

유럽의 高中準位放射性廢棄物 處分現況(下)

豊田正敏, 倉持哲士
日本原燃서비스(株)

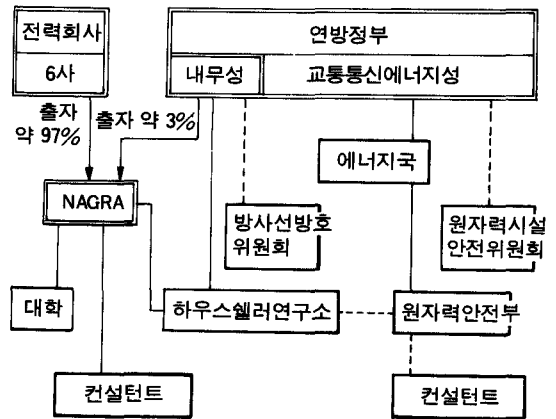
스 위 스

스위스에서는 현재 PWR 3기, BWR 2기 합계 5기, 308만kW의 원자력발전소가 가동되고 있어 총발전량의 약 40%를 공급하고 있다(수력 58%, 석유 2%).

지난 20년간 원자력에 관해 4번의 국민투표가 실시되었는데 1990년 9월의 국민투표에서는 기존의 원자력발전소의 계속운전은 인정하되 앞으로 10년간 신규원자력발전소의 건설은 동결한다는 결과가 나왔다. 2000년까지의 에너지계획도 그 당시 결정되어 에너지절감정책을 채택하게 되었다.

그러나 연간 2~3%로 전력소비가 증가하고 있는데 수력과 원자력의 신규개발은 할 수 없기 때문에 프랑스전력공사(EDF)에 출자해서 전력을 수입하게 되어 있다. 스위스는 사용후연료를 해외에서 재처리하는 것으로 되어 있지만 직접 처분도 대안으로 남겨놓고 있다.

방사성폐기물발생자가 그 관리에 책임을 지게 되어 있고 이를 위해 <그림 6>과 같이 원자력발전소를 소유하고 있거나(4개사) 계획중인(2개



<그림 6> NAGRA 관련조직표

사) 전력회사와 의료, 산업, 연구에서 발생하는 방사성폐기물에 책임을 지고 있는 연방내무성이 공동으로 1972년 NAGRA(전국방사성폐기물관리조합)를 설립해 이 기관에 최종처분업무를 맡기로 했다. 출자비용은 원자력발전소의 출력 또는 폐기물발생량에 따라 정하기로 했는데 현재 정부에서 분담하고 있는 것은 약 3%이다.

1979년에 개정된 원자력법에 따라 전력회사는 원자력발전소건설의 전제조건으로, 또 운전 중인 원자력발전소에 대한 1985년 이후의 운전

허가연장의 조건으로 방사성폐기물의 최종처분의 안전을 보증하는 것이 의무화되어 전력회사를 대신해 NAGRA가 이를 실시하게 되었다.

