

二酸化炭素回収技術の 開発経緯と今後の展望

2022.2.2

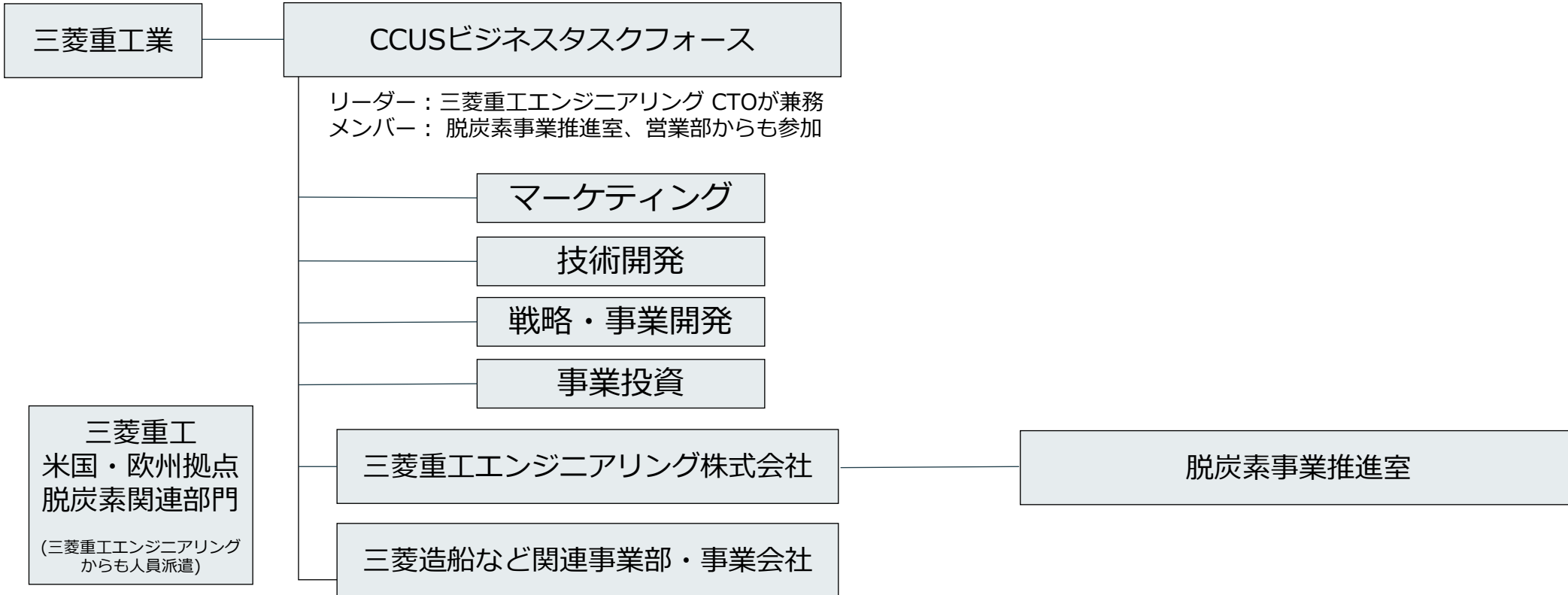
三菱重工エンジニアリング株式会社

脱炭素事業推進室 次長 米川 隆仁

三菱重工グループのCCUSビジネス推進体制

- ・「CCUSビジネスタスクフォース（バーチャル組織）」としてグループ横断的に推進。
- ・カーボンニュートラルの実現に向けた世界的な動きや顧客ニーズへの対応のため、2020年12月に三菱重工エンジニアリング株式会社に「脱炭素事業推進室」を設立。
- ・主に脱炭素事業の戦略立案や技術開発業務を担っており、CO₂全体のサプライチェーンに対応。ご相談頂く案件は増加傾向にあり、実ビジネスにつなげるべく対応中。

