

세계원전시장 인사이트

World Nuclear Power Market INSIGHT



현안이슈

초소형원자로 (Microreactor) 개발 동향과 이슈

1. 초소형원자로의 특징
2. 초소형원자로 잠재시장 및 개발동향
3. 초소형원자로 개발 이슈
4. 요약

주요단신

북미

14

- 미국 발전사들과 SMR 개발사, 발전소 부지에 SMR 도입 위한 협력
- Westinghouse, 캐나다 원안위에 eVinci MMR 사전인허가(VDR) 신청
- Ontario 주 정부, Darlington 부지에 SMR 3기 추가 건설 계획 발표
- 캐나다 NB Power, 자사 Point Lepreau 원전 부지에 SMR 건설 위한 환경영향 평가 및 부지허가 신청
- 기타단신

유럽

18

- 우크라이나, 불가리아 Belene 원전용으로 제작된 러시아산 기자재 인수 협상 막바지 도달...Khmelnitski 3·4호기에 적용 계획
- 프랑스 EDF, 자사 원전사업 내년 초 5개 부문으로 대대적 재편 예정
- 프랑스 EDF, 폭염에 따른 수온 상승으로 Bugey-Saint Alban 원전 출력 감발
- 폴란드 정부, 대형(Lubiatowo-Kopalino)-SMR 원전 사업 공식 확정
- 한국-폴란드, 원전 건설·기자재 등에서 MOU 체결을 통한 원자력 협력 강화
- EU, 러시아산 핵연료 대체 위해 Westinghouse 컨소시엄에 개발자금 지원
- 영국, 4개의 고준위방폐물 심지층처분시설 후보지역 평가 작업 착수
- EU의회, 탄소중립산업법 개정안 발의...수정된 지원대상 목록에 원자력 포함
- 기타단신

아시아

29

- 파키스탄, 청정에너지 생산 일환으로 약 4조 원 규모의 Chashma 5호기 착공 개시
- 인도, Kakrapar 3호기 상업운전 개시
- 미얀마, 러시아와 원전 건설 및 인프라 구축 관련 논의
- 사우디, 프랑스와 원자력 포함한 에너지 분야 협력을 위해 MOU 체결
- 일본 간사이전력, 원전 해체 폐기물 오이원전에서 재활용 예정
- 일본 고속로 실용화 개발, Mitsubishi중공업이 총괄
- 일본 도호쿠전력, 오나가와원전 입지 지역 주민대상으로 방문 활동 진행
- 일본, 영국의 고온가스로 개발에 참여
- EU, 일본 식품 수입 규제 철폐
- 기타단신



세계원전시장 인사이트

World Nuclear Power Market **INSIGHT**

Biweekly 격주간 2023 07.21

※ 본 간행물은 한국수력원자력(주) 정책과제의 일환으로 발행되었습니다.

발행인 김현재

편집인	박우영	parkw@keei.re.kr	052-714-2271
	조주현	joohyun@keei.re.kr	052-714-2035
	남경식	ksnam@keei.re.kr	052-714-2192
	신재정	jjshin@keei.re.kr	052-714-2054
	김선진	sunjin@keei.re.kr	052-714-2018
	정진영	jy_jeong@keei.re.kr	052-714-2081
	한지혜	jhhan@keei.re.kr	052-714-2089
	김유정	yjkim@keei.re.kr	052-714-2294
	이유경	rglee@keei.re.kr	052-714-2283

디자인·인쇄 효민디앤피 051-807-5100

본 「세계원전시장 인사이트」에 포함된 주요내용은 연구진 또는 집필자의
개인 견해로서 에너지경제연구원의 공식적인 의견이 아님을 밝혀 둡니다.



초소형원자로 (Microreactor) 개발 동향과 이슈

한국과학기술원 원자력 및 양자공학과 이정익 교수 (jeongiklee@kaist.ac.kr)

1. 초소형원자로의 특징

■ 초소형원자로 (Microreactor)는 300MW(메가와트)이하 출력을 가지는 소형모듈원전 (Small Modular Reactor: SMR)보다 발전용량이 더 작은 20MW 이하의 발전용량을 가지는 원자로임.

- 소형모듈원전은 대형원전과 유사하게 부지 내에서 핵연료 교체가 이루어지며, 사용후 핵연료 저장시설이 부지에 존재하고 부지에 운영 및 유지보수 인력이 상시 근무하는 개념임.
- 초소형원자로는 소형모듈원전보다 더 작은 발전용량을 가지기 때문에 초소형원자로 대부분의 개발되고 있는 개념이 원자로 또는 전체 모듈을 부지로부터 핵연료 재장전 설비로 이송하여 핵연료 교체를 부지 외의 지역에서 진행함.
 - 초소형원자로는 전체 시스템의 육로나 해로 상으로 운송할 수 있어야 해서 중량이나 부피에 대한 제한사항이 더 크며, 따라서 원자로의 중량 및 부피의 최소화가 필요함.
 - 잦은 핵연료 재장전이 필요할 경우 경제성이 매우 낮아지기 때문에, 최대한 노심 재장전 주기를 길게 해야 하며 이는 필연적으로 원자로의 핵연료 장전량이 많을수록 유리함.
 - 원자로의 중량과 부피를 줄이면서 핵연료 장전량을 많이 가져가기 위해서는 현재 상용원전에서 사용하는 5% 농축도보다 높은 농축도를 가지는 핵연료를 사용하는 것이 유리하여 대다수의 초소형원자로는 기존 소형모듈원전보다도 더 높은 핵연료 농축도를 가짐.
 - 발전이 끝나서 재장전을 위해 이송되는 초소형원자로는 사용후핵연료 및 방사화된 주변 기기를 함께 이송하여야 하므로 고준위방사성폐기물을 운반하는 것과 동일하여 이와 관련된 현안도 함께 해결해야 함.
- 초소형원자로는 설치된 부지에서 운영을 위해 근무하는 인력을 최소화하기 위해 원격조정을 통해서 중앙에서 제어하는 방법을 선택하는 경우가 많으며 유지보수도 핵연료 재장전이 이루어지는 중앙설비에서 진행함.

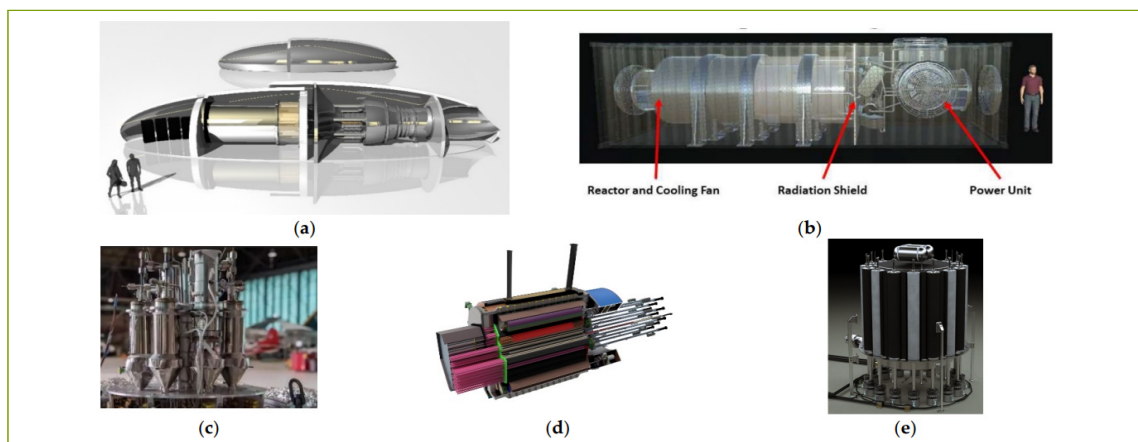
- 운전 중 현장에 근무하는 유지보수 인력이 적을수록 경제성이 좋아지기 때문에 신뢰도가 높은 기기들을 사용하여야 하며, 원자로 및 주변기기들의 구조도 단순해야 함.
- 이를 위해서 기존의 냉각을 위해 배관 및 펌프를 이용한 계통 구성이나 증기터빈과 같은 회전기기들을 이용하지 않으려는 기술적 접근이 필요함.
- 기존 대형원전이나 소형모듈원전과 달리 히트파이프, 스텔링 엔진¹⁾, 공기터빈 등을 이용하는 초소형원자로 개념이 다수 존재하는 것도 이와 같은 필요성 때문임.
- 부지 경계 인원도 최소화해야 초소형원자로 경제성이 좋아지기 때문에 기존 원전과 다른 물리적 방호 개념 및 특성이 요구됨.

■ 초소형원전은 미국의 주도로 개발하고 있으며 소형모듈원전보다도 더 빠른 일정으로 초소형자로 개발 및 실증을 미국 정부가 진행 중임.

- 초소형원자로는 군에서 수요가 있어서 인허가, 부지확보, 주민 수용성 문제 등 상업용 발전에서 상용화에 지연되는 여러 문제가 없음.
- 계통이 간단한 구조를 가지며 제작기간이 긴 고압용기 사용도 또한 최대한 배제하여 초소형원자로의 제작 및 건설 일정을 단축할 수 있어서 소형모듈원전보다 더 빠른 개발 및 실증 일정을 가질 수 있음

■ [그림 1]은 미국에서 개발 중인 다양한 종류의 초소형원자로 개념을 보여주고 있으며 개발주체가 대학, 국립연구소, 민간회사 등 다양함을 보여줌..

[그림 1] 초소형원자로 개념도 (a) MIT 초소형원자로, (b) LANL의 Megapower, (c) NASA과 LANL의 KRUSTY (d) Westinghouse의 eVinci (e) Radiant Nuclear의 고온기체냉각 초소형원자로



자료: Energies 2021, 14, 4385. <https://doi.org/10.3390/en14144385>

1) 스텔링 엔진은 등온과정으로 가열 및 냉각 과정을 거치는 외연기관의 일종으로, 주로 작은 출력의 엔진을 위한 기술임. 통상 피스톤 타입의 기구를 이용하여 열을 동력으로 변환함. 원자력 분야에서는 우주용 원자로 개발에서 고려되고 있으며, 현재 NASA 주도의 KiloPower라는 초소형 원자로에 적용되어 성공적으로 전력을 생산한 이력이 있음.

■ 본고에서는 초소형원자로의 잠재시장, 개발동향 및 개발이슈들을 정리함.

- 2장에서는 초소형원자로의 잠재적 시장을 제시하고 개발동향을 정리함.
- 3장에서는 초소형원자로의 주요 개발이슈를 정리하고, 국내 초소형원자로 개발진행 시사점 등을 정리함.
- 마지막 4장에서는 전체 내용을 요약하며 마무리함.

2. 초소형원자로 잠재시장 및 개발동향

■ 초소형원자로는 기존의 대형원전 및 개발 중인 소형모듈원전보다 발전용량이 더 작아서 비즈니스 모델 및 경쟁대상 에너지원이 차별화됨.

