제1회 고준위 방사성폐기물 안전관리기술 포럼

(규제기술분야)심층처분시스템 안전규제 기반 구축

심층처분시스템 규제요소 개발 (전략과제 3-1)

2022.09.16.(금)



한국원자력안전기술원
KOREA INSTITUTE OF NUCLEAR SAFETY

과제책임자 : 박진용
(한국원자력안전기술원)

과제 개요(1)

심층처분시스템 규제요소 개발

❖ **과제명 :** 심층처분시스템 규제요소 개발

❖ **수행 기관 :** 한국원자력안전기술원 (기관지정), 위탁기관(비알엔씨, UNIST, NC2)

❖ **연구 목적 :** 고준위방폐물 심층처분 관련 규제기반 구축

❖ **연구 기간 :** `21~`29년 (3단계)

❖ **연구 개요 :** 고준위방폐물의 **심층처분시스템**에 대한 **안전요건 및 부합성기준, 규제지침** 등 **규제요소 개발**을 통해 심층처분에 관한 **규제기반 구축**

- 국내 심층처분시스템 개발과 보조를 맞춰 **국내 사용후핵연료 관리환경 및 처분시스템 개발 환경**에 알맞은 **규제요건** 개발

❖ **연구 성과 :** 규제정책 20(건), 안전기술보고서(N-STAR) 제출 40(건), 규제기술 정보 제공 16(건), DB구축 4(건)

과제 개요(2)

