

PF5 염화철처리 활성탄에 의한 합성지하수 중의 질산성 질소 제거

정경훈, 정오진, 최형일, 김우항¹, 박상일, 강민석
조선대학교 환경공학부, ¹목포해양대학교 해양시스템공학부

1. 서 론

최근 질산성 질소는 트리클로로에틸렌이나 테트라클로로에틸렌 등의 휘발성 유기염소 화합물과 같이 고농도 또는 높은 빈도로 지하수로부터 검출되고 있다¹⁾. 질산이온으로 오염된 물을 마시면 소화기관에서 아질산이온으로 환원되며, 특히 유아의 경우 산소전달을 방해하여 청색증(methemoglobinemia)이라는 질병을 야기하며 심한 경우 유아가 사망하는 것으로 보고되고 있다²⁾. 또한 질산이온 및 아질산이온은 유력한 발암물질로 알려진 N-nitroso 화합물을 형성하는 잠재력을 가지고 있는 것으로 보고되고 있기 때문에 먹는 물 및 먹는 샘물의 수질기준에서도 10 mg/L 이하로 엄격히 정해져 있다³⁾.

따라서, 본 연구는 소규모의 용수를 필요로 하는 지역의 지하수내의 주요오염물질인 질산성 질소(NO₃-N)를 처리대상으로, 염화철처리 활성탄을 사용하여 질산성 질소의 제거 가능성 및 영향을 검토하고자 한다.

2. 재료 및 방법

2.1. 염화철처리 활성탄의 제조

본 실험에 사용한 활성탄은 시중에서 상업용으로 시판되고 있는 입상활성탄(4×8 mesh)이며, 분쇄하여 체(Sieve)를 통과시킨 다음 입경이 0.85~1.7 mm의 활성탄을 사용하였다. 이 활성탄을 끓는 물에 약 30분 정도 진탕 혼합하여 미분을 제거하고 증류수로 깨끗이 씻은 후 건조하였다. 건조한 활성탄 50 g에 대해 100mM의 염화철(III)용액 200 mL를 첨가하여 유리병으로 서서히 저어주면서 약 2시간동안 침적시켰다.

2.2. 컬럼을 통한 연속 실험

컬럼을 통한 연속실험은 직경 8 cm, 길이 61 cm의 컬럼(약 3.1 L)을 사용하였으며, 아래부분에 탈지면을 깔고 그 다음 100 mM 염화철처리 활성탄 1 kg을 충전하였고 정량펌프를 사용하여 상향류로 흘려보냈으며 Fig. 1에 연속컬럼 실험장치를 나타내었고 Table 1에 합성지하수의 조성을 나타내었다.

2.3. 분석항목 및 측정방법

분석항목은 NO₃-N, SO₄²⁻, Cl⁻, pH로써 NO₃-N, SO₄²⁻, Cl⁻은 이온 크로마토그래피(Ion Chromatography, SHIMADZU CHROMATOPAC C-R6A)로, pH mater(TOA사, MH-14P)를 사용하여 분석하였으며 염화철처리 활성탄 표면은 SEM(Scanning Electron

Microscope, JSM 840-A, JEOL Co.), EDS(Energy Dispersive X-ray Spectrometer, AN ISIS 310)를 사용하여 분석하였다.

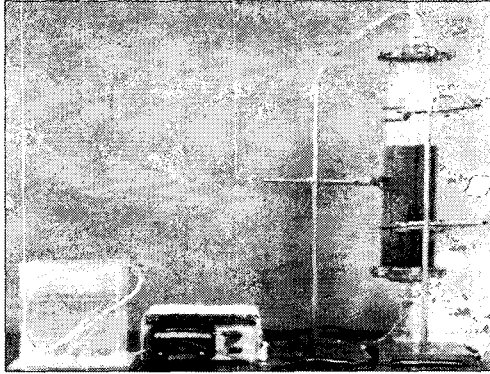


Table 1. Composition of a synthetic groundwater

Component	Concentration (mg/L)	Remarks
KNO ₃	25	Nitrogen Source
NaHCO ₃	201.3	HCO ₃ ⁻
KCl	8.3	Cl ⁻
MgSO ₄ · 6H ₂ O	80	SO ₄ ²⁻
CaCl ₂ · 2H ₂ O	80.1	Cl ⁻

Fig. 1. Photograph of experimental column for continuous NO₃-N removal.

