

방사성폐기물 유리화기술 상용화 실현과 기술수출



고영우

한국수력원자력(주) 안전기술처 방사선안전팀장

방사성폐기물 유리화 독보적인 연구개발 성과

한수원(주)(사장 김종신)은 중·저준위 방사성폐기물 유리화(琉璃化) 상용설비 개발을 완료하고, 2009년 10월부터 세계에서 유일하게 중·저준위

폐기물 유리화설비 상용운전에 착수하였다. 울진 원자력발전소에 건설된 유리화설비는 울진 1~4호기에서 발생하는 방사성폐기물량을 획기적으로 감소시킬 것으로 기대된다. 또한, 유리화기술은 국제

적으로 그 기술의 탁월함을 인정받아 미국 등 일부 선진국에서 수입을 고려하고 있다.

1. 연구개발 개요

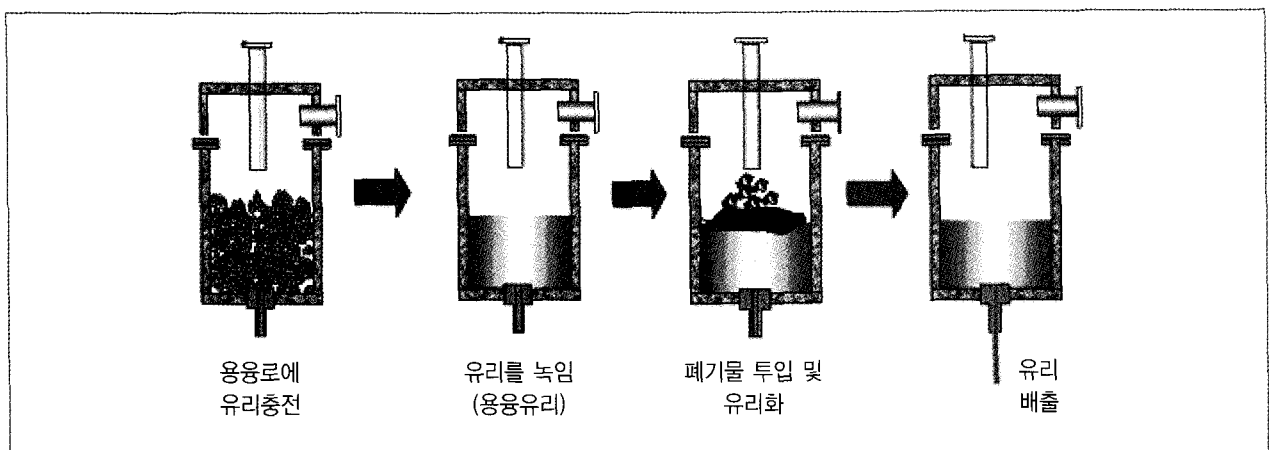
한수원(주)이 개발한 유리화기술은 고온의 용융된 유리 위에 방사성폐기물을 넣어 연소시키면서 폐기물 내에 존재하는 방사성 원소나 유해 중금속을 유리구조 내에 가두는 기술이다.(그림 1) 유리는 백만년 이상 안정된 상태를 유지할 수 있기 때문에 유리구조 내에 갇힌 방사성폐기물은 환경으로 유출되지 않는다. 따라서 영구처분시 방사성폐기물 처분장의 안전성을 확실하게 보장할 수 있을 뿐만 아니라 부피를 약 1/30 이하로 줄일 수 있어 소규모 처분장으로도 오랜 기간 방사성폐기물을 관리할 수 있다.

한수원(주)은 1994년에 착수한 유리화기술에 대한 타당성 연구를 시작으로 가연성폐기물과 비가연성폐기물을 분리 처리하는 복합공정을 개발하였으며, 1999년에는 세계적으로 독특한 유리화 실증설비(그림 2)를 개발하여 원자력발전기술원에 건설하

였다. 이후 3년여에 걸친 실증시험을 통해 최적화된 유리화 공정을 개발하고 폐기물의 종류에 따라 안전성과 감용효과가 우수한 최적의 유리조성을 개발하여 그 우수성을 입증하는 등 상용설비 설계 및 운영에 필요한 자료들을 생산하였다. 방사성폐기물은 크게 가연성폐기물과 비가연성폐기물로 분류하는데 가연성폐기물은 유도가열식 저온용융로에서 유리화되고, 비가연성폐기물은 플라즈마토치 용융로(개발중)에서 용융 처리된다. 이 과정에서 발생하는 분진이나 유해가스는 배기체 처리시설을 통하여 완벽하게 처리된다. 한수원(주)은 유리화기술 관련 지적재산으로 국내특허 20여건 국외특허 4건을 보유하고 있다.

