

番号

A-3-1J

PJ

冷熱を利用した大気中二酸化炭素直接回収の研究開発



担当機関名

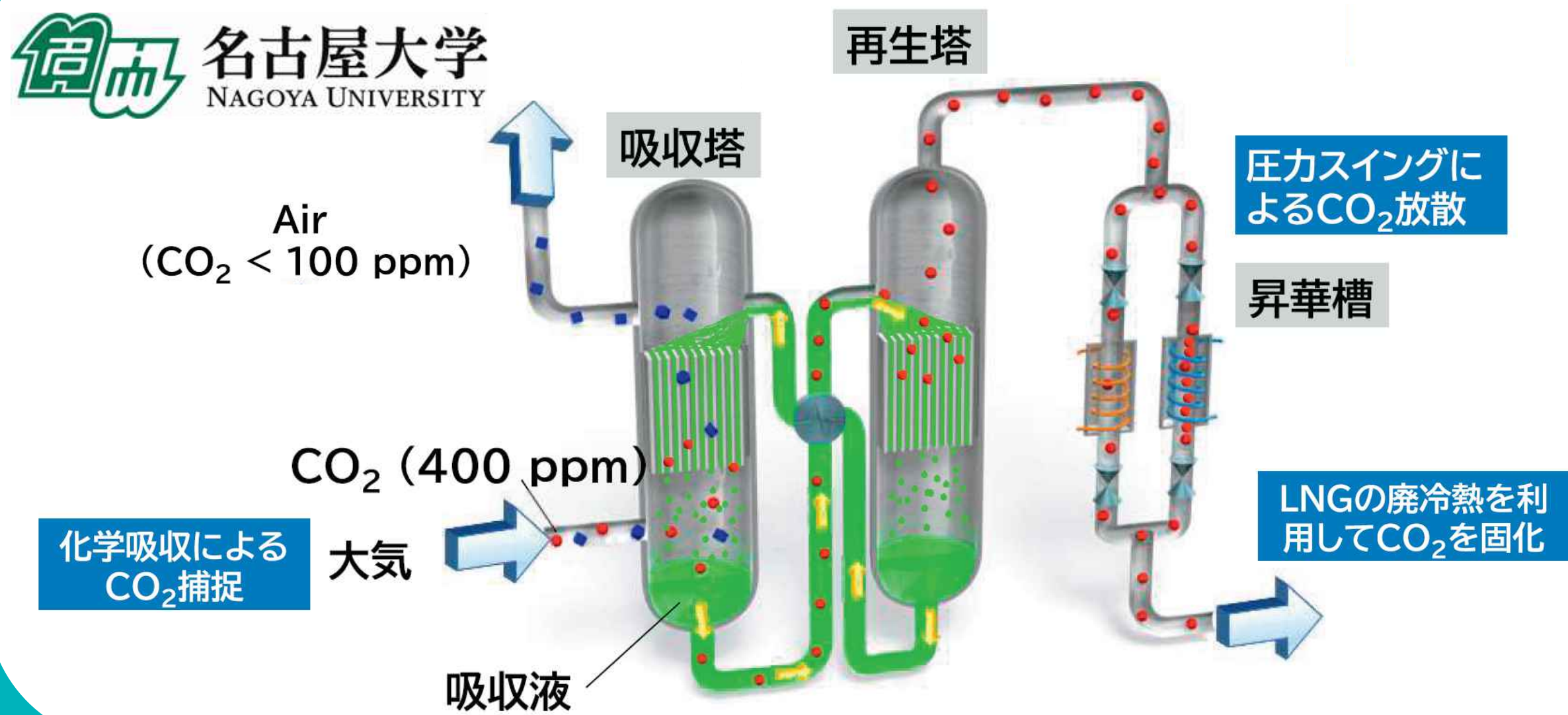
名古屋大学、東邦ガス、東京理科大学、日揮株式会社、東京大学、中京大学

問合せ先

名古屋大学未来社会創造機構 則永行庸 (norinaga@nagoya-u.jp)

