

중저준위 방사성폐기물 처분현황

2017. 2. 8



방사성폐기물의 발생



중저준위 방사성폐기물 처분



해외 처분 사례

I. 방사성폐기물의 발생

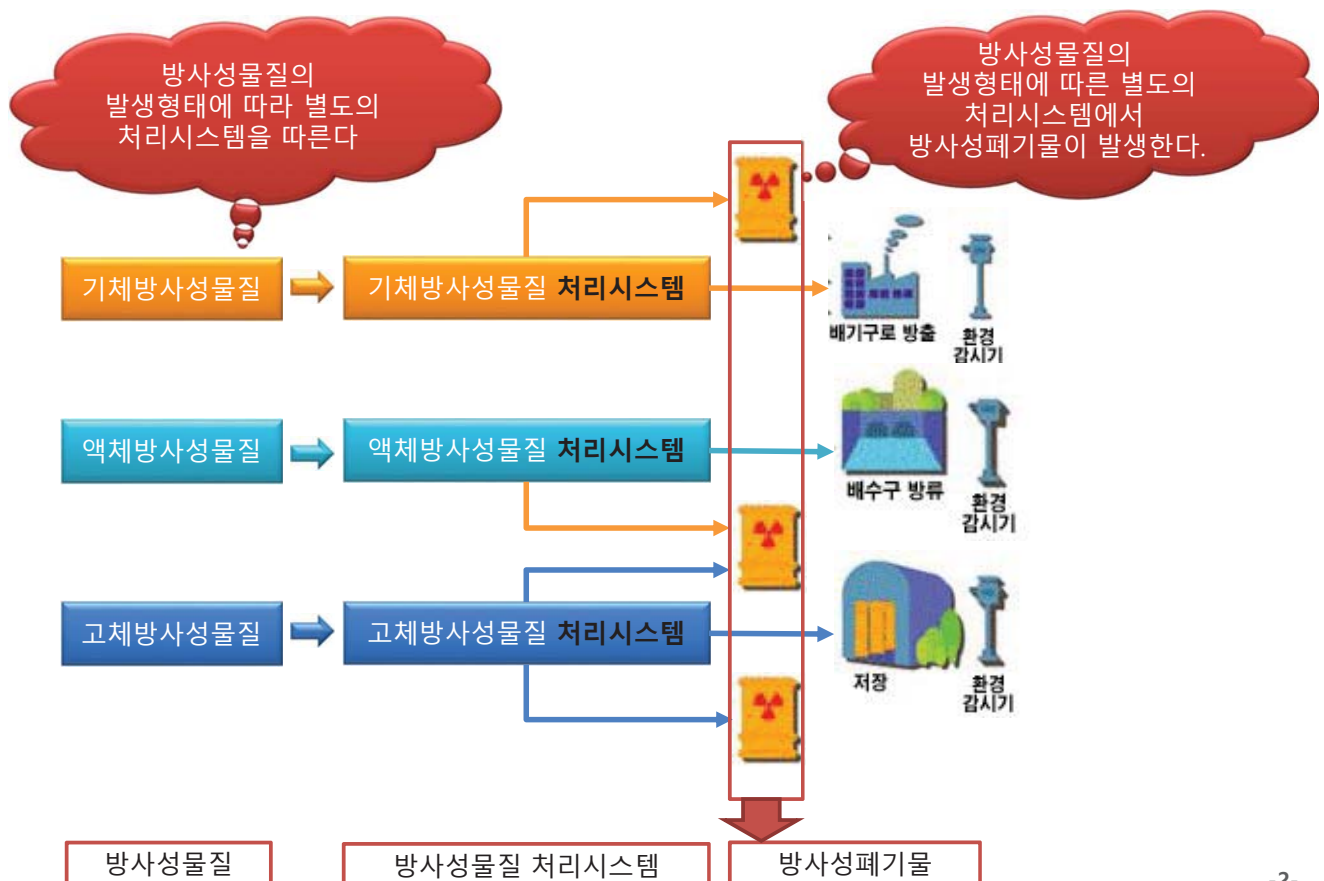
■ 방사성폐기물 정의 (원자력안전법 제2조 제18호)

- "방사성물질 또는 그에 따라 오염된 물질로서 폐기의 대상이 되는 물질 (사용후핵연료를 포함)을 말한다"



