



TOKYO UNIVERSITY OF SCIENCE  
1-3 KAGURAZAKA, SHINJUKU-KU,  
TOKYO 162-8601, JAPAN  
Phone: +81-3-5228-8107

2021年1月25日

報道関係各位

「ムーンショット型研究開発事業」

冷熱を利用した大気中二酸化炭素直接回収技術 (Cryo-DAC) の開発について

東京理科大学

要旨

東京理科大学は、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) と「ムーンショット型研究開発事業※」に係る業務委託契約を締結し、プロジェクトマネージャーである名古屋大学大学院工学研究科 則永行庸教授の指揮の下、国立大学法人東海国立大学機構名古屋大学、東邦ガス株式会社、国立大学法人東京大学、学校法人梅村学園中京大学とともに、LNG (液化天然ガス) の未利用冷熱による大気中の CO<sub>2</sub> 直接回収技術の研究を開始しました。

本研究は、内閣府が主導する「ムーンショット型研究開発制度」で決定された目標の一つである目標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」に向けたプロジェクトの一つであり、LNG 未利用冷熱を活用することで、より効率的に高純度かつ高圧の CO<sub>2</sub> を回収できる技術開発を目指します。

※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、挑戦的な研究開発を推進する制度。

【研究の背景】

パリ協定で掲げられた 2°C 目標を達成するためには、化石エネルギーの大規模利用施設等で排出される CO<sub>2</sub> をその場で回収する技術に加えて、化石エネルギーに由来する燃料・原料などの分散消費によって大気中に拡散している CO<sub>2</sub> を効果的に回収する技術の開発が不可欠となる。大気中の CO<sub>2</sub> を直接回収する技術 (Direct Air Capture, DAC) は、森林や海洋による CO<sub>2</sub> の吸収を人工的に行うもので、その実用化に対する期待が高まっている。

DAC が大気中の CO<sub>2</sub> をストックベースで削減するビヨンド・ゼロに貢献するネガティブエミッション技術となるためには、DAC システムの運転に伴う熱や電気エネルギーの利用によって新たな CO<sub>2</sub> の大気放散が発生しない、もしくは、発生する場合の量が DAC による回収量よりも少ないことが条件である。この条件を満たすためには、DAC の効率、コストおよび性能の改善が必要であり、解決すべき課題として、吸収塔の CO<sub>2</sub> 吸収効率の向上 (大気と吸収剤との接触機構の改良、表面積の増大、吸収剤の吸収効率の向上)、吸収剤の長寿命化、吸収塔内および送気の圧力損失の低減、再生塔の省エネルギー化、低炭素で安価なエネルギーの利用などが挙げられる。



## 【プロジェクトの概要】

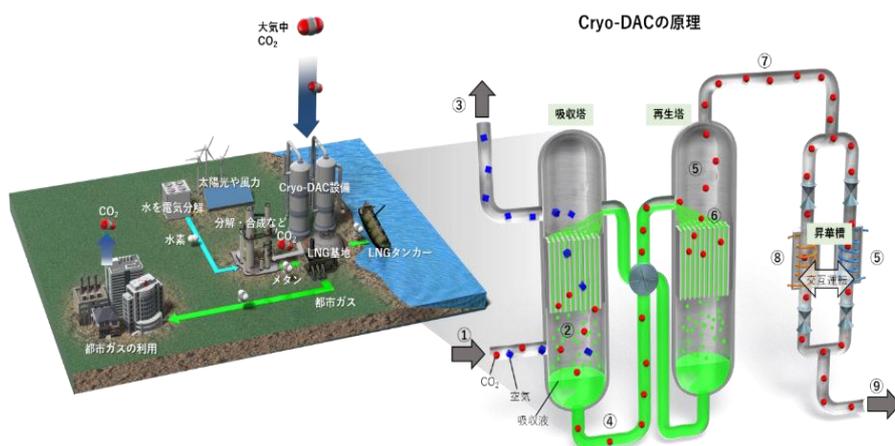
大気から希薄な CO<sub>2</sub> を分離・回収する技術として、Carbon Engineering 社のアルカリ溶液法 (365 t-CO<sub>2</sub>/year) や、Climeworks 社の吸着剤法 (900 t-CO<sub>2</sub>/year) が先行開発されている。これらは、アルカリ溶液や吸着剤を用いて大気から CO<sub>2</sub> を回収した後に昇温することで純 CO<sub>2</sub> を再生する方法であり、前者は 5.3 GJ/t-CO<sub>2</sub> (Carbon Engineering 社)、後者は 9.0 GJ/t-CO<sub>2</sub> (Climeworks 社) の熱エネルギーを消費すると報告されている。このため、温排熱が利用できない場合は、温熱を発生させて再生工程に供給することが必要となる。この時、化石燃料を利用する場合には、新たな CO<sub>2</sub> の発生が問題となり、また、再生可能エネルギーを利用する場合には、適地制約や出力変動が問題となる。従って、CO<sub>2</sub> 再生時に昇温過程を含まない革新的な DAC 技術の開発が期待されていた。

このため本事業では、液化天然ガス (LNG) の未利用冷熱 (-162℃) 等を、大気中の希薄な二酸化炭素の直接回収 (DAC) に活用することにより、海外で先行して開発が進んでいる DAC 技術のいずれをも凌駕するエネルギー効率で、高純度かつ高圧で CO<sub>2</sub> を回収する新技術 (Cryo-DAC) の開発を目指す。

