

# Prediction of Radionuclide Inventory for the Low- and Intermediate-Level Radioactive Waste Disposal Facility by the Radioactive Waste Classification

## 방사성폐기물 신분류기준을 고려한 중저준위 방사성폐기물 처분시설의 핵종재고량 예측

Kang Il Jung\*, Noh Gyeom Jeong, Young Pyo Moon, Mi Seon Jeong, and Jin Beak Park

*Korea Radioactive Waste Agency, 168 Gajeong-ro, Yuseong-gu, Daejeon, Republic of Korea*

정강일\*, 정노겸, 문영표, 정미선, 박진백

*한국원자력환경공단, 대전광역시 유성구 가정로 168 KT빌딩*

(Received November 13, 2015 / Revised December 10, 2015 / Approved December 15, 2015)

To meet nuclear regulatory requirements, more than 95% individual radionuclides in the low- and intermediate-level radioactive waste inventory have to be identified. In this study, the radionuclide inventory has been estimated by taking the long-term radioactive waste generation, the development plan of disposal facility, and the new radioactive waste classification into account. The state of radioactive waste cumulated from 2014 was analyzed for various radioactive sources and future prospects for predicting the long-term radioactive waste generation. The predicted radionuclide inventory results are expected to contribute to secure the development of waste disposal facility and to deploy the safety case for its long-term safety assessment.

Keywords: Inventory, Disposal facility, Radioactive waste, New classification standard, Safety Case

\*Corresponding Author.

Kang Il Jung, Korea Radioactive waste Agency, E-mail: kangile@korad.or.kr, Tel: +82-42-601-5327

### ORCID

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

Young Pyo Moon <http://orcid.org/0000-0002-7523-4763>

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

Noh Gyeom Jeong

<http://orcid.org/0000-0002-2270-221X>

Mi Seon Jeong

<http://orcid.org/0000-0001-6416-4790>

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

국내의 중저준위 방사성폐기물 처분시설에 대한 핵종량은 대부분의 방사성핵종에 대한 규명이 요구되어 진다. 본 논문에서는 국내 경주 처분시설 부지에서 방사성폐기물의 처분을 위한 처분시설의 활용도 및 효율성 그리고 신분류기준을 반영한 핵종재고량을 예측하였다. 장기 방사성폐기물의 예측하기 위해 2014년까지 다양한 발생원별 방사성폐기물의 발생량과 발생전망을 분석하였다. 예측된 핵종재고량 결과는 처분시설에 대한 안정적인 개발 및 Safety case의 구축하는데 기여할 것으로 판단된다.

중심단어: 핵종재고량, 처분시설, 방사성폐기물, 신분류기준, Safety Case 구축

## 1. 서론

국내 중저준위 방사성폐기물 처분시설(이하 처분시설)에 대한 핵종재고량은 원자력안전위원회 고시[1]에 따라 전체 방사성 핵종의 95%이상을 규명하여야 하며, 주요 핵종에 대해서는 그 농도를 규명하여야 한다. 경주 처분시설 부지에는 1단계 동굴처분시설이 운영 중이며, 향후 추가 처분시설을 증설할 계획이다. 제4차 원자력진흥위원회의 중저준위 방사성폐기물관리 기본계획에 따라 중저준위 방사성폐기물 관리 시행계획[2]을 수립하였고, 이에 따라서 방사성폐기물 준위에 따른 다양한 처분시설이 건설되고 운영될 것이다.

처분시설의 장기종합 관리계획을 수립하고 시행하기 위해 부지 내 전체 처분대상 핵종재고량의 예측은 필수적이다. 또한 처분시설의 핵종재고량은 처분시설의 설계를 위한 기반 자료 및 처분시설의 안전성평가 수행을 위한 기초입력데이터로 사용되며, 처분시설의 Safety Case 구축을 위해 필요하다.

본 논문에서는 국내 중저준위 방사성폐기물의 특성 및 발생현황 그리고 발생전망을 정리하였다. 또한 국내 핵종재고량 평가방법[3]을 적용하여 2014년까지 수집된 방사성폐기물 발생량 자료를 기반으로 처분시설 별 처분가능한 방사성폐기물의 분류 및 전체 처분부지(80만 드럼)의 핵종재고량을 예측하고 향후 과제를 제시하고자 한다.

## 2. 방사성폐기물 현황

### 2.1 방사성폐기물 특성

#### 2.1.1 원자력발전소 운영폐기물

원자력발전소의 운영폐기물은 농축폐액, 폐수지, 폐필터 및 잡고체로 구성되며 포장물 용기는 200 L 드럼, 320 L 드럼, 고건전성용기(HIC:High Integrity Container), 폴리에틸렌용기, 폴리머 콘크리트용기, 고리 4-Pack 콘크리트 용기, 고리원형 콘크리트 용기, 한울 C1형 콘크리트 용기, 한울 C2형 콘크리트 용기, 한울 C4형 콘크리트 용기 등으로 구성된다. 이 중 200 L 드럼과 320 L 드럼이 전체 개수의 90%이상을 차지하고 있다.

#### 2.1.2 한국원자력연구원 폐기물

한국원자력연구원 폐기물은 연구용 원자로의 운전, 방사성동위원소(RI) 생산시설, 조사 후 시험시설 및 방사성동위원소(RI)를 이용하는 실험실에서 발생되며, 폐기물의 종류는 가연성, 비가연성, 환경정비, 고화폐기물, 폐수지, 폐필터, 기타 잡고체 및 해체폐기물 등으로 구성된다. 연구용 원자로 1, 2호기의 해체에 따라 발생된 해체폐기물이 처분대상에 포함되어 있다. 발생된 폐기물은 모두 200 L 드럼에 포장되어 있다.

#### 2.1.3 한전원자력연료(주) 폐기물

한전원자력연료(주) 폐기물은 원자력발전소 핵연료 생산 시 우라늄 변환 및 핵연료 가공공정에서 발생하는 폐기물로 금속물, 목재류, 석회침전물, 유리류, 잡고체, 콘크리트 및 합성물로 구성되며 200 L 드럼에 포장되어 있다.

