

혁신형 소형모듈원자로(i-SMR) 기술현황과 발전방향

2023.04.27

혁신형 소형모듈원자로 기술개발사업단



CONTENTS



01 소형 모듈 원자로(SMR) 개요

02 i-SMR 사업추진 경과

03 i-SMR 기술개발 계획

04 i-SMR 설계특성

05 i-SMR 산업 생태계

01 소형 모듈 원자로 (SMR) 개요

• SMR(Small Modular Reactor) 정의

원자로 모듈의 공장 생산이 가능한 전기 출력 300 MWe 이하의 원자로

SMR 장점

안전성

- 소형 원자로 고유의 안전성
- 사고 대응에 효과적
- 방사선 영향 저감

투자용이성

- 초기 재원조달 경감
- 주요기기 공장제작/ 모듈화
- 건설 지연 리스크 저감

유연성

- 소규모 전력망을 위한 발전원
- 신재생 간헐성 보완
- 다양한 활용 담수/열/수소

시장

146조원/년 '30년 ~ '40년

석탄 화력 발전 대체

On-grid

국제 시장 규모

100조원 이상

경쟁 전력원

천연가스

오지

Off-grid

시장 규모

30조원

경쟁 전력원

디젤

중공업 증기 공급

Off-grid

시장 규모

12조원

경쟁 전력원

천연가스

광산

Off-grid

시장 규모

3.5조원

경쟁 전력원

디젤

한국, 미국, 러시아, 중국 등에서 80종 이상 개발 중

※ 참조

- 13th INPRO Dialogue Forum
- "Small Modular Reactors Update on International Technology Development Activities"
- OECD NEA 2021, "Small Modular Reactors: Challenges and Opportunities"

02 i-SMR 사업추진 경과

'19.6~

산학연 공동 SMR 개발방안 협의

'21.4~

혁신형 SMR 국회 포럼

- 총 3회 개최, 의원 20명 참여
- 1차 SMR 필요성 및 개발 방향
- 2차 개발 전략 및 수출환경 조성
- 3차 세계 SMR 개발 이슈 및 성공 전략
- 재원(정부 예타) 및 제도 개선 지원 협의



'21~

혁신형 SMR 기본 설계 수행

기간: '21년 ~ '23년 3년

한수원/원자력연구원 등 참여

'23.2~

i-SMR 기술개발 사업단 설립

- 정부 예비타당성 조사 통과

기간: '23년 ~ '28년 6년

예산: 3,992억원

- i-SMR 기술개발사업단 설립

• 사업단 법인 설립: '23.2.6

• i-SMR 과제 착수: '23.5 (예정)

• i-SMR 사업단 출범식: '23.5 (예정)

03 i-SMR 기술개발 계획 (1/2)

혁신형 소형모듈원자로(i-SMR) 개발 기본방향

기대효과



안전성

- 전기 및 조작이 필요 없는 피동 안전계통 도입
- 중대사고 발생가능성 실질적 배제
- 사고에 대한 저항성 획기적 증대



- 대형원전보다 **안전성 1,000배 향상**
- **주민대피 불필요**



경제성

- 일체형원자로 모듈의 공장제작
- 계통 공유 및 단순화
- 첨단 기술을 적용한 운영(운전/유지보수)



