

CCUの現状と今後の見通し

令和5年12月5日

公益財団法人 地球環境産業技術研究機構

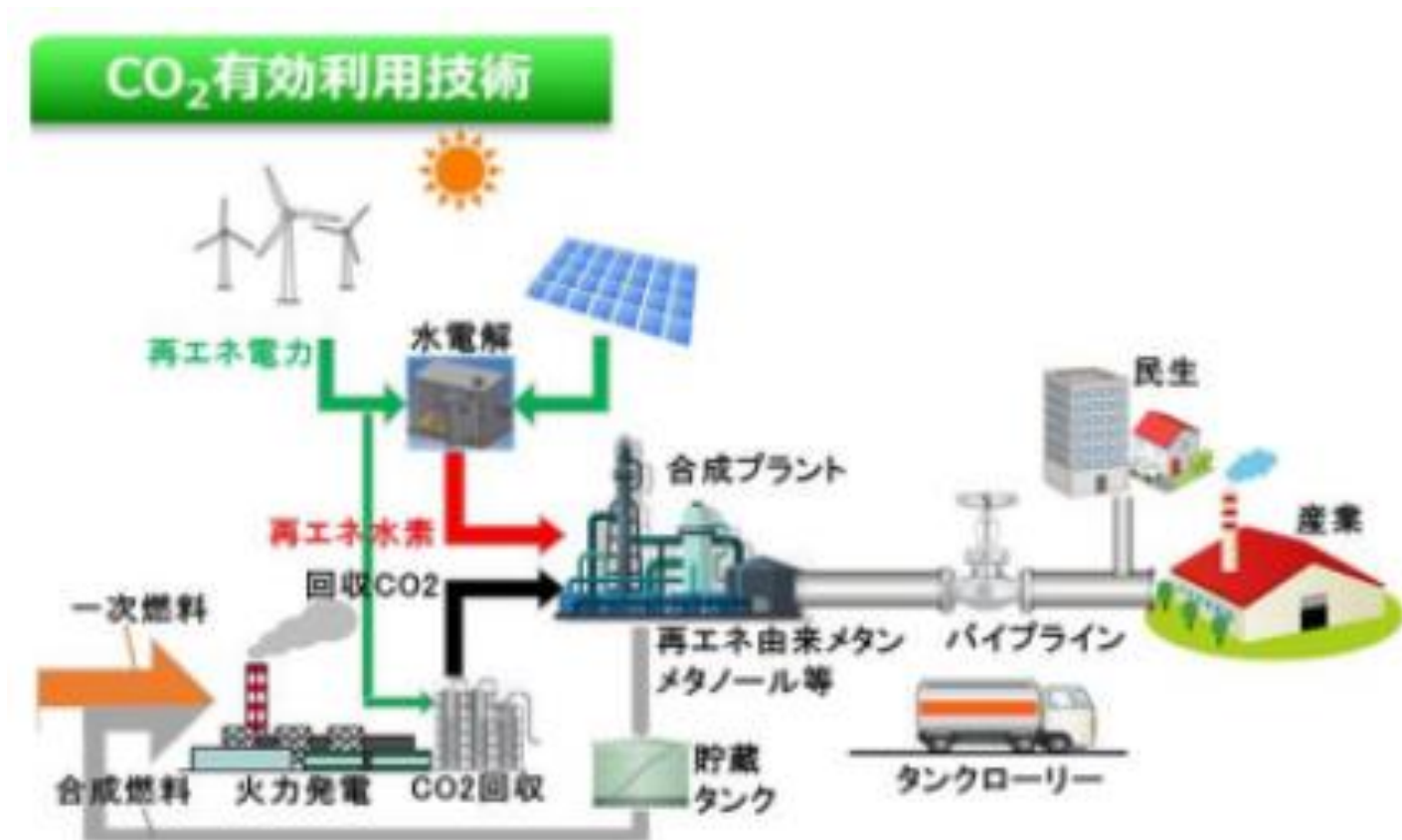
専務理事 本庄 孝志

- CCUの定義
- CCUの機能と役割ーCCSとの違い
- CO₂ーEOR
- CCUを含むカーボンマネージメントのイメージ
- CCUの役割、意義
- CCU技術とは
- CCUを拡大していく絵姿
- CCU技術開発に関する留意点
- CO₂サプライチェーン
- CO₂の排出場所と各地点の特徴
- CCUにおける産業間連携
- 佐賀市のCCUの取組み
- 大阪・関西万博におけるネガティブエミッション実証プラント

CCUの定義

(NEDO「CO₂分離回収技術の概要」より)

- CCUとは、「Carbon dioxide Capture and Utilization(二酸化炭素の分離回収と有効利用)」の略であり、発電所、製鉄所、化学工場等から排出されたCO₂を、他の気体から分離して集め、新たな製品の製造に利用するプロセスである。以下は、その全体像である。

