

NEDOエネルギー・地球環境分野成果報告会2026 プログラムNo.603-1-14

NEDO先導研究プログラム／エネルギー・環境分野における革新的技術の国際共同研究開発／過酷条件でのアンモニア吸蔵・放出評価に関する国際共同研究開発

発表：2026年07月21日

国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構

真中 雄一

(国研) 産業技術総合研究所

問い合わせ先 E-mail: yuichi.manaka@aist.go.jp

事業概要

1. 期間

開始 : 2024年12月25日

終了（予定） : 2026年12月24日

2. 最終目標

- ・ 国立研究開発法人産業技術総合研究所（産総研）とドイツ・フラウンホーファー研究機構ISE（Fh-ISE）とが連携し**世界的に標準となるようなアンモニア吸着材の評価方法を共著論文や共同報告書の形で提案**する.
- ・ アンモニアの吸着脱離材を活用する高圧**プロセスの評価**とメリットの明確化

3. 成果・進捗概要

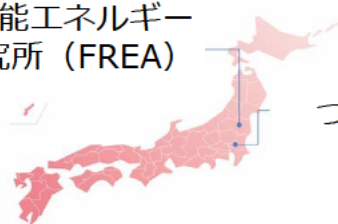
- ・ 最終目標に対して
アンモニア吸着剤の評価を進めデータを収集しているが、まだ共著論文の形などでは提案できていない
2年度終了までの目標に対して、進捗50%

