EVF. Environmental Veterans Firm

環境ベテランズファーム Webセミナー（2024年1月）

講演テーマ：
DACを含むCO2分離回収・利用技術（CCU）及びCCSの動向と課題

講師：一般社団法人カーボンリサイクルファンド
理事　須山　千秋　様

講師略歴：

- 1959年　大阪生まれ
- 1981年　京都大学工学部資源工学科（物理探査専攻）卒業
- 1981年　　三井鉱山株式会社入社　三池鉱業所に勤務し、1987年まで炭鉱の採掘現場監督から通気、採掘計画等炭坑の全ての業務を経験
- 1987年より新規事業としてタイル事業に従事
- 1992年　日揮入社。石炭新燃料製造中国合弁事業、バイオマス燃料開発、ラスラファンLNGプロジェクト、原子力放射性廃棄物地下処分研究、褐炭改質インドネシア実証プロジェクト等を担当
- 2017年より、一般財団法人石炭エネルギーセンター（現カーボンフロンティア機構（JCOAL））出向、現在カーボンニュートラル推進部　担当参事
- 2019年8月 一般社団法人カーボンリサイクルファンド設立、現在理事を務める

CARBON
RECYCLING
FUND INSTITUTE

2024年1月26日
EVFセミナー

DACを含む
CO_2分離回収・利用技術(CCU)
及びCCSの動向と課題

一般社団法人
カーボンリサイクルファンド
須山 千秋

本日の講演内容

1.カーボンリサイクルファンドの概要

2.CCUS/カーボンリサイクルの動向
- ◆ DAC/CO_2分離回収
- ◆ CCU/カーボンリサイクル
- ◆ CCS

3.CCUS/カーボンリサイクルの課題と
社会実装に向けた今後の展望

© 2024 Carbon Recycling Fund Institute

本日の講演内容

1.カーボンリサイクルファンドの概要

2.CCUS/カーボンリサイクルの動向

- ◆ DAC/CO2分離回収
- ◆ CCU/カーボンリサイクル
- ◆ CCS

3.CCUS/カーボンリサイクルの課題と社会実装に向けた今後の展望

© 2024 Carbon Recycling Fund Institute

カーボンリサイクルファンド 2019年8月設立

■ ミッション： 国と連携して、**カーボンリサイクル（CR）の社会実装及び民間がビジネスとしてCRに取り組む支援を行う。**

→ **CRに係る最新情報提供と連携の場の提供・連携の潤滑油**

■ **組織体制：**

会長	満岡次郎	（㈱ IHI 代表取締役会長）
副会長	北村雅良	（電源開発(株) 特別顧問）
	江口幸治	（三菱ケミカルグループ㈱代表執行役）
専務理事	橋口昌道	

■ **事業内容：**

- **広報活動**：CRに係る啓発活動
- **研究助成活動**：研究者等に対するグラント（助成金）交付
- **吸収源活動**（グリーンカーボン・ブルーカーボンを活用したCR実践）
- その他活動： CR推進のための**事業支援**、**政策提言**、**技術動向調査**等

■ **事業スキーム**

© 2024 Carbon Recycling Fund Institute

CRF：会員一覧　（2024年1月1日現在）

～業種を超えた連携によるカーボンリサイクルの推進～

法人会員

<化学>
- 旭化成㈱
- AGC(株)
- キャボットジャパン㈱
- JSR㈱
- **積水化学工業㈱**
- DIC㈱
- デンカ㈱
- 東レ㈱
- 戸田工業㈱
- **豊田合成㈱**
- BASFジャパン㈱
- 丸善工業㈱
- 三井化学㈱
- 三菱ガス化学㈱
- 三菱ケミカルグループ㈱
- ライオン㈱

<電力>
- 電源開発㈱
- 東京電力ホールディングス㈱
- 中国電力㈱

<精密・エレクトロニクス>
- ウシオ電機㈱
- Orbray㈱
- **㈱GSユアサ**
- ㈱島津製作所
- 古河電気工業㈱

<エネルギー>
- 出光興産㈱
- 伊藤忠エネクス㈱
- ㈱INPEX
- ENEOSホールディングス㈱
- 大阪ガス㈱
- 山陰酸素工業㈱
- **㈱GWソーラー西日本**
- 石油資源開発㈱
- 東京エコサービス㈱
- 東京ガス㈱
- 東芝エネルギーシステムズ㈱
- 日本コークス工業㈱
- ㈱日立製作所

<CO_2利用・再エネ・リサイクル>
- ㈱環境システムズ
- ㈱CO2資源化研究所
- **㈱JCCL**
- 地熱技術開発㈱
- ㈱ユーグレナ
- ㈱レブセル

<鉄・非鉄金属・セメント>
- 會澤高圧コンクリート㈱
- ㈱神戸製鋼所
- **神島化学工業㈱**
- 住友大阪セメント㈱
- 日本製鉄㈱
- 太平洋セメント㈱
- 三井金属鉱業㈱
- UBE三菱セメント㈱

<商社>
- 伊藤忠商事㈱
- JFE商事㈱
- 住友商事㈱
- 西華産業㈱
- 双日㈱
- 東京産業㈱
- 東京貿易ホールディングス㈱
- 豊田通商㈱
- 丸紅㈱
- 三井物産㈱
- 三菱商事㈱

<重工業>
- ㈱IHI
- 川崎重工業㈱
- 住友重機械工業㈱
- 三菱重工業㈱

<エンジニアリング・機械・インフラ>
- **アルヴォス㈱**
- ㈱荏原製作所
- ㈱クボタ
- JFEエンジニアリング㈱
- 千代田化工建設㈱
- 東洋エンジニアリング㈱
- 日揮ホールディングス㈱
- 日鉄エンジニアリング㈱
- 日本ガイシ㈱
- ㈱日立パワーソリューションズ
- ㈱フソウ
- ㈱三井E＆S
- **㈱三井三池製作所**
- 横河電機株

<印刷・映像・翻訳>
- 大日本印刷㈱
- TOPPAN㈱
- ㈱サン・フレア

<自動車・自動車部品>
- 愛三工業㈱
- 日産自動車㈱
- 日本特殊陶業㈱

<航空・交通・輸送>
- ㈱ジャムコ
- **瀬野汽船㈱**

<土木・建設・不動産>
- ㈱FKGコーポレーション
- ㈱大林組
- 大森建設㈱
- 鹿島建設㈱
- ㈱熊谷組
- 清水建設㈱
- 新日本空調㈱
- 大成建設㈱
- 太平電業㈱
- **㈱竹中工務店**
- 東亜建設工業㈱
- Dome Gold Mines Ltd.
- ㈱日立プラントサービス
- ヒューリック㈱
- ㈱福祉開発研究所
- ㈱フューチャーエステート
- ㈱ベルテクスコーポレーション
- ㈱豊正
- 三井不動産㈱
- 若築建設㈱

<金融関連>
- ㈱大和証券グループ本社
- 東京海上日動火災保険㈱
- 日本生命保険(相)
- 富国生命保険(相)
- ㈱みずほフィナンシャルグループ
- ㈱三井住友銀行
- 三井住友トラスト・パナソニックファイナンス㈱
- ㈱三菱UFJ銀行

<食品>
- アサヒクオリティーアンドイノベーションズ㈱

<IT・分析・評価>
- ㈱KDDI総合研究所
- ㈱電通国際情報サービス
- 富士通㈱
- ボストン・コンサルティング・グループ(同)
- みずほリサーチ&テクノロジーズ㈱
- ㈱三菱総合研究所

<小売・消費財>
- ㈱TBM

<その他・関連団体等>
- (一財)カーボンフロンティア機構
- (一社)コンビナート連携推進機構
- JX金属戦略技研㈱
- 住石貿易㈱
- (一財) 電力中央研究所
- (公財) 名古屋産業科学研究所
- (一財)日本エネルギー経済研究所

個人会員

社員5名以下の法人等
会員数 **26**

自治体会員

- 秋田県
- 香川県
- 群馬県安中市
- 長崎県西海市
- 広島県
- 広島県大崎上島町
- 広島県竹原市
- **福岡県大牟田市**
- 北海道
- 北海道苫小牧市
- **北海道三笠市**
- 山形県
- **山形県酒田市**
- 山口県
- 山口県周南市

学術会員

<組織入会>
- **衛星地球観測コンソーシアム**
- 学校法人東京理科大学
- 国立大学法人長崎大学

<個人入会>
会員数 16

会員数合計　191
法人会員131
個人会員26
自治体会員15
学術会員19

© 2024 Carbon Recycling Fund Institute

CRF：研究助成活動概要

■ **民間資金の特徴を活かして**
カーボンリサイクルに係る研究シーズ（アイデア、人）を発掘、育成する

	概要
助成対象	企業、大学、法人等に属する**研究者又は研究者チーム** 2022年度からは、**スタートアップ枠を新設**
募集テーマ（期待する分野）	社会的課題を解決するため、**CO_2（あるいは炭素原子）を資源として利用するCR、関連技術、CRを実現するための社会科学分野等に関する研究** ＜募集分野一覧＞ 1. 鉱物化（コンクリート等の材料）によるCO_2固定化技術 2. 燃料への転換技術　3. 化学品への転換技術 4. CO_2分離回収に係る技術(直接空気回収を含む) 5. 社会科学等の分野 6. CO_2吸収源(土壌、森林、ﾌﾞﾙｰｶｰﾎﾞﾝ、生物の活用、農林水産等)に係る研究 7. その他（水素製造、ｼﾞｵｴﾝｼﾞﾆｱﾘﾝｸﾞ、機能性材料、医療分野等）
評価ポイント	独創性・革新性・従来技術に対する優位性、課題設定の仕方、企業との連携などの社会実現可能性等
助成規模	1,000万円程度/件（平均助成額約700万円/件）
応募・採択件数	2020年度：39件応募/12件採択、2021年度：46件応募/12件採択 2022年度：55件＋29件（スタートアップ枠）計84件応募/16件採択 2023年度：56件＋31件（スタートアップ枠）計87件応募/16件採択
研究成果の帰属	基本的に研究者に帰属

© 2024 Carbon Recycling Fund Institute

研究助成　進展・国プロ等採用事例

■ アーリーステージの研究を国プロや企業との連携につなげる。

分野	採用先	研究課題名	研究代表者名（所属機関） ※敬称略	採択年度
CO_2 固定化技術	NEDO・環境省	廃海水と生体アミンを用いた新たなCO_2鉱物化法の開発	安元 剛（北里大学）	2021
	広島県	微生物燃料電池を用いた次世代大気中CO_2固定化技術の研究開発	佐野 大輔（東北大学）	2022
燃料への転換技術	JST/OPERA	微細藻由来バイオ燃料実用化のボトルネック解消のための育種	原山 重明（中央大学）	2021
	民間共同研究	先端的蓄熱技術を応用した熱交換器レスCO2メタネーションプロセスの開発	能村 貴宏（北海道大学）	2022
化学品への転換技術	GI基金	超効率的なCO_2利用ポリウレタン原料製造法の開発	竹内 勝彦（産業技術総合研究所）	2021
	民間共同研究等	二酸化炭素からの乳酸およびポリ乳酸合成技術の開発	川波 肇（産業技術総合研究所）	2021
	民間共同研究	IGCC+CCS への新規低温メタノール合成触媒適応研究	椿 範立（富山大学）	2020
CO_2分離回収に係る技術	JST/未来社会創造事業	低コストCO_2フリー水素製造に向けたCO_2 吸着剤の開発	犬丸 啓（広島大学）	2021
	広島県 民間共同研究	水をも分離するCO_2吸収・放出剤による高効率的DAC技術の開発	稲垣 冬彦（神戸学院大学）	2021,2022
社会科学等の研究	環境省	瀬戸内「カーボンリサイクルコンビナート」の実現に向けた研究	市川 貴之（広島大学）	2020
CO_2吸収源に係る研究	JST/A-STEP トライアウト BRAVE Innovator Award 受賞	膜分離による大気CO_2濃縮機能を有する小型施設園芸システムの開発	藤川 茂紀（九州大学）	2021
	JSPS/科研費 基盤研究（B）	植物によるCO_2吸収を増進する薬剤の開発	高橋 洋平（名古屋大学）	2022

