제1회 사용후핵연료 안전관리 핵심기술개발 워크숍

심층처분시스템 규제요소 개발

Session II. 사용후핵연료 중간저장 및 심층처분

2021.11.18(목)



한국원자력안전기술원
KOREA INSTITUTE OF NUCLEAR SAFETY

박진용

(한국원자력안전기술원)

발표순서

I 연구과제 개요

II 1차년도 연구개발 목표 및 내용

III 2차년도 연구계획

IV 질의응답

연구과제 개요

I-1. 연구과제 개요

❖ **과제명 :** 심층처분시스템 규제요소 개발

❖ **수행 기관 :** 한국원자력안전기술원

❖ **연구 목적 :** 사용후핵연료 처분 관련 규제기반 구축

❖ **연구 기간 :** `21~`29년 (전체 3단계)

❖ **연구 개요 :** 심층처분 규제기반을 구축하고 심층처분 규제요소를 적기에 제공하여 SNF관리사업의 원활한 수행 뒷받침하는 규제기술 개발

❖ **연구 성과 :** 규제정책 활용 20(건), 안전기술보고서(N-STAR) 제출 84(건), 규제기술 정보 제공 16(건), DB구축 4(건)

연구과제 개요

I-2. 1차년도 연구범위 및 체계

KINS 연구주제
KIGAM 연구주제



연구과제 개요

I-3. 주제별 연구개발 내용

연구주제명	세부 연구항목	1단계(`21~23)			2단계(`24~26)			3단계(`27~29)		
[1] 심층처분 규제접근법 수립	①심층처분 규제기반 구축방안 수립	■								
	⑫심층처분 안전규제 기본전략 수립	■								
[2] 심층처분 안전규제 기본요소 개발	②심층처분 Safety case 기본요건 개발	■								
	④심층처분시스템 구성 요건 및 부합성기준		■	■						
	⑬심층처분 안전성 검증/규제 기본지침 수립	■	■							
[3] 심층처분 부지개발 규제요소 개발	③심층처분 부지개발 요건 및 부합성기준 개발	■	■							
	⑭심층처분 부지개발 규제지침 개발		■	■						
[4] 천연방벽 규제요소 개발	⑤심층처분시스템 천연방벽 세부요건 및 부합성기준		■	■	■	■				
	⑮심층처분시스템 천연방벽 규제지침		■	■	■	■				
[5] 지하연구시설 규제요소 개발	⑥심층처분 URL개발 요건 및 부합성기준 개발			■	■					
	⑯심층처분 URL개발 규제지침 개발			■	■	■				
[6] 공학적방벽 규제요소 개발	⑦심층처분시스템 공학적방벽 세부요건 및 부합성기준 개발			■	■	■	■			
	⑰심층처분시스템 공학적방벽 규제지침 개발				■	■	■			
[7] 방폐물특성 규제요소 개발	⑧심층처분시스템 방폐물 특성요건 및 부합성기준 개발					■	■			
	⑱심층처분시스템 방폐물특성 규제지침 개발						■	■		
[8] 심층방어요건 개발	⑨심층처분시스템 심층방어 요건 및 부합성기준 개발							■	■	
[9] 심층처분시설 개발단계별 규제요소 개발	⑩심층처분시설 개발 전체단계 규제요건 개발							■	■	■
	⑲심층처분시설 개발단계별 규제지침 개발							■	■	■
[10] 심층처분 Safety case 규제요소 개발	⑪심층처분 Safety case 규제요건 및 부합성기준 개발							■	■	■
	⑳심층처분 종합안전성 규제지침 개발								■	■
[11] R&D 규제지원	21. 심층처분 R&D 규제지원체계 수립	■	■							
	22. 심층처분 R&D 규제지원		■	■	■	■	■	■	■	■

1차년도 연구개발 목표 및 내용

II-1. 주제별 연구개발 내용 (심층처분 규제접근법 수립)

