

Determination of Radionuclide Concentration Limit for Low and Intermediate-level Radioactive Waste Disposal Facility I : Application of IAEA Methodology for Underground Silo Type Disposal Facility

중저준위 방사성폐기물 처분시설의 처분농도제한치 설정에 대한 고찰 I : IAEA 방법론의 동굴처분시설 적용

Sung-Wook Hong*, Min Seong Kim, Kang Il Jung, and Jin Beak Park

Korea Radioactive Waste Agency (KORAD), 174 Gajeong-ro, Yuseong-gu, Daejeon, Republic of Korea

홍성욱*, 김민성, 정강일, 박진백

한국원자력환경공단, 대전광역시 유성구 가정로 174 기술연구소

(Received June 19, 2017 / Revised July 18, 2017 / Approved August 22, 2017)

For the safe disposal of intermediate level radioactive waste according to the Nuclear Safety and Security Commission's notice and KORAD's management plan for low and intermediate level radioactive waste, the disposal concentration limit was derived based on the IAEA methodology. The evaluation of the derived disposal concentration limit revealed that it is not suitable as a practical limit for intermediate level radioactive waste. This is because the disposal concentration limit according to the IAEA methodology is derived using a single value of radioactive waste density and the disposal facility's volume. The IAEA methodology is suitable for setting the concentration limit for vault type disposal, which consists of a single type of waste, whereas an underground silo type disposal facility is composed of several types of radioactive waste, and thus the IAEA methodology has limitations in determining the disposal concentration limit. It is necessary to develop and apply an improved method to derive the disposal concentration limit for intermediate level radioactive waste by considering the radioactivity of various types of radioactive waste, the corresponding scenario evaluation results, and the regulatory limit.

Keywords: Intermediate-level radioactive waste, Concentration limit, Underground silo type disposal facility

* Corresponding Author.

Sung-Wook Hong, Korea Radioactive Waste Agency (KORAD), E-mail: heart@korad.or.kr, Tel: +82-42-601-5321

ORCID

Sung-Wook Hong <http://orcid.org/0000-0003-1073-1467>

Kang Il Jung

<http://orcid.org/0000-0002-4655-3060>

Min Seong Kim <http://orcid.org/0000-0002-8933-735X>

Jin Beak Park

<http://orcid.org/0000-0003-3050-2565>

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited

중저준위 방사성폐기물의 처분안전성 확보와 중저준위 방폐물관리 시행계획에 따른 안정적인 처분시설 개발을 위해 중준위 방사성폐기물 처분농도제한치에 대하여 IAEA 방법론에 따라 고찰하였다. 고찰결과 IAEA 방법론에 따라 도출된 결과는 1단계 동굴처분시설 중준위 방사성폐기물의 처분농도제한치로 사용하기 부적합하였다. 1단계 동굴처분시설은 다양한 준위 및 여러 종류의 방사성폐기물이 처분 대상이 되나, IAEA 방법론은 본래 천층처분시설의 처분농도제한치를 설정하는 방법으로서, 단일종류의 방사성폐기물로만 구성된 처분시설의 처분농도제한치를 설정하기 적합하기 때문이었다. 따라서 처분대상 방사성폐기물의 준위별 수량을 고려한 방사능 도출, 이에 대한 시나리오별 평가결과 및 성능목표치를 고려한 1단계 동굴처분시설 중준위 방사성폐기물 처분농도제한치 산출 방법의 개발 및 적용이 동굴처분시설의 안정적인 운영을 위해 필요하다.

중심단어: 중준위 방사성폐기물, 처분농도제한치, 지하 사일로 처분시설

1. 서론

경주 중저준위 방사성폐기물 동굴처분시설은 우리나라에서 발생한 중저준위 방사성폐기물의 처분을 위하여 사용승인(14.12) 이후 운영 중이며 현재 일부 중준위 방사성폐기물을 제외하고 처분을 실시하고 있다.

