

세계원전시장 인사이트

World Nuclear Power Market INSIGHT



현안이슈

세계 원전정책 동향 업데이트

1. 세계 원전 현황
2. 북미
3. 아시아 및 아프리카
4. 유럽
5. 시사점

주요단신

세계 98

- G7 5개 원전운영국, 러시아산 핵연료 의존도 축소 위한 협력 선언
- WNA 및 G7 원자력협회 회장단, G7에 청정 에너지원인 원전 활용 촉구하는 선언문 발표

미주 100

- Holtec, Palisades 원전 재가동을 위해 주정부에 약 4천억 원의 자금 요청 계획 발표
- 발전사 PacifiCorp, 자사 석탄화력발전소 부지에 TerraPower의 Natrium 2기 추가 건설 계획 발표
- 미국, 필리핀과 온실가스 감축을 위한 민간 원자력 협력 강화 모색
- Terrestrial Energy의 IMSR 사전인허가평가(VDR) 사실상 완료
- 아르헨티나 NA-SA, Atucha 1호기 계속운전 및 건설저장시설을 위한 자금 지원 확보
- 기타단신

유럽 105

- 핀란드 Olkiluoto 3호기, 18년간의 공사 끝에 5월 1일 상업운전 예정
- 에스토니아, 최초 원전 건설 위한 4개 후보지 발표
- 폴란드 PGE-ZE PAK, APR1400 건설 위한 특수목적 법인 공식 설립

아시아 108

- 한국 기업들, 부유식 원전 및 초소형 원전 개발사와 사업 협력 활발
- 중국, Haiyang 4호기 착공
- 일본 원자력규제청, 30년 이상 원전 운영에 대한 안전규제설명자료 공개
- 일본 가고시마현 자체 조직한 원전전문가그룹, 센다이 1·2호기 계속운전 신청위해 수행한 특별점검 적정 평가
- 일본 대형전력 7개 사, 최근 연료비 하락 반영한 가정용 규제요금 재제출
- 일본 도쿄 과학기술관에 고준위방폐물 최종처분 학습 게임 도입
- 기타단신

세계원전시장 인사이트

World Nuclear Power Market **INSIGHT**

Biweekly 격주간 2023 04.28

※ 본 간행물은 한국수력원자력(주) 정책과제의 일환으로 발행되었습니다.

발행인 양의석

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.



세계 원전정책 동향 업데이트

에너지경제연구원 원전정책연구팀

조주현 연구위원 (joohyun@keei.re.kr) 정진영 전문연구원 (jy_jeong@keei.re.kr)

한지혜 전문원 (jhhan@keei.re.kr), 김유정 위촉연구원 (yjkim@keei.re.kr)

이유경 위촉연구원 (rglee@keei.re.kr)

1. 세계 원전 현황¹⁾

1) 운영 현황

■ 2023년 4월 19일 전 세계 32개 국가²⁾에서 436기의 원자로가 운영 중에 있으며, 총 설비용량은 390.2GW임.

- 지역별로는 극동아시아가 116기, 북미 112기, 서유럽 93기, 중앙&동유럽 74기, 중동 및 남아시아 32기, 남미 7기, 아프리카 2기가 운영 중임.
- 노형별로는 PWR 306기, BWR 60기, PHWR 47기, LWGR 11기, GCR 8기, FBR 3기, HTGR 1기 순임.

■ 2000년 이후 운영 중인 글로벌 원전의 용량은 2018년까지 꾸준히 증가한 이후 감소세가 유지 되는 것으로 나타남.

- 원자로 수의 경우, 2013년 이후 급속도로 증가한 이후, 2018년 이후로 독일, 미국, 영국 등에서의 원전 폐쇄로 현재까지 감소추세가 유지 중임.
- 국가별로는 미국이 93기(95.8GW)로 가장 많으며, 프랑스 56기(61.4GW), 중국 56기(53.2GW), 러시아 37기(27.7GW), 일본 33기(31.7GW), 한국 25기(24.5GW) 순임.

1) <https://www.iaea.org/pris/>(검색일 : 2022.04.11.)를 참고하여 작성되었음.

2) 대만을 포함하지 않을 경우 31개국임.

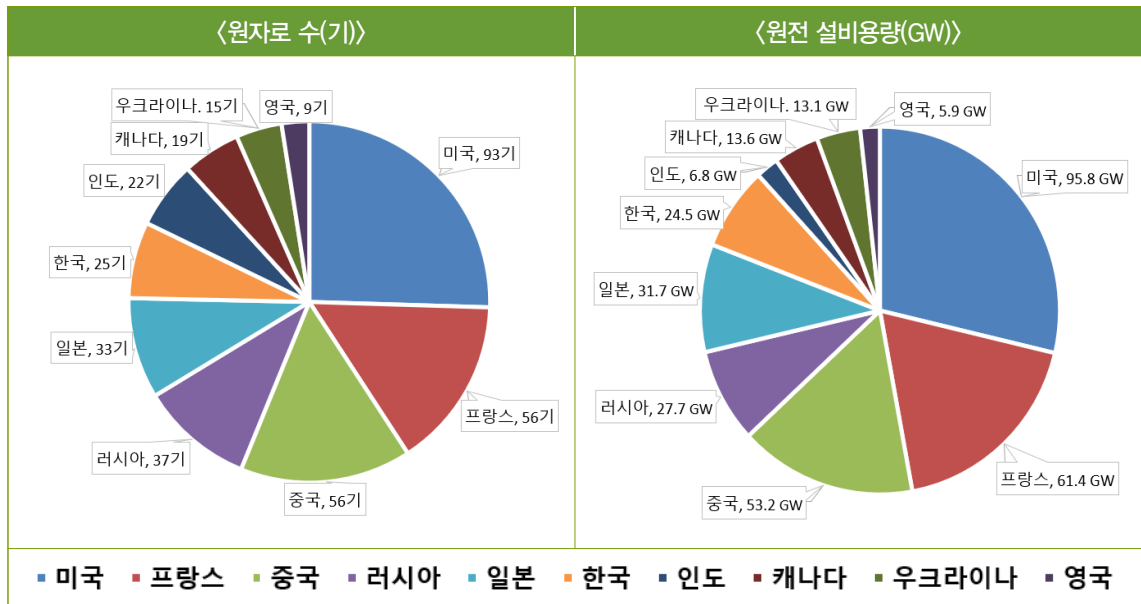
〈원자로 수 및 용량 추이〉



자료: IAEA PRIS(검색일 : 2023.04.19.)

* 단, 일본은 IAEA 상에서의 운영 중단(suspended operation)인 원전을 가동 중인 원전으로 고려하고 있어 이를 변경·적용함.

〈주요 국가별 원전 운영 현황〉

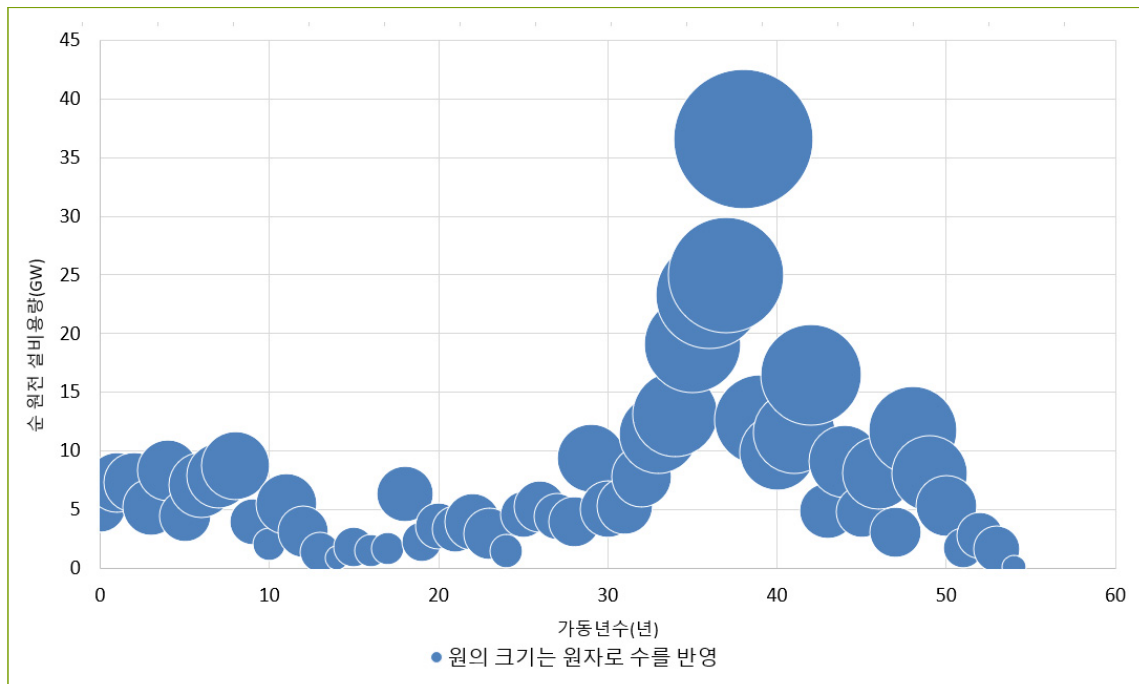


자료 : IAEA PRIS(검색일 : 2023.04.19.)

■ 전체 원전의 평균 가동년수는 31.0년으로 전반적으로 노후화가 진행 중임.

- 가동년수가 10년 미만인 원자로는 67기, 10년 이상 20년 미만인 원자로는 34기, 20년 이상 30년 미만인 원자로는 45기, 30년 이상 40년 미만인 원자로는 162기, 40년 이상 50년 미만인 원자로는 109기, 50년 이상인 원자로는 19기로, 30년 이상된 원자로는 전체의 67%를 차지함.
- 1990년 기준 전체 원전의 가동년수 평균은 10.8년(총 416기), 2000년 기준 18.4년(총 435기), 2010년 기준 25.8년(총 441기)임.

〈2023년 세계 원전 가동년수 분포〉



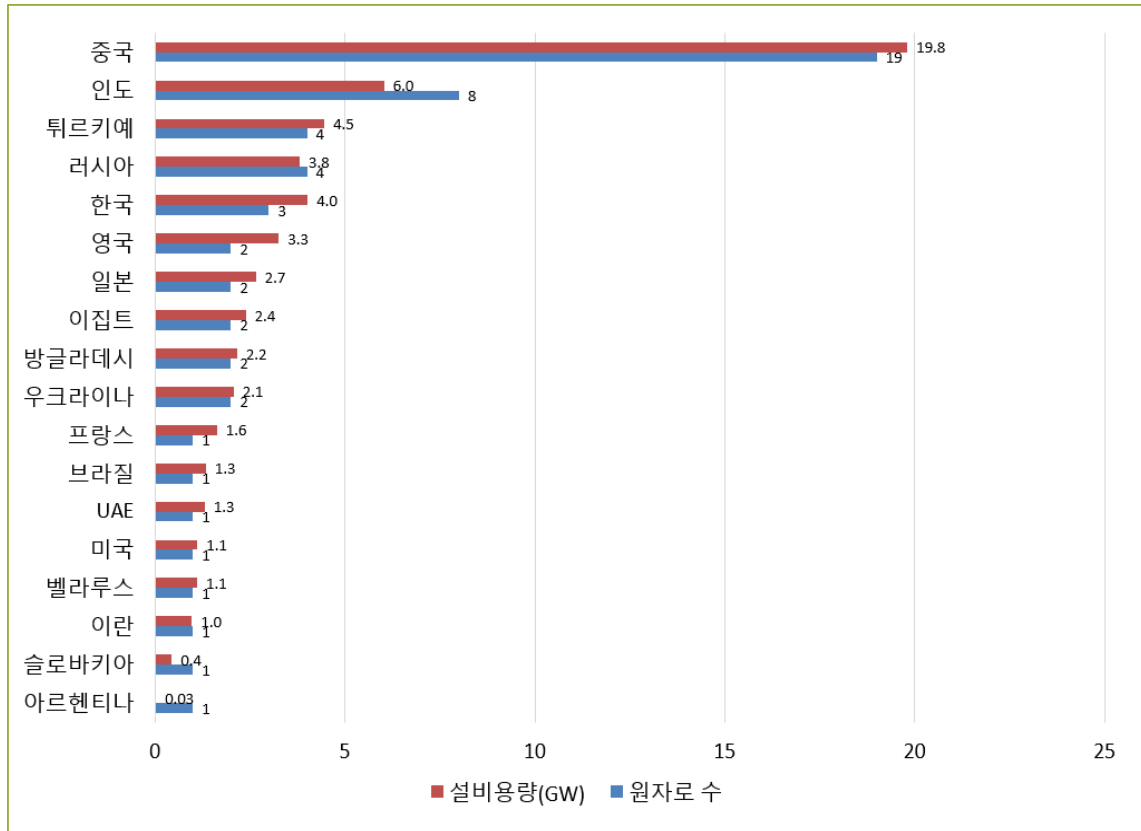
자료 : IAEA PRIS(검색일 : 2023.04.19.)

2) 건설 현황

■ 2023년 4월 기준 전 세계 18개 국가에서 56기의 원자로가 건설 중에 있으며, 건설 중인 원자로의 총 설비용량은 약 58.6GW임.

- 중국이 가장 많은 19기(19.8GW)의 원자로를 건설 중에 있으며, 인도가 8기(6.0GW), 튀르키예와 러시아가 각각 4기(4.5GW, 3.8GW), 한국이 3기(4.0GW)의 원자로를 건설 중임.

〈국가별 원전 건설 현황〉



자료 : IAEA PRIS(검색일 : 2023.04.19.)

*일본은 자국 내 건설 중인 원전을 3기로 표기하고 있으나, IAEA는 2011년 3월 이후 건설이 중단된 HIGASHIDORI 1호기를 제외하고 2기로 공표하고 있음.

3) 영구정지 현황

■ 2023년 4월 기준 전 세계 22개국³⁾에서 209기, 총 105.1GW의 원자로가 영구정지 되었음.

- 현재 원전 운영국 32개국 중 18개국에서 총 169기의 원자로가 폐쇄되었음. 미국이 41기의 원자로를 폐쇄하였고 영국이 36기, 일본이 27기, 프랑스가 14기의 원자로를 폐쇄하였음. 이어 러시아가 10기, 스웨덴이 7기, 캐나다가 6기의 원자로를 폐쇄하였음.
- 독일(33기), 이탈리아(4기), 리투아니아(2기), 카자흐스탄(1기)은 현재 운영하였던 모든 원전을 폐쇄하였고, 현재 운영 중인 원전은 없음.

3) 대만을 제외할 경우 21개국임.

〈IAEA 발표 기준 국가별 원전 운영 · 건설 · 폐쇄 현황(2023.4)〉

(단위 : 개수, MW)

구분	국가	운영 중		건설 중		폐쇄	
		원자로	설비용량	원자로	설비용량	원자로	설비용량
원전 운영국가	미국	93	95,835	1	1,117	41	19,976
	프랑스	56	61,370	1	1,630	14	5,549
	중국	56	53,201	19	19,805		
	러시아	37	27,727	4	3,809	10	3,957
	일본	33	31,679	2	2,653	27	17,119
	한국	25	24,489	3	4,020	2	1,237
	인도	22	6,795	8	6,028		
	캐나다	19	13,624			6	2,143
	우크라이나	15	13,107	2	2,070	4	3,515
	영국	9	5,883	2	3,260	36	7,755
	스페인	7	7,123			3	1,067
	스웨덴	6	6,937			7	4,054
	체코	6	3,934				
	파키스탄	6	3,262			1	90
	벨기에	5	3,928			3	2,024
	핀란드	5	4,394				
	슬로바키아	5	2,308	1	440	3	909
	스위스	4	2,973			2	379
	헝가리	4	1,916				
	아르헨티나	3	1,641	1	25		
	UAE	3	4,019	1	1,310		
	대만	2	1,874			4	3,178
	불가리아	2	2,006			4	1,632
	브라질	2	1,884	1	1,340		
	남아프리카공화국	2	1,854				
	멕시코	2	1,552				
	루마니아	2	1,300				
	벨라루스	1	1,110	1	1,110		
	이란	1	915	1	974		
	슬로베니아	1	688				
	네덜란드	1	482			1	55
	아르메니아	1	416			1	376
신규원전 건설국가	튀르키예			4	4,456		
	방글라데시			2	2,160		
	이집트			2	2,388		
원전 폐쇄국가	독일					33	26,235
	이탈리아					4	1,423
	리투아니아					2	2,370
	카자흐스탄					1	52
합계		436	390,226	56	58,595	209	105,095

자료 : pris.iaea.org(검색일 : 2023.04.19.)의 자료를 바탕으로 재구성

*일본은 자국 내 건설 중인 원전을 3기로 표기하고 있으나, IAEA는 2011년 3월 이후 건설이 중단된 HIGASHIDORI 1호기를 제외하여 건설 중인 일본의 원전을 2기로 공표하고 있음.

2. 북미

● 미국

■ 현황

- 미국은 2023년 4월 기준 93기의 원자로(95,835MW)를 가동 중이며 41기의 원자로(19,976MW)가 영구 정지되었고 1기의 신규 원전(1,234MW)을 건설 중임.⁴⁾
 - 2013년 Vogtle 3·4호기를 착공하였으나 Westinghouse의 파산과 후쿠시마 사고 이후 강화된 안전규제 대응 등으로 완공 일정이 지연되어, 2022년 10월 3호기3호기에 최초로 연료가 장전됨.
 - 미시간 주 Palisades(805MW, PWR) 원전이 경제성 악화를 이유로 2022년 5월 20일 영구 정지됨.
- 2021년 미국의 총발전량은 4,371TWh로, 가스 37%, 석탄 23%, 원자력 18%, 풍력·태양광·지열 등 13%, 수력 6%, 바이오매스 2% 등임.⁵⁾

■ 원자력 관련 주요 정책

- 미 에너지부, 계속운전 지원을 위한 상업원전 지원책(Civil Nuclear Credit) 2차 지원 계획 발표
 - CNC는 미국 기간산업을 강화하기 위해 2021년 11월 Biden 대통령이 서명한 ‘초당적 인프라 투자 및 일자리 법안(Infrastructure Investment and Jobs Act, IIJA)’의 일환으로 추진되었으며, 해당 법안에 따라 미 에너지부는 부처 예산 중 60억 달러(약 8.5조 원)⁶⁾를 CNC에 배정함.
 - 2023년 3월 2일 미 에너지부는 CNC 2차 신청 조건 등을 공고함. 2차 지원에서는 기존 1차 지원과 동일하게 향후 4년 안에 경제성 악화를 이유로 현재 운영허가 만료 이전에 영구 정지를 확정 또는 의도를 발표한 원전의 소유주나 운영사를 대상으로 하나, 지원 자격을 변경해 1차와 달리 경제성을 이유로 이미 조기 폐쇄된 원전의 소유주 혹은 운영사도 신청할 수 있게 됨.
 - 지원 조건으로 원전 소유 또는 운영자는 CNC 신청을 위해 경제적인 이유로 자사 원전의 폐쇄 예견과 함께 폐쇄로 인해 대기 오염 물질과 탄소 배출량이 증가할 것을 입증해야 하며, 미 에너지부 장관과 미국 원자력규제위원회(NRC)는 지원 대상 원전의 지속적인 운영이 안전성 기준에 저해되지 않는지 판단해야 함.

4) 현재 Vogtle 3호기는 계통에 연결되어 운영 중으로 표기함.

5) Enerdata Country Energy Report—United States, pp.19.(2022.10.)

6) 미국 내용 전체 2023년 4월 28일 환율 기준(1달러=1,340원)

- 미 에너지부는 2022년 1차 지원 공모를 시작하였으나, 한 차례 마감 기한을 연장하는 등 우여곡절 끝에 같은 해 11월 21일 California 주의 Diablo Canyon을 선정해 CNC에 따라 1차 지원금인 총 11억 달러(약 1.4조 원)를 향후 4년간 지원하기로 함.
- 미 에너지부와 미 의회, 연료공급 안정성 확보 노력
 - ① 미 에너지부, 정광·변환 우라늄 비축
 - 2022년 12월 19일 미국 우라늄 생산업체 Energy Fuels와 호주에 본사를 둔 Peninsula Energy는 올해 7월 미 에너지부와 국가핵안보청(NNSA)이 자국산 정광우라늄(U3O8) 최대 1백만 파운드(약 454t) 비축을 목적으로 추진한 구매공급 입찰에 선정되어 공급 계약을 체결함.
 - Energy Fuels는 우라늄 비축을 위해 미국 정부에 정광우라늄 1,850만 달러(약 244억 원)를 판매하는 계약을 체결했다고 밝힌 바 있으며, Peninsula Energy는 구체적인 계약 가격을 제시하지 않았으나 자회사인 Strata Energy가 현재 미국에 보유하고 있는 30만 파운드(약 136t)의 정광우라늄을 공급할 것이라고 밝힘.
 - 또한, 2023년 1월 5일 미 에너지부는 자국 에너지 안보 강화를 위한 우라늄 비축의 일환으로 미국 유일의 우라늄 변환기업 ConverDyn과 1,400만 달러(약 184억 원) 규모의 변환 우라늄 생산을 위한 계약을 체결함.
 - ② 미 에너지부, SMR용 연료 확보를 위해 Centrus의 HALEU 생산시설 구축에 공동투자
 - 2022년 11월 10일 미 에너지부는 우라늄 농축 및 첨단원자로 연료 제조사인 Centrus Energy Corp의 자회사 American Centrifuge Operating에 SMR용 연료로 사용되는 HALEU(고순도저농축우라늄) 생산을 위해 약 1억 5천만 달러(약 2천억 원)의 비용분담금을 2024년까지 두 단계에 걸쳐 지급한다고 발표함. 이번 비용분담에는 Ohio주에 위치한 Centrus 농축시설에서 캐스케이드 방식으로 16개의 첨단 원심 분리기의 가동 및 운영에 필요한 연 3천만 달러(약 402억 원)가 포함됨.
 - 또한, 2022년 12월 1일 American Centrifuge Operating은 미 에너지부와 HALEU 생산 설비 구축 및 생산을 위한 최종 계약을 체결함. 계약에는 기본 계약기간 이후 최대 9년간 추가 생산을 의뢰할 수 있는 조건이 포함되어 있으며, 계약실행 여부는 의회의 예산 배분 가능 규모에 따라 결정될 예정임.
 - 2023년 2월 9일 Centrus는 자사 농축시설에서 캐스케이드 방식의 16개 첨단 원심 분리기와 관련된 초기 테스트 완료 후 시설 가동을 시작했다고 밝힌 바 있으며, 2023년 말까지 HALEU 시범생산을 시작할 계획임.
 - ③ 미 의회, 러시아산 우라늄 의존도 완화를 위한 법안 발의

- 미국은 연간 러시아산 우라늄 수입량을 미국 원전 수요의 17%로 제한하는 수입제한제도 (Russian Suspension Agreement, RSA)를 1992년부터 적용하고 있으며, 2020년 러시아와의 협의를 통해 해당 제도를 2040년까지 연장함.
- 2023년 2월 Cathy Rodgers · Bob Latta 하원의원이 러시아산 우라늄의 재가공 및 사용을 금지하는 내용을 담은 H.R.1042를 발의함. 또한, 3월 John Barrasso · Joe Manchin 상원 의원이 H.R.1042의 동반법안(companion bill)인 러시아산 우라늄 수입 금지를 위한 법안 (Prohibiting Russian Uranium Imports Act)을 발의함.
- 해당 법은 발효 90일 이후 러시아산 우라늄 수입을 원칙적으로 금지하되 2027년까지는 예외적인 상황에서 러시아산 우라늄 수입을 조건부로 허용하고, 허용량은 매해 단계적으로 감소시켜 2028년 1월 1일부터 전면 금지함. 해당 법의 적용 예외 상황으로는 자국 내 원전의 안정적 운영에 필요한 저농축우라늄 공급처 대안 부재 혹은 러시아산 우라늄이 미국의 이익에 부합하는 경우로 한정함.
- 미 에너지부, 원자력 기술 · 물질 재이전 위반 제재 강화
 - 2023년 1월 12일 미 에너지부는 자국 기업이 자국 내 비공개 정보가 포함된 원자력 기술을 미국 혹은 제3국으로 이전할 경우 미 에너지부에 허가 및 신고해야 하는 의무를 강화하기 위해 미 연방규정집의 관련부분(10 CFR Part 810)을 수정해 의무 위반 시 고의성과 관계 없이 미 에너지부가 금전적 민사 처벌을 부과할 수 있도록 함.
 - 미 연방규정집 810(10 CFR Part 810)은 비공개 정보가 포함된 원자력 기술을 미국 혹은 제3국으로 이전할 시 미 에너지부에 허가 및 신고해야 하는 대상을 규정한 내용으로, 개정된 최종 규정은 2023년 2월 13일부터 적용됨.
- 미국 정부, SMR 도입 고려국 대상 SMR 도입 지원 협력
 - ① 미국, 태국의 FIRST 프로그램 가입을 통한 SMR 도입 지원 발표
 - 2022년 11월 18일 Harris 부통령은 아시아태평양경제협력체(APEC) 정상회의 참석차 태국을 방문하여 미국의 FIRST 프로그램을 통해 태국의 안정적이고 안전한 첨단원자로 원자력 역량 건설을 지원하겠다고 발표함.
 - FIRST 프로그램을 통해 양국의 정부 · 학계 · 산업계 · 국립연구소 관계자들은 태국이 최고 수준의 안전 · 핵안보 · 핵비확산 조건하에 SMR을 활용해 2065년까지 탄소중립을 달성할 수 있도록 지원할 예정임.
 - ② 미국, 루마니아 SMR 및 대형 원전 추진 지원
 - 2022년 10월 27일 미국 무역개발처(USTDA)는 루마니아 국영 원자력 발전사 Nuclearelectrica SA의 자회사에 NuScale이 개발 중인 VOYGR를 활용한 선행주기 엔지니어링 및 설계 (Front-End Engineering and Design, FEED)에 필요한 비용을 지원하겠다고 발표함.

③ 미국, 인도네시아 정부와 SMR 도입을 위한 전략적 파트너십 및 합의각서 체결

- 2023년 3월 18일 인도네시아 발리에서 개최된 인도-태평양 상공회의소 비즈니스포럼에서 미국과 인도네시아 정부는 SMR 기술을 활용한 인도네시아의 원자력 프로그램 개발을 돕기 위해 전략적 파트너십을 체결하고, 이에 필요한 글로벌 인프라 및 투자를 위한 합의각서(MOA)에 서명함.
- 미 NRC, NuScale의 50MW급 모듈에 대한 최종인허가 규제 확정...SMR 대상 최초
 - 2023년 1월 19일 NRC는 NuScale Power의 50MW SMR 표준설계를 인증하는 최종인허가 규정(Final Rulemaking)을 발표함. 이에 따라 NuScale의 50MW 원자로는 NRC가 최초로 승인한 경수형 SMR이 됨.
 - NRC는 2018년 NuScale의 50MW급 모듈 12개로 구성된 발전소의 표준설계 인증 신청을 승인했으며, 2020년 8월 설계 인증 절차의 최종 단계에 해당하는 최종 기술 검토(Final Technical Review)를 발행함. 이후 2022년 7월 자국 최초로 SMR에 대한 최종 설계인증을 결정함.
 - 한편 2023년 1월 NuScale은 모듈당 출력을 50MW에서 77MW로 증가시킨 VOYGR-6 설계에 대한 표준설계승인신청서(Standard Design Approval Application)를 NRC에 제출한 바 있으며, 첫 운영사업자인 UAMPS는 2024년 해당 설계에 대한 복합인허가 신청서를 제출할 것으로 예상됨.

■ 주요 이슈

- Diablo Canyon 원전, CNC 수해 결정 이후에도 계속운전 신청 관련 이슈
 - 2022년 11월 미 에너지부는 같은 해 CNC 1차 지원 공모에서 Diablo Canyon 원전을 선정해 1차 지원금인 총 11억 달러(약 1.4조 원)를 향후 4년간 지원하기로 결정함.
 - 이에 따라 California 주에서 유일하게 가동 중인 Diablo Canyon 원전(총 2,256MW, PWR 2기)의 운영사 PG&E는 2022년 10월 해당 원전의 1차 계속운전 신청에 대한 검토 재개를 요청했으나, 2023년 1월 NRC는 서한을 통해 2009년 제출한 해당 신청서 검토 재개를 뒷받침할 수 있는 충분한 정보 및 근거 관련 선례가 부족하다는 이유로 PF&E의 요청을 거부하고 새로운 계속운전 신청서를 제출하도록 지시함.
 - 또한, PG&E는 2022년 10월 계속운전 신청 심사 기간에도 Diablo 원전의 운영 허가가 만료되지 않고 계속운전될 수 있도록 10 CFR 2.109(b) 항목의 적용 면제를 NRC에 요청하였으며, 2023년 3월 NRC는 해당 요청 건에 대해 특별 승인함.
 - CFR 면제 요청 승인에 따라 1호기의 최초 운영 허가는 2024년 11월, 2호기의 허가는 2025년 8월에 만료되나, 해당 호기들의 계속운전 심사 결과가 결정될 때까지는 운영 허가가 만료되지 않는 것으로 간주하여 운영이 가능하게 됨.

- 2022년 5월 영구 정지된 Palisades 원전, 계속운전 추진 중
 - 2022년 5월 조기 폐쇄된 Michigan 주의 Palisades 원전(805MW, PWR) 해체를 담당 중인 Holtec International은 해당 원전의 계속운전을 위해 2022년 12월 미 에너지부에 2023년 CNC 2차 지원 시기 재신청 계획을 밝힌 바 있음.
 - 그러나, Holtec은 2023년 3월 Palisades 원전 계속운전의 상황을 종합적으로 고려하여 해당 원전의 재가동을 위해 미 에너지부 대출사무국(Loan Programs Office)에 자금을 요청함. Holtec은 해당 자금 지원 결과에 따라 2023년 여름까지 해당 원전의 재가동 결정을 내릴 예정임.
 - 2023년 3월 20일 Holtec은 Palisades 원전의 계속운전 추진을 위해 NRC와의 공개회의를 열고 해당 원전의 재가동 관련 규제 절차(regulatory path)에 대해 논의 함. 이번 논의에서 Holtec은 Palisades 원전 재가동을 위해 2022년 5월 경제성을 이유로 해당 원전과 관련하여 제출한 영구정지와 연료인출에 대한 허가 취소(면제) 요청 계획을 밝힘.
- Prairie Island 원전, 계속운전에 필요한 건식저장시설 확충을 위해 지역지원금 상향
 - 현재 Xcel Energy는 해당 원전의 20년 계속운전을 위한 2차 계속운전(Subsequent License Renewal, SLR) 신청 계획을 준비 중임.
 - 2023년 3월 29일 Minnesota 주에 위치한 Prairie Island 원전(총 1,126MW, PWR 2기)의 운영사인 Xcel Energy는 해당 원전의 2차 계속운전에 따른 사용후핵연료 추가 발생분을 기존 건식저장시설에 저장하기 위해 기존의 연간지원금 250만 달러(약 33억 원)에서 1,000만 달러(약 133억 원)까지 증액하기로 함.
 - 현재 Prairie Island 원전의 습식저장조(저장용량: 1,386다발)에는 1,047개의 사용후핵연료 다발이, 건식저장시설에는 TN-America(현 Orano)에서 제작한 총 50개의 캐니스터에 2,000개의 사용후핵연료 다발이 보관 중임.
 - Prairie Island 1호기와 2호기는 각각 1973년 12월 16일과 1974년 12월 21일에 상업운전을 시작하여 NRC로부터 각각 2011년 6월 27일에 1차 계속운전 허가를 받았음. 이에 따라 1호기의 경우 2033년까지, 2호기의 경우 2034년까지 운영할 수 있음.
- 미 국내외 SMR 및 원전 건설추진·기술개발을 위해 정부, 민간 분야 협력 활발
 - ① 미국·캐나다 정상, 상업원전 분야 포함한 양국 협력 강화 발표
 - 2023년 3월 24일 Biden 대통령은 Ottawa에서 캐나다 Justin Trudeau 총리와 정상회담을 가진 뒤 '신 미국-캐나다 파트너십 로드맵(Roadmap for a Renewed U.S.-Canada Partnership)'에 따른 양국의 진전에 대한 공동 성명을 발표하고, 이를 바탕으로 양국은 안정적이고 신뢰할 수 있는 핵연료 공급망 개발과 함께 민간 원자력 분야에서의 협력을 더욱 심화하겠다는 공동 의지를 재확인함.

② 미국 정부, 필리핀 정부와 원자력 협력 강화 발표

- 2022년 11월 21일~22일 Harris 미국 부통령은 필리핀을 방문하여 양국 간 동맹관계 강화를 위한 새 협력 추진체(Initiative) 창설을 발표하고, 원자력을 포함한 에너지안보와 지속 가능한 인프라 개발을 위해 상업원자력 분야 협력을 위한 123 협정(123 Agreements)* 협상에 착수할 계획임.

※ 123 협정(123 Agreements)은 미국이 상대국과 원자력협정 체결 시 준수해야 할 내용으로, 미국이 원자력 원천 기술을 제공하는 대신 핵무기 확산 방지를 위해 우라늄 농축 금지와 사용후핵연료 재처리 금지, 그리고 국제원자력기구(IAEA)의 원전 시설 특별사찰 허용 등의 사항을 골자로 함.

③ GEH, BWRX-300 표준설계 개발 및 보급을 위해 캐나다 OPG · 폴란드 화학기업과 5천 억 원 규모 투자 협정 체결

- 2023년 3월 24일 미국 GE Hitachi Nuclear Energy(GEH)는 Tennessee Valley Authority (TVA)와 Ontario Power Generation(OPG), 그리고 폴란드 화학기업인 Synthos Green Energy(SGE)와 함께 BWRX-300 SMR의 표준설계 개발 및 보급을 위한 기술협력 협정을 체결함. 협정 체결을 바탕으로 각 기업은 BWRX-300의 표준 설계를 포함한 원자로 압력 용기 및 내부 주요 구성 요소에 대한 상세 설계 개발에 투자할 예정이며, 전체 예상 개발 비용은 총 4억 달러(약 5천억 원)가 필요할 것으로 전망됨.

④ 미국 초소형 원자로 개발사 Last Energy, 영국과 폴란드에 SMR 34기에 대한 PPA 체결

- 2023년 3월 22일 20MW 규모의 PWR 기반 SMR을 연구 개발 중인 Last Energy는 영국과 폴란드를 포함한 4개 산업 파트너와 자사가 개발 중인 SMR PWR-20 34기의 전력구매 계약(PPA)을 확보함. Last Energy는 폴란드 남서부에 있는 키토비체 특별경제지구(Katowice Special Economic Zone, KSSE)와 20MW 발전소 10기에 대한 PPA를 체결 하였으며, 3개의 산업 파트너십(UK Projects) 일환으로 영국에 24기의 SMR에 대한 PPA도 체결함.

⑤ X-energy, 화학기업 Dow와 고온가스로 Xe-100 공동 개발 협약 체결

- 2023년 3월 1일 미국 화학기업인 Dow는 고온가스로를 개발 중인 X-energy와 Gulf Coast에 위치한 부지 한 곳에서 Xe-100(80MW) 4기의 개발 및 실증을 위한 공동개발 협약(Joint Development Agreement, JDA)을 체결함. 이번 협약을 통해 최대 5천만 달러(약 659억 원) 규모를 투자한 기술개발을 바탕으로 NRC로부터 원자로 건설 허가 발급을 목표로 함.

⑥ TerraPower · Holtec, 기존 석탄화력발전소 활용한 SMR 건설 추진 계획 발표

- 2023년 1월 9일 TerraPower는 소듐냉각 고속원자로인 Natrium의 신규 건설 부지로 West Virginia주 Glasgow에 있는 폐쇄된 석탄화력발전소를 고려 중임을 밝히고, Wyoming주 Kemmerer시에 위치한 석탄화력발전소 대체 또한 추진 중임을 발표함.

- Vogtle 3호기 상업운전 개시 올해 2분기로 예상
 - 작년 10월 연료 장전 당시 운영사인 Georgia Power는 2023년 1분기에 상업운전을 예상했으나, 시운전 중에 냉각장치에서 발생한 진동 및 펌프 작동 문제로 상업운전 일정을 기존 올해 1분기에서 올해 2분기로 재연기함.
 - 2023년 3월 6일 Georgia Power는 Vogtle 3호기가 최초 임계를 달성했다고 밝혔으며, 4월 1일 해당 호기가 전력망에 연결되어 최초로 발전을 시작했다고 발표함.
 - 한편, Vogtle 4호기(1,117MW, PWR)는 2023년 3월 21일 고온기능시험(Hot Functional Testing)에 착수함.
 - Vogtle 3·4호기의 초기 건설비용은 140억 달러(약 18.5조 원)로 예정되어 있었으나, 현재 총비용은 340억 달러(약 44.3조 원)를 웃돌 것으로 예상됨.

● 캐나다

■ 현황

- 캐나다는 2023년 4월 기준 19기의 원자로(13,624MW)를 가동 중이며, 6기의 원자로(2,143MW)가 영구 정지되었음.
- 2021년 캐나다의 총 발전량은 643.8TWh이며, 수력 59%, 원자력 14%, 가스 12%, 풍력·태양광·지열 6%, 석탄 6%, 바이오매스 2% 등임.⁷⁾

■ 원자력 관련 주요 정책

- 캐나다 연방 인프라 은행, OPG의 SMR 프로젝트에 1조 원 규모 지원
 - 2022년 10월 25일 캐나다 인프라 은행(Canada Infra Bank, CIB)은 OPG가 Darlington 원전 부지 인근에 건설을 추진 중인 GEH의 BWRX-300 건설 프로젝트 1단계에 9.7억 캐나다 달러(약 9천 500억 원)⁸⁾를 투자하기로 합의했다고 발표함.
 - 이번에 합의된 1단계 투자에는 건설 전 사전 요구 사항이 모두 포함되며 구체적으로는 설계, 시공 준비, 장시간이 소요되는 주요 부품의 구매, 계통연계, 디지털 전략 실행, 프로젝트 운영비용 등이 포함됨.
- 캐나다 정부, SMR 개발·보급·안전규제 역량과 원전 계속운전 및 공급망에 적극 지원
 - ① 2022년 하반기 SMR 기술개발 투자에 대한 세액공제 및 규제기관 역량 강화 지원 발표

7) Enerdata Country Energy Report—Canada, pp. 22, (2022.11.)

8) 캐나다 내용 전체 2023년 4월 28일 환율 기준(1달러=985원)

- 2022년 11월 캐나다 연방 정부는 2022년 가을 경제 성명서(2022 Fall Economic Statement)에서 청정에너지 기술 부문에 SMR을 포함시킴. 이번 성명서에는 SMR을 포함한 태양광 발전, 집중형 태양열, 풍력 및 수력과 같은 발전 시스템 등을 대상으로 세액공제를 적용할 계획임.
- 현재 제안된 투자 세액공제안에 따르면 2023년 혹은 2024년부터 5년간 67억 캐나다 달러(약 6.6조 원)가 소요될 것으로 예상되며, 그 중 '캐나다 영향 평가 기관(Impact Assessment Agency of Canada)'과 캐나다 원자력안전위원회(CNSC)의 역량 강화와 평가 효율성 개선을 위한 지원금을 포함하고 있음.

② SMR 공급망 및 방폐물의 안전한 연구개발 지원책 발표

- 2023년 2월 23일 캐나다 정부는 향후 4년간 총 2,960만 캐나다 달러(약 291억 원)를 SMR 공급망 개발과 SMR에서 발생하는 방사성폐기물의 안전한 관리 연구개발 지원을 위해 Enabling SMR 프로그램을 발표함.
- 이번 프로그램은 캐나다 천연자원부가 탈탄소화 및 경제개발계획의 일부로 추진 중인 SMR의 제작·연료 공급망 개발과 함께, 프로그램에 선정된 기관 혹은 단체에 SMR이 화석 연료를 대체하고 기후변화 완화에 기여하도록 하는 조건 및 규제체계 지원을 목적으로 함.

③ 2023년도 연방 예산안에 SMR 기술개발 및 원전 계속운전 투자, 원전기자재 제조에 대한 세액공제 포함

- 2023년 3월 28일 캐나다 정부는 2023년 연방 예산안(Federal Budget 2023) 발표를 통해 자국 내 에너지안보 강화와 청정에너지 전환에 필요한 계획을 제시함. 이번 예산안에는 SMR과 모든 규모의 원전에 적용할 수 있는 세액공제, 원전에서 생산된 전력에 대한 생산 세액공제, 그리고 청정 기술의 제조 및 기자재 공급이 포함됨.
- 이번에 새로 도입된 투자세액공제(Investment Tax Credit, ITC)에 따라 SMR과 대형 원전 건설 및 주요 설비개선 프로젝트에 대해 설비 규모와 관계없이 15%의 투자세액공제를 받을 수 있으며, 이는 2022년에 도입된 청정기술 투자세액공제(Clean Technology Investment Tax Credit)와는 별개임. 해당 예산안에는 청정에너지 기술의 제조, 핵심 광물의 추출과 가공 및 재활용에 대한 30% 투자세액공제를 새롭게 추가함.

