



MAKE NEW STANDARDS.

東海国立
大学機構



名古屋大学
NAGOYA UNIVERSITY

冷熱を利用する大気中CO₂直接回収 プロセスの研究開発

東海国立大学機構 名古屋大学

未来社会創造機構 脱炭素社会創造センター

則永行庸

日本学術会議公開シンポジウム「カーボンニュートラル時代の熱エネルギー—革新議論と社会実装—」

2023年5月12日(金) 日本学術会議講堂

則永 行庸

のりなが こうよう

専門 / 化学工学

再生エネルギーへ移行するまでの技術として、私は現在、排ガスや大気中のCO₂を吸収する独自の吸収液の研究開発を産学官連携で進めています。COP26では、石炭火力の「段階的廃止」か「段階的削減」かで熱い議論が交わされました。しかし、CO₂排出削減対策が講じられている石炭火力が広がれば、この違いは気にならなく

再生エネルギーへの移行期に欠かせない、CO₂回収システムの研究開発。

名古屋大学
大学院工学研究科
化学システム工学専攻 教授



なります。安い燃料を用いて産業発展を遂げたいと考えている発展途上国においても、CO₂吸収液は役立つでしょう。今後脱炭素に向けて、企業同士のさらなる連携が必須です。どのような技術開発が必要なのか取捨選択を行い、シナリオを描いていくことも欠かせません。大学は技術だけでなく、文化、法など、多種多様な知の拠点であり、橋渡しの役目も担えるはずです。多くの方々と連携し、アクションし続けたいと思います。



INNOVATOR'S
GARAGE

環境とイノベーションの未来 2021年11月29日（月）
主催 Aichi-Nagoya Startup Ecosystem Consortium
（中部経済連合会、名古屋大学、愛知県、名古屋市）

カーボンニュートラルへの化学工学

CO₂分離回収、資源化からエネルギーシステム構築まで
化学工学会 編



丸善出版

- バイオマス、有機系廃棄物等の炭素資源から、有用な物質やエネルギーを生み出す化学プロセスの研究開発
- 同時に、資源の利用に伴って排出される二酸化炭素の回収技術や、再生可能エネルギーを利用してCO₂を有価物に変えるカーボンリサイクル技術の開発
- 現在、我が国発の破壊的イノベーション創出を目指す、「ムーンショット型研究開発事業」において、大気中からのCO₂回収技術の革新に挑戦

