

섬광체와 광섬유를 이용한 오염도 원격측정용 phoswich 검출기 개발

서범경, 박찬희, 이근우, 이동규, 정종현

한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 대덕대로 1045 (덕진동 150-1)

bumja@kaeri.re.kr

원자력시설의 해체과정에서 발생하는 폐기물들은 안전한 관리를 위해서는 오염도 측정이 선행되어야 한다. 해체 폐기물의 오염도를 측정하기 위해서는 검출기를 이용하여 대상 표면을 직접 측정하는 방법과 여과지 등을 이용하여 오염물을 채취한 후에 검출기로 측정하는 간접적인 방법 등 여러 가지가 있다. 그러나, 배관 내부와 같이 대상 표면이 외부로 노출되지 않거나 협소한 경우에는 기존의 방법을 이용하여 오염도를 측정하기에는 어렵다. 이러한 협소한 지역의 오염도를 측정하기 위하여 세계적으로 다양한 측정기술들 개발하고 있으며, 국내에서도 배관 내부의 오염도를 직접 측정하기 위하여 원격 측정장비를 개발하여 해체 현장에서의 적용시험을 수행하였다[1].

그러나, 이전 연구에서 개발한 배관 내부에 방사성 오염도 측정 장치는 광전자증배관(photomultiplier tube, PMT)에 방사선 측정용 섬광체를 부착시킨 형태로 검출기를 제작하였다. 이러한 형태의 검출기는 신호 변환용 PMT의 크기에 의존하기 때문에 소형으로 제작할 수가 없는 단점이 있다. 또한, PMT에서 전환된 신호를 측정용 전자회로로 이송하기 위해서는 동축 케이블을 통하여 전송하게 되는데, PMT의 출력 신호가 너무 약하기 때문에 원거리 전송이 어려워 배관의 길이가 긴 경우에는 적용하기 어려운 단점이 있다.

최근에 섬광체와 PMT를 긴 광섬유를 이용하여 원거리 측정이 가능한 방사선 계측기를 개발하고자 하는 연구가 수행된 바 있다[2]. 광섬유를 활용한 방사선 계측방법은 센서부분을 매우 소형화할 수 있어서 연료봉집합체 사이와 같이 기존의 방사선 계측기로는 삽입이 곤란한 협소한 곳의 측정을 가능하게 할 수 있으며, 광섬유의 광전도성과 비교적 저렴한 장점을 활용하여 원자력발전소, 가속기, 방사성폐기물 처분장 등에 센서를 분산, 배치하여 여러 곳의 방사능을 한 곳에서 집중하여 감시하는데 유용하게 적용할 수 있다. 이미 광섬유는 방사선 계측방법으로 원자력분야에서 널리 활용되고 있다.

검출기 부분은 알파선과 베타선을 동시에 측정하기 위한 phoswich 검출기와 광섬유로 연결된 광전자증배관(photomultiplier tube, PMT)로 구성된다. Phoswich 검출기는 알파선 측정용 ZnS(Ag) 섬광체와 베타선 측정용 플라스틱 섬광체를 이중으로 배치하여 제작하였다. Phoswich 검출기는 하나의 광전자증배관에 2개 이상의 다른 섬광체를 광학적으로 결합시킨 검출 시스템이다. 섬광체 각각은 하나의 특정 형태의 방사선(즉, 알파, 베타, 감마 그리고/또는 중성자)에만 반응하도록 선택하며, 알파 및 베타선을 측정하기 위하여 이중섬광체를 하나의 광전자증배관에 적용하여 PSD(pulse shape discrimination) 방법으로 알파와 베타선을 분리하여 측정하였다.

섬광체에서 생성된 빛은 광섬유를 통하여 계측용 장치인 PMT로 입사되어 전기신호로 바뀌어 측정되는데, 섬광체와 PMT를 광섬유와 연결하기 위하여 FC connector를 이용하였다. 광섬유는 2와 5 m 길이의 유리 광섬유 BCF-37 (Saint-Gobain)를 이용하였다.

개발한 이중 섬광체 phoswich 검출기의 방사선 검출 성능을 평가하기 위하여 알파선 방출핵종인 ^{241}Am 과 베타선 방출핵종인 $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ 방사선원을 이용하여 측정하였으며, 그림 1은 2와 5 m 길이의 광섬유를 이용하여 측정한 베타선 스펙트럼이다. 길이에 따른 신호의 감쇄는 크게 일어나지 않는다는 것을 알 수 있다.

