한국지하수토양환경학회 추계학술발표회
2002년 9월 13일~14일 부 산 대 학 교

전기부상법을 이용한 토양세정 유출수 중 유수분리에 관한 연구

소정현, 최상일
광운대학교 환경공학과
e-mail : jhyun94@explore.gwu.ac.kr

요 약 문

전기분해에 의한 부상현상을 이용하여 토양세정 후 발생되는 유출수 중의 유수를 분리하기 위한 적정 운전조건에 관하여 고찰하였다.

전압에 의한 유수분리 효율을 관찰한 결과, 전기분해 1시간 후 3V의 전압만으로도 88% 정도의 제거율을 나타내었으며 6V 이상의 전압에서는 90% 정도로 거의 비슷한 제거율을 나타내어 대부분의 에멀젼이 분리됨을 확인할 수 있었다. 동일조건에서는 전기분해 시간이 경과될 수록 분리효율이 향상되었으며, 전극 간격이 넓어질수록 같은 효율을 얻기 위해 소요되는 전압의 크기가 커짐을 알 수 있었다. 전기분해 시 양극에서는 OH^-의 방전으로 발생되는 산소에 의해 산화반응이 일어나며, 음극에서는 H^+가 방전되어 발생되는 수소에 의해 환원반응이 일어나며 미세한 기포가 형성된다. 유분의 부상분리 현상은 유분의 (-)charge와 전기분해에 의해서 발생되는 양이온의 결합으로 인한 중화반응 및 음극에서 발생되는 미세 수소기포로 인한 부상분리가 대부분을 차지하며, 전압 및 전기분해 시간이 증가하고 전극 간격이 좁을수록 음극에서 발생되는 미세기포의 양이 증가되어 부상효과가 크게 나타나는 것으로 판단된다. 전극 종류는 구리 > 알루미늄 > 철 > 티타늄 순으로 효율을 나타내었으며, 이는 양극으로 사용된 이러한 금속들의 전기전도도 차이에 의해 일어나는 현상으로 판단된다.

key word : flushing effluent, oil-water separation, electrolysis, electroflotation, electrical characteristics

1. 서론

우리 나라는 지속적인 경제개발과 이에 따른 환경보전 미흡으로 인하여 토양 및 지하수 오염 문제가 심각한 수준에 와 있으며, 현재 12,007개소의 주유소 및 4,404개소의 석유류 저장 산업시설이 유류 관련 토양오염 유발시설로 관리되고 있다[1].

원위치 토양세정 (*In-situ* soil flushing) 기법은 유류 등으로 오염된 토양에 물, 계면활성제 등의 세정제를 주입함으로써 소수성 오염물질의 용해도를 높여 오염물질의 이동현상을 가속화시키는 기법이다[2]. 그러나 이 기법은 세정 후 발생되는 세정 유출수를 적절히 처리하지 않는 경우 주변 지하수를 오염시키는 문제점을 가지고 있다.

본 연구에서는 지중처리 방식인 전기분해법을 적용하면서 전압, 전기분해 시간, 전극 간격 및 전극 종류 등과 같은 적정 운전조건을 도출하고자 하였다. 전기분해에 의한 오염물질의 제거 이론은 전기적 응집 (electrocoagulation), 전기적 부상 (elecetoflotation), 전기적 산화 (electrooxidation), 표면착화(surface complexation), 정전기적 인력(electrostatic attraction), 화학적 전환(chemical modification), 화학적 침전(chemecal precipitation) 등이 있다[3].

2. 실험재료 및 방법

2.1 실험방법

POE_5와 POE_{14} 혼합계면활성제 (1%, 1:1) 용액에 디젤을 첨가하여 충분히 용해시켜 TPH 기준으로 1,000 mg/L 정도의 농도로 제조하였으며, 이 반응액의 pH는 5.6이었다. 반응용액은 1,000mL를 사용하였다.

2.1 전압에 의한 영향

전기분해 시간을 30분 및 1시간으로 하고 구리전극(전극 간격 1cm)을 이용하여 3, 6, 9, 12V로 전압을 변화시켜 가면서 분리효율을 파악하였다.

2.2 전기분해 시간에 의한 영향

전압 6V, 구리전극(전극간격 1cm)을 이용하여 전기분해 시간 10, 20, 30, 60분에 대한 분리효율을 파악하였다.

