

高準位 放射性廢棄物 處分方法

豊田 正敏

장래의 세계적인 에너지수요 증가와 환경문제에 대처하기 위해 원자력발전의 중요성이 더욱 높아져 가고 있고 또한 자원의 효율적인 이용이라는 관점에서 원자력발전에 의해 발생하는 사용후연료에 포함된 타고 남은 우라늄과 새로 생성된 플루토늄은 재처리를 통해 회수, 재이용할 필요가 있다. 사용후연료는 재처리공정에서 우라늄, 플루토늄 및 핵분열생성물과 超우라늄원소를 포함한 고준위 방사성폐기물(이하 고준위폐기물이라고 지칭한다) 등으로 분리된다. 고준위폐기물은 유리固化體로 30~50년간 냉각을 위해 중간저장된 후 국가 책임하에 최종처분하는 것으로 돼 있다.

고준위폐기물의 최종처분에 관해서는 세계 주요국들이 모두 유리고화한 후(일부 국가에서 사용후연료 그대로) 견고한 용기 속에 밀봉해 안정된 깊은 지층 속에 매설, 인간 환경으로부터 격리시키는 방법이 가장 안전하다고 생각하고 있으며 이같은 생각으로 독자적으로 또는

공동으로 연구개발을 추진하고 있다.

일본에서도 최종처분을 추진하는데 있어서는 기술적인 측면 뿐만 아니라 사회적 측면에 대해서도 이를 충분히 배려해 일반인들의 이해와 신뢰를 얻는 것이 중요하다. 그러나 사회적 측면을 중시해 일반인들에게 받아들여지기 쉬운 방법이 기술적으로 보면 반드시 안전상 바람직하지 않은 경우도 있다는 데 유의할 필요가 있다.

本稿에서는 이같은 관점에서 일본에서의 고준위폐기물 최종처분에 대한 기본적인 생각과 그 추진방법에 대해 개인적인 의견을 밝혔다. 관계자들에게 참고가 되었으면 한다.

재처리와 고준위 폐기물의 특징

원자력발전소에서는 원자로 속의 원자연료의 핵분열에 의해 발생하는 열에 의해 증기를 만들어 증기 터빈을 돌려 발전하지만 원자연료

는 3~4년 태운 후에 신연료와 교환하게 돼 있다. 이 원자로에서 제거된 사용후연료 중에는 타고 남은 우라늄과 새로 생성된 플루토늄이 포함돼 있기 때문에 재처리에 의해 이들을 분리, 회수해 원자연료로서 재이용할 수 있다.

자원이 부족한 일본에서는 이것을 재이용, 우라늄 자원을 효율적으로 활용해서 대외 의존도를 줄이는 것이 중요하다. 재처리의 또 한 가지 이점은 사용후연료 중에 포함된 고준위폐기물을 분리, 이것을 유리固化體로 함으로써 적절하고 안전하게 관리, 처분할 수 있다는 것이다. 이 고준위폐기물 固化體의 특징은 다음과 같다.

발생량이 적다.

그 발생량이 다른 폐기물에 비해 훨씬 적어진다. 즉 현재 원자력발전소에서는 1톤의 원자연료로 약 3억kWh의 전기(10만가구의 1년분 전력소비량에 해당)를 생산하고 있지만 발생하는 고준위폐기물은 겨우 100리터의 유리고화체 1개에 불과하다. 이에 비해 10만가구에서 1

년간 발생하는 생활폐기물은 12만 입방미터로 부피로는 약 100만배다. 일본에서 현재 운전 중인 원자력발전소(3,200만kW)에서 1년간 발생하는 사용후연료를 재처리해서 나오는 유리고화체는 약 800개, 50년간에도 4만개에 불과해 좁은 장소에서 처분이 가능하다.

방사능은 시간과 함께 감소

당초에는 높은 방사능을 갖고 있지만 시간과 함께 방사능이 급속히 감소하고 나중에는 수명이 긴 근소한 양의 방사성물질이 장기간에 걸쳐 감소한다. 고준위폐기물 중의 방사성물질은 대별해서 (1) 30~50년간의 중간저장기간중에 방사능이 거의 없어지는 방사성물질, 즉 핵분열생성물인 루테튬-106, 세륨-144, 세슘-134 등 (2) 약 1,000년만에 방사능이 거의 없어지는 방사성물질, 즉 핵분열생성물인 스트론튬-90, 세슘-137 등 (3) 1,000년 이상의 수명을 갖고 있는 방사성물질, 즉 초우라늄원소인 넵투늄-237, 플루토늄-239, 플루토늄-240, 아메리슘-243 및 핵분열생성물인 지르코늄-93, 테크네튬-99 등이 있다.

이들 방사성물질의 방사능 감소 양상은 <그림 1>에서 보는 바와 같이 재처리해서 유리고화한 당시에는 루테튬-106, 세륨-144 등 (1)에 속하는 수명이 짧은 방사성물질로 방사능이 강하지만, 30~50년만에 이것이 급속히 감소해 그후에는 스트론튬-90, 세슘-137 등 (2)에 속하는 방사성물질의 방사능이 주

가 된다. 그러나 몇백년 되면 이것도 감소해 1,000년이 지나면 (3)에 속하는 아메리슘-143, 플루토늄-239, 플루토늄-240 등의 초우라늄원소가 차지하는 비율이 커진다. 그러나 몇만년 지나면 이들 방사능도 상당히 감소해 그 고준위폐기물을 발생시킨 경수로연료를 만들어 내는 데 필요했던 우라늄광석이 지닌 방사능의 독성, 즉 천연에 존재하는 방사성물질의 독성과 같은 정도까지 감소한다.

발열량은 시간과 함께 감소

고준위폐기물은 방사성물질의 붕괴에 따른 에너지방출에 의해 열을 발생한다. 이 발열량은 시간과 함께 감소하는데 그 경향은 <그림 2>에서와 같이 (2) 항에서 언급한 방사능 감소와 거의 같다. 따라서 처분장 설계를 쉽게 하기 위해 고준위폐기물을 30~50년간 중간저장해 발열량이 10분의 1정도로 감소될 때까지 기다려 처분할 필요가 있다.

잘 녹지도, 잘 움직이지도 않는다

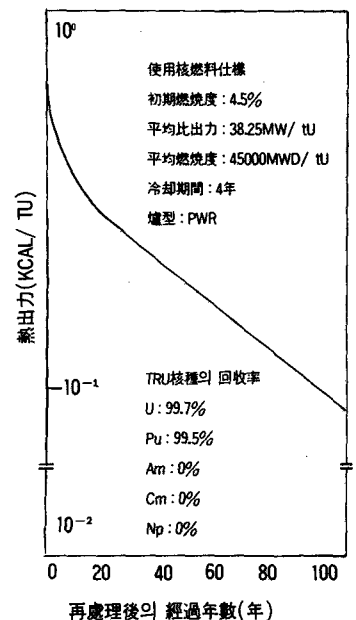
고준위폐기물의 유리고화체 중의 방사성물질은 산화물로 돼 유리구조를 형성하고 있기 때문에 유리고화체로부터 잘 녹아 나오지 않고 설령 그 일부가 유리고화체로부터 지하수로 녹아 나온다 하더라도 암반에 흡착되든가 해서 그 움직임이 지하수의 움직임보다 훨씬 적다. 특히 초우라늄원소는 이같은 성향이 강해 처분장 가까이에 머무른

深地層處分方法

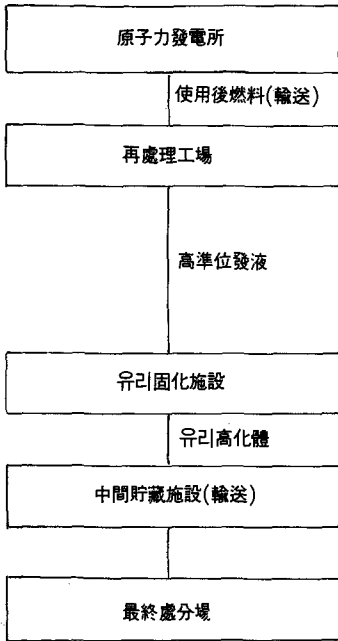
고준위폐기물의 최종처분방법으로는 미국을 비롯해 세계의 원자력 선진국에서 1950년대부터 여기서 말하는 여러가지 안이 제안돼 검토돼 왔다. 그 결과 고준위폐기물을 유리고화한 후(일부 국가에서는 사용후연료 그대로) 용기 등에 밀봉해 지하 몇백미터 깊이의 안정된 지층(암반)에 격리시키는 것이 가장 실현성이 있고 가장 안전한 방법이라는 생각에서 각자 독자적으로 또는 공동으로 연구개발을 추진하고 있다.

