

부유식 소형모듈원자로(FSMR) 글로벌 상품화 전략과 정책

(Floating Small Modular Reactor, FSMR 세계 최강 기획)



Contents

- + 배경 및 목적
- + 부유식 해양 인프라 관련 선행연구 및 추진현황
- + 세계 SMR 시장 전망과 국내 기술개발 현황
- + 정부의 차세대 SMR 기술개발 전략과 정책 현안
- + FSMR 시장 선도에 필요한 한국의 인프라 진단
- + 글로벌 시장 주도를 위한 FSMR 전략과 정책 제언
- + 맺음말



배경 및 목적

탄소 중립 의무화 추세에 대응하며 안정적인 에너지 공급을 위해 무탄소 혹은 저탄소 에너지원인 원자력을 생성하는 원자력 발전소(이하, 원전)의 건설 및 운영 재개가 증가되고 있다. '79년 미국의 스리마일섬(Three Mile Island, TMI)원전사고, '86년 우크라이나(구 소련연방국)체르노빌 원전사고로 미국과 유럽 등 선진국이 원전의 건설을 중단했다. 2011년 3월 일본 후쿠시마 원전 사고는 일본과 독일 등에서 가동 중이었던 원전까지 중단하게 했다. 그러나 증가하는 전력과 저탄소 에너지 수요의 증가는 풍력과 태양광 등 재생에너지로는 감당하기 어려운 상황에 직면하게 되었다. 이에 EU 집행위원회는 원전을 EU 택소노미(Taxonomy, 녹색분류체계)에 포함시켜 탄소중립을 실현할 수 있는 친환경 에너지원으로 규정하였다¹⁾.

원전 수요가 급증함에 따라 소형 원전에 대한 수요도 여러 이유로 증가하고 있다. 특히, 기술 발전에 따른 높은 안전성, 장수명화, 최단 공기와 송전비용 절감 측면에서 유리한 100~300MWe급 소형모듈원자로(SMR)에 대한 관심이 높아지고 있다. 우리나라는 2012년 'SMART'라는 고유명으로 세계 최초로 표준설계 인가를 원자력안전위원회로부터 취득한 바가 있다. 타국보다 5년 이상 앞선²⁾ 기술개발 덕분에 사우디아라비아와 '스마트원자로'2기를 공동으로 개발하기로 양해각서(MOU)까지 체결했다³⁾. 그러나 2017년 5월 정부의 '탈 원전'정책으로 기술개발이 전면 중단되면서 소형 원전 국제공동개발이 중단되었다. 정책 변경으로 인해 한국이 원전 시장 개발과 신기술 개발을 주춤하는 사이에 세계는 기술개발 단계를 넘어 상용화로 넘어가고 있다.

서울대학교 건설환경종합연구소(이하, 건환중)는 부유식 인프라연구단(FLORA)을 설립하고 부유식 소형모듈원자로(Floating Small Modular Reactor, floating SMR, 이하 FSMR)을 포함한 부유식 모듈 인프라 및 교량기술 실용화 연구를 수행 중에 있다. 건환중은 FSMR 기술개발 및 글로벌 상품화가 한국경제 성장을 주도하는 차세대 글로벌 챔피언 산업으로 성장 할 수 있다는 확신에서 전략 및 정책 구상안을 담은 Voice 40호를 발간하기로 했다.

1) 세계원자력산업협회(WNA, 2022.2)가 공식 발표.

2) 한국원자력연구소(2012), 교육과학기술부 장관 업무 보고(2012.8.3.)

3) 매일경제(2015), 한국형 '스마트원자로' 사우디 첫 수출(2015.3.4. 수요일 A08면)

부유식 해양 인프라 관련 선행연구 및 추진현황⁴⁾

급변하는 글로벌 시장에서 한국의 챔피언 산업인 반도체, 자동차와 조선이 위협을 받고 있고 새로운 성장동력 발굴이 절실하다. 국제컨설팅기관도 한국경제가 지속성장하기 위해서 새로운 성장 동력 확보가 필수임을 제언했다⁵⁾. 서울대학교 건환종은 국토교통부의 연구개발비 200억 원 지원(2027년까지)을 받아, 산하에 부유식인프라연구단(FLOA)을 설립하고 해상에 건설될 부유식 인프라 구축을 위한 기술 개발 및 실용화 연구를 수행하고 있다. 연구단은 해양 구조물 및 인프라 기술개발에 강점을 가진 노르웨이 과학기술대학(Norwegian University of Science and Technology, NTNU)과 독립연구기관인 SINTEF와 기술협력 양해각서(MOU) 체결로 R&D 역량을 갖추어 해양 인프라 구축사업의 글로벌 시장 확대의 가능성을 높여 가기로 했다.

건환종 내 연구단은 과기부가 2024년 1월에 발표한 '12대 국가전략기술'분야 로드맵에 SMR과 우주항공·해양기술이 포함되어 있음을 인지하고 건환종 산하에 '차세대 해양 인프라 건설의 중심이 될 허브센터(GFIRH)'를 구축하여 본격적인 연구에 착수하기로 했다. SMR과 해양 구조물, 즉 부유식 SMR(floating SMR, FSMR)에 관한 기초 선행연구를 위해 2025년 1월부터 1억 원의 연구비를 대학본부로부터 지원받았다. 건환종은 국토부의 기술개발 지원과제 범위를 확대하여 FSMR을 포함시키기로 했다.

서울대 연구단은 FSMR 기술개발을 넘어 상용화를 목표로 하여 한국 원전생태계를 주도하는 (주)한국전력, (주)한국수력원자력, (주)한국전력기술 등 공공기관은 물론 국내 원전 건설 실적이 많은 민간기업체와의 협력을 위해 양해각서(MOU)를 체결하기 시작했다. 연구 성과에 따라

글로벌 시장 선점에 필요하다고 판단되는 선진국의 대학 및 연구기관과 협력체계를 확대할 계획이다. 한국은 세계 시장에서 차별화시킬 수 있는 조선·해양, 중공업 생산체계를 갖추고 있으며, 이를 기반으로 한국이 주도할 수 있는 SMR 기술을 융합시킨다면 세계 최고 수준이 될 수 있을 것으로 추정하고 있다.

세계 SMR 시장 전망과 국내 기술개발 현황

세계원자력산업협회(WNA)는 SMR 세계시장 규모가 2024년 기준 약 60억 달러 내외지만 2030년에는 71억 달러에 달하게 될 것으로 예상했다⁶⁾. 민간시장 전망기구(GII)는 2032년에는 480억 달러까지 폭발적인 성장을 할 것이라고 전망했다⁷⁾. 국제원자력기구(International Atomic Energy Agency, 이하, IAEA) 자료에 따르면 2024년 현재 19개국에서 70여 종의 SMR 설계가 진행되고 있다고 발표했다. 국제에너지기구(IEA)는 최근 보고서에서 40개국 이상이 원전을 확대할 것으로 예상했다. 상업용 대형 원전은 부지확보가 어려우며, 막대한 건설비가 필요하고, 수요 급증에 즉시 대응하기 어려운 한계가 있다. 이에 비해 SMR은 투자 여력이 부족한 국가들에게 대체 수단이 될 수 있을 것이다. 미국과 유럽 등 선진국에서는 수요의 10% 이상을 SMR로 대체할 것으로 예상하고 있다⁸⁾. 전력에너지 인프라 구축이 미흡한 신흥국의 경우 1,000MWe 급 이상은 과부하나 돌발 정전이 발생할 경우 전체 전력망에 이상이 생겨 국가나 특정 지역에서 'black out(대정전현상)'으로 이어질 가능성이 높다. 송전망 구축비용과 초기 투자비가 대형 원전에 비해 상대적으로 낮은 SMR이 신흥국

4) 김호경(2024), 국제협력연구 플랫폼 구축 지원사업(교내 연구과제 연구개발계획서, 2024.12.9.)