2.3 전극 간격에 의한 영향

전기분해 시간은 10, 20, 30, 60분으로 하고 전압 6V 구리전극을 이용하여 2, 4, 6, 8, 10, 15, 18cm의 전극간격에 대하여 분리효율을 파악하였다.

2.4 전극 종류에 의한 영향

전기분해시간 60분, 전압 6V, 전극간격 10cm에 대하여 음극은 스테인레스로 하고 양극으로는 철, 알루미늄, 구리, 티타늄 등을 바꾸어가며 분리효율을 파악하였다.

3. 결과 및 고찰

전압에 의한 유수분리 효율을 관찰한 결과(Fig. 1), 전기분해 1시간 후 3V의 전압으로 88% 정도의 제거율을 나타내었으며 6V 이상의 전압에서는 90% 정도로 거의 비슷한 제거율을 나타내었다.

전기분해 시 양극에서는 OH 의 방전으로 발생되는 산소에 의해 산화반응이 일어나며, 음극에서는 H^+가 방전되어 발생되는 수소에 의해 환원반응이 일어나며 미세한 크기의 기체 방울이 형성된다[4]. 알루미늄 전극을 사용하였을 때의 반응 메카니즘은 다음과 같다[5].

$$\text{양극 : } 4OH \rightarrow 2H_2O + O_2 + 4e \qquad (1)$$

$$\text{음극 : } 2H^{'} + 2e \rightarrow H_2(g)\uparrow \qquad (2)$$

유분의 부상분리 현상은 유분의 (-)charge와 전기분해에 의해서 발생되는 양이온의 결합으로 인한 중화반응 및 음극에서의 미세 수소기포 발생으로 인한 부상분리가 대부분을 차지하는 것으로 판단된다[6].

Fig. 2에서 보는 바와 같이, 전기분해 시간이 클수록 우수한 분리효율을 나타내었다. 10분간의 체류시간으로 전기분해 시켰을 경우 60% 정도의 효율을 나타내었는데 이는 반응 체류 시간이 너무 짧기 때문에 전기 화학적 반응이 충분히 일어나지 않았음을 의미한다. 체류시간을 60분으로 증가시켰을 경우 분리효율이 95% 정도로 증가함을 알 수 있었다.

전극 간격에 의한 유수 분리효율은 전압 크기와 밀접한 관계가 있다. 일반적으로 전극 간격이 넓어질수록 전극간의 저항이 증가하여 효율적인 전류가 흐르지 못하기 때문에 동일한 유수 분리효율을 얻기 위해 소요되는 전압의 크기가 커진다. Fig. 3에서 볼 수 있듯이 전극 간격이 넓을수록 분리효율이 급격히 감소하는 경향을 나타내었다. 따라서 전기부상법을 저비용·고효율로 운전하기 위하여는 전극간격과 소요 전압간의 적정관계를 파악하는 것이 필수적이라 판단된다.

전극종류에 의한 영향을 관찰한 결과, Fig. 4에서 보는 바와 같이 구리 > 알루미늄 > 철 > 티타늄 순으로 효율을 나타내었다. 외부에서 전압(electric voltage)이 걸려오면 전자(electron)는 거시적으로 이동을 하여 직접적으로 전기전도(electronic conduction)를 일으키거나 간접적으로 이온전도(ionic conduction)를 일으키게 되므로 양극으로 사용된 금속들의 전기전도도의 차이에 의해

일어나는 현상으로 판단된다.

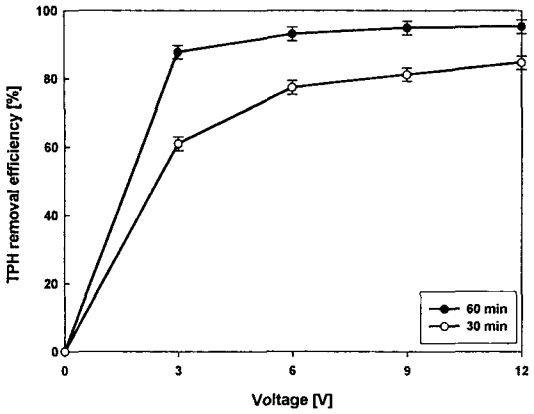

Fig. 1. TPH removal efficiencies vs. voltages (pH, initial TPH conc., volume of surfactant solution, and type/distance of electrodes are 5.6, 1,000mg/L, 1,000mL, and copper/1cm, respectively).