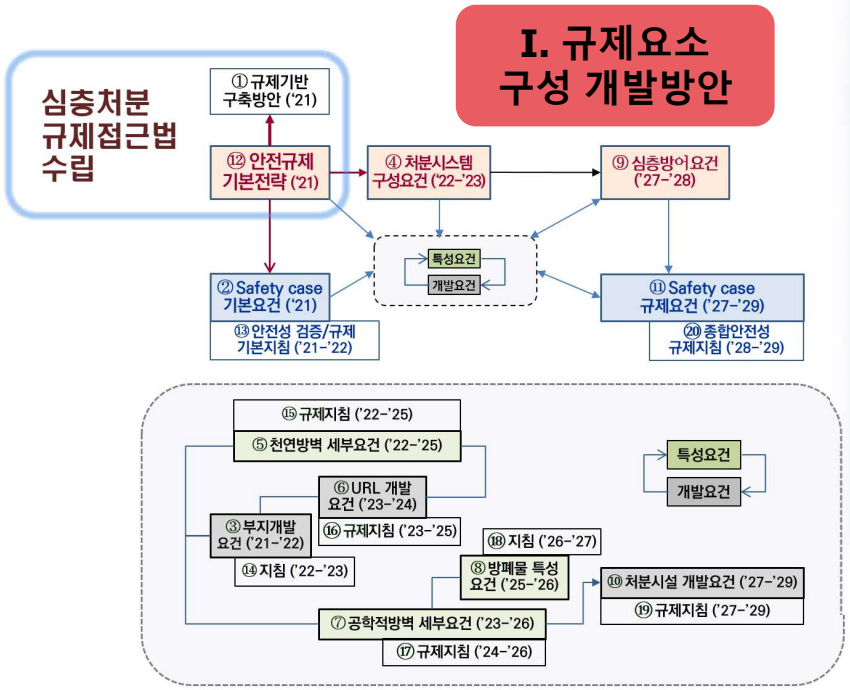
◈ **1차년도 주요 연구주제**
- 심층처분 **규제연구 시작**하면서 필요한 **규제기반/기본전략 등을 수립**

구분	연구개발 목표	연구개발 내용
2021년도	심층처분시스템 안전규제 기본접근법 수립	**①심층처분 규제기반 구축방안 수립** ▪심층처분 안전의 전체 영역에 대해 필요한 세부 규제요소를 분별하고 이를 체계적으로 구축하기 위한 종합개발계획 수립
		⑫심층처분 안전규제 기본전략 수립 ▪심층처분의 총체적 안전성과 처분시스템 개발의 전체 단계들에 대한 규제의 기본전략을 종합적으로 수립
	규제기반구축 연구 방법론 개발	▪심층처분의 안전요소와 심층처분시스템 개발의 국면/단계별 규제요소 분석 ▪심층처분 규제기반 구축방법론 수립 ▪심층처분 규제기반 구축을 위한 규제요소 종합개발계획 수립
	안전규제 기본전략 개발	▪심층처분 안전규제에 대한 기본접근법 ▪심층시스템 안전요소별 규제접근법 ▪심층처분 종합안전성에 대한 규제접근법

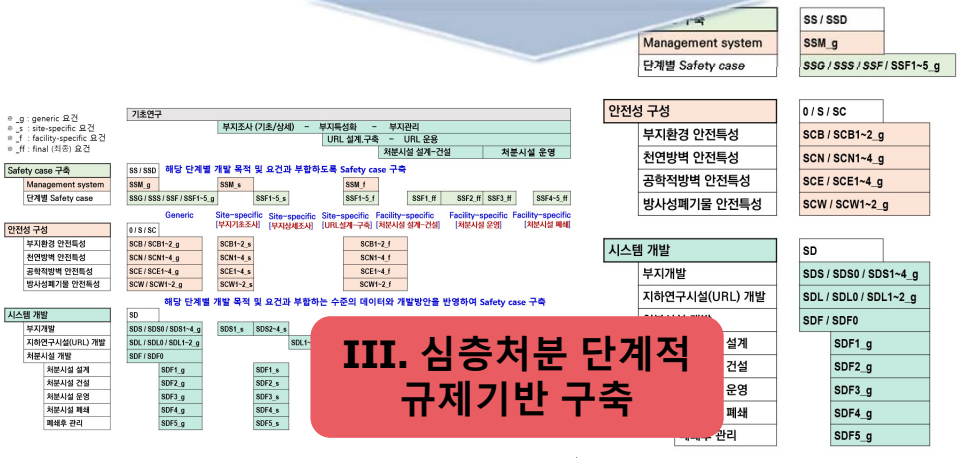
1차년도 연구개발 목표 및 내용

한국원자력안전기술원 KINS KOREA INSTITUTE OF NUCLEAR SAFETY

II-1. 주제별 연구개발 내용 (심층처분 규제접근법 수립)