5) McKinsey & Company(2023), 한국의 차세대 S곡선: 2040년 새로운 경제 성장 모델 내용 중 2장 작업 4(경영진 브리핑, 2023.12.8.)

6) 세계원자력산업협회(www.world-nuclear.org), 2025.1.20. 인용

7) 국제에너지기구(IEA, 2025), Global Information Inc(GII), www.iea.org 2025.1.20. 인용

8) 국제에너지기구(IEA, 2025), The Path to a New Era for Nuclear Energy, 2025.1

시장에 더 유리하다는 예상이다.

한편, 지속적인 세계 원전 수요 증가와 더불어 기술과 생산가격 경쟁력을 높이면 세계 시장을 지배하게 될 것으로 예상된다. SMR은 수요가 있는 곳과 최대한 근거리에서 구축할 수 있다는 점과 ‘Plug and Play(전원과 연결하면 바로 작동)’라는 점에서 대형 원전 수요를 대체 할 수 있는 장점이 있다. SMR 구축 자체가 대형 원전과 달리 공장에서 단기간에 제작 및 조립이 가능하므로 현장 작업을 최소화시킬 수 있는 큰 장점을 가지고 있다. 핵물질 누출사고⁹⁾ 확률이 1회/백만년에서 1회/천만년으로 낮아져 안정성이 획기적으로 높아졌고 핵연료 교체 주기가 대형 원전의 경우 평균 1.5년임에 비해 5년까지 길다는 점도 장점으로 부각되고 있다.

한국원자력연구원은 2012년 15개국 이상이 한국의 SMR 기술에 관심을 가지고 있다고 전망했다. 한국은 SMR(구 SMART) 실증로 개발을 위한 연구를 1997년에 착수하면서 3,100억 원의 예산을 투입하였고, 15년간의 연구개발을 통해 2012년에 규제기관으로부터 표준설계인증서를 취득 후 국내 실증로를 건설하여 수출하기로 계획했다¹⁰⁾. 정부는 최고의 원전기술 확보를 통해 세계 3대 원전 강국으로 도약하는 전략¹¹⁾을 발표했다. 발표한 전략에 따르면, 해외 주력 시장은 경제력이 약하고 송배전망이 부족한 국가, 소형 화력발전소를 대체하려는 국가, 물 부족으로 해수담수화가 필요한 국가 등 3개 권역으로 설정했다. 일본 전력중앙연구소가 전 세계 SMR 수요를 400~850기로 추정했다는 점을 근거로 수요 증가를 예상했으며, 2012년 정부는 SMR을 기존 상용 원전에 비해 안전율을 10배 이상 높일 수 있다는 확신이 있었던

것으로 추정된다¹²⁾. 당시 SMART는 ‘invent & only one (하나뿐인 발명)’슬로건을 내세웠다. SMR에 대한 원천 기술을 기반으로 한국의 고유모델을 만들기 위한 전략이었던 것으로 판단된다. 한국의 상용 원전생태계는 이미 세계 최고 수준으로 평가받고 있다¹³⁾. 이 덕분에 2010년 UAE 바라카원전 4기 수출과 2024년 체코의 두코바니 원전 건설의 계약우선협상대상자로 선정되었다. 한국의 원전기술력은 발주 및 계약 제도의 글로벌화를 이루면 해외 원전시장에서 점유율을 25%까지 높일 수 있다는 내용이 담긴 글로벌 역량진단 보고서¹⁴⁾가 발간될 정도로 국제 경쟁력을 갖추고 있다고 판단된다.

정부의 차세대 SMR 기술개발 전략과 정책¹⁵⁾¹⁶⁾ 현안

윤석열 정부가 전임 정부의 탈 원전 정책 포기를 선언하면서, 2011년 발표한 해외 원전 수출 정책을 2024년 1월 수정 발표했다. 2030년까지 해외시장에 원전10기 수출 목표가 담겨있으나, SMR에 대해서는 별도의 내용이 담겨있지 않았다. 이후 2024년 2월 국가과학기술자문회의가 제5차 국가전략기술특별위원회를 개최하여 SMR과 항공·해양 부문을 국가의 차세대 성장 동력에 추가하기로 결정했다. 정부는 추격자를 넘어 초격차로 12대 국가전략기술 분야의 로드맵을 완성하는 핵심프로젝트에 SMR을 포함시키기로 발표했다. 전략로드맵에서는 ‘세계 최고 수준의 혁신형 소형 모듈원자로(i-SMR)’를 조기에 상용화시키기로 했으며, 혁신형 i-SMR은 최고 수준의 안전성과 제조기술 확보가 목표임을 공개 선언한 것이다.

9) 원자로건물 내 1차 계통 파손으로 핵물질이 누출될 수 있는 사고(loss of coolant accident, LOCA)

10) 한국원자력연구소(2012), 교육과학기술부장관 업무 보고(2012.8.3.)

11) 지식경제부(현 기획재정부, 2011), 원전기술 국가로드맵(안) 설명회, 2011.11.23

12) 이복남(2014), SMART 국내건설 사업비 분석 및 추진방안 연구(중간보고서) 자문보고서, 2014.10.20

13) 서울대학교 건설환경종합연구소(2022), 한국원전기술은 어떻게 세계 최고가 되었나?(부제: 국가대표 건설기술을 만드는 비결), 단행본으로 2022.8.26. 발행

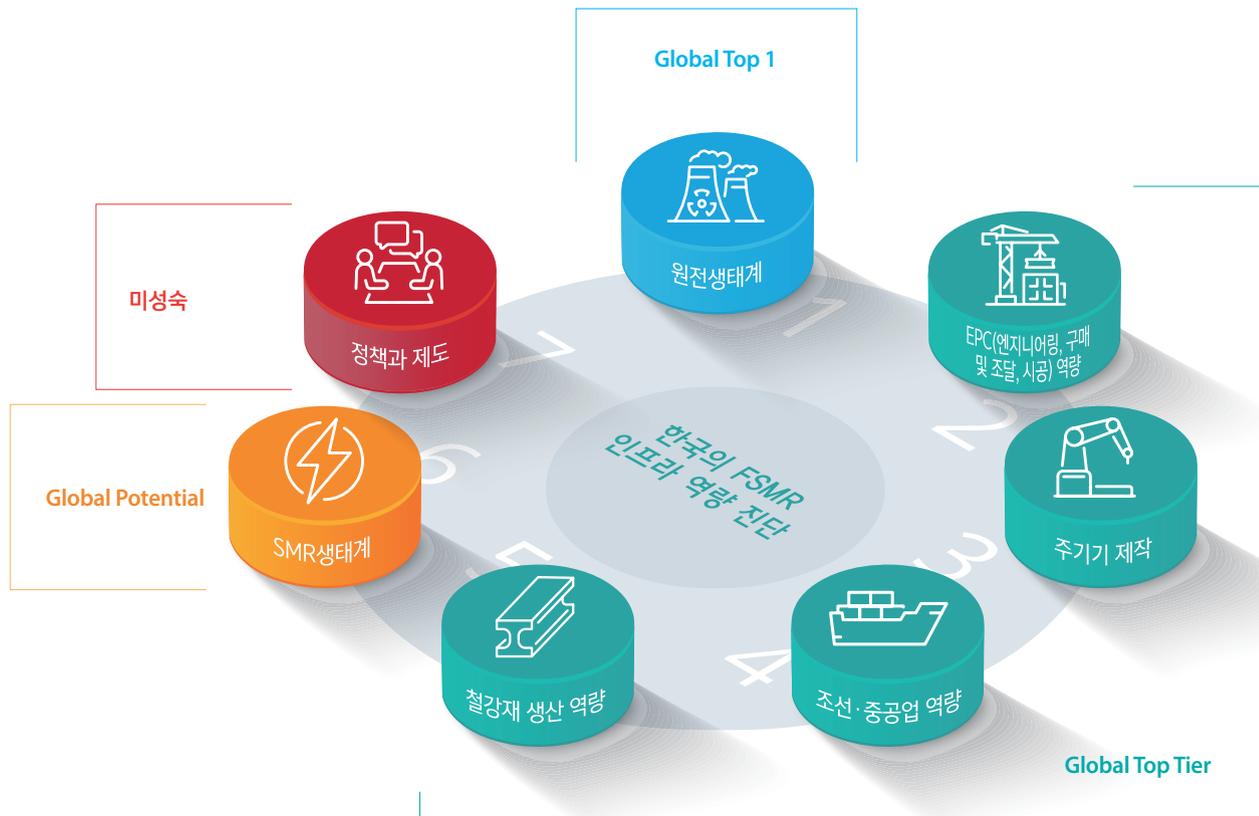
14) 한국건설산업연구원(2010), 해외 원전 건설시장 25% 점유 목표 달성을 위한 국내 원전 건설사업의 발주제도 개선 권고안, 건설이슈포커스, 2010.6.29.(이복남-유위성-김원태 공동연구)

