

세계원전시장 인사이트

Biweekly 격주간
2024 10.25

WORLD NUCLEAR POWER MARKET INSIGHT

현안이슈

세계 원전정책 동향 업데이트

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

주요단신

북미 101

- 미 에너지부, 자국 내 HALEU 재변환 및 농축 관련 자금 지원 대상 기업 발표
- 미 에너지부, SMR 초기 보급 지원 위해 최대 1조 원 규모 자금 지원 공고 발표
- 미국 Constellation, Three Mile Island 1호기 재가동 위한 연방 대출보증 신청 초기심사 완료
- 미국 Amazon, X-energy 지분투자 및 Washington-Virginia 주 전력사와 SMR사업 협력
- 미국 Kairos Power, Google 데이터센터 전력 공급 위한 PPA 체결
- 미국 Oklo, Aurora 연료 제조시설 개념 안전설계보고서(CSDR) 승인 획득
- 캐나다 원자력안전위원회, Pickering 5~8호기 2026년 말까지 추가 운영 승인
- 기타 단신

유럽 110

- 유럽연합 집행위, EU SMR 산업 연합 프로젝트 실무그룹 1차 공모에 9개 팀 선정
- 프랑스 Orano, Tricastin 소재 우라늄 농축 시설 확장 기공식 개최
- 프랑스 EDF, 체코 신규 원전 입찰 결과 두고 EU 집행위에 제소
- 스페인 원전운영사 CNAT, 프랑스 Framatome과 Trillo 1호기 핵연료 공급 및 노심관리 서비스 계약 체결
- 스페인 원자력산업협회, 정부 방폐물 부담금 30% 인상 조치에 법적 소송 제기
- 슬로바키아, 미국 NEXT 프로젝트를 통해 SMR 부지 선정 관련 약 69억 원 지원 수혜
- 기타 단신

아시아 117

- 카자흐스탄, 원전 도입 국민투표 약 71% 찬성
- 중국, Zhangzhou 1호기 연료장전 시작-2024년 말까지 상업운전 목표
- 일본 사용후핵연료 중간저장시설, 운영 시기 11월 20일로 재연기
- 일본 미하마 3호기, 신 규제 적용한 계속운전 안전성 평가서 제출
- 일본 다카하마 1호기, 11월 14일로 일본 최초 운영 50년 맞이해
- 기타 단신





세계원전시장 인사이트

Biweekly 격주간
2024 10.25

발행인 김현제

편집인	조주현	joohyun@keei.re.kr	052-714-2035
	김창훈	hesedian@keei.re.kr	052-714-2210
	신재정	jjshin@keei.re.kr	052-714-2054
	유석종	sjryu@keei.re.kr	052-714-2257
	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 밝혀둡니다.

현안이슈

세계 원전정책 동향 업데이트

에너지경제연구원 원전정책연구실

조주현 연구위원 (joohyun@keei.re.kr)	김창훈 연구위원 (hesedian@keei.re.kr)
신재정 부연구위원 (jshin@keei.re.kr)	정진영 전문연구원 (jy_jeong@keei.re.kr)
한지혜 전문원 (jhhan@keei.re.kr)	김유정 위촉연구원 (yjkim@keei.re.kr)
이유경 위촉연구원 (rglee@keei.re.kr)	

1 세계 원전 현황¹⁾

1) 운영 현황

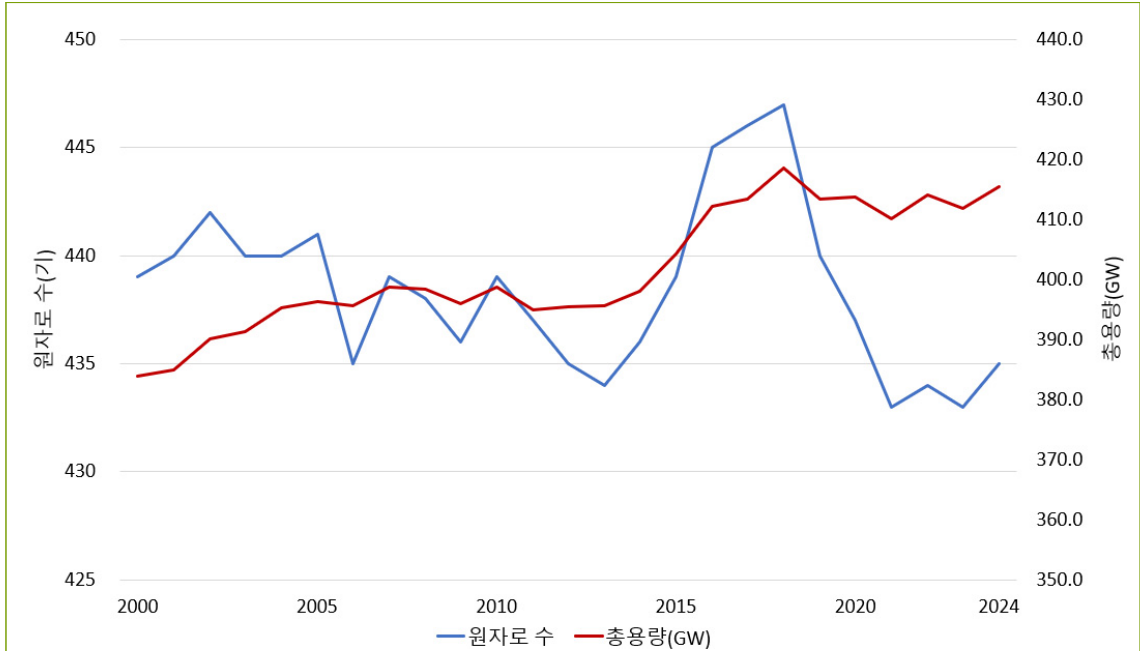
- 2024년 9월 기준으로 전 세계 32개 국가²⁾에서 435기의 원자로가 운영 중에 있으며, 총 설비 용량은 415.4GW임.
 - 지역별로는 극동아시아가 116기, 북미 113기, 서유럽 93기, 중앙&동유럽 73기, 중동 및 남아시아 31기, 남미 7기, 아프리카 2기가 운영 중임.
 - 노형별로는 PWR 309기, BWR 58기, PHWR 47기, LWGR 10기, GCR 8기, FBR 2기, HTGR 1기 순임.
- 2000년 이후 운영 중인 글로벌 원전의 용량은 2018년까지 꾸준히 증가하였고, 이후 소폭의 감소세를 보이다가 다시 반등함.
 - 원자로 수의 경우, 2013년 이후 급속도로 증가한 이후, 2018년 이후로 독일, 미국, 영국 등에서의 원전 폐쇄로 2023년까지 감소했었음.

1) <https://www.iaea.org/pris/>(검색일: 2024.10.08.)를 참고하여 작성되었음. 단, 한국의 원전 용량은 IAEA 자료와 열린원전운영정보 자료가 다소 차이가 있어 열린원전운영정보 자료로 변경 적용함.

2) 대만을 포함하지 않을 경우 31개국임.

- 국가별로는 미국이 94기(102.5GW)로 가장 많으며, 프랑스 56기(64.0GW), 중국 56기(58.1GW), 러시아 36기(28.6GW), 일본 33기(33.1GW), 한국 26기(26.1GW) 순임.

〈원자로 수 및 용량 추이〉

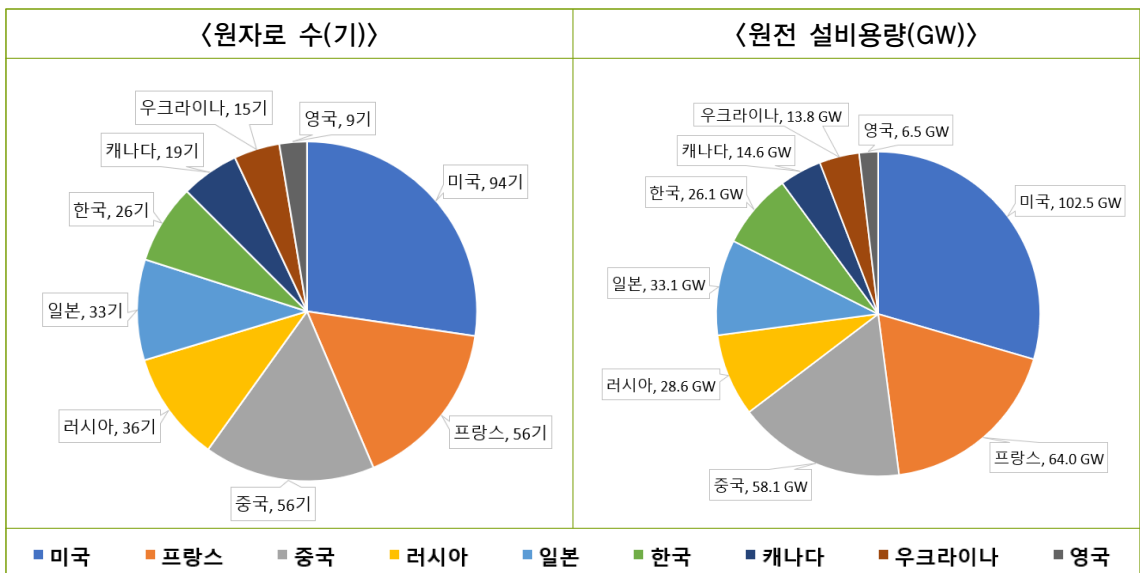


자료: IAEA PRIS(검색일: 2024.10.08.)

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

* 한국의 원자로 수 및 용량은 열린원전운영정보 자료를 변경·적용함.

〈주요 국가별 원전 운영 현황〉

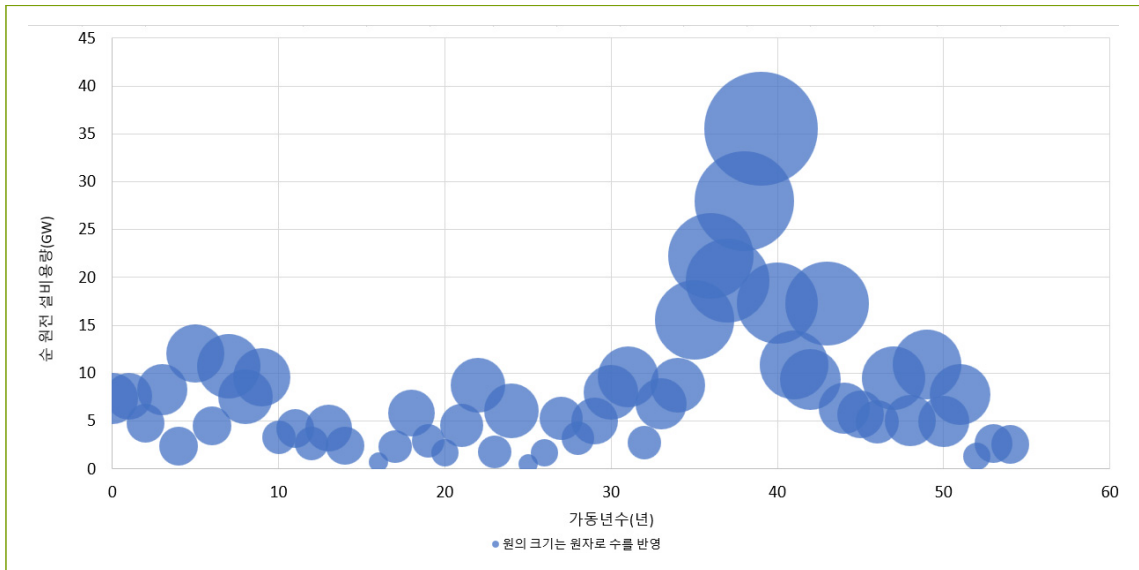


자료: IAEA PRIS(검색일: 2024.10.08.)

■ 전체 원전의 평균 가동년수는 31.3년으로 전반적으로 노후화가 진행 중임.

- 가동년수가 10년 미만인 원자로는 69기, 10년 이상 20년 미만인 원자로는 33기, 20년 이상 30년미만인 원자로는 43기, 30년 이상 40년 미만인 원자로는 154기, 40년 이상 50년 미만인 원자로는 109기, 50년 이상인 원자로는 27기로, 30년 이상 된 원자로는 전체의 67%를 차지함.
- 전체 원전의 가동년수 평균의 추이를 보면, 1990년 기준으로는 10.8년(총 416기), 2000년 기준 18.4년(총 435기), 2010년 기준 25.8년(총 441기)임.

〈2024년 세계 원전 가동년수 분포〉



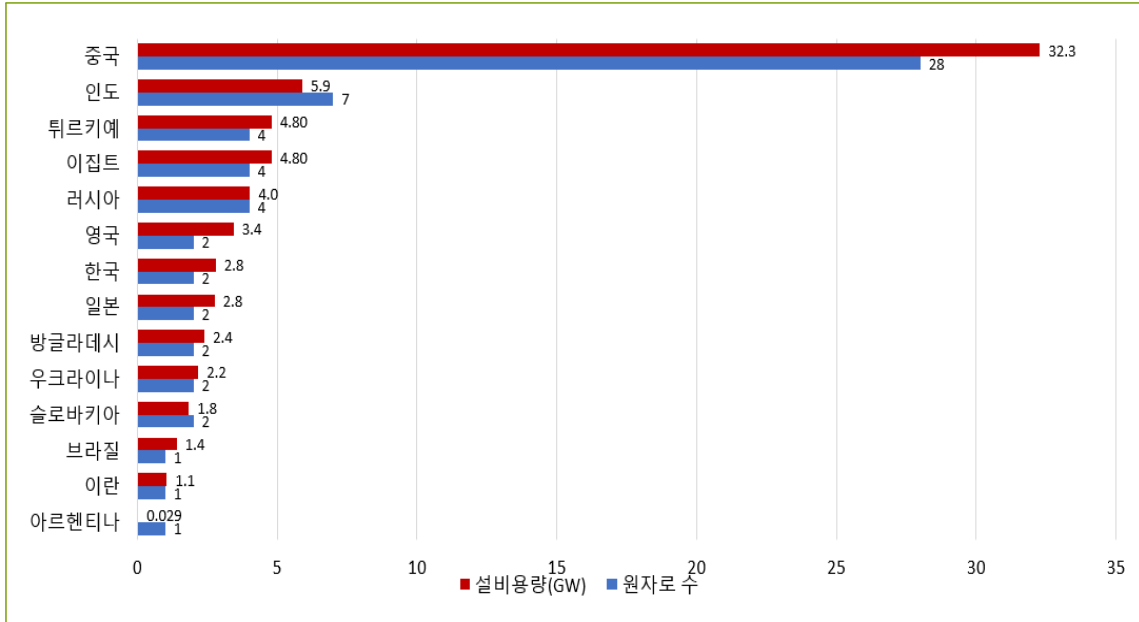
자료 : IAEA PRIS(검색일 : 2024.10.08.)

2) 건설 현황

■ 2024년 9월 기준 전 세계 15개 국가에서 63기의 원자로는 건설 중에 있으며, 건설 중인 원자로의 총 설비용량은 약 71.4GW임.

- 중국이 가장 많은 28기(32.3GW)의 원자로를 건설하고 있으며, 다음으로는 인도(7기, 5.9GW), 튀르키예 및 이집트(각 4기, 각 4.8GW), 러시아(3기, 2.8GW) 순으로 높은 것으로 나타남. 한국은 현재 2기(2.8GW)의 원자로를 건설 중임.

〈국가별 원전 건설 현황〉



자료 : IAEA PRIS(검색일 : 2024.10.08.)

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

3) 폐쇄 현황

■ 2024년 4월 기준 전 세계 22개국³⁾에서 211기, 총 114.2GW의 원자로가 폐쇄되었음.

- 현재 원전 운영국 32개국 중 18개국에서 총 171기의 원자로가 폐쇄되었음. 미국이 41기의 원자로를 폐쇄하였고 영국이 36기, 일본이 27기, 프랑스가 14기의 원자로를 폐쇄하였음. 이어 러시아가 11기, 스웨덴이 7기, 캐나다가 6기의 원자로를 폐쇄하였음.
- 독일(33기), 이탈리아(4기), 리투아니아(2기), 카자흐스탄(1기)은 운영하였던 모든 원전을 폐쇄하였고, 현재 운영 중인 원전은 없음.

3) 대만을 제외할 경우 21개국임.

〈IAEA 발표 기준 국가별 원전 운영·건설·폐쇄 현황(2024.09)〉

(단위 : 개수, MW)

구분	국가	운영 중		건설 중		폐쇄	
		원자로	설비용량	원자로	설비용량	원자로	설비용량
원전 운영국가	미국	94	102.5	0	0.0	41	21.1
	프랑스	56	64.0	1	1.7	14	6.1
	중국	56	58.1	28	32.3		
	러시아	36	28.6	4	4.0	11	5.3
	일본	33	33.1	2	2.8	27	17.9
	한국	26	26.1	2	2.8	2	1.3
	인도	20	7.5	7	5.9		
	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	4	2.0	2	1.8	3	1.0
	대만	1	1.0			5	4.2
	아르헨티나	3	1.8	1	0.0		
	UAE	4	5.7	0	0.0		
	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			4	4.8		
원전 폐쇄국가	독일					33	27.7
	이탈리아					4	1.5
	리투아니아					2	2.6
	카자흐스탄					1	0.1
합계		435	415.4	63	71.4	211	114.2

자료 : pris.iaea.org(검색일 : 2024.10.08.)의 자료를 바탕으로 재구성, 단 한국은 열린원전운영정보 자료 적용.

* 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 복미

미국

■ 현황

- 미국은 2024년 9월 기준 94기의 원자로(102,475MW)를 가동 중이며 41기의 원자로(21,067MW)가 영구 정지됨.
 - 미국 내 유일하게 건설 중이었던 Vogtle 4호기가 2024년 4월 29일에 상업운전을 시작함.
- 2023년 미국의 총발전량은 4,520TWh로, 가스 43%, 석탄 16%, 원자력 18%, 풍력·태양광·지열 등 15%, 수력 6%, 바이오매스 1%, 석유 1%임⁴⁾.

■ 원자력 관련 주요 정책

① 계속운전 및 운영 지원 관련

- IIJA에 따른 상업원전 지원책 시행
 - 2021년 11월 Biden 대통령이 서명한 ‘초당적 인프라 투자 및 일자리 법안(Infrastructure Investment and Jobs Act, IIJA)’의 일환으로 추진된 계속운전 지원을 위한 상업원전 지원책(Civil Nuclear Credit, 이하 ‘CNC’)에 미 에너지부는 부처 예산 중 60억 달러(약 8조 원)⁵⁾를 배정함.
 - 2022년 4월 19일 1차 지원 공모 시작 후 같은 해 11월 21일 California 주의 Diablo Canyon 원전이 선정되어 1차 지원금인 총 11억 달러(약 2조 원)를 향후 4년간 지원하기로 함. 2023년 3월 2일에는 CNC 2차 신청 조건이 공고되었는데, 1차와 달리 경제성을 이유로 이미 조기 폐쇄된 원전의 소유주 혹은 운영사도 신청할 수 있게 됨.
- IRA에 따른 생산세액공제 시행
 - 2022년 8월 16일 Biden 대통령이 서명한 인플레이션 감축법안(IRA)에 따른 에너지 관련 예산은 3,700억 달러(약 510조 원)로 여기에 원전 운영사의 전력 판매 수익에 대한 생산 세액공제(Production Tax Credit, PTC) 항목이 포함됨.
 - 가동 중인 원전의 발전량에는 2023년 12월 31일부터 10년간 1kWh당 0.3센트의 세액 공제를 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.

4) Enerdata Country Energy Report—United States, pp.21.(2024.09.)

5) 미국 내용 전체 2024년 10월 24일 환율 기준 적용(1달러= 1,379원)

- 한편, 2023년 12월 22일 미 재무부와 국세청은 2022년 IRA에 따라 제정된 45V 청정수소 생산 세액공제 규정 발표를 통해 청정수소 생산업체가 1kg당 최대 3달러(약 4천 원)의 세액공제를 받을 수 있는 세부 기준을 제시했는데, 지침에 따른 세액공제 수혜 대상으로 수소 설비 서비스 시작 시점에서 3년 이내에 가동을 시작한 청정 발전설비만 자격을 부여 하도록 규정하고 있으며, 신규 설비 증설로 인한 발전량도 새로운 청정 전력 공급원으로 간주됨. 2033년 이전에 건설을 시작하는 프로젝트를 대상으로 하며, 수소 생산시설이 가동되는 날로부터 10년간 적용이 됨.

② 차세대 원전 개발 촉진 관련

- Biden 대통령, 선진 원자로 상용화 촉진을 위한 법안(ADVANCE Act) 서명
 - 2024년 7월 10일 Biden 대통령은 선진 원자로 기술 개발 및 보급 장려와 규제 승인 절차 간소화 등 차세대 원전 개발과 관련한 새로운 법안인 Accelerating Deployment of Versatile, Advanced Nuclear for Clean Energy Act(이하 'ADVANCE Act')에 서명함.
 - ADVANCE Act는 선진 원자로 기술과 연료 개발 및 보급과 함께 상용화를 위한 규제 절차 간소화와 국제 협력을 바탕으로 한 기술의 안전성 지원에 중점을 두며, 미 원자력규제 위원회(NRC)에 신규 원자로 인허가 절차의 강화와 가속화 방안 마련 요구 및 발전사 규제 비용 절감과 사고 저항성 연료·선진 원자로 연료의 자격 심사 등을 포함함.
- 미 에너지부, SMR 기술 보급 위한 최대 1조 원 지원 내용 의향서 발표
 - 2024년 6월 17일 미 에너지부 산하 청정에너지 실증 부서(Office of Clean Energy Demonstrations)는 미 에너지부 원자력국(Office of Nuclear Energy)과 협력해 Biden의 경제 계획인 미국 투자(Investigating in America) 의제의 일환으로 최대 9억 달러(약 1조 2천억 원)를 지원하는 Generation III+ SMR 기술의 초기 보급(initial deployment) 추진 의향서를 발표함.
 - 미 에너지부는 두 가지 방법으로 자금을 지원하며, 첫 번째로 분류(Tier 1)된 대상은 발전사와 건설업체로 구성된 '선도 기업(first-mover)' 팀에 최대 8억 달러(약 1조 1천억 원)를 지원해 초기 SMR 프로젝트 개발과 다중 원자로 주문 계약 확보를 통해 기술 상용화 가속을 목표로함. 두 번째로 분류(Tier 2)된 대상은 '선도 기술의 빠른 도입(fast follower deployment)' 팀으로 설계·인허가·공급망 개발·부지 준비 등을 통해 SMR 보급 촉진을 목표로함.

③ 핵연료 안보 정책 관련

- Biden 대통령, 러시아산 우라늄 수입 금지 법안 서명
 - 2024년 5월 13일 Biden 대통령은 러시아산 우라늄의 수입을 금지하는 법안 H.R.1042 (Prohibiting Russian Uranium Imports Act)에 공식 서명함. 해당 법은 Biden 대통령이 서명한 날을 기점으로 90일 이후부터 발효되어 2040년 말까지 지속됨.

- 2027년까지는 예외적인 상황에서 조건부로 러시아산 우라늄 수입을 허용하여 법의 적용을 유예받을 수 있으며, 허용량은 매해 단계적으로 감소하여 2028년 1월 1일까지 모든 면제 조치가 전면 금지되도록 함.
- 2024년 6월 4일 미 상무부는 러시아산 우라늄 수입 금지법과 관련해 2024년 1월 1일 이후에 재수출을 목적으로 미국에 들어오는 러시아산 우라늄도 제재 대상으로 간주한다는 지침을 발표했으며, 해당 지침에는 재수출을 위해 미국에 들어오는 우라늄에 별도의 할당량(quota)을 지정하지 않고 기존의 미국 내 농축 우라늄(Enriched Uranium Product, EUP) 할당량에 포함되어 전체 수입 할당량 내에서 관리한다는 내용이 포함됨.
- 미 에너지부, 러시아산 우라늄 수입 금지법의 면제 절차 세부 내용 발표
 - 2024년 5월 23일 미 에너지부는 러시아산 우라늄 수입 금지법이 8월 11일부터 공식 발효됨에 따라 미국 원전이 연료 공급 차질에 직면하지 않도록 러시아로부터 우라늄 인도(delivery)를 지속할 수 있는 유예 조치를 허용하는 면제 절차(waiver process)의 세부 사항을 발표함.
 - 세부 사항으로 대체 공급원이 없거나 다른 국가와 기존에 체결한 협정에 따라 원전 연료 공급이 필요한 경우 국익을 고려해 국무·상무장관과 협의 후 면제를 승인할 수 있도록 하며, 기존의 러시아산 우라늄 수입제한 제도(Russian Suspension Agreement, RSA)에서 2040년까지의 연간 수입 한도 규정 조항을 삭제하고 2024년~2027년 기간 동안 연간 우라늄 수입을 제한하는 것으로 대체하며 허용 범위는 2024년 476,536kg, 2025년 470,376kg, 2026년 464,183kg, 2027년 459,083kg으로 규정함.
 - 2024년 7월 22일 미국 Centrus는 2024년부터 2025년까지 러시아산 우라늄 수입이 가능하도록 미 에너지부로부터 금지 조치 면제를 받았으며, 2026년과 2027년에 대한 러시아산 우라늄 수입 여부는 해당 시점에 재검토하기로 했다고 밝힘.

■ 주요 이슈

① 계속운전 신청 및 승인

- Dresden 2·3호기, 2차 계속운전 신청
 - 2024년 4월 17일 미 전력사 Constellation Energy Corporation은 Illinois 주에 있는 Dresden 원전 2·3호기(총 1,885MW, BWR)의 2차 계속운전 신청서를 NRC에 제출함.
 - Dresden 2·3호기는 각각 1970년 6월 9일과 1971년 11월 16일에 상업운전을 시작하였으며, 2004년 10월 28일 NRC가 Dresden 2·3호기의 계속운전 신청을 승인함으로써 각각 2029년과 2031년까지 운영이 가능함. 2차 계속운전 승인 시 Dresden 2·3호기는 2049년과 2051년까지 가동이 가능함.

- Comanche Peak 1·2호기, 계속운전 승인
 - 2024년 7월 31일 NRC는 Texas 주에 위치한 Comanche Peak 1·2호기(총 2,509MW, PWR 2기)의 계속운전을 승인함.
 - Comanche Peak 1·2호기는 각각 1990년 8월 13일과 1993년 8월 3일에 상업운전을 시작했으며, 두 호기의 최초 운영허가는 각각 2030년 2월 8일과 2033년 2월 2일에 만료됨. 2022년 10월 Vistra는 NRC에 Comanche Peak 1·2호기의 계속운전 신청서를 제출했으며, NRC의 계속운전 승인으로 해당 원전은 각각 2050년 2월과 2053년 2월까지 운영 가능함.
 - North Anna 1·2호기, 2차 계속운전 승인
 - 2024년 8월 28일 NRC는 Virginia 주에 있는 North Anna 1·2호기(총 2,001MW, PWR 2기)의 2차 계속운전을 승인함.
 - North Anna 1·2호기는 각각 1978년 6월 6일과 1980년 12월 14일에 상업운전을 시작했으며, 두 호기는 각각 2018년 4월 1일과 2020년 8월 21일에 최초운영허가가 만료됨. North Anna 1·2호기의 1차 계속운전 허가는 각각 2038년 4월과 2040년 8월에 만료되며, NRC의 2차 계속운전 승인으로 1호기는 2058년 4월, 2호기는 2060년 8월까지 운영이 가능함.
 - Turkey Point 3·4호기, 2차 계속운전 승인
 - 2024년 9월 19일 NRC는 Florida 주 남부에 있는 Turkey Point 3·4호기(총 1,658MW, PWR)의 2차 계속운전을 승인함.
 - Turkey Point 3·4호기는 각각 1972년 12월 14일과 1973년 9월 7일에 상업운전을 시작했으며, 두 호기는 각각 2012년 7월 19일과 2013년 4월 10일에 최초운영허가가 만료됨. Turkey Point 3·4호기의 1차 계속운전 허가는 각각 2032년 7월 19일과 2033년 4월 10일에 만료되며, NRC의 2차 계속운전 승인으로 1호기는 2052년 7월 19일과 2호기는 2053년 4월 10일까지 운영이 가능함.
- ② Diablo Canyon 원전 계속운전 및 Palisades 원전 재가동 추진
- California 주 의회, Diablo Canyon 원전 계속운전 추가 지원금 최종 취소 결정
 - 2024년 8월 15일 California 주 의회는 Diablo Canyon 원전(총 2,394MW, PWR 2기)의 최초 운영허가 만료 시점 이후에도 운영이 가능하도록 기존 14억 달러(약 2조 원) 대출금에 추가 4억 달러(약 6천억 원)를 지원하기로 2024년 6월 주 정부와 합의했던 안건에 대해 높은 비용 추정치 및 안전 문제 부각 등을 이유로 대출금 지급 중단을 결정함.
 - 이번 결정에 대해서 California 주 의회는 Diablo Canyon 원전의 계속운전과 관련해 유

지보수와 설비증강, 안전조치 강화 측면을 고려한 비용 증가 시 PG&E 소비자에게 미칠 경제적 부담과 지속적인 운영에 대한 안전 우려 등 해당 원전 운영의 경제적 타당성과 관련한 종합적인 요인을 바탕으로 대출금 지급 중단 조치를 내렸다고 밝힘.

- NRC, Diablo Canyon 원전 지진 관련 환경 영향성 재조사 계획 발표
 - 2024년 9월 4일 NRC는 2024년 7월 청원심사위원회(Petition Review Board, 이하 'PRB')에서 환경단체가 Diablo Canyon 원전이 위치한 지역의 지진 위험성과 관련해 기존의 환경 평가가 이를 반영하지 못한다는 요청을 수용해 지진 피해 가능성을 재조사할 계획이라고 발표함.
 - 재조사 계획과 관련해 PRB는 2024년 8월 서한에서 Diablo Canyon 원전 인근의 Irish Hills에 있는 역단층이 지진을 초래할 수 있으며, 지진 발생 시 노심 손상 위험의 정도 등을 근거로 하여 해당 원전의 지진 위험성을 재평가할 것이라고 언급함.
- 미 에너지부, Palisades 원전 재가동 위한 대출 보증 발행 최종 확정
 - 2024년 8월 5일 미 에너지부 대출사무국(Loan Programs Office)은 2022년 5월 조기 폐쇄된 Michigan 주의 Palisades 원전(805MW, PWR)을 2025년 10월까지 복구 및 재가동하기 위해 필요한 기본적인 설비 복구와 유지 보수 작업에 한정해 Holtec에 대출 보증을 발행한다고 발표하였으며, 2024년 9월 30일 미 에너지부는 Palisades 원전을 2025년 10월까지 재가동하기 위한 15억 2천만 달러(약 3조 원) 규모의 대출 보증을 최종 승인함.
 - 한편, 2024년 9월 5일 미 농무부(USDA)는 Michigan 주 Wexford 카운티의 전력공급을 담당하는 비영리 단체인 Wolverine 전력협동조합(Wolverine Power Supply Cooperative)과 Wolverine의 파트너사인 Hoosier Energy에 Palisades 원전 재가동 시 전력 구매 비용을 부분적으로 지원하기 위해 총 13억 달러(약 1조 8천억 원)를 할당함.

③ SMR · MMR 건설 추진 및 인허가

- TerraPower의 Natrium 실증 원자로, 건설허가 신청서 검토 시작 및 부지 개발 착수
 - 2024년 5월 23일 NRC는 3월 29일 TerraPower가 Wyoming 주 Kemmerer 시에서 개발 중인 소듐 냉각 고속원자로 Natrium(345MW, SFR) 실증을 위해 제출한 건설허가(Construction Permit) 신청서 검토를 시작했다고 발표함.
 - 2024년 6월 10일 TerraPower는 Natrium 실증 프로젝트의 부지 개발(site development) 착수 기념식을 열고 원자로의 효율적인 운영에 필요한 기반 시설 마련을 위한 건설 작업(non-nuclear construction)을 시작했다고 발표함.
 - Natrium 실증 프로젝트는 세 가지 개별 부분으로 나뉘며, 첫 번째는 원자로의 나트륨 냉각 시스템 테스트 및 준비 시설(sodium test and fill facility) 개발, 두 번째는 전력 생산 또는 발전 단지(power production or energy island) 구축, 세 번째는 원자력 단지

(nuclear island) 조성임. 이번에 발표된 Sodium 실증 원자로 부지 개발 작업은 프로젝트의 첫 번째 부분에 해당하며, 이는 비원자력 시설(non-nuclear building)이므로 원자로와는 별개로 원자로에 사용될 나트륨 냉각계를 테스트하고 처리하는 곳임.

- 미 국방부, 초소형원자로 도입 제안요청서 발행 및 이동형 초소형원자로 프로젝트 착공
 - 2024년 6월 7일 미 국방부 국방혁신단(Defense Innovation Unit, DIU)은 미군 내 증가하는 전력 수요를 충족하고 에너지 안보 확보를 목표로 두 개의 군 시설에 2030년까지 초소형원자로 2기 건설을 위해 원자로 공급업체 대상으로 제안요청서를 발행함. 제안요청서의 주요 요청 요건에는 초소형원자로의 생애주기 전 단계를 포함한 제안서 제출과 공급업체들이 충족해야 할 기술적 요구사항이 포함됨.
 - 2024년 9월 24일 미 국방부는 Idaho 국립연구소에서 진행 중인 이동형 초소형원자로 프로젝트 Project Pele의 착공식을 개최했으며, 원자로의 최종 조립(fully-assembled)은 2025년 2월 BWXT의 제조시설에서 시작되어 2026년에 INL로 운송된 후 테스트와 시운전을 진행할 계획임을 발표함.
- BWXT, Wyoming 주 내 초소형원자로 보급 타당성 조사 2단계 착수
 - 2024년 6월 20일 미국 원전 엔지니어링 기업 BWX Technologies(BWXT)는 Wyoming 에너지청(WEA)과 자사가 개발 중인 초소형원자로를 Wyoming 주 내 보급하기 위한 2천만 달러(약 276억 원) 규모의 타당성 조사 수행 계약 중 두 번째 단계에 착수했으며, 2025년 3분기까지 이를 완료할 계획을 밝힘.
 - 두 번째 단계에서는 첫 번째 단계에서 파악한 요구사항에 따라 초소형원자로의 구체적인 설계를 완료하고, 원자로 설계와 운영이 규제 기관의 기준을 충족하도록 계획 수립 및 초소형원자로 모듈형 설계(fleet model) 개발 등 Wyoming 제조업체의 역량 입증을 진행함.
- Dominion Energy, Virginia 주 SMR 보급 가능성 평가 위한 제안요청서 발행
 - 2024년 7월 10일 미국 Dominion Energy는 Virginia 주 North Anna 원전 부지에서 Glenn Youngkin 주지사와 주요 관계자들이 참석한 가운데 Virginia 주 내 SMR 개발 가능성을 평가하기 위해 SMR 개발 업체들을 대상으로 제안요청서를 발행했다고 발표함.
- Kairos Power, Hermes 실증 용융염 원자로 건설작업 착수
 - 2024년 7월 30일 미국 Kairos Power는 Tennessee 주 Oak Ridge에서 2023년 12월 NRC로부터 건설허가를 받은 Hermes 실증 용융염 원자로의 건설 작업에 착수했으며, 2027년 가동을 목표로 하고 있다고 밝힘.
- NRC, Kairos Power의 Hermes 2 최종안전성평가 완료 및 최종환경영향평가서 발행
 - 2024년 7월 22일 NRC는 Tennessee 주 Oak Ridge에 건설될 Kairos Power의 Hermes 2 실증 용융염원자로의 건설허가 신청에 대한 최종안전성평가를 완료했다고 발표함.

- 이어 2024년 9월 5일 NRC는 성명에서 Hermes 2가 보급될 부지의 경우 Hermes 실증로의 환경영향평가서를 바탕으로 검토되었기 때문에 Hermes 2 프로젝트에 추가적인 환경영향평가가 불필요하다고 판단하고, Hermes 2 실증 용융염원자로 건설허가 신청에 대한 최종 환경영향평가서를 발행함.
- Hermes 2 실증로는 2023년 12월 건설허가를 받은 Hermes 실증로의 후속 모델로, 동일한 35MW 원자로 2기로 구성되어 향상된 전력 공급과 함께 향후 Kairos Power의 불화염 냉각고온원자로(KP-FHR) 상업운전 시 비용을 사전에 분석하는 것을 목표로 함.
- Nebraska 주, 선진 원자로 후보 부지 타당성 조사 2단계 착수
 - 2024년 8월 8일 Nebraska 지역전력공사(Nebraska Public Power District)는 Nebraska 경제개발부(Nebraska Department of Economic Development)와 SMR·AMR 부지 선정을 위해 총 16개의 후보 부지에 대한 타당성 조사 2단계에 착수하며, 2단계 조사에서는 환경적 영향과 건설 가능성, 지역 사회의 지지와 주민 수용성을 중점으로 고려해 16개의 후보 부지 중 4개의 최종 후보 부지를 선정할 계획이라고 밝힘.
- TVA, Tennessee 주 Clinch River에 BWRX-300 건설 위한 추가 자금 지원 승인
 - 2024년 8월 22일 Tennessee강 유역개발공사(Tennessee Valley Authority, 이하 'TVA') 이사회는 Tennessee 주 Oak Ridge에 위치한 Clinch River에 GE Hitachi의 BWRX-300 건설 및 개발 지원을 위해 TVA에 약 1억 5천만 달러(약 2천억 원)의 추가 자금 지원을 승인한다고 발표함.
 - TVA는 2030년대까지 BWRX-300 보급을 목표로 건설허가 신청서를 준비 중이며, 최종 승인을 위해 NRC의 건설허가와 환경 검토, 그리고 TVA 이사회 승인이 필요하다고 밝힘.
- Westinghouse, 미 에너지부에 eVinci 예비안전성 설계보고서(PSDR) 제출
 - 2024년 9월 16일 미국 Westinghouse는 미 에너지부 산하 원자로혁신센터(National Reactor Innovation Center)에 자사의 초소형원자로인 eVinci의 예비안전성설계보고서(Preliminary Safety Design Report, 이하 'PSDR')를 제출했으며, 이번에 제출된 PSDR에는 eVinci 원자로의 안전 설계 및 운영 관련 종합적인 정보를 포함하고 있다고 언급함.
- ④ 기존 발전소 부지 활용 노력
 - 전력사 PPL, Kentucky 주 석탄발전 부지 원전 개발 타당성 조사 계획
 - 2024년 6월 28일 미국 전력사 PPL Corporation은 자사의 계열사인 Louisville Gas & Electric Company와 Kentucky Utilities Company가 Kentucky 주 Ghent 석탄발전 부지를 원전으로 대체하기 위한 두 번째 연구에 해당하는 타당성 조사(feasibility study)를 바탕으로 추가 부지 탐색 및 기업 간 협력 가능성 모색에 나설 계획이라고 발표함.

- 미 에너지부, 신규 원전 부지 가용성 관련 예비 분석 결과 발표
 - 2024년 9월 9일 미 에너지부는 예비 분석(preliminary analysis) 보고서인 ‘원자력 발전소와 석탄 발전소 부지의 신규 원자력 설비용량 평가(Evaluation of Nuclear Power Plant and Coal Power Plant Sites for New Nuclear Capacity)’를 발표하고, 31개 주에 있는 54기의 운영 중인 원전과 11기의 폐쇄된 원전 부지에 60~95GW 전력 생산이 가능한 신규 원전 설비 도입이 가능하다고 평가함.
- ⑤ 원전과 데이터센터 기업 간의 전력 구매 계약 및 협력
 - Oklo, Wyoming 주 데이터센터와 전력구매계약 의향서 서명
 - 2024년 5월 23일 미국 초소형모듈원자로(MMR) 개발사 Oklo는 미국 데이터센터 운영 기업인 Wyoming Hyperscale의 데이터센터에 자사의 초소형원자로 Aurora를 활용한 100MW 전력 공급을 목표로 하는 20년 전력구매계약(Power Purchase Agreement, 이하 ‘PPA’) 체결을 위한 의향서(Letter of Intent)에 서명했으며, 이를 바탕으로 Oklo는 Aurora에서 생산한 최대 500MW의 전력을 Wyoming Hyperscale 데이터센터에 제공할 계획임.
 - Constellation, Microsoft와 PPA 체결 및 Three Mile Island 1호기 재가동 계획 발표
 - 2024년 9월 20일 미국 Constellation Energy는 Microsoft와 20년간 PPA를 체결하고 Pennsylvania 주에 있는 Three Mile Island 1호기(880MW, PWR)를 2028년부터 재가동할 계획임을 발표함.
 - Constellation은 Three Mile Island 1호기 재가동을 위해 터빈, 발전기, 주요 전력 변압기, 냉각과 제어 시스템을 포함한 주요 인프라에 상당한 투자를 진행할 것이며, Constellation 모회사인 Exelon의 전 CEO였던 Chris Crane이 미국 내 원전 운영에 기여를 한 업적을 기리기 위해 원전 이름을 ‘Crane Clean Energy Center’로 변경할 예정이라고 밝힘.
- ⑥ 미 정부와 기업 간 선진 연료 및 우라늄 농축 산업 강화
 - X-energy의 TRISO 연료 제조시설, 약 2천억 원 세액공제 대상으로 선정
 - 2024년 4월 23일 미국 SMR 개발사 X-energy는 Tennessee 주 Oakridge에 있는 선진 핵연료 제조시설(advanced nuclear fuel fabrication facility, TX-1)에 대해 2027년 말까지 운영을 시작하는 것을 목표로 인플레이션감축법안(IRA)에 따라 1억 4,850만 달러(약 2천억 원)의 세액공제(tax credit)를 지원받았으며, TX-1에서 선진형 연료인 TRISO-X를 상업 생산하기 위해 2024년 말에 시설 건설이 시작될 예정이라고 밝힘.
 - 미 에너지부, 자국 우라늄 농축 역량 강화 위한 약 4조 원 규모 구매 제안요청서 발행
 - 2024년 6월 27일 미 에너지부는 러시아산 우라늄 수입 의존도를 줄이고 미국 내에서 우라늄

농축 역량 구축을 촉진하기 위해 27억 달러(약 4조 원) 규모의 저농축우라늄(LEU) 구매 제안요청서를 발행함.

