

전기부상법을 이용한 토양세정 유출수 중 유수분리에 관한 연구 : 전해질에 의한 영향

소정현 · 최상일 · 조장환 · 한상근, 류두현*
광운대학교 환경공학과, *전주대학교 환경공학과
e-mail : jhyun94@explore.gwu.ac.kr

요 약 문

전기분해에 의한 부상현상을 이용하여 유류로 오염된 토양 세정 후 발생하는 유출수 중 유분을 분리하기 위한 적정 운전조건을 찾고자 하였다. 전기분해 반응조(200 × 10 × 15cm)에 혼합 계면활성제 (POE5 : POE14, 1:1) 1% 용액에 디젤을 1,000mg/L 농도로 용해시켜 실험하였다. 양극에는 티타늄 코팅전극, 음극으로는 스테인레스 스틸전극을 이용하였다. 반응시간은 62분(반응: 60분, 부상시간: 2분) 이었으며 전압은 6V 였다. 전해질 첨가에 의한 영향을 알아보기 위하여 실험한 결과, 전해질을 첨가하였을 경우 첨가하지 않았을 때보다 40% 정도의 효율이 증가하였다. 적정 전해질, 주입농도 및 반응시간을 알아보기 위하여 1N NaCl과 NaOH의 농도를 변화시켜 가면서 실험하였다. NaCl의 경우 더 좋은 효율을 나타내었다. 전해질의 농도는 0.2 - 1.0% 의 농도 범위에서 NaCl와 NaOH 모두 농도에 따라 순차적으로 효율이 증가하였다. 두 전해질 모두 0.4 - 1.0% 농도 범위에서 평형에 도달하는 시간은 20분으로 나타났다.

key word : 세정 유출수, 유수분리, 전기적 부상, 전해질, 전기적 특성

1. 서론

E/F(electroflotation)공정에 의한 전기적 부상은 전류를 보낼 때 발생하는 전극표면의 변화를 이용하여 수중의 유분 등의 물질들을 부상 분리하는 기술이다. 전기분해 시 음극에서 발생한 전자는 미세한 기포를 발생하고 폐수 등에 용해분산 되어있는 물질의 활성화를 가속시킴으로 산화/환원 반응 및 응집/결합 반응을 촉진시킨다. 이렇게 발생된 미세 기포에 유분 등의 물질들이 부착된 후 부상함으로써 폐수가 정화된다.

E/F 공정은 다음과 같은 여러 가지 장점을 가지고 있다. 첫째, 전기분해 시 발생하는 기포는 평균 입경이 20 μ m 정도로 매우 미세하며, 균일한 크기를 가진다. 둘째, 전류밀도를 조절해 줌으로써 미세기포의 발생량의 조절이 가능하다. 셋째, 수중의 상태(오염물질 종류 및 농도 등)에 따라 알맞는 전극을 사용함으로써 적절한 분리효율을 얻을 수 있다¹⁾.

본 연구에서는 이전 연구 결과를 토대로 보다 효율적으로 세정 유출수 중의 oil-water(이하, O/W) 에멀전을 정화 처리하기 위하여 양극으로 Titanium으로 코팅되어있는 그물형의 전극을 사용하고, 음극으로는 스테인레스 스틸전극을 사용하여 전해질 첨가에 의한 영향, pH에 의한 영향 등과 같은 적정 운전조건을 도출하고자 하였다.

2. 실험재료 및 방법

본 실험에 사용된 전기분해 반응장치의 개략도는 Fig. 1과 같다. 두께 5mm의 아크릴판을 이용하여 전기분해 반응조(200(L)×10(W)×15cm(H))를 제작하였다.

양극으로 Techwin 사(대한민국)의 티타늄이 코팅된 그물형 전극을, 음극으로는 스테인레스 전극을 적용하였으며, DC power supply를 이용하여 전류 및 전압을 일정하게 유지하였다. pH의 변화를 측정하기 위하여 반응기내에 pH meter를 설치하였다. 전극은 10cm(L) × 3cm(H) × 0.1cm(T)의 크기로 제작하였다. 전극판의 유효 접촉면적은 30cm²가 되도록 하였으며, 전극간격은 4cm로 하였다.

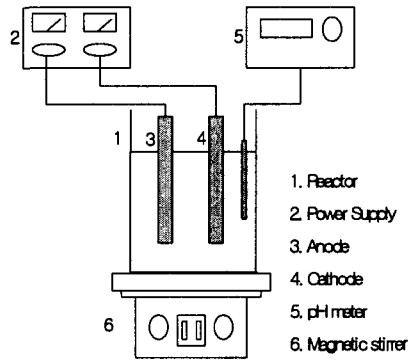


Fig. 1. Schematic diagram for electrofloatation.

POE₅와 POE₁₄ 혼합계면활성제 (1%, 1:1) 용액에 디젤을 첨가한 후 충분히 용해시켜 TPH 기준으로 농도가 1,000 mg/L 정도 되도록 하였으며, 반응용액은 500mL를 사용하였다. 본 실험에 사용된 디젤은 LG정유 제품이며 계면활성제는 한농화성에서 제조한 Polyoxyethylene 계열의 Koemul-OA-5와 Koemul-OA-14를 1:1, 1%로 혼합 제조하여 유화제로 사용하였으며 균질한 O/W 에멀전을 제조하였다. 시료의 탁도는 372 NTU로 균일하였다.

전해질 첨가에 의한 영향을 알아보기 위하여 1N NaCl 용액과 1N NaOH 용액을 제조하여 중량비로 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1%로 변화시켜 가면서 첨가한 후 batch식 E/F 반응기를 이용하여 총 반응시간을 62분(전압 및 전류를 걸어주는 시간 60분, 전압 및 전류 중지 후 기포의 부상시간 2분)으로 하여 실험을 실시하였다. E/F 반응 시 전압은 6V로 하였고, 시료는 10분 간격으로 채취하여 TPH 농도를 분석하였으며, 온도는 25 ± 1°C로 유지하였다.