원자력안전위원회 고시[1]는 IAEA에서 제안한 방사성폐기물의 처분방식과 연계된 방사성폐기물 신분류기준[2]과 향후 국내 원자력시설에서 발생이 예상되는 다양한 방사성폐기물에 대한 관리계획[3], 그리고 경주 처분시설의 후속단계 개발계획 등 국내 방사성폐기물의 안전관리와 처분현실에 부합하기 위하여 2014년 9월에 제정되었다.

특히, 원자력안전위원회 고시[1]에 따르면 국내 중저준위 방사성폐기물을 중준위, 저준위, 극저준위 방사성폐기물로 세분화하였으며(Fig. 1), 기존 중저준위 방사성폐기물의 처분농도제한치값을 저준위 방사성폐기물에 대한 농도상한값으로 적용하였다. 그러나, 1단계 동굴처분시설의 2014년 사용승인 내용에는 원자력안전위원회 고시[1]가 고려되지 못하였고, 사용승인 당시 일부 제외된 중저준위 방사성폐기물이 원자력안전위원회 고시[1]에 따라 중준위 방사성폐기물로 분류되고 있다.

본 논문에서는 중준위 방사성폐기물을 포함하여 처분시설의 장기안전성 확보와 중저준위 방폐물관리 시행계획[3]에 따른 안정적인 처분시설의 개발을 위하여 IAEA 방법론[4]에 따라 중준위 방사성폐기물 처분농도제한치에 대하여 고찰하고자 하였다.

중저준위 방사성폐기물 처분시설의 처분농도제한치

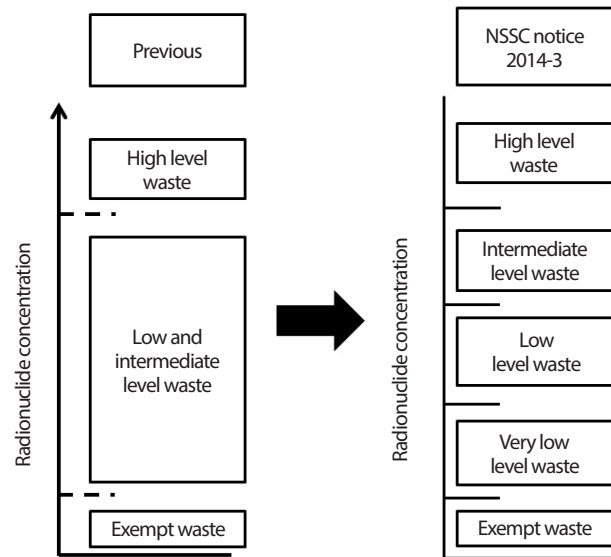


Fig. 1. Change of radioactive waste classification based on NSSC Notice 2014-3 [1].

결정은 해당 처분시설에 대한 안전성평가를 통해 결정한다. 안전성평가를 위해서는 처분시설에서 발생 가능한 평가시나리오가 고려되어야 하며, 평가시나리오는 운영 중 시나리오와 폐쇄 후 인간침입 시나리오가 사용되고 있다[5].

폐쇄 후 인간침입 시나리오를 고려하는 목적은 미래 어떤 시점에 처분시설 부지 내로 침입할 수도 있는 개인에 대한 피폭선량이나 위험도를 예측하기 보다 처분부지에서 미래인간 활동에 대한 보수적인 가정을 기초로 한 방사성폐기물의 인수기준을 개발함으로써 미래의 부주의한 침입자를 적절히 방호하기 위한 것이다. 이러한 인간침입 시나리오를

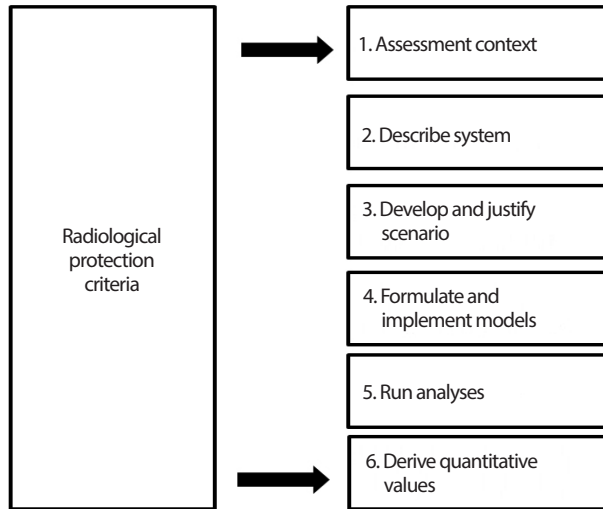


Fig. 2. The approach used for deriving concentration limit of radioactive waste acceptance criteria [4].

