

이투데이
소형모듈원전산업 세미나

세계 원전 개발 동향과
iSMR 개발 동향



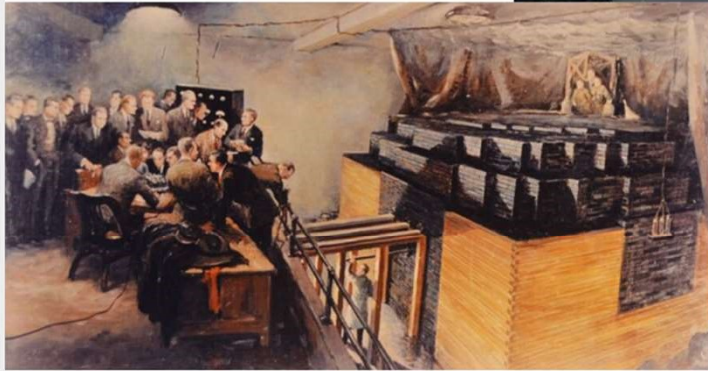
Session 2: SMR 선도체제 구축을 위한 과제와 전망

2023년 4월 27일
대한상공회의소 의원회의실

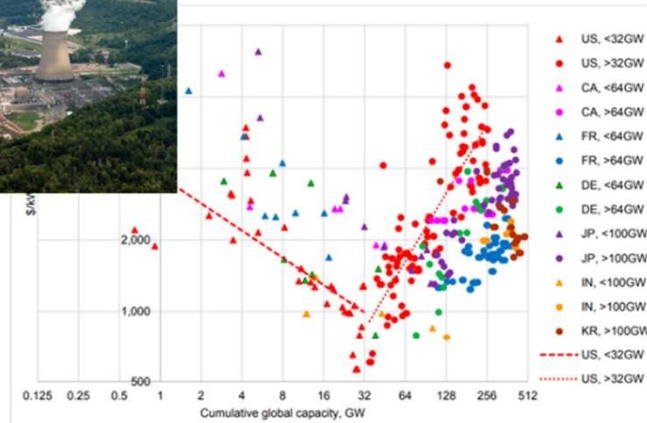
심형진
서울대학교 원자핵공학과

박상길
법무법인(유한) 공장

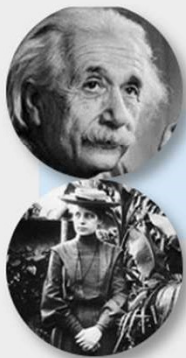
세계 원전시장 재편의 중심에 선 민간 SMR 스타트업들



국가 별 원전 건설비용 변화 추이



미국 내 원전 스타트업 위치



Westinghouse

ABB



왜 한국 기업들은 우리나라 SMR 개발에 투자하지 않는가?



국내 차세대 SMR 스타트업 수 = **0 개**



공공기관 중심의 원자로 개발 체계



민간 원자로 개발을 위한 장기간 고비용 투자 요구

두산에너지빌리티, 美 엑스-에너지에 핵심 기자재 공급

2023. 1. 18. — 두산에너지빌리티는 미국의 4세대 고온가스로 **SMR** 개발사인 엑스-에너지와 지분 투자를 포함해 핵심 기자재 공급을 위한 협약을 체결했다고 18일 밝혔다.

현대건설, 미국 홀텍社 소형 모듈 원자로 글로벌 독점권 확보

2021. 11. 24. — 현대건설이 지난 22일(현지시간) 원자력 사업 분야 선도 기업인 미국 홀텍 인터내셔널社(Holtec International)와 **소형 모듈 원자로** 개발 및 사업 동반 ...

빌 게이츠와 SMR 동맹...SK 3200억원 투자 | 한경닷컴 - 한국경제

2022. 8. 15. — SK그룹이 마이크로소프트(MS) 창업자인 빌 게이츠가 설립한 미국 소형모듈원자로(**SMR**)기업 테라파워에 3200억원을 투자한다. 탄소를 배출하지 않는 차세대 ...

SMR 뉴스케일파워, 글로벌 수주 확대...“두산에너지빌리티 SMR ...

2022. 9. 12. — 미국 소형모듈원전(**SMR**) 기업 뉴스케일파워가 최근 전 세계 수주를 늘리면서 핵심 사업 파트너인 두산에너지빌리티(034020)도 만반의 준비를 하고 있다.