15) 과학기술정보통신부(2024), 추격자를 넘어 초격차로, 12대 국가전략기술로드맵 완성 및 핵심 프로젝트 선정 - 과기부 보도자료 2024.2.1.자

16) 관계부처합동(2024), 국가전략기술 임무 중심 전략로드맵(안), III. 거대과학분야: 차세대 원자력, 우주항공·해양, 국가과학기술자문회의 국가전략기술특별위원회 제5회 심의안건, 2024.2.1.자

국가과학기술자문회의는 한국이 글로벌 최고 수준의 원전생태계를 갖추고 있으면서 통합형 SMR 기술개발에 필요한 제조업 생태계가 마련되어 있다는 점을 강조했다. 한국은 기술경쟁력에 우위를 확보하고 있는 강점을 활용하면 글로벌 제조·제작 공급망 확보는 물론 세계 최고 수준의 SMR 건설에 필요한 핵심 기술과 시험·검증체계를 구축 할 수 있다. SMR 개발은 여러 국가에서 많은 종류로 개발되고 있어 경쟁은 치열하지만 특정국가가 절대강자로 인정받지는 못한 상태이다. 따라서, 한국이 SMR에 특화된 안전규제를 적기에 준비하면 차세대 원자력 강국으로 도약 할 수 있을 것이다. 과거 기술개발 정책과 가장 큰 차이라고 한다면 기술개발보다 글로벌 상품화에 우선순위를 두었다는 점이다.

다만, 새로운 정부의 SMR 전략과 정책에는 아쉬운 점이 보인다. 기술개발에서 상용화로 넘어가기 위해 필요한 안전성과 기술의 완성도를 검증하는 실증로 건설 전략이 보이지 않는다는 것이다. 해외를 주력 시장으로 하는 전략임에는 틀림없지만 한국만의 독자기술과 독창성 모델로 가는 타당성이 크게 부각되지 않았다. 2011년에 수립했던 한국만의 ‘invent & only one (하나뿐인 발명)’전략을 고수 할 것인지 해외시장을 염두에 두고 국제공동개발 전략을 펼 것인지가 분명하지 않다는 한계가 보인다.



<그림 1> 한국의 FSMR 인프라 역량 진단

17) 서울대학교 건설환경종합연구소(2022), 한국원전기술은 어떻게 세계 최고가 되었나?(부제: 국가대표 건설기술을 만드는 비결), 2022.8.26. 단행본 연구총서로 발간
 18) 전력거래소(https://epris.kpx.or.kr, 2024), 2023 전력시장분석보고서, 56쪽(최근 10년간 연료원별 발전기 가동율 및 평균전력수요 증감율)

FSMR 시장 선도에 필요한 한국의 인프라 진단

2012년 한국이 선도했던 SMR(구 SMART) 기술개발이 주춤하는 사이 세계가 시장 선점에 적극적으로 나서고 있다. 상용 원전 시장에서 최고의 경쟁력으로 평가받는 한국의 원전생태계가 SMR 시장에서도 주도 할 수 있는지는 확실하지 않다. 기존 원전 시장에서 이미 실력을 인정받고 있는 한국 원전생태계가 세계 SMR 시장에서도 ‘invent & only one(하나뿐인 발명)’라는 고유한 독창적 브랜드로 시장을 주도 할 수 있는 가능성이 있지만 아직은 기술의 완성도가 부족한 형편이다. 원전을 독자기술로 일괄생산 할 수 있는 국가는 한국, 미국, 프랑스, 일본, 중국, 러시아 등 6 개국에 불과하다¹⁷⁾. 규모는 작지만 상당한 투자비를 필요로 한다는 점 때문에 대량 생산능력을 가진 국가와 기업만이 생존 할 수 있다. 6개국 중 조선과 원전주기기 제작 설비를 갖춘 국가는 공산권을 제외하면 일본이 유일하다. 일본은 후쿠시마원전사고 후유증으로 해외원전시장에서 눈길을 끌지 못하고 있다. 조선 및 중공업 부문에서 미국과 프랑스 보다 우위를 가진 한국이 FSMR 시장을 선도 할 수 있는지 여부를 파악하기 위해 <그림 1>과 같이 7가지 부문으로 구분하여 진단하기로 했다.

1

원전생태계 Global Top 1

세계 원전 시장에서 한국의 원전생태계는 ‘on time, within budget(예산범위 내 적기 준공)’할 수 있는 역량을 갖춘 이미지로 잘 알려져 있다. 최소투자비로 최단공기 내 준공한다는 건설 역량을 실적으로 충분히 증명했다. 지난 10년 간 원전의 가동률도 6개 연료원(원자력, 유연탄, 양수, 태양광, LNG, 기타) 중에서 가장 높았고, 건설과 운영에서도 월등한 성적을 내고 있다¹⁸⁾. 특히 국내 원전생태계가

일괄생산체계를 완벽하게 갖추고 있다는 점에서 글로벌 최고 수준으로 인정받는 데 부족함이 없다.

2

EPC(엔지니어링, 구매 및 조달, 시공) 역량 Global Top Tier

한국건설은 1965년 첫 해외시장 진출 후 2024년에 누적 수주액 1조 달러를 돌파했다. 글로벌 시장에서 한국건설의 역량은 이미 알려져 있다. 원전건설에서도 예외가 아님을 UAE 바라카 원전의 성공적 준공으로 증명해 보였다. 글로벌 시장에서 한국건설의 경쟁력 순위를 보면, 국제적인 지명도를 지닌 미국의 건설주간지 ENR에서 한국은 언제나 10위권에서 벗어나지 않고 있다. ENR발표¹⁹⁾에 따르면, 한국건설은 2023년 매출액 기준 세계 5위로 나타났으며, 세계 250대 기업의 해외시장 매출액을 기준으로 집계한 통계에서 한국건설의 점유비중은 6.8%를 차지하는 등 높은 경쟁력을 갖추고 있다.

