※ 본 자료는 현재 검토 단계에 있어 추후 내용이 달라질 수 있습니다.

고준위 방사성폐기물 R&D 로드맵(안)

- 고준위 방폐물의 안전한 관리를 위한 기술 청사진 -

2022. 7.

R&D 로드맵
전문가 검토그룹

※ 본 자료는 현재 검토 단계에 있어 추후 내용이 달라질 수 있습니다.

목 차

Ⅰ. 추진배경 및 경과 ····· 1

Ⅱ. 국내·외 R&D 동향 ····· 4

1. 해외 동향 ····· 5

2. 국내 현황 ····· 7

Ⅲ. 추진방향 및 계획 ····· 15

1. 추진방향 ····· 16

2. 추진계획 ····· 18

Ⅳ. 투자계획 ····· 33

별첨 : 기술정의서 요약표

※ 본 자료는 현재 검토 단계에 있어 추후 내용이 달라질 수 있습니다.

Ⅰ 추진배경 및 경과

※ 본 자료는 현재 검토 단계에 있어 추후 내용이 달라질 수 있습니다.

1. 추진배경

□ 고준위 방사성폐기물의 **안전한 관리의 핵심은 기술 확보**

○ 높은 열과 방사선을 방출하는 고준위 방사성폐기물에 대한 국민 우려와 불안감 해소는 **안전성을 담보하는 기술확보에서 출발**

○ 과학적 합리성을 기반으로 안전성을 담보할 **기술 확보방안을 제시**하여 국민과 산업계에 **예측 가능성 부여 및 정책의 신뢰도 제고**

□ 고준위 방폐물 관리기술 **확보 일정 명확화** 및 **체계적 R&D 추진**

○ **고준위 방폐물 관리정책 이행**에 차질이 없도록, **핵심기술**을 **빠짐없이 식별**하고 **관리단계*별 필요 기술의 확보 일정 제시**

* 부지선정(Y+13) → 중간저장시설 확보(Y+20) → 영구처분시설 확보(Y+37)

○ 관리기술 개발에 장기간 소요되는 특성을 고려하여, **일관성·지속성을 담보**할 수 있는 **중장기적 관점의 기술 확보전략** 모색

□ 주요 선도국들은 **처분기술 확보**를 위해 **국가 R&D 프로그램 운영 중**

○ 스웨덴, 캐나다, 일본 등의 **선도국은 30년 이상의 R&D 프로그램을 수립·운영** 중이며, **주기적인 점검 및 재평가**를 통해 관리

* 스웨덴('86년~), 캐나다('11년~), 일본('13년~) 등 R&D 프로그램 운영 중
* EU 집행위는 심층처분 R&D 소요기간을 25~35년으로 추산('15)

○ **IAEA**는 심층처분 착수부터 폐쇄단계까지 **R&D 계획 수립 및 지속적인 이행을 권고**하고 있으며, 금년 중 관련 보고서 발간 예정

* Roadmap for developing a geological disposal programme(IAEA, '22년 발간예정)

▶ **고준위 방사성폐기물의 안전한 관리와 수용성 제고를 위해서는, 과학적 합리성에 기반한 안전관리 기술 및 명확한 확보 일정 제시가 핵심 관건**

※ 본 자료는 현재 검토 단계에 있어 추후 내용이 달라질 수 있습니다.

2. 로드맵 수립경과

고준위방폐물 관리 기본계획 수립
('21.12)

- 사용후핵연료 관리정책에 대한 재검토위 권고(`21.4)
  - 영구처분방식의 안전성과 타당성 검증기술 확보방안 및 연구지원체계 조속 마련
- 제2차 고준위 방사성폐기물 관리 기본계획 확정(`21.12)
  - 중점 과제로 '관리정책 숙 과정에 필요한 기술개발' 추진

⇩

전문가 검토그룹
('22.3~)

- 고준위 방폐물 분야 R&D 로드맵 마련을 위해 관련 전문가(운반·저장, 처분, 부지분야) 35명으로 검토그룹 구성
  * 이외에도 30명의 전문가들이 자문 등으로 참여
- 고준위 방사성폐기물 관리 기본계획 이행에 필요한 핵심 요소기술을 식별하고, 기술별 확보방안 마련

⇩

국내 기술수준 분석
('22.5~'22.7)

- 국내 기술수준 분석을 위해 국내 산·학·연 전문가 대상으로 델파이 조사 방식의 설문(2회) 진행
  * 1차(`22.5), 2차(`22.6) 조사 122건 응답결과 상세 분석
- 아울러, 국내 산·학·연 발행 논문(340건)·특허(529건)·과제(256건) 및 장비(92건) 실태조사 수행

⇩

로드맵 검증 및 의견수렴
('22.7~)

- R&D 로드맵 초안(`22.6)에 대해 공개토론회 등 관련 전문가들의 의견수렴을 거쳐 수정·보완
  * 1차 토론회(`22.7), 2차 토론회(`22.9~)
- 해외 선도국과 협력하여 R&D 로드맵 검토 추진
  * 핀란드 고용경제부(`22.6), 핀란드 Posiva(`22.7~8), 프랑스 ANDRA(`22.8 예정) 등

※ 본 자료는 현재 검토 단계에 있어 추후 내용이 달라질 수 있습니다.

Ⅱ 국내외 기술동향

※ 본 자료는 현재 검토 단계에 있어 추후 내용이 달라질 수 있습니다.

1. 해외 동향

□ (운반·저장) 운영 경험이 풍부하고, 기술성숙도가 높음

○ **육상운반·건식저장** 기술은 선도국에서는 **旣상용화**되어 안전성이 입증된 기술로, **단 한 건의 사고사례도 보고되지 않음**

* 장거리 해상운반은 국제적으로 사례가 드물어 일부 국가(프랑스·일본 등)만 기술 보유

○ 용기 기술도 **백여 년**간 **저장이 가능**한 정도까지 성능이 향상되었으며, 기술을 보유한 **일부 기업***들이 **세계 시장을 선점**

* 美HOLTEC, 佛ORANO, 加BWXT, 露OMZ, 獨GNS 등 5개社가 세계시장의 70% 공급('15년 기준)

□ (부지) 국가별 **조사기술·항목은 유사, 부지선정 기준**은 **독자 개발**

○ 지표조사·시추·물리탐사 등 **조사기술**과 지질구조·암반역학·지열·수문·지화학·용질이동 특성 등 **조사 항목은 국가별 차이가 적음**

* 부지를 선정한 핀란드·스웨덴, 추진 중인 독일·캐나다와 한국이 고려 중인 조사기법 相同

○ 반면, **부지선정 기준** 및 **부지 모델링 기술 등**은 자국의 여건과 지질·인문학적 특성을 고려하여 **각 국가가 독자적으로 개발**

□ (처분) 고준위 방사성폐기물 영구처분 현실화

○ 선도국들은 **1950년대부터 연구용 지하연구시설을 운영**하여 자국의 **심부 지질 특성**과 **처분시스템 안전성·적용가능성 등을 실증**

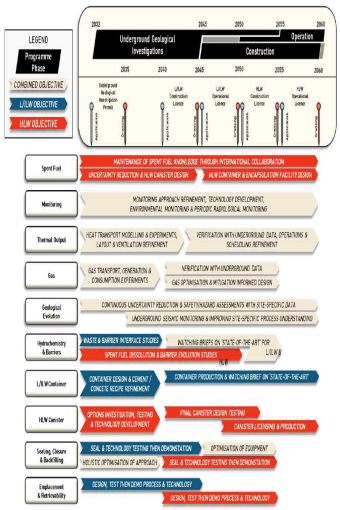
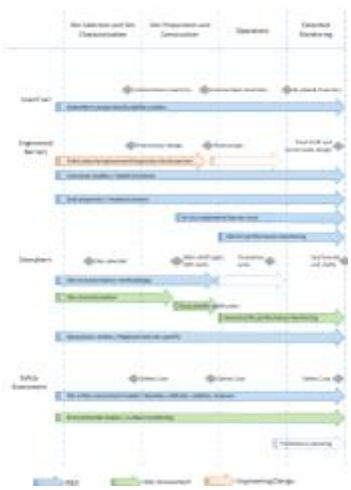
* 미국·프랑스·스웨덴·독일 등은 처분시설과 별도로 확보된 연구용 지하연구시설에서 자국 지질조건에서의 안전성 실증을 완료했으며, 일본·중국·스위스 등은 진행 중

○ **핀란드**는 **2020년대 중반부터** 스웨덴이 개발한 심층처분 개념인 **KBS-3 방식을 적용한 세계 최초의 영구처분시설**을 **운영**할 예정

* 핀란드('24년 운영예정), 스웨덴('22년 건설허가 취득), 프랑스('22년 건설허가 신청 예정)

※ 본 자료는 현재 검토 단계에 있어 추후 내용이 달라질 수 있습니다.