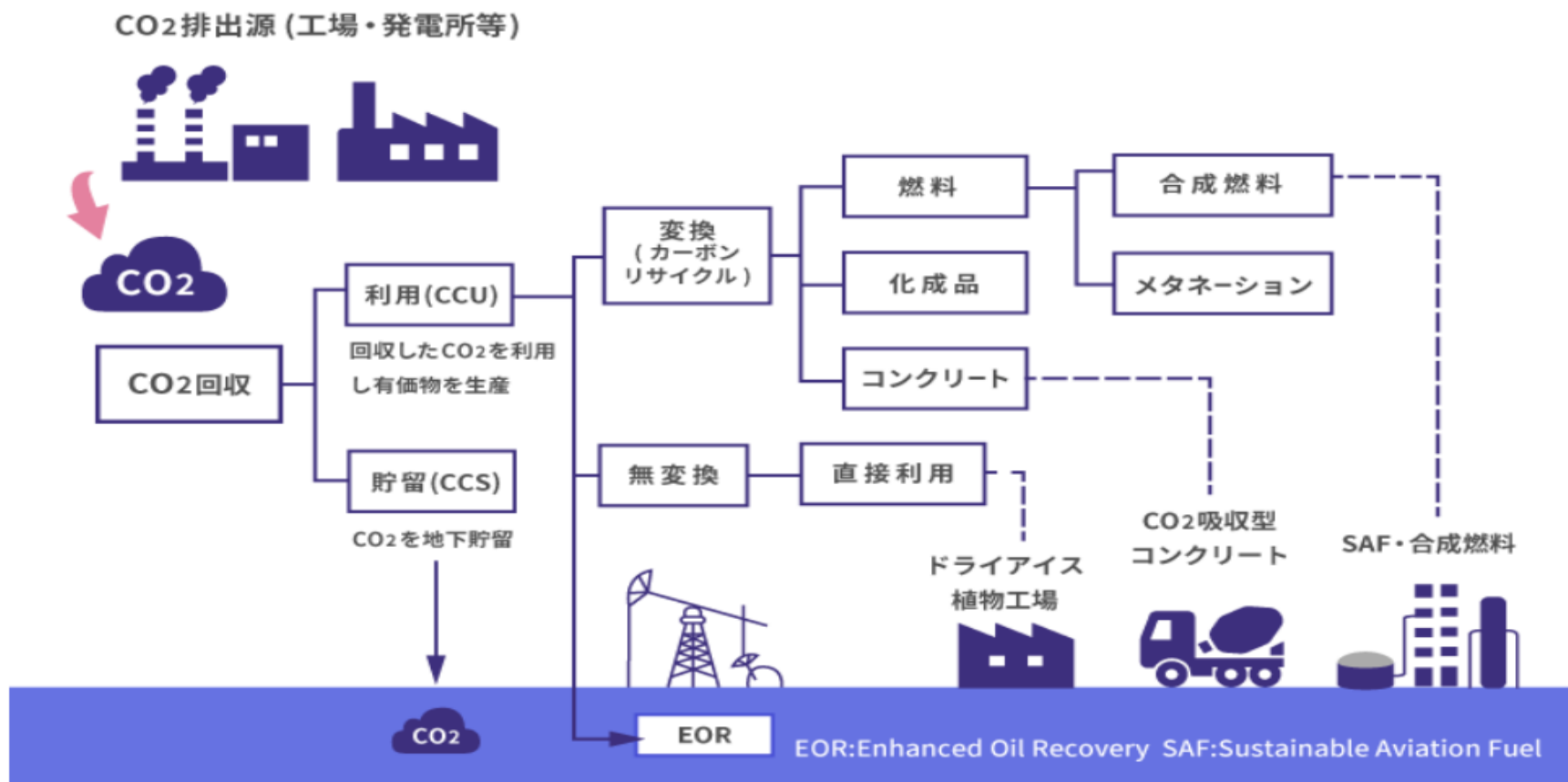


CCUの機能と役割—CCSとの違い

(NEDOムーンショット研究開発事業/DAC成果報告書より)

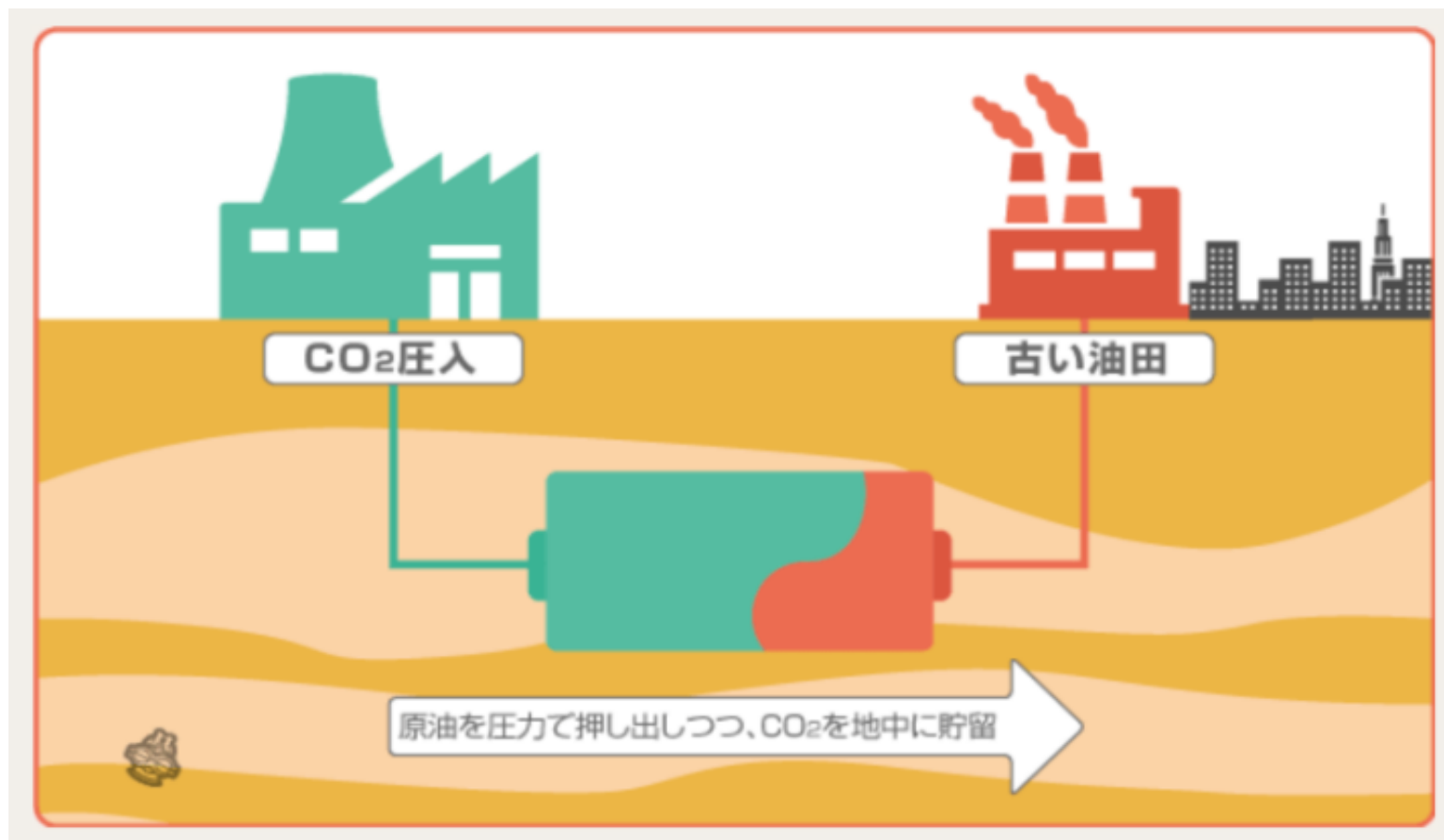
- CCU：回収したCO₂を利用して、燃料、化学品、建材等を製造する技術
- CCS：回収したCO₂を固定化、地中貯留することで大気への放出を防ぐ技術
(Carbon dioxide Capture and Storage)

