

カーボンリサイクル・次世代火力発電等技術開発／カーボンリサイクル・次世代火力推進事業／カーボンリサイクルにおけるCO₂分離・回収技術の最適化調査
「プロセスシミュレーションによる最適システム検討と社会実装に向けた課題抽出」

団体名：一般財団法人カーボンフロンティア機構
発表日：2026年7月23日

1.背景·目的

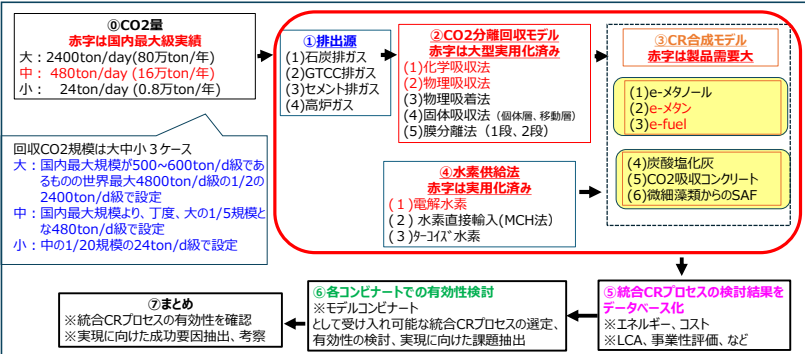
2023年の経産省「カーボンサイクルロードマップ検討会」では、2030年を目標に、CO₂排出源・分離回収技術・用途に適したCO₂純度を組み合わせた社会システムの構築が示された。本事業では、コンピュータの低炭素化に向け、「CO₂排出源」、「排出源に適合するCO₂分離・回収技術」、「CO₂を利用する 合成プロセス」からなる統合カーボンサイクルプロセス（以下、「統合CRプロセス」）を構築し、省エネ・低コストを旨とした最適化と社会実装の検討を行う。

2.事業の目標「統合CRプロセス」モデルを実際のコンビナートに即したシミュレーションで構築し、LCA評価や事業性を通じて統合CRプロセスの有効性を検討する。

3. 成果

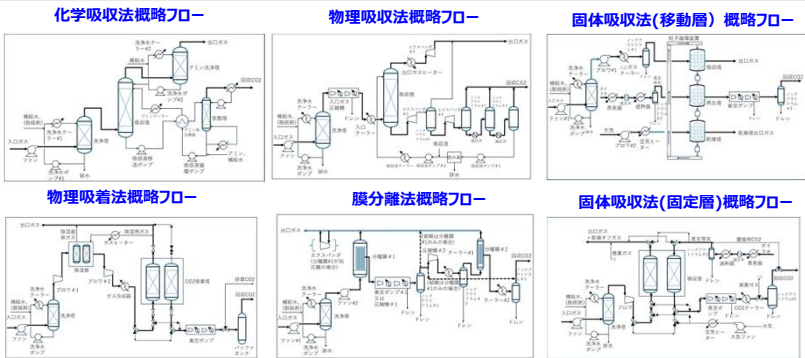
調査項目①：統合CRプロセスの位置づけ

排出源、CO2分離・回収、CR合成を組み合わせ、技術検討及び事業性検討に繋げる。



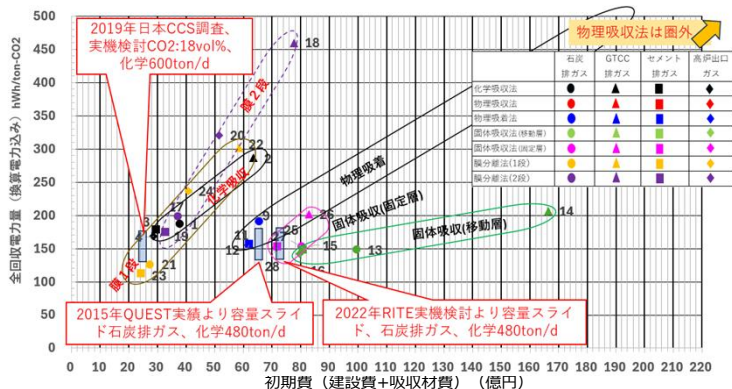
調査項目②：CO₂分離回収技術調査結果

商用化済み、及び実証段階のCO₂分離・回収技術について調査を実施し、プロセスシミュレーションモデルを構築した。また、4種のCO₂排出源を対象として性能及び初期費評価を行い、CO₂排出源と分離・回収技術の適合性を検討した。



プロセスシミュレーション結果

全28ケースのCO2分離・回収シミュレーション結果より、初期費(建設費+吸収材費等)は大きく2グループに分かれ、安価なのは膜分離法(1段、2段)と化学吸収法、高価なのは固体吸収法(固定層、移動層)と物理吸収法となったが開発途上であり、変動可能性がある。化学吸収法は3文献値と比べて安価寄りとなった。



