

Ir-192 Bulk 및 밀봉선원 운반용기 차폐 평가

조일제, 방경식, 이주찬, 서기석

한국원자력연구소, 대전광역시 유성구 덕진동 150

전량 수입에 의존하고 있는 방사성동위원소의 운반용기를 국산화하기 위하여 의료용 및 산업용 동위원소에 대한 운반효율 및 경제성을 가지는 운반용기를 개발 중이다. 방사선 동위원소 운반용기는 국제원자력기구의 규정 및 국내법규의 기술기준에 적합하게 설계 및 제작되어야 한다. 본 논문에서는 방사성 물질 운반용기의 차폐 안전성 부분의 기술기준에 적합하도록 용기를 설계하기 위하여 산업용 운반용기의 방사선 차폐 평가를 수행하였다.

산업용 Bulk 선원 B 형 운반용기 및 산업용 밀봉선원 운반용기에 대하여 차폐 안전성 분석을 하였다. 산업용 Bulk 선원 B 형 운반용기는 Ir-192 10,000 Ci 선원에 대한 상부, 하부, 및 측면의 표면 선량율은 각각 78.7, 92.8, 98.2 mrem/h를 나타나 산업용 Bulk B 형 용기의 차폐 안전성을 확인하였다. 산업용 밀봉선원 B 형 운반용기는 납 및 텅스텐 조합 차폐체에 대한 해석을 수행하여, 용기 설계를 위한 기본 자료를 생산하였다.

또한 본 차폐계산의 신뢰성을 평가하기 위하여 I-131 액체 선원 및 Ir-192 고체 선원을 사용하여 검증 실험도 병행하여, 실험치와 계산치를 비교 분석하였다. 현재 I-131 액체 운반용기에 대하여 선량측정 실험을 수행한 후 계산치와 비교 분석하였다. I-131 2.26 Ci 에 대하여 검증시험을 한 결과, 실험치와 계산 결과치가 잘 일치하는 것을 확인할 수 있었다. 또한 산업용 B 형 Bulk 선원용 용기의 일부 차폐체로 쓰이는 텅스텐 재료에 대하여 Ir-192 선원을 이용한 검증 실험결과, 실험치와 계산치의 오차가 발생하였으나, 이는 설계 요건인 Ir-192 10,000 Ci 이 아니라 이보다 적은 선원량을 사용함에 따라 발생한 오차로서, 선원의 기하학적인 배치에 의한 영향임을 알 수 있었다. Ir-192 10,000 Ci 선원을 사용 시 선원의 기하학적인 오차 감소가 예상되므로 이를 통하여 본 차폐계산의 신뢰성을 확인할 수 있었다.

표 1 산업용 Bulk 선원 B 형 운반용기 선량 계산결과

Source (Strength)	상 부, mrem/h			하 부, mrem/h			측 면, mrem/h		
	표 면	1m	2m	표 면	1m	2m	표 면	1m	2m
Ir-192 (10,000Ci)	78.7	1.61	0.47	92.8	0.65	0.18	98.2	0.70	0.19
Mo-99 (800Ci)	28.0	0.57	0.17	15.6	0.11	0.03	85.2	0.55	0.15
I-131 (1,000Ci)	3.49	0.07	0.02	0.96	0.007	0.002	0.96	0.007	0.0002

표 2 산업용 밀봉선원 B형 운반용기에 대한 결과(차폐체반경 = W(텡스톤) + L(납) + 23 mm)

Shielding Material	Surface Dose Rate (mrem/h)								
	W Lead	0 mm	5 mm	10 mm	15 mm	20 mm	25 mm	30 mm	35 mm
20 mm	1.52E+06	4.60E+05	1.47E+05	5.04E+04	1.82E+04	6.90E+03	2.72E+03	1.09E+03	
25 mm	6.22E+05	1.98E+05	6.63E+04	2.35E+04	8.85E+03	3.48E+03	1.41E+03	5.86E+02	
30 mm	2.68E+05	8.94E+04	3.09E+04	1.13E+04	4.43E+03	1.80E+03	7.55E+02	3.22E+02	
35 mm	1.20E+05	4.15E+04	1.49E+04	5.65E+03	2.29E+03	9.64E+02	4.16E+02	1.82E+02	
40 mm	5.53E+04	2.00E+04	7.38E+03	2.89E+03	1.21E+03	5.27E+02	2.34E+02	1.05E+02	
45 mm	2.65E+04	9.87E+03	3.77E+03	1.52E+03	6.62E+02	2.95E+02	1.35E+02	6.19E+01	
50 mm	1.31E+04	5.04E+03	1.97E+03	8.22E+02	3.70E+02	1.69E+02	7.93E+01	3.72E+01	
55 mm	6.62E+03	2.64E+03	1.06E+03	4.55E+02	2.11E+02	9.91E+01	4.73E+01	2.26E+01	
60 mm	3.45E+03	1.41E+03	5.81E+02	2.58E+02	1.23E+02	5.92E+01	2.88E+01	1.39E+01	
65 mm	1.84E+03	7.78E+02	3.27E+02	1.50E+02	7.32E+01	3.58E+01	1.77E+01	8.65E+00	
70 mm	1.00E+03	4.38E+02	1.88E+02	8.84E+01	4.41E+01	2.20E+01	1.11E+01	5.35E+00	
75 mm	5.61E+02	2.52E+02	1.10E+02	5.31E+01	2.71E+01	1.37E+01	6.90E+00		
80 mm	3.21E+02	1.48E+02	6.59E+01	3.25E+01	1.68E+01	8.48E+00			
85 mm	1.87E+02	8.82E+01	4.00E+01	2.01E+01	1.04E+01				
90 mm	1.11E+02	5.35E+01	2.46E+01	1.24E+01					
95 mm	6.71E+01	3.30E+01	1.51E+01						
100mm	4.12E+01	2.02E+01							
105mm	2.51E+01								