

AI·탄소중립 시대, SMR 생태계의 역할과 의미

# 교육용원자로 구축을 통한 차세대원자력 선도인력 양성 방안

2026. 5. 6. (수)

심형진 교수 | 서울대학교 원자핵공학과  
| 서울대학교 원자력미래기술정책연구소  
원자력정책센터



**NUCLEAR ENGINEERING**

서울대학교 공과대학 원자핵공학과

# 목 차

## 1. 차세대원자력 연구개발체계 진단

- ① 종이원자로
- ② 독점식 원자로 연구개발

## 2. 차세대원자력 선진 연구개발 체계 구축 전략

- ① 차세대원자력 실증연구의 허브 - 문무대왕과학연구소
- ② 실험/체득 중심의 차세대원자력 선도인력 양성 - 원자력공동캠퍼스

## 3. 마무리

# 차세대원자력? – 12대 국가전략기술에서

도전



원자력 기술에 대한 선도국의 기술통제·경쟁 격화 → 핵심기술 내재화 및 기술자립 필수  
탄소중립, 첨단산업 발전 등으로 산업 수요 증가 예상 → 신시장을 개척을 위한 선진원자력시스템 확보

비전



탄소중립에 기여하고 세계 시장을 선도하는 차세대 원자력 강국 도약

중점기술  
임무  
(30년)



소형모듈원자로(SMR)