3. 결과 및 고찰

기존 실험의 결과에서는²⁾ 양극으로 구리를 사용하였을 경우 티타늄 코팅전극을 사용하였을 때보다 효율이 더 우수하게 나타났다(Fig. 2). 이는 양극으로 사용된 금속의 전기전도도 차이 때문인 것으로 판단된다. 그러나, 구리전극의 경우 장기간 사용 시 금속의 용출로 인한 스크림이 대량으로 발생하게 된다. 반면 티타늄 코팅 전극을 사용하였을 경우에는 장기간 사용 시에도 이와 같은 문제가 거의 발생되지 않았다³⁾. 따라서, 전극의 성능과 안정성 등을 고려하여 티타늄 코팅전극을 사용하여 실험을 실시하였다.

전해질 첨가에 의한 영향을 알아보기 위하여 실험한 결과 Fig. 3에서 보는바와 같이 전해질을 첨가하였을 경우 첨가하지 않았을 때보다 40% 정도의 효율 증가를 나타내었다. 이는 NaCl 등과 같은 전해질이 첨가되면 미세기포 특히 수소기포의 크기를 감소시키게 되며 이러한 영향으로 인하여 E/F 공정의 효율이 증가하는 것으로 판단된다.⁴⁾

전해질의 적정 주입 농도를 알아보기 위하여 1N NaCl과 NaOH의 농도를 변화시켜 가면서 실험한 결과 Fig. 4와 Fig. 5에서 보이는 것과 같이 NaCl의 경우 더 좋은 효율을 나타내었다.

이는 NaOH의 경우 용액에 첨가되면 용액의 pH를 상승시켜 용액내에 전류를 흐르게 하는 이온의 양이 줄어들어 전류가 약하게 되며 이로 인하여 전기분해 반응이 잘 일어나지 않아 기포 발생량이 줄어들어 E/F 공정의 효율이 저하되기 때문인 것으로 판단된다. 전해질의 농도는 0.2 - 1.0% 의 농도범위에서 NaCl와 NaOH 모두 농도에 따라 순차적으로 효율이 증가하였다. 두 전해질 모두 0.4 - 1.0% 농도 범위에서 평형에 도달하는 시간은 20분으로 나타났다.

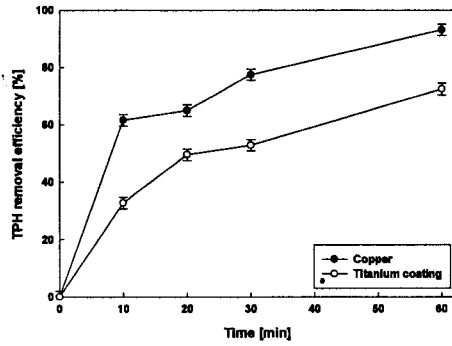


Fig. 2. Copper vs. Titanium coating electrode

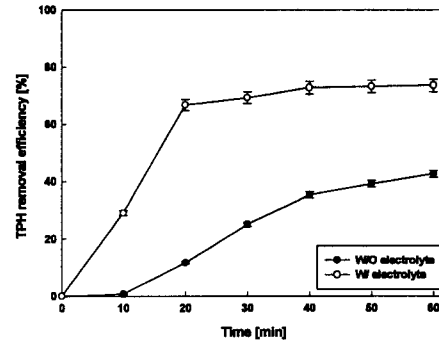


Fig. 3. Effects of electrolyte addition

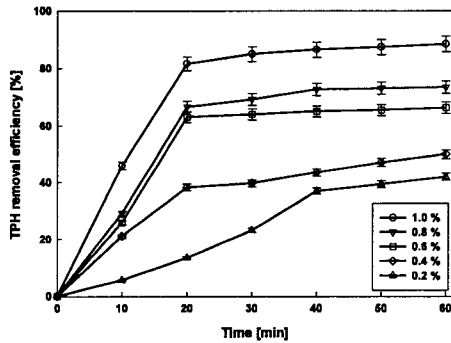


Fig. 4. Effects of NaCl addition

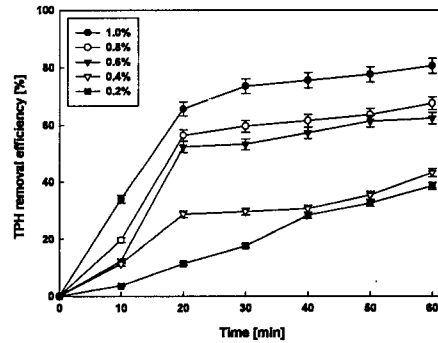


Fig. 5. Effects of NaOH addition

5. 참고문헌

1. Ashraf, Y. H., "Separating oil from oil-water emulsions by electroflotation technique", *Separations Technology*, 6, 9~17(1996).
2. 소정현, 최상일, "전기부상법을 이용한 토양세정 유출수 처리에 관한 연구", *한국지하수토양환경학회지*, 7(3), 79~84(2002).
3. Dodd, C. and Hodgson, D. R., "Electrocatalysis, bubbles and noise", ICI Chemicals and Polymers Ltd, PO Box 7, Winnington Laboratory, Northwich, Cheshire CW8 4DJ (1994).
4. 김달중, 이광형, 신민석, 한무영, "전기부상에 의한 O/W Emulsion의 처리", *한국물환경학회 · 대한상하수도학회 공동춘계학술발표회*, 427~430(2001).