製造設備**を増強。
三菱重工が**バイオを活用したCO₂利用技術**を持つセンビタファクトリー社に出資。
東ガス、大ガス、東邦ガス、三菱商事がキャメロンLNG基地近傍で**eメタン製造・輸送** F/S。JERA：**メタネーションF/S**。
大ガスが**バイオ由来CO₂+ブルー水素+CCSのeメタンFS**。
三菱重工がInfiniumに出資し**合成燃料（e-Fuel）**事業に参入。
東京ガスがGlobal Thermostat（**DAC**）に出資。

カーボンリサイクルの環境価値の課題：①民間事業者の情報開示

- GHGプロトコルでは、事業者に対して事業実施時に排出した全てのCO₂の報告を求めている。そのうち、サプライチェーンを通じたCO₂排出の開示（スコープ3）では二重、三重計上を求めるルールであり、カーボンリサイクル（排出抑制）をシステム全体から見て評価する仕組みではない。
- このため、カーボンリサイクルによる排出抑制を評価出来る仕組み作りが必要。

GHGプロトコルスコープ1,2,3における計上の考え方

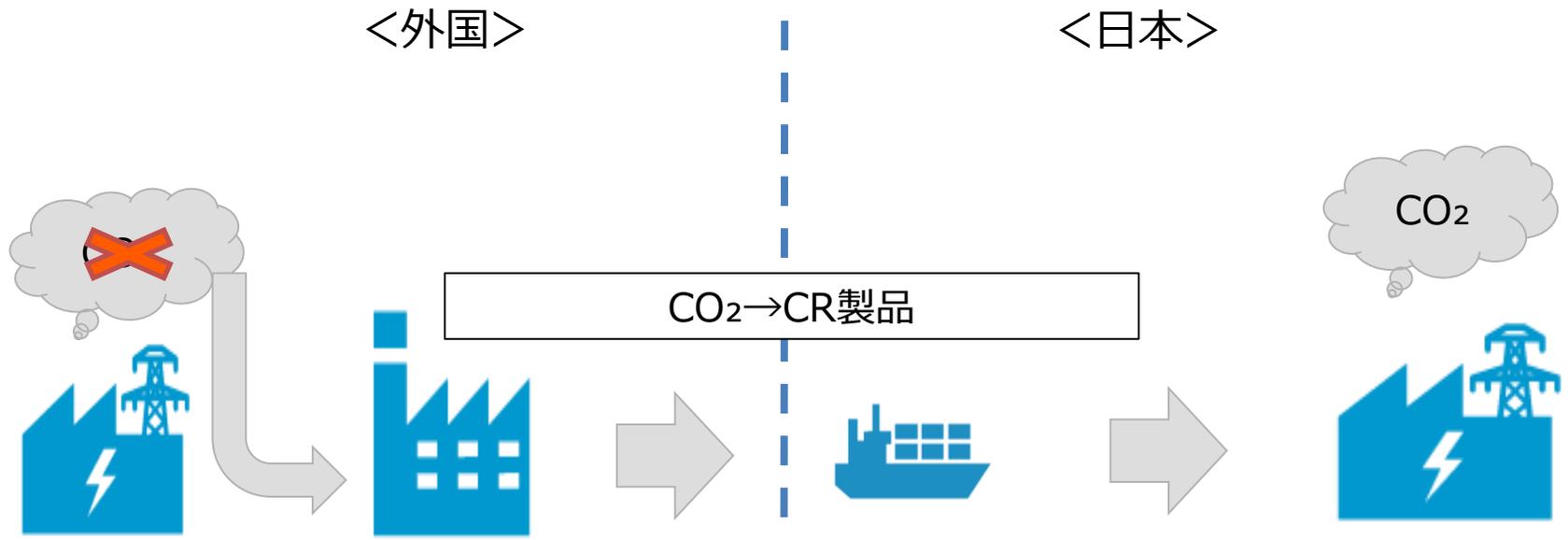


	スコープ1	スコープ2	スコープ3	計
回収企業	回収時に排出したCO ₂		製造時及び利用時に排出したCO ₂	
製造企業	製造時に排出したCO ₂	自社で利用した電力のCO ₂	回収時及び利用時に排出したCO ₂	自社の利用電力分並びに回収時、製造時及び使用時に排出したCO ₂
利用企業	使用時に排出したCO ₂		回収時及び製造時に発生したCO ₂	

