

스웨덴의 廢棄物處分場 研究 및 評價

스웨덴의 원자로폐기물 최종처분장(SFR)의 제1단계 공사는 완료되었다. 이 처분장은 Forsmark 원자력발전소 부근의 발틱해 아래의 床岩에 건설된 처분장인데, 처분장은 해저 밑의 동굴내에 만들어졌으며 위쪽은 60m에 이르는 암반으로 덮혀 있다. 제1단계 공사에서는 지상의 각종 건물을 비롯해 터널, 운전관계건물 그리고 60,000m³의 폐기물을 대상으로 한 일반동굴의 건설이 포함되어 있다. 앞으로 제2단계 공사로는 30,000m³의 폐기물을 대상으로 한 추가 공사가 계획되어 있으며, 2000년 전후의 운전 인가가 전망되고 있다.

SFR은 海面下에 마련되어 있는데, 이것은 처분장구역의 지하수유동의 적극 저감을 목표로 한 것이다. 해면하의 動水勾配는 아랫쪽 암반의 水文學上의 조건에서 海水가 알맞게 等化器의 역할을 하는 상태로 되어 있어 매우 적으며, 또한 母岩은 結晶體의 암반으로 구성되어 있어서 터널과 동굴의 굴착에 매우 적절함이 판명되고 있다. 동굴내부와 폐기물을 투과하는 지하수를 더욱 감소시키기 위해 각종 공학적인 배리어가 이용되고 있다.

방사능을 더 많이 함유하는 폐기물용의 사일로에는 콘크리트와 벤토나이트·클레이가 사용되고 있으나 그밖의 동굴에는 비교적 통상방

식의 설계가 채용되며, 콘크리트도 流水를 감소시킬 목적에 한해서 이용되고 있다.

운전기간동안 종업원의 방사선피폭을 저감시키기 위해 생체차폐물과 폐기물의 원격제어 조작을 이용하여 각종 측정이 실시되었다. 수송콘테이너의 운반은 특별하게 설계된 차량으로 이루어지고 있으며, 터널을 통과하여 처분장구역에 반입된다. 이 차량은 원격조작으로 운전이 가능함과 동시에, 하역기계에 의한 조작도 가능하다. LLW(저준위 폐기물)는 표준형의 화물콘테이너로 수송되며, 동굴내에서는 통상의 포크리프트·트럭이 취급한다. 안전성 평가의 결과에서는 운전기간중의 방사선리스크가 매우 낮은 것으로 나타났다.

처분장 폐쇄후의 안전성 해석이 2차에 걸쳐 실시되었다. 제1차는 SFR 위쪽 해저부분이 발틱해로 덮혀있는 시기이며, 제2차는 해저가 바닷물과 淡水를 기반으로 한 생태계가 형성된 이후의 기간이었는데, 환경에 주는 방사선의 영향은 어느 시기에도 매우 낮은 것으로 판명되었다.

1. 放射性廢棄物管理에 關한 政策

스웨덴 법률이 규정하는 바에 따르면 방사성

폐기물의 안전관리와 환경처분의 실현에 관한 주책임은 각 전력회사의 소유자에게 있다고 되어 있다. 이 책임에는 모든 코스트에 대한 자금 조달도 포함되어 있다. 현재 스웨덴 국내에서는 전력회사 4개사가 원자력에 의해 발전을 하고 있으며, 이 4개사는 스웨덴원자연료·폐기물관리회사(SKB)의 공동 소유주이다.

SKB의 임무는 사용후핵연료와 방사성폐기물의 수송 그리고 처분에 관한 시스템과 시설의 입안, 구축, 보유 그리고 운전이다. 이 분야의 업무는 스웨덴원자력검사국(SKI) 및 국립방사선방호연구소(SSSI)의 감독하에 있다.

장래의 활동에 소요되는 자금면의 재원은 원자력에 의한 발전 kWh당 전력요금으로 확보된다. 전력요금은 SKB가 매년 제출하는 계획 및 코스트계산에 근거하여 설정된다. 이 관계의 감독·검토권한은 사용후핵연료에 관한 국가위원회(SKN)에 부여되어 있다.

스웨덴 국내의 원자로 운전에서 발생하는 LLW 및 ILW(중준위 폐기물)는 방사성폐기물 중앙 처분장(SFR)에서 처분된다. 여기에 처분대상이 되는 폐기물에는 각종 산업 및 연구활동 그리고 의료활동에서 발생하는 방사성폐기물도 포함되어 있다. 방사능 함유량이 매우 낮은 LLW에 대해서는 원자로사이트에서 淺層地中埋設法에 의해 처분되는 경우도 있다.