고준위폐기물 발생에서 처분까지 <그림 3>에서와 같이 원자력발전소에서 발생한 사용후연료는 재처

<그림 2> 熱出力의 經年數赤化



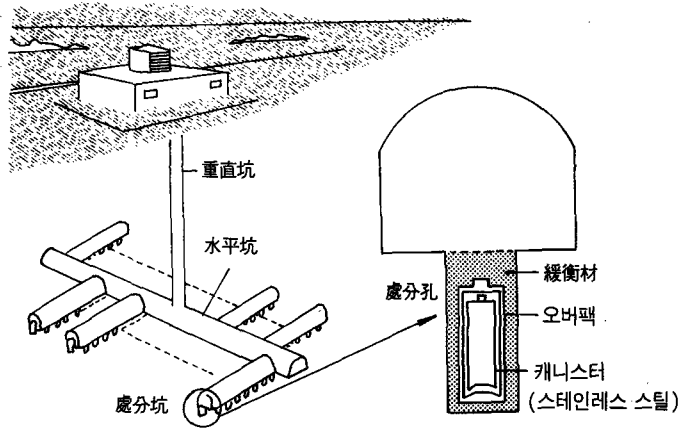
〈그림 3〉 高準位 廢棄物 發生부터 處分까지의 흐름



리공장으로 운반돼 여기서 우라늄, 플루토늄, 고준위폐기물 등으로 분리된다. 고준위폐기물은 핵분열생성물이나 초우라늄원소를 포함한 용액의 형태로 분리되지만 고화시설에서 유리원료와 섞어 고온으로 녹여 캐니스터(Canister)라고 하는 스테인레스 스틸제의 용기 속에 넣어 여기서 유리고화체가 된다. 이것을 저장시설에서 30~50년간 중간저장한 후 처분장에 보내 지층 처분한다.

고준위폐기물 지층처분의 기본적인 생각

고준위폐기물 지층처분의 기본적



〈그림 4〉 高準位 廢棄物層地處分場概念圖

인 생각은 〈그림 4〉에서 보는 바와 같이 고준위폐액을 유리고화체 중간저장한 후 지하의 깊은 곳에 있는 안정된 지층(암층) 속에 매설하는 것으로 극히 장기간에 걸쳐 인간이 폐기물의 영향을 받지 않도록 하는 것이다. 그러나 깊은 지층 속에는 보통 지하수가 있어 방사성물질이 지하수에 녹아들어 인간 환경으로 나오는 것을 방지하기 위해 다음과 같은 몇겹의 인공장벽과 암반의 천연장벽으로서의 성질을 짜맞춘 多重障壁에 의해 이것을 격리한다.

(1) 유리고화체(캐니스터)

고준위폐액을 矽酸 유리의 원료와 함께 고온에서 녹여 스테인레스제의 캐니스터(Canister)라는 용기에 넣어 유리고화 시킨다.

유리를 사용하는 것은 열이나 방사선에 의한 영향을 잘 받지 않고

물에도 잘 녹지 않으며 장기간 안정상태를 유지한다는 것과 방사성 물질을 균일하게 녹여 안정적으로 밀봉할 수 있다는 등의 이점 때문이다. 따라서 유리고화체에 녹아 들어간 방사성물질은 쉽게 물에 녹아 나오지 않는다.

(2) 오버팩

유리고화체는 오버팩(Over-Pack)이라고 하는 견고한 용기 속에 밀봉된다. 이 용기의 재료로는 주강, 세라믹 등이 고려되고 있다. 깊은 지층의 지하수 중에는 산소가 적기 때문에 지하수에 접촉한다 해도 오버팩은 잘 부식되지 않아 유리고화체와 지하수를 장기간에 걸쳐 서로 접촉시키지 않는 역할을 한다.

따라서 오버팩이 부식해 구멍이 날 때까지는 유리고화체가 지하수에 접촉하는 일은 없다. 또 유리고

화체가 지진 등 외력에 의해 파손되는 것을 방지한다.

(3) 緩衝材

오버팩은 완충재라고 하는 두꺼운 재료로 둘러 싸여 암반 중에 매설된다. 완충재 재료로는 천연점토의 일종인 벤도나이트(Bentonite)가 고려되고 있다. 이것에 의해 岩壓이나 지진 등에 의한 외력을 완화해 오버팩을 보호하는 동시에 지하수가 잘 통하지 않게 하고 또 방사성물질들을 흡착하는 성질이 있어 장기간 오버팩의 부식을 억제하고 유리고화체로부터 방사성물질이 녹아 나온다 해도 그 대부분을 여기서 정지시킬 수 있을 것으로 기대된다.

유리고화체, 오버팩 및 완충재는 인공적으로 방사성물질이 외부로 녹아나오는 것을 억제하는 것으로 인공장벽이라고 불리우고 있다.

(4) 암 반

완충재 주위에는 지하 몇백미터 깊이에 천연장벽으로서의 암반이 있어 폐기물이 인간환경으로부터 격리된다. 암반으로는 일본에서는 堆積岩系와 結晶質岩系가 고려되고 있다. 이 천연장벽에 대해서는 안전성을 확보하기 위해 필요한 넓이를 갖고 장기간에 걸쳐 안정한 암반의 본래의 성질을 이용한다. 즉 지하수가 유리고화체와 접촉해 방사성물질이 조금씩 녹아 나와 암반에 도달했을 경우에도 그 속에 있는 틈이나 미세한 균열에 흡착되는 등 방사성물질의 이동이 지하수의 움직임 보다 훨씬 늦어져 그 사이에 방사능이 감쇠된다.

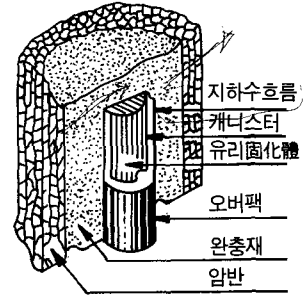
고준위폐기물 지층처분장의 개념

고준위폐기물의 지층처분장의 개념은 예를 들어 <그림 4>에서와 같이 지하 몇백미터 깊이의 수직갱과 여기서 옆으로 판 수평갱 그리고 이 수평갱으로부터 몇가닥 가지를 뻗은 처분갱을 파고 이 처분갱 내에 적당한 간격으로 수직으로 처분갱을 뚫는다.

처분공에 지상시설에서 유리고화체를 오버팩에 밀봉, 운전해 매설한다. 매설할 때에는 처분공의 암반과 오버팩 사이에 건조, 압축한 벤도나이트, 블럭 등의 완충재를 채운다. 모든 처분공에 유리고화체를 매설한 다음 처분갱, 수평갱, 수직갱을 벤도나이트와 掘削巖石 등을 혼합한 것으로 다시 메운다.

지층처분장으로는 장기간 안정한 암반으로 지하 몇백미터 깊이의 장소가 선택된다. 이런 곳은 일반적으로 지하수가 적고 그 움직임도 작은 데다 산소함유량이 적고 환원성이 있다.

