Biweekly 격주간
2023 11.10

세계원전시장 인사이트

현안이슈

세계 원전정책 동향 업데이트

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

주요단신

북·남미 97

- 미국 UAMPS, NuScale과 Idaho 주에서 진행 중인 SMR 건설 프로젝트 종료키로 합의
- 미 에너지부, 초소형원자로 상용화 지원을 위한 FEED 계약 대상 선정
- 미국 Constellation, NRG Energy의 South Texas Project 원전 일부 지분 인수
- 미 하원, 에너지 소관 소위원회에서 '핵연료보안법' 승인
- 기타 단신

유럽 102

- 슬로베니아 원전운영사, Krško 원전 배관 일부 교체 작업 진행
- 체코, Dukovany 신규 원전(5호기) 건설에 대한 최종 입찰서 접수
- 벨라루스, Ostrovets 2호기 상업운전 시작
- 기타 단신

아시아 108

- 일본 센다이 1·2호기, 20년 계속운전 인가
- 운영 50년 다가오는 일본 다카하마 1호기, 10년 계속운전 위해 신규제 적용된 안전심사 신청
- 일본 간사이전력, 원전 수소 냉각재로 활용 계획
- 기타 단신

에너지경제연구원
Korea Energy Economics Institute

세계원전시장 인사이트

Biweekly 격주간

2023 11.10

발행인 김현제

편집인

조주현	joohyun@keei.re.kr	052-714-2035
김창훈	hesedian@keei.re.kr	052-714-2210
진태영	tyjin@keei.re.kr	052-714-2158
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 간행물은 한국수력원자력(주) 정책과제의 일환으로 발행되었습니다.

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

현안이슈

세계 원전정책 동향 업데이트

에너지경제연구원 원전정책연구실
조주현 연구위원 (joohyun@keei.re.kr)
김창훈 연구위원 (hesedian@keei.re.kr)
신재정 부연구위원 (jjshin@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 현황[1)]

1) 운영 현황

■ 2023년 11월 1일 기준, 전 세계 32개 국가[2)]에서 433기의 원자로를 운영하고 있으며, 총 설비용량은 413.0GW임.[3)]

- 지역별로는 극동아시아가 115기, 북미 112기, 서유럽 93기, 중앙&동유럽 75기, 중동 및 남아시아 29기, 남미 7기, 아프리카 2기가 운영 중임.
- 노형별로는 PWR 307기, BWR 58기, PHWR 46기, LWGR 11기, GCR 8기, FBR 2기, HTGR 1기 순임.

■ 2000년 이후 운영 중인 글로벌 원전의 용량은 2018년까지 꾸준히 증가하였지만, 이후 소폭 감소한 뒤 정체된 모습을 보임.

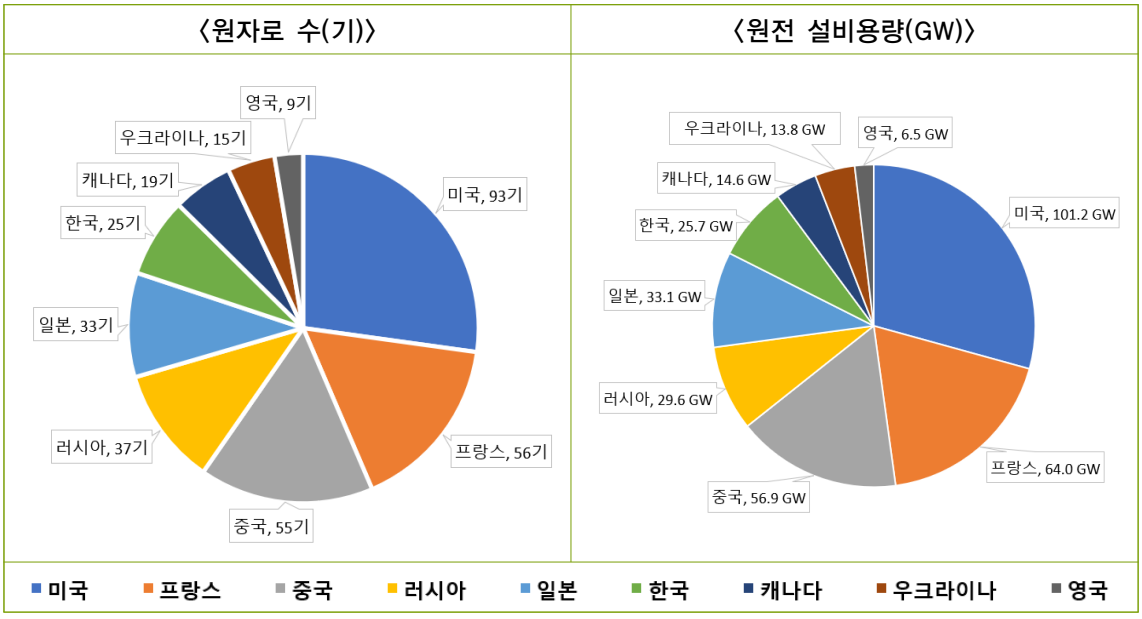
- 국가별로는 미국이 93기(101.2GW)로 가장 많으며, 프랑스 56기(64.0GW), 중국 55기(56.9GW), 러시아 37기(29.6GW), 일본 33기(33.1GW), 한국 25기(25.7GW) 순임.

1) https://www.iaea.org/pris/(검색일 : 2022.04.11.)를 참고하여 작성되었음.
2) 대만을 포함하지 않을 경우 31개국임.
3) 순 용량(Reference Unit Power)이 아닌 총 용량(Gross Capacity)를 기준으로 작성되어 2023년 4월에 작성된 인사이트 동향 값과 상이함.

그림 1 원자로 수 및 용량 추이

자료: IAEA PRIS(검색일 : 2023.11.01.)
* 단, 일본은 IAEA 상에서의 운영 중단(suspended operation)인 원전을 가동 중인 원전으로 고려하고 있어 이를 변경·적용함.

그림 2 주요 국가별 원전 운영 현황

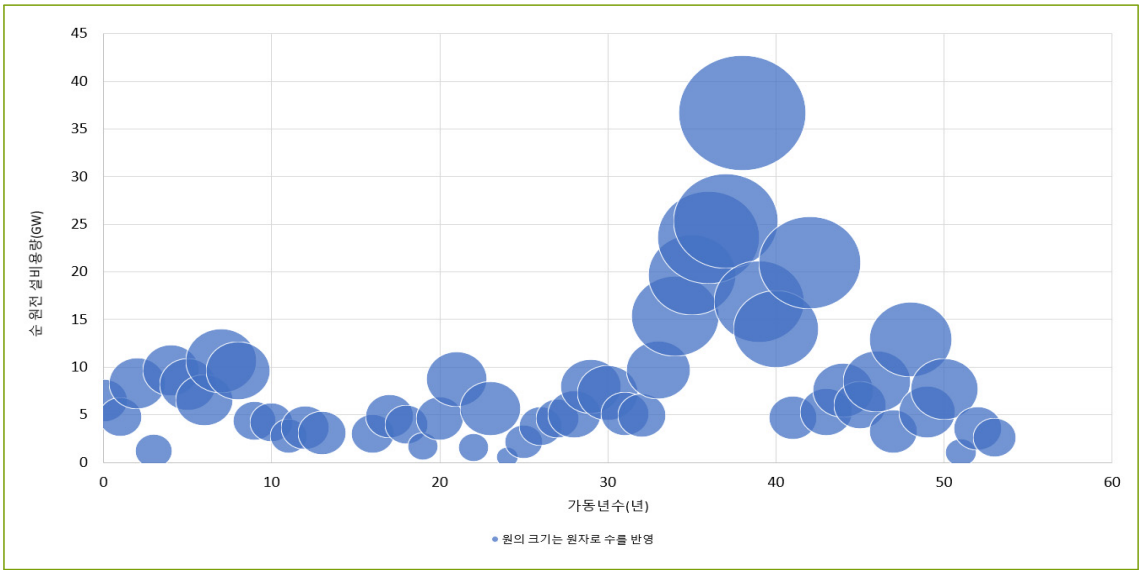


자료 : IAEA PRIS(검색일 : 2023.11.01.)

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

- 가동년수가 10년 미만인 원자로는 64기, 10년 이상 20년 미만인 원자로가 32기, 20년 이상 30년 미만인 원자로가 49기, 30년 이상 40년 미만인 원자로가 162기, 40년 이상 50년 미만인 원자로가 101기, 50년 이상인 원자로가 21기로, 30년 이상된 원자로가 전체의 66%를 차지함.
  - 가동년수의 경우, 상업운전일 기준으로 작성되었으며, 2023년 11월 1일 기준으로 Shidaobay 1호기(중국), Olkiluoto 3호기(핀란드), Kakrapar 3호기(인도), Mochovce 3호기(슬로바키아)는 상업운전이 시행되지 않아 제외됨.
- 1990년 기준 전체 원전의 가동년수 평균은 10.8년(총 416기), 2000년 기준 18.4년(총 435기), 2010년 기준 25.8년(총 441기)임.

그림 3 2023년 세계 원전 가동년수 분포



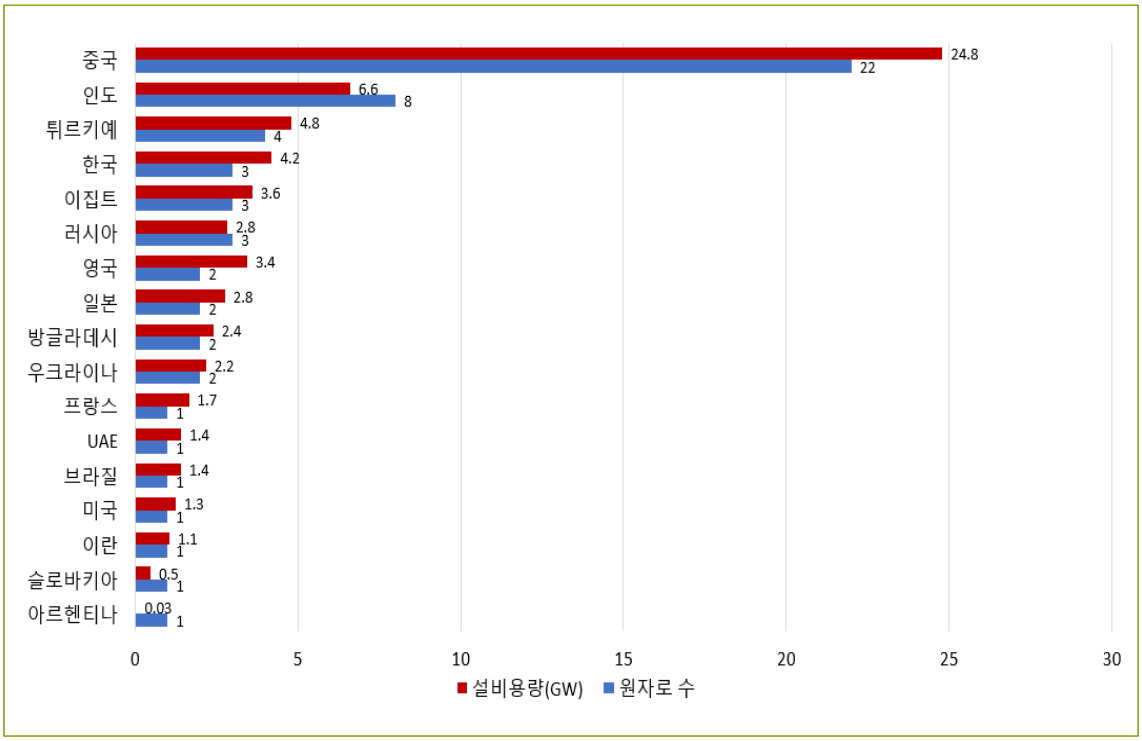
자료 : IAEA PRIS(검색일 : 2023.04.19.)

2) 건설 현황

■ **2023년 11월 기준 전 세계 17개 국가에서 58기의 원자로가 건설 중에 있으며, 건설 중인 원자로의 총 설비용량은 약 64.9GW임.**

- 중국이 가장 많은 22기(24.8GW)의 원자로를 건설 중에 있으며, 인도가 8기(6.6GW), 튀르키예가 4기(4.8GW), 한국, 이집트, 러시아가 각각 3기(4.2GW, 3.6GW, 2.8GW)의 원자로를 건설 중임.

그림 4 국가별 원전 건설 현황



자료 : IAEA PRIS(검색일 : 2023.11.01.)

* 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 11월 기준 전 세계 22개국[4]에서 209기, 총 112.2GW의 원자로가 영구정지됨.**

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

4) 대만을 제외할 경우 21개국임.

표 1 IAEA 발표 기준 국가별 원전 운영·건설·영구정지 현황(2023.11)

(단위 : 개수, GW)

구분	국가	운영 중		건설 중		영구정지	
		원자로	설비용량	원자로	설비용량	원자로	설비용량
원전 운영국가	미국	93	101.2	1	1.3	41	21.1
	프랑스	56	64.0	1	1.7	14	6.1
	중국	55	56.9	22	24.8		
	러시아	37	29.6	3	2.8	10	4.3
	일본	33	33.1	2	2.8	27	17.9
	한국	25	25.7	3	4.2	2	1.3
	인도	19	6.8	8	6.6		
	캐나다	19	14.6			6	2.3
	우크라이나	15	13.8	2	2.2	4	3.8
	영국	9	6.5	2	3.4	36	9.2
	스페인	7	7.4			3	1.1
	벨기에	5	4.1			3	2.1
	스웨덴	6	7.2			7	4.3
	체코	6	4.2				
	파키스탄	6	3.5			1	0.1
	핀란드	5	4.6				
	스위스	4	3.1			2	0.4
	헝가리	4	2.0				
	슬로바키아	5	2.5	1	0.5	3	1.0
	대만	2	1.9			4	3.2
	아르헨티나	3	1.8	1	0.0		
	UAE	3	4.3	1	1.4		
	불가리아	2	2.1			4	1.8
	브라질	2	2.0	1	1.4		
	남아프리카공화국	2	1.9				
	멕시코	2	1.6				
	루마니아	2	1.4				
	벨라루스	2	2.4				
	이란	1	1.0	1	1.1		
	슬로베니아	1	0.7				
	네덜란드	1	0.5			1	0.1
	아르메니아	1	0.4			1	0.4
신규원전 건설국가	튀르키예			4	4.8		
	방글라데시			2	2.4		
	이집트			3	3.6		
원전 영구정지 국가	독일					33	27.7
	이탈리아					4	1.5
	리투아니아					2	2.6
	카자흐스탄					1	0.1
합계		433	413.0	58	64.9	209	112.2

자료 : pris.iaea.org(검색일 : 2023.11.01.)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 11월 기준 93기의 원자로(95,835MW)를 가동 중이며 41기의 원자로(19,976MW)가 영구 정지되었고 1기의 신규 원전(1,117MW)을 건설 중임.
  - 2013년 Vogtle 3·4호기를 착공하였으나 Westinghouse의 파산과 후쿠시마 사고 이후 강화된 안전규제 대응 등으로 완공 일정이 지연되어, 2023년 8월 4호기에 최초로 연료가 장전됨.
  - 미시간 주 Palisades(805MW, PWR) 원전이 경제성 악화를 이유로 2022년 5월 20일 영구 정지됨.
- 2021년 미국의 총발전량은 4,510TWh로, 가스 38%, 석탄 20%, 원자력 18%, 풍력·태양광·지열 등 14%, 수력 7%, 바이오매스 2% 등임.[5)]

■ 원자력 관련 주요 정책

- 미 정부, 일자리 법안과 인플레이션 감축법 등을 통해 계속운전과 첨단원전 개발 지원
  - 2022년 8월 16일 Biden 대통령은 감세, 의료보험 보조, 에너지 안보 등 여러 분야를 포함하는 총 7,400억 달러(약 967조 2,000억 원)[6)] 예산의 인플레이션 감축법안(IRA)에 서명했으며, 에너지 관련 예산은 3,700억 달러(약 483조 6,000억 원)임.
  - 상기 에너지 예산에는 원전 운영사의 전력 판매 수익에 대한 세액공제인 생산 세액공제(Production Tax Credit, PTC) 항목이 포함되며, 이는 가동 중인 원전과 향후 가동될 차세대 원전의 전력 판매 수익 및 원전 등 청정에너지 기술을 활용해 생산한 청정수소 판매 수익에 대한 세 부담을 경감하는 효과가 기대됨.
  - 구체적으로 가동 중인 원전의 발전량에는 2023년 12월 31일부터 10년간 1kWh당 0.3센트의 세액공제를 기본적으로 적용하고 추가 조건 만족 시 최대 다섯 배까지 적용이 가능하며, 2024년 이후 상업운전을 시작하는 신규 원전과 차세대 원전에도 청정에너지 생산 세액공제(Clean Electricity PTC)가 적용되어 1kWh당 0.3센트의 세액공제가 최대 10년간 적용됨.
  - 2021년 11월 Biden 대통령이 서명한 '초당적 인프라 투자 및 일자리 법안(Infrastructure

5) Enerdata Country Energy Report-United States, pp.18.(2023.05.)
6) 미국 내용 전체 2023년 11월 9일 환율 기준 적용(1달러=1,310원)

Investment and Jobs Act, IIJA)'의 일환으로 추진된 계속운전 지원을 위한 상업원전 지원책(Civil Nuclear Credit, CNC)에 미 에너지부는 부처 예산 중 60억 달러(약 7조 8,400억 원)를 배정함.

- 미 에너지부는 2022년 4월 19일 1차 지원 공모를 시작하였으나 한 차례 마감 기한을 연장하고, 같은 해 11월 21일 California 주의 Diablo Canyon 원전을 선정해 CNC에 따라 1차 지원금인 총 11억 달러(약 1조 4,387억 원)를 향후 4년간 지원하기로 함.
- 2023년 3월 2일 미 에너지부는 CNC 2차 신청 조건 등을 공고함. 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.

- 미 정부, 원자력 연구개발 지원 포함한 원자력 분야에 63.3조 원 예산 배정
  - 2023년 6월 14일 미국 의회 예산심의위원회(Appropriations Committee)는 2024년도 예산안(Fiscal Year 2024) 발표를 통해 미 에너지부에 488억 7,900만 달러(약 63조 9,300억 원) 예산안을 제시하였으며, 미 에너지부의 원자력 연구와 개발 및 실증 지원에 17억 8,300만 달러(약 2조 3,320억 원)와 미국 국가핵안보청(NNSA)의 핵안보 관련 지원에 239억 5,900만 달러(약 30조 281억 원)가 각각 배정됨.
  - 원자력 연구 개발 및 실증 지원에는 미 에너지부의 차세대원자로 실증프로젝트(ARDP)와 SMR 개발에 대한 자금 지원과 첨단 원자로 연료 가용성 프로그램에 대한 지원이 포함되며, 핵 안보 관련 지원에는 미 해군의 원자력 추진선 및 잠수함에 사용되는 원자로와 핵확산 방지, 그리고 무기 개발과 활동 지원이 포함됨.
- 미 정부, 선진 원자로 상용화를 위한 법안(Advance Act)통과 및 연구개발 지원
  - 2023년 5월 31일 미 상원 환경·공공사업위원회(Senate Environment and Public Works)는 같은 해 4월 상원의원 대표 위원회(bipartisan group of senators)가 발의한 선진 원자로 개발과 관련 초당적 지원을 바탕으로 한 새로운 법안인 'Accelerating Deployment of Versatile, Advance Nuclear for Clean Act(이하 'Advance Act')를 찬성 16대 반대 3으로 통과시킴.
  - Advance Act는 원자력 에너지의 보급 확대에 따른 인력 확보의 필요성과 석탄 발전소에서 원자력 발전소로의 전환, 그리고 사용후핵연료 관리 등과 관련된 6개의 주요 내용을 포함함. 구체적으로 선진원자로 인허가 비용 및 절차 간소화 관련 인력 강화와 원자력 분야 역량 강화 등을 담고 있음.
  - 2023년 6월 26일 미 에너지부는 혁신적인 원자력 상용화 가속화 및 민간 산업체의 선진 원자로 개발 활동 지원이 목적인 Gateway for Accelerated Innovation in Nuclear (이하 'GAIN') 추진체가 GAIN 바우처 프로그램을 통하여 총 7개의 민간 기업을 대상으로 원자력 연구개발 투자비의 최소 20%에 해당하는 자금 지원을 발표함.

- 2023년 8월 3일 미 에너지부 기술전환국(DOE's Office of Technology Transitions)은 비경수형 원자로의 안전성 분석 및 모델링 역량 강화, 사용후핵연료 재사용과 방사성 폐기물 관리 시스템 구축 지원을 위해 Argonne 국립연구소를 선정함.
- 해당 프로젝트는 2023년 6월 미 에너지부가 발표한 기술 상용화 기금 기반 핵심 연구소 인프라 구축(Base Annual Appropriations Core Laboratory Infrastructure)의 일환으로 30개의 청정에너지 프로젝트에 총 2,100만 달러(약 274억 6,600만 원) 이상의 지원금을 투자하여 혁신 기술의 발전 및 에너지 경쟁력과 안보를 향상하는 것이 주목적임.

● 미 정부, SMR 도입 고려국 대상 SMR 도입 지원 협력

- 2023년 5월 Biden 행정부는 G7 정상회의에서 다국적 파트너(한국, 일본, UAE)와 협력하여 루마니아에 2030년까지 NuScale의 VOYGR 보급 기간 단축을 위해 최대 2억 7,500만 달러(약 3,596억 2,000만 원)를 지원할 계획이라고 발표함.
- 협약에는 루마니아에 미국, 일본, 한국, UAE 4개국이 공급일 확정 계약(long lead materials) 조건의 구매지원과 2단계 선행주기 엔지니어링 · 설계(Front-End Engineering and Design, FEED) 작업, 프로젝트 관리 전문 지식 제공, 그리고 부지 특성화 및 규제 분석의 지원과 함께 프로젝트 실행을 위한 부지별 일정과 예산 추정치 제공이 포함됨.
- 2023년 9월 13일 미 국무부 국제 안보 · 비확산 담당 Ann Ganzer 차관보는 가나에 SMR 도입 시 필요한 초기 기반 구축을 지원하는 FIRST 프로그램을 통해 SMR 보급 및 에너지 안보 목표 달성에 175만 달러(약 22억 8,847만 원)를 지원한다고 발표함.
- 미 국무부의 지원에는 SMR 제어실 시뮬레이터(control room simulator) 제공과 더불어, 가나가 원자력 안전 · 안보 · 비확산과 관련하여 국제 기준에 부합하는 원자력 인력 양성을 위해 원자력 전문가 양성을 목적으로 학술 교류 활동 등을 적극적으로 지원하는 내용이 포함됨.

■ 주요 이슈

● Vogtle 3호기 상업운전 개시

- 2023년 7월 31일 Georgia Power는 2013년 착공한 Vogtle 3호기(1,117MW, PWR)가 착공 10년 만에 상업운전을 시작했다고 발표함.
- Vogtle 3호기는 2012년 2월 10일에 미국 원자력규제위원회(NRC)로부터 건설 허가를 발급받았으며, 2013년 3월 2일에 착공함. 이후 2022년 10월 14일 연료장전 완료, 2023년 3월 1일 최초임계 도달을 거쳐 같은 해 3월 31일 전력망에 연결됨.
- 한편, Vogtle 4호기(1,117MW, PWR)는 2023년 8월 18일에 연료장전을 시작했으며, 2024년 1분기에 상업운전을 목표로 함.

- Vogtle 3 · 4호기의 초기 건설비용은 140억 달러(약 18조 3,100억 원)로 예정되어 있었으나, 2023년 2월 기준 총비용은 300억 달러(약 39조 2,250억 원) 이상으로 추산됨.
- Westinghouse를 매입한 일본 Toshiba가 후쿠시마 사고로 인한 원전 업계의 불황으로 인해 부도를 맞음. 이에 따라 Westinghouse도 2017년 3월 29일 파산을 신청하고, 2017년 7월 29일 Georgia Power는 Westinghouse로부터 Vogtle 원전 건설 사업을 인수 받음으로써 해당 사업의 45.7% 지분을 소유하게 됨.
- 한편, 2018년 8월 1일 캐나다 사모펀드인 Brookfield는 Westinghouse를 46억 달러(약 6조 145억 원)에 인수하기로 합의하고, 같은 해 3월 27일 미국 연방파산법원은 Westinghouse의 매각을 승인함. 2023년 11월 3일 Westinghouse의 지분을 Brookfield Business Partners와 Cameco로 구성된 전략적 컨소시움의 매각 작업에 필요한 규제 승인을 취득함. 2023년 11월 7일 컨소시움의 Westinghouse 인수 작업이 완료됨으로써 Brookfield는 51%의 지분을, Cameco는 49%의 지분을 소유하게 됨.

● 미 원전 운영사들, 폐쇄원전 재가동 및 계속운전 추진

① Palisades 원전, 계속운전 추진 중

- 2022년 5월 경제성을 이유로 조기 폐쇄된 Palisades 원전(805MW, PWR)의 해체를 담당중인 Holtec은 해당 원전의 재가동을 위해 Michigan 주정부에 약 3억 달러(약 4,000억 원)의 자금 지원을 요청할 계획이라고 현지 지역 언론이 2023년 4월 22일 보도함.
- 2023년 9월 12일 Holtec은 Michigan 주 Wexford 카운티의 전력공급을 담당하는 비영리 단체인 Wolverine 전력협동조합과 해당 원전 재가동 기반 마련을 위해 전력구매계약(PPA)을 체결함.
- 또한 2023년 10월 6일 Holtec은 Palisades 원전 재가동을 위한 인허가 절차를 공식적으로 시작하기 위해 NRC의 기존 규제 체계 내에서 해당 원전의 재가동 기반 마련을 위한 방안을 제시하는 서류를 NRC에 제출함.

② Surry 원전, 2차 계속운전 추진 중

- 2023년 5월 17일 Dominion Energy는 Westinghouse와 미국 Virginia 주에 위치한 Surry 원전(1,780MW, PWR 2기)의 2차 계속운전(SLR) 지원을 위한 계약을 체결함. 이에 따라 2028년부터 공급될 Surry 원전 6개의 증기발생기 설계 및 제조가 완료되면 2029년부터 해당 기자재의 설치가 시작될 예정임.
- Surry 원전은 2021년 5월 4일 NRC로부터 2차 계속운전을 승인받음으로써 1호기는 2052년, 2호기는 2053년까지 계속운전이 가능해짐.

③ Perry 원전, 1 차 계속운전 신청

- 2023년 7월 3일 Ohio 주에 위치한 Perry 원전(1,303MW, BWR)의 운영사인 Energy Harbor는 NRC에 해당 원전의 계속운전 신청서를 제출함.

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

④ Duke Energy, North · South Carolina 주의 원전 계속운전 추진 계획 발표

- 2023년 8월 15일 North Carolina 주와 South Carolina 주의 전력 및 가스공급을 담당하는 Duke Energy는 새로운 통합자원계획(Integrated Resource Plan)에서 2035년까지 해당 2개 주의 6개 부지에서 가동 중인 11기의 원자로(총 10,773MW)에 해당하는 Brunswick 1 · 2호기, McGuire 1 · 2호기, Catawba 1 · 2호기, Oconee 1 · 2 · 3호기, Harris 1호기, 그리고 Robinson 원전의 계속운전 추진을 고려하고 있다고 밝힘.

- 2021년 6월 Duke Energy는 NRC에 South Carolina 주에 위치한 Oconee 1~3호기(총 2,682MW, PWR)의 2차 계속운전 신청서를 제출한 바 있으며, 해당 신청서에 대한 결정은 2024년 7월에 발표될 예정임.

● 미국, HALEU 생산 실증 프로젝트 개시

- 2023년 9월 23일 NRC는 Ohio 주 Piketon에 위치한 Centrus의 농축 시설에서의 고순도 저농축우라늄(HALEU)생산 실증 프로젝트를 승인함. 이에 따라 해당 시설에서는 우라늄-235 농축도가 3~5% 미만인 일반 핵연료를 20%까지 농축할 수 있음.

- 2022년 11월 미 에너지부는 Centrus의 자회사 American Centrifuge Operating LLC ACO)와 HALEU 생산설비 구축 및 생산을 위한 최종 계약을 체결하고 2024년까지 두 단계로 실행되는 약 1억 5천만 달러(약 1,961억 원)의 기본 계약 체결을 발표함.

- 계약의 1단계에서는 Centrus의 3천만 달러(약 392억 1,300만 원) 비용 분담금과 미 에너지부의 매칭 분담금 3천만 달러를 활용해 2023년 12월 31일까지 시설 완공 및 캐스케이드(cascade) 시설 가동, 그리고 19.75% 농축도의 HALEU 20kg 시범생산이 이루어짐. 2단계에서 ACO는 HALEU를 연간 900kg 규모로 1년 동안 생산을 지속하게 되며, 캐스케이드에서 생산된 HALEU는 미 에너지부가 소유하게 됨.

- ACO와 미 에너지부가 체결한 최종 계약에는 기본 계약 기간 이후 최대 9년간 추가 생산 의뢰가 가능한 조건이 포함되어 있으며, 계약실행 여부는 의회의 예산 배분 가능 규모에 따라 결정될 예정임.

● 미 법원, Westinghouse가 제소한 한수원 수출통제위반 소송 건 각하

- 2023년 9월 19일 미국 Washington D.C. 연방지방법원은 Westinghouse가 2022년 10월 한국수력원자력 · 한국전력(이하 '한수원 측')을 상대로 APR-1400 원자로 기술의 제3국 이전을 막아달라며 제기한 소송을 원자로 기술 수출통제 집행 권한이 미 정부에 있으므로 Westinghouse는 원자력 기술 등의 제3국 이전 관련 규정인 Part 810을 집행하기 위한 소송을 제기할 권한이 없다며 각하함.

– 그러나, Westinghouse 에너지시스템부의 David Durham 사장은 이번 미 법원의 결정이 수출통제 집행 권한이 미 정부에 있음을 보여주는 것일 뿐 한수원 측을 상대로 진행 중인 중재절차와는 무관하다고 언급하며 자사는 이에 항소할 계획을 발표함.

- 미 SMR 건설추진 및 관련 연구 인력 양성 강화

① 미국 NRC, Kairos 고온소형원자로 안전성 평가 마무리…하반기에 건설허가 발급 전망

– 2023년 6월 15일 NRC는 원자로 안전보장자문위원회(Advisory Committee on Reactor Safeguards)가 Kairos Power의 Hermes 실증로에 대해 작성한 안전성 평가 결과 보고서를 제출받았으며, 건설허가 발급에 필요한 최종 안전성 평가가 실질적으로 완료되었다고 밝힘.

② NuScale의 VOYGR, 최초호기 건설을 위한 제한적 인허가 신청 및 인재 양성을 위한 협력 추진

– 2023년 8월 1일 유타주 공공전력사업자연합(UAMPS)의 자회사인 CFPP LLC는 NRC에 Idaho 국립연구소 부지에 건설될 NuScale이 개발 중인 VOYGR(77MW, 6모듈) 최초호기 건설을 위한 제한적 인허가(Limited Work Authorization, 이하 'LWA')를 신청함.

– CFPP LLC의 Mason Baker 사장은 LWA 신청서 제출이 2029년 말까지 VOYGR의 첫 번째 모듈 상업운전 시작을 위한 필수적인 단계로 최초호기 건설은 2025년 중반, 상업운전은 2029년 말에 각각 시작을 목표로 하며 나머지 모듈 5기는 2030년까지 상업운전을 목표로 한다고 언급함.

– 그러나, 2023년 11월 8일 NuScale은 CFPP(Carbon Free Power Project) 비용증가 문제로 인해 종료하기로 합의했다고 발표함.

– 2023년 6월 7일 NuScale은 원자력 산업 인력 양성 기관인 Accelerant Solutions와 SMR 운영 자격 교육 프로그램 개발을 포함한 NuSclae 인허가 · 운영 교육 프로그램(NuScale Licensed Operator Training Program)의 개발 및 실행을 위한 협약을 발표함. 이를 바탕으로 양사는 VOYGR 발전소 운영을 위한 원자력 교육을 빠른 시기에 착수할 계획임.

③ 미국 발전사들과 SMR 개발사, 석탄발전소 부지에 SMR 대체 활용을 위한 협력

– 2023년 7월 19일 고온가스원자로 Xe-100을 개발 중인 X-energy와 Energy Northwest는 자사가 운영 중인 Washington 주 Richland의 Columbia 원전 인근에 X-energy가 개발 중인 Xe-100을 도입하기로 하는 공동개발협약을 체결함. 이에 따라 2030년까지 최대 12기의 Xe-100을 보급하기 위해 해당 원자로의 상업적 개발이 진행될 범위와 위치, 일정, 인허가 발급 및 규제 대응 관련 협력을 진행할 예정임.

– 2023년 8월 16일 SMR 개발사인 TerraPower는 자사의 소듐냉각 고속원자로인 Natrium 실증프로젝트 부지로 활용하기 위해 Wyoming 주의 폐쇄 예정인 PaciCorp. 소유의 Kemmerer 시에 위치한 Naughton 석탄발전소를 매입했다고 발표함. TerraPower는 Natrium 추가 건설을 위해 West Virginia 주 Glasgow에 있는 폐쇄된 석탄발전소와 함께 폐쇄 예정인 석탄발전소를 포함한 총 두 곳을 고려 중임.

④ 미 MMR 개발사 USNC, 제조시설 건설을 위해 Alabama 주에 약 3천억 원 투자 계획 발표

- 2023년 6월 21일 초소형원자로 개발을 진행 중인 미국 USNC는 Alabama 주에 위치한 Gadsden 시에 2억 3,200만 달러(약 418억 2,720만 원)를 투자해 MMR 제조 · 조립 · 테스트 · 검사를 진행할 수 있는 5만 4천 제곱미터 규모인 제조시설에서 250명의 전문인력을 활용할 건설 계획을 밝힘. MMR 제조시설은 2024년에 건설을 시작하여 2027년에 운영이 시작될 것으로 예상됨.

⑤ Ohio 주, 선진 원자로 연구 개발청 설립 추진

- 2023년 6월 6일 Ohio 주 정부는 첨단 원자로 및 상업용 동위원소 생산, 방사성폐기물 감축 및 저장 기술 연구 개발을 위한 Ohio 주 원자력청 설립 추진에 필요한 예산안이 포함된 House Bill 434를 발의함. 예산에 투입되는 초기 자금은 75만 달러(약 9억 8,100만 원)로 예상되며, 이후 연구를 위해 연방정부의 원자력 분야 연구용역을 수주해 연구 활동을 이어갈 계획임.

● 미국, SMR 활용 분야 확대

① 미군, 이동형 초소형원자로 개발 추진 활발

- 2023년 9월 5일 미 공군 부는 Alaska의 Eielson 공군기지에 전력과 증기를 공급하기 위한 초소형원자로(Microreactor, MMR) 개발의 부지 · 설계 · 건설 · 운영에 MMR 개발사 Oklo를 선정함.
- Oklo는 초소형원자로의 부지 · 설계 · 건설 · 운영을 하게 되며 NRC로부터 복합운영인허가(combined operating license)를 받으면 미 공군은 Oklo와 30년간 전력구매계약(PPA)을 체결할 계획임.

② 미국 기업, NuScale의 SMR 활용한 데이터센터 전력공급 협력 방안 발표

- 2023년 10월 6일 미국의 IT 인프라 기업인 Standard Power는 에너지 개발 및 생산 기업인 ENTRA1 Energy와 함께 Ohio 주와 Pennsylvania 주 부지에서 NuScale이 개발 중인 VOYGR SMR 총 1,848MW(77MW 모듈 24기)를 활용하여 인근에 위치한 데이터센터에 전력을 공급하기 위한 협력 방안을 발표함.

● 미 발전사들, 대형 원전 소유주 변경 진행

① Constellation Energy, NRG의 South Texas Project 원전의 일부 지분 인수 합의

- 2023년 6월 1일 Constellation Energy는 NRG Energy 사가 소유하고 있는 South Texas Project(STP) 원전(총 2,708, PWR 2기)의 지분 44%를 17억 5천만 달러(약 2조 2,878억 원)에 인수하기로 합의함. 해당 거래는 NRC와 법무부 및 Texas 공공사업위원회의 규제 승인에 따라 2023년 말까지 종료될 예정임.

② 미 NRC, Energy Harbor 소유의 4개 원전 Vistra로 소유권 이전 추진

- 2023년 9월 29일 NRC는 미 발전사인 Vistra가 Energy Harbor로부터 4기의 원전인

Pennsylvania 주에 Beaver Valley 1 · 2호기(총 1,917MW, PWR), Ohio 주에 Davis Besse 원전(925MW, PWR)과 Perry 원전(1,303MW, BWR) 및 원전부지 내 사용후핵연료 저장시설을 34억 3천만 달러(약 4조 4,837억 원)에 인수하는 건을 승인함.