[그림 2] 초소형원자로 잠재시장 영역



자료: Energies 2021, 14, 4385. <https://doi.org/10.3390/en14144385>

- 초소형원자로가 타(他) 에너지원 대비 가질 수 있는 경쟁력은 높은 에너지 밀도, 부지의 지정학적 요인에 의한 영향 최소화, 높은 수송성을 기반한 다양한 수송 방식 활용, 전력 수요 대응 발전, 무탄소 전원임.
- 이런 경쟁력은 기존의 화석연료에 의해서만 공급할 수 있었던 발전과 열공급 사업영역에 원자력 에너지가 초소형원자로 기술을 이용하여 진입할 수 있음을 의미함.
- 초소형원자로의 잠재적 시장은 [그림 2]에서 보여주는 바와 같이 기존의 소형모듈원전이 경제성을 가지기 힘든 사업영역에 대한 접근성이 더 좋음.
 - 공장에서 필요로 하는 공정열, 실내 수생농업, 컨테이너 농업, 담수화 모듈, 홍수방지를 위한 펌프, 전기 트럭 및 수소차량 충전소, 군부대, 화물선 추진, 지역난방, 연안 석유 및 가스 생산설비, 대형 3D 프린팅 설비, 운송가능한 데이터센터 및 제약 설비 등이 있음.

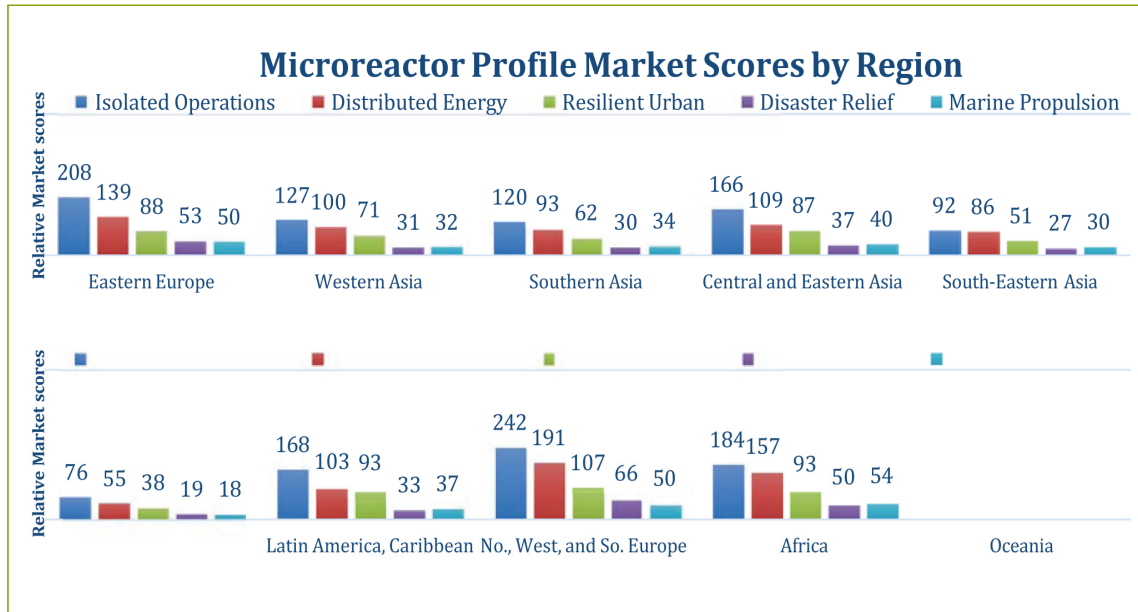
■ 소형모듈원전은 대부분 주변 인프라가 구축되어 있고 전력망이 연결된 곳에서 발전하는 상업용 발전이 대상 시장이지만, 초소형원자로는 전력망 외의 지역에서 독립전원으로 사용하는 것이 주요 대상 시장임.

- 2019년 미국의 Nuclear Energy Institute(NEI)의 추정²⁾에 따르면, 초소형원자로의 균등화발전단가(Levelized Cost of Electricity : LCOE)는 \$140-\$410/MWh 수준임.
- 이는 전력망에 연결되지 않은 지역(off-grid)이나 마이크로그리드의 전력시장을 대상으로 초소형원자로는 기존의 \$150-\$600/MWh 수준의 LCOE를 가지는 디젤발전기³⁾ 등과 경쟁할 수 있는 수준임을 의미함.
 - 이런 지역에서는 기존의 발전원이 가지는 화석연료의 주기적 이송, 발전원 주변 지역의 소음 및 공기오염 등을 해결할 수 있어서 초소형원자로가 가지는 장점이 있음.
 - 이 시장에서 경쟁하기 위해서는 초소형원자로의 신뢰성 확보, 2~3년 이상의 장주기 운전, 그리고 디젤발전기의 운영만큼 간단한 설비 및 운송 등의 기술적인 특성을 보여주어야 함.
 - 수요대응 발전과 높은 신뢰성을 가지는 초소형원자로의 기술적 가능성을 보여야 하며, 동시에 잠재적인 고장이나 사고로부터 주변 지역의 방사능 유출에 의한 인근지역 거주민의 건강상의 위해도가 기존의 발전원에 비해 같거나 낮음을 보여야 함.
- [그림 3]에서 알 수 있듯이 초소형원자로의 대상시장 중 가장 큰 비중을 차지할 수 있는 시장은 독립전원(Isolated operations)으로서 초소형원자로가 역할을 하는 것으로 전력 공급의 신뢰성이 중요한 공공시설, 군사기지, 광산, 데이터센터, 대학교 등을 포함함.

2) "Nuclear Costs in Context," Nuclear Energy Institute (2019); https://www.nei.org/CorporateSite/media/file_folder/resources/reports-and-briefs/nuclear-costs-in-context-201909.pdf

3) Testoni 등, Review of nuclear microreactors: Status, potentialities and challenges, Progress in Nuclear Energy 138 (2021) 103822

[그림 3] 초소형원자로의 대상시장별 분석



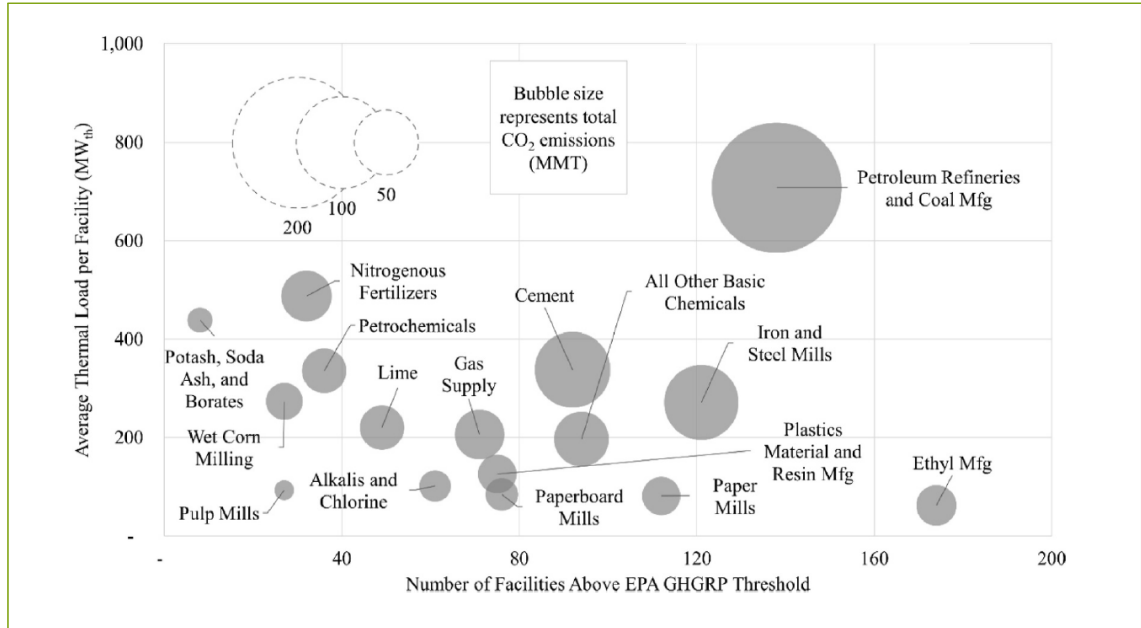
자료: G. Black, D. Shropshire, K. Araujo & A. van Heek (2023) Prospects for Nuclear Microreactors: A Review of the Technology, Economics, and Regulatory Considerations, Nuclear Technology, 209:sup1, S1–S20, DOI: 10.1080/00295450.2022. 2118626 일부수정

■ 2022년 10월에 발표된 논문에서는 초소형원자로가 적용될 수 있는 비발전 시장 중에 열공급 시장도 잠재성이 클 것으로 예상함⁴⁾.

- 미국의 비발전 분야 열사용 현황을 최근에 분석한 연구에 따르면 [그림 4]와 같이 6,000개 이상의 열이용 설비에서 1MW 이상의 열을 사용하며 대부분 화석연료에 의존하기 때문에 이산화탄소 배출 수준이 높음.
- 6,000개의 설비 중 250MW 이상의 열을 사용하는 설비는 전체의 5% 정도이며, 이와 같은 대용량 설비는 화석연료와 이산화탄소 포집 및 저장(CCS) 기술이 더 경제적인 옵션이 될 수 있음.
- 초소형원자로가 20MW의 전기를 생산하기 위해서 원자로에서 60MW 이상의 열을 생산하기 때문에, [그림 4]에 있는 설비들 중 250MW의 대용량 설비들을 제외한 대다수 설비들에서는 화석연료를 초소형원자로로 대체할 수 있음.

4) Forsberg 등, Fission battery economics-by-design, Progress in Nuclear Energy 152 (2022)

[그림 4] 초소형원자로가 화석연료를 대체할 수 있는 미국의 비발전 분야 열사용 및 이산화탄소 배출 현황



자료: Forsberg 등, Fission battery economics-by-design, Progress in Nuclear Energy 152 (2022) 104366

- 열공급 시장에서도 초소형원자로는 기존의 화석연료 기반의 보일러와 경쟁할 수 있음.
 - 현재 열과 전기를 동시에 공급하는 열병합발전이나 공장에서 사용하는 열을 공급하는 방식은 화석연료 기반이 대부분임.
 - 이 시장에서 초소형원자로는 소형모듈원전보다도 더 수요지 인근에서 열 및 전기를 생산하여 열수송이나 송전에 의한 부담을 최소화하여 화석연료 기반의 에너지설비와 경쟁할 수 있을 것으로 전망됨.

■ 초소형원자로는 미국에서 가장 활발하게 개발되고 있음.

- <표 1>에서 알 수 있듯이 미국에서 가장 많은 종류의 초소형원자로를 개발 중이며 개발 회사 명단에서 알 수 있듯이 전통적으로 대형원전을 개발하는 회사들 중에 초소형원자로를 개발하는 회사는 웨스팅하우스 밖에 없으며, 대부분 신생 회사들임.
- 초소형원자로에 많이 사용되는 핵연료 TRISO는 핵연료로 사용되는 우라늄을 탄화(UC)시킨 후 그 위에 3중으로 SiC(실리콘 카바이드)등을 이용하여 코팅하는 방식임.
 - 삼중코팅과 탄화핵연료의 높은 용융점으로 인해서 열로 인한 핵연료 손상이 불가능하며, 기존의 대형원전 건설 시 가장 큰 구조물인 격납건물에 대한 내압이나 누설률 등에 대한 요건을 초소형원자로에 적용 시 완화시킬 수 있음.