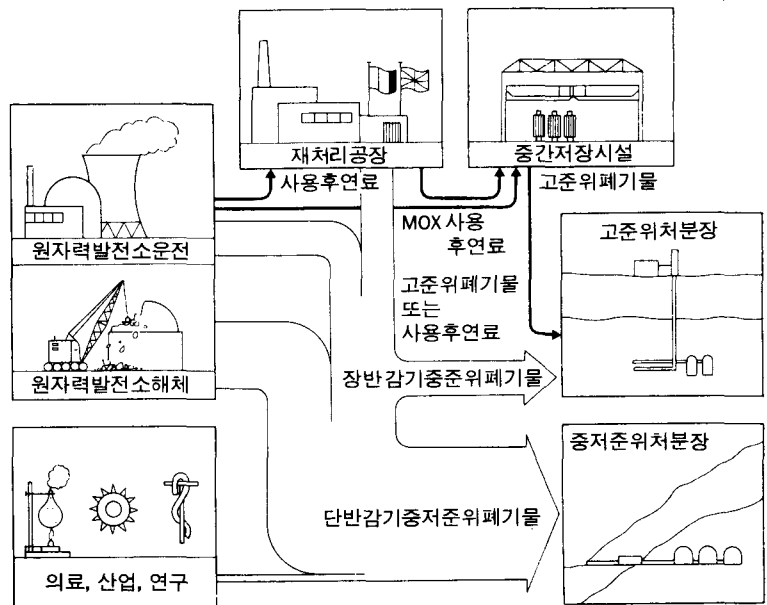
이 보증계획인 「Project Gewähr 1985」가 1985년 1월 연방정부에 제출되었다. 정부는 3년에 걸쳐 국내외 전문가들의 도움으로 이를 검토한 끝에 1988년 모든 방사성폐기물 최종처분의 안전성이 증명된 것으로 결론을 내리고, 1. 중저준위폐기물에 대해서는 계획대로 추진할 것 2. 고준위폐기물에 대해서는 對人障壁의 안전성은 증명되었으나 현장의 지질조사 등이 불충분해 2000년까지 1개지점을 제안하도록 NAGRA에 지시했다.

방사성폐기물의 처리처분개념

1978년 <그림 7>과 같은 방사성폐기물처분개념이 확립되었다.

즉 사용후연료의 재처리에 따라 발생하는 고준위폐기물(이외에 MOX 사용후연료의 직접처분 같은 대안도 고려되고 있다) 및 長반감기의 중준위폐기물은 深地層처분을 한다. 이에 대해 短반감기의 중저준위폐기물은 산중턱에 터널을 내서 매장한다는 것이다.

<그림 7> 방사성폐기물처분의 개념



NAGRA

NAGRA는 최종처분에 관한 연구개발, 안전평가, 최종처분장의 입지선정·설계·건설·운영 및 PA에 대한 책임을 진다. 인원은 80명으로 그 대부분의 인원이 관리업무에 종사하는 전문가들이다. 대졸이 50명으로 이 중에서 지질관계 약 20명, 그 외는 화학, 공학, 물리 등이다. 전력회사로부터 파견나온 사람은 적다.

NAGRA의 예산은 매년 10월 구성기관에 의해 다음 연도분이 결정된다. 예산은 경상비와 연구개발비로 되어 있는데 전자는 원자력발전소 건설허가를 취득하지 않은 전력회사도 균등하게 분담하고 있고 후자는 원자력발전소를 운전하고 있는 전력회사가 열출력에 따라 분담하고 있다. 예산액은 1989년과 1990년은 약 4,000만스위스프랑, 1991년은 약 6,000만스위스프랑이다. 또 1983년과 1984년은 보증계획을 수립하기 위한 보링조사비용 등을 포함해 각각 7,500만스위스프랑과 7,800만스위스프랑이었다.

최종처리처분을 위한 총비용은 상세하게 추산된 것은 없지만 대체적으로 원자로를 40년간 운전후 폐쇄한다고 가정해서 중저준위는 10억스위스프랑, 고준위는 2~3배 이상이 될 것으로

보고 있다. 이 중의 3분의 2는 고정비이기 때문에 앞으로 원자력발전소가 증가하면 전기요금 당 경비는 낮아진다. 전력회사에서는 전기요금의 5%를 40년간의 폐기물관계비용으로 적립해 이 중에서 NAGRA 예산을 지출하고 있다.

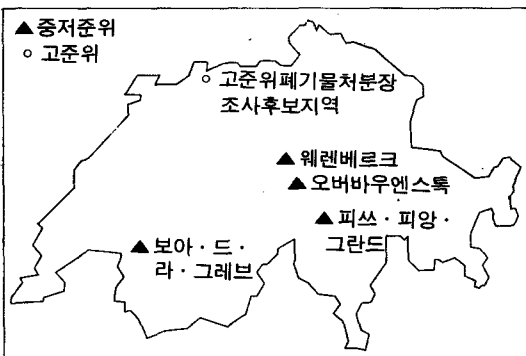
중저준위폐기물처분장(B형 처분장)

스위스는 인구밀도가 높기 때문에 중저준위 폐기물의 淺地層처분은 생각하지 않고 있다. 이 때문에 지질학상의 안전장벽으로 적합한 母岩 구조의 산중턱에 수평터널을 내서 처분하는 방법이 검토되고 있다. 최종처분장은 기존의 원자력발전소가 40년간 운전된다고 보고 10만m³ 이상의 수용능력을 갖추도록 할 계획이다.

