NEDOエネルギー・地球環境分野成果報告会2026
発表No.：g-11

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

団体名：国立研究開発法人 産業技術総合研究所
発表日：2026年7月23日

■事業の目的・目標

開始　　：（2024）12月25日
終了（予定）：（2026）12月24日

日本（産総研）とドイツ（フ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（FREA）
産総研 つくばセンター
・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

Fh-ISE
Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems：ドイツ
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プロセスの高効率化に着目

合成：リサイクルガスに混入するアンモニアによる触媒反応阻害問題

分解：平衡制約上600℃でも完全にアンモニア分解が不可で残留する

しかしプロセスからアンモニアを除去しようとしても…

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なので何らかの評価方法の基準が必要

研究内容

過酷条件でのアンモニア吸蔵・放出を評価

○過酷条件下での吸着・吸収特性評価法を提案
○開発した評価法を基にした過酷条件下で機能する吸着材とプロセス開発

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

産総研		Fh-ISE
過酷条件でのアンモニア吸蔵テスト	同一吸着剤を用いたラウンドロビンテスト	過酷条件でのアンモニア吸蔵テスト
分光学的評価		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

各項目の研究内容

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

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

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

■2025年の主な成果

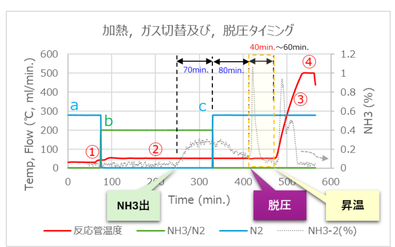
研究項目A-1：高圧・広温度範囲条件での特性評価法の策定

目標：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

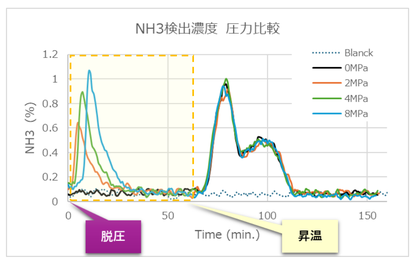
ゼオライトを用いたアンモニア高圧下での吸着・脱離実験を実施

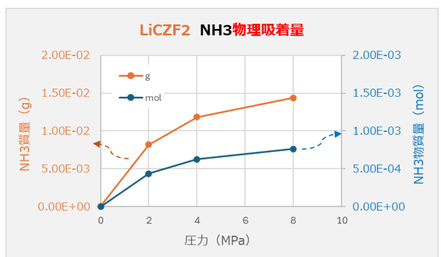
日本とドイツで共通のアンモニア吸着材：
Li交換型ゼオライト
（クラリアント社製，同一Lot Noの製品を二国間で分けて使用）

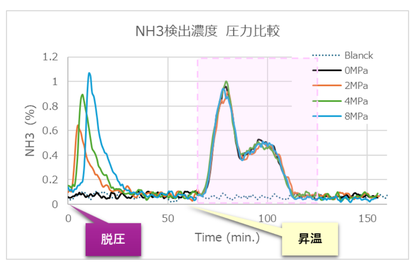
実験の流れ
1．吸着材前処理
2．**高圧下での**アンモニア吸着測定
3．脱圧での脱離
4．昇温脱離

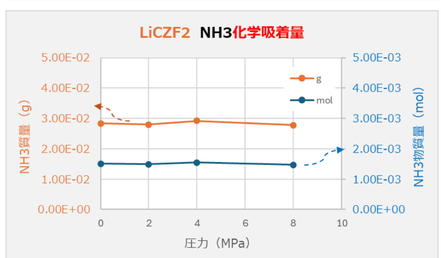


測定結果例
吸着：3000ppmNH_3/N_2, 200mL/min, 0-8 MPa, 50℃
昇温：50℃→500 ℃







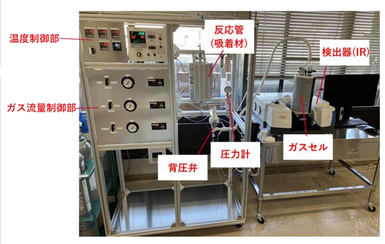


・Li交換型ゼオライトでは脱圧で脱離するアンモニア量が多く（かつ操作が早い）圧力スウィング式の吸脱着が有効
・数多くの実験から吸着量評価で誤差が出にくい手順を発見

