기술동향

# 소형모듈원자로 (SMR)

KISTEP 거대공공사업센터 강경탁 · 이연진

KISTEP

# Contents

제1장 개요 ····· 1

제2장 산업·기술동향 ····· 7

제3장 정책동향 ····· 17

제4장 R&D 투자동향 ····· 24

제5장 결론 ····· 30

# 제1장 개요

## 1.1. 작성 배경

### 전 세계적으로 에너지 수급이 어려운 현 상황에서 주요국은 에너지 자립 달성을 위해 원자력에 다시 관심을 기울이고 있으며 우리나라도 정부 차원에서 소형 모듈원자로(SMR)를 포함한 차세대 원전기술 확보를 위해 노력 중

- 2022년 7월 EU는 녹색분류체계에 원자력발전을 포함시켜 2050년 탄소중립 목표 달성을 위한 과도기적 에너지로 원자력을 인정하는 등 원자력에 대한 관심이 증가하고 있음[1)]
- 원자력 업계에서는 탄소중립과 관련하여 기존 석탄 화력발전을 SMR로 대체하는 것을 제시하고 있으며 세계 각지에서 70여 개의 다양한 SMR 노형이 개발되고 있음[2)]
- 우리나라 정부도 2022년 9월 한국형 녹색분류체계에 원전을 포함시킨 초안을 공개하였고 10월에는 12대 국가전략기술 중 하나로 차세대 원자력을 포함시켜 국가전략기술 프로젝트*로 추진

  * 2023년부터 6년 간 약 2천7백억 원의 예산을 투입하여 혁신형 SMR(i-SMR) 표준설계를 위한 사업 수행 예정[3)]

- 또한 2021년부터 5년 간 약 3천억 원 정부 예산을 투자하여 경주시에 미래 혁신원자력 시스템 핵심기술의 연구와 실증을 위한 '문무대왕연구소' 착공[4)]

### SMR은 기존의 대형원전보다 피동 안전성(passive safety)이 향상된 동시에 탄력적인 운영이 가능하며 초기 투자가 낮아 경제성을 확보할 수 있을 것으로 알려져 있음

※ 피동 안전성: 외부 에너지 투입 없이 자연 법칙, 재료 속성, 내부 저장 에너지에만 의존한 안전 정도[5)]

---

1) European Commission(2022.7.6.), "EU Taxonomy: Commission welcomes the result of today's vote by European Parliament on the Complementary Delegated Act"
2) IAEA(2020), Advances in Small Modular Reactor Technology Developments
3) 과학기술정보통신부(2022.6.1.) "원전강국 건설을 위한 대형 연구개발 본격 추진"
4) 과학기술정보통신부(2021.7.21.) "경주에 한국원자력연구원 문무대왕연구소 착공"
5) IAEA(1991), Safety related terms for advanced nuclear plants

〈표 1〉 대형원전과 SMR 비교

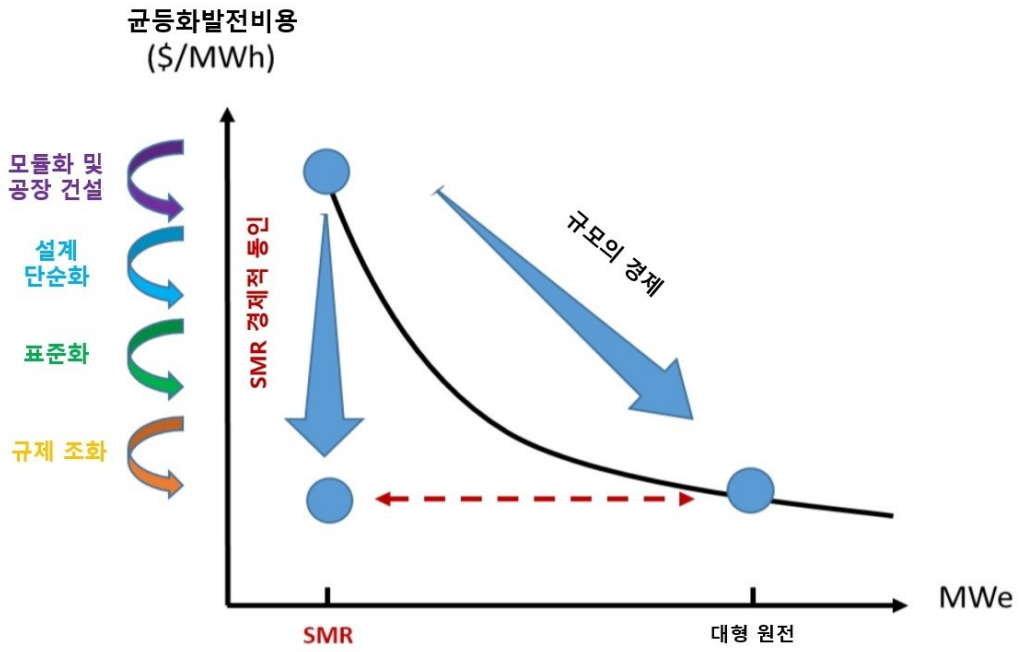
| 항목 | 대형원전 | SMR |
|---|---|---|
| 안전성 | 대형사고 이력 존재(체르노빌, 후쿠시마) | 소형화, 피동형으로 사고 발생위험↓ |
| 운영 탄력성 | 주로 대용량 출력 고정(기저부하) | 분산전원 및 부하추종운전 가능 |
| 건설 위험 | 현장작업 비중이 높아 건설비 위험↑ | 공장작업 비중이 높아 건설비 위험↓ |
| 부지 면적 | APR1400 기준 573 $m^2$/MWe | 대형원전 대비 절반 |
| 응용분야 | 발전용 | 발전용, 담수, 수소생산, 공정열, 선박 추진 등 |

* 출처 : 에너지경제연구원 세계원전시장 인사이트(2021), 소형모듈원전 기술개발 및 사업화 현황 p.4 재구성

- **(안전성)** 원자로 출력이 감소하면 핵분열 반응 후 발생하는 붕괴열 또한 감소하여 피동적인 방식으로 붕괴열 제거 가능
  - 외부 전원 공급 없이도 냉각재 자연 순환에 기초하여 붕괴열이 제거되도록 설계가 가능하기 때문에 외부 전원 상실로 발생한 일본 후쿠시마 사고와 같은 중대사고 발생 가능성을 거의 존재하지 않도록 운영 가능

- **(탄력성)** 모듈화를 통해 일부만 가동하는 등 탄력적인 운영이 가능하여 신재생에너지의 비탄력성을 보완할 수 있음

- **(경제성)** 표준화, 단순화된 모듈을 공장에서 제작하면 대량 생산을 통해 제조단가를 크게 낮출 수 있으며 설계 및 건설 단계에서 모듈화 기법을 활용하면 건설기간을 단축하여 비용 절감 가능




[그림 1] 규모의 경제 극복을 위한 SMR 주요 경제적 동인

* 출처 : OECD NEA(2021), Small Modular Reactors: Challenges and Opportunities p.22 번역

- 대형 원전 건설은 최소 5년이 소요되지만 SMR은 2~3년 정도 소요되기 때문에 초기 투자비용과 예산 초과 가능성이 더 낮아 투자 용이성이 높음
- 다만 대형원전의 장점인 규모의 경제(Economy of Scale)를 극복할만한 표준화, 단순화, 모듈화가 이뤄져야 하며 아직은 경제성이 충분히 확보되지 못했다는 시각도 존재[6)]

**본고에서는 현재 제3세대 혹은 제4세대로 구분되어 개발 중인 SMR 관련 국내외 기술, 산업, 정책, R&D 투자 동향 등을 제시하고 향후 R&D 투자 방향에 대한 시사점을 도출하고자 함**

## 1.2. 기술의 정의 및 범위

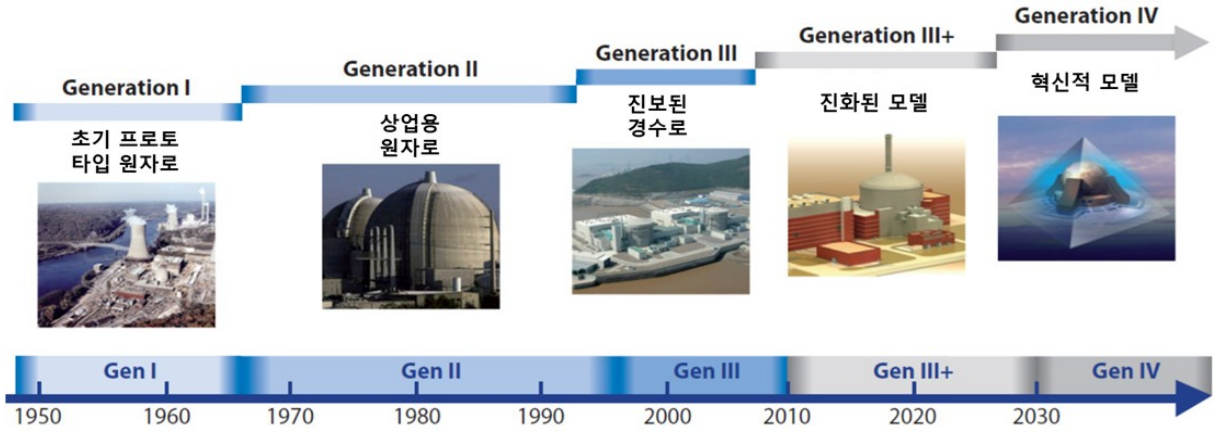
**SMR은 Small Modular Reactor의 약자로 일반적으로 출력이 300 MWe 이하*인 원자로를 의미[7)]하며 모듈화(①원전 주요기기 일체형 설계·제작 ②공장에서 부분 시험·제조를 거친 모듈을 현장에서 설치)[8)]된 특징을 가지고 있음**

* 충분한 피동 안전성을 확보할 수 있는 출력으로 알려짐

- 과거에는 SMR이 Small and Medium-sized Reactor(중소형원자로)를 의미했으나 모듈화를 통한 안전성과 경제성의 획기적 향상이 강조되면서 Modular로 변경

- 현재 개발 중인 SMR은 크게 제3세대(경수형) SMR과 제4세대 SMR로 구분 가능하며 제4세대의 경우 2030년대 이후 상용화될 것으로 전망
  - 현재 세계 각국에서 개발 중인 약 70여 개의 SMR 노형 중 절반 정도는 제3세대 SMR이며 나머지 절반 정도는 제4세대 SMR에 해당

6) 동아사이언스, "윤석열 정부 원전정책의 아이콘 SMR, 안전성 기준 없고 경제성 입증 숙제"(2022.4.25.)
7) OECD NEA(2021), Small Modular Reactors: Challenges and Opportunities
Stephen M. Goldberg, Robert Rosner(2011), Nuclear Reactors: Generation to Generation
8) 한국원자력연구원 원자력정책 Brief Report(2022), 소형모듈원자로(SMR) 해외 기술개발 동향 p.4




[그림 2] 원자력 발전의 세대

* 출처 : OECD NEA(2014), Technology Roadmap Update for Generation Ⅳ Nuclear Energy Systems p.7 번역

- 현 시점에서 충분한 피동 안전성을 확보할 수 있는 최대 출력 기준으로 알려진 300 MWe는 제3세대에 해당하며 제4세대의 경우 더 높은 출력(약 400 MWe)에서도 피동 안전성을 확보할 수 있는 가능성 존재
  - 이미 제3세대 SMR 중 일부는 300 MWe를 넘는 출력에도 피동 안전성이 충분하다고 주장하고 있으며 향후 제4세대 SMR 기술 실현을 통한 안전성 확보 여부에 따라 기준을 400 MWe로 상향하는 것도 가능함

## 원자로 형식에 따라 제3세대 SMR은 가압경수로(PWR), 비등수형경수로(BWR) 등으로 구분 가능하며 제4세대 SMR은 소듐냉각고속로(SFR), 납냉각고속로(LFR), 용융염원자로(MSR)*, 고온가스로(HTGR) 등으로 구분 가능

* 일종의 MSR인 불화염냉각고온로(FHR) 포함

- 제3세대 SMR은 모듈의 형태(블록형, 통합형), 냉각재 순환 방식(강제 순환, 자연 순환), 격납 방식(건물, 용기)에 따라서도 구분 가능하며 충분한 피동 안전성 확보를 위해 각각의 노형이 저마다의 형태와 방식을 제시하고 있음
  - PWR은 압력을 가한 물을 냉각재와 중성자 감속재로 쓰는 원자로를 의미
  - BWR도 물을 냉각재와 중성자 감속재로 사용하며 원자로에서 발생한 열로 물을 끓이고 증기를 발생시켜 전기 생산
- 제4세대 SMR은 원자로 냉각재에 따라 구분되며 아직까지는 각각의 원자로가 상용화를 위해서 해결해야 할 과제들을 보유하고 있음
  - SFR은 액체 소듐을 냉각재로 사용하며 고속중성자로 핵분열을 일으켜 발생한 열로 전기 생산