#### 2.1.4 방사성동위원소 폐기물

방사성동위원소(Radioactive Isotope, RI) 폐기물은 연구기관, 병원 등 방사성동위원소를 사용하는 기관에서 발생하는 폐기물로 개봉선원 폐기물과 밀봉선원 폐기물로 구분된다. 개봉선원 폐기물은 가연성, 비가연성, 비압축성, 유기폐액,

Table 1. The amount of a generated low and intermediate-level radioactive waste from Nuclear Power Plants up to 2014 [4]

(Unit : Drum)

	Type	Total amount	
Spent resin	Cement solidification (200L)	2,274	8,559
	Dry (200L)	1,362	
	Cement solidification (320L)	132	
	Dry (320L)	30	
	HWR polymer solidification	2,874	
	Kori circle	412	
	HIC-FE	37	
	PE	599	
	Hanul C1 type concrete	413	
	Hanul C2 type concrete	426	
Concentrated waste	Cement solidification (200L)	9,829	15,961
	Condentrated waste solidification (200L)	3,635	
	Cement solidification (320L)	826	
	Condentrated waste solidification (320L)	38	
	Kori 4-pack type	820	
	Hanul C1 type concrete	789	
	Hanul C2 type concrete	24	
Spent filter	Cement solidification (200L)	1,018	1,710
	Cement solidification (320L)	176	
	Hanul C2 type concrete	10	
	Hanul C4 type concrete	506	
Dry Active Waste (DAW)	Normal (200L)	31,903	58,292
	Shielding (200L)	1,574	
	Normal (320L)	72	
	Shielding (320L)	7	
	High pressure compact (320L)	18,045	
	HWR normal (200L)	4,363	
	HWR shielding (200L)	40	
	HWR high pressure compact (320L)	2,288	
Total amount			84,522

Table 2. The amount of a generated low and intermediate-level radioactive waste from Korea Atomic Energy Research Institute (KAERI) up to 2014 [5] (Unit : Drum)

Type	combustible	Non-combustible	Arrangement of environment	Solidification waste	Spent resin	Spent filter	Etc.	Decommission waste	Storage
Amount	2,726	4,976	1,873	322	231	454	54	9,764	20,399

Table 3. The amount of a generated low and intermediate-level radioactive waste from Korea Electric Power Company-Nuclear Fuel (KEPCO-NF) up to 2014 [6] (Unit : Drum)

Type	DAWs	Compounds	Lime-precipitates	Steels	Concretes	Trees	Glasses	Total amount
Amount	17,056	10,205	7,070	17,739	4,698	1,134	905	58,807

Table 4. Predicted amount of the low and intermediate-level radioactive waste generation: Trend [2] (Unit : Drum)

Year	Nuclear Power Plant(NPP)			Non-NPP	Total
	Operation	Decommissioning	Total		
2020	112,882	-	112,882	39,725	152,607
2030	148,872	5,800	154,672	48,045	202,717
2040	198,602	174,000	372,602	60,815	433,417
2050	238,562	243,600	482,162	75,685	557,847
2060	250,122	37,400	557,522	83,155	640,677
2070	260,452	348,000	608,452	90,625	699,077
2080	265,952	348,000	616,952	98,095	715,047
2089	268,836	426,904	695,740	104,260	800,000
Production Ratio	33.6%	53.4%	87.0%	13.0%	100%

무기폐액 및 폐필터 등으로 분류된다. 처분대상 개봉선원 폐기물의 총 저장량은 200 L 드럼 기준으로 5,566 드럼이며, 개봉선원 폐기물 중 약 80%가 가연성 폐기물이다. 방사성 동위원소 폐기물은 모두 200 L 드럼에 포장되어 있다고 가정하였다.

### 2.1.5 원자력발전소 해체폐기물

IAEA[7]에 의하면 경수로 원자력발전소(900~1,300 MWe) 1기를 해체 시 약 6,200ton정도의 해체폐기물이 발생하며 오염급속이 약 50%가량을 차지하고 있다. 이를 바탕으로 발생된 해체폐기물을 200 L 드럼으로 포장 시(포장밀도 52.7% 가정)

약 19,000(900~1,300 MWe) 드럼 가량 발생하는 것으로 예측되었다. 고리 1호기(600 MWe)를 해체 시 발생하는 해체 폐기물의 양은 대략 14,000 드럼이 발생할 것으로 예상된다 [8]. 본 논문에서는 원자력발전소 해체폐기물의 핵종재고량을 예측하기 위하여 중저준위 방사성폐기물관리 시행계획 [2]의 장기발생량 예측결과에 근거하여 해체시점과 해체폐기물의 발생시점 및 발생량을 반영하였다.

### 2.2 방사성폐기물 발생전망

중저준위 방사성폐기물관리 시행계획[2]에 따라 방사성

Table 5. Predicted amount of the low and intermediate-level radioactive waste generation: Classification [2]

Classification	Nuclear Power Plant (NPP)			Non-NPP (Ratio)	Total Amount (Ratio)
	Operation (Ratio)	Decommissioning (Ratio)	Total (Ratio)		
ILW	16,130 (6.0%)	17,930 (4.2%)	34,060 (4.9%)	6,256 (6.0%)	39,740 (5.0%)
LLW	194,100 (72.2%)	122,521 (28.7%)	316,621 (45.5%)	75,276 (72.2%)	392,310 (49.0%)
VLLW	58,606 (21.8%)	186,453 (67.1%)	345,059 (49.6%)	22,729 (21.8%)	367,950 (46.0%)
Total Amount	268,836 (100%)	426,904 (100%)	695,740 (100%)	104,260 (100%)	800,000 (100%)

(Unit : Drum)

폐기물 분류기준에 따른 준위 별 발생량을 예측하였으며, 전체 처분대상 방사성폐기물(총 80만 드럼) 중 중준위 방사성폐기물(이하 중준위)은 약 4만 드럼(4%), 저준위 방사성폐기물(이하 저준위)은 약 39만 드럼(49%) 그리고 극저준위 방사성폐기물(이하 극저준위)은 약 37만 드럼(46%)이 발생할 것으로 예측하였다.

원자력발전소의 운영 시 호기 당 연간 100 드럼의 발생과 원자력발전소의 해체 시 호기 당 14,000 드럼의 발생을 가정하였다. 특히, 원자력발전소 해체 시 발전소 2개 단위로 해체하며 운영수명 종료 시 6 년 간 관리 후 5 년 간 해체를 가정하였다. 한국원자력연구원은 연간 364 드럼이 발생하며 한전원자력연료(주)는 연간 350 드럼 그리고 RI폐기물은 연간 33 드럼 발생을 가정하였다.

원자력발전소 해체폐기물의 발생시점을 2030년으로 가정하였으며 원자력발전소의 운영계획에 따라 2070년부터 2080년 사이에는 수명이 만료되는 원전이 없기 때문에 해체폐기물의 발생량이 동일하게 적용하였다[2]. Table 4는 발생원에 따른 방사성폐기물 발생량 추이를 요약하였다.

### 2.3 방사성폐기물 분류 및 준위 별 발생전망

IAEA[9]에서는 방사성폐기물을 6개 범주로 세분화하여 처분연계성을 강화하도록 권고하고 있으며, 방사성폐기물의 분류를 위한 방사능준위를 정량적으로 구체화하도록 권고하여 있다. 이에 국내 방사성폐기물도 중저준위 방사성폐기물을 중준위, 저준위, 극저준위, 규제면제로 구분하는 방사성폐기물 신 분류기준[10]이 제시되었다.

방사성폐기물이 준위 별로 분류됨에 따라 처분시설 내 처분이 가능한 방사성폐기물의 효율적 처분을 고려하게 되었다.

