

해체 폐기물의 알파선 오염도 측정용 플라스틱 섬광체 성능 평가

서범경 a, 우주희 a, 김계홍 a, 박진호 a, 오원진 a, 이근우 a, 한명진 b
 a 305-353 대전시 유성구 덕진동 150 번지 한국원자력연구소 제염해체기술연구개발부,
 bumja@kaeri.re.kr
 b 712-701 경북 경산시 하양읍 부호리 33 번지 경일대학교 생명화학공학과

1. 서 론

원자력연구시설 (연구로 1,2 호기 및 우라늄 변환시설)의 해체와 더불어 대량의 폐기물이 발생한다. 이들 폐기물들을 처리하기 위해서는 정확한 방사선학적인 오염특성이 평가되어야 한다. 특히 우라늄 변환시설의 경우는 핵연료 국산화를 목적으로 1982 년에 건설되어 현재 해체가 진행 중에 있으며, 이들 대부분은 알파선으로 오염된 배관, 저장용기, 반응용기 등이다. 이들 해체 폐기물들의 알파선 오염도를 측정할 수 있는 플라스틱 섬광체를 제작하였다. 플라스틱 섬광체는 고분자 물질을 용매로 녹인 후 섬광체를 혼합하여 제조하였으며, 알파선 측정용 소재로서 특성을 평가하였다.

2. 실험방법 및 결과

2.1 플라스틱 섬광체 제조

알파선 측정용 플라스틱 섬광체의 제조를 위하여 메틸렌클로라이드(MC)에 방사선과의 상호작용에 의하여 섬광이 발생하는 유기섬광체로 제 1 용질인 PPO (2,5-diphenyloxazole)와 제 2 용질인 POPOP (1,4-bis-2-(5-phenyl-oxazolyl))를 첨가한 후, 고분자 소재인 폴리설피론을 녹여서 제막용액을 제조하였다. 균일한 폴리설피론 제막용액에 기포가 없는 것을 확인하고, 자동 제막장치를 이용하여 유리판 위에 도말하여 24 시간동안 대기 중에 방치하여 고형화한 후 필름형태의 플라스틱 섬광체를 제조하였다. 제조한 플라스틱 섬광체는 용매로서 비흡습성의 MC 를 사용하였기 때문에 균일하고 치밀한 구조를 가지며 평균 50 μm 의 두께를 가진다.

2.2 플라스틱 섬광체의 방사선 검출 성능 평가

방사선과 섬광체의 상호작용에 의하여 생성된 섬광을 측정하기 위하여 PMT(광전자증배관)를 이용하였다. 알파선과 같은 이온화 방사선이 섬광체에 흡수되면, 흡수된 에너지의 일부가 가시광선 또는 자외선 영역의 섬광을 방출한다. 이 때 방출된 섬광은 광전자증배기에서 전기적인 신호로 변환되며, 이 전기적인 신호를

전자회로를 이용하여 계수함으로써 방사능을 측정할 수 있다.

제조한 플라스틱 섬광체의 방사선 검출 성능을 평가하기 위하여 알파선 방출핵종인 Am-241 을 이용하였다. 준비한 Am-241 방사선원을 플라스틱 섬광체에 직접 도포하여 생성된 섬광을 PMT 를 이용하여 측정하였다. 측정이 끝난, 동일한 플라스틱 섬광체는 실제 도포된 방사성 핵종의 농도를 비교·평가하기 위하여 LB(저준위 알파/베타 계수기, Canberra, S5XLB)로 계수하였다.

2.3 섬광체 방사선학적 특성 평가

이전의 연구[1,2]에서 표면오염도 측정을 위하여 시료채취와 동시에 방사능 검출이 가능한 기능성의 고분자막을 제조하였으며, 베타선을 검출하기 위하여 무기섬광체인 CAYS (Cerium Activated Yttrium Silicate)를 사용하였다. CAYS 의 경우는 베타선에 대해서는 좋은 검출 성능을 확인하였으나, CAYS 의 경우 알파선에 대해서는 발생하는 섬광의 붕괴시간이 길기 때문에 적용할 수 없는 단점이 있다. 실제 스펙트럼을 측정한 결과는 그림 1 에 나타내었다.

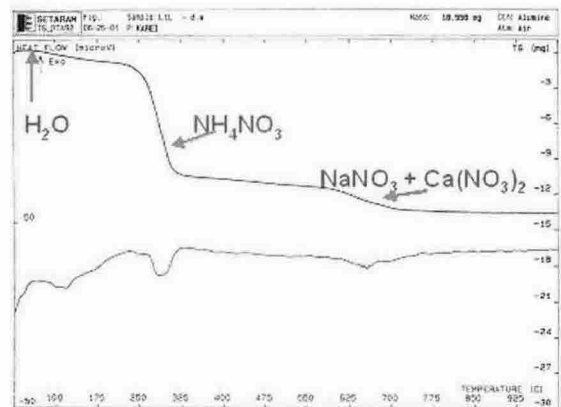


그림 1. 무기섬광체 CAYS 첨가 플라스틱 섬광체의 알파선 스펙트럼

본 연구에서는 플라스틱 검출기의 섬광체로 많이 사용되며 알파선 검출이 가능한 유기섬광체인 PPO 와 POPOP 를 선정하여 섬광체를 제조하였다. PPO 는 방사선과의 상호작용에 의하여 섬광이 발생하지만, 발생 섬광의 파장이 사용하는 PMT 와 부합하지 않기

때문에 파장 shifter 로서 POPOP 를 첨가하여 PMT 에 감응하도록 하였다.