カーボンリサイクルの環境価値の課題：②国境を越えるケースの取り扱い

- 産業由来のCO₂を原料として用いたカーボンリサイクルは、二重計上を排除する原則に照らせば、ライフサイクルでの排出量を案分し得ると考えられる。
- ただし、IPCCガイドライン等において、**国境を超えたカーボンリサイクルのCO₂の取り扱いについて明確化されていない**ため、NDCの達成を主張する際の不確実性は残る。
- 具体的なプロジェクトを実施しつつ、日本のインベントリやNDC等における取り扱いについて整理・調整することが重要。

どちらの国のNDCに貢献していると主張するのか整理が必要。

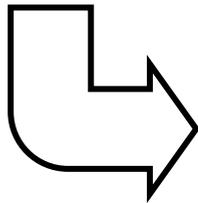


Ⅲ.産業化の加速

③担い手の創出、エコシステムに向けた取組

カーボンリサイクル分野におけるスタートアップ・エコシステムの確立

- カーボンリサイクルはCO₂の分離回収プロセス、CO₂由来の製品製造プロセスにエネルギーとコストがかかるため、**高効率化、低コスト化の実現に向けた様々な技術開発がすでに進められている。**
- **カーボンリサイクルは、CO₂を資源として捉える、従来とは異なる価値基準を持つイノベーション**であり、社会実装や産業化に向けては、さらなる**柔軟な発想力やスピード感のある技術開発が必要。**
- この担い手として、スタートアップの果たす役割は非常に大きい。実際、**欧米においても、スタートアップによる技術開発・実証が活発化し、一部は既に実用化**されている。



- 我が国においても、**スピード感のあるスタートアップを中心としたカーボンリサイクルの担い手を生み育てるエコシステムを確立することが重要**であり、そのためには、企業や海外のプレーヤーも巻き込みつつ、政府の「スタートアップ育成5か年計画」（令和4年11月）で示された以下の取組を一体として推進していくことが必要。
 - ① スタートアップ創出に向けた人材・ネットワークの構築
 - ② スタートアップのための資金供給の強化と出口戦略の多様化
 - ③ オープンイノベーションの推進

【参考】「GX実現に向けた基本方針」（令和5年2月）より抜粋

「スタートアップ育成5か年計画」に掲げられた目標も踏まえ、GX関連分野におけるスタートアップ企業の研究開発・社会実装支援等を抜本的に強化する。

エコシステムの確立に向けた取組

- カーボンリサイクルにおける我が国のスタートアップは、主にプレシード、シード段階であり、育成していくためには手厚い支援が必要。広島県大崎上島の「カーボンリサイクル実証研究拠点」の整備をはじめ、技術開発、人材育成・ネットワーク構築、国際展開への後押しなど、産学官一体で担い手の創出・育成、エコシステムの確立に向けた支援に取り組む。
- さらに、全国各地域の大学において独自にカーボンリサイクルの拠点、研究センターを設置する動きがあるが、こうした動きを連携、発展させ、よりエコシステムの確立につながりやすい環境を創出する。

担い手の創出・育成、エコシステムの確立



技術開発

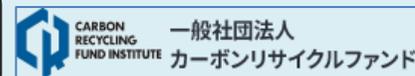


- ✓ 研究開発に対する助成
- ✓ 研究拠点での技術開発に対する技術面、ビジネス面での専門家による助言



カーボンリサイクル実証研究拠点

人材育成 ネットワーク構築



- ✓ 地域に設置したカーボン・サーキュラー・エコノミー推進協議会や大学の関連研究センターとの産学連携の強化
- ✓ 次世代に向けたカーボンリサイクルに関する普及啓発活動
- ✓ 企業の若手社員に対する人脈形成支援、人材育成



