

세계원전시장 인사이트

World Nuclear Power Market INSIGHT



현안이슈

세계 원전정책 동향 업데이트

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

주요단신

북미

86

- 미국, 상업원전지원 기준 공개...일부 연구정지 계획 원전 일정 고수
- 미국 NuScale, 국내 3사 및 자국 단조기업들과 SMR 개발 협력
- 미국 고온원자로 개발업체 Kairos, 관계사들과 협력하여 컨소시엄 설립
- 기타단신

유럽

91

- 체코 ČEZ, 2024년부터 Telemin 원전용 러시아산 핵연료 대체
- 한수원, 폴란드에 원전 6기 건설 제안
- 리투아니아, Ignalina 원전 사용후핵연료 인출 작업 완료
- 프랑스, 마크롱 대통령 연임 성공...원자력 부문 지원 전망
- IAEA, 우크라이나 Zaporizhzhia 원전 안전성에 우려 표명
- 기타단신

아시아

97

- 일본 경제산업성, 전문가워킹그룹 설치해 차세대 원전 관련 논의 시작
- 일본 Mitsubishi 중공업, 2030년대 상용화 목표로 초소형 원자로 개발 착수
- 일본 규제위, 후쿠시마 오염수 방류 심사 실질적 종료
- 일본 올겨울 동절기 전력 수급 전망...도쿄 구역 예비율 마이너스 예측
- 중국, 신규 원전 6기 건설 승인
- 기타단신

세계원전시장 인사이트

World Nuclear Power Market **INSIGHT**

Biweekly 격주간 2022 04.29

※ 본 간행물은 한국수력원자력(주) 정책과제의 일환으로 발행되었습니다.

발행인	임춘택		
편집인	박찬국	green@keei.re.kr	052-714-2236
	조주현	joohyun@keei.re.kr	052-714-2035
	남경식	ksnam@keei.re.kr	052-714-2192
	신재정	jjshin@keei.re.kr	052-714-2054
	김선진	sunjin@keei.re.kr	052-714-2018
	김수린	ksr626@keei.re.kr	052-714-2095
	한지혜	jhhan@keei.re.kr	052-714-2089
	김유정	yjkim@keei.re.kr	052-714-2294
	이선미	smlee11@keei.re.kr	052-714-2151
디자인·인쇄	효민디앤피		051-807-5100

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



세계 원전정책 동향 업데이트

에너지경제연구원 원자력정책연구팀

조주현 연구위원 (joohyun@keei.re.kr),

김수린 전문연구원 (ksr626@keei.re.kr),

한지혜 전문원 (jhhan@keei.re.kr),

김유정 위촉연구원 (yjkim@keei.re.kr),

이선미 위촉연구원 (smlee11@keei.re.kr)

1. 세계 원전 현황¹⁾

1) 운영 현황

■ 2022년 4월 4일 기준 전 세계 33개 국가²⁾에서 441기의 원자로가 운영 중에 있으며, 총 설비용량은 393.5GW임.

- 지역별로는 북미 112기, 극동아시아 114기, 서유럽 100기, 중앙&동유럽 74기, 중동 및 남아시아 32기, 남미 7기, 아프리카 2기가 운영 중임.
- 노형별로는 PWR 306기, BWR 61기, PHWR 48기, GCR 10기, LWGR 12기, FBR 3기 순임.

■ 2000년 이후 원전 설비용량의 추이를 살펴보면 2018년까지 꾸준히 증가하였으나 최근 들어 다소 감소 추세에 있으며, 원자로 수 측면에서는 2013년부터 증가하였으나 이 역시 2018년부터 다소 감소하였음. 그러나 2022년 4월 기준 원전 설비용량과 원자로 수 모두 소폭 증가한 것으로 나타남.

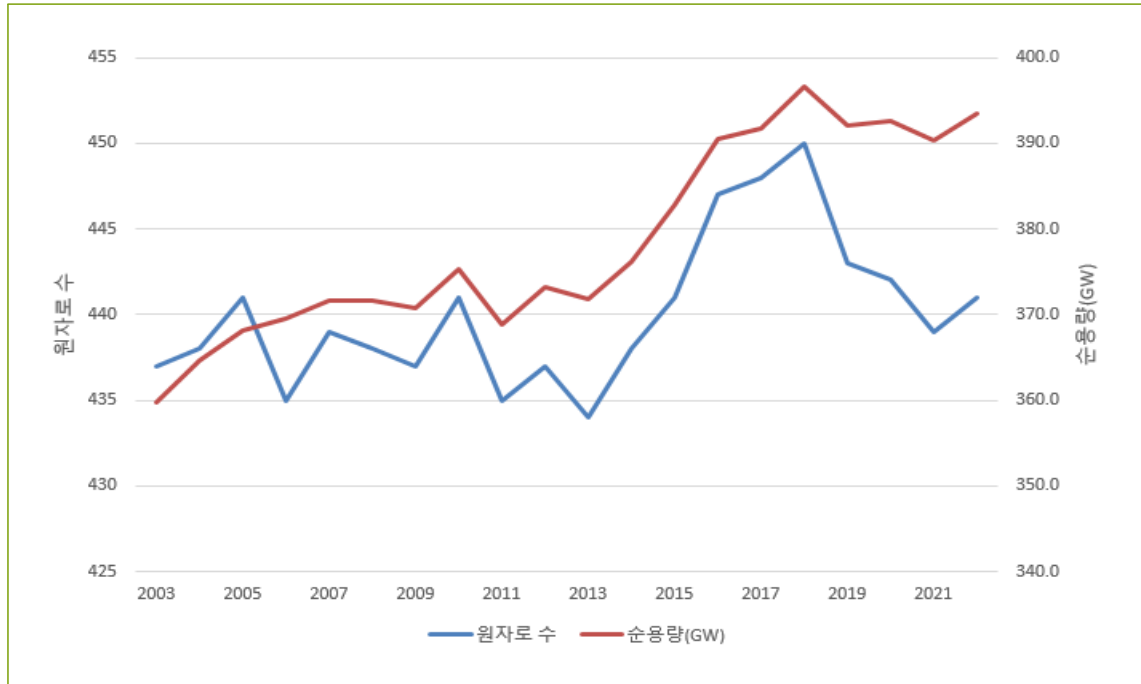
- 최근에도 중국, 러시아 등에서 신규건설이 꾸준히 진행되고 있지만, 2018년 대비 2020년에 일본에서 9기, 미국 3기가 중지되면서 감소세로 전환되었음.

■ 국가별로는 미국이 93기(95.5GW)로 가장 많으며, 프랑스 56기(61.4GW), 중국 54기(51.1GW), 일본 33기(31.7GW), 러시아 38기(28.6GW), 한국 24기(23.1GW) 순임.

1) <https://www.iaea.org/pris/>(검색일 : 2021.04.21.)를 참고하여 작성되었음.

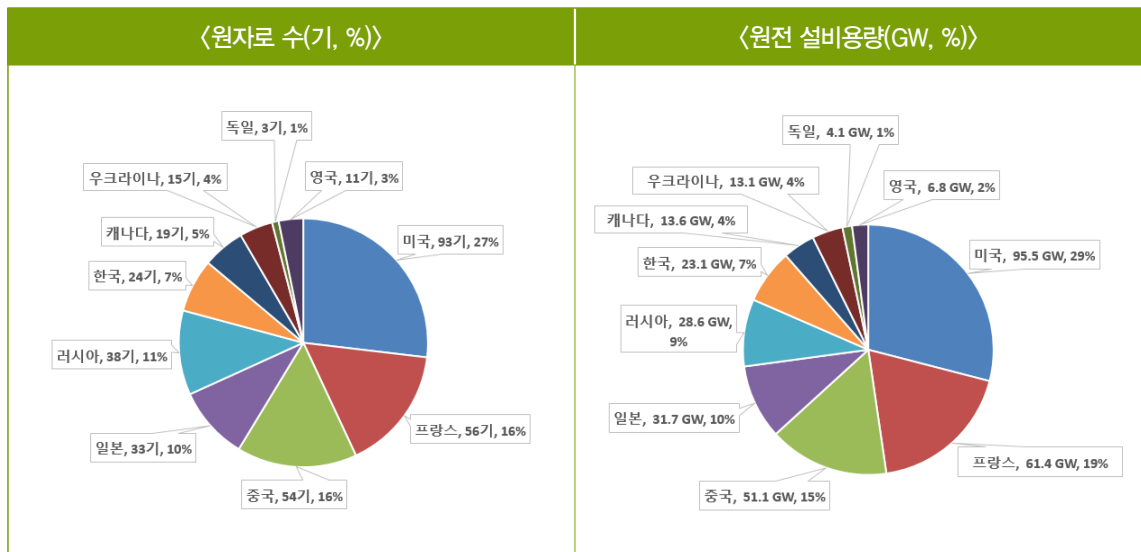
2) 대만을 포함하지 않을 경우 32개국임.

〈원자로 수 및 용량 추이〉



자료: IAEA PRIS(검색일 : 2022.04.11.)