- 초소형원자로의 운송성을 높이기 위해서 격납건물 내지는 격납용기의 필요성을 최소화해야 하며, 이런 이유로 TRISO 핵연료를 다수의 초소형원자로 개념에서 활용함.
- 열공급 측면에서도 고온가스로 형태의 원자로가 가장 높은 온도의 열을 제공하기 때문에 고온에서 가장 잘 견디는 TRISO 핵연료를 사용함.
- TRISO 핵연료는 현재 중국에서 운영을 시작한 HTR-PM에서도 사용하고 있는 핵연료여서 상용화 단계에 있음.
- 초소형원자로 대부분이 재장전 주기를 현재 운영 중인 대형원전의 18개월 핵연료 재장전 주기보다 길게 설계하고 있는 것을 <표 1>에서 확인할 수 있음.

〈표 1〉 초소형원자로 개발현황

개발자 (국가)	원자로명	원자로 유형	출력 [MW 전기 / MW 열]	연료	냉각재	감속재	재장전 주기(년)
Alpha Tech Research Corp. (미국)	ARC Nuclear Generator	용융염 (MSR)	12MW 전기	저농축 (LEU)	불화염	- (고속로)	-
BWXT (미국)	BANR	고온가스로 (HTGR)	17MW 전기 / 50MW 열	TRISO	헬륨	흑연	5
HoloGen (미국)	HolosQuad	고온가스로 (HTGR)	13MW 전기	TRISO	헬륨 / CO ₂	-	10
Micro Nuclear, LLC (미국)	Micro Scale Nuclear Battery	용융염 (MSR) / 히트파이프(HP)	10MW 전기	UF ₄	불화염 (FLiBe)	이트륨수화물 (YH)	10
NuGen, LLC (미국)	NuGen Engine	고온가스로 (HTGR)	2~4 MW 전기	TRISO	헬륨	-	-
NuScale Power (미국)	NuScale Microreactor	히트파이프(HP)	<20 MW 전기	U-Zr 합금	액체금속	액체금속	10
OKLO (미국)	Aurora	소듐냉각고속로 (SFR) / 히트파이프(HP)	1.5MW 전기	U-Zr 합금	소듐	- (고속로)	10+
Radiant Nuclear (미국)	Kaleidos Battery	고온가스로 (HTGR)	1.2MW 전기	TRISO	헬륨	흑연	4-6
Ultra-Safe Nuclear (미국)	Micro Modular Reactor	고온가스로 (HTGR)	5MW 전기 / 15MW 열	TRISO	헬륨	흑연	20
Westinghouse (미국)	eVinci	히트파이프(HP)	1~5 MW 전기	TRISO	소듐	흑연	3+
X-Energy (미국)	Xe-Mobile	고온가스로 (HTGR)	7.4 전기 / 20MW 열	TRISO	헬륨	흑연	-
Urenco (영국)	U-Battery	고온가스로 (HTGR)	4MW 전기	TRISO	헬륨	흑연	5
LeadCold (스웨덴)	SEALER	납냉각고속로 (LFR)	3MW 전기	UO ₂	납	- (고속로)	30

자료: G. Black, D. Shropshire, K. Araujo & A. van Heek (2023) Prospects for Nuclear Microreactors: A Review of the Technology, Economics, and Regulatory Considerations, Nuclear Technology, 209:sup1, S1-S20, DOI: 10.1080/00295450.2022. 2118626와 Progress in Nuclear Energy 138 (2021) 103822 자료 취합

■ 초소형원자로는 미국 정부의 에너지부(DOE)와 국방부(DOD)의 정부 프로젝트에 의해 기술 개발을 지원받고 있음.

- 아이다호 국립연구소(Idaho National Lab: INL)가 주도하는 MARVEL 프로젝트는 2025년까지 초소형원자로의 공통기술에 대해서 실증을 완료해 초소형원자로의 조속한 상용화가 목표임.
 - MARVEL은 100kW 열출력에 20kW의 전기출력을 가지는 원자로임.
 - 핵연료는 TRIGA 핵연료를 쓰며 액체금속인 소듐과 납을 냉각재로 사용하며 전력변환은 스텔링 엔진을 이용함.
 - ※ TRIGA 핵연료는 현재 연구용 원자로에서 사용하는 핵연료로 대형원전에서 사용하는 UO_2 와 달리 핵연료에 중성자 에너지를 흡수하는 감속재인 수소를 포함하고 있음. 저온 운전에 주로 적합하고 연구용 원자로에서 이미 사용하고 있어서 초소형원자로의 빠른 개발 일정에 적합하여 MARVEL에서 채택함.
 - 현재 에너지부를 비롯한 관계부처의 환경영향평가까지 모두 완료되었으며, 기존의 INL의 실험원자로가 있는 건물 내에서 제작이 진행 중이며 2024년에 원자로 임계에 도달하는 것을 목표로 하여 진행 중임.
- 미국 국방부는 알래스카와 같이 전력망 인프라가 충분하지 않은 곳에 있는 군기지에 화석 연료 대신 사용할 수 있는 초소형원자로 수요가 있어서 PELE 프로젝트를 출범하고 요건을 만족할 수 있는 초소형원자로 공급사와 개발을 진행 중임.
 - PELE 프로젝트는 미화 3억 불 정도의 사업 규모이며, 2020년에 시작하여 2024년 중반에 Idaho National Lab.에서 발전시험까지 계획하고 있음.
 - 초기에 BWXT, X-Energy, 웨스팅하우스가 경쟁을 벌였으나, 최종적으로 BWXT가 선정되어 사업을 진행 중임.
 - 1~5MW 내외의 출력을 가지는 고온가스로서이며, TRISO 핵연료를 사용하는 초소형원자로로 알려져 있음.

3. 초소형원자로 개발 이슈

■ 핵연료 공급

- 초소형원자로에 사용되는 핵연료는 원자로의 중량과 부피를 최소화하면서 동시에 핵연료 재장전 주기를 최대화하는, 즉 서로 상충되는 설계요건을 만족해야 하므로 상업용 핵연료 농축도인 5%보다 높아야 함.

- 현재까지 공개된 정보에 따르면 대부분의 초소형원자로가 19% 이상의 우라늄-235의 농축도를 가지며 이는 20% 이하의 상업적 활용이 허용되는 저농축 우라늄의 한계 농축도에 해당함.
- 하지만 러시아를 제외한 서방세계에서는 19%의 농축 우라늄을 민간 농축시설에서 생산하지 않으며, 따라서 초소형원자로의 상용화에 가장 큰 걸림돌이 될 것으로 예상함.
- 최근 미국에서 19% 이상의 농축도를 가지는 우라늄을 생산할 수 있는 농축설비 건설 및 운영에 착수하였지만, 초소형원자로의 수요가 예상보다 급격하게 증가하면 핵연료 공급이 원활하지 않을 수 있음.

■ 원격제어 및 사이버 보안

- 기존의 대형원전은 단방향 유선통신을 통해서 외부의 사이버 공격에 원전 안전이 직접적으로 노출될 수 있는 부분을 최소화함.
- 초소형원자로가 경제성을 가지기 위해서는 다수의 모듈을 최소한의 인원이 통제해야 하며, 이 모듈이 다양한 부지에 설치되어 있을 가능성이 높아서 양방향 무선통신을 통한 원격제어 기술이 필수적임.
- 사이버 공격 및 보안이 초소형원자로 개발에서 중요한 이슈가 될 것이며 이를 위한 인허가 절차도 함께 개발되어야 할 것임.

■ 운송성 확보

- 1960년대에 미국에서는 산(山) 정상에 있는 레이더기지의 전력 공급을 위한 1MW급 원자로 PM-1 이라는 원자로를 설계, 제작, 설치, 운영한 이력이 있음.
- PM-1 원자로는 가압경수로 기반의 1MW 전기출력을 내는 원자로로 부지까지 이동하는데 총 10개 이상의 컨테이너를 비행기와 트럭 등으로 수송함.
- 당시 기술에 비해서 초소형원자로 기술은 저압에서 운전하여 기기들의 중량과 부피를 줄일 수 있게 냉각재를 물 이외의 물질을 고려함.
- 고압 증기발전 대신 가스터빈이나 스팀엔진과 같은 발전기술을 적용하여 더 소형화가 가능할 것으로 기대함.
- 그러나 무게와 부피를 차지하는 열교환기류 및 기계장비들은 1960년 대비 전자장비의 소형화만큼 중량과 부피가 줄어들지는 않아서 다양한 최신 고집적 열교환기 기술을 사용해야 운송성이 더 높아질 것으로 보임.

- 원자력산업에서 아직 고집적 열교환기가 인허가를 받은 사례가 없기 때문에 이에 대한 불확실성이 존재함.

■ 물리적 방호

- 초소형원자로는 경제성 확보를 위해서 부지에서의 운전인력을 최소화하는 것이 중요하며, 동시에 물리적 방호를 위한 보안요원이나 보안설비 중 유인운영이 필요한 부분을 최소화해야 함.
- 이를 위해서 현재 미국 규제기관인 NRC에서 물리적 방호 평가를 위한 새로운 법체계를 만들고 있으나 아직 확정되지 않음.
- 물리적 방호에 필요한 유인설비에 대해서 면제를 받기 위해서 중요한 기술적 특성은 초소형원자로에 저장된 방사성 물질의 양이 기존 대형원전에 비해서 현격히 적기 때문임.
- 적은 양의 방사성 물질은 최악의 사고에 의한 방사성 물질 유출이 발생하더라도 부지 경계에서 현재의 방사성 준위 기준을 만족할 수 있어서 원천적으로 인근지역 주민 대피가 필요하지 않음.
- 초소형원자로의 경제성 확보에 원자로 출력과 핵연료 재장전 주기가 중요하기 때문에, 저장된 방사성 물질의 양 다시 말하면 핵연료 장전량을 무리하게 줄일 수 없으며, 이를 극복하기 위해서는 다양한 피동 또는 자동 안전설비가 설계에 반영이 되어야 함.
- 기존 대형원전에서 사용하지 않는 히트파이프 기술이나 TRISO와 같은 핵연료를 사용하면 이에 대한 인허가 심사 및 안전성 증진을 실증해야 하는 문제가 발생하며 이는 초소형원자로 개발사들의 부담으로 작용할 것임.

■ 선진기술 활용 시 인허가성

- 초소형원자로에 사용되는 대다수 기술이 작은 발전용량에 적합하게 대형원전에서 사용하지 않는 기술들을 차용하며, 이는 필연적으로 상대적으로 경직된 원자력 인허가 체계에서 인허가성이 낮아지는 결과를 초래함.
- 미국 NRC의 경우 10년 이상의 소형모듈원전과 초소형원자로 개발에 저해되지 않게 인허가 체계 변경에 대해서 검토 및 개발자와 협의가 진행 중임.
- 우리나라에서 만약 초소형원자로 개발을 진행한다면, 이런 미국의 규제체계 변화 과정과 결과물을 빠르게 받아들여야 가능할 것으로 보이며, 또한 개발자들도 인허가 기관과의 적극적인 의견교류가 필요함.

4. 요약

■ 초소형원자로로는 현재 소형모듈원전보다 더 빠른 속도로 상용화를 위해서 미국이 주도하여 개발하고 있으며, 기존의 소형모듈원전과 다른 시장에서 화석연료 기반 발전원들을 대체하는 것을 목표로 함.