참 고 주요국 고준위 방폐물 R&D 프로그램

국가	R&D 현황	R&D 추진방향
스웨덴	○ 근거 : 원자력 활동법('84) - 3년주기 R&D 계획 ○ 목표 : SKB 처분장 설계 안전성 규명, 취급기술 개발 ○ 추진경과 - '78년부터 KBS 시스템 설계 및 타당성 규명 - '86년부터 R&D 계획 수립·이행	 ○ 개발 기간 : '20~'22년 ○ 주요 내용 ① 처분용기 부식 및 포행 분석 ② 플러깅재의 교결영향 규명 ③ 벤토나이트 열화규명 ④ 완충재·뒷채움재 제조/성형, 품질, 제작 검사, 설치 등 실증 <근거 : SKB, TR-19-24>
스위스	○ 근거 : 원자력 에너지법('03) - 5년주기 R&D 계획 ○ 목표 : 처분장 설계의 안전성 및 타당성 입증 ○ 추진경과 - '76년부터 모암평가 및 Generic 안전 규명 - '11년부터 R&D 계획 수립·이행	 ○ 개발 기간 : '21~'26년 ○ 주요 내용 ① 모암지질 상세 특성화 및 처분면적 결정 ② 방폐물 발생 예측 및 인수요건 고도화 ③ 개념적인 처분운영 방안 입증 ④ 모암지질 평가 자료 확보 및 모델 향상 ⑤ 부지 모니터링 개념 개발 <근거 : Nagra, NTB21-2>
캐나다	○ 근거 : 원자력 폐기물법('02) - 3년주기 R&D 계획 평가 ○ 목표 : NWMO 처분장 설계의 안전성 입증 및 Safety Case 구축 ○ 추진현황 - '78년부터 모암평가 및 환경영향 평가 수행 - '11년부터 R&D 계획 수립·이행	 ○ 개발 기간 : '19~'22년 ○ 주요 내용 ① 사용후핵연료 재고량 규명 ② 처분용기 역학적 안전성 규명 및 구리코팅·완충소재 실규모 실증 실험 ③ 모암지질 특성평가 및 실험 ④ 부지규모별 지질모델 개발 및 기준 성능 평가 모델 실증 <근거 : NWMO TR-2019-18>

※ 본 자료는 현재 검토 단계에 있어 추후 내용이 달라질 수 있습니다.

2. 국내 기술개발 동향 및 기술수준

가. 국내 기술개발 동향

◈ **'97년부터 고준위 방폐물** 관리에 필요한 **기술개발 추진**

- **운반·저장·부지** 분야는 원전 운영 과정에서 **일부 기술을 상용화 단계**까지 확보하였으나, **처분 분야**의 경우 **기초 연구단계** 수준

□ 제1차 원자력진흥종합계획('97.6, 원자력위원회)을 계기로 **'97년부터 고준위 방폐물** 관리에 필요한 **운반·저장·부지·처분 R&D 추진**

* 그간 정부 재원 총 4,000억원(산업부 1,522, 과기부 2,478) 투자(`97~`22년)

□ **(운반·저장)** 원전內 **습식저장시설 포화에 대응**하여 **호기간 운반, 중수로 건식저장 및 용기 설계·제작 기술**을 **국산화**

○ **경수로 건식저장**의 경우도 일부 미흡한 점은 있으나, **원전 건설·중수로 건식저장기술** 등을 활용하면 **국내 수행 가능**

○ **용기 분야는 상용 운반용기**(KN-12/18) 설계·제작, **운반·저장 겸용 용기**(KORAD21) 국산화 및 **저장용기 해외 공급*** 경험 보유

* 두산에너빌리티(美TMI 콘크리트용기, 캐니스터 납품), 세아베스틸(ORANO社 금속용기 수주)

- 다만, 주요 소재인 **중성자흡수재·차폐재**의 경우 R&D를 통해 **국내 기업이 기술은 보유** 중이나, **美NRC 인증 등 성능입증 미수행**

* 건식저장 등 국내 수요 증가시 美NRC 인증절차 등을 거쳐 상용화 가능 전망

○ 현재 **장거리 육·해상 운반**과 **중간저장 관련 기술** 등을 개발 중

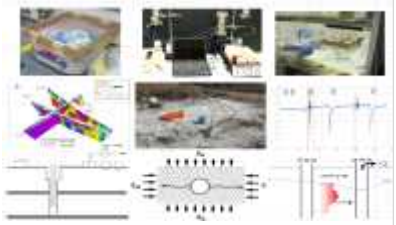
※ 본 자료는 현재 검토 단계에 있어 추후 내용이 달라질 수 있습니다.

□ (부지) 원자력환경공단에서 부지선정에 필요한 **국내 지질조사 결과 등을 통해 확인된 문헌자료 DB 구축** 중심으로 기술개발을 추진

* 한반도 대상 지질 조사 결과 등 총 984만건의 지질정보 DB 구축 완료(`20년 기준)

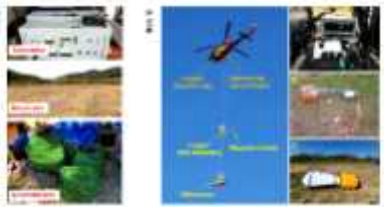
○ 원전·중저준위 방폐장 부지조사 경험, 자원탐사 및 지질조사 등 **유관분야* 부지조사** 활동으로 **부지특성 조사·분석 기술은 旣확보**

* 부지조사 기술은 자원탐사 분야에서 가장 발달하여, 한국은 2km까지 시추·조사경험



(부지조사)

(대심도 시추 2km)



(대규모 지질탐사·항공탐사)

○ **심층조사**에 필요한 **부지특성 모델링 기술** 및 **지질환경 장기변화 예측기술** 등은 현재 기술개발 중

□ (처분) **아직 기초연구 수준**으로 그간 원자력연구원의 소규모 **지하연구터널**(KURT, 120m)을 활용한 **지하 처분환경 연구 위주** 추진

○ '21년부터 **관계부처**(산업부·과기부·원안위) **합동 R&D**를 통해 처분 시스템 안전성능 실증을 추진하면서, **본격적인 처분 기술개발 착수**

* 사용후핵연료 저장·처분 안전성 확보를 위한 핵심기술 개발(`21~`29, 4,292억원)

- 다만, 후속 연구인 **처분시스템 지하실증연구**에 필요한 지하연구시설 등 **연구 인프라**에 대해서는 **구체적 계획** 不在

* 원자력연구원의 지하연구터널은 저심도(120m) 시설로 실제 처분환경 모사에는 한계

○ 장기간 많은 예산이 필요한 **처분분야**의 **효율적 기술개발**을 위해 DECOVALEX* 프로젝트와 **정보 교환** 중심으로 국제협력 진행 중

* 프랑스, 독일, 미국 등 15개국에서 참여한 공동연구로 심층지하 환경에서 열-수리-역학/화학 모델 검증 등을 위한 3년 단위 단기 프로젝트들을 진행

※ 본 자료는 현재 검토 단계에 있어 추후 내용이 달라질 수 있습니다.

참 고 그간의 재원 투자 현황

□ 정부는 **고준위 분야 기술개발**에 **그간 4,000억원**('97~'22) **旣투자**

* 산업부 1,522억원(`03~`22), 과기부 2,478억원(`97~`22)

○ **산업부**는 '03년부터 **운반·저장 중심으로 투자**하여, **운반·저장 겸용 용기 국산화**('09~'16) **지질정보시스템 구축**('10~15) 등 지원

○ **과기부**는 '97년부터 **처분 중심으로 투자**하여, **지하처분연구시설 구축**('97~'20), **사용후핵연료 특성 계량화 기술**('97~'07) 등 지원

<산업부 및 과기부 고준위 방폐물 분야 R&D 집행 현황>

[단위 : 억원]

	기투자비용(~`22)				합계	
	산업부		과기부			
		%		%		%
운반	578	38	-	0	578	14
저장	517	34	756	31	1,274	32
부지	283	19	100	4	383	10
처분	144	9	1,622	65	1,766	44
합계	1,522	100	2,478	100	4,000	100

※ 원자력안전위원회도 '13년부터 규제 기술개발에 약 225억원 기투자

□ **산업부에서 투자**하는 **고준위 방사성폐기물 분야 R&D**는 **최근 5년간 투자비가 515억원 규모**로 **타분야 대비 미흡**한 수준

* 최근 5년 투자규모 : 신재생(1.5조원), 전력(7,756억원), 자원(2,842억원), 원전(3,599억원)

○ 방폐물분야 R&D 중에서도 **운반·저장 분야에 투자액의 72%가 집중**되어 **부지·처분** 분야에도 **투자 확대 필요**

※ 본 자료는 현재 검토 단계에 있어 추후 내용이 달라질 수 있습니다.

