

## 해체 시 발생하는 폐기물의 표면오염 측정용 고분자 검출소재 개발

서범경, 박찬희, 이동규, 이근우

한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 대덕대로 1045

[bumja@kaeri.re.kr](mailto:bumja@kaeri.re.kr)

### 1. 서 론

방사성 표면오염은 방사선관리구역의 운영과 방사성물질의 운반 및 반출뿐만 아니라 원자력시설의 해체 시에 발생하는 폐기물의 관리 및 규제해제를 위해서 고려해야할 기준이다. 따라서 방사선관리의 한 분야로서 특히 다양한 형태의 폐기물이 동시에 다량으로 발생하는 원자력시설 해체의 경우에는 다양한 형태의 오염도 측정 장치가 필요하다.

표면오염에는 고착성과 유리성과 있다. 고착성의 경우는 제외피폭만 고려하면 되지만, 유리성의 경우는 오염물질이 부유하여 실내의 공기를 오염시켜 체내로 섭취될 위험성이 있기 때문에 고착성보다도 더욱 주의해야 한다. 고착성과 유리성 모두 휴대형계수기 또는 전용모니터로 측정할 수 있지만, 유리성 오염은 smear 법을 이용하여 시료채취한 후에 계측기로 측정할 수도 있다.

본 연구에서는 원자력시설 해체 시에 발생하는 다양한 형태의 폐기물을 오염도를 측정하기 위하여 방사선 계측용으로 다양하게 사용되는 유·무기섬광체를 이용하여 다양한 형태의 고분자 검출소재를 개발하였다. 고분자 검출소재는 고분자 물질에 섬광체를 함침시켜 제조한 기능성의 검출소재로서, 방사선과 섬광체의 상호작용에 의하여 생성된 섬광을 측정함으로써 방사선 측정이 가능하다.

### 2. 실험방법 및 결과

원자력시설에서 유리성 표면오염 측정이 가능하며 동시에 방사선 검출용 무기섬광체를 함침시켜 방사선 검출이 가능한 기능성의 고분자 필름을 제조하였다. 함침막의 고분자 소재로는 폴리설펜(PSf)을 사용하였고, 용매로는 비흡습성의 메틸렌클로라이드(MC)를 사용하여 다양한 고형화 방법(유리화, 비용매 침지)을 이용하여 제조하였다. 또한, 스페어 매질의 방사선 검출 효율 향상을 위하여 무기섬광체 CAYS(cerium activated yttrium silicate)의 양과 필름 두께 등의 제막조건을 변화시키면서 제조하였다. 제조한 무기섬광 함침막의 방사선 검출 성능은 함침막에 방사성 핵종을 도포하고, 방사선과의 무기섬광체의 상호작용에 의하여 발생된 섬광을 측정하여 방사선 검출 성능을 평가하였다.

원자력시설의 고착성 표면오염 측정이 가능한 휴대용 계수기에 적용이 가능한 배타선 검출용의 필름 형태의 플라스틱 검출소재를 제조하였다. 제조는 용매인 MC에 유기섬광체(PPO & POPOP)를 적합한 무게비로 정량하여 용해시킨 후, PSf 고분자 소재를 첨가하여 제막용액을 준비하였다. 균일한 제막용액 내에서 기포와 용액의 투명성을 확인한 후, Doctor Blade를 사용하여 일정한 두께로 유리판 위에 도말한 후에 대기 중에서 건조하여 제조하였다. 제조한 필름형태의 검출소재는 배타선원을 이용하여 검출 성능을 평가하였다.

또한, 원자력시설의 알파선 오염도 측정이 가능한 무기섬광체를 이용하여 다양한 형태로 제조가 가능한 필름형태의 고분자 검출소재를 제조하였다. 필름형의 무기섬광체 검출소재는 고분자인 폴리설펜으로 된 지지층과 방사선 검출이 가능한 무기섬광층의 이중구조로 제조하였다. 지지체 막은 폴리설펜 지지체 위에 ZnS(Ag) 무기섬광체를 폴리설펜과 시아노레진을 접착 바인더로 도포시키는 방법으로 이중구조로 막을 제조하였다. 제조한 알파선 검출소재는 원자력시설의 벽면이나 바닥과 같은 대면적의 오염도 측정용 소재로 활용이 가능하며, 또한, 배관 내부의 오염도 측정과 같은 특수한 경우에도 적용이 가능하다.

원자로 내부와 같은 지역이 협소하고 작업자가 접근하여 측정이 어려운 고준위 시설의 방사선량 측정이 가능한 bulk 형태의 원거리 측정용 센서를 개발하였다. 검출 센서는 투명 에폭시에 유기섬광체(PPO & POPOP)를 혼합한 후에 신호 전송용 광섬유를 연결하여 방사선 검출 및 신호전송이 가능한 일체형으로 제조하였다. 에폭시 수지는 경화에 있어 반응수축이 작고, 휘발성이 없으며 가공성이 좋고 열에 대한 저항성이 우수한 장점으로 광범위한 응용 분야에 사용되고 있으며, 광섬유와 결합하여 제조하기가 쉽기 때문에 검출소재의 지지체로서 우수한 성질을 가지고 있다. 또한 검출소재와 결합시킨 광섬유는 경제성이 좋고, bending 특성이 뛰어나며, 전송속도가 우수한 플라스틱 광섬유를 사용하였다.

신호 전송용 광섬유와 검출용 센서를 물리적으로 접촉하여 연결할 경우에는 접촉면에서 섬광의 산란으로 인하여 전송 효율이 감소할 뿐만 아니라 광섬유를라 검출소재와 광섬유를 연결하기 위한 추가적인 부품이 필요하다. 그러나, 본 연구에서는 센서 제조 시에 광섬유를 에폭시 지지체가 고형화되기 전에 삽입하여 일체형으로 제조함으로써 접촉에 의한 산란을 줄일 수 있으며 제조 방법 또한 간단하다.

또한, 시설 내부의 알파선 오염도를 측정하기 위하여 알파선 검출용 소재로서는 분말 형태의 ZnS(Ag) 무기섬광체를 이용하여 투명 에폭시와 혼합하여 bulk 형태로 제조하였다. 또한, 섬광체와 결합되는 광전자증배관(PMT)의 크기 제한으로 인하여 이용하여 센서와 전자장치를 분리하였다. 제조한 섬광층의 알파선 검출에 대한 최적 두께를 결정하기 위하여 섬광층의 면밀도를 변화시키면서 제조하고, 알파선의 검출 성능을 평가하여 최적 조건을 도출하였다.

### 3. 결 론

원자력시설의 해체 시에 발생하는 다양한 형태의 폐기물의 오염도를 측정하기 위하여 유·무기섬광물질을 이용하여 서로 다른 종류의 방사선 계측이 가능한 고분자 복합소재를 개발하였다. 다양한 검출소재의 방사선학적 특성을 평가한 결과, 알파선과 베타선 모두에 대한 반응특성을 확인하였으며, 이를 통하여 향후 원자력시설의 해체 전후 및 과정에서 시설 및 폐기물의 오염도 측정용 검출기로 활용할 예정이다. 특히 다양한 검출소재들은 간단한 방법으로 제조가 가능하며, 원거리 오염도 측정이 가능하기 때문에 작업자의 안전성을 확보할 수 있을 것으로 기대한다.

### 감사의 글

본 연구는 교육과학기술부의 원자력연구개발 중장기계획사업의 일환으로 수행되었습니다.