스웨덴에서 방사성폐기물의 관리와 처분은 다음과 같은 제법령에 따라 규제받고 있다.

- 원자력 재활동에 관한 법률(1984년)
- 방사선방호법(1958년)
- 사용후핵연료의 처분에 관한 장래대책의 자금조달법(1984년)

방사성폐기물용 처분장의 설계에 관한 구체적인 규제는 지금까지 당국으로부터 받고 있지 않다. 따라서 SFR의 인허가 절차는 처분장의 예비설계에 근거하여 SKB가 예비적인 안전 보고서를 작성한다는 것이었다. 각종 해석은 SSI가 채택한 평가베이스와 관련하여 처분장

의 안전성을 나타낸다는 목적하에 수행되었다. 또 환경에 주는 영향을 과소평가하지 않도록 데이터와 해석법이 선정되었다.

처분장의 건설 및 운전의 인허가신청서는 1982년 3월 정부당국에 제출되었으며, 1년동안 안전보고서를 심사한후 소관당국인 SKI와 SSI는 특정 부대조건부로 인허가를 해주어야 한다고 권고했다.

1983년 6월에 정부에서 발급된 인허가에는 당해 시설의 건설과 운전은 주로 신청서에 기재되어 있는 사양명세에 대응하는 것이어야 한다는 조건이 붙어있었으며, 동시에 SKI에 대해서는 처분장의 상세설계, 건설과 운전면에 관해 필요하다고 생각되는 부가적인 지시를 내리는 권한을 인정하고 있다.

2. 處分場의 立地 및 設計

처분장의 개념은 스웨덴 국내의 지질 및 流體地質上的 각종 조건에 근거하고 있다. 처분장을 지하암반의 동굴내에 설치해야 한다는 생각은 상당히 빠른 시기에 결정되어 있었다. 스웨덴 국내에는 합리적인 코스트로 터널과 동굴의 굴착에 적합한 양호한 床岩이 많이 존재하고 있다. 그러나 床岩은 대부분의 구역에서 지하수로 포화상태이어서 스웨덴의 床岩처분장이 “濕式 처분장”이 되는 요인이 되었다.

이밖에 주요한 요건의 하나로 들 수 있는 것은 처분장이 Barseback, Forsmark, Oskarshamn, Ringhals 또는 스토드빅연구소 등 다섯 곳의 원자력시설중 어느 한곳 부근의 지역에 설치되어야 한다는 조건이었다.

이들 제요건을 전제로 한 사이트의 평가는 입수가 가능한 지질데이터와 사이트 선정에 중요한 기타 정보에 근거하여 실시되었다. 이 평가 결과 床岩은 동부스웨덴지역의 사이트쪽이 비교적 양호함이 드러났다. 따라서 다음 단계의 지질조사가 Forsmark, Oskarshamn 및 스토드

빅 3개 지역에서 실시되었다. 같은 시기에 동일 사이트의 여러 다른 지점에서 처분장에 대한 고찰도 병행해서 실시되었다. 조사에는 지질학상의 각종 테스트와 각 지역의 地質寫像이 포함되었다.

Forsmark, Oskarshamn 兩지역의 지질상 및 流體지질상의 제조건은 어느 것이나 계획중인 지하처분장의 입지에 적절함이 밝혀졌다. 그후 기술적 요인, 경제적 요인 등 모든 요인을 종합하여 예측을 한 결과 Forsmark 지역이 가장 적합한 후보사이트로 선정되었다. 계속하여 더욱 상세한 지질조사를 실시했는데, 이것은 예비설계와 안전해석에 대비한 자료수집이었다.

2.1 處分場敷地の 地質調査

처분장사이트에 대한 제1단계 상세조사는 1981년에 실시되었다. 지진단면도는 冬期에 처분장 위쪽의 얼음을 이용하여 제작되었다. 예비설계 및 안전평가를 위해 1,200m에 이르는 시추가 실시되었으며, 시추홀에서 水文學的인 傳導性과 水化學데이터가 측정되었다.

지질조사의 제2단계는 1983년에 인허가가 된 시점에서 시작되었는데, 2단계 조사의 목표는 상세한 설계와 동굴의 위치 결정에 소요되는 데이터를 제공하는 것이었다.