섬광체로서 PPO 와 POPOP 를 사용하여 제조한 플라스틱 섬광체에 Am-241 표준용액을 도포하여 알파선 검출 성능을 평가한 결과 우수한 검출 성능을 확인하였다.

유기섬광체인 PPO 와 POPOP 각각의 양 변화에 따른 알파선 검출 성능을 평가하였다. 제 1 용질인 PPO 는 알파선과의 상호작용에 의하여 섬광을 발생시키며, 제 2 용질인 POPOP 는 파장 shifter 로 사용된다.[3] 그러나, 파장 shifter 인 POPOP 의 경우는 첨가량이 증가할수록 quenching 효과의 증가로 발생 섬광이 감소한다. 즉, 플라스틱 섬광체의 최적의 방사선 검출 성능을 얻기 위해서는 유기섬광체의 함량 변화에 따른 성능을 평가하여야 한다. 본 연구에서는 PPO 의 농도는 0.1 에서 3.0 wt%까지, POPOP 는 0.01 에서 0.1 wt%까지 변환시키면서 성능을 평가하였다.

그림 2 는 PPO 와 POPOP 의 함량 변화에 따른 알파선 검출 스펙트럼을 나타낸 것으로서, 유기섬광체의 함량이 증가할수록 스펙트럼이 오른쪽으로 이동하는 것을 볼 수가 있다. 이는 동일한 알파선에 대하여 발생하는 섬광의 양이 증가한다는 것을 알 수가 있다. 이는 유기섬광체의 양에 따라서 동일한 알파선이 입사하여도 다른 결과를 줄 수가 있다. 즉, 첨가 유기섬광체의 양을 최적화하여 결정하여야 한다.

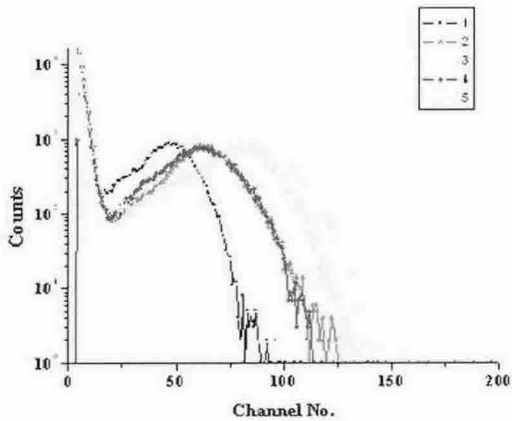


그림 2. 유기섬광체의 함량 변화에 따른 알파선 스펙트럼

2.4 플라스틱 섬광체 물리적 특성 평가

제조한 플라스틱 섬광체는 얇은 필름 형태로서 알파선에 의한 에너지를 완전히 흡수하기 위해서는 알파선의 비정 거리 이상의 두께를

확보하여야 한다. 섬광체의 두께 변화에 따른 알파선 검출 성능을 평가하기 위하여 섬광체 제조 시 도말 두께를 150 에서 300 μm 로 변화시키면서 제조하였다. 제조한 섬광체를 이용하여 방사선 검출 성능을 평가한 결과는 그림 3 과 같다.

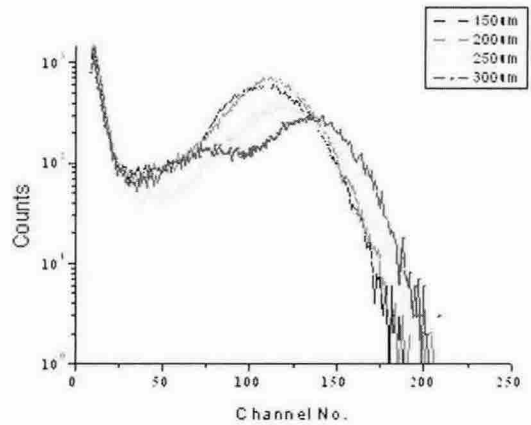


그림 3. 플라스틱 섬광체의 두께 변화에 따른 알파선 스펙트럼

3. 결 론

알파선 오염도를 직접 측정할 수 있는 플라스틱 섬광체를 제조하였다. 플라스틱 섬광체는 고분자 소재인 폴리설폰과 유기섬광체를 용매로 녹인 후 고형화시켜 필름형태로 제조하였다. 제조한 플라스틱 섬광체의 알파선 검출 성능을 평가하기 위하여 다양한 제조 조건(유기섬광체 농도 변화, 섬광체 두께 변화 등)에서 시험을 수행하였으며, 알파선에 대하여 우수한 검출 성능을 확인하였다. 향후 해체 현장 적용 시험을 수행하여 성능을 평가함으로써 현장에서 직접 알파선 오염도를 측정할 수 있을 것이다.

참고문헌

- [1] 서범경, 이근우, 임난주, 박진호, 한명진, 표면오염 측정용 무기섬광 함침 필름의 제조 및 성능 평가, 한국에너지공학회지, Vol. 13, p.93, 2004.
- [2] Myeong-Jin Han, Kune Woo Lee, Bum-Kyoung Seo, Preparation and characterization of a double-layered porous film to assay for surface radioactive contamination, Journal of Membrane Science, Vol.223, p.59, 2003.
- [3] 문병수 외, 방사선 계측 및 이용장비 개발, KAERI/RR-1997/99, 한국원자력연구소, 2000.