CCU,CCSの技術マップ

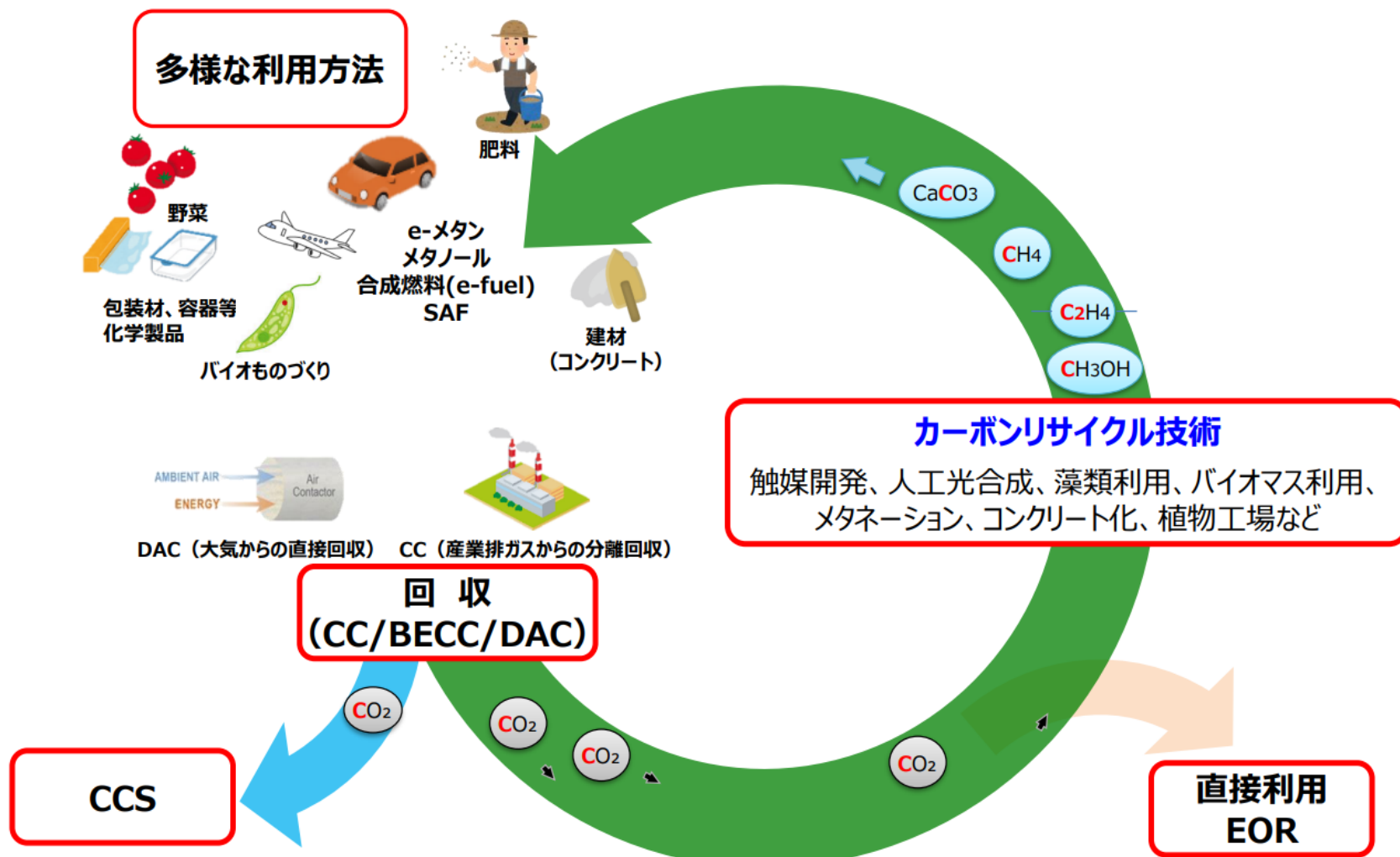


CO₂-EOR

「CCUS」とは、「Carbon dioxide Capture, Utilization and Storage」の略で、日本語では、「二酸化炭素の回収や有効利用、貯留」です。CCUSには、一つの例として「CO₂-EOR(Enhanced Oil Recovery)」という、CO₂を古い油田に注入して、回収できなかった原油を二酸化炭素の力で押し出すという技術があります。



カーボンマネージメント (CCU/CCS/CDR)のイメージ (経済産業省カーボンマネージメント小委員会資料より)



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)

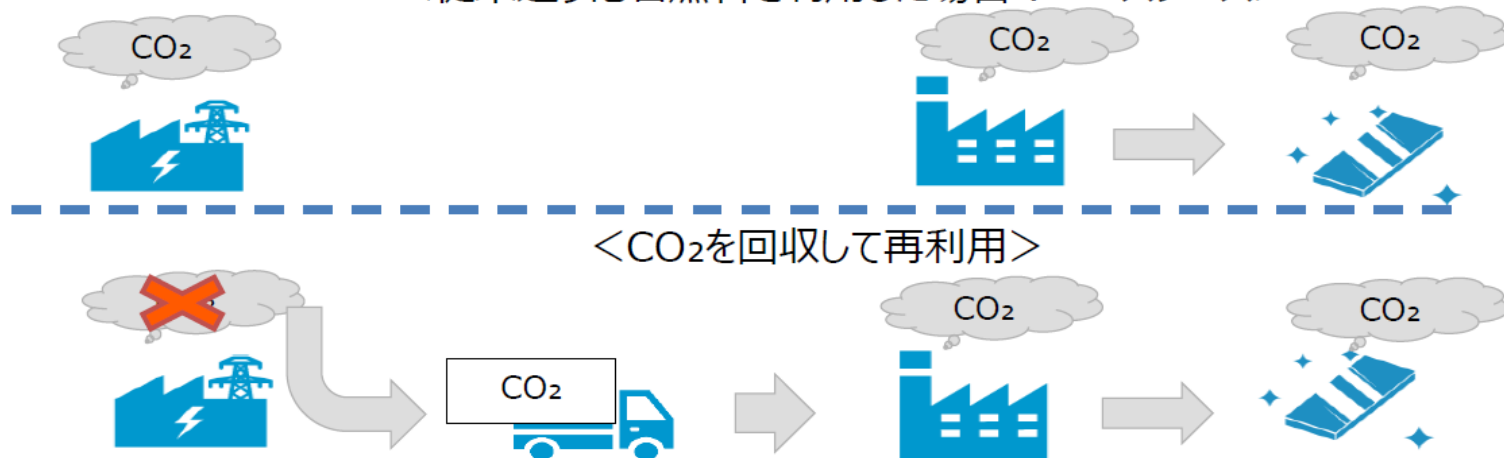
CDR : Carbon Dioxide Removal (二酸化炭素除去)

CCUの役割、意義

(経済産業省カーボンマネジメント小委員会資料より)

- CCU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できるため、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>



