

二酸化炭素固体吸収材の研究開発 動向とRITEの取り組み

2022年2月2日(水)

(公財)地球環境産業技術研究機構(RITE)
化学研究グループ
余語 克則



CO₂分離回収法の種類と特徴

分離法	吸収剤・分離剤	技術概要	プロセス(企業, 研究機関)
吸収法 (吸収液)	物理吸収液	ガス分子を液体中に溶解させて成分分離する方法 (CO ₂ 分圧が高い程有利)	Rectisol(Linde, Lurgi), Selexol (UOP)
	化学吸収液 (アミン系) (Na/K炭酸塩系)	ガス分子とアミン/アルカリとの化学反応を利用 (吸収材の種類によってCO ₂ 分圧が低い場合(燃焼後回収) にも適用可)	(アミン系) KS液(MHI), RN(RITE), aMDEA(BASF), (Na/K炭酸塩系) Benfield(UOP)
吸着(収) 分離法 (固体)	物理吸着 (活性炭、ゼオライト)	<ul style="list-style-type: none"> 温度差(TSA)、圧力差(PSA)を利用して吸着・脱離 水の影響を受けやすく、前処理(除湿)エネルギーが大 中小規模向け 	Zeolite-PSA(JFEスチール(C50 Projectで実施(高炉)、熱風炉で 過去商用運転)
	化学吸着/吸収 (アミン担持無機多孔 体,担持活性炭等)	化学吸収法と原理は同じ 多孔質担体にアミンを含侵またはアルカリ金属を担持させる ことで、再生エネルギーを低減	アミン担持固体吸収材 (RITE/KHI:パイロット試験を実 施予定) TDI Research,Svante、 Climeworks (DAC用)
	化学吸収 炭酸塩系 (Caルーピング等)	Ca系では、酸化カルシウム(CaO)と炭酸カルシウム(CaCO ₃)を 循環して再生サイクルを作ることで、燃焼後ガスからCO ₂ を除 去する(排ガスはCO ₂ と水蒸気のみ)	HECLOT(ITRI)、 EUを中心にパイロット試験が実 施されている(CEMCAP、 CLEANKER Projectなど)
膜分離法 (薄膜)	有機膜	<ul style="list-style-type: none"> 圧力差を駆動力とする透過速度の違いによる分離(連続処 理プロセス) 	PRISM(Airproduct) UOP(SEPAREX)、 高SiCHAゼオライト膜(三菱化学) DDR型ゼオライト膜(日本ガイシ) など
	無機膜 (ゼオライト膜、シリカ 膜等)	<ul style="list-style-type: none"> 原理的に高圧、高濃度ガスの処理に適する 装置が比較的小型で、構造がシンプル CO₂回収純度を高めるのは困難 	
深冷分離法 (蒸留)	液化、蒸留、沸点の差 で分離	他の分離・回収法よりも設備費が高額、投入エネルギーが大 きい	CO ₂ を含む産業ガス精製では実 用化CCUS向けは未商用化


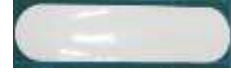

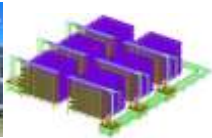
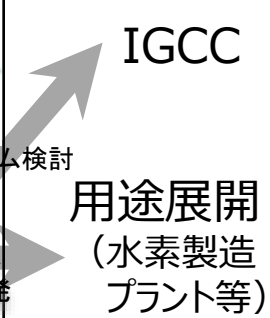




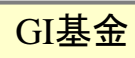



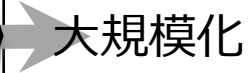
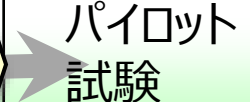
TRL assessment and key technology vendors of the CO₂ capture technologies

Liquid Solvent	KEY VENDORS	TRL 2020
Traditional amine solvents	Fluor, Shell, Kerr-McGee, Dow, Aker Solutions	9
Physical solvent (Selexol, Rectisol)	UOP, Linde, Air Liquide	9
Benfield process and variants	UOP	9
Sterically hindered amine	MHI, Toshiba, CSIRO,	6-9
Chilled ammonia process	GE	6-7
Water-Lean solvent	Ion Clean Energy, RTI, CHN Energy	4-7
Phase change solvents	IFPEN/Axens	5-6
Amino acid-based Solvent/Precipitating solvents	Siemens, GE	4-5
Encapsulated solvents	R&D only	2-3
Ionic liquids	R&D only	2-3
Enzyme Catalysed Absorption	CO2 solutions	8

Solid (ad)sorbent/looping	KEY VENDORS	2020TRL
Pressure Swing Adsorption(PSA) / Vacuum Swing Adsorption(VSA)	Air Liquide, Air Products, UOP	9
Temperature Swing Adsorption (TSA)	Svante	5-7
Sorbent-Enhanced Water Gas Shift (SEWGS)	ECN	5
Calcium Looping	Carbon Engineering	6-7
Chemical Looping Combustion	Alstom	5-6
Electrochemically Mediated Adsorption	R&D only	1

Membrane	KEY VENDORS	2020TRL
Gas separation membranes for natural gas processing	UOP, Air Liquide	9
Polymeric Membranes	MTR	7
Electrochemical membrane integrated with MFCs	FuelCell Energy	7
Polymeric Membranes / Cryogenic Separation Hybrid	Air Liquide, Linde Engineering, MTR	6
Polymeric Membranes / Solvent Hybrid	MTR / University of Texas	4
Room Temperature Ionic Liquid (RTIL) Membranes	R&D only	2

RITEにおけるCO₂分離回収技術の研究開発

	2000	2005	2010	2015	2020	2025	2030
高圧ガス (2.4MPa) 分離膜		 膜材料開発	 膜組成・製膜法	 エレメント化・実ガス試験	 大規模化、システム検討	 IGCC 用途展開 (水素製造プラント等)	
高炉ガス (22%-CO₂) アミン吸収液		 1 ton-CO ₂ /day COCS COURSE50	 30 ton-CO ₂ /day Phase I STEP1	 ESCAP® (室蘭) Phase I STEP2	 ESCAP® (新居浜) Phase II	 GI基金	産業利用 高性能化
燃焼排ガス (13%-CO₂) 固体吸収材			 ~3 kg-CO ₂ /day (ラボ試験@RITE) 二酸化炭素固体吸収材等研究開発事業	 5 t-CO ₂ /day (ベンチスケール試験@KHI) 先進的二酸化炭素固体吸収材実用化研究開発	 40 ton-CO ₂ /day (パイロットスケール試験@発電所) 先進的二酸化炭素固体吸収材の石炭燃焼排ガス適用性研究	 大規模化	
大気 (400ppm) 固体吸収材					基礎検討開始 ムーンショット型研究開発事業	 パイロット試験	

