

밀봉선원의 저장, 운반, 폐기를 위한 표준용기 개발

이승로^{1*}, 신주도¹, 운영성²

¹한국방사선진흥협회, 서울특별시 성동구 성수일로 77

²나우주식회사, 경기도 광주시 고불로 305

*ler@ri.or.kr

1. 서론

현재 산업통상자원부 고시에는 개봉선원폐기물 표준용기로 200 l 드럼이 명시되어 있다. 반면, 밀봉선원의 표준용기는 명시되어 있지 않아 사업자가 별도 제작 및 구매하여 사용하고 있다. 이러한 비규격 용기의 사용은 폐기규정에 적합하지 않아 방사성폐기물 관리기관으로부터 인수를 반려당하거나, 규제기관으로부터 운반규정 위반 지적을 받는 등 문제를 야기하고 있다. 뿐만 아니라 방사성폐기물 관리 측면에서도 비규격용기는 저장 공간의 효율성을 감소시키고 있다. 이에 한국방사선진흥협회는 한국원자력환경공단, 나우 주식회사와 협력하여 밀봉선원의 저장, 운반, 폐기가 가능한 표준용기를 개발하였다. 이는 밀봉선원의 안전한 운반 및 폐기의 편의성을 제공하여 관련 산업 발전 및 방사선 이용진흥에 기여 할 것으로 기대된다.

2. 본론

2.1 밀봉선원 표준용기 모델 선정

최근 10 년간 밀봉선원폐기물 인수현황을 토대로 한국원자력환경공단과 협의하여 육면체용기 6종(1 l, 2 l, 5 l, 10 l, 20 l, 30 l)와 ¹⁹²Ir전용 원통형용기 2종(7.6 l, 13 l)를 선정하였다(Fig. 1).

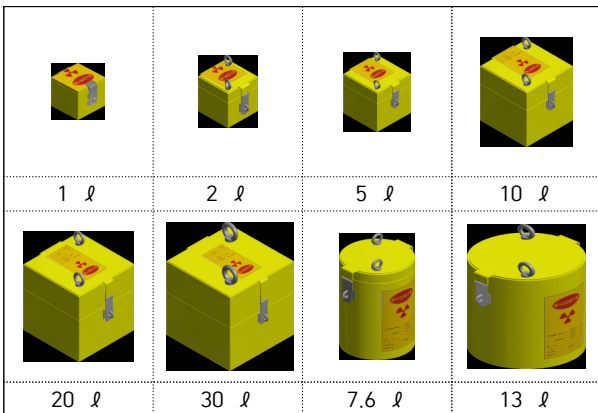


Fig. 1. The Type of Radioisotope Container.

이 용기는 A형 운반용기의 기술기준[1]을 충족시

키도록 제작되었으며, 용기별 적재가능한 최대 방사능량을 설정하기 위해 MCNP 코드를 활용하였고, 핵종별 A값을 만족하는 범위 내에서 한국원자력환경공단의 인수기준인 표면방사선량률 0.4 mSv h⁻¹를 만족시키도록 하였다. 폐기용기의 각 면에서의 최대선량률을 모사하기 위해 F5 tally를 사용하였으며, 핵종별 선량환산인자는 ICRP 74[2]에 제시되어 있는 수치를 적용하였다.

2.2 정상운반조건에 대한 입증시험

제작된 용기를 A형 운반용기에 준하여 사용하기 위해서는 정상운반조건에 대한 입증시험(살수시험, 낙하시험, 적층시험, 관통시험)을 거친 후 내용물이 외부로 유실 또는 분산되지 않고, 외부표면에서의 방사선량률이 20% 이상 증가할 수 있는 차폐능력의 상실이 없을 것[1]을 규정하고 있다. 이에 따라 내용물 유실, 분산 여부 및 용기의 차폐능력을 평가하기 위해 용기에 내용물(모래)을 장입한 채 정상운반조건에 대한 입증시험을 수행하였고, 입증시험 전, 후에 실제 선원을 장입하여 표면방사선량률을 측정하였다.

2.2.1 살수시험

살수시험에는 Fig. 2의 장비를 사용하였다. 살수시험 장비의 분사 노즐은 4개 방향에서 동시에 살수할 수 있으며 강우량 50 mm h⁻¹[1]의 기준을 만족한다. 살수시험 종료 후 용기를 개봉하여 내용물의 침수가 발생하지 않은 것을 확인하였다.