© 2024 Carbon Recycling Fund Institute

CRF：カーボンリサイクル社会実装促進ワーキング

■ 自治体と連携してCO_2価値化を促進

CO_2供給元

工場・発電所等

燃焼灰

地場の水素

再エネ＋水電解等

ごみ焼却場/下水処理場

貯留

CO_2

水素

CO_2分離回収

CR技術

微細藻類

合成燃料(メタン・LP)

鉱物化技術

メタン・水素

CO_2直接利用

CO_2利用者：消費者

CO_2利用者：事業者

公共交通機関

畜産（飼料）

合成LPG

日常生活

建物・道路他

藻場：水産業

農業＆野菜工場

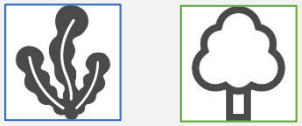
林業

© 2024 Carbon Recycling Fund Institute

CO_2吸収源検討会

■ CO_2の吸収源（森林,海,土壌）の活用・クレジット化を促進

CO_2吸収源



ブルーカーボン（海草、海藻等）や
グリーンカーボン（森林）等の自ら
CO_2吸収を行う天然資源

理解普及の促進

地域の方々、会員企業と共に一般の方々へのCO2吸収源の理解普及を図るイベントを開催

2023年6月 埼玉県東松山市における植林イベントの様子

CO_2吸収源に関わる
サプライチェーン作り

CO_2吸収源検討会を定期開催し、
現状のCO_2吸収源事業の展望、課題を会員と共有

CO_2吸収源検討会の主なトピック
-カーボンクレジット創出する上での認証・
制度に関する課題感
-CO_2吸収源から得られた製品（木材等）の
サプライチェーン構築に向けた取組
-CO_2吸収源に取り組んだ企業・自治体からの
フィードバック共有

2023年12月 第二回CO_2吸収源検討会の様子

CO_2

地球資源を活かした
カーボンリサイクルの実現

© 2024 Carbon Recycling Fund Institute

本日の講演内容

1.カーボンリサイクルファンドの概要

2.CCUS/カーボンリサイクルの動向
- ◆ DAC/CO_2分離回収
- ◆ CCU/カーボンリサイクル
- ◆ CCS

3.CCUS/カーボンリサイクルの課題と
社会実装に向けた今後の展望

© 2024 Carbon Recycling Fund Institute

CO_2分離回収技術開発ロードマップ

- 2050年までに**CO_2分離回収コスト1,000円/t-CO_2**を目指す。
- 様々なCO_2排出源に対応する分離回収能力を獲得することを目指す。

■ CO_2回収関連技術の開発の見通し

（出典：NEDO資料）

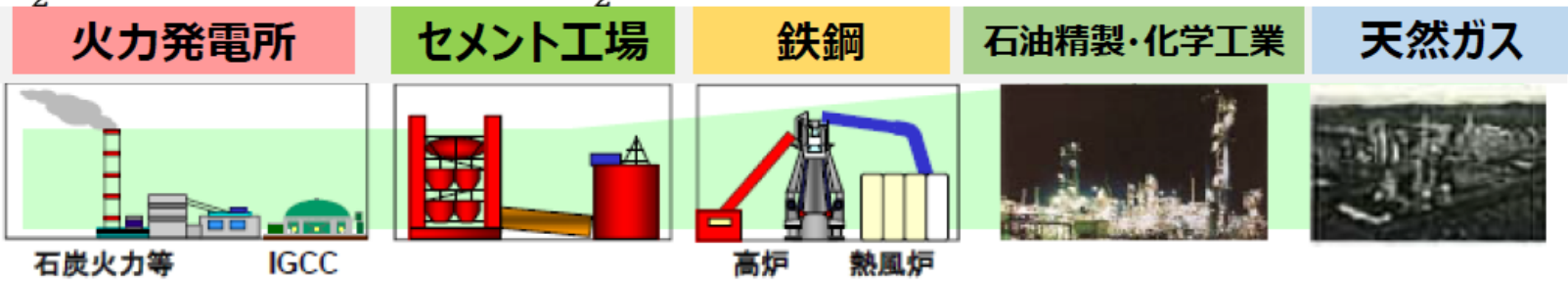
© 2024 Carbon Recycling Fund Institute

CO_2分離回収技術

◆ 様々なCO_2排出源・CO_2の用途に対応した分離回収技術が必要

■ CO_2排出源の種類と圧力、CO_2濃度

主要な排出源



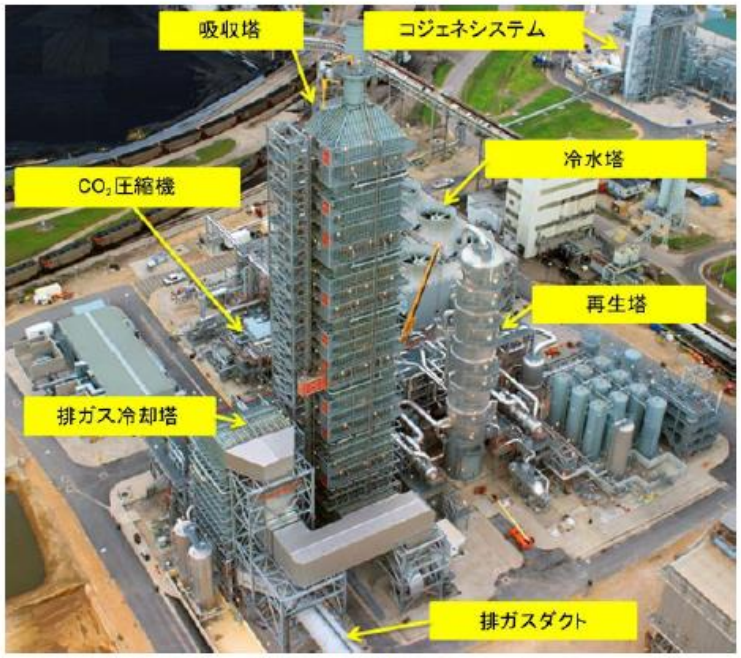
	石炭火力	IGCC	セメント	鉄鋼	石油精製・化学工業		天然ガス
圧力/CO_2濃度	大気圧/10～15%	2.5～4.0MPa/40～50%	大気圧/15～30%	大気圧/20～30%	大気圧/5～20%	大気圧～4.0MPa/10～100%	7.0～10MPa/10～70%
発生プロセス	燃料燃焼後	燃料燃焼前	燃焼後	高炉ガス、熱風炉燃焼後	加熱炉燃焼後	水素製造（燃焼前）アンモニア製造時（燃焼前）	天然ガス精製時（燃焼前）
適合しうる分離回収法	化学吸収法 固体吸収法 物理吸着法	化学吸収法 物理吸収法 固体吸収法 物理吸着法 膜分離	化学吸収法 固体吸収法 物理吸着法	化学吸収法 固体吸収法 物理吸着法	化学吸収法 固体吸収法 物理吸着法	化学吸収法 物理吸収法 固体吸収法 物理吸着法 膜分離	化学吸収法 物理吸収法 固体吸収法 物理吸着法 膜分離

（出典：NEDO資料）

© 2024 Carbon Recycling Fund Institute

化学吸収法

- 液体アミンによるCO_2吸収法は、既に世界各地で**商用機が稼働中**。
- 吸収CO_2の回収に**加熱エネルギーが必要**でコストダウンが課題。



三菱重工エンジニアリング Petra Nova

出典：三菱重工技報 Vol.55

- 世界最大の石炭火力排ガス処理プラント (4776t/d)
- 独自のアミン吸収液 KS-1™
- 蒸気/電気統合による省エネ設計

商業化1号機
（日本製鉄室蘭製鉄所構内）

商業化2号機
住友共同電力新居浜西火力発電所内）

	1号機 (2014～)	2号機 (2018～)
設備規模	120 t/day	143 t/day
排出源	製鉄熱風炉	石炭火力（※）
CO_2用途	産業用CO_2製造	飼料添加物製造

日鉄エンジニアリング技術（ESCAP）

日本CCS調査㈱苫小牧CCS実証事業
600t/day規模（日揮/BASF技術）

環境省CCUS実証事業（大牟田）
600t/day規模
（東芝ｴﾈﾙｷﾞｰｼｽﾃﾑｽﾞ技術）

（出典：各社資料）

© 2024 Carbon Recycling Fund Institute

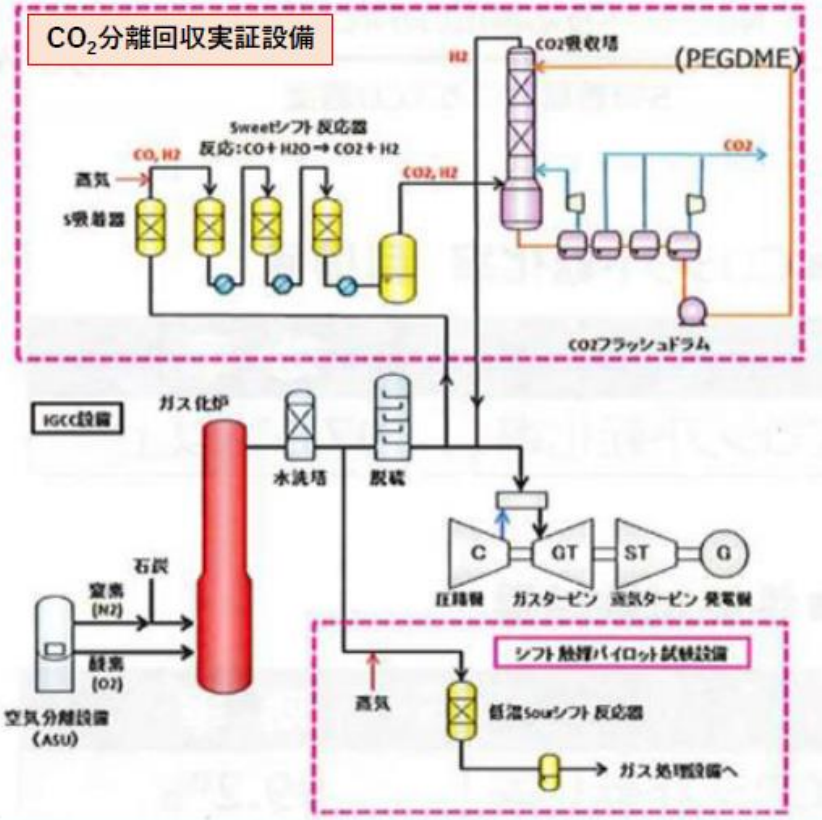
物理吸収法（酸素吹IGCC実証）

◆ 吸収したCO_2は**減圧して回収**、高圧プロセスに向いている。
◆ 大崎でのIGCC実証において**燃焼前排ガスから分離回収**実証（400t/day規模）。

<概　要> 革新的低炭素型石炭火力の実現のためにCO_2分離・回収装置単体における回収効率は90%以上を目標とする。CO_2地中貯留から求められる可能性があるCO_2純度について、湿式物理吸収法を使って定常運転時「99%以上」を目標とする。

<事業期間> 2016年4月～2021年2月

<実施体制> 大崎クールジェン株式会社
株式会社日立製作所



✓ 試運転にてCO_2回収率　目標の90%を達成、CO_2回収純度　目標の99%以上を確認した。
✓ 実証試験にて発電効率40%以上でのCO_2回収目標の達成を確認する。

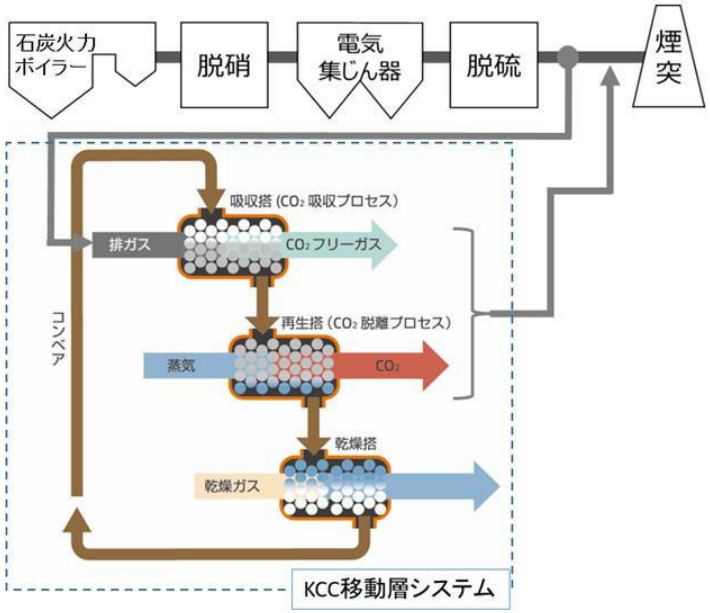
国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構