한국 GS Energy社 북미 지사, NuScale社 SMR 기술 투자

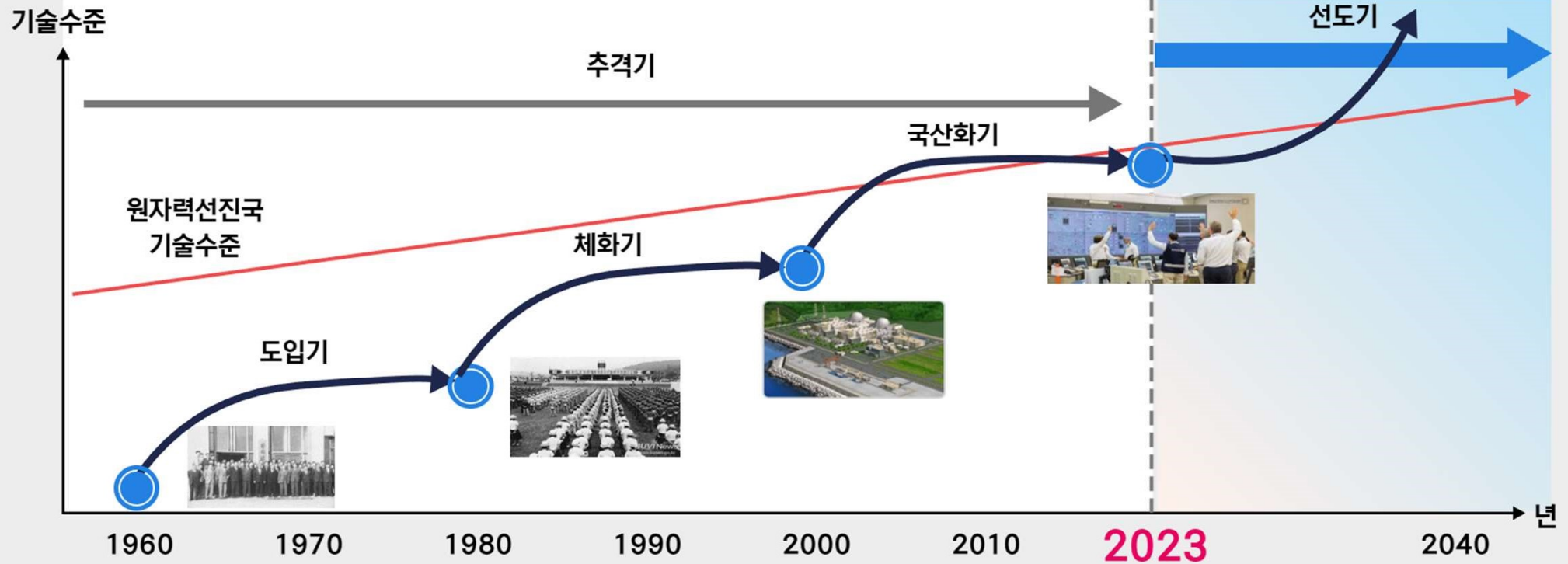
[미국] 한국 **GS Energy社** 북미 지사, NuScale社 SMR 기술 투자 발표. ○ 6월 30일, NuScale社의 Diane Hughes 마케팅 커뮤니케이션 부사장은 한국 **GS Energy社** 북미 ...

지금 우리는? - 빠른 추격자 체제에서 선도기 체제로 재편해야

“혁신적 리더로 발돋움 하기 위해서는
패러다임의 전환 필요”

선택과 집중 체제
공공기관 중심 개발
전문분야 특성화 교육

창의와 경쟁 체제
민간 중심 개발
시스템 종합 교육



원자력 선도체제 구축을 위한 비전과 과제



경쟁기반 원자력 생태계 혁신을 통한
원자력 신성장동력 창출과 탈탄소 에너지 사회 구현



1. 혁신형 SMR 개발 성공 및 세계 SMR 시장 경쟁력 조기 확보
2. 원자력 연구개발, 설계에서 실증으로 - 문무대왕과학연구소 조성사업 성공
3. 원자력 창의/선도형 인력 양성 체계 구축
4. 민간주도 SMR 산업체계 구축
5. 서비스형 원자력 규제체계 구축

과제1: 혁신형 SMR 성공 전략

경제성 목표:

건설비 =< 4000 USD/kWe

건설공기(F/C~F/L) =< 24개월

안전성 목표:

노심손상빈도 =< 1.0×10^{-9} /MY

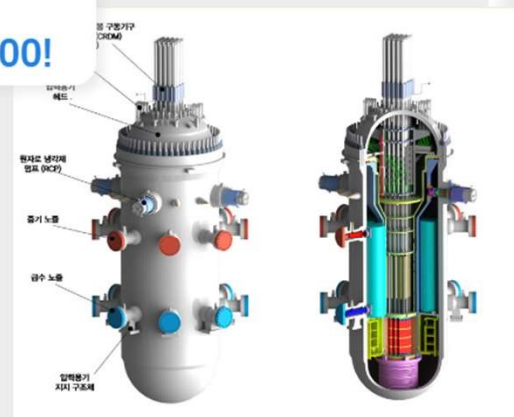
탄력성 목표:

LNG 발전소와 동일한 수준



산업계의 기술력

iSMR의 경쟁상대는
NuScale이 아닌 APR1400!