深地層처분장에는 <그림 5>에서와 같이 암반 중의 극소량의 지하수가 완충재인 벤도나이트에 침입해 오지만 벤도나이트는 물을 잘 통하지 않는 성질을 갖고 있다. 그러나 장기간이 경과한 다음에는 주강체의 오버팩에 지하수가 도달할 것으로 생각되지만 지하 몇백미터 곳에서는 지하수는 환원성이 있기 때문에 오버팩의 부식이 매우 늦어지고 또 일부에 부식이 일어나면 주변 지하수 중의 산소는 더욱 적어져 부식의 진전이 억제되기 때문

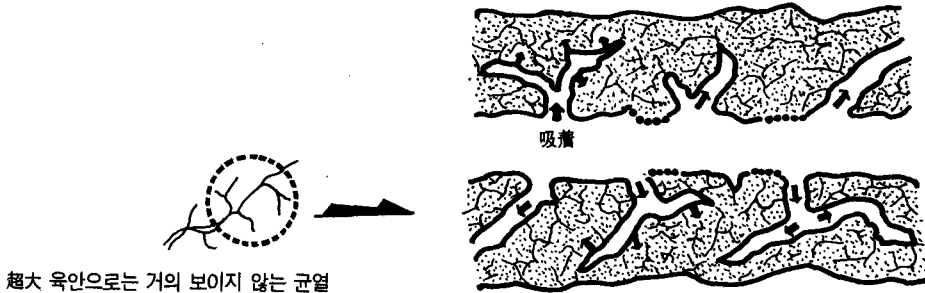


<그림 5> 地下水 侵入을 막고 放射性物質의 溶解나 移動을 막는다.

에 오버팩에 구멍이 나 지하수가 유리고화체에 도달할 때까지는 몇천년에서 몇만년쯤 걸릴 것으로 생각된다.

지하수가 유리고화체에 접촉한다 해도 지하수에 녹아 들어가는 방사성물질의 양은 극히 적고 또 그 바깥쪽의 완충재인 벤도나이트는 방사성물질을 흡착하는 성질이 있기 때문에 여기서 흡착돼 암반에 도달하는 방사성물질의 양은 극히 적을 것으로 생각된다. 암반에는 보통 틈이나 균열이 있지만 이것들은 岩壓 때문에 거의 폐쇄된 상태에 있어 보통은 면도날도 통하지 않을 만큼 좁은 것이다. 극소량의 방사성물질을 함유한 지하수는 이같은 좁은 틈이나 균열을 따라 이동해 방사성물질이 <그림 6>과 같이 암반에 달라붙든가 미소한 균열에 들어가 흡착되든가 하지만 잠시 후에는 암반에서 떨어져나가는 것도 있다. 따라서 방사성물질은 지하수의 움직임에 비해 상당히 늦어진다. 특히 超우라늄원소는 이같은 흡착효과가 크다. 지하 몇백미터 이상 되는 곳에서의 지하수의 움직임은 극히 작아 보통 1년에 몇센티미터

〈그림 6〉 巖盤 균열에너지의 방사성물질의 吸着



정도로 10만년이 경과하더라도 몇 백미터밖에 움직이지 않지만 방사성물질 특히 超우라늄원소는 지하수의 움직임보다 훨씬 작아 예를 들어 1,000분의 1이라고 하면 몇십 센티미터 되는 곳에 머무르게 돼 인간환경으로부터 장기간 격리되고 그 사이에 방사능은 충분히 감소된다. 따라서 고준위폐기물은 심지층 처분에 의해 인간환경에 영향을 주는 일은 없고 고준위폐기물의 지층 처분 후에 인간에 의한 관리는 불필요한 것으로 생각되고 있다.

인공 및 천연장벽 구비조건

고준위폐기물을 지층처분해 인간 환경과 격리시키기 위해 인공장벽과 천연장벽은 다음과 같은 조건을 갖추어야 한다.

인공장벽

(1) 고화체

고준위의 방사성폐액을 고화시키기 위해서는 붕규산 유리의 원료와 섞여 고온에서 녹인 다음 고화체로 하는 방법이 실용화되고 있다. 붕

규산 유리를 선택하는 이유는 다음과 같다.

즉 보통 유리(소다 유리)에 비해 ① 물이나 약품에 대한 내식성이 좋을 것 ② 유리 용융온도가 낮을 것 ③ 폐기물 성분의 허용함유량이 비교적 높고 또 이것이 지하수에 잘 녹지 않을 것 등이다.

고화체로는 이밖에 인공암석이나 세라믹 고화체도 지하수에 잘 녹지 않아 고려해 볼 수 있지만 방사성물질의 밀봉이라는 관점에서는 유리고화체로 충분하다.

고화체 이외의 인공장벽에 관해서는 다음 항에서 언급하게 될 천연장벽으로서의 암반, 지하수 등의 성질에 대응해 인간환경으로부터의 격리가 가능하도록 적당한 재료나 두께를 정할 필요가 있다.

(2) 오버팩

① 방사선을 완전히 차단할 수 있어야 하며 ② 지하수에 의해 잘 부식되지 않아야 하며 ③ 기계적 강도가 높아 유리고화체를 岩壓으로부터 보호할 수 있어야 한다.

압축한 벤도나이트에 밀착한 오버팩의 재료로 鑄鋼의 경우 지하

몇백미터의 지하수에서는 여기에 포함돼 있는 산소에 의한 초기단계의 부식 이외에 일반적으로 1년에 0.02밀리미터 이하의 부식이 진행된다고 생각되므로 1,000년간의 부식여유분으로 약 3센티미터가 필요하며 여기에 地壓 등을 지탱하기 위해 강도상 필요한 두께 25센티미터를 추가해 약 30센티미터의 두께가 있으면 되는 것으로 된다. 또한 주장의 부식생성물에 의해 주위의 지하수는 환원성이 유지되고 주장 온도도 시간과 함께 내려감으로 부식의 진행속도는 실제로는 이보다 훨씬 늦을 것으로 생각된다.

(3) 완충재

① 지하수가 잘 통하지 않아야 한다. ② 방사성물질을 흡착하는 성질이 있어야 한다. ③ 岩壓이나 외적현상에 의한 힘을 완화해 오버팩을 보호할 수 있어야 한다. ④ 100도 이하 온도에서 성능저하가 일어나지 않아야 한다. ⑤ 열을 잘 전달할 수 있어야 한다. ⑥ 지하수 수질을 일정하게 유지시키고 장기간 오버팩을 부식시키지 않도록 작용해야 한다.

천연장벽

(1) 천연장벽으로서의 암반은 안전확보를 위해 필요한 넓이를 갖고 있어야 한다. 일본에서는 처분장에 적합한 암반으로 結晶質岩系와 堆積岩系를 고려하고 있다.

(2) 지하 몇백미터 이상 되는 안정된 지층이어야 한다. 이 점에 대해서는 「일본은 지각변동이 심한 造山帶에 놓여 있어 장기간 안정된 지층이 없는 것이 아니냐」는 논의도 있었다.

그러나 화산지대나 活斷層이 있는 지역을 피하고 과거에 지각변동이 어떻게 일어났는가를 조사해 봄으로써 일본에서도 장기간 안정된 지질을 선택할 수 있을 것으로 보인다. 또 온천수가 있는 곳도 피해야 하겠지만 이런 장소는 지열이 높은 곳에 한정된다.

또 活斷層은 화산지대를 제외하고는 단층이 없었던 곳에 새로 단층이 생기는 경우는 매우 드문 일로 재활동할 위험성이 있는 지층은 지질조사에 의해 알 수 있다.

따라서 넓은 지역에서의 지질환경조사를 실시함으로써 일본에서 최소한 몇만년 안정한 지층의 선택을 충분히 가능할 것으로 생각되고 있다. 또 造山活動은 실제로 그 용기가 보통 1년간에 1밀리미터 이하의 극히 작은 움직임으로 100만년 이상 걸려 이루어지는 것으로, 처분장의 경우 이를 둘러싼 큰 범위에서 일어나므로 암반은 전체적으로 變位는 하지만 變形은 거의 일어나지 않는다. 변위도 1만년에 10미터 이하, 10만년에 100미터 이하

이기 때문에 설령 용기가 일어나 상부가 풍화나 빙하로 깎였다고 하더라도 지하 몇백미터 이상 되는 처분장에는 영향이 없는 것으로 생각된다.

(3) 지하 몇백미터 이상 되고 지하수의 양과 그 움직임도 작은 곳을 선택하여야 한다. 일반적으로 지하수는 지하 깊이가 깊어질수록 지하수의 양과 그 움직임이 작아지고 또 여기에 녹아 있는 산소의 양도 적으며 환원성을 띠고 있다. 때문에 인공장벽은 잘 부식되지 않고 유리고화체에 지하수가 접촉하는데는 많은 시간이 걸리고 그 이후에도 처분된 방사성물질의 이동은 적다. 그러나 장소에 따라서는 지하수의 양이나 움직임이 큰 곳도 있어 해면이나 하천의 면보다 낮고 지하수의 경사가 크지 않은 곳을 선택할 필요가 있다.