アンモニア吸蔵プロセスとアンモニア合成プロセス間のエネルギー回収・利用の最適構造を明確化した
2年度終了までの目標に対して、進捗80%

1. 事業の位置付け・必要性

日本（産総研）とドイツ（ブラウンフォーファーISE） の国際共同研究開発

福島再生可能エネルギー
研究所（FREIA）



つくばセンター

産総研



Fh-ISE

Fraunhofer Institute for Solar
Energy Systems : ドイツ



- ・アンモニア関連試験機運転の知見が豊富
- ・国の標準化を支える機関

アンモニア関連プロセスの
知見が豊富

アンモニア関連研究開発：

一般的開発の方向性



合成・分解の高効率触媒開発

本研究

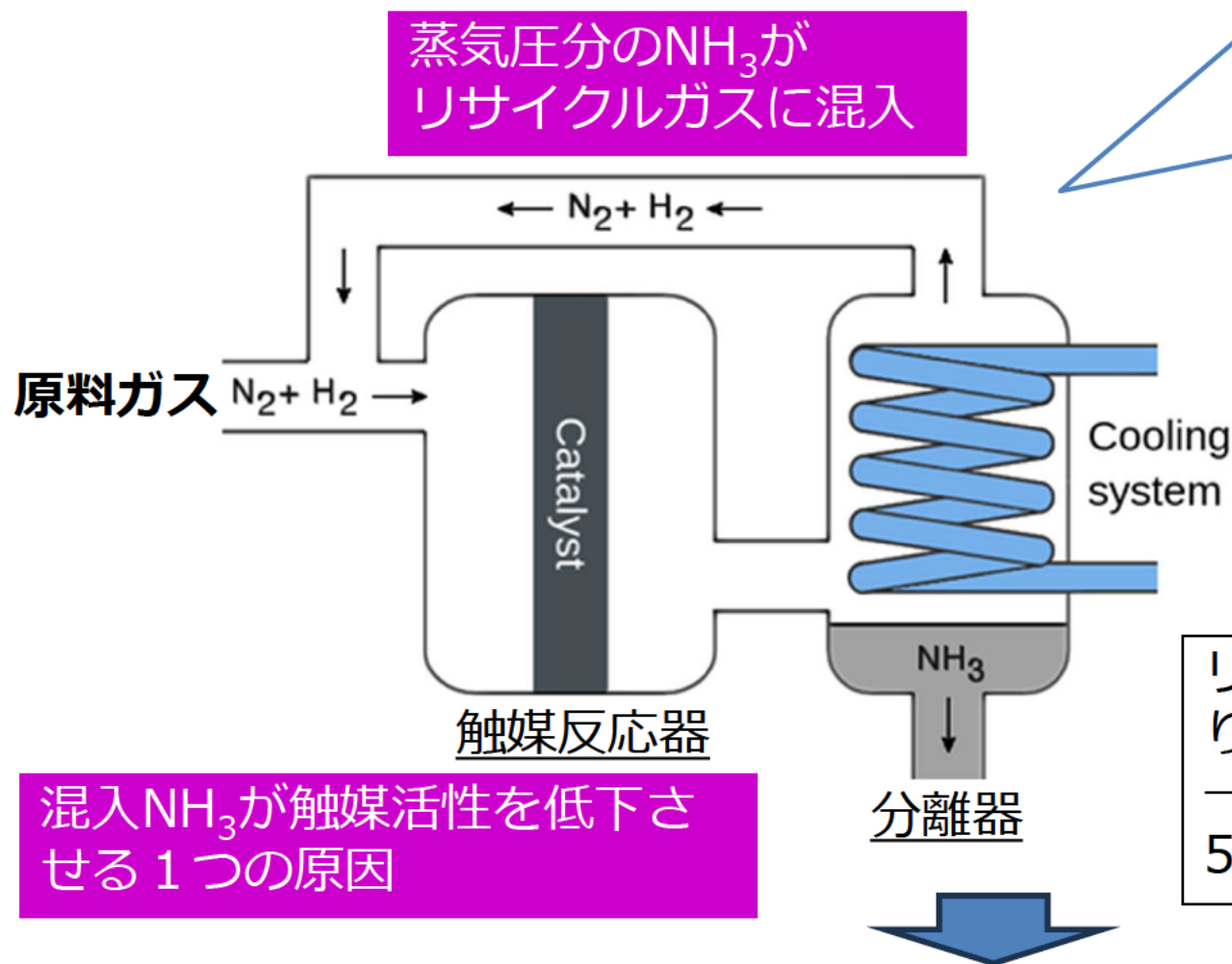
触媒ではない共通課題



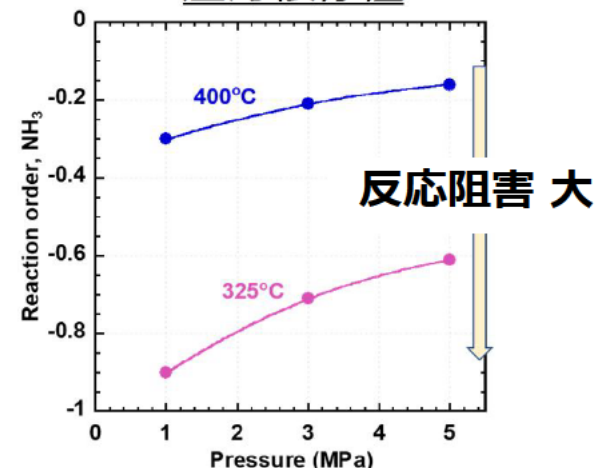
**残留アンモニア除去による
3 プロセスの高効率化に着目**

残留アンモニア除去によるプロセスの高効率化

アンモニア合成の例



Ru触媒のNH₃反応次数の
圧力依存性



リサイクルガス中のNH₃混入により活性が1%減少している場合
→NH₃を除去・回収すると約5.2%のNH₃生産量の増収

過酷な条件下でアンモニア吸蔵放出を行ったオープンなデータはそもそも少なく、その評価基準は評価者独自

国際標準化

「水素・アンモニアの社会実装に向けた当面の課題と今後の重点取組（案）」
2026年4月21日 資源エネルギー庁 省エネルギー・新エネルギー部 水素・アンモニア課 資料より

水素・アンモニアにおける国際展開の推進に向けて

国際標準化

- “技術で勝って、ビジネスでも勝つ”ためには、戦略的な国際標準化の取組が必須。
- サプライチェーン全体を俯瞰し、広範な技術の中から国際競争力強化に資する分野・領域を特定し、先行的かつ集中的に国際標準化の取組を進めていく。



国際的・標準的なアンモニアの過酷条件下での吸蔵放出評価方法を提案し、世界のアンモニア関連技術の中で日本が主導権を取る

2. 研究開発目標・研究開発マネジメント等

過酷条件でのアンモニア吸蔵・放出評価

- 過酷条件下での吸蔵・吸収特性評価法提案（共研先開発評価方法との相互比較）
- 開発評価法を元にした過酷条件下で機能する材とプロセス開発

産総研

過酷条件でのアンモ
ニア吸蔵テスト

分光学的評価



同一吸着剤を用いた
ラウンドロビンテスト

Fh-ISE

過酷条件でのアンモ
ニア吸蔵テスト

重量法での評価

互いに異なる方法で過酷条件アンモニア吸蔵・放出特性を評価
→日本とドイツの二国合同で国際的に信頼性高い評価方法創出

研究目標

- 産総研とFh-ISEとが連携し**世界的に標準となるようなアンモニア吸着材の評価方法を共著論文や共同報告書の形で提案**する
- アンモニアの吸着脱離材を活用する高圧**プロセスの評価**とメリットを明確化する