나. 핵심 요소기술 식별

◈ **운반·저장·부지·처분 등 4대 핵심 분야별 104개 요소기술**과 이를 보다 구체화한 **343개 세부기술** 도출

□ 고준위 방사성폐기물의 안전한 처분을 위해 필요한 **핵심 요소기술**을 **정밀하게 분석·발굴**하여 제시할 필요

○ **해외 R&D 프로그램**, 핀란드 등 **선도국 처분시설 인허가 문서, 국제기구 보고서** 등을 토대로 **전문가 논의를 거쳐 요소기술 도출**

* 핀란드 처분시설 SCR(Safety Case Report) 및 IAEA 권고 등을 토대로 국내 방폐물 분야 산·학·연 전문가 65명이 30여회 이상의 논의를 통해 핵심 요소기술 식별

□ **운반, 저장, 부지, 처분 등 4대 핵심 분야별 구분**하여 **총 104개의 요소기술**과 요소기술을 구체화·세분화한 **343개의 세부기술 도출**

<핵심기술 식별 결과>

구분	운반	저장	부지	처분	합계
요소기술	10	20	28	46	104
세부기술	35	73	95	140	343

○ **(운반)** 방폐물 종류별 **운반용기 설계·제작·검사** 및 **성능시험, 운반 위험도** 및 **최적 운반경로 평가** 등 10개 기술

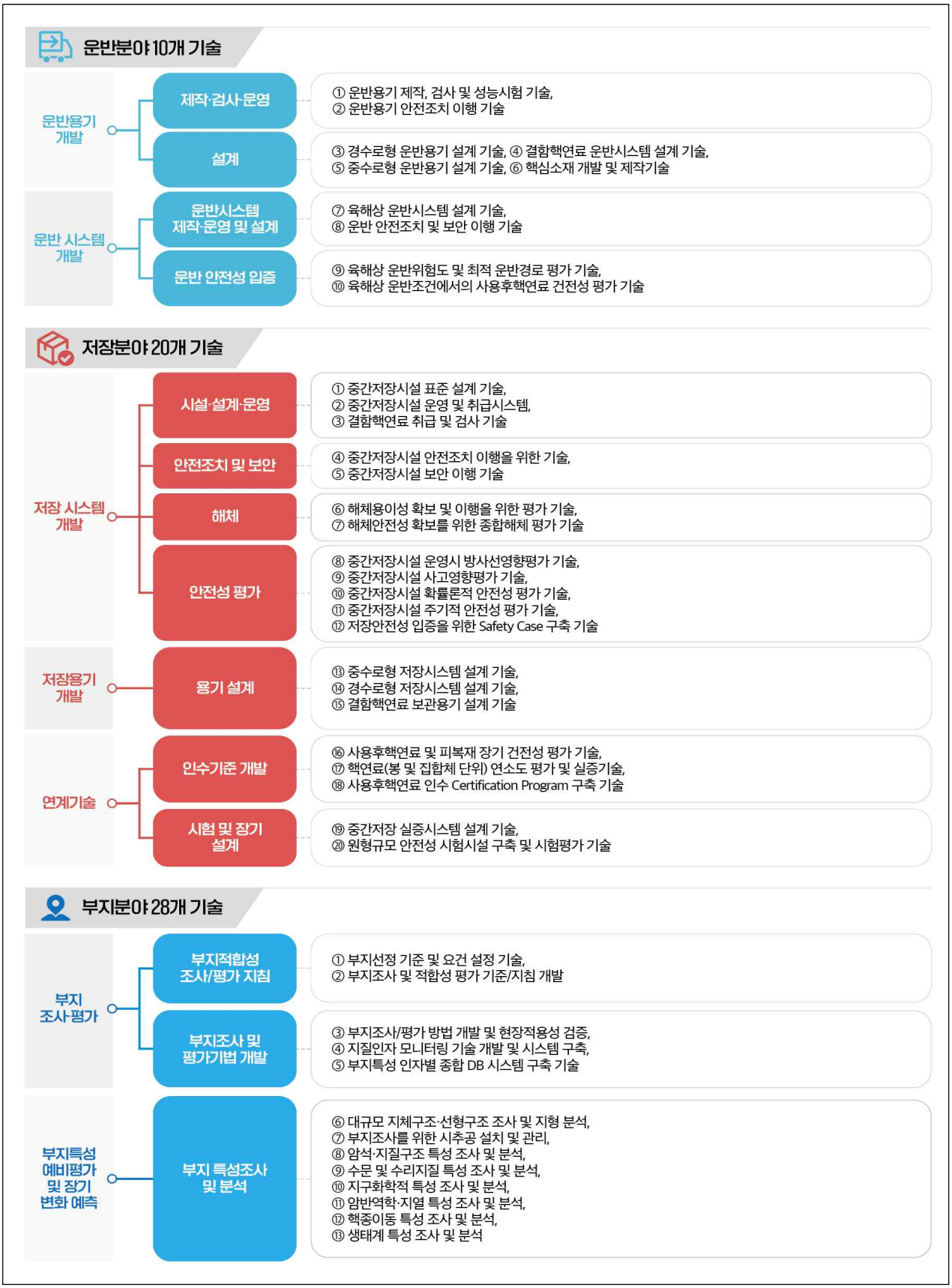
○ **(저장) 중간저장시설 설계** 및 방사선·사고영향 분석 등 **안전성 평가, 저장용기 설계, 원전-중간저장 연계** 등 20개 기술

○ **(부지) 부지선정 기준 및 요건, 부지조사·평가 절차,** 지질구조·수문·지열 등 **부지특성 조사 및 모델링, 장기변화 예측** 등 28개 기술

○ **(처분)** 처분용기·완충재·밀봉재·천연방벽 등 **처분시스템 개발 및 종합안전성**(Safety Case) **입증, 처분시설 건설·운영·폐쇄** 등 46개 기술

※ 본 자료는 현재 검토 단계에 있어 추후 내용이 달라질 수 있습니다.

참 고 요소기술 체계도



※ 본 자료는 현재 검토 단계에 있어 추후 내용이 달라질 수 있습니다.

※ 본 자료는 현재 검토 단계에 있어 추후 내용이 달라질 수 있습니다.

다. 국내 기술수준 및 확보 현황

◈ 국내 고준위방폐물 관리기술은 **미국·스웨덴·핀란드 등 최고 선도국과** 비교하여 **운반 83.8%, 저장 79.6%, 부지 62.2%, 처분 57.4% 수준**

◈ **104개 요소기술** 중 **22개 확보, 49개 개발 중, 33개 개발 필요**

□ (**기술수준**) 도출된 각 요소기술에 대해 **최고 선도국 기술 대비 국내 기술 수준을 분석한 결과** 대체로 **추격그룹**(60~80%)으로 평가

○ **운반·저장** 분야 기술은 **미국 상용기술 대비 70~100%** 수준

○ **부지** 분야 기술은 **스웨덴의 부지조사·평가 기술** 대비 **52~72% 수준**

○ **처분** 분야는 처분시설 건설 완료 단계인 **핀란드** 대비 **31~90% 수준**

<국내 기술수준 분석 결과>

구분	운반	저장	부지	처분
최고 선도국	미국	미국	스웨덴	핀란드
기술수준 (%)	평균 83.8 (70~100)	평균 79.6 (70~100)	평균 62.2 (52~72)	평균 57.4 (31~90)
평균 기술격차 (년)	3.4	5.1	7.1	8.7

기술수준 분석 방법

❶ 104개 요소기술 수준에 대한 **산·학·연 전문가 델파이 조사** 시행(5~6월)

* 1차 델파이 조사(64명 응답) → 2차 델파이 조사(58명 응답)

❷ 국내 **논문·특허** 분석, 산·학·연 **장비현황 등 실태조사*** 진행(5~6월)

* 논문 340건, 특허 529건, 과제 256건 및 장비 92건 등 확인

❸ 조사(❶, ❷) 결과를 토대로 **전문가 검토그룹** 논의를 통해 **1차 결과 도출**(7월)

❹ 열린 토론회·온라인 설문조사 등을 통해 **폭넓은 전문가 의견수렴 추진**(7~8월)

❺ **전문가 집단 심층면접(FGI) 조사**를 통해 **최종 기술수준 분석결과 도출**(9월)

※ 본 자료는 현재 검토 단계에 있어 추후 내용이 달라질 수 있습니다.

