

# 冷熱を利用した大気中二酸化炭素直接回収 の研究開発

発表者：東邦瓦斯株式会社

PM：則永 行庸

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 教授

PJ参画機関：国立大学法人東海国立大学機構名古屋大学、東邦瓦斯株式会社、  
学校法人東京理科大学

# 研究開発項目と最終目標

研究開発項目		概要	最終目標（2029年度）	担当
①基本技術の開発			(割愛)	名古屋大学
	昇華槽用鋼種の選定		(割愛)	東京理科大学
②ベンチ・パイロット機の開発	昇華槽の <b>健全性モニタリング技術</b> の開発	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 低温・低圧/室温・高圧での繰り返し使用に耐え得るセンサの選定・検証</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● パイロット機用昇華槽健全性モニタリングシステム開発完了</li> </ul>	東邦ガス (東京大学再委託)
③社会実装システム開発	Cryo-DACプロセスの <b>エネルギー・コスト解析</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● プロセスシミュレータを用いたCryo-DACプロセスの机上再現</li> <li>● エネルギー・エクセルギー・コスト評価</li> <li>● プロセスパラメータの影響調査とプロセス最適化</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 商用機<b>の概念設計完了</b></li> <li>● Cryo-DACの<b>社会実装課題を抽出</b></li> </ul>	東邦ガス (東京大学、中京大学再委託)
	Cryo-DACによる炭素循環 <b>LCA評価</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 国内環境・経済へ与える影響を定量的に評価する手法の開発</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Cryo-DACと炭素循環システムのコスト、環境・経済性評価完了</li> </ul>	東邦ガス (中京大学再委託)

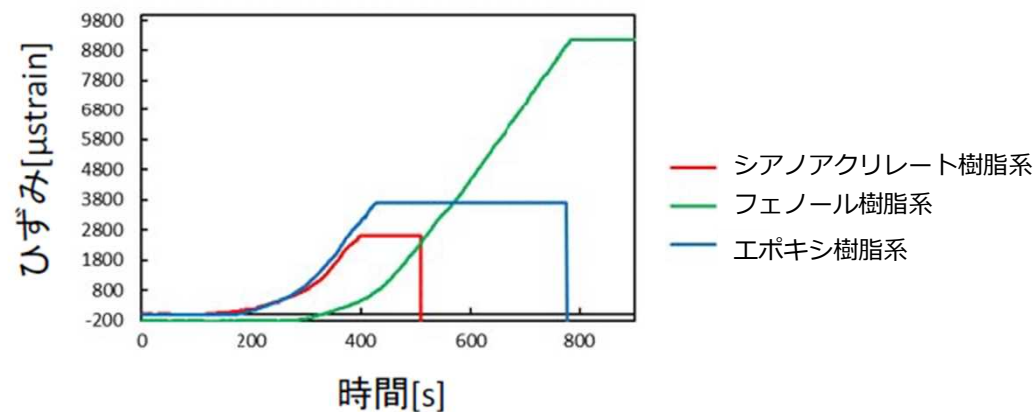
# 現時点の主な成果

研究開発項目	概要	最終目標 (2029年度)	担当	
①基本技術の開発		(割愛)	名古屋大学	
	昇華槽用鋼種の選定	(割愛)	東京理科大学	
②ベンチ・パイロット機の開発	昇華槽の健全性モニタリング技術の開発	<ul style="list-style-type: none"> <li>低温・低圧/室温・高圧での繰り返し使用に耐え得るセンサの選定・検証</li> <li>パイロット機用昇華槽健全性モニタリングシステム開発完了</li> </ul>	東邦ガス (東京大学再委託)	
	昇華槽の健全性診断用センシングデバイスの低温環境での特性評価システムを開発			
③社会実装システム開発	Cryo-DACプロセスのエネルギー・コスト解析	<ul style="list-style-type: none"> <li>プロセスシミュレータを用いたCryo-DACプロセスの机上再現</li> <li>エネルギー・エクセルギー・コスト評価</li> <li>プロセスパラメータの影響調査とプロセス最適化</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>商用機概念設計完了</li> <li>Cryo-DACの社会実装課題の抽出</li> </ul>	東邦ガス (東京大学、中京大学再委託)
	Cryo-DACによる炭素循環LCA評価	<ul style="list-style-type: none"> <li>国内環境・経済へ与える影響を定量的に評価する手法の開発</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cryo-DACと炭素循環システムのコスト、環境・経済性評価完了</li> </ul>	東邦ガス (中京大学再委託)
	プロセスシミュレーションによるプロセスの机上再現とCO <sub>2</sub> 回収エネルギー・環境性試算			

