

원전해체기술 개발현황 보고

‘21.9.8(수) 한국수력원자력 원전사후관리처

1. 개요

□ 정부의 「원전해체산업 정책방향」 발표(‘15.10) 당시 국내기술수준은 선진국(미국) 대비 약 70%*로 평가됨

* 해체분야별로 식별된 총 96개 소요기술 중 핵심기반기술(KAERI 주관)은 38개이며 21개 확보(17개 미확보), 상용화기술(한수원 주관)은 58개이며 41개 확보(17개 미확보)

□ 원전해체 상용화기술 개발을 통한 해외 해체시장 진출 경쟁력 확보를 위해 「원전해체 기술개발 로드맵」 수립(‘15.12)

2. 주요 경과

□ 원전해체 상용화기술 58개* 도출

* 연구용 원자로 해체 및 운영원전의 대형기기(증기발생기, 원자로헤드 등) 교체사업을 통하여 제염, 절단, 폐기물처리 등의 관련 기술 41개는 기확보로 분류

□ 미확보 상용화기술 개발계획 수립

구분	미확보 기술(17개)
2017년(1개)	해체시설 설계변경 및 격리
2018년(3개)	유기착화성 화학 제염, 오염 Resin 처리, 부지복원 지침 개발
2019년(6개)	해체위험도 분석, 해체공정 난이도 평가, 오염도·선량변화 예측평가 슬러지 처리, 폐기물재활용 안전성 평가, 실시간 방사능 현장 측정
2020년(3개)	해체시설 구조적 안전진단 및 보강, 부지 재이용 평가, 원격조작, 취급, 제어
2021년(4개)	지하수 감시 및 오염평가, 오염 지하수 복원, 삼중수소 처리 부지 규제해제 지침/안전성 평가

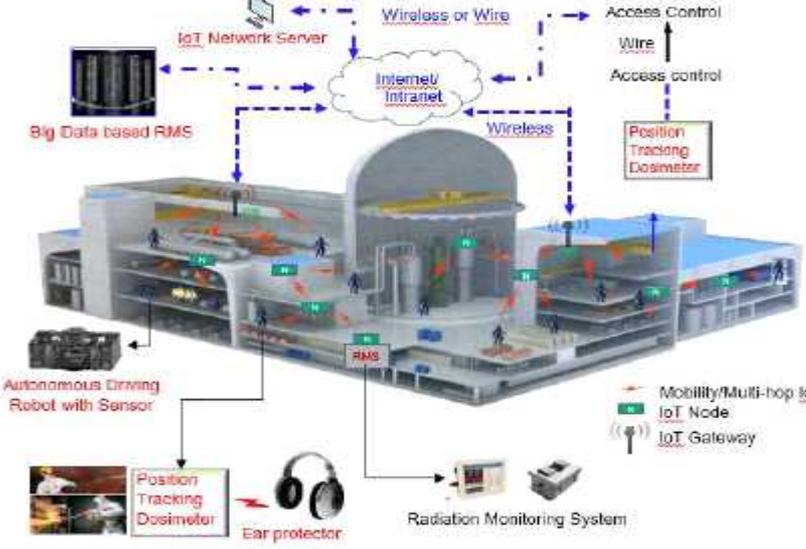
□ 지속적인 해체기술개발 노력으로 ‘19.4월 정부의 「원전해체산업 육성전략」 발표 당시, 기술수준은 약 82%(예기평 발표)로 재평가

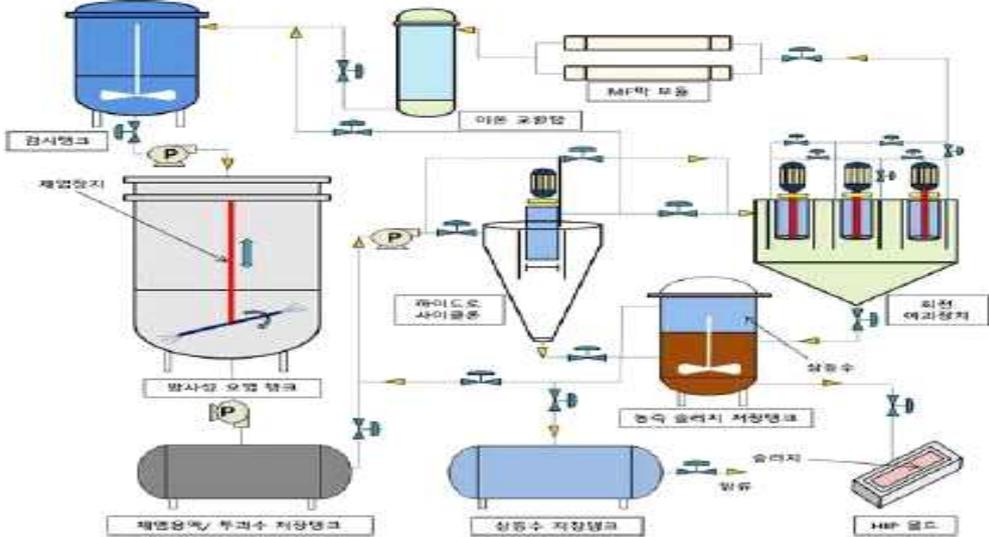
□ ’ 21.9월 기준 상용화기술 54개 확보 (붙임 1. 참조)

