

더 나은 세상을 위한 원자력기술  
국민과 세계가 지지하는 한국원자력연구원



# SFR원형로(PGSFR) 개발 경과

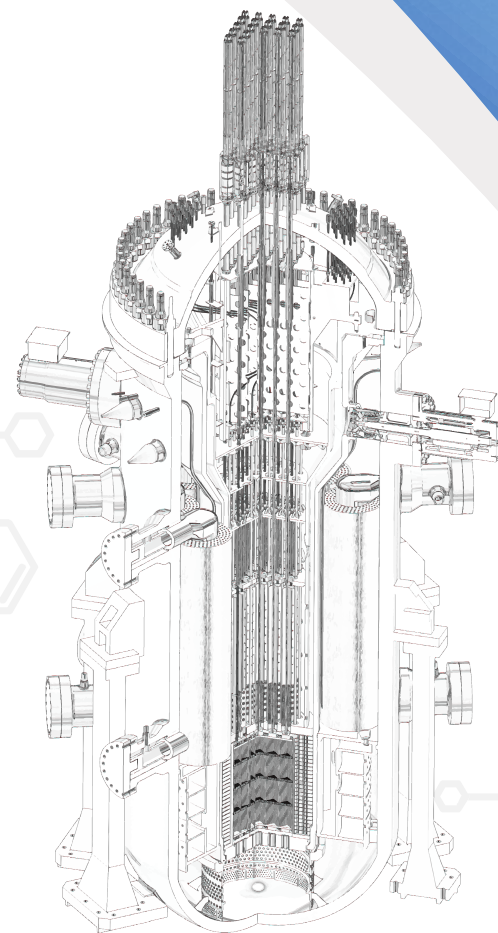
- SFR의 과거와 현재 -

KNS Workshop  
2025.05.21. 제주 컨벤션센터

이 제 환



**한국원자력연구원**  
Korea Atomic Energy Research Institute



더 나은 세상을 위한 원자력기술  
국민과 세계가 지지하는 한국원자력연구원



한국원자력연구원  
Korea Atomic Energy Research Institute

01 SFR 개발 배경

02 SFR원형로 프로그램