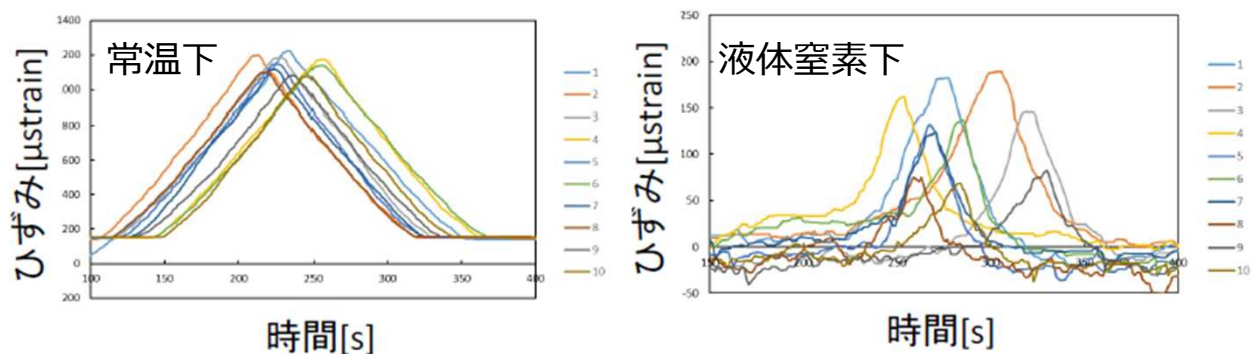
- 液体窒素環境での引張試験が可能な評価設備を構築。
- 候補となるセンサ・実装材料・構造の低温・応力印加状態での特性評価を実施。