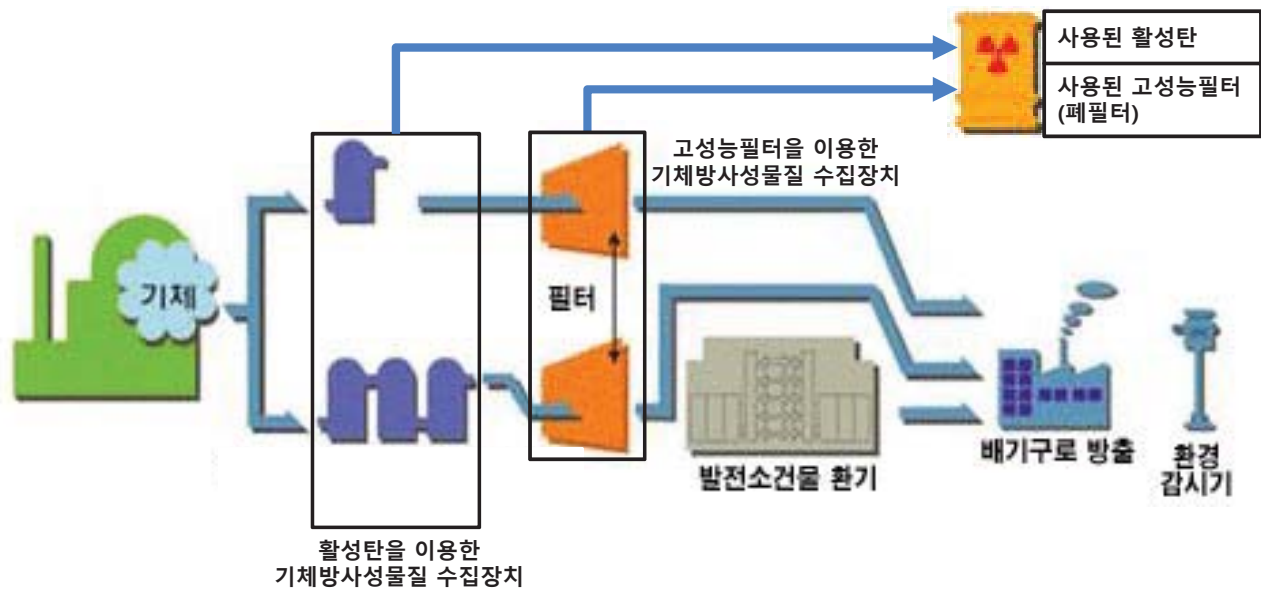
-1-

원자력발전소의 방사성물질 처리방법



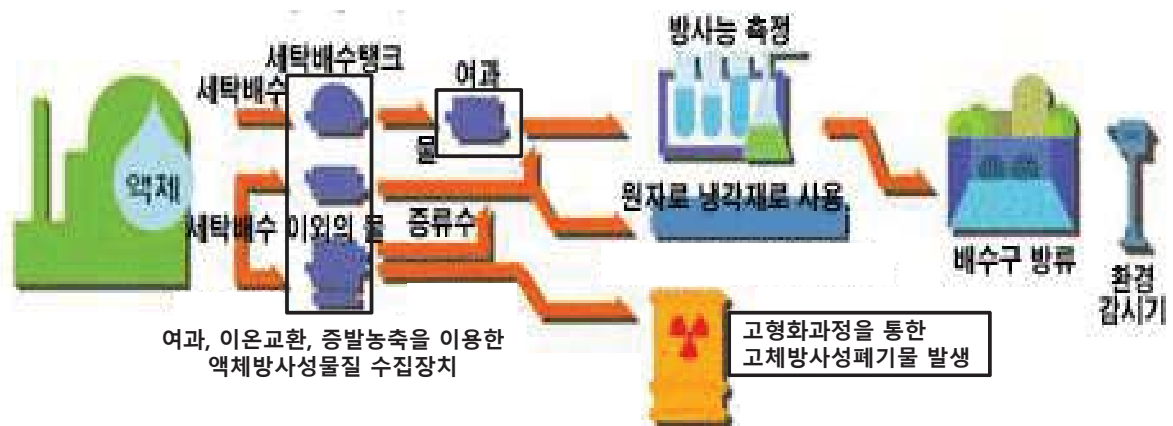
-2-

원자력발전소의 기체방사성물질 처리방법



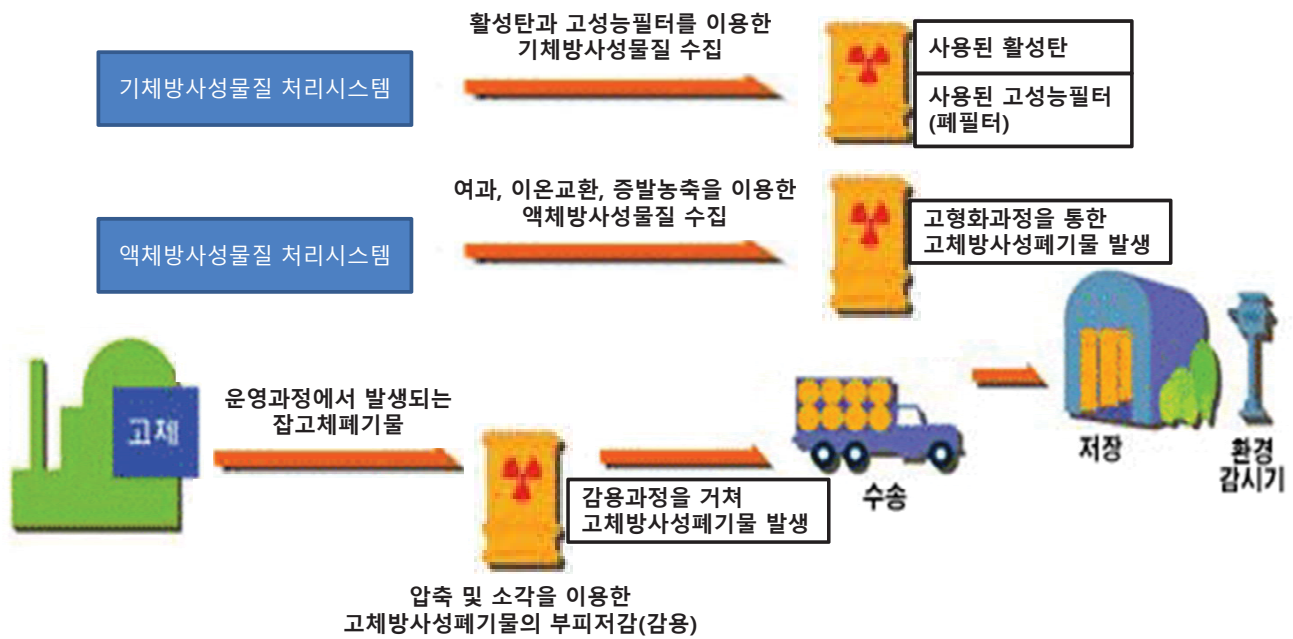
-3-

원자력발전소의 액체방사성물질 처리방법



-4-

원자력발전소의 고체방사성물질 처리방법



-5-

원전의 잡고체폐기물



-6-

원전에서 저장 중인 중저준위 방사성폐기물



-7-

방사성동위원소 폐기물의 발생



연구
식물생리연구, 유해물질분해
고고학연구, 동물생리연구



농업
식품보존, 농작물 품종개량
지질, 지하수 조사



공업
공업용 측정, 비파괴검사
화학반응촉진, 화학물질검출



첨단기술개발
우주개발, 해양개발



의료
병의 진단 및 치료
인공장기, 의료기구 멸균

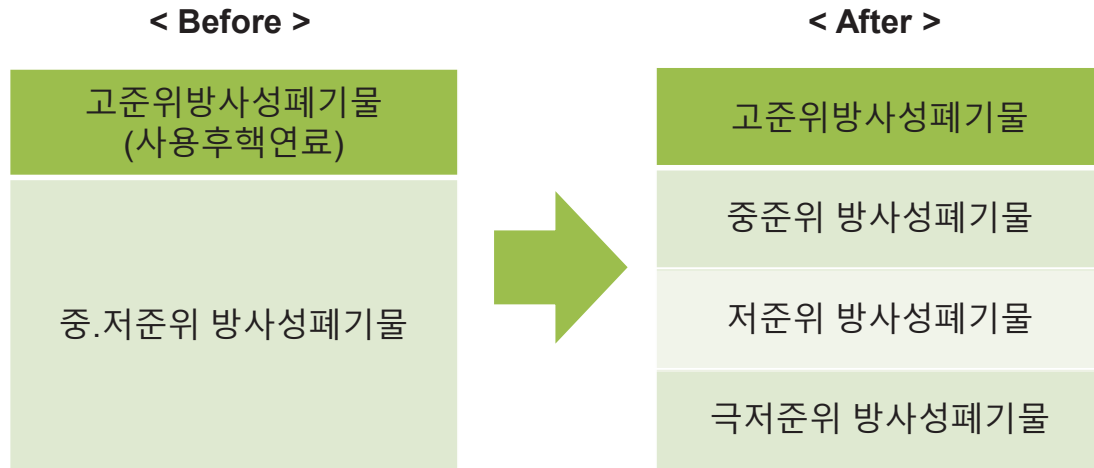


조사, 분석
공해조사, 유해물질 분석,
범죄수사, 미술품 검사

-8-

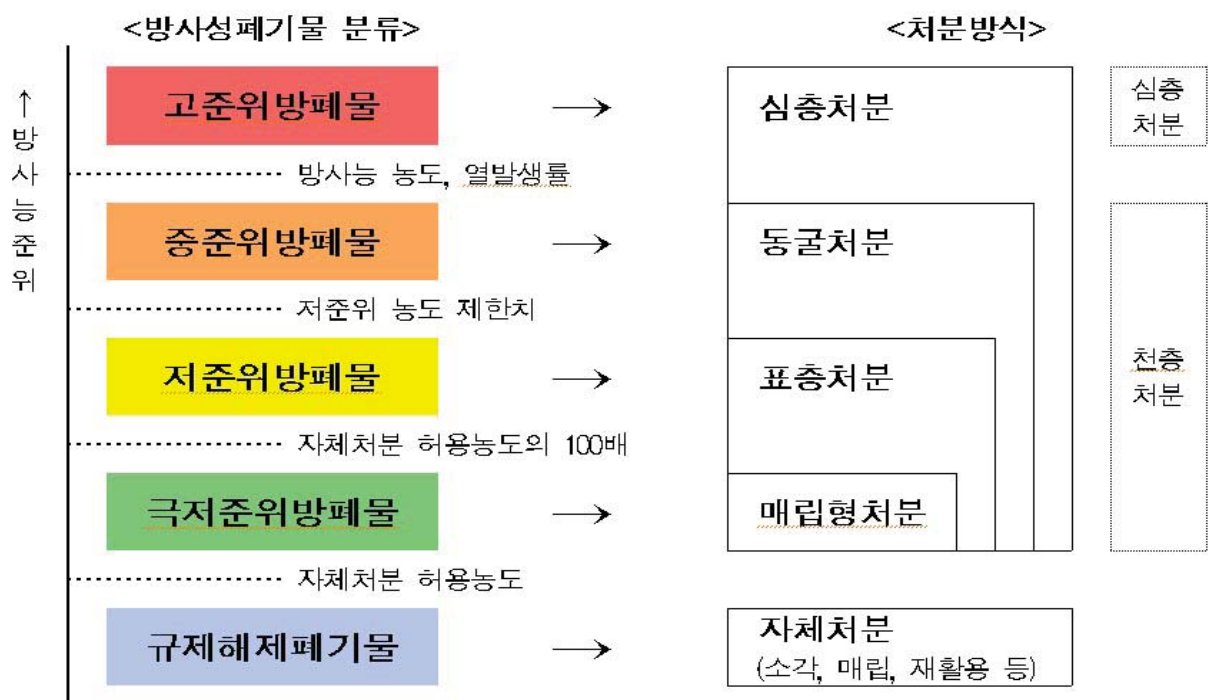
국내 방사성폐기물의 분류 체계

기존에 고준위 및 중.저준위 방사성폐기물로 분류하던 것을 세분화 함(2014.9월)



