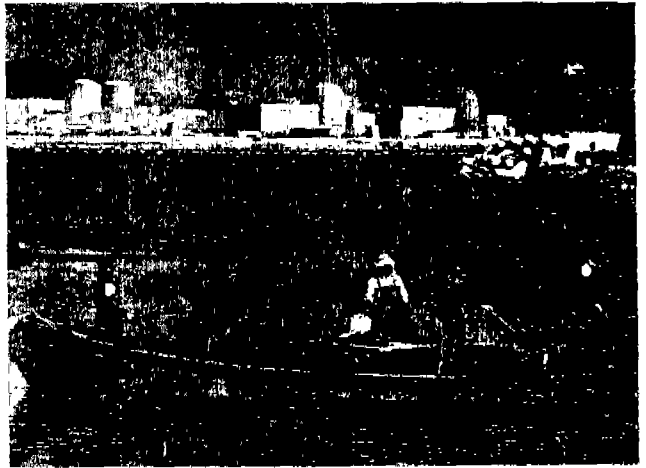


원자력발전의 필요성과 안전성 (하)



Necessity and Safety of Nuclear Power Generation

한국전력공사 원자력안전실 제공

2. 원자력발전의 안전성

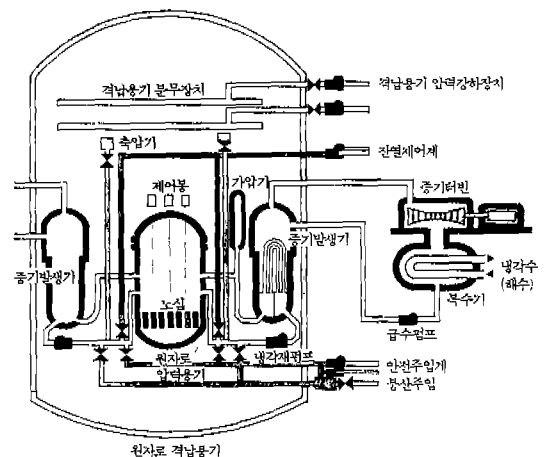
지금까지 원자력의 필요성에 대해서 살펴보았다. 그러나 원자력발전은 안전성에 문제가 있다고 생각하는 사람이 많이 있다. 원자력의 안전성에 관하여 과거에는 원자력이 절대 안전하다고 일부 말한 적이 있을지 모르겠지만, 이 세상에 절대 안전한 산업설비는 없다.

그렇다고 해서 원자력이 위험하다는 것은 아니며, 원자력발전을 안전하게 하기 위해서 많은 요소들이 하나하나 연계되어 종합적으로 완벽을 기하고 있다. 원자력발전의 많은 요소들 중에서 가장 중요한 것은 부지 선정, 설계/엔지니어링, 건설 및 운전/보수라고 할 수 있다.

부지선정에 대하여 중요한 사항은 첫째가 지진이다. 원자력발전소 부지는 지진이 적은 곳을 택하여야 하는데 이를 위하여 지질조사를 하여야 한다. 우리나라는 지진이 비교적 없는데도 중력의 약 20~30% 크기의 지진(리히터 지진계로 6도 이상의 강진으로 목조건물, 굴뚝 등이

무너짐)이 일어나도 발전소가 안전하게끔 설계하고 있다.

두번째가 지반이다. 발전소는 무거운 기자재와 구조물로 구성되어 있기 때문에 지반이 약하면 가라앉게 되므로 지반선정에도 세심한 주의를 기울여야 한다. 대개 30Ton/m²의 부하가 걸



〈그림 2〉 원자로 안전설비

려도 지반이 가라앉지 않는 지내력을 갖고 있는 부지를 선택하여야 한다.

세번째는 방사능 확산과 밀접한 관계가 있는 기상조건이다. 따라서 부지 선정 전에 오랫동안 조사 분석하여 설계에 반영하여야 한다. 역전현상 또는 대기확산이 잘 안되는 지역의 경우에는 방사선 누출사고가 있을시 인명에 해로운 영향을 줄 수 있기 때문에 기상조건도 부지선정을 하는데 중요한 요소이다. 그 밖에 지하수 또는 단층 문제 등이 부지선정 요소이다.