# LNGの未利用冷熱活用によるCO2の固化とこれに伴う減圧効果を利用した圧カスイング型アミンプロセス

## 冷熱を利用するDAC “Cryo-DAC®”



## 開発スケジュール

JGC 日揮株式会社

2020 2021 2022 2023 2024 2025 2026 2027 2028 2029

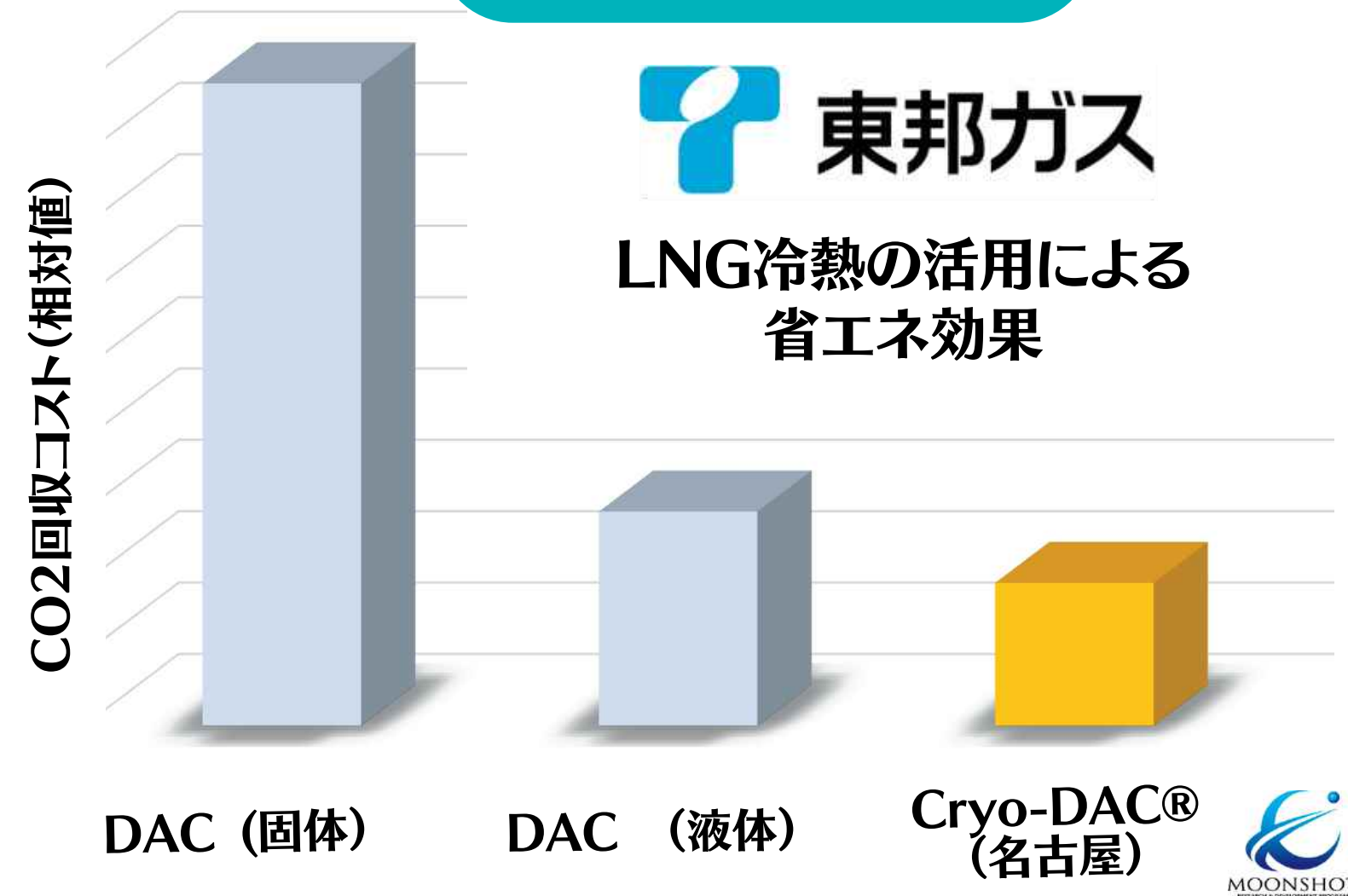
開始

原理検証

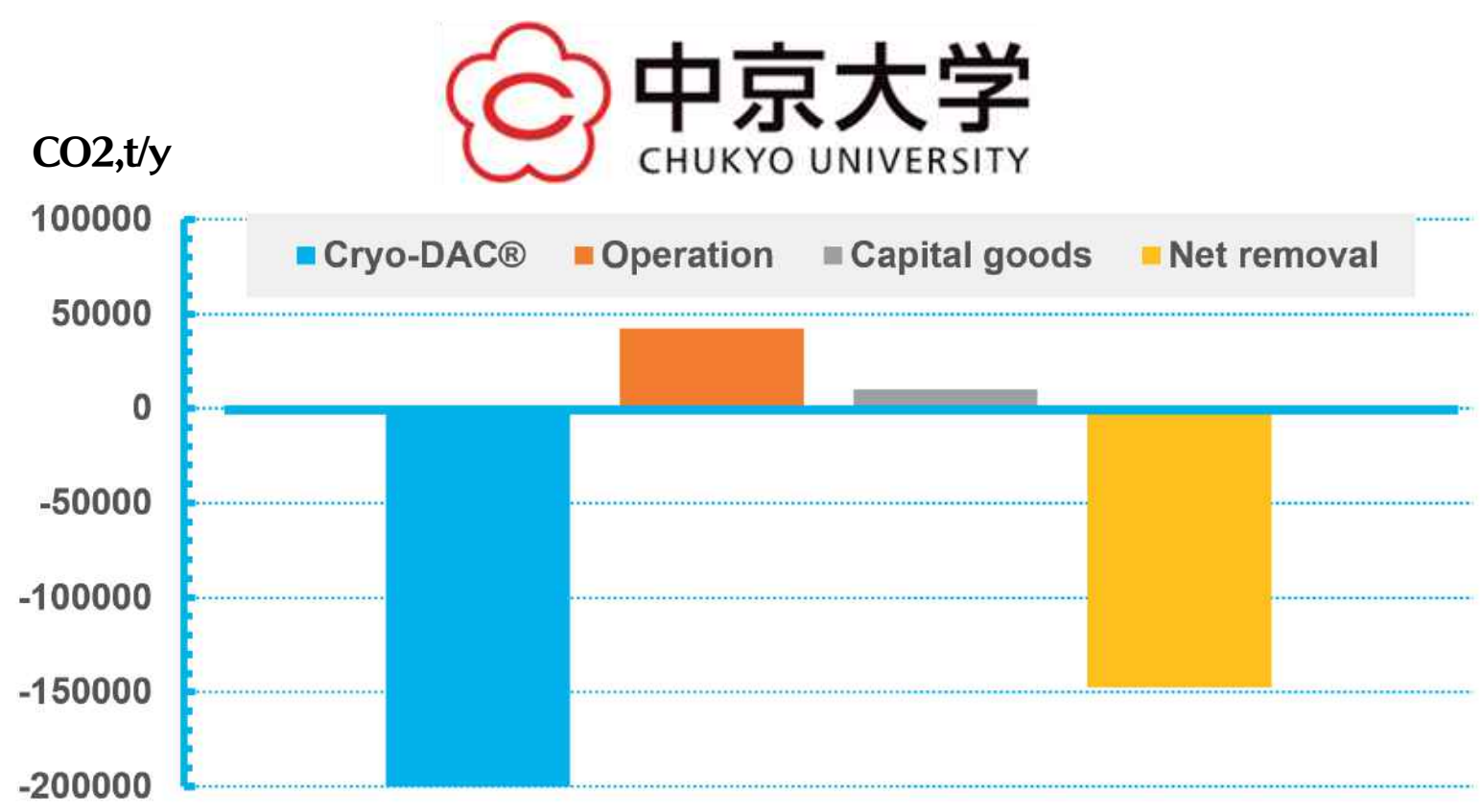
ベンチプラント設計・建設・運転

パイロットプラント設計・建設・運転

## CO2除去コスト



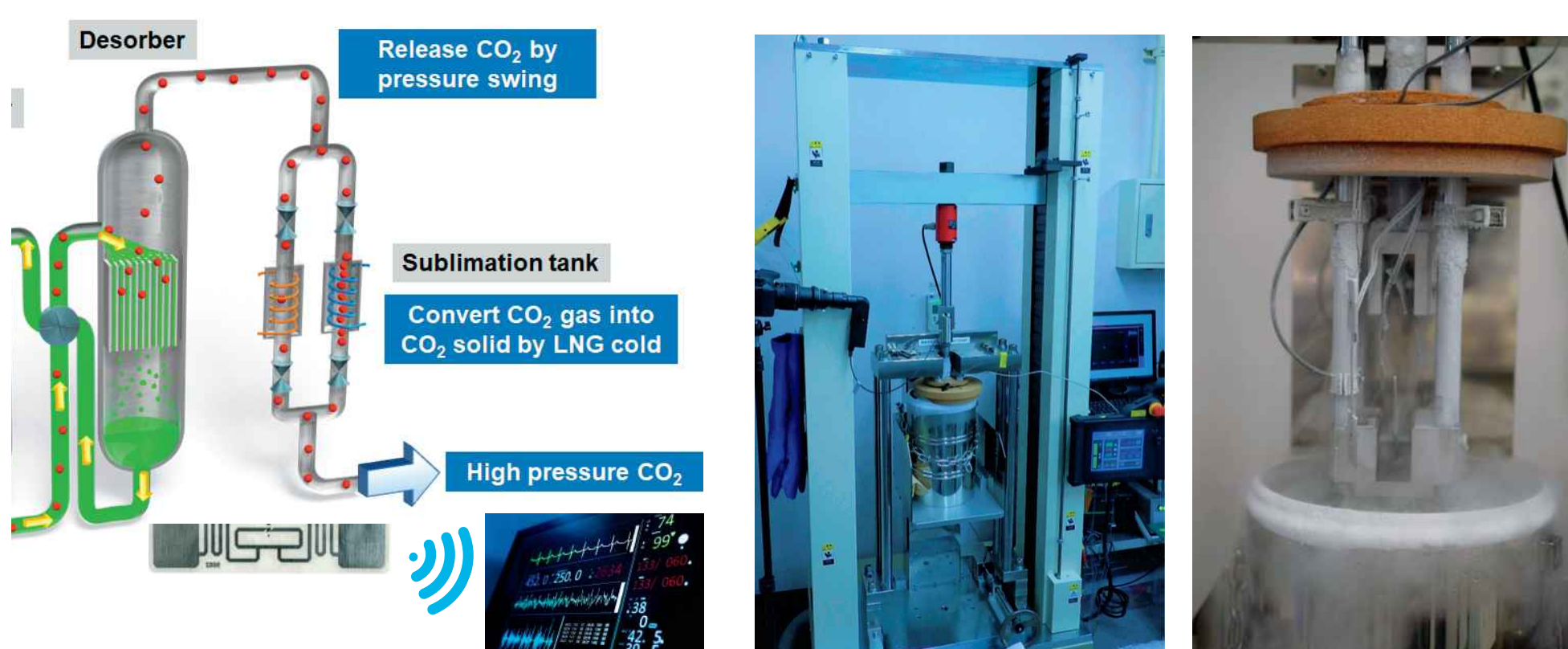
## ライフサイクルアセスメント



※1 CO<sub>2</sub>排出係数 0.506 kg/kWh (2020)

※2 Aspen Economic Analyzer

国立環境研究所 産業連関表による環境負荷原単位データブック(3EID)