연구개발 로드맵

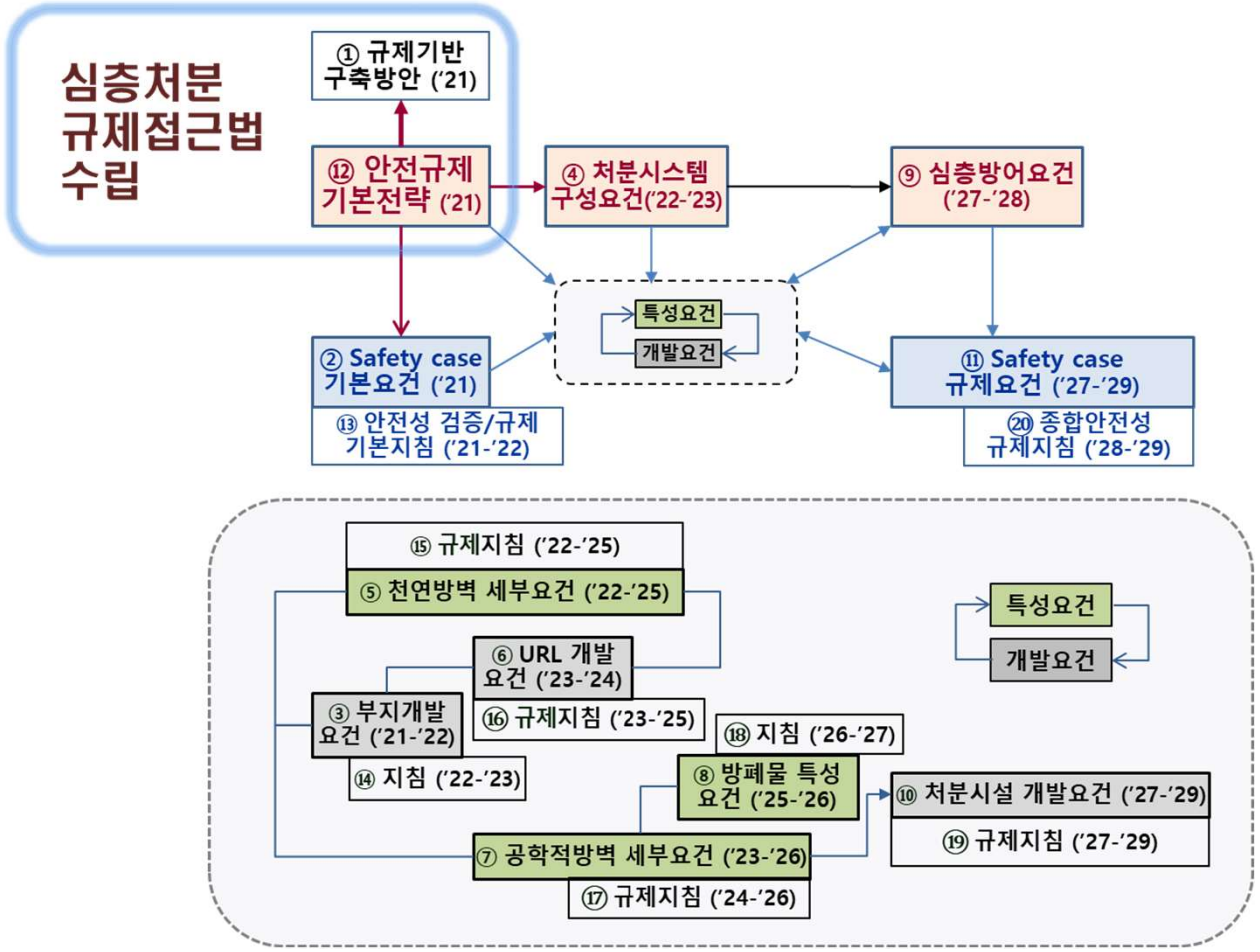
부문	2021년	2022년	2023년	2024년	2025년	2026년	2027년	2028년	2029년
안전요건 및 부합성기준	①규제기반 구축방안 수립	⑤천연방벽 세부요건/부합성기준 개발 (지질, 수리지질, 지구화학, 지표환경 등)					⑩처분시설개발 전체단계 규제요건 개발 (설계, 건설, 운영, 폐쇄, 폐쇄후 단계)		
	③부지개발 요건/부합성기준 개발		⑦공학적방벽 세부요건/부합성기준 개발 (구조물, 처분용기, 완충재, 뒤채움재 등)				⑨심층방어 요건/부합성기준 개발		
	②Safety case 기본요건 개발	④처분시스템 구성 요건/부합성기준 개발			⑧방폐물 특성요건/ 부합성기준 개발		⑪Safety case 규제요건/부합성기준 개발		
			⑥URL개발 요건/부합성기준 개발						
규제지침	⑫안전규제 기본전략 수립	⑭부지개발 규제지침 개발				⑱방폐물특성 규제지침 개발			
		⑮천연방벽 규제지침 개발					⑲처분시설 개발단계별 규제지침 개발 (설계, 건설, 운영, 폐쇄, 폐쇄후 단계)		
	⑬안전성 검증/규제 기본지침 수립		⑯URL개발 규제지침 개발						
				⑰공학적방벽 규제지침 개발				⑳종합안전성 규제지침 개발	
심층처분 R&D 규제지원	(21)R&D 규제지원체계 수립 (기술인증프로그램등)								
		(22)국내 심층처분 R&D 규제지원 (기술인증등)							

주요 연구 내용(1)

연구개발 체계 수립

❖ **심층처분 규제접근법 수립**(1차년)

- **안전규제 기본전략 :** 전체 개발단계와 심층처분 안전에 기본적인 규제 전략 수립
- **규제기반 구축방안 :** 개발된 규제전략에 따라 심층처분 규제기반 구축 방안 제시



