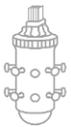
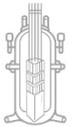




Comparative Analysis of Nuclear R&D Program and Budgets: A Case study of the U.S. and Korea



이동훈, 이건희, 임지환, 이광석, 전은주

(Lee Dong Hoon*, Lee Keonhee, Lim Jihwan, Lee Kwang Seok, Eunju Jun)

한국원자력연구원 글로벌전략실

2024.05.09 춘계 한국원자력학회



한국원자력연구원
Korea Atomic Energy Research Institute





TABLE OF CONTENTS

01 연구 배경

02 미국 원자력 R&D 프로그램과 예산 변화 분석

03 한국의 원자력 연구개발 예산 변화 분석

04 결론 및 시사점





01 연구배경



연구 배경

미국은 한국의 중요한 협력 파트너이자 경쟁자, 미국의 원자력 정책은 한국의 좋은 참고서이자 시험지





미국은 지금...

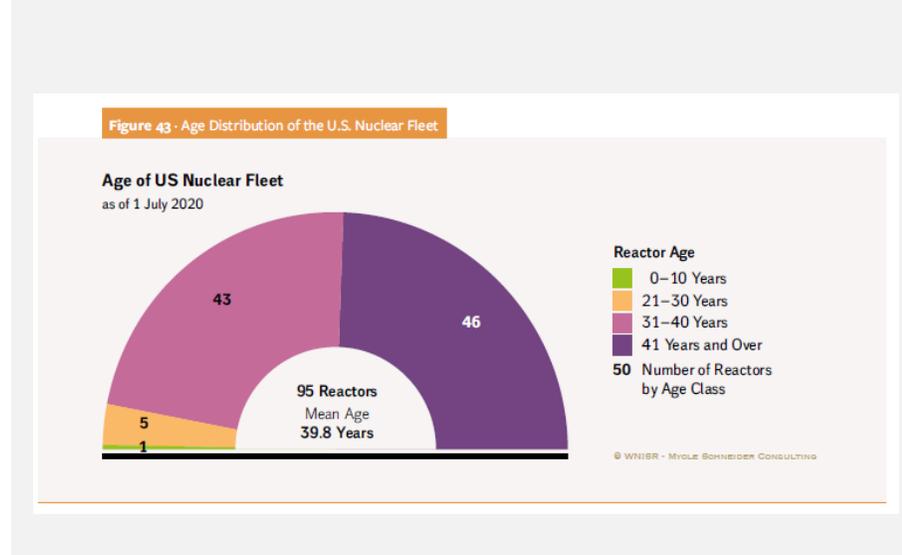
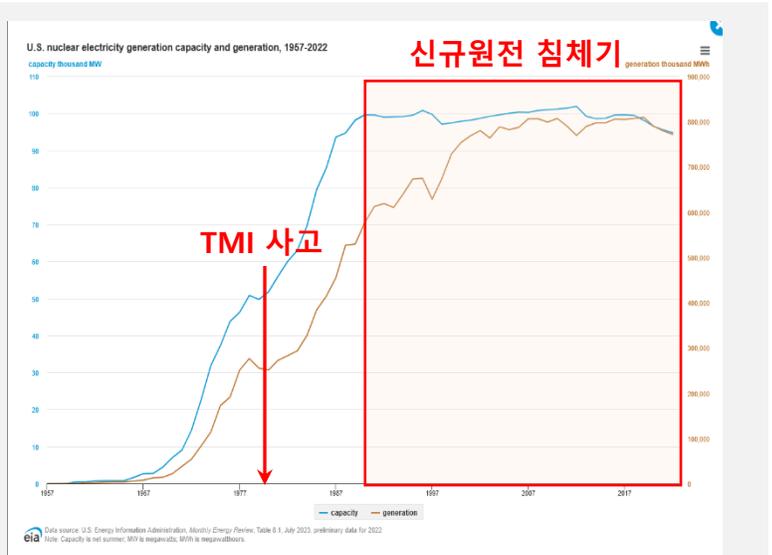
미국은 세계 최대 원전 운영국이자, 원전의 평균 가동연령이 가장 높은 국가



세계 최대 원전 운영국

원자력 산업은 침체기

가장 빠르게 늙어가는 원전국



28개 주 54개 원자력 발전소에서 94개의 상업용 원자로 운영(24.05)

기존 원전 용량 개선, 이용률 향상, 운영허가 연장 등으로 원자력 비중 유지

평균 가동연령 약 42년, 가동원전의 절반 이상이

40년 이상 가동 중



미국은 지금...

미국은 원자력 이슈를 에너지 문제를 넘어선 국가안보 아젠다로 인식



원전 산업 경쟁력 약화

- 신규 원전건설 부재로 공급망 붕괴, 가격경쟁력 약화

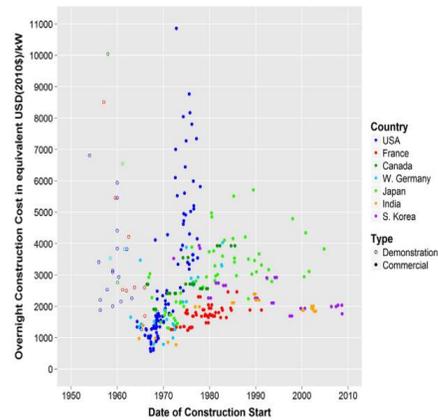
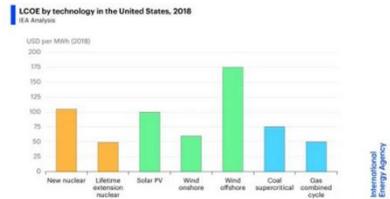
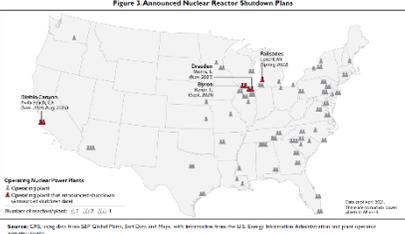


Fig. 12. Overnight Construction Costs of Global Nuclear Reactors in USD2010. Costs are adjusted by local GDP deflator and to USD at 2010 market exchange rates.



타 전력원과의 가격 경쟁력 약화



원전의 조기 폐쇄 가속화

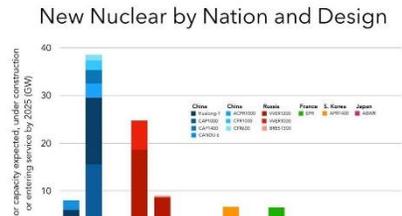
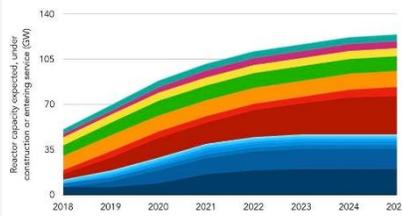
- 타 전원과의 경쟁에 뒤처지며 조기폐쇄 가속화
- '13년부터 12기 영구정지

국제 원전 시장 내 증·려 약진

'17년 이후 착공한 신규 원전의 87%가 중국(10기)/러시아(17기) 노형



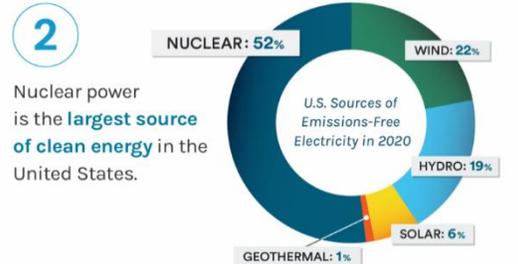
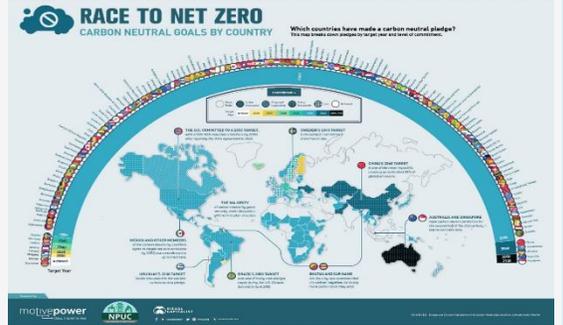
중국/러시아의 원전 사업 추진 국가