중저준위폐기물은 콘크리트 또는 bitumen 固化해 콘크리트용기에 넣어 최종처분장의 콘크리트구조물 속에 수용된다.

최종처분장의 입지선정을 위해 NAGRA는 1980년에 100개소를 선정해 이 중에서 20개소를 재선정, 세부적인 조사를 해서 보아·드·라·그레브, 피쓰·피앙·그란드, 오버바우엔스톡, 웨렌베르크의 4개소에 압축했다 <그림 8>.

입지조사는 동시에 진행되고 있는데 피쓰·피앙·그란드와 오버바우엔스톡의 보링조사는 끝나고 웨렌베르크는 계속중이며 서쪽의 보아·드·라·그레브는 반대운동 때문에 진전이 없다. 1992년 1개소를 정하게 되는데 웨렌베르



<그림 8> 스위스에서의 중저준위폐기물처분장 조사후 보지

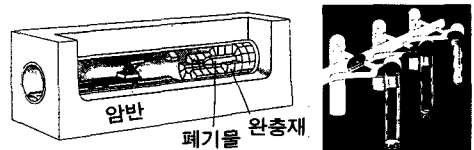
크가 유력하다. 건설허가를 취득해 10년 이내에 조업을 시작할 수 있도록 계획돼 있다.

고준위폐기물처분장(C형 처분장)

보증계획은 造山運動(연간 1~2mm)이 계속되고 있는 남부를 피해 북부의 지하 약 1,200m의 結晶質母岩에 최종처분장을 설정해 안전분 석을 하고 있다. 최종처분방법은 고준위폐기물은 유리固化한 캐니스터를 두께 25cm의 鑄鐵제의 overpack(스틸캐니스터라고 부른다)에 봉입해 이것을 <그림 9>와 같이 처분터널속에 수평으로 놓고 그 주위에 압축 bentonite를 충전한다. TRU 중저준위폐기물은 <그림 9>의 오른쪽과 같이 鑿坑속에 넣는다.

입지선정에 관해서는 1978년 지질학적으로 안정된 스위스 북부 1,200km²의 結晶質母岩지역의 조사를 시작하고 지하 500~1,000m에 結晶質岩(화강암)이 있는 지점에서 지금까지 1,500~2,500m의 보링구멍을 7개 냈다. 구멍을 낸 지점에서는 지질학적, 수문지질학적 또는 지구화학적 특성조사가 실시되었다.

또 1987~1988년에는 堆積岩母岩의 대안을 위해 퇴적암에 대한 예비적인 현지조사를 했다. 1993년경에 결정질암과 퇴적암의 2곳의 후보지점에서 10km² 넓이에 걸쳐 조사를 할 계획이다. 1995~1996년에는 이 중의 하나를 선정해 계속 상세한 지질조사를 하고 2000년에는 1개 지점을 정부에 제안하고 지점결정후 동지점에 鑿坑을 내어 지하실험시설을 만들어 상세한 입지특성조사를 실시해서 건설허가를 취득하고 가급적 2020년까지는 최종처분장의 조업을 시작할 계획이다. 조업개시후 30~40년후 가득 채워질 때까지 감시를 계속한다. 폐쇄하는데큰 신규허가를 취득해야 하지만 기술적으로 빨리(2~



<그림 9> C형처분장의 처분개념도

3년) 폐쇄하는 것이 안전상 바람직한 것으로 여겨지고 있다.

