

Shielding Analysis for Industrial Package: Focusing on Dry Active Waste

IP형 운반용기 차폐해석-잡고체폐기물을 중심으로

Kang-Wook Lee, Chun-Hyung Cho, Hyun-Kie Jang, Byung-Il Choi and Heung-Young Lee
Nuclear Environment Technology Institute, 150 Duck-Jin Dong, Yusung-Ku, Daejeon

이강욱, 조천형, 장현기, 최병일, 이흥영
원자력환경기술원, 대전광역시 유성구 덕진동 150번지

Abstract

In this study, maximum exposure rate at DAW(Dry Active Waste) drum surface which is satisfying regulation limit was calculated for conceptual design of IP(Industrial Package). DAW can be classified as combustible and non-combustible waste and the calculation was conducted for single and mixed radionuclide for each type of waste. In case of combustible waste that mixed radionuclide is uniformly distributed, the maximum exposure rates at drum surface were $3.60E-01$, $8.85E-01$ and $1.27E+01$ mSv/hr for IP Type 1, 2-a and 2-b, respectively. and $3.60E-01$, $8.85E-01$, $1.27E+01$ mSv/hr for single radionuclide(Co-60). In case of non-combustible waste that mixed radionuclide is uniformly distributed, the maximum exposure rates at drum surface were $7.14E-01$, $1.83E+00$, $2.69E+01$ mSv/hr for IP Type 1, 2-a and 2-b, respectively. and $7.13E-01$, $1.81E-01$, $2.62E+01$ mSv/hr for single radionuclide(Co-60). Through this study, the maximum amount of DAW can be transported by IP was suggested as maximum exposure rate at drum surface and the calculation for the other types of waste will be conducted.

Key word : Industrial package(Type IP package), Dry Active Waste(DAW), Micro Shield

요약

본 연구에서는 IP형 운반용기의 개념설계를 위하여 소내 임시저장중인 방사성폐기물중 200 ℓ 잡고체 드럼을 대상으로 운반용기에 적재 가능한 드럼의 최대표면선량률을 제시하고자 하였다. 이를 위해 잡고체 폐기물을 가연성과 비가연성으로 구분하였으며, 각각 혼합핵종이 균일 분포되어 있는 경우와 단일핵종(Co-60)이 균일 분포되어 있는 경우를 나누어 계산하였다. 연구결과, 가연성 잡고체 드럼에 혼합핵종이 분포되어 있는 경우, IP-1, IP-2-a, IP-2-b형 운반용기에 적재 가능한 최대표면선량률은 각각 $3.60E-01$, $8.85E-01$, $1.27E+01$ mSv/hr 이었으며, Co-60이 분포되어 있는 가연성 잡고체 드럼의 최대표면선량률은 각각 $3.59E-01$, $8.83E-01$, $1.25E+01$ mSv/hr 이었다. 비가연성 잡고체 드럼에 혼합핵종이 분포되어 있는 경우, IP-1, IP-2-a, IP-2-b형 운반용기에 적재 가능한 최대표면선량률은 각각 $7.14E-01$, $1.83E+00$, $2.69E+01$ mSv/hr이었으며, Co-60이 분포되어 있는 비가연성 잡고체 드럼의 최대표면선량률은 각각 $7.13E-01$, $1.81E-01$, $2.62E+01$ mSv/hr 으로 계산되었다. 이를 통해 운반가능 방사성내용물의 최대수량을 실측이 용이한 표면선량률 만으로 제시할 수 있었으며, 향후 다른 종류의 폐기물에 대해서도 차폐해석을 수행할 예정이다.

중심단어 : IP형 운반용기, 잠고체, 표면선량률, 차폐해석

1. 서 론

방사성폐기물 운반과 관련하여 원자력법에 명시된 운반용기의 종류는 L형, A형, IP형, B형, C형 운반용기가 있다. L형, A형, B형, C형 운반용기는 방사성폐기물의 밀도와 체적에 무관하게 총 방사능량에 따라 적재수량이 제한되고 있다. 그러나 방사성폐기물의 대량운반을 위해 도입된 IP형 운반용기의 경우, 비방사능 및 3 m 이격선량률에 따라 적재수량이 제한되며, 방사성폐기물의 밀도와 체적이 클수록 L형, A형, B형, C형 운반용기에 비해 다량의 방사성물질을 단일용기에 적재할 수 있다[1,2]. 향후 임시 저장고에 저장되어 있는 방사성폐기물의 소내 운반이 시행될 경우, L형, A형, B형, C형 운반용기 보다 IP형 운반용기가 가장 많이 소요될 것으로 예상된다.