중국/러시아 중심으로 재편되고 있는 국제 원전 시장

원자력기술 리더십 상실 → 국제사회 내 원자력기술 통제권 약화

기후변화 대응



기후변화 대응을 위한 탄소 중립 추진



02 미국의 원자력 R&D 프로그램과 예산 분석



미국의 원자력 정책 및 전략

미 행정부는 국가 안보를 위해 정권을 넘어 초당적으로 미국의 원자력 기술 리더십 회복에 집중

트럼프 행정부



에너지 우위 전략 -
화석연료, 원자력 등 에너지자원 최대 활용

바이든 행정부



청정에너지 전략 -
기후변화 대응을 위한 원자력 역할 주목

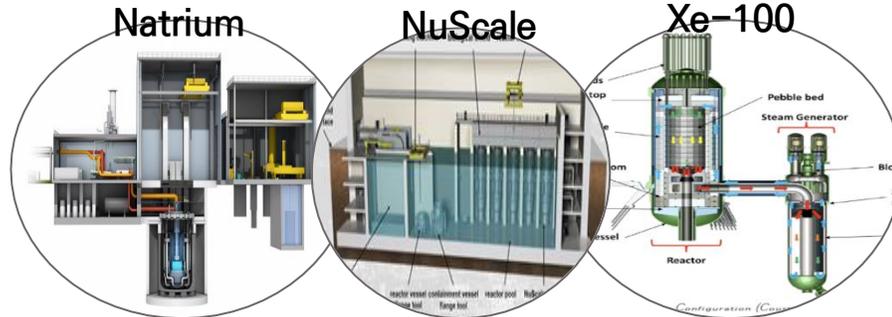
원자력
리더십
회복

원전 산업 지원

선진 원자력 기술 개발 지원



세액공제, 운영 연장



선진원자로 (Advanced Reactor) 개발



선진핵연료주기 개발



사용후핵연료 관리



AI 등 혁신기술

미국의 원자력 R&D 전략

미국은 원자력 지원 정책하에서 선진 원자력 기술의 실증 및 배치에 집중하는 R&D 전략으로 전환 중



2010년대

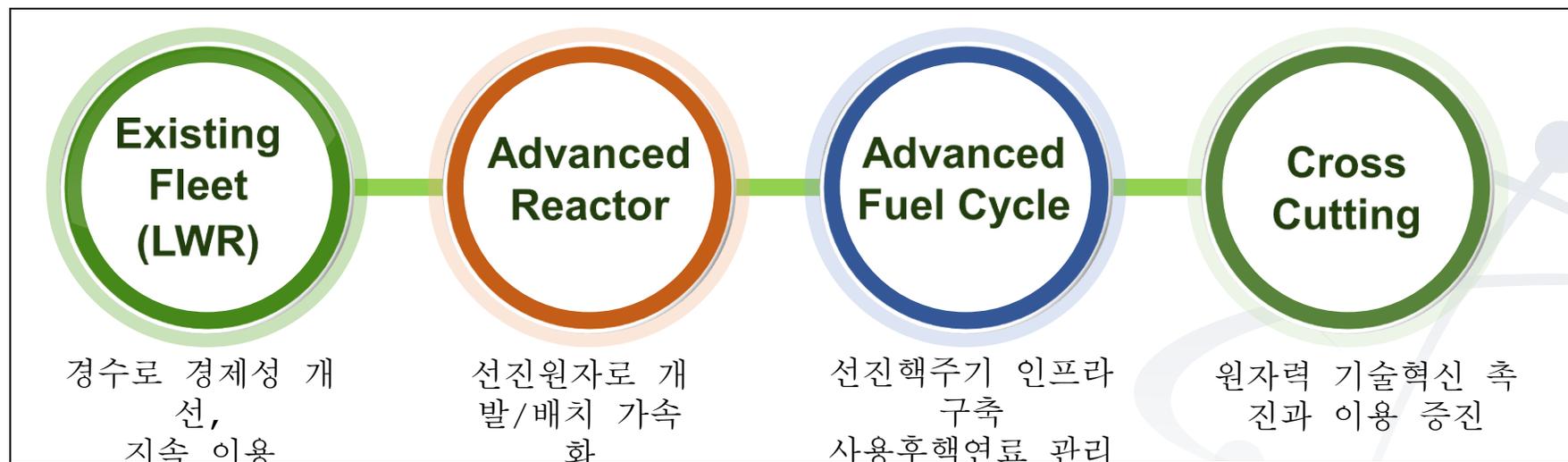
기존 경수로의 이용 확장

- 기존원전의 신뢰성 및 안전 강화
- 원전 수명 연장 기술 및 솔루션 개발
- 경수로 기반 SMR 개념 연구 및 인허가 지원
- 지속가능한 핵연료 주기 개발

~ 현재

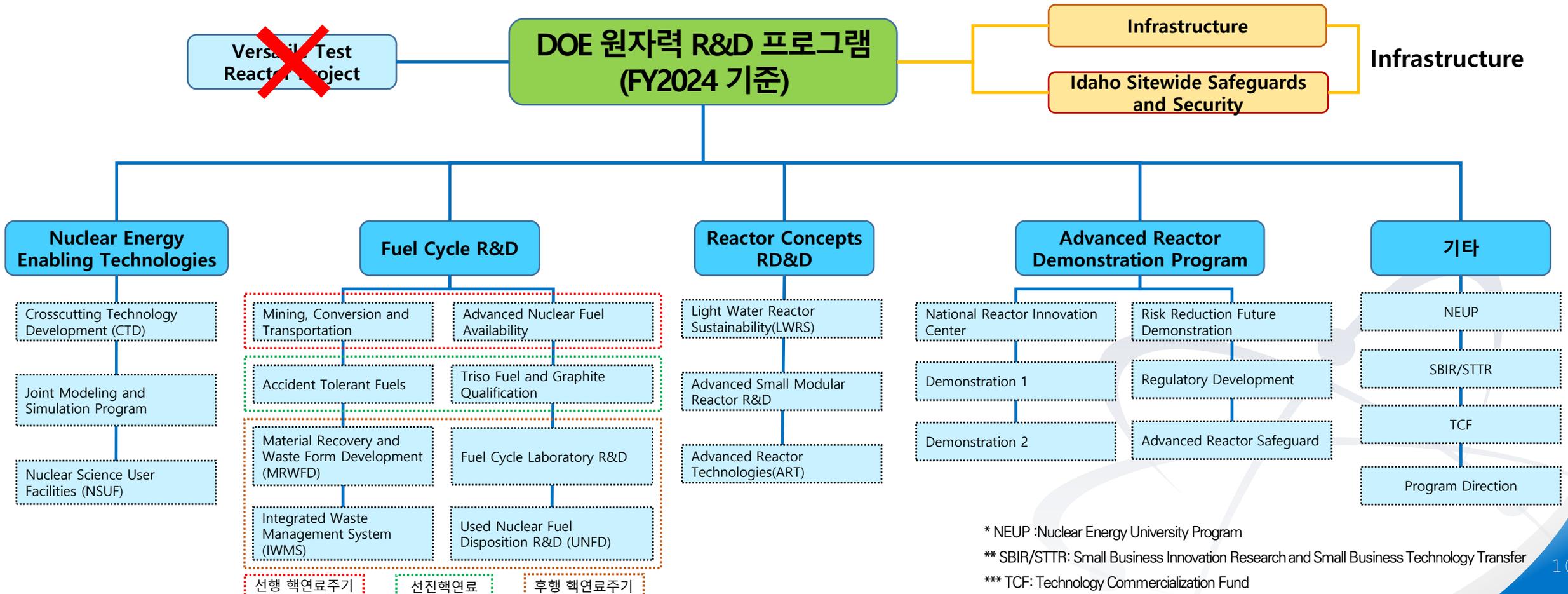
선진 원자력 기술개발을 통한 기술 리더십 회복

- 선진기술을 통한 기존 경수로 경제성 강화
- 선진원자로 실증 및 배치 가속화
- 선진 핵연료(ATF, TRISO, HALEU) 상용화
- 선진원자로와 연계된 핵연료주기 기술