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。

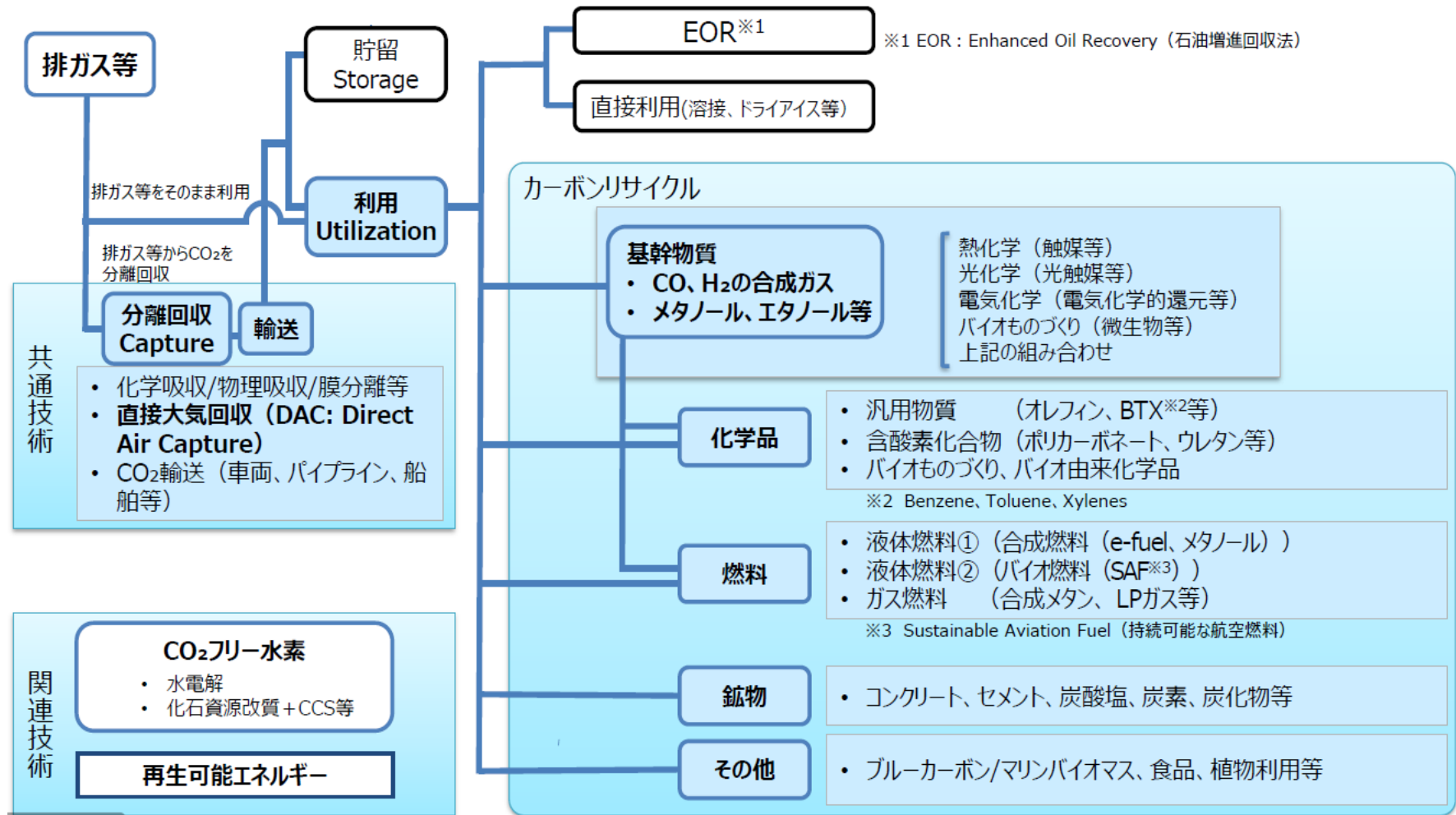
<DAC、バイオ技術で大気中からCO₂を直接回収して再利用（2050年理想の姿）>



CCU技術とは

(経済産業省カーボンマネージメント小委員会資料より)

- CO₂を有価物（資源）として捉え、鉱物化によりコンクリート等へ、人工光合成等により化学品へ、メタネーション等により燃料に再利用することで、従来どおり化石燃料を利用する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



CCU技術・製品概要

(経済産業省カーボンマネジメント小委員会資料より)