RITEにおけるCO₂分離・回収技術（国プロ）

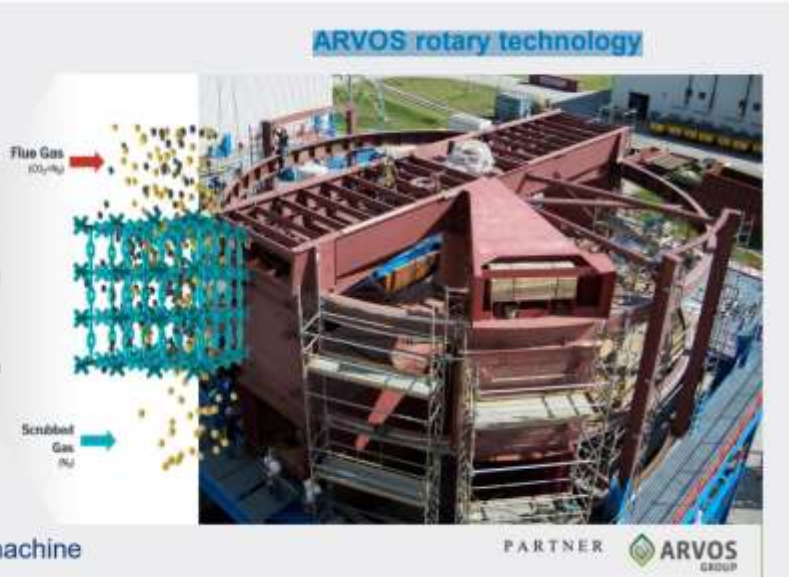
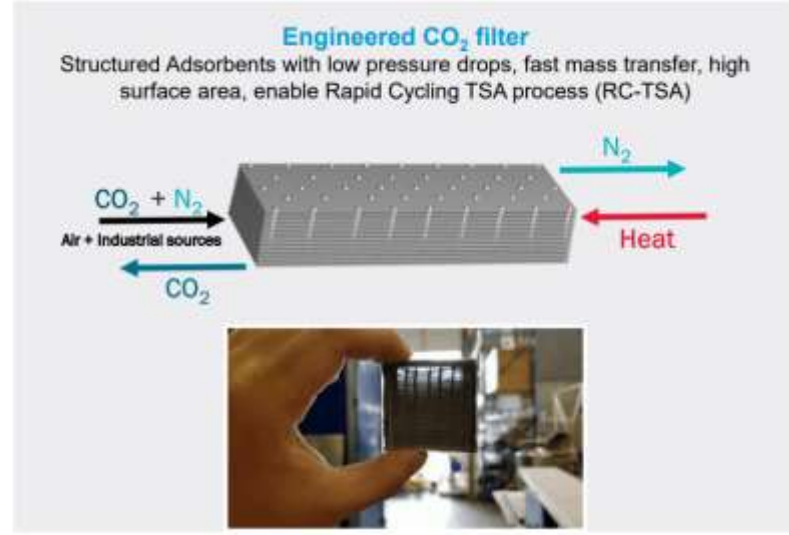
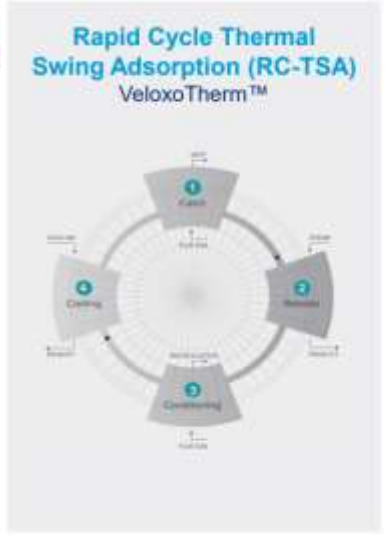
技術	適用先	CO ₂ 濃度	事業名	体制	期間 (現行 Phase)
膜	IGCC	40% (2.4MPa)	CCUS研究開発・実証関連事業/CO ₂ 分離回収技術の研究開発/二酸化炭素分離膜システム実用化研究開発/高性能CO ₂ 分離膜モジュールを用いCO ₂ -H ₂ 膜分離システムの研究開発	NEDO事業 ・MGM技術 研究組合	2021 ～
吸収液	高炉ガス	22%	GI基金事業/製鉄プロセスにおける水素活用プロジェクト/外部水素や高炉排ガスに含まれるCO ₂ を活用した低炭素技術等の開発/化学吸収法によるCO ₂ の分離・回収技術/高性能吸収液の開発	NEDO事業 ・日本製鉄 ・RITE	2021 ～
固体吸収材	発電所 (石炭火力)	13%	CCUS研究開発・実証関連事業/CO ₂ 分離回収技術の研究開発/先進的二酸化炭素固体吸収材の石炭燃焼排ガス適用性研究	NEDO事業 ・KHI ・RITE、 ・名古屋大	2020 ～
固体吸収材	大気	400 ppm	ムーンショット型研究開発事業/地環境球再生に向けた持続可能な資源循環を実現/大気中からの高効率CO ₂ 分離回収・炭素循環技術の開発	NEDO事業 ・金沢大 ・RITE	2020 ～

米国(DOE)でのCO₂回収技術開発動向(固体吸着/吸収材)※

研究機関	材料	規模	特徴等	主適用先
TDA Research Inc.	アルカリ化アルミナ吸着剤	パイロット 0.5 MWe (~10 TPD)	TDA社の開発したアルカリ化アルミナ吸着剤のNCCCでの実ガス試験	燃焼後 石炭
TDA Research Inc.	新規MOF系吸着剤	ラボ	MOF系新規吸着剤の開発	燃焼後 石炭
Chevron U.S.A. Inc., Svante, Inc.他	新規MOF系吸着剤	25TPD (予定)	Svante社の新規MOF吸着剤およびシステムの実証試験(2022~2023の予定)	燃焼後 石炭、天然ガス (NGCC、SMR)
Svante, Inc. 他	アミン系固体吸収材、MOF系吸着剤 VeloxoTherm™	ベンチ (0.1TPD)	アミン系固体吸収材、MOF系吸着剤の開発および組合せ検討	燃焼後 セメント
TDA Research Inc., GTI, 他	メソポーラスカーボン系新規吸着剤	パイロット (0.1 Mwe)	表面改質したメソポーラスカーボン系新規吸着剤の開発と実ガス試験による検証	燃焼前 IGCC
Rensselaer Polytechnic Institute 他	MLD処理を行ったゼオライト	ラボ	MLD(分子層堆積技術)を用いた新規吸着剤/PSAプロセスの開発	燃焼後 石炭

Svante社の固体吸収材(吸着剤)システム

Svante carbon capture technology



燃焼後排ガス(CO₂濃度4~14%)を用いた25TPDスケールの実証試験を予定(2022~2023)

CCUS研究開発・実証関連事業／CO₂分離回収技術の研究開発／ 先進的二酸化炭素固体吸収材の石炭燃焼排ガス適用性研究

～FY2019 (基盤技術開発)

FY2020

FY2021

FY2022

FY2023

FY2024



ペンチスケール試験
(～5 t/day)



改造・効率改善

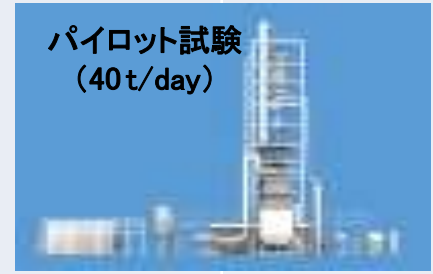


ラボスケール試験
(～3 kg/day)

パイロット試験設備詳細設計

パイロット試験設備製作

★
7月着工



パイロット試験
(40 t/day)

実ガス試験・プロセス評価

撤去

材料開発

性能向上のための材料改良

材料の評価・改良

試験用材料提供

製造プロセスの最適化
試験用材料製造

材料製造方法の改良・技術確立
サプライチェーン構築

プロセス開発

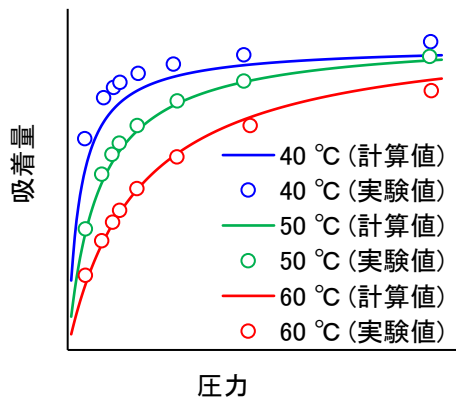
シミュレーターの高精度化と最適運転プロセスの検討

シミュレーターの改良

使用環境等に応じた性能予測

ベンチ試験装置(移動層)シミュレータ

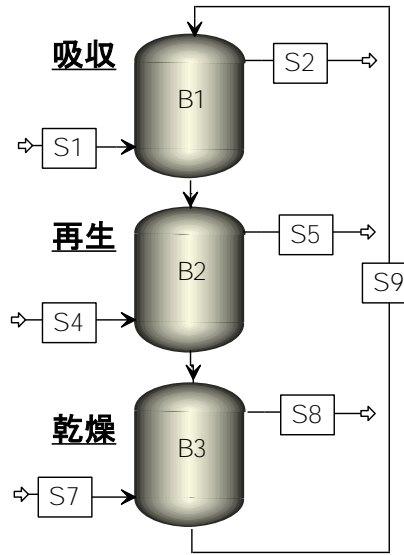
実験データの解析・数式化



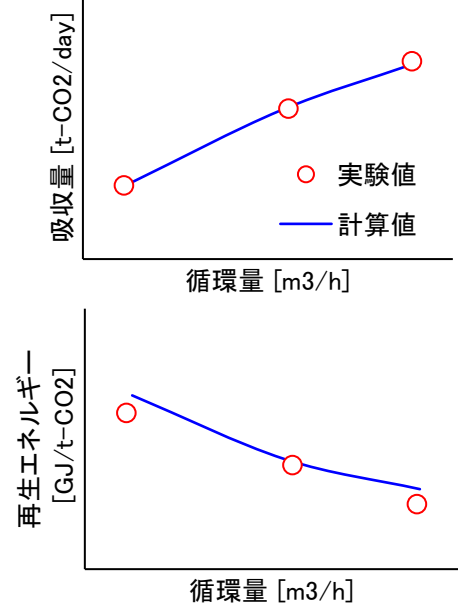
数式化の例

$$w_i = \frac{IP_{1,i} \times \exp(IP_{2,i}/T_s) \times P_i}{1 + \sum_k (IP_{3,k} \times \exp(IP_{4,k}/T_s) \times P_k)}$$