미국의 원자력 R&D 프로그램 분석 (by Program)

총 5개 대분류 R&D 프로그램과 인프라 지원 사업으로 분류





미국의 원자력 R&D 프로그램 분석 (by Area)

Existing Fleet, Advanced Reactor, Advanced Fuel Cycle, Cross Cutting 4대 분야 외 인프라와 기타 분야로 분류



인프라

DOE 원자력 R&D 프로그램
(FY2024 기준)



Cross Cutting

Nuclear Energy Enabling Technologies

- Crosscutting Technology Development (CTD)
- Joint Modeling and Simulation Program
- Nuclear Science User Facilities (NSUF)

Advanced Fuel Cycle

Fuel Cycle R&D

- Mining, Conversion and Transportation
- Advanced Nuclear Fuel Availability
- Accident Tolerant Fuels
- Triso Fuel and Graphite Qualification
- Material Recovery and Waste Form Development (MRWFD)
- Fuel Cycle Laboratory R&D
- Integrated Waste Management System (IWMS)
- Used Nuclear Fuel Disposition R&D (UNFD)

Existing Fleet

Reactor Concepts RD&D

- Light Water Reactor Sustainability(LWRS)
- Advanced Small Modular Reactor R&D
- Advanced Reactor Technologies(ART)

Advanced Reactor

Advanced Reactor Demonstration Program

- National Reactor Innovation Center
- Demonstration 1
- Demonstration 2
- Risk Reduction Future Demonstration
- Regulatory Development
- Advanced Reactor Safeguard

기타

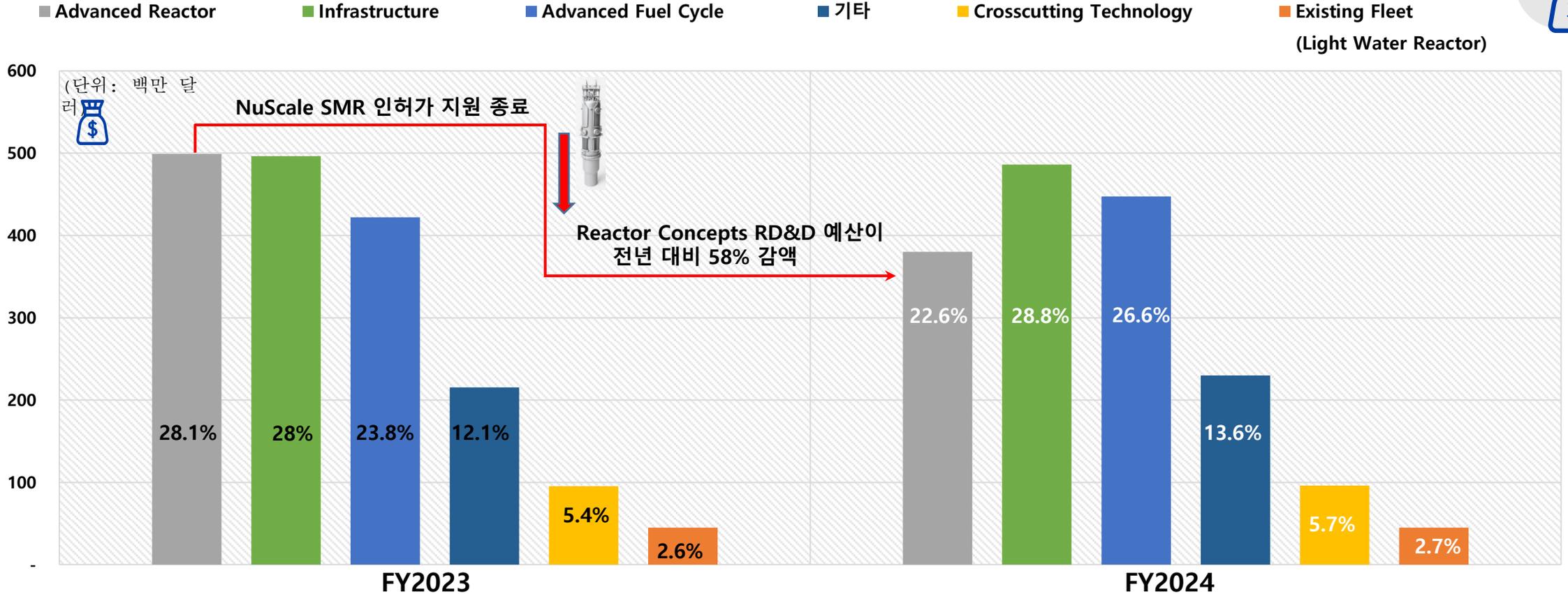
기타

- NEUP
- SBIR/STTR
- TCF
- Program Direction

미국의 원자력 R&D 예산 분석

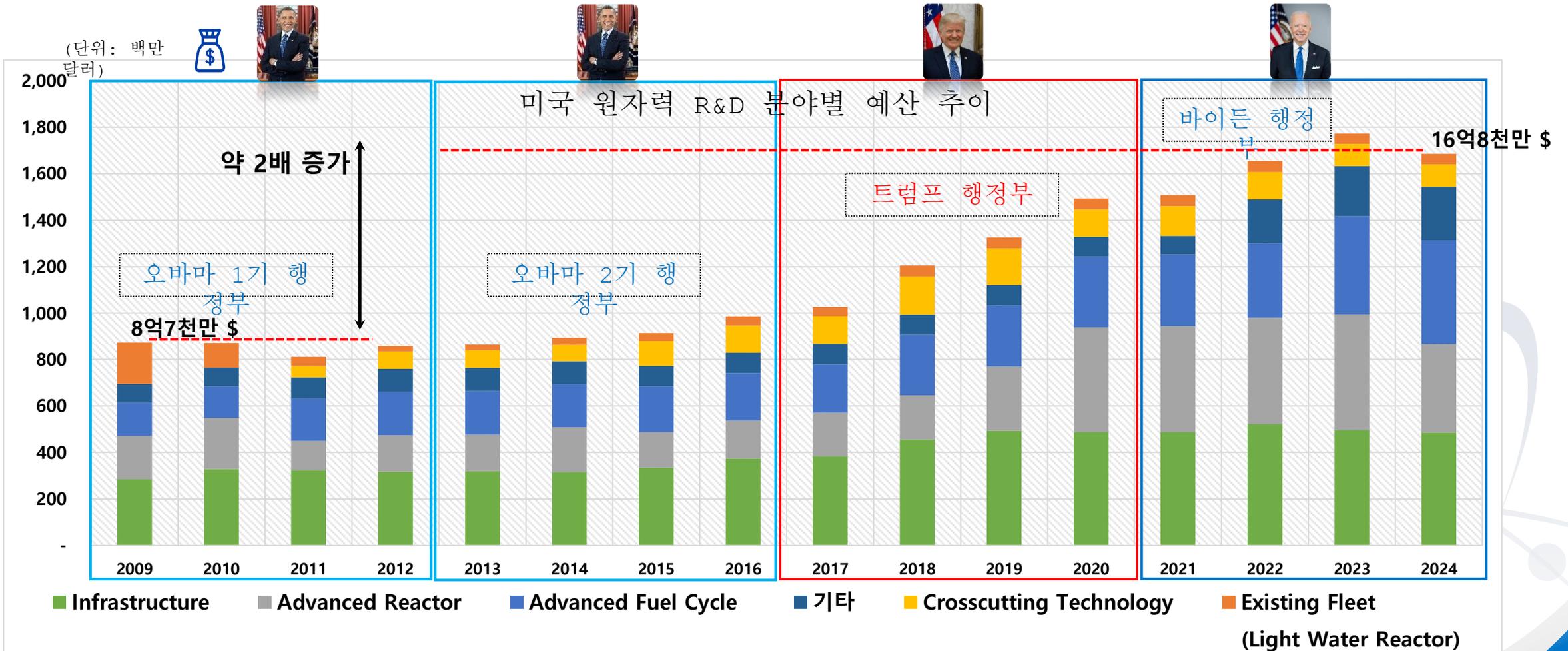
미 의회는 FY2024 예산으로 FY2023 대비 약 5% 감액된 16억8천5백만 달러의 예산을 배정

