

## 전기투석을 이용한 질산성 질소의 제거

이강춘\*, 이관호<sup>1</sup>, 윤태경<sup>1</sup>  
 동의대학교 화학공학과, <sup>1</sup>동의대학교 환경공학과  
 (glee001@deu.ac.kr\*)

### Nitrate Removal by Electrodialysis

Gangchoon Lee\*, Gwanho Lee<sup>1</sup>, Taekyung Yoon<sup>1</sup>  
 Dept. of Chemical Engineering, Donggeui University  
<sup>1</sup>Dept. of Environmental Engineering, Donggeui University  
 (glee001@deu.ac.kr\*)

#### 1. 서론

산업화가 진전됨에 따라 하천, 호소 등의 방류수역에 오염이 증가하게 되었으며 부영양화의 방지, 친수공간의 확보, 그리고 수자원의 안정적 공급을 위하여 방류수의 수질규제가 시급한 상황이다.<sup>1)</sup> 특히 우리나라는 지표수에 대한 의존도가 높아 부영양화에 의한 수질오염은 수자원이용에 있어서 큰 문제점으로 부각되고 있다. 따라서 부영양화의 주요 원인물질인 질소와 인에 대해 방류수 수질기준이 크게 강화되었다. 그중에서도 총 질소(T-N)는 기존 60 mg/L이었던 것이 20 mg/L로 대폭 강화되었다. 이에 따라 고농도의 질산성 질소를 함유하는 하·폐수 처리에 대한 많은 투자가 이루어지고 있는 실정이다.

수중의 질산성 질소를 제거하는 방법으로는 이온교환, 생물학적 탈질, 화학적 환원법, 역삼투 미세여과로서 멤브레인 탈염 또는 전기투석과 같은 방법들이 가장 일반적인 방법으로 보고되고 있다. 생물학적 탈질법은 많은 양의 소독제 첨가에 따른 음용수의 안정성에 문제가 있으며, 이온교환법은 음이온 교환수지를 사용할 경우 지하수에 존재하는 2가의 황산염이온이 질산성질소보다 먼저 교환된다는 점과 수지의 재생에 많은 양의 NaCl이 소모되며 재생폐액이 발생한다는 단점을 가지고 있다. 가장 효과적인 방법으로 전기투석법과 역삼투법이 고려되고 있다. 두 공정 모두 수질기준을 완벽히 달성할 수 있을 만큼 안정적인 처리가 가능하나 역삼투막법의 경우 고압이 요구되며, 전기투석법에 비해 상대적으로 높은 막오염을 일으킨다.<sup>2)</sup>

본 연구에서는 인공폐수 중의 함유되어 있는 고농도의 질산성 질소를 전기투석을 이용하여 제거하고자 한다. 전기투석기의 운전 시 인공폐수의 농도, 운전전압, 유입유속 등의 운전인자가 질산성 질소의 제거효율에 미치는 영향을 실험적으로 측정하였다. 실험결과는 최적운전조건에 도출에 활용될 예정이다.

#### 2. 실험

본 연구에서 사용된 전기투석장치는 희석조, 농축조, 전극액조, membrane stack, 펌프, 유량계, 정류기 등으로 구성되어있다. 희석조, 농축조 및 전극액조는 내화학성이 좋은 아크릴 재질로 만들어졌으며 부피는 6 L이다. 그리고 최대유량이 17 L의 내화학성

magnetic pump를 사용하였으며, 유량계를 사용하여 유량을 조절하였다. 또한 신일전자디지털(주)의 DC 0~35V, 0~10A, SCR 정류방식의 정류기를 사용하여 전류를 공급하였다. Fig.1에 전기투석장치의 개략도를 나타내었다.

Membrane stack은 일본 AGC ENGINEERING CO., LTD.의 CH-0 모델을 사용하였다. Stack은 10개의 cell pairs(양이온 교환막 1장, 음이온 교환막 1장, 셀프레임 2장)와 두개의 극, 그리고 3장의 양이온 교환막과 그 밖의 셀프레임으로 구성되어있다. 각 이온교환막의 크기는 160 mm \* 280 mm이며, 유효면적이 0.021 m<sup>2</sup>, 막간 간격은 0.75 mm이다. 인공폐수는 Junsei Chemical Co.의 특급시약 KNO<sub>3</sub>로 여러 가지 농도로 제조되었다. 질산성 질소의 분석에는 Metrohm사의 861 Advanced Compact IC(Ion Chromatograph)가 사용되었다.