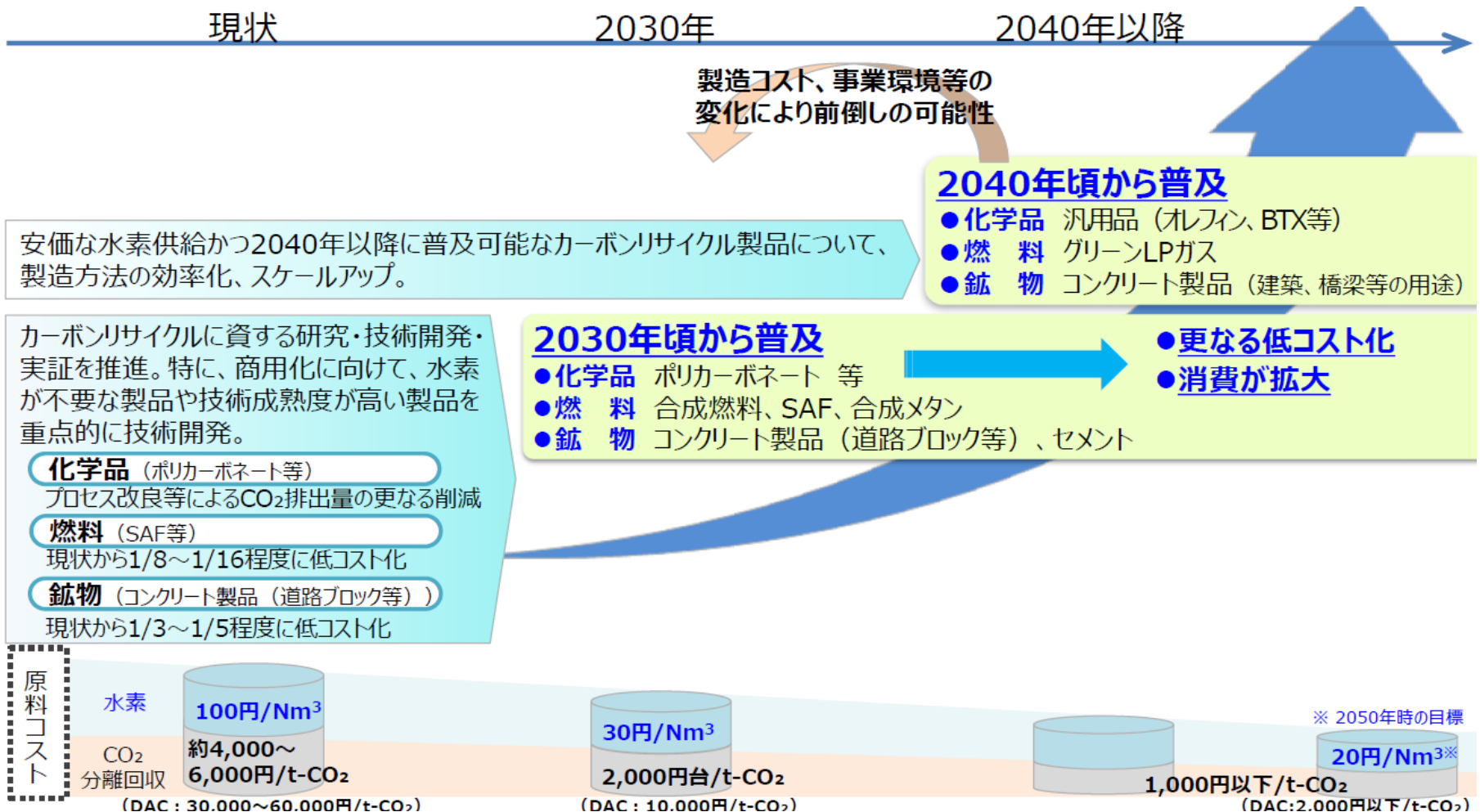
	CO ₂ 変換後の物質	カーボンリサイクル技術開発の現状	課題	既存製品の価格 (2023年1月現在)	2030年	2040年以降
基幹物質	合成ガス メタノール等	一部実用化、革新的プロセス (光、電気等利用)は技術開発段階	変換効率・反応速度の向上、 触媒の耐久性向上 等	—	製造コストの低減	製造コストの 更なる低減
化学品	汎用品 (オレフィン、BTX等)	一部実用化(石炭等から製造した 合成ガス等を利用) その他は技術開発段階	転換率・選択率の向上 等	約180円/kg ^{※2} (エチレンの国内販売価格)	製造コストの低減	製造コストの 更なる低減
	含酸素化合物	一部実用化(ポリカーボネート等)、 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	CO ₂ 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)、 他の手法を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)

CCUを拡大していく絵姿

(経済産業省カーボンマネジメント小委員会資料より)

- 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の観点を含め、意識することが重要



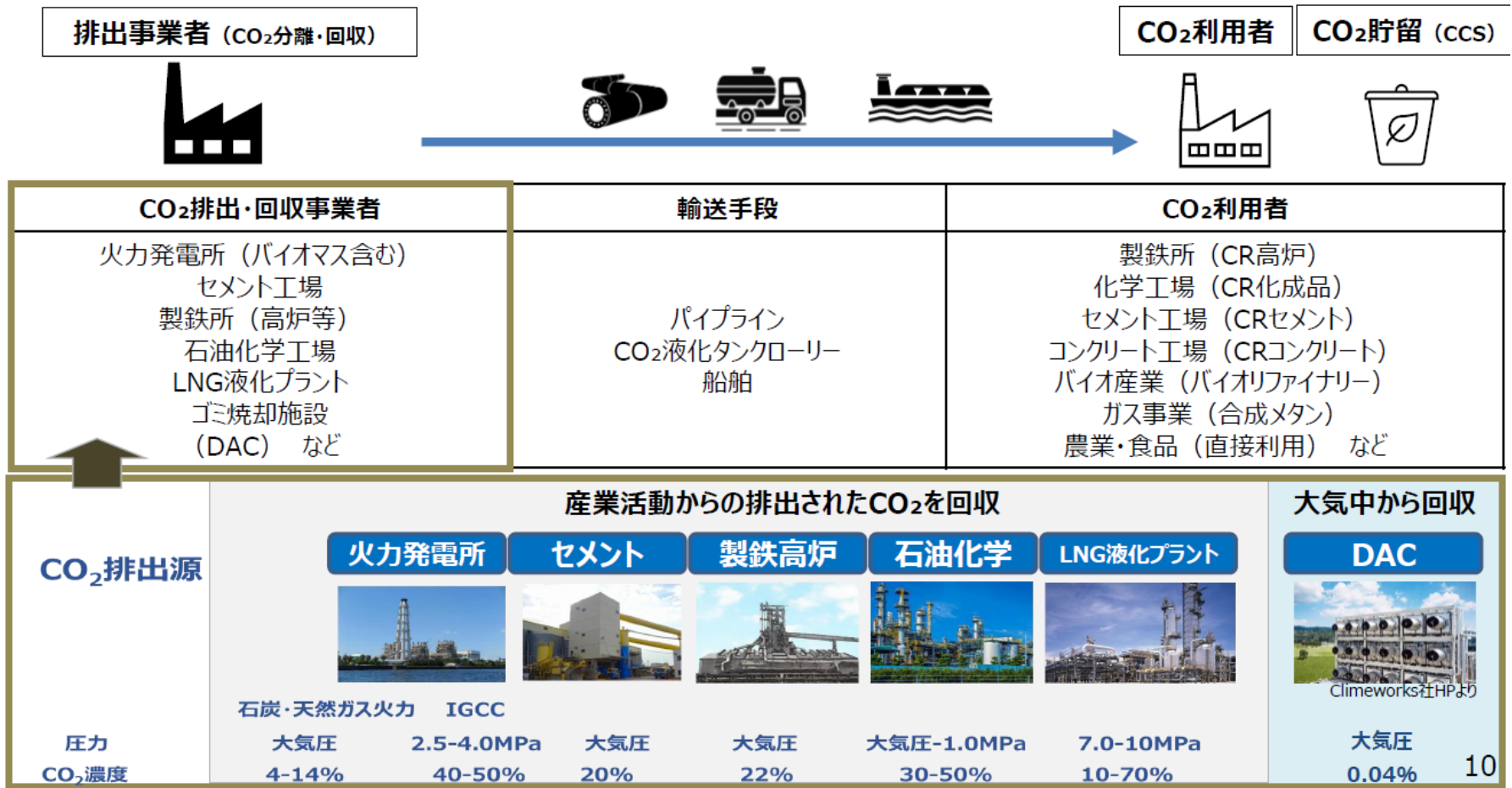
CCU技術開発に関する留意点

(経済産業省カーボンマネジメント小委員会資料より)