2022年1月1日現在

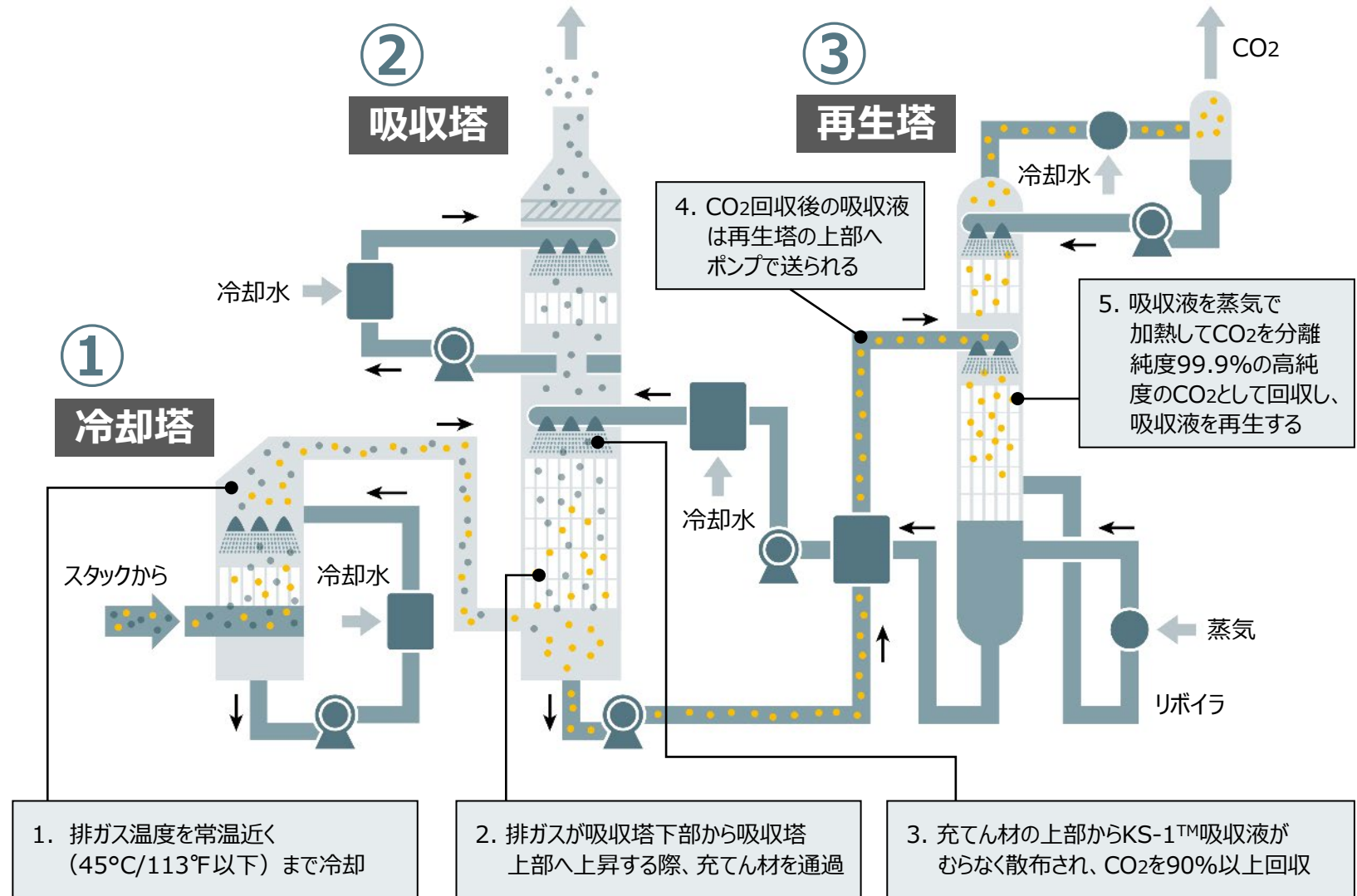


1. 二酸化炭素回収技術の開発経緯

2. 今後の展望

- 化学吸収法のプラント構成はどのメーカーもほぼ同様である。
- 初期コスト、運転に必要なエネルギー、吸収液の性能、プラントの環境対策などが技術的な差別化要素となる。

お客様はパイロット試験ではなく商用運転を求めており、当社のこれまで数トン～数千トンの商用実績は大きな強み。



1990年2月 関西電力と三菱重工は協同し、温暖化対策を目的として発電所排ガスからCO₂を回収する研究開発を開始することを発表
世界初の取り組みとして注目を集める

1990年5月 関西電力 堺港発電所において、ベンチ機試験を開始

1991年4月 関西電力 南港発電所においてパイロット機試験 (A)を開始 (CO₂回収量2トン/日)

1994年 KS-1™ 吸収液を開発

1999年 マレーシアに初号機を納入。(尿素製造用、CO₂回収量200トン/日)

2002年 石炭焚排ガスからのCO₂回収の1 TPD規模パイロット試験開始 (B)

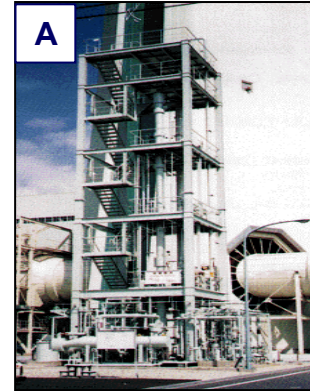
2006年 石炭焚排ガスからのCO₂回収の10TPD規模パイロット試験開始 (C)

2008年 省エネプロセス KM CDR Process®を用いた初号機を納入 (400トン/日)

2011年 米国サザンカンパニーと共同で石炭火力CO₂回収大型実証機 (500トン/日) (D)の運転開始

2013年 米国サザンカンパニー石炭火力CO₂回収大型実証機 (500トン/日) において、地下CO₂貯留量10万トン達成

2016年 米国WA Parish発電所にてCO₂ EOR向け大型CO₂回収装置が稼働開始



2.0 TPD 南港パイロット試験機(関西電力(株))



1.0 TPD 石炭焚パイロット試験機(三菱重工総合研究所)



10 TPD松島パイロット試験(J-Power)



500TPD大型実証機(Southern Company)

[Reference] U.S. Department of Energy "W.A. Parish Post-Combustion CO₂ Capture and Sequestration Project Final Environmental Impact Statement Volume I" (Feb, 2013), DOE/EIS-0473

※複製・転載はご遠慮ください

CO₂回収プラント納入実績（一覧）

Year of Delivery	Country	Flue Gas Source	CO ₂ Capacity (TPD)	Application
1999	Malaysia	NG Fired Furnace	210	Urea Production
2005	Japan	NG and Heavy Oil Boiler	330	General Use
2006	India	NG Fired Furnace	450	Urea Production
2006	India	NG Fired Furnace	450	Urea Production
2009	India	NG Fired Furnace	450	Urea Production
2009	Bahrain	NG Fired Furnace	450	Urea Production
2010	UAE	NG Fired Furnace	400	Urea Production
2010	Vietnam	NG Fired Furnace	240	Urea Production
2011	Pakistan	NG Fired Furnace	340	Urea Production
2012	India	NG Fired Furnace	450	Urea Production
2014	Qatar	NG Fired Furnace	500	Methanol Production
2016	USA	Coal-Fired Boiler	4,776	Enhanced Oil Recovery
2017	Japan	Gas Fired Furnace	283	General Use
建設中	Russia	NG Fired Furnace	1,200	Urea & melamine Production
建設中	Bangladesh	NG Fired Furnace	240	Urea Production
2021年12月に受注	Japan	Biomass Power Plant	0.3	General Use