■ 주요 이슈

- 캐나다, SMR과 차세대 원자로 개발·공급망 구축·규제 마련을 위한 협력 활발

① 캐나다 OPG, 원자력 공급사들과 BWRX-300 건설을 위한 계약 체결

- 2023년 1월 27일 캐나다 발전사 OPG(Ontario Power Generation)는 캐나다 SNC-Lavalin과 Aecon, 그리고 미국 GE Hitachi Nuclear Energy와 Ontario 주 Darlington 부지에 GE-Hitachi의 BWRX-300 건설을 위한 계약을 체결함.
- 이번 계약을 통해 OPG 및 참여사들은 각자의 전문 분야에서의 역량을 바탕으로 BWRX-300의 초도호기 완공을 위해 협업할 것으로 기대됨.
- ② X-energy, Alberta 주 투자기관 공급망 개발을 위한 MOU 체결
 - 2023년 1월 30일 고온가스냉각로 기반의 SMR인 Xe-100을 개발 중인 업체 X-energy 캐나다는 Alberta 주 투자유치기관인 Invest Alberta(IAC)와 Alberta 주 내 Xe-100의 상용화를 목표로 한 양해각서(MOU)를 체결함.
- ③ 캐나다·영국 규제기관, 차세대 원자로 규제개발을 위한 협력 계획 발표
 - 2023년 1월 캐나다 원자력안전위원회(CNSC)와 영국 원자력규제청(ONR)은 2020년 10월 차세대모듈형원자로(SMR 및 AMR) 기술 검토와 관련한 사례 경험을 공유하기 위해 체결한 협력각서(MOC)를 바탕으로 첨단모듈형원자로(AMR)의 설계 및 기술 검토와 사전 인허가 검토, SMR의 안전성 보장과 관련한 규제 접근방법 개발 협력 활동에 대한 구체적인 협력 사항을 담은 위임사항(Terms of Reference)에 합의함.
 - 이번 위임사항에는 수냉식(water-cooled) 및 비수냉식 원자로 관련 업무 및 기술 검토 처리 방법에 대한 공동 개발, 원자로 설계 평가와 함께 사전인허가 활동 협력, 그리고 차세대 원자로와 같은 새로운 기술을 다루기 위한 연구 및 규제 방법 개발의 논의가 포함됨.
- ④ 캐나다 원자력안전위원회(CNSC), BWRX-300 중심으로 한 폴란드 원자력청과 SMR 규제 협력
 - 2023년 2월 13일 CNSC와 폴란드 원자력청(PAA)은 SMR 기술 검토와 관련한 사례 경험 공유, 효율적인 차세대 원자로 설계 검토 및 사전인허가 활동 협력, 그리고 SMR 개발에 필요한 기술의 안전성 및 고려사항 해결 등을 위해 협력각서(Memorandum of Cooperation, 이하 'MOC')를 체결함.
 - 이번에 체결된 MOC에서는 GE Hitachi의 BWRX-300 기술 검토 및 정보 교환에 중점을 두고, SMR 기술 검토의 모범 사례와 경험 공유에 대한 협약 체결이 포함됨.
- 캐나다, BWRX-300 건설을 위한 허가 신청 및 사전인허가 절차 사실상 마무리
 - 2022년 11월 캐나다 원전 운영사 OPG는 Darlington 원전(총 3,512MW, PHWR 4기) 부지에 SMR인 BWRX-300(300MW, BWR)을 건설하기 위한 건설 허가 신청서를 CNSC에 제출함.
 - 2022년 10월 초 OPG와 BWRX-300 개발사 GE Hitachi(GEH)는 SMR 건설을 위한 부지 정비 작업을 시작하였으며 해당 작업은 2025년까지 지속될 예정임. OPG는 해당 노형에 대한 최종투자결정을 2024년까지 내릴 계획이며, 2028년부터 가동을 목표로 함.

- 또한 2023년 3월 15일 CNSC는 2020년 GEH가 제출한 BWRX-300 SMR에 대한 사전인허가 절차인 공급자설계평가(Vendor Design Review, VDR) 중 2단계까지 완료함.
- VDR 1·2단계 목적은 GEH가 CNSC의 규제요건을 이해하고 있는지 파악함과 동시에 원자로 설계가 규제요건을 충족하는지를 판단하는 데 있으며, 3단계에서는 제조업체가 2단계 결과를 바탕으로 설계와 관련한 후속 조치를 할 수 있도록 함.

3. 아시아 및 아프리카

● 일본

■ 현황

- 2023년 4월 기준 운영 중인 원자로는 33기(31,679MW)이고, 2기(2,653MW)^{*}를 건설 중임. 후쿠시마 사고 후 도입된 신규제 기준에 따른 적합성 심사를 운영 중 25기, 건설 중 2기 총 27기가 신청했으며, 이 중 10기가 상업운전을 재개함.
 - ※ IAEA PRIS 자료에 기반한 기수이며, 일본 경제산업성 공식 자료에서는 건설 중 원전이 총 3기로 후쿠시마 사고 직전인 2011년 1월 착공(공사인가일 기준)하고 3월 동일본대지진으로 건설 중단한 도쿄전력 히가시도리원전 1호기(1,385MW, ABWR)를 포함해 계산함.⁹⁾
- 후쿠시마 사고 후 상업운전을 시작하기 위해서는 적합성 심사 합격과 안전 대책 공사 완료, 지역 동의, 사용 전 사업자 검사^{*} 절차를 완료해야 함.
 - ※ 기존에는 사용 전 검사였지만 2020년 4월부터 사용 전 사업자 검사로 변경됨. 사용 전 검사는 규제위가 주체가 되어 검사하고 검사 합격 시 합격증을 배부했음. 반면 사용 전 사업자 검사는 사업자가 주체가 되어 검사를 시행하고, 검사 기간 중 일정 빈도로 정부 검사관으로 구성된 규제위의 팀 검사를 받음.¹⁰⁾
- 적합성 심사는 ① 원자로 설치 변경 허가 심사(이하 '안전 심사'), ② 공사계획 인가 심사, ③ 보안규정 인가 심사로 구성되며, 4월 26일 기준 ① 안전 심사를 통과한 원자로는 상업 운전을 재개한 10기를 포함해 총 17기임. 17기 중 최초 가동 시작 후 40년이 경과한 원자로가 4기이며 이 중 1기는 2021년 7월부터 상업운전 중임.
- 후쿠시마 원전 사고 직전인 2011년 2월 말 운영 중이던 원자로는 54기였고, 원전 사고 후 현재까지 영구 정지된 원자로 21기(15,255MW)임.
- 2021년 총발전량은 1,056TWh로 이 중 원자력이 6.7%, 가스 33.6%, 석탄 30.4%, 수력 8.5%, 태양광 8.4%를 차지함.¹¹⁾

9) 資源エネルギー庁, 今後の原子力政策について, (2022.02.24.)

10) 東京電力 使用前事業者検査について(2020.08.)/あなたの静岡新聞 浜岡停止10年 正念場の新規制審査(2021.05.16.)

11) Enerdata, Country Energy Report Japan(2022.12.)

〈2023년 4월 기준 일본 원전의 적합성 심사 현황(일본 자료 기반)〉

원전 보유 형태	후쿠시마 사고 직전 2011년 2월 말 기준 운영 원자로 수	영구 정지 및 적합성 심사 추진 현황		최종 결정 내역 (2023.4.)	
상업용 원자로 (총 57기)	총 54기	상업로 57기 중 영구 정지 결정 (24기)	후쿠시마 사고 이전 (3기)	- 도카이 원전(1998.03.31. 폐쇄) - 하마오카 1·2호기(2009.01.30. 폐쇄)	
			후쿠시마 사고 (2011.3.11.) 이후 (21기)	- 후쿠시마 제1원전(6기) - 적합성 심사 추진 없이 영구 정지 결정(15기)	
		2022년 4월 운영 중 원자로 (33기)	• 적합성 심사 신청(25기)	• 적합성 심사 통과 (14기)	- 가동 재개(10기) ※가동 재개 : 적합성 심사 통과와 안전 대책 공사 완료, 사용 전 검사 합격, 지역 동의가 필요함. ※1기(미하마 3)는 40년 이상 된 원자로임.
					- 가동 재개에 필요한 지역 동의 등 후속 절차 진행(4기) ※2기(다카하마 1·2)는 40년 이상 된 원자로이며 지역동의를 받아 2023년 6월 과 7월 시운전 과정 중 하나인 계통연계를 예정 중임.
				• 적합성 심사 중 (11기) ※ 적합성 심사는 안전 심사 허가, 공사계획 인가, 보안규정 인가로 구성됨.	- 안전 심사 통과 후 남은 심사 중 (3기) ※1기(도카이 제2)는 40년 이상 된 원자로임.
	• 적합성 심사 신청 미결정(8기)	- 안전 심사 미통과 (8기)			
				- 가동 중단 후 처리 방침 미결정(8기)	
- 건설 중 원자로(총 3기)		• 적합성 심사 신청(2기)		- 오마 원전, 시마네 3호기	
		• 적합성 심사 신청 미결정(1기)		- 히가시노리 원전 1호기	

※ 적합성 심사를 모두 통과한 원자로는 14기이며 이 중 10기는 재가동(간사이전력 다카하마 3·4호기, 오이 3·4호기, 미하마 3호기, 규슈전력 센다이 1·2호기, 겐카이 3·4호기, 시코쿠전력 이카타 3호기)했고, 4기[도쿄전력 가시와자키 가리와 7호기, 간사이전력 다카하마 1·2호기(두 호기 모두 40년 이상 경과함), 오나가와2]는 재가동에 필요한 후속 절차 단계에 있음.

※ 후쿠시마 사고 후 원전의 가동 재개 : 적합성 심사[원자로설치변경(통칭 안전 심사) 허가, 공사계획 인가, 보안규정 인가로 구성] 통과와 안전 대책 공사 완료, 사용 전 사용자 검사 확인, 지역 동의가 필요함.

자료 : 日本原子力産業協会 ‘原子力発電所の運転・建設状況(2023.04.07.)’, 日本原子力規制委員会 ‘新規基準適合性審査 運転期間延長及び廃止措置の現状(総括表)’ (2023.04.05.)과 日本原子力規制委員会 ‘原子力発電所の現在の運転状況(최종검색 2022.10.26.)’, 세계 원전시장 인사이트 최신 자료를 토대로 작성

■ 원자력 관련 주요 정책

- 일본 정부는 2021년 10월 발표한 제6차 에너지기본계획(이하 ‘에기본’)에서 2050년 탄소중립을 목표로 한 3E+S* 1원칙에 따라 2030년 발전량에서 재생에너지 비중을 36~38%, 원자력 20~22%, 화력은 41%(LNG 20%, 석탄 19%, 석유 등 2%)로 설정함.
※ 1 3E+S: 3E는 Energy Security, Economic Efficiency, Environment, S는 Safety.
- 이후 2022년 러-우 전쟁으로 일본에서 에너지 가격이 급등하고, 전력 수급 환경이 악화되자 기시다 총리는 2022년 7월 Green Transformation(GX) 실행 회의를 설치하여 관계부처와 에너지 수급 구조의 전환 및 2050 탄소중립 달성을 위한 논의를 시작함.
- 2022년 12월 22일 개최된 마지막 GX 실행 회의에서는 향후 10년간 일본이 탈탄소, 에너지 안정 공급, 경제성장을 동시에 달성하기 위한 정책 로드맵인 ‘GX실현을 위한 기본 방침(이하 ‘GX 방침’)’ 최종안을 수립해 1월까지 최종안에 대한 국민 의견 수렴 절차를 진행하였음.
- 국민 의견 수렴 후 일본 정부는 2023년 2월 10일 GX방침 확정본을 발표했고, 2023년 2월 28일에는 GX 방침 추진에 필요한 현행 제도 정비를 위해 관련 법 개정안을 국회에 제출하여 현재 국회가 상정된 법안을 심의 중임.
 - 확정된 GX 방침에서는 원자력 등 에너지 안전 보장에 기여하고 탈탄소 효과가 큰 전원을 최대한 활용하고, 해체 원전 부지 내 선진원자로 대체 건설 추진 구체화, 원전 안전성 향상에 필요한 사업 환경 정비, 인력 양성과 공급망 강화를 위한 지원을 확충하겠다고 밝힘.
 - 또한, 기존 원전을 가능한 한 활용하기 위해 규제위의 엄격한 안전 심사 시행을 전제로 원전 운전 기간 관련 체제를 새롭게 정비할 계획이라고 밝힘. 원전 운전 기간은 현행대로 상한 60년을 유지하지만, 심사 등으로 가동 중단한 기간은 추가 가동을 허용하고, 원전 해체 효율화를 위한 지식 공유와 해체 자금을 확보하기 위한 구조도 정비하겠다고 밝힘.
 - 순환형 핵연료 주기, 방사성폐기물 최종처분실현을 위해 정부가 국민 수용성을 제고, 방폐물 최종 처분 1단계 조사 수용 지자체에 대한 범국가적인 지원 체제를 구축할 계획이라고 밝힘.
- 한편, 일본은 사용후핵연료 재처리 후 원전 연료로 재사용하는 순환형 핵연료 주기(Closed-loop Fuel Cycle) 정책을 추진 중이지만, 이 정책의 핵심 시설인 재처리시설의 완공 지연으로 각 원전 운영사는 재처리시설 완공 때까지 사용후핵연료 저장 시설을 확보해야 함.
 - 2022년 12월 도쿄전력이 후쿠시마 제2원전의 원활한 해체 작업을 위해 2025년 후쿠시마 제2원전 고지대에 사용후핵연료 건식 저장시설을 착공할 계획이라고 발표함.

■ 주요 이슈

- 일본 내각부, GX 방침 추진에 필요한 현행 제도 정비를 위해 관련 법 개정안 국회 제출
 - 2월 28일 GX방침에 따른 제도 변경에 필요한 관련 법 개정안이 국회에 제출되었으며, 원전과 관련해 ‘원자력기본법, 전기사업법, 원자로 등 규제법^{*}, 원자력발전의 사용후핵연료 재처리 등 실시에 관한 법률’ 개정안이 제출됨.

※ 핵연료물질, 핵연료물질 및 원자로 규제에 관한 법률의 약어임.

- 일본에서는 원전 운전 기간 관련 체제를 새롭게 정비하겠다는 GX 방침에 따라 현재 원자력 규제위원회가 단독 심사 중인 계속운전을 원전 이용 면에서는 경제산업성이 인가하고, 기술적 안전성에 대해서는 규제위가 인가하는 구조로 정비할 계획임.
- 이에 따라 원전 운전 기간 규정을 기존 원자로 등 규제법(규제위 소관)에서 삭제하고, 전기사업법(경제산업성 소관)으로 이관함. 또한, 원전 관련 모든 시책의 근거법인 원자력기본법도 개정하여 원전 운전 기간 규정의 전기사업법 신설 근거를 강화함.¹²⁾
- 더불어 원전 해체 효율화를 위한 지식 공유와 해체 자금을 확보하는 제도를 정비하기 위해 원자력발전의 사용후핵연료 재처리 등 실시에 관한 법률 개정안도 제출됨.

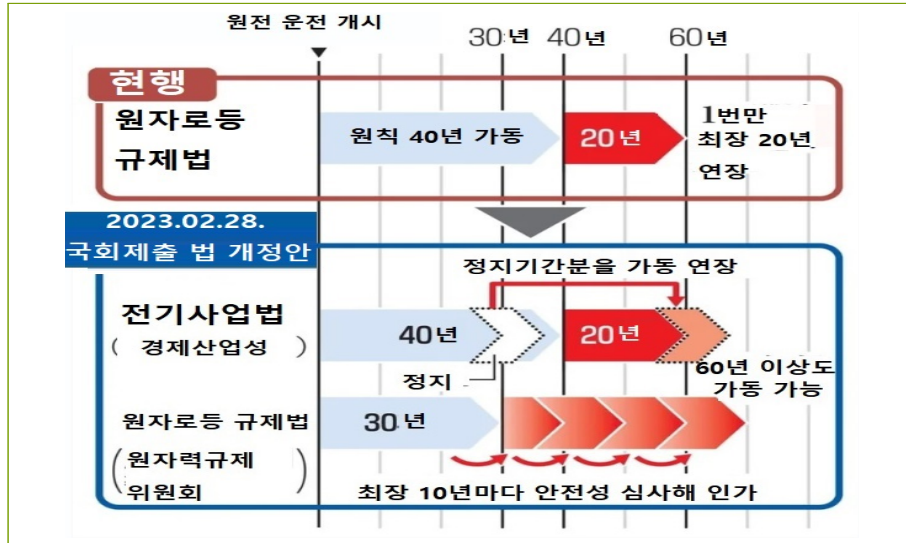
〈2023년 2월 28일 일본 국회 제출 원전 관련 법 개정안 주요 내용〉

① 원자력기본법	【신설】 정부의 책무 등 · 국가는 탈탄소 촉진·안정적인 전력 공급 확보를 위해 원전을 활용하여 안정적인 이용을 도모할 책무가 있고, 전기사업 관련 제도 개혁이 시행되는 상황에서도 국가는 원전에 대한 안전 투자와 안정적인 사업 운영이 가능한 환경을 정비한다는 내용 등 【참고】 원전 규제 최상위법으로 원자력 이용 기본 방침을 정의
② 전기사업법	【신설】 원전 운전 기간 규정 · 기본 40년 가동 후 경제산업대신이 안정적인 공급 확보 등 원전 이용 필요성을 검토해 20년 계속운전을 인가 - 단, 심사나 사법부 명령 등으로 정지한 기간은 60년 계산에서 제외 【참고】 경제산업성 소관 법률
③ 원자로 등 규제법	【삭제】 운전기간 관련 규정 【신설】 원전 장기운전 시 기술적 적합성을 확인하는 규정 · 30년 이상 원전을 가동할 사업자는 이후 최대 10년의 기간에 대해 설비 안전면에서 규제위의 인가를 받아야 함. · 인가 기간 이후에도 사업자가 운전을 희망하면 매 최대 10년에 대해 심사 신청할 수 있음. 【참고】 원자력규제위원회 소관 법률
④ 원자력발전의 사용후핵연료 재처리 등 실시에 관한 법률	【추가】 사용후연료 재처리기구의 업무에 일본 각지에서 진행되는 원전 해체 작업의 총괄과 해체자금 관리 등을 추가 【신설】 원전사업자는 재처리기구에 해체 각출금을 의무적으로 납부

자료: 세계원전시장 인사이트 2022.12.30., 2023.03.03., 朝日新聞, 原発運転延長に絡み「原子力の憲法」も改正 原発優遇の根拠にも?(2023.02.28.), 일본 経済産業省 웹사이트 게재된 국회제출 법 개정안(2023.02.28.)을 토대로 편집·작성

12) 朝日新聞, 原発運転延長に絡み「原子力の憲法」も改正へ原発優遇の根拠にも?(2023.02.28.)

〈2023년 2월 28일 일본 국회에 제출된 개정안에 따른 원전 운전 기간 제도〉



자료: 共同通信 利用優先で原発60年超運転へ (2023.02.28.)

• 일본 사고 저항성연료(ATF) 개발 현황

- 일본에서는 2015년부터 사고 저항성 연료(Accident-Tolerant Fuel, 이하 ‘ATF’)*를 본격적으로 개발했고, 문부과학성과 경제산업성의 지원을 통해 Toshiba와 Hitachi-GE Nuclear Energy가 BWR용, Mitsubishi중공업이 PWR용 ATF를 개발 중이며 2035년 이후 실용화를 목표로 함.

* ATF는 냉각이 불가능해졌을 때부터 핵연료가 녹을 때까지의 시간을 지연시켜 냉각수를 확보하는 등 사고 대응 시간의 확보와 최대한 수소 발생을 억제해 폭발 위험을 줄여줌.

- 일본원자력연구개발기구는 ATF의 공통 기반기술 개발과 사업자 간 연계, 프로젝트 정리, 새로 채택할 연료가 원자로 내 고온·고압 환경에서 장기간 방사선에 조사(照射, Irradiation)될 시 성능 저하 여부를 확인하는 등 재료 안전성평가 관련 기초연구를 담당함.
- 일본이 개발 중인 ATF는 지르코늄합금의 약점을 극복하는 데 주안을 두고 있으며 ATF 후보 재료의 경우 지르코늄합금을 ① 크롬으로 코팅해 강도와 내열성을 강화한 ‘크롬코팅피복관(PWR용, Mitsubishi중공업/Mitsubishi원자력연료)’, ② 내열성이 우수한 개량 스테인리스강(Stainless Steel)으로 대체한 ‘개량 스테인리스강 피복관’(BWR용, Hitachi-GE·GNF-J), ③ 내열성이 우수해 산화되지 않는 세라믹 재료(탄화규소복합재료)로 대체한 ‘탄화규소연료피복관’(BWR·PWR용, Toshiba ESS 등)이 있음.
- 한편, 일본 내에서는 실제 원자로에서 방사선을 장기간 조사(照射, Irradiation)할 수 있는 실험로가 없어 미 에너지부와 연계해 에너지부 산하에 있는 아이다호국립연구소(INL) 실험로(ATR)에서 방사선 조사(照射, Irradiation)시험을 시행할 예정임.

• 일본 전력사, 40년 이상 원전 가동위한 계속운전 신청

- 일본 규슈전력과 간사이전력은 후쿠시마 사고 후 신규제 기준 적합성 심사를 통과해 상업 운전 중인 센다이 1·2 호기(각 846MW, PWR)와 다카하마 3·4 호기(각 830MW, PWR)를 40년 이상 계속운전 할 계획임.
- 현행법에서 일본의 원전은 최초 상업운전일에서 원칙 40년 가동할 수 있으며 1회에 한정해 20년 계속운전 가능함. 계속운전 시에는 가동 40년이 되는 해의 최소 1년 전까지 규제위에 신청을 완료해야 해, 상기 4기는 2023~2024년까지 계속운전을 신청해야 함.
- 2022년 10월 규슈전력은 센다이 1·2 호기에 대한 계속운전을 신청했고, 간사이전력은 11월 25일 다카하마 3·4 호기의 계속운전 신청을 결정했다고 발표함. 간사이전력은 이미 미하마 3 호기(780MW, PWR), 다카하마 1·2 호기(각 780MW, PWR)의 계속운전 인가를 받은 실적이 있음.
- 한편, 계속 운전 인가 제도는 2023년 2월 발표된 GX 방침에 따라 향후 이용 관점에서는 경제산업성이 인가하고, 기술적 관점에서는 규제위가 인가하는 형태로 변경될 예정이며, 현재 국회에서 제도 변경을 위한 관련 법 개정안을 심의 중임.

〈최초 상업 운전 시작 후 약 40년이 도래하는 일본의 원전 현황〉

원전 운영사	발전소 (소재지)	가동 개시일 (상업 운전 기준)	출력 (MW)	계속운전 신청	계속운전 인가	가동 중
간사이전력	다카하마 1 (후쿠이현)	1974년 11월	780	2015년 4월	2016년 6월	
	다카하마 2 (후쿠이현)	1975년 11월	780			
	미하마 3 (후쿠이현)	1976년 12월	780	2015년 11월	2016년 11월	○
	다카하마 3 (후쿠이현)	1985년 1월	830	2022. 11. 25. 간사이전력이 계속운전 신청 결정		
	다카하마 4 (후쿠이현)	1985년 6월	830			
일본원자력발전	도카이 제2 (이바라키현)	1978년 11월	1060	2017년 11월	2018년 11월	
규슈전력	센다이 1 (가고시마현)	1984년 7월	846	2022년 10월		
	센다이 2 (가고시마현)	1985년 11월	846			
도쿄전력	가시와자키 가리와 1 (니카타현)	1985년 9월	1,067			

자료: 毎日新聞(2022.10.13.) 자료와 PRIS(최종 검색 2023.04.23.) 순용량을 토대로 작성.

• 일본 하마오카 1·2호기, 방폐물 처리 효율화 위해 원자로 해체 착수 1년 연기

- 2023년 3월 13일 주부전력은 하마오카 1·2 호기(각 515·806MW, BWR)의 해체 3단계 공정인 원자로 본체 해체 착수에 앞서 저준위 방폐물*의 보관법 효율화를 검토하기 위해 3단계 공정 착수시기를 2023년도에서 2024년도로 연기했으며, 해체 완료 목표 시기인 2036년도는 유지한다고 밝힘.

- 두 원자로의 해체 예상 비용은 총 840억 엔(약 8,342억 원)¹³⁾으로 일본에 본사를 둔 Hitachi-GE가 2005년 계통제염작업을 수주해 해체에 참여 중임.

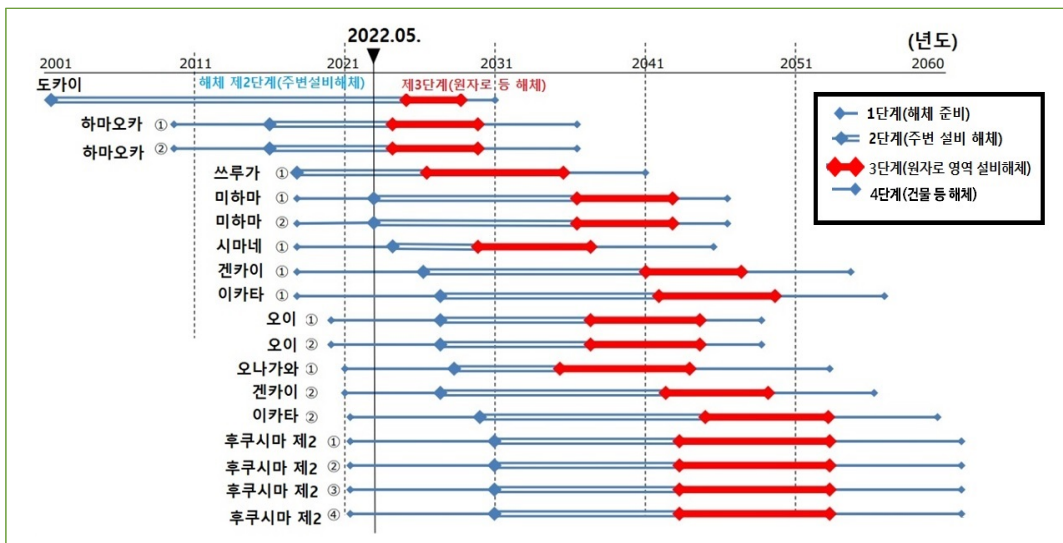
※ 일본의 저준위 방폐물은 오염 수준에 따라 L1(상대적 고준위), L2(상대적 저준위), L3(극 저준위)로 구분됨. L1의 경우 심층 처분되며, 한국의 중준위 방폐물에 해당함. 원전 해체폐기물 처분 책임은 사업자에게 있음.

- 일본의 원전 해체는 보통 총 4단계로 진행되며 1단계에 오염 상황 조사와 사용후핵연료 반출을, 2~4단계에 원자로 격납 용기 주변 설비 해체와 건물 철거를 진행함.

- 일본 내에서는 사고로 해체 중인 후쿠시마 제1원전(6기 총 4,546MW, BWR)을 제외한 해체 원전 18기 중 하마오카 1·2호기의 해체가 선행하여 진행되고 있음. 하마오카 1·2 호기 이외에 해체 2단계 공정을 진행 중인 상업로는 도카이원전(137MW, GCR), 쓰루가 1호기(340MW, BWR), 미하마 1·2호기(각 320·470MW, PWR) 총 6기임.

- 한편, 도카이원전이 하마오카 1·2호기보다 8년 먼저 해체에 착수하였으나, 현재 해체 2단계 공정을 진행 중이며 방폐물 처분 문제로 3단계 공정인 원자로 해체에 착수하지 못하고 있음. 일본이 해체를 완료한 원전은 시험로인 JPDR(12MW, BWR) 1기가 유일함.

〈일본 내 원전 해체 진행 상황〉



자료: 資源エネルギー庁 着実な廃止措置に向けた取り組み(2022.05.30.)

13) 일본 내용 전체 2023년 4월 23일 환율 기준 적용(1엔=9.93원)

- 일본 규제위, 전력사의 시카원전 중단층 반박 주장 인정

- 2023년 3월 3일 원자력규제위원회는 시카 2호기(1,613MW, ABWR) 재가동을 위한 적합성 심사 중 원전 부지 내 중단층 여부 확인 심사에서 해당 원전 부지 내 10개의 중단층이 중단층이 아니라는 호쿠리쿠전력의 주장을 인정함.
- 후쿠시마 사고 이후 제정된 신규제기준에서는 후기 플라이스토세(Late Pleistocene, 약 12만 년~13만 년 전)부터 최근까지 활동한 적이 있는 중단층을 중단층이라 하며, 적합성 심사서 원자로 등 중요시설 바로 아래에 중단층이 존재할 경우 원전 가동이 불가능함. 시카원전은 후쿠시마 사고 후 규제위의 적합성 심사가 도입되기 전인 2014년 원자로 바로 아래 중단층의 활동성을 부정할 수 없다는 전문가 지적을 받은 바 있음.
- 이에 따라 호쿠리쿠전력은 반박 증거 수집에 약 100억 엔(약 993.1억 원)을 투입해 지층에 포함된 광물 상태로 중단층의 활동 연대를 파악하는 최신 검증 방법을 활용하여 중단층을 부정했으며, 규제위는 해당 반론이 타당하다고 인정함.
- 현재 재가동을 위한 적합성 심사 신청 원전 중 부지 내 중단층 여부를 확인 중인 원전은 일본원자력발전의 쓰루가 2호기(1,108MW, PWR)가 있으며, 2023년 4월 5일 심사 자료에서 잇따른 오류가 발견되어 규제위가 심사 중단을 선언함.

- 일본, 선진원자로 개발 추진... 경수로 기반의 선진원자로 개발 우선 착수

- 일본은 2월 10일 개량형 경수로*와 소형경수로, 고속로, 고온가스로, 핵융합로의 2040~2050년 이후를 전망한 연구개발, 설계, 제작·건설, 운전 등이 포함된 선진원자로 개발 공정 로드맵을 공개함.

※ 로드맵에서는 개량형 경수로를 선진 경수로라고 표현했으며, EPR, AP1000과 같은 자연 순환과 압력 차를 통한 냉각 등 피동형 안전 기능을 갖춘 대형 경수로라고 설명함.

① 개량형 경수로

- 로드맵에서는 기술 성숙도에 맞춘 개발을 가속화하겠다고 밝혀, 기술 성숙도가 가장 높은 것으로 평가되는 개량형 경수로는 우선 개발될 전망이다.
- 현재 개량형 경수로는 2030년대 실용화를 목표로 Mitsubishi중공업이 자사 PWR 기반 선진 경수로인 'SRZ-1200'을 간사이전력, 홋카이도전력, 시코쿠전력, 규슈전력과 공동 개발 중임. 5개사는 SRZ-1200의 개념설계를 확보해 현재 기본설계를 추진 중으로 설계 단계부터 일본 신규제기준에 부합하도록 방호·방재 능력을 향상시키고, 재생에너지와 상생할 수 있도록 출력 조정 기능도 강화시킬 계획임.
- 또한, Mitsubishi 중공업은 선진원자로에 활용될 안정적인 신기술 개발 추진을 위하여 2023년 3월 15일 자회사 Mitsubishi 원자 연료가 담당하던 연료·노심·플랜트 설계, 판매 사업을 Mitsubishi 중공업으로 흡수함.

② 그 외 선진원자로

- 로드맵에서는 SMR의 실증로를 2040년대에 가동할 계획으로 상업운전은 그 이후의 시기로 제시함. 고온가스로는 2030년대에, 고속로는 2040년대에 실증로 가동 개시를 설정함.
- 일본은 미국과 2023년 1월 9일 공동 성명을 통해 양국 내에서의 SMR 등 선진원자로의 개발·건설 협력, 제3국에 대한 수출에서 협력을 강화하기로 한 바 있음.
- 고온가스로의 경우 2022년 11월 22일 일본 원자력연구개발기구(JAEA)가 폴란드 국립원자력연구센터(NCBJ)와 NCBJ 부지 내 건설 계획 중인 연구로(열출력 30MW) 기본 설계 기술 협력에 합의했고, 고온가스로 연구로의 기본 설계를 통한 고온가스로의 안전 설계 고도화, 연료와 노심 고도화에 관한 시뮬레이션에서 협력 예정이라고 밝힘.
- JAEA는 2024년까지 연료 제조와 안전 대책 등 관련 기술을 총 약 4억 엔(약 40억 원)에 유상 제공할 방침임.

<일본 GX 실현 위한 선진원자로 로드맵>

<향후 로드맵> 일본의 선진 원자로

· 안전성 확보를 대전제로 새로운 안전 메커니즘에 대응한 선진 원자로의 개발·건설에 나선

										2040	2050
										2030년대	2040년대
기술 성숙도에 맞춘 개발 가속※사업자 등을 대상으로 한 개별 의견 청취를 토대로 '연구 개발을 추진할 때 목표 시기'로 수립한 내용임. (실제로 건설할 경우 원전 운전 개시 시기 등은 입지 지역의 이해 확보를 전제로 사업자가 수립하는 계획에 따라 결정됨)											
목표·전략	개량형 경수로※1	기본설계			상세설계					제작·건설	운전
	※삼용로										
	소형 경수로	개념설계				기본설계		상세설계	제작·건설	운전	
	※삼중로										
	고속로	개념설계					기본설계	상세설계	제작·건설	운전	
	※삼중로										
GX 투자	고온가스로	기본설계				상세설계	제작·건설		운전		
	※삼중로										
	핵융합	개념설계		상세설계					제작·건설		
GX 투자	※원형로										
	선진 원자로 사업 환경 정비와 집중적인 연구 개발 투자										
	개량형 경수로 등을 개발·건설하는 사업환경정비, 선진원자로 개발·건설을 위한 연구개발 기반 정비										
규제·제도	고온가스로·고속로의 실증로에 대한 연구개발·설계 등		고온가스로·고속로의 실증로 개발·건설·운전 등					➡ 향후 10년간 약 1조 엔(약 9.6조 원) 투자			
	에너지 이용에 관한 규제를 통해 도입 촉진										
	장기 탈탄소전원 육성의 도입		장기 탈탄소전원 육성의 순조로운 운영 등 사업환경정비를 통한 도입 촉진								
국제 전략	일본 고도화법의 '비화석전원 비율 달성 의무'를 통한 도입 촉진										
	국제연계를 통한 개발 촉진·해외 시장 획득										
	영일 고온가스로 협력, 미일 고속로 협력, 프랑스-일본 고속로 협력 등을 통한 해외 실증로 프로젝트에 참여, 해외 시장 획득										
국제 전략	경쟁력이 높은 공급자를 통한 해외 진출, 해외 진출 가능한 공급자의 저변 확대								해외 시장 획득		

※1. 로드맵에서는 개량형 경수로를 선진 경수로라고 표현했으며 EPR, AP1000과 같은 자연 순환과 압력 차를 통한 냉각 등 피동형 안전 기능을 갖춘 대형 경수로를 의미한다고 설명함. 새로운 원자로는 기초 연구부터 실험로 → 원형로 → 실증로 → 상업로 단계를 거쳐 개발되며 시험로 건설·가동을 통해 실험적인 자료를 획득하고 실증로나 원형로 단계에서 경제성을 전망한 후 상업로를 통해 양산 단계에 들어감.

자료: 경제산업성(経済産業省) 2023.02.10. 'GX 실현을 위한 기본방침 참고자료(GX実現に向けた基本方針参考資料)'

• 후쿠시마 제1원전의 사고 수습 및 오염수 방류 준비 현황

- 후쿠시마 제1원전에서 도쿄전력은 해체를 위한 공간 확보를 이유로 부지 내 저장시설에서 보관 중인 오염수를 2023년 봄~여름에 해양 방류겠다는 정부 방침에 따라 오염수를 원전 1km 밖 바다에 방류하기 위한 방류 설비 공사와 2027년~2028년도에 1호기에서 핵연료 잔해(debris)를 반출하기 위한 조사를 진행 중임.¹⁴⁾

① 오염수 해양 방류

- 방류 예정 오염수는 방사성 핵종이 일본 정부의 방류 기준※ 미만이 되도록 ALPS(Advanced Liquid Processing System)등 자체 정화 장치로 다중 처리하고, 삼중수소는 물과 화학적 성질이 같아 제거가 불가능해 일본 법정 기준의 40분의 1 미만으로 희석하여 방류할 계획임.

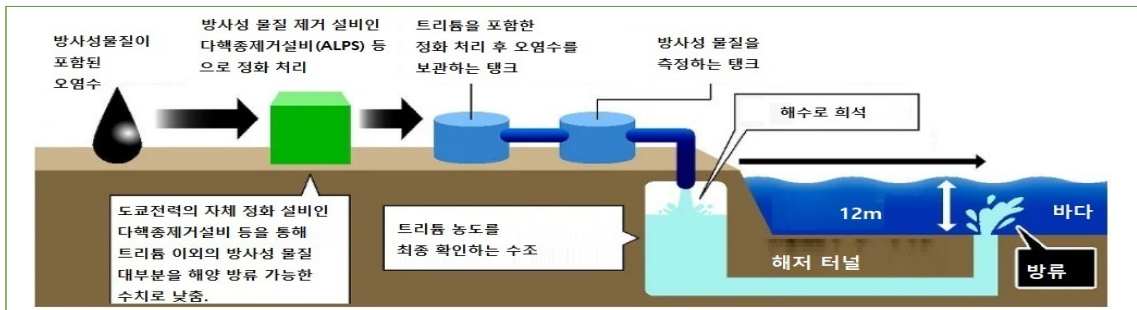
※ 일본 원자력발전소 규제 기준에서는 국제방사선방호위원회(ICRP) 권고에 따라 액체·기체 폐기물에 포함된 방사성물질을 방출할 시, 방사성물질 종류별로 농도한도(濃度限度)가 정해져 있음.

- 오염수 방류 전 방사성 물질이 방류 가능 수준이 되었는지 측정·평가해야 될 방사성 물질 대상은 총 30종(삼중수소 포함)이며, 해양 방류에 필요한 설비 공사가 올봄 완공될 예정으로 일본 정부가 계획한 시기에 방류할 것으로 전망됨.
- 오염수 방류에 대한 안전성은 2021년 8월 일본이 국제원자력기구(International Atomic Energy Agency, IAEA)와 협력하기로 합의함. IAEA는 2022년 중국, 한국, 프랑스, 러시아, 영국 등의 전문가로 구성된 국제 검증단을 일본에 파견해 검증을 실시했고, 2023년 6월 말 최종 보고서를 공개할 예정임.

② 핵연료 잔해를 반출

- 3월 30일 도쿄전력은 최초로 후쿠시마 제1원전 원자로 바로 아래에 로봇을 투입하여 조사를 진행했고, 440t의 압력용기 아래 용기를 지탱하는 콘크리트 구조물(Pedestal)에서 핵연료 잔해로 추정되는 물체를 확인함.
- 도쿄전력은 1호기 내부 상태에 대한 상세 정보를 수집하여 건전성을 평가하고, 사고 분석과 축적물 회수 등을 위한 검토 자료로 활용할 방침임.

〈후쿠시마 제1원전 오염수 해양 방류 계획 개요〉



자료 : 読売新聞(2022.05.18.)을 토대로 편집·작성

14) 東京電力, 廃炉中長期実行プラン(2023.03.30.)

- 일본 사법부, 원전 가동 중지 가처분 신청 잇달아 기각
 - 최근 일본 사법부가 현재 가동 중인 원전의 원전 가동 중단을 요구하는 가처분 신청을 잇달아 기각 중임.
 - 2022년 12월 20일 오사카지방법원은 시민단체가 40년 이상 가동 중인 간사이전력 미하마 3호기(780MW, PWR)에 대해 원전 설비 기능 저하와 내진 성능 부족으로 중대사고가 우려된다고 신청한 가동 중지 가처분을 기각함.
 - 2023년 3월 24일에는 히로시마고등법원이 이카타 3호기(846MW, PWR) 반경 약 60~130km 내에 거주 중인 7명이 이카타 3호기의 안전성 미흡을 주장하며 가동 중단 가처분을 요구한 즉시항고를 기각함.
 - 두 법원은 모두 기각 이유에 대해 규제위의 안전성 평가 방법과 심사에 문제가 없다고 판결함. 더불어 40년 이상 가동한 미하마 3호기에 대해 40년 이상 가동한 원전이라고 해서 신규제 기준에서 규정한 대책 이상으로 엄격하고 신중하게 평가할 필요는 없다고 판결함.

● 튀르키예

■ 현황

- 튀르키예는 지중해 동부 연안 Mersin 주에서 러시아 VVER-1200 1~4호기로 구성된 Akkuyu 원전(총 4,456MW, PWR)을 건설 중이며 1호기는 2023년 중반, 2~4호기는 2026년 상업운전 시작을 목표로 함.
 - 1호기는 2018년 4월에 착공되었고, 2호기는 2020년 4월, 3호기는 2021년 3월, 4호기는 2022년 7월 각각 착공됨. 4기의 총 건설비용은 약 200억 달러(약 1,986억 원)¹⁵⁾로 예상됨.
- 2021년 튀르키예의 총발전량은 332.5TWh로 이 중 석탄 31%, 수력 16%, 가스 32%, 재생에너지(풍력, 태양광, 지열) 16%를 차지함.¹⁶⁾

■ 원자력 관련 주요 정책

- 튀르키예 정부는 2020년 5월 발표한 에너지천연자원부(Ministry of Energy and Natural Resources) 전략계획 2019~2023을 통해 설비용량에서 재생에너지와 국내 자원 점유율을 2023년까지 59%에서 65%로 확대하겠다는 목표를 설정함.

15) 튀르키예 내용 전체 2023년 4월 23일 환율 기준 적용(1달러=1,332원)

16) Enerdata, Country Energy Report Turkey(2022.10.)

