

원자력학회 원전해체 R&D현황 워크숍  
2017.05.17, 제주 국제컨벤션센터

# 원전 해체 안전규제 R&D 추진현황

최 경 우

 한국원자력안전기술원  
KINS KOREA INSTITUTE OF NUCLEAR SAFETY



# Contents

**I** 연구 배경 및 필요성

**II** 해체 규제기술 개발 로드맵

**III** 해체 안전규제 연구 내용 (1단계)

**IV** 향후 계획 (2단계 연구내용) & 맺음말

국민에게 신뢰받는 안전 최우선의 KINS

# 연구 배경 및 필요성

## □ 원전 해체 안전규제 관련 대내외 환경변화

- ◆ IAEA IRRS(통합규제검토서비스) 수검(2011)

- ✓ 해체 관련 권고사항 도출

The regulatory framework should require decommissioning plans for nuclear installations to be constructed and operated. These plans should be updated periodically.

- ◆ 국제 안전기준 개정 및 후쿠시마 원전 사고

- ✓ 예상치 못한 사건/사고로 원전의 조기 해체에 대한 사전대비 필요

- ✓ IAEA GSR Part 6 제정 등 해체 안전규제체계 강조

## □ 고리1호기 영구정지 및 해체 추진

- ◆ 국가에너지위원회 영구정지 권고 및 한수원 이사회 결정 (2015)

- ◆ 운영변경허가 신청(2016. 6) 및 심사 진행 중

- ◆ 산업부 및 미래부 중심, 해체 각 공정단계별 필요한 핵심 기술개발 추진 중

- ✓ 관련 해체 핵심기술 적용시, 규제차원의 안전성평가 대책 마련 필요

## □ 해체 관련 원자력안전법(령) 정비 및 관련 기술기준 마련

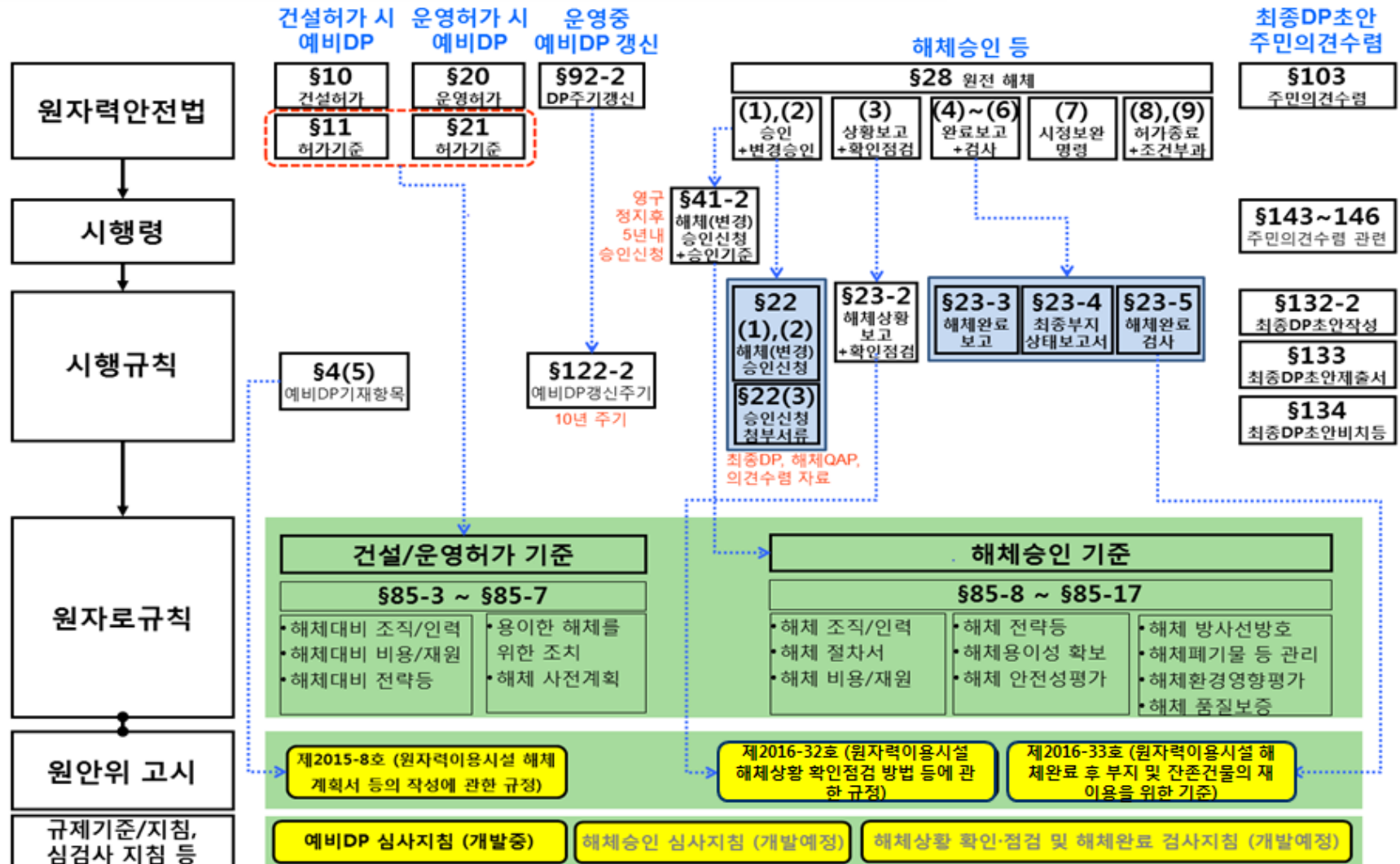
- ◆ 원자력안전법 및 하위법령 제·개정(2015)
  - ✓ 해체 정의 신설 :
  - ✓ 예비해체계획서 제출 및 주기적 갱신, 최종해체계획서 제출
  - ✓ 해체상황 확인·점검, 해체 완료 검사
  - ✓ 최종해체계획서 초안 주민의견 수렴, 등
- ◆ 해체 기술기준 관련 원안위고시 제정(2015, 2016)