- 그러나, 10월 13일 미 연방에너지규제위원회(FERC)는 Vistra의 원전 인수 사업 검토 기간을 2024년 4월 11일까지 연장하는 명령을 내림. 구체적으로, 명령서에 따르면 2023년 8월 Vistra에 63억 달러(약 8조 2,300억 원) 규모의 자산 매입으로 인한 시장지배력 발생 여부를 판단하는데 필요한 정보가 불충분하다고 1차로 통보함. 이에 대해 Vistra는 2023년 9월 회신에서 Energy Harbor 시설의 인수거래 우려 완화를 위해 자사 소유의 석탄화력 발전소 2기를 매각하겠다는 정보를 제공하여 검토하는데 추가적으로 시간이 필요함을 언급함.

- FERC의 최종 승인 시 Energy Harbor는 Vistra와 합병 및 자회사로 편입되어 Vistra Vision의 완전 자회사가 되며, 인수 금액 30억 달러(약 3조 9,000억 원)와 Vistra Vision의 지분 15%로 구성됨.

- 미국, 사용후핵연료 중간저장시설 건설 · 부지 내 건식저장시설 증설 인허가 현황

① 미 NRC, Holtec의 New Mexico 주 사용후핵연료 중간저장시설 건설 허가

- 2023년 5월 9일 Holtec은 NRC로부터 New Mexico 주 남동부 지역의 Lea County에 사용후핵연료 및 고준위 방폐물 저장을 위한 중앙 집중형 중간저장시설(Consolidated Interim Storage Facility)의 건설 운영 인허가를 발급받음. 인허가에는 Holtec이 2017년부터 약 8,680톤의 사용후핵연료를 보관하고 있는 최대 500개의 캐니스터를 저장 및 소유와 이전할 수 있는 내용이 포함됨.

② 미 연방 항소법원, Texas 주 사용후핵연료 중간저장시설 인허가 취소 결정

- 2023년 8월 30일 Texas 주관할 구역인 제5연방 항소법원(appeals court)은 원자력법과 방사성폐기물정책법(Nuclear Waste Policy Act)에 따라 NRC가 Texas 주 서부 Andrews County 부지에 중앙 집중형 중간저장시설(Consolidated Interim Storage Facility, 이하 'CISF')의 건설 및 운영 인허가 권한이 없음을 판결하고 2021년 9월 NRC가 발급한 운영 허가를 취소함. 같은 해 8월 25일 Texas 주 의원들은 해당 주 내에서 고준위방폐물 저장을 금지하는 법을 통과시킴.

- 또한 제5연방 항소법원은 방사성폐기물정책법이 사용후핵연료 보관 문제를 해결하기 위한 포괄적인 법적 방안을 마련하고 있으나, 해당 법과 원자력법은 사용후핵연료를 저장할 수 있는 CISF 시설 허가는 포함되지 않음을 밝힘.

③ Minnesota 주 공공위원회, Monticello 원전 사용후핵연료 저장을 위한 건식저장시설 증설 승인

- 2023년 8월 24일 Minnesota 주 공공위원회(PUC)는 Xcel Energy가 Minnestoa 주에서 운영 중인 Monticello 원전(691MW, BWR) 부지에 해당 원전의 계속운전에 대비하여 계속운전 시 추가로 발생할 사용후핵연료 저장을 위한 건식저장시설 증설 신청을 승인함.
- 현재 사용후핵연료 건식저장시설에는 Orano에서 제작한 총 30개의 캐니스터에 1,830개의 사용후핵연료 다발이 보관 중임.

■ 캐나다

■ 현황

- 캐나다는 2023년 11월 기준 19기의 원자로(13,624MW)를 가동 중이며, 6기의 원자로(2,143MW)가 영구 정지되었음.
- 2022년 캐나다의 총발전량은 656.7TWh이며, 수력 60%, 원자력 13%, 가스 13%, 풍력 · 태양광 · 지열 7%, 석탄 4%, 바이오매스 2% 등임.[7)]

■ 원자력 관련 주요 정책

- 캐나다 연방정부, 국내외 SMR 도입 및 원전 건설 재개를 위해 지원
  - 2023년 8월 19일 캐나다 연방정부는 Saskatchewan 주 전력사인 SaskPower가 해당 주 내 진행 중인 SMR 개발 및 보급 프로젝트의 사전 엔지니어링 작업 및 기술 연구, 환경영향평가, 그리고 규제 연구와 지역 주민들의 사업 참여 등 Saskatchewan 주의 다양한 프로젝트 자금 지원을 위해 최대 5,365만 달러(약 701억 원)[8)]의 연방자금 지원을 승인함.
  - 2023년 9월 19일 캐나다 에너지 · 천연자원부 Jonathan Wilkinson 장관은 루마니아 남동부에 있는 Cernavoda 3 · 4호기(각 720MW, PHWR) 건설 재개를 위해 루마니아 원전 운영사 Nuclearelectrica에 22억 2천만 달러(약 2조 9,025억 원) 규모의 수출금융 지원을 발표함.
- 캐나다 연방 및 Alberta 주 정부, SMR 활용 연구 및 타당성 조사에 지원금 투자
  - 2023년 6월 23일 캐나다 자연과학 및 엔지니어링 연구 위원회(NSERC)와 캐나다 원자력 안전위원회(CNSC)는 SMR 연구 지원금 추진체(Initiative)의 첫 번째 단계에서 SMR 보급과 29개 연구 프로젝트 지원을 바탕으로 SMR 원격 보급 시 위험 및 사이버안보 해결책 관리, SMR 관련 인적 요인 영향, 그리고 SMR에 의해 생성된 핵물질에 대한 이해 등 다양한 연구과제와 해당 분야의 정보격차를 다루기 위해 3년간 713만 달러(약 93억 2,177만 원) 지원금 지원을 발표함.

---

7) Enerdata Country Energy Report-Canada, pp. 21.(2023.06.)
8) 캐나다 내용 전체 2023년 11월 9일 환율 기준 적용(1달러=1,310원)

- 2023년 9월 19일 캐나다 Alberta 주 정부는 Calgary 지역 본사를 둔 석유 및 천연가스 기업 Cenovus Energy에 오일샌드 채굴 기술 및 모색 등 안전하고 경제적으로 SMR을 활용할 수 있는 방안을 연구하기 위한 다년간의 타당성 조사에 5백만 달러(약 65억 3,700만 원) 투자를 발표함.

- 캐나다 정부, 프랑스 정부와 방사성폐기물 및 사용후핵연료 장기적 관리 협력 협정 연장

- 2023년 4월 23일 캐나다와 프랑스 정부 대표는 방사성폐기물과 사용후핵연료의 장기적인 관리를 위해 양국 간의 정보 공유와 함께, 양국이 환경을 보호할 수 있는 전문 지식 및 경험 공유와 관련한 협력 협정의 5년 연장 합의문에 서명함.

- 캐나다 방사성폐기물 관리기구인 NWMO와 프랑스 방사성폐기물 전담 기관인 Andra는 사용후핵연료의 안전한 관리 및 접근법과 관련한 연구개발 진행 및 기술 공유를 바탕으로 양국 간의 지속적인 파트너십을 유지할 계획임.

■ 주요 이슈

- 캐나다, Bruce 6호기와 Darlington 3호기 설비개선 작업 완료

① 캐나다 Bruce 6호기, 설비개선 작업 완료 후 상업운전 재개

- 2023년 9월 14일 캐나다 Ontario 주의 Bruce 원전(총 6,944MW, PHWR 8기)을 운영 중인 Bruce Power는 해당 원전 6호기의 주요기기교체(Major Component Replacement, MCR) 작업을 당초 계획했던 일정과 예산 내에서(on-time, on-budget) 완료 후, 첫 가동일인 1984년 9월 14일로부터 39년 만에 상업운전을 재개했다고 밝힘.

- MCR 작업에는 960개의 피더관(feeder tubes) · 480개의 핵연료 채널(fuel channel) · 480개의 칼란드리아관(calandria tubes)의 제거 및 교체가 포함되며, Bruce 6호기를 포함한 Bruce 원전의 총 8개 호기의 설비개선에 130억 달러(약 16조 9,962억 원)가 소요될 전망임.

- Bruce Power는 2064년까지 해당 원전을 가동하기 위해 2020년 1월 6호기(891MW, PHWR)부터 순차적으로 MCR 작업을 진행 중이며, 이후 3호기부터 순차적으로 작업을 진행하여 2033년 7월 8호기까지 작업을 완료할 계획임.

② 캐나다 Darlington 3호기, 설비개선 계획 대비 6개월 앞당겨 완료

- 2023년 7월 18일 캐나다 원전 운영사 OPG는 Ontario 주에 위치한 Darlington 3호기(934MW, PHWR)의 설비개선이 기존 일정 대비 169일 단축되었으며, 이에 따라 재가동도 조기에 이루어졌다고 발표함.

- Darlington 원전(총 3,512MW, PHWR 4기)은 2016년 2호기를 시작으로 3호기, 1호기, 4호기 순으로 2026년까지 완료를 목표로 하며, 총예산은 92억 8,110만 달러(약 12조 1,350억 원)임.

- 캐나다 Québec 주 Gentilly 2호기, 영구 정지 후 10년 만에 재가동 고려

  – 2023년 8월 10일 캐나다 Québec 주 전력공사 Hydro-Québec은 Québec 주의 증가하는 전력수요의 대응과 탄소중립 달성 및 화석연료 의존을 줄이고 대체에너지원 확보를 위해 2012년 12월에 영구 정지된 해당 주의 유일한 원전인 Gentilly 2호기(675MW, PHWR)의 재가동을 고려 중임을 밝힘.

- 캐나다 내 SMR 보급을 위한 주 정부 및 개발사 움직임 활발

  ① 캐나다 Ontario 주 정부, Darlington 원전 부지에 SMR 3기 추가 건설 계획 발표

  – 2023년 7월 7일 Ontario 주 정부는 발전사 OPG(Ontario Power Generation)와 협력하여 Ontario 주 Darlington 부지에 GE Hitachi의 BWRX-300 원자로 3기 추가 건설 계획을 발표했으며, Ontario 주 정부와 CNSC의 규제 승인에 따라 SMR 3기 추가는 2034년에서 2036년 사이에 상업운전이 시작될 예정임.

  ② 캐나다 Aecon, BWRX-300 건설에 사용할 철강 공동 생산을 위해 파트너십 체결

  – 2023년 5월 30일 캐나다 건설사 Aecon은 캐나다 에너지기업 E.S. Fox Limited와 Darlington 부지에 건설을 추진 중인 BWRX-300에 사용할 철강 부품 공동생산을 위한 협력 파트너십을 체결함.

  – 2022년 3월 E.S. Fox는 Darlington SMR 부지에서 상수도, 전력, 정보 기술과 도로 서비스를 포함한 초기 부지 준비 작업을 제공하는 2,400만 달러(약 313억 7,280만 원) 규모의 계약을 체결함.

  ③ Westinghouse, 캐나다 원자력안전위원회에 eVinci MMR 사전인허가 신청

  – 2023년 7월 5일 Westinghouse에 따르면 초소형원자로인 eVinci(5MW, Heat Pipe) 관련 총 3단계로 구성된 사전인허가 절차(pre-licensing)인 공급자설계평가(Vendor Design Review, 이하 'VDR') 중 1단계에 해당하는 원자로 설계평가에 필요한 자료를 캐나다 원자력안전위원회(CNSC)에 제출함.

  – VDR은 총 3단계로 진행됨. 구체적으로 VDR 1 · 2단계 목적은 CNSC가 공급업체의 기술적인 능력 및 적합성을 파악함과 동시에 원자로 설계가 규제 요건을 충족하는지를 판단하는 데 있으며, 3단계에서는 공급업체가 2단계 결과를 바탕으로 설계와 관련한 후속 조치 및 대응을 할 수 있도록 함.

- 캐나다, 해외 SMR 시장 진출을 위한 협력

  – 2023년 6월 2일 캐나다 원전 운영사 OPG와 폴란드 SMR 개발사인 OSGE는 폴란드를 포함한 유럽 국가에 BWRX-300 보급 및 운영과 인력 교육, 시운전, 규제 지원을 포함한 다양한 SMR 관련 활동을 지원하는 협력 의향서(Letter of Intent)를 체결함.

  – 2023년 8월 4일 캐나다 Terrestrial Energy는 Westinghouse와 함께 Westinghouse의

영국 북서부 Lancashire 주 Preston 지역에 소재한 Springfields 연료 제조시설에서 190MW급 일체형용융염원자로(Integral Molten Salt Reactor, 이하 'IMSR')의 시범시설(pilot pant) 설계 및 건설을 위한 제조·공급 계약을 체결함.

– 이번에 체결된 계약은 2021년 7월에 Terrestrial Energy, Westinghouse의 Springfields Fuels, 그리고 영국 국립 원자력연구소와의 파트너십 협약 체결 일환으로 Springfields 연료 제조시설은 IMSR 개발을 목적으로 연료 공급 지원이 가능한 인프라를 갖추고 있으며, 2030년대에 가동되는 IMSR 원자로를 지원하는 것을 목표로 함.

3 아시아 및 아프리카

■ 일본

- 2023년 11월 기준 운영 중인 원자로는 33기(33,083MW)[9]이고, 2기(2,756MW)※를 건설 중임. 후쿠시마사고 후 도입된 신규제 기준에 따른 적합성 심사를 운영 중 25기(24,838MW), 건설 중 2기 총 27기가 신청했으며, 이 중 12기(11,608MW)가 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. [10]

– 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. [11]

– 적합성 심사는 ① 원자로설치변경 허가 심사(이하 '안전 심사'), ② 공사계획 인가 심사, ③ 보안규정 인가 심사로 구성되며, 11월 10일 기준 ① 안전 심사를 통과한 원자로는 상업운전을 재개한 12기를 포함해 총 17기임. 17기 중 최초 가동 시작 후 40년이 경과한 원자로가 4기이며 이 중 3기는 2021년 7월 이후부터 순차적으로 상업운전을 시작함.

---

9) IAEA의 경우 33기중 21기는 운영 정지 중(suspended operation)으로 표기함.
https://pris.iaea.org/pris/CountryStatistics/CountryDetails.aspx?current=JP

10) 資源エネルギー庁, 今後の原子力政策について(2022.02.24.)
https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/denryoku_gas/genshiryoku/pdf/024_03_00.pdf

11) 東京電力 使用前事業者検査について(2020.08.)
https://www.tepco.co.jp/niigata_hq/data/publication/pdf/2020/2020081807.pdf
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.)
https://www.at-s.com/news/shittoko/901779.html
原子力規制委員会, 使用前事業者検査に関する原子力規制委員会の確認等に係る運用ガイド
https://www2.nra.go.jp/data/000306411.pdf

– 후쿠시마 원전 사고 직전인 2011년 2월 말 운영 중이던 원자로는 54기였고, 원전 사고 후 현재까지 영구 정지된 원자로는 21기(15,877MW)임.

- 2022년 총발전량은 1,077TWh로 이 중 원자력이 6.6%, 가스 32.6%, 석탄 30.2%, 수력 8%, 태양광 9.2%를 차지함.[12)]

표 2 2023년 11월 10일 기준 일본 원전의 적합성 심사 현황

<table>
<tr><th>원전 보유 형태</th><th>후쿠시마 사고 직전 2011년 2월 말 기준 운영 원자로 수</th><th colspan="2">영구 정지 및 적합성 심사 추진 현황</th><th colspan="2">최종 결정 내역 (2023.11.)</th></tr>
<tr><td rowspan="6">상업용 원자로 (총 57기)</td><td rowspan="6">총 54기</td><td rowspan="2">상업로 57기 중 영구 정지 결정 (24기)</td><td>후쿠시마 사고 이전 (3기)</td><td colspan="2">– 도카이 원전(1998.03.31. 폐쇄)
– 하마오카 1·2호기(2009.01.30. 폐쇄)</td></tr>
<tr><td>후쿠시마 사고 (2011.3.11.) 이후 (21기)</td><td colspan="2">– 후쿠시마 제1원전(6기)
– 적합성 심사 추진 없이 영구 정지 결정(15기)</td></tr>
<tr><td rowspan="4">2022년 4월 운영 중 원자로 (33기)</td><td rowspan="3">• 적합성 심사 신청(25기)</td><td rowspan="2">• 적합성심사 통과(14기)</td><td>– 가동 재개(12기)
※가동 재개 : 상업운전 기준이며 적합성 심사 통과와 안전 대책 공사 완료, 사용 전 사용자 검사 확인, 지역 동의가 필요함.
※3기(미하마 3, 다카하마 1 · 2호기)는 40년 이상 된 원자로임.</td></tr>
<tr><td>– 가동 재개에 필요한 지역 동의 등 후속 절차 진행(2기)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">• 적합성심사 중(11기)
※ 적합성 심사는 안전 심사 허가, 공사계획 인가, 보안규정 인가로 구성됨.</td><td>– 안전 심사 통과 후 남은 심사 중(3기)
※1기(도카이 제2)는 40년 이상 된 원자로임.</td></tr>
<tr><td>– 안전 심사 미통과(8기)</td></tr>
<tr><td>• 적합성 심사 신청 미결정(8기)</td><td colspan="2">– 가동 중단 후 처리 방침 미결정(8기)</td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="2">– 건설 중 원자로(총 3기)</td><td colspan="2">• 적합성 심사 신청(2기)</td><td colspan="2">– 오마 원전, 시마네 3호기</td></tr>
<tr><td colspan="2">• 적합성 심사 신청 미결정(1기)</td><td colspan="2">– 히가시도리 원전 1호기</td></tr>
</table>

※ 후쿠시마 사고 후 일본 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 동의 등의 절차를 통과해야 함.

※ **적합성 심사를 모두 통과한 원자로는 14기**이며 이 중 **12기**는 **재가동(간사이전력 다카하마 1 · 2 · 3 · 4호기, 오이 3 · 4호기, 미하마 3호기, 규슈전력 센다이 1 · 2호기, 겐카이 3 · 4호기, 시코쿠전력 이카타 3호기)했고,** 2기**[도쿄전력 가시와자키 가리와 7호기, 오나가와2**(지역동의는 받았고, 안전대책공사 중으로 2024년 재가동을 목표로 함)**]는 재가동에 필요한 후속 절차 단계에 있음.**

※ **적합성 심사 중인 11기** 중 ① **안전 심사 통과 후 남은 심사 중인 3기**는 **일본원자력발전의 도카이 제2**(40년 이상 경과해 계속운전 인가를 받은 원자로임), **도쿄전력의 가시와자키 가리와 6, 주고쿠전력의 시마네 2호기**임. ② **안전 심사를 통과하지 않은 8기**는 일본원자력발전의 쓰루가 2, 홋카이도전력의 도마리 1~3호기, 도호쿠전력의 히가시도리 1호기, 주부전력의 하마오카 3 · 4호기, 호쿠리쿠전력의 시카 2호기임.

※ **적합성 심사 신청을 미결정한 8기는** 도호쿠전력의 오나가와 3호기, 도쿄전력의 가시와자키 가리와 1~5호기, 주부전력의 하마오카 5호기, 호쿠리쿠전력의 시카 1호기임.

자료 : 日本原子力産業協会 '原子力発電所の運転 · 建設状況(2023.10.10.)'[13)], 日本原子力規制委員会 '新規制基準適合性審査 運転期間延長及び廃止措置の現状(総括表)'(2023.10.04.)[14)]과 資源エネルギー庁 原子力政策に関する直近の動向と今後の取組(2023.07.26.), 日本経済新聞 2023.08.28., 原子力産業新聞 2023.08.29., 세계원전시장 인사이트 최신 자료를 토대로 작성

12) Enerdata, Country Energy Report Japan(2023.08.)
13) https://www.jaif.or.jp/cms_admin/wp-content/uploads/2023/10/jp-npps-operation20231010.pdf
14) https://www.nra.go.jp/data/000439948.pdf

■ 원자력 관련 주요 정책

- 일본 정부는 2021년 10월 발표한 제6차 에너지기본계획(이하 '에기본')에서 2050년 탄소중립을 목표로 한 3E+S※ 원칙에 따라 2030년 발전량에서 재생에너지 비중을 36~38%, 원자력 20~22%, 화력은 41%(LNG 20%, 석탄 19%, 석유 등 2%)로 설정함.

  ※ 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 Transfomation(GX) 실행 회의를 설치하여 관계 부처와 에너지 수급 구조의 전환 및 2050 탄소중립 달성을 위한 논의를 시작함.

- 그 결과 2023년 2월 10일 에너지 안보 기여와 탈탄소 효과가 큰 원자력 등의 전원 활용을 내세운 GX실현을 위한 기본방침(이하 'GX 방침')을 발표하고, 5월 31일에는 GX 방침에 따른 정책 시행을 위해 개정이 필요한 관련 법안이 통과되어 2025년 6월 6일 시행 예정임.[15)]

  - 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, 가능한 한 기존 원전을 활용하기 위해 규제위의 엄격한 안전 심사를 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 자금 확보를 위한 구조도 정비하겠다고 밝힘.

  - 이외 순환형 핵연료 주기, 방사성폐기물 최종처분실현을 위해 정부가 국민 수용성을 제고, 방폐물 최종 처분 1단계 조사 수용 지자체에 대한 범국가적인 지원 체제를 구축할 계획이라고 밝힘.

- 일본은 2월 10일 개량형 경수로※와 소형경수로, 고속로, 고온가스로, 핵융합로의 연구개발, 설계, 제작·건설, 운전 등에 대해 2040~ 2050년까지의 전체 일정을 계획한 선진 원자로 개발 공정 로드맵을 공개함.[16)]

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

---

15) 経済産業省,脱炭素社会の実現に向けた電気供給体制の確立を図るための電気事業法等の一部を改正する法律の一部の施行期日を定める政令」が閣議決定されました(2023.09.12.)
https://www.meti.go.jp/press/2023/09/20230912004/20230912004.html

16) 経済産業省, GX実現に向けた基本方針参考資料(2023.02.10.)
https://www.meti.go.jp/press/2022/02/20230210002/20230210002_3.pdf

- 로드맵에서는 기술 성숙도에 따라 개발 일정을 앞당기겠다고 밝혀, 기술 성숙도가 가장 높은 것으로 평가되는 개량형 경수로가 우선 개발될 전망임. 개량형 경수로는 현재 2030년대 실용화를 목표로 Mitsubishi중공업이 자사 PWR 기반 선진 경수로인 'SRZ- 1200'을 간사이전력, 홋카이도전력, 시코쿠전력, 규슈전력과 공동 개발 중임.
- SMR의 실증로는 2040년대에 가동할 계획이며 상업운전은 그 이후에 시기로 제시함. 고온가스로는 2030년대에, 고속로는 2040년대로 실증로 가동 시기를 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.
- 고속로의 경우 2023년 7월 12일 일본 자원에너지청은 고속로의 실용화를 위해 Mitsubishi중공업의 자회사인 Mitsubishi FBR시스템즈(이하 'MFBR')※가 제안한 '소듐 냉각 탱크형 고속로'를 개념설계 추진 실증로로 선정하고, 고온가스로와 고속로 개발에서 설계를 총괄하는 핵심 기업으로 Mitsubishi중공업을 선정함.

※ Mitsubishi중공업은 일본의 실험용 고속로인 '조요'와 현재 해체 중인 몬주 고속로의 개발과 건설에 참여했으며, 2017년에는 고속증식로 개발과 설계를 담당하는 엔지니어링 회사인 MFBR를 설립한 후 MFBR와 연계해 고속로 실용화를 위한 발전소 개념 검토와 연구 개발을 추진하고 있음.

- 자원에너지청은 MFBR의 소듐 냉각 탱크형 고속로가 향후 수요에 맞춰 대형로나 소형로 등 유연하고 다양한 투자 기준을 제시할 수 있다고 평가함. 핵심 기업은 고온가스로와 고속로 개발에서 기자재 업체, 종합건설업체를 총괄하는 역할을 담당하며, 규제당국과 소통, 공정 관리, 지역 협력을 담당하는 선진원자로 개발 상부 조직과 연계하게 됨.
- 고온가스로의 경우 2023년 9월 6일 일본 원자력연구개발기구(JAEA)가 영국 국립원자력연구소(National Nuclear Laboratory, NNL)와 영국 고온가스로실증로 프로그램의 기본 설계에 관한 실시 양해각서를 체결함. 각서 체결로 일본과 영국 양국에서 고온가스로 도입을 목표로 한 연구개발, 원자력 공급체인 구축, 인재 양성에 관한 협력이 진행될 예정임.

- 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.

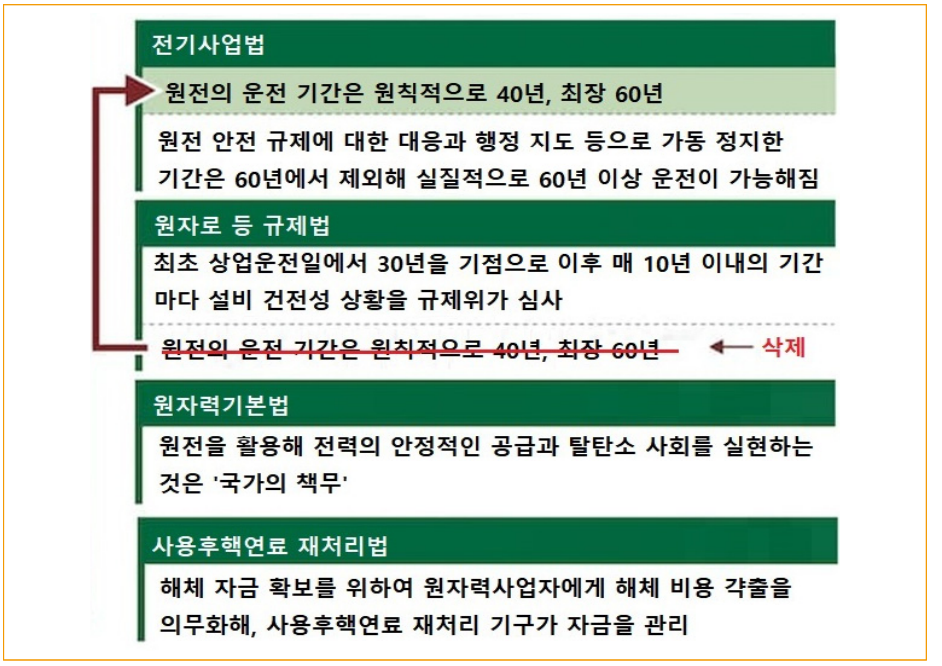
■ 주요 이슈

- 일본, 법 개정 통해 원전 계속운전 제도 변경
  - 2023년 5월 31일 일본 국회 참의원(하원)에서 정부의 GX방침에 따른 원전 운전 기간의 실질적인 연장 등을 위한 현행 관련 법인 원자력기본법, 전기사업법, 원자로 등 규제법※의 개정안이 통과되어 2025년 6월 6일부터 정식 시행됨.

※ 핵원료물질, 핵연료물질 및 원자로 규제에 관한 법률의 약어임.

- 해당 법의 개정안은 2월 28일 국회에 제출되었음. 법 개정 이전에는 원전을 최초 상업운전일에서 원칙 40년 가동할 수 있으며 1회 한정 20년 계속운전 가능하도록 원자로 등 규제법(규제위 소관)에서 규정했지만, 법 개정으로 사실상 원전의 60년 이상 가동이 가능해짐.
- 개정 내용에 따르면 일본의 원전 운전 기간 규정이 안전 관련 규제가 아닌 원전 활용 규정으로 판단해 원자로 등 규제법(규제위 소관)에 있던 기존 원전 운전 기간 조항을 삭제하고, 해당 규정을 전기사업법(경제산업성 소관)으로 이관함.
- 전기사업법에서 신설된 원전 운전 기간 규정에 따르면 원전 운전 기간은 최장 60년으로 제한하지만, 규제위의 심사 지연 등 사업자가 예측하지 못한 사유로 원전 운전을 정지한 기간은 해당 기간만큼 운전할 수 있도록 허용해 사실상 60년 이상 원전 운전이 가능함.
- 규제위는 30년 이상 원전 운전 시 기술적인 설비 안전을 확인하는 역할을 담당하며 개정된 원자로 등 규제법에 따라 사업자는 최초 상업운전 시작 후 30년 이상 원전을 운전할 시 심사 신청할 기간(최대 10년) 내 원자로 시설의 건전성을 관리하기 위한 '장기시설관리계획'을 수립하여 규제위의 인가를 받아야 함.
- 더불어 원전 관련 모든 시책의 근거법인 원자력기본법도 함께 개정되어 전력 안정 공급과 탈원전 관점에서 원전 활용에 필요한 조치를 하는 것은 정부의 책무라고 규정해 원전 운전 기간 규정의 전기사업법 신설 근거를 강화함.
- 한편, 규제위는 2025년 정식 제도 시행 전 원만한 제도 이행을 위해 2023년 10월부터 2025년 기준 최초 상업운전일에서 30년 이상 경과되는 원자로에 대한 장기시설관리계획 인가 신청을 접수함. 정식 제도 시행 전이므로 이 경우 장기시설관리계획 기간은 10년간이 아닌 최초 상업운전 시작일에서 40년, 50년, 60년 중 신청 시기로부터 가장 가까운 시기까지의 기간으로 신청하도록 함.
- 2011년 후쿠시마 사고 이후 장기간 운전을 정지한 상태로 2025년 새로운 제도를 맞이하는 원전의 경우 운전 시 인가가 필요해 운전 정지 중에는 인가를 받을 필요가 없으며, 운전을 재개할 때까지 이후 10년간이라는 신청 상한 범위 내에서 사업자가 기간을 정해 인가 신청을 하도록 함.

그림 5 일본 국회에 제출된 현행 법 개정안 중 원전 관련 주요 내용



자료: 日本経済新聞(2023.03.30.), 東京新聞(2023.04.28.)을 토대로 편집 · 작성

- 40년 이상 운영한 원자로 다카하마 1 · 2호기, 상업운전 개시

  – 간사이전력이 40년 이상 운영한 다카하마 1 · 2호기(각 826MW, PWR)가 8월 28일과 10월 16일 규제위의 최종 검사를 마치고 각각 상업운전을 재개하여 간사이전력은 미하마 3호기(826MW, PWR)를 포함해 총 3기를 40년 이상 운전할 수 있게 됨.

  – 다카하마 1호기는 2011년 1월, 다카하마 2호기는 2011년 11월 예방정비에 들어가 정지했으며, 2015년 3월 간사이전력이 두 호기에 대한 적합성 심사를 규제위에 신청해, 2016년 4월부터 2021년 2월 15일까지 적합성 심사를 모두 통과하고 안전대책공사, 지역동의 등 가동 재개에 필요한 각종 후속 절차를 진행해 왔음.

  – 두 호기 모두 심사 신청 시점의 규제 기준상 40년 이상 운영한 원자로는 계속운전 심사도 신청해야 최장 60년까지 가동할 수 있어, 2015년 4월 계속운전 심사도 함께 신청하여, 2016년 6월 계속운전 인가를 받았음.[17]

  – 현재 일본에서는 새로운 계속운전 관련 제도가 2025년 6월 시행될 예정이므로 2025년 기준 최초 상업운전일에서 30년 이상 경과되는 경우 사업자는 2025년 제도 시행 이전에 장기시설관리계획을 수립하여 규제위의 인가를 받아야 함.

17) 時事通信, 高浜１号機′50年超運転へ＝規制委に変更認可申請―関電(2023.11.02.)
https://sp.m.jiji.com/article/show/3089137

- 규제위는 2023년 10월부터 관련 인가 신청을 받으며 이때 장기시설관리계획 기간은 10년간이 아닌 최초 상업운전 시작일에서 40년, 50년, 60년이라는 시점 중 가장 가까운 시기까지의 기간으로 신청하도록 함.[18)]
- 이에 따라 간사이전력은 2025년 시점 51년이 되는 다카하마 1호기를 60년까지 가동하기 위한 관련 서류를 11월 2일 규제위에 제출했다고 발표함.

● 일본에서 유일하게 운영 중인 사용후핵연료 중간저장시설, 적합성 심사 완료

- 8월 29일 아오모리현 무쓰시에 위치한 사용후핵연료 중간저장시설인 '리사이클연료비축센터' 1동 건물이 보안규정 인가 심사에 합격해 규제위의 적합성 심사를 모두 통과함. 향후 운영사인 RFS※는 안전대책공사 완료 후 2023년도 하반기에서 2024년도 상반기 운영을 시작할 계획이며 총공사비는 약 1,000억 엔(약 8,654억 원)[19)]으로 전망함.

※ RFS는 도쿄전력과 일본원자력발전의 공동 출자 회사임.

- '리사이클연료비축센터'는 일본에서 유일한 원전 부지 외 사용후핵연료 보관시설로 총 2동으로 건설될 예정이며 도쿄전력과 일본원자력발전에서 발생한 사용후핵연료 총 5천 톤을 재처리 전까지 건식 저장 방식으로 일시 보관※하기 위해 건설됨. RFS는 우선 사용후핵연료 약 3천 톤을 보관할 수 있는 1동을 건설한 후, 추가로 2천 톤을 보관할 수 있는 두 번째 건물을 설치할 계획임.

※ 2005년 도쿄전력과 일본원자력발전은 아오모리현 및 무쓰시와 사용후핵연료를 최장 50년 보관할 수 있다는 협정을 체결했고, 중간저장시설에서는 Mitsubishi 중공업이나 Hitachi-GE Nuclear Energy 등이 제작한 수송·저장 겸용 용기가 사용될 예정임.

- 1동 건물은 2010년 착공해 2013년 완공되었고 2014년 1월 신규제 기준 안전심사, 공사계획인가 심사, 보안규정 인가 심사로 구성된 적합성 심사를 신청하여 2020년 11월 11일 안전심사에 합격, 2022년 8월 16일 공사계획심사에 합격한 바 있음.
- 한편, 일본에서는 아오모리현 롯카쇼무라 재처리 공장의 가동 지연으로 각 원전 내에서 보관 중인 사용후핵연료가 증가 중임. 8월 2일 일본경제신문은 일본 전체 사용후핵연료 저장능력이 2만 4천t인데 이미 80%인 1만 9천t의 사용후핵연료를 보관 중이라고 전함.
- 이에 따라 일본 주고쿠전력과 간사이전력은 8월 공동으로 기초지자체인 가미노세키정에서 사용후핵연료 중앙집중형 독립저장시설(CISF) 건설을 위한 부지 조사를 시작함.

● 일본, 후쿠시마 제1원전 오염수 해양 방류 시작

- 도쿄전력은 후쿠시마 제1원전 해체를 위한 공간 확보를 위해 부지 내 저장시설에서 보관 중인 오염수를 해양 방류겠다는 정부 방침에 따라 8월 24일부터 해양방류를 시작함. 2023년도까지 4번에 걸쳐 총 3만 1,200톤의 오염수를 해양 방류할 계획이며, 이로 인한 삼중수소의 총량은 약 5조 Bq로 추정함.

18) https://www.nra.go.jp/data/000440836.pdf
19) 일본 내용 전체 2023년 11월 09일 환율 기준 적용(1엔=8.67원 1달러=1,308원)

- 방류용 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 제거할 수 없어 일본 법정 기준의 40분의 1 미만으로 희석한 후 방류됨.

※ 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.

- 1차 방류는 8월 24일부터 9월 11일, 2차는 10월 5일부터 23일까지 시행했고 1·2차 모두 1일당 약 460톤 총 7,800톤을 방류함. 3차는 11월 2일 시작하여 11월 20일까지 1·2차와 동일한 양을 방류할 예정임.

- 한편, 오염수 방류에 대한 안전성과 관련해 일본은 2021년 8월 국제원자력기구(International Atomic Energy Agency, IAEA)와 협력하기로 합의함. IAEA는 2023년 10월 27일 오염수 해양방류 이후 도쿄전력·원자력규제위원회와 의견 교환, 후쿠시마 제1원전 설비 상황 등을 확인하는 첫 검증 작업을 종료해 연내 보고서를 정리할 예정임.