□ (확보현황) 104개 요소기술 중 22개는 旣확보, 49개는 현재 개발 진행 중이며, 나머지 33개는 향후 개발 필요

<국내 기술확보 현황(요소기술 기준)>

분야	旣확보	未확보			합계
		개발 중	개발 필요	소계	
운반	3	1	6	7	10
저장	4	4	12	16	20
부지	9	14	5	19	28
처분	6	30	10	40	46
합계	22	49	33	82	104

○ 그간의 **관리경험***과 R&D 등을 통해 **22개**(21%) 기술은 **즉시 적용** 또는 **사업 추진 중 경미한 보완 후 활용** 가능한 수준까지 확보

* 사용후핵연료 원전 호기간 운반, 월성 맥스터 건설, 원전부지·자원탐사 지질 조사, 경주 중·저중위 방사성폐기물 처분시설 건설·운영 등

○ 사용후핵연료 및 피복재 장기 건전성 평가, 처분용기 장기부식 평가 등 **49개**는 현재 **정부 주도 R&D를 통해 기술개발 진행 중**

○ 결함핵연료 운반·저장시스템 설계, 부지 장기변화 예측 모델링 등 **33개 기술은 구체적인 확보계획**을 마련하여 **개발 필요**

세부기술 기준 확보현황

○ 4대 핵심 분야별 총 343개 세부기술 중 98개 旣확보

	운반	저장	부지	처분	합계
旣확보	17	26	37	18	98
未확보	18	47	58	122	245
합계	35	73	95	140	343

※ 본 자료는 현재 검토 단계에 있어 추후 내용이 달라질 수 있습니다.

Ⅲ 추진방향 및 계획

※ 본 자료는 현재 검토 단계에 있어 추후 내용이 달라질 수 있습니다.

1. 추진방향

목표

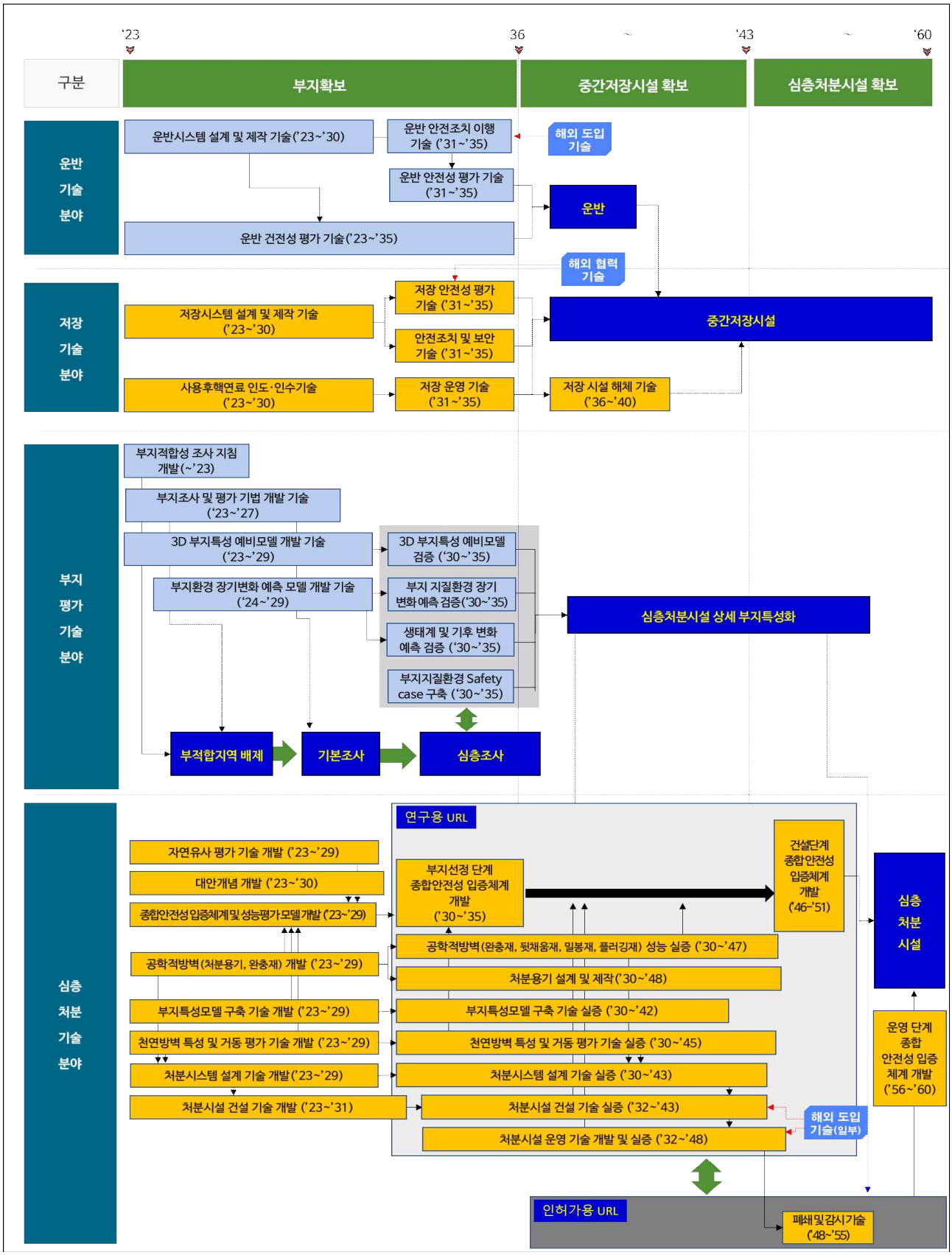
◇ 부지선정 절차 착수 이후 37년內 고준위 방폐물을 안전하게 처분하기 위한 관리정책 이행 全 과정에 필요한 기술개발

추진방향

3대 전략	분야별 추진방향		
관리정책 이행에 필요한 기술 적기 개발	운반·저장	1	핵심 운반·저장 기술 우선 개발
		2	산업계 주도 용기 설계·제작기술 고도화
		3	안전성 기반 원전-중간저장 연계기술 개발
국내 여건에 부합하는 최적기술 개발	부지	1	부지선정 단계별 필요기술 적기 개발
		2	IT와 연계한 한국형 부지평가 방법론 개발
		3	천연방벽 장기 성능 입증기술 개발
	처분	1	우리나라 고유의 처분시스템 개발
		2	심층처분 종합안전성 입증 체계 구축
		3	연구용 지하연구시설 확보
기술수준과 특성을 고려한 상용화·고도화	추진체계	1	안전성·효율성 개선을 위한 국제협력
		2	R&D 전문인력 양성
		3	R&D 관리체계 확립

※ 본 자료는 현재 검토 단계에 있어 추후 내용이 달라질 수 있습니다.

참 고 로드맵 개념도



※ 본 자료는 현재 검토 단계에 있어 추후 내용이 달라질 수 있습니다.

2. 추진계획

1 [운반·저장] 즉시 활용 가능한 상용화 기술 확보

운반 · 저장 기술확보 일정

◈ 중간저장시설 인허가가 착수되는 `30년대 후반까지 운반·저장 관련 30개 요소기술 및 108개 세부기술을 모두 확보

		기확보	부지선정(`36)	중간저장(`43)	영구처분(`60)	합계
운반	요소기술	3	3	4	-	10
	세부기술	17	9	9	-	35
저장	요소기술	4	5	11	-	20
	세부기술	26	7	40	-	73

가 핵심 운반 · 저장 기술 우선 개발

□ **운반·저장 시스템 설계, 사용후핵연료 건전성 평가** 등 기술의 활용도와 산업적 파급효과가 높은 **핵심기술*** **우선 국산화**

* 원전내 건식저장시설과 중간저장시설에 공통적으로 활용 가능한 기술

○ **저연소도 사용후핵연료 관리 기술***은 현재 국내 기술 수준이 높아 **'26년까지 일부 미흡한 부분을 보완**하여 원전내 건식저장에 활용

* 저연소도 사용후핵연료 운반·저장 관련 51개 세부 기술 중 43개 기확보(84%)

- 고연소도 사용후핵연료 등 **그간 R&D가 진행되지 않은 일부 고준위 방폐물 관리기술**에도 **신규 투자**하여 확보 추진

□ **'30년대 중반**부터는 **원전내 건식저장·중간저장** 등 고준위 방폐물 **발생 후 처분 이전까지 全 관리 활동**에 **국내 기술 활용**

○ 그 이전까지 **원전내 건식저장** 등에는 **국내 기술을 우선 적용**하되, 필요시 취약 분야는 美·佛 등 **해외 기술활용도 고려**

※ 본 자료는 현재 검토 단계에 있어 추후 내용이 달라질 수 있습니다.

