



i-SMR 기술개발사업 현황 및 계획

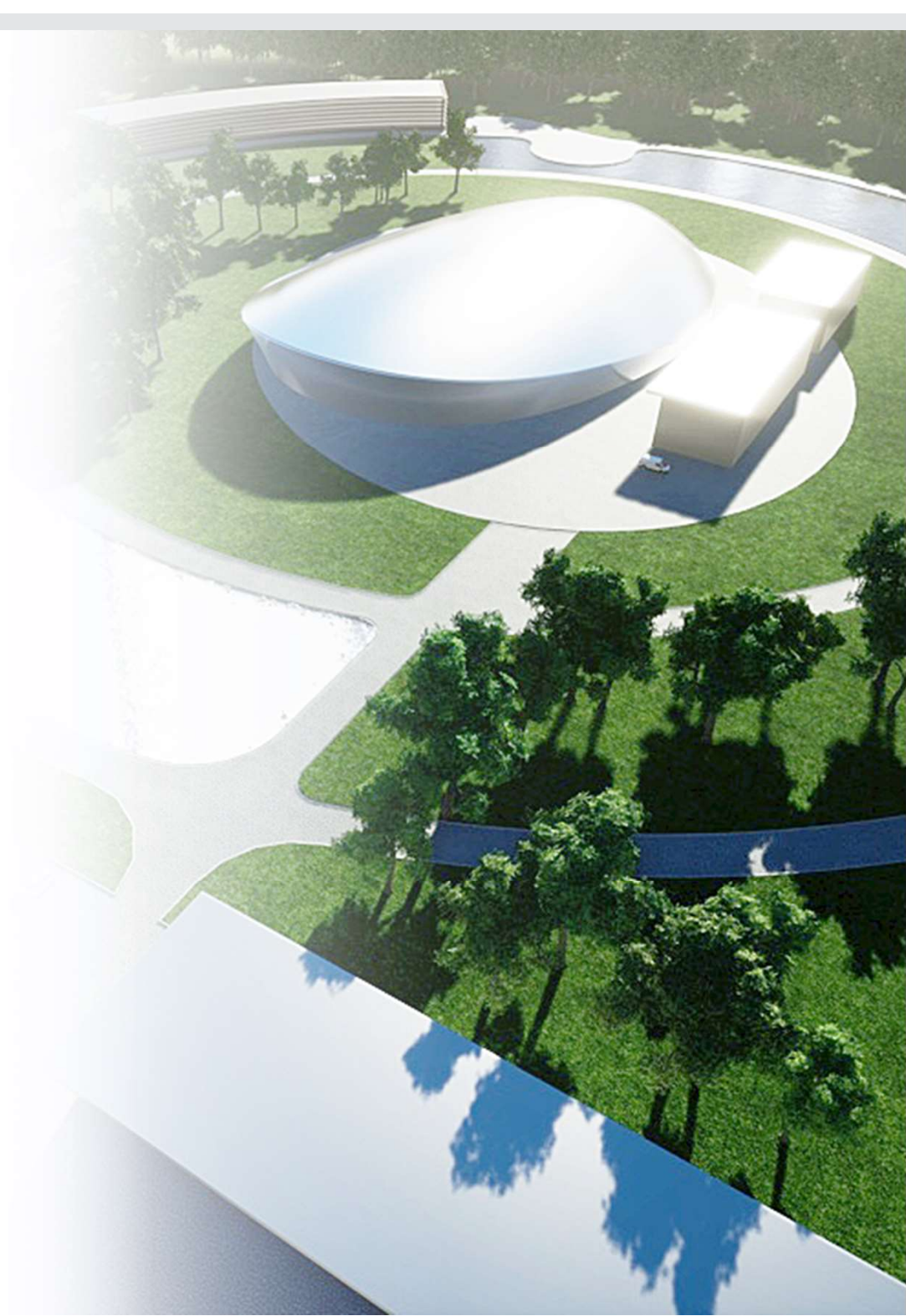
2022. 05. 18.