3

주기기 제작 Global Top Tier

원전은 원자력에너지를 이용하여 고온·고압 열을 생산하는 1차측(Nuclear Steam Supply System, NSSS 주기기)과 열을 전기에너지로 전환시키는 2차측(Turbine Generator, T/G)으로 구성되어 있다. 자국 내에서 주기기를 일괄 생산할 수 있는 국가는 6개국 정도다. 주기기 설계 및 제작 역량을 독자적으로 갖추고 있는지 여부에 따라 원전의 경쟁력이 좌우된다고 볼 수 있다. 원전 건설이 공기 내 준공 할 수 있는 여부도 주기기를 제 시간에 제작 공급 할 수 있는지에 따라 결정된다. 한국의 주기기 제작 및 공급 역량은 세계 원전 시장에서 최고 수준임을 실적으로 충분히 증명되고 있다.

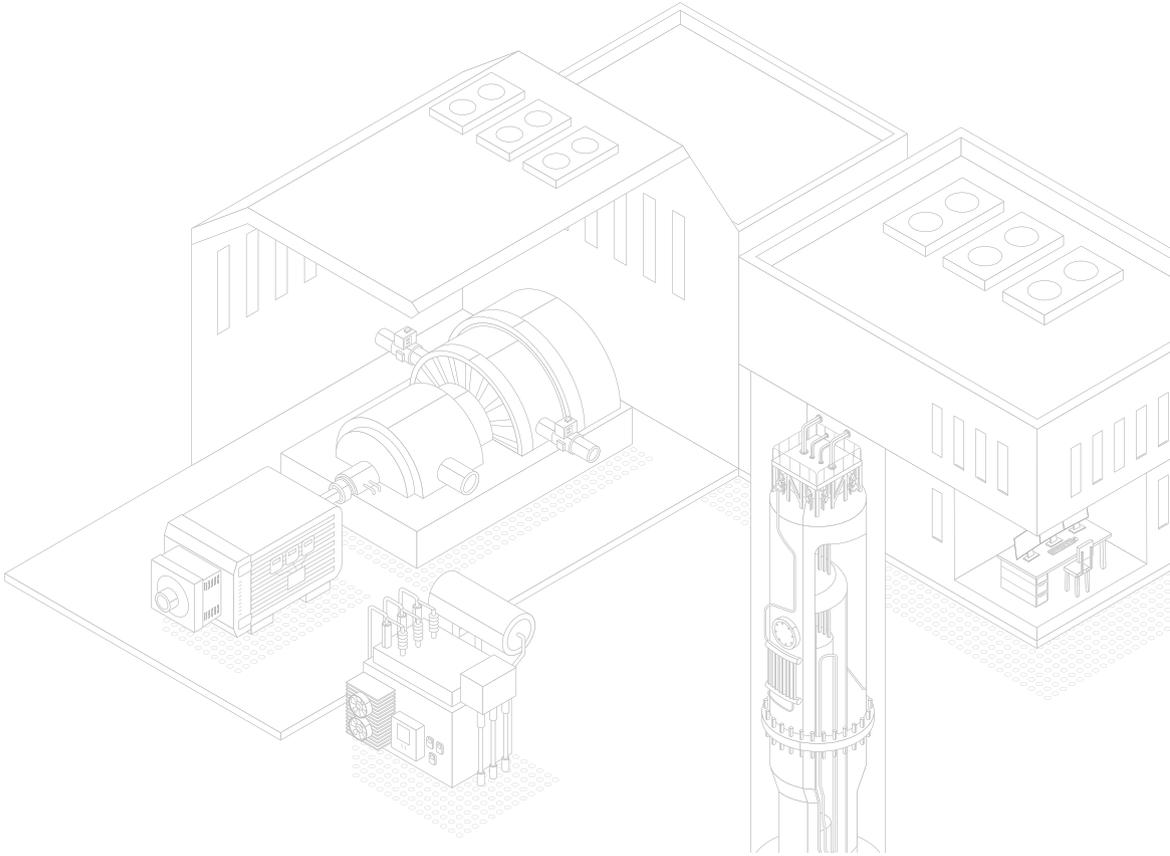
19) ENR(2024), ENR THE TOP 250 (ENR September 16, 2024, P. 60)

4 조선·중공업 역량 Global Top Tier

한국의 대형선박 건조능력은 국제해양 및 선박 시장 동향 조사 및 연구기관(Clarksons Research²⁰)이 세계 최고 수준으로 평가하고 있다²¹). 한국의 선박, 특히 고급 기술을 요하는 LNG선과 초대형 컨테이너선 부문은 매년 주요 국가들에 선박 수주량과 수주잔량을 기준으로 발표하는 순위에서 압도적으로 높은 성적을 유지하고 있다. 선박 건조뿐만 아니라 원전 및 플랜트에 필요한 주요 기자재, 중전기 등을 일괄 생산하는 역량도 지니고 있다. 한국 조선산업은 길이 300m 선박을 전통적인 블록공법 (150~250개) 적용 시 3~4개월 소요되는 데 비해 단 2개의 테라블록공법으로 조립 공기를 10일 이내로 단축시킬 정도로 건조 및 제작 능력이 뛰어나다²²).

5 철강재 생산 역량 Global Top Tier

철강재는 원전, 건설, 주기기 및 보조기기 제작, 조선과 자동차 등에 필수로 사용되는 원자재다. 한국은 철강재 원료인 탄광 부재 국이지만 철강재 생산 및 가공 역량은 양적 무게로 연간 생산 능력 66.7백만톤으로 세계 시장의 3.6%를 점유하는 6위 국가이다²³). 한국의 철강생산플랜트는 일괄생산 뿐만 아니라 질적으로 고품질의 철강재를 경제적으로 생산하는 파이넥스공법 등도 보유하고 있을뿐더러, 국내 수요를 넘어 미국과 유럽 등 선진국에 수출하는 역량까지 확보하고 있다. 원전 건설이 필요로 하는 모든 철강재를 일괄 생산하는 글로벌 최고 수준의 양적 및 질적 능력이 확보되어 있다는 것이다.



20) Clarksons Research(www.clarsons.com)는 해운 및 선박에 관한 시장 전망과 건조 능력을 수시로 공개하는 전문 연구조직.
 21) KDI(2023), 고기술 선박에 강점 가진 우리나라 초격차 경쟁력 확보 넘어 선도국 역할 해야, 나라경제 특집(2023.7월호, 이은창)
 22) 김영록(2021), 세계1위, 대한민국 조선업의 정도관리 기술과 건설산업 적용사례(한국공학한림원 미래국토포럼 제37회 세미나 주제: 건설 생산을 디지털/OSC 제조시스템으로, 2023.11.2.)
 23) 한국철강협회(2025), 철강협회 홈페이지(www.kosa.or.kr)에서 2025년 1월 15일 인용

6

SMR생태계
Global Potential

한국 SMR은 2012년까지 세계시장에서 선두 위치에 있었다. 하지만, 탄소 중립을 추구하는 현 글로벌 시장 상황에서 그 위치가 흔들리고 있다. 과거 원자력에너지 연구기관 및 엔지니어링사, 한국수력원자력 등이 빠르게는 1997년부터 SMR(구 SMART) 기술개발에 투자하기 시작했었다²⁴⁾. 기술개발을 통해 국내에서 실증로를 건설 후 해외에 주력 수출 상품화시키는 정책이 있었으며 2012년 규제기관으로부터 세계에서 최초로 표준설계인증까지 받았을 정도로 수준이 앞섰었다. 그러나 재정투자 감소와 탈원전 정책으로 SMR 생태계의 완성도가 주춤하는 사이 19개국이 SMR 설계에 착수했다. 한국의 SMR 생태계가 세계 시장에서 시선을 끌지 못하는 사이에 세계는 상용화를 위한 기술개발 혹은 실증로 구축에 돌입한 것이다. 한국의 SMR 생태계는 여전히 연구수준에 머물러 있는 것과 대조된다.