지하 몇백미터 이상 되게 함으로써 지각의 용기나 풍화, 빙하에 의한 침식, 큰 隕石의 낙하, 전쟁 등을 감안하더라도 문제는 없다. 또 지하 몇백미터에서의 地震動은 지표면에 비해 매우 적고 여기에서다 완충재나 오버팩에 의해 방어되고 있기 때문에 지진동에 의해 유리고화체가 손상될 염려는 없다.

또 사람의 침입에 대해서도 뒤에 언급하듯이 광물자원이 없는 곳을 선택하면 그 가능성은 매우 희박하다. 또 지하 몇백미터의 깊은 곳에서 방사성물질의 일부가 1만년후에 처분공 근처에서 녹아 나왔다 해도 지상의 인간생활권에 도달하기까지는 또 긴 세월이 걸려 그 사이에

더 희박해진다. 일반적으로 지하의 온도는 100미터마다 평균 3도 오르는 것으로 알려져 있는데 지표온도를 20도로 잡으면 지하 1,000미터에서는 50도가 되고 여기에 유리고화체의 발열에 의한 온도상승이 추가된다. 유리고화체와 그 주위의 온도가 100도 이상 되면 벤드나이트의 성능이 저하될 우려가 있기 때문에 깊이로서는 1,000미터 이내가 바람직하다.

(4) 근처 지하에 광물자원이 없어야 한다. 사람이 처분장에 접근하지 못하도록 하기 위해서는 부근의 지하에 광물자원이 없는 곳을 선택하는 것이 바람직하다.

연구개발과 및 최종처분 시행계획

일본원자력위원회는 원자력개발 이용장기계획(1987년 6월22일)에 의해 지층처분 실시까지의 과정을 다음과 같이 정해 놓고 있다.

1. 제1단계 : 효과적인 지층 선정
2. 제2단계 : 처분예정지 선정
3. 제3단계 : 처분예정지에서의 처분 기술의 실증
4. 제4단계 : 처분시설의 건설, 조업, 폐쇄

제1단계로 추진해 온 지층특성의 조사연구와 인공장벽연구를 통해 未固結岩과 같이 適性이 떨어지는 것을 제외하고는 암석 종류를 가리지 않고 넓고 효과적인 지층을 선택할 수 있는 것으로 밝혀졌다. 즉 같은 종류의 암석이라도 그것이 존재하고 있는 지질조건에 따라 지층

처분에 대한 적성에서는 많은 차이가 난다는 것을 알 수 있었다. 따라서 암석 종류를 가리지 않고 그 지질조건에 맞추어 필요한 인공장벽을 설계함으로써 지층처분의 안전성을 확보할 수 있다는 전망이 나오고 있다.

현재는 1985년에 시작된 제2단계의 전반기로 이 제2단계의 과제는 첫째 지층처분기술을 확보하기 위한 연구개발, 둘째 지층환경 등의 적성을 평가하기 위한 조사, 셋째 처분예정지 선정의 3가지로 나누어진다.

그러나 제2단계의 추진방법은 마치 연구개발의 결과가 처분예정지 선정과정에 직접 이어지는 것 같은 인상을 주어 처분예정지 선정과정과는 직접적인 연관성이 없는 연구개발을 저해하는 요인이 되고 있다는 것을 부인할 수 없다고 해서 1992년 8월의 原子力委員會 放射性廢棄物 專門部會 보고에서는 심지층의 연구시설계획을 처분장 계획과 명확히 구분해 추진하고 일본의 지질특성 등을 감안해 복수설치가 바람직하다고 주장하고 있다.

또 처분사업의 시행 주체는 처분장 건설일정을 감안해 2000년을 목표로 정하고 준비를 위한 조직을 가급적 조기에 발족시키는 것이 바람직하다고 보고 있으며 준비조직을 1993년 4월까지 끝낼 예정이다. 또 처분장 조업개시는 2030년 대에서부터 늦어도 2040년대 중반까지를 목표로 삼고 있다. 이같은 방안은 종전보다 일보 전진한 것으로 평가되고 있다.

준비조직의 역할과 검토사항으로는 사업화계획, 시행 주체의 형태, 업무, 처분사업자금, 입지에 따른 지역개발, 홍보에 관한 조사연구 및 홍보활동, 처분과 관련된 사항 등을 들 수 있다.

이밖에 처분장의 입지를 순조롭게 계획대로 추진하기 위해서는 어떤 방안을 강구할 것인가에 대해서도 이를 검토사항에 넣어야 할 것으로 생각된다. 또 최종처분까지의 절차 및 일정을 보다 명확히 할 필요가 있다고 본다. 심지층연구시설의 의의와 이상을 명확히 하는 동시에 심지층시험 실시, 그 데이터를 토대로 한 일반적인 안전평가, 처분장 후보지 조사, 처분예정지 선정, 처분예정지에서의 지질환경 등의 데이터 수집, 처분장 설계, 안전평가, 허가신청, 안전심사, 공청회, 인허가, 건설 등 일정의 마디마다 그 시기를 명시한 일정을 구체적으로 제시할 필요가 있다. 그리고 이 일정에 따라 착실하게 프로젝트를 추진하도록 노력해야 한다고 본다.

이상과 같은 방안에 따라 방사성 폐기물의 처분방침이 불투명한 데서 오는 불안을 해소해 국민의 신뢰를 얻을 수 있을 것으로 확신하고 있다.

지하연구시설의 의의와 그 추진방안

지하연구시설의 필요성

구미의 몇개 나라에서는 최종처분장후보지 선정 전에 지하 몇백미

터의 지하연구시설을 만들어 각종 데이터를 수집해 심지층처분의 일반적인 안전성을 확인한 다음 최종 처분장을 선정하는 절차를 밟고 있다. 일본에서도 지층처분연구를 위해 휴업광산의 갱도 등을 이용해 시험을 하고 암반의 성질, 균열의 분포, 지하수의 양, 움직임 및 성질, 갱도 굴삭의 지층에의 영향 등을 조사하고 있지만, 지하 몇백미터 이상되는 지층에서 종합적으로 데이터를 수집해 심지층처분의 안전성을 확인하기 위해 지하연구시설은 필요하다고 본다.

이 지하연구시설은 또 지표로부터 지층을 예측하는 수법을 개발해 자연환경에 가급적 영향을 주지 않고 경제적으로 건설할 수 있는 공법의 개발, 유리고화체나 벤도나이트 등의 지하로의 반입방법 등의 검토를 위해 필요하다고 생각된다.

또 일반국민의 이해를 구하기 위해서도 일본 고유의 지질환경 측정 데이터에 의해 안전성을 확인하는 것이 아니라면 설득력이 없고 특히 지하연구시설의 견학을 통해 일반국민들의 이해를 구하는 것이 바람직하다. 이상과 같은 이유로 처분장 후보지 선정에 앞서 일본에서 지하연구시설을 건설, 시험을 하는 것이 바람직하다.

지하연구시설의 추진방안

프랑스에서는 고준위폐기물 처분 후보지로 지질이 다른 4개 지점을 선정해 이 가운데 1개소에 지질환경조사를 위한 지하연구시설을 건설하기 위해 현장조사를 시작하려

고 했지만 현지주민의 반대가 심해 1990년 2월 1년간의 정지조치를 취해 조사를 중단했다. 그동안 정부는 지하연구시설 건설을 추진하기 위한 법안을 작성, 의회에 제출해 1991년말 방사성폐기물관리연구법이 통과되었다. 이 법의 내용은 심지층시험장계획을 추진하는 데 크게 참고가 될 것으로 보인다. 이 법의 요지는 다음과 같다.

(1) 지하연구시설에서는 방사성폐기물의 보관 또는 저장은 금지된다. 단 연구를 위해 방사선원을 사용할 수는 있다.

(2) 지하연구시설 설치계획의 예비적인 조사작업에 착수하기 전에 해당 후보지의 지역선출 의원 및 주민과 협의해 주민의 이해를 구한다.

(3) 지하연구시설이 처분장으로 이행하기 위해서는 새로운 입법에 의한 허가가 나와 비로소 가능하게 된다.