無線ひずみセンサによる装置材料健全性モニタリング

東京大学 THE UNIVERSITY OF TOKYO

SUS304が、極低温下、1千万回、400 MPaの繰り返し応力印加でも破断しないことを確認



東京理科大学

## センサー

## 装置材料

## 研究チーム

名古屋大学 NAGOYA UNIVERSITY

- Cryo-DAC® 基盤技術開発
- 吸収液開発、各工程設計

東邦ガス

- Cryo-DAC®
- プロセス及びシステムの概念設計

東京大学 THE UNIVERSITY OF TOKYO

- プロセス・システム解析
- 健全性モニタリングシステムの開発

JGC 日揮株式会社

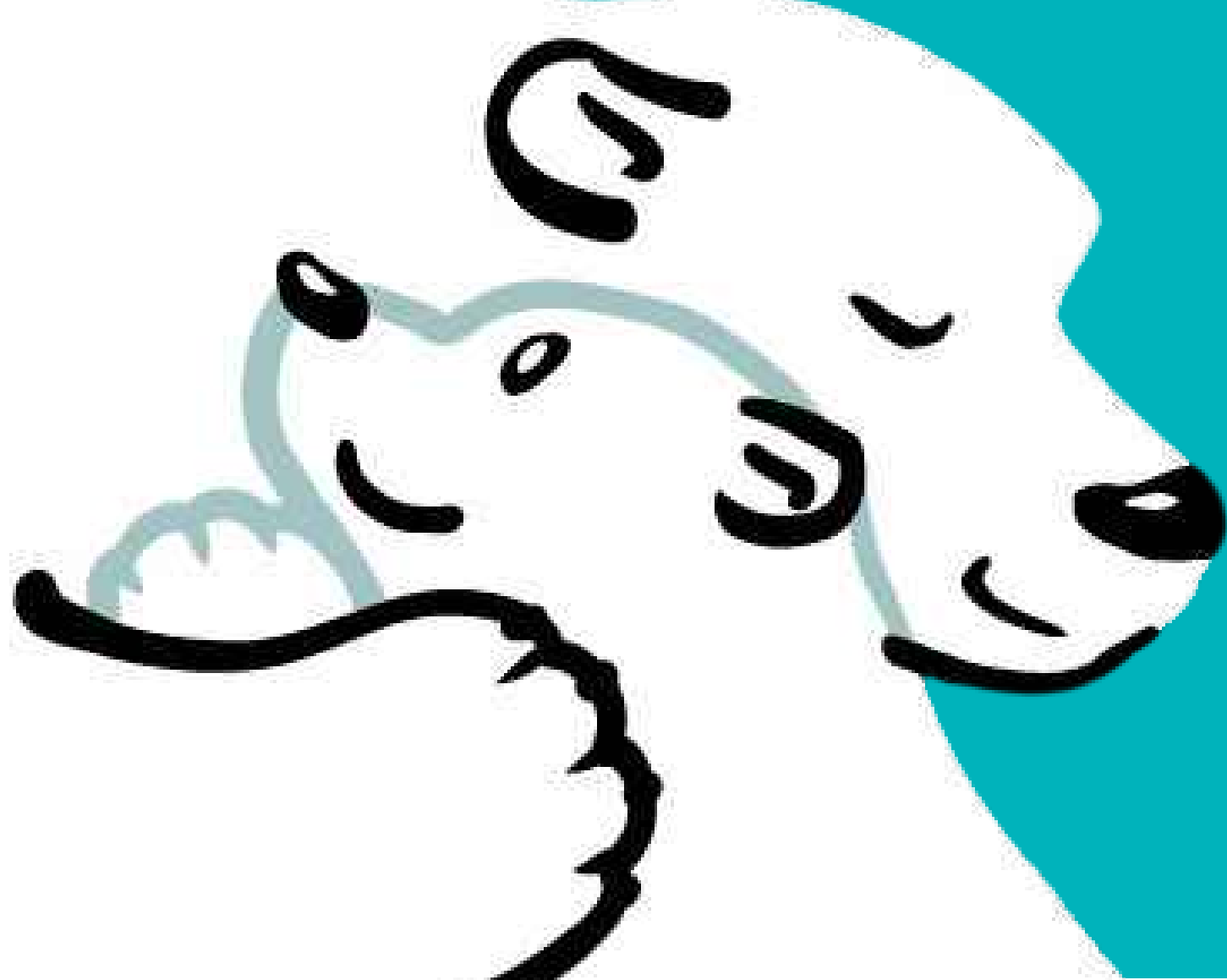
- プロセス概念設計の基礎データ提供
- ベンチスケール機の設計
- 吸収塔・再生塔の最適化設計

中京大学 CHUKYO UNIVERSITY

- 環境・経済的解析

東京理科大学

- 材料解析による健全性評価





番号：A-3-2J

PJ：冷熱を利用した大気中二酸化炭素直接回収の研究開発

テーマ名：Cryo-DAC®プロセスの開発

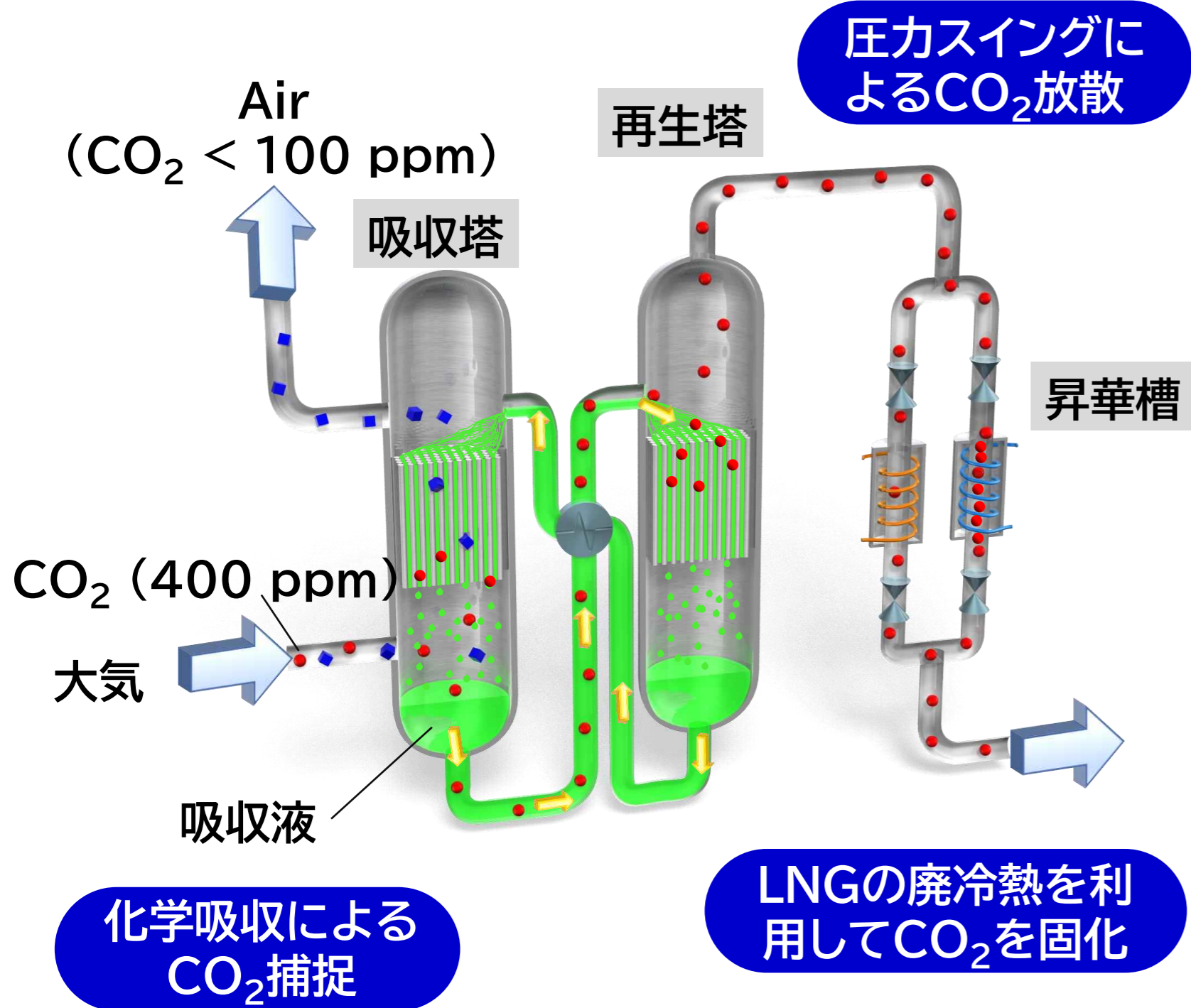
担当機関名：国立大学法人 東海国立大学機構 名古屋大学

問合せ先：未来社会創造機構 則永行庸 (norinaga\_at\_nagoya-u.jp)