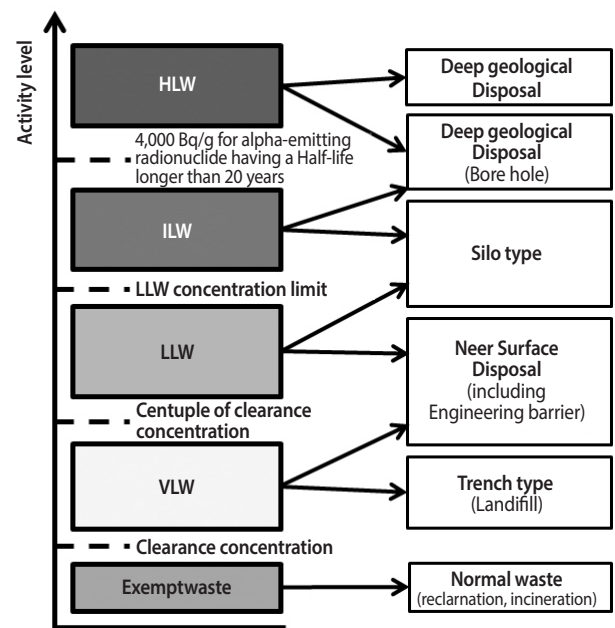


Fig. 1. New classification system for the radioactive wastes in Korea [10].

국내 동굴처분시설에는 중준위, 저준위, 극저준위를 처분할 수 있으며, 표층처분시설로서 저준위와 극저준위를 처분할 수 있다. 또한, 극저준위는 매립형 처분시설에 처분할 수 있다.

Table 5는 방사성폐기물 신 분류기준에 따라 발생원에 따른 준위 별 발생량을 요약하였다. 원자력발전소 운영폐기물에서는 저준위가 72%가량을 차지하고 있으며, 해체폐기물에서는 극저준위가 67%가량을 차지하고 있다. 전체 처분대상 방사성폐기물(80만 드럼)을 기준으로 예측해 본 결과 저준위와 극저준위가 전체폐기물의 95%가량을 차지하고 있다.

Fig. 2에서는 국내 원자력발전소 운영계획과 시행계획을 고려한 준위별 처분대상 방사성폐기물의 발생량을 요약하였다.

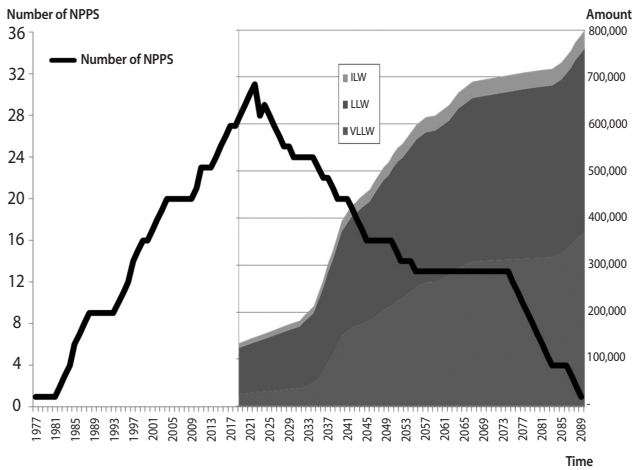


Fig. 2. Prediction of nuclear power plants and the accumulation of LILW.

### 3. 핵종재고량 예측방법

#### 3.1 예측방법

원자력안전위원회 고시[1]에서 처분시설에 대한 핵종재고량은 방사성폐기물에 포함되어 있는 전체 방사성 핵종의 95%이상을 규명하여야 하며,  $^3\text{H}$ ,  $^{14}\text{C}$ ,  $^{55}\text{Fe}$ ,  $^{58}\text{Co}$ ,  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{59}\text{Ni}$ ,  $^{63}\text{Ni}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{94}\text{Nb}$ ,  $^{99}\text{Tc}$ ,  $^{129}\text{I}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{144}\text{Ce}$ , 전알파 등의 핵종에 대해서는 그 농도의 규명을 요구하고 있다.

직접 측정이 어려운 알파 및 베타핵종의 재고량과 농도를 규명하기 위해서는 폐기물 시료를 직접 채취하여 방사화학분석법을 사용해야 하며, 이 경우 시료 채취 및 분석이 어려우며 비용 또한 많이 소요되어 방사화학분석을 대신할 수 있는 방법으로 척도인자를 사용하고 있다. 척도인자 방법은 비파괴적으로 쉽게 측정할 수 있는 지표(key)핵종( $^{60}\text{Co}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{144}\text{Ce}$ )의 감마방사능과 알파 및 베타핵종과 같이 직접 측정이 어려운 핵종의 방사능량 간 상관관계인 척도인자(Scaling Factor)를 이용하는 방법이다[3]. 본 논문에서는 중수로 폐수지를 제외한 원자력발전소 운영폐기물은 척도인자 예측방법과 DTC(Dose-To-Curie) 환산프로그램[11]을 이용하여 핵종재고량을 예측하였다. DTC방법은 ISO에서 주요 핵종의 핵종재고량 평가방법으로 감마핵종 분석방법과 함께 표준방법으로 규정하고 있으며, 미국 DOE의 TRU폐기물의 방사능분석 및 스페인, 핀란드에서도 DTC 방법을 사용하고 있다. 중수로 폐수지의 경우는 방사화학분석법으로 주요 핵종의

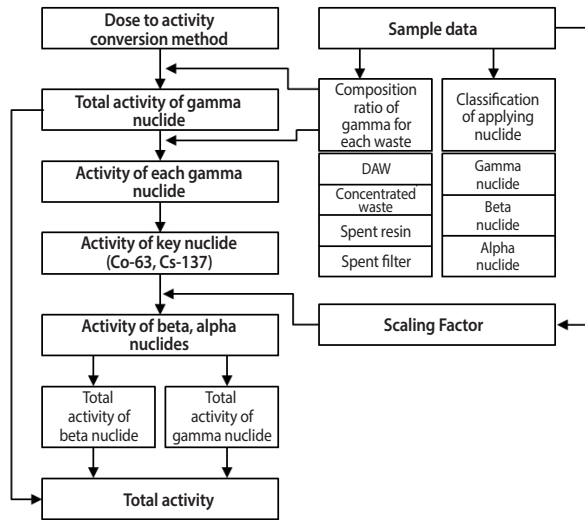


Fig. 3. Prediction process of radionuclide inventories in DTC(Dose To Curie) program [11].

비방사능을 구한 후 전체 폐수지가 균질하다는 가정을 적용하여 방사능량을 예측하였다.

#### 3.2 예측절차

##### 3.2.1 드럼 별 핵종 비방사능

DTC 환산프로그램[11]을 이용하여 각 폐기물 드럼의 표면선량에 대한 핵종 별 비방사능을 산출하였다. 개별 드럼을 종류 별로 구분하고 개별드럼에 생성일, 측정일, 반출일, 드럼 종류, 포장물 무게, 폐기물의 표면선량을 입력하면 시료분석데이터에서 분석된 폐기물별 감마핵종의 조성비를 반영하여 감마핵종별 방사능량이 산출되며, 그 중 감마 Key핵종( $^{60}\text{Co}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ )의 방사능량에 척도인자를 적용하여 표면선량으로는 검출할 수 없는 베타 및 알파핵종의 총 방사능량을 계산하였다. 산출된 개별 드럼의 핵종 별 방사능량을 드럼당 폐기물 무게로 나누어 비방사능(Bq/g)를 산출하였다. Fig. 3에서는 DTC 환산프로그램[11]의 드럼 별 방사능량의 계산과정을 요약하여 나타내었다.