03 주요 성과

04 SFR 미래

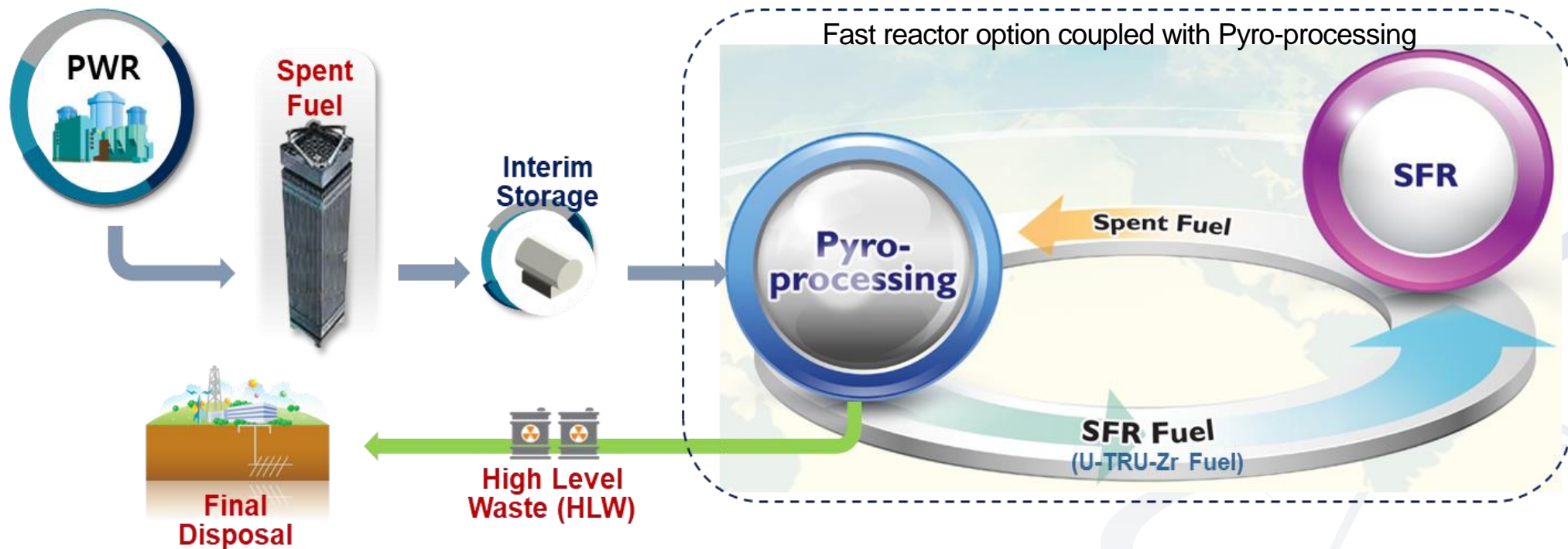
CONTENTS



# 사용후핵연료 관리 옵션

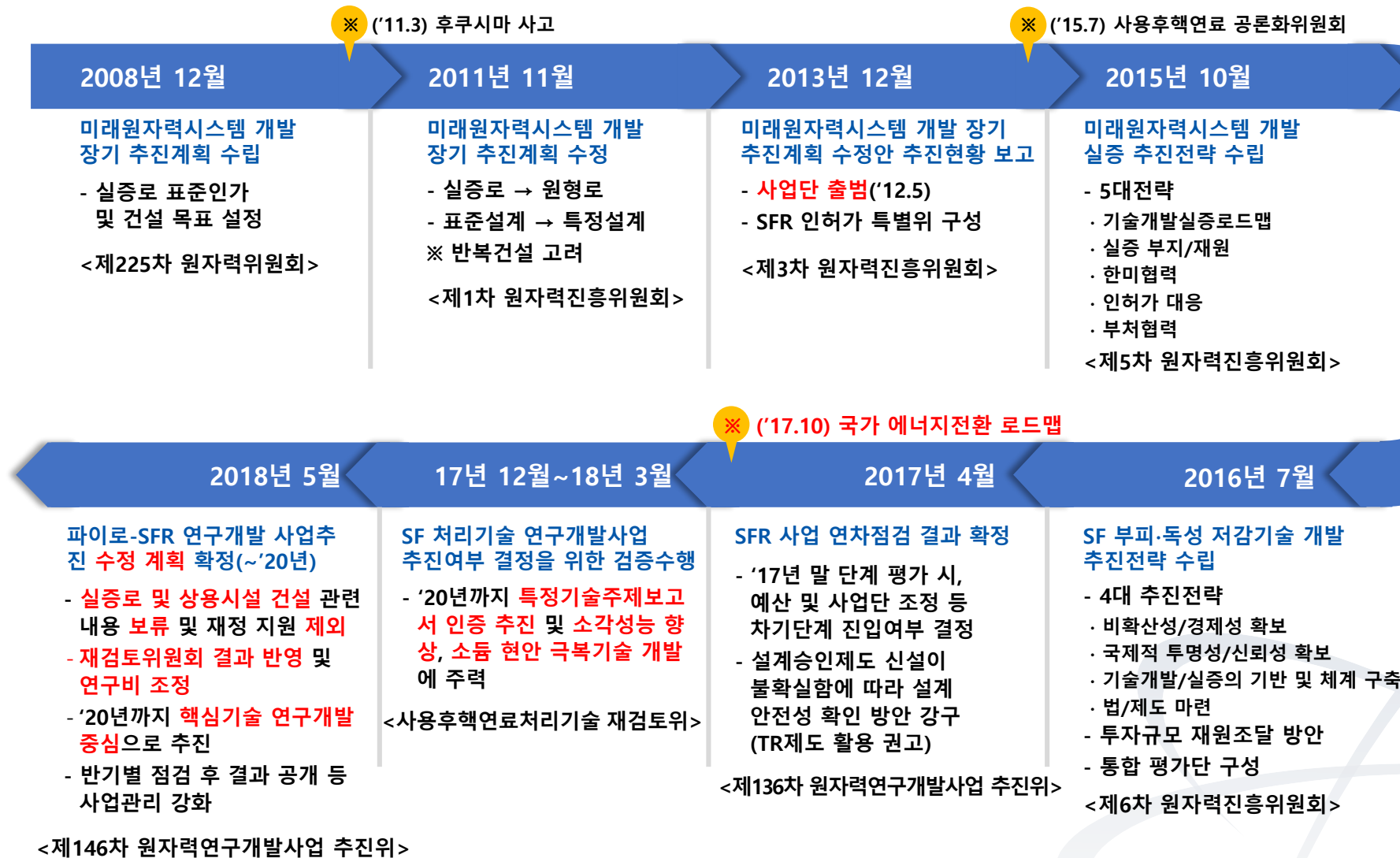
## ■ 사용후핵연료 처분 & 안전관리를 위한 기술 옵션

- 사회적 파급효과 및 비가역성으로 정책결정 과정에서 다양한 대안 요구
- 사용후핵연료의 부피·독성 저감을 위해 파이로공정(분리기술)과 연계한 대안(소각기술) 필요



TRU: TransUranics (Pu+MA), MA: Minor Actinides (Np, Am, Cm), FP: Fission Products