글로벌 경쟁력을 갖춘  
세계 최고 수준의  
경수로형 SMR 확보

선진원자력시스템

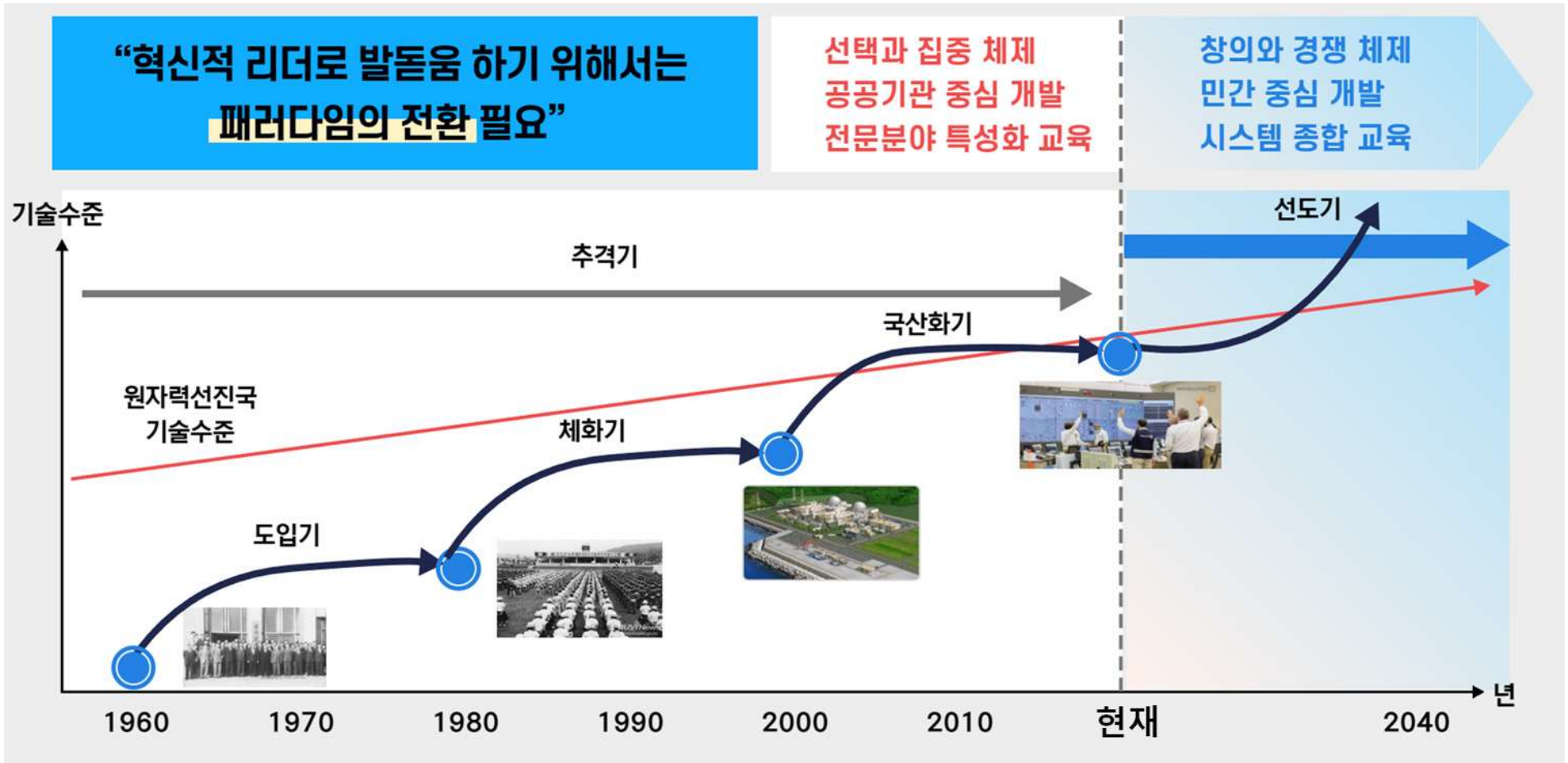
국가 에너지 안보와  
탄소중립 실현을 위한  
선진원자력시스템 확보

폐기물관리

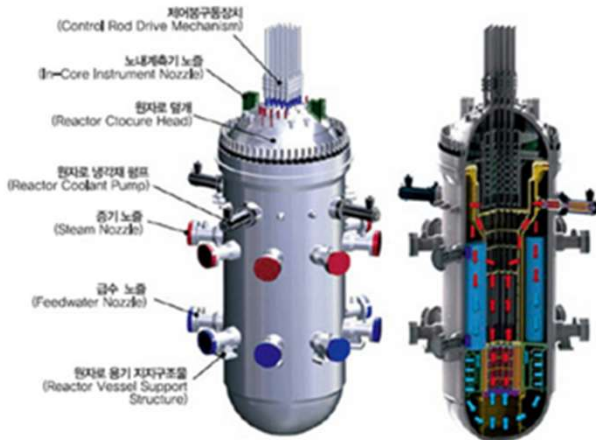
지속가능한원자력이용을위한  
고준위 방사성폐기물  
전주기 안전관리체계 확보

국가과학기술자문회의, '국가전략기술 임무중심 전략로드맵', 2024.02.01.

# 원전산업 및 원자력 R&D – 추격기에서 선도기 체제로



# ① 원자력 R&D, 설계에서 실증으로 – 종이원자로 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 소동냉각고속로,  
초고온가스로 등은 결국 종이 원자로?



?? 결국은 부지 문제?

## ② 차세대원자력 R&D 경쟁체제 구축의 어려움

- '23.07., 혁신형 SMR 기술개발 사업단 출범 (원코리아 전략)
- '24.06., 국가과학기술자문회의, '차세대원자력 확보를 위한 기술개발 및 실증 추진방안' 의결
- '24.08., New Clear 1단계 사업 기획 방향 변경 (**경쟁체제 미비**)
- '24.09., 해양용 용융염원자로 개발사업 기획
- '26.04., 해양용 용융염원자로 예타조사대상 선정

국산 원자력선박 2037년 띄운다...MSR 예타 막차



홈 > 정책 > 정부

### 한국형 차세대원자로 실증 프로그램 'K-ARDP' 도입

8 김소연 기자 | 2024.06.10 15:50 | 수정 2024.06.10 16:33 | 댓글 0

가 가

태양전지 x AI, 신약 x AI, 원자력 x AI, 핵융합 x AI, 우주 x AI, 양자 x AI, 소재 x AI, 시과학자, 반도체 x AI

