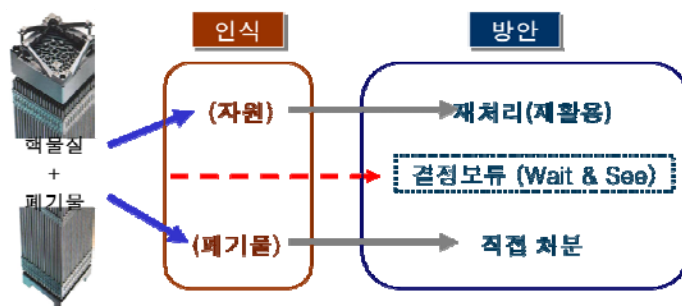




방사성폐기물의 정의

- ☐ 방사성폐기물의 정의 (원자력안전법 제2조 제18호)
 - 방사성물질 또는 그에 따라 오염된 물질로서 폐기의 대상이 되는 물질 (**폐기하기로 결정한 사용후핵연료를 포함**)
- ☐ Used fuel vs. Spent fuel

사용후핵연료 인식 및 방안



경제적, 사회적, 정치적, 에너지 안보 측면, 기술개발추이 및 국제
정치외교여건 등을 고려하여 사용후핵연료 국가정책 결정

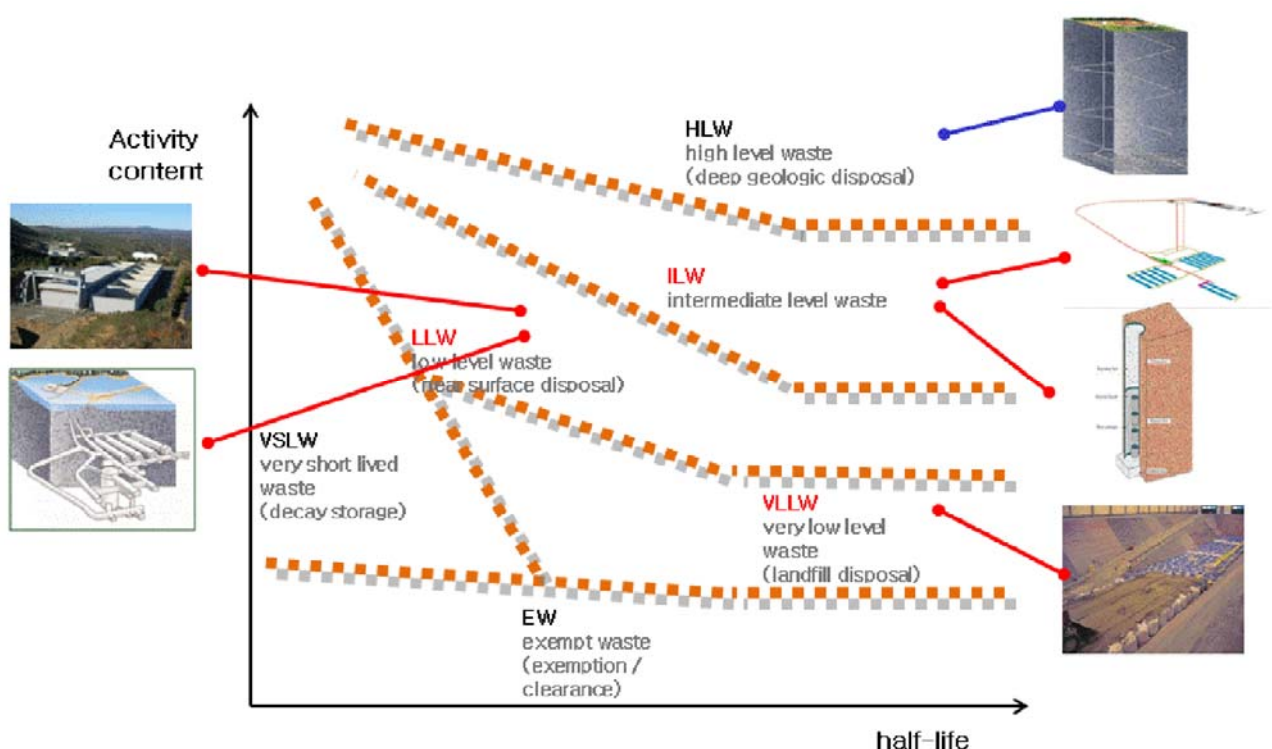
사용후핵연료 관련 원자력안전법 개정 현황

(2015.7.21 시행)

