

# 핵폐기물의 안전처리과정

## 액체를 고체유리 소재로

에드워드 크로올리記

<기술문제 전문기고가>

영국 핵연료사(社)(BNF)는 활성(活性)이 높은 액체 핵폐기물을 고체 유리 소재로 화학변화 시킬 공장을 서북 잉글랜드의 셸러필드에 건설하고 있다. 이 공장이 완공되며, 핵폐기물의 수송과 처리가 보다 안전하고 간편하며, 경제적으로 수행될 수 있을 것이다.

액체 폐기물은 소진된 핵연료 성분의 재처리과정에서 생성된다. 셸러필드에서는 이것이 질산의 용해와 용제(溶劑) 추출과정에서 생성된다. 소진된 핵연료 중에는 우라늄이 96%, 플루토늄이 1% 함유되어 있다. 나머지 3%는 고도의 활성을 가진 액체 폐기물인데 이것은 탈수공정에 의해 응축되어 스테인리스 강철 탱크에 저장된다.

액화 저장법은 안전하고 믿을만 하다는 점이 입증되었지만, 비용이 많이 들고 오랜 기간에 걸친 관리와 감시를 요한다. 보다 중요한 점은 이 폐기물이 액체의 상태로 남아있기 때문에, 용기에 금이 가면

새어나올 가능성이 있다는 것이다.

이 액체 폐기물을 어떤 종류의 고체로 변화시키면 훨씬 나을 것이다. BNF사는 그 해결책으로 현재 건설 중인 유리화(琉璃化) 공장에서 다공성(多孔性) 규산염 유리 제조 공정을 이용할 예정인데, 이 공장은 1990년에 첫 가동될 예정이다.

### 처리 단계

액체 폐기물을 고체화 하는 공정에는 두 가지가 있다. 즉 유리로 화학변화시키는 방법(유리화)과 합성 암석 성분으로 화학변화시키는 방법(오스트레일리아에서 개발된 SYNROC 공정)이다. 유리화 공정은 1978년 이래 프랑스에서 공업적으로 이용되어 왔다.

### 대기 속으로 방출

셸러필드의 이 공장에는 2개소의 유리화공정 설비가 있다. 처리의 제단계는 다음과

같다.

▲ 액체 폐기물을 하소기(燃燒器)에 넣어 탈수, 건조시킨다.

▲ 이 과정에서 생성된 분말을 용해로에 넣어 유리원료와 혼합시킨다.

▲ 이 혼합물을 가열하여 유리용액으로 만든다.

▲ 이 유리용액을 유리용기에 부어 냉각시켜 고체 유리 덩어리로 만든다.

▲ 이 용기를 봉하여 오염의 우려가 없는 지역에 옮겨서 다시 차폐된 병 속에 냉방장치나 된 저장소에 보관한다.

이 공정의 각 단계에는 보다 섬세한 처리방법이 포함되어 있다. 예를 들면 이 공정의 첫단계에서 방사성 액체 폐기물에 일정량의 질산 리튬 용액을 첨가하여 처리하게 되어 있다. 이것은 유리원료가 용해 단계에서 하소된 분말과 적당하게 반응할 수 있도록 하기 위한 것이다.

지속적으로 작동하는 분량 주입기가 액체 폐기물이 하소기의 맨위 끝까지 유입되도록

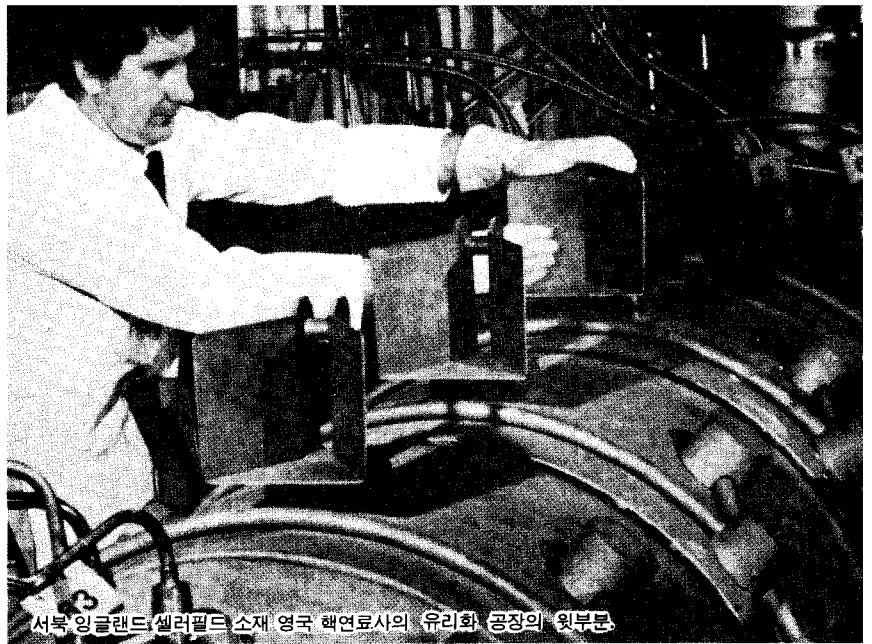
측정하고 있다. 이 하소기는 스테인리스 강철판인데, 수평에서 몇도(度) 가량 기울어져 있으며, 전기로 가열되는 용광로 안에서 회전하고 있다. 하소기와 용해로에서 나오는 기체는—수증기와 산화 질소—불순물 제거와 응축기를 거쳐서 대기 속으로 방출된다.

