

시험모형의 He-3 중성자검출기 제작 및 성능시험 결과 분석

엄성호 · 신희성 · 안성규 · 박광준 · 주준식 · 황용화 · 김호동

한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 덕진동 대덕대로 1045

eom@kaeri.re.kr

1. 서론

다양한 중성자 계수방법이 제시되고 있지만, 고효율로 중성자를 계수하는 목적에 있어서는 He-3 검출기가 최적인 것으로 알려져 있다. He-3 검출기는 주로 원주형 상업용 제품으로 제작되어 사용되고 있다. 핵물질 안전조치 분야에서는 원주형 He-3 검출기를 다수 장착한 중성자계수기를 사용하고 있다. 현재 국내에서는 DUPIC 핵연료 제조시설에서 사용하는 듀픽안전조치용 중성자계수기(Dupic Safeguards Neutron Counter:DSNC)에는 18 개의 원주형 He-3 검출기가 꽂혀 있으며 13 % 정도의 측정효율을 내고 있으며[1], 사용후핵연료 차세대종합공정실증시설(Advanced spent fuel Conditioning Process Facility:ACPF)의 핵물질 계량 목적으로 사용하는 ACP 안전조치용 계수기(ACP Safeguards Neutron Counter:ASNC)에는 24 개의 원주형 He-3 검출기를 꽂혀 있으며 약 21 %의 측정효율을 내고 있다[2]. 한편, IAEA에서는 Canberra사에서 제조하는 이와 유사한 중성자 계수기를 핵사찰에 사용하고 있다[3]. 이 논문에서는 새로 고안한 환형 He-3 검출기의 요소기술을 실험적으로 검증하기 위해서 원주형 시험모형을 설계 및 제작하고 이의 성능시험을 수행하였다.

2. 실험방법 및 결과

시험모형은 기존의 상업용 제품과 동일한 원주형으로 제작하였고, 1, 2 차로 나누어 제작 및 성능시험을 수행하였다. 1차 시험모형에서는 텅스텐선의 굵기의 영향분석, He-3 가스와 quenching 가스의 혼합비율 등을 시험하였고, 2 차 모형에서는 환형 He-3 검출기에 직접 적용할 기술들을 입증하였다. 이런 점을 때문에 1 차 시험모형은 밀폐방법을 오링을 사용한 조립형으로 제조하여, 성능시험의 결과에 따라 텅스텐선을 쉽게 교체할 수 있도록 제조하였다. 그리고 He-3와 N₂ 가스의 비율에 따른 중성자 계수기의 성능에 미치는 영향을 분석하였고, 이를 통하여 비율이 3 %이라는 것을 실험적으로 확인하였다. 이들에 대한 결과는 그림 1에서 제시하였다. 1 차 모형시험에서는 조립식으로 제조를 했기 때문에 장시간 진공을 유지 할 수 없었고, 4 기압까지만 견딜 수 있었다. 진공의 유지시간은 약 8 분 정도였기 때문에, 이로 인하여 실험초기에는 공기의 유입으로 인한 높은 백그라운드 계수치 때문에 많은 시행착오를 겪었지만, 8 분 안에 신속하게 He-3 가스를 채워 이 문제를 극복하였다. 2 차 모형은 완전 밀폐형으로 제작하여, 환형 검출기에 직접 적용할 수 있는 기술을 실험적으로 확인하였다. 내부압력도 12 기압까지 견딜 수 있도록 제조하였으며, 10⁻⁵ torr의 진공도가 24 시간 이상 유지되는 것을 확인하였다. 중성자발생장치를 사용하여 성능시험을 수행한 결과, 상업용 중성자검출기(Reuter Stokes사)는 1750 v~2000 v에서 plateau가 형성 되었으며 상대오차는 ±2.11%/100 v, ±2.07%/100 v이었다. 한편 자체 제작한 1차 시험모형인 원주형검출기는 1800 v~2000 v에서 plateau가 형성 되었으며 상대오차는 ±3.78%/100 v, ±1.65%/100 v이었다. 그리고 2차 시험모형인 완전 밀폐형으로 제작한 원주형검출기는 plateau가 1700 v~1950 v

에서 형성 되었고 상대오차는 $\pm 3.14\%/100$ v로 나타났다. 실험결과도 그림 2와 같이 1 차 모형시험에 비하여 매우 좋은 결과를 보여주었다.

3. 결론

1~2차 시험모형 제작 및 성능시험을 통하여 기존 상업용 검출기 수준의 제작에 필요한 요소 기술을 확보하였다는 것을 입증하였다. 입증한 기술을 적용하여 환형 검출기를 설계 및 제작해 나갈 계획이다.

