

원전산업 연구개발 미래전략 및 투자방향 (Nu-Tech 2030)

2019. 9. 5

한국에너지기술평가원
원자력 Program Director



발표 순서

- I. 수립배경
- II. 산업현황과 R&D 동향
- III. 환경변화와 시사점
- IV. 추진경과
- V. 비전 및 추진전략
- VI. 추진과제
- VII. 기대효과 및 투자방향

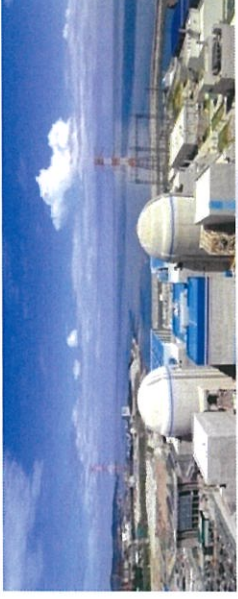


I. 수립배경

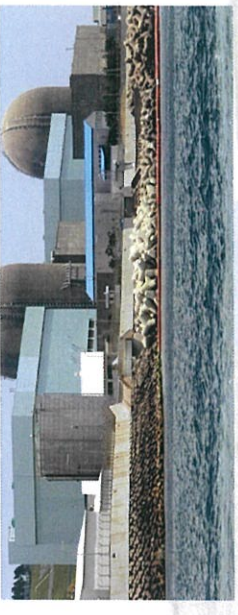
에너지전환 정책에 따른
산업환경 변화를 고려한
새로운 로드맵 필요



원전산업 핵심경쟁력과
생태계 유지를 위한
R&D 투자전략이 필요