## □ 해체 안전규제기술 개발 현황

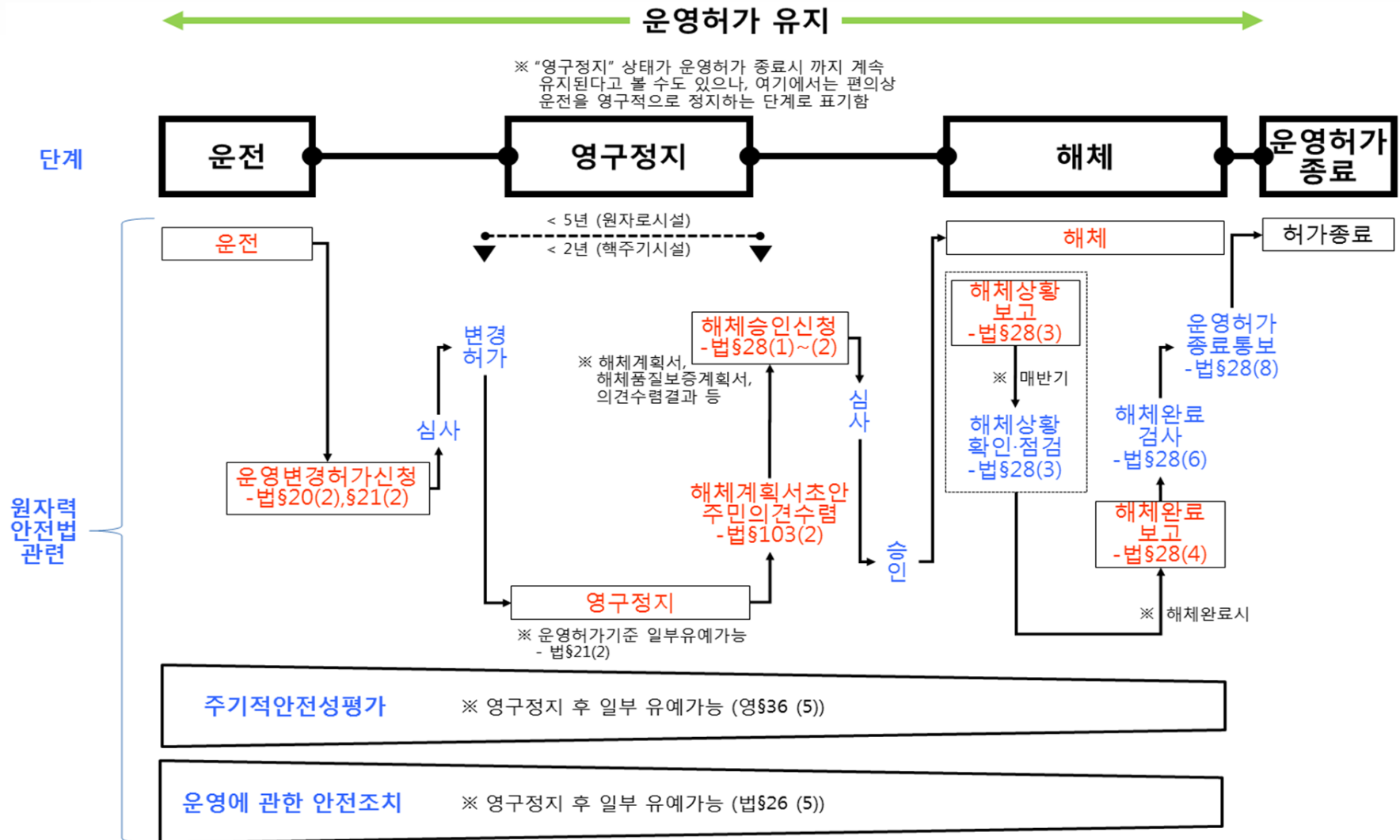
- ◆ 국내 소규모 원자력시설(연구로, 핵주기시설)에 대한 해체 안전규제 경험 보유
- ◆ 해체 안전규제기술 선행연구
  - ✓ KINS (2000~ )
  - ✓ 해체안전연구센터 (2013~ )
- ◆ 대형 원자력시설 “원전” 해체에 대한 안전규제기술 개발 필요