나 산업계 주도 용기 설계·제작기술 고도화

□ **상용화 단계에 근접**한 **운반·저장 용기 기술**은 산업계 중심으로 고도화하여 2030년대까지 **글로벌 경쟁력 우위** 확보

○ **용기 수요증가***에 대비하여 **설계·제작** 등 **산업계 기술역량을 제고**하고 **차폐재·흡수재** 등 **핵심 소재**도 용기 기술과 연계하여 **국산화**

* 시장규모 : (`20년)1,804m$ → (`27년)2,713m$(연 6% 증가, Maximize Market Research, `21)

- **국내 인허가, 美NRC 인증** 등을 통해 국산 **용기 성능입증** 추진

○ 한편, **매우 높은 안전성 확보가 요구**되나 **현재 기술수준이 낮은 결함 핵연료 용기 설계·제작** 등 일부 기술개발은 **정부가 지원**

다 안전성 기반 원전-중간저장 연계기술 개발

□ **중간저장시설** 운영에 대비하여 상용화된 **원전 호기간 운반기술**을 토대로 **장거리 운반**에 필요한 **육·해상 운반시스템**을 지속 개발

○ 저장기간 중 고준위 방폐물의 안전성 입증을 위한 **장기 건전성 평가기술** 및 **저장시스템 안전성 실증기술** 등도 개발 추진

□ **관리주체 변경***에 대비하여 **세부 인수·인도 기준**과 **검증기술** 및 **인증프로그램** 등은 중간저장시설 설계 인허가 신청('37) 전까지 개발

* 원자력발전사업자(한국수력원자력) → 방사성폐기물 관리사업자(원자력환경공단)

※ 본 자료는 현재 검토 단계에 있어 추후 내용이 달라질 수 있습니다.

참 고 운반·저장기술 확보 일정(상세)

		기확보	부지선정 (`36)	중간저장 (`43)	영구처분 (`60)
운반	①운반용기 제작, 검사 및 성능시험 기술	○			
	②운반용기 안전조치 이행 기술		○		
	③경수로형 운반용기 설계 기술		○		
	④결함핵연료 운반시스템 설계 기술		○		
	⑤중수로형 운반용기 설계 기술	○			
	⑥핵심소재 개발 및 제작기술			○	
	⑦육해상 운반 시스템 설계 기술	○			
	⑧운반 안전조치 및 보안 이행 기술			○	
	⑨육해상 운반위험도 및 최적 운반경로 평가 기술			○	
	⑩육해상 운반조건에서의 사용후핵연료 건전성 평가 기술			○	
저장	①중간저장시설 표준 설계 기술	○			
	②중간저장시설 운영 및 취급시스템 기술	○			
	③결함핵연료 취급 및 검사 기술		○		
	④중간저장시설 안전조치 이행을 위한 기술			○	
	⑤중간저장시설 보안 이행을 위한 기술			○	
	⑥해체용이성 확보 및 이행을 위한 평가 기술			○	
	⑦해체안전성 확보를 위한 종합해체 평가 기술			○	
	⑧중간저장시설 운영시 방사선영향평가 기술			○	
	⑨중간저장시설 사고영향평가 기술			○	
	⑩중간저장시설 확률론적 안전성 평가 기술			○	
	⑪중간저장시설 주기적 안전성 평가 기술			○	
	⑫저장안전성 입증을 위한 Safety Case 구축 기술			○	
	⑬중수로형 저장시스템 설계 기술	○			
	⑭경수로형 저장시스템 설계 기술		○		
	⑮결함핵연료 보관용기 설계 기술		○		
	⑯사용후핵연료 및 피복재 장기건전성 평가 기술			○	
	⑰핵연료(봉 및 집합체 단위) 연소도 평가 및 실증기술		○		
	⑱사용후핵연료 인수 Certification Program 구축기술		○		
	⑲중간저장 실증시스템 설계 기술			○	
	⑳원형규모 안전성 시험시설 구축 및 시험평가 기술	○			
합계 (총 30개 요소기술)		7	8	15	-

※ 본 자료는 현재 검토 단계에 있어 추후 내용이 달라질 수 있습니다.

2 (부지) 안전성이 입증된 부지평가 기술 개발

부지평가 기술확보 일정

◈ `29년까지 28개 요소기술 및 95개 세부기술을 순차적으로 확보하여 부적합지역 배제, 기본조사, 심층조사 등 부지선정 단계마다 적용

	기확보	`22~`23년	`24~`26년	`27~`29년	합계
요소기술	9	3	3	13	28
세부기술	37	9	9	40	95

가 부지선정 단계별 필요 기술 적기 개발

□ 부지선정 이행에 차질이 없도록 **단계별 추진 절차** 및 **소요기간 등을 고려**하여 부지조사·평가 기술 확보

* 부적합지역 배제(1년) → 부지공모(2년) → 기본조사(5년) → 심층조사(4년) → 부지확정(1년)

○ **(부적합지역 배제) 부지선정 방법론** 및 **부지조사·적합성 평가 절차** 등을 **'23년까지 개발**

○ **(기본조사)** 지표조사, 시추조사, 물리탐사 등 **부지조사**와 암석구조, 수리지질 특성 분석 등 **부지평가**는 **현재까지 확보된 기술 활용**

○ **(심층조사)** 장기 지각거동 **안정성 평가, 부지특성 예비모델 구축** 및 **지질환경변화 모델링** 기술 등을 **'29년까지 개발**

* 심층조사를 진행하면서 정확성을 향상시켜, 향후 지하연구시설 및 처분에 활용(~`35)

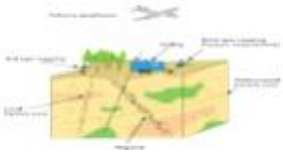
부적합지역 배제

(부지선정 기준 개발)

(적합/부적합지역 도출)

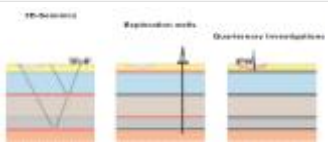
기본조사

(기본조사 프로그램)

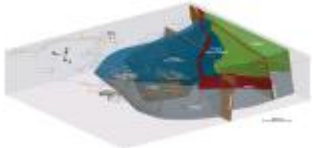


(암석·수리지질 조사)

심층조사



(심층조사 프로그램)



(부지특성 예비모델 구축)

※ 본 자료는 현재 검토 단계에 있어 추후 내용이 달라질 수 있습니다.