관련법	기존(원안법 제2조)	개정(원안법 제2조)
원자력안전법	18. "방사성폐기물"이란 방사성물질 또는 그에 따라 오염된 물질(이하 "방사성물질등"이라 한다)로서 폐기의 대상이 되는 물질(사용후핵연료를 포함한다)을 말한다.	18. "방사성폐기물"이란 방사성물질 또는 그에 따라 오염된 물질(이하 "방사성물질등"이라 한다)로서 폐기의 대상이 되는 물질(제35조제4항에 따라 폐기하기로 결정한 사용후핵연료를 포함한다)을 말한다.
	제63조(방사성폐기물관리시설등의 건설·운영 허가) ① 방사성폐기물의 저장·처리·처분 시설 및 그 부속시설(이하 "방사성폐기물관리시설등"이라 한다)을 건설·운영하려는 자는 대통령령으로 정하는 바에 따라 위원회의 허가를 받아야 한다.	
	제35조(핵연료주기사업의 허가 등) ④ 사용후핵연료의 처리·처분에 관하여 필요한 사항은 미래창조과학부장관과 산업통상자원부장관이 위원회 및 관계 부처의 장과 협의하여 「원자력 진흥법」 제3조에 따른 원자력진흥위원회의 심의·의결을 거쳐 결정한다.	
원자력진흥법	제3조(원자력진흥위원회) 원자력이용에 관한 중요 사항을 심의·의결하기 위하여 국무총리 소속으로 원자력진흥위원회(이하 "위원회"라 한다)를 둔다.	