- LFR은 액체 납 또는 납-비스무스 합금을 냉각재로 사용하며 고속중성자로 핵분열을 일으켜 발생한 열로 전기 생산
- MSR은 불소 혹은 염소 화합물의 용융염을 냉각재로 사용하며 핵연료 물질을 용융염에 용해시켜 활용하는 원자로를 의미
- HTGR*은 헬륨을 냉각재로 사용하며 흑연을 감속재로 사용하는 원자로를 의미

  * 좀 더 진화된 단계로 초고온원자로(Very-High-Temperature Reactor)가 있으며 700~950℃ 열 공급 가능

〈표 2〉 제4세대 SMR 구분

| 원자로 | 안전성 | 경제성 | 해결과제 |
|---|---|---|---|
| SFR (소듐 냉각재) | 소듐의 우수한 열전도 성능으로 노심 효율적 냉각 | 고속중성자 사용으로 핵연료인 우라늄 이용률 향상 | 소듐과 물의 반응을 방지하기 위한 방안 필요 |
| LFR (납 냉각재) | 납은 물 또는 공기와 발열 반응이 없어 안정함 | 납의 끓는점(1,749℃)이 높아 냉각재 비등 관련 설계 단순화 가능 | 고온에서 납과 구조용 기기 접촉 시 부식 가능성 연구 필요 |
| MSR (용융염 냉각재) | 용융염의 화학적 안정성에 따라 폭발 우려 적음 | 핵연료 가공·제조 공정이 없어 비용 낮음 | 용융염의 물성 및 구조재료 부식 특성 연구 필요 |
| HTGR (헬륨 냉각재) | 흑연 감속재를 포함하여 사고 시 급격한 진행 방지 | 고온열을 통한 수소, 합성연료, 공정열 공급 가능 | 고온에서 원자로 부품의 장기간 유지 가능 여부 연구 필요 |

* 출처 : 한국원자력연구원 원자력정책 Brief Report(2022), 소형모듈원자로(SMR) 해외 기술개발 동향 p.7, OECD, https://www.gen-4.org/gif/jcms/c_9358/lfr 번역 및 재구성

## 본고에서는 현재 전 세계적으로 활발하게 개발 중이거나 활용되고 있는 SMR 노형을 대상으로 설계 특징과 동향을 다루려 함

〈표 3〉 본고에서 다루는 SMR 리스트

| 구분 | 형식 | 설계명 | 설계기업(기관) | 국가 |
|---|---|---|---|---|
| 제3세대 | PWR | Nuscale | Nuscale Power | 미국 |
| 제3세대 | PWR | SMR-160 | Holtec International | 미국 |
| 제3세대 | PWR | UK SMR | Rolls-Royce and Partners | 영국 |
| 제3세대 | PWR | NUWARD$^{TM}$ | EDF Consortium | 프랑스 |
| 제3세대 | PWR | KLT-40S | Afrikantov OKBM | 러시아 |
| 제3세대 | PWR | RITM-200 | Afrikantov OKBM | 러시아 |
| 제3세대 | PWR | ACP100 | CNNC | 중국 |
| 제3세대 | PWR | BANDI-60 | 한국전력기술 | 한국 |
| 제3세대 | PWR | SMART | 한국원자력연구원 | 한국 |

| 구분 | 형식 | 설계명 | 설계기업(기관) | 국가 |
|---|---|---|---|---|
| 제3세대 | BWR | BWRX-300 | GE-Hitachi Nuclear Energy | 미국 |
| 제4세대 | SFR | Natrium | TerraPower | 미국 |
| 제4세대 | LFR | BREST-OD-300 | NIKIET | 러시아 |
| 제4세대 | LFR | MicroURANUS | UNIST | 한국 |
| 제4세대 | MSR | KP-FHR | Kairos Power | 미국 |
| 제4세대 | MSR | IMSR | Terrestrial Energy | 캐나다 |
| 제4세대 | HTGR | Xe-100 | X energy | 미국 |
| 제4세대 | HTGR | HTR-PM | CNNC | 중국 |

* 출처 : IAEA(2020), Advances in Small Modular Reactor Technology Developments p.2 번역 및 재구성

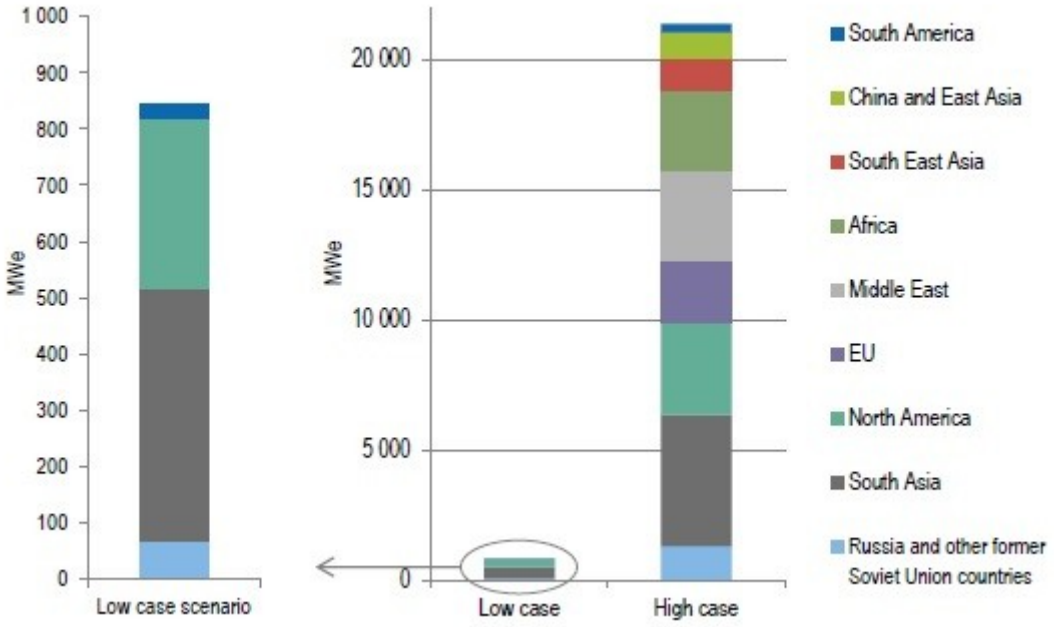
# 제2장 산업·기술동향[9)]

## 2.1. 시장 동향

### (시장예측) 아직 SMR 관련 시장이 형성되지는 않았으며 예측 기관에 따른 차이가 있지만 공통적으로 시장 자체의 불확실성이 높음

- OECD NEA(Nuclear Energy Agency)에 따르면 2035년 예상되는 SMR 시장은 약 850 MWe ~ 21,000 MWe로 나타남

※ 최악의 시나리오와 최상의 시나리오를 가정했을 때 수치




[그림 3] 2035년 예상되는 SMR 시장 전망

* 출처 : IAEA(2016), Small Modular Reactor: Nuclear Energy Market Potential for Near-term Deployment p.11

9) 현 시점에서는 SMR 시장이 아직 형성되지 않았기 때문에 세계 각국의 기업 및 기관이 개발하는 SMR 노형의 기술특성을 포함한 동향과 함께 기업의 활동(산업) 동향을 기술함

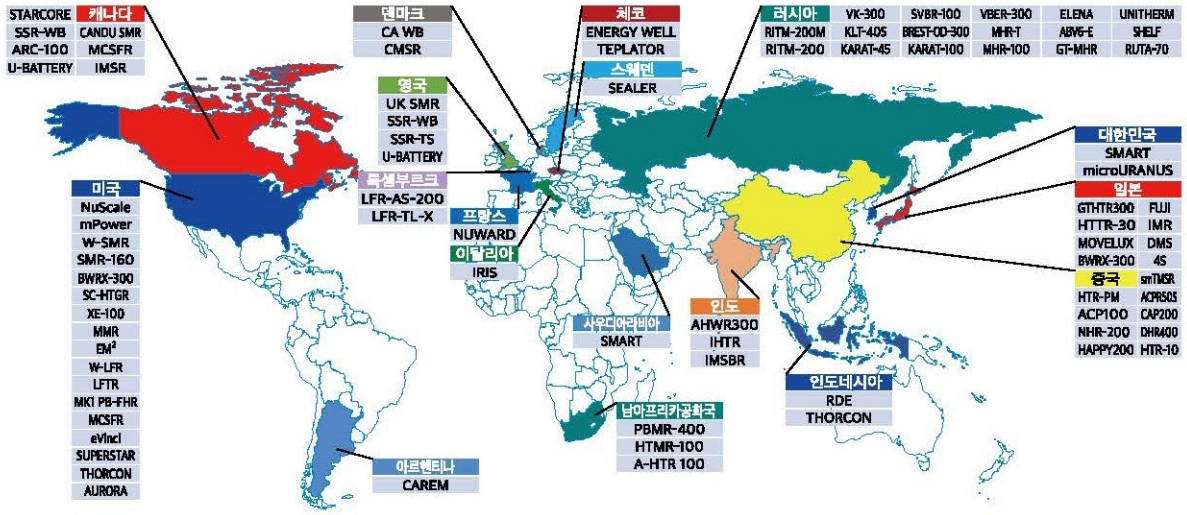
- National Nuclear Laboratory(영국 국영기업)에 따르면 2035년 예상되는 SMR 시장은 약 5 GWe ~ 85 GWe로 나타남[10)]

※ Niche 시나리오(대형원전에 비해 경제적 경쟁력을 갖추지 못한 경우)와 Parity 시나리오(경쟁력을 갖춘 경우)를 가정했을 때 수치

## 2.2. 주요국 동향

〈표 4〉 주요국 동향 특징 요약

| 국가 | 주요기업(기관) | 특징 |
|---|---|---|
| 미국 | Nuscale Power, GE-Hitachi Nuclear Energy, Holtec International, TerraPower, Kairos Power, X-energy | 정부의 적극적인 지원으로 벤처기업을 포함한 다양한 기업들이 활발하게 활동하고 있으며 제3세대와 제4세대 SMR 모두 연구개발 진행 중 |
| 캐나다 | Terrestrial Energy | 정부 지원으로 제4세대 SMR 연구개발 진행 중 |
| 영국 | Rolls-Royce and Partners | 정부 지원으로 제3세대 SMR 연구개발 진행 중 |
| 프랑스 | EDF Consortium | 국영기업 중심으로 제3세대 SMR 연구개발 진행 중 |
| 러시아 | Afrikantov OKBM, Atomenergoprom | 기존 원자로를 개량한 제3세대 SMR 상용화와 함께 제4세대 SMR 연구개발 진행 중 |
| 중국 | CNNC | 정부 주도로 제3세대, 제4세대 SMR 건설·운영 중 |




[그림 4] 전 세계 SMR 개발 지도

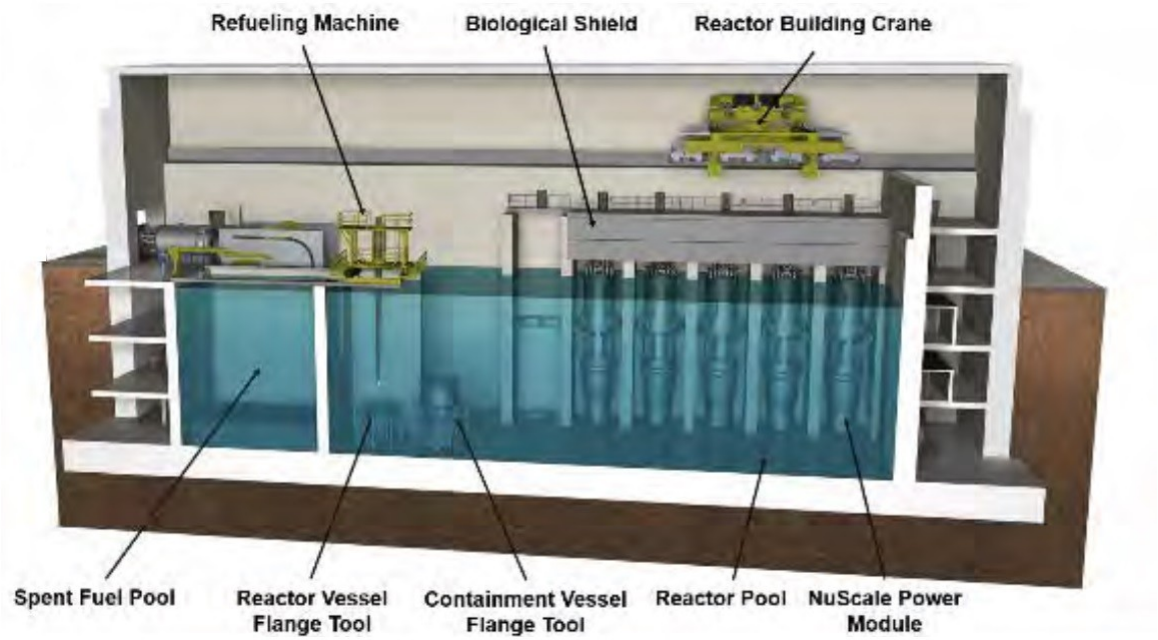
* 출처 : 한국원자력연구원 원자력정책 Brief Report(2022), 소형모듈원자로(SMR) 해외 기술개발 동향 p.20

10) National Nuclear Laboratory(2014), Small Modular Reactors Feasibility Study p.15~16

