

전산모사에 의한 중성자 카운터의 효율 평가

주준식, 박광준, 신희성, 강희영, 김호동
한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 대덕대로 1045
nisju@kaeri.re.kr

1. 서론

사용후핵연료 취급시설에서 핵물질 계량은 안전조치 측면에서 볼 때 필수적이며, 여러 가지 측정방법이 사용되고 있다. 습식재처리를 하는 경우, 핵물질 계량 방법은 중성자측정, 감마선분광분석, 열량측정, K-Edge/K-XRF 등 측정할 수 있는 비파괴적인 방법이 다양하다. 그러나 pyro 공정에서의 핵물질 계량은 습식재처리 공정에서의 핵물질 계량 방법을 그대로 활용할 수가 없다. 그 이유는 습식공정에서는 거의 모든 핵분열 생성물이 제거되지만 pyro 공정에서는 일부 감마선을 방출하는 핵분열 생성물이 잔존하기 때문이다. 이러한 핵분열 생성물이 존재하기 때문에 감마선분광분석법 및 중성자 측정법에 의한 핵물질 계량에 걸림돌이 되고 있다. 본 연구에서는 pyro공정 핵물질 계량을 위한 전단계로서, 소량의 디스크형 조사후 핵연료시편에 대한 핵특성을 분석하기 위해서 감마/중성자 통합 측정시스템을 설계하였다.

2. 기본 모델 설정 및 효율 평가

본 감마/중성자 통합 측정장치는 방사선 준위가 높은 사용후핵연료를 취급하기 때문에 차폐형 글로브 박스내에 설치된다. 기존의 글로브박스에 측정장치를 설치해야만 하는 입장이므로 통합 측정장치의 크기에 제한을 받게 된다. 따라서 이러한 장치의 크기가 작으면 작을수록 시편 인입/배출 작업이 용이하게 되지만 측정효율이 떨어지는 단점도 상존한다.

가. 기본 모델 설정

중성자 측정장치 부분의 구성은 중성자 감속재, 감마선 차폐체, He-3 검출기, 외부 덮개 등으로 구성된다. 제한된 공간내에서 최대의 측정효율을 얻기 위해서 그림1과 같은 기본 모델을 설정하였는데, 이는 최적의 감속재 두께, 감마선 차폐 등을 고려하여 설정하게 되었다. 이 기본 모델에서 검출기 길이는 현재 보유하고 있는 검출기 (직경 1인치, 길이 30.3 cm) 길이를 근거로 하여 구조물의 모델을 결정하였는데, 이 높이로 하였을 때 차폐형 글로브박스 내부에서 측정 장치의 높이가 핵연료 시편을 원격으로 취급하기에는 상대적으로 높기 때문에 어려움이 있게 된다. 따라서 검출기 길이가 절반 정도 되는 검출기 구입을 예상하여 측정 장치의 높이를 절반으로 낮추는 경우도 고려하였다.

나. 효율 평가

중성자 카운터에 대한 검출효율 평가는 MCNPX 코드를 이용하여 위의 두 가지 모델에 대하여 수행하였으며, 그 결과는 표1과 같다. 표에서 보는바와 같이 검출기 길이를 30.3cm 로 한 중성자 카운터의 구조물에 대해서는 16.6%, 그리고 15.4cm 길이의 검출기를 갖는 구조물에서는 10.7%의 검출효율을 갖는 것으로 나타났다.