도로정비 등의 기반시설조성으로 간접적으로 현지의 지역사회에 기여하는 것이 필요한 것으로 여겨지고 있다. 중저준위폐기물처분장건설을 위한 기반시설조성비용을 지출하기로 되어 있어 현지지역단체와 협의중이다. NAGRA에서는 연간 100만스위스프랑을 2020년까지 매년 계속 지불할 것을 제안하고 있지만 현지의 지역사회와 절충한 결과 증액될 가능성도 있다고 보고 있다.

PA 활동

NAGRA의 중요업무 중의 하나로 적극적으로 실시하고 있지만 스위스에서도 방사성폐기물처분의 안전성에 대해서는 일반인들의 이해를 구한다는 것은 어려운 것 같다. 지질조사를 위해 시굴하는 경우에도 왜 이 장소를 택했는지 소위 NIMBY(not in my backyard, 자기집 근처에는 안된다는)증상이 나타나기 때문에 이에 대한 홍보가 중요하다고 보고 있다. 중저준위처분장에 대해서도 아직 충분한 이해가 이루어지지 않고 있다.

그림젤岩盤연구소

1. 대상암반

화강암

2. 深 度

450m (해발 1,730m, 진입터널 1.2km)

3. 터 널

길이 900m, 구경 3.5m, 수력발전소의 터널에 평행해서 났다.

4. 지질환경특성

Juchlistock Massif(3억년전)

5. 목 적

(1) 스위스 처분장후보지의 지질조건하에서 해외의 연구결과를 定性的·定量的으로 적용 가능한지를 조사한다.

(2) 각종 실험장에서의 지하조사의 여러 단계(계획, 실시, 분석)의 노하우를 축적한다.

(3) 적절한 측정방법과 기기의 개발, 시험 및 응용에 관해 실제적인 경험을 쌓는다.

6. 현재 실시되고 있는 주요시험

(1) 지구물리

① 電磁氣高周波探查

전자파가 암반의 破碎부분이나 균열에서 반사, 흡수되는 것을 이용한 암반비파괴검사

② 地震波探查

지진파속도가 斷層에서 지연되는 것을 이용해서 단층사진을 작성

③ 傾斜計測

정밀한 振子를 사용한 암반의 경사계측

④ 레이더反射試驗

⑤ 지하레이더반사시험

(2) 岩盤力學

① 掘削試驗

굴삭에 의한 암반의 특성변화를 조사

② 岩盤應力 측정시험

암반내 응력을 측정해 건설기술개선, 폐기물 용기설계에 반영

③ 熱傳導試驗

보링구멍속에 熱源을 설치해 열전도, 암반팽창, 균열동태를 조사

(3) 地下水文學

① 移行試驗

방사성물질의 이행에 영향을 주는 암반의 특성(擴散, 沈着특성)을 밝힌다. Br 82, I 123 같은 tracer를 사용한 시험

② 龜裂內流動試驗

균열부분에서의 지하수의 방향과 유량을 측정

③ 換氣試驗

坑道내 공기의 온도와 습도의 변화를 측정해 岩盤透水性의 데이터 축적

영국

영국에서는 37기, 1,465만kW의 원자력발전소가 가동중으로 총발전량의 약 21.7%를 공급하고 있다.

영국정부는 1989년 11월 전기사업을 민영화할 당시 CEGB(중앙전력청)와 SSEB(남스코틀랜드전력청) 소유의 원자력발전소를 민영화대상에서 제외해 각각 국영업체인 Nuclear Electric社와 Scottish Nuclear社 관리하에 두기로 하는 한편 현재 건설중인 동국 최초의 PWR인 Sizewell B 원전은 완성시키지만 이에 뒤따르는 PWR의 건설계획에 대해서는 이를 일단 동결해 1994년 이후에 결정하기로 했다.

