

방사성금속폐기물 규제해제 기준 제안

김아름, 황주호

경희대학교, 경기도 용인시 기흥구 서천동 1번지 경희대학교
skv8175@naver.com

1. 서론

국내 원자력 발전소나 원자력 관련시설의 유지, 보수 과정에서는 방사성폐기물이 발생한다. 그 중 특히 방사성금속폐기물은 적절한 제어과정을 거치면 자체처분이 가능하다. 발생한 폐기물을 재활용 하는 것은 금속자원의 활용면에서 가치가 높고, 폐기물 발생량 또한 감소할 수 있다. 이를 위해 국내에서는 방사성금속폐기물의 재활용에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 재활용을 수행하기 위해서는 국내 교육과학기술부에서 제시하는 제2008-64호, 방사성폐기물의 자체처분에 관한 규정 고시를 만족해야 한다. 고시에서는 자체처분 수행 가능 기준으로 ^3H , ^{14}C 등의 특정핵종에 관하여는 100 Bq/g의 기준을 제시하고 있지만, 그 외 핵종에 대하여는 처분제한치로 10 $\mu\text{Sv/yr}$ 이하의 선량임을 입증하는 농도로 나타나고 있다. 특히 자체처분시 발생하는 핵종은 처분제한치를 만족해야하는 핵종으로 각 규제농도가 없는 상황이다. 따라서, 본 연구에서는 실제 방사성금속폐기물 자체처분 사례를 통해 검출된 핵종을 바탕으로 국내 규제해제 기준을 제안하고자 한다.

2. 본론

2-1. 연구방법론

본 연구에서는 규제해제 농도를 산출하는 방법으로 RESRAD-RECYCLE 코드를 적용하였다. RESRAD-RECYCLE 프로그램은 2003년 미국 Argonne National Lab에서 개발되었으며, 규제해제 대상 철재와 알루미늄의 재활용, 재이용 과정에서 유발되는 방사선학적 영향을 평가한다. 또한 방사성금속폐기물 이동과 유통에 따라 시나리오를 설정하여 호흡, 섭취, 체외피폭 등의 피폭경로에 대해 작업자, 일반인이 받는 선량을 평가한다. 시나리오는 총 41개 이며, 54개 핵종에 대해 평가한다. 현재 미국내에서 금속폐기물 재활용시 선량평가에 적용하고 있다.

2-2. 입력값 선정

국내 기준에 맞는 재활용 규제해제 농도를 산출하기 위하여 필요한 입력값은 국내 자료를 참고 하였다. 작업 시간과 호흡률은 교육과학기술부 고시 2008-31호 방사선방호등에 관한 기준에서 제시하고 있는 연간 2,000 시간과 1.2 m^3/hr 를 적용하였다. 또한, 섭취율은 국내 기준이 없기 때문에 EPA Human health evaluation manual에서 제시하는 0.00625 g/hr 값을 적용하였다. 또한 RESRAD-RECYCLE 코드의 내부피폭은 ICRP 30 모델을 적용하고 있으나, 국내법령은 ICRP 60 내부피폭 모델을 적용하고 있다. 이에 ICRP 60 모델에서 제시하고 있는 각 핵종별 선량환산인자를 적용하여 내부피폭을 평가하였다. 내부피폭의 경우 호흡과 섭취에 대해서 일반인의 경우 ICRP 72의 선량환산 인자값의 2배를 호흡과 섭취에 대하여 적용하여 연령군별 선량환산인자의 차이를 보정하였다. 이에 따른 선량환산 인자는 아래 표와 같다.

표 1. 선량환산인자 변경 내용

	변경전		변경후			
	ICRP-26		ICRP - 72 (Public)		ICRP - 72 (Worker)	
핵종	섭취	호흡	섭취	호흡	섭취	호흡
Co-60	7.28E-09	5.91E-09	6.80E-09	1.92E-08	3.40E-09	7.10E-09
Cs-137	1.35E-08	8.63E-09	2.60E-08	9.60E-09	6.70E-09	1.30E-08

평가를 위해 방사성금속폐기물의 발생과 이동경로를 나타내는 시나리오는 프로그램에서 제안하고 있는 모든 시나리오에 대해 적용하였다. 또한, 평가를 위한 규제해제 농도 핵종은 기존 자체처분시 검출된 이력이 있는 5가지 핵종에 대하여 수행하였다.