炭素資源利用

CO₂回収

メタネーション

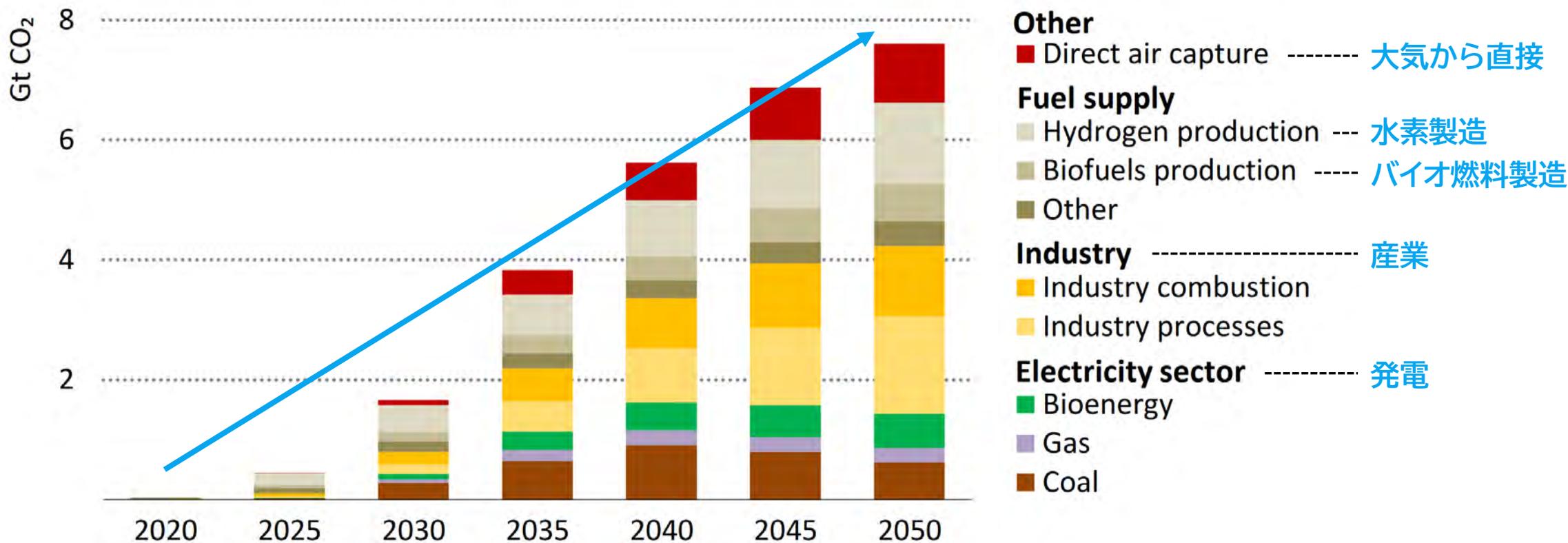
DAC

産学連携で推進

NET ZEROに向けたCO₂回収量の推移シナリオ

Figure 2.21 ▶ Global CO₂ capture by source in the NZE

出典 IEA Net Zero by 2050



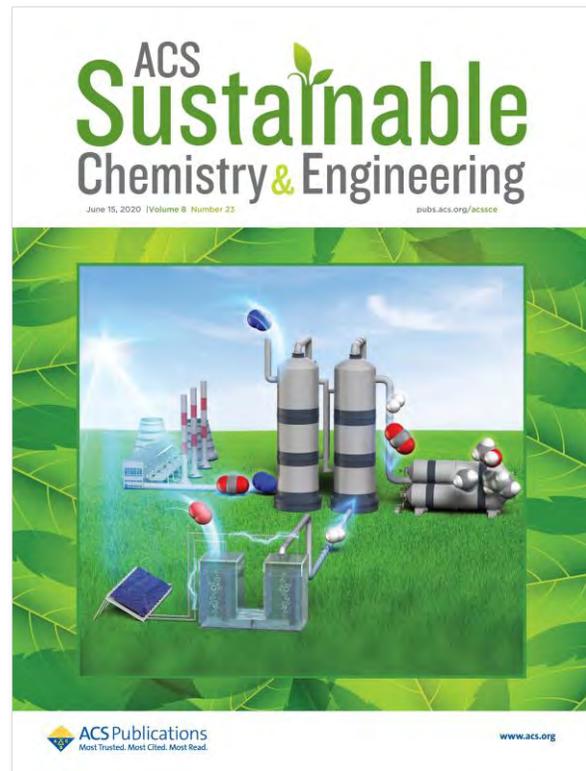
- 2020年実績 約4000万トンから、2050年76億トン
- 大気からのCO₂回収は9.8億トン@2050年
- 電化率49%、再エネ電力88%@2050年
(現状 電化率20%、再エネ電力25%)