중앙연구원 이도환



목 차

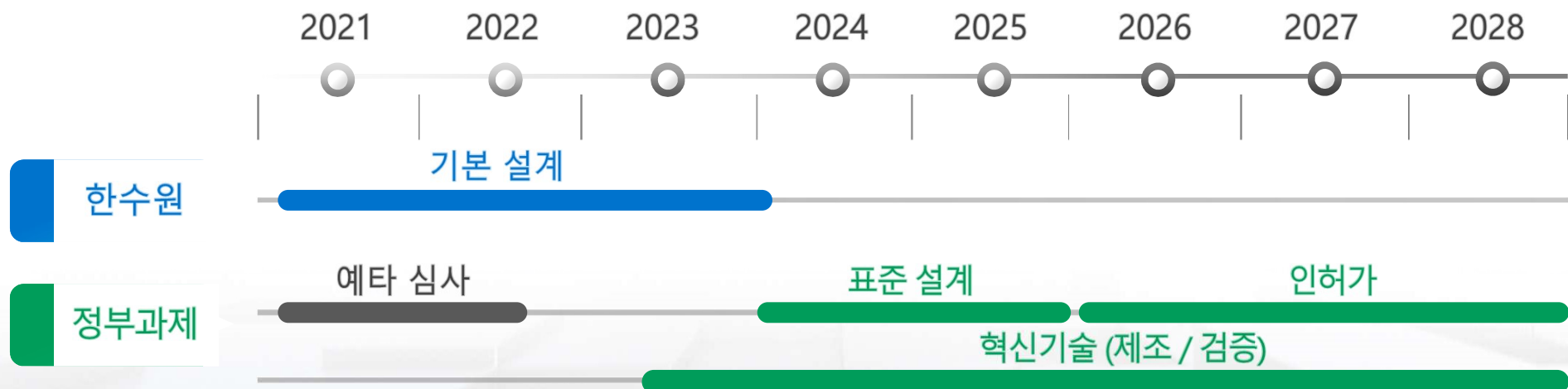
1. 목표 및 주요 일정
2. 주요 추진 이력
3. 설계요건 및 방향
4. 기술개발 일정
5. 기술개발 현황
6. 인허가 이슈 및 계획
7. 향후 계획



1. 목표 및 주요 일정

i-SMR 기술개발사업 현황 및 계획

- **개발목표** : 세계 최고 수준의 안전성·경제성·유연성을 확보한 경수로형 SMR 개발
- **전략목표** : '28년 표준설계인가 취득, 2030년대 수출 달성
- **혁신형 SMR 기술개발 1단계(기본설계) 과제**
 - ❖ 기간/예산 : '21.1 ~ '23.12 (36개월)
- **혁신형 SMR 기술개발 예타 추진 현황**
 - ❖ 기간 및 예산: '23 ~ '28 (6년)
 - ❖ 예타 신청('21.9), 본심사 착수('21.11), 예타심사 결과 발표 ('22.5)



2. 주요 추진 이력

i-SMR 기술개발사업 현황 및 계획

- 『혁신형 SMR 개념 개발 및 경쟁력 향상 방안 연구』 한수원 사전연구 (`20.4~21.9/18개월)
- 혁신형 SMR 추진위원회(`20.5)
- 혁신형 SMR 산학연 포럼(`20.9)
- 한수원 과제 착수(`21.1)
- 제1회 혁신형 SMR 국회포럼(`21.4)
- 혁신형 SMR 제도분과 국회포럼(`21.7)
- 제2회 혁신형 SMR 국회포럼(`21.9)
- 제3회 혁신형 SMR 국회포럼(`22.4)
- 정부예타 기획(`21.2~ 현재)