- **모듈화를 통한 건설비 절감**
- **4차 산업혁명기술 적용을 통한 운영비 절감**
- 대형원전 수준의 경제성 확보



유연성

- 탄력운전 능력 극대화
- 다용도 활용이 가능하도록 설계 및 검증



- 재생에너지 **간헐성 보완**
- 수소 생산 등 **다목적 활용**



산업계

2021

2022

2023

2024

2025

2026

2027

2028

기본 설계



정부과제

예타 심사

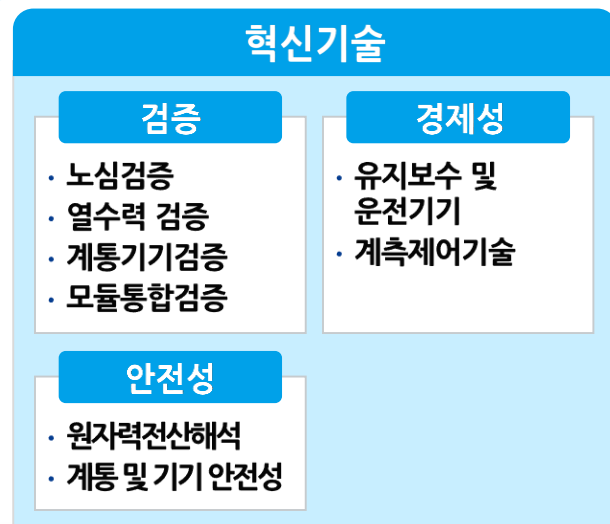
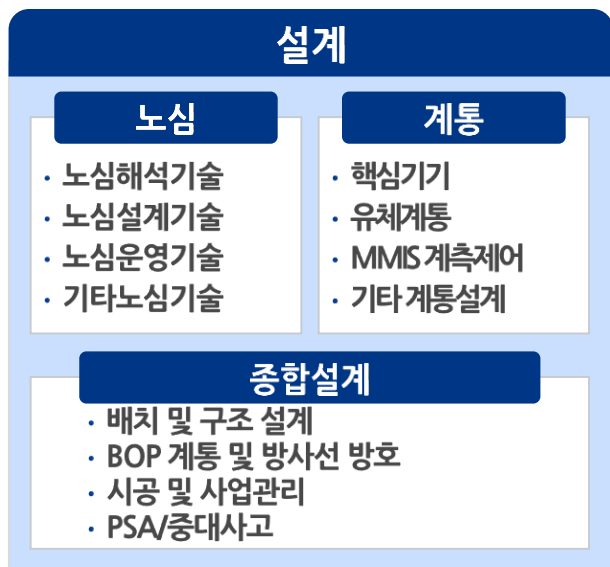
표준 설계

인허가

혁신기술 (개발 / 제조 / 검증)

03 i-SMR 기술개발 계획 (2/2)

혁신형 소형모듈원자로 개발의 **쏠분야**를 설계, 혁신기술, 제조기술의 **3개 내역사업으로 구성**, 내역사업별 **중점분야** 및 세부과제를 구성



04 i-SMR 설계 특성 (1/2)

혁신형 SMR 설계 특성

일체형 원자로

- 위험적인 냉각재 유출 사고 원천적 배제
- 사고 대응에 효과적
- 공장생산 및 현장조립 최적화

피동형 안전계통

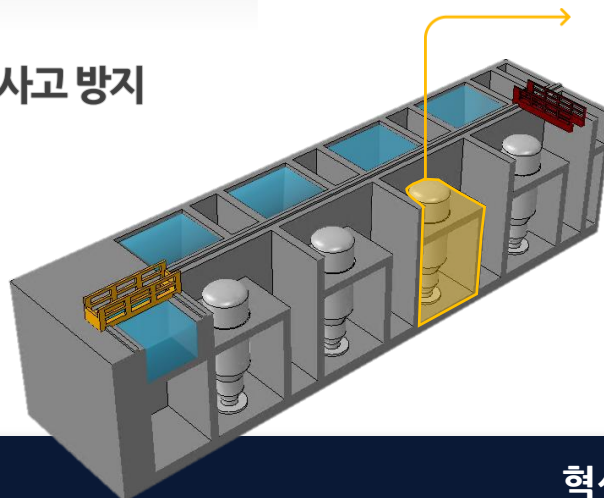
- 전력 및 운전원 조작이 필요 없는 피동 안전계통
- 단순화로 공장요소 및 정비수요 저감
- 현재 대비 사고 가능성 1/100 이하