〈주요 국가별 원전 운영 현황〉

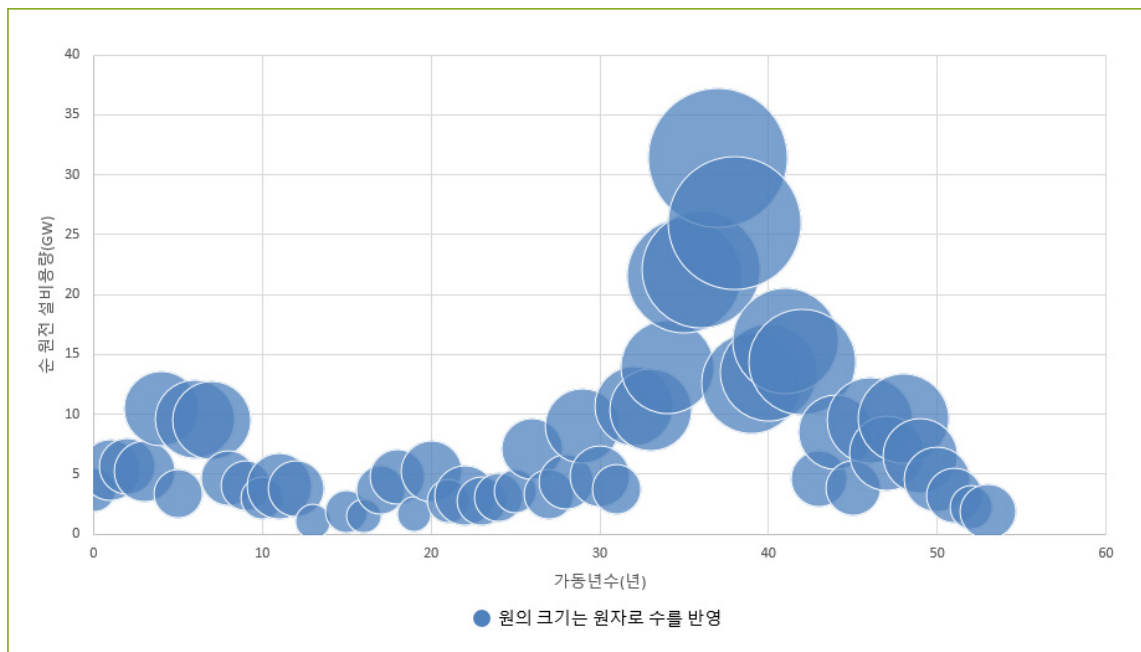


자료: IAEA PRIS(검색일 : 2022.04.11.)

■ 전체 원전의 평균 가동년수는 31.4년으로 전반적으로 노후화가 진행 중임.

- 가동년수가 10년 미만인 원자로는 62기, 10년 이상 20년 미만인 원자로가 33기, 20년 이상 30년 미만인 원자로가 50기, 30년 이상 40년 미만인 원자로가 163기, 40년 이상 50년 미만인 원자로가 113기, 50년 이상인 원자로가 20기로, 30년 이상된 원자로가 전체의 67%를 차지함.
- 1990년 기준 전체 원전의 가동년수 평균은 10.8년(총 416기), 2000년 기준 18.4년(총 435기), 2010년 기준 25.8년(총 441기)임.

〈2022년 세계 원전 가동년수 분포〉



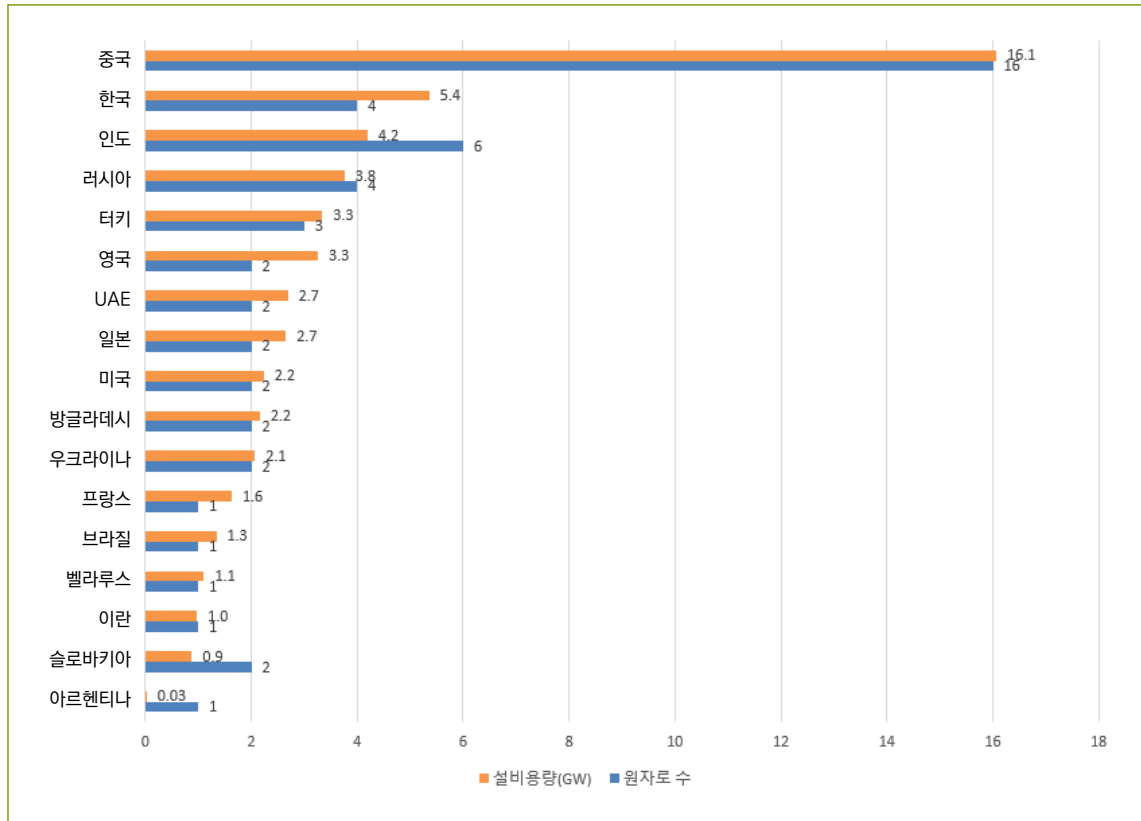
자료 : IAEA PRIS(검색일 : 2022.04.11.)

2) 건설 현황

■ 2022년 4월 기준 전 세계 17개 국가에서 52기의 원자로가 건설 중에 있으며, 건설 중인 원자로의 총 설비용량은 약 53.7GW임.

- 중국이 16기의 원자로를 건설 중에 있으며, 인도가 6기, 한국이 4기, 러시아가 4기, 터키가 3기의 원자로를 건설 중임.

〈국가별 원전 건설 현황〉



자료 : IAEA PRIS(검색일 : 2022.04.11.)

*일본의 경우 현재 3기가 건설 중이나, IAEA 자료에서는 히가시도리 원전을 제외하고 2기로 표기됨.

3) 폐쇄 현황

■ 2022년 4월 기준 전 세계 22개국³⁾에서 199기, 총 95.3GW의 원자로가 폐쇄되었음.

- 현재 원전 운영국 33개국 중 22개국에서 총 199기의 원자로가 폐쇄되었음. 미국이 40기의 원자로를 폐쇄하였고 영국이 34기, 독일이 30기, 일본이 27기, 프랑스가 14기의 원자로를 폐쇄하였음. 이어 러시아가 9기, 스웨덴이 7기, 캐나다가 6기의 원자로를 폐쇄하였음.
- 이탈리아(4기), 리투아니아(2기), 카자흐스탄(1기)은 현재 운영하였던 모든 원전을 폐쇄하였고, 운영 중인 원전은 없음.

3) 대만을 제외할 경우 21개국임.

〈IAEA 발표 기준 국가별 원전 운영·건설·폐쇄 현황(2022.4)〉

(단위 : 개수, MW)

구분	국가	운영 중		건설 중		폐쇄	
		원자로	설비용량	원자로	설비용량	원자로	설비용량
원전 운영국가	미국	93	95,523	2	2,234	40	19,171
	프랑스	56	61,370	1	1,630	14	5,549
	중국	54	51,109	16	16,063		
	러시아	38	28,578	4	3,759	9	3,032
	일본	33	31,679	2	2,653	27	17,119
	한국	24	23,091	4	5,360	2	1,237
	인도	23	6,885	6	4,194		
	캐나다	19	13,624			6	2,143
	우크라이나	15	13,107	2	2,070	4	3,515
	영국	11	6,848	2	3,260	34	6,790
	스페인	7	7,121			3	1,067
	벨기에	7	5,942			1	10
	독일	3	4,055			30	22,180
	스웨덴	6	6,882			7	4,054
	체코	6	3,934				
	파키스탄	6	3,256			1	90
	스위스	4	2,960			2	379
	핀란드	5	4,394				
	헝가리	4	1,914				
	슬로바키아	4	1,868	2	880	3	909
	대만	3	2,859			3	2,193
	아르헨티나	3	1,641	1	25		
	UAE	2	2,690	2	2,690		
	불가리아	2	2,006			4	1,632
	브라질	2	1,884	1	1,340		
	남아공	2	1,860				
	멕시코	2	1,552				
	루마니아	2	1,300				
	벨라루스	1	1,110	1	1,110		
	이란	1	915	1	974		
	슬로베니아	1	688				
	네덜란드	1	482			1	55
	아르메니아	1	415			1	376
신규 원전 건설국가	터키			3	3,342		
	방글라데시			2	2,160		
원전 폐쇄 국가	이탈리아					4	1,423
	리투아니아					2	2,370
	카자흐스탄					1	52
Total		441	393,542	52	53,744	199	95,346

자료 : pris.iaea.org(검색일 : 2022.04.11.)의 자료를 바탕으로 재구성

*일본의 경우 현재 3기가 건설 중이나, IAEA 자료에서는 히가시도리 원전을 제외하고 2기로 표기됨.