電化・再エネ導入を進めてもなお
これだけのCO₂を回収する必要がある

独自のCO₂吸収液

世界最高水準の省エネルギー化

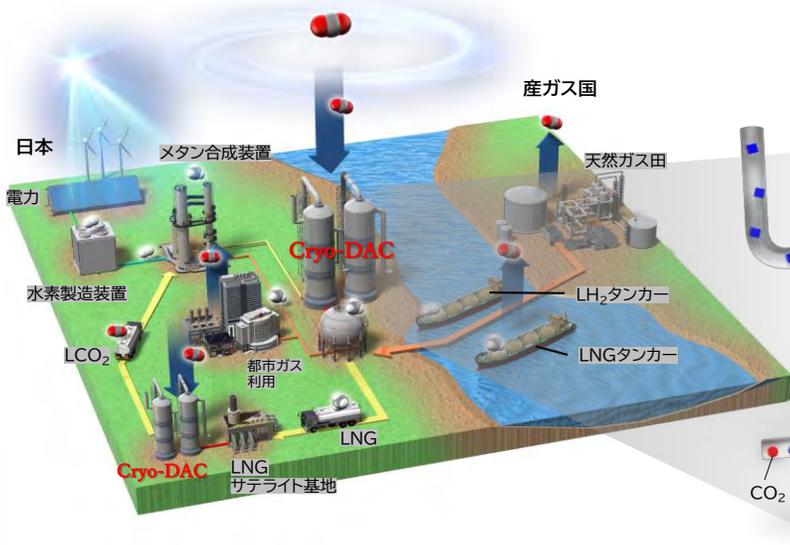
町田洋ら、2020年



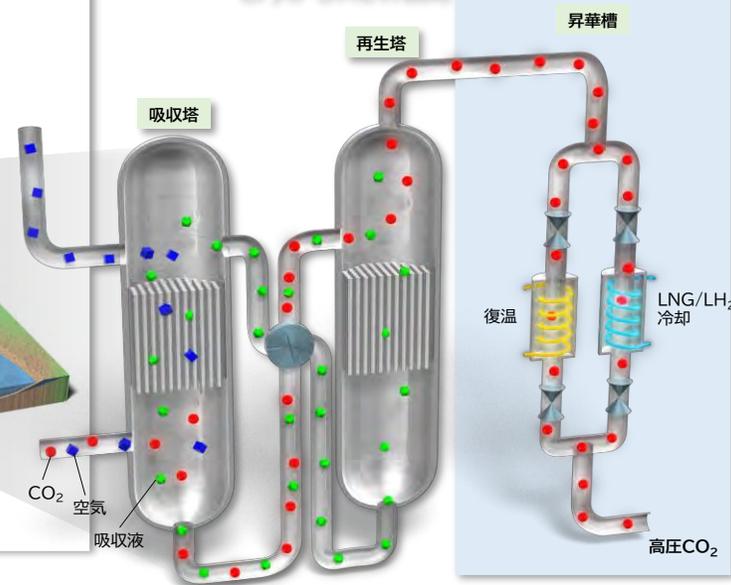
ムーンショットプロジェクト 2020年～



Cryo-DACを核とするカーボンサイクル



Cryo-DACの概略



日本経済新聞 2020年6月3日



NHKおはよう日本 2021年5月8日



未利用の冷熱を利用 ユニークなCO₂回収技術開発

LNG冷熱利用CO₂回収



■名古屋大学 則永行庸教授らは液体の液化天然ガス（LNG）が気体になる際に周囲の熱をつばう「冷熱」を利用し、大気中の二酸化炭素（CO₂）を回収する技術の研究を始めた。3年後に実証機を作り実用化を目指す。