7

정책과 제도
미성숙

2011년 지식경제부(현 기획재정부)의 대국민 설명 자료²⁵⁾에서 당시 정책을 읽을 수 있다. 정책의 핵심은 한국 고유의 SMR 기술 개발 후 국내 실증로를 먼저 건설하고 그 이후 해외시장에 진출하는 것으로 되어 있다. 주력 시장이 국내가 아닌 해외임을 분명히 했었다. ‘혁신형 SMR 또는 i-SMR 기술개발사업’을 입찰²⁶⁾에 부쳤으며 기술 개발의 목표를 혁신형 SMR 표준설계인가 취득에 두었다. 육상에 구축하는 SMR이기 때문에 기존 원전에 적용되는 법과 제도를 그대로 적용했을 것으로 추정된다. 입찰공고 붙임 자료에 열거된 9개 부문의 세부과제에도 법과 제도에 대한 내용이 배제되어 있다. 산학연공동연구사업단 구성을 요구하고 있지만 전력생산에 필수적인 보조계통(BOP)과 2차측(T/G) 부문은 기술개발과제에서 제외되어 있었다. 지상 원자로 기술 개발에만 집중되어 있어 상업화보다 기술 개발 자체가 목표였음을 분명히 한 것으로 해석된다. 2024년 1월 국가과학기술자문회의가 발표했던 ‘국가전략기술 업무중심 로드맵(안)’에 SMR에 특화된 안전규제를 적기에 준비하겠다는 내용이 포함되어 있지만 구체적인 실행계획은 포함되지 않았다.

24) 한국전력기술주식회사(2016), (주)한국전력기술 40년사, SMART-P 플랜트 연구를 위한 종합설계용역, 484쪽

25) 지식경제부(현 기획재정부, 2011), 원전기술 국가로드맵(안) 설명회, 2011.11.23

26) 과학기술정보통신부(2024), 2024년도 혁신형 소형모듈원자로 기술개발사업 신규과제 공고(제2024-0057호, 2023.1.31.)

글로벌 시장 주도를 위한 FSMR 전략과 정책 제안

데이터센터, 생성형 AI, 초밀집·복합도시, 스마트시티 등으로 인해 전력에너지 수요가 큰 폭으로 증가되고 있다. 탄소중립 의무화 추세로 인해 안정적으로 에너지를 공급 할 수 있는 원전에너지 수요가 대세다. 국제시장전망기구들은 건설비가 상대적으로 적은 SMR의 수요가 증가하고 있다는 것에 전적으로 공감하고 있다.

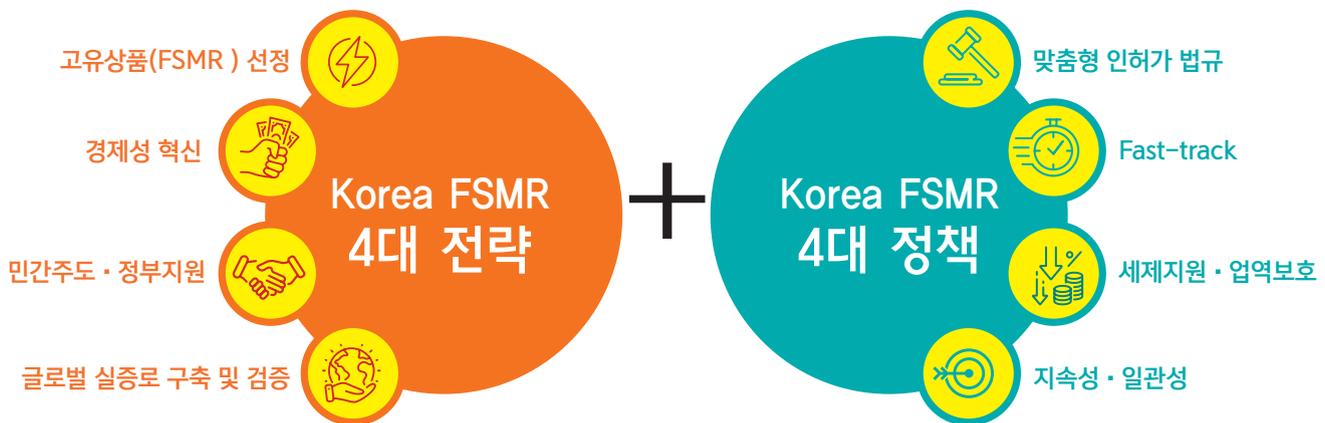
앞서 언급된 바와 같이 한국의 SMR 기술은 2012년까지 세계에서 선두를 유지했었으나 정책 변화로 수년간 기술개발 투자가 멈췄었다. 그러나 <그림 1>에서와 같이 한국은 SMR 기술 및 상용화 인프라에 타 국가와 다른 강점을 지니고 있는 부문이 바로 ‘부유식 SMR (Floating SMR, FSMR)’이라는 판단이다. 2011년 정부가 SMR 기술 개발 정책에서 발표했던 시장은 ‘해외’, 기술은 ‘invent & only one(하나뿐인 발명)’이라는 것은 여전히 유효하다. 한국이 강한 SMR 인프라를 글로벌 시장에서 주력 상품으로 만들어 갈 수 있는 차별화된 고유 상품이 ‘FSMR’이라 할 수 있다. 한국 원전생태계가 가진 인프라를 최대한 활용하면 성공 가능성이 높아 보인다. 글로벌 전력에너지 시장에서 FSMR을 미래 한국의 주력

상품으로 만들어 가는 데 필요한 『4(전략) + 4(정책)』을 <그림 2>와 같이 제안한다.

Korea FSMR 4대 전략

전략 1: 한국의 고유 상품으로 FSMR 선택

대형 원전은 물론 FSMR 구축 및 운영 인프라는 <그림 1>에 제시되어 있다. 7개 부문 중 한국생태계는 타 국가와의 경쟁에서 차별화, 독창성과 일괄생산체계에서 비교할 수 없을 정도로 완벽하게 구축되어 있다. 국제원자력기구에 의하면 육상 SMR 기술개발 및 상용화를 추진하는 국가가 2024년 19개국에 이르렀고 70여종(국가과학기술자문회의는 18개국 80여 종으로 추정)의 설계가 진행 중이라는 점을 고려하여 FSMR을 제안하기로 했다. 이미 개발된 육상에 건설된 SMR 기술을 조선·중공업 생산 인프라와 접목시키면 타국보다 유리할 것으로 추정된다.



<그림 2> 한국의 고유 FSMR 생태계 구축을 위한 전략과 정책 구도

전략 2: 경제성 혁신

건설단가는 대형 원전(1,000MWe 이상)보다 FSMR이 높다. 다만 호기당 총투자비는 대형 원전에 비해 FSMR이 적다는 장점이 있다. 원전이 생산하는 전력 생산비에서 건설비가 차지하는 비중이 높기 때문에 FSMR 역시 전력생산비가 높을 것으로 추정된다. FSMR 수요가 많기 때문에 대형 원전 건설과 다르게 ‘single design, multi-production(1 설계·대량 생산)’개념을 도입하면 경제성을 높일 수 있다. 대량·복제 건설을 통해 전력판매단가²⁷⁾를 대형 원전(54.98원/KWe)보다는 높지만 전체 연료원의 평균단가(137.07원)에 근접시키면 신재생(171.43원)이나 LNG(214.1원)보다 경제성을 높일 수 있다. 대형 원전보다 송전선로 구축비가 별도로 들지 않아 유리한 측면도 고려했다. 전력판매단가를 대형 원전의 2배 이하로 만들기 위해 ‘design to cost(가격 맞춤 설계)’개념을 도입하면 FSMR의 경제성을 혁신 할 수 있을 것으로 예상된다.