-9-

방사성폐기물 분류별 처분방식



-10-

II. 중저준위 방사성폐기물 처분

◆ 방사성폐기물 처분

1. 처분의 정의

- 방사성폐기물을 회수할 의도 없이 인간의 생활권으로부터 영구히 격리하는 것

2. 처분방식

- 심지층처분 : 사용후 핵연료 등
- 천층처분
 - 동굴처분 : 중준위, 저준위, 극저준위 방사성폐기물
 - 표층처분 : 저준위, 극저준위 방사성폐기물
 - 매립형처분 : 극저준위 방사성폐기물

-11-

◆ 국내 중저준위 방사성폐기물 저장현황

(2016년 12월, 드럼)

구 분		저장용량	저장량	저장율
원 전 폐기물	고 리	51,229	43,242	84.4%
	한 빛	26,412	20,704	78.4%
	월 성	13,240	9,986	75.4%
	한 울	24,091	16,166	67.1%
	신고리	10,363	767	7.4%
	신월성	10,363	356	3.4%
	소 계	135,698	91,221	67.2%
비원전 폐기물	RI 폐기시설	9,750	1,569	16.1%
	한국원자력연구원	39,438	19,333	49.0%
	한전원자력연료	8,900	8,104	91.1%
	소 계	58,088	29,006	49.9%
합 계		193,786	120,228	62.0%

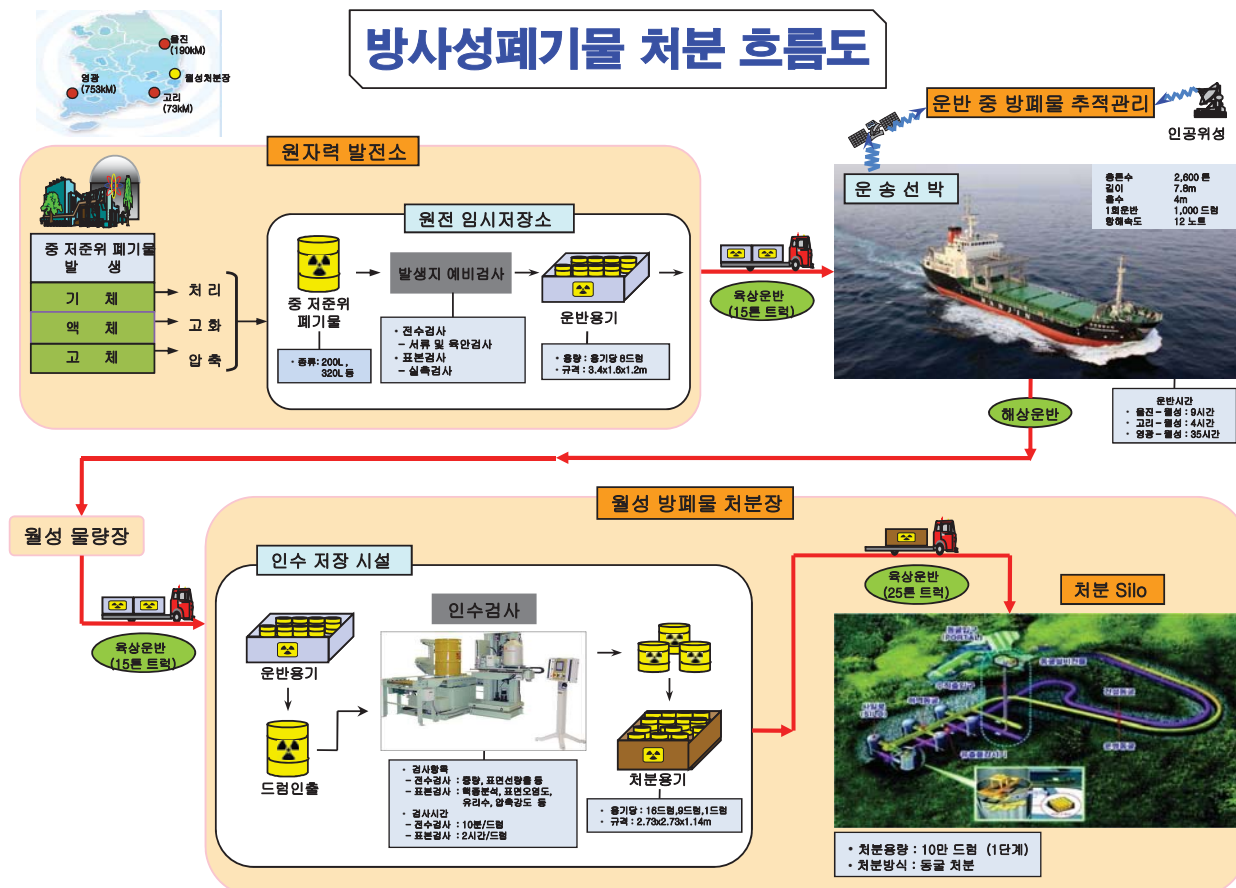
-12-

◆ 처분시설의 방사성폐기물 인수, 저장 및 처분현황

(2016년 12월, 드럼)

구 분	인수량	처분량	저장량
원전방폐물	9,872	5,461	4,411
KAERI 방폐물	1,600	659	941
원전연료 방폐물	-	-	-
RI 방폐물	830	800	30
기 타	1,496	-	1,496
합 계	13,798	6,920	6,878

-13-



-14-



◆ 경주방폐장 (동굴처분방식) 처분시설

- 위 치 경북 경주시 양북면 봉길리 일원
- 면 적 2,140,139 m²
- 시설규모 1단계 10만개 드럼(총 80만 드럼 규모)
- 처분방식 동굴처분 (1단계)
- 사업기간 '06.01 ~ '14.06 ('14.12월 사용전검사 승인)
- 총사업비 1조 5,228억 원
- 설계용역 한국전력기술(주)
- 시 공 사 (주)대우건설 + 삼성물산(주) 공동 수급체



◆ 경주방폐장 (표층처분방식) 처분시설

- 위 치 경북 경주시 양북면 봉길리 일원
- 면 적 44,800m² (처분고 : 160mx280m, 25만드럼 기준)
- 시설규모 1단계 10만개 드럼(총 80만 드럼 규모)
- 처분방식 표층처분 (2단계)
- 사업기간 '12.01~'19.12 (내진성능 강화에 따라 1년연장 예정)
- 총사업비 약 2,600억 원
- 설계용역 한국전력기술(주)

◆ 동굴처분시설



-17-

◆ 표층처분시설



-18-

✓ 운영동굴 (1,415m)



✓ 건설동굴 (1,950m)



✓ 처분 사일로 및 크레인



◆ 지상시설 (인수저장건물, 방사성폐기물건물 등)



-21-

◆ 원전 방사성폐기물 운반



-22-

방사성폐기물 운반



운반용기에 드럼적재



운반차량으로 육상운반

방사성폐기물 해상운반 경로

물양장에서 영해기선까지 최단경로로 운항 후 영해기선을 따라 운항



방폐물 운송선박의 안전성

☞ 운항 안전성 확보방안

- 어민들의 예측가능성을 위해 **방폐물 운반일정은 운반 10일 전 사전고지**
 - ✦ 영해 내 유자망 월별 설치위치를 파악하여 운반계획 수립 및 운항에 참조
 - ✦ 서해안 지역의 기상, 성어기 등 최적 조건을 감안하여 운반계획 우선 수립
- 운송선박은 조수간만의 차가 큰 서해안 특성을 고려하여 **만조 시에 입출항**
- 방폐물의 안전운반을 위해 **전 항로에 걸쳐 해경 에스코트 추진**
- **물양장 입항 시 예인선을 활용하여 물양장 선회 및 정박 안전성 확보**
- **기상예보를 확인**하고 기상악화 시 운항을 하지 않으나 운항 중 또는 방폐물 적재 시 태풍 등 기상이 악화될 시 태풍경로에 따라 광양, 진해, 진도 등으로 피항
- **해상 VTS(Vessel Traffic Service) 활용**, 해상 교통정보 실시간 확보 및 운항로 확인
- 방폐물 실제 운반에 앞서 운송선박을 **시범운항**하고 **안전성을 최종 점검**

-25-

방폐물 운송선박의 안전성

☞ 두겹으로 된 선체 구조로 만일의 사고시에도 침몰가능성을 방지

- 일반 선박보다 훨씬 두꺼운 선체로 되어 있어 안전성을 강화

구분	외판두께	내판두께	외판 ↔ 내판	바닥 ↔ 내판
방폐물 운송선박	15mm	25mm	3.4m	1.25m
일반선박(유조선 등)	10mm	8~10mm	1m	1m