シミュレーションモデル構築



性能予測と最適化



<進捗状況>

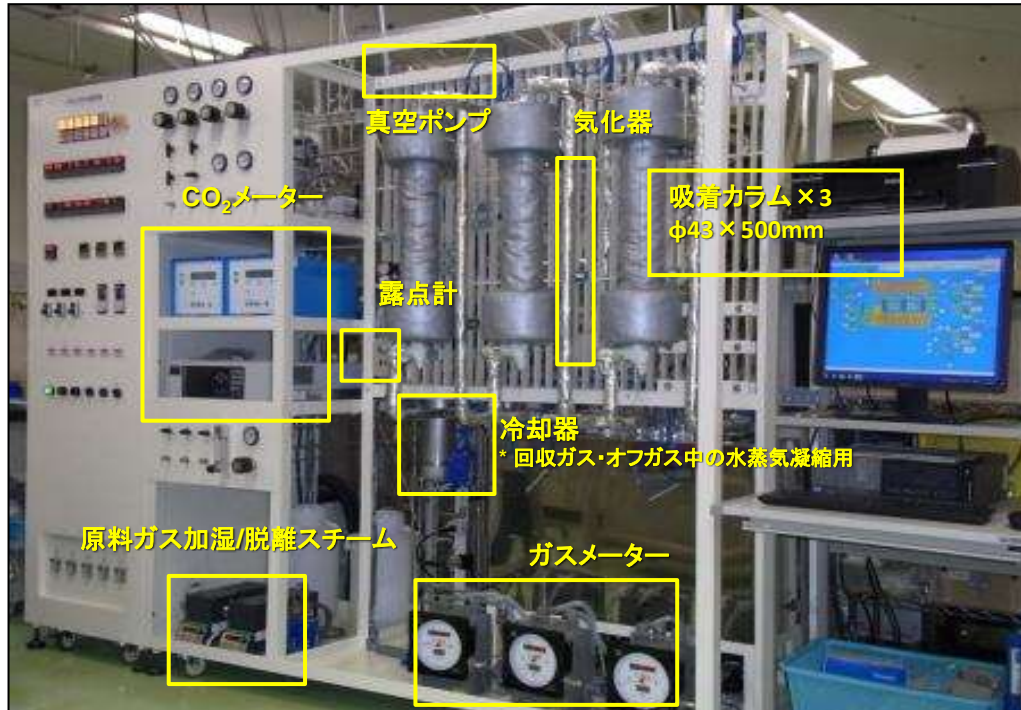
- ・ 移動層シミュレーションを構築・精度向上

- ①シミュレーションによるベンチスケール試験レベルの最適運転条件検討が可能
- ②実験的に観測が困難な装置の詳細な挙動の把握

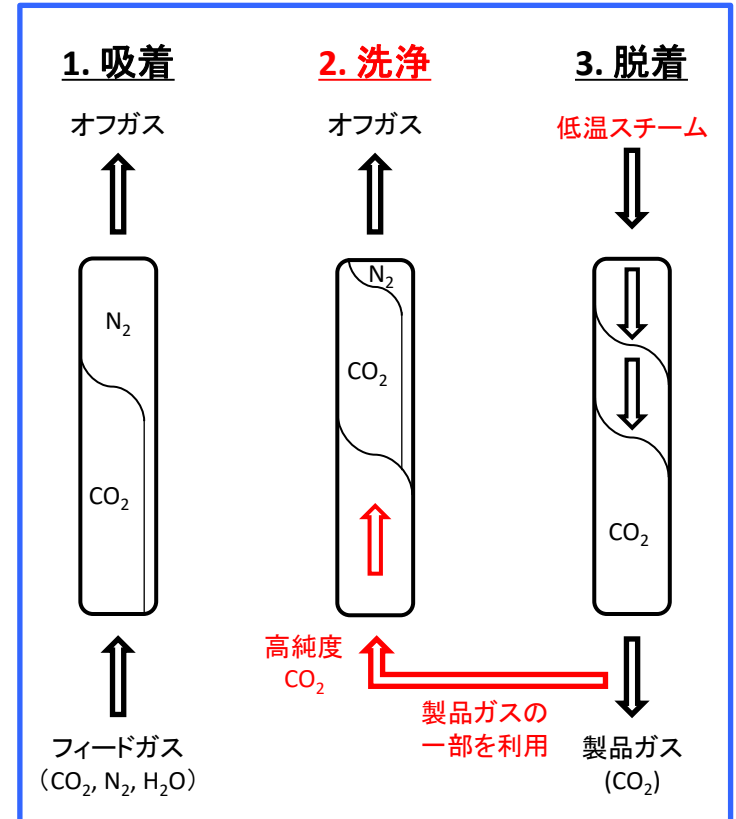
<今後の予定>

- ・ 更なる予測精度の向上(実機規模でのシミュレーション技術確立)

ラボスケール固定層試験：装置概要



RITEのラボスケール固定層試験装置（～3kg/day）



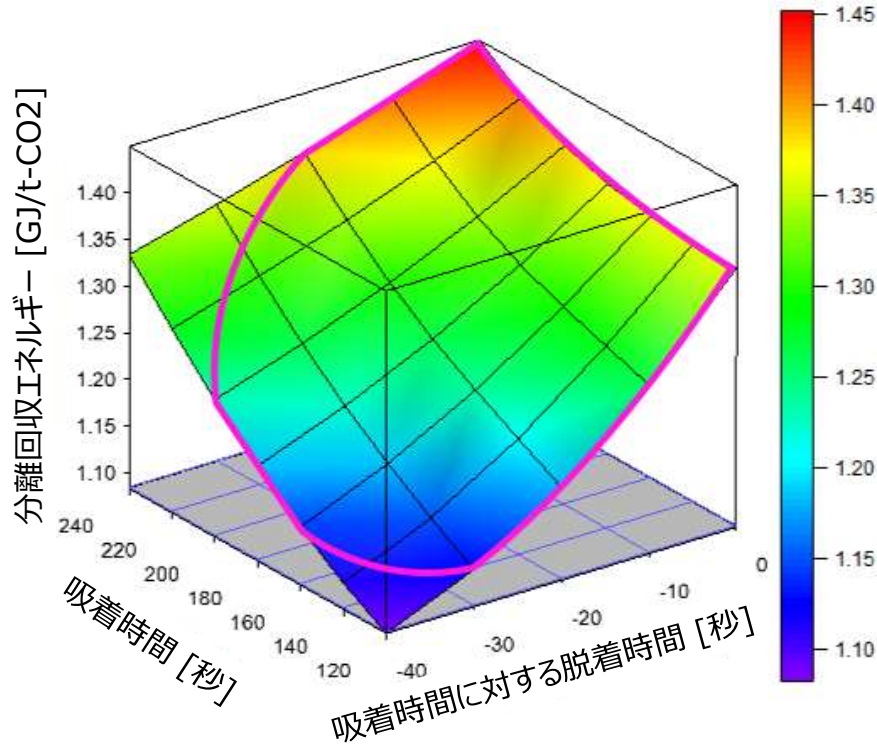
◎ 操作パラメータ

- ・ 運転温度
- ・ 洗浄時間
- ・ サイクル時間
- ・ 再生スチーム量
- ・ 供給ガス湿度



RITE固体吸収材の性能ポテンシャルを最大限に引き出す最適運転条件を精査

計算によるプロセス開発の効率化



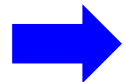
実験的に判明した最適な運転条件のラボ試験結果
回収率: $\geq 90\%$, 純度: $\geq 99\%$, 回収量: 1 kg/d,
再生用蒸気エネルギー: **1.4 GJ/t-CO₂**