- 구매 제안요청서를 바탕으로 미 에너지부는 신규 농축시설이나 기존 농축시설에서 생산된 우라늄을 확보할 계획이며, 확보된 우라늄 생산분을 미 발전사에 판매하여 청정에너지 생산을 지원하고 러시아산 우라늄 수입 의존도를 저감하는 것을 목표로 함.
- NRC, 신규 원전 및 우라늄 농축 시설 인허가 관련 의무 공청회 절차 간소화 승인
 - 2024년 7월 18일 NRC는 상업용 원전과 우라늄 농축 시설의 인허가 결정과 관련해 4개월 소요되는 의무 공청회 절차 간소화를 승인하고 약 8주로 일정을 단축한다고 발표함.
 - 상업용 원전 의무 공청회 절차는 구술 절차를 폐지하고 서면 자료만을 기반으로 인허가 발급 절차를 신속히 처리하는 것을 목표로하며, 우라늄 농축 시설 절차는 NRC가 주재해오던 일부 절차를 원자력안전·인허가위원회(Atomic Safety and Licensing Board Panel, 이하 'ASLBP')에 위임해 NRC 지침에 따라 ASLBP가 서면 자료를 기반으로 인허가 신청권을 효율적으로 검토할 수 있도록 함.
- BWXT, 미국 국가핵안보국 원심분리기 실증시설 평가 연구 계약 수주
 - 2024년 8월 26일 BWXT는 미 에너지부 산하 국가핵안보국(National Nuclear Security Administration)과 국방 목적인 농축된 우라늄 국내 공급 보장을 위해 원심분리기 실증 시설(centrifuge pilot plant)의 개발 연구 계약을 수주했다고 발표함.
- Tennessee 주, Orano의 우라늄 농축 원심분리기 시설 후보지로 Oak Ridge 선정 발표
 - 2024년 9월 5일 Tennessee 주 Bill Lee 주지사는 프랑스 Orano가 수십억 달러를 들여 75만 제곱피트 면적으로 건설할 계획인 신규 우라늄 농축 원심분리기 시설의 우선 후보지(preferred site)로 Tennessee 주 내 Oak Ridge를 선택했다고 발표함.

■ 캐나다

■ 현황

- 캐나다는 2024년 9월 기준 19기의 원자로(14,629MW)를 가동 중이며, 6기의 원자로(2,268MW)가 영구 정지됨.
- 2023년 캐나다의 총발전량은 632.4TWh이며, 수력 58%, 원자력 14%, 가스 14%, 풍력·태양광·지열 8%, 석탄 4%, 바이오매스 2%임⁶⁾.

6) Enerdata Country Energy Report—Canada, pp. 22.(2024.05.)

■ 원자력 관련 주요 정책

- New Brunswick 주 정부, SMR 건설 계획 담은 에너지전략 발표
 - 2023년 12월 15일 캐나다 New Brunswick 주 정부는 해당 주의 청정에너지 전환을 위해 2035년까지 Point Lepreau 원전(705MW, PHWR) 부지에 SMR 건설을 바탕으로 설비용량을 두 배로 늘리는 계획이 포함된 에너지 전략(Powering our Economy and the World with Clean Energy—Our Path Forward to 2035)을 발표함.
 - 전략 내 로드맵에 따르면 2030~2031년까지 150MW SMR 가동 목표와 함께 2035년까지 450MW SMR 가동 계획이 포함됨.
- Ontario 주 정부, Pickering 5~8호기 설비개선 지원 계획 발표
 - 2024년 1월 28일 캐나다 Ontario 주 정부는 2026년 9월까지 가동되는 Pickering 5~8호기의 30년 계속운전을 위해 해당 원전 운영사 OPG에 대한 설비개선 지원 계획을 발표하였으며, 주 정부의 성명서에 따르면 2030년 중반까지 설비개선 작업 완료 예정임.
 - OPG에 따르면 2024년 말까지 설비개선 작업 초기 단계를 진행할 것이며, Ontario 주 정부가 엔지니어링과 설계 작업, 부품 조달 등에 총 15억 캐나다 달러(약 1조 원)⁷⁾를 지원함.
- 캐나다 연방정부, 원전 개발 절차 간소화 및 생산세액공제 추진
 - 2024년 4월 16일 캐나다 Chrystia Freeland 부총리 겸 재무장관은 2024년 연방 예산안(2024 Federal Budget)을 상정했으며, 여기에는 원자력 프로젝트 일정 및 절차 간소화 내용과 함께 원전에서 생산된 전력에 대한 생산 세액 공제 관련 내용이 포함됨.
 - 예산안 중 경제성장 파트(Chapter 4: Economic Growth for Every Generation) 내 탄소 중립 경제달성을 위한 투자 부문(Attracting Investment for a Net-Zero Economy)에 원자력 프로젝트의 일정과 절차를 단축하는 조치가 포함되어 있으며, 캐나다 영향평가법 개정을 통해 연방정부 지정 프로젝트는 5년, 비연방정부 지정 프로젝트는 2년 이내에 인허가 절차를 완료하도록 목표를 설정함. 또한, 캐나다 원자력안전위원회(CNSC)와 캐나다 영향평가청이 협력해 원자력 프로젝트의 검토 기간을 3년으로 단축하고 중복 업무를 최소화해 절차를 효율화하는 방안이 제시됨.

■ 주요 이슈

- Bruce 원전 설비개선 현황
 - Bruce Power는 2064년까지 Bruce 원전(총 6,944MW, PHWR 8기)을 가동하기 위해 2020년 1월 6호기(891MW, PHWR)부터 순차적으로 설비개선 작업의 일환인 주요기기교체(Major Component Replacement, 이하 'MCR')를 진행 중이며, 2023년 3월부터 3호기의

7) 캐나다 내용 전체 2024년 10월 24일 환율 기준 적용(1캐나다 달러=998원)

MCR 작업을 시작해 2024년 8월 2일 3호기 MCR 작업을 당초 계획했던 일정보다 11일 일찍 앞서 완료했다고 밝힘.

- Bruce Power는 Bruce 4호기의 MCR은 2025년에 진행될 예정이며, 이후 Bruce 5호기 부터 순차적으로 작업을 진행하여 2033년 7월까지 7·8호기의 MCR 작업을 완료할 계획 이라고 언급함.
- BWXT, Ontario 주 제조시설 8백억 원 규모 확장 계획 발표
 - 2024년 4월 19일 캐나다 BWXT Technologies(이하 'BWXT')는 Ontario 주 Cambridge에 있는 자사의 제조시설에 첨단 제조 장비 추가 및 시설 규모 확장을 위해 총 8천만 캐나다 달러(약 798억 원) 규모의 'BWXT Cambridge 확장 프로젝트(BWXT Cambridge Expansion Project)'를 발표하면서, 프로젝트는 2024년 3분기에 착수될 예정이며 2026년 중반에 건설 작업이 완료될 계획이라고 밝힘.
- CNSC, Darlington SMR 사업 기존 환경 평가가 BWRX-300에 적용 가능하다고 결론
 - 2024년 4월 22일 CNSC는 Darlington 원전 부지에 SMR 건설을 추진하는 'Darlington 원자력 프로젝트(Darlington New Nuclear Project, DNPP)'에 대한 기존 환경 평가(Environmental Assessment)가 GE Hitachi(GEH)의 BWRX-300 원자로에 적용 가능하다고 밝히면서, 이번 환경 평가에는 Darlington 원전 부지에 BWRX-300 건설을 승인 하는 내용이 포함되지는 않으므로 향후 공청회를 열어 해당 부지에 BWRX-300 최초 호기 건설을 위한 OPG의 건설허가 신청을 검토할 예정이라고 언급함.
- ARC, NB Power 및 한수원과 협력협정 체결
 - 2024년 5월 1일 캐나다 SMR 개발사 ARC Clean Technology와 캐나다 발전사업자 New Brunswick Power는 한국수력원자력과 SMR 보급 및 3사 간 협력 강화를 위한 협력 협정(collaboration agreement)을 체결함.
 - 3사는 캐나다 New Brunswick 주의 Point Lepreau 부지에 2029년까지 ARC-100 시운전 개시와 함께 ARC-100 보급과 관련한 투자 및 논의를 진전시키기 위한 절차와 일정 등에 협력하기로 함.
- 캐나다 산·학·연, 신규 CANDU 노형 개발 위해 협력
 - 2024년 5월 13일 캐나다 건설엔지니어링 기업인 AtkinsRealis(구 SNC-Lavalin)는 캐나다 원자력공사(AECL), 캐나다 원자력연구소(CNL)와 신규 CANDU 원자로의 시운전과 운영을 위한 중수 생산에 협력하기 위해 MOU를 체결함.
- SaskPower, Saskatchewan 주 내 SMR 건설 추진
 - 2024년 5월 31일 캐나다 전력사 SaskPower는 Saskatchewan 주에서 진행 중인 SMR

개발 프로젝트의 구체적인 후보 부지로 Estevan 지역에 있는 Boundary Dam 저수지 (Reservoir)와 Rafferty 저수지를 고려 중임을 밝히면서, 2024년에 후보 부지에 대한 상세한 평가를 시작하고 2025년에 최종 부지를 선정한 이후 2029년에 착공 여부가 결정 될 것이라고 언급함.

- 2024년 6월 19일 SaskPower는 미국 Westinghouse, 캐나다 우라늄 생산기업 Cameco와 Saskatchewan 주 내 Westinghouse의 AP1000과 AP300 SMR 도입 가능성을 평가하기 위해 기술적 및 상업적 방안을 모색하는 데 주력하는 MOU를 체결함.
- OPG, 지속 가능 금융 프레임워크 확장 및 신규 녹색채권 발행
 - 2024년 6월 25일 캐나다 발전사 OPG는 2021년에 발표한 자사의 지속 가능 투자 계획이 반영된 녹색채권 프레임워크(Green Bond Framework 2021)의 범위를 확대하고자 이를 대체하는 지속 가능 금융 프레임워크(Sustainable Finance Framework)를 발표함.
 - 프레임워크는 청정에너지 기술에 대한 투자 지원 범위를 확대해 SMR 및 신규 원자력 프로젝트, 지역 주민과 기업을 위한 기회를 창출하도록 계획(initiative) 자금조달을 허용하는 내용이 포함됨.
 - 2024년 9월 18일 OPG는 자사가 2024년 6월에 발표한 지속 가능 금융 프레임워크에 따른 자금 조달을 위해 3억 캐나다 달러(약 3천억 원) 규모의 녹색채권(green bond)을 발행함.

3 아시아 및 아프리카

▣ 일본

- 2024년 9월 기준 운영 중인 원자로는 33기(33,083MW)⁸⁾이고, 2기(2,756MW)^{*}를 건설 중임. 후쿠시마 사고 후 도입된 신규제 기준에 따른 적합성 심사는 운영 중인 원전이 25기(24,838MW), 건설 중인 원전이 2기 총 27기가 신청했으며, 이 중 12기(11,608MW)가 상업운전을 재개함.

* IAEA PRIS 자료에 기반한 기수이며, 일본 경제산업성 공식 자료에서는 도쿄전력의 히가시도리 1호기 (1,385MW, ABWR)를 포함해 3기로 계산함⁹⁾. 히가시도리 1호기는 후쿠시마사고 직전인 2011년 1월 착공(공사인기일 기준)해 같은 해 3월 동일본대지진으로 건설을 중단함.

8) IAEA의 경우 33기중 21기는 운영 정지 중(suspended operation)으로 표기함.

<https://pris.iaea.org/pris/CountryStatistics/CountryDetails.aspx?current=JP>

9) 資源エネルギー庁, 原子力に関する動向と課題・論点(2024.06.25.)

https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/denryoku_gas/genshiryoku/pdf/039_01_00.pdf

- 후쿠시마 사고 후 상업운전을 시작하기 위해서는 적합성 심사 합격과 안전 대책 공사 완료, 지역 동의, 사용전사업자 검사 절차를 완료해야 함.
- 적합성 심사는 ① 원자로설치변경 허가 심사(이하 ‘안전 심사’), ② 공사계획 인가 심사, ③ 보안규정 인가 심사로 구성되며, 2024년 9월 30일 기준 ① 안전 심사를 통과한 원자로로는 상업운전을 재개한 12기를 포함해 총 17기임. 17기 중 운영한 지 40년이 경과한 원자로가 4기이며 이 중 3기는 2021년 7월 이후부터 순차적으로 상업운전을 시작함.
- 후쿠시마 원전 사고 직전인 2011년 2월 말 운영 중이던 원자로로는 54기였고, 원전 사고 후 현재까지 영구정지된 원자로로는 21기(15,877MW)임.
- 2023년 일본의 총발전량은 1,008.5TWh로 이 중 원자력이 9.2%, 가스 31.8%, 석탄 29.3%, 수력 8.5%, 태양광 10%를 차지함¹⁰⁾.

표 1 2024년 10월 23일 기준 일본 원전의 적합성 심사 현황

원전 보유 형태	후쿠시마 사고 직전 2011년 2월 말 기준 운영 원자로 수	영구정지 및 적합성 심사 추진 현황		최종 결정 내역 (2024.10.)	
상업용 원자로 (총 57기)	총 54기	상업로 57기 중 영구정지 결정 (24기)	후쿠시마 사고 이전 (37기)	- 도카이 원전(1998.03.31. 폐쇄) - 하마오카 1·2호기(2009.01.30. 폐쇄)	
			후쿠시마 사고 (2011.3.11.) 이후 (21기)	- 후쿠시마 제1원전(6기) - 적합성 심사 추진 없이 영구정지 결정(15기)	
		2024년 4월 운영 중 원자로 (33기)	• 적합성 심사 신청(25기)	• 적합성심사 통과(15기)	- 가동 재개(12기) * 가동 재개 : 상업운전 기준이며 적합성 심사 통과와 안전 대책 공사 완료, 사용전사용자검사 확인, 지역 동의가 필요함. * 3기(미하마 3, 다카하마 1·2 호기)는 40년 이상 된 원자로임. - 가동 재개에 필요한 지역 동의 등 후속 절차 진행(3기)
				• 적합성심사 중(10기) * 적합성 심사는 안전 심사 허가, 공사계획 인가, 보안규정 인가로 구성됨	- 안전 심사 통과 후 남은 심사 중(2기) * 1기(도카이 제2발전소)는 40년 이상 된 원자로임. - 안전 심사 미통과(8기)
	• 적합성 심사 신청 미결정(8기)	- 가동 중단 후 처리 방침 미결정(8기)			
- 건설 중 원자로(총 3기)		• 적합성 심사 신청(2기)		- 오마 원전, 시마네 3호기	
		• 적합성 심사 신청 미결정(1기)		- 히가시도리 원전 1호기	

※ 후쿠시마 사고 후 일본 원전의 가동 재개: 적합성 심사(원자로설치변경(통칭 안전 심사) 허가, 공사계획 인가, 보안규정 인가로 구성)

10) Enerdata, Country Energy Report Japan(2024.05.)

통과와 사용전사용자검사 확인, 안전대책공사 완료, 지역 동의의 절차를 통과해야 함.

- ※ 적합성 심사를 모두 통과한 원자로는 15기이며 이 중 12기는 재가동(간사이전력 다카하마 1·2·3·4호기, 오이 3·4호기, 미하마 3호기, 규슈전력 센다이 1·2호기, 겐카이 3·4호기, 시코쿠전력 이카타 3호기)했고, 3기[도쿄전력 가시와자키 가리와 7호기(지역동의를 받지 못함, 2024.4.13.~6.12 시운전을 위한 원자로 가동 전 단계까지만 설비 확인을 완료한 후 정지 중)¹¹⁾, 도호쿠전력 오나가와 2호기(2024년 5월 27일 안전대책공사를 완료함, 10월 29일 시운전을 위한 원자로 가동 예정), 주부전력의 시마네 2호기]는 재가동에 필요한 후속 절차 단계에 있음.
- ※ 적합성 심사 중인 10기 중 ① 안전 심사 통과 후 남은 심사 중인 2기는 일본원자력발전의 도카이제2발전소(40년 이상 경과해 계속 운전 인가를 받은 원자로임), 도쿄전력의 가시와자키 가리와 6호기임. ② 안전 심사를 통과하지 않은 8기는 일본원자력발전의 쓰루가 2호기, 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(2024.10.15)’, 日本原子力規制委員会 ‘新規基準適合性審査 運転期間延長及び廃止措置の現状(総括表)’(2024.10.02.)¹²⁾과 세계원전시장 인사이트 최신 자료를 토대로 작성

■ 원자력 관련 주요 정책

① 정책 방향 및 목표

- 일본 정부는 2021년 10월 22일 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.
- 2023년 2월 10일 일본 정부는 GX(Green Transformation) 실현을 위한 기본 방침(이하, GX 방침)을 통해 2050 탄소중립 달성을 위한 향후 10년간의 정책 방향을 제시하며 원전 등 탈탄소 효과가 큰 전원을 최대한 활용할 것이라고 밝힘.
- 2023년 5월 31일 일본 정부는 사실상 60년 이상 원전을 운전할 수 있도록 관련법을 개정하고, 2023년 7월에는 GX 추진 전략을 발표, 2024년 2월에는 저탄소 기술 개발 지원을 목적으로 총 1조 6천억 엔(약 14.5조 원)¹³⁾ 규모의 GX 경제 이행채를 발행함.
- 2024년 8월 14일에는 일본 탈탄소 전원 설비의 신규 투자 유인 정책인 장기탈탄소경매 제도(이하, 장기 AX)의 운영지침을 개정해 2차 장기 AX부터는 2013년 7월 신규제기준 시행 후 안전대책투자 비용으로 가동을 재개하지 못한 기존 원전을 입찰 대상에 추가함.
- 2024년 10월 1일 이시바 신임 총리는 전 기시다 내각의 GX 정책 방향성을 유지해 안전성 확보를 대전제로 원전을 이용하고, 재생에너지는 자원 탐사·실용화를 통해 지열 등도 활용하여 일본 경제를 에너지 제약에서 지켜내겠다는 입장을 밝힘.

11) https://www.tepco.co.jp/niiyata_hq/kk-np/safety/images/20240613.pdf

12) https://www.jaif.or.jp/cms_admin/wp-content/uploads/2024/10/jp-npps-operation20241015.pdf
<https://www.nra.go.jp/data/000472362.pdf>

13) 일본 내용 전체 2024년 10월 24일 환율 기준 적용(100엔=907원)

② SMR 및 선진 원자로

- 2023년 2월 10일 개량형 경수로[※]와 소형경수로, 고속로, 고온가스로, 핵융합로의 연구 개발, 설계, 제작·건설, 운전 등에 대해 2040~2050년까지의 전체 일정을 계획한 선진 원자로 개발 공정 로드맵이 공개됨¹⁴⁾.

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

- 로드맵에서는 기술 성숙도에 따라 개발 일정을 앞당기겠다고 밝혀, 기술 성숙도가 가장 높은 것으로 평가되는 개량형 경수로는 우선 개발될 전망이다. 개량형 경수로는 현재 2030년대 실용화를 목표로 Mitsubishi 중공업이 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.

- 2023년 7월 12일 일본 자원에너지청은 고속로의 실용화를 위해 Mitsubishi 중공업의 자회사인 Mitsubishi FBR 시스템즈(이하 'MFBR')[※]가 제안한 '소듐 냉각 탱크형 고속로'를 개념설계 추진 실증로로 선정하고, 고온가스로와 고속로 개발에서 설계를 총괄하는 핵심 기업으로 Mitsubishi 중공업을 선정함.

※ Mitsubishi 중공업은 일본의 실험용 고속로인 '조요'와 현재 해체 중인 문주 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.

③ 국제협력 및 핵연료 주기 정책

- 2024년 4월 10일 미일 정상은 원전 등 청정에너지 관련 양국 정책의 시너지 제고를 위한 협력 강화에 합의함. 10년간 선진 원자로 보급을 위해 파트너십 지속을 다짐하고, 핵융합에너지 개발을 위한 협력을 강화함.

- 이에 따라 4월 25일, 일본 문부과학성은 NNSA 청장과 핵확산 저항성 최적화(Proliferation Resistance Optimization, PRO-X)[※] 사업에서 협력하기로 합의함. 향후 양 기관은 문주 고속로 인근에서 건설 예정인 신규 연구로[※]의 설계 단계에서 협력할 예정임.

14) 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

- ※ PRO-X 사업은 DOE가 2019년부터 진행하는 사업으로 연구 목적의 원자로에서 나오는 플루토늄 등의 핵물질이 외부로 유출되지 않고 통제될 수 있도록 연구로의 설계를 최적화하는 사업임.
- ※ 일본은 몬주 고속로 인근에 열출력 10MW급의 조사(照査) 기능을 보유한 중성자 빔 연구로를 설치할 예정임.
- 일본은 사용후핵연료 재처리 후 원전 연료로 재사용하는 순환형 핵연료 주기(Closed-loop Fuel Cycle) 정책을 추진 중임. 하지만, 정책 추진에 필요한 핵심 시설인 재처리 시설의 완공 지연으로 원전 운영사는 재처리시설 완공 때까지 사용후핵연료 저장 시설을 확보해야 함.

■ 주요 이슈

- 일본 쓰루가 2호기, 최초로 규제위 심사 불합격...활성단층 존재 우려
 - 2024년 7월 26일 원자력규제위원회 심사팀은 규제위에 쓰루가 2호기 원자로 건물 바로 아래를 지나가는 D-1 파쇄대의 연장 부분 근방에 위치한 K 단층에 대해 후기 플라이스토세(Late Pleistocene, 약 12만 년~13만 년 전)부터 활동한 것을 부정할 수 없고, 2호기 원자로 건물 바로 아래를 통과하는 파쇄대와의 연속성을 부정할 수 없다는 결과를 제시함.
 - 이에 8월 2일 원자력규제위원회는 일본원자력발전의 쓰루가 2호기(1,160MW, PWR)에 대해 원자로 건물 등 중요시설 바로 아래 활성단층 존재 가능성이 크다며, 적합성 심사 부적합 판정을 내림. 향후 의견 수렴 절차 후 정식으로 확정될 예정으로, 이번 심사 부적합 결정은 2012년 규제위 발족 이후 처음이며, 일본원자력발전은 재차 심사를 신청할 계획임.
- 일본 사용후핵연료 중간저장시설, 운영 임박
 - 2024년 10월 4일 RFS(Recyclable-Fuel Storage Company)*는 일본 아오모리현 내 사용후핵연료 중간저장시설 ‘리사이클연료비축센터’가 11월 20일 운영을 시작할 예정이라고 밝힘.
 - ※ 도쿄전력과 일본원자력발전의 공동 출자 회사
 - ‘리사이클연료비축센터’는 일본에서 유일한 원전 부지 외 사용후핵연료 보관시설로 양사의 사용후핵연료를 재처리 전까지 건식 저장 방식으로 일시 보관하기 위해 건설됨. 총 두동이 건설될 예정이며, 우선 도쿄전력과 일본원자력발전의 사용후핵연료 약 3천 톤을 보관할 수 있는 1동을 건설한 후 2천 톤을 보관할 수 있는 2동 건물을 건설할 계획임.
 - 11월 운영 예정인 건물은 1동 건물로 2010년 착공해 2013년 완공되어 2014년 1월 신규제 기준 적합성 심사*를 신청, 2020년 11월 11일 안전심사, 2022년 8월 16일 공사계획심사, 2023년 8월 29일 보안 규정 심사를 모두 통과함. 2024년 7월 30일 RFS는 시설 운영에 대한 지역의 동의도 받았음.
 - ※ 적합성 심사는 안전심사, 공사계획인가 심사, 보안규정 인가 심사로 구성됨.
 - RFS는 2026년도까지 도쿄전력 가시와자키 가리와원전에서 발생한 사용후핵연료 전용

보관 용기 8기분을 반입할 계획인데, 2024년 9월 26일에 가시와자카 가리와 4호기 (1,100MW, BWR)에서 보관하던 사용후핵연료 전용 저장 용기(69개 다발)가 반입되었지만, RFS가 자체적으로 검사하고 규제위가 해당 검사의 적절성을 확인한 후 정식 운영될 예정이다.

- 일본에서는 핵연료순환주기정책의 핵심시설인 재처리공장의 완공 시기가 26번 연기되어 원전 운영사의 사용후핵연료 보관량이 증가해 최근 일본 원전 운영사의 건식저장시설 설치 계획이 잇따라 발표되고 있음.

● **일본 도쿄전력, 2024년도 후쿠시마 제1원전 오염수 해양 방류 시작**

- 도쿄전력은 2023년 8월 24일부터 2024년 3월 17일까지 후쿠시마 제1원전 오염수를 총 4번에 걸쳐 해양 방류했고, 총 방류량은 3만 1,145만 톤임.
 - 2024년도(2024.4~2025.3)에는 총 7차에 걸쳐 약 5만 4,600톤을 방류할 계획이며, 4월 1차 방류를 시작해 10월 중순 총 5차 방류까지 완료하여 10월 24일 기준 6차 방류 중임.
 - 한편, 도쿄전력은 6월 17일 오염수의 해양 방류로 비워질 후쿠시마 제1원전 부지 내 오염수 저장시설* 21개를 2026년 3월까지 해체할 계획이라고 발표함. 2024년 7월부터 저장 시설의 해체준비 작업을 시작함. 2025년 1월 우선 12개부터 해체하고 남은 9개는 비워 지는 대로 해체를 시작할 계획임.
- * 후쿠시마 제1원전 부지 내 오염수 저장시설은 약 1,100개가 설치됨.
- 후쿠시마 제1원전 내 21개의 저장시설이 해체되면 약 2,400㎡의 공간을 확보할 수 있음. 도쿄 전력은 해체로 확보한 부지를 3호기의 핵연료 잔해 반출 관련 시설 용지로 활용할 계획임.
 - 한편, 일본의 후쿠시마 제1원전 오염수 해양 방류 이후 중국이 일본산 수산물 수입을 금지 했지만 9월 20일 기시다 총리와 중국은 후쿠시마 제1원전 오염수에 대한 IAEA의 모니터링 확대를 전제로 일본 수산물 수입의 단계적 완화에 합의했다고 공식 발표함.

표 2 2024년도 후쿠시마 제1원전 오염수 해양 방류

	2024년도 오염수 해양 방류 기간	방류량	삼중수소 총량
1차	4월 19일~5월 7일	7,851m³ (방류 실적치)	약 1.5조 Bq
2차	5월 17일~6월 4일	7,892m³ (방류 실적치)	약 1.3조 Bq
3차	6월 28일~ 7월 16일	7,846m³ (방류 실적치)	약 1.3조 Bq
4차	8월 7일~8월 25일	7,897m³ (방류 실적치)	약 1.6조 Bq
5차	9월 26일 ~ 10월 14일	7,817m³ (방류 실적치)	약 2.2조 Bq
6차(방류 중)	10월 17일~11월 4일	약 7,800m³ 방류 예정	

자료: 東京電力 웹사이트 2024年度の放出実績(최종 검색: 2024.10.23.)
https://www.tepco.co.jp/decommission/progress/watertreatment/performance_of_discharges/index-j.html

- 일본 겐카이정, 방사성폐기물 최종처분장 후보지 1단계 조사 시행
 - 6월 10일 원자력발전환경정비기구(Nuclear Waste Management Organization of Japan)는 규슈지방의 기초지자체 겐카이정에서 방사성폐기물 최종처분장* 후보지 1단계 문헌조사를 시작함.
 - ※ 일본 방사성폐기물 최종처분장에는 고준위 방폐물과 지층 처분이 필요한 저준위 방폐물(일본 방폐물 분류 기준)이 처분될 예정임. 한국 중·저준위 방폐물은 일본의 저준위 방폐물에 포함됨.
 - 해당 조사는 5월 10일 겐카이정 정장이 정부의 제안과 정의회의의 결정을 토대로 조사 진행을 최종 결정해 진행됨. 1단계 조사에서는 대상 지역의 과거 발생 재해와 지질 기록 조사, 활단층 유무와 토지 침식 상황을 확인함.
 - 일본의 최종처분장 부지 선정은 약 20년간 3단계에 걸쳐 조사가 진행되며, 1·2단계에서는 교부금이 지급됨. 조사는 중도 철회 가능하며 철회 시 교부금은 반환할 필요가 없음. 겐카이정에는 2018년 상업운전을 재개한 겐카이 3·4호기(각 1,180MW, PWR)가 위치하며, 원전 소재 지자체에서 방폐물 최종처분장 1단계 조사가 시행되는 것은 최초임.
 - 한편, 8월 1일에는 NUMO가 홋카이도 기초지자체 슛쓰정과 가모에나이촌에서 2020년 11월부터 약 2년간 진행한 1단계 조사 보고서 최종안이 경제산업성 심의회에서 의결됨.
 - 보고서에서 슛쓰정의 경우 전 지역이 2단계 조사 후보지로 적합했고, 가모에나이촌의 경우 남부의 일부 지역(샤코탄다케산에서 15km 이내 범위를 제외한 구역)이 2단계 조사 후보지로 적합했음. 향후 NUMO는 보고서 확정본을 공개하고, 2단계 개요조사*에 대한 계획을 경제산업상에게 제출해 승인을 요청할 예정임.
 - ※ 개요조사는 약 4년간 지층을 굴착하여 지질과 지하수 등의 상황을 파악함.
 - 후보지 1단계 조사는 광역지자체의 동의 없이 기초지자체가 결정해 진행할 수 있지만, 1단계 조사 후 2단계 진행 시에는 광역지자체 장의 동의가 필요하며, 경제산업상은 모두의 동의 없이는 해당 계획을 승인할 수 없음.

그림 1 방폐물 최종 처분 2단계 조사 후보지



자료: 電氣新聞 2024.02.14.

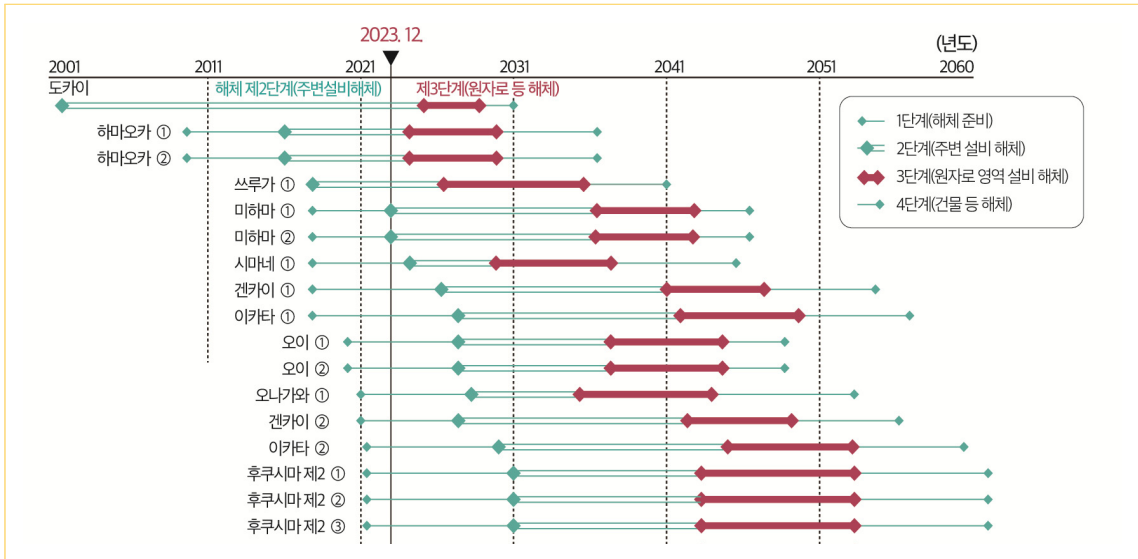
- 일본 오이 3·4호기, 신규제 적용한 계속운전 안전성 평가 최초 통과
 - 6월 26일 간사이전력의 오이 3·4호기(1,180MW, PWR)가 2025년 6월 6일부터 도입될 새로운 규정을 적용한 계속운전 안전성 평가를 처음으로 인가받았음. 이에 따라 두 호기는 상업운전일로부터 40년까지 운전할 수 있게 됨.
 - 일본에서는 2023년 5월 계속운전 관련법 개정으로 2025년 6월 6일부터는 새로운 계속운전 안전성 평가 규제가 정식으로 시행되며, 제도 시행 시 개정 전에 받은 계속운전 인가의 효력은 상실됨.
 - 현재는 신제도 시행 준비 기간으로 2025년 6월 6일 기준 상업운전일로부터 30년~39년 운영한 원전은 40년까지, 40~49년은 50년까지, 50~59년은 60년까지로 운영 기간을 재설정해 해당 기간에 대한 원전 안전성 평가서를 규제위에 제출하여 제도 시행 전 인가를 받아야 함. 새로운 계속운전 안전 규제에서는 인가받은 운영 기간이 종료된 후 다시 10년 단위로 추가 운영을 신청할 수 있음.
 - 신제도에 따른 원전 안전성 평가서는 오이 1·2호기 이외에 2024년 10월 22일 기준 총 8기가 제출됨. 센다이 1호기가 50년까지(신청일: 2024.06.24), 센다이 2호기가 40년까지(2024.06.24), 오나가와 2호기가 40년까지(2024.06.27), 다카하마 2호기는 50년까지(2024.07.19), 시마네 2호기는 40년까지(2024.07.30), 다카하마 3·4는 50년까지(2024.08.20), 미하마 3호기가 50년까지(2024.10.15.)까지로 규제위에 신청한 상태임.
- 일본 원전 운영사, 해체비용 관리 제도 변경 후 첫 해체 분담금은 총 1.2조 원
 - 9월 11일 경제산업성의 인가법인인 사용후핵연료 재처리추진기구(Nuclear Reprocessing and Decommissioning facilitation Organization of Japan, 이하 'NuRO')는 해체 비용 확보 제도 변경 후 처음으로 각 원전 운영사가 납부해야 할 해체 비용 분담금을 발표함. 발표에 따르면 2024년도 원전 운영사의 해체 비용 분담금은 총 1,352억 엔(약 1.2조 원)임.
 - 해체 비용은 기존에 각 원전 운영사가 원전 해체 비용을 매년도 회계상 충당금으로 적립해왔음. 해당 방식은 사업자가 자금을 원전 해체 용도로 한정해 확보하는 것까지는 담보되지 않았음.
 - 새로운 해체 비용 확보 제도에 따라 기존에 각 사가 회계 처리한 원전 해체 비용 충당금은 사업자의 경영 상황을 고려해 NuRO에 30년간 분할 이관될 예정임. 2024년도 해체 비용 분담금인 총 약 1,352억 엔에는 이관 분인 927억 엔(약 8천억 원)이 포함됨. NuRO는 도쿄전력과 일본원자력발전 등 10개 원전 운영사에 이관 분을 제외한 총 425억 4천만 엔(약 4천억 원)을 청구함.
 - 일본 정부는 2020년대 중반 이후 일본 상업로의 해체 작업이 본격화되므로 해체 관련 지식과 노하우의 축적, 해체 자금 확보를 위한 원전 해체 관련 체제 구축을 위해 2023년 5월 원전 관련법을 개정하여 2024년 4월부터 사고원자로인 후쿠시마 제1원전을 제외한

상업로의 해체* 비용을 제삼자인 NuRO가 관리하게 됨.

※ 2024년 10월 기준 사고가 발생한 후쿠시마 제1원전(총 6기)을 제외하면 일본에서는 총 18기의 상업로가 영구 정지해 해체작업 중임.

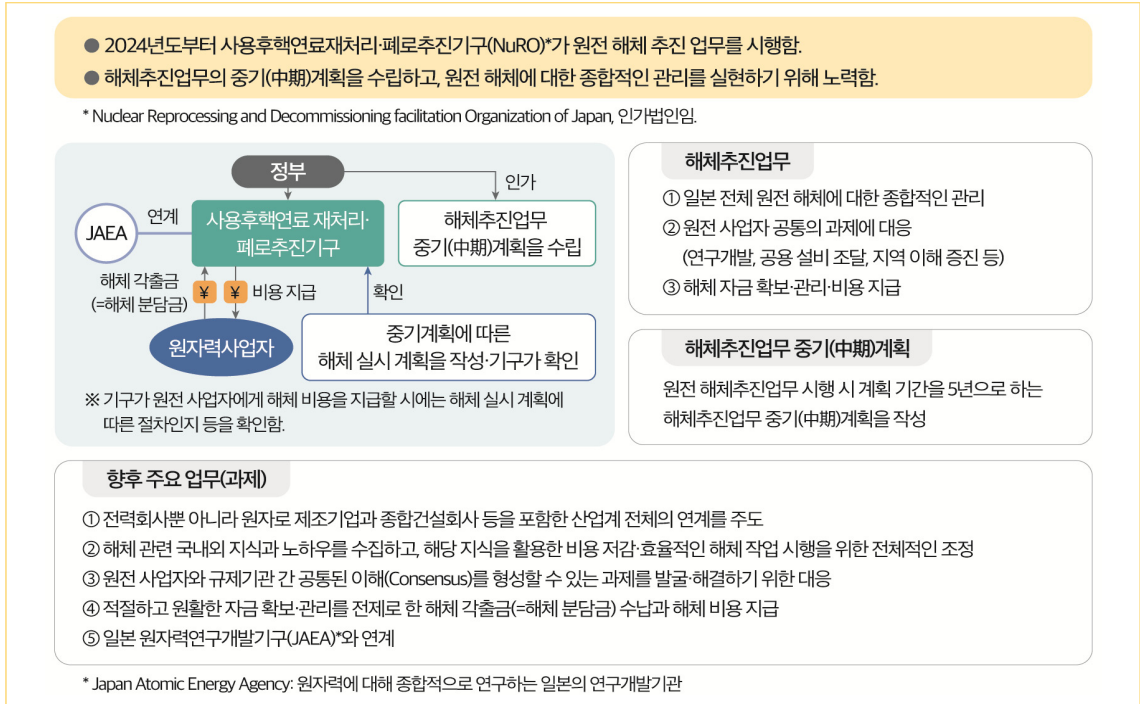
- NuRO는 ① 일본 내 전체 상업로의 해체를 통합 관리, ②원전 해체 관련 공통 과제에 대응, ③ 해체 자금 확보와 관리, 해체 비용 처리를 수행하며, ①~③의 업무 수행에 필요한 비용을 감안해 매년도 원자력사업자별로 해체 분담금 금액을 결정하여 통지해 수납함.
- 이때 해체 분담금은 원전 운영사가 보유한 원전의 발전출력을 참고로 하여 산정해 경제 산업상의 인가를 받아 결정되며 원전 운영사는 해당 해의 연말까지 분담금을 납부해야 함. 또한, 사업자가 해체 공사 시행 후 해체 비용을 NuRO에 청구하면 NuRO가 사업자가 시행하는 해체 비용의 적정성을 확인하여 해당 비용을 지급함.

그림 2 일본 상업로(사고 원자로 제외) 해체 진행 상황



자료: 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'(2023.12.19.)를 토대로 편집·작성

그림 3 일본 상업용 원자로의 해체 비용 관리



자료: 資源エネルギー庁 ‘脱炭素社会実現に向けた革新軽水炉への期待’ 2024.06.26.

중국

■ 현황

- 중국은 2024년 9월 기준 56기의 원자로(58,110MW)를 가동 중이며, 29기의 원자로(33,289MW)를 건설 중임.
- 2023년 기준으로 중국 내 총 설비규모는 2,921GW였으며 이 중 석탄이 43%, 풍력·태양광이 36%, 수력이 14%, 가스는 4%, 원자력은 2%, 바이오매스 1%에 해당함.
- 2023년 중국의 총발전량은 9,457TWh로, 발전원별 비중은 석탄발전이 62%로 가장 높았고 다음으로는 풍력·태양광·지열 15%, 수력 14%, 원자력 5%, 가스 4% 순임¹⁵⁾.

■ 원자력 관련 주요 정책

- 제14차 5개년 계획에 따른 원전 규모 확대 정책 지속

15) Enerdata, Country Energy Report—China, pp.24.(2024.09.)