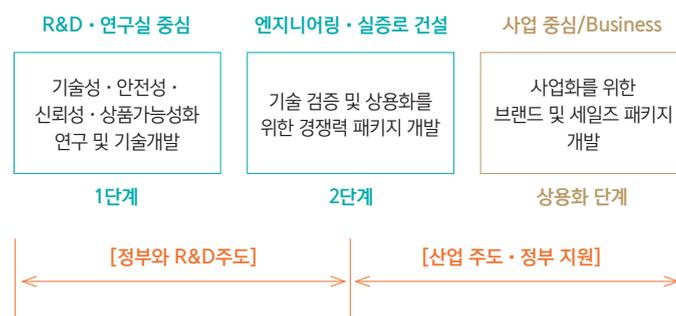
전략 3: 민간주도·정부지원

국내 SMR R&D는 정부와 공공기관(한국수력원자력·한국원자력연구원 등)이 주도하고 민간이 입찰에 의해 참여하는 형식이다. 여기에서 민간이란 국내에서 SMR 상용화에 투자하는 외국 회사²⁸⁾(뉴스케일파워, 홀텍인터내셔널, 테라파워 등)들을 말한다. 한국이 목표하는 주력 시장은 해외다. 해외 FSMR 시장 진출 및 확대를 위해 국가재정을 기반으로 한 정부와 공공기관이 주도 할 수 있는 정부의 지출예산 중 재량예산 비중이 2021년부터 지속적으로 감소²⁹⁾되고 있다. 시간이 지날수록 국가의 재정여력이 약해진다는

의미다. 해외시장 주력상품을 한국 정부가 주도하기에는 재정예산 지원 여력이 부족되는 게 현실이다. 따라서 민간 자본과 산업체가 주도하고, 정부는 정책과 제도를 지원하는 형태가 바람직할 것으로 예상된다.

전략 4: 글로벌 실증로 구축 및 검증

국내 SMR 연구는 표준설계인증서 취득에 목표를 둔 반면 주요국은 R&D보다 조기 상용화를 목표로 하고 있다는 차이가 보인다. 정부와 공공기관의 R&D 로드맵은 국내 실증로 구축 및 검증 후 수출 과정을 거치는 <그림 3>과 같은 과정으로 계획되어 있다³⁰⁾. 수정된 계획에도 국내 혁신형 i-SMR 표준설계인가 취득 후 2030년부터 해외시장³¹⁾에 진출하는 것으로 되어 있다. SMR의 주력시장이 해외임을 고려하면 첫 FSMR 실증로(pilot FSMR) 구축을 국내가 아닌 미국이나 유럽 등 시장성이 크거나 사우디아라비아와 UAE 등 자본력이 강한 지역을 고려해볼 수 있다. 공통적으로 에너지 수요가 크고 원전생태계를 갖추지 못한 국가에 공동으로 글로벌 실증로를 구축하는 전략이 국내 육상 SMR 실증로 구축보다 실현성과 시장 확장성이 높을 것으로 판단된다.



<그림 3> SMART 연구 및 상품화 프로세스

27) 전력거래소(2024), 2023년도 전력시장통계, <표 5-3> 연료원별 정산단가

28) 한국건설산업연구원(2023), 건설동향브리핑 제898호(해외 건설시장 환경변화와 건설기업 신규사업 진출 현황), 5쪽

29) 국회예산정책처(2024), 2024년도 예산안 총괄 분석(재정지출)

30) 이복남(2014), SMART 국내건설 사업비 분석 및 추진방안 연구(한국원자력연구원 중간보고서, 2014.4) 자문보고서, 2014.10.21.

31) (주)한국전력기술(2025), 서울대학교 건설환경융합연구소 관지현 발제자료(BANDI for Marine-based Application-Current status and Challenges, Jan.13, 2025, 이건우), slide no. 41

Korea FSMR 4대 정책

정책 1: 맞춤형 인·허가 법과 제도

국내 원전 건설 및 운영 근거법은 원자력안전법이다. 제3장(원자로 및 관계시설의 건설·운영), 제10조(건설허가)와 제12조(표준설계인가)는 육상 대형 원전 건설을 전제로 하고 있다. 육상 및 FSMR에 적용하기에는 적절하지 않다. 원자력안전법은 미국 연방규제 10 CFR Part 100 (reactor Site Criteria, 원자로 부지 기준)과 10 CFR 52 (Licenses, Certifications, and Approval for Nuclear, 원자로 인허가 기준과 절차)를 준용하여 제정되었다. 수요지역과 가까운거리, 안전성이 기존 원전에 비해 10배 이상(핵물질 누출 사고 확률, 1회/천만년) 높은 혁신형 SMR에 그대로 적용하기에 부적절해 보인다. IAEA도 SMR에 적용하는 규제는 별도 개발이 필요하다는 판단에 따라 2014년에 ‘SMR Regulator’s Forum’기구³²⁾를 설립했다. 글로벌 시장을 목표로 하는 새로운 규정을 단기간에 제정하기 위해 국내법 신설보다 처음부터 정부·공공기관이 IAEA와 공동으로 FSMR 안전 및 인·허가 규제를 제정하는 정책을 제안³³⁾한다.

정책 2: Fast-track

국내 SMR R&D는 타 국보다 먼저 1997년부터 시작하여 2012년 세계 최초로 표준설계인가를 원자력안전기술원으로 부터 취득했다. 2017년부터 기술개발이 축소·지연되기는 했지만 2028년까지 혁신형 SMR 표준설계인가 취득을 목표 할 만큼 기술의 완성도가 높아졌을 것으로 추정된다.

기존 정책인 ‘R&D → 국내에서의 검증 → 해외 상용화’라는 직렬식 진행을 글로벌 FSMR에서는 병렬(fast-track)식으로 진행하여 상용화를 앞당길 것을 제안한다. 미국과 캐나다, 스웨덴 등 선진국에 뒤처진 상용화를 앞당길수록 한국의 글로벌 최고·고유 상품의 가치가 높아지게 될 것으로 추정되기 때문이다. 국내 원전생태계가 미국 대비 40%에 머물렀던 기술자립 수준이 세계 최고 수준에 올라설 수 있었던 배경에는 ‘건설 + R&D + 표준설계 (OPR1000)’을 과감하게 병렬식 시도를 했던 정부의 정책이 있었기에 가능했다³⁴⁾.

정책 3: 세제지원·업역보호

FSMR을 글로벌 상품화시키는 데는 국제시장 변화를 실시간으로 파악 할 수 있는 정보망과 영업력을 가진 민간 산업체가 정부·공공기관에 비해 상대적으로 유리하다. 민간자본과 민간기업이 주도하고 정부가 지원하는 정책에 실효성을 높이기 위해서는 투자액과 투자기관에 대한 세금 감면과 개발된 기술을 시장으로 보호해주는 정책이 필요하다. 투자는 시장의 성장성과 함께 개발된 기술에 대한 시장 혹은 업역 보호가 중요한 영향을 미친다. 국내 원전생태계가 기술자립 목표 달성을 위해 지속적으로 R&D에 투자 할 수 있었던 배경에는 정부가 ‘산업합리화특별법’을 제정하여 한시적으로 세금 감면과 함께 가격 인센티브(국내 제작기자재 가격의 1.15배를 수입기자재 가격과 동등 대우)제공, 그리고 공공기관(당시 한국전력공사)의 R&D 예산 지원이 큰 힘이 되었다는 평가다³⁵⁾.