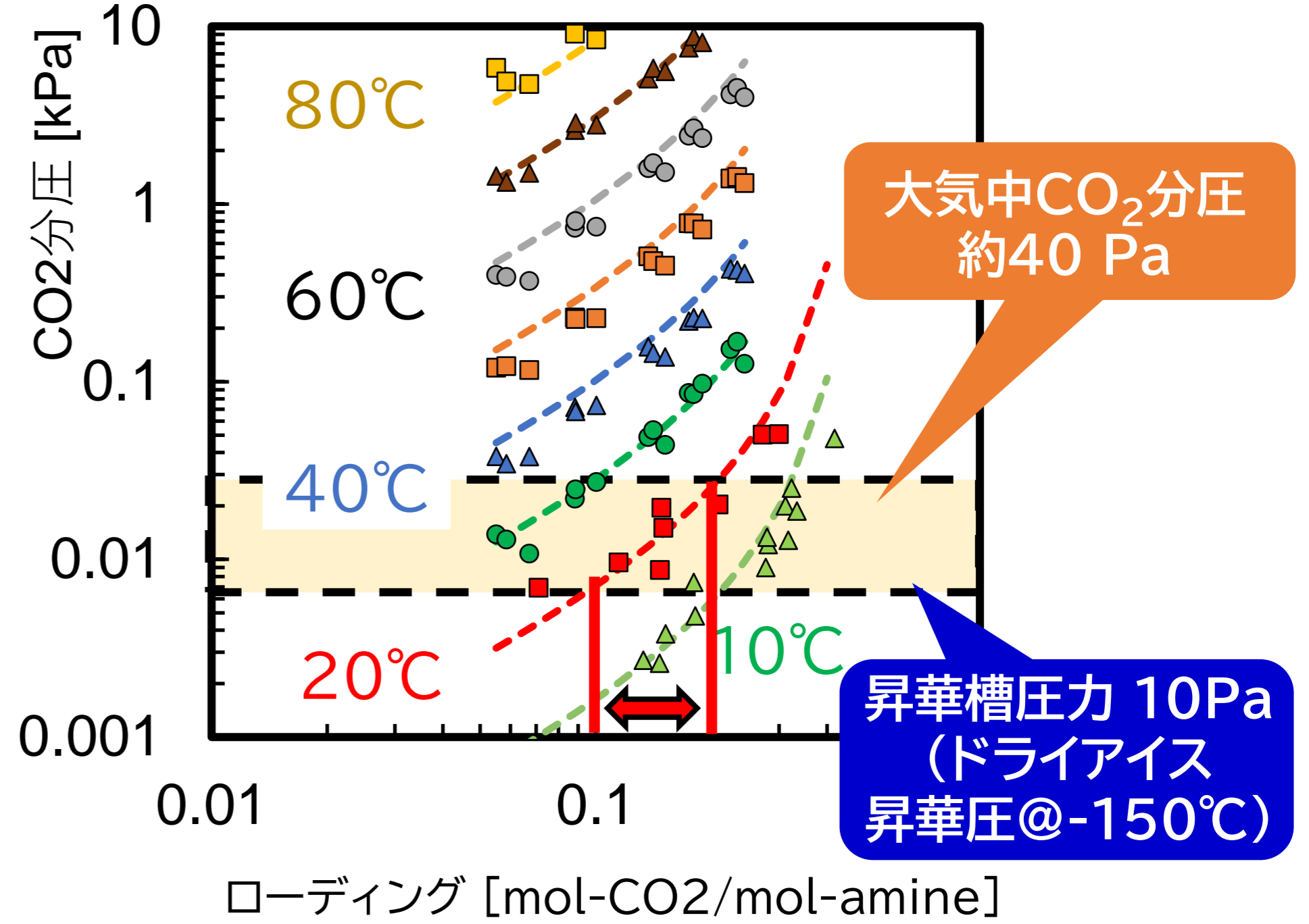
### 冷熱を利用するDAC“Cryo-DAC®”

クライオ ダック



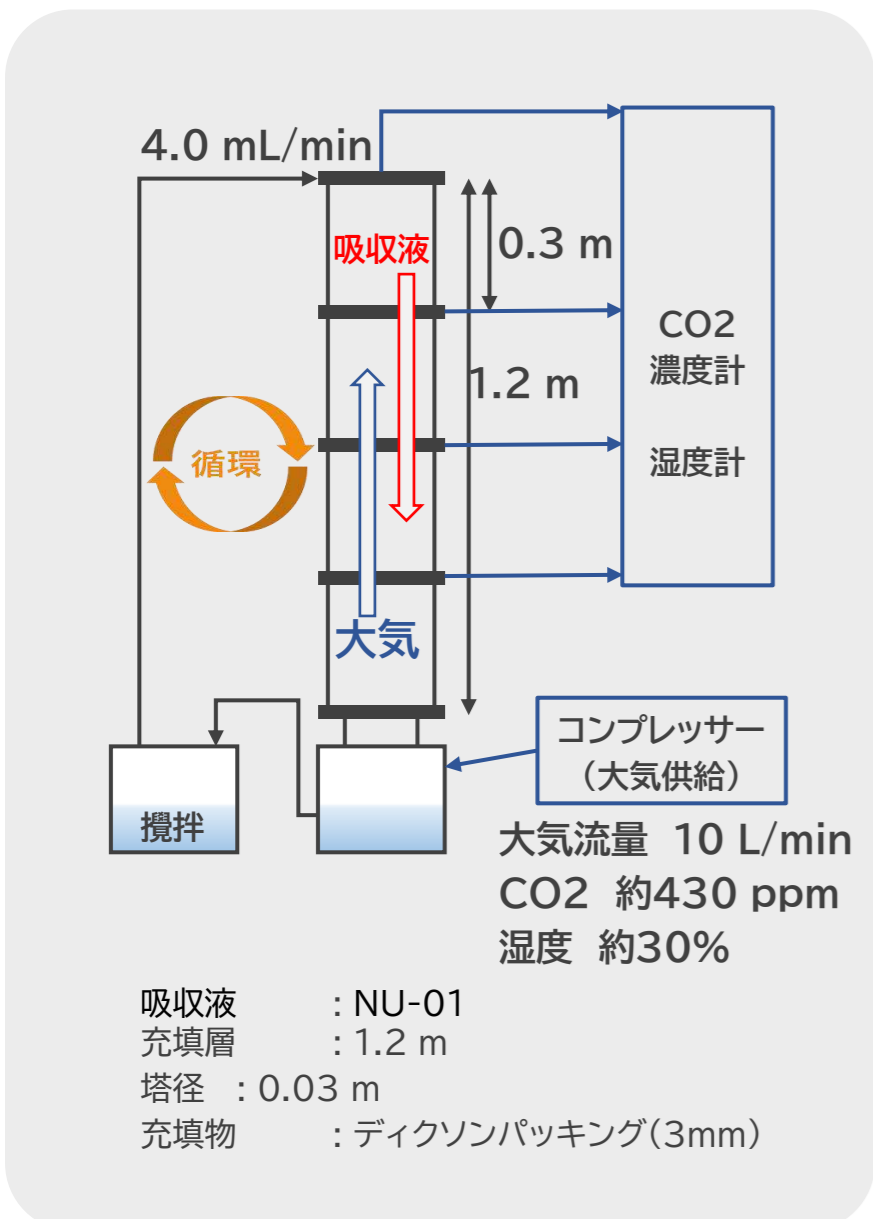
LNG冷熱を利用したクライオジェニックポンピングが駆動する圧カスイング型アミンプロセス