# 국내 SFR 개발사업 경과

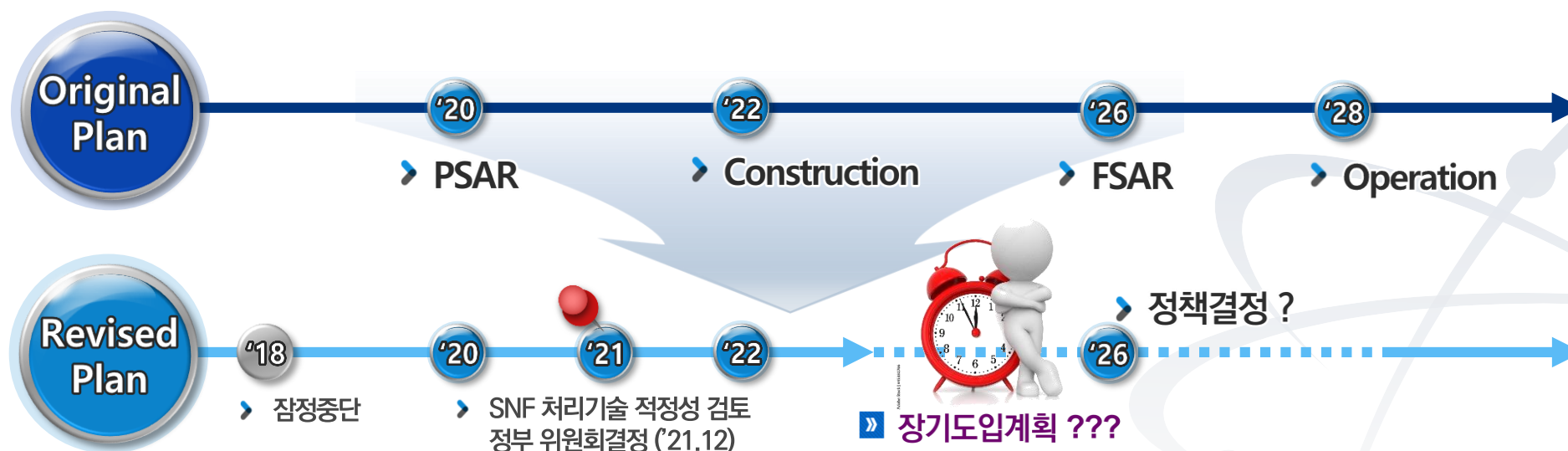


→ (20.12) SFR원형로 건설을 위한 공학설계, 안전성 검증 및 핵심기술 개발 완료



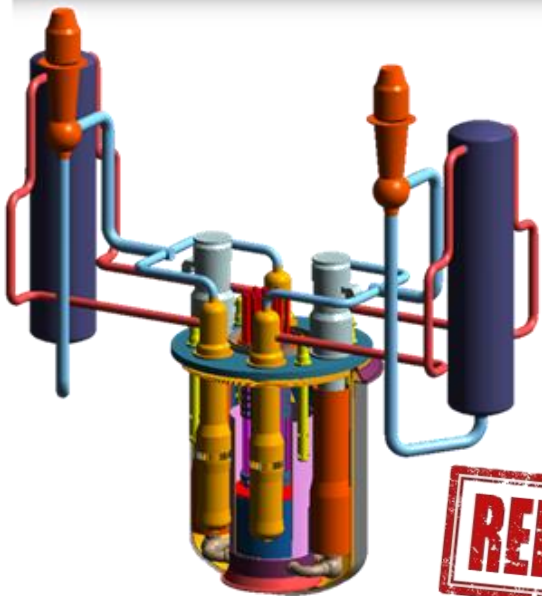
# 국내 SFR 개발사업 현황

- 국내 TRU 소각성능 실증 계획은 2018년부터 잠정 중단
  - SFR원형로(PGSFR) 공학설계 완료('20) → 건설단계('21~) 진입은 잠정 보류
- '파이로-SFR 연계 사용후핵연료 처리기술 개발' 적정성 검토위원회 운영 ('20~'21)
  - 적정성 검토를 거쳐 국가 사용후핵연료 관리 옵션 중 하나로 당위성 인정
  - 위원회 결정사항 반영하여 필수 공백기술 확보로 정부지원 방향 전환
  - TRU 현안 기술과 SFR 안전성 확보 연구개발에만 집중 (사용후핵연료처리기술 고도화 사업, '22~'26)



# 국내 SFR 연혁

## KALIMER-600

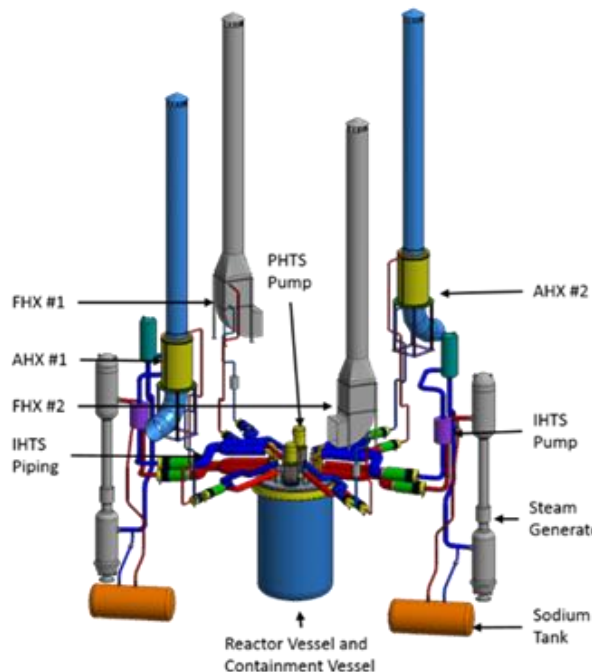