과학기술정보통신부, 총 2조5000억원 투입 '...기술개발 및 실증 추진방안' 심의·의결  
i-SMR 독자 설계·민간 영역 확장 등 연말까지 '로드맵' 수립 "시세대 비전제시"

### 국가 과학난제 미션 도출

#### SI로 과학난제 해결, 과학기술로 SI 한계를 돌파

<p><b>신약 x AI</b></p> <p>AI 융합으로 신약개발속도 10배 이상 증가</p>	<p><b>BCI x AI</b></p> <p>사람의 신체·인지능력 증진을 위한 뇌 임플란트 상용화</p>	<p><b>원자력 x AI</b></p> <p>2050년 해양수송 탈탄소화를 위한 친환경 SMR 선박 조기 실현</p>	<p><b>핵융합 x AI</b></p> <p>한국형 핵융합 소형 실증로 개발 및 전력생산 실증</p>
<p><b>태양전지 x AI</b></p> <p>보급형 초고효율 다중접합 태양광 모듈 개발로 글로벌 시장 선점</p>	<p><b>휴머노이드</b></p> <p>미래의 동반자, 휴머노이드와 함께 성장하는 공존사회</p>	<p><b>파지컬시 범용모델</b></p> <p>범용 파지컬 AI 모델-컴퓨팅 플랫폼 내재화</p>	<p><b>우주 x AI</b></p> <p>우주 데이터센터 핵심-원천기술 확보</p>
<p><b>소재 x AI</b></p> <p>희토류 안전 인성국가 실현</p>	<p><b>시과학자</b></p> <p>세계 최고 수준의 AI 과학자 개발</p>	<p><b>반도체 x AI</b></p> <p>초지능 인공지능(AI)을 위한 초고성능·저전력 AI 가속기 구현</p>	<p><b>양자 x AI</b></p> <p>오류정정 양자컴퓨터 개발 및 산업 난제 해결</p>

# 차세대원자력 R&D 생태계의 현주소



국내 차세대 SMR 스타트업 수 = (사실상) **0 개**



공공기관 중심의 원자로 개발 체계



민간 원자로 개발을 위한 장기간 고비용 투자 요구



국내 기업	해외 파트너 / 노형	협력 형태	투자 금액	시기	주요 협력 내용 및 현황
SK그룹	TerraPower (미국) · 나트륨 냉각고속로	지분투자 (선도)	2.5억 달러	2022.8	HD현대·두산 참여. 와이오밍주 나트륨 실증로 건설 추진.
삼성물산	NuScale Power (미국) · 경수로 일체형	지분투자 (3.8%)	7,000만 달러	2021~2022	루마니아 FEED 수행. 에스토니아·스웨덴·폴란드 MOU.
현대건설	Holtec International (미국) · SMR-300	독점 EPC 협약	— (보조금 4억\$)	2021.11~	펠리세이즈 SMR-300 EPC 추진. 영국 입찰 최종 후보 선정.
두산에너지빌리티	X-energy (미국) · 고온가스로 Xe-100	지분+기자재 공급	~500만 달러	2023	기자재 공급 협약. 텍사스 건설허가 신청. 아마존·한수원 MOU.
두산에너지빌리티	NuScale Power (미국) · 경수로 일체형	기자재 공급	—	2023~2024	주기기 3종(보호용기·지지구조) 제작 용역. 2024.12 공식 선정.
DL이앤씨	X-energy (미국) · 고온가스로 Xe-100	지분투자 (CB)	2,000만 달러	2023.1	Xe-100 EPC 수주 목표(2029~). 필리핀 메탈코 MOU.
GS Energy	NuScale Power (미국) · 경수로 일체형	지분 투자	미공개	2022	NuScale SMR 기술 투자. 국내 SMR 도입 검토 목적.
삼성중공업	Seaborg (덴마크) · 용융염원자로(MSR)	부유식 SMR 개발	—	2022~	상업용 부유식 MSR 개발 협력. 조선 기술 접목.
HD한국조선해양	TerraPower (미국) · 나트륨 냉각고속로	R&D 인력 파견	—	2022~	R&D팀 파견 확대. 부유식 SMR 독자 사업 개발 추진.
한화오션	Seaborg (덴마크) · 용융염원자로(MSR)	부유식 SMR 협력	—	~2024	인도네시아 해상 SMR 사업 검토. 10대 그룹 7번째 참여.