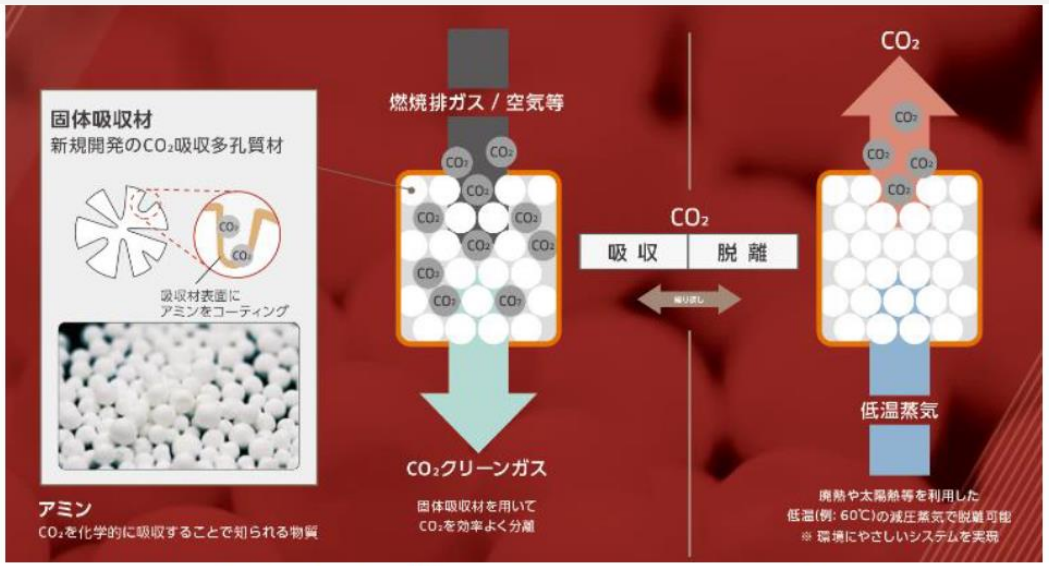
（出典：NEDO資料）

© 2024 Carbon Recycling Fund Institute

固体吸収法

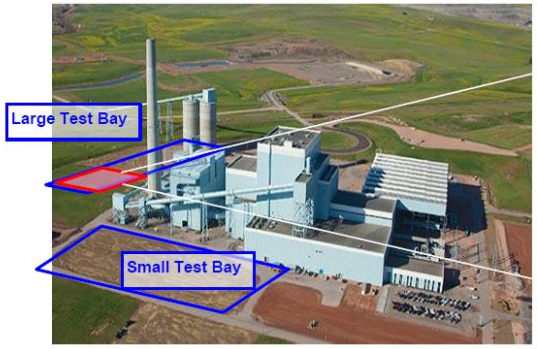
◆ アミンを溶媒（水）の代わりに低比熱の**多孔質材料に担持**させ60℃蒸気にて回収、蒸発潜熱ロスをなくして回収熱エネルギーを低減。





KCCプロセス概念図(出典：川崎重工業(株))

関西電力㈱舞鶴発電所での実証（NEDO事業）
（川崎重工-RITE、40t/day）



米国ワイオミング州ITC (Integrated Test Center)
でのCO_2分離回収実証（環境省事業/JCOAL/川崎重工）

（出典：川崎重工資料）

© 2024 Carbon Recycling Fund Institute

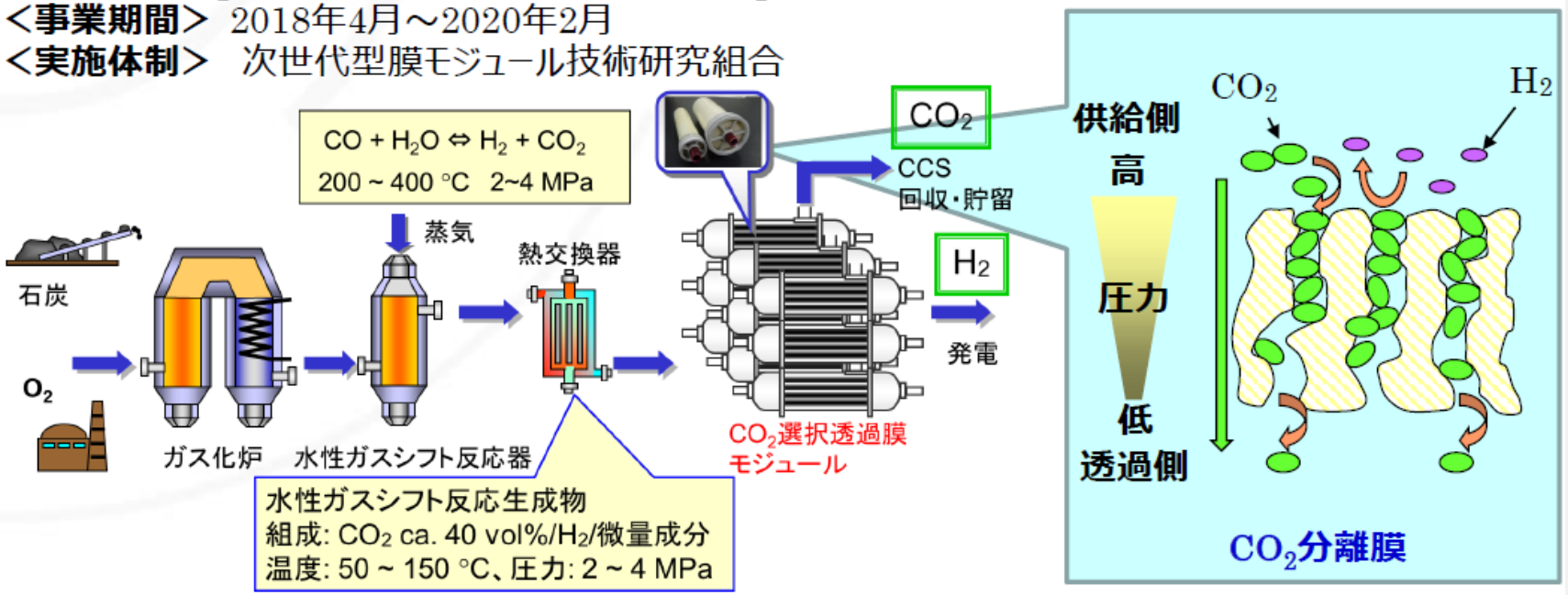
膜分離

◆ CO_2のみを透過させる膜によって分離を行う。
◆ CO_2透過量増及び回収CO_2の高濃度化が課題。

<概　要> 経済産業省委託事業「二酸化炭素分離膜モジュール実用化研究開発事業」までに開発した膜素材、膜エレメントや膜分離システムを基礎として、石炭ガス化複合発電（IGCC）プロセスへの適用検討により、実用化段階でCO_2分離・回収コスト1,500円/t- CO_2以下、CO_2分離・回収エネルギー0.5 GJ/t- CO_2以下を達成する分離膜技術を開発する。

<事業期間> 2018年4月～2020年2月

<実施体制> 次世代型膜モジュール技術研究組合



✓ 単膜：調合ガスによる加速試験（硫化水素濃度1,000ppm）で短期耐久性を確認。
✓ 膜エレメント：燃焼前ガスを用いた試験（硫化水素濃度350ppm）で短期耐久性確認。
✓ 膜エレメント：径2→4インチへの大型化製法を開発し、基本的な設計指針構築。

国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構

（出典：NEDO資料）

© 2024 Carbon Recycling Fund Institute

クローズドIGCC

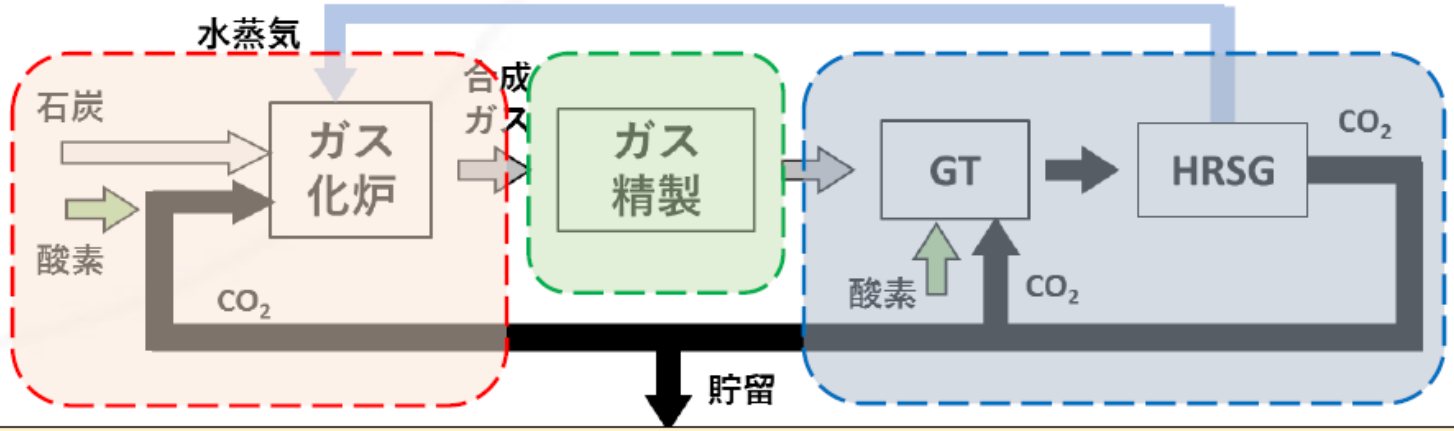
◆ 類似技術として超臨界CO_2を蒸気タービンで使う技術（Allam Cycle）を東芝、米国ネットパワー社が開発、現在８Rivers社が継承してビジネス化。

<概　要> IGCCの排ガスを再循環しガス化剤やGT燃焼器の希釈剤などに用いれば、CO_2回収後も高い効率を維持できる。

<事業期間> 2015年8月～2021年2月

<実施体制> 一般財団法人電力中央研究所、三菱重工業株式会社、三菱パワー株式会社

ガス化	ガス精製	ＧＴ燃焼
O_2/CO_2ガス化、水蒸気添加ガス化によるガス化性能の向上	乾式ガス精製システムの採用による効率向上	セミクローズドＧＴの採用による効率改善



✓ O_2/CO_2ガス化実証と設計指針の確立、乾式ガス精製システムの構築等を実施し、諸検討結果による全体システムの最適化を行い、送電端効率42%を達成する見通しを得た。

国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構

（出典：NEDO資料）

© 2024 Carbon Recycling Fund Institute

DAC（Direct Air Capture）

- ◆ 大気中から直接CO_2を回収する技術
- ◆ CO_2排出を抑制するだけでなく、すでに排出されたCO_2を大気中から分離・回収して固定化する**ネガティブエミッション**技術が不可欠とされている。

DAC技術の分類

種類	特徴	主要材料
化学吸収	吸収液に通すことで大気中のCO_2を吸収・分離し、加熱によってCO_2を回収する。	アルカリ水溶液 液体アミン
化学吸着	吸着剤に通すことで大気中のCO_2を吸着・分離し、加熱・減圧・過失操作によってCO_2を回収する。	アルカリ金属塩、固体アミン、MOF、イオン交換樹脂
膜分離	空気を分離膜を通すことで大気中のCO_2を分離・回収する。	高分子膜、イオン液体膜
深冷分離	CO_2の凝固点まで空気を冷却し、CO_2をドライアイスにして分離する	