두개의 접근용 터널이 굴착되는 동안에 지층과 지하수 상황에 관한 추가정보가 입수되었다. 터널부분의 벽과 천정의 지질학적 寫圖는 결과적으로 試錘孔의 추가로 결부되었으며, 굴착공사 기간에 2,000m에 걸친 코어·드릴링이 추가되었고, 이 시추홀에는 水頭측정용 장비가 설치되었다. 건설기간에 입수된 데이터는 지역내의 암반과 지하수의 流動모델化를 위한 최종적인 안전보고서로 이용되었다.

2.2 處分場の 設計

처분장은 스웨덴 동부해안 발틱해상의 Forsmark 원자력발전소 근방에 소재한다. 길이 1km

의 접근용 터널 2개가 항만구역에서 해저의 처분장으로 통하고 있으며, 해저 아래쪽의 처분장동굴은 60m에 걸친 암반에 둘러 쌓여 있다.

종료된 제 1기 건설공사에서는 육상의 건물, 터널, 운전건물과 60,000m³의 폐기물을 수납할 암반동굴 등의 건설이 포함되었으며, 제 2기공사에서는 30,000m³의 폐기물을 수납할 추가공사가 계획되어 있지만 이 시설의 운전인가는 대체로 2000년 경으로 전망되고 있다.

처분장구역내 지하수의 활동을 되도록 저감시키기 위해 SFR은 해면하에 설치되었다. 해면하에서는 動水勾配가 매우 작은데, 이것은 해수가 아래쪽 암반의 水文學체계에 等化器의 작용을 하기 때문이다. 해저설치는 또 그 구역이 해수로 쌓여 있는 기간인 적어도 1,000년간은 처분장 부근에서 우물을 팎 가능성이 없음을 보증하는 것이기도 하다(地盤隆起率은 현재 6mm/年이다).

3. 組織, 日程 및 코스트

SKB는 바텐폴(스웨덴 국가전력청)과의 사이에 현재 완료된 본 제1공기의 상세설계와 건설에 관한 계약을 체결했었다. 바텐폴은 처분장의 운전과 메인터넌스에 대해서도 SKB와 계약을 맺었는데, 다음은 건설단계의 추이상황이다.

- 1982년 3월 : PSR 및 인허가 신청
 - 1983년 6월 : 인허가 발급, 건설공사 착공
 - 1986년 4월 : 터널 및 동굴의 굴착 공사 완료
 - 1987년 10월 : SSR 및 처분신청
 - 1988년 1월 : 건설 및 설치공사 완료
 - 1988년 4월 : 처분허가, 운전조업개시
- 제1공기의 총코스트 : 7억 4,000만SEK

제2공기의 건적은 25년간의 운전에서 최종적인 실링은(1987년의 가격수준에서) 6억 6,000만 SEK이다.



◀ SFR 지하 사일로
저장고 건설광경.

4. 設計 및 輸送시스템

4.1 設 計

처분장의 상세설계 및 레이아웃작업의 개시는 예비안전성보고서에 근거하여 실시되었다. 처분장구역으로 통하는 2개의 터널굴착에 소요된 기간은 대충 10개월이었으며, 이 기간 동안은 보완적인 조사와 수송, 취급, 여러가지 서비스시스템, 처분장의 최종적인 레이아웃 등의 조사연구에 이용되었다.

설계요건은 장래에 확장이 가능하다는 것이었다. 따라서 터널의 시스템은 사일로와 동굴이 추가되어 장래에 확장이 되어도 그에 대응할 수 있도록 배려되었다. 또 이미 건설되어 있는 서비스관계의 각 시설은 장래의 확장에 대비하여, 예를 들면 廢爐에 따르는 폐기물에도 이용할 수 있도록 계획되어 있다. 각 단계에서 처분장의 건설은 현재 진행중인 업무의 결과에 대해 원자로폐기물의 減容을 채용함으로써 저장능력을 조절할 수 있도록 고려되었다.

SFR에 저장예정인 원자로폐기물은 주로 이온교환수지와 각종 용수처리시스템에서 발생하는 필터부착물로 구성되어 있으며, 그밖의

폐기물로는 오염된 콤포넌트와 재료, 가연폐기물의 燒結에서 발생하는 부스러기와 灰分 등의 카테고리에 속하는 것을 들 수 있다. SFR로 수송되기에 앞서 이런 폐기물은 원자로플랜트에서 포장되어 안정화된다.