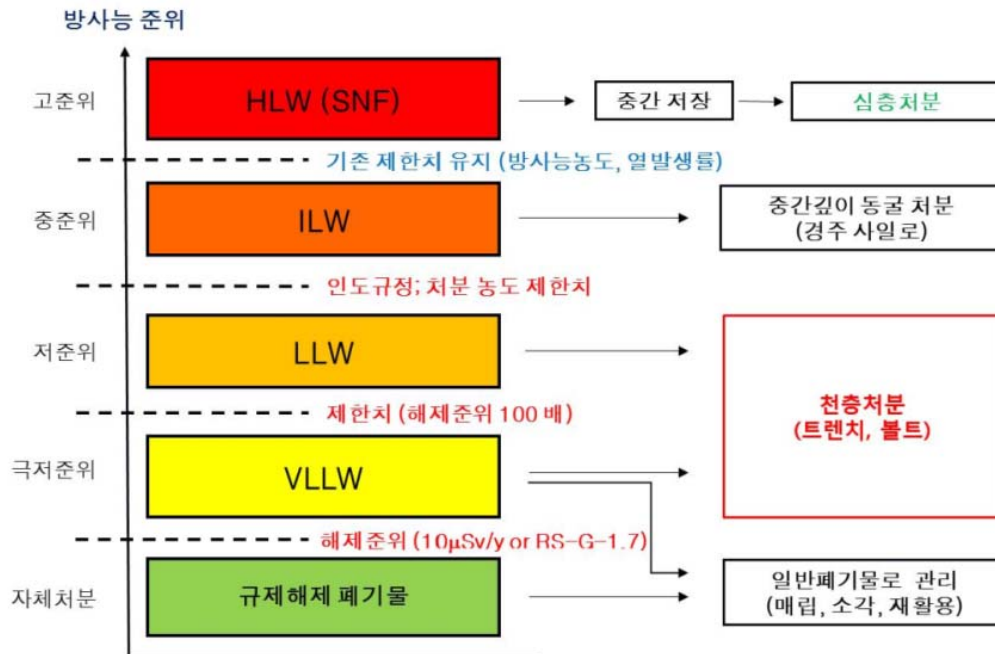
3

IAEA의 방사성폐기물 분류기준



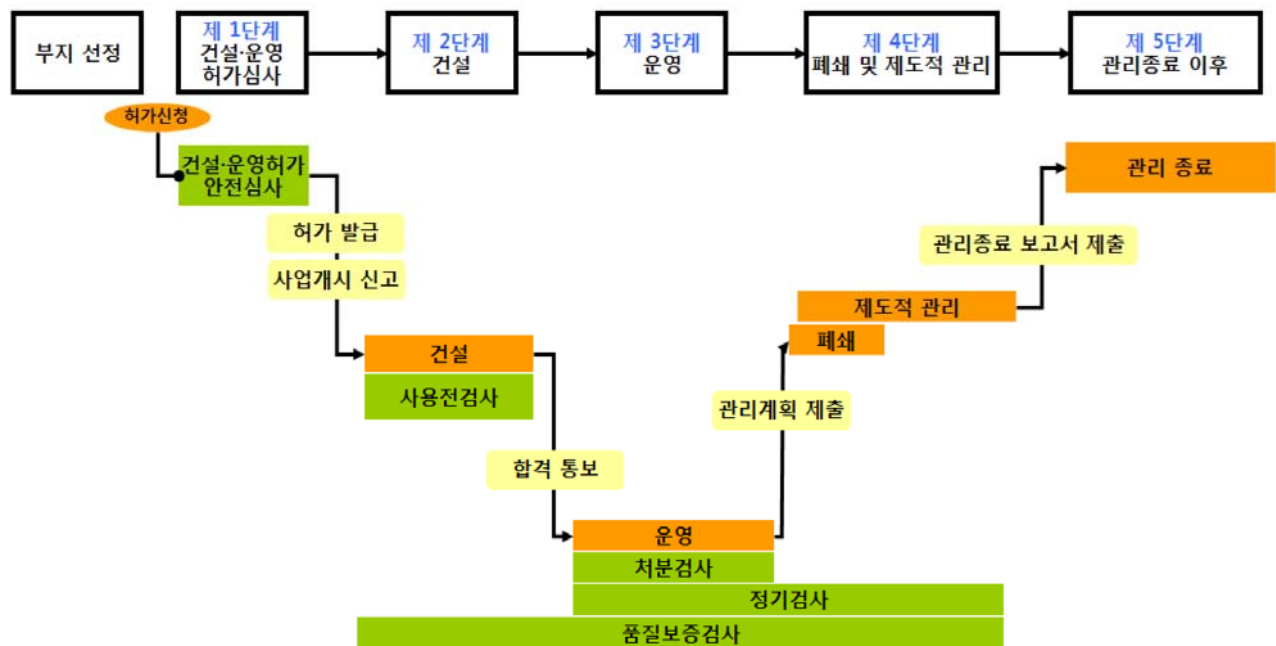
4

국내 방사성폐기물 분류 기준에 따른 처분 방법



5

처분 관련 안전 규제



6

주요 국가의 처분시설 안전기준 (성능목표)

국 가	LILW 시설	HLW 시설	비 고 (HLW)
미 국	• 0.25 mSv/y	• 0.15 mSv/y (< 1만년) • 1 mSv/y (> 1만년)	Yucca Mt. 개정안 (10CFR63, 40CFR197)
영 국	• 위험도 $10^{-6}/y$ (모든 시나리오)		
프랑스	(ICRP 권고 반영)	• 0.25 mSv/y (정상현상)	최소 1만년 EBS성능 입증
독 일	• 0.3 mSv/y (모든 시나리오)	• 고확률($>10^{-7}/y$)상황 : $10^{-6}/y$ • 저확률($>10^{-8}/y$)상황 : $10^{-5}/y$	평가기간 1만년 고려
스웨덴	• 위험도 $10^{-6}/y$ (모든 시나리오 결과 합산)		1000년간 정량적 평가
핀란드	• 정상현상 : 0.1 mSv/y (기대값) • 사고상황 : 5 mSv/y	• 정상현상: 0.1 mSv/y • 확률사건: 0.1 mSv/y (기대값)	수천년 EBS 격리성능 요구, 이후 GBI 핵종누출률 제한
스위스	• 정상시나리오 : 0.1 mSv/y • 확률시나리오 : $10^{-6}/y$	• 고확률상황 : 0.1 mSv/y • 저확률상황 : $10^{-6}/y$	전 기간에 걸쳐 만족 요구
일 본	• 정상시나리오 : 0.01 mSv/y • 저확률시나리오 : 0.3 mSv/y • 사고상황 : 10 mSv/y	(수립중 ... 0.3 mSv/y ?)	안전성평가 시나리오 분류를 위한 잠정기준
IAEA ICRP	• 자연현상에 대해 0.3 mSv/y 또는 $10^{-5}/y$ 위험도		인간침입은 분리취급

7

국내 처분시설 성능목표

바람직한 시스템특성기준

안전기준/설계기준

폐기물특성 (인도규정/운영기준)	인공방벽특성 (구조·설비기준)	천연방벽특성 (위치기준)	성능목표 (위해방지기준)
----------------------	---------------------	------------------	------------------

검토항목	LILW 처분시설(고시)	HLW처분시설 (고시)	비 고 (HLW)
◆ 평가기간	▶ 천(1,000)년	▶ 만(10,000)년	▪ 영향의 시간적 범위
◆ 평가대상	▶ 결정집단 (대표인)	▶ 대표인	▪ ICRP 신권고 반영
◆ 안전지표 (yardstick)	▶ 기본: dose (constraint) ▶ 보조: risk (constraint)	▶ 기본 : risk (constraint) ▶ 보조 : dose (constraint)	▪ 0.1 mSv/y 수준 방호 ▪ 위해의 시·공간 범위
◆ 성능항목 (성능목표)	▶ 정상현상 < 0.1 mSv/y ▶ 확률현상 < $10^{-6}/y$ risk	▶ 모든 현상 < $10^{-6}/y$ risk	▪ 미래 현상/피폭 분별성 (선량/확률 분리접근성)
◆ 추가고려	▶ 침입자보호 < 1 mSv/y	▶ 단일현상 < 10 mSv/y	▪ 단일피폭/급성효과 제한