- 気候変動対策・資源確保の必要性に着目して、CCU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
 - ① 多くの技術において、安価なCO₂フリー水素が需要
 - ・水素戦略において、2050年で水素のプラント引渡価格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、バイオマス、その他の水素が必要ない技術の開発を進める
 - ② CCU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
 - ③ CCU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、企画化・標準化についても取り組むことが必要
 - ④ その他、CO₂の分離回収コスト（DACを含む）についても低減を図る

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、利用者により求めるCO₂の品質が異なる



- ### ■ 1万トン以上の直接排出源マップ（RITE提供）



CCUにおける産業間連携のイメージ
(経済産業省カーボンマネージメント小委員会資料より)

- ・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、CCU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・コンクリート等、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)

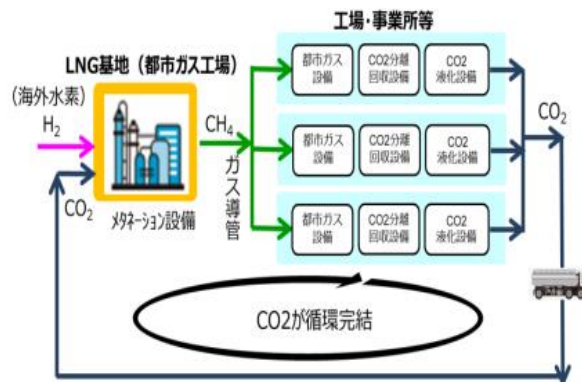


(出典) NEDO事業「千葉県五井地区産業間連携調査(横河電機)」

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)



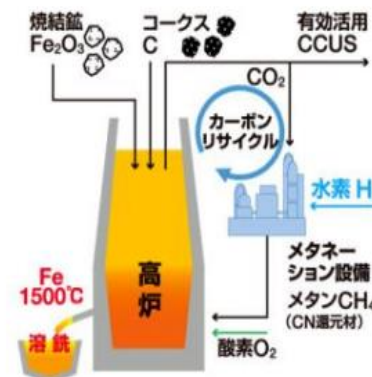
(出典) 第9回メタネーション推進官民協議会

(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)

産業間連携の推進に向けた考え方と取組の方向性

(経済産業省カーボンマネージメント小委員会資料より)

CCU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の構築が必要。他方、現状では、直接利用分野を除き、ほぼ存在しない。

- ・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に活用しつつ、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することが重要。

- ・CCU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、将来的なコスト削減も期待できる。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。
- ・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マネージメント事業者(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

佐賀市におけるCCUの先駆的プロジェクト

事業名：二酸化炭素回収付き廃発電検討事業



(環境省資料より)

佐賀市の狙い (佐賀市資料より)

二酸化炭素の活用 ～二酸化炭素を地域の資源に～



光合成で成長する農産物の生育促進に **二酸化炭素** を活用

◎ 品質等の向上

収穫量の大幅な増加
育成期間短縮
果実肥大、糖度上昇など



◎ イメージの向上

環境にやさしい農法
日本初の試み
価格競争への強み

農業を活性化！

佐賀市の狙いー 2

(佐賀市資料より)

清掃工場二酸化炭素分離回収事業は...



佐賀市の二酸化炭素供給状況 (佐賀市資料より)

佐賀市清掃工場



市内消費

株式会社アルビータ〈藻類培養〉



- 事業面積 2.0+3.5ha (R4.12~)
 - 生產品 **ヘマトコッカス**
 - 稼働 2016年10月
- ヘマトコッカスから高付加価値成分のアスタキサンチンを製造

ゆめファーム全農SAGA〈植物工場〉



- 事業面積 2.0ha
 - 生產品 **きゅうり**
 - 稼働 2020年1月
- 施設園芸における大規模多収技術の確立・普及と人材育成を目指す

全国収量の
約3~4倍！

株式会社佐電工〈植物工場〉



- 事業面積 0.5ha
 - 生產品 **イチゴ**
 - 稼働 2021年10月
- 佐賀市のふるさと納税にも使われるイチゴの農場

清掃工場を拠点としたバイオマスの取組み (佐賀市資料より)



焼却熱の利用

発電

- ごみ焼却熱を利用して発電し施設内の電力として使用
- 余剰電力は、市内の小・中学校や図書館や公民館などの公共施設の電力として供給
- 発電容量は最大4,500kWで、一般家庭の9,000世帯分の電力使用量に相当

余熱利用

- 健康運動センターのプールや浴場の温水加温、空調熱源に利用
- 2020年1月からは農業利用もスタート(ゆめファーム全農SAGAに供給販売)

廃食用油のリサイクル

- 家庭や事業所からてんぷら油などの廃食用油を回収、高品質バイオディーゼル燃料(HiBD)を製造
- 製造した燃料は、市営バスやごみ収集車の燃料として活用
- 市民の皆さんや事業者などの協力により、廃食用油の回収率は国内トップクラスの実績
- 2021年(R3)1月からは、ファミリーマートも参入(2021.9末現在 6店舗の廃食用油を回収)