# 차세대원자력 R&D 선진생태계 구축 전략

차세대원자력 R&D 선진 생태계

차세대원자력 실증연구의 허브,  
문무대왕과학연구소(MARINS)

실험과 체득 중심의  
차세대원자력 선도인력양성

*종이원자로 문제*

*'의대에 미친 한국' 문제*

# ① 차세대원자력 실증연구의 허브 - 문무대왕과학연구소



우상익, 「문무대왕과학연구소」 구축 현황 및 계획, 한국원자력연구원 (2026.03.30.)

# 문무대왕과학연구소 구축 현황 (1/2)

2022.8.



2026.1.



이상익, 「문무대왕과학연구소」 구축 현황 및 계획, 한국원자력연구원 (2026.03.30.)

# 문무대왕과학연구소 구축 현황 (2/2)

No.	시설명	기능
①	연구행정시설 ( <u>본관동</u> )	첨단연구동 I
		첨단연구동 II
		행정동(본관)
		전력·통신시설
		중앙기계실
②	보안관리시설	보안통제시설
		<u>원자력비상훈련통제시설</u>
③	환경관리시설	방사선감시·방재시설
		<u>오폐수처리시설</u>
④	<u>방폐물관리시설</u>	<u>저준위방폐물 종합처리시설</u>
		방사성폐기물 저장시설
		자연증발처리시설
⑤	정밀분석시설	방사성폐기물 정밀분석시설
⑥	폐기물저장시설	자체처분대상폐기물 저장시설
⑦	교육협력시설 (화랑관)	교육훈련시설
		기술협력센터

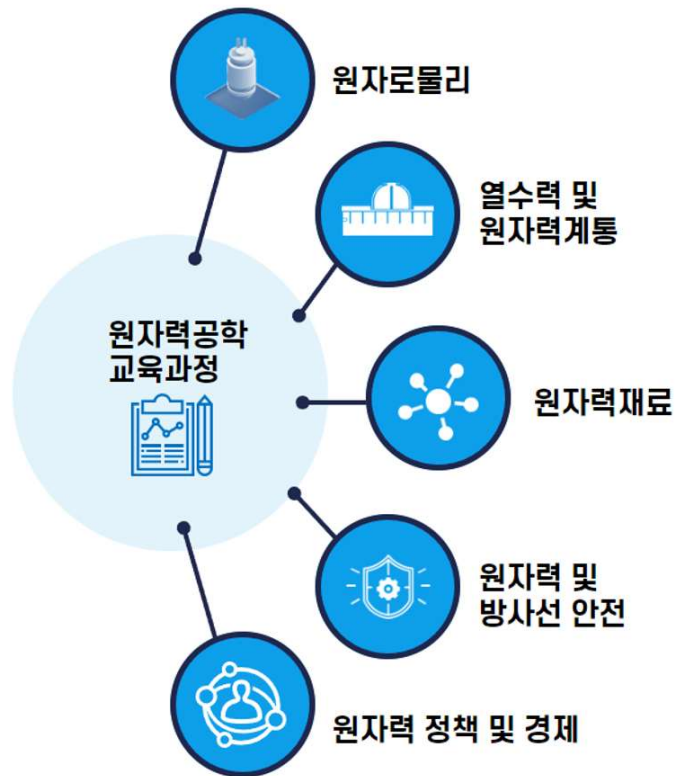


이상익, 「문무대왕과학연구소」 구축 현황 및 계획, 한국원자력연구원 (2026.03.30.)