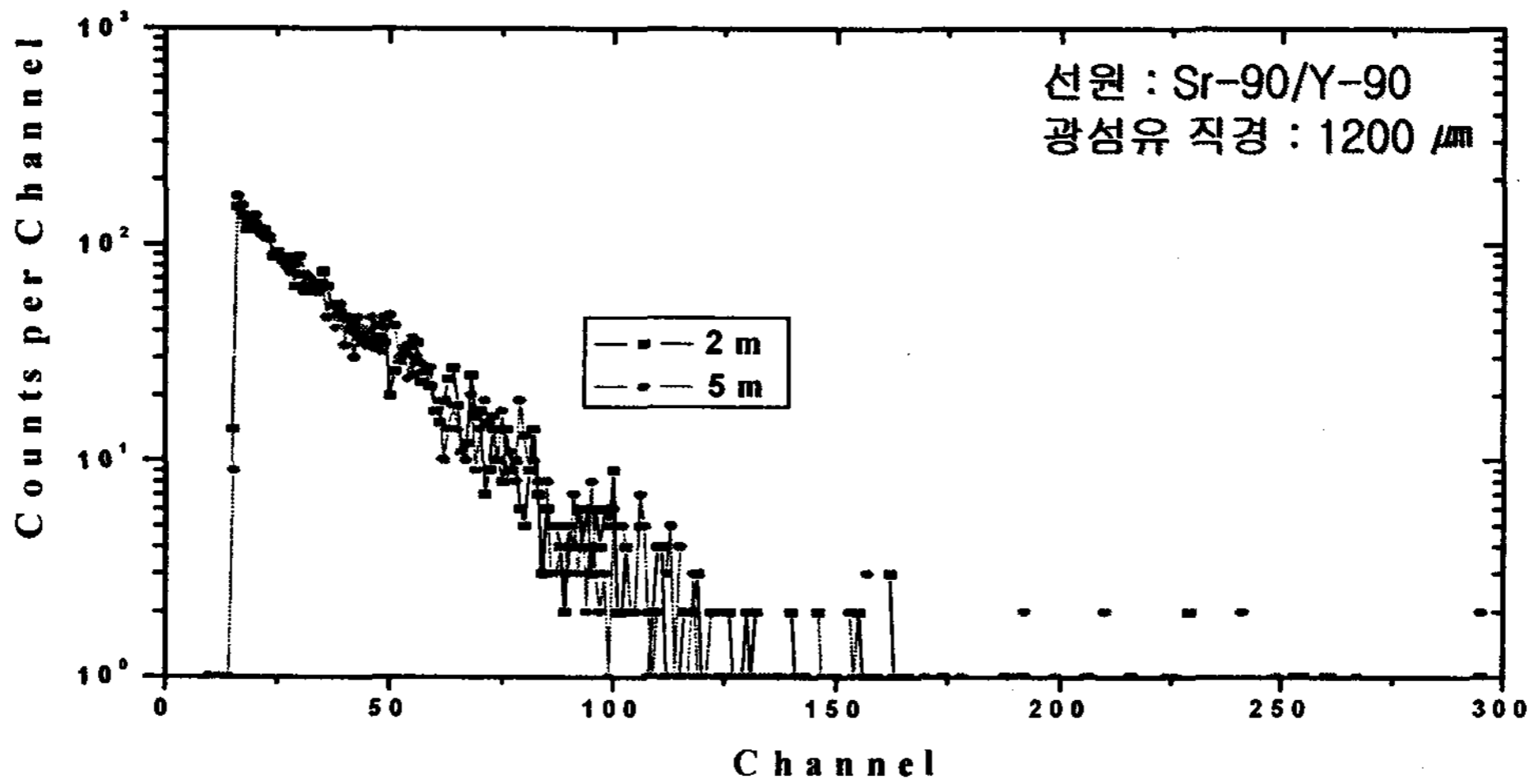


그림 1. 광섬유를 이용하여 측정된

섬광체와 결합된 선형의 광섬유 계측 장치는 작업 시에 신속하게 설치할 수 있고 철거할 수 있으며, 이러한 시스템은 작업자의 피폭 가능성을 감소시키고, 좁고 복잡한 배관에 대해서도 설치가 용이한 장점이 있다.

참고 문헌

1. 서범경, 김계홍, 박찬희, 이근우, 이동규, 정종현, "배관 내부 오염도 측정장비 개발 및 연구로 2 호기 액체폐기물 이송관 해체를 위한 내부 오염도 측정", 한국방사성폐기물학회 2007 추계학술 발표회, 경주 위덕대학교, 5. 31 ~ 6. 1 (2007).
2. S. Yamamoto, Y. Yoshida, and T. Iida, "Development of an Underground Radon Detector Using on Optical Fiber", IEEE Transactions on Nuclear Science 50(4), pp. 987-990 (2003).