

## 정상운전시 가연성폐기물 감용 시설 주변 방사선 환경영향 평가

김희령, 황원태, 최근식, 홍상범, 이기원, 정운수  
 한국원자력연구원, 대전시 유성구 대덕대로 1045  
[kimhr@kaeri.re.kr](mailto:kimhr@kaeri.re.kr)

### 1. 서론

한국원자력연구원 (KAERI)에서는 원자력시설로부터 발생하는 가연성 폐기물을 처리하고자 감용 (소각) 시설을 운영하기 위한 인허가를 진행중에 있다. 대상 폐기물은 발생원에 따라 KAERI 발생폐기물, 우라늄변환시설 (UCF) 해체폐기물, 한진원전연료 (KNF) 운영폐기물 및 RI 폐기물이다. 따라서 감용 시설의 운영시 폐기물의 소각에 의하여 기체상의 방사성물질이 대기로 방출될 수 있다. 본 연구에서는 시설의 건전성과 주민에 대한 건강상 위해를 방지를 위하여 가연성 폐기물 시설의 정상 운전시 부지 주변의 주민선량을 평가하고자 한다.

### 2. 환경영향평가

#### 2.1 방사성물질의 방출량 및 방출특성

가연성 폐기물 소각시설의 소각 처리량은 KAERI, UCF, KNF 발생 폐기물의 경우 40,000 kg/y이다. RI 폐기물의 경우 <sup>125</sup>I 함유 가연성 폐기물은 10,000 kg/y, 유기폐액은 5,000 L/y (<sup>3</sup>H) 및 3,000 L/y (<sup>14</sup>C)이다. 주요 핵종에 대한 방사성 폐기물 발생원별 환경방출량을 표 1에 나타내었다.

Table 1. Environmental release according to the sources of the radioactive waste

발생원	주요핵종	비방사능 (Bq/g or Bq/mL)	제염계수 (DF)	환경 방출량 (Bq/yr)
KAERI	<sup>60</sup> Co, <sup>134</sup> Cs, <sup>137</sup> Cs, <sup>154</sup> Eu, <sup>152</sup> Eu	1,780	2.60×10 <sup>4</sup> ~ 4.70×10 <sup>5</sup>	1.34×10 <sup>6</sup>
UCF	<sup>238</sup> U 등 28 핵종	199	4.70×10 <sup>5</sup>	1.99×10 <sup>5</sup>
KNF	<sup>238</sup> U 등 28 핵종	127	4.70×10 <sup>5</sup>	1.08×10 <sup>5</sup>
RI 폐기물	가연성 개봉선원	<sup>125</sup> I	10 <sup>2</sup>	4.74×10 <sup>3</sup>
	유기폐액	<sup>3</sup> H <sup>14</sup> C	888 370	4.44×10 <sup>9</sup> 1.11×10 <sup>9</sup>

KAERI 발생 폐기물의 제염계수는 비휘발성핵종인 <sup>60</sup>Co, <sup>152</sup>Eu, <sup>154</sup>Eu, 반휘발성핵종인 <sup>134</sup>Cs, <sup>137</sup>Cs로 구분하였다. UCF의 경우 천연우라늄 (0.72%)으로 가정하고 딸핵종의 생성을 고려하여 방사선원항을 20년 경과된 시점으로 설정하였다. KNF의 경우 최대 5%의 농축도를 가지는 폐기물로 가정하였다. 두 시설의 우라늄의 비방사능 총량은 100 Bq/g로 하고, 제염계수는 <sup>60</sup>Co과 동일한 값을 적용하였다. 소각 시설의 높이는 지상으로부터 12 m, 굴뚝높이는 지상으로부터 15 m, 시설의 최소단면적은 204 m<sup>2</sup>이다.

#### 2.2 방사성물질의 대기중 이동

소각시설이 있는 부지의 74.5 m 높이의 기상관측탑에서 3개 측정고도 (10 m, 27 m, 67 m)별로 풍향, 풍속, 온도, 습도 등 기상요소를 측정·수집하고 있다. 소각시설의 경우 지표 방출에 해당되며 부지경계에서 최대 대기확산인자를 나타낸다. 대기로 방출되는 기체상 방사성물질에 대한 대기 확산인자 및 침적인자를 미국 원자력위원회의 규제지침 1.111에 근거하여 도출하였다. 대기 확산인자와 침적인자는 남남서 (SSW) 방향 부지경계에서 최대치를 보이며, 방사능 붕괴 및 침적을 고려하지 않은 대기 확산인자는 3.684×10<sup>-3</sup> sec/m<sup>3</sup>, 방사능 붕괴만을 고려한 대기 확산인자는 3.681×10<sup>-3</sup> sec/m<sup>3</sup>, 방사능 붕괴 및 침적을 고려한 대기 확산인자는 3.614×10<sup>-3</sup> sec/m<sup>3</sup>, 침적인자는 8.946×10<sup>-7</sup> sec/m<sup>3</sup>을 나타냈다.

#### 2.3 주민선량 평가

##### 2.3.1 개인선량

외부피폭선량은 불활성기체 (공기중 흡수선량, 유효선량 및 피부 등가선량), 오염된 토양 (유효선량 및 피부 등가선량)에 의하여 받게 될 선량을 계산하였다. 이때 기타 다른 내부 장기에 대한 등가선량은 유효선량과 같은 것으로 간주하고 연령군에 대한 구별은 하지 않았다. 내부피폭선량은 1

년간 호흡 및 농축산물의 섭취에 의하여 피폭자가 일생동안 받게 될 예상선량으로 계산하였다. 소각시설로부터 방출되는 핵종 특성상 입자상 방사성물질 ( $^3\text{H}$ ,  $^{14}\text{C}$ ,  $^{125}\text{I}$ )에 의한 인체 장기 증가선량을 고려하였다. 또한, UCF 및 KNF 폐기물에서 발생되는  $^{219}\text{Rn}$ ,  $^{222}\text{Rn}$ 는 알파 방출체의 불활성기체로 공기흡수 및 외부피폭은 무시할 수 있다.