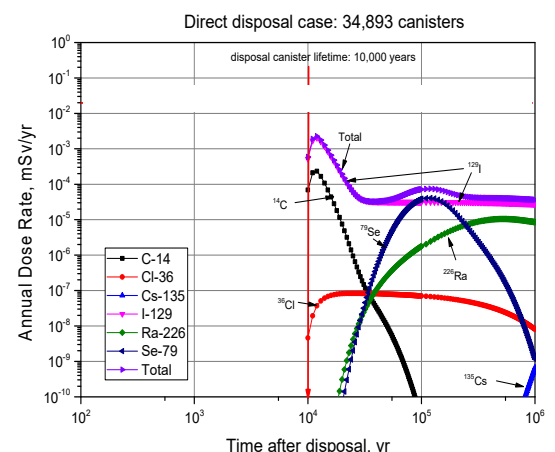
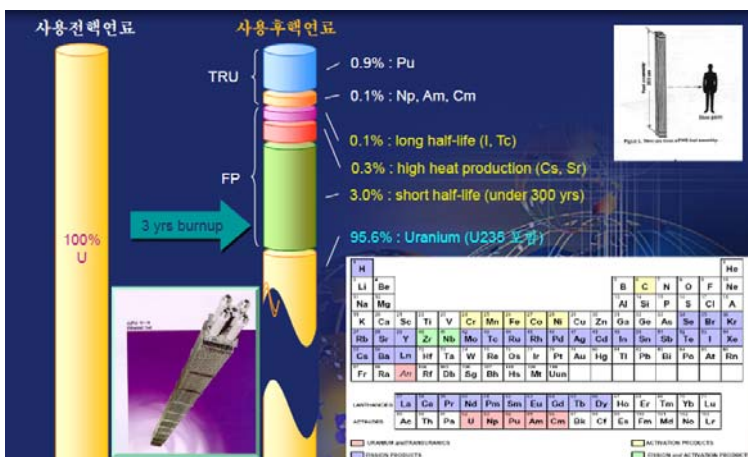
8

심층처분의 목표

- **Containment** : to confine the radionuclides within the waste matrix, the packing and the disposal facility
- **Isolation** : to keep the waste and its associated hazard away from the biosphere, with no intent for retrieval
- Potential releases presenting acceptable risk
 - Passive safety
 - * Biosphere means the environment inhabited by or accessible to humans, including groundwater, surface water, the atmosphere and marine resources.

9

사용후핵연료를 심층처분 해야 하는 이유



10

스웨덴

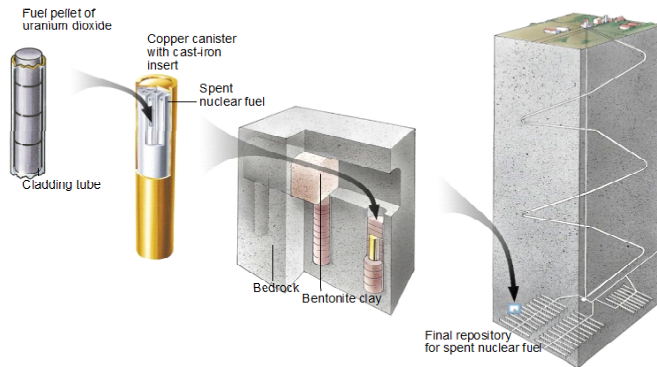


1. 일반 현황

- 인구(면적): 약 940만명 (약 45만km²)
- 원자력발전소: 10기 가동중 (약940만 kW)
- 사용후핵연료 발생량: 5,222톤 (2010년말)
- 처분용량: 12,000톤 (처분용기 6,000개)
- 처분부지: 포스마크 (확정)

2. 처분개념

- 압중: 화강암
- 처분장 심도: 지하 500 m
- 처분방식: 처분터널 내 수직공 혹은 수평터널
- 고준위폐기물: 사용후핵연료 직접처분
- 공학적방벽: 구리처분용기, 벤토나이트 완충재

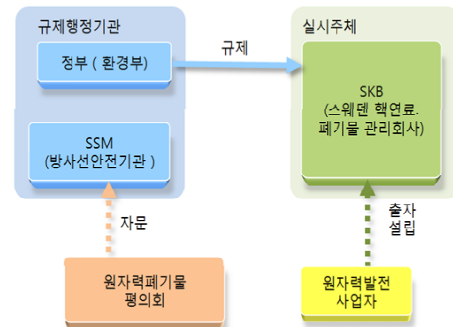


3. 추진현황

- 1977년 4월: 고준위폐기물 처분관련 원자력법
- 1983년: 기준 처분개념 (KBS-3) 제시
- 1984년: 전담기관 SKB사 설립
- 1985년: 습식 중간저장시설 CLAB 운영 시작
- 1990년: ASPO 지하처분연구시설 건설
- 2009년 9월: 포스마크 최종 처분장 건설 예정지 결정
- 2011년 3월: 처분장 건설허가 신청서 제출
- 2025년경: 운영예정 (4~5년 지연 예상)
- 2015년 Public notification
- 2019년 건설허가 결정