사용한 처분농도제한치 결정은 폐쇄 후 관리기간에 대한 안전성평가와 침입자에 대한 선량제한치와 밀접한 관계를 가지고 있다[5].

처분시설에 대한 처분농도제한치 관련 연구로 핵종별 결과를 증거준위 방사성폐기물 처분시설을 운영하고 있는 외국의 처분농도제한치와 비교를 통하여 표층처분시설의 핵종별 처분농도제한치 설정 방법론을 제시하였다[5-6]. 또한, 인간침입 관련 연구로 처분시설의 시추 후 거주시나리오를 통하여 폐쇄 후 관리기간 및 증거준위 방사성폐기물 종류에 따른 표층처분시설의 인간침입 성능평가를 수행하였고[7], 저준위 및 극저준위 방사성폐기물 표층처분시설의 인간침입 시나리오 설정 및 평가를 통해 안전성 확인을 확인하였으며, 특히 인간침입 시나리오 평가 측면에서 안전여유도를 높이기 위한 방사성폐기물 정치방안을 제시하였다[8].

2. 처분농도제한치 도출을 위한 IAEA 방법론

IAEA[4]에서는 안전성평가를 처분시설에 대한 방사성폐기물의 인수요건 중 특정 방사성핵종의 재고량과 농도한도를 결정하기 위한 주요 방법으로 보고 있으며, IAEA[4]에서 제시하고 있는 핵종별 처분농도제한치 및 총방사능 유도방법은 Fig. 2와 같다.

그리고 부지 내 시나리오에서 고려되는 방사성폐기물 농도는 다음과 같다[4] :

$$Conc = \frac{Dose_{lim} \times A_{iu}}{Dose_{iu} \times \rho_{bd} \times V_w}$$

여기서 $Conc$ 는 방사성폐기물의 제한농도($Bq \cdot kg^{-1}$), $Dose_{lim}$ 은 선량제한치($Sv \cdot yr^{-1}$), A_{iu} 는 단일 처분고(disposal vault) 내 방사성폐기물의 초기방사능(Bq), $Dose_{iu}$ 는 초기방사능(A_{iu})으로부터 구해진 선량($Sv \cdot yr^{-1}$), ρ_{bd} 는 방사성폐기물의 건조단위중량($Kg \cdot m^{-3}$), 그리고 V_w 는 단일 처분고 내 방사성폐기물의 체적(m^3)을 나타낸다.

부지 외 시나리오의 경우 핵종들에 대한 총방사능은 다음과 같다[4] :

$$Amount = \frac{Dose_{lim} \times A_i}{Dose_i}$$

여기서 $Amount$ 는 방사성폐기물의 총방사능(Bq), $Dose_{lim}$ 은 선량제한치($Sv \cdot yr^{-1}$), A_i 는 처분시설 내 방사성폐기물의 초기방사능(Bq), 그리고 $Dose_i$ 는 처분시설 내 초기방사능(A_i)으로부터 구해진 선량($Sv \cdot yr^{-1}$)을 나타낸다.

3. 중준위 방사성폐기물 처분농도제한치 도출을 위한 평가시나리오

1단계 동굴처분시설 안전성분석보고서[9]에서 고려된 운영 중 시나리오 중 모든 방사성폐기물을 고려하여 평가하는 저장시설 화재 사고시나리오와 지진 사고시나리오를 선별하여 해당 시나리오 및 입력자료를 동일하게 사용하였다. 폐쇄 후 안전성평가에서는 IAEA 방법론[4]에 따라 인간침입 시나리오를 고려하며, 인간침입 시추 후 거주시나리오와 인간침입 우물이용 시나리오를 선별하였다. 시추시나리오는 시추 후 거주시나리오보다 피폭선량 결과가 낮으므로 배제하였다.