**REFERENCE**

- » Fundamental SFR technology development
- » Target SFR design for TRU transmutation
- » Advanced design options to meet the GIF goals

## PGSFR ('12-'20)

- » [Track 1] Technology demonstrator for TRU transmutation



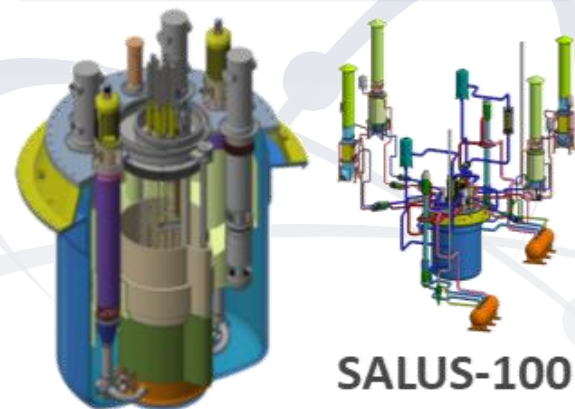
- » [Track 2] SMR features with U-10%Zr fuel for initial loading  
(Spin-off technologies from the PGSFR concept)

'21

## PGSFR Construction (TBD)

- » Domestic technology demonstration for TRU transmutation
- » Specific plan for resumption would be prepared by 2025