연구계의 기술력

Advanced Power Reactor
1400

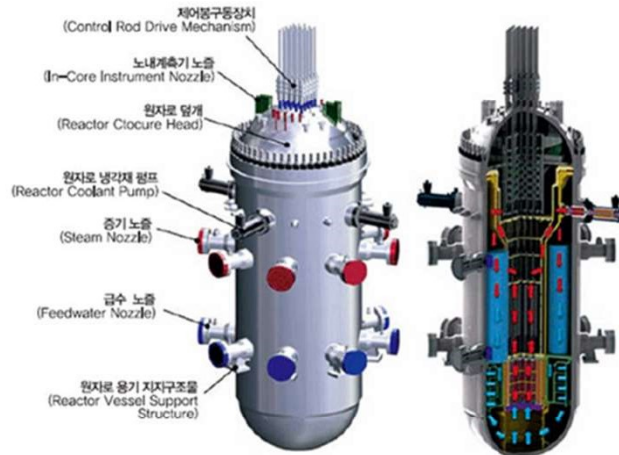


A. Containment Building
B. Auxiliary Building
C. Turbine Building
D. Containment Building
E. Auxiliary Building
F. Turbine Building

Team Korea



과제 2: 원자력 연구개발, 설계에서 실증으로 - 종이 원자로 문제



'97.07-'02.03 : SMART-330 기본설계

'02.07-'06.02 : SMART 실증로(SMART-P, 65MWth) 기본설계

'07.07-'12.07 : SMART 표준설계와 기술검증 완료

'12.05 : 소형 일체형원자로 중 세계 최초로 표준설계인가 획득

'12.03-'16.02 : 피동잔열제거계통, 피동안전주입계통,

피동원자로건물냉각계통에 대한 설계 완료, 검증시험 수행

'15.09 : 한국-사우디아라비아 SMART 건설전 설계사업(PPE) 협약 체결

'15.12-'18.11 : PPE 사업 종료

높은 인허가 적합성으로 일체형원자로 중 상용화 단계가 가장 앞서 있음

혁신적 시스템 기술은 상대적으로 배제

➡ 만약 2010년대 국내에 SMART 실증로가 건설되었다면,
현재 세계 SMR 시장 판도는 어떻게 되어있을까?

➡ 국내에서 오랜기간 개발되었던 소듐냉각고속로,
초고온가스로 등은 결국 종이 원자로?



? ? 결국은 부지 문제?

과제 2: 원자력 연구개발, 설계에서 실증으로 - 문무대왕과학연구소

사업명

혁신원자력연구개발 기반조성사업

사업목표

혁신 원자력 기술 연구-실증-산업화R&D 수행을 통한
미래 원자력 신산업 창출과 국가발전 기여

사업기간

2020년~2025년 (국비 2021년~2025년)

사업비

국비 3,224억원, 지방비 1,420억원

사업부지

총 2,200,000㎡

경북 경주시 감포읍 나정리 및 대본리 일원



1단계 사업 영역



문무대왕과학연구소에서만 가능합니다!

세계수준 기술 (확보 완료)

