완충재 첨가재에 의한 용액중 요오드 농도의 감소

김승수, 전관식, 최종원, 한필수
한국원자력연구소, 대전광역시 유성구 덕진동 150번지

사용후핵연료를 재처리없이 직접 처분할 경우 연료봉을 담고 있는 금속용기의 수명을 1000년으로 가정하면 이 기간이 경과한 후 핵연료로부터 완충재 층을 통과하여 유출되는 핵종 중 I-129가 위해도가 가장 큰 핵종으로 예상된다. 따라서 이 I-129의 이동을 지연시키기 위하여 금속용기의 부식 생성물, 요오드 흡착광물 및 용해도가 작은 요오드 침전물을 형성할 수 있는 물질을 벤토나이트에 첨가하여 용액중 요오드 농도 감소를 검토하였다.

금속용기의 부식물로서 철, 구리 니켈의 산화물 및 황화물과, 요오드 흡착물질로 알려진 황동석, 황철석, 동광석, 고령토, 방연광과 활성탄, 그리고 요오드와 반응하여 용해도가 낮은 침전을 형성하는 은, 몰리브덴, 텅스텐 산화물을 첨가제로 사용하였다. 이 첨가제 각각을 벤토나이트와 요오드를 포함한 모의 지하수(pH=9.5)에 넣고, 4주동안 상온에서 교반시킨 다음 여과하여 용액중 요오드 농도를 측정함으로서 표 1을 얻었다.

처분용기 재질의 철과 그 부식생성물들은 요오드를 거의 흡착하지 못했으나, Cu와 CuS의 경우는 용액중 요오드의 농도가 1/2로 감소하였다. 그러나 실제 고성지역 지하수를 사용하여 질소분위기에서 흡착시험한 결과 산화분위기와 달리 요오드가 거의 흡착되지 않았다. 요오드를 잘 흡착하는 것으로 알려져 있는 위의 첨가 광물들은 활성탄을 제외하고 요오드를 거의 흡착하지 못하였다. 그러나 Ag_2O의 경우는 이를 0.3 mg 첨가하여도 0.12 mg의 요오드를 침전시켜 용액중 요오드가 거의 검출되지 않았다. 이는 AgI의 용해도가 25, 60℃ 증류수에서 각각 $2.8x10^{-8}$, $2.5x10^{-7}$ g/L로 매우 낮기 때문이다. MoI_2와 WI_2의 경우도 냉수에서 용해도가 작은 것으로 알려져 있으나, MoO_3와 WO_3가 요오드와 반응하지 않았으며, MoI_2와 WI_2가 열수에서 분해되는 경향이 있는 것으로 알려져 있다. 국내 금광산의 찌꺼기인 광미중 약 50 μg/g을 함유한 광미 1g을 요오드 용액에 첨가하였을 경우 벤토나이트가 없는 조건에서 용액중 요오드가 약 15 μg이 제거되었는데, 완충재의 첨가물로 사용하려면 보다 많은 양의 은을 함유한 광미를 사용하여야 할 것이다.

본 시험으로부터 철과 구리의 금속용기재질에 의한 요오드의 흡착은 기대하기 어렵고, 심부처분환경에서 I-129의 이동을 지연시키기 위해서 벤토나이트에 첨가 가능한 물질로는 은화합물과 활성탄 뿐으로 판단된다.

표 1. 벤토나이트 첨가제에 의한 요오드의 흡착실험 결과

첨가제		첨가제 무게 (g)	벤토나이트 (g)	용액중 초기농도 (mg/L)	실험후 용액농도 (mg/L)	Kd (ml/g)	흡착량 (μg)
-		-	1	9.09	8.8		
금속용기 재질 및 부식 생성물	Fe	0.1	1	9.09	8.9		
	Fe_2O_3	0.1	1	9.09	9.5		
	Fe_3O_4	0.1	1	9.09	9.4		
	$Fe(OH)_3$	0.1	1	9.09	9.3		
	Cu	0.1	1	9.09	5.5 (9.9)[a]	108	
	CuO	0.1	1	9.09	9.9		
	Cu_2O	0.1	1	9.09	9.2		
	CuS	0.1	1	9.09	4.3 (9.0)[a]	184	
	Cu_2S	0.1	1	9.09	9.9		
	$Cu(OH)_2$	0.1	1	9.09	9.0		
	CuCl	0.1	1	9.09			
	NiO	0.1	1	9.09	9.9		
광물	황동석	0.1	1	9.09	8.9		
	황철석	0.1	1	9.09	9.0		
	독광석	0.1	1	9.09	8.7		
	고령토	0.1	1	9.09	8.8		
	방연광	0.1	1	9.09	7.4	40	
은산화물 및 은 광석	Ag_2O	0.1	1	9.09	<0.01		
		$7.6x10^{-3}$	1	9.09	0.04	$4.9x10^5$	
		$1.2x10^{-3}$	1	9.09	0.07	$1.8x10^6$	
		$3x10^{-4}$	1	9.09	0.8	$5.7x10^5$	124
	순신원광	1	-	1	0.92		
	광미1[b]	1	-	2.5	1.55		14.3
	광미2[b]	1	-	1	0.46		8.1
기타	활성탄	1	5	9.90	1.8	136	
	MoO_3	0.1	1	9.09	9.0		
	WO_3	0.1	1	9.09	9.0		

[a]Real groundwater was used for this test in a nitrogen-filled glovebox.

[b]광미1 and 광미2 contain about 50 μg/g of silver.