2. 북미

● 미국

■ 현황

- 미국은 현재 93기의 원자로(95,523MW)를 가동 중이며, 40기의 원자로(19,171MW)가 영구 정지되었으며, 2기의 신규 원전(2,234MW)을 건설 중임.
 - 2013년 Vogtle 3·4호기를 착공하였으나 건설 비용 문제 등으로 수년째 상업운전이 지연되고 있음.
- 2020년 미국의 총 발전량은 4,265.4TWh로, 가스 39%, 석탄 20%, 원자력 19%, 풍력·태양광·지열 등 12%, 수력 7% 등임.⁴⁾

■ 원자력 관련 주요 정책

- Biden 행정부, 원전 개발·차세대 원자로 등 포함한 에너지 발전 법안 통과
 - 2021년 11월 15일, Biden 대통령은 1조 2000억 달러(약 1,417조 원)⁵⁾ 규모의 투자계획 법안인 ‘인프라 투자와 일자리 법안(Infrastructure Investment and Jobs Act, IIJA)’에 서명하고, 이 중 경제성 악화로 인한 원전의 조기 폐쇄 방지와 미래형 원전을 개발하는 내용을 포함한 ‘상업원전 지원책(Civil Nuclear Credit Program)’에 예산 60억 달러(약 7조 4천억 원)⁶⁾를 배정함.⁷⁾
 - 2022년 3월 15일, Biden 대통령은 ‘2022년도 재량지출 세출법안(Consolidated Appropriations Act 2022, HR 2471)’에 서명하고, 차세대 원자로, SMR R&D 등에 16억 5천만 달러(약 2조 원)⁸⁾의 예산을 배정함.
- 미 에너지부(DOE), 원자력 포함한 에너지 안보 전략 및 정책 발표
 - 2022년 2월 24일, DOE는 자국 원전 산업 강화를 목적으로 방사성폐기물정책법(Nuclear Waste Policy Act 1982, NWPA)개정, 사용후핵연료 관리 및 처분 정책 마련, 차세대 원자로 R&D 지원 등의 내용을 연방정부와 의회에 권고하는 ‘청정 에너지로의 견고한 전환을 위한 공급망 확보 전략(America’s Strategy to Secure the Supply Chain for a Robust Clean Energy Transition)⁹⁾’을 제시함.

4) Enerdata Country Energy Report—United States, pp. 19, (2021. 10.)

5) 2022년 4월 11일 환율 기준

6) 2022년 4월 19일 환율 기준

7) The White House, A guidebook to the Bipartisan Infrastructure Law for State, Local, Tribal, and Territorial Governments, and Other Parties, https://www.whitehouse.gov/wp-content/uploads/2022/01/BUILDING-A-BETTER-AMERICA_FINAL.pdf (2022)

8) 2022년 4월 9일 환율 기준

- 미국 일부 주, SMR 포함한 신규 원전 도입 움직임

- 2021년 5월, Montana 주는 탄소중립 추구에 따른 Colstrip 석탄화력발전소 2025년 폐쇄 결정에 따라, 에너지 수요 충족을 위해 신규 원전 건설 시 반드시 주민 투표를 거치도록 규정하고 있는 법안(1978 I-80)을 폐지하는 법안(HB 273)을 최종 승인함.¹⁰⁾
- 2022년 2월, West Virginia 주는 1996년 제정된 원전 설립 금지 법안의 철회안(SB 4)을 승인하여 신규 원전 설립에 대한 법적 가능성을 열어둠.
- 2022년 3월, Indiana 주는 SMR 지원책 법안(SB 271)을 승인하였고, 이에 따라 2023년 7월 1일까지 SMR 건설·구매·임차 관련 규정과 지원금 정책을 수립할 예정임.

■ 주요 이슈

- 미 국무부(DOS), FIRST 창설을 통한 정부 주도 SMR 및 대형원전 국제 협력 진행
 - 2022년 2월, 미국은 가나와 ‘소형 모듈 원전의 책임 있는 사용을 위한 기초 인프라 정책(Foundational Infrastructure for Responsible Use of Small Modular Reactor Technology, FIRST)’ 협약을 체결하고 가나가 SMR을 도입할 수 있도록 이해관계자 참여, 인허가 규제 마련, 자금 조달, 인적 자원 양성, 원자력 안전 교육, 기술 협력, 프로젝트 평가 및 기획 등을 지원하기로 함.
 - 2022년 4월 4일, 미국과 라트비아는 FIRST 도입을 포함한 협력 공동선언문을 채택함. 미국은 자국 산학연 네트워크를 바탕으로 라트비아가 기후 변화에 대응할 수 있는 에너지 계획을 구성하는 데 협력할 예정임.
- NRC 감찰국, 자국 원전 ‘위모조품 및 의심 자재(Counterfeit, Fraudulent, and Suspect Items, CFSI)’ 조사 결과 공개
 - 2022년 2월 9일, NRC 감찰국은 CFSI를 사용하는 원전에 대한 다수의 익명 제보를 입수하고, 이에 따라 NRC는 CFSI 사용이 의심되는 원전 55곳 중 권역별로 1곳씩 선정하여 조사하였으며, 3권역에서 CFSI 사용을 확인하였다고 발표함.
 - 감찰국은 NRC가 관행상 CFSI로 인한 심각한 문제가 발생하는 경우에만 CFSI 사용 추적에 대한 허가를 운영사에게 요구해왔기 때문에 운전 중 원전의 CFSI 사용을 정확하게 인식하지 못했다고 지적함.

9) DOE, DOE releases first ever comprehensive strategy, <https://www.energy.gov/policy/articles/doe-releases-first-ever-comprehensive-strategy-secure-americas-clean-energy-supply>(2022.2.24.)

10) Independent Record, Governor signs bill pulling plug on public vote for nuclear power, https://helenair.com/news/state-and-regional/governor-signs-bill-pulling-plug-on-public-vote-for-nuclear-power/article_68586de6-82f1-5691-8c52-ee728170c888.html(2021.5.7.)

- 또한 CFSI 사용 추적이 제대로 이뤄지지 않았으며, 추적 기록이 남아있는 원전의 경우, 원전 운영사가 자발적으로 기록하였기 때문에 원전마다 측정방법 및 데이터가 통일되지 않은 상황이라고 설명함.
- 마지막으로 NRC CFSI 관련 규정(Allegation Manual)이 마련되어 있음에도, NRC가 CFSI에 대한 조사를 실시하지 않았으며 관련 정보가 NRC 내부에서 공유되지 못했다고 지적함.
- NRC, Turkey Point와 Peach Bottom에 발급된 2차 계속운전(Subsequent License Renewal, SLR) 허가 결정 번복
 - 2022년 2월 24일, NRC는 Turkey Point 3호기(837MW, PWR)와 4호기(821MW, PWR), Peach Bottom 2호기(1,300MW, BWR)와 3호기(1,331MW, BWR)를 대상으로 각각 2019년과 2020년에 허가한 SLR를 취소함.
 - NRC에 따르면 Turkey Point가 SLR 허가 신청시 1차 허가 신청시 측정한 해수면 상승 정보를 그대로 제출하는 등 ‘인허가 갱신을 위한 광범위한 환경영향평가(Generic Environmental Impact Statement for License Renewal of Nuclear Plants, GEIS)’ 기준을 충분히 반영하지 않았다는 이유로 기존에 허가한 두 원전의 2차 계속운전 허가 결정을 번복함.¹¹⁾¹²⁾
 - 이번 결정으로 해당 두 원전의 운전기한은 1차 운전기한으로 축소되었으며, Turkey Point의 경우, 3호기가 2032년 7월 19일, 4호기가 2034년 4월 10일까지, Peach Bottom의 경우, 2호기가 2033년 8월 8일, 3호기가 2034년 7월 2일까지 가동가능함.
- 미국, 러시아산 우라늄 수입 제재 움직임
 - 2022년 3월 8일, Biden 대통령은 우크라이나 사태에 대한 대러 경제 제재로서 러시아산 원유, 액화천연가스, 석탄의 수입을 제한하는 시행령에 서명하였으나, 원자재 가격 상승 등을 우려한 미국원자력협회 등의 반발로 러시아산 우라늄 수입 제한은 보류 중임.
 - 미국은 2021년부터 2035년까지 러시아산 우라늄 수입을 점차 단계적으로 줄여, 궁극적으로 러시아산 우라늄 비중을 미국 원전 수요의 17%로 제한하는 러시아산 수입제한제도(Russian Suspension Agreement, RSA)를 적용하고 있음. RSA에 따르면 2026년 러시아산 농축 우라늄이 미국 우라늄 수요의 약 5~7%를 차지할 것으로 전망됨. 2020년 기준, 러시아산 우라늄은 미국 내 우라늄 수요의 16%를 차지함.¹³⁾

11) Nuclear Newswire, NRC rescinds subsequent license renewals, <https://www.ans.org/news/article--3715/nrc-rescinds-s-subsequent-license-renewals/>(2022.3.2.)

12) Hogan Lovells, NRC Ordered Updated Environmental Review for Reactors Seeking Subsequent License Renewals—Reversing Four Previously Extended Licenses, <https://www.hlnewnuclear.com/2022/03/nrc-ordered-updated-environmental-review-for-reactors-seeking-subsequent-license-renewals-reversing-four-previously-extended-licenses/> (2022.3.1.)

13) The Verge, THE US CAN'T SEEM TO QUIT RUSSIAN URANIUM, <https://www.theverge.com/2022/3/31/23003494/war-ukraine-nuclear-energy-uranium-russia-supply-chain>(2022.3.31.)

