

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

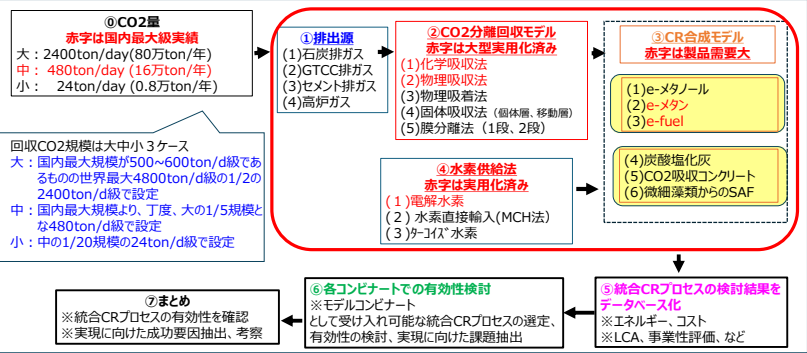
2023年の経産省「カーボンリサイクルロードマップ検討会」では、2030年を目標に、CO₂排出源・分離回収技術・用途に適したCO₂純度を組み合わせた社会システムの構築が示された。本事業では、コンピナートの低炭素化に向け、「CO₂排出源」、「排出源に適合するCO₂分離・回収技術」、「CO₂を利用する 合成プロセス」からなる統合カーボンリサイクルプロセス（以下、「統合CRプロセス」）を構築し、省エネ・低コストを目指した最適化と社会実装の検討を行う。

2. 事業の目標 「統合CRプロセス」モデルを実際のコンピ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合成を組み合わせて、技術検討及び事業性検討に繋げる。



調査項目①：コンピナート等における代表的なCO₂排出源調査

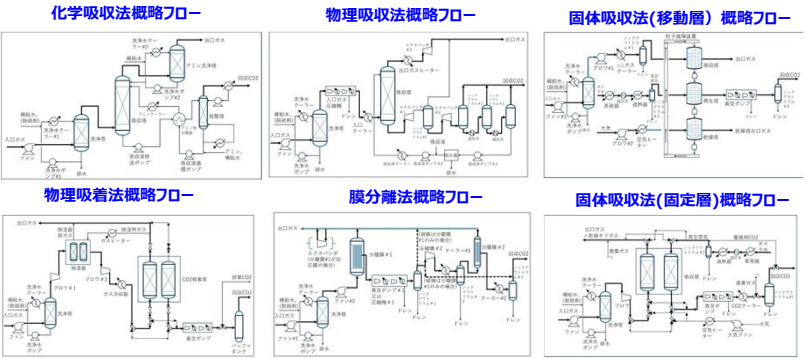
9つの石油化学コンピナート及び4つの工業地域の事業者をリスト化し、環境省の情報公開制度をもとに上位90%の排ガス性データを集約・分析した。

コンピナート名	上位排出事業者のCO ₂ 排出量 (t/年)	合計排出ガス量 (t/年)	CO ₂ 濃度 (vol%) (国小)	SOx 平均排出量 (ppm)	NOx 平均排出量 (ppm)	ばいじん 平均排出量 (g/m ³ N)	熱効率 (%)	水当り
1 千葉	57,244	50,693	6.8	6.0	14.1	0.0012	12.7	8.7
2 川崎	41,146	24,553	6.9	0.6	8.7	0.001	13.1	5.1
3 鹿島	24,470	3,117	5.0	20.3	17.4	0.004	8.4	4.2
4 水島	23,115	2,011	12.9	17.6	63.0	0.007	6.5	10.3
5 大分	16,295	1,605	5.4	210.4	63.9	1.194	7.1	2.9
6 周南	15,254	非公開	非公開	非公開	非公開	非公開	非公開	非公開
7 四日市	9,931	3,198	6.3	27.0	61.5	0.001	7.3	6.9
8 堺興産	3,114	2,228	4.6	0.8	19.8	0.003	9.0	2.3
9 旭硝子	2,904	158	11.4	8.6	79.5	0.030	6.0	3.3
10 八戸	4,154	2,004	6.3	29.6	98.5	0.021	10.1	2.9
11 旭硝子	2,818	1,073	4.8	41.2	82.5	0.451	6.0	10.8
12 石野	4,812	非公開	非公開	非公開	非公開	非公開	非公開	非公開
13 旭硝子	4,491	434	6.8	7.4	112.5	0.031	8.0	4.2
上位排出事業者の合計 (90%以上)	199,747	91,073.6	6.8	10	557.7	2.2	8.5	12.0

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炭酸ガス、GTCC排ガス、セメント排ガス、高炉ガスを選定した

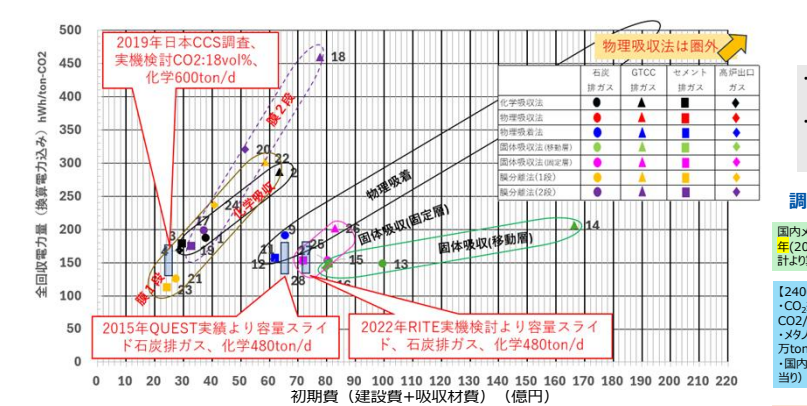
調査項目②：CO₂分離回収技術調査結果

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)と物理吸着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。