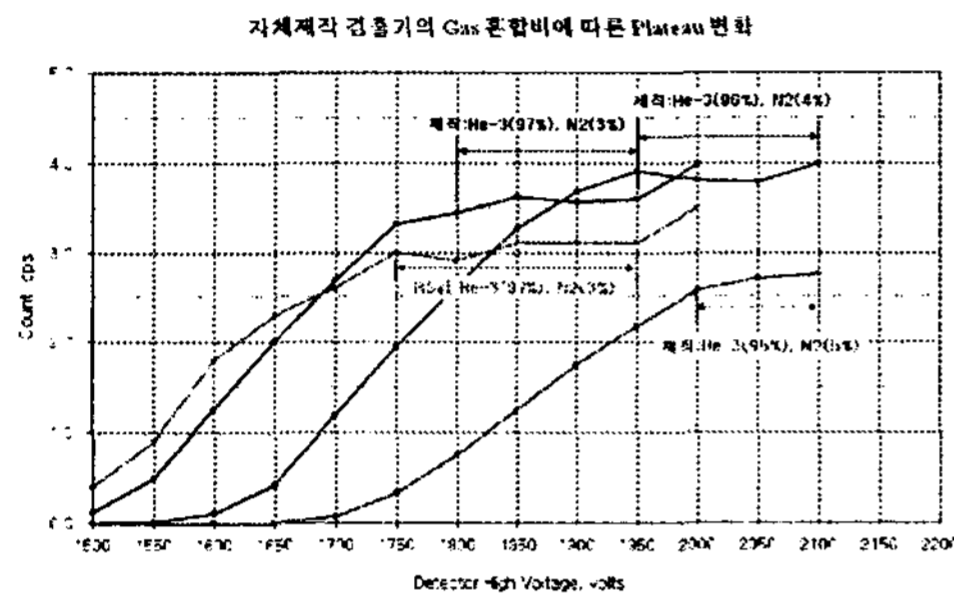


그림 1. 자체 제작한 중성자검출기의 Gas 혼합비에 따른 Plateau 변화.

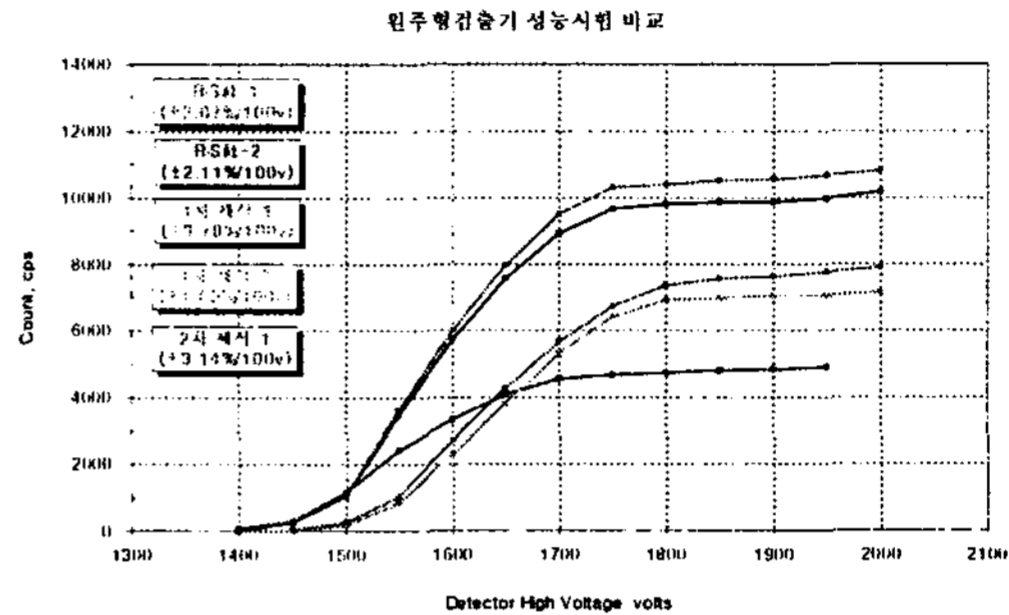


그림 2. 중성자발생장치를 사용한 Reuter Stokes사 제품과 자체 제작한 중성자검출기의 Plateau 비교.

사 사

본 연구는 과학기술부의 원자력 연구개발 중장기 계획사업의 일환으로 수행되었습니다.

참고문헌

- [1] DUPIC핵물질 안전조치용 중성자검출장치 개발, 한국원자력연구소 보고서 KAERI-TR-1381-99, 1999.
- [2] T. H. Lee, H. D. Kim, K. J. Jung, S. W. Park, Development of a Neutron Coincidence Counter for the Advanced Spent Fuel Conditioning Process, J. Korean Phys. Soc., Vol. 48(2), p. 218, 2006.
- [3] AWCC specifications, CANBERRA (http://www.canberra.com/pdf/Products/Systems_pdf/jcc_51.pdf).