##### 3.2.2 폐기물 준위 별 평균 방사능 산출

예측된 드럼 별 비방사능을 바탕으로 중준위, 저준위, 극저준위로 분류하였다. 준위 별로 구해진 폐기물에 대해 원자력발전소의 호기 별, 폐기물 종류 별, 포장물 종류 별로

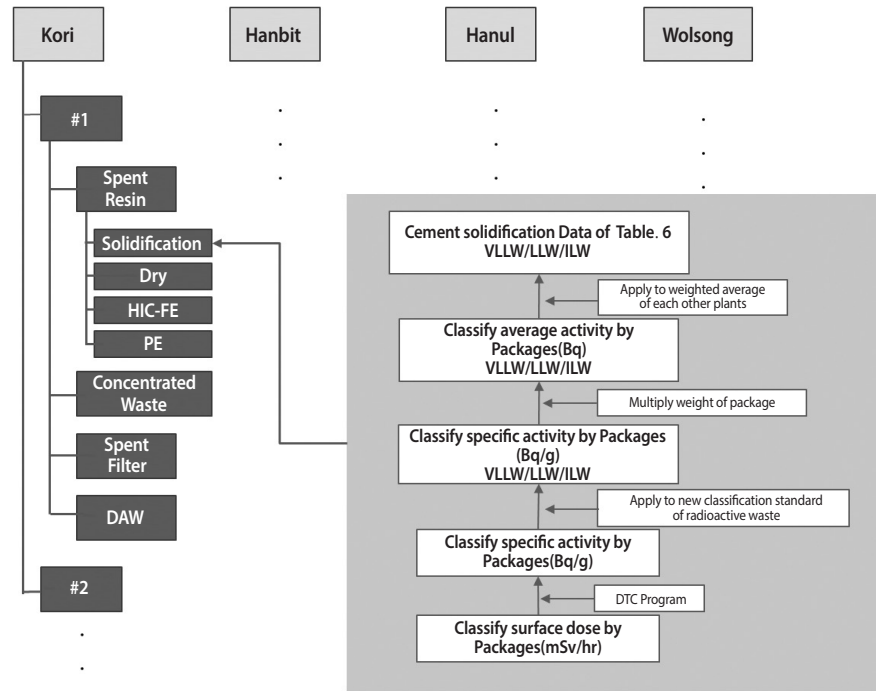


Fig. 4. Prediction process of the average radioactive activity for each waste package (Example of the spent resin(Cement solidification) generated from Kori Nuclear Power Plant #1).

분류하였다. 그 후 같은 폐기물 종류와 포장물 종류끼리 재 분류 한 후 각 발전소 별 발생수량을 감안한 가중평균으로 폐기물 종류에 따른 준위 별 평균 비방사능량을 산출하고 다시 포장물 무게를 곱하여 폐기물 종류에 따른 준위 별 평균 방사능을 예측하였다.

예를 들어, 폐수지의 건조폐기물 중 저준위폐기물 경우 고리 1발(57 드럼), 2발(296 드럼), 한빛 1발(95 드럼)에 각각 분포되어 있는데 각 발전소 호기 별로 발생수량을 모두 고려하여 폐수지와 건조폐수지 중 저준위의 총 448 드럼에 대한 평균 방사능량을 예측하였다. Fig. 4는 고리 원자력 1발전소의 폐수지 시멘트고화 폐기물에 대한 준위 별 평균방사능량 산출과정을 요약하여 나타내었다. 폐수지 시멘트고화 폐기물에 대해 Fig. 3처럼 DTC 환산프로그램을 적용하여 비방사능이 산출하고, 비방사능을 기반으로 방사성폐기물 신분류 기준에 따라 준위별로 분류하였다. 이후, 준위별 비방사능에 폐기물의 무게를 곱하여 방사능량을 구하였다. 이러한 과정이 모든 발전소별로 이루어지게 되면 각 발전소별, 준위별 폐수지 시멘트고화 폐기물의 수량이 나오게 되는데 각 발전소별 수량을 반영한 가중평균을 적용하게 되면 폐수지 시멘트

고화 폐기물의 준위별 평균 방사능량을 구할 수 있다.

원자력발전소 해체폐기물의 방사능량은 중수로를 제외한 200 L 드럼 중 준위 별로 가장 높은 폐기물로 가정하였다. 극저준위에는 농축폐액 시멘트 고화폐기물의 방사능량, 저준위에는 폐수지 건조의 방사능량, 중준위에는 폐수지 건조의 방사능량으로 가정하여 적용하였다.

한국원자력연구원 폐기물은 원자력발전소 운영폐기물 중 폐기물 종류가 유사한 폐기물을 참조하여 방사능량을 가정하였으며, 농축폐액은 시멘트고화, 폐수지는 건조, 폐필터는 콘크리트 라이닝, 잡고체는 일반잡고체를 적용하였다.

RI폐기물 극저준위와 저준위는 개봉선원 폐기물의 방사능량을 적용하였으며, 중준위는 200 L 드럼 중 방사능량이 가장 큰 폐기물인 폐수지 건조폐기물을 적용하였다. Table 6~10은 폐기물 종류에 따른 준위 별 평균 방사능량을 요약하였다. Table 6~10의 폐기물 중 해당준위가 없는 폐기물수량은 제외하였다. 한 예로, Table 6 중 중수로 건조폐수지의 발생수량 대부분이 중준위에 포함되기 때문에 극저준위 및 저준위의 평균 방사능량은 제외하였다.