일단 안전한 부지가 선정되면 설계와 엔지니어링을 하게 되는데, 설계와 엔지니어링을 하는데 있어서 가장 중요한 원칙은 다중 방호개념을 따른다는 것이다. 다중방호라 함은 세가지로 해석할 수 있다. 첫째로 발전소에 이상상태가 발생하지 않도록 설계한다는 것이며, 둘째는 만약의 경우 이상상태가 발생해도 이를 억제하는 방향으로 발전소가 운전되도록 설계되어야 한다.

그러나 이상상태가 억제되지 못하고 사고로 진전된다면 그 영향이 최소화 될 수 있도록 설계하여야 된다는 것이다. 이는 마치 우리 개개

인의 건강관리에 대한 인식과 유사하다고 보겠다.

최선의 건강관리란 첫째 병이 나지 않도록 주의하는 것이고, 둘째는 발병이 될 경우 초기진단에 힘써야 되며, 끝으로 부득이 한 경우에는 병원에 입원하여 종합적으로 처방을 함으로써 치명적인 악화를 방지하는 것이라 하겠다.

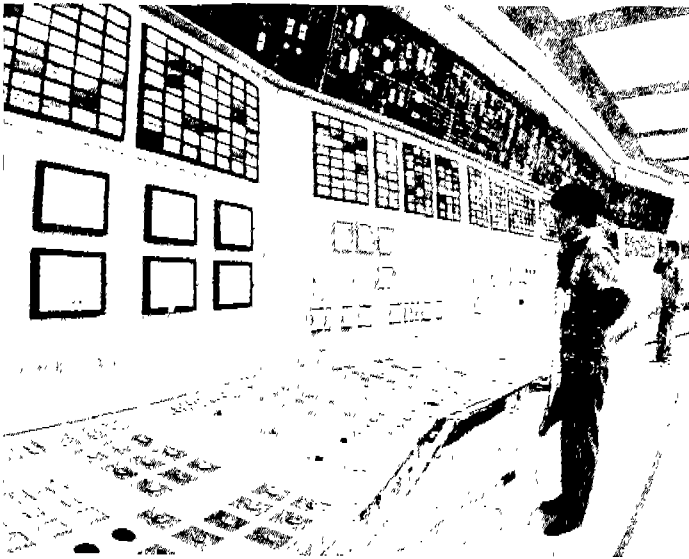
또한 발전소에서 매우 중요한 안전설비를 설계할 때에는 세 가지를 염두에 두고 설계하여야 한다. 그 하나는 다중성이다. 다중성이란 어떤 계통이나 기기를 막론하고 반드시 여유있는 용량으로 설계하라는 뜻이다.

어떤 계통이나 기기의 용량이 100%만 가지고는 안되며, 100% 짜리 2개 또는 50%짜리를 3개로 한다든지 하여 항상 여유있게 예비설비를 두어야 한다는 개념이다. 다음은 이와 같은 설비들이 서로 다원화되게끔 설계하라는 것이다. 다원화라고 하는 것은 그 설비를 동작하는 동력원(Power Source)을 하나로 하지 않고 여러가지로 하라는 것이다. 예를 들면 어떤 안전계통의 펌프 하나는 전기로 동작시키고, 또 다른 하나는 증기의 힘으로 동작시키는 등 그 동력원을 별개로 설계하여야 한다는 것이다.

그 다음은 이와같은 설비나 계통들이 뭉쳐 있지 않고 서로 독립적으로 분리되게끔 설계하는 것이다. 그렇게 하여야만 어느 한쪽에 이상이 있어도 다른 한쪽은 건전하게 남는다는 개념이다. 원자력발전소의 안전계통은 이러한 다중방호 개념을 염두에 두고 설계하게 되는 것이다.

부지선정과 설계 및 엔지니어링이 끝나면 건설을 하게 되는데, 건설 과정에 가장 중요한 것은 철저한 품질관리이다. 기자재의 구매에서부터 건설업체에 이르기까지 모든 것은 통합품질관리(Total Quality Control)개념에 의해서 건설하게 된다.

적정한 발전소 부지 위에 안전한 설계와 엔지니어링에 의하여 완벽한 건설이 되었다 하여도 발전소를 운영하는 운전원이나 보수원이 잘못하게 되면 발전소는 안전하지 못할 수도 있다.



중앙 제어실 전경

- 원자력발전소 종사원은 가족과 우리모두의 안전을 위하여 최선을 다하고 있습니다.

그러므로 발전소 운전 및 보수는 가장 중요한 요소로서 취급되며 그중에서도 안전운전을 위한 토탈시스템(Total System)이 더욱 중요하다.