A-2：加圧・高 SV 条件での特性評価

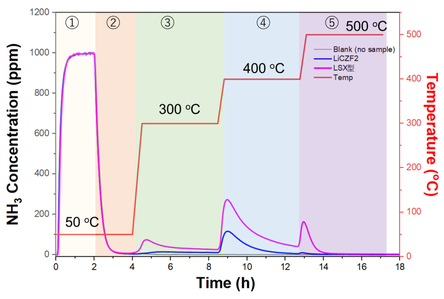
目標：評価手順のアレンジを進めて、加圧・高SV条件での評価法として提案する

クラッキング後にPSAで水素分離した後のガスを想定
2-8%のNH_3/N_2ガスをSV5000-50000h^{-1}で流通し、出口NH_3濃度10ppm以下



加圧・高SV下アンモニア吸着脱離評価装置を本プロジェクト用に作製

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



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

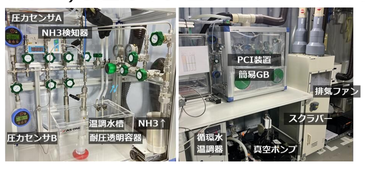
研究項目B：吸着・吸収材開発

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

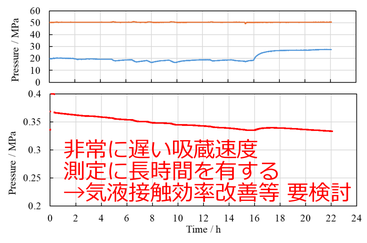
液系の深共晶溶媒（DES）に着目
○固体材料に見られる材料の膨張による容器破損の懸念がない
○システムのコンパクト化（伝熱促進・吸放出並行化による）が期待される吸収液循環方式を検討可能
○イオン液体に比べ、合成容易、安価、低有害性

GB内でDESを調製

NH_3-PCi(Pressure-Composition-isotherm)装置は本プロジェクト用に作製



DESへのNH_3加圧時の圧力変化



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

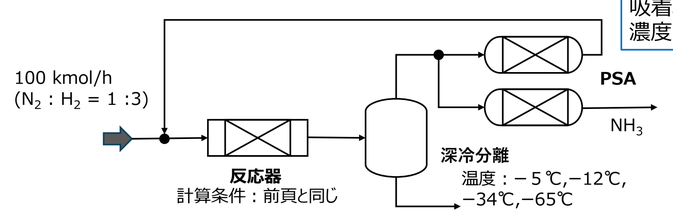
等温吸着平衡モデル（13X　zeolite ）

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

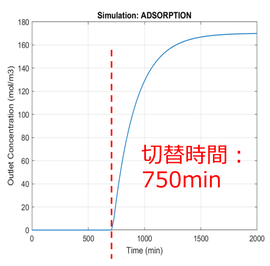
$$K_{eq} = K_0 \, exp\left(\frac{-\Delta H}{RT}\right)$$

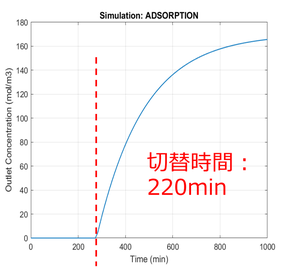
単位が kPa^{-1} (※圧力)なので、モル換算 [mol/m_3]して計算に使用

深冷分離とPSAの2段式NH_3分離回収



（例）深冷分離の操作温度：－5 ℃の場合





吸着塔：70.7 m^3 (Φ3m × 10m)　　吸着塔：36.8 m^3 (Φ2.5m × 7.5m)

エネルギー解析
NH_3製造量：20.4 ton/日の場合

深冷分離温度 [℃]	-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℃～-34℃の範囲

■課題と今後の取組

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ので、データを取りまとめて提案を行う
2026/4時点：２年度終了までの目標に対して、進捗50%

アンモニア吸着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
2026/4時点：２年度終了までの目標に対して、進捗80%

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

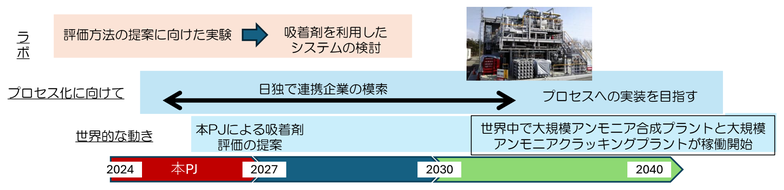
研究項目A-2　加圧・高SV条件での特性評価
■他自動化を進めるとともに、測定条件および再現性を検討しながら、標準化手順の提案を行う

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

■実用化・事業化の見通し

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。**
事業終了後の流れとしては、提案した評価方法をベースとしてプロセスシミュレーションを継続して行い、そして実際にそのプロセスをデモプラントサイズで運用し有用性を確認することが想定される
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。
また、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考えられ、そもそも導入の障壁が高くない。
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、我々の想定以上に経済効果と低炭素社会への影響は高い。

国立研究開発法人 産業技術総合研究所 再生可能エネルギー研究センター 眞中　雄一
連絡先：yuichi.manaka@aist.go.jp