

# 우리나라 원전수거물 처분시설의 안전성 확보

송명재

한국수력원자력(주) 원자력환경기술원 원장

## 우리나라의 원자력산업

우리 나라는 전체 에너지의 97%를 수입에 의존하는 에너지 최빈국이며 에너지 자립 문제는 국가 정책에 있어 최우선시 되어 왔다. 현재 국내 에너지 환경은 에너지 수요의 급증과 다소비형 산업 구조, 대체 에너지의 개발 한계, 이산화탄소 배출의 급증 등 에너지 안보에 있어 여러 가지 어려운 환경에 놓여 있다.

2003년 한해에만도 LNG·석유 등 에너지 수입액이 383억불로 총 수입액의 21%를 차지함으로써 무역 수지 악화의 주요 원인이었으며 에너지 수급 문제는 개선될 기미가 보이지 않는다.

설상가상으로 최근 국제 유가가 13년 만에 처음으로 두바이유 기준 배럴당 35달러를 넘어서는 등 유가의 고공 행진이 지속되고 있어 국내외 경제 환경에 먹구름이 드리워지고 있다.

에너지경제연구원에 따르면, 우리나라가 많이 수입하는 두바이유가 배럴당 35달러를 넘게되면 국내 총생산(GDP)이 약 3.6% 감소할 것으로 예상하고 있으며, 이것은 작년 한해 국내 성장률이 3.1%였다는 점을 비교해 볼 때 원유 가격에 우리의 경제가 얼마나 취약한지를 알 수 있다.

그나마 우리 나라는 꾸준한 원자력 에너지 중심 정책에 힘입어 원자력 발전을 통해 석유의 의존도를 크게 낮추어 왔는데 주력 발전원으로서 안정적 전력 공급에 중추적 역할을 해온 원자력의 중요성을 간과해서는 안된다.

1978년 58만 7천kW의 용량으로 고리 1호기가 상업 운전을 시작한 지 26년이 지난 현재, 가동 원전 기수는 18기로 늘었고 설비 용량은 무려 26.8배인 1,571만 6천kW로 증가함으로써 세계 6위의 원자력 발전 규모를 자랑하고 있으며, 원자력 발전의 설비 용량은 총설비 용량

의 28%를, 원자력 발전량은 총발전량의 40.2%를 점유하고 있다.

## 원전 수거물 처분 시설

원전 수거물이란 원자력 발전소(원전)에서 발전 및 운영 과정에 발생하는 방사선을 방출하는 부산물을 의미하며, 이 원전 수거물의 처분은 향후 회수할 의도가 없이 인간 생활권에서 완전히 격리하는 것을 말한다.

현재 원전 수거물은 원자력 발전소 부지 내에 임시 저장중이지만, 현재의 시설로는 2008년 경 올진 원자력 발전소부터 포화에 이를 전망이다. 특히 방사성 동위원소를 이용하는 의료 기관과 산업체의 증가 그리고 원자력발전소의 신규 건설로 인해 원전 수거물의 발생량은 지속적으로 증가할 것으로 예상된다.

1940년대 이래로 세계 여러 나라에서 많은 원전 수거물 처분 시설이 운영되어 왔으며, 현재까지 세계

30여개국에서 70여개의 원전 수거물 처분 시설이 운영중이거나 운영 후 폐쇄되었고, 30여개의 원전 수거물 처분 시설 건설 프로젝트가 추진 중이다.

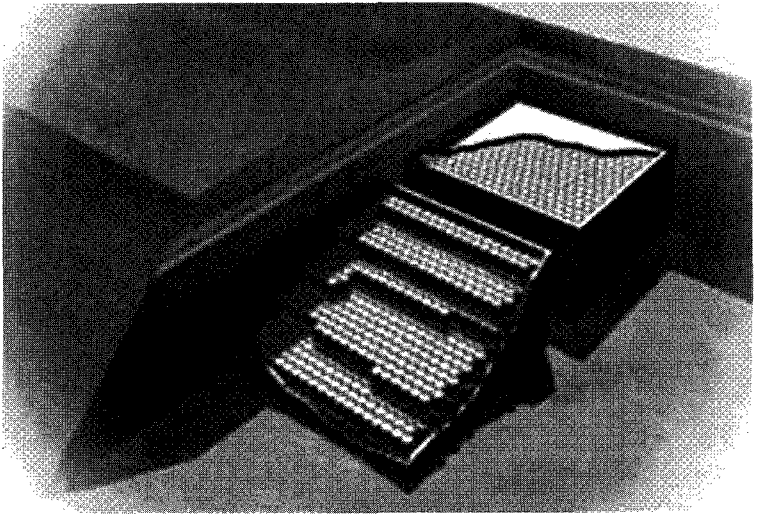
각국은 부지 조건 및 폐기물 특성에 적합한 처분 방식을 채택하고 독립적인 규제 기능을 보장하는 국가 종합 관리 체계하에서 다양한 원전 수거물 관리 사업의 추진 체계를 갖추고 있다.