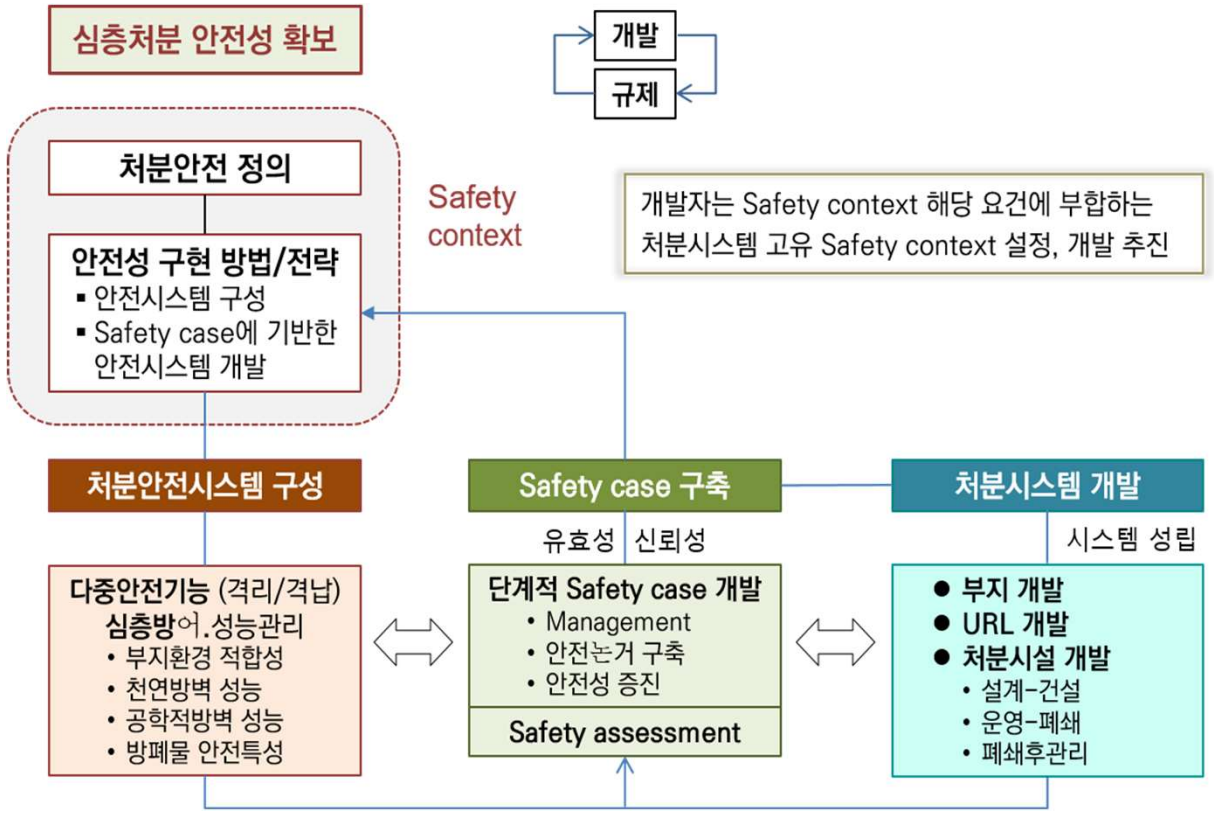
주요 연구 내용(2)

심층처분 안전시스템 구축 체계 개발

❖**Safety Case 기반 심층처분 안전성 구축 체계 수립**

- **처분안전시스템 구성**
- **처분시스템 개발**
- **Safety Case 구축**

→ **안전기능**을 수행할 **안전시스템**을 구성, 해당 **시스템 개발**을 통해 성립, 해당 개발은 **Safety Case**를 통해 체계적으로 추진 : 안전에 대한 유효성/신뢰성 확보



주요 연구 내용(3)