- 초소형원자로로는 20MW 이하의 작은 전기출력으로 인해서 독립전원 및 에너지 수요지 인근에서 에너지 공급이 가능한 원자로임.
- 부지 내의 방사성 물질량을 최소화하여 운영, 정비, 보안 관련 인력이 상주하지 않게 하기 위해서 소형모듈원전에도 적용하기 힘든 선진 기술들을 적극적으로 활용하고 있음.
- 미국은 에너지부와 국방부에서 초소형원자로 개발을 장려하고 있으며 민간자본의 투입으로 다수의 신생 초소형원자로 설계회사들이 등장함.
- 선진기술을 사용함에 따라서 인허가성을 확보하는 것이 어려울 것으로 예상하지만, 미국의 경우 10년 이상 규제기관과 개발자들 사이의 협의를 통해서 인허가 법체계를 현대화하고 있음.
- 국내에서도 공공기관 및 국방 분야 등에서 신뢰성 있는 독립전원의 필요성이 고려되고 있고, 미래 선박추진체계에 초소형원자로 필요성이 점차 증가하는 등 초소형원자로의 잠재적인 활용처가 점점 증가하고 있다고 볼 수 있음. 이에 따라 국내에서도 초소형원자로 개발을 진행한다면 해외 사례를 적극 활용해서 개발기간을 단축할 필요가 있음.



- Energies 2021, 14, 4385. <https://doi.org/10.3390/en14144385>
- “Nuclear Costs in Context,” Nuclear Energy Institute (2019); <https://www.nei.org/CorporateSite/media/filefolder/resources/reports-and-briefs/nuclear-costs-in-context-201909.pdf>
- Testoni 등, Review of nuclear microreactors: Status, potentialities and challenges, Progress in Nuclear Energy 138 (2021) 103822
- G. Black, D. Shropshire, K. Araujo & A. van Heek (2023) Prospects for Nuclear Microreactors: A Review of the Technology, Economics, and Regulatory Considerations, Nuclear Technology, 209:sup1, S1–S20, DOI: 10.1080/00295450.2022. 2118626
- Forsberg 등, Fission battery economics-by-design, Progress in Nuclear Energy 152 (2022)

주요단신**북미**

North America



◎ 미국 발전사들과 SMR 개발사, 발전소 부지에 SMR 도입 위한 협력

The Pueblo Chieftain 2021.07.15., 2023.07.12., X energy News Release 2023.07.19.,
World Nuclear News 2023.07.19.

■ 7월 19일 고온가스원자로 Xe-100을 개발 중인 X energy와 미국 Washington 주 Richland 에서 Columbia 원전을 운영하는 Energy Northwest는 Columbia 원전 부지 인근에 2030년 까지 최대 12기의 Xe-100을 보급하기 위한 공동개발협약(Joint Development Agreement, 이하 'JDA')을 체결함.

- 이번에 체결된 JDA에는 Xe-100 프로젝트의 상업적 개발이 진행될 범위와 위치, 일정, 인허가 발급 및 규제 대응 관련 협력 내용이 포함됨.
 - 양사는 2020년부터 Washington 주에 Xe-100 건설을 추진하기 위해 논의해 오고 있음.
- 2021년 4월 Energy Northwest와 X energy는 Washington 주 Grant County 지역의 전력 공급을 담당하는 Grant County Public Utility District와 미국 최초의 선진 원자로 개발 및 상업적 보급을 목적으로 전략적 파트너십을 체결하고, 이에 필요한 지원을 위해 양해각서(MOU)에 서명한 바 있음.
 - 해당 MOU는 Xe-100(80MW) 4개의 모듈이 합쳐진 최대 320MW 공급이 가능한 시설을 Columbia 원전 부지 인근에 건설하는 것을 목표로 함.

■ 한편, 7월 12일 미국 Colorado 주의 Pueblo County에 위치한 석탄화력발전소인 Comanche 3호기(856.8MW)의 운영사인 Xcel Energy와 Pueblo 에너지 솔루션 자문 위원회(Pueblo Innovative Energy Solutions Advisory Committee, 이하 'PIESAC')는 폐쇄될 화력발전 대체원으로 원자력을 고려 중임을 밝힘.

- Xcel Energy는 2031년까지 Comanche 3호기를 폐쇄할 예정임.

- 해당 호기는 당초 2040년 폐쇄계획을 앞당겨 2031년에 폐쇄될 예정임.
- Comanche 화력발전소는 Colorado 주에서 가장 큰 발전원이면서 동시에 온실가스 배출량 또한 가장 많기 때문에 Colorado 주 규제당국은 폐쇄를 고려하고 있음.
- Xcel Energy와 PIESAC은 Colorado 주 공공사업부(Colorado Public Utilities)의 에너지 전환 승인을 받기 위해 원자력 이외의 다른 옵션으로 태양열, 풍력, 지열, 수소 등도 고려 중임.
- 한편, 2021년 7월 Pueblo의 Nick Gradisar 시장과 전 Pueblo의 Chris Wiseman 국장은 Comanche 3호기의 대체 에너지로 원자력을 언급한 바 있음.

◎ **Westinghouse, 캐나다 원안위에 eVinci MMR 사전인허가(VDR) 신청**

U.S.NRC 2023.01.27., Westinghouse News Release 2023.07.05.,
World Nuclear News 2023.07.06., Nuclear Newswire 2023.07.12.

■ 7월 5일 Westinghouse Electric Company(이하 ‘WH’)에 따르면 초소형원자로인 eVinci (5MW, Heat Pipe)관련 총 3단계로 구성된 사전인허가 절차(pre-licensing)인 공급자설계 평가(Vendor Design Review, 이하 ‘VDR’) 중 1단계에 해당하는 원자로 설계평가에 필요한 자료를 캐나다 원자력안전위원회(CNSC)에 제출함.

- WH는 CNSC에 eVinci 원자로에 대한 1단계와 2단계 VDR 진행을 위해 총 40건 이상의 서류를 제출할 예정임.
- VDR은 총 3단계로 진행됨. 구체적으로 VDR 1·2단계 목적은 CNSC가 공급업체의 기술적인 능력 및 적합성을 파악함과 동시에 원자로 설계가 규제요건을 충족하는지를 판단하는 데 있으며, 3단계에서는 공급업체가 2단계 결과를 바탕으로 설계와 관련한 후속 조치 및 대응을 할 수 있도록 함.
 - VDR은 공급업체의 요청에 따라 CNSC가 원자로 설계평가를 제공하기 위한 선택적 서비스로 건설 인허가 발급 과정에서 필수적인 절차는 아니며, 건설 면허 발급이나 원자로 설계 인증을 포함하지는 않음.
- 한편, WH는 2019년 8월 CNSC와 미국 원자력규제위원회(NRC)가 차세대 원자로 및 SMR 기술 검토를 위해 체결한 협력각서(MOC)에 따라 eVinci 원자로의 설계 검토에 중점을 둔 공동 보고서(joint review)를 CNSC에 제출할 계획임.

● Ontario 주 정부, Darlington 부지에 SMR 3기 추가 건설 계획 발표

Bruce Power 2023.07.05., World Nuclear News 2023.07.06., 2023.07.07., Power Magazine 2023.07.07., Nucnet 2023.07.10., Nuclear Newswire 2023.07.10.

■ 7월 7일 Ontario 주 정부는 발전사 OPG(Ontario Power Generation)와 협력하여 Ontario 주 Darlington 부지에 GE Hitachi의 BWRX-300 원자로 3기 추가 건설 계획을 발표함.

- 이번 발표는 올해 1월 OPG가 원자력 공급사들과 BWRX-300 건설을 위해 체결한 계약을 바탕으로 하며, Ontario 주 정부와 캐나다 원자력안전위원회(CNSC)의 규제 승인에 따라 SMR 3기 추가는 2034년에서 2036년 사이에 상업운전이 시작될 예정이다.
 - 올해 1월 27일 OPG는 캐나다 SNC-Lavalin과 Aecon, 그리고 GE Hitachi와 Darlington 부지에 BWRX-300 건설을 위한 계약을 체결한 바 있음.
- OPG는 이미 2022년 10월 31일 CNSC에 BWRX-300 최초호기의 건설 허가를 신청한 바 있으며, 2024년 말까지 허가 신청에 대한 결정이 내려질 것으로 전망함.
 - 2028년까지 BWRX-300의 최초호기 건설 작업이 마무리되면, 2029년에 상업운전이 시작될 것으로 전망됨.
 - 또한 2023년 3월 CNSC는 BWRX-300의 사전인허가평가(Vendor Design Review, VDR)를 2단계까지 완료함으로써 원자로 설계의 규제 충족을 확인한 바 있음.

■ 한편, 7월 5일 Ontario 주 정부는 Bruce Power의 기존 원전 부지에 장기간에 걸쳐 최대 4.8GW 규모의 원전 추가 건설에 필요한 사전 개발 작업을 시작했다고 밝힘.

- 현재 Bruce Power는 해당 부지에서 Bruce 1호기~8호기(총 6,944MW, PHWR)를 가동해 Ontario 주 발전량의 30%를 담당하고 있으며, 추가 발전 설비 건설을 위한 충분한 부지를 확보하고 있다고 언급함.
- Ontario 주 전력계통운영자 Independent Electricity System Operator(IESO)는 탈탄소화 경로(P2D) 보고서를 통해 이산화탄소 배출 감소 목표와 함께 전력 수요를 충족하기 위해서는 발전 설비를 두 배로 늘릴 필요가 있다고 전망함.
 - 구체적으로 IESO는 2022년 42,000MW에서 2050년까지 88,000MW로 두 배 이상의 발전 설비가 필요할 것으로 예상함.

● 캐나다 NB Power, 자사 Point Lepreau 원전 부지에 SMR 건설 위한 환경영향 평가 및 부지허가 신청

World Nuclear News 2022.03.30., ARC Clean Technology News Release 2023.06.30.,
World Nuclear News 2023.07.03., Nuclear Engineering International 2023.07.04.

■ 6월 30일 캐나다 New Brunswick 주에서 Point Lepreau 원전을 운영 중인 NB Power는 ARC Clean Technology Canada가 개발 중인 용융염원자로를 Point Lepreau 부지에 건설하기 위해 주 정부에 환경영향평가서를, 캐나다 원자력안전위원회에는 부지허가 신청서를 각각 제출함.

- 2022년 3월 캐나다 4개 주 정부(Ontario, Saskatchewan, New Brunswick, Alberta)가 SMR 도입을 위해 작성한 보고서⁵⁾에서 New Brunswick 주에 2029년까지 ARC Canada의 ARC-100 소듐냉각고속로(Sodium-cooled Fast Reactor)를 보급하여 가동하는 것을 목표로 한다고 언급한 바 있음.

– ARC-100은 현재 CNSC의 사전인허가 평가단계(pre-licensing phase)인 VDR(Vendor Design Review)의 두 번째 단계를 진행 중임.

- 올해 6월 초 NB Power는 에너지 안보 유지와 함께 2030년까지 단계적 석탄폐지 수행과 2035년까지 탄소중립 달성을 목표로 하는 전략 계획인 ‘Energying our Future’를 발표한 바 있음.

기타단신

● 미국 Ohio 주에 위치한 Perry 원전, 계속운전 신청

NRC News Release 2023.07.19.

■ Ohio 주에 위치한 Perry 원전(1,303MW, BWR)의 운영사인 Energy Harbor는 미 원자력규제 위원회(NRC)에 해당 원전의 계속운전 신청서를 7월 3일에 제출함.