スタートアップ企業との交流イベント開催

国際展開

- ✓ 国際会議などの場の提供を通じて、国内外への情報発信、海外企業との連携支援
- ✓ 国内外のカーボンリサイクル研究機関との連携
- ✓ MOCを活用した連携
- ✓ 国内外機関投資家やVCとのネットワーク構築、資金供給拡大



カーボンリサイクル産学官国際会議

【参考】カーボンリサイクルに係る国内外のスタートアップ等

国	企業・組織名	製品・生成物	開発段階
	O.C.O Technology (スタートアップ)	軽量骨材	商用化
	Clime works (スタートアップ)	DAC (アミン系固体 吸収剤等を利用)	商用化 ※高コスト

国	企業・組織名	製品・生成物	開発段階
	アルガルバイオ (スタートアップ)	バイオプラ等	基礎
	広島大学	化粧品等	基礎
	岐阜大学	尿素	基礎
	東北大学	炭化ケイ素	基礎
	金沢大学、RITE	DAC	基礎

一部の大学において、カーボンリサイクルに特化した組織を設立するなど、新しい担い手が創出されうる動きあり。

(以下、公表情報より)

- ✓ 茨城大学：カーボンリサイクルエネルギー研究センター
- ✓ 九州大学：カーボンニュートラル・エネルギー国際研究所
- ✓ 京都大学：カーボンリサイクルを起点としたマテリアル・プロセスイノベーションプロジェクト
- ✓ 静岡大学：カーボンリサイクル技術研究所
- ✓ 東京工業大学：三菱電機エネルギー&カーボンマネジメント協働研究拠点
- ✓ 同志社大学：カーボンリサイクル教育研究プラットフォーム
- ✓ 広島大学：カーボンリサイクル実装プロジェクト研究センター

等

国	企業・組織名	製品・生成物	開発段階
	Carbon Cure (スタートアップ)	セメント原料	商用化

国	企業・組織名	製品・生成物	開発段階
	Lanza Tech (スタートアップ)	エタノール	実証
	Opus12 (スタートアップ)	メタン、エタン、 エタノール	実証
	Newlight Technologies (スタートアップ)	ポリマー (生体触媒 を活用)	商用化
	Solidia Technology (スタートアップ)	CO ₂ 吸収コンクリート	商用化
	Blue Planet (スタートアップ)	軽量骨材	商用化

国	企業・組織名	製品・生成物	開発段階
	HIF (スタートアップ)	合成燃料 (e-fuel)	実証

IV. 今後の課題とアクション

カーボンリサイクルの普及を加速させるための政策の課題、アクション

1. 技術開発・社会実装

- 水素コストやCO₂分離回収技術の開発状況も踏まえつつ、開発した技術の事業化に向けた、効果的な支援策。
- 産業競争力維持に向け、意義や環境価値を踏まえた、カーボンリサイクル製品にかかるコストが受容される社会的機運の醸成。

2. 産業間連携

- モデルケース創出及びその横展開のため、官民によるファーストムーバーへの支援策や、産業間連携を進める上で関係する法令など、課題を整理。
(産業間連携は、関係者の合意などに時間がかかることに加え、プラントの設備更新のタイミングも考慮する必要)
- 排出源が日本全国に存在することを踏まえ、特に中小規模分散型について、連携パターンや可能性の深掘り。
(大規模産業集積型やオンサイト型は既に具体的な取組の動きがあるが、中小規模分散型はまだ事例も少ないため)
- 各類型に横断的な課題として、輸送の最適方法や利用者と供給者のマッチング、需給バランス調整、トレーサビリティ確保等全体マネジメントを担うCO₂マネジメント事業者の役割、担い手や産業間連携のあるべきシステムの姿について、CO₂の品質が様々であることも踏まえ、更なる整理を行うべく調査を実施。

