

# 원자력시설 발생 가연성 폐기물의 국내외 소각 동향

민병연\*, 양다솜, 윤경수, 이기원, 최종원

한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 대덕대로 989번길 111

\*bymin@kaeri.re.kr

## 1. 개요

원자력의 이용은 전기 생산을 위한 원자력발전소 뿐 아니라 일반산업체, 연구, 교육 및 의료기관에서 여러 가지 평화적 목적으로 사용되고 있다. 그러나 이러한 원자력의 이용 확대에 따른 부산물로서 방사성폐기물 발생량이 급격히 증가하고 있으며, 이의 효율적인 관리를 통해 국민 보건과 국토 환경을 보호하는 것이 중요하며 사용이 중지되었거나 노후화로 인해 원자력 시설의 해체가 늘어나고 있으며, 원자력시설의 해체에서 발생하는 폐기물은 방사선량이 높아 방사성폐기물로 분류할 수 있는 폐기물로부터 일반산업폐기물처럼 처리할 수 있는 폐기물까지 다양한 선량의 폐기물이 발생하고 있다. 현재 가동 중인 국내 원전의 운전 현황은 고리 1호기 원전을 필두로 10년 수명 연장할 경우에는 2017년 '영구 운전정지'가 된다. 이때 발생된 가연성 폐기물의 양을 줄이는 것은 국민안전의 입장에서 뿐만 아니라 처분비용 절약을 통해 원자력의 경쟁력을 높이는 계기가 될 수 있다. 가연성폐기물을 처리하는 가장 경제적이며 인증된 기술은 소각기술이다. 소각기술은 타 기술에 비해 부피감용이 높은 뿐만 아니라 유기물을 무기물로 변형시켜 처분장의 안전성을 극대화 할 수 있다. 본 논문에서는 국외 소각시설 운영현황과 원자력연구원에 구축된 공기과잉 소각시설의 운영현황을 살펴보고 자한다.

## 2. 국외 가연성폐기물 처리 현황

### 2.1 일본

방사성폐기물의 소각로가 가장 많이 설치/활용되고 있으며, 원전에서 발생하는 가연성폐기물을 대부분 소각처리하고 있다. 소각처리 한 후 감용율은 1/40 이하로 줄이고 있으며, 1973년 쓰루가 원전에서 수직 샤프트형 소각로를 설치하여 운전한 결과, 예상보다 훨씬 좋은 감용효과 및 운용효율을 얻을 수 있었으므로 다른 원전에서도 소각로를 설치하게 되는 계기를 마련하게 되었다. 1994년 7월 건설 중인 소각로를 포함하여 모두 37기가 있었으며, 원자력발전소에 건설된 소각로는 대부분 수직장축 원통형이다

### 2.2 미국

국토의 면적이 넓은 관계로 해체폐기물 중 가연성 폐기물을 전량 소각하는 방식을 많이 취하고 있는 않으나, 발전소별 지방자치주의 판단에 따라 가연성폐기물의 소각방식을 채택하고 있다. Los Alamos Scientific Laboratory(LASL)에서는 알파 폐기물의 처리를 위해 1973년부터 초우라늄 원소(Transuranic : TRU)를 대상으로 공기제어형 소각로 기술 개발에 착수한바도 있으며, Savannah River Plant(SRL)에서는 고품 TRU 폐기물의 소각을 통해 부피감소와 폐기물의 안전성의 확보를 위한 기술개발의 일환으로 연구되었으며 공기제어형 소각로 방식을 채택하고 있다. Rocky Flats Plants(RFP)에서는 TRU 폐기물의 처리를 위한 소각방법으로 유동층 소각로를 개발하였고 9 kg/h의 실증 시험에서 82 kg/h로 용량을 확장하였다.

### 2.3 캐나다

2기의 소각로가 운전 중에 있으며, 1기는 Bruce 원전에 있는 저준위 폐기물 종합처리장에 설치되어 있고, 다른 1기는 AECL의 Chalk River 연구소에 설치 운영되고 있다. 두 시설 모두 Trecon에서 공급한 Batch형 열분해 소각로로 저준위폐기물 종합처리장에 설치된 소각로는 한주기 동안 2,750 kg을, Chalk River 연구소에 있는 것은 1,135 kg을 소각할 수 있도록 설계 되어 있으며, 건조 폐기물 수집용기의 평균 표면선량은 87%가 1 mR/h 이하이고, 소각 처리되는 폐기물은 주로 방호복, 장갑, 종이, 플라스틱류 등으로서 이중 종이와 플라스틱류가 80% 정도를 차지하고 있으며, 감용비는 약 1/40정도이다

