

방사성액체폐기물 차폐함을 이용한 폐기물관리

이명우 · 정현주 · 김현구
(주)한일종합산업

E-mail : mw8637@hanmail.net

중심어 (keyword) : 방사성액체폐기물, 차폐함, 베타선, 감마선, 제동방사선

서론

최근 방사성동위원소(Radioisotope) 등의 인·허가기관의 증가 추세를 보면 2000년을 기준으로 2007년에 일반산업체는 약 148%, 공공기관은 약 74%, 의료기관은 약 25%, 교육기관은 약 9%, 연구기관은 약 39%, 군사기관은 약 500%로 증가하였으며, 이에 따라 발생되어지는 방사성액체폐기물의 양도 증가추세에 있다. [1]

여기서 다루고자 하는 내용은 방사성액체폐기물중 배수설비를 통해 배출되지 않고 보관되어지는 방사성액체폐기물 보관에 있어 방사선차폐 및 보관의 최적화에 대한 것으로 특히 베타선과 감마선을 함께 방출하는 핵종을 다루고자 한다. 베타선과 감마선을 함께 방출하는 핵종은 ^{18}F , ^{131}I , ^{198}Au 등으로 병원 또는 원자력발전소 등에서 쉽게 접하게 되는 핵종들이다.

방사선을 관리하는 측면에서 볼 때 단일 방사선을 방출하는 경우에는 방사선 차폐가 매우 간단하지만 베타선과 감마선을 함께 방출하는 경우에는 차폐체의 위치에 따라 차폐효과를 기대하기 힘들 때가 있다.

여기서는 이러한 베타선과 감마선을 동시에 방출하는 핵종에 대한 방사성액체폐기물을 효율적으로 관리하는 방법은 제시함으로써 방사선피폭을 저감화 할 수 있는 방안을 제시하고자 한다.

재료 및 방법

먼저 베타선과 감마선을 방출하는 핵종들에 대한

주요 방출에너지(KeV), 방출율(%), 1MBq의 방사능에 대한 외부 피폭선량율($\text{mSv} \cdot \text{h}^{-1}$) 및 반감기 등에 대한 내용을 표 1. 베타선과 감마선을 방출하는 주요 핵종에 나타내었다.

표 1. 베타선과 감마선을 방출하는 주요핵종

핵종명	반감기	주요 방출 에너지	1MBq에 방사능에 대한 외부 선량율
^{18}F	1.83시간	γ 선 511KeV (194%)	$1.8 \times 10^{-3} \text{ mSv} \cdot \text{h}^{-1}$
		β 선 634KeV (97%)	$1.2 \times 10^{-1} \text{ mSv} \cdot \text{h}^{-1}$
^{131}I	8.0일	γ 선 284KeV (6%) 365KeV (82%) 637KeV (7%)	$7.3 \times 10^{-4} \text{ mSv} \cdot \text{h}^{-1}$
		β 선 334KeV (7%) 606KeV (90%)	$8.6 \times 10^{-2} \text{ mSv} \cdot \text{h}^{-1}$
^{198}Au	2.7일	γ 선 412KeV (96%)	$7.6 \times 10^{-4} \text{ mSv} \cdot \text{h}^{-1}$
		β 선 961KeV (99%)	$1.2 \times 10^{-1} \text{ mSv} \cdot \text{h}^{-1}$

※ 방출에너지의 방출율이 5% 미만 경우 제외

※ β 선의 방출에너지는 최대 에너지임

이처럼 베타선과 감마선을 함께 방출되는 경우 차폐 방법은 매우 중요하다. 그 중요성은 제동방사선(Bremsstrahlung)에 있는데 제동방사선이란 입사전자가 원자핵으로부터의 쿨롱력으로 가속도를 받으면 전자의 속도는 빨라지는데 그것과 동시에 전자파를 방사한다. 따라서 입사전자는 그 몫만큼의 에너지를 잃고 속도도 떨어진다. 이 같은 현상을 제동방사라 하며, 방사된 전자파를 제동방사선이라 한다.

제동방사선의 발생비율(f)는 최대에너지와 차폐체의 원자번호에 의해 좌우되며 그 수식은 다음과 같다.

$$f = 3.5 \times 10^{-4} E_{\max} \times Z$$

- E_{\max} : 베타선의 최대에너지 (MeV)
- Z : 차폐체의 원자번호

제동방사선은 베타선을 차폐하는데 있어 적절한 차폐 방법을 선택하지 않을 경우 발생하는 것으로 이 경우 제동방사선의 발생비율(f) 증가로 방사선피폭이 증가 되어질 수 있다.