研究内容

共同で実施

研究項目A-1 高圧・広温度範囲条件での特性評価法の策定

出口としてはアンモニア合成を想定

研究項目A-2 加圧・高SV条件での特性評価

出口としてはアンモニアクラッキングを想定

産総研単独で実施

研究項目B 吸着・吸収材開発

基準サンプルと新規材料の比較で評価

有望材料発見の際にはプロセスイメージにまで着手

研究項目C プロセスの全体効率とエンジニアリングの検討

エネルギー回収・利用の最適構造を明確化する

スケジュール

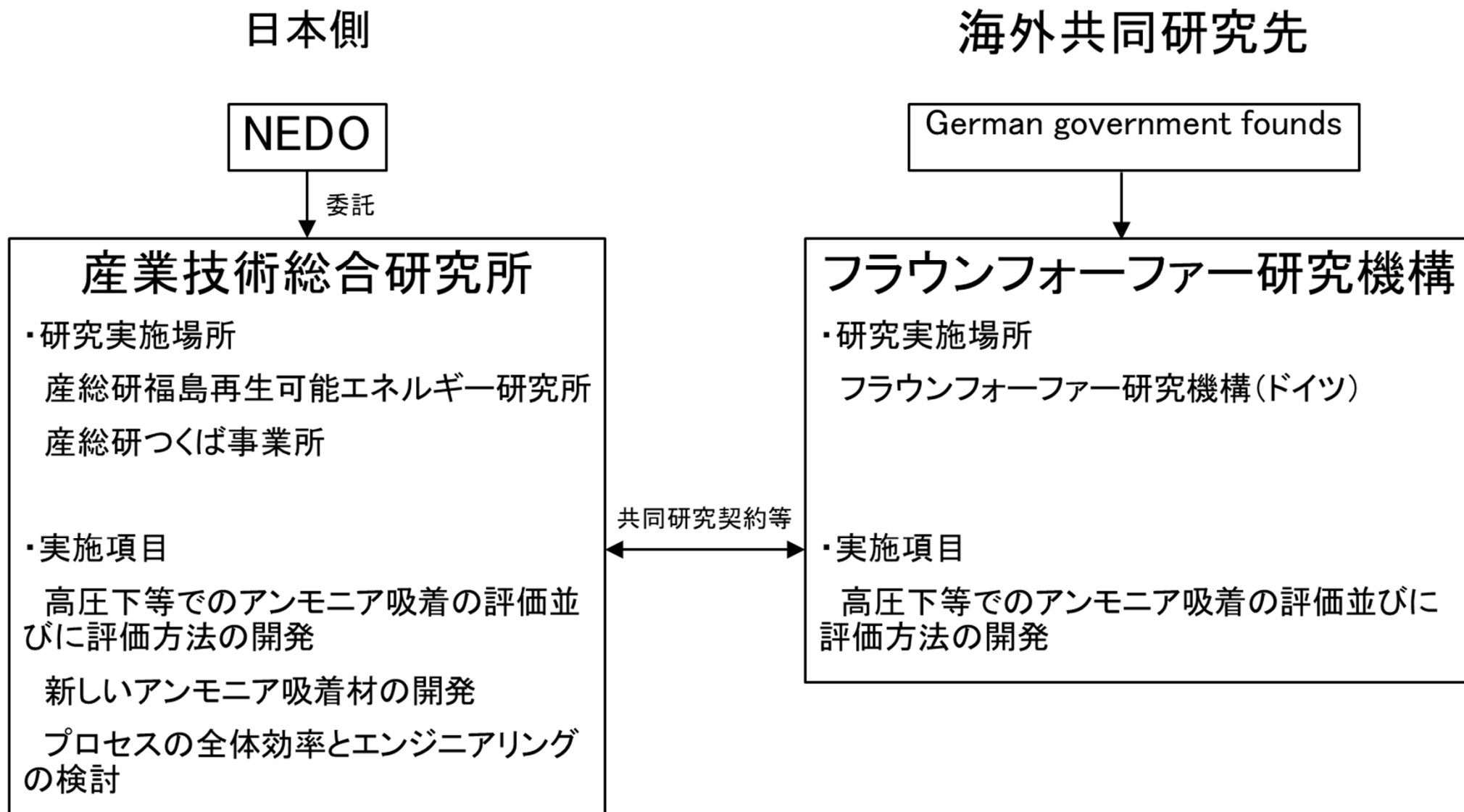
ステージゲート

本日

ステージゲート通過後

事業項目	2024年度				2025年度				2026年度				2027年度		
				第4 四半 期	第1 四半 期	第2 四半 期	第3 四半 期	第4 四半 期	第1 四半 期	第2 四半 期	第3 四半 期	第4 四半 期	第1 四半 期	第2 四半 期	第3 四半 期
研究項目A. 過酷条件 でのアンモニア吸 着・吸収/脱離特性評 価法確立 A-1高压・広温度範囲 条件での特性評価法 の策定 A-2加圧・高SV条件 での特性評価				評価環境整備											
						サンプル評価 と結果の比較					評価方法 の提案				
研究項目B. 吸着・ 吸収材開発				評価環境整備											
								吸着剤開発と評価							
研究項目C. プロセス の全体効率とエンジ ニアリングの検討					シミュレーションモデル作成と 統合システム評価										
研究開発推進委員会				△		△		△		△		△		△	
Fh-ISEとの打ち合わ せ等				△		△	△		△	△		△	△	△	

国際共同研究開発の実施体制図

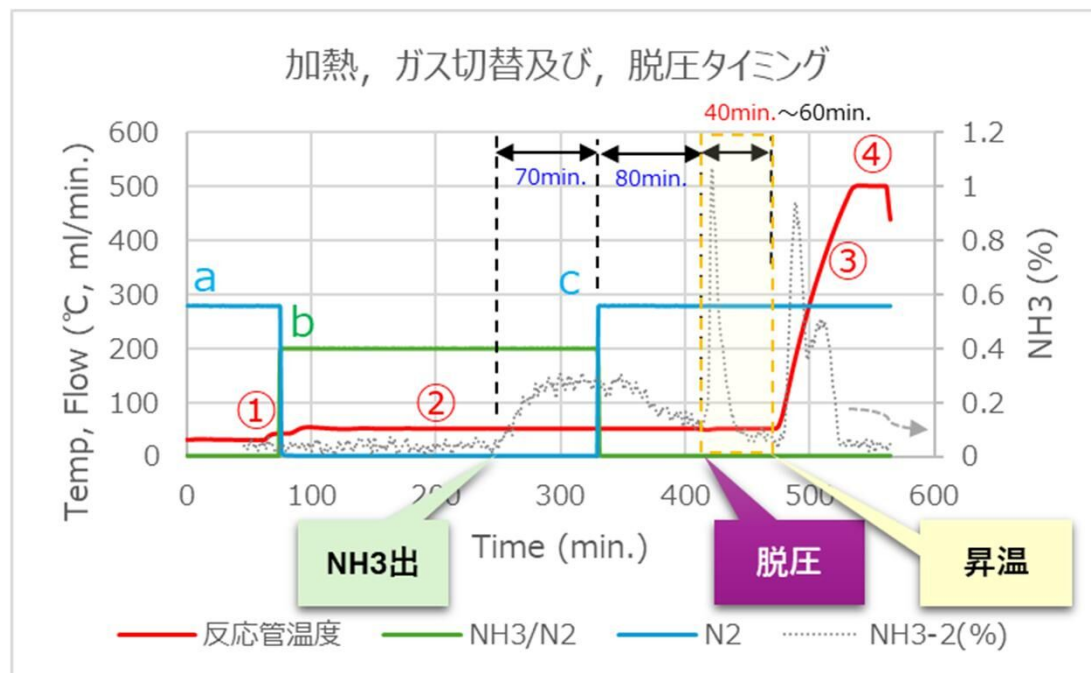


3. 研究開発成果について

研究項目A-1：高圧・広温度範囲条件での特性評価法の策定

評価手順のアレンジを進めて、高圧・広温度範囲条件での評価法として提案する

ゼオライトを用いたアンモニア吸着・脱離実験
日本とドイツで共通のアンモニア吸着材：Li交換型ゼオライト
(クラリアント社製，同一Lot Noの製品を二国間で分けて用いた)