2021年12月現在、実証機を除く

※複製・転載はご遠慮ください

PRESS INFORMATION

米国テキサス州で石炭燃焼排ガスを対象とした世界最大のCO₂回収プラントを完成 原油増進回収（EOR）向けで処理能力4,776トン／日

2017-01-10 発行 第 5826号

三菱重工業は、米国テキサス州で世界最大の処理能力を持つCO₂回収プラントを完成させました。このプラントは、排ガス中にCO₂が多く含まれる石炭焼き火力発電設備から4,776トン／日のCO₂を回収するもので、関西電力株式会社と共同開発した高性能な吸収液（KS-1™）を用いてCO₂回収時のエネルギー消費量を大幅に抑制できる独自のCO₂回収プロセス（KM CDR Process®）を採用しています。

Petra Nova プロジェクトについて

客先	Petra Nova社(NRGエネルギー社とJX石油開発(株)による出資比率50:50の合弁会社)
建設地	W.A.パリッシュ石炭火力発電所（8号機）アメリカ テキサス州ヒューストン近郊
CO ₂ 用途	老朽油田からの原油増産（EOR）
CO ₂ 回収量	4,776トン／日 160万トン／年
運転開始	2016年12月29日



<https://www.mhi.com/jp/news/1701105826.html>

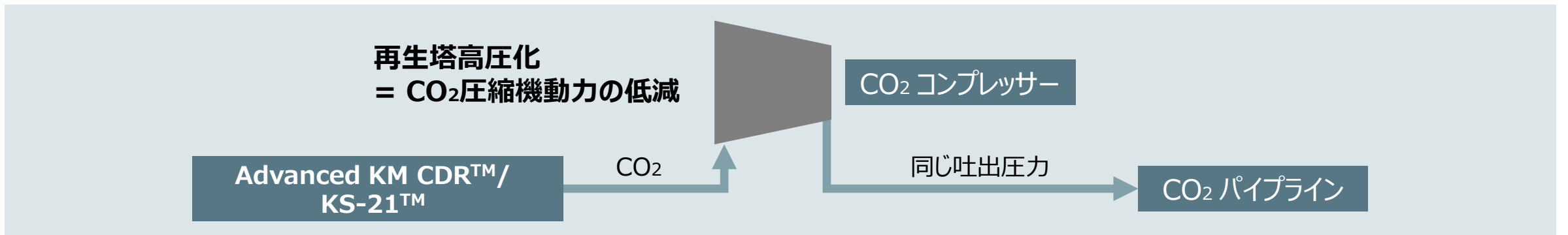


- 関西電力(株)と共同で、新プロセス「Advanced KM CDR Process™」と吸収液「KS-21™」を開発。
- 世界最大級のCO₂回収実験施設「ノルウェー モングスタッドCO₂回収技術センター」での実証試験が完了。実証試験の結果、吸収液「KS-21™」の優位性を確認。
- KS-21™の特徴(従来のKS-1™との比較)
 - 揮発性が低く、劣化に対する安定性が高い
 - 吸収反応熱が低減し、回収エネルギー削減に寄与
運用コスト削減など経済性の向上が期待できる
 - 酸化分解抑制により、アミンエミッション値を低減
 - 再生塔高圧化により、CO₂圧縮機動力を低減



ノルウェーの西海岸に位置するモングスタッドCO₂回収技術センター (TCM)

