

국내의 방사성 유기폐액관련 처리 및 연구개발현황

홍지식, 김병태, 김대환, 임유경

선광원자력안전(주), 대전광역시 서구 둔산동 1094번지 스카이빌 202호

planth73@yahoo.co.kr

1. 서론

원자력발전소에서 발생하는 방사성 유기폐액은 작업자의 작업복 세탁폐액, 샤워폐액, 계통에서 발생하는 폐액 등이 있으며 이는 유기폐액이 갖는 특성별로 별도의 탱크에 모아 일정기간 관리 후 방출하거나, 여과, 증발, 농축 등의 처리과정을 거쳐 추출 후 시멘트나 파라핀에 섞어 안정한 고화체로 만든다. 병원 및 연구기관에서 발생하는 유기폐액은 섬광계측폐액 및 기타유기용매가 대부분이며, 별도의 용기에 보관되어 있다.

원자력발전소 20기가 가동중이고 6기가 건설중에 있으며, 원자로 2기가 계획중인 우리나라의 현 실상 방사성 유기폐액 발생량도 꾸준히 증가할 것으로 보인다.

방사성 유기폐액처리에는 여러 가지 방법이 있는데 크게 산화 분해방법과 용융·소각방법으로 나눌 수 있고, 산화분해방법은 촉매산화 또는 초임계수산화법과 전기화학적 분해법으로 세분할 수 있다. 본 논문에서는 유기폐액 중에서도 특히, 방사성물질이 함유된 방사성 유기폐액 처리기술의 국내의 적용 현황을 중심으로 조사, 분석하였다.

2. 방사성 유기폐액 처리방법

가. 초임계수산화법

물과 기름은 기존의 상식으로 볼 때 서로 섞이지 않는 반면 알콜 등은 물에 잘 섞이고 벤젠이나 페놀 등은 서로 잘 섞이지만 물에는 용해되지 않는다. 일상 상태의 물은 극성을 띄고 있어 같은 극성 물질을 녹일 수 있는 것이고 벤젠이나 페놀은 비극성을 띄어 서로 잘 섞이는 것이다. 그런데 극성을 띤 물을 초임계상태(374.2°C, 217.6atm이상)로 만들면 유전계상수가 80에서(상온, 상압) 10이하로 떨어진다. 극성용매에서 비극성 용매로 바뀌는 것이다. 상온, 상압 상태에서 용해하는 소금과 같은 무기염은 용해하지 못하는 반면, 벤젠과 같은 유기화합물과 산소, 수소는 산과 염기 촉매로써 탄소(C), 질소(N), 염소(L), 황(S), 인(P)등과 반응하여 탄소는 이산화탄소로 질소는 질소기체(N₂)로 염소, 황, 인등은 중화제를 첨가하여 염으로 석출시킬 수 있다. 이러한 초임계수의 물성을 이용하여 난분해성 폐수, 방사성 폐기물, 화학무기 폐기물, 펄프 공장 폐수 등을 처리할 수가 있다.

나. 촉매(광촉매)산화법

광촉매란 빛을 받아 촉매 반응을 하는 물질이다. 광촉매로는 이산화티타늄이 가장 많이 사용되고 있는데, 이는 이산화티타늄이 내산성, 내알칼리성이 우수하며 인체에 무해하기 때문이다. 이산화티타늄 광촉매는 n형 반도체로서, 자외선(400nm)을 받으면 전자 전공대(Electron Hole)가 형성되어 강한 산화력을 가진 하이드록시 라디칼(-OH)과 슈퍼옥사이드(O₂)를 생성한다. 이 하이드록시 라디칼과 슈퍼 옥사이드가 유기화합물을 산화 분해시켜 물(H₂O)과 탄산가스(CO₂)로 변환시킨다. 이런 원리로 공기 중 오염물질을 산화 분해시켜 무해한 물과 탄산가스로 전환시키고, 수중의 오염물질인 유기화합물을 분해시켜 물과 탄산가스로 변화시키게 된다.