토탈시스템이라 함은 인간과 기계를 혼합하여 종합적으로 평가하는 안전 개념을 의미한다. 아무리 기계가 완벽하더라도 사람이 잘못하면 안전할 수 없다는 개념이다.

심리학자들은 사람의 행위 중에서 네가지 중요한 사항을 발견하고 있는데 하나는 꼭 하여야 할 일을 하는 경우, 또 하나는 하여서는 아니되는 일을 하는 경우, 다음은 해야 할 일을 하지 않는 경우와 마지막으로 하지 말아야 할 일을 하지 않는 경우이다.

처음과 마지막의 경우는 좋은 행위이다. 두번째와 세번째의 경우가 나쁜 경우인데 언뜻 보기에는 동등하다고 생각할 수 있으나 운영 및 보수측면에서는 현저히 다르다.

우리가 자동차를 운전하고 가다가 앞에 장애물이 나타나면 브레이크를 밟아 자동차를 정지시켜야 한다. 그런데 만일 브레이크 밟는 것을 잊어 버렸다면 앞의 장애물과 충돌하겠지만 그 영향은 해서는 안될 일을 하는 경우의 영향에 비해서는 극히 작다.

브레이크를 밟지 않았을 경우는 타성에 의한 충돌이지만, 해서는 안될 일을 하게 되면, 즉 악세레이터를 밟는 경우 가속이 붙어 그 피해는 치명적이 될 수 있다.

그래서 원자력발전소에는 이에 대한 안전장치로 어떤 기기 혹은 계통이 고장을 일으키는 경우 발전소에 대하여는 안전한 방향으로 모든 것이 진행되도록 되어 있으며(Fail to Safe 개념), 기기 또는 계통이 비안전상태로 진행되지 못하도록 하는 연동장치가 고안 설치되어 있다.

그러나 우리는 발전소 운영에 있어서 가장 신경을 쓰고 관심을 쏟는 것이 인적요인(Human Factor)이다. 원자력에서는 사람과 기계에 있어서 이 기계를 다루는 사람의 심리에 대하여 많은 연구를 하고 있다.

시뮬레이터(모의제어 훈련실)를 도입하고 훈

련을 강화하는 등 기술교육을 철저히 하는 것만으로는 부족하다. 정신교육이 필요하다. 올바른 정신상태하에서만 발전소의 안전성이 확실하게 보장되기 때문이다. 올바른 가치관과 윤리관이 확립된 품성, 성실한 직무 태도 등이 거듭된 기술교육과 함께 인적 수행능력(Human Performance)을 향상시키고, 토탈 시스템의 안전성 확보를 위한 지름길이라고 하겠다.

발전소가 고장이 나서 정지한 다음에야 이를 수리 및 보수하는 것은 안전성 및 경제성 측면에서 좋지 않다.

따라서 발전소 보수는 예방보수를 철저히 하여야 한다. 예방보수를 철저히 하기 위하여는 기자재를 적시에 도입해서 재고관리를 잘 하여야 되고, 기기의 성능관리를 위한 전산 프로그램도 잘 유지하여야 한다.

3. 결 론

결론적으로 원자력발전소는 절대 안전한가? 사람이 만든 산업설비가 절대 안전하다고만 할 수는 없다. 원자력발전소는 다른 산업설비에 비하여 상대적으로 안전하다고 볼 수 있다.

그러나 같은 유럽에서도 스웨덴이나 이탈리아 같은 나라는 원자력이 위험하다고 하여 국민적 합의(Public Acceptance)가 되지 못하고 있는 반면 프랑스는 열심히 원자력을 개발하여 에너지 문제를 잘 해결하여 나아가고 있다.

또한 최근에 영국은 자국에서 개발한 가스 냉각원자로가 좋지 않다고 해서 가압경수로로 바꾸어 가면서까지 원자력을 통한 에너지 문제 해결을 노력하고 있다. 손바닥만한 유럽내에서도 어떤 나라는 원자력에 대한 PA가 잘되고 있는가 하면 어떤 나라는 잘되지 못하고 있다.

우리가 처하여 있는 환경, 즉 우리나라의 부족한 에너지 자원과 어느 나라보다도 더 빨리 경제사회가 개발되어야 한다는 당위성, 화석연료에 의한 환경공해 및 대체 에너지의 경제성을 고려해 볼 때 우리나라가 취할 수 있는 것은 원

자력의 선택밖에 없다.