무봉산 운전

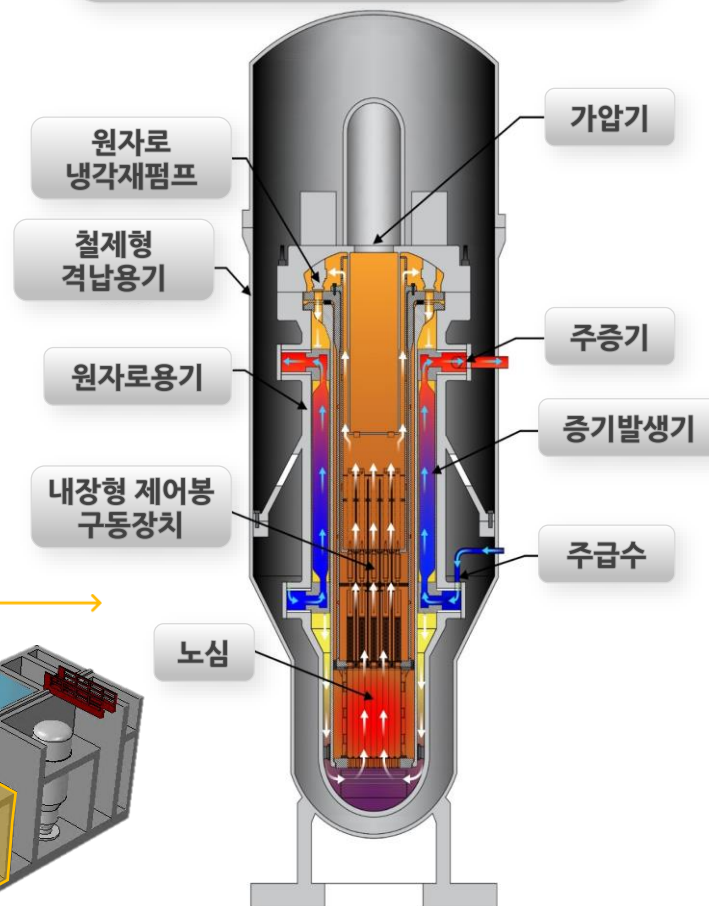
- 액체 폐기물 발생량 저감
- 장기적인 피동냉각 가능
- 내장형 제어봉 구동장치로 이탈사고 방지

