

産業活動由来の希薄な窒素化合物の循環技術創出 —プラネタリーバウンダリー問題の解決に向けて

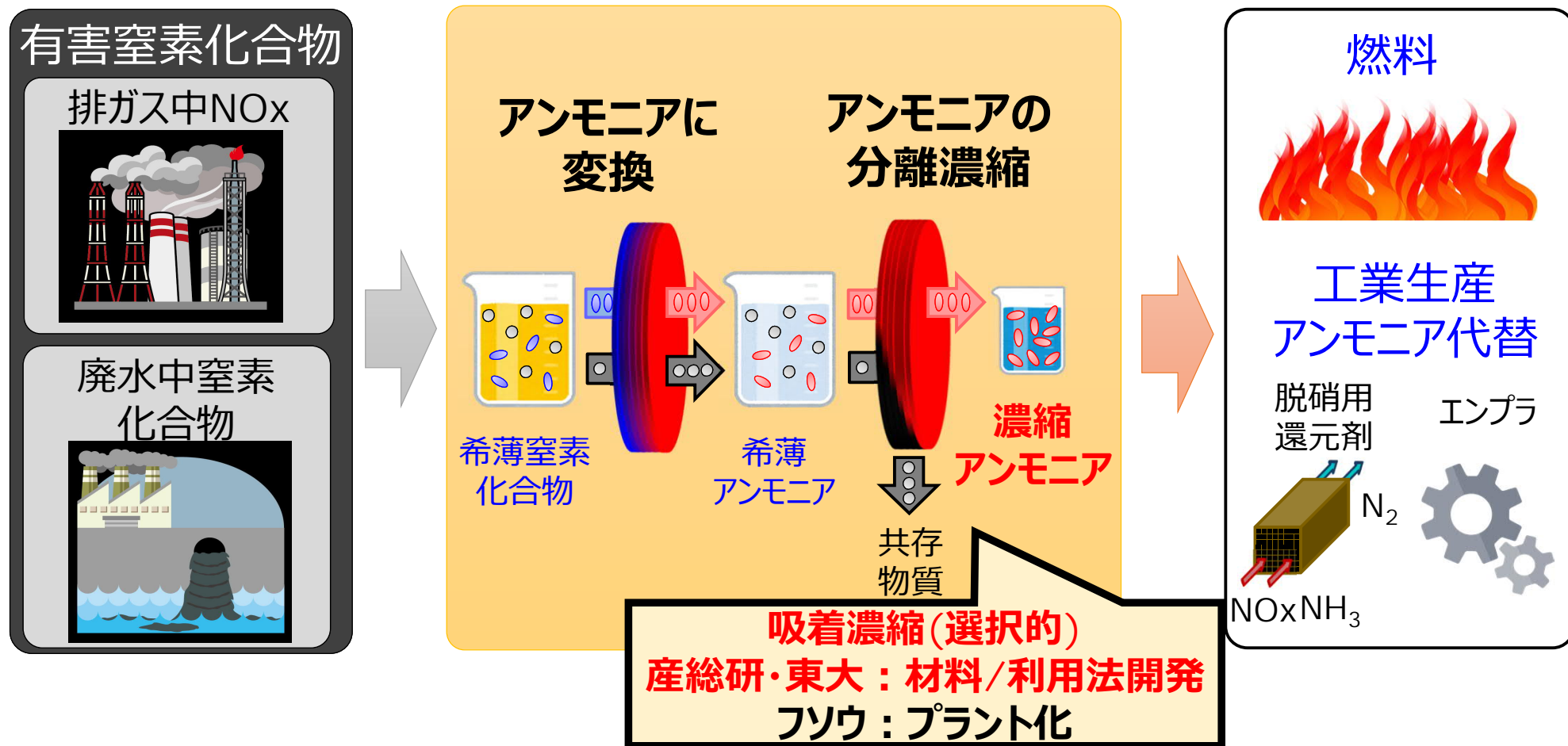
項目2-2. NH_4^+ の分離濃縮による資源化に関する研究開発 廃水中アンモニア吸着材および資源化プロセスの研究開発

発表者：川本徹（産業技術総合研究所）

PM：川本 徹

国立研究開発法人産業技術総合研究所 材料・化学領域 ナノ材料研究部門
研究グループ長

PJ参画機関：国立研究開発法人産業技術総合研究所、国立大学法人東京大学、
学校法人早稲田大学、国立大学法人東京農工大学、国立大学法人神戸大学、
国立大学法人大阪大学、国立大学法人山口大学、協和発酵バイオ株式会社、
株式会社アストム、東洋紡株式会社、株式会社フソウ、宇部興産株式会社