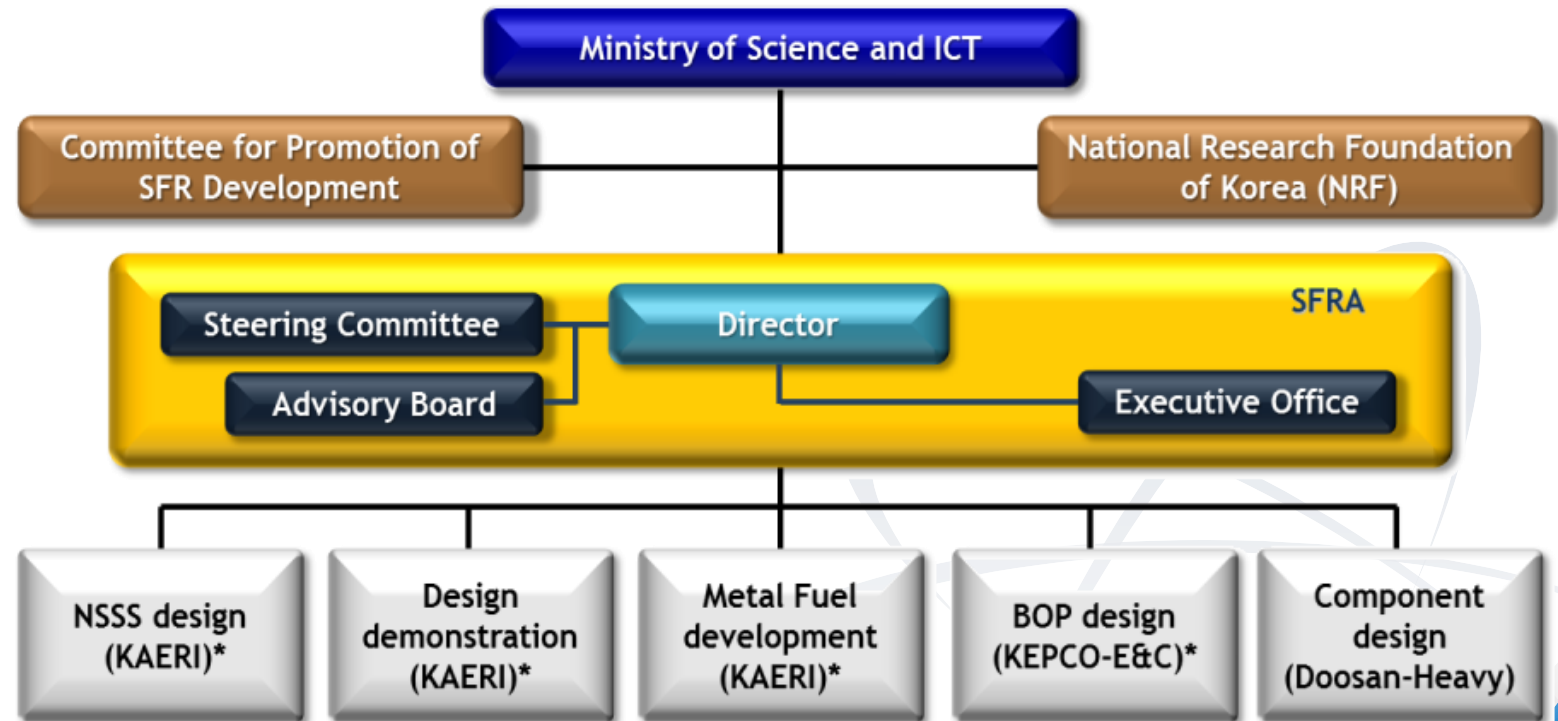
## SFR-based Power Rx.



# PGSFR 개발 프로그램

## PGSFR 프로젝트 (2012~2020)

- 목적: 사용후핵연료 관리 문제 해결을 위한 TRU Transmutation Demonstrator 개발
- 목표: SAR에 준하는 “특정설계 및 분석 문서” 전체 세트 완성
- Phase 1 (DL4, '12-'13), Phase 2 (DL3, '14-'15), Phase 3 (DL2.5, '16-'17)