- 2022년 3월 중국 국가발전개혁위원회(NDRC)와 국가에너지부(NEA)는 제14차 5개년 계획(2021~2025) 에너지 분야 계획을 통해 2025년까지 원전 설비용량을 70GW로 확대하여 기저부하 전원으로 적극 활용할 계획이라고 밝힘.
- 이를 위해 연안 원전 건설 수주 및 신규 원전 건설 촉진과 고온냉각로·SMR·부유식 원자로 등 첨단원전기술 실증 프로그램 개발, 원자력 기반 청정 난방시스템 구축, 담수화 등 추진

■ 중국 원전 신규건설 및 상업운전 현황

① HPR1000

- HPR1000은 중국 CNNC와 CGN이 공동 개발한 3세대 원자로로 CAP1000과 달리 중국 측이 지적재산권을 보유하고 있음¹⁶⁾. 중국 내 14기가 건설 중이며, 파키스탄 Karachi (KANUPP) 원전 2·3호기에 적용된 바 있음.
- Fangchenggang 4호기 상업운전 시작
 - 2024년 5월 25일 중국 CGN은 Guangxi 성에 위치한 Fangchenggang 4호기(1,180MW, PWR)가 상업운전을 시작했다고 발표함. 해당 원전은 2016년 12월 23일 착공하여 2024년 2월 27일 중국 국가원자력안전청(NNSA)으로부터 운영허가를 발급받았으며, 같은 해 4월 3일 최초임계 도달 후 4월 9일 계통망에 연결됨.
- Ningde 5호기와 Shidaowan 1호기 착공
 - 2024년 7월 28일 중국 CGN은 Fujian 지역에 있는 Ningde 5호기와 Shangdong 지역에 있는 Shidaowan 1호기를 착공했다고 발표함. Ningde 5호기와 Shidaowan 1호기는 2022년 8월 중국 국무원이 건설을 승인함.
- Zhangzhou 4호기 착공
 - 2024년 9월 27일 중국 CNNC는 중국 동부 Fujian 성에 있는 Zhangzhou 4호기(1,214MW, PWR)의 최초 콘크리트 타설 작업에 착수했다고 발표함. 해당 원전은 2022년 9월 중국 국무원이 건설을 승인함.

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. 현재 중국 내 8기가 건설 중임.
- Lianjiang 2호기 착공

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

- 2024년 4월 26일 중국 전력투자집단공사(State Power Investment Corporation, SPIC)는 Guangdong 성에 있는 Lianjiang 2호기(1,224MW, PWR)를 착공했다고 발표함. 해당 원전은 2022년 9월 중국 국무원이 건설을 승인했으며, 2028년에 상업운전을 시작할 예정임.

- Xudabao 2호기 착공

- 2024년 7월 17일 중국 CNNC는 Liaoning 부지에서 Xudabao 2호기(1,250MW, PWR) 콘크리트 타설 작업을 시작했다고 발표함. Xudabao 2호기는 2023년 7월 31일 중국 국무원이 건설을 승인했으며, 같은 해 11월 6일 NNSA가 건설 허가를 발급하여 2029년에 상업운전을 시작할 계획임.

③ ACPR1000

- ACPR1000은 중국 CGN이 수출을 위해 개발한 노형으로 지적재산권은 중국이 완전히 보유하고 있으며¹⁷⁾, Yangjian 5호기는 ACPR1000 노형을 적용한 최초의 원자로로 건설을 시작한 지 56개월 만인 2018년 5월 23일 계통에 연결됨¹⁸⁾. 현재 중국 내 4기가 운영 중
- 2024년 5월부터 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.
- 2024년 5월부터 현재까지 신규건설을 시작하거나 상업운전이 개시된 원전은 없음.

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

18) IAEA PRIS 착공, 계통연계일 기준

표 3 건설 중인 중국 원전 현황

(2024년 10월 기준)

원자로	용량(MWe)	노형	착공일
ZHANGZHOU 1호기	1,212	HPR1000 (PWR)	2019.10.16
TAIPINGLING 1호기	1,200		2019.12.26
ZHANGZHOU 2호기	1,212		2020.09.04
TAIPINGLING 2호기	1,202		2020.10.15
SANAOUCUN 1호기	1,210		2020.12.31
CHANGJIANG 3호기	1,197		2021.03.31
CHANGJIANG 4호기	1,200		2021.12.28
SANAOUCUN 2호기	1,210		2021.12.30
LUFENG 5호기	1,200		2022.09.08
LUFENG 6호기	1,200		2023.08.26
ZHANGZHOU 3호기	1,214		2024.02.22
NINGDE 5호기	1,200		2024.07.28
SHIDAOWAN 1호기	1,225		2024.07.28
ZHANGZHOU 4호기	1,214		2024.09.27
TIANWAN 7호기	1,265	VVER1200 (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
LIANJIANG 1호기	1,224		2023.09.27
XUDABU 1호기	1,080		2023.11.03
LIANJIANG 2호기	1,224		2024.04.26
XUDABU 2호기	1,290		2024.07.17
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

■ 주요 이슈

- 중국 원자력협회, 자국 원전 비중 2060년까지 18%에 이를 것으로 전망
 - 2024년 4월 16일 중국 원자력협회(CNEA)는 총괄보고서(blue book)인 중국 원자력에너지 개발 2024(China's Nuclear Energy Development 2024)를 발표하면서, 총발전량에서 차지하는 원전 비중이 2026년까지 18%에 이를 것으로 전망함.
 - 보고서에 따르면 중국의 원전 설비용량은 지속적으로 증가해 2021년 약 5%를 웃돌던 원전 비중이 2035년에는 10%, 2060년에는 18%로 확대되며 OECD 회원국의 평균 수준에 도달할 것으로 전망됨.
- 중국, 자국 최초의 산업용 원자력 증기 공급 프로젝트 가동 개시
 - 2024년 6월 20일 중국 CNNC는 자국 최초의 산업용 원자력 증기 공급(nuclear-powered steam supply) 프로젝트인 Heqi-1이 완공되어 가동을 개시했다고 발표함. Heqi-1은 Tianwan 3·4호기(총 2,252MW, PWR 2기)의 2차 계통(secondary circuits)에서 증기를 추출해 사용하며, 추출된 증기는 다단 열교환 단계(multiple heat exchange stages)를 거친 후 지상에 설치된 단열 파이프라인을 통해 Lianyungang 석유화학 산업 기지로 운송됨.
- 중국 국무원, 5개 부지 11기 신규 원자로 프로젝트 승인
 - 2024년 8월 19일 중국 국무원은 5개 부지에서 11기의 원자로 건설을 승인하고 총 프로젝트 투자 비용은 310억 달러(약 43조 원)¹⁹⁾에 달하며 건설에는 약 5년이 소요될 것이라고 발표함. 중국 국무원이 이번에 승인한 신규 프로젝트는 Xuwei 1단계(1·2호기)와 4세대 고온가스냉각로(HTGR) 1기, Lufeng 1단계(1·2호기), Zhaoyuan 1단계(1·2호기), San'ao 2단계(3·4호기), Bailong 1단계(1·2호기)로 총 5개의 프로젝트임.
- 중국 생태환경부, Haiyang 원전 부지에 비전력 SMR 실증 추진 위한 환경영향평가 승인
 - 2024년 8월 27일 중국 생태환경부(Ministry of Ecology and Environment, 이하 'MEE')는 중국 SPIC의 Shandong 지역에 위치한 Haiyang 원전(총 5,006MW, PWR 4기) 부지에 산업, 난방, 탈염 등 다양한 용도에 필요한 열에너지 공급 목적의 비전력 통합형 SAMR 실증 프로젝트 추진을 위한 환경영향평가(Environmental Impact Assessment)를 승인함.
 - 해당 프로젝트는 최대 증기 공급량이 250t/h인 통합형 설계 200MWth의 SAMR 실증로를 Haiyang 부지에 건설하여 전력 생산 외에 산업 공정에 필요한 고온의 증기 공급과 지역 내 난방 수요 충족, 해수 담수화 공정에 필요한 열 공급을 목표로 함.

19) 중국 내용 전체 2024년 10월 24일 환율 기준 적용(1달러= 1,379원)

▣ 필리핀

■ 현황

- 필리핀은 2024년 9월 기준 운영 중이거나 건설 중인 원전은 없음.
 - 필리핀에는 1976년 원전 건설을 시작하여 1984년 준공을 한 Bataan 원전(621MW, PWR)이 있으나, 체르노빌 사태에 따른 안전성 문제 제기로 한 번도 가동하지 않고 1986년에 폐쇄
- 2022년 필리핀의 총 설비규모는 28.3GW로 이 중 44%는 석탄발전이며, 이후 풍력·태양광·지열발전 14%, 석유 14%, 수력발전 13%, 가스발전 13%, 바이오매스 2% 등임.
 - 필리핀의 총발전량은 111.2TWh이며, 발전원별 비중은 석탄 60%, 가스 15%, 재생에너지(풍력, 태양광, 지열) 13%, 수력 9%, 석유 2%, 바이오매스 1%임²⁰⁾.

■ 원자력 관련 주요 정책

- 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, 청정 에너지 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.
- 2024년 6월 1일 필리핀 에너지부는 자국의 원자력 활용 증진을 위한 계획과 프로그램 추진 활성화를 위해 원자력을 전담하는 부서인 원자력국(Office of Nuclear Energy)을 신설했으며, 필리핀 전원 구성에 원자력을 포함하는 것을 목표로한다고 밝힘.
 - 원자력국은 에너지 이용 관리국(Energy Utilization Management Bureau) 산하에 속하여 필리핀 에너지 효율성 향상 및 에너지 사용을 최적화하기 위한 에너지 관리 표준을 개발함.

■ 주요 이슈

- 필리핀, 미국과 체결한 123 협정 공식 발효

20) Enerdata, Country Energy Report—Philippines, pp.18.(2024.02.)

- 2024년 7월 9일 필리핀 에너지부는 미국과 2023년 11월에 체결한 민간 원자력 분야 협력을 위한 123 협정(123 Agreements)이 7월 2일부터 공식적으로 발효되었다고 발표함.
- 123 협정은 양국이 원자력 관련 정보, 지식, 기술 공유를 바탕으로 원자력 안전과 안보, 핵 비확산 분야에서 안전한 원자력의 평화적 사용을 제공하고, IAEA가 설정한 국제적 기준과 안전조치 고려를 포함한 각국의 법률과 국제 협정 및 규정을 준수하여 양국의 핵 물질, 장비와 기기(component) 이전이 가능함.
- 필리핀, 한국과 Bataan 원전 가동 타당성 조사 위한 MOU 체결 및 에너지 분야 협력 강화
 - 2024년 10월 7일 필리핀 Ferdinand Marcos Jr. 대통령은 필리핀을 국빈 방문한 윤석열 대통령과 정상회담을 가지고 필리핀 Bataan 원전 가동에 대한 타당성 조사를 위해 MOU를 체결했다고 발표함.
 - Marcos Jr. 대통령과 윤석열 대통령은 수교 75년 만에 양국 간 원자력을 포함한 에너지, 안보, 경제 등 다양한 분야에서 협력을 강화하기 위해 전략적 파트너십(strategic partnership) 관계를 구축하는 내용의 공동선언을 채택했으며, 양국 정상은 필리핀의 주요 인프라 프로젝트 협력 강화 및 필리핀 내 원자력과 핵심 광물 공급망 투자에 합의함.

▣ 인도

■ 현황

- 인도는 2024년 9월 기준 20기의 원자로(7,540MW)를 가동 중이며, 7기의 원자로(5,900MW)를 건설 중임.
- 2023년 인도의 총발전량은 1,874TWh로, 석탄 72%, 풍력·태양광·지열 11%, 수력 8%, 원자력 3%, 가스 3%, 바이오매스 3% 등임²¹⁾.

■ 원자력 관련 주요 정책

- 인도 정부(원자력부)는 2018년 3월 21일과 2020년 3월 4일에는 하원 질의에 대한 답변, 2019년 1월 3일에는 상원에 대한 답변을 통해 2031년까지의 원전 용량 목표가 22,480MW라고 확인하였음.
 - 아울러 자체개발 노형 10기를 포함하여 총 21기의 신규원전 가동을 목표로 한다고 밝힘.
- 2023년 8월 3일 인도 원자력부의 Jitendra Singh 장관은 SMR 개발을 포함한 자국 내 원전 산업과 관련하여 국내외 민간 기업의 참여를 확대하기 위해 원자력법이 제정된 지 60년 만에 법 개정을 검토 중임을 밝힘.

21) Enerdata County Energy Report-India, pp.24.(2024.05.)

- 인도는 현재 원전 기술 개발 및 건설에 민간 기업의 참여를 허용 중이지만 원전 운영과 노심 관리는 국영기업이 독점하고 있음.
- 2024년 7월 23일 인도 정부는 2024-25 예산안 발표를 통해 SMR 개발을 목표로 민간 부문과 협력할 계획이라고 밝힘.
 - 2024년 2월 인도 정부는 임시예산에서 에너지 안보를 포함한 9가지의 우선 과제를 제시함. 인도 정부는 이를 달성하기 위한 정책적 우선순위와 실행 계획을 2024-25 예산안에 반영했으며, 인도 Nirmala Sitharaman 재무부 장관은 계획의 일환으로 Bharat 소형 원자로 (Bharat Small Reactors) 기업 설립을 통해 민간 부문과 협력하여 SMR과 새로운 원자력 기술에 대한 R&D를 진행할 것이라고 발표함.
- 2024년 9월 11일 인도 정부는 인도 원자력공사(NPCIL)와 인도 국영전력기업(NTPC)의 합작투자사인 Anushakti Vidyut Nigam(ASHVINI)이 인도 원자력법에 따라 원전 건설과 소유 및 운영을 할 수 있도록 공식 승인했다고 밝힘.
 - 인도 정부는 기존 NPCIL이 진행하기로 계획된 Rajasthan 주 Mahi Banswara 지역에 700MW 규모의 PHWR 6기 건설 중 4기의 책임을 ASHVINI에 이전하는 것을 승인함과 동시에 NPCIL과 NTPC가 각각 약 6천만 달러(약 828억 원)²²⁾와 약 6억 달러(약 8천억 원)를 초과해 ASHVINI에 투자할 수 있도록 투자 한도 면제를 승인함.

■ 주요 이슈

- 인도 원자력위원회, 2047년 원전 설비용량 100GW 비전 담은 보고서 발표
 - 2024년 4월 3일 인도 원자력위원회의 Ajit Kumar Mohanty 위원장은 2047년까지 자국의 원전 설비용량을 100GW로 늘리는 계획이 포함된 ‘인도의 탄소중립 가능성을 위한 에너지 전환 보고서(Synchronising Energy Transitions Towards Possible Net Zero for India)’를 발표함.
 - 보고서에는 인도가 향후 30년 이내에 석탄발전의 단계적 감축 계획과 함께 재생에너지 통합 지원을 위해 전력망 인프라 구축 및 원자력과 같은 대체 에너지원의 적절한 인프라 개발이 필요하다는 내용이 포함됨.
- NTPC, 10년간 10GW의 신규 원전 건설 계획 발표
 - 2024년 6월 4일 NTPC는 향후 10년간 자국 내 10GW의 신규 원전을 건설하여 원전 설비용량을 2024년 기준 7.38GW 대비 두 배 이상 증설할 계획이라고 발표함.
 - NTPC의 Gurdeep Singh 회장은 인도의 여러 주와 신규 원전 건설 프로젝트를 가속하기 위해 협의 중이며, 신규 원자력 개발 자회사 설립을 위해 정부의 승인을 요청했다고 밝힘.

22) 인도 내용 전체 2024년 10월 24일 환율 기준 적용(1달러= 1,379원)

- 인도, 러시아와 원자력 협력 강화 및 신규 원전 건설 논의
 - 2024년 7월 10일 인도 Narendra Modi 총리는 러시아 Vladimir Putin 대통령과 러시아에서 회담 후 원자력 분야 협력 강화를 양국 간의 우선 과제로 설정하고 인도에 신규 VVER-1200 원전 건설을 위한 부지 선정과 관련해 공동성명을 발표함.
 - 공동성명에는 양국이 평화적 목적으로 원자력을 사용하는 것이 전략적 파트너십의 필수적인 부분임을 강조하며, 현재 인도 남부 Tamil Nadu 주에 건설 중인 Kundankulam 3·4·5·6호기(총 4,000MW, PWR 4기)의 부품 인도 일정을 준수하고, 신규 원전 부지 선정 논의 지속 및 인도 내 생산설비 구축과 부품 공동생산 관련 기술 협의를 지속하기로 함.
- 인도 NPCIL·NTPC 합작투자사, 신규 원전 건설 계획 발표
 - 2024년 8월 5일 NPCIL과 NTPC의 합작투자사인 Anushakti Vidyut Nigam(ASHVINI)은 인도 북부 Rajasthan 주에 인도 자체 개발 PHWR 노형을 적용한 Mahi Banswara 원전(총 2,800MW, PHWR 4기)의 건설을 2024-2025 회계연도 말까지 시작할 계획이라고 발표함.

▣ 방글라데시

■ 현황

- 방글라데시는 2024년 9월 기준 가동 중인 원전은 없으나, 현재 2기의 원자로(총 2,400MW, PWR)를 건설 중임.
 - 러시아와 방글라데시 정부는 2011년 11월 Rooppur 원전 건설을 위한 정부간협정(Inter Governmental Agreement)을 체결하고, 2015년 12월 해당 원전 건설 계약을 체결함.
- 2022년 방글라데시의 총발전량은 102TWh이며 천연가스 63%, 석유 30%, 석탄 6%, 풍력·태양광·지열 1%로 구성됨²³⁾.

■ 주요 이슈

- 방글라데시, 정권 붕괴로 건설 중인 Rooppur 원전 일정 지연
 - 2024년 8월 15일 주 방글라데시 러시아 Alexander Manatytskiy 대사는 건설 중인 Rooppur 원전(총 2,160MW, PWR 2기)의 일정이 방글라데시 반정부 시위에 따른 전 Sheikh Hasina 총리 사임 등 혼란스러운 정국으로 지연될 것이며, 이에 따른 Rooppur 원전의 2025년 가동 계획이 재연기될 예정이라고 발표함.

23) Enerdata, Country Energy Report-Bangladesh, pp.15.(2024.04.)

- Rooppur 1·2호기는 각각 2023년과 2024년에 상업운전 시작이 예정되어 있었으나, 가스 절연개폐장치(Gas-Insulated Switch Gear)의 부품 공급 차질로 인해 원전의 가동이 최소 1년 이상 한차례 연기된 바 있음.

■ 카자흐스탄

■ 현황

- 카자흐스탄은 Aktau 원전(90MW, FBR)이 1999년 4월 22일에 영구 정지된 이후, 가동 중인 원전은 없음.
- 2023년 카자흐스탄의 총발전량은 113.4TWh이며, 석탄 56%, 가스 27%, 수력 8%, 풍력·태양광·지열 5%, 석유 4%를 차지함²⁴⁾.
- 카자흐스탄은 전 세계 우라늄의 12%가 매장되어 있으며, 2023년 기준 약 2만 1천 톤의 우라늄 정광을 생산함. 또한 2022년 기준 전 세계 우라늄 생산량의 43%를 생산하는 등 최대 우라늄 생산국임²⁵⁾.

■ 원자력 관련 주요 정책

- 2024년 6월 6일 카자흐스탄 에너지부의 대체 에너지원 활용에 관한 법률 초안(draft law on the use of alternative energy sources) 협의 문서에 따르면 카자흐스탄에 원전 건설을 위한 국민투표를 2024년 가을에 진행할 예정이며, 투표 통과 시 정부가 100억 달러(약 14조 원)²⁶⁾에서 최대 120억 달러(약 17조 원)를 지원할 계획임.
 - 협의 문서에서는 카자흐스탄의 에너지 분야 내 총발전량에서 재생에너지원의 비중이 작으며 국가적 차원에서 대체 에너지원 활용을 규제할 법률이 부족한 점을 문제점으로 지적하고, 이를 해결하기 위해 입법 차원에서 원자력을 무탄소 전력원으로 정의하고 카자흐스탄 내 수소 생산을 위한 환경 조성 필요성을 제시함.
- 2024년 10월 8일 카자흐스탄 중앙선거관리위원회는 10월 6일에 실시된 카자흐스탄의 원전 도입 찬반 국민투표 결과와 관련해 정부의 신규 원전 도입 계획을 지지한 응답자가 71.12%에 달한다고 발표했으며, 유권자 1,228만 명 중 절반을 넘는 782만 명(63.66%)이 국민투표에 참여한 것으로 집계되어 투표 결과가 유효하다고 밝힘.

24) Enerdata, Country Energy Report-Kazakhstan, pp.17.(2024.07.)

25) World Nuclear Association, Uranium and Nuclear Power in Kazakhstan, <https://world-nuclear.org/information-library/country-profiles/countries-g-n/kazakhstan.aspx>(2024.08.)

26) 카자흐스탄 내용 전체 2024년 10월 24일 환율 기준 적용(1달러= 1,379원)

■ 주요 이슈

- Kazatomprom, 에너지부와 Inkai 3 광산 우라늄 시범 생산 위한 지하자원 사용계약 체결
 - 2024년 6월 13일 카자흐스탄 국영 기업 Kazatomprom은 카자흐스탄 에너지부와 우라늄 매장지인 Inkai 3 광산에서 우라늄 시범생산(pilot production)을 위해 지하자원 사용계약(Subsoil Use Agreement)을 체결했으며, 이에 따라 Kazatomprom은 4년 동안 총 701tU 시범생산이 가능하다고 밝힘.
- 카자흐스탄, 우라늄 광물 추출세 대폭 인상 발표
 - 2024년 7월 10일 Kazatomprom은 우라늄 생산 증가에 따라 우라늄 광물 추출세(Mineral Extraction Tax) 인상 내용을 포함한 세법(Tax Code) 개정안을 발표하면서, 우라늄 세금 인상으로 2026년부터 Kazatomprom과 합작 투자한 외국 기업 및 자사의 자회사에 적용되는 세율이 달라질 것이라고 밝힘.
- 카자흐스탄, 2024-2025년 우라늄 생산량 발표
 - 2024년 8월 1일 Kazatomprom은 2024년 상반기 우라늄 생산량이 전년 동기 대비 6% 증가한 10,857tU라고 발표하면서, 우라늄 생산 개선과 효율화로 인해 2024년 우라늄 생산 전망을 전량 기준 21,000-22,500tU에서 22,500-23,500tU로 상향 조정했다고 밝힘.
 - 2024년 상반기 동안의 생산량이 전년 동기 대비 소폭 증가한 것은 2023년 시추(drilling) 작업 재개에 따른 우라늄 자원 탐사와 생산 속도 회복을 위한 생산 공정 개선 등의 조치 등에 기인함.
 - 2024년 8월 23일 Kazatomprom은 황산 공급의 불확실성이 증가함에 따라 2025년 우라늄 생산량을 기존에 계획했던 30,500-31,500tU에서 25,000tU로 하향 조정했다고 발표함.

□ 파키스탄

■ 현황

- 파키스탄은 2024년 9월 기준 6기의 원자로(총 3,530MW)를 가동 중으로, 1기의 원자로(1,200MW)를 건설 중이며, 1기의 원자로(100MW)가 영구 정지됨.
 - 건설 중인 원전으로 2023년 7월 14일 파키스탄 동부 Punjab 주에 위치한 Mianwali 지역에 중국 HPR 1000 노형을 적용한 35억 달러(약 5조 원)²⁷⁾ 규모의 Chashma 5호기(1,200MW, PWR)가 있음.
 - Chashma 5호기 건설을 위해 중국은 1억 4,553만 달러(약 2천억 원)를 지출하였으며, 건설 추진은 CNNC의 자회사인 CNNC China Zhongyuan Engineering Corp.가 담당함.

27) 파키스탄 내용 전체 2024년 10월 24일 환율 기준 적용(1달러= 1,379원)

- Karachi 1호기(KANUPP 1호기)는 1972년 12월 7일부터 가동되어 2021년 8월 1일 운영이 종료됨.
- 2022년 기준 총발전량은 135.5TWh이며, 천연가스 37%, 수력 23%, 석탄 16%, 원자력 15%, 석유 5%, 풍력 및 태양광 3% 등으로 구성됨²⁸⁾.

■ 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 4월, 2호기는 2020년 4월, 3호기는 2021년 3월, 4호기는 2022년 7월 각각 착공됨. 2024년 4월 1호기는 시운전을 시작함²⁹⁾.
- 2023년 튀르키예의 총발전량은 323TWh로 이 중 석탄 35.6%, 수력 19.2%, 가스 21.9%, 재생에너지(풍력, 태양광, 지열) 20.3%를 차지함³⁰⁾.

■ 원자력 관련 주요 정책

- 2010년 5월 튀르키예와 러시아가 체결한 정부 간 협정(Inter-Governmental Agreeemtn)에 따라 러시아는 튀르키예에 2010년 12월 프로젝트 회사 Akkuyu Nuclear Joint-Stock Company(이하, ANPP)³¹⁾를 설립해 2018년부터 Akkuyu 원전 4기를 건설 중임³²⁾.
 - Akkuyu 원전 사업은 설계·건설·유지보수·운영·해체를 담당하는 BOO 방식(Build-Own-Operate)으로 진행됨. 건설비용 약 200억 달러(약 27.5조 원)는 러시아가 우선 전액을 부담한 후 발전소가 완공되면 튀르키예 전력 거래·계약회사(Turkish Electricity Trading and Contracting Company, 이하 'TETAS')가 각호기의 운전 시작일에서 15년간 고정가격으로 발전전력을 구입해 비용을 상환할 예정임³³⁾.

28) Enerdata, Country Energy Report-Pakistan, pp.16,(2024.01.)

29) <https://www.world-nuclear-news.org/Articles/Commissioning-work-is-beginning-at-Akkuyu-1>
<https://www.nucnet.org/news/akkuyu-1-nuclear-plant-begins-full-scale-commissioning-stage-says-rosatom-4-2-2024>

30) Enerdata, Country Energy Report Türkiye(2024.06.)

31) 회사 명의 경우 ANPP=Akkuyu NPP Generation JSC, APC=Akkuyu Project Co, AEG=Akkuyu Electricity Generation Co., Akkuyu Nuclear JSC를 병용 중이며, 최근에는 ANPP를 가장 많이 사용해, 이를 반영함. 튀르키예어로는 Akkuyu NGS (Nükleer Güç Santrali= Nuclear Power Plant) Elektrik Uretim Anonim Sirketi임.

참고: JAIF, トルコの原子力発電導入準備状況(2014.05.12.) https://www.jaif.or.jp/ja/asia/turkey/turkey_data.pdf

32) AKKUYU NUCLEAR 프로젝트 웹사이트 최종 검색(2022.11.03.) <http://www.akkuyu.com/index.php>

33) 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.)

- TETAS는 1~2호기 발전 전력량의 70%, 3~4호기의 40%를 평균 12.35센트(약165원)/kWh로 구입할 계획이며 나머지 전력은 ANPP가 전력시장에 판매할 계획임³⁴⁾.
- 양국의 정부 간 협정에서는 4개 호기의 건설 허가가 모두 발급된 시점부터 7년 내인 2025년까지 최초 호기의 시운전을 시작하기로 규정됨³⁵⁾.
- 2023년 4월 26일 튀르키예 에너지부 Faith Donmez 장관은 2018년 일본-프랑스 컨소시엄과의 건설 협상이 무산된 Sinop 원전 건설(1,120MW급 4기) 계획[※]과 관련해 여러 국가의 제안서를 평가 중이라고 밝혀, 건설 프로젝트 추진 의향을 드러냄.
 - ※ Sinop 원전 건설 계획은 2013년 일본-프랑스 컨소시엄(Mitsubishi중공업, ITOCHU 상사, 프랑스 GDF SUEZ 등)³⁶⁾과 건설 협의를 진행했지만, 2018년 건설비 급등에 따른 경제성 악화를 이유로 협의가 무산됨.
- 이와 관련하여 2020년 9월 14일 튀르키예 환경도시계획부는 Sinop 원전 건설 계획에 관한 최종 환경영향평가를 승인함.
- 2023년 9월 26일 튀르키예 에너지 천연자원부 Aplarslan Bayraktar 장관은 제67차 IAEA 총회에서 탄소중립 달성을 위해 2050년까지 20GW 이상의 원전 설비를 확보할 계획이라고 밝힘.
 - 장관은 원자력이 2053년까지 탄소중립을 달성하는 데 필수적인 역할을 할 것이라고 강조함. 전력 부문에서 석탄발전 비중은 줄이고 원자력 비중은 늘릴 계획이라고 밝힘. 국가 에너지계획에서 원전을 청정 기저부하 전원으로 넣어, 2035년까지 7.2GW, 2050년 말까지 20GW 이상으로 확충하고, 재생에너지 비중도 확대하는 것을 목표로 한다고 덧붙임.
 - ※ 이보다 앞선 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.

■ 주요 이슈

- 튀르키예, 중국과에너지전환 협력을 위해 MOU 체결
 - 2024년 5월 21일 튀르키예 에너지 천연자원부 Aplarslan Bayraktar 장관은 중국과 원자력, 재생에너지, 에너지 저장 및 핵심 광물 등의 분야에서 협력하고, 관련 프로젝트도 구체적으로 개발·수행하기 위해 MOU를 체결했다고 발표함.
 - 장관은 방중 기간 중국 천연자원부 Wang Guanghua 장관과 핵심 광물(critical minerals) 및 희토류(rare earth elements) 개발을 목표로 한 협력 강화를 논의함.

34) 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.)

35) 原子力産業新聞, トルコのアククユ1号機に起動許可(2023.12.14.)

36) 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.)

- 튀르키예, 12년 만에 방문한 이집트 대통령과 정상 회담...원전 분야 협력 희망³⁷⁾
 - 2024년 9월 4일 튀르키예 Erdogan 대통령은 자국을 12년 만에 방문한 이집트 El-Sisi 대통령과 정상회담 후 양국이 상호 이익이 되는 형태로 관계를 강화할 것이라고 밝힘. 튀르키예 대통령은 특히 천연가스, 원전 분야에서 이집트와 긴밀한 협력을 원한다고 덧붙임.
 - 양국 관계는 현 이집트 대통령이 이집트 국방부 장관이었던 2013년 당시 튀르키예가 우호적이었던 무슬림형제단의 무함마드 무르시 대통령의 실각을 주도하면서 악화됨. 이후 2020년 튀르키예가 이집트, UAE 등과 외교 활동을 시작하며 관계가 개선됨.
 - 2023년에는 상호 대사를 재임명하고, 2024년 2월에는 튀르키예 대통령이 2012년 이후 처음으로 이집트를 방문함³⁸⁾.
- 튀르키예, Akkuyu 1호기 독일 부품 공급 차질로 상업운전 지연
 - 2024년 9월 11일 튀르키예 에너지 천연자원부 장관은 Akkuyu 1호기(1,200MW, PWR)에 필요한 독일 Siemens Energy의 부품 공급 차질로 상업운전 예상 시기가 기존 2024년에서 2025년으로 지연되었고, 중국에서 대체 부품을 조달한다고 발표함.
 - Siemens의 부품 공급 차질 원인에 대해 튀르키예 장관은 확실하지는 않지만, 러-우 전쟁과 관련한 서방 제재로 부품 수출이 제한받았을 수도 있다고 언급함.

■ UAE

■ 현황

- UAE는 2024년 9월 기준 Barakah 1·2·3·4호기를 가동 중이며, 각각 2021년 4월 6일, 2022년 3월 24일, 2023년 2월 24, 2024년 9월 5일에 상업운전을 시작함.
 - 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 최대 25%를 공급하고 연간 총 40TWh 이상의 전력을 공급하여³⁹⁾, 연 탄소 배출량을 2,240만 톤가량 감축할 것으로 예상됨.

37) <https://jp.reuters.com/world/security/NSQRHZ4BBFKUJP3YJ4R3Z3HNIY-2024-09-05/>
https://www.timesofisrael.com/liveblog_entry/erdogan-says-turkey-wants-deeper-ties-with-egypt-on-natural-gas-nuclear-energy/

<https://www.jiji.com/jc/article?k=2024090500238&g=int>
 38) <https://jp.reuters.com/world/security/NSQRHZ4BBFKUJP3YJ4R3Z3HNIY-2024-09-05/>
<https://www.jiji.com/jc/article?k=2024090500238&g=int>

39) Emirates Nuclear Energy Corporation, [https://www.enec.gov.ae/news/latest-news/uae-celebrates-historic-milestone-as-unit-4-of-the-barakah-plant-commences-commercial-operation/\(2024,09,05.\)](https://www.enec.gov.ae/news/latest-news/uae-celebrates-historic-milestone-as-unit-4-of-the-barakah-plant-commences-commercial-operation/(2024,09,05.))

- 2021년 UAE의 총발전량은 145.4TWh이며 가스 90%, 원자력 7%, 풍력·태양광 3%, 기타 석유 등으로 구성됨⁴⁰.

■ 원자력 관련 주요 정책

- 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 55조 원)⁴¹에 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 23조 원)를 지원하고 4억 달러(약 6천억 원) 규모의 차관을 제공함.

■ 주요 이슈

- ENEC, 중국 CNNC와 4세대 원전 개발 및 원전 수소 등 협력 위해 MOU 체결
 - 2024년 5월 30일 UAE 원자력공사(ENEC)의 Mohamed Al Hammadi CEO와 중국 CNNC의 Yu Jianfeng 회장은 중국 Beijing에서 4세대(Generation IV) 원전 개발과 원전 운영 및 유지보수, 원전을 활용한 청정수소 생산 부문 등에서 협력을 위해 MOU를 체결함.
 - MOU에 따르면 연료주기 관리, 상업원전 시설의 운영과 유지보수, 환경보호를 위한 원자력의 활용 및 관련 분야에 대한 모범 사례 개발, 신규 원전의 개발, R&D 및 벤치마킹(benchmarking)과 지식 공유 등 협력을 포함함.
- Barakah 4호기 상업운전 시작
 - 2024년 9월 5일 ENEC는 Barakah 4호기(1,417MW, PWR)의 상업운전을 시작했다고 발표함. Barakah 4호기는 2015년 7월 30일에 착공하여 2024년 3월 1일 최초 임계를 달성하였으며, 2024년 3월 23일에 계통망에 연결됨.
- ENEC, 인도 NPCIL과 Barakah 원전 운영 및 유지보수 위한 MOU 체결
 - 2024년 9월 10일 ENEC는 인도 NPCIL과 UAE Abu Dhabi에 있는 Barakah 원전(총

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

41) UAE 내용 전체 2024년 10월 24일 환율 기준 적용(1달러= 1,379원)

5,668MW, PWR 4기)의 운영과 유지보수를 위해 협력 기반 마련을 위한 MOU를 체결했으며, 양국 관계자는 공급망 개발, 경험 공유, 원전 운영과 유지보수를 위한 서비스 제공, 원자력 컨설팅 서비스 제공, 인적 자원 개발 및 교육과 연구 개발 등에서의 협력도 MOU에 포함된다고 밝힘.

■ 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. 1~4호기(총 4,800MW, PWR)는 2022년 7월과 11월, 2023년 5월, 2024년 1월에 각각 착공함.⁴²⁾
 - 이집트는 2028년 또는 2029년까지 4기의 완공을 계획 중이고, 4기 모두 2030년에 상업 운전이 시작될 것으로 예상됨.
 - El Dabba 원전 건설과 관련해 러시아는 원전 건설 · 핵연료 공급, 원전 가동 첫 10년간 인력 교육 · 원전 유지보수 지원, 해당 원전에서 발생한 사용후핵연료 관리용 저장시설 건설 · 저장용기 공급을 담당함.
 - 한편, El Dabba 원전의 터빈 건물 등 80여 개의 구조물 건설, 관련 기자재는 2022년 8월 22일 Rosatom의 자회사 Atomstroyexport JSC(ASE JSC)와 한수원의 El Dabba 원전 2차 측 건설 계약에 따라 한수원이 공급을 담당함⁴³⁾.
 - El Dabba 원전 총 건설비용의 85%에 해당하는 250억 달러(약 34조 원)⁴⁴⁾는 러시아가 차관(연 3%)으로 제공하고 나머지 50억 달러(약 7조 원)는 이집트가 민간사업자 유치를 통해 조달함⁴⁵⁾.
- 2022년 이집트의 총발전량은 212.6TWh로 발전원별 비중은 가스 77.8%, 석유 9.9%, 수력 6.3%, 풍력 3.5%, 태양광 2.5%임⁴⁶⁾.

42) 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.)/세계원전시장 인사이트 2024년 2월 2일자

43) 한수원 보도 자료, 한국수력원자력, 이집트 엘다바 원전 2차측 건설사업 수주(2022.08.25.)

44) 이집트 내용 전체 2024년 10월 24일 환율 기준 적용(1달러=1,379원)

45) 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.)

46) Enerdata, Country Energy Report Egypt(2024.04.)

■ 원자력 관련 주요 정책

- 2016년 10월 18일 이집트 에너지 최고위원회(Supreme Council of Energy)는 ‘2035년 까지의 이집트 에너지 전략(Egyptian Energy Strategy until 2035)’을 채택함. 해당 전략에서는 2035년 발전량 비중을 재생에너지 47%, 원자력 3% 등으로 설정함.
- 2023년 9월 7일 이집트 원자력발전청(Nuclear Power Plants Authority, 이하 ‘NPPA’)는 2028년까지 기존 원자로의 건설 작업 완료 후 자국 내 전력 생산을 위해 추가 4기의 신규 원전을 건설하는 방안을 검토 중이라고 밝힘.
 - 신규 원전 건설 부지는 El Dabaa 원전 부지 인근으로 알려짐.

■ 남아공

■ 현황

- 2024년 9월 기준으로 남아공에서 운영 중인 원전은 총 2기(1,940MW)임⁴⁷⁾. 원전은 2023년 기준으로 남아공 전체 발전설비(64.9GW) 중 약 3%, 전체 발전량(224.5TWh)의 약 3.7%를 차지함⁴⁸⁾.
 - 남아공 내 신규 원전 건설은 2030년 이후에 시작할 예정임.

■ 원자력 관련 주요 정책

- 남아공, 신규 원전 건설을 위한 입찰 추진
 - 남아공 천연자원에너지부 장관은 국가인프라계획 2050(NIP 2050)의 일환으로, 석탄 의존도 감축을 위해 빠른 시일 내로 신규 원전 건설을 위한 입찰을 실시할 것이라고 밝힘.
 - 남아공은 2020년 6월 신규 원전 건설 준비를 위해 원자력 산업계를 대상으로 정보제공 요청서(RFI)를 발행해 25개의 해외기업들로부터 참여 의사를 확인하였으며, 이후 2022년 2월에 2,500MW 규모의 신규 원전 제안요청서(RFP)를 발행한 바 있음.

■ 주요 이슈

- 남아공, 자국 내 운영 중인 원전의 20년 계속운전 승인
 - 2024년 7월 15일 남아공 원자력규제기관(National Nuclear Regulator, NNR)은 가동 중인 Koeberg 1호기(964MW, PWR)를 당초 40년 설계수명을 넘어 2044년 7월 21일까지 20년 계속운전 시행을 승인함.

47) IAEA PRIS를 참고하여 작성

48) Enerdata, Country Energy Report South Africa, 2024.05

- Eskom에 따르면, 해당 원자로는 2025년 1월까지 가동 후 연료재장전과 계획예방정비를 위해 임시 정지될 예정이다.

※ 가동 정지 중인 Koeberg 2호기(970MW, PWR)는 현재 계속운전을 위한 몇 가지 전제 조건을 이행 중이며 NNR은 해당 원자로에 대한 계속운전 결정을 2025년 11월 9일 이전에 내릴 예정임을 밝힘.

● 남아공, 신규 원전사업 입찰절차 지연

- 2024년 8월 17일, 남아공 에너지·전기부 장관은 2.5GW 규모의 신규 원전사업 입찰절차가 남아공 고등법원으로부터 대중의견 수렴을 위해 최대 6개월까지 보류될 수 있다고 밝힘.

- 이는 아프리카 내 비정부기관⁴⁹⁾이 남아공 에너지규제기관(Nersa)가 신규원전건설과 관련된 남아공광물자원에너지부(DMRE)의 보고서 승인에 있어 공개협의 의무를 이행하지 않아 신규원전 입찰절차의 투명성이 부족하다고 주장하며 고등법원에 법적 이의를 제기했기 때문임.

- 남아공 에너지·전기부 장관은 신규 원전 입찰과정에서 투명성 부족을 인정하고, 신규 원전사업 입찰 일정을 수정해 9월에 대중 참여 일정일 제시할 것이라고 언급함.

▣ 아프리카(가나, 케냐, 부르키나파소, 기니, 르완다, 우간다)

■ 현황

- 2022년 기준으로 가나는 전체 설비용량은 5.4GW로 가스(2.7GW), 수력(1.6GW), 유류(1.1GW)등으로 구성되며, 전체 발전량(23.2TWh) 중 대부분은 가스(63%)와 수력(35%)임⁵⁰⁾.
- 2022년 기준으로 케냐는 3.6GW의 발전설비를 보유 중이며, 지열, 유류(각 0.9GW), 수력(0.8GW) 등의 순으로 높으며, 전체 발전량(12.9TWh) 중 42.7%는 지열발전이고 다음으로 수력(23.5%), 풍력(16.6%) 등이 차지함⁵¹⁾.
- 2022년 기준으로 부르키나파소는 총 0.5GW의 발전설비를 보유하고 있고, 대부분 기타 화력발전(Other Fossil, 0.39GW)으로 전체 발전량(0.77TWh) 중 약 69%를 차지하고 있는 것으로 확인됨⁵²⁾.
- 2022년 기준으로 기니는 0.3GW의 발전설비를 보유 중이고 대부분 가스(0.2GW), 수력(0.1GW)이며, 전체 발전량(1.6TWh) 중 62.1%는 가스, 37.1%는 수력발전이 담당함⁵³⁾.