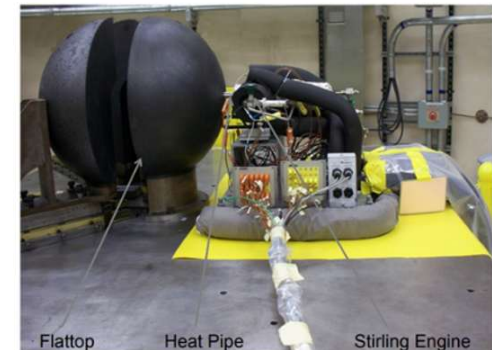
## ② 원자력공동캠퍼스의 필요성: 원자력 창의/선도 인력양성 체계 구축

원자력시스템 분야별 전문가

최고급 선도 인력 양성



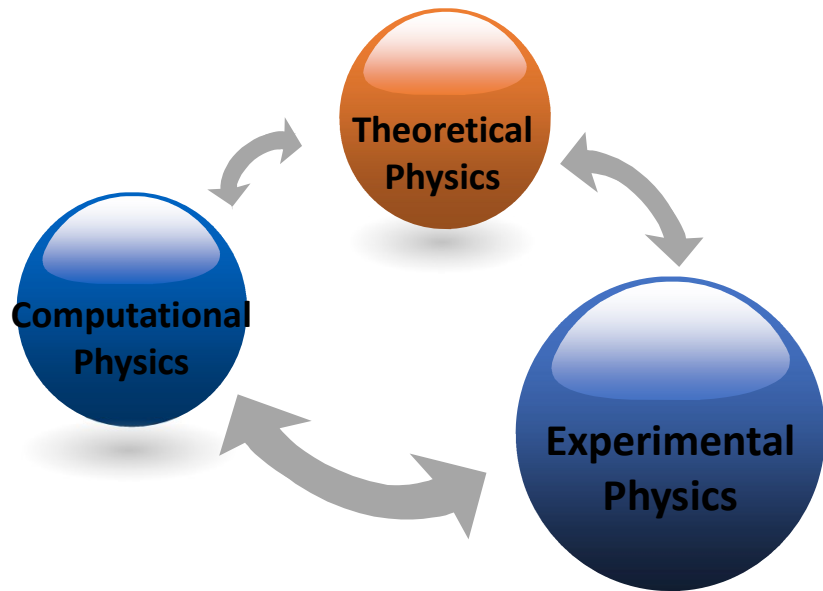
문무대왕과학연구소 연계 원자력공동캠퍼스



DUFF (Demonstration Using Flattop Fissions, 2012)