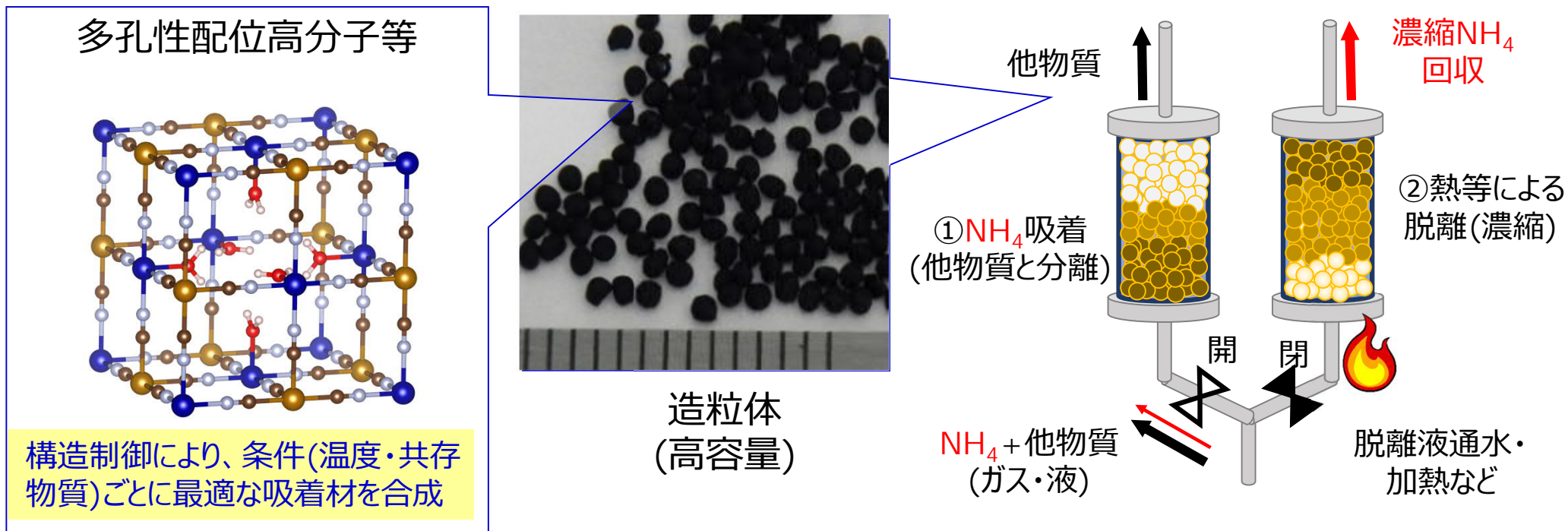


項目2の2029年度目標：水相変換・濃縮により廃水中の窒素化合物をアンモニア等として回収するパイロット設備を、5～15 m³/d 規模で実証

産総研の役割：NH₄⁺を選択的に吸着濃縮する吸着材・吸着技術の開発

産総研の2029年度目標：NH₄⁺吸着回収パイロット実証に向けた材料・基本プロセスの確立。

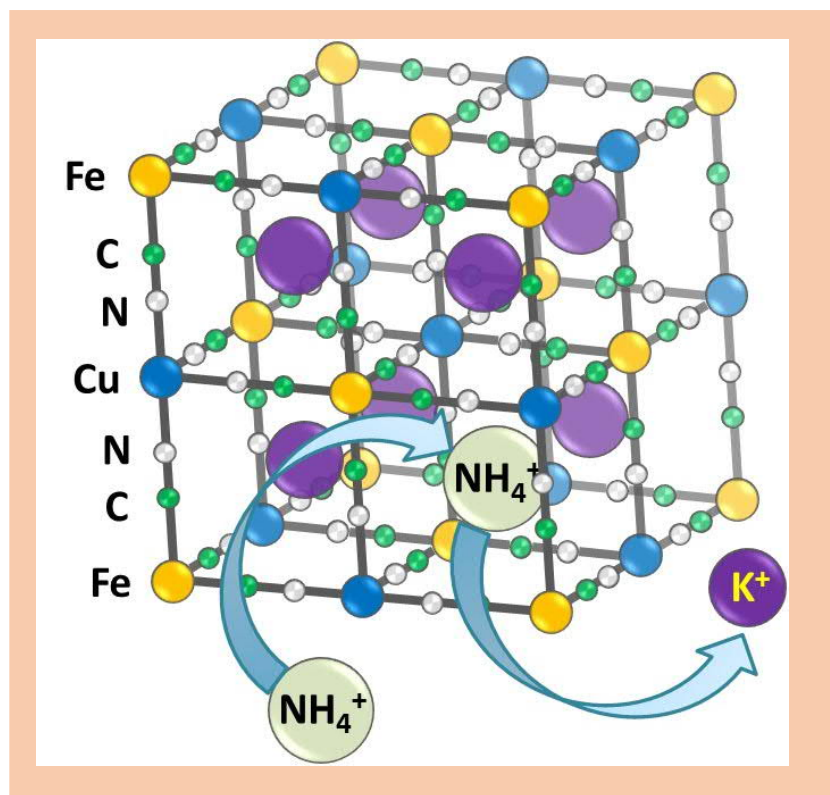
選択性を有するアンモニア吸着材を利用し、水中アンモニウムイオンを分離・濃縮し、燃料・原料として利用可能な形態を、省エネで回収する



