

## 博士論文要旨

## 論文題名：電気二重層を用いた溶液中のイオン除去システムの開発と応用

立命館大学大学院理工学研究科  
総合理工学専攻博士課程後期課程

あんどれす じーの りぎーの  
ANDRES GINNO LIZANO

逆浸透膜法に比べてより高いエネルギー効率と低い運転コストを有する電気二重層イオン除去 (CDI) 法について研究を行った。我々は電気二重層イオン除去システムのために、単純で安価な親水性活性炭ベースの電極の開発を行い、その電気化学的特性を調査した。開発された電極の電気化学的プロパティは三電極サイクリックボルタンメトリー分析から、化学処理による親水性を高めることで電極の静電容量を増加できることを示した。また、アノードとカソードの電極容量を、電極の自然電位と溶液 (水) の酸化還元電位との差に基づいて定め、非対称とすることで、電気化学反応が電極面で起こらない理想的な特性を得ることができることを明らかにした。さらに、電極のイオン除去能力は、 $11\text{mS/cm}$  の導電率で  $\text{NaCl}$  溶液を使って評価した結果、 $2.5:1$  の (アノード:カソード) 厚み比率による電極において、 $0.034$  モル/ $\text{m}^2$  まで高いイオン除去能力を示した。

開発した活性炭電極を積層した CDI スタックについて、ユニポーラおよびバイポーラ接続によるイオン吸着/脱着特性を評価し、バイポーラ回路による CDI スタックがユニポーラ回路のそれに比べて、約  $30\%$  のエネルギーで稼働出来ることを実験に明らかにした。また、イオン吸着/脱着時の処理溶液のフローについて検討を行った結果、イオン吸着時に通液処理、電極再生時にバッチ処理を行う組み合わせが最も効率的にイオンを除去・濃縮できることを明らかにした。さらに、合計  $8$  つの CDI セルを用いて、イオン脱着時のエネルギーを他段のイオン吸着のエネルギーとしてエネルギー回生を行う手法について検討を行い、最高  $81\%$  のエネルギー回生率を達成した。

近年、最終処分場の埋立容量の逼迫に伴い都市ごみ焼却残渣の資源化は喫緊の課題であり、焼却灰のセメント原料化が有望視され、受入も進みつつあるが、その受入量はセメント製造時に塩素を除去する塩素バイパス装置の能力によって制限されている。焼却灰のセメント原料化の更なる促進を目的として、焼却灰の水洗による脱塩システムとその洗浄廃液のクロード化に本研究で開発した電気二重層イオン除去システムを応用し、本方式が逆浸透圧膜 (RO 膜) 法など既存技術に比べてエネルギー効率および運転経費の面で優れていることを明らかにした。