## (미국) 정부의 강력한 지원 정책으로 기존 기업과 함께 다양한 벤처기업들이 제3세대와 제4세대 SMR 연구개발에 활발히 참여하여 기술 개발 진행

※ 미국에서 활동하는 기업들은 주로 정부의 지원을 받아 컨소시엄 형태로 프로젝트를 수행하고 있으며 실증로 건설이나 일부 기기 제작계약 체결 사례도 존재

- (제3세대) NuScale Power가 개발한 'NuScale'이 2020년 말 미국 규제기관 NRC(Nuclear Regulatory Commission)의 설계인증을 취득하였으며 GE-Hitachi Nuclear Energy의 'BWRX-300'은 인증을 준비 중이고 Holtec International의 'SMR-160'는 개념설계 단계 개발 중
  - NuScale Power의 PWR 기반 'NuScale'은 주요 구성을 하나의 원자로 용기 내에 통합 배치하고 금속 격납용기 사용
  - 'NuScale'은 높은 피동 안전성을 확보하기 위해 냉각재 자연 순환 방식을 택하여 상대적으로 출력이 낮고(60 MWe) 모듈 자체를 수조에 침수시켜 운영하는 개념 도입
  - 'NuScale'은 충분한 안전성을 확보하면서 경제성을 극대화하기 위해 단일 수조에서 운영되는 6개 모듈의 개별 출력을 77 MWe까지 증가시켰으며 이에 대해 다시 통합인허가 신청 예정(2024년)




[그림 5] Nuscale 발전소 단면

* 출처 : IAEA(2020), Advances in Small Modular Reactor Technology Developments p.91

- NuScale Power는 'NuScale' 제작을 위해 우리나라의 두산에너빌리티(前 두산중공업), 미국의 BWXT와 기본 계약을 체결했으며 영국, 루마니아, 불가리아, 요르단 등 다수 나라와 SMR 건설을 위한 논의를 진행 중

  ※ 2022년 2월 폴란드 구리·은 생산기업인 KGHM과 SMR 건설을 위한 확정계약 체결[11)]
  ※ 2022년 5월 루마니아 국유 원자력 회사와 MOU를 체결하여 보이저 발전소 건설 합의[12)]

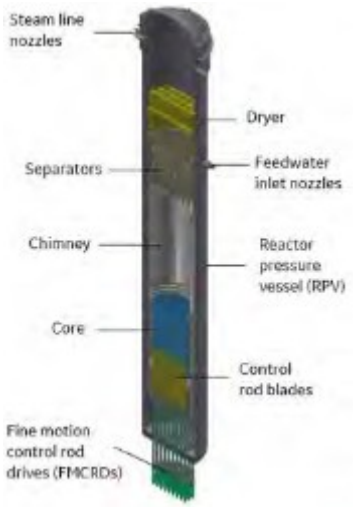
- NuScale Power는 정부의 지원을 받아 전력회사 컨소시엄* 관련 CFPP(Carbon Free Power Project)를 추진하고 있으며 해당 프로젝트에서는 최초의 발전소를 아이다호주에 건설하여 2029년 운전 시작을 목표로 하고 있음(건설 및 운전 허가 신청서를 2023년 제출할 것으로 예상됨)

  * UAMPS(Utah Associated Municipal Power Systems)

- GE-Hitachi Nuclear Energy의 BWR 기반 'BWRX-300'은 주요 구성을 블록형으로 연결하고 기존 격납건물을 사용하였으며 냉각재 자연 순환 방식 적용(출력: 270~290 MWe)

- GE-Hitachi Nuclear Energy는 'BWRX-300'의 캐나다 달링턴 건설을 위한 협약 체결

- Holtec International의 PWR 기반 'SMR-160'은 주요 구성을 블록형으로 연결하고 기존 격납건물을 사용하였으며 냉각재 강제 순환 방식 적용(출력: 160 MWe)




[그림 6] BWRX-300

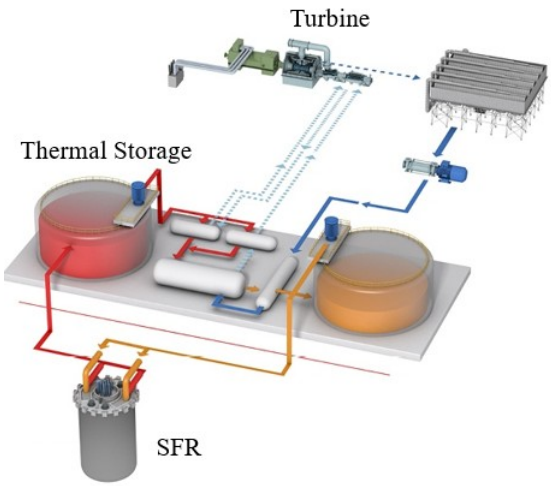
[그림 7] SMR-160 냉각시스템

* 출처 : IAEA(2020), Advances in Small Modular Reactor Technology Developments p.93, 97

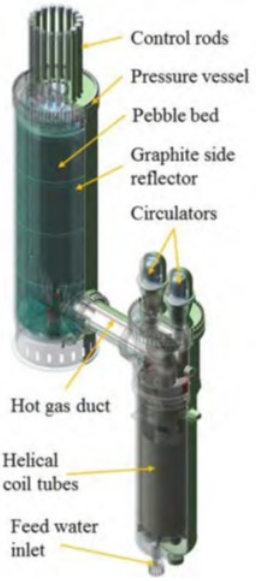
- (제4세대) 전 마이크로소프트 회장인 빌게이츠가 설립한 기업 TerraPower의 'Natrium', 기업 Kairos Power의 'KP-FHR', 기업 X-energy의 'Xe-100'이 개념설계 단계 개발 중

11) 매일경제, "두산重 '동맹' 美뉴스케일, 폴란드 SMR시장 공략"(2022.2.17.)
12) Kotra 해외시장뉴스, "미국, 소형 모듈화 원자로(SMR) 2030년에 상용화 목표로 개발 및 건설 중"(2022.9.15.)

- TerraPower의 SFR 기반 'Natrium'은 태양열 시스템 분야에서 활용하고 있는 용융염에 기반 한 열저장 시스템을 고유한 방식으로 결합하여 기존 증기발생기를 제거함(소듐-물 관련 반응을 원천적으로 배제)에 따라 안전성 및 경제성 크게 향상(출력: 345~550 MWe)
- TerraPower는 정부의 선진원자로 관련 정책 지원을 받아 기존 발전회사(GE-Hitachi)와 협력하여 'Natrium'을 개발하고 있으며 첫 실증은 와이오밍주의 석탄발전소를 대체하는 것으로 2030년 완공을 목표로 발전회사인 PacificCorp과 협력 중
- Kairos Power는 MSR과 HTGR 개념을 혼합한 열중성자로인 FHR(Fluoride salt-cooled High-temperature Reactor) 기반 'KP-FHR' 개발 중(출력: 140 MWe)
- X-energy는 물이 아닌 헬륨을 냉각재로 사용하며 750℃에서 운전 가능한 HTGR 기반 'Xe-100' 개발 중(모듈 당 출력: 80 MWe, 4개 모듈 결합)[13]




[그림 8] Natrium 개념도



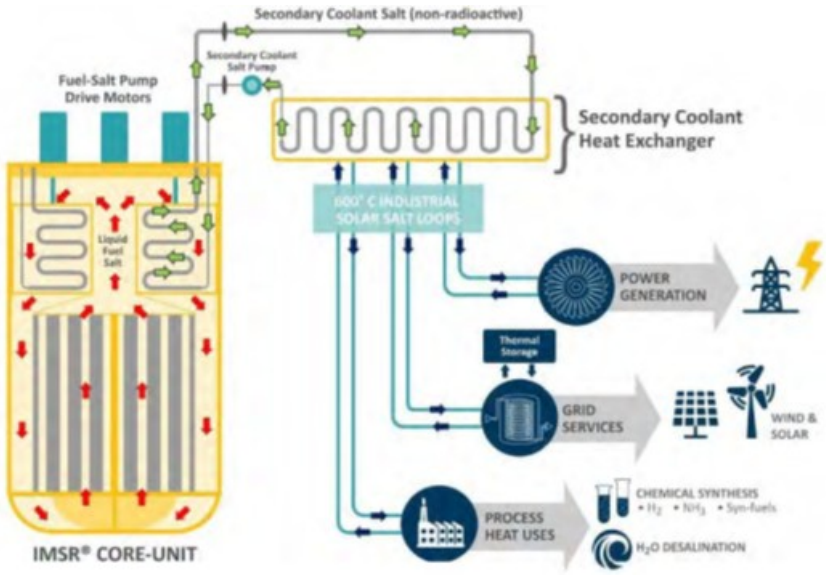

[그림 9] Xe-100

* 출처 : IAEA(2020), Advances in Small Modular Reactor Technology Developments p.175

## (캐나다) 정부의 강력한 산업체 지원 정책으로 제4세대 SMR 기술 개발 진행

- (제4세대) 벤처기업 Terrestrial Energy가 개념설계 단계 개발 중인 'IMSR'이 2017년 11월 캐나다 규제기관 CNSC(Canadian Nuclear Safety Commission)의 VDR(Vender Design Review) 1단계 완료

13) 에너지경제연구원(2021), 무탄소 신전원 해외사례 및 정책방향 연구 p.38




[그림 10] IMSR 개념도

* 출처 : IAEA(2020), Advances in Small Modular Reactor Technology Developments p.244

- Terrestrial Energy의 MSR 기반 'IMSR'은 노심 출구 온도가 700 도 정도로 매우 높아 원자로에서 만들어진 열에너지를 열저장 시스템과 연계하여 시스템 유연성 향상 가능(출력: 185~192 MWe)

## (영국) 정부 지원으로 경제성 향상에 중점을 둔 제3세대 SMR 기술 개발 진행

- (제3세대) Rolls-Royce는 다른 제3세대 SMR에 비해 출력(470 MWe)이 훨씬 높은 'UK-SMR'를 개발하고 있음(개념설계 단계)
  - Rolls-Royce의 PWR 기반 'UK-SMR'은 주요 구성을 블록형으로 연결하고 기존 격납건물을 사용하였으며 냉각재 강제순환 방식 적용
  - 충분한 피동 안전성을 확보하면서 출력을 극대화함에 따라 일반적인 SMR 출력(300 MWe)을 초과하였으며 이에 대한 충분한 검증 필요

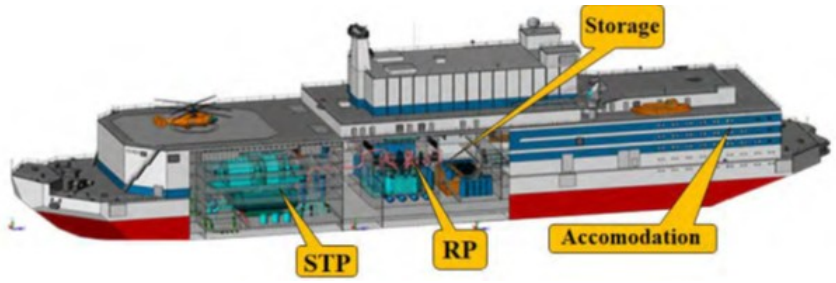
## (프랑스) 비교적 느리게 연구개발이 진행되었으나 최근 정부의 원자력 필요성 강조로 제3세대 SMR 기술 개발 촉진

- (제3세대) EDF(프랑스 전력공사)는 다른 제3세대 SMR에 비해 출력(300~400 MWe)이 높은 'NuWard'를 개발하고 있음(개념설계 단계)
  - EDF의 PWR 기반 'NuWard'는 주요 구성을 블록형으로 연결하고 금속 격납용기를 사용하였으며 냉각재 강제순환 방식 적용

- 충분한 피동 안전성을 확보하면서 출력을 극대화함에 따라 일반적인 SMR 출력(300 MWe)을 초과하였으며 이에 대한 충분한 검증 필요

## (러시아) 기존 원자로를 개량한 제3세대 SMR과 제4세대 SMR 기술 개발 진행

- (제3세대) 기업 Afrikantov OKBM은 기존 해양용 PWR 기반 'KLT-40'을 발전시킨 'KLT-40S'를 부유식 소형원전 형태로 2020년 5월 상용화에 성공하였으며 지상 발전소로 활용하기 위해 PWR 기반 'RITM-200' 개발 중




[그림 11] 일반적인 부유식 발전소 단면

* 출처 : IAEA(2020), Advances in Small Modular Reactor Technology Developments p.114

- Afrikantov OKBM의 PWR 기반 'KLT-40S'는 주요 구성을 블록형으로 연결하고 기존 격납건물을 사용하였으며 냉각재 강제순환 방식 적용(출력: 35 MWe)
- Afrikantov OKBM의 PWR 기반 'RITM-200'은 주요 구성을 하나의 원자로 용기 내에 통합 배치하고 금속 격납용기를 사용하였으며 냉각제 강제순환 방식 적용(출력: 53 MWe)

- (제4세대) 러시아 국유 기업 Atomenergoprom은 LFR 기반 'BREST-OD-300'을 건설 중(출력: 300 MWe)