☞ 방폐물도 드럼, 운반용기 및 선박의 화물창* 등 여러겹으로 보호되어 방사성물질의 누출가능성을 최소화

* 콘크리트 차폐체 설치 및 기밀 유지

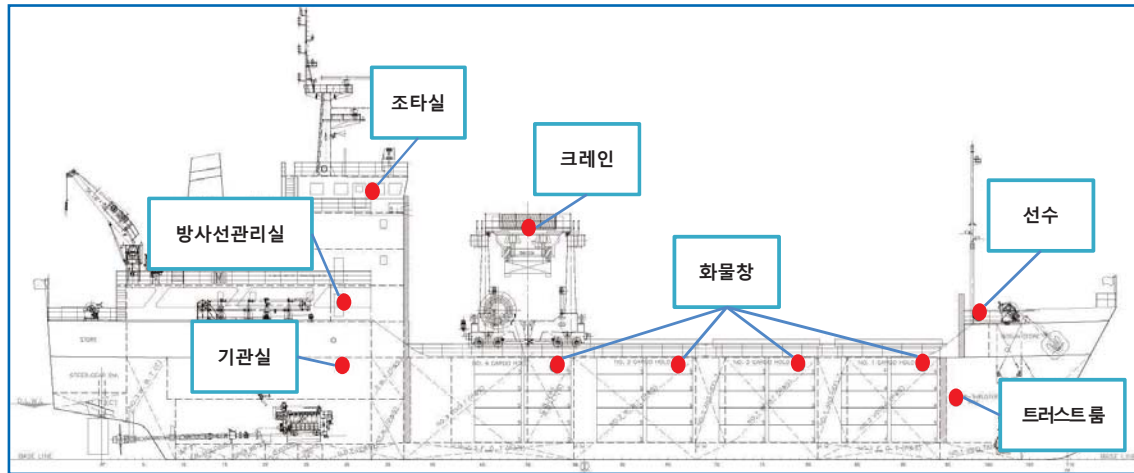
드럼	운반용기	화물창
강판 1.2mm	강판 12mm	강판 25mm



-26-

방폐물 운송선박의 안전성

- ▶ 선박내 주요 10곳에 방사선감시기를 설치하고, 방사선 유출을 실시간 감시
 - 방사선안전을 관리하는 전문가 2명이 동승하여 감시·감독



-27-

방폐물 운송선박의 안전성

한국원자력환경공단
KOREA RADIOACTIVE WASTE AGENCY

최신의 안전보장 설비 탑재

- ▶ 최신 항해장비를 탑재하여 선박의 충돌 사고를 예방
 - 충돌예방레이더, 선박자동식별장치, 선박위치추적시스템, 위성통신장치, 에코사운드 및 전자해도(해저상황파악) 등
- ▶ 국내외 관련 규정에 적합한 소방설비를 탑재하여 화재 사고를 예방
 - 국제 해상인명안전협약(SOLAS) 및 국내 선박소방설비기준에 따른 소방설비 탑재
 - ✦ 화재감지기, CO₂ 자동소화계통, 살수노즐장치, 소방펌프, 휴대용 소화기 등
 - 선박의 천정 및 벽면 내장재는 불연성 재질을 사용하여 화재발생을 예방
- ▶ 방폐물 추적관리시스템을 통해 선박 및 방폐물의 위치를 실시간으로 추적관리

-28-

충돌 및 좌초 시 안전성 평가 (한국해양대학교 '10.5~ '12.11)

☞ 운송선박이 다른 선박과 충돌할 경우 외부 충격에 따른 손상 정도를 평가

● 충돌 시 선박의 종류, 속력, 각도 등 다양한 상황을 가정하여 안전성을 평가

- ✦ 시나리오 : 35,000톤 유조선과 80° 각도로 전속력으로 충돌하는 경우 이중선체 소손
- ✦ 해경의 에스코트로 타 선박과 충돌을 미연에 방지

☞ 운송선박이 암초에 의해 좌초될 경우 손상 정도를 평가

● 암초의 크기 및 충돌 위치 등 다양한 상황을 가정하여 안전성을 평가

- ✦ 시나리오 : 선박 중앙으로부터 3.7m 지점에서 높이 1.75m의 암초와 충돌하는 경우
- ✦ 확인된 항로로 운항하기 때문에 좌초는 일어날 수가 없음(시범운항으로 확인)

- ☞ 최악의 사고상황에서 선체가 일부 손상되는 경우에도
1. **선박 복원력이 있으므로 저속으로 운항할 수 있으며,**
 2. **컨트롤데미지 플랜에 따라 가까운 항구로 이동가능**

정박(선·하역)하는 경우에 대한 방사선영향평가

☞ 평가대상 : 원전 물양장 인근 **주민** (제한구역경계 최단거리 거주 가정)

● 입력자료 : 운반물-주민 이격거리, 인구밀도, 정박시간, 방사선량을 등

● 평가결과 : 일반인 법적기준치(1mSv/y)를 충분히 만족하는 것으로 평가

- ✦ (개인선량) 1회 정박기준 : 0.0012mSv, 3회 정박기준 : 0.0036mSv

☞ 평가대상 : 선·하역 **작업자** (승무원 평가결과 동일)

● 입력자료 : 운반물-작업자 이격거리, 작업자 수, 정박시간, 방사선량을 등

● 평가결과 : 종사자 법적기준치(20mSv/y)를 충분히 만족하는 것으로 평가

- ✦ (개인선량) 1회 정박기준 : 0.35mSv, 9회 정박기준 : 3.15mSv

화재사고가 발생하는 경우에 대한 방사선영향평가

평가대상 : 운송선박 인근 주민

- 입력자료 : 방폐물 내 핵종별 농도, 대기로 방출되는 핵종 방출률, 대기확산인자 등
- 평가결과 : 일반인 법적기준치(1mSv/y)를 충분히 만족하는 것으로 평가
 - ▶ (개인선량) 0.0283mSv (폐수지 폐기물 1,520드럼 적재 시 최대)

침몰사고가 발생하는 경우에 대한 방사선영향평가

평가대상 : 운반경로 인근 주민

- 입력자료 : 해양확산 특성, 핵종 방출률, 연간 수산물 섭취량 및 수상활동시간 등
 - ▶ 3차원 해수순환 모델을 사용한 해양확산 평가결과를 적용
 - ▶ 해양으로 방출되는 핵종별 방출률은 100% 가정
- 평가결과 : 운송선박 적재 허용 방사능량(Bq/ship) 도출
 - ▶ 운송선박이 침몰하더라도 방사선영향이 일반인 법적기준치(1mSv/y)를 초과하지 않도록 하기 위해 선박에 적재할 수 있는 핵종별 허용 방사능량을 도출함
 - ▶ 운송선박 적재 허용 방사능량 도출 시 보수적으로 30%의 안전 여유도(Safety Margin)를 적용함

비상상황에 대한 대응활동

- ▶ 「중·저준위방폐물 운반 비상대응계획서」에 따라 비상대응조직을 가동하고, 사고 유형별로 신속한 임무를 수행

- ▶ 주요사고유형 : 운반물 낙하, 화재, 충돌, 좌초, 침몰, 태풍, 쓰나미, 인명 사고 등
- ▶ 사고 시 피항지(진도, 광양, 진해, 포항)로 피항

- ▶ 선원들을 대상으로 방사선 비상교육과 합동 비상대응훈련을 연2회 실시

- 선원 자체 모의훈련을 월1회 이상 실시

- ▶ '14년도 해상운반선박 합동 비상대응훈련 3회(5.27, 10.7, 10.21)