고리 1호기 해체와
고준위방폐물 관리 등
후행주기 연구수요 증가



새로운 R&D 로드맵 및
투자방향 제시

+

연구 수요자의 예측 가능성 제고하고
핵심 경쟁력 유지

II. 산업현황과 R&D 동향

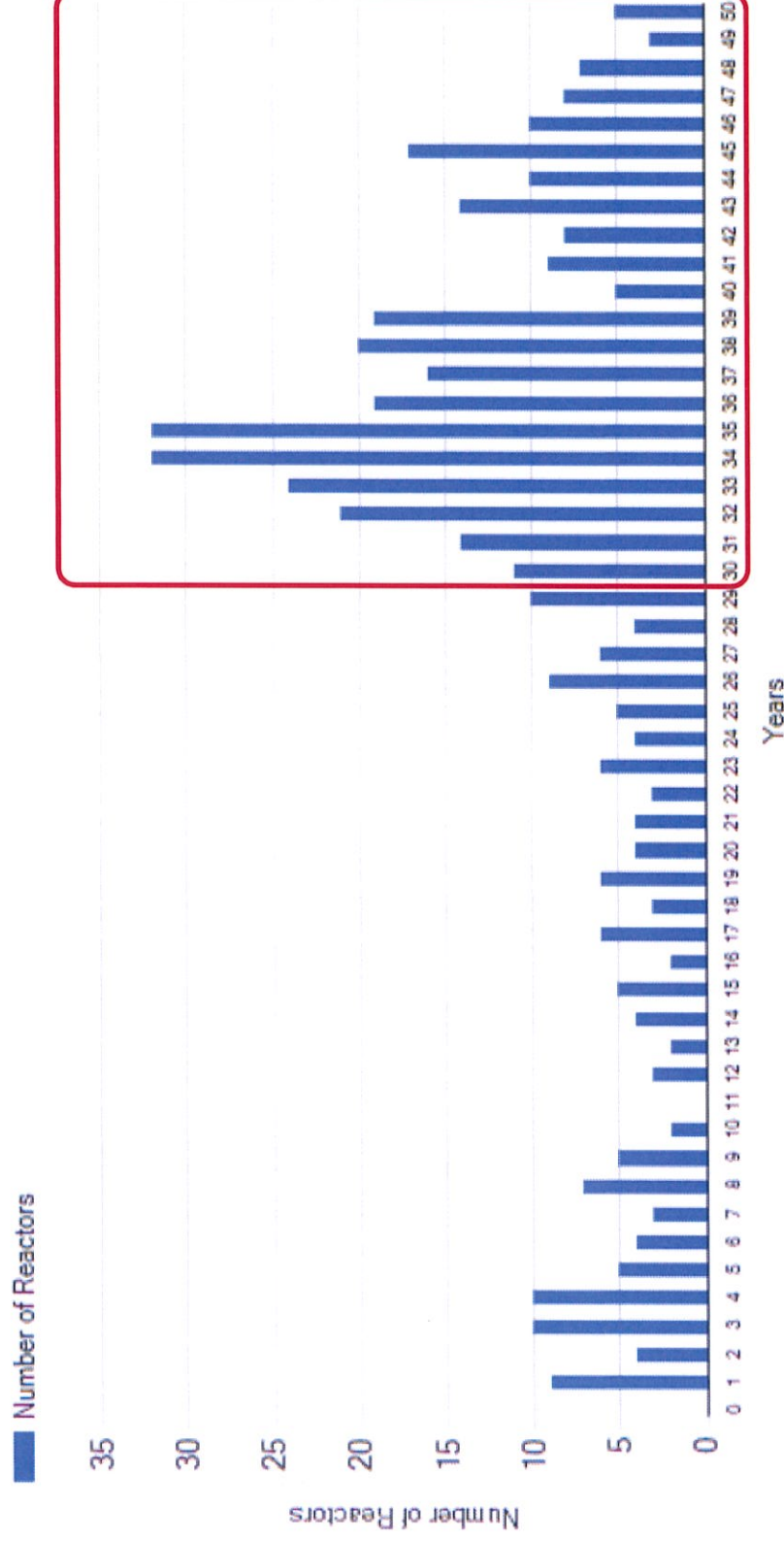
1 | 원전 운영 현황

(건설중) 55개, (운영중) 449개, (영구정지) 174개

출처: IAEA-PRIS('19. 3 기준)

OPERATIONAL REACTORS BY AGE

Total Number of Reactors: 449



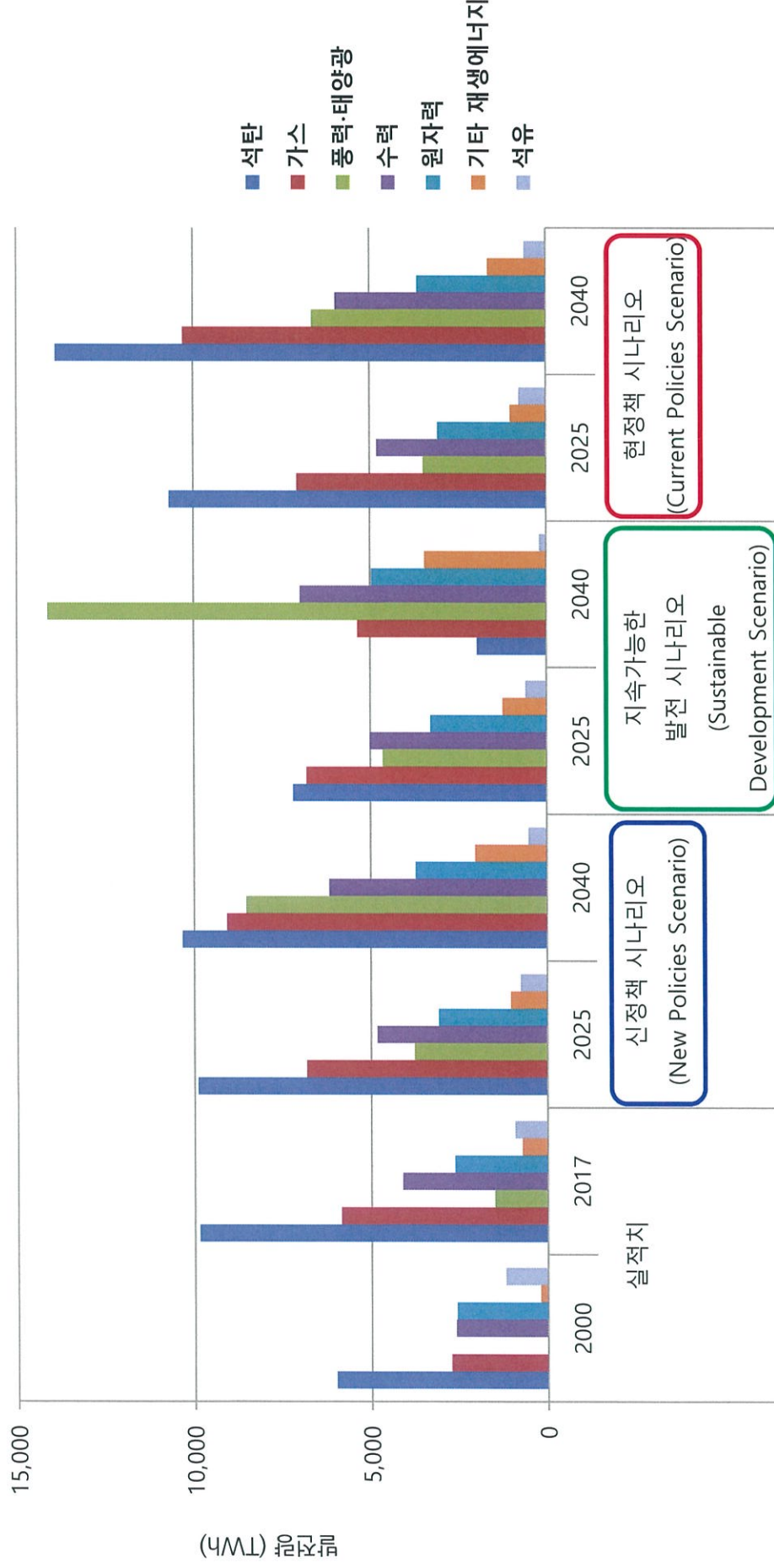
출처: IAEA-PRIS(20190324 기준)