49) 구체적으로 남부 아프리카 신양 공동체 환경 연구소와 지구생명 아프리카 요하네스버그임.

50) Enerdata, Country Energy Report Ghana, 2024.01

51) Enerdata, Country Energy Report Kenya, 2024.03

52) EMBER를 참고하여 작성 (<https://ember-climate.org>)

- 2022년 기준으로 르완다는 0.3GW의 발전설비를 보유하고 있고, 설비용량은 수력(0.12GW), 석탄(0.05GW), 가스(0.03GW) 순이며, 전체 발전량(0.98TWh) 중 52%는 수력, 24%는 가스발전인 것으로 나타남⁵⁴⁾.
- 2022년 기준으로 우간다의 전체 발전설비(1.3GW)는 대부분 수력(1.0GW)으로 구성되어 있으며, 수력발전은 총 발전량(5.4TWh) 중 89%를 공급함⁵⁵⁾.

■ 원자력 관련 주요 정책

- 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 예정이다.
 - 2곳의 후보 부지에 대한 상세 기술 평가가 진행 중이며, 서부에 위치한 Nsuban에서의 원전 건설이 유력하고 Obotan은 후보 부지(backup site)로 간주되고 있음.
- 케냐, 신규 원전 건설 추진 경과⁵⁶⁾
 - 2014년 2월, 케냐는 IAEA 심사 통과를 전제로 2022~2025년 사이에 원전 건설 계획을 발표함. 이에 따라 중국 광동원자력공사(CGN)과 원전개발 MOU를 체결('15.09), 러시아와 원자력 협력에 관한 MOU 체결('16.05), 한국과 원자력협력 MOU('16.09)를 체결함.
 - 2018년 9월, 케냐 에너지부의 전력개발계획 개정안에서는 원전의 도입 시점이 기존 2027년에서 2036년으로 연장되었고 설비용량도 기존 1,000MW급 2기에서 600MW급 2기로 수정됨. 그러나, 2018년 10월, 케냐 에너지 규제위원회(ERC)는 원자력 비중 축소에 발표에 자국 산업계의 반발로 전력개발계획 개정안을 재검토할 것임을 밝힘.
 - 2023년 9월, 케냐 원자력 에너지청(NuPEA)의 CEO 대행은 인터뷰를 통해 2027년부터 1,000MW급 신규원전 건설을 시작할 예정임을 밝혔으며, 신규원전후보 부지는 Kilfi와 Kwale 지역을 고려 중이고 해외 공급자 입찰을 계획하고 있음을 밝힘.
- 부르키나파소, 자국 원자력기구 창설
 - 2024년 8월 17일, Ibrahim Traore 대통령이 의장을 맡고 있는 부르키나파소 정부는 자국 에너지 독립과 산업화 보장, 전력 접근성 용이를 위해 원자력 기관(Burkinian Atomic Energy Agency, BAAE) 설립을 결정함.
 - 2024년 7월, 부르키나파소 정부는 최초 원전 건설을 지원하는 전문가와 IAEA 관계자에게 특권과 면제를 부여하는 법안을 통과시켰음.

53) Enerdata, Country Energy Report Equatorial Guinea, 2024.04

54) EMBER를 참고하여 작성 (<https://ember-climate.org>)

55) EMBER를 참고하여 작성 (<https://ember-climate.org>)

56) 한국원전수출산업협회 자료 참고

- 부르키나파소 에너지·광산·채석부는 러시아 Rosatom과 자국 내 원전 건설 위한 양해각서 체결(2023년 10월), 원자력의 평화적 이용에 관한 협력을 구축하는 로드맵 체결(2024년 3월), 원자력 부문의 교육 및 훈련, 인프라 개발, 여론 조사 등의 협력을 포함하는 양해각서(MoU) 체결(2024년 6월)을 이행한 바 있음.
- 우간다, 신규원전 추진 관련 경과
 - 2023년 3월, 우간다는 에너지 전환 가속화와 다양한 발전원 확보를 위해 원전을 건설·운영할 예정이며, 해당 프로젝트는 CNNC가 담당할 것임을 발표함. 우간다는 이 프로젝트를 통해 총 2,000MW의 원전을 건설하고, 2031년까지 최소 1,000MW 규모의 원전을 국가 전력망에 연결할 예정이라고 밝힘.
 - ※ 2022년 1월, 우간다는 동아프리카지역에서의 최초 원전 건설을 위해 약 90억달러(약 12조원⁵⁷⁾)의 비용이 필요하다고 제시한 바 있음.
 - 2023년 8월, 우간다 대통령은 우간다 수도인 Kampala에서 개최된 G-25 아프리카 커피 정상 회담에서 자국에 총 15GW 규모의 원전 건설을 위해 한국 러시아와 협상 중임을 밝힘.
 - ※ 우간다 현지 언론에 따르면, 15GW 규모의 원전은 각각 7GW, 8.4GW로 나누어 건설될 계획은 존재하지만, 구체적인 건설 일정과 자금은 언급되지 않음.

■ 주요 이슈

- 가나, 대형원전 및 SMR 도입을 위해 중국 및 미국 업체와 각각 협정 체결
 - 2024년 4월 24일, 가나 원자력 발전(NPG)은 중국 핵공업집단공사(CNNC)와 네덜란드에서 열린 제26차 세계에너지총회(World Energy Congress)에서 가나 내 HPR-1000 (Hualong One) 노형 도입 및 전력망 업그레이드를 위한 기본 협정을 체결함.
 - 2024년 8월 29일, 미국 NuScale의 파트너사인 Regnum Technology Group은 케냐 Nairobi에서 열린 제2차 미-아프리카 원자력 정상회담에서 NuScale의 SMR인 VOYGR-12 (총 924MW)를 가나에 보급하기 위한 상업협정(commercial agreement)을 NPG와 체결함을 밝힘.
- 가나, 미 국무부와 FIRST 프로그램 기반 원전 인력 양성 지원 협약 체결
 - 2024년 5월 28일, 미 국무부 Ganzer 차관보는 가나 Accra에서 열린 아프리카 원자력 비즈니스 플랫폼 회의(Africa Nuclear Business Platform meeting)에서 가나의 원자력 발전 지원 및 SMR 보급을 위해 '소형모듈원전 기술의 책임 있는 사용을 위한 기초 인프라(FIRST)' 프로그램을 기반으로 한 두 개의 주요 협력 문건에 서명했다고 발표함.
 - ※ 가나는 미국과 2022년 3월 FIRST 프로그램을 체결한 바 있음.

57) 우리은행 일별환율자료 적용(2024년 10월 11일 기준, 1\$=1349.4원)

- 해당 서명식에는 가나 원자력위원회(GAEC)와 국제과학기술센터(ISTC) 간의 지역 용접 인증 프로그램(Regional Welding Certification Program)에 대한 MOU가 체결됨.
- ※ MOU에는 가나 기술자들이 원자력 에너지 부문의 건설 작업을 위한 자격을 갖추 수 있도록 교육을 제공하는 내용이 포함됨.
- 또한, GAEC는 ISTC, NuScale Power와 함께 NuScale Power의 가상 운전 시뮬레이터인 E2(Energy Exploration) 센터의 관련 서비스 제공을 위해 MOU와 계약 약정(contractual arrangements)을 체결함.
- 케냐 총리, 2034년까지 최초 원전 건설 계획 목표 천명
 - 2024년 8월 22일, 케냐 정부는 이달 27~30일 나흘간 열리는 제2회 미국-아프리카 핵 에너지 정상회담 주최를 준비하는 가운데, 2034년까지 자국의 최초 원전 건설을 목표로 한다고 밝힘.
 - Musalia Mudavadi 총리는 케냐가 2030년대 초까지 연구로 가동 후 2034년에 최초 원전을 건설할 계획이라고 밝히며, 이 사업이 에너지 용량 확대, CO₂ 배출량 감축, 신규 일자리 창출에 기여할 것이라고 덧붙임.
 - 케냐 언론 보도에 따르면, 약 1,000MW 규모의 원전은 인도양 연안에 건설될 예정이며, 건설 비용은 약 39억 달러(약 5.2조 원)로 추정됨.
 - ※ 2024년 3월 케냐 원자력에너지청은 최초 원전 로드맵이 2027년부터 착공 준비, 2030~ 2031년 착공, 2034년까지 건설로 이루어져 있으며, Kilifi · Kwale 주가 후보부지로 결정되었다고 밝힘.
- 아프리카 국가들, 자국 내 SMR 도입을 위한 협약 체결
 - 2024년 6월 4일, 르완다는 한국전력기술(KEPCO E&C, 이하 '한전기술')과 르완다에서 한전기술이 개발 중인 부유식 SMR인 BANDI-60(60MW)의 보급 지원 및 원자력 인프라 개발 등을 목표로 협약(agreement)을 체결했다고 발표함.
 - 2024년 6월 7일, 기니는 러시아 상트 페테르부르크에서 열린 국제 경제 포럼에서 Rosatom과 자국에 RITM-200(55MW, PWR)이 장착된 부유식 원전 가동을 위한 양해각서를 체결함.
 - 2024년 8월 15일, 르완다 원자력위원회(Rwanda Atomic Energy Board, RAEB)는 미국 초소형원자로(microreactor) 개발업체 NANO Nuclear Energy와 자국 내 SMR 및 초소형 원자로 도입을 위한 양해각서를 체결함.
 - ※ 르완다는 2018년에도 러시아와 원자력 이용에 관한 정부간 협정을 체결하였고 교육 및 인력 훈련과 대중의 원자력 수용성 제고를 위한 2건의 협력 각서를 체결한 바 있음.

4 유럽

▣ 영국

■ 현황

- 영국은 2024년 9월 기준 총 9기의 원자로(총 발전용량 6.5GW)를 가동 중임⁵⁸⁾.
 - 영국 정부는 신규 원전인 Hinkley Point C 원전(각 1,720MW, PWR 2기)을 늦어도 2030년대 초반까지 준공할 계획이며, Sizewell C 원전(3.2GW, PRW 2기) 건설도 추진 중임.
 - 현재 영구정지된 원자로는 총 36기(총 9.2GW)임⁵⁹⁾.
- 2023년 영국의 총발전량은 284.1TWh이며, 발전원별 비중은 가스 35%, 재생에너지(풍력, 태양광, 지열) 34%, 바이오매스 13%, 수력 2%, 원자력 14%, 석탄 1%임⁶⁰⁾.

■ 원자력 관련 주요 정책⁶¹⁾

- 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, 원자력 산업 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 6,891억 원)⁶²⁾ 지원, ② AMR 연구·개발 프로그램에 최대 1억 7,000만 파운드(약 3,043억 원) 지원, ③ AMR 상용화에 4천만 파운드(약 716억 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 2,148억 원)의 미래 원자력 활성화 기금(Future Nuclear Enabling Fund) 조성을 추진하기로 함.

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

59) 영구 정지된 원자로의 용량은 연구로 포함 수치임.

60) Enerdata, Country Energy Report UK, 2024.05.

61) 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>

62) 유럽 내용 전체 2024년 10월 24일 환율 기준 적용(1파운드=1,789원, 1유로=1,489원, 1달러=1,379원, 1코로나=130원, 1유로=1,490원, 1포린트=3,70원, 1즈위티=342원)

- 2023년 3월 영국 정부는 원자력 산업의 민간 투자 확대를 위해 녹색금융체계(Green Financing Framework) 상에서 2021년에 지원 대상에서 배제했던 원자력을 환경적으로 지속가능한 에너지로 재분류하기로 함.
- 2023년 7월 영국 정부는 신규 원자력 프로젝트 개발 지원 및 자금 조달을 담당하는 대영 원자력(Great British Nuclear, GBN)의 공식 출범을 발표하고 SMR 기술개발 지원사업 공모를 시작함.
- 2024년 1월 영국 정부는 2050년까지 최대 24GW 규모의 원전 설비를 확보하기 위한 민간 원자력 로드맵 2050(Civil Nuclear: Roadmap to 2050)을 발표함.
 - 해당 로드맵은 에너지 자립 강화 및 탄소 배출 목표 달성을 위해 70년 만에 수립한 최대 규모의 원자력 확대 계획으로, ① 부지 및 토지 이용, ② 원자력 개발의 규제 간소화, ③ 자금조달 모델, ④ 핵연료주기, ⑤ 원자력혁신 및 연구개발, ⑥ 해체 및 폐기물 관리, ⑦ 미래 원자력 부문 인력, ⑧ 원자력 공급망 개발 등에 대한 세부 내용을 담고 있음.

■ 주요 이슈

① 신규 원전 추진 현황

(Hinkley Point C원전)

- EDF, 영국 Hinkley Point C(HPC) 원전 완공 위해 투자자로부터 자금 조달 논의 중⁶³⁾
 - EDF는 HPC 사업 완공을 위해 투자자로(국부 펀드 및 대형 인프라 펀드 포함)부터 최대 40억 파운드(약 7.1조 원) 조달을 모색 중인 것으로 알려짐. 현재 HPC 원전 건설 비용은 엔지니어 확보 어려움과 공급망 문제로 479억 파운드(약 86조 원)에 달할 것으로 예상됨.
 - EDF 사업파트너인 CGN이 2023년 해당 원전 건설 지연에 따른 비용 인상분의 납부를 중단한 이후 해당 원전 사업의 재정 압박은 심화되었음.
 - ※ 2015년 10월 EDF와 CGN은 당시 사업비가 180억 파운드(약 32.2조 원)인 HPC 원전에 대해 각각 66.5%, 33.5% 지분율로 사업을 추진하기로 합의하였음.
 - EDF에 따르면 HPC 1호기는 당초 계획보다 5년 늦은 2030년에 가동될 예정임.

(Sizewell C 원전)

- 영국 원자력규제청(ONR), Sizewell C 원전 부지 허가 발급
 - 2024년 5월 7일 ONR은 Hinkley Point C 원전과 동일한 노형(EPR)을 도입하는 Sizewell C 원전(총 3.2GW, EPR 2기)에 대한 부지 허가를 발급함. 부지 허가 발급은 사업자에게 규제 감독, 권고 등이 가능한 단계이지만 원전 착공 승인이 아니기 때문에 프로젝트 기업인 Sizewell C Ltd는 ONR과 환경청으로부터 추가 승인 취득이 필요함.

63) <https://www.theguardian.com/uk-news/2024/oct/10/edf-seeks-to-raise-up-to-4bn-to-finish-delayed-hinkley-point-c>

- 2024년 8월 영국 에너지안보탄소중립부(DESNZ)는 영국 정부와 EDF가 공동 추진 중인 Sizewell C 신규 원전 사업을 지원하기 위해 최대 55억 파운드(약 10조 원) 규모의 신규 보조금(Sizewell C Development Expenditure, Devex) 지급 계획을 발표함. Devex는 2025년 말로 예상되고 있는 최종투자결정 또는 투자자 확보까지 사업 개발 지원을 목표로 하고 있음.
- 영국 정부는 현재까지 2022년 11월 Sizewell C 원전 지분 50% 매입에 7억 파운드(약 1.2조 원), 2023년 7~8월 착공 준비 관련 5억 1,100만 파운드(약 9,147억 원), 2024년 1월 건설 준비 관련 13억 파운드(약 2.3조 원)를 제공한 바 있음.
- 한편, Financial Times 보도(2024년 10월 4일)에 따르면, 영국 정부는 민간 투자 계약이 2026년 중반까지 지연될 경우를 대비해, Sizewell C 원전 사업에 자금을 지원하는 예비비(contingency)를 올해 8월에 발표한 신규 보조금(Sizewell C Development Expenditure, Devex) 지급 계획에 포함시킴.
- 추후에 시행될 최종투자결정에서 영국 정부와 EDF는 각각 20% 지분을, 신규 투자자들이 60% 지분을 보유할 것으로 예상되고 있으며, 잠재적인 민간 투자자들(Centrica, Schroders Greencoat, Emirates Nuclear Energy Corporation, Amber Infrastructure Group 등)과 논의 중인 영국 정부는 추가 지연 계획은 없다는 입장임.

(신규 대형원전 부지)

- 2024년 5월 영국 정부는 웨일스 북부 앵글시섬의 Wylfa 부지를 Hinkley Point C 원전, Sizewell 원전에 이은 자국의 3번째 대형원전 건설을 위한 우선 부지로 선정함.
 - 영국 정부는 Wylfa 부지가 냉각수 및 해체가 진행 중인 기존 Magnox 원전(각 490MW, PWR 2기)의 인프라 활용이 가능해 신규 원전 건설에 적합하다고 평가함.
 - 앞서 2024년 3월 대영원자력(GBN)은 신규 원전 건설 추진을 위해 Hitachi로부터 1억 6천만 파운드(약 2,864억 원)에 Wylfa 부지와 Oldbury-on-Severn (잉글랜드 남서지역) 부지를 매입함.

② SMR 개발 및 사업 추진

- GBN, SMR 기술개발 지원사업 선정 절차 2단계에서 NuScale 제외
 - 2024년 9월 25일 GBN은 SMR 사업 추진을 위한 기술 선정 절차 2차 단계에서 NuScale Power를 제외한 4개의 후보업체를 선정하고, 향후 최종 단계에서 해당 업체들과 협상할 계획을 밝힘.
 - 선정된 4개의 개발업체 및 노형은 GE Hitachi Nuclear Energy의 BWRX-300 (300MW, BWR), Holtec Britain Ltd.의 SMR-300(300MW, PWR), Rolls-Royce SMR Ltd.의 Rolls-Royce SMR(470MW, PWR), Westinghouse Electric Company UK Ltd.의 AP300 SMR(300MW, PWR) 등임.

- GBN는 SMR 기술개발 지원사업 공모 개시(2023년 7월), 후보 사업자로 6개의 SMR 개발 업체 선정(2023년 10월), 입찰서(tender response) 접수(2024년 7월)를 진행한 바 있음.
 - 2024년 7월 GBN의 입찰서(tender response) 접수 시 EDF는 Nuward(340MW, PWR) SMR의 기술 성숙도가 영국의 SMR 사업 공모 일정과 맞지 않다고 입찰서 제출을 포기 하였으며, 이번 2단계 선정절차에서 NuScale Power의 VOYGR(77MW, PWR)는 탈락함.
 - GBN에 따르면 향후 최종 2~3개 사업자와 계약 체결(2024년 말), 최종투자결정 시행(2029년), SMR 가동(2030년대 중반)이 계획됨.
- 영국 Rolls-Royce와 미국 Holtec의 SMR 설계, 영국 GDA 3단계 및 2단계 각각 진입
 - 2024년 7월 30일 ONR은 Rolls-Royce SMR(470MW, PWR)의 일반설계평가(GDA) 2단계 절차를 완료하고 3단계에 착수했다고 밝힘. Rolls-Royce SMR Ltd는 2022년 4월에 GDA 절차에 들어갔으며, 1단계는 1년, 2단계는 16개월이 소요되었다고 밝힘. 총 GDA 절차 기간은 53개월로 예상되며 2026년 8월에 완료될 예정임.
 - 2024년 8월 1일 ONR은 Holtec International의 SMR-300(300MW, PWR)이 GDA 1단계 절차를 완료하고 2단계에 진입했다고 밝힘. Holtec International의 SMR-300에 대한 GDA 1단계는 2023년 10월에 시작해 10개월이 소요되었으며, 2단계의 범위와 일정을 합의 하는 데 중점을 두었음. 2단계는 14개월이 소요될 예정임.
 - ※ GDA는 신규 원전 사업 허가 절차의 일부로, 신규 원자로 설계의 안전성, 보안, 보호, 환경적 측면을 평가하며 완료까지 통상 4년이 소요됨. GDA 절차 종료 후 ONR은 설계승인확인서(Design Acceptance Confirmation)를, 환경청은 설계승인보고서(Statement of Design Acceptability)를 발급함.
 - Holtec Britain, SMR-300 부품 공장 건설 부지로 잉글랜드 South Yorkshire 선정
 - 2024년 9월 20일 미국 Holtec International의 영국 자회사인 Holtec Britain은 SMR-300(300MW, PWR) 부품 공장 건설 부지로 영국 최대의 청정기술 클러스터의 본거지이자 기존 산업 기반과 공급망을 갖춘 South Yorkshire(England 소재)를 선정함.
 - Holtec Britain은 자재·부품·서비스의 최대 70%를 영국(특히 South Yorkshire)에서 조달하는 것을 목표로 해당 지역에 공급망 구축 가능성을 전망함.
- ③ 원전 해체 진행 현황
- Sizewell A 원전, 터빈홀·부속건물 철거 계획 승인
 - 2024년 8월 14일 영국 원자력해체청(NDA) 자회사인 Nuclear Restoration Services NRS는 Suffolk 주에 소재한 Sizewell A 원전(각 245MW, GCR 2기)의 터빈 홀과 전기 부속건물을 철거하기 위한 계획 승인을 취득함.
 - 영국 전역의 1세대 원자력·연구 시설의 해체·복원과 수력 발전소 운영을 담당하고 있는 NRS는 해당 부지가 향후 Sizewell C 원전용 부지로 사용될 예정이라고 밝힘.

- NRS에 따르면, 2023년부터 터빈 홀에서 5,500톤 이상의 금속이 제거되어 재활용되었으며 이번 달 말까지 작업이 완료될 것으로 예상됨.
- Hinkley Point B 2호기, 사용후핵연료 인출 완료 및 Hunterston B 원전 해체 승인
 - 2024년 9월 11일 ONR은 원전운영사 EDF Energy가 시행한 Hinkley Point B(HPB) 2호기(655MW, GCR)의 사용후핵연료 인출 작업이 완료되어 사용후핵연료가 Sellafield 원자력 단지로 이송되어 저장될 예정이라고 밝힘.
 - ONR에 따르면, EDF Energy는 HPB 1호기의 사용후핵연료 인출 작업 준비를 진행 중임. 해당 원전의 사용후핵연료 제거 시 부지 허가는 NDA로 이전되어, NDA의 자회사인 Nuclear Restoration Services가 해체 작업을 담당할 예정임.
 - 한편, 2024년 9월 13일 ONR은 환경영향평가에 대한 공론화와 세부 검토를 통해 EDF Energy의 Hunterston B 원전(각 644 MW, GCR 2기)의 해체 신청서를 승인함.
 - 2022년 5월부터 2023년 9월까지 EDF Energy는 Hunterston B 1호기(644MW, AGR)의 사용후핵연료 인출 작업을 완료하였음. 이후 Hunterston B 2호기의 사용후핵연료 인출 작업 완료 및 Sellafield 원자력 단지로 사용후핵연료 이송(2025년 중반까지), NDA에 소유권 이전(2026년)을 진행할 예정임.

④ HALEU 자체 생산 추진

- 영국 정부, HALEU 자체 생산 위해 우라늄 농축회사 Urenco에 약 3,508억 원 지원
 - 2024년 5월 8일 영국 에너지안보탄소중립부(DESNZ)는 SMR·AMR 도입 지원의 일환으로 유럽 최초로 고순도저농축우라늄(HALEU)의 자체 생산 계획을 밝히면서, 2031년까지 Capenhurst 부지(잉글랜드 북서지역)에 HALEU 제조 시설 구축을 계획한 우라늄 농축회사 Urenco에 1억 9,600만 파운드(약 3,508억 원) 지원을 발표함.
 - ※ Urenco는 영국 정부(33%), 네덜란드 정부(33%), 독일 E.ON(16.5%) 및 RWE(16.5%)가 공동 소유하고 있으며, 영국, 네덜란드, 독일, 미국에서 우라늄 농축시설을 가동 중임.
 - DESNZ에 따르면, 연간 최대 10톤의 HALEU을 생산할 수 있는 Urenco의 우라늄 농축 시설은 유럽 내 HALEU의 독점 공급국인 러시아를 배제시키면서, 약 400개의 고속원 일자리 창출을 통해 지역 공급망을 활성화하여 경제 성장에 기여할 것으로 전망됨.
 - 영국은 핵연료주기 서비스(우라늄 변환, 농축, 성형가공, 재처리)를 자체 수행 중이나 재처리 서비스는 2022년에 중단한 바 있음.
- 영국 정부, HALEU 역변환 시설 건설 위한 사업자 선정 공모 진행
 - 2024년 7월 19일 영국 정부는 차세대 원자로 개발에 필요한 첨단 핵연료 생산을 위해 최대 7,000만 파운드(약 1,253억 원) 규모의 상업용 고순도저농축우라늄(HALEU) 역변환(deconversion) 시설 건설을 위한 사업자 선정 공모(7월 1일~ 9월 9일)를 진행함.

- HALEU 역변환은 HALEU를 첨단 원자로용 핵연료 제조에 사용하기 위해 금속(metal), 산화물(oxide) 및 기타 형태로 변환하는 것을 의미함.
- DESNZ은 이번 공모가 상업용 산화물(oxide) HALEU 역변환 시설 설계·건설 및 상업용 금속(metal) HALEU 역변환 시설 설계 지원을 목표로 하고 있으며, 선정된 사업자가 HALEU 납품 기관과 HALEU 공급망 전반에서 협력할 것으로 기대함.
- 영국 정부는 최대 3억 파운드(약 5,370억 원) 투자를 통한 HALEU 자체 생산 계획 발표(2024년 1월), 2031년까지 Capenhurst 부지(잉글랜드 북서지역)에 HALEU 제조 시설 구축을 목표로 우라늄 농축회사 Urenco에 1억 9,600만 파운드(약 3,508억 원) 지원(2024년 5월)을 이행한 바 있음.

■ 프랑스

■ 현황

- 프랑스는 2024년 9월 기준 총 56기의 원자로(총 발전용량 64GW)를 운영 중임. Flamanville 3호기(1,650MW, PWR)은 3호기)는 시운전 중이며 신규 원전(EPR2 6기) 건설을 위한 준비 작업이 진행 중임. 영구정지된 원자로는 총 14기(총 6.1GW)⁶⁴⁾임.
- 2023년 프랑스의 총발전량은 526.8TWh이며, 발전원별 비중은 원자력 64%, 수력 12%, 재생에너지(풍력, 태양광, 지열) 14%, 가스 6%, 바이오매스 2%, 석탄 1%, 석유 1%임⁶⁵⁾.

■ 원자력 관련 주요 정책⁶⁶⁾

- 2012년 취임한 Holland 대통령은 녹색성장을 위한 에너지 전환법 제정(2015년 8월)을 통해 원전 의존도 축소 정책(2025년까지 발전 비중 50%로 축소, 원자력 설비용량을 63.2GW로 제한)을 추진하였으며, 2017년에 취임한 Macron 대통령은 원자력 발전 비중 감축(기존 75%에서 2035년까지 50%), 2035년까지 14기 폐쇄 계획을 발표함.
- 그러나 2019년 프랑스 정부는 EPR2 6기 신규 건설을 위한 계획안 수립을 EDF에 요청하였으며, 2020년 프랑스 전력계통 운영사인 RTE는 탄소중립 달성을 위한 보고서인 Energy Futures 2050을 통해 기존 및 신규 원전 활용 필요성을 제시함⁶⁷⁾.

64) 영구 정지된 원자로의 용량은 연구로 포함 수치임.

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

65) Enerdata, Country Energy Report France, 2024.06.

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

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

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

- 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.
- 2021년 10월 Macron 대통령은 산업 경쟁력과 미래 기술 개발을 위한 5개년 계획인 300억 유로(약 45조 원) 규모의 ‘프랑스 2030 투자 계획’을 발표하면서, 원자력 부문에서 ① SMR 프로젝트(NUWARD), ② 핵분열 및 핵융합 분야의 혁신 원자로 개발, ③ 폐기물 관리 혁신, ④ 핵연료 처리 및 재활용, ⑤ 원자력 부문 훈련을 지원하기 위해 10억 유로(약 1.4조 원) 투자 계획을 밝힘.
- 2022년 4월 연임에 성공한 Macron 대통령은 원전 확대 정책(EDF 재국유화, 최대 14기의 신규 EPR2 건설, 기존 원전 계속운전 시행)을 수행하고 있으며, 신규 원전 건설 가속화 절차 방안의 법제화를 추진함.
 - 프랑스 정부는 2022년 2월 최대 14기의 EPR2 원전 건설(6기 건설, 추가 8기 증설 검토) 계획을 발표하면서, 노르망디 지역 Penly 원전에 2기, 북프랑스 지역Gravelines 원전에 2기, Bugey 원전에 2기의 EPR2 노형을 적용한 원전 건설 계획을 확정함.
 - 2023년 5월 프랑스 의회는 ‘기존 원전 부지 인근 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 1,489억 원) 이상 투자한다는 계획을 발표함.
- 2024년 3월 프랑스 정부는 재처리시설 투자 및 재처리농축우라늄(ERU) 연료 장전으로 후행 핵연료주기 역량 강화 계획을 발표함.
- 해당 계획은 ① 2040년 이후 La Hague(Manche) 및 Melox(Gard) 재처리시설의 가동을 연장하는 지속가능성/복원력 프로그램 시행, ② La Hague 부지 내 혼합산화물(MOX) 연료 제조시설에 대한 연구 개시, ③ 2045/2050년까지 La Hague 부지 내 신규 사용후 핵연료 재처리시설에 대한 연구 개시임.
- 2024년 7월 프랑스 정부는 통합 국가 에너지·기후계획(PLAN NATIONAL INTEGRE ENERGIE - CLIMAT, PNIEC) 개정안을 EU 집행위(EC)에 제출하면서, 재생에너지보다 원자력을 활용한 탈탄소화 목표 달성 의지를 밝힘.
 - 프랑스 정부의 PNIEC 개정안은 PNIEC 초안(2023년 11월 발표)에서 누락되었던 2030년 재생에너지 소비 목표(약 570TWh)를 명시하고 토양과 식물과 같은 탄소흡수원(carbon sink)에 대한 세부사항을 수정했지만, 대부분 초안 내용을 유지함.

- 해당 초안에서는 2030년 최종에너지 소비에서 재생에너지 비중을 EC의 권고안(최소 기준치 44%)보다 낮은 수준(33%)으로 제시하고, 최종에너지 소비에서 원자력과 재생 에너지를 결합한 탈탄소 에너지 비중 목표치를 2030년까지 58%, 2035년까지 71%로 각각 제시하였음.

■ 주요 이슈

① 신규 EPR2 원전 프로젝트 추진

- EDF, 자회사 Framatome과 EPR2 신규 원전용 1차 계통 기기 관련 계약 체결
 - 2024년 4월 30일 EDF는 EPR2 신규 원전 사업 준비의 일환으로 자회사인 Framatome과 EPR2 6기가 도입될 Penly · Gravelines · Bugey 원전의 1차 계통 기기(원자로압력용기, 용기덮개, 가압기, 증기발생기)의 설계 · 제조 · 조립 · 시운전을 위한 80억 유로(약 12조 원) 규모의 계약을 체결함.
 - 원자력 증기 공급 시스템(NSSS)의 설계 · 구축을 담당하는 Framatome은 이번 계약으로 원전의 핵심 부품 생산과 향후 20년간 일자리 유지 및 기술력 확보가 가능해졌다고 밝힘.
 - 2024년 2월 EDF는 신규 원자력 전담 부처인 Interministerial Delegation for New Nuclear(DINN)와 공동 작업 후 EPR2 노형의 기본 설계 확정을 6개월 연기하기로 결정했으나, 이는 신규 원자로 건설에 영향을 미치지 않는다는 입장을 밝혔음.
- EDF, 프랑스 정부로부터 Penly EPR2 원전 부지 준비작업 위한 승인 취득
 - 2024년 6월 3일 프랑스 정부는 Penly 부지 및 Petit-Caux 코뮌(commune) 내 2기의 EPR2 도입에 필요한 준비작업 수행과 관련된 환경승인법령(2024-505호)을 관보에 게재한 후, 6월 5일 EDF에 Penly EPR2 2기(각 1,670 MW, PWR) 건설을 위한 준비작업 수행을 허용하는 환경 승인을 발표함⁶⁸⁾.
 - 이번 정부 발표는 EDF가 Penly 신규 원전 건설 허가신청서(creation authorisation decree, DAC)를 제출(2023년 6월)한 후 약 11개월 만에 이루어짐.
 - 2024년 7월 6일 프랑스 정부는 EDF의 신규 Penly 3 · 4호기(EPR2) 건설을 위한 공공 해양 영역(public maritime domain) 사용 관련 협정을 승인하는 법령을 관보에 게재함.
 - 이에 따라 EDF는 Penly 3 · 4호기 건설 준비 작업 중 비원자력 부문(사전 토공 작업, 부지 개발, 도로 건설 등) 작업을 즉각 시행할 예정임. 원자력 부문의 경우 EDF는 ASN으로부터 DAC 취득 후 시행할 계획임. ASN은 2026년 말에 DAC를 승인할 것으로 예상되고 있음.
 - Penly 3 · 4호기 건설은 2027년 첫 호기의 콘크리트 타설 작업 착수, 2035~2036년 상업 운전 개시를 목표로 하고 있음.

68) <https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000049655806>

- EDF, 바이오매스 전환 예정이던 화력발전소 부지 EPR2 원전 배관 제조시설로 활용 예정
 - 2024년 9월 24일 EDF는 총 1,200MW 규모의 Cordemais 화력발전소(프랑스 서부 연안 Loire-Atlantique 주 소재)를 목재펠릿 연소 발전소로 전환하는 Ecocombust 프로젝트를 철회하고, 해당 부지를 EPR2 원전 건설을 위한 2차 계통 배관 제조시설로 활용할 계획임.
 - EDF는 Cordemais 화력발전소를 2027년에 가동 중단할 예정이며, 해당 부지 활용을 위해 자회사 Framatome과 EPR2용 2차 계통 배관 제조 시설 건설 가능성에 대한 타당성 조사를 진행하고 있음. 해당 시설은 2028년에 배관 제조를 시작할 것으로 예상됨.

② 계속운전 시행 추진

- EDF, 기존 원전 계속운전 추진 위한 약 9조 원 규모의 녹색대출 계약 체결⁶⁹⁾
 - 2024년 5월 13일 EDF는 기존 원전(총 63기 원자로)의 계속운전을 위해 BNP Paribas, Bank of America, Crédit Agricole CIB, ING, Natixis CIB, Société Générale, Wells Fargo 등 프랑스 · 네덜란드 · 미국 금융기관들과 58억 유로(약 9조 원) 규모의 녹색대출 계약을 체결함.
 - 3~5년 만기의 해당 대출은 EDF가 40년 이상 가동한 원전의 60년 또는 그 이후로의 계속 운전 추진을 목적으로 2015년부터 시행 중인 안전성 개선 사업(Grand Car nage)에 투입 될 예정임.
 - EDF의 친환경 투자는 2022년 7월에 EU 분류체계(Taxonomy)에 따라 개정된 자사의 녹색 금융관리체계(Green Financing Framework)에 따른 것으로, 해당 정책은 재생에너지, 수력발전, 에너지효율, 배전, 원자력과 관련된 녹색투자 전략을 담고 있음.
 - 2023년 12월 EDF는 기존 원전의 계속운전 시행을 위한 자금 조달을 목적으로 원자력 부문에서 유럽 최초로 10억 유로(약 1.4조 원) 규모의 선순위 녹색채권을 발행한 바 있음.

③ Flamanville 3호기 현황

- 프랑스 Flamanville 3호기, 최초 임계 도달 후 자동 정지 및 재가동⁷⁰⁾
 - 2024년 9월 7일 EDF에 따르면 Flamanville 3호기(1,650MW, PWR)는 최초 임계(initial criticality)에 도달(9월 3일) 후 자동 정지(9월 4일)되었다가 기술 조사 및 분석 후 재가동되었음. 이에 대해 ASN는 가동 직후 발생한 자동정지가 인적 오류의 결과라고 밝힘.
 - EDF는 ASN으로부터 Flamanville 3호기의 시운전 승인 취득(2024년 5월 7일), 핵연료

69) <https://www.edf.fr/en/the-edf-group/dedicated-sections/journalists/all-press-releases/edf-announces-the-signature-of-green-bank-loans-dedicated-to-the-financing-of-the-existing-nuclear-fleet-for-an-amount-of-c-58-billion-euros>

70) <https://sfeninenglish.org/epr-flamanville-series-reactor-divergence-the-heart-of-the-flamanville-epr-finally-beats/>
<https://www.latribune.fr/climat/energie-environnement/edf-relance-l-epr-de-flamanville-apres-l-arret-d-urgence-de-mercredi-1005757.html>

집합 장전(2024년 5월 8일)을 거쳐, 올 가을까지 출력 25% 달성 및 전력망 연결을 시행할 계획임.

- Flamanville 3호기 프로젝트는 2007년 12월 착공에 들어가 당초 2013년 가동을 목표로 했으나, 후쿠시마 사고 이후 신규 안전규제 도입 및 부품 결함, 코로나19 등으로 인해 공기 지연과 비용초과(33억 유로(약 5조 원)→132억 유로(약 20조 원))가 발생함.

④ SMR 개발 추진 현황

- EU 집행위, Nuward SMR 개발 위한 4.4천억 원 규모 국가 보조(State Aid) 승인⁷¹⁾
 - 2024년 4월 26일 EU 집행위(EC)는 EU 보조금 규정(EU 기능조약(TFEU) 제107조 (3)(c))에 따라 EDF 자회사인 Nuward에 Nuward SMR(설계수명 60년, 각 170MW, PWR 2기) 연구·개발 지원 목적으로 3억 유로(약 4,466억 원)를 제공하는 프랑스 정부의 보조금 지급 계획을 승인함.
 - EC는 경제활동(SMR 개발을 위한 연구·개발 활동) 촉진, 투자 인센티브 효과 창출, EU 내 경쟁 및 무역 왜곡을 제한하는 안전장치 확보 등을 이유로 승인 결정을 내렸음. 이미 EC는 2022년 Nuward 사업 2단계에서 프랑스 정부의 5천만 유로(약 744억 원) 규모의 보조금 지급 계획을 승인한 바 있음.
 - 이번 조치로 Nuward는 해당 보조금을 2027년 초까지 SMR 연구·개발 프로젝트에 투입하고, SMR 모듈과 부품 크기 측정 및 통합 검증 작업, 모듈형 설계 및 SMR 대량 생산과 관련된 산업화 연구 수행 등 진행할 계획임.
- EDF, 기존 PWR 기술 바탕으로 Nuward SMR 설계 단순화 결정⁷²⁾
 - 프랑스 언론 보도(2024년 7월 1일)에 따르면, EDF는 비용 및 기술 문제로 기존 PWR 기술을 Nuward SMR에 통합해 전체 설계를 단순화하기로 결정함. EDF의 Nuward SMR 설계 변경 계획은 올 하반기에 공개될 것으로 알려짐.
 - EDF는 4년간에 걸쳐 기본 설계(basic design)단계를 완료한 상태이나, 당초 계획한 혁신적인 일체형(가압기·증기발생기 결합) 설계를 폐기하고 전통적인 PWR 설계에 집중할 것으로 알려짐.
 - Reuter는 EDF 자회사인 Nuward 소식통을 인용해 EDF의 이번 결정이 잠재 고객인 스웨덴 Vattenfall, 체코 ČEZ, 핀란드 Fortum과의 논의 후 이루어졌다고 보도함. 대형 원전과 SMR 투자를 고려중인 상기 3개국 원전운영사들은 공기 및 예산 준수를 비롯해, 70~100유로(약 10만 4천 원~15만 원)/MWh 범위의 SMR 균등화발전비용(LCOE) 보장을 희망하고 있음.

71) <https://stefinenglish.org/the-european-commission-approves-e300-million-state-aid-for-nuward/>

72) <https://www.power-technology.com/news/edf-revises-smr-design/?cf-view>

- Nuward SMR 사업은 EDF 주도로 CEA(프랑스 원자력·대체에너지위원회), Naval Group (방산기업), TechnicAtome(원자로 설계·유지 보수기업) 등이 개발 중임.

■ 러시아

■ 현황

- 러시아는 2024년 9월 기준 총 36기의 원자로(총 발전용량 28.6GW)를 가동하고 있으며, 총 4기의 신규 원자로(4GW)를 건설 중임. 영구정지된 원자로는 총 11기(총 5.3GW)임.
- 2023년 러시아의 총발전량은 1,178TWh이며, 발전원별 비중은 가스 45%, 원자력 19%, 수력 17%, 석탄 17%, 석유 1%임⁷³⁾.

■ 원자력 관련 주요 정책⁷⁴⁾

- 1986년 체르노빌 사고 이후 주춤했던 러시아의 원전 정책은, 90년대 보리스 옐친 전 대통령의 ‘연방 목표 프로그램’을 근거로 2000년부터 본격 추진됨⁷⁵⁾. 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 확대 한다는 계획을 발표함⁷⁶⁾.
- 2020년 4월 푸틴 대통령은 에너지 안보를 위해 2024년까지 원자력 부문의 엔지니어링, 기술, 연구 개발에 관한 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.
- 2024년 8월 러시아 정부 기관인 RAO UES(러시아 전력통합공사)는 2042년까지 28GW 규모의 11개 원전을 건설하는 내용을 담은 전력 시설 계획 초안을 발표함.

