

多孔質電極を用いる電気化学的分離プロセスの可能性

前橋工科大学 正会員 ○田中 恒夫
 前橋工科大学 吉田 享史
 前橋工科大学 杉戸 千裕

1. はじめに

水処理や生産などのプロセスにおいて、目的とする物質を混合系から分離することは非常に重要である。これまで、沈降や濾過など（機械的分離）、電気透析や逆浸透など（輸送的分離）、および晶析、吸着、吸収など（拡散的分離）の分離技術が研究開発され、様々な分野で利用されている。しかしながら、一般に、分離プロセスは反応プロセスに比較してコストが高いと考えられており、経済的で安定的な分離技術の開発が求められている。本研究では、多孔質電極を用いる電気化学的分離プロセス¹⁾を提案し、その可能性について実験的に検討した。

2. 実験装置およびその方法

塩化ビニール樹脂の板（5mm厚）を用いて、縦80mm、横100mm、高さ100mmの反応器（セル）を作製した。その両端に、縦・横100mm、厚さ10mmの多孔質炭素陰極の1枚と、縦・横100mm、厚さ5mmのチタン・白金コート平板陽極の1枚を設置した。陽・陰極からのリード線を直流安定化電源に接続し、通電実験システムを構築した。

セル内に硫酸アンモニウムを溶かした被検水を約0.6ℓ供給し、電極に印加して回分実験を行った。なお、本実験ではアンモニウムイオンの分離・濃縮を目的とした。与えた電圧は、1.5v（条件1）、3v（条件2）、10v（条件3）、30v（条件4）および60v（条件5）である。試料の採取は、電圧を加える3時間前、印加時（0時間）、0.5時間後、1時間後、2時間後、3時間後に行った。アンモニウムイオンの多孔質炭素板への吸着の影響を考慮し、印加の3時間前にもサンプリングを行った。

3. 実験結果およびその考察

3.1 電圧の影響

セル内のアンモニウムイオン濃度の経時変化を図-1に示す。電圧が3V以下の条件（条件1, 2）では、3時間後でもアンモニウムイオン濃度の減少はみられなかった。このときの電流値は略ゼロであった。条件3では、アンモニウムイオン濃度は時間の経過とともに減少し、3時間後には電圧を加える前の半分以下まで減少した。条件4では、30分後にアンモニウムイオン濃度は30mg/L以下になり、2時間後に略ゼロとなった。電圧を60V（条件5）まで上昇させると、アンモニウムイオン濃度の減少速度はさらに大きくなり、通電を開始してから1時間後には濃度は略ゼロとなった。本実験より、3V以上の電圧でアンモニウムイオン濃度は減少し始め、1~3時間の通電時間でイオン分離・濃縮の効果が得られることがわかった。