다. 전기화학적 분해법

난분해성의 유기혼합 폐기물을 분해하여 이산화탄소와 물로 전환시키는 전기화학적 폐기물처리 공정이다. 이 공정은 원래 방사성 폐기물 중의 초우라늄 원소를 산화분리하기 위해 개발된 후로, 중저준위 방사성 유기폐기물의 분해처리나, 유해성 유기폐기물의 분해처리기술로 개발되고 있다. 이 공정은 섬유류, 고무류, 플라스틱류 등의 난 분해성 유기물을 포함한 각종 유기성 폐기물을 분해처리하는데 적용이 가능하다.

라. 용융·소각법

원자를 구성하는 원자핵과 전자가 분리된 기체상태를 의미하는 플라즈마를 이용하여 난분해성 폐기물을 열분해하는 기술이다. 일반적으로 2000℃에서 7000℃ 근처에서 존재하는 열플라즈마 (Thermal Plasma) 가스는 난분해성인 유독성 화학폐기물 등을 고온 열분해시켜 무공해 물질로 전환 시킴으로써 에너지 및 자원화가 가능하며, 중금속 함유 폐기물을 고온에서 용융시켜 안정한 유리 질 고용체로 고용화시킬 수 있어 부피 및 무게 감소화를 극대화시킬 수 있다.

이 외에도 여과처리법, 이온교환처리법, 증발처리법, 역삼투압법등의 방사성 유기폐액 처리 방법이 있다.

3. 국내의 방사성 유기폐액 처리현황

국내에서는 한화석유화학에서 초임계수 산화와 촉매산화를 이용한 유기물 함유폐액의 산화분해 공정과 유기물함유 폐액의 초임계수 산화분해공정을 이용하여 유기폐액을 처리하는 기술을 개발하였고 한밭대학교에서 전기화학적 방법에 의한 난분해성 유기물질 제거장치를 연구하였다.

용융·소각법을 살펴보면 현대모비스에서 방사성폐기물의 소각, 용융처리공정을 이용하여 방사성폐기물 소각·용융후 유리고화시키는 과정에서 생성되는 배기체의 처리장치 및 공정을 개발하였고 전력연구원에서 방사성 폐기물 처리를 위한 플라즈마 열분해기술을 개발하였다. 해외에서의 이용현황을 살펴보면, 산화분해법으로 일본 신슈대학에서 저준위 방사성폐기물의 처리방법을 연구하였고, 미국 RETEC, PEC, Westinghouse, PEAT사에서는 용융·소각법의 하나인 도시폐기물의 플라즈마 열분해 등에 플라즈마 공정을 이용하는 기술을 개발하여 활용중이다. 또한 일본 Daido Japan, 가와사키 중공업에서는 플라즈마를 이용한 각종 폐기물의 열분해 기술과 방사성 폐기물 처리를 위한 플라즈마 장치등 다수의 기술을 개발하여 활용하고 있는 실정이다. 헝가리에서는 플라즈마공정을 응용한 물속플라즈마 (Underwater Plasma) 기술을 개발하여 자국의 원전에서 발생하는 방사성유기폐액처리에 활용하고 있고, 스위스 MGC-Plasma AG, Plasmarec사와 프랑스의 Aerospatiale, Interriam Co., Soretel Co. 등도 용융·소각법을 이용하여 원자력 시설에서 발생하는 폐기물을 처리하고 있다.

4. 전망

앞에서 살펴본 바와 같이 여러가지 유기폐액 처리기술이 개발중이거나 연구중에 있다. 값싸고 안전한 원자력 에너지의 수요가 점점 증가될 전망이어서 방사성 유기폐액의 발생이 증가될 것은 분명하므로 처리 효율성이 높으면서 가장 경제적인 처리기술을 선정하여야 하는데 그 방법으로는 몇가지 우수하다고 생각되는 기술을 사용하여 현장의 방사성 유기폐액을 직접 처리하는 비교시험이 가장 합리적인 방법으로 생각된다.