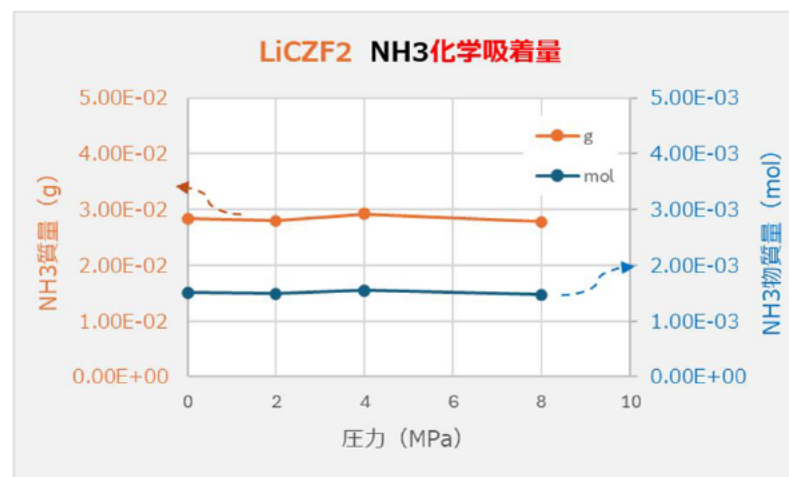
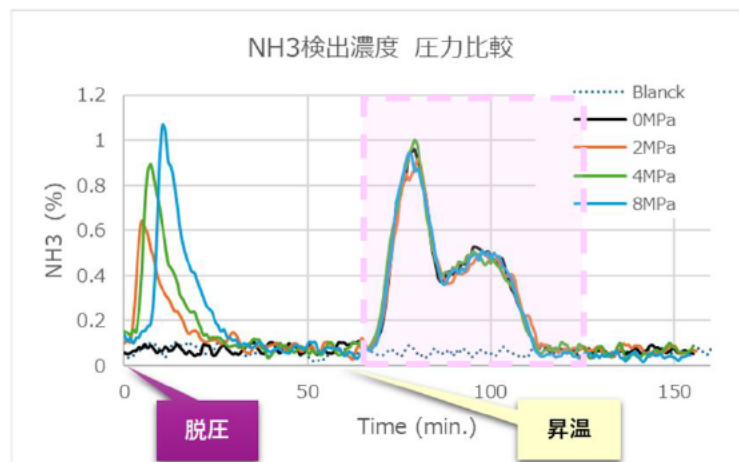
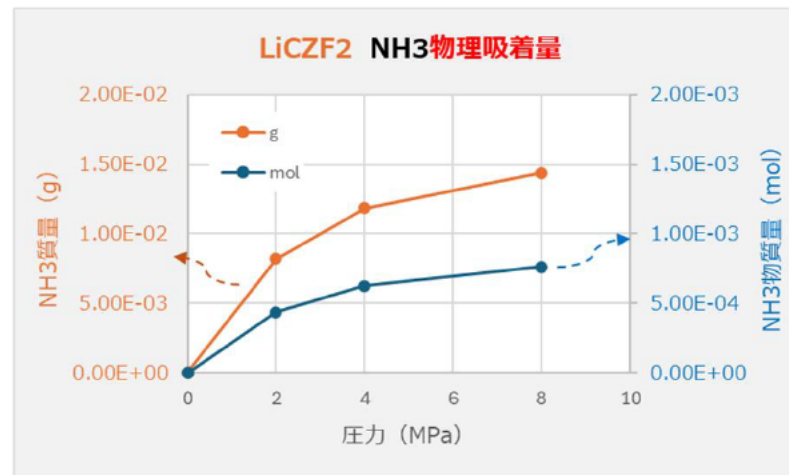
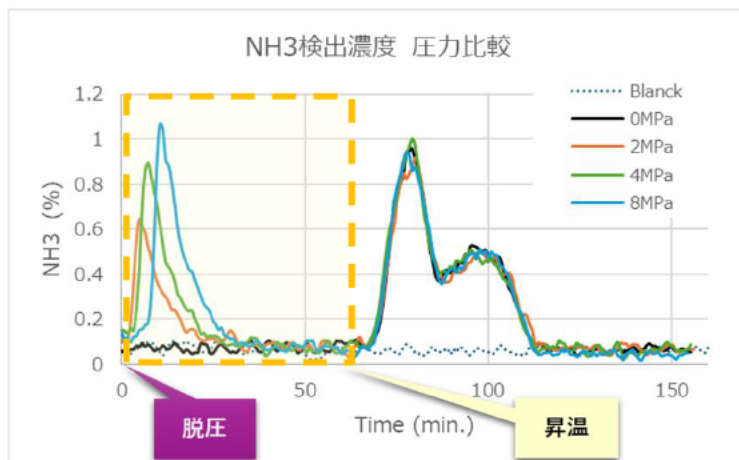