-33-

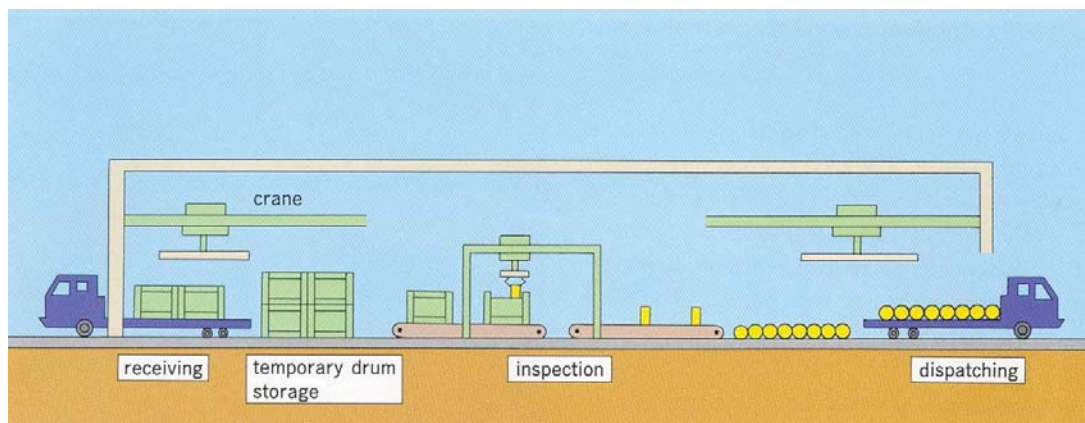
방사성폐기물 인수검사

- 목적 : 인수기준 만족여부 및 운반 중 손상유무 등 확인

- 대상 : 처분시설로 운반된 방사성폐기물 포장물

- 검사방법 : 인수저장건물에서 인수검사설비를 이용해 검사

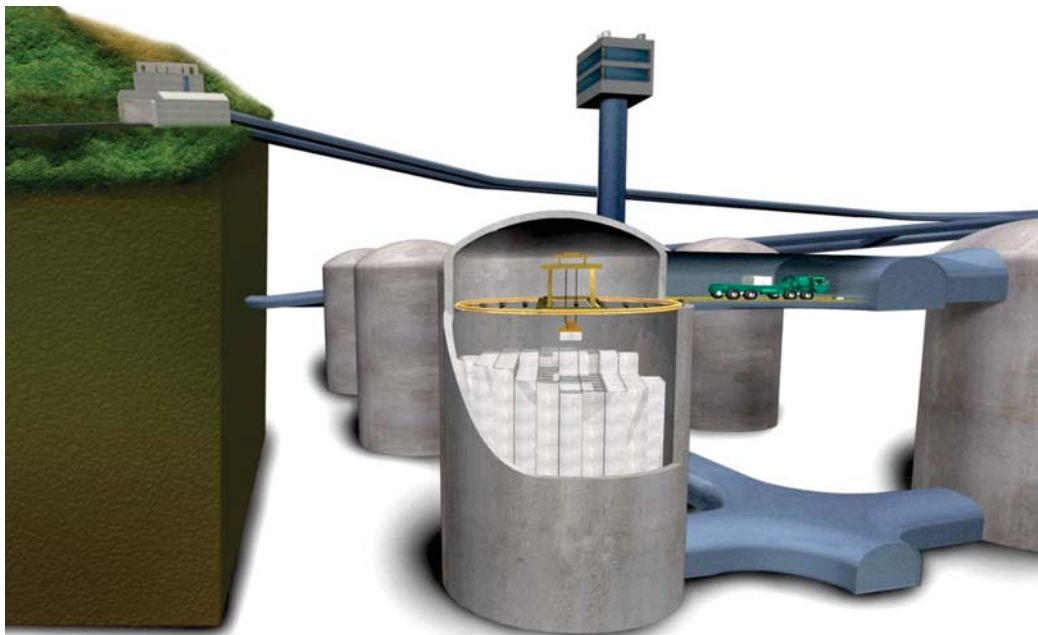
- 전수검사 : 서류검사, 육안검사 (용기의 건전성 등), 실측검사 (표면선량률, 무게)
- 표본검사 : 핵종 방사능, 채움률, 표면오염도, 유리수 함유량 등



-34-

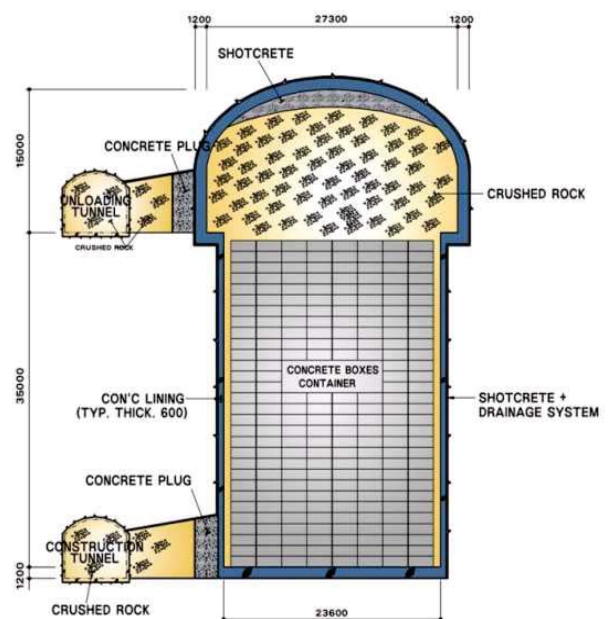
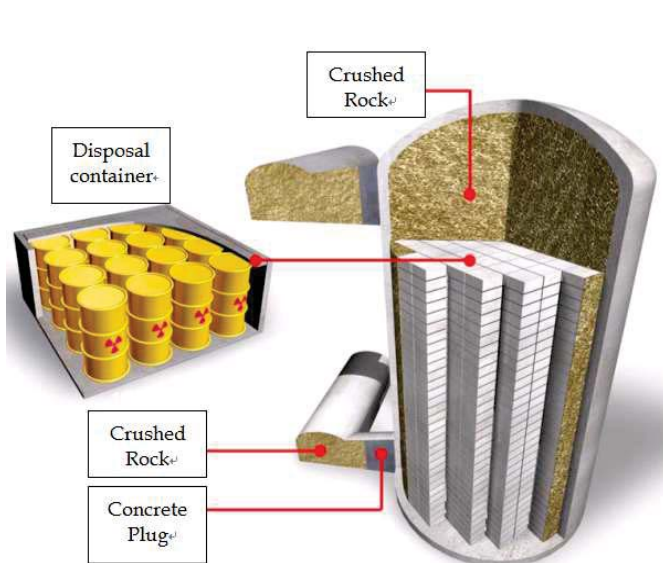
중준위 방사성폐기물 처분 개념

처분 용기를 사용하여 처분사일로에 적재하여 처분



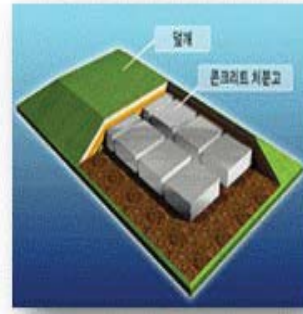
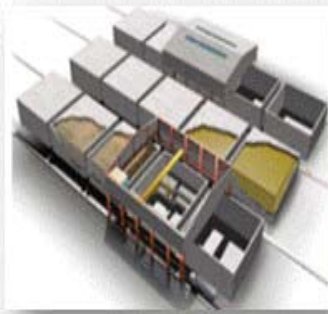
-35-