32) IAEA(2025), www.iaea.org, 2025.1.15. 인용

33) 미국 원자로 안전규제 적용을 받지 않는 원자력잠수함이 오래전부터 운용되고 있음을 고려

34) 서울대학교 건설환경종합연구소(2022), 한국원전기술은 어떻게 세계 최고가 되었나?(부제: 국가대표 건설기술을 만드는 비결), 2022.8.26. 단행본 연구총서

35) 한국원자력산업회의(1995), 원전건설 기술자립 추진실적 최종평가 요약보고서, 원전건설기술자립실적평가단, 1995.12

정책 4: 지속성·일관성

민간자본 유입과 민간주도를 촉진시키기 위해서는 한번 수립한 정책과 제도의 신뢰성 확보가 필수다. FSMR R&D와 상품화는 최소 10년 이상의 긴 시간과 상당한 투자가 필요하다. 정부는 2024년 1월 '제5회 혁신형 SMR 국회 포럼'에서 SMR을 '12대 국가전략기술'에 포함시키는 정책을 발표했다³⁶⁾. 정책과 제도가 수시로 변하면 국내 자본은 물론 국제자본이 투자를 기피하게 된다. 기술개발 투자와 사업화에 참여하는 민간기업의 경우 정책과 제도에 예측할 수 없는 변수가 있으면 리스크를 감수하면서까지 참여하지 않는 게 경영의 기본 원칙이다. 민간이 주도하고 민간자본이 참여하는 FSMR 상품과 시장 개발에 정책의 신뢰성을 보장해 줄 수 있는 주체는 정부다. 정권이 바뀌어도 한국의 글로벌 FSMR 정책과 제도가 지속적으로 유지될 수 있도록 특별법 제정이 검토되어야 한다. 2021년 4월 국회 여야 공동으로 설립한 '혁신형 SMR 국회 포럼'³⁷⁾이 특별법 제정을 주도할 것을 제안한다.

맺음말

탄소중립과 전력 에너지 수요 급증은 변수가 아닌 상수다. 세계는 지금 전력에너지의 뉴 노멀 시대를 맞고 있다. 풍력과 태양광, 지열 등 자연재생 에너지는 저탄소임이 분명하지만 전력량과 품질이 통제 불가능하고 또 지형과 위치, 기후에 절대적인 지배를 받기 때문에 상시 전력공급이 불가능하다. 거의 모든 국제전망기구들이 공통적으로 원전 수요 증가를 예상하고 있다.

기술 발전과 에너지 수요 급증에 신속하게 대응할 수 있는 SMR 건설이 새로운 대안으로 급부상했다. 윤석열 정부는

SMR 기술 개발 및 해외 시장 수출 상품화를 위한 정책을 확실하게 추진하고 있다. 2012년까지 SMR 기술 개발을 선도했던 한국은 현재도 활용 가능한 기술이 상당수 축적되어 있다. 현재 19개국에서 70여 가지 SMR 기술 개발 혹은 상용화가 진행 중이며, 세계 시장에서 경쟁은 치열하지만 절대 강자는 없는 상황이다. 한국의 원전생태계는 글로벌 최고 수준으로 평가받고 있으며, FSMR 기술 개발과 상용화 인프라는 한국을 다른 국가들과 차별화시킬 수 있는 경쟁력 있는 상품이다.

한국이 FSMR 기술 개발에 착수하면 글로벌 시장을 선점할 수 있는 가능성이 다른 국가들보다 높다. 한국의 글로벌 FSMR 기술 개발은 인류 최초(first-of-a-kind, FOAK)에 그치지 않고 대량 생산(one-of-a-kind, OAK)으로 이어질 수 있어, 대형 원전과 전력 판매 단계에서도 경쟁력을 가질 수 있을 것으로 예상된다. 한국이 세계에서 가장 잘 할 수 있는 FSMR 인프라 구축의 성공여부는 기술의 한계가 아닌 정책과 전략 선택의 문제로 귀결될 것이다.

우주항공, 생성형 AI, 양자 컴퓨터 등 새롭게 부상하는 첨단 기술에 뒤처져 있는 한국이 FSMR 기술 개발 및 상용화에 성공한다면, 글로벌 시장에서 한국을 대표하는 챔피언 산업이 될 수 있을 것으로 기대된다. 시장 수요 기회와 한국이 가진 잠재력은 차세대 경제 성장 동력 개발과 함께 새로운 일자리 창출 기회로 이어질 수 있으며, 이는 바로 지금이 그 기회를 잡을 시점이라는 확신이 본 제안의 배경이다.

36) 연합뉴스(2024), 혁신형 SMR 개발 적극 지원 ... 차세대 핵연료기술 개발 착수 할 것, 2024.1.5. 13:25 (<https://blog.naver.com/checkpoint205/2233313272041>)

37) 연합뉴스(2021), 소형모듈원자로 개발 추진을 위한 국회 포럼 출범 (2021.4.14. 15:11, 박주영기자)

서울대학교 건설환경종합연구소 간행물 소개

• VOICE

- 제 1호 건설기술을 디자인 하라 2015.06.29
- 제 2호 서울은 안전한가 2015.10.07
- 제 3호 “통일한반도 국토인프라 격차해소”에 대한 당신의 생각은? 2016.06.15
- 제 4호 World Construction Now 2016.07.29
- 제 5호 한국건설의 현안진단 2016.10.11
- 제 6호 World Construction 2030 2016.11.07
- 제 7호 World Construction Now 2017.01.18
- 제 8호 국민안심과 청년희망을 위한 한국건설의 역할 2017.04.10
- 제 9호 First Mover가 되기 위한 건설 거버넌스 변화 2017.05.08
- 제10호 건설산업의 문화를 바꾸자 2017.08.01
- 제11호 뉴욕의 도시재생(OneNYC)이 한국의 도시재생에 주는 시사점 2017.10.13
- 제12호 일자리 지도가 필요한 한국건설 2018.01.19
- 제13호 건설현장 기능인에게 직업인으로서의 비전을 만들어주자! 2018.04.13
- 제14호 S.M.A.R.T하게 Smart City를 디자인 하라! 2018.06.04
- 제15호 한국건설 혁신의 첫걸음, 주체별 제 역할 찾기 -건설엔지니어링과 시공- 2018.08.03
- 제16호 글로벌 시장을 주도하는 건설기술인이 되는 길 -직업 및 직무 로드맵- 2018.10.12
- 제17호 국민의 안전하고 인간다운 삶을 보장해야할 국가의 의무 2019.02.13
- 제18호 건설 갈라파고스, 한국 2019.05.20
- 제19호 국가인프라 건강성 확보를 위한 투자 패러다임 혁신 2019.08.16
- 제20호 디지털 융합시대 생존을 위한 ‘설계·엔지니어링’역할 바로 세우기 2020.04.13
- 제21호 코로나 19 팬데믹과 건설 2020.06.12 / 2020.08.20
- 제22호 민간투자사업의 현안진단과 5大 정책혁신 제안 2021.08.02
- 제23호 ‘게임 체인저’로서의 건설 정책혁신, 출발선에 머문 제도개혁 2021.11.10
- 제24호 ‘국민의 삶’과 ‘국가경제’를 위한 건설의 파괴적 혁신 제안 2022.03.04
- 제25호 제20代 대통령 당선인의 인프라 및 건설정책공약 진단 2022.04.04
- 제26호 국가대표 건설기술 창출을 위한 기술정책 혁신 제안 2022.05.16
- 제27호 윤석열정부 국정과제에서의 건설정책 방향 분석과 대응전략, 다시 도약하는 한국건설 2022.06.22
- 제28호 건설 강국 코리아를 향한 정책 주문 [엔지니어링 산업 편] 2022.08.23
- 제29호 건설 강국 코리아를 향한 정책혁신 주문 [건설산업 편] 2022.09.15
- 제30호 한국 원전 생태계를 성공시킨 엔지니어링 기술정책과 전략 2022.10.17
- 제31호 한국건설 2023년 정책과 전략 주문 2022.12.09
- 제32호 건설기술자 신생태계 구축을 위한 담대한 제안 2023.02.16
- 제33호 건설기술자의 대가 인상 및 역량 고도화 방안 제안 2023.03.27
- 제34호 재난국가의 도시·인프라 재건 지원 전략 구상 -튀르키예 대지진 피해지역 편- 2023.05.18
- 제35호 ‘탈(脫)건설’에서 ‘K-건설’로 전환을 위한 『선택의 길』 제안 2023.10.16
- 제36호 3蹕 외풍에 시달렸던 2023, 3C로 건설 재도약 출발의 원년 2024 2023.12.20
- 제37호 Global Top으로 가기 위한 ‘한국’과 ‘미국’의 국가건설혁신전략 비교 2024.04.04
- 제38호 공공공사 가격산정 제도 및 주체 혁신 방안 제안 - 패자만 양산되는 공공공사 공사비 산정 체계 - 2024.05.28
- 제39호 국토인프라 자산관리제와 한국의 건설생태계 -‘직선형’에서 ‘순환형’건설로의 변화 - 2024.12.31