미국 FY2023 vs FY 2024 원자력 R&D 예산 현황



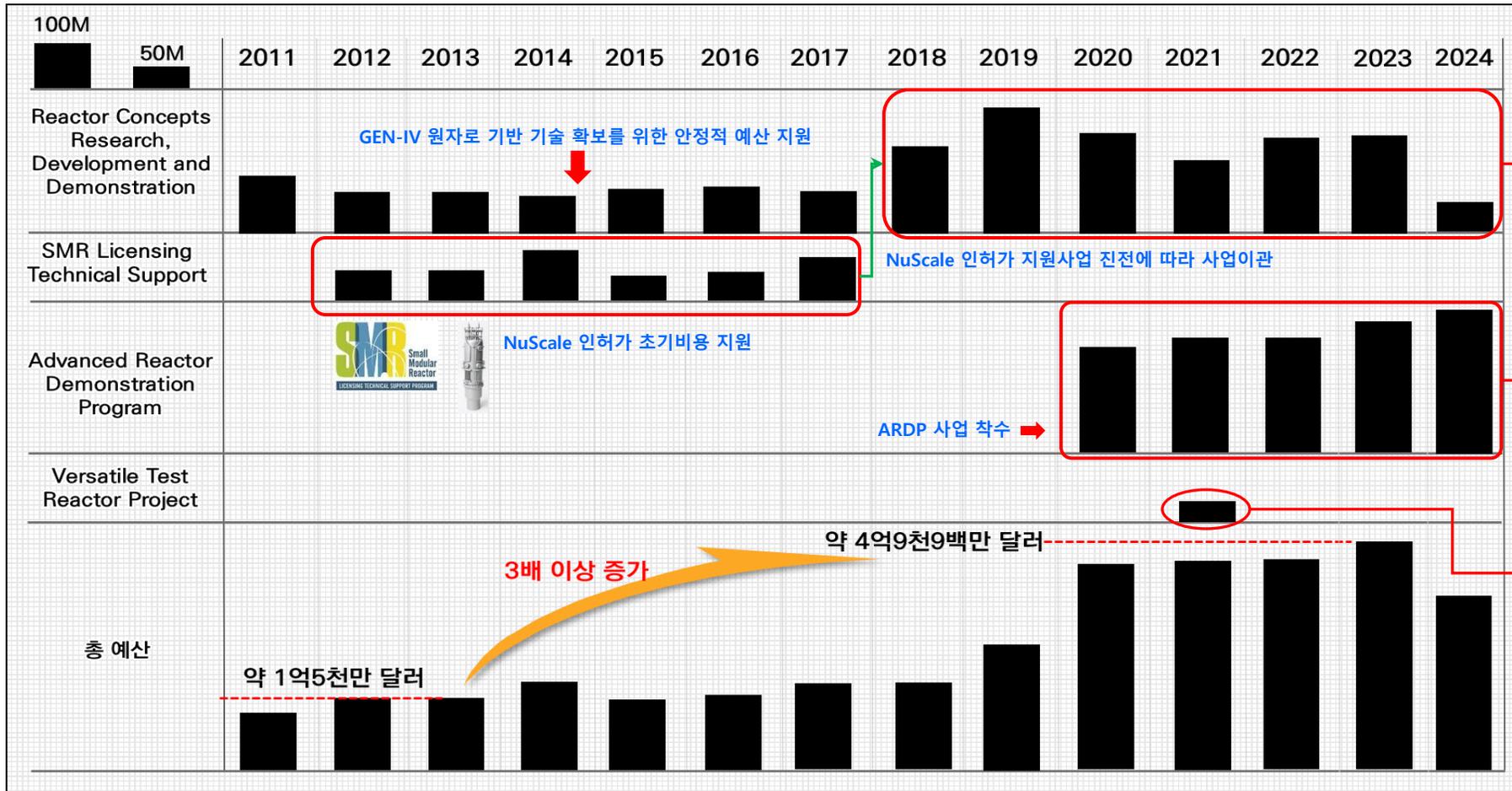
미국의 원자력 R&D 예산 추이

오바마 1기 행정부 평균 예산 대비 FY2024 예산은 2배 이상 증가 (약 9억 달러 증액)



미국의 선진원자로 개발 분야 예산의 변화

선진 원자력 기술의 배치를 가속화하기 위해 실증에 집중하는 R&D 전략으로 전환



Advanced Small Modular Reactor R&D

Advanced Reactor Technologies(ART)