	KS-1™	KS-21™
揮発性	100	50-60
熱劣化率	100	30-50
酸化反応率	100	70
吸収熱	100	85

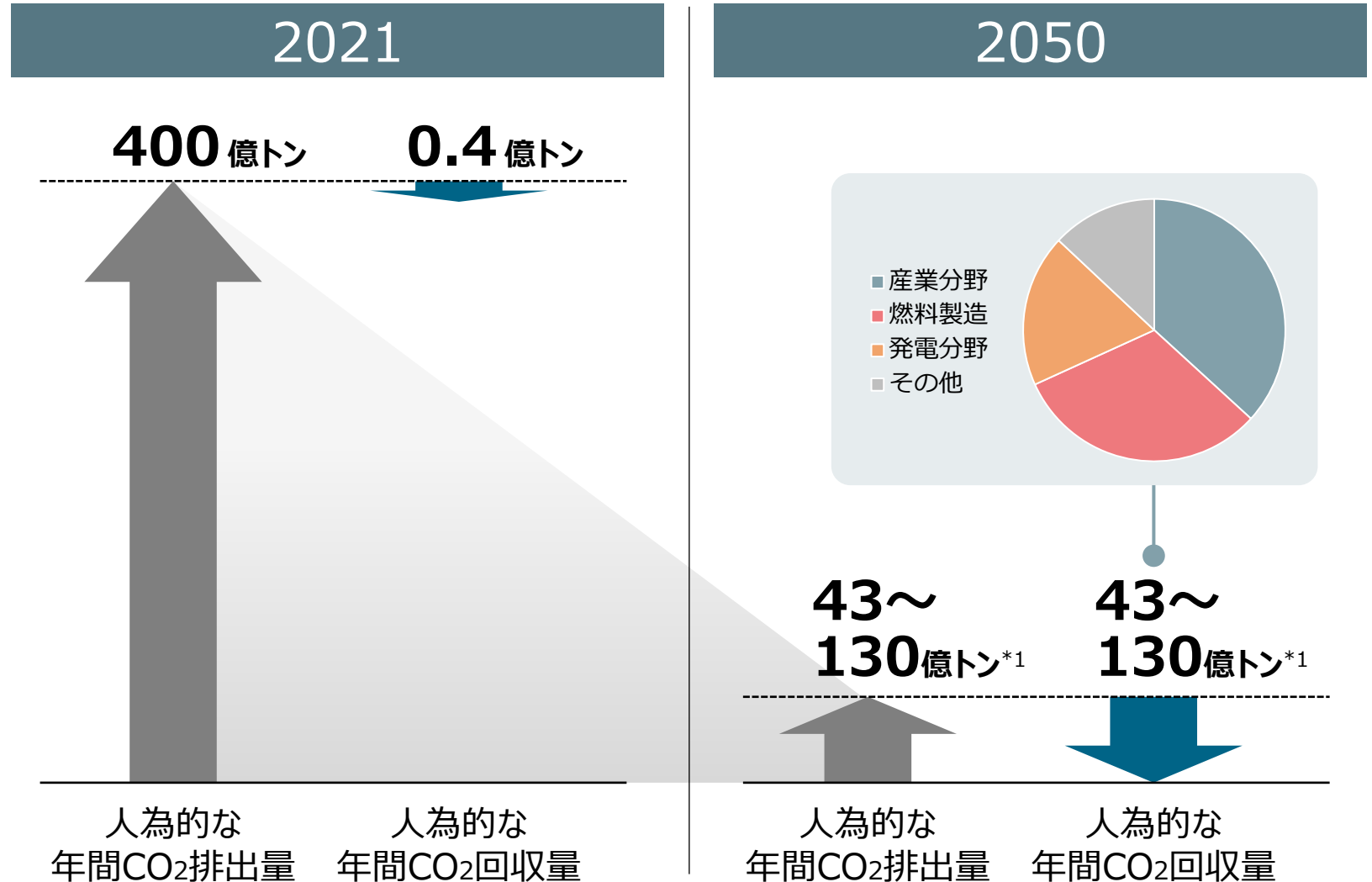


1. 二酸化炭素回収技術の開発経緯

2. 今後の展望

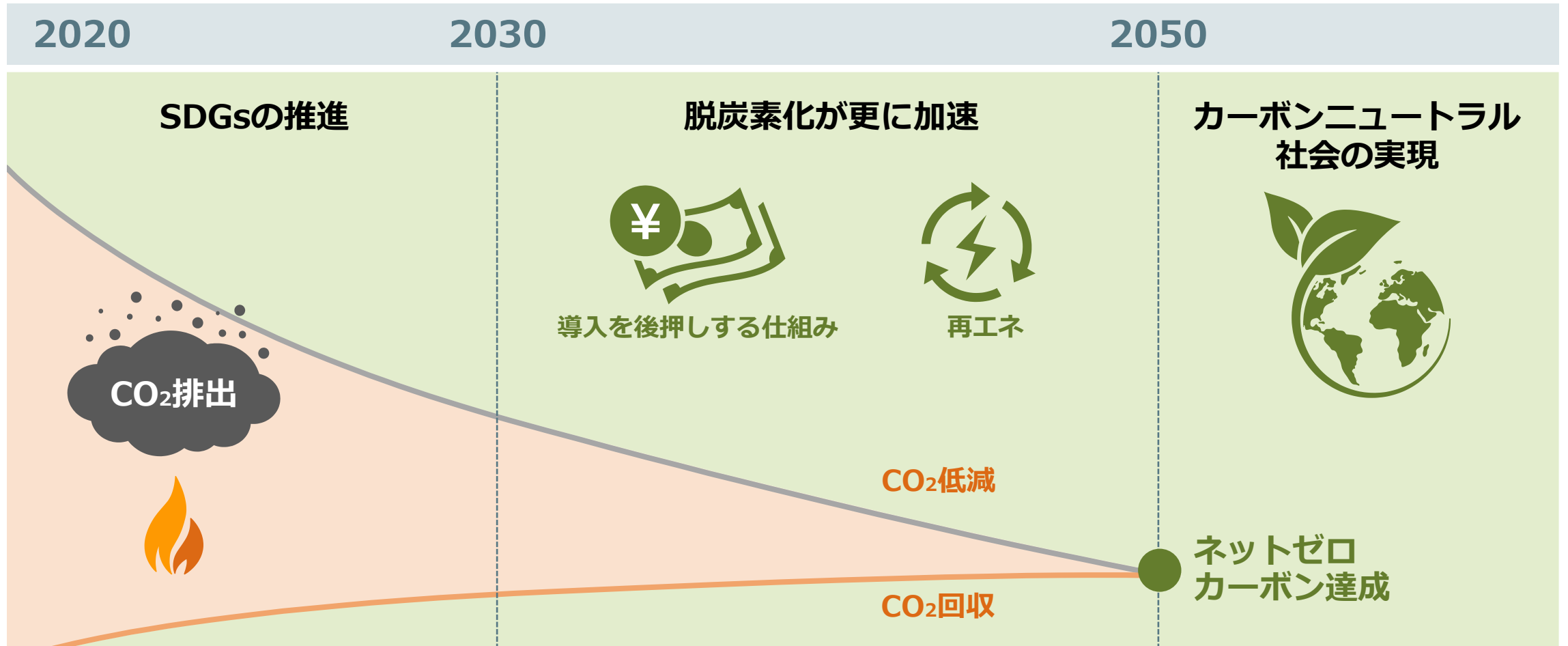
- 2050年にカーボンニュートラルを達成するために、CO2 排出量は各種打ち手により削減されるが、43～130億トンのCO2排出が残る。
- この残るCO2排出量は、回収が必要で、量としては現在の100～300倍となる。
- 2050年にCO2回収する分野は産業分野、燃料製造(ブルー燃料製造を含む)、発電分野、その他(航空・輸送等)多岐にわたる。

幅広い分野においてCCUSの導入が必要






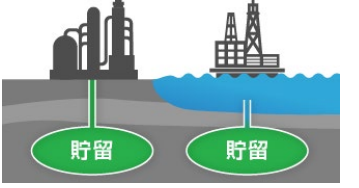
*1 : 主要レポート(McKinsey 1.5°Cシナリオ、IEA Net Zero by 2050、IEA SDS、IPCC等)を元にした当社纏め。