2.3.2 집단선량

주민에 대한 집단선량 계산은 가상적인 개인이 받게 될 최대 피폭선량 조건 대신 평균적인 조건 하에서의 변수들을 사용하여 반경 80 km이내에서 받게 되는 선량을 계산하였다. 연령군은 성인, 십대, 소아로 구분하여 외부 및 내부 피폭선량을 계산하였다.

2.3.3 평가 결과

KAERI 발생 폐기물, UCF 및 KNF 발생 폐기물, RI 고체폐기물 및 유기폐액을 각각 최대 소각 처리하였을 때 성인이 받는 피폭선량을 표 2에 나타내었다. 이때 개인 선량은 최대 피폭지점인 부지경계 (SSW 방향)에서의 값이다.

Table 2. Calculated dose at the site boundary

종류	구분 발생원	유효 소각기							
		1	2	3	4	5	6	7	8
개인 (mSv/y)	KAERI	1.89E-04	2.39E-04	2.12E-04	1.91E-04	1.86E-04	1.86E-04	1.88E-04	1.88E-04
	UCF	2.81E-05	5.79E-06	9.62E-05	1.03E-05	2.72E-05	2.68E-06	1.92E-04	1.92E-04
	KNF	2.64E-05	6.02E-06	8.59E-05	9.91E-06	2.61E-05	2.56E-06	1.79E-04	1.79E-04
	RI 고체	4.20E-07	2.07E-09	6.09E-09	9.13E-10	1.01E-09	8.59E-06	1.38E-09	1.38E-09
	RI 유기폐액	2.52E-02	2.60E-02	2.47E-02	2.47E-02	2.47E-02	2.47E-02	2.47E-02	2.47E-02
집단 (man-Sv/y)	KAERI	2.11E-05	2.34E-05	2.59E-05	2.10E-05	2.01E-05	2.01E-05	2.11E-05	2.11E-05
	UCF	7.20E-06	5.77E-07	1.20E-05	1.46E-06	3.83E-06	3.84E-07	5.38E-05	5.38E-05
	KNF	6.74E-06	5.61E-07	1.12E-05	1.40E-06	3.72E-06	3.64E-07	5.02E-05	5.02E-05
	RI 고체	3.81E-08	2.27E-10	8.31E-10	1.23E-10	1.59E-10	7.58E-07	1.89E-10	1.89E-10
	RI 유기폐액	2.01E-03	2.09E-03	1.96E-03	1.96E-03	1.96E-03	1.96E-03	1.96E-03	1.96E-03

표 2에서 보면 개인 피폭에 대한 유효선량은 RI 유기폐액 소각의 경우가 0.0252 mSv/y로 가장 높게 나타났다. 최대 피폭 장기는 RI 유기폐액에 의한 소각기로서 0.026 mSv/y를 나타내었다. 이 값은 설계기준치 0.15 mSv/y보다 작으며 일반인에 대한 선량한도인 1 mSv/y의 약 2.6%를 나타내었다. 동 시설로부터 반경 80 km내 집단선량은 개인선량과 마찬가지로 RI 유기폐액 소각시 가장 높았다. RI 유기폐액 소각시 유효선량은 0.00201 man-Sv/y로 1인당 연간 평균선량은 총 인구가 6,512,000명임을 고려하면  $3.09 \times 10^{-7}$  mSv/y로 평가되었다. 이는 일반인이 자연 방사선으로부터 받

게되는 2.4 mSv/yr의  $1.29 \times 10^{-5}\%$ 에 지나지 않음을 알 수 있다.

3. 결론

가연성 폐기물 감용 (소각) 시설의 운영으로 인해 주변 주민이 받게 되는 방사선영향을 평가하였다. 피폭선량은 일반인에 대한 연간 선량한도보다 매우 작게 나타나 이러한 시설이 주변 환경에 미치는 방사선 영향은 무시할 수 있는 것으로 생각되었다.

4. 참고문헌

- [1] 교육과학기술부, “방사선방호 등에 관한 기준 고시”, 교과부 고시 제 2008-31호, 2008.
- [2] 한국에너지연구소, 고리 주변 환경종합평가 및 관련모델 개발 : 고리 원자력 주변주민 피폭선량 계산지침서, 부록 X, KAERI/NSC-397/89, 1989.
- [3] US NRC, XOQDOQ : A Computer Program for the Meteorological Evaluation of Routine Effluent Releases at Nuclear Power Stations, NUREG/CR-2919, 1982.
- [4] US NRC, User’s Guide to GASPARD Code, NUREG-0597, 1980.
- [5] 대덕 원자력관련시설의 운영중 방사선 환경영향평가 (2008년보), KAERI/CR-322/2008, 2009.
- [6] ICRP, “Dose Conversion Factors CD-ROM”
- [7] Eckerman 등, “DFEXT 코드 외부피폭 선량 환산계수”, U. S. ORNL, 1994.
- [8] US NRC, PAVAN : An Atmospheric Dispersion Program for Evaluating Design Basis Accidental Releases of Radioactive Materials from Nuclear Power Stations, NUREG/CR-2858, PNL-4413, 1982.
- [9] 양희철 외, 시험소각결과에 기준한 한국원자력연구소 소각시설의 방사학적 안전성 평가, 대한방사선방어학회 vol. 23, no. 2 109-114, 1998.