복수 모듈 배치

- 통합 주제어실
- 대형 기기 및 계통 공유
- 운영 인력 저감



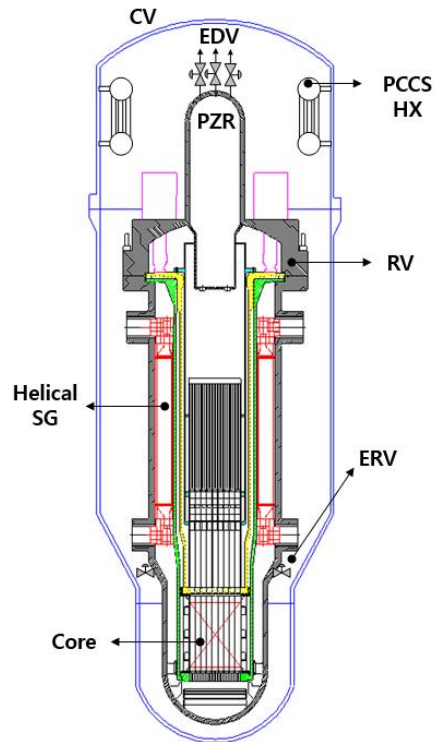
원자로 및 격납용기 설계



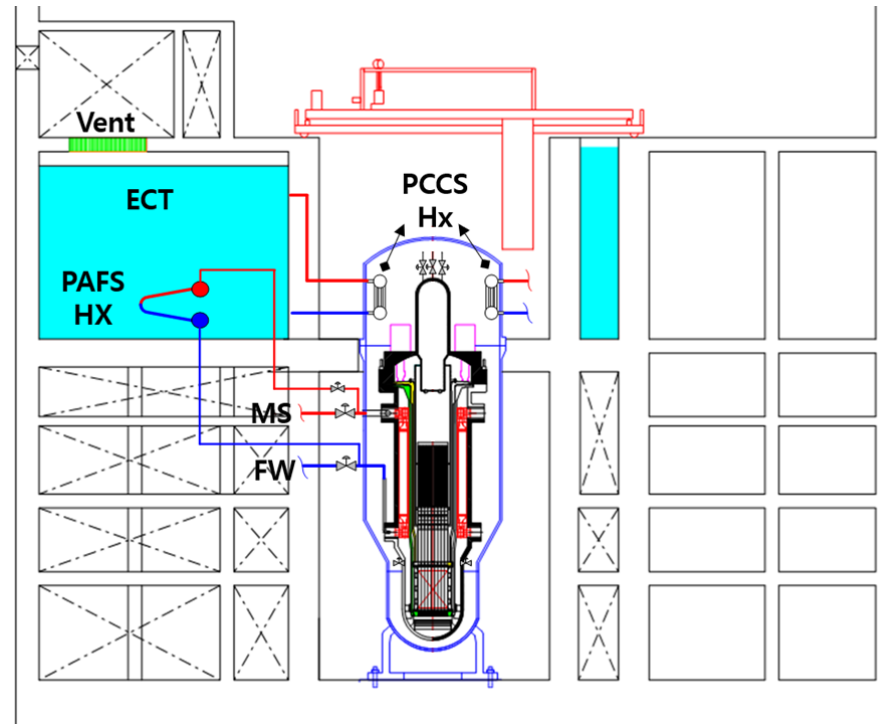
안전계통 설계

* ERV: Emergency Recirculation Valve
EDV: Emergency Depressurization Valve
ECT: Emergency Cooling Tank

- 안전급 AC/DC 전원이 없이 완전 피동형 안전계통
 - 피동 비상노심냉각계통 (ERV, EDV), 피동 격납용기 냉각계통(PCCS), 피동 보조급수계통(PAFS)

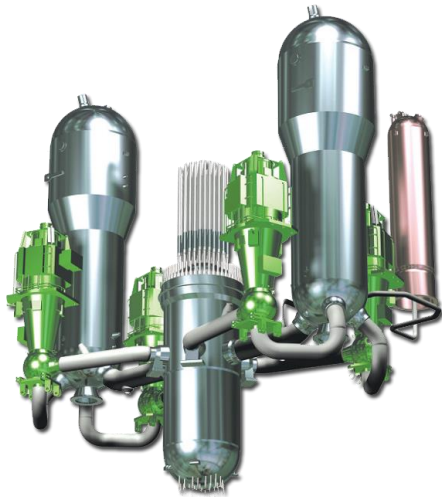


ECCS and PCCS in CV

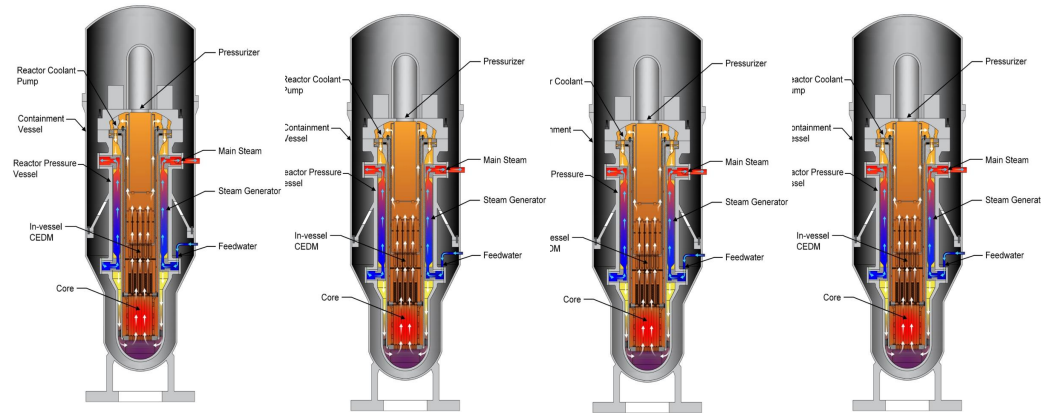


Configuration of passive safety system in reactor building

기존 대형 원전



SMR



기자재 물량

- 1기 건설시 대형 능동기기, 대용량 밸브가 소량 필요

예) 가압기 안전밸브 = 호기당 4대

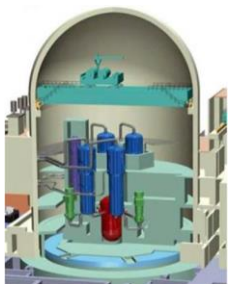
- 대형, 대용량 기기 → 소형화
- 운전성/안전성 확보에 필요한 밸브 등 핵심 기자재 수량 증가