### 2.4 유럽

영국에서는 가동 중인 소각로가 2기, 건설 중인 것이 1기가 있으며, 스웨덴, 스위스 및 오스트리아에 1기씩 운전되고 있다. 프랑스에는 모두 SGN사가 공급한 4기가 가동 중에 있으며, Marcoule 재처리 센터에는 시험로가 1기 운전되고 있다. 독일에는 2기가 운전되고 있으며, 핵연료 제조공장에서 발생하는 폐기물의 조성은 PVC(50%), 종이(20%), 플라스틱(15%)이며 폐기물의 부피감소와 재로부터

유효원소를 회수하기 위해 개발되었다. 또한 독일에서는 현재 법령으로 가연성폐기물은 반드시 소각처리 하도록 규제하고 있으며, 1962년부터 1970년까지 25 kg/h 용량의 공기형 소각로를 운전하여 그 경험으로 1971년 2월 60 kg/h 용량의 소각로를 설치 운영 중에 있다. 스웨덴에서는 1976년 Studsvick에서 가연성 건조폐기물의 소각을 위해 소각로가 가동되고 있으며, 처리량은 초기에는 250 kg/h이었으나 성능이 저하되어 1989년에는 220 kg/h로 감소되었다.

### 3. 국내 가연성폐기물 처리현황

한국원자력연구원에서는 연구로 1, 2호기 및 우라늄변환시설 해체시 발생한 가연성 해체 폐기물을 소각하여 폐기물의 양을 감소시키기 위해 한국원자력연구원내 RI폐기물 소각시설을 개선 보완하여 연구로 및 우라늄변환시설의 해체과정에서 발생한 가연성폐기물을 소각처리하기 위해 실증용 방사성폐기물 소각시설을 개보수하여 시설을 구축하였다. 이 시설은 한국원자력연구원에서 건설하여 실험했던 시설이었으나 방폐공단에 임대했던 시설로 그 이후 방폐공단에서 운영했으나 오랫동안 시설을 정상적으로 운영하지 않아 많은 곳을 개.보수하였다. 폐기시설을 확보하기 위해 본 시설에 대한 안전성 분석보고서 등 총 10종의 인허가 문서 작성과 부지특성보고서 등을 작성하여 2010년 12월 허가증을 취득하여 2011년 8월부터 시설을 운영하고 있다.

#### 3.1 가연성폐기물 감용 및 처리

2014년 12월 말까지 가연성폐기물 처리시설 운영 결과는 Table 1과 같다. 총 소각된 총 가연성폐기물량은 약 20톤을 처리 완료하였으며 약 1/67의 감용비를 달성하였다.

Table 1. Volume reduction

Year	Amount of incineration		Ash		V.R
	Weight (kg)	Volume (L)	Weight (kg)	Volume (L)	
2011	818	5,192	129	170	31
2012	4,452	19,523	369	594	33
2013	7,808	38,760	145	341	114
2014	6,691	26,732	119	232	115
합계	19,769	90,207	762	1,337	67

#### 3.2 배기가스 측정

연구로 1, 2호기 및 우라늄변환 시설 해체과정에

서 발생한 가연성폐기물 지속적 감용 및 안전운전 중 시설의 안전운전을 위해 배출되는 배기가스를 분석하였다. 분석한 배기가스 종류는 먼지, CO, CO2, NOx, SOx와 방사성핵종이었으며 측정된 배출가스는 “중저준위 방사성 폐기물 소각기준”을 모두 만족시켰으며 최종 연돌에서 측정되어 감시되는 방사성핵종 농도 역시 대기중으로 배출 허용치보다 매우 적은 값으로 배출되어 시설이 안전하게 운영되고 있음을 확인하였다.

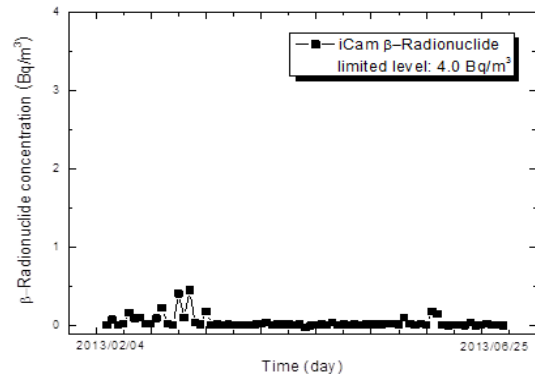


Fig. 1. Emission concentration of  $\alpha$ -radionuclide.

### 4. 요약

국내 최초로 가연성 해체폐기물 부피감용을 위해 안전하게 시설을 운영하고 있어 소각에 대한 국민 인식 재고에 기여할 수 있으며, 우라늄변환시설의 가연성 해체 폐기물 소각을 통해 U 핵종오염 폐기물 소각기술을 확보하여 원자력시설 운영 효율향상, 처분비용 절감 뿐만 아니라 유해물질의 무해화로 최종처분장의 안전성 관리 최적화에 기여하고, 향후 원자력시설의 해체 및 해체 폐기물 처리/처분 사업에 기술을 적극 활용할 예정이다.