- 世界はカーボンニュートラル社会へ移行
- CO₂低減と回収を推進し、2050年までに達成



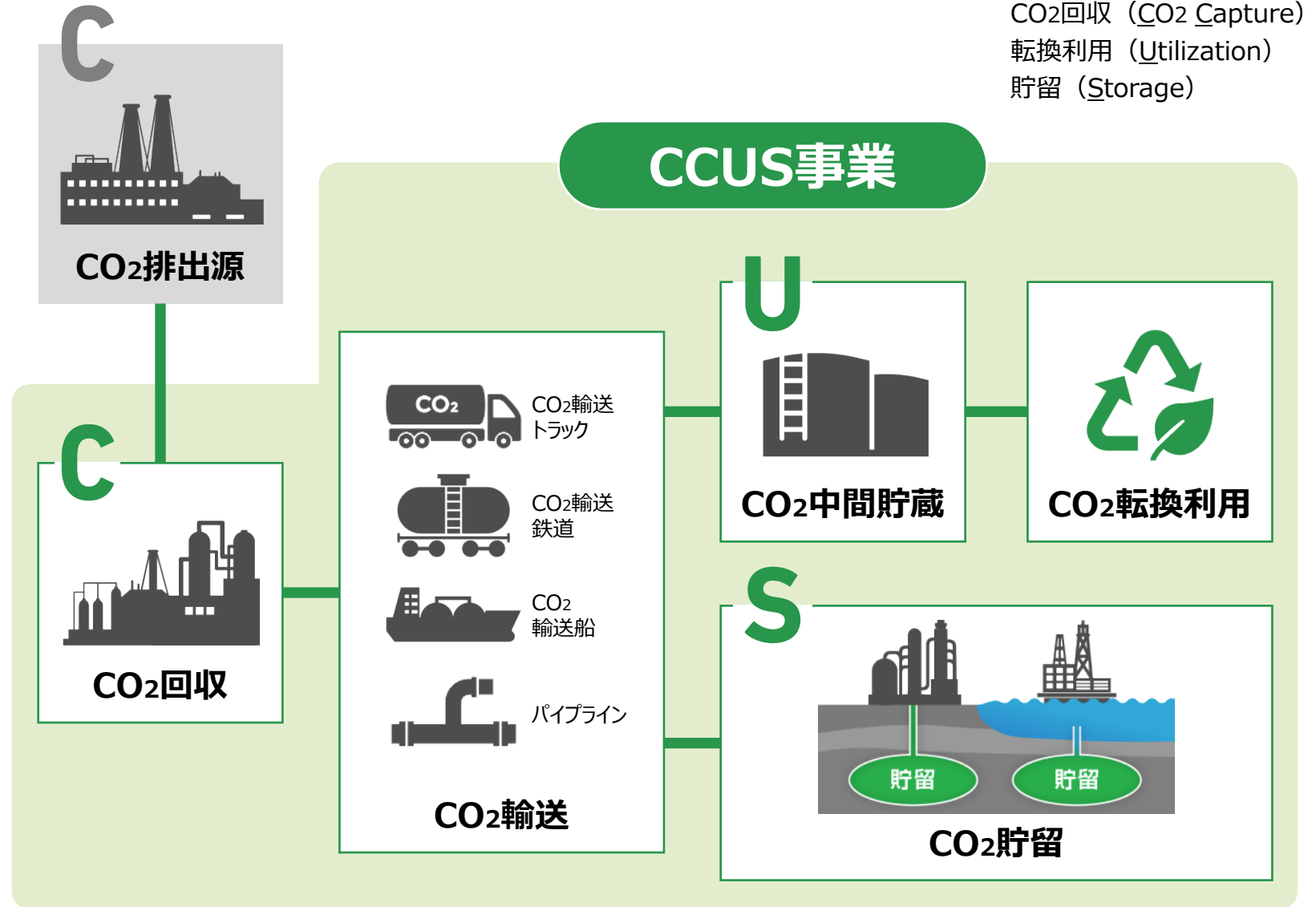
- CCUSとは、CO₂回収（CO₂ Capture）転換利用（Utilization）貯留（Storage）の略称。輸送も必須だがCCUSの略称には含まれていない。

CCUSには、制度的・規模的・技術的課題などがあり、それぞれに解決が必要になる。

	CC 	T 	U 	S 
制度的課題	<ul style="list-style-type: none"> ■ CO₂排出削減施策と炭素税やカーボンプライスとのバランス ■ CSRの実行に対するインセンティブの提供 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 輸送コスト負担者の責任範囲が不明確 ■ 輸送需要が決まらず投資に進めない 	<ul style="list-style-type: none"> ■ “グリーン・プレミアム”が限定的で高く売れない ■ CO₂固定に直結しにくい 	<ul style="list-style-type: none"> ■ モニタリング含む環境アセスメント条件が未整備 ■ 貯留ビジネスモデルの成立条件が厳しく投資条件が揃いにくい
規模的課題	<ul style="list-style-type: none"> ■ 回収後のCO₂の持って行き場が限定的 ■ 回収装置の設置・運転コストが高い 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 輸送量が限定的 ■ 輸送コストが高い 	<ul style="list-style-type: none"> ■ エンドプロダクトに目新しさがなく従来品のリプレースが主 ■ 経済性の面でプレーヤが参入しにくい 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 実用化された貯留地が少なく、そこで貯留できる国・地域は限られている ■ 貯留場所が離れており地中深いため高コスト
技術的課題	<ul style="list-style-type: none"> ■ 実用化された回収技術が限られ適用範囲の早急な拡大が必要 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 大容量のCO₂海上輸送技術が確立していない 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 実用化された転換利用技術の選択肢が少ない 	<ul style="list-style-type: none"> ■ モニタリング技術の成熟度が低い