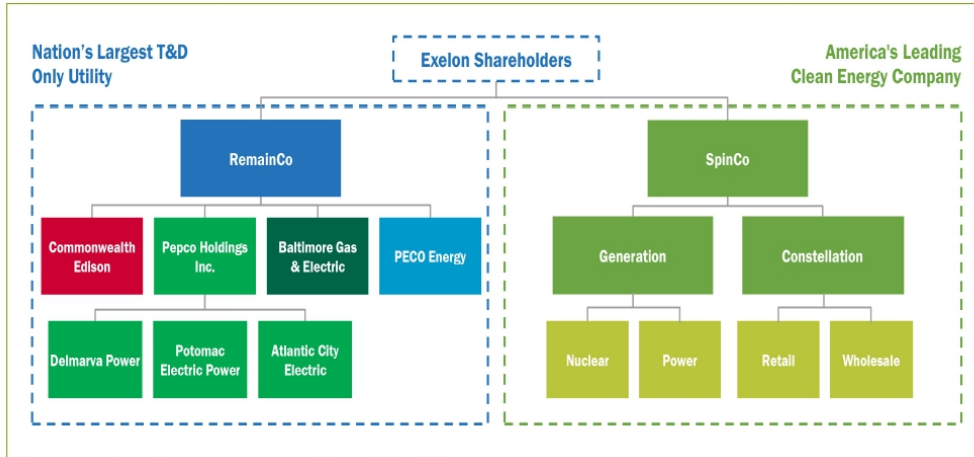
- 한편 John Barrasso 상원의원은 2022년 3월 17일, 우크라이나 사태의 조속한 종결과 미국 에너지 안보 강화를 위해 러시아산 원유 및 가스 수입 제재 조치에 우라늄을 포함해야 한다는 법안을 발의함.¹⁴⁾
- Terrapower, 개발 중인 ‘소듐 냉각 고속 실증로(Sodium-cooled Fast Reactor, SFR)’ 건설부지로 Wyoming 주 선정과 우크라이나 사태로 인한 대러 제재 동참
 - 2021년 11월 16일, Terrapower는 지역민 동의, 부지 특성, NRC 규정, 인프라, 전력 수요 등에 대한 평가를 바탕으로 Wyoming 주의 Kemmerer 시를 선정함.
 - 2022년 3월, Jeff Navin Terrapower 대외협력처장은 우크라이나 사태에 대한 대응으로 러시아산 우라늄 사용과 러시아와의 협력은 더 이상 고려하지 않으며, 대신 Wyoming 주의 우라늄을 사용하는 등 미국 내 우라늄 수급 방안을 적극적으로 모색 중이라고 발표함.¹⁵⁾
- 미국 최대 원전사 Exelon, 구조개편을 통한 발전경쟁시장 부문 합병
 - 2022년 2월, Exelon은 에너지 산업의 급속한 변화에 따른 대응과 신재생에너지에 대한 소비자들의 수요를 신속하게 충족시키기 위해 원전을 포함한 발전부문을 신규 자회사 Constellation로, 기존 Exelon은 유틸리티 부문에 집중하는 구조로 개편하고, 더불어 신규 모회사 HoldCo를 설립하여 두 자회사의 지분과 원전 운영 허가를 이전함.
 - 이는 수익률이 안정적인 유틸리티 부문에 집중하기 위해 발전 부문을 매각하거나 분사하는 움직임의 일환으로 볼 수 있음. 즉, 도매전력시장 가격의 하락 및 변동성 증가로 발전부문의 수익성 예측이 쉽지 않은 반면, 유틸리티는 송배전망 및 가스망 등 해당 지역에서 독점적으로 운영 중인 규제대상 자산(rate base)에 대해 일정 수준의 수익을 보장받아 상대적으로 안정적인 수익 창출이 가능함. 투자자들 역시 사업 전망 예측이 용이한 단일 사업에 집중하는 기업(pure-play business)을 선호하는 경향을 보임.
 - Constellation 웹에 따르면, 총 설비용량은 32.4GW으로 미국 최대 원전 설비 규모임.¹⁶⁾

14) John Barrasso, Barrasso Leads Bill to Ban Russian Uranium Imports, [https://www.barrasso.senate.gov/public/index.cfm/2022/3/barrasso-leads-bill-to-ban-russian-uranium-imports\(2022,3.\)](https://www.barrasso.senate.gov/public/index.cfm/2022/3/barrasso-leads-bill-to-ban-russian-uranium-imports(2022,3.))

15) JournalStar, TerraPower says it won't use Russian uranium in its Wyoming reactor, [https://journalstar.com/news/state-and-regional/nebraska/terrapower-says-it-wont-use-russian-uranium-in-its-wyoming-reactor/article_f8e36ab8-8173-54c3-b328-e7c72d77c9b0.html\(2022,3,21.\)](https://journalstar.com/news/state-and-regional/nebraska/terrapower-says-it-wont-use-russian-uranium-in-its-wyoming-reactor/article_f8e36ab8-8173-54c3-b328-e7c72d77c9b0.html(2022,3,21.))

16) Constellation Energy, About Us, <https://www.constellationenergy.com/our-company/our-story/about-constellation.html>

〈Exelon의 분사 기업 구조〉



자료 : Exelon, 04 2020 Earnings Release Slides, (2021.02.21.)

• NuScale, 동유럽 국가와 SMR 협력 확대

- 2021년 12월, NuScale은 우크라이나 과학기술센터의 SMR 도입에 필요한 기술지원 협약을 체결하여 NuScale의 SMR 설계, IAEA 기준, 우크라이나 관련 규정 등을 검토해 취약점을 개선한 후 현지에서 SMR의 원활한 이용을 지원하고자 함.
- 2021년 12월 16일, NuScale과 카자흐스탄 원전운영사(Kazakhstan Nuclear Power Plants, KNPP)는 2019년 체결한 기술가격제안(TPO)을 바탕으로, VOYGR 건설·시운전·유지보수 등 분야의 협력을 담은 양해각서를 체결함. KNPP는 이번 협력을 통해 VOYGR을 자국의 신규 원전으로 활용하여 화력발전 의존도를 낮출 계획임.
- 2022년 2월 14일, NuScale과 폴란드 광산제련업체 KGHM는 2021년 9월 체결한 SMR 협력 양해각서를 바탕으로, VOYGR 개발·라이센싱·건설 분야에서의 협력을 체결함. NuScale은 VOYGR 모듈 개발과 VOYGR 현지 적용을 통해 2033년 상업운전을 개시할 계획임.

• Vogtle 3·4호기, 상업운전 추가 연기

- 2022년 2월 17일, Vogtle 3·4호기 운영사 Georgia Power의 모회사 Southern Co.는 Vogtle 3호기 핵연료 장전 관련 기록 누락에 따른 NRC 신청 절차 변경을 이유로 최대 6개월까지 상업운전을 추가 연기함. 이에 따라 Vogtle 3호기는 2023년 1분기, 4호기는 2023년 4분기에 상업운전을 시작할 예정임.
- Vogtle은 2021년 10월, 공기 지연 문제로 3개월 추가 연기를 발표한 바 있으며, AP통신에 따르면 추가 연기로 인한 건설 비용 증가분은 연간 2억 2천만 달러(약 2천 7백억 원)¹⁷⁾로 추산되었으며, 소유주 Georgia Power는 연기로 인한 총 비용을 195억 달러(약 24조 3천억 원)¹⁸⁾로 발표함.

17) 2022년 4월 25일 환율 기준

● 캐나다

■ 현황

- 캐나다는 현재 19기의 원자로(13,624MW)를 가동 중이며, 6기의 원자로(2,143MW)가 영구 정지되었음.
- 2020년 캐나다의 총 발전량은 640.6TWh이며, 수력 60%, 원자력 15%, 가스 11%, 풍력 · 태양광 · 지열 6%, 석탄 5%, 바이오매스 2% 등임.¹⁸⁾

■ 원자력 관련 주요 정책

- NWMO, 사용후핵연료 운송시행안과 계획 공개²⁰⁾
 - 2022년 1월, 캐나다 방사성폐기물관리기구(Nuclear Waste Management Organization, NWMO)는 약 5백만 다발의 사용후핵연료를 부지 내 저장시설에서 심층처분시설로 이송하기 위한 운송시행안(Moving forward together: Planning framework for the transportation of used nuclear fuel)과 예비운송계획(Preliminary Transportation Plan)을 공시함.
 - 운송시행안은 사용후핵연료 처분 목적, 우선순위, 고려사항, 운송 수단 및 운송 경로 등을 포함하고 있으며, 예비운송계획은 운송시행안의 구체적 실행방안과 사용후핵연료 운반 컨테이너에 대한 안전성 시험 절차를 명시하고 있음.
 - NWMO는 2010년부터 2년간 심층처분시설 후보지를 물색하였고 당시 22개의 지역사회가 참여하였음. 2020년 1월, 사용후핵연료 심층처분시설 최종 입후보지로 South Bruce와 Ignace를 선정하였으며 2023년 두 곳 중 최종 한 곳을 확정하고, 2040년 최종 선정된 심층처분시설로 사용후핵연료를 옮기기 시작하여, 2090년 운송을 완료할 계획임.²¹⁾

■ 주요 이슈

- 캐나다 4개 주정부 연합, SMR 개발 및 실증 지원안 발표²²⁾
 - 2022년 3월, Ontario, Saskatchewan, New Brunswick, Alberta 주는 'SMR 개발 및 보급을 위한 전략적 협력안의 최종안(A Strategic Plan for the Deployment of Small Module Reactors)'을 발표함.

18) 2022년 4월 25일 환율 기준

19) Enerdata, Country Report Canada(2022.11.)

20) NWMO, Moving forward together: Planning framework for the transportation of used nuclear fuel(2021)

21) Nucnet, NWMO On Schedule To Choose Repository Site In 2023, <https://www.nucnet.org/news/nwmo-on-schedule-to-choose-repository-site-in-2023-3-1-2021>(2021.3.29.)

22) Ontario 주 정부 외, A Strategic Plan for the Deployment of Small Module Reactors, <https://www.saskatchewan.ca/government/news-and-media/2022/march/28/provinces-release-strategic-plan-to-advance-small-modular-reactors>(2022.3.28.)