- Perry 원전은 1974년 10월 착공하여 1986년 6월 최초임계 도달을 거쳐, 1986년 12월 계통망에 연결된 이후 1987년 11월 상업운전을 시작함.
- 해당 원전의 최초 운영 허가는 2026년 11월 7일까지 유효함.

5) Government of Alberta, <https://open.alberta.ca/dataset/de9ebaba-81a7-456e-81a2-2c57cb11412e/resource/62319fa5-aa5a-4329-b980-5c85a924c7c7/download/energy-interprovincial-strategic-plan-deployment-of-smrs-2022.pdf>

주요단신

유럽 Europe



● 우크라이나, 불가리아 Belene 원전용으로 제작된 러시아산 기자재 인수 협상 막바지 도달...Khmelnitski 3·4호기에 적용 계획

WallStreetJournal, Nucnet 2023.07.06./07., UxWeekly 2023.07.10., Gov.UA 2023.07.06.

■ 2023년 7월 6일자 Wall Street Journal 보도에 따르면 불가리아 Belene 원전 건설을 위해 제작된 러시아 VVER용 기자재를 우크라이나 Khmelnitsky 3·4호기에 사용을 위해 불가리아와 우크라이나 정부 간 진행해 온 협상이 거의 마무리 된 것으로 알려졌다.

- Belene 원전 프로젝트는 1987년에 착공했으나 여러 차례 중단 및 재개를 반복해왔음.
 - 불가리아는 2006년 러시아 Rosatom과 2GW 규모의 Belene 원전(VVER-1000 2기) 건설 계약을 체결하고 일부 기자재를 선발주하였으나, 투자자 확보 실패로 2012년 Belene 프로젝트를 공식 철회함.
 - 이후 불가리아는 2016년 러시아 측에 약 6.2억 유로(약 8,845억 원)⁶⁾를 지급하고 러시아에서 제작한 기자재를 회수함.
 - 불가리아 정부는 2018년 해당 프로젝트 재개를 결정했지만 투자자를 찾지 못해 2021년 프로젝트 추진을 다시 철회함.
 - 최근 2023년 1월 불가리아 정부는 신규 에너지 전략의 일환으로 프로젝트 재추진을 결정하고, 4월에는 러시아산 기자재를 활용해 상기 원전을 건설할 수 있도록 EDF와 신규 원전 건설 사전단계인 선행주기 엔지니어링·설계(FEED) 계약 추진 계획을 발표함.
- 이번 양국 간 협상은 불가리아 의회의 결정에 따른 조치로, 불가리아 국영 전력기업인 NEK은 우크라이나 원전운영사인 Energoatom에 Belene 프로젝트용 기자재를 최소 6.2억 유로(8,845억 원)에 판매할 예정임.

6) 유럽 단신 기사 내용 모두 2023년 7월 20일 환율 기준 적용(1유로=1,426원)

- 7월 6일 불가리아 의회는 Belene 원전용 기자재 판매 협상 권한을 에너지부에 부여함으로써, 정부 보증과 의무적인 장기 전력구매 계약 없이 민간 투자자 유치를 통해 프로젝트를 추진하기로 한 이전 결정(2018년)을 무효화함.
- 이번 의회 결정에 따르면 판매 최저 가격은 2016년 불가리아가 러시아에 지불한 약 6.2억 유로(8,845억 원)이며, 우크라이나와의 협상은 의회 결정일 60일 내로 시행되어야 함.
- 현재 우크라이나가 전쟁으로 인해 구매 비용을 감당하기 어려운 점을 감안해, EU, 불가리아, 미국과 각각 다른 형태의 각각 재정지원을 논의 중인 것으로 알려짐.
 - 유럽연합 집행위(EC)는 우크라이나가 불가리아 기자재 구매를 위해 EU 자금을 활용하는 방안을 허용하며, 거시금융 지원금(매달 15억 유로(약 2조 원) 규모)을 이에 자유롭게 활용할 수 있다고 덧붙임.
 - 불가리아와는 부품 제공의 대가로 우크라이나 Khmelnsky 3·4호기의 소수 지분을 보유하는 방안을 논의 중임.
 - 미국과는 기자재를 구매에 필요한 비용을 미국이 일부 지원하는 방안을 논의 중임.

■ Khmelnsky 3·4호기는 각각 VVER-1000 노형이 적용될 예정이었으나, 1986년 체르노빌 원전 사고로 인해 1990년에 우크라이나 정부가 건설 중단을 결정함. 이후 우크라이나는 2021년 미국 Westinghouse와 협력해 AP1000(1,100MW, PWR) 노형을 적용한 Khmelnsky 3·4호기 재건 작업에 합의함.

- 2021년 8월 Energoatom은 Westinghouse와의 독점 계약을 통해 Khmelnsky 4호기 완공에 합의하고 같은 해 11월 Khmelnsky 3호기를 AP1000로 대체 및 재건하는 작업을 시작함.
 - Khmelnsky 3·4호기는 각각 1985년 9월과 1986년 6월에 착공되었으며, 1990년에 건설 중단 당시 완공률은 3호기 75%, 4호기 28%임.
- 올해 초 우크라이나 내각은 Westinghouse와 협력해 AP1000 PWR를 활용한 Khmelnsky 3·4호기 완공을 위한 타당성 조사를 승인한 바 있음.
 - 우크라이나 에너지부는 Khmelnsky 3·4호기 완공 및 건설 예상시점을 2030~2032년, 각 원자로의 건설비용을 약 50억 달러(약 6.3조 원⁷⁾)로 전망함.

■ 한편, 2023년 7월 6일 불가리아·우크라이나 에너지부는 원자력을 포함한 에너지 부문의 협력 확대를 위한 양해각서를 체결함.

7) 1달러=1,323.50원 적용(2023년 4월 11일 기준, 매매기준율 적용)

- 이번 협정은 Zelensky 우크라이나 대통령의 불가리아 방문 기간에 체결되었으며, 우크라이나측은 원자력, 재생에너지, 수소, 에너지 저장시스템, 스마트 그리드 등 에너지 분야에서 양국 간의 협력이 강화될 것이라고 밝힘.
- 양국은 원자력시설의 안전성 평가, 전문가 교류, 공동 프로젝트 및 이니셔티브 참여를 통한 전문가, 엔지니어링 서비스·솔루션 제공 확대를 비롯해, 원자력시설의 안전 및 또는 운영 개선을 위해 계속운전 관련 활동·서비스, 핵연료 전체 주기에 걸친 협력 촉진, 물리적·전자기적·사이버 위협으로부터 에너지 인프라 보호에 필요한 지식 및 경험 교환을 이행할 예정임.

● 프랑스 EDF, 자사 원전사업 내년 초 5개 부문으로 대대적 재편 예정

Reuters, Le figaro 2023.06.30., les echos 2023.07.02.

■ 2023년 6월 28일 Luc Rémont EDF CEO는 주요 경영진 300명 앞에서 원전 발전량 회복을 위해 2개의 기존 원자력 부서를 내년 초에 5개 부문으로 재편한다는 계획을 발표함.

- 2022년 11월에 임명된 신입 CEO는 기존 화력·원자력 발전 부서(DPNT)와 엔지니어링 및 신규 원자력 프로젝트 부서(DIPNN)를 내년 초에 원전 운영, 신규 EPR 2 프로젝트 관리, 프로젝트 준비·인허가·자금조달, 엔지니어링, 산업공급망 부서로 재편하기 위해 5명의 고위급 임원에게 제안서 작성을 요청함.
 - 올해 6월 8일 EDF를 100% 전면 국유화한 프랑스 정부는 Remont CEO에게 현재 진행 중인 건설 프로젝트 관리 및 원자력 발전 확대를 최우선 과제로 부여함.
- Reuters에 따르면 Remont CEO는 향후 계속운전 및 신규 EPR2 건설 자금 조달에 관한 정부 결정을 기다리지 않고 신규 전략 수립을 계획하고 있으며, 기존·미래 원자력 사업에 관해 정부를 비롯해 EU 경쟁규제 관련 당국과 논의 중임.
- EDF는 지난 1년간 응력부식(stress corrosion)이 감지된 16기 원전의 검사 및 배관 수리로 원전 발전량이 279TWh로 감소해 1988년 이후 30년 만에 최저치를 기록했으며, 이로 인해 180억 유로(약 25.6조 원)의 손실을 입었다고 밝힘.
 - EDF는 올해 300~330TWh의 원자력 발전량 달성을 목표로 하고 있음.

● 프랑스 EDF, 폭염에 따른 수온 상승으로 Bugey·Saint Alban 원전 출력 감발

Reuters 2023.07.13., BNEF 2023.07.14.

■ 프랑스 원전운영사 EDF는 폭염에 따른 수온 상승으로 7월 13일 및 16일부터 각각 프랑스 동부에 위치한 Bugey 원전(3.6GW, PWR)과 Saint Alban 원전(2.6GW, PWR)의 출력을 절반으로 제한할 예정이라고 밝힘.

- 해당 조치는 이상고온으로 인해 원전에 냉각수를 공급하는 Rhone 강의 수온이 상승함에 따라 이루어짐.
 - 프랑스는 원전에서 방출되는 온배수로부터 주변 생태계를 보호하기 위해 온배수 온도 규정(상한선 26~30℃)을 설정하고, 강물 수온 상승 시 원전 운영을 제한 또는 정지하는 규정을 둬.
- EDF는 기후 변화에 대응해 원전의 출력을 조정하고 있다는 입장을 밝히며 2000년 이후 수온 상승으로 인한 발전량 손실은 연간 발전량의 평균 0.3% 감소가 전부라고 설명함.

■ 한편, 온배수 배출이 생물 다양성에 미치는 영향에 대해 EDF와 원자력규제기관인 ASN은 서로 다른 입장을 보임.

- EDF는 작년에 실시한 환경 모니터링 결과 수온 상승이 생물 다양성에 영향을 미치지 않는다고 밝힘.
 - EDF는 자국 전체 전력의 4분의 1을 생산하는 Rhone 강변에 위치한 4개 원전(Bugey · Saint-Alban · Cruas · Tricastin)을 둘러싸고 있는 수생 · 육상 생태계를 관리해 Rhone 강을 재생시키기 위한 구체적인 조치를 개발함⁸⁾.
- 그러나 프랑스 원자력규제청인 ASN이 실시한 연구에 따르면 폭염 기간 동안 Bugey 원전 주변의 조류와 플랑크톤이 다소 증식한 반면 Saint Alban 원전에서는 가을 내내 어류 개체수가 영향을 받은 것으로 분석함.
- ASN은 폭염에 따른 수생태계를 지속적으로 모니터링하고 있다고 밝힘.

8) <https://www.edf.fr/groupe-edf/produire-une-energie-respectueuse-du-climat/lenergie-nucleaire/nous-preparons-le-nucleaire-de-demain/la-maitrise-de-limpact-environnemental-des-centrales>

● 폴란드 정부, 대형(Lubiatowo-Kopalino)·SMR 원전 사업 공식 확정

Nuclear Engineering International 2023.07.13., Nucnet 2023.07.14.