## (중국) 정부 주도로 제3세대와 제4세대 SMR 건설·운영 중

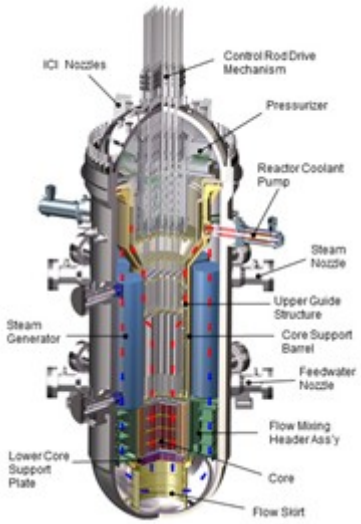
- (제3세대) 중국 국영기업인 CNNC(중국원자력공사)가 'ACP100'을 2021년 7월 육상 통합형 원전 '링룽 1호'로 건설 시작
  - CNNC의 PWR 기반 'ACP100'은 주요 구성을 하나의 원자로 용기 내에 통합 배치하고 기존 격납건물을 사용하였으며 냉각재 강제순환 방식 적용(출력: 125 MWe)

- (제4세대) 이미 중국 국영기업인 CNNC가 'HTR-PM'을 건설하여 운영 중
  - CNNC는 흑연을 감속재로 사용하는 열중성자로인 고온가스로(HTGR) 기반 'HTR-PM' 운전 중(출력: 105 MWe)

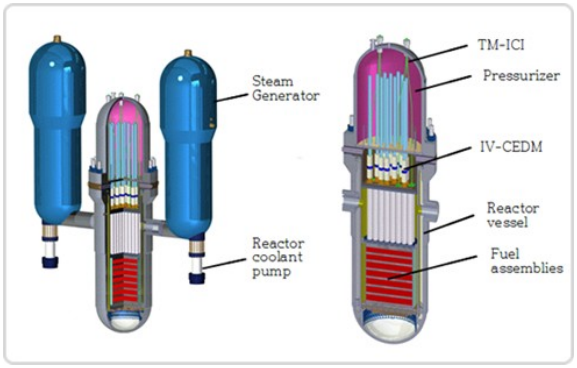
## 2.3. 국내 동향

### 국내에서도 산학연 모두 독자적인 SMR을 개발해 왔으며 최근 정부 주도로 새로운 3세대 SMR 개발 추진

- (제3세대) 한국전력기술은 'BANDI-60'의 개념설계를 마치고 기본설계를 진행하고 있으며 한국원자력연구원은 'SMART'를 개발하여 2012년 세계 최초 SMR 설계인증을 획득함
  - 한국전력기술의 PWR 기반 'BANDI-60'은 주요 구성을 블록형으로 연결하고 냉각재 강제순환 방식을 적용한 부유식 소형원전 형태임(출력: 60 MWe)
  - 한국원자력연구원의 PWR 기반 'SMART'는 주요 구성을 하나의 원자로 용기 내에 통합 배치하고 기존 격납건물을 사용하였으며 냉각재 강제순환 방식 적용(출력: 107 MWe)




[그림 12] SMART




[그림 13] BANDI-60

* 출처 : 과학기술정보통신부, 산업통상자원부(2021), 혁신형 소형모듈원자로 기술개발사업 기획보고서 p.87, 93

  - 사우디아라비아와 공동연구를 통해 안전성과 경제성을 향상시킨 'SMART100'에 대하여 표준설계 인가가 진행 중이지만 'NuScale' 등 경쟁 SMR 등장으로 수출이 쉽지만은 않은 상황임

- 최근 과학기술정보통신부와 산업통상자원부 공동으로 미국 'NuScale'과 유사한 방식의 제3세대 SMR인 'i-SMR'의 표준설계 개발 추진
  - 한국수력원자력 주도로 'i-SMR' 개념/기본설계 진행 중(2023년 완료 예정)

- 2023년부터 표준설계 기술 개발에 착수하여 2030년대 글로벌 SMR 시장 진출을 목표로 2028년까지 표준설계인가(SDA)를 획득하도록 시도할 예정

- (제4세대) UNIST는 LFR 기반 'MicroURANUS'에 대한 개념설계 2022년 완료 예정(출력: 20 MWe)

### 국내 대기업의 협력 대상이 국내 연구소뿐만 아니라 국외 기업(미국 등)으로 확대되는 등 SMR 관련 협력 사례가 증가하고 있음

- 삼성중공업은 2021년 한국원자력연구원과 해양 MSR 공동연구 협약을 체결하고 원자력 추진 선박 시장 개척 시작
  - 2021년 6월 삼성중공업과 한국원자력연구원은 공동연구 협약을 체결하여 MSR 요소 기술 및 기자재 개발, 해양 원자력 제품 설계와 비즈니스 모델 개발, 성능 검증과 경제성 평가 등 수행 중[14)]
  - 2022년 4월 삼성중공업과 덴마크 Seaborg Technologies*는 기술협력 업무협약을 맺고 MSR 기반 부유식 원자력 발전 설비 개발 중[15)]

    * 2016년 설립된 기업으로 자유로운 연구개발을 위해 민간자본만을 기반으로 하여 활동하고 있으며 부유식 원자로 시스템을 효율적으로 제작하기 위해 한국의 조선소를 활용하는 전략 추진 중

- 두산에너빌리티는 2021년 미국 기업 X-Energy와 'Xe-100' 주기기 제작을 위한 설계 용역 계약 체결
  - 2021년 9월 두산에너빌리티(前 두산중공업)는 X-Energy와 용역 계약을 체결하여 주기기 제작 방안 연구, 시제품 제작, 설계 최적화 방안 연구 등을 수행 중[16)]

- 현대건설은 2021년 미국 기업 Holtec International과 SMR 사업 동반 진출을 위한 협력 계약 체결
  - 2021년 11월 현대건설과 Holtec International('SMR-160' 개념설계 중)은 SMR 개발과 사업 동반 진출을 위한 사업협력계약(Teaming Agreement) 체결[17)]

- 한국수력원자력은 2021년 '한·미 원자력협력 워크숍'에 참여하여 SMR 개발 및 원전 산업계 생태계 유지를 위한 방안을 논의함

14) 파이낸셜뉴스, "삼성중공업, 해양 용융염원자로(MSR) 기술 개발 나선다"(2021.6.9.)
15) 연합뉴스, "삼성중공업, 덴마크 시보그사와 기술협력 업무협약"(2022.4.7.)
16) 한국경제, "두산중공업, 美 엑스-에너지와 고온가스로 SMR 제작설계 용역 계약"(2021.9.1.)
17) 연합뉴스, "현대건설, 소형 모듈 원자로 사업 진출…미국 홀텍과 협력"(2021.11.24.)

- 2021년 12월 한국원전산업협회와 미국원자력협회이 공동주최한 워크숍에 한수원, 두산에너빌리티(前 두산중공업), 한국원자력연구원 등이 한국에서 참여하였으며 미국에서는 NuScale, TerraPower 등 주요 SMR 개발사 참여

● SK그룹은 2022년 미국 기업 TerraPower의 투자 유치에 빌 게이츠와 함께 공동 선도 투자자로 참여

- 2022년 8월 SK㈜(SK그룹 투자 전문 지주사)와 SK이노베이션은 무탄소 전력 수급을 통한 탄소중립 실현을 목표로 TerraPower('Natrium' 개념설계 중)에 2억 5000만 달러를 투자함[18)]

18) 서울경제, "SK그룹, 빌게이츠 세운 SMR 美 테라파워에 2.5억달러 투자"(2022.8.16.)

# 제3장 정책동향

## 3.1. 주요국 정책동향

### (미국) 기존 대형 원전 위주의 원자력 활용 중심축을 SMR로 변화시켜 자국 원자력 산업 경쟁력을 회복시키려 하며 청정에너지 경제 전환을 위한 주요수단으로 SMR을 제시함

- SMR 연구개발 지원 정책은 기본적으로 3가지 연방정부 법에 근거하고 있으며 미래 핵심 에너지 기술 중 하나로 SMR을 주목하고 있음
  - 2018년 발효된 '원자력 혁신역량강화법'(NEICA)[19]에 근거하여 다목적 시험로 건설, 국가 원자로혁신센터 설립, 선진원자로실증사업(ARDP)[20] 착수 등 원자력 기술혁신을 위한 정책 추진
    ※ ARDP 사업을 통해 에너지부(NOE)는 'NuScale'을 포함하여 다양한 SMR 기술 개발 및 검증 지원
  - 2019년 발효된 '원자력 혁신 및 현대화법'(NEIMA)[21]에 근거하여 SMR 등 선진원자로 인허가 규제기술의 선진화를 위해 규제기관이 인허가 기술역량을 확보하고 효율적으로 인허가 과정을 개선하도록 요구
    ※ NEIMA법은 2027년 12월까지 기업이 선택적으로 사용할 수 있는 기술 포용적 규제체계 마련을 명시
  - 2020년 발효된 '에너지법'(Energy Act)[22]은 선진원자력 연구개발-실증-상용화 관련 사업의 장기적 예산 지원 명시
- 바이든 정부는 탄소중립 달성 및 청정에너지 경제 전환을 위한 혁신기술 중 하나로 SMR을 선정하고 관련 지원 정책 시행[23]

---

19) Senate and House of Representatives of the United States of America in Congress assembled(2018), Nuclear Energy Innovation Capability Act of 2017

20) Office of Nuclear Energy, https://www.energy.gov/ne/advanced-reactor-demonstration-program

21) Senate and House of Representatives of the United States of America in Congress assembled(2019), Nuclear Energy Innovation and Modernization Act

22) Senate and House of Representatives of the United States of America in Congress assembled(2020), Consolidated Appropriations Act, 2021

23) 한국원자력연구원 원자력정책 Brief Report(2022), 소형모듈원자로(SMR) 해외 기술개발 동향 p.10

- 2021년 3월 발표하여 8년간 약 2.4조 달러 투자를 명시한 '미국 일자리 계획(The American Jobs Plan)'에 차세대 원자로기술개발 투자 등 원자력 관련 현안 포함
- 2021년 4월 미국 국무부는 정부·산업계·학계 간 SMR 관련 기술협력 증진을 위해 FIRST 프로그램을 개시하고 초기 투자로 530만 달러 지원 예정[24)]

  ※ FIRST 프로그램: 잠재적 원자력 도입국이 원자력 안전과 핵안보·핵비확산 기준에 부합하는 책임 있는 원자력 배치 및 건전한 재정적 준비를 할 수 있도록 지원하는 미국 주도의 국제협력사업
- 2021년 11월 미국 행정부는 '인프라 투자와 일자리 법안(Infrastructure Investment and Jobs Act)'에 경제성 악화로 인한 원전의 조기 폐쇄방지와 미래 원전을 개발하는 내용이 담긴 상업원전 지원정책(Civil Nuclear Credit Program, CNC Program)을 포함하고 예산 60억 달러 배정
- 2022년 2월 '재량지출 세출법안(Consolidated Appropriations Act 2022, HR 2471)'에 차세대 원자로 및 SMR R&D 등을 포함하고 예산 16억 5천만 달러 배정[25)]

- 미국 원자력 규제기관 NRC(Nuclear Regulatory Commission)는 'NuScale' 인허가 과정에서 확인된 현재 인허가 체계의 다양한 이슈를 해결하기 위해 원자력 규제기술 선진화 추진
  - 기존 대형 원자로를 대상으로 확립된 인허가 규제가 SMR에 그대로 적용될 수는 없으며 새로운 기술의 적용을 위해 인허가 제도 자체 변경이 필요할 수 있음을 제기

### (캐나다) 연방정부와 주정부 모두 적극적으로 SMR 개발을 지원하는 정책을 추진하고 있으며 일종의 사전 인허가 제도를 운영하고 있음

- 연방정부는 2018년 SMR 개발 촉진 관련 로드맵을 발표하여 원자력 기술혁신을 장려하고 다양한 SMR의 특성 및 적합성 평가를 추진하고 있으며 2020년 SMR 로드맵 달성을 위한 국가 행동계획 수립[26)] 및 투자 확대
  - 2020년 10월 차세대 혁신기술인 SMR 개발 및 상용화 추진을 위해 2000만 CAD 투자 계획을 발표하고 캐나다 벤처기업인 Terrestrial Energy(IMSR 개념설계 중) 지원[27)]
- 연방정부의 로드맵에 따라 2022년 3월 주정부 연합(4개 주)의 SMR개발 및 실증 지원 계획 발표[28)]

---

24) World Nuclear News, "US State Department launches SMR support programme"(2021.4.29.)
25) 에너지경제연구원 세계원전시장 인사이트(2022), 세계 원전정책 동향 업데이트 p.8~12
26) 한국원자력연구원 원자력정책 Brief Report(2022), 소형모듈원자로(SMR) 해외 기술개발 동향 p.13
27) Government of Canada, https://www.canada.ca/en/innovation-science-economic-development/news/2020/10/government-of-canada-invests-in-innovative-small-modular-reactor-technology.html
28) 에너지경제연구원 세계원전시장 인사이트(2022), 세계 원전정책 동향 업데이트 p.13