다양한 SMR, 非경수형원자로 초기단계 핵심기술개발 지원



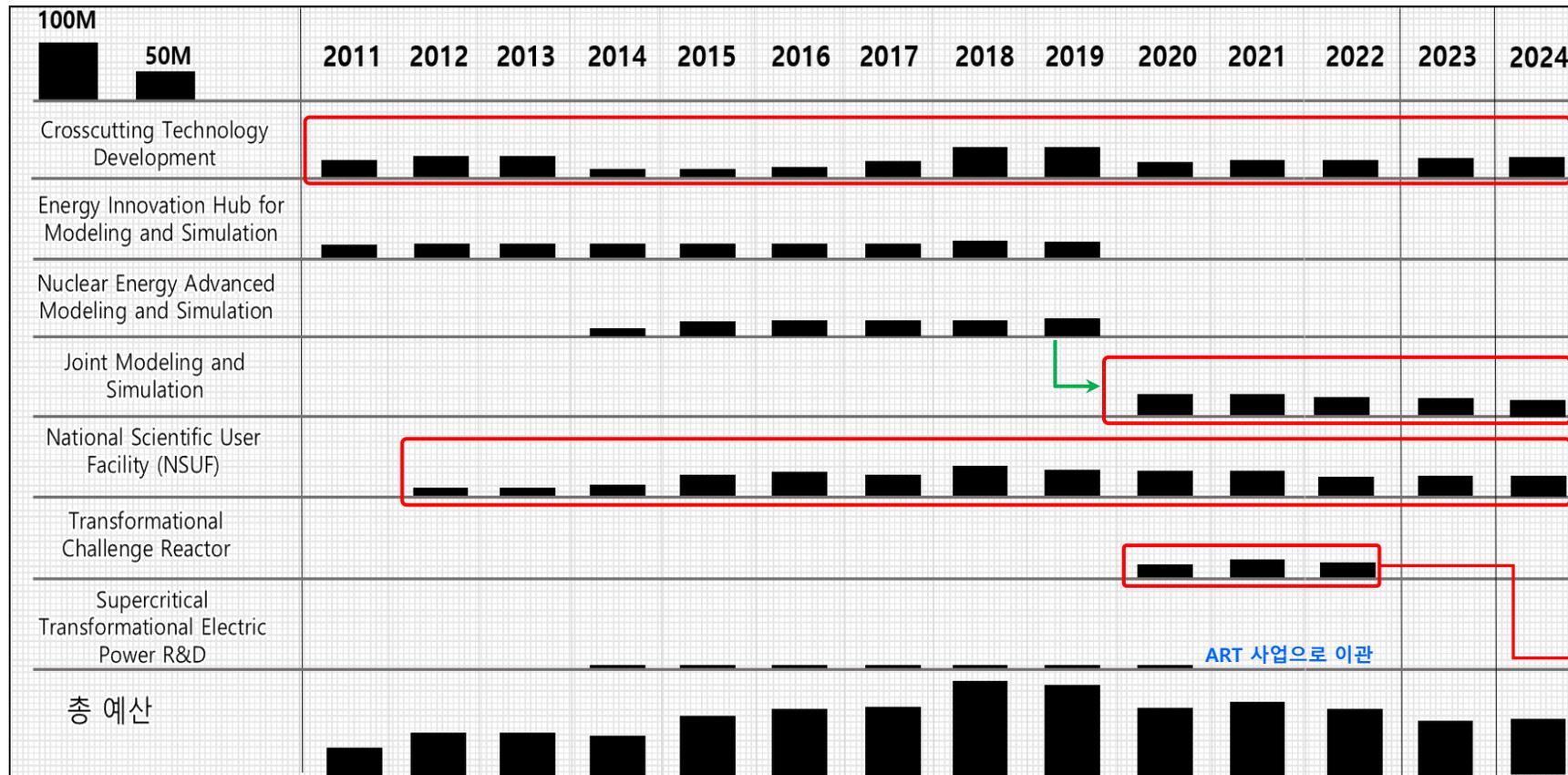
선진원자로의 본격적인 실증단계 진입 지원



선진원자로 실증을 지원하는 인프라 구축 (사업 중단)

미국의 공통기술 개발 분야 예산의 변화

기존 경수로와 선진원자로 분야에 함께 사용할 수 있는 공통기술 개발과 민관 협력을 지속 지원



선진센서, 선진제조, 사이버보안, 하이브리드 시스템 등 원자력 공통 혁신기술 개발을 지속 지원

NEAMS
NUCLEAR ENERGY ADVANCED MODELING & SIMULATION PROGRAM

모델링 & 시뮬레이션 프로그램 통합, 지속적인 지원

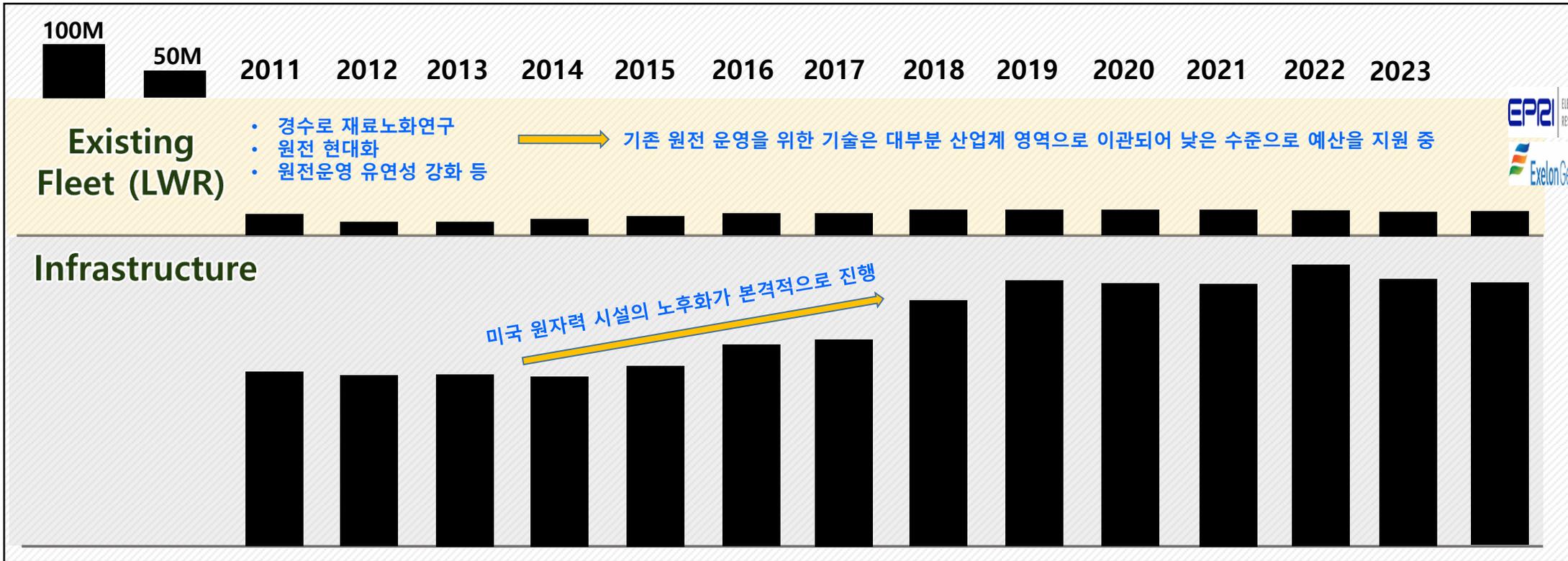
대학/산업체의 공동 대형연구시설의 이용과 상호 협력을 지원하는 사업을 지속 지원 중

혁신제조기술과 디지털 플랫폼이 결합된 혁신 원자로 설계/구축 사업 (현재 Advanced Reactor Technologies(ART) 사업의 하위사업으로 소규모로 진행 중)

기술의 성숙과 선진원자로 기술 실증 추진에 따라 예산이 실증 중심으로 전환되어 예산이 축소

미국의 기존 경수로 기술 및 인프라 분야 예산의 변화

기존 원전을 지원하는 기술은 대부분 산업계에서 추진, 인프라는 노후화로 인해 관리 비용이 증대 중



미국의 기타 분야 예산의 변화

원자력 인력양성과 중소기업 육성, 기술 사업화 등에 예산이 확대되고 있음을 주목 필요



기타 예산의 변화

(단위: 백만
달러)



* NEUP : Nuclear Energy University Program

** SBIR/STTR: Small Business Innovation Research/Small Business Technology Transfer

*** TCF: Technology Commercialization Fund

미 의회는 연방정부와 학계-산업계가 협력하여 연구개발의 성과가 미국 산업계로 확산될 수 있도록 아래와 같은 사업 예산을 별도로 배정

NEUP: 원자력 인력 양성과 대학 주도의 원자력 혁신을 위해 대학과의 협력 R&D 수행과 인프라 개선을 지원

SBIR/STTR: 미국 중소 규모의 산업체가 상용화 가능성이 있는 연방 R&D에 참여하도록 하는 경쟁적인 수상 기반 프로그램 (중소기업 R&D 지원)

TCF: DOE의 RDD&D(Research, Development, Demonstration, and Deployment)에서 기대 효과가 큰 유망한 기술을 상용화 단계로 성숙시키기 위해 민간 자본과 매칭하여 상용화를 지원하는 프로그램