Table 6. Average activity of spent resins according to the waste classification

Type	Spent resin														(Unit : Bq)		
	200L							HIC-FE									
	Cement Solidification			Dry		HWR Dry		PE			C1		C2				
Package	VLLW	LLW	ILW	VLLW	LLW	ILW	ILW	ILW	LLW	LLW	ILW	LLW	ILW	LLW	ILW	LLW	ILW
H-3	7.41E+02	7.70E+07	2.10E+09	1.33E+03	7.03E+07	1.19E+10	1.60E+11	1.42E+11	1.19E+09	8.32E+09	3.60E+07	1.62E+08	2.46E+07	1.25E+08			
C-14	3.39E+02	5.56E+08	1.92E+09	7.13E+02	4.68E+08	6.67E+08	6.35E+10	5.01E+09	1.26E+10	1.28E+11	5.86E+08	2.42E+10	7.49E+08	5.24E+10			
Fe-55	2.22E+05	2.07E+10	6.58E+10	3.99E+05	1.65E+10	2.06E+11	3.44E+09	2.46E+12	4.31E+11	2.69E+12	2.69E+09	2.44E+11	3.95E+09	7.05E+11			
Co-58	7.91E+04	7.52E+09	5.50E+10	1.42E+05	6.14E+09	2.59E+11	3.14E+07	3.08E+12	1.80E+11	4.02E+11	2.89E+08	1.19E+10	3.69E+08	2.58E+10			
Co-60	2.22E+05	2.08E+10	6.52E+10	3.99E+05	1.65E+10	1.89E+11	5.48E+09	2.24E+12	3.64E+11	7.44E+11	1.94E+09	8.00E+10	2.48E+09	1.73E+11			
Ni-59	6.36E+03	6.07E+08	3.08E+09	1.14E+04	4.96E+08	8.62E+09	1.31E+08	9.61E+10	1.10E+10	3.61E+11	1.48E+07	9.52E+09	2.76E+07	4.87E+10			
Ni-63	3.17E+04	1.61E+10	4.23E+11	6.21E+04	1.49E+10	2.35E+12	6.90E+09	2.80E+13	3.50E+11	2.66E+12	2.68E+10	4.11E+11	2.72E+10	5.84E+11			
Sr-90	1.75E+00	2.29E+06	4.17E+07	3.50E+00	2.53E+06	8.10E+07	2.64E+07	7.17E+08	4.97E+07	4.09E+09	1.99E+07	8.23E+08	2.55E+07	1.78E+09			
Nb-94	8.40E-03	3.24E+05	2.49E+07	1.91E-02	5.15E+05	8.35E+07	7.99E+05	8.89E+08	1.60E+06	3.20E+08	1.23E+06	5.07E+07	1.57E+06	1.10E+08			
Tc-99	2.23E+00	2.10E+05	1.09E+06	4.01E+00	1.70E+05	4.53E+06	7.57E+05	5.40E+07	4.08E+06	8.74E+07	4.11E+05	1.70E+07	5.26E+05	3.68E+07			
I-129	2.11E-03	1.99E+02	9.98E+02	3.79E-03	1.60E+02	4.06E+03	2.00E+05	4.84E+04	3.85E+03	2.23E+04	8.44E+01	3.48E+03	1.08E+02	7.56E+03			
Cs-137	1.53E+04	1.44E+09	7.23E+09	2.75E+04	1.16E+09	2.94E+10	1.32E+09	3.51E+11	2.79E+10	1.62E+11	6.12E+08	2.52E+10	7.83E+08	5.48E+10			
Ce-144	7.80E+01	7.24E+06	1.19E+07	1.40E+02	5.72E+06	1.53E+05	1.96E+07	0.00E+00	1.21E+08	7.30E+07	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00			
Gross a	5.07E+00	4.73E+05	1.49E+06	9.10E+00	3.77E+05	4.30E+06	1.20E+05	5.11E+07	8.31E+06	1.70E+07	4.42E+04	1.82E+06	5.65E+04	3.95E+06			
Total Activity	5.78E+05	6.78E+10	6.23E+11	1.04E+06	5.64E+10	3.06E+12	2.41E+11	3.64E+13	1.38E+12	7.16E+12	3.30E+10	8.07E+11	3.56E+10	1.65E+12			



Table 7. Average activity of concentrated wastes according to the waste classification

Type	Concentrated Waste													
	200L						C1						C2	
	Cement Solidification			Concentrated waste solidification			VLLW	LLW	ILW	VLLW	LLW	LLW	LLW	LLW
H-3	5.86E+07	1.19E+10	5.24E+11	2.81E+05	5.99E+09	5.29E+11	6.42E+06	2.35E+09	2.66E+09					
C-14	1.19E+06	1.05E+08	3.18E+09	3.14E+05	3.08E+08	3.45E+09	2.42E+05	2.81E+08	3.47E+08					
Fe-55	1.59E+06	6.23E+08	3.12E+10	2.34E+07	6.33E+09	4.83E+10	4.00E+06	5.52E+09	6.84E+09					
Co-58	1.94E+06	3.58E+08	1.01E+10	4.52E+05	3.02E+09	1.24E+10	5.78E+07	2.12E+10	2.39E+10					
Co-60	1.02E+06	1.97E+08	6.96E+09	1.46E+06	8.46E+08	8.35E+09	2.01E+06	7.38E+08	8.34E+08					
Ni-59	7.56E+04	1.09E+07	4.01E+08	9.75E+04	3.38E+07	4.55E+08	2.46E+05	5.50E+07	5.76E+07					
Ni-63	4.76E+06	1.21E+09	4.74E+10	5.18E+06	4.92E+09	5.82E+10	8.28E+06	4.17E+09	4.89E+09					
Sr-90	7.61E+04	9.16E+05	1.44E+07	6.80E+03	2.42E+06	1.83E+07	2.04E+02	7.49E+04	8.47E+04					
Nb-94	1.34E+03	1.16E+05	2.78E+06	1.65E+03	4.70E+05	2.95E+06	4.67E+03	1.71E+06	1.94E+06					
Te-99	1.30E+04	2.69E+06	1.36E+08	9.68E+02	3.19E+06	1.50E+08	6.63E+01	2.48E+05	3.01E+05					
I-129	3.78E+00	7.03E+02	2.11E+04	1.28E+00	3.03E+03	2.55E+04	9.38E-01	3.44E+02	3.89E+02					
Cs-137	3.56E+05	6.63E+07	1.99E+09	1.21E+05	2.86E+08	2.41E+09	8.85E+04	3.24E+07	3.67E+07					
Ce-144	1.89E+03	3.85E+05	1.69E+07	0.00E+00	1.17E+06	1.71E+07	4.22E+04	1.55E+07	1.75E+07					
Gross a	4.88E+02	9.39E+04	3.32E+06	6.97E+02	4.04E+05	3.98E+06	9.60E+02	3.52E+05	3.98E+05					
Total Activity	6.97E+07	1.45E+10	6.25E+11	3.13E+07	2.17E+10	6.63E+11	7.92E+07	3.44E+10	3.96E+10					