- 더불어 2019년 7월 19일 튀르키예 국민의회가 채택한 제11차 개발계획(Eleventh Development Plan)(2019년~2023년)에서 원자력 확대를 지속하겠다고 밝힘.
- 11차 개발계획에서는 건설 중인 Akkuyu 원전 이외에 추가로 2곳에 원전을 건설하는 노력도 지속하겠다고 밝힘. 원자력 기술 분야에서는 기술이전을 추진하여 외국 기술 의존도를 축소하겠다는 방침도 표명함.
- 2010년 5월 튀르키예와 러시아가 체결한 정부 간 협정(IGA)을 바탕으로 러시아는 튀르키예에 2010년 12월 Akkuyu Nuclear Joint-Stock Company라는 프로젝트 회사를 설립하여 2018년부터 Akkuyu 원전 4기를 건설 중임.¹⁷⁾
 - Akkuyu 원전 사업은 설계·건설·유지보수·운영·해체를 담당하는 BOO 방식(Build-Own-Operate)으로 진행됨. 건설비용 약 200억 달러(약 26.6조 원)는 러시아가 우선 전액 부담한 후 발전소가 완공되면 튀르키예 전력거래·계약회사(Turkish Electricity Trading and Contracting Company, 이하 'TETAS')가 각 호기의 운전 개시일에서 15년간 발전 전력을 고정가격으로 구입해 비용을 상환할 예정임.¹⁸⁾
 - TETAS는 1~2호기 발전 전력량의 70%, 3~4호기의 40%를 평균 12.35센트(약 164.5원)/kWh로 구입할 계획이며 나머지 전력은 Akkuyu 원전 프로젝트 회사인 Akkuyu Nuclear Joint-Stock Company가 전력시장에 판매할 예정임.¹⁹⁾
 - 러시아는 2019년 6월 18일 Rosatom의 자회사인 Rusatom Service사가 Akkuyu 원전 직원 대상 교육센터를 설치하고 훈련 제공에 관한 계약을 체결했다고 밝혔으며, 계약금액은 교육 설비에 1,180만 달러(약 157억 원), 교육서비스 제공에 4,160만 달러(약 554억 원) 총 약 5,300만 달러(약 706억 원)로 알려짐.²⁰⁾
- 한편, 2018년 일본-프랑스 컨소시엄과의 건설 협상이 무산된 Sinop 원전 건설(1,120MW급 4기)계획의 경우 2022년부터 Rosatom과 협상을 진행 중임.
 - 2020년 9월 14일 튀르키예 환경도시계획부가 Sinop 원전 건설 계획에 관한 최종 환경영향 평가를 승인함. Sinop 원전 건설 계획은 2013년 일본-프랑스 컨소시엄(Mitsubishi중공업, ITOCHU 상사, 프랑스 GDF SUEZ 등)²¹⁾과 건설 협의를 진행했지만, 2018년 건설비 급등에 따른 경제성 악화를 이유로 협의가 무산됨.

17) AKKUYU NUCLEAR 프로젝트 웹사이트(최종 검색 2022.11.03.)

18) 原子力産業新聞, トルコのアクユ4号機が本格着工(2022.07.25.),

三菱総合研究所, 令和2年度原子力利用状況等に関する調査(海外における原子力政策等動向調査)調査報告書 p.264(2021.03.)

19) 三菱総合研究所, 令和2年度原子力利用状況等に関する調査(海外における原子力政策等動向調査)調査報告書 p.264(2021.03.)

20) 日本公益財団法人原子力安全研究協会, 令和2年度 文部科学省 委託調査事業 原子力平和利用確保調査(諸外国における原子力の平和利用に関する状況の調査) 成果報告書(2021.03.) /KOTRA, 튀르키예 원자력 발전소 현황, 2022.09.15.

21) 三菱重工業, PRESS INFORMATION トルコ共和国 シノップ原子力発電所プロジェクトの商業契約に大枠合意(2013.05.07.)

- 2020년 1월 19일 Fatih Donmez 에너지·천연자원부 장관은 Sinop 원전 건설 계획에 대해 파트너 재검토 의사를 표명했고, Mitsubishi 중공업이 시행했던 타당성 조사 결과가 튀르키예의 기대에 못 미쳤다고 밝힘.

■ 주요 이슈

• 튀르키예, 추가 원전 도입 추진 중

- 튀르키예는 원전 활용을 통한 에너지 자급률 향상을 목표로 대형 원자로와 SMR 등 추가 원전 도입을 추진 중임. 2022년 11월 에너지천연자원부 차관은 탄소중립 경제를 달성하려면 현재 건설 중인 Akkuyu 원전 외에 12기에서 16기의 원자로가 필요하다고 밝힘.
 - 대형 원자로의 경우 Sinop 원전(1,200MW급 4기)과 제3의 지역에서 원전 건설을 추진 중임. 제3의 지역은 2015년에 에너지천연자원부 장관이 이스탄불 북서부 트라키아 지역에 위치한 İğneada를 후보지로 검토 중이라고 언급했으나, 2020년 지역 주민의 극심한 반대 및 시민단체의 소송 등으로 무산되어 새 후보지를 모색하고 있음.²²⁾
 - 튀르키예는 İğneada 후보지에 원자로 4기(CAP1400 또는 AP1000)의 도입을 고려해 2014년 WH 및 중국국가핵전기술평사(SNPTC)*와 협력을 위한 양해각서(Memorandum Of Cooperation)를 교환했고, 2017년에는 예비타당성조사 실시에 관한 MOU에 서명했음.²³⁾
- ※ 중국국가핵전기술평사(SNPTC)는 2015년 중국 5대 원자력발전업체 가운데 하나인 '중국전력투자집단'과 합병을 통해 국가전력투자집단(SPIC)이 되었음.
- 한편, SMR 도입의 경우 2022년 4월 에너지천연자원부 차관이 일본경제신문 인터뷰를 통해 미국과 협의를 진행 중이라고 밝혔지만,²⁴⁾ 구체적인 SMR의 개발회사와 노형, 용량은 알려지지 않았음.

◎ 이집트

■ 현황

- 이집트는 2017년 12월 러시아와 원전 건설 계약을 체결한 이후 이집트 북부에 VVER-1200 총 4기로 구성된 El Dabba 원전(Gross Electrical Capacity 기준 총 4,800MW)을 건설 중이며 1·2호기(총 2,388MW, PWR)는 2022년 7월과 11월 각각 착공함.²⁵⁾

22) KOTRA, 튀르키예 원자력 발전소 현황, 2022.09.15.

23) 日本公益財団法人原子力安全研究協会, 令和2年度 文部化学省 委託調査事業 原子力平和利用確保調査 (諸外国における原子力の平和利用に関する状況の調査) 成果報告書 (2021.03.)

KOTRA, 튀르키예 원자력 발전소 현황, 2022.09.15.

24) 日本経済新聞, トルコ 中口と原発推進 米の次世代小型炉も検討(2022.04.25.)

25) 原子力産業新聞, エジプト初の原子力発電所となるエルダバ発電所で3・4号機の建設許可申請(2022.01.17.) 原子力産業新聞, エジプト初の商業炉 エルダバ1号機が本格着工(2022.07.21.)

/原子力産業新聞, エジプト規制当局 エルダバ3号機の建設許可発給(2023.04.03.) /한수원 보도자료, 이집트 엘다바 원전 사업

- El Dabba 원전 건설을 담당하는 이집트 원자력발전청(Nuclear Power Plants Authority, 이하 'NPPA')은 2021년 12월 원자력규제청(Egyptian Nuclear and Radiological Regulatory Authority, 이하 'ENRRA')에 3·4호기의 건설 허가를 신청했고, 2023년 3월 3호기의 건설 허가를 발급받음. 이집트는 2030년까지 4기 완공을 추진 중이며 자국 발전량 중 원전의 비중을 9% 까지 달성하고자 함.
- El Dabba 원전 건설과 관련해 러시아는 원전 건설 및 핵연료 공급, 원전 가동 첫 10년 동안 이집트에 인력 교육 및 원전 유지보수를 제공함. 더불어 해당 원전에서 발생하는 사용후핵연료 관리를 위한 저장시설 건설과 저장용기공급도 담당함.
- El Dabba 원전 총 건설비용의 85%에 해당하는 250억 달러(약 33.6조 원)²⁶⁾는 러시아가 차관(연 3%)으로 제공하고 나머지 비용은 이집트가 민간 사업자 유치를 통해 조달함.²⁷⁾
- 2021년 이집트의 총발전량은 211.1TWh로 발전원별 비중은 가스 78%, 석유 11%, 수력 6.1%, 재생에너지(풍력, 태양광, 지열) 3.6%임.²⁸⁾

■ 원자력 관련 주요 정책

- 2016년 10월 이집트 에너지 최고위원회(Supreme Council of Energy)는 '2035년까지의 이집트 에너지 전략(Egyptian Energy Strategy until 2035)'을 채택했으며 2035년 발전량 비중을 재생에너지 47%, 원자력 3% 등으로 설정함.

■ 주요 이슈

- 이집트, 러시아 노형 적용한 El Dabaa 3호기 건설허가 발급
 - 3월 29일 이집트 원자력 규제청(ENRRA)은 러시아와 협력을 통해 자국에 건설 예정인 El Dabba 3호기(1,200MW, PWR) 건설을 허가함.
 - 러시아의 VVER-1200 원자로 4기로 구성된 El Dabaa 원전은 2015년 양국의 계약 체결 이후 건설을 진행해왔으나 코로나19로 인해 건설이 수차례 지연된 바 있음.
 - 한편, 2022년 8월 25일 한국수력원자력(이하 '한수원')이 러시아 Rosatom의 자회사인 Atomstroyexport JSC(ASE JSC)와 El Dabba 원전 2차측 건설 계약을 체결해 El Dabaa 원전의 터빈 건물 등 80여 개의 구조물 건설과 관련 기자재 공급은 한수원이 담당함.

단독협상대상자로 선정(2022.01.02.)

26) 이집트 내용 전체 2023년 4월 20일 환율 기준 적용(1달러=1,322원)

27) 日本公益財団法人原子力安全研究協会, 令和2年度 文部科学省 委託調査事業 原子力平和利用確保調査 (諸外国における原子力の平和利用に関する状況の調査) 成果報告書(2021.03.)

28) Enerdata, Country Energy Report Egypt(2022.10.)

● 중국

■ 현황

- 2023년 4월 기준으로 중국에서 운영 중인 원전은 총 56기(53.2GW)로 나타났으며, 19기(19.8GW)의 원전을 건설 중임.
 - 중국에서 운영 중인 전체 56기의 원전 중 PWR은 52기(51.6GW)이고, PHWR 2기(1.4GW), HTGR, FBR은 각각 1기(0.2GW, 0.02GW)임.
 - 2023년 3월, Fangchenggang 3호기(PWR, 1,000MW)가 상업운전을 시작하고 같은 시기에 Sanmen 4호기(PWR, 1,163MWe)가 착공함에 따라 2022년 10월 대비 운영 중인 원전과 건설 중인 원전은 각각 1기씩 증가함.
- 2021년 기준으로 중국 내 총 설비규모는 2,238GW였으며 이 중 석탄이 48%, 수력이 15.8%, 풍력 및 태양광이 각각 14.7%와 13.7%에 해당됨.
 - 발전량 기준으로는 전체 발전량(8,484TWh) 중 석탄발전이 62.9%으로 가장 높았고 다음으로는 수력(15.3%), 풍력(7.7%), 원자력(4.8%) 순임.

■ 원자력 관련 주요 정책

- 중국 정치고문단, 내륙지역에도 원전 건설 고려 제안
 - 2023년 3월, 제14기 전국인민대표회의에서 국가 정치고문단은 중국 내륙지역에 원전 건설의 필요성 · 활용방안 · 실행가능성을 포함한 공동제안서(joint proposal)를 제출함.
 - 해당 제안서에는 자국의 청정전력 공급 능력이 부족하기 때문에 오염물질 배출이 많은 지역에서 원전의 건설 계획 및 착공이 이른 시일 내에 시작되어야 하는 필요성을 제시함.
 - 또한, 중국인민정치협상회의의 Yang Changli 의원은 현재 중국의 가동 · 건설 중인 모든 원전은 해안지역에 위치해 있어 새로운 형태의 전력 체계를 구축할 필요성이 있음을 강조함.
 - 중국 CNNC, 원전 및 신에너지에 역대 최대 규모 투자 계획 발표
 - 2023년 3월, CNNC는 원전 및 신에너지(풍력, 태양광, 분산형발전) 투자에 대한 2023년 투자 규모를 약 800억 위안(한화 15조 3천억 원²⁹⁾)로 발표함.
 - 이는 작년도 투자 규모인 506억 위안에 비해 약 58% 증가한 역대 최고 수치이며, 발전용 원자로, 다목적 원자로, 신에너지 등에 투자할 것으로 알려짐.
- ※ CNNC는 2023년 연간 발전량 목표를 원자력 183.5TWh, 신에너지 21.5TWh로 제시함.

29) 1위안 = 192.11원 적용(2023년 4월 11일 기준, 매매기준율 적용)

■ 중국 원전 신규건설 및 상업운전 현황

① HPR1000

- HPR1000은 중국 CNNC와 CGN이 공동 개발한 3세대 원자로로 CAP1000과 달리 중국 측이 지적 재산을 보유하고 있음.³⁰⁾ 중국 내 8기가 건설 중이며, 파키스탄 Karachi (KANUPP) 원전 2·3호기에 적용된 바 있음.
- Fangchenggang 3호기 상업운전 시작
 - 2023년 3월, 중국 원자력기업(CGN)은 광시성에 위치한 Fangchenggang 3호기의 상업운전을 발표함.
 - 해당 원전은 2015년 12월 24일 착공하여 2022년 11월 25일에 운영허가를 받았고 11월 28일에 연료 장전하였으며, 12월 27일 최초임계 달성 후 2023년 1월 10일 계통망에 연결됨.

② CAP1000

- CAP1000은 중국 SPIC 전신인 SNPTC가 미국 Westinghouse가 개발한 AP1000 기술을 이전 받아 개발한 원자로로 지적재산권은 Westinghouse가 보유하고 있으며 2022년 6월 28일 Sanmen 3호기에 CAP1000이 최초로 적용되었음.
- Sanmen4호기 착공
 - 2023년 3월, CNNC는 중국 저장성에서 Sanmen 4호기의 착공을 발표하였으며, 해당 원전은 3세대 원전으로 설계수명은 60년임.

③ ACPR1000

- ACPR1000은 중국 CGN이 수출을 위해 개발한 노형으로 지적재산권은 중국이 완전히 보유하고 있으며³¹⁾, Yangjian 5호기는 ACPR1000 노형을 적용한 최초의 원자로로 건설을 시작한지 56개월만인 2018년 5월 23일 계통에 연결됨.³²⁾
 - 2023년 11월부터 현재까지 신규건설을 시작하거나 상업운전이 개시된 원전은 없음.

④ VVER-1200

- VVER-1200은 러시아 Rosatom이 개발한 3세대 원자로로 지적재산권은 러시아가 소유하고 있으며, 현재까지 중국 내에서 운영 중인 원전은 없지만, 4기의 원전이 건설 중임.
 - 2023년 11월부터 현재까지 신규건설을 시작하거나 상업운전이 개시된 원전은 없음.

30) CNNC, HPR1000, <https://en.cnncc.com.cn/HPR1000.html>

31) <https://www.powermag.com/evolutionary-triumph-chinas-first-acpr1000/>

32) IAEA PRIS 착공, 계통연계일 기준

〈건설 중인 중국 원전 현황〉

(2023년 4월 기준)

원자로	용량(MWe)	노형	착공일
FANGCHENGANG 4호기	1,000	HPR1000 (PWR)	2016.12.23
ZHANGZHOU 1호기	1,126		2019.10.16
TAIPINGLING 1호기	1,116		2019.12.26
ZHANGZHOU 2호기	1,126		2020.09.04
TAIPINGLING 2호기	1,116		2020.10.15
SANAOUCUN 1호기	1,117		2020.12.31
CHANGJIANG 3호기	1,000		2021.03.31
CHANGJIANG 4호기	1,000		2021.12.28
SANAOUCUN 2호기	1,117		2021.12.30
LUFENG 5호기	1,116		2022.09.08
TIANWAN 7호기	1,171	VVER-1200 (PWR)	2021.05.19
XUDABU 3호기	1,200		2021.07.28
TIANWAN 8호기	1,171		2022.02.25
XUDABU 4호기	1,200		2022.05.19
SANMEN 3호기	1,163	CAP1000 (PWR)	2022.06.28
HAIYANG 3호기	1,161		2022.07.07
SANMEN 4호기	1,163		2023.03.22
XIAPU 1호기	642	CFR600 (FBR)	2017.12.29
LINGLONG 1호기	100	ACP100 (PWR)	2021.07.13

자료: IAEA PRIS를 바탕으로 작성

■ 주요 이슈

- 중국, 원전 활용한 지역난방 대상 확대를 위해 23km 길이의 열 수송관 건설 착수
 - 중국 국영투자공사(SPIEC)는 2023년 2월 Haiyang 2호기 인근에 위치한 옌타이시에서 23km 규모의 열수송관 건설 착공식을 개최하였고 이를 통해 향후 약 백만명의 주민들에게 난방을 공급할 계획임.
 - 지역난방 공급을 위해 2022년 7월부터 약 3.9억 위안(약 749억 원³³⁾)을 투입하여 Haiyang 2호기의 2차 계통에서 열을 추출하는 설비의 설치함.
 - Haiyang 2호기에서 발생하는 열을 활용한 지역난방은 2019년 겨울, 시범적으로 시작하였고 2020년 초에는 Haiyang 시 전역에 걸쳐 난방공급을 시작하였음.

33) 1위안=192.11원 적용(2023년 4월 11일 기준, 매매기준율 적용)

- 중국, 러시아 Rosatom과 고속로와 핵주기 포함한 원자력 기술 협정 체결
 - 2023년 3월, 중국 원자력청(CAEA)은 러시아 Rosatom과 고속 중성자 원자로 분야와 폐쇄형 핵주기에서의 장기 협력을 위한 포괄적인 원자력 기술 프로그램을 체결함.
 - 해당 프로그램에는 고속중성장원자로와 관련된 연료생산과 사용후핵연료 관리 및 현재 진행 중인 양국간의 평화적인 원자력 협력 범위를 포함함.

● 인도

■ 현황

- 2023년 4월 기준으로 인도에서 운영 중인 원전은 총 22기(6.8GW)이며, 총 8기(6.0GW)의 원전을 건설 중임.
 - 인도에서 운영 중인 전체 22기의 원전중 PHWR이 18기(4.6GW)로 가장 많았고 이후로는 PWR(2기, 1.9GW), BWR(2기, 0.3GW) 순임.
 - 2022년 10월 대비 신규로 계통에 연결되거나 착공을 시작한 원전은 없음.
- 2021년 기준으로 중국 내 총 설비규모는 428GW였으며 이 중 석탄이 54.8%, 태양광이 11.6%, 수력이 10.9%, 풍력 및 가스발전이 각각 9.4%, 6.2%를 차지함.
 - 발전량 기준으로는 전체 발전량(1,714TWh) 중 석탄발전이 74.2%으로 가장 높았고 다음으로는 수력(9.4%), 태양광 및 풍력(각각 4%), 가스(3.7%), 원자력(2.6%) 순임.

■ 원자력 관련 주요 정책

- 인도, 대형 원전 추가건설 추진
 - 2017년 6월 인도 정부는 PHWR 10기(총 1조 5백억 루피, 약 18조 원³⁴⁾)의 신규 건설 사업을 승인함. 이후 2022년 3월, 인도의 원자력부는 해당 원전들의 착공 일정을 밝힌 바 있음.
 - 구체적으로는 2023년에는 Kaiga 5·6호기, 2024년에는 Gorakhpur 3·4호기와 Banswara 1~4호기, 2025년에는 Chutka 1·2호기의을 착공할 것으로 밝힘.
 - 2023년 4월에는 인도 정부가 4개 주(Kaiga, Gorakhpur, Chutka: 각 2기씩 건설, Mahi Banswara: 4기 건설)에 약 1조 루피(한화 약 16.9조 원³⁵⁾)를 투자해 각 700MW 규모 원자로 10기 건설을 승인함. 인도 NPTC는 이 중 Banswara 원전(2024년 착공 예정)과 Chutka 원전(2025년 착공 예정)을 2030년 부터 운영할 것 이라고 발표함.³⁶⁾

34) 2022년 10월 26일 환율 기준

35) 1루피=16.15원 적용(2023년 4월 11일 기준, 매매기준율 적용)

36) <https://pib.gov.in/newsite/PrintRelease.aspx?relid=177519>

- 한편, 2022년 8월 24일, 블룸버그는 인도 최대 발전사인 NTPC가 인도 정부와 마디아 프레데시(Madhya Pradesh)에 700MW 규모의 PHWR 2기 건설을 검토 중이라고 보도함.
- 인도, 중장기 원전설비 확충 및 SMR 도입 위함 국제 협력 추진
 - 2022년 12월, 인도 최대 국영전력기업인 NTPC는 석탄의존도를 줄이고 2070년 탄소중립 달성을 위해 대형원전 건설을 추진할 것으로 밝힘. 구체적으로, NTPC는 2040년까지 20~30GW의 신규 원전 건설을 목표로 하고 있으며, 이를 위해 인도 국영 원자력공사(NPCIL)와 협력할 계획임.
 - 또한, NTPC는 SMR 개발을 위해 미국, 프랑스, 러시아와 협력을 진행하고 있으며, 2032년까지 SMR을 활용한 전력을 생산하고 이를 녹색에너지에 포함할 예정임.

■ 주요 이슈

- 인도정부, Westinghouse와 협력 통한 Kovvda 부지에 원전 6기 도입 논의 중
 - 2023년 2월, 인도 과학기술부 장관은 원전 도입을 위한 토지수용, 관계법에 따른 허가 취득 및 현장 조사 등이 진행 중임을 밝힘.
 - 구체적인 노형 및 도입 시점은 언급되지 않았으며, 신규 원전 도입 협상 논의가 마무리 되는 대로 세부적인 내용(건설비용, 소요기간 등)이 포함된 프로젝트 제안서가 확정될 것으로 알려짐.

◎ 필리핀

■ 현황

- 2023년 4월을 기준으로 필리핀에서 운영 중이거나 건설 중인 원전은 존재하지 않음.
 - 그러나, 필리핀에는 1976년 원전 건설을 시작하여 1985년 거의 완공한 Battan원전(PWR, 629MW)이 존재하지만, 체르노빌 사태의 영향으로 한번도 가동하지 않고 1986년 폐쇄함.
- 2021년 기준, 필리핀의 총 발전설비는 25.4GW이며 이 중 42%(10.6GW)는 석탄발전이며, 이후 기타 화석발전(15%), 가스발전(13%), 수력발전(12%), 기타 신재생(8%) 등임.
 - ※ 기타 화석발전에는 유류, 유류제품, 폐기물 등이 포함되며, 기타신재생에너지는 지열, 조력, 파력 등이 포함됨.
- 필리핀의 총 발전량(108.2TWh) 중 약 45%(49.2TWh)를 석탄발전에 의존하고 있으며, 다음으로는 기타화석발전(18%), 가스발전(14%), 기타 신재생(10%) 순임.

■ 원자력 관련 주요 정책

- 필리핀 Battan 원전, 36년 만에 완공 추진
 - 2022년 12월, 필리핀 마르코스 대통령은 높은 원유 가격 등으로부터 필리핀 내 에너지 안보를 확보하기 위해 Battan 원전의 건설 완료를 검토하고 있음을 밝힘.
 - 필리핀 정부는 현 마르코스 대통령 임기 내(~2028년)에 발전소의 시운전 여부를 결정할 수 있음을 밝혔고 2023년 제3자 평가를 통해 원전의 안정성을 확인할 계획을 언급함.
 - 2022년 6월, Battan 원전 완공과 관련된 여론조사에서 응답자의 79%가 찬성하였고, 한수원은 2019년 Battan 원전 건설 재개에 약 10억 달러(약 1.3조 원³⁷⁾)이 소요될 것으로 추정함.
- 필리핀, 원전 추진위해, 한·미, 중국과 다양한 협력 모색 중
 - ① 한·미와의 협력
 - 2022년 12월, 필리핀의 최대 전력사인 Manila Electric사의 CEO는 SMR관련 예비타당성 조사에 필요한 자금 마련을 위해 미국무역개발청(USTDA)에 보조금 지원 요청 계획을 밝힘.
 - 한편, 필리핀 원자력 에너지 특별위원회 위원장은 한국의 산업통상자원부와의 원전협력 방안 논의자리에서 Battan 원전 건설 재개 관련 기술타당성 검증 수행 등에 한국측의 협조 필요를 언급함.
 - ② 중국과의 협력
 - 2023년 1월, 필리핀 에너지부는 연내 초 2023 원자력개발 로드맵 발표와 함께 자국의 원전 개발을 지원해줄 수 있는 중국 투자자들 유치를 위해 노력하고 있음.
 - 또한 2023년 1월 5일, 마르코스 대통령은 중국을 방문하여 중국 원자력 기업(CGN)을 포함한 에너지 기업 9곳이 필리핀에 최대 138억 달러 규모(약 18.3조 원³⁸⁾)의 투자 지원을 약속받음.
 - 필리핀 현지 언론에 따르면, 중국 투자자들은 신규 원전 시설 건설뿐만 아니라 SMR 기술의 상용화에도 관심을 갖고 있음을 밝힘.

■ 주요 이슈

- 필리핀, 미국과 원자력 협력방안 등 논의... 필리핀 의회는 원전 추진방향 놓고 격론 예상
 - 2022년 11월, 미국 부통령은 필리핀을 방문하여 전력, 원자력을 포함한 에너지 안보, 기후 대응 및 지속가능한 인프라 개발 등이 포함된 새 협력 추진제(initiative) 창설을 발표함.

37) 1달러=1,323.50원 적용(2023년 4월 11일 기준, 매매기준율 적용)

38) 1달러=1,323.50원 적용(2023년 4월 11일 기준, 매매기준율 적용)

- 특히, 필리핀의 기저부하 전력수요 충족을 위해 안전과 핵안보 조건을 담보로 한 첨단 원자로 기술을 신속하게 보급하여 에너지 안보 협력을 강화하기로 함.
- 한편, 필리핀 하원은 신규원전 추진에 대한 안전성과 대규모 투자비용을 우려하고 있으며, 어떤 종류(대형원전 또는 SMR)의 원전을 건설할지에 대한 논의를 시작할 것으로 밝힘.

● UAE

■ 현황

- UAE는 2023년 4월 기준 Barakah 1 · 2 · 3호기를 가동 중이며, 각각 2021년 4월 6일, 2022년 3월 24일, 2023년 2월 24에 상업운전을 시작함. 4호기의 경우 2022년 7월 고온 기능시험(Hot Functional Testing)을 완료했으며, 현재 최종 가동 단계에 있음.
- 4기 모두 APR1400 원자로를 적용한 Barakah 원전은 완공 시 UAE 전력 수요의 약 25% (5,380MW)를 공급하고³⁹⁾, 연 탄소 배출량을 2천 2백만 톤가량 감축할 것으로 예상됨.
- 2021년 기준 총 발전량은 145.4TWh이며 가스 90%, 원자력 7%, 풍력 · 태양광 3%, 기타 석유 등으로 구성됨.⁴⁰⁾

■ 원자력 관련 주요 정책

- 탄소 넷 제로 정책(UAE Net Zero 2050) 발표⁴¹⁾
 - 2021년 10월 걸프협력이사회(The Cooperation Council for the Arab States of the Gulf, GCC) 국가 중 처음으로 2050년까지 에너지 분야의 탄소 넷 제로 정책(Net Zero 2050)을 발표함.
 - 해당 정책은 UAE 경제 개발 계획(Principles of the 50)의 연장선상에서 추진되며, UAE 기후변화환경부를 중심으로 에너지 · 경제 · 산업 · 기반구조 · 교통 · 폐기물 · 농업 · 환경 등 분야에서 협력하여 진행됨. UAE는 15년 전부터 청정에너지에 대한 재정 지원을 해왔으며, 총 지원 금액은 약 400억 달러(약 53.6조 원)⁴²⁾에 달함.
 - 기후변화 대응의 일환으로 온실가스 배출을 감축하고 청정에너지 사용을 촉진하기 위해, 2030년까지 원전을 포함한 청정에너지 발전량을 14GW로 증대하는 것을 목표로 함.

39) Construction Review Online, Barakah Nuclear Power Plant Project Updates, United Arab Emirates, [https://constructionreviewonline.com/biggest-projects/maintenance-of-unit-1-of-the-barakah-nuclear-power-plant-gets-underway/\(2022,04,22.\)](https://constructionreviewonline.com/biggest-projects/maintenance-of-unit-1-of-the-barakah-nuclear-power-plant-gets-underway/(2022,04,22.))

40) Enerdata, Country Energy Report—United Arab Emirates, pp. 16(2022,10.)

41) United Arab Emirates, UAE Net Zero 2050, <https://u.ae/en/information-and-services/environment-and-energy/climate-change/theuaesresponsetoclimatechange/uae-net-zero-2050>

42) UAE 내용 전체 2023년 4월 28일 환율 기준(1달러=1,340원)

- 또한 국제적인 친환경 기반구조 건설과 청정에너지 정책 개발을 지원하기 위해 70개국에 168억 달러(약 23조 원)를 지원하고 4억 달러(약 5천억 원) 규모의 차관을 제공함.

■ 주요 이슈

- Barakah 3호기 상업운전 개시
 - 2023년 2월 24일 UAE 원자력공사(Nuclear Energy Corporation, 이하 'ENEC')는 Barakah 3호기(1,345MW, PWR)의 상업운전 개시를 발표함. 해당 원자로는 2014년 9월 24일에 착공하여 2022년 9월 22일 최초 임계를 달성하였으며, 2022년 10월 8일 계통망에 연결됨.
- UAE 원자력공사, 미국 Idaho 국립연구소와 차세대 원전 및 청정에너지 기술 개발 협력을 위한 논의 개시
 - 2023년 2월 23일 UAE 원자력공사(ENEC) 관계자들은 청정에너지 기반 구축 및 실현을 가속하기 위해 미국 Idaho 국립연구소(INL)를 방문해 연구소 전문가들을 만나 차세대 원자로 및 청정에너지 기술 개발 논의를 진행함.
 - 이번 논의에는 SMR을 포함한 차세대 원전 기술 계획, 청정 수소 발전, 첨단핵연료 및 물질, 전력망 관리 및 사이버 보안 기술 등의 내용이 포함됨.

● 방글라데시

■ 현황

- 방글라데시는 2023년 4월 기준 가동 중인 원전은 없으나, 현재 두 기의 원전(2,160MW, PWR)이 건설 중임.
 - Roopur 1·2호기는 2017년 11월과 2018년 7월에 착공을 시작하였고 1호기는 2023년 또는 2024년, 2호기의 경우 2024년 또는 2025년에 각각 상업운전 시작을 목표로 하고 있음.
- 2021년 기준 총 설비용량은 85.6TWh이며 천연가스 86%, 석유 9%, 석탄 3%, 수력 1%, 기타 에너지원 1%로 구성됨.⁴³⁾

■ 주요 이슈

- Roopur 원전 건설 진행 차질 및 가동 시점 연기 발표

43) Enerdata, Country Energy Report-Bangladesh, pp.13(2022.3.)

- 2022년 12월 방글라데시 현지 언론은 코로나19와 가스절연개폐장치(Gas-Insulated Switchgear)[※]를 실은 러시아 선박이 대러 제재로 인해 방글라데시항으로의 입항이 거부되면서 Rooppur 원전 1호기(1,080MW, PWR) 가동이 최소 1년 이상 연기될 것으로 전망함.
- ※ 가스절연개폐장치(GIS)는 금속 밀폐형 개폐기로 발전소에 설치되는 전력 설비의 주 보호 장치 역할을 하며, 정상개폐와 더불어 고장 발생 시 과도한 전류를 신속하게 차단해 전력계통을 보호하는 장치임.
- 해당 원자로로는 현재 시운전 단계에 있으며, 연료 집합체가 올해 9월 자국에 도착할 것으로 예상됨.
- 한편 2023년 3월 22일 방글라데시 M.A. Mannan 기획부 장관은 Rooppur 원전 시설에서 발생할 수 있는 내·외부적인 위협을 방지하고, 위험 발생 시 사고 피해를 최소화하기 위한 다양한 조치인 물리적 방호체계(Physical Protection System, PPS) 확립을 위해 해당 원전의 가동을 2025년까지 연기한다고 발표함.

● 카자흐스탄

■ 현황

- Aktau 원전(52MW, FBR)이 1999년 4월 22일에 영구 정지된 이후, 가동 중인 원전은 없음.
- 2021년 기준, 총 발전량은 115TWh이며, 석탄 67%, 가스 22%, 수력 8%, 태양광 및 풍력 등 기타 에너지원 3%를 차지함.⁴⁴⁾
- 카자흐스탄은 전 세계 우라늄의 12%가 매장되어 있으며, 2021년 기준 2만 2천 톤의 우라늄 정광을 생산함. 또한 2021년 기준 전 세계 우라늄 생산량의 45%를 생산하는 등 최대 우라늄 생산국임.⁴⁵⁾

■ 원자력 관련 주요 정책

- 원전 포함한 재생에너지 확대 계획 발표
- 2012년 12월, N. Nazarbayev 당시 대통령은 ‘2050 국가전략’과 이듬해 5월 ‘녹색경제 전환’을 담은 법령 557(Decree 557)을 발표함.
- 법령 557에서 당시 정부는 2050년까지 대체 에너지 및 재생에너지 비중을 50%로 늘리고 그 중 원자력 비중을 2030년까지 1.5GW, 2050년까지 2.0GW로 확대하는 목표를 제시함.

44) Enerdata, Country Energy Report-Kazakhstan, pp.14(2022.8.)

45) World Nuclear Association, Uranium and Nuclear Power in Kazakhstan, <https://www.world-nuclear.org/information-library/country-profiles/countries-g-n/kazakhstan.aspx>(2022.12.)

- 2021년 하반기부터 본격적인 신규 원전 추진 관련 발표가 계속 이어짐
 - 2021년 9월 K. Tokayev 대통령은 러시아 블라디보스토크에서 열린 동부경제포럼에서 에너지 수요 증가로 인한 2030년 전국적인 전력난을 대비한 신규 원전 필요성을 언급함.
 - 2022년 2월 카자흐스탄 에너지부의 전력산업국장은 2035년까지 자국에 추가 발전설비가 필요하다고 언급하였으며, 여기에는 원자력 2.4GW, 재생에너지 6.5GW, 가스발전 5GW 이상, 수력 2GW, 석탄 1.5GW로 구성될 것이라고 밝힘.
 - 또한 2022년 6월 카자흐스탄 Tokayev 대통령은 첫 번째 신규 원전 건설 부지로 동남부에 위치한 Almaty 지역 Balkhash 호수 부근의 Ulken 지구를 선정한 바 있으며, 2022년 8월 카자흐스탄 에너지부는 두 번째 신규 원전 건설부지 후보지로 동북부에 위치한 카자흐스탄 북부 러시아 접경지역인 Irtysh 강 유역의 Kurchatov 지역이 될 가능성을 언급함.
 - 2023년 1월 11일 카자흐스탄 Alikhan Smailov 총리는 자국 내 신규원전 건설에 참여할 공급사를 연내에 결정할 예정이라고 밝히며, 세계 최첨단 기술을 보유하고 있는 기업들과 함께 원전 사업을 진행하고 싶다는 기대감을 표함.
 - 또한 2023년 4월 13일 Smailov 총리는 자국의 원전 계획은 진행형이며, 신규 원자로 공급업체를 계속 모색 중이라고 밝힘.

■ 주요 이슈

- 우라늄 생산기업 Kazatomprom, 2023년~24년 우라늄 증산 계획 발표
 - 2022년 8월 세계 최대 우라늄 채굴기업⁴⁶⁾이자 카자흐스탄 국영 기업인 Kazatomprom은 2분기 보고서에서 2024년 우라늄 채광량 목표를 2천 톤에서 3천 톤 수준으로 높였다고 밝힘.
 - Kazatomprom은 원자력 수요 증가, 최근 러시아-우크라이나 전쟁으로 인해 부각된 에너지 안보 및 에너지 다각화, 국가들의 원전 정책 변화 등으로 향후 우라늄 수요가 증가할 것으로 예상된다고 해당 결정의 배경을 밝힘.
 - 한편, 2023년 3월 17일 Kazatomprom은 2022년 영업이익이 전년 동기 대비 91% 증가한 9억 9,500만 달러(약 1.3조 원)를 기록했다고 밝힘. 또한 2022년 당기순이익은 전년 대비 115% 증가한 10억 달러(약 1.3조 원)⁴⁷⁾를 달성했다고 덧붙임.
- 2023년 사업자 선정 계획 등 자국 최초 상업원전 건설계획 발표
 - 2022년 9월 카자흐스탄 Samruk Kazyna 국부펀드의 Almassadam Satkaliyev CEO는 기자회견에서 정부 지원을 바탕으로 신규 원전 건설 프로젝트를 시작하였으며 추후 프로젝트 관계자, 언론, 대중에게 상세한 사항을 공개하겠다고 발표함.

46) 미국 조사기업 World Population Review에 따르면 2021년 기준 카자흐스탄의 우라늄 채광량은 21,819tU로 전 세계 채광량의 46%를 공급함.

47) 카자흐스탄 내용 전체 2023년 4월 28일 환율 기준(1달러=1,340원)

- 앞서 8월 카자흐스탄 에너지부 장관도 기자회견에서 신규원전 건설에 필요한 기술(원자로 공급사)을 2022년 말에서 2023년 초에 선정할 예정이라고 밝히며 한국, 러시아, 중국, 프랑스의 원전 기술에 대한 분석을 진행 중이라고 언급함.
- 한편, 2022년 6월 카자흐스탄 신규원전 발주사인 KNPP(Kazakhstan Nuclear Power Limited Liability Partnership)는 한국수력원자력과 신규 원전 관련 양해각서를 체결한 바 있음. 해당 MOU에는 신규 원전 개발, 원자력 기술 활용, 인재 개발, 그리고 수용성 개선 등에서의 협력이 포함됨.
- 자국 원자력 산업 강화를 위해 해외와 협력 추진
 - 2022년 11월 29일 Samruk Kazyna 국부펀드의 Almassadam Satkaliyev CEO는 프랑스 에너지 기업 Assystem과 카자흐스탄의 신규 민간 원자력 프로그램에 대한 협력 추진을 목적으로 한 MOU를 체결함.
 - 2023년 1월 26일 카자흐스탄 에너지부의 Bolat Akchulakov 장관과 프랑스 EDF의 Vakis Ramany 수석부사장은 카자흐스탄 Astana에서 원자력 협력에 관한 파트너십을 지속하기로 합의함. 이날 협상에서 카자흐스탄은 자국 내 최초의 원전 건설에 프랑스가 개발한 EPR-1200 원자로 상업화 추진 논의와 함께 원자력 기술의 평화적 사용 협력 강화를 논의함.

● 파키스탄

■ 현황

- 파키스탄은 2023년 4월 기준 원자로 6기(총 3,262MW)를 가동 중임.
- 2020년 기준 총 발전량은 143TWh이며, 천연가스 36%, 수력 25%, 석유 18%, 석탄 11%, 원자력 4%, 풍력 및 태양광 5% 등으로 구성됨.⁴⁸⁾

■ 주요 이슈

- 중국 자체개발 노형인 Hualong One 적용한 Karachi 3호기 상업운전 개시
 - 2023년 2월 2일 현지 매체에 따르면 중국이 독자적으로 개발한 Hualong One 노형을 적용한 파키스탄 Karachi 3호기(1,014MW, PWR)의 상업운전이 시작됨.
 - Karachi(KANUPP) 3호기는 2013년에 건설 계약 체결 후, 2016년 5월 31일에 착공하여 파키스탄 국가전력규제당국(National Electric Power Regulatory Authority, NEPRA)으로부터 2021년 2월 발전 허가 취득, 2021년 12월 31일 연료장전 완료, 2022년 2월 21일 최초임계 도달을 거쳐, 2022년 3월 4일 계통망에 연결됨.

48) Enerdata, Country Energy Report-Pakistan, pp.15(2022.5.)

- Karachi 2·3호기의 건설을 위해 중국 핵공업진단(China National Nuclear Corporation, CNNC)과 중국 핵공업건설집단공사(China Nuclear Engineering Corporation, CNEC)는 건설비용 약 96억 달러(약 12.8조 원)⁴⁹⁾를 투자한다고 밝힌 바 있음.

● 아프리카(남아공, 우간다, 가나)

■ 현황

- 2023년 4월 기준으로 아프리카에서 운영 중인 원전은 총 2기(1,854MW)로 모두 남아공에서 운영되고 있으며, 건설 중인 원전은 이집트에 2기(2,388MW) 존재함.
- 2022년 남아공에서 원전은 전체 설비(53.6GW) 중 3%를 차지하였고 전체발전량(244.4TWh)의 4.3%를 담당하고 있음.
- 우간다의 전체 발전설비(1.3GW)는 대부분 수력(1.0GW)으로 구성되어 있으며, 수력 발전은 총 발전량(4.4TWh) 중 91%를 공급함.
 - 우간다 내의 신규원전은 2031년까지 가동을 목표로 하고 있음.
- 가나의 총 설비 규모는 5.4GW로 가스(2.0GW), 유류(1.8GW), 수력(1.6GW) 등으로 이루어져 있고, 전체 발전량(21.6TWh) 중 대부분은 가스(62%)와 수력(35%)이 차지함.

■ 원자력 관련 주요 정책

- 남아공, Koeberg 원전 계속운전 추진
 - 남아공 전력공사인 Eskom은 약 12억 달러(1조 6천억 원)⁵⁰⁾를 들여 2024~2025년에 최초 운영허가가 만료될 Koeberg 1·2호기의 설비개선을 통해 20년의 계속 운전을 추진하려 함.⁵¹⁾
 - 2호기의 설비개선을 먼저 마친 후, 1호기의 업그레이드가 시작될 예정이었지만 2호기의 교체 등의 일정이 예상보다 2개월 지연된 2022년 8월에 마무리되어 1호기의 설비개선은 기존계획 대비 늦어질 것으로 예상됨.
 - 보수를 위한 Koeberg 2호기의 정지에 따른 설비용량 감소는 올해 7월 발생하였던, 남아공의 전력난을 더욱 심화시키는 결과를 초래함.
- 가나, 미·일 공동지원 기반한 SMR도입 타당성조사 착수

49) 파키스탄 내용 전체 2023년 4월 28일 환율 기준(1달러=1,340원)

50) 1달러=1,323.50원 적용(2023년 4월 11일 기준, 매매기준율 적용)

51) <https://mg.co.za/opinion/2022-08-22-sas-nuclear-sector-has-failed-its-test-the-koeberg-life-extension/>

- 2022년 10월, 미국과 일본은 협력 국가에 SMR · 첨단 원자로 도입을 지원하는 신규협정을 체결하여 첫 수혜국인 가나에 NuScale의 VOYGR SMR(77MW)를 보급하기로 합의함.
- 이를 위해 가나의 원자력 유관기관(발전사업자, 원자력 규제기관 등)을 통해 가나 정부와 협력하여 SMR 도입 타당성 조사를 수행할 수 있도록 지원할 계획임.
- SMR 도입 타당성 조사에는 기존 인프라를 비롯해 NuScale의 VOYGR 보급 가능성, 가나 내 공급망 구축 기회를 평가함.