3. 결과 및 고찰

3.1. 염화철처리 활성탄의 표면 특성

Fig. 2는 염화철 100 mM로 표면 처리한 활성탄의 표면 형태를 조사하기 위해 처리하지 않은 활성탄(A)과 염화철 100 mM로 처리한 활성탄(B)의 입자를 1,500배 확대하여 나타낸 SEM 사진이며, 활성탄의 표면에 염화철이 코팅되어 있는 것을 확인할 수 있었다.

Fig. 3은 염화철 100 mM로 처리시키기 전(A)과 후(B)를 EDS로 정성 분석한 결과이

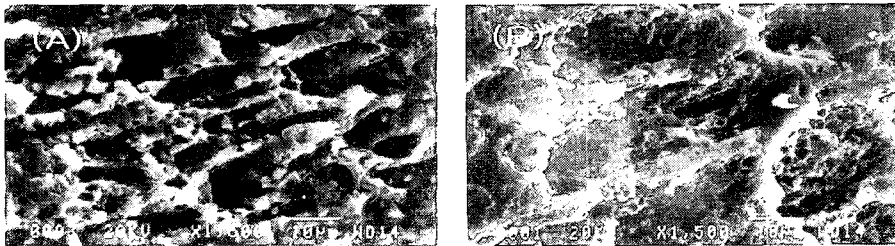


Fig. 2. SEM photographs of activated carbon before (A) and after (B) coating with FeCl₃ solution.

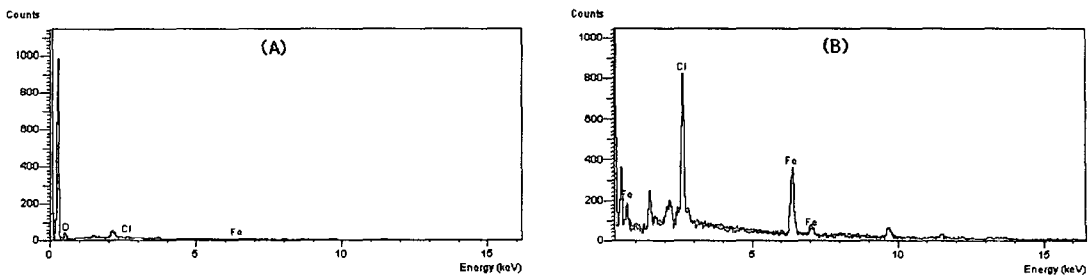


Fig. 3. EDS spectrums of activated carbon before (A) and after (B) coating with FeCl₃ solution.

다. 분석결과를 보면, 염화철 코팅 전의 Fe 과 Cl 피이크와 코팅 후의 Fe 과 Cl 피이크 차이를 볼 수 있었다.

3.2. 염화철 처리 활성탄의 이온교환

300 mL 삼각플라스크에 염화철 100 mM로 처리된 염화철 처리 활성탄 10 g을 넣고 여기에 NO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^- 를 각각 5 mM씩 넣어 Shaking Incubator에서 140 rpm으로 진탕한 후 유출수의 음이온을 시간별로 분석하였다.

Fig. 4에서 활성탄을 FeCl_3 로 처리할때(A), NO_3^- 은 약 75%, SO_4^{2-} 은 약 18%정도 제거되었으나 Cl^- 은 역으로 농도가 높아졌다. 활성탄을 FeCl_3 로 처리하지 않고 FeSO_4 로 처리하여 코팅한 활성탄 10 g을 넣고 같은 실험을 하였다. Fig. 4에서 FeSO_4 로 처리할때(B), NO_3^- 은 약 81%, Cl^- 은 약 15% 제거되었으나 반면에 SO_4^{2-} 은 농도가 높아졌다.