14%低減

計算的に判明した最適な運転条件のラボ試験結果
回収率: $\geq 90\%$, 純度: $\geq 99\%$, 回収量: 1 kg/d,
再生用蒸気エネルギー: **1.2 GJ/t-CO₂**

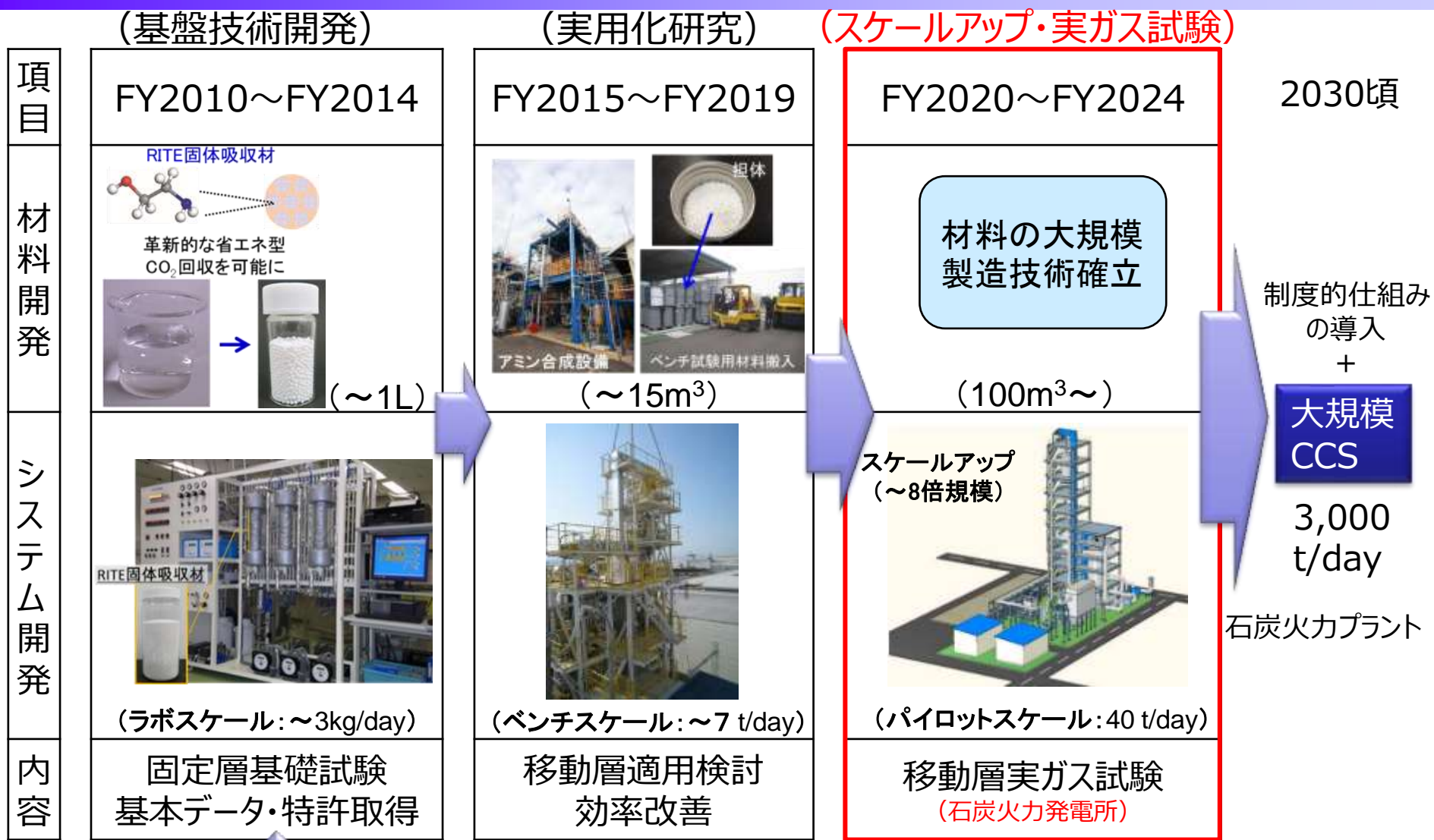
計算によって実験的に発見するのが困難な最適条件を見つけ出すことが可能になった



時間や薬品の節約による環境にやさしいプロセス開発

現在、移動層ベンチ試験装置およびパイロット試験装置の最適条件を検討中

固体吸収材開発：目標達成までのロードマップ



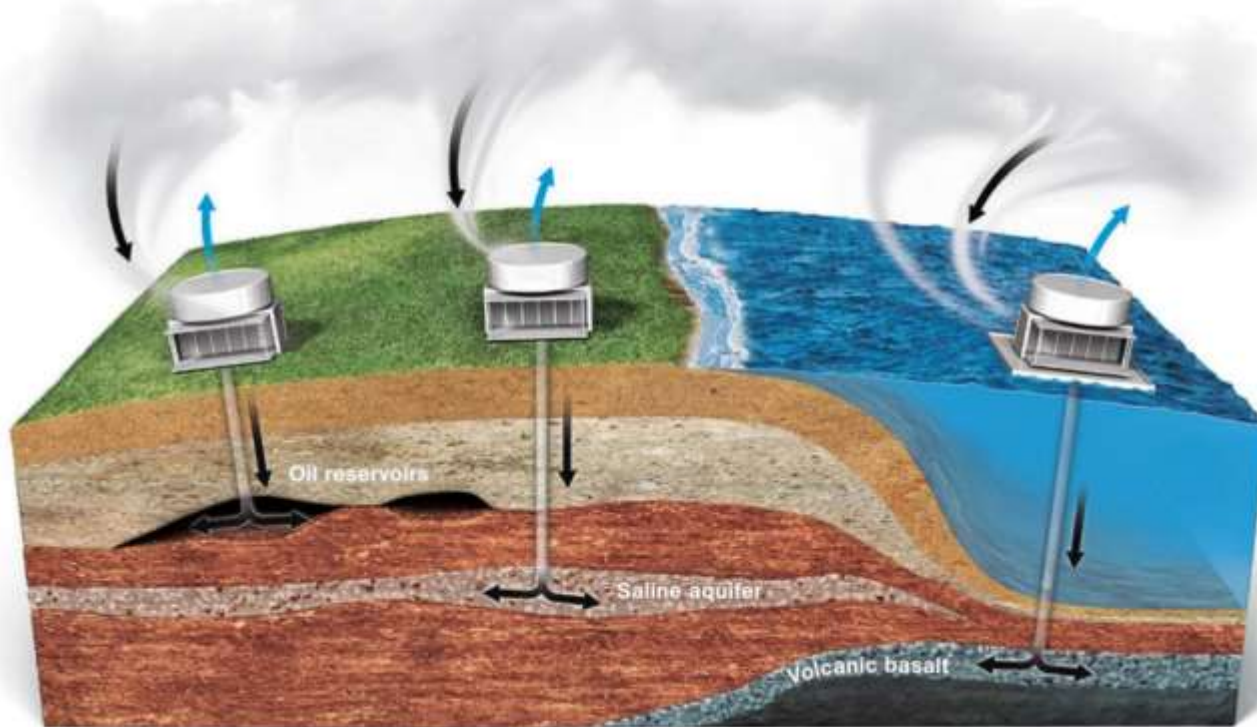
用途展開 (閉鎖/宇宙空間、大気からの回収、その他発生源 (LNG火力等))