세계 최고 수준의
중소형 원자로 기술
2012년, SMART 원자로
일체형 원전 세계 첫 설계인증 획득

개발 및 실증

소형 원자로
실험 및 실증을 통해
경쟁국 대비 우위 확보

상용화 기술 확보

(초)소형 원자로
상용화 기술
조기 확보

新시장 창출

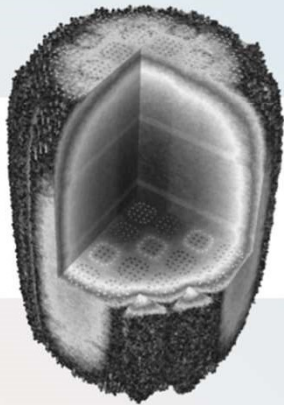
해상 원전, 극지, 선박,
해수담수화,
공정열 공급 등 활용

수소 생산,
우주 탐사 등에 활용

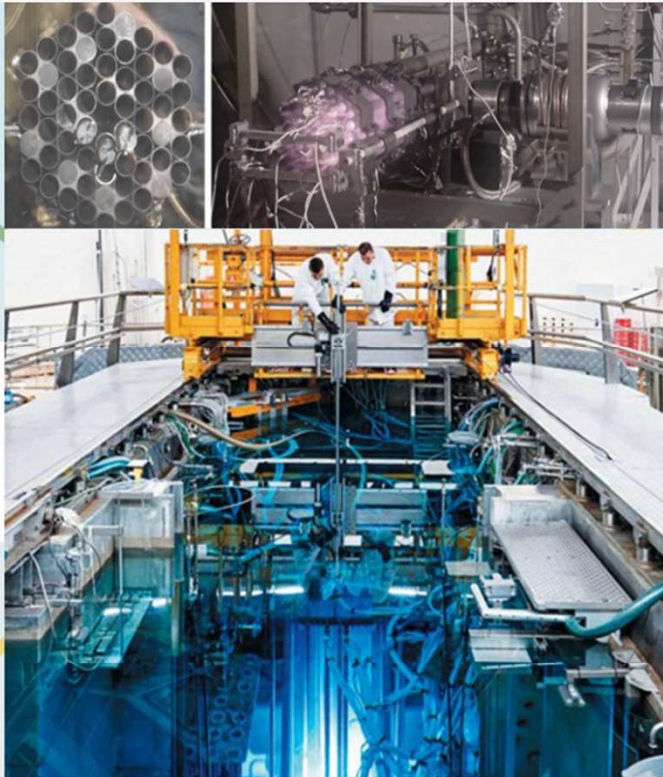
과제 2: 원자력 연구개발, 설계에서 실증으로 - 실증플랫폼 구축

혁신 원자로 테스트베드 (Testbed) 제공, 글로벌 실증 수요 흡수: 미래 원자로 기술개발 가속화의 핵심

혁신 원자로 수



Proof of Concept



Proof of Performances

기술 확산도



Proof of Operations

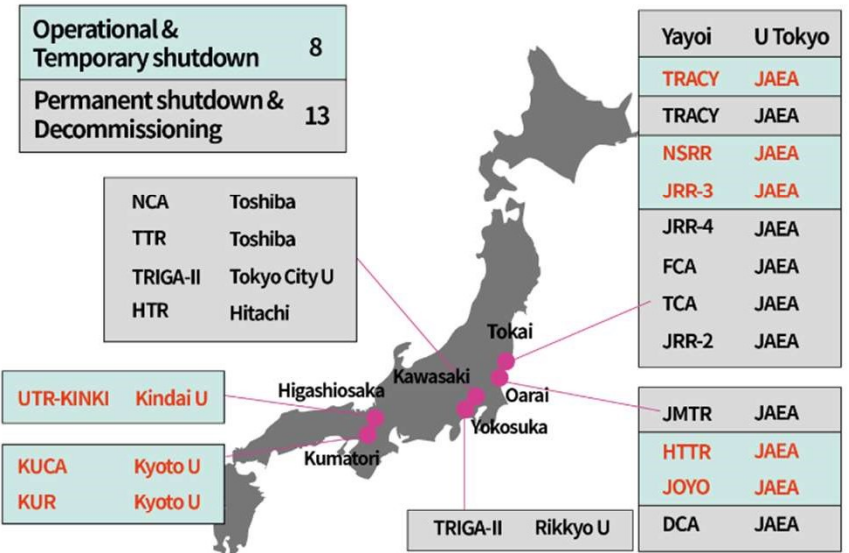
시험/실증 플랫폼

과제 3: 원자력 창의/선도형 인력양성체계 구축

오리건 주립대학의 원자력공학과와의 거대실험 시설



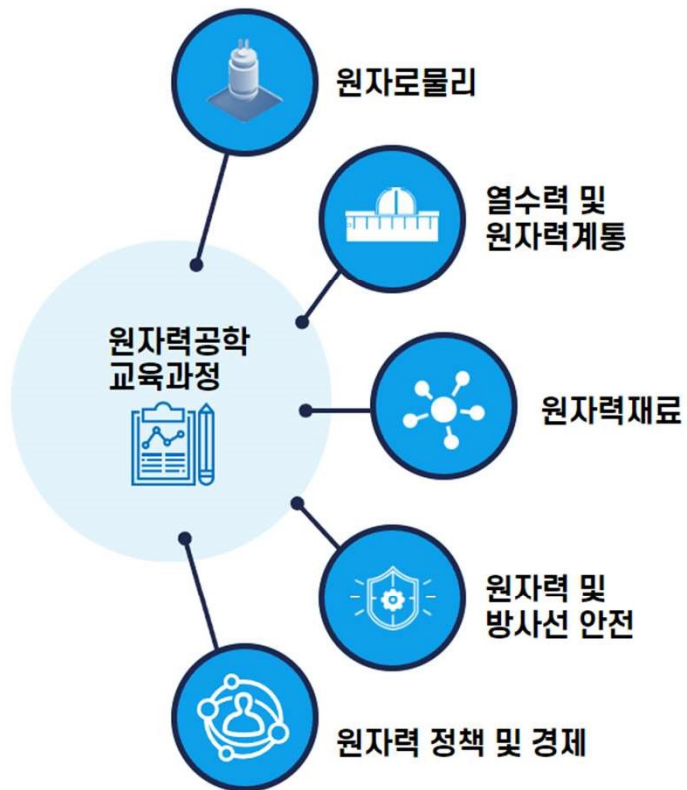
일본의 연구용원자로 현황



과제 3: 원자력 창의/선도형 인력양성체계 구축 - 원자력공동캠퍼스 구상

원자력시스템 분야별 전문가

최고급 선도 인력 양성



시스템
종합설계 교육

+

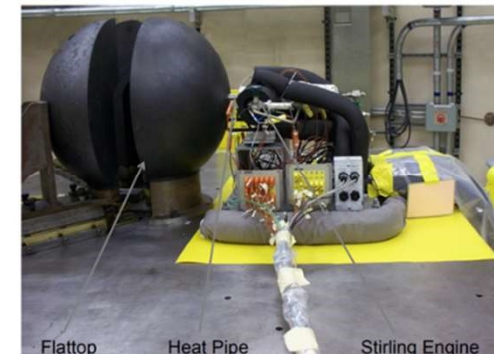
실험/실습
교육

+

4차산업혁명
기술교육



문무대왕과학연구소 연계 원자력공동캠퍼스