### プロセス実現の鍵を握る「吸収液(NU-01)」を開発

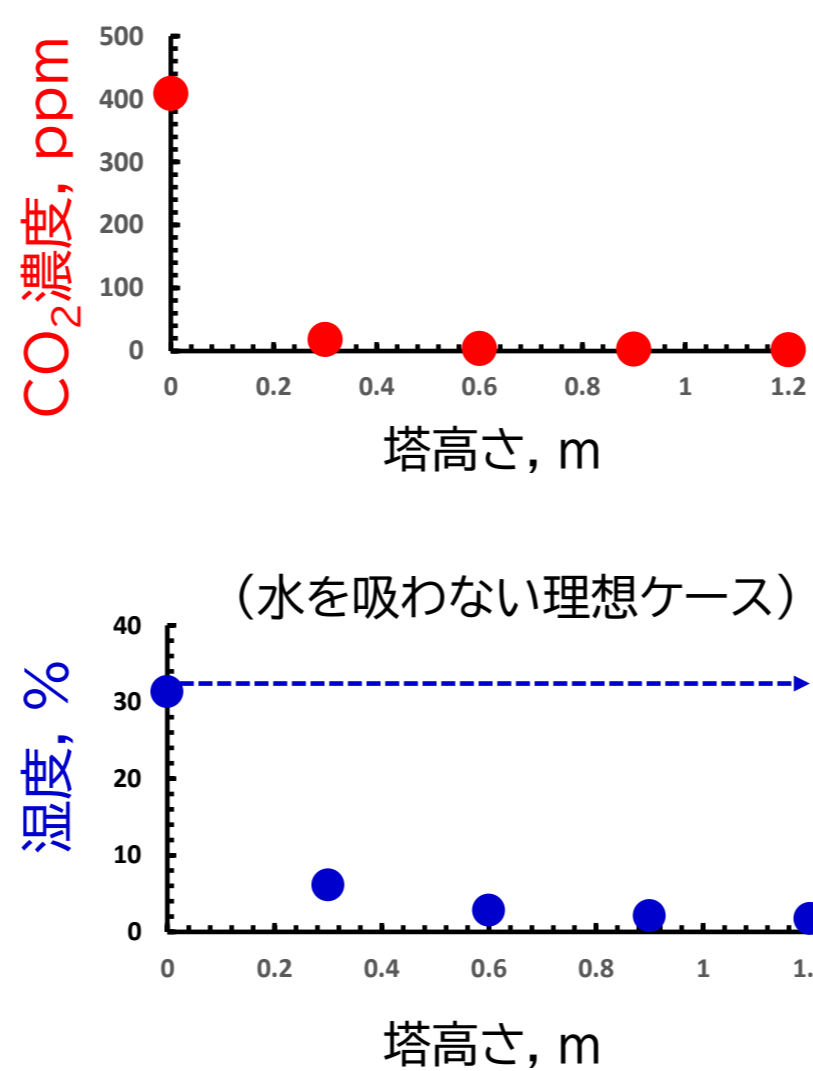


ローディング差 > 0.1、低蒸気圧(0.5Pa)  
→ 提案プロセスを駆動可能な吸収液

### 実大気流通下での吸収塔試験



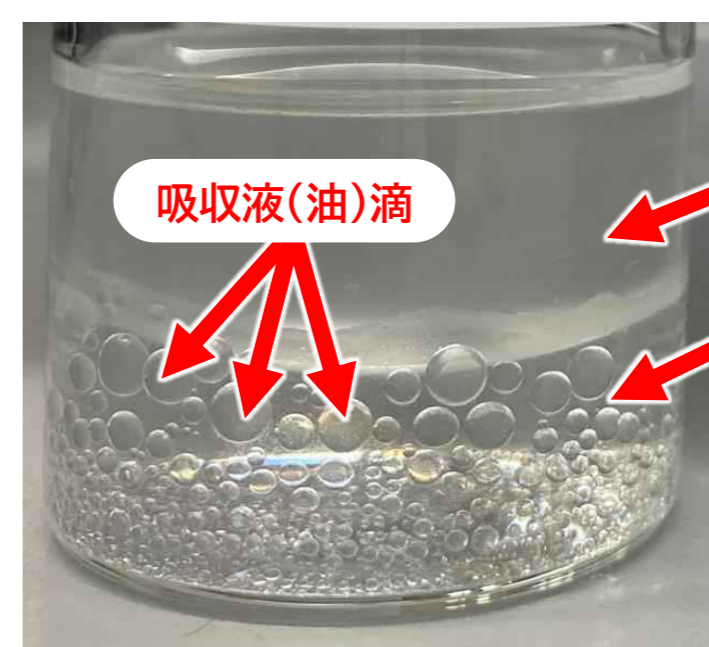
NU-01



- 現行の候補液の場合、CO<sub>2</sub>も吸収するが、水も吸収
- プロセス面での水分対策必要

#### 撥水性吸収液開発

吸収液とほぼ同量の水を混合後静置

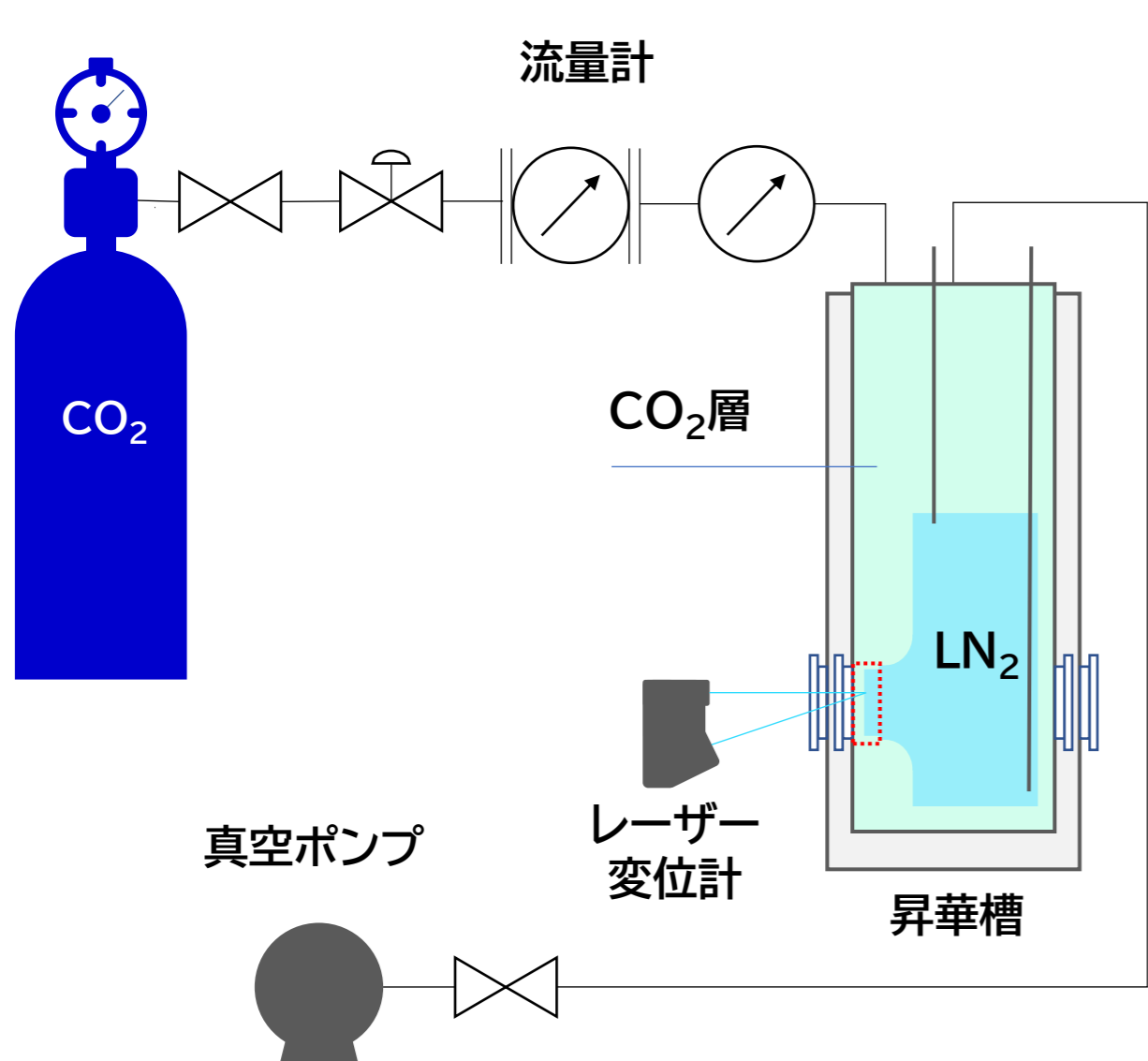


吸収液(油)相と水相に液液分離

再生時の水の蒸発潜熱不要

省エネ化!

### CO<sub>2</sub>ドライアイス化とドライアイス液化試験



1. 装置内を真空引き
2. LN<sub>2</sub>を導入
3. CO<sub>2</sub>の供給(ドライアイス成長)
4. LN<sub>2</sub>の除去
5. CO<sub>2</sub>の供給0.5MPa(ドライアイス融解)