4. 관리 체계

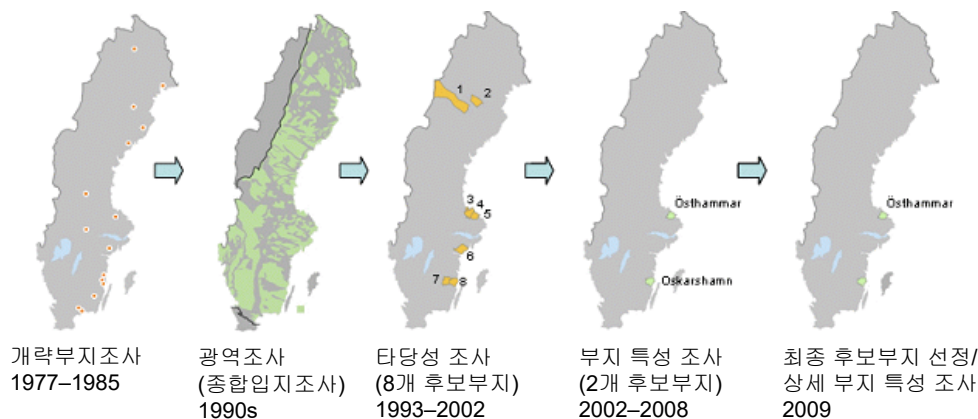
- 근거: 원자력법
- 관리책임: 원자력발전 사업자 (SKB)



11

스웨덴의 고준위폐기물 처분장 부지 선정 과정 개요

1976년	핵연료 안전 프로젝트 (KBS) 시작
1977~1985년	개략 부지조사를 통한 지질 데이터베이스 구축
1990년대	처분가능 기반암 지역을 중심으로 광역조사(종합입지조사)
1993~2002년	8개 지역에 대한 타당성 조사
2002~2008년	2개 부지에 대한 부지 조사
2002, 2003~	2개 부지(Oskarshamn과 Östhammar)에 대한 EIA 협의 시행
2009~2025년	1개 처분 부지 선정/상세 부지특성조사 및 처분장 건설



12

핀란드

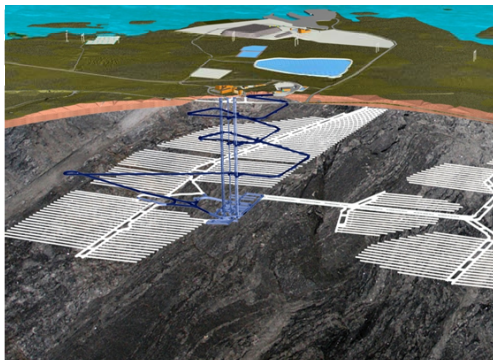


1. 일반 현황

- 인구(면적): 약 533만명 (약 33.8만km²)
- 원자력발전소: 4기 가동중 (약 284만 kW)
- 고준위폐기물 발생량: 1,700톤 (SNF, 2009년)
- 처분용량: 6,500톤
- 처분부지: **올킬루오토(확정)**

2. 처분개념

- 압중: **화강암**
- 처분장 심도: 지하 420 m
- 처분방식: 처분터널 내 수직공 혹은 수평터널
- 고준위폐기물: **사용후핵연료**
- 공학적방벽: 구리 처분용기, 벤토나이트 완충재

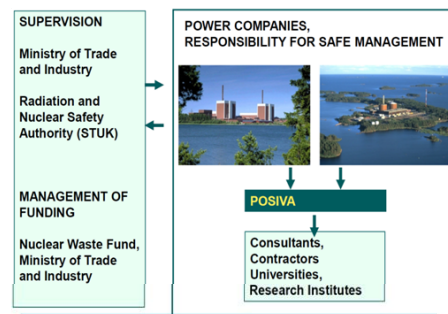


3. 추진현황

- 1994년: 수정된 원자력법, 모든 사용후핵연료는 핀란드 내에 직접 처분
- 1995년: 2개의 전력회사, 전담기관 POSIVA 설립
- 1999년: POSIVA사 올킬루오토 지역에 ONKALO 지하처분시설 건설 계획
- 2001년: 의회 승인
- 2003년: 지자체 ONKALO 시설 건설 승인
- 2004년: ONKALO 시설 건설 착수
- 2012년 12월: POSIVA 최종처분장 건설허가 신청
- 2015년 2월 11일 : STUK 건설 승인
- 2020년대: 최종처분장 운영 개시 목표

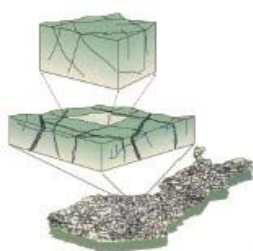
4. 관리 체계

- 근거: 수정된 원자력법
- 관리책임: 전력회사, 전담기관 POSIVA



13

핀란드의 고준위폐기물 처분장 부지 선정 과정 개요



부지 확인 조사

1983~1986

예비 조사를 위한 부지 선정
(site screening)