심층처분 안전시스템 구축 체계 개발

❖ **처분시스템 안전요소 및 개발요소 구성체계 수립**

- **심층처분 안전규제 구성요소(54개) 도출**
- **구성요소 별 개요, 연계항목, 적용방법, 고려사항 등을 포함**

0	방사성폐기물 처분 안전

요건개요	● 방사성폐기물 관리방안의 하나로서 처분을 적용하는 경우, 안전성 확보에 관한 기본요건 ● 방사성폐기물 관리방법으로서 처분에 관한 안전목표 (선량/위험도 기준)
연계항목 적용방법	● 방사선안전 일반원칙/기준, 방사성폐기물관리 일반원칙/기준 ● S_처분안전성구축 ● SC_처분안전성구성 ← 처분시스템 모든 항목에 적용 ● SS_Safety case 구축 ← 처분시스템 전체단계, 모든 항목에 적용 ● SD_처분안전시스템개발 ← 처분시스템개발 전체단계, 모든 항목에 적용
수립대상 수립시기 고려사항	규제기반 (안전법체계) 법령: ● 기초연구단계 (보완) - 법 제64조 (허가기준) - 시행령 제174조 (환경상의 위해방지) 행정규칙: ● 기초연구단계 - 방사선안전규칙 제4장 (방사성폐기물의 안전관리) - 일반기준고시 ('16) 지침 등: ● 기초연구단계 (신규) - SS 항목에 따른 규제지침에 포함하여 수립 ● "처분", "심층처분" 정의 필요 ● 현행 원안법 제64조는 방사성폐기물관리시설에 일반적인 요건으로 시설 도입에 대한 허가조건의 성격이며 안전성구성(SC) 개념 혼재 → 심층처분안전에 관해 특화 필요 → 심층처분 안전 철학, 심층처분 안전의 정의

<(구성요소 분석)규제요소 수립방안>

0	방사성폐기물 처분 안전
S	처분 안전성 구축

S	C		처분 안전시스템 구성

S	C	B		부지환경 안전특성
S	C	B	1	부지환경_개발단계
S	C	B	2	부지환경_미래상황

S	C	N		천연방벽 안전특성
S	C	N	1	천연방벽 구성
S	C	N	2	지질학적 안정성
S	C	N	3	수리지질학적 특성
S	C	N	4	지구화학적 특성

S	C	E		공학적방벽 안전특성
S	C	E	1	공학적방벽 구성
S	C	E	2	처분구조물 성능
S	C	E	3	처분용기 성능
S	C	E	4	완충재 특성
S	C	E	5	뒷채움/밀봉

S	C	W		방사성폐기물 안전특성
S	C	W	1	Waste form
S	C	W	2	성분 특성

처분안전시스템:
Safety function을 구성하는 시스템 성분의 총체

S	S		Safety case 구축

S	S	D		Safety case 개발 체계
S	S	M		Management system
S	S	G		Generic Safety case
S	S	S		Site-specific Safety case
S	S	F		Facility-specific Safety case
S	S	F	1	설계단계 Safety case
S	S	F	2	건설 Safety case
S	S	F	3	운영단계 Safety case
S	S	F	4	폐쇄 Safety case
S	S	F	5	관리단계 Safety case

S	D		처분 안전시스템 개발

S	D	S		부지개발
S	D	S	0	부지개발 체계
S	D	S	1	부지기초조사
S	D	S	2	부지상세조사
S	D	S	3	부지특성화개발
S	D	S	4	부지관리