東邦ガス、東京理科大学、東京大学、中京大学と共同で取り組む。

LNGはセ氏マイナス約160度の液体にして輸送する。到着した受け入れ基地で気体に戻す際に発生する冷熱

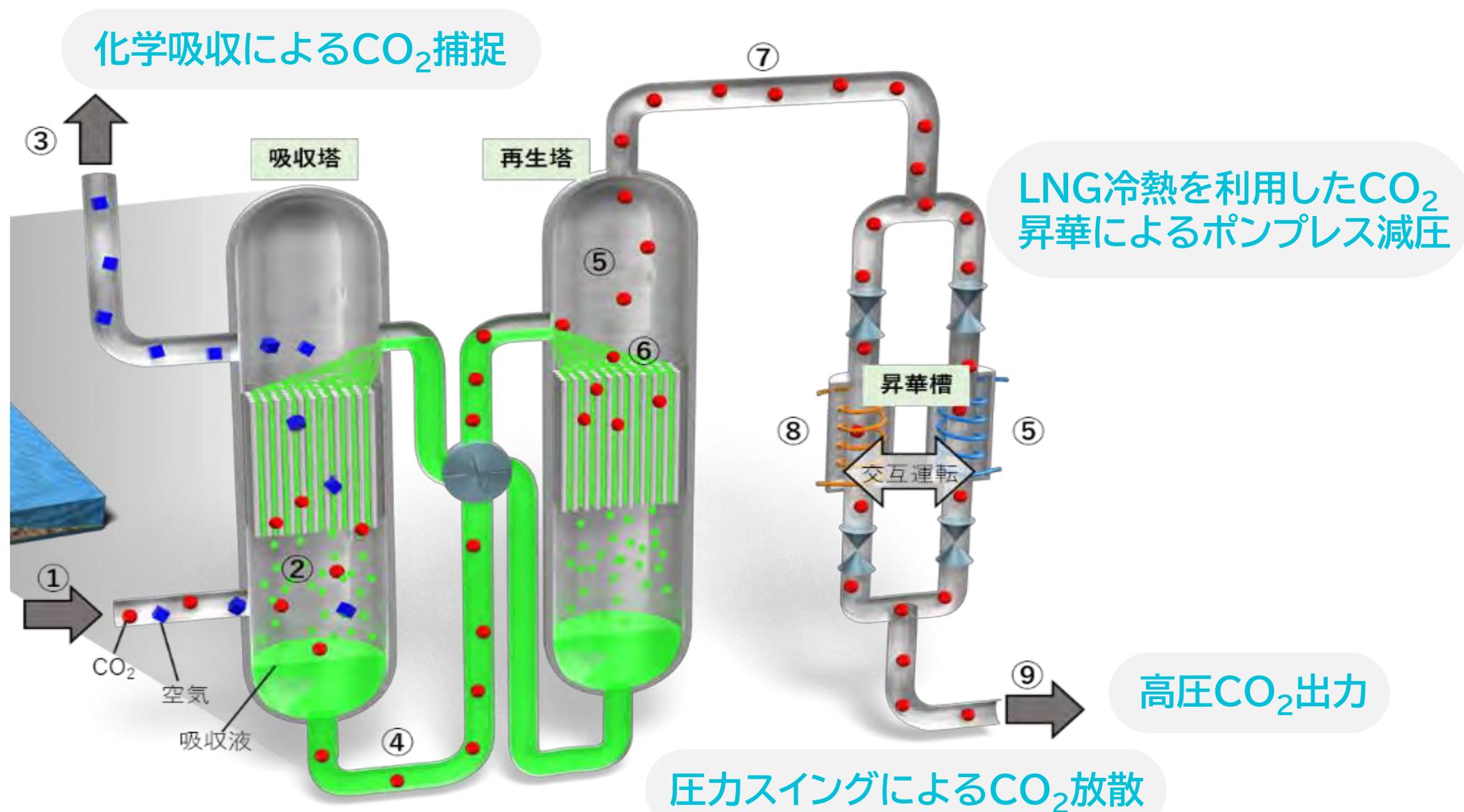
大気中のCO₂回収 LNGの冷熱活用

は一般に海水などに捨てられており、無駄にしている。

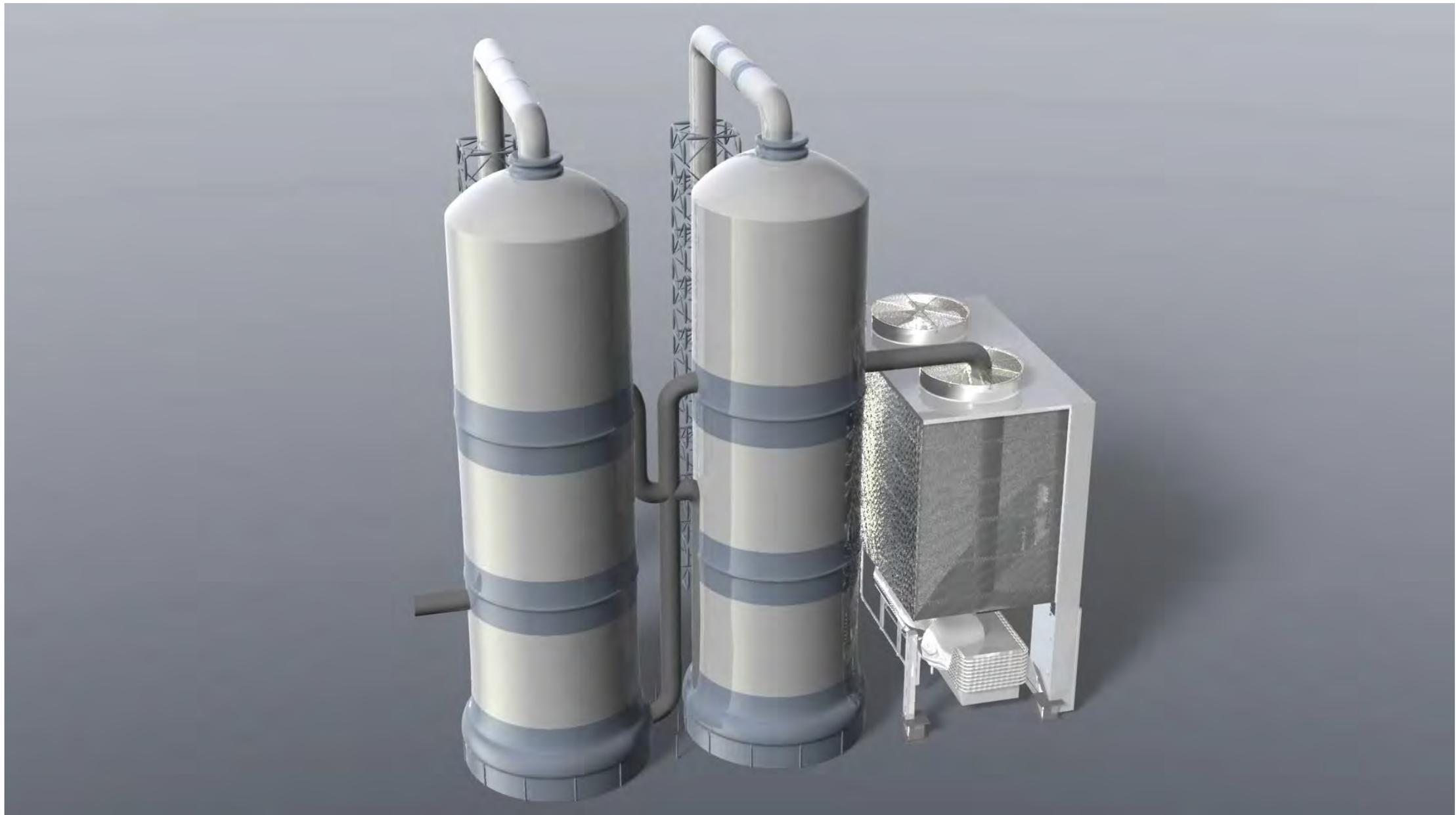
研究チームが開発を目指すのは、大気から直接CO₂を回収し、高圧ガスにするシステムだ。吸収液を使って集めたCO₂をLNGの冷熱を使ってドライアイスにした後、密閉容器で常温にして気体に戻し高圧ガスにする仕組みだ。CO₂を工業原料として利用しやすいように集める。