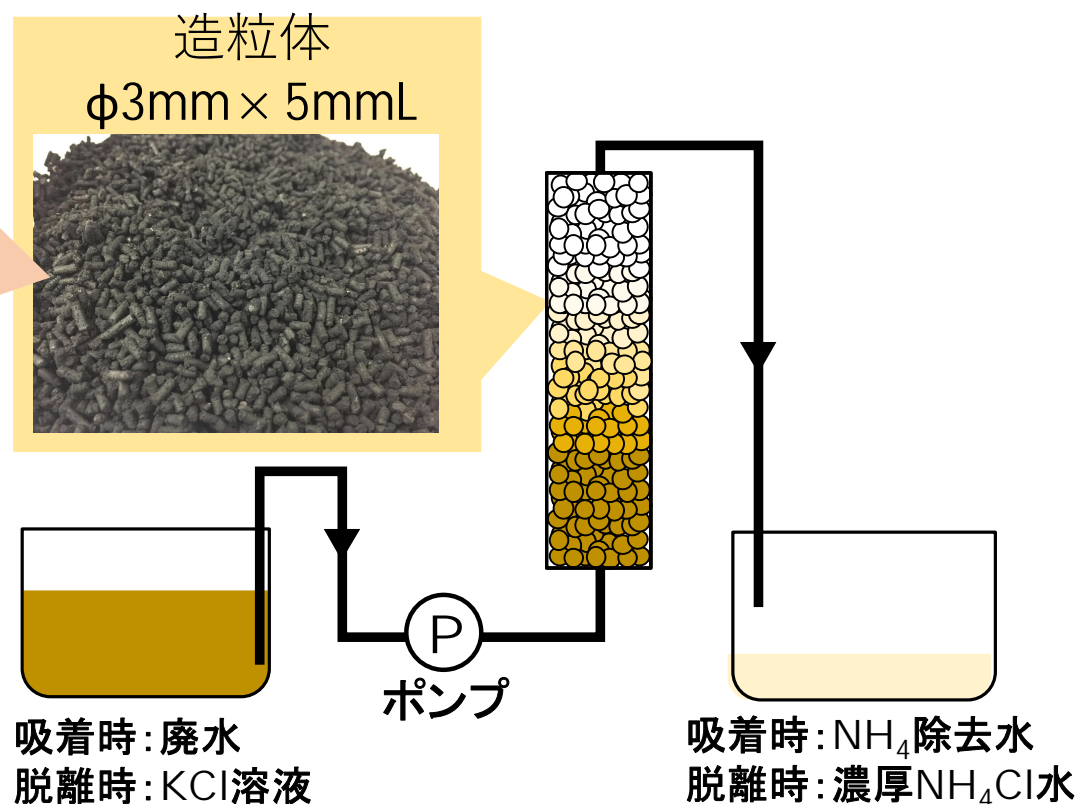
【開発内容】

- 水中NH₄⁺イオンを選択的に吸着回収し、濃縮できる吸着材の研究開発
- 吸着材を活用し、資源化アンモニアを製造するシステムの基本設計

- NH_4^+ イオンをKイオンと交換の交換で選択的に吸着する吸着材を開発
- KCl水溶液通水により NH_4Cl 溶液を生成、共存物質との分離を可能に

