

철과 마그네타이트에 의한 Se-75의 이동저지 영향

김승수, 민재호, 이승엽, 백민훈
한국원자력연구원, 대전시 유성구 대덕대로 1045
nsskim@kaeri.re.kr

1. 서론

반감기가 1.1×10^6 년으로 장수명 핵종인 Se-79는 심부지하에서 selenite로 존재할 경우, 이 핵종의 이동성이 클 수 있다. 당 연구실에서는 selenite가 처분용기의 부식 생성물인 마그네타이트에 잘 흡착하지만, 일반적으로 지하수에 과량 존재하는 탄산이온, 규산이온 등이 selenite의 마그네타이트 흡착을 방해하는 것을 확인한 바 있다 [1]. 그러나 이 실험은 비교적 지하수나 처분장에서 예상되는 셀레늄 농도보다 높은 $10^{-4} \sim 10^{-6}$ mol/L 영역에서 실시되었다.

한편, 처분용기가 지하에서 부식되어 셀레늄이 지하수에 노출된 경우, 셀레늄은 철산화물 뿐만 아니라 철과도 접할 것이다. 이 때 철과 철산화물 표면은 이미 벤토나이트나 지하수에 포함된 탄산이온 혹은 규산이온으로 포화되어 있을 것으로 예상된다.

본 연구에서는 실제 처분장에서 방사성폐기물로부터 유출된 셀레늄의 농도가 매우 낮을 것을 고려하여 Se-75를 이용하여 기존 실험보다 1~3 승수 낮은 농도에서 실험하였다. 또한, 철과 철산화물, 그리고 이들이 규산이온으로 포화된 조건에서 셀레늄의 거동에 미치는 영향을 조사하였다.

2. 실험

셀레늄의 거동에 미치는 처분용기 재료의 영향을 조사하기 위하여 고체 매질로서 마그네타이트와 철 분말을 사용하였다. 분말 0.5 g을 $1.0 \times 10^{-7} \sim 2.0 \times 10^{-9}$ mol/L 농도를 갖는 selenite 형태의 Se-75 용액에 가한 후, NaClO_4 를 넣어 용액중 이온강도를 0.02 mol/L로 조절하였다. 그 후, 소량의 HClO_4 과 NaOH 를 첨가하여 용액의 pH를 약 9로 조절한 후 7일동안 반응시켰다. 규산이온이 첨가된 용액의 경우, 반응초기 규산이온의 농도는 화강암 지하수중 농도를 고려하여 1 mM로 조절하였다. 규산이온으로 포화된 마그네타이트와 철 분

말을 얻기 위하여 이들을 각각 과량의 규산이온 용액에 3일간 반응시킨 다음 건조시켰다. 포화시킨 분말도 동일한 방법으로 흡착반응 실험에 사용하였다. 반응후 상등액을 0.2 μm 의 공극크기를 갖는 polyethersulfone 필터로 거른 다음, 용액중에 녹아있는 셀레늄의 양을 γ -spectrometry로 측정하였다.

3. 결과 및 토의

Table 1에서 보는 바와 같이 마그네타이트 분말을 selenite 용액에 첨가하였을 때 대부분의 selenite가 마그네타이트에 흡착하였다. 그러나 규산이온이 용액중에 존재할 경우, $1.0 \times 10^{-7} \sim 1.0 \times 10^{-8}$ mol/L과 같이 낮은 농도의 selenite도 마그네타이트에 거의 흡착되지 않았으며, 규산이온으로 포화시킨 마그네타이트 역시 selenite를 흡착하지 않았다. 한편, 철 분말을 첨가한 경우는 마그네타이트를 첨가한 경우보다 반응후 용액의 pH가 약간 높으므로, selenite의 흡착이 감소하여야 하나, 1 mM의 규산이온 용액에서도 철 분말이 용액중 selenite 농도를 낮추었다. 또한, 규산이온으로 포화시킨 철 역시 용액중 selenite 농도를 감소시켰다. 이러한 현상은 고체 표면에 selenite가 흡착하는 마그네타이트와 달리 철에 의해서 selenite가 환원되는 것으로 생각된다. 왜냐하면 규산이온이 이미 철 표면의 반응 site를 점유하고 있는 상태에서 용액중 selenite 농도가 감소하였기 때문이다. 또한, 철 분말을 증류수에 가하였을 경우, 수소 발생은 물론 용액중 산화환원전위(Eh)가 -0.25V 이하로 크게 낮아지는 것을 관찰한 바 있다.

4. 결론

처분용기 부식생성물인 마그네타이트와 달리 철은 규산이온이 용액중에 과량 존재할 경우에도 용액중 selenite 농도를 낮추었다. 이러한 현상은

처분공 근계에서 처분용기 파손후 마그네타이트로 산화되지 않은 철 조각이 존재할 경우, 이 철이 지하수의 산화환원전위를 낮추어 셀레늄을 침전시킴으로서 selenite의 이동을 지연시킬 것으로 판단된다.

Table 1. The distribution constant (K_d) of Se-75 onto magnetite and iron powder presaturated or non-treated with silicate.

Solid	Selenite (μM)	Na_2SiO_3 (mM)	Final pH	K_d (mL/g)
Magnetite	0.1	-	8.8	480
	0.1	1.0	8.8	< 5
	0.01	1.0	8.8	< 5
Silicate-saturated Magnetite	0.1	-	9.1	< 1
	0.01		9.1	< 1
Iron	0.1	-	9.3	> 10^4
	0.1	1.0	9.3	> 10^4
	0.01	1.0	9.3	> 10^4
	0.002	1.0	9.3	> 10^4
Silicate-saturated Iron	0.1	-	9.3	2300

5. 감사의 글

이 논문은 교육과학기술부의 원자력연구개발사업의 지원으로 수행되었습니다.

6. 참고문헌

- [1] 김승수, 민제호, 이재광, 백민훈, 최종원, 한국방사성폐기물학회 학술논문요약집 2010년 추계, 211-212, 2010.