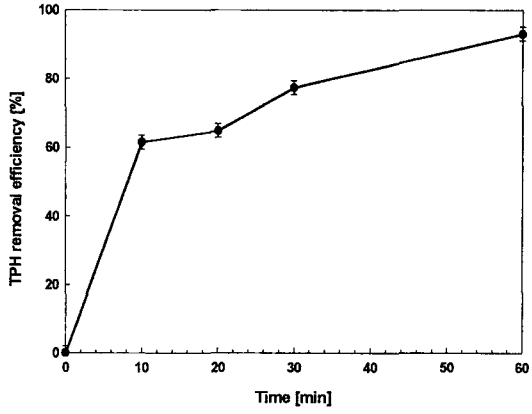

Fig. 2. TPH removal efficiencies vs. reaction times (pH, initial TPH conc., volume of surfactant solution, voltage, and type/ distance of electrodes are 5.6, 1,000mg/L, 1,000mL, 6V, and copper/1cm, respectively).

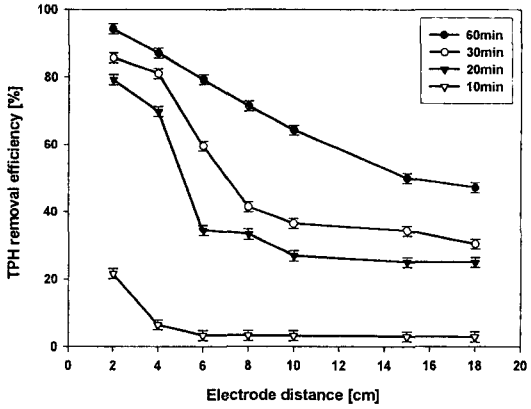

Fig. 3. TPH removal efficiencies vs. electrode distances (pH, initial TPH conc., volume of surfactant solution, voltage, and type of electrodes are 5.6, 1,000mg/L, 1,000mL, 6V, and copper, respectively).

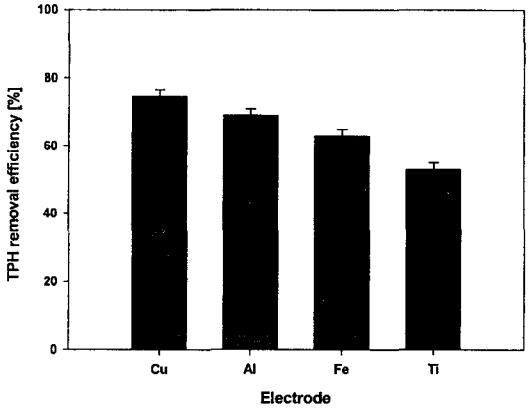

Fig. 4. TPH removal efficiencies vs. types of electrodes (pH, initial TPH conc., volume of surfactant solution, voltage, reaction time, and distance of electrodes are 5.6, 1,000mg/L, 1,000mL, 6V, 60min, and 10cm, respectively).

감사의 글

본 연구는 2002년 광운대학교 교내학술 연구비 지원에 의해 수행되었으며 이에 감사드립니다

5. 참고문헌

1. 환경부, "토양환경보전 정책방향", 1999. 12.

2. Taylor, P. T., Kurt, D. P., Linda, M. A., and Jacob, H. D., "Surfactant enhanced recovery of tetrachloroethylene from a porous medium containing low permeability lenses 1. Experimental studies", *Journal of Contaminant Hydrology*, **48**, 325~350(2001).

3. Acar, Y. B. and Alshawabkeh, A. N., "Principles of electrokinetic remediation", *Environ. Sci. & Tech.*, **27(2)**, 283~291(1993).

4. Boikess S. R. and. Edward, E., Chemical Principles : Third edition, Harper & Row(1994).

5. 김성국, 박상원, 홍대일, "전기분해에 의한 염색폐수 처리공정에 관한 연구", *한국환경과학회지*, **8(4)**, 539~545(1999).

6. Hosny Y. A., "Separating oil from oil-water emulsions by electroflotation technique", *Separations Technology*, **6**, 9~17(1996).