将来、LNGの受け入れ基地がある沿岸部などに大型プラントの設置を想定する。

Cryo-DAC[®]による大気中CO₂直接回収



Cryo-DAC[®]による大気中CO₂直接回収



実験室における原理の実証

CO₂冷却による昇華現象を利用した減圧再生実験(動画)



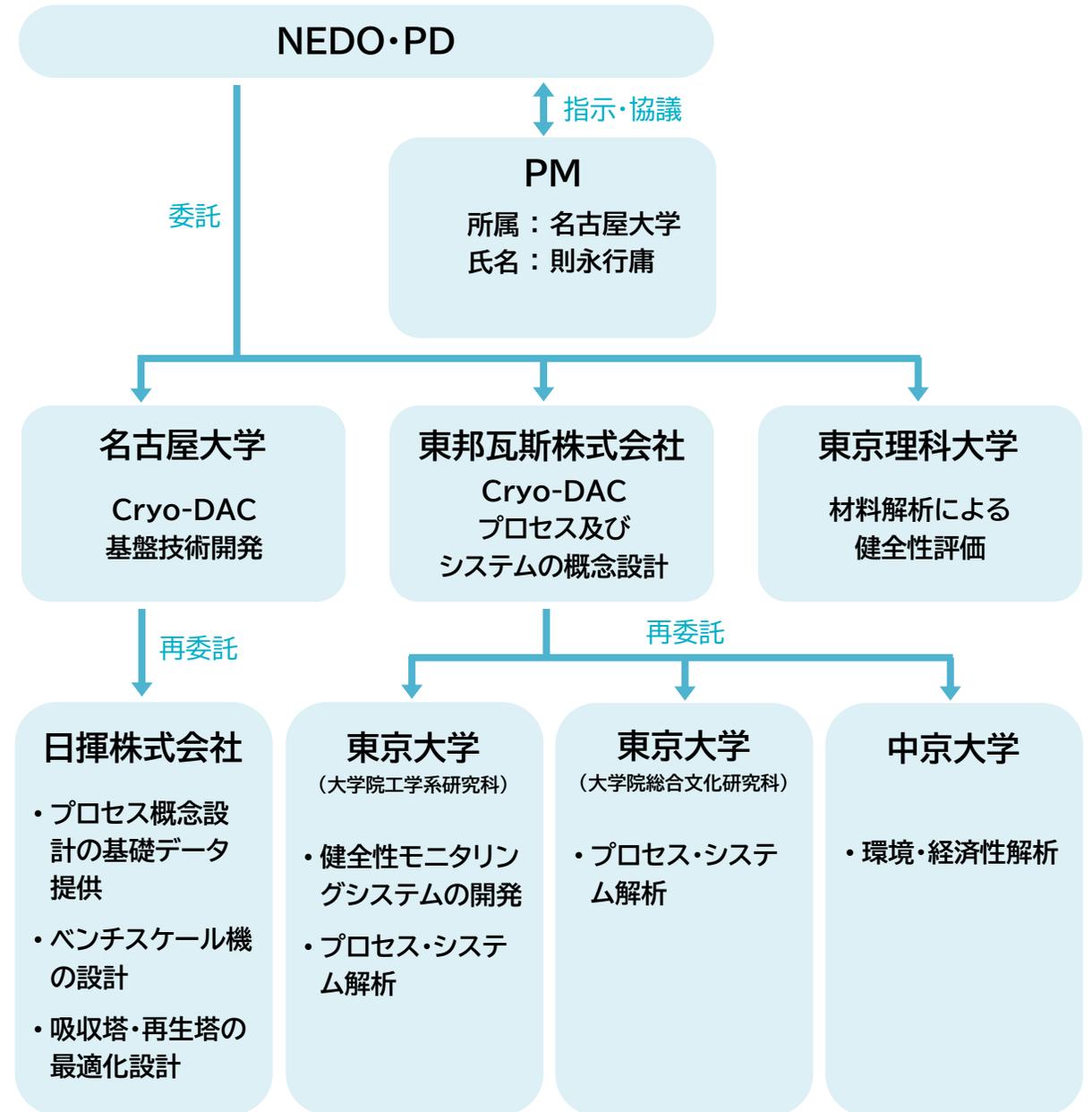