## □ 원전 해체에 대한 체계적이고 종합적인 안전규제기술 개발 “로드맵” 수립

# 해체 안전규제 체계



# 원전 단계별 규제절차



# 해체계획서 작성에 관한 규정 (원안위고시 제2015-08호)

항목	기술사항
1. 해체 계획의 개요	사업의 개요, 시설현황과 운영이력, 사고 및 방사능 누출이력
2. 사업관리	조직, 인력, 비용과 재원확보 방안
3. 부지 및 환경현황	부지/환경에 대한 일반현황, 시설/부지의 방사선학적 특성 및 상태
4. 해체전략과 방법	해체전략, 방법 및 일정 등을 방사성오염 준위를 중심으로 기술
5. 해체용이성을 위한 설계특성과 조치방안	설계시 해체용이성을 고려한 설계특성, 건설/운영시 용이한 해체를 위한 조치방안
6. 안전성평가	방사선위험도 및 위해도에 대한 정량적 평가
7. 방사선방호	방사선방호계획, 피폭선량 평가방법
8. 제염해체활동	방사성물질에 오염된 시설/부지에 대한 제염해체
9. 방사성폐기물관리	해체 폐기물의 특성과 처리·저장·처분 방법
10. 환경영향평가	해체로 인한 환경영향, 해체 전/중 환경감시계획
11. 화재방호	화재예방/감지/진화에 대한 화재방호계획
12/13. 기타/참고문헌	



국민에게 신뢰받는 안전 최우선의 KINS

# 해체 규제기술 개발 로드맵

## □ 해체 안전규제 기술

- ◆ 원자력시설의 해체 안전규제에 요구되는 **심·검사 지침** 및 기술기준, **안전성평가·검증**에 필요한 기술
- ◆ 해체 단계별 인허가에 필요한 규제기술 도출
  - ✓ 설계/건설 → 운영 → 영구정지 → 해체과도기 → 제염·해체 → 부지복원(완료)
  - ✓ 시설의 설계/건설/운영단계의 **예비해체계획서** 심사로 부터 해체 완료 후 **최종 부지상태보고서**의 심사까지 **해체 단계별 인·허가**에 필요한 기술