1차년도 연구개발 목표 및 내용

한국원자력안전기술원 KINS KOREA INSTITUTE OF NUCLEAR SAFETY

II-1. 주제별 연구개발 내용 (심층처분 규제접근법 수립)

- **Safety system construction** means to comprise the required safety functions
  - *Safety features of **the environment**, **natural barrier**, **engineered barriers**, and **waste***
- **System development** is the process preparing and embodying the repository
  - *Development of disposal **site,** on-site **URL**, and the **disposal facility***
- **The safety case** integrates the two efforts through the development process
- ***Generic phase** with basic system study, **site-specific phase** beginning with site survey, and **facility-specific phase** with practical development of the facility*

0	방사성폐기물 처분 안전
S	처분 안전성 구축

처분안전시스템:
Safety function을 구성하는 시스템 성분의 총체

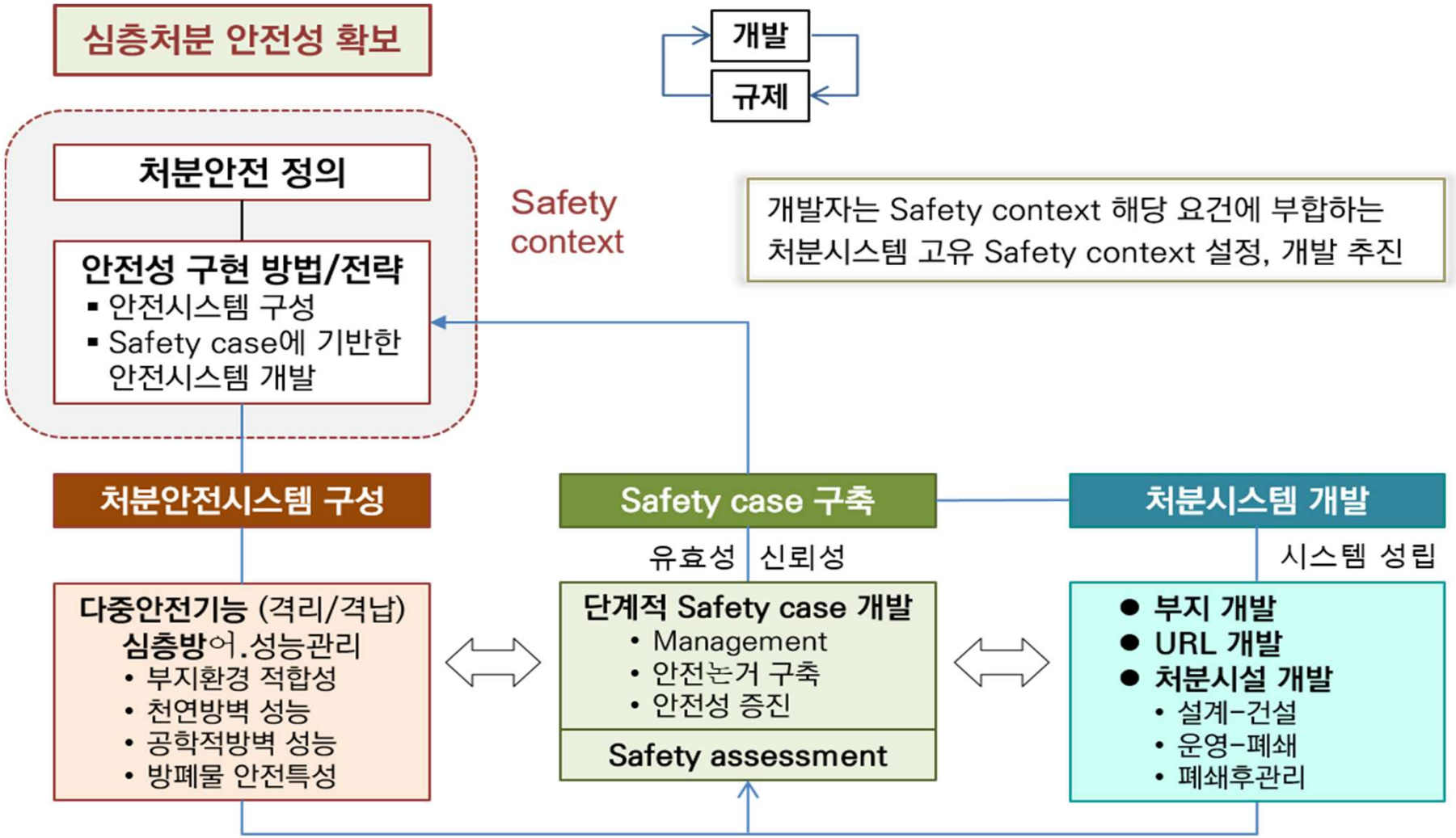
S	C	처분 안전시스템 구성
S	C	B 부지환경 안전특성
S	C	B 1 부지환경_개발단계
S	C	B 2 부지환경_미래상황
S	C	N 천연방벽 안전특성
S	C	N 1 천연방벽 구성
S	C	N 2 지질학적 안정성
S	C	N 3 수리지질학적 특성
S	C	N 4 지구화학적 특성
S	C	E 공학적방벽 안전특성
S	C	E 1 공학적방벽 구성
S	C	E 2 처분구조물 성능
S	C	E 3 처분용기 성능
S	C	E 4 완충재 특성
S	C	E 5 뒷채움/밀봉
S	C	W 방사성폐기물 안전특성
S	C	W 1 Waste form
S	C	W 2 성분 특성