- 해당 협력안은 2021년 진행한 SMR 타당성 조사를 바탕으로 실행목표를 제시하고 있으며 계통망 연결 SMR 도입과 초소형 원자로 확대를 위한 각 주별 SMR 목표와 기한 등을 설정함.²³⁾
- 협력안에 따르면, Ontario 주에 SMR 1기, Saskatchewan 주에 SMR 4기를 건설할 경우, 연평균 1만 6천여개의 일자리와 170억 캐나다 달러(약 17조 원)²⁴⁾의 GDP 기여, 54억 캐나다 달러(약 5조 3천억 원)의 정부 수입이 예상되고, New Brunswick 주에 실증로가 건설될 경우 연평균 약 1천 5백개의 일자리와 21억 5천만 캐나다 달러(약 2조 원)의 GDP 기여, 1억 9천만 캐나다 달러(약 1천 8백억 원)의 정부 수입을 기대할 수 있음.²⁵⁾

〈표 1. 각 주별 SMR 협력 계획〉

구분	내용
Ontario 주	• 2028년까지 Darlington 부지에 GE+Hitachi의 BWRX-300 1기(300MW)를 건설함. • Chalk River 부지에서 Global First Power가 개발 중인 가스냉각로 1기(5MW)를 2026년까지 가동하도록 함.
Saskatchewan 주	• Darlington 부지 내 개발 중인 SMR 1기와 동일한 SMR 4기를 건설하며 2034년까지 첫 원자로 가동을 목표로 함.
New Brunswick 주	• Point Lepreau 원전 내 4세대 SMR 2기 가동을 목표로 하며, 2029년까지 ARC Clean Energy의 ARC-100 1기, 2030년대 초반까지 Moltex Energy의 SSR-W 1기 가동과 사용후핵연료 관리 체계를 구축함.
Alberta 주	• Saskatchewan 주와 우리늄 광산 규정 제정을 위한 협력을 지속하고, 우리늄 수출에 대비함.

- 2022년 3월 17일, 캐나다 정부는 SMR 인프라 강화와 일자리 창출 등을 위해, Westinghouse가 개발 중인 SMR eVinci(5 MWe)에 전략적 혁신 펀드에서 출연한 2천 7백만 캐나다 달러(약 2백 60억 원) 투자를 결정함.
- Brucepower, 세계 최초 원전 설비 개선 비용 조달 위한 녹색채권 발행
 - Ontario 주 석탄화력발전소의 단계적 폐지 정책으로 인한 에너지 수요 충당에 따라, 2021년 11월 Brucepower는 원전 수명 연장과 발전량 증가를 위해 5억 캐나다 달러(약 4천 6백억 원) 규모의 녹색채권을 발행함.

23) Ontario 주 정부 외, A Strategic Plan for the Deployment of Small Module Reactors, pp. 3-4, [https://www.saskatchewan.ca/government/news-and-media/2022/march/28/provinces-release-strategic-plan-to-advance-small-modular-reactors\(2022, 3, 28.\)](https://www.saskatchewan.ca/government/news-and-media/2022/march/28/provinces-release-strategic-plan-to-advance-small-modular-reactors(2022, 3, 28.))

24) 해당 기사의 환율 기준일은 2022년 4월 28일로 동일함.

25) Ontario 주 정부 외, A Strategic Plan for the Deployment of Small Module Reactors, pp. 19, [https://www.saskatchewan.ca/government/news-and-media/2022/march/28/provinces-release-strategic-plan-to-advance-small-modular-reactors\(2022, 3, 28.\)](https://www.saskatchewan.ca/government/news-and-media/2022/march/28/provinces-release-strategic-plan-to-advance-small-modular-reactors(2022, 3, 28.))

- 세계 최대 우라늄 생산업체 Cameco, 2024년부터 우라늄 증산 발표
 - Cameco는 2011년 후쿠시마 원전 사고 이후 우라늄 생산량을 감산했으나, 2018년 이후 시장가격 및 수요 상승, 최근 카자흐스탄 소요와 우크라이나 사태 등 지정학적 불확실성과 에너지 수급 불안정 등의 요인으로 Saskatchewan 주에 위치한 Cameco 우라늄 공장에서 2024년까지 생산량을 60%까지 늘리고, 2024년 이후부터는 연 2천 8백만 파운드까지 조건부로 증산할 계획을 2022년 2월 9일 발표함.²⁶⁾

3. 아시아 및 아프리카

◎ 일본

■ 현황

- 2022년 4월 기준 운영 중인 원자로는 33기(31,679MW)이고, 3기(4,141MW)를 건설 중임. 33기 중 25기가 신규제 기준 적합성 심사를 신청해 10기가 가동을 재개함.
 - 일본에서 원전은 원칙적으로 가동 개시일에서 40년 가동할 수 있으며, 1회에 한해 20년 가동 기간 연장이 가능함.
 - 원전 가동 재개를 위해서는 적합성 심사를 모두 통과한 후 안전 대책 공사 완료, 지역의 동의, 사용 전 검사 합격해야 함. 신규제 기준 적합성 심사는 원자로 설치 변경 허가 심사(이하 ‘안전 심사’), 공사계획 인가 심사, 보안규정 인가 심사로 구성됨.
 - 후쿠시마 원전 사고 직전 운영 중 원자로는 54기이었지만 원전 사고 후 현재까지 21기(15,877MW)가 영구 정지됨.
 - 현재 운영 중 원자로에서는 25기, 건설 중 원자로에서는 2기가 원자력규제위원회에 적합성 심사를 신청했고 안전 심사를 통과한 원자로는 가동 재개 원자로를 포함해 총 17기로 이 중 4기는 40년 이상 가동한 노후 원자로임.
- 2020년 총발전량은 1,037TWh로 이 중 원자력이 3.7%, 가스 38.4%, 석탄 30.4%, 수력 8.5%, 태양광 7.7%를 차지함.²⁷⁾

26) Cameco, Cameco Reports Q4 and Annual Results, [https://www.cameco.com/media/news/cameco-reports-q4-annual-results\(2022.2.9.\)](https://www.cameco.com/media/news/cameco-reports-q4-annual-results(2022.2.9.))

27) Enerdata, Country Energy Report Japan(2021.12.)

〈2022년 4월 기준 일본 원전 적합성 심사 현황〉

원전 보유 형태	후쿠시마 사고 직전 2011년 2월 말 기준 운영 원자로 수	영구 정지 및 적합성 심사 추진 현황		최종 결정 내역 (2022.04.07.)	
상업용 원자로 (총 57기)	총 54기	상업로 57기 중 영구 정지 결정 (24기)	후쿠시마 사고 이전 (3기)	－도카이 원전(1998.03.31. 폐쇄) －하마오카 1·2호기(2009.01.30. 폐쇄)	
			후쿠시마 사고 (2011.3.11.) 이후 (21기)	－후쿠시마 제1원전(6기) －적합성 심사 추진 없이 영구 정지 결정(15기)	
		2022년 4월 운영 중 원자로 (33기)	• 적합성 심사 신청(25기)	• 적합성 심사 통과 (13기)	－가동 재개(10기) ※가동 재개 : 적합성 심사 통과와 안전 대책 공사 완료, 사용 전 검사 합격, 지역 동의가 필요함. ※1기는 40년 이상 된 노후 원전임.
					－가동 재개에 필요한 지역 동의 등 후속 절차 진행(3기) ※2기는 40년 이상 된 노후 원전임.
				• 적합성 심사 중 (12기) ※ 적합성 심사는 안전 심사 허가, 공사계획 인가, 보안규정 인가로 구성됨.	－안전 심사 통과 후 남은 심사 중(4기) ※1기는 40년 이상 된 노후 원전임.
					－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	

※ 적합성 심사를 모두 통과한 원자로는 13기이며 이 중 10기는 재가동(간사이전력 다카하마 3·4호기, 오이 3·4호기, 미하마 3호기, 규슈전력 센다이 1·2호기, 겐카이 3·4호기, 시코쿠전력 이카타 3호기)했고, 3기(도쿄전력 가시와자키 가리와 7호기, 간사이전력의 노후 원자로인 다카하마 1·2호기)는 재가동에 필요한 후속 절차 단계에 있음.

자료 : 原子力産業協会, ‘日本の原子力発電炉’ (2022.04.07.), 原子力規制委員会, ‘新規基準適合性審査の進捗状況等について’ (2022.04.06.)
자료 및 세계원전시장 인사이트 최신 자료를 토대로 작성

■ 원자력 관련 주요 정책

- 일본 정부는 2021년 10월 22일 발표한 제6차 에너지기본계획(이하, ‘에기본’)에서 2050년 탄소중립을 목표로 3E+S^{※1} 원칙에 따라 2030년 발전량에서 재생에너지 비중을 36~38%, 원자력 20~22%, 화력은 41%(LNG 20%, 석탄 19%, 석유 등 2%)^{※2}로 설정함.

※ 1 3E+S: 3E는 Energy Security, Economic Efficiency, Environment, S는 Safety.

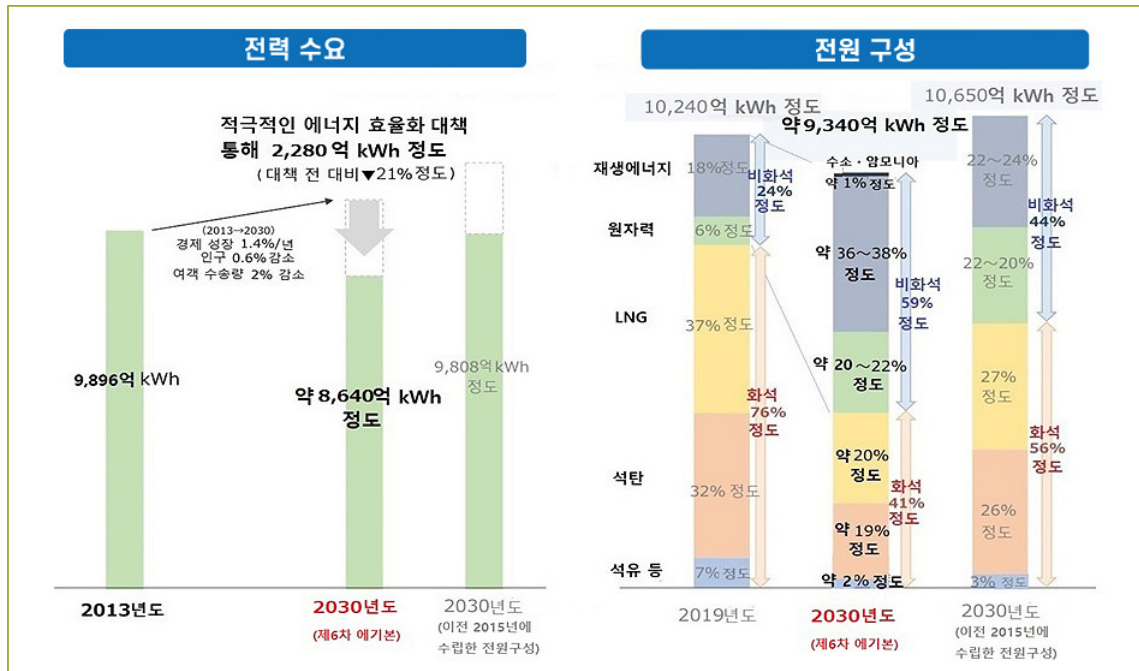
※ 2 (참고) 제5차 에기본: 재생에너지 22~24%, 원자력 20~22%, 화력 56% (LNG 27%, 석탄 26%, 석유 등 3%)