- 2023년 7월 12일 폴란드 기후·환경부는 국영 전력기업 PEJ가 제출한 Westinghouse의 AP1000 3기로 구성된 Lubiatowo-Kopalino 최초 원전 건설에 대한 사전허가서(decision-in-principle)를 승인함에 따라, 해당 프로젝트가 공익 및 국가 에너지 정책에 부합함을 공식적으로 확정함.
 - PEJ는 이번 사전허가서 취득에 따라 부지·건설 허가와 같은 추가 인허가 신청이 가능하다고 밝힘.
 - PEJ가 4월 13일에 제출한 사전허가서에는 Westinghouse AP1000의 특징, 최대 설비용량, 운전 기간 등 프로젝트 특성에 대한 설명이 포함되어 있음.
 - 2022년 10월 폴란드 정부는 Lubiatowo-Kopalino 지역에 자국 최초 원전 건설을 담당할 사업자로 미국 Westinghouse를 선정함. 첫 호기(1~1.6GW)는 2026년에 착공해 2033년에 상업운전 시작을 목표로 하고 있으며, 후속 원자로는 2~3년마다 건설될 예정이다. 총 건설 비용은 320억 달러(약 40.6조 원)로 추산됨.
- 또한, 2023년 7월 13일 폴란드 기후·환경부는 광산·제련업체 KGHM이 제출한 미국 Nusclae의 VOYGR SMR 6기(총 462MW) 건설에 관한 사전허가서(decision-in-principle)를 승인함.
 - KGHM은 해당 프로젝트에 대한 정부의 공식 승인을 받았다고 밝히며, 부지·건설 허가 등 추가 인허가 신청서를 향후 제출할 계획임.
 - 2023년 4월 KGHM은 SMR 건설 관련 행정 허가 취득을 위한 사전허가서를 제출함.
 - KGHM은 에너지 공급 확보 및 구리 생산 및 가공 부문의 탈탄소화를 위해 작년 NuScale과 폴란드 내 VOYGR SMR 도입을 위한 계약 체결을 발표한 바 있음.
 - 해당 VOYGR SMR 프로젝트는 각각 77MW 규모의 6기 모듈로 구성된 발전소 건설을 골자로 하며, NuScale은 SMR 부지 탐색 및 선정, 건설 기획, 비용 추정 등을 담당하기로 함.

● 한국·폴란드, 원전 건설·기자재 등에서 MOU 체결을 통한 원자력 협력 강화

World Nuclear News 2023.07.14./17.

- 2023년 7월 14일 폴란드 바르샤바에서 열린 한-폴란드 비즈니스 포럼에서 한국과 폴란드 기업들은 원전분야 협력을 위한 6개의 양해각서(MOU)를 체결함.

- 이번 포럼에는 양국 정상을 비롯해 경제인 및 정부 관계자 약 350명이 참석한 가운데 배터리 · 미래차 · 항공 · 원전 · 친환경에너지 · 수소 등 33개에 달하는 양해각서를 체결함.
- 한국 기업 및 기관(두산에너지빌리티, 대우건설, 현대엔지니어링, BHI, 한국에너지기술평가원)은 폴란드 기업들과 원전 분야에서 양해각서 체결을 통해 협력하기로 함.
- 두산 에너지빌리티는 폴란드 에너지기업 Rockfin 및 부품 제조기업 Famet와 한수원 · 폴란드 전력공사 PGE · 민간발전사 ZE PAK가 한국형 원전인 APR1400 2기(총 용량 2800MW)를 도입하는 신규 원전 건설에 참여하기 위한 양해각서를 체결함.
- 대우건설은 폴란드 건설협회 · 폴란드 건설기업 ERBUD와 원전 건설 중 토목 부문에서 양해각서를 체결함.
 - 대우건설은 한수원과 팀코리아로 폴란드 상용원전 수주를 준비하고 있는 가운데 이번 협정을 통해 폴란드 현지 건설사와 네트워크 구축 계기를 마련했다고 밝힘.
- 현대엔지니어링은 폴란드 비료 · 화학 생산업체인 Grupa Azoty Zakład Chemiczny Police 및 미국 SMR 및 연료 개발 기업인 Ultra Safe Nuclear Corporation(USNC)와 10MW 규모의 초소형모듈원전(MMR) 개발을 위한 사전 협약을 체결함.
 - 상기 3사는 화학 산업에서 USNC의 MMR 활용, SMR 기반 에너지 시스템 구축, 수소 생산을 위한 탄소 배출이 없는 원자력 사용에 협력할 예정임.
 - 올해 3월 Grupa Azoty Police, USNC, 서부 포메라니아 공과 대학교(West Pomeranian University of Technology)는 USNC의 MMR 노형 기반의 연구 시설 구축을 골자로 한 협정을 체결한 바 있음.
- 한국에너지기술평가원은 원자력 분야 인력 교류와 양성, 공동연구 협력과 관련한 양해각서를 체결하였고, 발전기자재 전문기업 BHI는 Patnow 신규 원전 사업과 관련한 원자력 기기 공급 협력 양해각서를 체결함.

◎ EU, 러시아산 핵연료 대체 위해 Westinghouse 컨소시엄에 개발자금 지원

Westinghouse, World Nuclear News 2023.07.06., Nucnet 2023.07.07.

- 2023년 6월 29일 EU는 러시아산 핵연료 의존도 탈피를 목적으로 러시아산 PWR(VVER) 노형용 핵연료집합체를 100% 유럽산 자체 기술로 대체 및 공급하기 위한 APIS(Accelerated Program for Implementation of Secure VVER fuel Supply) 프로젝트 수혜기업으로 Westinghouse Sweden 주도의 컨소시엄을 선정하고 1,000만 유로(약 142.6억 원)를 지원할 예정임.

- 올해 1월에 시작해 총 3년에 걸쳐 진행될 APIS 프로젝트는 EU가 공동 자금을 지원하는 프로젝트로, VVER 핵연료집합체의 공급업체 다변화 및 유럽 내 핵연료집합체 설계, 제조, 공급 역량 강화, 생산설비 건설 절차 신속화를 목적으로 함.
 - 현재 30기 이상의 VVER-440 또는 VVER-1000 노형이 EU 및 우크라이나에서 가동 중임.
 - 2022년 2월 러시아의 우크라이나 침공 이후 EU 국가들은 핵연료 공급 안정성을 위해 러시아산 원전 연료의 타 구매처로의 대체를 추진 중임.
- 해당 프로젝트는 EU의 연구·혁신 분야 재정 지원 프로그램(Horizon Europe)의 일부로서 Westinghouse Sweden을 주축으로 8개국 12개 원전운영사, 집합체를 생산하는 성형가공업체, 연구기관이 컨소시엄 형태로 참가함.
 - 상기 컨소시엄은 5개 원전운영사(체코 ČEZ, 우크라이나 Energoatom, 핀란드 Fortum, 헝가리 Paks NPP, 슬로바키아 Slovenske Elektrarne), 2개 연료제조업체(Westinghouse Sweden, 스페인 Enusa), 5개 핵연료 엔지니어링·연구 기관(벨기에 EU 공동 연구 센터, 우크라이나 원자력·방사선 안전 국가 과학 및 기술 센터, 스웨덴 옉살라 대학, 체코 엔지니어링 기업 ÚJV Řež, 슬로바키아 엔지니어링 기업 VUJE)으로 구성됨.
- 해당 컨소시엄은 APIS 프로젝트를 통해 ① 2023년 납품용 VVER-440 핵연료집합체 설계 개발, ② 2024년 납품용 VVER-440 선진핵연료집합체 설계 개발, ③ VVER 핵연료 집합체 인허가 표준화, ④ 모델링 개선, ⑤ 핵연료집합체 관련 원전 계속운전 여부 분석 수행 등을 이행할 예정임.
- Westinghouse는 APIS 프로젝트가 러시아산 VVER 노형용 핵연료집합체 의존도 감축을 위해 EU 핵연료공급업체와 원전운영사 간의 협력의 결과물이라고 밝힘.

● 영국, 4개의 고준위방폐물 심지층처분시설 후보지역 평가 작업 착수

World Nuclear News 2023.06.28., Spentfuel 2023.06.30.

- 2023년 6월 28일 영국 원자력해체청(NDA) 산하 방사성폐기물 관리·처분 기관인 NWS (Nuclear Waste Services)는 고준위 방사성폐기물 심지층처분시설 후보지역 4곳을 평가하는 작업에 착수했다고 밝힘.

※ 2022년 1월 31일 출범한 Nuclear Waste Services는 처분시설 개발 및 인허가 취득, 방사성폐기물 운영·서비스 등 NDA의 통합 폐기물 관리 프로그램 운영을 담당함.

- NWS는 처분시설 후보부지인 Allerdale · South Copeland · Mid Copeland(잉글랜드 북서부 Cumbria주 소재) 및 Theddlethorpe(잉글랜드 동부 Lincolnshire주 소재)을 대상으로 안전, 보안, 환경, 공학적 실행가능성, 수송, 비용대비가치(Value for money) 기준에 따라 평가 작업을 수행할 계획임.
 - NWS에 따르면, 초기 단계에서는 처분시설 후보지역에 대한 지역 지질학, 수송 인프라, 지역 전력공급과 같은 기존 자료를 활용한 연구를 비롯해 지구물리학적 조사와 같은 비 침습적(non-intrusive) 활동에 기반한 평가 작업이, 이후 단계에서는 시추공 굴착이 시행될 예정임.
- NWS는 처분시설의 설계 · 시공 · 운영 · 폐쇄를 포함한 총 비용을 20~530억 파운드(약 3~87조 원)로 추정하고 있지만, 실제 비용은 향후 건설될 신규 원전 개수와 발생하는 추가 폐기물에 따라 변경될 수 있다고 밝힘.
- NWS는 처분시설 부지 선정 과정에 10~15년이 소요될 것으로 전망하면서, 처분시설 개발 결정은 후보지역의 주민들의 의견 제시 및 지역 동의 후에 가능하다고 덧붙임.

● EU의회, 탄소중립산업법 개정안 발의...수정된 지원대상 목록에 원자력 포함

Euractiv 2023.06.07., 2023.07.20.

- 2023년 7월 18일 유럽의회 산업·연구·에너지위원회(ITRE)는 기존에 EU 집행위가 작성한 탄소중립산업법(Net Zero Industry Act) 초안에서 여러 혜택 제공의 대상이 되는 전략적 탄소중립기술(Strategic Net-Zero technologies) 목록을 삭제하고, 이를 대체해 탄소중립기술 목록을 새로 도입했으며, 새로운 목록에는 원자력이 포함됨.
- 탄소중립산업법은 미국 인플레이션 감소법(IRA)에 대응하는 EU의 그린딜 산업 계획(Green Deal Industrial Plan)의 일환으로, 2030년까지 EU 기후 · 에너지 목표 달성에 필요한 탄소중립기술의 최소 40%를 역내에서 자체 생산할 수 있는 기반 조성을 목표로 하고 있음.
 - 올해 3월 EU 집행위는 탄소중립산업법 초안을 공개함.
 - 이에는 허가 절차 간소화 및 자금조달 혜택지원을 받는 8가지 전략적 탄소중립기술(Strategic Net-Zero technologies)로 ① 태양광 · 태양열, ② 육상 풍력 및 해상 재생에너지, ③ 배터리 및 저장, ④ 히트펌프 및 지열에너지, ⑤ 전해조 및 연료 전지, ⑥ 바이오가스/바이오메탄, ⑦ 탄소 포집 · 저장, ⑧ 전력계통망을 선정함.