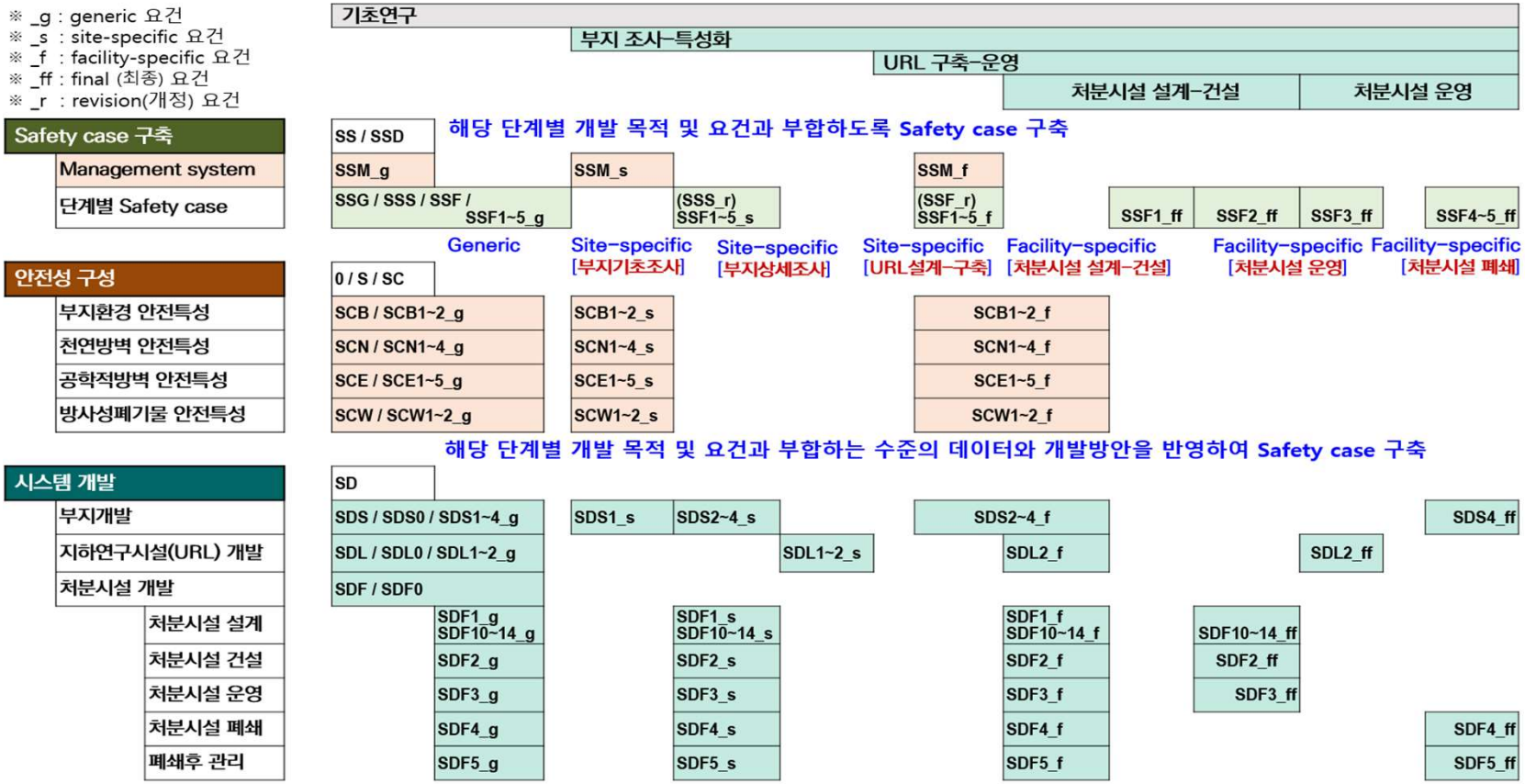
S	D	L		지하연구시설(URL) 개발
S	D	L	0	URL 개발 체계
S	D	L	1	URL 구축
S	D	L	2	URL 운용

S	D	F		처분시설 개발
S	D	F	0	처분시설 개발체계
S	D	F	1	처분시설 설계
S	D	F	1	0 설계기준
S	D	F	1	1 폐기물 인수•관리
S	D	F	1	2 Monitoring
S	D	F	1	3 Retrievability
S	D	F	1	4 Nuclear Security
S	D	F	2	처분시설 건설
S	D	F	3	처분시설 운영
S	D	F	4	처분시설 폐쇄
S	D	F	5	폐쇄후 처분장 관리

주요 연구 내용(4)