実験の流れ

1. 吸着材前処理
2. アンモニア吸着 (破過) 測定
3. 脱圧での脱離
4. 昇温脱離

研究項目A-1：高圧・広温度範囲条件での特性評価法の策定

測定結果



Li交換型ゼオライトでは脱圧で脱離するアンモニア量が多く（かつ操作が早い）圧カスウィング式の吸脱着が有効と考えられる

今後の予定

- 共存ガス条件を変え測定方法を一般化する
- 研究項目Cに実測値を共有しプロセスシミュレーションに反映させる

A-2：加圧・高 SV 条件での特性評価

評価手順のアレンジを進めて、加圧・高SV条件での評価法として提案する

【条件】 2-8%のNH₃/N₂ガスをSV5000-50000h⁻¹で流通し、出口NH₃濃度10ppm以下を想定

例) 吸着材の検討 (LiCFZ2 vs LSX型; 吸着温度: 50 °C; 圧力: 0.1 MPa)

測定条件の探索

- ① 吸着 (NH₃/N₂ガス導入)
- ② 物理脱着 (N₂ガス導入による脱着)
- ③-⑤ 化学脱着 (昇温による脱着)

脱離温度に伴い、アンモニアの信号が観察された

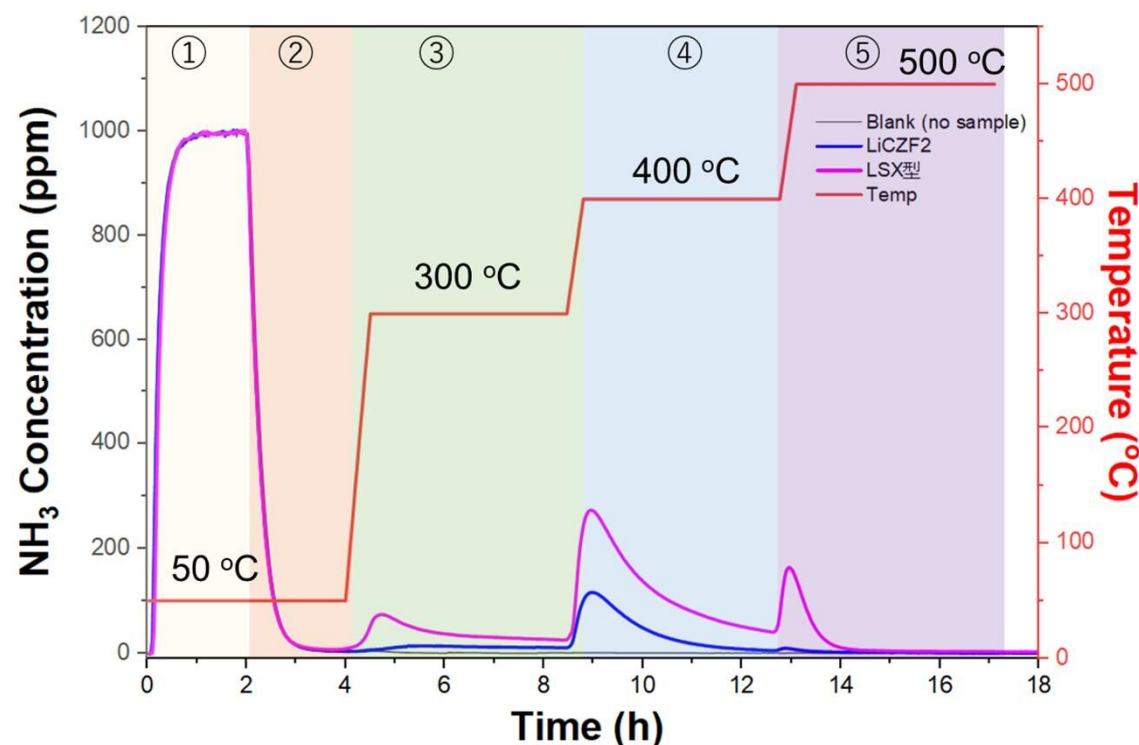
検討因子

- ・ 吸着材 (LiCFZ2 vs LSX型)

LSX型ゼオライトは高い吸着量を示した

今後の予定

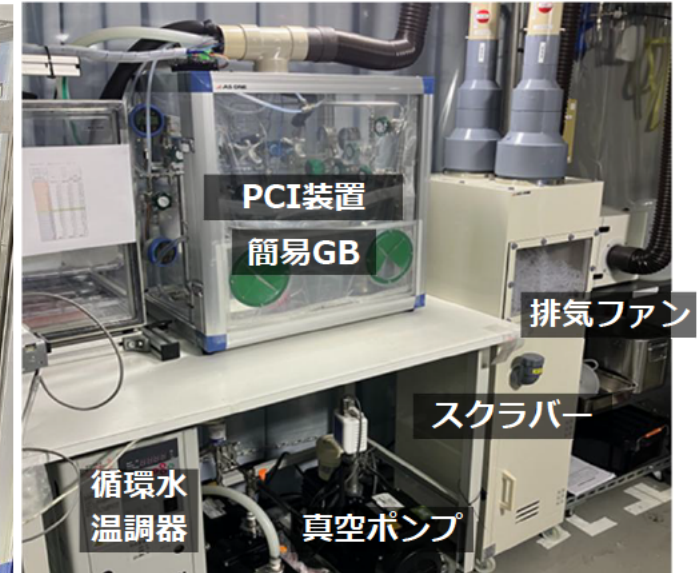
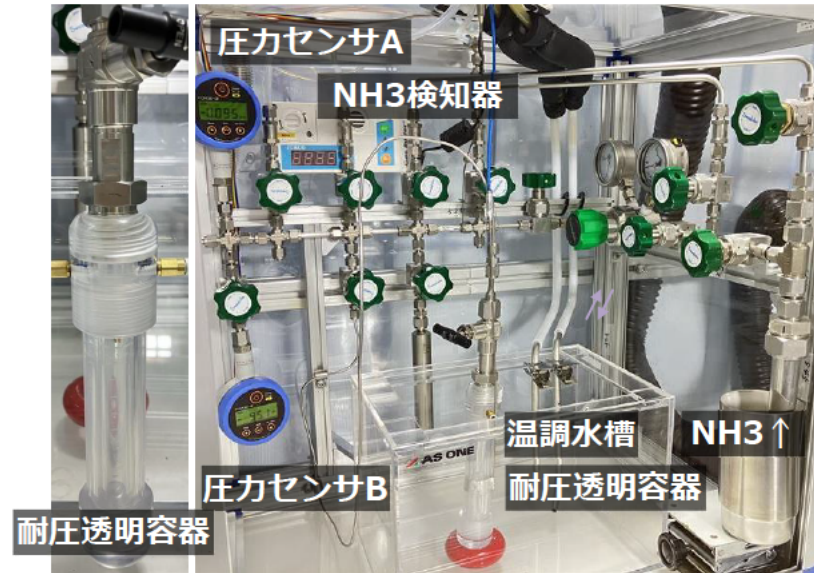
- 他自動化を進めるとともに、測定条件および再現性を検討しながら、標準化手順の提案を行う



