

## 전기응고법을 이용한 오염 수 정화

김원영 · 박관순 · 오창섭<sup>†</sup>

한국과학기술정보연구원

(2014년 7월 8일 접수, 2014년 9월 1일 수정, 2014년 9월 2일 채택)

### Survey on electrocoagulation to purify contaminated water

W.Y.Kim, K.S.Park, C.S.Oh<sup>†</sup>

ReSEAT Program, Korea Institute of Science and Technology Information

(Received 8 July 2014, Revised 1 September 2014, Accepted 2 September 2014)

#### 요약

수중에서 인, 질소의 함유농도는 부유고형물의 농도에 비례하여 증가하기 때문에 부유고형물의 제거는 유기물과 함께 질소, 인을 동시에 제거할 수 있다. 부유고형물은 수중에 미분체를 투입하면 투입된 미분체와 부유고형물 사이에는 반데르발스 힘과 같은 인력이 작용하여 응집이 형성되고 이 응집덩어리는 자성을 띠게 된다. 이와 같은 자성응집덩어리를 자력에 의해 형성된 자성 매트릭스에 직접 부착시켜 분리 제거함으로써 오수를 세정할 수 있다. 본 자료는 자성분리기술과 관련하여 오수 내의 부유고형물의 제거특성에 대한 것을 실험적으로 평가하고 부유물의 제거효율에 대하여 규명하고자 한다.

주요어 : 부유고형물, 자성유체분리, 오염 수, 부유고형물 제거, 전기응고법

Abstract - A magnetic fluid separation technology was confirmed to be very effective to remove the suspended solids from contaminated water. We have surveyed on the effects of operating variables on the characteristics of suspended solids(SS) removal investigated through the test runs using magnetic powder. Magnetic flocculation here formed by adsorbing fine magnetites on the surface of suspended solid was observed. The strength of magnet was of significance in determining the SS removal efficiency.

**Key words** : suspended solids, magnetic fluid separation, contaminated water, SS removal, electrocoagulation

#### 1. 서 론

최근 축산업의 증가와 함께 축산폐기물 및 축산폐수가 다량으로 배출되고 있어 축산오수처리에 대한 관심이 환경오염 감소와 정화수를 사용하기 위한 정화를 위해서 오수처리에 많은 연구와 논의의 대상이 되고 그에 대한 관심이 점점 높아지고 있다. 현재 특히 지하수를 사용하는 양식장에서는 제한된 공간에

소량의 물을 이용하여 어류를 고밀도로 양식하기 때문에 양식장에서의 수질오염은 어류의 성장이나 어류의 생존에 치명적인 영향을 미치므로 고도의 수질관리가 요구된다. 특히 축산폐기물과 오수는 다른 오염원에 비해 발생량은 적으나 가축의 분뇨나 사료 찌꺼기 등이 함께 배출되기 때문에 환경오염의 부하가 대단히 높다. 유기물, 부유고형물, 질소, 인 등의 농도가 높은 상태로 처리되지 않고 방류될 경우 인근 하천의 수자원은 물론 부영양화 현상과 해역의 적조현상, 그리고 지하수 오염 및 부패 시에 악취문제를 발생시킨다. 부유고형물(SS: suspended solid)은 한우, 젓소, 돼지 등이 특히 많이 발생시키고 있으며 배출되는 축

<sup>†</sup>To whom corresponding should be addressed.

KISTI, ReSEAT Program, Daejeon 305-806, KOREA

Tel : 042-869-0767 E-mail : chspoh@daum.net

산폐수 내 부유고형물의 농도는 축산시설과 폐수의 관리법에 따라 관리되고 있다. 축산폐수 내 BOD, COD 그리고 전체 인, 질소의 농도가 부유고형물의 농도에 비례하여 증가되기 때문에 부유고형물의 제거는 유기물과 질소, 인을 동시에 제거할 수 있어 그 중요성이 대단히 높은 것으로 생각된다. 축산폐수 시설의 방류수의 수질기준은 축산폐수 정화시설의 부유고형물의 농도가 축산폐수 공동처리시설의 경우 1996년부터 30ppm이하로 크게 강화되었다. 현재 운영 중이거나 설치예정인 축산폐수시설은 이러한 방출기준에 맞게 설치되어 운영되어야 하기 때문에 기존 설비의 효율 증대와 새로운 기술 개발이 시급하다.