우리는 원자력발전에 영향을 미치는 요소, 즉 부지선정, 설계와 엔지니어링, 기자재 선정 및 건설, 운전과 보수분야에서 단계별로 또는 상호 연계하여서 완벽하게 처리된 원자력발전소가 안전하고 우리에게 반드시 필요한 산업설비라는 것을 국민에게 인식시켜 원자력발전에 대한 국민적 합의가 이루어질 수 있도록 노력하여야겠다.

4. 질의 응답

질문 1. 원자력발전소의 수명은 어느 정도이며, 방사성 폐기물처리 및 원전 폐기에 소요되는 비용을 고려할 때 경제성이 있습니까?

답변: 우리나라 원자력발전소 수명은 현재 40년으로 설계되어 있으나, 교체부품 수준향상 및 보수기술향상 등으로 수명의 연장이 가능합니다.

수명이 종료된 폐지원자로의 처리방법에 대하여 국제원자력기구(IAEA)는 밀폐관리, 차폐격리, 해체철거의 세가지 방법을 제시하였습니다.

국제 원자력 기구가 제안한 원전 사후처리 방법에 대하여 각국에서는 안전성, 경제성, 방사성 폐기물 관리등의 관점에서 꾸준한 검토를 한 결과 해체철거방법이 가장 합리적인 것으로 결론을 내렸으며 한전에서는 해외기술개발 동향을 파악하는 한편, 발전소 해체철거를 기준으로 매년 일정액의 기금을 원전 해체 비용(원자력 발전원가에 포함됨)으로 적립하고 있습니다.

참고로 미국의 Shipping Port 원자력 발전소(용량 7만2천kW, 1958년 가동)의 해체작업비용은 약 1억불(약 700억원) 정도로 예상됩니다. 국내의 100만 kW급 원전 건설비는 약 15억불(약 1조원)이고 해체비용은 건설비의 약 10%를 예상하고 있으며, 이 해체비용을 포함해도 원자력 발전소는 경제성이 우수합니다.

질문 2. 고리 원전 쓰레기 매립사전에 대해 설명해 주시기 바랍니다.

답변: 지난해 12월 고리원전 인근주민들이 고리원자력발전소로부터 약 700m 떨어진 한전 자

체 양수장의 폐기된 침전지에 방사성 쓰레기가 담긴 황색 드럼이 묻혀있다고 주장하여, 현지 주민과 보도진 입회하에 이틀간에 걸쳐 매립물 일부를 발굴한 결과 시험용 드럼 및 일반 쓰레기가 확인되었으며, 이중 방사능에 오염된 고무장갑이 발견되고 이러한 사실이 언론에 대대적으로 보도됨에 따라 사회적 물의와 우려를 불러 일으킨 바 있습니다.

정부에서는 관계관, 원자력안전센터 전문가 및 지역 대학교수 등 25명으로 합동 조사단을 구성, 현지에 파견하여 약 10일간 오염 상황 및 유출 경위 등을 조사하였으며, 오염 여부 조사과정에서는 주민들이 지정한 측정지로 및 채취지점을 포함시켰습니다.

합동조사단외 조사결과 매립 침전지는 콘크리트 구조물(가로 33.4m, 세로 10m, 깊이 3.17m) 3칸으로 구분되어 있었으며, 그중 2칸은 흙, 자갈, 콘크리트 등 일반쓰레기로 채워져 있었고, 나머지 1칸에서는 폐기물 고화시험용 청정드럼 25개와 각종 쓰레기가 흙과 혼합 매립되어 있는 것이 확인되었습니다.

발굴된 드럼의 표면 및 내용물의 방사선량률을 측정된 결과 전혀 방사성 오염물이 없는 자연상태 정도(0.007-0.014mR/h)이었고, 드럼의 제조, 반출 기록을 확인한 결과로도 방사성 폐기물 고화드럼이 아닌 단순 시험용 드럼임이 밝혀졌습니다.

그러나 혼합 매립된 각종 쓰레기와 혼재하는 흙에서 일부 방사능이 검출되어 시료를 분석해 본 결과 이로 인한 영향은 X-선 1회 검진시 받은 방사선량의 1/100 이하로 나타났습니다.

또한 인근부락의 식수, 지하수, 수원인 효암천수, 침전지 주변에 굴착한 우물물, 주변 토양 등을 채취하여 분석한 결과 방사능이 검출되지 않았으므로 매립쓰레기로 인한 주민의 방사선 영향은 없었습니다.