Cryo-DAC システムでは、吸収塔と再生塔からなる化学吸収法をベースとし、再生塔の後段に未利用冷熱を利用して CO<sub>2</sub> を固化 (ドライアイス化) する昇華槽を設ける。昇華槽内で CO<sub>2</sub> をドライアイス化することにより、再生塔をポンプで減圧できるため、吸収塔と再生塔を常温付近で運転することが可能となる。これにより、外部から新たなエネルギーを投入すること無く、圧カスイングのみで純 CO<sub>2</sub> を回収する点が本技術 (Cryo-DAC) の特長である。

## 【今後の展望】

Cryo-DAC では、減圧により吸収液を常温付近で再生するため、従来の DAC で吸収液の再生に用いられる熱エネルギーをほぼゼロまで低減することが可能である。また、Cryo-DAC で利用する冷熱は、CO<sub>2</sub> の昇華のみに用いるため冷熱利用効率が高い。さらに、回収 CO<sub>2</sub> は高純度かつ高圧であるため、その後の CO<sub>2</sub> 貯留や循環利用プロセスとの適合性にも優れる。例えば、LNG 基地に Cryo-DAC を設置し、回収した CO<sub>2</sub> と再生可能エネルギー等により生成した CO<sub>2</sub> フリー水素から、メタンを合成 (メタネーション) し、都市ガスの原料として供給することにより、既存の都市ガス導管網をフルに活用した CO<sub>2</sub> の循環利用による、ネットゼロエミッションエネルギー供給システムの構築が可能となる。さらには、将来 CO<sub>2</sub> フリーの液化水素が導入され、その未利用冷熱 (-253℃) を Cryo-DAC で利用することにより、ビヨンド・ゼロエミッションエネルギー供給システムの構築が可能となる。



### Cryo-DACによる大気中CO<sub>2</sub>の直接回収の流れ (今回開始する研究開発プロジェクトの範囲)

- ① CO<sub>2</sub>を含む大気を吸引
- ② 吸収液により大気中のCO<sub>2</sub>を吸収
- ③ CO<sub>2</sub>が除去された空気を排出
- ④ CO<sub>2</sub>を吸収した吸収液が再生塔へ
- ⑤ 昇華槽でのLNG冷熱によるCO<sub>2</sub>の固化(ドライアイスの生成)により、昇華槽内の圧力が低下。これに伴い再生塔内の圧力が低下(設備運転中に減圧用ポンプを動かさずエネルギーが不要)
- ⑥ 再生塔内の圧力低下により、常温でも、CO<sub>2</sub>を含む吸収液からCO<sub>2</sub>を放出(吸収液を加熱するエネルギーが不要)。同時に吸収液を再生(吸収液が吸収塔へ)
- ⑦ 昇華槽内と再生塔内の圧力差により、CO<sub>2</sub>が昇華槽へ
- ⑧ 昇華槽を密閉した後、ドライアイスを常温に復温することで気化して、高圧のCO<sub>2</sub>を生成
- ⑨ 高圧のCO<sub>2</sub>を供給

## 【プロジェクトの体制と分担】

本プロジェクトは、国立大学法人東海国立大学機構名古屋大学大学院工学研究科化学システム工学専攻則永行庸教授・町田洋助教ら、環境安全衛生管理室林瑠美子准教授、東京理科大学工学部工業化学科田中優実准教授、東邦ガス株式会社が共同で実施する。名古屋大学は、吸収液の開発、吸収・再生および昇華速度データの取得、プロセスの概念設計と試験装置の設計・性能評価を行う。東邦ガスは、Cryo-DAC のシステム設計を実施する。システム設計においては、国立大学法人東京大学大学院工学系研究科精密工学専攻伊藤寿浩教授・高松誠一准教授と新規センシングによる健全性モニタリング技術の開発、国立大学法人東京大学大学院総合文化研究科国際環境学教育機構甘蔗寂樹准教授と冷熱利用の最適化技術の開発、学校法人梅村学園中京大学経済学部山田光男教授・中山恵子教授と経済性・環境性評価技術の開発を実施する。東京理科大学は、特に過酷な環境に晒される昇華槽用の鋼種の選定等を材料マイクロ構造解析に基づいて行う。これらの知見を統合して、試験装置を製作し、ベンチスケール機により実用化の可能性を検証後、スケールアップしたパイロット機による連続試験を実施し、社会実装に向けた課題を抽出する。

## 用語

- 1・・・Cryo-DAC：冷熱利用大気CO<sub>2</sub>直接回収（Cryo-Direct Air Capture）
- 2・・・DAC：大気CO<sub>2</sub>直接回収（Direct Air Capture）
- 3・・・ビヨンド・ゼロ：過去のストックベースでのCO<sub>2</sub>削減
- 4・・・ネガティブエミッション技術：大気中に存在するCO<sub>2</sub>を除去または隔離・貯留する技術の総称

### 【本研究内容に関するお問合せ先】

- 東京理科大学 工学部 工業化学科 准教授 田中優実  
Tel： 03-5228-8314  
e-mail： yutanaka@rs.tus.ac.jp

### 【当プレスリリースの担当事務局】

- 東京理科大学 研究戦略・産学連携センター（URAセンター）担当：田中  
〒162-8601 東京都新宿区神楽坂1-3  
Tel：03-5228-7440 e-mail：ura@admin.tus.ac.jp