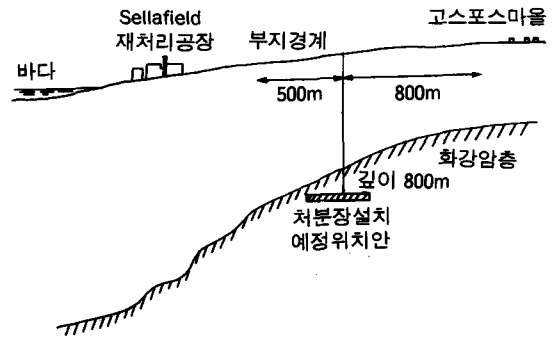
사용후연료는 재처리해 여기서 발생하는 고준위폐기물은 유리固化해서 최소한 50년간 저장시설에서 냉각저장하기로 되어 있어 그 최종처분을 위한 현장조사와 시험은 시간적인 여유가 충분히 있기 때문에 당분간 실시하지 않을 방침이다. 실제로 중저준위폐기물의 최종처분장계획을 통해 많은 경험을 얻을 수 있다는 것과 동시에 추진하는 경우의 고준위폐기물과 중저준위폐기물의 혼동을 피하기 위해 우선 중저준위폐기물처분에 대해서만 구체적인 안을 마련하기로 했다.

중저준위폐기물 최종처분장

중저준위폐기물 최종처분장의 설계, 건설 및 운영은 U.K. Nirex社(영국원자력산업·방사성

건설일정

| | |
|------------|--|
| ~1992년 | Sellafield 시굴조사, 동조사결과에 따라 처분장설계, 환경영향평가 |
| 1992년말 | 처분장건설계획허가신청 |
| 1993~1994년 | 공청회 |
| 1995년 | 건설계획확인허가신청 |
| 1995~2005년 | 건설 |
| 2005년 | 조업개시 |



〈그림 10〉 중저준위처분예정지의 지반

폐기물회사)에서 하게 되어 있다.

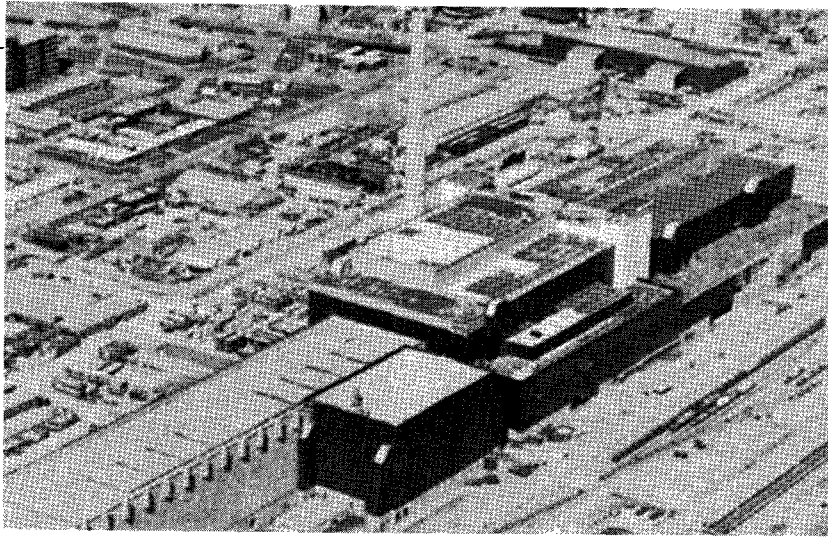
처분장으로는 지하 800~1,000m의 硬質岩層에 건설한다는 생각으로 약 500개소의 후보지를 선정해 이것을 12개소로 압축, 1989년에는 Sellafield 와 Dounreay의 2개지점을 후보지로 선정한다고 발표했다. 그후 Nirex社는 2년간에 걸쳐 5백만파운드 이상의 비용을 들여 이 두 후보지점에서 조사를 실시해 왔다.

조사결과 두 후보지는 모두 지질학적으로 深地層처분에 적합한 것으로 밝혀졌지만 이와 함께 실시한 환경에의 영향, 사회에의 영향, 수송, 기반시설 등의 검토작업에서 폐기물수송비를 고려할 때 Sellafield쪽이 유리한 것으로 판단되어 Dounreay는 대안으로 남겨두면서 앞으로는 Sellafield에서만 조사를 계속한다고 발표했다. Sellafield에 건설함으로써 50년간의 사용기간 중 폐기물수송비가 약 10억파운드 절약된다고 전망하고 있다.