■ 중국

■ 현황

- 2023년 11월 기준으로 중국에서 운영 중인 원전은 총 55기(53,181MW)로 나타났으며, 22기(22,724MW)의 원전을 건설 중임.
- 2022년 기준으로 중국 내 총 설비규모는 2,560GW였으며 이 중 석탄이 46%, 풍력·태양광이 30%, 수력이 16%에 해당함.
- 2022년 중국의 총발전량은 8,833TWh로, 발전원별 비중은 석탄발전이 62%로 가장 높았고 다음으로는 수력 15%, 풍력·태양광·지열 13%, 원자력 5% 순임.[20)]

■ 원자력 관련 주요 정책

- 중국 정치고문단, 내륙지역에도 원전 건설 고려 제안
  - 2023년 3월 제14기 전국인민대표회의에서 국가 정치고문단은 중국 내륙지역에 원전 건설의 필요성·활용 방안·실행 가능성을 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, 중국인민정치협상회의 Yang Changli 의원은 현재 중국의 가동·건설 중인 모든 원전은 해안지역에 위치해 있어 새로운 형태의 전력 체계를 구축할 필요성이 있음을 강조함.

20) Enerdata, Country Energy Report–China, pp.23.(2023.04.)

- 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(약 14조 3,736억 원)[21]으로 발표함.
  - 이는 작년도 투자 규모인 506억 위안(약 9조 938억 원)에 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.

  - 또한 2023년 10월 중국원자력협회(CNEA)는 중국이 2035년까지 전력의 10%를 원전으로 공급하는 것을 목표로 설정하고 전원구성에서 원자력의 비중을 높일 계획을 발표함.

■ 중국 원전 신규건설 및 상업운전 현황

① HPR1000

- HPR1000은 중국 CNNC와 CGN이 공동 개발한 3세대 원자로로 CAP1000과 달리 중국 측이 지적재산권을 보유하고 있음.[22] 중국 내 8기가 건설 중이며, 파키스탄 Karachi (KANUPP) 원전 2 · 3호기에 적용된 바 있음.
- Lufeng 6호기 착공
  - 2023년 8월 26일 중국 CNEA는 광둥성에 위치한 Lufeng 6호기(1,116MW, PWR)가 착공되었다고 발표함. 해당 호기의 상업운전 시작 예정일은 발표되지 않음.

② CAP1000

- CAP1000은 중국 SPIC 전신인 SNPTC가 미국 Westinghouse가 개발한 AP1000 기술을 이전받아 개발한 원자로로 지적재산권은 Westinghouse가 보유하고 있으며 2022년 6월 28일 Sanmen 3호기에 CAP1000이 최초로 적용되었음.
- Haiyang 4호기 착공
  - 2023년 4월 22일 중국 건설회사 China Nuclear Industry 24 Construction Co, Ltd(CNI 24)는 산둥성에 위치한 Haiyang 4호기(1,161MW, PWR) 콘크리트 타설 작업을 시작했다고 발표함. 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.

---

21) 중국 내용 전체 2023년 11월 9일 환율 기준 적용(1위안=179원)
22) CNNC, HPR1000, https://en.cnnc.com.cn/HPR1000.html

③ ACPR1000

- ACPR1000은 중국 CGN이 수출을 위해 개발한 노형으로 지적재산권은 중국이 완전히 보유하고 있으며[23], Yangjian 5호기는 ACPR1000 노형을 적용한 최초의 원자로로 건설을 시작한 지 56개월 만인 2018년 5월 23일 계통에 연결됨.[24]

  – 2023년 4월부터 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 4월부터 현재까지 신규건설을 시작하거나 상업운전이 개시된 원전은 없음.

표 3 건설 중인 중국 원전 현황

(2023년 11월 기준)

원자로	용량(MWe)	노형	착공일
FANGCHENGGANG 4호기	1,180	HPR1000 (PWR)	2016.12.23
ZHANGZHOU 1호기	1,212		2019.10.16
TAIPINGLING 1호기	1,200		2019.12.26
ZHANGZHOU 2호기	1,212		2020.09.04
TAIPINGLING 2호기	1,202		2020.10.15
SANAOCUN 1호기	1,210		2020.12.31
CHANGJIANG 3호기	1,197		2021.03.31
CHANGJIANG 4호기	1,200		2021.12.28
SANAOCUN 2호기	1,210		2021.12.30
LUFENG 5호기	1,200		2022.09.08
LUFENG 6호기	1,200		2023.08.26
TIANWAN 7호기	1,265	VVER-1200 (PWR)	2021.05.19
XUDABU 3호기	1,274		2021.07.28
TIANWAN 8호기	1,265		2022.02.25
XUDABU 4호기	1,274		2022.05.19
SANMEN 3호기	1,251	CAP1000 (PWR)	2022.06.28
HAIYANG 3호기	1,253		2022.07.07
SANMEN 4호기	1,251		2023.03.22
HAIYANG 4호기	1,253		2023.04.22
XIAPU 1호기	682	CFR600 (FBR)	2017.12.29
XIAPU 2호기	682		2020.12.27
LINGLONG 1호기	125	ACP100 (PWR)	2021.07.13

자료: IAEA PRIS를 바탕으로 작성

23) https://www.powermag.com/evolutionary-triumph-chinas-first-acpr1000/
24) IAEA PRIS 착공, 계통연계일 기준

■ 주요 이슈

- 중국, 프랑스와 원자력 분야 강화를 위한 협력 협정 체결
  - 2023년 4월 6일 Beijing 인민대회당에서 중국과 프랑스 양국 대통령이 참석한 가운데 중국 CNNC의 Yu Jianfeng 회장과 프랑스 EDF의 Luc Rémont 회장 겸 CEO는 저탄소 에너지 개발에 대한 양해각서(MOU)에 서명함.
  - 같은 날 개최된 중국-프랑스 간 기업가 위원회(Sino-French Entrepreneurs Committee)에 참석한 양국 36개 기업 대표는 원자력 시설의 연구 개발과 설계 및 조달, 그리고 운영 및 유지보수 협력을 강화하기 위한 방안을 논의하고 신에너지 분야를 포함한 18개의 분야에서의 협력 협정을 체결함.
  - 또한 2023년 4월 7일 중국 Xi Jinping 국가주석과 프랑스 Emmanuel Macron 대통령은 Beijing 인민대회당에서 정상회담을 가지고 무탄소 에너지 시스템으로의 전환, 원자력의 평화적 이용, 그리고 민간 원자력 분야에서의 협력 등이 포함된 양국 간 원자력 분야의 협력 협정(cooperation agreements)을 체결함.
- 중국, 국가 안보상의 우려로 부유식 원전 허가 보류
  - 2023년 5월 31일 중국 규제당국은 자국의 안보 우려로 남중국해에 최초 부유식 운전 건설 계획을 보류했다고 밝힘.
  - 이와 관련해 중국 국가 에너지 해양 원자력 플랫폼 기술 연구 센터 관계자는 부유식 원전 개발에 10년 이상 연구를 진행해 왔으나, 부유식 원전 건설로 인해 심각한 환경 및 지정학적 결과를 초래하는 사고의 위험성 증가를 간과할 수 없으며 이는 남중국해에 있는 국가 간의 긴장을 고조시킬 수도 있다고 평가함.
- 중국, 22조 원 규모의 신규 원자로 6기 건설 허가 승인
  - 2023년 8월 1일 중국 국무원은 Fujian 지역에 Nindge 5 · 6호기와 Shandong 지역에 Shidaowan 1 · 2호기, 그리고 Liaoning 지역에 Xudabao 1 · 2호기 등 168억 달러 규모(약 22조 164억 원)의 투자가 필요한 총 6기 신규 원자로 건설을 승인함.
  - CGN에 따르면 Nindge 5 · 6호기는 자국의 HPR 1000 노형이 적용될 예정으로 현재 해당 호기 건설을 위한 준비 작업을 진행 중이며, 중국 국가핵안보청(NNSA)으로부터 건설 허가를 받으면 착공이 시작될 것임.
  - 또한 중국 국영 전력사 Huaneng은 HPR 1000 노형을 적용한 Shidaowan 1 · 2호기의 통합안전검토(Comprehensive Safety Assessment Review)를 완료했다고 밝혔으며, 중국 CNNC는 CAP 1000 노형을 적용한 Xudabao 1 · 2호기(각 1,291MW) 건설 준비 작업이 진행 중임을 언급함.

■ 필리핀

■ 현황

- 필리핀은 2023년 11월 기준 운영 중이거나 건설 중인 원전은 없음.
  - 필리핀에는 1976년 원전 건설을 시작하여 1985년 거의 완공한 Battan원전(621MW, PWR)이 있으나, 체르노빌 사태에 따른 안전성 문제 제기로 한 번도 가동하지 않고 1986년 폐쇄함.
- 2021년 기준, 필리핀의 총발전설비는 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 총발전량은 101.8TWh이며, 발전원별 비중은 석탄 57%, 가스 19%, 재생에너지(풍력, 태양광, 지열) 13%, 수력 7%, 석유 3%, 바이오매스 1%임.[25)]

■ 원자력 관련 주요 정책

- 필리핀, 신규원전 도입 및 재생에너지 확대 반영한 에너지 계획 2023~2050 발표
  - 2023년 8월 30일 필리핀 에너지부는 2035년까지 원전 활용을 통한 에너지 자급률 향상과 신규원전 도입 및 재생에너지 비율 확대를 목표로 제시하는 자국 원전 계획을 청정에너지 시나리오(clean energy scenario)에 반영한 필리핀 에너지 계획(이하 'PEP') 2023~2050을 발표함.
  - PEP에서는 청정에너지 시나리오(clean energy scenario)와 기준 시나리오(reference scenario)를 제시하고 있음. 기준 시나리오는 기존의 재생에너지 목표를 기반으로 에너지 믹스에서 재생에너지 비중을 2030년까지 35%, 2050년까지 50%로 설정한 반면에, 청정에너지 시나리오에서는 장기적인 에너지 계획과 기후 목표 달성을 주목적으로 제시하고 원전 설비 규모를 2032년까지 1,200MW, 2035년까지 2,400MW, 그리고 2050년까지 4,800MW로 확대하는 방향을 제시함.
- 필리핀 에너지부, 2035년까지 총 2.4GW 신규 원전 운영 목표 제시
  - 2023년 7월 19일 필리핀 에너지부는 '필리핀 에너지 계획 2023-2050'의 일환으로 2032년까지 SMR 8기(각 150MW) 및 2035년까지 1,200MW의 추가 원전 설비 확보를 통해 총 2,400MW까지 원전 확대 계획을 발표함.

25) Enerdata, Country Energy Report-Philippines, pp.18.(2023.03.)

■ 주요 이슈

- 필리핀, 미국과 원자력 협력 강화
  - 2023년 5월 1일 필리핀 Ferdinand Marcos Jr 대통령과 미국 Biden 대통령은 동맹관계 강화를 위한 새 협력 추진체(Initiatives)를 발표함. 이에는 양국의 상업원자력분야 협력을 위한 123 협정(123 Agreements) 협상 착수 계획과 함께 원자력 분야의 파트너십 지속 관련 내용이 포함됨.
  - 미 백악관의 성명서에 따르면 양국이 민간 원자력 협력 협정을 지속함에 따라 미국은 '소형모듈원전 기술의 책임 있는 사용을 위한 기초 인프라 프로그램(FIRST 프로그램)'을 바탕으로 필리핀의 전반적인 역량구축 및 인력개발 지원을 제공할 계획임.
  - 또한 NuScale과 USNC는 Marcos 대통령과의 면담에서 현재 개발 중인 SMR을 필리핀에 보급하기 위한 계획을 제시함.
  - 구체적으로 NuScale은 필리핀에 전력 공급 부족 완화 및 필리핀 내 SMR 보급 가능성을 위한 부지 조사와 개발에 투자 의사를 전달하고 2030년 초까지 65억 달러(약 8조 5,183억 원)[26]에서 75억 달러(약 9조 8,288억 원)가량을 투자하여 462MW 규모(77MW 모듈 6기)의 자사 VOYGR를 제공할 계획임.
  - USNC는 필리핀이 청정하고 신뢰할 수 있는 원자력을 사용할 수 있도록 도움을 지원하는데 관심이 있으며, 필리핀이 동남아시아에서 첫 원전 시설 건설과 함께 자국 전력난 해결에 도움을 주는 방안을 고려하고 있다고 언급함.
  - 2023년 8월 17일 필리핀 에너지부와 미 국무부 에너지자원국 대표단은 양국의 지속적인 경제 발전을 위한 에너지 협력을 목표로 에너지정책 대화(Energy Policy Dialogue)를 통해 원자로 건설 안전기준 강화 및 SMR 건설의 지속적인 협력을 논의함.
  - 구체적으로 이번 논의는 2022년 11월 미국 Harris 부통령의 필리핀 방문 시 논의한 원자력 협력 방안의 연장으로 에너지 안보와 청정에너지 전환에 대한 협력을 진전시키는 것을 목표로 함.

■ 인도

■ 현황

- 인도는 2023년 11월 기준 19기의 원자로(6,290MW)를 가동 중이며 총 8기(6,028MW)의 신규 원전을 건설 중임.
- 2022년 인도의 총발전량은 1,802TWh로, 석탄 72%, 수력 10%, 석유 10%, 원자력 3%, 가스 3%, 바이오매스 2% 등임.[27]

26) 필리핀 내용 전체 2023년 11월 9일 환율 기준 적용(1달러 1,310원)

■ 원자력 관련 주요 정책

- 인도 정부, 자국 원전 산업에 민간 참여 확대를 위한 규제 완화 검토 중
  - 2023년 8월 3일 인도 원자력부의 Jitendra Singh 장관은 자국 내 탈탄소 달성을 위해 SMR 개발을 포함한 자국 내 원전 산업과 관련하여 국내외 민간 기업의 참여를 확대하기 위해 원자력법이 제정된 지 60년 만에 법 개정을 검토 중임을 밝힘.
  - 1962년에 제정된 인도 원자력법에 따라 정부는 원전을 개발하고 운영하는 데 중추적 역할을 하고 있으며, 인도는 현재 원전 기술 개발 및 건설에 민간 기업의 참여를 허용 중이지만 원전 운영과 노심 관리는 국영기업이 독점하고 있음.
  - 한편, 2023년 5월 인도 정부는 자국 원자력 산업에 해외 투자자 유치가 가능하도록 해외 투자 정책(foreign investment policies)의 개정을 제안했으며, 다른 국가들과 SMR을 공동으로 개발하기 위해 협력을 모색 중임을 밝힘.

■ 주요 이슈

- 인도, Kakrapar 3호기 상업운전 개시
  - 2023년 6월 30일 인도 Gujurat에 위치한 인도 자체 개발 IPHWR-700 노형을 적용한 Kakrapar 3호기(700MW, PHWR)가 6월 30일부터 상업운전을 시작함.
  - Kakrapar 3호기는 Kakrapar 4호기와 Rajasthan에 건설 중인 Rawatbhata 7 · 8호기와 함께 인도 정부로부터 승인받은 4기의 PHWR 원자로임.
- 인도 NTPC · NCPIL, 원전 6기 건설을 위한 합작회사 설립 합의
  - 2023년 5월 2일 인도 국영전력기업(NTPC)과 인도 국영원자력공사(NPCIL)는 700MW 규모의 PHWR 6기 건설과 관련하여 인도 중부 Madhya Pradesh 주에 있는 Chutka 원전 부지에 2기를, 북부 Rajasthan 주에 있는 Mahi Banswara 원전 부지에 4기 추가 건설을 목표로 합작 운영 협정(Joint Venture Agreement)을 체결함.
- 인도, Kudankulam 원전 부지 내 사용후핵연료 저장시설 운영 시작
  - 2023년 4월 6일 인도 원자력부(DAE)는 Tamil Nadu에 위치한 Kudankulam 원전(총 6,000MW, PWR 6기) 부지 내에 해당 주 정부의 반대에도 불구하고 사용후핵연료 저장시설을 완공했다고 발표함.
  - 인도 원자력부의 Jitendra Singh 장관은 자국이 사용후핵연료 가운데 연료로 활용할 수 있는 물질을 재처리하거나 재활용하는 폐쇄형 연료주기 정책(closed fuel cycle policy)을 채택했으며, 이에 따라 사용후핵연료가 재처리 시설로 이송될 때까지 이번에 완공된 저장시설에서 보관될 것이라고 밝힘.

27) Enerdata County Energy Report-India, pp.23.(2023.07.)

■ 방글라데시

■ 현황

- 방글라데시는 2023년 11월 기준 가동 중인 원전은 없으나, 현재 두 기의 원전(2,160MW, PWR)이 건설 중임.
  - 러시아와 방글라데시 정부는 2011년 11월 Rooppur 원전 건설을 위한 정부간협정(Inter Govermental Agreement)을 체결하고, 2015년 12월 해당 원전 건설 계약을 체결함.
  - Rooppur 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 86.5TWh이며 천연가스 77%, 석유 19%, 석탄 3%, 수력 1%, 기타 에너지원 1%로 구성됨.[28)]

■ 주요 이슈

- Rooppur 원전 기자재, 미국의 대러시아 제재로 도착 지연
  - 2023년 4월 28일 방글라데시 현지 언론 보도에 따르면 미국이 Rooppur 원전(총 2,160MW, PWR 2기)의 설계·조달·건설(EPC)을 담당하는 러시아 기업들을 대러시아 제재 대상에 포함시키면서 해당 원전의 부품 공급 차질이 발생했으며, 이로 인한 원전 적기 가동이 불확실해지고 있음.
  - 그러나, 2023년 5월 5일 방글라데시는 러시아와 Rooppur 1호기의 연료 공급을 위한 의정서(protocol)를 체결하였으며, 이에 따라 2023년 10월 5일 연료를 선적한 러시아 선박이 방글라데시아에 도착함. 또한 러시아 Vladimir Putin 대통령은 Roopur 원전 프로젝트를 추진하는데 차질이 없을 것임을 밝힘.
- 방글라데시, 건설 중 원전의 사용후핵연료 러시아 회수 계획 확인
  - 2023년 10월 5일 방글라데시의 Sheikh Hasina 총리는 Rosatom이 건설 중인 Rooppur 원전에서 발생할 사용후핵연료를 러시아가 회수하기로 하는 협정을 체결함. 이에 따라 향후 Rooppur 원전에서 발생한 사용후핵연료는 러시아로 회수될 예정임.

28) Enerdata, Country Energy Report–Bangladesh, pp.16.(2023.04.)

■ 카자흐스탄

■ 현황

- 카자흐스탄은 Aktau 원전(90MW, FBR)이 1999년 4월 22일에 영구 정지된 이후, 가동 중인 원전은 없음.
  - 2022년 기준, 총발전량은 116.1TWh이며, 석탄 63%, 가스 25%, 수력 8%, 태양광 및 풍력 등 기타 에너지원 4%를 차지함.[29]
- 카자흐스탄은 전 세계 우라늄의 12%가 매장되어 있으며, 2021년 기준 약 2만 2천 톤의 우라늄 정광을 생산함. 또한 2019년 기준 전 세계 우라늄 생산량의 43%를 생산하는 등 최대 우라늄 생산국임.[30]

■ 원자력 관련 주요 정책

- 2021년 하반기부터 본격적인 신규 원전 추진 관련 발표가 계속 이어짐
  - 2021년 9월 카자흐스탄 Kassym-Jomart 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.
  - 2022년 6월 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 Smailove 총리는 자국 내 신규원전 건설에 참여할 공급사를 연내에 결정할 예정이라고 밝히며, 세계 최첨단 기술을 보유하고 있는 기업들과 함께 원전 사업을 진행하고 싶다는 기대감을 표함.
  - 2023년 4월 13일 카자흐스탄 에너지부의 Almasadam Satkaliyev 장관은 자국의 원전 계획은 진행 중으로, 원전 건설을 위해 여러 원자로 공급업체를 검토하는 중이며 원자로 공급업체 후보로 한국, 프랑스, 중국, 러시아 4개 업체를 고려 중임을 밝힘.

---

29) Enerdata, Country Energy Report-Kazakhstan, pp.17.(2023.08.)
30) World Nuclear Association, Uranium and Nuclear Power in Kazakhstan, https://www.world-nuclear.org/information-library/country-profiles/countries-g-n/kazakhstan.aspx(2023.08.)

- 또한 2023년 6월 18일 카자흐스탄 현지 언론에 따르면 남동부 Almaty 지역의 Ulken 부지에 추진 중인 자국 최초 원전에 최대 120억 달러(약 15조 7,260억 원)[31]가 소요될 것이며 2034~2035년에 공사가 시작될 것이라고 전해짐.

■ 주요 이슈

- 카자흐스탄, IAEA와 원자력 포함한 에너지 분야 협력 강화 합의
  - 2023년 4월 19일 카자흐스탄 수도 Astana를 방문한 IAEA의 Rafael Mariano Grossi 총장은 카자흐스탄 Tokayev 대통령과 고위 지도자들을 만나 원자력 기술의 평화적 사용을 위한 협력을 강화하기로 합의함.
  - 구체적으로 Grossi 총장과 카자흐스탄 Satkaliyev 에너지부 장관은 '2023~2028년 카자흐스탄 국가 프로그램 프레임워크(Kazakhstan's Country Programme Framework 2023~2028)'에 서명하고, 이를 통해 IAEA와 카자흐스탄은 5년간 원자력 인프라와 식량 안보 및 핵의학 개발 관련 분야에서 긴밀히 협력하기로 함.
- 우라늄 생산기업 Kazatomprom, 2025년 우라늄 채굴량 목표 상향
  - 2023년 9월 29일 세계 최대 우라늄 채굴기업이자 카자흐스탄 국영 기업인 Kazatomprom은 2025년 우라늄 생산 계획 발표를 통해 전 세계 1차 공급 우라늄 채광량을 최대 6,000tU 가량 늘릴 예정이라고 밝힘.
  - Kazatomprom은 이번 우라늄 증산 발표가 우라늄 시장 조건과 신규 및 기존 기업 간의 중장기 계약을 바탕으로 내린 결정으로, 2025년 우라늄 채광 목표량은 약 30,500tU에서 31,500tU에 이를 것으로 전망함.

■ 파키스탄

■ 현황

- 파키스탄은 2023년 11월 기준 원자로 6기(총 3,262MW)를 가동 중임.
- 2021년 기준 총발전량은 146TWh이며, 천연가스 31%, 수력 21%, 석유 13%, 석탄 17%, 원자력 13%, 풍력 및 태양광 5% 등으로 구성됨.[32]

■ 주요 이슈

- 파키스탄, 약 4조 원 규모의 Chashma 5호기 착공

31) 카자흐스탄 내용 전체 2023년 11월 9일 환율 기준(1달러=1,310원)
32) Enerdata, Country Energy Report–Pakistan, pp.15.(2023.06.)

- 2023년 7월 14일 파키스탄의 Shehbaz Sharif 총리는 자국에 청정에너지 공급을 위해 파키스탄 동부 Punjab 주에 위치한 Mianwali 지역에 중국 HPR 1000 노형을 적용한 35억 달러(약 4조 5,868억 원) 규모의 Chashma 5호기(1,200MW, PWR)를 착공했다고 밝힘.
- Chashma 5호기 건설을 위해 중국은 1억 4,553만 달러(약 1,907억 원)[33]를 지출하였으며, 건설 추진은 CNNC의 자회사인 CNNC China Zhongyuan Engineering Corp.가 담당하게 되어 7년에서 8년 이내에 해당 호기가 완공될 것으로 전망됨.

■ 튀르키예

■ 현황

- 튀르키예는 지중해 동부 연안 Mersin 주에서 러시아 VVER-1200 1~4호기로 구성된 Akkuyu 원전(총 4,800MW, PWR)을 건설 중임.
  - 1호기는 2018년 4월에 착공되었고, 2호기는 2020년 4월, 3호기는 2021년 3월, 4호기는 2022년 7월 각각 착공됨. 4기의 총 건설비용은 약 200억 달러(약 26조 원)[34]로 예상되며, 1호기는 2025년 시운전을 시작할 것으로 전망됨.[35]
- 2022년 튀르키예의 총발전량은 336TWh로 이 중 석탄 34.6%, 수력 20.6%, 가스 22.1%, 재생에너지(풍력, 태양광, 지열) 18.9%를 차지함.[36]

■ 원자력 관련 주요 정책

- 2023년 9월 26일 튀르키예 에너지 천연자원부 Aplarslan Bayraktar 장관은 25일 오스트리아 Wien에서 열린 제67차 IAEA 총회에서 탄소중립 도달의 일환으로 2050년까지 20GW 이상의 원전 설비를 확보할 계획이라고 밝힘.
  - 장관은 원자력이 2053년까지 탄소중립 도달에 필수적인 역할을 할 것임을 강조하며, 전력 부문에서 석탄발전 비중을 줄이고 원자력 비중을 늘릴 계획이라고 밝힘.
  - 또한, 국가에너지계획에서 자국이 2035년까지 7.2GW, 2050년 말까지 20GW 이상의 추가 발전설비를 확충하고, 청정 기저부하 전원으로 원자력을 전원구성에 포함하려는 노력을 지속하는 동시에 재생에너지 비중도 증가하는 것을 목표로 한다고 덧붙임.
  - 2020년 5월 튀르키예 정부는 에너지천연자원부(Ministry of Energy and Natural Resources) 전략계획 2019~2023을 통해 설비용량에서 재생에너지와 국내 자원 점유율을 2023년까지 59%에서 65%로 확대하겠다는 목표를 설정한 바 있음.

33) 파키스탄 내용 전체 2023년 11월 9일 환율 기준(1달러=1,310원)
34) 튀르키예 내용 전체 2023년 11월 09일 환율 기준 적용(1달러=1,308원)
35) ROSATOM,First batch of nuclear fuel was delivered to Akkuyu NPP(2023.04.27.)
https://www.rosatom.ru/en/press-centre/news/first-batch-of-nuclear-fuel-was-delivered-to-akkuyu-npp/
36) Enerdata, Country Energy Report Turkey(2023.06.)

- 2010년 5월 튀르키예와 러시아가 체결한 정부 간 협정(Inter-Governmental Agreeemtn)을 바탕으로 러시아는 튀르키예에 2010년 12월 Akkuyu Nuclear Joint-Stock Company라는 프로젝트 회사를 설립하여 2018년부터 Akkuyu 원전 4기를 건설 중임.[37)]
  - 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.[38)]
  - TETAS는 1~2호기 발전 전력량의 70%, 3~4호기의 40%를 평균 12.35센트(약 161.2원)/kWh로 구입할 계획이며 나머지 전력은 Akkuyu 원전 프로젝트 회사인 Akkuyu Nuclear Joint-Stock Company가 전력시장에 판매할 예정임.[39)]
  - 러시아는 2019년 6월 18일 Rosatom의 자회사인 Rusatom Service사가 Akkuyu원전 직원 대상 교육센터를 설치하고 훈련 제공에 관한 계약을 체결했다고 밝혔으며, 계약금액은 교육 설비에 1,180만 달러(약 154억 원), 교육 서비스 제공에 4,160만 달러(약 543억 원) 총 약 5,300만 달러(약 691.9억 원)로 알려짐.[40)]
- 한편, 2023년 4월 26일 튀르키예 에너지부 Faith Donmez 장관은 2018년 일본-프랑스 컨소시엄과의 건설 협상이 무산된 Sinop원전 건설(1,120MW급 4기) 계획과 관련해 여러 국가로부터 받은 제안서를 평가 중이며 2023년 말까지 건설 관련 협상을 마무리할 계획임을 밝힘.
  - 2020년 9월 14일 튀르키예 환경도시계획부가 Sinop 원전 건설 계획에 관한 최종 환경영향평가를 승인함. Sinop원전 건설 계획은 2013년 일본-프랑스 컨소시엄(Mitsubishi중공업, ITOCHU 상사, 프랑스 GDF SUEZ 등)[41)]과 건설 협의를 진행했지만, 2018년 건설비 급등에 따른 경제성 악화를 이유로 협의가 무산됨.
  - 2020년 1월 19일 Fatih Donmez 에너지·천연자원부 장관은 Sinop원전 건설 계획에 대해 파트너 재검토 의사를 표명했고, Mitsubishi 중공업이 시행했던 타당성 조사 결과가 튀르키예의 기대에 못 미쳤다고 밝힘.
  - 장관은 Sinop원전 건설 계약 체결 이후 2~3년 이내 원전 건설이 시작될 수 있을 것으로 예상함.

37) AKKUYU NUCLEAR 프로젝트 웹사이트 최종 검색(2022.11.03.)
http://www.akkuyu.com/index.php
38) 原子力産業新聞, トルコのアックユ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.)
39) 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.)
40) 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.)
41) 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.)

- SMR 도입의 경우 2022년 4월 에너지천연자원부 차관이 일본경제신문 인터뷰를 통해 미국과 협의를 진행 중이라고 밝혔지만,[42] 구체적인 SMR 개발회사와 노형, 용량은 알려지지 않았음.

■ 주요 이슈

- 튀르키예, 제3원전 건설 위해 중국과 논의 중으로 알려져
  - 2023년 6월 22일 UxC에 따르면 튀르키예 정부는 자국에 제3원전 건설과 관련하여 중국 원자력 공급업체와 논의 중이며, 구체적인 원전 후보지로 Thrace 지역의 북서쪽 Kirklareli 주를 검토 중인 것으로 알려짐.
  - 2015년 튀르키예는 제3원전 부지와 관련하여 Thrace 지역에 위치한 İğneada를 후보지로 검토 중임을 언급하였으나, 지역 주민의 극심한 반대 및 시민단체의 소송 등으로 무산된 바 있음.
  - 한편, 에너지천연자원부의 Sari Salih 원자력 인프라 책임자는 2053년까지 기후 목표 달성을 위해 20GW의 추가 발전 설비가 필요하며, 현재 제4원전 프로젝트를 위한 부지 조사도 추진 중임을 언급했으며, 구체적인 부지는 언급되지 않음.

■ UAE

■ 현황

- UAE는 2023년 11월 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 시운전 중임.
  - Barakah 1 · 2 · 3 · 4호기는 각각 2012년 7월 19일, 2013년 4월 15일, 2014년 9월 24일, 그리고 2015년 7월 30일에 착공함.
  - 4기 모두 APR1400 원자로를 적용한 Barakah 원전은 완공 시 전력 수요의 약 25%를 공급하고[43], 연 탄소 배출량을 2,100만 톤가량 감축할 것으로 예상됨.
- 2021년 기준 총발전량은 145.4TWh이며 가스 90%, 원자력 7%, 풍력 · 태양광 3%, 기타 석유 등으로 구성됨.[44]

---

42) 日本経済新聞, トルコ´ 中ロと原発推進 米の次世代小型炉も検討(2022.04.25.)
43) Construction Review Online, Barakah Nuclear Power Plant, Arab World's First Nuclear Energy Power Plant, https://constructionreviewonline.com/biggest-projects/barakah-nuclear-power-plant-arab-worlds-first-nuclear-energy-power-plant/(2023.07.12.)
44) Enerdata, Country Energy Report-United Arab Emirates, pp. 16.(2022.10.)

■ 원자력 관련 주요 정책

- 탄소 넷 제로 정책(UAE Net Zero 2050) 발표[45]
  - 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 52조 4,400억 원)[46]에 달함.
  - 기후변화 대응의 일환으로 온실가스 배출을 감축하고 청정에너지 사용을 촉진하기 위해, 2030년까지 원전을 포함한 청정에너지 발전량을 14GW로 증대하는 것을 목표로 함.
  - 또한 국제적인 친환경 기반구조 건설과 청정에너지 정책 개발을 지원하기 위해 70개국에 168억 달러(약 22조 248억 원)를 지원하고 4억 달러(약 5,244억 원) 규모의 차관을 제공함.

■ 주요 이슈

- UAE 원자력공사, 중국 및 미국과 함께 원자력 개발을 위한 국제협력 추진
  - 2023년 2월 24일 UAE 원자력공사(ENEC) 관계자들은 청정에너지 기반 구축 및 실현을 앞당기기 위해 미국 Idaho 국립연구소(INL)를 방문해 전문가들을 만나 SMR을 포함한 차세대 원전 기술 계획, 청정 수소 발전, 첨단핵연료 및 물질, 전력망 관리 및 사이버 보안 기술, 청정에너지 기술 개발 논의 등을 진행함.
  - 2023년 5월 8일 ENEC는 저탄소 발전원인 원자력을 효과적으로 활용하기 위해 중국의 원자력 기업 3사인 중국 원전 운영 연구소(Nuclear Power Operations Research Institute), 중국 CNNC, 그리고 중국 원자력 산업공사(China Nuclear Energy Industry Corporation)와 각각 원자력 운영 및 유지보수, 고온가스로 협력, 원자력 연료 공급 및 투자 협력과 관련한 양해각서(MOU)를 체결함.
- Barakah 3호기 상업운전 개시
  - 2023년 2월 24일 ENEC는 Barakah 3호기(1,417MW, PWR)의 상업운전 개시를 발표함. 해당 원자로는 2014년 9월 24일에 착공하여 2022년 9월 22일 최초 임계를 달성하였으며, 2022년 10월 8일 계통망에 연결됨.

---

45) United Arab Emirates, UAE Net Zero 2050, https://u.ae/en/information-and-services/environment-and-energy/climate-change/theuaesresponsetoclimatechange/uae-net-zero-2050(2023.06.15.)

46) UAE 내용 전체 2023년 11월 9일 환율 기준(1달러=1,310원)

■ 이집트

■ 현황

- 이집트는 2017년 12월 러시아와 원전 건설 계약을 체결한 이후 이집트 북부에 VVER-1200 총 4기로 구성된 El Dabba 원전(총 4,800MW)을 건설 중임. 1 · 2 · 3호기(총 3,600MW, PWR)는 2022년 7월과 11월, 2023년 5월에 각각 착공하였고, 4호기(1,200MW, PWR)는 2023년 9월 5일 건설허가가 발급됨.[47]
  - El Dabba원전 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 신청함.
  - 이집트는 2028년 또는 2029년까지 4기 완공을 계획 중이며, 4기 모두 2030년에 상업운전이 시작될 것으로 예상됨.
  - El Dabba 원전 건설과 관련해 러시아는 원전 건설 및 핵연료 공급, 원전 가동 첫 10년 동안 이집트에 인력 교육 및 원전 유지보수를 지원함. 더불어 해당 원전에서 발생하는 사용후핵연료 관리를 위한 저장시설 건설과 저장용기공급도 담당함.
  - El Dabba 원전 총 건설비용의 85%에 해당하는 250억 달러(약 32.6조 원)[48]는 러시아가 차관(연 3%)으로 제공하고 나머지 50억 달러(약 6.5조 원)는 이집트가 민간사업자 유치를 통해 조달함.[49]
- 2021년 이집트의 총발전량은 213.8TWh로 발전원별 비중은 가스 87.3%, 석유 1.2%, 수력 6.5%, 풍력 2.7%, 태양광 2.3%임.[50]

■ 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.

---

47) WNA, Nuclear Power in Egypt(2023.09.)
https://www.world-nuclear.org/information-library/country-profiles/countries-a-f/egypt.aspx
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 단독협상대상자로 선정(2022.01.02.)

48) 이집트 내용 전체 2023년 11월 09일 환율 기준 적용(1달러=1,308원)

49) 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.)

50) Enerdata, Country Energy Report Egypt(2023.05.)

- 2023년 9월 7일 NPPA는 2028년까지 기존 원자로 건설 작업을 완료 후 자국 내 전력 생산을 위해 추가 4기의 신규 원전을 건설하는 방안을 검토 중임을 밝힘.
  - 신규 원전 건설 부지는 El Dabaa 원전 부지 인근으로 알려짐.

■ 주요 이슈

- 이집트, El Dabba 3호기 착공 및 원전 건설 참여자들 대상 세액공제 법안 통과
  - 3월 29일 건설허가를 받은 El Dabba 3호기(1,200MW, PWR)가 5월 3일 착공함.
  - 한국수력원자력(이하 '한수원')은 El Dabba 원전 주요 건설사인 Rosatom의 자회사 Atomstroyexport JSC(ASE JSC)와 2022년 8월 26일 해당 원전 2차 측 건설계약을 체결하여 El Dabba 원전의 터빈 건물 등 80여 개의 구조물 건설, 관련 기자재 공급을 담당함.
  - 한편, 5월 2일 이집트 하원은 원전 건설 프로젝트 참여기업에 세금 감면 혜택 제공을 목적으로 한 '1976 이집트 원자력청(NPPA) 활동규제법(1976 law regulating the activities of the Nuclear Power Plants Authority)'※에 대한 개정안을 승인함.

※ 1976 이집트 원자력청(NPPA) 활동규제법은 이집트가 1976년 자국 내 원자력 분야에서 발생하는 활동을 규제하기 위해 제정한 법률임.