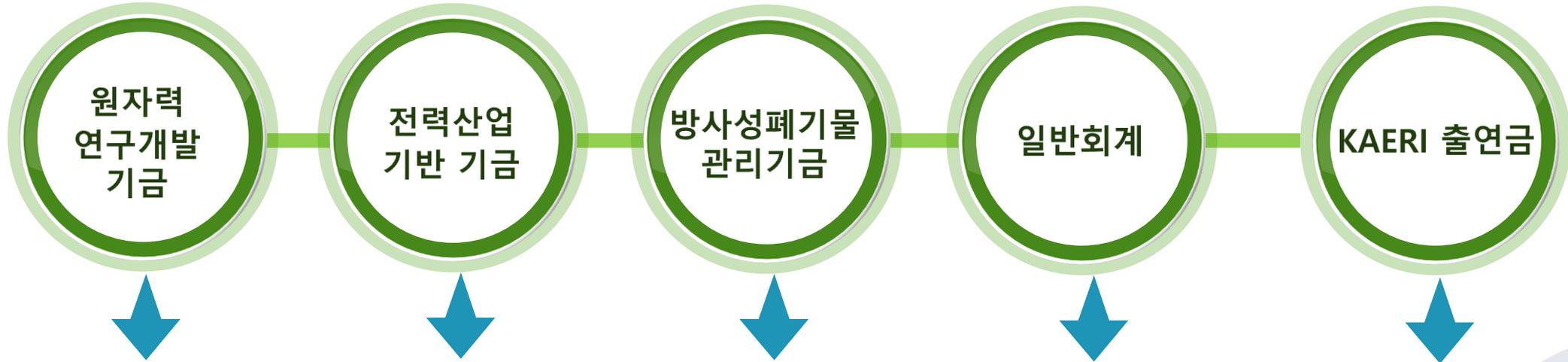
03 한국의 원자력 R&D 예산 분석





우리나라의 원자력 R&D 예산 구조

우리나라 원자력 R&D 예산은 다음과 같이 총 5개로 구분된 재원으로 지원



관리 주체	과학기술정보통신부	산업통상자원부	산업통상자원부	과학기술정보통신부	기재부
법적 근거	원자력진흥법	전기사업법	방사성폐기물관리법	국가재정법, 과기기본법	국가재정법, 과기기본법
관련 R&D	원자력 기술개발, 기반확충	원자력 발전기술개발	방사성폐기물 관리기술개발	방사선기술개발, 국제협력	원자력 R&D 일반, 시설관리
부담 주체	원전 운영자 (한수원)	전기사용자	방사성폐기물 발생자	일반 국민 (조세)	일반 국민 (조세)

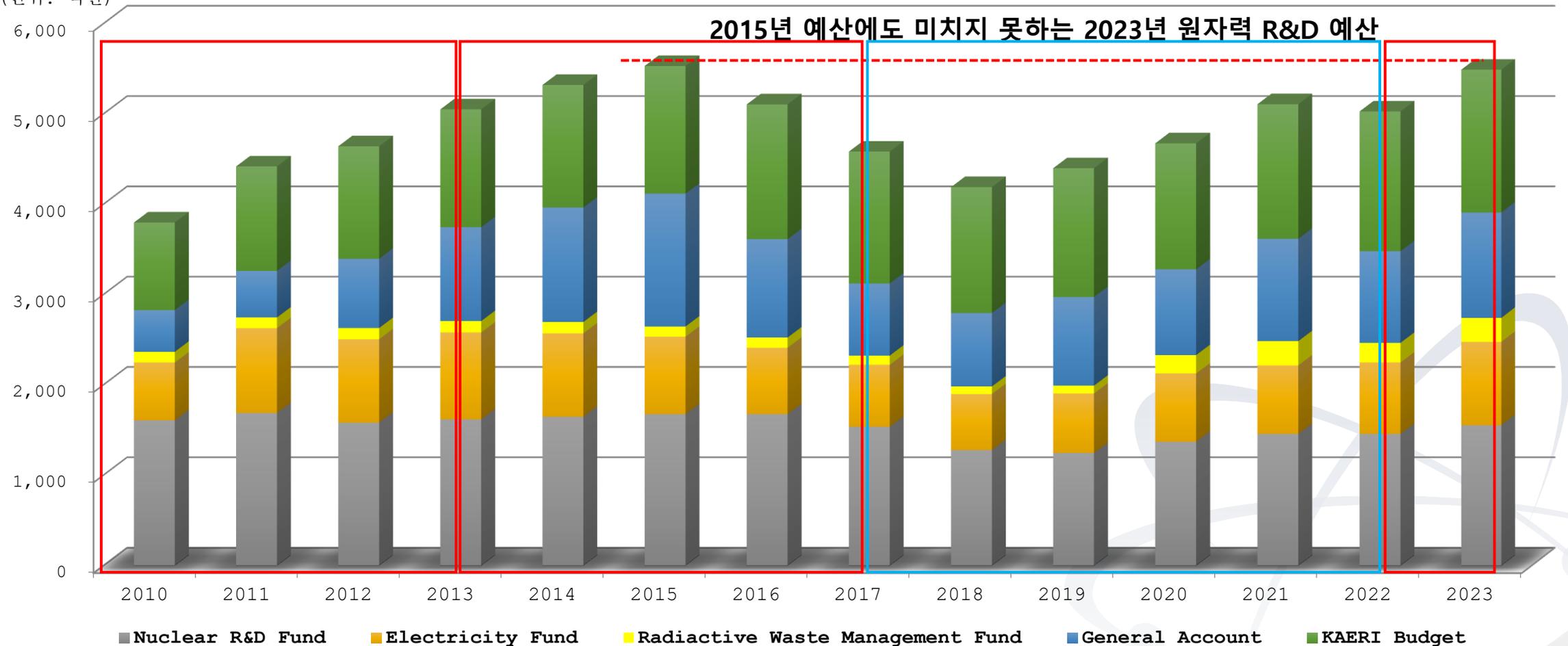


한국의 원자력 R&D 예산 변화

기술 개발 속도와 동기화 되지 못한 원자력 연구개발 예산

(단위: 억원)

2015년 예산에도 미치지 못하는 2023년 원자력 R&D 예산





한국의 원자력 R&D 예산 변화 비교

지속적으로 증가해 온(2024년 제외) 국가 R&D 예산과 달리 증가와 감소를 반복해 온 원자력 R&D 예산



국가 R&D 예산의 변화와 원자력 예산 변화 비교

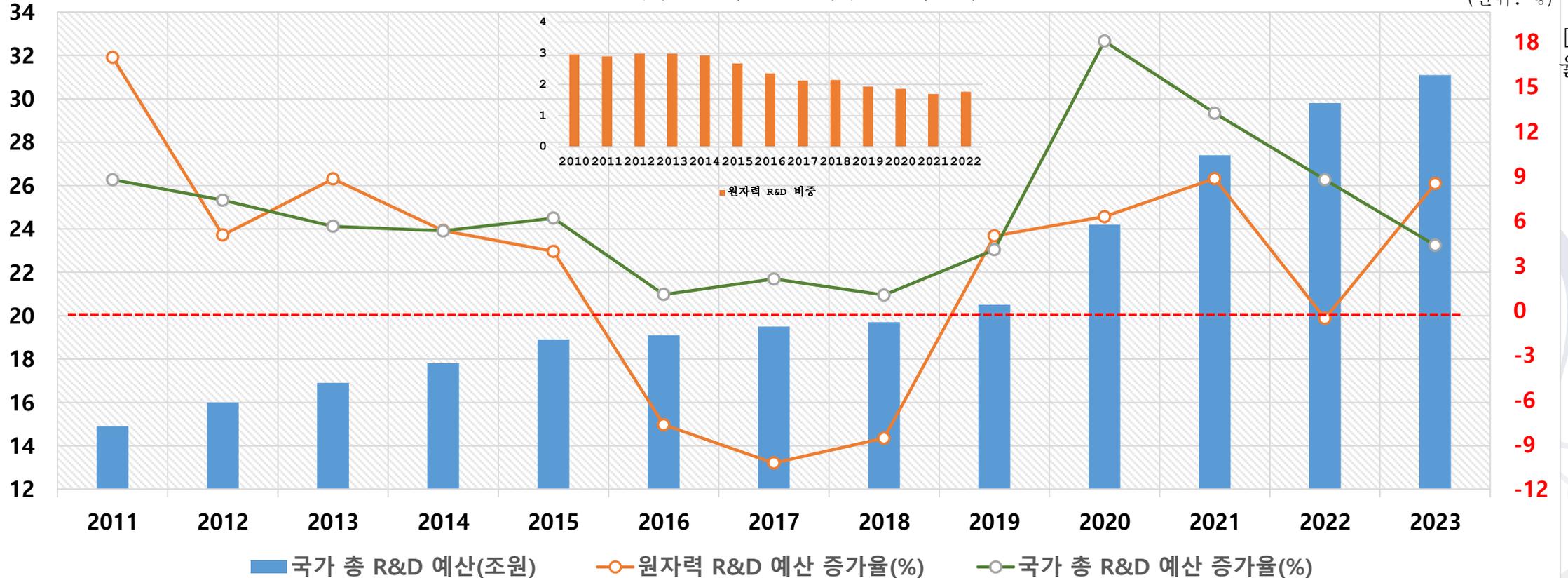
(단위: 조원)