■ 주요 이슈

- 남아공, 지속가능한 알루미늄 생산에 활용할 전력 수급 위해 원전 PPA 고려
 - 2023년 3월, 호주에 본사를 두고 있는 알루미늄 제조사인 South32는 남아공에서 연간 900MW 규모의 원전 PPA를 추진 중임을 밝힘.
 - 이는 유럽에 지속가능한(sustainable) 발전원을 통해 생산한 알루미늄을 수출하기 위함이며, South32 CEO는 향후, 유럽에서 친환경적인 알루미늄이 더 많이 사용될 것임을 밝힘.
- 우간다, 중국과의 협력으로 2031년까지 자국 최초원전 건설 및 가동 발표
 - 2023년 3월, 우간다는 에너지 전환 가속화와 다양한 발전원 확보를 위해 원전을 건설 · 운영할 예정이며, 해당 프로젝트는 CNNC가 담당할 것임을 발표함.
 - 이 프로젝트를 통해 총 2,000MW의 원전을 건설하고, 2031년까지 최소 1,000MW 규모의 원전을 국가 전력망에 연결할 예정임.
 - 한편, 우간다는 2022년 10월, 동아프리카지역에서의 최초 원전 건설을 위해 90억달러(약 12조 원)의 비용을 제시한 바 있음.
 - 2018년 5월, 우간다 에너지광물부는 CNNC(중국 원자력공사)와 의학, 산업, 농업 등에서 원자력 기술 응용 협력을 강화하는 MOU를 체결하였었음.
- 가나, 사용후핵연료 최종처분시설 후보지 탐사
 - 2023년 3월, Deep Geo Ghana와 GGSA(가나 지질 연구원)는 자국 내 사용후핵연료 처리를 위한 심지층 처분장 건설에 대한 MOU를 체결함.
 - 가나는 현재 저농축우라늄을 사용하는 MNSR 실험로(중성자원자로, 34kW급)를 운영하고 있으며, 최종처분시설 건설 타당성 연구 수행한 후 3개의 후보 지역을 선정할 것으로 예상됨.

4. 유럽

● 영국

■ 현황

- 영국은 2023년 4월 기준 총 9기의 원자로(총 발전용량 5,883MW)를 가동 중임.⁵²⁾
 - 영국 정부는 기존 7기의 원자로(Sizewell B 원전 제외)가 2030년까지, 석탄 발전소가 2025년까지 폐쇄되는 상황에서 신규 원전으로 Hinkley Point C 원전(각 1,720MW, 2기)을 건설 중임. Sizewell C 원전(3.2GW, EPR 2기) 또한 추진 중임.
 - 현재 영구 정지된 원자로로는 총 36기(총 7,755MW)임.⁵³⁾
- 2021년 영국의 총발전량은 307.7TWh이며, 발전원별 비중은 가스 40%, 재생에너지(풍력, 태양광, 지열) 25%, 바이오매스 15%, 수력 2%, 원자력 15%, 석탄 2%임.⁵⁴⁾

■ 원자력 관련 주요 정책⁵⁵⁾

- 2011년 영국 정부는 국가정책서(National Policy Statement, NPS)를 발표해 2025년 말까지 신규 원자로 건설을 위한 8개의 부지(Bradwell, Hartlepool, Heysham, Hinkley Point, Oldbury, Sizewell, Sellafield, Wylfa)⁵⁶⁾를 확정하고, 그 중 6개의 부지(Hinkley Point, Sizewell, Moorside, Wylfa, Oldbury, Bradwell)를 개발하려 했으나, 현재 Hinkley Point 부지에서 신규 건설이 진행 중이며, Sizewell 부지에서 신규 건설을 위한 인허가 및 최종투자결정(FID)을 기다리고 있음.
 - 2022년 7월 영국 정부는 Sizewell C 원전(3.2GW, EPR 2기)의 건설운영 신청서인 개발 동의서(Development Consent Order, DCO)를 최종 승인함.
- 이후, 영국 정부는 ‘녹색산업 혁명을 위한 10대 중점계획’(2020년 11월), ‘에너지 백서 2020’(2020년 11월), 넷 제로 전략(Net Zero Strategy)(2021년 10월)을 통해 SMR 투자, 원자력산업 지원, 대형원전 및 SMR에 대한 FID 시행 등의 계획을 발표함.

52) <https://pris.iaea.org/PRIS/CountryStatistics/CountryDetails.aspx?current=GB>

53) 영구 정지된 원자로의 용량은 연구로 포함 수치임.

54) Enerdata, Country Energy Report UK, 2022.11.

55) World Nuclear Association, Nuclear Development in the United Kingdom

<https://www.world-nuclear.org/information-library/country-profiles/countries-t-z/appendices/nuclear-development-in-the-united-kingdom.aspx>

56) Department of Energy & Climate Change, National Policy Statement for Nuclear Power Generation (EN-6) Volume I of II p. 33(2011.7)

https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/47859/2009-nps-for-nuclear-volume1.pdf

- ‘녹색산업 혁명을 위한 10대 중점계획’에서는 ① 첨단 원자력 기금(Advanced Nuclear Fund)을 통해 최대 3억 8,500만 파운드(약 6,442억 원)⁵⁷⁾ 지원, ② AMR 연구·개발 프로그램에 최대 1억 7,000만 파운드(약 2,845억 원) 지원, ③ AMR 상용화에 4천만 파운드(약 669억 원) 지원을 제시함.
- ‘에너지 백서 2020’을 통해서도 원자력 부문에서 ① 대형 원전 건설(최소 1기 이상), ② SMR 설계, ③ AMR 실증로 구축, ④ 핵융합 프로젝트 추진 계획을 발표함.
- 넷 제로 전략(Net Zero Strategy)에서 원자력 활용을 위해 ① 2024년까지 대형 원전 1기에 FID 시행, ② 차기 의회 임기 동안 2개 원전 프로젝트에 대한 FID 시행 여부 결정, ③ 1.2억 파운드(약 2,008억 원)의 미래 원자력 활성화 기금(Future Nuclear Enabling Fund) 조성을 추진하기로 함.
- 영국 정부는 2023년 3월 원자력 산업의 민간 투자 확대를 위해 녹색금융체계(Green Financing Framework)상에서 원자력을 환경적으로 지속가능한 에너지로 재분류할 계획을 밝힘.
 - 영국 정부는 2021년 발표한 녹색금융체계에서 원자력을 지원 대상에서 배제했던 당초 결정을 뒤집어, 공론화(public consultation)를 통해 녹색투자 지원 대상에 포함할 예정임.

■ 주요 이슈

- 영국 Hinkley Point C 원전, 발전차액계약 3년 연장 및 원가상승에 따른 건설 비용 증가
 - 2022년 12월 영국 정부·EDF·중국 CGN은 코로나19 여파에 따른 작업 차질로 인해 Hinkley Point C(각 1,720MW, PWR 2기, 이하 ‘HPC’) 원전의 발전차액계약(Contract for Difference, CfD) 시행 최종기한일(long-stop date)을 기존 2033년 11월에서 2036년 11월로 3년 연장함.
 - ※ CfD는 원전 등 저탄소 발전 사업을 진행하는 사업자를 위해 원금 및 이윤을 획득할 수 있도록 장기간 전력 구입 가격을 보장해주는 제도임.
 - 2013년 10월 영국 정부와 EDF는 HPC 원전 완공 후 생산될 전력의 행사가격(strike price)을 35년간 92.5파운드(15만 4천 원)/MWh로 책정하는 데 합의함. 이는 2025년부터 2029년까지 CfD 적용을 전제로 한 것이며, CfD 최종기한일인 2033년을 넘기는 경우 계약이 취소됨.
 - 2015년 10월 EDF와 CGN가 HPC 원전에 대한 전략적 투자 협정을 체결해 해당 원전에 대해 각각 66.5%, 33.5% 지분을 보유하기로 합의한데 이어, 2016년 7월 EDF 이사회는 HPC 프로젝트에 대한 최종투자결정(FID)을 시행함.

57) 영국 내용 전체 2023년 4월 27일 환율 기준(1파운드=1,673원)

- 2016년 9월 영국 정부는 HPC 원전 프로젝트를 최종 승인하였으며, 2013년에 EDF와 합의한 CfD 내용은(35년간 92.50파운드(15만 4천원)/MWh의 전력가격 보장)은 그대로 적용하기로 함.
- EDF는 CfD 시행 최종기한일의 연장되었으나, HPC 원전 예상 준공 시점(2027년 6월)에는 변화가 없다고 설명함.
- 한편, 2023년 2월 EDF는 원자재 가격 및 인건비 상승 등으로 인해 HPC 원전 건설비용 예상치를 2022년 5월 기준 추정치인 250~260억 파운드(약 41조 원~43조 원) 대비 약 30% 증가한 320억 파운드(약 53조 원)⁵⁸⁾로 상향 조정함.
- EDF는 HPC 프로젝트 파트너기업인 중국 CGN이 2016년에 약정한 출자금액을 충족시킬 경우 금번에 상향된 건설비용 인상분을 자발적으로 분담할 가능성이 낮다고 판단하고, 그에 따라 자사가 2023년 하반기에 추가 비용을 부담할 것으로 전망함.

〈영국 Hinkley Point C 원전 추진 상황〉

일시	내용
2013. 10.	EDF, 영국정부와 HPC 행사가격 35년간 92.5파운드(15만 4천 원)/MWh로 책정 합의
2015. 10.	EDF, CGN과 HPC 원전에 대한 전략적 투자 협정 체결(EDF와 CGN 각각 66.5%, 33.5% 지분 보유)
2016. 07.	EDF 이사회, HPC 프로젝트 승인 및 최종투자결정(FID) 시행
2016. 09.	영국 정부, 프랑스 EDF 및 중국 CGN과 180억 파운드(약 30조 원) 규모의 HPC 원전 건설 협정 체결
2017. 03.	영국원자력규제청, HPC 1호기 콘크리트 타설 작업 승인
2017. 07.	EDF, HPC 원전 비용 상승 발표(180억 파운드(약 30조 원) → 196억 파운드(약 32조 원) 예상)
2019. 06.	EDF, HPC 1호기 기초지반 콘크리트 타설 작업 완료 및 지상 구조물 공사 본격화
2019. 09.	EDF, HPC 원전 비용 추가 상승 발표(196억 파운드(약 32조 원) → 215~225억 파운드(약 35조~37조 원) 예상)
2020. 06.	EDF, HPC 2호기 기초지반 콘크리트 타설 작업 완료
2021. 01.	EDF, 코로나19 여파로 HPC 1호기 상업운전 6개월 지연 및 5억 파운드 추가 상승(215~225억 파운드(약 35조~37조 원) → 220~230억 파운드(약 36조~약 38조 원) 예상) 발표
2021. 09.	EDF, HPC 1호기 공정률 49% 달성
2022. 05.	EDF, 코로나19 · 공급망 붕괴 · 러시아-우크라이나 전쟁으로 HPC 1호기 일정 지연 및 30억 파운드 추가 비용 상승(220~230억 파운드(약 36조~약 38조 원 예상) → 250~260억 파운드(약 41조 원~43조 원 예상) 발표
2022. 11.	EDF, 영국 정부 · CGN과 HPC 원전 CfD 시행 최종기한일(long-stop date) 3년 연장(2033년 11월 → 2036년 11월) 합의
2023. 02.	EDF, 인플레이션으로 HPC 원전 건설 비용 상승 발표(250~260억 파운드(약 41조 원~43조 원) → 320억 파운드(약 53조 원) 예상)

자료: 세계원전시장 인사이트 각호, National Audit Office, Hinkley Point C(2017.06.23.)

58) 전체 기사 2023년 3월 2일 환율 기준 적용(1유로 =약 1,576원)

• 영국 정부, Sizewell C 원전 추진 위한 지원 계속 진행 중

- 영국 정부는 Sizewell C 원전(총 3.2GW, PWR 2기)의 건설허가인 개발동의서(Development Consent Order, DCO)에 대한 최종 승인(2022년 7월), 7억 파운드(약 1.1조 원) 지원을 통한 Sizewell C 원전 지분 50% 매입(2022년 11월), 방사성폐기물 처분·비상발전기 사용·방사성유출물 배출 관련 환경허가 승인(2023년 3월) 등 해당 원전이 적기에 착공 및 운영될 수 있도록 지원 중임.
- 영국 정부는 Sizewell C 원전 프로젝트에 RAB(Regulated Asset Base) 모델을 적용하기로 하고 2022년 11월 프로젝트 시행사인 NNB Generation Company (SZC) Ltd(NNB GenCo)를 RAB 모델 수혜자로 확정함.
- ※ RAB 모델이 적용되는 사업의 경우, 사업비용을 기반으로 한 보상이 이루어져 해당사업의 수익성이 시장가격 변동에 노출되지 않음.
- ※ NNB GenCo는 EDF Energy Holding Ltd(80%)와 GB Gas Holding Ltd(20%)의 합작 기업인 NNB Holding Company Ltd의 자회사로, Sizewell C 원전의 설계, 조달, 제조, 건설, 시운전, 운영, 해체와 관련된 인허가 취득을 담당함⁵⁹⁾.
- 2023년 말로 예상되는 최종투자결정(FID)에서 영국정부, EDF, 신규투자자가 각각 Sizewell C 프로젝트의 20%, 20%, 60%의 지분을 보유할 것으로 전망됨.

〈영국 Sizewell C 원전 추진 현황〉

년도	내용
2015. 10.	EDF-CGN, Sizewell C 원전(EPR 2기) 공동 추진 합의, 프로젝트 지분 각각 80%, 20% 보유
2020. 05.	EDF Energy, Sizewell C 원전 건설신청서(개발동의서) 계획심의관에 제출
2020. 12.	영국 정부, 가격적정성, 법률, 규제, 안보 요건 충족 전제로 EDF와의 자금 조달 협상 시작
2021. 07.	영국 정부, 중국과의 관계 악화로 프로젝트에서 중국 CGN 배제 및 지분 직접 인수 계획 발표
2021. 10.	영국 계획심의관, Sizewell C의 건설신청서 검토 완료
2022. 01.	영국 정부, Sizewell C 프로젝트의 CGN측 지분(20%) 약 1억 파운드(약 1,672억 원)에 인수 결정
2022. 07.	영국 정부, Sizewell C 원전에 대한 개발동의서 최종 승인
2022. 09.	Boris Johnson 전 영국 총리, Sizewell C 원전 건설에 7억 파운드(약 1.1조 원) 지원 약속
2022. 11.	영국 정부, Sizewell C 프로젝트 추진 최종 확정(원전 지분 50% 취득 및 RAB 모델 확정) 및 CGN 프로젝트 참여 중단
2023.	영국 정부, EDF와 Sizewell C 프로젝트에 대한 최종투자결정 시행 예정

자료 : 세계원전인사이드 각호 참조로 작성

59) EDF Energy, NNB GENERATION COMPANY LTD Company Document

- 영국 정부, AMR · SMR 개발 지원

- 영국 정부는 ‘녹색산업 혁명을 위한 10대 중점계획’(2020년 11월)과 ‘에너지 백서 2020’(2020년 12월)을 통해 SMR · AMR 개발 지원 및 투자 계획을 밝혔으며, 2030년대 초반까지 구축될 AMR 실증로에 고온가스로(HTGR) 적용을 발표(2021년 12월)한 바 있음.
- 또한 영국 정부는 ‘에너지 안보 전략 보고서’(2022년 4월)를 통해 2050년까지 원자력 발전 비중 약 25% 달성(최대 24GW 도달), 최대 8기의 원전 건설 추진, 대영원자력부(Great British Nuclear, GBN) 설립을 통한 신규 원전 프로젝트 개발 지원 및 자금 조달을 계획함.

① AMR

- 영국정부는 2022년 12월 첨단모듈원자로(Advanced Modular Reactor, AMR) 개발과 핵연료 생산 촉진을 위해 7,700만 파운드(약 1,288억 원) 규모의 지원 계획을 발표함.⁶⁰⁾
- 구체적으로 영국 정부는 AMR 연구·개발·실증 프로그램의 일환인 고온가스로(HTGR) 개발에 6,000만 파운드(약 1,003억 원), Westinghouse의 Springfields 핵연료 제조시설에 1,300만 파운드(약 217억 원), 고온가스로 개발 정보를 수집·공유하는 AMR Knowledge Capture 프로젝트에 400만 파운드(약 66억 원)를 할당함.
- AMR 연구·개발·실증 프로그램은 기본설계 예비조사 수행(2022년 이후), 기본설계 조사 수행(2023년 이후), 부지 및 건설·운전의 인허가 활동(2025년 이후)으로 구성됨.

② SMR

- 영국정부는 2023년 3월 Powering Up Britain을 발표해 대영원자력부(Great British Nuclear, GBN)의 공식 신설 및 SMR 설계안 채택 경쟁 입찰 계획을 확정함.
- 영국 정부 소유의 핵연료제조 기업인 British Nuclear Fuels Limited를 통해 운영되는 GBN은 SMR 설계안 채택을 위한 경쟁 입찰을 1단계(4월 시작), 2단계(여름~가을)로 진행 하고 채택된 SMR에 대해 공동 출자할 계획임.
- 2016년 영국 정부는 SMR 개발, 상용화, 자금 지원 등에 대한 기술 개발자, 전력기업, 잠재 투자자의 관심을 파악하고자 경쟁 입찰을 실시해 33개의 적격 업체를 선정했으나, 기초 정보 수집 차원을 넘어서지 못한 채로 2017년 SMR 입찰 절차를 종료한 바 있음.
- 영국 Rolls-Royce SMR, 국내 및 해외 SMR 개발 추진 및 해외진출 위한 협력
 - 영국 Rolls-Royce SMR은 2024년 중반까지 SMR(470MW, 설계수명 60년) 규제 승인, 2030년 가동을 목표로 설정하고, 자국 내 SMR 건설 추진 및 SMR 수출을 추진 중임.

60) <https://www.ans.org/news/article-4600/uk-backs-nuclear-innovation-with-77-million/>
<https://www.nucnet.org/news/gbp77-million-clean-energy-funding-includes-advanced-reactors-and-nuclear-fuel-12-4-2022>

※ Rolls-Royce SMR은 영국 엔지니어링 기업 Rolls-Royce가 2030년대 초반까지 SMR 개발 및 보급을 위해 설립한 특수목적법인으로, 영국 BNF Resources UK Ltd, 미국 최대 원전운영사인 Constellation, 카타르 투자청이 주요 투자자로 참여함.

① 영국

- 2022년 11월 Rolls-Royce SMR은 자사 SMR 보급을 위해 원자력해체청(NDA) 소유의 4개 후보 부지를 선정했다고 발표함. 후보 부지 중 2개 부지는 Trawsfynydd 및 Sellafield 지역 인근에 위치하며, 나머지 2개는 NDA가 제3자(Horizon Nuclear Power)에 임대한 Wylfa 및 Oldbury 부지임.
- 한편, Rolls-Royce SMR의 일반설계평가(Generic Design Assessment, GDA) 1단계가 2022년 3월부터 2023년 4월까지 진행되었으며 2단계가 2024년 7월까지 진행될 예정임.

② 해외협력

- (체코) 2023년 1월 Rolls-Royce SMR은 체코 국영기업 ČEZ를 방문해 2030년대 초까지 체코 내 UK SMR(470MW, 설계수명 60년) 보급 가능성을 논의함. 2022년 3월 ČEZ은 자국 최초 SMR 건설을 위해 Temelín 원전 부지 중 일부를 할당한다는 계획을 발표한 바 있으며, SMR 개발업체들과 협력해 오고 있음.
- (우크라이나) 2023년 3월 Rolls-Royce SMR은 Energoatom과 우크라이나에 SMR 도입 가능성 검토를 시작하기로 합의함. 우크라이나는 최근 전쟁 중 파괴된 화력발전소를 대체하기 위해 최대 20기의 SMR 건설을 고려하고 있다고 밝힘.
- (핀란드) Rolls-Royce SMR은 2023년 3월 Fortum과 핀란드 및 스웨덴 내 SMR 보급을 위한 타당성 조사를 공동 수행하고 향후 투자 결정을 내릴 계획임. 이번 협약은 Fortum이 2022년 10월에 시작한 핀란드 및 스웨덴 내 대형원전 · SMR 건설 가능성을 검토하는 2년간의 타당성 조사의 일환임.
- 영국 EDF Energy, AGR 노형의 Hartlepool A · Heysham A 원전 2026년까지 연장운전 추진
 - 2023년 3월 원전운영사 EDF Energy는 전력 공급 안정성을 위해 2024년 3월에 영구정지될 예정이었던 Hartlepool A 원전(590 · 595MW, AGR 2기) 및 Heysham A 원전(485 · 575MW, AGR 2기)을 2026년 3월까지 2년간 연장운전을 시행한다고 발표함.
 - 당초 두 원전은 2014년까지 가동될 계획이었으나, 2010년과 2016년에 각각 2019년 3월과 2023년 3월까지의 연장운영이 결정되고, 2022년 9월에는 단기적인 계속운전 시행이 검토된 바 있음.
 - EDF Energy는 2023년 가동 개시 40년을 맞이한 두 원전의 기술적 · 상업적 사례를 검토 후 연장운전 결정을 내렸으며, 특히 2022년 수행한 흑연 노심 검사를 통해 상기 두 원전이 규제 기준 충족을 확인했다고 밝힘.⁶¹⁾

- 영국은 원전의 계속운전 기간에 대한 법적인 제한은 두지 않고, License Condition-15에 따른 10년 주기로 주기적 안정성 평가를 실시하여 안정성이 입증되면 계속운전을 허용하고 있는 추세임.⁶²⁾

● 프랑스

■ 현황

- 프랑스는 2023년 4월 기준 총 56기의 원자로(총 발전용량 61,370MW)를 운영하고 있으며, 원자로 1기(1,630MW급 Flamanville 3호기)를 건설 중임.⁶³⁾
 - 영구 정지된 원자로는 총 14기(총 5,549MW)⁶⁴⁾이며, 신규 EPR2 6기 건설도 계획 중임.
- 2021년 프랑스의 총발전량은 554.8TWh이며, 발전원별 비중은 원자력 68%, 수력 12%, 재생에너지(풍력, 태양광, 지열) 10%, 가스 6%, 바이오매스 2%, 석탄 1%, 석유 1%임.⁶⁵⁾

■ 원자력 관련 주요 정책⁶⁶⁾

- 프랑스는 ‘에너지정책 기본방향에 관한 계획’ 법률(2005년 7월)을 제정해 2015년까지 약 40기의 EPR 건설을 계획하고, 2008년에는 대통령령에 따라 원자력 정책 최고 위원회(Conseil Politique Nucleaire, CPN)를 설립해 원자력 정책의 주요 방향을 수립하고 관련 활동을 감독함.⁶⁷⁾
- 후쿠시마 사고 이후 2012년 취임한 Holland 대통령은 녹색성장을 위한 에너지 전환법 제정(2015년 8월)을 통해 원전 의존도 축소 정책(2025년까지 발전 비중 50%로 축소, 원자력 설비용량을 63.2GW로 제한)을 추진하였으며, 2017년에 취임한 Macron 대통령은 원자력 발전 비중 감축(기존 75%에서 2035년까지 50%), 2035년까지 14기 폐쇄 계획을 발표함.
 - 실제로 자국의 가장 오래된 원전인 Fessenhiem 1·2호기가 2020년 2월과 6월에 각각 영구정지됨.

61) <https://www.ans.org/news/article-4821/edf-plans-to-extend-life-of-hartlepool-heysham-1/>

62) 세계원전시장 인사이트(2015.05.27.)

63) <https://pris.iaea.org/PRIS/CountryStatistics/CountryDetails.aspx?current=FR>

64) 영구 정지된 원자로의 용량은 연구로 포함 수치임.

65) Enerdata, Country Energy Report France, 2022.11.

66) World Nuclear Association, Nuclear Power in France, 2020.03.

<https://www.world-nuclear.org/information-library/country-profiles/countries-a-i/france.aspx>

67) ASN, Création du conseil de politique nucléaire(검색일 2022.4.26.)

<https://www.asn.fr/l-asn-informe/actualites/creation-du-conseil-de-politique-nucleaire>

- 2019년 프랑스 정부는 신규 원전인 EPR2 6기 건설을 위한 계획안 수립을 EDF에 요청하였으며, 2020년 프랑스 전력계통 운영사인 RTE는 탄소중립 달성을 위한 보고서인 2050년(Energy Futures 2050)을 통해 기존 및 신규 원전 활용 필요성을 제시함.⁶⁸⁾
 - RTE 보고서에서는 2050년 전력수요 충족과 탄소중립 달성을 위한 재생발전설비의 대폭 확대를 전제로 하고, 원전 신규건설 여부를 기준으로 현재 운영 중인 원전 중 16기의 계속 운전, 2050년까지 8~14기의 신규 원전 가동, SMR 도입 등을 가정함.
- 2022년 4월 연임에 성공한 Macron 대통령은 원자력 확대 정책(EDF 재국유화, 최대 14기의 신규 EPR2 건설, 기존 원전 계속운전 시행)을 수행하고 있으며, 신규 원전 건설 가속화 절차 방안의 법제화를 추진 중에 있음.

■ 주요 이슈

- 프랑스 의회, 신규원전 건설 및 계속운전 신속 추진 · 원전 발전량 비중 상한 폐지 등을 위한 법안 통과
 - 2023년 3월 프랑스 의회는 제1차 법안심의(first reading)에서 ‘기존 원전 부지 인근에 신규 원전 건설 관련 절차 가속화 및 기존 원전 운영에 관한 법안’⁶⁹⁾을 찬성 402표, 반대 130표로 채택함.
 - 해당 법안은 신규 원전 건설의 신속한 추진을 위한 행정 절차 간소화, 기존 원전의 계속 운전을 위한 절차 간소화, 원전의 발전량 비중 상한(50%) 철폐, 신규원전기술 및 수전해 시스템 도입 등을 포함하고 있음.
 - 구체적으로 ① 2035년까지 원자력 발전 비중 50% 감축 목표안 철폐, ② 신규 원전 건설 간소화 절차 적용 기간 20년 확정, ③ 도시계획법에 따른 신규 원전 건설 허가 면제, ④ 신규 원전 부지 확보를 위한 즉각적인 점유 절차 사용, ⑤ 비원자력부문예: 주차설비, 경계 울타리)의 작업 검토 절차 간소화, ⑥ 35년 이상 가동한 원전의 주기적안전성평가(PSR) 간소화 및 공론화 절차 강화, ⑦ 탈탄소화 목표 달성을 위해 EPR 및 SMR 건설, 수전해 시스템 도입 등이 있음.⁷⁰⁾
 - 프랑스 정부는 Macron 대통령의 5년 임기 만료 시점인 2027년 5월 이전 EPR2 2기 착공 및 2035~2036년 가동을 목표로 하고 있으며, Penly 원전, Gravelines 원전, Tricastin 또는 Bugey 원전에 각각 2기를 건설할 계획임.

68) 에너지경제연구원, 세계 원전시장 인사이트, 프랑스의 2050 전력부문 탄소중립 달성을 위한 시나리오 및 과제 주요내용(2022.01.14.)

69) Projet de loi relatif à l'accélération des procédures liées à la construction de nouvelles installations nucléaires à proximité de sites nucléaires existants et au fonctionnement des installations existantes

<https://www.legifrance.gouv.fr/dossierlegislatif/JORFDOLE000046513775/>

70) <https://www.vie-publique.fr/loi/286979-relance-du-nucleaire-projet-de-loi-construction-nouveaux-reacteurs>

- 해당 법안은 2022년 11월 프랑스 각료회의(Council of Ministers) 승인, 2023년 1월 프랑스 상원 투표 가결(찬성 239표, 반대 16표), 2023년 3월 프랑스 하원 원자력 발전 비중 50% 제한 철회 투표 가결(찬성 97표, 반대 26표)을 통과한 바 있으며, 올해 상반기 공표를 목표로 하고 있음.⁷¹⁾
- 프랑스 원자력규제기관, EDF에 원전 결함 추가 발견에 따른 대응 전략 수정 지시
 - EDF는 3월 7일 Penly 1호기에서 응력 부식(stress corrosion)을, 3월 9일 Penly 2호기와 Cattenom 3호기에서 열 피로(thermal fatigue)와 관련된 결함을 발견하고 이를 ASN에 보고하였고, ASN은 EDF에 해당 사안의 해결책을 반영해 2022년 12월에 제출한 원전 점검 및 수리전략(2023년~25년)을 재작성하도록 지시함.⁷²⁾
 - ASN은 Penly 1호기의 결함이 국제원자력사건등급(INES)상에서 사람과 환경에 영향을 미칠 정도의 수준은 아니나, 원자로 냉각과 관련된 안전 기능에 영향을 미쳐 파열 가능성이 높아진다고 진단함.
 - 한편, 이번 응력부식 결함 열 피로 결함 이전에도 2021년 12월 Civaux 1호기에서 응력 부식 결함에 대한 대응을 위해 16기의 원전에 대한 검사·수리 작업으로 2022년 원전 발전량이 280~300TWh로 떨어져 34년 만에 최저치를 기록함.
- 프랑스 EDF, 원전의 계속운전 시행을 위한 자금대출 및 관련 연구 시작
 - 2022년 11월 EDF는 최초 운영허가 기간이 40년인 원전의 20년 간 계속운전에 필요한 안전성 개선을 위해⁷³⁾ 프랑스 은행인 Credit Agricole와 10억 유로 규모(약 1.4조 원)⁷⁴⁾의 조건부융자 계약을 체결함.
 - EDF는 이번 계약이 2022년 7월 개정된 자사의 녹색금융관리체계(New Green Financing Framework)를 준수하고 있다고 밝히며, 융자금 전액이 자사의 원자력 사업에 투입된다고 덧붙임.
 - 또한, 2022년 7월에는 원자력·천연가스 투자를 친환경 경제활동으로 인정한 EU 분류 체계를 근거로, 기존의 재생에너지 프로젝트, 수력발전, 에너지 효율 프로젝트, 배전 분야로 이루어진 녹색금융관리체계에 원자력을 추가한 바 있음.
 - 한편, EDF는 최소 60년까지 원전의 계속운전 시행 계획의 일환으로 원자력 발전량 증가에 관한 연구를 재개하고, 2022년부터 2028년까지 원전 계획정비·설비개선에 330억 유로(약 48조 원)를 할당함.⁷⁵⁾ EDF는 계속운전 시행에 필요한 설비개선 작업에 대한 재정적 타당성이 입증되고 원자력규제기관(ASN)의 승인을 취득할 경우 2028년 이후부터 관련 작업을 부분적으로 진행할 예정임.

71) <https://www.ecologie.gouv.fr/examen-du-projet-loi-sur-laccélération-du-nucléaire-au-sénat>

72) <https://www.french-nuclear-safety.fr/asn-informs/news-releases/stress-corrosion-penly-nuclear-power-plant>

73) <https://www.bearingpoint.com/fr-fr/publications-evenements/blogs/energie/grand-carenage/>

74) 프랑스 내용 전체 2023년 4월 27일 환율 기준(1유로=1,482원)

75) <https://www.nucnet.org/news/edf-considers-eur33-billion-plan-to-increase-output-of-reactor-fleet-4-2-2023>

- 프랑스 EDF, SMR 해외진출 위해 폴란드 · 이탈리아 기업과 협력 추진
 - EDF는 NUWARD SMR(설계수명 60년, 각 170MW, PWR 2기) 프로젝트의 해외 진출을 본격화하기 위해 폴란드 · 이탈리아 기업과 협력을 추진 중임.
 - (폴란드) 2023년 1월 EDF는 폴란드 재생에너지 기업 Respect Energy와 폴란드 내 NUWARD SMR 보급을 위해 협력협정을 체결함. 양측은 양측이 미개발된 신규 부지 평가, 프로젝트 추진을 위한 세부 사업 및 자금 조달 계획을 수립할 예정임. EDF는 기존 EPR 노형(중·대형 원자로)과 NUWARD를 통해 폴란드 경제의 탈탄소화 및 에너지 안보 강화에 기여할 수 있을 것으로 전망함.
 - (이탈리아) 2023년 3월 EDF는 이탈리아를 포함한 유럽 내 SMR 개발 · 보급을 목적으로 이탈리아 엔지니어링 기업 Ansaldo Energia 및 자회사 Ansaldo Nucleare, 에너지 기업 Edison(EDF 자회사)과 협력 의향서(Letter of Intent)를 체결함. EDF는 상기 4개 기업이 각자의 전문성(Ansaldo Energia는 엔지니어링 부품 · 서비스, EDF는 NUWARD SMR 및 중 · 대형 원자로 Edison은 가스 및 전력 생산 · 공급 · 판매)을 활용한 협력을 추진하며 동시에 이탈리아 내 원자력의 활용 가능성에 대한 논의를 시행할 예정임.
- 프랑스 CEA, 소듐냉각고속로 · 용융염원자로 개발 조직 설립
 - 프랑스 원자력 · 대체에너지 위원회(French Alternative Energies and Atomic Energy Commission, CEA)는 고온로와 용융염 기반의 4세대 SMR 개발을 담당할 2개의 스타트업 기업(Hexana 및 Stellaria) 설립함.⁷⁶⁾
 - Hexana는 소듐냉각고속로(SFR, 각 열출력 400MWt 2기로 구성) 개발을 목표로 하고 있으며, 원자로에 열 저장 및 변환시스템을 통합해 전력 또는 공정열 출력으로 CO2 포집 및 수소 · 합성연료 생산이 가능하도록 할 예정임. SFR은 혼합산화물 연료(MOX)를 사용하기 때문에 순환핵연료주기(closed nuclear fuel cycle) 상에서 고준위방사성폐기물 발생 부피를 줄이는 데 기여할 것으로 전망됨.
 - Stellaria의 경우 열출력 250MWt 규모의 4m³급 초소형 용융염원자로(MSR) 개발을 목표로 하고 있음. 해당 노형은 고온의 염을 녹인 액체연료를 지속적으로 추출 및 재활용함으로써 연료재장전 없이 가동이 가능하며, 다양한 연료(토륨, 우라늄, 플루토늄, MOX 연료) 사용이 가능함.
 - 프랑스 정부는 2030 투자 계획의 일환으로 5억 유로(7,405억 원) 규모의 핵분열과 핵융합 분야의 혁신원자로 개념설계개발을 위한 프로젝트 공모를 시행하였으며, 신청서 접수 마감은 2023년 6월 28일까지임.
- 프랑스 EDF, 원자력발전량에 대한 고정가격계약판매제 확대 적용 철회 소송 패소

76) <https://www.cea.fr/Pages/actualites/energies/cea-essaim-deux-start-up-nucleaires-hexana-et-stellaria.aspx>

- 2023년 2월 최고행정재판소인 국참사원(Conseil d'Etat)은 2022년 EDF가 프랑스 정부를 상대로 한 고정가격계약판매제도(ARENH) 상의 원전 발전량 확대 명령에 대해서 정부의 결정이 합법이라고 판결함.⁷⁷⁾
- 프랑스 정부는 2010년부터 EDF의 독점 방지·시장 내 공정경쟁 활성화를 목적으로 EDF의 원전 발전량 중 연간 최대 100TWh(25%)를 MWh당 42유로⁷⁸⁾(약 6만 2천 원)로 2011년 7월부터 2025년 12월까지 경쟁업체에게 판매하도록 하는 원자력 발전에 대한 고정 가격계약판매제도(ARENH)를 시행 중임.
- 2022년 1월 프랑스 정부가 전력 가격 급등에 따른 소비자 보호 차원에서 ARENH에 따라 EDF가 20TWh의 원전 발전량을 추가 할당해 경쟁업체에 규제가격(MWh 당 42유로(약 6만 2천 원))에 매각하도록 명하자, 같은 해 8월 EDF는 ARENH 시행으로 발생한 83.4억 유로⁷⁹⁾(약 12조 원) 규모의 손해배상 및 ARENH 철회소송을 국참사원(Conseil d'Etat)에 제기함.
- 한편, 패소한 EDF는 국참사원(Conseil d'Etat)의 결정에 대해 별도의 언급 없이 ARENH 확대 시행에 따라 발생한 손해배상 소송을 계속 진행하고 있다고 밝힘.

● 러시아

■ 현황

- 러시아는 2023년 4월 기준 총 37기의 원자로(총 발전용량 27,727MW)를 가동하고 있으며, 총 4기의 신규 원자로(3,809MW)를 건설 중임.⁸⁰⁾
 - 영구 정지된 원자로는 총 10기(총 3,957MW)임.
- 2021년 러시아의 총발전량은 1,157TWh이며, 발전원별 비중은 가스 46%, 원자력 19%, 수력 19%, 석탄 14%, 석유 1%임.⁸¹⁾

■ 원자력 관련 주요 정책⁸²⁾

77) <https://www.la Tribune.fr/entreprises-finance/industrie/energie-environnement/prix-de-l-energie-le-conseil-d-etat-donne-raison-a-l-etat-contre-edf-950665.html>

78) 2022년 8월 19일 환율 기준

79) 2022년 8월 19일 환율 기준

80) <https://pris.iaea.org/PRIS/CountryStatistics/CountryDetails.aspx?current=RU>

81) Enerdata, Country Energy Report Russia, 2022.08.

82) World Nuclear Association, Nuclear Power in Russia, 2020.04.

<https://www.world-nuclear.org/information-library/country-profiles/countries-o-s/russia-nuclear-power.aspx>

- 1986년 체르노빌 사고 이후 주춤했던 러시아의 원전 정책은, 90년대 보리스 옐친 전 대통령령의 ‘연방 목표 프로그램’을 근거로 2000년부터 본격 추진됨.⁸³⁾ 이에 따라 2000년 경 원전 건설이 재개됨.
 - 이에 따라 건설이 중단되었던 Rostov 1호기가 첫 번째로 2001년에 시운전을 시작하였고, 2004년 Kalinin 3호기, 2010년 Rostov 2호기, 2011년 Kalinin 4호기가 차례로 가동을 시작함.
 - 2009년 7월에는 자국 원자력 설비용량을 당시 23.1GW에서 2020년 43.4GW로 확대한다는 계획을 발표함.⁸⁴⁾
- 2020년 4월 푸틴 대통령은 에너지 안보를 위해 2024년까지 원자력 부문의 엔지니어링, 기술, 연구 개발에 관한 종합 프로그램(이하 ‘원자력 종합 프로그램’) 개발을 내각에 지시함.
 - 원자력 종합 프로그램은 순환 핵연료 주기에 기반한 원자력 기술 개발, 핵융합과 플라스마 기술 개발, 소규모원전을 포함한 참조형(Reference) 원전의 설계 및 건설을 포함함.
- 2021년 9월 Rosatom은 1970년대에 건설된 기존 원전을 2035년까지 신규 원자로 15기(각 1200MW, 3세대+)로 대체할 계획이라고 발표함.
- 2021년 10월 6일 러시아 정부는 2060년까지 탄소 중립 목표 달성을 위한 신규 탄소중립 전략계획 초안을 작성함.
 - 해당 문서에서는 기존의 석탄발전 위주의 발전원을 원자력, 수력, 재생에너지로 전환하여, 2050년까지 2019년 대비 탄소배출량 60% 감축을 목표로 하고 있음.