449개호기의 68%인 307개호기가 30년 이상 운영 중

II. 산업현황과 R&D 동향

2 | 원전 발전량 전망 '40년에 원자력 발전량은 석탄·가스·풍력·태양광·수력에 이어 5번째로 전망



출처: 에너지경제연구원('18.12), World Energy Market Insight(분석자료 : IEA, World Energy Outlook 2018, p.44)



(IEA, 18년 기준) '40년에 원자력발전량은 3,648~4,960TWh 전망

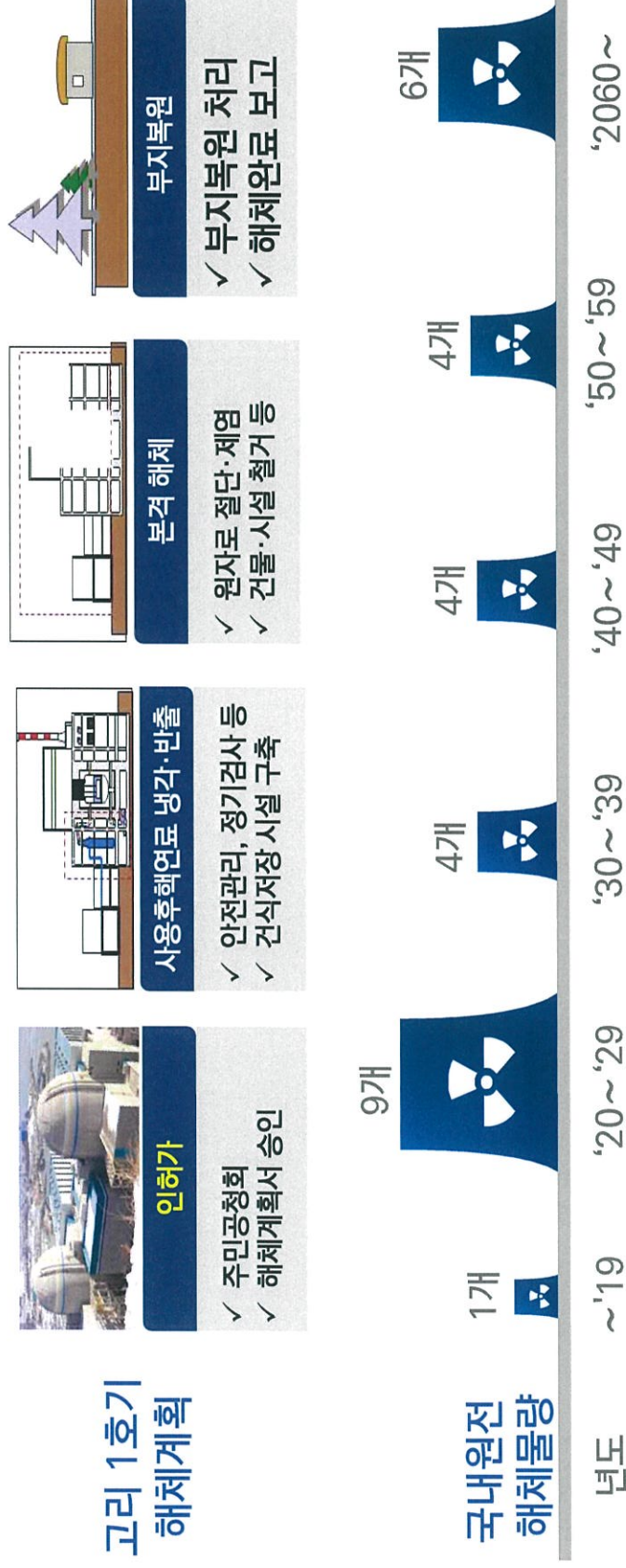
II. 산업현황과 R&D 동향

3 | 해체시장 현황

원전해체 총당금 1호기당 6,437억원('15) → 7,515억원, 16.7% 상승('17)