나 IT와 연계한 한국형 부지평가 방법론 개발

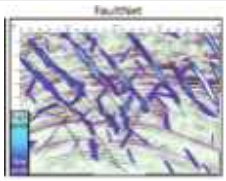
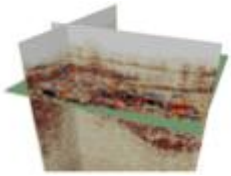
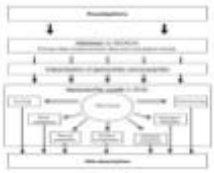
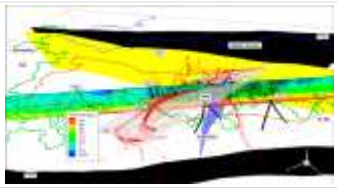
□ 부지조사의 **객관성·정확성 향상을** 위해 AI **등 첨단 IT 기술 활용**한 **부지조사·평가 체계 개발**

○ **국내·외 지구물리탐사 조사·분석 결과*** 등을 학습시킨 머신러닝 **기반 부지조사 결과 해석모형** 등을 **'27년까지 개발**

* 국내 탐사 전문기업, 국외 전담기관(핀란드 Posiva, 스위스 NAGRA 등)과 협력하여 다량의 부지조사 결과 자료를 확보하고, 머신러닝을 위한 학습자료로 활용

□ 방사성 핵종의 이동 관련 부지특성 확인을 위한 **부지모델링 기법**도 현재 2D 기반 모델에서 **3D 모델 기술로 고도화 추진**

○ 지질구조, 수문 등 **부지특성 통합 모델링 기술**을 **'29년까지 개발**

머신러닝 기반 부지조사 체계		통합 3D 모델링 기술	
			
(학습모델 개발)	(지구물리탐사 해석)	(통합모델링 절차)	(통합 3D 모델링)

다 천연방벽 장기 성능 입증기술 개발

□ **인간 생활권으로부터 고준위 방폐물의 영구적인 격리**가 가능한 부지 선정을 위해 **지질환경 장기변화 예측기술**을 **'29년까지 개발**

○ **10만년 이상 천연방벽 성능 입증**을 위해 **지각변동**과 함께 **기후와 해수면 변동**에 따른 **생태계의 영향도 종합적으로 고려**

○ **지질·기후·해양** 분야의 **산·학·연과 연계** 및 **中·日 등 주변국***과 **협력 강화**를 통해 장기 예측 정확성 제고

* 처분부지의 장기 변화 예측을 위해 주변국 지질·기후변화 데이터 필요

※ 본 자료는 현재 검토 단계에 있어 추후 내용이 달라질 수 있습니다.

참 고 부지평가 기술 확보 일정(상세)

	기확보	`22~`23	`24~`26	`27~`29
①부지선정 기준 및 요건 설정 기술		○		
②부지조사 및 적합성 평가 기준/지침 개발		○		
③부지조사/평가 방법 개발 및 현장적용성 검증			○	
④지질인자 모니터링 기술 개발 및 시스템 구축			○	
⑤부지특성 인자별 종합 DB 시스템 구축 기술		○		
⑥대규모 지체구조·선형구조 조사 및 지형 분석	○			
⑦부지조사를 위한 시추공 설치 및 관리	○			
⑧암석·지질구조 특성 조사 및 분석	○			
⑨수문 및 수리지질 특성 조사 및 분석	○			
⑩지구화학적 특성 조사 및 분석	○			
⑪암반역학·지열 특성 조사 및 분석	○			
⑫핵종이동 특성 조사 및 분석	○			
⑬생태계 특성 조사 및 분석	○			
⑭부지특성 입력자료 구축 및 품질관리			○	
⑮전국 및 부지규모 장기 지각거동 안정성 평가				○
⑯암석, 지질구조 부지특성 예비모델 구축				○
⑰수문 및 수리지질 부지특성 예비모델 구축				○
⑱지구화학 부지특성 예비모델 구축				○
⑲암반역학, 지열 부지특성 예비모델 구축				○
⑳핵종이동 부지특성 예비모델 구축				○
㉑생태계 환경 부지특성 예비모델 구축				○
㉒통합 부지형상 및 지질특성 시각화 모델링				○
㉓기후·지표환경 변화에 따른 생태계 변화 예측 기술				○
㉔기후변화에 따른 해수면 변동 예측 모델링 기술				○
㉕부지 지질환경 장기변화 예측 모델링 기술				○
㉖장기 안전성 규명을 위한 부지특성 평가체계 구축 기술				○
㉗Safety Case 구축을 위한 부지특성 평가체계 사례 평가				○
㉘Safety Case 구축을 위한 부지평가·개발 타당성 분석	○			
합계 (총 28개 요소기술)	9	3	3	13

※ 본 자료는 현재 검토 단계에 있어 추후 내용이 달라질 수 있습니다.

3 〔처분〕 국내 여건을 고려한 최적 처분기술 개발

처분 기술확보 일정

◈ 처분기술은 단계적으로 개발 추진하여 `50년대까지 46개 요소기술 및 140개 세부기술을 모두 확보

	기확보	부지선정(`36)	중간저장(`43)	영구처분(`60)	합계
요소기술	6	17	14	9	46
세부기술	18	49	50	23	140

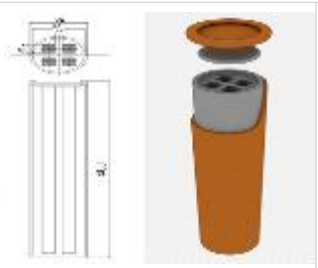
가 우리나라 고유의 처분시스템 개발

□ 우리나라의 **고준위 방사성폐기물과 지하 암반의 특성**을 고려한 고유의 **한국형 처분시스템**을 **2040년대까지 단계적으로 개발**

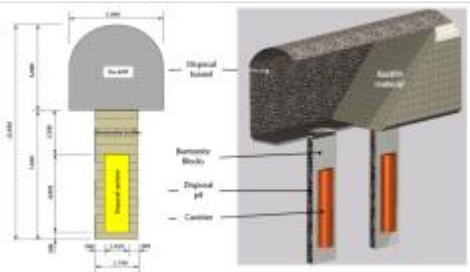
○ **처분용기내 핵종거동 평가, 처분시스템 성능·설계 요건 설정, 처분시스템 개념설계** 등 처분 분야 핵심기술을 **'29년까지 개발**

○ **지하연구시설**(URL)에서 용기, 처분터널 등 **공학적 방벽**과 **천연 방벽의 안전성** 실증을 통해 **2040년대 한국형 처분개념 완성**

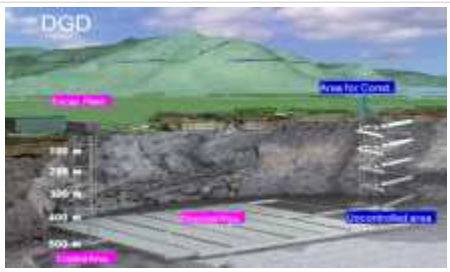
< 심층처분 개념 설명 >



(처분용기)



(처분공)



(지하 500m 처분터널)

○ **처분용기**와 **완충재·밀봉재 등 주요 소재**는 현재 실험실 연구 수준이나 처분 중 소요량이 많은 만큼, **2050년대까지 국산화 추진**

* 우리나라는 처분용기 약 1.7만개, 완충재, 밀봉재 등은 약 500만m^3 필요 추정

※ 본 자료는 현재 검토 단계에 있어 추후 내용이 달라질 수 있습니다.

□ 심층처분 기술 외에 **심부시추공 처분 등 대안처분 기술**도 미래의 불확실성을 고려하여 **기술적 대안**으로서 **기초단계 연구 추진**

나 심층처분 종합안전성 입증 체계 구축

□ 심층처분에 대한 **안전성 확보 체계, 안전성 규명 방안** 및 **정량적 안전성 수치** 등의 종합안전성 입증 체계(Safety Case) 구축 추진

○ 처분시설에 적용될 수 있는 **단위현상·사건·공정**(FEP : Features, Events, Processes)**을 분석**하여 **발생 가능한 시나리오 도출**

- 시나리오를 토대로 **고준위 방폐물內 방사성 핵종**이 공학적 방벽과 천연방벽을 거쳐 **궁극적으로 인간과 환경에 미치는 영향을 정량화**

○ **부지특성 모델** 및 **한국형 처분시스템 개발과 연계**하여 최신정보 기반 안전성 평가를 통해 **종합안전성 예비 모델을 '28년까지 개발**

- 산·학·연 역할 분담을 통해 **안전성 실증자료 생산** 및 **안전성 입증 체계·방법론 등 개발 추진**

종합안전성 입증 체계(Safety Case)

○ 부지선정부터 처분시설 건설·운영·폐쇄 등 **각 단계마다 심층처분 안전성을 정량화하고 입증**할 수 있는 **증거·해석·연구결과 등의 총합**

- **국내 규정***은 심층처분시스템 전체 단계에 걸쳐 **단계별 안전성 평가를 통한 처분시설의 종합안전성 구축을 요구**

* 고준위방사성폐기물 심층처분시설에 관한 일반기준 제8조(종합안전성 구축)

- **IAEA**는 처분시스템의 성능평가 결과가 **인간과 환경을 보호하기 위한 안전 요건 충족**을 입증할 수 있는 **Safety Case 활용을 권고**

* The safety case and safety assessment for the disposal of radioactive waste(IAEA, 2012)

※ 본 자료는 현재 검토 단계에 있어 추후 내용이 달라질 수 있습니다.