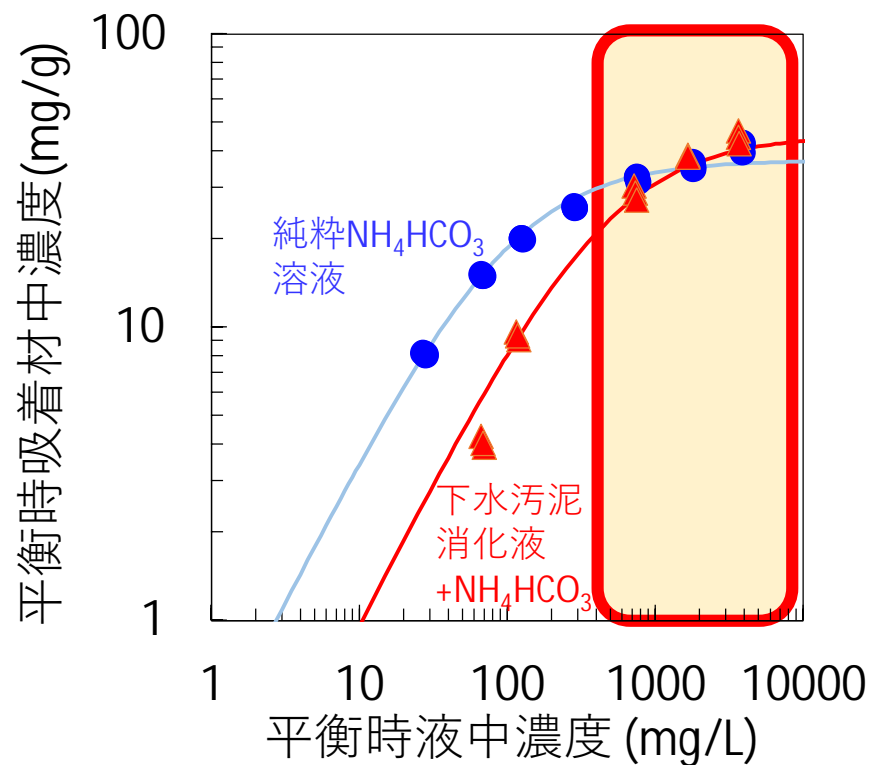


組成を最適化した
銅置換プルシアンブルー型錯体



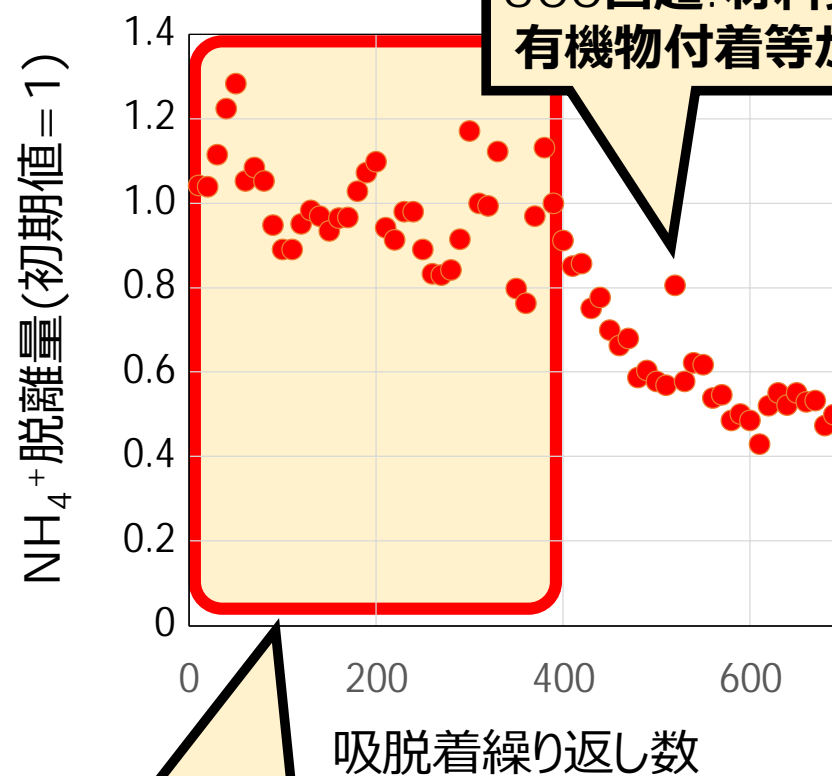
- 廃水中からでも NH_4^+ を選択的に吸着できる吸着材を開発
- K^+ 水溶液を利用し、吸着した NH_4^+ を回収。400回の繰り返し吸脱着で脱離量に大きな変化なし。それ以上は洗浄等を検討中