■ 아프리카(남아공, 우간다, 가나)

■ 현황

- 2023년 11월 기준으로 아프리카에서 운영 중인 원전은 총 2기(1,940MW)로 모두 남아공에서 운영되고 있으며, 건설 중인 원전은 이집트에 3기(3,600MW) 존재함.[51]
- 2022년 남아공에서 원전은 전체 설비(65.2GW) 중 3%를 차지하였고 전체발전량(234.9TWh)의 3.7%를 담당하고 있음.[52]
  - 남아공 내 신규 원전 건설은 2030년 이후에 시작할 예정임.
- 우간다의 전체 발전설비(1.3GW)는 대부분 수력(1.0GW)으로 구성되어 있으며, 수력발전은 총 발전량(4.4TWh) 중 91%를 공급함.[53]
  - 우간다 내의 신규원전은 2031년까지 가동을 목표로 하고 있음.

51) IAEA PRIS를 참고하여 작성
52) Enerdata. Country Energy Report South Africa. 2023.07.
53) EMBER를 참고하여 작성 (https://ember-climate.org)

- 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.[54]

■ 원자력 관련 주요 정책

- 우간다, 최대 15GW 원전 건설 추진 위해 한국 · 러시아와 접촉 중으로 알려져
  - 2023년 8월, 우간다 대통령은 우간다 수도인 Kampala에서 개최된 G-25 아프리카 커피 정상회담에서 자국에 총 15GW 규모의 원전 2기 건설을 위해 한국 러시아와 협상 중임을 밝힘.
  - 현지 언론에 따르면, 15GW 규모의 원전은 각각 7GW, 8.4GW로 나누어 건설될 계획은 존재하지만, 구체적인 건설 일정과 자금은 언급되지 않음.
  - 2014년 우간다 동부에서 대량의 우라늄 매장지가 발견되었으며, 2019년 조사에 따르면 원전은 타 발전원보다 우간다 내 극빈층에게 전력을 공급할 수 있는 가장 좋은 전원으로 나타남.
  - 한편, 한국수력원자력은 2023년 3월 우간다 에너지광물자원개발부와 원자력 협력에 대한 양해각서 체결을 통해 우간다의 원자력 인력양성 지원, 원전의 설계, 건설, 운영 등에서 긴밀히 협력하기로 함.
- 가나, 자국 내 최초 원전 후보 부지 발표
  - 2023년 9월, 가나 원자력 발전(NPG)은 건설될 자국 내 최초 원전(1,000MW)의 후보지로 Nsuban과 Obotan을 선정하였음을 발표하였으며, 최종 원전 부지는 2030년 확정될 예정임.
  - 현재는 2곳의 후보 부지에 대한 상세 기술 평가가 진행 중이며, 서부에 위치한 Nsuban에서의 원전 건설이 유력하고 Obotan은 후보 부지(backup site)로 간주되고 있음.

■ 주요 이슈

- 남아공 SMR 개발업체, 초고온가스 실증로 건설 추진 의사 표명
  - 2023년 6월, 남아공 4세대 SMR 개발업체인 Stratek Global은 향후 5년 내로 35MW 규모의 실증로(HTMR-100) 건설을 추진할 의사를 밝힘.
  - Stratek Global은 과거 400MW 규모의 초고온가스로 개발 경험이 있으며, Stratek Global의 CEO는 실증로를 통해 산업 · 공정 열 또는 담수화에 활용할 수 있음을 밝힘.
- 남아공, Koeberg 1호기 설비개선 일정 지연으로 11월에 재가동 예정
  - 2023년 8월, 남아공 국영 전력공사 Eskom은 Koeberg 1호기(970MW, PWR)의 증기발생기 제거 및 교체 작업에 소요되는 시간이 길어져 재가동 목표시점을 기존 6월에서 11월로 지연됨을 발표함.

54) Enerdata, Country Energy Report Ghana, 2022.11

- Koeberg 1호기는 2024년 7월 운영허가 만료 전 설비개선을 통해 계속운전을 추진 중이었으며, 2022년 12월 설비개선 작업을 시작하였음.
- Koeberg 2호기(970MW, PWR)의 설비개선 작업은 1호기의 설비개선 작업 완료 이후 진행될 예정임.

4 유럽

■ 영국

■ 현황

- 영국은 2023년 11월 기준 총 9기의 원자로(총 발전용량 6,534MW)를 가동 중임.
  - 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 중이며, Sizewell C 원전(3.2GW, EPR 2기)도 추진 중임.
  - 현재 영구정지된 원자로는 총 36기(총 9,163MW)임.[55]
- 2022년 영국의 총발전량은 324.9TWh이며, 발전원별 비중은 가스 38%, 재생에너지(풍력, 태양광, 지열) 29%, 바이오매스 14%, 수력 2%, 원자력 15%, 석탄 2%임.[56]

■ 원자력 관련 주요 정책[57]

- 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)[58]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.

---

55) 영구 정지된 원자로의 용량은 연구로 포함 수치임.
56) Enerdata, Country Energy Report UK, 2023.05.
57) 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
58) Department of Energy & Climate Change, National Policy Statement for Nuclear Power Generation (EN-6) Volume I of Ⅱ p. 33(2011.07.)
https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/47859/2009-nps-for-nuclear-volumel.pdf

- 2022년 7월 영국 정부는 Sizewell C 원전(3.2GW, EPR 2기)의 건설운영 신청서인 개발동의서(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.
  - '녹색산업 혁명을 위한 10대 중점계획'에서는 ① 첨단 원자력 기금(Advanced Nuclear Fund)을 통해 최대 3억 8,500만 파운드(약 6,182억 원) 지원, ② AMR 연구 · 개발 프로그램에 최대 1억 7,000만 파운드(약 2,730억 원) 지원, ③ AMR 상용화에 4천만 파운드(약 642억 원) 지원을 제시함.
  - '에너지 백서 2020'을 통해서는 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 1억 2천만 파운드(약 1,927억 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.
- 2023년 7월 영국 하원의 과학 · 혁신 · 기술 위원회는 Delivering Nuclear Power 보고서를 발간해 2050년까지 최대 24GW 규모의 원전 설비 확보를 위해서 정부가 이행 방안을 담은 원자력전략계획(Nuclear Strategic Plan)을 제시할 것을 촉구함.
  - 상기 위원회는 신규 원자력 프로젝트 개발 지원 · 자금조달을 담당하는 대영원자력(Great British Nuclear, GBN) 역할 명료화, 신규 대형(GW) 원전 비중 명료화, 안전성을 갖춘 계속운전 시행, 신규 원전 건설을 위한 자금조달, SMR 및 AMR 개발, 원자력 부문 인력 양성, 노후원전 해체, 핵융합에 대한 권고안을 제시함.

■ 주요 이슈

- 영국 신규 원전 추진 현황
  (Hinkley Point C 원전)

① EDF, 영국 Hinkley Point C 원전 공사 차질로 가동 15개월 지연 가능성 제기

- 2023년 7월 27일 EDF는 각각 2027년 6월과 2028년 6월에 상업운전이 예정된 Hinkley Point C 원전(이하 'HPC')(각 1,720MW, PWR 2기) 1 · 2호기가 토목공사작업 부진과 기계 · 전기 · 냉난방 · 환기 문제로 15개월 늦게 가동될 가능성이 있음을 확인함.
- 올해 2월 EDF는 HPC 1 · 2호기의 가동시점이 러시아-우크라이나 전쟁의 장기화로 공급업체 생산 차질 상황이 발생할 경우 15개월 지연될 것으로 전망했으며, 지연 기간은 현재 변동이 없는 상태임. EDF는 HPC 건설비용 추정치도 250~260억 파운드(약 40~42조 원)에서 약 30% 증가한 320억 파운드(약 51조 원)로 상향 조정한 바 있음.
- EDF는 공동 투자 중인 중국 CGN이 공기 지연으로 인한 추가 비용을 자발적으로 분담할 가능성이 낮아 자체적으로 해결 방안을 모색 중이라고 밝힘.
- 2015년 10월 EDF와 CGN이 180억 파운드(약 28조 원) 규모의 HPC 원전에 대한 전략적 투자 협정을 체결해 해당 원전에 대해 각각 66.5%, 33.5% 지분을 보유하기로 합의함.

② EDF, 영국 신규 원전 건설 지원 위해 신규 자회사 설립

- 2023년 9월 21일 EDF는 영국 내 신규 프로젝트 성과 최적화 및 엔지니어링 입지 강화를 위해 EDF EPR Engineering UK를 설립함.
- 약 600명의 직원을 둔 EDF EPR Engineering UK는 Edvance(EDF와 Framatome의 자회사)의 100% 자회사로 HPC 원전 프로젝트의 엔지니어링 연구를 비롯해 프로젝트 전 단계와 가동 기간에 걸쳐 기술적 의사결정 지원을 담당할 예정임.
- EDF EPR Engineering UK는 HPC 프로젝트의 운영 경험을 Sizewell C 원전 건설에 활용할 계획임.

(Sizewell C 원전)

① 영국 정부, Sizewell C 지원금 제공 및 민간 투자 유치 본격 착수

- 영국 정부는 Sizewell C 원전(총 3.2GW, EPR 2기)의 착공 준비, 핵심 부품 조달, 인력 확충을 위해 각각 1억 7,000만 파운드(약 2,728억 원)와 3억 4,100만 파운드(약 5,473억 원) 규모의 지원금을 두 차례(2023년 7월 24일 및 8월 29일)에 걸쳐 제공함.
- 영국 정부는 9월 18일 Sizewell C 프로젝트의 잠재적 투자자를 대상으로 한 사전 자격심사 (pre-qualification) 절차를 공식적으로 시작하며 민간 투자 유치에 나섬. 대규모 인프라 프로젝트 수행 경험을 보유한 투자자임을 확인하는 사전 자격심사 설문지(PQQ)를 제출해 이를 통과한 투자자는 Sizewell C 지분 참여 절차에 참가 자격이 주어짐.
- Sizewell C 신규 원전 프로젝트는 Suffolk주 Sizewell 부지에 EDF의 EPR 노형 2기 적용을 목표로 함. 당초 EDF와 중국 CGN이 각각 80%와 20%를 프로젝트에 투자하는 구조였으나, 2022년 11월 영국 정부가 프로젝트 지분 50%를 취득해, CGN을 퇴출시키고 영국-프랑스 공동 사업으로 전환함.

- Sizewell C 프로젝트는 개발동의서(DCO) 최종 취득(2022년 7월), 영국정부의 RAB (Regulated Asset Base) 자금조달 모델 확정 및 Sizewell C 원전 지분 50% 매입(2022년 11월), 환경청으로부터 환경 허가 취득(2023년 3월)이 진행되어 옴.

② Sizewell C 원전, 열 활용한 이산화탄소 포집(Direct Air Capture) 기술 실증 착수

- 2023년 3월 28일 Sizewell C 원전 개발기업 Sizewell C Ltd와 영국 항만관리기업 ABP는 Sizewell C 원전에서 발생한 열을 활용한 직접공기포집(Direct Air Capture, DAC) 실증 플랜트 도입을 목적으로 Lowestoft 항구 부지를 임대하는 상무협정(commercial arrangement)을 체결함.

※ Sizewell C Ltd(전 NNB GenCo Ltd)는 EDF Energy Holding Ltd(80%)와 GB Gas Holding Ltd(20%)의 합작기업인 NNB Holding Company Ltd의 자회사로, Sizewell C 원전의 설계, 조달, 제조, 건설, 시운전, 운영, 해체와 관련된 인허가 취득을 담당함.[59]

- DAC는 주변 공기에서 이산화탄소를 물리적 또는 화학적으로 분리함으로써 공기 중 이산화탄소 농도를 낮추어 탄소 배출 감축 효과가 있음.

- Sizewell C Ltd에 따르면, DAC 실증 플랜트 프로젝트의 상업적 잠재력이 확인될 경우, Sizewell C 부지에 대형 DAC 플랜트를 건설해 매년 150만 톤의 이산화탄소를 포집할 계획임.

- 이번 프로젝트는 영국 정부가 2050년 탄소중립 목표 달성을 위해 DAC 및 온실가스제거(Greenhouse Gas Removal, GGR) 기술 지원 사업의 일환으로 Sizewell C Ltd 및 참여기업 · 기관(Helical · Atkins · Altrad Babcock, Birmingham · Nottingham 대학)에 총 325만 파운드(약 52억 원)를 지원하기로 한 결정에 따른 것임.

- Sizewell C 주도의 컨소시엄은 Sizewell C 원전 가동 시 터빈 발전기에서 발생하는 열(최대 400MWt)을 활용해 공기를 흡착제와 접착시켜 이산화탄소를 포집하는 방식을 개발함.

- Birmingham · Nottingham 대학은 탄소포집기술 관련 연구 · 개발을 선도하고 있으며, Helical은 탄소포집 플랜트 설계 · 구축 경험을, Atkins 및 Altrad Babcock은 산업공학 분야에 전문성을 보유하고 있음.

● 영국 정부, Heysham 2 원전 활용한 수소 생산 실증사업 설계 지원

- 2023년 9월 13일 영국 정부는 Heysham 2원전(각 680MW, AGR 2기)에서 생산된 전기와 증기를 고체산화물수전해(Solid Oxide Electrolyzer Cell, SOEC) 설비에 공급해 수소를 생산한 후 이를 영국 기업 Hanson의 Criggion 아스팔트 공장(웨일스 북부 소재)의 연료로 사용하는 Bay Hydrogen Hub-Hydrogen4Hanson 프로젝트에 610만 파운드(약 98억 원)를 지원함.

59) EDF Energy, NNB GENERATION COMPANY LTD Company Document

- EDF 및 파트너 기관(영국 건축자재 생산업체 Hanson, 영국 국립원자력연구소(NNL), 영국 아스팔트 플랜트용 버너 제조업체 Vulcan Burners)으로 구성된 컨소시엄은 Bay Hydrogen Hub-Hydrogen4Hanson 프로젝트를 통해 아스팔트 · 시멘트 산업의 탈탄소화를 지원함.
- 해당 컨소시엄은 SOEC 고온수전해 기술이 기존 양성자 교환막(PEM) 수전해와 비교해 수소 생산 효율을 20% 높일 것으로 전망하며, 향후 몇 달에 걸쳐 SOEC 설비에 대한 설계 작업을 진행하고 Heysham 2원전에서 필요한 작업 범위와 비용을 검토할 예정임. 이후 해당 작업 완료 시 2024년 초에 SOEC 설비 건설에 관한 결정을 내릴 예정임.
- 영국 정부는 2022년 11월 Hydrogen Hub-Hydrogen4Hanson 프로젝트 타당성 조사 시행 목적으로 상기 컨소시엄에 약 40만 파운드(약 6억 4천만 원)를 한 차례 지원한 바 있음.
- Heysham 원전 부지는 별도로 관리되는 Heysham 1 원전(각 625MW, AGR 2기)과 Heysham 2 원전으로 구성되어 있음. Heysham 1 · 2 원전은 각각 1983년과 1988년에 상업운전을 시작하였으며, 2026년과 2028년에 영구정지를 앞두고 있으나 계속운전 가능성도 검토되고 있음.

● 영국 정부, AMR 및 SMR 추진 현황

(AMR)

① 영국 정부, 차세대원전 · AMR · 핵연료 프로젝트 등에 약 2천5백억 원 지원 발표

- 2023년 7월 18일 영국 정부는 차세대원전 · AMR · 핵연료 등에 최대 1억 5,700만 파운드(약 2,519억 원) 규모의 자금 지원을 발표함.
- 해당 지원금은 ① 차세대 원전 사업 개발 가속화 및 설계 지원(최대 7,710만 파운드(약 1,237억 원)), ② AMR 연구 · 개발 · 실증 프로그램[60]의 일환으로 진행 중인 AMR 노형 추가 개발 및 차세대 핵연료 개발(최대 5,800만 파운드(약 931억 원)), ③ 신규 핵연료 생산 · 제조 역량 개발(2,230만 파운드(약 358억 원))에 할당됨.

60) 영국 정부는 AMR 연구·개발·실증 프로그램을 통해 2030년대 초반 AMR 실증로 구축 및 상용화를 목표로 하고 있음. 해당 프로그램은 기본설계 예비조사 수행(2022년 이후), 기본설계 조사 수행(2023년 이후), 부지 및 건설 · 운전의 인허가 활동(2025년 이후)으로 구성됨.

표 4 영국 정부의 신규 원전 산업 지원 자금 내용

구분	지원 대상 및 내용
차세대 원전 사업 개발 가속화 · 설계 지원 출처: 미래 원자력 활성화 기금 (Future Nuclear Enabling Fund)	· 7,710만 파운드(약 1,237억 원) · 차세대 원전 사업 개발 가속화 및 설계 지원을 통해 향후 10년간 SMR 개발 및 도입 토대 마련
AMR 노형추가 개발 · 차세대 핵연료 개발 출처: 첨단원자로 기금 (Advanced Nuclear Fund)	· 5,800만 파운드(약 931억 원)[61] ① Ultra Safe Nuclear Corporation UK Ltd(USNC) (2,250만 파운드/약 361억 원) – 초소형모듈원전(MMR) 개발업체인 USNC의 수소, 지속가능 항공연료 (SAF) 생산, 산업용 공정열 제공 목적의 MMR 3 설계 · 개발 가속화 지원 ② National Nuclear Laboratory(NNL) (1,500만 파운드/약 240억 원) – 영국 핵분열 국립연구소인 NNL와 일본원자력연구개발기구 (JAEA)가 진행 중인 HTGR 실증로 기본 설계 연구 수행 지원 ③ National Nuclear Laboratory(NNL) (1,600만 파운드/약 256억 원) – NNL과 JAEA의 피복입자연료(CPF) 개발 · 공급 관련 연구 지원
신규 핵연료 생산 및 제조 역량 개발 출처: 핵연료 기금(Nuclear Fuel Fund)	· 2,230만 파운드(약 358억 원) ① Westinghouse Springfields Fuels Ltd (1,050만 파운드 이상/약 168억 원) – 핵연료 설계 · 제조 · 공급 전문업체인 Westinghouse의 영국 및 해외에 대형 원전(GW), SMR, AMR용 핵연료 성형가공 지원 ② Urenco UK (950만 파운드 이상/약 152억 원) – 핵연료 공급업체인 Urenco UK의 5%~10% 농축 LEU+ 및 HALEU (고순도 저농축 우라늄) 개발 지원 ③ Nuclear Transport Solutions(NTS) (100만 파운드 이상/약 16억 원) – 영국원자력해체청(NDA) 자회사인 NTS의 HALEU 공급망 활성화를 위한 운송 솔루션(방사선 차폐, 임계, 인허가 등) 개발 지원 ④ MoltexFLEX (120만 파운드 이상/약 19억 원) – 용융염 원자로 개발업체인 MoltexFLEX의 용융염 원자로용 핵연료 개발 지원

자료: Gov.UK 보도자료 종합 정리(2023.7.18.)

61) https://www.gov.uk/government/publications/advanced-modular-reactor-amr-research-development-and-demonstration-programme-successful-organisations/amr-research-development-and-demonstration-phase-b-2023-2025-successful-organisations

(SMR)

① 영국 정부, 대영원자력(GBN) 공식 출범 및 SMR 기술개발 지원사업 공모 진행(6개 후보업체 선정)

- 영국 정부는 2023년 7월 18일 신규 원자력 프로젝트 개발 지원 및 자금 조달을 담당하는 대영원자력(Great British Nuclear, GBN)의 공식 출범을 발표하면서 SMR 기술개발 지원사업 공모를 시작해 올해 10월 6개의 SMR 개발업체(EDF, GE-Hitachi Nuclear Energy International, Holtec Britain Ltd, NuScale Power, Rolls-Royce SMR, Westinghouse Electric Company UK Ltd)를 후보 사업자로 선정함.
- 2050년까지 최대 24GW 규모의 원전설비 구축을 계획 중인 영국 정부는 올해 3월 GBN의 공식 신설 및 SMR 기술개발 지원사업 공모 계획을 확정한 바 있음.
- 선정된 SMR 노형은 EDF의 Nuward(340MW, PWR), GEH의 BWRX-300(300MW, BWR), Holtec의 SMR-160(160MW, PWR), NuScale Power의 VOYGR(77MW, PWR), Rolls-Royce SMR Ltd의 Rolls-Royce SMR(470MW, PWR), Westinghouse의 AP300 SMR(300MW, PWR)임.
- 영국 정부에 따르면 상기 6개의 업체의 SMR 노형은 2030년대 중반까지 상용화가 가능한 기술로 간주되며, 향후 일정으로 본선 입찰 시행(2023년 말), 최종 사업자 선정(2024년 봄), 최종 사업자와 계약 체결(2024년 여름), 최종투자결정 시행(2029년), SMR 가동(2030년대 중반)이 계획됨.
- 6개의 SMR 개발업체가 제안한 SMR 노형은 수소 생산, 증기 및 열 공급, 항공 합성연료, 지역난방, 담수화, 열병합 등 발전 및 산업 분야에서 활용될 예정임.

● EDF Energy, Hunterston B 1호기 사용후핵연료 인출 작업 완료

- 2023년 9월 19일 EDF Energy는 16개월에 걸친 Hunterston B 1호기(644MW, AGR)의 사용후핵연료 인출 작업을 마무리하고, Hunterston B 2호기(644MW, AGR)에 대한 작업에 돌입할 예정이라고 밝힘.
- EDF Energy에 따르면 Hunterston B 2호기의 사용후핵연료 인출 작업 완료 및 Sellafield 원자력 단지로 사용후핵연료 이송(2025년 중반까지), 원자력해체청(NDA)에 소유권 이전(2026년)이 계획됨.
- 2021년 6월 EDF는 7개 AGR 원전(14기 원자로)과 유일한 PWR 노형인 Sizewell B 원전의 사용후핵연료 인출 작업을 담당하기로 영국 정부와 계약을 체결함. 당초 2035년까지 가동될 예정이었던 Sizewell B 원전은 현재 20년 계속운전 시행을 위한 작업이 진행 중임.
- Hunterston B 1 · 2호기는 각각 1976년과 1977년에 상업운전을 시작했으며 당초 2023년 3월까지 가동될 예정이었으나, 원자로 노심 속 흑연 벽돌에서 감지된 균열로 인해 각각 2021년 11월과 2022년 1월에 영구정지됨.

- EDF에 따르면 총 7개의 AGR 원전 중 3개의 원전(Hunterston B, Hinkley Point B, Dungeness B)에서 사용후핵연료 인출 작업이 진행되고 있으며, 나머지 4개 원전(Heysham 1 · 2원전, Hartlepool, Torness)은 가동 중임.

● 영국, 고준위방폐물 심지층처분시설 후보지역 평가 작업 진행 중

- 2023년 9월 28일 영국 원자력해체청(NDA) 산하 방사성폐기물 담당 기관인 NWS (Nuclear Waste Services)는 4개의 고준위 방사성폐기물 심지층처분시설(Geological Disposal Facility, GDF) 후보지역에 대한 부지 평가 작업을 진행하는 과정에서 지질학적인 이유로 Allerdale을 배제하기로 결정함.

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

- GDF는 유해한 방사선이 지표면 환경에 도달하지 못하도록 고활동성 방폐물을 지하 200~1,000m 깊이의 처분시설에 저장하는 구조물로, 공학방벽(engineered barriers)과 자연방벽(natural barriers)의 다중 방벽으로 이루어져 있음.

- NWS는 Allerdale, South Copeland, Mid Copeland(이상 잉글랜드 북서부 Cumbria주)와 Theddlethorpe(잉글랜드 동부 Lincolnshire주) 등 4개 GDF 후보 부지를 대상으로 안전, 보안, 환경, 공학적 실행가능성, 수송, 비용대비가치(value for money) 기준에 따라 부지 평가 작업을 수행해왔음.

- NWS는 Allerdale가 GDF 수용에 적합한 암석의 양이 제한되어 있고 해당 부지의 지질학적 특성으로 인해 처분시설 폐쇄 후 안전성이 보장될 가능성이 낮다는 결론을 내림.

- NWS는 South · Mid Copeland와 Theddlethorpe의 GDF 수용 적합성 여부를 확인하기 위해 2023년 10월부터 2024년 3월까지 해양 항공 조사를 실시할 예정임. 이는 해당 지역의 조류 및 해양 생물의 개체 수에 대한 정보 제공을 목적으로 함.

- NWS는 심지층처분시설 부지 선정 과정에 10~15년이 소요될 것으로 전망하면서, 처분시설 개발 결정은 후보지역 주민들의 의견 제시 및 지역 동의 후에 가능하다고 덧붙임.

- NWS는 GDF 설계 · 시공 · 운영 · 폐쇄를 포함한 총 비용을 20~530억 파운드(약 3~85조 원)로 추정하고 있지만, 실제 비용은 향후 건설될 신규 원전 개수와 발생하는 추가 폐기물에 따라 변경될 수 있다고 밝힘.

● 영 · 미 정상, 원전분야에서 러시아 의존도 감축 및 첨단 기술개발 위한 협력체 신설 합의

- 2023년 6월 8일 영국과 미국 정상은 21세기 경제 파트너십인 대서양 선언(Atlantic Declaration)을 발표하면서 공급망 구축, 러시아 의존도 감축, 선진 원자로 도입 등을 골자로 양국의 고위 정부 관리가 감독하는 민간 원자력 파트너십(Civil Nuclear Partnership) 구축에 합의함.

- 양국 정상이 채택한 대서양 선언은 ① 핵심 및 신흥 기술 분야에서의 양국의 리더십 확보, ② 경제안보와 기술보호 및 공급망에 대한 긴밀한 협력 구축, ③ 디지털 전환을 위한 협력, ④ 미래 청정에너지 경제 구축, ⑤ 국방 · 보건 · 우주 분야 동맹 강화 등 5개 영역을 다루고 있음.
- 구체적으로 2022년 12월에 설립된 미-영 에너지 안보 및 경제성에 관한 공동조치그룹(JAG)은 2030년까지 신규 인프라 및 선후행 연료주기 구축을 위한 우선순위를 단기적으로 설정하고, 러시아산 핵연료 · 부품 · 서비스 의존도를 최소화하며, SMR을 포함한 첨단 원전의 안전한 국제적 도입을 지원 및 촉진할 예정임.
- 또한 미 · 영 원자력 협력 공동상임위원회는 올해 연말까지 양국의 합의 사항을 이행하고, 기존에 공유된 공동의 정책 목표와 JAG를 통해 확인된 단기 조치를 이행하기 위한 포럼을 개최하며, 신규 원자력 기술 · 정책 개발 교류도 촉진할 계획임.

■ 프랑스

■ 현황

- 프랑스는 2023년 11월 기준 총 56기의 원자로(총 발전용량 64,040MW)를 운영 중임. 또한 원자로 1기(1,650MW급 Flamanville 3호기)가 건설 중이며 신규 원전(EPR2 6기) 건설을 위한 행정 절차가 진행 중임.
- 영구정지된 원자로는 총 14기(총 6,080MW)[62]임.
- 2022년 프랑스의 총발전량은 472.7TWh이며, 발전원별 비중은 원자력 62%, 수력 11%, 재생에너지(풍력, 태양광, 지열) 13%, 가스 9%,바이오매스 3%, 석탄 1%, 석유 1%임.[63]

■ 원자력 관련 주요 정책[64]

- 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.[65]
- 후쿠시마 사고 이후 2012년 취임한 Holland 대통령은 녹색성장을 위한 에너지 전환법

62) 영구 정지된 원자로의 용량은 연구로 포함 수치임.
63) Enerdata. Country Energy Report France. 2023.06.
64) World Nuclear Association, Nuclear Power in France, 2020.03.
https://www.world-nuclear.org/information-library/country-profiles/countries-a-f/france.aspx
65) 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

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.

- 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.[66]
  - 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 추진함.

- 2023년 5월 프랑스 의회는 '기존 원전 부지 인근에 신규 원전 건설 관련 절차 가속화 및 기존 원전 운영에 관한 법안'을 찬성 399표, 반대 100표로 최종 통과시킴.

- 2023년 6월 프랑스 에너지전환부·교육부·직업훈련부는 '프랑스 2030' 투자 계획 및 원전 산업 부흥 정책의 일환으로 향후 10년에 걸쳐 원자력 훈련·연구 및 혁신 원자로 개발에 1억 유로(약 1,400억 원)[67] 이상 투자한다는 계획을 발표함.

■ 주요 이슈

- 프랑스 EDF, 신규 EPR2 원전 프로젝트 추진

① 프랑스 EDF, 이사회 결정에 따라 Penly 신규 원전(EPR2) 건설 절차 시작

- 2023년 6월 EDF 이사회가 2022년 10월 27일부터 2023년 2월 27일까지 진행된 Penly 신규 원전 공론화 결과를 바탕으로 프로젝트 진행을 결정함에 따라, EDF는 Penly 부지에 최신노형인 EPR2 2기 건설을 위한 인허가 절차를 시작함.

- 구체적으로 EDF는 프랑스 원자력안전청(ASN)이 담당하는 원자력시설 건설허가 신청서인 DAC(creation authorisation decree)(약 3년 소요)와 환경 당국이 담당하는 환경 허가(약 1년 소요) 취득과 관련된 행정 절차에 착수함.

66) 에너지경제연구원, 세계 원전시장 인사이트, 프랑스의 2050 전력부문 탄소중립 달성을 위한 시나리오 및 과제 주요내용(2022.01.14.)
67) 유럽 내용 전체 2023년 11월 9일 환율 적용(1유로=1,400원, 1파운드=1,606원, 1달러=1,310원)

- EDF에 따르면 환경 허가 취득 시 2024년 중반 부지 정비 작업 수행, 2027년 DAC 취득 시 첫 호기에 대한 콘크리트 타설 작업 착수, 2035년 시운전이 계획됨.
- 프랑스 정부는 2022년 2월 최대 14기의 EPR2 원전 건설(6기 건설 · 추가 8기 증설 검토) 계획을 발표하고, 노르망디 지역 Penly 원전에 2기, 북프랑스 지역 Gravelines 원전에 2기의 EPR2 노형을 적용한 원전 건설 계획을 확정함.

② 프랑스, 세 번째 신규원전(EPR2) 건설부지로 Bugey 원전 부지 선정

- 2023년 7월 Macron 대통령이 위원장을 맡고 있는 원자력정책위원회(CPN)는 기존Bugey 원전 부지를 ERP2를 적용할 세 번째 부지로 선정함.

※ Macron 대통령이 위원장으로 있는 프랑스 원자력정책위원회는 총리, 주무장관(에너지, 경제, 연구 등), 대체에너지 및 원자력위원회(CEA), 원자력안전청(ASN) 대표로 구성됨.

- 프랑스 정부는 세 번째 EPR2 건설후보지로 Bugey 원전과 Tricastin 원전을 비교해 본 결과, 기술적인 문제가 있어 추가 연구가 필요한 Tricastin 원전 대신 즉시 착공이 가능한 Bugey 원전을 최종적으로 선정함.
- 프랑스 정부는 향후 EPR2 노형의 추가 건설 부지로 Tricastin 부지를 고려할 예정임.
- EDF는 EPR2 2기가 각각 한 쌍(pair)으로 적용된 Penly · Gravelines · Bugey 신규 원전의 시운전 일정을 각각 2035년, 2038년, 2042년으로 전망함.

● 프랑스 Tricastin 1호기, 계속운전 허가로 자국 내 최초로 50년 간 운전 가능

- 2023년 8월 10일 EDF가 가동 중인 프랑스 Tricastin 1호기(955MW, PWR)는 4차 주기적안전성평가(PSR)를 바탕으로 원자력안전청(ASN)으로부터 10년 계속운전 시행을 승인받아 최대 50년 가동 승인을 취득한 자국 최초 원전이 됨.
- Tricastin 1호기(설계수명 40년)는 1980년 12월 상업운전을 시작해 2019년에 4차 PSR의 일환인 10년 주기 검사(ten-year inspection)를 거쳤으며, 2020년 EDF는 ASN에 안전 개선사항을 담은 PSR 결과 보고서를 제출함.
- ASN은 EDF의 10년 주기 검사 보고서 및 안전개선 조치 보고서 검토 후 안전성 부분에서 추가 요건(지진 및 폭염대응) 설정을 전제로, Tricastin 1호기의 10년 계속운전을 허용함.
- ASN의 이번 결정은 EDF가 2014년부터 진행한 약 660억 유로(약 92조 원) 규모의 계속운전 사업인 'Grand Carenage'의 일환으로 수행한 설비개선 작업으로 가능해짐.
- 2023년 2월 프랑스 원자력정책위원회는 기존 원전의 60년 계속운전 시행을 위한 타당성 연구 개시를 승인한 바 있음.
- 프랑스는 원전의 운영허가 기간의 제한을 두지 않고 있으며 10년마다 주기적안전성평가(PSR) 제도를 활용해 계속운전을 허용하고 있음.

- PSR 제도는 동일 노형의 원자로에 대한 일반(generic) 단계 이후 각 호기별 특정(specific) 단계로 순차적으로 수행됨.
- 2021년 2월 ASN은 900MW 규모의 32기 원자로에 대한 일반(generic) 단계를 종료하고, 2031년까지 시행되는 특정(specific) 단계에서 각 호기에 안전성 개선 방안 및 추가 조치를 적용 시 해당 32기 노형의 10년 계속운전이 가능하다는 입장을 표명한 바 있음.

● 프랑스 EDF 자회사 NUWARD, Nuward SMR 설계보고서 규제기관 제출

- 2023년 7월 21일 SMR 개발을 위해 EDF에서 분사된 NUWARD는 2030년 착공을 목표로 한 Nuward(설계수명 60년, 각 170MW, PWR 2기) 설계 · 안전 보고서(dossier d'options de sûreté, DOS)를 원자력 규제기관인 ASN에 제출해, Nuward의 사전인허가 절차 시작을 알림.
- Nuward 설계 · 안전 보고서(DOS)는 안전 목표, 설계 특성, 운영 · 위험 관리 원칙을 명시한 문서로 안전성 측면에서 ASN의 의견을 구하는 데 사용되며, 원자력시설 건설허가 신청서인 DAC 제출 전 사업자의 허가 절차 준비 및 인허가 취득을 위한 필수 단계임.
- 한편, ASN, 체코 규제기관 SÚJB, 핀란드 규제기관 STUK는 각 국의 원전 인허가 규정, 국제 안전 목표 및 참조 수준, 모범 사례를 바탕으로 Nuward의 인허가 사전설계 검토를 진행 중임.
- Nuward 프로젝트는 전력 생산, 담수화, 지역난방, 열병합 발전 등 다목적용 플랜트를 목적으로 하며, 2027년에 Nuward의 세부설계 완료, 2030년 최초호기 건설을 위한 해당 노형의 콘크리트 타설 시작이 전망됨.

● 프랑스 EDF, 원전 응력부식 결함 수리 진전

① 프랑스 원자력규제청, EDF의 응력부식(stress corrosion) 대응방안 승인

- 2023년 4월 25일 프랑스원자력규제청(ASN)은 안전주입회로(RIS) 및 원전정지냉각회로(RRA)의 용접부에 대한 신속한 검사 수행을 담은 EDF의 원전 응력부식 대응 전략 개정안을 승인함.
- 2021년 12월 EDF는 Civaux 1호기(1,561MW, PWR) 배관에서 최초로 응력 부식 결함을 발견한 이후 결함이 감지된 16기 원자로(1,450MW 규모 4기 및 1,300MW 규모 12기)의 검사 및 배관 수리를 장기적으로 진행한 탓에 2022년 원전 발전량은 279TWh로 감소해(2021년 약 361TWh) 1988년 이후 최저치를 기록함.
- 2022년 12월 EDF는 ASN에 원전 검사 및 수리전략(2023년~2025년)을 1차 제출했으며, 올해 3월 중순 열 피로와 같은 추가 결함 대응 전략을 반영한 개정안을 제출한 바 있음.
- 이번 개정안을 통해 EDF는 올해 말까지 배관 용접부의 90% 점검을 완료하고, 나머지 10%를 2024년 1분기 중에 완료할 계획임.

② 프랑스 EDF, 원자로 응력부식 결함 수리 순조로워 올 겨울 안정적 전력공급 전망

- 2023년 8월 29일 Luc Remont EDF 최고경영자(CEO)는 응력 부식이 발견된 원자로의 배관 수리가 신속하게 진행됨에 따라 원자력 발전량도 늘어나 올해 동절기 전력 공급에 차질이 없을 것으로 전망함.
- EDF는 응력 부식 수리 절차를 표준화하여 신속하게 수리 작업을 진행 중이며, 응력 부식에 취약한 16기의 원자로 중 13기를 예방 차원에서 수리 완료함.
- EDF는 응력부식 수리 작업으로 2023년 8월 원자력 발전량이 23.9TWh로 2022년 동월(18.1TWh) 대비 32% 증가했다고 밝힘.
- 2023년 9월 7일 기준 EDF는 39기 원자로를 가동 중으로, 이는 작년 동일 시점 대비 12기가 늘어난 수치임.