73) Enerdata, Country Energy Report Russia, 2024.05.

74) 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>

75) Bellona, Russian Nuclear Power 2018

76) Bellona, Russian Nuclear Power 2018

- 해당 문서에는 대형(1,200MW) · 중형(600MW) · 저전력(110MW)으로 구성된 신규 원자로 37기 건설이 포함됨. 이는 PWR을 갖춘 기존 원전과 제4세대 원전으로 나누어짐. 구체적으로는 기존 대형 원전(Smolensk, Leningrad, Kola, Beloyarsk, Kursk, Novovoronezh)을 대체하는 신규 원자로, 4세대 BREST-OD-300(납냉각고속로), 신규부지(Novochoerkassk, Reftinskaya, Krasnoyarsk)에 도입될 원자로, SMR 건설도 포함됨.

■ 주요 이슈

① 신규 원전 추진 현황

● Leningrad 8호기 진행 현황⁷⁷⁾

- 2024년 8월 6일 Rosatom의 전력 사업부인 Rosenergoatom은 Leningrad 8호기(1,170MW, PWR) 건설을 위한 굴착 및 준비 작업을 완료함. 러시아 원전 종합 건설사인 TITAN-2 Holding이 해당 부지를 굴착 및 방수 작업을 담당했으며, 올 가을에 철근을 깔고 기초 슬래브 작업을 수행할 예정임. 해당 원자로는 2032년에 가동될 예정임.
- Rosatom과 관련 자회사는 현재 VVER 1200 노형이 적용된 Leningrad 7 · 8호기를 건설 중임. 올해 3월 Leningrad 7호기(1,188MW, PWR)는 착공에 들었으며, 연료장전은 2029년, 상업운전은 2030년으로 계획됨.

● Rosatom, Smolensk-II 원전 건설을 위한 부지 정지 작업 개시

- 2024년 8월 21일 Rosatom의 전력에너지 부문 자회사인 JSC Concern Titan-2는 Smolensk-II(VVER-TOI 2기) 원전 건설을 위한 부지 정지 작업을 시작함. 해당 원전은 향후 10년 내로 설계수명이 종료되는 Smolensk 원전(RBMK-1000 3기)으로부터 6km 떨어진 곳에서 건설될 예정임.
- JSC Concern Titan-2에 따르면 Smolensk-II 1 · 2호기는 각각 2032년, 2034년까지 완공될 예정임. 향후 일정으로 2025년 두 호기의 설계 문서 작성 완료, 2026년 설계 문서 검토 완료 및 건설 허가 승인, 2027년 Smolensk-II 1호기 원자로 건물의 최초 콘크리트 타설이 계획됨.

● BREST-OD-300 진행 현황⁷⁸⁾

- 2024년 8월 7일 Rosatom은 연료자회사인 TVEL의 Siberian Chemical Combine(SCC) 부지에 건설 중인 4세대 납냉각고속로 BREST-OD-300(320MW, FBR)에 164톤의 원통형 인클로저(enclosure) 구조물 설치를 완료함. 해당 구조물은 원자로를 주변 환경으로부터 보호하기 위한 추가적인 안전 장벽 역할을 담당함.

77) <https://www.nucnet.org/news/construction-of-concrete-foundation-pit-complete-for-new-leningrad-nuclear-plant-8-4-2024>

78) <https://www.nucnet.org/news/installation-of-reactor-enclosure-complete-at-generation-iv-nuclear-power-plant-8-4-2024>

- Rosatom은 BREST-OD-300의 냉각 계통 파이프 라인 조립 후 인클로저 구조물을 내열 콘크리트로 다시 채울 계획이라고 밝힘. 해당 원자로의 가동 일정은 2026년으로 계획됨.
- BREST-OD-300은 혼합 우라늄-플루토늄 질화물 연료(MNUP 연료)로 가동되며 Breakthrough 프로젝트의 일환으로 건설되는 시범실증전력단지(ODEK)에 일부임. ODEK은 고속로용 우라늄-플루토늄 질화물 연료 제조 시설, BREST-OD-300, 사용후 핵연료 재처리 시설로 구성됨.
- 환경규제기관, 소듐냉각고속로 Beloyarsk 5호기 환경영향평가 결과 긍정적 의견 발표
 - 2024년 5월 17일 러시아 연방천연자원감독청(Rosprirodnadzor)은 소듐냉각고속로인 Beloyarsk 5호기(1,220MW, BN-1200)의 환경영향 평가 자료를 검토한 결과, 해당 원자로의 안전 요건이 충족되고 환경에 미치는 중대한 영향이 없다는 긍정적인 의견을 표명하며 해당 원자로의 건설 계획을 승인함.
 - 환경영향평가에 앞서 시행된 공론화 절차(2023년 11월)에서도 참가자들은 Rosprirodnadzor가 내린 결론과 유사한 결론을 도출하였음. Rosatom은 Beloyarsk 5호기에 대해 2027년 건설 허가 취득, 2035년 착공을 목표로 설정함.
 - BN 소듐냉각고속로 시리즈는 혼합산화물연료(MOX)를 재처리 및 재활용하는 순환핵연료주기의 원자로 개발을 목표로 하는 Rosatom의 Breakthrough 프로젝트의 일환임.
 - Beloyarsk 원전은 각각 1981년과 2016년에 상업운전을 개시한 Beloyarsk 3호기(600MW, FBR, BN-600)와 4호기(885MW, FBR, BN-800)를 가동 중임.

② 국제 협력

- 러시아, 기니와 부유식 원전 도입 가능성 모색 위한 양해각서 체결
 - 2024년 6월 7일 Rosatom은 러시아 상트 페테르부르크에서 열린 국제 경제 포럼에서 기니와 전력 공급용 부유식 원전 도입 관련 협력을 위한 양해각서를 체결하고, 기니에 원자력 쇄빙선에 사용된 RITM-200 노형(55MW, PWR)이 장착된 부유식 원전 가동을 위한 조건을 검토하기로 합의함.
 - Rosatom은 이번 협력을 통해 기니의 산업 및 일반용 전력 소비자를 위한 전원 공급 솔루션을 개발하는 공동 작업을 시행할 예정임.
 - Rosatom은 2020년부터 러시아 북동부 Chukotka 자치구 내 Pevek 시에서 상업용 부유식 원전인 Akademik Lomonosov(각 35MW, KLT-40S 2기)를 가동 중이며 2027년 말 가동될 Baimskaya 구리 채광·제련시설의 전력 공급을 위해 RITM-200이 장착될 신규 부유식 원자로 4기(1~3호기 발전용, 4호기 백업용)를 개발 중임.
- 러시아, 베트남과 원자력 분야 협력을 위한 MOU 체결

- 2024년 6월 19일 베트남 Pham Minh Chinh 총리는 러시아 Rosatom의 Alexei Likhachev CEO와 베트남에 원자력 과학 기술 센터 건설을 포함한 원자력 분야 협력을 위해 양해각서(MOU)를 체결하고, 대형 원전 및 SMR을 베트남에 도입하는 방향을 중점으로 논의함.
- 이번 협력은 2011년에 체결된 양국 정부 간 협정의 후속 조치로, 2027년까지 베트남과의 원자력 프로젝트 개발 일정이 포함됨.

핀란드

■ 현황

- 핀란드는 2024년 9월 기준으로 착공 약 18년 만에 2023년 5월 상업운전을 시작한 Olkiluoto 3호기(1,720MW, PWR)를 포함해 총 5기의 원자로(총 발전용량 4.6GW)를 운영 중임. 한편, 러시아 VVER 노형이 적용된 Hanhikivi 1호기(1,400MW) 건설 프로젝트는 2022년 5월에 취소됨⁷⁹⁾.
- 2022년 핀란드의 총 발전량은 72.2TWh이며, 발전원별 비중은 원자력 35%, 바이오매스 19%, 재생에너지(풍력, 태양광, 지열) 17%, 수력 19%, 가스 1%, 석탄 9%임⁸⁰⁾.

■ 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 2020년대 중반 가동을 목표로 사용후핵연료 최종처분장을 건설 중임.
 - 핀란드의 원자력에너지법은 원전에서 발생한 모든 방사성폐기물의 영구 처분을 명시하고 있으며, 이에 따라 2000년 남서부 해안 도시 Eurajoki를 선정하였고, 2001년에 핀란드 의회가 원칙결정(decision-in-principle)을 승인함. 2013년 12월 Posiva는 고용경제부에 건설 허가신청서를 제출해 2015년 핀란드 정부로부터 승인을 취득함.
 - 최종 처분시설은 2016년 말 착공에 들어가 2020년대 중반에 운영될 예정으로, 약 6,500톤의 사용후핵연료를 약 10만년 동안 지하 455미터 깊이의 터널에 저장할 수 있는 규모임.
- 2022년 5월 연합정부의 외무부, 내무부, 환경·기후부를 담당하는 핀란드 녹색당(Vihreät De Gröna)은 2023~2027 녹색당 공약을 통해 친원전 입장을 표명하며, 계속

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

80) Enerdata, Country Energy Report Finland, 2023.04.

운전 실시, SMR 승인 절차 간소화를 위한 원자력법 개정, Hanhikivi 원전 프로젝트를 대체할 안정적인 저탄소 기저부하 전원 공급 방안을 제시함.

■ 주요 이슈

- 핀란드 Fortum, Loviisa 원전 계속운전 시행 위해 저압터빈 성능개선 계획⁸¹⁾
 - 2024년 5월 29일 Fortum은 VVER-440 노형 2기가 도입된 Loviisa 원전의 2050년까지 계속운전을 위해 저압 터빈의 성능개선에 따른 약 38MW 규모의 출력 증강을 계획하고, 체코 증기터빈 공급업체인 Doosan Škoda Power와의 계약을 통해 2026년부터 8개의 저압 터빈 하우징(housing)과 내부 부품 교체 작업을 시행하기로 함.
 - Fortum은 지난 5년간 Loviisa 원전의 설비개선을 위해 2억 유로(약 2,978억 원)를 투자 하였음. 해당 원전의 계속운전 투자액은 2050년까지 총 10억 유로(약 1.4조 원)에 달할 것으로 추산됨.
 - Loviisa 1·2호기(각 507MW, PWR)는 각각 1977년과 1980년에 상업운전을 시작해 각각 2027년 말과 2030년 말에 운영허가 만료를 앞두고 있었으나, 2023년 2월 핀란드 정부로부터 2050년까지의 계속운전 허가를 승인받았음.
- 핀란드 TVO, 원자력 포함 녹색사업 조달 위해 녹색채권 발행
 - 2024년 5월 14일 핀란드 전력사 TVO는 자사가 개발한 녹색채권관리체계(Green Bond Framework 2023)를 바탕으로 원자력을 포함한 적격 녹색사업의 자금 조달 또는 재융자를 목적으로 6억 유로(8,935억 원) 규모의 녹색채권을 발행함.
 - 해당 녹색채권은 만기 7년, 발행금리 4.25%, 룩셈부르크 증권거래소에서 거래될 예정임. 녹색채권 발행을 공동 주관한 금융기관은 BNP Paribas, Crédit Agricole CIB, Nordea, 스웨덴 은행임.
 - TVO는 Olkiluoto 원전의 발전, 방폐물 처분, 핵연료 조달을 위해 원자력·천연가스 투자를 친환경 경제활동으로 인정한 EU 분류체계(Taxonomy)를 기반으로 2023년 6월에 녹색채권관리체계를 개발하였음.
- 핀란드 Posiva, 사용후핵연료 최종처분시설(ONKALO) 시험 운영 1단계 완료⁸²⁾
 - 2024년 9월 12일 핀란드 방폐물 담당회사인 Posiva는 Olkiluoto 원전 인근에 위치한 사용후핵연료 최종처분시설(ONKALO)의 시험 운영 1단계를 완료하였음.

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

81) <https://www.fortum.com/media/2024/05/fortums-loviisa-nuclear-power-plant-low-pressure-turbines-be-modernised-increasing-capacity-approximately-38-mw>

82) <https://www.nucnet.org/news/posiva-completes-first-stage-of-trial-run-at-onkalo-repository-for-spent-nuclear-fuel-9-1-2024>

- 올해 8월 30일부터 시작된 시험 운영은 ONKALO 가동 전 최종 처분의 안전성 검증을 위해 계획된 절차에 따라 최종 처분 장비 및 시스템을 함께 테스트하는 단계임. 시험 운영 1단계는 사용후핵연료 저장용기를 TVO의 임시 저장시설에서 Posiva의 사용후핵연료 밀봉 시설로 정해진 경로를 따라 운반하는 것으로 이루어짐.
- ONKALO는 건설허가 취득(2015년 11월), 착공(2016년 12월), 운영허가 신청서 제출(2021년 12월)을 거쳐 2025년 말 또는 2026년에 가동될 예정임. 사업비용은 2015년 기준 30억 유로(약 4.4조 원)에서 최근 50억 유로(약 7.4조 원)로 상향됨.
- Steady Energy, 지역 에너지기업과 지역난방 SMR 후보부지 사전평가 위한 협약 체결
 - 2024년 7월 18일 핀란드 SMR 개발업체인 Steady Energy는 2030년대 초 Kuopio시에 지역난방용 SMR 발전소 건설을 목표로 지역 에너지 기업인 Kuopion Energia와 1년간의 사전계획 협약(pre-planning agreement)을 체결함.
 - ※ 2023년 여름 핀란드 VTT 국가기술연구센터에서 분사된 Steady Energy는 2030년까지 세계 최초 지역난방용 LDR-50 SMR 발전소 건설을 목표로 하고 있으며, 올해 6월 2025년까지 LDR-50 SMR의 실증시설 건설 계획을 발표하였음.
 - Kuopion Energia는 SMR 발전소 건설 후보 부지에 대한 환경영향평가를 시작할 예정임. Steady Energy에 따르면, 환경영향평가 과정에서 기존 산업 부지를 포함한 적합한 부지가 구체화될 예정이며, Kuopion Energia는 투자결정 및 필수 구역 변경 신청을, Kuopio시는 구역 결정을 담당하기로 함. 예상 건설 기간은 3.5년임.
 - 한편, 2024년 9월 9일 Steady Energy와 협력 중인 핀란드 에너지 기업 Helen은 2030년대 초 Helsinki시에 지역난방용 SMR 발전소 건설을 목표로 원자력 프로그램을 시작했으며, 해당 프로그램 1단계(2026년까지 잠재적인 파트너와 논의, SMR 공급업체 평가, 발전소 부지 결정)를 시행한다고 발표함.

■ 스웨덴

■ 현황

- 2024년 9월 기준 총 6기(7,267MW)를 운영 중이며, 건설 중 원자로는 없음. 총 13기의 원자로 중 현재까지 7기(4,268MW)가 영구정지됨.
- 2023년 스웨덴의 총발전량은 166.5TWh로 이 중 원자력이 29.1%, 수력 39.8%, 풍력 20.7%를 차지함⁸³⁾.

83) Enerdata, Country Energy Report Sweden(2024.08.)

■ 원자력 관련 주요 정책

- 2017년 6월 15일 스웨덴 의회는 정권교체와 관계없이 일관성 있고 신뢰할 수 있는 기후 변화대응정책을 수립하기 위해 ‘기후법(Climate Act)’을 제정하고, 2045년 탄소중립, 2045년 이후 탄소흡수(negative emissions) 달성을 목표로 제시함.
 - 스웨덴은 2045년 탄소배출중립 달성을 위해 1990년 대비 국내 온실가스 배출량을 최소 85% 감축해야 하며, 특히 항공을 제외한 수송부문(2015년 기준 총 온실가스 배출량의 1/3 차지)은 2010년 대비 2030년까지 70%를 감축해야 함⁸⁴⁾.
- 2022년 9월 11일 스웨덴 총선에서 승리하여 8년 만에 정권 교체를 이룬 우파 정당 연합(온건당 · 스웨덴 민주당 · 기독교민주당 · 자유당)⁸⁵⁾은 이전 정권의 에너지 정책인 ‘재생 에너지 발전 100% 시스템’을 ‘비화석 연료 100% 시스템’으로 변경하고, 단계적 원전 폐지를 철회한다는 입장을 표명함.
- 2024년 1월 1일, 스웨덴 정부가 2023년 9월 28일 제출하여 2023년 11월 29일 의회가 승인한 환경법의 개정안이 정식으로 발효됨. 개정안에서는 환경법에 명시된 가동 원전 기수 상한(10기)^{*}의 폐지, 기존 원전 부지(Forsmark 원전, Ringhals 원전, Oskarshamn 원전) 이외의 신규 부지에 원전 건설 허용, SMR 건설·도입 규정 수립이 명시됨.
 - ※ 기존 환경법에서는 신규 원전 기수를 FORSMARK 1~3, OSKARSHAMN 1~3, RINGHALS 1~4를 대체하는 총 10기로 한정함⁸⁶⁾.
- 2024년 3월 19일 스웨덴 정부는 새로운 에너지정책안을 의회에 제출했다고 발표함⁸⁷⁾.
 - 스웨덴 정부는 전기화의 가속화, 녹색 이행 실현을 위해 2045년까지 최소 300TWh의 전력 수요를 만족할 전력시스템계획이 필요할 것으로 예상함. 새로운 정책안에서 청정에너지 확대를 위해 약 10기의 원자로 신설이 필요하고, 최소 2035년까지 2.5GW의 원자력발전 용량을 확보하겠다고 밝힘.
 - 더불어 국내 각 지역의 전력 수요를 명확히 파악하고 2030년 이후 2045년까지 5년마다 전력 수요에 대한 정기적인 평가를 시행하겠다는 계획도 밝힘.
- 2024년 9월 9일 스웨덴 정부는 에너지 공급 확대 및 안정적 확보와 녹색 전환 촉진을 위해 2025년 예산에서 10억 크로나(약 1,305억 원) 이상을 편성하고, 이 가운데 원자력 부문에 1억 크로나(약 126억 원)를 배정한 투자 계획을 발표함. 향후 정부는 해당 투자

84) 세계 에너지시장 인사이트(2017.09.18.)

85) 한겨레, 스웨덴, 8년 만에 우파로 정권교체(2022.09.15.)
스웨덴政府 今後の大規模原子力開発に向け調整役を任命 (2024.01.12.)

86) 세계 원전시장 인사이트(2020.09.18.). 公益財団法人原子力安全研究協会 令和 2年度文部科学省委託事業,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 2021.3.

87) JETRO, 政府がエネルギー政策の新たな方向性提案、原子力新設可能性にも言及(2024.03.28.)
스웨덴 정부, Energipolitikens nya inriktning(2024.03.19.)

계획을 2025년 예산안에 포함해 의회에 제출할 계획임.

- 지원 부문은 원자력 부문 시범 및 실증 프로젝트 지원, 효과적인 인허가 절차 지침 개발, 신규 원자력 개발 조건 강화를 위한 추가 작업 등임.
- 스웨덴 원전에서 발생하는 모든 방사성폐기물에 대한 처분 시행 주체인 SKB는 현재 Forsmark 원전 인근에서 2030년대 가동을 목표로 고준위방폐물 심지층 처분 시설 건설을 준비 중임⁸⁸⁾.
 - 현재 원전 내 저장수조에 임시 보관된 사용후핵연료는 소외 집중식 사용후핵연료 중간저장 시설(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·환경 법원이 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 운영 허가 취득을 위한 신청서를 제출함.
 - SKB는 1988년부터 Forsmark에 소재한 SFR(최종 처분 용량 약 63,000m³)을 운영 중이나, 자국 원자로 6기에서 발생하는 방폐물 저장을 위해 2014년 저장용량을 기존 대비 3배 증설(약 200,000m³)하는 계획이 담긴 신청서를 관련 당국에 제출함.
 - 이후 해당 계획과 관련해 2021년 12월 정부 승인을 받았고, 2022년 12월에는 스웨덴 토지·환경법원으로부터 증설 부문에 대한 환경 허가를 취득함. SSM이 이번 신청서를 심사한 후 허가하면 SKB는 증설 부문의 건설을 시작할 수 있음.
 - 2022년 9월 발표한 SKB의 '방사성폐기물 관리 및 처분 방법에 관한 연구개발실증프로그램 2022'에 따르면 SKB는 SFR 증설 부문의 건설 개시를 2020년대 중반, 2030년 운영 개시를 계획 중임⁸⁹⁾.

88) 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.)

89) 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>

■ 주요 이슈

- 스웨덴 원전 운영사, 원전 80년 가동 추진
 - 2024년 6월 17일 스웨덴 전력사 Vattenfall은 Forsmark · Ringhals 원전*의 가동 기간을 60년에서 80년으로 연장해 2060년까지 가동하기 위한 비용 산정과 위험 요인을 분석하는 상세 조사를 진행한 결과를 토대로 최종 투자 결정을 내릴 예정이라고 발표함.
 - Vattenfall은 두 원전에서 가동 중인 총 5기를 20년 계속운전하면 자국의 6년 전력 소비량에 맞먹는 총 800TWh 이상의 청정 전력을 공급할 수 있다고 밝힘.
 - ※ FORSMARK 1~3호기의 최초 설계수명은 40년이고, 2014년 3호기 고압터빈을 교환해 출력이 170MW 증강됨. 2016년 6월, Vattenfall이 FORSMARK 1~3호기 원자로에 노심냉각시스템 도입, 1, 2호기의 출력 증강 시행을 발표해 3기 모두 2040년대까지 60년 가동이 가능해짐.
 - ※ RINGHALS 3 · 4호기의 최초 설계수명은 40년이고 2017년 11월 노심냉각 시스템 설치를 통한 출력증강 계획이 결정되어 2040년대까지 60년 가동을 할 수 있음⁹⁰.
- 2024년 9월 18일에는 Oskarshamn 원전(독일 Uniper 54.5%, 핀란드 Fortum 45.5%)의 대주주인 Uniper가 Oskarshamn 3호기(1,450MW, BWR)*를 기존 60년에서 80년까지 계속 운전하기 위한 예비 연구 착수를 결정함⁹¹).
 - ※ Oskarshamn 3호기는 1980년 착공해, 1985년 상업운전을 개시함. 설계수명은 60년으로 2045년까지 가동될 계획이었음⁹².
 - Uniper는 해당 원자로의 계속운전 시행에 필요한 모든 측면(기술, 규제, 시장조건)을 고려하기 위한 분석 작업을 추진할 예정이라고 밝힘.
- Vattenfall, Ringhals 부지 신규 SMR 검토 대상 2개사로 압축
 - 2024년 6월 12일 Vattenfall은 Värö 반도 내 Ringhals 원전 인근 부지의 신규 SMR 건설 검토 대상으로 Rolls-Royce SMR(영국)과 GE Hitachi Nuclear Energy(미국)를 선정함.
 - Vattenfall은 Ringhals 원전 인근에 SMR과 대형원전 중 건설할 모델 선정을 하지 않아 두 SMR 후보 공급업체의 제안서 분석 후 SMR 건설 일정을 공동 수립할 예정임. 동시에 대형원전 건설 추진을 위한 관련 조건도 검토할 계획임.

90) JAIF, 各国の原子力発電所の運転期間(初期運転期間と延長運転期間)の制度的枠組(2024.4.)

https://www.jaif.or.jp/cms_admin/wp-content/uploads/2024/02/npps_operational_duration.pdf

일본 문부과학성 수탁과제 公益財団法人原子力安全研究協会, 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, 平成 31 年 3 月(2019.6.)

https://www.mext.go.jp/component/a_menu/science/detail/_icsFiles/afieldfile/2019/06/25/1364263_06.pdf

91) wnn/uniper(2024.09.18.),

<https://www.world-nuclear-news.org/articles/extended-operation-of-oskarshamn-3-to-be-assessed>

https://www.mynewsdesk.com/se/uniper/pressreleases/uniper-inleder-foerstudie-om-moejlig-driittidsfoerlaengning-av-o3-3343431?utm_source=rss&utm_medium=rss&utm_campaign=Alert&utm_content=pressrelease

92) 일본 문부과학성 수탁과제 公益財団法人原子力安全研究協会, 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, 平成 31 年 3 月(2019.6.)

- Vattenfall이 고려 중인 대형원전 후보 공급업체는 Westinghouse(미국), EDF(프랑스), 한국수력원자력임.
- SMR 개발기업 Kärnfull Next, 신규 SMR 건설 후보 부지 발표
 - 2024년 6월 26일 Kärnfull Next는 스웨덴 남부 전역에 무탄소 전력 공급을 위한 자사의 Re:Firm South SMR 사업의 일환으로 Östergötland주 Valdemarsvik시를 SMR 최대 6기 건설을 위한 신규 후보지로 선정함.
 - ※ Kärnfull Next는 2019년에 설립된 스웨덴 환경보호기술 스타트업인 Kärnfull Future의 100% 자회사로 SMR 프로젝트 개발을 담당하고 있음⁹³).
 - 향후 토지 소유주인 Latona Group와 Valdemarsvik Målma 부지 개발권 관련 독점 파트너십 협약을 체결하고, 여름 이후에 마무리될 부지 개발 연구 결과를 Valdemarsvik시, 부지 인근 주민, 일반 대중에게 공개할 예정임.
 - 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 양해각서를 체결(2022년 12월)함.
 - 2023년 8월에는 동부 해안에 위치한 Studsvik의 산업 단지 Nyköping을 SMR 도입 후보 부지로 발표했고, 2024년 하반기 SMR 도입 타당성 조사 결과가 발표될 것으로 예상됨.
- 스웨덴 정부, '신규 원전 투자를 위한 자금 조달 및 위험 분담 보고서' 발표
 - 2024년 8월 12일 발표된 해당 보고서에서는 정부 대출, 양방향 차액정산계약(Contracts For Difference, CfD) 체결, 투자자에게 최소 수익을 보장하는 위험 공유 메커니즘 구현 등을 통한 자금조달 모델⁹⁴을 권고함.
 - ※ 해당 모델은 2035년까지 2,500MW 규모의 원자로 2기 도입을 전제로 함.
 - 더불어 4,000~6,000MW 규모의 대형 원자로 4기 건설비용을 약 380억 달러(약 52조 원)로 추산함. 신규 원전 건설 비용의 최대 75%를 정부 대출로 충당하고, 나머지 25%를 사업자가 자기 자본으로 부담할 것을 제안함. CfD체결⁹⁴을 통한 40년간 0.8SEK(약 104 원)/kWh의 고정가격 보장도 제안함.
 - ※ 2023년 10월에 채택된 EU의 전력시장 개편안은 신규 원전 프로젝트에 대한 양방향 CfD⁹⁴를 허용함.
 - 한편, 보고서의 신규 원전 투자 지원 내용은 2025년 5월 6일에 발효될 신규 법률을 통해 규정될 예정임.
- 스웨덴 납냉각원자로 개발사 Blykalla, 추가 자금 확보 및 SMR 열화학공정 응용 프로

93) 세계 원전시장 인사이트(2024.07.12)

94) 양방향 CfD는 발전사업자와 정부 및 공공기관이 체결함. 시장가격보다 계약가격이 낮을 경우 발전 사업자에게 계약가격으로 기준과 같이 최저 정산 수준을 보장하고, 이와 반대일 경우 초과 이윤을 최종소비자에게 지급하게 됨.

젝트 착수 예정

- ※ Blykalla사의 전신인 LeadCold는 스웨덴 왕립 공과대학교에서 스타트업으로 분리되었으며, 1996년부터 납냉각 원자로(Swedish Advanced Lead Reactor, Sealer)를 개발해 왔음. 2023년 8월 15일 사명을 LeadCold에서 Blykalla로 변경함⁹⁵⁾.
- Blykalla사는 2030년 가동 목표인 자사의 소형 납냉각원자로인 ‘Sealer-One’의 설계·개발과 Oskarshamn 원전 인근에서의 프로토타입 원자로 건설을 목적으로 2024년 4월에 투자 유치를 통해 약 700만 유로(약 104억 원)를 조달한 데 이어 2024년 9월 1,400만 유로(1억 6천만 크로나)를 추가 조달했다고 발표함. 이로써 현재까지 2,600만 유로(약 387억 원)를 조달했으며, 이 중 1,750만 유로(약 260억 원)는 민간 투자자가 투자함⁹⁶⁾⁹⁷⁾.
- 2024년 9월에는 스웨덴 정부로부터 1,000만 SEK(약 13억 원) 이상의 투자를 받아 2024년 12월부터 스웨덴의 RISE 연구소 및 KTH 왕립 기술 연구소, 철강 생산업체 SSAB, 바이오 석탄 생산업체 Envigas와 협력하여 SMR에서 생산되는 전력을 열화학 공정에 공급하는 프로젝트를 시작할 예정이라고 발표함⁹⁸⁾.

■ 체코

■ 현황

- 2024년 9월 기준 Dukovany 원전에서 4기(총 2,000MW, PWR)과 Temelín 원전(2,164MW, PWR)에서 2기 총 6기(4,164MW, PWR)를 가동 중임. 2024년 1월 Dukovany 원전과 Temelin 원전에 각각 2기씩 최대 4기를 건설하기 위해 EDF, 한국수력원자력(한수원)을 대상으로 입찰을 진행함. 그 결과 2024년 7월 Dukovany 2기 건설에 대한 우선협상대상자로 한국수력원자력(한수원)을 선정함.
- 2023년 체코의 총발전량은 76.2TWh로 이 중 원자력은 39.9%, 석탄 39.6%, 수력 4.5%, 태양광 3.3%를 차지함⁹⁹⁾.

95) World Nuclear News(2024.09.05.)

<https://www.world-nuclear-news.org/articles/project-to-study-use-of-smrs-for-bio-coal-product>
Nuclear Engineering International ‘Name change for Leadcold’ 2023.08.15.

Nuclear Engineering International 2023.08.15.

<https://www.neimagazine.com/news/name-change-for-leadcold-11074468/>

96) Sweden’s Blykalla Doubles Early-Stage Capital Raise To €14 Million (NUCNET, '24.09.10.)

<https://www.blykalla.com/post/blykalla-doubles-series-a-round-to-160-msek-and-welcomes-chirayu-batra-to-its-board-of-directors>

97) Sweden’s Blykalla Doubles Early-Stage Capital Raise To €14 Million (NUCNET, '24.09.10.)

98) World Nuclear News(2024.09.05.)

<https://www.world-nuclear-news.org/articles/project-to-study-use-of-smrs-for-bio-coal-product>

99) Enerdata, Country Energy Report Czech Republic(2024.06.)

■ 원자력 관련 주요 정책

- 2022년 1월, 체코 정부는 원자력과 분산형 재생에너지를 주요 전원으로 구성하고 2033년 까지 단계적으로 석탄발전 설비를 폐지하는 정부 프로그램 성명서를 발표함¹⁰⁰.
 - ※ 체코 에너지 정책과 원자력 관련 행정은 산업무역부(Ministry of Industry and Trade)가 담당함.
- 2023년 6월 산업무역부 장관은 현재 국가에너지정책을 개정 중이라고 밝히며, 2050년 까지 원전과 재생에너지가 중요한 역할을 담당하게 될 것이라는 전망을 제시함¹⁰¹.
- 2023년 10월 체코가 EU에 제출한 국가 에너지·기후계획(National Energy and Climate Plan, NECP)에 따르면 총 전력 생산량에서 원자력이 차지하는 비중을 2022년 37%에서 2040년 46~58%로 확대함.
 - 체코는 해당 목표를 달성하기 위해 Dukovany와 Temelín 원전을 증설하고, 석탄화력발전소 부지에 SMR을 개발하는 등의 신규 원전 건설 계획을 제시함. 더불어 체코 남부의 체스케부데요비체 지역 난방을 위한 원자력 사용을 더욱 확대할 계획임.
 - NECP에서는 ① 3세대+ 및 4세대 노형 연구, ② 원자력 안전 강화 및 성능 개선을 포함한 기존 원자로의 계속운전 연구, ③ 방사성 폐기물 및 사용후핵연료 관리, ④ 원자력 기술을 이용한 수소 생산 옵션 모색에 대한 연구를 중점적으로 다룸¹⁰².
- 체코 정부는 2022년 11월부터 진행한 Dukovany 원전에 최소 1기(1,200MW 규모) 건설 입찰 내용을 2024년 1월, Dukovany 원전과 Temelín 원전에 각각 2기 증설을 고려한 총 4기 건설로 변경하면서, 입찰 대상도 Westinghouse를 제외한 EDF, 한수원으로 한정해 입찰을 진행하였고, 이후 2024년 7월 우선 Dukovany 2기 건설에 대한 우선협상대상자로 한수원을 선정함.
 - 기수 변경 이유에 대해 Petr Fiala 총리는 1기에 대한 입찰 결과, 1기 건설보다 최대 4기를 일괄 건설 계약하는 것이 1기당 비용을 최대 25% 절감할 수 있다고 언급함.
 - 2024년 7월, Fiala 체코 총리는 한수원과 EDF가 2024년 4월 제출한 최종 입찰서를 평가한 결과 모든 기준에서 한수원의 제안이 더 나았다고 밝힘. 또한, Dukovany 5·6호기의 전력판매단가는 1MWh당 90유로(약 13만원) 미만으로, 해당 프로젝트의 체코 공급업체 참여 비중은 60%가 넘을 것으로 전망함¹⁰³.

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

101) 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/>

102) https://commission.europa.eu/system/files/2023-12/SWD_Assessment_draft_updated_NECP_Czechia_2023.pdf

- Dukovany 5·6호기 신규건설은 향후 2025년 1사분기 최종 계약 체결, 2030년 착공, 2035년 연료 장전 시작과 2036년 시운전 시작을 거쳐, 2038년에 상업운전 시작을 목표로 함.
- 체코 정부는 2023년 11월 체코 산업부(Ministry of Industry and Trade)가 제출한 ‘체코 SMR 로드맵-경제에 대한 적합성 기여(Czech SMR Roadmap - Applicability and Contribution to Economy)’를 승인함.
 - 로드맵은 체코 산업부의 WG가 2022년~2023년까지 작성한 제언을 정리한 것으로, 2030년대 후반 SMR을 건설하기 위해 부지 선정·준비 절차를 가속화하는 방안이 제시되었으며, 부지는 ČEZ가 2023년 2월 잠정적인 SMR 건설 후보지로 지정했던 Dětmarovice와 Tušimice 석탄발전소 부지를 포함해 총 45곳이 제시되어 있음.
 - ※ 2023년 2월 ČEZ는 SMR 최초 호기를 10년 내에 건설하고, 추가 2기를 2040년까지 가동할 계획이라고 발표한 바 있음¹⁰⁴). 이에 앞서 2022년 3월 ČEZ는 체코 최초 SMR 건설 부지로 남보헤미아주에 위치한 Temelín 원전 (총 2,056MW, PWR 2기)부지를 선정하여 12월 2일 지질 조사를 완료했는데, 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 진행됨¹⁰⁵).
 - 로드맵 승인으로 체코 산업부 장관은 2030년대~2040년대 이후 SMR로 대형원자로를 보완하겠다는 비전을 언급함¹⁰⁶).
- 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 계획임¹⁰⁷).
- 체코에서 중저준위방폐물은 Richard, Dukovany, Bratrstvi 처분장 세 곳에서 처분 중임. 고준위방폐물의 경우 심지층 처분 방식을 검토 중이며, 관련 계획¹⁰⁸에 따르면 2025년 부지 결정, 2050년 건설 시작, 2065년 완공을 계획 중임.

103) 세계 원전 시장 인사이트(2024.07.26.)

104) 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>

105) 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.jait.or.jp/journal/oversea/15835.html>

106) 公益財団法人原子力安全研究協会, 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 (2024.03)

107) 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://www.wa.cao.go.jp/oaep/dl/houkoku2303.pdf>

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.fepec.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-build>

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

■ 주요 이슈

- 체코 반독점당국, WH·EDF의 Dukovany 신규 원전 입찰 관련 이의신청 검토
 - 2024년 9월 3일 체코 반독점당국(Úřad pro ochranu hospodářské soutěže, UOHS)은 미국 Westinghouse와 프랑스 EDF가 8월 26일과 27일 각각 한수원의 체코 Dukovany 5·6호기 건설 사업 수주와 관련한 이의신청을 제출해 해당 내용에 대한 검토 절차를 시작했다고 밝힘¹⁰⁹⁾.
 - 두 공급업체가 각각 지적재산권 침해와 절차적 불공정성을 이유로 이의신청을 제기해 행정 절차가 시작되었다고 밝힘. 입찰 발주처인 ČEZ는 입찰 절차는 체코 공공 조달법을 우회할 수 있는 안보 예외 조항에 따라 진행되기 때문에 Westinghouse의 이의제기는 근거가 없다고 주장함.
 - ČEZ와 Rolls-Royce SMR Ltd, 전략적 파트너십 체결 예정
 - 2024년 9월 19일 체코 산업통상부는 국영 기업인 ČEZ가 Rolls-Royce SMR과 SMR 개발을 위한 전략적 파트너십을 체결할 예정이라고 밝힘. Rolls-Royce SMR Ltd과의 계약 세부 사항은 계약 체결 시 공개될 예정임¹¹⁰⁾.
 - 체코 산업통상부는 자국 내 SMR 도입 적합성을 기준으로 7개 후보업체 중 Rolls-Royce SMR Ltd를 최종 선정했으며, 이후 안보 평가*승인을 전제로 전략적 파트너십을 체결할 계획이라고 설명함.
- ※ 체코 정부와 ČEZ는 2024년 8월 SMR 공급업체 선정 시 정부의 안보 이익 보장을 목표로하는 SMR 개발에 관한 안보 협약(security agreement)을 체결한 바 있음. 안보 평가는 체코 내무부, 보안정보국, 국가정보국(ÚZSI), 군사정보국, 기타 주요 기관이 협력해 저탄소법에 따라 자국의 안보 요건 준수 여부를 확인하는 작업임.

109) 세계원전시장 인사이트 (2024.09.06.)

110) ministry of industry and trade(2024.09.18.), wnn(2024.09.18.)

https://www.mynewsdesk.com/se/uniper/pressreleases/uniper-inleder-foerstudie-om-moejlig-drifttidsfoerlaengning-av-o3-3343431?utm_source=rss&utm_medium=rss&utm_campaign=Alert&utm_content=pressrelease..
<https://www.world-nuclear-news.org/articles/extended-operation-of-oskarshamn-3-to-be-assessed>

표 4 체코 신규 원전(Temelin 및 Dukovany) 추진 경과

구분	내용
2009.08.	ČEZ, Temelín 3·4호기 건설 입찰 절차 개시
2012.07.	ČEZ, 3개 후보 공급업체 및 컨소시엄으로부터 Temelín 3·4호기 건설 입찰서 접수 – Areva, Westinghouse, 러시아-체코 컨소시엄(Škoda JS-Atomstroyexport-OKB Gidropress)
2014. 04.	ČEZ, 정부의 보조금 지급 불가 방침으로 Temelín 3·4호기 건설 입찰 철회
2015. 06.	체코 내각, Dukovany 원전에서 신규 원자로 1기, Dukovany 원전 또는 Temelín 원전에서 추가 원자로 3기 건설을 명시한 국가에너지정책(State Energy Policy, SEP) 승인 – SEP는 지속적인 전력 생산을 위해 Dukovany 5호기 건설이 Temelín 증설보다 우선시 된다고 명시
2017.초	ČEZ, Dukovany 및 Temelín 부지에 신규 원자로 건설 의향을 표명한 업체들과 건설관련 논의 – 한수원, Westinghouse, Rosatom Overseas, EDF, CGN, Atmea (Areva-Mitsubishi Heavy Industries 합작 투자사)
2019. 07.	체코 정부, ČEZ의 Dukovany 신규 원전 건설 관련 예비 계획 승인 및 재정적·정치적 보증 언급 – 체코 정부는 ČEZ에 자금 확보를 위한 대출 보증 제공
2019.09.	체코 환경보호부, Dukovany 신규 원전 건설에 대한 환경영향평가 승인
2020. 03.	ČEZ, 원자력안전청에 Dukovany 신규 원자로 2기 건설 승인신청서 제출
2020.07.	체코 정부, Dukovany 5호기 신규 건설에 무이자 대출 지원 승인 – 체코 정부가 무이자 대출을 통해 비용 70%, ČEZ가 나머지 30% 조달
2020. 12.	체코 정부, 중국 및 러시아 기업 참여에 따른 국가 안보 우려로 Dukovany 5호기 입찰시기 연기(2020년 말→2021년) – 러시아 Rosatom, 중국 CGN, 프랑스 EDF, 미국 Westinghouse, 한수원이 입찰 참여 표명
2021. 03.	체코 정부, Dukovany 5호기 건설 입찰 시기 10월 이후 연기 및 CGN 배제 발표
2021. 04.	체코 정부, 러시아와의 외교 분쟁으로 Dukovany 5호기 건설 입찰에서 Rosatom 배제 결정
2022.03.	ČEZ, Dukovany 5호기 신규 건설 입찰 개시 – 체코 정부, EDF, 한수원, Westinghouse 대상으로 2021년 4월~12월까지 안전성 평가 진행 후 입찰 자격 공식 승인
2022.11.	ČEZ, 한수원, EDF, Westinghouse로부터 Dukovany 5호기 건설 예비 입찰서 접수 – 한수원은 APR-1000, EDF는 EPR1200, Westinghouse는 AP1000 노형 각각 제안
2023.10.	ČEZ, EDF, 한수원, Westinghouse로부터 Dukovany 5호기에 대한 구속력 있는 최종 입찰서 및 추가 3기의 원자로(Dukovany 6호기 및 Temelin 3·4호기)에 대한 구속력 없는 입찰서 접수
2024.01.	체코 정부, Dukovany 5호기 원전 입찰에서 Westinghouse 입찰 조건 미충족으로 제외 EDF와 한수원에 최대 4기의 신규 원자로 (Dukovany 5·6호기 및 Temelin 3·4호기) 건설에 대한 입찰서 재제출 요청
2024.04.	ČEZ, 한수원과 EDF로부터 최종 입찰서 각각 4월 29일과 30일에 접수 EU집행위(EC), Dukovany 5호기 신규 건설에 대한 체코 정부의 수정된 보조금 지급 계획 승인
2024.06.	ČEZ, 두 후보업체의 최종 입찰서 평가 결과 체코 정부 제출
2024.07.	체코 정부, Dukovany 5·6호기 신규 건설 우선협상대상자로 한수원 선정

자료 : World Nuclear Association(검색일자:2024.7.23.) 및 세계 원전시장 인사이트 각 호 참고

■ 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.
- 2022년 폴란드의 총 발전량은 179.7TWh이며, 발전원별 비중은 석탄 70%, 가스 6%, 재생에너지(풍력, 태양광, 지열) 16%, 바이오매스 5%, 수력 2%, 석유 1%임.¹¹¹⁾

■ 원자력 관련 주요 정책

- 2018년 11월 폴란드 에너지부는 에너지 정책 초안(PEP2040)을 발표하면서 최초 원전의 상업운전을 2033년으로 계획함.
 - 해당 초안에서는 2033년까지 1~1.5GW 규모의 최초 원전 가동 및 2043년까지 6~9GW 규모의 최대 6기의 신규 원자로 가동(전체 발전량의 약 10%)을 명시함.
- 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 명시함¹¹²⁾.
 - PEP2040은 2030년까지 최종 에너지소비 중 재생에너지원 비중 23%로 확대(연안 풍력 에너지 설비용량 2030년 5.9GW, 2040까지 최대 11GW 도달 계획), 석탄 의존도 56%로 감축(2020년 기준 72%) 등의 목표를 담고 있음.
- 이후 2023년 4월에 공개된 PEP 2040 개정안에서, 2040년 전원구성에서 원자력·재생에너지 설비용량 비중을 74%로 확대할 계획을 밝힘¹¹³⁾.
 - 개정안에서 전원 구성 가운데 재생에너지 비중은 2030년 47%, 2040년 51%까지 확대하며, 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 호기는 2026년에 착공해 2033년에 상업운전 시작을 목표로 하고 있으며, 후속 원자로는 2~3년마다 건설될 예정임.