（産総研マガジンよりＣＲＦ作成）

© 2024 Carbon Recycling Fund Institute

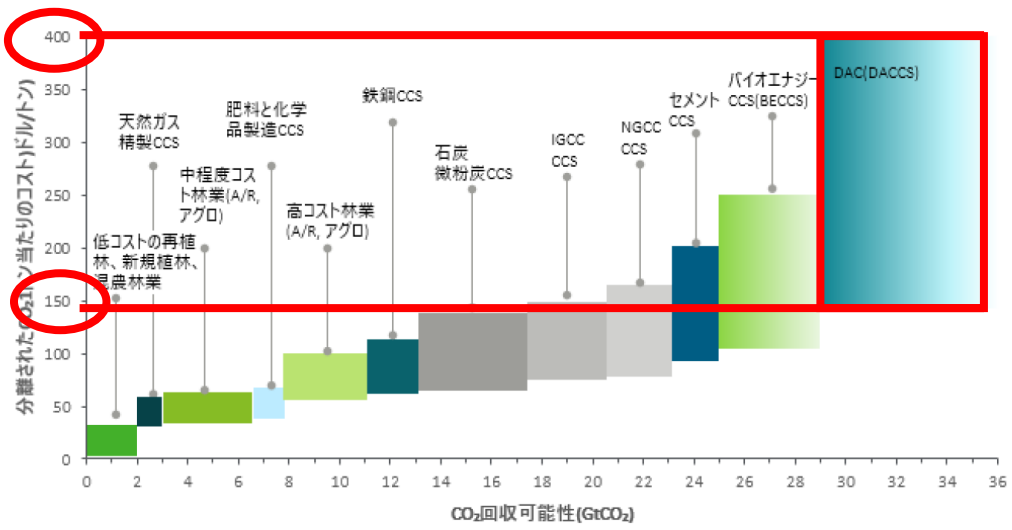
DAC技術の特徴

DAC技術の利点

- ◆ **場所に影響されず**にCO_2の回収が可能、CO_2の貯留、利用場所に応じて回収場所を選択できる。利用場所近くで回収することで輸送が不要となる。
- ◆ 大気中に排出されたCO_2を回収できる。**ネガティブエミッションが可能**

DAC技術の課題

- ◆ **エネルギーコストが高い**
  - ✓ DAC装置に多量の空気を送り込むためのファンの動力が大きい。
  - ✓ 約0.04%という希薄なCO_2を処理するために、強力にCO_2と結合する材料が求められ、回収するために多くのエネルギー（熱、電気）が必要
- ◆ DACに必要なエネルギーを再生可能エネルギーでどう賄うか。



（出所：Goldman Sachs Equity Research 2020 を参考に DTVS 作成）

45Q税控除による普及支援

概要	CO_2貯留/利用量に応じて税額控除クレジットを付与する制度
経緯	2008年：45Q税制の導入決定 2018年：同税制の改正(控除金額の拡充等) 2022年：インフレ抑制法を根拠に更なる拡充が決定

現行の制度

対象	2032年末までに建設開始するプロジェクト 【年間CO_2回収量に係る適用要件の引き下げ】 発電所:18,750t、産業施設:12,500t、DAC*:1,000t * Direct Air Capture、直接空気回収
税控除	種類 / 税控除*1 CO_2回収・EOR*2 / $60/t CO_2回収・隔離 / $85/t DACによる$CO_2$回収・EOR / $130/t DACによる$CO_2$回収・隔離 / $180/t

*1 雇用条件未充足時は、記載の1/3の水準を適用 *2 原油増進回収法

（出典：三井住友銀行資料）

© 2024 Carbon Recycling Fund Institute

海外のDAC技術（Climeworks）

- CO_2をアミン吸着剤表面に吸着させる技術。
- 2009年設立、2017年にチューリッヒで900t/yの設備を開発。
- 2021年9月、アイスランドで**最大4,000t/yCO_2を回収する現時点の世界最大のDACプラントOrcaを稼働**させた。隣接する地熱発電所が生む電力を使用し、回収したCO_2は連携する**CarbfixCO_2鉱物化プロセスにより地下に貯留**（地熱余剰水に溶解させて地下800～2,000mの玄武岩層に注入、CO_2の95%が炭酸カルシウムに変換されることを確認）。
- 2022年6月、アイスランドで**36,000 t /yCO_2回収能力を持つDACプラントMammothの建設を開始**。2030年までに数百万t/y/、2050年までに数千万t/yの計画。
- 2023年10月、Climeworksとケニアを拠点とするGreat Carbon Valleyは、ケニアにDACCSプラントを建設する計画を発表、100万t/yCO_2を大気中から回収する計画。
- 創出したクレジットを2023 年 1 月にマイクロソフトに、5 月には JPMorgan Chase と過去最大規模である 2000 万ドル超の契約を締結。

（出典：Climeworks HP）

© 2024 Carbon Recycling Fund Institute

海外のDAC技術(Carbon Engineering)

- 2015年カナダブリティッシュコロンビア州スコーミシュで1t/dayのプラント稼働。
- CO_2吸収材は水酸化カリウム溶液でCO_2と反応して炭酸カリウムが生成される。
- **米国ガス大手のオキシデンタル・ペトロリアムが2023年6月に買収**、子会社の**１PointFiveが技術ライセンスを取得**してビジネス展開中。
- 米国テキサス州に**100万t/y規模のプラントを建設中**、2026年操業開始予定。2035年までに世界で70基（計約１億ｔ）のDACプラントを建設する計画。
- １PointFiveは**2022年3月にAirbusとパートナーシップを締結**、10万t/yを４年間炭素除去クレジットを購入することで合意。**2023年8月にはANAと契約、**テキサスで稼働するDAC設備から3年間で3万t以上の炭素除去クレジットを調達予定。

(出典：IPoinFive HP)

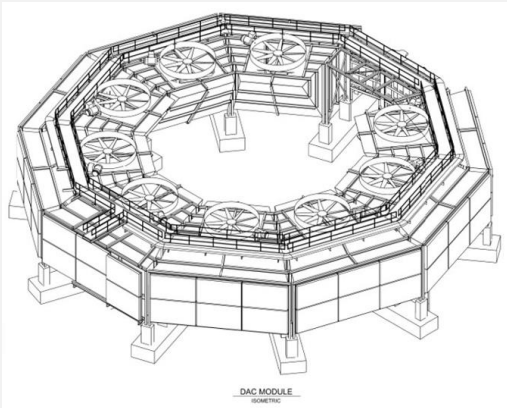
(出典：Carbon Engineering HP)

© 2024 Carbon Recycling Fund Institute

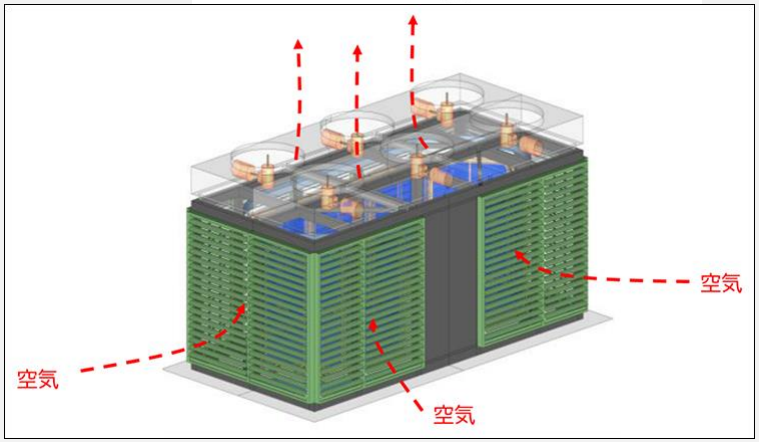
海外のDAC技術（Global Thermostat）

- ◆ CO_2の回収を表面形状、固体吸着剤が埋め込まれたコンタクター、高効率ファンで構成されている。低温熱によりCO_2が急速に放出される。
- ◆ 2022年末にコロラド州デンバーにあるGlobal Thermostat本社に約**1,000t/yのデモ機が稼働中**。
- ◆ **2023年1月に東京ガス、2023年5月に住友商事が出資。**

Global Thermostat本社のデモ機



商用プラントイメージ



機器構成　（出典：Global Thermostat HP）

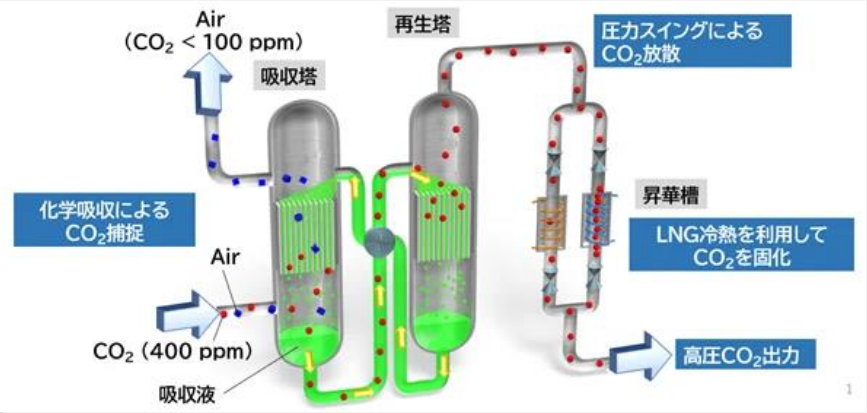
© 2024 Carbon Recycling Fund Institute

国内のDAC技術

- **IHI**：そうまIHIグリーンエネルギーセンターにDAC(化学吸収法）を設置。100%濃度のCO_2を回収、植物工場での実証に利用中。
- **川崎重工**：化学吸収法によるDACを開発、5kg/dayの実証試験中。
- **RITE/三菱重工エンジニアリング**：数kg/day規模の固体吸収材を使った装置を開発中（NEDOムーンショット）
- **日本ガイシ**：自動車排ガス浄化用セラミック（ハニセラム）を活用したDACを開発中。
- **九州大学/双日**：膜分離型DAC（NEDOムーンショット）、Carbon-Xtract社設立。
- **神戸学院大/三菱ガス化学**：アミン化合物の吸着剤の開発。
- **名古屋大/東邦ガス/日揮/中京大/東京大/東京理科大**：LNG冷熱を活用したDAC、10t/y規模のパイロット装置開発中（NEDOムーンショット）

IHI製（出典：日経記事）

Carbon-Xtract（出典：双日HP）



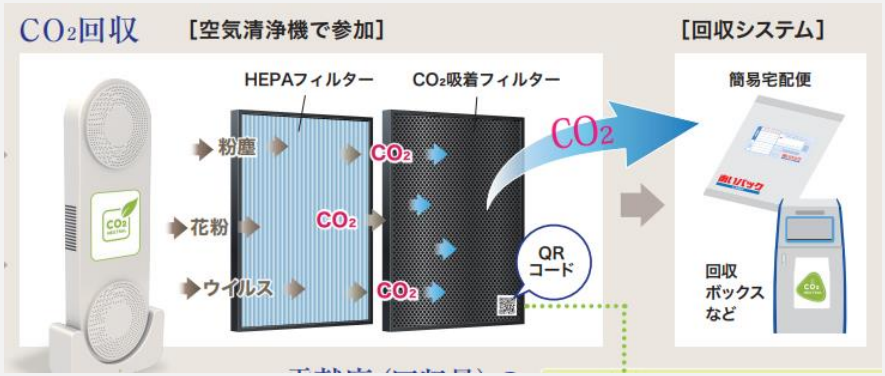
Cryo-DAC®（出典：日揮HP）

© 2024 Carbon Recycling Fund Institute

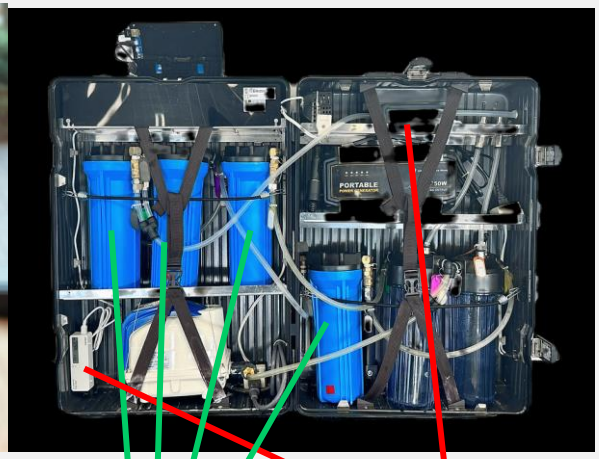
国内のDAC技術

- **レブセル**：空気清浄機等のフィルターでCO2を吸着してガラスの原料に。スイス不動産大手 Swiss Prime Site AG 本社ビル（チューリッヒ）にて実証実験を開始。
- **アサヒ飲料**：CO_2を食べる自販機、東京スカイツリー、三井ショッピングパークららぽーと門真にて実証実験中。
- **炭素回収技術研究機構(CRRA)**：代表の村木氏は山梨の高校時代にCRRA設立、東京大学に入学して活動を展開、2023年満期退学。内閣府ムーンショットアンバサダー。

