

산업부산물을 이용한 오염물질(NO_3^- , PO_4^{3-}) 제거 연구
Removal of Contaminants through the Utilization of
Industrial By-product

현 재혁 · 조 재범* · 정 진홍 · 김 원석

충남대학교 환경공학과

Jae-Hyuk Hyun · Jae-Bum Cho · Jin-Hong Jung · Won-Sok Kim

Department of Env. Eng., Chungnam National University

I. 서론

가정 폐수, 공장 폐수, 매립 쓰레기, 산업 쓰레기 등에서 발생하는 오염 물질에 의해 지하수 자원의 2차적 환경오염이 가속화되고 있다. 지하수의 흐름은 느릴 뿐만 아니라 자정 작용 또한 느리기 때문에 오염된 지하수 자원을 원상태로 회복하는 데에는 많은 비용과 시간, 전문적 기술을 요한다.

본 연구에서는 매년 다량 배출되는 산업 부산물 부산 석회와 플라이애쉬를 이용하여 기존 매립지에서 발생하는 오염 물질(NO_3^- , PO_4^{3-})의 2차적 오염을 방지하기 위한 예비 실험으로 온도와 pH에 대한 의존성을 고찰함으로써 기존 매립지에서 시도했던 활성탄과 같은 고가의 PTB(Permeable Treatment Bed)의 대체제 가능성을 가늠함으로써 폐기물의 재활용 측면과 경제적 측면을 증진시키고자 한다.

II. 본론

가. 배경

반응속도론은 분자 차원의 접근 방법과 거시적 접근 방법으로 설명된다. 전자는 미시적인 차원의 과정을 이해할 수 있고 후자는 온도, 화학적 조성, 용적, 시간 등의 인자들과 반응속도와의 관계를 규명하는데 필요하며 반응속도 예측과 반응물의 전환율을 예측 가능케 한다. 반응속도식을 결정해줄 수 있는 주요 인자는 반응속도 상수와 반응 차수이다. 반응속도 상수는 온도에 민감하며 반응 차수는 실험에 의해 구할 수 있다. 반응 온도는 화학반응

속도에 가장 민감한 인자이다. 반응 온도의 영향을 나타내는데 가장 일반적으로 사용되는 것은 아레니우스식, $k = A \cdot \text{EXP}[-Ea/RT]$ 이다.

나. 실험 방법

오염 물질은 NO_3 , PO_4^{3-} 를 선정하고 각각의 Stock Solution으로 10 mg/l의 Standard Solution을 희석, 제조하여 실험하였으며 모든 희석수는 초 순수를 사용하였다. 온도는 25°C, 37°C, 50°C를 선정하였고 pH는 3, 7, 11로 선정하여 희분식 실험을 행하였다.

III. 결과

각 산업 부산물에 대한 오염 물질의 흡착시 활성화 에너지(E_a)는 아레니우스식, $k = A \cdot \text{EXP}[-Ea/RT]$ 을 이용하여 구하였다. 이 식은 $\ln k = \ln A - Ea/RT$ 로 변형이 되며, NO_3 의 흡착에 대해 침강슬러지의 경우 그림 1에 나타난 바와 같이 기울기를 구하여 활성화 에너지를 구한다.

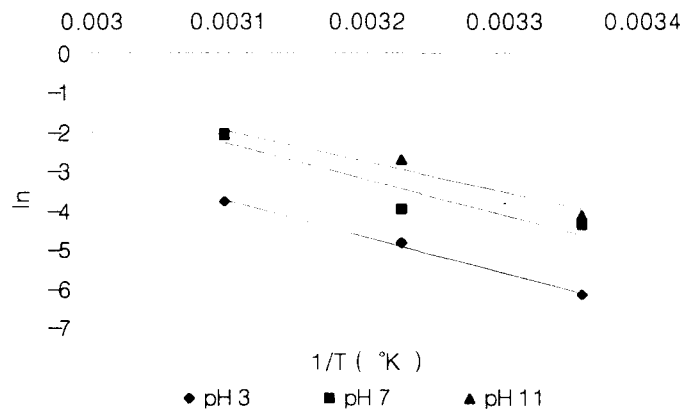


그림 1. 침강슬러지에 의한 NO_3 흡착시 활성화 에너지(KJ/mol)

표 1. 산업 부산물에 의한 NO_3 흡착시 활성화 에너지 (E_a : KJ/mol)

흡착제 \ pH	pH 3	pH 7	pH 11
침강슬러지	+76.36	+62.75	+13.75
탈수슬러지	+10.98	+6.99	+16.82
서천플라이애쉬	+0.63	+10.21	+10.26
보령플라이애쉬	-0.76	-6.68	-11.34

(+: 흡열반응, -: 발열반응)

NO_3^- 의 경우 그림 1과 표 1에 나타난 바와 같이 pH 3에서 가장 높은 활성화 에너지를 보이고 pH 11에서 가장 낮은 활성화 에너지를 보인다. PO_4^{3-} 의 경우 침강슬러지에 대한 흡착 활성화 에너지는 그림 2와 표 2에 나타난 바와 같이 pH 3에서 활성화 에너지가 가장 높게 나타났으며 이것은 온도의 변화에 매우 민감함을 보여준다. 그리고 pH 7에서 가장 낮은 값을 보인다.