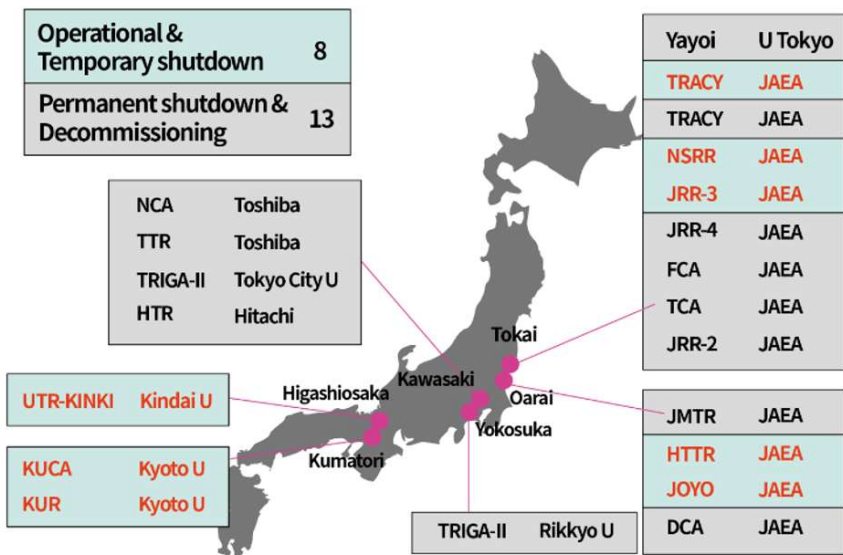
# 왜 임계시설인가? – 차세대원자력 분야 인재양성의 출발점

## 오리건 주립대학의 원자력공학과와의 거대실험 시설



# 왜 임계시설인가? (2/2)

## 일본의 연구용원자로 현황



- \* 국내 교육현황 :
- 학부생 경희대 임계시설('76년 美 콜로라도大 기증) 이용
  - 대학원생 해외시설(일본 등) 위탁교육



# 대학 임계시설에 대한 수요조사: 교육 + 연구

- (수요조사) 2022년 5월, 12개 전국 원자력유관 학과(부)의 학과장 및 전공주임교수를 대상으로 원자력 공동캠퍼스 조성 수요 조사 실시

Q1. 국내 미래 원자로 개발 선도인력 양성을 위한 최신 교육/연구용 임계실험장치의 개발 및 운영이 필요하다고 생각하십니까?	① 매우필요	② 필요	③ 불필요	④ 의견없음
	10	2	0	0
Q2. 신규 교육/연구용 임계실험장치를 활용한 실험·실습 전문교육과정 운영 시, 귀 대학에서는 매년 몇 명의 대학(원)생이 수강할 것으로 예상하십니까?(주관식)	총 170명 (10개 대학 응답결과)			
Q3. 교육/연구용 임계실험장치를 기반으로 한 원자력 공동캠퍼스의 설립이 필요하다고 생각하십니까?	① 매우필요	② 필요	③ 불필요	④ 의견없음
	10	1	0	1
Q4. 경주 감포읍에 위치할 문무대왕과학연구소 부지 내에 원자력 공동캠퍼스를 설립한다면 귀 학과에서 참여하실 의사가 있으십니까?	① 참여		② 미참여	
	11		1	

- (기타의견)

- ✓ 어떤 노형의 임계시설을 지을 것인가?
- ✓ 교육용 임계시설보다는 연구용 임계시설을 선호한다.
- ✓ 경희대 AGN-201K와는 무엇이 다른가?

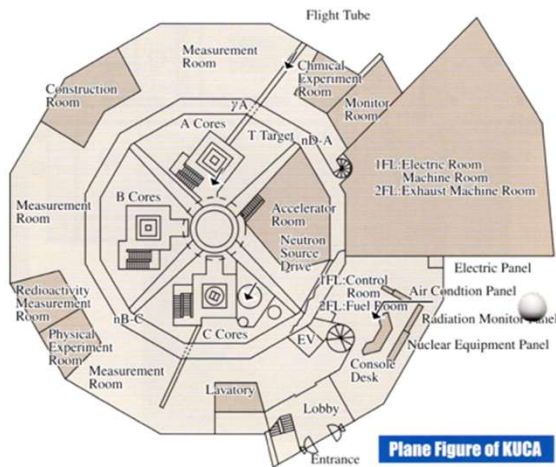


교육용 임계시설 1식  
+  
연구용 임계시설 1식+α

# 서울대, 원자력공동캠퍼스 정책연구사업 수행

◎ 서울대, '문무대왕과학연구소 내, 대학 연구 및 교육시설 구축방안 수립' 위탁연구 수행 ('23.1~'23.12)

- 원자력공동캠퍼스 조성안 도출
- 교육용 습식 임계시설 예비개념설계
- 연구용 다목적 임계시설 운영안 도출



교육용 임계시설 1식  
+  
연구용 임계시설 1식  
+  
공동 제어실

(KUCA의 공동제어실  
개념으로 동시에 두 개  
원자로 제어는 불가능)