- 現在CCUSはカテゴリー毎にプレイヤー間で相対事業が展開されている。今後CCUSの規模拡大に応じて、CCUS事業が発生する。
- CCUS事業とは、排出源の負担(初期投資や回収後処理の煩雑さ)軽減のため、CO₂回収引き取りから貯留・転換利用までのプロセスを一手に担う事業。

当社は、CCUS関連各技術の提供に加え、CO₂NNEX等を用いてCCUS事業へ貢献する。



- 2023年には回収技術ラインナップを拡充・事業化
- 輸送・貯留、転換利用へ



KS-1、KS-21：関西電力と共同で開発したアミン吸収液
CCUS：Carbon dioxide Capture, Utilization and Storage

CO₂NNEX™：日本IBMと共同で構築するCO₂流通を可視化するデジタルプラットフォーム

2020

2025

2030

CCUS
 技術・
 サービス
 開発

KS-1™ CO₂回収 当社現行CO₂吸収液

Source: Technology Center Mongstad



▼2021/8 TCMにてKS-21実証完了

KS-21™ CO₂回収 改良型CO₂吸収液 実証完了し実用化へ

▼2021/6 Draxライセンス契約

▼2021/8 川崎汽船船上CO₂回収検証開始

小型CO₂回収装置 モジュール型CO₂回収装置 ラインナップ準備中



▼2021/8 CC-Ocean船上搭載

▼2021/9 LCO₂船カーゴタンクAIP取得

LCO₂船 CO₂大量輸送 技術開発と社外パートナーとの事業検討を進行中



▼2021/8 TotalEnergies LCO₂船FS検討

CO₂NNEX CO₂流通プラットフォーム 実証に向け潜在パートナーと協議中 

▼ 2021/5 日本IBM社と共同開発MOU

ビジネス
 モデル

テクノロジープロバイダ

▼ 2021/8 SUEZ社と検討に向けMOU締結

CCUS事業 CO₂回収、引き取り、貯留・転換利用までを一に行う事業

- 当社はコア技術を軸にCO2回収適用先をさらに拡大してゆく。
- 小型回収装置はモジュール化やデジタル化を進めることでお客様の課題とニーズに応えていく。

当社はCO2回収技術のリーディングカンパニーとして幅広くCO2回収技術を提供する。



石炭・ガス発電

世界最大のCO2回収プラント
(2021現在)

Petra Nova



バイオマス

年間800万トン超の
CO2回収 (計画)

Drax



LNG液化

LNG製造の
低炭素化に貢献

NextDecade



セメント

技術難易度が
高い分野でのFS

Lehigh Cement



製鉄

脱化石燃料が
難しい分野での実証

国内製鉄所



船舶

世界初の実航海上の
CO2回収実証

川崎汽船



ごみ焼却設備
ガスエンジン
小型ボイラ・炉 等

モジュール化で小規模設備による
CO2回収

■ 幅広い製品ラインアップ

CO₂回収量0.3トン/日～200トン/日に対応。製品ラインアップを検討中。

■ 標準化により低コスト、短納期を実現

汎用性の高い設計標準化により導入・運転・維持コストの低減および納期短縮。
量産化を可能とするモジュラー型を採用。

■ コンパクトな設計（限られた敷地面積にも敷設可能）

設置に必要な敷地面積は最小モデルで全長7m×全幅2m程を想定。工場からトラックで輸送でき設置も容易。

■ 豊富な納入実績で得られた経験を活かした、設置検討からアフターサービスまで一貫したお客様サポート体制

- ・ 国内外問わず多様な排出源からのCO₂回収を可能にするべく、順次販売・対応予定。
- ・ 将来的に独自の遠隔監視システムによる運転支援サービスも提供予定。



PRESS INFORMATION

広島市のバイオマス発電所向けに、商用としては初の小型CO₂回収装置を受注

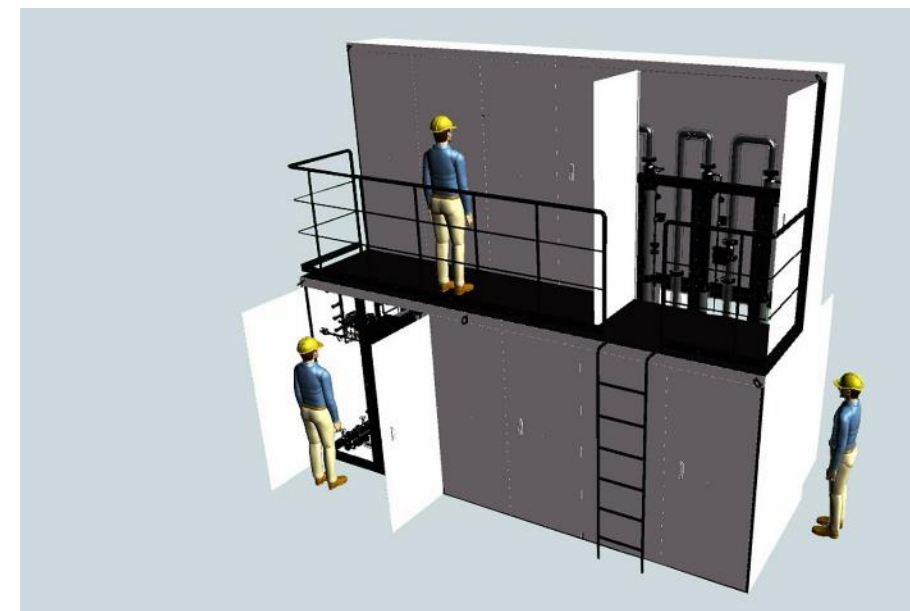
MHIENG独自の回収技術を用いた設計標準化で、産業分野でも脱炭素化を促進

2021-12-01

- ◆ 今回の受注を契機に、幅広いCO₂回収削減ニーズに応え、カーボンニュートラル社会の実現に貢献
 - ◆ CO₂回収装置の社会実装に備えて、自動運転・運転支援サービスの提供も実施予定
-
- プラント建設・保守などを手掛ける太平電業株式会社様から、同社が有するバイオマス発電所向けの小型CO₂回収装置を受注（回収能力は0.3トン/日）。