이를 위해서는 첫째 정부는 15년을 넘지 않는 기간 중에 고준위방사성폐기물 관리에 관한 연구에 관한 전체적인 평가보고서를 국회에 제출한다. 이 때에 고준위폐기물 처분장 설치에 관한 법안도 함께 제출한다. 둘째, 이들 보고서는 국회의위원, 전문가 등으로 구성된 평가위원회에서 심의한다.

또한 지역개발책으로 정부는 법안 제출시에 지하연구시설의 설치 운영으로 10억프랑의 투자와 약 150명의 고용에 의해 지역개발이 이루어지지만 이밖에도 매년 현장마다 2,000만프랑의 보조금을 낸다는

것을 명시하고 있다. 그 용도에 대해서는 현재의 州, 市, 邑, 面 관련 기관과 ANDRA(방사성폐기물관리청)로 구성된 위원회에서 심의해 도로, 학교, 야영장 등 지역개발을 위해 사용된다. 예산의 70%는 主垂直坑으로부터 5킬로미터 범위 내의 주변 시, 읍, 면에, 나머지 30%는 州 또는 지역 수준의 환경개선 등 광역적인 프로젝트에 사용된다.

일본에서도 지역연구시설을 추진하기 위해 위와 같은 프랑스의 추진방법을 참고로 하는 동시에 지하연구시설을 최종처분장과 분리해 지역개발책에 대해 충분히 검토한 다음 추진해야 할 것으로 본다.

群分離 · 變換處理

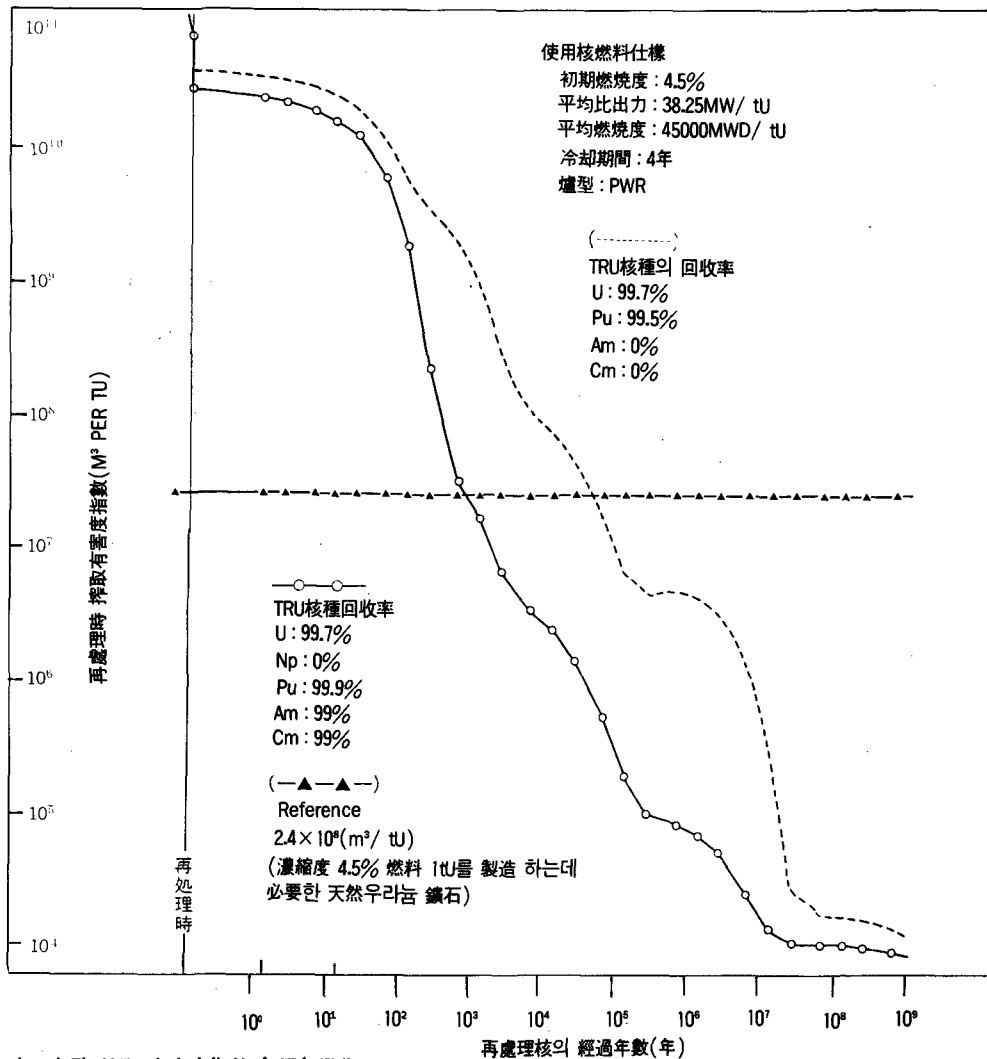
고준위폐기물 중에 함유된 수명이 긴 방사성물질 특히 超우라늄원소를 분리해 이것을 수명이 짧은 방사성물질로 변환시킨다고 하는 이른바 群分離 · 變換處理방법이 있다. 고준위폐기물은 그 방사능의 독성이 그것을 발생시킨 경수로연료를 만드는 데 소요된 우라늄광석 정도까지 되려면 1만년 이상 걸리는 데 비해 만약 群분리 · 變換처리가 가능하다면 몇백년 정도로 단축돼 지층처분이 용이해지므로 일반국민들의 이해를 구하는 데는 바람직하다고 생각된다.

그러나 고준위폐기물로부터 超우라늄원소인 넵투늄, 플루토늄, 아메리슘 등을 實규모 공장에서 고효율(예컨대 99.9%)로 회수한다는 것은 현단계에서는 매우 곤란하고, 설사

플루토늄을 99.9%, 다른 超우라늄원소를 99% 회수했다 하더라도 <그림 7>에서 보는 바와 같이 방사능감쇠에 소요되는 기간이 1,000년 정도가 된다.

특히 플루토늄은 재처리공장에서 99.5% 분리한 다음의 0.5% 남은 폐액 중의 플루토늄을 또다시 80% 이상의 효율로 實규모로 분리한다는 것은 현단계에서는 어렵다. 여기에다 群분리를 위한 화학처리과정이 추가되므로 超우라늄원소를 포함한 폐기물의 발생량도 증가한다. 또 群분리에 의해 회수된 수명이 긴 방사성물질은 고속증식로는 粒子加速器에서 변환처리하게 되는데 1회(몇년) 처리로 20~30% 밖에 변환처리할 수 없기 때문에 照射(변환처리), 재처리, 群분리, 연료가공을 몇번 반복해야 하므로 超우라늄원소를 포함한 폐기물의 발생량이 상당히 증가한다는 문제가 있다. 여기에다 고속증식로가 언제 경수로 만큼 경제적으로 되는지 또는 입자가속기의 경우 그 에너지효율은 어떤지, 경제적으로 실현가능한지 등의 문제도 있다. 또 고속증식로용 연료로서 超우라늄원소를 섞으면 연료가공이 어려워져 가공비 증가가 예상된다.

한편 처분장 설계는 유리고화체로부터의 발열 때문에 유리고화체 및 그 주변의 온도상승폭을 일정치 이하로 억제함으로써 결정되기 때문에 발열이 거의 없는 超우라늄원소를 분리했다고 해서 최종처분장의 필요성에는 변함이 없고 게다가 처분장의 용적도 그다지 변하지 않



〈그림 7〉 採取 有害度指數의 經年變化

는다. 또한 超우라늄원소는 지하수에 잘 녹지 않고 또 녹아 나온 것도 벤도나이트나 주변의 암반에 흡착되는 등 지하수 움직임에 비해 훨씬 늦고 처분장 로방에 머물러 인간환경에의 영향은 없다고 할 수 있다. 이보다는 오히려 투과성이 높은 핵분열 생성물인 테크네튬

-99나 세슘-135의 영향이 크지만 이것도 자연방사선에 의한 영향에 비해서는 무시할 수 있을 정도로 평가되고 있다.