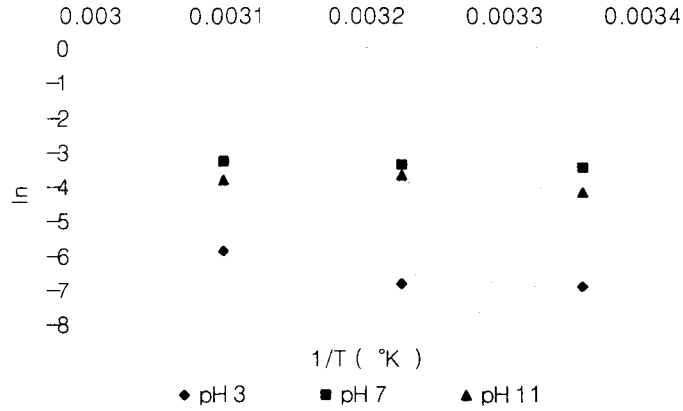


그림 2. 침강슬러지에 의한 PO_4^{3-} 흡착시 활성화 에너지 (KJ/mol)

표 2. 산업 부산물에 대한 PO_4^{3-} 흡착시 활성화 에너지 (Ea : KJ/mol)

흡착제 \ pH	pH 3	pH 7	pH 11
침강슬러지	+33.13	+8.45	+12.69
탈수슬러지	+23.02	+21.80	+58.18
서천플라이애쉬	-22.26	-30.12	-40.85
보령플라이애쉬	-16.44	-48.41	-18.87

(+ : 흡열반응, - : 발열반응)

위의 실험 결과에 나타난 바와 같이 높은 활성화 에너지를 갖는 반응은 온도에 매우 민감하고 낮은 활성화 에너지를 갖는 반응은 상대적으로 온도에 민감하지 못하며 각 산업 부산물에 흡착된 오염 물질의 활성화 에너지(Ea)가 pH와 온도에 따라 각각 다른 특성을 나타내는 것을 알았다. 흡착 특성상 온도 의존성이 흡열반응인지 발열반응 인지의 명확한 구분이 이루어진다면 흡착제와 온도와의 상관성을 밝힐 수 있으리라 사료된다. 한편, pH 에 따른 각 오염 물질의 흡착제거율을 보면 다음과 같다.

표 4. 산업 부산물에 대한 NO₃ 흡착제거율

(단위: %)

흡착제 \ pH	pH3			pH 7			pH 11		
	25℃	37℃	50℃	25℃	37℃	50℃	25℃	37℃	50℃
침강슬러지	15.8	27.0	28.0	22.2	36.4	39.1	24.5	77.0	77.1
탈수슬러지	22.0	25.0	27.0	26.0	38.0	41.0	36.0	38.0	45.0
서천플라이애쉬	13.8	18.0	25.0	11.0	16.0	19.2	8.7	15.7	17.7
보령플라이애쉬	30.5	16.3	12.3	19.1	14.7	10.8	18.2	13.3	5.5

NO₃의 경우, pH 3에서 흡착제거율이 가장 높은 흡착제는 25℃ 보령플라이애쉬에서 30.5%로 나타났고 pH 7에서는 50℃ 탈수슬러지에서 41.0%로 나타났다. pH 11인 경우 50℃ 침강슬러지에서 77.1%로 나타났다.

표 5. 산업부산물에 대한 PO₄³⁻ 흡착제거율

(단위: %)

흡착제 \ pH	pH3			pH 7			pH 11		
	25℃	37℃	50℃	25℃	37℃	50℃	25℃	37℃	50℃
침강슬러지	53.5	54.4	57.0	91.1	93.1	93.8	96.3	97.0	97.2
탈수슬러지	84.1	85.0	86.3	89.2	90.1	91.2	88.6	92.2	94.4
서천플라이애쉬	20.3	10.1	9.9	23.7	20.8	17.0	34.2	29.8	24.9
보령플라이애쉬	36.4	31.1	17.1	50.0	25.7	25.7	98.2	97.6	97.4

PO₄³⁻의 경우, pH 3에서 흡착제거율이 가장 높은 흡착제는 25℃ 보령플라이애쉬에서 98.2%로 나타났고 pH 7에서는 50℃ 침강슬러지에서 93.8%로 나타났다. pH 11인 경우 50℃ 침강슬러지에서 97.2%로 나타났다.