Table 8. Average activity of spent filters according to the waste classification

Type	Spent filter												(Unit : Bq)			
	200						C2							C4		
	Concrete-lining			HWR Concrete-lining			LLW			ILW				VLLW	LLW	ILW
Package	LLW	ILW	LLW	LLW	ILW	ILW	LLW	LLW	LLW	ILW	ILW	LLW	VLLW	LLW	ILW	ILW
H-3	1.51E+08	2.49E+09	1.71E+10	1.78E+15	1.78E+15	1.78E+15	5.36E+08	2.37E+10	2.37E+10	2.37E+10	2.37E+10	1.43E+09	3.06E+05	1.43E+09	7.82E+13	7.82E+13
C-14	2.28E+09	6.98E+10	1.89E+07	5.19E+10	5.19E+10	5.19E+10	6.24E+09	2.76E+11	2.76E+11	2.76E+11	2.76E+11	1.66E+10	3.56E+06	1.66E+10	9.09E+14	9.09E+14
Fe-55	3.15E+10	8.63E+11	1.09E+08	5.58E+12	5.58E+12	5.58E+12	3.23E+11	2.96E+12	2.96E+12	2.96E+12	2.96E+12	7.75E+11	4.81E+09	7.75E+11	1.43E+14	1.43E+14
Co-58	1.15E+09	3.14E+10	2.00E+05	2.23E+10	2.23E+10	2.23E+10	4.29E+09	1.90E+11	1.90E+11	1.90E+11	1.90E+11	1.14E+10	2.45E+06	1.14E+10	6.25E+14	6.25E+14
Co-60	4.44E+09	1.22E+11	4.97E+06	5.57E+11	5.57E+11	5.57E+11	6.46E+09	2.86E+11	2.86E+11	2.86E+11	2.86E+11	1.72E+10	3.69E+06	1.72E+10	9.42E+14	9.42E+14
Ni-59	2.49E+08	6.46E+09	1.94E+05	7.41E+11	7.41E+11	7.41E+11	1.39E+08	5.30E+09	5.30E+09	5.30E+09	5.30E+09	3.65E+08	1.06E+05	3.65E+08	1.20E+13	1.20E+13
Ni-63	1.53E+10	3.93E+11	1.30E+06	1.49E+10	1.49E+10	1.49E+10	7.59E+09	3.20E+11	3.20E+11	3.20E+11	3.20E+11	2.01E+10	4.76E+06	2.01E+10	9.34E+14	9.34E+14
St-90	2.29E+06	3.00E+08	1.78E+06	1.17E+13	1.17E+13	1.17E+13	2.72E+05	2.74E+06	2.74E+06	2.74E+06	2.74E+06	6.57E+05	3.31E+03	6.57E+05	1.73E+08	1.73E+08
Nb-94	7.73E+05	1.00E+07	3.77E+04	4.49E+08	4.49E+08	4.49E+08	2.71E+06	4.18E+07	4.18E+07	4.18E+07	4.18E+07	6.66E+06	1.33E+04	6.66E+06	8.58E+09	8.58E+09
Tc-99	1.05E+07	8.04E+08	1.01E+07	1.18E+12	1.18E+12	1.18E+12	1.95E+08	8.62E+09	8.62E+09	8.62E+09	8.62E+09	5.21E+08	1.12E+05	5.21E+08	2.85E+13	2.85E+13
I-129	1.93E+03	1.29E+05	5.10E+01	5.88E+06	5.88E+06	5.88E+06	6.39E+03	2.83E+05	2.83E+05	2.83E+05	2.83E+05	1.71E+04	3.66E+00	1.71E+04	9.34E+08	9.34E+08
Cs-137	2.15E+07	1.44E+09	1.65E+06	1.90E+11	1.90E+11	1.90E+11	7.11E+07	3.14E+09	3.14E+09	3.14E+09	3.14E+09	1.90E+08	4.07E+04	1.90E+08	1.04E+13	1.04E+13
Ce-144	5.04E+05	9.65E+07	8.70E+02	8.79E+07	8.79E+07	8.79E+07	4.40E+07	1.95E+09	1.95E+09	1.95E+09	1.95E+09	1.17E+08	2.51E+04	1.17E+08	6.41E+12	6.41E+12
Gross a	2.78E+06	7.63E+07	1.17E+03	1.32E+08	1.32E+08	1.32E+08	4.04E+06	1.79E+08	1.79E+08	1.79E+08	1.79E+08	1.08E+07	2.31E+03	1.08E+07	5.90E+11	5.90E+11
Total Activity	5.51E+10	1.49E+12	1.72E+10	1.80E+15	1.80E+15	1.80E+15	3.48E+11	4.07E+12	4.07E+12	4.07E+12	4.07E+12	8.43E+11	4.83E+09	8.43E+11	3.69E+15	3.69E+15

Table 9. Average activity of Dry Active Wastes(DAWs) according to the waste classification

Type	Dry Active Waste (DAW)													
	200													
	Normal				Shielding				HWR Normal				HWR Shielding	
Level	VLLW	LLW	ILW	VLLW	LLW	ILW	VLLW	LLW	ILW	VLLW	LLW	ILW	LLW	ILW
H-3	9.42E+06	6.04E+08	7.34E+10	6.06E+06	5.24E+08	5.63E+09	9.53E+08	4.72E+10	4.58E+12	5.91E+10	1.38E+12			
C-14	2.36E+04	2.43E+06	3.07E+08	1.50E+04	1.44E+06	8.60E+07	1.92E+05	1.23E+07	8.54E+08	2.15E+07	3.45E+08			
Fe-55	2.53E+06	4.18E+08	4.22E+10	1.47E+06	2.29E+08	2.22E+10	1.79E+06	9.64E+07	8.43E+09	1.37E+08	2.78E+09			
Co-58	8.49E+05	8.28E+07	7.97E+09	5.24E+05	5.97E+07	3.40E+09	4.61E+03	1.88E+05	2.31E+07	1.50E+05	5.75E+06			
Co-60	6.70E+05	9.90E+07	7.72E+09	4.31E+05	7.74E+07	7.06E+09	1.54E+05	7.23E+06	7.46E+08	8.26E+06	2.14E+08			
Ni-59	5.61E+04	8.39E+06	1.16E+09	2.99E+04	2.55E+06	1.70E+08	4.01E+06	2.53E+08	1.80E+10	4.33E+08	7.10E+09			
Ni-63	1.79E+06	1.70E+08	1.50E+10	1.16E+06	1.50E+08	8.11E+09	9.06E+04	6.08E+06	3.96E+08	1.11E+07	1.69E+08			
Sr-90	1.07E+04	5.44E+05	1.63E+08	8.53E+03	1.57E+05	2.16E+07	5.22E+02	3.51E+04	2.28E+06	6.41E+04	9.78E+05			
Nb-94	7.06E+02	8.14E+04	7.53E+06	4.23E+02	5.47E+04	3.76E+06	3.17E+03	1.42E+05	1.56E+07	1.47E+05	4.25E+06			
Tc-99	7.83E+03	1.33E+06	7.52E+07	6.41E+03	1.42E+06	1.57E+08	1.34E+03	5.89E+04	6.58E+06	5.81E+04	1.77E+06			
I-129	1.19E+01	1.13E+03	1.31E+05	8.72E+00	9.25E+02	8.42E+04	8.38E+00	4.35E+02	3.97E+04	5.89E+02	1.27E+04			
Cs-137	3.05E+04	2.89E+06	3.37E+08	2.24E+04	2.37E+06	2.16E+08	2.86E+03	1.48E+05	1.36E+07	2.01E+05	4.32E+06			
Ce-144	2.10E+03	1.55E+05	2.32E+07	1.33E+03	9.19E+04	5.13E+05	3.01E+03	9.43E+04	1.58E+07	0.00E+00	3.07E+06			
Gross a	1.27E+04	1.88E+06	1.47E+08	8.19E+03	1.47E+06	1.34E+08	1.20E+03	5.67E+04	5.85E+06	6.48E+04	1.68E+06			
Total Activity	1.54E+07	1.39E+09	1.49E+11	9.73E+06	1.05E+09	4.72E+10	9.60E+08	4.76E+10	4.60E+12	5.97E+10	1.39E+12			

Table 10. Average activity of KEPCO-NF and Radioisotopes according to the waste classification

(Unit : Bq)