처분 및 사일로 폐쇄 개념도



-36-

저준위 방사성폐기물 처분 개념



스페인 엘까브릴



일본 로카쇼무라

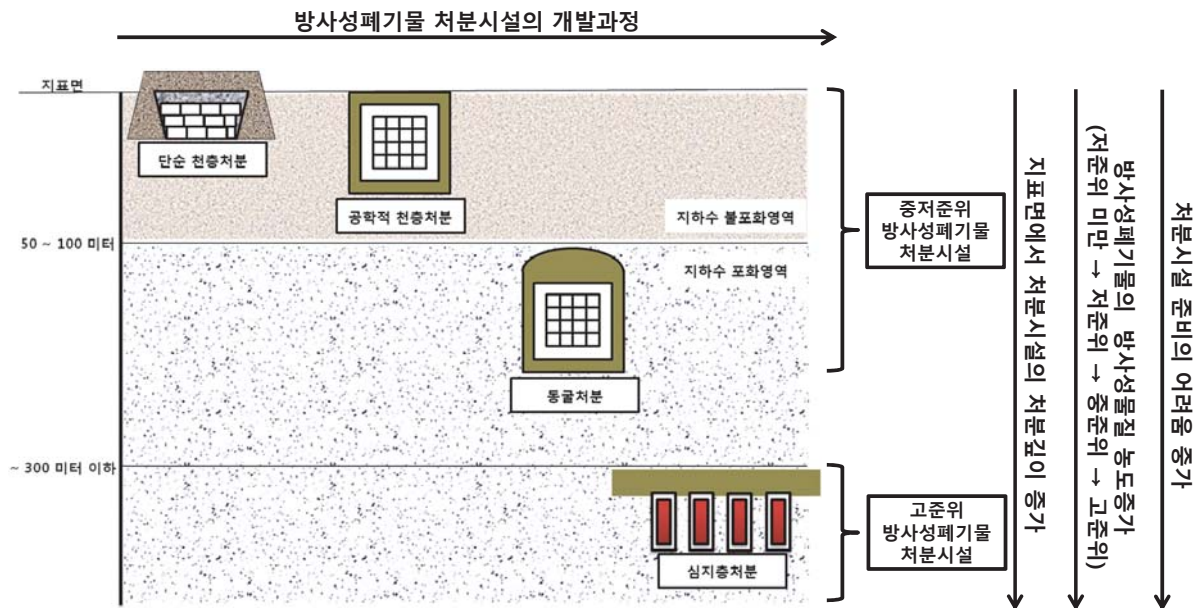
-37-

방사성폐기물 처분 안전성



-38-

방사성폐기물 처분방식의 특징



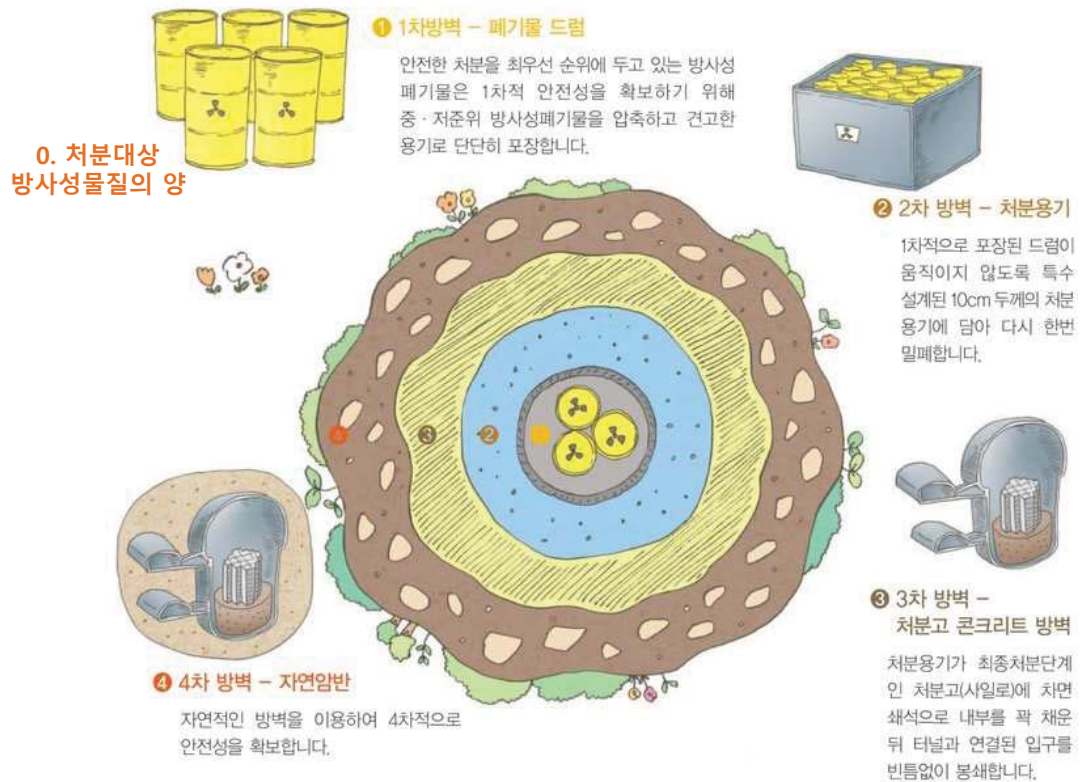
-39-

방사성폐기물 처분안전성 확보원칙



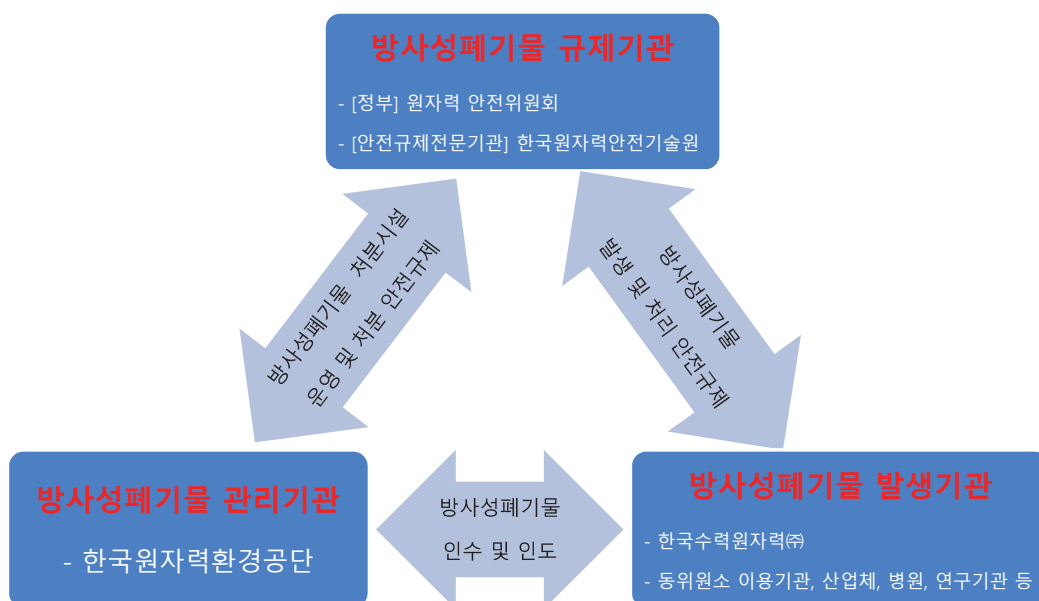
-40-

중저준위 방사성폐기물 처분시설의 다중방벽 개념



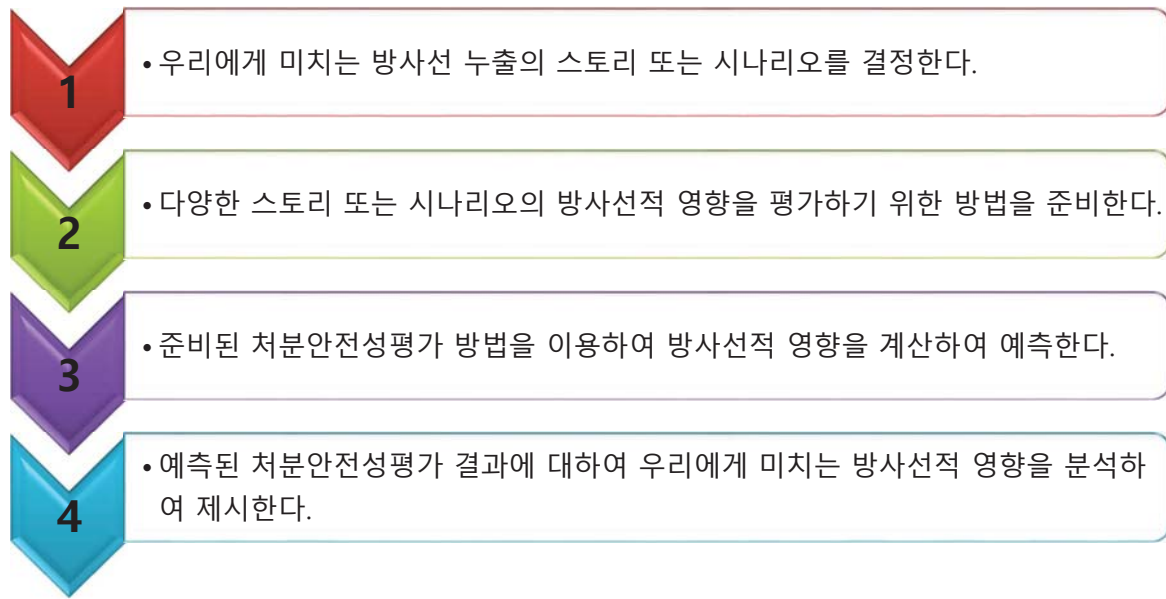
-41-

방사성폐기물 처분안전성확보를 위한 안전규제 개념



-42-

어떻게 처분안전성평가를 하는가?



-43-

어떻게 처분안전성평가를 하는가?