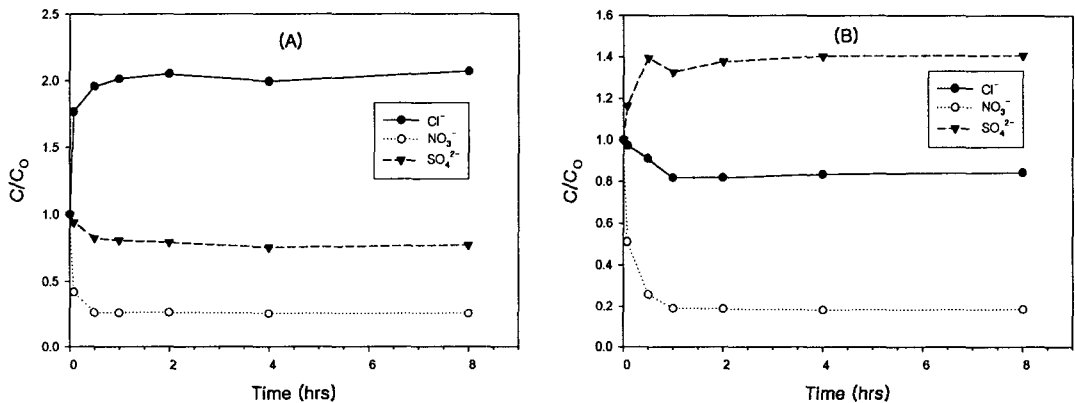


Fig. 4. Removal efficiency of anion by FeCl_3 -treated activated carbon (A) and FeSO_4 -treated activated carbon (B).

3.3. 합성지하수의 연속컬럼 실험

3.3.1. 통수유속에 따른 질산성 질소 제거

통수유속에 따른 질산성 질소의 제거 실험에서는 질산성 질소의 먹는물 수질기준 10 mg/L를 초과하는 점을 파과점으로 할 때 0.5 BV hr^{-1} , 2 BV hr^{-1} , 4 BV hr^{-1} , 10 BV hr^{-1} 그리고 20 BV hr^{-1} 에서 각각의 질산성 질소 파과점은 83 L, 82 L, 80 L, 65 L, 52 L이었다.

3.3.2. 컬럼을 통한 연속제거 실험

Fig. 5는 컬럼에 합성지하수 중의 $\text{NO}_3\text{-N}$ 으로서 25 mg/L, 통수속도는 4 BV hr^{-1} , 재생액은 0.5 M, 1 M-KCl을 사용한 연속제거 실험을 나타내었다.

0.5 M-KCl의 재생액을 사용하여 재생하였을 경우 82 L를 흘려보냈을 때부터 유출수의 $\text{NO}_3\text{-N}$ 농도가 약 12.7 mg/L를 시작으로 점차 증가하다가 약 93 ~ 101 L일 때 전량 유출되었다. 재생하였을 경우 두번째 재사용부터 다섯번째 재사용까지 약 66 ~ 54 L일

때 질산성 질소 파과시점이 나타났다. 첫번째 재생시 10 L의 재생액이 소모되었고 두번째 재생부터는 9 L의 재생액이 소모되었다.

1 M-KCl의 재생액을 사용하여 재생하였을 경우 두번째 재사용부터 네번째 재사용까지 약 67~63 L일 때 질산성 질소 파과시점이 나타났으며, 첫번째 재생시 10 L의 재생액이 소모되었고 두번째 재생부터는 7 L의 재생액이 소모되었다. 0.5 M-KCl을 사용하였을 때보다 재생액의 양이 감소함을 볼 수 있었다.