과학기술부고시 제 2001-23호에서는 IP형 운반용기에 적재 가능한 운반내용물의 최대수량을 비차폐된 상태에서 3 m 이격지점의 선량률이 10 mSv/hr를 초과하지 않으며, 평균 비방사능이 A형 운반용기에 허용되는 최대방사능인 A₂값의 2,000분의 1배를 초과하지 않는 방사성폐기물로 규정하고 있다[2-4]. 그러나 현실적으로 법에서 요구하는 3 m 이격선량률(mSv/hr) 및 비방사능에 대한 자료를 원전 현장에서 획득하기는 어려운 실정이다.

본 연구에서는 현실적으로 측정 가능한 방사성 폐기물의 표면선량률(mSv/hr)을 이용하여 IP형 운반용기에 적재 가능한 방사성폐기물 드럼의 제한값을 제시하고자 하였다. 이를 위해 전체 방사성폐기물 저장량 중 62.23%를 차지하고 있으며[5], 다른 방사성폐기물과 달리 표면선량률이 대부분 0.2 mSv/hr이하로 작업자의 근접 작업이 가능한 200 ℓ 잠고체 드럼을 운반대상물로 선정하였다. 또한, 방사성폐기물 발생 직후 핵종분석장치에 의해 측정된 혼합핵종과 보수적으로 외부 피폭선량에 영향이 큰 감마선 방출 핵종 중 에너지가 큰 Co-60을 각각 잠고체의 선원항으로 가정하여 IP형 운반용기 차폐해석을 수행하였다.

2. IP형 운반용기 기술기준 및 차폐 해석

2.1 운반대상폐기물의 발생특성 및 저장현황

국내 원전 운영으로 발생하는 중·저준위방사성폐기물은 발생원 및 내용물에 따라 잠고체, 농축폐액, 폐수지 및 폐필터로 구분된다. 원전의 보수, 개조 및 제염작업등으로 발생된 잠고체는 방호복, PVC 제품, 제염용지, 목재등의 가연성물질과 금속, 유리, HEPA필터, 오염된 콘크리트 등의 비가연성물질로 구성되어 있으며, 내용물의 구성물질에 따라 200 ℓ 드럼 및 320 ℓ 재포장 드럼에 각각 분리되어 원전 소내 임시저장고에 저장되고 있다[1,6-7]. 그리고 봉산폐액 및 각종 배수의 고화처리로 발생된 농축폐액은 고화처리 방법에 따라 내용물이 시멘트 및 파라핀으로 구성되어 있으며, 잠고체와 동일한 드럼에 포장되어 원전 소내 임시저장고에 저장되고 있다[1,6]. 또한 폐필터는 원전 1차 및 2차 냉각계통수의 여과에 사용되는 필터로부터 발생되며, 200 ℓ 콘크리트 차폐드럼 및 콘크리트 라이닝 용기에 포장되어 잠고체 및 농축폐액과 같이 원전 소내 임시저장고에 저장되고 있으며[1,6], 화학 및 체적제어계통(CVCS), 사용후 핵연료 저장조, 봉소 회수계통 등에서 발생하는 폐수지는 200 ℓ 콘크리트 차폐드럼 및 HIC(고전전성용기)에 포장되어 원전 소내 임시저장고에 저장되고 있다[1,7]. 이와 같은 각각의 방사성폐기물의 밀도 및 화학성분비를 표 2.1에 제시하였다[8].

방사성폐기물에 대해 200 ℓ 드럼을 기준으로 방사성폐기물의 저장현황을 표 2.2에 제시하였으며[8], 표면선량률 분포현황을 표 2.3에 제시하였다[1,9-10]. 표 2.2에서 보는 바와 같이 잠고체가 총 51,015드럼으로 전체 저장량의 63.23%로 가장 많이 저장되어 있으며, 전체 저장량에 잠고체와 농축폐액이 86.60%정도로 대부분을 차지하고 있다. 또한 표면선량률의 경우, 0.2 mSv/hr이하의 표면선량률을 갖는 방사성폐기물은 잠고체가 62.15%로 가장 많이 차지하고 있으며, 0.2~2

mSv/hr의 표면선량률을 갖는 방사성폐기물은 농축폐액이 55.52%로 대부분을 차지하며, 2 mSv/hr 이상의 표면선량률을 갖는 방사성폐기물은 폐필터가 60.37%로 대부분을 차지하고 있다.