II. 유리화설비 상용화

울진 원자력발전소에 건설된 유리화설비는 정부의 지원을 받아 2002년 9월 상용화 사업에 착수하여 2005년 4월 설계를 완료하였다. 2006년 6월 정부로부터 승인을 받아 2008년 시공을 완료하였으며, 2008년 10월에 운영허가를 획득하고 방사성



[그림 1] 방사성폐기물 유리화 공정



[그림 2] 유리화 실증설비

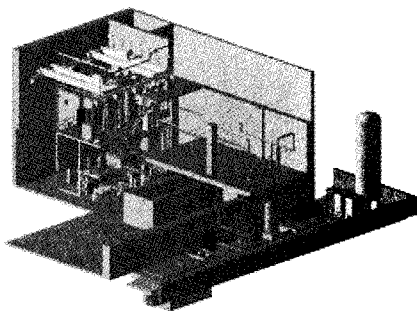
성능시험과 실패기물시험을 성공적으로 수행한 후 마침내 2009년 10월 상업운전 허가를 획득하였다.

울진 유리화설비는 울진 5, 6호기 내에 건평 130여㎡(40여평), 시간당 18kg 처리규모로 건설되었으며 한수원(주) 연구 인력이 설계, 시공 및 시운전 등 연구개발사업을 총괄하고, 현대로템은 시공을, 현대엔지니어링이 설계를 담당하는 등 모두 국내 기술로 건설하였다.

울진 유리화설비 건설 추진 경위는 다음과 같다.

1. 산업자원부 전력산업연구개발사업으로 선정('02. 9)

- 과제명 : 중·저준위 방사성폐기물 유리화 원형플랜트 개발
- 과제 기간 : '02. 9 ~ '09. 6



[그림 3] 울진 유리화설비 조감도

- 주관기관 : 한국수력원자력(주)

2. 울진 유리화설비 설계

- '03.12.30 : 방사성폐기물 유리화설비 도급계약 체결[계약자 : 현대로템(주)]
- '05.04.14 : 유리화설비 설계 완료

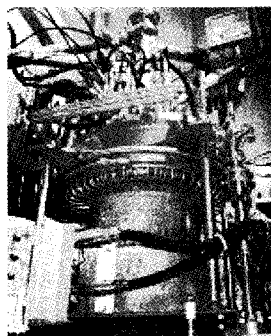
3. 울진 유리화설비 시공

- '06.06.20 : 유리화설비 건설공사 시공승인
- '07.12.11 : 유리화설비 초기전원 가압
- '08.05.11 : 유리화설비 비방사성 성능시험 완료

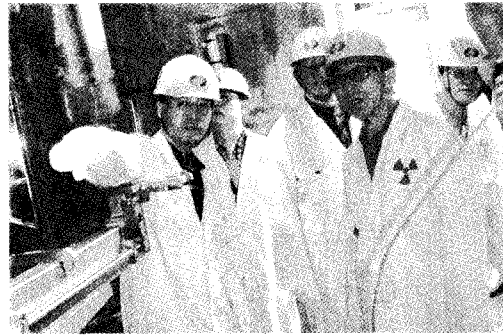
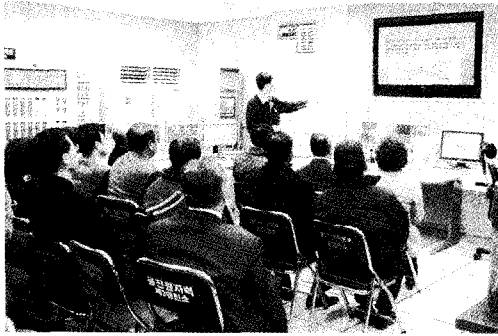
4. 울진 유리화설비 운영허가

- '08.06.01 : 유리화설비 설치검사 완료
- '08.10.08 : 유리화설비 운영허가 취득
- '09.03.01 : 방사성성능시험 완료
- '09.09.12 : 실패기물시험 완료
- '09.10.26 : 상업운전 인허가 획득

울진 유리화설비 건설을 위해서는 지식경제부로부터 건설허가를, 교육과학기술부로부터 설비 운영허가를 취득해야 한다. 울진 유리화설비 설계, 건설 및 시운전 등 건설 전 단계에 걸쳐 인허가 과정을



[그림 4] 울진 유리화설비 저온용용로(좌) 및 제어실(우)