1차계통에서 배출되는 사용이 끝난 이온교환수지에는 방사능이 많이 함유되어 있기 때문에 이것은 원자력발전소에서 시멘트 또는 아스팔트로 固化된다. 시멘트固化는 1.2m의 측면을 갖는 콘크리트의 球形컨테이너에서 되고, 아스팔트固化는 표준형인 200l 드럼에서 된다. 凝縮淨化시스템에서 배출되는 低放射能樹脂는 脫水가 되는대로 수송가능한 콘크리트탱크에 보관된다.

4.2 輸送시스템

원자로폐기물은 Forsmark 원자력발전소에서 발생하는 것을 제외하고는 모두 해상수송되며, Forsmark 원자력발전소의 폐기물은 육로에 의해 처분장으로 운반된다.

해상수송은 특별히 설계된 선박 M/S시긴호에 위탁하고 있는데, 이 선박은 사용후핵연료 및 원자로폐기물의 운반 전반에 사용된다. 이

선박은 방사선차폐가 된 원자로폐기물 수송콘테이너 10개를 운반할 수 있다.

M/S시진호는 연간 10회 내지 15회의 수송을 하며, Forsmark 항만에 도착한다. Forsmark 원자력발전소의 것을 포함하여 약 100개의 콘테이너가 매년 SFR에 도착하게 되며, 저준위 폐기물의 콘테이너도 해상수송된다.

폐기물형태중 어떤 것은 표면선량이 높기 때문에 수송기간중 차폐를 할 필요가 있으나, 이런 차폐가 된 수송콘테이너는 주로 치수, 수량, 표면선량의 관점에서 폐기물 패키지를 수용할 수 있도록 설계된 것이어야 한다. 콘테이너벽의 두께는 IAEA의 수송권고에 적합하게 설계되었다.

차폐물이 부착된 수송캐스크의 전중량은 120톤 이하로 제한되어 있는데, 이러한 제한요인은 선박의 최대페이로드 때문이다. 이런 차폐물이 적재된 콘테이너는 거친 날씨의 선박수송과 수송차량의 가상사고에 대비하여 부가적인 적재, 가속 등을 수용할 수 있도록 설계되어야 한다.

벽 두께 70mm, 80mm, 130mm, 200mm로 구성된 4종류의 강철제 콘테이너가 제작되어 있고, 현재 콘테이너 총수는 27개이다. 각 형태의 1호 콘테이너는 SFR에서 각종 수송과 취급 시스템의 테스트에 제공되었다.

SKB는 이미 사용후핵연료의 수송용으로 3대의 차량을 보유하고 있다. SFR에서 사용되는 특수차량도 같은 형태이지만, 약간 개조되어 있다. 적재시의 차량 전 중량은 약 155톤이 된다. 수송차량은 7개의 액셀, 28개의 호일을 갖추고 있으며 水壓으로 구동된다. 火壓系는 지상의 디젤엔진(180kW)가 터널내 그리고 처분장 구역의 전기모터(160kW)에 의해 동력이 공급된다. 전기모터에 의한 동력공급은 660V/50Hz의 콘덕터·레일·시스템으로 된다.

터널내에서 이 차량은 지표의 신호케이블에 의해 원격조작된다. 터널의 최대斜度는 1:8,

차량의 속도는 3km/h이다. 지상에서의 최대 속도는 약 10~14km/h로 되어 있다. 터널내부와 처분장구역에서의 電動驅動이 오염원이 되는 일은 없고, 또 通氣系統의 코스트 저감도 전망할 수 있다. 차량에서 발생하는 노이즈 또한 감소된다. 이 차량은 이밖에 항만 상호간, SFR과 Forsmark발전소 사이의 수송에도 이용되리라 기대된다.

5. 詳細設計

5.1 敷地計劃

사이트의 주된 건물은 다음과 같다.

○사무실 및 워크숍 건물

○12개의 적재수송콘테이너를 잠정적으로 보관하기 위한 터미널빌딩

○터널입구 위쪽에 설치된 환기용건물. 이 건물에는 지하의 환기시스템을 비롯해 전기스위치盤, 가열시스템 등이 설비되어 있다.