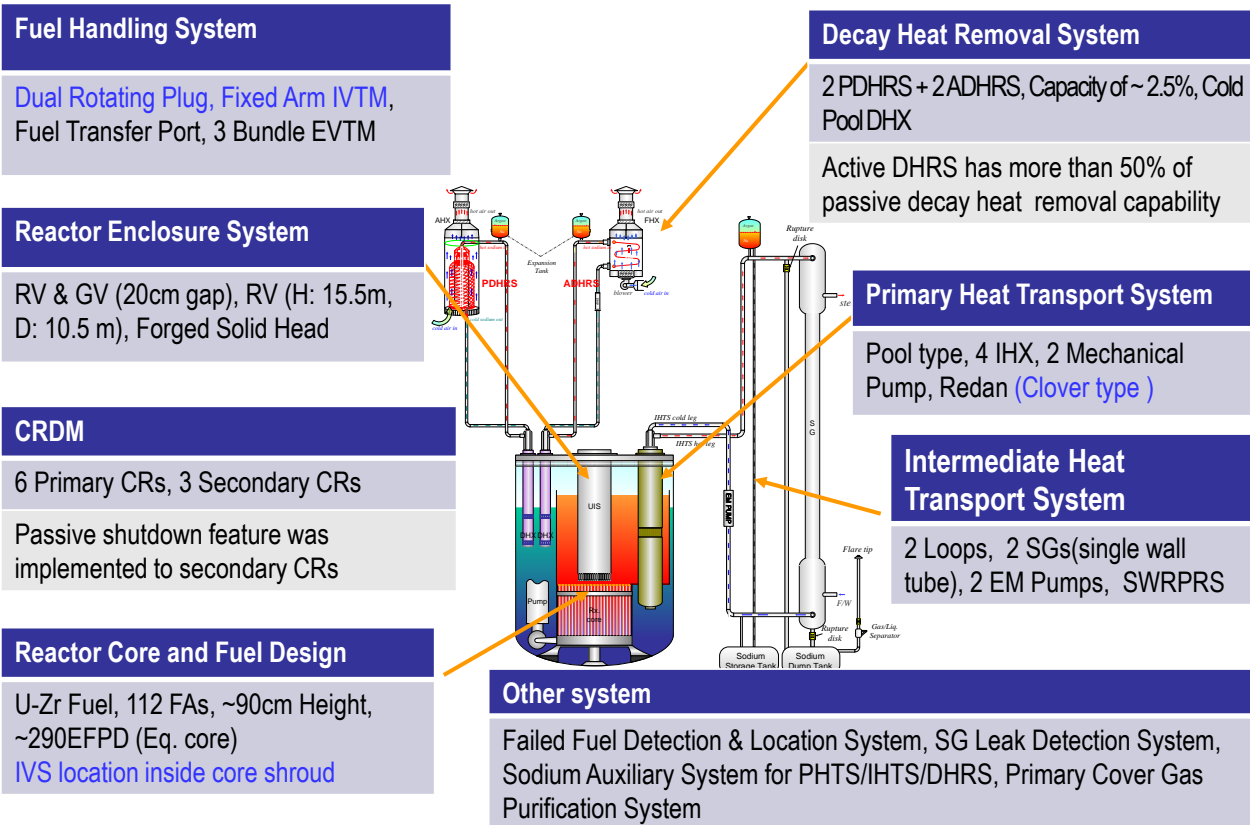


# PGSFR 최상위설계요건

Categories		Requirements	Remarks
General	General requirement	Demonstration of TRU transmutation coupled with pyro-processing	Management of PWR spent fuel for sustainable use of nuclear energy
	Fuel	U-10%Zr(Initial core), U-TRU-Zr (Equilibrium)	Step-by-step qualification of fuel
	Electric capacity	150MWe	Minimum power capacity for sufficient neutron flux for fuel/cladding qualification
	Core outlet temperature	545°C	New fuel/cladding development, high temperature structural design, high thermal efficiency
	Design life time / Capacity factor	More than 60yr / 75%	-
	SSE(Safe Shutdown Earthquake)	0.3g	Implementation of seismic isolation technology
Safety	CDF	$10^{-6}$ /reactor-yr	Requirement of Gen-IV reactor
	Grace time for operator action	More than 2 hours in DBE and DEC	Lesson learned from Fukushima accident
	SBO	More than 3 days in SBO	Lesson learned from Fukushima accident