研究項目B：吸着・吸収材開発

アンモニア合成もしくはアンモニアクラッキングの実条件を模擬した条件で使用可能な材料を見出す

本プロジェクトで製作したNH₃-PCI(Pressure-Composition-isotherm)装置



GB内でDESを調製

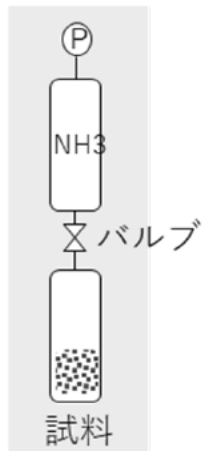


液系の深共晶溶媒 (DES) に着目

- 固体材料に見られる材料の膨張による容器破損の懸念がない
- システムのコンパクト化（伝熱促進・吸放出並行化による）が期待される吸収液循環方式を検討可能
- イオン液体に比べ、合成容易、安価、低有害性

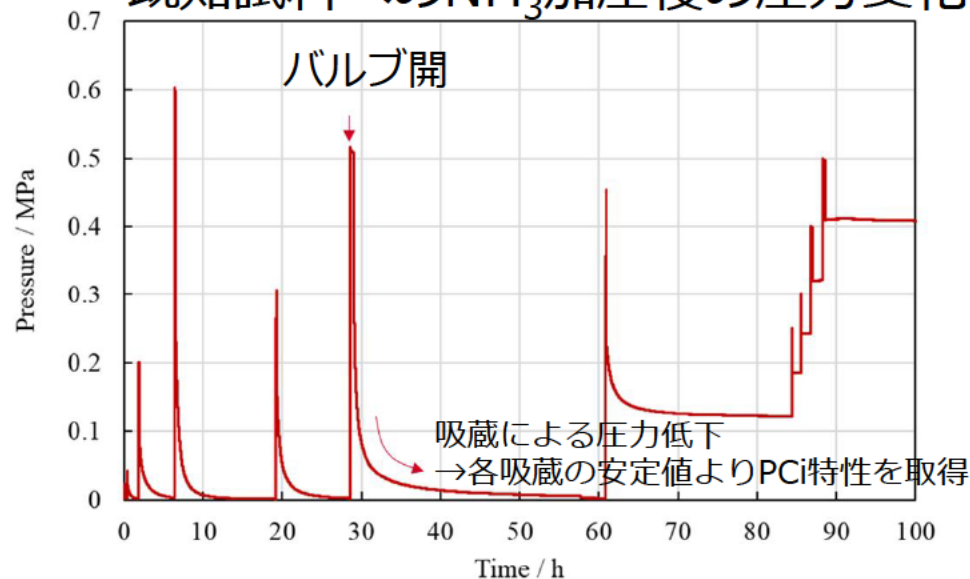
可視化反応容器含む平衡吸蔵量測定装置(PCI装置)の設計・製作を完了
吸着/吸収材料の評価を開始