## 가열된 유리용기

1차 기체 정화장치는 원주(圓柱)형의 분진제거기와 판모양의 응축기, 반구형(半球型)의 덮개가 있는 원주형의 산화질소 제거기로 구성되어 있다. 그 다음의 2차 정화장치는 정전기를 이용한 칩전기, 원주형의 제거기, 고효율의 여과기로 구성되어 있다. 이 정화장치는 폐기물의 산화질소와 방사능의 방출을 감소시켜 준다.

용해로는 전기유도에 의해 가열되며, 약 1,100℃의 온도에서 가동된다. 용해로 내의 유리화된 폐기물의 수준이 예정된 상태에 이르면, 용해로의 바닥에 있는 밸브가 열려 용해된 유리는 그 밑의 용기에 부어진다. 이 유리 용기는 고열로 인한 충격을 최소화하기 위하여 예열이 되어 있다. 이 쏟아 붓는 공정은 8시간마다 행해지는데, 각 용기에 유리화된 폐기물을 두 번 쏟아 부을 수가 있다.

유리화된 고체 폐기물 덩어리가 담긴 이 유리 용기는 높이 1.3m, 직경 0.42m, 총중량 약 470kg이다. 이 용기에 채우는 과정이 끝나면 이 용기를 냉각시켜 뚜껑을 덮고 자동용



서북 잉글랜드 셀러필드 소재 영국 핵연료사의 유리화 공장의 일부

해 용접과정으로 완전히 밀봉한다. 오염방지 작업이 끝나면, 이 유리병은 수송용 컨테이너에 담겨 유리화된 폐기물 저장소로 옮겨진다.

유리화 공정에서는 고온이 방사되는 환경에서 복잡한 기계설비를 취급해야 한다. 따라서 계측장치, 하소기, 용해로 등과 용기를 취급하는 모든 설비들이 원격연결장치, 연결기중기, 종속조종장치등을 사용하여 교체되도록 설계되어 있다.

## 절연벽

냉방장치가 된 저장소에서 폐기물이 담긴 용기들은 바닥에서 10피트 높이까지 쌓아 올려지는데, 자연적 대류작용에 의해 냉각되고 있다. 이 용기들은 바닥을 밀봉한 스테인리스 강철판 속에 넣어서 쌓아 올려진다. 그리고 공기의 흐름에 의해 이 강철판의 표면으로부터 간접적으로 열이 제거된다. 공기는 용기들과 직접 접촉하지 않기 때문에 이곳의 공기는 방출될 때 여과

필 필요가 없다.

2개소의 유리화 설비를 모두 가동하면 최대 처리량은 1주일에 약 21개의 용기이고 1년 총처리량은 600개의 용기에 달할 것이라고 예상되고 있다.

유리화 공장의 건물은 강철골조의 구조에다 외벽은 알루미늄, 내벽은 연강(軟鋼)이고, 외벽과 내벽 사이에 35mm 두께의 절연재를 삽입시킨다. 이 건물은 세로 약 64m, 가로 35m, 높이 40m이다. 이런 형의 건물에서는 미리 성형(成形)된 콘크리트 부품을 구내에서 주의깊게 통제된 상황하에서 조립할 수 있다.

이 공장의 건설공정은 현재 마무리단계에 있다. 콘크리트 쌓기 작업과 주(主)용기의 설치 작업이 끝났고, 도관 주조와 설치 작업, 전기설비 작업등이 대부분 끝났다. 이 공장이 가동되면 매그녹스와 THORP의 재처리 공장에서 나오는 활성이 높은 액체 폐기물뿐만 아니라, 현재 셀러필드에 저장되어 있는 액체 폐기물도 이곳에서 처리할 예정이다.