# PGSFR 설계 특징

## 시스템 구성

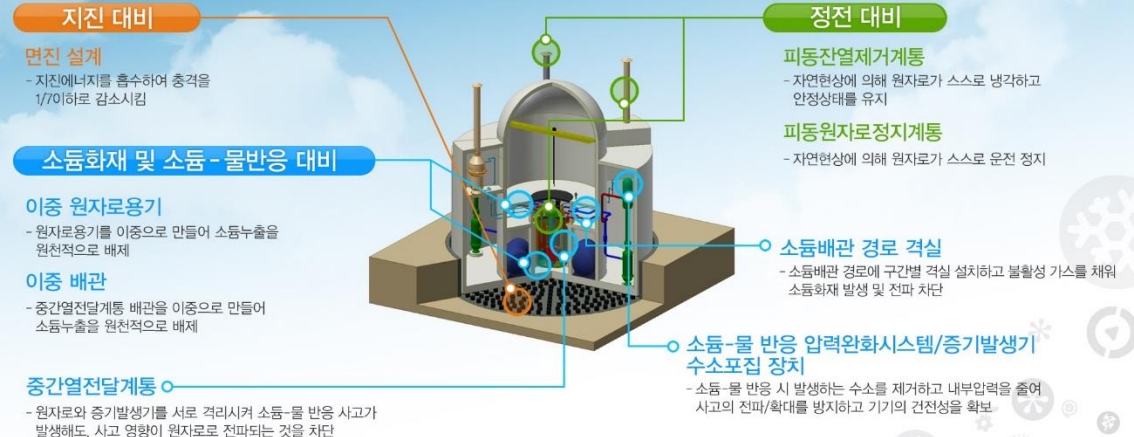


## 안전성



- ➔ 소듐(냉각재) : 끓는점이 높아 대기압 운전 가능하고, 충분한 안전운전 여유 제공
- ➔ 금속연료 : 열전도도가 높아 빠르게 냉각되고, 과열 시 자동으로 핵분열 반응 감소
- ➔ 풀형 원자로 : 원자로용기에 다량의 냉각재를 갖고 있어, 충분한 잔열 흡수 능력 보유

### 소듐냉각고속로 안전성 강화



# SFR 연구개발 주요성과

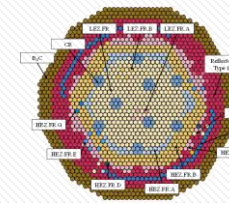
## 특정설계안전성분석보고서(SDSAR) 및 특정기술주제보고서(TR)

- ▶ 국내 최초 非경수형 제4세대 원자력시스템 기술 SFR원형로(PGSFR) 특정설계안전성분석보고서(SDSAR) 발행
  - 설계 수준 향상 및 완성도 확보를 위한 약 2,000 여건의 설계 분야별 기술문서 발행
- ▶ 안전성 관련 핵심기술에 대한 특정기술주제보고서를 제출하여 규제전문기관 심사 진행



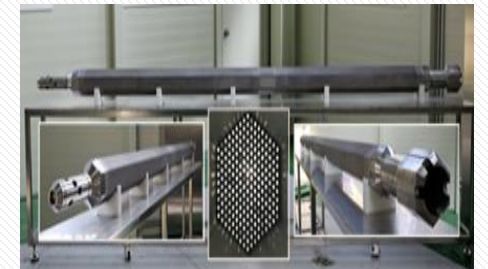
## 분야별 설계검증 인프라 및 소듐열유동 개별/종합효과시험장치 (STELLA-1 & -2)

- ▶ 노심핵설계, 핵연료, 계통/기기 설계 검증 인프라 구축 및 설계 검증시험
- ▶ 세계 수준의 소듐 열유동 종합효과시험장치 구축 완료 및 실험 DB 확보
  - 잔열제거계통을 포함하는 가상사고 모의가 가능한 대규모 소듐시험시설