DUFF (Demonstration Using Flattop Fissions, 2012)

과제 4: 민간주도 SMR 산업체계 구축 - ① OEM 사업방식 대응체계 구축



사업주: UAMPS
(48개 지역전력사 참여)



Project Company



기술 제공: 뉴스케일



EPC 사업자(뉴스케일 대주주)



O&M 사업자

현재 대부분 SMR 개발사들은 투자유치를 통해 노형 설계 기술 개발만 적극적으로 주도하고, 제조/건설/운영은 참여하지 않거나 혹은 소극적으로만 참여하는 OEM 방식의 사업 전략 채택

- ➡ 원자로 분야의 OEM 사업은, 기존에 원전 운영경험 및 전문인력과 건전한 기기공급망이 확보된 국가에 제조/건설/운영을 맡기는 것이 효과적이며, 따라서 한국이 최적의 파트너가 될 수 있음.
- ➡ 따라서, SMR 중심의 세계 원전산업 재편은 우리나라 원전 산업계에 신성장동력이 될 수 있음.
- ➡ 'SMR 국가산단'을 통해 우리 기업의 SMR OEM 시장의 독점적 지위 확보를 기대

과제 4: 민간주도 SMR 산업체계 구축 - ② 혁신형 SMR 사업화 추진 제언

(혁신형 SMR vs UK-SMR 개발 체제 비교)

혁신형 SMR 개발은 기본적으로 정부와 한수원이 주도하는 SMR 개발 사업인 반면, UK-SMR 개발 사업은 영국 정부의 대규모 자금 지원이 전제되고 있지만, 개발 사업 주체는 초기에는 다양한 민간 기업이 참여하는 민간 컨소시엄(UK SMR Consortium)이었고, 프로젝트가 진행 되면서는 컨소시엄 형태에서 Rolls-Royce가 주도하는 민간 법인(Rolls-Royce SMR Ltd.)으로 전환되었음.