3. 주요 상용화 기술

기술명	· 방사화 압력용기 및 내부구조물 해체 실증시험 기술개발
개발내용	· RV 절단을 위한 열적 절단 및 플라즈마 절단
기술 모식도	<p style="text-align: center;">산소-프로판 절단</p> <p style="text-align: center;">플라즈마 절단</p>

기술명	· 방사화 압력용기 및 내부구조물 해체 실증시험 기술개발
개발내용	· 고리1호기 수중 원자로 내부 구조물(RVI) 절단 수행 설계
기술 모식도	<p style="text-align: center;">RVI 해체 설계도</p>

기술명	<ul style="list-style-type: none"> · 무선기술 기반 원전해체 방사선 통합관리시스템 시제품 개발
개발내용	<ul style="list-style-type: none"> · 방사선통합관리시스템 개발 · 위치추적선량계 및 센서이송 자율주행 로봇 개발 · 이동성/멀티홉 IoT 무선통신 장비 설계
기술 모식도	 <p style="text-align: center;">무선 방사선 통합관리시스템 개념도</p>

기술명	<ul style="list-style-type: none"> · 방사성 오염탱크 감용 해체기술
개발내용	<ul style="list-style-type: none"> · 방사성 슬러지 회수공정 개발 · 초고압수 탱크 제염장치 개발 · 방사성 슬러지 감용 처리공정 개발
기술 모식도	 <p style="text-align: center;">탱크 제염 해체공정</p>

기술명	<ul style="list-style-type: none"> 고체 방사성폐기물 저감을 위한 레이저기반 제염장치 개발
개발내용	<ul style="list-style-type: none"> 금속 방사성폐기물 저감을 위한 레이저 기반 제염장치 플랫폼 개발 레이저기반 제염장치 시제품의 설계·제작 및 현장 성능시험
기술 모식도	 <p data-bbox="564 837 1203 878">금속파이프 외부제염 및 제염분진 정화장치</p>

기술명	<ul style="list-style-type: none"> 차량 이동형 방사능 오염 통합 탐지시스템 기술개발
개발내용	<ul style="list-style-type: none"> 백그라운드 및 S/N비를 저감시킬 수 있는 검출 시스템 개발 베타 핵종에 대한 표면오염 측정 시 오염 위치 판별 기술 개발
기술 모식도	 <p data-bbox="517 1384 724 1413"><시제품 본체></p> <p data-bbox="900 1384 1347 1413"><메인 제어 패널 및 PLC 제어반></p> <p data-bbox="395 1682 804 1711"><검출기 상하제어 구동부></p> <p data-bbox="1027 1682 1219 1711"><감마 검출기></p> <p data-bbox="453 1980 788 2009"><내부 DATA통신 검증></p> <p data-bbox="1027 1980 1235 2009"><검출 제어부></p> <p data-bbox="564 2031 1203 2063">차량 이동형 방사능 오염 통합 탐지시스템</p>

4. 향후 계획

□ 58개 상용화기술 중 54개 기술을 확보

□ 미확보기술 4개는 자체 연구과제 「원전해체 부지 오염 평가기술 및 규제해제 안전성 평가기술개발」을 통해 ‘21년 말까지 확보 예정

< 미확보 상용화기술(4건) 내용 및 개발 계획 >

기술명	기술 내역	사업(과제)명
지하수 감시 및 오염평가	<ul style="list-style-type: none"> 해체기간 중에 부지 내의 지하수의 오염여부를 감시하고 오염 시 그 영향을 평가하는 기술 	원전해체 부지 오염 평가기술 및 규제해제 안전성 평가기술개발 ('17.12~'21.12)
오염 지하수 복원	<ul style="list-style-type: none"> 해체 시 오염된 지하수를 규제해제가 가능한 수준으로 현장에서 복원하는 기술 	
삼중수소 처리	<ul style="list-style-type: none"> 삼중수소 최적 관리 방안에 대한 기술 	
부지 규제해제 지침/안전성 평가	<ul style="list-style-type: none"> 해체 완료 부지를 규제하기 위한 절차 및 기준과 해당 부지 내 활동 주민 안정성 평가하는 기술 	