- Ontario, Saskatchewan, New Brunswick, Alberta 주는 'SMR 개발 및 보급을 위한 전략적 협력 계획*(A Strategic Plan for the Deployment of Small Module Reactors)'을 발표
  * 각 주별로 SMR 계통망 연결 도입과 초소형 원자로 확대를 위한 실행목표 설정

- 캐나다 원자력 규제기관인 CNSC(Canadian Nuclear Safety Commission)는 2016년부터 '사전 인허가 검토'(VDR)[29] 사업 운영을 통해 선진원자로(SMR 포함)에 대한 인허가 가능성을 사전 검토하고 다른 나라 규제기관과 협력도 추진
  - 다양한 SMR 개발 기업들의 인허가 가능성 평가를 위한 일종의 허브가 되었으며 현재 10개 이상 기업들이 VDR 사업에 참여 중
  - 미국 원자력 규제기관 NRC와 함께 SMR을 포함한 선진원자로에 대한 규제기술의 효율성을 높이고 선진화하기 위한 협력 선언

- 2019년부터 캐나다원자력연구소(Canadian Nuclear Laboratory)는 원자력연구이니셔티브(Canadian Nuclear Research Initiative)[30] 프로그램을 운영하여 SMR 연구개발 지원과 실증사업 추진

### (EU) 2022년 7월 EU 녹색분류체계(EU Green Taxonomy)에 원자력기술을 추가하였으며 주요국은 에너지 안보와 관련하여 SMR 개발 추진

※ 녹색분류체계(Green Taxonomy)는 환경 및 기후변화 대응에 적합한 경제활동을 알려주는 기준이며 녹색금융투자로 인정받을 시 친환경 투자에 적용되는 각종 인센티브를 받을 수 있음

- 녹색분류체계에서 원자력 관련 경제활동이 인정받기 위해서는 유럽의 엄격한 안전요건 준수가 필수적이며 두 가지 기준(①2050년 고준위 방사성폐기물 처분시설을 운영하기 위한 문서화된 계획 보유 ②2025년 이후 신규원전 건설과 가동원전 계속운전 프로젝트에서 사고저항성 핵연료 기술 적용) 또한 충족해야 함[31]
  - EU 내에서도 아직까지는 원자력 포함 여부를 두고 탈원전을 추진하는 일부 반대 국가(독일, 오스트리아 등)들을 중심으로 분쟁이 계속되고 있음

- (영국) 태양광, 풍력 등 재생에너지 생산 부족으로 에너지 위기를 겪으면서 안정적 에너지 공급 및 탄소중립의 효율적 달성을 위해 새로운 대형원전 건설과 함께 SMR 개발 또한 전략적으로 추진 중

---

29) Canadian Nuclear Safety Commission, https://nuclearsafety.gc.ca/eng/reactors/power-plants/pre-licensing-vendor-design-review/

30) Canadian Nuclear Laboratories, https://www.cnl.ca/clean-energy/canadian-nuclear-research-initiative-cnri/

31) 대덕넷, "[기고] EU 택소노미 원자력 포함의 의미와 시사점①"(2022.7.21.)

- 2020년 11월 영국 정부는 2050년 탄소 중립 목표 달성을 위한 '녹색산업 혁명을 위한 10대 중점계획'을 발표하였으며 해당 계획에는 원자력 산업 부문에서 ①대형원전 건설 기간 동안 최대 10,000 개의 신규 일자리 창출, ②SMR에 대한 민간 투자 촉진(최대 3억 파운드 규모)과 ③2백만 가구에 원자력 기반의 청정에너지 공급을 목표로 설정하고 있음
- 2022년 3월 신규 원전 자금조달 모델인 규제자산기반(Regulated Asset Base, RAB)을 적용하는 원자력 자금조달 법(Nuclear Energy Financing Act 2022)이 시행되어 원전 건설 단계부터 소비자로부터 건설비용 조달이 가능해짐[32)]

  ※ 이전까지는 발전차액계약(Contract for Difference)을 자금조달 모델로 사용해 왔으나 원전 사업자가 원전 완공 전에 자금을 모두 조달하고 완공 후 발전을 통해 수익을 얻는 구조라 투자 측면에서 사업자의 부담이 컸음

- (프랑스) 러시아 천연가스 관련 공급-수요 불일치로 발생한 에너지 위기에 대응하여 원자력 발전을 에너지 분야 중점 산업으로 육성하고 SMR 개발 지원
  - 2022년 마크롱 정부는 '프랑스 2030 투자전략'에서 산업 전반의 친환경 전환 및 미래 산업 육성을 위한 10가지 전략 중 하나로 SMR 개발을 강조했으며 2030년까지 10억 유로를 집중적으로 투자할 계획이라 발표[33)]

### (중국) 기본적으로 대형원전 건설 및 관련 기술 국산화를 지원하면서 동시에 다양한 SMR 연구개발 및 실증 지원

- 2021년 7월 세계 최초 상업용 육상 SMR 건설(ACP100) 착수뿐만 아니라 최근 대형원전 다수 건설을 공표하고 부유식 SMR 개발도 추진하는 등 다양한 원자로에 대한 연구개발 진행
- 제 14차 국가5개년발전계획('21~'25)에 따르면 해상 부유식 SMR 개발, 차세대원자로 실증 사업 추진 등에 약 90억 달러 투자 예정[34)]

## 3.2. 국내 정책동향

### 2022년 5월 정부는 110대 국정과제 중 하나로 '탈원전 정책 폐기, 원자력산업 생태계 강화'를 제시하였고 에너지 안보 및 탄소중립 수단으로 원전을 적극 활용하려 함

- 독자 SMR 노형 개발 등 미래 원전기술 확보를 위한 R&D 집중 추진

32) 에너지경제연구원 세계원전시장 인사이트(2022), 세계 원전정책 동향 업데이트 p.41
33) https://www.iea.org/policies/14279-france-2030-investment-plan
34) 한국원자력연구원 원자력정책 Brief Report(2022), 소형모듈원자로(SMR) 해외 기술개발 동향 p.19

## 2022년 10월 정부는 12대 국가전략기술 중 하나로 차세대 원자력을 제시하였으며 향후 임무지향 전략로드맵 수립을 통해 국가차원에서 지향해야 할 임무와 기술개발 목표 설정 예정

[그림 14] 12대 국가전략기술

* 출처 : 관계부처 합동(2022), 국가전략기술 육성 방안 p.6

- 차세대 원자력에 SMR이 포함되어 있으며 '미래 원자력 기술개발 추진전략(가칭)'을 2023년 상반기 발표할 예정

## 제6차 원자력진흥종합계획*('22~'26)의 기본방향으로 'SMR 新시장 개척과 원전 수출시장 확장'을 제시

* '원자력진흥법' 제9조에 따라 국가원자력 이용정책을 일관되고 체계적으로 추진하기 위해 5년마다 수립

- 12대 정책방향 중 하나로 '4. 선도적 기술혁신과 정책지원으로 미래 원전시장 선점'을 제시하였고 기술혁신에 i-SMR 개발이 포함되어 있음
  - i-SMR 개발뿐만 아니라 SMR 수출을 위한 제도적 기반(안전성 평가 방안, 인허가·규제 분야 국제협력 등) 및 생태계 구축(중소·중견기업 SMR 분야 진출 촉진, 글로벌 SMR 프로젝트 입찰참여 지원 등) 또한 강조

| 4대 목표 | 12대 정책방향 |
|---|---|
| 안전과 환경 | 1. 첨단융합기술을 활용한 원자력의 안전한 이용 |
| | 2. 국민이 공감하는 사용후핵연료 관리 방안 확립 |
| | 3. 방사성폐기물 관리의 환경부담 저감 |
| 미래시장과 수출 | 4. 선도적 기술혁신과 정책지원으로 미래 원전시장 선점 |
| | 5. 원전 해체/운영 · 정비로 수출시장 확장 |
| | 6. 수출경쟁력 확보를 위한 국내 산업역량 유지 · 강화 |
| 융합과 혁신 | 7. 다양한 분야에서 인류에 기여할 수 있는 원자력 혁신기술 개발 |
| | 8. 방사선 이용 산업 활성화를 위한 융 · 복합 신기술 개발 |
| | 9. 과학기술 경쟁력 제고에 기여하는 연구인프라 활용 극대화 |
| 소통과 협력 | 10. 국민과 함께하는 원자력 정책 추진 |
| | 11. 원자력 미래기술을 선도할 인력 양성 |
| | 12. 글로벌 거버넌스와 원자력 기술 선도를 위한 협력 강화 |

[그림 15] 제6차 원자력진흥종합계획 4대 목표 및 12대 정책방향

### 제6차 원자력진흥계획을 체계적으로 이행하기 위한 제6차 원자력연구개발 5개년 계획('22~'26)을 발표하고 '원자력시장 체제개편에 대비한 연구개발 본격 추진'을 명시

- 원자력 R&D 5대 분야 중 하나로 SMR을 선정하고 혁신형 SMR 표준설계 및 기술검증과 통한 핵심기술 확보, 미래성장동력 발굴을 위한 SMR 원천기술 개발, 원자력 에너지효율 혁신을 주요 내용으로 제시

| 5대 분야 | 추진내용 |
|---|---|
| 안전 | 1. 원전 고장·사고 최소화를 위한 예측기술 개발 |
| | 2. 사고확대 예방을 위한 혁신 안전기술 개발 |
| | 3. 사고 완화 및 피해 최소화를 위한 대응기술 개발 |
| | 4. 미래 원자력 기술수요 기반 혁신 원자력 안전연구 |
| 환경 | 5. 사용후핵연료 저장·처분 핵심기술 개발 및 관리기반 구축 |
| | 6. 사용후핵연료 안전관리를 위한 핵연료주기 핵심기술 확보 |
| | 7. 중·저준위 방사성폐기물 처분안전성·효율성 강화기술 개발 |
| | 8. 원전해체 경쟁력 강화기술 개발 |
| 방사선 | 9. 방사선 상용화 기술지원 확대 및 동위원소 자급/생산기반 마련 |
| | 10. 의료현장 수요기반 방사선 의·생명 선도기술 확보 |
| | 11. 산업 이용 방사선 융합기술의 전략적 개발 지원 |
| | 12. 사회현안 대응기술 연구 확대 |
| SMR | 13. 혁신형 SMR 표준설계 및 기술검증을 통한 핵심기술 확보 |
| | 14. 미래성장동력 발굴을 위한 SMR 원천기술 개발 |
| | 15. 원자력 활용성/유연성 확대를 위한 에너지효율 혁신기술 개발 |
| 미래혁신 | 16. 우주 등 극한 환경에 활용가능한 원자력기술역량 강화 |
| | 17. 과학기술 경쟁력 제고를 위한 원자력 연구인프라 활용 극대화 |
| | 18. 미래수요에 대비한 신진 원자력 인력양성 및 원자력기술 선도를 위한 국제협력 강화 |

[그림 16] 제6차 원자력연구개발 5개년 계획 5대 분야 및 추진내용

### 제3차 원자력안전종합계획('22~'26)의 12대 추진전략 중 하나로 '전략적 R&D 확대 및 특성화된 국제협력으로 규제 전문성 강화'를 제시하였으며 SMR 관련 규제기술 R&D 추진 내용이 포함됨

- 미래 SMR 관련 예상되는 규제(표준설계인증 등) 수요에 대비한 R&D

### 산업통상자원부는 제3차 에너지기본계획('19~'40)을 통해 원자력 분야 신산업 육성을 위한 미래 유망분야로 SMR을 제시

- 5대 중점 추진과제* 중 하나인 '에너지산업의 글로벌 경쟁력 강화'를 위해 원전산업 핵심생태계 유지를 제시함

* ①에너지정책 패러다임을 소비구조 혁신 중심으로 전환 ②깨끗하고 안전한 에너지믹스로 전환 ③분산형·참여형 에너지 시스템 확대 ④에너지산업의 글로벌 경쟁력 강화 ⑤에너지전환을 위한 기반 확충

- 원자력 관련 미래 유망분야 중 하나로 SMR을 제시하고 연구·산업기반 조성 추진

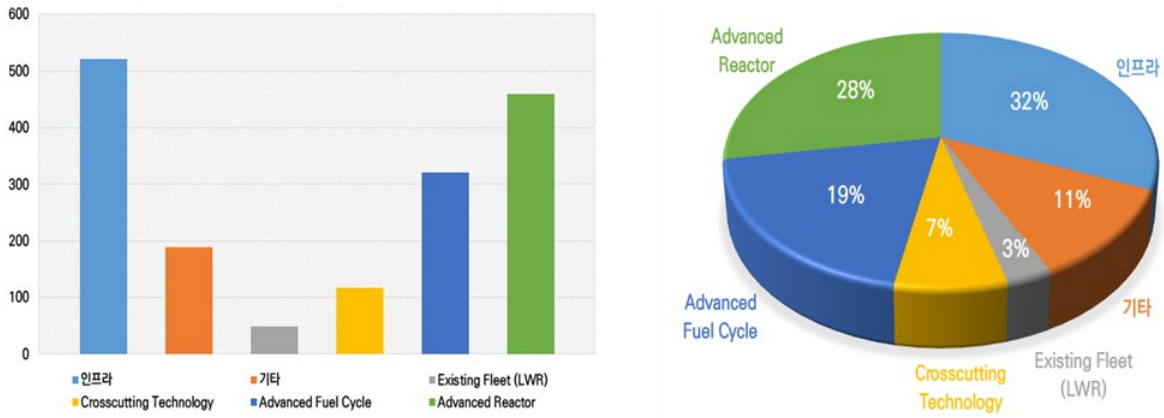
# 제4장 R&D 투자동향

## (주요국) IEA* Energy Technology RD&D(Research, Development and Demonstration) 통계에 따르면 2020년 미국, EU, 캐나다의 원자력 R&D에 대한 투자는 전년 대비 증가하였으며 특히 미국의 경우 2022년 SMR을 포함한 선진원자로 관련 예산이 대폭 증가