다 연구용 지하연구시설 확보

□ 한국형 **처분시스템 안전성 실증·최적화를 위해** '20년대 중반부터 **처분부지와 별도로 연구용 지하연구시설**(Generic URL) 확보 추진

○ **처분시설 굴착, 밀봉·회수기술** 등 확보 및 **다중방벽 안전성 입증, 천연방벽 변화 규명** 등을 통해 처분시설 건설 및 인허가에 활용

○ **부지선정** 과정에서 대국민 설명 등 **수용성 제고 활동**에도 활용

연구용 지하연구시설 국내 확보 필요성

○ 우리나라 **고유의 부지특성 조사**와 **심층처분 기술의 실증**을 위해 부지선정·처분시설과 별도로 **연구용 지하연구시설 확보 필요**

* 관련규정에 따라 부지선정 시점부터 지하연구시설에서 수행한 연구결과 필요

- '50년대부터 선도국들은 부지선정 이전 처분환경과 유사한 **별도의 연구용 지하연구시설**을 설치·운영하여 **심층처분 기술을 확보**

- **해외 연구용 지하연구시설**도 활용 가능하나, **우리나라와 암종 및 지질·지하수의 환경적 특성**이 일치하는 **시설은 全無**

<운영 중 연구용 지하연구시설 특성 비교>

구분	스웨덴	스위스		일본	체코
이름	아스포	그림셀	몬테리	호로노베	부코프
심도(m)	460	450	400	500	550
암종	섬록암	화강암	퇴적암	퇴적암	화강편마암
생성시기	원생대 (약 18억년전)	고생대 석탄기 (약 3억년전)		신생대 (약 5백만년전)	고생대 페름기 (약 2.5억년전)
지질특성	조산운동無	조산운동多	조산운동無	조산운동無	조산운동多
지하수	염수	담수		담수	담수

□ 처분시설의 일부로서 구축되는 **인허가용 지하연구시설**(Site-specific URL)에서는 연구용 URL에서 예측한 **지질 특성 등을 최종 확인**

* 처분시설內 방사성 핵종의 인간 생활권으로 누출을 방지하기 위해 인허가용 지하연구시설에서 핵종 이동통로로 활용될 수 있는 굴착·시추 등은 최소화

※ 본 자료는 현재 검토 단계에 있어 추후 내용이 달라질 수 있습니다.

참 고 처분 기술 확보 일정(상세)

	기확보	부지선정 (`36)	중간저장 (`43)	영구처분 (`60)
①처분용기 물성평가 및 장기부식 평가 기술			○	
②처분용기 내 핵종거동 평가 기술		○		
③처분용기 설계 및 제작기술				○
④처분용기 밀봉/결함 검사 기술				○
⑤완충재 THMC 복합거동특성 평가 기술			○	
⑥완충재 내 핵종거동특성 평가 기술			○	
⑦완충재 장기 성능변화특성 평가 기술			○	
⑧뒷채움재/밀봉재/플러깅재 성능평가 기술			○	
⑨천연방벽 수리·지화학적 변화 규명 기술			○	
⑩천연방벽 역학적·열적 변화 규명 기술			○	
⑪천연방벽 핵종거동 평가 기술			○	
⑫천연방벽 장기 안정성 입증 기술			○	
⑬처분시스템 성능·설계요건 설정 기술		○		
⑭열·구조·차폐·핵임계 입력자료 정량화 및 해석 기술		○		
⑮다중방벽 구성요소간 상호작용 평가 기술			○	
⑯설계 코드 불확도 평가 기술		○		
⑰심층처분시설 개념 기술		○		
⑱지표환경 부지특성모델 구축기술			○	
⑲심부환경 부지특성모델 구축기술			○	
⑳사용후핵연료 방사선원항 평가 기술		○		
㉑사용후핵연료 누출특성 평가 기술		○		
㉒FEP(Features, Events, Processes) 및 시나리오 개발기술		○		
㉓생태계 모델링 기술		○		

※ 본 자료는 현재 검토 단계에 있어 추후 내용이 달라질 수 있습니다.

㉔폐쇄후 안전성 평가 입력자료		○		
㉕폐쇄후 안전성평가 및 모델링 기술		○		
㉖정상조건 평가기술	○			
㉗사고조건 평가기술	○			
㉘Safety Case 데이터베이스 관리 체계 개발		○		
㉙처분시설 개발단계별 Safety Case 구축		○		
㉚자연유사를 통한 처분시스템 설계·구성요소 성능 입증 기술		○		
㉛자연유사를 통한 핵종 거동지연 입증 기술		○		
㉜사용후핵연료 포장시설 개발				○
㉝사용후핵연료 인수/검사시설 개발				○
㉞완충재, 뒤채움재 제작기술 및 설비 개발	○			
㉟처분터널 및 처분공 굴착영향 평가 기술			○	
㊱처분환경의 지하시설 시공 안전성 및 효율성 평가 기술	○			
㊲건설 및 운영 병행 절차 개발 및 최적화 기술				○
㊳사용후핵연료 인수기준 개발				○
㊴처분시설 안전 조치 및 물리적 방호 감시체계 확립	○			
㊵처분용기 이송 및 공학적방벽 설치 설비 개발				○
㊶운영 중 회수 기술			○	
㊷지상시설 및 지하 시설 최적 운영 절차 개발	○			
㊸처분시설 및 주변환경 모니터링 기술				○
㊹처분시설 폐쇄 및 감시 기술				○
㊺대안 처분시스템 개발		○		
㊻대안 처분시스템 안전성평가 기술		○		
합계 (총 46개 요소기술)	6	17	14	9

※ 본 자료는 현재 검토 단계에 있어 추후 내용이 달라질 수 있습니다.

참 고 주요국 지하연구시설(URL) 운영 현황

구 분	명 칭	국 가	암종(깊이)	운영기간	시설 활용
Generic URL	화이트셀	캐나다	화강암(240~420 m)	1984~2003	
	아세 광산	독일	암염(490~950 m)	1965~1997	기존 광산 갱도
	토노 광산	일본	퇴적암(130 m)	1986~2004	기존 광산 갱도
	카마이시 광산		화강암(300-700 m)	1988~1998	기존 광산 갱도
	미즈나미		화강암(현재 300-500 m)	2004~2021	
	호로노베		퇴적암(현재 500 m)	2005~현재	
	아멜리	프랑스	암염	1986~1992	기존 광산 갱도
	Fanay-Augères		화강암	1980~1990	기존 광산 갱도
	Tournemire		퇴적암(250 m)	1990~현재	기존 철도터널 확장
	스트리파 광산	스웨덴	화강암(360~410 m)	1976~1992	기존 광산 갱도
	아스포		섬록암(240~460 m)	1995~현재	
	그림셀	스위스	화강암(450 m)	1984~현재	기존 수력발전소 접근터널 확장
	몬테리		퇴적암(400 m)	1995~현재	기존 도로터널 확장
	Pre Salt Vault	미국	암염(200m)	1959-1962	기존 암염 광산 갱도
	G-터널		응회암(300 m)	1979~1990	기존 무기시험 지하공동
	클라이맥스		화강암(420 m)	1978~1983	기존 굴착공동 확장
	HADES	벨기에	퇴적암(230 m)	1984~현재	
Site -Specific URL	ONKALO	핀란드	화강암(500 m)	2003~현재	처분시설 건설 중
	M/HM(Bure)	프랑스	퇴적암(450~500 m)	2000~현재	
	고어레벤	독일	암염(900 m)	1985~1990	
	유카산처분장 실증시설	미국	응회암(300 m)	1996~2010	

※ 본 자료는 현재 검토 단계에 있어 추후 내용이 달라질 수 있습니다.