국가 R&D 예산 중 원자력 R&D 예산 비중

(단위: %)

[예산]

[증가율]

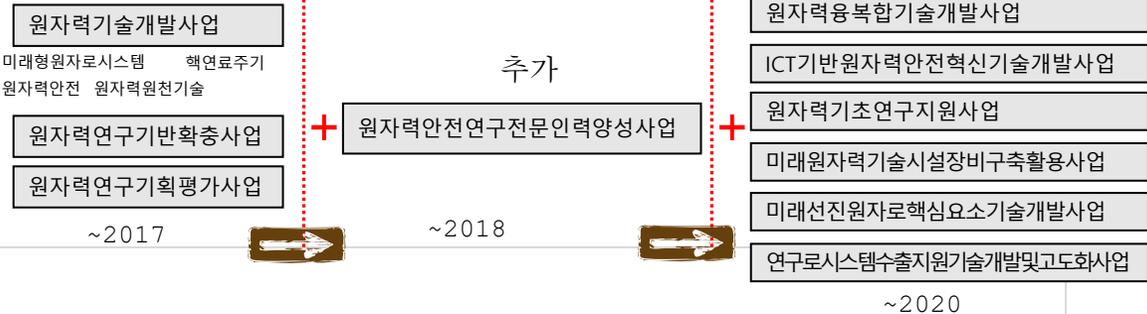




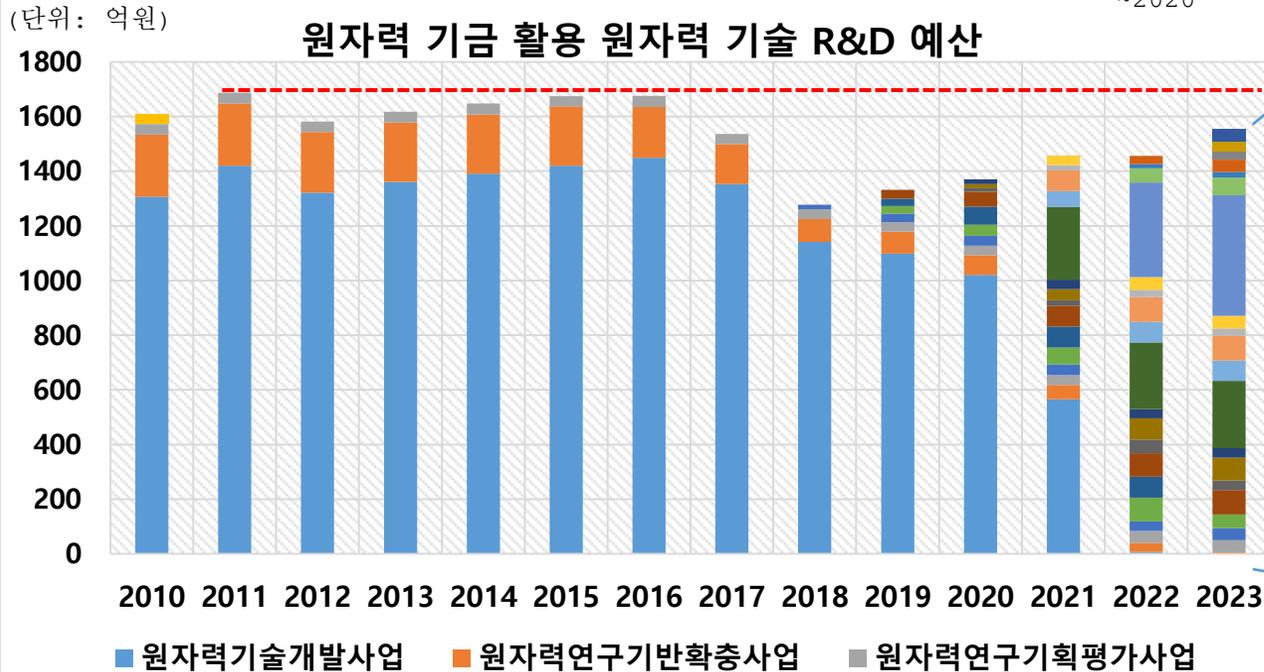
원자력 연구개발 기금의 원자력 R&D 예산 변화

예산의 정체와 함께 원자력 기술개발 사업이 20개 이상의 사업으로 분리

원자력 연구개발 기금



2020년 이후로 매년 사업이 추가



원자력 기금활용 R&D 사업	2023년도
원자력기술개발사업	0
원자력연구기반확충사업	600
원자력연구기획평가사업	4479
연구로 기술개발사업	0
원자력안전연구전문인력양성사업	4300
원자력융복합기술개발사업	5068
ICT기반원자력안전혁신기술개발사업	0
원자력기초연구지원사업	8901
미래원자력기술시설장비구축활용사업	3500
미래선진원자로핵심요소기술개발사업	8347
연구로시스템수출지원기술개발및고도화사업	3500
사용후핵연료 저장·처분 안전성 확보를 위한 핵심기술 개발 사업	24550
해외시장 맞춤형 미래선진원자로 검증기술개발사업	7500
고준위폐기물 관리 차세대 혁신 기술개발사업	9000
고리1호기 기기/설비 활용 원전 안전기술 실증사업	2667
연구로 판형핵연료 수출 핵심기술 개발 및 실증사업	4666
가동원전 안전성 향상 핵심기술 개발사업	44100
원전해체 안전성강화 융복합핵심기술개발 사업	6474
중수로 안전관리 기술개발 사업	2000
사용후핵연료 처리기술 고도화 연구개발사업	4500
혁신형 소형모듈원자로 (i-SMR) 기술개발사업	3110
원전해체 경쟁력 강화 기술개발사업	3510
용융염원자로 (MSR) 원천기술개발사업	4500
총합	155,272



전력산업 기반 기금의 원자력 R&D 예산 변화

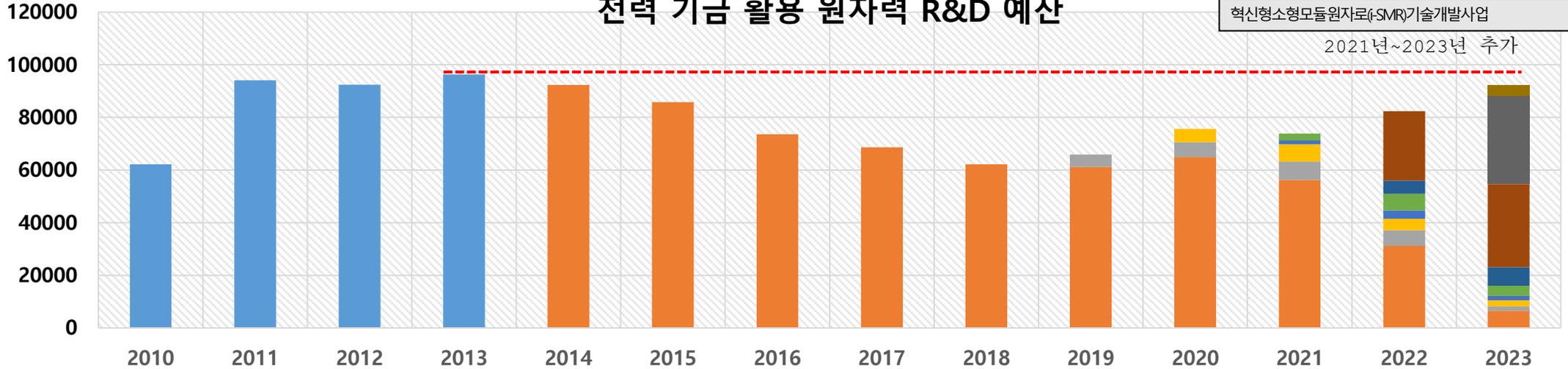
예산의 정체와 함께 연구개발 사업이 파편화

전력산업
기반 기금



(단위: 백만원)