111) Enerdata, Country Energy Report Poland(2024.04.)

112) 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

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

- 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.

■ 주요 이슈

① Lubiatowo-Kopalino 최초 원전 프로젝트 추진 현황

- 미국 Bechtel, 폴란드 최초 원전 건설 위한 지질조사작업 착수
 - 2024년 4월 24일 미국 엔지니어링 기업 Bechtel은 폴란드 최초 원전 건설 추진을 위해 5월부터 11월까지 Choczewo 지자체 내 Lubiatowo-Kopalino 부지(약 300,000m²) 20~210m 깊이에서 약 220개의 연구 지점에 대한 지질조사작업을 진행함.
 - Westinghouse-Bechtel 컨소시엄에서 AP1000 노형 3기의 설계·조달·시공(EPC)을 담당하는 Bechtel은 폴란드 공급업체인 PSD Poland와 지질 조사작업 계약을 체결하고, 오는 11월에 작업을 완료할 예정임. 조사 작업 결과는 상기 컨소시엄이 담당하는 발전소 설계 과정과 폴란드 원자력규제기관(PAA)의 건설 허가에 필요한 보고서 작성에 반영될 예정임.
 - Westinghouse-Bechtel 컨소시엄과의 계약 주체인 폴란드 국영기업 PEJ는 2023년 10월 Pomerania 주로부터 해당 부지 허가를 취득하였으며, 향후 Pomerania 주로부터 사전 작업(preparatory work) 허가 취득, 원자력규제기관(PAA)으로부터 건축(building) 허가 취득, Pomerania 주로부터 착공(construction) 허가 취득을 진행할 예정임.
- 폴란드 정부, Lubiatowo-Kopalino 최초 원전 건설에 2025년 예산 약 2조 원 배정
 - 2024년 8월 25일 폴란드 정부는 전원 구성 다각화와 전기 요금 절감을 위한 전략적 노력의 일환으로 2025년 연방 예산에서 12억 달러(약 2조 원)를 배정해 Lubiatowo-Kopalino 최초 원전 건설을 준비할 계획을 밝힘. 폴란드 정부는 미국으로부터 추가 자금을 지원받기 전 2025~2030년에 최초 원전 사업 비용을 약 150억 달러(약 21조 원)로 추정한 바 있음.
- 폴란드 정부, 최초 원전 건설에 약 21조 원 조달 계획 수립 및 EU 승인 요청 계획
 - 2024년 9월 2일 폴란드 정부 입법 센터에서 발표된 법률 초안에 따르면 폴란드 정부는 2025~2030년 Lubiatowo-Kopalino 최초 원전 사업을 담당하는 PEJ에 600억 즈워티(약 21조 원) 이상을 조달하기로 함. 폴란드 정부는 현금 출자 및 국채를 통해 PEJ 자본금의 약 30%를, 나머지는 외부 금융기관을 통해 조달할 계획임.
 - 폴란드 정부는 PEJ에 2025년 46억 즈워티(약 2조 원), 2026년 110억 즈워티(약 4조 원), 2027년 140억 즈워티(약 5조 원), 2028년 130억 즈워티(약 4.4조 원), 2029년 110억

즈워티(약 4조 원), 2030년 66억 즈워티(약 2.2조 원)를 지급할 예정임. 상기 법률 초안은 올해 4분기에 각료회의에서 채택될 것으로 예상됨.

- 한편, 2024년 9월 11일 Maciej Bando 폴란드 전략에너지인프라 전권대표는 유럽연합 집행위(EC)에 Lubiatowo- Kopalino 최초 원전에 대한 정부 보조금 계획 통지서에 서명함. 정부 보조금 계획은 PEJ의 자본재편(recapitalization), 재무부의 부채 금융(debt financing) 보증, 양방향 CfD 모델을 통한 전력 가격 지원 보장(최초 원전 운영 단계)임. Bando 전권대표에 따르면 EC의 승인 결정은 2025년 2분기에 내려질 것으로 전망됨.

② SMR 도입 추진 현황

- 폴란드 정부, Rolls-Royce SMR 도입을 위한 국영기업 Industria의 사전허가서 승인
 - 2024년 5월 10일 폴란드 기후·환경부는 영국 Rolls-Royce SMR Ltd의 Rolls-Royce SMR(470MW, PWR) 도입을 위해 2023년 12월 자국 국영기업 Industria가 제출한 사전 허가서(decision in principle, DIP) 신청을 승인함. 이에 따라 Industria는 발전소 부지 및 건설허가 취득을 위한 추가 신청이 가능해짐.
 - DIP는 사업자가 계획한 프로젝트 투자가 공익과 정부 정책에 부합함을 공식적으로 확인하고, 사업자에게 원전 건설·가동 관련 부지 선정 및 기타 인허가 신청 권한을 부여하는 절차임.
 - 올해 4월 기후·환경부는 해당 사업이 공익과 폴란드 에너지 및 기후 정책에 부합해, DIP 신청서가 국가 자산부와 안보부로부터 긍정적인 평가를 받았다고 밝혔음.
 - Industria는 수소 생산과 지역 내 에너지 인프라의 탈탄소화를 위해 최대 3기의 Rolls-Royce SMR을 도입할 계획으로, Rolls-Royce SMR Ltd와 Rolls-Royce SMR 도입 의향서(MOI) 체결(2023년 2월)과 Kostrzyn-Słubicka 경제특구와 Rolls-Royce SMR 노형을 적용한 SMR 발전소 건설 관련 협력 의향서 체결(2023년 7월)을 진행한 바 있음.
- 폴란드 OSGE, 캐나다 원전 업체들과 BWRX-300 도입 관련 기술지원 협약 체결
 - 2024년 6월 28일 폴란드 SMR 개발사인 Orlen Synthos Green Energy(OSGE)는 GE Hitachi Nuclear Energy(GEH)의 BWRX-300(300MW, SMR) 도입 위해 Aecon(캐나다 건설·인프라 개발업체) 및 AtkinsRéalis(캐나다 엔지니어링 기업)와 양자 협약을, Aecon·AtkinsRéalis·GEH와 팀 구성 협약을 각각 체결함.
 - 캐나다 BWRX-300 프로젝트에서 각각 원자로 건설(Aecon), 프로젝트 엔지니어링(Atkins Réalis), 노형 설계(GEH)를 담당하고 있는 상기 기업들과의 협력을 통해, OSGE는 협력 모델 개발 및 구축에 필요한 엔지니어링 전문 지식과 건설 노하우를 제공받을 계획임.
 - 2023년 12월 OSGE는 기후·환경부로부터 최대 24기의 BWRX-300를 도입하는 6개의 SMR 발전소 건설을 위한 DIP를 취득하였으며 2030년대 초에 최초호기를 가동할 계획임.

- 폴란드 OSGE, 11개국 기업과 BWRX-300 도입 실무그룹 구성 준비
 - 2024년 7월 25일 OSGE가 주도하는 18개 유럽 기업 그룹은 GEH의 BWRX-300 도입을 전담할 실무그룹 구성 신청서를 EU SMR 산업 연합(Industrial Alliance)에 제출함.
 - SMR 개발업체, 에너지기업, 설계·엔지니어링 업체회사로 이루어진 상기 18개의 다국적 파트너 기업은 GEH poland, aic s.a., Orlen, Synthos green energy, Hitachi europe (폴란드), Blue Bird Energy(불가리아), CNPSA(루마니아), ENSA, Genusa(스페인), Norsk kjarnekraft(노르웨이), Ujv rez(체코), Bouygues travux publics(프랑스), Fermi energia(에스토니아), Helen(핀란드), Karnfull next, Vattenfall ab(스웨덴), Orange hills energy(네덜란드)임.
 - 해당 실무그룹은 EU SMR 산업 연합 회원국들의 BWRX-300 도입 활동 조정 및 가속화를 목표로, EU 국가의 기술 인허가 절차 표준화, 핵연료 생산 준비를 포함한 EU 기반 공급 업체의 참여 극대화, 역량 구축, 투자에 적합한 지원 시스템 구축 등 광범위한 사안을 다룰 예정임.
 - 2024년 2월 EU 집행위(EC)가 출범시킨 EU SMR 산업 연합은 2030년대 초까지 유럽 내 SMR 개발·실증·도입 촉진을 목표로 함.

▣ 루마니아

■ 현황

- 루마니아는 2024년 9월 기준 원자로 2기(총 발전용량 1.4GW)를 가동 중이며, Cernavoda 3·4호기(각 706, 705MW, PHWR) 건설 작업과 Cernavoda 1호기(706MW, PHWR) 설비개선 작업을 진행 중임¹¹⁴⁾.
- 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%임¹¹⁵⁾.

■ 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.

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

115) Enerdata, Country Energy Report Romania 2023.08.

- 2000년 루마니아 정부는 Cernavoda 2호기 완공을 우선순위로 하여 약 6천만 유로(약 893억 원)를 투자함. 2001년 건설이 재개된 후 2007년 10월에 상업운전을 시작함.
- 루마니아는 2014년 중국 CGN을 Cernavoda 3·4호기 건설 사업자로 선정하고 2019년 CGN과 예비투자자협정을 체결하였으나, 미국과의 전략적 관계를 고려해 2020년 1월 협정을 철회함. 대신, 2020년 10월 루마니아 경제부와 미 에너지부는 약 80억 달러(약 11조 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

- EU 집행위, 루마니아 Cernavoda 3·4호기 사업에 긍정적 의견 표명
 - 2024년 7월 1일 EU 집행위원회(EC)는 유럽원자력공동체(Euratom) 조약에 근거해 루마니아 Cernavoda 3·4호기 사업의 기술적·원자력 안전성 측면에 대한 긍정적인 의견을 표명하며, 해당 사업이 Euratom 조약의 목표에 부합한다고 평가함.
 - Nuclearelectrica에 따르면 EC의 이번 발표는 루마니아측이 제공한 정보 분석, Cernavoda 원전 부지 방문, 13개월에 걸친 기술 논의의 결과임.
 - Euratom 조약에 따라 원전사업자는 EC에 계획된 투자를 고지하고 원자력안전기준 부합 여부를 검증해야 함. 2023년 5월 Nuclearelectrica의 자회사인 Energonuclear는 EC에 Cernavoda 3·4호기 프로젝트에 대한 정보를 제출한 바 있음.
 - Cernavoda 3·4호기는 1991년 자원 조달 문제로 건설이 중단되었다가 2002년 재개되었으며, 공정 진행률은 각각 약 15%와 14%로 완공 시점은 2030년, 2031년으로 전망되고 있음.
- 루마니아 Doicești SMR 사업, Fluor Corporation과 FEED 2단계 계약 체결
 - 2024년 7월 24일 Nuclearelectrica의 자회사인 RoPower Nuclear는 자국에서 열린 대서양 에너지·기후 협력(P-TECC)회담에서 미국 엔지니어링·건설업체인 Fluor Corporation과 Doicești 석탄화력 부지에 NuScale Power의 VOYGR(462MW, 총 6기 모듈) SMR 도입을 위한 선행주기 엔지니어링·설계(Front-End Engineering Design, FEED) 2단계 계약을 체결함.
 - FEED 2단계에서는 NuScale의 최대 투자자인 Fluor Corporation이 RoPower Nuclear에

Doicești SMR 사업에 필요한 설계·엔지니어링 서비스, 비용 추정치, 사업 일정, 최종 투자결정에 필요한 설계, 원자력 안전 분석 자료를 제공할 예정이다.

- RoPower Nuclear는 NuScale와 체결한 선행주기 엔지니어링·설계(FEED) 1단계(2023년 1월~12월)를 완료하였으며, 미국 무역개발청, 미국 국무부, 루마니아 정부, NuScale Power의 자금 지원을 받았음. 해당 사업은 2025년 최종투자결정이 내려질 것으로 예상되고 있음.
- 미국 수출입은행, 루마니아 SMR 사업에 약 1,366억 원 규모 대출 승인
 - 2024년 10월 1일 미국 공적수출신용기관인 수출입은행(US-EXIM)은 루마니아 Doicești SMR 사업에 필요한 사전 프로젝트 서비스 지원을 위해 최대 9,900만 달러(약 1,366억 원)의 대출을 승인함. 해당 자금은 RoPower Nuclear에 제공되며, 부지 특성화, 규제 승인, 세부 엔지니어링 작업에 사용될 예정이다.
 - 2023년 5월 G7 정상회의에서 미국 Biden 행정부는 다국적 파트너(한국, 일본, UAE)와 루마니아 내 SMR 도입 촉진을 위해 최대 2억 7,500만 달러(약 3,794억 원) 지원 계획을 발표한 바 있으며, 같은 달 US-EXIM도 RoPower Nuclear의 설계 연구 관련 최대 9,900만 달러(약 1,366억 원)를 지원하겠다는 의향서를 발표하였음.
 - 한편, 올해 8월 한국의 투자펀드인 디에스프라이빗에쿼티(DSPE)는 루마니아 정부로부터 RoPower Nuclear의 지분 33.33% 취득을 위한 예비 국가 안보 허가를 취득함. 올해 7월 DSPE는 FEED 2단계 자금 조달을 위해 RoPower Nuclear에 7,500만 유로(약 1,117억 원)를 투자하는 예비 계약을 Nuclearelectrica 및 Nova Power & Gas와 체결한 바 있음.
 - RoPower Nuclear는 Nuclearelectrica와 Nova Power & Gas가 각각 50:50의 지분으로 설립했지만, 해당 사업의 자금 조달은 Nuclearelectrica가 단독으로 제공해, 제3의 파트너 기업의 재정적 부담이 가능함.

■ 슬로베니아

■ 현황

- 2024년 9월 기준으로 슬로베니아에서 운영 중인 원전은 1기(Krško, 727MW, PWR)이며, 건설 중이거나 영구정지된 원전은 없음¹¹⁶⁾.
 - Krško 1호기는 설계수명 40년으로 2043년에 영구정지가 예정되어 있음.
- 2022년 기준으로 슬로베니아의 총 전력 설비규모는 4.2GW였으며, 이 중 수력이 32%, 석탄발전이 25%, 원자력이 16%, 태양광 발전이 15%를 차지하고 있음¹¹⁷⁾.

116) IAEA PRIS를 참고하여 작성

117) Enerdata, Country Energy Report Slovenia, 2023.01

- 발전량 기준으로는 전체 발전량(13.6TWh) 중 원전이 5.6TWh(41.1%)로 가장 높은 비중을 차지했으며, 다음으로 수력(25%), 석탄(23.3%), 태양광(4.7%) 순임.

■ 원자력 관련 주요 정책

- 2023년 6월, 슬로베니아는 2020년 1월 EU에 제출하였던 「국가 에너지·기후 계획」을 개정하면서, 2030년까지 2005년 대비 온실가스 28.8% 감축, 최종소비자 기준 재생 에너지 사용 비중 30~35% 달성 등의 목표를 제시함.
- 슬로베니아, 신규원전 Krško 2호기(JEK2) 건설 추진
 - 2020년 1월, Gen Energija는 Krsko 2호기 건설 인허가 신청서를 제출함.
 - 2021년 7월, 슬로베니아 인프라부는 기존 Krsko 원전(696MW, PWR)에 신규 원자로인 Krsko 2호기 증설을 추진하기 위한 행정 및 인허가 절차 준비를 허용하는 에너지 허가를 발급함¹¹⁸⁾.
 - ※ 당시, 인프라부 장관은 신규원전은 1.1GW 규모로 예상 수명은 60년으로 검토하고 있다고 발표하였지만, 예상 비용, 노형, 프로젝트 일정 등 세부사항은 아직 결정되지 않음을 밝힘.
 - 2023년 10월, 슬로베니아 국영 에너지기업 GEN Energy는 Energetika 2023 컨퍼런스에서 Krško 2호기 규모를 당초 계획(최대 1.6GW)보다 확대하여 2.4GW까지 이를 수도 있음을 시사하면서, Krško 2호기의 증설 후보 공급업체로는 Westinghouse, EDF, 한국 수력원자력을 고려하고 있음을 밝힘.
 - ※ GEN Energija은 해당 프로젝트에 대해 2028년 최종투자결정 시행, 2032년 착공, 2039년 전력망 연결을 계획함.
 - 2024년 9월 Danijel Levicar 국가 원자력 에너지 개발 프로그램 담당 장관은 신규 원전으로 최대 1,600MW 규모의 단일 경수로(LWR)를 우선적으로 도입할 계획이라고 밝히면서, 송배전망 업그레이드 없이도 최대 1,600MW 용량의 원자로 건설을 지원할 수 있다고 강조함.
- 슬로베니아, Krško 2호기 건설 여부 결정 위해 오는 11월 국민투표 실시 예정
 - 2024년 10월 2일 슬로베니아 의회 위원회는 초당적 투표를 통해 신규 원전인 Krško 2호기(JEK2) 건설 여부 결정을 위한 정부의 국민투표 실시 제안을 승인함. 이에 따라 국민투표는 오는 11월 24일에 실시될 예정임.
 - 앞서 올해 5월 23일 슬로베니아 의회는 JEK2 건설 여부를 결정하기 위해 올해 말 국민투표를 실시하는 내용의 결의안을 채택한 바 있음.
- 2024년 2월, 슬로베니아는 미국의 피닉스 프로젝트(Project Phoenix¹¹⁹⁾) 수혜국으로

118) 세계원전시장 인사이트(2021.07.23.) 참고

119) 2022년 11월에 시작된 피닉스 프로젝트는 미국의 FIRST(Foundational Infrastructure for the Responsible Use of SMR) 프로그램의 일환으로 유럽 및 아시아 내 기존 석탄화력부지 내 SMR 도입을 위한 타당성 조사 및 기술 조사를 지원함. 현재까지 체코, 폴란드, 슬로바키아가 수혜국으로 선정되었었음.

선정되어 컨설팅 및 기술 서비스를 제공받게 됨.

- 2023년 6월, 슬로베니아 기업·기관 컨소시엄¹²⁰⁾은 주 슬로베니아 미국대사관의 초청으로 피닉스 프로젝트 참여 신청서를 제출했었음.
- 슬로베니아 환경·기후에너지부 장관은 슬로베니아는 전 세계적으로 적극적으로 개발이 되고 있는 소형 및 첨단 원자로 기술을 활용하는 데 관심이 있음을 밝히면서, 피닉스 프로젝트의 참여로 자국의 「국가 에너지·기후 계획」을 충실히 이행할 기회를 얻게 됨을 언급함.

■ 주요 이슈

- 슬로베니아, Krško 원전 2호기(JEK2) 건설 관련 정보 제공 활동 지속
 - 2024년 5월 21일, GEN Energija는 JEK2 건설에 관한 국민투표에 앞서 정보 제공 조치의 일환으로 실시한 JEK2 프로젝트의 경제성 평가 결과, 전력망 가용성 측면에서 최적용량은 1,300MW이 될 것이라고 밝히며, 예상 비용을 93억 유로(약 13.7조 원¹²¹⁾, 1,000MW 규모 가정)에서 154억 유로(약 22.7조 원, 1,650MW 규모 가정) 사이로 추산함.
 - 2024년 6월 20일, GEN Energija는 보도자료를 통해 JEK2의 후보 부지인 Krška 분지가 지진 안전성 측면에서 적합하다고 발표함.
 - 2024년 8월 29일, GEN Energija는 홍수가 JEK2 안전에 영향을 미치지 않지만 홍수 안전성 보장 조치를 고려한 추가 연구가 진행중임을 밝혔으며, 핵연료 공급은 Euratom 멤버십을 통해 보장되는 반면 처분시설은 처분 용량 확대가 필요할 것으로 전망함. 또한 JEK2 프로젝트 일정과 SMR 개발 현황을 비교했을 때 SMR 활용이 적합하지는 않다고 판단하면서도, 향후 SMR 개발을 지속적으로 모니터링할 계획이라고 밝힘.

□ 네덜란드

■ 현황

- 네덜란드는 2024년 9월 기준 Borssele 원전 1기(515MW, PWR)를 가동 중이며, 신규 원자로 4기 건설을 계획 중임¹²²⁾.
 - Borssele 원전은 1973년 10월에 상업운전을 개시하였으며, 독일 엔지니어링 기업인 Siemens의 KWU 2LP(PWR)을 채택함.
- 2023년 네덜란드의 총 발전량은 122.3TWh이며, 발전원별 비중은 가스 38%, 재생에너지(풍력, 태양광, 지열) 41%, 바이오매스 8%, 석탄 9%, 원자력 3%, 석유 1%임¹²³⁾.

120) 슬로베니아 기업·기관 컨소시엄에는 원전운영사인 Gen Energija, 석탄화력발전소 운영사인 Termoelektrarna Sostanj(TES), 전력망 운영업체인 Eles, 슬로베니아 원자력 안전청, 슬로바키아 전력사인 SLOvenske Elektrarne이 포함되어 있음.

121) 우리은행 일별환율자료 적용(2024년 10월 11일 기준, 1€=1475.5원)

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

■ 원자력 관련 주요 정책

- 네덜란드는 1973년 자국 최초 원전인 Borssele 1호기(515MW, PWR)를 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 7.4조 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.

■ 주요 이슈

- 네덜란드 새 연립 정부, Borssele 원전의 지분 매입 검토
 - 2024년 6월 4일 네덜란드 새 연립 정부는 2033년 말까지 가동 예정인 Borssele 원전(482MW, PWR)의 계속운전 시행을 결정할 경우, 해당 원전이 소재한 Zeeland 주와 지자체로부터 지분 매입 가능성을 검토한 후 이를 하원에 보고할 계획이라고 밝힘.
 - 1973년 상업운전을 개시한 Borssele 원전의 지분은 Zeeland 주·지자체가 소유한 유한회사인 Zeeuwse Energie Houdstermaatschappij(ZEH)가 70%, 독일 전력사 RWE가 30%를 보유함.
 - 계속운전 추진을 위해 기술 타당성 조사 보조금을 지급했던 새 연립정부는 환경영향평가(EIA) 실시를 동반한 원자력법 개정과 원자력안전및방사선방호청(ANVS)을 대상으로 원전 사업자의 계속운전 승인 신청이 계속운전의 전제 조건이라고 명시함.

- 네덜란드 연기금 PME, 자국 신규 원전 투자 의사 표명¹²⁴⁾
 - 2024년 7월 25일 네덜란드 대형 연기금 PME는 네덜란드 정부와 협의를 통한 신규 원자로 4기 건설 지원 의향을 표명함. PME는 연기금 회원들의 63%가 원자력 투자를 지지했다고 밝히면서, CO₂ 배출 감축에 기여하는 원자력의 역할을 인정한다고 밝힘.
 - ※ PME는 경공업 및 기술 분야 종사자 약 60만 명을 회원으로 보유하고 있는 5대 연기금 중 하나로, 약 540억 유로(약 80.4조 원)의 투자 자산을 보유하고 있음.
 - 현재 네덜란드 신규 원전 건설 기간은 약 15년, 비용은 약 200억 유로(약 30조 원)로 추정되고 있음. PME는 정부의 투자 참여, RAB(규제자산기반) 자금조달 모델을 통한 건설 중 투자 수익금 회수 등 조건을 설정함.
- Urenco Netherlands, 자사 우라늄 농축시설에 Borssele 원전 전력 공급 위한 PPA 체결
 - 2024년 6월 18일 Almelo 우라늄 농축시설을 갖춘 Urenco Netherlands는 네덜란드 에너지 기업 PZEM 및 Borssele 원전 주주인 ZEH와 2027~2033년까지 Borssele 원전(515MW, PWR)에서 연간 약 175GWh의 전력을 조달받는 전력구매계약(PPA)을 체결하면서, Borssele 원전의 계속운전 가능성으로 인해 PPA 계약 연장 옵션도 고려한다고 밝힘.
 - 2040년까지 탄소중립 목표 달성을 목표로 한 Urenco는 2030년까지 Scope(배출범위) 1(직접 배출)과 Scope 2(구매 전력 배출)를 통해 탄소를 90% 감축할 예정임.
- 네덜란드 Thorizon, EDF R&D 및 네덜란드·프랑스 규제기관과 협력 계획
 - 2024년 5월 16일 네덜란드 SMR 개발업체인 Thorizon은 자사가 개발한 용융염원자로(MSR)인 Thorizon One 설계 개발을 위해 프랑스 EDF R&D와 협력협정을 체결함. 이번 협력을 통해 EDF R&D는 Thorizon의 중성자(neutronic) 노심 계산 검토와 시나리오 분석을 통해 Thorizon One의 순환핵연료주기 실현 여부를 파악할 계획임.
 - ※ Thorizon은 프랑스 원자력·대체에너지 위원회(CEA), 프랑스 컨설팅 기업 Oakridge, 벨기에 엔지니어링 기업 Tractebel, 네덜란드 NRG-Pallas 연구소의 지원을 받아 250MMW/100MW 규모의 MSR를 개발 중이며, 2035년 전까지 프로토타입 원자로 구축을 목표로 하고 있음.
 - 2024년 9월 4일 Thorizon은 2025년에 진행될 Thorizon One MSR에 대한 사전허가 신청 간소화를 위해 네덜란드 원자력규제기관(ANVS) 및 프랑스 원자력규제기관(ASN)과 해당 원자로의 사전 검토에 협력할 계획임.
 - ※ 두 기관은 2023년 9월 체결한 원자력 안전 및 방사선방호 분야의 기술 정보 교환 및 협력 양해각서를 토대로, 올 가을부터 합동 기술 회의를 통한 사전 검토, MSR 설계·안전 개선 방식·연구 개발 프로그램 이해, 사전허가 신청 범위 정의를 이행할 계획임.

124) <https://www.ipe.com/news/dutch-technology-scheme-pme-eager-for-nuclear-energy-investment/10074920.article>
<https://www.dutchnews.nl/2024/07/pension-fund-pme-is-considering-investing-in-nuclear-power/>

▣ 불가리아

■ 현황

- 2024년 9월 기준 Kozloduy 5·6호기(총 2,080MW, PWR)를 운영 중이며, Kozloduy 1~4호기(총 1,760MW, PWR)는 EU 가입 조건으로 영구정지함. 불가리아는 Kozloduy 5·6호기의 영구정지를 대체할 7·8호기 건설을 추진 중이며, 2023년 두 호기를 WH의 AP1000노형으로 건설하기로 결정함. 2024년 2월에는 두 호기의 EPC(설계·조달·시공) 건설 최종 후보 업체로 현대 건설을 선정함.
- 2023년 불가리아 총발전량은 38.5TWh로 이 중 원자력이 약 42.2%, 석탄 25.7%, 수력 8.2%, 태양광 9%를 차지함¹²⁵⁾.

■ 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 상향하겠다고 명기함¹²⁶⁾.
- 불가리아 에너지부는 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 지속 가능한 활용, 에너지 빈곤 탈피를 제시함.
 - 2030년까지 갈탄화력은 계속 사용하지만 이후에는 사용량을 단계적으로 축소해 2038년에는 사용을 중단할 예정으로 EU의 탈탄소 목표 달성을 위해 모든 방법을 고안하여 CO₂ 배출량을 감축할 계획임.
- 2023년 1월 불가리아 임시 정부는 2027년과 2029년까지 가동되는 Kozloduy 5·6호기의 영구정지로 발생할 전력손실에 대비해 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 프로젝트가 공식적으로 취소됨¹²⁷⁾.

125) Enerdata, Country Energy Report Bulgaria(2024.07.)

126) 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

127) 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.)

- 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.
- 2024년 2월, 불가리아 의회 에너지위원회는 AP1000 노형의 Kozloduy 7·8호기 건설 프로젝트에 입찰 의향서를 제출한 5개 EPC(설계·조달·시공)사업자 중 현대건설을 우선 협상 대상으로 선정함¹²⁸⁾.
- 한편, 2024년 5월, 불가리아 각료회의는 Kozloduy 5·6호기(총 2,080MW, PWR)의 계속 운전을 위해 국영 전력기업인 NEK가 Belene 원전용 기자재인 전력용 변압기를 Kozloduy 원전에 판매하도록 결정을 내림.
- 2022년 11월 불가리아 의회는 EU집행위로부터 러시아산 핵연료 의존도 감축을 위한 공급처 다변화를 요청받아 Kozloduy 원전에 비러시아산 핵연료 조달을 위한 인허가 절차 신속화를 위한 동의안을 통과시켰음.
- 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

- Kozloduy 5호기, Westinghouse 핵연료집합체 최초 장전
 - 2024년 5월 29일 Kozloduy 5호기(1,040MW, PWR)에 Westinghouse가 제조한 핵연료 집합체인 RWFA(Robust Westinghouse Fuel Assembly)가 최초로 장전됨.
 - Kozloduy 원전은 에너지 안보 전략의 일환으로 미국 Westinghouse 및 프랑스 Framatome 과 각각 러시아의 VVER-1000 노형이 적용된 Kozloduy 5·6호기(각 1,003MW, PWR)용 핵연료 공급 계약을 2022년 12월 22일과 30일 체결함.
 - Westinghouse와는 2024년 4월부터 10년간 5호기용 신규 핵연료 생산 및 공급 계약을, Framatome과는 6호기용 핵연료 공급을 위한 정식 계약에 앞서 논의 일정을 수립하는 예비 협약을 체결함. Kozloduy 원전이 러시아 TVEL과 2019년 체결한 핵연료 공급 계약은 2025년 만료될 예정임.
- 원자력규제기관, Kozloduy 5·6호기 및 사용후핵연료 건식저장시설 무기한 운영허가

128) 세계 원전시장 인사이트(2024.05.03)

- 2024년 7월 29일 불가리아 원자력규제기관(NRA)은 올해 3월에 채택된 원자력 안전이용에 관한 법률 개정안에 따라 Kozloduy 5·6호기(각1,040MW, PWR) 및 사용후핵연료 건식 저장시설에 대해 무기한(open-ended) 운영허가를 발급했다고 발표함.
- 2024년 3월에 채택된 법률에서 10년의 유효기간을 부여한 기존 운영허가와 달리, 만료일 제한 없이 10년 주기의 안전성 평가(PSR) 수행 조건이 명시됨. NRA는 원전 운영사가 규제 기관의 승인 취득을 위해 최소 10년마다 주기적 안전성 평가(PSR)를 수행해 원자력 시설의 안전 운영을 검증해야한다고 밝힘.
- Kozloduy 원전측은 NRA가 부여한 신규 규정에 따라 Kozloduy 5·6호기의 다음 PSR 수행 기간이 각각 2027년, 2029년 이전이 될 것으로 전망함.

■ 우크라이나

■ 현황

- 2024년 9월 기준으로 우크라이나에서 운영 중인 원전은 총 15기(13.8GW)였으며, 건설 중인 원전은 2기(2.2GW), 영구정지된 원전은 4기(3.8GW)임¹²⁹⁾.
 - 우크라이나에서 운영 중인 전체 15기의 원전은 모두 PWR이며, 해당 원전들의 평균 가동년수는 약 35.4년으로 전 세계 평균(31.3년)보다 높음.
 - 현재 우크라이나에서 건설 중인 원전은 Khmelntitski 3·4호기(각 1,089MW)로 각각 1986년 3월과 1987년 2월에 건설을 시작하였음.
- 2022년 기준으로 우크라이나의 총 설비규모는 56.3GW이며, 석탄발전이 29%로 가장 비중이 높았으며, 다음으로 원전(25%), 가스(19%), 수력 및 태양광 발전(각각 11%) 순임¹³⁰⁾.
 - 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 점령된 상태가 지속되면서 안전에 대한 우려가 제기됨.
 - 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 지하우물을 통해 자포리자 원전에 냉각수를 공급하고 있음.

129) IAEA PRIS를 참고하여 작성

130) Enerdata, Country Energy Report Ukraine, 2024.03

- Rivne 및 Khmel'nitski 원전은 2022년 11월 미사일 공격으로 인해 송전선 등이 파괴되어 계통 연결이 끊어졌으며, Rivne 원전은 2023년 2월에도 포격이 발생하여 원전의 발전량이 저하됨.

표 5 Zaporozhye 원전 포격 당시 상황

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 10여 개의 지하 우물을 활용하여 Zaporozhye 원전에 냉각수를 공급하는 방안을 추진하였고 2023년 9월 완료되어 시간당 200m³의 물 공급이 가능하게 됨.

자료: 세계원전시장 인사이트(2023.11.10.) 재인용

원자력 관련 주요 정책

- 2017년 8월, 우크라이나 에너지 · 석탄산업부(MECI)는 2035년까지의 에너지 전략 ‘안전, 에너지효율, 경쟁력’ 발표
 - 이 전략에 따르면 2035년까지 원전 비중은 약 50%로 유지할 예정이며, 재생에너지와 수력 비중을 각각 25%와 13%로 확대하고 나머지는 석탄화력으로 공급할 계획임.
 - 이전에도 2006년에 발생한 러시아 천연가스 공급중단 사건을 계기로 에너지 안보와 원자력 발전의 역할이 새롭게 부각되어 2030년까지 원자로 11기 신규 건설을 통해 16,500MW의 설비용량을 추가로 확보할 계획을 수립한 바 있음.
- 우크라이나 정부, 2018년 건설이 중단된 khmel'nitsky 3·4호기의 완공 노력 지속
 - 1986년 3월, 1987년 2월에 각각 건설이 시작된 khmel'nitsky 3·4호기는 신규원전 건설에 대한 모라토리엄이 시행되면서 1990년 건설이 중단됨¹³¹⁾.
 - ※ 건설 중단 당시, 3호기의 공정률은 75%였고, 4호기는 28%였음.

- 2018년 8월 우크라이나 정부는 Khmelnytsky 3·4호기 완공을 위한 타당성 조사를 승인 하였고, 이후, 2020년 10월 우크라이나 원전운영사 Energoatom은 Khmelnytsky 3·4 호기 재개를 위한 현장 실사를 실시해, 해당 부지 상태가 양호하다는 결론을 내림.
- 2021년 8월 Energoatom은 미국 Westinghouse 의 AP1000 원자로의 자국 내 도입을 위해 Westinghouse와 독점 계약을 체결함. 양측은 Khmelnytsky 4호기 완공과 최대 4기의 AP1000 신규 건설에 합의함.
- 이후, 2021년 11월 Energoatom은 Westinghouse와 공동으로 러시아의 VVER-1000 노형에 맞게 설계된 Khmelnytsky 3호기를 Westinghouse의 AP1000으로 대체 및 완공하기 위한 작업을 개시함.
- 2023년 1월, 우크라이나는 1990년 건설이 중단된 Khmelnytsky 3·4호기 완공을 위한 기술·경제적 타당성 조사를 공식적으로 승인하면서, 해당 원자로들의 완공 및 건설 예상 시점은 2030~ 2032년, 각 원자로의 건설비용은 약 50억 달러(약 6.7조 원)로 추산함.

■ 주요 이슈

- Energoatom, 자국 내 신규 대형원전 건설 추진
 - 2024년 4월 11일, Energoatom은 Westinghouse 대표단과 함께 Khmelnytsky 부지에 Khmelnytsky 5·6호기(AP1000, 각 1,100MW, PWR) 건설을 위한 부지 개발 작업에 착수 했음을 공표하는 행사를 가짐.
 - 2024년 5월 13일, Energoatom은 현대건설과 자국 내 대형원전의 설계·건설·시운전 관련 협력 증진을 위한 협력각서(MOC)를 체결함.
 - ※ 이번 체결은 2023년 11월 파리에서 열린 세계원자력박람회에서 양측이 체결한 의향서(letter of intent)를 바탕으로 하며, Khmelnytsky 5·6호기 건설을 위한 중요한 조치로 평가됨. 이 협정에 따라 한국 측은 우크라이나에 부품 생산 현지화를 지원할 예정임.
 - 2024년 8월 22일, Energoatom은 정부의 원자력 용량 확대 계획의 일환으로 중부 Cherkasy Oblast 지역에 위치한 Chyhyryn 원전에 Westinghouse의 AP1000 노형 4기를 도입할 계획이라고 밝힘.
 - ※ Energoatom은 Cherkasy Oblast 지역의 위성도시인 Orbita 인근에 위치한 Chyhyryn 부지를 후보부지로 판단해 Chyhyryn 시의회 의원들과 회의를 열었으며, 이후 프로젝트에 대한 토지 개발 허가를 취득하고 38ha 규모의 부지를 양도받았다고 밝힘.
- Energoatom, 프랑스 EDF와 원자력 협력 협정 체결
 - 2024년 6월 7일, Energoatom은 보도자료를 통해 프랑스 EDF와 국제 원자력 프로젝트 개발을 위한 협력 협정을 체결했다고 발표함.

- Energoatom과 EDF는 ① EDF의 EPR 노형 분석, ② EDF의 Nuward SMR 개발 연구, ③ 원전 가동 경험 교환 및 원자로의 안전성·신뢰성·효율성 유지 등에 대해 협력할 예정이다.
- 이번 협정의 일환으로 양측은 동유럽 내 러시아 VVER 노형용 핵연료 공급 경험을 교환하기로 합의함.
 - ※ 현재 우크라이나는 핵연료 공급선 다변화 정책에 따라 VVER-1000 노형 6기(South-Ukraine 2·3호기 및 Zaporozhye 1·3·4·5호기)와 VVER-440 노형 2기(Rivne 1·2호기)에 Westinghouse의 핵연료를 공급 중임.
- Energoatom, Urenco 농축 우라늄 구매 위해 독일·영국 금융기관과 대출 계약 체결
 - 2024년 7월 17일, Energoatom은 우라늄 농축회사 Urenco와 체결한 농축 우라늄 구매 계약을 이행하기 위해 독일 Deutsche Bank-영국 Barclays Bank 컨소시엄과 최대 1억 8,100만 파운드(약 3,190억 원¹³²⁾) 규모의 대출 계약을 체결했다고 발표함.
 - ※ 2023년 11월 Energoatom과 Urenco는 우크라이나 원전에 대한 농축 우라늄 공급 계약을 체결해, Urenco가 2035년까지 농축 우라늄을 공급하고, 2043년까지 공급 계약을 연장할 수 있는 옵션을 보유하기로 한 바가 있음.
 - 대출 자금은 핵 물질인 농축·천연 육불화우라늄(uranium hexafluoride) 구매에 사용될 예정이며, 영국 정부가 수출신용기관인 영국수출금융(UKEF)을 통해 5년간 대출을 보증하기로 함.

■ 헝가리

■ 현황

- 헝가리는 2024년 9월 기준 Paks 원전에서 VVER 4기(총 2,027MW, PWR)를 운영 중이며, Paks 원전 부지에 Paks 5·6호기(각 1,200MW, PWR) 추가 건설이 예정됨.
 - Paks 5·6호기 건설 프로젝트는 헝가리와 러시아가 공동으로 Paks 원전에 1,200MW급 PWR 2기(설계수명 60년)를 신규 건설하는 사업이며, 1980년대 상업운전을 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.
 - 양국은 2014년 1월 Paks 5·6호기 건설 협정을 체결했으며, 총 125억 유로(약 18조 원)

132) 우리은행 일별환율자료 적용(2024년 10월 11일 기준, 1 =1762.18원)

규모의 프로젝트 비용 중 100억 유로(약 14조 원)를 러시아가 차관 형태로 제공하고, 헝가리 정부가 25억 유로(약 3.7조 원)를 투자함. 2017년에는 유럽위원회(European Commission, EC)로부터 헝가리의 국가 보조금 지급 승인을 취득했음.