## □ 규제기술 세부 로드맵 작성

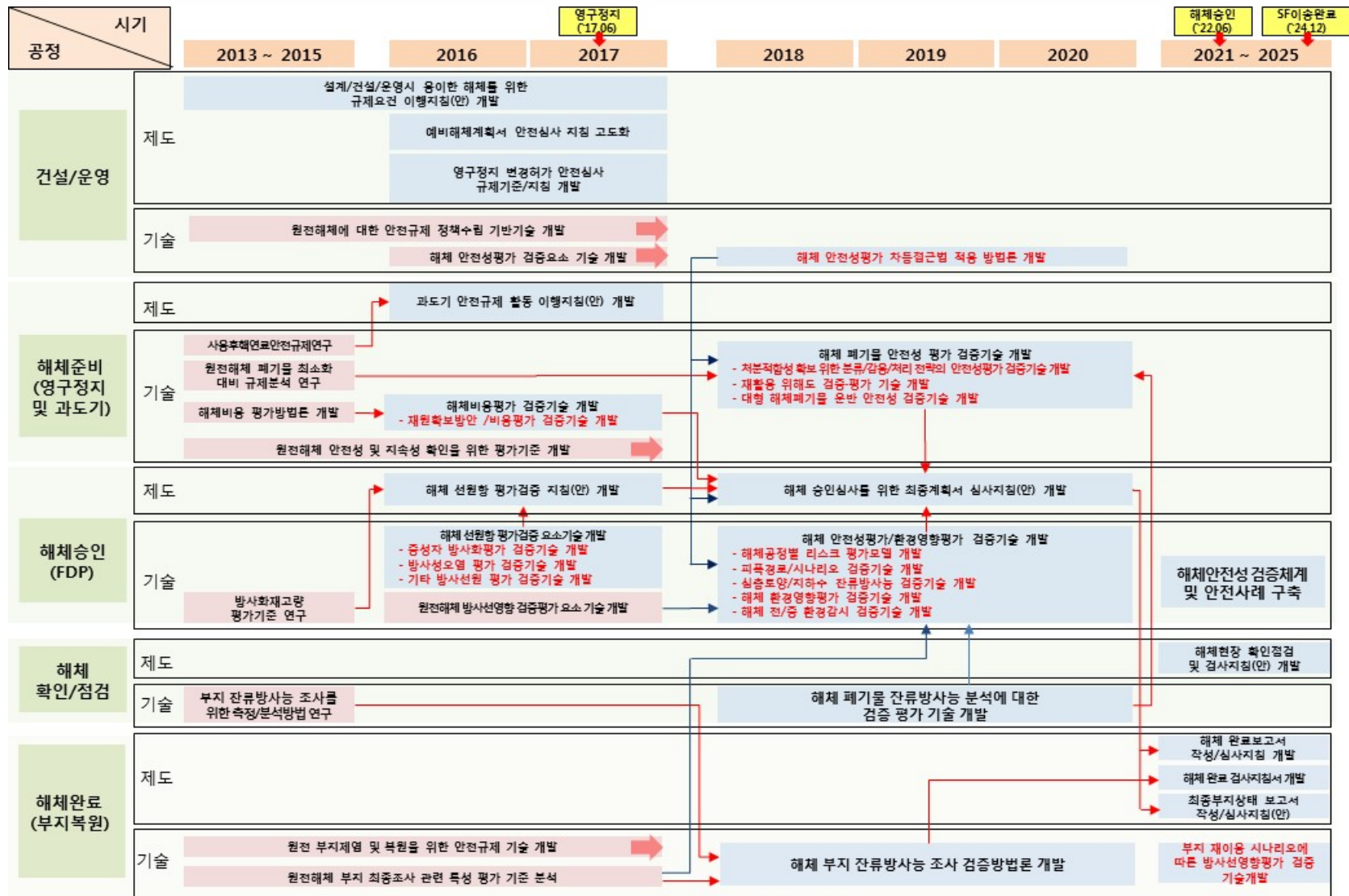
- ◆ 원자력시설 **해체 전 과정에 필요한 규제지침**을 개발하기 위해 규제제도를 체계화 하고 규제기준 제시를 위한 안전성평가 기술을 우선적으로 확보
- ◆ 기존 기술개발 현황 및 해체안전연구센터 연구범위 등 참조

