

2021년 한국원자력학회 춘계학술대회 워크숍, 경수로형SMR 기술개발, 2021년5월12일  
- Green Energy를 위한 원자력의 역할 -

# 육상분야 소형모듈원자로 (SMR)

## - SMART 개발 및 현황을 중심으로 -



SMART개발단 강한욱

한국원자력연구원  
Korea Atomic Energy Research Institute



# 목 차 / CONTENTS

## 1. SMR 개요

## 2. SMART 수출 및 상용화

## 3. SMART 혁신기술개발



# SMR 개요

KAERI

Korea Atomic Energy Research Institute

한국원자력연구원



## 국내외 동향

- ▶ (해외)글로벌 경쟁 심화, 신재생에너지 등 경쟁에너지원 급성장, 대규모 투자 부담 등 대형원전의 한계 직면

※ 英헝클리포인트C 2기 30조원, 美보글원전 2기 25조원 등 비용증가 추세

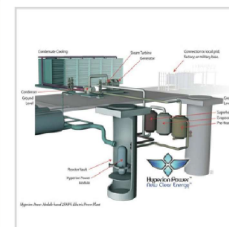
- ▶ (해외)SMR은 낮은 건설비와 기존 전력망 활용이 가능하다는 장점 때문에 미, 중, 러, 영 등 세계 각국이 SMR 진흥을 통한 주도권 확보 노력 중

※ 美新정부 국정과제('20), 英정부 에너지백서('20.12), 캐나다 SMR로드맵('18)

- ▶ (국내)한-사우디 SMART 동반자협력 및 소형원전 관심국 공동타당성 조사 등을 통해 SMART 수출을 지속 추진

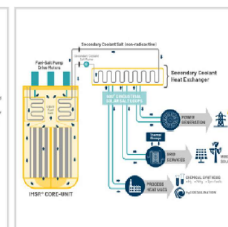
※ SMART 표준설계변경인가 공동신청('19.12, 원자력(연)-한수원-K.A.CARE)

- ▶ (국내)'20년대말 시장선도 경쟁력을 확보한 산학연 공동 i-SMR 개발



수소 생산

\*출처:  
Hyperion Power  
New Clear Energy



담수화, 열, 신재생 연계등

\*출처:  
Terrestrial Energy



부유식 전원, 선박동력

\*출처:  
KEPCO E&C

## [SMR의 장점]

## SMR 시장 전망

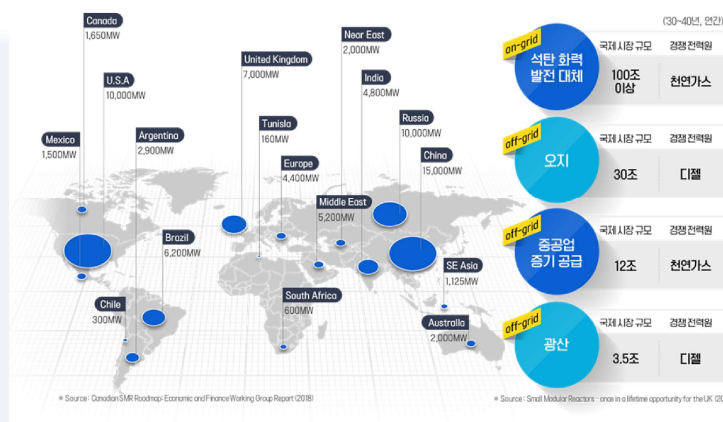
- ▶ (시장전망) '35년까지 126조원 규모 신규 건설시장 발생 전망

• 노후화력 대체를 위한 탄소제로 에너지 및 수소생산을 위한 열에너지 공급원으로서 소형 원전 부상 중

• '35년까지 23개국이 총 20.8 GWe의 SMR건설 전망(OECD/NEA, 2016), 자체기술 보유국을 제외하면 약 12.6 GWe(42~252기)의 시장 형성 예상