アサヒ飲料のDAC（出典：アサヒ飲料HP）



レブセルのDAC（出典：レブセルHP）



CO2吸収カートリッジ(水溶液)　CO2センサー

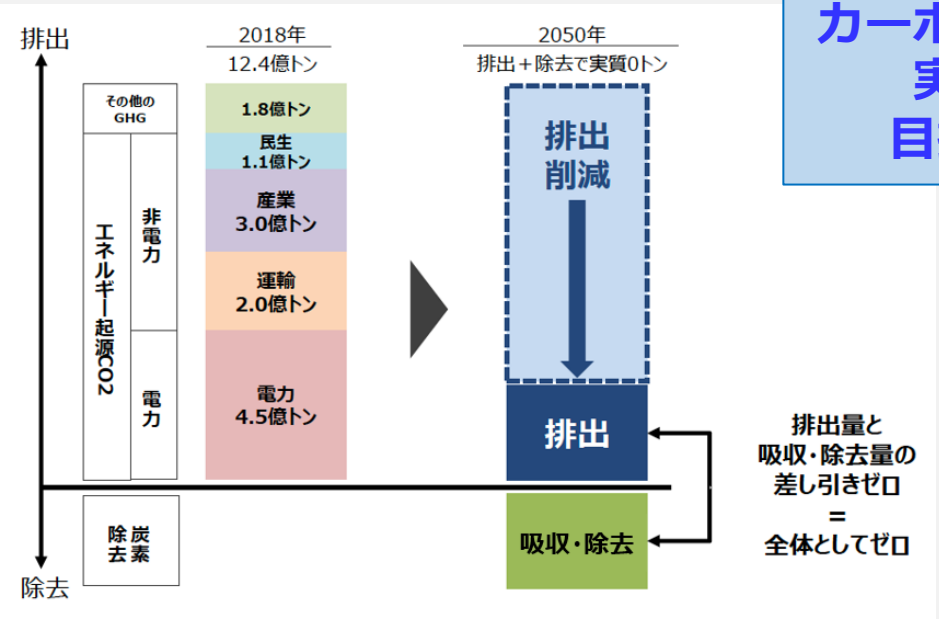
ひやっしー（出典：CRRAのHP）

© 2024 Carbon Recycling Fund Institute

カーボンニュートラルとカーボンリサイクル

■ カーボンニュートラルの達成には、カーボンリサイクルが不可欠

- ➢ **徹底した排出削減後にも、CO_2排出は残る。**
- ➢ **CO_2を資源として活用**することで、
  排出量と吸収・除去（利用、固定）量をバランスさせる。
- ➢ **海、森林、土壌への吸収含めた地球規模の炭素循環がカギ。**



カーボンニュートラルのイメージ
（出典：経済産業省資源エネルギー庁Webサイト）

カーボンニュートラル
実現に向けて
目指すべき社会

＝

循環炭素社会

地球の力、生物の力も使った
地球規模の炭素循環
：カーボンリサイクル

世の中から炭素が無く
なることはない

~~低炭素社会~~

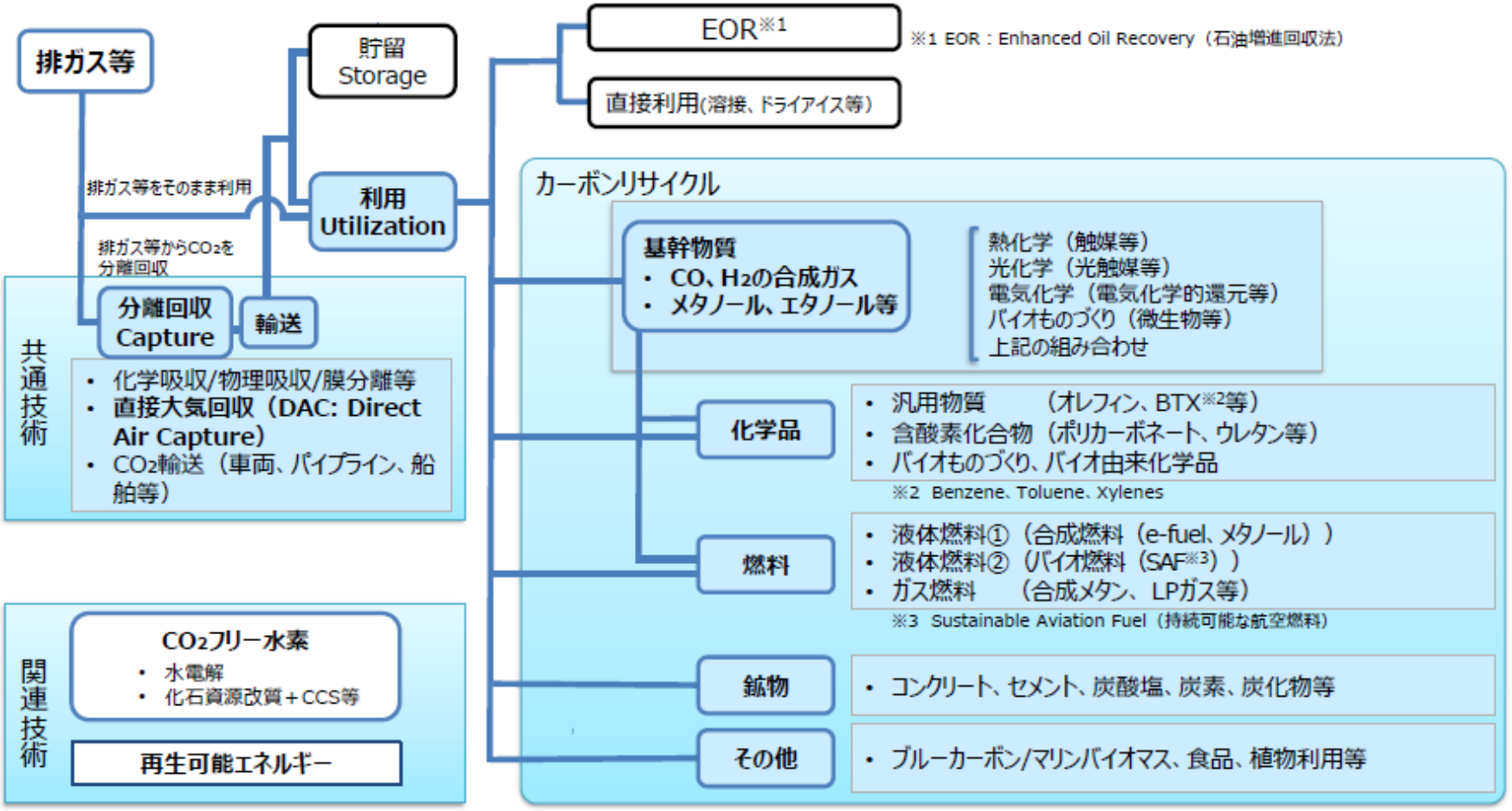
~~脱炭素社会~~

© 2024 Carbon Recycling Fund Institute

カーボンリサイクルとは

カーボンリサイクルとは

- CO_2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CO_2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。



（出典：METI 資料）

© 2024 Carbon Recycling Fund Institute

CRロードマップ

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、CO_2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）

現状 → 2030年 → 2040年以降

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。

化学品（ポリカーボネート等）
プロセス改良等によるCO_2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

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

原料コスト

	現状	2030年	2040年以降
水素	100円/Nm³	30円/Nm³	20円/Nm³※
CO_2分離回収	約4,000～6,000円/t-CO_2	2,000円台/t-CO_2	1,000円以下/t-CO_2
	（DAC：30,000～60,000円/t-CO_2）	（DAC：10,000円/t-CO_2）	（DAC:2,000円以下/t-CO_2）

※ 2050年時の目標

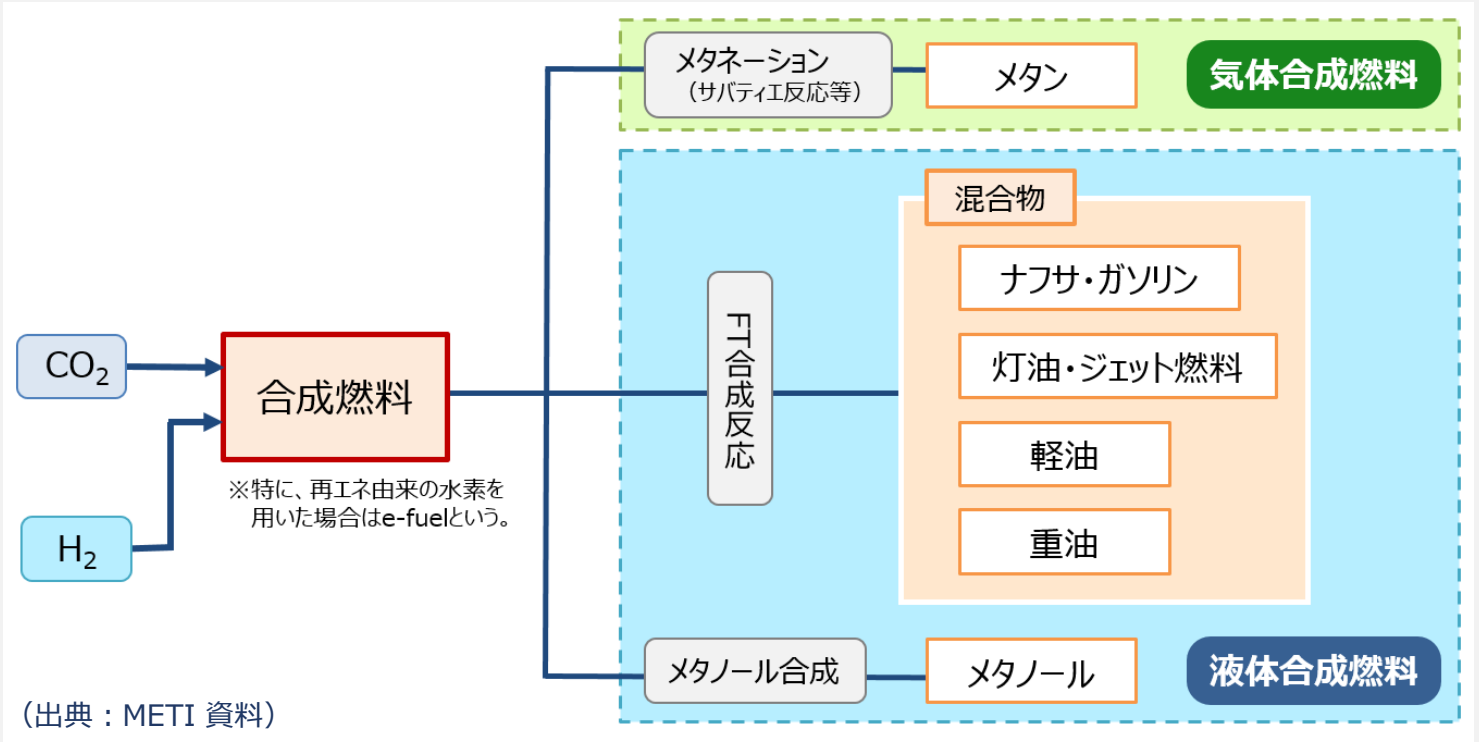
26

出典：METI 資料

© 2024 Carbon Recycling Fund Institute

合成燃料への期待

- ◆CO_2とH_2を合成して製造される燃料、再エネ由来の水素を用いた合成燃料は「e-fuel（electric-fuel」とも呼ばれている。
- ◆航空燃料（SAF）、舶用燃料(メタノール）、都市ガスへの導入に向けた動きが加速。
- ◆電動化や水素化と比較して以下メリットがある。
  - ✓ 既存設備が利用できる
  - ✓ 資源国以外でも製造できる
  - ✓ 電動化や水素化に比べてエネルギー密度が高い