4 R&D 기반조성 및 추진체계 구축

가 안전성·효율성 개선을 위한 국제협력

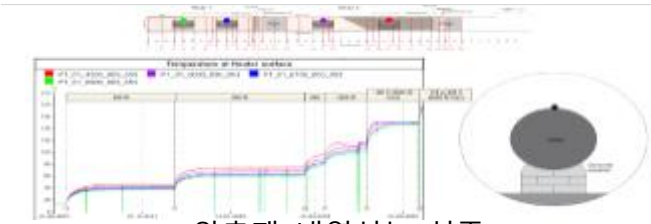
□ **핀란드 KBS-3 방식 등** 기존 처분개념보다 **안전성·효율성이 향상된 처분시스템 확보**를 위해 **국제 공동연구** 등을 통해 처분기술 고도화

○ **한국형 처분시스템**의 **종합안전성**(Safety Case) **예비 모델**은 **국외 전담기관**과 **국제기구**(IAEA, OECD/NEA 등) **검증**을 통해 안전성 확보

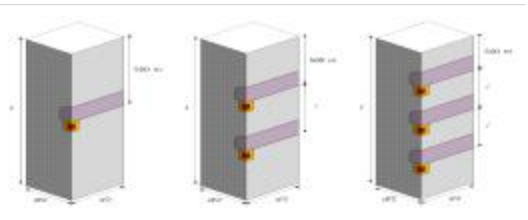
* OECD/NEA IGSC 회의 및 IAEA ARTEMIS 등 활용

○ **스위스 Nagra** 등과 협력하여 **완충재**(벤토나이트)**의 내열성능 실증** 시험 등 **국제 공동연구 직접 참여**를 통해 **처분 효율성 제고**

- **다층 처분, 최적 분산배치 설계** 등 국내 개발 중 기술과도 연계



(완충재 내열성능 실증)



(다층처분)

□ **연구개발 기간·소요비용** 및 **선도국과 기술격차** 등을 고려하여 **효율적·효과적 기술개발을** 위해 **국제협력 적극 활용**

○ 중간저장시설 인허가에 필요한 **장기 건식저장 안전성 실증**기술은 美·加 등 40년 이상 **건식저장 운영 중인 국가**들과 **공동개발 추진**

○ **결함 핵연료 운반시스템 설계**기술은 상용화 기술을 보유한 美·佛 등 **선도국**과 협력하여 **고도화 공동연구 추진**

□ 처분시설의 방폐물 포장시설 개발 등 **기술의 활용도 대비 개발 기간·비용이 높은 7개 기술**은 필요 시점에 **해외 도입** 추진

* 운반·저장 안전조치 이행기술, 사용후핵연료 포장시설 및 인수/검사시설 개발 등

※ 본 자료는 현재 검토 단계에 있어 추후 내용이 달라질 수 있습니다.

나 R&D 전문인력 양성

□ **산·학·연 연계 R&D**를 통해 고준위 방폐물 분야 **특화 연구인력을 양성하고, 중소·중견기업 및 대학에 대한 R&D 투자도 확대**

* 산업부 R&D 투자비율(~`22) : 공공기관·대기업(23.6%), 연구소(48%), 대학·중소기업(28.2%)

○ **안정적 인력양성 체계 구축**을 위해 **중장기 인력양성 종합계획**을 **수립**하고, **방폐기술인력개발원, 융합대학원** 등 교육기관 운영

* 고준위 방폐물 운반·저장·처분 전주기 관리 및 ICT-방폐물 융합 분야 등

다 R&D 관리체계 확립

□ **전담 관리기관을 지정**하여 관계부처, 산·학·연에 **분산된 R&D 기능을** 유기적으로 **연결하고,** 운반·저장, 부지 및 처분 **기술간 연계 강화**

○ **R&D 로드맵의 이행, 추진실적 점검** 및 국내외 환경변화·최신 기술동향 모니터링을 통한 **주기적 평가·보완**

* 방사성폐기물 관리 기본계획과 연계하여 5년 단위 R&D 로드맵 추진계획 수립

□ **관계부처간 역할을 분담**하여 **고준위 방폐물 R&D 효율성 제고**

○ **(산업부) 고준위 방폐물 관리정책 이행**을 위한 **운반·저장·부지조사 기술 상용화**와 인허가에 필요한 **종합안전성 입증 기술** 확보에 집중

○ **(과기부)** 심층처분 안전성 입증을 위한 **기초자료 확보**와 **처분 시스템 효율 개선** 및 **대안처분 개념 연구**를 추진

○ **(원안위) 안전성이 확보된 기술이 개발**될 수 있도록 규제의 독립성을 유지하면서 **규제요건과 요건별 검증 방법을 개발**

※ 본 자료는 현재 검토 단계에 있어 추후 내용이 달라질 수 있습니다.

참 고 고준위 방폐물 분야 R&D 전문인력 양성 계획

□ 고준위 방폐물관리 R&D인력 현황 및 수요전망

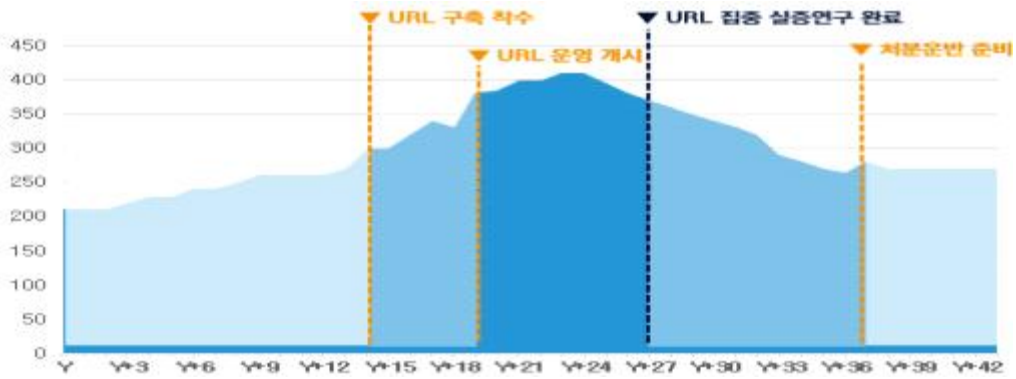
○ 현재 고준위 방폐물관리 분야의 R&D 인력은 **약 140여명 수준***

* KORAD 10여명, KAERI 100여명, 지자연 20여명, 한수원 중앙연구원 10여명

○ **연간 평균 300여명** 필요, **전망기간內 최대 410명**의 인력수요 예측

- 부지선정 착수 시점부터 **Y+18~27(9년간) 가장 많은 인력수요** 발생

< 연구개발인력 인력추계 >



□ 고준위 방폐물관리 R&D 전문인력 양성 계획

○ 고준위 방폐물관리 **융합대학원**을 통해 석·박사 배출

- 1차 사업기간('22~'26) 동안 약 65명의 석·박사 양성
- 이후 2차 고준위 방폐물관리 융합대학원 운영을 통해 고준위 방폐물 관리 석·박사 인력 100여명 양성 추진('26~'30)

○ **학사·종사자심화교육 과정**으로 R&D 전문인력 양성

- 고준위 방폐물관리 인력양성 교육을 통하여 학부과정, 산업계 및 연구계 종사자 등에 대한 전문인력 양성* 추진

* 5년간('23~'27) 학부과정은 총 920여명, 종사자심화교육은 총 630여명

○ 부지선정에 맞추어 공공기관의 고준위 방폐물관리 인력증원 추진

※ 본 자료는 현재 검토 단계에 있어 추후 내용이 달라질 수 있습니다.

Ⅳ 투자계획

※ 본 자료는 현재 검토 단계에 있어 추후 내용이 달라질 수 있습니다.

1 투자 규모

□ 처분시설 운영시점까지 **R&D 투자 규모는 약 1.4조원** 추정

○ **(R&D) 향후 5년간 1,226억원을 포함 총 9,002억원 투자 필요** 전망

* 이외에 처분시스템 효율개선 및 대안처분 개념 연구 등은 과기부 주도로 1,889억원 투자 전망

<연도별 R&D 투자 전망>

(단위 : 억원)

`23	`24	`25	`26	`27	`28~`36	`37~`43	`44~`60	합계
235	388	317	327	250	4,670	1,911	905	9,002

- **운반 223억원, 저장 1,240억원, 부지 2,314억원, 처분 5,226억원**
- **민간기업 및 공기업**에서는 **운반·저장 용기 및 시스템, 부지조사 기술** 등에 **향후 약 500억원 규모 투자 전망**

○ **(인프라) 연구용 지하연구시설**(Generic URL)은 **원자력환경공단**이 **사업 예산**(총 4,936억원 소요 전망)**을 확보**하여 구축 추진

<연구용 지하연구시설 구축 소요예산>

(단위 : 억원)

부지확보	설계비	건설비	예비비	합계
239	443	2,686	1,566	4,936

2 재원 조달

□ **R&D 투자**에 필요한 **재원**은 **방폐기금을 통해 조달**하며, 고준위 방사성폐기물 **관리비용 산정시 총사업비에 반영**

<고준위 방폐물 관리 R&D 소요비용>

旣투자비용(~`22)	향후 투자비용(`23~`60)	합계
1,522억원 (방폐기금 1,400억원, 전력기금 122억원)	1.4조원 (R&D 0.9조원, 인프라 0.5조원)	총 1.5조원