개발단계별 SC 개발 및 규제기반 구축 방안

❖ 시스템 개발 전체 기간(기초연구, 부지조사, URL 구축, 처분시설 설계/건설, 운영) 발전 방안



주요 연구 내용(5)

개발단계별 SC 개발 및 규제기반 구축 방안

<규제기반구축 단계적 추진방안>

주 제	항 목	개발 단계: 기초연구	부지 개발	URL 개발	처분시설 개발: 설계	건설	운영
Safety context	0_처분안전	b					
	S_처분안전성구축	b					
	SC_처분안전시스템 구성	b					
	SD_처분안전시스템 개발	b					
	SS_Safety case 구축	b					
처분 안전시스템 구성	SCB_부지환경 안전특성	b					
	SCB1_부지위치_개발기간	g	s	f			
	SCB2_부지위치_미래상황	g	s	f			
	SCN_천연방벽 안전특성	b					
	SCN1_천연방벽 구성	g	s	f			
	SCN2_지질학적 안정성	g	s	f			
	SCN3_수리지질학적 특성	g	s	f			
	SCN4_지구화학적 특성	g	s	f			
	SCE_공학적방벽 안전특성	b					
	SCE1_공학적방벽 구성	g	s	f			
	SCE2_처분구조물 성능	g	s	f			
	SCE3_처분용기 성능	g	s	f			
	SCE4_완충재 특성	◇	◇	◇			
	SCE5_뒷채움/밀봉	◇	◇	◇			
	SCW_방사성폐기물 안전특성	b					
	SCW1_Waste form	◇	◇	◇			
	SCW2_성분 특성	◇	◇	◇			
처분 안전시스템 개발	SDS_부지개발	b					
	SDS0_부지개발 체계	b					
	SDS1_부지기초조사	g	s				
	SDS2_부지상세조사	g	s	f			
	SDS3_부지특성화개발	◇	◇	◇			
	SDS4_부지관리	◇	◇	◇			◈
	SDL_지하연구시설(URL) 개발	b					
	SDL0_URL 개발 체계	b					
	SDL1_URL 구축	◇	◇				
	SDL2_URL 운영	◇	◇		◇		◈
	SDF_처분시설 개발	b					
	SDF0_처분시설 개발체계	b					
	SDF1_처분시설 설계	g	s		f		

※범례: b_기본요건, r_개정(필요시), g_일반요건, s_부지고유요건, f_시설고유요건, ff_최종요건 | ◇는 규칙/고시, 나머지는 법령-규칙/고시

<기초연구단계 규제기반구축 및 시스템 개발 방향>

기초연구단계

		규제요소 개발	검증기술 개발	시스템개발 R&D
Safety case 구축	SS / SSD	- 기본요건 (불변) - Generic 요건/지침 - Specific/후속 수립방향	- 폐쇄후안전성평가(TSPA) 검증 기본모델 - 장기안전성 검증방법론	- Safety case 개발 기본지침 (+ 단계별 전략) - TSPA 기본모델, 성능평가모델
Management system	SSM_g			
단계별 Safety case	SSG / SSS / SSF / SSF1~5_g			
안전성 구성	0 / S / SC	- 기본요건 (불변) - Generic 세부요건 - 기본/Generic 요건 부합성 검토 지침 - Specific/후속 수립방향	- 기본/Generic 요건 부합성 확인 방법론/검증도구 * 요건 항목별 * 성분별 특성/안전기능 * 총체적 방벽 성능	- Generic Safety case 개발 * SC Context 구성 * 시스템 특성 평가/서술 * 안전성 구성 (방안) * 보조안전지표, 심층방어논거
부지환경 안전특성	SCB / SCB1~2_g			
천연방벽 안전특성	SCN / SCN1~4_g			
공학적방벽 안전특성	SCE / SCE1~4_g			
방사성폐기물 안전특성	SCW / SCW1~2_g			
시스템 개발	SD	- 기본요건 (불변) - Generic 요건 * 항목별 기본사항 * SSG 입력 사항/수준 - 기본/Generic 요건 부합성 검토 지침 - Specific/후속 수립방향 * 개발단계별 발전 ※처분안전요소 구성 관점 ⊕시스템 성립 / 안전기능 보전 관점	- 개발방안의 기본/Generic 요건 적합성 확인 방법론/검증도구 * 처분안전요소 구성 관점 * 시스템 성립 관점 * 안전기능 보전 관점	- Generic Safety case 개발 * 단계별 개발 방안 * 처분안전요소 구성 방안 * 처분시스템 구성 방안 * 안전기능 확보 방안
부지개발	SDS / SDS0 / SDS1~4_g			
지하연구시설(URL) 개발	SDL / SDL0 / SDL1~2_g			
처분시설 개발	SDF / SDF0			
처분시설 설계	SDF1_g			
처분시설 건설	SDF2_g			
처분시설 운영	SDF3_g			
처분시설 폐쇄	SDF4_g			
폐쇄후 관리	SDF5_g			