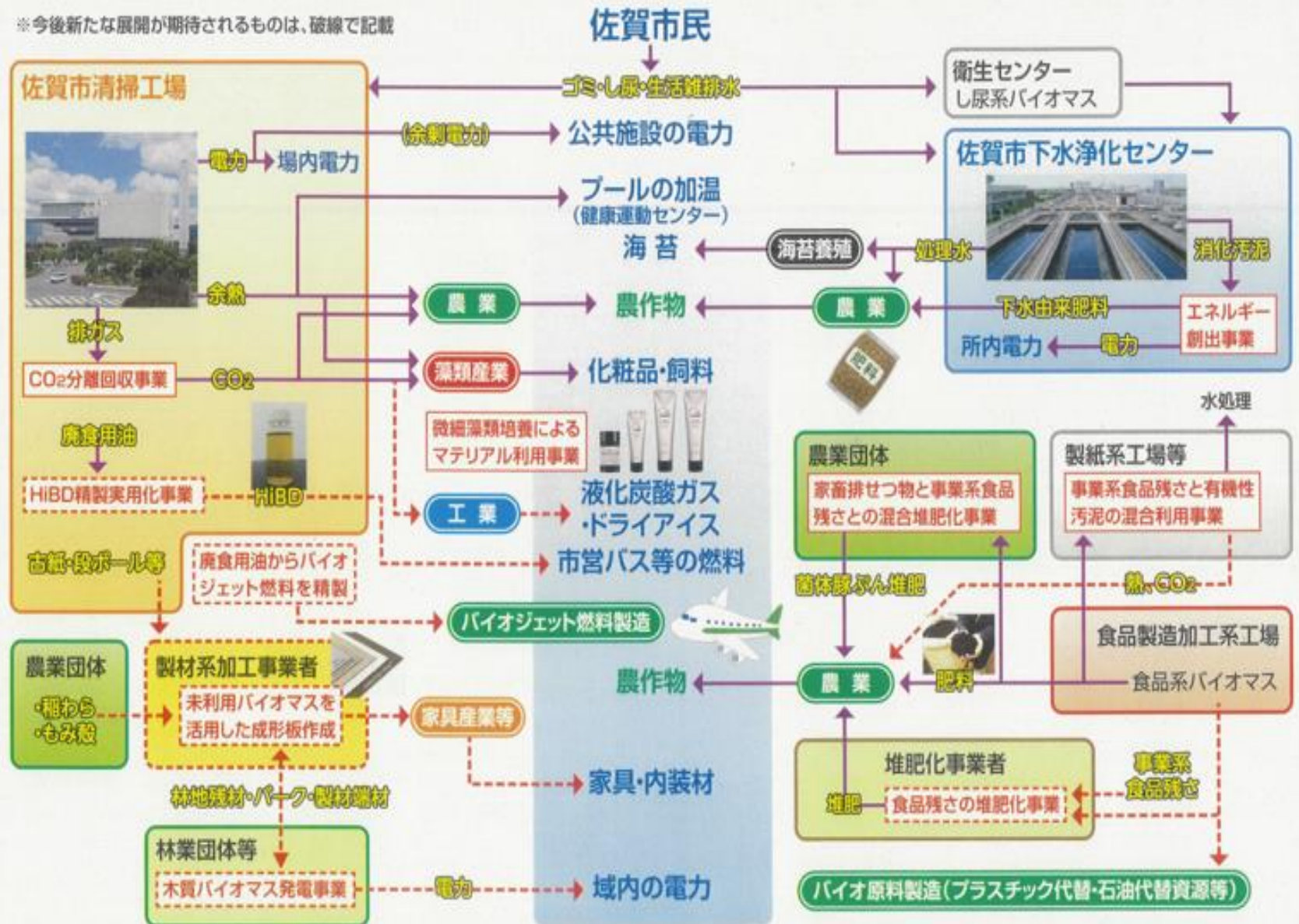


CO₂分離回収事業

- ごみ焼却時に排出されるガスからCO₂のみを回収し、農業など産業に利用
- 清掃工場周辺に産業の集積と雇用の創出を図る取組の一つ
- 2021年10月末現在、CO₂の供給先は3社
 - 株式会社アルビータ(微細藻類培養)
 - グリーンラボ(バジル栽培)
 - ゆめファーム全農SAGA(キュウリ栽培)
- 環境の保全と経済の発展を両立させる持続可能な取組として、また、脱炭素社会に向けた先進的な取組として、国内外が注目
- 高校生など若い世代の関心や活躍が、商品開発や進出企業への就職にもつながっている。

佐賀市バイオマス事業の全体相関図 (佐賀市資料より)

※今後新たな展開が期待されるものは、破線で記載



CO2を原料とするようなバイオリファイナリー分野の新しい基盤技術の開発（GEIの取組み）

RITE発のバイオベンチャーであるGreen Earth Institute(GEI)が、2023年4月に、NEDOの「CO2とH2を原料として様々な化学品を製造する菌体の開発及び生産プロセスを開発するための研究開発事業」に採択される

CO2とH2を原料としたグリーン化学品の製造プロセス

凡例

本プロセス
の強み

本事業
の目的

CO2とH2を原料とする水素細菌の遺伝子組み換えを行い有用化学品を作れるように開発

CO2やH2等の気体を原料として使った、安全を確保した発酵生産プロセスの開発とスケールアップ

CO2
/
H2

発酵液^{※2}

樹脂原料

気体混合

発酵^{※2}

精製

製品化/
残渣利用

バイオ樹脂/
飼料・肥料添加物

水素社会を念頭において
CO2とH2を利用

CO2を直接使うことで
CO2の利用を拡大

遺伝子組み換え菌残渣を
飼料・肥料添加物として利用

※2 ここでの「発酵」とは、微生物を用いた物質生産プロセスという広義の意

大阪・関西万博におけるネガティブエミッション実証プラント



実証プラント計画のイメージ(2023年7月20日記者発表)