실험은 실험조건의 범위를 설정하기 위한 한계전류밀도 실험과 운전인자의 영향을 구별하여 진행하였다. 한계전류밀도의 실험은 농도와 유속을 고정한 후 연속식으로 실시하였다. 공급전류의 변화에 따른 막전압을 측정하여 그려진 V-I곡선의 변곡점으로 한계전류밀도를 결정하였다.

운전인자의 영향에 대한 실험은 인공폐수의 농도, 유입유속, 운전전압이 사용되었다. 실험 시 측정인자 이외의 다른 조건은 동일하게 한 후, 정전압 및 회분식 실험을 실시하였다. 전극액은 4%로 하여 실험을 진행하였다. 폐수 농도에 대한 실험은 산업폐수 중 고농도 질산성 질소로 오염된 폐수의 농도를 반영하여 실험을 실시하였고, 농축액 농도의 변화에 따른 실험도 추가로 실시하였다. 그리고 유입유속과 운전전압의 변화에 대한 실험도 실시하였다. 실험의 종료시점은 질산성 질소의 농도가 총질소의 방류수 기준인 20 ppm 그 이하로 안정될 때까지 실시하였다. 샘플은 15마다 3 mL를 채취하였고, 샘플링 후 전기전도도, 온도, pH를 측정하였다.

### 3. 결과 및 토론

#### 한계전류밀도 측정

한계전류밀도는 전기투석의 운전에 절대적인 영향인자로서 적절하게 조절하지 않으면 전력소모가 불필요하게 증가하며, 막을 오염시킬 수 있어 많은 주의가 필요하다. 한계전류밀도 측정을 위해 농축액과 희석액의 농도를 500에서 3000 mg/L로 변화시키면서 1.6 L/min의 일정한 유입유량으로 한계전류밀도를 측정하였다. Fig.2에서 한계전류밀도는 농도에 따라 일정하게 증가하는 것을 볼 수 있다. 1000 mg/L에서의 한계전류밀도는 9.52 mA/cm<sup>2</sup>로 측정되었다.

#### 희석액 · 농축액에 농도에 따른 제거특성

1.6 L/min의 유입유량과 한계전류밀도의 80%에 해당하는 전압으로 농도에 따른 질산성 질소제거에 관한 실험을 진행하였다. Fig.3에서 보면 농축액의 농도를 1000 mg/L로 고정하고 희석액의 농도를 500, 1000, 2000 mg/L로 변화시켜보았다. 그 결과 희석액의 농도가 500 mg/L일 때 약 60분경에 가장 먼저 목표치인 20 mg/L에 도달하였으나, 1000 mg/L일 때가 더 좋은 효율을 보였다. 그리고 희석액의 농도를 1000 mg/L로 고정한 후, 농축액의 농도에 대한 영향을 조사한 결과 Fig.4처럼 전기투석에는 크게 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다.

#### 유입유량에 따른 제거특성

희석액과 농축액의 농도를 1000 mg/L로 하고 한계전류밀도의 80%에 해당하는 전압으로 유량에 대한 질산성 질소제거에 관한 실험을 진행하였다. Fig.5에서와 같이 3.2 L/min에

서 약 60분경에서 가장 먼저 목표치인 20 mg/L에 도달하였다. 하지만 펌프 사용에 따른 전력소모량이라는 측면을 고려하면 1.6 L/min에서 질산성 질소의 제거가 가장 좋은 것으로 나타났다.

**운전전압에 따른 제거특성**

위 실험을 통하여 얻은 결과를 토대로 희석액과 농축액의 농도를 1000 mg/L로 하고 유입유속을 1.6 L/min으로 고정한 후, 운전전압을 한계전류밀도의 60, 80, 100%로 하여 실험을 실시하였다. Fig.6을 보면 한계전류밀도의 100%에서 약 50분경에 목표치인 20 mg/L에 도달하였다. 하지만 한계전류 이상에서의 운전은 전력소모가 심하고, 물 분해에 의해 막오염이 발생할 수 있으므로 한계전류밀도의 80%에서 전기투석실험을 하는 것이 좋은 제거효율을 낼 수 있을 것으로 보인다.