## 2. 전기응고법의 특징

일반적으로 폐수고형물은 서로 같은 전하를 띠고 있어 발생하는 정전기적 반발력에 의해 독립적으로 분산되어 있으며 그 자체의 입경이 작고 물과의 낮은 밀도차이로 인해 자연 침강으로 분리하고자 할 경우 장시간이 소요된다. 그러므로 여과나 이온교환 등 일부 특수한 경우를 제외한 대부분의 폐수처리 공정에서는 부유고형물의 인위적인 응집을 위해 응집제를 투입하여 고형물의 입경을 크게 한 후 침전시키고 있다. 그렇지만 이러한 공정에는 많은 시간과 공간이 필요하고 응집현상 그 자체가 폐수의 물리 화학적 성질에 대단히 민감하여 응집제의 종류, 응집제사용량, 화학반응 및 교반방법 등의 적정조건을 찾기가 용이하지 않고 투입되는 응집제 때문에 2차 오염으로 인한 악성폐수의 환경 친화적인 처리에는 한계가 있다. 부유고형물이 함유된 폐수 등에 미분체를 투입하여 교반하면 투입된 미분체와 부유고형물 사이에 반테르

발스 힘과 같은 인력이 작용하여 플럭스(응집덩어리:flocks)가 형성된다. 이때 투입되는 미분체가 마그네타이트와 같이 자성을 띠고 있는 경우에는 형성되는 응집덩어리도 자성을 띠게 된다. 이와 같은 자성 응집덩어리를 자력에 의해 형성된 자성 매트릭스에 직접 부착시킨 다음 분리 제거함으로써 오수를 세정할 수 있다. 본 자료는 이와 같은 자성분리기술과 관련하여 폐수 내의 부유고형물의 제거특성에 대한 것을 실험적으로 평가하고 부유물의 제거효율을 분체물성 측면에서 규명하고자 한다.

## 3. 실험

본 실험에 사용된 자성유체분리 장치는 [Fig. 1]과 같다. 자성유체분리 장치의 구성은 자성유체분리 탑, 자성 미분체의 교반탱크, 폐수와 자성미분체의 혼합수를 공급하는 펌프, 자석세트로 되어 있다. 자성유체분리 탑은 직경 5cm, 높이 100cm인 아크릴 관으로 되어 있으며 자석 세트는 축 방향으로 약 15cm간격으로 5단이 설치되어 있다. 자석은 가로, 세로, 두께 각각 2.3cm, 4cm, 0.9cm인 직육면체 형태로 표면자력이 200Gauss인 저 강도 자석과 표면자력이 1000Gauss인 고 강도 자석 두 종류의 영구자석을 사용하였다. 각 자석세트는 아크릴 관의 외벽 원주를 따라 자석 3개를 120° 각도로 배치하였다. 순환수용 부유 고형물은 순환수로부터 여과포를 이용하여 슬러지 상태로 포집하고 건조로에서 충분히 건조한 후 데시케이트에 보관하여 사용하였다. 매 실험마다 고형물의 일정량을 채취해서 분쇄기로 약60 $\mu$ m이하로 분쇄하였으며 분쇄된 고형물을 물에 분산하여 실험용 순환수로 사용하였다.

## 4. 결과 및 고찰

자성유체분리 탑의 자석세트에 표면자력이 200Gauss와 표면자력이 1,000Gauss인 두 종류의 자석을 사용하였을 때 부유고형물(SS: Suspended Solids)의 제거 효율에 대한 표층액체유속(superficial liquid velocity)의 영향은 [Fig. 2]와 같다. 200Gauss의 저 강도 자석을 사용한 경우 표층액체유속의 증가에 따라 부유고형물의 제거효율이 급격히 저하하지만 1,000Gauss의 고 강도 자석을 사용한 경우에는 표층액체유속이 약1.0cm까지 높아져도 부유고형물의 제

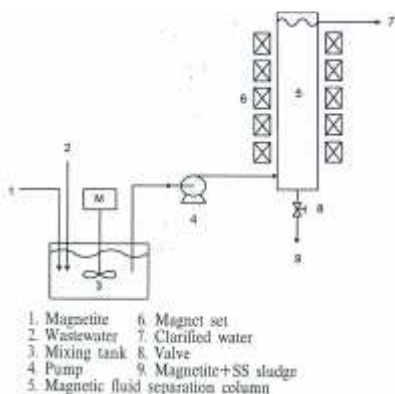


Fig. 1. Schematic diagram of experimental apparatus.

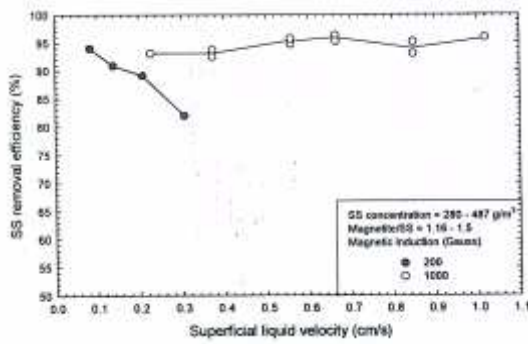


Fig. 2. Relationship between SS removal efficiency and superficial liquid velocity with respect to the strength of magnet.

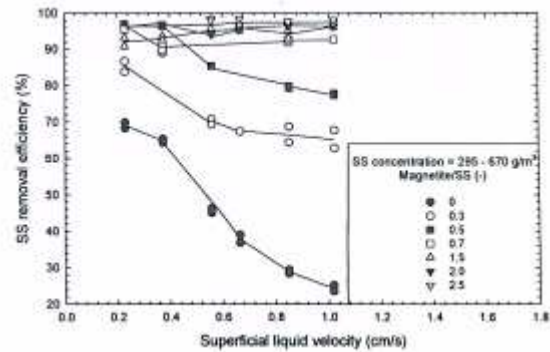


Fig. 3. Effect of superficial liquid velocity on the SS removal efficiency.