技術的な観点から、化学吸収法は全ガス種に適用可能性有り、固体吸収法は大型化に成功すれば対応可能性がある、特に固定層方式。

	特性・実績 発生源	発生量(CO ₂ 当量 [※] (dryvol%))			
		石炭炉ガス	GTC炉ガス	セメント炉ガス	高炉出口ガス
	CO ₂ 濃度(dryvol%)	15.0	4.6	23.5	22.0
化学吸収法	大型実証施設、 資源循環・高度化学対策 シナリオで大型実証多数、 設備費過大(入口ガス高圧圧縮 必要)	×	○ (高回収エネルギー、吸収 塔大、建設費高)	×	×
物理吸収法	大型実証なし	×	△ (高回収エネルギー、低 濃度、低回収率、建設費超 高)	△ (高回収エネルギー、低 濃度、建設費超高)	△ (高回収エネルギー、 建設費超高)
物理吸着法	大型実証なし	△ (低回収率)	△ (高回収エネルギー、低回 収率、建設費高)	△ (低回収率)	△ (低回収率)
膜分離法 (2段)	大型実証なし	△ (低回収率、低建設費)	×	△ (低回収率、低建設費)	△ (高回収エネルギー)
膜分離法 (1段)	大型実証なし	×	×	△ (低濃度、低回収率、 低建設費)	△ (低濃度)
固相吸収法 (固定床)	小型実証段階	○	○ (吸収塔や吸収器 小)	○	○
固相吸収法 (移動床)	小型実証段階、吸収剤劣化、低 回収率(70%実証)、実証設備 大	△ (低回収率、建設費高)	△ (低回収率、吸収塔大、 建設費高)	△ (低回収率、建設費高)	△ (低回収率、建設費 高)

評価ランク 回収率:80%以上と濃度:90%以上) :可能、△:いづれか可能、×:不適

調査項目①：コンテナ等における代表的なCO₂排出源調査

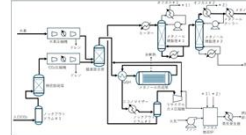
9つの石油化学コンビナート及び4つの工業地域の事業者をリスト化し、環境省の情報公開制度をもとに上位90%の排ガス性状データを収集・分析した。

工場名	上場企業 非上場企業	上位排出事業者 中位排出事業者 下位排出事業者	合計排出量 (t/年)(t/㎡)	CO2濃度(vol%) 注	Sec 平均値 ppm	Max 平均値 ppm	ばいじん 平均値 ppm	臭気濃度	水質
			関係企業との 平均値	平均	最小値 最大値	平均	最小値 最大値	平均	最小値 最大値
1 平塚			50,693	6.8	5.7~12.5	14.1	0.0012	0.006	8.7~13.8
2 川崎			24,553	6.9	4.1~6.3	8.7	0.0011	0.005	8.3~7.6~9.2
3 横浜			24,470	3.117	5.0	18.9	0.002	0.008	13.1
4 藤沢			23,115	12.01	11.3~21.3	63.3	0.007	0.005	12.1~17.3~23.8
5 大井			16,295	5.4	4.1~13.1	63.9	0.004	0.004	6.4
6 相模			15,254	非公開	非公開	非公開	非公開	非公開	7.1
7 西宮市			5,931	3.198	6.3	10.7	0.001	0.002	7.6~9.8~8.3
8 横浜東			3,114	2,228	4.64~6.2	0.80~6.1	19.8	0.001	0.009
9 相模多			2,904	158	11.4	8.6	8.6~75.5	0.003	6.0~3.3~6.0
10 戸川			4,154	2,004	6.34~8.77	29.6	15.5~20.8	0.001	1.0
11 横浜西			2,818	1,072	4.8	14.4	41.2	0.003	11.1
12 横浜東			1,812	非公開	非公開	非公開	非公開	非公開	非公開
13 山崎			4,491	434	6.8	59.5	74.2~7.4	112.5	0.033
上位排出事業者 の平均値(CO2)			199,747	91,073.6	6.8	10.3~13.1	0.3~557.7	22	215.1
上位排出事業者 の平均値(CO2)			199,747	91,073.6	6.8	10.3~13.1	0.3~557.7	22	215.1

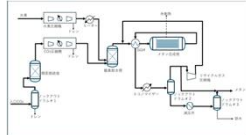
調査結果より、シミュレーション検討対象として主要排出源として石炭排ガス、GTCC排ガス、セメント排ガス、高炉ガスを選定した