3. 설계요건 및 방향

i-SMR 기술개발사업 현황 및 계획

설계 요건

일반 요건

- 300 MWe 소형원자로
- 설계수명 : 80년 (도적적 목표 100년)
- 내진설계 : 0.5 g



설계 방향

- 피로 수명 증가
- 내진 설계 상향

안전성

- 전기가 필요 없는 피동형안전계통 도입
- 비상계획구역 축소
- 사이버 보안 강화



- Fail Safe 개념 피동 안전계통
- DID 강화
- 하드웨어 기반 I&C 플랫폼

경제성

- 공장 제작 및 육로 수송 가능 일체형원자로
- 복수모듈 적용



- 원자로/격납용기 크기 제한
- 협소 공간내 기기 최적 배치
- 운전원/운영인력 최소화

유연성

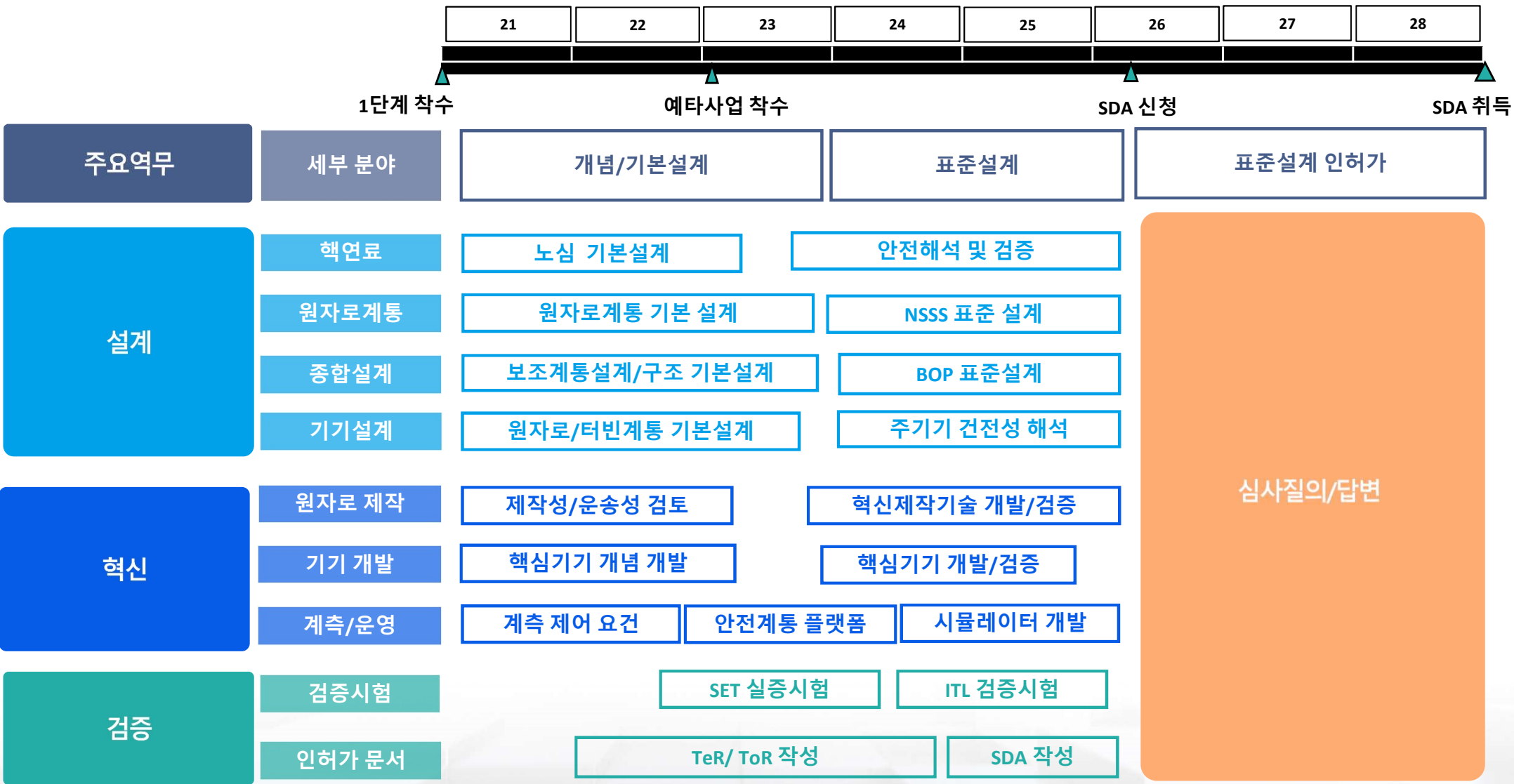
- 수소생산 등 다목적 활용
- 탄력운전 능력 극대화



- 수소생산 계통 연계 설계
- 탄력운전 설계

4. 기술개발 일정

i-SMR 기술개발사업 현황 및 계획



5. 기술개발 현황

i-SMR 기술개발사업 현황 및 계획

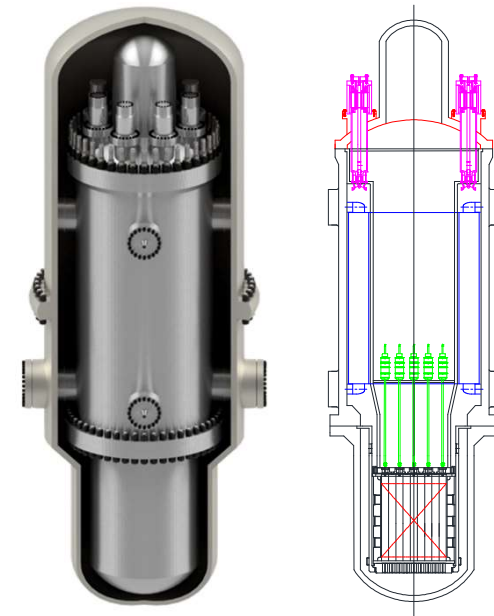