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

1차년도 연구개발 목표 및 내용

II-1. 주제별 연구개발 내용 (심층처분 규제접근법 수립)



1차년도 연구개발 목표 및 내용

한국원자력안전기술원 KINS KOREA INSTITUTE OF NUCLEAR SAFETY

II-1. 주제별 연구개발 내용 (심층처분 규제접근법 수립)

※ _g : generic 요건
※ _s : site-specific 요건
※ _f : facility-specific 요건
※ _ff : final (최종) 요건
※ _r : revision(개정) 요건

기초연구
부지 조사-특성화
URL 구축-운영
처분시설 설계-건설
처분시설 운영

Safety case 구축
- Management system
- 단계별 Safety case

SS / SSD
해당 단계별 개발 목적 및 요건과 부합하도록 Safety case 구축
SSM_g | SSM_s | SSM_f
SSG / SSS / SSF / SSF1~5_g | (SSS_r) SSF1~5_s | (SSF_r) SSF1~5_f | SSF1_ff | SSF2_ff | SSF3_ff | SSF4~5_ff

Generic | Site-specific [부지기초조사] | Site-specific [부지상세조사] | Site-specific [URL설계-구축] | Facility-specific [처분시설 설계-건설] | Facility-specific [처분시설 운영] | Facility-specific [처분시설 폐쇄]

안전성 구성
- 부지환경 안전특성
- 천연방벽 안전특성
- 공학적방벽 안전특성
- 방사성폐기물 안전특성

0 / S / SC

SCB / SCB1~2_g	SCB1~2_s		SCB1~2_f
SCN / SCN1~4_g	SCN1~4_s		SCN1~4_f
SCE / SCE1~5_g	SCE1~5_s		SCE1~5_f
SCW / SCW1~2_g	SCW1~2_s		SCW1~2_f

해당 단계별 개발 목적 및 요건과 부합하는 수준의 데이터와 개발방안을 반영하여 Safety case 구축

시스템 개발
- 부지개발
- 지하연구시설(URL) 개발
- 처분시설 개발
  - 처분시설 설계
  - 처분시설 건설
  - 처분시설 운영
  - 처분시설 폐쇄
  - 폐쇄후 관리