- 당시 원자력의 경우 EU의 탈탄소화 목표에 기여할 탄소중립 기술로 4세대 원전(SMR)으로만 지원 규모가 한정되고, 상기 8가지 전략적 탄소중립기술 대상에서는 제외됨.
- 이번 개정안에서는 ① 재생에너지, ② 핵분열·핵융합 기술, ③ 탄소 포집·저장(CCS), ④ 수소운송 인프라, ⑤ 수전해설비 및 연료 전지가 포함된 단일화 된 탄소중립기술 목록이 제시됨.
- ITRE 위원회의 이번 결정은 올해 5월 유럽의회 정당인 유럽국민당(European People's Party) 소속 Christian Ehler 위원이 유럽의회에 제출한 탄소중립산업법 관련 유럽 의회 및 유럽연합 이사회의 규제 제안 보고서⁹⁾ 내용과 유럽의회 의장인 프랑스 Christophe Grudler 위원을 비롯한 원자력 옹호 정당의 원자력 포함 요구를 반영한 것임.
 - Ehler 위원의 보고서에는 EU 집행위가 탄소중립산업법 초안에서 제시한 두 가지 분류 목록(탄소중립기술과 전략적 탄소중립기술) 대신 EU 규정 2020/852 제10조(1)에 의거해 기후변화 완화에 기여하는 단일 탄소중립기술 목록을 제시함.
 - Grudler 의장을 포함한 원자력 옹호세력들은 Ehler 위원을 설득해 상기의 단일 탄소중립 기술 목록에 원자력을 포함하는데 성공함.
- Grudler 의장은 이번 탄소중립기술 목록 개정으로 탄소중립산업법에서 전체 원자력 부문이 지원 대상이 된다고 밝힘.
 - 단일 탄소중립 기술 목록에 명시된 모든 전원은 프로젝트에 대한 허가 절차 간소화 및 EU 자금조달 혜택지원을 받게 됨.

9) https://www.euractiv.com/wp-content/uploads/sites/2/2023/06/230526_Draft-Report.pdf

기타단신

◎ 헝가리, Paks 5·6호기 건설 위한 부지 준비 작업 착수

World Nuclear News 2023.07.06.

- 2023년 7월 3일 Rosatom의 엔지니어링 자회사인 JSC ASE는 Paks 5·6호기(Paks II, 각 1,200MW, PWR) 건설 준비의 일환으로 지하에 차수막 설치를 시작함.
 - Rosatom에 따르면, 두께 1m, 깊이 32m, 둘레 2.5km의 차수막은 원자로 주변에 지하수 침투를 방지하기 위해 설치됨.
 - Rosatom은 차수막 작업과 병행해 보조 건물·구조물, 콘크리트 플랜트, 창고, 사무동 건설을 위한 준비 작업을 진행 중이며, 이후 굴착 작업 및 기초 슬래브 건설 준비에 착수할 계획이라고 밝힘.
 - 헝가리측은 두 호기의 최초 콘크리트 타설 작업이 2024년 여름에 시행될 것으로 전망함.
 - Paks 5·6호기 프로젝트는 헝가리와 러시아가 공동으로 기존 Paks 원전에 VVER-1200 노형 2기를 도입하는 총 125억 유로(약 17.8조 원) 규모의 사업임. 러시아가 최대 100억 유로(약 14조 원)를 차관으로 제공하고, 헝가리가 25억 유로(약 3.5조 원)를 투자함.

◎ 스웨덴 기업 Kärnfull Next, 약 28억 원 규모의 SMR 개발 자금 확보

Kärnfull Next 2023.07.04., World Nuclear News 2023.07.07.

- 2023년 7월 4일 스웨덴 SMR 프로젝트 개발사인 Kärnfull Next는 덴마크 벤처캐피털기업 Climentum Capital과 스웨덴 투자기업 Granitor Growth Management로부터 200만 유로(약 28억 원) 규모의 SMR 개발자금 투자를 받았다고 밝힘.
 - ※ 2019년 설립된 Kärnfull Next는 스웨덴 환경보호기술 스타트업인 Kärnfull Future의 100% 자회사임.
 - 2030년대 초까지 자국 내 SMR 가동을 목표로 하고 있는 Kärnfull Next는 2022년 3월 미 GE Hitachi Nuclear Energy(GEH)의 BWRX-300 SMR 도입을 위한 양해각서를 체결한 바 있음.
 - Kärnfull Next는 해당 자금을 스웨덴 전역을 대상으로 한 SMR 부지 평가 절차 가속화 및 SMR 사전 타당성·타당성 심층 조사에 지출할 계획이라고 덧붙임.

- Climentum Capital 및 Granitor Growth Management측 대표는 Kärnfull Next 이사회에 참여해 전략적 방향을 제시할 예정임.

◎ 프랑스 SMR 개발기업, 약 142억 원 규모의 SMR 개발 정부 지원금 확보

Nucnet 2023.07.10.

- 프랑스 SMR 개발기업 NAAREA는 프랑스 2030 투자 계획의 일환으로 시행된 핵분열·핵융합 분야 혁신원자로 개념설계개발을 위한 공모에서 자사가 선정되어, 1,000만 유로(약142억 원) 규모의 정부 지원금을 받았다고 밝힘.

※ NAAREA는 인프라 엔지니어링 전문가 Jean-Luc Alexandre와 창익·혁신분야 Van Gavriloff가 에너지 주권, 탈탄소화 등을 목표로 2020년에 설립한 스타트업임.

- NAAREA에 따르면 해당 보조금은 1~40MW 규모로 고속 중성자와 용융염 기술을 통합한 4세대 초소형 SMR인 XAMR(eXtrasmall Advanced Modular Reactor)의 예비 설계 단계를 진행하는데 사용될 예정임.
 - NAAREA는 해당 노형이 사용후핵연료를 재활용하거나 토륨을 이용하며, 도서지역, 운송·전력다소비 산업에 전력을 공급하는데 활용될 수 있다고 설명함.
- NAAREA는 2027년에 최초호기를 생산하고, 2030년까지 해당 노형의 연속 생산을 목표로 하고 있음.
- 또한 NAAREA는 XAMR 프로젝트의 첫 번째 이정표가 2023년 7월 말까지 첫 번째 디지털 트윈(Digital Twin, 현실세계의 기계나 장비, 사물 등을 컴퓨터 속 가상세계에 구현) 개발이라고 덧붙임.

주요단신

아시아 Asia



◎ 파키스탄, 청정에너지 생산 일환으로 약 4조 원 규모의 Chashma 5호기 착공 개시

The Seattle Times 2023.07.14., The Hindu 2023.07.14.

■ 7월 14일 파키스탄의 Shehbaz Sharif 총리는 자국에 청정에너지 공급을 위해 중국 HPR 1000 노형을 적용한 Chashma 5호기(1,200MW, PWR)를 착공했다고 밝힘.

- Chashma 5호기는 파키스탄 동부 Punjab 주에 위치한 Mianwali 지역에 건설되며, 건설에 35억 달러(약 4조 5천억 원)¹⁰⁾가 소요될 것으로 알려짐.
- 올해 6월 20일 파키스탄 원자력위원회와 중국 CNNC는 파키스탄에 Chashma 5호기 건설을 위한 양해각서(MOU)를 체결한 바 있음.
 - Sharif 총리는 MOU 체결이 양국의 경제 협력에 중요한 이정표 역할을 하므로, Chashma 5호기 건설 프로젝트 추진 확정 후 지체 없이 일정을 진행할 계획임을 밝힘.
- 총리는 Chashma 5호기가 7년에서 8년 이내에 완공될 것이며, 완공 시 자국 내 경제적이고 안정적인 에너지 공급이 가능할 것임을 덧붙임.

■ 현재 Chashma 원전 부지에는 중국 원자로 CNP 300 노형을 적용한 Chashma 1~4호기(총 1,330MW, PWR 4기)가 가동 중임.

- Chashma 1~4호기는 2000년부터 2017년 사이 가동을 시작함.

■ 한편, 2021년 기준 파키스탄의 총발전량은 146TWh이며 천연가스 31%, 수력 21%, 석탄 17%, 원자력 13%, 석유 13%, 풍력 및 태양광 5% 등으로 구성됨.

- 파키스탄은 2030년까지 총 원전의 발전량 비중을 20%로 확대하는 목표를 제시함.

10) 아시아 단신 기사 내용(일본 제외) 모두 2023년 7월 20일 환율 기준 적용(1달러=1,274원)

● 인도, Kakrapar 3호기 상업운전 개시

Energyworld.com 2023.07.01., World Nuclear News 2023.07.04.,
Nuclear Engineering International 2023.07.04.

■ 현지 언론 보도에 따르면 인도 Gujarat에 위치한 Kakrapar 3호기(700MW, PHWR)가 6월 30일부터 상업운전을 시작함.

- Kakrapar 3호기는 2010년 11월 착공하여 2020년 3월 연료 장전이 완료된 이후, 같은 해 7월 최초임계를 달성하였으며 2021년 1월 계통망에 연결됨.
 - Kakrapar 1·2호기(총 440MW, PHWR)는 각각 1993년과 1995년에 상업운전을 시작함.
 - 해당 원전은 인도에서 자체적으로 개발한 IPHWR-700노형을 적용함.
- 2007년 Kakrapar 3호기는 Kakrapar 4호기와 Rajasthan에 건설 중인 Rawatbhata 7·8호기와 함께 인도 정부로부터 승인받은 4기의 PHWR 원자로임.
 - Kakrapar 4호기는 2010년 11월 착공하여 2024년 3월 상업운전을 시작할 계획임.
 - Rawatbhata 7·8호기는 2026년 상업운전을 시작할 계획임.
 - 또한 2017년부터 시작된 Kudankulam 3·4호기(총 2,000MW, PWR) 건설과 함께 2021년부터 건설 중인 Kudankulam 5·6호기(총 2,000MW, PWR) 모두 러시아의 VVER 노형이 적용됨.

● 미얀마, 러시아와 원전 건설 및 인프라 구축 관련 논의

Rosatom News Release 2023.06.28., World Nuclear News 2023.06.29.,
Nuclear Engineering International 2023.07.04.

■ 6월 27~28일 양일간 Rosatom의 Nikolay Spassky 부국장을 포함한 Rosatom 대표단은 미얀마에 방문한 자리에서 미얀마 정부와 공동 조정 위원회를 개최해 미얀마 내 원전 건설과 인프라 구축에 대해 논의함.

- 이번 회의는 2023년 2월 양국이 원자력의 평화적 사용에 관한 정부 간 협력 협정(Intergovernmental Agreement on Cooperation, IGA)체결의 일환으로, SMR 건설 및 운영을 위한 인력 양성을 포함한 다양한 분야에서 원자력을 활용함으로써 정부 간의 협력을 발전시켜 나가기 위한 기반 구축이 목적임.

- 또한 이번 회의에서 미얀마 과학기술부 Aung Zeya 차관과 Rosatom의 Nikolay 부국장은 양국 협력을 위한 규제 틀과 함께 원자력 인프라 개발 및 인력 양성, 그리고 미얀마의 원자력 관련 여론 등을 논의함.
- 한편, 2022년 11월 미얀마 전력부는 러시아의 SMR 기술을 사용하여 미얀마 내 원전 건설을 위한 공동 사전 타당성 조사 수행을 목적으로 Rosatom과 양해각서(MOU)를 체결한 바 있음.