大気中からのCO₂回収(Direct Air Capture)の可能性？

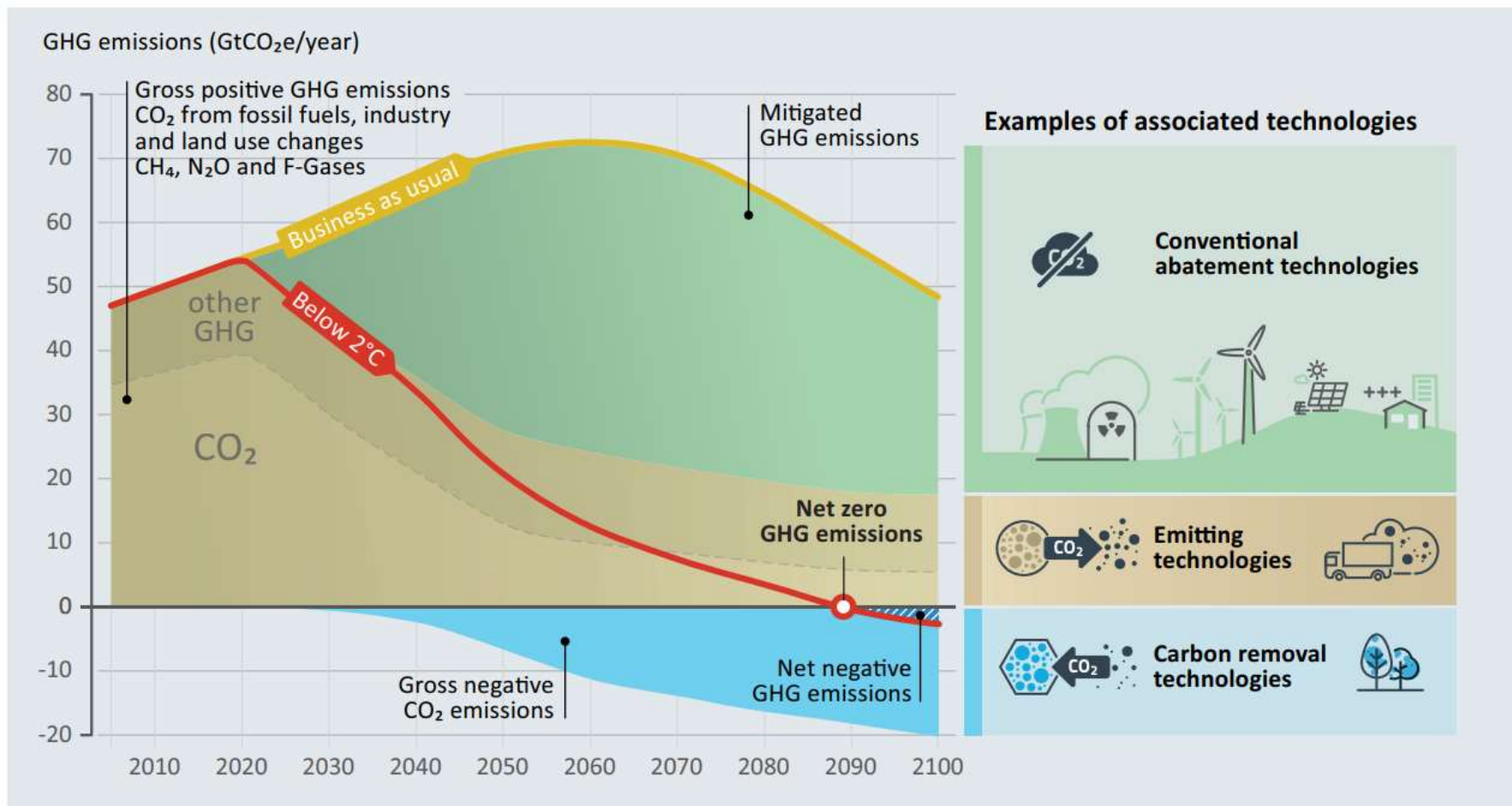
DACの利点：

大気はどこにでもある…

貯留サイトの直上、Utilization設備に隣接等、
DAC装置はどこに設置しても良い
⇒エネルギーコストが安い場所で実施可能



The role of carbon dioxide removal in climate change mitigation.



出典: The Emissions Gap Report 2017 UNEP 2017.

2100年で20GtのNegative emission (DACCS*、BECCS**など)が必要:

*Direct Air Capture with Carbon Storage, **Bioenergy with Carbon Capture and Storage

シナリオ想定と再エネ比率 (2050年)

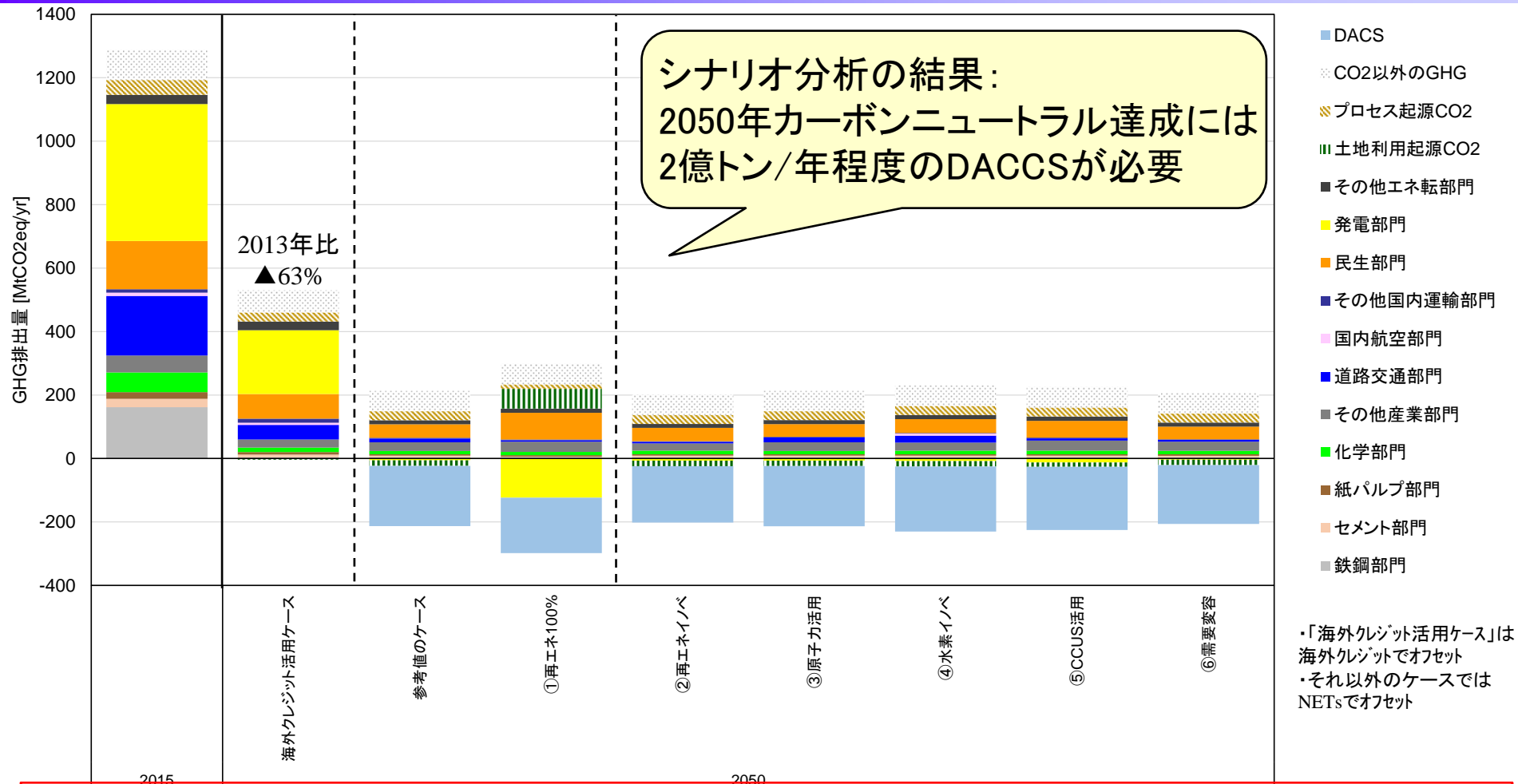
シナリオ名	再エネコスト	原子力比率	水素コスト	CCUS (貯留ポテンシャル)	完全自動運転 (カー・ライドシェア)	電源構成に占める再エネ比率
参考値のケース ^{*1}	標準コスト	10%	標準コスト	国内貯留: 91MtCO ₂ /yr、 海外への輸送: 235MtCO ₂ /yr	標準想定 (完全自動運転車実現・普及想定せず)	54% (最適化結果)
①再エネ100%		0%				ほぼ100% (シナリオ想定)
②再エネイノベ	低位コスト	10%				63% (最適化結果)
③原子力活用 ^{*2}	標準コスト	20%				53% (最適化結果)
④水素イノベ		水電解等の水素製造、水素液化設備費:半減				47% (最適化結果)
⑤CCUS活用		国内:273MtCO ₂ /yr、 海外:282MtCO ₂ /yr				44% (最適化結果)
⑥需要変容		国内91Mt、 海外235Mt	2030年以降完全自動運転実現・普及し、カー・ライドシェア拡大、自動車台数低減により素材生産量低下	51% (最適化結果)		

