

## 사염화탄소와 톨루엔을 이용한 세슘오염 아스팔트콘크리트 제염실험

김기홍, 김계남, 손동빈, 박혜민, 김완석, 이건우, 이기원, 문제권,  
 김병태\*, 최영구\*, 김대환\*, 홍지식\*, 권기현\*  
 한국원자력연구원, 대전시 유성구 덕진동 대덕대로 989번길 111  
 \*선광원자력안전(주), 대전시 대덕구 신일동 1683-1  
[protosavior@nate.com](mailto:protosavior@nate.com)

### 1. 서론

원자력시설을 운영 및 해체 시 발생하는 방사성 폐기물은 여러 종류가 있으며, 이러한 폐기물은 각 종류와 특성에 따라서 적절한 처리 기술이 요구된다. 이러한 방사성 폐기물 중에는 아스팔트콘크리트(이하 방사성 아스콘)가 있으며, 이에 대한 제염방법 또한 연구되어야 한다.

아스콘은 일반적으로 자갈 및 쇄석에 아스팔트를 녹여서 만든 것으로, 흔히 도로포장에 쓰이는 물질이다. 방사성 아스콘은 쇄석 및 자갈에 방사성 물질이 섞여있거나, 아스팔트에 방사성 물질이 섞여있는 것을 지칭한다. 방사성 아스콘의 효과적인 제염은 폐기물 저감을 위해 반드시 필요하다. 본 연구는 방사성 아스콘 중 세슘오염 아스콘에 관련된 것이며, 제염에 효과적인 방법과 용매 선정 및 제염효과를 연구하였다.

### 2. 본론

#### 2.1 실험방법 선정

본 실험에 사용된 방사성 아스콘은 경주시 도로 일부 구간에서 채취한 것으로, Cs-137 단일 핵종만으로 오염이 되어있는 아스콘을 사용하였다. 아스콘에 충격이 가해지면 잘 부서지는 특성이 있다. 그러나 이는 외형이 변하는 것이며, 이러한 과정으로 방사성 물질을 분리할 수는 없다. 아스콘의 제염을 위해서는 쇄석 및 자갈과 아스팔트를 분리하는 과정이 선행되어야 하며, 이를 위해 사용할 수 있는 방법은 가열법과 용해법이 있다.

가열법은 아스콘에 직접 또는 간접적으로 열을 가하여 아스팔트를 녹이는 방법으로, 이를 위해서는 가열장치가 필요하며, 이를 운용하기 위해서는 상대적으로 많은 시간과 비용이 소모된다. 용해법은 아스콘을 용매를 넣어서 아스팔트를 용매에 녹이는 방법으로, 상대적으로 간단한 장치와 적은 비용으로 실험할 수 있다. 본 실험에서는 용해법

을 이용한 아스콘 제염실험을 진행하였다.

#### 2.2 사염화탄소와 질산을 이용한 아스콘 제염

용해법을 사용한 방사성 아스콘 제염을 위하여 적절한 용매를 선정해야 한다. 아스콘은 물에 거의 녹지 않으므로 산(酸)과 사염화탄소를 이용하여 용해 실험을 하였다. 다만 사염화탄소, 벤젠, 톨루엔 등의 유기용매는 휘발성이며 장기간 흡입 시 인체에 유해하므로 실험 시 유의할 필요가 있었다.

먼저 3M-HCl과 3M-HNO<sub>3</sub>을 용매로 각각 2시간동안 아스콘을 용해시켰다. 그 결과 HCl과 HNO<sub>3</sub> 모두 아스콘의 무게는 5~10% 감소되었으나, 아스팔트 용해에 효과적이지 않았다. 단, 강산을 사용한 Soil Washing은 제염에 효과가 있으므로, 상대적으로 다루기 쉬운 HNO<sub>3</sub>을 아스팔트를 용해한 후 Soil Washing에 활용하기로 하였다. 실험은 사염화탄소를 사용해 아스팔트를 용해시킨 후, 잔여 자갈 및 쇄석에 HNO<sub>3</sub>를 사용해서 Soil Washing을 하는 순서로 진행하였으며, 결과는 아래와 같다.

Table 1. The Method of Decontamination and Efficiency using CCl<sub>4</sub> and HNO<sub>3</sub>.

Time	1	2	3
Reagent	CCl <sub>4</sub>	CCl <sub>4</sub>	3M-HNO <sub>3</sub>
Scrubbing time(Hr)	0.5	0.5	2
Repetition	1	1	2
Mixing ratio (Sample(g) : Reagent(ml))	1:1	1:1	1:3
Initial conc. (Bq/g)	7.39	1.53	1.02
Initial weight.(g)	50	40	30.7
Remaining conc. (Bq/g)	1.53	1.02	0.21
Remaining weight(g)	40	30.7	28.3
Removal efficiency(%) Conc. / Weight	79.28 / 20	33.57 / 23.25	78.66 / 7.81
Total efficiency(%) Conc. / Weight	97.06 / 43.4		

2.3 톨루엔과 질산을 이용한 아스콘 세염

석유나프타의 접촉세척법으로 생성되는 톨루엔은 사염화탄소와 함께 아스팔트를 용해하는데 효과적인 용매이다. 이에 대한 실험을 진행하였으며, 실험은 톨루엔을 사용해 아스팔트를 용해시킨 후, 잔여 자갈 및 쇄석에 HCl과 HNO<sub>3</sub>로 각각 세염하여 Soil Washing 효율을 비교하였다.

Table 2. The Method of Decontamination and Efficiency using Toluene, HCl and HNO<sub>3</sub>.

Time	1		2	
Reagent	Toluene		1M-HCl	1M-HNO <sub>3</sub>
Scrubbing time(Hr)	0.5		0.5	0.5
Repetition	2		2	2
Mixing ratio (Sample(g) : Reagent(ml))	1:1		1:3	1:3
Initial conc. (Bq/g)	4.426		0.405	0.865
Initial weight.(g)	80		34.7	33.7
Remaining conc. (Bq/g)	0.405	0.865	0.14	0.344
Remaining weight(g)	34.7	33.7	34.1	32.7
Removal efficiency(%) Conc. / Weight	-		65.43 / 1.72	60.23 / 2.96
Total efficiency(%) Conc. / Weight	94.6 / 16.5			

3. 결론

실험결과 Cs-137은 아스팔트 분리과정에서 용매와 함께 분리됨을 알 수 있다. 그리고 사염화탄소, 톨루엔과 같은 유기용매는 아스팔트를 용해하는데 효과적임을 알 수 있다. 아스콘 내 잔여 Cs-137은 Soil Washing 방법을 사용하여 방사능 농도를 낮출 수 있다.

또한 용매로 사용된 사염화탄소와 톨루엔은 휘발성이므로 건조 후에는 용해된 아스팔트 외에 추가로 폐기물을 발생시키지 않으므로 폐기물 저감에 효과적이다.

4. 감사의 글

본 연구는 한국정부가 지원하는 한국과학기술재단의 원자력연구개발사업의 일환으로 수행되었습니다.

5. 참고문헌

[1] 한국방사성폐기물학회, 2011년 추계학술대회 논문요약집, pp.247-248.  
 [2] 한국방사성폐기물학회, 2009년 추계학술대회 논문요약집, pp.99-100.  
 [3] Chemical Engineering Journal 80, pp.237-244, 2000.  
 [4] Radiation Physics and Chemistry 73, pp.125-130, 2005.