위의 실험 결과를 종합해보면, 고농도의 질산성 질소를 전기투석으로 제거할 때 농도·유입유량·운전전압이 증가할수록 제거효율은 상승하였으나, 전력소모나 막오염의 문제점이 야기될 수 있으므로 적절한 운전인자의 선택이 무엇보다도 중요하다고 할 수 있다. 본 연구에서는 희석액·농축액의 농도1000 mg/L, 유입유량 1.6 L/min 그리고 한계전류의 80%에 해당하는 전압으로 운전하는 것이 좋은 제거효율을 나타내었다.

**4. 참고문헌**

- 1) Wartiovaara, J. and Heinonen, P., "The eutrophication of pulp and paper wastewater recipients," " *Water Sci. Technol.*, 24(3-4), pp. 411~.415(1991).
- 2) M.P. pinoa, B. Durham, "Wastewater reuse through dual-membrane processes: opportunities for sustainable water resources", *Desalination* 124, 1999

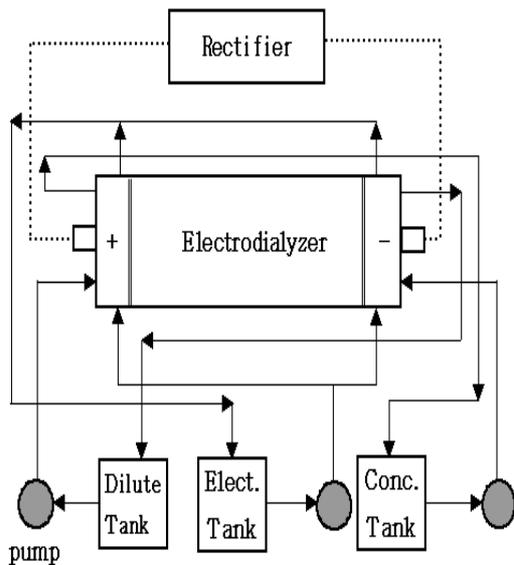


Fig 1. 전기투석기 개략도

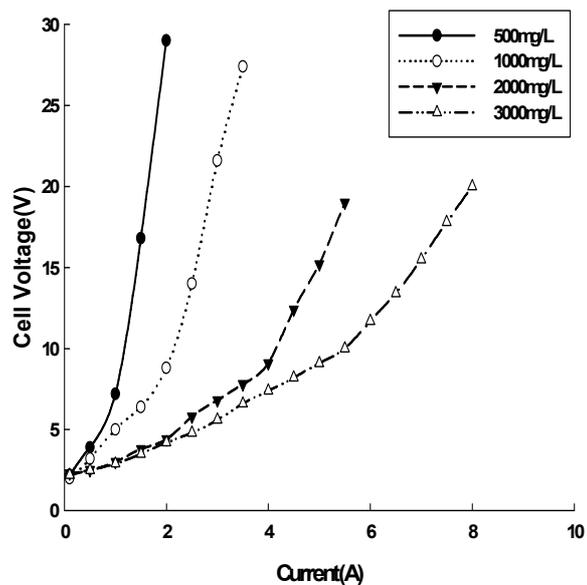


Figure 2. 농도에 따른 한계전류밀도

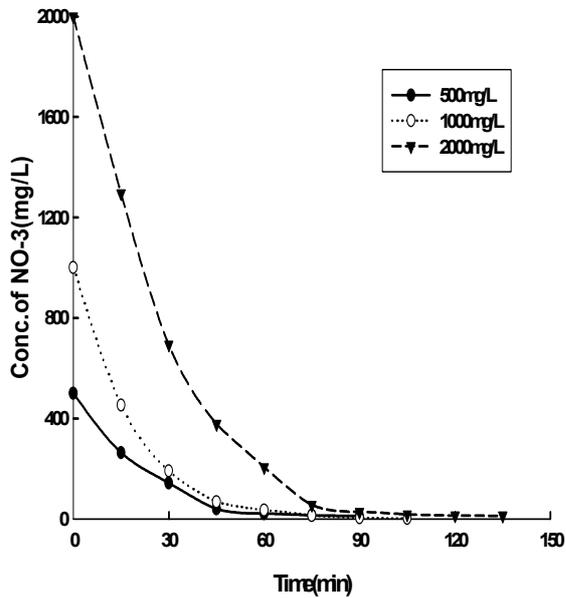


Figure 3. 희석액 농도에 따른 제거특성

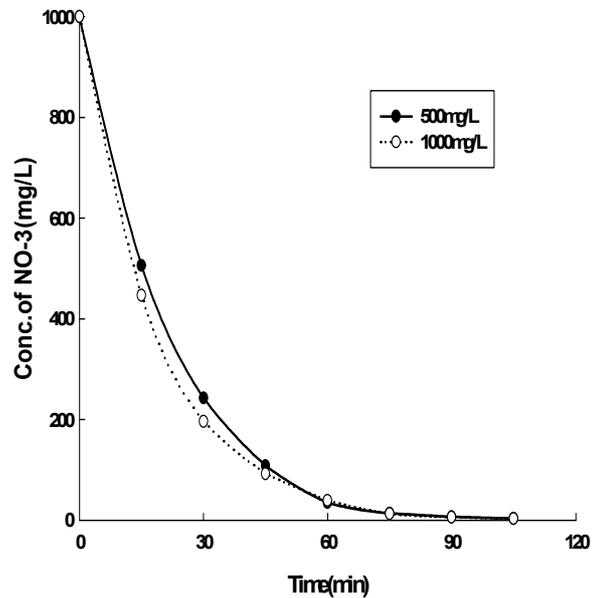


Figure 4. 농축액 농도에 따른 제거특성

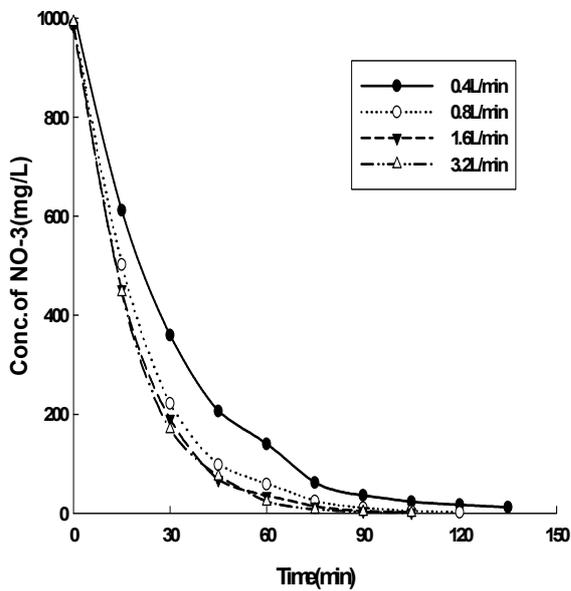


Figure 5. 유입유속에 따른 제거특성

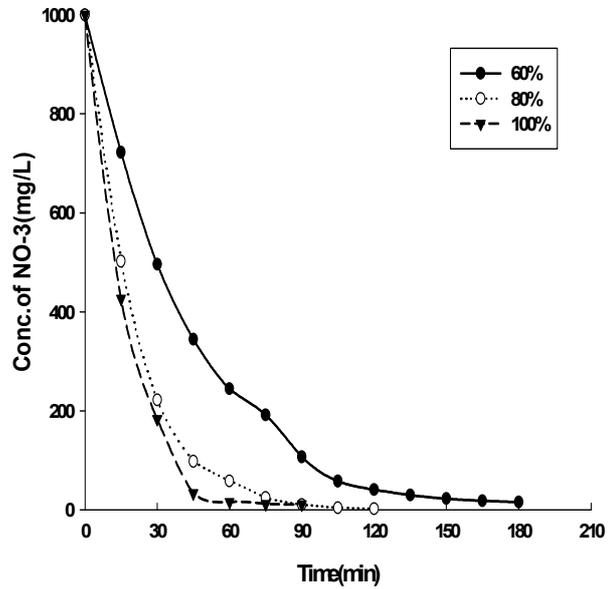


Figure 6. 운전전압에 따른 제거특성