3.1 운영 중 저장시설 화재 사고시나리오

인수저장건물의 독립된 공간에 보관된 가연성물질이 크레인이나 기타 잠재위험원에 의해 인화되어 저장중인 방사성폐기물 포장물로 화재가 확산되어 방사성핵종이 공기

Table 1. Input parameters for post-drilling scenario [9]

Near-field parameter	Fraction of roots in upper soil (-)	1
	Fraction of roots in deep soil (-)	0
	Manual redistribution ($\text{m}^3 \cdot \text{m}^{-2}$)	1.06×10^{-4}
	Source area for external dose modification factor (m^2)	2.50×10^3
Waste form	Waste form/package half-life (yr)	0
	Waste thickness (m)	3.38×10^1
	Depth of soil overburden (m)	1.80×10^2
External exposure	Plume (hr)	3.245×10^3
	Soil contamination (hr)	3.245×10^3
Inhalation	Hours of exposure to contamination per year ($\text{hr} \cdot \text{yr}^{-1}$)	4.39×10^3
	Mass loading factor ($\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$)	1.00×10^{-4}
Ingestion	Leaf ($\text{kg} \cdot \text{yr}^{-1}$)	1.329×10^2
	Root ($\text{kg} \cdot \text{yr}^{-1}$)	8.71×10^1
	Fruit ($\text{kg} \cdot \text{yr}^{-1}$)	1.765×10^2

중으로 누출되는 사건이다[9].

이 사고로 인해 공기 중 방사성물질의 흡입을 통한 내부 피폭과 방사능운에 의한 외부피폭이 발생하며 사고 시 처분 시설 성능목표치인 5 mSv를 만족해야 한다[9].

평가 시 고려한 가정사항은 다음과 같다: 인수저장건물의 최대저장용량의 1%(70개)가 손상; 핵종별로 포장물 재고량의 0.1%가 대기 중에 누출; 사고의 보수성을 고려하여 누출량의 5배를 가정; 사고지점과 제한구역경계 사이의 거리는 최대 110 m; 최대 대기확산인자(X/Q)는 $1.05 \times 10^{-2} \text{ sec} \cdot \text{m}^{-3}$ [9].

3.2 운영 중 지진 사고시나리오

지진의 충격으로 인해 사일로 및 지상건물에 저장 중인 방사성폐기물 포장물이 파손되어 방사성물질이 누출되는 사건이다[9].

처분시설 내에 방사성폐기물이 모두 적치된 조건에서 지진이 발생하는 것으로 가정하였으며, 이로 인해 사일로,

인수저장건물 및 방사성폐기물 건물의 파손된 자재가 방사성폐기물로 낙하하여 포장물이 파손되는 사고이다. 이 사고로 인해 공기 중 방사성물질의 흡입을 통한 내부피폭과, 방사능운에 의한 외부피폭이 발생하며 사고 시 처분시설 성능목표치인 5 mSv를 만족해야 한다[9].

평가 시 고려한 가정사항은 다음과 같다: 인수저장건물의 최대저장용량의 1%(70개)가 손상; 핵종별로 포장물 재고량의 0.1%가 대기 중에 누출; 사고의 보수성을 고려하여 누출량의 5배를 가정; 사고지점과 제한구역경계 사이의 거리는 최대 110 m; 최대 대기확산인자(X/Q)는 $1.05 \times 10^{-2} \text{ sec} \cdot \text{m}^{-3}$ [9].