원자력발전소를 운영하는 세계 30여개 국가들 중 원전 수거물 관리 시설을 마련하지 못한 나라는 우리 나라를 포함하여 5개국에 불과한 실정이며, 원자력 발전의 의존도가 높음에도 불구하고 원전 수거물 처분 시설을 갖고 있지 않은 나라는 우리 나라 밖에 없다.

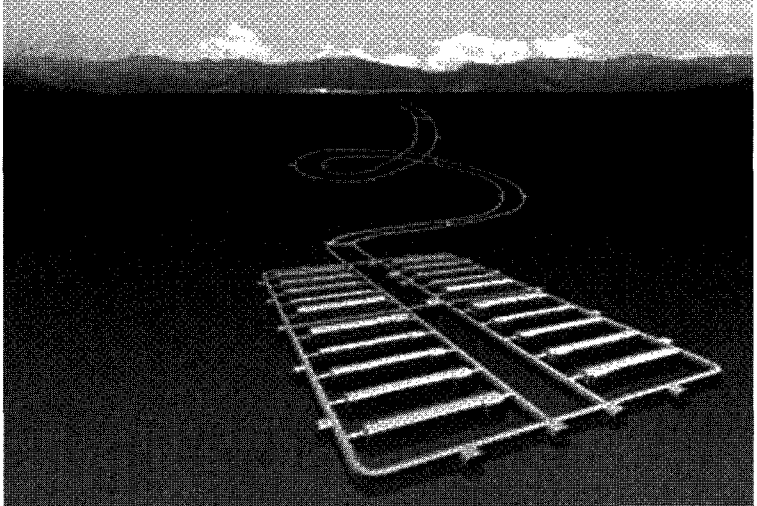
현재까지 원전 수거물은 지층에 처분하는 방식이 가장 효율적으로 알려져 있으며 처분 대상 폐기물의 특성, 지질 조건 그리고 경제성을 고려하여 결정된다. 대표적으로 단순 천층 처분 방식, 공학적 천층 처분 방식(그림 1)과 동굴 처분 방식(그림 2)을 이용하여 처분을 하고 있다.

**원전 수거물 처분 시설의 안전성**

원전 수거물을 처분할 때에는 안전성을 최우선으로 ① 인간 및 환경 보호와 ② 미래 세대에 대한 부담의



〈그림 1〉 공학적 천층 처분 방식



〈그림 2〉 동굴 처분 방식

최소화 및 보호의 기본 원칙을 가지고 진행된다.

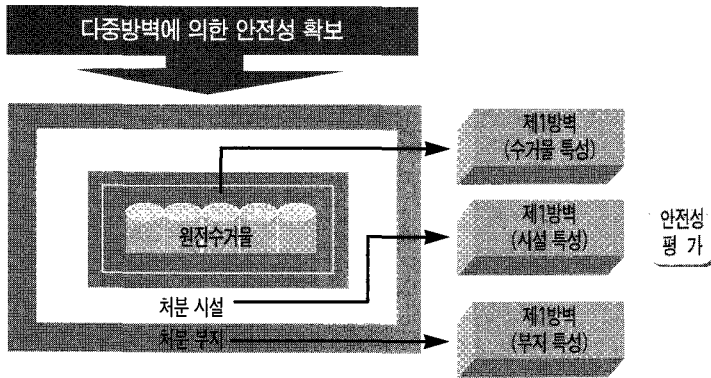
인간 및 환경의 보호는 원전 수거물 처분 시설에 의한 예상되는 방사선 피폭이 각종 규제 한도를 초과하지 않아야 하며, 예상되는 방사선 피폭이 최적화 개념에 부합되어야 한다.

