

## 가연성 해체폐기물 발생현황 및 그 처리방안

이기원, 홍상범, 조광훈

한국원자력연구원, 대전시 유성구 대덕대로 1045

[ngwlee@kaeri.re.kr](mailto:ngwlee@kaeri.re.kr)

### 1. 서론

연구로 1, 2호기 해체공사 및 우라늄변환시설 해체 공사 과정에서 발생한 해체폐기물은 2009년 12월 31일을 기준으로 하였을 때 방사성폐기물은 200리터 드럼 기준으로 약 3,443드럼이 발생하였으며, 자체처분 대상 폐기물은 약 2,315톤이 발생하였다. 이 중 가연성 방사성폐기물은 연구로 1, 2호기에서 10.7톤, 우라늄변환시설에서 약 17톤이 발생되었으며, 가연성 자체처분대상폐기물은 연구로 1, 2호기에서 32.3톤이 발생하였다. 연구로 1, 2호기에서 발생한 폐기물은 알파폐기물을 포함하고 있지 않으나 우라늄변환시설에서 발생한 폐기물은 알파폐기물을 포함하고 있으므로 작업자의 안전을 고려하여 기밀을 유지하며 이를 처리할 수 있는 장치와 방법 등이 개발되어야 한다. 또한 주민수용성 등을 고려하여 폐기물의 처리방안과 주민의 피폭영향 등을 평가하였다.

### 2. 본론

#### 2.1 개요

가연성폐기물을 감용 처리하는 방사성물질은 연구로 및 우라늄변환시설(UCF) 해체폐기물, 한전원자력연료(KNF) 운영과정에서 발생된 폐기물로 구분할 수 있다. 연구로 해체폐기물 중 자체처분대상폐기물은 20ft 컨테이너에 저장하여 가연성폐기물 처리시설 주변에 임시저장하고 관리하고 있으며, UCF 해체폐기물은 한국원자력연구원내 방사성폐기물저장고에 저장 관리하고 있고, KNF 폐기물은 KNF 방사성폐기물 저장고 내에 저장하여 관리하고 있다.

#### 2.2 가연성 해체폐기물특성 및 처리방안

##### 2.2.1 연구로 폐기물

연구로 1호기(TRIGA Mark-II) 및 연구로 2호기(TRIGA Mark-III)는 각각 1962년, 1972년에

첫 임계에 도달하여, 연구로 1호기는 33년 동안 총운전시간은 36,535시간, 총출력 3.735 MWh의 운전실적을 기록하였고, 연구로 2호기는 23년간 운전기간 동안 총운전시간은 55,226시간, 총출력은 68,740 MWh의 운전실적을 기록하였다. 연구로 해체과정에서 다양한 형태 및 종류의 폐기물이 발생되며, 다양한 핵종의 오염 및 방사화에 의한 핵종이 검출가능하다. 연구로 해체과정에서 검출된 핵종은 대부분 Co-60, Cs-137이며 일부 시료에서 Cs-134, Eu-152, Eu-154가 검출되었다. 해체폐기물은 핵종별 방사능 준위에 따라 방사성폐기물(베타/감마 0.4 Bq/g 이상), 자체처분폐기물(베타/감마 0.4 Bq/g ~ MDA초과), 비방사성폐기물(< MDA[0.013 Bq/g]이하)로 구분하여 관리되고 있다. 2009년 12월말까지 연구로 해체과정에서 발생한 가연성폐기물은 제염지, 섬유류(덧신, 방호복 등), 비닐 목재류 등이며, 방사성폐기물 10.7톤(171드럼)은 200L 드럼에 압축하여 연구로 2호기 건물 내에 저장 중이고, 자체처분대상 32.3톤은 20ft 컨테이너를 이용하여 가연성폐기물 처리시설 주변 임시저장고에 저장 중에 있다.

##### 2.2.2 우라늄변환시설 폐기물

우라늄변환시설은 1982년에 ADU공정을 도입, 1988년에 AUC공정으로 변경하였고 1988년 한국전력공사와 연간 100톤의 UO<sub>2</sub> 분말은 생산 공급하였다. 생산된 분말은 중수용 핵연료로 제조되었다. 1992년 운전정지 시점까지 320톤의 UO<sub>2</sub> 분말이 생산되었고 2001년부터 해체사업이 시작되었다. 시설의 해체과정에서 발생된 폐기물은 공정 해체과정에서 오염된 폐기물에 의해서 발생되었고, 오염 특성은 UO<sub>2</sub>분말 또는 U<sub>3</sub>O<sub>8</sub>분말에 의한 오염이 대부분이다. 발생된 폐기물은 대부분이 종이 비닐 플라스틱 및 목재 등이며 200L 드럼에 압축하여 한국원자력연구원내 방사성폐기물저장고에 저장 관리하고 있다. 폐기물은 종류 및 방사능준위에 따라 방사성폐기물과 자체

처분대상폐기물로 분류되며, 가연성폐기물의 경우 기타폐기물로 분류되어 자연방사능을 제외한 방사능이 알파 0.04 Bq/g, 베타/감마 0.4 Bq/g 미만의 폐기물을 자체처분대상폐기물로 분류하고 있다. 2009년 12월말까지 발생한 가연성폐기물은 7.9톤(82 드럼)이 발생되었다.