3.3 폐쇄 후 인간침입 시나리오 : 시추 후 거주 시나리오

폐쇄 후 인간침입 시나리오 중, 시추 후 거주시나리오에 폐쇄 후 관리기간 이후 처분시설을 관통하는 시추(drilling) 작업과 더불어 시추부지 내에서 장기간 거주하는 주민의

Table 2. Maximum inventory of radionuclides: 1st stage silo type disposal facility

Nuclide	Scenarios	Fire accident scenario at storage facility (in operational period)	Earthquake accident scenario at 1st silo type disposal facility (in operational period)	Post-drilling scenario	Well scenario	Max inventory of radionuclides
		(Bq)	(Bq)	(Bq)	(Bq)	(Bq)
³ H		1.96×10 ¹⁸	1.37×10 ¹⁷	1.53×10 ²⁵	2.17×10 ¹⁷	1.37×10 ¹⁷
¹⁴ C		8.79×10 ¹⁶	6.15×10 ¹⁵	2.90×10 ²⁰	3.20×10 ¹⁴	3.2×10 ¹⁴
⁵⁵ Fe		6.62×10 ¹⁷	-	1.05×10 ²⁹	-	6.62×10 ¹⁷
⁵⁸ Co		2.29×10 ¹⁷	-	-	-	2.29×10 ¹⁷
⁶⁰ Co		1.63×10 ¹⁶	-	7.01×10 ¹⁹	-	1.63×10 ¹⁶
⁵⁹ Ni		1.16×10 ¹⁸	-	4.28×10 ¹⁷	5.99×10 ¹⁶	5.99×10 ¹⁶
⁶³ Ni		3.92×10 ¹⁷	-	3.83×10 ¹⁷	-	3.83×10 ¹⁷
⁹⁰ Sr		3.19×10 ¹⁵	-	6.14×10 ¹⁴	6.21×10 ²¹	6.14×10 ¹⁴
⁹⁴ Nb		1.04×10 ¹⁶	-	2.33×10 ¹⁴	8.85×10 ¹⁵	2.33×10 ¹⁴
⁹⁹ Tc		3.92×10 ¹⁶	-	2.38×10 ¹⁴	2.24×10 ¹⁴	2.24×10 ¹⁴
¹²⁹ I		1.42×10 ¹⁶	-	1.44×10 ¹⁴	5.85×10 ¹¹	5.85×10 ¹¹
¹³⁷ Cs		1.31×10 ¹⁶	-	5.75×10 ¹⁵	2.65×10 ²³	5.75×10 ¹⁵
¹⁴⁴ Ce		9.62×10 ¹⁵	-	1.64×10 ⁵⁵	1.22×10 ¹⁸	9.62×10 ¹⁵
Gross alpha		4.25×10 ¹²	-	5.96×10 ¹⁵	8.55×10 ¹⁵	4.25×10 ¹²
Total Inventory		4.60×10 ¹⁸	1.43×10 ¹⁷	1.64×10 ⁵⁵	2.71×10 ²³	1.50×10 ¹⁸

피폭영향을 고려한다. 이때, 시추작업으로 인해 방사성핵종이 원계지역을 거치지 않고 바로 지표면으로 유출되며 거주민들은 오염된 토양에 의한 외부피폭, 부유물질 흡입과 음식물 섭취에 의한 내부피폭을 받게 된다[9].

폐쇄 후 관리기간은 동굴처분시설에 해당하는 100년이며, 그 외 입력자료는 Table 1과 같다[9].

3.4 폐쇄 후 인간침입 시나리오 : 우물이용 시나리오

폐쇄 후 인간침입 시나리오 중, 우물이용 시나리오는 처분시설의 폐쇄 후 지하수 이용을 목적으로 굴착된 우물이 처분부지 내에 설치되는 경우로서, 처분시설 근계지역에서

누출된 방사성핵종이 원계지역 암반을 흐르는 지하수를 따라 이동하여 우물 굴착지점에서 지표로 유출되며 오염된 우물물을 거주민이 이용하여 피폭을 유발하게 된다[9].

우물의 위치는 사일로 주변 관정분석을 통해 선정된 양수정 두 곳에 대해 각각 독립적으로 평가하고, 지하수유동 입자추적기법을 이용하여 보수적으로 선정하였다. 연간 5만톤 양수 시 6개 사일로에서 유출되는 오염원의 입자가 가장 보수적으로 유입되는 사일로 포함구역 내 위치를 양수정 1로, 사일로 제외구역의 위치를 양수정 2로 설정하였다[9]. 본 논문에서는 양수정 2 보다 피폭선량값이 더 높은 사일로 포함구역 내 위치인 양수정 1을 평가하였다.