## 금속연료 제조기술 개발 및 검증

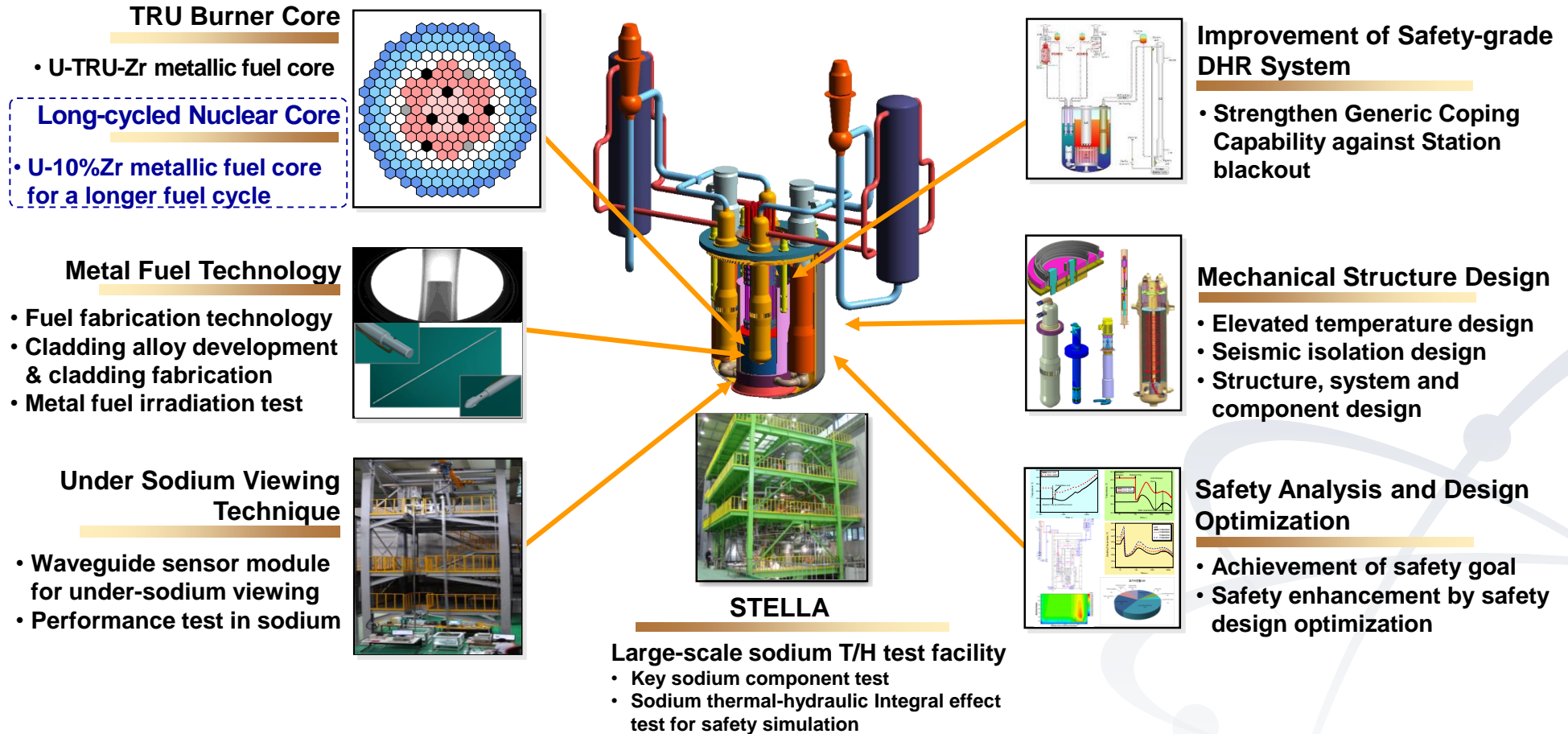
- ▶ 순수 국내 독자 기술만으로 실규모 핵연료집합체 제작
- ▶ 우라늄 금속연료 공학규모 제조기술 개발 및 연료봉 고속실험로 검증 (연소도 10 at%)
- ▶ TRU 금속연료 원격 제조기술 개발 및 파이로 재활용 시험연료봉 연구로 검증 (연소도 7 at%)





# SFR 설계 & 검증 역량

- 설계 분야별 총 17개 분야 64개 세부항목의 검증시험 계획 수립
- 실험목적에 따른 우선순위 부여 (PIRT 결과 반영한 계획 수정/보완)



# SFR의 미래

## ■ KALIMER-600 → PGSFR → SALUS-100

- 한국형 참조노형 → TRU 소각성능 실증 → 장주기 발전용 원자로
- 다양한 크기 & 두가지 용도 SFR 설계 경험

## ■ 민관합작 개발 사업

- 차세대원자로의 신속 상용화를 위해 민-관 합동 기술개발로 실증까지 유도 & 지원
- 기간/목표: '25~'29(5년) / 기본설계 완료

## ■ 해외시장 공략

- 해외시장 선두 진입을 위한 기술개발 및 협력
- 사업자 및 운영사 주도의 사업

## ■ 국제공동연구

- 국제협력체제(GIF, IAEA, OECD/NEA 등) 내 지속적인 공동연구
- 한-미, 한-프, 한-영 등 양자간 협력 및 공동연구
- KAERI-ANL-INL 등 다자간 공동연구 추진

# Thank you for Attention