✓ 歪みセンサ実装用接着剤（フェノール樹脂系加熱硬化型）を選定。

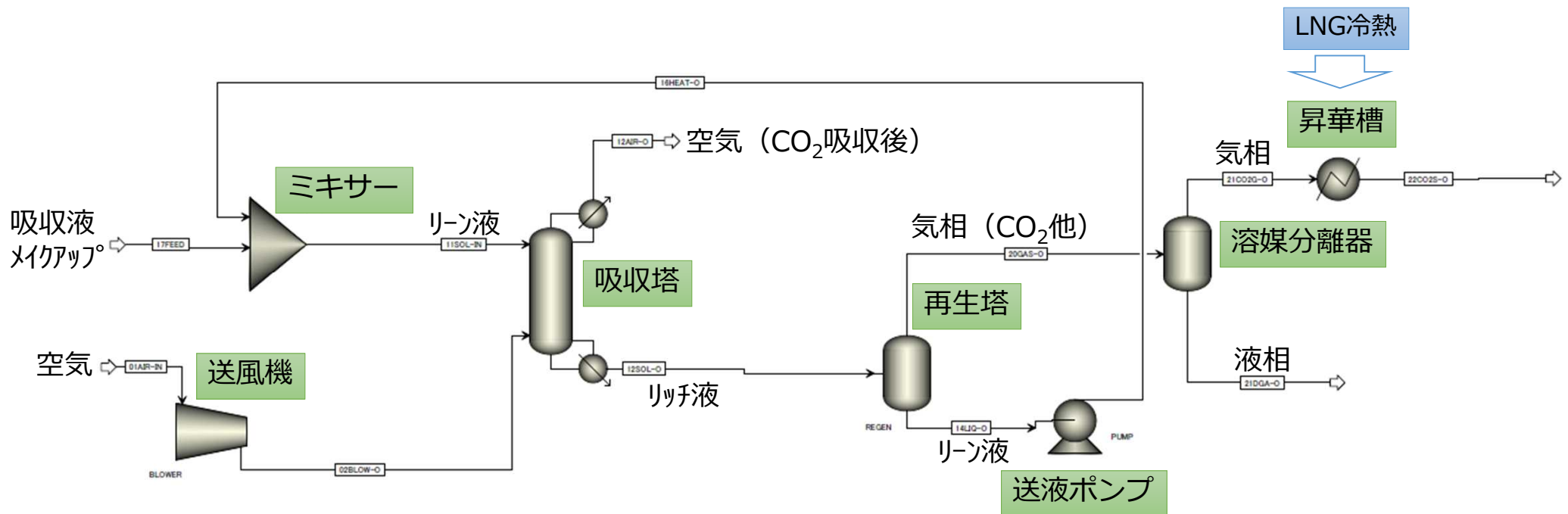


✓ 歪みセンサの液体窒素環境での動作を確認。



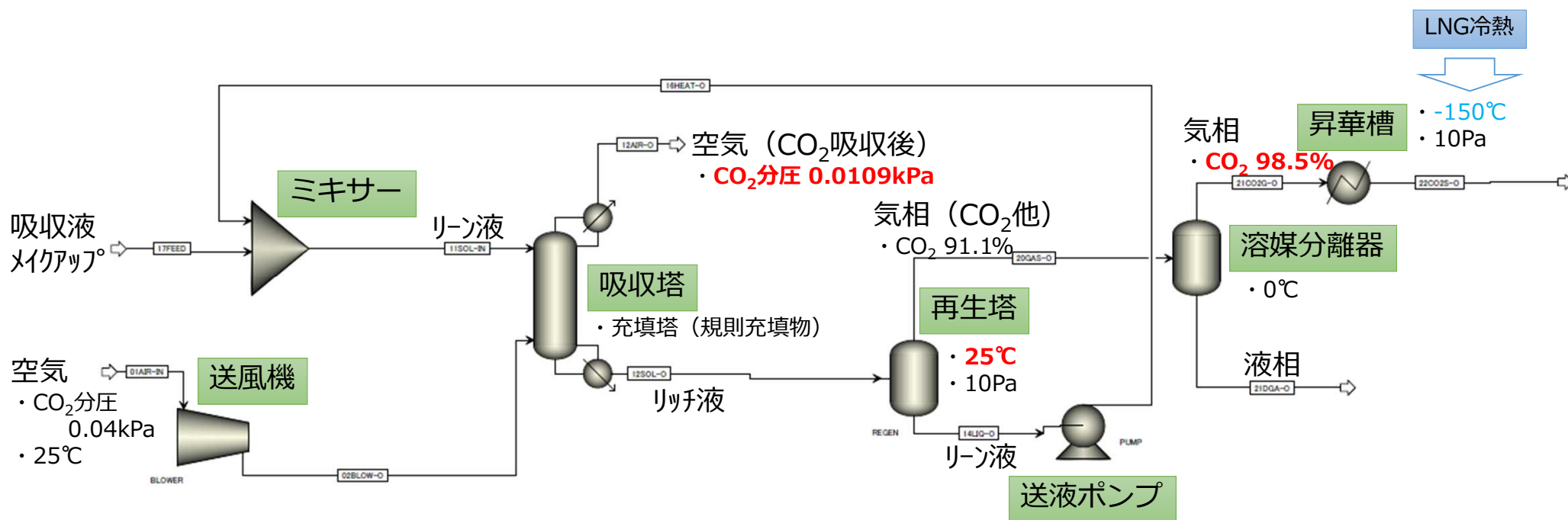
繰り返し引張試験におけるひずみゲージの出力ひずみ  
(実験条件 ひずみ0.01×10回)

- Cryo-DACプロセス（フロー、吸収液特性）をプロセスシミュレータ（Aspen Plus）でモデル化
  - 吸収・再生系統は、一般的なフロー
  - 再生塔後段（気相側）に、CO<sub>2</sub>をドライアイス化する昇華槽を設置
  - 再生塔（気相側）と昇華槽間に、溶媒成分を分離する分離器を設置