番号: A-3-3J

PJ: 冷熱を利用した大気中二酸化炭素直接回収の研究開発

テーマ名: Cryo-DAC<sup>®</sup>昇華槽用構造材料の信頼性評価

担当機関名: 東京理科大学

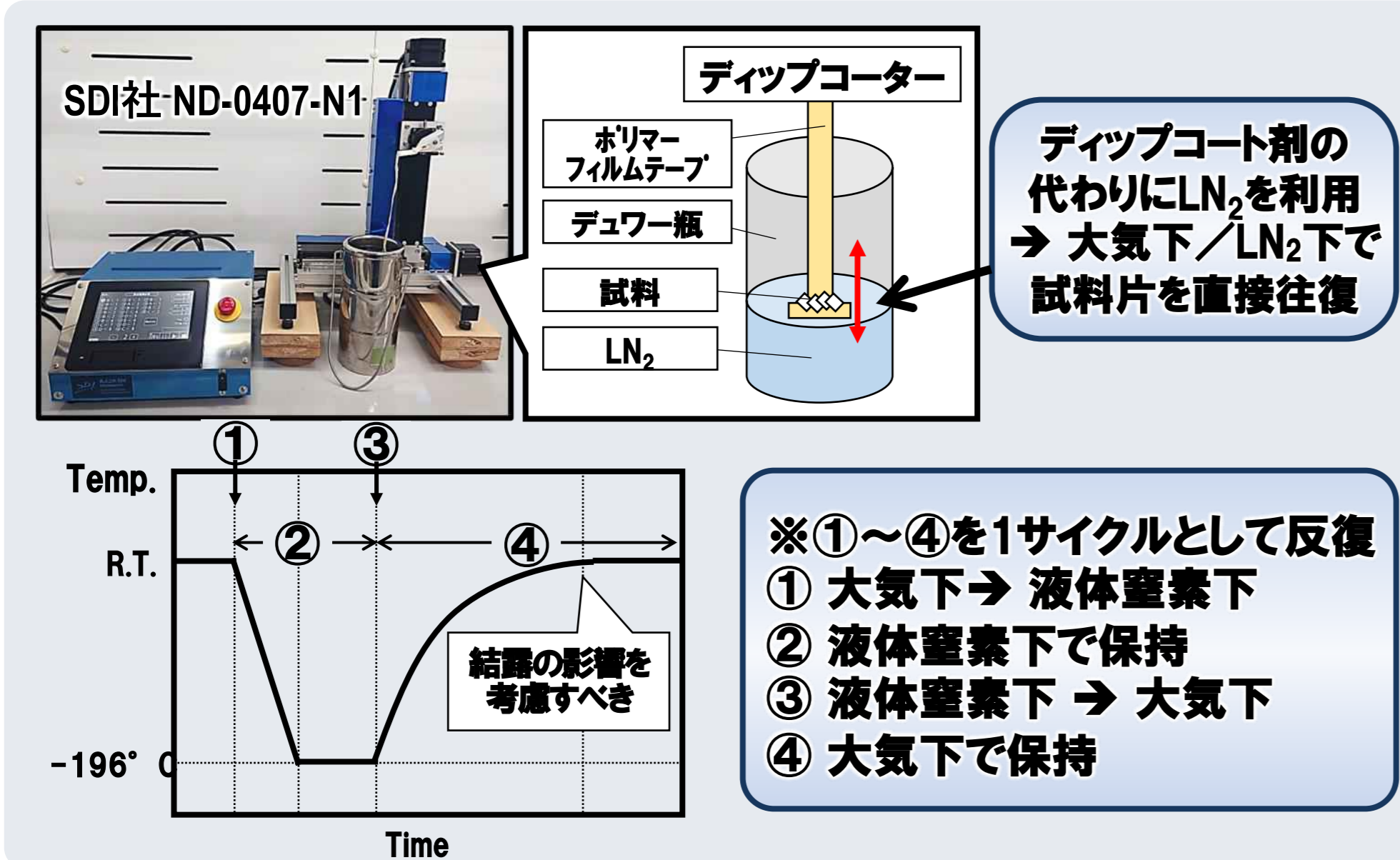
問合せ先: 東京理科大学 工学部 工業化学科 田中優実 (yutanaka@rs.tus.ac.jp)



## オーステナイト系ステンレス鋼の冷熱衝撃耐久性評価 (~2×10<sup>4</sup> cyc.)

ディップコーターによる浸漬操作自動化 & 試料片直接浸漬による昇降温時間の短縮

⇒ 「液体窒素浸漬⇔室温への復温」を繰り返す冷熱衝撃試験を最多 2×10<sup>4</sup> cyc. 実施



	As-polished	10000 Cyc.	20000 Cyc.
SUS304			
SUS304L			
SUS316			
SUS316L			

### 【評価対象】

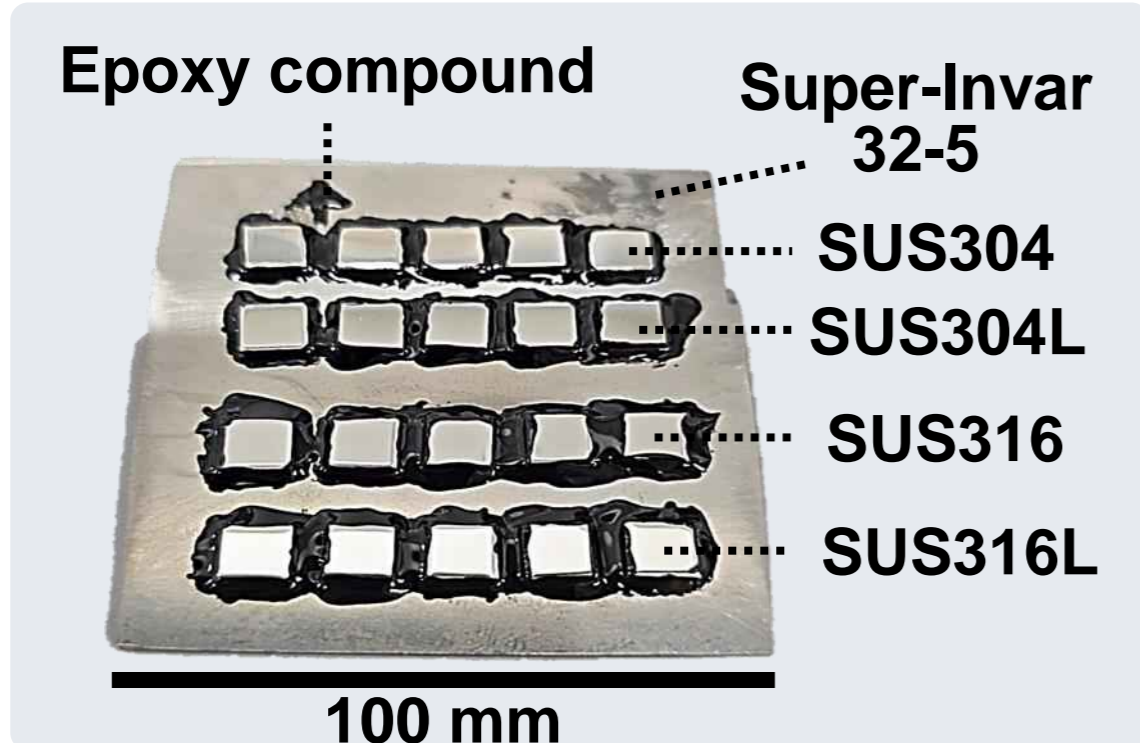
冷温に対して耐性のあるオーステナイトステンレス鋼4種  
SUS304、SUS304L、SUS316、SUS316L  
(5 mm × 5 mm 角型試料片)

2×10<sup>4</sup> cyc. の冷熱衝撃前後で表面構造に有意差なし

## オーステナイト系ステンレス鋼/低膨張合金接合体の冷熱衝撃耐久性評価 (~50 cyc.)

低膨張合金板上に固定したオーステナイトステンレス鋼4種に冷熱衝撃試験を最多 50 cyc. 実施

【評価対象】 Super-Invar32-5 (熱膨張係数: 8.50×10<sup>-7</sup>/K)、ステンレス鋼4種 (熱膨張係数: 1.69×10<sup>-5</sup>/K)



As-polished	15 Cyc.	50 Cyc.

SEM-BSE	Fe (EDS)	Cr (EDS)
O (EDS)	C (EDS)	Si (EDS)

冷熱衝撃回数が増加に伴ってボイド・クラックが成長  
⇒ 熱膨張マッチングの悪い接合界面近傍において冷熱衝撃の繰り返しによる破壊リスク増大の可能性あり

冷熱衝撃前後で材料組成に有意差なし



番号: A-3-4J

PJ: 冷熱を利用した大気中二酸化炭素直接回収の研究開発

テーマ名: Cryo-DAC®プロセス及びシステムの概念設計

担当機関名: 東邦瓦斯株式会社

問合せ先: 東邦瓦斯株式会社 技術研究所 中山勇輝(nakayama-y@tohogas.co.jp)



### プロセスシミュレーションモデル開発

- 吸収液開発や塔設計に活用するため、Cryo-DAC®のプロセスシミュレーションモデル(図1)をこれまでの平衡計算から吸収塔内の物質移動・熱移動速度を加味した計算に改良
- 図2に示す因子のうち速度的に律速となる因子を特定することでプロセス性能向上策を探索中