# 한국원자력연구원, 원자력공동캠퍼스 설립 사업 수행

## ◎ 한국원자력연구원, '글로벌 원자력 공동캠퍼스 설립' 사업 수행

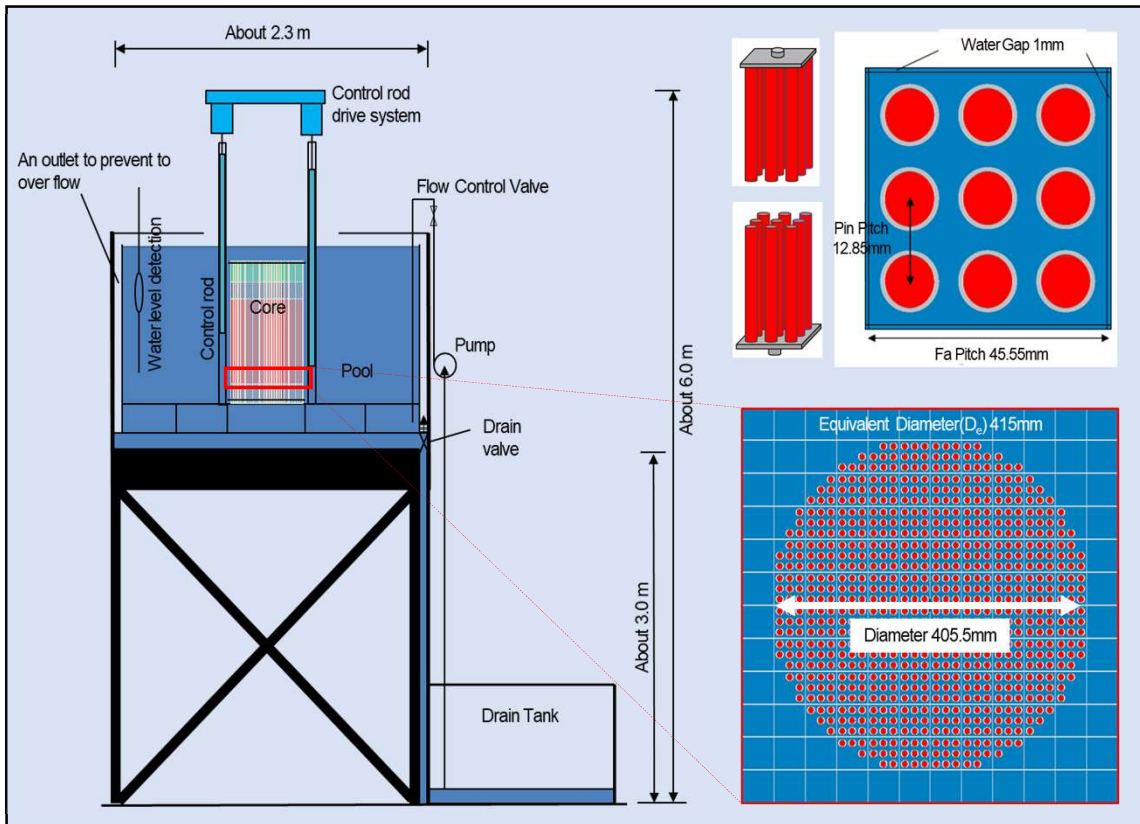
- (사업목적) 원자력기초 실험·실습 교육용 저출력 임계실험시설 구축 및 글로벌 인력양성 프로그램 개발
- (사업기간/총사업비) 2024년~2028년(5년) / 총 450억원(국비 290억원, 지방비 160억원)
- (기대효과) 문무대왕과학연구소의 개발·실증기능과 임계시설의 교육·연구기능 연계를 통한 시너지 창출

설계일정표



# 교육용 임계시설 개념도

<임계시설 개념도>



<설계요건>

Contents	Requirements
Maximum power	10 W <sub>th</sub>
Reactor	Open-pool type
Fuel	Rod type, UO <sub>2</sub> (same with APR1400)
Moderator/Reflector	H <sub>2</sub> O
Reactivity control	Control rod (B <sub>4</sub> C)
First shutdown system	Drop of control rod
Second shutdown system	Dumping of water
Excess reactivity	< 500 pcm
Shutdown margin	> 1000 pcm
Isothermal temp. coeff.	Negative (> 15 °C)
Neutron flux	< 10 <sup>8</sup> n.cm <sup>2</sup> /sec

# 글로벌 원자력공동캠퍼스는 원자력 선도인력 양성의 핵심 축

