

제철 폐기물을 이용한 NO_3^- 흡착제거

현재혁 · 정진홍

충남대학교 환경공학과

NO_3^- Adsorption by Steel Wastes

Jae-Hyuk Hyun · Jin-Hong Jung

Dept. of Env. Eng., Chungnam National Univ.

요약문

질산염(NO_3^-)은 음전하를 띠고 있기 때문에 지하에서 제거되기 어려운 물질 중 하나이다. 특히, 매립지로부터 침출수로 유출될 경우 통제하기가 곤란하다. 본 연구에서는 제철폐기물로서 다량 발생하는 제강슬러지와 제강슬래그를 매립지 복토/차수재로 이용시 NO_3^- 흡착 제거 가능성을 알아보기 위해 온도, pH, 초기농도를 변화시키는 회분식방법의 실험을 실시하였다. 온도와 pH는 낮을 때, 초기농도는 높을 때 높은 흡착제거 효율을 나타내었다.

주제어 : 흡착제거, NO_3^- , 제철폐기물

1. 서론

질산염(NO_3^-)이 인체에 유입되어 중독으로 인한 사망, 졸도, 유산 등을 야기시키는 경우가 국내외적으로 점차 증가하고 있다. 지하수중의 NO_3^- 는 하수·분뇨, 진답에 시비된 질산비료 등에 포함되는 NH_4^+ 가 최종적으로 산화되어 고농도화 된다. 96년 5월 김포 매립지에서의 침출수 원수 분석결과에서 질산성 질소의 농도가 180 mg/l 에 이르고 있는데, 매립장이 효율적으로 관리되지 못해 유출되는 침출수중의 NO_3^- 에 의한 오염가능성도 배제할 수 없다. 또한, 토양은 일반적으로 음이온의 흡착능이 작으므로 NO_3^- 는 용탈되어 지하수성분에 쉽게 포함되며 토양에 의한 제거가 곤란한 물질이다. 음용수수질기준에서는 건강상 유해영향 무기물질로 NO_3^- 를 10 mg/l 이하로 규제하고 있다. 한편, 96년도 포항제철소와 광양제철소에서 발생하는 제강 슬래그와 제강 슬러지는 각각 3,864,289톤과 1,028,909톤으로 보고 되었다. 이렇게 많은 양의 폐기물을 위생매립장에서 대량으로 필요한 복토재 및 차수재로 활용하므로써 복토재의 구입문제 해결, 폐기물 재활용 그리고 매립장에서 발생하는 침출수질 향상이라는 일석 삼조의 효과를 거둘 수 있을 것이다. 본 실험에서는 포항제철에서 폐기물로 발생한 제강슬러지와 제강슬래그를 이용한 NO_3^- 흡착실험을 통해 이들 폐기물의 매립지 복토/차수재로 활용시 NO_3^- 흡착제거 가능성을 알아보고자 한다.

2. 실험 방법 및 장치

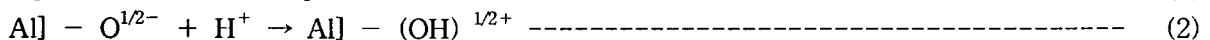
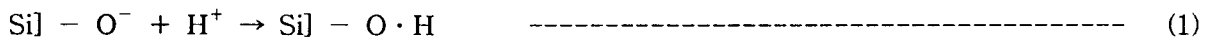
피흡착 물질인 질산염은 105℃ 오븐에서 24시간 건조시킨 Potassium Nitrate (KNO₃)를 이용하여 제조하였고 흡착제인 제강슬러지와 제강슬래그는 105℃ 오븐에서 24시간 건조시킨 후, 200 mesh 체를 통과한 것을 사용하였다. 비교 흡착물질로 기존 복토/차수재로 흔히 쓰이는 Na-Bentonite와 Gibbsite를 함께 실험하였다. 100ml의 용액에 1 g의 흡착제를 투입하여 140회/분 왕복운동하는 항온진탕기를 이용하여 shaking 시켰으며 농도, 온도, pH에 따른 흡착능의 변화를 보기위해 농도는 5, 10, 20, 40 ppm으로, 온도는 25, 37, 50 ℃로, pH는 3, 7, 11로 HCl을 이용하여 고정시켰다. 항온진탕기에서 평형상태에 도달한 후 용액에 남아 있는 오염물의 양을 0.45 μm pore size의 Membrane filter로 거른 후 UV를 이용하여 측정하는 회분식 방법으로 실험하였으며, 온도, pH, 초기농도에 따른 흡착제거율을 비교·분석하였다.

3. 실험결과 및 고찰

실험결과 Bentonite, 제강슬러지, 제강 슬래그는 약 48시간 후에 평형에 도달하는 것으로 나타났으며 Gibbsite의 경우는 약 24시간 후에 평형에 도달하였다. 25℃, pH 3, 초기농도 40 ppm 에서 최대 흡착제거율이 나타나는데, 이 때 각 흡착제의 제거율은 Na-Bentonite가 55.9%, 제강슬러지가 50.9%, 제강슬래그가 46% 그리고 Gibbsite가 36%를 나타내었다.