3. 環境価値評価・国際展開

- カーボンリサイクルによるCO₂排出抑制について適切に評価できる仕組み（標準化等）の構築に向けた、バイやマルチの場を活用し志を同じくする国や海外企業等との連携の在り方。
- IPCCガイドライン等において、国境を超えたカーボンリサイクルのCO₂の取り扱いが明確化されていないため、具体的なプロジェクト等を通じて環境価値を適切に配分可能な仕組み作りを目指す。
- GXウィーク（カーボンリサイクル産官学国際会議）等を通じた我が国技術、環境価値の評価の考え方等の発信。

4. 担い手の創出・エコシステムの確立

- カーボンリサイクル分野のスタートアップは主にプレシード、シード段階であり、育成・事業化に向け産学官一体の手厚い支援が必要となるが、技術開発、人材育成、国際展開、規制の導入等各種支援の効果的な実施方法。

參考資料

G7首脳会合コミュニケにおけるカーボンリサイクルの扱い

2023年5月19日～21日に日本・広島で開催されたG7首脳会合の機会に成果文書として「**G7広島首脳コミュニケ**」を策定。カーボンリサイクルについては以下のとおり記載。

エネルギー パラ25

(前略) 我々は、**二酸化炭素炭素回収・有効利用・貯蔵 (CCUS) /カーボンリサイクル技術**が、他の方法では回避できない産業由来の排出を削減するための**脱炭素化解決策の幅広いポートフォリオの重要な要素となり得る**こと、また、強固な社会・環境面のセーフガードを備えた二酸化炭素除去 (CDR) プロセスの導入が、完全な脱炭素化が困難なセクターにおける残余排出量を相殺する上で不可欠な役割を担っていることを**認識する**。

G7気候エネルギー環境大臣会合コミュニケにおけるカーボンリサイクルの扱い

2023年4月15日～16日に日本・札幌で開催されたG7気候・エネルギー・環境大臣会合の機会に成果文書として「G7気候・エネルギー・環境大臣会合コミュニケ」を策定。カーボンリサイクルについては以下のとおり記載。

パラ68 カーボンマネジメント（CR関連部分抜粋）

（前略）我々は、二酸化炭素の輸出入メカニズム整備を促進するために協力する。我々は、二酸化炭素の活用、及び活用を通じて二酸化炭素の価値を高めるシステム、もしくはインセンティブを整備する必要性を認識する。これらの技術の進化していく性質を考慮し、我々は、CCU/カーボンリサイクル及びCCSは、2050年までのネット・ゼロ排出達成のための脱炭素化解決策の幅広いポートフォリオの重要な要素になり得ることを認識しており、イーフューエルやイーメタンなどのカーボンリサイクル燃料（RCFs）を含むCCU/カーボンリサイクル技術は、化石由来の製品代替や二酸化炭素を活用することで、他の方法では回避できない産業由来の排出を、既存のインフラを活用しながら削減できることを認識する。（中略）我々は、CDRのMRVの調和を促進するための国際協力を加速し、RCFsなどのCCU/カーボンリサイクル技術に関する産学官の共同ワークショップを含めた交流を行う。

カーボンリサイクルに関する二国間協力①

◆ 米国

2022年5月、CCUS/カーボンリサイクルに関する協力覚書（MOC）を局長級から閣僚級に格上げ。同MOCに基づきWGを開催し、両国の政策・技術情報、民間企業の取組を共有。



◆ オーストラリア

2019年9月、カーボンリサイクル産学官国際会議において、カーボンリサイクルに関するMOCに署名。同MOCに基づき、日豪ワークショップを開催し、政策情報を共有。



◆ カナダ

2019年6月、エネルギー分野に関するMOCに署名し、カーボンリサイクルも協力分野の一つとして位置付け。同MOCに基づき、WGを開催。



カーボンリサイクルに関する二国間協力②

◆ UAE

2021年1月、経済産業大臣とアブダビ国営石油会社（ADNOC）CEO兼産業・先端技術大臣とのTV会談の際に、MOCに署名。今後、同MOCに基づき、カーボンリサイクルに関する情報交換等を実施予定。



◆ インドネシア

2022年1月、大臣往訪時にエネルギー・トランジションの実現に関するMOCに署名し、カーボンリサイクルも協力分野の一つとして位置付け。今後、同MOCに基づき、カーボンリサイクルに関する情報交換等を実施予定。