붙임 1. 상용화기술 54개 확보 현황

분야	기술명	기술 내용
사업관리	해체 전략.계획 수립	• 해체에 영향을 주는 주요인자의 분석을 통한 안전하고 경제적인 해체전략 수립 및 평가 기술
	해체 공정 수립	• 해체 작업자 안전 및 작업 효율 향상을 위한 최적 해체 공정 도출
	해체 사업관리 종합프로그램	• 해체사업을 통합적/체계적으로 관리할 수 있는 절차 및 시스템을 개발하는 기술
	해체 물량산정 및 비용평가	• 해체 전략.계획, 해체공정, 해체폐기물 관리전략 및 방사선안전관리 등 원전해체 전략 수립을 위한 해체 물량산정 및 비용평가
	해체 산업안전 프로그램	• 안전한 해체 작업 수행을 위해 필요한 산업안전 절차 및 시스템
	화재방호 프로그램	• 원전 해체 시 화재안전성을 확보하여, 화재로 인한 인명피해, 방사성물질 누출 가능성을 최소화 하기 위한 절차 및 시스템
	유지.보수 프로그램	• 원자력 시설 계통 및 기기 등의 유지.보수를 위한 절차 및 시스템
	보안 프로그램	• 원자력시설의 물리적 방호 절차 및 시스템
	해체 경제성평가(UCF)	• 원자력시설 해체 경제성 평가를 위한 절차 및 시스템
	해체 3D 시뮬레이션	• 해체 원전 현장을 가상의 3차원으로 구현하고 해체 작업(설비)을 모의 실험 해보는 기술
	해체 공정 난이도 평가	• 원전해체비용 평가의 주요 인자인 단위비용인자(UCF)에 영향을 미치는 각 해체 공정별 난이도 평가 기술
	지식 정보관리	• 시설정보, 사업정보, 문서관리, 환경정보, 기술관리 등의 해체 관련 정보를 관리하는 절차 및 시스템

분야	기술명	기술 내용
엔지니어링	해체시설 구조적 안전진단	• 해체 대상 시설의 구조적/물리적인 안전성을 진단하는 기술
	해체 위험도 분석	• 해체작업의 방사선학적/비방사선학적 위험도 평가 기술
	폐기물 운반용기 설계	• 해체 시 발생하는 다량의 폐기물을 운반하는 용기 설계 기술
	사용후핵연료 냉각/안전 설계	• 영구정지 이후 사용후핵연료 냉각 및 안전 운영 기술
	Defueled 안전성평가	• 영구정지 이후 사용후핵연료 장기 건전성 평가하는 기술
	해체시설 설계변경 및 격리	• 해체 수행 중 필요한 해체 대상 시설의 설계변경 및 격리를 위한 인허가 기술
	고방사선 원자로 해체방법론	• 고방사선/능 상태인 해체 대상 원자로를 안전하고 경제적으로 해체하기 위한 방법론 도출
	절단기술 평가 및 최적공정	• 방사성 폐기물 발생량을 최소화하는 경제적이고 안전한 절단 기술을 평가/선정하고, 최적 해체 공정 수립
	폐기물처리 기술평가 및 최적공정	• 해체 시 발생하는 폐기물을 처리하기 위한 기술의 비교분석 등을 통한 최적 해체공정 수립
	제염기술 평가 및 최적공정	• 해체대상 시설 및 시설 등을 제염하기 위한 기술의 비교분석 등을 통한 최적 해체공정 수립
특성 평가	해체시설 구조물계통기기 재분류	• 원전의 구조물·계통·기기를 해체 시 운영 또는 유지 필요성 등에 근거하여 재분류하는 기술
	시설의 방사선학적 특성 조사	• 해체 시설의 방사선량 분포, 오염도 분포, 핵종분포, 방사능 재고량 등의 방사선학적 특성을 조사하는 기술
	시설의 물리화학적 특성 조사	• 해체 시설의 운전·설비특성, 건물·구조물 특성, 위험물·인화물 존재 여부 등 비방사선학적인 특성(위험도 등)을 조사하는 방법
	비파괴 측정	• 시설 및 구조물의 물리적·화학적 형태 변화없이 측정 및 평가하는 기술
	방사선 측정 및 평가	• 작업자 건강상 위해방지, 작업계획 수립 시 작업자 피폭선량 예측 및 시설 내 방사성 오염물질 누설에 의한 선량률 증가 감시를 위하여 주기적으로 시설 내 방사선량률을 측정·평가·관리하는 기술