● 프랑스 ASN, Bure 지역에 고준위방폐물 처분시설 건설 위한 신청서 검토 시작

- 2023년 6월 22일 프랑스 원자력안전청(ASN)은 올해 1월 방사성폐기물관리청(Andra)이 제출한 고준위방사성폐기물처분시설(Cigéo)의 건설허가 신청서(DAC)를 승인함에 따라, 해당 문서에 대한 기술 평가를 시작함.
- Andra는 Meuse/Haute Marne 주에 위치한 Bure 지역 점토층 지하 500m에 장수명 고준위 · 중준위 방폐물을 처분하는 고준위 방폐장을 건설할 계획으로, 2023년 1월 Cigéo DAC를 프랑스 에너지전환부에 제출함. 2023년 3월 에너지전환부는 ASN에 기술 평가를 위임함.
- ASN에 따르면 DAC에는 부지 선정, 핵심 파트 개발, 안전 조치 등 다양한 사안에 대한 사전 연구 및 개발 작업 내용이 집약되어 있음.
- Cigéo 건설 승인 절차는 기술 평가와 협의라는 두 가지 단계로 이루어짐. 구체적으로 ASN이 주도하는 기술 평가에 프랑스 방사선방호·원자력안전연구소(IRSN) 및 국가평가위원회(CNE2)가 각각 참여함. 이후 이해관계자(환경 당국, 지역정보위원회, 지방 당국 등)의 협의를 거쳐 ASN의 최종 결론이 제시됨.
- Andra는 Cigéo 일정을 2027년 착공, 2035~2040년 시험 운영허가 발급, 2040~2050년 정식 운영허가 발급으로 계획함.
- 프랑스는 1991년 방사성폐기물관리연구법 제정을 통해 고준위 방폐물 부지 탐색을 본격 추진해왔으며, 2006년 방사성폐기물 관리계획법을 제정해 Andra가 2015년 건설허가 취득, 2025년 운영을 목표로 고준위 방폐장의 설계 · 건설을 담당하도록 함.
- 2012년 Andra는 Cigéo 개념 설계안을 제출함. 이후 2013년 공론화에 이어 2016년 해당 시설의 건설을 위한 세부적 요건을 정의하는 법안이 제정됨. 이후 2022년 7월 프랑스 정부는 상기 프로젝트를 공공사업으로 발표한 바 있음.

러시아

현황

- 러시아는 2023년 11월 기준 총 37기의 원자로(총 발전용량 29,576MW)를 가동하고 있으며, 총 3기의 신규 원자로(2,830MW)를 건설 중임.
- 영구정지된 원자로는 총 10기(총 4,278MW)임.
- 2022년 러시아의 총발전량은 1,165TWh이며, 발전원별 비중은 가스 44%, 원자력 19%, 수력 17%, 석탄 18%, 석유 1%임.[68]

원자력 관련 주요 정책[69]

- 1986년 체르노빌 사고 이후 주춤했던 러시아의 원전 정책은, 90년대 보리스 옐친 전 대통령령의 '연방 목표 프로그램'을 근거로 2000년부터 본격 추진됨.[70] 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.[71]
- 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 플라즈마 기술 개발, 소규모원전을 포함한 참조형(reference) 원전의 설계 및 건설을 포함함.
- 2021년 9월 Rosatom은 1970년대에 건설된 기존 원전을 2035년까지 신규 원자로 15기(각 1,200MW, 3세대+)로 대체할 계획이라고 발표함.
- 2021년 10월 6일 러시아 정부는 2060년까지 탄소중립 목표 달성을 위한 신규 탄소중립 전략계획 초안을 작성함.

---

68) Enerdata, Country Energy Report Russia, 2023.06.
69) 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
70) Bellona, Russian Nuclear Power 2018
71) Bellona, Russian Nuclear Power 2018

- 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

  - (짐바브웨) 2023년 7월 27일 러시아는 원자력의 평화적 이용을 위한 협력 증진을 목적으로 협정을 체결함. 이번 협정은 2021년 9월에 체결한 양해각서의 후속 조치로, 짐바브웨의 원자력시설 지원, 안전규제, 방사선동위원소 생산 및 타 분야 적용, 방사성분야 활용, 원자력 전문가 교육 등의 분야에서의 협력을 포함함.

  - (에티오피아) 2023년 7월 27일 러시아는 에티오피아와 양국 간 협력 로드맵을 체결해 2023년부터 2025년까지 에티오피아 내 최초 원전(대형 또는 소형) 및 원자력 과학기술 센터 설립 가능성 검토, 양국의 전문가 교류를 위해 협력하기로 합의함.

  - (남아공) 2023년 7월 27일 러시아 핵연료전문업체인 TVEL과 남아공 원자력공사(Necsa)는 핵연료 주기 및 부품 제조 협력을 위한 양해각서를 체결함. 이번 협정 체결로 양측은 핵연료 및 부품 제조 분야의 전문지식 결합을 통한 역량 강화에 협력할 계획임. 구체적으로, TVEL은 남아공과의 협력이 브릭스 내 원자력 발전의 지속가능성을 확대하는 계기로, Necsa는 이번 협력을 핵연료 제조 및 공급역량을 재확립하는 기회로 간주함.

  - (미얀마) 2023년 6월 27~28일 양일간 Rosatom 대표단은 미얀마를 방문해 미얀마 정부와 공동 조정 위원회를 개최해 미얀마 내 원전 건설과 인프라 구축에 대해 논의함. 이는 2023년 2월 원자력의 평화적 사용에 관한 정부 간 협력 협정(IGA) 체결의 일환으로, SMR 건설 및 운영을 위한 인력 양성 등 여러 분야에서 원자력을 활용함으로써 정부 간의 협력을 발전시켜 나가기 위한 기반 구축이 목적임.

- 러시아, SMR 도입 추진

  ① Rosatom, 극동 Chukotka 자치구와 초소형원자로 Shelf-M SMR 도입 추진

  - 2023년 6월 15일 Rosatom은 극동지역 Chukotka 자치구와 초소형 Shelf-M SMR(설계수명 60년, 최대 10MW) 기반의 초소형원자로 도입 · 운영을 위한 계약을 체결함.

  - Rosatom는 Shelf-M SMR을 도입해 Savoye 금 매장지 및 Chukotka 자치구에 전력을 안정적으로 공급할 계획이며, 2030년 가동을 목표로 2024년까지 해당 노형 및 관련 부품 설계를 완료할 예정임.

  - Rosatom 산하 연구개발원인 NIKIET이 Shelf-M SMR의 기술 설계를, 해외 원전 건설을 담당하는 Rosatom Overseas가 프로젝트 관리를 담당함.

- 현재 Chukotka 자치구에서는 SMR 기반의 최초 부유식 원전인 아카데믹 로모소노프(Akademik Lomonosov, 35MW 규모 KLT-40S 노형 2기)가 전력망에 전력을 공급하고 있으며, 2028년 가동을 목표로 RITM-200 기반의 지상형 SMR 건설이 진행 중임.

② 러시아, SMR을 활용한 잠수정 개념 설계 진행

- 2023년 7월 Rosatom에 따르면, 국영조선업체인 USC(United Shipbuilding Corporation)의 자회사로 잠수함 설계 전문기업인 Malakhit Marine Engineering Bureau은 북극 대륙붕 지대에 전력 공급을 목적으로 총 20MW 규모의 SMR을 탑재한 잠수정 개발 프로젝트(각 8~10MW, 원자로 2기)를 추진 중임.

- 해당 SMR 잠수정은 수심 400m 깊이까지 잠수가 가능하며, 수중 거주 장치와 도킹함으로써 인력과 화물 적재가 가능함. 또한 최대 6명의 전문가로 구성된 팀이 3개월마다 정기적으로 유지보수 검사를 진행해 안전성을 확보할 예정임.

- 원자력 · 디젤 잠수함의 설계 · 건설 · 테스트를 담당하는 Malakhit Marine Engineering Bureau는 상기 잠수정이 잠수 및 상승을 제어하는 8개의 앵커 라인과 수주(water column)에 대한 향상된 내진(seismic resistance) 성능을 갖추고 있다고 설명함.

● 러시아, Leningrad 1 · 2호기 사용후핵연료 인출 작업 시행

- 2023년 8월 Leningrad 원전은 Leningrad 1 · 2호기(각 1,000MW, RBMK-1000)에서 발생한 사용후핵연료 3,361다발(1호기 1,693다발, 2호기 1,668다발) 인출 작업을 완료함.

※ 구소련이 설계한 RBMK 원자로는 감속재로써 흑연을 사용하는 개별 연료관이 갖춰진 PWR 노형임.

- 사용후핵연료는 원전 내 수중 저장조로 이송됨. 완전 연소되지 않은 일부 사용후핵연료 다발은 각각 2025년과 2026년까지 가동 예정인 Leningrad 3 · 4호기에 활용되고, 나머지는 사용후핵연료 저장시설로 이송될 예정임.

- Leningrad 원전은 두 호기의 해체 작업이 2025년에 시행될 것으로 전망함.

- 2023년 7월 Leningrad 원전측은 Leningrad 1 · 2호기 해체 계획서에 대한 주민의견수렴 및 관계자 회의를 완료하면서, 해당 문서가 국내와 IAEA의 요건을 충족한다고 밝힘.

- Leningrad 1호기는 1974년 11월 상업운전 개시 44년 만인 2018년 12월 영구 정지되었으며, 2호기는 1976년 상업운전에 들어가 2020년 11월에 영구 정지됨.

- Leningrad 원전은 현재 3·4호기(각 1,000MW, RBMK 2기)와 5·6호기(Leningrad-II 1·2호기, 각 1,188MW, VVER-1200)를 가동 중이며, 7 · 8호기(Leningrad-II 3 · 4호기, 각 1,170MW, VVER-1200 2기)는 각각 2030년과 2032년에 시운전될 예정임.

● 신규 원전 건설 현황(Kursk-II 원전, Leningrad 7호기)

① 러시아 Kursk-II 원전

- 2023년 10월 19일 Rosatom은 VVER-TOI 노형이 적용된 Kursk II 1호기(1,255MW, PWR)의 계통 세정(flushing) 시험을 위해 60톤 이상의 화학적 탈염수를 원자로 용기에 주입함. 시운전 전 시험은 신규 VVER-TOI PWR 노형의 운영 전 안전 점검을 의미함.

※ 1,300MW 규모의 VVER-TOI은 노심설계 개선과 원전정지 후 72시간 동안 운전원의 개입없이 안전 유지가 가능한 피동형 안전계통을 갖춘 원자로임.

- Kursk II 2호기(1,255MW, PWR)의 경우 올해 7월 보조 원자로 건물 내 환기 설비를 설치함.

- 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.

② Leningrad 7호기 굴착 공사 완료

- 2023년 9월 18일 Rosatom은 VVER 1200 노형이 적용된 Leningrad 7호기(1,170MW, PWR)의 원자로계통에 대한 기초 굴착공사를 완료함. Rosatom은 해당 작업에 50명의 인력, 30대의 차량, 15개의 특수 장치가 투입되었다고 설명하며, 향후 1차 계통 건물에 대한 배수설비를 설치할 계획이라고 밝힘.

※ VVER-1200은 최신식 안전 시스템을 갖춘 첨단 원자로로, 기존 VVER 원자로와 비교해 용량이 200MW 더 늘어나고 설계 수명도 60년으로 2배나 더 길어짐.

- 2023년 6월 Rosatom은 원전운영사인 Rosenergoatom에 Leningrad 7 · 8호기(Leningrad-II 3 · 4호기) 건설의 1단계 착수 허가를 발급함. 1단계 건설 허가는 2028년 11월까지 유효함. Leningrad 7 · 8호기는 각각 2024년 6월과 2025년 5월에 최초 콘크리트 타설 작업 시행, 각각 2030년과 2032년에 시운전 시험이 계획됨.

■ 핀란드

■ 현황

- 핀란드는 2023년 11월 기준으로 착공 약 18년 만에 상업운전을 시작한 Olkiluoto 3호기(1,720MW, PWR)를 포함해 총 5기의 원자로(총 발전용량 4,622MW)를 운영 중임. 한편, 러시아 VVER 노형이 적용된 Hanhikivi 1호기(1,400MW) 건설 프로젝트는 취소됨.

- 2021년 핀란드의 총 발전량은 71.8TWh이며, 발전원별 비중은 원자력 33%, 바이오매스 20%, 재생에너지(풍력, 태양광, 지열) 12%, 수력 22%, 가스 5%, 석탄 8%임.[72]

72) Enerdata. Country Energy Report Finland. 2023.04.

■ 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. 최종처분시설은 2016년 말 착공에 들어가 2023년 운영될 예정으로, 약 6,500톤의 사용후핵연료를 약 10만년 동안 지하 455미터 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.[73]
- 2022년 5월 연합정부의 외무부, 내무부, 환경·기후부를 담당하는 핀란드 녹색당(Vihreät De Gröna)은 2023~2027 녹색당 공약을 통해 친원전 입장을 표명하며, 계속운전 실시, SMR 승인 절차 간소화를 위한 원자력법 개정, Hanhikivi 원전 프로젝트를 대체할 안정적인 저탄소 기저부하 전원 공급 방안을 제시함.

■ 주요 이슈

- 핀란드, 신규 Olkiluoto 3호기 상업운전 시작
  - 2023년 5월 1일 핀란드 전력사 TVO는 착공 18년 만에 Olkiluoto 3호기(1,720MW, EPR)의 상업운전을 시작함.
  - Olkiluoto 3호기는 2021년 4월 핵연료 장전, 2022년 3월 전력망 연결, 2023년 4월 시운전 단계 종료 및 정식 전력 생산 과정을 거침.
  - 유럽에서 가장 큰 단일 원자로인 Olkiluoto 3호기는 자국 전체 발전량의 약 14%를 담당하고, 핀란드의 전력 수입을 60% 감축할 것으로 전망되고 있음.

73) 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

- 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.
- 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 유로(약 4조 원)에서 110억 유로(약 15조 원)로 증가함.

● 핀란드 민간기업, 지역난방용 SMR 도입을 위한 협력 추진

- 2023년 10월 3일 핀란드 에너지 기업인 Helen과 LDR-50 SMR(50MW) 개발업체인 Steady Energy는 지역난방용 SMR 도입을 위한 의향서(Letter of Intent)를 체결함.

※ LDR-50은 기존 원자로와 비교해 매우 낮은 운전 온도(약 150℃) 및 압력(10bar 미만)에서 작동하며 피동안전(Passive Safety)계통을 사용해 원자력 산업에서 요구하는 높은 안전기준을 충족시킬 수 있음.

- 양측은 향후 6개월 내로 원자력을 활용한 열 생산에 관한 사전 투자 계약 체결을 목표로 SMR 개발 계획을 수립할 예정임.
- 해당 의향서에는 핀란드 원자력법 개정 추진, 부지 허가 및 설계 검토 신청, SMR 발전소 전력 거래 계약 가격 확정, 최대 10기 Steady Energy의 SMR 확보 등이 포함됨.
- 핀란드에서는 SMR 건설을 위한 입법 작업이 완료되지 않아 이해관계자 및 당국 간의 협력이 필요한 상황에서, Helen은 Steady Energy · 이해관계자 · 당국과 협력해 지역난방용 원자력 열 생산 관련 전제 조건을 구축할 계획을 밝힘.
- 2023년 여름 핀란드 VTT 국가기술연구센터에서 분사된 Steady Energy는 2030년까지 세계 최초 지역난방용 LDR-50 SMR 건설을 목표로 하고 있으며, 올해 6월 지역난방용 SMR 실증 연구를 위해 초기 자금 200만 유로(약 28억 원)를 확보한 바 있음.
- 핀란드 내 9개 발전소와 9개 지역난방시설을 운영 중인 Helen은 2030년까지 전력 생산의 탈탄소화를 목표로 SMR에 대한 관심을 표명해 왔으며, 2022년 11월 핀란드 전력사인 Fortum과 SMR 개발 협력을 위한 전제조건을 검토하는 공동 연구 착수를 발표한 바 있음.

● 핀란드, 방폐물 최종처분시설 가동 및 건설 현황

(중 · 저준위 방폐물)

- 2023년 9월 4일 핀란드 방사선 · 원자력 안전청(STUK)은 전력사 TVO가 운영 중인 중 · 저준위 방폐물 최종처분시설(Olkiluoto 원전 소재)에 대한 정기안전성평가(PSA)결과 해당 시설이 안전성 측면에서 양호해 2051년 말까지 가동이 가능하다고 밝힘.
- Olkiluoto 원전에서 발생한 폐기물과 의료 및 연구용으로 발생한 중 · 저준위 폐기물을 담당하는 해당 처분 시설은 1992년 핀란드 정부의 결정으로 가동을 시작함.

- TVO는 2021년 12월 STUK에 해당 시설에 대한 PSA를 제출한 바 있음.
- 핀란드 원자력법에 따라 STUK는 방폐물 최종 처분시설에 대해 최소 15년 주기로 PSA를 실시함. 중·저준위 방폐물 최종처분시설의 PSA는 2006년에 실시되었으며 2036년 말에 다음 평가가 시행될 예정임.

(고준위 방폐물)[74]

- 2023년 9월 27일 STUK는 Olkiluoto 부지에 건설 중인 Posiva의 사용후핵연료 최종처분시설(Onkalo)에 대한 운영 허가 신청서 검토 작업이 올해 안으로 완료되지 않을 것으로 전망함.

※ Onkalo는 대략 6,500톤의 사용후핵연료를 지하 455미터 깊이의 터널에 저장할 수 있는 규모로 약 10만 년 동안 보관 가능한 시설임.

- 2021년 12월 Posiva는 Olkiluoto·Loviisa 원전에서 발생한 사용후핵연료의 최종 처분을 목적으로 Onkalo 및 사용후핵연료 밀봉시설 운영 허가 신청서를 핀란드 정부에 제출함. 해당 신청서는 2024년 3월부터 2070년 말까지 두 시설의 가동을 목적으로 함.
- STUK는 Onkalo의 운영허가 신청 처리가 순조롭게 진행되고 있지만, Posiva에 신청서 내 일부 자료를 개정해달라고 요청함에 따라 검토 작업이 예상보다 오래 걸리고 있다고 밝힘. STUK는 Posiva로부터 요청 자료를 받는 즉시 안전성 평가 작업을 준비할 계획임.
- STUK의 의견을 바탕으로 최종 결정을 내릴 예정인 핀란드 정부는 STUK에 올해 말까지 상기 신청서에 대한 검토 의견을 요청했으나, STUK는 답변 기간을 연장할 계획이라고 밝힘.

■ 스웨덴

■ 현황

- 2023년 11월 기준 총 6기(7,184MW)를 운영 중이며, 건설 중 원자로는 없음. 총 13기의 원자로 중 현재까지 7기(4,268MW)가 영구 정지됨.
- 2022년 스웨덴의 총발전량은 172.8TWh로 이 중 원자력이 29.8%, 수력 40.4%, 풍력 19%를 차지함.[75]

■ 원자력 관련 주요 정책

- 2023년 9월 28일 스웨덴 정부는 기존 환경법에 명시된 가동 원전 기수 상한(10기)의

74) https://www.neimagazine.com/news/newsmore-time-needed-to-verify-safety-of-finlands-planned-used-fuel-disposal-facility-11186442/
https://www.world-nuclear-news.org/Articles/Completion-of-Finnish-repository-review-delayed

75) Enerdata, Country Energy Report Sweden(2023.09.)

폐지, 신규 부지에 원전 건설 허용, SMR 건설·도입 규정 수립이 명시된 환경법 개정안을 의회에 제출했으며, 2024년 1월 1일자 발효를 제안함.

- 스웨덴에서는 2022년 9월 총선에서 우파 연정(온건당 · 스웨덴 민주당 · 기독민주당 · 자유당)이 좌파 연정을 근소한 차로 이겨 8년 만에 우파로 정권 교체가 이루어짐.[76]
- 2022년 10월에는 Ulf Kristersson 총리의 정식 취임으로 우파 성향의 온건당 13명(총리 포함), 기독민주당 6명, 자유당 5명의 각료로 구성된 3당 연립 정권이 정식으로 출범함.[77] 스웨덴 민주당은 제2당을 차지하며 신정부의 정책에 협력함.
- 스웨덴 우파 연정은 2022년 10월 이전 정권의 에너지 정책인 '재생에너지 발전 100% 시스템'을 '비화석 연료 100% 시스템'으로 변경하고, 단계적 원전 폐지를 철회한다는 입장을 표명함.
- 2022년 10월 14일 우파 연정은 정책 협의 서면동의서인 Tidöavtalet을 통해 원전 건설 부지 · 기수를 제한한 환경법 개정 추진과 신규 원전 건설을 위해 2026년까지 총 4,000억 SEK(약 48조 원)[78]를 투자하고 SMR 건설 · 운전이 가능하도록 규제를 정비할 방침을 밝힘.
- 2023년 1월 11일에는 Ulf Kristersson 총리와 Romina Pourmokhtari 기후 · 환경부 장관은 신규 부지 원자로 건설 금지와 원자로 가동 기수를 10기로 제한한 현행 환경법 조항의 폐지 · 개정을 공식 제안한 바 있음.
- 당시 총리와 기후 · 환경부 장관은 스웨덴의 전력 수요 부응을 위해 저탄소 전원 확대가 필요하고, 법 개정을 통해 다양한 부지에 다수의 원전이 건설되기를 원한다는 입장을 밝힘.[79]
- 2023년 8월 스웨덴 기후에너지부 장관은 기후 변화 대응을 위해 2045년까지 최소 10기의 대형 원전 건설 계획을 발표함.

- 한편, 2023년 스웨덴의 발전사업자인 Vattenfall은 향후 급증하는 전력 수요 충족을 위해 Ringhals 원전 인근에 최소 2기의 SMR을 건설하기 위한 타당성 조사를 진행 중이며 올해 말 또는 내년 초까지 타당성 조사를 완료할 것으로 예상함.
  - Vattenfall은 영구정지한 Ringhals 1 · 2호기 교체 가능성, 기존 전력망 인프라 보유, 지역 주민의 원전 수용성을 갖춘 Ringhals 원전 인근 부지를 SMR 건설 부지로 적합하다고 판단함.

---

76) 한겨레, 스웨덴, 8년 만에 우파로 정권교체(2022.09.15.)
77) JETRO, スウェーデン、3党連立の新政権発足(2022.10.19.)
https://www.jetro.go.jp/biznews/2022/10/e75a38a0c234851f.html
原子力産業新聞, スウェーデンの新政権4党 原子炉の新設と維持で合意(2022.10.18.)
https://www.jaif.or.jp/journal/oversea/15068.html
78) 스웨덴 내용 전체 2023년 11월 09일 환율 기준 적용(1SEK=120원/1유로=1,401원)
79) 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.)
https://www.jaif.or.jp/journal/oversea/16119.html
스웨덴 정부 웹사이트, Regeringen föreslår ändrad lagstiftning om kärnkraften(2023.01.11.)
https://www.regeringen.se/pressmeddelanden/2023/01/regeringen-foreslar-andrad-lagstiftning-om-karnkraften/

- 스웨덴 원전에서 발생하는 모든 방사성폐기물에 대한 처분 시행 주체는 SKB이며 현재 Forsmark 원전 인근에서 2030년대 가동을 목표로 고준위방폐물 심지층 처분 시설 건설을 준비 중임.[80]

  - 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 63,000㎥)을 운영 중이나, 자국 원자로 6기에서 발생하는 방폐물 저장을 위해 2014년 저장용량을 기존 대비 3배 증설(약 200,000㎥)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, 2030년경운영 개시를 계획 중임.[81]

■ 주요 이슈

- Vattenfall, 프랑스 Framatome과 Ringhals 3·4호기 설비개선 계약 체결

---

80) 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/?
原子力産業新聞, スウェーデン政府' SKBの使用済燃料最終処分場計画に建設許可発給へ(2022.01.28.)

81) 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,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(2023.04.07.)
https://www2.rwmc.or.jp/nf/?p=30274

- 2023년 5월, 스웨덴 원전운영사 Vattenfall과 프랑스 원자력기업 Framatome의 Ringhals 3호기(1,117MW, PWR) · 4호기(1,171MW, PWR) 계측제어설비 개선 및 원자로냉각재펌프(Reactor Coolant Pump) 재정비 관련 계약을 체결함.[82)]
- Ringhals 3 · 4호기는 각각 1981년과 1983년 상업운전을 시작했으며, Westinghouse의 3LP가 모델을 활용함. Framatome은 자사의 디지털 계측 · 제어 플랫폼인 TELEPERM XS을 사용해 두 호기의 계측제어설비를 최신형으로 교체할 예정임.
- Framatome은 3 · 4호기의 신규 계측제어설비 설치 및 가동은 각각 2026년, 2027년으로 계획함. 더불어 Ringhals 원전 내 1차계통의 루프(loop)에 위치한 6개 원자로냉각재펌프에 대한 재정비 작업을 시행할 예정임.

● Vattenfall, Ringhals 원전 인근 신규 원전 부지 확보 작업 시작

- 2023년 9월 Vattenfall은 보도 자료를 통해 남서부 지역에 위치한 Ringhals 원전 인근에서 신규 원전 건설을 위한 부지 확보 작업을 시작했다고 발표함.
- 신규 원전 건설을 위해 바로 반도(Varo Peninsula) 내 부지 구입 절차를 시작했고, 환경영향평가 보고서 작성과 공급업체 및 노형 선정을 위한 조달 절차도 착수했으며, 신규 원전에 대한 최종 투자 결정은 필수 인허가 취득 후에 결정할 예정이라고 밝힘.
- Vattenfall에 따르면 환경영향평가 작업은 Vattenfall이 2022년 여름부터 진행 중인 Ringhals 원전 인근 최소 2기 SMR 건설을 위한 타당성 조사 범위 내에서 진행되며, 주변 지역 연구 및 토양 조사를 포함함.

● 스웨덴 개발사들의 국내 및 해외 SMR 도입 추진 현황

① SMR 관련 스웨덴 납냉각원자로 개발업체 Leadcold

- 2023년 5월 12일 우크라이나 에너지 기업 NGSI와 종전 후 우크라이나 내 SMR 도입 가능성 조사를 위한 의향서를 체결함.
- LeadCold는 스웨덴 왕립 공과대학교에서 스타트업으로 분리되었으며, 1996년부터 납냉각 원자로를 개발해 왔음. 우크라이나 NGSI는 에너지 수송을 위한 기술 · 장비를 개발 기업임.
- NGSI는 Leadcold의 SMR 설계가 우크라이나 시장에 가장 적합하다고 판단해, 대형 에너지 인프라 구축 경험을 갖춘 자사와 Leadcold의 혁신적인 기술을 결합해 지속가능하고 안전한 방안으로 전력을 공급할 계획이라고 밝힘.

② SMR 관련 스웨덴 기업 Kärnfull Next

- 2023년 8월 24일 스웨덴 SMR 개발기업 Kärnfull Next※는 스웨덴 원자력기술서비스 공급업체 Studsvik와의 협력협정을 체결해 동부 해안에 위치한 Studsvik의 산업 단지 내 SMR 도입 타당성 조사 권한을 확보했다고 발표함.

82) World Nuclear News, Nuclear Engineering International(2023.05.16.)

※ Kärnfull Next는 스웨덴 환경보호기술 스타트업인 Kärnfull Future의 100% 자회사로, 2019년에 설립되어 SMR 프로젝트 개발을 담당하고 있음. 1947년 설립된 Studsvik는 핵연료 · 핵물질 기술, 원자로 분석 소프트웨어, 해체, 방사선방호 서비스, 방폐물 처리 · 부피 감소 기술 등 첨단 원자력기술 서비스를 제공함.

- Kärnfull Next는 2023년 5월부터 12월까지 Studsvik의 산업 단지 내 SMR 건설 · 운영 가능성 검토를 위해 재정 · 기술 · 환경 · 사회적 측면에서 타당성 조사를 수행할 예정으로, 초기 타당성 조사 결과 해당 부지가 SMR 건설에 유리한 조건을 갖추고 있다고 판단함.
- 양측은 SMR 타당성 조사 결과가 긍정적(특히 지역 수용성)으로 평가될 경우, 2024년 하반기에 자금조달, 인허가, 장기전력구매계약(PPA)을 결정할 계획이라고 밝힘.
- Kärnfull Next는 자국 내 SMR 건설을 목표로 미국 GE Hitachi Nuclear Energy와 BWRX-300 SMR 도입을 위한 양해각서를 체결(2022년 3월)하고, 핀란드 Fortum과 자국 내 SMR 보급 가능성을 공동으로 탐색하는 양해각서(MOU)를 체결(2022년 12월)한 바 있음.
- 한편, Kärnfull Next는 2023년 7월 4일 덴마크 벤처캐피털기업 Climentum Capital과 스웨덴 투자기업 Granitor Growth Management로부터 200만 유로(약 28억 원) 규모의 SMR 개발자금 투자를 받았다고 밝힘.
- Kärnfull Next는 해당 자금을 스웨덴 전역을 대상으로 한 SMR 부지 평가 절차 가속화 및 SMR 사전 타당성 · 타당성 심층 조사에 지출할 계획이라고 덧붙임.

■ 체코

■ 현황

- 2023년 11월 기준 Dukovany 원전과 Temelín 원전에서 총 6기(4,164MW, PWR)를 가동 중임. Dukovany 원전(총 2,000MW, PWR 4기)부지에 추가 최대 2기(각 1,200MW급) 의 건설을 추진 중이며 우선 1기(5호기)에 대한 입찰을 2022년 3월에 시작하여 2023년 10월 31일 프랑스 EDF, 한국수력원자력, Westinghouse의 최종입찰서를 제출받음. 향후 체코 정부가 2024년에 원자로 공급사 1개 사를 결정하여 계약을 체결할 예정임.[83]
  - Dukovany 원전의 원자로 추가 건설 사업과 관련된 준비·시행 업무는 체코전력공사 ČEZ의 자회사인 Elektrárna Dukovany II(이하 'EDU II')가 담당함.[84] 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.

83) 세계원전시장 인사이트, 체코, Dukovany 신규 원전 최종 입찰서 접수 기간 약 한 달 연장(2023.09.27.) /세계원전시장 인사이트, 프랑스 EDF, 체코 신규 원전 최종 입찰서 기존 접수기간에 맞춰 조기 제출(2023.10.13.)/原子力産業新聞 チェコのドコバニ増設計画で3社が入札の最終文書提出(2023.11.01.)https://www.jaif.or.jp/journal/oversea/20274.html

84) 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(2020.03.)

- Dukovany 5호기 신규 건설 프로젝트 일정은 2023년 10월 말 최종 입찰 진행, 2024년 공급업체 선정, 2029년 착공, 2036년 가동을 목표로 하며, ČEZ은 2023년 10월 31일 EDF, 한국수력원자력, Westinghouse의 최종입찰서를 수령했다고 발표함. 향후 EDU II가 각사의 제안을 평가한 보고서를 산업무역부에 제출함. 그 이후 체코 정부는 최종계약 상대로 1개 사를 선정하여 2024년 이내에 계약을 체결할 계획임.[85]

• 2022년 체코의 총발전량은 84.7TWh로 이 중 원자력은 36.6%, 석탄 43.8%, 수력 3.6%, 태양광 2.9%를 차지함.[86]

■ 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 중점을 둔 신규 장기에너지 전략이 수립 · 채택되어야 한다고 언급해 정책 변화가 예상됨.[87]

※ 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.[88]
- 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.[89]
- 2022년 1월 체코 정부는 원자력과 분산형 재생에너지를 주요 전원으로 구성하고 2033년까지 단계적으로 석탄발전 설비를 폐지하는 정부 프로그램 성명서를 발표함.[90]
- 2023년 6월 16일 산업무역부 장관은 현재 국가에너지정책을 개정 중이며 해당 정책에 대해 2050년까지의 에너지 산업 방향성에 관해 원전과 재생에너지가 중요한 역할을 담당하게 될 것이라는 전망을 제시함.[91]

---

85) 세계원전시장 인사이트, 프랑스 EDF, 체코 신규 원전 최종 입찰서 기존 접수기간에 맞춰 조기 제출(2023.10.13.)/原子力産業新聞 チェコのドコバニ増設計画で3社が入札の最終文書提出(2023.11.01.)
https://www.jaif.or.jp/journal/oversea/20274.html

86) Enerdata, Country Energy Report Czech Republic(2023.07.)

87) New Czech nuclear power based energy strategy to be finalized by year-end (Platts,2023.04.13.)
KNA,원자력 기반의 체코 신규 에너지 전략, 올 연말까지 구체화될 예정(2023.04.14.)

88) 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.)

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

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

- 또한, 2023년 9월 1일에는 체코 총리가 청정에너지원인 원자력을 지속적으로 활용해야 하며 향후 최대 4기(Dukovany 5호기 포함)의 원자로가 필요하다고 발언함.[92]

- SMR과 관련해 ČEZ는 2023년 2월 27일 SMR 최초 호기를 10년 내에 건설하고, 추가 2기를 2040년까지 가동할 계획이라고 발표함.[93]
  - 2022년 3월 ČEZ는 체코 최초 SMR 건설 부지로 남보헤미아주에 위치한 Temelín 원전(총 2,056MW, PWR 2기)부지를 선정하여 12월 2일 지질 조사를 완료했고, 2023년 2월 Dětmarovice와 Tušimice 석탄발전소 두 곳을 잠정적인 SMR 건설 후보지로 지정함.[94]
  - Temelín 원전 내 SMR 건설은 ČEZ와 ČEZ의 산하에 있는 국립원자력연구기관인 ÚJV Řež, Temelín 원전이 위치한 남보헤미아주 정부가 공동 추진하는 South Bohemia Nuclear Park 프로젝트의 일환으로 진행됨. 세 기관은 해당 프로젝트 준비 작업을 조정하는 'South Bohemia Nuclear Park 회사'의 주주가 되어 SMR 분야 연구개발과 건설 준비를 진행 중임.[95]
  - ČEZ는 석탄발전소 두 곳에 대한 최종 후보 부지 결정을 위해 2023년 가을까지 추가조사와 모니터링을 지속하며 인허가 신청까지 3~5년 소요될 것이라고 밝힘.
  - 한편, ČEZ는 미국 NuScale부터 GE Hitachi, WH, Holtec, 한수원, 영국 Rolls Royce, 프랑스 EDF까지 총 7개 사와 SMR 관련 협력 양해각서를 체결해 ČEZ의 산하에 있는 국립원자력연구기관인 ÚJV Řež를 통하여 SMR 건설 실행 가능성 등을 조사 중임.[96]

- 한편, 체코 내 신규 원전에서 생산된 전력은 2022년 1월 1일 발효된 '저탄소에너지 이행법(Lex Dukovany)'에 따라 ČEZ가 최소 30년간 고정가격으로 매입할 수 있으며 매입된 전력은 도매시장에 재판매될 계획임.[97]

---

91) JETRO, 政府の諮問機関、小型モジュール炉建設に向けた行動計画を勧告(2023.06.16)
https://www.jetro.go.jp/biznews/2023/06/7ea994bfc29fee52.html
체코산업무역부, Stálý výbor projednal přípravu nových jaderných zdrojů a plán pro rozvoj malých a středních reaktorů v ČR, (2023.06.06.)
https://www.mpo.cz/cz/rozcestnik/pro-media/tiskove-zpravy/staly-vybor-projednal-pripravu-novych-jadernych-zdroju-a-plan-pro-rozvoj-malych-a-strednich-reaktoru-v-cr--274774/

92) 電気事業連合会 海外電力関連トピックス情報,首相´ 原子炉4基の新設が必要と発言(2023.09.14.)
https://www.fepc.or.jp/library/kaigai/kaigai_topics/1261292_4115.html

93) 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.)
https://www.jaea.go.jp/04/sefard/situation/2023/202302.html

94) 原子力産業新聞, チェコ テメリン発電所でSMR初号機建設の地質調査を実施(2022.12.06.)
https://www.jaif.or.jp/journal/oversea/15835.html
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.)
https://www.jaif.or.jp/journal/oversea/16727.html

95) 原子力産業新聞, チェコ テメリン発電所でSMR初号機建設の地質調査を実施(2022.12.06.)
https://www.jaif.or.jp/journal/oversea/15835.html

96) 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?frm.newsCategory=OSPOL_NEWS_CATEGORY_ELT

97) 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.) https://wwwa.cao.go.jp/oaep/dl/houkoku2303.pdf

- 체코에서 중저준위방폐물은 Richard, Dukovany, Bratrstvi 처분장 세 곳에서 처분 중임. 고준위방폐물의 경우 심지층 처분 방식을 검토 중이며, 관련 계획[98]에 따르면 2025년 부지 결정, 2050년 건설 시작, 2065년 완공을 계획 중임.