또한 원전 수거물의 처분으로 야기되는 미래 세대 부담을 시간적·

기술적·사회적 및 경제적 측면에서 최소화하여야 하며, 처분에 의한 미래 세대의 부담이 현 세대의 부담보다는 크지 않아야 한다.

이는 원전 수거물 관리에 대한 국가 정책의 기초를 결정한 「방사성 폐기물 관리 대책」에서 제시한 기본 정책이기도 하다.

처분 시설의 안전성 확보를 위한 국내외 기준으로는 「사용후연료 및



〈그림 3〉 원전 수거물 처분 시설의 다중 방벽을 이용한 안전성 확보

〈표 1〉 인공 방벽 보강 천층 처분 시설의 구성과 기능

시설 및 계통	기능	특성
처분고(Vault)	콘크리트 용기 철재 용기	자갈 등에 의한 되메움 시멘트 그라우팅
이동식 취급 구조물	운영중 이동식 지붕 취급 장비 설치 및 운영	구동 장치 부착 단위 처분고 운영후 이동
배수 계통	배수 집수 및 감시	침투수와 강우 분리 집수 지하 점검로 설치 및 운영
폐쇄 및 감시 계통	폐쇄 후 침투수 최소화 동식물 침입 방지 환경 감시	제도적 관리 기간 동안 지속적으로 유지 보수 경보 작동 시료 채취 분석
기타	화재 방호, 용수 및 전력 공급용	소화수 용수 및 전력 공급

원전 수거물 관리의 안전에 관한 공동 협약」과 IAEA의 안전 기준 등의 국제 기준이 있고, 원자력법, 과기부와 환경부 고시에 국내 기술 기준이 제시되어 있다.

국제방사선방호위원회(ICRP)에서는 연간 0.3 밀리시버트(mSv)의 성능목표값을 제시하고 있으며 국내에서는 과기부 고시로 연간 0.02 밀리시버트의 성능 목표값을 제시하고 있다.

원전 수거물 처분 시설은 〈그림 3〉과 같이 다중 방벽 개념에 근거하여 처분 안전성을 확보하게 된다.

원전 수거물 특성을 이용한 제1방벽은 수거물 고화체 및 포장물의 안정성에 의한 방벽인데, 원전 수거물의 처분시 인수 기준에 적합한 포장물로 처분 제한치, 고화 상태 및 비분산성 등의 요건을 만족하여야 한다. 특히, 고화체로서의 안정성 요건으로는 압축 강도, 내침출성과 유리수에 대한 요건들이 있다.

제2방벽은 처분 시설 특성으로 처분고의 콘크리트 구조물과 처분고 내 시멘트 그라우팅 그리고 되메움재에 의한 방벽에 해당한다.

처분 방식에 따라 동굴 처분 방식

의 경우에는 시멘트 모르타르와 혼합 점토를 이용한 되메움재를 이용하며, 천층 처분 방식의 경우에는 콘크리트 구조물, 되메움재 및 다중 배수 복도층을 이용하게 된다.

제3방벽은 처분 부지의 부지 특성을 이용한 방벽으로 부지 선정 과정에서 안정되고 견고한 지하 암반을 선택하게 된다.

이와 같은 자연 방벽은 방사성 핵종의 이동을 제한하여, 처분한 원전 수거물이 생태계로부터 격리된 상태에서 방사성 붕괴를 통해 소멸되도록 장기적 처분 안전성을 확보하게 된다.

특히 처분의 제1방벽인 원전 수거물 고화체의 내침출성과 안전성을 향상시키기 위하여 한국수력원자력(주)에서는 원전 수거물에 대한 유리화기술을 개발하였다.

유리화 기술은 매우 안정한 유리 내에 방사성 핵종들을 고정화하는 기술로 처분 시설에 대한 팔목할만한 안전성을 제공하게 된다. 특히 유리화 과정을 통하여 원전 수거물의 발생 부피를 최대 80배까지 줄일 수 있으며, 이로 인한 방사선 영향을 10배 이상 줄일 수 있다.

우리 나라에서 고려하고 있는 처분 방식은 인공 방벽이 보강된 천층 처분 방식과 동굴 처분 방식이 있다.