분야	기술명	기술 내용
환경관리	주민 피폭평가 및 분석	• 해체활동에 의해 주민이 다양한 경로로 받게 되는 방사선 피폭을 평가하고 분석하여 그 영향을 확인하는 기술
	방사성유출물 감시	• 액체기체 방사성유출물의 계획되지 않은 방출을 방지하고, 배출 시 배기 및 배수기술을 적용하여 배출관리기준을 만족하도록 적절히 감시하여 주민 영향을 최소화하기 위한 제반 절차를 개발하는 기술
방사선관리	방사선 비상계획	• 해체 시 발생하는 방사선 관련 사고에 대한 안전성 확보와 위험요소 평가, 시설 외부로의 방사능 방출 예측 및 사고 영향 최소화 대책 수립 등에 관한 방사선 비상계획을 수립하는 기술
	오염관리 (분류·감시·방지)	• 설비 및 개인의 오염 및 오염 확산 방지를 목적으로 오염 원을 분류하고 감시하는 기술
	작업자 피폭선량 평가 및 분석	• 작업자 피폭선량을 선량한도 이내로 제한하고 ALARA가 유지됨을 보증하기 위하여 내부·외부 피폭선량을 측정하고 관리하는 기술
	오염도/선량변화 예측 평가	• 방사선원·방사선량 측정값 및 시뮬레이션 자료를 근거로 주요 작업 과정에서 방사선 오염도 및 방사선량을 예측하고 평가하는 기술
계통제염	유기착화성 화학적제염기술	• 유기착화제를 이용하여 방사성물질 제거하는 기술
	유기착화제 분해	• 제염폐액 내에 존재하는 난분해성 유기물을 분해·처리하는 기술
기기제염	초음파 제염	• 초음파를 이용하여 부착된 방사성물질을 제거하는 기술
	전해연마 제염	• 전기화학적 부식반응을 활용한 제염기술
	플라즈마 제염	• 고온의 플라즈마를 이용하여 방사성물질을 제거하는 기술
콘크리트 제염	콘크리트표면 제염 (scabbling, shaving 등)	• 방사성물질로 오염된 콘크리트 표면을 선택적으로 제염하는 기술
기계적절단	고압수 절단	• 연마재 혼합수 고압분사로 피삭재(금속, 콘크리트 등)를 절단
	전단기 절단	• 전단기를 이용하여 금속성 구조물을 절단하는 방법

분야	기술명	기술 내용
열적/전기적 절단	Plasma 절단	• 플라즈마 절단기를 이용하여 금속성 구조물을 절단하기 위한 방법
	산소 절단	• 금속과 산소가스의 반응열로 금속을 절단하는 기술
원격제어	원격 조작, 취급, 제어	• 고방사선 등의 이유로 사람의 접근이 어려운 해체작업을 원격에서 수행하기 위한 기술
고체액체 기체폐기물	액체폐기물처리	• 해체 시 발생하는 액체폐기물을 효율적으로 처리하는 기술
	기체폐기물 처리	• 해체 시 발생하는 기체폐기물을 효율적으로 처리하는 기술 • 방사성물질(분진, 에어로졸, 유해가스 등) 제거를 위한 공기정화 시스템 개발 중
	슬러지 처리	• 해체 시 발생하는 슬러지 폐기물을 효율적으로 처리하는 기술
특수폐기물	고체 특수폐기물 처리(석면/PCB)	• 해체 시 발생하는 고체폐기물을 효율적으로 처리하는 기술
	오염 Resin 처리	• 방사성 액체폐기물의 처리 시 주로 발생하는 고방사성의 Resin을 처리하는 기술
폐기물재 활용	해체폐기물 재활용 안전성평가 기술	• 금속 및 콘크리트 방사성폐기물의 재활용 안전성을 평가하는 기술
기타	해체폐기물내 방사성핵종 측정 및 평가	• 방사성폐기물 인도규정 및 처분사업자가 제시하는 처분시설 인수기준에 따른 원전 방사성폐기물 핵종농도 평가 및 측정 기술
잔류방사능측정	실시간 방사능 현장측정	• 현장에서 방사능을 실시간으로 바로 측정하는 기술로써 관리구역 제염 후 넓은 면적에 대한 신속한 방사능측정 및 부지 내 잔류방사능을 효율적으로 측정하는 기술
부지복원	부지복원 지침 개발	• 부지 재이용 계획에 따라 체계적이고 효율적인 오염부지 및 지하수 복원을 위한 지침 개발
	부지 재이용 평가	• 해체 완료 부지를 다른 목적으로 재이용하기 위한 경제성 및 안전성 평가 기술