◆ サウジアラビア

2022年12月、大臣往訪時にカーボンリサイクルを含む循環炭素経済に関するMOCに署名。今後、同MOCに基づき、カーボンリサイクルに関する情報交換等を実施予定。



◆ シンガポール

2022年1月、も協力分野の一つとして位置付け。今後、同MOCに基づき、カーボンリサ大臣往訪時に低排出技術に関するMOCに署名し、カーボンリサイクルに関する情報交換等を実施予定。



◆ タイ

2022年1月、大臣往訪時にエネルギー・パートナーシップの実現に関するMOCに署名し、カーボンリサイクルも協力分野の一つとして位置付け。今後、同MOCに基づき、カーボンリサイクルに関する情報交換等を実施予定。



カーボンリサイクル産学官国際会議

- 本会議を通じて、各国がカーボンリサイクルの将来的な社会実装に向けた技術開発・実証に取り組む方向性を確認するとともに、**各国間の協力関係を強化**。
- 具体的には、各国との協力分野の深掘り等を進めるとともに、グリーンイノベーション基金事業や広島県・大崎上島のカーボンリサイクル実証研究拠点の進捗等を発信し、世界の実効的な脱炭素化に向けて**日本が技術開発・実証をリードしていく姿勢**をアピール。

1. 会議概要（直近は第4回）

- 日時：2022年9月26日
- 場所：WEB形式
- 参加者数：**約1,200名（23か国・地域）**
- プログラム
 - 閣僚講演、専門家パネルディスカッション
 - 投資・スタートアップ
 - 研究開発・人材育成・課題発掘
 - カーボンリサイクル実証研究拠点

2. 主要な参加者

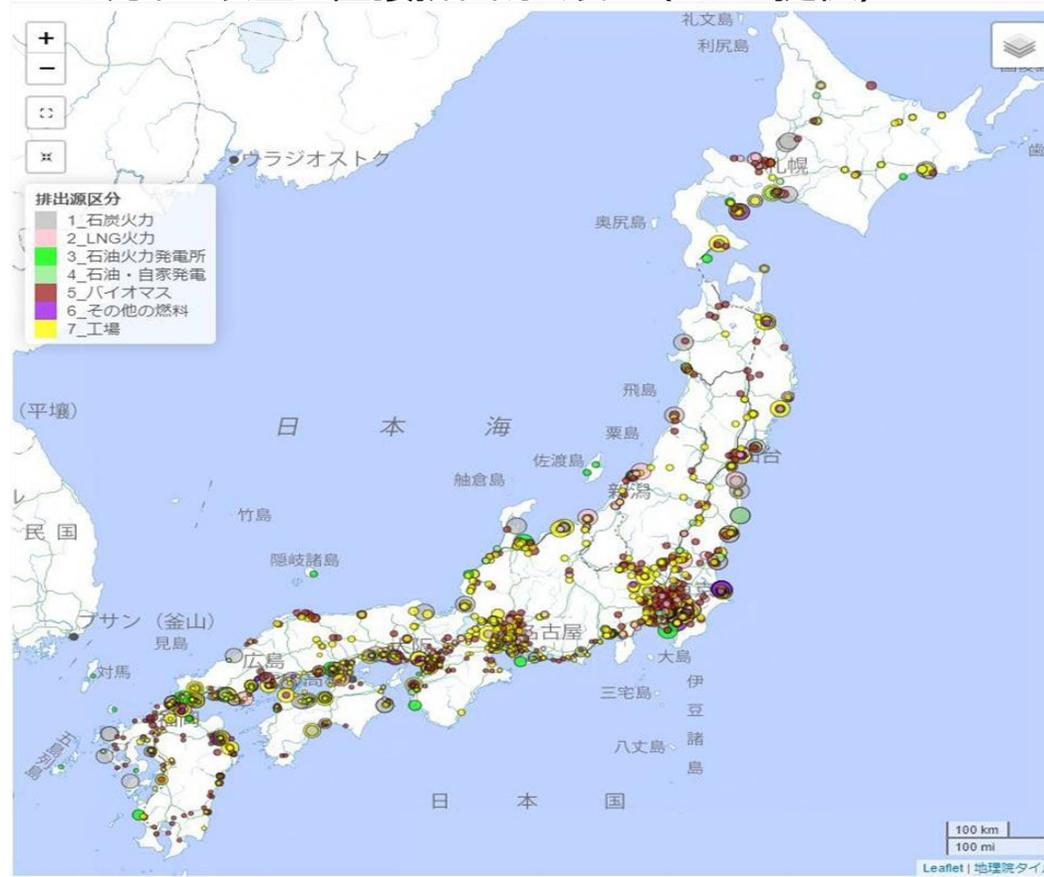
- インドネシア アリフィン エネルギー・鉱物資源大臣
- 米国 エネルギー省 クラブツリー次官補
- カナダ 天然資源省 ロジェ次官補
- サウジ エネルギー省 ザイドCCEプログラムヘッド
- IEA ギュル エネルギー技術政策課長
- ERIA 西村事務総長
- 湯崎広島県知事、CRF福田会長
- その他各国の産学官のカーボンリサイクル関係者