Type	KEPCO-NF			Radio-isotope (RI)	
	200L			200L	
Package	Normal DAW			Normal DAW	
Level	VLLW	LLW	ILW	VLLW	LLW
H-3				5.40E+07	2.62E+09
C-14				1.07E+05	2.52E+08
Gross a	1.31E+06	7.58E+07	1.12E+09		
P-32				1.75E+00	8.11E-03
S-35				1.77E+00	7.36E-04
I-125				9.54E+00	1.39E+11
Pm-147				3.24E+06	0.00E+00
Total Activity	1.31E+06	7.58E+07	1.12E+09	5.74E+07	2.87E+09

Table 11. Summary of radioactive waste amounts according to the waste classification

(Unit : drum)

Waste classification	Disposal amount	Operation	Decommissioning	KAERI	KNF	RI	Total	
ILW	Total	50,000	20,004	22,237	6,365	472	922	50,000
	1 <sup>st</sup> disposal facility	50,000	20,004	22,237	6,365	472	922	50,000
LLW	Total	390,000	193,160	121,928	51,331	14,630	272	390,000*
	1 <sup>st</sup> disposal facility	30,000	15,196	9,593	4,039	1,150	22	30,000
	2 <sup>nd</sup> disposal facility	220,000	107,047	67,570	28,446	8,108	150	211,321
	4 <sup>th</sup> disposal facility	140,000	70,917	44,765	18,846	5,372	100	140,000
	Total	360,000	57,365	280,389	5,851	7,599	8,796	360,000
VLLW	1 <sup>st</sup> disposal facility	20,000	13,186	5,577	325	423	489	20,000
	2 <sup>nd</sup> disposal facility	30,000	25,000	3,146	488	633	733	30,000
	3 <sup>rd</sup> disposal facility	300,000	17,585	263,877	4,876	6,332	7,330	300,000
	4 <sup>th</sup> disposal facility	10,000	1,594	7,789	162	211	244	10,000

\* Including industry radioactive wastes : 8,679 drums

### 3.2.3 장기발생량을 고려한 처분시설 별 처분수량 예측

예측된 폐기물 준위 별 평균 방사능량을 바탕으로 시행 계획[2]의 처분수량(Table 5 참조), 장기발생 비율, 그리고

전체처분시설 개발계획을 고려하여 처분수량을 재분류하였다. (Table 11 및 Table 12참조)

처분대상 방사성폐기물(80만 드럼)에 대한 전체 처분시설의 개발은 대하여 1단계 동굴처분시설(10만 드럼), 2단계

Table 12. Summary of radioactive waste amounts according to the disposal facility development

									(Unit : drum)
Disposal facility	Activity level	Amount	Operation	Decommissioning	KAERI	KNF	RI	Industry	Total amount
1 <sup>st</sup> disposal facility	ILW	50,000	20,004	22,237	6,365	472	922		100,000
	LLW	30,000	15,196	9,593	4,039	1,150	22		
	VLLW	20,000	13,186	5,577	325	423	489		
2 <sup>nd</sup> disposal facility	LLW	220,000	107,047	67,570	28,446	8,108	150	8,679	250,000
	VLLW	30,000	25,000	3,146	488	633	733		
3 <sup>rd</sup> disposal facility	VLLW	300,000	17,585	263,877	4,876	6,332	7,330		300,000
4 <sup>th</sup> disposal facility	LLW	140,000	70,917	44,765	18,846	5,372	100		150,000
	VLLW	10,000	1,594	7,789	162	211	244		
Total disposal facility	ILW	50,000	20,004	22,237	6,365	472	922		800,000
	LLW	390,000	193,160	121,928	51,331	14,630	272	8,679	
	VLLW	360,000	57,365	280,389	5,851	7,599	8,796		

표층처분시설(25만 드럼), 극저준위를 처분할 3단계 매립형 처분시설(30만 드럼) 그리고 마지막으로 4단계 표층처분시설(15만 드럼)을 고려하였다.

처분대상 방사성폐기물(80만 드럼)은 중준위는 5만 드럼, 저준위는 39만 드럼, 극저준위는 36만 드럼이 발생할 것으로 예측하고 있다. 산업체에서 발생하는 폐기물은 기타폐기물로 분류하였으며, 분석결과 저준위로 분류되어 2단계 처분시설에 처분을 가정하였다.

### 3.2.4 처분시설 별 핵종재고량 예측

폐기물 준위 별 평균 방사능과 개별 처분시설의 처분수량에 따라 처분시설 별 핵종재고량을 예측하게 되며 이때 다음의 가정사항을 적용하였다.

원자력발전소 운영폐기물 중 더 이상 발생하지 않는 폐기물을 우선 처분한다고 가정하였다. 더 이상 발생하지 않는 폐기물 종류는 폐수지 중 HIC-FE, C1형, C2형, 고리원형, 시멘트고화 재포장(320 L), 건조 재포장(320 L)이며, 농축폐액 중에는 C1형, C2형, 고리 4-pack, 시멘트고화 재포장(320 L), 농축폐액 고화체(320 L), 농축폐액 고화체 재포장(320 L), 농축폐액 폴리머 콘크리트 PC-HIC(860 L), 폐필터 중 C2형, C4형, 콘크리트라이닝 재포장(320 L)이고, 잡고체 중에는 일반

잡고체 재포장(320 L), 초고압압축(320 L), 차폐잡고체 재포장(320 L), 중수로 초고압압축(320 L)이 이에 해당한다.

중준위(5만 드럼) 폐기물은 해체 폐기물 및 비원전폐기물을 포함하여 현재까지 발생한 중준위 과 발생비율을 적용하여 예측하였다. 저준위 및 극저준위도 중준위와 동일한 가정을 적용하여 최적화하였다.

재포장 드럼은 200 L 포장물의 방사능량을 동일하게 가정하였으며, 초고압압축 폐기물은 200 L 포장물 방사능량의 2배를 적용하였다. 고리 4-pack 폐기물은 200 L 드럼의 4배를 적용하고, 고리 원형콘크리트는 폐수지 200 L 1개를 재포장하기 때문에 200 L의 방사능량을 동일하게 가정하였다. 폴리머 콘크리트(PC-HIC)는 농축폐액 200 L 드럼 4개를 재포장하기 때문에 200 L 드럼의 4개의 방사능량을 적용하였다.

### 3.3 예측결과

폐기물 종류에 따른 준위 별 평균방사능량, 처분시설 별 처분수량을 고려하여 처분시설 별 핵종재고량을 예측하였다.