- 에기본에서 일본은 재생에너지를 주력 전원으로 삼아 최우선하여 확대하고, 원자력을 중요한 기저 전원, 실용 단계에 있는 탈탄소 전원이라 평가하며 필요 규모를 계속 활용하겠지만 의존도는 가능한 한 낮추겠다고 밝힘.
- 또한, 2019년 총 발전량 중 76%를 차지한 화력발전의 비중을 2030년도에 41%까지 축소하고, 이 중 석탄화력의 비중은 19% 이하로 제한할 계획임.
- 현재 일본 경제산업성은 기시다 총리 지시로 일본의 탈탄소 사회 실현을 위한 ‘청정 에너지 전략’ 수립을 위해 전문가 회의를 개최하여 다양한 분야에 대해 논의 중이며 2022년 6월 전문가 회의 논의 결과를 보고서로 작성할 예정임.
 - 전문가 회의에서는 일본 탈탄소 전환 추진을 위해 재생에너지뿐 아니라 CO₂를 배출하지 않는 수소, 암모니아, 원자력 등을 중요 분야로 설정하여 각 분야에 대한 기업 투자 촉진을 위해 다각도로 논의 중임.
 - 일본은 사용후핵연료를 재처리한 후 원전 연료로 재사용하는 순환형 핵연료 주기(Closed-loop Fuel Cycle) 정책을 추진 중이지만, 이 정책의 핵심 시설인 재처리 공장의 완공 지연으로 각 원전 운영사는 재처리 시설 완공 때까지 사용후핵연료 저장 시설을 확보해야 하는 상황임.

〈일본 제6차 에너지기본계획 주요 내용〉

기본 내용	2050년에 탈탄소, 2030년도에 2013년도 배출량(14억 800만 t CO ₂ eq) 대비 46% 감축을 목표로 향후 에너지 정책 추진 방향성을 제시함.
재생에너지 (36~38%)	주력 전원으로 삼고 원칙적으로 재생에너지를 최우선으로 하여 확대함. 태양광 연간 발전량을 2030년도에 2배로 확대함.
원자력 (20~22%)	필요한 규모를 계속 활용함. 원전 의존도를 가능한 한 낮춤. 원전 증설, 대체 건설은 언급하지 않음. 핵연료 주기 정책 추진.
화력 (41%)	가능한 한 화력발전 비중을 낮춤. 2030년도 전원구성에 따른 석탄화력 발전량 비중은 19%로 설정.
수소·암모니아 (1%)	화력발전소에서 석탄 또는 가스와 혼합해 연료로 사용하며 차후에는 100% 연료 사용을 검토함. 안정적인 공급을 위해 해외의 저렴한 수소를 활용하고 일본 내 수소 생산 기반을 확립함.

자료: (注) () 안의 수치는 2030년도 전원 구성에 따른 발전량 비중 목표임.



자료 : 資源エネルギー庁, '2030年度におけるエネルギー需給の見通し(関連資料)' p70 (2021.10.)을 편집·작성

■ 주요 이슈

- 이카타원전, 후쿠시마 사고 이후 최초로 부지 내 사용후핵연료 건식 저장 시설 착공
 - 일본 시코쿠전력은 2021년 11월 30일 이카타 원전 부지에서 후쿠시마사고 후 도입된 신규제 기준 시행 이래 최초로 사용후핵연료 건식 저장 시설* 공사를 시작했으며, 2025년 2월 시설 운영을 목표로 함.
 - * 일본 내 원전 부지 내 사용후핵연료 건식 저장 시설은 후쿠시마 사고 이전 건설된 후쿠시마 제1 원전, 도카이 제2 원전에 이어 이번이 3번째임.
 - 시코쿠전력은 2018년 5월 25일 규제위에 설치 신청 후 2020년 9월 16일 설치 승인을 받았으며 2020년 12월 23일 지역 동의 절차를 완료함.
 - 이카타 원전 사용후핵연료 건식 저장 시설은 40m×60m 규모로 설계 수명 60년인 높이 5.2m, 지름 2.6m의 수송·저장 겸용 용기 약 45기(사용후핵연료 약 1,200다발 보관 가능)를 수용할 수 있음. 저장 시설에서 우선 사용될 용기 총 15기를 Mitsubishi중공업이 납품하며 2022년 4월 13일 용기 제작을 시작했다고 발표함.
 - 한편, 규슈전력도 겐카이 원전 내 사용후핵연료 용량 추가와 함께 부지 내 수송·저장 겸용 용기 약 40기(사용후핵연료 약 960다발 보관 가능)를 수용할 수 있는 약 50m×약 60m 규모의 사용후핵연료 건식 저장 시설 건설을 추진 중임. 이를 위해 규슈전력은 2019년

1월 원자력규제위원회에 관련 서류를 제출하여 2021년 4월 규제위로부터 원자로 설치 변경 허가를 받고 2022년 3월 24일에는 지역 동의 절차를 완료함. 향후 규제위의 공사 계획 인가를 거쳐 2025년 건식 저장 시설 공사 착수, 2027년도 운영을 시작할 계획임.

- 일본 원전 안전대책비, 최초 예상 금액보다 2배 이상 증가해 약 55조 원으로 추산
 - 교도통신은 2월 20일 일본 11개 원전 운영사를 대상으로 2022년 1월 기준 원전 안전대책비 전망 금액을 자체 조사한 결과 최소 5조 7천억 엔(약 55조 1천억 원)²⁸⁾ 이상이었다고 보도함.
 - 2013년~2018년 원자력규제위원회에 적합성 심사를 신청한 원전은 건설 중인 원전을 포함해 27기로 원전 재가동을 위한 심사 신청 당시 안전대책비 예상 금액은 총 2조 7,345억 엔(약 26조 4천억 원)이었음.
 - 교도통신은 대규모 비용 상승 원인으로 심사에 따른 안전대책공사 추가와 테러대책설비 비용 상승을 지목함. 또한, 조사 대상 원전 운영사 중 2022년 1월 기준 안전 대책비를 미공개하거나 안전대책비에 테러대책시설 비용을 포함하지 않은 금액을 공개한 곳도 다수 있어 안전대책비 총액은 더욱 증가할 수 있다고 보도함.

〈일본 원전 안전대책비 전망 금액〉

원전 운영사	원전	당초 안전대책비	2021년 7월 기준 전망 금액	2022년 1월 기준 전망 금액
홋카이도전력	도마리	900억 엔 이상	2,000억 엔 중반	2,000억 엔 중반
도호쿠전력	히가시도리	1,540억 엔	3,400억 엔	—
	오나가와			4,800억 엔
도쿄전력	가시와자키 가리와	2,930억 엔	9,690억 엔	1조 1,690억 엔
호쿠리쿠전력	시카	1,100억 엔	1,000억 엔대 후반	1,000억 엔대 후반
주부전력	하마오카	3,000억 엔	4,000억 엔	4,000억 엔
간사이전력	미하마	2,400억 엔	1조 2,100억 엔	2,700억 엔
	오이	2,830억 엔		2,800억 엔
	다카하마	5,467억 엔		6,600억 엔
주고쿠전력	시마네	1,000억 엔 이상	6,000억 엔	6,000억 엔
시코쿠전력	이카타	1,200억 엔	2,100억 엔	2,100억 엔
규슈전력	겐카이	총 2천 몇 백억 엔	9천 몇 백억 엔	총 9천 몇 백억 엔
	센다이			
일본원자력발전	도카이 제2	780억 엔	3,300억 엔	2,400억 엔
	쓰루가	900억 엔		900억 엔
J-POWER	오마	1,300억 엔	1,300억 엔	1,300억 엔
	총	2조 7,345억 엔	최소 5조 4천억 엔	5조 7,790억 엔