調査項目③：CR合成技術調査結果

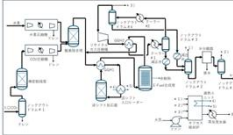
e-メタノール合成概略フロー



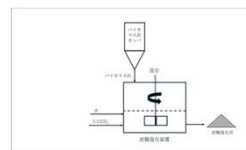
e-メタン合成概略フロー



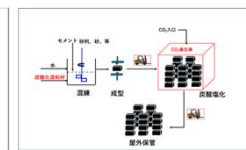
e-fuel合成概略フロー



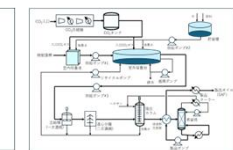
炭酸塩化灰製造概略フロー



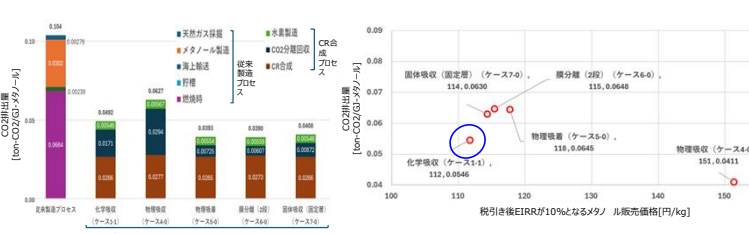
CO2吸収コンクリート製造概略フロー



微細藻類SAF製造概略フロー



調査項目④：LCA・事業性検討結果



- ・統合CRプロセスのCO₂排出量のうち、CO₂分離・回収方式の違いによる変動幅はCR合成や水素製造の19倍以上となった。
- ・CO₂排出削減効果の観点では、「膜分離（2段）」「物理吸着」「固体吸収（固定層）」が優れた結果となった。一方、事業性の観点では、「化学吸収」が優位な結果となった。また、「物理吸収」は、CO₂排出削減効果及び事業性の両面で劣る結果となった。

調査項目⑤：モデルコンビナートを想定した統合CRプロセスの検討例（メタノールの場合）

国内メタル消費量：142万ton/ 年(2023年実績) (出典：貿易統計より算出)	No	調査 地域	上位合計 消費量 (万ton)	取引量	メタノー ル 輸入量 (万ton/年)	排ガス	2400ton/年		480ton/年		考察	導入 可能性
							1ユニット 当りのCO2 固定量 (kg)	1ユニット 当りのCO2 削減割合(%) (製造量/取 量)	1ユニット 当りのCO2 固定量 (kg)	1ユニット 当りのCO2 削減割合(%) (製造量/取 量)		
【2400ton/day】 ・CO ₂ 排出削減量：79.3万ton- CO ₂ /年 ・メタル製造量(1ユニット)：55.4 万ton/年 ・国内需要の39%製造(1ユニット 当り)	1	千葉	5,724	△	26.7	石灰	1.4	208	0.27	41.5	480t/dayの設備規模にお ける製造量を受け入れ可 能見込み。	○
【480ton/day】 ・CO ₂ 排出削減量：15.5万ton- CO ₂ /年 ・メタル製造量(1ユニット)：11.0 万ton/年 ・国内需要の7.7%製造(1ユニット 当り)	2	川崎	4,115	△	8.5	石灰	1.9	652	0.38	130.4		△
	3	鹿島	2,447	○(大口)	不明	石灰	3.2		0.63			△
	4	水島	2,312	○(大口)	0.9	石灰	3.4	6,162	0.67	1232.0		△
	5	大分	1,630	△	不明	石灰	4.9		0.95			△
	6	南厚	1,525	○(大口)	11.8	石灰	5.2	470	1.02	94.0	コンピナートで製造し、 内陸部までの輸送費をへ 供給(メタノーラ基地と して利用)	△
	7	四日市	593	○(大口)	不明	GTCC	13.4		2.62			△
	8	堺泉北	311	△	4.8	GTCC	25.5	1,155	4.99	231.0		△
【480ton/day】の設備規模にお ける製造量を受け入れ可能	9	徳島	280	△	不明	GTCC	21.3		5.35			△
	10	六甲	415	△	不明	GTCC	19.1		3.74			△
	11	坂出	282	△	不明	GTCC	48.1		8.51			△
	12	石狩	181	△	不明	GTCC	23.8		5.57			△
	12	松山	149	△	21.6	GTCC	53.2	257	10.42	51.3		△

調査項目⑥：考察

CR製品	導入可能性
ce-fuel	・ 需要量大であり、製造所あるコンピートで統合CRプロセス（2,400 t/day）の複数導入の可能性高い。
メタン	・ 統合CRプロセス（480 t/day）で導入可能性が高い。 ・ 燃料として幅広い用途が見込めることから、需要の幅は広い。
メタノール	・ 統合CRプロセス（480 t/day）は千重・松山で導入見込み。 ・ 化学原料として消費されていることから、コンピート/工業地域で製造し、内航船で国内へ供給。メタノール基地としての活用可能あり。
炭酸塩化灰	・ 統合CRプロセス（24 t/day）でも供給過剰となる。 ・ 他のCR生成設備と併設し、回収したCO ₂ の一部利用（需要にあわせてプラント設計）が有望。
CO ₂ 吸収コンクリート	・ 現在のCRプロセスにコンクリート製造量（約170万t）が大きい。240t/dayの導入が見込める需要地がある可能性大。 ・ CO ₂ の生成設備と併設し、回収したCO ₂ の一部利用（需要にあわせてプラント設計）が有望。
微細藻類SAF製造	・ 需要と供給の規模・微細藻類を培養するためのには大規模な水環境が必要となる。国内では、石狩が大規模な敷地を確保できる可能性を有する一方、海外での導入から、冬寒における培養環境への対策が必要となる。