

## 원전 증기발생기 세관 내부 오염도 측정방법 연구

서범경, 이근우

한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 대덕대로 1045

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

### 1. 서 론

원전 가동효율 및 안전성 향상을 위하여 1998년 고리 1호기의 증기발생기(2기) 교체를 시작으로 2011년에 올진 1,2호기의 증기발생기(6기)가 교체 될 예정이며, 이어 영광 등의 원전에서도 증기발생기의 교체가 계속 이루어질 전망이다. 이러한 퇴역 증기발생기를 안전하게 취급 및 처리하기 위해서는 정확한 오염도 측정이 요구된다. 방사성 물질로 오염된 표면의 측정에는 검출기를 이용하여 오염도를 직접 측정하는 방법과 오염 시료를 채취하여 간접적으로 측정하는 방법이 있다. 직접 측정법은 표면의 총 오염도와 오염물의 형태가 고정된 경우에 주로 이용하며 주위의 백그라운드 영향을 많이 받기 때문에 정확한 오염도를 측정하기 위해서는 차폐를 하거나 주변의 방사선량이 낮은 지역에서 실시한다. 간접 측정법은 유리성 오염인 경우에 측정이 가능하며 시료를 채취하기 때문에 주변의 방사능이 높은 경우에 주로 이용한다.

원전에서 발생된 증기발생기 세관의 내부 오염도를 측정하기 위하여 적용 가능한 기술을 분석하여 선정하였다. 오염도 측정 기술은 기존의 간접법을 이용한 표면오염 측정법과 병행하여, 표면의 오염된 시료를 직접 채취할 수 있는 시료채취 장치를 개발하여 성능을 평가하였다. 또한, 내부의 오염도를 직접 측정할 수 있는 검출 소제를 개발하여 적용성을 평가하였다.

### 2. 실험방법 및 결과

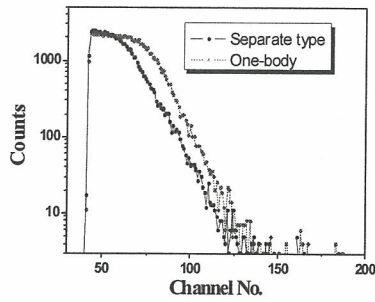
증기발생기 세관의 경우는 내경이 약 20 mm 정도로서 아주 작기 때문에 내부의 오염도를 직접 측정하기는 어렵다. 또한, 간접법을 이용한 시료 채취의 경우도 세관을 잘라서 내부 시료를 채취해야하기 때문에 작업이 번거롭고 내부의 오염물질이 고착된 형태로 존재하기 때문에 시료 채취도 어렵다.

이러한 이유로 증기발생기 세관 내부의 오염 시료를 직접 채취하여 오염도를 평가하기 위하여 내부의 오염 시료를 채취할 수 있는 장치를 개발하였다. 세관 내부 시료채취장치는 동력전달용 축에 시료 채취용 절삭 공구(bite)를 연결하여 배관 내부로 직접 이송하여 외부에서 모터를 이용하여 회전시켜 배관 내부의 시료를 칩 형태로 채취한다. 세관 내부에서 동력전달 축이 회전할 때에 흔들림을 방지하기 위하여 동력축의 중간에 지지대를 설치하였다. 세관 내부 시료채취 장치를 이용하여 증기발생기 세관으로 이용되고 있는 Inconel 600 파이프를 이용하여 시료채취 성능을 수행하였다.

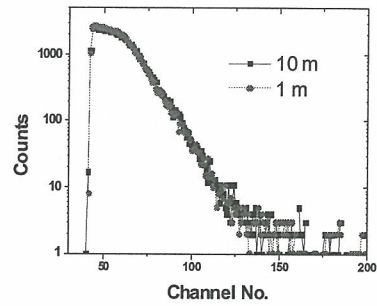
세관 내부의 오염도를 직접 측정하기 위하여 소형의 검출소제와 원거리 신호전송이 가능한 광섬유를 결합한 형태의 센서를 제조하였다. 검출소제는 투명 에폭시에 방사선 검출이 가능한 유기섬광체(PPO & POPOP)를 혼합한 후에 신호 전송용 광섬유를 연결하여 방사선 검출 및 신호전송이 가능한 일체형으로 제조하였다. 에폭시 수지는 경화에 있어 반응수축이 작고, 휘발성이 없으며 가공성이 좋고 열에 대한 저항성이 우수한 장점으로 광범위한 응용 분야에 사용되고 있으며, 광섬유와 결합하여 제조하기가 쉽기 때문에 검출소제의 지지체로서 우수한 성질을 가지고 있다. 또한 검출소제와 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 검출소제와 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.

제조한 세관 내부 오염도 직접측정용 센서를 이용하여 방사선 검출 성능을 평가하였으며, 광섬유의 조건에 따른 신호전송 성능을 시험하였다. 또한, 증기발생기 세관의 내부 오염 핵종을 분석하기 위하여 기존에 고리 1호기에서 확보한 실제 전열관을 이용하여 HPGe 검출기로 측정하였다. 측정 결과 방사화 부식 생성물인 Co-60이 주 오염핵종이었다.



분리형 및 일체형 센서 비교 평가



원거리 신호전송 성능 평가

Fig. 1. 일체형 센서의 신호전송 성능 평가

### 3. 결 론

원자력발전소에서 향후 퇴역 증기발생기 세관의 내부 오염도를 측정하기 위한 다양한 기술 분석을 통하여 측정기술을 선정하였다. 세관 내부의 오염 시료를 직접 채취할 수 있는 장치를 개발하여 증기발생기 세관과 동일한 재료인 인코넬 600 배관의 내부 시료를 채취하여 오염도 측정 가능성을 확인하였다. 또한, 세관 내부의 오염도를 직접 측정하기 위한 검출 센서를 개발하여 방사선 검출 성능을 확인하였고, 향후 발생이 예상되는 증기발생기 세관의 내부 오염도 측정용 검출기로 활용할 예정이다.