■ 주요 이슈

- 러시아, 해외국가와 원자력 협력 체결
 - 러시아는 알제리, 스리랑카, 미얀마에 원전 수출을 위한 기술·산업 협력을 확대하고 있음.
 - (알제리) 2023년 3월 Rosatom은 알제리 원자력위원회와 원자력에 관한 워크숍을 공동으로 조직해 알제리 내 최초 상업용 원전 보급 가능성을 논의함. Rosatom은 VVER-1200 노형에 대한 설명을 비롯해, 엔지니어링, 핵연료 공급, 사용후핵연료 재처리, 해체 등 종합적 솔루션을 제시했으며, 알제리 측은 자국의 원전 현황(연구로 2기 가동)을 설명함.⁸⁵⁾

83) Bellona, Russian Nuclear Power 2018

84) Bellona, Russian Nuclear Power 2018

85) <https://www.rosatom.ru/en/press-centre/news/rosatom-and-algerian-atomic-energy-commission-discussed-nuclear-energy-solutions-in-a-jointly-organised-workshop/>

- (스리랑카) 2023년 3월 스리랑카 내각은 원전 건설 추진을 위해 러시아의 원전 건설 및 관련 정부간 협약 체결 제안을 승인함. 스리랑카 원자력위원회는 최대 100MW 규모의 해상용 또는 육상용 SMR 3기를 도입할 계획으로, SMR 건설 비용을 약 100억 달러(약 13.3조 원)로 추정하고, 건설 기간의 경우 8년~12년을 예상함. 러시아 전문가 팀이 원전을 운영하고 3년 내로 스리랑카 내 전담 인력을 훈련시켜 원전 운영권을 양도하는 조건인 것으로 알려짐.⁸⁶⁾
 - (미얀마) 2023년 2월 Rosatom과 미얀마 과학기술부는 원자력의 평화적 사용에 관한 정부간 협력협정을 체결함. 양측은 이번 협정을 기반으로 SMR 건설·운영을 위한 인력 양성을 포함한 다양한 분야에서의 원자력 활용을 위한 협력을 구축할 계획임.⁸⁷⁾ 양국은 2022년 7월 미얀마 군부 국가행정평의회(State Administration Council, SAC) 및 미얀마 과학기술부와의 회담에서 원자력 분야의 인력 교류와 더불어 기술 연구 및 개발을 위한 양해각서를 체결한 바 있음.
 - 러시아, 신규 원전 건설 현황
 - 2023년 2월 Rosatom은 2045년까지 373TWh 규모의 신규 원전 29기 건설(2035년까지 12기 및 2045년까지 17기 추가 건설 완료) 계획을 발표함.⁸⁸⁾
 - 현재 러시아는 BREST-OD-300, Kursk II 1·2호기, Baltic 1호기 등 총 4기(3,809MW)을 건설 중임.
- ① BREST-OD-300(납냉각고속로)
- 2023년 3월 Rosatom의 기계 엔지니어링 사업부 Atomenergomash의 자회사인 TsKBM에 따르면, 4세대 납냉각고속로인 BREST-OD-300용 주순환펌프장치(main circulation pump unit MCPU)의 프로토타입 조립 작업이 진행 중임.⁸⁹⁾
 - ※ 납냉각고속로는 기존 소듐 냉각식 발전용 고속로를 대체하는 차세대 고속로임.
 - 러시아는 사용후핵연료의 재처리를 목표로 하는 Proryv 프로젝트의 일환으로 시범실증 전력단지(ODEK)를 건설 중이며, 고속로용 우라늄-플루토늄 질화물 연료 제조 시설, BREST-OD-300 원자로, 사용후핵연료 재처리 시설로 구성됨.
 - 해당 원전은 2021년 6월 착공에 들어가 2026년 완공을 목표로 하고 있으며, 액체상태 납을 냉각제로 사용하는 세계 최초의 원전이 될 것으로 전망됨.
- ② Kursk-II 원전 (기존 원전 대체)

86) <https://www.powermag.com/russia-ready-to-bring-nuclear-power-to-sri-lanka/>

87) <https://rosatom.ru/en/press-centre/news/russia-and-myanmar-sign-intergovernmental-agreement-on-nuclear-energy-cooperation/>

88) <https://www.enerdata.net/publications/daily-energy-news/russia-plans-build-29-new-nuclear-reactors-2045.html>

89) <https://www.world-nuclear-news.org/Articles/Production-under-way-of-prototype-pump-unit-for-le>

- VVER-TOI노형이 적용되는 Kursk II 원전은 현재 설계 수명에 가까워지고 있는 Kursk 원전의 RBMK(흑연감속 비등경수 압력관형 원자로) 3기를 대체하기 위해 건설 중에 있음. Kursk II 1·2호기는 각각 2018년 및 2020년에 착공에 들어갔으며, 2020년대 중반에 상업운전을 시작할 것으로 예상됨.
- ※ VVER-TOI은 노심설계 개선과 원전정지 후 72시간 동안 운전원의 개입없이 안전 유지가 가능한 피동형 안전계통을 갖춘 원자로임.
- 2023년 Rosatom은 1호기의 외부격납건물 돔 설치(1월), 비상디젤발전기 설치(2월)를 완료했으며, 2호기의 경우 2022년에 내부격납건물의 상부돔이 설치됨.⁹⁰⁾

③ Baltic 원전

- Baltic 1호기(1109MW, PWR)는 당초 2016년 가동을 목표로 2012년 2월 착공에 들어갔으나, 리투아니아, 폴란드, 독일 등 인접국들이 전력 구매 의사 철회를 밝혀 2013년 7월 건설 작업이 중단되었고, Rosatom은 해당 부지의 활용성(SMR 건설 가능성 포함) 검토를 위해 프로젝트 자체를 중단함.
- 2021년 7월 Rosatom은 Baltic 원전 프로젝트를 재추진하기 위한 해외투자자들과의 논의를 희망한다는 입장을 표명함.⁹¹⁾
- 러시아 원전 산업, EU 10차 대러 제재대상에서 제외
 - 2023년 2월 25일 유럽연합 집행위(EC)는 러시아의 군수산업에 활용될 수 있는 전자제품(드론, 미사일 등), 특정 희토류 원소 등의 광범위한 수출 금지 조치 및 러시아 지원 단체를 대상으로 한 제10차 대러 제재안을 승인하였지만, 헝가리·프랑스의 거부로 러시아의 원전 산업 부문을 제재 대상에서 제외함.⁹²⁾
 - 유럽의회는 2월 8일 Rosatom을 포함한 러시아 원자력 부문을 10차 대러 조치에 포함하는 결의안을 찬성 489표, 반대 36표로 통과시켰으며, 작년 3월부터 Zaporizhzhia 원전이 러시아의 군사 통제 하에 있는 우크라이나는 EC에 러시아의 원자력 부문에 대한 제재를 요구해왔음.⁹³⁾
 - EU의 대러 제재안 시행을 위해서 27개 EU 회원국의 만장일치 승인이 필요한 상황이나, 러시아의 원자로와 핵연료를 사용 중인 헝가리는 러시아의 원자력 부문 제재를 반대하고 있으며, 프랑스는 일부 유럽국가들(핀란드, 슬로바키아, 체코, 불가리아 등)이 여전히 러시아산 핵연료에 의존하고 있다고 밝히며 제재 시행에 대한 우려를 표명하고 있음.

90) <https://www.neimagazine.com/news/newsdiesel-generators-installed-at-russias-kursk-ii-npp-10602420/>
<https://www.neimagazine.com/news/newsinner-containment-dome-installed-at-russias-kursk-ii-unit-2-10451661/>
<https://www.neimagazine.com/news/newsouter-containment-dome-completed-at-russias-kursk-ii-unit-1-10486519/>

91) <https://www.neimagazine.com/news/newsrosatom-to-consider-new-investors-for-baltic-npp-8879263/>

92) <https://www.neimagazine.com/news/newseu-commission-rejects-plans-to-sanction-russias-nuclear-industry-10615052>

93) <https://www.neimagazine.com/news/newseuropean-parliament-calls-for-russia-sanctions-to-include-nuclear-10576973/>

● 핀란드

■ 현황

- 핀란드는 2023년 4월 기준 5월 1일 상업운전을 앞두고 있는 Olkiluoto 3호기(1,600MW, PWR)를 포함해 총 5기의 원자로(총 발전용량 4,394MW)를 운영 중임.⁹⁴⁾ 또한, 러시아의 VVER 노형이 적용된 Hanhikivi 1호기(1,400MW) 건설 프로젝트는 취소됨.
- 2020년 핀란드의 총 발전량은 68.9TWh이며, 발전원별 비중은 원자력 34%, 바이오매스 18%, 재생에너지(풍력, 태양광, 지열) 12%, 수력 23%, 가스 6%, 석탄 7%임.⁹⁵⁾

■ 원자력 관련 주요 정책

- 핀란드는 2019년 발표한 2035년까지 탄소중립국으로의 전환 계획에 원자력을 포함함.
 - 이에 따라 2029년 5월까지 석탄 발전소는 단계적으로 폐쇄되며, 원자력의 경우 기존 원전의 계속운전과 신규 원전이 추진될 예정임.
- 핀란드는 세계 최초로 2023년 가동을 목표로 사용후핵연료 최종처분장을 건설 중임.
 - 핀란드의 원자력에너지법은 원전에서 발생한 모든 방사성폐기물의 영구 처분을 명시함.
 - 핀란드는 남서부 해안 도시 Eurajoki에 사용후핵연료 최종처분시설을 건설 중임. 최종 처분시설은 2016년 말 착공에 들어가 2023년 운영될 예정으로, 약 5,500톤의 사용후핵연료를 약 10만년 동안 지하 430미터 깊이의 터널에 저장할 수 있는 규모임.
 - 2000년 핀란드 정부는 해당 시설을 선정함. 2001년에 핀란드 의회는 최종처분시설 프로젝트에 대한 원칙결정(Decision-in-principle)을 승인함. 2013년 12월 Posiva는 고용경제부에 건설 허가신청서를 제출해 2015년 핀란드 정부로부터 승인을 취득함.
 - 핀란드 원자력법에 따르면 지자체가 해당 시설 유치를 희망하고 프로젝트가 안전하게 수행될 수 있는 경우에만 원칙결정이 승인됨. Eurajoki 지자체의 프로젝트 지원과 방사선·원자력안전청의 해당 시설 건설 및 안전요건에 따른 최종 처분 수행 가능성 표명이 원칙결정 승인의 전제 조건임.⁹⁶⁾
- 2022년 5월 연합정부의 외무부, 내무부, 환경·기후부를 담당하는 핀란드 녹색당(Vihreät De Gröna)은 2023~2027 녹색당 공약을 통해 친원전 입장을 표명하며, 계속 운전 실시, SMR 승인 절차 간소화를 위한 원자력법 개정, Hanhikivi 원전 프로젝트를 대체할 안정적인 저탄소 기저부하 전원 공급 방안을 제시함.

94) <https://pris.iaea.org/PRIS/CountryStatistics/CountryDetails.aspx?current=FI>

95) Enerdata, Country Energy Report Finland, 2022.04.

96) Ministry of Economic Affairs and Employment of Finland, Decisions-in-Principle on Posiva Oy's facility (검색일 2020.09.16.) <https://tem.fi/en/posiva-s-decision-in-principle-process>

■ 주요 이슈

- 18년 간 지연된 Olkiluoto 3호기, 5월 상업운전 예정
 - 2023년 4월 핀란드 전력사 TVO는 시운전을 마치고 정규 전력 생산을 시작한 Olkiluoto 3호기(1,600MW, EPR)의 상업운전 일을 5월 1일로 확정함.⁹⁷⁾
 - TVO에 따르면, 해당 원전은 자국 전체 발전량의 약 14%를 담당할 것으로 전망되며, 최소 60년간의 전력 생산을 통해 전력 가격 안정화와 탄소 중립 목표 달성에 기여할 것으로 기대함.
 - 프랑스가 개발한 EPR 노형이 적용된 Olkiluoto 3호기는 2005년 착공에 들어가 당초 2009년 완공을 목표로 하였지만 지속적인 공기 지연과 준공 이후 시운전에서 발견되는 기술적인 문제들로 상업운전 일정이 약 14년 지연되었으며, 프로젝트 비용도 32억 유로(약 4.7조 원)에서 약 3배가 증가한 110억 유로(약 16조 원)⁹⁸⁾(2019년 기준)에 달함.
 - TVO와 Areva-Siemens 컨소시엄은 2003년 TVO와 체결한 32억 유로(약 4조 원)규모의 Olkiluoto 3호기 건설을 위한 턴키(Turn-key) 계약을 바탕으로 2년간의 보증 기간까지 계약상의 의무를 이행할 예정임.

97) <https://www.neimagazine.com/news/newsolkiluoto-3-begins-operation-10765733>

98) 핀란드 내용 전체 2023년 4월 27일 환율 적용(1유로=1,479원)

〈핀란드 Olkiluoto 3호기 건설 추진 현황(비용증가 및 공기 지연 포함)〉

구분	내용
2003. 12.	TVO와 Areva-Siemens 컨소시엄, Olkiluoto 3호기 터키계약(32억 유로(약 4.7조 원)) 체결
2005. 05.	Areva-Siemens 컨소시엄, Olkiluoto 3호기 착공
2007. 08.	TVO 및 Areva, Olkiluoto 3호기 완공 시점 2011년 중순 이후로 연기 ⁹⁹⁾
2008. 10.	TVO, 느린 토목 공사로 Olkiluoto 3호기 완공 2012년 이후로 연기 ¹⁰⁰⁾
2012. 07.	TVO, Olkiluoto 3호기 계획·문서 작업·허가 등의 문제로 2014년 8월로 원전 가동 예정일 연기 ¹⁰¹⁾
2012. 12.	Areva, Olkiluoto 3호기 프로젝트 비용 약 85억 유로(약 12조 원)로 예상
2013. 02.	TVO, Olkiluoto 3호기 계측제어(I&C) 설계 지연으로 2016년 이후로 가동 연기 ¹⁰²⁾
2014. 09.	TVO, Olkiluoto 3호기 계측제어(I&C) 시스템 승인 사안으로 2018년 말로 가동 연기 ¹⁰³⁾
2017. 10.	TVO, Olkiluoto 3호기 가동 2019년 5월로 재차 연기 ¹⁰⁴⁾
2018. 11.	TVO, 진행 중인 테스트로 Olkiluoto 3호기 가동 추가 4개월 연기(2019년 9월 → 2020년 1월) 연기 ¹⁰⁵⁾
2019. 03.	핀란드 정부, Olkiluoto 3호기 운영허가 승인
2019. 07.	TVO, Olkiluoto 3호기 시운전 연기(2020년 1월 → 7월) ¹⁰⁶⁾ 비용 110억 유로(약 16조 원) 추정 - 연료장전 2020년 1월, 전력망 연결 2020년 4월, 전력생산 2020년 7월 시행
2019. 12.	TVO, 보조디젤발전기 부품 교체로 Olkiluoto 3호기 가동 연기(2020년 7월 → 2021년 3월) ¹⁰⁷⁾ - 연료장전 2020년 6월, 전력망 연결 2020년 11월, 전력생산 2021년 3월 시행
2020. 08.	TVO, Olkiluoto 3호기 프로젝트 추가 연기(2021년 3월 → 2022년 2월) ¹⁰⁸⁾ - 연료장전 2021년 3월, 전력망 연결 2021년 10월, 전력생산 2022년 2월 시행
2021. 07.	TVO, Olkiluoto 3호기 재차 연기(2022년 2월 → 3월) ¹⁰⁹⁾ - 고온기능시험 결과 터빈에 대한 정밀 검사 필요하다고 판단
2021. 08.	TVO, Olkiluoto 3호기 터빈 정밀 검사로 인해 추가 연기(2022년 3월 → 6월) ¹¹⁰⁾ - 발전 2022년 6월부터 예정
2022. 03.	TVO, Olkiluoto 3호기 출력 증강 시행, 2022년 7월 가동 발표 ¹¹¹⁾
2022. 04.	TVO, Olkiluoto 3호기 냉각 계통 점검 및 수리로 가동 연기(2022년 7월 → 9월) ¹¹²⁾
2022. 06.	TVO, Olkiluoto 3호기 터빈 증기 재가열기 이물질 감지에 따른 점검·수리로 가동 연기 (2022년 9월 → 12월) ¹¹³⁾
2022. 08.	TVO, Olkiluoto 3호기 터빈 부문의 유지 보수 및 수리 작업 완료 ¹¹⁴⁾
2022. 10.	TVO, Olkiluoto 3호기 터빈 부문 내 급수 펌프 부분에서 감지된 결함으로 가동 연기 ¹¹⁵⁾
2023. 04.	TVO, Olkiluoto 3호기 시운전 진행
2023. 05.	TVO, Olkiluoto 3호기 상업운전 시작(5월 1일 확정)

자료: WNN, TVO, 세계 원전시장 인사이트 각 호 참고

99) WNN, Dates revised again for Olkiluoto 3(2007.08.10.)

100) WNN, Olkiluoto 3 start-up 'may be postponed until 2012'(2008.10.17.)

101) WNN, Olkiluoto 3 delayed beyond 2014(2012.7.17.)

102) Power Technology, Finnish nuclear plant on hold until 2016(2013.02.12.)

103) WNN, Olkiluoto 3 startup pushed back to 2018(2014.09.01.)

104) WNN, Olkiluoto 3 commercial operation rescheduled(2017.10.09.)

105) WNN, New delay in start-up of Finnish EPR(2018.11.29.)

106) WNN, Olkiluoto faces further delay to July 2020(2019.07.18.)

107) Nucnet, Olkiluoto-3 / TVO Announces Further Delay To Finland EPR Project(2019.12.19.)

108) Nucnet, Olkiluoto-3 / TVO Announces Further Commissioning Delay To February 2022(2020.08.28.)

• 핀란드 Hanhikivi 원전, 러시아와 계약해지 위법성 인정 결정

- 핀란드 Hanhikivi 원전(1,200MW, PWR) 건설 철회를 두고 핀란드 원전운영사 Fennovoima와 RAOS Project(Rosatom 자회사)가 법적공방을 펼치는 가운데, 2022년 12월 양측이 분쟁조정기관으로 설정한 분쟁심의위원회(Dispute Review Board)는 Fennovoima가 RAOS Project와의 해당 원전의 EPC(설계·조달·시공)계약을 해지한 것이 위법이라고 판결함.

※ 국제상공회의소 분쟁위원회 규정에 따라 설립된 분쟁심의위원회는 양사의 EPC 계약에 따라 신속하게 분쟁 당사자 사이에서 이를 원만하게 해결할 수 있도록 조정하고 해결방안을 권고하는 기관임.

- Hanhikivi 프로젝트는 당초 2018년 착공, 2024년 상업운전을 목표로 하였으나, 인허가 관련 서류 작업이 늦어져 2023년 착공, 2029년 상업운전 시작으로 일정이 연기되고, 비용도 70억 유로(약 10조 원)에서 75억 유로(약 11조 원)로 증가한 바 있음.
- 2022년 5월 Fennovoima는 RAOS Project의 프로젝트 지연 및 납품 수행 능력 부족, 러시아-우크라이나 전쟁에 따른 프로젝트 위험 증가를 이유로 RAOS Project와의 Hanhikivi 원전의 EPC 계약을 해지하였고, 이에 대해 Rosatom은 Hanhikivi 원전 건설 철회 결정은 정치적인 동기라는 평가를 받침,
- 이후 Fennovoima는 Rosatom 계열사를 상대로 손해배상금 20억 유로(약2.9조 원)를 청구하였고, Rosatom은 총 30억 달러(약 4조 원) 규모에 달하는 6건의 소송을 제기함.
- Fennovoima측은 분쟁심위원회의 권고가 최종적이지도 않고 법적 구속력도 없다고 강조하며, Rosatom측과의 분쟁을 국제 중재 절차를 통해 해결한다는 입장을 밝힘.

〈핀란드 Hanhikivi 원전 추진 현황〉

구분	내용
2013. 12.	Fennovoima, Rosatom와 터키방식으로 Hanhikivi 원전 건설 계약 체결
2015. 06.	Fennovoima, 핀란드 고용·경제부에 Hanhikivi 원전 건설허가 신청서 제출
2020. 12.	Fennovoima, Rosatom이 작성한 Hanhikivi 원전 기본 설계 1단계 문서 조건부로 승인
2021. 04.	Fennovoima, 핀란드 고용·경제부에 Hanhikivi 원전 건설허가 신청서 수정안 제출
2021. 04.	Fennovoima, Hanhikivi 원전 상업운전 개시 연기(2028년 → 2029년) 발표
2022. 04.	Fennovoima, 러시아-우크라이나 전쟁 상황을 지켜볼 것이라는 입장 발표
2022. 05.	Fennovoima, Rosatom과 Hanhikivi 원전 건설 계약 해지 및 건설허가 신청 철회
2022. 08.	Fennovoima, Rosatom과 Hanhikivi 원전 건설 계약 해지에 대한 손해배상청구 소송 개시
2022. 12.	분쟁심위원회, Fennovoima의 Hanhikivi 원전 건설 계약 해지 위법성 판결

자료: 세계 원전시장 인사이트 각 호 참고

109) Yle, Olkiluoto 3 reactor delayed again(2021.07.30.)

110) Reuters, Finland's Olkiluoto 3 nuclear reactor faces another delay(2021.08.23.)

111) Nucnet, Olkiluoto-3 / Electricity Production Begins At First New European Nuclear Reactor In 15 Years(2022.03.14.)

112) Nucnet, Olkiluoto-3 / TVO Says Regular Electricity Production Now Scheduled For September(2022.04.29.)

113) Nucnet, Olkiluoto-3 / TVO Announces Further Delay Due To Problem With Turbine's Steam Reheater(2022.06.16.)

114) Nucnet, Olkiluoto-3 / TVO Resumes Electricity Production Following Inspections And Repair(2022.08.08.)

115) WNN, Feedwater pump damage delays Finnish EPR commissioning(2022.10.19.)

- 핀란드 전력사 Fortum, SMR 도입을 위한 활발한 협력 추진

- Fortum은 2022년 11월부터 핀란드 및 스웨덴 내 대형원전 · SMR 건설 가능성을 검토하기 위해 원전 도입의 상업적 · 기술적 · 사회적 측면을 검토하는 타당성 조사를 진행 중에 있으며, 영국 Rolls-Royce SMR, 프랑스 EDF, 스웨덴 Kärnfull Next, 핀란드 Helen 및 Outokumpu 등 SMR 관련 기업들과 협력을 활발히 추진 중임.
- (Helen) 2022년 11월 Fortum은 Helen과 SMR 개발 협력에 필요한 전제조건을 검토하는 공동 연구를 시작하고, 협력 및 투자 관련 결정은 향후에 시행하기로 함.
- (EDF) 2022년 12월 Fortum은 EDF와 핀란드 및 스웨덴에서 신규 원전(EPR · Nuward) 프로젝트 협력 가능성을 모색하기 위한 기본 협정을 체결하고, 협력 및 투자 관련 결정은 향후에 시행하기로 함.
- (Kärnfull Next) 2022년 12월 Fortum은 스웨덴 SMR 개발업체 Kärnfull Next와 스웨덴 내 SMR 보급 가능성을 공동으로 탐색하는 양해각서(MOU)를 체결함. 양측은 스웨덴 내 관련 인허가 절차와 법안을 토대로 SMR 개수 및 부지에 대한 계획을 수립할 수 있을 것으로 판단하고, 향후 투자 결정을 내릴 계획임.
- (Outokumpu) 2023년 3월 23일 Fortum과 철강생산업체인 Outokumpu는 철강 제조 부문의 탈탄소화 달성을 목적으로 SMR 도입 타당성 조사를 위한 양해각서(MOU)를 체결함. 양측은 Outokumpu의 대형 공장이 위치한 Tornio 지역을 SMR 후보부지로 고려하고 있으며, 추가 개발을 위한 사업 모델 및 기술 방안을 확인한 후 추후에 투자 결정을 내릴 예정임.
- (Rolls-Royce SMR) 2023년 3월 23일 Fortum은 영국 Rolls-Royce SMR와 핀란드 및 스웨덴 내 SMR 도입을 위한 양해각서(MOU)를 체결함.

- 핀란드 정부, Loviisa 1 · 2호기 20년 계속운전 승인

- 2023년 2월 핀란드 전력사인 Fortum은 자국 정부로부터 자국 최초 원전인 Loviisa 1 · 2호기(각 507MW, PWR)의 2050년까지의 계속운전 허가를 승인받았다고 발표함.
- 러시아가 개발한 VVER-440 노형이 적용된 Loviisa 1 · 2호기는 각각 1977년과 1980년에 상업운전을 시작해, 2027년 말과 2030년 말에 운영허가 만료를 앞두고 있음.
- 핀란드 정부의 이번 결정은 2023년 1월 핀란드 방사선 · 원자력안전청(STUK)의 계속운전 승인을 토대로 함. STUK는 Fortum이 Loviisa 원전의 안전 운전과 노후화 관리를 지속할 수 있는 역량 · 자원 · 절차를 갖추고 있다고 판단함.
- Fortum은 2022년 3월 두 호기에 대한 계속운전 신청서를 자국 경제고용부에 제출한 바 있으며, 계속운전 관련 투자액이 2050년까지 총 10억 유로(약 1.4조 원)에 달할 것으로 추산함.

- Loviisa 원전의 안전성은 핀란드 원자력법에 따라 10년마다 평가되며, Fortum은 차기 안전성 수행 결과를 2030년 STUK에 제출할 예정임.

◎ 스웨덴

■ 현황

- 2023년 4월 기준 총 6기(6,937MW)의 원자로를 운영 중이며, 건설 중 원자로는 없음. 총 13기의 원자로 중 현재까지 7기(4,054MW)가 영구 정지됨.
- 2021년 스웨덴의 총발전량은 168.7TWh로 이 중 원자력이 31%, 수력 42%, 풍력 16%를 차지함.¹¹⁶⁾

■ 원자력 관련 주요 정책

- 2022년 9월 총선에서 우파 연정(온건당 · 스웨덴 민주당 · 기독교민주당 · 자유당)이 좌파 연정을 근소한 차로 이겨 8년 만에 우파로 정권 교체가 이뤄짐.¹¹⁷⁾ 10월 18일 Ulf Kristersson 총리가 정식 취임해 우파 성향의 온건당 13명(총리 포함), 기독교민주당 6명, 자유당 5명의 각료로 구성된 3당 연립 정권이 정식으로 출범했고,¹¹⁸⁾ 극우 정당인 스웨덴 민주당은 제2당을 차지하며 신정부의 정책에 협력함.
- 2022년 10월 우파 연정(온건당 · 스웨덴 민주당 · 기독교민주당 · 자유당)은 이전 정부의 에너지 정책인 ‘재생에너지 발전 100% 시스템’을 ‘비화석 연료 100% 시스템’으로 변경하고, 단계적 원전 폐지를 철회한다는 입장을 표명함.
 - 우파 연정은 2022년 10월 14일 정책 협의 서면동의서 Tidöavtalet을 통해 원전 건설부지 · 기수를 제한한 환경법 개정 추진과 신규 원전 건설을 위해 2026년까지 총 4,000억 SEK(약 51.1조 원)¹¹⁹⁾를 투자하고 SMR 건설 · 운전이 가능한 규제 정비 방침을 밝힘.
- 2023년 1월 11일에는 Ulf Kristersson 총리와 Romina Pourmokhtari 기후·환경부 장관이 공동 기자회견을 열고, 신규 부지 원자로 건설 금지와 원자로 가동 기수를 10기로 제한한 현행 환경법 조항의 폐지 · 개정을 공식 제안함. 현 정부는 향후 3개월간 이번 제안에 대한 공개 협의를 진행할 예정이며, 2024년 3월 개정법의 발효를 목표로 함.

116) Enerdata, Country Energy Report Sweden(2022.09.)

117) 한겨레, 스웨덴, 8년 만에 우파로 정권교체(2022.09.15.)

118) JETRO, ‘스웨덴’ 3당連立의新政權發足(2022.10.19.)

原子力産業新聞, ‘스웨덴의新政權4당 原子炉の新設と維持で合意’ (2022.10.18.)

119) 스웨덴 내용 전체 2023년 4월 20일 환율 기준 적용(1SEK=127원/1유로=1,451원)

- 현 정부는 자국의 전력 수요 부응을 위해 저탄소 전원 확대가 필요하고, 법 개정을 통해 다양한 부지에 다수의 원전이 건설되기를 원한다는 입장을 밝힘.¹²⁰⁾
- 한편, 스웨덴 원전에서 발생하는 모든 방사성폐기물에 대한 처분 시행 주체는 SKB이며 현재 Forsmark 원전 인근에서 2030년대 가동을 목표로 고준위방폐물 심지층 처분 시설을 건설 중임.¹²¹⁾
 - 현재는 사용후핵연료를 원전 내 저장수조에 임시 보관한 후 소외 집중식 사용후핵연료 중간저장시설(Central Interim Storage Facility for Spent Nuclear Fuel, 이하 'Clab')로 이송해 최소 30년 저장된 후 밀봉되어 최종처분시설에서 처분될 예정임.
 - 스웨덴 방사성폐기물관리회사인 SKB는 2016년 기존 Clab의 포화를 막고자 저장용량을 8,000톤에서 10,000톤으로 증설하는 신청서를 스웨덴 토지·환경법원에 제출했고, 2022년 6월 22일 스웨덴·환경법원이 해당 신청을 승인함.
- ※ 스웨덴 토지·환경 법원은 환경법(Environmental Code)을 기반으로 원자력 시설에 대한 인허가 발급 및 조건을 결정함.
- 중·저준위 방사성폐기물 처분시설(SFR)의 경우 방폐물 수용 능력 향상을 위해 증설할 계획으로 2023년 4월 SKB가 방사선안전청(SSM)에 증설될 중·저준위 방사성폐기물 처분시설(SFR)의 건설 및 운영허가 취득을 위한 신청서를 제출함.
 - SKB는 1988년부터 Forsmark에 소재한 SFR(최종 처분용량 약 63,000m³)을 운영 중이나, 자국 원자로 6기에서 발생하는 방폐물 저장을 위해 2014년 저장용량을 기존 대비 3배 증설(약 200,000m³)하는 계획이 담긴 신청서를 관련 당국에 제출함.
 - 이후 해당 계획과 관련해 2021년 12월 정부 승인을 받았고, 2022년 12월에는 스웨덴 토지·환경법원으로부터 증설 부문에 대한 환경 허가를 취득함. SSM이 이번 신청서를 심사한 후 허가하면 SKB는 증설 부문의 건설을 시작할 수 있음.
 - 2022년 9월 발표한 SKB의 '방사성폐기물 관리 및 처분방법에 관한 연구개발실증프로그램 2022'에 따르면 SKB는 SFR 증설 부문의 건설 개시를 2020년대 중반, 운영 개시를 2030년경으로 계획 중임.¹²²⁾

120) 原子力産業新聞スウェーデン首相 原子炉の新設に向け法改正を提案(2023.01.13.)

스웨덴 정부 웹사이트, Regeringen föreslår ändrad lagstiftning om kärnkraften(2023.01.11.)

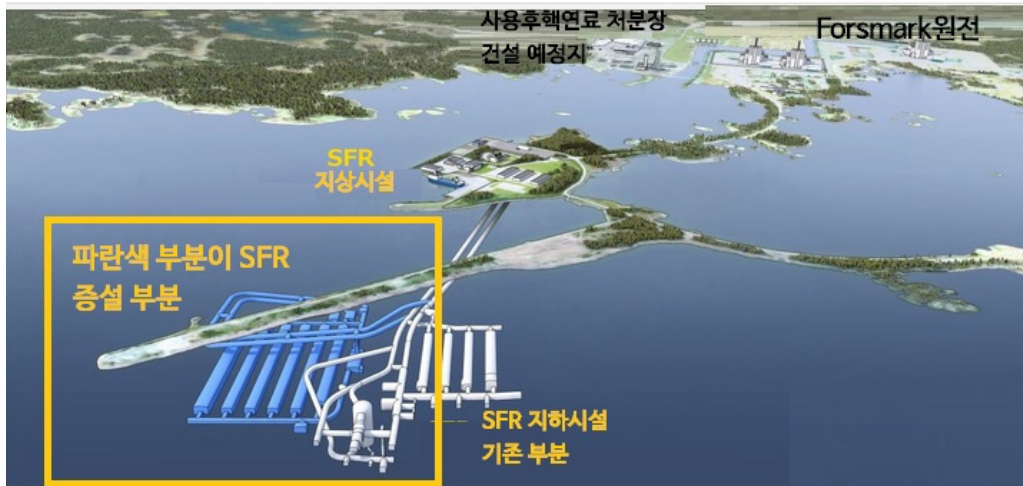
121) 원문: "The Spent Fuel Repository "SKB hopes to be able to start work on the construction in the early 2020s and reckons that the Spent Fuel Repository can then be ready to start operations about ten years later" SKB 웹사이트(최종 검색 2022.11.02.) <https://www.skb.com/future-projects/the-spent-fuel-repository/>?

122) SKB, Ansökan för SFR är nu inlämnad till SSM(2023.04.03.)

<https://skb.se/nyheter/ansokan-for-sfr-ar-nu-inlamnad-till-ssm/>

RWMC 2023.04.07.スウェーデンでSKB社が短寿命低中レベル放射性廃棄物処分場の拡張部分の建設認可を申請

〈SKB의 SFR 증설 부분〉



자료: RWMC '스웨덴에서 SKB社가 短寿命低中レベル放射性廃棄物処分場の拡張部分の建設認可を申請' (2023.04.07.)를 토대로 편집 작성

■ 주요 이슈

• 스웨덴, SMR 등 선진원자로 개발 및 투자 지원

- 스웨덴에너지청은 4세대 원전이 효율적인 무탄소 기반 전력으로, 탈석탄 사회로의 전환에 기여한다며 2022년 2월 전력사인 Uniper Sweden과 원자로개발업체 LeadCold의 합작 투자회사인 Swedish Modular Reactors AB의 소형 납냉각 원자로(Swedish Advanced Lead Reactor, 이하 'Sealer') 개발에 940만 유로(약 136.4억 원) 지원을 발표함.
- Sealer는 1996년부터 납냉각 원자로를 개발했던 LeadCold가 설계했으며 10년~30년간 연료교체 없이 3~10MW 출력으로 전력을 생산함. 실증로는 Oskarshamn 원전부지에 건설되어 2024년부터 5년간 가동될 예정으로 가동 후 재처리시설로 운송될 예정임.
- 한편, 스웨덴 전력회사 Vattenfall은 향후 전력 수요 급증에 대비해 Ringhals 원전 인근에 SMR 최소 2기를 건설하기 위한 타당성 조사를 2022년 6월 시작했으며, 2023년 3월에는 잠재적 SMR 공급업체와 논의를 진행 중임.
- 또한, 스웨덴 프로젝트 개발 기업인 Kärnfull Next*도 자국 내 SMR 건설을 목표로 2022년 3월에는 미국 GE Hitachi Nuclear Energy(GEH)와 2022년 12월에는 핀란드 Fortum과 MOU를 체결함.

※ Kärnfull Next는 스웨덴 환경보호기술 스타트업인 Kärnfull Future의 100% 자회사로 Kärnfull 그룹 기업 중에는 100% 원자력 전력을 조달해 판매하는 Kärnfull Energy도 있음.

• 스웨덴 Vattenfall, Ringhals 2호기 해체 작업 위한 신규 계약 체결

- 2022년 12월 16일 Vattenfall은 수익 감소를 이유로 2019년 영구 정지한 Ringhals 2호기 (852MW, PWR)의 해체 작업을 위해 영국 엔지니어링 기업 NUVIA Nordic과 해체 계약을 체결했으며, NUVIA Nordic은 해당 원자로의 1·2차 계통 해체를 담당함.
- NUVIA Nordic은 프랑스 건설회사인 VINCI Construction의 자회사로 설계, 건설, 공정, 공기조화기술(HVAC), 전기 제어·계측, 방사선 방호 등을 포함한 EPC·엔지니어링 전문 기업으로 프랑스와 체코 등 글로벌 원전 프로젝트에 참여한 실적이 있음.
- 이번 계약 체결로 NUVIA Nordic이 진행할 1·2차 계통 해체 작업은 3개의 증기발생기·가압기의 철거 및 재배치, 원자로 냉각 펌프·배관·2차 및 보조계통의 분리, 절단, 포장에 집중됨.
- 한편, Vattenfall은 2021년 미국 WH와도 Ringhals 2호기의 해체 계약을 체결한 바 있음.

◎ 체코

■ 현황

- 2023년 4월 기준 Dukovany 원전과 Temelín 원전에서 총 6기(3,934MW, PWR)를 가동 중임. Dukovany 원전(총 1,878MW, PWR 4기)부지에 추가 최대 2기(각 1200MW급) 건설을 추진 중이며 우선 1기(5호기)에 대한 입찰을 2022년 3월 시작해, 11월 한수원과, 프랑스 EDF, 미국 WH로부터 예비입찰서를 접수함.
- Dukovany 원전의 원자로 추가 건설 사업과 관련된 준비·시행 업무는 체코전력공사 ČEZ의 자회사인 Elektrárna Dukovany II(이하 'EDU II')가 담당함.¹²³⁾ 2021년 3월 8일 체코원자력안전청(SÚJB)은 EDU II에 Dukovany 원전 부지 내 최대 2기의 신규 건설을 위한 부지개발 허가를 발급함. 정확한 기수는 EDU II가 향후 결정할 계획임.
- 신규 건설 예정인 Dukovany 5호기는 2023년 9월 말 최종 입찰 진행, 2024년 공급업체 선정, 2029년 착공, 2036년 시운전 개시를 목표로 함.¹²⁴⁾
- 또한, 체코는 SMR 도입을 위해 Temelin 원전(총 2,056MW, PWR 2기)부지를 건설 부지로 선정하였고, Dětmarovice와 Tušimice석탄발전소 두 곳도 우선 건설 후보지로 지정함.

123) 2015년 체코 정부는 국가 에너지 정책에서 체코전력공사인 ČEZ에 원전 신설을 위한 건설·자금 조달을 담당하는 자회사 설치를 권고했고, 이에 따라 ČEZ는 2015년 Dukovany 신규 원전 건설 사업 준비·시행을 담당하는 자회사인 EDU II를 설립했음.
 자료: 公益財団法人原子力安全研究協会, 2019年度 文部科学省 委託調査事業 原子力平和利用確保調査 (諸外国における原子力の平和利用に関する状況の調査) 成果報告書(2020.03.)

124) 原子力産業新聞, チェコ ドコバニ5号機の増設で3社が応札 中露は除外(2022.12.01.)

- ČEZ는 2022년 3월 Temelín 원전 부지 일부를 최초 SMR 건설 부지로 선정해 2022년 12월 2일 초기 지질 조사를 완료했고, 2023년 2월 27일 Dětmarovice와 Tušimice 석탄 발전소 두 곳도 SMR 우선 건설 후보지로 지정함.¹²⁵⁾
- ČEZ는 2023년 2월 27일 최초 SMR 건설을 10년 이내에, 추가 SMR 2기를 2040년까지 가동할 계획이라고 발표함.¹²⁶⁾
- ČEZ는 미국 NuScale부터 GE Hitachi, WH, Holtec, 한수원, 영국 Rolls Royce, 프랑스 EDF까지 총 7개사와 SMR 관련 협력 양해각서를 체결해 ČEZ의 산하에 있는 국립원자력 연구기관인 JV Řež를 통하여 SMR 건설 실행 가능성 등을 조사 중임.¹²⁷⁾
- 2021년 체코의 총발전량은 84.9TWh로 이 중 원자력은 36%, 석탄 39%, 수력 4%, 태양광 2%를 차지함.¹²⁸⁾

■ 원자력 관련 주요 정책

- 현행 에너지 전략은 산업무역부^{*}가 2015년 승인한 ‘국가에너지정책(State Energy Policy)’을 기반으로 하며, 2023년 4월 12일 산업무역부 장관은 올해 말까지 원전에 비중을 둔 신규 장기에너지 전략이 수립·채택되어야 한다고 언급해 정책 변화가 예상됨.¹²⁹⁾

※ 체코 에너지 정책과 원자력 관련 행정은 산업무역부(Ministry of Industry and Trade)가 담당함.

- 2015년 수립한 국가에너지정책에서는 당시 총발전량에서 약 30%를 차지했던 원전을 2040년까지 46~58%로 확대하겠다고 밝힘. Dukovany 원전의 추가 원자로 건설 계획도 산업무역부와 재무부가 이 정책을 토대로 작성한 ‘원자력에너지에 관한 액션 계획(National Action Plan for the Development of Nuclear Energy)’을 내각이 2016년 6월 승인한 데 따른 것임.¹³⁰⁾
- 2020년 1월 EU에 제출한 국가 에너지·기후계획(National Energy and Climate Plan, NECP) 최종본 역시 2015년 국가에너지정책과 2017년 환경부가 수립한 기후보호정책을 토대로 작성되어 2030년까지 온실가스배출량을 2005년 대비 30% 감축, 총발전량에서 원전 비중은 2016년 29%에서 2040년에 46~58%까지 확대하는 목표를 제시함.¹³¹⁾

125) 原子力産業新聞, チェコ テメルン発電所でSMR初号機建設の地質調査を実施(2022.12.06.)

原子力産業新聞, チェコ石炭火力発電所サイトをSMRでリプレイスへ(2023.03.01.)

126) SeFARD 新型炉に関する国際情報, チェコはエネルギー供給を強化するため 2032年に小型原子炉を計画(2023.02.28.)

127) CE, After preliminary assessment ČEZ has identified two preferred construction sites for small modular reactors, in addition to the Temelín pilot location, in Dětmarovice and Tušimice(2023.02.27.)

https://www.cez.cz/en/media/press-releases?firm.newsCategory=OSPOL_NEWS_CATEGORY_ELIT

128) Enerdata, Country Energy Report Czech Republic(2022.06.)

129) New Czech nuclear power based energy strategy to be finalized by year-end (Platts, 23.04.13.)

130) 公益財団法人原子力安全研究協会, 令和2年度 文部化学省 委託調査事業 原子力平和利用確保調査 (諸外国における原子力の平和利用に関する状況の調査) 成果報告書(2021.03.)

- 2022년 1월 체코 정부는 원자력과 분산형 재생에너지를 주요 전원으로 구성하고 2033년 까지 단계적으로 석탄발전 설비를 폐지하는 정부 프로그램 성명서를 발표함.¹³²⁾
- 한편, 체코 내 신규 원전에서 생산된 전력은 2022년 1월 1일 발효된 ‘저탄소에너지 이행 법(Lex Dukovany)’에 따라 ČEZ가 최소 30년간 고정가격으로 매입할 수 있으며 매입 된 전력은 도매시장에 재판매될 계획임.¹³³⁾
- 체코에서 중저준위방폐물은 Richard, Dukovany, Bratrstvi 처분장 세 곳에서 처분 중임. 고준위방폐물의 경우 심지층 처분 방식을 검토 중이며, 관련 계획¹³⁴⁾에 따르면 2025년 부지 결정, 2050년 건설 시작, 2065년 완공을 계획 중임.