따라서 群분리·변환처리에 대해서는 현단계에서는 기술적으로나 경제적으로 성립되지 않는다고 생각돼 앞으로 고속증식로가 실용화

된 이후에 실용화될지도 모르는 신기술이라고 보아야 할 것이며 가까운 장래에 실용화될 수 있을 것이라는 기대하에 최종처분계획 작성시의 전제조건으로 고려한다는 것은 타당치 못한 것으로 생각된다. OECD 원자력기관의 전문가 회합에서도 群분리·변환처리기술은 이

미 확립 또는 계획돼 있는 폐기물 정책의 단기적인 대체기술이 아니고 장래 세대에 이익을 가져다 줄 가능성이 있는 장기적인 기초연구 개발과제로 여겨지고 있다.

30~50년 후에는 群분리·변환 처리가 實규모로 기술적으로 가능해질 것으로 생각되나 이런 경우에도 이상과 같은 점을 감안해 경제적 평가를 할 필요가 있다고 생각된다.

1. 재처리비, 연료가공비, 수송비 등이 상당히 높아지고 있는데 이런 상황에서 전환처리를 적정 수준에 유지할 수 있을까.

2. 超우라늄원소 분리를 해도 발열량이 그다지 줄지 않기 때문에 처분장의 용적은 거의 변하지 않는다. 한편 群분리·변환처리를 위한 화학처리에서 超우라늄원소를 포함한 폐기물이 늘어 그 처분도 필요하므로 처분비 증가는 피할수없다.

3. 앞서 말한 바와 같이 인간환경에의 영향은 群분리·변환처리를 해도 거의 변하지 않는다.

4. 超우라늄원소를 분리, 변환처리하기 위해 종사자가 받는 총피폭 선량이 늘어난다.

관리기간과 감시기간

고준위폐기물을 처분장에 반입하고 나서 처분장을 폐쇄할 때까지의 기간에 대해서는 다음과 같은 두가지 방법이 있다.

1. 고준위폐기물을 지하 깊이 있는 암반의 처분공에 매설 후 상당 기간 수직갱과 처분갱을 메우지 않

고 관리상태에 두어 이 기간 중에 안전상의 문제가 없는지 감시하고 문제가 있을 때는 회수할 수 있는 상태로 둔다.

2. 고준위폐기물 매설을 시작하고 나서 온도계, 변형계, 재료 시험편 등으로 감시를 하고 고준위폐기물의 최초 반입부터 최후 반입까지의 기간이 몇십년되므로 이 사이에 예측한 대로라는 것을 확인한 다음 빨리 처분장을 메운다.

고준위폐기물의 지층처분은 저준위폐기물의 淺地層처분과는 그 방법이 근본적으로 달라 몇백미터 되는 깊은 지층에 인공장벽과 천연장벽을 몇겹으로 짜맞춰 매설하여 장기간에 걸쳐 인간환경으로부터 격리해 그 안전성을 확인한 다음 처분장을 폐쇄하기 때문에 처분후 장기간에 걸쳐 계속적으로 관리할 필요는 없다.

즉 몇십년간의 반입기간에 걸쳐 안정성 확인을 한 다음 처분장을 폐쇄하게 된다. 이 때 반입한 폐기물을 매설한 다음 즉시 처분갱도 포함해 다시 메우고 온도, 변형 등을 계측기를 통해 간접적으로 측정해서 설계대로 안전성이 확보돼 있는지를 확인해야 한다. 그 이유는 처분갱을 다시 메우지 않으면 유리 고화체와 주변의 온도상승 및 변형이 다시 메우지 않는 경우와 차이가 나 안전확인이 되지 않고 다시 메우지 않으면 지하수를 항상 퍼올리게 되므로 암반의 지하수 물줄기가 커지든가 변형을 일으키며 또 환기에 의해 매설장소 근처 지하수의 산소함유량이 증가한다는 것도

생각할 수 있다. 또 반입 후 처분장을 폐쇄하지 않으면 고준위폐기물이 인간환경으로부터 완전 영구히 격리된 상태가 되지 않고 처분갱도 특히 堆積岩系의 경우 岩壓에 의한 변형이 일어날 것으로 생각된다. 따라서 대부분의 나라에서는 반입 기간 중에 안전을 확인하고 모든 폐기물을 반입하고 나서 몇년 후에 다시 메우는 방식을 고려 중이다.

그러나 폐쇄 후에도 처분장 주변에 몇개의 깊은 우물을 파 예를 들어 10년마다 지하수 중에 방사능 레벨을 감시하는 것이 국민의 이해와 신뢰에 부응하기 위해 바람직하다.

인간환경으로부터의 격리를 필요로 하는 기간을 1,000년으로 할 것인가 1만년으로 할 것인가 하는 문제는 일반국민들이 이를 받아들일 것인지 아닌지 하는 관점에서 본다면 대차가 없는 것이 아닌가 생각된다. 이보다는 오히려 고준위폐기물의 심지층처분에 의해 장기간에 걸쳐 폐기물을 인간환경으로부터 격리했기 때문에 인간환경에의 영향이 전혀 없다는 데 대해 일반국민들의 이해를 구하는 것이 중요하다고 생각된다.

PA(Public Acceptance)활동

심지층처분을 연구, 개발하고 있는 전문가들은 일본에서도 고준위폐기물 처분장으로 1만년 동안 안정한 암반을 선택한다는 것은 충분히 가능하며 천연장벽으로서의 지하 몇백미터의 깊은 곳의 암반, 지

하수 상황 등의 지질환경에 맞는 적절한 인공장벽을 설계하면 고준위 폐기물을 장기간에 걸쳐 인간환경으로부터 확실하게 관리할 수 있다고 확신하고 있다.

또 앞으로 영원히 독성이 감쇠하지 않는 화학유해물질이 淺地層 처분되고 있는 데도 그다지 문제가 되지 않고 있는 데 반해 고준위폐기물의 경우는 방사능이 시간과 함께 감쇠해 심지층의 안정된 암반에 인공장벽과 천연장벽에 의해 몇겹으로 폐쇄됨으로써 인간환경에 대한 위험성은 무시할 정도라고 생각되고 있음에도 불구하고 왜 일반국민들의 이해를 구하기 어려운 것인지 의문이다.

일반국민들에게는 고준위폐기물이 산업폐기물로 나쁜 인상을 주는 데다 방사능이 매우 높고 장기간 위험시되고 있어 이같은 물건이 가까운 곳에 처분된다는 불안이 있다. 일반국민들은 최종처분의 안전성에 대한 이해가 부족하고 설령 다소 이해했다고 해도 NIMBY (Not In My BackYard) 증후군 즉 자기가 살고 있는 근처는 지하 몇 백미터 되는 곳이라도 감각적으로 불안을 느끼기 때문인 것으로 생각된다.

최종처분이 인간환경으로부터 확실히 격리돼 안전이 확보된다는 데 대해 일반국민들의 이해를 구하기 위해서는 지질의 안정성, 지하수 상황, 방사성물질의 인공장벽 및 천연장벽 내에서의 움직임 등에 관해 구체적인 수치가 가미된 알기 쉬운 설명이 필요하지만 소재가 전

문적이기 때문에 각국에서도 일반국민들에게 배포되고 있는 팜플릿은 일반국민들에게는 어렵고 학자, 경험자 같은 여론지도자들에게는 부족한 점이 있어 반드시 충분한 이해가 구해지는 것은 아니어서 PA가 잘 되고 있다고는 볼 수 없다.

따라서 일본에서는 지하연구시설에서 수집한 데이터와 그외의 연구개발성과에 따라 고준위폐기물의 심지층처분이 장기간에 걸쳐 인간환경으로부터 격리시킬 수 있는 안전한 방법인지에 관해 안전평가를 하고 국내외의 권위있는 전문가로 구성된 안전평가위원회의 평가를 받고 그 결과에 따라 지질의 안정성, 방사성물질의 이동 가능성과 인간환경으로부터 격리능력 등에 관해 구체적인 수치가 들어 있는 알기 쉽게 설명한 팜플릿 또는 비디오를 각 계층별로 작성, 널리 일반국민들의 이해를 구하는 활동을 벌이는 것이 PA면에서 절대 필요하다고 본다.