（出典：METI 資料）

© 2024 Carbon Recycling Fund Institute

カーボンリサイクル技術の現状と課題

カテゴリー	CO_2変換後の物質	現状※1	課題	既存の同等製品の価格※1	2030年	2050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）は研究開発段階	変換効率・反応速度の向上、触媒の耐久性向上　など	–	プロセスの低コスト化	プロセスの更なる低コスト化
化学品	含酸素化合物	一部実用化（ポリカーボネート等）、その他は研究開発段階 【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 ポリカーボネート等以外の実用化（転換率・選択率の向上　など）	300-500円程度／kg（ポリカーボネート（国内販売価格））	既存のエネルギー・製品と同等のコスト	更なる低コスト化
	バイオマス由来化学品	技術開発段階（非可食性バイオマス）	低コスト・効率的な前処理技術、変換技術　など	–	既存のエネルギー・製品と同等のコスト	更なる低コスト化
	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）	転換率・選択率の向上　など	100 円／kg（エチレン（国内販売価格））	–	既存のエネルギー・製品と同等のコスト
燃料	液体燃料（微細藻類バイオ燃料）	実証段階 【価格例】 バイオジェット燃料　1600円／L	生産率向上、低コスト・効率的な前処理技術　など	100円台／L（バイオジェット燃料（国内販売価格））	既存のエネルギー・製品と同等のコスト（100-200円／L）	更なる低コスト化
	液体燃料（CO_2由来燃料またはバイオ燃料（微細藻類由来を除く））	実証段階（E-Fuel等）、バイオエタノールのうち、可食性バイオマス由来については一部実用化	現行プロセスの改善、システム最適化　など	50-80円（原料用アルコール（輸入価格）） 約130円（工業用アルコール（国内販売価格））	–	既存のエネルギー・製品と同等のコスト
	ガス燃料（メタン）	実証段階	システム最適化、スケールアップ　など	40-50円／Nm^3（天然ガス（輸入価格））	CO_2由来CH_4のコストダウン	既存のエネルギー・製品と同等のコスト
鉱物	炭酸塩、コンクリート製品・コンクリート構造物	一部実用化、低コスト化に向けた様々な技術の研究開発が実施中 【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　など	30円／kg（道路ブロック（国内販売価格））	道路ブロック：既存のエネルギー・製品と同等のコスト	道路ブロック以外：既存のエネルギー・製品と同等のコスト
共通技術	CO_2分離回収	一部実用化（化学吸収法）、その他手法は研究・実証段階 【価格例】 4000円程度/t-CO_2（化学吸収法）	所要エネルギーの削減　など	–	1000-2000円台/t-CO_2（化学吸収、固体吸収、物理吸収、膜分離）	1000円以下/t-CO_2
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研究開発が実施中	低コスト化　など		30円/Nm^3	20円/Nm^3（プラント引き渡しコスト）

（出典：METI 資料）

© 2024 Carbon Recycling Fund Institute

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CO_2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、関係法令など、課題を整理。
- 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**。
- 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**CO_2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、CO_2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CO_2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CO_2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

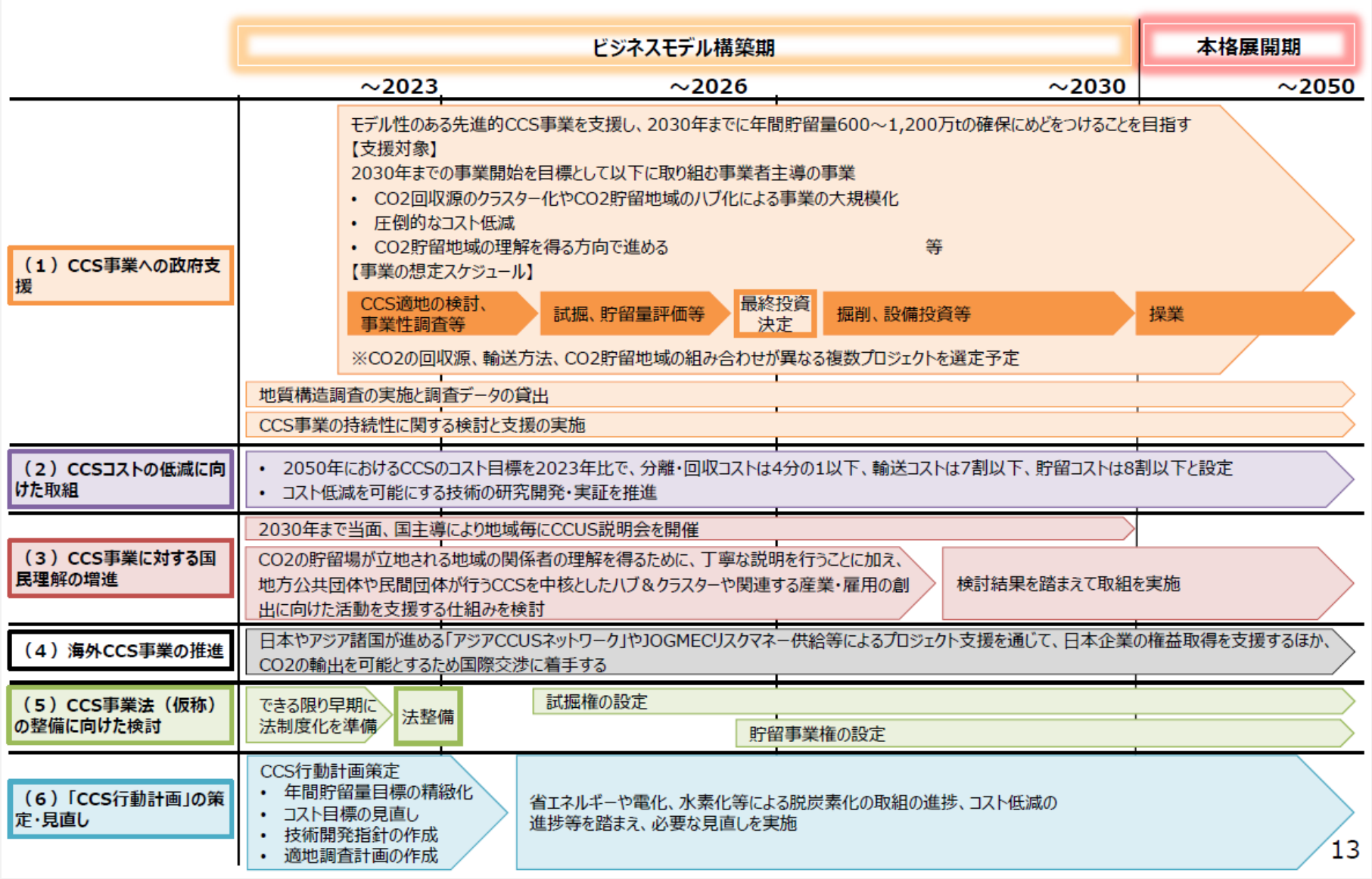
- カーボンリサイクル分野のスタートアップは主にプレシード、シード段階であり、育成・事業化に向け産学官一体の手厚い支援が必要となるが、**技術開発、人材育成、国際展開、規制の導入等各種支援の効果的な実施方法**。

28

（出典：METI 資料）

© 2024 Carbon Recycling Fund Institute

日本のCCS長期ロードマップ



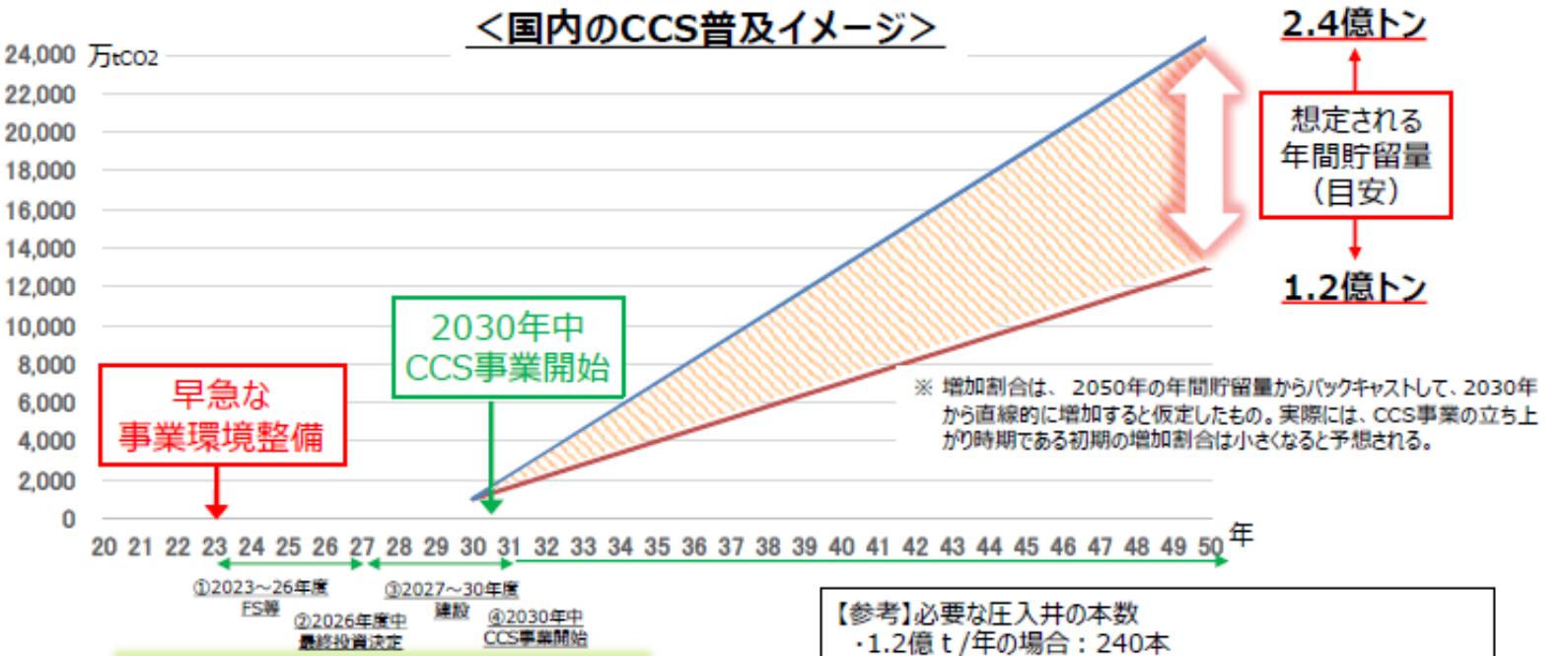
（出典：METICCS長期ロードマップ検討会資料）

© 2024 Carbon Recycling Fund Institute

CCSへの期待

2050年のCCSの想定年間貯留量の目安

- IEA試算から推計すると、**我が国のCCSの想定年間貯留量は、2050年時点で年間約1.2～2.4億tが目安**。2030年にCCSを導入する場合、**2050年までの20年間で、毎年12本～24本ずつ圧入井を増やす必要**。
- 事業者としては、**2030年中にCCS事業を開始するため**には、**2023年度からFS等を開始**し、**2026年度までに最終投資判断**する必要。



7

（出典：METICCS長期ロードマップ検討会資料）

© 2024 Carbon Recycling Fund Institute

先進的CCS事業

- 将来のCCS事業の普及・拡大に向けて**横展開可能なビジネスモデルを確立**するため、**2030年までの事業開始を目標**とし**事業者主導による「先進的CCS事業」を選定**し、国により集中的に支援。
- 具体的には、**CO2の回収源、輸送方法、CO2貯留地域の組み合わせが異なる5プロジェクト程度から支援を開始**し、多様なCCS事業モデルの確立を目指すとともに、**2030年までに年間貯留量600～1,200万tの確保にめどを付けることを目指す**。
  ※CCSへの参入を計画する事業者の目標等に基づき設定。英国でも、2030年までに年間貯留量1,000万トンを目標としている。
- モデル性としては、**CO2回収源のクラスター化やCO2貯留地域のハブ化による事業の大規模化**と**圧倒的なコスト低減**に取り組む事業とする。