-44-

폐쇄후 안전성평가 시나리오

폐쇄후 안전성평가 시나리오 : 도출결과

시나리오 구분	시나리오 명칭	Criteria
기준시나리오	BS-1	연간피폭선량 (mSv/yr)
	BS-2	연간피폭선량 (mSv/yr)
비정상 확률시나리오	ES-1	연간위험도 (/yr)
	ES-2	연간위험도 (/yr)
인간침입 시나리오	HS-1	연간피폭선량 (mSv/yr)
	HS-2	연간피폭선량 (mSv/yr)
	HS-3	연간피폭선량 (mSv/yr)

-45-

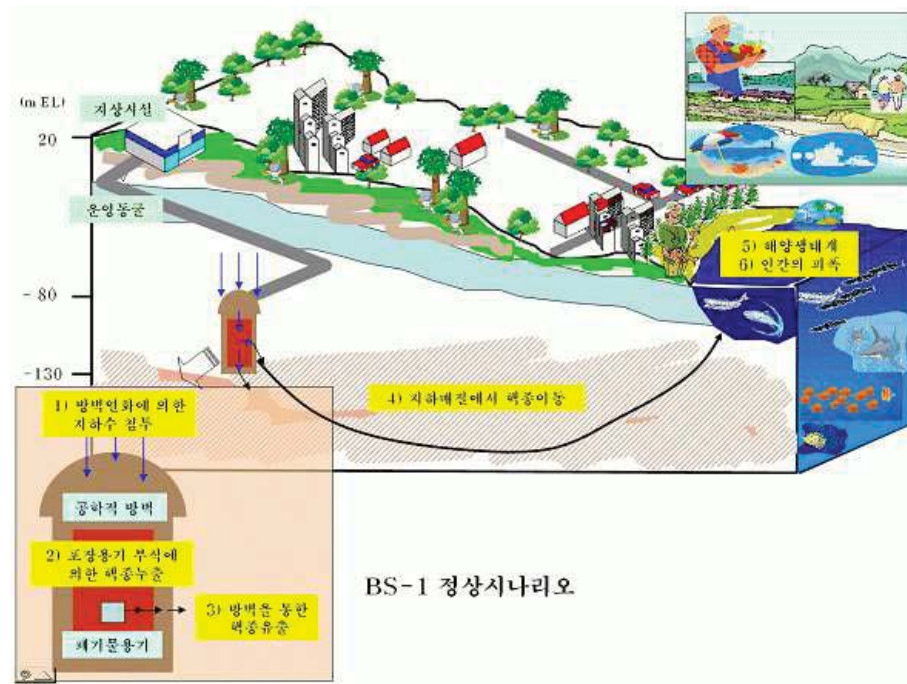
경주방폐장 방사성물질 누출의 가정상황



-46-

폐쇄후 안전성평가 현황

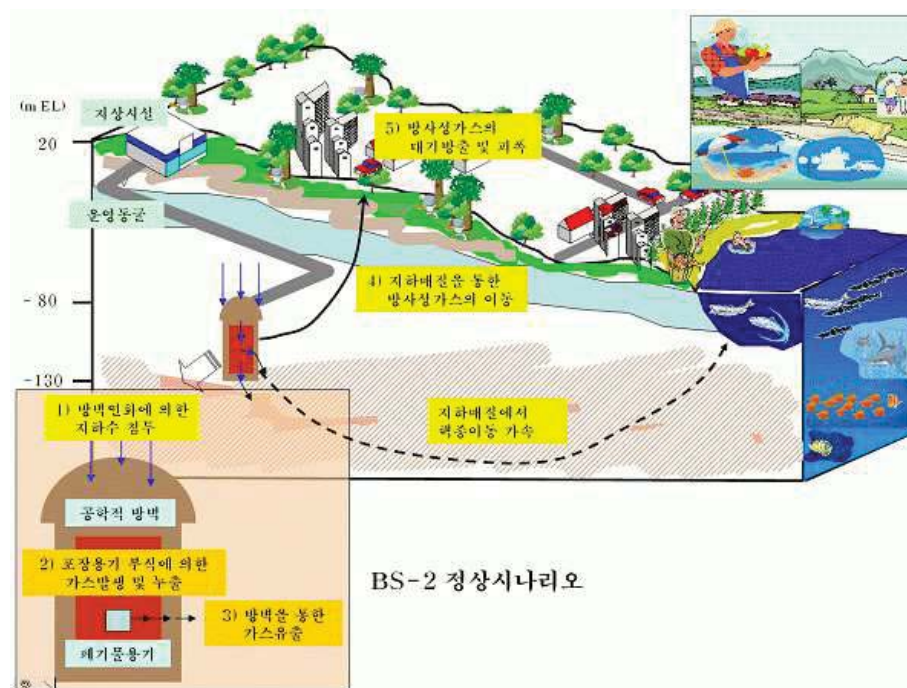
■ 폐쇄후 안전성평가 시나리오 : BS-1 정상시나리오



-47-

폐쇄후 안전성평가 현황

■ 폐쇄후 안전성평가 시나리오 : BS-2 정상시나리오



-48-

폐쇄후 안전성평가 현황

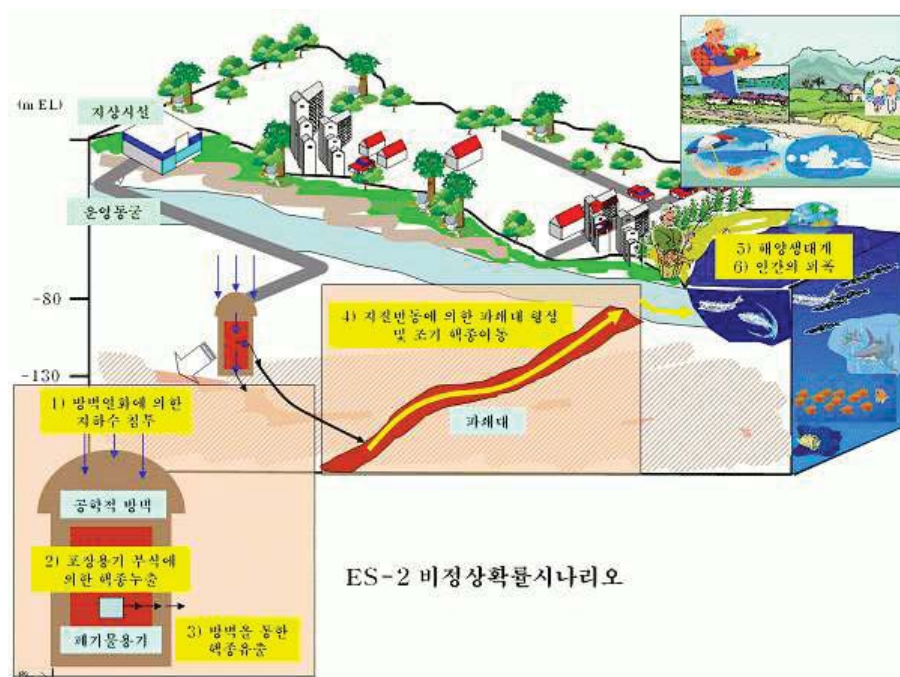
■ 폐쇄후 안전성평가 시나리오 : ES-1 비정상확률시나리오



-49-

폐쇄후 안전성평가 현황

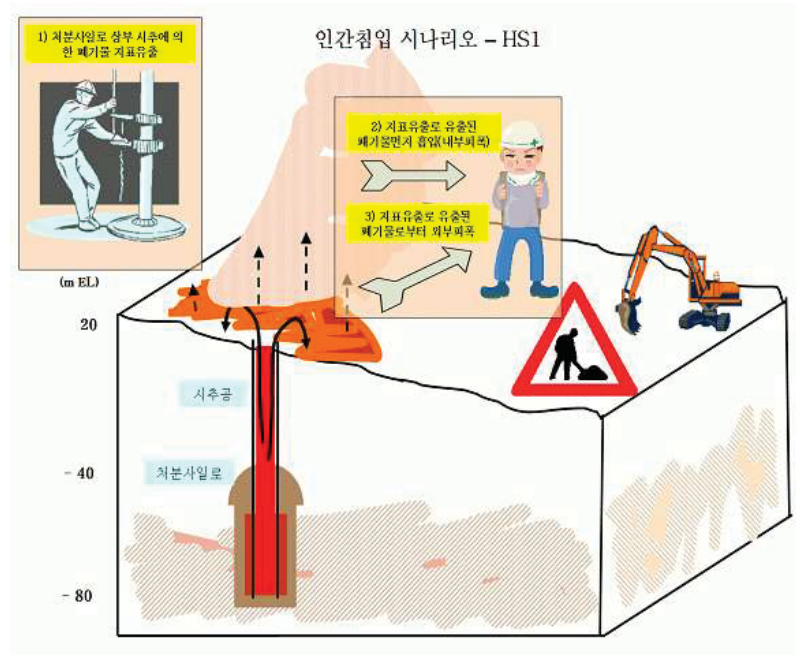
■ 폐쇄후 안전성평가 시나리오 : ES-2 비정상확률시나리오



-50-

폐쇄후 안전성평가 현황

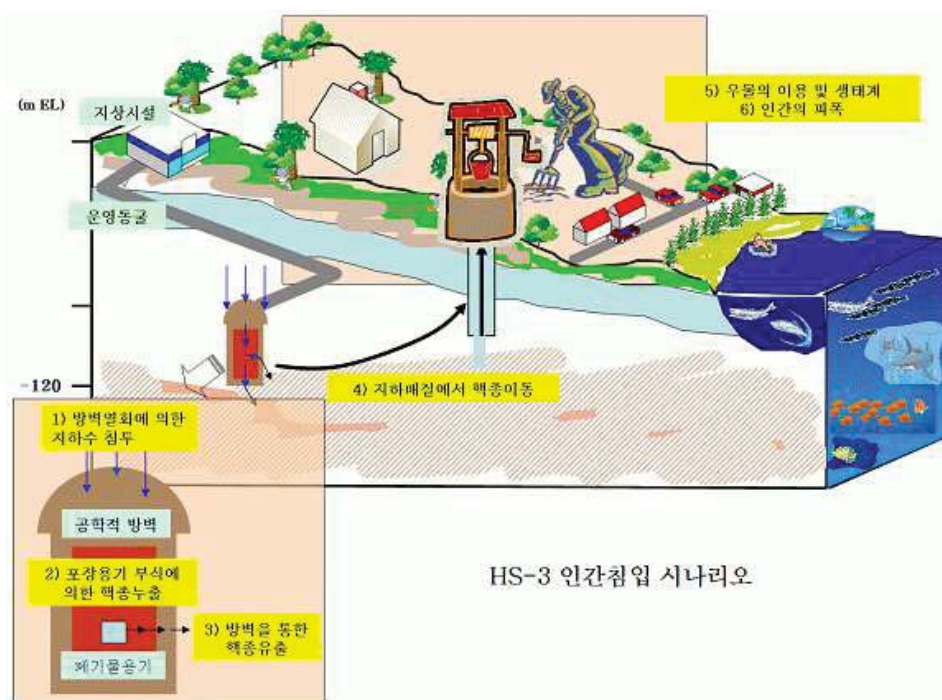
■ 폐쇄후 안전성평가 시나리오 : HS-1 인간침입시나리오



-51-

폐쇄후 안전성평가 현황

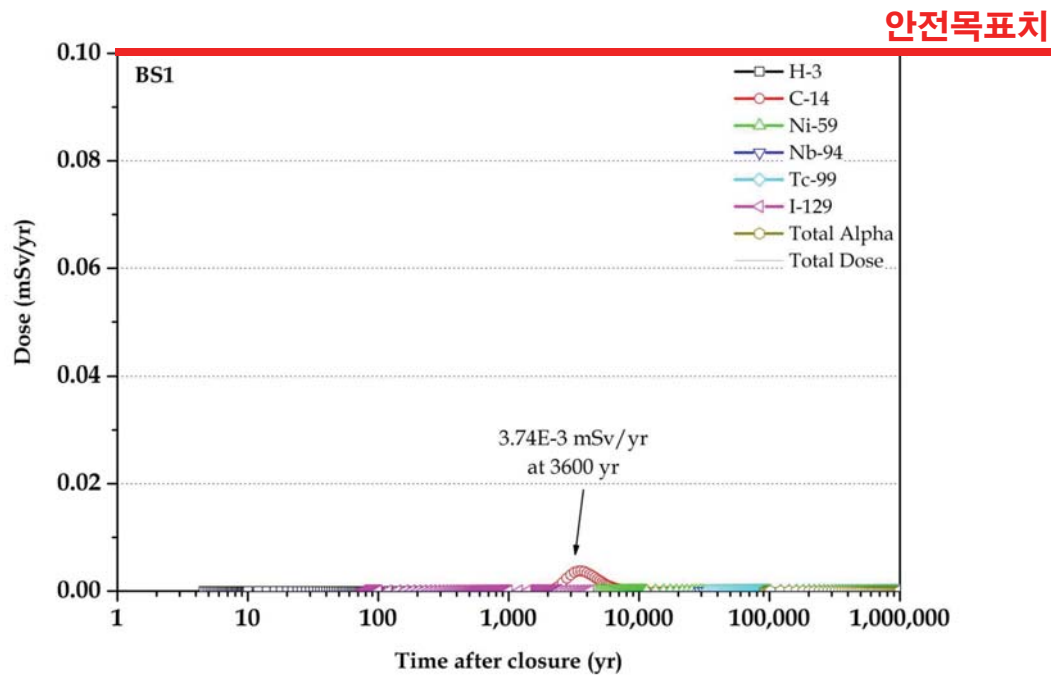
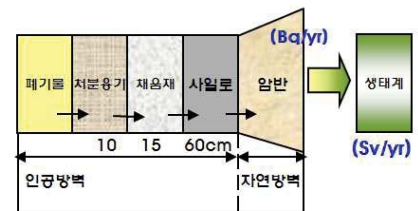
■ 폐쇄후 안전성평가 시나리오 : HS-3 인간침입시나리오



-52-

폐쇄후 안전성평가 결과

- 정상시나리오에 대한 평가결과 (연간유효선량)



-53-

III. 해외 처분사례 (미국)



저준위폐기물	중준위폐기물 (TRU)	고준위폐기물/사용후핵연료