천층 처분 방식은 콘크리트 구조물 내에 원전 수거물을 적치하고 시



〈표 2〉 동굴 처분 시설의 구성과 기능

시설 및 계통	기능	특성
처분 동굴	저준위 원전 수거물 처분 동굴 중준위 원전 수거물 처분 동굴	접촉 취급(지게차) 원격 취급(크레인)
건설 동굴	건설 차량 및 비상 통로	건설 차량 통행 가능 규모
운영 동굴	운반 차량/작업자 통로	차량 교행이 가능한 규모 각종 유틸리티 배관 통로
배수 계통	지하 배수 저장 및 감시	구역별 구분 배수
환기 계통	동굴 내 작업 여건 확보	부압 유지 구역 구분
기타 계통	화재 방호, 응수 및 전력 공급용	소방 응수 및 전력 공급

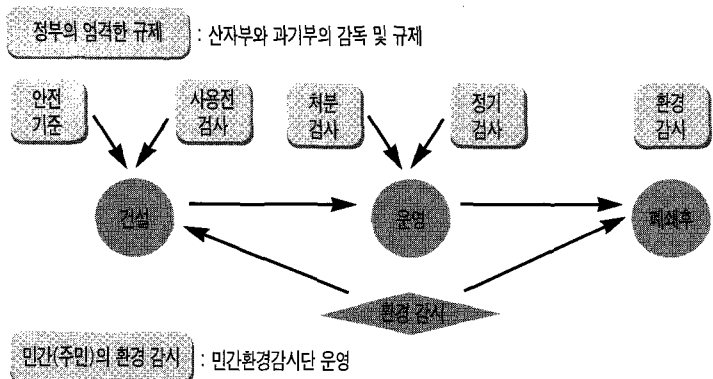
멘트로 채우는 방법으로 안전성 확보를 위해 폐쇄 단계에 강우 침투 및 동식물의 침입 방지를 위해 처분 구조물 상부에 약 6미터 두께의 처분 덮개를 설치하며, 하부에는 집수관을 설치하여 300년 동안 핵종 누출을 감시하게 된다. 천층 처분 시설의 구성과 각각의 기능에 대하여 〈표 1〉에 요약 기술하였다.

동굴 처분 시설은 처분 동굴, 운영 터널, 건설 터널과 배수 및 환기 계통 등으로 구성되며 원전 수거물을 인간 생활권으로부터 격리하기 위해 지하 수 십 미터 암반 내 동굴을 굴착하여 처분하게 된다. 동굴 처분 시설의 구성과 기능을 〈표 2〉에 요약하였다.

원전 수거물 시설은 다중 방벽에 의한 안전성의 확보와 함께 시설의 단계별 관리에 의한 안전성을 확보하게 된다. 단계별 관리에 의한 안전성 확보의 개념을 〈그림 4〉에 도시하였다.

원전 수거물 시설은 시설의 부지 확보, 건설, 운영 및 폐쇄 후 모든 단계에 대하여 정부 규제 및 민간 기관의 환경 감시가 실시된다.

산업자원부와 과학기술부의 감독 및 규제가 이루어지는데, 건설 단계에서 시설의 안전 기준과 건설 운영 허가 및 사용전 검사를 실시하고, 시설의 운영 단계에서는 처분 인수 검사 및 운영 중 정기 검사를 실시하고, 원전 수거물 처분 시설의 폐



〈그림 4〉 원전 수거물 시설의 단계별 관리에 의한 안전성 확보

쇄 후에는 제도적 관리 기간 동안 정부의 관리하에 의한 시설의 유지 보수, 출입 통제, 환경 감시 및 배수 관리를 실시하도록 하고 있다. 또한 민간환경감시기구를 설치하여 독립적인 환경 감시를 실시하게 된다.

국내외 기준들에 따라 부지의 선정, 처분 시설의 건설 및 운영할 것이다. 또한 다중 방벽에 의한 물리적인 안전성 확보뿐만 아니라 제도에 의한 추가적인 안전성을 보장하게 된다.

더불어, 원전 수거물의 고화체에 대한 유리화 기술과 정부 기관의 단계별 규제 및 관리, 독립적인 민간 환경감시기구의 환경 감시와 처분 시설의 주기적 안전성 재평가를 통하여 처분 시설에 대한 안전성 최우선의 원칙에 부응하고자 한다.

**결론**

원전 수거물 관리 시설은 인간과 환경의 보호와 미래 세대 부담의 최소화 원칙 아래 안전성 확보를 위한