

방사성 유기폐액 처리기술의 현황

임유경, 김병태, 김대환, 홍지식, 권기현, 김기홍, 조성일
 선광원자력안전(주), 대전광역시 유성구 용산동 553-2
limvk80@hanmail.net

1. 서론

원자력산업이 증가함에 따라 방사성 액체폐기물의 양도 지속적으로 증가하고 있다. 이러한 액체폐기물 중 방사성 동위원소 유기폐액은 난분해성으로 현재 적절한 분해방법 및 처리기술이 없어서, 처리되지 못한 채 드럼용기에 저장되어 관리구역 내에 보관 중인 실정이며, 원자력발전소의 이차계통 세정 시 발생된 유기폐액은 플라즈마에 의한 소각으로 처리된 바 있지만 약간의 문제점을 가지고 있는 것으로 평가되고 있다. 방사성 유기폐액의 지속적인 증가에 비해 폐액을 저장할 수 있는 공간은 한정되어 있고, 저장용기의 노후화 등으로 인한 방사성폐액의 누설과 누설에 의한 방사선 피폭 등의 안전성 문제도 고려하지 않을 수 없다. 따라서 본 연구에서는 난분해성 방사성 유기폐액 처리의 필요성과 방사성 유기폐액 처리기술의 현황 그리고 처리기술에 대하여 조사해 보았다.

2. 본론

2.1. 방사성 유기폐액 처리기술 개발의 필요성

현재까지 유기용매 형태의 방사성폐액의 처리방법으로는 소각, 이온교환, 막분리, 고화 그리고 정제 등의 기술이 적용되었지만, 저분해효율에 따른 낮은 감용효과, 다량의 2차 폐기물 발생 등의 단점을 가지고 있다. 이러한 단점은 유기폐액의 특성인 점성물질 및 혼탁폐액의 슬러지화로 인해 일반적인 물리적 방법으로는 처리가 곤란하기 때문이다. 그래서 이와 같은 문제점들을 해결하고, 방사성 유기폐액을 더욱 효과적으로 처리할 수 있는 기술 개발이 필요하다.

2.2. 방사성 유기폐액 처리기술의 분류

방사성 유기폐액의 복잡한 특성으로 인해 처리기술의 선택은 매우 제한적이다. 방사성 유기폐액의 처리기술은 크게 비파괴기술과 파괴기술로 나눌 수 있는데, 비파괴기술은 건조, 증발, 흡수, 압축 또는 고정화 등과 같이 유기물 구성성분의 파괴 없이 물리적인 변화만 있는 기술이고, 파괴기술은 소각, 열분해 그리고, 산화 등 폐액 내 유기물 특성을 화학적으로 변화시키거나 파괴하는 기술이다. 각각에 해당되는 기술에 대한 설명은 [표 1.]에서 나타내었으며, 특히 비파괴기술의 경우 방사성 유기폐액을 처리하기에 어려움이 있음을 알 수 있다.

표 1. 방사성 유기폐액 처리기술의 종류 및 장·단점

처리기술	비파괴기술		파괴기술	
	기계적 분리	증발농축 및 증류	열분해 (소각,플라즈마,유리화 등)	복합 산화분해, 흡착분리 공법
기술원리	비중 및 크기 차이에 의한 분리	상변화에 의한 분리	고온에 의한 유기물 파괴	O ₃ /전극/촉매 산화분해 및 흡착분리 동시반응
처리 가능성	처리 어려움	처리 가능	처리 가능	처리 가능
장·단점	수용성으로서 용질과 용매의 물리적 분리가 어려움	유기물에 의한 기포발생 에 따른 제염계수 저하	타 처리방법에 비해 처리 시간이 짧고 처리효율이 높으나 고비용	각 혼합폐액 용기 내 유 기물 함량 분석 및 분류 작업 필요

2.3. 국내·외 처리기술 현황

가. 국내의 처리기술 현황

국내의 방사성 유기폐액 처리에 관한 연구는 지속적으로 이루어져 왔으며, 그 처리기술로는 크게 다음과 같은 방법들이 있다. 소각, 용융, 유리화, 증발, 원심분리, 역삼투막, 선택성 이온교환, 흡착분