우물의 시추는 폐쇄 후 관리기간 이후로 발생하는 것으로

Table 3. Derived waste concentration limit of radionuclides from expected scenarios: 1st silo type disposal facility

Nuclide	Scenarios	Fire accident scenario at storage facility (in operational period)	Earthquake accident scenario at 1st silo type disposal facility (in operational period)	Post-drilling scenario	Well scenario	Waste concentration limit
		(Bq·g ⁻¹)	(Bq·g ⁻¹)	(Bq·g ⁻¹)	(Bq·g ⁻¹)	(Bq·g ⁻¹)
³ H		5.20×10 ⁷	3.64×10 ⁶	4.06×10 ¹⁴	5.76×10 ⁶	3.64×10 ⁶
¹⁴ C		2.33×10 ⁶	1.63×10 ⁵	7.70×10 ⁹	8.50×10 ³	8.50×10 ³
⁵⁵ Fe		1.76×10 ⁷	-	2.79×10 ¹⁸	-	1.76×10 ⁷
⁵⁸ Co		6.08×10 ⁶	-	-	-	6.08×10 ⁶
⁶⁰ Co		4.33×10 ⁵	-	1.86×10 ⁹	-	4.33×10 ⁵
⁵⁹ Ni		3.08×10 ⁷	-	1.14×10 ⁷	1.59×10 ⁶	1.59×10 ⁶
⁶³ Ni		1.04×10 ⁷	-	1.02×10 ⁷	-	1.02×10 ⁷
⁹⁰ Sr		8.47×10 ⁴	-	1.63×10 ⁴	1.65×10 ¹¹	1.63×10 ⁴
⁹⁴ Nb		2.76×10 ⁵	-	6.19×10 ³	2.35×10 ⁵	6.19×10 ³
⁹⁹ Tc		1.04×10 ⁶	-	6.32×10 ³	5.95×10 ³	5.95×10 ³
¹²⁹ I		3.77×10 ⁵	-	3.82×10 ³	1.55×10 ¹	1.55×10 ¹
¹³⁷ Cs		3.48×10 ⁵	-	1.53×10 ⁵	7.04×10 ¹²	1.53×10 ⁵
¹⁴⁴ Ce		2.55×10 ⁵	-	4.35×10 ⁴⁴	3.24×10 ⁷	2.55×10 ⁵
Gross alpha		1.13×10 ²	-	1.58×10 ⁵	2.27×10 ⁵	1.13×10 ²

가정하였으며, 근계지역의 유속 및 이동거리를 제외하고는 정상시나리오에 적용된 입력데이터[9]와 동일하게 적용하였다.

부피(B m³)를 반영하여 처분농도제한치(Z Bq·g⁻¹)를 다음 비례관계식을 이용하여 도출하였다.

$$1 \text{ Bq} : X \text{ mSv}(\cdot \text{ yr}^{-1}) = Y \text{ Bq} : \text{Regulatory limit mSv}(\cdot \text{ yr}^{-1})$$

$$Y \text{ Bq} / (A \text{ g} \cdot \text{ m}^{-3} \times B \text{ m}^3) = Z \text{ Bq} \cdot \text{ g}^{-1} \text{ (Waste concentration limit)}$$

4. IAEA 방법론에 의한 1단계 동굴처분시설 최대방사능 및 처분농도제한치 도출

먼저 평가시나리오의 단위 방사능(1 Bq)에 대한 피폭선량(X mSv(· yr⁻¹))을 산출하고, 평가시나리오 성능목표치(mSv(· yr⁻¹))를 만족하는 최대 핵종재고량(Y Bq)을 산출하였다. 방사성폐기물의 밀도(A g·m⁻³)와 처분시설의

여기서 X는 단위 방사능(1 Bq)에 대한 피폭선량이며, Y는 각 시나리오의 성능목표치를 만족하는 최대 핵종재고량이다. A는 방사성폐기물의 밀도(g·m⁻³)이며, B는 처분시설의 부피(m³), 그리고 Z는 처분농도제한치(Bq·g⁻¹)이다.