## □ 해체 안전규제 R&D 추진

- ◆ 원자력시설 해체과도기 규제제도 체계화를 위한 안전성 검증 규제기반기술 개발


**한국원자력안전기술원**  
KINS KOREA INSTITUTE OF NUCLEAR SAFETY10

# 해체 규제기술 개발 로드맵 작성



해체연구센터 수행 연구

향후 필요 기술연구 및 규제제도

붉은색 명기 : 기반연구(요소기술 개발 성격)

# 해체 안전규제 연구 추진

과제명

원자력시설 해체과도기 규제제도 체계화를 위한 안전성 검증  
규제기반기술 개발

최종목표

원자력시설 해체 안전성 확보를 위한 **안전규제제도 체계화** 및  
**안전성평가 규제 검증** 기반기술 구축

연구내용

## 1단계 (2016.5 ~ 2017.12)

- 예비해체계획서 심사지침 고도화
- 설계/건설 및운영시 해체 용이성 관련 규제요건 이행지침(안) 개발
- 해체과도기 안전규제를 위한 이행지침(안) 개발
- 해체 선원항 평가 및 검증기술 개발

## 2단계 (2018 ~ 2020, 3년)

- 해체 승인 심사를 위한 최종해체계획서 심사지침(안) 개발
- 해체 후 시설과 부지내 잔류방사능 조사 검증 방법론 개발
- 해체 안전성평가 및 환경영향평가 검증기술 개발
- 해체 폐기물 안전성평가 검증기술 개발

위탁  
(1단계)

- ❖ 해체 선원항 평가 및 검증기술 개발 (주래드코어)
- ❖ 예비해체계획서 주기적갱신에 대한 안전심사방안 도출 (단국대)

국민에게 신뢰받는 안전 최우선의 KINS

# 해체 안전규제 연구내용

1단계 (2016 ~ 2017)

# 예비해체계획서 심사지침 고도화 ( ~ 2017)

## □ 배경 및 필요성

- ◆ 해체 관련 원자력안전법 개정에 따른 예비 해체계획서(DP) 제출 법제화
  - ✓ 건설 및 운영 단계에서의 예비DP 제출
  - ✓ 예비DP의 주기적 갱신
- ◆ 개정 원안법 경과규정, 총 29기 원전 예비DP 심사(~2018.07) 수요 예상
- ◆ 예비DP에 대한 심사 경험 부족
- ◆ 안전성평가 검토사항 정립 & 평가지침 마련
  - ✓ 최초 예비DP 안전고려사항을 토대로
  - ✓ 예비DP에 대한 주기적 갱신 안전심사 방안 도출

### 예비해체계획서 항목

- 조직, 인력, 비용 및 자원
- 전략 및 일정
- 해체 용이성
- 방사선 재해 방지 조치
- 제염
- 방사성폐기물 처리,저장, 처분
- 방사선환경영향평가
- 기타...



# 예비해체계획서 심사지침 고도화 ( ~ 2017)

## □ 연구결과

### 1차년도 (2016)

- 건설/운영 허가신청시 예비해체계획서 심사를 위한 안전 고려사항 분석
- 운영 중 예비해체계획서 갱신 단계에서의 심사를 위한 안전 고려사항 분석