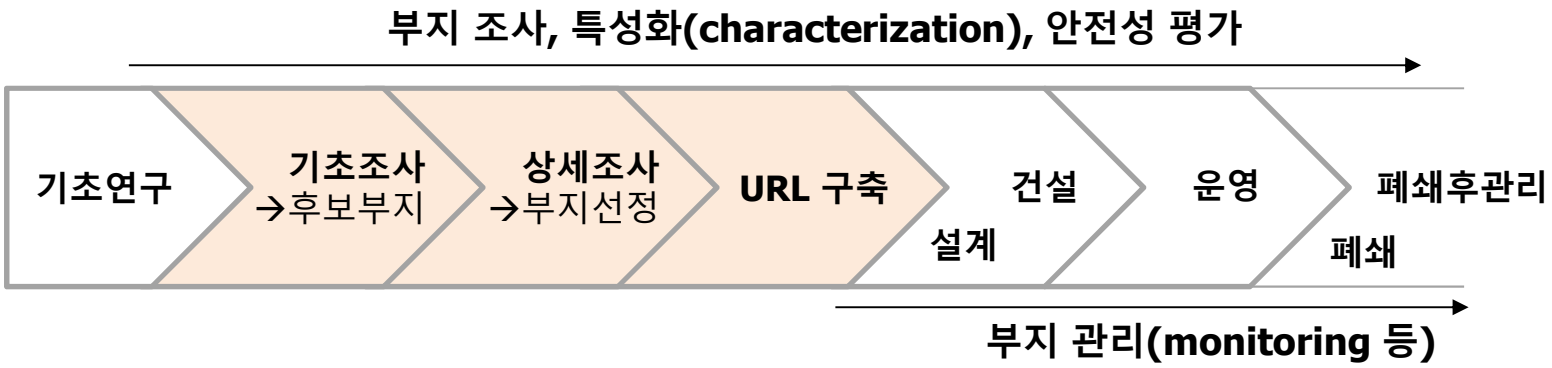
SD

SDS / SDS0 / SDS1~4_g	SDS1_s	SDS2~4_s		SDS2~4_f		SDS4_ff
SDL / SDL0 / SDL1~2_g			SDL1~2_s	SDL2_f	SDL2_ff	
SDF / SDF0						
SDF1_g SDF10~14_g		SDF1_s SDF10~14_s		SDF1_f SDF10~14_f	SDF10~14_ff	
SDF2_g		SDF2_s		SDF2_f	SDF2_ff	
SDF3_g		SDF3_s		SDF3_f	SDF3_ff	
SDF4_g		SDF4_s		SDF4_f		SDF4_ff
SDF5_g		SDF5_s		SDF5_f		SDF5_ff

1차년도 연구개발 목표 및 내용

II-1. 주제별 연구개발 내용 (심층처분 규제접근법 수립)

❖ **단계별 개발의 목적/수준 : 최종 개발대상=처분시설+안전성 반영**



처분시스템 개발단계	고려사항, 관점
준비단계 **- 기초연구, 부지선정 등**	**(전제) 장기 처분안전성을 확보**할 수 있도록 개발될 수 있는가?
설계단계	**(전제)** 개발방안의 **실현성(시스템구축)과 안전성을 입증**할 수 있는가?
운영단계	**준비/설계 단계의 기본전제들이 유효**한가? - 필요시, 안전성 증진 및 후속개발 최적화 강구
폐쇄(후)단계	해당 처분시스템이 **장기안전성을 확보**하도록 완성되(었)는가?

1차년도 연구개발 목표 및 내용

II-2. 주제별 연구개발 내용(심층처분 부지개발 규제요소 수립)

구분	연구개발 목표	연구개발 내용
	심층처분시설 부지개발에 대한 단계별 규제요소 개발	③심층처분 부지개발 요건 및 부합성기준 개발 ▪심층처분 부지개발의 세부 단계별 규제요건을 개발하고 해당 요건을 만족하기 위한 기준을 체계적으로 수립
		⑭심층처분 부지개발 규제지침 개발 ▪개발된 부지개발 요건을 이용하여 심층처분 부지 심사에 적용할 수 있는 규제지침을 수립
2021년도	부지개발 단계별 규제요건 개발	▪국제기구 부지개발 단계별 특성 분석 ▪해외 선도국 규제요소 분석 및 단계별 특성에 따른 규제요건 개발
2022년도	부지개발 규제요건별 부합성 기준 개발	▪규제요건별 영향을 미치는 세부인자 조사 ▪해외 선도국 세부인자 조사 및 인자별 부합성 기준 개발
	부지개발 안전성 검토 방법론 개발	▪규제요건별 부합성 기준에 대한 특성화 방법론 조사 ▪부지개발 단계별 부합성 기준 검토 시 적용 가능한 방법론 수립
2023년도	부지개발 안전성 심사 규제지침 개발	▪규제요건, 부합성 기준 및 검토 방법의 적용성에 대한 검증 ▪심층처분 부지개발 단계별 규제요건별 심사 지침 수립