● 일체형원자로 설계

❖ 설계 요건

- 육상운송 가능 (RV/CV 직경 제한)
- 내장형 제어봉구동장치 (IV-CEDM), 상부 탑재 노내계측계통(TM-ICI), 헬리컬 증기발생기, 캔드 모터 RCP 채택
- 무봉산 운전 (모든 핵연료집합체에 제어봉 삽입)

❖ 설계 현황

- 육상운송이 가능하도록 원자로/격납용기 크기 최적화
- 분해/조립 절차 검토 (플랜지/내부구조물 위치 최적화)
- 원자로-격납용기 연계설계 (지지대 등)
- 재장전 용이성
- 제작성 및 정비성 검토



5. 기술개발 현황

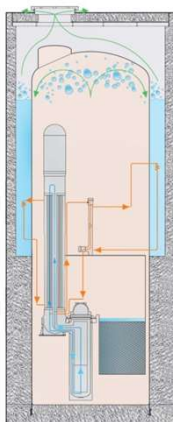
i-SMR 기술개발사업 현황 및 계획

● 안전계통 설계

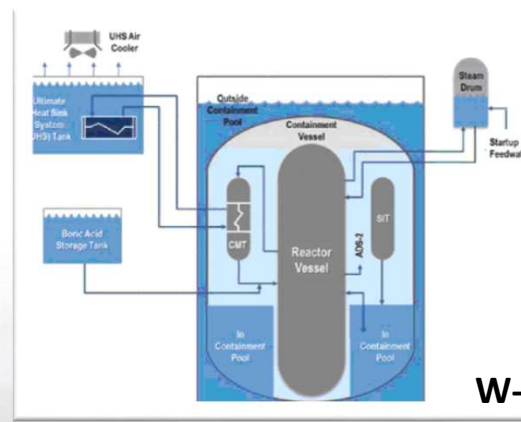
❖ 소형화 및 단순화로 SMR 장점 극대화

- 경쟁노형 안전계통 분석을 통해 혁신형 SMR 안전계통 설계안(침수형/건식/이중격납용기형 등) 개발
- 낮은 출력(낮은 붕괴열) 특성에 따라 능동기기없이 충분히 안전목표 만족 가능 확인