“글로벌 원전 해체 시장 규모 추정”

해체시장 규모	개화기(~2030)	성장기(2031~2050)	성숙기(2050~)
	133조원	204조원	222조원



국내외 해체시장 확대에 대비, 산업역량 확충과 생태계 기반마련 필요



II. 산업현황과 R&D 동향

5 | 해외 기술개발 동향

01 재난재해 대응을 위한 안전강화 기술개발

- ☞ (미국) 사고저항성핵연료, 사이버공격 대응, Digital Twin 등 개발 추진
- ☞ (프랑스) Digital Twin 개발, 사고저항성핵연료 개발 등

02 경쟁력 강화를 위한 다양한 원전 개발

- ☞ (미국/캐나다) 안전성 강화 3세대 원전 기술고도화와 SMR 개발 추진
- ☞ (러시아/중국) 수출용 3세대 원전 기술고도화와 SMR·해양 원자로 개발

03 해체 상용화 기술확보 이후, 사업에 적용 중

- ☞ (미국/영국) 3D 프린팅, 레이저스캔 등 최신기술을 사업에 활용
- ☞ (일본) 오염 지하수/토양 처리 등 R&D 개발

04 사용후핵연료(SF) 관리 R&D 추진

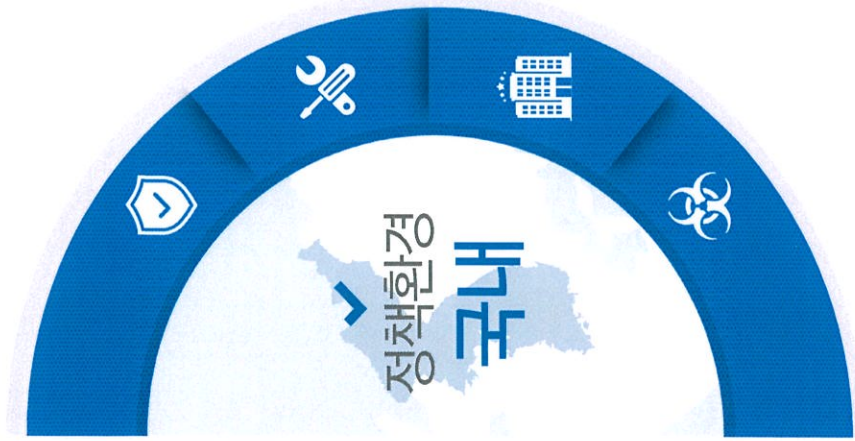
- ☞ (핀란드) SF 심층처분장 건설 중, (스웨덴) SF 심층처분시설 인허가 추진 중
- ☞ (미국) SF 관리 표준화 시스템 개발, (일본) SF 처분개념 개발



(IEA, '17년 기준) 미국·프랑스·일본 등은 R&D 투자 지속적으로 유지

III. 환경변화와 시사점

1 | 최근 정책환경 변화



01 에너지전환(원전부문) 보완대책(18.6)

- ① 원전안전 투자 확대(現1.1→1.9조원), ② 안전·수출·해체 R&D 확대(5년간 1.3 → 1.6조원), ③ 에너지전환 펀드 조성(500억원), ④ 원전기업지원센터 운영 등

02 해체 산업육성 육성방안(19.4)

- ① 초기시장 창출 및 인프라 구축 ② 원전해체 전문 강소기업 육성,
③ 단계적 글로벌시장 진출 지원 ④ 제도기반 구축 등 4대 중점전략을 추진

03 고준위방폐물 관리정책 재검토 추진(19.5~)

- ① 사용후핵연료 준비단 운영(18.5~11)
② 사용후핵연료 관리정책 재검토위원회 출범(19.5)

04 (원안위) 원자력 안전기준 강화 종합대책 추진(19.3~)

- ① 가동원전 주기적안전성평가 승인제도 도입 ② 다수호기 안전성평가 규제 마련
③ 원전 내진설계 재검토 ④ 고준위 방폐물 안전규제 강화 등 9개 분야