※需要サイドの変化については、カーシェアリング以外の要素も踏まえた更なるシナリオ分析を継続する。

*1: DAC無しでは実行可能解が無く、全てのシナリオでDACが利用可能と想定

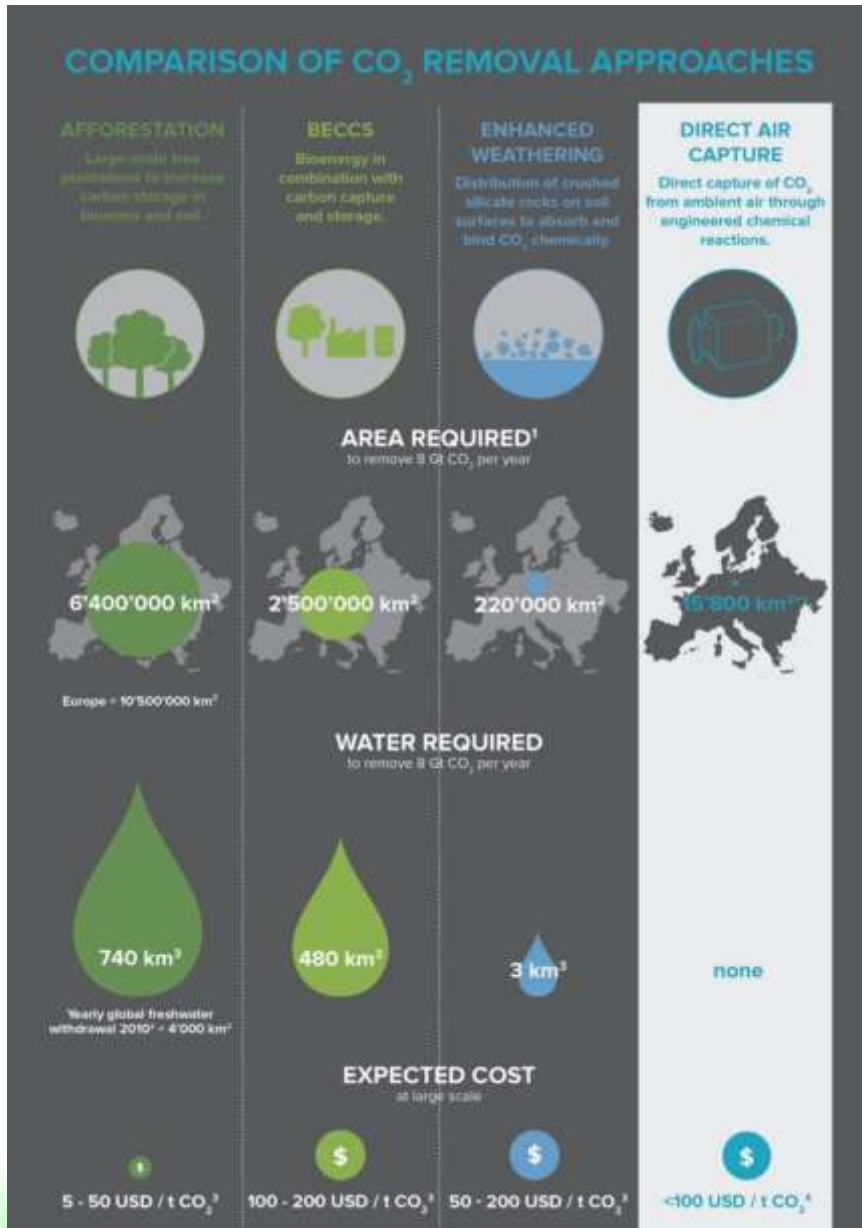
*2: 原子力活用シナリオは別途、比率50%まで分析を実施

日本の部門別GHG排出量（2050年）



- ✓ 世界の限界削減費用均等化の「海外クレジット活用ケース」では、日本の2050年の正味GHG排出量は2013年比▲63%に留まる（海外に、国内▲63%を超える排出削減に対応する排出削減費用以下の、植林、BECCS、DACCS等のオプションが十分存在すると推計されるため）。
- ✓ その他のケースでは、いずれもDACCSの活用が見られる。（CO2以外のGHG、プロセス起源CO2排出量のオフセットも必要）

DACの利点



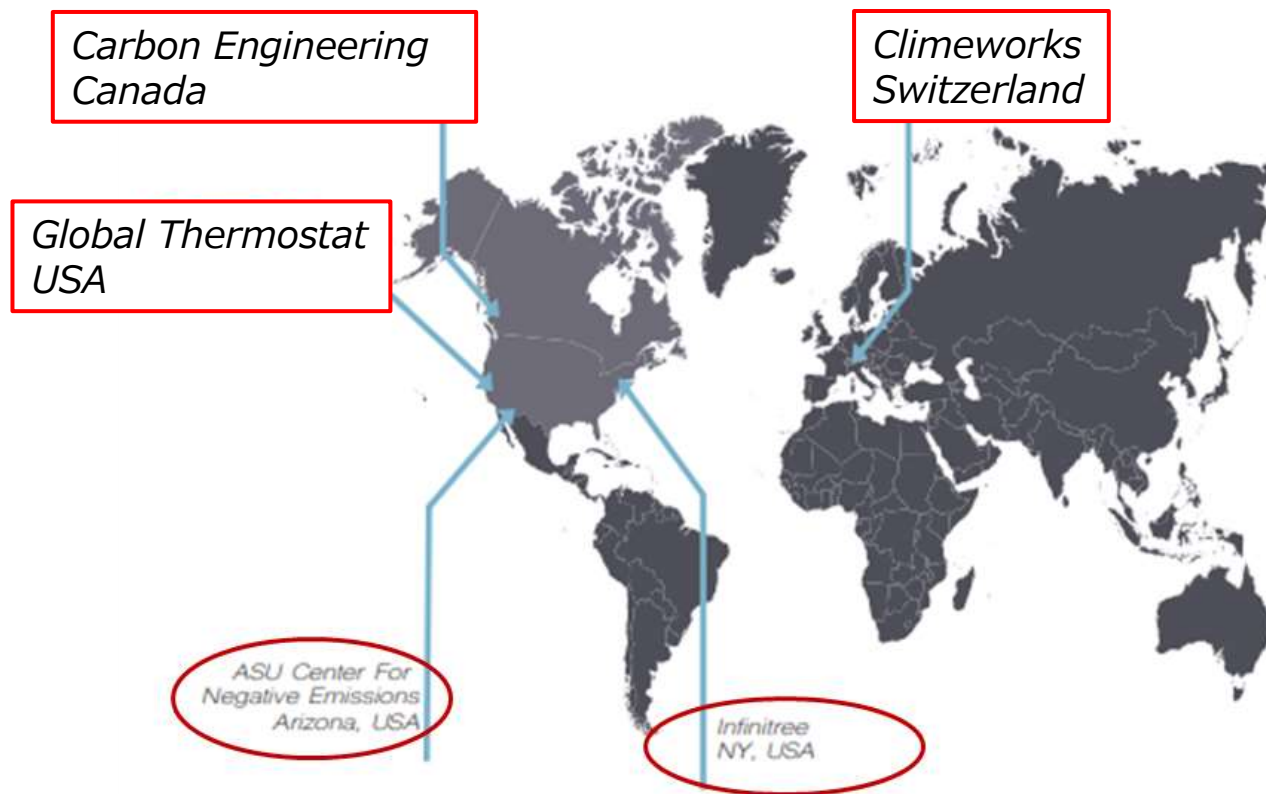
DACの現状:

- ・エネルギー多消費・高コスト
- ・BECCS、植林・再植林(AR)より土地面積と水使用量が極めて小



食糧生産との土地競合の問題や生物多様性への悪影響を抑制できる可能性がある。

DACの海外先行事例



企業名	吸収材	所要エネルギー・コスト
Climeworks	アミン系固体吸収材	9.0GJ/t-CO ₂ (熱), 450kWh/t-CO ₂ (電力), 600\$/t-CO ₂
Carbon Engineering	KOH/Ca(OH) ₂ 水溶液	5.3 GJ/t-CO ₂ (熱), 366 kWh/t-CO ₂ (電力),
Global Thermostat	アミン系固体吸収材	4.4 GJ/t-CO ₂ (熱), 160 kWh/t-CO ₂ (電力), 150\$/t-CO ₂