※ SMR 개발 과정에서의 건설비 증가 등 경제성을 지적하면서 기술 실현 가능성이 저조할 것이라는 비판적 전망도 제기\*

\* 마이클 슈나이더 'The World Nuclear Industry Status Report 2020' ('20.9월)

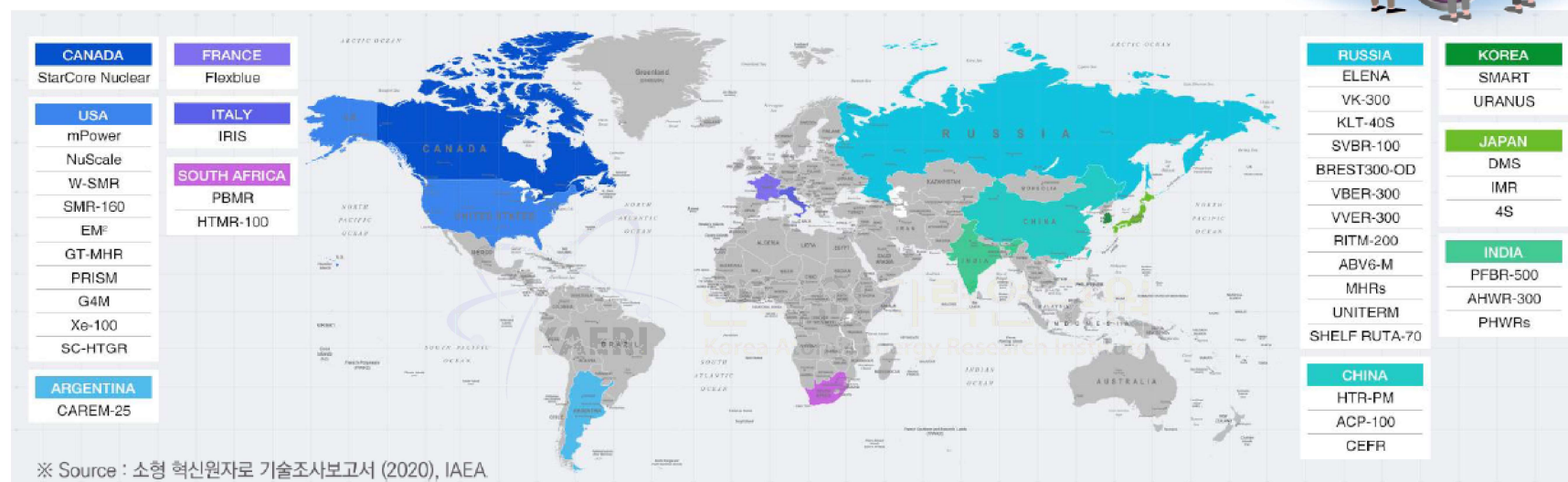


## [SMR 시장 전망]

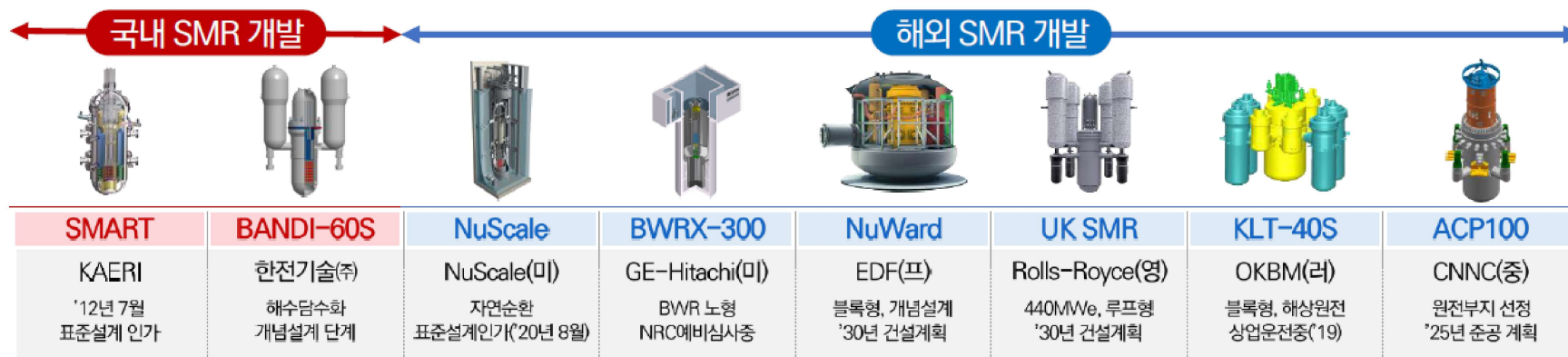




한국, 미국, 러시아, 중국 등에서 **70종 이상**의 **SMR** 개발 중



※ Source : 소형 혁신원자로 기술조사보고서 (2020), IAEA



\* 해외의 경우 미국의 NuScale 원전이 기술성, 사업성 측면에서 가장 앞서있다고 평가됨

총 71기  
노형이 개발 중으로  
미국, 러시아가 주도



개발 경험이  
가장 많은  
경수형이 주류

- 가압경수로(23기) 등 물 기반 원자로 31기
- 4세대 원전인 초고온가스로 14기, 고속중성자로 11기, 용융염로 10기 등 개발 중

개발 초기 단계로  
시장 형성중