実験開始

研究開発体制の構築状況

基盤技術を担う「学」

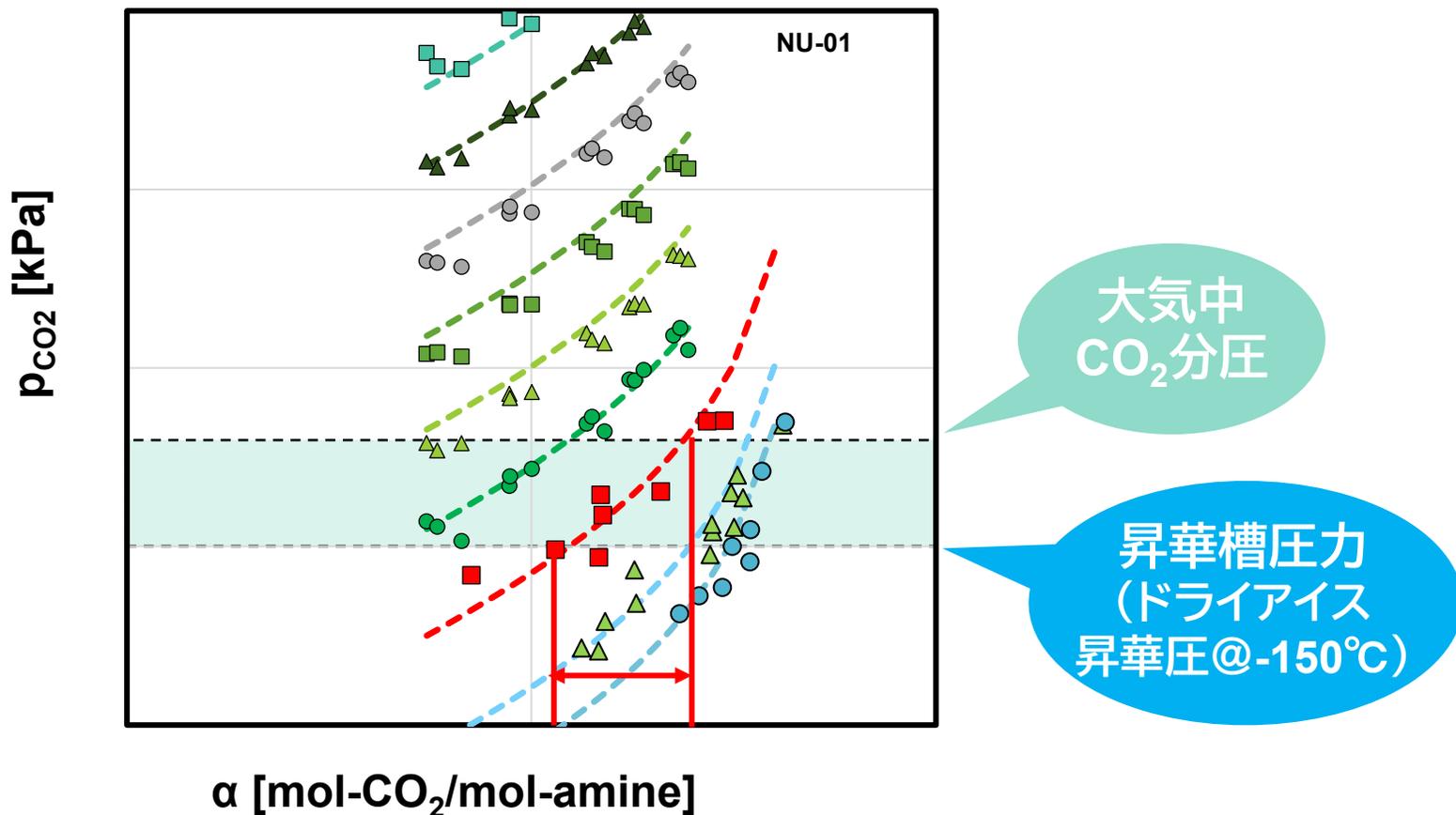
+

- 社会実装を担う「産」
- ユーザー企業
- エンジニアリング企業



プロセス実現の鍵を握る「吸収液(NU-01)」を開発

各温度でのCO₂分圧と
平衡吸収量(ローディングとの関係)