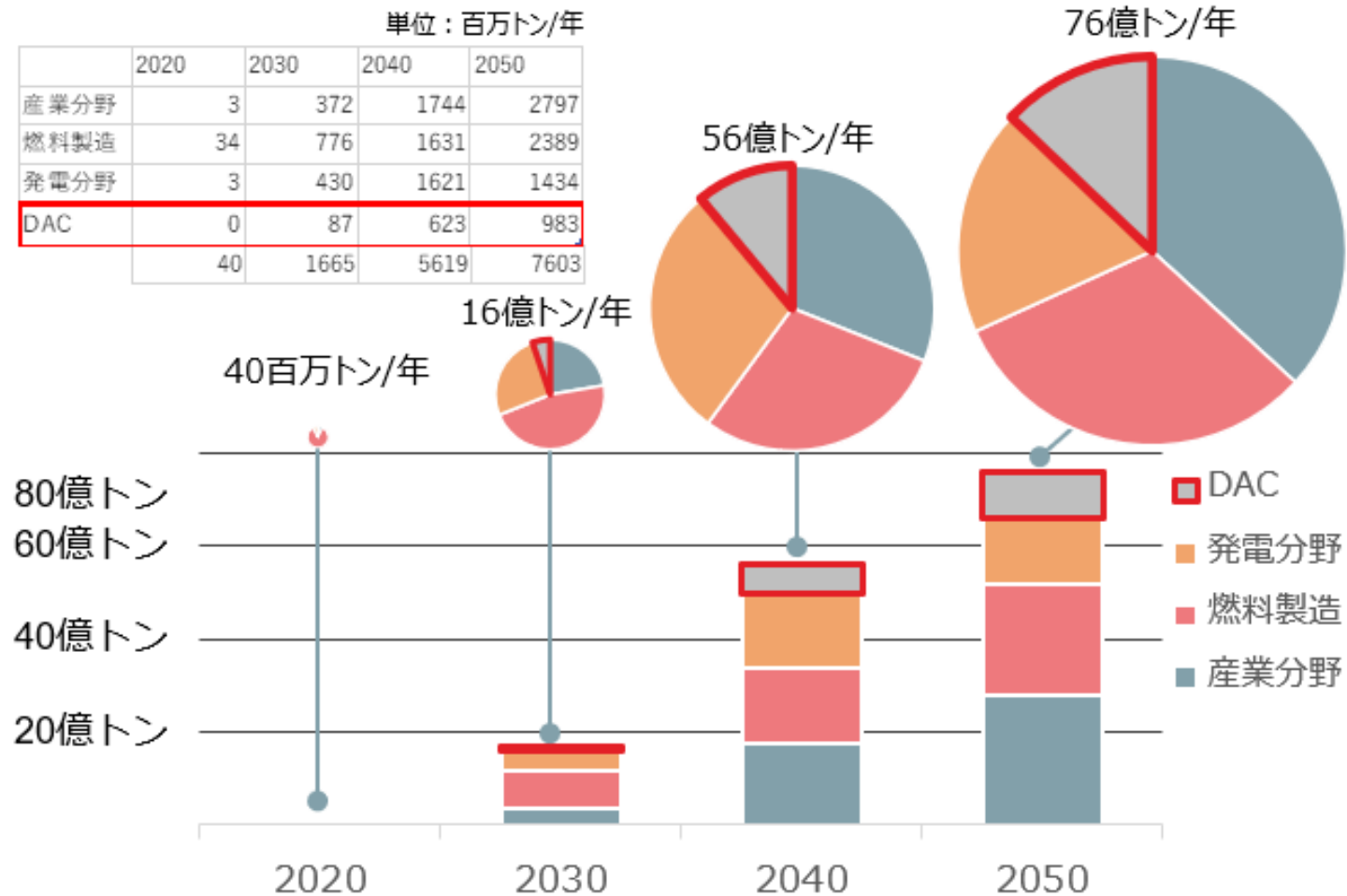


<https://www.mhi.com/jp/news/211201.html>



カーボンニュートラルに必要な年間CO2回収量

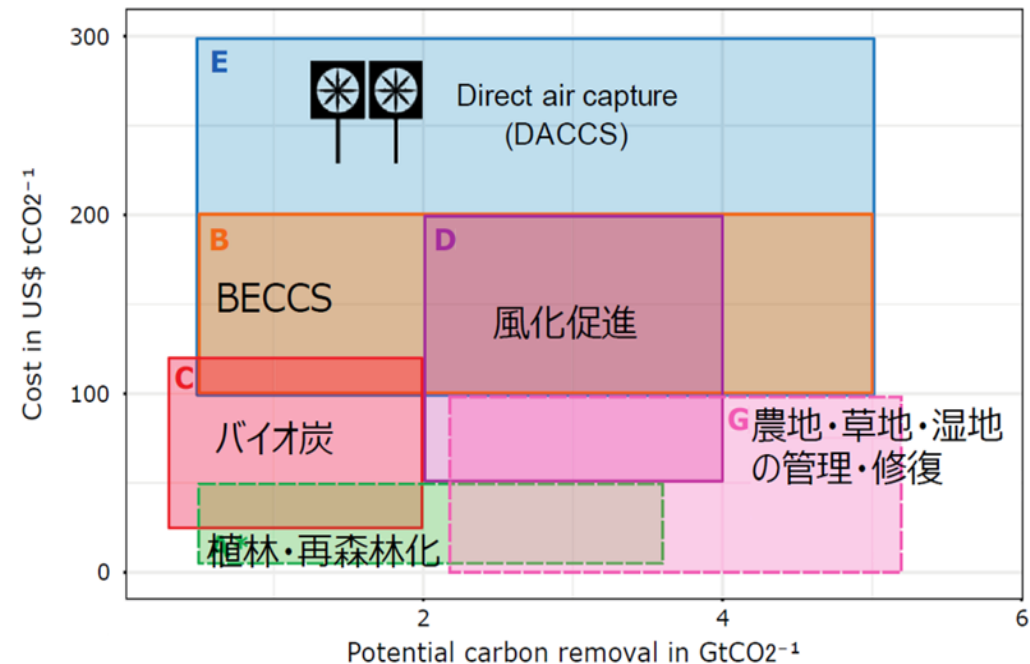
- 2030年頃から産業分野の割合が増加するが、割合として発電分野も大きい。
- その他はDACで、2030年の5%から2050年には13%まで増加。2050年で約10億トン