표 2.1 방사성폐기물별 내용물 종류 및 구성성분

방사성폐기물종류		밀도(g/cm ³)	내용물	구성 성분비(w/o)		
잡고체	가연성	0.2	비닐시트, 휴지, 방호복, 신발, 종이, 목재	C(57.48) Cl(20.43)	H(8.52) F(4.49)	O(7.58) N(1.52)
	비가연성	1.5	콘크리트, 석고, 공기 필터, 유리, 철재, 형광등, 모래	C(0.20) Si(11.80) Ca(1.51) K(0.64) Ni(0.04)	H(0.06) Al(2.01) Mg(0.87) Zn(0.20)	O(18.54) Fe(62.04) Na(2.01) Cr(0.09)
농축폐액	고화처리	1.2	파라핀, 붕소산화물	C(21.29) O(51.71)	H(3.72)	B(23.30)
폐수지	탈수처리	1.1	이온교환수지	C(95.91)	H(4.09)	
폐필터	-	2.3	폐필터	Si(35.06) Ca(4.29)	Na(10.39) O(47.25)	Mg(3.02)

표 2.2 방사성폐기물 저장 현황

(2004년말 기준, 200ℓ 드럼)

원전 종류 폐기물종류	고리 4기	월성 6기	영광 6기	울진 4기	폐기물별 총계
농축폐액	11,405	0	4,152	3,294	18,851(23.37%)
폐수지	3,298	1,697	1,942	2,308	9,245(11.46%)
폐필터	785	187	100	493	1,565(1.94%)
잡고체	27,195	5,093	10,509	8,218	51,015(63.23%)
원전별 총계	42,683	6,977	16,703	14,313	80,676(100%)

표 2.3 방사성폐기물 표면선량률에 따른 저장율

(2004년말 기준, 200ℓ 드럼)

폐기물종류	선량률		0.2~2 mSv/hr		2 mSv/hr이상	
	0.2 mSv/hr이하		드럼	분율(%)	드럼	분율(%)
잡고체	10,488	62.15	4,996	29.61	1,391	8.24
농축폐액	4,654	30.40	8,500	55.52	2,156	14.08
폐필터	117	13.48	227	26.15	524	60.37
폐수지	2,528	46.69	451	8.33	2,436	44.99

2.2. 운반용기의 적재 한도량 기준

원자력법에 명시된 운반용기의 종류는 L형, A형, IP형, B형, C형 운반용기가 있으며, 이중 IP형 운반용기는 적재되는 방사성폐기물의 비방사능에 따라 IP-1형, IP-2형, IP-3형 운반용기로 구분된다[5,6]. 이와 같은 운반용기는 기계적/ 방사선적 안정성을 확보하기 위해 과기부령 제30호 및 과학기술부고시 제 2001-23호에 제시되어 있는 기준치에 제한을 받는다.

과학기술부고시 제 2001-23호에 따라 방사선적 안정성 확보와 관련하여 운반용기별 적재 한도량을 표 2.4에 제시하였다[2-4]. 표 2.4에서 보는 바와 같이 L형, A형, B형, C형 운반용기의 경우, 적재 한도량은 적재대상물의 크기 및 무게에 상관없이 총 방사능량만으로 규제를 받고 있다. 그러나 IP형 운반용기의 적재 한도량은 3 m 이격 지점의 선량률이 10 mSv/hr을 초과하지 않으며, 평균 비방사능이 A형 운반용기에 허용되는 최대방사능인 A₂ 값의 2,000분의 1배를 초과하지 않도록 규제하고 있다. 그리고 적재 대상물의 비방사능에 따라 분류되는 IP-1형, IP-2형, IP-3형 운반용기의 적재 한도량은 표 2.5에 제시된 기준을 초과하지 못하도록 제한하고 있다[2-4]. 또한, 방사성폐기물 운반으로 인한 작업자 및 일반인의 방사선장해를 최소화하기 위해 과학기술부고시 제 2001-23호제 15조에 따라 전용운반의 경우, 운반용기 표면으로부터 10 cm 이격 지점의 선량률이 10 mSv/hr 초과하지 않으며, 2 m 떨어진 지점에서 0.1 mSv/hr미만이 되도록 규제하고 있다.