### 2차년도 (2017)

- ❖ 예비해체계획서 심사를 위한 지침 초안 개발
- ❖ 예비해체계획서 갱신 단계에서의 심사를 위한 지침 초안개발

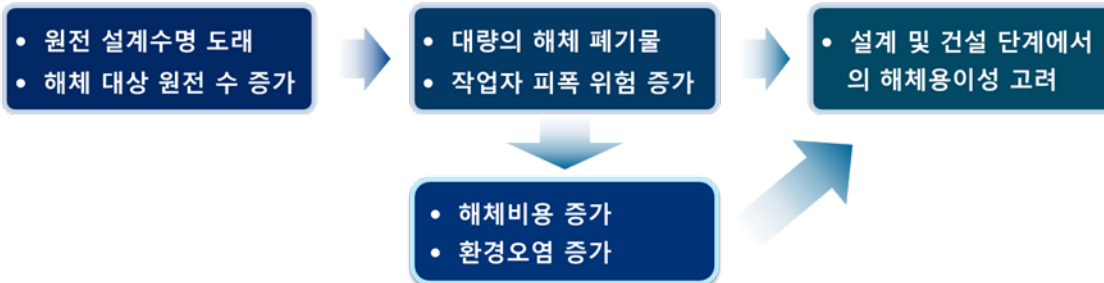
## □ 기대성과 및 활용방안

- ◆ 건설 및 운영단계의 예비해체계획서에 대한 심사지침서 제정에 활용
- ◆ 운영 중 갱신된 예비해체계획서의 심사지침서 제정에 활용



# 해체용이성 규제요건 이행지침(안) 개발 ( ~ 2017)

## □ 배경 및 필요성



- ◆ 국내 규제요건 : 원자로규칙 제85조의6 & 12, 원안위고시 제2015-08호
  - ✓ 해체용이성을 위한 설계특성 및 조치방안
- ◆ 예비해체계획서, 해체용이성에 대한 심사 수요 증가
  - ✓ 개정 원안법 경과규정 → 신규원전 + 기존 가동원전 모두 적용
  - ✓ 해체 용이성에 대한 규제지침 개발 필요
- ◆ 해외 규제요건 및 해외 신규원전 설계특성 분석
  - ✓ 미국 APR1000, 프랑스 ERP, 일본 APWR

방사성오염 및 폐기물 발생 최소화를 위한 규제요건 (RG 4.21)



### ❖ 구체적인 설계/운영 방안, RG 4.21

- ✓ 시설오염의 최소화 (27개)
- ✓ 환경오염의 최소화 (24개)
- ✓ 해체 용이성 (7개)
- ✓ RW 발생 최소화 (4개)

# 해체용이성 규제요건 이행지침(안) 개발 ( ~ 2017)

## □ 연구결과

### 1차년도 (2016)

- 국외 원자력시설의 설계·건설 및 운영시 해체용이성 관련 규제요건 조사 및 분석
- 해체용이성을 위한 설계·건설 및 운영시 고려사항 분석

### 2차년도 (2017)

- ❖ 해체를 고려한 원자력시설 설계 및 운영방안 도출
  - 설계 및 건설단계에서 원자력시설에 적용 가능한 설계사항 도출
  - 운영 중 원자력시설에 적용 가능한 설계변경(안) 및 운영방안 도출
- ❖ 해체 고려설계 적용 계통 선별 방법론 개발
  - 원자력시설 종류별로 적용된 계통을 분석하여 상세한 해체용이성 적용수위 결정
  - 해체 고려설계 적용계통 선별을 위한 체크리스트 개발
- ❖ 원자력시설 설계 및 운영 시 해체용이성 관련 규제요건 이행지침(안) 개발

## □ 기대성과 및 활용방안

- ◆ 해당 사업자에 관련 지침 제공 및 해체계획서 심사 업무에 활용

# 해체과도기 안전규제 이행지침(안) 개발 ( ~ 2017)

## □ 배경 및 필요성

- ◆ 고리1호기 영구정지를 위한 운영변경허가 신청 (2016.06)
  - ✓ 영구정지 및 해체과도기에 대한 안전규제 경험 미비
  - ✓ 세부 이행방안 마련을 위해 해외 영구정지 현황 및 안전규제체계에 대한 조사 필요
- ◆ 국외 영구정지 원전의 안전규제체계 다양성
  - ✓ 국내 안전규제 반영의 어려움 → 국제적인 노력 (IAEA, OECD/NEA)
  - ✓ 해체 경험이 풍부한 미국의 사례를 중심으로 이행방안 마련
- ◆ 미래 해체 규제수요 대비
  - ✓ 영구정지 심사의 주안점 및 과도기 해체 준비활동에 대한 분석 필요