Table 4. Comparison of derived concentration limit by IAEA methodology and by notice of NSSC [1]

Nuclides	Notice of NSSC[1]			Concentration limit by IAEA [4] in this study (Bq·g ⁻¹)	Corresponding classification [1]
	Clearance level (Bq·g ⁻¹)	Very low level (Bq·g ⁻¹)	Low level (Bq·g ⁻¹)		
³ H	1.00×10 ²	1.00×10 ⁴	1.11×10 ⁶	3.64×10 ⁶	Intermediate
¹⁴ C	1.00×10 ⁰	1.00×10 ²	2.22×10 ⁵	8.50×10 ³	Low
⁵⁵ Fe	1.00×10 ³	1.00×10 ⁵	-	1.76×10 ⁷	Low
⁵⁸ Co	1.00×10 ⁰	1.00×10 ²	-	6.08×10 ⁶	Low
⁶⁰ Co	1.00×10 ⁻¹	1.00×10 ¹	3.70×10 ⁷	4.33×10 ⁵	Low
⁵⁹ Ni	1.00×10 ²	1.00×10 ⁴	7.40×10 ⁴	1.59×10 ⁶	Intermediate
⁶³ Ni	1.00×10 ²	1.00×10 ⁴	1.11×10 ⁷	1.02×10 ⁷	Low
⁹⁰ Sr	1.00×10 ⁰	1.00×10 ²	7.40×10 ⁴	1.63×10 ⁴	Low
⁹⁴ Nb	1.00×10 ⁻¹	1.00×10 ¹	1.11×10 ²	6.19×10 ³	Intermediate
⁹⁹ Tc	1.00×10 ⁰	1.00×10 ²	1.11×10 ³	5.95×10 ³	Intermediate
¹²⁹ I	1.00×10 ⁻²	1.00×10 ⁰	3.70×10 ¹	1.55×10 ¹	Low
¹³⁷ Cs	1.00×10 ⁻¹	1.00×10 ¹	1.11×10 ⁶	1.53×10 ⁵	Low
¹⁴⁴ Ce	1.00×10 ¹	1.00×10 ³	-	2.55×10 ⁵	Low
Gross alpha	1.00×10 ⁻¹	1.00×10 ¹	3.70×10 ³	1.13×10 ²	Low

4.1 IAEA 방법론에 의한 1단계 동굴처분시설 최대방사능

IAEA 방법론[4]을 적용한 1단계 처분시설의 운영 중 및 폐쇄 후 시나리오를 대상으로 처분가능한 핵종별 최대방사능(Bq)을 도출한 결과는 Table 2와 같다.

4.2 IAEA 방법론에 의한 1단계 동굴처분시설 처분농도제한치

Table 2의 최대 방사능에서 처분시설의 부피(35,200 m³)와 처분대상 방사성폐기물의 가중평균 밀도(1,070 kg·m⁻³)를 적용하여 1단계 동굴처분시설의 처분농도제한치를 산출하였다(Table 3). 1단계 처분시설 처분농도제한치는 개별시나리오의 결과 중 가장 낮은 값을 적용하였다.

5. IAEA 방법론에 의해 도출된 처분농도 제한치의 1단계 동굴처분시설 적용여부 검토

Table 3의 도출된 1단계 동굴처분시설의 처분농도제한치와 원자력안전위원회 고시[1]의 핵종별 처분농도제한치값과 비교한 결과는 Table 4와 같다.

Table 4에서 비교한 결과 4개 핵종(³H, ⁵⁹Ni, ⁹⁴Nb, ⁹⁹Tc)의 처분농도제한치는 저준위 방사성폐기물 처분농도제한치보다 컸으나 나머지 10개 핵종의 처분농도제한치는 저준위 방사성폐기물 처분농도에 해당하였다.