■ 주요 이슈

- 체코, Dukovany 원전 5호기에 대한 예비 입찰서 접수 완료¹³⁵⁾
 - 2022년 11월 30일 체코전력공사 ČEZ는 한수원, 미국 WH, 프랑스 EDF가 Dukovany 1,200MW급 신규 원전 건설(5호기) 참여를 위한 예비입찰서를 제출했다고 밝힘.
 - 이에 따라 2023년 9월 말로 예정된 최종입찰서 접수 기간까지 ČEZ의 자회사이자 Dukovany원전 추가 원자로 건설 프로젝트의 운영을 담당하는 EDU II가 상기 3개사와 협상 및 예비입찰서 검토, 기술·상업 면에서 원자로 설계의 타당성을 검증할 예정임.
 - 예비 입찰은 기술·상업적 매개변수(parameter) 확인을 위한 기초 단계이며 한수원은 기존 APR1400의 기반으로 한 APR1000, WH는 AP1000, EDF는 EPR-1200을 제안함.
 - WH는 AP1000을 엔지니어링 기업 Bechtel과 공동 건설하며 체코 원전 산업계와 공급망 측면에서 협력할 계획을 밝혔고, EDF는 EPR1200 노형의 엔지니어링·조달·시공(EPC) 사업 및 핵연료 공급을 제안함. 더불어 WH와 EDF 모두 Dukovany 원전 및 Temelin 원전에 자사 노형 기반 증설 계획도 제안함.
 - 한수원은 ČEZ에 APR1000의 안전성과 우수성, 경제성은 물론 자사의 사업관리역량과 경쟁사 대비 차별화된 기술, 그리고 현지 기업과의 협력 등 현지화 노력에 대해 설명했고, 한국 정부의 전폭적인 지원 의지도 전달함.¹³⁶⁾
- 체코, SMR 건설 우선 후보지로 석탄발전소 부지 두 곳 지정

131) 체코 정부, Vnitrostátní plán České republiky v oblasti energetiky a klimatu(2020.01.04.)

132) vlada.cz, Programové prohlášení vlády(2022.01.07.)

133) 一般財団法人 エネルギー総合工学研究所, 令和4年度 諸外国における原子力安全制度の整備状況等に関する調査成果報告書(2023.03.) 電気事業連合会 チェコで新規原子炉の建設支援法案が成立(2021.09.30.)

WNN, Competition officially begins for Dukovany new build(2023.03.)

134) 체코 방사성폐기물 관리기관인 SURAO에서 작성한 ‘체코 심지층 처분 시설 개발-행동계획 2017~2025(DGR Development in the Czech Republic-Action Plan 2017~2025)’에 제시됨.

135) 原子力産業新聞, チェコ ドコバニ5号機の増設で3社が応札 中露は除外(2022.12.01.)

136) 한수원 보도자료, 체코 신규원전사업 입찰서 제출(2022.12.01.)

- 2023년 2월 27일 ČEZ는 SMR 건설을 위한 예비 평가를 통해 Dětmarovice와 Tušimice 석탄발전소 두 곳을 잠재적인 SMR 건설 후보지로 지정함.¹³⁷⁾
- Dětmarovice 석탄발전소는 폴란드와 접한 국경에 인접하며 800MW의 발전설비를 활용해 지역난방을 공급 중임. Tušimice 석탄발전소는 보헤미안 주 북쪽에 위치하며 2007년 ~2012년 동안 설비개선공사를 거쳐 800MW 설비를 운영 중임.
- ČEZ는 향후 상기 두 곳에 대한 후보 부지 최종 결정을 위해 2023년 가을까지 추가조사와 모니터링을 지속할 계획이며 인허가 신청까지 3~5년 소요될 것이라고 밝힘.
- 한편, ČEZ는 2022년 3월 체코 최초 SMR 건설 부지로 남보헤미아주에 위치한 Temelín 원전 부지를 선정하여 12월 2일 지질 조사를 완료함.
- Temelín 원전 내 SMR 건설은 ČEZ와 ČEZ의 산하에 있는 국립원자력연구기관인 ÚJV Řež, Temelín 원전이 위치한 남보헤미아주 정부(South Bohemian government)가 공동 추진하는 South Bohemia Nuclear Park 프로젝트의 일환으로 진행됨.
- 3개 기관은 해당 프로젝트 준비 작업을 조정하는 'South Bohemia Nuclear Park 회사'의 주주가 되어 SMR 분야 연구개발과 건설 준비를 진행 중임.¹³⁸⁾
- Dukovany와 Temelin원전 계속운전에 필요한 사전작업 추진
 - ČEZ는 2023년 2월 6일 1985년~1987년에 상업운전을 시작한 Dukovany 1~4호를 최소 2047년까지 10년 간 계속운전하기 위해 약 1억 500만 달러(약 1,390억 원)¹³⁹⁾ 이상을 투자할 계획이라고 발표함.
 - 체코 원전 사업자는 10년마다 종합적으로 주기적 안전성평가(Periodic Safety Review, PSR)를 실시해야 하며, 규제기관인 SÚJB가 ČEZ의 계속운전 신청서를 검토 후 계속운전에 필요한 안전성 요건 충족을 전제로 무기한 가동을 승인함.
 - ČEZ는 2023년 2월 14일 Temelin 원전도 60년 이상 가동에 대비해 추가로 36억 SEK (약 4,606억 원)를 투자하여 백피트 작업을 지속할 것이라고 발표함.
 - Temelin원전에서는 향후 몇 년간 연료 재장전 주기 연장, 지속적인 계측제어(I&C)계통 현대화 작업, 발전기 교체 준비도 진행할 방침임. 새로운 발전기의 경우 입찰 모집을 계획 중이며 1호기는 2028년, 2호기는 2년 후를 목표로 교체할 예정임¹⁴⁰⁾
- ČEZ, 원전연료 공급처 탈러시아 추진
 - ČEZ는 러-우 전쟁 발발에 따른 안보상의 이유로 러시아 원전 연료 의존 체제에서 벗어나 새로운 원전 연료 공급처를 모색해온 결과 새로운 기업과 계약 체결에 성공함.¹⁴¹⁾

137) 原子力産業新聞, チェコ テメルン発電所でSMR初号機建設の地質調査を実施(2022.12.06.)

原子力産業新聞, チェコ石炭火力発電所サイトをSMRでリプレースへ(2023.03.01.)

138) 原子力産業新聞, チェコ テメルン発電所でSMR初号機建設の地質調査を実施(2022.12.06.)

139) 체코 내용 전체 2023년 4월 20일 환율 기준 적용(1달러=1,322원/1SEK=127원)

140) 原子力産業新聞, チェコ 60年超運転に向けテメルンTemelin 発電所を改修(2023.02.16.)

- 2022년 6월에는 WH 및 프랑스 Framatome과 Temelin원전 연료 공급계약을 체결했고, 2023년 3월 29일에는 WH와 Dukovany 원전 연료 공급 계약을 체결하여 이르면 2024년부터 WH가 연료 공급을 시작할 예정임.¹⁴²⁾
- Temelin원전 연료의 경우 2023년 말 Temelin원전 연료 공급 업체인 러시아 기업인 TVEL과 체결한 계약이 만료됨에 따라 2020년 4월 ČEZ는 2024년부터 약 15년간 연료를 공급할 업체 선정 입찰을 시행했고, 2022년 4월 12일 공급처 다양화 관점에서 프랑스 Framatome과 미국 Westinghouse를 선정했다고 발표한 바 있음.¹⁴³⁾

● 폴란드

■ 현황

- 폴란드는 2033년까지 최초 원전 건설을 추진 중이며, 이를 통해 현재 90% 이상인 석탄 화력발전 의존도 및 러시아산 석유·가스 의존도를 축소하고자 함.
- 2021년 폴란드의 총 발전량은 180.6TWh이며, 발전원별 비중은 석탄 70%, 가스 11%, 재생에너지(풍력, 태양광, 지열) 11%, 바이오매스 5%, 수력 2%, 석유 1%임.¹⁴⁴⁾

■ 원자력 관련 주요 정책

- 2021년 2월 폴란드 정부는 에너지 정책(PEP2040)을 채택해 탄소 배출 저감과 전력 공급 안정성을 위해 2043년까지 총 6~9GW 규모의 원자로 6기 건설(2033년 1~1.5GW규모의 최초호기 가동, 2043년까지 2~3년마다 추가로 나머지 원자로 건설)을 명시함.¹⁴⁵⁾
 - PEP2040은 2030년까지 최종 에너지소비 중 재생에너지원 비중 23%로 확대(연안 풍력 에너지 설비용량 2030년 5.9GW, 2040까지 최대 11GW 도달 예정), 석탄 의존도 56%로 감축(2020년 기준 72%) 등의 목표를 담고 있음.
- 또한, 2023년 4월에 공개된 에너지 정책(PEP 2040) 개정안에서, 2040년 전원구성에서 원자력·재생에너지 설비용량 비중을 74%로 확대할 계획을 밝힘.¹⁴⁶⁾

141) CEZ그룹 공식웹사이트 The Americans are going to supply nuclear fuel also to Dukovany, not only to Temelin (2023.03.29.) <https://www.cez.cz/en/media/press-releases/the-americans-are-going-to-supply-nuclear-fuel-also-to-dukovany-not-only-to-temelin-174618>

142) JETRO, 'チェコ電力' 米ウェスチングハウスと核燃料の供給契約を締結(2023.04.13.)

143) 原子力産業新聞, 'チェコ 60年超運転に向けテメル린Temelin 発電所を改修'(2023.02.16)

144) Enerdata, Country Energy Report Poland(2022.07.)

145) Kotra 해외시장뉴스, '폴란드 에너지정책(PEP 2040) 방향'(2021.04.23.)

https://dream.kotra.or.kr/kotranews/cms/news/actionKotraBoardDetail.do?SITE_NO=3&MENU_ID=180&CONTENTS_NO=1&bbsGbn=243&bbsSn=243&pNttSn=188160

146) <https://biznes.pap.pl/en/news/all/info/3403422,poland-eyes-ca---73---share-of-renewables-&-nuclear-power-in-energy-mix-in-2040---climatemin>

- 이번 개정안에서 전원 구성 가운데 재생에너지 비중은 2030년 47%, 2040년 51%까지 증가하며, 원자력은 2033년 최초 원전 가동 및 2040년까지 7.8GW의 설비 운영 목표가 유지됨.
- 2022년 10월 폴란드 정부는 Lubiatowo-Kopalino 지역에 자국 최초 원전 건설을 담당할 사업자로 미국 Westinghouse를 선정했으며, Westinghouse의 AP1000 PWR 3기를 건설할 계획임. 첫 호기(1~1.6GW)는 2026년에 착공해 2033년에 상업운전 시작을 목표로 하고 있으며, 후속 원자로는 2~3년마다 건설될 예정임. 총 건설 비용은 320억 달러(약 42.8조 원)¹⁴⁷⁾로 추산됨.
 - 폴란드-미국 정부 간 폴란드 최초 원전 건설 관련 협력협정이 체결(2020년 10월) 및 발효(2021년 3월)되어, 양국은 2021년 2월 24일부터 18개월간 미국측의 원전 건설 관련 사전 작업(원자로 설계, 조달, 건설, 자금조달 방안 포함) 진행에 대해 합의함.
 - 2021년 6월 Westinghouse는 미국무역개발청(USTDA)으로부터 폴란드 원전 건설에 필요한 엔지니어링 및 설계 연구 수행에 관한 FEED(Front-End Engineering and Design, FEED) 프로젝트 보조금을 지원받음.
- 한편, 2022년 10월 31일 폴란드 국영 전력공사 PGE·민간 발전사 ZE PAK·한국수력 원자력은 Patnow 지역 내 석탄 발전소 부지에 한국의 APR1400 노형 기반의 두 번째 원전 건설하는 협력의향서(Letter of Intent)를 체결하고, 11월 한수원은 Patnow 부지에 대한 지질공학, 내진, 환경조건 분석 등 부지조사 착수에 들어감.
 - 양국 3개 기업은 협력의향서를 바탕으로 Patnow 부지조사 수행·자금조달 모델에 따른 사전작업-건설-운영 단계별 예산 추산·프로젝트 수행 이정표 수립을 시행하기로 함.
- 2023년 4월 13일, PGE와 ZE PAK는 Patnow 부지에 한국의 APR1400 2기를 건설하기 위해 특수목적법인인 PGE PAK Energia Jądrowa SA 설립을 발표함.
 - PGE와 ZE PAK이 각각 50:50의 지분을 보유한 PGE PAK Energia Jądrowa SA는 폴란드 측을 대표해 타당성 조사, 환경영향평가수행, 부지 조사 등을 담당할 예정임.¹⁴⁸⁾

■ 주요 이슈

- Westinghouse와 폴란드 국영 원전기업 PEJ, 폴란드 최초 원전 건설 관련 상세설계 공동 작업을 위한 연장 계약(Bridge Contract) 체결
 - 2022년 2월 폴란드 국영 원전기업인 PEJ은 자국 원전 건설의 상세설계 공동으로 준비하기 위해 원전 건설 1단계 사업자로 선정된 미국 Westinghouse와 연장 계약(Bridge Contract)을 체결함.¹⁴⁹⁾

147) 폴란드 내용 전체 2023년 4월 27일 환율 적용(1달러=1,339원)

148) <https://www.pap.pl/mediaroom/1560666%2Cpowstaje-spolka-pge-pak-energia-jadrowa-budowa-elektrowni-jadrowej-w>

- 이는 양사가 프로젝트 세부 사항(2023년 초기 설계 작업, 인허가 지원, 부지 개발, 엔지니어링 서비스 계약, 조달 등)을 정의한 협력협정 체결(2022년 12월)의 후속 조치임.
- 이번 계약은 사전 설계 작업을 위한 10가지 주요 분야(세부 투자모델 개발, 안전성 평가 및 품질관리 준비, 폴란드 현지 공급기업 선별 등)를 다루고 있으며, Westinghouse는 안전성 관련 예비 평가 수행, 외부 자금조달에 필요한 투자 요건·규칙 수립, 초기 비용 추정 작업을 시행할 예정임.
- 폴란드 국영 전력공사 PGE·ZE PAK, 한수원과 원전 건설 추진 위한 특수목적법인 설립
 - 2023년 4월 폴란드 국영 전력공사 PGE와 민간 발전사 ZE PAK는 중부 지역 Patnow 부지에 자국 두 번째 원전(한국형 APR1400 2기) 건설을 담당할 특수목적법인인 PGE PAK Energia Jądrowa SA를 공식 설립함.¹⁴⁹⁾
 - PGE와 ZE PAK이 각각 50:50의 지분을 보유한 PGE PAK Energia Jądrowa SA는 PGE·ZE PAK·한국수력원자력이 APR1400 기반의 두 번째 원전 개발 계획을 골자로 한 협력의향서(Letter of Intent) 체결(2022년 10월)의 후속 조치로 설립됨.
 - PGE PAK Energia Jądrowa SA의 임무는 두 번째 원전 건설을 위한 타당성 조사, 부지 조사, 환경영향평가, 세부 투자 일정 준비, 인허가 취득 및 행정 업무 등임.
 - 상기 3개사가 수행한 예비 분석에 따르면 Patnow 부지에 최소 APR1400 2기 건설이 가능하며, 가동 시 폴란드 연간 전력 소비량의 약 12%를 공급할 수 있는 약 22TWh를 발전할 수 있음.
 - 해당 프로젝트는 폴란드 정부 주도의 원자력 프로그램이 아닌 민간 주도로 진행 중임.
- 폴란드, 자국에 SMR 도입위한 개발업체와의 협력 및 인허가 준비 활발
 - 폴란드 기업들은 국내외로 SMR 개발·보급을 위한 협력을 활발히 추진 중임.
- ① 폴란드 PKN Orlen, 최대 76기의 BWRX-300 SMR 도입 계획 발표
 - 2023년 1월 폴란드 정유·화학 대기업 PKN Orlen은 자국의 6개 대학 및 교육부와 공동으로 원자력 전문가 양성을 위한 신규 원자력 과정 개설 의향서를 체결하는 가운데 GEH의 BWRX-300 SMR 도입 계획을 발표함.
 - PKN Orlen에 따르면, 2023년 4월 26개 후보지역 발표, 2028년 최초호기 착공, 2038년까지 26개 지역에 76기 SMR 건설이 전망됨.
- ② 폴란드 Industria, 영국 Rolls-Royce SMR과 SMR 도입 의향서(MOI) 체결

149) <https://www.nucnet.org/news/pej-signs-contract-with-westinghouse-for-preparation-of-nuclear-power-project-2-3-2023>

150) <https://www.zepak.com.pl/en/about-us/press-office/news/14646-establishment-of-pge-pak-energia-jadrowa-construction-of-a-nuclear-power-plant-in-koninpatnow-in-the-greater-poland-region.html>

- 2023년 2월 폴란드 국영기업 Industria는 영국 Rolls-Royce SMR과 폴란드 중남부에 SMR(470MW, PWR) 도입을 위한 의향서(MOI)를 체결함.
- Industria는 SMR용 부품 및 모듈 공급망을 개발 중으로 매년 50,000톤의 저탄소 수소를 생산할 중앙수소클러스터(Central Hydrogen Cluster) 구축을 위해 최대 3기의 SMR 도입을 계획하고 있음.

③ 폴란드 기업·정부기관, 2036년까지 SMR 10GW 보급을 위한 협력협정 체결

- 2023년 3월 폴란드 기업 Orlen Synthos Green Energy와 폴란드 환경보호 및 수자원관리 국가 기금(The National Fund for Environmental Protection and Water Management, NFOSiGW)은 2029~2036년 사이 10개 부지에 총 10,000MW 규모의 SMR 도입을 위한 협력 협정을 체결함.

※ Orlen Synthos Green Energy는 폴란드 정유·석유화학 대기업 PKN Orlen과 폴란드 화학기업 Synthos가 자국 내 SMR 및 초소형모듈원자로(MMR) 도입을 위해 2021년에 설립한 특수목적회사임.

- 양측은 미국 GEH의 BWRX-300 SMR 도입을 위한 자금조달·준비·건설·가동을 담당하기로 함.
- 해당 SMR 1기(설계수명 60년)의 전기출력은 300MW, 열출력은 870MWt으로 알려짐.

④ 폴란드 광산·제련업체 KGHM, 기후부에 SMR 건설을 위한 사전허가서(decision-in-principle) 제출

- 2023년 4월 KGHM는 폴란드 기후부에 SMR 건설 관련 행정 허가 취득을 위한 사전허가서(decision-in-principle)를 제출함. KGHM에 따르면 사전허가서 취득은 정부의 프로젝트 지원 확보와 건설 허가 등 행정 결정 신청 자격 권한 취득을 의미함.
- 2022년 2월 KGHM는 미국 NuScale과 폴란드 내 VOYGR SMR 보급을 위한 계약 체결을 발표한 바 있음.¹⁵¹⁾ NuScale은 SMR 부지 탐색 및 선정, 건설 기획, 비용 추정 등을 담당함.

● 루마니아

■ 현황

- 루마니아는 2023년 4월 1일 기준 원자로 2기(총 발전용량 1,300MW)를 가동하고 있으며, Cernavoda 3·4호기 증설 작업과 Cernavoda 1호기 설비개선 작업도 추진하고 있음.

151) Nei, NuScale Power and KGHM agree on deployment of SMRs in Poland(2022.2.16.)

<https://www.neimagazine.com/news/newsnuscale-power-and-kgbm-agree-on-deployment-of-advanced-smrs-in-poland-9486929/>

- 2021년 루마니아의 총 발전량은 59.3TWh이며, 발전원별 비중은 수력 29%, 원자력 19%, 석탄 19%, 가스 17%, 재생에너지(풍력, 태양광, 지열) 14%, 바이오매스 1%, 석유 1%임.¹⁵²⁾

■ 원자력 관련 주요 정책

- 1970년대 후반 Cernavoda 부지에 캐나다 CANDU 노형 5기 건설이 진행(1·2호기는 각각 1982년 7월과 1983년 7월에, 나머지 3~5호기는 4년 후 착공)되었지만, 1991년 캐나다원자력공사(AECL)-이탈리아 원자력기업 Ansaldo 컨소시엄 주도의 1호기 건설이 우선시되어 나머지 4기 건설이 중단됨. 1호기는 1996년 12월에 상업운전을 시작함.
- 2000년 루마니아 정부는 Cernavoda 2호기 완공을 우선순위로 하여 약 6천만 유로를 투자함. 2001년 건설이 재개된 후 2007년 10월에 상업운전을 시작함.
- 루마니아는 2014년 중국 CGN을 Cernavoda 3·4호기 건설 사업자로 선정하고 2019년 CGN과 예비투자자협정을 체결하였으나, 미국과의 전략적 관계를 고려해 2020년 1월 협정을 철회함. 대신, 2020년 10월 루마니아 경제부와 미 에너지부는 약 80억 달러(약 10조 원)¹⁵³⁾ 규모의 Cernavoda 3·4호기 완공 및 1호기 설비개선 작업을 위한 양해각서를 체결함.
- 2021년 10월 루마니아 에너지부는 통합 에너지·기후 정책을 발표해, 각각 2030년 및 2031년까지 Cernavoda 3·4호기 상업운전, Cernavoda 1·2호기의 30년 계속운전 시행을 확정함.

■ 주요 이슈

- 루마니아, Cernavoda 3·4호기 완공 및 Cernavoda 1호기 2060년까지 30년 계속운전 추진

① Cernavoda 3·4호기

- 2022년 12월 루마니아 정부는 Cernavoda 3·4호기(각 720MW, PHWR) 완공을 목적으로 루마니아 정부-원전운영사 Nuclearelectrica 간 지원협정 체결 법안을 발의함. 해당 법안에 따르면, 루마니아 정부는 자금조달을, Nuclearelectrica는 관련 인허가 승인 취득을 담당함.
- Cernavoda 3·4호기는 1991년 재원조달 문제로 건설이 중단되었다가 2002년 재개되었으며, 공정 진행률은 각각 약 15%, 14%로 완공 시점은 각각 2030년, 2031년으로 전망됨.

152) Enerdata, Country Energy Report Romania 2022,08

153) 루마니아 내용 전체 2023년 4월 27일 환율 적용(1달러=1,339원)

- Nuclearelectrica에 따르면, Cernavoda 3·4호기 완공까지의 일정은 준비 단계(2021~2023년)·예비작업수행 단계(2023~2025년)·건설 및 상업운전 단계(2026~2030/2031년)로 이루어짐.

② Cernavoda 1호기

- 루마니아 원전운영사 Nuclearelectrica는 Cernavoda 1호기(650MW, PHWR)의 30년 계속 운전 시행을 위한 설비개선 작업을 진행 중임.
- 1996년 12월에 상업운전을 개시한 Cernavoda 1호기(설계 수명 30년)는 설비개선 작업을 통해 2060년까지 추가 30년 가동될 예정임.
- Nuclearelectrica에 따르면, Cernavoda 1호기 설비개선 프로젝트는 ① 1단계 타당성 조사(2017년~2022년), ② 2단계 조달·건설 계약 협의, 작업 계획, 승인 취득(2022년~2026년), ③ 3단계 임시 정지 후 설비개선 작업 완료(2027년~2029년)로 이루어짐.
- 2023년 3월 초 Nuclearelectrica는 캐나다 엔지니어링 기업인 SNC-Lavalin 자회사 Candu Energy와 2년 간 약 6,500만 달러(약 870억 원) 규모의 Cernavoda 1호기 설비개선 작업 관련 계약을 체결함. SNC-Lavalin은 프로젝트 수행을 위해 이탈리아 원자력 기업 Ansaldo Nucleare와 협력하기로 함. Ansaldo Nucleare는 보조기기 계통(Balance of Plant) 작업을 담당할 예정임.
- 루마니아, NuScale Power와 SMR 보급을 위한 선행주기 엔지니어링 및 설계(FEED) 계약 체결
 - 2023년 1월 Nuclearelectrica의 자회사인 RoPower Nuclear와 미국 NuScale Power는 Nuscale의 VOYGR SMR(462MW, 총 6기 모듈)을 활용한 FEED 중 1단계 계약을 체결함. 해당 단계에서는 약 8개월 동안 대상 부지인 Doicești의 지표지질조사·환경영향평가 관련 하도급 계약서 발급, SMR 표준설계 개발을 위해 현장별 요구되는 사항 평가, 각 프로젝트 단계별 비용 전망 도출 등이 진행될 예정임.
 - 이번 계약은 양측의 NuScale SMR의 개발, 인허가, 건설 평가를 목표로 SMR 정보 교환에 관한 양해각서 체결(2019.03), SMR 도입 촉진을 위한 협력 계약 체결(2021.11), Doicești 부지에 VOYGR 보급 양해각서 체결(2022.05)의 후속 조치임.
 - 루마니아의 SMR 보급 프로젝트는 2022년 6월에 Biden 대통령이 발표한 글로벌 인프라 및 투자를 위한 파트너십 출범의 일환으로 진행되고 있으며 미국 정부기관으로부터 자금 지원을 받고 있음.

● 네덜란드

■ 현황

- 네덜란드는 2023년 4월 기준 Borssele 원전 1기(482MW, PWR)를 가동 중임.¹⁵⁴⁾
 - Borssele 원전은 1973년 10월에 상업운전을 개시하였으며, 독일 엔지니어링 기업인 Siemens의 KWU 2LP(PWR)을 채택함.
- 2021년 네덜란드의 총 발전량은 122.1TWh이며, 발전원별 비중은 가스 46%, 재생에너지(풍력, 태양광, 지열) 14%, 바이오매스 11%, 석탄 14%, 원자력 3%, 석유 1%임.¹⁵⁵⁾

■ 원자력 관련 주요 정책

- 네덜란드는 1973년 자국 최초 원전인 Borssele 1호기(485MW, PWR)을 가동하기 시작했으나 1986년 체르노빌 사고 여파로 신규 원전(3,000MW 규모) 건설 계획을 보류한 이후, 1994년에는 2003년까지 Borssele 원전 폐쇄를 결정함.
- 그러나 2003년 새 정부의 집권으로 Borssele 원전 폐쇄는 2013년으로 연기되었다가, 2006년에는 2033~34년으로 해당 원전의 폐쇄 일정이 재차 연기됨. 2009년에는 Borssele 2호기(1,000~1,600MW) 건설 계획이 발표되었으나, 2012년 해당 원전의 불확실한 경제성으로 인해 건설 보류가 결정됨.
- 이후 네덜란드 정부는 온실가스 감축 목표 달성 일환으로 신규 원전 건설 의지 표명(2018년), 2030년 이후 전원 구성에서 원자력 비중 확대 방안 검토(2020년), Borssele 원전의 계속운전 시행 결정 및 신규 원전 2기 건설을 위한 자금 50억 유로(약 7.3조 원)¹⁵⁶⁾ 확보(2021년)를 거쳐 2035년 완공을 목표로 한 제3세대+ 신규 원전(1,000~1,650MW, LWR) 2기 건설 계획을 발표(2022년)함.
 - 네덜란드 정부는 기후법을 통해 온실가스 배출량을 2030년까지 1990년 대비 49%, 2050년까지 95% 감축한다는 목표를 설정함.
 - 2020년 네덜란드 의회는 정부 보조금 지원을 통한 신규 원전 건설을 지지하는 동의안을 통과시켰으며, 원전운영사인 EPZ는 Borssele 원전의 계속운전과 신규 원전 2기 증설을 제안함.

154) <https://pris.iaea.org/PRIS/CountryStatistics/CountryDetails.aspx?current=NL>

155) Enerdata, Country Energy Report The Netherlands, 2023.03.

156) 네덜란드 내용 전체 2023년 4월 27일 환율 적용(1유로=1.479원)

■ 주요이슈

- 네덜란드 내각, 기존 Borssele 원전부지에 2035년까지 원전 2기 신규건설 추진
 - 2022년 12월 네덜란드 내각은 제3세대+ 신규 원전(1,000~1,650MW, LWR) 2기 건설 계획을 승인하면서, Zeeland 주에 소재한 기존 Borssele 원전(482MW, PWR) 부지를 후보 부지로 결정함.¹⁵⁷⁾
 - 네덜란드 정부는 신규 원전을 수용할 충분한 부지와 활용가능한 기존 기반 설비(네덜란드 방사성폐기물관리기구가 운영하는 중·저준위 방사성폐기물 처분시설 등)를 Borssele 원전 부지의 후보부지 선정 이유로 들면서, 지역 수용성 제고를 위한 지역 주민, 단체, 기업의 참여 방안을 수립 중이라고 밝힘.
 - 네덜란드 정부의 신규 원전 건설 로드맵은 ① 1단계: 의사결정 준비(2023~2024년), ② 2단계: 입찰 실행(2023~2025년), ③ 3단계: 인허가 승인(2023~2028년), ④ 4단계: 건설 및 시운전(2028~2035년)으로 이루어짐.¹⁵⁸⁾
 - 네덜란드 정부는 환경영향평가 시행 후 2024년 말 이후에 최종 부지를 선정할 예정이며, 입찰참가국으로 프랑스·미국·한국을, 자금 조달 모델로 정부가 처음부터 공동 투자자로 참여하는 모델을 고려 중이라고 밝힘.
 - 2023년 3월 벨기에 엔지니어링 기업 Tractebel과 네덜란드 방사선·원자력 기술기업 NRG-Pallas는 신규 원전 건설을 위해 엔지니어링 서비스 제공을 골자로 하는 양해각서(MOU)를 체결함.
 - ※ 프랑스 Engie 자회사인 Tractebel은 원자력 엔지니어링 분야에서 60년 이상의 이력을 갖추고 있으며, 네덜란드의 다목적 연구로인 Pallas(55MW) 프로젝트의 총괄 사업자를 담당하고 있음.
 - ※ 네덜란드 원자력연구기관(NRG)은 핵연료 조사시험 및 조사후시험 분야에서 50년 이상의 경력을 보유하고 있으며, Pallas 재단은 Pallas 연구로의 설계, 건설, 운영을 담당함.
 - 한편, 2023년 3월 네덜란드 자민당(VVD)과 기민당(CDA)은 정부에 신규 원전 2기 건설·운영을 전담할 국영기업 설립을 촉구하며, 국영기업이 연기금 등 민간 투자자 확보에 유리하고, 원전 프로젝트 지연 및 초과 비용 발생 위험성을 낮출 것이라고 주장함.
- IAEA, Borssele 원전 안전성 검토 완료¹⁵⁹⁾
 - 2023년 2월 IAEA 운영안전성검토팀(Operational Safety Review Team, OSART)은 네덜란드 Borssele 원전 운영에 대한 18일간의 안전성 평가를 수행한 결과, 원전운영사인 EPZ가 원전 운영의 안전과 신뢰성을 확보를 위해 노력하고 있지만 방사선 방호 프로그램의 경우 개선이 필요하다고 밝힘.

157) <https://www.neimagazine.com/news/newsbelgium-confirms-borssele-as-site-for-new-nuclear-plants-10439145>

158) <https://www.stibbe.com/publications-and-insights/the-future-of-nuclear-power-in-the-netherlands-part-2-borssele-preferred>

159) <https://www.neimagazine.com/news/newsiaea-reviews-safety-at-borssele-npp-in-the-netherlands-10593214/>

※ OSART는 다양한 국가 출신의 전문가 12명과 IAEA 직원 2명으로 구성되었으며 IAEA의 안전 기준을 토대로 원전 가동 부분의 안전성을 검토함.

– IAEA의 전문가팀은 EPZ에 제염, 선량 계획 및 방사성원 제어를 위한 Borssele 원전의 방사선 방호 사례의 개선을 비롯해 미승인된 운영 문서 사용 방지를 위한 운영자 지원 시스템 개선도 권고함.

● 불가리아

■ 현황

- 2023년 4월 기준 Kozloduy 5·6호기(총 2,006MW, PWR)를 운영 중이며, Kozloduy 1~4호기(총 1,632MW, PWR)를 EU 가입 조건으로 영구 정지함.
- 2023년 1월 불가리아 정부는 2027년과 2029년까지 가동되는 Kozloduy 5·6호기의 영구정지로 발생할 전력손실을 사전에 대비하기 위해 Belene 1·2호기 신규 건설과 더불어 Kozloduy 부지의 7·8호기 증설 계획을 발표함.
 - 불가리아는 2009년 중단된 Belene 원전 건설 계획을 2018년부터 다시 추진해왔으나, 최근 2년간 5번의 총선을 치르는 동안 해당 원전 추진 방향이 변화해 옴.
- 2021년 불가리아 총발전량에서 원전 비중은 34.6%로 16TWh를 공급함.¹⁶⁰⁾

■ 원자력 관련 주요 정책

- 불가리아는 EU집행위원회(EC)에 제출한 2021~2030년까지의 국가에너지 환경 계획(National Energy and Climate Plan, NECP)에서 2030년 이후 신규 원전을 통한 원자력 발전 비중을 확대하겠다고 명기함.¹⁶¹⁾
- 불가리아에너지부는 2023년 1월 17일 발표한 새로운 에너지 전략(2023~2053년)에서 에너지 공급 위기 상황 중 전력 부문의 탈탄소화와 에너지 안보를 실현하기 위한 불가리아 정부의 우선 과제로 전력 생산 및 수출 선도국 지위 유지·지역 에너지원의 지속가능한 활용·에너지 빈곤 탈피를 제시함.
 - 2030년까지 갈탄화력은 계속 사용하지만 이후에는 사용량을 단계적으로 축소해 2038년에는 사용을 중단할 예정으로 EU의 탈탄소 목표 달성을 위해 모든 방법을 고안하여 CO₂ 배출량을 감축할 계획임.

160) PRIS ELECTRICITY PRODUCTION SHARE IN 2021 기준(최종 검색: 2023.04.04.)

161) 원문: “adding the energy to be generated by a new nuclear power plant to the nation energy mix after 2030” (Bulgaria, National Energy and Climate Plan p16)

https://ec.europa.eu/energy/topics/energy-strategy/national-energy-climate-plans_en

- CO₂배출량 감축을 위해 불가리아는 Kozloduy 5·6호기의 영구정지를 대체할 7·8호기를 2045년까지 건설하고 2035~2040년까지 Belene 1·2호기를 건설할 계획임.
 - 2012년 불가리아는 Belene 원전 프로젝트를 철회한 후, 2017년 Rosatom에 6억 유로(약 8,711억 원)¹⁶²⁾의 보상금을 지불한 후 2018년 러시아제 원자로 부품을 회수한 바 있음.
 - 2023년 3월 28일 불가리아 국영 통신사인 BTA에 따르면 에너지부는 신규 원자로 건설을 위해 미국 Westinghouse 및 프랑스 EDF와 각각 Kozloduy 원전 증설과 Belene 원전 신규 건설을 위한 선행주기 엔지니어링·설계(Front-End Engineering and Design, FEED) 프로젝트 계약을 체결할 예정으로 알려짐.
 - 에너지부 차관은 Westinghouse와 Kozloduy 원전 부지에 AP1000 PWR 2기를, EDF와 Belene 부지에 러시아 Rosatom이 Belene 원전용으로 납품한 기자재를 활용해 1,000MW PWR 2기 건설을 위한 선행주기 엔지니어링·설계(Front-End Engineering and Design, FEED) 계약을 체결을 시행할 계획이라고 밝힘.
 - 에너지부 차관은 FEED 프로젝트 결과가 차기 정부와 의회에 제출되어, 정치적인 요인이 아닌 기술적·경제적 지표를 기반으로 신규 원전 건설 프로젝트 추진에 대한 최종 결정이 내려질 것이라고 밝힘.
- 한편, 2005년 불가리아 방사성폐기물 처분을 담당하는 국영방사성폐기물공사(SERAW)는 중저준위 방폐물 처분장 건설을 결정함.
 - 2011년 10월 SERAW는 스페인 방사성폐기물관리공사(ENRESA), 독일 DBE테크놀로지사로 구성된 컨소시엄과 처분장 설계 계약을 체결함.
 - Kozloduy 원전 인접 지역인 Radiana에 2017년 8월 중·저준위 방폐물 처분 시설 건설을 시작함.

■ 주요 이슈

- Kozloduy 원전 안정적 가동 위해 대 러시아 제재에서 원전기자재 제외
 - 3월 불가리아 에너지부 장관은 우크라이나 사태 관련 EU의 대러 제재에 예외사항을 두기로 한 내각의 결정과 관련하여, 자국의 에너지 안보 및 Kozloduy 원전의 안전 운전을 위해 필수 자재 및 예비 부품을 러시아 Rosatom으로부터 수입할 계획이라고 밝힘.
 - 장관은 장기적으로 러시아를 대체할 공급업체를 찾을 때까지, Kozloduy 원전의 예방정비 기간에 필요한 자재, 예비 부품들을 러시아로부터 수입해 비축해 놓을 것이라고 언급함. 또한, 러시아의 원자력 산업에 제재가 가해지면 러시아 부품, 건설링 서비스에 의존 중인 Kozloduy 원전 운영에 심각한 차질이 발생할 수 있다고 우려를 표명함.

162) 불가리아 내용 전체 2023년 4월 20일 환율 기준 적용(1유로=1,451원)

- Kozloduy 원전용 핵연료 공급업체, 러시아에서 Westinghouse · Framatome으로 교체
 - 불가리아 Kozloduy 원전은 에너지 안보 전략의 일환으로 미국 Westinghouse 및 프랑스 Framatome과 각각 Kozloduy 5 · 6호기(각 1,003MW, PWR)용 핵연료 공급 계약을 2022년 12월 22일과 30일에 걸쳐 체결함.
 - 불가리아는 EC로부터 러시아산 핵연료 의존도 감축을 위한 공급처 다변화를 요청받아, 작년 11월 불가리아 의회가 Kozloduy 원전에 비러시아산 핵연료 조달을 위한 인허가 절차 가속화 동의안을 통과시킨 바 있음.
 - Kozloduy 원전측은 Westinghouse와 2024년 4월부터 10년간 5호기용 신규 핵연료 생산 및 공급 계약을, Framatome과는 6호기용 핵연료 공급을 위한 정식 계약에 앞서 논의 일정을 수립하는 예비 협약을 체결함.
 - 러시아의 VVER-1000 노형이 적용된 Kozloduy 5 · 6호기는 러시아 원전 연료제조사인 TVEL로부터 핵연료를 공급받고 있으며, 2019년 러시아 TVEL과 체결한 핵연료 공급 계약은 2025년 만료될 예정임.

● 벨라루스

■ 현황

- 2023년 4월 기준으로 벨라루스에서 운영 중인 원전은 Ostrovets 1호기(PWR, 1.1GW) 뿐이며, 현재 Ostrovets 2호기(PWR, 1.1GW)를 건설 중임.
 - Ostrovets 1호기는 2013년 11월에 건설을 시작하여, 2020년 11월 계통에 연계되었으며, Ostrovets 2호기는 2014년 4월에 건설을 시작하였고 올해 10월 상업운전을 목표로 함.
- 2021년 기준, 벨라루스의 총 설비규모는 약 9.9GW이며, 가스발전이 8.2GW(83%)로 가장 많았으며, 이후 원전(1.1GW), 태양광(0.3GW) 순임.
 - 발전량 역시, 가스발전이 전체 발전량(43.9TWh) 중 약 84%를 차지하였고 이후 원전(13.2%), 바이오에너지(1.3%), 수력(0.9%) 순임.

■ 원자력 관련 주요 정책

- 벨라루스, 신규 원전 건설 가능성 고려
 - 2022년 12월, 벨라루스 정부는 에너지 자립률 향상을 위해 Ostrovets 3호기를 증설하거나 별도 부지의 원전 건설 가능성을 논의함.
 - 이는 벨라루스 내 에너지 집약산업 및 전기차 보급 확대, 난방수요 확대 등으로 인한 전력 수요 증가가 예상되어 신규 원전 건설 필요성에 대해 추가 분석과 조사를 시작할 계획임.

● 우크라이나

■ 현황

- 2023년 4월 기준으로 우크라이나에서 운영 중인 원전은 총 15기(13.1GW)이며, 현재 총 2기(PWR, 2.1GW)의 원전을 건설 중임.
 - 우크라이나에서 운영 중인 원전은 모두 PWR 방식이며, 러시아 VVER 노형을 활용 중임.
 - Zaporizhzhia 원전(각 905MW, PWR, 총 6기)의 경우, 2022년 3월 러시아가 점거한 이후 현재까지 러시아 측에서 운영하고 있음.
- 2021년 기준, 우크라이나의 총 설비규모는 58.75GW이며, 석탄발전이 36.9%로 가장 많았고 이후 원전(23.6%), 가스(14.1%), 태양광(13.7%), 수력(8.2%)으로 나타남.
 - 발전량 기준으로는 전체 발전량(155.7TWh) 중 원전이 55.4%로 가장 높았고 이후 석탄(23.2%), 수력(6.9%), 가스(6.3%), 태양광(3.8%) 순임.

■ 원자력 관련 주요 정책

- 유럽부흥개발은행(EBRD), 우크라이나 원전 재건 계획 수립 중
 - 2022년 11월, EBRD는 체르노빌 부지의 복원 및 우크라이나의 기타 원전 설비개선 작업에 따른 전력 수출과 향후 수입원 창출 방안을 내부적으로 논의함.
 - 현재, 우크라이나는 러시아 침공 이후, 인접국과의 전력망이 재연결되어 약 200MW 내외의 규모로 전력을 수출하기 시작했으며, 향후 10배 이상으로 확대할 계획임.
- 우크라이나, AP1000 적용한 Khmelnytsky 3·4호기 건설 재개 승인
 - 2023년 1월, 우크라이나는 1990년 건설이 중단된 Khmelnytsky 3·4호기 완공을 위한 문서화 작업 및 기술·경제적 측면에서의 타당성 조사를 공식적으로 승인함.
 - 해당 원전들은 모두 VVER-1000 노형이며, 1985년 9월과 1986년 6월에 착공을 시작하였으며, 건설 중단 당시 진행률은 3호기 75%, 4호기 28%로 나타났었음.
 - 우크라이나 에너지부 장관은 Khmelnytsky 3·4호기 완공 및 건설 예상시점은 2030~2032년이고 각 원자로의 건설비용은 약 50억 달러(약 6.6조 원¹⁶³⁾)로 추산한다고 밝힘.