III. 환경변화와 시사점

2 | 그간의 지원 현황

산업부는 연간 약 1,000억원 규모로 지원 중

- ☞ ('17) 1,112억원 → ('18) 1,095억원 → ('19) 1,087억원
- ☞ 최근 3년간 안전분야 56%, 해체분야 12%, 방폐분야 10% 지원

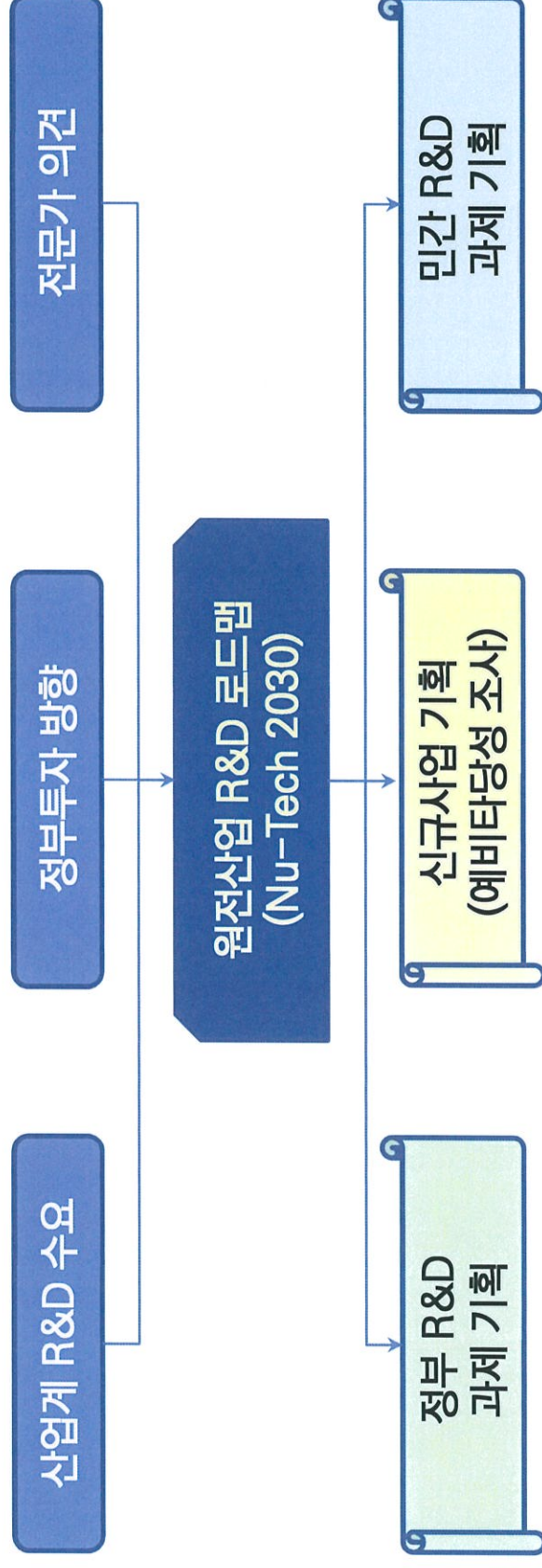
3 | 시사점

- ☞ 안전규제 기준을 넘어 국민이 안심하는 수준의 안전 추구
- ☞ 해체 상용화 기술자립과 글로벌 진출을 위한 투자를 확대
- ☞ 안전한 고준위 방폐물 관리 기반 적기 구축
- ☞ 안정적 에너지공급과 수출 생태계 경쟁력을 강화

IV. 추진경과

1 | 위원회 구성

☞ 산학연 전문가(약60명)를 공모와 추천을 통해 위원회 구성



IV. 추진경과

2 | 기술주제 발굴

- 원전 산업계·학회가 수립·작성 중인 로드맵 자료 활용
- 분과위원회 별로 전문가 논의를 통해 기술주제 발굴
- 기술주제 수요조사서를 검토하여 기술주제를 보완

3 | 기술수목도 구축 종합

분과	대분류	중분류	소분류	기술주제
안전	6	24	61	225
해체	5	16	78	99
방폐	4	7	21	65
경쟁력	3	6	14	84
합계	18	53	174	473

V. 비전 및 추진전략

1 | 비전 및 기본 방향

장기
비전

에너지전환의 성공적 정착을 위한 안전한 원전관리

목표

원전산업 핵심경쟁력 유지 및 新유망분야 육성

기본
방향

- ▶ 국민이 안심하는 원전 안전성 확보
- ▶ 新유망산업인 원전 해체산업 육성
- ▶ 방사성폐기물 안전관리 기반 구축
- ▶ 글로벌 시장 맞춤형 원전산업 경쟁력 강화