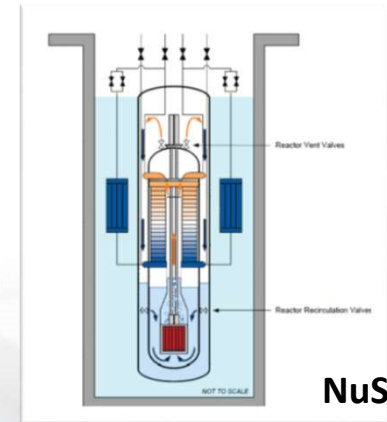
구분	SMR-160 (Holtec)	W-SMR (WEC)	NuScale
노형	PWR	PWR	PWR
안전주입	밸브, 고압+저압 충수탱크	밸브, 고압+저압충수탱크	방출밸브+ 안전주입밸브
잔열제거	(1차측) 피동 열교환기 (2차측) 피동 열교환기	(1차측) 피동 열교환기 (2차측) 급수 중력충수	피동 열교환기
격납용기	최종 열제거원(냉각수조)에 침수된 철제형 격납용기		



SMR-160



W-SMR



NuScale

5. 기술개발 현황

● 노심 설계

❖ 핵설계

- 열출력: 540MWth
- 재장전주기: 24Months(무봉산 노심)
- 제어봉 및 가연성흡수봉 최적화 등
 - Ba Type : $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{B}_4\text{C} + \text{Gd}$, 농축 Gd, CIMBA+Gd에 대한 미임계도, 인허가성, 경제성 등 평가
 - CEA : Ag-In-Cd & B_4C

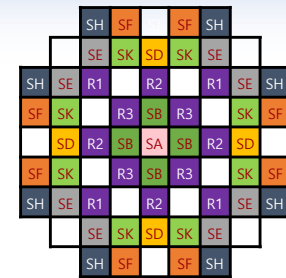
❖ 상부탑재 노내계측기

- ICI 삽입위치 최적화 (제어봉과 간섭 배제)

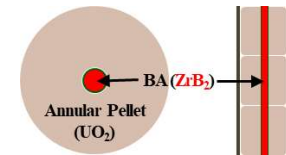
❖ 핵연료집합체

- 골격체 모형 개발

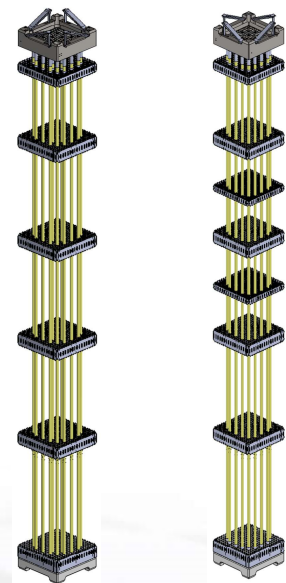
i-SMR 기술개발사업 현황 및 계획



배치안



CIMBA



핵연료집합체 설계안 (혼합지지격자 유무)

5. 기술개발 현황

i-SMR 기술개발사업 현황 및 계획

● I&C, MMIS 설계

❖ 사이버 보안 강화를 위한 I&C 플랫폼 검토

- 운영체제(OS) 및 소프트웨어가 필요없는 FPGA(Field Programmable Gate Array) 기반 HIPS(Highly Integrated Protection System) 적용 (vs. PLC 기반 POSAFE-Q 플랫폼)
- 플래시 기반 FPGA 및 SRAM 기반 FPGA 적용으로 다양성 확보