리 그리고 복합 산화분해 등이다. 이 중에 소각, 용융, 유리화 기술은 수분함량에 따라 적용의 한계가 있고, 또한 다이옥신 및 휘발성 핵종 등이 포함된 배기체를 처리할 수 있는 추가 시스템이 필요하기 때문에, 초기의 높은 설비비용과 설비장치의 공간 확보, 그리고 설치 후 고온 및 고압 운전 에 따른 사후 관리의 어려움이 있다는 단점이 있다. 그리고 증발, 원심분리, 역삼투막, 선택적 이온교환, 흡착분리 방법은 용매 속의 유기물들이 예멸전 상태의 콜로이성 입자로 분산되어 있어 유기물의 분리가 어려워 분해효율이 낮으며, 필터나 막 공정시 2차 폐기물이 발생하는 단점이 있다. 또한 복합 산화분해 방법으로는 전기화학적 산화, 산 세정, 습식산화, 초임계산화, 초음파, 전자빔에 의한 처리 방법 등이 있는데, 이러한 방법들은 혼합폐액 내 유기물 함량 분석 및 분류 작업이 필요하며 시스템 내 배기체 처리 및 핵종 제거설비가 구축되어야 해서, 이들 방법 역시 비용이 많이 들거나 2차 폐기물이 발생하는 단점이 있다.

나. 국외의 처리기술 현황

주요 해외 국가들의 방사성 유기폐액 처리현황을 살펴보면, 미국에서는 역삼투막과 선택적 이온교환탑을 사용하며, 일본은 증발기와 선택적 이온교환탑, 프랑스는 여과기 및 증발기를 이용, 독일과 벨기에에는 원심분리기와 증발기를 사용하여 처리하고 있다. 그리고 최근 헝가리에서 전기전도성수성 폐기물 용액 중의 유기함유물을 수증 분해하는 방법 및 장치를 개발하여, 헝가리의 Paks 원자력발전소에 적용하여 운영하고 있다. 또한 현재의 연구개발 진행 방향을 보면 화학적 산화처리, 광촉매, 과산화수소, 초음파 등을 이용한 방법들이 연구되고 있다. 미국에서는 유기성 폐기물을 습식산화 처리 방법으로 실증 시험을 수행한 적이 있으나 거품 및 잔류물이 발생하는 문제점이 있었고, 영국에서는 유기성 폐기물을 저온에서 과산화수소를 이용하여 처리하는 연구를 수행한 적이 있다. 일본에서는 Toshiba 전력시스템사 연구진이 초임계수를 이용한 소형 유기 폐수 처리 장치를 개발하기도 하였으며, 광촉매를 이용하여 처리하는 연구도 수행되었으나 광촉매와 유기물질의 반응이 느려 실용화 및 적용에는 어려움이 있다고 보고되었다. 그 밖에 응고와 분리막을 이용한 세정폐액 처리 기술 등의 연구도 보고된 바 있다.

2.4. 국내에서의 방사성 유기폐액의 종류 및 발생량

원자력산업 관련 기관에서 발생하는 방사성 유기폐액의 종류로는 크게 유기용매, 세정폐액, 제염폐액 등이 있다. 유기용매로 이루어진 유기폐액은 주로 병원 및 연구기관 그리고 섬광액체를 사용하는 원자력발전소 등에서 발생되며, 세정폐액 및 제염폐액은 원자력발전소의 기타 화학 세정 및 2차 증기발생기 세정 시 주로 발생된다. 그 중에서 2차 증기발생기 세정 시 발생하는 제염폐액(EDTA)이 가장 많고, 유기용매 형태의 유기폐액은 상대적으로 저장량은 적지만 핵종분석 강화에 따른 액체섬광계수(LSC) 용액 사용의 증가 및 병원에서의 사용량 증가로 발생량이 계속 증가하고 있다.

국내의 방사성 유기폐액의 발생현황을 보면 현재 방사성폐기물관리공단에 저장되어 있는 RI 유기폐액이 약 80드럼이지만, 방사성 유기폐액 내 수분함유량이 20% 이하인 것은 관리공단으로 인도되지 못한 채 각 산업체 등에서 처리되지 않은 상태로 저장되어 있는 실정이다. 그 밖에 원자력발전소의 이차계통 제염폐액(EDTA)이 2007년 6월 고리 4호기 제 17차 예방정비 기간 중 220톤이 발생했으며, 중 저준위 농축폐액이 2007년도에 고리에서 40드럼, 영광 21드럼, 울진 79드럼 발생하여 전체 140드럼이 발생한 바 있다.

3. 결론

이와 같이 본 연구에서는 방사성 유기폐액 처리기술과 기술 현황에 대해서 조사해 보았으며, 지속적인 방사성 유기폐액 증가에 따라 기존 처리 방법의 문제점을 개선하여 높은 분해율, 저비용, 2차 폐기물 발생량 감소, 처리장치 간소화 등의 기술개발이 필요하다. 따라서 국내의 방사성 유기폐액을 효과적으로 처리할 수 있는 기술력과 경쟁력을 갖추어 해외에도 수출할 수 있는 독자적인 기술 개발을 해야 할 것이다.

4. 참고문헌

1. 원자력발전백서 지식경제부, (2008)
2. RI 혼합폐액 처리장치 개발, 지피엔이 (2005)