2-3. 규제해제 기준 제안

국내기준에 맞는 입력값을 바탕으로 RESRAD-RECYCEL 코드를 이용하여 산출한 규제해제 농도는 다음과 같다. 도출한 규제해제 농도와 비교하기 위하여 NUREG-1640, IAEA 111-P-1.1의 제안값을 이용하였다. NUREG-1640, IAEA 111-P-1.1은 미국 NRC와 IAEA에서 시나리오 별로 작업자와 일반인의 선량을 평가하고, 방사성폐기물의 재활용시 방사성 핵종의 규제해제 농도를 산출하기 위하여 작성한 보고서들이다.

표 2. 방사성핵종의 규제해제 농도제시

	NUREG-1640 (Bq/g)	IAEA 111-P-1.1 (Bq/g)	RESRAD-RECYCLE (Bq/g)
⁶⁰ Co	1.92E-01	1.00E-01	1.40E-01
¹³⁷ Cs	6.25E-01	5.00E-01	2.50E-01
⁵⁴ Mn	6.25E-01	4.00E-01	3.50E-01
⁶⁵ Zn	6.67E-01	6.00E-01	4.50E-01
⁹⁴ Nb	3.33E-01	2.00E-01	2.00E-01

규제해제 농도는 다른 방법론을 이용한 결과 보다 대부분 낮은 농도를 나타냈다. 이것은 입력값으로 설정한 시간의 차이 때문이라고 판단된다. 각 방법론은 연간 작업시간을 시나리오별로 다르게 적용하였으며, 본 연구에서는 국내 법령에서 제시한 2000 시간을 산정한 차이라고 판단된다.

제시한 규제해제 농도는 각 핵종당 자체처분 제한치를 만족하는 농도이다. 따라서, 만약 핵종들이 혼합되어 있다면, 국내법령에서 제안하고 있는 핵종혼합에 따른 식을 이용하여 산출해야한다. 식은 아래와 같다.

$$\sum \frac{Y(i)}{X(i)} < 1 \dots\dots\dots \text{식 (1)}$$

where, Y(i) : 방사성 핵종 i의 방사능농도
 X(i) : 별표에 주어진 방사성 핵종 i의 제한농도

3. 결론

방사성금속폐기물을 재활용하기 위한 규제해제 농도를 산출하였다. RESRAD-RECYCLE 코드를 이용하여 산출한 결과 기존의 방법론을 이용하여 산출한 결과보다 유사하거나 더 낮은 농도를 나타냈다. 이것은 핵종별 특성과 함께 입력값의 차이 때문이라고 판단된다. 향후에는 규제해제 농도를 산출하기 위하여 국내 수준을 고려한 시나리오 선정 및 입력값을 산출하는 과정이 추가로 필요하며, 더 많은 핵종에 관한 연구가 필요하다.

REFERENCES

[1] Korea Atomic Energy Research Institute, KAERI/AR-716/2004, 방사성 금속폐기물의 용융과 재활용 기술 현황, (2004)
 [2] 교육과학기술부 고시, 제 2008-64호, 방사성폐기물의 자체처분에 관한 규정고시
 [3] 교육과학기술부 고사, 제 2008-31호, 방사성방호등에 관한 기준 고시
 [4] Argonne National Laboratory, ANL/EAD-3, RESRAD-RECYCLE : A computer model for analyzing the radiological doses and risks resulting from the recycling of radioactive scrap metal and the reuse of surface-contaminated material and equipment, (2000)
 [5] IAEA, IAEA Safety series No.111-P, Application of exemption principles to the recycle and reuse of material from Nuclear facilities, (1992)
 [6] NRC, NUREC-1640, Radiological assessment for clearance of equipment and material from nuclear facilities, (2003)