그러나 한전에서는 침전지에 매립된 쓰레기 등은 전량 발전소내로 이송하여 규정에 따라 처리하였으며 앞으로는 이러한 일이 재발하지 않

도록 방사선 폐기물 설비의 보완 및 직원교육을 강화하고 있습니다.

질문 3. 아파트에서도 방사능이 나온다는데 자세히 말씀해 주십시오.

답변: 우리의 생활환경에는 어느 곳이나 방사선이 있으며 우리는 그 방사선을 몸에 받으며 생활하고 있습니다.

우리는 항상 우주방사선을 받고 있으며, 생활하는 지역의 고도가 높으면 높을수록 많은 방사선을 받게 되고, 석조건물이나 아파트처럼 돌이나 콘크리트로 지은 집에 거주할 경우 연간 약 7 밀리렘의 방사선을 더 받게 됩니다.

또한 우리가 섭취하는 음식물, 물, 공기중에서도, TV시청 중에도, 지면에서도 항상 어느 정도 방사선을 받게 됩니다.

이와 같이 우리가 일상생활에서 받는 자연방사선량은 연간 약 100밀리렘에 달하며, 이 양은 우리가 흉부 X선 1회 촬영시 받는 방사선량과 비슷합니다.

자연방사선량은 지역에 따라 큰 차이가 있으며 미국 덴버시의 경우 연간 약 160밀리렘, 브라질 가라바리 지역의 경우는 연간 약 1,000밀리렘의 자연방사선을 받고 있습니다.

우리가 일상생활중 받는 개인당 연간 방사선 피폭량은 표 5와 같습니다.

질문 4. 방사성 폐기물의 영구 처분장 설치에 대해서 말씀해 주십시오.

답변: 방사성 폐기물을 우리 생활환경으로부터 안전하게 격리, 처분하기 위하여 방사성 폐기물 영구 처분장 건설에 대해서는 이미 정부에서 기본 계획을 확정하여 추진중에 있으며 그 내용은 아래와 같습니다.

중·저준위 방사성 폐기물 관리를 위하여 지중매몰식의 영구 처분 시설을 국가주관으로 1995년 12월 말까지 건설할 예정이며, 사용후 핵연료는 재처리 또는 영구처분에 대한 국가정책 결정시까지 중간저장 관리하며, 이를 위한 중간저장 시설을 1997년 12월 말까지 국가주관으로 원전부지 이외의 장소에 집중식으로 건설하고, 영

〈표 5〉 일상생활중 받는 개인당 연간 방사선 피폭량

방사선원	피폭량 (mRem)	비고
우주방사선	26	사는곳의 고도가 해수면에서 100m 증가함에 따라 약 2mRem 증가
지면 (토양)	26	
음식물, 물, 공기섭취	24	음식물 섭취량을 4%증가할 경우 약 1 mRem 증가
벽돌이나 석조건물에 거주	7	
흉부 X선 1회 촬영	100	
위장 X선 1회 촬영	500	
방사성 의약품 1회투약	300	
방사선 낙진	4	
비행기 여행	0.1	서울→부산(420km) 1회 여행
TV 시청	0.3	하루 2시간 시청
원자력발전소 외곽 지역에 거주	0.08	'88년 고리원전지역 실적(최대 피폭선량)
총 연	8,000	