결과 및 고찰

다음은 ^{131}I 의 베타선 중 90% 방출율을 갖는 606KeV를 기준으로 납($_{82}\text{Pb}$)과 철($_{26}\text{Fe}$) 알루미늄($_{13}\text{Al}$)에 대한 제동방사선 발생율(f)로써 납(Pb)은 1.739×10^{-2} , 철(Fe)은 5.515×10^{-3} 그리고 알루미늄(Al)은 2.757×10^{-3} 으로 납은 알루미늄에 비하여 606KeV의 베타선에 대해 6.3 배의 제동방사선이 더 많이 발생되어진다. 위에서 언급한 제동방사선 발생율(f)는 베타선의 최대에너지와 차폐체의 원자번호에 비례하므로 높은 에너지를 갖는 베타선을 무거운 차폐체로 차폐하는 것은 제동방사선에 의한 방사선피폭을 증가시키는 요인이 될 것이다.

여기서는 베타선에 의한 제동방사선을 차폐하면서 감마선까지 차폐할 수 있는 차폐함을 설계하였으며, 그림. 1은 저장시설에 많은 양의 방사성핵폐기물이 발생될 경우 저장시설을 최대한 활용하면서 안전성 확보가 가능하도록 직육면체의 구조를 선택하였으며 이러한 구조는 복층 적재가 가능하므로 저장시설 활용도를 높일 수 있다.

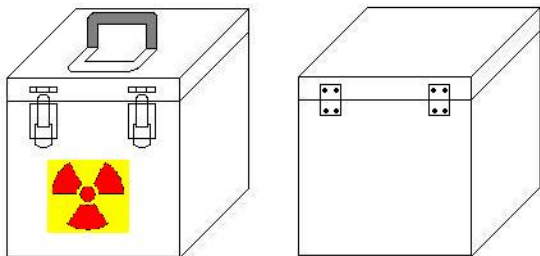


그림. 1 차폐함 외부

그림. 2는 베타선과 감마선이 함께 방출되는 핵종에

대한 효율적 차폐를 가능토록 한 것으로 내부 Cell에는 원자번호가 낮은 플라스틱을 끼워 넣을 수 있도록 설계하였으며 외부 Cell은 철이나 납처럼 원자번호가 높은 차폐체를 끼워 넣을 수 있도록 설계하였다.

방사성핵폐기물은 통상 플라스틱 수집용기에 보관하고 있으며, 제조사에 따라 규격이 조금씩 상이함으로 이동시 흔들림이 발생될 수 있으므로 이러한 문제점을 해결하기 위해 4곳에 흔들림 방지 장치도 설계한 개략도이다.

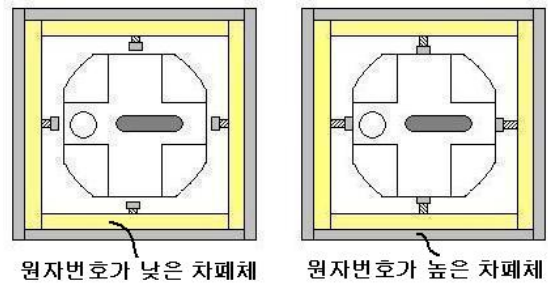


그림. 2 차폐함 내부

결론

방사성핵폐기물 보관에 있어 전용 차폐함을 이용함으로써 안전성 확보와 복층 적재를 통해 저장시설의 활용도 극대화 등의 효과를 얻을 수 있으며, 베타선과 감마선이 함께 방출되는 핵종의 차폐를 최적화함으로써 제동방사선을 제어하고 이로 인한 방사선피폭 저감화 효과를 얻을 수 있다.

뿐만 아니라 본 저장함은 베타선 또는 감마선 한가지만을 방출하는 핵종에 있어서도 내부Cell과 외부Cell에 동일한 차폐체를 삽입시킬 수 있도록 되어 있으므로 단일 방사선 핵종에 대한 차폐효과 역시 우수하다고 하겠다.

참고 문헌

1. 방사선이용통계(2008).
2. 한국원자력안전기술원 방사선안전관리통합정보망
3. 방사선 이론과 실제(2007)