* IEA: International Energy Agency, 1974년 발족한 국제에너지기구

- (미국) 2018년부터 꾸준히 원자력 R&D 투자가 증가하였으며 2022년 에너지부 원자력 R&D 금액은 2021년 대비 약 10% 증액된 16억 5,500만 달러가 예산에 배정됨
  - 2022년 예산에는 SMR을 포함한 선진원자로(Advanced Reactor) 설계사업, SMR 규제 개발 및 실증활동 지원 등이 포함되어 있음[35]

(단위 : 백만 달러)



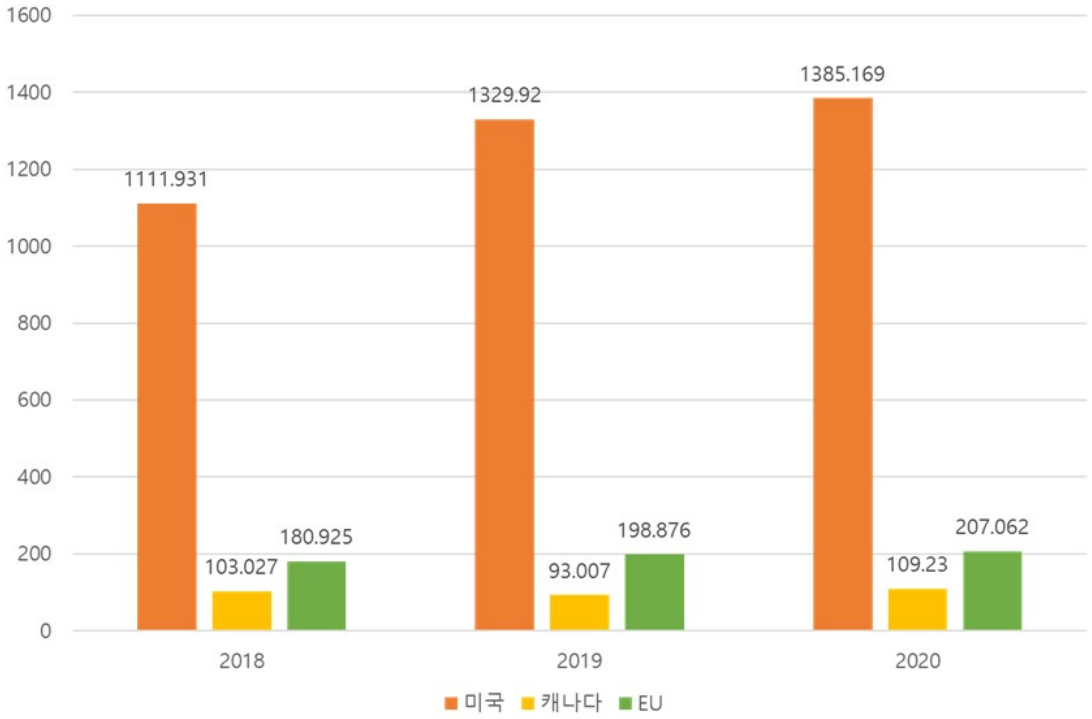

[그림 16] 미국 에너지부 원자력실 2022년 부문별 예산액 및 비율

* 출처 : 에너지경제연구원 세계원전시장 인사이트(2022), 원자력 R&D 재원 현황 및 개선방안 제언 p.8

- (캐나다) 2019년에는 원자력 R&D 투자가 전년 대비 소폭 감소하였지만 2020년에는 전년뿐만 아니라 2018년보다도 원자력 R&D 투자가 증가함

35) 에너지경제연구원 세계원전시장 인사이트(2022), 원자력 R&D 재원 현황 및 개선방안 제언 p.8

- (EU) 2018년부터 2020년까지 원자력 R&D 투자 꾸준히 증가




[그림 17] 2018~2020년 주요국(미국, 캐나다, EU) 원자력 R&D 투자 추이(단위: 백만 달러)

## (주요사업) SMR 관련 주요사업 기준 정부 R&D 투자액은 2020년 약 90억 원에서 2022년 약 305억 원으로 증가 추세

〈표 5〉 SMR 관련 주요사업 투자 현황('20~'22)

(단위: 백만 원, 괄호 안 숫자: SMR 관련 투자액)

| 프로그램 | 부처 | 사업명 | 2020년 | 2021년 | 2022년 |
|---|---|---|---|---|---|
| 원자력진흥 | 과학기술정보통신부 | SMART혁신기술개발 | 3,500 | 6,500 | 4,500 |
| | | 미래선진원자로핵심요소기술개발 | 1,500 | 4,000 | 7,707 |
| | | 원자력융복합기술개발 | 4,038 (800) | 6,132 (800) | 8,748 (800) |
| | | 해외시장맞춤형미래선진원자로검증기술개발 | - | 5,800 | 7,550 |
| 원자력안전연구 | 원자력안전위원회 | 중소형원자로안전규제기반기술개발 | - | - | 2,000 |
| 합계 | | | 9,038 | 22,432 | 30,505 |

- 과기부는 2022년 현재 SMART 수출 경쟁력 강화, 제4세대 원자로 핵심기술개발 및 해외 인증 추진, 해양·극지 분야 활용 초소형 원자로 개발 등을 목적으로 SMR 관련 국가연구개발사업 수행 중

- ‘SMART혁신기술개발’ 사업은 2020년부터 혁신요소기술을 통합한 소형원자로시스템 개념설계 확보를 통해 해외 수출 경쟁력을 강화하기 위한 목적으로 수행되고 있음
- ‘미래선진원자로핵심요소기술개발’ 사업은 2020년부터 미래 다양한 에너지원으로 활용할 수 있는 제4세대 원자로 핵심기술개발을 목적으로 수행되고 있으며 향후 응용기술을 추가하여 SMR로 개발 가능함
- ‘원자력융복합기술개발’ 사업은 2019년부터 타 분야와의 융복합을 통한 원자력 기술의 영역 확대를 위해 수행되고 있으며 해양·극지 분야에 초소형원자로를 활용하기 위해 개발 중
- ‘해외시장맞춤형미래선진원자로검증기술개발’ 사업은 2021년부터 제4세대 선진원자로(SMR 포함) 개발 및 제반 설계기술의 해외 인증 추진을 목적으로 수행되고 있음

〈표 6〉 과기부 SMR 관련 주요사업 구분

| 구분 | 사업명 | 대상 |
|---|---|---|
| 제3세대 | SMART혁신기술개발 | ‘SMART100’ |
| 제4세대 | 미래선진원자로핵심요소기술개발 | LFR, MSR, VHTR |
| | 원자력융복합기술개발(일부) | LFR |
| | 해외시장맞춤형미래선진원자로검증기술개발 | SFR |

- 원안위는 2022년부터 중소형원자로 인허가 심사를 위한 고유 규제기술 개발을 목적으로 ‘중소형원자로 안전규제 기반기술 개발사업’ 수행 중

## (과제 단위) SMR 관련 국가연구개발사업 연구비는 2017년 약 535억 원에서 2019년 약 41억 원으로 크게 감소하였으나 2021년 약 133억 원으로 다시 증가 추세

※ 2017~2021년 과학기술표준분류 원자력에 해당하는 과제에 대하여 NTIS 키워드(소형모듈|SMART|제4세대|고속로|용융염|고온가스로|SFR|LFR|MSR|HTGR) 검색을 통해 **분석 실시**(NTIS를 활용한 과제 단위 분석은 검색 키워드에 따라 지원 규모 총액이 상이할 수 있으며 세부사업에 키워드가 있는 일부 과제도 포함됨)

- 제3세대 SMR 연구개발비는 2017년 약 35억 원에서 2019년 약 1억 원으로 크게 감소하였으나 2021년 약 66억 원으로 다시 증가 추세
  - 과제 수 또한 2017년 11개에서 2019년 2개로 크게 감소하였으나 2021년 7개로 다시 증가 추세
    ※ 2019년 ‘원자력기술개발’ 사업의 일몰로 과제들이 감소하였으나 2020년부터 후속 사업들을 통해 다시 증가하고 있음

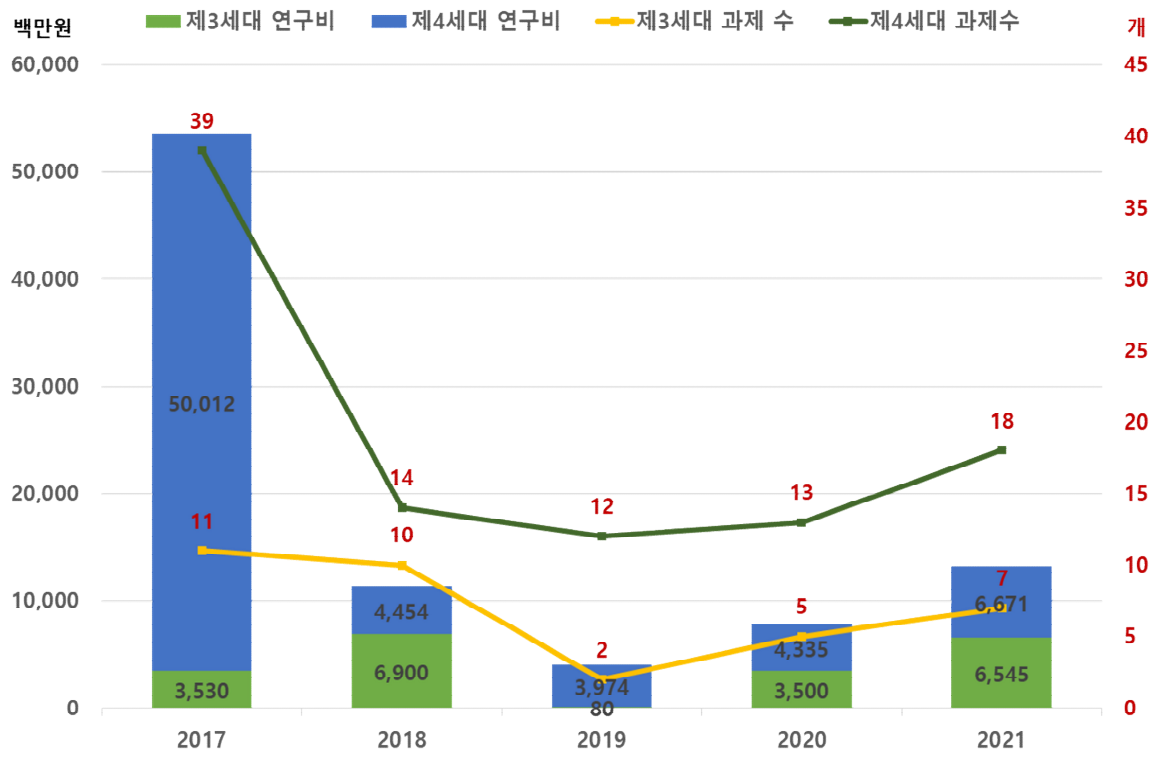
- 제4세대 SMR 연구개발비는 2017년 약 500억 원에서 2019년 약 40억 원으로 크게 감소하였으나 2021년 약 67억 원으로 다시 증가 추세

  - 과제 수 또한 2017년 39개에서 2019년 12개로 크게 감소하였으나 2021년 18개로 다시 증가 추세

    ※ 2019년 '원자력기술개발' 사업의 일몰로 과제들이 감소하였으나 2020년부터 후속 사업들을 통해 다시 증가하고 있음

〈표 7〉 SMR 과제 단위 투자 현황('17~'21)

| 연도 | 연구비(백만 원) | | | 과제 수(개) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 제3세대 | 제4세대 | 합계 | 제3세대 | 제4세대 | 합계 |
| 2017 | 3,530 | 50,012 | 53,542 | 11 | 39 | 50 |
| 2018 | 6,900 | 4,454 | 11,354 | 10 | 14 | 24 |
| 2019 | 80 | 3,974 | 4,054 | 2 | 12 | 14 |
| 2020 | 3,500 | 4,335 | 7,835 | 5 | 13 | 18 |
| 2021 | 6,545 | 6,671 | 13,256 | 7 | 18 | 25 |
| 합계 | 20,555 | 69,445 | 90,040 | 35 | 96 | 122 |




[그림 18] SMR 분야별 국가연구개발사업 투자 추이('17~'21)

● (부처별) 과학기술정보통신부가 전체 연구비의 98.9%로 대부분의 연구를 수행하고 있으며 2017년에는 교육부와 원안위에서도 제4세대 SMR 연구를 수행함