V. 비전 및 추진전략

2 | 중점 추진 과제

	안전 강화	<p>세계 최고수준의 원전 안전운영 기술 개발</p> <p>① 사고대응 안전향상, ② 자연재해 대처강화, ③ 방사선 안전증진, ④ 안전설비 신뢰성 증진, ⑤ 최신 기술 반영 안전성 고도화</p>
	원전 해체	<p>해체 기술자립과 글로벌 선도기술 확보</p> <p>① 해체설계·인허가, ② 오염설비 제염, ③ 원전설비 안전해체, ④ 해체폐기물 관리, ⑤ 친환경 부지복원</p>
	방폐물 관리	<p>국내 맞춤형 방사성폐기물 안전관리 기술 확보</p> <p>① 중저준위 방폐물 안전관리, ② 사용후핵연료 관리 표준화시스템 개발, ③ 안전관리 기반 구축</p>
	경쟁력 강화	<p>원전수출을 위한 기술개선 및 차세대 원자력 기술 확보</p> <p>① APR형 원전 수출 경쟁력 증진, ② 가동원전 기술·기자재 수출역량 강화, ③ 미래형 중소형 원전 기술 확보</p>

VI. 추진과제

중점 추진 과제 1

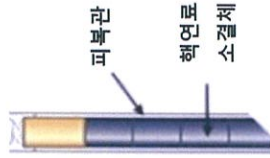
안전강화 추진방향

- 국민 눈높이에 맞춘 최신 안전기술 적용을 위한 기술 개발 추진
- 지진 등과 같은 자연재해로부터 원전의 안전성 확보

1 (사고 대응 안전향상 기술) 화재, 사이버 공격 등 각종 위험과 방사능 유출 중대사고에 대한 예방·대처 역량 향상

◎ (목표) 사고 가능성 대폭 감소(1/100 수준) 및 중대사고 원천 방지

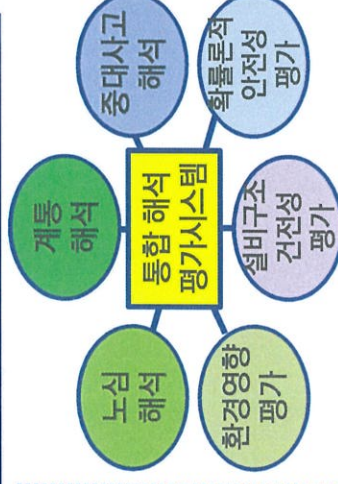
현재



1200°C 이상
피복관 손상

개별분야 해석 SW 이용

미래



열저항성 100°C
이상 향상

사고 통합 해석 SW 개발

VI. 추진과제

중점 추진 과제 1

2 (자연재해 대처강화 기술) 지진·해일 등 자연재해의 발생 가능성, 규모, 거동 등을 예측하고 사전 대응 역량 확보

◎ (목표) 자연재해 발생 시 원전 안전정지 역량 확보 및 피해 최소화

현재

- 설계초과지진 안전대응 부족
- 지하수 오염거동 주기적 측정

미래

- 설계초과지진 안전대응 기술 확보
- 지하수 오염거동 실시간 감시·예측

3 (방사선 안전증진 기술) 방사성 물질로부터 작업자와 주변환경을 보호하고 국가 방사선 재난 대응 역량을 확충

◎ (목표) 작업자 피폭선량을 원안위 규제기준(20 mSv/년) 이하로 유지

현재

- 개인별 선량평가 실시
- 방사능 비상대응 체계 운영

미래

- 대규모 인력 선량평가 기술 확보
- 드론 등 新기술 융합 비상대응 체계

VI. 추진과제

중점 추진 과제 1

4 (성능 신뢰성 증진 기술) 원전 불시정지 등을 예방하기 위해 계통 기기의 안정성 향상 및 원전 운영 통합 지원 시스템 개발

◎ (목표) 계통/기기 신뢰성 증진 및 성능저하 감시 기술 확보로 고장 빈도 50% 저감

현재

- 아날로그 계측제어 일부 존재
- 콘크리트 외부 육안검사

미래

- 디지털 계측제어설비 확대
- 콘크리트 내부결함 초음파검사

5 (최신 기술융합 기술) 인공지능(AI) 등 최신 기술을 활용한 원전 안전설비 관리역량 강화

◎ (목표) 최신 기술 도입을 통한 세계 최고 원전 안전 역량 유지

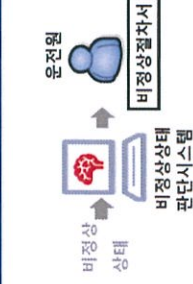
현재



운전원 직접 절차서 확인 손상부위 현장 직접 확인



미래



AI 기반 원전 지원 시스템 가상원전에서 손상부위 확인



VI. 추진과제

중점 추진 과제 2



원전해체 추진방향

- 고리 1호기 및 중수로 해체를 위한 미자립 기술 확보와 고도화
- 실증기술 개발·경험 축적을 통한 원전해체 강소기업 육성 기반 마련

1

(설계·인허가 사전대응) 공정관리 프로그램, 방사선 관리 등 안전한 해체 공정을 위해 사전에 확보가 필요한 기술

◎ (목표) 해체 공정 설계·인허가 대비 필수 기술 자립(95% 이상)