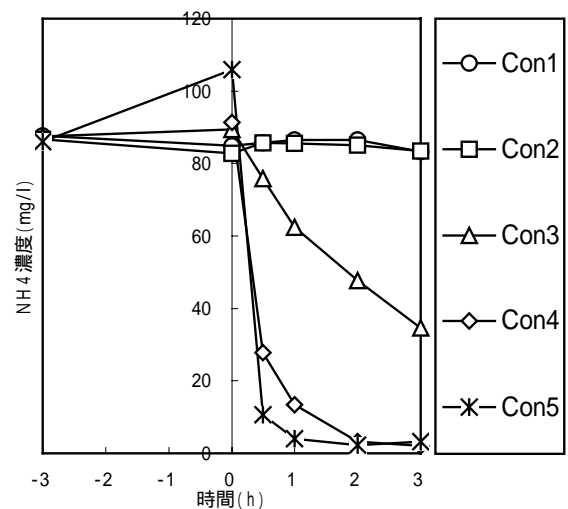


図-1 電圧の影響

キーワード：多孔質電極，電気泳動，分離・濃縮

連絡先：〒371-0816 群馬県前橋市上佐鳥町460-1 Tel: 027-265-7363, Fax: 027-265-3837

3.2 電流の影響

定電圧の条件下で電流を変化させることを目的として、陰極と陽極の間に直径 1mm 程度の穴を数十個開けた塩化ビニル製板（厚さ 1mm 程度）を設置した。実験は、電圧 10V と 30V の条件で行った。実験の結果を図-2 に示す。図からわかるように、アンモニウムイオン濃度の減少速度は同じ電圧でも仕切り板がある場合と無い場合では明らかに異なっている。10V の条件で、仕切り板がない場合、アンモニウムイオン濃度は 55mg/L 減少した。仕切り板を挿入すると、減少濃度は 20mg/L 程度となった。このときの電流値は、仕切り板がある場合で約 20mA、板のない場合は約 80mA であった。30V の条件では、仕切り板のある場合とない場合で、減少アンモニウムイオン濃度は、それぞれ約 80mg/L, 90mg/L であった。アンモニウムイオン濃度の減少量に大きな違いはないが、減少速度は大きく異なっている。このことより、同じ電圧でもセル内のイオン移動抵抗が小さく、電流がより流れやすい方が、通電によるアンモニウムイオンの分離・濃縮の効率は高くなると考えられる。

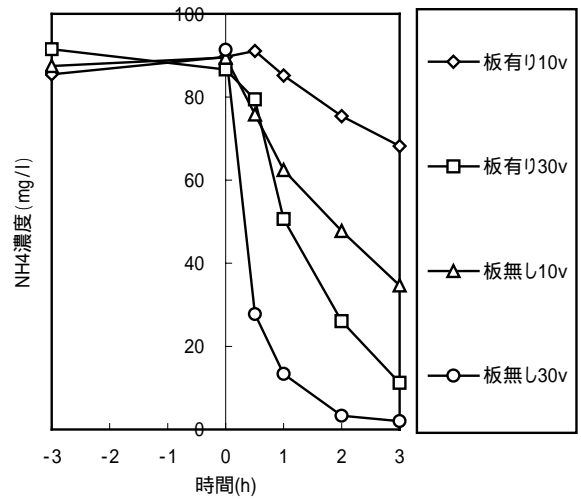


図-2 電流の影響

3.3 流れの影響

通電によるイオン分離における流速の影響を検討するため、チューブポンプを用いてセル内を緩やかに攪拌した。攪拌の方向はアンモニウムイオンの電気泳動の方向と同じとし、与えた流速は 0.1, 0.01mm/sec である。電圧は 10V で一定とした。

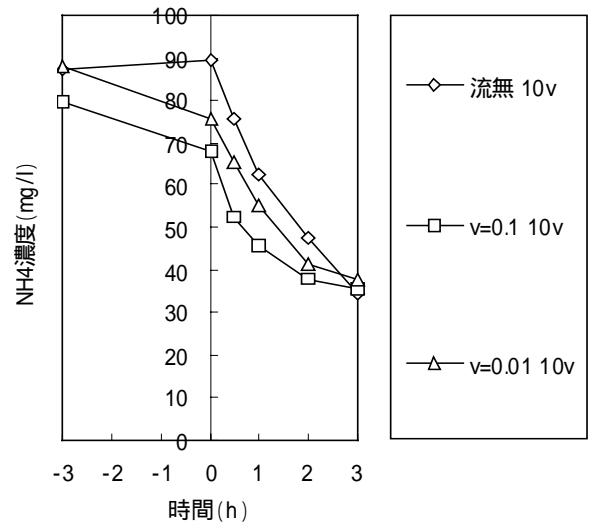


図-3 流れの影響

セル内流速を変化させて行った実験の結果を図-3 に示す。図には、流速を与えないで行った実験の結果も示した。何れの条件においても最終（3時間後）のアンモニウムイオン濃度は 35~40mg/L の範囲で、流速条件により大きく変化することはなかった。しかしながら、流速を増大させることにより、イオン濃度の減少速度は大きくなる傾向にあることが確認できる。これは、電気泳動に移流が加わることによりイオン種がより速く陰極へ移動するようになるものの、その移動の結果生じる陰極付近での濃度上昇（濃縮）や攪拌による電極付近での流体の乱れなどによりイオンフラックスが抑制され、最終的にはほぼ同じ濃度レベルで落ち着いたと推察される。今回の実験では、電解によるイオン分離・濃縮における流速の影響（流速を与えたことの効果）は全体的に小さかった。イオン種の泳動速度に対して、チューブポンプを用いて与えた流速が大きかったことなどの影響が考えられるため、今後も継続して実験を行い検討する必要がある。また、多孔質電極内でのイオン種の濃度、リバース電解時のイオン種の移動、電極反応の影響などについても詳細に検討し、通電によるイオン種の分離・濃縮の効率化に向けてさらに検討する必要がある。

参考文献

- 1) 田中ら (2000) : リンの除去・回収における多孔質電極を用いる電気化学的プロセスの有効性, 第 34 回日本水環境学会年会講演集.