研究項目B：吸着・吸収材開発

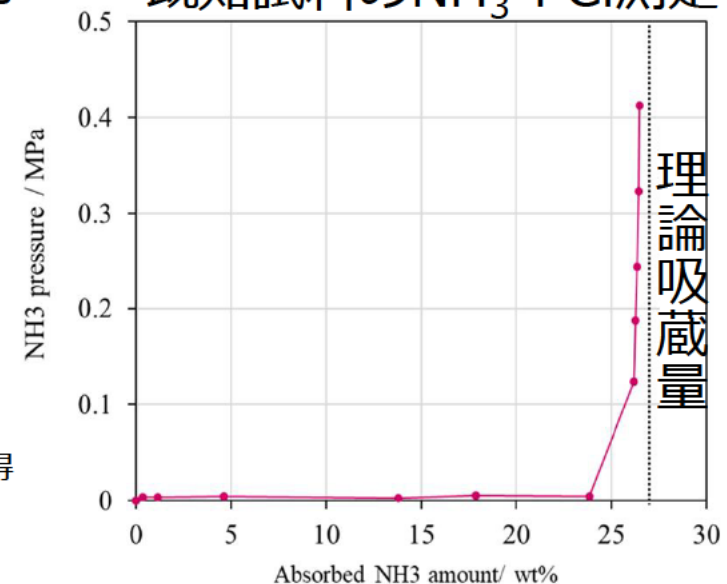


測定原理
：容積法

既知試料へのNH₃加圧後の圧力変化

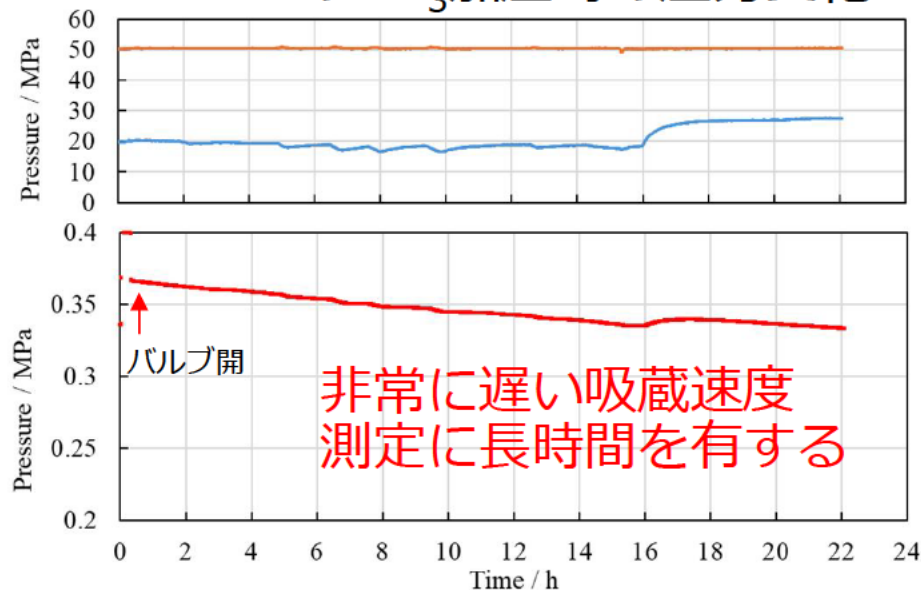


既知試料のNH₃-PCI測定



既知試料について理論値通りの吸蔵特性を取得→測定の妥当性を確認

DESへのNH₃加圧時の圧力変化



今後の予定

- 気液接触効率向上を図りつつ、候補材料の測定を進める
- 優れた吸蔵放出特性が確認された材料について、より詳細な物性評価を進め、最適なプロセスデザインを検討する

研究項目C : プロセスの全体効率とエンジニアリングの検討

アンモニア吸着・吸収プロセスとアンモニア合成プロセスもしくはアンモニアクラッキングプロセス間のエネルギー回収・利用の最適構造を明確化する

シミュレーションモデルの作成

適用モデル式

- Langmuir型等温吸着

$$q_{eq} = \frac{q_{max} K_{eq} C}{1 + K_{eq} C}$$

- ガス-吸着剤間の物質移動

$$r = k_{LDF} (q_{eq} - q)$$

※Linear Driving Force (LDF)を仮定

- 吸着カラム

$$\frac{\partial C}{\partial t} = -u \frac{\partial C}{\partial z} + \frac{\rho_{bulk}}{\varepsilon} r$$

等温吸着平衡モデル (13X zeolite)

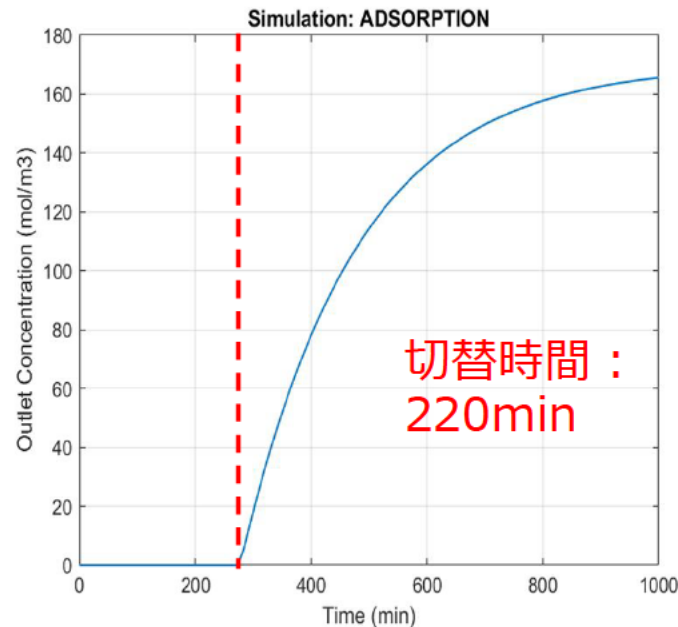
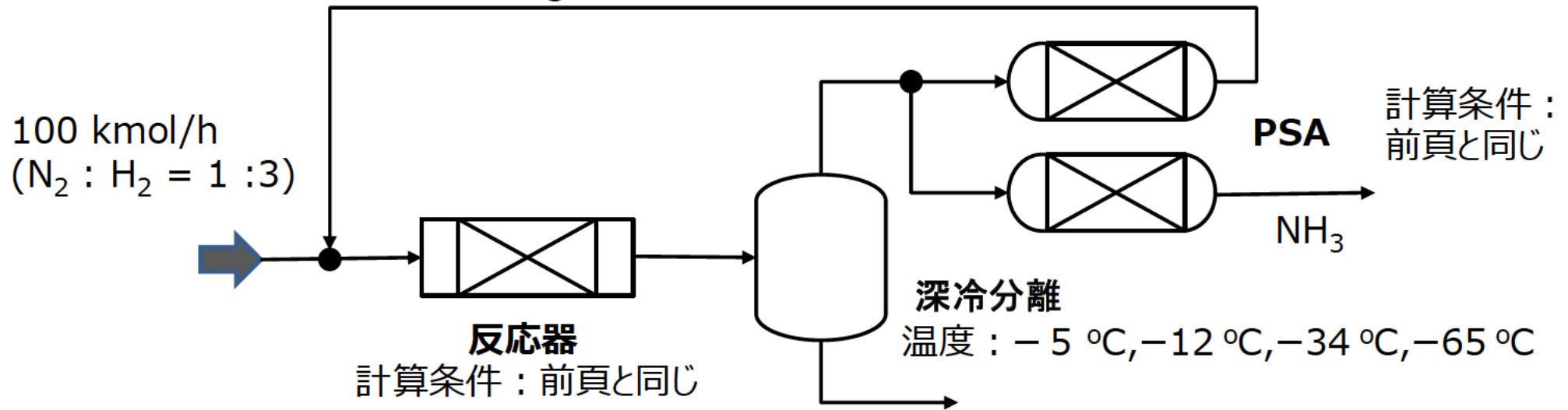
Parameter	Value	Units
q_{max}	7.51	mmol/g
K_0	0.735	kPa^{-1}
$-\Delta H$	63.3	kJ/mol