2.2.3 한전원자력연료(주) 폐기물

KNF 운영과정에서 발생된 폐기물은 핵연료 가공시설의 최초 운영(1998년) 이래로 발생된 폐기물로 오염 특성은  $UO_2$  분말 또는  $U_3O_8$  분말에 의한 오염이 대부분이다. 발생된 폐기물은 농축도 5% 이하이고, 대부분이 제염지, 장갑, 방호복 등이며 200L 드럼에 압축되어 포장되어 관리하고 있다. 2009년 말까지 발생한 가연성폐기물은 221.9톤(2,713 드럼)이 발생되어 저장 중에 있다.

2.2.4 가연성폐기물 처리방안 및 방출특성

가연성폐기물 처리시설은 현재 정부에 건설·운영허가 신청 중에 있으며, 당초 KNF 폐기물의 경우에도 감용처리하여 처리기술을 확보하는 것으로 하였으나 인허가 과정에서 계량관리대상 폐기물의 경우 이를 처리하는 시설에도 계량관리 대상으로 지정되기 때문에 계량관리 대상 품목이 아닌 경우에 한해서 처리하는 것으로 사전조건을 첨부하였다. 가연성폐기물 처리공정의 열 및 물질수지는 그림 1에 나타내었다.

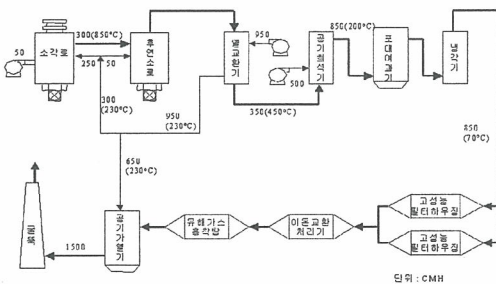


Fig. 1. 가연성폐기물 처리공정의 열 및 물질 수치

가연성폐기물의 처리는 주민수용성과 경제성을 고려하여 해체과정에서 발생한 방사성폐기물을 대상으로 장치개발과 처리기술을 실증한 후 기술이전 및 상용시설을 건설하는데 기초자료로 제공할 예정이다.

가연성폐기물의 방출량 및 방출특성은 처리시설의 용량을 고려하여 평균 20kg/h로 연간 2,000시

간을 가동하는 경우 최대 처리량을 40,000kg/y로 가정하였다. 체염계수는 비취발성핵종 Co-60, Eu-152/154과 반취발성핵종 Cs-134, Cs-137로 구분하였으며, 이는 실제 동위원소를 이용한 소각실험을 통해 보수성을 확인하였다. UCF 해체폐기물의 경우 천연우라늄(0.72%)으로 가정하였고, KNF의 경우 최대 5%의 농축도를 가지고 있는 폐기물로 가정하였다. UCF 해체폐기물 및 KNF 폐기물의 경우 우라늄의 총 방사능은 100 Bq/g로 하고, 체염계수는 Co-60과 동일한 값을 적용하였다. UCF 해체폐기물의 딸핵종의 생성을 고려하여 방사사선원향을 20년 경과된 시점으로 설정하였다. 동 시설의 높이는 지상으로부터 12 m, 굴뚝높이는 지상으로부터 15 m, 시설의 최소단면적은 204 m<sup>2</sup>이다.

3. 결론

연구로 1, 2호기 및 우라늄변환시설 해체과정에서 발생한 가연성폐기물과 KNF 폐기물은 가연성폐기물 처리시설을 활용하여 감용처리 한 후 소각재는 시멘트 및 폴리머 고화방식을 사용하여 고형화하여 방사성폐기물로 처분할 예정이다. 그러나 KNF 폐기물의 경우 국가핵물질 계량관리 대상이 아닐 경우에 한 하여 처리할 예정이다. 또한 각 시설에서 발생하는 폐기물의 특성에 따라 처리방식 및 장치를 개발 완료한 후 기술이전 및 사용시설 건설에 자료를 제공할 예정으로 있다. 감용처리 예정인 폐기물을 대상으로 처리하였을 경우 주민들에게 미치는 영향은 사고시의 경우에도 10CFR100.11에 제시된 유효선량과 갑상선 등가선량과 비교하여 각각 1.72%, 0.0013%를 나타냈다. 따라서 동 시설의 사고로 인한 주변주민의 방사성물질에 의한 피폭영향은 매우 적을 것으로 평가되었다.