## □ 연구결과 (2016)

- ◆ 국외 선도국의 영구정지 원전 현황 및 안전규제체계 분석
- ◆ 영구정지 안전규제(심·검사) 세부 이행지침 마련을 위한 고려사항
  - ✓ 영구정지 원전의 상태, 인허가문서 개정 범위, 해체준비 활동 사항, 단순 보유시설 관리, 안전등급/안전기능 재분류, 등
  - ✓ 고리1호기 영구정지 안전심사 현황 분석 → 계통, 시설, 주요 쟁점사항 등

# 해체과도기 안전규제 이행지침(안) 개발 ( ~ 2017)

## □ 연구결과

### 1차년도 (2016)

- 해체과도기 시설 변경 항목들에 대한 안전성 검증방안 조사 및 분석
- 해체과도기 안전규제를 위한 고려사항 조사 및 분석

### 2차년도 (2017)

- ❖ 해체과도기 안전심사에 대한 안전성 확인방안 마련
  - 1차년도 안전규제 고려사항을 반영한 영구정지 운영변경허가 안전성 확인 방안 도출
  - 해체과도기 기간 안전심사 대상 도출을 통한 규제체계 정비방안 마련
- ❖ 영구정지 원전의 검사대상 시설/항목/기준 정비 및 검사방법 마련
  - 검사대상 시설/항목별 단순보유시설 및 운영시설의 검사기준 정비
  - 검사대상시설 신규 검사항목 도출 및 항목별 검사방법 마련
- ❖ 영구정지 원전의 과도기 기간 안전규제 이행지침(안) 마련
  - 영구정지 운영변경허가 안전심사 이행지침(안) 마련 및 규제경험 반영
  - 영구정지 원전의 안전검사 이행지침(안) 마련 및 규제경험 반영

## □ 기대성과 및 활용방안

- ◆ 고리1호기 영구정지 운영 변경허가 신청서에 대한 심사지침 제정에 활용

# 해체 선원항 평가 및 검증기술 개발 ( ~ 2017)

## □ 배경 및 필요성



### ◆ 원전 해체 선원항 평가 경험 미비

- ✓ 규제 검증기술 개발 시급
- ✓ 해체계획 전체의 신뢰성 향상

### ◆ 평가지침 및 방법론 조사

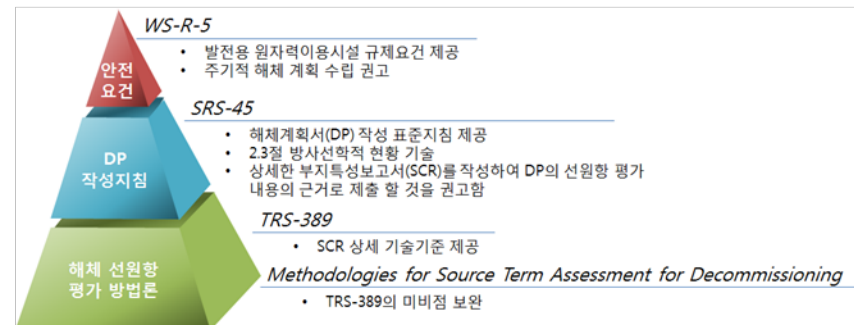
- ✓ IAEA, US\_NRC, etc.
- ✓ 방사화 & 표면오염 선원항

### ◆ 평가사례

- ✓ 미국 및 유럽의 해체 원전

### ◆ 품질보증 요건 분석

- ✓ IAEA, TRS-380, QA요건
- ✓ 미국 Trojan SCR, QA활동
- ✓ 미국 Main Yankee LTP, etc



### < IAEA 해체 선원항 평가 지침 및 방법론 >

# 해체 선원항 평가 및 검증기술 개발 ( ~ 2017)

## □ 연구결과

### 1차년도 (2016)

- 해체 선원항 평가 관련 국외 선도국의 규제요건 조사 및 분석
- 해체 선원항 평가 대상별 핵심 고려사항 조사 및 분석

### 2차년도 (2017)

- ❖ 방사화 선원항 평가 모델링 비교 분석
- ❖ 방사화 선원항 평가 전산해석 코드 비교 분석
  - 중성자속 전산해석 코드
  - 방사화 전산해석 코드
- ❖ 방사화 선원항 평가 표준모델/체계 개발
- ❖ 표면오염 선원항 및 방사화 선원항 평가 검증 핵심 고려사항 분석
- ❖ 해체 선원항 평가 검증 지침(안) 개발