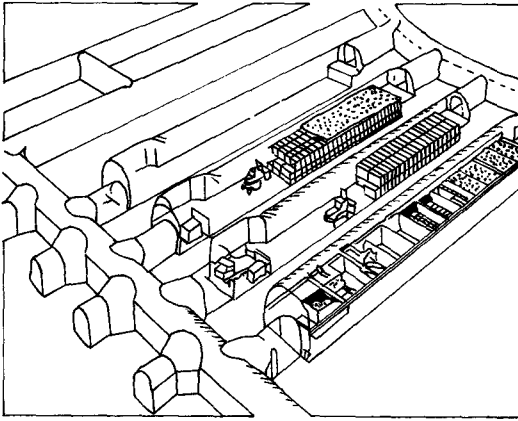
터널입구가 해변하에 있기 때문에 처분장은各系統 주변이 방수벽으로 되어 있다.

5.2 터널

조작용 터널의 규모는 주로 수송상의 각종 요건에 따라 결정되었으며, 그밖에 환기덕트, 배관, 전기케이블 등 각종 서비스시스템의 부설에도 이용된다.

조작용 터널은 1,000m 이상의 길이이고, 60m²의 단면적을 갖추고 있는데, 건설용 터널은 50m²의 단면적을 갖고 있다. 조작용 터널의 수송용 프리·에어리어의 규모는 5.2×5.0m(높이×폭)인데, 통상 폐기물콘테이너 1개의 수송차량에 요구되는 높이는 약 4.5m이고 최저폭은 약 3.5m로 되어 있다. 그리고 특수한 수송물에 대비하여 높이와 폭에 여유가 있다.

터널시스템과 처분장구역은 모든 누수가 두 곳에서 수집될 수 있도록 배려했다. 하나는 사일로的主레벨, 또 하나는 사일로의底部이다.



(그림) 저·중준위 폐기물용 암반동굴

5.3 사일로處分場

높이 70m, 직경 30m의 암반동굴내에 높이 50m의 콘크리트제 사일로가 슬립·폼(이동형틀)공법을 사용해 건설되었다. 이 콘크리트제 사일로는 직경 25m이고, 2.5×2.5m의 정방형 샤프트와 1.25×2.5m의 샤프트 12개로 사일로를 분할하는 내벽이 설치되어 있다.

콘크리트·사일로는 모래와 벤토나이트(90/10)의 床 위에 건설되어 있으며, 벽과 암반의 공간은 순수한 벤토나이트로 채워져 있는데 이것은 압축하지 않고 좁은 홈에 주입한 것이다.

사일로에서 폐기물의 패키지조작은 전면적으로 원격조작에 의해 이루어진다. 폐기물은 차폐된 컨테이너에 수납되어 수송용 차량에 의해 하역지점에 반입되는데, 컨테이너의 뚜껑은 오버헤드·크레인으로 제거되며 조작머신에 의해 폐기물패키지가 하역된다. 조작머신은 1회에 4개의 폐기물패키지를 들어올려 콘크리트·사일로로 운반하여 샤프트를 통해서 강하시킨다. 폐기물은 그후 粘着性이 낮은 콘크리트·그라루트에 의해 주변이 굳혀진다. 주입작업은 폐기물패키지의 경우와 같은 조작기구를 사용해서 이루어진다.

5.4 岩盤동굴

비교적 방사능이 낮은 폐기물에 대해서는 암

반동굴이 이용된다. 4개의 암반동굴의 설계는 폐기물패키지의 종류와 선량으로 정해진다. 암반동굴은 모두 길이 160m, 폭 14~18m로 구성되어 있으며, BTF라 불리는 2개의 암반동굴은 Oskarshamn과 Barseback 두곳에서 나오는 脫水粉末樹脂의 보관에 사용된다. 이 탱크는 2층으로 緯度방향으로 4개의 탱크가 진열된 배열 방식으로 저장된다.

세번째 동굴(BLA)은 저준위 폐기물용으로 설계되었고, 주로 표준형 화물콘테이너를 수용하게 되는데 이들 화물콘테이너는 콘크리트탱크의 경우와 같이 포크리프트·트럭에 의해 조작된다.

네번째 암반동굴(BMA)은 수송과 처분기간 중에 차폐를 할 필요가 있는 중준위 폐기물을 수용하기 위해 설계된 것으로서, 이 동굴은 콘크리트벽으로 둘러 쌓인 대규모 박스로 칸막이가 되어있고, 패키지의 조작에는 오버헤드·크레인이 사용된다.