■ 주요 이슈

- 체코, Dukovany 원전 5호기 건설 위한 최종입찰서 접수 완료
  - 체코는 최소 1,200MW 규모의 Dukovany 5호기 건설을 추진 중으로, 2022년 11월 예비입찰을 진행했고, 2023년 10월 31일까지 EDF, 한국수력원자력, Westinghouse의 최종입찰서를 수령함.[99]
  - EDF, 한국수력원자력, Westinghouse은 각각 EPR1200(EDF), APR-1000(한수원), AP1000(Westinghouse)을 제안함.
  - EDF는 10월 2일 최종입찰서를 제출했고, 2036년 EPR1200 노형이 적용된 Dukovany 5호기 완공, 체코 현지 공급망 개발, 추가 원자로 3기 건설(Dukovany 6호기 및 Temelin 3・4호기)을 제안했다고 밝힘.
  - 한수원과 Westinghouse의 구체적인 최종입찰서 내용은 비공개됨. 다만, 2022년 11월 제출된 WH의 예비입찰서에서는 AP1000을 엔지니어링 기업 Bechtel과 공동 건설하며 체코 원전 산업계와 공급망 측면에서 협력할 계획을 밝혔고, Dukovany 원전 및 Temelín 원전에 자사 노형 기반 증설 계획도 제안함.
  - 한수원도 예비입찰서에서는 APR-1000의 안전성과 우수성, 경제성은 물론 자사의 사업관리역량과 경쟁사 대비 차별화된 기술, 그리고 현지 기업과의 협력 등 현지화 노력에 대해 설명하고 한국 정부의 전폭적인 지원 의지도 전달함.[100]
  - Dukovany 5호기 증설 프로젝트는 2020년 기준 약 70억 달러(약 9조 원)[101]의 비용이 소요될 것으로 추정되고 있으나 최종 입찰 진행 후 비용이 확정될 예정임.
- 체코 정부 자문기관, 정부에 SMR건설 위한 실행계획 권고[102]

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.)
https://www.fepc.or.jp/library/kaigai/kaigai_topics/1260572_4115.html
WNN, Competition officially begins for Dukovany new build(2023.03.)
https://www.world-nuclear-news.org/Articles/Competition-officially-begins-for-Dukovany-new-bui

98) 체코 방사성폐기물 관리기관인 SURAO에서 작성한 '체코 심지층 처분 시설 개발-행동계획 2017~2025(DGR Develpment in the Czech Republic-Action Plan 2017-2025)'에 제시됨.

99) 原子力産業新聞,チェコのドコバニ増設計画で3社が入札の最終文書提出(2023.11.01.)
https://www.jaif.or.jp/journal/oversea/20274.html
한국경제, 한수원, 체코원전 최종입찰(2023.11.01.)
https://www.hankyung.com/article/2023110157981

100) 한수원 보도자료, 체코 신규원전사업 입찰서 제출(2022.12.01)
https://khnp.co.kr/main/selectBbsNttView.do?key=2289&bbsNo=71&nttNo=46499

101) 체코 내용 전체 2023년 11월 09일 환율 기준 적용(1유로=1,401원)

- 체코산업무역부는 2023년 6월 6일 정부 자문기관인 원자력발전소신설위원회가 SMR건설을 위한 실행계획 논의를 정부에 권고했다고 발표함.
- 해당 위원회에서는 Dukovany 5호기 건설 계획의 진행 상황과 향후 Dukovany와 Temelín원전의 원자로 증설 가능성에 대해 논의함. 위원회는 현재까지 분석으로 대형 원전 3~4기를 증설해도 향후 자국의 전력수요를 충족하지 못할 것으로 전망됨에 따라 SMR로 부족분을 보충하는 것이 적절하다고 밝힘.
- 체코 산업무역부 Josef Sikela 장관은 체코의 에너지 안보 확보를 위해 안정적인 기저 전원인 원전을 많이 개발하는 것 이외에는 방법이 없다고 발언함.

■ 폴란드

■ 현황

- 폴란드는 2033년 상업운전 시작을 목표로 최초 원전 건설을 추진 중이며, 이를 통해 현재 90% 이상인 석탄화력발전 의존도 및 러시아산 석유 · 가스 의존도를 축소하고자 함
- 2021년 폴란드의 총 발전량은 179.6TWh이며, 발전원별 비중은 석탄 72%, 가스 9%, 재생에너지(풍력, 태양광, 지열) 11%, 바이오매스 5%, 수력 2%, 석유 1%임.[103]

■ 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.[104]
  - 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.[105]

---

102) JETRO, 政府の諮問機関、小型モジュール炉建設に向けた行動計画を勧告(2023.06.16)
https://www.jetro.go.jp/biznews/2023/06/7ea994bfc29fee52.html
체코산업무역부, Stálý výbor projednal přípravu nových jaderných zdrojů a plán pro rozvoj malých a středních reaktorů v ČR, (2023.06.06.)
https://www.mpo.cz/cz/rozcestnik/pro-media/tiskove-zpravy/staly-vybor-projednal-pripravu-novych-jadernych-zdroju-a-plan-pro-rozvoj-malych-a-strednich-reaktoru-v-cr—274774/

103) Enerdata, Country Energy Report Poland(2023.04.)

104) 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

- 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.
  - 폴란드-미국 정부 간 폴란드 최초 원전 건설 관련 협력협정이 체결(2020년 10월) 및 발효(2021년 3월)되어, 양국은 2021년 2월 24일부터 18개월간 미국 측의 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) 프로젝트 보조금을 지원받음.

- 한편, 2022년 10월 31일 폴란드 국영 전력공사 PGE, 민간 발전사 ZE PAK, 한국수력원자력은 Patnow 지역 내 석탄 발전소 부지에 한국의 APR1400 노형 기반의 두 번째 원전을 건설하는 내용의 협력의향서(Letter of Intent)를 체결하고, 11월 한수원은 Patnow 부지에 대한 지질공학, 내진, 환경조건 분석 등 부지조사 작업에 착수함.
  - 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, 환경영향평가 수행, 부지 조사 등을 담당할 예정임.[106]

■ 주요 이슈

- 폴란드, Lubiatowo-Kopalino 최초 원전 건설 추진 가속도
  - 폴란드 Lubiatowo-Kopalino 최초 원전 프로젝트는 Westinghouse의 AP1000 3기 도입을 목적으로 함. 첫 호기(1~1.6GW)는 2026년에 착공해 2033년에 상업운전 시작을 목표로 하고 있으며, 후속 원자로는 2~3년마다 건설될 예정임. 총 건설비용은 320억 달러(약 42조 원)로 추산됨.

105) https://biznes.pap.pl/en/news/all/info/3403422,poland-eyes-ca--73--share-of-renewables-&-nuclear-power-in-energy-mix-in-2040---climatemin
106) https://www.pap.pl/mediaroom/1560666%2Cpowstaje-spolka-pge-pak-energia-jadrowa-budowa-elektrowni-jadrowej-w

- 2023년 5월 25일 폴란드 국영 원자력기업 PEJ와 미국 Westinghouse Electric · Bechtel 컨소시엄은 최초 원전 건설 프로젝트에서의 각 사의 구체적인 업무와 협력 방안 등을 규정하는 계약을 체결해, Westinghouse가 설계를, Betchel이 건설을 담당하고 PEJ가 투자자로서 협력하기로 함. PEJ는 이번 계약이 올해 말에 시행될 설계 작업과 2025년으로 예정된 건설 계약에 토대가 된다고 밝힘. 최초 원전의 설계 작업은 약 18개월이 소요될 것으로 전망됨.

- 2023년 7월 12일 PEJ는 기후 · 환경부로부터 Lubiatowo-Kopalino 최초 원전 건설에 대한 사전허가서(Decision-In-Principle, DIP)를 취득해, 해당 프로젝트가 공익 및 국가 에너지 정책에 부합함을 확인받음. PEJ의 사전허가서(DIP)에는 Westinghouse AP1000 노형 특징, 최대 설비용량, 운전 기간 등 프로젝트 특성에 대한 설명이 포함되어 있음. 사전허가서 취득으로 PEJ는 부지 · 건설 허가와 같은 추가 인허가 신청이 가능해짐.

※ DIP는 해당 투자가 공익과 에너지 정책을 포함한 정부 정책에 부합함을 공식적으로 확인하고, 투자자에게 원전 건설 · 가동 관련 부지 선정 · 기타 인허가 신청 권한을 부여하는 절차임.

- 2023년 8월 22일 PEJ는 Pomerania주 Choczewo 지자체 내에 위치할 최초 원전부지(Lubiatowo-Kopalino) 결정 승인 신청서를 Pomerania주에 제출함. 해당 신청서는 투자에 적용되는 자산 범위를 비롯해 기술, 환경 및 보존, 방재를 포함한 투자 이행 조건을 명시한 것으로, PEJ는 승인 취득 시 건설에 필요한 부지의 권한을 확보할 수 있다고 밝힘.

- 2023년 9월 21일 Westinghouse는 Bechtel과 주폴란드 미국 대사관에서 폴란드 Lubiatowo-Kopalino 최초 원전 설계 · 건설 협력을 위한 공식 계약을 체결함. Westinghouse는 최초 원전 프로젝트의 인허가 및 엔지니어링 작업이 진행 중이라고 밝힘.

- 2023년 9월 27일 PEJ는 미국 Westinghouse · Bechtel 컨소시엄과 Lubiatowo-Kopalino 최초 원전에 관한 엔지니어링 서비스 계약(ESC)을 체결함. 18개월로 설정된 상기 계약은 미국 기업 컨소시엄의 Westinghouse AP1000 노형의 1·2차 계통 설계 마무리 작업과 PEJ의 인허가 신청 자료, 훈련 프로그램, 운영 및 정비 지원을 포함함.

- 한편, 2023년 9월 22일 폴란드 환경보호총국(GDOŚ)은 국내 및 국외 14개국과의 월경성(Cross-border) 환경영향평가 협의를 토대로 Lubiatowo-Kopalino 최초 원전 부지에 대한 환경 허가를 발급함. GDOŚ는 PEJ의 환경영향평가(EIA) 보고서 검토 후, 최초 원전 건설 · 가동이 EU 내 자연보호지역인 Natura 2000에 부정적인 영향을 미치거나 자연서식지 악화를 초래하지 않을 것으로 판단함.

● 폴란드, 두 번째 원전 건설 프로젝트 추진 중

- 폴란드 제2원전 건설 프로젝트는 2022년 10월 폴란드 · 한국 3개 기업(국영 에너지기업 PGE, 민간 발전사 ZE PAK, 한국수력원자력)이 ZE PAK 소유의 Patnow 석탄 발전소 부지에 한국형 노형 건설을 위한 협력의향서(Letter of Intent)를 체결하며 시작됨.

- 2023년 4월 PGE와 ZE PAK는 Patnow 부지에 한국의 APR1400 2기 건설을 위한 특수목적법인인 PGE PAK 설립을 발표하였고, PGE는 한국수력원자력에 PGE PAK의 지분 중 49%에 투자를 요청한 바 있음.
- 2023년 8월 16일 PGE PAK은 2035년 최초 호기의 상업운전 시작을 목표로 두 번째 원전 건설에 대한 사전허가서(DIP)를 기후 · 환경부에 제출함. 사전허가서에는 APR1400 노형 특징, 최대 설비용량, 운영기간, 자금조달 방식 등 폴란드 제2원전 프로젝트에 대한 특징이 제시되어있음. 사전허가서 취득 시 사업자는 부지 결정, 건설 허가 등 추가 인허가 신청이 가능함.

● 폴란드 민간기업, SMR 도입 추진 본격화

① 폴란드 KGHM, Legnica 경제특별구역(LSEZ)과 SMR 도입 위한 의향서 체결 및 정부로부터 사전허가서(DIP) 취득

- 2023년 6월 15일 폴란드 광산 · 제련업체 KGHM은 Legnica 경제특별구역(LSEZ)과 SMR 도입 관련 연구 · 개발 프로젝트 및 투자 사업 협력을 위한 의향서(Letter of Intent)를 체결함. 양측은 시장에 출시된 SMR 노형 분석, SMR 부지의 지질학적 · 지질공학적 조건 파악을 위한 연구의 모범 사례 확인, 공공 자금 조달 관련 법률 개정을 포함한 SMR 개발 촉진을 지원하기로 함.
- 2023년 7월 13일 KGHM은 폴란드 기후 · 환경부로부터 미국 NuScale의 VOYGR SMR 6기(총 462MW) 건설에 관한 사전허가서(DIP)를 취득함. 올해 4월 SMR 건설 관련 행정 허가 취득을 위한 사전허가서를 제출했던 KGHM은 프로젝트에 대한 정부의 공식 승인을 바탕으로 부지 · 건설 허가 등 추가 인허가 신청서를 향후 제출할 계획임.
- KGHM는 에너지 공급 확보를 위해 2022년 NuScale과 폴란드 내 VOYGR SMR 도입을 위한 계약 체결을 발표한 바 있음. 해당 프로젝트는 각각 77MW 규모의 6기 모듈로 구성된 발전소 건설을 골자로 하며, NuScale은 SMR 부지 탐색 및 선정, 건설 기획, 비용 추정 등을 담당함.

② 폴란드 OSGE, SMR 6기 건설 관련 사전허가서 요청 및 해외 파트너기업과 SMR 협력을 위한 양해각서 체결

- 2023년 4월 폴란드 SMR 개발사인 Orlen Synthos Green Energy(OSGE)는 폴란드 기후환경부에 GE Hitachi의 BWRX-300 6기 건설에 대한 정부 측의 사전허가서(DIP)를 요청함. OSGE가 발표한 6개의 SMR 건설 후보부지는 에너지집약적인 생산시설이 위치한 Ostroleka, Wloclawek, Stawy Monowskie, Dabrowa Górnicza, Nowa Huta, Tarnobrzeg 특별경제구역임.

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

- 2023년 5월 16일 폴란드 원자력청(PAA)은 OSGE가 2022년 7월에 제출한 BWRX-300 SMR 설계검토서 평가 결과 해당 노형이 자국 원자력안전 및 방사선방호 요건을 충족한다는 검토 의견을 발표함. OSGE는 PAA의 의견이 BWRX-300 노형의 설계 절차 단계에 반영될 것이라고 밝힘.

- 2023년 9월 4일 OSGE는 폴란드 환경보호총국(GDOŚ)이 Espoo 협약을 토대로 BWRX-300 SMR 건설 부지(Stawy Monowskie)에 대해 인접국인 체코·슬로바키아와 월경성(transboundary) 환경영향평가를 시작했다고 밝힘. 이번 월경성 환경영향평가에는 체코 및 슬로바키아 외에도 이들 두 국가와 국경을 공유하는 오스트리아가 참여 의사를 표명함.

※ Espoo 협약은 국경간의 환경훼손이 예상되는 계획에 대하여 환경영향평가 실시를 명시함.

- 2023년 9월 11일 OSGE와 UAE 원자력공사(ENEC)는 폴란드, 영국, 중·동유럽 내 GE-Hitachi의 BWRX-300 SMR 개발 협력에 관한 양해각서를 체결함. 양측은 BWRX-300 도입을 위한 체계를 마련해 향후 전력 수요 충족을 위한 신규 청정에너지 도입을 확대하는 것을 목표로 설정하고, 구체적인 상호 협력 분야를 파악하기로 함.

■ 루마니아

■ 현황

- 루마니아는 2023년 11월 기준 원자로 2기(총 발전용량 1,411MW)를 가동 중이며, Cernavoda 3·4호기(각 706, 705MW, PHWR) 증설 작업과 Cernavoda 1호기(706MW, PHWR) 설비개선 작업을 진행 중임.

- 2022년 루마니아의 총 발전량은 55.8TWh이며, 발전원별 비중은 수력 26%, 원자력 20%, 석탄 22%, 가스 14%, 재생에너지(풍력, 태양광, 지열) 16%, 바이오매스 1%, 석유 1%임.[107]

■ 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 유로(약 842억 원)를 투자함. 2001년 건설이 재개된 후 2007년 10월에 상업운전을 시작함.

107) Enerdata, Country Energy Report Romania 2023.08.

- 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) 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, NuScale의 VOYGR SMR 도입 추진
  - 2022년 5월 23일 루마니아 원전운영사 Nuclearelectrica는 Doiceşti 부지에 NuScale의 VOYGR 도입을 목적으로 NuScale과 양해각서를 체결했으며, 2023년 1월 RoPower Nuclear(Nuclearelectrica 자회사)와 NuScale은 Doiceşti 석탄화력 부지에 VOYGR 도입을 고려한 FEED 1단계 계약을 체결함. 1단계에서는 약 8개월 동안 대상 부지인 Doiceşti의 지표지질조사 · 환경영향평가 관련 하도급 계약서 발급, SMR 표준설계 개발을 위해 현장별 요구되는 사항 평가, 각 프로젝트 단계별 비용 전망 도출 등이 진행됨.
  - 2023년 5월 22일 미국 Biden 행정부는 일본 히로시마에서 열린 G7 정상회의에서 다국적 파트너(한국, 일본, UAE)와 협력해 루마니아 내에 미국 SMR 개발기업인 NuScale의 VOYGR SMR(462MW, 총 6기 모듈) 도입을 촉진하기 위해 최대 2억 7,500만 달러(약 3,603억 원)를 지원한다는 계획을 발표함. 상기 4개국은 지원금을 발주 품목(long lead materials) 구매, 2단계 선행주기 엔지니어링 · 설계(FEED) 작업, 프로젝트 관리 전문 지식 제공, 부지 특성화, 규제 분석, 부지별 일정, 예산 추정치 제공에 할당할 예정임.
  - 2023년 5월 24일 NuScale은 루마니아 원자력협회(Rumania Atomic Forum, ROMATOM)에 가입해 유럽 최초의 VOYGR SMR 기술 보급과 함께 ROMATOM의 원자력 목표 달성과 루마니아의 차세대 첨단 원자력 기술 전문가 지원 계획을 발표함.
  - 2023년 6월 13일 Nuclearelectrica는 5개 다국적 파트너기업들(미국 SMR 개발기업 NuScale Power, 미국 엔지니어링기업 Flour Enterprises, 루마니아 인프라 전문기업 E-INFRA, 루마니아 전력기업 Nova Power & Gas, 삼성물산)과 NuScale의 VOYGR SMR을 루마니아와 중 · 동부 유럽 내 도입하기 위한 협력 양해각서를 체결함. 해당 기업들은 기획 · 인허가 · 엔지니어링 · 자금조달 · 건설 · 운영 · 유지보수 · 해체 등 전 과정에서 전문성을 결합해 루마니아 최초 SMR 프로젝트 추진에 협력하기로 함.
  - 한편, 2023년 9월 29일 루마니아 원자력활동규제위원회(National Commission for

Nuclear Activities Control, CNCAN)는 NuScale VOYGR SMR의 인허가 기반 문서(Licensing Basis Document, LBD)를 승인함. Nuclearelectrica에 따르면 LBD 승인은 SMR 프로젝트의 핵심 단계로서, 루마니아 내 NuScale VOYGR SMR 도입 관련 인허가 절차의 신속화를 의미함.

- 루마니아, Cernavoda 3 · 4호기 건설 재개 진행
  - 2023년 6월 9일 루마니아 정부는 Nuclearelectrica와 Cernavoda 3 · 4호기(각 706, 705MW, PHWR) 완공을 위한 지원 계약을 체결함.
  - Cernavoda 3 · 4호기는 1991년 재원 조달 문제로 건설이 중단되었다가 2002년 재개되었으며, 공정 진행률은 각각 약 15%와 14%로 완공 시점은 2030년, 2031년으로 전망되고 있음.
  - 이번 지원 계약으로 시작된 프로젝트 2단계(예비 작업)는 최대 30개월이 소요될 예정이며, 핵심 엔지니어링 개발 계약 체결, 예산 개정, 자금 조달 구조화, 유럽연합집행위(EC)로부터의 프로젝트 승인 취득, 프로젝트 3단계 추진을 위한 원자력 안전 승인 획득 및 최종 투자 결정이 포함되어 있음. 참고로, 프로젝트 1단계(2021~2023년)는 프로젝트 회사 Energonuclear 설립과 엔지니어링 및 안전 문서 작성을, 프로젝트 3단계(2026~2030/2031년)는 착공, 시운전 및 상업운전을 포함하고 있음.
  - 2022년 12월 루마니아 정부는 Cernavoda 3 · 4호기 완공을 목적으로 루마니아 정부-원전 운영사 Nuclearelectrica 간 지원협정 체결 법안을 발의한 바 있음. 해당 법안에 따르면, 루마니아 정부는 자금조달을, Nuclearelectrica는 관련 인허가 승인 취득을 담당함.
  - 한편, 2023년 9월 19일 캐나다 에너지 · 천연자원부는 Cernavoda 3 · 4호기건설 재개를 위해 Nuclearelectrica에 22억 2천만 달러(약 3조 원) 규모의 수출금융 지원을 발표함. 2021년 8월 루마니아와 캐나다는 Cernavoda 3 · 4호기 완공 및 1호기 설비개선을 포함한 원자력 협력 강화 목적으로 양해각서(MOU)를 체결한 바 있음.
- 한수원, 2조 4천억 원 규모의 루마니아 Cernavoda 1호기 설비개선사업 참여
  - 2023년 10월 12일 한국수력원자력은 18억 5천만 달러(총 2조 4천억 원) 규모의 Cernavoda 1호기(706MW, PHWR) 설비개선사업 공동수행을 위해 캐나다 Candu Energy(Candu)와 이탈리아 Ansaldo Nucleare(Ansaldo)와 컨소시엄 협약을 체결했다고 밝힘.
  - 1996년 12월에 상업운전을 개시한 Cernavoda 1호기(설계수명 30년)는 설비개선 작업을 통해 2060년까지 추가 30년 가동될 예정임.
  - 이번 컨소시엄 협약 체결에서 Candu와 Ansaldo는 각각 원자로 계통과 터빈발전기 계통의 설계 및 기자재 구매를 담당하고, 한수원은 방폐물 보관시설 등 인프라 건설을 비롯해 전체 시공을 담당함.

- 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 이루어져 있으며, 현재 2단계가 진행 중임.

■ 슬로베니아

■ 현황

- 2023년 11월 기준으로 슬로베니아에서 운영 중인 원전은 1기(Krško, 727MW, PWR)이며, 건설 중이거나 영구정지된 원전은 없음.[108)]
- 2021년 기준으로 슬로베니아의 총 전력 설비규모는 4.1GW였으며, 이 중 수력이 33%, 석탄발전이 26%, 원자력이 17%, 가스 및 태양광 발전이 11%를 차지하고 있음.[109)]
  - 발전량 기준으로는 전체 발전량(15.9TWh) 중 원전이 5.7TWh(35.9%)로 가장 높은 비중을 차지했으며, 다음으로 수력(31.5%), 석탄(24.2%), 천연가스발전(3.3%) 순임.

■ 원자력 관련 주요 정책

- 슬로베니아, 신규건설 추진중인 Krško 2호기 용량 2.4GW까지 상향 가능성 시사
  - 2023년 10월, 슬로베니아 국영 에너지기업 GEN Energy는 Energetika 2023 컨퍼런스에서 Krško 2호기 규모를 당초 계획(최대 1.6GW)보다 확대하여 2.4GW까지 이를 수 있음을 시사함.
  - Krško 2호기의 증설 후보 공급업체로는 Westinghouse, EDF, 한국수력원자력을 고려하고 있음을 밝혔으며, 2028년까지 최종투자결정(FID)을 시행하고 2030년대 신규 원전 가동을 목표로 함.
  - 한편, Krško 2호기의 건설여부는 빠르면 2024년 국민투표를 통해 결정될 예정이며, 슬로베니아 에너지부 장관은 국민투표를 통한 대중의 지지가 필요하다고 밝힘.

■ 주요 이슈

- 슬로베니아 Krško 원전 1호기, 1차 계통에서 방사능 누출 발견
  - 2023년 10월, 슬로베니아의 원전 운영사 NEK는 Krško 원전 격납건물 내 1차 계통 연결 시스템에서 발생한 방사능 누출 원인을 파악 중임을 발표함.
  - NEK는 누출량이 규제 한도 미만이여서 누출사고로 인한 직원 · 지역주민 · 환경에 미치는 영향은 없지만, 누출 원인 파악 및 수리를 위한 예방조치로 Krško 원전을 정지했다고 밝힘.

108) IAEA PRIS를 참고하여 작성
109) Enerdata, Country Energy Report Slovenia, 2023.01.

- NEK는 진단 및 수리 작업 완료까지 몇 주의 기간이 필요하며 언급했으며, Krško 원전의 재가동 시기를 예측하기에는 아직 너무 이르다고 덧붙임.

■ 네덜란드

■ 현황

- 네덜란드는 2023년 11월 기준 Borssele 원전 1기(515MW, PWR)를 가동 중이며, 신규 원자로 2기 건설을 계획 중임.
  - Borssele 원전은 1973년 10월에 상업운전을 개시하였으며, 독일 엔지니어링 기업인 Siemens의 KWU 2LP(PWR)을 채택함.
- 2022년 네덜란드의 총 발전량은 122.5TWh이며, 발전원별 비중은 가스 40%, 재생에너지(풍력, 태양광, 지열) 32%, 바이오매스 9%, 석탄 14%, 원자력 4%, 석유 1%임.[110]

■ 원자력 관련 주요 정책

- 네덜란드는 1973년 자국 최초 원전인 Borssele 1호기(515MW, 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 원자로 2기 건설을 위한 자금 50억 유로(약 7조 원) 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 원자로 2기 증설을 제안함.

110) Enerdata. Country Energy Report The Netherlands. 2023.09.

■ 주요 이슈

- 네덜란드, 계속운전 · 신규원전 · SMR에 약 4,487억 원 투자계획 발표
  - 2023년 4월 26일 네덜란드 정부는 계속운전, 신규원전 건설, SMR 개발 등 원자력 부문에 총 3억 2천만 유로(약 4,487억 원)를 할당한 2024년 기후기금(Climate Fund) 초안을 발표함.
  - 네덜란드는 해당 초안을 통해 2030년까지 탄소 배출량을 2천 2백만 톤까지 감축하고 2035년까지 전력 부문을 탈탄소화한다는 목표을 설정하면서, 2035년까지 가스 · 석탄 발전소 전면 폐지, 원자력(신규 원전 2개 및 SMR 개발) 및 재생에너지 설비 구축, 중고 전기차 보조금 지급 등 120가지 실행 방안을 제시함.
  - 원자력 부문 자금 중 1,000만 유로(약 140억 원)는 2023~2025년 동안 Borssele 계속 운전 관련 준비 작업에, 1억 1,700만 유로(약 1,641억 원)는 신규 원자로 2기 건설 사전준비 작업에, 6,200만 유로(약 869억 원)는 Borssele 원전 인근 기초 및 광역 지자체 지원에, 6,500만 유로(약 912억 원)는 SMR 개발에, 6,500만 유로(약 912억 원)는 원자력 지식 인프라 구축에 배정됨.
- 네덜란드, 신규 원전 건설 위해 3개 잠재적 공급업체와 논의 중
  - 네덜란드 통신사 ANP 보도(2023년 6월 29일)에 따르면 Jetten 에너지부 장관은 의회에 서한을 보내 신규 원전 건설을 위해 3개 후보 공급업체(미국 Westinghouse, 프랑스 EDF, 한국수력원자력)와 협의 중이라고 밝힘.[111]
  - Jetten 장관은 3개 후보업체 모두 최소 용량이 1,000MW인 3세대 원자로 건설 경험이 있다고 밝혔으며, 지정학적 문제로 러시아와 중국 공급업체를 후보에서 배제했다고 설명함.
  - Jetten 장관은 신규 원전 건설 관련 기술적 · 재정적 조건을 검토하는 타당당 조사를 여름 이후로 6개월에 걸쳐 진행한 이후 2025년 최종 공급업체 선정을 희망한다고 덧붙임.
  - 올해 초 Jetten 장관은 2035년경에 신규 원자로 2기 가동 시 전원 구성에서 원자력 비중이 현재 약 3.5%에서 10% 이상으로 증가할 것이라고 밝힌 바 있음.
- 네덜란드 규제기관, 신규 중 · 저준위 방사성폐기물 처분시설 건설 승인
  - 2023년 6월 2일 네덜란드 원자력안전·방사선방호청(ANVS)은 방사성폐기물관리기구(COVRA)가 담당하는 신규 중 · 저준위 방사성폐기물 처분시설(MOG) 건설을 승인함.
  - MOG는 2050년까지 의료용 동위원소 생산업체 NRG 부지에 보관된 방사성폐기물과 향후 원전 해체 과정에서 발생할 방폐물 저장을 목적으로 함.

111) https://www.nucnet.org/news/government-talking-to-three-suppliers-for-new-nuclear-power-plants-6-5-2023
https://nos.nl/artikel/2480802-kabinet-praat-met-drie-bedrijven-over-bouw-nieuwe-kerncentrales

- 2021년 COVRA는 기존 중·저준위 방폐물 처분시설(Zeeland 주 Borssele 지역 소재)의 용량 포화를 대비해 MOG(설계수명 최소 100년, 4,000m^3) 건설 계획을 수립 후, 2022년 8월 MOG 건설을 위한 인허가 변경신청서, 안전 보고서, 환경영향평가(EIA) 보고서를 ANVS에 제출한 바 있음.
- COVRA는 이번 인허가 승인 취득으로 Borssele 지방정부에 건설허가를 신청할 계획이며, 2025년에 해당 시설을 완공할 예정임.

■ 불가리아

■ 현황

- 2023년 11월 기준 Kozloduy 5·6호기(총 2,080MW, PWR)를 운영 중이며, Kozloduy 1~4호기(총 1,760MW, PWR)는 EU 가입 조건으로 영구 정지함.
- 2023년 1월 불가리아 임시 정부는 2027년과 2029년까지 가동되는 Kozloduy 5·6호기의 영구정지로 발생할 전력손실에 대비하기 위해 Belene 1·2호기(1,000MW급 2기, VVER) 신규 건설과 더불어 Kozloduy 부지의 7·8호기(AP1000, PWR 2기) 증설 계획을 발표했지만, 2023년 6월 새 정부가 출범하면서 Belene 1·2호기 신규 건설 프로젝트를 공식적으로 취소함.[112]
- 2022년 불가리아 총발전량은 50.3TWh로 이 중 원자력이 약 32.7%, 석탄 42.8%, 수력 7.5%, 태양광 4%를 차지함.[113]

■ 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.[114]
- 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.

---

112) 세계원전시장 인사이트, 불가리아, Belene 원전 프로젝트 공식 취소 및 Kozloduy 신규 원전 증설 위해 Westinghouse와 공급망 관련 협력 체결(2023.10.27.)
세계원전시장 인사이트, 불가리아, 미국·프랑스와 신규 원전 건설 사전단계인 FEED 추진 예정(2023.04.14.)

113) Enerdata, Country Energy Report Bulgaria(2023.07.)

114) 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

- 2030년까지 갈탄화력은 계속 사용하지만 이후에는 사용량을 단계적으로 축소해 2038년에는 사용을 중단할 예정으로 EU의 탈탄소 목표 달성을 위해 모든 방법을 고안하여 CO_2 배출량을 감축할 계획임.

- CO_2배출량 감축을 위해 불가리아는 Kozloduy 5·6호기의 영구정지를 대체할 7·8호기를 2045년까지 건설할 예정임.
  - 2023년 10월 25일 불가리아 각료회의는 Kozloduy 7호기의 착공과 Kozloduy 8호기의 사전 준비 작업을 승인하면서, Kozloduy 7호기 · 8호기의 완공 일정을 각각 2033년과 2035년 또는 2036년으로 설정함.
  - 불가리아 경제 일간지 Kapital 보도(2023년 10월 19일)[115]에 따르면, Kozloduy 7·8호기 프로젝트의 설계 및 인허가 단계에 약 2억 유로(약 2,800억 원)가 소요될 것으로 추정됨.

- 한편, 2022년 11월 불가리아 의회는 EC로부터 러시아산 핵연료 의존도 감축을 위한 공급처 다변화를 요청받아 Kozloduy 원전에 비러시아산 핵연료 조달을 위한 인허가 절차 신속화를 위한 동의안을 통과시켰음.
  - Kozloduy 원전은 에너지 안보 전략의 일환으로 미국 Westinghouse 및 프랑스 Framatome과 각각 러시아의 VVER-1000 노형이 적용된 Kozloduy 5 · 6호기(각 1,003MW, PWR)용 핵연료 공급 계약을 2022년 12월 22일과 30일에 걸쳐 체결함.
  - Kozloduy 원전이 러시아 TVEL과 2019년 체결한 핵연료 공급 계약은 2025년 만료될 예정임. 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.

- 불가리아 방사성폐기물 처분의 경우 국영방사성폐기물공사(SERAW)가 2005년 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

- 불가리아 신정부, Belene원전 프로젝트 공식 취소
  - 2023년 6월에 출범한 불가리아 새 정부가 10월 11일 Belene원전 프로젝트(1,000MW급 2기, VVER) 투자자 및 공급업체 유치를 승인한 이전 정부의 결정을 철회하면서 해당 프로젝트를 공식 취소함.

115) https://www.capital.bg/biznes/energetika/2023/10/19/4541267_izgrajdaneto_na_7-mi_blok_v_aec_kozlodui_moje_da/?loginRedirect=Google&authRedirect=login

- 2012년 불가리아는 Belene 원전 프로젝트를 철회한 후, 2017년 Rosatom에 6억 유로(약 8,401억 원)[116]의 보상금을 지불하여 2018년에 러시아제 원자로 부품을 회수해 건설을 재추진하려 했지만, 2022년 2월 당시 불가리아 총리가 해당 프로젝트를 재차 철회함.
- 이후 2023년 1월 임시 정부가 다시 Belene 원전 건설 계획을 발표하며, 2023년 4월 프랑스 EDF와 Belene 원전 재개를 위해 선행주기 엔지니어링 · 설계(FEED) 계약 체결 시행 계획을 발표했지만 결국 프로젝트를 취소함.
- 향후 불가리아 에너지부는 국영 에너지 회사인 NEK가 발표한 전략적 투자자 선정 절차를 종료하고, 입찰서를 제출한 공급업체에게 취소 결정을 통보할 예정임.

● 불가리아, Westinghouse와 Kozloduy 원전 2기 증설 위한 FEED계약 체결

- 불가리아는 Westinghouse의 AP1000 2기를 기존 Kozloduy 원전부지에 증설할 계획으로, 2023년 6월 불가리아 국영기업 Kozloduy NPP-Newbuild와 Westinghouse는 선행주기 엔지니어링 · 설계(Front-End Engineering and Design, FEED) 계약을 체결함.

※ Kozloduy NPP-Newbuild는 Kozloduy 원전 증설을 담당하는 프로젝트 회사로 2012년에 설립됨.

- Westinghouse는 FEED 계약에 따라 불가리아 산업을 비롯해 Kozloduy 원전 내 인프라 수준을 평가하는 작업이 시작되었다고 밝힘.
- 초기 타당성 조사 이후에 시행되는 엔지니어링 단계의 일환인 FEED는 원전 배치 계획, 인허가 계획, 프로젝트 일정, 건설 · 가동 관련 비용 추정치를 제시함.
- 한편, 2023년 10월 19일 Westinghouse Electric과 불가리아의 주요 공급업체들은 Kozloduy 7·8호기 증설 및 기타 프로젝트 지원을 위한 양해각서(MOU)를 체결함.[117]
- 현지 건설 기업 Glavbolgarstroy(GBS), 엔지니어링 기업 OSKAR-EL, EnergoService, ENPRO Consult, EQE Bulgaria 등이 포함됨.

■ 우크라이나

■ 현황

● 2023년 11월 기준으로 우크라이나에서 운영 중인 원전은 총 15기(13.8GW)였으며, 건설 중인 원전은 2기(2.2GW), 영구정지된 원전은 4기(3.8GW)임.[118]

- 우크라이나에서 운영 중인 전체 15기의 원전은 모두 PWR이며, 해당 원전들의 평균 가동 년수는 약 34.2년으로 전 세계 평균(31.3년)보다 높음.