즉, IAEA[4]에서 제시한 처분농도제한치 산출방법은 천층처분시설의 방사성폐기물 처분농도제한치를 도출하기 위한 방법으로 동굴처분시설의 중준위 방사성폐기물 처분농도 제한치를 도출하기에는 한계가 있으며 단일값의 방사성폐기물 밀도와 부피가 고려되는 단일 방사성폐기물로만 구성된

처분시설의 처분농도제한치를 설정하는 것에 적합하다. 따라서 경주 중저준위 방사성폐기물 동굴처분시설과 같이 다양한 포장물 및 준위의 방사성폐기물을 처분하는 경우에 적용하기에는 현실적인 제약이 있는 것으로 판단된다.

6. 결론

본 논문에서는 중준위 방사성폐기물의 처분안전성 확보와 중저준위 방폐물관리 시행계획[3]에 따른 안정적인 처분시설의 개발을 위해 중준위 방사성폐기물 처분농도제한치 설정에 대하여 IAEA 방법론[4]에 따라 고찰하였다.

IAEA 방법론[4]에 의한 고찰결과를 중준위 방사성폐기물 처분농도제한치 적용여부에 대하여 분석한 결과, 1단계 동굴 처분시설 중준위 방사성폐기물의 처분농도제한치로서는 현실적으로 적합하지 않았다. 이것은 IAEA 방법론[4]이 단일값의 방사성폐기물 밀도와 부피를 이용하여 처분농도제한치를 산출하므로, 단일 종류의 방사성폐기물로만 구성된 처분시설의 처분농도제한치를 설정하기에 적합하나 다양한 포장물 및 준위로 구성된 중저준위 방사성폐기물 동굴처분시설의 처분농도제한치를 도출하기에는 한계가 있다고 판단된다.

따라서 원자력안전위원회 고시[1]와 중저준위 방폐물관리 시행계획[3]에 따른 안정적인 처분시설 개발을 위하여 IAEA 방법론[4]과는 다른 별도의 방법론 개발이 필요하다. 이를 위해 1단계 동굴처분시설 처분대상인 200리터 기준 중준위 5만, 저준위 5만, 극저준위 3만 포장물의 방사능 도출, 이에 대한 시나리오별 평가결과와 성능목표치를 종합적으로 고려하여 1단계 동굴처분시설 중준위 방사성폐기물 처분농도제한치를 도출한 연구결과는 본 논문의 후편인 별도의 논문에 제시하였다.

REFERENCES

[1] Nuclear Safety and Security Commission, Guidelines for Radioactive Waste Classification and Self Disposal Standards, No. 2014-03 (2014).
[2] International Atomic Energy Agency, Classification of Radioactive Waste, General Safety Guide-1 (2009).

[3] Korea Radioactive Waste Agency, Management Plan for Low and Intermediate-Level Radioactive Waste (2017).
[4] International Atomic Energy Agency, Derivation of Activity Limits for the Disposal of Radioactive Waste in Near Surface Disposal Facilities, IAEA-TEC-DOC-1380 (2003).
[5] J.B. Park, S.M. Park, J.W. Park, E.Y. Lee, C.G. Lee, and C.L. Kim, "Quantitative Acceptance Criteria for Radioactive Wastes to Near Surface Disposal Facility", Korea Hydro & Nuclear Power, Technical Report, TR.01NC03.C2003.2 (2003).
[6] J.B. Park, J.W. Park, E.Y. Lee, and C.L. Kim, "Statistical Approach for Derivation of Quantitative Acceptance Criteria for Radioactive Wastes to Near Surface Disposal Facility", J. of Korean Nuclear Society, 35(5), 387-398 (2003).
[7] S.W. Hong, J.B. Park, and J.H. Yoon, "Study on the Institutional Control Period through the Post-Drilling Scenario of Near Surface Disposal Facility for Low and Intermediate-Level Radioactive Waste", JNFCWT, 12(1), 59-68 (2014)
[8] S.W. Hong, S.H. Park, and J.B. Park, "Safety Assessment on the Human Intrusion Scenarios of Near Surface Disposal Facility for Low and Very Low Level Radioactive Waste", JNFCWT, 14(1), 79-90 (2016).
[9] Korea Radioactive Waste Agency, Safety Analysis Report for 1st Phase LILW Disposal Facility on the Construction Phase (2016).