## □ 기대성과 및 활용방안

- ◆ 규제 검토 및 지침 제정에 활용 예정
- ◆ 사업자의 활용 가능한 평가지침 제공

국민에게 신뢰받는 안전 최우선의 KINS

# 향후 계획 & 맺음말

R&D 2단계 (2018~2020) 주요 연구내용

# 해체 안전규제 2단계(2018~2020) 주요 연구내용

## □ 해체 승인 심사를 위한 최종해체계획서 심사지침(안) 개발

- ◆ 최종해체계획서 심사·평가 관련 선도국의 규제요건 및 규제 고려사항 조사 및 분석
- ◆ 국제기준 대비 해체승인 안전 고려사항 분석
- ◆ 해체시 주요 분야 안전성 검증을 위한 핵심인자 도출
- ◆ 해체 전략 정당화 평가를 위한 규제입장 수립 관련 고려사항 분석
- ◆ 최종해체계획서(품질보증계획서 포함) 심사지침 초안 마련

## □ 해체 후 시설과 부지 내 잔류방사능 조사 검증방법론 개발

- ◆ 부지 잔류방사능 조사를 위한 측정/분석 관련 선행연구 규제 적용성 평가
- ◆ 해체 후 시설과 부지 내 잔류방사능 검증을 위한 핵심 안전인자 도출
- ◆ 해체 후 최종 부지상태 및 시설/부지 내 잔류방사능 검증을 위한 평가지침 초안 마련



# 해체 안전규제 2단계(2018~2020) 주요 연구내용

- **해체 안전성평가/환경영향평가 기술검증 및 평가지침(안) 개발**
  - ◆ 해체 안전성평가 관련 선도국의 규제요건 조사 및 분석
  - ◆ 방사선위험도 기반의 차등접근법을 고려한 해체 안전성평가 방법론 검증
  - ◆ 해체 공정별 리스크 평가 모델 개발
  - ◆ 심층토양/지하수 잔류방사능 평가모델 검증
  - ◆ 해체 전/중 환경감시와 방사선환경영향평가 검증을 위한 평가지침 초안 마련
  
- **해체 폐기물 안전성평가 검증기술 및 지침(안) 개발**
  - ◆ 해체폐기물 최소화 관련 선행연구 규제 적용성 평가
  - ◆ 해체 시나리오에 따른 방사선방호 및 방사성폐기물관리 규제사항 도출
  - ◆ 해체폐기물의 처분 적합성 확보
  - ◆ 대형 해체폐기물 운반 안전성평가 검증기술 개발
  - ◆ 해체폐기물 잔류방사능 분석 평가 검증기술 개발
  - ◆ 해체폐기물 재활용 위험도 평가 검증기술 개발
  - ◆ 해체폐기물 자체처분 기준 및 검증지침(안) 개발

- 원자력시설 해체 관련 원안법 개정 및 고리1호기 영구정지에 따른 해체 추진 결정으로 “해체 안전규제 기술개발 로드맵” 개발
- 상기 로드맵에 따른 “해체 안전규제 기술개발”에 대한 중장기 연구과제 추진
  - 해체 단계별 인허가 제출서류에 대한 작성지침 제공
  - 고리1호기 해체승인에 대비한 기술기준, 규제지침 및 안전성평가 검증지침 제공
  - 해체 미래 규제수요에 대비하여 우리나라 실정에 부합하는 해체 규제기준 마련
- 연구로 해체경험 feedback, 해체안전연구센터 연구결과 등의 기존의 선행 연구결과 활용의 극대화
- 해체 관련 실무자 또는 연구원 등 이해당사자들의 의견수렴
  - 실제적이고 합리적인 연구개발 추진 → 해체사업의 시행착오 최소화

국민에게 신뢰받는 안전 최우선의 KINS

# 감사합니다