3.1 pH에 따른 제거율 변화

25℃, 초기농도 40 ppm에서 제강슬러지의 흡착제거율은 pH 3에서 51%, pH 7에서 38.5 %, pH 11에서 26 %로 나타났으며, 제강슬래그의 경우 pH 3에서 46%, pH 7에서 31.6%, pH 11에서 24.3 %로 나타났다. 두 흡착제 모두 pH가 11에서 3으로 낮아지면서 흡착제거율은 약 2배 증가하였다. 한편, Bentonite의 흡착제거율은 pH 3에서 55.9%, pH 7에서 46.9%, pH 11에서 41.2%로 나타났으며, Gibbsite의 경우는 pH 3에서 36%, pH 7에서 29.2%, pH 11에서 14.4%로 나타났다. 제강슬러지와 제강슬래그는 SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃를 함유하고 있어 pH가 낮아지면서 표면에 양전하가 증가했기 때문이다. 즉, pH-dependent Charge에 의한 영향이라 사료된다.



식 (1)은 산성쪽에서 음전하는 감소하고 식 (2)는 산성쪽에서 양전하가 증가하는 것을 의미한다.

3.2 온도에 따른 제거율 변화

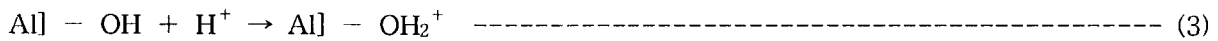
pH 3, 초기농도 40 ppm을 기준으로 제강슬러지의 흡착제거율은 25℃에서 50.9%, 37℃에서 34.9%, 50℃에서 25.2%로 나타났으며, 제강슬래그의 경우 25℃에서 46%, 37℃에서 32.1%, 50℃에서 24.3%로 나타났다. 두 흡착제 모두 25℃에서 50℃로 온도가 상승하면 흡착제거율이 약 절반으로 감소하였다. 한편, Bentonite의 흡착제거율은 25℃에서 55.9%, 37℃에서 47%, 50℃에서 40%로 나타났으며, Gibbsite의 경우 25℃에서 36%, 37℃에서 21%, 50℃에서 15.3%로 나타났다.

3.3 농도에 따른 제거율 변화

25°C, pH 3을 기준으로 제강슬러지의 흡착제거율은 초기농도 5 ppm에서 17.8%, 10 ppm에서 25.3%, 20 ppm에서 42.3%, 40 ppm에서 50.9%로 나타났으며, 제강슬래그는 초기농도 5 ppm에서 19.8%, 10 ppm에서 26.4%, 20 ppm에서 38.2%, 40 ppm에서 46%로 나타났다. 한편, Bentonite의 흡착제거율은 초기농도 5 ppm에서 18.2%, 10 ppm에서 31.5%, 20 ppm에서 43.8%, 40 ppm에서 55.9%로 나타났으며, Gibbsite는 초기농도 5 ppm에서 10.6%, 10 ppm에서 16.7%, 20 ppm에서 28.3%, 40 ppm에서 36%로 나타나 농도가 높아질수록 흡착제거율은 증가함을 알 수 있다.

4. 결론

질산염의 점토에 대한 흡착기작은 주로 정전기적 결합에 의한다. 점토는 주로 음전하를 띠고 있지만 약간의 양전하를 포함하며, 또한 pH가 낮아질 경우에는 양전하가 증가하는 pH-dependent Charge를 가지고 있는데, 이들에 의해 질산염의 흡착이 일어난다. Gibbsite의 경우도 pH가 감소하면 수산기(-OH)의 해리에 의해 식 (3)과 같이 양전하가 증가하여 질산염의 흡착이 일어난다.



제강슬러지와 제강슬래그는 SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃를 함유하고 있어 점토와 마찬가지로 Permanent Charge와 pH-dependent Charge에 의해 질산염을 흡착한다. 따라서 pH가 낮을 경우, pH-dependent Charge에 의해 흡착제거율이 증가하였으며, 온도는 낮을 경우에, 초기농도는 높을 경우에 흡착제거율이 증가하였다. 매립장 침출수에서의 질산염의 농도가 100 ppm 이상으로 높음을 고려할 때 흡착제거에 유리할 것이다. 제강슬러지와 제강슬래그는 Na-Bentonite보다는 약간 낮은 제거율을 나타내지만 Gibbsite에 비해서는 훨씬 높은 제거율을 나타낸다. 따라서 제강슬러지와 제강슬래그는 질산염의 제거능력면에서 기존의 Na-Bentonite와 Gibbsite에 비해 뒤지지 않으며, 매립지 차수/복토재로 활용시 상당한 타당성을 갖는다.