- (개발단계) 개념설계 40기, 기본설계 5기 등 개발 초기단계
- 상용화를 앞둔 노형은 운영 1건, 건설 중 2건, 설계인증 2건 \* 수준

\* 한국 SMART 인증 2012년,  
미국 Nuscale 인증 2020.8월

※ IAEA 「Advances in Small Modular Reactor Technology Developments」 (\*20.9월)



# SMART 수출 및 상용화

KAERI

Korea Atomic Energy Research Institute

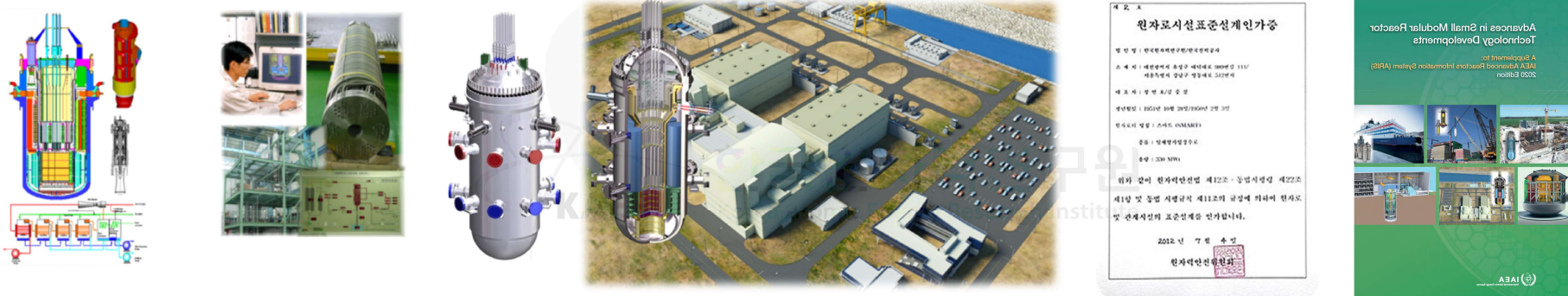




## SMART (소형모듈형원자로)

## ▶ 자립을 이룩한 원전기술을 활용하여 신성장동력 창출을 위한 '수출 전략형 원자로' 개발 필요

- '97년부터 소규모 전력생산 및 해수담수화 시장을 겨냥하여 소형 일체형원자로인 SMART 개발 착수
- 일체형원자로 중 세계 최초로 표준설계인가를 획득('12.7)하여 상용화 기반 마련
- 투입 예산: '12년 까지 3,134억원, '13-'19년까지 1,775억원 투입 (정부, 민간, 사우디)