⇒エネルギー・コストに課題

海外のDAC企業の大規模化の動き*

*各企業HP,各種資料よりRITE作成

企業	実施場所		Project (協力企業)	CO ₂ 回収量	適用先	期間
Carbon Engineering (Canada)	米国	Permian Basin in West Texas	Occidental Petroleum 1PointFive	100万t/y 設計中	EOR/地中貯留	2022に建設開始、 2024年後半開始予定 (世界初の100万t/y DACプラント)
	英国	North-East Scotland	Dreamcatcher Project (Storegga) AtmosFUEL Project (LanzaTech UK、British Airways、Virgin Atlantic)	50~100万t/y 設計中	Acorn CCSプロジェクトとの連携 1億L/yのJet燃料	2021 FS 2022 詳細設計 2026年までに稼働
	カナダ	Squamish, British Columbia	Direct Air Capture Innovation Center (BBA)	不明 (操作,実 験用1,250m ² の建物)	DACとAIR TO FUELS プロセスの完全統合	まもなく稼働? 隣接パイロットプラントで2015年からDAC、2017年から燃料変換
Climeworks (Switzerland)	アイスランド	Hellisheiði Geothermal Power Plant	Project Silverstone (Carbfix, ON Power) Project Orca (Carbfix)	7万ton圧入済 計画34,000t/y 4,000t/y(現状世界最大)	地中 (玄武岩層) 貯留	2012 Pilotスケール開始、新Plant 2025稼働予定 2021 9月~Orca稼働
	ドイツ スウェーデン	Dresden Herøya	Koperniks(Power-to-X) Project (Snnfire, INERATEC)	不明	FT合成 (Norsk e-Fuel)	2023年 1000万L 2026年 1億L 予定
Global Thermostat (USA)	チリ	Magallanes (チリ南のパタゴニア地方)	Haru Oni Project (Porsche, Siemens Energy, Enel Green Power, ENAP, ExxonMobil)	1ユニット当たり2,000t/y	eFuel合成 (MTG)	2022 13万L 2024 5500万L 2026 5.5億L のeFuel製造

DAC Transformational (TRL 2-3).. Materials



Solvents	Sorbents		Novel Concepts
 HARVARD UNIVERSITY Aqueous alkaline solvent with novel alkalinity concentration swing (ACS) cycle	 InnoSeptra physical sorbents hybrid sorbent in low vacuum swing adsorption process	 IWVC amine-functionalized sorbent in novel isothermal pressure swing regeneration cycle membrane adsorbent for rapid temperature swing adsorption	 MOF-based sorbent A Xerox Company polyamine aerogel sorbent
 Membranes InnoSense Technologies for Tomorrow hybrid polymer membrane	 Susteon catalyzed amine-doped solid sorbent Georgia Tech Research Corporation MOF-based sorbent	 RTI INTERNATIONAL MOF- and P-dendrimer-based sorbents Rensselaer amine-encapsulated sorbent embedded in porous fibers	 UNIVERSITY OF KENTUCKY enhanced depolarized electro-membrane system (solvent/membrane contactor) UNIVERSITY OF DELAWARE electrochemical cell with membranes

DE-FOA-0002188

分離回収技術: 固体吸収材 19, 膜 4, 吸収液 1, ハイブリッド 1、電気化学的1
 スケール: ベンチ 5, ラボ 21

Susteon(2018年設立 @ノースカロライナ州): a new player ?

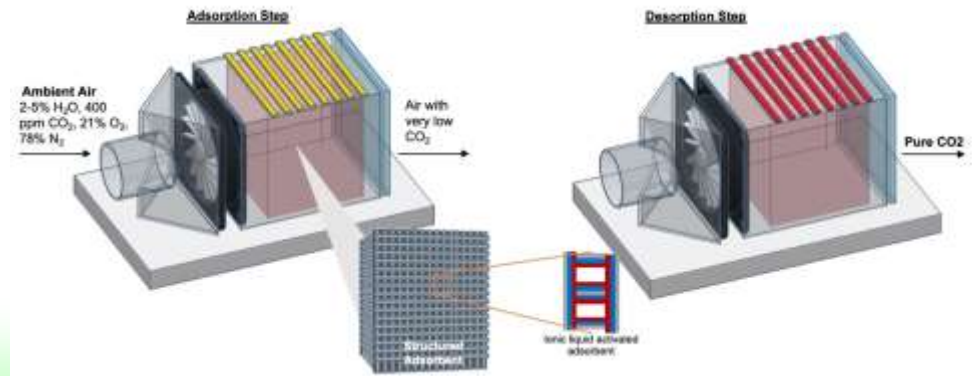
①Bench-Scale Development of a Novel Direct Air Capture Technology Using High-Capacity Sorbents

- alkali-based sorbent materials, 再生可能電力との直接統合
 - スケールアップのために新しい製造技術や特別な材料サプライチェーンを必要としない
- cost 目標: < \$75/ton CO₂.



②Direct Air Capture of CO₂ Using Low Regeneration Temperature Sorbents (PROJECT PARTNERS: University of Wyoming、SoCalGas)

- 低温再生可能な吸収液(liquid (IL)- catalyzed sorbents)の開発
 - 80~90°CでのCO₂脱離性能を大幅向上(ラボ試験)
- cost 目標: < \$100/ton CO₂.



③Svante(前述)とのコラボレーション

ムーンショット型研究開発制度の概要及び目標について

制度概要 超高齢化社会や地球温暖化問題など重要な社会課題に対し、人々を魅了する野心的な目標（ムーンショット目標）を国が設定し、挑戦的な研究を推進する制度。

目標 「Human Well-being」（人々の幸福）を目指し、その基盤となる社会・環境・経済の諸課題を解決すべく、7つのムーンショット目標を決定（目標1～6：令和2年1月23日 総合科学技術・イノベーション会議決定、目標7：令和2年7月14日 健康・医療戦略推進本部決定）

目標設定に向けた3つの領域

（人々の幸福で豊かな暮らしの基盤となる「社会・環境・経済」の領域）

社会

急進的イノベーションで
少子高齢化時代を切り拓く
＜課題＞
少子高齢化、労働人口減少、人生百年時代、
一億総活躍社会等

環境

地球環境を回復させながら
都市文明を発展させる
＜課題＞
地球温暖化、海洋プラスチック問題、
資源の枯渇、環境保全と食料生産の両立等

経済

サイエンスとテクノロジーで
フロンティアを開拓する
＜課題＞
Society 5.0実現のための計算需要増大、
人類の活動領域拡大等

長期的に達成すべき7つの目標

- 目標1：2050年までに、人が身体、脳、空間、時間の制約から解放された社会を実現
- 目標2：2050年までに、超早期に疾患の予測・予防をすることができる社会を実現
- 目標3：2050年までに、AIとロボットの共進化により、自ら学習・行動し人と共生するロボットを実現
- 目標4：2050年までに、地球環境再生に向けた持続可能な資源循環を実現
- 目標5：2050年までに、未利用の生物機能等のフル活用により、地球規模でムリ・ムダのない持続的な食料供給産業を創出
- 目標6：2050年までに、経済・産業・安全保障を飛躍的に発展させる誤り耐性型汎用量子コンピュータを実現
- 目標7：2040年までに、主要な疾患を予防・克服し100歳まで健康不安なく人生を楽しむための持続可能な医療・介護システムを実現

"Moonshot for Human Well-being"

（人々の幸福に向けたムーンショット型研究開発）

「ムーンショット型研究開発事業／2050年までに、地球環境再生に向けた持続可能な資源循環を実現」

(1) 温室効果ガスを回収、資源転換、無害化する技術の開発(NEDO HP等から作成)

(表中敬称略、PMの五十音順)