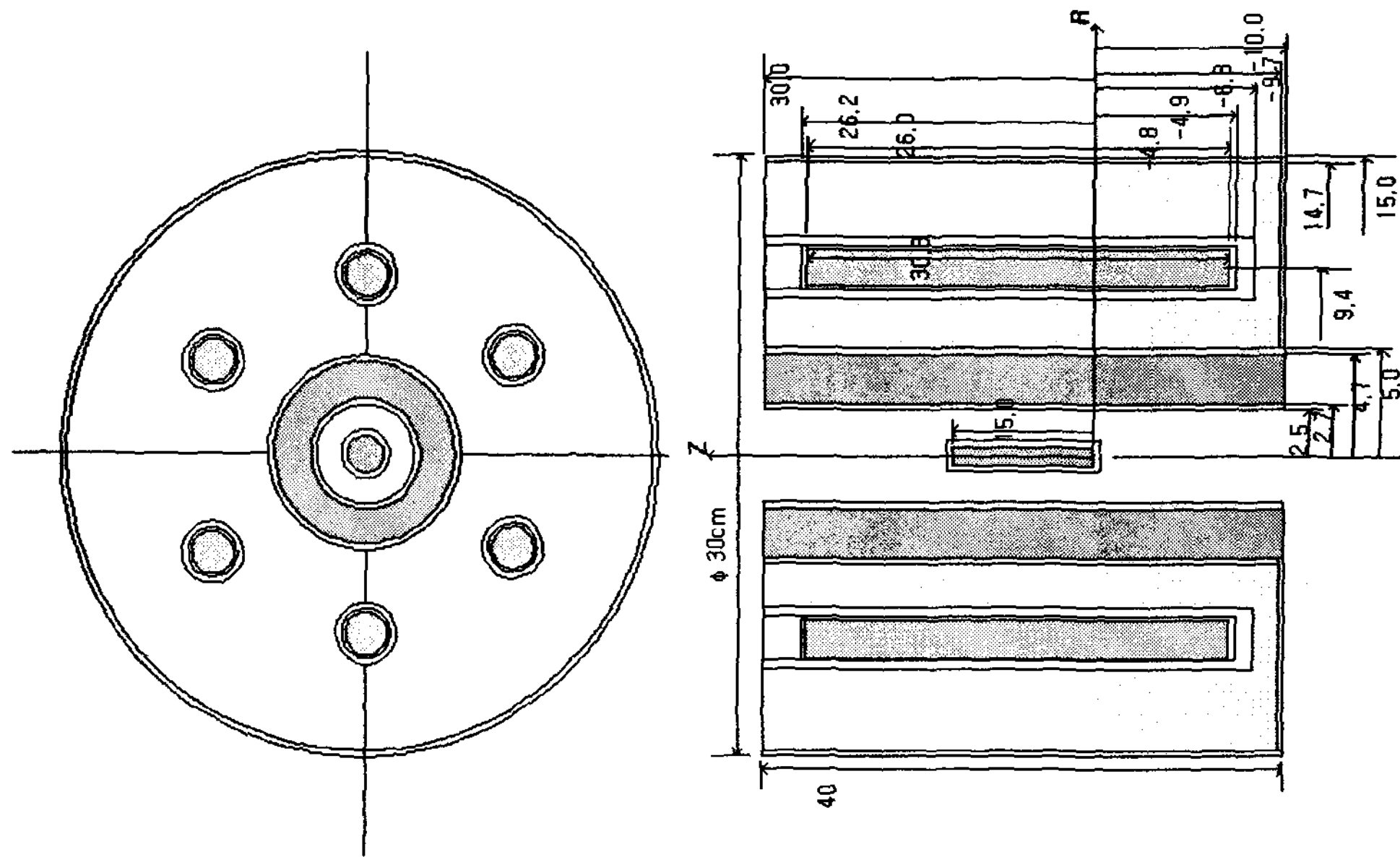


그림1. He-3 검출기 길이를 30.3cm로 선정한 경우의 중성자 카운터 구조물의 기본 모델.

표1. He-3 검출기 길이/구조물 치수 변화에 따른 효율평가 결과 (MCNPX 코드 계산)

He-3검출기 크기		He-3기체압력	중성자 감속재	검출기 홀 반경	효율, %
길이,cm	직경,cm				
30.3	2.54	4기압	HDPE	1.45cm	16.5
15.4	2.54	4기압	HDPE	1.45cm	10.7

3. 결론

소량의 사용후핵연료 디스크형 시편에 대한 핵특성 분석장치를 구축하기 위하여 중성자 카운터의 기본 모델을 설정하고, 검출 효율을 MCNPX 코드로 평가하였다. 평가결과, He-3 검출기의 길이가 30.3 cm (직경 1인치)인 경우, 16.5%로 계산되었으며, 또한 중성자 감속재, 감마선 차폐체 등의 높이를 절반으로 줄이고, 검출기 길이를 15.4 cm (직경1인치)로 할 때, 10.7%의 효율을 갖는 것으로 계산되었다. 중성자 카운터가 제한된 공간의 차폐형 글로브박스 내에 설치되어야 하므로 어느 모델을 선택할 것인가는 이러한 중성자 검출효율과 사용후핵연료 시편의 원격조정 용이성 등을 고려하여 차후에 결정할 것이다.