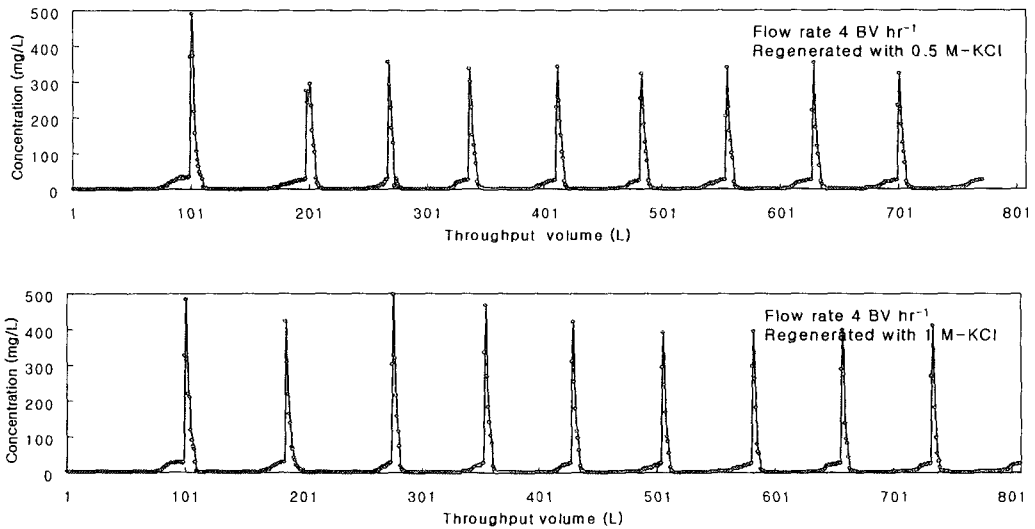


Fig. 5. Breakthrough curve for FeCl_3 -treated activated carbon with influent concentration of 25 mg/L as $\text{NO}_3\text{-N}$.

4. 요약

본 연구에서는 활성탄을 염화철로 표면 처리한 염화철처리 활성탄을 사용하여 지하수 중의 $\text{NO}_3\text{-N}$ 제거 가능성과 그 제거에 미치는 영향을 검토하고자 한 것으로 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 조제된 염화철 코팅 활성탄의 표면을 SEM으로 분석한 결과를 보면 활성탄의 표면에 염화철이 코팅되어 있는 것을 확인할 수 있었다.
- 2) 통수유속이 $0.5\sim 4 \text{ BV hr}^{-1}$ 로 낮을 경우는 질산성 질소 파과시점이 비슷하였으며, 통수유속이 커질수록 활성탄의 비표면적에 접하는 시간이 짧아져서 파과시점이 짧아진 것으로 사료된다.
- 3) 연속컬럼 실험(3.1 L)에서 통수량 약 82 L까지는 $\text{NO}_3\text{-N}$ 의 파과시점이 나타나지 않았으며 재생액의 농도가 0.5 M-KCl에서는 약 9 L, 1 M-KCl에서는 약 7 L의 재생액이 사용되었고, 재생 후 각각의 파과시점은 약 53 L, 59 L로 유지되었다. 1 M-KCl의 재생액을 사용하여 재생하였을 경우 두번째 재사용과 재생부터 총 질산성 질소 제거량은 약 1,531~1,357 mg/kg, 탈착량은 약 1,526 ~ 1,306 mg/kg으로 일정하였다.

참 고 문 헌

細見正明, 1996, 硝酸性窒素の 除去技術, 水環境學會誌, 19(2), 969~972.

권순국, 유명진, 정태명, 김민석, 1997, 이온교환수지를 이용한 농·어촌 지하수중의 질산
이온 제거, 한국환경농학회지, 16(1), 193~198.

Van der Hoek, J. P. and Klapwijk, A., 1987, Nitrate removal from ground water,
Wat. Res., 21(8), 989~997.