- 2023년 1월, 헝가리 에너지부 Csaba Lantos 장관은 Paks II(5·6호기)가 2032년에 완공 될 것으로 예상한다고 밝힘¹³³⁾.
- 2023년 헝가리의 총발전량은 35.5TWh로 이 중 원자력이 44.8%, 가스 20.5%, 석탄 7.1%, 태양광 19.6%를 차지함¹³⁴⁾.

■ 원자력 관련 주요 정책

- 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 하고, 이 두 에너지원으로 헝가리 내 전력 대부분을 공급할 방침임.
 - NECP에서 헝가리는 EU가 정한 2050년 탄소 중립 실현을 위해 50조 포린트(약 189.5조 원)가 필요하며 EU의 대규모 자금 지원이 필요하다는 견해를 밝힘.
 - 또한, 2022년 9월 헝가리 기술혁신부는 헝가리 내 전력 생산과 저장능력 향상을 위해 최대 160억 유로(약 23.6조 원)를 투입해 러시아 천연가스수입 의존을 축소하고 태양광발전을 2024년까지 8GW, 2030년까지 14GW로 확대하며 Paks원전 가동을 20년간 연장하겠다고 밝힘¹³⁵⁾.
 - 헝가리는 최종에너지소비량에서 차지하는 천연가스 점유율을 2021년 35%에서 2030년에는 26%, 2050년에는 15%로 낮출 계획임.
- 2023년 6월, 헝가리 에너지부 Csaba Lantos 장관은 이르면 2029년~2030년부터 SMR 도입이 가능할 것으로 예상한다고 밝힘¹³⁶⁾. Lantos 장관은 SMR 도입 부지로 헝가리 동부를 고려하고 있으며, 그 밖의 지역에서도 조사가 이뤄지고 있다고 덧붙임.
- 헝가리 정부는 사용후핵연료 재처리를 하지 않고, 국유 방사성폐기물 관리 기업인 RHK Kft가 주체가 되어 처분 관련 준비를 진행 중임. 1997년 6월 신원자력법 제정에 따라 원자력시설 해체와 방사성 폐기물 처분을 위한 원자력 기금(Central Nuclear Financial Fund)이 설립됨.

133) <https://world-nuclear.org/information-library/country-profiles/countries-g-n/hungary>

134) Enerdata, Country Energy Report Hungary(2024.08.)

135) 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.)

136) The Procurement of Small Modular Nuclear Reactors Could Start in 2030 (Hungary Today, ' 23. 6. 27)

- 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 2019~2032년 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.

■ 주요 이슈

- 헝가리 Paks II 프로젝트, EU의 제14차 대러 제재에서 전면 면제 받아 추진 탄력
 - 2024년 6월 24일 Szijjártó 헝가리 외교부장은 EU의 제14차 대러 제재안에서 Rosatom과 추진 중인 Paks II 프로젝트가 전면 면제되어, 해당 프로젝트의 신속한 추진이 가능해졌다고 밝힘.
 - 같은 날 EU 외교 이사회가 제14차 대러 제재안*을 공식 승인함에 따라 헝가리는 EU가 러시아의 액화천연가스(LNG) 공급을 제한하는 제재 조치에 동의하는 대신 헝가리의 Paks II 프로젝트를 면제 받았음.
- ※ 제14차 제재안에서는 처음으로 러시아산 LNG를 겨냥한 조치(러시아에서 건설 중인 LNG 프로젝트에 대한 향후 모든 투자 및 수출 금지, 9개월의 과도기를 거쳐 러시아산 LNG의 환적을 위한 EU 항구 이용 금지)를 중점으로 함.
- 과거 헝가리 정부는 에너지 공급 안보를 이유로 러시아산 가스 부문에 영향을 미치는 EU의 제재 조치를 지지하지 않았음.
- 한편, 헝가리는 비록 이번 제재안은 찬성했지만 우크라이나 Zaporizhzhia 원전의 점유·운영에 관여한 Rosatom 임원진에 대한 제재를 포함한 원자력 부문에 대한 대러 제재는 반대한다는 입장을 표명함.

□ 스페인

■ 현황

- 스페인은 2024년 9월 기준 5개의 부지(Almaraz, Valdehijos, Asco, Cofrentes, Trillo)에서 원자로 7기(총 발전용량 7,408MW)를 가동 중이며, 3기의 원전(총 1,116MW)이 영구정지 상태임. 건설 중인 원전은 없음¹³⁷⁾.

- 7기 모두 운영한 지 40년 이상이 되어 계속운전 중이고, 2028~2035년 사이에 계속운전 허가가 만료됨.
- 2023년 스페인의 총발전량은 282.3TWh로 이 중 원자력이 20.1%, 가스 22.5%, 풍력 22.7%, 태양광 16.6%, 수력 11%, 석탄 1.5%를 차지함¹³⁸⁾.

■ 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 계획을 밝힘.
- 스페인 정부는 2020년 1월 EC에 제출한 2030 국가 에너지·기후계획(National Energy and Climate Plan, NECP)에서도 이러한 정책 기조를 반영해 2027년부터 2035년까지 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 전망이다¹³⁹⁾.
- 2023년 12월 스페인 정부는 2035년까지 가동 중인 5기의 단계적 폐쇄 시행을 공식화했으며, 2027년 Almaraz 1호기가 가장 먼저 영구정지될 예정임.
 - 해당 내용은 2023년 12월 27일 스페인 방폐물 관리 및 원자력시설 해체 정책을 담은 제7차 방폐물 계획(Plan General de Residuos Radiactivos, 이하 PGRR)을 승인하면서 공식화 되었음.
 - 제7차 PGRR에는 ① 2027년~2035년 사이 총 7기의 원자로 영구정지 시행, ② 원자로 영구정지 3년 후부터 해체 착수(2030년부터 해체가 진행될 Vandellós 1호기 제외), ③ 해체 완료 전까지 극저준위·저준위·중준위폐기물 처분 전용 El Cabril 처분시설(Córdoba 주) 운영, ④ 개별 원전 소내 사용후핵연료 건식저장시설(Almacenes Temporales Individualizados, ATI) 용량 확대, ⑤ 사용후핵연료·고준위폐기물 전용 심지층처분시설(Almacén Geológico Profundo, AGP) 2070년대 운영 등의 내용이 담김.

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

138) Enerdata, Country Energy Report Hungary(2024.06.)

139) JAIF 스페인의 원자력 동향, 2023.3., https://www.jaif.or.jp/information/nucleartrend_spain

IEA, Spain2021 Energy Policy Review, "The planned retirements of Spain's existing fleet of seven reactors(7.4GW of installed capacity) will begin in 2027, and by 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?>

- 방폐물 관리와 해체 비용 추산액은 약 202억 유로(약 29.8조 원)로 방폐물의 발생자부담 원칙(polluter pays principle)에 따라 원전소유사가 조성한 기금을 통해 자금 조달될 예정이다.

표 6 스페인 원전 운영 현황

원자로	노형	용량(MW)	상업운전	원전소유사(지분 %); 운영사	인허가 만료년도	연구정지 예정년도
Almaraz 1호기	PWR	1,049	1983	Iberdrola (53%) Endesa (36%)	2027.11.	2027
Almaraz 2호기	PWR	1,044	1984	Naturgy (11%); CNAT	2028.10.	2028
Asco 1호기	PWR	1,033	1984	Endesa (100%); ANAV	2030.10.	2029
Asco 2호기	PWR	1,027	1986	Endesa (85%) Iberdrola (15%); ANAV	2031.10.	2033
Cofrentes	BWR	1,102	1985	Iberdrola (100%); Iberdrola	2030.11.	2030
Trillo 1호기	PWR	1,066	1988	Iberdrola (49%) Naturgy (34.5%) EDP (15.5%) Endesa (1%); CNAT	2024.11.	2035
Vandellós II	PWR	1,087	1988	Endesa (72%) Iberdrola (28%); ANAV	2030.07.	2034

자료: Foronuclear 및 csni¹⁴⁰⁾

■ 주요 이슈

- 스페인 원자력규제기관, Trillo 1호기 2034년까지 10년 계속운전 승인
 - 2024년 7월 25일 스페인 원자력안전위원회(CSN)는 Trillo 1호기(1,066MW, PWR)의 안전 사례 검토 후 2034년 11월 16일까지 10년 운영허가 갱신을 승인함.
 - CSN은 Trillo 1호기가 안전 및 규제 요건을 준수했다고 판단하고, 최종 승인을 위해 해당 원전의 계속운전 조건[장기 운전(LTO)과 관련한 방폐물 및 사용후핵연료 관리 계획 포함]과 내부 위험 발생에 대한 보호 조치가 명시된 보고서를 생태전환·인구문제부(MITECO)에 제출할 예정이다.

140) <https://www.foronuclear.org/en/nuclear-power/nuclear-power-in-spain/>
<https://www.csn.es/centrales-nucleares-de-espana>

■ 스위스

■ 현황

- 2024년 9월 기준 4기(총 3,095MW)를 운영 중이며, 2기(총 397MW)를 영구정지함.
 - 스위스는 원전 가동 기간에 대한 법적 한도를 정하지 않고 있으며, 10년마다 주기적 안전 평가(Periodic Safety Review, PSR)를 시행하여 스위스 연방원자력안전감독청(ENSI)이 안전성을 인정하면 10년간 계속운전이 가능하며, 최초 운영 면허는 40년으로 발급됨.
 - 2016년 3월 2일 하원에서 원전 가동년수에 상한을 적용하는 법안이 부결됨.
- 2023년 스위스의 총 발전량에서 원전 비중은 약 32.4%로 약 23.3TWh를 공급함¹⁴¹⁾.

■ 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 밝힌 바 있음.
 - 해당 전략에는 재생에너지를 2020년 4,400GWh에서 2035년 11,400GWh로 확대하고 재생 에너지 시설 허가 절차를 신속히 진행하겠다는 내용 등이 포함됨.
- 그러나 2024년 8월 28일 스위스 연방 정부는 지정학적 긴장감 고조, 기후 목표 달성, 인구 증가에 따른 전력 공급 안정성을 위해 원자력법 개정을 통한 신규 원전 건설 금지 조항의 철회 계획을 발표함.
 - Albert Rösti 에너지부 장관은 올해 말까지 연방 정부에 원자력 법 개정안을 제출해 2025년 3월까지 공론화를 진행한 후 의회에서 해당 개정안이 논의될 수 있도록 할 계획 이라고 밝힘.
- 스위스는 원자력에너지법(2003)에 따라 고준위방폐물과 중저준위방폐물 처분을 위한 심지층 처분 시설 건설을 추진 중임. 스위스 방사성 폐기물 전담 기관인 NAGRA(Swiss National Cooperative for the Disposal of Radioactive Waste)가 처분장 부지 선정을 담당함.
 - 심지층 처분 시설 부지는 2022년 9월 12일 독일 국경 인근의 북부 지역인 Nördlich Lägern으로 선정되었으며 계획상으로는 연방 정부의 최종 결정 및 의회 승인은 2030년, 국민 투표는 2031년에 시행될 예정임.
 - Nagra는 2008년부터 부지 선정 절차를 진행해 Nördlich Lägern를 방폐물 최종처분

141) PRIS ELECTRICITY PRODUCTION SHARE IN 2022 기준(최종 검색: 2024.10.16.)

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.

- 2024년 4월 Nagra는 자사가 100% 출자하는 공개 유한회사(publicly limited companies)인 Nagra gTL AG와 Nagra BEVA AG를 2024년 중반까지 설립해, 심지층 처분 시설과 사용후 핵연료·고준위방폐물 밀봉처리시설의 건설·운영을 각각 담당할 예정이라고 밝힘.
- 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 중저준위방폐물, 해외에서 재처리되어 반환된 유리고화체 등을 모두 보관 중임¹⁴²⁾.

■ 주요 이슈

- 스위스 Gösgen 원전, 프랑스 Framatome이 원자로보호계통 현대화 사업 수주
 - 2024년 7월 2일 프랑스 원자력기업 Framatome은 스위스 원전 운영사인 Kernkraftwerk Gösgen-Däniken AG(KKG)로부터 Gösgen 원전(1,060MW, PWR) 원전 내 비상통제 건물에 위치한 원자로보호계통(reactor protection system, RPS)의 현대화 사업을 수주함.
 - ※ RPS는 원자로 가동 변수(parameter)를 모니터링하고 편차 발생 시 원자로 전원을 안전하게 차단함.
 - Framatome은 자사의 디지털 계측·제어(I&C) 플랫폼인 TELEPERM XS을 사용해 Gösgen 원전의 RPS에 대한 현대화 작업을 실시할 예정임.
 - Gösgen 원전은 1979년 상업운전을 시작해 60년 계속운전 시행 시 2040년까지 가동될 예정임.

□ 벨기에

■ 현황

- 벨기에는 2024년 9월 기준 원자로 5기(총 발전용량 4.1GW)를 가동 중임¹⁴³⁾.
- 2023년 벨기에의 총 발전량은 82 TWh이며, 발전원별 비중은 원자력 40%, 가스 22%, 재생에너지(풍력, 태양광, 지열) 28%, 바이오매스 6%, 석탄 2%, 수력 2%임¹⁴⁴⁾.

142) 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.)

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

144) Enerdata, Country Energy Report Belgium 2024.06.

■ 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 출범한 연정에서도 계속됨.
 - 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 1,490억 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.
- 2024년 4월 19일 벨기에 하원은 2025년에 영구정지를 앞둔 Doel 4호기(1,090MW, PWR) 및 Tihange 3호기(1,089MW, PWR)를 2035년까지 계속운전을 시행하도록 허용하는 법안을 승인함.
 - 해당 법안은 2003년에 제정된 단계적 원자력 폐지법 개정, 합작투자회사(Bewatt) 설립, 원자력 손해배상의 재정 관리 및 관련 지출 통제를 담당하는 공공기관(Hedera) 설립을 명시하고 있음.
 - 두 호기는 계속운전의 규제 요건 준수에 필요한 설비개선 작업을 위해 정지 기간을 거쳐 2025년 9월에 재가동될 예정임.

■ 주요 이슈

- EU 집행위, Doel 4호기 및 Tihange 3호기 계속운전을 위한 재정지원책 심층 조사 착수
 - 2024년 7월 22일 EU 집행위(EC)는 Doel 4호기 및 Tihange 3호기의 10년 계속운전 시행 위한 벨기에 정부의 재정지원책이 EU의 국가 보조금 규정에 부합하는지 여부를 파악하고자 심층 조사에 착수함.
 - EC는 벨기에 정부의 재정지원책의 필요성(특히, 합작투자회사 설립·자금 조달, 대출 제공, 영업활동 현금 흐름 보장), 발전차액보조계약(CfD) 설계의 적절성, 재정적 조치

및 방폐물 처분 비용 일시불 지급의 비례성(proportionality), 관련 EU 법률 준수 여부, 시장에 미치는 영향 등을 조사할 계획임.

- 벨기에 정부는 2035년까지 두 호기의 10년 계속운전 시행을 결정(2022년 3월)하고, ENGIE와 최종 협정을 체결(2023년 12월)하였음. 주요 내용은 ① 합작투자회사(지분 50:50) 설립, ② 2025년 11월까지 두 호기의 재가동을 위한 20억 유로(약 3조 원) 규모의 투자금 조달, ③ 계속운전 기간 동안 발전차액보조계약(CfD) 체결, 5.8억 유로(약 8,638억 원) 대출, 영업활동 현금흐름 보장, ④ ENGIE의 원자력시설에서 발생한 방폐물 처분 비용 책정(ENGIE가 일시불로 총 150억 유로(약 22조 원) 지급)임.

□ 독일

■ 현황

- 독일은 2023년 4월 15일 마지막까지 운영하던 원전 3기(총 발전용량 4,291MW)의 영구 정지를 단행함. 이에 따라 가동 중인 원전은 없음¹⁴⁵⁾.
 - 영구정지된 원자로는 총 33기며 용량은 총 27.7GW¹⁴⁶⁾ 임.
- 2023년 독일의 총 발전량은 513.5TWh이며, 발전원별 비중은 재생에너지(풍력, 태양광, 지열) 40%, 석탄 27%, 가스 16%, 원자력 1%, 바이오매스 10%, 수력 5%, 석유 1% 임¹⁴⁷⁾.

■ 원자력 관련 주요 정책¹⁴⁸⁾

- 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.
- 2022년 7월 Scholz 총리는 에너지 공급 위기로 가동 중인 3기 원전(Emsland 원전

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

146) 영구 정지된 원자로의 용량은 연구로 포함 수치임.

147) Enerdata, Country Energy Report Germany 2024.05.

148) 세계 원전시장 인사이트, 2018.07.27.

(1,406MW, PWR), Isar 2호기(1,485MW, PWR), Neckarwestheim 2호기(1,400MW, PWR))의 계속운전 가능성을 고려한다는 입장을 표명하였고, 2022년 10월 Scholz 총리는 2022년 말로 영구정지가 예정된 원전 3기를 연장운전하기로 결정하였으며, 11월 연방 상하원은 이를 승인함.

- 독일은 우크라이나 전쟁 여파로 인한 겨울철 정전 발생을 우려해 2022년 9월 4대 송전 시스템운영자가 수행한 전력망 스트레스 테스트 결과를 바탕으로 Isar 2호기, Neckarwestheim 2호기, Emsland 원전을 2023년 4월 중순까지 예비전력설비로 활용하기로 결정하고, 원전운영사와 연장운전 협정을 체결함.
- 2023년 4월 15일 독일은 Isar 2호기, Neckarwestheim 2호기, Emsland 원전을 영구정지함으로써 60년 이상 이어져 온 원전 가동을 종료함.

■ 주요 이슈

- 독일 Vattenfall, Schleswig-Holstein 주로부터 Krümmel 원전 해체·철거 허가 취득
 - 2024년 8월 1일 독일 원전운영사 Vattenfall은 쉘레스비히-홀슈타인(Schleswig-Holstein) 주 원자력 규제기관으로부터 2015년 8월에 신청한 Krümmel 원전(1,402 MW, BWR)의 해체 및 철거 허가를 취득하였으며, 해체 기간은 15년, 비용은 약 10억 유로(약 1.4조 원)로 예상함.
 - 해당 원전은 2017년에 마지막 핵연료소자를 제거하고 2019년에 마지막 개별 연료봉을 제거하면서 사용후핵연료가 99% 제거된 상태로, 올해 말을 시작으로 원자로압력용기(RPV) 해체가 2027년에 완료될 예정임.
 - Vattenfall과 E.ON이 공동 소유하고 있는 Krümmel 원전은 2011년 후쿠시마 사고 이후 독일 정부가 운전 정지 명령을 내린 8기의 노후 원전 중의 하나임. 해당 원전은 1983년 전력망에 연결되었으나 수년 간 가동이 중지되었다가, 2007년 변압기 화재 후 2009년 6월 재가동되었지만 변압기 결함으로 재차 가동이 중지되었음.
- 독일 RWE, 니더작센 주 정부로부터 Emsland 원전 해체·철거 승인 취득
 - 2024년 9월 독일 전력회사 RWE는 니더작센 주(Land Niedersachsen) 환경·에너지·기후보호부로부터 2016년에 신청한 Emsland 원전(1,406MW, PWR)의 해체·철거 승인을 취득하였으며, 해체 작업 기간은 약 15년으로 예상함.
 - RWE는 향후 해체 작업에서 발생하는 중·저준위 방폐물을 부지에서 최종 저장용기에 포장 및 보관하여 연방 정부에 인계할 예정임.
 - Emsland 원전은 1988년 6월 상업운전을 시작해 매년 약 350만 가구에 전기를 공급했으며, 우크라이나 전쟁 여파로 인한 에너지 위기 상황 속에서 동절기 예비전력설비로 활용하기

위해 2023년 4월까지 연장운전한 마지막 3기 원자로(Isar 2호기, Neckarwestheim 2호기, Emsland) 중 하나임.

- 독일 연방기관 BGZ, Vattenfall로부터 Brunsbüttel 원전 부지 내 중·저준위 방폐물 중간저장시설 소유권 인수
 - 2024년 9월 9일 독일 연방임시저장관리공단인 BGZ는 후쿠시마 원전 사고 여파로 2011년 영구정지한 Brunsbüttel 원전(E.On 33.3%, Vattenfall 66.7% 지분 보유) 부지에 새로 건설된 중·저준위 방폐물(LLW/ ILW) 중간저장시설(LasmA)의 소유권을 Vattenfall로부터 인수함.
 - ※ BGZ는 방폐물의 중간 저장 및 최종 처분장의 건설 및 운영 사업을 담당하며, 2017년 5월 독일의 원자력 서비스 회사인 GNS와 독일 연방 환경·자연보존·건설·원자력안전부(BMUB)가 공동 설립함.
 - LasmA는 향후 Brunsbüttel 원전의 운영 및 해체 과정에서 발생하는 모든 중·저준위 방폐물과 Krümmel 원전의 운영 폐기물을 니더작센 주(Land Niedersachsen) Salzgitter에 위치한 Konrad 중·저준위 방폐물 처분시설로 이송 전까지 저장할 예정임.
 - ※ Konrad 처분시설은 1976년 경제성을 이유로 폐쇄된 Konrad 광산을 개조하여 활용하며, 완공 시 지하 800m에 심지층 동굴처분 방식으로 처분이 이루어질 계획으로, 2030년대 초 가동시작을 목표로 함.

5 시사점

- 러시아-우크라이나 전쟁이 촉발한 에너지안보 문제에 대한 경각심으로 원전에 대한 관심이 고조되면서 전 세계적인 원전 공급체계 구축 노력이 진행되어온 가운데, 수요 측면에서 AI기술 및 데이터센터로 인한 전력수요의 급격한 증가가 예상되면서 실질적인 협력과 지원이 가시화됨.
 - 미국에서는 전력사가 구체적인 전력공급 계약을 바탕으로 계속운전·재가동 및 신규 건설 등을 통해 공급능력 확대를 추진하는 사례가 나타나고 있으며, 이와 연계된 실증 및 상용화를 위한 부지작업에 나서기 시작한 SMR 개발업체도 나타나고 있음.
 - 미국은 ADVANCE Act 등 차세대 원전 개발 가속화를 위한 법제도적 기반이 마련되고 있으며 주 정부도 부지 확보를 지원하는 등 전 방위적인 시장 형성 구도가 진행되고 있음.
 - 정부 주도의 대규모 자금조달도 구체화되고 있는데, 영국 정부는 SMR 기술개발 지원과 함께 최근 Sizewell C 추진을 지원하기 위한 보조금을 마련하였으며, 폴란드, 스웨덴 등에서도 자금조달 방안 계획이 수립되거나 논의되고 있음.
 - 미국도 기존 계속운전 지원책과 더불어 SMR 상용화 촉진을 위한 자금지원이 진행 중임.

- 전통적인 원전 강대국들이 대규모로 원전 확대 정책을 지속하는 가운데, 원전 도입·확대를 추진하는 다른 국가들의 정책도 속속 구체화되고 있어 IEA, IAEA 등의 전망대로 전 세계 원전 시장 규모가 서서히 확대될 것으로 보이나, 원전 연료 공급망 재편 등으로 인한 난관도 극복해야 함.
 - 원전 강대국들은 지속적으로 신규 원전 목표 수립 및 승인·건설을 진행하고 있으며, 특히 인도에서는 공기업 간 합작투자나 민간부문 참여를 통한 시장 확대가 추진되면서 기존 사업 추진 방식의 변화가 예상되고 있음.
 - 정책을 전환한 국가(스웨덴 등), 원전을 확대하려는 국가(체코, 불가리아 등), 최초 원전 건설이 추진되는 국가(폴란드 등)와 더불어 최근에는 국민투표로 신규 원전 추진 동력을 확보한 국가(카자흐스탄 등) 등 다양한 스펙트럼에서 시장 확대가 예상됨.
 - 이 같은 여러 국가들의 정책이 차질 없이 추진되려면 사업 리스크 경감을 위한 제도적 및 재정적 차원의 개선이 이루어져야 할 것이며, 또한 미국 주도의 러시아산 우라늄 수입 금지 조치로 인한 원전 연료 공급망 재편 흐름에도 대응해야 할 것임.

주요단신

North America

북미



□ 미 에너지부, 자국 내 HALEU 재변환 및 농축 관련 자금 지원 대상 기업 발표

Office of Nuclear Energy 2024.10.08., World Nuclear News 2024.10.09., 2024.10.18.,
Nuclear Engineering International 2024.10.10., Nucnet 2024.10.10., 2024.10.18.,
Ux Weekly 2024.10.14., Energy.Gov 2024.10.17.

- 2024년 10월 8일 미 에너지부는 고순도저농축우라늄(HALEU) 공급망의 핵심 단계로 농축 우라늄을 선진 원자로의 연료로 사용되는 금속, 산화물 및 기타 형태로 재변환(deconversion)하는 서비스 제공을 위해 6개 기업에 각각 최소 200만 달러(약 28억 원)¹⁴⁹⁾ 이상의 자금을 할당했다고 발표함.

- 계약에 선정된 6개 기업은 미국 기업인 Centrus, Westinghouse, GE Vernova, BWXT와 프랑스 기업 Framatome, Orano이며, 계약 기간은 최대 10년으로 미 의회의 예산 승인에 따라 최대 8억 달러(약 1조 원)의 예산이 단계적으로 지급될 계획임.
 - 미 에너지부는 2022년 8월 Biden 대통령이 서명한 인플레이션 감축 법안(IRA)을 통해 HALEU 공급망 구축을 위한 7억 달러의 자금을 확보했으며, 2025년 예산안에는 HALEU의 단기 공급 확보를 위해 1억 8,800만 달러(약 3천억 원)가 배정됨.
- 이번 계약을 통해 확보된 HALEU는 TerraPower의 소듐 냉각 고속원자로 Sodium(345MW, SFR)과 X-energy의 Xe-100(80MW, HTGR) 등 미 에너지부의 선진 원자로 실증 프로그램(Advanced Reactor Demonstration Program, ARDP)을 통해 개발 중인 원자로를 지원하는 데 사용될 예정임.
 - 기존의 미국 대형 원전에는 U-235를 최대 5%까지 농축한 연료를 사용하나, 미국에서 개발 중인 대부분의 선진 원자로에는 5%~20% 농축된 HALEU가 필요함.
 - 미국은 선진 원자로 보급을 위한 상업적인 HALEU 농축 및 재변환 인프라를 보유하고 있지 않으며, 선진 원자로에 필요한 연료 확보 제약에 따라 기술 개발이 지연되고 있음.

149) 북미 단신 기사 내용 모두 2024년 10월 25일 환율 기준 적용(1달러=1,381원)

- 2024년 10월 17일 미 에너지부는 러시아산 우라늄 수입 의존도를 줄이고 미국 내 우라늄 농축 역량과 공급망 구축을 지원하기 위해 기업 네 곳과 초기 계약(initial contracts)을 체결했다고 발표함.
 - 계약을 체결한 기업은 미국 기업 General Matter와 American Centrifuge Operating, Urenco의 미국 내 사업체 Louisiana Energy Services, 프랑스 Orano의 자회사인 Orano Federal Services임.
 - General Matter는 2024년에 설립된 기업으로 고농축우라늄(HEU) 생산 방법을 개발하는데 중점을 두고 있으며, American Centrifuge Operating은 Centrus Energy Corp의 자회사로 원심분리기와 지원 장비를 미국 내에서 독점적으로 생산 중임.
 - Louisiana Energy Services는 New Mexico 주 Eunice에 우라늄 농축 시설을 운영 중이며, Orano Federal Services는 미국 내 연방 정부와 협력해 원자력 관련 기술과 서비스를 제공 중임.
 - 이번 계약과 관련해 미 에너지부는 할당된 총 지원 예산 한도는 27억 달러(약 4조 원)로 이는 향후 예산 확보에 따라 조정될 수 있으며, 계약은 10년 동안 유효하고 각 기업에 최소 200만 달러(약 28억 원) 지원이 가능하다고 밝힘.
 - 2024년 6월 미 에너지부는 자국 내 우라늄 농축 역량 강화 촉진을 위해 27억 달러(약 4조 원) 규모의 저농축우라늄(LEU) 구매 제안요청서(Request for Proposals)를 발행함.
 - 미 에너지부에 따르면 이번 계약에 따라 선정된 기업은 HALEU 생산, 저장, 유통을 포함한 전반적인 공급망 구축을 위해 향후 경쟁입찰을 진행 할 수 있으며, 계약에 따라 생산된 HALEU는 육불화우라늄(UF₆) 형태로 가공되어 선진 원자로의 연료로 사용될 것임.
 - 한편, 2024년 10월 10일 Urenco는 미국 New Mexico 주 Eunice에 있는 Urenco USA 우라늄 농축 시설의 농축 용량 확장 프로젝트 일환으로 첫 번째 신규 원심분리기를 설치했다고 발표함.
 - 2023년 7월 Urenco는 시설의 총 농축 용량을 약 15% 증가시켜 연간 추가로 70만 SWU(농축 서비스 단위)의 농축 우라늄 생산을 목표로 한다고 밝힘.

■ 미 에너지부, SMR 초기 보급 지원 위해 최대 1조 원 규모 자금 지원 공고 발표

Energy.Gov 2024.10.16., World Nuclear News 2024.10.17., Nucnet 2024.10.17.

- 2024년 10월 16일 미 에너지부는 Generation III+ SMR 기술을 미국 내 초기 보급하기 위해 9억 달러(약 1조 원) 규모의 자금 지원 신청 공고를 발표함.

- 앞서 2024년 6월 미 에너지부 산하 청정에너지 실증 부서(Office of Clean Energy Demonstrations)는 미 에너지부 원자력국(Office of Nuclear Energy)과 협력해 Generation III+ SMR 기술의 초기 보급(initial deployment)을 추진하는 내용의 의향서(Notice of Intent)를 발표함.
- 미 에너지부에 따르면 이번 자금 지원은 민간 부문이 Generation III+ SMR을 보급하기 위해 신뢰할 수 있으며 지속 가능한 경로를 구축하는 데 도움을 주는 것을 목표로 함.
 - 이번 자금은 2021년 Biden 대통령이 서명한 초당적 인프라 법안(Bipartisan Infrastructure Law)의 지원을 받아 선진 원자로 보급을 촉진하고 증가하는 에너지 수요를 충족하기 위한 원전 프로젝트 장려를 위해 사용할 계획임.
 - 지원 신청 마감일은 2025년 1월 17일까지임.
- 미 에너지부는 자금 지원의 규모와 대상 및 내용을 두 개의 범주(tiers)로 구분하여 제공할 계획이라고 밝힘.
 - Tier 1에서는 발전사와 건설업체 및 원자로 공급업체를 대상으로 초기 SMR 프로젝트 개발과 구축에 필요한 자원을 제공하고, 다중 원자로를 주문하는 계약을 확보하여 SMR 기술 상용화 가속을 목표로 최대 2개의 팀에 8억 달러(약 1조 1천억 원)를 지원할 예정임.
 - Tier 2에서는 설계, 인허가, 공급업체 개발, 부지 준비 등 원자력 산업 발전에 걸림돌이 되어 온 SMR 보급 주요 격차를 해결하고 SMR 보급 촉진을 목표로 최대 1억 달러(약 1천억 원)를 지원할 예정임.

■ 미국 Constellation, Three Mile Island 1호기 재가동 위한 연방 대출보증 신청 초기심사 완료

Ux Weekly 2024.10.07., Ux Weekly 2024.10.14., Power Technology 2024.10.17.

- 2024년 10월 3일 Washington Post에 따르면 미국 Constellation Energy(이하 'Constellation')가 Pennsylvania 주에 있는 Three Mile Island 1호기(880MW, PWR)의 재가동을 위해 2024년 5월 미 에너지부 대출사무국(LPO)에 요청한 16억 달러(약 2조 원)의 연방 대출 보증 초기 심사(initial review)가 완료되었으며, 대출 조건과 관련된 구체적인 협상 단계를 진행할 계획임.
- 2024년 9월 Constellation은 Microsoft와 20년간 전력구매계약(Power Purchase Agreement)을 체결하고 Three Mile Island 1호기를 2028년부터 재가동할 계획이라고 밝힘.

- 현지 언론 보도에 따르면 Constellation이 요청한 대출 보증이 공식적으로 승인될 경우 Three Mile Island 1호기 재가동에 필요한 자금을 확보할 수 있으며, 해당 원전 재가동을 통해 Microsoft는 데이터센터에 안정적인 전력 공급원 확보 및 탄소배출을 상쇄하는 데 도움을 줄 수 있을 것임.
 - 구체적인 비용은 언급되지 않았으나, 대출 보증이 승인되면 Constellation은 최대 1억 2,200만 달러(약 2천억 원)의 대출 비용을 줄일 수 있음.
 - 또한 인플레이션 감축법안(Inflation Reduction Act)에 따라 Constellation은 추가적인 세액 공제를 받을 수 있으며, 이는 연간 2억 달러(약 3천억 원)에 이를 것으로 전망됨.
- Constellation은 연방 대출 보증과 관련해 대출 상환 조건을 이행하지 못할 경우 정부가 최대 16억 달러(약 2조 원)까지 보증 책임을 대신 지게 되지만, 자사는 전액 상환을 보장할 것을 명시함.
- 한편 2024년 10월 17일 Constellation은 Three Mile Island 1호기의 재가동 추진을 위해 1억 달러(약 1천억 원) 규모의 주변압기(main power transformer)를 주문했으며, 해당 원전의 재가동 준비를 목표로 터빈, 발전기, 냉각 시스템을 포함한 주요 장비의 개선 작업에 추가적인 투자를 진행 중이라고 언급함.

■ 미국 Amazon, X-energy 지분투자 및 Washington·Virginia 주 전력사와 SMR사업 협력

Amazon 2024.10.16., X energy 2024.10.16., Dominion Energy 2024.10.16., Utility Dive 2024.10.16.,
World Nuclear News 2024.10.16., Nucnet 2024.10.17.

- 2024년 10월 16일 미국 Amazon은 클라우드서비스 Amazon Web Services(AWS)의 AI 데이터센터 운영에 필요한 전력 확보를 목표로 SMR 개발 및 보급 지원을 위해 Energy Northwest와 계약 체결, X-energy 지분 투자, Dominion Energy와 양해각서 체결을 발표함.
 - 첫 번째로 Amazon은 Washington 주의 원전 사업자인 Energy Northwest와 협력해 4기의 Xe-100(80MW, HTGR) 개발 사업을 지원하기 위한 계약을 체결함.
 - 초기 운영 단계에서 약 320MW의 전력을 생산하고 향후에는 약 77만 가구에 전력을 공급할 수 있는 규모인 최대 960MW로 확대 가능하다고 밝힘.
 - Amazon은 Energy Northwest와의 협력을 통해 2030년대 초반부터 태평양 북서부 지역의 전력 수요 증가 예측치에 따라 에너지 공급을 강화할 수 있을 것으로 전망함.

- 두 번째로 Amazon은 SMR 및 연료 개발사 X-energy의 5억 달러(약 7천억 원) 규모 자금조달 라운드 참여로 지분 투자하여 Xe-100 설계와 인허가 절차 진행 지원을 포함해 Tennessee 주 Oakridge에 있는 선진핵연료 TRISO-X 제조시설(advanced nuclear fuel fabrication facility, 이하 'TX-1') 건설의 초기 단계(2024년 말 건설 착수 예정)를 지원할 예정임.
 - 또한 Amazon에 따르면 X-energy와 2039년까지 미국 내 5GW 이상의 신규 원전 프로젝트를 개발하고 운영하기 위해 인프라 및 전력사와 협력해 표준화된 '보급과 금융 모델 (deployment and financing model)' 구축을 목표로 함.
- 마지막으로 Amazon은 Virginia 주 전력사인 Dominion Energy와 North Anna 원전 인근에서 SMR 프로젝트 개발을 위해 협력하는 내용의 양해각서에 서명하였음.
 - 이를 통해 Amazon은 300MW 이상의 전력을 확보하여 향후 15년 동안 85% 증가할 것으로 예상되는 Virginia 주의 에너지 수요를 맞추는 데 기여할 것이라고 발표함.

■ 미국 Kairos Power, Google 데이터센터 전력 공급 위한 PPA 체결

Kairos Power 2024.10.15., World Nuclear News 2024.10.15., Nucnet 2024.10.15.

- 2024년 10월 14일 미국 Kairos Power는 Google과 협력하여 데이터센터의 지속적이고 안정적인 전력 공급과 에너지 수요 충족을 목표로 자사가 개발할 SMR 7기(총 500MW) 건설을 지원하고, 해당 SMR에서 생산되는 전력을 Google이 구매하기로 합의했다고 발표함.
 - 이번에 체결된 전력구매계약(Power Purchase Agreement, 이하 'PPA')에 따르면 Kairos Power는 선진 원자로의 설계, 건설, 운영을 담당하며, Google과의 PPA를 통해 Kairos Power는 전력, 보조 서비스, 환경 속성(예: 탄소 배출권) 등을 제공할 계획임.
 - Kairos Power는 Google의 데이터센터에 청정 전력을 공급하기 위해 Google의 관련 서비스 권역 내 발전소를 건설해 전력 공급의 효율성을 높이고자 하며, 2030년까지 최초호기 보급과 함께 2035년까지 500MW 설비용량 구축을 목표로 Google이 운영하는 시설에서 24시간/7일 무탄소에너지 전략 지원을 밝힘.
 - Google에 따르면 발전소의 부지가 확정되지 않았으며, 데이터센터가 위치한 주요 거점 근처 여러 부지에 건설될 수 있을 것임.
 - Google은 Kairos Power와의 계약을 통해 공급받을 추가 전력이 기존에 확보한 태양광과 풍력 등 변동성 재생에너지 사용을 보완하고, 탄소중립 목표 달성에 기여할 것으로 전망함.

- Kairos Power는 이번 협약을 토대로 원자로의 상업적 보급을 위한 기술 준비와 자원 조달이 가능해지며, 신규 원자로의 설계와 운영에서 얻은 데이터를 활용하여 상업적 규모로 확장할 수 있을 것이라는 기대감을 표함.
- 한편, Kairos Power는 Tennessee 주 Oak Ridge에서 Hermes 실증 용융염 원자로(35MW)를 건설 중으로 2027년 가동을 목표로 하고 있음.
 - Hermes는 Kairos Power의 상업용 불화염냉각고온원자로(KP-FHR) 기술을 검증하기 위한 실증로이며, 저압 불화염 냉각수(Flibe molten fluoride salt coolant)와 결합한 폐쇄 형태의 삼중구조 균등성 연료(TRISO)를 사용함.

■ 미국 Oklo, Aurora 연료 제조시설 개념 안전설계보고서(CSDR) 승인 획득

Oklo 2024.10.15., World Nuclear News 2024.10.16., Nuclear Engineering International 2024.10.17.

- 2024년 10월 15일 미 에너지부는 Idaho 국립 연구소(INL)에 위치한 미국 초소형원자로 개발사 Oklo의 소듐냉각고속로인 Aurora의 연료 제조 시설에 대한 안전 설계 보고서(Conceptual Safety Design Report, 이하 'CSDR')를 승인함.
 - Oklo는 초소형 원자로인 Aurora(15MW)를 개발 중이며, 해당 원자로는 밀폐된 히트 파이프 (Sealed heat pipe)와 수동형 공랭식(Air-cooling system) 시스템을 갖춘 실험용 증식로 -II(Experimental Breeder Reactor-II, EBR-II)의 기술을 활용함.
 - EBR-II의 사용후핵연료에서 회수된 우라늄을 정제하여 고순도저농축우라늄(HALEU)으로 가공함으로써 Aurora 원자로에 적합한 금속 연료를 제조함.
 - 2019년 Oklo는 경쟁 입찰을 통해 미 에너지부와 협력 일환으로 HALEU 5톤을 활용할 수 있는 권한을 확보함.
 - Oklo에 따르면 2024년 초 CSDR을 프로젝트의 원자력 안전 및 규제 권한을 담당하는 INL 운영 사무소에 제출했으며, CSDR의 승인은 선진연료 재활용 기술(advanced fuel recycling technologies)을 입증하는 중요한 단계로 미 에너지부의 종합 검토 절차 (comprehensive review process)의 일환임.
 - 다음 단계에는 연료 제조 시설 건설 전 설계의 안전성이 반영된 문서화된 예비 안전 분석 (Preliminary Documented Safety Analysis, PDSA)과 건설과 시운전 이후의 문서화된 안전 분석(Documented Safety Analysis, DSA) 서류 제출이 포함됨.
 - 2024년 1월 미 에너지부는 Aurora 연료 제조 시설의 설계 과정에서 안전성을 확보하기 위한 계획 및 절차를 담은 안전설계전략(Safety Design Strategy)을 검토 후 승인했다고 밝힘.

■ 캐나다 원자력안전위원회, Pickering 5~8호기 2026년 말까지 추가 운영 승인

Government of Canada 2024.10.11., World Nuclear News 2024.10.14., Nucnet 2024.10.15.