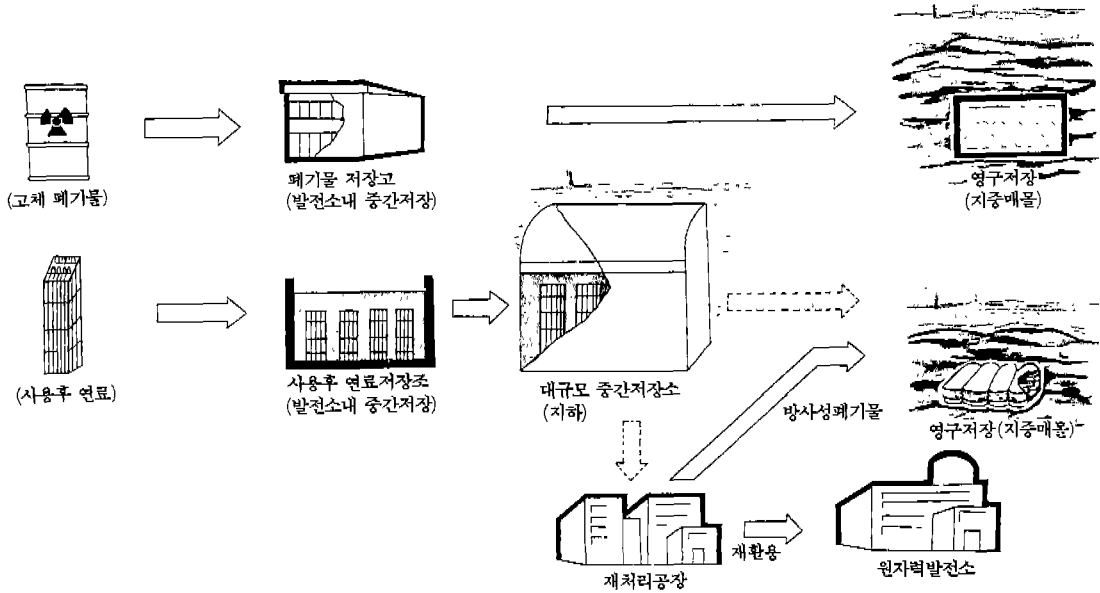
자료: 1. Nuclear Power and the Environment, Book1, Radiation, ANS, 1980

2. Introduction to Nuclear Engineering, 2nd Edition, LAMARSH, 1983

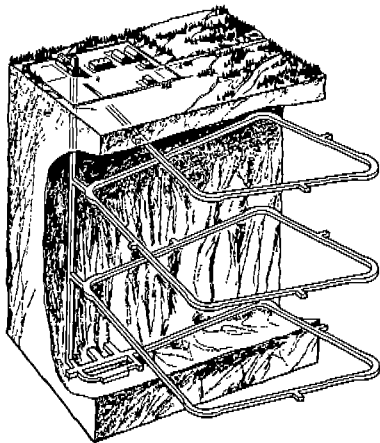
구처분 시설 및 중간저장시설 가동시까지 원전의 중·저준위 방사성 폐기물 및 사용후 핵연료는 한국전력공사가 원전 부지내에서 관리하도록 되어 있습니다.

그러면 방사성 폐기물의 처분장은 어떠한 장소에 얼마만큼이나 안전하게 설치하는가에 대해 말씀드리겠습니다.

방사성 폐기물의 영구 처분장은 지질, 기상, 인구, 생태계 등 모든 점을 고려하여 엄선된 장소에 보다 안전한 방법으로 모든 공학적인 노력을 동원하여 설치하며 폐기물은 처분한 후에도 지속적인 감시와 관리를 하게 됩니다.



〈그림 3〉 방사성 폐기물의 영구처분



〈그림 4〉 고준위 폐기물 처분장

중·저준위 폐기물은 지표에서 최소한 30m 이상의 깊이에 위치한 균열이 적고 지질학적으로 안정한 바위층에 동굴을 파고 그 속에 처분합니다.

폐기물 처분후 동굴벽과 폐기물의 사이는 점토와 같은 흡착성이 강한 물질로 채워 혹시라도 방사성물질이 새어 나오면 흡착시켜 외부로 누

출되지 않도록 합니다.

지질학적, 수문학적으로 모든 가능한 방법을 택하여 아주 적은 정도의 방사능마저도 누출될 수 없도록 처분하여 주민과 환경에 어떠한 영향도 미치지 않도록 최선을 다하게 됩니다.

땅속 깊숙한 곳에 위치한 바위층에 처분된 중·저준위 폐기물에 들어있는 방사능은 얼마 지나지 않아 붕괴되어 이 폐기물은 주변의 바위나 다른 광석들과 다를 바가 없게 됩니다.

고준위 폐기물, 즉 사용후 핵연료는 방사능을 오래 지니고 있기 때문에 지리적으로 안정된 곳에 깊이 처분하도록 하고 있습니다.

지진이 일어날 가능성이 있는 곳은 피하고 보통 지하 500m 이상으로 깊이 파고 처분하여 어느 누구에게도 폐기물로 인한 피해를 주지 않도록 합니다.

이 사용후 핵연료 영구 처분은 현재 외국에서도 새로운 기술을 계속 개발중에 있으며 우리나라도 앞으로 외국의 좋은 방법을 도입하여 고준위 폐기물의 영구 처분대책을 마련할 계획입니다.