想定されるCO2の回収源、輸送方法、CO2貯留地域のパターン

CO2の回収源	輸送方法	CO2貯留地域
火力発電所 製鉄所 化学工場 セメント工場 製紙工場 水素製造工場　等	パイプライン 船舶	陸域の地下 海底下（沿岸地域） 海底下（沖合）

（出典：METICCS長期ロードマップ検討会資料）

15

© 2024 Carbon Recycling Fund Institute

先進的CCS事業

- 公募の結果、6月13日、**回収源、輸送方法、貯留地域を踏まえて、7件（うち2件は海外輸出）を採択。**
- 多排出源である**発電、石油精製、鉄鋼、化学、紙・パルプ、セメント等の事業分野をカバーし、国内の多排出地域のバランスを踏まえる**。
- 2030年の年間貯留量見込の合計は約1,300万トン（海外は3割）であり、目標値である600万～1,200万トンの達成が見込める蓋然性が高まっている。

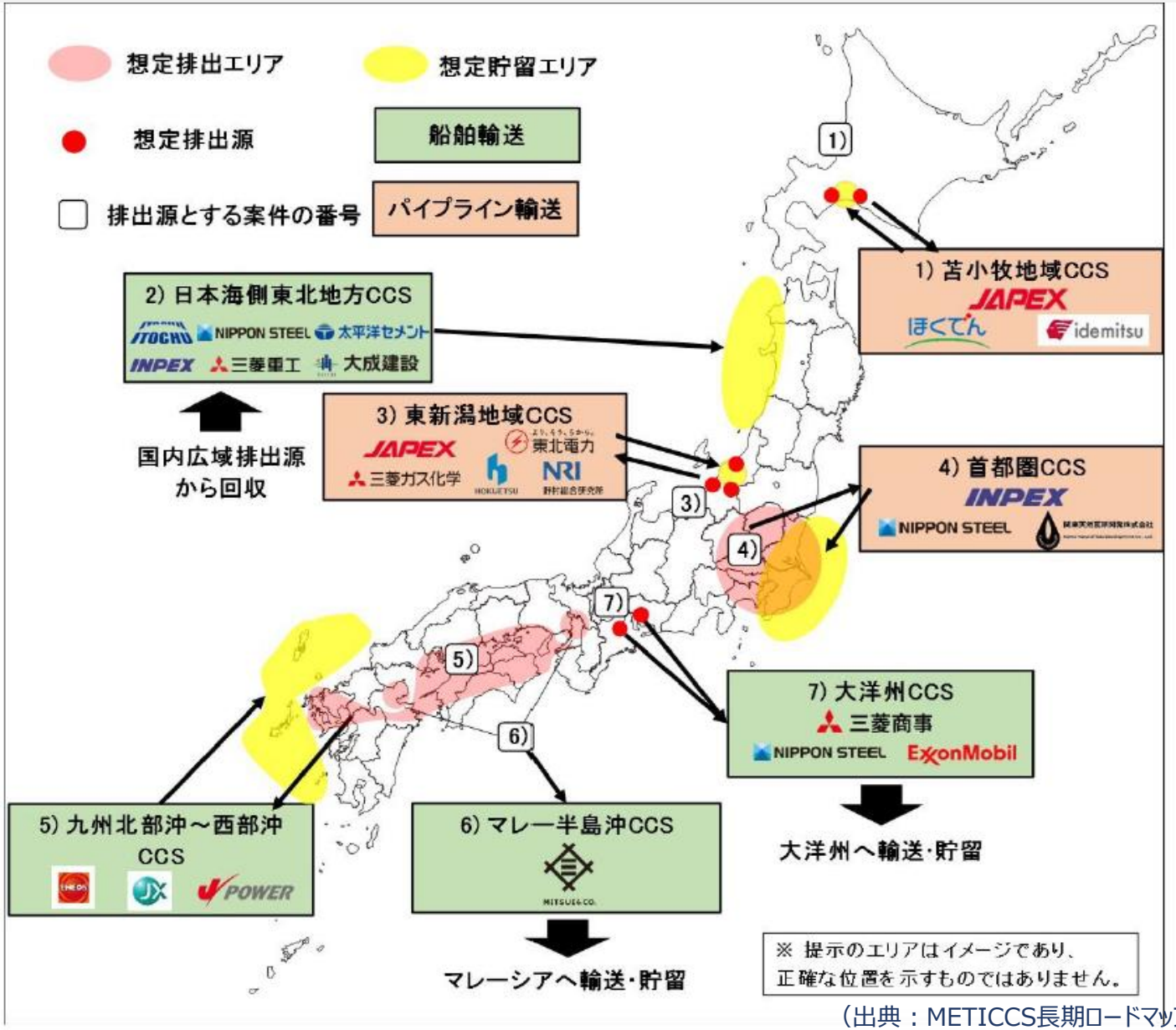
＜CO2の回収源、輸送方法、CO2貯留地域の組み合わせ＞

案件（貯留場所）	回収源	輸送方法	CO2貯留地域
①苫小牧地域 石油資源開発、出光興産、北海道電力	製油所、火力発電所	パイプライン	陸域の枯渇油ガス田 又は、海底下（沿岸地域）
②日本海側東北地方 伊藤忠商事、INPEX、大成建設、日本製鉄、太平洋セメント、三菱重工、伊藤忠石油開発	製鉄所、セメント工場	船舶、パイプライン	海底下（沿岸地域）
③東新潟地域 石油資源開発、東北電力、三菱ガス化学、北越コーポレーション、野村総合研究所	化学工場、製紙工場、火力発電所	パイプライン	陸域の枯渇油ガス田～海底下（沿岸地域）
④首都圏 INPEX、日本製鉄、関東天然瓦斯開発	製鉄所　他	パイプライン	海底下（沿岸地域）
⑤九州北部沖～西部沖 ENEOS、JX石油開発、電源開発	製油所、火力発電所	船舶、パイプライン	海底下（沖合）
⑥マレーシア マレー半島東海岸沖 三井物産	製油所、化学工場他	船舶、パイプライン	海外（マレーシア）
⑦大洋州 三菱商事、日本製鉄、ExxonMobil	製鉄所　他	船舶、パイプライン	海外（大洋州）