純水 NH_4HCO_3 溶液・下水汚泥消化液からの NH_4^+ イオン吸着に関する吸着等温線



想定廃水濃度では純水中と消化液中でほぼ変わらない吸着特性→選択的吸着の実現

NH_4^+ イオンの繰り返し吸脱着量に関する脱離量変化(カラム試験)



400回の吸脱着でほぼ脱離量に変化なし

- 240種以上のMOFから60種以上を合成しアンモニウム吸着特性のスクリーニングを実施
- アンモニウム吸着特性を示す候補材料を複数種類発見 (MOFで世界初)

合成したMOFの例

MIL-53(Cr)	AITCS-2	PCN-333(Al)	UiO-67-BIPY	MFM-303(Al)
MIL-101(Cr)	DUT-5(Al)	PCN-333(Fe)	HKUST-1	Ni ₃ (BTP) ₂
MIL-53(Al)	HP-DUT-5(Al)	PCN-777(Zr)	H ₂ Q-HK	NENU-3
MIL-53-NH ₂ (Al)	DUT-67(Zr)	SUMOF-7	Zn ₃ IPA ₃	NENU-5
HP-MIL-53(Al)	DUT-68(Zr)	LnBTN	kag-MOF-1	NENU-11
HP-MIL-53-NH ₂ (Al)	DUT-69(Zr)	Eu ₆ (OH) ₈ (NDC) ₆	Cu ₆ (Trz) ₁₀	AmNaCr
MIL-68(In)	MOF-467	UiO-66	MOS-1	NH ₄ [Zn(HCO ₂) ₃]
MIL-68-NH ₂ (In)	MOF-808-Formate	UiO-66-NH ₂	MOS-2	LOF
MIL-125-NH ₂ (Ti)	MOF-808-OAc	UiO-67	MOS-3	K-adp-Zn(ox)
CAU-1	PCN-222	HP-UiO-66	IISERP-MOF2	ZnBP-NH ₄
AUBM-1	PCN-223	HP-UiO-66-NH ₂	Mn-MOF-74	ZrP
AITCS-1	PCN-225	HP-UiO-67	Mg-MOF-74	ZrPOF-EA

耐性MOFのスクリーニング

耐水性を評価されたMOF



...のべ240種

耐水性のあるMOF



...約120種

合成可能なMOF

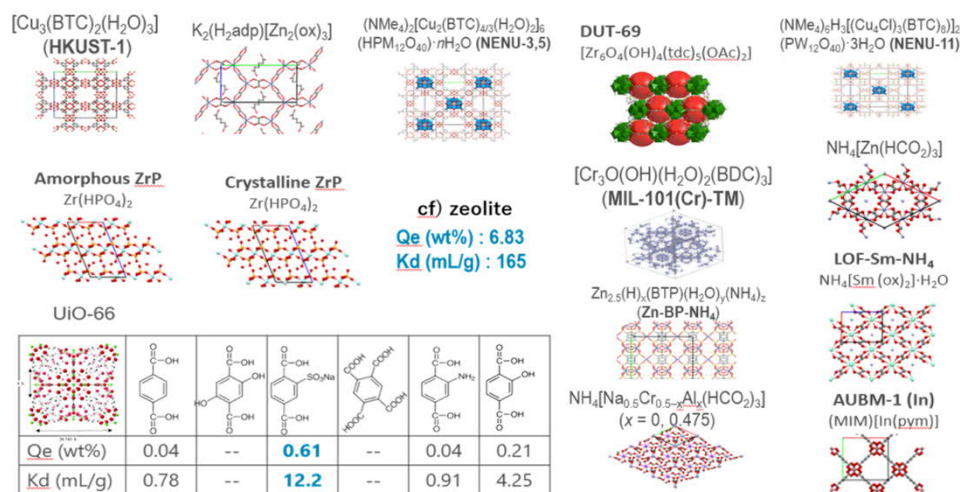
...47種

+

他の候補

...15種

計64種



【プロジェクト内役割】

NH₄⁺を選択的に吸着濃縮する吸着材・吸着技術の開発

【2029年度目標】

NH₄⁺吸着回収パイロット実証に向けた材料・基本プロセスの確立

【開発項目】

- 水中NH₄⁺イオンを選択的に吸着し、濃縮できる技術の開発

【成果1(産総研)】

- 廃水中からでもNH₄⁺を選択的に吸着できる吸着材を開発
- KCl溶液通水により再生、400回の繰り返し吸脱着で脱離量に大きな変化なし。それ以上は洗浄等を検討中

【成果2(東京大)】

- 60種以上のMOFを合成し、加熱により吸着したNH₄⁺を脱離できる材料を探索