2.3. IP형 운반용기의 선원함

IP형 운반용기의 차폐해석을 위해서는 방사성폐기물내 핵종별 방사능 농도가 필요하다. 하지만, 현실적으로 방사성폐기물의 방사성 핵종은 다양한 발생 및 오염경로에 의해 단반기 방사성핵종부터 장반기 방사성핵종에 이르기까지 수많은 종류의 방사성핵종이 분포하고 있으며, 핵종별 방사능 농도 또한 다양한 값을 가지고 있다.

본 연구에서는 잡고체의 다양한 선원함에 대해 다음과 같이 가정하였다. 표 2.6에서 보는 바와 같이 잡고체의 발생 직후 핵종분석장치에 의해 측정된 방사성핵종 중 저장기간을 고려하여 극히 짧은 단반기 핵종을 제외한 10개의 방사성핵종을 선원함으로 선택하여 IP형 운반용기 차폐해석을 수행하였다. 또한 보수적으로 외부 피폭선량에 영향이 큰 감마선 방출 핵종 중 에너지가 큰 Co-60을 선원함으로 선택하여 IP형 운반용기 차폐해석을 수행하였다.

표 2.4 운반용기 종류에 따른 고체 방사성폐기물의 적재 한도량

운반용기	방사성폐기물형태	분포핵종	적재한도량
L형 운반용기	특수형	단일/미지핵종	$A_T < 10^{-3}A_1$
		혼합핵종	$A_T < 10^{-3} \sum_i \frac{f(i)}{A_1(i)}$
IP형 운반용기	-	-	* 비차폐 상태의 3m 이격선량률이 10mSv/hr 미만 * $S \cdot A < A_2/2000$
A형 운반용기	특수형	단일/미지핵종	$A_T < A_1$
		혼합핵종	$A_T = \sum_i \frac{B(i)}{A_1(i)} < 1$
B형/C형 운반용기	특수형	단일/미지핵종	$A_T > A_1$
		혼합핵종	$A_T = \sum_i \frac{B(i)}{A_1(i)} > 1$

표 2.5 IP형 운반용기의 종류에 따른 적재 한도량

IP형 운반용기	적재 대상물	적재 한도량/ 분류기준	운반형태
IP-1형	LSA-1	$S \cdot A < \text{면제물질에 대한 방사능농도 (Bq/g)} \times 30$	전용/비전용
IP-2형	LSA-2	$S \cdot A < \sum_i \frac{A_2(i)}{f(i)} \times \frac{0.01\%}{g}$	전용/비전용
	LSA-3	$S \cdot A < \sum_i \frac{A_2(i)}{f(i)} \times \frac{0.05\%}{g}$	전용
IP-3형	LSA-3	$S \cdot A < \sum_i \frac{A_2(i)}{f(i)} \times \frac{0.05\%}{g}$	비전용

표 2.6 잡고체 폐기물에 분포되어 있는 방사성핵종 및 평균 방사능농도

방사성 핵종	잡고체 드럼내 핵종별 방사능 (uCi/drum)		핵종별 방사능 분율
	일반 잡고체 드럼	표면선량률 0.2mSv/hr인 드럼	
C-14	1.43E+01	2.85E+01	9.63E-03
Co-60	8.92E+02	1.78E+03	6.00E-01
Ni-59	1.39E-01	2.77E-01	9.36E-05
Ni-63	4.28E+02	8.53E+02	2.88E-01
Sr-90	6.90E-01	1.38E+00	4.64E-04
Nb-94	2.80E-03	5.58E-03	1.88E-06
Tc-99	1.32E-01	2.63E-01	8.88E-05
I-129	3.90E-01	7.78E-01	2.63E-04
Cs-135	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Cs-137	1.50E+02	2.99E+02	1.01E-01
총합	1.49E+03	2.96E+03	1.00E+00

2.4 IP형 운반용기 차폐 해석

2.4.1 잡고체 및 IP형 운반용기의 모델링

IP형 운반용기 및 잡고체 폐기물 드럼에 대해 모델링을 다음과 같이 수행해야 한다. 200 l 잡고체 드럼은 여러 종류의 가연성/비가연성 잡고체를 분리하여 저장하였기 때문에 내용물의 형태 및 밀도가 일정하지 못하고, 방사성핵종이 균일하게 분포되어 있지 못하다. 또한 차폐해석 코드인 Micro Shield는 비균질한 내용물과 비 균일한 방사성핵종에 대한 모델링이 불가능하다. 본 연

구에서는 발전소 용기자료를 기준으로 잡고체의 내용물은 균질하며, 분포 핵종은 균일하다고 가정하여 가연성/ 비가연성물질별 직경이 57 cm이고 높이가 83 cm인 원통형 체적 선원으로 잡고체 드럼을 모델링 하였다.