 <p>◆ 3개 처분장 운영중</p> <ul style="list-style-type: none"> - 반웰 (Barnwell) - 리치랜드 (Richland) - 클리브 (Clive) 	 <p>◆ 시설명 : WIPP</p> <ul style="list-style-type: none"> * Waste Isolation Pilot Plant * TRU : 초우라늄 	 <p>◆ 유카미운틴 (Yucca Mt.)</p> <ul style="list-style-type: none"> - 지질구조상 처분장에 부적합 - 보다 합리적인 사용후핵연료 관리방안 도출을 위해 현재 사업추진 중단
단순 천층처분	심지층 처분 (지하 655m)	심지층 처분 (지하 200~500m)

-54-



극저준위폐기물	중·저준위폐기물	고준위폐기물
 <p>◆ 모빌리에 (Morvilliers)</p> <p>* 주로 원자력시설 해체시 발생</p> <p>단순매립 (Landfill)</p>	 <p>◆ 로브 (L'aube) 처분장 - 운영 중</p> <p>◆ 라망쉬 (LaManche) 처분장 - 운영종료 (1969~1994) - 현재 환경모니터링 중</p> <p>천층처분</p>	 <p>◆ 부지조사 중</p> <p>- 2023년 운영 목표</p> <p>* 지하시험시설(URL) 운영 중</p> <p>심지층 처분 (지하 500m)</p>



중·저준위폐기물	고준위폐기물(사용후핵연료)	※ 사용후핵연료 중간저장
 <p>◆ 포스마크 (Forsmark) 처분장</p> <p>동굴처분(해저 50m)</p>	 <p>◆ 부지확보 완료('09.6)</p> <p>- 포스마크</p> <p>- 2023년 운영 목표</p> <p>심지층 처분 (지하 500m)</p>	 <p>◆ 시설명 : CLAB</p> <p>- 오스카섬 원전부지 인근</p> <p>- 중앙집중방식</p> <p>습식방식 (지하 40m)</p>



중·저준위폐기물	고준위폐기물	※ 사용후핵연료 중간저장
 <p>◆ 로카쇼(Rokkasho) 처분장</p>	 <p>◆ 부지공모 중 - 2035년 운영 목표</p>	 <p>◆ 건설 중 - 2012년 운영 목표 - 위치 : 무쯔시</p>
천층처분	심지층 처분 (지하 300~500m)	건식 캐스크 저장방식