（出典：METICCS長期ロードマップ検討会資料）

© 2024 Carbon Recycling Fund Institute

先進的CCS事業



（出典：METICCS長期ロードマップ検討会資料）

© 2024 Carbon Recycling Fund Institute

本日の講演内容

1. CCUS/カーボンリサイクルの動き

2. カーボンリサイクルファンドの概要

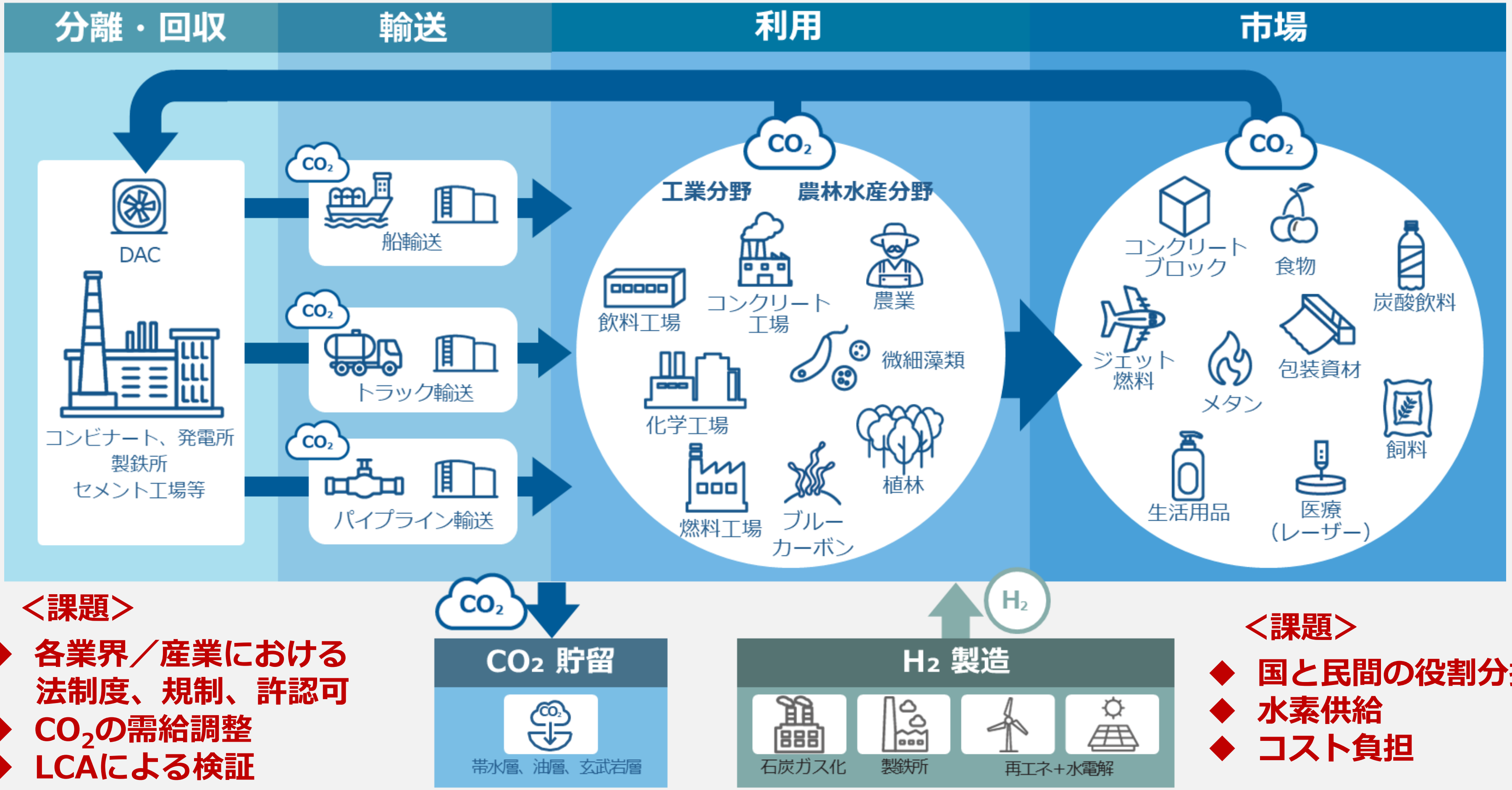
3. CCUS/カーボンリサイクルの課題と社会実装に向けた今後の展望

© 2024 Carbon Recycling Fund Institute

CCUS/カーボンリサイクルの社会実装に向けて

■ CO_2バリューチェーンの構築（カーボンマネジメント）

CO_2の発生源から回収・輸送・利用・貯留までのCO_2バリューチェーンを見据え、**具体的な場所を想定してCR技術の社会実装モデルを検討する必要**がある



＜課題＞
- ◆ 各業界／産業における法制度、規制、許認可
- ◆ CO_2の需給調整
- ◆ LCAによる検証

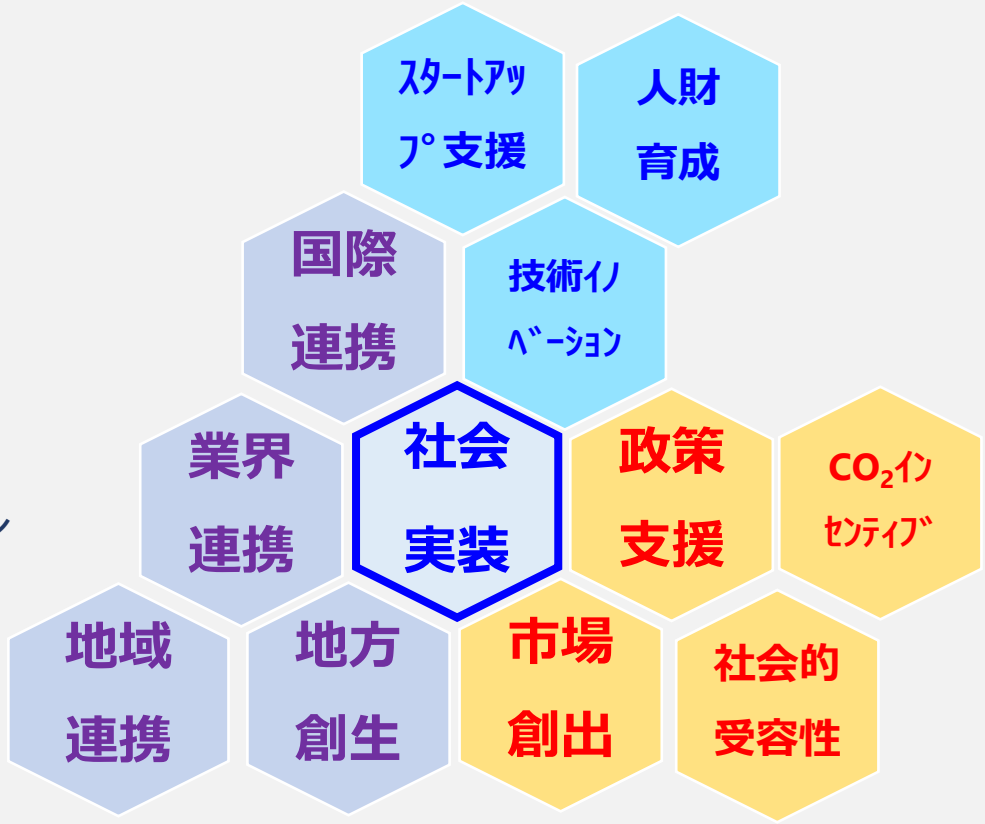
＜課題＞
- ◆ 国と民間の役割分担
- ◆ 水素供給
- ◆ コスト負担

© 2024 Carbon Recycling Fund Institute

カーボンニュートラル実現に必要な要素

社会実装には、多面的アプローチが不可欠

- **技術イノベーション、スタートアップ支援**
  成熟度、コスト、時間軸、CO_2利用量、市場性、LCA
- **人財育成**
  企業の若手、大学・中高生
- **政策支援**
  制度設計、CO_2インセンティブ
- **社会的受容性**
  一般市民の理解
- **市場創出/活性化**
  エコラベル、CO_2バリューチェーン
- **業界を超えた連携**
  Sector Coupling
- **地域連携/地方創生**
  既存インフラ(ｺﾝﾋﾞﾅｰﾄ/港湾等)活用
  農林水産業、地場産業との連携
- **国際連携**
  標準化、アジア連携



© 2024 Carbon Recycling Fund Institute

技術由来炭素除去（ネガティブエミッション）技術

◆世界においてはCO2削減方法（CDR）の国際ルール化の動き。併せてMRV（測定、報告、検証：Measurement Report Verification)方法論も議論されている。

◆日本においてもCDRの方法論とともにネガティブエミッション産業創出に向けて動き出している。
（METI/GX投資促進室）

技術由来炭素除去（ネガティブエミッション）

	植林	Mineralization	Biochar	BECCS (Biomass Energy Carbon Capture and Storage)	DACCS (Direct Air Capture and Storage)	Enhanced Weathering
概要	植林によるCO2吸収・固定	コンクリート等建材へのCO2固定	バイオマスの熱分解による炭化物の製造、CO2の固定（土壌改良剤用途）	バイオマス由来のCO2（バイオマス発電所等）を回収し貯蔵	特殊な設備を使用し大気中からCO2を回収し貯蔵	岩石・鉱物の風化作用促進によるCO2固定
価格帯 (USD/t)	5~30	100~300	100~150	100~300	200~600	100~300
Scalability	中	大	小	中	大	大
CO2固定期間 (years)	~100 （短）	10,000~（長）	100~800（中）	10,000~（長）	10,000~（長）	10,000~（長）

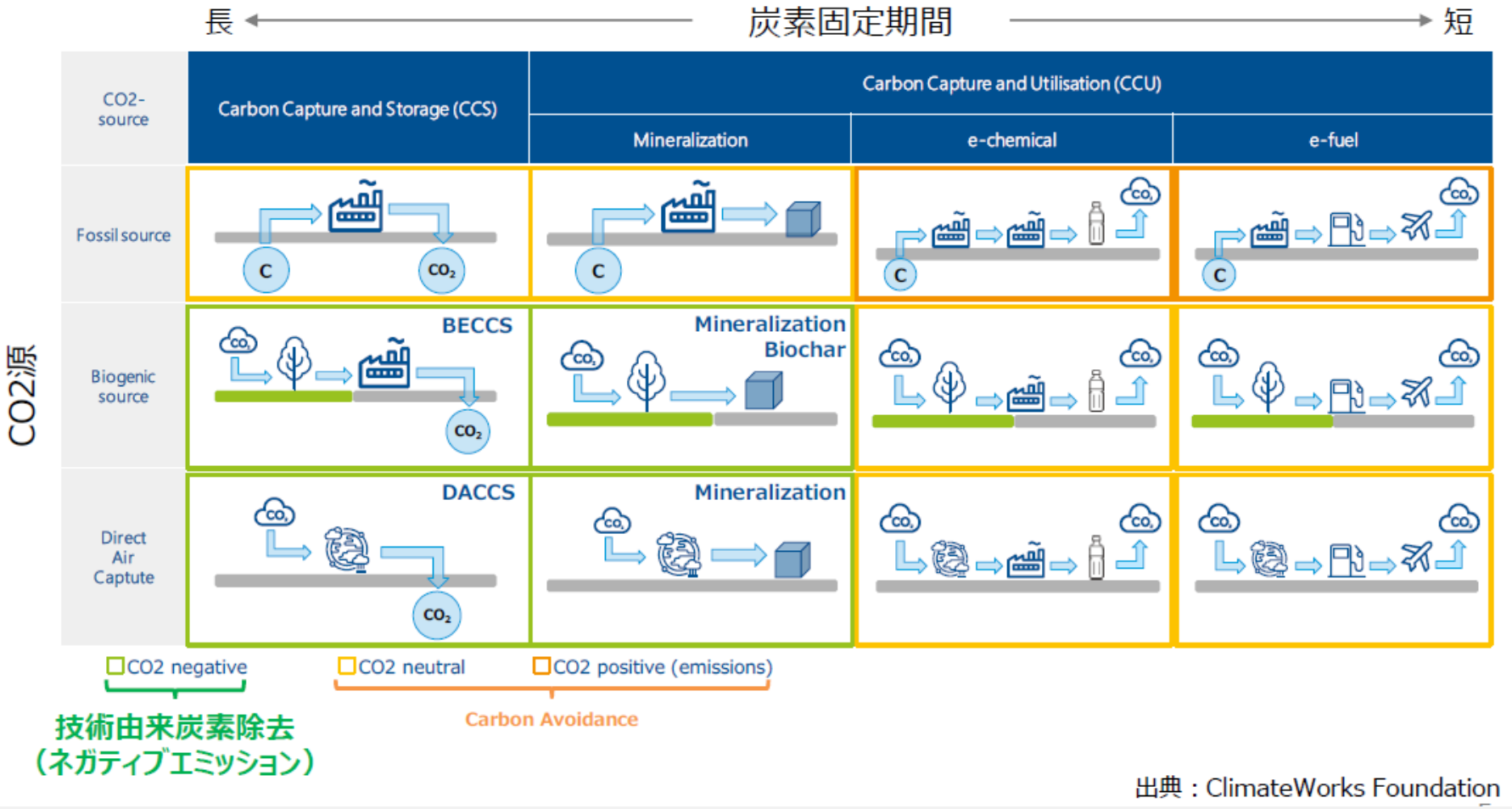
（出典：CRサロン　三菱商事発表資料）

© 2024 Carbon Recycling Fund Institute

技術由来炭素除去（ネガティブエミッション）技術

◆炭素削減（Carbon Avoidance/Carbon Reduction）と炭素除去（Carbon Removal）の区分けがなされていく。ポイントは以下

- 回収CO_2の区分・色分け（どこからどのようなCO_2を回収したか？）
- CO_2の固定期間（回収されたCO_2がどのように活用されたか？）



出典：ClimateWorks Foundation

（出典：CRサロン　三菱商事発表資料）

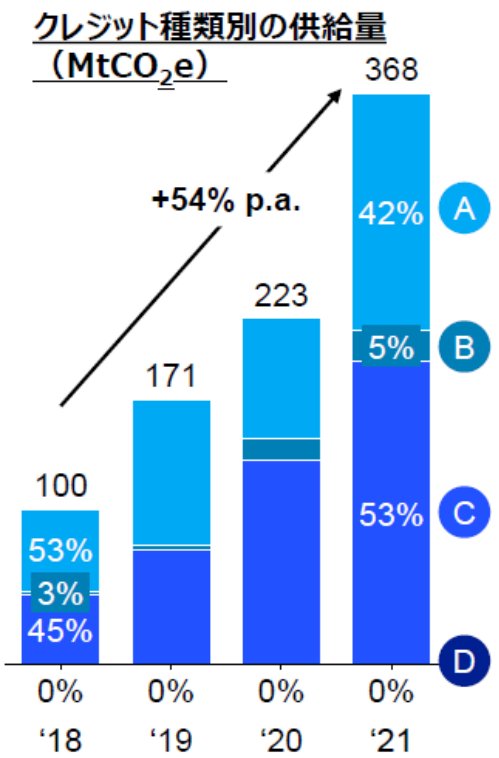
© 2024 Carbon Recycling Fund Institute

技術由来炭素除去（ネガティブエミッション）技術

カーボンクレジット市場での技術由来炭素除去（ネガティブエミッション）の位置づけ

- 炭素除去（ネガティブエミッション）の定義は「大気中のCO2を長期固定すること」で、主な収益源はカーボンクレジット。
- 技術由来炭素除去（ネガティブエミッション）由来のカーボンクレジットへの期待は大きいが、足元の市場価格は高く、供給量は限定的。

クレジット種類	炭素削減（Avoid/Reduce）	炭素除去（Remove）/ネガティブエミッション
自然由来	A **手法例：** 森林保全（REDD+*1） **市場価格*2：** $10-15/tCO2 **特徴：** 短中期の供給ポテンシャル最大。 長期的には供給減、また品質に一部課題有り。	B **手法例：** 植林、森林再生 **市場価格*3：** $25/tCO2超 **特徴：** ネットゼロ活用の為の中長期のスケール見込む。
技術由来	C **手法例：** 再エネ、省エネ **市場価格*2：** $6-8/tCO2 **特徴：** 短期の供給ポテンシャル大。 品質要件の見直しにより、新規PJからのクレジット発行停止、中長期的には供給減。	D **手法例：DACCS、BECCS、Biochar、鉱物化 等** **市場価格：$100-1,000/tCO2** **特徴：** **長期の炭素固定が可能。** ネットゼロ活用、高品質クレジット需要を背景に、長期的なスケールを見込む。



*1Reducing Emissions from Deforestation and Degradation
*2Trove Research価格情報（2022年1～5月の価格レンジ）、*3ブローカーより受領のインディケーション価格（2022年4月）

6

（出典：CRサロン　三菱商事発表資料）

© 2024 Carbon Recycling Fund Institute

CCU/カーボンリサイクルの意義

◆炭素は貴重な資源
- ➢ 化石資源が枯渇した後は何から燃料や化学製品を得るのか？
- ➢ バイオマス、ゴミ、大気・・。

◆すぐ実行可能
- ➢ 量は少なくても地道にできるところから実行可能

◆付加価値を生むカスケード利用
- ➢ CO_2を資源として活用し、物質をつくることができる

◆製品として販売が可能
- ➢ CO_2は外部不経済だがCO_2の価値を販売（回収）できる

◆生物、地球の力を利用
- ➢ 生物の光合成、吸収源を含めた地球規模の炭素循環等大きな視点でのリサイクルの可能性

◆CO_2からのエネルギー製造は環境問題と資源問題の同時解決が可能
- ➢ 経済活動から排出されるCO_2完全リサイクルによって、輸入に依存しない国産エネルギー・資源を確保できる

- ➢ **資源のない日本だからこそ、今から磨いておくべき技術**
- ➢ **課題先進国日本ならではのエネルギーミックスをめざす**
- ➢ **炭素循環をフックに、アジアと世界でリーダーシップを発揮**

© 2024 Carbon Recycling Fund Institute