

관통 확산법에 의한 Ag₂O 첨가 압축 벤토나이트의 요오드 이온 확산 특성 관찰

임성팔, 이지현, 이처경*, 이민수, 최희주, 최종원
한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 대덕대로 1045
*한동대학교, 경상북도 포항시 북구 흥해읍 남송리 3
nspvim@kaeri.re.kr

I. 서론

최근 벤토나이트에 Ag₂O를 첨가하면 요오드 이온의 흡착 특성이 증가한다는 사실이 보고된 바 있으며[1], 본 연구에 앞선 선행 연구를 통하여 탈염수 조건에서 Ag₂O 첨가 압축 벤토나이트는 요오드 이온의 초기 누출을 지연시키는 효과가 있음을 확인한 바 있다.[2] 본 연구에서는 관통 확산법을 사용하여 탈염수 뿐만 아니라 0.1M NaCl 수용액에서 Ag₂O 첨가 압축 벤토나이트의 요오드 이온 통과 시간 지연 효과와 확산 이동 특성을 관찰하였다.

II. 실험

1. 관통 확산법

압축 벤토나이트에서 요오드 이온의 이동을 측정하기 위하여 D.W. Oscarson 등이[3] 제안한 관통 확산법을 이용하였다. 관통 확산법에서 점토층 한 면은 일정 농도의 대상 이온을 함유하는 용액을 접촉시키고, 다른 한 면은 대상 이온을 함유하지 않은 용액을 접촉시키면 대상 이온은 농도가 높은 용액에서 점토층 내부로 이동하는 초기 과도기를 거쳐 일정한 통과 속도로 다른 면의 이온을 함유하지 않은 용액으로 이동하게 된다.

관통 확산법에 의하면 정상상태에서의 유효확산계수 D_e 는 다음 식으로 표현된다.

$$\frac{dQ}{Adt} = -D_e \left(\frac{C_o}{L} \right) \dots \dots \dots (1)$$

여기서 Q 는 확산에 의해 벤토나이트 층을 통과한 요오드 이온의 양이며, t 는 시간, A 는 벤토나이트 층 표면의 단면적, C_o 는 요오드 이온의 농도, L 은 벤토나이트층의 두께이다. 위 식을 이용하여 시간-누적 통과량 그래프에서 얻어지는 직선과 x 축과의 교점($Q/A=0$)에서의 지연 시간 t_e 를 구할 수 있으며, 또한 직선의 기울기로부터 유효확산계수 D_e 를 구할 수 있다. 아울러 다음 식으로부터 겉보기 확산 계수 D_a 도 계산할 수 있다.

$$D_a = L^2/6t_e \dots \dots \dots (2)$$

2. 재료 및 물질

벤토나이트는 우리나라 경주 지방에서 산출된 벤토나이트 원광을 건조, 분쇄한 다음 200 메쉬 ASTM 망체를 통과시킨 분말을 사용하였다. 요오드 이온을 함유하는 확산 용액은 탈염수 또는 이온 강도 0.1M NaCl 수용액에 NaI(순도 99%)를 용해하여 사용하였다. 확산 셀을 통과한 수집액의 요오드 이온 농도는 선택 이온전극을 사용하여 측정하였다.

3. 실험 장치

관통 확산법에 사용되는 실험 장치는 크게 확산 셀, 지지대, 용액 공급조, 용액 수집조 등 네 부분으로 나누어진다. 확산 실험을 진행 중인 장치 사진을 그림 1에 나타내었다.

4. 결과

확산 용액으로 요오드 이온을 함유한 탈염수 및 0.1M NaCl 용액을 사용하였을 때 압축 벤토나이트의 밀도를 각각 1.41g/cm³, 1.6g/cm³로 하여 실험한 결과로부터 Ag₂O 첨가량에 따른 지연 시간(t_e), 유효 확산계수(D_e), 겉보기 확산계수(D_a) 등을 구하여 표 1에 나타내었다.