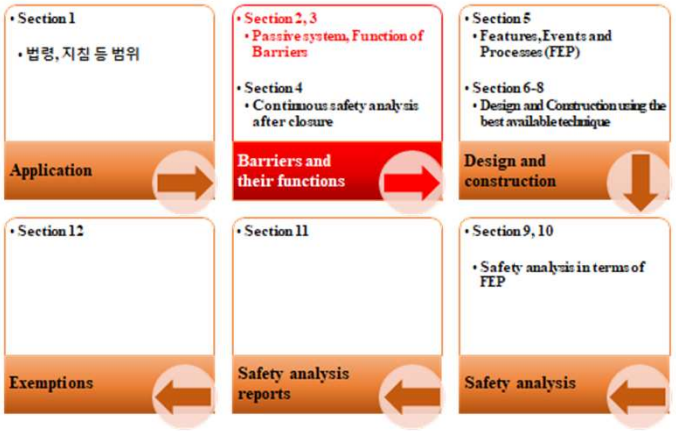
1차년도 연구개발 목표 및 내용

II-2. 주제별 연구개발 내용(심층처분 부지개발 규제요소 수립)

선행연구 사례	선행연구 정리
IAEA SSG-14 "Geological Disposal Facilities for Radioactive Waste"	- Generic 수준 참조 - 개념화 및 계획 단계, 지역 조사 단계, 부지 조사 단계, 부지확정단계 등 4단계로 분류
미국/스웨덴 규제요건 및 규제지침 (10CFR60/63, SSMFS 2008:21)	- 실제 사례+규제요건 참조 - 부지개발 관련 국내 요건과 비교/갭분석

◈부지개발 규제요소(안) 확보(연구중)

1. 장기 안전성 확보, 2. 열적 특성 제시, 3. 장기적 미래 자연변화 제시, 4. 수리지질학적 정보 제시, 5. 핵종 이동 제한, 6. 잠재적 침입방지 등



1차년도 연구개발 목표 및 내용

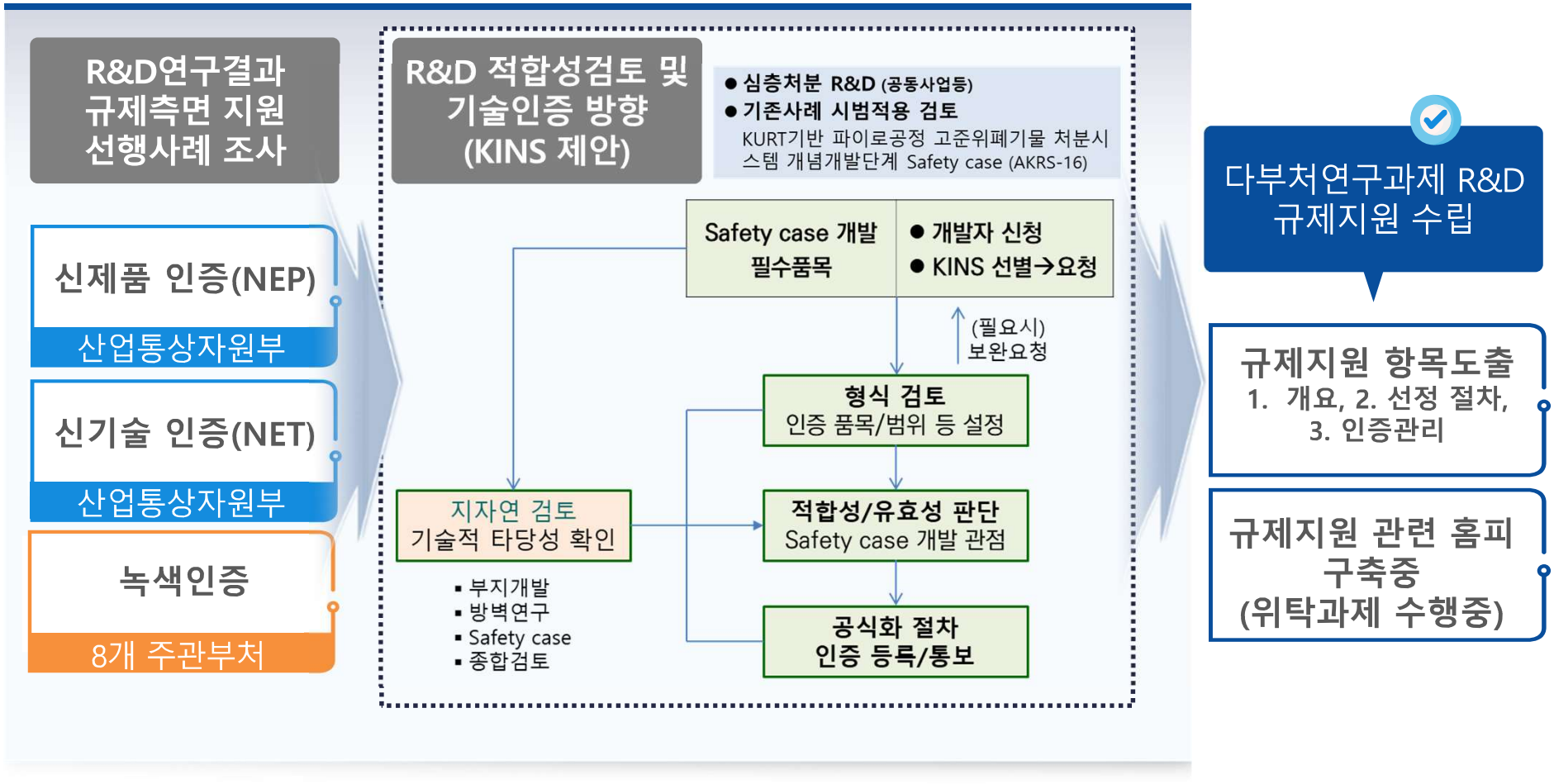
II-3. 주제별 연구개발 내용 (R&D 규제지원)