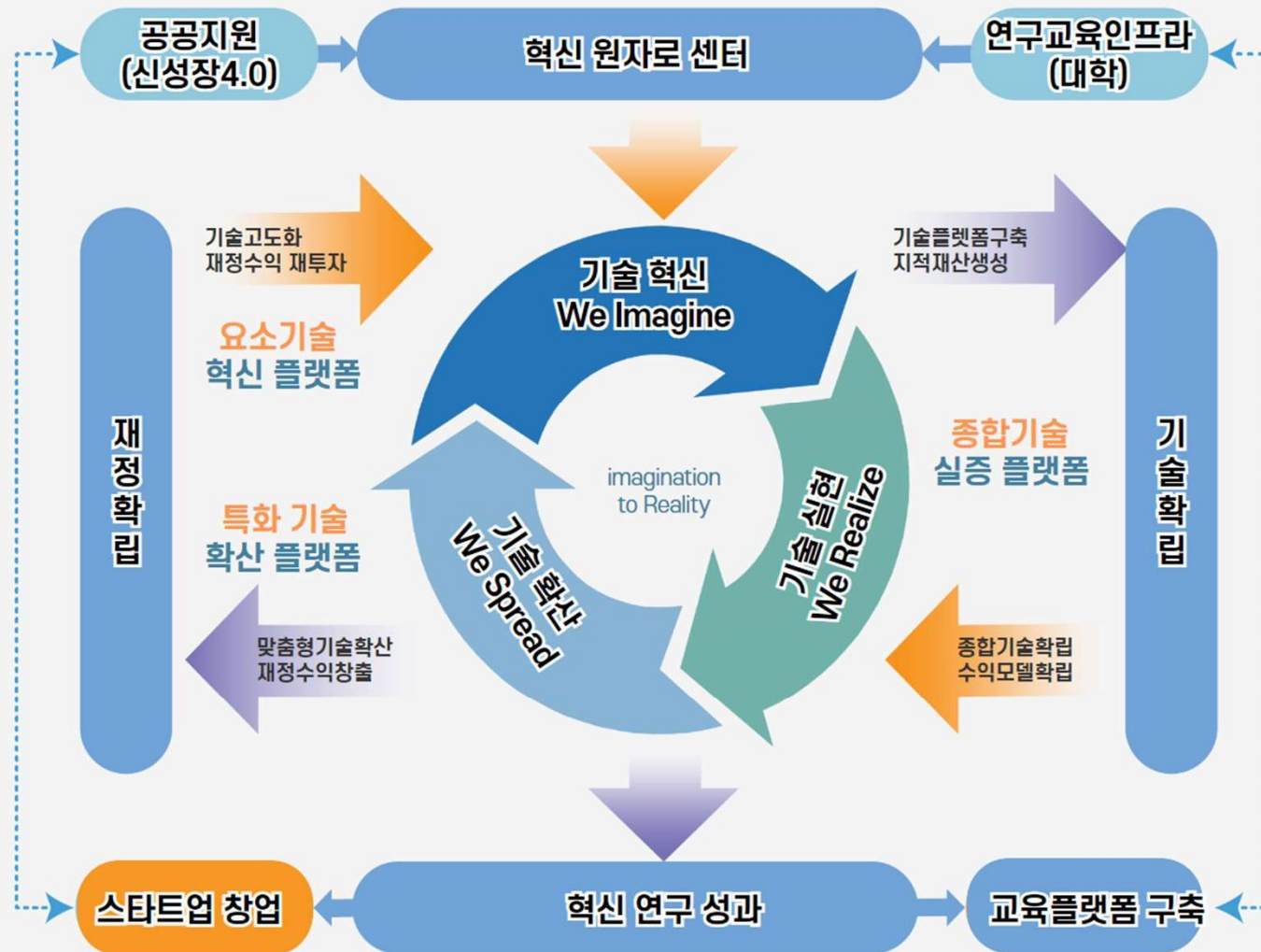
- ➡ 민간 기업의 참여는 프로젝트 참여 주체의 다양화에 도움이 될 수 있으나 추진 동력의 분산을 가져올 수 있다는 우려가 있으나, 혁신형 SMR의 경우 한수원의 리더십이 확고하므로, **민간 기업과의 협력을 통해 혁신형 SMR의 사업화 성공 가능성을 증대하는 효과**를 기대할 수 있음.
- ➡ 혁신형 SMR 사업의 경우 기술개발사업단은 기술개발에 전념토록 하되, 이를 **사업화하는 부분은 이를 목적으로 하는 특수목적법인(SPC)를 설립하여 민간 기업이 주요주주로 참여하도록 하는 방안을 고려해 볼 수 있겠음.**

과제 4: 민간주도 SMR 산업체계 구축 - ③ 특별법 발의

- 중소형원자로 기술개발 및 기반조성 지원에 관한 법률안(최형두의원 등 11인)
- 선진소형원자로 경쟁력 강화 및 상용화 촉진에 관한 법률안(김영식의원 등 22인)