116) 불가리아 내용 전체 2023년 11월 09일 환율 기준 적용(1유로=1,401원)
117) https://www.world-nuclear-news.org/Articles/Westinghouse-signs-Bulgaria-supplier-MoUs
https://www.nucnet.org/news/westinghouse-signs-agreement-with-suppliers-on-ap1000-new-build-project-10-4-2023
118) IAEA PRIS를 참고하여 작성

- 2022년 기준으로 우크라이나의 총 설비규모는 56.3GW이며, 석탄발전이 29%로 가장 비중이 높았으며, 다음으로 원전(25%), 가스(19%), 수력 및 태양광 발전(각각 11%) 순임.[119)]
  - 발전량 기준으로는 원전은 전체 113.2TWh 중 56.1%에 해당하는 63.5TWh를 발전하였으며, 이후로는 석탄발전(22.9%), 수력(9.7%), 천연가스(4.1%), 태양광 발전(4.0%) 순임.
- 러시아-우크라이나 전쟁 이후 Zaporozhye 원전 등이 러시아군에 점령되어 안전에 위험이 제시됨.
  - Zaporozhye 원전은 2022년 3월 러시아에 점령당한 이후, 지속적인 포격, 폭격 등으로 인해 원전, 변전소, 송전선 등이 파괴되었고 동년도 9월, 안전상의 이유로 모든 원자로(6기)가 정지함. 특히, 2023년 6월에는 냉각수를 공급하던 Kakhovka 댐이 파괴되어 지하수물을 통해 자포리자 원전에 냉각수를 공급하고 있음.
  - Rivne 및 Khmelnitski 원전은 2022년 11월 미사일 공격으로 인해 송전선 등이 파괴되어 그리드에서 연결이 끊어졌으며, Rivne 원전은 2023년 2월에도 포격이 발생하여 원전의 발전량이 저하됨.

표 5 Zaporozhye 원전 포격 현황

년도	내용
2022. 3.	러시아군, Zaporozhye 원전 점거(우크라이나 직원은 러시아의 통제 하에 원전 가동)
2022. 7.	러시아군, Zaporozhye 원전에 로켓 발사기 배치해 군사 기지로 전환
2022. 8. 3	국제원자력기구(IAEA), Zaporozhye 원전이 통제 불능 상태로 검사 및 수리 촉구
2022. 8. 5	우크라이나 원전운영사 Energoatom, 두 차례의 러시아 로켓 공격으로 전력망 연결 해제
2022. 8. 8	Energoatom, 러시아의 추가 포격으로 3개의 방사선 센서 손상과 작업자 부상 발표 - 러시아측은 우크라이나군이 다연장로켓(MLRS)으로 부지 공격했다고 발표
2022. 8.10	G7 외무부 장관, 러시아에 Zaporozhye 원전 통제권 우크라이나 반환 촉구
2022. 8.11	우크라이나와 러시아, Zaporozhye 원전 포격 책임 공방
2022. 9	IAEA 사찰단, Zaporozhye 원전 안전평가 시행 후 안전지대 설정 촉구
2022.10. 5	러시아 Putin 대통령, Zaporozhye 원전 국유화 및 운영권 접수 발표...우크라이나 반박
2022.10.~11.	자포리자 발전소 인근에 포격으로 인해 근처에 위치한 변전소, 송전선 등이 파괴됨.
2023. 6. 6.	Zaporozhye 원전 인근에 위치한 Kakhovka 댐이 포격으로 파괴되어 원전으로 냉각수를 공급하는데 차질이 발생함.
2023. 8~9.	IAEA는 10여개의 지하 우물을 활용하여 Zaporozhye 원전에 냉각수를 공급하는 방안을 추진하였고 2023년 9월 완료되어 시간당 200㎥의 물 공급이 가능하게 됨.

자료: 세계원전시장 인사이트(2022.11.04.), World Nuclear Association

119) Enerdata. Country Energy Report Ukraine. 2023.06

■ 원자력 관련 주요 정책

- 우크라이나, Westinghouse의 AP300 SMR 도입 추진...양해각서 체결
  - 2023년 9월, 우크라이나 원전 운영사인 Energoatom은 미국 Westinghouse의 AP300 SMR(300MW, PWR)의 우크라이나 내 개발 · 도입에 대한 양해각서를 체결함.
  - AP300은 Westinghouse AP1000 노형의 축소 버전이며, 주요 기자재, 구조물, 피동형 안전시스템 등에서 AP1000과 동일한 기술을 사용하여 공기 단축 및 비용 절감이 가능함.
  - 또한, 양측은 이번 협약에 따라 계약, 인허가, 현지 공급망 분야에서 협력하기 위한 공동 실무그룹을 구성하기로 합의함.
  - 우크라이나 에너지부 장관은 향후 10년 내로 SMR 도입이 가능할 것으로 전망하고 있으며, 자국의 원자력 전문가를 활용한 SMR 부품 생산 현지화가 계약 체결의 중요한 요소임을 언급함.

■ 주요 이슈

- 우크라이나, 스웨덴 납냉각로 개발사와 종전 후 자국 내 SMR 도입 가능성 조사 추진 예정
  - 2023년 5월, 우크라이나 에너지 기업 NGSI는 스웨덴 납냉각 원자로 개발업체인 Leadcold와 종전 후 우크라이나 내 SMR 도입 가능성 조사를 위한 의향서를 체결함.
  - Leadcold는 피동형 안전장치를 갖춘 55MW 규모의 스웨덴형 소형 납냉각 원자로(Swedish Advanced Lead Reactor, Sealer)를 개발 중이며, 이번 협력을 통해 우크라이나의 에너지 인프라 안정화 및 현대화를 지원할 예정임.
  - Sealer는 동일한 부지에서 다수의 모듈 설치를 통해 용량 확대가 가능함.
- 영국 정부, 우크라이나에 핵연료 공급을 위해 Urenco에 약 3천억 원 보증 제공
  - 2023년 8월, 영국 에너지안보 · 탄소중립부(DESNZ)는 영국 우라늄 농축업체 Urenco가 우크라이나 Energoatom에 핵연료를 공급할 수 있도록 1억 9,200만 파운드(약 3,229억 원) 규모의 대출지급보증을 제공한다고 발표함.
  - 이 조치로 2009년부터 우크라이나에 핵연료를 공급해 온 Urenco는 Energoatom에 지속적으로 농축 우라늄을 공급할 수 있게 됨.
  - 또한, DESNZ는 대출지급보증의 제공은 우크라이나의 에너지 안보 강화 및 러시아산 핵연료 의존도 종식을 지원함으로써 러시아 Putin 대통령을 더욱 고립시킬 계획임을 밝힘.
  - DESNZ는 우크라이나의 농축 우라늄 수요의 상당량을 영국에서 공급하기 때문에 영국 북서 지역의 제조부문 일자리 지원과 경제 성장에 기여하고 우크라이나의 에너지 안보 강화를 통해 러시아산 핵연료 의존도 종식할 수 있을 것으로 전망함.

- 우크라이나, VVER-440 노형 원자로에 Westinghouse 핵연료 최초 장전
  - 2023년 9월, Energoatom은 지금까지 러시아에 의존해왔던 VVER-440(PWR) 노형용 핵연료집합체를 미국 Westinghouse가 개발한 핵연료집합체로 교체해 Rivne 원전에 최초 장전함.
  - 우크라이나에 운영 중인 원전(15기) 중 VVER-440 노형은 2기, VVER-1000 노형은 13기임.
  - Rivne 원전용(VVER-440) 핵연료 공급 계약은 2020년 9월에 체결되었지만, 러시아의 침공으로 핵연료의 신속한 제조를 요청하였고 Westinghouse는 1년 반 만에 납품을 완료함.
  - Westinghouse는 일반적으로 6~7년 소요되는 핵연료 개발 작업을 1년 반 만에 달성했다는 점을 강조하며, 우크라이나, EU 국가들이 러시아산 핵연료 의존도를 낮출 수 있을 것으로 전망함.
  - 한편, 우크라이나는 VVER-1000 노형용 핵연료의 경우, 러시아 핵연료업체인 TVEL에게 의존했었지만 공급선 다각화 정책에 따라 2005년부터 Westinghouse로부터도 공급받고 있으며, 향후 Energoatom은 Westinghouse의 기술을 활용해 핵연료를 자체 개발할 계획이라고 밝힘.

■ 헝가리

■ 현황

- 헝가리는 2023년 11월 현재 Paks 원전에서 VVER 4기(총 2,027MW, PWR)를 운영 중이며, Paks 원전 부지에 Paks 5·6호기(각 1,200MW, PWR)의 추가 건설을 위해 러시아와 협력 중임.
  - Paks 5·6호기 건설 프로젝트는 헝가리와 러시아가 공동으로 Paks 원전에 1,200MW급 PWR 2기(설계수명 60년)를 신규 건설하는 사업이며, 1980년대 상업 운전을 개시한 Paks 1~4호기 대체를 목적으로 함.
  - 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(약 17.5조 원)[120]로 100억 유로(약 14조 원)를 러시아가 차관 형태로 제공하고,

120) 헝가리 내용 전체 2023년 11월 09일 환율 기준 적용(1유로=1,401원/ 1포린트=3.70원)

헝가리 정부가 25억 유로(약 3.5조 원)를 투자함. 2017년에는 유럽위원회(European Commission, EC)로부터 헝가리의 국가 보조금 지급 승인을 취득했음.

- 2022년 헝가리의 총발전량은 35.7TWh로 이 중 원자력이 44.3%, 가스 24.7%, 석탄 8.5%, 태양광 13.1%를 차지함.[121]

■ 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 185조 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 22.4조 원)를 투입해 러시아 천연가스수입 의존을 축소하고 태양광발전을 2024년까지 8GW, 2030년까지 14GW로 확대하며 Paks원전 가동을 20년간 연장하겠다고 밝힘.[122]
  - 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, 2033~2038년 지하연구시설 건설, 2039~2054년 지하연구시설 운영, 2055~2063년 심지층처분시설 건설, 2064~2079년 심지층 처분 시설 운영, 2080~2084년 처분시설 폐쇄라는 사업 추진 일정을 제시함.
  - 한편, 중·저준위 방폐물은 2012년 12월 완성된 Bataapati NRWR(National Radioactive Waste Repository) 처분시설에서 처분 중임.

121) Enerdata, Country Energy Report Hungary(2023.09.)
122) 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.)

■ 주요 이슈

- 헝가리, Paks 5 · 6호기 신규 원전 착공 준비 차질 없이 진행 중
  - 2023년 9월 5일 Péter Szijjárt 헝가리 외교통상부 장관은 Paks II 원전(5 · 6호기)의 착공 준비가 순조롭게 진행되고 있다고 밝히며, 두 호기의 완공시점을 2030년으로 전망함.
  - 7월 Rosatom의 엔지니어링 자회사인 JSC ASE는 Paks 5 · 6호기 건설 준비의 일환으로 원자로 주변에 지하수 침투를 방지하기 위해 지하에 차수막 설치를 시작한 바 있음.
  - Szijjártó 장관은 Paks 5호기에 대해 8월부터 지하 23미터 이상 굴착하는 공사 중이며, 6호기도 동일 작업이 시행될 예정이라고 밝힘. 더불어 보조 건물 · 구조물, 콘크리트 플랜트, 창고, 사무동 건설을 위한 준비 작업도 진행 중이며, 러시아에서는 원자로 및 관련 부품 제조가 시작되었다고 설명함.

■ 스페인

■ 현황

- 스페인은 2023년 11월 기준 5개의 부지(Almaraz, Valdellós, Asco, Cofrentes, Trillo)에서 원자로 7기(총 발전용량 7,408MW)를 가동 중이며, 3기의 원전(총 1,116MW)이 영구정지 상태임. 건설 중인 원전은 없음.[123]
  - 7기 모두 운영한 지 40년 이상이 되어 계속운전 중이고, 2028~2035년 사이에 계속운전 허가가 만료됨.
- 2022년 스페인의 총 발전량에서 원전 비중은 약 21%로 약 56TWh를 공급함.[124]

■ 원자력 관련 주요 정책

- 2018년 6월 스페인 정부는 장기간 가동 중인 원전을 단계적으로 폐쇄하고 별도의 계속운전 시행 계획이 없다고 밝힌 바 있음.
  - 당시 총선에서 승리한 Pedro Sanchez 총리와 사회주의 노동자당은 오래된 원전에 대한 단계적 폐쇄 입장을 발표했으며, 향후 가동연수가 40년이 되는 원전을 별도의 계속운전 없이 차례로 폐쇄할 계획임을 밝힘.
- 스페인 정부는 2020년 1월 EC에 제출한 2030 국가 에너지 · 기후계획(National Energy and Climate Plan, NECP)에서도 이러한 정책 기조를 반영해 2027년부터 2035년까지

123) https://pris.iaea.org/PRIS/CountryStatistics/CountryDetails.aspx?current=ES
124) PRIS ELECTRICITY PRODUCTION SHARE IN 2022 기준(최종 검색: 2023.10.18.)

모든 원자력을 단계적으로 폐쇄하는 시나리오를 제시함. 해당 계획에 따르면 스페인 원전 설비 용량은 2030년까지 약 4GW가 축소된 이후(현재 가동 중인 7기 중 4기가 영구정지 예정), 2035년에는 가동 원전이 전무할 전망임.[125]

표 6 스페인 원전 운영 현황

원자로	노형	용량(MW)	상업운전 시작 시기	운영허가 만료 시기	폐쇄 예정 시기
Almaraz 1호기	PWR	1,049	1983.09.	2027.11.	2027
Almaraz 2호기	PWR	1,044	1984.07.	2028.10.	2028
Ascó 1호기	PWR	1,033	1984.12.	2030.10.	2029
Ascó 2호기	PWR	1,027	1986.03.	2031.10.	2033
Cofrentes	BWR	1,102	1985.03.	2030.11.	2030
Trillo 1호기	PWR	1,066	1988.08.	2024.11.	2035
Vandellós 2호기	PWR	1,087	1988.03.	2030.07.	2034

자료 : IAEA PRIS COUNTRIES Spain(최종 검색 2023.11.08.), JAIF, スペインの原子力動向(2023.03.), Foronuclear 및 CincoDias[126]

■ 주요 이슈

- 스페인 방폐물 전담기관 Enresa, Garoña원전 소유권 인수…해체 작업 시작

  – 2023년 7월 19일 스페인 생태전환 · 인구문제부(MITECO)가 Garoña원전(466MW, BWR)의 해체를 승인함. 이에 따라 방사성폐기물 관리 · 해체기관인 Enresa는 원전 운영사인 Nuclenor로부터 Garoña원전소유권을 인수해 1단계 해체 작업에 착수함.

  – 1971년 상업운전을 시작한 Garoña원전은 Nuclenor가 계속운전에 필요한 투자비와 사용후핵연료에 대한 신규 세금 납부를 반대해 2012년 가동 정지했으며, 2019년까지 스페인 원자력규제기관인 CSN의 운전허가 승인을 받았지만 2017년 8월 영구 정지됨.

  – Enresa는 2020년 스페인 정부에 Garoña원전 소유권 이전 및 해체 1단계 허가를 신청했고, 스페인 생태전환 · 인구문제부(MITECO)는 2021년 3~4월 시행된 의견수렴 절차와 2023년 5월 원자력안전위원회가 발표한 환경영향보고서를 바탕으로 Garoña원전 해체를 승인함.

125) JAIF スペインの原子力動向, 2023.3., https://www.jaif.or.jp/information/nucleartrend_spain
IEA, Spain2021 Energy Policy Review, "The planned retirements of Spain'sexisting fleet of seven reactors(7.4GW of installed capacity) will begin in 2027, andby 2030, around 4GW of installed nuclear capacity is planned for orderly shutdown."
https://iea.blob.core.windows.net/assets/2f405ae0-4617-4e16-884c-7956d1945f64/Spain2021.pdf?

126) CincoDias, 2019.02.11./JAIF, スペインの原子力動向(2023.03.)
https://cincodias.elpais.com/cincodias/2019/02/08/companias/1549647160_807281.html
https://www.foronuclear.org/descubre-la-energia-nuclear/energia-nuclear-en-espana/
https://www.jaif.or.jp/information/nucleartrend_spain

- 해체는 총 두 단계로 이루어지며, 이에 소요되는 4억 7,500만 유로(약 6,653억 원)는 방사성폐기물 관리 기금을 통해 충당됨.
- 해체 1단계(2023~2026)에서는 터빈 건물 해체, 사용후핵연료 저장 용기 적재 및 임시 저장시설(Individualized Temporary Storage, ATI) 이송이 진행됨. 2단계(2027~2033)에서는 원자력시설의 최종 해체 및 제염, 건물 철거, 부지 복원작업이 시행됨.

■ 스위스

■ 현황

- 2023년 11월 기준 4기(총 3,095MW)를 운영 중이며, 2기(총 397MW)를 영구 정지함.
  - 스위스는 원전 가동 기간에 대한 법적 한도를 정하지 않고 있으며, 10년마다 주기적 안전평가(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.
- 2022년 총발전량에서 원전 비중은 36.4%로 23.1TWh를 공급함.[127)]

■ 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 재생에너지 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.

127) PRIS ELECTRICITY PRODUCTION SHARE IN 2022 기준(최종 검색: 2023.10.19.)

- Nagra는 2008년부터 부지 선정 절차를 진행해 Nördlich Lägern를 방폐물 최종처분 시설 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.

- 중저준위방폐물 처분시설은 2050년에, 고준위방폐물 처분시설은 2060년에 가동될 예정임.

- 사용후핵연료의 경우 Beznau, Gosgen 원전 부지 내 임시 저장 시설 또는 원전 운영 4개사가 공동 건설한 Wurenlingen 중앙집중형 중간저장시설(Zentrales Zwischenlager Wurenlingen, ZZL)에서 보관 중이며, ZZL에서는 사용후핵연료의 건식 저장과 중저준위 방폐물, 해외에서 재처리되어 반환된 유리고화체 등을 모두 보관 중임.[128]

■ 주요 이슈

- 해체 중인 스위스 Mühleberg 원전, 사용후핵연료 인출 완료

- 2023년 9월 1일 스위스 전력사 BKW는 영구정지된 M hleberg 원전(390MW, BWR)에서 발생한 사용후핵연료 418다발을 인출해 Zwilag 중간저장시설(Würenlingen 소재)로 이송하는 작업을 계획보다 16개월 앞당겨 완료했다고 발표함.

- 1972년 상업운전을 시작한 Mühleberg 원전은 스위스 최초로 해체 작업을 진행 중임. 2019년 12월 20일 경제적인 이유로 영구정지되어 2020년 9월 15일 스위스 환경·교통·에너지·통신부(DETEC)의 해체 법령 제정 이후 정식으로 영구정지 상태로 전환됨.

- 2015년 12월 BKW는 DETEC에 원전 해체 신청서 및 해체작업 계획서를 제출해 2018년 6월 DETEC으로부터 Mühleberg 원전의 해체를 승인받은 바 있음.

■ 벨기에

■ 현황

- 벨기에는 2023년 11월 기준 원자로 5기(총 발전용량 4,096MW)를 가동 중임.

- 2022년 벨기에의 총 발전량은 95.1TWh이며, 발전원별 비중은 원자력 46%, 가스 23%, 재생에너지(풍력, 태양광, 지열) 20%, 바이오매스 6%, 석탄 3%, 수력 2%임.[129]

128) 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 p817 (2021.03.)
129) Enerdata. Country Energy Report Belgium 2023.06.

■ 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 1,400억 원)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, 원전운영사 ENGIE와 Doel 4호기 · Tihange 3호기 10년 계속운전 위한 세부조건 확정
  - 2023년 6월 29일 벨기에 정부와 원전운영사 ENGIE는 Doel 4호기(1,090MW, PWR) 및 Tihange 3호기(1,089MW, PWR)의 10년 계속운전 시행 조건(신규회사설립, 차액정산계약(CfD) 적용, 방폐물처리비용 등)을 설정하는 구속력 없는(non-binding) 계약을 체결함.
  - 벨기에 정부는 러시아-우크라이나 전쟁 여파에 따른 에너지 위기 상황과 화석연료 의존도 축소를 위해 2035년까지 두 호기의 10년 계속운전 시행을 결정(2022년 3월)하고, ENGIE와 두 호기의 계속운전 관련 타당성 및 조건 설정에 관한 구속력 없는 의향서(Letter of Intent) 체결(2022년 7월), 두 호기의 계속운전 연구 계약 체결 및 연구 시작을 골자로 한 구속력 없는 신규 계약 체결(2023년 1월)을 이행한 바 있음.
  - 이번 계약은 2023년 1월에 체결한 계약의 후속 조치로, ① 전력공급 안정성을 위해

2025년 11월 초 또는 2026년 11월 초에 두 호기의 재가동 시행, ② 합작투자회사(지분 50:50) 설립을 통한 양측의 이익 조정, ③ 발전차액보조계약(CfD) 체결을 통한 양측의 위험 분담, ④ 방사성폐기물 처분 비용 책정(총 150억 유로(약 21조 원))을 명시함.

- 방폐물 관리 및 처분의 경우, ENGIE는 총 150억 유로(약 21조 원)에 달하는 방폐물 처리 비용을 각각 2024년(심지층 처분용 고준위 방폐물) 및 2026년(표층 처분용 저준위 방폐물) 2차례 걸쳐 정부에 지급할 계획이며, 방폐물 관리가 벨기에 정부로 이전되었기 때문에 향후 방폐물 처리 비용이 변동될 경우에도 추가 지출은 없을 것으로 전망함.
- 상기 계약은 ENGIE 이사회와 벨기에 정부가 승인함. 계약 이행은 7월말 예정이며, 이후 의회의 비준 동의 절차를 거칠 예정임.

■ 독일

■ 현황

- 독일은 2023년 4월 15일 마지막까지 운영하던 원전 3기(총 발전용량 4,291MW)의 영구정지를 단행함. 이에 따라 가동 중인 원전은 없음.
  - 영구정지된 원자로는 총 33기며 용량은 총 27,713MW[130] 임.
- 2022년 독일의 총 발전량은 578.5TWh이며, 발전원별 비중은 재생에너지(풍력, 태양광, 지열) 32%, 석탄 33%, 가스 15%, 원자력 6%, 바이오매스 9%, 수력 4%, 석유 1%임.[131]

■ 원자력 관련 주요 정책[132]

- 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.
- 2011년 탈원전 정책으로 피해를 입은 독일의 4대 원전운영사들(E.ON, RWE, Vattenfall, EnBW)은 정부를 상대로 손해배상 청구 소송을 제기하였으며, 2016년 12월 6일 연방

130) 영구 정지된 원자로의 용량은 연구로 포함 수치임.
131) Enerdata. Country Energy Report Germany 2023.06.
132) 세계 원전시장 인사이트, 2018.07.27.

헌법재판소는 정부의 재산권 침해를 인정해, 정부에 배상금 지급 규정 제정을 지시함. 이에 따라 독일 정부는 2018년 보상규정을 신설한 후, 2021년 상기 원전운영사들에 총 25억 유로(약 3조 5천억 원)의 보상금을 지급하는 대신 원전운영사들이 제기한 모든 법적 소송을 취하하는 것으로 합의함.

- 2022년 7월 Scholz 총리는 에너지 공급 위기로 가동 중인 3기 원전(Emsland 원전(1,406MW, PWR), Isar 2호기(1,485MW, PWR), 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 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 들어감.
- 2023년 4월 15일 독일은 Isar 2호기, Neckarwestheim 2호기, Emsland 원전을 영구정지함으로써 60년 이상 이어져 온 원전 가동을 종료함.

■ 주요 이슈

- 독일 정부, 2028년까지 핵융합 연구에 약 1조 4천억 원 이상 투자 계획 발표
  - 2023년 9월 5일 독일 정부는 2028년까지 5년에 걸쳐 핵융합 연구에 총 10억 유로(약 1조 4천억 원)를 할당해, 자기(magnetic) 핵융합과 레이저(laser) 핵융합 연구를 동등하게 추진하고 자국 내 핵융합발전소 건설을 위한 핵융합 생태계를 구축할 계획임.
  - 핵융합은 청정에너지, 풍부한 연료, 대규모 전력 공급, 낮은 사고위험 등이 특징이며, 핵융합반응 유도 방식에 따라 토카막(Tokamak)과 스텔라레이터(Stellarator)와 같은 자기(magnetic) 가둠 방식(도넛 모양의 토러스 장치에 자기장으로 플라즈마를 가두는 방식)과 레이저(laser)와 같은 관성 가둠 방식(폭발 반작용 등으로 내부 압력 및 열을 증가시켜 핵융합 반응을 유도)으로 구분됨.[133]
  - 독일 정부는 총 10억 유로의 지원금 가운데 3억 7천만 유로(약 5천2백억 원)를 자기 핵융합 연구를 수행 중인 IPP(Institute for Plasma Physics), KIT(Karlsruhe Institute of

133) KISTEP 기술동향브리프, 핵융합에너지(2020-11호)

Technology), FZJ(Research Center Jülich)에 배정함. IPP는 핵융합로인 ASDEX 업그레이드(토카막)와 Wendelstein 7-X(세계 최대 스텔라레이터)를 모두 가동 중임. KIT와 FZJ는 재료 피로, 자석, 연료 주기 및 열 관리와 같은 핵융합의 하위 영역을 연구 중임.[134]

- 또한 독일 정부는 과거 연구가 전무했던 레이저 핵융합에 대한 연구개발도 본격적으로 나서면서, 레이저 핵융합 관련 인프라 개발을 위해 자회사인 Pulsed Light Technologies GmbH를 설립할 계획임. 이에 앞서 독일 정부는 레이저 핵융합 조사를 위한 전문가 위원회 구성(2022년 12월), 전문가 위원회의 조사 보고서 승인(2023년 5월), 핵융합 발전소 실현을 위한 핵융합 연구에 관한 입장문 발표(2023년 6월)를 진행한 바 있음.

● 독일, Konrad 중·저준위 방사성폐기물 처분시설 완공 2년 지연 전망

- 2023년 6월 13일 독일의 연방환경부 산하 방사성폐기물 관리기관인 BGE는 독일 북부 Niedersachsen주 Salzgitter시에 소재한 Konrad 중·저준위 방사성폐기물(LLW/ILW) 처분시설 건설 프로젝트가 전반적으로 진전을 이루었지만, 2027년 완공목표는 달성하기 어려울 것이며 현장 작업도 약 2년 정도 늦어질 것으로 전망함.
- Konrad 중·저준위 폐기물 처분시설은 1976년 경제성을 이유로 폐쇄된 Konrad 광산을 개조한 것으로, 2002년 Niedersachsen 환경부는 Konrad 처분시설 추진 계획 승인 결정을 발표하였고, 2007년 연방 행정법원은 니더작센 환경부의 결정을 확정한 바 있음.
- 해당 시설은 건설을 위한 작업자 및 기자재 운반용 갱도(Konrad 1)와 중·저준위 방폐물 수송 및 처분용 갱도(Konrad 2)로 구성되며, Konrad 1은 이미 완공된 상태임.
- BEG는 중·저준위 방폐물 수송 및 처분용으로 사용될 Konrad 2의 계약내용 수정, 강화된 안전요건 대응, 승인절차 소요기간 장기화에 따른 공기 지연으로 Konrad 처분시설의 완공이 2년 정도 늦어질 것으로 분석함.
- 해당 시설(처분 용량 최대 303,000㎥)은 2030년대 초 가동을 목표로 하고 있으며, 완공 시 지하 800m에 심지층 동굴처분 방식으로 처분이 이루어질 계획임.
- 독일은 중·저준위 방폐물 처분을 위해 Sachsen-Anhalt주의 Morsleben 처분장을 1978부터 1996년까지 운영한 바 있음.
- 한편, 독일은 2020년부터 고준위 방폐물 최종 처분시설 부지 선정 절차를 시작하였으며, 2031년까지 최종 처분시설 부지 선정, 2050년 가동을 목표로 하고 있음.

134) https://www.bmbf.de/bmbf/shareddocs/faq/fusion-energiequelle-der-zukunft.html#searchFacets

5 시사점

■ **대형원전의 경우, 동유럽 국가들을 중심으로 신규 원전 건설을 위한 구체적 절차가 진행 중이고, 기존 원전 강국 및 신흥국의 원전 확대가 지속 추진되고 있으며, 기존 원전 운영국에서 계속운전 노력이 전개됨.**

- 신규원전 건설 추진은 동유럽 국가들에서 가장 활발한 모습을 보이는데, 폴란드는 자국 최초 원전 건설 관련 계약 체결과 인허가 작업이 진행 중이며 두 번째 원전 건설도 추진 중임.
  - 체코는 신규 원전 최종입찰을 진행 중이고, 루마니아는 중단된 원전 건설을 재개했으며, 슬로베니아에서도 국민투표를 통한 신규원전 건설이 추진되고 있음.
  - 불가리아에서는 러시아 노형의 Belene원전이 공식적으로 취소되었으나, 대신 미국 Westinghouse와 원전 2기 증설을 위한 작업이 계속 진행 중임.
- 프랑스에서는 신규원전 건설 및 부지 선정이 진행 중이고, 영국은 민간 투자유치 절차에 본격적으로 나서고 있으며. 중국·인도에서도 대규모 원전 확대를 위한 절차가 진행 중임.
  - 방글라데시, 파키스탄 등에서 신규 원전 건설이 진행 중인 가운데, 튀르키예 정부는 장기적으로 원전의 대폭 확대를 시사하였고, 필리핀 정부도 신규 원전 도입 목표를 제시함.
- 미국 원전 운영사들이 재가동 및 계속운전을 추진하고 있고, 캐나다에서는 예정대로 설비개선 작업이 진행 중이며, 프랑스에서도 자국 내 최초로 50년 운전 가능 사례가 만들어짐.
  - 스웨덴과 벨기에에서도 관련 기업들과의 협의를 통해 설비개선이 추진되고 있고, 일본도 원전 계속운전 제도가 변경되며 각 호기별 절차가 진행 중임.

■ **SMR의 경우에는, 보급 및 사업모델 개발을 위한 민간업체들의 활동이 지속되고 있는 가운데, 정부 차원의 지원책 마련과 시장 확대를 위한 국가 간의 협의가 활발히 전개됨.**

- 특히 미국과 캐나다에서 민간기업의 활동이 활발히 전개되고 있으며, 미국은 연방정부 차원에서, 캐나다는 주정부와 연방정부가 공동으로 지원책을 마련하고 있음.
  - 영국도 전담기구인 대영원자력(GBN) 출범과 함께 SMR 기술개발 지원사업 공모 절차를 진행하는 등 정부 차원의 정책 추진이 이루어지고 있음.
- 동유럽 지역에서는 폴란드, 루마니아, 우크라이나 등을 중심으로 주로 미국 노형의 SMR 도입이 추진되고 있는 상황으로 이와 관련한 국가 간 협력이 전개되고 있음.

- 핀란드, 스웨덴 등 일부 북유럽 국가들도 자국 및 해외 SMR 모델의 도입을 추진하고 있음.

■ **러시아-우크라이나 전쟁 이후 국제질서 재편의 영향과 이로 인한 공급망의 재정비 필요성 등으로 인해 원자력 분야에서도 각국의 국제협력 노력이 한층 가열됨.**

- 러시아가 아프리카 및 동남아 국가들을 중심으로 원자력 분야 협력 관계를 강화하며 자국의 영향력을 확대하는 가운데, 미국은 원전분야에서의 러시아 및 중국의 영향력 확대 저지의 목적으로 영국 등과 첨단기술 개발을 위한 협력체 신설에 합의하고 동유럽이나 동남아 지역 국가들과의 협력 관계 구축에도 나서기 시작함.
- 이런 가운데 프랑스 및 일부 유럽 국가들은 중국과는 협력 관계를 유지·강화하고 있으며, UAE를 비롯한 중동 국가들도 미국 및 중국과의 협력을 동시에 추진하고 있는 등 자국 이익 극대화를 위한 실리적인 노선을 취하고 있음.

■ **핵연료주기 완성을 통한 원전의 친환경성 강화를 위해 각국이 사용후핵연료 저장 및 방폐물 처분시설 확보를 점진적으로 추진하고 있으며, 미국은 HALEU 생산 실증에 돌입하면서 선진 원자로용 선행연료주기 구축을 본격화함.**

- 핀란드가 고준위방폐물 처분시설을 건설 중인 가운데, 영국·프랑스·스웨덴도 고준위방폐물 처분시설 후보지역의 평가나 검토를 진행하고 있음.
  - 중·저준위 방사성폐기물 중간저장·처분시설도 기존 원전 운영국들에서 심사나 인허가 절차가 계속 진행 중임.
- 미국 규제기관이 선진원자로용 고순도저농축우라늄(HALEU) 생산 실증 프로젝트를 승인한 후 실제 생산이 이루어지면서 선진원자로 연료주기 공급망 구축이 가시화되고 있음.

■ **SMR 및 선진원자로 개발과 핵연료 및 기자재 공급망 재편, 각국의 원전 정책 등의 영향으로 관련 시장 및 국가 간 협력관계가 다양화되고 세분화되고 있어 이에 적극적으로 대응할 필요가 있음.**

- 선진국을 중심으로 원전 수출뿐만 아니라 핵연료 및 기자재 공급망 구축이 종합적으로 이루어지는 모습을 보이고 있는 가운데, 각국은 현실적 여건을 고려하여 설비개선을 통한 계속운전, 신규 대형원전 건설, SMR 도입 등 다양한 정책 경로를 보이고 있음.
- 신규 시장은 자국의 필요에 맞게 건설·운영·기술개발 및 전 연료주기에 걸친 통합적인 솔루션을 제공할 수 있는 국가들과의 협력을 강화하는 모습을 보이고 있으므로, 우리나라도 이러한 구도 속에서 우리의 역할과 입지를 확실히 할 수 있도록 노력해야 할 것임.

주요단신

북·남미 North and South America

미국 UAMPS, NuScale과 Idaho 주에서 진행 중인 SMR 건설 프로젝트 종료키로 합의

세계 원전시장 인사이트 2023.02.03.,04.28, NuScale News Release 2023.11.08., Power Magazine 2023.11.08.

■ **2023년 11월 8일 NuScale은 유타주 공공전력공급자연합(Utah Associated Municipal Power Systems, 이하 'UAMPS')과 함께 자사의 77MW급 SMR 6기(총 462MW)를 Idaho 국립연구소(이하 'INL') 부지에 건설하기로 계획한 CFPP(Carbon Free Power Project) 프로젝트를 비용 증가 문제로 인해 종료하기로 합의했다고 발표함.**

- 이날 발표에서 UAMPS의 Mason Baker CEO는 CFPP의 지속적인 비용 증가로 인해 해당 프로젝트에 참여 중인 구성원을 위한 최선의 선택은 프로젝트를 종료하는 것이었다고 밝힘.

  ※ UAMPS는 Utah, California, Idaho, Nevada, Wyoming 주 47개 회원 도시에 전력을 공급함.

- 2015년 8월에 시작된 CFPP에는 당초 32개의 도시가 UAMPS와 200MW 용량을 계약하며 참여했으나, 원전 건설비용 증가로 인한 재정 부담을 이유로 일부 도시가 프로젝트를 탈퇴하거나 계약 용량을 줄이면서 28개 도시 103MW 규모가 됨.

- 2020년 미 에너지부는 CFPP에 10년간 총 13억 5천만 달러(약 1조 8천억 원)[135]의 재정 지원을 발표했으나, 2023년 1월 NuScale은 철강 및 전력 장비, 건설 물자의 가격 상승과 같은 외부적인 요인에 의해 CFPP의 비용 예측치가 기존 예상치인 $58/MWh보다 53% 상승한 $89/MWh로 증가했다고 밝힘.

  – 2022년 11월 NuScale은 CFPP에 적용되는 이자율이 2022년 7월 이후 약 200bp(2%) 상승했다고 밝힌 바 있음.

- 2023년 3월 CFPP 프로젝트 관리 위원회(CFPP Project Management Committee)는 NuScale의 SMR 건설 지원을 위한 새로운 예산과 재정 계획을 승인하면서 2030년에 가동을 개시할 것으로 기대했음.

135) 북남미 단신 기사 내용 모두 2023년 11월 9일 환율 기준 적용(1달러=1,310원)

- 2023년 1월 NuScale은 모듈당 출력을 50MW에서 77MW로 증가시킨 VOYGR-6 설계에 대한 표준설계승인신청서(Standard Design Approval Application)를 NRC에 제출한 바 있고, UAMPS는 2024년 1월 NRC에 해당 설계에 대한 복합인허가 신청서를 제출할 예정이었음.

■ 미 에너지부, 초소형원자로 상용화 지원을 위한 FEED 계약 대상 선정

Westinghouse News Release 2023.10.23., World Nuclear News 2023.10.25.,
Nuclear Engineering International 2023.10.26.