구분	연구개발 목표	연구개발 내용
	심층처분 사업의 R&D 성과물(특성조사, 특성화, 성능평가, 실증기술 등)의 유효성을 규제 관점에서 검토하고 인증	**21. 심층처분 R&D 규제지원체계 수립** ▪심층처분 사업의 R&D성과물의 유효성을 규제 적합성 문맥에서 인증할 체계를 구축
		22. 심층처분 R&D 규제지원 ▪앞서 수립된 <심층처분 R&D규제지원체계>를 통해 매년 생산되는 R&D성과물을 규제 기술과 비교/검토하여 R&D기술과 규제기술 간에 상호 유효성을 확보
2021년도	선행 R&D규제지원 사례 조사	▪선행 R&D 규제지원 사례 조사를 통한 R&D규제인증 프로그램 구축
2022년도	R&D 성과물 인증 프로그램 구축	▪심층처분 사업의 R&D규제인증 프로그램 구축(방법, 절차, 인증과정 등)
		▪당해년도 R&D성과물 규제측면 검토
2023~2029년도	R&D 성과물의 규제 측면 검토	▪연차별 R&D성과물 규제측면 검토

1차년도 연구개발 목표 및 내용

II-3. 주제별 연구개발 내용 (R&D 규제지원)

❖ 타부처 연구개념/장치 등 규제 측면 선행 검토



Ⅲ. 2차년도 연구계획

2차년도 연구주제

- **심층처분 안전규제 기본요소 개발(계속)**
  - 기본전략 등 기본지침 수립
- **심층처분 부지개발 규제요소 개발(계속)**
  - 세부요소 부합성 기준 등 개발
- **천연방벽 규제요소 개발(신규)**
  - 천연방벽(지질) 요건, 부합성기준 개발
- **R&D 규제지원(계속)**
  - R&D 성과물 인증 프로그램 구축
  - 규제측면 검토 시작(`22~)

연구성과

성과지표			1단계(2021~2023)		
			2021	2022	2023
원자력 안전 성과	*안전기술보고서(N-STAR)(건)		9	11	10
	규제기술 정보 제공(건): 워크샵, 규제기술정보회의 등		1	1	2
	DB, 웹서비스 구축		1	2	
	규제정책 활용	규제정책 제안(건)		2	3
		규제정책 반영(건)			

- **타부처 연계점**
  - 타부처 R&D 성과물 규제측면 검토
  - 규제기술 정보 제공 등

IV. 질의응답

감사합니다



한국원자력안전기술원
KINS KOREA INSTITUTE OF NUCLEAR SAFETY