

RI 유기폐액의 처리를 위한 접근 전략

강덕원, 김승일, 김현기, 성진현, 허준
 한국정수공업(주), 경기도 시흥시 정왕동 1281-2
 worldzis@haji.co.kr

1. 서론

원자력 산업(원자력발전소 및 방사성동위원소를 사용하는 병원, 산업체, 교육기관, 등)이 발달하면서 방사성동위원소 유기폐액(이하 RI 유기폐액) 역시 꾸준히 증가추세에 있다. RI 유기폐액속에 함유되어 있는 주요핵종으로는 ^3H , ^{14}C , ^{125}I , ^{32}P , ^{35}S 등이 있으며 톨루엔, 알코올, 아세톤 및 설파 폐액 등 유기용매가 대부분으로 폭발, 화재 등의 잠재적인 위험성을 지니고 있다. 따라서 이의 안정적 처리방안이 강구되어져야 한다. 동위원소의 사용에 따른 RI 유기폐액의 지속적 증가로 인해 RI 유기폐액의 처리방안 수립은 매우 시급한 실정이다. 일본의 경우, 병원 및 연구소 등에서 발생하는 RI 유기폐액은 장기보관에 따른 인화성 및 유해성을 우려해 발생현장에서 직접 소각처리하고 있다. 이들 폐액을 자체적으로 처리할 경우는, RI 소각시설에 대한 인·허가를 득하여 안전지침에 따라 처리한다. 사용되는 소각로의 처리용량은 2~3ℓ/hr로 규제기관에서 제시한 요건에 부합되게 제작되고 그와 관련된 소각시험 결과값이 만족된다면 간단한 인·허가 절차를 통해 승인받은 후 사용이 가능하다. 하지만 국내의 경우, 아직까지는 RI 유기폐액에 대한 소각 경험이 없으며 인허가상의 어려움으로 인해 유기폐액 소각설비를 발생사업장별로 자체구비가 어려울 뿐만 아니라 주변 주민들의 반발 또는 환경오염의 우려가 예상되기 때문에 개별 사업소가 아닌 인·허가를 득한 폐액처리 설비(장비)를 갖춘 방사성폐기물관리공단에서 처리·처분하고 있다. 본 논문에서는 RI 유기폐액을 처리할 수 있는 소각로 및 소각시설의 구비요건을 살펴보고 처리방안에 대해 검토해 보고자 한다.

2. 본론

2.1 RI 유기폐액의 종류 및 발생량

원자력산업 관련기관에서 발생하는 RI 유기폐액의 종류로는 크게 유기용매, 세정폐액, 제염폐액 등이 있다. 방사성동위원소 및 유기용매로 이루어진

유기폐액은 주로 병원, 연구기관, 산업체 등(원전의 동위원소 사용기관) 그리고 원자력발전소에서 발생된다. 방사성폐기물관리공단에 저장되어 있는 소각이 가능한 방사성유기폐액은 약 80드럼, 원자력발전소는 약 70드럼 정도 보관되어 있는 것으로 추정된다. 그 외에도 관리공단으로 인도되지 못한 RI 폐기물도 상당량 발생 사업장내에 처리되지 못한 상태로 저장되어 있는 실정이다.(Fig. 1. 참조)

| 구분 | 저장용량 | 누적량 | 비고 |
|------------|----------------|--------|-----------------------------|
| | (단위 : 200ℓ 드럼) | | |
| 방사성폐기물관리공단 | 9,750 | 3,488 | 밀봉+개봉선 원 중·저준위 폐기물 현황 |
| 한국원자력연구원 | 27,268 | 18,455 | |
| 한전원자력연료 | 8,900 | 6,046 | |
| 합계 | 45,918 | 27,989 | |

Fig. 1. 원전의 중·저준위 방사성폐기물 저장현황 ('10.12 기준).

2.2 해외의 방사성유기폐액 처리기술 현황

RI 유기폐액 처리는 각국의 실정에 맞게 처리해 오고 있다.(Table. 1 참조) RI 유기폐액의 처리를 위해 각국에서는 화학적 산화처리, 광촉매, 과산화수소, 초음파 등을 이용한 방법들이 연구되고 있다.

Table 1. Status of the RI Organic Waste Treatment in Overseas Country.

| | 미국 | 일본 | 프랑스 | 독일/벨기에 | 헝가리 |
|----|---|---|-----------------|------------------|-------------------------|
| 현황 | - 역삼부막 - 선택적 이온교환탑 - 플라즈마 열분해 | - 증발기 - 선택적 이온교환탑 - 유기폐액 소각설비 | - 여과기 증발기 | - 원심분리기 - 증발기 | 유기 합유물 수중분해 장치 |

2.3 소각로 및 처리시설의 구비요건

2.3.1 중·저준위 방사성폐기물 소각기준

원자력안전위원회 고시 제2011-60호 「중·저준위 방사성폐기물 소각기준」에 의해 규정되어 있지만, 현재 그 소각기준과 관련된 인·허가에 관한 사항이 분명하게 명시되어 있지는 않다. 제4조(소각시설 설계기준)에서는 전처리 설비, 소각로 설비의 6개 설비로 분류하고 있으며 구조상 안전성을 갖도록 설계되어야 한다고 명시하고 있다.