$$K_{eq} = K_0 \exp\left(\frac{-\Delta H}{RT}\right)$$

単位が kPa^{-1} (※圧力)なので、モル換算 $[mol/m_3]$ して計算に使用

研究項目C：プロセスの全体効率とエンジニアリングの検討

深冷分離とPSAの2段式NH₃分離回収



計算の結果
NH₃製造量が20.4 ton/日の場合
吸着塔：36.8 m³ (Φ2.5m × 7.5m)
となった

研究項目C：プロセスの全体効率とエンジニアリングの検討

エネルギー解析

NH₃製造量：20.4 ton/日の場合

深冷分離温度 [°C]	-5	-12	-34	-65
すべての熱交換器の所要エネルギー合計 [MW]	3.04	3.11	3.31	3.55
反応器の所要エネルギー [kW]	734	734	734	734
吸着塔の所要エネルギー [kW]	425	321	123	22.8
システム全体の所要エネルギー合計 [MW]	4.20	4.17	4.17	4.30
所要塔体積 [m ³]	36.8	27.0	9.72	1.90

システム全体の所要エネルギーの合計が最小となる深冷分離温度：
-12 °C ～ -34 °Cの範囲

今後の予定

- Heat Integration によるシステム全体の所要エネルギー合計の削減を検討する
- プロセス・システム全体のエネルギー効率の定量的評価に加え、CAPEXを考慮した総合的評価を行う

4. 今後の見通し等

今後の予定

研究項目A-1 高圧・広温度範囲条件での特性評価法の策定

- 共存ガス条件を変え測定方法を一般化する
- 研究項目Cに実測値を共有しプロセスシミュレーションに反映させる

研究項目A-2 加圧・高SV条件での特性評価

- 他自動化を進めるとともに、測定条件および再現性を検討しながら、標準化手順の提案を行う

研究項目B 吸着・吸収材開発

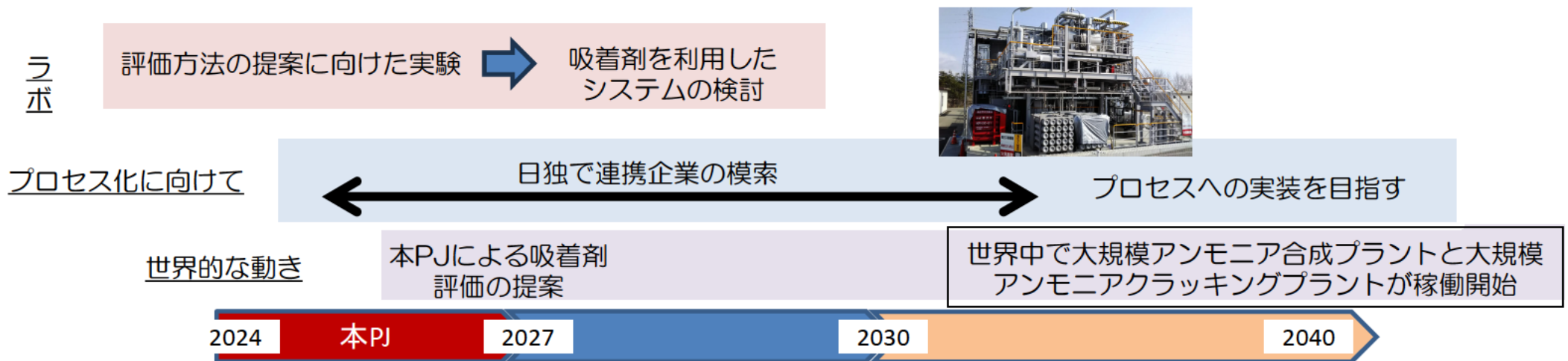
- 他のDESの検討，気液接触効率上昇の検討

研究項目C プロセスの全体効率とエンジニアリングの検討

- Heat Integration によるシステム全体の所要エネルギー合計の削減を検討する
- プロセス・システム全体のエネルギー効率の定量的評価に加え、CAPEXを考慮した総合的評価を行う

4. 今後の見通しについて

社会実装までのイメージ



本研究開発の目的は過酷条件下でのアンモニア吸着材の評価方法を何らかの方法（論文等）で提案するものであり、**本研究の結果がそのまま実用化されるものではない。**

しかし、単なる経済効果だけでなく、日本がスタンダードを作った、という直接金額には反映されない効果などがある。

吸着材導入プロセスは、完全に新規のプロセスを作るのではなく、レトロフィット的に現状のプロセスに追加することもある。

既に運用を開始しているプロセスへの適用も考えられるため、経済効果と低炭素社会への影響は高い。