향후 계획

❖ 연구개발 추진일정

연구주제명	세부 연구항목	1단계(`21~23)			2단계(`24~26)			3단계(`27~29)		
[1] 심층처분 규제접근법 수립	심층처분 규제기반 구축방안 수립									
	심층처분 안전규제 기본전략 수립									
[2] 심층처분 안전규제 기본요소 개발	심층처분 Safety case 기본요건 개발									
	심층처분시스템 구성 요건 및 부합성기준									
	심층처분 안전성 검증/규제 기본지침 수립									
[3] 심층처분 부지개발 규제요소 개발	심층처분 부지개발 요건 및 부합성기준 개발									
	심층처분 부지개발 규제지침 개발									
[4] 천연방벽 규제요소 개발	심층처분시스템 천연방벽 세부요건 및 부합성기준									
	심층처분시스템 천연방벽 규제지침									
[5] 지하연구시설 규제요소 개발	심층처분 URL개발 요건 및 부합성기준 개발									
	심층처분 URL개발 규제지침 개발									
[6] 공학적방벽 규제요소 개발	심층처분시스템 공학적방벽 세부요건 및 부합성기준 개발									
	심층처분시스템 공학적방벽 규제지침 개발									
[7] 방폐물특성 규제요소 개발	심층처분시스템 방폐물 특성요건 및 부합성기준 개발									
	심층처분시스템 방폐물특성 규제지침 개발									
[8] 심층방어요건 개발	심층처분시스템 심층방어 요건 및 부합성기준 개발									
[9] 심층처분시설 개발단계별 규제요소 개발	심층처분시설 개발 전체단계 규제요건 개발									
	심층처분시설 개발단계별 규제지침 개발									
[10] 심층처분 Safety case 규제요소 개발	심층처분 Safety case 규제요건 및 부합성기준 개발									
	심층처분 종합안전성 규제지침 개발									
[11] R&D 규제지원	심층처분 R&D 규제지원체계 수립									
	심층처분 R&D 규제지원									

<규제요건 개발 계획(안)>

2021	Safety case 개발 기본요건		
2022	천연방벽 요건 (지질)	부지개발 요건	
2023	천연방벽 요건 (수리지질)	시스템 구성요건	공학적방벽 구성요건
2024	천연방벽 요건 (지구화학)	URL개발 요건	공학적방벽 (구조물) 요건
2025	천연방벽 요건 (지표환경)		공학적방벽 (처분용기) 요건
2026		방폐물 특성요건	공학적방벽 (완충재/뒤채움) 요건
2027		처분시설 개발 기본요건	처분시설 설계/건설 요건
2028	심층방어 요건	Safety case 구성요건	처분시설 운영요건
2029		Safety case 개발요건	처분시설 폐쇄요건

감사합니다



KINS 한국원자력안전기술원
KOREA INSTITUTE OF NUCLEAR SAFETY