현재

- 해체 물량분석 해외 SW 사용
- 문서기반 해체 형상관리

미래

- 해체 물량분석 SW 국산화
- 데이터 기반 해체 형상관리

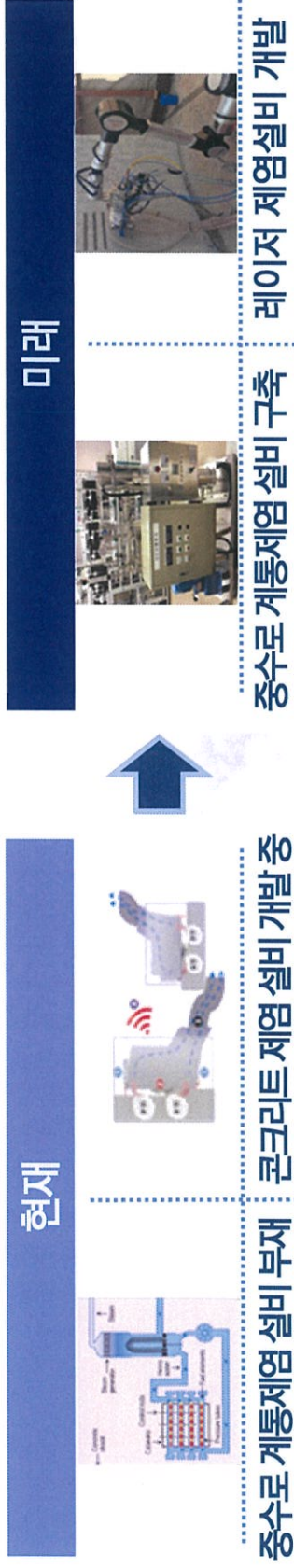
VI. 추진과제

중점 추진 과제 2

2 (방사능 오염물 제어) 계통·기기·콘크리트에 오염된 방사능 오염물질을 제어하는 기술

- ◎ (목표) 해체작업자 피폭선량 허용기준을 15 mSv/년* 이하로 유지

* 원전 운영 중 작업자 방사선 허용기준 : 20 mSv/년



3 (안전한 절단·철거) 열적·전기적 절단과 원격절단 설비를 이용하여 작업자 피폭과 방사능 오염물질 확산을 최소화

- ◎ (목표) 원전해체 동안 작업자의 방사선 허용기준 초과피폭과 주변으로 오염 확산 가능성을 차단



VI. 추진과제

중점 추진 과제 2

4 (방폐물 최적 감용) 고체·액체·기체 등 다양한 해체 폐기물에 오염된 부위를 분리하여 방사성폐기물 물량을 최소화하는 기술

◎ (목표) 해체 원전 당 방폐물량을 14,500 드럼 이하로 유지

현재

- 해체 폐기물 감용 기초기술 보유
- 방사화 중수 처리기술 부족

미래

- 해체 폐기물 감용 기술 고도화
- 방사화 중수 처리 기술 확보

5 (친환경 부지복원) 원전 해체이후 부지를 제한적 재이용 수준(산업용지)으로 만들기 위해 토양·지하수 등을 복원하는 기술

◎ (목표) 부지복원 이후 유효선량을 연간 100 μ Sv 이하로 유지

현재

- 해체 폐기물 감용 기초기술 보유
- 방사화 중수 처리기술 부족

미래

- 해체 폐기물 감용 기술 고도화
- 방사화 중수 처리 기술 확보

VI. 추진과제

중점 추진 과제 3



방폐물관리 추진방향

- 안전한 사용후핵연료 관리를 위해 다부처 공동 기술개발 추진

1

(중·저준위 방폐물 안전관리) 원전 해체 및 운영과정에서 발생하는 중·저준위 방폐물을 안전하게 인수하여 관리하는 기술

◎ (목표) 중·저준위 방폐물의 핵종농도를 자체처분 허용농도* 이하로 관리

* (원안위 고시 제2017-65호) H-3 등 핵종 제한농도 < 100 Bq/g

현재

- 해체 방폐물 저장용기 개발 중
- 해체 방폐물 처분 실증 기술 부족

미래

- 해체 방폐물 저장용기 상용화
- 해체 방폐물 처분 실증 기술 확보

VI. 추진과제

중점 추진 과제 3

2 (사용후핵연료 관리 표준화) 사용후핵연료 운반·저장부터 처분까지 연계한 시스템을 적용하여 안전성과 경제성을 향상

◎ (목표) 사용후핵연료 관리 표준화시스템 및 규제체계 확보

현재

- 사용후핵연료 시스템 개발 중
- 처분 공학적 성능평가 요소기술

미래

- 사용후핵연료 시스템 표준화
- 한국형 처분 안전평가 체계

3 (사용후핵연료 안전관리 기반구축) 사용후핵연료 취급·운반·저장·처분 등 전주기 안전관리 및 안전성 평가에 필요한 기반기술