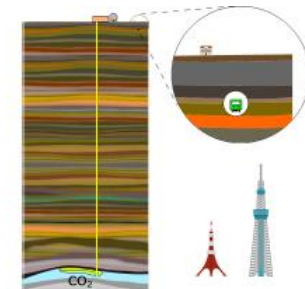
NEDO 大気中の二酸化炭素直接回収

DAC (Direct Air Capture) 装置

最大
500
kg/day

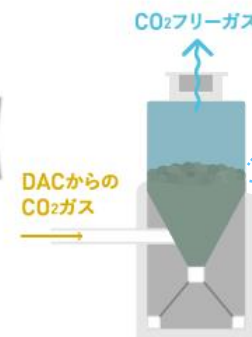


01 輸送・地中貯留



02 アスファルト舗装材への鉱物固定※

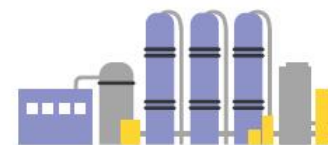
※検討中



CO2固定化

再生路盤材

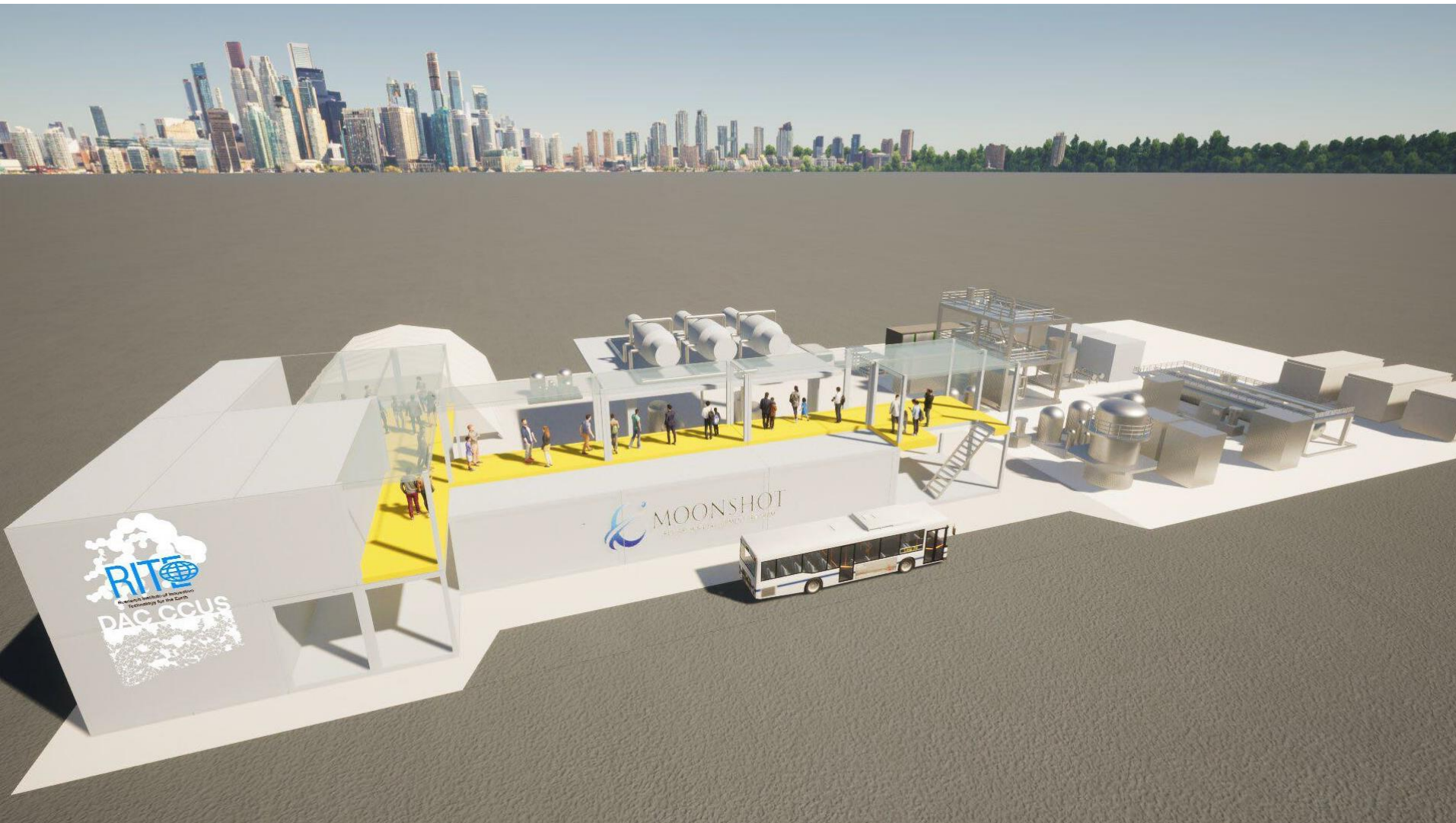
03 メタネーション



メタネーション設備

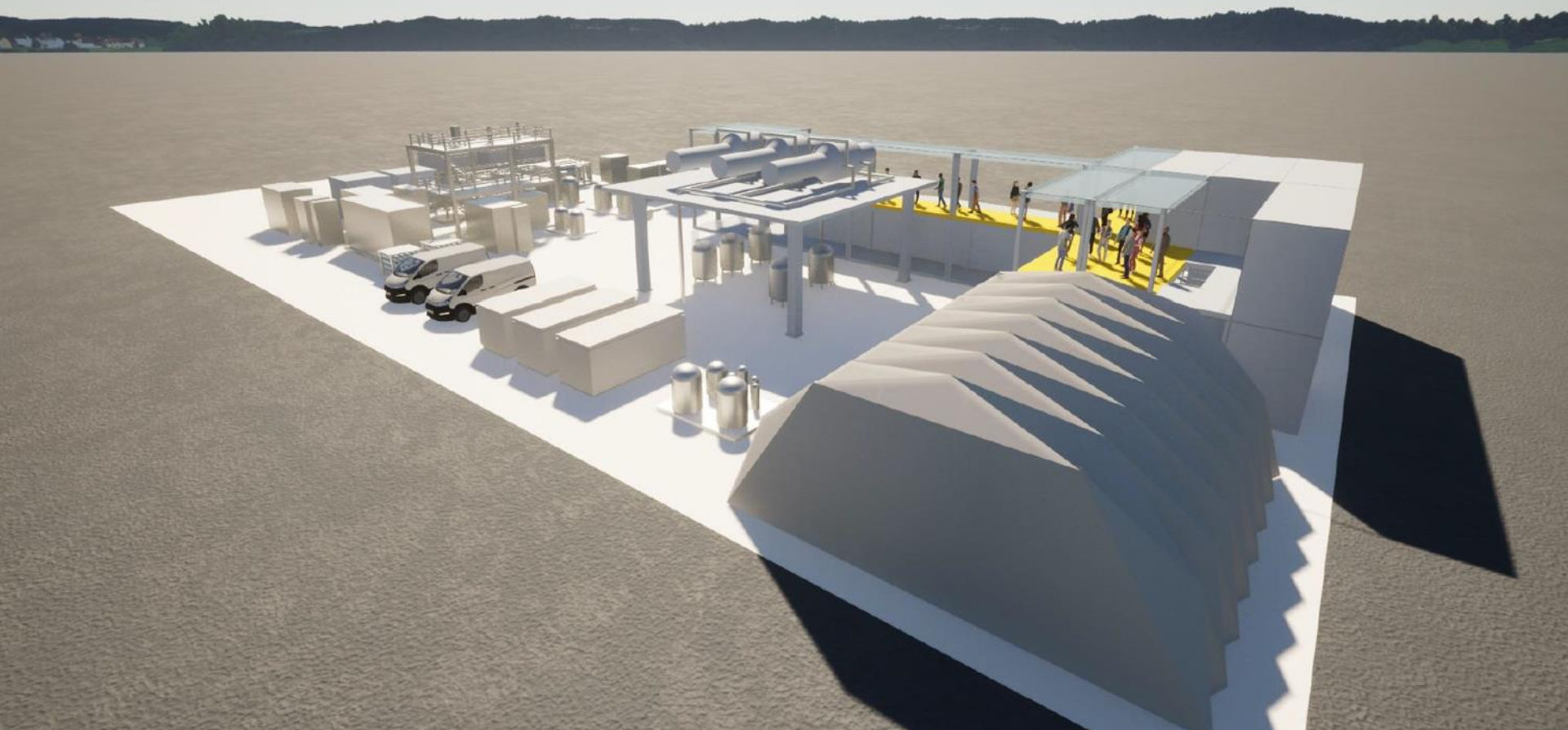
- ◎触媒メタネーション
- ◎バイオメタネーション

実証プラントエリア レイアウト一例（遠景）



実証プラントエリア レイアウト一例（遠景 背面）

建築全体イメージ





ご清聴ありがとうございました。

(公財)地球環境産業技術研究機構

専務理事 本庄 孝志

honjo@rite.or.jp