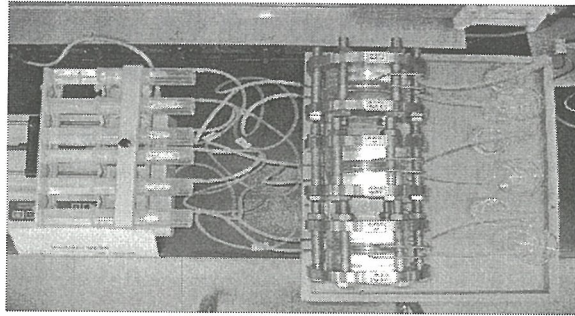


그림 1. 확산 실험 장치

표 1. Ag₂O 첨가에 따른 요오드 이온 확산 특성 비교

확산용액	밀도 (g/cm ³)	Ag ₂ O (wt/wt%)	지연 시간, t _e (day)	유효 확산계수, D _e (m ² /s)	겉보기 확산계수, D _a (m ² /s)
탈염수 (이온강도 0.0008M)	1.41	무첨가	0.4	2.7 × 10 ⁻¹²	2.2 × 10 ⁻¹⁰
		0.0064	12.0	3.1 × 10 ⁻¹²	7.9 × 10 ⁻¹¹
		0.0128	60.4	1.4 × 10 ⁻¹²	1.6 × 10 ⁻¹²
		0.0468	220.3	3.3 × 10 ⁻¹³	4.3 × 10 ⁻¹³
0.1M NaCl 용액 (이온강도 0.1M)	1.41	무첨가	1.6	1.7 × 10 ⁻¹¹	5.8 × 10 ⁻¹¹
		0.01	9.1	3.3 × 10 ⁻¹¹	1.0 × 10 ⁻¹¹
	1.60	무첨가	1.3	8.7 × 10 ⁻¹²	7.0 × 10 ⁻¹¹
		0.0064	11.5	4.9 × 10 ⁻¹²	8.3 × 10 ⁻¹²
		0.0128	23.6	3.7 × 10 ⁻¹²	4.3 × 10 ⁻¹²

III. 결론

압축 벤토나이트에서 요오드 이온은 확산에 의하여 이동됨을 확인할 수 있었다. 확산 용액에 관계 없이 Ag₂O 첨가 압축 벤토나이트는 Ag₂O를 첨가하지 않은 압축 벤토나이트에 비하여 요오드 이온의 통과 시간이 느리게 나타났다. 또한 Ag₂O 첨가에 따른 지연 시간의 증가 효과는 확산 용액이 요오드 이온을 함유한 탈염수일 때가 0.1M NaCl 용액일 때보다 더 크게 관찰되었다. 본 연구에서 관찰한 결과를 바탕으로 더욱 정밀한 실험을 통하여 압축 벤토나이트에 대한 Ag₂O의 첨가 효과를 정량적으로 평가한다면 앞으로 각종 방사성 폐기물 처분과 관련한 Ag₂O 첨가 압축 벤토나이트의 효용성을 크게 증대시킬 수 있을 것이다.

참고문헌

1. Kim S.S., Chun K.S., Choi J.W., Kim S.K., Cho W.J., "The effect of container materials and buffer additives on decreasing the iodide concentration in a disposal vault for spent nuclear fuel," J. of Environmental Science and Health Part A, 41, 39-43 (2007)
2. 임성팔, 이지현, 이처경, 최종원, 최희주, "Ag₂O가 첨가된 압축 벤토나이트의 요오드 이동 특성," 한국폐기물학회 2008년도 추계학술연구발표회 논문집, 217-219 (2008)
3. Oscarson D.W., Hume H.B., Sawasky N.G., Cheung S.C.H., "Diffusion of iodide in compacted bentonite," Soil Sci. Soc. Am. J., 56, 1400-1406 (1992)