6. 建設 및 運轉

6.1 土木工事

프로젝트 전반을 통해 주요부분은 토목공사, 특히 430,000m³에 걸친 단단한 암반의 굴착공사였다.

암반의 굴착공사에는 통상의 공법이 사용되었으나 고도의 안전성프로그램으로 보완되었다.

○건설기간동안 암반에 대해서 계속적인 조사를 실시하였는데, 이 조사는 코어·드릴링과 水文學的 傳導性의 측정에 의해 실시되었다.

○조사결과와 평가와 암반의 보강에 관한 예비설계.

○굴착공사의 각 단계 기간중에 변형된 변동 계산 및 암반응력의 계산.

○殘存암반이 받는 손상을 되도록 제한하기 위해 실시되는 발파공사에 대한 특수공법의 이

용.

○지질상황의 철저한 추적점검, 이것은 발파 실시후 암반표면의 조사에 의해 달성되었다.

○지질조사의 결과에 의거하여 암반의 최종적인 보강에 관한 설계가 가능하다.

6.2 處分場의 運轉

처분장의 운전과 메인터넌스요원은 약 20명으로 구성되며, 구성요원은 Forsmark에 있는 바텐폴의 조직에 소속된다. 이 요원들은 1년전부터 수송용 차량, 각종 서비스시스템의 메인터넌스와 시운전에 관여해 왔다. 따라서 각 요원은 SFR에서 처분되는 방사성폐기물의 수송 및 취급에 관해서 충분한 교육훈련을 받았다고 할 수 있다.

각종 수송과 조작시스템의 시험과 시운전 업무는 계획된 것 보다 훨씬 많은 시간을 필요로 하였으며 광범위에 걸친 것이었는데, 그 원인은 수송과 조작시스템의 상당 부분이 原型設計였던 점에 있었다. 설계, 제작, 사이트로의 인도, 사이트 현장에서의 부설 등에서 지연이 초래되었으며, 시험과 시운전기간중에도 예정 밖의 작업을 할 필요성이 생겼었다.

처분장 요원들은 다음과 같이 세그룹으로 편성되었다.

○운 전

이 그룹은 처분장에서 폐기물의 모든 수송에 대해, 또 Forsmark 원자력발전소에서의 폐기물 수송에 대해 책임을 지고 있다. 이 그룹은 또 사일로와 암반동굴내에서의 폐기물 하역과 저장에 대해서도 책임을 가짐과 동시에 각 폐기물패키지의 최종적인 저장에 관한 기록의 보관 책임도 맡고 있다. 그리고 보건물리업무와 작업허가증 취급 등의 업무도 이 그룹의 임무이다.

○메인터넌스

이 그룹은 건물을 비롯해 機械系統과 電氣系統, 폐기물 수송컨테이너, 수송차량 등의 메인

터넌스, 일체에 대해서 책임을 갖는다. 광범위에 걸친 업무의 경우에는 Forsmark 원자력발전소 또는 외부계약자로 부터 인력을 지원받을 수 있다.

○관리부문

이 그룹은 SFR 사무실에서 통상의 관리업무와 서무적인 업무를 담당한다. 그리고 이 그룹은 SFR의 방문자 접수도 담당한다.

7. 處分場 閉鎖後의 安全性評價

SFR은 방사성폐기물을 간단하고, 제어 가능하게 처분할 수 있도록 설계되었다. SFR은 폐기물을 생활권에서 확실히 격리할 것을 목적으로 한 시설이다. 따라서 가장 가까운 구역에서 방사선량이 설계선량 제한치인 0.1Sv/y를 초과하지 않도록 배려되어 있다. 폐쇄후의 안전성은 감시와 수복대책에만 의존하는 것이 아니다. 안전성의 평가는 대폭 확장된 폐기물용 처분장인 SFR-1(90,000m³, 방사능함유량 총량 10¹⁶Bq)에 대해서 실시되었다.

폐기물이 일정장소에 저장된후 처분장은 폐쇄되어 봉인된다. 현재의 계획으로 이 조치가 취해지는 것은 아무리 빨라도 2013년으로 전망되고 있으나, 안전성 평가에서는 2010년으로 예측하였다.