1단계 처분시설은 중준위 폐기물이 포함되어 가장 높은 핵종재고량을 나타내며, 특히 <sup>3</sup>H이 가장 높은 핵종재고량을 나타내고 있다. 중수로발전소에서 발생하는 폐기물이 높은

Table 13. Predicted radioactive inventories for the LILW disposal facility development

Nuclide	(Unit : Bq)												
	1 <sup>st</sup> disposal facility			2 <sup>nd</sup> disposal facility			3 <sup>rd</sup> disposal facility			4 <sup>th</sup> disposal facility			Total
	VLLW	LLW	ILW	VLLW	LLW	VLLW	VLLW	LLW	VLLW	VLLW	LLW		
H-3	6.88E+11	1.61E+14	1.50E+18	7.74E+11	6.11E+14	1.63E+13	5.06E+11	5.05E+14	1.51E+18				
C-14	7.21E+09	6.45E+12	9.02E+16	4.78E+09	6.06E+13	3.16E+11	9.37E+09	3.66E+13	9.03E+16				
Fe-55	4.38E+10	2.28E+14	3.16E+16	7.52E+10	2.19E+15	4.73E+11	1.65E+10	1.27E+15	3.53E+16				
Co-58	2.26E+10	8.06E+13	6.84E+16	2.89E+10	7.06E+14	5.31E+11	1.65E+10	4.65E+14	6.96E+16				
Co-60	1.52E+10	2.18E+14	9.90E+16	2.10E+10	1.76E+15	2.84E+11	9.10E+09	1.20E+15	1.02E+17				
Ni-59	2.04E+09	7.11E+12	2.48E+15	2.95E+09	5.37E+13	2.21E+10	7.67E+08	3.70E+13	2.58E+15				
Ni-63	5.12E+10	1.76E+14	1.56E+17	6.15E+10	1.48E+15	1.29E+12	4.00E+10	9.97E+14	1.58E+17				
Sr-90	5.78E+08	3.62E+10	9.70E+15	5.28E+08	2.79E+11	2.03E+10	6.11E+08	1.86E+11	9.70E+15				
Nb-94	1.78E+07	5.57E+09	3.82E+12	2.34E+07	4.12E+10	3.70E+08	1.17E+07	2.50E+10	3.89E+12				
Tc-99	1.80E+08	3.42E+10	3.77E+15	2.42E+08	4.16E+11	3.60E+09	1.14E+08	1.49E+11	3.77E+15				
I-129	1.83E+05	2.46E+07	9.95E+10	3.14E+05	1.48E+08	1.24E+06	4.85E+04	9.63E+07	9.97E+10				
Cs-137	2.47E+09	1.52E+13	2.11E+15	2.02E+09	1.25E+14	9.47E+10	2.83E+09	8.49E+13	2.33E+15				
Ce-144	3.97E+07	7.91E+10	6.29E+14	6.09E+07	6.85E+11	5.43E+08	1.82E+07	4.27E+11	6.30E+14				
Gross a	7.27E+08	1.25E+11	5.95E+13	1.15E+09	1.86E+12	8.67E+09	3.00E+08	5.52E+11	6.21E+13				
P-32	8.57E+02	1.78E-01	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	8.58E+02				
S-35	8.63E+02	1.62E-02	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	8.63E+02				
I-125	4.66E+03	3.05E-10	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	4.66E+03				
Pm-147	1.58E+09	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.58E+09				
Total Activity	8.36E+11	8.93E+14	1.97E+18	9.72E+11	6.98E+15	1.93E+13	6.02E+11	4.60E+15	1.98E+18				
Disposal Amount	20,000	30,000	50,000	30,000	220,000	300,000	10,000	140,000	800,000				

핵종재고량을 보였으며 폐수지 및 폐필터의 방사성폐기물이 높은 핵종재고량을 보였다.

2단계 처분시설은 200 L 드럼 기준으로 25만 드럼을 처분하는데 원자력발전소 운영폐기물의 부피가 여러 형태로 구성되어 있으므로 200 L 드럼의 부피를 기준으로 각 형태에 맞게 부피를 설정하여 예측하였다. 다양한 형태의 폐기물을 고르게 반영하여 예측해본 결과 총 처분수량이 약 217,792 드럼 처분하게 된다.

3단계 처분시설부터는 계속 발생하는 폐기물 중 발생비율을 고려한 처분가능한 준위의 폐기물 수량을 고르게 분배하여 핵종재고량을 예측하였으며 Table 14에서 예측결과를 요약하였다.

#### 4. 결론 및 향후계획

국내 경주 처분시설 부지에 대한 처분대상 방사성폐기물(총 80만 드럼)의 처분을 위해 처분시설의 활용도 및 효율과 그리고 신분류기준을 반영한 핵종재고량을 예측하였다. 2014년까지 다양한 발생기관의 방사성폐기물 발생특성과 전망을 반영하였으며, 현재까지의 발생현황이 동일하게 적용한다는 가정하에 장기적인 핵종재고량을 예측하였다. 예측결과, 중준위 폐기물을 처분하는 1단계 처분시설이 가장 높은 핵종재고량을 보여주었으며, 특히 중수로발전소의 폐수지와 폐필터가 높은 핵종재고량을 나타냈다. 이러한 핵종재고량 예측결과를 기반으로 방사성폐기물의 신분류기준에 맞추어 향후 경주 처분시설의 안정적인 종합개발에 반영하고자 한다. 또한 전체 처분시설에 대한 종합개발이 안전성평가를 통한 처분시설 및 개발단계 별 safety case의 구축을 통해 안전성 최적화에 기여할 것으로 판단된다.

향후 처분시설 핵종재고량 예측에 대한 신뢰성 향상을 위해서는 주기적 척도인자 검증 및 개정과 본 논문에 적용된 DTC 환산프로그램의 지속적인 개선이 지속적으로 이루어져야 한다.

#### 감사의 글

본 논문에는 우리나라 중저준위 방사성폐기물의 발생량

데이터가 사용되었으며, 이들 과거 데이터들을 수집, 가공 및 제공하여 주신 한국수력원자력(주), 한국원자력연구원 그리고 한전원자력연료(주) 담당자분 들의 수고에 깊이 감사 드립니다.

#### REFERENCES

- [1] Notice of the Nuclear Safety and Security Commission, No. 2015-04, Acceptance Criteria for Low- and Intermediate-Level Radioactive Waste (2014).
- [2] Korea Radioactive Waste Agency, Management plan for Low- and Intermediate-Level Radioactive Waste (2015).
- [3] Korea Radioactive Waste Agency, Safety Analysis Report for Low- and Intermediate-Level Radioactive Waste Disposal Facility on the Planning Phase (2008).
- [4] Korea Hydro and Nuclear Power, Surface dose of low- and intermediate-level radioactive waste (2014).
- [5] Korea Atomic Energy Research Institute, Activity of low- and intermediate-level radioactive waste (2014).
- [6] Korea Electric Power Corporation Nuclear Fuel Company, Activity of low- and intermediate-level radioactive waste (2014).
- [7] International Atomic Energy Agency, Managing Low Radioactivity Material for the Decommissioning for Nuclear Facilities Technical Report Series No. 462 (2008).
- [8] J.S. Song, Y.G. Kim, and S.H. Lee, "A pre-study on the Estimation of NPP Decommissioning Radioactive Waste and Disposal costs for Applying Now Classification Criteria", J. of Nuclear Fuel Cycle and Waste Technology, 13(1), 45-53 (2015).
- [9] International Atomic Energy Agency, Classification of Radioactive Waste, General safety Guide No.GSG-1, Vienna (2009).
- [10] Notice of the Nuclear Safety and Security Commission, No. 2014-03, Guidelines for Radioactive waste Classification and Clearance Standards (2014).

- [11] Korea Hydro and Nuclear Power, Development of a Computer Program for Evaluating Radioisotope Inventory of Radioactive Wastes from Nuclear Power Plants : Appendix 2, User Guide, 2010-50003339-0168TR (2010).