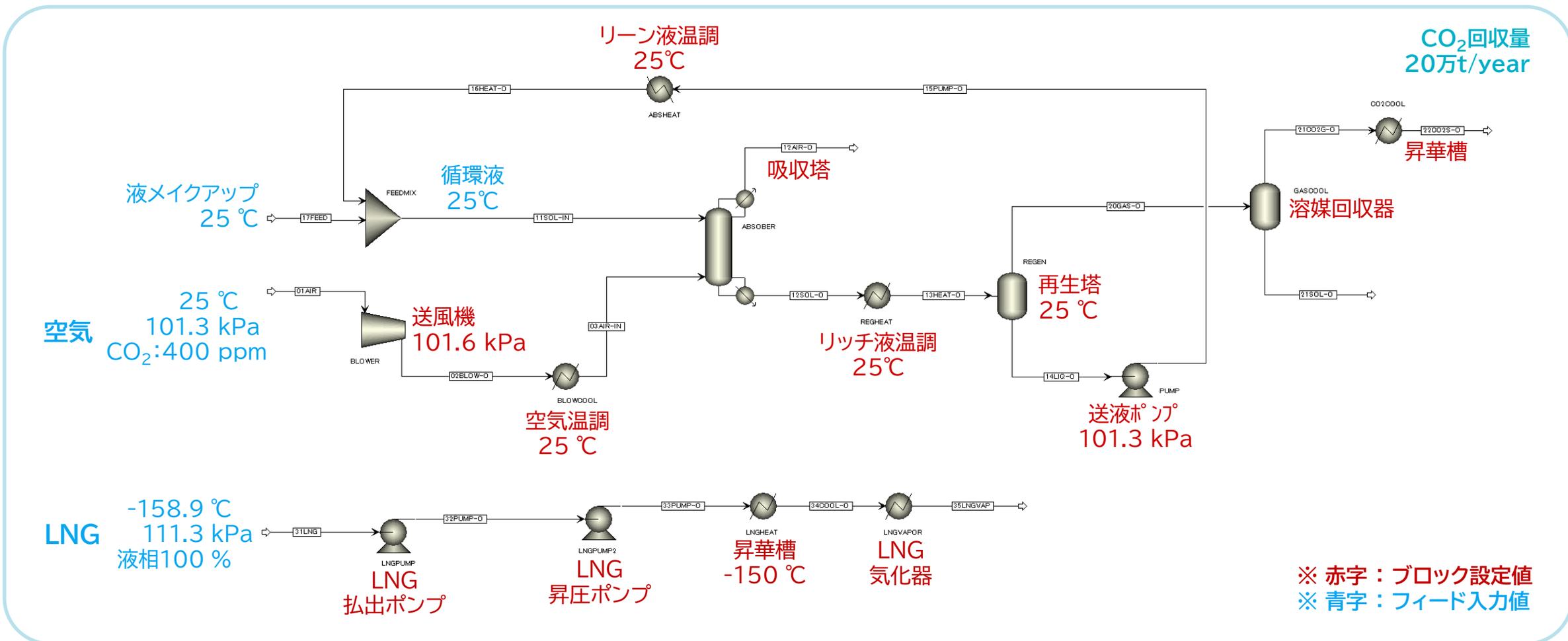


- 想定圧カスイング幅で大きなローディング差、かつ、低蒸気(0.5Pa)
- 提案プロセスを駆動可能



プロセスシミュレーション(ASPEN)による実現性評価

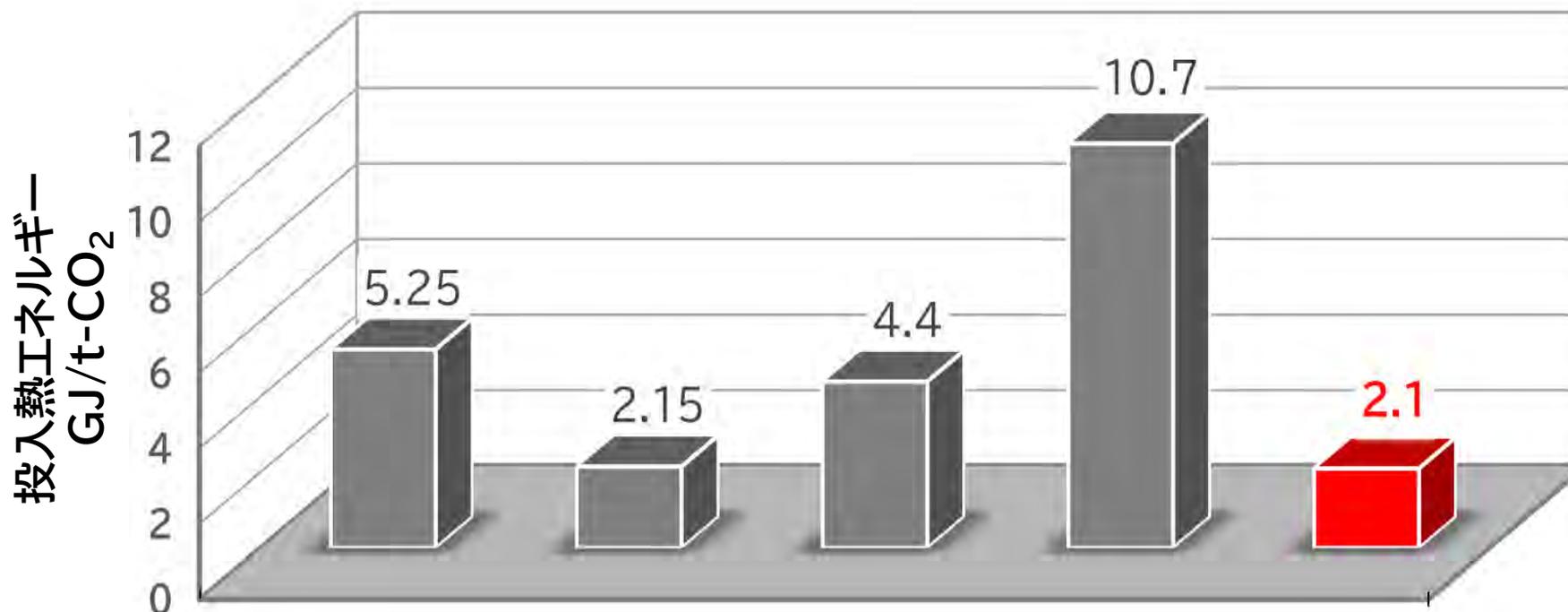
Cryo-DAC®プロセスフローダイアグラム



- 回収率 66.7%
- 回収CO₂濃度 97.7%

回収エネルギー(熱) : 2.1 GJ/t-CO₂

先行DACとの比較 熱エネルギー



プロセス	Carbon Engineering	Climeworks	Global Thermostat	MEAを用いた温度スイング DAC	本研究 Cryo-DAC
GJ/t-CO ₂	5.25	2.15	4.4	10.7	2.1
再生温度, °C	900	80-120	105-130	123	25

常温再生！

※Techno-Economic Assessment for CO₂ Capture From Air Using a Conventional Liquid-Based Absorption Process
<https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fenrg.2020.00092/full>

- 常温を保つための熱供給
- 環境熱・低レベル排熱利用等により燃料費は事実上ゼロ

Cryo-DAC[®] ポテンシャル



先行技術に対し、回収コストの削減を見込む

Cryo-DAC[®] 開発スケジュール