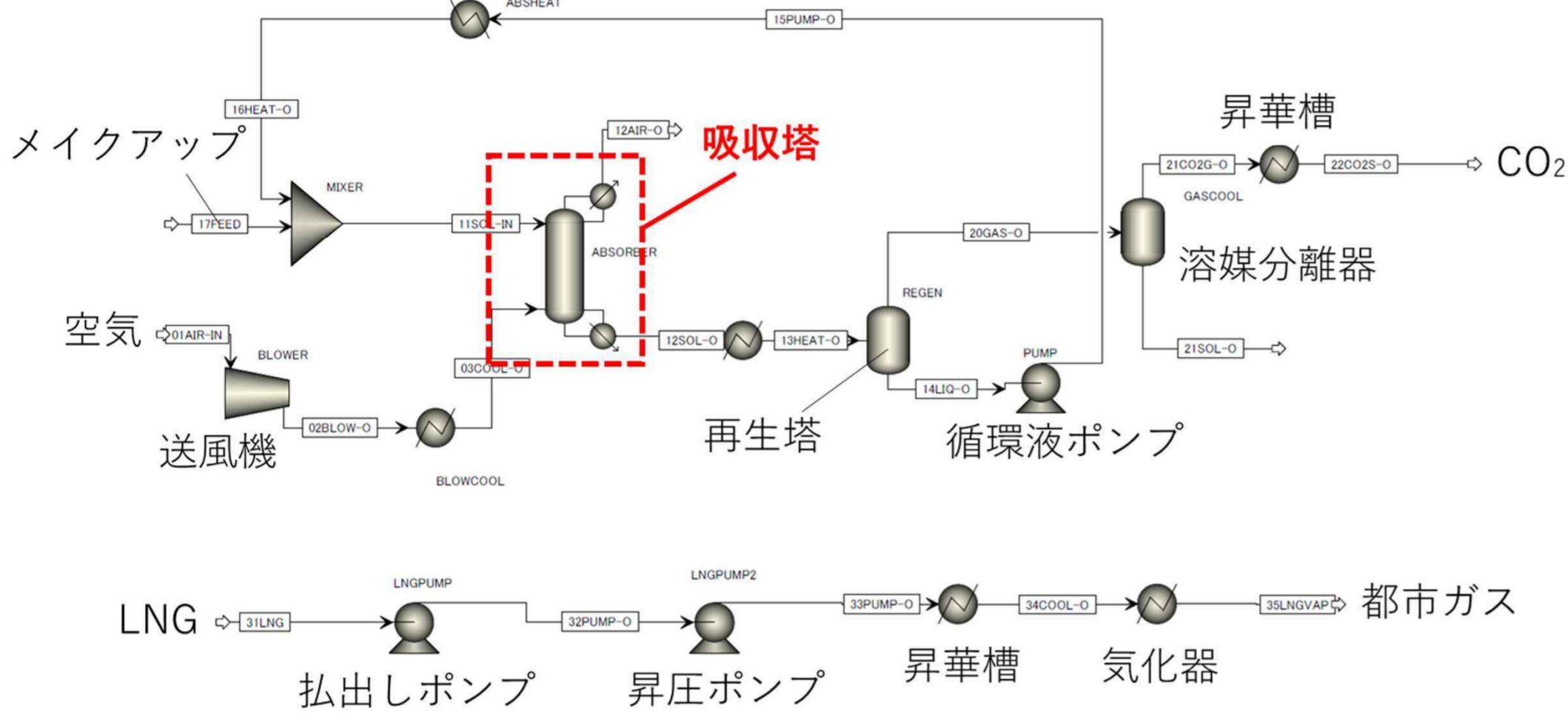


図1 Cryo-DAC®モデルのPFD

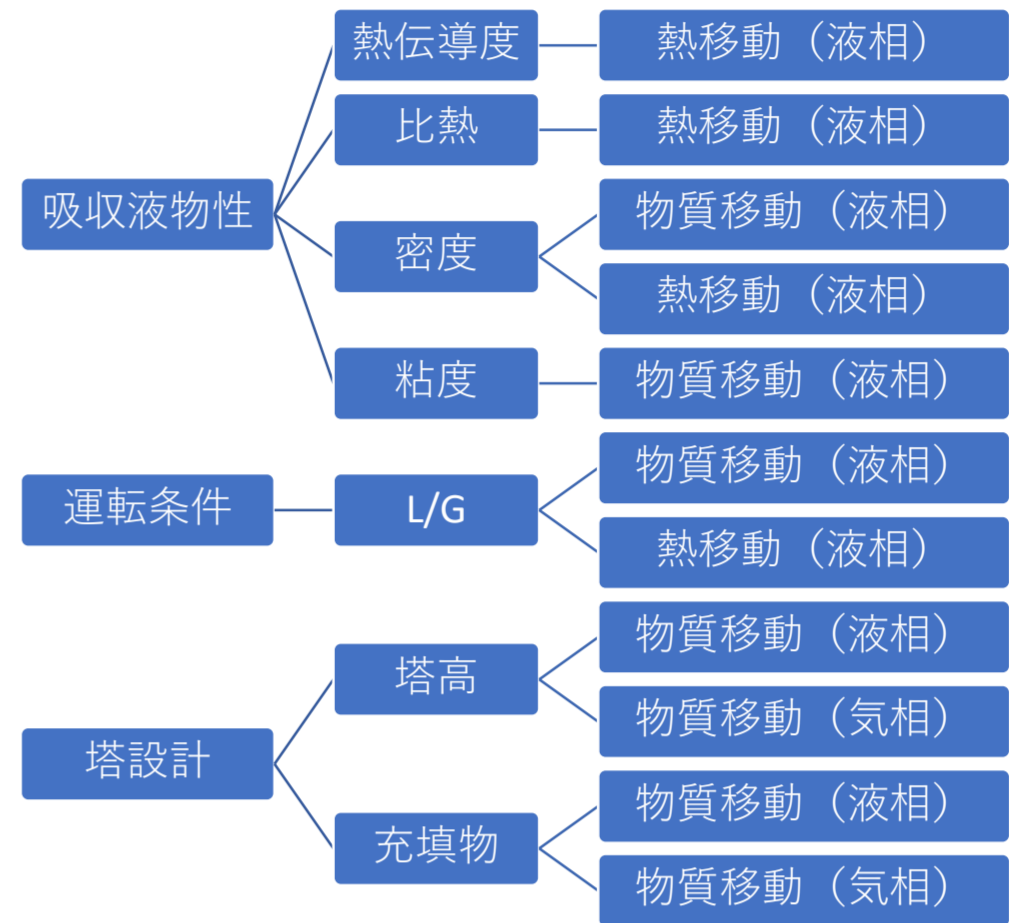


図2 速度に影響を及ぼす因子

### エクセルギー評価 (東京大学再委託)

- Cryo-DAC®プロセスのエネルギー利用率を最適化するため、エクセルギー評価を実施中(図3)
- エクセルギー損失のインパクトが大きいことを確認したLNGシステムの最適化を検討中

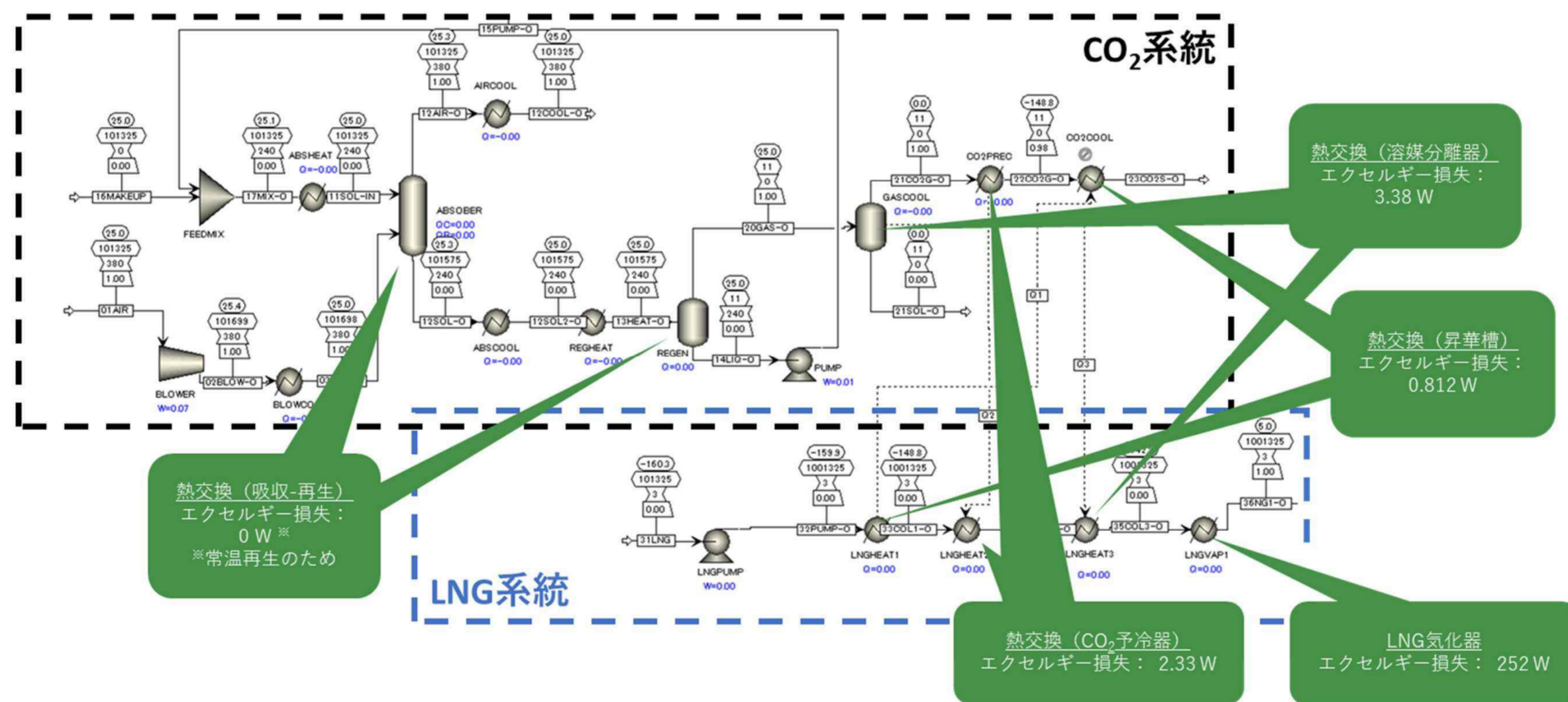


図3 エクセルギー評価の結果

### LCA評価 (中京大学再委託)

- サプライチェーン全体でのCO2削減効果を最大化するため、LCA評価を実施中
- Cryo-DAC®プロセスのみ(図4・境界I)だけでなく、境界を拡張したケースの評価も実施
- システム全体のケースではCryo-DAC®導入によりCO2排出量を19.7%~28.3%削減可能(図5)