표 2.8의 설계사양을 가지고 있는 IP-1형, IP-2-a형, IP-2-b형 운반용기의 경우, 가장 중점이 되는 부분은 코드 내에 선원항으로 작용하는 잡고체 드럼에 대한 모델링이다. 그러나 Micro Shield는 2개 이상의 구조물에 대한 모델링이 불가능하며, 코드 내에 미리 설정되어 있는 모델이외의 구조에 대한 모델링이 불가능하다. 이와 같은 Micro Shield의 단점을 보완하고 드럼으로부터 방출되는 방사선의 손실을 최소화하기 위해 본 연구에서는 적재된 잡고체 폐기물 드럼의 총 체적과 동일한 체적을 가지며, 내용물 및 분포 핵종은 균질하다고 가정하여 잡고체와 물리적/화학적 특성이 같은 Rectangular형태의 단일 선원항으로 모델링 하였다.

표 2.7 IP형 운반용기 기본사양 및 모델링사양

운반용기	운반용기 사양			적재 선원 사양
	내부크기(높이×가로×세로)	차폐체(cm)	적재 드럼수	선원 크기(높이×가로×세로)
IP-1	98×233×5867 cm ³	0.2 (탄소강)	24 드럼	69.6050×165.4894×416.7067 cm ³
IP-2-a	980×226×450 cm ³	3 (탄소강)	18 드럼	70.0301×160.6782×319.9344 cm ³
IP-2-b	900×196×196 cm ³	10 (탄소강)	9 드럼	72.4014×157.6748×157.6748 cm ³

2.4.2 IP형 운반용기 차폐 해석 결과

차폐 해석 코드인 Micro Shield를 이용하여 선원항에 따라 IP형 운반용기내에 적재 가능한 잡고체의 총 방사능 및 과학기술부고시 제 2001-23호에서 요구한 IP형 운반용기의 법적선량률을 표 2.8에 제시하였다. 계산 결과, 표 2.8에서 보는 바와 같이 IP형 운반용기의 표면으로부터 2 m 떨어진 지점의 선량률이 법적기준치인 0.1 mSv/hr를 만족할 경우, 적재된 잡고체의 분포핵종 종류 및 물리적 특성과 무관하게 표면선량률(< 10 mSv/hr) 및 비차폐 상태의 3 m 이격선량률(< 10 mSv/hr)이 법적기준치를 만족하는 것으로 평가되었다. 적재 가능한 잡고체의 총 방사능량은 그림 2.1에서 보는 바와 같이 외부피폭선량률에 영향을 주는 감마선 방출 핵종의 방사능 농도가 큰 잡고체일수록 적재 가능한 총 방사능량이 작은 것으로 나타났으며, 내용물의 밀도가 작을수록 감마선 및 산란 x-선에 대한 차폐능력이 떨어져 적재 가능한 총 방사능량이 작은 것으로 평가되었다. 또한 IP형 운반용기의 차폐체가 두꺼울수록 적재 가능한 가연성/비가연성 잡고체의 총 방사능량은 증가하는 것으로 평가되었다.

IP형 운반용기내에 적재 가능한 단일 잡고체 드럼의 최대표면선량률을 그림 2.2에 제시하였다. 계산결과, 그림 2.2에서 보는 바와 같이 가연성 잡고체 드럼에 혼합핵종이 분포되어 있는 경우, IP-1, IP-2-a, IP-2-b형 운반용기에 적재 가능한 최대표면선량률은 각각 3.60E-01, 8.85E-01, 1.27E+01 mSv/hr으로 평가 되었으며, Co-60이 분포되어 있는 가연성 잡고체 드럼의 최대표면선량률은 각각 3.59E-01, 8.83E-01, 1.25E+01 mSv/hr으로 평가 되었다. 또한 혼합핵종이 분포되어 있는 비가연성 잡고체 드럼의 경우, IP-1, IP-2-a, IP-2-b형 운반용기에 적재 가능한 최대표면선량률은 각각 7.14E-01, 1.83E+00, 2.69E+01 mSv/hr으로 평가 되었으며, Co-60이 분포되어 있는 비가연성 잡고체 드럼의 최대표면선량률이 각각 7.13E-01, 1.81E-01, 2.62E+01 mSv/hr으로 평가 되었다.