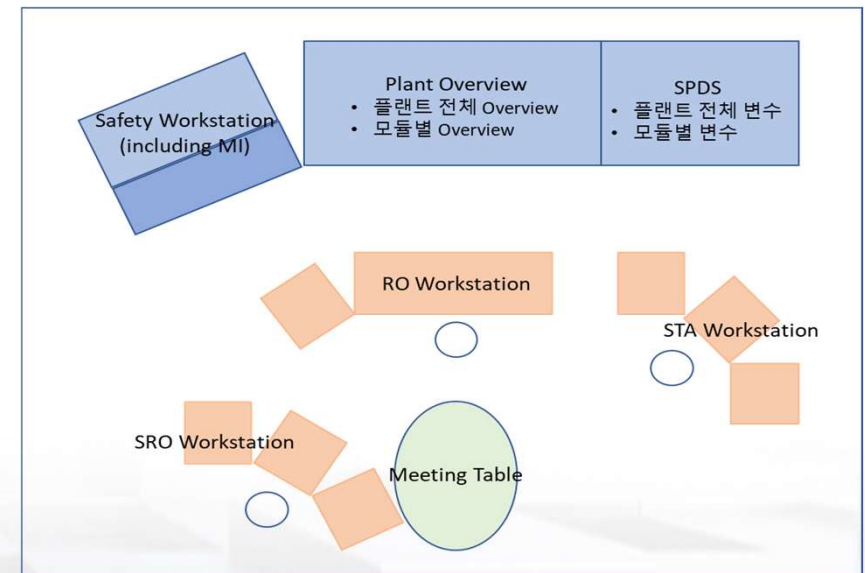
POSAFE-Q PLC



HIPS FPGA

❖ 통합주제어실 개념 도출(4개 모듈 3인 운전원)

직책	수	자격
감독자운전원(SS)	1	SRO 자격증 소지자
원자로운전원(RO)	1	RO 혹은 SRO 자격증 소지자
발전안전담당(STA)	1	SRO 자격증 소지자 혹은 RO 자격증 소지 후 3년 이상의 운전 경력



통합 주제어실 (안)