이와 함께 지하연구시설을 견학시키는 등 일반국민들의 이해를 높여갈 필요가 있다. 또 지하연구시설은 그 건설을 통해 또 그 완성후에는 지질환경에 관한 각종 데이터를 수집해 처분장을 선정할 때의 참고로 하기 위한 것으로 처분장과는 직접 연결되는 것이 아니라는 것이 일반국민들에게는 명확히 이해되지 않고 있기 때문에 지하연구시설이 바로 최종처분장이 된다고 하는 오해가 생겨 반대하는 사람이 많은 것같이 보인다. 때문에 이 점

에 대해서도 이해를 구하기 위한 활동이 필요하다고 생각된다. 또 지하연구시설은 다른 원자력시설과는 달리 투자액 및 현지고용도 비교적 적기 때문에 지역개발 등에 관해서도 검토해야 할 것으로 생각된다.

안전평가

앞에서도 말했듯이 고준위폐기물의 심지층처분이 장기간에 걸쳐 인간환경으로부터 격리시킬 수 있어 다음 세대의 일반대중에 대한 방사선평폭선량이 용인되는 수준을 충분히 밑돌고 있다는 것을 안전평가에 의해 확인하고, 그 결과에 대해 국내외의 권위있는 전문가들로 구성된 안전평가위원회의 평가를 받은 다음 일반국민들의 이해와 신뢰를 구할 필요가 있다.

최종처분장의 입지를 가능하게 하기 위해서는 그 전단계로 일본에서도 지층을 적절하게 선택하면 고준위폐기물의 최종처분에 의해 장기간에 걸친 인간환경에의 영향을 무시할 수 있다는 것을 후보지나 지층을 특별히 지정하지 않고 일반적인 안전평가에 의해 제시할 필요가 있다.

이를 위해서는 복수 개소의 심지층 시험을 통해 얻은 데이터와 심지층지하수에 의한 인공장벽의 내구성이나 방사성물질의 인공장벽이나 천연장벽에서의 擧動에 관한 실험결과를 이용해 안전평가를 할 필요가 있다.

이같은 장기간의 안전평가에서는

불확실성이 수반되는 것을 피할 수 없다. 따라서 안전평가를 할 때에는 조심스러운 전제 하에 용인할 수 있는 방사능 레벨을 충분히 밀고 있다는 것을 확인할 필요가 있다.

다음에 안전평가에 검토하지 않으면 안될 사항에 대해 개인적인 의견을 밝혀 관계자들의 평가를 구하고자 한다.

방사선 방어목표와 선량평가

방사선방어 목표로서는 ICRP(국제방사선방어위원회)에서 정한 일반 대중에 대한 1 밀리시버트 또는 1 밀리시버트 이하에 비해 충분히 낮다는 것을 확인하면 된다는 의견이 있다.

또 자연방사선의 지역 변동폭이 더군다나 처분되는 고준위폐기물을 발생시킬 경우로 연료를 만들어 내는데 필요한 천연우라늄광석이 가져오는 방사능의 독성 이하로 해야 한다는 의견도 나와 있다.

ICRP에서는 저선량의 방사선의 인체에의 영향에 대해서 현단계에서는 충분히 알고 있지 않기 때문에 저선량에서도 직線性이 성립할 것이라는 가정하에 선량한도가 정해져 있고, 암에 대한 한계치가 있을 것이라는 호메시스(Hormesis) 현상이 있다는 등의 말도 나오고 있지만 앞으로 50~100년 후에는 ICRP의 선량한도도 오히려 상향조정될 가능성이 있다. 그러나 ICRP는 현재 살고 있는 개인의 리스크(Risk)와 같은 기준에 따라 제한해야 한다고 권고하고 있으므로,

일반국민들의 이해를 구하기 위해서는 현단계에서는 심지층처분으로 인한 방사선평폭선량 ICRP의 1 년 선량한도 또는 規制除外선량과 자연방사선의 지역변동폭 등의 複數레벨보다 충분히 밀고 있다는 것을 확인하는 방법이 타당하다고 생각하고 있다.

또 일본에서는 淺地中처분에서의 規制除外선량으로 0.01 밀리시버트를 채택하고 있는데 이는 淺地中처분장은 관리기간 만료 후(약 300년) 인간이 접근할 가능성이 많은 데 비해 고준위폐기물의 심지층처분장은 장기간에 걸쳐 인간환경으로부터 격리된다는 생각에 따른 것이다. 그러나 인간이 접근할 가능성이 극히 희박하기 때문에 이 수치를 채택할 필요는 없을 것 같다.

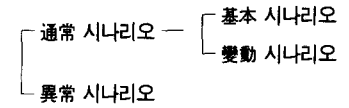
確率事象의 취급

안전평가에서는 유리고화체로부터 방사성핵종의 방출을 일으키는 事象, 이에 따른 방사성핵종의 인공장벽 및 천연장벽 내에서의 이행과 인간환경에의 방출량의 평가 및 선량평가에 의해 주변주민의 1 년 선량을 구하고 건강영향의 리스크를 구한다. 이같은 事象(確率事象)의 발생확률과 이에 따른 건강영향 리스크의 積, 즉 確率論的 리스크를 구하는 방법을 채택하고 있는 나라도 있다.

그러나 1~10만년이란 장기간에 걸친 確率事象, 예를 들어 지반의 융기, 지각변동, 기상변동에 따른 지하수의 변화, 처분장에서의 인간의 침입 등 事象의 확률을 정확히 추

정한다는 것은 매우 어렵다.

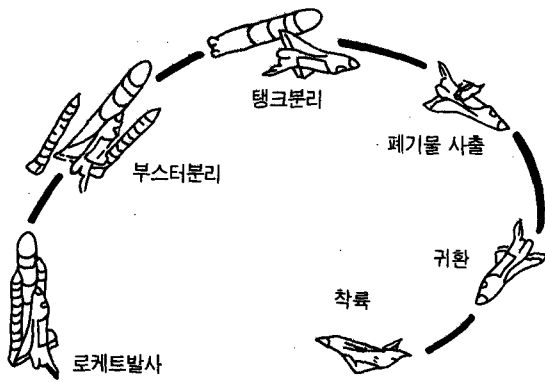
따라서 위와 같은 확률론적 리스크 평가에 의하지 않고 그림과



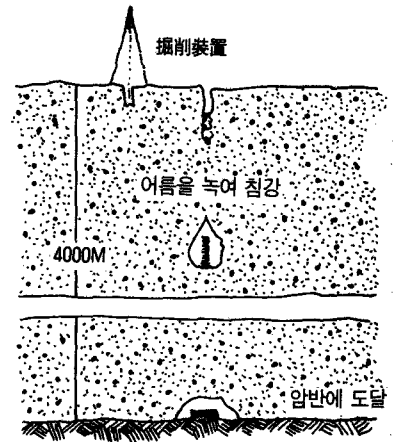
같이 분류법을 따르는 것이 실제적이라고 보며 통상 시나리오 중에서 처분 후 장기간이 경과한 후에 유리고화체 용기가 지하수에 의해 부식, 지하수중에 조금씩 녹아 나온 방사성핵종이 인공장벽과 천연장벽을 통과해 장기간에 걸쳐 인간환경으로 방출돼 인체에 섭취되는 일련의 과정이 정상이고, 현재의 지질, 지하수 등의 자연환경과 생활양식이 그대로 계속되는 경우를 기본 시나리오로 하고, 예를 들어 오버팩의 일부 파손, 완충재의 일부 재매립의 불량, 완만한 지층변동에 따른 지하수의 변화 등을 변동 시나리오로 평가한다.

이에 대해 화산 폭발, 급격한 지각변동, 隕石 낙하, 인간 침입 등을 이상 시나리오로 평가한다. 무수히 생각할 수 있는 異常事象을 빠짐없이 집어내 그 중에서 그 발생확률과 이에 따른 인간에의 영향의 크기를 각 분야의 권위있는 전문가의 판단에 따라 리스크가 큰 것을 몇 개 선정해 이에 대해 상세한 決定論的 안전평가를 하는 쪽이 좋다고 본다.