- 산업부의 SMR 활용, 원안위의 안전 관련 연구보다는 과기부 중심의 원천기술에 대한 연구가 주로 수행 중

※ 2023년부터 과기부와 산업부 공동으로 제3세대 SMR 관련 '혁신형소형모듈원자로(i-SMR)기술개발' 사업이 수행될 예정이며 2022년부터 원안위의 SMR 안전 관련 '중소형원자로안전규제기반기술개발' 사업이 수행 중

〈표 8〉 SMR 과제 단위 부처별 투자 현황('17~'21)

(단위: 백만 원)

| 부처 | 2017년 | 2018년 | 2019년 | 2020년 | 2021년 | 합계 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 과학기술정보통신부 | 52,542 | 11,354 | 4,054 | 7,835 | 13,256 | 89,040 |
| 교육부 | 100 | - | - | - | - | 100 |
| 원자력안전위원회 | 900 | - | - | - | - | 900 |
| 합계 | 53,541 | 11,354 | 4,054 | 7,835 | 13,256 | 90,040 |

● (수행주체별) 전체 SMR 관련 국가연구개발사업의 80% 이상 투자에 대하여 연구소가 연구를 수행하였으며 2019년을 제외하고 모든 연도에서 80% 이상 비중을 차지함

- 기업의 경우 2019년 이후 국가연구개발사업 투자가 이뤄지지 않았으며 대학은 10% 내외의 비중으로 꾸준한 투자가 이뤄진 것으로 나타남

〈표 9〉 SMR 과제 단위 수행주체별 투자 현황('17~'21)

(단위: 백만 원)

| 연도 | 대학 | 연구소 | 대기업 | 중소기업 | 기타 | 합계 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 2017 | 2,853<br>(5.3%) | 42,877<br>(80.1%) | 7,520<br>(14.0%) | 221<br>(0.4%) | 70<br>(0.1%) | 53,542 |
| 2018 | 1,185<br>(10.4%) | 9,949<br>(87.6%) | 160<br>(1.4%) | - | 60<br>(0.5%) | 11,354 |
| 2019 | 1,129<br>(27.9%) | 2,765<br>(68.2%) | 160<br>(3.9%) | - | - | 4,054 |
| 2020 | 1,285<br>(16.4%) | 6,550<br>(83.6%) | - | - | - | 7,835 |
| 2021 | 1,256<br>(9.5%) | 12,000<br>(90.5%) | - | - | - | 13,256 |
| 합계 | 7,708<br>(8.6%) | 74,141<br>(82.3%) | 7,840<br>(8.7%) | 221<br>(0.2%) | 130<br>(0.1%) | 90,040 |

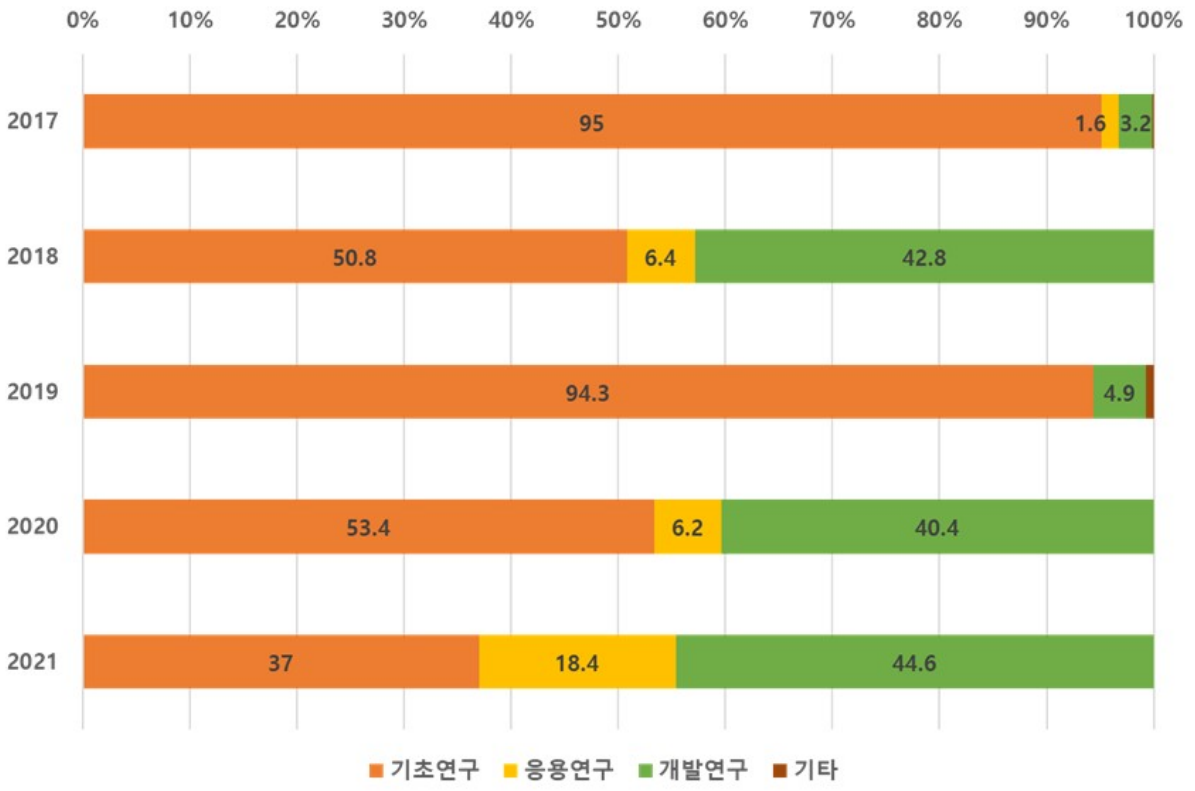
● (연구개발단계별) 2017년에는 기초연구에 대한 투자비중이 95.0%로 가장 높았지만 2019년 이후 점차 감소하고 있으며 2021년에는 개발연구에 대한 투자비중이 44.6%로 가장 높은 것으로 나타남

- 제3세대 SMR은 주로 개발연구 투자 비중이 70.0%로 많았으며 제4세대의 경우 주로 기초연구 투자 비중이 95.6%로 많았음

〈표 10〉 SMR 과제 단위 연구개발단계별 투자 현황('17~'21)

(단위: 백만 원)

| 연도 | 기초연구 | 응용연구 | 개발연구 | 기타 | 합계 |
|---|---|---|---|---|---|
| 2017 | 50,880<br>(95.0%) | 874<br>(1.6%) | 1,718<br>(3.2%) | 70<br>(0.1%) | 53,542 |
| 2018 | 5,766<br>(50.8%) | 724<br>(6.4%) | 4,865<br>(42.8%) | - | 11,354 |
| 2019 | 3,824<br>(94.3%) | - | 200<br>(4.9%) | 30<br>(0.7%) | 4,054 |
| 2020 | 4,185<br>(53.4%) | 487<br>(6.2%) | 3,164<br>(40.4%) | - | 7,835 |
| 2021 | 4,906<br>(37.0%) | 2,436<br>(18.4%) | 5,914<br>(44.6%) | - | 13,256 |
| 합계 | 69,560<br>(77.3%) | 4,520<br>(5.0%) | 15,860<br>(17.6%) | 100<br>(0.1%) | 90,040 |




[그림 19] SMR 연구개발단계별 국가연구개발사업 투자 추이('17~'21)

# 제5장 결론

## 5.1. 요약

### SMR은 출력이 300 MWe 이하인 원자로를 의미하며 모듈화된 특징을 가지고 있어 기존 대형원전에 비해 경제성과 안전성이 향상될 것으로 예상되기 때문에 세계 각국에서 활발한 연구개발이 진행 중

- 특히 미국의 경우 Nuscale Power 등 벤처기업을 포함한 다양한 기업들이 활발하게 활동하고 있으며 캐나다, 영국, 프랑스, 러시아, 중국 등에서도 정부 주도의 연구개발 추진
- 모듈화를 통한 경제성 향상에 대해 아직은 이견이 존재하며 기존 대형원전의 장점인 규모의 경제를 극복할 수 있을지가 중요한 이슈임
- 피동 안전성 개념을 포함한 안전성 향상 또한 구체적인 실현 가능성이 가장 중요하며 다양한 SMR 노형의 안전성을 객관적으로 비교할 수 있는 기준 마련도 필요함

### 세계 에너지 안보와 관련하여 SMR을 포함한 원자력의 중요성이 커짐에 따라 각국 정부는 다양한 정책적 지원과 함께 관련된 규제기술 확보 또한 추진 중

- 미국은 원자력 산업 경쟁력 회복을 위해 SMR에 대한 전략적 지원과 함께 캐나다와 협력하여 규제기술 선진화 추진
- EU는 최근 녹색분류체계에 원자력을 추가하였으며 영국, 프랑스 등은 에너지 위기에 대응하여 SMR에 대한 지원 정책을 추진하고 있음
- 우리나라 또한 최근 12대 국가전략기술 중 하나로 SMR을 포함한 차세대 원자력을 선정하였으며 보다 구체적인 기술개발 추진전략을 제시할 예정

### 주요국의 SMR을 포함한 원자력 R&D 투자는 증가하고 있으며 국내 SMR 관련 정부 R&D 투자 또한 2019년 이후 다시 점차 증가하고 있음

- 2022년 미국의 SMR을 포함한 선진원자로에 대한 투자가 대폭 증가하였으며 여기에는 원자로 설계, 규제기술 개발, 실증 지원 등이 포함되어 있음
- 국내에서도 제3세대 SMR 개발연구와 제4세대 SMR 기초연구가 꾸준히 수행되었으며 2023년부터 제3세대 SMR인 'i-SMR' 개발 관련 과기부, 산업부 공동 사업 수행 예정

## 5.2. 정책제언

### 다양한 SMR 노형이 전 세계적으로 동시에 개발되고 있는 상황에서 2030년 세계 SMR 시장 점유를 위한 경쟁력 확보 전략 필요

- 'Nuscale' 등 경쟁 노형을 고려했을 때 2030년 시점에 우리나라의 'i-SMR'이 세계 SMR 시장에서 어느 정도 점유율을 가질 수 있고 이를 위해 갖추어야 할 우리만의 경쟁력은 무엇인지 제시가 필요함
- 충분한 경제성 확보를 위해서는 내수시장뿐만 아니라 적극적인 수출이 필수적이며 수출 대상 국가에 적합한 SMR 구현을 위해 해당 국가와의 실증 협력 추진
- 원전 도입을 희망하는 후발국과의 ODA 사업 등을 통해 해당 국가의 인력 양성을 지원하여 자연스럽게 시장을 선점할 수 있는 전략 추진

### 차세대 SMR 추진에 있어 선행연구를 통해 공통으로 확보해야 할 기반 기술을 선제적으로 확보

- 제3세대 SMR 이후 제4세대 SMR의 타당성 및 실현 가능성에 대한 검토를 위해 충분한 선행연구가 필요함
- 다양화된 노형들에 대해서도 설계기법의 효율성을 확보할 수 있도록 공통 기반 기술개발 연구 수행

## SMR 관련 기술개발뿐만 아니라 법, 제도, 규제 등을 사전에 정비하고 다양한 주체가 참여할 수 있는 산업 생태계 조성 필요

- 2026년 'i-SMR' 표준설계인가 신청을 위해서는 인허가 규제체계 또한 마련되어야 하며 원전 활용의 부산물인 방사성폐기물 관련 대책도 미리 수립해야 함
- 일부 국가(캐나다 등)가 택하고 있는 사전 인허가 제도 등을 규제기관의 독립성을 해치지 않는 범위에서 상호 협력하여 충분히 활용하고 표준화 관련 공동 대응 또한 필요
- 미국, 유럽처럼 스타트업 혹은 벤처기업이 원자력 산업에 적극적으로 참여할 수 있는 생태계를 조성하여 원자력 분야에서 우수 인력 양성