- ➡ SMR 관련 두 개의 법안이 2022년 11월에 발의되었는데, 두 법안은 주무부처를 각각 산업부와 과기정통부로 두고 있는 것 이외에 **기금 조성의 주된 재원은 한수원이 부담하는 것으로 하고, 재원을 통해 민간이 개발할 SMR 기술도 한수원이 공동 소유 및 활용**할 수 있는 측면에서 상당히 유사한 특성을 지님.
- ➡ 두 발의 법안에 따라 한수원에서 민간이 개발한 SMR 기술의 공동소유 및 활용까지 할 수 있는 것으로 해석될 수 있어, **SMR 개발에 직접 투자를 통해 민간 기업이 노형 차별화 전략을 추진하는 경우, 최적의 협업모델 도출을 통한 이해충돌의 소지를 사전에 차단해야 할 것임.**

과제 4: 민간주도 SMR 산업체계 구축 - ④ 대학중심 원자로개발 체계 구축

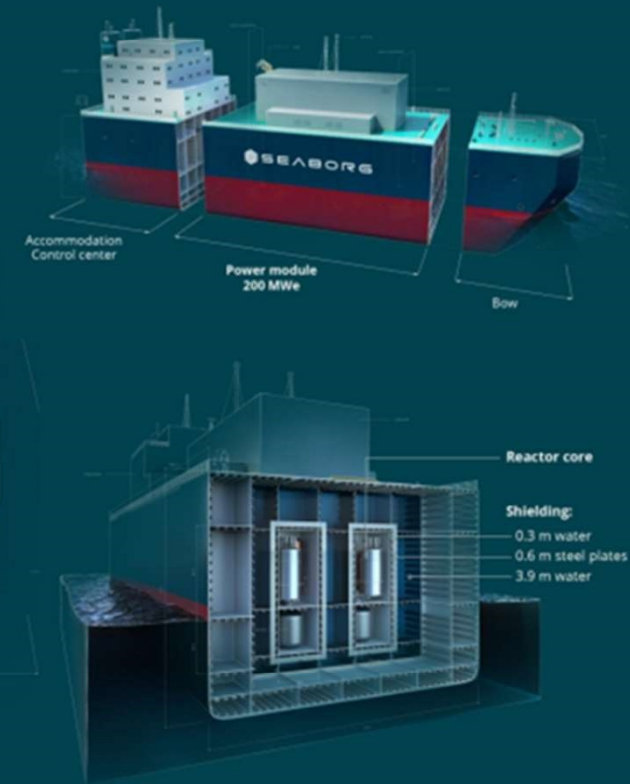
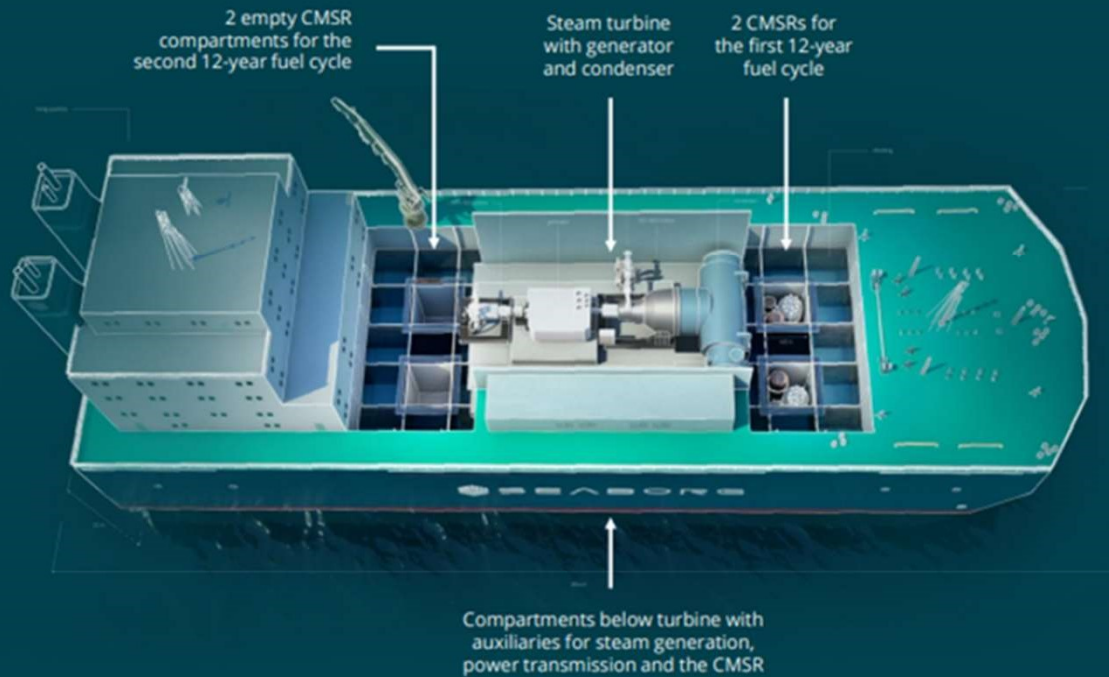


과제 5: 서비스형 원자력 규제체계 구축 - 규제 서비스?