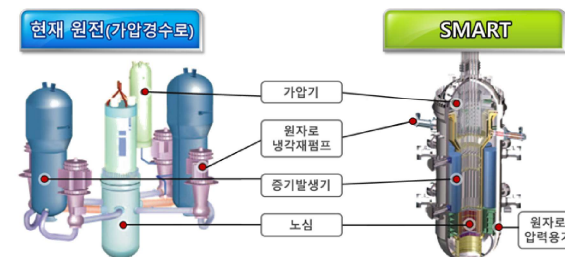
## SMART 기술개발 경과





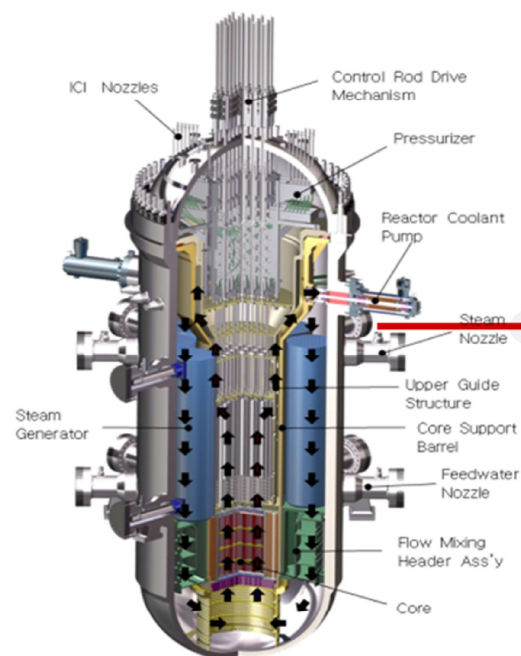
ALL IN ONE:

주요 기기를 하나로 합쳐 대형사고 가능성 원천 제거

System-integrated **Modular Advanced Reactor**

## Advanced Integral PWR

for Electricity Generation and District Heating or Desalination



Thermal : 365 MWt

Electricity : 100 MWe

Fresh Water : 40,000 t/day

Steam  
Transformer

Hot Water

Heat supply

Steam

Sea Water

Fresh  
Water

Desalination Plant



## 2-3 한-사우디 SMART 협력

10

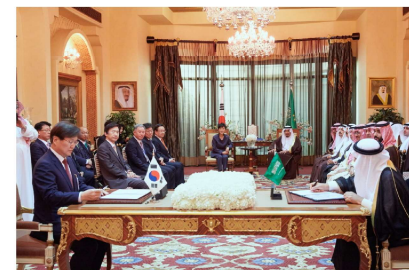
### 한-사우디 SMART 동반자 협력

▶ (MOU) SMART 설계와 사우디 시범 원자로 건설을 통한 기술 공유 및 이후 전 세계를 상대로 공동 상용화를 추진하는 동반자 협력 구축 ('15.3)

• (SMART 건설전설계(PPE)): '15.12~'18.11

- ✓ 사우디 부지 요건을 반영하여 안전성이 크게 향상된 원전 플랜트 기본설계 완료
- ✓ 인허가 문서(예비안전성분석보고서 등) 완성
- ✓ 사우디 파견생 48명 교육훈련

※ 총 사업비 1.3억 달러(사우디 1억달러, 한국 0.3억 달러)



[SMART 동반자협력 MOU('15.3)]



[PPE 협약서명('15.3)]

### SMART 최초 호기 건설 추진

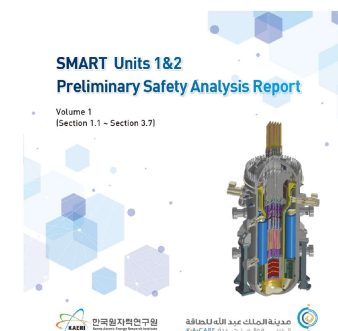
▶ SMART 건설 및 제3국 수출을 위한 한-사우디 협력 강화

• 제3국 공동진출을 포함하여 SMART 건설 및 대형원전 수출 촉진을 위한 협력 지속 추진

※ SMART 사우디 건설 및 제3국 수출사업은 한수원이 주관하여 수행 중

• 한-사우디 원자력 공동연구센터를 통한 협력관계 강화 (차세대 SMART 공동연구)