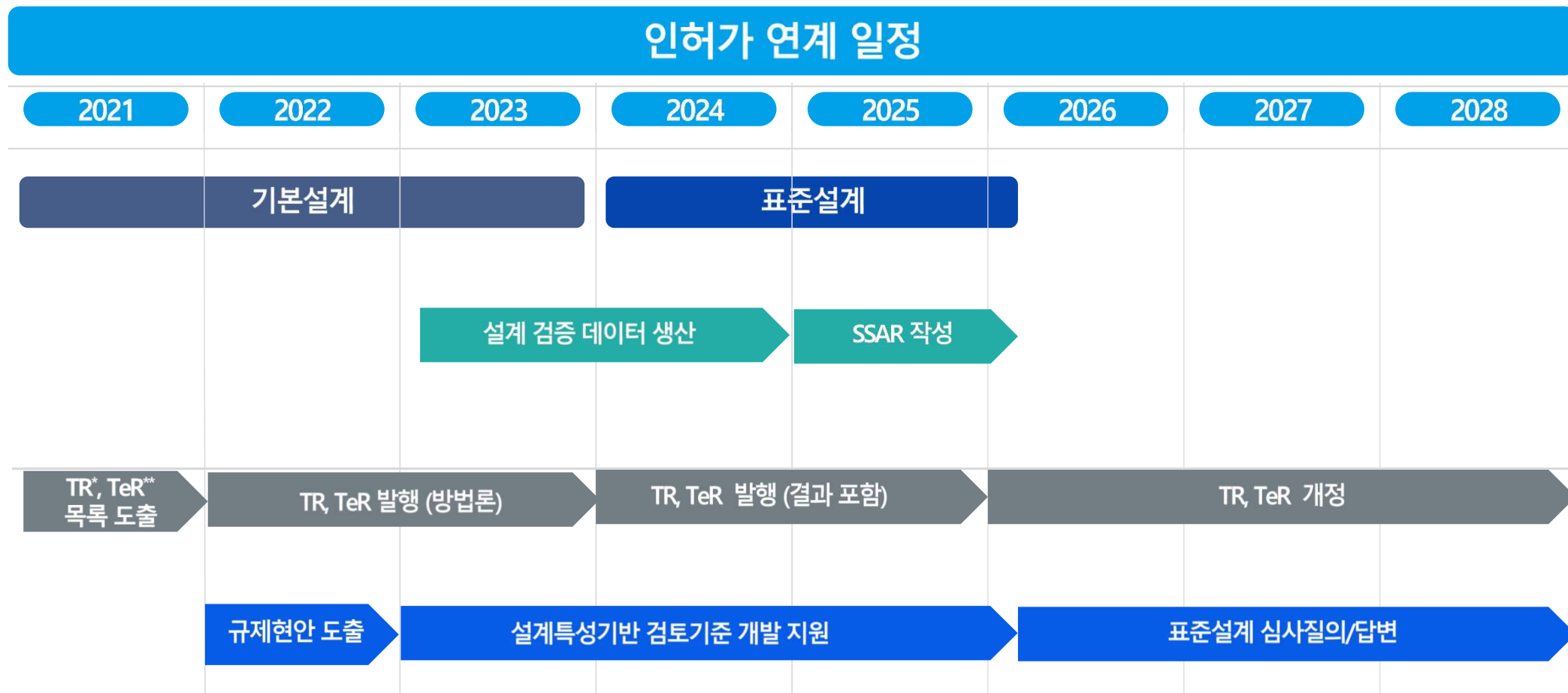
6. 인허가 이슈 및 계획

i-SMR 기술개발사업 현황 및 계획

구분	잠재적 인허가 이슈	고려중인 해결방안
전력계통 설계	<ul style="list-style-type: none"> • 능동형 안전계통 적용 및 안전등급 전원 필요 	<ul style="list-style-type: none"> • 전력계통 없이 고유한 안전기능의 수행이 가능함을 입증
독립적인 반응도 제어계통 설계	<ul style="list-style-type: none"> • 반응도 제어시 액체제어재(붕산수)를 포함하는 서로 다른 2개의 반응도 제어수단을 요구 	<ul style="list-style-type: none"> • 제어봉 이외 붕산수를 대신하는 수단 (온도, 유량 등)을 사용하여 반응도 제어가 가능함을 입증
다수모듈 통합제어실	<ul style="list-style-type: none"> • 1개 원자로 당 1개 주제어실, 주제어실 당 3인 이상의 운전원을 요구 	<ul style="list-style-type: none"> • 인간공학 분석을 통해 통합주제어실에서 운전원 3인이 다수모듈을 운전할 수 있음을 입증
방사선비상계획구역 (EPZ) 최소화	<ul style="list-style-type: none"> • 발전용 원자로의 방사선비상계획구역이 사전 결정 	<ul style="list-style-type: none"> • EPZ의 발전소 부지내 축소 가능성을 입증

6. 인허가 이슈 및 계획

i-SMR 기술개발사업 현황 및 계획



* TR : Topical Report

** TeR : Technical Report

7. 향후 계획

i-SMR 기술개발사업 현황 및 계획

● 자체 기술 개발

❖ 혁신형 SMR 기본 설계/독립 검토 및 최적화

- 원자로/안전계통 등 설계(안)에 대한 독립 검토 수행
- 계통별 연계설계 추진 및 기본설계 수행

❖ 규제기관 협의를 위한 준비

- 발전소 설명서(Plant Design Description) 작성
- 규제요건 간 갭 분석 보고서(Regulatory Gap Analysis Report) 작성

● 정부 예타사업 추진

❖ 예타 심사 결과 발표('22.5월말)

❖ 정부예타사업 기획(조직, 예산, RFP 이행 상세 기획 등) 추진

감사합니다

i-SMR 기술개발사업 현황 및 계획