표 2.8 선원항의 분포핵종에 따른 IP형 운반용기별 총 방사능 및 법적선량률

방사성핵종	운반용기	방사성폐기물		직사각형 체적선원의 총 방사능(Ci)	운반용기 선량률(mSv/hr)		비차폐 상태의 3m 이격 선량률 (mSv/hr)
					표면선량률	2m 이격 선량률	
Co-60	IP-1	잡고체	가연성	1.17E-01	5.31E-01	1.00E-01	7.80E-02
			혼합핵종	4.59E-01	6.08E-01	"	8.08E-02
	IP-2-a	잡고체	가연성	2.17E-01	5.06E-01	"	1.53E-01
			비가연성	8.46E-01	5.62E-01	"	1.69E-01
	IP-2-b	잡고체	가연성	1.54E+00	5.79E-01	"	1.16E+00
			비가연성	6.34E+00	6.25E-01	"	1.35E+00
혼합핵종	IP-1	잡고체	가연성	1.88E-01	5.32E-01	"	7.83E-02
			비가연성	7.40E-01	6.08E-01	"	8.12E-02
	IP-2-a	잡고체	가연성	3.50E-01	5.05E-01	"	1.55E-01
			비가연성	1.42E+00	5.61E-01	"	1.71E-01
	IP-2-b	잡고체	가연성	2.53E+00	5.78E-01	"	1.19E+00
			비가연성	1.04E+01	6.24E-01	"	1.38E+00