- 2024년 10월 11일 캐나다 원자력안전위원회(CNSC)는 캐나다 OPG가 Pickering 5~8호기의 운영을 2026년 12월 31일까지 운영할 수 있도록 승인했으며, OPG는 해당 원전의 30년 계속 운영을 위한 설비개선 준비 시간을 확보했다고 발표함.
 - 1971년부터 가동한 Pickering 원전은 PHWR 8기로 구성되어 있으며 각각 2007년 5월, 2008년 10월 영구 정지된 2호기와 3호기, 그리고 2024년 9월에 영구 정지된 1호기를 제외하고 현재 5기(총 2,702MW)가 운영 중이며, 4호기는 2024년 말에 영구 정지될 예정이다.
 - Pickering 5~8호기는 2025년까지 영구정지 될 계획이었음.
 - 이번 승인과 관련해 CNSC는 2024년 6월에 열린 공청회에서 OPG와 CNSC 관계자, 지역 주민 및 이해관계자가 제출한 Pickering 5~8호기의 계속운전 계획 관련 의견 등 내용을 종합적으로 검토한 후 해당 원전이 등가전출력운전시간(Equivalent Full Power Hours, EFPH)을 최대 30만 5,000시간까지 운영할 수 있게 함.
 - 승인 조건에는 OPG가 Pickering 5~8호기의 운영 동안 안전과 성능을 보장하기 위해 적합성 평가 프로그램(fitness-for-service programme)을 바탕으로 원자로의 상태를 주기적으로 평가하고 보고해야 하는 내용이 명시됨.
 - OPG에 따르면 Pickering 5~8호기를 2026년 12월 31일까지 운영 후 설비개선 작업을 시작하여 2030년대 중반까지 작업을 완료할 계획임.
 - 2022년 9월 Ontario 주 정부는 Ontario 주 내 전력 수요 증가에 따라 안정적인 전력 공급을 위해 OPG에 Pickering 5~8호기의 계속운전과 설비개선을 추진할 것을 지시함.
 - OPG는 정부의 요청을 바탕으로 CNSC에 Pickering 5~8호기의 설비개선 필요성과 관련된 타당성 평가를 요청하였으며, 2023년 2월 CNSC는 원자로의 안전성 유지 및 시스템 성능 향상을 위한 조치로 Pickering 5~8호기의 설비개선 계획을 승인함.
 - 2024년 1월 Ontario 주 정부는 Pickering 5~8호기의 30년 계속운전을 위해 OPG의 설비개선 작업의 초기 단계인 엔지니어링 설계 작업 및 부품 조달 등에 15억 달러(약 3조 원)를 지원함.

■ 미국 Constellation, 2025년까지 러시아산 우라늄 수입금지 조치 면제

Ux Weekly 2024.10.14.

- 2024년 10월 10일 Constellation은 2025년까지 러시아산 우라늄 수입이 가능하도록 미 에너지 부로부터 금지 조치 면제를 받았다고 발표함.
 - 이는 2024년 5월 미 에너지부가 자국 내 우라늄 생산 능력을 구축하는 동안 미 원전이 연료 공급 차질에 직면하지 않도록 보장하기 위해 마련한 면제 절차(waiver process)에 따른 것임.

■ 미국 Westinghouse와 GE Hitachi, 캐나다 조선소 및 제조사와 부품 공급 협력

Westinghouse 2024.10.10., GE Vernova 2024.10.10., Nucnet 2024.10.11., World Nuclear News 2024.10.11.

- 2024년 10월 10일 미국 Westinghouse Electric Company(이하 'Westinghouse')는 캐나다 선박업체 Seaspan ULC(이하 'Seaspan')와 글로벌 원자력 신규 건설 프로젝트 지원을 위해 양해각서(MOU)를 체결했으며, 10월 11일 미국 GE Hitachi는 캐나다 Montreal에 본사를 둔 제조업체 Velan Inc.(이하 'Velan')와 BWRX-300의 엔지니어링 지원과 밸브 제조를 위해 파트너사로 선정했다고 발표함.
 - 이번 MOU 체결에 따라 Seaspan은 AP1000과 AP300 원자로의 주요 부품인 배관자재(pipe spools)와 강철 구조물(steel structures)을 제조할 계획임.
 - GE Hitachi의 선진 원자력 부문 Sean Sexstone 부사장은 Velan과의 협력으로 캐나다 원자력 공급망을 강화해 나갈 것이며, BWRX-300 보급 지원을 위해 캐나다 공급업체와 협력할 기회를 모색할 계획이라고 밝힘.

■ 미 해군, 유휴 군사 부지에 선진 원자로 보급 목표로 정보제공 요청서 발행

Nuclear Newswire 2024.10.10.

- 2024년 10월 10일 미 해군부(The Department of the Navy, 이하 'DON')는 미군의 유휴 군사

부지(underutilized military lands)에 원자로 보급을 포함한 청정에너지 발전설비 건설을 목표로 발전사 및 전력사를 대상으로 정보제공 요청서(Request for Information, 이하 'RFI')를 발행함.

- DON에 따르면 이번 RFI 발행은 해군부 시설의 정전이나 예상치 못한 기후 상황 또는 외부 에너지 공급 중단에 대비해 전력망의 성능과 회복력을 높여 전력 수요 변동에 유연하게 대처하는 것을 목적으로 함.
- RFI는 4개의 해군 시설과 3개의 해병대 시설에 선진 원자로 보급을 목표로 하며, 계약자(민간 기업)가 소유하거나 운영하는 원전의 경우 민간 기업이 연료 및 사용후핵연료의 소유와 저장, 관리를 담당해야 하며 미 원자력규제위원회(NRC)의 인허가 요건을 준수해야 함.
 - 현재 고려 중인 원자로 건설 지역으로 Virginia 주, Maryland 주, North Carolina 주가 언급됨.

주요단신

Europe

유럽



□ 유럽연합 집행위, EU SMR 산업 연합 프로젝트 실무그룹 1차 공모에 9개 팀 선정

European Commission 2024.10.01., World Nuclear News 2024.10.14.

- 2024년 10월 11일 유럽연합 집행위(EC)는 2030년대 초까지 유럽 내 SMR 상용화를 목표로 설립한 EU SMR 산업 연합(Industry Alliance)의 프로젝트 실무 그룹(Project Working Group, PWG) 구성 1차 공모에서 9개의 SMR 프로젝트를 선정함.
 - EU SMR 산업 연합은 올해 6월 PWG 구성을 위한 SMR 프로젝트 1차 공모에 접수된 22개의 신청서를 검토 및 평가하였음.
 - 선정된 9개 프로젝트는 EU-SMR-LFR 프로젝트(이탈리아 원자력기업 Ansaldo Nucleare, 벨기에 원자력연구소 SCK-CEN, 이탈리아 국립 신기술·에너지·지속가능경제개발청 ENEA, 루마니아 원자력연구소 RATEN), CityHeat 프로젝트(프랑스 SMR 개발업체 Calogena, 핀란드 SMR 개발업체 Steady Energy), 프로젝트 Quantum(미국 SMR 개발업체 Last Energy), 유럽 LFR AS 프로젝트(영국 SMR 개발업체 newcleo), Nuward(프랑스 EDF), 유럽 BWRX-300 SMR(폴란드 기업 OSGE), Rolls-Royce SMR(영국 SMR 개발업체 Rolls-Royce SMR Ltd), Nuscale VOYGR SMR(루마니아 원자력공사 RoPower Nuclear SA), Thorizon One project(네덜란드 SMR 개발업체 Thorizon)임.
 - 상기 노형은 LFR(납냉각고속로) 2개, PWR(가압경수로) 5개, BWR(비등경수로) 1개, MSR(용융염원자로) 1개이며, 발전, 지역난방, 산업용으로 활용이 가능함.
 - 9개 SMR 프로젝트는 EU SMR 산업 연합으로부터 직접적으로 자금을 지원받지 않지만, SMR 개발업체, 규제 기관, 공급망 업체 등 다양한 이해관계자 간의 협업을 촉진할 예정임.
 - EC는 이번 1차 공모에서 선정되지 못한 프로젝트들은 2025년 2분기에 예정된 2차 공모에서 새롭게 지원서 제출이 가능하다고 밝힘.

■ 프랑스 Orano, Tricastin 소재 우라늄 농축 시설 확장 기공식 개최

Orano 2024.10.10., Energynews 2024.10.14.

- 2024년 10월 10일 프랑스 핵연료주기기업 Orano는 우라늄 농축 역량 강화와 러시아산 핵연료 의존도 감축을 위해 17억 유로(약 3조 원)¹⁵⁰⁾ 규모의 Georges Besse II 우라늄 농축시설 (Tricastin 부지 소재) 확장 프로젝트 기공식을 개최함.
 - 해당 기공식은 Claude Imauven Orano 이사회 회장, Nicolas Maes Orano CEO, François Lurin Orano 화학-농축 수석 부사장, 지역 관료 등이 참석한 가운데 진행 되었음.
 - Orano는 이번 프로젝트를 통해 Georges Besse II 우라늄 농축시설에 설치된 기존 14기 모듈과 동일한 4기 모듈을 추가 설치함으로써, 기존 750만 SWU(농축서비스단위)의 농축우라늄 생산량을 총 1,000만 SWU로 30% 이상 늘릴 계획임.
 - Georges Besse II 우라늄 농축시설(원심분리 공정)은 Georges Besse I 우라늄 농축시설 (기체확산 공정)을 대체하기 위해 건설되었으며, 2011년 4월 상업 운영을 시작하였음.
 - Orano에 따르면, 첫 번째 신규 농축 우라늄 생산은 2028년, 전체 시운전은 2030년으로 예정됨.
 - 현재 러시아 Rosatom이 세계 농축 우라늄의 43%를 공급하고 있으며, 그 뒤를 영국-네덜란드-독일 그룹인 Urenco Ltd.(31%), 중국 China National Nuclear Corp. (13%), Orano(12%)가 따르고 있음.

■ 프랑스 EDF, 체코 신규 원전 입찰 결과 두고 EU 집행위에 제소

Euractiv 2024.10.07., Nucnet 2024.10.09., 한수원 2024.10.10., UxWeekly 2024.10.14.

- 2024년 10월 8일 EDF는 한국수력원자력(한수원)을 체코 Dukovany 5·6호기 건설 사업의 우선협상대상자로 선정한 체코 전력공사 ČEZ의 결정에 대해 EU 집행위(EC)에 제소함.
 - EDF는 한수원의 입찰가가 원전 1기당 86억 5천만 달러(약 12조 원)로 낮게 제시되어 있어 비용 초과가 발생하는 경우 한국 정부가 보조금을 지원할 수 있다고 우려하며, 한수원의 제안이 EU 법률을 준수하는지 여부를 확인하고 싶다고 밝힘.

150) 유럽 단신 기사 내용 모두 2024년 10월 25일 환율 기준 적용(1파운드=1,790원, 1유로=1,493원, 1달러=1,380원)

- EDF와 미국 Westinghouse는 각각 8월 27일과 26일에 절차적 불공정성과 지적재산권 침해를 이유로 체코 반독점당국(Úřad pro ochranu hospodářské soutěže)에 이의신청을 제기한 바 있음.
- EDF는 2023년 7월부터 시행된 EU의 역외보조금 규정(Foreign Subsidies Regulation, FSR)에 따라 제소 절차를 진행함.
 - FSR은 역외국(제3국) 정부로부터 보조금을 받은 기업이 유럽 역내시장을 왜곡하는 것을 방지하기 위해 마련된 규제임¹⁵¹⁾. EC는 이에 대해 예비 조사를 시행할 수 있으며, 충분한 증거 발견 시 심층 조사를 개시할 수 있음.
- 한수원측은 보도자료를 통해 체코 신규원전사업이 EU FSR 적용대상이 아니며, 해당 사업 입찰과 관련해 입찰결과에 영향을 미칠 수 있는 어떠한 보조금도 지원받지 않았다고 해명하며 EDF 제소 보도에 반박함.
 - ČEZ는 2025년 3월까지 한수원과 정식 계약을 체결할 예정이며, 2029년 착공, 2036년 시운전을 계획함.

■ 스페인 원전운영사 CNAT, 프랑스 Framatome과 Trillo 1호기 핵연료 공급 및 노심관리 서비스 계약 체결

Nucnet 2024.10.05., Framatome, UxWeekly 2024.10.11.

- 2024년 10월 11일 스페인 원전운영사인 CNAT(Centrales Nucleares Almaraz-Trillo)는 자사의 Trillo 1호기(1,003MW, PWR)용 고열 성능(high thermal performance, HTP) 핵연료집합체 및 관련 서비스 장기 공급 계약을 프랑스 원전 장비업체인 Framatome과 체결함.
 - 해당 계약은 2026년부터 2035년까지 총 9개의 HTP 핵연료집합체 납품 및 관련 서비스 제공을 포함하고 있으며, Trillo 원전의 계속운전 시행 시 2035년 이후로 연장이 가능함.
 - Framatome은 CNAT가 자사의 오랜 고객이며, Trillo 1호기가 1980년대 후반 가동을 시작후한 이후로 핵연료를 공급해 왔다고 밝힘.
 - Trillo 1호기는 올해 7월 스페인 원자력안전위원회(CSN)로부터 2034년 11월 16일까지 10년 운영허가 갱신을 승인받음.
 - 1988년 8월에 상업운전을 개시한 해당 원전의 운영허가 만료일은 2024년 11월 17일이었음.

151) Kotra, EU 역외보조금 규정 Q&A

■ 스페인 원자력산업협회, 정부 방폐물 부담금 30% 인상 조치에 법적 소송 제기

Nucnet 2024.06.27., 2024.10.08., Spentfuel 2024.10.11.

- 2024년 10월 4일 Reuters 보도에 따르면, 올해 9월 말 스페인 원자력산업협회(Foro Nuclear)는 정부의 방폐물 부담금 30% 인상 조치에 반대하면서 대법원에 법적 소송을 제기하였음. 현재 원전운영사인 Endesa와 Iberdrola도 각각 대법원에 정부 조치에 대한 법적 소송을 준비 중임.

※ Foro Nuclear는 전력회사, 원전, 부품 제조업체, 원자력 시스템 공급업체, 엔지니어링 업체 등으로 구성된 민간 비영리 단체임.

- 올해 6월 스페인 정부는 저장 및 폐기 비용 상승으로 인해 원전운영사가 납부해야 할 방폐물 부담금을 MWh당 7.98유로(약 1.1천 원)에서 10.36유로(1.5만 원)로 30% 인상하였음.
 - 해당 부담금은 스페인 방폐물관리공사(Enresa)가 방폐물 관리 운영 기금으로 사용함.
 - Foro Nuclear에 따르면, 이번 정부의 부담금 조치로 스페인 원전업체가 지금까지 지급한 4억 5천만 유로(약 6,721억 원)에 약 1억 3천만 유로(약 1,942억 원)를 더한 5억 8천 5백만 유로(약 8,737억 원)를 연간 납부하게 될 것으로 전망됨.
- Foro Nuclear는 이러한 정부 발표에 대해 방폐물 부담금 인상이 자국 원전 가동을 위협하고 있으며, EU 회원국들이 에너지 전환에 기여하는 원자력을 활용하고 있는 반면, 스페인은 이와 반대로 가고 있다는 입장문을 발표함.
 - Foro Nuclear는 계속운전을 시행하면 방폐물 부담금 인상 없이도 Enresa가 관리하는 방폐물 관리 운영 기금이 늘어날 것이라고 밝힘.
- 한편, 올해 2월 Foro Nuclear는 스페인 정부의 제7차 방폐물 계획에 따른 방폐물 부담금 인상 조치에 반대하며 이에 대한 행정 소송을 제기한 바 있음.
 - 2023년 12월 스페인 각료회의는 사용후핵연료 및 고준위폐기물 전용 중앙집중식 중간 저장시설(ATC) 건설을 취소한 생태전환인구과제부(MITECO)의 제7차 방폐물 계획(Plan General de Residuos Radiactivos, PGRR)을 승인하면서, 2035년까지 가동 중인 5개 원전(총 7기)(Almaraz 1·2호기, Valldellós 2호기, Ascó 1·2호기, Cofrentes, Trillo 1호기)에 대한 단계적 폐쇄 시행을 공식화하였음.
 - 제7차 PGRR에 따르면, 방폐물 관리 및 해체 비용은 약 202억 유로(약 30.1조 원)로 추산되며, 이는 방폐물의 발생자부담원칙(polluter pays principle)에 따라 원전운영사가 조성한 Enresa의 기금으로 충당될 예정임.

■ 슬로바키아, 미국 NEXT 프로젝트를 통해 SMR 부지 선정 관련 약 69억 원 지원 수혜

Gov.UK 2024.09.25., World Nuclear News 2024.09.26., Nuclear Engineering International 2024.10.01.

- 2024년 9월 25일 슬로바키아 원전운영사 Slovenské elektrárne와 자국 컨소시엄 파트너들은 미국 NEXT(Nuclear Expediting the Energy Transition) 프로젝트를 통해 SMR 부지 선정에 500만 달러(약 69억 원)의 보조금을 지원받음.
 - 미국 NEXT 프로젝트는 SMR의 책임 있는 사용을 위한 기초 인프라 정책(Foundational Infrastructure for Responsible Use of Small Modular Reactor Technology, 'FIRST')에 따라 적격 파트너 국가에게 SMR 지원을 제공하는 하위 프로그램임.
 - 2023년 9월 루마니아에서 열린 삼해 이니셔티브(Three Seas Initiative) 정상회의에서 John Kerry 미국 대통령 기후 특사가 해당 프로젝트를 발표한 바 있음.
 - 해당 보조금은 SMR 기술 및 규제 요건에 대한 컨설팅 서비스, 대학 및 원자력 시설과의 협력, SMR 도입 전략에 사용될 수 있음.
 - 슬로바키아 컨소시엄 파트너는 경제부, 공과대학교, 원자력규제청, 송전망운영사, 엔지니어링 기업 VUJE, 철강기업 US Steel Košice으로 이루어짐.
 - 이에 앞서 슬로바키아는 미 국무부의 FIRST 프로그램을 통해 2023년 석탄화력발전소 부지 내 SMR 도입 관련 타당성 조사에 200만 달러(약 28억 원)를 지원받은 바 있음.
 - Slovenské elektrárne는 후보부지 선정 후 부지 심층 조사를 수행할 계획임.
 - Denisa Saková 슬로바키아 부총리 겸 경제부 장관은 원자력이 산업 탈탄소화 및 기후 목표 달성뿐만 아니라 에너지 안보에 기여할 것이기 때문에 에너지 부문에서 가장 중요한 주제라고 발언함.
 - 현재 슬로바키아는 Rosatom이 설계한 VVER 노형이 적용된 Bohunice 3·4호기(각 500MW, PWR)와 Mochovce 1·2호기(각 500MW, PWR)는 가동 중이며 및 3호기(471MW, PWR)는 전력계통에 연계되었음. Mochovce 4호기(471MW, PWR)는 건설 중임.

기타 단신

■ 프랑스, 네덜란드와 원자력 협력 협정 체결

energynews.pro 2024.10.16., Nucnet 2024.10.18.

- 2024년 10월 14일 Agnès Pannier-Runacher 프랑스 생태 전환·에너지 및 기후변화부 장관과 Sophie Hermans 네덜란드 제2부총리 겸 기후·녹색성장부 장관은 벨기에에서 열린 EU 환경 이사회의 부대행사에서 신규 원자력 용량 구축, 유럽 공급망 강화 등의 내용을 담은 원자력 협력 협정을 체결함.
 - 이번 협정은 2023년 4월 12일에 양국이 체결한 1차 협정 이후 에너지 협력 심화를 목적으로 함.
 - 프랑스 정부는 법적 구속력이 없는 이번 협정은 양국이 원자력 분야에서 협력하겠다는 정치적 약속을 의미한다고 밝힘.
 - 양국 장관은 원자력을 생태 전환 달성의 수단으로 간주하고, 안전 규제기관의 협력, 연구 개발, 방폐물 관리, 원전 해체, 핵연료 공급, 인적자원 개발 등에 협력할 계획을 밝힘.

■ 미국 Last Energy, 영국 웨일스의 폐쇄 석탄발전소 부지에 초소형 원자로 4기 건설 계획 발표

World Nuclear News 2024.10.15., Nuclear Engineering International 2024.10.18., UxWeekly 2024.10.22.

- 2024년 10월 16일 미국 SMR 개발업체 Last Energy는 웨일스 Bridgend 카운티에 위치한 폐쇄된 Llynfi 석탄화력발전소 부지에 20MW 규모의 초소형 원자로(PWR-20) 4기 건설 계획을 발표함.
 - Last Energy의 자회사인 Last Energy UK는 해당 부지 관리권을 확보하고 부지 조사 및 필수 계획 절차에 들어갔으며, 인허가 승인 취득 후 2027년 첫 번째 초소형 원자로 발전소 가동을 목표로함.
 - 이를 위해 Last Energy UK는 영국 원자력규제청, 웨일스 천연자원부, 웨일스 기획·및 환경 결정부, 환경청 등과 지속적으로 협력할 계획임.
 - Last Energy UK는 공공 자금은 필요하지 않지만, 부품, 서비스, 기타 개발 관련 활동에 총 3억 파운드(약 5,372억 원)의 자본 투자가 필요할 것으로 예상함.

■ 핀란드 Steady Energy, Kerava 지역 에너지기업과 지역난방용 SMR 사업 협력

Nucnet 2024.10.10., UxWeekly 2024.10.14.

- 2024년 10월 10일 핀란드 SMR 개발업체인 Steady Energy는 지역 에너지 공기기업인 Keravan Energia와 지역난방용 SMR 사업 개발을 위한 파트너십 협약을 체결함.
 - Steady Energy는 이로써 핀란드 남부 도시인 Kerava가 중남부 도시 Kuopio와 남부 수도인 Helsinki에 이어 지역난방용 SMR 발전소를 고려하는 세 번째 도시가 되었다고 밝힘.
 - Steady Energy는 해당 사업이 투자로 이어질 경우 2029년 착공, 2032년 지역난방 운영이 가능할 것으로 예상함.
 - 이번 협약은 Kerava 내 SMR 도입 타당성을 평가하기 위한 첫 번째 단계로, 향후 부지 적합성, 구역 설정, 인허가, 기술적·경제적 실행 분석이 진행될 예정임.

■ 이탈리아, 신규 원자로 건설 관련 Westinghouse 및 EDF와 논의 중

Reuters 2024.10.10.

- 2024년 10월 17일 Gilberto Pichetto Fratin 이탈리아 에너지부 장관은 첨단 원자로 건설을 담당할 국영 기업의 잠재적 파트너 기업으로 미국 Westinghouse 및 프랑스 EDF와 논의 중이라고 밝힘.
 - Fratin 에너지부 장관은 원자력 발전 투자는 여러 국제 기업과의 협력이 필요하다고 발언함.
 - EDF는 이탈리아 자회사인 Edison을 통해 이탈리아 기업 및 기관과 협상 중임을 밝힘. 올해 7월에 EDF와 EDF는 이탈리아 국영기업인 Ansaldo Nucleare 및 철강산업협회 (Federacciai)와 SMR 건설 촉진을 위한 양해각서를 체결한 바 있음.
 - Fratin 장관은 올해 말까지 신규 원자로 도입을 허용하고 원자력 개발 금지를 해제하는 규정 초안을 작성할 계획이라고 언급함.

주요단신

Asia

아시아



▣ 카자흐스탄, 원전 도입 국민투표 약 71% 찬성

World Nuclear News 2024.10.07., Nucnet 2024.10.07., Ux Weekly 2024.10.07.,
Central Election Commission of the Republic of Kazakhstan 2024.10.08., The Astana Times 2024.10.08.

- 2024년 10월 8일 카자흐스탄 중앙선거관리위원회는 공식 발표 회의에서 6일에 실시된 카자흐스탄의 원전 도입 찬반 국민투표 결과와 관련해 정부의 신규 원전 도입 계획을 지지한 응답자가 71.12%에 달한다고 발표함.

- 이번 투표와 관련해 카자흐스탄 중앙선거관리위원회는 유권자 1,228만 명 중 절반을 넘는 782만 명(63.66%)이 국민투표에 참여한 것으로 집계되어 투표 결과가 유효하다고 밝힘.
 - 카자흐스탄 중앙선거관리위원회의 Nurlan Abdirov 위원장은 이번 국민투표 결과가 유효하기 위해서는 과반수의 찬성표가 필요했다고 밝힘.
- 중앙선거관리위원회에 따르면 정부가 향후 원전 건설 계획과 일정을 구체적으로 제시하지는 않았으나, 카자흐스탄 Kassym-Jomart Tokayev 대통령이 글로벌 기업들로 구성된 국제 컨소시엄 참여를 바탕으로 여러 국가의 기업들과 협력하는 방안을 제시함.
 - 2023년 카자흐스탄 에너지부 Almasadam Satkaliyev 장관은 한국, 중국, 프랑스, 러시아로부터 자국 내 첫 원전 건설 제안을 받았다고 언급함.
- 카자흐스탄 국립 원자력센터의 관계자에 따르면 자국 내 첫 원전 건설과 관련한 주요 후보 부지로 남동부 Almaty 지역의 Lake Balkhash 호수 부근에 위치한 Ulken 부지를 고려 중이며, 이는 최종 결정된 것이 아니므로 변경될 가능성이 있음.
 - 카자흐스탄의 원전 건설과 관련한 초기 추정에 따르면 원전 건설에 약 100억~120억 달러(약 14조~17조 원)¹⁵²⁾가 소요될 것임.
- 2024년 1월 Tokayev 대통령은 카자흐스탄이 노후화된 석탄발전에 의존하고 있어 전력 공급의 안정성에 문제가 발생하고 있으므로 안정적인 전력 공급을 목표로 카자흐스탄 정부

152) 아시아 단신 내용(일본 제외) 모두 2024년 10월 25일 환율 기준 적용(1달러=1,381원)

및 관련 부처에 원전 건설 계획 추진을 지시함.

- IEA에 따르면 카자흐스탄은 석탄, 원유, 천연가스를 생산하는 중요 국가이자 주요 에너지 수출국으로 석탄이 전원 구성에서 가장 큰 비중을 차지하고 있으며, 재생에너지의 비중이 점차 증가하는 추세임.

■ 중국, Zhangzhou 1호기 연료장전 시작...2024년 말까지 상업운전 목표

Ux Weekly 2024.10.14., Nucnet 2024.10.14.

- 2024년 10월 14일 중국 CNNC는 동부 Fujian 성에 중국이 자체 개발한 HPR-1000 원자로를 적용한 Zhangzhou 1호기(1,212MW, PWR)에 177개의 연료 집합체를 장전했으며, 2024년 말까지 상업운전을 목표로 한다고 밝힘.
 - Zhangzhou 1호기는 2019년 10월 16일에 착공하였으며, 중국 생태환경부는 2024년 10월 12일 해당 원전의 운영허가를 발급함.
 - CNNC에 따르면 Zhangzhou 원전 프로젝트는 총 HPR-1000 6기 건설을 계획 중이며, Zhangzhou 1~4호기(총 4,852MW)는 착공함.
 - Zhangzhou 2·3·4호기는 각각 2020년 9월 4일, 2024년 2월 22일, 2024년 9월 27일에 착공함.
 - 2호기의 상업운전은 2025년, 3호기의 상업운전은 2029년에 시작할 예정임.

■ 일본 사용후핵연료 중간저장시설, 운영 시기 11월 20일로 재연기

세계원전시장 인사이트 2024.08.09./08.23./09.27., ABA青森朝日放送 2024.10.04., 新潟日報 2024.10.05.
 リサイクル燃料貯蔵株式会社 'リサイクル燃料備蓄センターにおける 使用済燃料の貯蔵について' 2024.06.06.

- 10월 4일 일본 아오모리현 내 사용후핵연료 중간저장시설 '리사이클 연료 비축센터'의 운영자인 RFS(Recyclable - Fuel Storage Company)는 시설 운영 전 철저한 자체 검사와 규제위의 확인 절차로 인해 시설 운영을 기존에 계획한 10월 31일에서 11월 20일로 재연기한다고 밝힘.
 - '리사이클 연료 비축센터'는 일본에서 유일한 원전 부지 외 사용후핵연료 보관 시설임. 시설 운영자인 RFS*는 도쿄전력과 일본원자력발전에서 발생한 사용후핵연료는 재처리 전까지 '리사이클 연료 비축센터'에서 건식 저장 방식으로 일시 보관됨.
 - ※ 도쿄전력과 일본원자력발전의 자회사임.

- 센터는 총 두 동으로 구성되며 RFS는 1동만 완공되었고, 2동은 차후 건설 예정임. 1동에서는 사용후핵연료를 약 3천 톤, 2동에서는 약 2천 톤을 보관할 수 있음.
- 11월 20일 운영을 계획 중인 1동은 2010년 착공해 2013년 완공되어 2014년 1월 신규제 기준 적합성 심사*를 신청, 2020년 11월 11일 안전심사, 2022년 8월 16일 공사계획심사, 2023년 8월 29일 보안 규정 심사를 모두 통과함.
 - ※ 적합성 심사는 안전심사, 공사계획인가 심사, 보안규정 인가 심사로 구성됨.
- RFS는 시설 운영을 위해 2024년 8월 9일 해당 시설이 위치한 광역지자체 아오모리현, 기초지자체 무쓰시와 3자 간 안전협정**을 체결함. 9월 12일에는 자체 검사와 규제위의 확인 절차 일정을 이유로 운영 시기를 기존 9월 말에서 10월 31일로 한차례 연기함.
 - ※ 안전협정은 사업자와 시설이 위치한 광역지자체·기초지자체, 또는 주변 기초지자체 등이 체결하는 협정으로 주민의 안전 확보를 목적으로 한 신사협정(법적 구속력은 없지만, 신의에 기초한 준수율 약속한 합의임).
- 아오모리현과 무쓰시는 중간저장시설에 보관되는 사용후핵연료에 대해 우라늄 1kg당 연간 620엔(약 6천 원)을 각각 과세함¹⁵³⁾.
- 9월 26일 ‘리사이클 연료 비축센터’에는 도쿄전력 가시와자키 가리와 4호기(1,100MW, BWR)의 사용후핵연료 69개 다발이 저장된 전용 용기 1개가 반입됨. 시설은 RFS의 반입 용기 자체 검사와 규제위의 검사 적절성 확인 절차를 거쳐 규제위가 RFS에 사용전 확인증을 발급하면 정식으로 운영을 시작할 수 있음.

그림 1 사용후핵연료 중간저장시설 저장용기 반입 후 정상 운영까지의 절차



자료: 리사이클燃料貯蔵株式会社 ‘リサイクル燃料備蓄センターにおける 使用済燃料の貯蔵について’ (2024.06.06.)을 토대로 편집·작성

153) 일본 단신 기사 내용 모두 2024년 10월 24일 환율 기준 적용(100엔=약 907원)

▣ 일본 미하마 3호기, 신 규제 적용한 계속운전 안전성 평가서 제출

原子力規制庁 '長期施設管理計画の認可制度に関するQ&A' 2023.07.13., 原子力産業協会 2024.09.12., 日本経済新聞 2024.10.10., 福島新聞 2024.10.11., 共同通信, 関西電力 2024.10.15., 原子力産業協会 2024.10.15.

■ 일본 간사이전력은 2025년 6월 6일 새로운 계속운전 안전성 평가 제도 시행 후 미하마 3호기(826MW, PWR)를 상업운전일로부터 50년까지 운영하기 위해 10월 15일 안전성 평가 신청서를 규제위에 제출함.

- 신규제에서는 정식 제도 시행 전 2025년 6월 6일 기준 상업운전일로부터 30년~39년 운영한 원전은 40년까지, 40~49년은 50년까지, 50~59년은 60년까지로 운영 기간을 재설정 한 후 해당 기간에 대한 원전 안전성 평가서를 규제위에 제출해 인가받아야 함.
 - 미하마 3호기는 1976년 12월 1일 상업운전을 시작해 2016년 11월 16일 계속운전을 인가 받아 60년까지 가동할 수 있지만, 새로운 제도가 시행되면 해당 효력이 상실됨.
 - 이에 따라 간사이전력은 미하마 3호기가 2025년 6월 6일에 운영 48년이 되므로 50년까지 운영하기 위한 안전성 평가 신청서를 규제위에 제출함.
- 한편, 같은 날 간사이전력은 미하마 3호기 원자로 보조 건물 내에 2차 계통 배관에서 구멍이 발생하고 배관 두께가 변화해 가동을 정지함. 향후 배관을 교체하고 상세 원인을 조사할 예정임.
 - 문제가 발생한 배관의 원래 지름은 60cm, 두께는 12mm임. 10월 5일 오후 7시경 운전원이 배관 외부에 소금 부착을 확인하여 해수 누수 가능성을 의심해 초음파 검사를 시행한 결과 지름 3mm와 6mm의 구멍 두 개를 발견했고, 배관 두께도 얇아져 가장 얇아진 곳이 2.7mm이었음.
 - 해당 문제로 인해 간사이전력은 10월 10일 조만간 원전 가동을 중단할 예정이라고 발표함. 미하마 3호기는 2024년 2월 예방정비를 마치고 재가동해 2025년 3월 예방정비에 들어갈 계획이었음.

▣ 일본 다카하마 1호기, 11월 14일로 일본 최초 운영 50년 맞이해

原子力規制庁 '長期施設管理計画の認可制度に関するQ&A' 2023.07.13., 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., 関西電力 '高浜発電所 1号機の高経年化対策に係る原子炉施設保安規定の変更認可申請について' 2023.11.02., 関西電力 '高浜1号機および2号機の安全対策および高経年化対策について' 2023.12.27., 原子力規制庁 '原子力発電所60年超運転に対する原子力規制庁の対応' 2024.09.05., 原子力産業新聞, NHK, 読売新聞, 関西電力 2024.10.16., 日本経済新聞 2024.10.17.

■ 10월 16일 원자력규제위원회는 간사이전력이 다카하마 1호기(826MW, PWR)의 설비 건전성

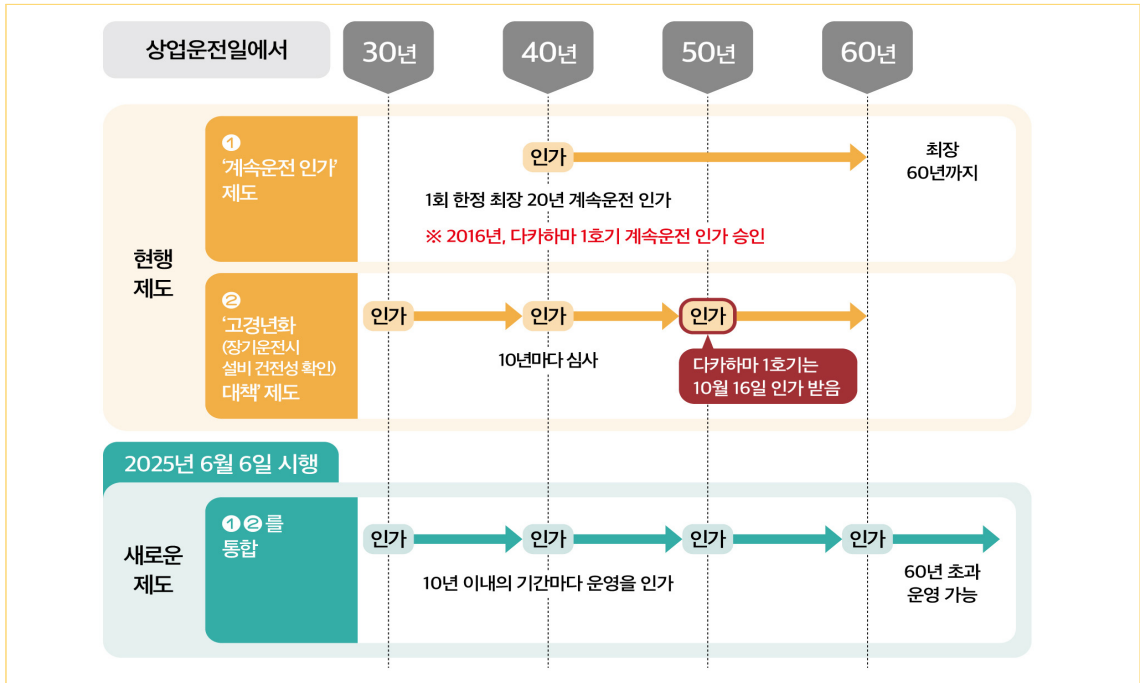
확인 결과를 반영한 설비 관리 방침*을 인가함. 다카하마 1호기는 현재 상업운전 중이며 2025년 11월 14일로 일본 최초로 운영 50년을 맞이함.

* 정식명은 보안규정(保安規定)으로, 간사이전력은 보안규정 변경 인가를 규제위에 신청하여 인가 받았음.

- 다카하마 1호기는 1974년 11월 14일 상업운전을 시작해, 2016년 6월 20일 현행 계속운전 제도에 따라 상업운전일에서 60년 가동을 인가받았음.
- 현행 제도에서는 계속운전 인가(License Renewal, LR)와 별개로 원전을 30년 이상 가동할 시 고령년화 기술평가제도(Plant Life Management, PLM)에 따라 가동 30년 시점부터 10년 주기로 안전상 중요한 설비의 건전성을 예측하고, 해당 결과를 토대로 기존 설비 관리 방침 내용을 수정해 규제위의 인가를 받아야 함.
- 간사이전력은 2023년 11월 PLM 제도에 따라 다카하마 1호기를 50년을 초과해 계속운전 인가 만료일인 60년까지 가동했을 시 설비의 건전성을 예측하는 평가를 시행하고, 해당 결과를 토대로 시행해야 할 대책을 설비 관리 방침에 반영해 규제위에 제출함.

■ 한편, 일본에서는 2025년 6월 6일 새로운 안전성 평가 제도가 시행되어 기존에 다카하마 1호기가 받은 60년 계속운전 인가 효력이 상실됨. 새 제도 시행일 이후에도 다카하마 1호기의 운영을 지속하려면 제도 시행일 전 새 제도에 따라 재차 설비 관리 계획을 규제위에 제출해 인가받아야 함.

그림 1. 일본 원전 장기 운전에 대한 규제



자료: 読売新聞 '関西電力・高浜原発1号機、初の「50年超」運転へ…規制委が「保安規定」を認可'(2024.10.16.)을 토대로 편집·작성

■ 일본 규제위, 개량형 경수로 신규제 검토 위한 회의 구성

日本經濟新聞 2024.10.01.

- 10월 9일 일본경제신문 보도에 따르면 원자력규제위원회는 선진 원자로 중 하나인 개량형 경수로*와 관련해 추가 규제 기준 도입 필요성을 검토하기 위하여 원자로 제조 기업 등 관련자 의견 청취 회의를 구성하기로 결정함.

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

- 위원들은 현재의 신규제 기준으로 새로운 원자로에 대한 대응이 불충분할 수 있다며 올해 안으로 회의를 구성해, 첫 회의를 개최하기로 결정함. 규제위는 해당 회의를 통해 1년간 기업 측의 개량형 경수로 개발 상황·규제 관련 의견을 청취한 후 신규제 기준 보완 점을 검토할 예정임.

■ 일본 하마오카 3·4호기, 최대 지진 해일 높이 25.2m로 가정

毎日新聞 2024.10.12.

- 10월 11일 규제위는 주부전력이 하마오카 3·4호기에 도달할 최대 지진해일의 높이로 제시한 25.2m가 타당하다고 인정함.

- 주부전력은 해당 높이에 대해 난카이 해곡 지진과 원전의 서쪽 약 68km 떨어진 엔슈나다(遠州灘·서북태평양 필리핀해에 위치한 해역)에서 해저 산사태가 연속으로 발생할 때 지진해일이 최대 규모일 것으로 가정하여 설정했다고 밝힘.
- 한편, 주부전력은 하마오카원전에 도래 가능성이 있는 지진해일을 기존에 높이 22m로 가정해 방조제를 설치하여, 향후 방조제 추가 공사를 진행해야 함.

■ 일본 도쿄전력, 후쿠시마 제1원전 6차 오염수 방류 시작

세계원전시장 인사이트 2024.05.03., 福島テレビ 2024.10.14./10.15., 東京新聞, 時事通信 2024.10.17., 東京電力 웹사이트 2024年度の放出実績 최종 검색 2024.10.22.

■ 10월 17일 일본 도쿄전력은 후쿠시마 제1원전에서 2024년도(2024.4~2025.3) 6차 오염수 해양 방류를 시작했으며 11월 4일까지 총 약 7,800톤을 방류할 계획이라고 밝혔다.

- 2023년 8월 시작된 첫 방류 기준으로는 10번째 방류로 도쿄전력은 2024년도에 7회에 걸쳐 총 약 5만 4,600톤 방류를 계획 중임.
- 한편, 도쿄전력은 2024년도 5차 오염수 해양 방류를 9월 26일부터 10월 14일까지 시행했고, 총 약 7,800톤의 오염수를 해양 방류함. 2023년 8월 첫 해양 방류부터 2024년 5차 해양 방류까지 도쿄전력이 방류한 양은 누계 약 7만 5백 톤임.

World Nuclear Power Market
INSIGHT



세계원전시장
인사이트