# 참고문헌

## 문헌자료


- 과학기술정보통신부 보도자료(2022.6.1.), “원전강국 건설을 위한 대형 연구개발 본격 추진”
- 과학기술정보통신부 보도자료(2021.7.21.), “경주에 한국원자력연구원 문무대왕연구소 착공”
- 과학기술정보통신부, 산업통상자원부(2021), 혁신형 소형모듈원자로 기술개발사업 기획보고서
- 관계부처 합동(2022), 국가전략기술 육성 방안
- 대덕넷(2022.7.21.), “[기고] EU 택소노미 원자력 포함의 의미와 시사점①”
- 동아사이언스(2022.4.25.), “윤석열 정부 원전정책의 아이콘 SMR, 안전성 기준 없고 경제성 입증 숙제”
- 매일경제(2022.2.17.), “두산重 ‘동맹’ 美뉴스케일, 폴란드 SMR시장 공략”
- 서울경제(2022.8.16.), “SK그룹, 빌게이츠 세운 SMR 美 테라파워에 2.5억달러 투자”
- 에너지경제연구원(2021), 무탄소 신전원 해외사례 및 정책방향 연구
- 에너지경제연구원 세계원전시장 인사이트(2021), 소형모듈원전 기술개발 및 사업화 현황
- 에너지경제연구원 세계원전시장 인사이트(2022), 세계 원전정책 동향 업데이트
- 에너지경제연구원 세계원전시장 인사이트(2022), 원자력 R&D 재원 현황 및 개선방안 제언
- 연합뉴스(2021.11.24.), “현대건설, 소형 모듈 원자로 사업 진출…미국 홀텍과 협력”
- 연합뉴스(2022.4.7.), “삼성중공업, 덴마크 시보그사와 기술협력 업무협약”
- 파이낸셜뉴스(2021.6.9.), “삼성중공업, 해양 용융염원자로(MSR) 기술 개발 나선다”
- 한국경제(2021.9.1.), “두산중공업, 美 엑스-에너지와 고온가스로 SMR 제작설계 용역 계약”
- 한국원자력연구원 원자력정책 Brief Report(2022), 소형모듈원자로(SMR) 해외 기술개발 동향
- Kotra 해외시장뉴스(2022.9.15.), “미국, 소형 모듈화 원자로(SMR) 2030년에 상용화 목표로 개발 및 건설 중”
- European Commission(2022.7.6.), “EU Taxonomy: Commission welcomes the result of today’s vote by European Parliament on the Complementary Delegated Act”
- IAEA(1991), Safety related terms for advanced nuclear plants
- IAEA(2016), Small Modular Reactor: Nuclear Energy Market Potential for Near-term Deployment
- IAEA(2020), Advances in Small Modular Reactor Technology Developments
- National Nuclear Laboratory(2014), Small Modular Reactors Feasibility Study

- OECD NEA(2014), Technology Roadmap Update for Generation Ⅳ Nuclear Energy Systems
- OECD NEA(2021), Small Modular Reactors: Challenges and Opportunities
- Senate and House of Representatives of the United States of America in Congress assembled (2018), Nuclear Energy Innovation Capability Act of 2017
- Senate and House of Representatives of the United States of America in Congress assembled (2019), Nuclear Energy Innovation and Modernization Act
- Senate and House of Representatives of the United States of America in Congress assembled (2020), Consolidated Appropriations Act, 2021
- Stephen M. Goldberg, Robert Rosner(2011), Nuclear Reactors: Generation to Generation
- World Nuclear News(2021.4.29.), "US State Department launches SMR support programme"
- https://nuclearsafety.gc.ca/eng/reactors/power-plants/pre-licensing-vendor-design-review/
- https://www.canada.ca/en/innovation-science-economic-development/news/2020/10/government-of-canada-invests-in-innovative-small-modular-reactor-technology.html
- https://www.cnl.ca/clean-energy/canadian-nuclear-research-initiative-cnri/
- https://www.energy.gov/ne/advanced-reactor-demonstration-program
- https://www.iea.org/policies/14279-france-2030-investment-plan

## |저자소개|

강 경 탁

한국과학기술기획평가원 거대공공사업센터 부연구위원

Tel: 043-750-2568 E-mail: tahoorin@kistep.re.kr

이 연 진

한국과학기술기획평가원 거대공공사업센터 연구원

Tel: 043-750-2585 E-mail: yj94@kistep.re.kr

## |편집위원소개|

전 승 수 연구위원

여 준 석 부연구위원

이 광 현 부연구위원

이 강 수 부연구위원

한국과학기술기획평가원 사업조정본부

Tel: 043-750-2503 E-mail: lks@kistep.re.kr

※ 본 KISTEP 기술동향브리프의 내용은 필자의 개인적 견해이며, 기관의 공식적인 의견이 아님을 알려드립니다.

# [ KISTEP 브리프 발간 현황 ]

| 발간호 (발행일) | 제목 | 저자 및 소속 | 비고 |
|---|---|---|---|
| 01 (22.02.09.) | 시스템반도체 | 채명식 (KISTEP) | 기술동향 |
| 02 (22.02.10.) | 미 하원 「2022년 미국 경쟁법」 주요 내용과 시사점 | 최창택 (KISTEP) | 혁신정책 |
| 03 (22.02.23.) | 메디컬 섬유소재 | 정두엽 (KISTEP) | 기술동향 |
| 04 (22.03.02.) | 2020년 한국의 과학기술논문 발표 및 피인용 현황 | 한웅용 (KISTEP) | 통계분석 |
| 05 (22.03.14.) | 2020년 신약개발 정부 R&D 투자 포트폴리오 분석 | 강유진·김주원 (KISTEP) | 통계분석 |
| 06 (22.03.16.) | 바이오헬스 정책·투자동향 | 김종란·강유진·홍미영 (KISTEP) | 기술동향 |
| 07 (22.03.18.) | 러시아-우크라이나 사태에 따른 과학기술 동향과 시사점 | 김진하·이정태 (KISTEP) | 혁신정책 |
| 08 (22.03.21.) | 미래 스마트 팩토리 유망 서비스 | KISTEP·ETRI | 미래예측 |
| - (22.03.23.) | 2030 국가온실가스감축목표에 기여할 10대 미래유망기술 | 이동기 (KISTEP) | 이슈페이퍼 (제323호) |
| 09 (22.03.30.) | 바이오연료 | 박지현·강유진 (KISTEP) | 기술동향 |
| 10 (22.04.04.) | 2020년 국내 바이오산업 실태조사 주요 결과 | 한웅용 (KISTEP) | 통계분석 |
| 11 (22.04.08.) | 일본 과학기술·경제안전보장전략 주요내용과 시사점 | 김규판(KIEP) 김다은·홍정석(KISTEP) | 혁신정책 |
| 12 (22.04.13.) | 6G 통신 기술 | 이승필·형준혁 (KISTEP) | 기술동향 |
| 13 (22.04.18.) | 우리나라 산업기술인력 수급 현황 - 2020년도 기준 - | 한웅용 (KISTEP) | 통계분석 |
| 14 (22.04.27.) | 소재 신(新)연구방법론 | 정두엽·조유진 (KISTEP) | 기술동향 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| –<br>(22.04.29.) | 대전환 시대의 과학기술혁신 정책 이슈 | 변순천 외<br>(KISTEP) | 이슈페이퍼<br>(제324호) |
| 15<br>(22.05.02.) | OECD MSTI 2022-March의 주요 결과 | 정유진<br>(KISTEP) | 통계분석 |
| 16<br>(22.05.16.) | 2020년도 국가연구개발사업 성과분석 현황 | 한웅용<br>(KISTEP) | 통계분석 |
| –<br>(22.05.18.) | 디지털 전환의 미래사회 위험이슈 및 대응 전략: 인공지능 역기능을 중심으로 | 구본진<br>(KISTEP) | 이슈페이퍼<br>(제325호) |
| –<br>(22.05.26) | 「국가R&D 혁신방안」 추진과제 분석 및 향후 추진 방향 제언 | 최창택<br>(KISTEP) | 이슈페이퍼<br>(제326호) |
| 17<br>(22.06.02.) | 2020년 미국의 박사학위 취득자 현황 분석<br>- NSF,Doctorate Recipients from U.S. Universities - | 한웅용<br>(KISTEP) | 통계분석 |
| –<br>(22.06.08.) | 일반국민은 2022년 정부R&D예산에 대해 어떻게 생각하고 있을까? | 이승규·박지윤<br>(KISTEP) | 이슈페이퍼<br>(제327호) |
| 18<br>(22.06.09.) | 새정부 과학기술 관련 국정과제 주요 내용 및 시사점 | 고윤미·배용국·양은진<br>·심정민(KISTEP) | 혁신정책 |
| 19<br>(22.06.15.) | 2021년 국가 과학기술혁신역량 분석 | 김선경<br>(KISTEP) | 통계분석 |
| –<br>(22.06.17.) | 감염병 위기대응 4대 영역별 핵심기술 및 정부R&D 지원방안 | 김주원·홍미영<br>(KISTEP) | 이슈페이퍼<br>(제328호) |
| 20<br>(22.07.04.) | 2022년 IMD 세계경쟁력 분석 | 김선경<br>(KISTEP) | 통계분석 |
| 21<br>(22.07.06.) | 양자정보기술 | 유형정<br>(KISTEP) | 기술동향 |
| –<br>(22.07.11.) | 신산업 정책의 민관협력(PPP) 주요 이슈 분석 | 신동평·허정·권용완<br>(KISTEP) | 이슈페이퍼<br>(제329호) |
| 22<br>(22.07.11.) | 메타버스 산업생태계 활성화를 위한 방향과 과제 | 이나래<br>(KISTEP) | 혁신정책 |
| 23<br>(22.07.18.) | 전국대학 연구활동 현황<br>- 2021년 전국대학 연구활동 실태조사 기준 - | 한웅용<br>(KISTEP) | 통계분석 |
| 24<br>(22.08.01) | 미국 대학의 연구활동 현황 | 한웅용<br>(KISTEP) | 통계분석 |
| 25<br>(22.08.08) | 기술패권 경쟁 대응을 위한 주요국 세액공제제도 신설 동향 및 시사점 | 조길수·유혜인<br>(KISTEP) | 혁신정책 |
| 26<br>(22.08.17) | CCU(이산화탄소 활용) | 여준석·김태영<br>(KISTEP) | 기술동향 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 27<br>(22.08.18.) | 우리나라 대학의 지식재산 창출과 활용 현황 | 한웅용<br>(KISTEP) | 통계분석 |
| –<br>(22.08.24.) | 국가연구개발사업 학생인건비 지급의 주요 쟁점과 제언 | 박일주·이지은<br>(KISTEP) | 이슈페이퍼<br>(제330호) |
| 28<br>(22.08.25.) | 바이오플라스틱 | 박지현·홍미영<br>(KISTEP) | 기술동향 |
| 29<br>(22.08.31.) | 美,「반도체 및 과학법 (CHIPS and Science Act)」 주요 내용 및 시사점 | 송원아·이양경·김다은<br>(KISTEP) | 혁신정책 |
| 30<br>(22.09.05.) | 우리나라 여성과학기술인력 현황 | 한웅용<br>(KISTEP) | 통계분석 |
| 31<br>(22.09.16.) | K-방산 수출 성과와 민군 R&D 협력의 주요 시사점 | 임승혁·유나리<br>최충현·한민규<br>(KISTEP) | 혁신정책 |
| 32<br>(22.09.19.) | 2021년도 국가연구개발사업 집행현황 | 한웅용·한혁<br>(KISTEP) | 통계분석 |
| 33<br>(22.09.21.) | 美,「국가 생명공학 및 바이오제조 이니셔티브」 행정명령 주요 내용 및 시사점 | 김종란·김주원<br>(KISTEP) | 혁신정책 |
| 34<br>(22.09.28.) | 오픈사이언스 시대, 블록체인 기술을 통한 연구데이터 플랫폼 활성화 방안 | 이민정<br>(KISTEP) | 혁신정책 |
| 35<br>(22.10.04.) | 2020년도 세계 R&D 투자 상위 2500 기업 현황 | 한웅용<br>(KISTEP) | 통계분석 |
| 36<br>(22.10.05.) | 지능형 센서 플랫폼 | 권정은·조유리<br>(KISTEP) | 기술동향 |
| –<br>(22.10.06.) | 화이트바이오 산업 활성화를 위한 유망 분야 도출 및 정부지원 방안 | 박지현·홍미영<br>(KISTEP) | 이슈페이퍼<br>(제331호) |
| –<br>(22.10.20.) | 신산업 분야 소재·부품·장비 미래선도품목 현황 진단 및 기술적 한계 극복전략 | 김진용·김어진<br>(KISTEP) | 이슈페이퍼<br>(제332호) |
| 37<br>(22.10.31.) | 디지털 역기능 전망과 대응 방향 | KISTEP·ETRI | 미래예측 |
| 38<br>(22.11.03.) | 메타물질 | 김용준·이학주·임승혁<br>(수원대학교·파동에너지 극한제어연구단·KISTEP) | 기술동향 |
| 39<br>(22.11.03.) | '22년도 국가연구개발 행정제도 개선의 주요 내용 및 제언 | 서지현·김희정<br>(KISTEP) | 혁신정책 |
| 40<br>(22.11.07.) | 2022년 유럽혁신지수 분석<br>-European Innovation Scoreboard 2022- | 김선경<br>(KISTEP) | 통계분석 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 41<br>(22.11.15.) | 2020년도 우리나라 민간기업의 연구개발활동 현황 분석 | 한웅용·김한울<br>(KISTEP) | 통계분석 |
| –<br>(22.11.17.) | 대·중소기업의 상생·협력 R&D 활동을 어떻게 촉진할 수 있을까? | 김주일·이승필·정두엽<br>조유진·진영현<br>(KISTEP) | 이슈페이퍼<br>(제333호) |
| 42<br>(22.11.18.) | 일본 경제안전보장추진법 기본방침 및 기본지침 주요 내용과 시사점 | 송원아·김규판<br>(KISTEP·KIEP) | 혁신정책 |
| 43<br>(22.11.22.) | 2022년 OECD NESTI 작업반 최신 동향 및 시사점 | 정유진<br>(KISTEP) | 혁신정책 |
| 44<br>(22.11.23.) | 소형모듈원자로 (SMR) | 강경탁·이연진<br>(KISTEP) | 기술동향 |