CO₂の排出場所と各地点の特徴

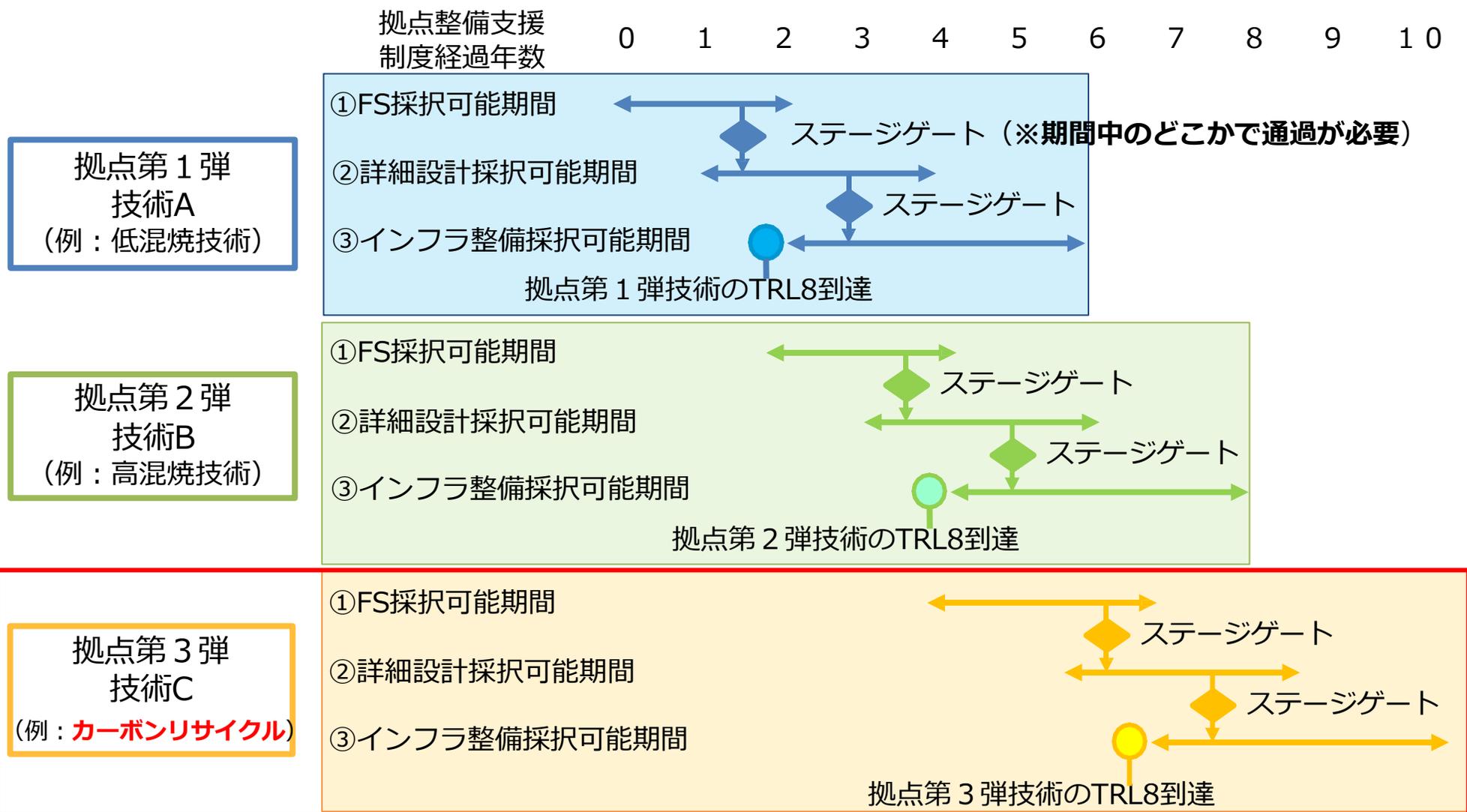
- CO₂の大規模排出地点はコンビナートなどの沿岸地域に集中しているが、それ以外の地域にも排出源は存在している。
- CO₂の輸送コストや製品毎の製造拠点、水素を必要としないCR製品があることを踏まえつつ、コンビナートなどの大規模排出場所に限定せず、内陸地等の小規模な排出源も含め、CR技術の活用の可能性。