■ **2023년 10월 23일 미 에너지부는 초소형원자로(MMR) 상용화 지원을 위해 MMR 개발 기업 Radiant, USNC, 그리고 Westinghouse를 선행주기 엔지니어링 및 설계(Front-End Engineering and Design, FEED) 프로젝트 계약 대상으로 선정하여 390만 달러(약 51억 원)를 지원할 계획임을 밝힘.**

- 미 에너지부 원자력국의 Kathryn Huff 차관보는 이번 FEED 프로젝트는 Radiant사의 Kaleidos 원자로, USNC의 Pylon, 그리고 Westinghouse의 eVinci 등 3개 사가 개발 중인 MMR 설계를 발전시킬 수 있도록 지원하는 것이 목표임을 언급함.
  - Radiant가 개발 중인 Kaleidos 원자로는 삼중구조 균등성 연료(TRISO)를 사용하며, 1.2MW의 전력 생산이 가능함과 동시에 48시간 이내에 보급이 용이함. Radiant는 2026년까지 해당 원자로의 상용화를 목표로 함.
  - USNC의 Pylon 원자로는 고온가스로(HTGR)보다 적은 1.5~5MW 전력을 생산하도록 설계된 10톤 컨테이너식 시스템(containerised system)으로, 자사의 FCM(Full Ceramic Micro-encapsulated) 연료 기술을 기반으로 함.
  - Westinghouse가 개발 중인 eVinci 초소형로는 공장에서 생산이 가능한 이동식 원전으로 담수화 및 수소 생산과 온실 열 공급에 활용이 가능함. Westinghouse는 2025년까지 해당 원자로의 상용화를 목표로 함.
- MMR 설계는 INL의 실증단지(test bed)인 MMR 실험시설(Demonstration of Micror eactor Experiments, DOME)에서 진행될 예정임.
  - DOME은 MMR 개발을 가속화하기 위한 실증단지로서 실험용증식로-II(Experimental -Breeder Reactor II, EBR-II) 격납건물(containment structure)의 용도를 변경하여 활용됨.
  - 미 에너지부에 따르면 DOME에서의 설계 작업이 2026년에 시작될 예정임.
- 또한 미 에너지부는 선진 원자로 개발 지원을 위한 실험 진행을 위해 원자로 운영 및 테스트 연구(Laboratory for Operation & Testing in the US, LOTUS) 실증단지를 개발 중임.

미국 Constellation, NRG Energy의 South Texas Project 원전 일부 지분 인수

NRC News Release 2023.10.31., Constellation News Release 2023.11.01., World Nuclear News 2023.11.02.

■ 2023년 10월 31일 Constellation Energy는 NRG Energy 사가 소유하고 있는 South Texas Project(STP) 원전(총 2,708MW, PWR 2기)의 지분 44%를 17억 5천만 달러(약 2조 3천억 원)에 인수했다고 발표함.

- 미 원자력규제위원회(NRC)가 10월 30일 NRG Energy 소유의 STP 원전과 함께 원전 부지 내 사용후핵연료 저장시설의 소유권을 Constellation Energy에 이전하는 최종 규제 건을 승인하였으며, Constellation Energy는 STP 원전을 해체하는 데 필요한 자금 지원을 지속할 계획을 밝힘.
- 2023년 6월 NRG는 STP 지분 44%를 Constellation Energy에 매각하기로 최종 합의했다고 발표했으며, 당시 NRC의 규제 승인에 따라 연말까지 인수거래가 종료될 것으로 예상한 바 있음.
- 미국에서 가장 많은 원전을 운영 중인 Constellation Energy는 현재 21기의 원자로를 운영 중이며, NRG Energy는 유일하게 STP 원전을 운영 중임.
- South Texas Project(STP) 원전 1 · 2호기는 1988년 8월과 1989년 7월에 상업운전을 시작하였으며, 기존 최초 운영 허가 기간은 2027년과 2028년까지였으나 계속운전 승인으로 20년간 추가 운영이 가능해져 각각 2047년 2048년까지 가동이 가능함.

미 하원, 에너지 소관 소위원회에서 '핵연료보안법' 승인

Bob Latta House Government Press Release 2023.10.24., Findlay Times 2023.11.02.

■ 2023년 10월 24일 미국 하원 에너지 및 상업 위원회(Energy and Commerce Committee)의 에너지·기후·전력망 안보 소위원회(House Energy and Commerce Subcommittee on Energy, Climate, and Grid Security)는 Bob Latta 하원의원이 발의한 초당적 법안인 핵연료 보안법(안) (Nuclear Fuel Security Act)을 승인함.

- 해당 법안은 미국 내 우라늄 채굴, 생산, 농축 및 전환을 증진하기 위해 핵연료 프로그램을 수립하고 확대하기 위한 것으로, Latta 하원의원과 Jum Clyburn 하원의원은 2023년 9월 법안을 발의함.
- 핵연료보안법(안)은 HALEU 생산량을 늘리고 이에 필요한 핵연료보안 프로그램을

수립하도록 하며, 생산 공급에 차질이 발생할 경우 자국 내 생산 및 전환과 농축 우라늄 가용성 보장을 위해 연료 공급 프로그램을 확대하는 내용이 포함됨.

- 또한 해당 법안에는 HALEU의 상업적 농축과 계획된 일정에 따른 수요 충족을 위해 선진 원자로 실증 프로젝트 연계 HALEU 수급계획(HALEU for Advanced Nuclear Reactor Demonstration Projects Program) 수립 내용이 포함됨.

기타 단신

■ 미국 X-energy, 미 에너지부와 이동형 초소형원자로 설계 개발을 위한 협력 계약 체결

X-energy News Release 2023.10.18., World Nuclear News 2023.10.19.

■ 2023년 10월 25일 X-energy와 미 에너지부 원자력국은 이동형 초소형원자로(transportable microreactor) 설계 개발 진행을 위해 2024년까지 협력하는 내용의 계약을 체결함.

- 이번 협력은 X-energy가 상업적으로 경쟁력 있는 초소형원자로(3~5MW) 예비 설계 및 생산과 기술 작업 등을 할 수 있도록 250만 달러(약 32억 원)를 지원함.
- 2020년 미국 국방부 전략역량실(DOD Strategic Capabilities Office, 이하 'DOD')은 군사지역에서 전력 생산이 가능하도록 초소형원자로(1~5MW) 설계를 위해 X-energy와 계약을 체결한 바 있음.
  - 해당 법안에 따르면 DOD와 미 에너지부는 2027년 12월까지 초소형원자로 1기 설계 · 건설 · 실증을 위한 계획을 수립해야 함.
- X-energy의 초소형원자로 엔지니어인 Hans Gougar는 미 에너지부와 DOD의 통합 지원 덕분에 낮은 비용으로 민간 및 군사에서 운송할 수 있는 초소형원자로 보급이 가능하여 재난 상황 또는 해상전력 송전 불안정 시 원활한 전력 보급이 가능할 것이라고 밝힘.

■ 캐나다 CNSC, Cameco 소유의 우라늄 채굴·생산시설 운영허가 갱신

Government of Canada News Release 2023.10.25., World Nuclear News 2023.10.26.

■ 2023년 10월 25일 캐나다 원자력안전위원회(CNSC)는 캐나다 우라늄 기업 Cameco가 Saskatchewan 주에 소유하고 있는 Key Lake Operation 우라늄 생산시설과 McArthur River

Operation 우라늄 채굴시설, 그리고 Rabbit Lake Operation 우라늄 채굴 및 가공 시설의 운영허가를 갱신한다고 발표함.

- CNSC는 Key Lake Operation과 McArthur River Operation 시설은 20년 운영허가 연장, 그리고 Rabbit Lake Operation은 15년 운영허가를 연장한다고 밝힘.
- 2022년 11월 Cameco는 CNSC에 자사의 우라늄 생산시설 운영허가 연장 신청서를 제출하였으며, 이번 운영허가 연장 결정은 2023년 6월 Saskatchewan 주에서 이틀간 열린 공청회의 결과에 따른 것임.
- Cameco는 우라늄 채굴 및 생산시설 운영허가 연장에 따라 CNSC에 7년마다 정기적인 인허가 활동 내용을 CNSC에 제공해야 함.

■ 아르헨티나 원자력위원회, 국영원전사업자 NA-SA와 CAREM SMR 기술지원 프레임워크 협약 체결

World Nuclear News 2023.10.30., Nuclear Engineering International 2023.11.01.

■ **2023년 10월 30일 아르헨티나 국가원자력위원회(CNEA)와 아르헨티나 국영 원전 사업자 Nucleoeléctrica Argentina SA(이하 'NA-SA')는 아르헨티나에서 건설 중인 CAREM SMR 개발을 위한 기술지원 프레임워크 계약을 체결함.**

- CAREM(32MW, PWR)은 CNEA가 설계한 SMR로 2014년 실증로의 건설이 시작되어 2017년에 상업운전이 시작될 것으로 예상된 바 있으나, 설계 변경 및 자금 조달 문제로 2019년 작업이 중단되었다가 2020년 4월에 CNEA가 건설을 재개할 것이라고 발표함.
- 2021년 중반 NA-SA가 CNEA와 CAREM 건설을 재개하는 계약을 체결하고, 이를 바탕으로 완공을 위해 36개월간의 기간을 설정한 바 있음.
- 이번 계약을 바탕으로 CNEA는 SMR 개발의 적극적인 지원을 위해 필수 인력 양성을 포함하여 산업 육성에 나설 계획임.
- 한편, 아르헨티나는 Atucha 1 · 2호기(1,107MW, PHWR)와 Embalse 원전(656MW, PHWR)을 가동 중이며, 2022년 2월 NA-SA는 중국 CNNC와 Atucha 3호기의 엔지니어링 · 조달 · 건설(EPC) 계약을 체결함.

주요단신

유럽 Europe

■ 슬로베니아 원전운영사, Krško 원전 배관 일부 교체 작업 진행

World Nuclear News 2023.10.27., Nucnet 2023.10.27., NEK 2023.11.03.

■ 2023년 10월 26일 슬로베니아 원전운영사 NEK는 10월 초 1차 계통 연결시스템 배관부에서 발생한 방사능 누출로 임시 정지한 Krško 원전(696MW, PWR, 설계수명 40년)의 배관 일부를 교체하는 작업을 시작함.

- NEK는 누출 사고 조사 결과 원자로 압력용기에서 1m 떨어진 1차 계통 연결시스템 용접부에 바늘 크기의 구멍과 배관재료 상의 결함을 감지해, 기존 배관 일부를 교체하기로 결정함.
  - NEK에 따르면, 배관 교체 작업을 위해 Krško 원전 노심에서 121개의 핵연료집합체가 사용후핵연료 저장조로 이송됨.
- NEK는 부품 공급업체인 Westinghouse가 산업용 장비공급업체인 NUMIP와 같은 현지 업체의 지원을 받아 기존 배관 교체 작업에 착수했다고 밝히며, 작업 완료 시 Krško 원전은 11월 중순에 재가동될 것으로 예상함.
  - NEK는 철거되는 배관은 초기 비파괴검사(방사선 촬영, 초음파, 화학 성분, 경도 측정 등)를, 새 배관의 경우 정렬 · 용접 · 비파괴검사를 통한 용접 품질 작업을 시행할 계획을 밝힘.
- NEK와 금속 구조물 · 용접 연구소와의 협력 작업은 슬로베니아 원자력안전청이 감독 중임.
- 슬로베니아 국영 에너지기업 Gen Energija와 크로아티아 전력사 Hrvatska elektroprivreda(HEP)가 공동 소유하고 있는 Krško 원전은 1983년 상업운전을 개시해 당초 2023년까지 가동될 예정이었으나, 2016년 주기적안정성평가(PSR) 시행을 통해 2043년까지 계속운전이 결정됨.

■ 체코, Dukovany 신규 원전(5호기) 건설에 대한 최종 입찰서 접수

World Nuclear News, Nucnet 2023.10.31.

■ 2023년 10월 31일 체코전력공사 ČEZ의 자회사인 Elektrárna Dukovany II(이하 EDU II)는 Westinghouse(미), EDF(프), 한국수력원자력으로부터 Dukovany 5호기에 대한 구속력 있는 입찰서와 추가 3기의 원자로(Dukovany 6호기 및 Temelin 3·4호기)에 대한 구속력 없는 입찰서를 접수했다고 밝힘.

- 최종 마감기한은 10월 31일로, 3개의 공급업체는 각각 EPR1200 노형(EDF), APR1000 노형(한수원), AP1000 노형(Westinghouse)을 제안함.

● EDU II는 경제적 · 상업적 · 기술적 관점에서 상기 3개의 공급업체가 제출한 입찰서를 평가한 후 내년 초 평가 보고서를 체코 정부에 제출해 선정된 우선협상대상자와 최종 계약을 체결할 예정임.

● Dukovany 5호기는 기존 원전 인근에 건설될 예정이며, 2029년 착공, 2036년 시운전을 목표로 하고 있음.

- 체코 정부는 신규 원전 건설에 약 60억 유로(약 8조 4천억 원)[136]가 소요될 것으로 전망함.

■ 상기 3개 공급업체의 최종 입찰서 내용은 다음과 같음.

● Westinghouse는 미국 엔지니어링 기업 Bechtel과 최대 4기의 3세대+ AP1000 노형(1,000MW, PWR) 도입(Dukovany 신규 원자로 2기 및 Temelín 신규 원자로 2기)을 제안하며, 체코 현지 공급망을 활용해 체코 기업에 신규 건설 프로젝트 참여 기회를 제공할 계획임.[137]

- Westinghouse는 체코 현지기업들과 Dukovany 5호기 건설 프로젝트 및 중부 유럽 대상 AP1000 신규 원전 추진 협력을 위한 네트워크를 구축했으며, Dukovany 원전 및 Temelín 원전과 핵연료 공급 계약을 체결해 2024년부터 핵연료를 납품할 예정임.

● EDF는 3세대+ EPR1200 노형(1,200MW, PWR)의 엔지니어링 · 조달 · 시공(EPC) 사업 및 핵연료 설계 · 공급을 제안했으며, 추가로 Dukovany 6호기와 Temelin 3 · 4호기를 포함해 체코의 원자로 개발 지원 계획을 제시함.[138]

---

136) 유럽 기사 내용 전체 2023년 11월 9일 환율 적용(1유로=1,400원, 1파운드=1,606원, 1달러=1,310원)

137) https://info.westinghousenuclear.com/news/westinghouse-seeks-to-expand-30-year-partnership-with-czech-republic-with-proven-ap1000-reactors

138) https://www.edf.fr/en/the-edf-group/dedicated-sections/journalists/all-press-releases/edf-submits-to-the-czech-operator-cez-and-its-project-company-elektrarna-dukovany-ii-its-updated-initial-bid-for-one-epr1200-reactor-to-be-constructed-at-the-dukovany-site-and-up-to-four

- EDF의 파트너 기업은 Framatome(원자력 시스템 공급 담당), GE Steam Power (ArabelleTM 터빈 납품 담당), Bouygues Travaux Publics(토목 공사 담당)임.
- EDF는 체코 산업계 종사자들을 대상으로 자사의 원자로 기술, 공급업체 자격 요건, 관련 규정 및 표준 등에 대한 교육 세션 마련과, 인력 양성 및 교육 프로그램 촉진을 위한 체코-프랑스 원자력 아카데미 후원, 체코 시장에서 자사의 원자력 사업 개발 및 현지 업체와의 장기 협력을 위한 체코 지사 확장을 제안함.

- 한수원은 EDU II의 추가 요청을 충실히 반영해 팀코리아(한국전력기술, 한전KPS, 한전원자력연료, 두산에너빌리티, 대우건설)와 함께 최종 입찰서를 제출했으며, 최종 사업자로 선정될 수 있도록 최선을 다하겠다는 입장을 밝힘.[139]
  - APR1000 노형(1,000MW, PWR)은 국내와 UAE에서 가동 중인 APR1400 노형의 안전성 기능이 통합된 원자로이자, 국제원자력기구(IAEA)와 서유럽원전규제자협회(WENRA)의 최신 안전 기술기준을 적용해 유럽 요건에 맞게 현지화한 노형임. APR1000 노형은 올해 3월 유럽사업자협회로부터 설계인증(EUR Certificate)을 취득한 바 있음.

■ 벨라루스, Ostrovets 2호기 상업운전 시작

Nuclear Engineering International 2023.11.02., Nucnet 2023.11.03.

■ 2023년 11월 1일 Rosatom의 엔지니어링 자회사인 ASE는 러시아가 설계한 VVER-1200 노형이 도입된 벨라루스 Ostrovets 2호기(1,110MW, PWR)가 상업운전을 시작했다고 밝힘.

- 벨라루스는 러시아로부터 재정지원을 받아 Ostrovets 부지에 자국 최초 원전을 건설함.
  - 벨라루스는 러시아로부터 건설비용의 90%에 해당하는 100억 달러(약 13조 원)를 차관 형식으로 25년간 조달받아 건설비용을 충당하기로 합의함.
  - Ostrovets 1호기(1,110MW, PWR)는 러시아 원자로를 기반으로 해외에서 건설된 최초의 제3세대+원자로이며, 2013년 11월 착공, 2021년 6월 운영허가 취득 및 상업운전 시작을 거침.
  - Ostrovets 2호기는 2014년 4월에 착공, 2021년 12월 말 연료 장전, 2023년 3월 말 최초 임계 달성, 2023년 10월 24일 운영허가 취득을 거침.
- ASE는 Ostrovets 원전이 러시아의 최신 3세대+ VVER-1200 노형을 사용하는 최초의 위탁 프로젝트라고 밝히면서, 해당 원전이 최대 80년간 가동이 가능하다고 언급함.
- ASE는 두 원자로 가동으로 벨라루스 전체 전력 수요의 약 40%가 충족될 것으로 전망함.

139) https://khnp.co.kr/main/selectBbsNttView.do?key=2289&bbsNo=71&nttNo=49900&searchCtgry=&searchCnd=all&searchKrwd=&integrDeptCode=&pageIndex=1

■ 한편, Aleksandr Lukashenko 벨라루스 대통령은 러시아측에 Ostrovets 원전 시운전 연기에 따른 보상 문제를 제기하였으나, Rosatom은 코로나19와 대러 제재로 인한 위기 상황에서 프로젝트 추진을 가속화하기 보다는 안전성을 최우선으로 두고 건설을 진행했다고 해명함.

- 당초 Ostrovets 1 · 2호기의 시운전은 각각 2018년과 2020년으로 예정되어 있었으나, 2016년 Rosatom이 결함이 의심되는 원자로 용기를 교체하면서 2020년 10월 벨라루스 정부는 공식적으로 해당 원전의 시운전을 2020년에서 2022년으로 연기한 바 있음.

  – 조사 결과 교체된 원자로 용기는 결함이 없는 것으로 판명남.

기타 단신

■ 폴란드 PEJ, Lubiatowo-Kopalino 최초 원전부지 허가 취득

PEJ 2023.10.26., World Nuclear News 2023.10.27., Nuclear Engineering International 2023.11.01.

■ 2023년 10월 26일 폴란드 국영 전력기업인 PEJ는 Pomerania주로부터 Choczewo 지자체 내 위치한 최초 원전 부지(Lubiatowo-Kopalino) 허가를 취득했다고 밝힘.

- 이번 허가는 투자에 적용되는 자산범위(육지 및 해상)와 기술, 환경, 보존을 포함한 투자 이행 조건을 명시하고 있는 것으로, PEJ는 허가 취득으로 건설에 필요한 부지의 권한을 확보하였다고 밝힘.

  – 이에 앞서 PEJ는 폴란드 기후 · 환경부로부터 Lubiatowo-Kopalino 최초 원전 건설에 대한 사전허가서(Decision- In-Principle) 취득(2023년 7월), 최초 원전 부지 결정 승인 신청서 Pomerania주 제출(2023년8월), 미국 Westinghouse · Bechtel 컨소시엄과 최초 원전에 관한 엔지니어링 서비스 계약(ESC) 체결(2023년 9월)을 이행한 바 있음.

- PEJ는 이번 허가 취득이 건축 허가 취득과 다르기 때문에, 순차적으로 ① Pomerania 주로부터 사전작업(preparatory work) 허가 취득, ② 원자력규제기관(PAA)으로부터 건축(building) 허가 취득, ③ Pomerania주로부터 착공(construction) 허가 취득이 필요하다고 언급함.
- 폴란드 Lubiatowo-Kopalino 원전 프로젝트는 Westinghouse의 AP1000 노형을 적용한 원자로 3기를 2026년부터 건설하고 2033년에 첫 호기 운영을 목표로 하고 있음.

■ 영국, Sizewell C 신규 원전 내 임시 해수 담수화 플랜트 건설 계획

Sizewellc 2023.10.31. World Nuclear News 2023.11.02.

■ 2023년 10월 31일 EDF의 신규 원전 건설회사인 Sizewell C Ltd는 Sizewell C 원전(3.2GW, EPR 2기) 건설 단계의 용수 공급을 목적으로 임시 해수 담수화 플랜트 건설 계획을 발표함.

- Sizewell C Ltd는 2030년대 초에 급수 시설이 갖추어질 때까지 인근 Sizewell B 원전에서 생산된 전력을 이용해 임시 해수 담수화 플랜트를 가동하기로 EDF Energy와 합의함.
  - Sizewell C Ltd는 해당 원전에 영구적으로 산업용수를 공급하기 위한 방안을 Northumbrian Water Group과 같은 지역 수도회사와 논의 중임.
  - 저탄소 전력으로 가동될 임시 해수 담수화 플랜트는 하루에 최대 4,000m^3의 물 공급이 가능함.
- 2022년 8월 EDF는 Sizewell C 원전에 대한 건설허가 취득 후 현장에서 사용할 건설용수 공급을 위한 임시 해수 담수화 플랜트 설치 계획을 발표한 바 있음.
  - EDF는 East Suffolk 지역이 기후 변화로 점점 더 건조해지고 있는 상황에서, 지역의 수자원 공급에 영향을 주지 않고 Sizewell C 프로젝트에 필요한 물을 안정적으로 공급하는 담수화 기술이 영국의 중요한 미래 기술이 될 것이라고 강조함.

■ 노르웨이 기업, 자국 석유·에너지부에 SMR 발전소 건설 위한 검토 제안서 제출

World Nuclear News 2023.11.03., Nucnet 2023.11.06.

■ 2023년 11월 2일 노르웨이 가스·석유 기업인 M Vestt의 자회사 Norsk Kjernekraft는 석유·에너지부에 Aure(북부)·Heim(남서부) 지자체 내 SMR 발전소 건설 검토 요청을 골자로 한 제안서를 제출하며, 자국 최초 원전 건설을 위한 공식적인 행보를 시작함.

- Norsk Kjernekraft의 제안서에 따르면 SMR 발전소는 Aure와 Heim 지자체 경계에 위치한 산업 지역에 도입될 예정이나, 다른 부지에도 건설이 가능함.
  - 여러 개의 SMR로 구성될 발전소는 10년 내로 가동될 것으로 전망되며, 가동 시 연간 발전량은 약 12.5TWh에 달하고 노르웨이 전력 총생산이 8% 증가할 것으로 예상됨.
- Norsk Kjernekraft는 노르웨이 석유 · 에너지부로부터 SMR 발전소 건설 승인 취득 시 환경영향평가를 수행할 계획이며, 지역 주민들의 참여도 계획하고 있다고 덧붙임.

- Norsk Kjernekraft는 올해 5월과 6월에 각각 Aure · Heim · Narvik 지자체 및 Vardø 지자체와 SMR 도입 가능성 조사를 위한 협약을 체결하고, 해당 지자체 내 1기 이상의 SMR 도입을 위한 기술 · 재정 · 안전성 측면을 조사한 바 있음.
  - 또한 Norsk Kjernekraft는 올해 6월에 핀란드 전력회사(TVO)의 자회사인 컨설팅 기업 TVO Nuclear Services(TVONS)와 노르웨이 내 SMR 도입 타당성 공동 조사를 골자로 한 의향서를 체결한 바 있음.
- 노르웨이는 상업용 원전은 부재하지만 의료용 동위원소 생산 및 연구용으로 연구로 2기를 가동한 바 있음.
  - 2021년 노르웨이의 총 발전량은 157.3TWh를 기록했으며, 수력 91%, 풍력 · 태양광 · 지열 8%, 바이오매스 1% 등으로 구성됨.[140]

140) Enerdata, Country Energy Report 2022.11.

주요단신

아시아 Asia

■ 일본 센다이 1·2호기, 20년 계속운전 인가

讀売新聞 2023.04.25., 南日本新聞 2023.04.30., 세계원전시장 인사이트 2023.10.13.,
NHK 023.04.30./10.26., 東京新聞, 日本経済新聞, 原子力産業新聞 2023.11.01.

■ **11월 1일 일본 원자력규제위원회는 규슈전력 센다이 1·2호기(각 890MW, PWR)의 20년 계속운전을 인가함.**

- 일본에서는 2023년 5월 31일 법 개정을 통해 새로운 원전 계속운전 안전성 심사 제도를 도입하여 2025년 6월 6일부터는 새로운 계속운전 심사 제도가 시행됨. 이번 센다이 1·2호기의 20년 계속운전 인가는 개정 이전의 법에 따른 인가임.
- 개정 이전의 법에서는 원전을 최초 상업운전일로부터 40년까지 가동할 수 있으며, 1회에 한정해 20년 계속운전 가능함. 또한, 계속운전 시에는 40년이 되는 1년 전까지는 규제위에 심사 신청을 완료해야 함.
- 이에 따라 규슈전력은 2022년 10월, 1984년 7월과 1985년 11월 각각 상업운전을 시작한 센다이 1,2호기의 계속운전 심사를 신청함.
  - 센다이 1·2호기는 이번에 20년 계속운전 인가를 받아 현재로서는 60년 가동이 가능하지만, 새로운 제도 시행과 동시에 해당 인가의 효력이 상실됨.
  - 이에 따라 계속 운전을 위해서는 새로운 제도에 따른 계속운전 인가 신청을 하여 2025년 새 제도 시행 전에 계속운전 인가를 받아야 함.
  - 한편, 2023년 4월 간사이전력도 개정 전 제도에 따라 다카하마 3·4호기(각 870MW, PWR)의 20년 계속운전을 신청했으며, 아직 인가는 받지 않았음.

■ **한편, 센다이 1·2호기가 위치한 가고시마현 시민단체는 조례에 해당 원전의 계속운전에 대한 투표 시행을 추가하는 방안을 청원했으나, 10월 26일 현 의회에서 조례 제정안에 대해 다수의 의원이 반대하여 부결됨.**

- 시민단체는 청원을 위해 2023년 6월부터 2개월간 현민들의 서명을 받아 가고시마현에 제출함.

- 시민단체는 센다이 1 · 2호기의 계속운전에 대한 현민들의 의견 제시 기회가 필요하고 투표가 유일한 수단이라며 조례 제정 직접 청구에 필요한 유권자 총수의 50분의 1인 약 2만 6,500명의 서명보다 약 80% 많은 4만 6,112명의 서명을 현에 제출함.
- 하지만, 10월 26일 현 의회에서 조례 제정안에 대한 의원들의 의견 수렴 결과 찬성 11명, 반대 39명으로 부결되었음.
  - 주민들의 의견을 존중해야 한다는 찬성 의견과 계속운전은 중요하고 복잡한 문제인데 주민들에게 찬반이라는 선택을 하도록 투표하는 것은 신중해야 한다는 반대 의견이 있었음.

■ 운영 50년 다가오는 일본 다카하마 1호기, 10년 계속운전 위해 신규제 적용된 안전심사 신청

原子力規制庁 2023.07.13., 세계원전시장 인사이트 2023.09.15./10.13.,
每日新聞, 時事通信, 日本経済新聞 2023.11.02., 朝日新聞, NHK 2023.11.03.

■ 일본 간사이전력은 11월 2일 최초 상업운전일에서 48년째 운전 중인 다카하마 1호기(826MW, PWR)의 최장 60년 운전을 위해 원자력규제위원회에 관련 서류를 제출하여 계속운전을 신청함.

- 다카하마 1호기는 1974년 11월 최초로 상업운전을 시작함.
- 2016년 6월 20일에는 올해 5월 31일 계속운전 관련법이 개정되기 전의 기준에 따라 상업운전시작일에서 최대 60년까지 가동할 수 있는 계속운전 인가를 받았음.
  - 개정 전의 규정에서는 원전은 원칙적으로 40년 가동할 수 있고, 1회에 한정해 20년 계속운전 가능하며 간사이전력은 2015년 4월 다카하마 1호기의 계속운전 심사를 신청함.
- 하지만, 5월 31일 일본의 계속운전 관련 법의 개정으로 새로운 계속운전 안전 규제인 '장기시설관리계획 인가제도'가 2025년 6월 6일 정식 시행됨에 따라 새로운 제도 시행과 동시에 기존에 받았던 계속운전 인가 효력이 상실됨.
  - 새로운 제도에서는 최초 상업운전일에서 원전을 30년 이상 가동할 시 30년을 기점으로 이후 최대 10년에 대해 규제위에 안전성 심사를 신청하고, 해당 기간 이후에도 매 최대 10년에 대한 심사 신청을 반복할 수 있음.
  - 사업자는 최초 상업운전 시작 후 30년 이상 운전할 시 심사 신청할 기간(최대 10년) 내 원자로 시설의 건전성을 관리하기 위한 '장기시설관리계획'을 수립하여 규제 위의 인가를 받아야 함.

- 사업자가 시행할 점검의 경우 최초 상업운전 시작일에서 40년째에는 일반 점검 때 포함되지 않는 상세 설비에 대해서도 건전성을 확인하는 특별 점검을 시행하여 장기시설관리계획을 수립해야 함.
- 60년째 이후에도 특별 점검을 수행해야 하며, 이 경우 사업자가 기존에 시행했던 특별 점검과 동일한 결과를 얻을 수 있다고 입증할 수 있다면 특별 점검이 아닌 다른 점검 방법도 인정함.

- 규제위는 원만한 제도 이행을 위해 2025년 기준 최초 상업운전일에서 30년 이상 경과되는 경우 2025년 제도 시행 이전에 사업자가 장기시설관리계획을 수립하여 규제위의 인가를 받도록 했으며, 10월부터 관련 인가 신청 접수를 시작함.
- 이때 장기시설관리계획 기간은 10년간이 아닌 최초 상업운전일에서 40년, 50년, 60년이라는 시점 중 가장 가까운 기간으로 신청하도록 함. 간사이전력은 2025년 시점 51년이 되는 다카하마 1호기에 대해 60년까지 운전하기 위한 장기시설관리방침을 수립하여 11월 2일 규제위에 제출함.
  - 장기시설관리계획 인가 기준은 ① 미래 설비 기능 저하(=열화)를 예측·평가하는 방법의 적합성, ② 예측되는 설비 기능 저하를 감안할 시 향후 최대 10년간의 안전 규제기준 적합성, ③ 설비 기능 저하 관리를 위한 구체적인 조치의 재해 방지 부분에 대한 적절성임.
  - 규제위는 이 세 가지 기준에 대한 적합성을 입증하는 것은 사업자의 책임이며, 세 가지 적합성이 입증되지 못하면 해당 원자로의 계속운전을 인가하지 않을 계획이라고 밝힘.

■ 일본 간사이전력, 원전 수소 냉각재로 활용 계획

세계원전시장 인사이트 2021.12.30., 日本経済新聞 2022.12.22.,
西電力 2023.06.22.,/10.11., 中日新聞, 読売新聞 2023.10.27.

■ **10월 11일 일본 간사이전력은 후쿠이현에서 운영 중인 다카하마·미하마·오이원전 총 7기에서 발전한 전력으로 생산한 수소를 원전의 냉각재로 재이용하는 실증실험을 2024년 3월 31일까지 진행한다고 발표함.**

- 실증 기간에는 간사이전력이 보유한 후쿠이현 내 7기에서 심야 등 저수요 시에 발전한 잉여전력을 쓰루가시에 있는 수소스테이션인 'H_2One 멀티 시스템'으로 보내고, 해당 시설에서 수전해 설비를 활용하여 생산한 수소 총 약 140kg을 다카하마·미하마·오이원전으로 수송해 발전기 냉각 등에 활용할 계획임.

- 쓰루가시에는 소규모 태양광에서 발전된 전력을 모아 수소를 생산해 연료전지차를 충전하거나 인근 시설에 전력을 공급할 수 있는 'H_2One 멀티 시스템'이 구축되어 있음.[141]
- 'H2One 멀티 시스템'은 연료전지차를 충전할 수 있는 'H_2One ST Unit™ '과 단일 컨테이너 형태의 자립형 수소에너지 공급 시스템인 'H_2One'로 구성됨.
- 생산된 수소는 간사이전력의 이력추적시스템을 통해 원전 전력으로 생산된 것을 파악할 수 있음.

- 간사이전력은 실증실험을 통해 얻은 지식을 2025년 오사카에서 개최 예정인 세계박람회 회장에서 활용할 계획임.

기타 단신

■ 미·일 고속로 실증에 Mitsubishi계열사 MFBR 참여

テレ朝 2022.01.27., 세계원전시장 인사이트 2023.07.21., JAEA, 原子力産業新聞 2023.10.31.

■ **일본원자력연구개발기구(Japan Atomic Energy Agency, JAEA), Mitsubishi중공업, Mitsubishi FBR시스템즈, 미국 Terrapower는 2022년 1월 체결했던 '소듐냉각고속로기술에 관한 MOU'에 고속로 실증계획을 포함하도록 내용을 개정했다고 10월 31일 발표함.**

- MFBR은 2017년 Mitsubishi중공업이 설립한 고속증식로 개발 · 설계 담당 엔지니어링 회사임. Mitsubishi중공업은 일본의 실험용 고속로인 '조요'와 현재 해체 중인 몬주 고속로의 개발과 건설에 참여했으며 MFBR과 연계해 고속로 실용화를 위한 발전소 개념 검토와 연구 개발을 추진 중임.
  - 2023년 7월 12일 일본 자원에너지청은 고속로의 실용화를 위해 MFBR이 제안한 '소듐냉각 탱크형 고속로'를 개념설계 추진 실증로로 선정하고, 고온가스로와 고속로 개발에서 설계를 총괄하는 핵심 기업으로 Mitsubishi중공업을 선정한 바 있음.
- 일본 고속로개발 전략 로드맵에서는 고속로 실증로의 개념설계가 2024년부터 시작되므로 TerraPower와 추진하는 협력 범위에 고속로의 경제성 향상을 위한 대형화 검토와 금속연료의 안전성 등을 새롭게 추가하였음.

141) 쓰루가시는 도시바 에너지 시스템즈와 2018년 8월 수소 공급망 구축과 관련한 기본 협정을 체결하여 협력 중이며 H_2One 멀티 시스템은 모두 도시바 에너지 시스템즈가 제작함.

– 4개 사는 2023년 여름 원자로 개념 사양을 선정, 2024년도에서 2028년도에 실증로의 개념설계 · 연구개발, 2026년경 연료 기술에 대한 구체적인 검토, 2028년경 실증로의 기본 설계 · 인허가 절차 이행 판단을 목표로 할 계획임.

■ 한수원, 캐나다 원전 엔지니어링 기업과 원전해체 협력 협약 체결

한수원 보도자료 2023.11.01., Kinectrics News Release 2023.11.01., Business Korea 2023.11.02.

■ **11월 1일 한국수력원자력(이하 '한수원')과 캐나다 원전 엔지니어링 기업 Kinectrics는 월성 1호기(683MW, PHWR) 해체 준비에 대비한 공동 역량 개발을 목적으로 원전해체 협력 협약(nuclear decommissioning cooperation agreement)을 체결함.**

- 이번 협약에는 국내 기술 인력의 해외 원전 해체 현장 파견과 함께 해외 전문가의 기술 자문과 초빙 교육 진행이 포함됨.
- 한수원은 2019년 Kinectrics와 전문인력 양성 및 PHWR 원전 해체 경험 확보를 위해 양해각서(MOU)를 체결하고, 2021년 캐나다 원전 해체 현장에 국내 인력을 파견한 바 있음.
- 또한 같은 날 한수원은 캐나다 방사성폐기물관리기구(NWMO)와 PHWR 연료 취급 기술 관련 협력 강화를 위한 의향서(letter of intent)를 체결함.

World Nuclear Power Market
INSIGHT

세계원전시장
인사이트

에너지경제연구원
Korea Energy Economics Institute

http://www.keei.re.kr
에너지경제연구원 전력정책연구본부 / 원전정책연구실
44543 울산광역시 중구 종가로 405-11