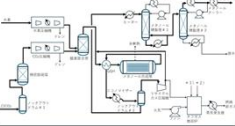
技術的な観点から、化学吸収法は全ガス種に適用可能性有り、固体吸収法は大型化に成功すれば対応可能性がある、特に固定層方式。

特性・実績	発生源	石炭排ガス	発生量CO ₂ 濃度(dry-vol%)			高炉出口ガス
	CO ₂ 濃度(dryvol%)	15.0	4.6	セメント排ガス 23.5	22.0	
化学吸収法	大型実績多数、 環境影響と溶出化対策 シミュレーション実績多数、 設備費過大(入口ガス高圧圧縮必要)	○(高回収エネルギー、低濃度、低回収率、建設費超高)	○(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、低建設費超高)	
物理吸収法	大型実績なし	△(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)	
物理吸着法	大型実績なし	△(低回収率、低建設費)	×(低濃度、低回収率、高回収エネルギー)	△(低回収率、低建設費)	○(高回収エネルギー)	
膜分離法(1段)	大型実績なし	×(低濃度、低回収率、低建設費)	○(吸収塔や々々)	○	○	
膜分離法(2段)	大型実績なし	○	△(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)	
固体吸収法(固定層)	小型実証段階	○	○	○	○	
固体吸収法(移動層)	小型実証段階、吸収剤劣化、低回収率(70%、実証計画なし)	△(低回収率、建設費高)	△(低回収率、建設費高)	△(低回収率、建設費高)	△(低回収率、建設費高)	

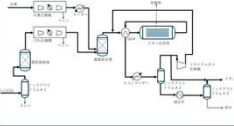
評価ランク(回収率:80%以上&濃度>90%以上) ○可能、△:いづれが可能、×不適

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



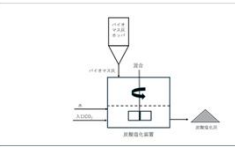
e-メタン合成概略フロー



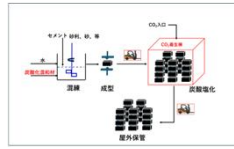
e-fuel合成概略フロー



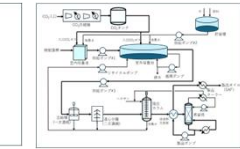
炭酸塩化灰製造概略フロー



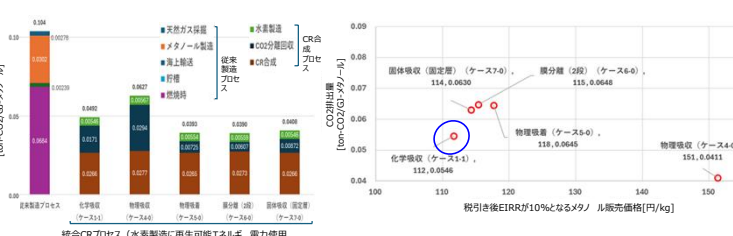
CO₂吸収コンクリート製造概略フロー



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)」が優れる結果となった。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：モデルコンピ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)

No.	調査地域	上位合計排出量 (万ton)	取引量	メタノール 輸入量 (万ton)	排ガス	1ユニット 当りのCO ₂ 削減量 (%)	必要割合 (%)	1ユニット 当りのCO ₂ 削減量 (%)	必要割合 (%)	備考	導入 見込み
1	千葉	5,724	△	26.7	石炭	1.4	208	0.27	41.5	480t/dayの設備規模における製造量を満たす可能性あり	○
2	川崎	4,115	△	8.5	石炭	1.9	652	0.38	130.4	△	△
3	鹿島	2,447	△	3.2	石炭	3.2	0.63	0.63	0.63	△	△
4	水島	2,312	△	0.9	石炭	3.4	6,162	0.67	1232.0	△	△
5	大分	1,630	△	不明	石炭	4.9	0.95	0.95	0.95	△	△
6	周南	1,525	△	不明	石炭	5.2	470	1.02	94.0	△	△
7	四日市	993	△	不明	GTCC	13.4	2.62	2.62	2.62	△	△
8	堺興産	311	△	4.5	GTCC	25.5	1,155	4.99	231.0	△	△
9	旭硝子	290	△	不明	GTCC	27.3	5.35	5.35	5.35	△	△
10	八戸	415	△	不明	GTCC	19.1	3.74	3.74	3.74	△	△
11	旭硝子	282	△	不明	GTCC	28.1	5.51	5.51	5.51	△	△
12	石野	149	△	不明	GTCC	43.8	8.57	8.57	8.57	△	△

調査項目⑥：考察

CR製品	導入可能性
e-fuel	・需要最大であり、製造所あるコンピナートで統合CRプロセス (2,400 t/day) の複数導入の可能性高い。 ・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まれることから、需要先の幅は広い。
メタノール	・統合CRプロセス (480 t/day) は千葉・松山で導入見込み高い。 ・化学原料として消費されていることから、コンピナート/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合成設備と併設し、回収したCO ₂ の一部活用 (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	・現在のプレキャストコンクリート製造 (3170万 t/年) が大きい。24ton/dayの導入が見込まれる需要地がある可能性大。 ・他のCR合成設備と併設し、回収したCO ₂ の一部活用 (需要にあわせてプラント設計) が有望。
微細藻類SAF製造	・需要を満たす規模で微細藻類を培養するためには膨大な敷地面積が必要となる。国内では、石炭が大規模な敷地面積を確保できる可能性を有する一方、寒冷地であることから、冬季における培養環境への対策が必要となる。