■ 1万トン以上の直接排出源マップ（RITE提供）



水素、アンモニアにおける拠点整備との連携

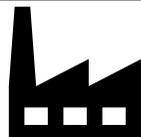
石油化学コンビナートなどCO₂の大規模排出地域は、カーボンリサイクルのみならず、水素、アンモニアの拠点整備にとっても重要な地域であり、**水素・アンモニアのサプライチェーン構築と連携する。**



CO₂サプライチェーンについて

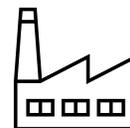
- 産業間連携は、CO₂分離回収、輸送、利用のプロセスで構成される。CO₂排出者、利用者には様々な業種の事業者が存在し、輸送手段、既存物流も含め複数存在。
- 産業間連携のあり方は多様であり、どこからCO₂を回収するのか、どの輸送手段が適切か、CO₂の用途など様々。その際、現在の直接利用とは違い、利用者により求めるCO₂の品質が異なる。

排出事業者 (CO₂分離・回収)



CO₂利用者

CO₂貯留 (CCS)



CO ₂ 排出・回収事業者	輸送手段	CO ₂ 利用者
火力発電所 (バイオマス含む) セメント工場 製鉄所 (高炉等) 石油化学工場 LNG液化プラント ゴミ焼却施設 (DAC) など	パイプライン CO ₂ 液化タンクローリー 船舶	製鉄所 (CR高炉) 化学工場 (CR化成品) セメント工場 (CRセメント) コンクリート工場 (CRコンクリート) バイオ産業 (バイオリファイナリー) ガス事業 (合成メタン) 農業・食品 (直接利用) など