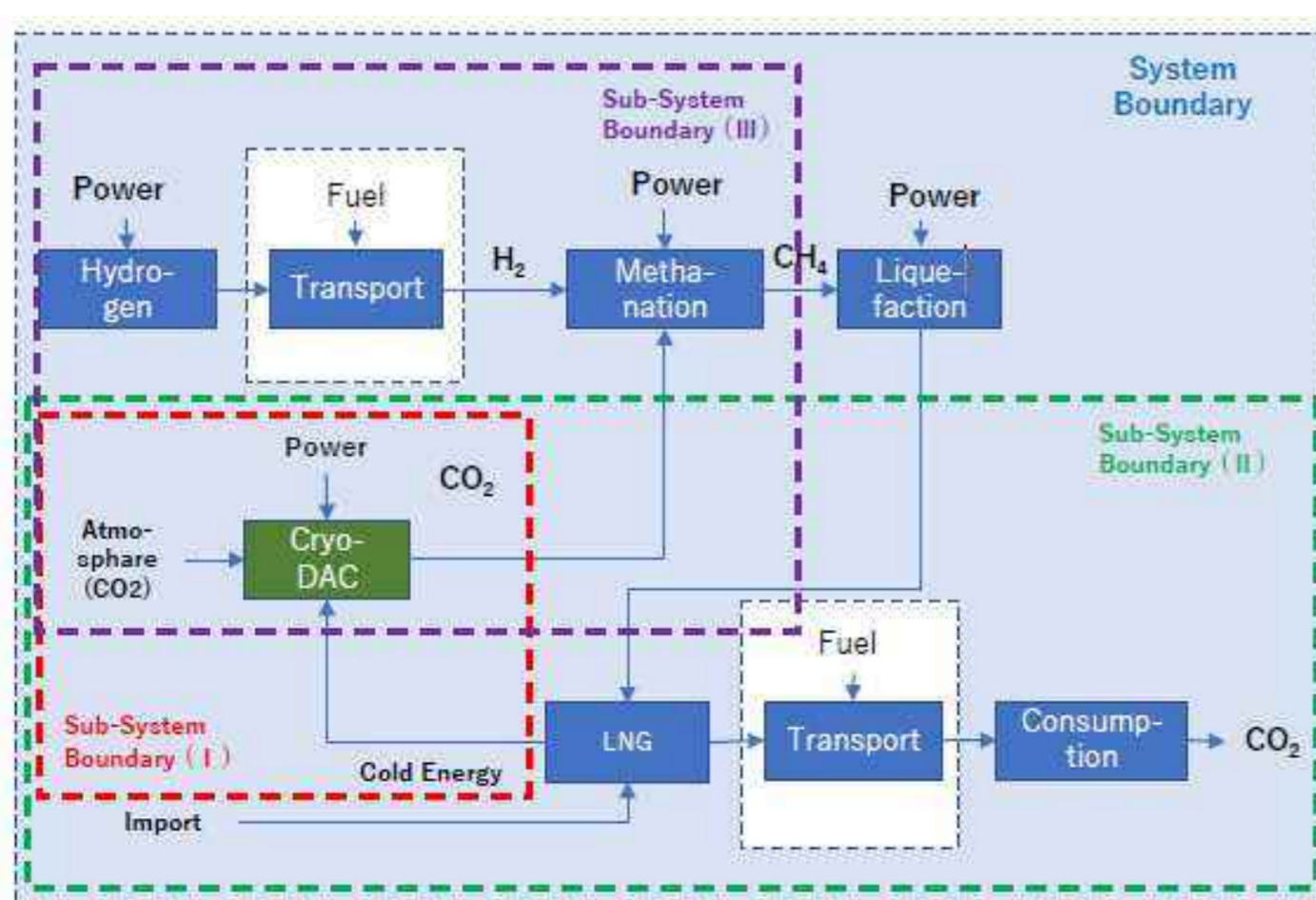


図4 LCA評価のシステム境界

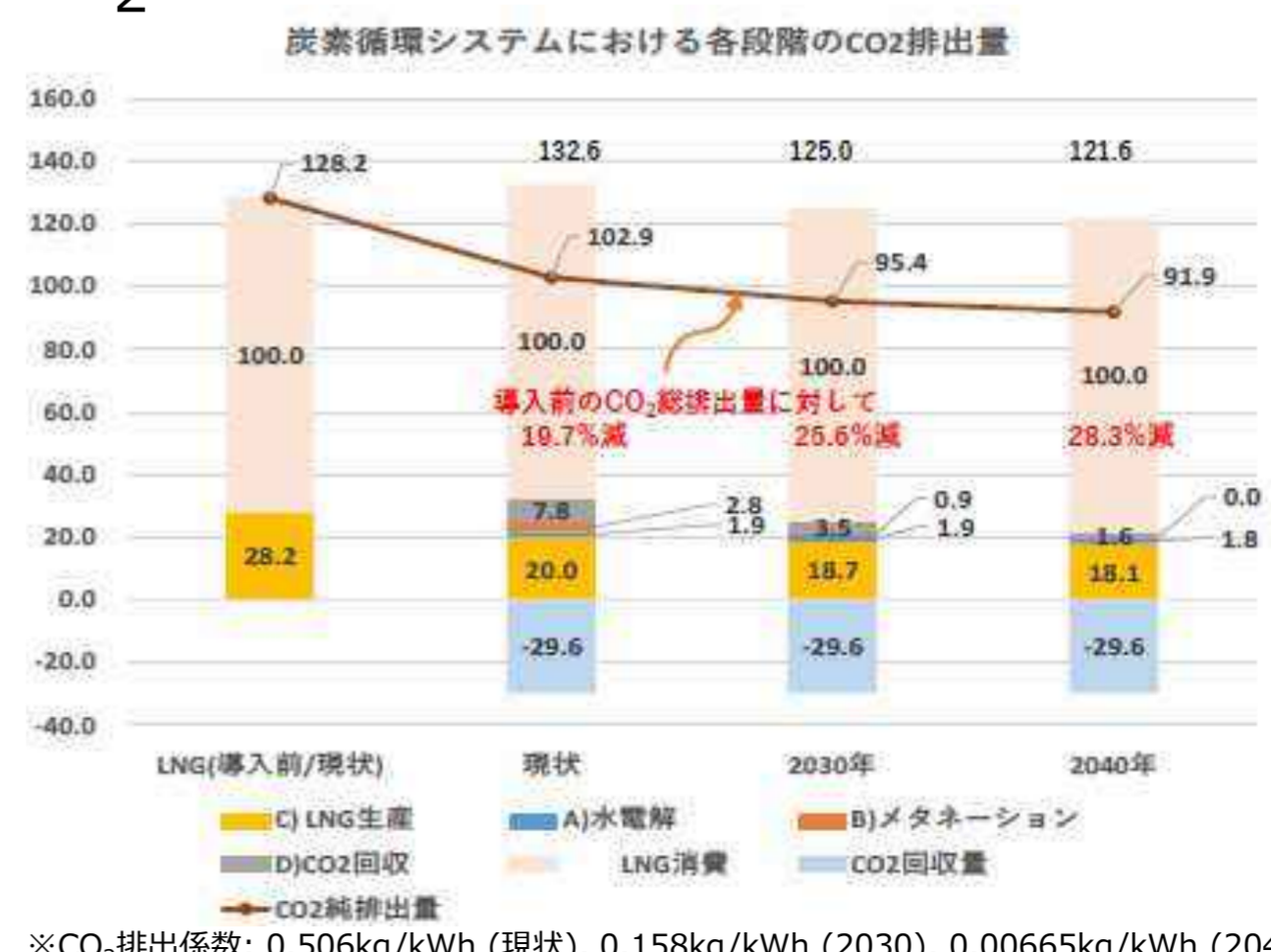


図5 LCA評価結果 (システム全体)