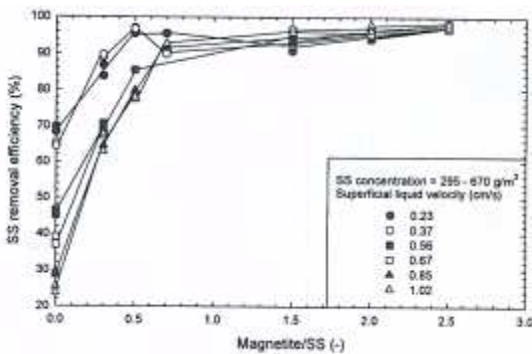


Fig. 4. Effect of Magnetite/SS mass ratio on the SS removal efficiency

거효율은 거의 일정한 값을 보였다. 여기에서 사용한 자성유체분리 탑에서의 순환처리속도는 저 강도 (0.34m<sup>3</sup>/day)와 고강도(1.7m<sup>3</sup>/day)의 자석세트에서 약 5배의 차이가 났다. [Fig. 3]은 부유고형물 제거효율에 대한 표층액체유속의 영향이다. 표층액체유속의 증가는 순환수의 축 방향 흐름으로 유체역의 증가를 가져와 자석이 반경방향으로 자성 플럭스를 당겨서 포집하는데 부정적 영향을 주고 부유고형물의 제거효율이 감소하는 경향을 보인다. 순환수내 부유고형물의 농도, 즉 순환수의 단위 부피당 부유고형물의 질량에 대해 투입되는 마그네타이트의 질량비의 변화에 따른 부유고형물의 제거 효율을 나타내면 [Fig. 4]와 같다.

### 5. 결론

자성미분체와 부유고형물 사이의 작용하는 응집력에 의해 부유고형물의 표면에 다수의 자성미분체가 부착된 형태의 자성플럭스를 형성하고 이들을 이용하

는 자력분리 방식의 자성유체분리기술이 오수 고형물의 제거에 유용하다. 자성유체분리에 의한 순환수내 부유 고형물의 제거에서 변수인 자석의 세기, 표층액체유속, 부유고형물의 질량비 및 부유고형물의 농도 영향 평가에서 다음과 결론을 얻었다.

- 1) 자성유체분리에 의한 부유고형물의 제거에서는 사용하는 자석의 세기가 부유고형물의 제거 효율과 설비의 처리 용량을 결정하는데 크게 영향을 미치었다.
- 2) 표층액체유속의 증가에 따른 제거효율의 저하는 마그네타이트/부유고형물의 질량비가 증가할수록 감소하였다. 마그네타이트/부유고형물의 적정 질량비는 약1.0 또는 그 이상이었다.

### 사사

본 자료는 과학기술진흥기금 및 복권기금에 의해 지원된 KISTI ReSEAT프로그램으로 수행되었습니다.

### References

1. Baeyens, J.D. Geldart and S.Y. Wu. 1992. Elutriation of fines from gas fluidized beds of Geldart A-type powders-effect of adding superfines. Powder Tech., 71, 71-80.
2. Chapman, P.E., J.D. Popham, J. Griffin and J. Michaelson. 1987, Differentiation of physical from chemical toxicity in solid waste fish bioassay. Water, Air, and Soil Pollution, 33,

- 295-308.
3. Chen, S., M.B. Timmons, DJ. Aneshansley and J.Jr. Bisogni. 1993. Suspended solids characteristics from recirculating aquacultural systems and design implications. *Aquaculture* 112 : 143-145.
  4. Liao, P.B and RD. Mayo. 1974. Intensified fish culture combining water reconditioning with pollution abatement. *Aquaculture*, 3, 61-85.
  5. Sakai, Y., S. Kurakata and F. Takahashi. 1991. Magnetic forced sedimentation of flocs in activated sludge supplemented with ferromagnetic powder of iron oxide. *J. Ferment. Bioeng.*, 71 (3), 208-210.
  6. Spotte, S.H. 1979. *Seawater aquariums, The captive environment*. Wiley, New York, 413 pp.
  7. Terashima, Y., H. Ozaki and M. Sekine. 1986. Removal of dissolved heavy metals by chemical coagulation, magnetic seeding and high gradient magnetic filtration. *Wat Res.*, 20 (5), 537-545 .
  8. Tsouris, C. and S. Yiacoumi. 1997. Particle flocculation and filtration by high-gradient magnetic fields. *Separ. Sci. Tech.*, 32 (1-4), 599-616.
  9. Wickins, J.F. 1980. Water quality requirements for intensive aquaculture : A Review, Symposium on New Developments in the Utilization of Heated Effluents and Recirculation Systems or Intensive Aquaculture. ELFAC, lith Session, Stavanger, Norway, 28-30 May.
  10. Yeo, P.M., Y.H. Kim, K.H. Suh, and I.K. Suh. 1997. Removal of suspended solids from wastewater by magnetic fluid separation Theories and Application of *Chern. Eng.*, 3 (2), 2933-2936