◎ (목표) 사용후핵연료 안전관리 기반기술 확보

현재

- 한국형 공학적 방벽 요소기술
- 저장시스템 안전성 요소기술

미래

- 한국형 공학적 방벽 실증기술
- 저장시스템 안전성 입증기술

VI. 추진과제

중점 추진 과제 4

경쟁력 강화 추진방향

- 국내 원전산업 수출 경쟁력 향상을 위한 선도 R&D 추진
- 수출 대상국 맞춤형 기술과 수출용 차세대 원자력 설비개발 지원

1 (APR형 원전 고도화) 수출을 위한 기술 고도화 및 수요국 규제요건 충족

◎ (목표) 원전 도입국 수요에 부합하는 기술의 조기 확보

현재

- 피동냉각 설비 기초기술 보유
- 유럽·미국 표준 인허가 취득

미래

- 피동냉각 경수로 표준 설계
- 수요국별 신규요건 대응 기술 확보

VI. 추진과제

중점 추진 과제 4

2 (가동원전 기술 수출) 해외 가동원전 설비교체 시장 등에 진입하기 위한 경쟁력 향상 기술

◎ (목표) 미국·캐나다 등 해외원전의 가동운전 정비·설비 개선 등 시장 진입

현재

- 국내원전 설비개선 기술 확보
- 국내 중심 기자재 개발·검증

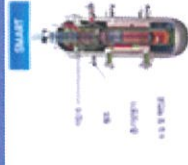
미래

- 설비개선 수출 경쟁력 강화
- 수요국 중심 기자재 개발·검증

3 (소형원전 수출·산업화) 중소형 모듈원전의 시장 확대를 대비한 기반 구축

◎ (목표) SMART 원전 해외진출 확보와 '30년대 수출기반을 구축

현재



SMART원전
기초기술 보유



미래 중소형원전
타당성 분석

미래



SMART원전
수출기반 구축



미래 중소형 원전
개념설계

VII. 기대효과 및 투자방향

◆ 기대 효과

- 중소·중견기업, 대학 등 연구 수요자에 새로운 연구방향 제시
- 원전 쉼주기에 최신 기술을 적용하여 국민이 신뢰하는 안전성 확보
- 글로벌 시장수요에 부합하는 최신 기술 확보를 통한 해외 시장 진출 경쟁력 유지

* 수출형 중수형원전, 융합형 안전강화 기술(인공지능, 빅데이터 기술 적용)

VII. 기대효과 및 투자방향

◆ 투자 방향

- 우선순위가 높은 기술을 중심으로 원전산업 R&D 지속 투자
- (산업부) 신규사업 기획, 예비타당성 조사 추진 등을 통해 현재 수준의 R&D 규모(연간 1,000억원) 지속 지원
- (한수원) 원전 안전, 해체/사용후핵연료, 수출형 원전 관련 기술에 향후 연간 1,000억원 규모(순수 R&D 과제비) 투자 예정
- 산업부 R&D는 중소·중견기업 및 대학에 대한 지원 비중 확대
 - ✓ 중소·중견기업에 대한 투자비중(2016~2018년, 33% 수준)을 확대
 - ✓ 대학의 R&D 참여를 확대하여 원전 인력 생태계에 다양한 기능성 제공

감사합니다

KOREA INSTITUTE OF ENERGY TECHNOLOGY
EVALUATION AND PLANNING