예비 부지특성조사

1987~1992

잠재적으로 타당한 조건의
암반 지역 대상



상세 부지특성조사

1993~2000

예비조사를 근거로
가장 타당한 지역 대상



부지 승인

2001

의회 승인

- ◆ 사용후핵연료관리에 대한 초기 계획은 두 지역의 원전건설단계부터 이미 준비
- ◆ Olkiluoto원전의 SF 관리에 대한 연구는 1970년대 중반에 시작 : 심지층처분은 이미 그 시기에 중요한 고려대상, 이에 대한 체계적인 타당성연구가 1978년에 시작됨
- ◆ 다중방벽과 장기안전성에 근거한 처분시스템 타당성연구가 1982년에 처음 보고됨
- ◆ 1983년 핀란드 정부는 SF의 심지층처분을 위한 부지선정관련 중요 가이드라인 마련 : Step by Step method

프랑스

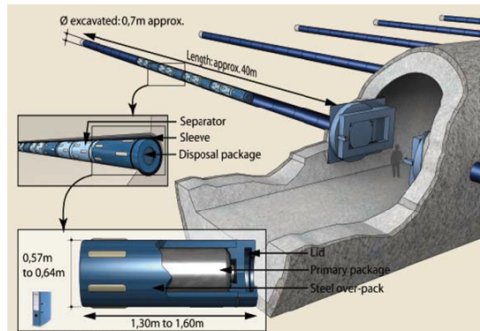


1. 일반 현황

- 인구(면적): 약 6,504만명 (약 54.4만km²)
- 원자력발전소: 58기 가동중 (약6,558만 kW)
- 고준위폐기물 발생량: 2,293 m³ (HLW), 12,887톤 (SNF)
- 처분용량: 45,000톤 (처분용기 약36,000개)
- 처분부지: (미정) Bure 주변 30 km² 후보부지

2. 처분개념

- 압축: 점토층
- 처분장 심도: 지하 500 m
- 처분방식: 처분터널 내 수평터널
- 고준위폐기물: 사용후핵연료 재처리 유리고화체
- 공학적방벽: 강철 처분용기, 완충재 없음

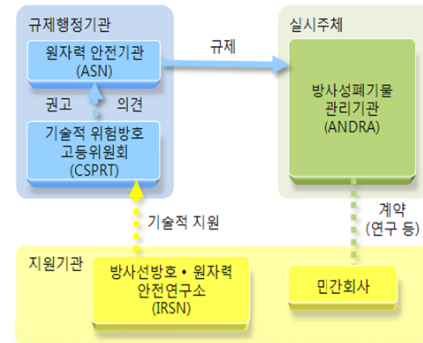


3. 추진현황

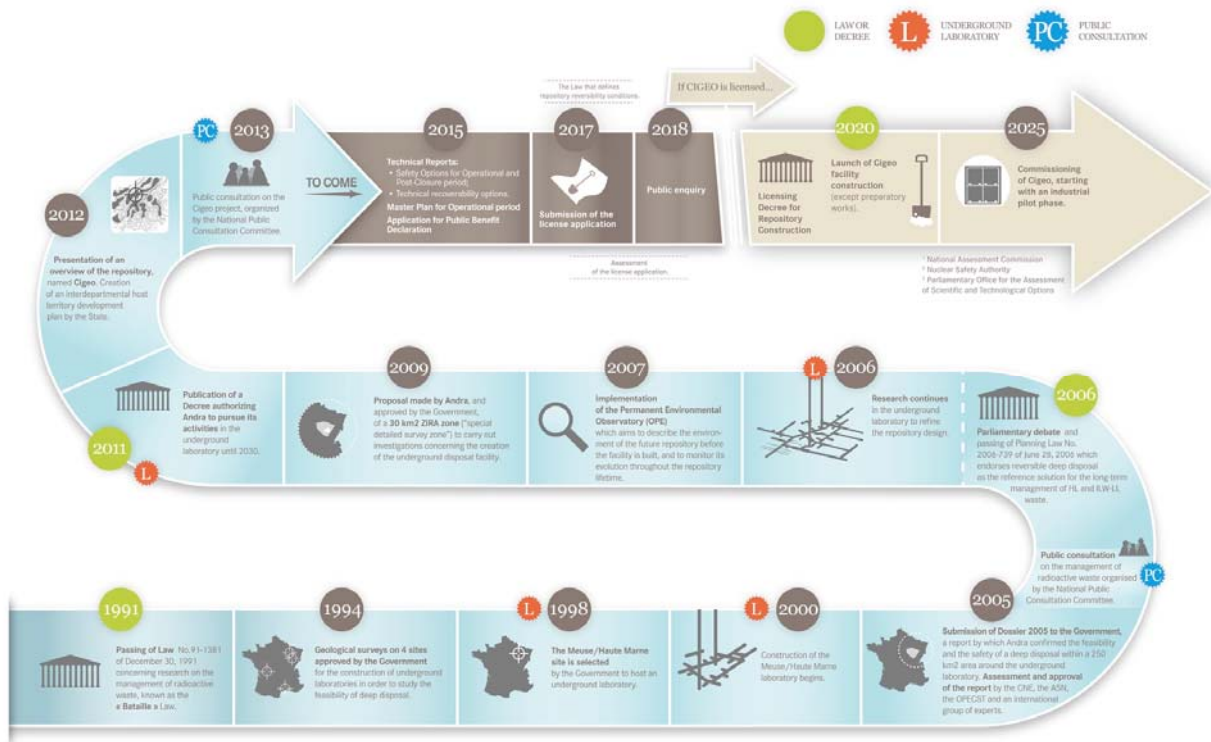
- 1976년: 라아그 재처리시설 내 중앙집중식 습식 저장
- 1979년: 전담기관 ANDRA 설립
- 1991년: 방사성폐기물관리연구법 제정. 15년 연구. 핵 변환/심지층처분/장기저장 연구 착수
- 1998년: Bure 지역에 지하처분연구시설 건설 승인
- 2006년: 15년간 연구결과를 바탕으로 '방사성물질 및 방사성폐기물관리법' 제정
- 2010년: Bure 지역 내 심층조사구역에서 상세조사
- 2015년: 처분장 건설 인허가 신청 목표 (CIGEO Project)
- 2025년: 최종처분장 운영 개시 목표