전력 기금 활용 원자력 R&D 예산



- 원자력핵심기술개발
- 원자력융합원천기술개발
- 원전중대사고 방지 안전강화기술개발
- 원전안전부품 경쟁력 강화 기술개발
- 고리1호기 기기/설비활용 원전 안전기술 실증사업
- 원전 산업 글로벌 시장 맞춤형 기술개발
- 원전 안전 운영을 위한 핵심소재·부품·장비 국산화 기술개발
- 가동원전 안전성 향상 핵심기술개발사업
- 원전해체 경쟁력강화 기술개발사업
- 혁신형소형모듈원자로(i-SMR)기술개발사업

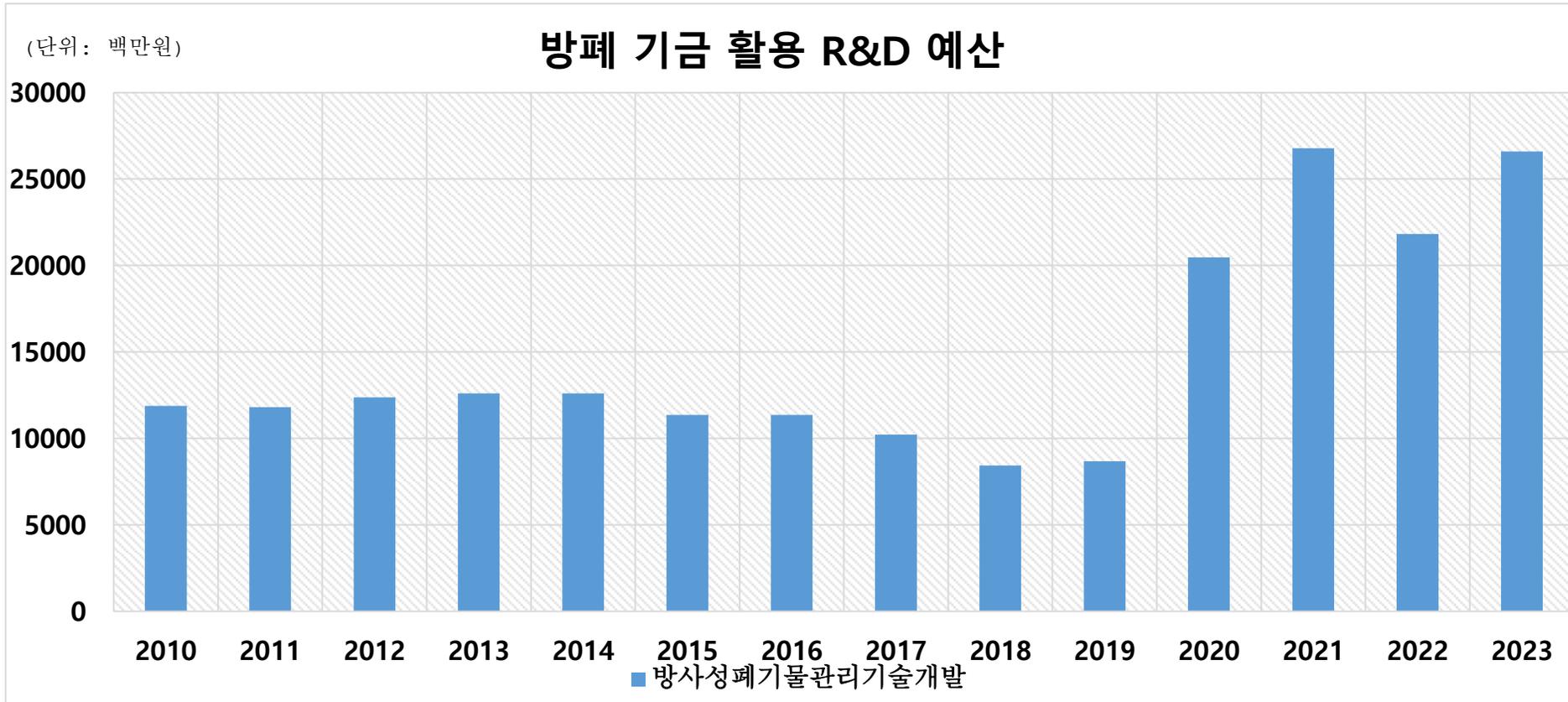
방사성폐기물 관리기금의 원자력 R&D 예산 변화

방폐기금은 기금 고유의 목적과 목표 하에 '방사성폐기물관리기술개발'에만 사용



다만, 원자력기금의 '사용후핵연료 저장·처분 안전성 확보를 위한 핵심기술개발 사업'과의 차별성과 연계성에 대해 고민 필요

방사성폐기물
관리기금

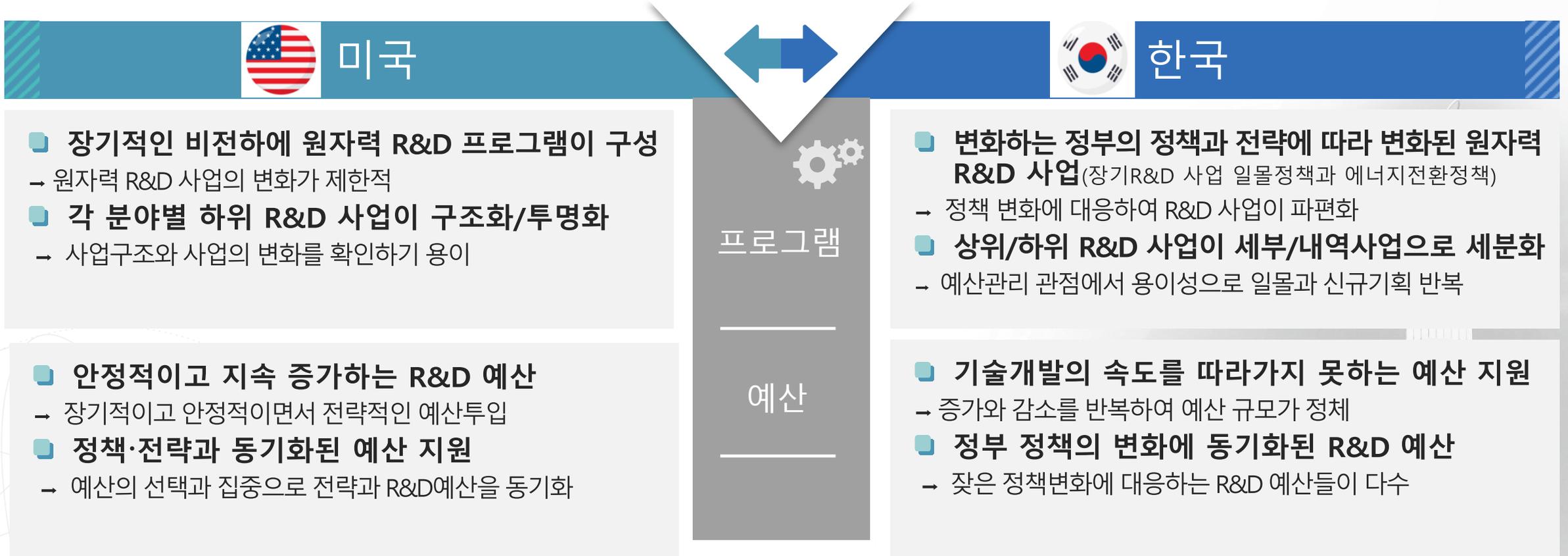




04 결론



우리나라와 미국의 원자력 R&D 사업과 예산 비교



장기적이고 구조화된 원자력 R&D 사업으로 전략에 부합하는 예산지원이 되고 있는지를 확인해야...

원자력 R&D 사업과 예산으로 국가의 원자력 전략과 정책의 선명성을 보여주어야....

더 나은 세상을 위한 원자력기술
국민과 세계가 지지하는 한국원자력연구원



감사합니다.



한국원자력연구원
Korea Atomic Energy Research Institute