[그림 5] 지역주민 초청 설명회

국제원자력기구가 우수성 인정 원전 선진국으로 기술 수출

거쳤으며, 유리화설비 안전성분석보고서에 대한 3차례의 정밀심사와 25회에 걸친 현장검사를 시행하였다. 유리화설비 건설기간 중 지역주민은 여러 차례의 집회 등을 통해 유리화설비의 안전성을 의심하거나 방사성폐기물 처분설비로 오해하여 불안감을 나타내기도 하였다. 더구나 유리화설비 건설 인허가 단계를 진행하던 2005년 초에는 방사성폐기물 처분장 선정에 따른 전국적인 찬반의견이 대립하던 시기여서 지역 주민의 유리화설비에 대한 반대 여론이 매우 강하였다.

한수원(주)은 울진 유리화설비 건설 초기부터 완공 시까지 지자체 및 주민을 대상으로 유리화기술의 필요성, 안전성 및 건설계획 등의 유리화사업 설명회를 꾸준히 실시하였다. 이 기간동안(04.1.30 ~ 08.7.31) 여러 차례의 설명회 개최, 30여 차례의 지자체·지역유지·언론기관 등과 면담 및 회의, 현장 및 대전 유리화 실증설비 견학, 10여 회의 자료제출 등이 있었으며, 설비 완공 후 시운전 기간에

는 1,000여명의 지역 주민들이 설비를 견학하고 실제 운전상태를 확인하였다.

결국 한수원의 정보공개와 다양한 홍보에 힘입어 지역 주민의 안전성에 대한 우려감은 진정되었고, 성공적으로 시운전을 마치고 상업운전에 돌입하게 되었다.

Ⅲ. 원전 선진국으로의 기술수출

한수원(주) 유리화기술은 국제원자력기구(IAEA)가 그 우수성을 인정하여 2003년부터 약 5년간 기술협력프로그램을 지원하였으며, 세계적인 전문기관들(미 DOE, 독 INE, 러 RADON 등)이 방문하여 유리화기술 현황 및 기술수준을 실사하여 IAEA에 그 우수성을 보고하였다.

IAEA와 기술협력프로그램 수행 차 2006년 한수원(주) 원자력발전기술원을 방문하였던 미 에너지부 전문가들은 미 고준위 액체방사성폐기물 처리에 한수원(주) 유리화기술 도입을 적극 검토하였고, 상용운전중인 고준위폐기물 세라믹용융로 보다 성능이 우수한 유도가열식 저온용융로 도입을 위한 국제 공모를 실시하였다. 국제공모에는 미 INEEL과



[그림 6] 기술개발 협약각서 체결



[그림 7] 해외 관계자 방문

FERRO, 프랑스의 AREVA, 러시아 RADON 등이 경합하였으나 미 정부는 한수원(주)의 기술력을 높게 평가하였으며, 2007년 한수원(주)을 용역 수행 기관으로 확정하였다. 현재 한수원(주)과 미 에너지부 사이에 관련 용역이 진행 중에 있으며 두 기관은 2008년부터 5년간 고준위폐기물 유리화분야 기술 협력을 약속하는 협약각서(MOA)를 체결하였다.(그림 6) 한수원(주)은 향후 미국의 고준위 액체 방사성폐기물을 처리하기 위한 유리화 용역에 지속적으로 참여하게 된다.

또한, 미국 전력연구원(EPRI)은 향후 회원사들이 적용할 차세대 처리기술로 한수원(주) 유리화기술을 선정하였으며 유리화기술 적용성 연구용역을 한수원(주)에 요청해와 향후 2년간 관련용역을 수행할 예정이다.

그 동안 한수원(주)과의 유리화기술 협력을 위해 미국에서는 에너지부를 비롯하여 Energy Solutions사, EPRI, PNL, ChangTex USA 등 6개 기관이 한수원(주)을 방문하였으며 일본의 관서 전력, 독일의 INE, 러시아의 RADON 등이 방문하였다.(그림 7) 한수원(주)의 유리화기술은 이미 전세계에서 독보적인 연구개발성으로 각인, 우리나라의 원자력기술에 대한 대외 신뢰도를 제고하는 유

망한 기술로 인정받고 있다. 특히 유리화기술의 우수성이 국제적으로 인정받음으로써 해외 여러 나라에서 유리화기술을 도입할 것으로 예상되며, 머지않아 한수원(주) 유리화기술은 방사성폐기물 처리 기술의 새로운 지평을 열고 원자력발전의 안전성, 신뢰성 증진에 기여하며 기술 한국의 위상을 크게 제고하게 될 것으로 기대된다. KEA