2.3.2 소각 대상물

소각대상물은 ^3H , ^{14}C , ^{32}P , ^{35}S 및 ^{45}Ca 를 포함한 가연성·유동성이 있는 액체형광폐액, 방사선장해방지법 관계법령에 근거해 행해지는 모니터링 시에 채취한 시료를 포함한 액체형광폐액 및 조열제(助熱劑)로 한정한다.

2.3.3 RI 유기폐액 소각로가 갖추어야 될 주요 특징

2.3.3.1 로의 재질

부식 등에 의한 누락이나 오염을 방지하기 위해 소각로 본체, 폐가스 냉각장치, 폐액탱크, 및 배관을 포함한 장치의 재질은 내열성 및 내식성을 지녀야 하며 연소실 등 고온이 되는 부분에는 내화재를 사용해야 한다.

2.3.3.2 로의 구조 및 성능

- ◎ 폭발 방지를 위해 점화전, 연소종료 시 및 운전 중의 연소정지 시에 잔류가스의 에어퍼지 및 연소온도 제어장치가 설치되어져야 함.
- ◎ 연소 중 연속적으로 연소온도가 가능해야 함.
- ◎ 소각로는 불완전 연소를 일으키기 어려운 구조여야 하며 필요시 조열제의 첨가가 가능해야 한다. 또한, 폐액의 적하노즐 또는 분무노즐은 막힘 방지 대책이 강구되어져 있어야 함.
- ◎ 연소온도가 800°C 이하서는 불안전 연소를 방지하기 위해 폐액의 연소를 정지하기 위한 자동 폐액이송 정지장치가 설치되어 있어야 함..
- ◎ 점화시의 인화, 폭발 침 오염의 방지를 위해 점화가 안전하고 확실히 행해지는 구조일 것
- ◎ 지진이 발생했을 경우, 송액펌프를 정지하기 위한 지진감시 소염장치를 설치할 것.
- ◎ 소각로의 연소상태 감시창과 이상고온 및 이상소염을 감시할 수 있는 장치를 설치할 것.
- ◎ 유해물질의 발생 저감과 고온 폐가스에 의한 배기설비의 손상을 막기 위해 폐가스를 신속하게 200°C 이하로 냉각하는 능력을 지닐 것.

2.3.3.3 소각장치의 고려사항

유기폐액의 처리시에 적용되는 소각로는 운전 시 운전현황을 액정디스플레이 방식으로 상시 파악되어야 하며, 연속공정에 의한 자동제어방식으로 운전되어야 하고 폐액의 종류와 상관없이 적절한 공기조절에 의해 소각되어야 한다. 또한 다이옥신의 최소화와 소각로 내의 온도 및 압력감시와 냉각수의 이상상태와 가스압력을 감지하여

파열/화재가 발생하지 않도록 장치의 안정성이 고려되어야 한다.(Fig. 2. 참조)

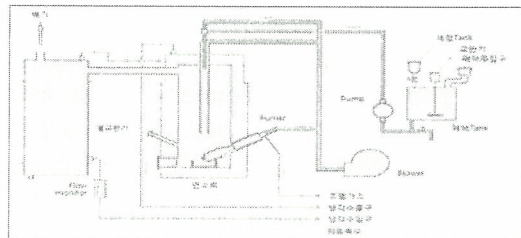


Fig. 2. Lay-out Drawing of Incinerator for RI Waste Treatment.

2.3.3.4 RI 유기폐액의 처리공정

유기폐액의 완벽한 처리를 위해서는 전처리 단계에서 유기폐액중의 수분함량을 20% 이하로 조절해야 하며, 소각처리 시 다이옥신의 완벽한 처리를 위해서는 800°C 이상으로 제어운전 할 수 있는 기술이 요구되며 로의 정지시에 다이옥신의 환경방출을 막기 위해서는 45°C 이하까지 급속 냉각하는 기능을 보유해야 한다. (Fig. 3. 참조)

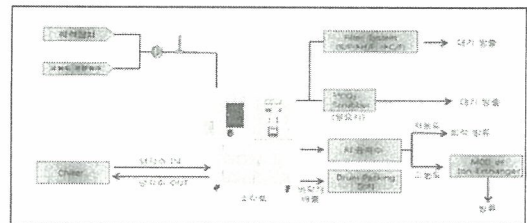


Fig. 3. Flow-chart of RI Organic Waste Treatment Process.

3. 결론

국내에서는 아직까지 RI 유기폐액의 처리경험이 없기 때문에 초기단계에서는 소각로의 각종 규제기준을 만족시킬 수 있는 실적용 경험이 있는 소각로를 도입해 처리하는 것이 바람직하다고 본다. 그러나 RI 유기폐액은 산일화의 발달과 더불어 병원, 연구소, 원자력발전소 등 많은 곳에서 지속적으로 발생되고 있기 때문에 향후에는 방폐공단 등의 전문처리 기관에서 대용량의 전용 소각시설의 확보, 운영할 수 있도록 소각기술에 대한 연구 개발이 필요하다고 본다.

4. 참고문헌

- [1] 원자력안전법 제53조 및 안전관리 규칙 제 16조(한국).
- [2] 방사선장해방지 법률시행규칙 제56호,1960(일본).