※リッチ液：CO<sub>2</sub>を吸収した液  
※リーン液：CO<sub>2</sub>をリリースした液

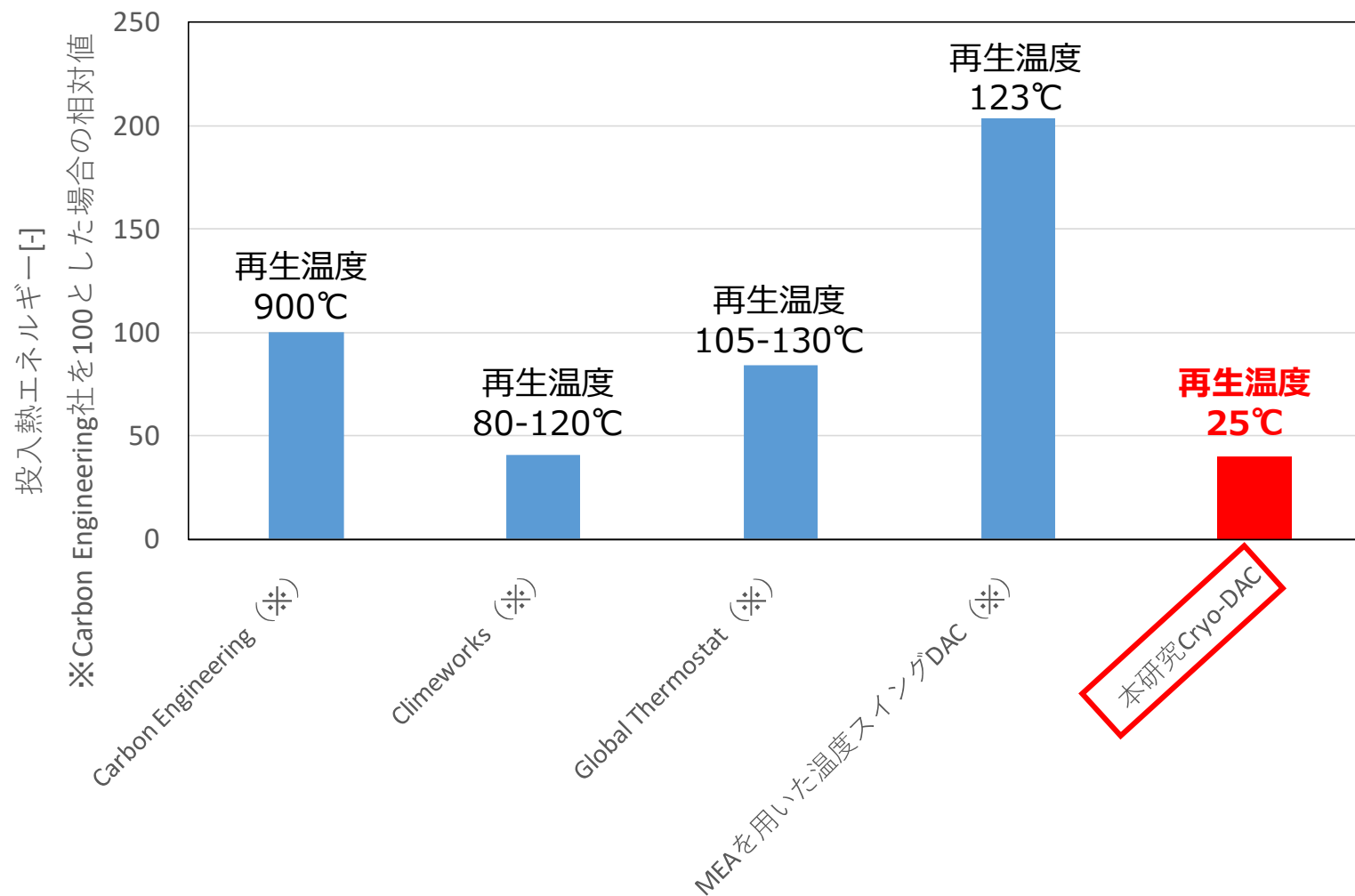
- 再生塔温度25°Cでプロセスの駆動を確認
- CO<sub>2</sub>回収率：73.1%（平衡上の想定値75%を概ね達成）
- 回収CO<sub>2</sub>濃度：98.5%