예) 가압기 안전밸브 = 모듈당 2대 → 4개 모듈 건설시 8대 필요

4개 모듈 건설시 48,000개 이상의 밸브, 1,200개 이상의 기계부품 등 제로물량 예상되어
소재 및 기자재산업 역량을 활용한 SMR 기자재 공급망 구축 필요

05 i-SMR 산업 생태계 (2/3)

기존 대형 원전



격납용기 변경

- 대형 콘크리트 구조의 격납용기

혁신제작기술

- 잠호용접 방식으로 많은 작업시간 소요
- 주조/단조/가공/용접 등 다수의 제작공정 필요

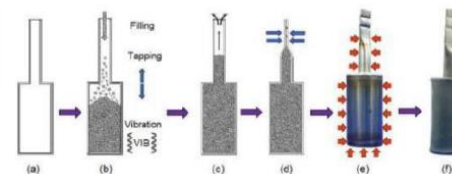
전자빔용접 (EBW)



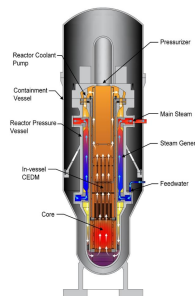
다이오드 레이저클래딩 (DLC)



PM-HIP



SMR

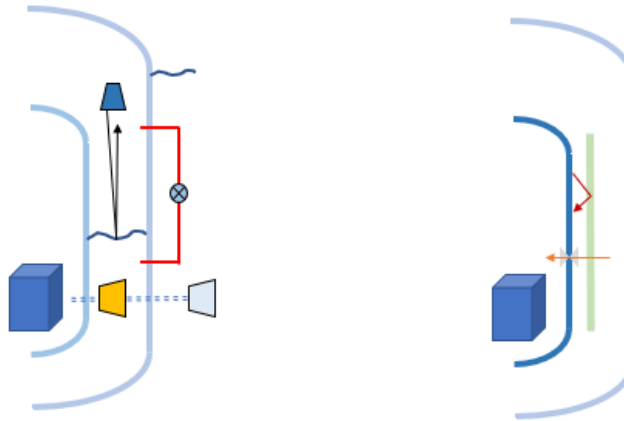


- **저합금강(SA508) 철제형 격납용기**
- 격납용기 제작기간/비용이 SMR 경제성에 영향이 큼

- **전자빔용접 기술** 적용으로 제작시간 획기적 단축 필요
- 다이오드레이저를 통한 **클래딩 자동용접** 기술 적용
- **PM-HIP 기술적용**으로 복잡형상 제작 가공공정이 최소화

혁신형 SMR 경제성 확보를 위해 혁신제조기술 적용이 필수적이므로, 소재가공, 제작기술 분야에서도 신규 제조기술 도입, 자체기술 확보 노력이 필요

SMR용 계측기



운전 환경조건

- 정상운전조건에서도 고온 환경 노출(~200C)
- 사고조건시 기존 원전 대비 고압(~5MPa)
- 설치 및 유지보수 공간이 매우 협소

필요 계측기

- Radar 방식의 수위 측정
- 노외중성자속 계측을 격납용기 외부에서 측정 필요
- 초음파 등 비차압식 RCP 유량 계측
- 전송기 등 고온 환경에 민감한 부품은 격납용기 외 배치 필요

새로운 계측기기 개발이 필요하고, 고온/고압 조건에서의 계측기기 건전성 및 생존성 확인을 위한 기기검증 수요가 대폭 증가될 것으로 예상되어 SMR용 기기검증 시스템 확충 필요

경청해 주셔서
감사합니다.