※ 제5차 한-사우디 SMART 운영위원회 개최 추진 ('21년 3분기)



[SMART 예비안전성분석보고서]

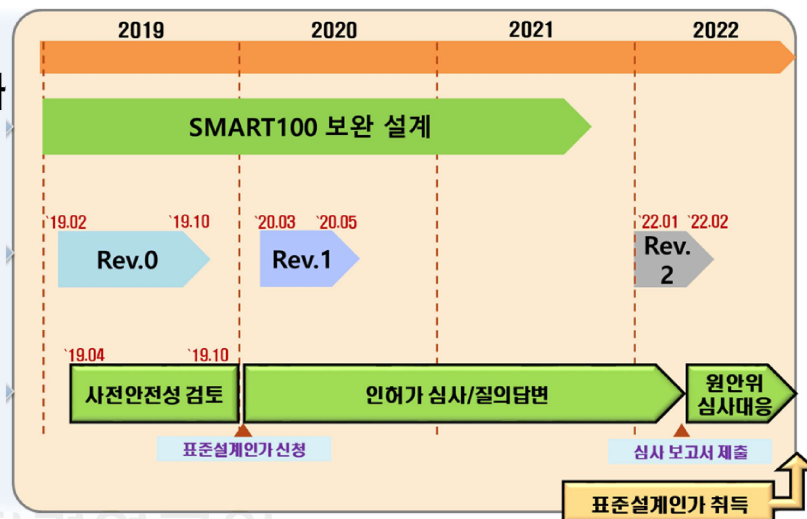


## 2-4 SMART 글로벌 상용화

11

### 표준설계변경인가

- ▶ PPE 사업 결과를 반영한 표준설계인가 획득을 통해 안전성과 인허가 시현성 확인 및 향후 SMART 수출 촉진
  - 건설 인허가 리스크 저감 및 사우디 규제 경험 축적을 위해 SMART 운영위원회를 통해 사우디가 필요성 제기
  - '19.12월 원자력(연)-한수원-K.A.CARE 3개 기관 공동으로 원안위에 SMART100 표준설계인가 신청
  - '22년 말 인가 획득 예정



[SMART 표준설계변경인가 로드맵]

### SMART 상용화 추진

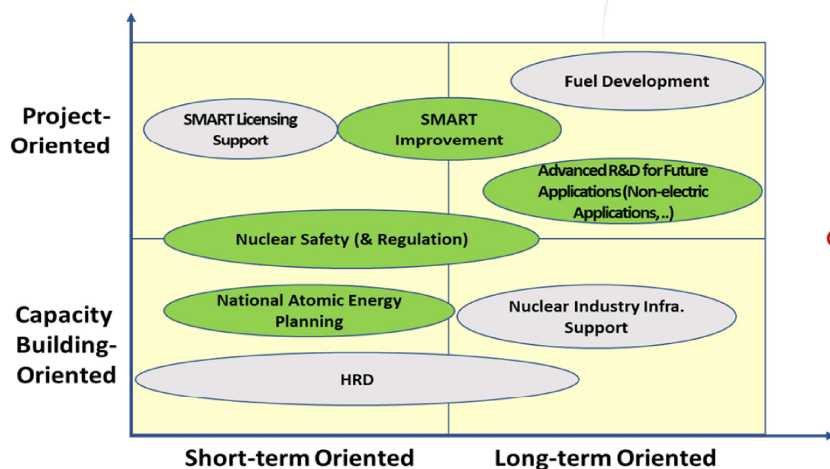
- ▶ 한수원과 협력하여 사우디 외 소형 원전 시장 진입 추진
    - SMART 도입을 위한 공동 타당성조사 수행 (인도네시아, 요르단, 필리핀)
    - SMART 도입 관심국 대상 기술정보서 송부 (체코, 인도네시아, 남아프리카공화국, 요르단, 영국, 캐나다 등)
  - ▶ 추가 수출국(체코, 남아공, 케냐 등) 발굴 및 국제기구(IAEA, OECD/NEA 등)를 통한 홍보 마케팅
    - (활용분야 다변화) 해수담수화, 지역난방, 클린 수소에너지 생산 등과 연계를 통한 수요 증대
- ※ SMART를 활용한 요르단 AAWDCP(담수생산 및 이송) 참여 타당성 검토 추진