Fig. 2. The Sprinkling System.

2.2.2 낙하시험 및 관통시험

낙하시험과 관통시험에는 Fig. 3의 장비를 사용하

였다. 최대 낙하 높이는 250 mm 이며(낙하시험의 높이 120 mm, 관통시험의 높이 100 mm[1]), 바닥면은 60 mm 두께의 강판을 설치하였다. 한편 관통시험에 사용한 타격봉(Fig. 3)의 무게와 직격은 각각 7 kg, 32 mm 로 제작되었다. 각각의 시험 종료 후 내용물의 유실 및 분산이 발생하지 않은 것을 확인하였다.



Fig. 3. The Dropping and Penetration Test.

2.2.3 적층시험

적층시험에는 용기 중량의 5배에 해당하는 하중과 용기의 수직투영 면적에 13 kPa을 곱한 값에 해당하는 하중 중에 높은 하중의 중량물을 사용하여 적재[1]해야 한다. 이에 따라 각 용기에 맞는 중량물을 별도 제작하여 Fig. 4와 같이 시험을 수행하였다.

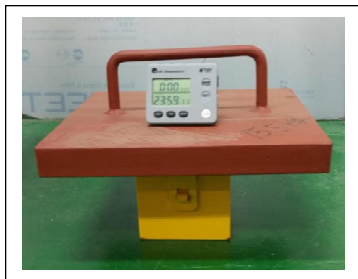


Fig. 4. The Load Test.

2.3 입증시험 전, 후의 표면방사선량률 측정

표면방사선량률 측정에는 FH 40 G-10 서베이미터를 사용하였고, 측정용기에 따른 사용선원 및 방사능량은 Table 1과 같다.

Table 1. Radiation Source on the Radioisotope Container

Radioisotope container	Source (Radioactivity)
Cylinder type(7.6 l, 13 l)	¹⁹² Ir (14.8 GBq)
Cube type(1 l, 2 l, 5 l)	⁶⁰ Co (3.00 MBq)
Cube type(10 l, 20 l)	⁶⁰ Co (102 MBq)
Cube type(30 l)	⁶⁰ Co (446 MBq)

용기에 장입한 후 표면방사선량률을 측정했을 때 일정수준의 수치(1 μ Sv h^{-1}) 이상을 나타낼 수 있는 방사능량의 선원을 선별하여 사용하였고, 용기의 6개 면에서 선량률을 측정하였다. 또한, 다양한 선원을 장입할 수 있는 육면체 용기에 대해서는 한국원자력안전기술원의 권고에 따라 γ 선 방출에너지가 높은 ⁶⁰Co 선원을 사용하여 보수적인 평가를 진행하였다. 입증시험 전, 후 각 면에서 측정된 표면방사선량률의 평균값과 그 차이를 용기별로 Table 2에 나타냈다.

Table 2. The Variations of Surface Dose rates before and after Proof Test

Radioisotope container	Surface dose rates (μ Sv h^{-1})		
	before	after	variations (%)
Cylinder type (7.6 l)	68.2	74.2	9
Cylinder type (13 l)	56.4	62.2	10
Cube type (1 l)	25.6	27.3	7
Cube type (2 l)	3.97	4.36	10
Cube type (5 l)	1.82	1.94	7
Cube type (10 l)	19.1	20.0	5
Cube type (20 l)	1.97	2.05	4
Cube type (30 l)	1.67	1.77	6

입증시험 전, 후 용기별 평균 표면방사선량률은 4-10%의 차이를 보였고, 각 면별로는 1-18%의 차이를 보였다. 이 수치는 원자력안전위원회 고시에 명시되어 있는 정상운반조건에서의 입증시험 후 용기의 차폐능력이 20%이상 상실되지 않을 것[1]을 만족한다.

3. 결론

밀봉선원 표준용기 개발을 위해 원자력안전위원회 고시[1]에 따라 일련의 시험을 수행하였다. 그 결과 제작된 8종의 용기는 A형 운반용기 기술기준 및 한국원자력환경공단의 폐기물 인수기준에 적합하였고 향후 밀봉선원의 저장, 운반, 폐기에 활용이 가능하다고 판단된다.

4. 참고문헌

- [1] 방사성물질등의 포장 및 운반에 관한 규정, 원자력안전위원회고시 제2014-50호.
- [2] International Commission on Radiological Protection, *Conversion Coefficients for use in Radiological Protection against External Radiation*, ICRP Publication 74 (1996).