예를 들어 인간의 침입에 대해서는 처분장을 광물자원이 없는 곳을 선택하고 지상의 부지를 국유지로서 해서 광업권 설정을 금지하는 등의 조치를 취하면 처분 후 1,000년 정



〈그림 8〉 우주처분의 개념



〈그림 9〉 永床處分の 개념

도의 기간 중에는 인간이 지하 몇 백미터 되는 처분장에 접근하는 일은 우선 없다고 생각된다. 그 후에 처분장에 접근하는 일이 있다고 해도 그 확률이 낮고 또 설령 사람이 처분장에 침입했다 해도 방사선 레벨이 상당히 저하돼 있어 외부피폭의 염려는 없다.

또 지하 몇백미터 되는 곳에서는 작업원이 지하수를 음료수로 섭취하는 일도 없을 것으로 보인다. 또 TRU(超우라늄) 핵종의 방사성붕괴로 발생되는 라돈(Radon)을 흡입하는 경우를 생각하더라도 라돈의 농도가 우라늄 광산 이하이고 체재기간이 짧다는 점을 감안하면 무시할 수 있다.

평가기간

안전평가의 평가기간은 고준위폐기물의 방사능이 시간과 함께 낮아 지지만 인간환경에 상당한 영향을 준다고 생각되는 기간까지 적용해야 한다고 본다. 그러나 앞서 말한 바와 같이 고준위폐기물의 방사능

은 1만년이 지나면 천연우라늄광석이 가져오는 방사능의 독성 정도가 되고 1만년을 넘는 기간에는 인간의 생활양식과 식생활의 변화도 예상돼 인간환경에 대한 영향평가가 불확실해진다. 또 지층의 안정성도 1만년 쯤 되면 비교적 넓은 범위에서 안정된 지층을 선정할 수 있지만 10만년 쯤 되면 지역을 특별히 선정하면 안정하다고 볼 수 있지만 안정하다는 것을 증명하기는 어렵다. 또 1~10만년 사이에는 병하 등 기상변화에 따라 인류의 세계적 규모의 이동이나 지하수위 변동도 예상할 수 있지만 이것을 정확히 예측한다는 것은 어렵다. 1만년 이상 안정한 지층의 지질을 선택한다는 것을 전제로 평가기간 1만년의 통상 시나리오에 따라 평가하고 이것을 넘는 기간에 대해서는 이상 시나리오로서 지각변동, 지하수 환경변화 등이 예상되는 가장 심한 경우를 異常事象으로 들어내 이에 대한 안전평가를 해야 할 것으로 생각된다.

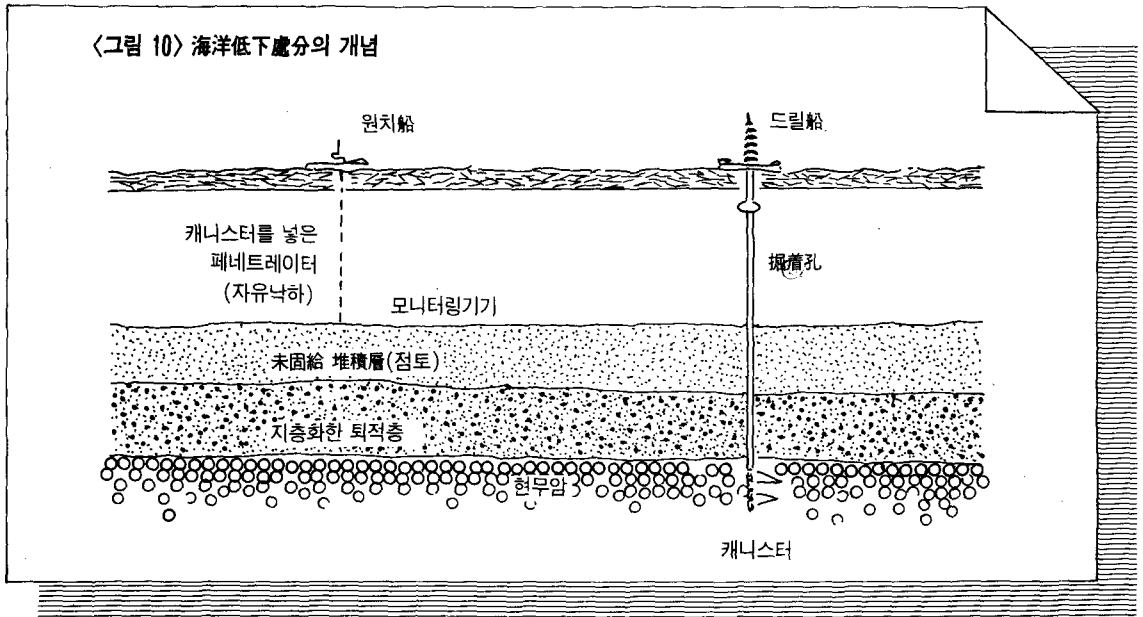
심지층처분을 선택하기에 이른 경위

현재 각국이 모두 고준위폐기물 처분방법으로 심지층처분을 채택하는 것으로 돼 있지만 1950년대부터 이밖에도 많은 방법이 제안되 검토되고 있다. 여기서 그 가운데 주요한 것에 대해 설명하기로 한다.

宇宙處分

고준위폐기물을 로켓트에 탑재해 우주 공간에 처분하는 것으로 처분장소로는 太陽系内の 궤도, 태양으로의 발사, 太陽系外가 제안되고 있다.〈그림 8〉 문제점으로는 宇宙條約에 구속될 가능성이 많고 또 로켓 발사에 실패하는 경우 고준위폐기물이 지구상에 광범위하게 살포될 가능성이 있다는 것이다. 또 경제적으로도 상당히 비싸게 먹히는 것이 아니냐는 것도 예상할 수 있다.

〈그림 10〉 海洋低下處分の 개념



氷床處分

남극대륙 같은 두꺼운 氷原에 〈그림 9〉와 같이 氷床 표면으로부터 직경 1미터 정도의 수직갱을 파고 그 구멍에 고준위폐기물의 캐니스터(Canister)를 넣어 두면 방사성 물질의 붕괴열로 주위의 얼음을 녹이면서 내려가 氷床 아래의 암반 윗면에 도달한다. 캐니스터가 내려간 흔적은 다시 얼음으로 메워진다.

암반 윗면에 도달한 캐니스터는 얼음의 이동이 없는 암반 윗면의 분지에 있게 되며 분지 속에 머문 채 남극의 低緯度 지대로 이동해 얼음이 없어질 때까지 적어도 몇백 만년 이상 고정돼 있을 것으로 생각된다. 문제점으로는 남극이 남극 조약에 의해 방사성폐기물 처분이 금지되고 있다는 것과 다른 대륙에

비해 이용이 진전돼 있지 않아 처분환경에 관한 정보가 부족해 현단계에서 처분의 안전성을 확보할 수 있을 지를 확인할 수 없다는 것을 들 수 있다.

海洋低下處分

〈그림 10〉과 같이 海底 밑의 안정한 未固給 堆積層 속에 캐니스터를 넣은 페네트레이터(Penetrator)를 자유낙하시켜 잠입시키는 방법과 그 아래의 基盤岩을 파서 그 속에 캐니스터를 처분하는 방법이 거론되고 있다.

이같은 海底 밑의 堆積層은 지하수의 움직임이 거의 없기 때문에 지하수에 의한 영향을 무시할 수 있을 것으로 보인다. 그러나 문제점은 公海의 해저 밑에 처분하는 것으로 이를 위해서는 국제적인 합의가 필요하다는 것이다. 런던 海

洋投棄規制條約에 의해 고준위폐기물의 해양투기가 금지되고 있지만 해저 밑의 처분이 조약에서 말하는 해양투기에 해당하는지 여부에 대해서는 국제적으로 의견이 엇갈리고 있고 또 조약에서 인정하고 있는 저준위 방사성폐기물의 해양투기조차도 국제적으로 의견이 대립되어 사실상 중지되고 있는 것을 감안하면 이것의 조속한 실현은 어려울 것으로 보인다.

이들 안 이외에도 많은 제안이 나와 있지만 결국 심지층처분이 방사성폐기물을 인간환경으로부터 격리시킨다는 관점에서 훌륭한 방법이고 현재의 기술수준으로 충분히 실현 가능하며 또 경제적인 전망도 있다는 등의 이유로 각국이 모두가 처리방법을 채택한다는 전제하에 연구개발을 추진하고 있는 실정이다. (日本 原子力工業 6月號)