● **서울대학교 건설환경종합연구소 연구보고서**

제 1호 통일한반도 국토인프라 통합구축 전략 수립 방향 제안 2016.07.04

● **서울대학교 건설환경종합연구소 연구총서**

제 1호 한국건설의 가치를 말하다. 이복남 저 2015.03.24

제 2호 세계최고의 공항이 된 인천국제공항의 건설사업을 성공으로 이끈 PMC 이야기
이복남 저 2020.12.28

제 3호 디지털시대에 부상하는 PM 사용법 이복남, 이슬기 저 2021.12.31

제 4호 한국 원전기술은 어떻게 세계 최고가 되었나 이복남, 이슬기 저 2022.08.26

제 5호 한국건설의 미래 생태계 설계 주문 이복남, 이슬기 저 2022.12.08

제 6호 왜 백악관이 국가건설목표(NCG)를 주도했을까? 2024.4.15

● **국토와 건설 진단**

제 1호 발주제도와 관습이 공공공사 담합에 미치는 영향 및 진단 해법 2014.10.21

제 2호 통일한반도 국토인프라 국가전략 2015.03.20

제 3호 국토인프라시설 구축 전략의 문제점과 혁신방향 2015.08.11

제 4호 통일한반도 국토인프라시설 연구의 현황분석을 통한 시사점 및 정책도출 2015.11.24

제 5호 해외건설의 현안 진단 및 해법 제안 2015.12.30

제 6호 한국건설의 2025년 주요이슈 전망과 혁신전략 2016.04.20

제 7호 한국건설의 글로벌 역량 진단 및 강화방안 제안 2016.09.09

제 8호 스마트시티, 한국건설의 미래 상품이 될 수 있는가 2017.01.09

제 9호 글로벌 건설인재 양성체계 혁신방향 제안 2017.03.21

제10호 생산구조 혁신의 성공을 위한 직접시공제의 법/제도 방향 및 산업계 대응전략 2020.03.27

제11호 건설현장관리의 디지털화 촉진을 위한 작업실명제 도입 방안 제안 2020.09.22

제12호 재난으로 파괴된 도시.인프라 재건설장 진출 정책과 전략 구상 [튀르키예.우크라이나 편] 2023.08.24

● **서울대학교 건설환경종합연구소 토론회집**

제 1호 미래의 주인들이 통일한반도 국토인프라를 말하다. 2016.02.23

제 2호 건설의 미래를 알면 청년의 미래가 보인다. 2016.10.12

제 3호 청년들이 그리는 미래한국 2017.02.28

제 4호 건설 엔지니어링 업계의 포지션 및 역량 진단 2017.09.08

제 5호 건설 엔지니어링 업계의 글로벌 경쟁력 강화 방안 2017.11.27

제 6호 통일한반도 미래도시 2018.04.05

제 7호 나도 마이스터가 될 수 있다. 젊은 기능인에게 직업비전 만들어주기 2018.06.29

제 8호 우리가 살고싶은 통일한반도 2019.04.19

제 9호 국민수요를 반영한 인프라 충족도 2019.06.15

제10호 북한 인프라 현실과 통일한반도 국가인프라 설계과제 2019.09.25

제11호 국민수요를 반영한 인프라 충족도, 강원지역 편 2019.12.20

제12호 한국건설기술인 글로벌 경쟁력 제고 전략 2020.03.12

제13호 통(通)하는 미래 한반도 2020.05.15

제14호 청년들이 만들어가는 미래 한반도, 북한 경제지대 개발 성공을 위한 전략 구상 2021.03.20

제15호 건설기술인의 직무역량 혁신전략 2021.03.25

● **서울대학교 건설환경종합연구소 기술보고서**

제 1호 고속철도(초대형철도) 건설사업 PMC 경험의 재구성 2015.10.20

제 2호 한국과 선진국의 발주 및 생산체계 비교 연구 (한·미·일의 도로사업 중심) 2016.07.31

VOICE

Voice of Institute of Construction
& Environmental Engineering

한국건설은 경제성장에 대한 공적과 잠재성장 가능성 등 내재된 특별한 가치에도 불구하고 현재 국민에게는 장점보다 단점이 부각되어 있습니다. 건설환경종합연구소 VOICE는 한국건설의 가치를 재확립하기 위하여 건설산업 이슈에 대한 전문가의 냉철한 시각과 분석을 통해 한국건설이 나아가야 할 바람직한 방향을 제시하는 목소리가 되고자 합니다. 건설환경종합연구소의 목소리가 널리 전달되어 한국건설의 가치를 알리고, 건전한 토론의 장을 만들어 낼 수 있기를 희망합니다.



서울대학교 건설환경종합연구소

서울대학교 건설환경종합연구소는 삶의 질 향상과 지속가능한 사회 발전을 선도하는 건설환경분야의 미래지향적 융합기술 개발과 정책 제안을 주도하는 국제적 수준의 Think Tank 역할을 수행하고자 설립되었습니다. 국토와 인프라, 건설 정책 및 산업의 현안에 대한 객관적인 진단과 미래 방향을 제시하여 한국건설이 나아갈 길을 밝히고자 합니다.

서울대학교 건설환경종합연구소

서울특별시 관악구 관악로 1 서울대학교 316동 201호 (08826)

Tel 02 880 4315~7 Fax 02 885 1081

발행일: 2025.2.28 발행인: 김호경 편집인: 이복남, 김윤주, 김혜원

편집위원(감수): 고현무, 송준호, 박문서, 유기윤, 장승필, 황진환, 이슬기(광운대)

발행처: 서울대학교 건설환경종합연구소

www.icee.re.kr