SEABORG

MODULAR CMSR POWER BARGE

24 years operational life time



세계최고 선박제작능력 + 세계최고 원전 제작/건설/운영 능력
+ 세계최고 원자력 안전규제 능력(?)

과제 5: 서비스형 원자력 규제체계 구축 - 규제 불확실성



과제 5: 규제기관의 선제적 대응기반 확보 노력

2023년 원자력안전위원회 업무보고 **나라를 단단하게 국민을 든든하게**

과학을 바탕으로 국민이 신뢰하는 원자력 안전

**7대
핵심 추진 과제**

1 인허가 과정
안전성 확인 철저
정부의 원자력정책이 국민의 안전을 전제로
추진될 수 있도록 안전성을 철저히 확인

2 SMR 안전성 확인
체계 선제적 마련
표준설계인가 신청('26년 예상) 전
인허가 체계 마련

3 안전관리체계
재정립
의사결정 체계 합리화,
안전성 확인 과정의 절차화 추진

4 투명한
정보공개
원자력 안전 관련 정보의 적극적 공개 및
정보제공플랫폼 구축

5 방사선 위험
안전망 확보
후쿠시마 오염수 방류 대비, 인접국 원전사고
위험 대비, 직업상 피폭근로자 건강권 보호

6 국가별 맞춤형
규제 지원
체코, 폴란드 등
국가별 맞춤형 규제 지원

7 미래 대비
인프라 확충
사용후핵연료 안전성 확인,
기후변화·드론 위협 철저 대비

원자력안전위원회

소형모듈원자로(SMR)의 안전성 확인 체계를 선제적으로 마련
하여 **국가적 추진 사업의 불확실성을 해소**

“2023년부터 국가 프로젝트로 진행되는 혁신형 SMR개발이 안전하고 효율적
으로 추진될 수 있도록 ①설계시 고려해야 할 안전목표 요건 등을 우선적으로 제
시하고, ②개발자와의 소통을 통해 안전현안을 설계단계부터 사전 검토하는 시
스템을 운영하며, ③개발자들이 표준설계인가를 신청(2026년 예상)하기 전까지
기술기준을 마련할 계획이다.”

- (방향제시) i-SMR, 비경수형 원전 등 신규 노형에 대한 안전성 확인 기본방향
과 원칙 선제 제시로 안전하고 효율적인 개발 기반 마련('23.상)

➡ i-SMR 개발 일정을 감안, 설계시 고려해야 할 안전목표·요건 등을
우선적으로 제시하고, **비경수형 원자로 등에 대해서도 순차 제시**

- (SMART 100) 한-사우디가 공동으로 신청한 SMART 100(110MWe)의
표준설계인가 안전성 심사 완료('23.상) 후 원안위 상정 예정('23.하)
※ 해외 수출 지원을 위해 SMART 100의 영문심사보고서 작성·제공

결언

- 2050년 탄소중립달성을 위해서는 전원섹터에서, 기존 원자력/화석연료 중심에서 원자력/신재생/수소터빈 발전원 중심으로의 패러다임 전환이 요구됨.
- 미국과 프랑스의 신규 대형원전 사업이 위기를 맞고 있는 상황에서, 투자불확실성 해소방안을 제시하고 안전성/탄력성의 경쟁력을 갖춘 SMR이 대안으로 급부상하고 있음.
- 지난 60여년간 우리나라 원자력계는 도입기/체화기/국산화기를 성공적으로 완수하였으며, 이제 선도기로의 체제전환이라는 숙제가 주어짐.
- 우리 원자력계가 세계를 선도하고 초격차를 달성하기 위해서는 다음과 같은 체질개선이 필요함.
 - ✓ 공공기관 중심 원자력 산업체계 → **경쟁기반 민간중심 원자력 산업체계**
 - ✓ 설계 중심 → **실증 중심**
 - ✓ 독점적 차세대 원자로 개발 체제 → **경쟁적 차세대 원자로 개발 체제**
 - ✓ 차세대 SMR 개발 스타트업 ZERO → **원자력 스타트업 육성**
 - ✓ 원자력규제체제 선진화



감사합니다.