4. 관리 체계

- 근거: 방사성물질 및 방사성폐기물관리법
- 관리책임: 정부산하 전담기관 ANDRA



프랑스의 고준위폐기물 처분장 부지 선정 과정 개요



미국

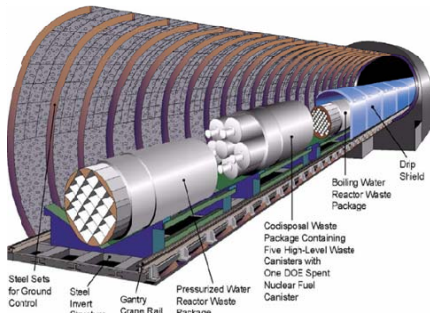


1. 일반 현황

- 인구(면적): 약 3억 875만명 (약 963만km²)
- 원자력발전소: 100기 가동중 (약10,632만 kW)
- 고준위폐기물 발생량: 약 65,000톤 (SNF)
- 처분용량: 70,000톤 (YMP 기준)
- 처분부지: Yucca Mountain(YM, 결정 후 취소)

2. 처분개념 (YMP 기준)

- 압중: 용회압
- 처분장 심도: 지하 300 m
- 처분방식: 수평처분터널
- 고준위폐기물: 사용후핵연료 및 재처리 유리고 화체
- 공학적방벽: 니켈 합금 처분용기, 완충재 없음



3. 추진현황

- 1982년: 원자력폐기물정책법(NWPA) 제정
- 1987년: NWPA 개정 및 이에 따라 네바다주의 야카 산을 처분장 부지로 선정 (네바다주 반대)
- 2002년 7월: 대통령 YM 처분장 부지 승인문서 서명
- 2008년 6월: 원자력규제위원회에 건설허가 신청
- 2009년: 오바마 정부 YMP 백지화 발표
- 2012년 1월: 불루리본위원회 사용후핵연료 관리에 관한 최종 권고보고서 에너지부 장관에 제출
- 2013년 1월: 에너지부 '사용후핵연료 관리전략' 발표. 2025년 사용후핵연료 중간저장시설 운영/2048년 심지층처분장 운영
- 항소법원에서 NRC 심사 재개 판결

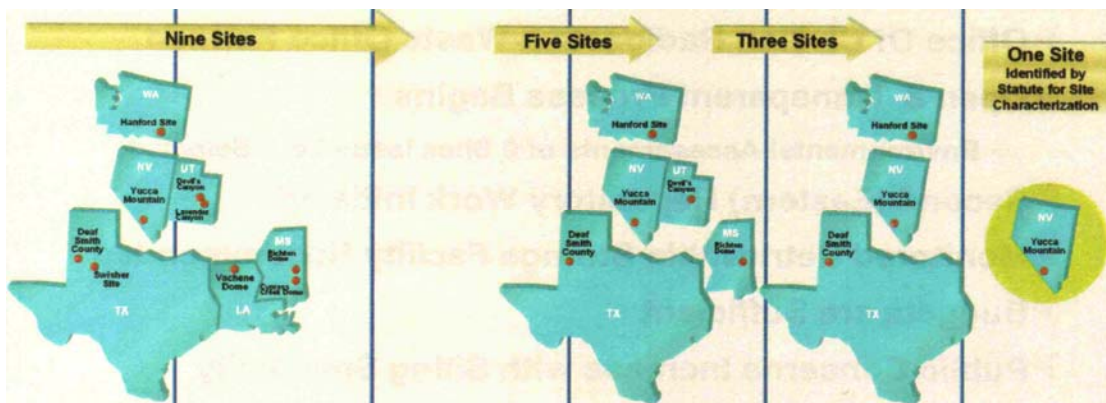
4. 관리 체계

- 근거: 원자력폐기물정책법(NMPA)
- 관리책임: 에너지부(DOE)