CO₂排出源

産業活動からの排出されたCO₂を回収

大気中から回収

火力発電所

セメント

製鉄高炉

石油化学

LNG液化プラント

DAC



石炭・天然ガス火力 IGCC

Climeworks社HPより

圧力

大気圧

2.5-4.0MPa

大気圧

大気圧

大気圧-1.0MPa

7.0-10MPa

大気圧

CO₂濃度

4-14%

40-50%

20%

22%

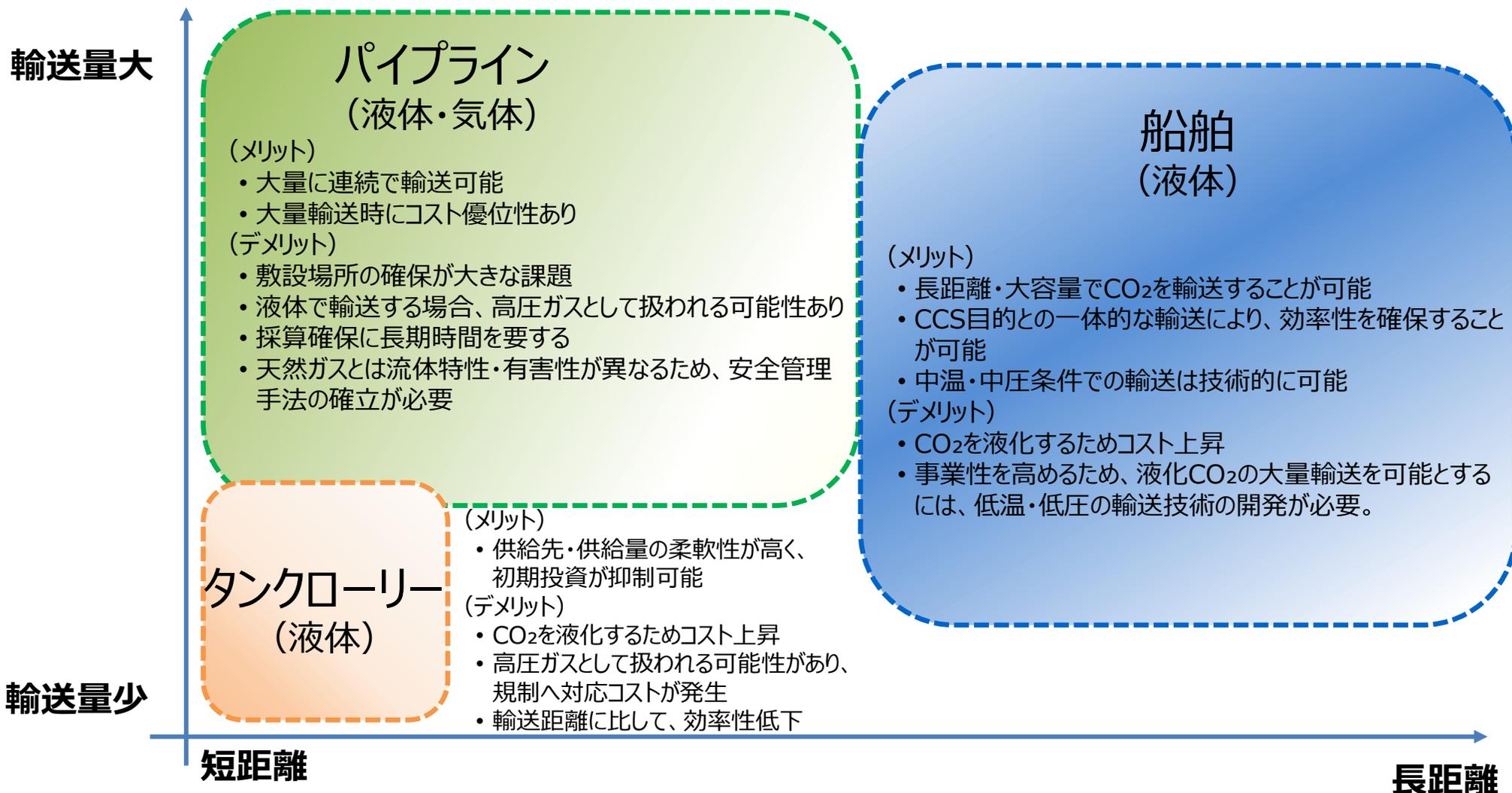
30-50%

10-70%

0.04%

最適なCO₂輸送手段の選択の必要性

CRにおける産業間連携において、CO₂の輸送手段は、パイプライン、タンクローリー、船舶など様々な手段があるが、連携のあり方（距離と輸送量）に応じて最適なツールを選択。



広島県大崎上島「カーボンリサイクル実証研究拠点」

広島県大崎上島において、大崎クールジェンプロジェクトで回収したCO₂を利用し、**カーボンリサイクルの技術開発・実証を集中的に実施**するための研究支援を行うことで、実用化に向けた技術開発を加速化。



カーボンリサイクル実証研究拠点