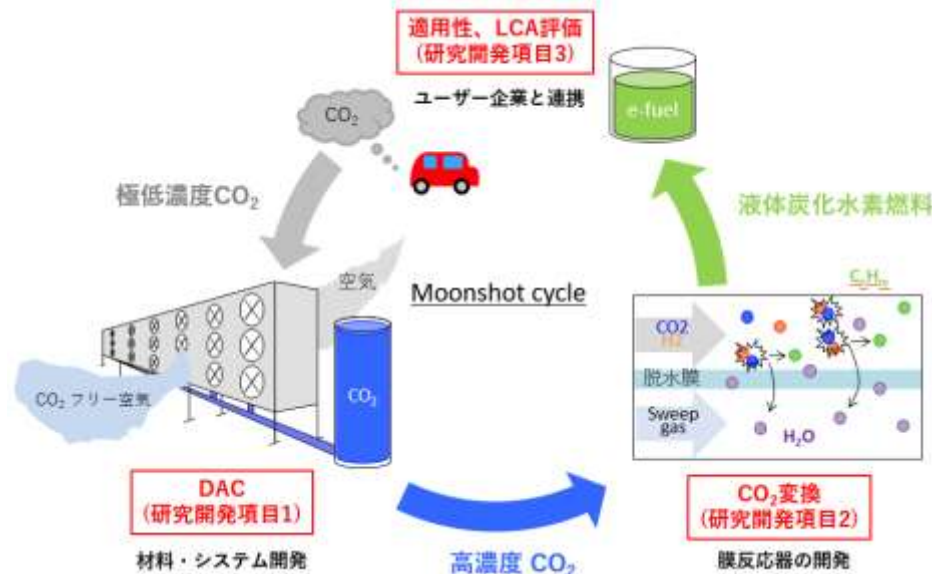
	研究開発プロジェクト	委託先 (再委託 or 共同実施)	DAC方式	Utilization
①	電気エネルギーを利用し大気CO ₂ を固定するバイオプロセスの研究開発	産業技術総合研究所 (PM:加藤 創一郎) 東京工業大学、名古屋大学	電気利用CO ₂ 固定 (人工合成微生物)	ポリマー原料、 燃料等
②	大気中からの高効率CO ₂ 分離回収・炭素循環技術の開発	金沢大学 (PM:児玉 昭雄) 地球環境産業技術研究機構(RITE)	ハニカムローター (金沢大) 固体吸収材 (RITE)	FT合成燃料
③	電気化学プロセスを主体とする革新的CO ₂ 大量資源化システムの開発	東京大学 (PM:杉山 正和) 大阪大学、理化学研究所、 宇部興産 (株)、清水建設 (株)、 千代田化工建設 (株)、古河電気工業 (株)	・物理吸着 (清水建設) ・電気化学的CO ₂ 富化 (大阪大学)	エチレン等
④	C ⁴ S*研究開発プロジェクト *C ⁴ S: Calcium Carbonate Circulation System for Construction(建設分野の炭酸カルシウム循環システム)	東京大学 (PM:野口 貴文) 北海道大学	廃コンクリート (カルシウム溶液)	炭酸カルシウムコンクリート
⑤	冷熱を利用した大気中二酸化炭素直接回収の研究開発	名古屋大学 (PM:則永 行庸) 東邦瓦斯 (株)、東京理科大学	Cryo-DAC用吸収液 (冷熱活用CO ₂ 昇華)	-----
⑥	大気中CO ₂ を利用可能な統合化固定・反応 (quad-C system)の開発	東北大学 (PM:福島 康裕) 大阪市立大学、(株)ルネサス・イージー・リサーチ	層状化合物 (東北大) CeO ₂ (大阪市立大) 促進輸送膜 (RER)	尿素誘導体等
⑦	“ビヨンド・ゼロ”社会実現に向けたCO ₂ 循環システムの研究開発	九州大学 (PM:藤川 茂紀) 熊本大学、北海道大学	シリコンゴム (PDMS) 薄膜 (九州大)	炭素燃料
⑧	資源循環の最適化による農地由来の温室効果ガスの排出削減	東北大学 (PM:南澤 究) 農業・食品産業技術総合研究機構、東京大学	(N ₂ O削減技術)	-----

ムーンショット目標4 採択テーマ② 大気中からの高効率CO₂分離回収・炭素循環技術の開発

国立大学法人金沢大学
公益財団法人地球環境産業技術研究機構

【実施内容】

1. 大気中からの高効率CO₂回収 (Direct Air Capture) 技術開発
→ RITE固体吸収材の適用、金沢大デシカントローター技術の知見の適用
2. 炭素循環のためのCO₂変換技術開発 (液体炭化水素燃料合成)
→ 膜反応器による高効率化
3. 液体炭化水素燃料適用性、システム全体のLCA評価
→ ユーザー企業と連携



2030年までのKPI

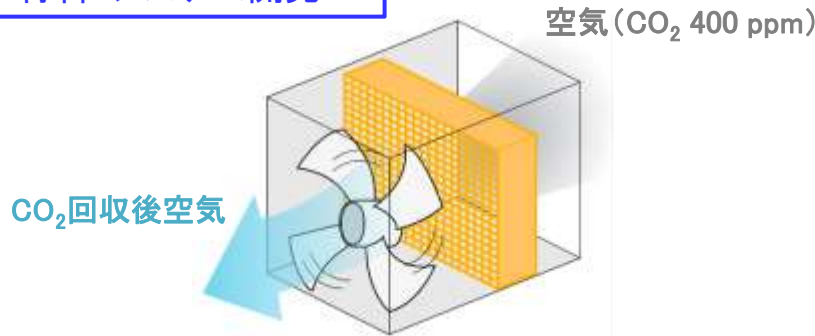
2029年度: CO₂変換反応に適用可能な純度のDAC技術を確立。回収CO₂を原料として液体炭化水素燃料を高効率で製造可能なCO₂変換技術を開発。このDAC & CO₂変換システムに対するライフサイクルアセスメント評価を行い、その正味のCO₂削減効果を検証し、有効な地球温暖化問題対策であることを確認。



DAC技術開発スケジュール

2020～2024年度 (基盤技術開発フェーズ)

材料・システム開発

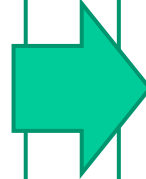


開発項目

- ・DAC用新規吸収材の開発
- ・圧損(送風動力)の低減
- ・装置の小型化
- ・高効率プロセス開発

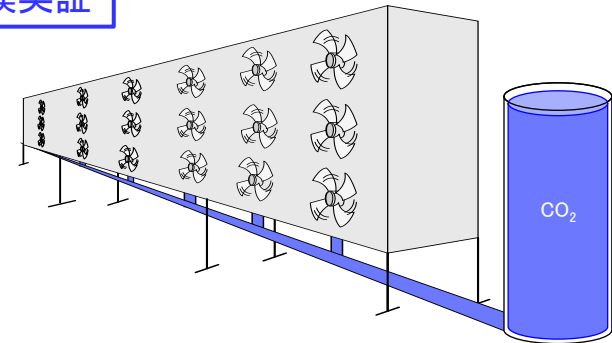


小規模装置の技術確立



2025以降 (パイロット試験(予定))

大規模実証



大規模実証による検証項目

- ・数t/dのCO₂を大気から直接回収し、CO₂変換反応に適用可能な純度のDAC技術の確立
- ・吸収材や装置の耐久性の評価
(季節や温湿度、設置場所などの影響評価)



地球温暖化問題対策として有効なDACシステムの構築に目途

まとめと今後の展開

1. 固体吸収法（石炭火力ガス）

- ・昨年度より実ガス試験フェーズを開始、今年7月にパイロット試験装置を着工（KHI）。
- ・パイロット試験用固体吸収材の製造とともに今後の大規模化・実用化に向けて、材料/製造技術の改良を実施中（RITE）。
- ・移動層ベンチスケール試験結果を活用しシミュレーターを高精度化（誤差10%以内）、今後パイロット試験装置の運転条件の検討に活用予定。

2. 固体吸収法（DAC: Direct Air Capture）

- ・ムーンショット型研究開発事業においてDACに適した材料探索とシステム検討を実施中。
- ・小規模ラボ試験装置において材料評価を開始、劣化耐性の高い候補材料を開発。
- ・民間企業との連携体制を構築し、大規模化に向けた装置を開発中。
- ・既に海外の企業ではCarbon Engineering、Climeworks、Global Thermostatが大規模化を進めており、新規参入も多い。日本でも早期大規模化・実証が必要。

3. 今後の展開

- ・固体吸収材は非水系吸収液とともに省エネルギー型のCO₂回収技術として注目されている。今後、開発した技術をもとに、様々なCO₂排出源への適用可能性も検討していく予定。

謝辞：

本研究開発は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)から受託した「先進的二酸化炭素固体吸収材の石炭燃焼排ガス適用性研究」および「ムーンショット型研究開発事業/地球環境再生に向けた持続可能な資源循環を実現/大気中からの高効率CO₂分離回収・炭素循環技術の開発」により実施された。

ご清聴をありがとうございました。

Research Institute
of
Innovative Technology for the Earth