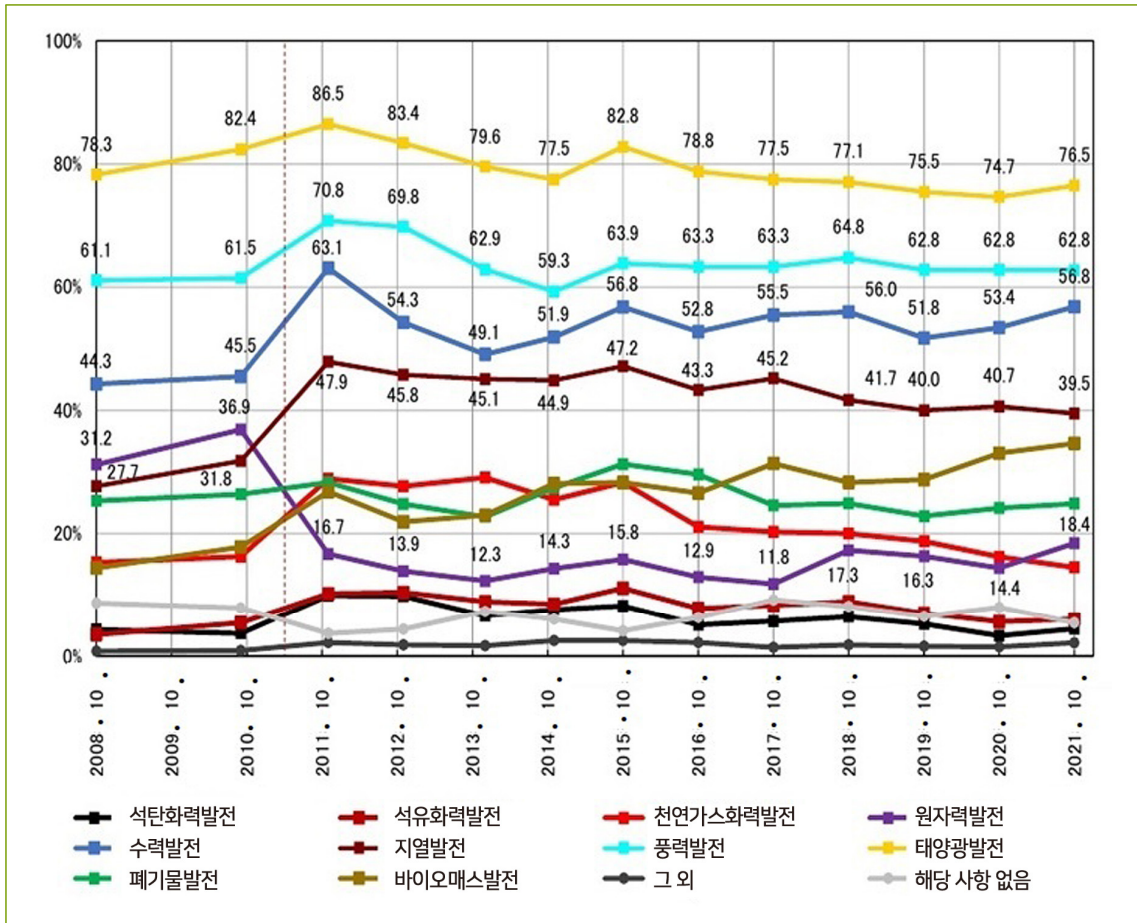
※ 2021년 7월 기준 전망 금액 중 홋카이도, 도호쿠, 주부, 호쿠리쿠, 주고쿠전력은 테러대책설비의 공사비를 예측할 수 없어 안전대책비에 해당 설비 비용을 미포함. 답변에 범위가 있는 경우 하한액으로 계산함.

자료: 共同通信(2022.02.20.)과 세계원전시장 인사이트 일본 단신(2021.09.03.)을 토대로 편집·작성

28) 2022년 4월 19일 환율 기준

- IAEA 와 대만, 후쿠시마 원전 오염수 해양 방류 조사단 각각 파견
 - 2022년 초 국제원자력기구(International Atomic Energy Agency, 이하 'IAEA') 국제 검증단과 대만 검증단이 각각 방일해 후쿠시마 원전 오염수 해양 방류 관련한 검증을 시행함.
 - IAEA 국제 검증단은 2월 14일부터 2월 18일까지 오염수 해양 방류 관련 부처 및 도쿄전력과 의견교환 회의를 진행해 원전 오염수 관련 조사를 진행하였으며 이에 대한 1차 검증보고서를 향후 발표할 방침임. 검증단은 3월 21~25일에도 오염수 방류 심사 절차 검증을 위해 일본 원자력규제위원회를 방문했으며, 차후 규제 체제 검증 내용에 대한 보고서를 완성할 계획임.
 - 한편, IAEA 국제 검증단에는 대만 전문가가 포함되지 않아 대만은 개별적으로 일본의 동의를 얻어 3월 23일 후쿠시마 오염수 해양 방류 관련 조사단을 파견함. 대만 조사단은 3월 25일 후쿠시마 원전을 시찰해 해양 방류 준비 상황을 확인했고 향후 조사 결과를 토대로 후쿠시마 오염수 해양 방류 계획의 안전성에 대한 견해를 공식 발표할 예정임.
- 일본 원자력문화재단, 2021년도 원전 관련 여론조사 결과 발표
 - 일본 원자력문화재단은 2021년 10월 일본 내 15~79세 남녀 1,200명을 대상으로 시행한 '2021년도 원자력에 관한 여론조사 결과'를 3월 18일까지 취합해 발표함.
 - 향후 일본의 원자력발전 이용 방향을 묻는 질문에 대해 "당분간은 이용하지만 점차적으로 폐쇄해야 한다."는 답변이 52.8%로 가장 많았으며, "모르겠다."가 23.8%, "동일본대지진 이전 상황을 유지해야 한다."가 9.1%, "즉시 폐쇄해야 한다."가 7.5%, "확대해야 한다."가 2.2%이었음.
 - 재단은 "원자력발전을 당분간 사용할 수밖에 없는 기술로 인식하고 있다."고 분석했으며, "즉시 폐쇄해야 한다."를 선택한 비중은 2016년도부터 지속해서 감소 중이라고 밝힘.
 - 설문 조사에서 원자력발전 재가동에 대한 11개 질문을 했으며 긍정적인 답변과 부정적인 답변을 대조해 2017년도 이후의 추이를 재단이 분석한 결과 모든 질문에서 부정적인 답변 비중이 감소세를 보임.
 - 원자력문화재단은 최근 5년간 원자력 이용에 대한 즉시 폐쇄, 재가동에 대한 부정적인 의견이 감소세라고 밝힘.

〈향후 일본이 이용·활용해야 할 에너지에 대한 질문에 대한 답변 추이(복수 답변)〉



자료 : 原子力産業新聞(2022.03.18.)

• 일본 대법원, 도쿄전력의 후쿠시마 원전 사고 배상 책임 최초 인정

- 일본 대법원은 2022년 3월 후쿠시마 제1 원전 사고 피난 주민들이 도쿄전력에 제기한 손해배상 집단 소송 총 7건에 대해 원자력손해배상법에 근거한 배상 기준인 중간 지침보다 도쿄전력이 많은 배상액을 지급하도록 지시한 2심 판결을 확정 처리함.
- 7건 중 4건은 정부도 대상으로 제기된 소송으로 정부 책임에 대해서는 5월경 변론 청취 후 올여름 결정할 예정임.
- 도쿄전력은 중간 지침을 기초로 하여 배상 기준을 작성해 피해자의 배상 청구를 받아 청구 내용을 심사한 후 배상금을 지급함. 피해자가 배상금에 이의가 있거나 개별 사정에 맞는 배상을 요구할 경우 도쿄전력을 상대로 손해배상 소송을 제기해야 함.

〈일본 대법원의 후쿠시마 사고 피해배상 소송에 대한 판결〉

대법원 판결 확정일	원고 수	피난령 지역 외 주민 포함 여부	1심 (지방법원)	2심 (고등법원)	배상액	비고
3월 2일 확정 (피고 : 도쿄전력과 정부)	3,550명	○	후쿠시마지법 (국가 책임 ○)	센다이고법 (국가 책임 ○)	약 10.1억 엔 (약 105억 3천만 원)	정부 책임에 대한 판결은 2022년 여름경 결정 예정
	90명	○	마에바시지법 (국가 책임 ○)	도쿄고법 (국가 책임 X)	약 1.2억 엔 (약 12억 5천만 원)	
	43명	○	지바지법 (국가 책임 X)	도쿄고법 (국가 책임 ○)	약 2.8억 엔 (약 29억 천만 원)	
3월 7일 확정 (피고: 도쿄전력)	약 50명	○	후쿠시마지법	센다이고법	약 1,200만 엔 (약 1억 2천만 원)	
	약 310명	X	도쿄지법	도쿄고법	약 3.6억 엔 (약 37억 5천만 원)	
	약 210명	X	후쿠시마 이와키지원	센다이고법	약 7.3억 엔 (약 76억 천만 원)	
3월 31일 확정 (피고: 도쿄전력과 정부)	22명	○	마쓰야마지법 (국가 책임 ○)	다카마쓰고법 (국가 책임 ○)	약 4,620만 엔 (약 4억 5,638만 원)	정부 책임에 대한 판결은 2022년 여름경 결정 예정

자료: 세계원전시장 인사이트 아시아 단신(2022.03.18., 2022.04.15)을 토대로 편집·작성

● 중국

■ 현황

- 중국은 54기의 원자로(51,109MW)를 가동 중이며, 현재 16기의 원자로(16,063MW)를 건설 중임.
- 2020년 중국의 발전원별 비중은 석탄 64%, 수력 17%, 재생에너지(풍력, 태양광, 지열) 9%, 원자력 5%, 가스 3%, 바이오매스 2%임.²⁹⁾

■ 원자력 관련 주요 정책

- 노후화된 석탄화력발전소 의존도가 높은 중국은 심각한 대기오염에 직면해 있으며, 원전과 같은 비화석연료 발전원의 비중을 높여 대기오염 문제를 해결하고자 함.

29) Enerdata, Country Energy Report China, 2021.09.

- 2014년 중국 국무원은 “대기오염과의 전쟁”을 선언하며 화석연료 발전원의 폐쇄를 속도감 있게 추진할 것을 발표하였으며, 2030년까지 1차 에너지 소비의 20%를 비화석 연료로부터 얻겠다는 계획을 발표함.
- 또한 2030년까지 온실가스 배출량을 2005년 대비 60% 수준으로 낮추고자 함.
- 또한, 2030년을 정점으로 탄소 배출량을 감소세로 전환, 2060년까지 탄소 중립 달성 목표를 천명하였으며, 그 일환으로 원전 확대를 추진 중임.
 - 2000년부터 2020년 사이 중국 원전의 발전량은 16.74TWh에서 366.3TWh로 증가함.
- 이후에도 중국은 2022년 3월 제14차 5개년 계획에서의 원전 확충 입장을 재표명하는 등 원전 규모 확대 계획을 지속·유지할 계획을 밝힘.
 - 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 난방 시스템 구축, 담수화 등을 달성해야 함.
 - 블룸버그 통신에 따르면, 중국은 탄소배출 감축 및 에너지안보를 위해 향후 15년간 150기 이상의 원전을 건설하여 2035년까지 147GW로 확대할 계획임. 이는 지난 35년간 중국을 제외한 전 세계에서 건설된 원전 설비용량을 웃도는 수준이며, 이에 총 3,700억~4,400억 달러(약 437조~520조 원)의 비용이 소요될 것으로 추산됨.