● 사우디, 프랑스와 원자력 포함한 에너지 분야 협력을 위해 MOU 체결

Saudi Gulf Projects 2023.02.04., ARAB News 2023.07.09., Ux Weekly 2023.07.10.

- 7월 9일 사우디 현지 언론의 보도에 따르면 사우디 Abdulaziz bin Salman 장관과 프랑스 에너지부 Agnes Pannier-Runacher 장관을 포함한 양국 에너지 대표단은 사우디 Riyadh에서 원자력 분야를 포함한 재생에너지 수소 생산, 그리고 방사성 폐기물 관리 분야의 협력을 목적으로 한 양해각서(MOU)를 체결함.
- 이번에 체결한 MOU에서는 양국의 에너지 기술개발과 산·학·연 협력, 에너지 분야의 전문인력 양성, 그리고 정책 및 규제 부분에 중점을 두고 있음.
 - 구체적으로, 양국은 원자력의 평화적 이용 협력 전망 논의와 함께 재생에너지 발전과 전력망 연결을 포함한 에너지 생산의 모든 측면에서 협력을 강화하고 전력 부문의 프로젝트에 민간 참여를 촉진하기로 함.
- 또한 양국은 ‘평화롭고 안전한 체계(Peaceful and Safe Framework)’를 바탕으로 원자력 및 수소 산업의 하류 부문 협력과 더불어 평화롭고 효율적인 협력 추진을 위해 합동 테스크포스(joint task force)를 설립하기로 합의함.
- 한편, 2023년 2월 양국은 원자력의 평화적 사용과 재생에너지와 청정 수소를 포함한 에너지 부문 협력 강화를 위해 MOU를 체결한 바 있음.

● 일본 간사이전력, 원전 해체 폐기물 오이원전에서 재활용 예정

세계원전시장 인사이트 2023.05.26., 日本經濟新聞, 時事ドットコム 2023.07.13.

- 7월 13일 일본 간사이전력은 정부로부터 원전 해체 작업 중 발생한 방사능이 극히 낮은 규제 해제(Clearance) 대상 금속 폐기물*의 재활용을 인가받음에 따라, 향후 해당 폐기물 중 금속을 기소재로 가공해 오이원전 3·4호기(각 1,100MW, PWR)에서 재활용할 계획이라고 밝힘.

※ 국내 법령에서는 방사성폐기물의 규제해제(clearance)를 “자체처분”이라는 용어로 사용.

- 일본에서 규제 해제 대상 폐기물은 연간 0.01mSv 이하(자연방사선의 100분의 1 이하)로 설정되며 정부가 방사성폐기물로 취급할 필요가 없다고 인가할 시 재활용 가능함.
- 간사이전력은 현재 해체를 진행 중인 오이 1·2호기(1,175MW, PWR)에서 발생한 금속 폐기물을 재활용해 터빈에서 증기를 배출하는 밸브로 가공한 후 오이 3·4호기 예방 정비 시 기존 밸브를 해당 밸브로 교체할 예정임.

■ 한편, 일본에서는 간사이전력 외에도 주고쿠전력, 일본원자력발전 등이 원전에서 발생한 규제 해제 대상 폐기물을 재활용한 사례가 있음.

- 주고쿠전력은 하마오카원전 1·2호기(각 540MW·840MW, BWR) 해체 작업 중 발생한 규제 해제 대상 폐기물을 배수구용 덮개로 가공해 하마오카원전 부지 내 도로에서 활용함.
- 일본원자력발전은 도카이원전 해체 중에 발생한 규제 해제 대상 폐기물 중 금속류를 벤치, 테이블로 가공해 원전 부지, 정부 기관, 학교 내에서 재활용함.
- 일본원자력기구는 연구용 원자로 후겐(165MW, ATR)의 개조 공사 시 발생한 규제 해제 대상 폐기물 중 콘크리트를 주차 충돌방지턱(car stopper)으로 재가공해 원자력과학 연구소 내 주차장에 설치함.

◎ 일본 고속로 실용화 개발, Mitsubishi중공업이 총괄

세계원전시장인사이트 2023.07.07., 三菱重工業, 三菱FBRシステムズ 웹사이트 최종 검색 2023. 07.12., 日本経済新聞 2023.07.12., 電気新聞 2023.07.13/.

■ 일본 자원에너지청은 고속로의 실용화를 위해 7월 12일 Mitsubishi중공업의 자회사인 Mitsubishi FBR시스템즈(이하 ‘MFBR’)가 제안한 ‘소듐 냉각 탱크형 고속로’를 개념설계 추진 실증로로 선정하고, 고온가스로와 고속로 개발에서 설계를 총괄하는 핵심 기업으로 Mitsubishi중공업을 선정함.

- 핵심 기업은 고온가스로와 고속로 개발에서 기기와 부품업체, 종합건설업체를 총괄하는 역할을 담당하며, 규제당국과 소통, 공정 관리, 지역 협력을 담당하는 선진원자로 개발 상부 조직과 연계하게 됨.
 - 일본 정부는 고온가스로와 고속로 개발을 위해 2023년도 이후 3년간 총 900억 엔(약 8,224억 원)의 예산을 확보했으며, 고온가스로는 2030년대, 고속로는 2040년대 실증로 가동을 목표로 함.

- Mitsubishi중공업은 일본의 실험용 고속로인 ‘조요’와 현재 해체 중인 몬주 고속로의 개발과 건설에 참여했으며, 2017년에는 고속증식로 개발과 설계를 담당하는 엔지니어링 회사인 MFBR를 설립한 후 MFBR와 연계해 고속로 실용화를 위한 발전소 개념 검토와 연구 개발을 추진하고 있음.
- 자원에너지청은 MFBR의 소듐 냉각 탱크형 고속로가 향후 수요에 맞춰 대형로나 소형로 등 유연하고 다양한 투자 기준을 제시할 수 있다고 평가함.

◎ 일본 도호쿠전력, 오나가와원전 입지 지역 주민대상으로 방문 활동 진행

NHK 2020.11.11., 河北新報 2023.07.13., 原子力産業協会 日本の原子力発電炉 2023.07.10.

- 일본 도호쿠전력은 7월 11일 오나가와원전 입지 지역 주민을 대상으로 원전 안전대책공사 진행 상황 등 원전 정보를 설명하고 의견을 청취하는 방문 활동인 ‘안녕하세요 방문’을 시작했고, 8월 4일까지 오나가와정과 이시노마키시의 일부 지역 총 약 3,700가구를 방문할 예정임.
- ‘안녕하세요 방문’은 매년 여름과 겨울 2회 시행되며 1994년부터 시작해 이번이 44번째임.
- 도호쿠전력은 2024년 2월 오나가와 2호기(825MW, BWR)의 가동을 목표로 하며, 오나가와 2호기는 신규제 기준 안전 심사를 통과한 3기의 비등수형 원자로 중 가장 심사가 신속하게 진행 되는 중임.
- 오나가와 2호기는 2020년 2월 26일 적합성 심사 중 안전 심사에 합격해 남은 심사 절차를 진행 중이며 2020년 지역으로부터 재가동 동의를 받았으며, 2023년 11월 안전 대책 공사를 완료할 예정임.
- 적합성 심사 중 안전 심사에 합격한 비등수형 원자로는 오나가와 2호기, 일본원자력 발전의 도카이 제2호기(1,100MW), 주고쿠전력의 시마네 2호기(820MW) 총 3기임.

◎ 일본, 영국의 고온가스로 개발에 참여

日本原子力研究開発機構 2022.09.05./2023.07.19., 毎日新聞, 電気新聞 2023.07.20.

- 일본원자력연구개발기구(Japan Atomic Energy Agency, JAEA)는 7월 19일 영국이 개발 중인 고온가스로 실증로 기본 설계에 참여한다고 발표함.

- 영국이 개발 중인 고온가스로는 총 3단계로 진행되어 각 단계마다 사업자를 선정하며 마지막 3단계에는 2025년 3월부터 2030년 초까지 실증로를 건설하여 2030년대 초반 가동을 목표로 함.
 - 2022년 9월부터 2023년 2월까지 1단계에서 예비조사를 시행했으며, 2단계는 2025년 3월 까지 기본설계가 수행됨.
- 2023년 7월 18일 영국 에너지안보탄소중립부가 2단계 기본설계 수행 사업자로 JAEA와 영국 국립원자력연구소(National Nuclear Laboratory, NNL)로 구성된 영·일 컨소시엄을 선정함에 NNL과 공동으로 사업을 수행함.
 - JAEA는 NNL, 영국 기업 등과 함께 1단계에 참여한 바 있음.
- 기본설계 기간은 2025년 3월까지로 노심과 원자로 건물 설계, 경제성 평가 등을 진행하며 영국 정부가 2단계 연구비 약 1,500만 파운드(약 247억 원)을 영·일 컨소시엄에 제공할 예정임.

● EU, 일본 식품 수입 규제 철폐

朝日新聞, 産経新聞 2023.07.13.

- 7월 13일 EU가 후쿠시마 제1원전 사고 후 일본산 식품에 대해 시행해왔던 수입 규제를 철폐하기로 발표함. 이에 따라 후쿠시마현 등 10개현의 일부 식품을 대상으로 의무화한 방사성물질 검사증명서가 불필요해짐.
 - EU는 후쿠시마현 일부 수산물, 야생 버섯류, 미야기현 일부의 채소류 등을 대상으로 검사 증명서 의무 제출을 요구 중이었음.
 - 2022년 일본이 EU로 수출한 농림수산물·식품 수출액은 680억 엔(약 6,212억 원)¹¹⁾으로 해당 금액은 일본 수출액 전체의 약 5%를 차지함. 약 5%에는 검사증명서가 필요 없는 일본 전통술, 위스키, 가리비, 소고기 등이 대부분임.
- EU의 규제 철폐로 일본에 대한 식품 수입 규제를 유지하는 곳은 중국, 한국 등 11개국 지역임.

11) 일본 단신 기사 내용 모두 2023년 7월 21일 환율 기준 적용(1파운드= 약 1,649원, 1엔=약 9.14원)

기타단신

◎ 일본 규제위, 도쿄전력에 대해 원전 운영 사업자 적합성 여부 확인 예정

세계원전시장 인사이트 2022.09.23./2023.05.30., 東京新聞, NHK, 新潟日報 2023.07.12

- 일본 원자력규제위원회는 7월 12일 회의에서 가시와자키 가리와원전(총 7기, 총 8,212MW, 1~5호기 BWR·6~7호기 ABWR) 운영사로서 도쿄전력의 적합성 여부를 약 3개월 간 확인하기로 결정함.
 - 규제위 위원장이 가시와자키 가리와원전에 내려진 가동 중단 명령 해제를 결정할 시 도쿄전력이 원전 운영 사업자로서 적합한지 여부도 확인할 필요가 있다는 의견을 밝히 규제위가 경영진 면담, 현지 조사 등을 통해 적합성 여부를 확인하기로 결정함.
 - 가시와자키 가리와원전에서는 방호 대책 미비 문제로 2021년 4월 규제위가 가시와자키 가리와원전 내의 핵연료 이동을 금지하는 행정 명령을 내려 현재 사실상 가동이 금지됨.
 - 해당 결과는 규제위가 향후 가시와자키 가리와원전 운전금지명령 해제 여부를 판단할 때 참고할 예정임.

World Nuclear Power Market
INSIGHT



세계원전시장
인사이트