지금까지 4번의 보링조사에서 〈그림 10〉에 표시한 대로 Sellafield 재처리공장부지 근처에서 부지예정지는 암반이 깊은 곳에 위치하고 여기서 서쪽으로 갈수록(내륙쪽) 얕아지는 것으로 밝혀 졌다. 처분장은 지하 800m의 화강암층에 설치할 것을 고려중이다.

U.K. Nirex社

Nirex社는 중저준위폐기물처분정책을 시행하기 위해 1982년 설립되었다. Nirex社는 주식회



〈표 2〉 Nirex社의 파견기관별 인원

| | 관리자 | 과학자/기술자 | 정보담당 | 관리/보조 | 합계 |
|-------------------|-----|---------|------|-------|----|
| UKAEA | 3 | 9 | 5 | 30 | 47 |
| Nuclear Electric社 | 3 | 9 | 1 | 5 | 18 |
| BNFL | - | 3 | - | - | 3 |

사이기는 하지만 주주는 Nuclear Electric社, BNFL(영국핵연료공사), UKAEA(영국원자력공사), Scottish Nuclear社, 에너지성 등 모두 100% 국영기업체들이다.

직원은 주주인 각기관으로부터 파견된 사람들이다. 현재인원은 68명으로 그 구성은 〈표 2〉와 같다. Nirex社는 UKAEA, BNFL, 민간기업과의 계약으로 일을 추진하고 있다. BNFL은 Nirex社에 프로젝트담당부장을 파견하는 등 Sellafield에서의 입지조사에는 전면협조하고 있다.

Nirex社는 현지에서는 잘 알려져 있지 않기 때문에 가까운 시일내에 현지에 처분장건설전문 자회사를 설립해 처분장의 건설, 운영을 맡길 예정이지만 이 경우에도 현지에서 신뢰를 받고 있는 BNFL이 지역사회대응, 홍보활동에 적극적으로 협력하기로 되어 있다.

PA 활동

Nirex社는 중저준위폐기물처분장의 후보지로 Sellafield를 선정했지만 지금까지의 지질조사

결과에 따라 당초 예정했던 것보다 더 내륙쪽으로 위치를 옮기는 것도 고려중이다. 이때문에 처분장의 입구가 인구 2,000명의 고스포스마을에서 0.8km되는 지점까지 접근할 가능성이 있어 부지내라면 받아들여겠지만 부지밖으로 시설이 확장되는 것에는 반대한다는 의견도 나와 있다.

또 현지에서는 이에 반대하는 서명운동도 일어나고 있고 지질조사가 충분히 이루어져 있지 않은 단계에서 Sellafield로 정한 것은 시기상조라는 비판도 나와 있어 앞으로 현지의 이해를 구하는 것이 큰 과제로 남아 있다.

Nirex社는 최종처분에 관해 널리 사회의 이해를 구하는 것이 중요하다는 판단 아래 후보지 결정 이전인 1987년 11월에 검토자료인 「The Way Forward」 책자(36페이지)를 작성해 지방자치단체, 각종단체 등에 6만부를 배포하는 한편 각계대표를 초청해 세미나를 열었다(1988년 7월까지 60회, 참가인원 2,500명).

또 검토자료에 대해 2,526통의 코멘트회신이 들어왔는데 Nirex社에서는 이것을 분석, 발표하고 있다(52페이지). 이것은 전국을 대상으로 한 홍보활동의 일환으로 여론의 반응, 일반대중의 문제의식을 파악하는데 효과적이었던 것 같다. 앞으로 Sellafield 지역에 중점을 둔 PA활동을 어떻게 전개하고 현지의 이해를 구할 것인가가 중요한 과제로 남아 있다

(原子力工業 92年 1月號).