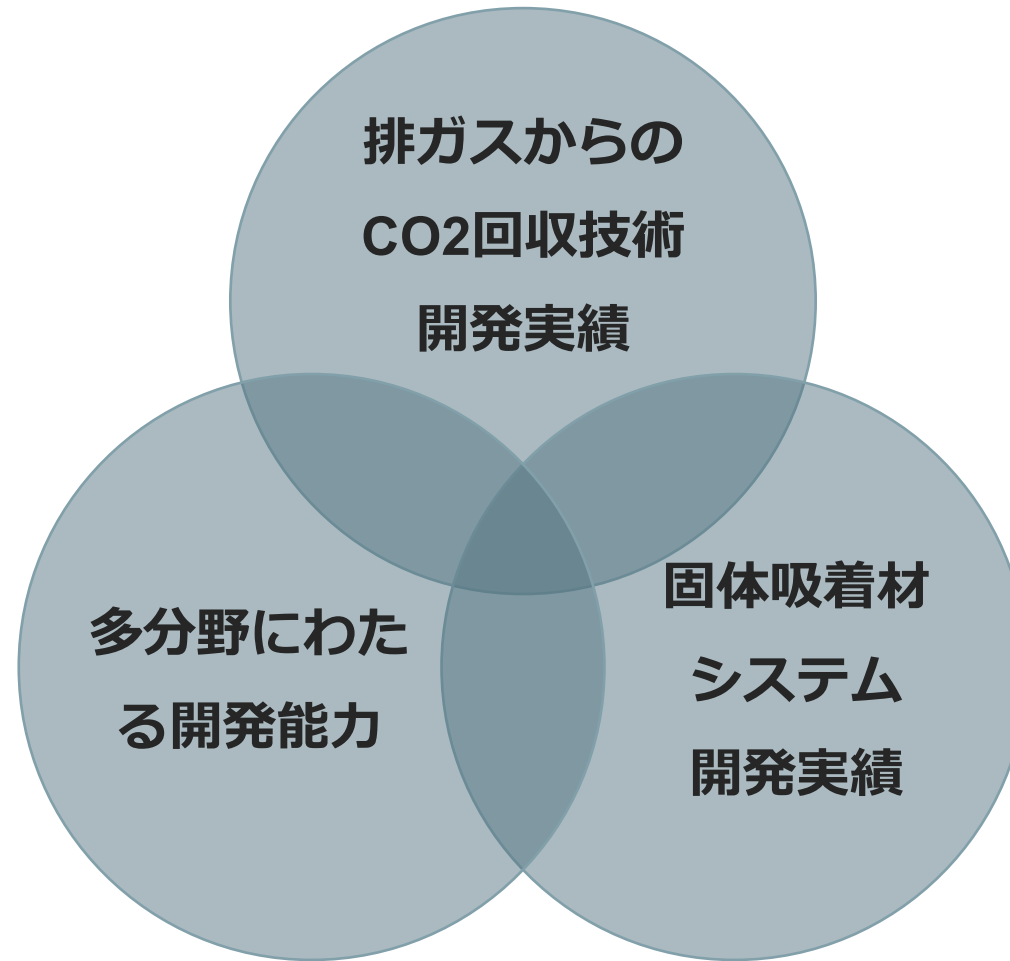
- DACCSは必要土地面積が小さく、大きなCO₂削減ポテンシャルを有する。
- 一方で回収コスト削減が課題

A	Afforestation & Reforestation (AR)	植林・再森林化によるCO ₂ を植物に固定する
B	Bioenergy with carbon capture & storage (BECCS)	バイオマス発電等から生じるCO ₂ を回収し、地層等に貯蔵する
C	Biochar (BC)	農林業の廃棄物や廃木材、食品廃棄物などの有機物を大量に炭化し埋設する
D	Enhanced Weathering (EW)	表面積拡大等により、人為的に岩石の風化を促進させ、炭酸塩やケイ酸塩としてCO ₂ を貯蔵する
E	Direct air capture (DACCS)	化学吸着により、大気中からCO ₂ を回収し、地層等に貯蔵する
F	Ocean fertilization (OF)	鉄分や窒素分を海水上層に加え、植物プランクトンの成長を促す。その後プランクトンが深海に沈み、CO ₂ を隔離する
G	Soil carbon sequestration (SCS)	近代農業、草地の修復、湿地形成など土地管理により、土壌中の有機炭素量を増加させる

2050年時点でのCO₂削減ポテンシャルとコスト



出典：第5回エネルギー・環境技術のポテンシャル・実用化評価検討会資料 8-1





MOVE THE WORLD FORWARD