

PARAJULI Durga^{1,2} (産総研¹・筑波大学²)

アンモニウム (NH_4^+) は、さまざまな廃水中に多く含まれる反応性窒素の一形態であり、未処理で放流されると水域の富栄養化を引き起こす可能性があります。一方で、肥料や多くの工業製品の原料として重要であることから、汚染物質としてではなく資源として回収・再利用する取り組みが注目されています。回収方法には、緩効性肥料としての沈殿、イオン交換、膜分離、電気透析、 NH_4^+ を NH_3 に変換後のアンモニアストリッピングなどがあります。しかし、これらの技術の導入には、①一般的な下水中での濃度が低いこと、②技術コストが回収価値を上回る必要がある、等の課題があります。

この課題に対応するため、我々は低濃度から高濃度までの NH_4^+ を効率的に吸着できるイオン交換吸着材として、複数のプルシアンブルー類似体を評価しました。その結果、いずれも優れた選択性と吸着容量、溶液中での高い安定性を示しました¹⁾。中でも亜鉛系プルシアンブルー (ZnPB) は、 NH_4^+ に対する高い選択性とスムーズな脱着性能を兼ね備え、高濃度の NH_4^+ を含む回収液の得られることが確認されました。これにより、回収液を資源として循環利用する可能性が大きく高まりました。そのため、スケールアップおよび最終的な実装試験に向けて、一次粒子径約 100 nm の ZnPB を $\phi 3$ mm の粒状体に成形し、カラムに充填し評価しました。また、吸着と脱離効率を上げるために多連カラムにし処理水中の濃度を廃水基準以下にすることと脱離液中の NH_4^+ 濃度を最大化を目指した最適化実験を行った。さらに、ZnPB を用いた自動吸着・脱離濃縮システム (図 1) も開発し、効率的な NH_4^+ 回収プロセスを実現しました²⁾。

本システムは模擬廃水および一部の実際の産業廃水を用いて試験され、少なくとも 500 サイクルにわたり安定した性能を維持しました。また、野外設置の実証装置も 2 年間にわたって安定した吸着・脱離動作を実現しており、実用化に向けた信頼性が確認されました。さらに、季節ごとの実験では、約 5°C から 35°C という幅広い水温条件下でも安定した NH_4^+ の吸着性能が得られたことも重要な成果です。回収された NH_4^+ は高濃度で、アンモニウム塩化物溶液としてそのまま再利用できるほか、アンモニア水など他の形態での利用も可能であり、資源循環の選択肢が広がります。

本成果は、産総研の川本轍氏、田辺隆喜氏、田中寿氏との共同研究で得られました。

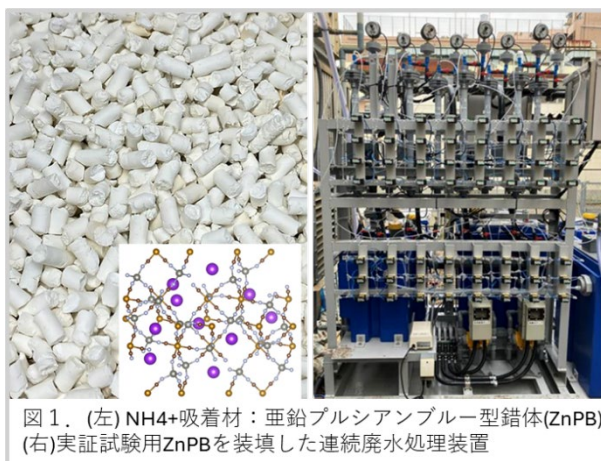


図 1. (左) NH_4^+ 吸着材：亜鉛プルシアンブルー型錯体 (ZnPB) (右) 実証試験用 ZnPB を装填した連続廃水処理装置

1) D. Parajuli, H. Noguchi, A. Takahashi, H. Tanaka, T. Kawamoto, *Ind. Eng. Chem. Res.* **2016**, 55, 6708.

2) プルシアンブルー」でアンモニア窒素循環を駆動, 産業技術総合研究所プレスリリース, 2025 年 3 月 12 日.

PROFILE

PARAJULI Durga パラジュリドゥルガ (産業技術総合研究所 主任研究員・筑波大学 連携准教授)
学歴・職歴：2006 年 9 月佐賀大学博士課程修了・旧原研博士研究員・2014 年度より産総研研究員。
研究分野：水の除染・資源回収、循環型社会を目指した材料開発。基礎から応用・実用研究。
主な著書：IEC Res. 45, 6405, 2006 (貴金属回収)；ES&T 47, 3800, 2013 (放射性セシウム除染)；
IEC Res. 55, 6708, 2016 (廃水中アンモニア回収)；RSC Advance 8, 36360, 2018 (ヒ素吸着除去)。
人物像：ネパール・ポカラ出身。子育てと研究を両立し 19 年。資源持続に貢献する材料研究に情熱を持ち、意欲ある学生との協働を歓迎。連絡先：parajuli.durga@aist.go.jp