17

● 미국의 Yucca Mountain 처분장 부지 선정 과정 개요

1957년	미국과학아카데미에서 방사성폐기물의 지층처분의 타당함을 발표
1982년	방사성폐기물정책법 (NWPA)을 공포하고 부지결정절차 규정
1983년	9개의 후보부지 선정
1984년	후보부지에 대한 환경영향조사(안)을 공표하고 공청회 개최
1986년	5개 부지를 상세부지조사 대상 지역으로 제안하고 이 중 3개 부지를 추천/승인
1987년	NWPA 수정법이 공포되면서 시간과 재정을 이유로 Yucca Mountain를 대상 부지로 지정



부지승인
2002년

개략부지조사
1983~1986

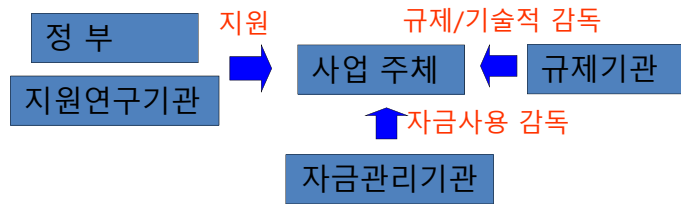
상세부지조사 제안 및 조사 승인
1986~1987

부지선정(NWPA)
1987

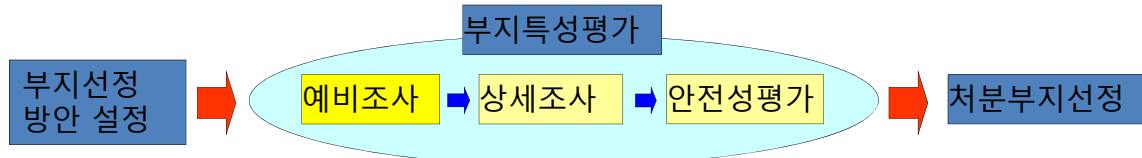
18

해외사례 종합

- 폐기물 관리 체계 : 폐기물 관리 체계를 사업주체, 자금감독, 사업규제감독으로 구분



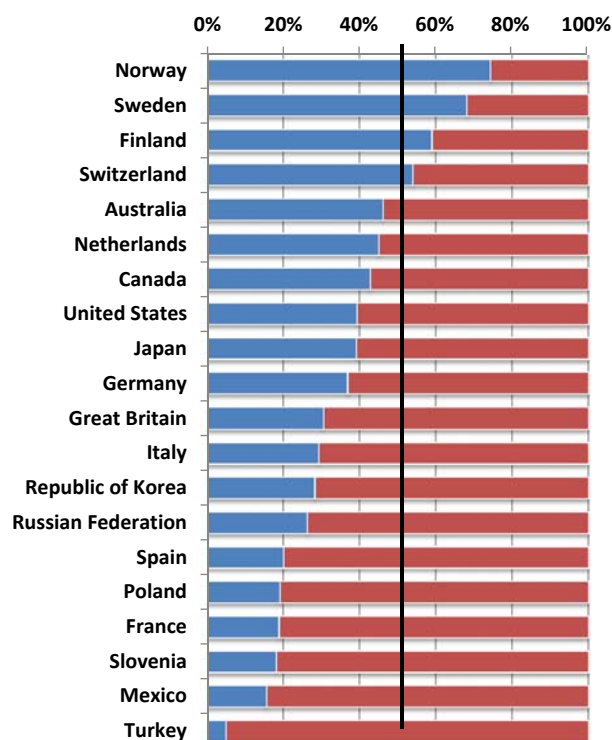
- 부지 선정 정책 및 과정 : 자국의 부지선정프로그램을 수립하여 이를 법제화



- 부지 선정 고려요소 : 부지선정 고려요소를 자국 지질특성에 맞게 작성하여 법제화
 - ✓ 부지 선정 과정에서 필수적으로 고려해야 할 요소(필수적 고려요소)
 - ✓ 선택적으로 고려해야 할 요소(선택 조건)
- URL : 자국의 심부 지질 환경조사를 위해 URL 등의 연구 시설을 확보
 - ✓ URL을 활용한 대국민 홍보 및 국민의 신뢰도 획득
 - ✓ 부지특성 상세조사 (Site-specific URL)

19

수용성에 대한 국가별 차이 고려 필요: Social Trust



National Differences in Social Trust in OECD NEA Countries

People in societies around the world were asked the following question: **Generally speaking, would you say that most people can be trusted or that you need to be very careful in dealing with people?**

Percentage of people in society agreeing that "most people can be trusted"

Source: Data from the 5th World Values Survey (2005 – 2008)
www.worldvaluessurvey.org

20