## 2-5 한-사우디 원자력 공동연구센터

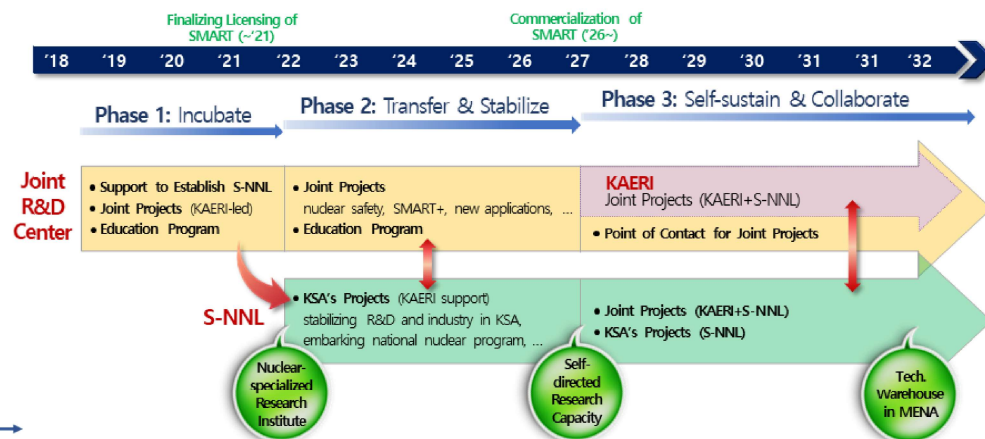
12

### 한-사우디 원자력 공동연구센터

- ▶ (목적) 한-사우디 동반자 협력 강화·확대 및 사우디의 원자력 연구개발 역량 구축 지원
- ▶ (협약) '19년 9월 IAEA 총회를 계기로 『원자력공동연구센터 설립 및 운영』 협약 체결
- ▶ (운영) '19년 12월 4개 공동연구과제에 대한 과제 협약 체결로 본격적인 운영 착수
  - 정책연구 및 원자력이용다변화 분야의 2개 과제는 6월 중 착수 예정
  - 공동연구 수행을 위해 K.A.CARE 파견 인력 7명 원자력(연) 상주
  - 협약에 규정된 자문위원회를 구성하여 공동연구 주기적 진행상황 및 현안 점검
    - ✓ 연구원-K.A.CARE 각 6명씩으로 구성되며, 3차례 자문위원회 개최



[ 한-사우디 공동연구분야 ]



[한-사우디 원자력 공동연구센터 로드맵]





# SMART 혁신기술개발

KAERI

Korea Atomic Energy Research Institute

한국원자력연구원



## SMART 혁신기술개발 필요성

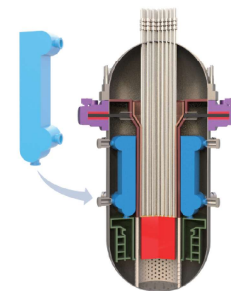
- ▶ 미국, 중국 등은 향후 중소형 원전 시장 확대를 예상하고, 소형원전 개발에 집중

※ (미국) NuScale, MPower 등, (중국) ACP100, HTR-PM 등, (러) KLT-40S 등

➡ SMART 수출 경쟁력 강화를 위해 경제성/안전성 향상 요소기술 개발 필요

- ▶ SMART 원전 건설을 추진중인 사우디 측도 자국내 1,2호기 건설 후 추가 건설 및 제3국 수출을 위한 SMART 수출 경쟁력 강화 필요성 제기