2020 2021 2022 2023 2024 2025 2026 2027 2028 2029

開始

原理検証



中間評価



ベンチプラント設計・建設・運転



パイロットプラント設計・建設・運転



原理検証、中間評価を経て、大気から年間数～数十トンのCO₂を直接回収可能な連続試験を予定（～2029）

LNG輸入量シェア%(2021)

BP Statistical Review of World Energy 2022 | 71st edition

China	21
Japan	20
South Korea	12
India	7
Taiwan	5
Total Europe	21

将来は液体水素冷熱も
我が国目標 2,000万トン@2050

Shell LNG Outlook 2022

Energy security, emissions and economic growth in Asia to drive future LNG demand



- 他に類を見ないLNG冷熱を利用した「CO₂冷却固化減圧再生型化学吸収式DAC」の開発を、実用化時の担い手となる産(ユーザー、エンジ、化学)と連携し、進めている
- 中間目標KPIとして定めたコア技術(吸収液等)を開発。連続試験装置の詳細設計完了
- プロセスシミュレーションに基づいて所要熱エネルギー、回収コストを計算。そのポテンシャルを確認
- 熱マネジメントがプロセス高効率化に重要
皆様のご指導、何卒よろしくお願いいたします！



謝辞 本研究開発は、NEDOMーンショット型研究開発事業目標4のプロジェクトとして、東邦ガス、東京理科大、東京大学、中京大学、日揮とともに実施中です。ご関係の各位に感謝します。