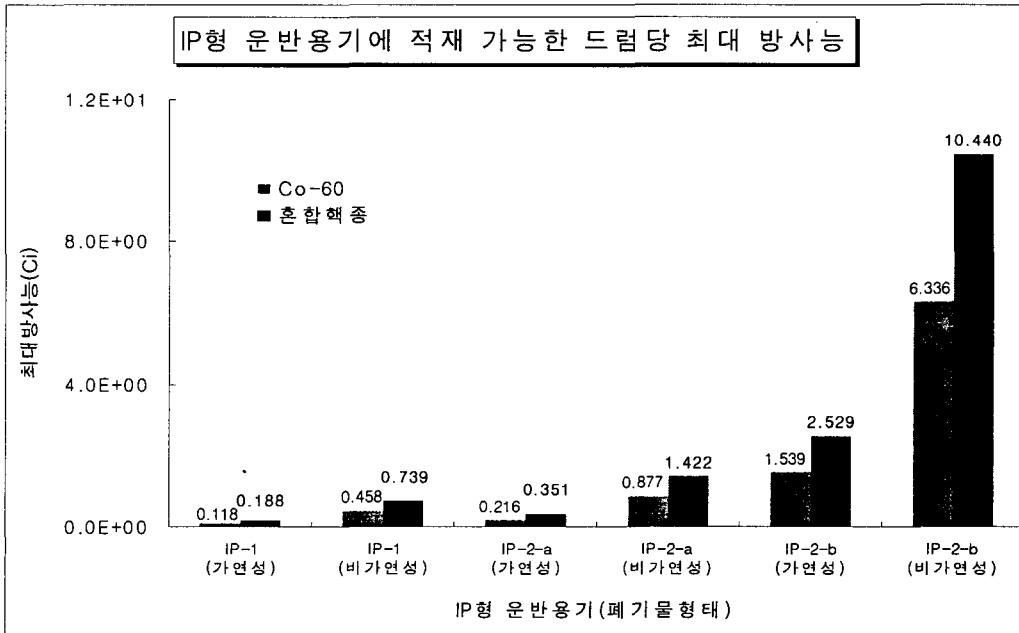


그림 2.1 분포핵종에 따라 IP형 운반용기에 적재 가능한 총 방사능

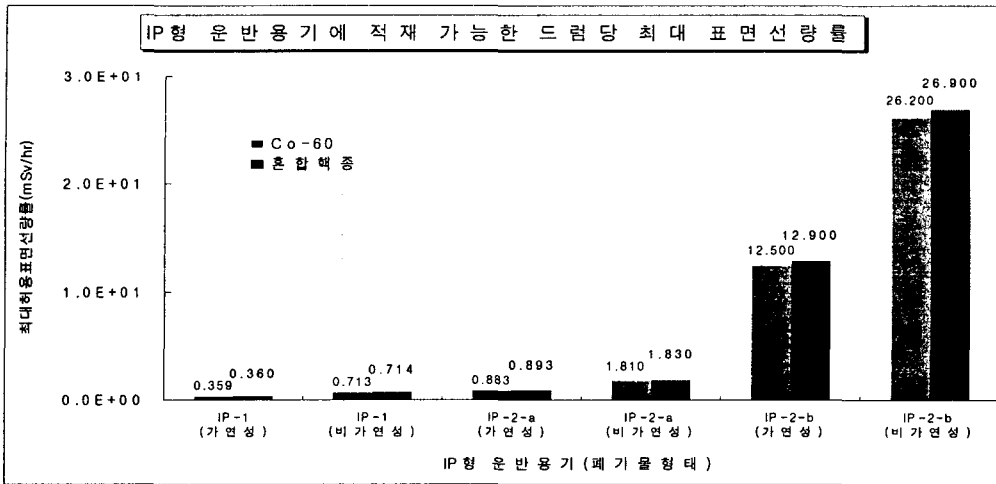


그림 2.2 분포핵종에 따라 IP형 운반용기에 적재 가능한 잡고체 단일드럼의 최대표면선량률

3. 결론 및 향후계획

Micro Shield 코드를 이용하여 적재 가능한 가연성/비가연성 잡고체 드럼의 최대표면선량률을 평가한 결과, 동일 내용물내에 대해 분포핵종이 γ -ray, β -ray 및 α -ray 방출핵종으로 구성된 잡고체일수록 β -ray 및 α -ray의 상호작용으로 발생하는 산란 엑스선에 의해 감마선 방출핵종으로 구성된 잡고체 드럼보다 적재 가능한 최대표면선량률이 0.14%~3.2% 큰 것으로 나타났다. 그리고 가연성 잡고체 드럼에 비해 상대적으로 내용물의 밀도가 큰 비가연성 잡고체 드럼의 경우, 적재 가능한 최대표면선량률이 가연성 잡고체 드럼에 비해 평균 104% 정도 큰 값을 갖는 것으로 나타났다. 이와 같이 내용물의 밀도가 높고, 분포핵종이 다양할수록 IP형 운반용기에 적재 가능한 잡고체 드럼의 최대표면선량률이 큰 것으로 나타났으며, 최대표면선량률의 제한값은 분포핵종의 종류보다 내용물의 밀도에 영향을 많이 받는 것으로 나타났다.

향후 잡고체뿐만 아니라, IP형 운반용기의 적재 대상인 농축폐액, 폐필터 및 폐수지에 대해 적재 가능한 최대표면선량률의 평가가 이루어져야 하며, 좀더 정확한 표면선량률 기준값을 제시하기 위해서는 방사성폐기물의 분포핵종 및 내용물의 밀도, 화학적 구성성분에 관한 연구가 병행되어야 하는 것으로 판단되었다.

4. 참고문헌

- [1] 한국수력원자력(주), 방사성폐기물 운반용기(IP/A/B형) 개발, R-2004-A-058, pp7-97, 2005
- [2] International Atomic Energy Agency, Regulations for the Safe Transport of Radioactive Material, TS-G-1.1 2002
- [3] 과학기술부령 제 30호, 방사선안전관리등의 기술기준에 관한 규칙, 2001
- [4] 과학기술부고시 제 2001-23호, 방사성물질등의 포장 및 운반에 관한 규정, 2001
- [5] 한국수력원자력(주), 방사선관리연보, 2004
- [6] 한국원자력안전기술원 연세대학교 보건과학연구소, 방사성폐기물 소각시설의 안전성에 관한 연구, KINS/HR-113, pp23-43, 1994
- [7] 한국수력원자력(주), 중·저준위 방사성 폐기물 유리화 기술, TM.96NJ17, pp5-6, 1998
- [8] 한국전력공사 전력연구원, 방사성폐기물 핵종분석장치 개발, KERPRI-92N-J03, pp397-409, 1996
- [9] 한국수력원자력(주), 방사선관리연보, 2004