■ 주요 이슈

- 우크라이나-미국, SMR을 활용한 청정연료 생산 협력 발표

163) 1달러 = 1,323.50원 적용(2023년 4월 11일 기준, 매매기준율 적용)

- 2022년 11월, 제18차 유엔기후변화협약 당사국총회에서 미국은 우크라이나와 SMR을 활용한 산업용 수소·암모니아 생산하고 경제성 등을 평가하는 프로젝트를 발표함.
- 해당 프로젝트에는 미국(FuelCell Energy, NuScale 등), 우크라이나(원전 운영업체, 정부 기관 등), 한국(두산에너지, 삼성물산), 일본(IHI, JGC)가 참여함.
- 미 국무부는 이 프로젝트를 통해 청정 암모니아 비료를 생산하여 장기적인 식량안보의 개선하고 첨단기술을 활용한 우크라이나의 청정에너지 리더십 입증은 목표로 함을 밝힘.
- 미국 Westinghouse, 2023년 말까지 모든 우크라이나 원전에 핵연료 공급 예정
 - 2023년 3월, 우크라이나 에너지부 장관은 웨스팅하우스의 자국 내 원전의 핵연료 공급 확대를 러시아 Rosatom의 의존도를 낮출 것임을 밝힘.
 - 현재 웨스팅하우스는 우크라이나 내 15기의 원전 중 7기 원전에 핵연료를 공급하고 있음.
 - 또한, 우크라이나는 웨스팅하우스의 기술을 활용하여 2026년까지 핵연료를 자체적으로 생산 및 수출할 계획을 밝힘.

● 헝가리

■ 현황

- 헝가리는 2023년 4월 현재 Paks 원전에서 VVER 4기(총 1,916MW, PWR)를 운영 중이며, Paks 원전 부지에 Paks 5·6호기(각 1,200MW, PWR) 추가 건설을 위해 러시아와 협력 중임.
 - 2022년 8월 헝가리 원자력규제청(National Atomic Energy Office, OAH)이 러시아 Rosatom이 추진 중인 Paks 5·6호기(각 1,200MW, PWR)의 건설 허가를 발급함. Paks 5·6호기 건설 개발은 국영 헝가리 전력(MVM)의 자회사로 설립되어 이후 독립한 Paks II. Ltd.이 담당함.
 - 헝가리는 2014년 1월 러시아와 Paks 5·6호기 건설 협정을 체결함. 프로젝트 비용은 총 125억 유로(18.1조 원)¹⁶⁴⁾로 100억 유로(약 14.5조 원)를 러시아가 차관 형태로 제공하고, 헝가리 정부가 25억 유로(약 3.6조 원)를 투자함. 2017년에는 유럽위원회(European Commission, EC)로부터 헝가리의 국가 보조금 지급 승인을 취득했음.
- 2021년 헝가리의 총 발전량에서 원전 비중은 46%로 15.1TWh를 공급함.¹⁶⁵⁾

164) 헝가리 내용 전체 2023년 4월 20일 환율 기준 적용(1유로=1,451원/ 1포인트=3.83원)

165) PRIS ELECTRICITY PRODUCTION SHARE IN 2021 기준(최종 검색: 2023.04.04.)

■ 원자력 관련 주요 정책

- 헝가리 내각이 2020년 1월 8일 일괄 승인한 국가에너지 전략 2030(National Energy Strategy 2030)과 에너지전략의 부속문서, EU에 제출하는 NECP(National Energy and Climate Plan)에 따르면 헝가리는 원자력과 재생에너지를 두 축으로 삼아 탈탄소 실현을 목표로 하며, 이 두 에너지원으로 헝가리 내 전력 대부분을 공급할 방침임.
 - NECP에서 헝가리는 EU가 정한 2050년 탄소 중립 실현을 위해 50조 포린트(약 191.5조 원)가 필요하며 EU의 대규모 자금 지원이 필요하다는 견해를 밝힘.
 - 또한, 2022년 9월 헝가리 기술혁신부는 헝가리 내 전력 생산과 저장능력 향상을 위해 최대 160억 유로(약 23조 원)를 투입해 러시아 천연가스수입 의존을 축소하고 태양광발전을 2024년까지 8GW, 2030년까지 14GW로 확대하며 Paks원전 가동을 20년간 연장하겠다고 밝힘.¹⁶⁶⁾
 - 헝가리는 최종에너지소비량에서 차지하는 천연가스 점유율은 2021년 35%에서 2030년에는 26%, 2050년에는 15%로 낮출 계획임.
- 한편, 헝가리 정부는 사용후핵연료 재처리를 하지 않고, 국유 방사성폐기물 관리 기업인 RHK Kft가 주체가 되어 처분 관련 준비를 진행 중임. 1997년 6월에는 신원자력법 제정에 따라 원자력시설 해체와 방사성 폐기물 처분을 위한 원자력 기금(Central Nuclear Financial Fund)이 설립됨.
 - 최종처분장 적합성 검토를 위해 헝가리 MECSEK 광산 남서쪽에 위치한 Buda부근 점토층에서 RHK가 현재 조사를 진행 중이며 현재 예비 안전 분석(preliminary safety analysis)을 완료함.
 - RHK는 최종처분장과 관련해 2019년~2032년 부지 탐색 및 선정, 2033년~2038년 지하연구시설 건설, 2039년~2054년 지하연구시설 운영, 2055년~2063년 심지층처분시설 건설, 2064년~2079년 심지층 처분 시설 운영, 2080년~2084년 처분시설 폐쇄라는 사업 추진 일정을 제시함.
 - 한편, 중·저준위 방폐물은 2012년 12월 완성된 Bataapati NRWR(National Radioactive Waste Repository) 처분시설에서 처리 중임.

■ 주요 이슈

- 에너지부, 신규 원전 완공 2032년으로 2년 연기 및 대러시아 제재 반대 입장 고수

166) 日本電気事業連合会, 海外電力関連トピックス情報 電力生産と貯蔵能力向上のため最大160億ユーロを投資(2022.09.22.)

- 헝가리 에너지부 장관은 2023년 1월 5일 Paks 5·6호기(각 1,200MW, PWR)가 당초 계획 시점인 2030년보다 2년 늦은 2032년에 완공될 것으로 예상한다고 밝히며 신규 원전 투자는 에너지 주권 확보를 위해 국가 차원에서 필수라고 강조함.
- 한편, 우크라이나가 EC에 Rosatom 주도의 원전 산업에 대한 제재를 촉구하는 가운데, 1월 27일 Viktor Orbán 헝가리 총리는 자국의 원자력 정책에 영향을 미치는 EU의 대러 제재 조치에 거부권을 행사할 것이라는 입장을 표명함.
- 헝가리 의회, Paks 원전 계속운전 승인
 - 2022년 11월 Nuclear Engineering International 보도에 따르면 헝가리 기술산업부 장관은 Paks 원전(총 1,916MW, PWR 4기)의 2차 20년 계속운전 의지를 밝힘. 장관은 러시아-우크라이나 전쟁에 따른 에너지 공급 부족 상황을 고려해 2032~2037년에 영구 정지될 예정인 Paks 원전을 20년 추가로 운전(2052~2057년)한다는 입장임.¹⁶⁷⁾
 - 1982~1987년에 건설된 Paks 원전은 설계수명이 30년이지만 2000~2005년 1~4호기의 20년 계속운전을 위한 타당성 조사 후 2005년 11월 헝가리 의회는 Paks 원전의 20년 계속운전 프로젝트를 승인함.
 - 이에 따라 헝가리 원자력청은 2012년 12월에 1호기(~2032년), 2014년 11월에 2호기(~2034년), 2016년 12월에 3호기(~2036), 2017년 12월 4호기(~2037년까지)에 대한 1차 계속운전을 승인한 바 있음.
- 유럽일반법원, EC의 Paks 5·6호기 건설에 대한 헝가리 재정지원 문제 없다고 판단
 - 2022년 11월 30일 유럽일반법원(European General Court)은 EC의 Paks 원전 증설 프로젝트에 대한 보조금 지급 승인 결정이 타당하다고 판결하며, 오스트리아가 2018년에 EC를 상대로 제기한 국가 보조금 승인 무효화 소송을 기각함.
 - 2015년 5월 헝가리 정부가 EC에 Paks 원전 증설 프로젝트에 대한 보조금 지급 계획을 통보하자, 같은 해 11월 EC는 EU 국가 보조금 규정 위반 여부를 파악하는 조사에 착수한 후 2017년 국가 보조를 승인함.
 - 하지만 2018년 2월 오스트리아는 EC의 결정이 EU의 공동 이익에 반한다고 주장하며 헝가리 Paks 원전 증설 프로젝트를 승인한 EC를 상대로 법적 소송을 제기함.
 - 유럽일반법원은 총 125억 유로(약 18.1조 원)의 국가 보조금이 오래된 Paks 1~4호기를 대체하는 신규 원자로 2기에 대한 투자 목적으로 사용되기 때문에, EU 내 에너지 시장에 미치는 영향이 제한적이라고 판단함.

167) Nuclear Engineering International, Hungary plans life extension for Paks NPP(2022.11.15.)

● 스페인

■ 현황

- 스페인은 2023년 4월 기준 원자로 7기(총 발전용량 7,123MW)를 가동 중이며, 3기의 원전(총 1,067MW)이 영구정지 상태임. 건설 중인 원전은 없음.¹⁶⁸⁾
- 2021년 스페인의 총 발전량은 272.2TWh이며, 발전원별 비중은 재생에너지(풍력, 태양광, 지열) 33%, 가스 25%, 원자력 21%, 수력 12%, 석유 4%, 바이오매스 3%, 석탄 2%임.¹⁶⁹⁾

■ 원자력 관련 주요 정책

- 2018년 스페인 정부는 장기간 가동중인 원전을 단계적으로 폐쇄하고 별도의 계속운전 시행 계획이 없다고 밝힘.
 - 당시 총선에서 승리한 Pedro Sanchez 총리와 사회주의노동자당은 오래된 원전에 대한 단계적 폐쇄 입장을 발표했으며, 향후 가동연수가 40년이 되는 원전을 별도의 계속운전 없이 차례로 폐쇄시켜나갈 계획임을 밝힘.
 - 2018년 11월 Jose Domingues 스페인 에너지부 장관은 기존 입장을 확인함.¹⁷⁰⁾ 이 조치는 스페인이 2050년까지 전력 시스템을 재생에너지원으로 완전히 전환하고 자국 경제를 탄소 중립으로 전환한다는 신규 기후 법안 초안 발표(11월 13일) 후에 내려짐.
- 2020년 스페인 정부는 자국의 에너지 및 기후정책을 통해 2027년부터 2035년까지 총 7기의 원전(7.1GW) 폐지를 명시함.

■ 주요 이슈

- 스페인 원자력학회(SNE), 2028년부터 영구정지될 자국 원전의 계속운전 촉구
 - 스페인의 7기의 원전(Almaraz 1·2호기, Valdehills 2호기, Ascó 1·2호기, Cofrentes, Trillo 1호기)은 모두 운영된 지 40년 이상이 되어 계속운전 중이며, 2028~2035년 사이에 계속운전 허가가 만료될 예정임.
 - 2023년 3월 스페인 원자력 분야의 전문가·기관으로 구성된 스페인 원자력학회(Sociedad Nuclear Espanola, SNE)는 ‘전략적 에너지원으로서의 원전 옹호 선언문’을 통해 원자력의 중요성을 강조하고 2035년까지 순차적으로 영구정지되는 7기의 원전(7.1GW)의 계속운전 시행을 촉구함.

168) <https://pris.iaea.org/PRIS/CountryStatistics/CountryDetails.aspx?current=ES>

169) Enerdata, Country Energy Report Spain 2023.1.

170) Nuclear Engineering International, Spain to close its nuclear reactors by 2030, 2018.11.19.

<https://www.neimagazine.com/news/newsspain-to-close-its-nuclear-reactors-by-2030-6859063>

- SNE은 원전이 필수 전원인 10가지 이유를 EU 분류체계 상에서 지속가능한 경제활동으로 분류, 무탄소 발전 수요 증가, 전력공급 안정성, 전기요금 인상 억제, 역내 저탄소 발전(50%), 온실가스 배출 및 지속가능성 목표 달성을 위한 역할, 세수 기여 및 고용 창출, 상대적 경제성 등으로 제시함.
- 또한 SNE는 자국 원전의 단계적 영구정지를 명시한 ‘국가 에너지 및 기후변화 통합 계획(PNIEC) 2021-2030’의 재검토를 통해 설계수명이 40년인 자국의 원전을 최소 20년 이상 계속운전에 필요한 규제 체계 정립을 촉구함.
- SNE은 Almaraz 1·2호기, Ascó 1호기, Cofrentes 원전이 영구정지될 경우 2027년~2030년 사이에 4GW 규모의 설비용량(스페인 전체 발전량의 12%)이 감소해, 이로 인한 관련 일자리 감소와 경제적 손실이 발생할 것을 우려함.
- 스페인 원전운영사 CNAT, Trillo 원전 10년 계속운전 위한 운영허가 갱신 신청 예정
 - 2023년 3월 스페인 원전운영사 CNAT(Centrales Nucleares Almaraz-Trillo)는 2024년 11월에 운영허가가 만료되는 Trillo 원전(1,003MW, PWR)을 2034년까지 10년간 계속운전을 시행하기 위해 생태전환·인구 문제부(Ministry for the Ecological Transition and the Demographic Challenge, MITECO)에 운영허가 갱신을 신청하기로 결정함.
 - CNAT는 Trillo 원전에 대한 열화 평가 및 관리 통합 계획(PIEGE)과 주기적안전성평가(PSR) 시행 결과, 해당 원전이 안전성 측면에서 향후 10년간 계속운전 시행할 조건을 갖추고 있음을 확인했다고 밝힘.
 - CNAT은 MITECO가 Trillo 원전의 운영허가 만료일(2024년 11월 17일) 이전에 운영갱신 허가를 발급할 것으로 전망함.
 - 스페인은 원전의 설계 수명을 40년으로 설정하고 있지만, 주기적안전성평가(PSR)를 토대로 10년 단위로 운영허가 갱신이 가능해 실제로는 40년 이상 계속 운전도 가능함.
- 스페인 Enusa, 러시아산 핵연료 대체 공급 위해 미 Westinghouse와 협력
 - 2023년 1월 스페인 연료 개발사 ENUSA는 미국 Westinghouse와 VVER-400 연료 성형가공을 위한 협약을 체결함. 이번 협약은 우크라이나-러시아 전쟁 이후 EU 국가들이 러시아산 원전 연료 대체구매를 추진 중인 상황에서 양사의 핵연료 성형가공 협력 추진 발표(2022년 9월)에 따른 후속 조치임.
 - VVER-440 연료는 각각 ENUSA의 Juzbado 시설(스페인)과 Westinghouse의 Vasteras 시설(스웨덴)에서 성형가공될 예정임.
 - Juzbado 생산시설의 제조라인은 2023년 말 완공예정으로 허가 취득 후, 2024년초부터 연료 공급을 시작할 예정임.
 - 양사는 2002년과 2007년 핀란드 Loviisa 원전에 VVER-440용 연료를 공동으로 공급한 바 있음.

● 스위스

■ 현황

- 2023년 4월 기준 4기(총 2,973MW)를 운영 중이며, 2기(총 379MW)를 영구 정지함.
 - 스위스는 원전 가동 기간에 대한 법적 한도를 정하지 않고 있으며, 10년마다 주기적 안전 평가(Periodic Safety Review, PSR)를 시행하여 스위스 연방원자력안전감독청(ENSI)이 안전성을 인정하면 10년간 계속운전이 가능하며, 최초 운영 면허는 40년으로 발급됨.
 - 2016년 3월 2일 하원에서 원전 가동년수에 상한을 적용하는 법안이 부결됨.
- 2021년 총발전량에서 원전 비중은 28%로 18.5TWh를 공급함.¹⁷¹⁾
- 2021년 스위스의 총발전량은 65.8TWh로 이 중 원자력이 29%, 수력 60%, 태양광이 4%를 차지함.¹⁷²⁾

■ 원자력 관련 주요 정책

- 스위스는 2018년 1월에 발표한 에너지전략 2050년(Energy Strategy 2050)을 통해 Beznau 1호기~2034년 Leibstadt 원전까지 당시 기준 스위스의 모든 원전(5기)를 단계적으로 폐쇄한다는 입장을 밝힘,
 - 해당 전략에는 재생에너지를 2020년 4,400GWh에서 2035년 11,400GWh로 확대하고 재생 에너지 시설 허가 절차를 신속히 진행하겠다는 내용 등이 포함됨.
- 스위스는 원자력에너지법(2003)에 따라 고준위방폐물과 중저준위방폐물 처분을 위한 심지층 처분 시설 건설을 추진 중임. 스위스 방사성 폐기물 전담 기관인 NAGRA(Swiss National Cooperative for the Disposal of Radioactive Waste)가 처분장 부지 선정을 담당함.
- 심지층 처분 시설 부지는 2022년 9월 12일 독일 국경 인근의 북부 지역인 Nördlich Lägern으로 선정되었으며 계획상으로는 연방 정부의 최종 결정 및 의회 승인은 2030년, 국민 투표는 2031년에 시행될 예정임.
 - Nagra는 2008년부터 부지 선정 절차를 진행해 Nördlich Lägern를 방폐물 최종처분시설 부지로 최종 선정하였음. Nagra는 후보지로 Zürich Nordost, Jura Ost, Nördlich Lägern를 선정한 후 2019~2022년 봄까지 지질 조사를 시행함. 그 결과 지질학적으로 Nördlich Lägern이 최종처분시설로 가장 적합하다고 평가함.

171) PRIS ELECTRICITY PRODUCTION SHARE IN 2021 기준(최종 검색: 2023.04.20.)

172) Enerdata, Country Energy Report Switzerland(2023.01.)

- 중저준위방폐물 처분시설은 2050년에, 고준위방폐물처분시설은 2060년에 가동될 예정임.
 - 사용후핵연료의 경우 Beznau, Gosgen 원전 부지 내 임시 저장 시설 또는 원전 운영 4개사가 공동 건설한 Wurenlingen 중앙 집중형 중간 저장 시설(Zentrales Zwischenlager Wurenlingen, ZZL)에서 보관 중이며, ZZL에서는 사용후핵연료의 건식 저장과 중저준위 방폐물, 외국에서 재처리되어 반환된 유리고화체 등을 모두 보관 중임.¹⁷³⁾

■ 주요 이슈

- 스위스 규제기관, 자국에서 가장 오래된 Beznau 1호기 재가동 승인
 - 2022년 7월 1일, 스위스 연방원자력안전감독청(ENSI)은 1969년부터 운영 중인 Beznau 1호기(365MW, PWR)의 재가동을 승인함.
 - Beznau 1호기는 1969년에 12월 9일 상업운전을 개시했으며, 스위스에서 가장 오래된 원전임. 원전 운영사인 Axpo는 2022년 4월 29일 Beznau 1호기의 계획예방정비에 착수해 연료 교체, 원전 부품·계통 점검 및 유지보수 작업을 진행해왔음.
 - 한편, 계속운전과 관련해 스위스에서는 2022년 9월 자민당이 전력공급 부족에 대한 장기적 대안으로 기존 원전의 계속운전 시행 보고서를 연방 의회에 제출했고, 11월 연방의회 승인을 받았음.¹⁷⁴⁾
 - 보고서는 수력 비중이 높은 스위스에서 원전은 동절기 안정적 전력공급에 크게 기여하며 장기적으로는 원자력·수력·재생에너지가 포함된 전원믹스의 필요성을 언급함.
- 스위스 국민들, 원전 지속 활용에는 동의하지만 신규 건설에는 반대¹⁷⁵⁾
 - 2023년 2월 실시한 원자력의 지속적 사용에 대한 여론조사(1,019명 대상) 결과 스위스 국민들은 원전의 지속적인 활용에는 동의하지만 신규원전 건설을 반대하는 모습을 보임.
 - 해당 여론 조사는 스위스 여론조사기관인 Demoscope가 스위스 원자력포럼(Swiss Nuclear Forum)의 의뢰로 수행함. 여론 조사 결과 응답자의 49%가 찬성하여 반대(38%)보다 약 11%p 높은 것으로 나타남.
 - 하지만, 응답자의 43%가 신규 원전 건설을 금지하고 있는 현 법안을 지지하는 것으로 나타남.

173) 日本公益財団法人原子力安全研究協会, 令和2年度 文部化学省 委託調査事業 原子力平和利用確保調査(諸外国における原子力の平和利用に関する状況の調査) 成果報告書 p.817(2021.03.)

174) nuklearforum schweiz, Schweiz: Bundesrat unterstützt Langzeitbetrieb der bestehenden Kernkraftwerke(2022.11.28.) <https://www.nuklearforum.ch/de/news/schweiz-bundesrat-unterstuetzt-langzeitbetrieb-der-bestehenden-kernkraftwerke>

175) Nuklearforum Schweiz, Kernenergie in der Schweiz: Deutlich mehr Zustimmung als Ablehnung(2023.3.9.) <https://www.nuklearforum.ch/de/medienmitteilung/kernenergie-der-schweiz-deutlich-mehr-zustimmung-als-ablehnung>

● 벨기에

■ 현황

- 벨기에는 2023년 4월 기준 원자로 5기(총 발전용량 3,928MW)를 가동 중임.¹⁷⁶⁾
- 2021년 벨기에의 총 발전량은 99.7TWh이며, 발전원별 비중은 원자력 51%, 가스 22%, 재생에너지(풍력, 태양광, 지열) 17%, 바이오매스 7%, 석탄 2%, 수력 1%임.¹⁷⁷⁾

■ 원자력 관련 주요 정책

- 2003년 1월 벨기에 의회는 원전의 단계적 폐지에 관한 법안을 승인함. 이에 따라 신규 원전 건설 금지, 기존 원전의 가동 수명 40년 제한이 결정됨. 이후 2011년 신정부가 출범해 상기 법안에 따라 2015년까지 2개의 원전을 폐쇄하고 2025년까지 나머지 원전을 폐쇄하는 안을 확정함. 이러한 원전의 단계적 폐지는 2020년 9월 출발한 연정에서도 계속됨.
 - 2007년과 2010년 각각 온실가스 배출 감소를 위한 원자력의 장기적 활용과 계속운전의 필요성에 대해 정부가 인지하였으나, 2011년 신정부 출범 이후 계속운전 사안이 의회에서 통과되지 못함.
 - Doel 1,2호기의 영구정지 시점에 대해 2012년 7월 회의에서는 2015년으로 결정했으나, 2014년 12월 결정에서는 전력 공급 안정성을 위해 Doel 1,2호기의 계속운전을 허용해 각각 2025년 2월 15일, 2025년 12월 1일까지 추가로 10년간 운영하기로 함.
 - 단, 2020년 9월 새 정부 출범당시 전력 공급 안정성에 차질이 발생할 경우 Doel 4호기와 Tihange 3호기를 2025년 이후에도 계속운전하는 방안이 합의록에 포함됨.
- 이후 2021년 12월 23일 벨기에의 다음 연립정부는 기존 원전의 단계적 감축을 유지하면서도 SMR에 1억 유로(약 1,479억 원)¹⁷⁸⁾를 투자하기로 결정함. 이후 2022년 3월 18일 벨기에 새 연립정부는 러시아-우크라이나 전쟁에 따른 에너지 가격 상승으로 인해 2025년까지 시행될 단계적 원전 폐쇄 정책에 따른 원전 영구정지 시점을 10년 연기하기로 결정함.

■ 주요 이슈

- 벨기에 정부, Doel 4호기 · Tihange 3호기 10년 계속운전 위한 계약 추진 중
 - 2022년 3월 벨기에 정부는 러시아-우크라이나 전쟁 여파에 따른 에너지 가격 상승과 화석 연료 의존 축소를 위해 2022년 3월 두 호기를 2035년까지 10년 계속운전하기로 결정함.

176) <https://pris.iaea.org/PRIS/CountryStatistics/CountryDetails.aspx?current=BE>

177) Enerdata, Country Energy Report Belgium 2022.07.

178) 벨기에 내용 전체 2023년 4월 27일 환율 기준(1유로=1,479원)

- 2023년 1월 9일 벨기에 정부와 프랑스 전력사 ENGIE는 2025년 영구정지될 예정이었던 Doel 4호기(1,090MW, PWR)와 Tihange 3호기(1,020MW, PWR)를 2026년부터 10년간 계속운전하기로 합의하고 계속운전 연구 계약 체결 및 연구 시작을 골자로 한 신규 계약을 체결함.¹⁷⁹⁾
- 이번 신규 계약은 2022년 7월 양측이 체결한 법적 구속력을 갖추지 않은 의향서(Letter of Intent)의 후속 조치로서, ① 두 호기를 담당하는 합작투자회사(지분 50:50) 설립을 통한 벨기에 정부-ENGIE의 공동 비용 분담, ② 방사성폐기물 처리 비용 상한선 설정, ③ 원전운영사의 사업에 대한 정부 보증을 담고 있음.
- 벨기에 정부에 따르면 이번 합의로 설비개선 작업을 거쳐 2026년 11월 재가동될 Doel 4호기와 Tihange 3호기가 자국의 에너지 안보에 기여할 것이라고 전망함.
- 벨기에 원전규제기관, Doel 1·2호기 및 Tihange 1호기 연장운전 시행 연장 반대
 - 2023년 3월 벨기에 원자력규제기관인 FANC는 2025~2026년 및 2026~2027년 동절기에 안정적인 전력공급 방안으로 운영기간이 60년에 가까워지는 Doel 1·2호기(각 445MW, PWR 2기) 및 Tihange 1호기(962MW, PWR) 대신 최근 10년간 계속운전이 확정된 Doel 4호기(1,090MW, PWR), Tihange 3호기(1,020MW, PWR)를 활용할 것을 정부에 권고함.¹⁸⁰⁾
 - 2022년 2월 벨기에 정부는 자국에서 가장 오래된 3기의 원전을 2025년에 영구정지할 경우 900~1200MW 규모의 설비가 부족할 수 있다는 벨기에 송전계통운영자(Elia)의 보고서를 토대로 FANC에 상기 원전의 2027년까지 연장운전 가능성을 검토해줄 것을 요청함.¹⁸¹⁾
 - FANC는 Doel 1·2호기 및 Tihange 1호기가 최신 안전 규정(비행기 추락, 가스 폭발 등)을 충족시키기 어려운데다, 추가적인 핵연료 조달 및 자국 원자력 규제 체계 개정도 필요하다고 밝히며, 계속운전이 확정된 Doel 4호기 및 Tihange 3호기의 설비개선 작업 기간을 조정해 2025~2026년 및 2026~2027년 동절기에 활용할 것을 정부에 권고함.
 - 원전운영사 Electrabel의 모회사인 ENGIE는 해당 3기 원전의 운영기간 만료가 가까워지고 있어 연장운전이 논의의 대상이 되지 않는다고 밝히며 단호하게 연장운전 가능성을 일축함.
 - Doel 1·2호기는 각각 1974년, 1975년에 상업운전을 개시해 2025년 2월과 12월에 영구정지를 앞두고 있음. Tihange 1호기의 경우 1975년에 가동을 시작해 2025년 10월에 영구정지될 예정임.

179) <https://www.world-nuclear-news.org/Articles/Accord-reached-on-extending-operation-of-Belgian-u>

180) <https://www.reuters.com/business/energy/belgian-nuclear-regulator-tells-govt-not-extend-oldest-reactors-2023-03-06/>

181) <https://www.belganewsagency.eu/belgium-explores-lifetime-extension-of-its-oldest-nuclear-plants>

- 벨기에 Tihange 2호기 영구 정지

- 2023년 1월 31일 벨기에 원전운영사 ENGIE Electrabel은 40년간 가동해 온 Tihange 2호기(1,055MW, PWR)를 영구정지함.
- 1983년 5월에 상업운전을 시작한 Tihange 2호기는 2022년 9월에 영구정지된 Doel 3호기(1006MW, PWR)에 이어 자국의 단계적 원전 폐쇄법에 따라 영구정지된 두 번째 원전임.
- ENGIE Electrabel에 따르면 해당 원전의 해체 일정은 ① 2023년 운영 후 단계(사용후 핵연료 반출 작업 및 1차 계통 작업 포함), ② 2026년 해체 단계(원자로, 내부 부품, 증기 발생기 해체 포함), ③ 2037년 최종 단계(기타 구조물의 전면 철거)로 구성됨.¹⁸²⁾

● 독일

■ 현황

- 독일은 2023년 4월 15일 자국의 마지막 3기의 원전(총 발전용량 4,055MW)을 모두 영구 정지하여 사실상 더 이상 가동 중인 원전은 없음.¹⁸³⁾
 - 영구정지된 원자로는 총 33기며 용량은 총 26,235MW¹⁸⁴⁾ 임.
- 2021년 독일의 총 발전량은 587.2TWh이며, 발전원별 비중은 재생에너지(풍력, 태양광, 지열) 28%, 석탄 30%, 가스 15%, 원자력 12%, 바이오매스 10%, 수력 4%, 석유 1%임.¹⁸⁵⁾

■ 원자력 관련 주요 정책¹⁸⁶⁾

- 독일은 2011년 후쿠시마 원전 사고를 계기로 당시 장기간 운영해 온 원전을 영구정지했으며, 기존의 계속운전 방침을 철회하고 2022년까지 모든 원전을 단계적으로 폐쇄하기로 결정함.
 - 독일 정부는 1980년 이전 건설된 7기의 원전(Biblis A, Neckarwestheim 1, Brunsbuettel, Biblis B, Isar 1, Unterweser, Phillipsburg 1)과 이미 장기적으로 가동 중지된 Kruemmel 원전에 대하여 후쿠시마 원전 사고 직후 3개월간의 즉각적인 가동중단 조치를 실시함. 이후 2011년 6월 독일 정부는 잠정적으로 가동이 중지된 원전에 대한 영구폐쇄를 결정함에 따라 총 8기의 원전(8,442MW)이 폐쇄됨.

182) <https://nuclear.engie-electrabel.be/en/nuclear-energy/shutdown-our-nuclear-power-plants/shutdown-doel-3-and-tihange-2>

183) <https://pris.iaea.org/PRIS/CountryStatistics/CountryDetails.aspx?current=DE>

184) 영구 정지된 원자로의 용량은 연구로 포함 수치임.

185) Enerdata, Country Energy Report Germany 2022.10.

186) 세계 원전시장 인사이트, 2018.07.27.

- 2011년 탈원전 정책으로 피해를 입은 독일의 4대 원전운영사들(E.ON, RWE, Vattenfall, EnBW)은 정부를 상대로 손해배상 청구 소송을 제기하였으며, 2016년 12월 6일 연방헌법 재판소는 정부의 재산권 침해를 인정해, 정부에 배상금 지급 규정 제정을 지시함. 이에 따라 독일 정부는 2018년 보상규정을 신설한 후, 2021년 상기 원전운영사들에게 총25억 유로(약 3.7조 원)¹⁸⁷⁾의 보상금을 지급하는 대신 원전운영사들이 제기한 모든 법적 소송을 취하는 것으로 합의함.
- 2022년 7월 Scholz 총리는 에너지 공급 위기로 가동 중인 3기 원전(Emsland 원전 1,406MW, PWR)·Isar 2호기·Neckarwestheim 2호기(1,400MW, PWR)의 계속운전 가능성을 고려한다는 입장을 표명함.
- 2022년 10월 Scholz 총리는 2022년 말로 영구정지가 예정된 원전 3기를 연장운전하기로 결정해 연장운전을 둘러싼 정부 내부의 갈등을 종식하였으며, 11월 연방 상하원은 이를 승인함.
 - 독일은 우크라이나 전쟁 여파로 인한 겨울철 에너지 정전 발생을 우려해 2022년 9월 4대 송전시스템운영자가 수행한 전력망 스트레스 테스트 결과를 바탕으로 Isar 2호기·Neckarwestheim 2호기·Emsland 원전을 2023년 4월 중순까지 예비전력설비로 활용하기로 결정하고, 원전운영사와 연장운전 협정을 체결함.
 - 연장운전 발표 후, 원전운영사 RWE(Emsland 원전), EnBW(Neckarwestheim 2호기), E.ON 자회사 PreussenElektra(Isar 2호기)는 가동 연장에 필요한 작업에 들어갔으며, 2023년 4월 15일 상기 운영사들은 3기의 원전을 영구정지함.

■ 주요 이슈

- 독일, 마지막 3기 원전 영구정지 시행
 - 2023년 4월 15일 독일은 Isar 2호기, Neckarwestheim 2호기, Emsland 원전을 영구정지함으로써 60년 이상 이어져 온 원전 활용을 종료함.
 - 독일은 우크라이나 전쟁 여파로 인한 에너지 위기 상황 속에서 원전을 동절기 예비전력설비로 활용하기 위해 2022년 말에 영구정지될 예정이었던 3기의 원전을 올해 4월까지 연장운전하기로 결정함.
 - 올해 초 Volker Wissing 교통부 장관(자유민주당 소속)이 3기 원전의 연장운전 위한 전문가 위원회 발족을 촉구한데 이어, 영구정지를 며칠 앞두고 자유민주당 대표 Christian Dürr는 원전의 즉시 해체 대신 에너지 부족 상황을 고려해 예비 전원으로의 활용을 제안했지만, Habeck 독일 에너지부 장관(녹색당 소속)은 올해 4월 중순까지의 원전 가동이 정부의 결정임을 확고히 함.

187) 독일 내용 전체 2023년 4월 27일 환율 적용(1유로=1,479원)

- 상기 3기의 원전이 영구정지된 당일 날, Markus Söder 바이에른 주총리(기독교사회 연합 소속)는 연방 정부로부터 원전 가동 권한을 부여받아 Isar 2호기를 계속운전할 수 있도록 원자력법 개정을 제안하면서, 에너지 공급 위기 종식과 재생에너지로의 100% 전환이 실현되기 전까지 원전을 활용해야 한다고 주장함.
 - 이에 대해 Lemke 환경 및 원자력 안전부 장관(녹색당 소속)은 Söder 주총리의 제안이 원전의 안전성 측면, 인허가 및 법적 사안을 무시하고 있다고 밝히며 이를 거절함. Lemke 장관은 원자력의 시대는 종료되었지만, 약 30기의 원전 해체 작업, 방사성폐기물 처분, 인접국가에서 가동 중인 원전 사고 위험 발생 대비, 사이버 공격 및 핵무기 공격 등 같은 원전 사고 대응이 당면 과제라고 강조함.¹⁸⁸⁾
- 독일 원전 2기, 해체허가 취득
 - ① Grafenrheinfeld 원전(1,275MW, PWR)
 - 독일 전력사 E.ON의 자회사인 PreussenElektra는 바이에른주의 환경소비자보호부로부터 Grafenrheinfeld 원전에 대한 1·2차 해체허가를 취득함.
 - Grafenrheinfeld 원전은 1982년에 상업 운전을 개시해 당초 2017년까지 가동될 예정이었지만, 2011년 후쿠시마 원전 사고 이후에 제정된 제13차 원자력법에 따라 가동 허가가 취소되어 2015년 6월 영구정지됨.
 - PreussenElektra는 Grafenrheinfeld 원전 해체 절차를 1·2차로 분리함. 1차에서는 사용 후핵연료 인출과 부품 제거가 이루어졌으며, 2차에서는 원자로압력용기와 주변 차폐물의 철거 작업이 진행될 예정임.
 - 1차 해체의 허가신청일·발급일은 각각 2014년, 2018년이며, 2차 허가신청일·발급일의 경우 각각 2019년, 2022년임.
 - ② Neckarwestheim 2호기(1,400MW, PWR)
 - 독일 전력기업 EnBW는 바덴뷔르템베르크 주의 환경부로부터 2023년 4월 15일에 영구 정지된 Neckarwestheim 2호기의 해체허가를 취득함.
 - EnBW는 Neckarwestheim 2호기의 해체허가를 2016년에 신청하였으며, 해체 소요 기간을 약 10~15년으로 전망함.
 - 독일 원전 비상발전기, 핀란드 가동 중 원전에서 사용 위해 이송
 - 스웨덴 원전운영사 Vattenfall은 독일 Krümmel 원전(1,260MW, BWR)에 설치된 비상 디젤발전기 6대 중 3대(16기통 디젤 엔진)를 핀란드 원전운영사 Fortum가 가동 중인 Loviisa 1·2호기(각 507MW, PWR)의 백업 전원용으로 판매함.

188) <https://www.base.bund.de/SharedDocs/Pressemitteilungen/BASE/EN/2023/0413-nuclear-phase-out.html>

- Vattenfall과 E.ON이 공동 소유하고 있는 Krümmel 원전은 2011년 후쿠시마 사고 이후 독일 정부가 운전 정지 명령을 내린 8기의 노후 원전 중의 하나로, Vattenfall은 2015년 8월 해체신청서를 제출함.
- 2대의 엔진은 이미 Loviisa 원전으로 이송되었으며, 세 번째 엔진은 Vattenfall이 해체 허가를 취득한 후에 핀란드로 이송될 예정임.

〈독일 원전 해체 현황〉

원전	상업운전 시작일	영구 정지일	해체 전략	해체승인일	해체 진행 단계	해체 사업자
Biblis A	1975. 2	2011. 8	즉시 해체	1차 2017. 3.30 ¹⁸⁹⁾	철거	RWE
Biblis B	1977. 1	2011. 8	즉시 해체	1차 2017. 3.30	철거	RWE
BROKDORF	1986.12	2021.12	즉시 해체	—	최종계획 작성	PElektra
BRUNSBUEITTEL	1977. 2	2011. 8	즉시 해체	1차 2018.12.21	철거	KKB
GRAFENRHEINFELD	1982. 6	2015. 6	즉시 해체	1차 2018. 4.11. 2차 2022.12.20	부분철거	PElektra
GREIFSWALD-1	1974. 7	1990.12	즉시 해체		철거	EWN
GREIFSWALD-2	1975. 4	1990. 2	즉시 해체		철거	EWN
GREIFSWALD-3	1978. 5	1990. 2	즉시 해체		철거	EWN
GREIFSWALD-4	1979.11	1990. 6	즉시 해체		철거	EWN
GREIFSWALD-5	1989.11	1989. 11	즉시 해체		철거	EWN
GROHND	1985. 2	2021. 12	즉시 해체	—	최종안 작성	PElektra
GUNDREMMINGEN-A	1967. 4	1977. 1	즉시 해체		철거	RWE
GUNDREMMINGEN-B	1984. 7	2017.12	즉시 해체	1차 2019. 3.19	사용후핵연료 인출, 부분철거	RWE/E.ON
GUNDREMMINGEN-C	1985. 1	2021.12	즉시 해체	1차 2021. 5.26	최종안 작성	RWE/PEL
ISAR-1	1979. 3	2011. 8	즉시 해체	1차 2017. 1.17	철거	PElektra
KRUEMMEL	1984. 3	2011. 8	즉시 해체	—	철거 비상디젤발전기 3대 핀란드 Loviisa 1·2호기에 판매	KKK
LINGEN	1986.10	1977. 1	자연 해체		최종 계획 작성, 철거, 폐기물 처리	RWE AG
MUELHEIM-KAERLICH	1987. 8	1988. 9	즉시 해체		철거	RWE
NECKARWESTHEIM-1	1976.12	2011. 8	즉시 해체	1차 2017. 2. 3	철거	EnKK
OBRIGHEIM	1969. 3	2005. 5	즉시 해체		철거	EnKK
PHILIPPSBURG-1	1980. 3	2011. 8	즉시 해체	1차 2017. 4. 7	철거	EnKK
PHILIPPSBURG-2	1985. 4	2019.12	즉시 해체	1차 2019.12.17	사용후핵연료 인출, 철거준비	EnKK
RHEINSBERG	1966.10	1990. 6	즉시 해체		철거	EWN
STADE	1972. 5	2003.11	즉시 해체		부분철거, 폐기물 처리 및 선적	PElektra
Unterweser	1979. 9	2011. 8	즉시 해체	1차 2018. 2. 8 ¹⁹⁰⁾	철거	PElektra
WUERGASSEN	1975.11	1994. 8	즉시 해체		폐기물 처리	PElektra
EMSLAD	1988. 6	2023. 4			—	KLE
ISAR-2	1988. 4	2023. 4			—	PElektra
NECKARWESTHEIM-2	1989. 4	2023. 4			—	EnKK

자료 : IAEA Germany 2022¹⁹¹⁾, Nuclear Regulatory Issues and Main Developments in Germany(자료검색일:2023.4.21.), 세계 원전 시장 인사이트 각호 참고

189) <https://www.nuklearesicherheit.de/en/nuclear-facilities/nuclear-power-plants-in-germany/unit-a-biblis-nuclear-power-plant/>

190) <https://www.nucnet.org/news/preussenelektra-receives-decommissioning-licence-for-single-unit-unterweser-in-north-germany>

191) <https://cnpp.iaea.org/countryprofiles/Germany/Germany.htm>

5. 시사점

■ 전세계적인 탄소중립 달성 노력에 더해 러시아-우크라이나 전쟁으로 촉발된 에너지 위기로 저탄소전원으로써 원전 활용에 대한 관심이 전쟁 이전보다 높아졌으며, 이는 몇몇 국가에서 신규원전 추진으로 반영되기도 함.

- 스웨덴은 2022년 10월 새로운 정부가 들어서면서, 신규원전건설을 위해 기존 원전에 대한 제한을 두었던 조항들을 개정하기 위한 작업을 진행 중이며, 네덜란드 또한 2022년 12월에 신규원전 2기 건설 추진을 결정함.
- 또한 향후 탄소중립 달성에 수소 활용도 증가가 예상됨에 따라, 원전을 활용한 수소 생산 설비에 대한 개발·실증 또한 진행중임.
 - 크게 원전에서 생산된 전력을 활용한 수소생산을 위한 수전해설비 개발 실증과 수소생산을 할 수 있는 고온의 증기를 만들어내는 고온가스로(HGTR) 기반의 SMR을 개발 중임.

■ 실증 및 상용화를 위한 기술개발이 진행 중인 SMR은 민간업체 간 협력을 통한 시장개발이 계속되고 있음.