처분장이 밀봉된 시점에서 펌프양수작업은 중단되며, 처분장은 물로 채워진다. 폐기물의 유니트와 여러가지 동굴내에서의 저장조건에 따라 다르지만, 溶解된 非吸着性 동위원소는 확산 또는 유동에 의해 지하수로 운반되리라 예측된다. 이 운반범위는 처분장의 설계와 주변 암반 속의 지하수 흐름에 의해 결정되며, 폐기물패키지는 폐기물에 의해서 팽창 또는 가스가 발생하나 처분장의 배리어가 파괴되지 않도록 설계되어 동굴내에 저장된다.

안전성 평가는 두기간을 대상으로 하여 실시되었다. 첫번째 시기는 SFR의 위쪽에 있는 해

저가 여전히 발틱해의 海水 밑에 있는 鹽水期이고, 두번째 기간은 해저가 바짝 말라 淡水를 기반으로 하는 생태계가 형성된 이후의 시기, 즉 內陸期이다.

床岩 속의 물의 흐름이 과소평가되지 않도록 확실한 방법을 사용해서 계산되었다. 두구역에 관한 3차원 지하수모델이 해석에 사용되었는데, 이중 모델 1은 지상의 지하수레벨과 해수레벨 상호간에 생각할 수 있는 차이에 의거하고 있으며, 모델 2는 가압된 지하수를 사용하여 試錘孔에서 얻은 단일테스트의 결과를 고려하여 구성되어 있다. 이 모델은 물의 흐름을 $0.2 \sim 0.5 \text{ l/m}^2\text{y}$ 로 산출하고 있는데, 이것은 국소적인 유동모델의 경계조건으로 이용되어 왔다.

鹽水期에 관해서는 활동방향은 적어도 바람직한 방향, 즉 직접 위쪽 해저방향을 지향하고 있고, 또 지하수의 흐름은 극단적으로 채널양상을 나타낼 것으로 추측되고 있다. 이 결과 주변암석층으로의 吸着은 이 단계의 안전평가에서 고려에 넣어질 가능성이 희박하다고 생각된다.

內陸期는 봉인후 2,500년을 지나 시작되리라고 예측하고 있다. 그 시기가 되면 비로소 충분

한 地盤隆起가 일어나고, 항구적인 湖沼와 해변퇴적물이 형성되며, 따라서 음료수용 우물에 필요한 깊이에 淡水生態系가 확립된다. 이 기간에 SFR 위쪽의 지표는 리차지를 형성하게 되어 지하수는 SFR에서 대략 1km 지점의 작은 호수의 생활권에 도달하게 된다.

해석결과에 의하면 가장 많은 영향을 입는 그룹의 개인에게 부과되는 線量豫託은 매우 낮은 것임이 드러났다. 이 선량은 원자력발전사이클의 다른 시설에 대한 현행 설계목표인 年當 0.1mSv 를 밑돌 것으로 생각된다.

SFR 주변의 가장 많은 피폭을 입을 것으로 생각되는 그룹에 대한 선량예탁 총량은 鹽水期의 전기간을 통해 연간 $1\mu\text{Sv}$ 수준을 밑돌 것으로 예측되고 있다. 內陸期에 관한 해석결과는 선량은 연간 0.01Sv 의 수준을 계속 하회해서 유지될 것으로 보이고 있다.

鹽水期의 계산에서 주요부분을 차지하는 핵종은 코발트-60, 세슘-137 및 스트론튬-90 등이며, 어느 것이나 이 기간중에 전면적으로 감쇠하는 동위원소이다. 內陸期(2500년 이후)의 선량상황은 플루토늄-239 및 240이 주요부분을 차지하게 된다고 예상된다.

近 着 資 料 案 內

放射性廢棄物管理가이드북(일본원산) 1988年版
 原子力産業(일본일간공업신문사) 1, 2月號
 原子力文化(일본원자력문화진흥재단) 1月號
 原子力産業新聞(일본원산) 1468號-1470號
 原子力資料(일본원산) 1月號
 AECL News(AECL) 12月號
 ANS News(ANS) 7권 1호
 Atoms in Japan(JAIF) 12月號
 Ascent(AECL) 7권 4호

CNS Bulletin(CNS) 11/12月號
 CSNDT Journal(NDT) 9/10月號
 INCC Newsletter(JAIF) 1月號
 INFO(USCEA) 12月號
 Marketing Notes(ANS) 1月號
 Nucleonics Week(McGraw-Hill) 29권 49호-30권 1호
 Swedish Nuclear News(Safo) 12月號
 POWER(McGraw-Hill) 11월호