※リッチ液：CO<sub>2</sub>を吸収した液  
※リーン液：CO<sub>2</sub>をリリースした液

# 先行DACとの比較

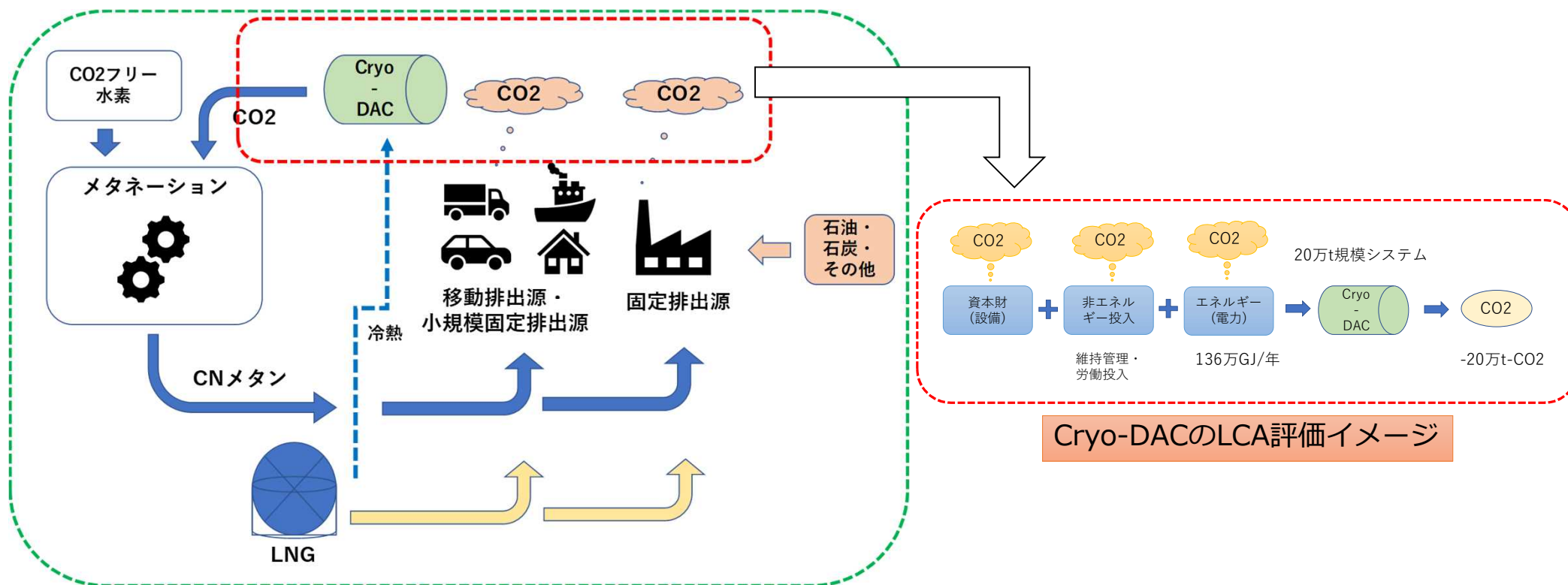
- 海外DACメーカーを凌駕するポテンシャル
- **環境温度での再生が可能**であり、事実上、燃料投入不要



※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>

# Cryo-DACによる炭素循環のLCA評価

- 炭素循環の一形態として、Cryo-DACで回収したCO<sub>2</sub>のメタネーション利用を想定。
- Cryo-DACの環境性評価（LCA評価）を実施。
  - CO<sub>2</sub>回収に必要な投入電力由来のCO<sub>2</sub>排出を差し引くと、**正味20%程度のCO<sub>2</sub>が回収**されるとの試算結果。
  - 再エネの増加や**低圧損な吸収塔（現在開発中）の実現**により、正味98%程度まで回収量は向上。



Cryo-DACとメタネーションによる炭素循環イメージ

Cryo-DACのLCA評価イメージ



# まとめ

## <研究開発概要>

- 昇華槽の健全性モニタリング技術開発やCryo-DACプロセスのエネルギー・コスト解析、Cryo-DACによる炭素循環LCA評価を実施。

## <現時点の主な成果>

- ①昇華槽の健全性診断用センシングデバイスの低温環境での特性評価システムを開発、  
②プロセスシミュレーションによるプロセスの机上再現とCO<sub>2</sub>回収エネルギー・環境性を試算。
- 先行DACとの比較では、海外DACメーカーを凌駕するポテンシャルを有するとのプロセスシミュレーション上の結果を取得。

## <今後の展開>

- 別タイプの歪みセンサの評価／回路の最適化／実装構造の検討を行って、センシングデバイスのプロトタイプ試作を行う
- プロセスパラメータの影響調査とプロセス最適化