- 대부분의 SMR 개발 프로젝트들이 현재 인허가 심사중임에도 지속적으로 자국과 캐나다, 동유럽 국가들의 전력사 혹은 에너지기업들과의 협력을 통해 시장을 개발 중임.
- 최근에는 인도네시아, 필리핀 등 동남아시아 국가들에 진출을 목적으로 타당성조사 공동 수행, 현지 법인 설립을 통한 현지 규제기관과 사전 인허가 절차 등을 논의함.

■ 러시아-우크라이나 전쟁 발발 이후, 몇몇 유럽 국가들을 중심으로 시작된 러시아산 원전연료 대체 등으로 나타나는 원전시장에서 러시아에 대한 비우호적 기류는 계속될 것으로 보이며, 이를 대체하기 위한 국제협력이 계속 추진될 것으로 예상됨.

- 스웨덴, 체코, 불가리아는 러시아의 VVER노형에 사용할 원전연료 장기 공급을 위한 공급자 선정에서 기존 러시아 TVEL 대신 Westinghouse와 Framatome을 선택함.
- 유럽의회에서는 대 러시아 제재대상에 원자력도 포함시키려는 노력이 계속되어오고 있으며, 미국 의회에서도 자국산 우라늄보다 가격이 낮은 러시아산 우라늄을 점진적으로 퇴출하려는 법안이 발의됨.
- 올해 4월 일본에서 열린 G7 에너지·기후장관 회담에서는 러시아에 대한 원전연료 의존도를 축소하고 장기적으로는 G7을 포함한 원전운영국에서 러시아 외에서 공급받을 수 있는 시장기반의 연료공급망 조성을 위한 협력 성명문을 발표함.

- 대 러시아 의존도 축소를 위해서는 대체공급처를 마련해야 하며, 이는 모든 원전운영국가들에게 주어진 동일한 숙제임. 이에 대응하기 위한 G7의 연료공급망 협력 등과 같은 여러 형태의 국제협력이 증가할 요인이 큼.
- 다만, 지금과 같은 러시아에 대한 비우호적인 기류가 계속되어 러시아의 원전수출 경쟁력 약화되더라도, 이로 인한 상대적 경쟁력 우위는 원전 수출을 위해 경쟁하는 주요 공급사들에게 동일하게 적용될 것으로 판단됨.

■ 탄소중립 달성과 안정적인 에너지 공급을 위해 각국에서는 자국의 여러 여건을 고려하여 다양한 수단을 활용중임. 이에 각국의 전력수급상황, 중장기 에너지 정책의 방향성, 수용성 등에 따라 원전이 활용되는 모습이 다양하게 나타날 것으로 예상됨.

- 현재 가동중인 원전을 보유한 국가들은 해당 원전들이 안정성과 경제성이 확보되는 조건으로 계속운전을 추진 중임.
- 한편, 신규 원전의 경우 여러 특징으로 인해 도입을 정식으로 결정하고 사업이 구체화되고, 나아가 착공이 되기까지는 많은 기간이 소요되기에, 특히 신규 도입국의 경우에는 단기간에 결정을 내리고 추진하기에는 쉽지 않은 측면이 큼.
 - 긴 건설기간과 대규모 비용, 안전한 운영과 규제에 필요한 기술과 인력, 원자력의 평화적 목적으로만의 활용을 위한 국제사회의 노력 등을 다각적으로 고려해야 함.
 - SMR의 경우 건설기간과 총 비용이 대형 원전에 비해 감소하고, 분산형 전원 혹은 off-grid에서 활용이 유리할 것으로 예상되나, 상업운전이 가능한 초도호기는 2030년 전후로 등장할 것으로 전망됨.
- 따라서, 계속운전과 신규건설, 또한 신규건설 안에서도 대형원전과 SMR 등 다양한 선택지가 존재하며, 각 국가별로 고유한 상황을 반영해 다양한 조합의 원전 활용 방안이 도출될 수 있을 것으로 예상됨.

■ 한국이 UAE에서 4개호기를 적기에 완공해 나가는 동안 중국 또한 파키스탄에서 Karachi원전 2기를 완공했고, 비록 계획 대비 많은 기간이 지체되었으나 핀란드의 Olkiluoto 3호기와 Vogtle 3호기도 곧 상업운전을 시작할 예정임. 이에 따라 후쿠시마 사고 이후에 원전을 완공한 경험을 갖추게 되었으며, 신규 원전 수주를 위한 경쟁은 더욱 뜨거워 질 것으로 예상됨.

- 이에 따라 우리가 세계 시장에 강점으로 내세울 수 있는 건설 역량에 더해 도입국이 원전을 안전하고 경제적으로 활용하고, 원전도입을 통한 과학기술분야의 발전을 도모할 수 있으며, 나아가 도입국이 한국과 함께 성장할 수 있다는 있는 신뢰를 줄 수 있는 국가별 전략이 중요해지는 시점임.
 - 그와 동시에 모든 도입국에 공통적으로 책임있는 원자력 활용이라는 국제적인 노력에 동참하게 하는 노력도 필요함.

주요단신

세계 world



◎ G7 5개 원전운영국, 러시아산 핵연료 의존도 축소 위한 협력 선언

Gov.Uk 2023.04.16., World Nuclear News 2023.04.17.

■ 2023년 4월 16일 일본 삿포로에서 열린 G7 기후·에너지·환경장관 회의에서 원전 가동국인 일본, 영국, 캐나다, 미국, 프랑스는 국제 핵연료 공급망에서 러시아의 영향력을 축소시키기 위한 협력 협정을 체결함.

- G7 회원국 중 상기 5개국은 가동 중인 원전에서 사용되는 연료의 안정적 공급, 미래 첨단 원자로용 핵연료의 개발·보급, 대 러시아 공급망 의존도 약화를 위한 협력을 통해 각국의 고유한 원자력 부문에서의 자원과 역량을 활용한 전 세계를 대상으로 한 상업원전용 핵연료 시장을 구축하기로 함.
 - 협력을 통해 우라늄 정련·변환·농축·성형가공 부문에서의 협력을 통해 기후변화대응·에너지안보·경제 건전성에 기여하고, 각국의 산업역량 강화 및 러시아와 시장에서 더욱 효과적으로 경쟁할 수 있는 토대를 제공할 것으로 기대함.
- 또한 이번 협력은 장기적으로 핵연료 공급망에서의 대 러시아 의존도를 줄이며 원전을 도입하려는 국가들에게 경쟁시장이라는 대안의 활용 기회를 제공하는 동시에 핵연료 공급망의 회복탄력성 강화를 목적으로 함.
- 한편, 올해 4월 마지막 3기의 원전을 영구정지한 독일과 1990년에 자국의 마지막 2기의 원전을 모두 영구정지한 이탈리아는 이번 협력협정에 참여하지 않음.

● WNA 및 G7 원자력협회 회장단, G7에 청정 에너지원인 원전 활용 촉구하는 선언문 발표

World Nuclear Association 2023.04.16., World Nuclear News 2023.04.17.

■ 2023년 G7 기후·에너지·환경장관 회의와 함께 열린 원자력 포럼에서 세계원자력협회(WNA)와 비롯한 5개국(캐나다, 일본, 유럽, 영국, 미국) 원자력산업협회 대표들은 G7 회원국 정부에 기존 원전의 계속운전 지원, 신규 원전 도입 가속화, 첨단 원전 개발 지원 등을 촉구하는 선언문을 발표함.

- 세계원자력협회(WNA), 캐나다원자력협회(CNA), 일본원자력산업포럼(JAIF), 유럽원자력산업협회(nucleareurope), 미국원자력에너지연구소(NEI), 영국원자력산업협회(NIA) 대표들이 채택한 이번 선언문은 원자력이 기후 목표 및 에너지 안보 달성 · 경제 성장에 기여하는 청정에너지원임을 강조함.
- 6개 국제 원자력협회가 발표한 이번 선언문은 전 세계적으로 원자력의 이점을 극대화하기 위한 아래의 추가 조치 사항을 권고함.
 - ① 탈탄소화, 에너지 안보, 사회 경제적 개발 목표 달성 기여를 위한 운영중 원전 최대 활용
 - ② 2050년 및 그 이후의 탄소중립 목표 달성 기여를 위한 신규 원전 도입 가속화
 - ③ 러시아산 핵연료 및 관련 기술 의존도 축소 기여를 위한 국제 협력 및 원자력 공급망 지원
 - ④ 글로벌 녹색 금융 제도에서의 원전 도입, 확대, 교체 시행을 통한 원자력 투자 촉진 환경 조성
 - ⑤ 첨단원자로의 효율적 도입을 위한 고효율 국제 규제기준 정립 및 현대화
 - ⑥ 재생에너지와의 시너지 발휘, 수소 생산, 열 활용이 가능한 혁신 원자로(SMR · AMR) 개발, 실증, 보급 지원
 - ⑦ 에너지 안보 및 기후 변화 완화 달성에 기여하는 원자력에 대한 대중의 이해도 제고
 - ⑧ 사용후핵연료 관리 방안, 방폐물 최종 처분 등 각국의 고유 지식과 모범 사례 공유를 위한 국제 협력
 - ⑨ 에너지 부문 탈탄소화 및 증가하는 에너지 수요 충족을 위해 신규 원전을 도입하거나 고려 중인 국가 지원

주요단신

미주

The America



● Holtec, Palisades 원전 재가동을 위해 주정부에 약 4천억 원의 자금 요청 계획 발표

세계 원전시장 인사이트, 2022.05.27., The Detroit News 2023.04.12.,
MiBiz 2023.04.12., Power Engineering 2023.04.17.

■ 2022년 5월 경제성을 이유로 조기 폐쇄된 Palisades 원전(805MW, PWR)의 해체를 담당 중인 Holtec은 해당 원전의 재가동을 위해 Michigan 주정부에 약 3억 달러(약 4천억 원)¹⁹²⁾의 자금 지원을 요청할 계획이라고 현지 지역 언론이 4월 22일 보도함.

- Michigan 주에 위치한 Palisades 원전은 1971년 12월 31일부터 상업운전을 시작하였으며, 미 NRC는 2005년 3월 해당 원전의 1차 계속운전 신청을 허가해 2031년까지 운영이 가능했음.
- 2022년 Whitmer 주지사는 해당 주의 탄소중립 달성 목표 일환으로 Palisades 원전 재가동을 지원할 의사를 밝힌 바 있음. 이후 Holtec은 2023년 3월 Whitmer 행정부와 잠재적인 재정지원 확보방안(potential financial commitment)에 대해 논의한 것으로 알려짐.
- Holtec 관계자들은 시설 보수와 핵연료 구입에 수억 달러가 소요될 것으로 예상했으며, 주정부의 지원자금은 해당 원전의 재가동을 추진하는데 필요한 비용 지출을 위한 단기 재정지원(bridge funding)으로 활용될 것으로 전망함.
 - ※ 단기재정지원(bridge funding)은 기업이 장기 금융 지원(투자, 대출 등)이 확보될 때까지 일시적인 자금을 충당하기 위한 자금조달의 방식임.
- 일부 관계자들은 자사가 올해 3월에 미 에너지부 대출사무국(Loan Program Office)에 신청한 약 10억 달러(약 1.3조 원)에 주정부의 자금 지원이 추가로 필요할 것으로 예상함.

192) 미주 단신 기사 내용 전체 2023년 4월 27일 환율 기준 적용(1달러=1,339원)

- Whitmer 주지사 대변인은 성명을 통해 Holtec과 Palisades 원전 재가동을 진전시키기 위해 연방 자금 확보에 주력하고 있으며, 주정부의 자금 목표액은 연방 대출 신청 결과에 따라 달라질 것이라고 밝힘.

◎ 발전사 PacifiCorp, 자사 석탄화력발전소 부지에 TerraPower의 Natrium 2기 추가 건설 계획 발표

Terrapower News Release 2023.03.31., Nucnet 2023.04.06., Nuclear Newswire 2023.04.07

- 3월 31일, TerraPower의 소듐냉각 고속원자로(SFR) 실증을 위해 자사의 석탄화력발전소 부지 활용을 계획중인 PacifiCorp은 2023년 통합 자원계획(Integrated Resource Plan, 이하 'IRP')을 통해 2033년까지 다른 부지에서 원자로 2기 추가 건설 계획을 발표함.
 - IRP 계획에는 Natrium 원자로 총 3기(1,500MW)의 활용계획이 포함되어 있으며, 첫 번째 원자로는 기존 계획대로 Naughton 석탄화력발전소 부지에 건설할 계획임.
 - 해당 부지에 TerraPower의 실증로 건설은 GE Hitachi와 협력하여 개발된 Natrium 원자로의 설계와 구성 및 기능을 검증할 목적으로 함.
 - Natrium 설비는 345MW의 소듐냉각 고속원자로와 이와 연결된 용융염 에너지저장장치로 구성되어 있으며, 필요시 저장장치를 활용해 출력을 500MW까지 증가시킬 수 있음.
 - 금번에 추가된 2기의 원자로를 Utah 주의 PacifiCorp 부지에 운영중인 석탄화력 발전소 부지에 건설할 것으로 알려졌으나, 정확한 위치는 공개되지 않음.
- 한편, 2022년 12월 TerraPower는 러시아 우크라이나 전쟁으로 인해 러시아로부터 Natrium 연료로 활용될 고순도저농축우라늄(HALEU)의 공급차질로 인해 Natrium 프로젝트를 최소 2년 이상 연기한다고 발표한 바 있음.

◎ 미국, 필리핀과 온실가스 감축을 위한 민간 원자력 협력 강화 모색

ABS-CBN News 2023.04.12., Manila Standard 2023.04.13.

- 4월 12일 미국 Washington 주에서 열린 기자회견에서 Antony Blinken 국무장관은 필리핀에 미국 정부가 필리핀의 민간 원자력 개발 지원을 목적으로 기술 및 규제지침 제공과 더불어 민간 원자력 분야 협력 협정 체결을 적극적으로 고려하고 있다고 밝힘.

- Blinken 국무장관은 핵물질과 장비뿐만 아니라 양국 간 원자력 기술 관련 지식을 더욱 쉽게 공유할 수 있도록 123 협정(123 Agreements)을 바탕으로 협력을 확대해 나갈 것을 기대한다고 덧붙였다.

※ 123 협정(123 Agreement)은 1954년에 제정된 미국 원자력에너지법(United States Atomic Energy Act)에서 타국과의 원자력 협력 관련 조항인 123항(Section 123)에 따라 미국이 상대국과 원자력협정 체결 시 준수해야 할 내용이 포함됨. 주 내용으로 미국이 원자력 원천 기술을 제공하는 대신 핵무기 확산 방지를 위해 특정 물질 및 우라늄 농축 금지, 사용후핵연료 재처리 금지를 포함한 다양한 분야에서 특정 표준을 준수하도록 법적으로 의무화하고 있음.

- 2023년 1월 주필리핀 MaryKay Carlson 미국대사는 양국이 원자력 기술 수출을 포함한 123 협정 초안에 대한 협의를 시작할 예정이라고 밝힌 바 있음.
- 또한 미국은 필리핀과의 원자력 협력뿐만 아니라 필리핀이 2030년까지 온실가스 배출을 75%까지 줄이는 목표에 도달할 수 있도록 도울 계획이라고 밝힘.
- 필리핀 Ferdinand Marcos Jr 대통령은 첫 국정연설에서 기후변화를 해결하기 위해 재생 에너지 사용을 우선순위로 설정할 것이며, 수력과 지열, 태양열, 그리고 풍력과 같은 재생에너지원 비중을 확대할 예정이라고 언급함.

● Terrestrial Energy의 IMSR 사전인허가평가(VDR) 사실상 완료

Terrestrial Energy Press Release 2023.04.18., Nucnet 2023.04.18.,
World Nuclear News 2023.04.19., Nuclear Newswire 2023.04.21.

- 4월 18일 캐나다 원자력안전위원회(CNSC)는 Terrestrial Energy가 개발 중인 일체형 용융염 원자로(IMSR)의 사전인허가 평가단계인 공급자설계평가(Vendor Design Review, 이하 'VDR')의 3단계 중 규제요건 충족을 판단하는 2단계를 완료했다고 발표함.

- VDR은 총 3단계로 진행됨. 구체적으로 VDR 1·2단계 목적은 CNSC가 Terrestrial Energy의 기술적인 능력 및 적합성을 파악함과 동시에 원자로 설계가 규제요건을 충족하는지를 판단하는 데 있으며, 3단계에서는 제조업체가 2단계 결과를 바탕으로 설계와 관련한 후속 조치 및 대응을 할 수 있도록 함.
- Terrestrial Energy는 2017년 11월 CNSC의 VDR 1단계를 통과했으며, 당시 CNSC는 전반적인 설계 요건이 캐나다 규제에서 요구하는 사항에 충족하는지를 중점적으로 평가함.

- 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.
- Terrestrial Energy의 Simon Irish CEO는 VDR의 통과가 IMSR 기술의 보급 및 신뢰성 증명에 도움을 줄 것이라는 기대감을 표함.

◎ 아르헨티나 NA-SA, Atucha 1호기 계속운전 및 건식저장시설을 위한 자금 지원 확보

세계 원전시장 인사이트 2022.02.18., World Nuclear News 2023.04.19.,
Nuclear Engineering International 2023.04.20., Nucnet 2023.04.20.

■ 4월 19일 아르헨티나 Atucha 1호기(362MW, PHWR)의 운영사인 Nucleoelectrica Argentina (NA-SA)는 해당 원전의 20년간 계속운전과 사용후핵연료 건식저장시설 건설에 필요한 6억 달러(약 8천억 원)를 두 번의 공모를 통해 모두 확보했다고 발표함.

- Atucha 1호기는 1968년 6월 착공, 1974년 1월 최초임계 달성 이후, 1974년 상업운전을 시작하였고 2014년 계속운전 허가가 발급됨.
- 6억 달러 중 4억 6,300만 달러(약 6.2천억 원)는 Atucha 1호기의 계속운전에, 1억 3,700만 달러(약 1.8천억 원)는 건식저장시설 건설에 활용될 계획임.
- NA-SA는 에너지 인프라 프로젝트에 자금을 조달하기 위한 목적으로 'NASA IV 공공 인프라 금융 신탁(NASA IV Public Infrastructure Solidarity Financial Trust)'의 총 두 번의 공모를 진행했으며, 1차에서는 3천만 달러를 2차에서는 나머지 금액을 공모함.
- Atucha 1호기의 운영 인허가는 2024년에 만료될 예정으로, 운영 허가 만료 이후 2년간 설비개선 작업을 완료하고 2026년에 재가동할 계획임.

■ 한편 2022년 2월 아르헨티나 NA-SA와 중국 CNNC는 Atucha 3호기의 조달, 엔지니어링, 건설 계약을 체결한 바 있으며, 아르헨티나 정부가 중국의 HPR 1000 원자로의 건설 및 운영에 80억 달러(약 10.7조 원) 이상을 투자할 것이라고 밝힘.

- Atucha 3호기의 예상 용량은 1,200MW이며, 예상 가동 연수는 60년임.

기타단신

● 캐나다 SaskPower, SMR 건설 후보지 고려

WestCentralOnline 2023.04.14.

- 4월 13일 캐나다 Saskatchewan 주 전력사인 SaskPower는 해당 주 내 건설할 SMR 부지를 탐색 중이며, 후보지로 Saskatchewan 주 남부에 있는 Diefenbaker 호수 근처로 고려중이라고 밝힘.
 - SaskPower는 Diefenbaker 호수 인근의 다양한 지역사회와 지속적인 소통을 통해 해당 지역에 SMR을 건설하는 것이 적절한지 검토 중이며, 해당 호수 근처에 SMR을 건설하면 원전을 냉각하는 데 필요한 냉각수 사용이 용이할 것으로 예상함.
 - SaskPower의 Scott McGregor 대변인은 호수 인근 지역사회와의 지속적인 만남을 통해 SMR 건설과 관련해 제기되는 문제점을 포함한 다양한 피드백을 받았으며, 해당 피드백은 SMR 건설 시 도움이 될 것으로 평가함.
 - 한편, 2022년 6월 SaskPower는 Saskatchewan 주에서 활용할 SMR 노형으로 GE Hitachi (GEH)의 BWRX-300(300MW, BWR)을 선정했다고 발표한 바 있음.

주요단신

유럽 Europe



● 핀란드 Olkiluoto 3호기, 18년간의 공사 끝에 5월 1일 상업운전 예정

Nuclear Engineering International 2023.04.25.

- 2023년 4월 20일 핀란드 전력사 TVO는 Areva-Siemens 컨소시엄에 임시 인수증명서 (provisional takeover certificate)를 발급하면서, 5월 1일로 예정된 Olkiluoto 3호기 (1,600MW, PWR)의 상업운전 계획을 확정함.
 - Olkiluoto 3호기는 지난 4월 16일 시운전 단계를 종료하고 정식 전력 생산에 돌입함.
 - 해당 원자로는 2021년 4월 핵연료가 장전되고, 2022년 3월 전력망에 연결됨.
 - TVO는 2003년 Areva-Siemens 컨소시엄과 턴키(turn-key) 계약으로 발주한 Olkiluoto 3호기를 2년의 보증 기간이 만료된 후에 최종 인수할 예정임.
 - TVO에 따르면, Areva-Siemens 컨소시엄의 부품 보증 책임기간은 최대 8년임.
 - 프랑스가 개발한 EPR 노형이 적용된 Olkiluoto 3호기는 2005년 착공해 본래 2009년 초 가동을 시작할 예정이었으나 반복된 공사 지연과 비용 증가로 난항을 겪어옴. 이로 인해 프로젝트 비용도 초기 32억 유로에서 110억 유로로 증가함.
 - Olkiluoto 3호기는 가동 시 자국 전체 발전량의 약 14%를, Olkiluoto 원전(1~3호기) 전체는 약 30%를 담당하고, 스웨덴과 노르웨이로부터의 전력 수입 의존도 감축에 기여할 것으로 전망됨.

● 에스토니아, 최초 원전 건설 위한 4개 후보지 발표

Nuclear Engineering International 2023.04.13., Nucnet 2023.04.14.

■ 2023년 4월, 자국 최초 원전 건설을 계획 중인 에스토니아는 4개의 원전 후보부지(Toila (Ida-Viru 주), Kunda(Lääne-Viru 주), Loksa(Harju 주), Varbla(Pärnu 주)를 발표함.

- 주요 발전원으로 이산화탄소 배출이 많은 셰일 오일을 사용하는 에스토니아는 에너지 안정성·지속가능성·경쟁력 확보 및 2050년 기후 목표 달성 방안으로 최초 원전 도입을 고려 중임.
 - 에스토니아는 원전 도입 가능성 검토를 위해 2021년 원자력 실무 그룹을 설립해 원전 건설 타당성 조사를 진행 중에 있음.
- 에스토니아 환경부는 자국의 국토 면적을 감안해 최대 300MW 규모의 SMR 도입을 고려하고 있는 가운데, 총 6기의 SMR(수냉식 SMR 4기, 가스냉각로 1기, 용융염원자로 1기)을 검토했다고 밝힘.
- 에스토니아 정부는 자국 최초 원전 건설 여부를 먼저 결정한 뒤 노형 선택 및 기타 관련 작업을 시행할 예정이며, 2023년 말 최종 원전 건설 타당성 보고서가 완성될 것으로 전망함.

■ 최근 에스토니아 신생 원자력회사 Fermi Energia는 2030년대 초까지 SMR 도입을 위해 GE Hitachi Nuclear Energy(GEH)의 BWRX-300(300MW, BWR) SMR을 채택한 바 있음.

- Fermi Energia는 에스토니아 내 SMR 개발을 목적으로 자국 에너지·원자력 전문가가 2019년에 설립한 기업임.
- Fermi Energia는 자국 내 SMR 도입을 위한 타당성 조사를 개시한 후(2019년), 미국 GEH(2019.10.), 영국 Rolls-Royce(2021.03.), 미국 Nuscale(2022.08.)과 각각 SMR 관련 양해각서를 체결한 바 있으며, 상기 3개의 SMR 공급업체를 대상으로 입찰을 시행하여 GEH를 SMR 공급사로 최종 선정(2023.02.)함.
 - BWRX-300은 GEH가 기존에 개발한 BWR의 설계 및 라이선스 기반을 바탕으로 피동형 안전 시스템을 갖춘 300MW 규모의 수냉식 자연 순환 SMR임.
- Fermi Energia는 SMR 도입이 의회 승인, 부지 선정 절차, 관련 원자력 법률 개발을 전제로 한다고 밝히며, SMR의 가동시점을 2031년 12월로 전망함.

● 폴란드 PGE·ZE PAK, APR1400 건설 위한 특수목적 법인 공식 설립

EDF 2023.03.30., Nuclear Engineering International, 2023.04.05.

- 2023년 4월 13일 폴란드 국영 전력공사 PGE와 민간 발전사 ZE PAK는 중부 지역 Patnow 부지에 자국 두 번째 원전(한국형 APR1400 2기)을 건설할 특수목적법인인 PGE PAK Energia Jądrowa SA를 공식 설립했다고 발표함.
- PGE와 ZE PAK이 각각 50:50의 지분을 보유한 PGE PAK Energia Jądrowa SA는 폴란드측 대표로 환경영향평가수행, 자금조달, 한국측과 함께 투자 일정 수립, 인허가 취득, 행정 업무를 담당할 예정임.
- 2022년 10월 PGE · ZE PAK · 한국수력원자력은 Patnow 부지에 APR1400 기술을 기반으로 원전 개발계획 수립을 추진한다는 내용을 골자로 체결한 협력의향서(Letter of Intent)를 체결한 바 있음.
- 2023년 3월 29일 폴란드 원자력규제기관은 PGE PAK Energia Jądrowa SA 설립을 승인함.

주요단신

아시아

Asia



◎ 한국 기업들, 부유식 원전 및 초소형 원전 개발사와 사업 협력 활발

World Nuclear News 2023.04.21., Seaborg.com 2023.04.23.

■ 4월 20일 한수원과 삼성중공업은 덴마크 Seaborg와 용융염 부유식 원자로 Seaborg's compact molten salt reactor(100MW, CMSR) 사업개발을 위한 협력 컨소시엄 협약을 체결함.

- CMSR은 1척의 선박 당 2~8기의 원자로(각 100MW)를 설치하고 원자로는 24년의 설계 수명과 12년의 연료교체주기를 목표로 개발하고 있음.
 - Seaborg는 2014년에 설립되었으며 2026년 상업용 프로토타입, 2028년 상업 생산을 목표로 하고 있음.
 - 이번 컨소시엄을 통해 한수원의 풍부한 원전 사업 경험을 활용하여 CMSR의 상용화 일정 달성과 수출을 촉진하고자 함.
- 한편, 2022년 4월 Seaborg의 원자로기술과 삼성중공업의 조선기술을 결합해 탄키방식으로 부유식 원전을 제조·판매하는 양해각서(MOU)를 체결한 바 있음.

■ 같은 날, 미국 USNC와 현대엔지니어링, 그리고 SK건설은 USNC의 MMR을 활용한 수소 마이크로 허브 상용화를 위한 공동 연구개발 진행을 위한 양해각서를 체결함.

- MMR은 5MW의 전기와 15MWth의 고온증기를 생산할 수 있는 이점을 활용해 수소 마이크로 허브에서 높은 효율로 고체산화물전해전지(Solid Oxide Electrolysis Cells, SOEC) 고온전기분해 공정을 적용하여 수소를 생산하고자 함.
 - 3사는 서울 SK건설 본사에 1호 수소 마이크로 허브를 건설할 계획이며, 이번 협약에 따라 향후 5년간 MMR-SOEC 통합플랜트 연구개발을 공동으로 수행하게 됨.
- USNC는 MMR의 설계·제조·공급을, 현대엔지니어링은 BOP 설비·플랜트 건설·엔지니어링 및 조달을, 그리고 SK는 미 Bloom Energy의 SOEC를 활용하여 원자력 기반 수소 생산 시스템을 구축하고 수소 생산 설비를 공급하는 역할을 수행함.

- 같은 계열사인 SK E&C는 Bloom Energy 및 Bloom-SK fuel cell과 협력해 경북 구미에서 130kW급 SOEC 설비를 사용해 수소를 생산하는 시험을 성공적으로 수행한 바 있음.

● 중국, Haiyang 4호기 착공

Enderdata News 2022.09.19., World Nuclear News 2023.04.25.

■ 4월 25일 중국 건설회사 China Nuclear Industry 24 Construction Co, Ltd(CNI 24)는 CAP 1000 노형을 적용한 Haiyang 4호기(1,161MW, PWR) 콘크리트 타설 작업을 시작했다고 발표함.

- Haiyang 4호기의 콘크리트 타설 작업은 2023년 4월 22일에 시작되어 4월 25일에 완료됨.
- 이번 착공은 2022년 4월 중국 정부가 허가한 Haiyang 3 · 4호기와 Sanmen 3 · 4호기, 그리고 Lufeng 5 · 6호기 건설 프로젝트의 일환임.
- 중국 상하이 원자력 연구설계원(Shanghai Nuclear Engineering Research and Design Institute, SNERDI)에 따르면 Haiyang 3 · 4호기의 건설에 56개월이 소요될 것으로 예상되며, 두 호기 모두 2027년에 상업운전을 시작할 예정임.
 - Haiyang 3호기는 2022년 7월 7일에 착공함.
- 이번 4호기를 포함해 Haiyang 1호기~4호기까지 총 건설비용은 약 115억 달러(약 15.4조 원)가 이를 것으로 전망됨.
- 중국 원자력기술공사(State Power Investment Corporation, SNPTC)는 4호기 건설 까지 완료되면 Haiyang 부지에 추가로 4기를 건설할 계획이라고 밝힘.

● 일본 원자력규제청, 30년 이상 원전 운영에 대한 안전규제설명자료 공개

세계원전시장 인사이트 2022.12.30., 2023.03.03., 朝日新聞, 原子力規制庁 2023.04.19., 原子力産業新聞 2023.04.20.

■ 일본 원자력규제청※은 4월 19일 현재 일본 국회에서 심의 중인 GX 방침 실행을 위한 원전 관련 개정 법안이 통과될 시, 향후 원자력규제위원회가 30년 이상 운영된 원전에 적용할 안전 규제에 대한 설명 자료를 공개함.

※ 원자력규제청은 원자력규제위원회의 사무국 역할을 담당함.

- 현재는 원자력규제위원회가 단독으로 원전 계속운전을 심사해 인가하지만, 개정법의 국회 통과 후에는 계속운전을 원전이용관점에서는 경제산업성이, 기술적인 설비 안전 관점에서는 규제위가 인가하는 구조로 제도가 정비됨.
- 규제청이 공개한 자료 전반부에서는 후쿠시마 사고 후 도입한 신규제 기준과 원전 장기운전에 따른 과제 등에 대해 설명함.
 - 장기운전에 따른 과제는 ① 물리적인 설비 기능 저하(physical ageing)와 ② 가동할 원전에 적용된 지식·설계가 최신 지식·설계보다 상대적으로 노후화(non-physical ageing)된다는 점으로 구분할 수 있고, 전자는 원자로 용기의 장기간 중성자 조사(照射, Irradiation)에 따른 취약, 후자는 오래된 설계로 인해 예비품 조달이 불가능하거나 제조업체의 기술 지원을 받을 수 없다는 점을 제시함.
- 자료 후반부에는 개정안 통과 후 새로운 제도가 시행되면 사업자가 작성해야 할 ‘장기시설관리계획’에 대한 내용과 규제위가 인가하는 기준 등에 대해 설명함.
 - 장기시설관리계획에는 기기 성능 저하를 예측·파악하기 위해 사업자가 시행한 점검 방법과 결과, 미래 원전 가동 시 기기 성능 저하를 예측·평가할 때의 방법, 해당 방법들 토대로 예측·평가한 결과, 기기 성능 저하에 대해 관리하기 위한 구체적인 유지·보수 관리 방법이 포함되어야 함.
 - 장기시설관리계획 인가 기준은 ① 미래 설비 기능 저하(=열화)를 예측·평가하는 방법이 적합할 것, ② 예측되는 설비 기능의 저하를 감안해도 향후 최대 10년 동안 안전 면에서 규제기준에 적합할 것, ③ 설비 기능 저하 관리를 위한 구체적인 조치가 재해 방지 면에서 지장이 없을 것일 것임.
 - 규제위는 이 세 가지 기준에 대한 적합성을 입증하는 것은 사업자의 책임이며, 세 가지 적합성이 입증되지 못하면 해당 원자로의 계속운전을 인가하지 않을 계획이라고 밝힘.

◎ 일본 가고시마현 자체 조직한 원전전문가그룹, 센다이 1·2호기 계속운전 신청 위해 수행한 특별점검 적정 평가

세계원전 시장 인사이트 2022.10.21., 南日本新聞 2023.04.12., 毎日新聞 2023.04.13.

- 4월 12일 규슈전력의 센다이 1·2호기 계속운전을 검증하는 가고시마현 원자력전문위원회 분과는 센다이 1·2호기의 계속운전 신청에 필요한 특별점검 등이 적정하다고 평가한 보고서를 작성함.

- 해당 분과회는 일본 원자력규제위원회의 계속운전 심사와는 별개로 가고시마현이 2021년 12월 원전 계속운전에 대한 안전성을 논의하기 위해 설치했으며, 원자로 재료공학, 지진 공학 전문가 7명으로 구성됨.
 - 일본 원자로의 계속운전은 현행 제도에서 원칙적으로 40년 가동할 수 있으며 원자력규제 위원회의 인가를 취득하면 최장 20년 계속운전할 수 있으며, 현행 심사에서는 원자력규제 위원회가 단독 심사함.
- 분과회는 4월 12일 회의를 포함해 12번 회의를 개최했으며, 규슈전력이 계속운전을 위해 시행한 특별점검과 설비 건전성 평가는 적정하다는 내용의 보고서를 작성함.
 - 규슈전력은 센다이1호기는 2024년 7월, 2호기는 2025년 11월 가동 40년이 도래하므로, 2021년 10월부터 2022년 10월 12일까지 두 호기의 계속운전 인가 신청 여부를 검토하기 위해 가동개시일로부터 35년 이후에 수집한 자료를 토대로 원자로 용기와 원자로격납용기 등 기기 건전성을 확인하는 특별 점검을 시행한 바 있음.
 - 규슈전력은 원자로와 격납용기 등의 상태를 확인한 결과 향후 20년 계속운전을 해도 안전 성에 문제가 없다는 것을 확인했다며 2022년 10월 규제위에 두 원자로의 계속운전 신청 서를 제출했음.

■ 향후 분과회의 상부 조직인 전문위원회가 해당 보고서를 평가한 후 계속운전에 대해 최종 평가할 예정임.

◎ 일본 대형전력 7개 사, 최근 연료비 하락 반영한 가정용 규제요금 재제출

読売新聞 2023.04.04.

- 4월 3일 경제산업성 전기요금 심사 담당 전문가위원회는 대형전력 7개 사가 최신 연료 가격을 반영 하여 재산정한 가정용 요금을 공개했으며, 6개사에서 기존에 제출했던 요금보다 인상률이 0.2~11.7%p 감소함.
- 7개사가 요금 인상을 신청할 당시에는 인상률이 평균 28.1~45.8%였지만, 재산정 결과 평균 17.6~46.9%로 변경됨.
 - 요금인상 신청단계에 도쿄전력은 2022년 8~10월, 홋카이도전력이 9~11월, 다른 5개사가 7~9월 연료 가격 평균치를 사용해 요금을 산정했음.
 - 경제산업성은 최근 LNG 가격 하락을 이유로 2022년 11월~2023년 1월 연료비로 요금 재산정을 요청하여 7개 전력사는 재산정한 요금을 경제산업성에 제출함.

- 이 중 도쿄전력의 인상률은 11.7%p 하락한 평균 17.6%이었음. 한편 호쿠리쿠전력은 석탄 화력 비중이 높아 요금 인상 신청 당시보다 석탄 가격이 상승해 인상률이 1.1%p 상승한 46.9%이었음.

■ 한편, 일본의 전기요금 인상은 소비자청과 협의 및 관계부처 회의를 거쳐 경제산업상이 인가함.

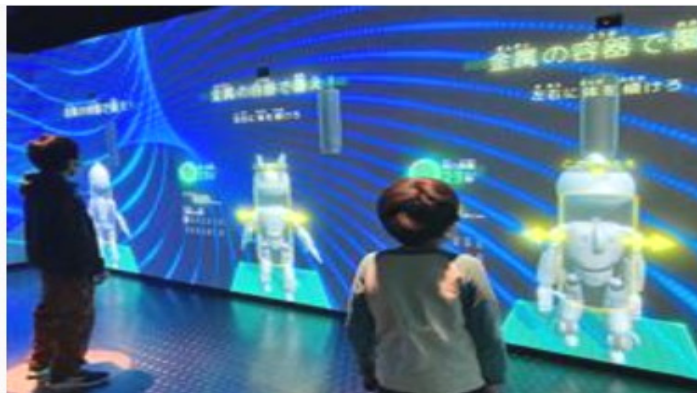
◎ 일본 도쿄 과학기술관에 고준위방폐물 최종처분 학습 게임 도입

電氣新聞 2023.04.07.

■ 일본 원자력발전환경정비기구(Nuclear Waste Management Organization of Japan, NUMO)는 3월 31일 도쿄 지요다구의 과학기술관(Science Museum)에 고준위 방폐물의 최종처분에 관한 국민들의 이해 향상을 목적으로 학습게임을 전시함.

- 초등학생 등이 지층처분에 대한 지식과 지층처분하는 지하의 특성 등에 대해 즐기면서 학습할 수 있는 체험형 게임을 도입하였음. 체험자는 감지 기술을 통해 대형 스크린에 비친 본인의 아바타를 확인하면서 게임을 즐길 수 있음.

〈도쿄 과학기술관에 전시된 고준위방폐물 최종처분 학습 게임〉



자료: 電氣新聞 2023.04.07.

기타단신

◎ 일본 대형 밸브 제조사, 선진원자로용 밸브 개발 추진 중

日本経済新聞 2020.09.11./2023.04.05.

■ 4월 5일 일본경제신문 보도에 따르면 BWR용 밸브 제조사인 OKANO VALVE MFG. CO. LTD.는 후쿠시마 사고 후 발생한 매출 감소·기술 전수의 어려움을 해결하기 위해 SMR 등 선진원자로용 밸브 개발을 진행 중임.

- 원전용 밸브 제조와 보수 업무 급감으로 연결매출액이 2010년 11월기 126억 엔(약 1,263억 원)¹⁹³⁾에서 2022년 11월기 68억 엔(약 681억 원)감소 했고, 기술 전수도 어려워짐.
- 이에 따라 SMR, 고속로, 고온가스로용 밸브 개발을 추진해 지속 가능한 수익 기반을 마련 중임.
 - SMR용 밸브는 3~4년 전부터 개발을 시작해 기능별 3~5개로 구분되는 밸브를 SMR에 맞춰 1개로 집약하는 설계를 진행 중임.
 - 고속로의 경우 고속증식로 문주에서 자사 밸브가 사용된 실적이 있으며 연료 등의 외부 누출 방지 성능을 강화한 밸브 개발을 추진함.
 - 고온가스로용 밸브의 경우 과거 1,000℃ 고열에서 3,000시간 견디는 밸브를 시험 제작한 실적이 있어 수소의 대량 생산에 적합한 대형 밸브 개발을 목표로 함.

◎ 일본 후쿠시마현 오클마정, 원전 사고 이후 12년 만에 의무 보육·교육활동 재개

日本経済新聞, 朝日新聞 2023.04.10., 学び舎ゆめの森 웹사이트 최종검색 2023.04.26.

■ 후쿠시마현 오클마정은 4월 10일 원전사고로 오클마정에서 약 90km 떨어진 아이즈와카마쓰시에 임시 설치한 0~15세 대상 의무 보육·교육시설인 ‘마나비야 유메노 모리’가 원래 소속 지역인 오클마정으로 정식 복귀해 개교식을 개최함.

- 오클마정 내 의무 교육 활동 재개는 2011년 3월 원전 사고 발생 후 12년 만임. 인구 감소로 오클마정은 2021년 4월 어린이집·유치원·초등학교 기능을 ‘마나비야 유메노 모리’로 통합해 아이즈와카마쓰시에서 임시로 개교했고, 현재 학생 수는 총 26명임.

■ 한편, 건물은 2학기 때 완공 예정이므로 1학기에는 오클마정 내 공공시설 3곳에서 보육·교육을 진행함.

193) 일본 단신 기사 내용 전체 2023년 4월 27일 환율 기준 적용(1엔=10.03원)

◎ 카자흐스탄, 자국 내 원전 건설 추진을 위한 공급업체 지속적으로 물색 중

Nuclear Engineering International 2023.04.13.

■ 4월 13일 카자흐스탄 에너지부의 Almasadam Satkaliyev 장관은 자국의 원전 계획은 진행 중이며, 원전 건설을 위해 여러 원자로 공급업체를 검토하는 중이라고 밝힘.

- 원자로 공급업체 후보로 한국, 프랑스, 중국, 러시아 4개 업체를 고려 중이며, 그중에서도 전 세계적으로 건설 경험이 많은 점을 착안해 Rosatom을 긍정적으로 검토 중인 것으로 알려짐.
 - 카자흐스탄은 한수원, 중국 CNNC, Rosatom, EDF 등 4개 협력사로부터 신규 원전건설을 제안받은 바 있음.
- 그러나 Satkaliyev 장관은 원전 건설 계획과 관련해 한 곳의 공급업체만 선정하는 것이 아니며, 최고의 전력 장비 및 네트워크 장비를 선택하는 것으로 결정하면서 기업 간의 조합인 컨소시엄의 형태가 될 것이라고 밝힘.
- 한편, 2023년 1월 카자흐스탄은 자국 내 신규 원전 건설에 참여할 공급사를 연내에 결정할 것이라고 언급한 바 있음.

World Nuclear Power Market
INSIGHT



세계원전시장
인사이트