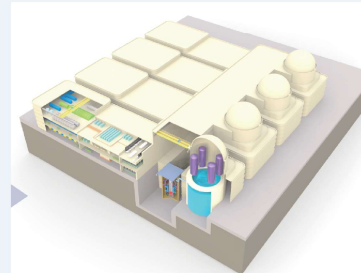
➡ 소형원전 분야에서 시장 주도권 및 기술적 우위 확보 필요



혁신형 SMART,  
200MWe



혁신형 SMART, 200MWe,  
육상 및 해상 운송 모두 용이



혁신형 SMART 플랜트 블록화 개념도,  
200MWe × 4기

## SMART 혁신기술개발사업 사업목표

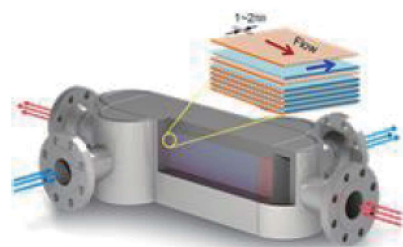
- ▶ (목표) SMART 수출경쟁력 강화 및 차세대 SMR 적용을 위한 혁신기술 개발

- (경제성) 출력증강 및 소형화, 모듈화를 통한 경제성 향상
- (안전성) 안전계통 최적화 및 혁신요소기술 개발을 통한 안전성 향상
- (공동연구) SMART 지식재산권을 공유하고 있는 사우디와 공동 연구 추진
- (국제기준) IAEA 일반원자로안전성검토(GRSR)를 통한 국제기준 충족 확인

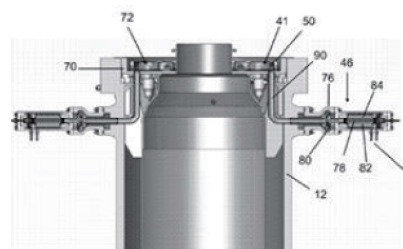
※ Generic Reactor Safety Review

KAERI

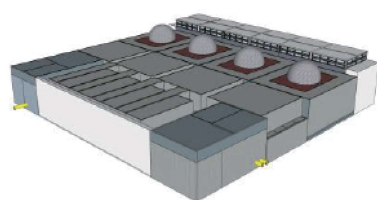
Korea Atomic Energy Research Institute



[인쇄기 판형 증기 발생기]



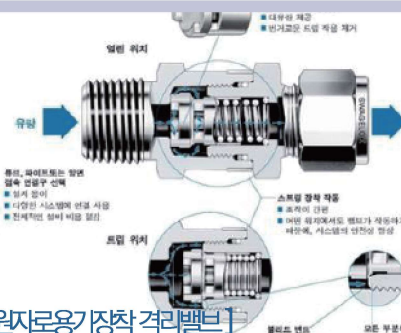
[원자로냉각재펌프]



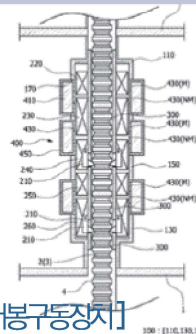
[다수호기 블록화(모듈화)]

## 〈혁신요소기술〉

- |                 |                 |
|-----------------|-----------------|
| · <b>경제성 향상</b> | · <b>안전성 향상</b> |
| - 인쇄기판형 증기발생기   | - 원자로용기장착 격리밸브  |
| - 원자로냉각재펌프      | - 피동안전계통 최적화    |
| - 다수호기 블록화(모듈화) | - 혁신안전등급전력생산기술  |
| - 지능형 자율운전 등    | - 내장형 제어봉구동장치 등 |



[원자로용기 장착 격리밸브]



### 「내장형 제어보구도장치」



더 나은 세상을 위한 원자력기술  
세계가 따라 배우는 원자력연구원

감사합니다



한국원자력연구원  
Korea Atomic Energy Research Institute