■ 중국 원전 신규건설 및 상업운전 현황

- Changjiang 원전 4호기
 - 중국 핵공업집단(CNNC)은 2021년 12월 28일에 Hainan 성에 위치한 Hualong One 노형의 Changjiang 4호기(1,200MW, PWR)의 콘크리트 타설 작업을 시작하였다고 발표함. 같은 해 3월 31일에 3호기가 착공된 바 있으며, 3·4호기는 모두 2026년에 상업운전을 목표로 함.
- San'ao 원전
 - 중국 광핵집단공사(CGN)는 2021년 12월 30일에 저장성에 위치한 San'ao 2호기 착공을 발표함. San'ao 원전에는 Hualong One 원자로 총 6기가 건설될 예정으로, 2020년 1월에는 San'ao 1호기 건설이 시작되었음. 6기가 상업운전을 시작하면 연간 발전량은 52.5TWh에 이를 것으로 예상됨.
 - ※ San'ao 원전은 민간기업 Geely Maijie Investment Group이 지분 2%를 보유해 중국 최초로 민간 자본이 투입된 원전으로, 최대주주는 46%의 지분을 보유한 CGN이며 나머지 지분은 중국 국영기업들이 보유하고 있음.

- Fuqing 원전 6호기 가동 개시

- 2021년 11월 Fujian성에 위치한 1,000MW 규모의 Fuqing 원전 6호기에 연료가 장전된 이후 2022년 3월 25일에 가동을 개시함. Fuqing 원전은 총 6호기로 이루어져 있으며, 2008년 1호기 착공을 시작으로 이번 6호기의 상업운전으로 총 설비용량은 6,000MW에 달하게 됨.

- Hongyanhe 원전

- 2022년 3월 29일, CGN이 1,080MW 규모의 Hongyanhe 6호기(ACPR1000, PWR)에 177개의 연료 집합체를 장전하였으며, 올 상반기에 상업운전을 목표로 한다고 밝힘.

■ 주요 이슈

- Haiyang시, 원전 활용 난방 시스템 가동

- 중국 5대 발전사 중 하나인 SPIC는 중국 산둥성 동부 해안에 위치한 Haiyang시에 원전에서 발생한 증기를 활용한 중앙난방 시스템을 도입하여, 중국 최초로 난방 시 탄소배출이 없는 도시가 되었다고 발표함.

※ 원자력 활용 난방시스템은 하이양 원전의 원자로(AP1000, PWR) 2기의 2차 계통에서 비방사성 증기를 추출한 다음 열교환 스테이션의 다단계 열교환기를 통해 생성된 열이 지역난방회사인 Fengyuan Thermal Power사의 열교환소로 전달되어 지역난방 배관망을 통해 소비자에게 전달되는 방식임.

- 이번 난방 시스템 가동으로 하이양 원전 1호기가 지역 석탄화력보일러 12기를 대체가능하며, 동절기마다 이산화탄소 배출량 18만 톤, 이산화황 1,188톤, 질소산화물 1,123톤을 줄일 수 있을 것이라고 덧붙임.

- 아르헨티나와 Atucha 3호기 건설 계약 체결

- 아르헨티나와 중국이 2015년 맺은 원전 건설 협약의 일환으로, 2022년 2월 1일에 CNNC와 아르헨티나 원자력유한공사 Nucleoel ctrica Argentina는 Atucha 3호기 엔지니어링, 조달, 건설 계약(EPC)을 체결함.

- Atucha 3호기의 예상 용량은 1,200MW, 예상 운전연수는 60년이며, 올해 말 착공 예정임. Atucha 3호기는 파키스탄 Karachi 2·3호기에 이어 중국 외부에서 두 번째로 HPR1000이 건설되는 원전임.

- 아르헨티나 정부가 중국의 HPR1000 원자로의 엔지니어링, 건설, 운전 등 부문에 80억 달러(약 9조 6천억 원)³⁰⁾ 이상을 투자할 계획이라고 발표함. 상세한 자금계획은 공개되지 않았으나, 현지 언론은 원전 건설비용의 85%(약 68억 달러)를 중국 공상은행(ICBC)에서 차입할 가능성을 시사하였음.

30) 2022년 2월 16일 환율 기준

- 아르헨티나 원전운영사, 중국 Qinshan 원전 중수로 연료관 교체 지원
 - 2022년 3월, 원전을 운영하는 Nucleoeléctrica Argentina는 중국 CNNC가 저장성에 위치한 Qinshan 3-1호기 및 3-2호기(각 677MW, PHWR)의 연료관 교체(Retubing) 작업 관련 기술 자문과 필요 자원을 제공하기로 협약을 체결함.
 - ※ Qinshan 3-1호기는 1998년 6월 8일 착공, 2002년 12월 31일 상업운전을 시작하였으며, Qinshan 3-2호기는 1998년 9월 25일 착공, 2003년 7월 24일 상업운전을 시작함.
 - 금번 연료관 교체과정은 CANDU 6 노형의 380개의 칼란드리아 튜브와 압력관, 760개의 엔드피팅과 피터를 일부 제거·교체하는 작업으로, CANDU 노형 설비개선의 핵심 작업임.
 - 2021년 계약 초안을 바탕으로, 아르헨티나 원자력유한공사와 CNNC는 아르헨티나의 Embalse(608MW, PHWR)와 동일한 CANDU 6 모델을 사용하는 Qinshan 3 원전 설비 개선에 대한 기술 협약을 체결한 바 있음.
 - ※ 당시 계약에서 초기 단계로 원전 설비개선을 위한 전문가 컨소시엄 구성안을 제시하고 다음 단계로 Qinshan 3 원전에 파견할 인력 규모 등을 제안함.

● 대만

■ 현황

- 대만은 현재 3기의 원자로(2,859MW)를 가동 중이며, 3기의 원자로(2,193MW)가 영구 정지됨.
- 2020년 기준, 총 발전량은 280TWh이며 석탄 45%, 천연가스 35.7%, 원자력 11.2%, 재생에너지 5.4%로 구성됨.³¹⁾

■ 원자력 관련 주요 정책

- 2016년에 원전 가동 중지 법안 추가, 2018년 국민투표에서 해당 조항 삭제
 - 2016년 탈원전을 공약한 민진당과 차이잉원 총통은 집권 이후, 2017년 전기사업법(電業法)³²⁾을 개정하여 2025년까지 대만 내 모든 원전의 가동을 중지하는 조항(전기사업법 95조 1항)을 추가함.

31) Enerdata, Country Energy Report-Taiwan, pp. 14(2021.7.)

Taiwan Environmental Information Center, 2020年用電創歷史新高 水情不佳影響再生能源成績, [https://e-info.org.tw/node/229789\(2021\)](https://e-info.org.tw/node/229789(2021))

32) Laws & Regulations Database of the Republic of China, The Electricity Act, [https://law.moj.gov.tw/ENG/LawClass/LawAll.aspx?pcode=J0030011\(2019\)](https://law.moj.gov.tw/ENG/LawClass/LawAll.aspx?pcode=J0030011(2019))

- 2018년 11월, 해당 조항 삭제에 대한 국민투표가 시행되었고, 찬성 59.49%, 반대 40.51%로 해당 조항이 삭제되었으나³³⁾ 차이잉원 정권은 법 조항 삭제와 별개로 탈원전 정책은 유지할 것이라고 발표함.
- 원전 영구정지에 따른 발전량 감소분 대체 위한 LNG 발전소 신규 건설 발표
 - 2021년 7월, 대만 정부는 탈원전 정책 기조 유지에 따른 에너지 수급을 위해 6년 내 LNG 복합화력발전소 10기를 신규 건설할 것이라 발표함. 해당 프로젝트에는 대만 국영 전력사 Taipower가 166억 달러(약 20조 2천억 원)³⁴⁾를 투자할 예정임.

■ 주요 이슈

- 제4원전 공사 재개, 국민투표 결과 무산
 - 코로나 확산으로 연기된 제4원전(Lungmen 1·2호기) 공사 재개를 포함해 총 4개의 안건을 대상으로 한 국민투표가 2021년 12월 18일 시행됨. 국민투표를 진행한 결과, 재개 찬성 46.7%, 재개 반대 52.3%로 제4원전 공사 재개가 무산됨.³⁵⁾
 - 현재 대만에서는 Kuosheng 2호기 및 Maanshan 1·2호기 원전 등 총 3기의 원자로를 가동하고 있으며, 운영 종료일은 차례대로 2023년 3월 14일, 2024년 7월 27일, 2025년 5월 17일로 예정되어 있음.

● 필리핀

■ 현황

- 현재 가동중인 원전은 없으나 19억 달러(약 2조 4천억 원)³⁶⁾의 예산으로 1976년 착공하여 1984년 준공하였으나 가동되지 않은 Bataan 원전(621MW, PWR)이 있음.
 - Bataan 원전의 경우 원전 건설 일부 비용의 조달 문제·지진에 취약한 지반 구조·1986년 체르노빌 사태 등으로 C. Aquino 전 대통령이 원전 운영 중지를 결정한 이후 현재까지 가동되지 않음.
- 2020년 기준, 총 발전량은 101.8TWh이며 석탄 57%, 천연가스 19%, 풍력 및 태양광, 지열 등 13%, 수력 7%, 석유 3%, 기타 에너지원 1%로 구성됨.³⁷⁾

33) Taiwan Central Election Commission, 2018 Refrendum, <https://web.archive.org/web/20181124220825/http://referendum.2018.nat.gov.tw/pc/en/00/m00000000000000000000.html>

34) 2022년 4월 7일 환율 기준

35) Focus Taiwan, 4th Nuclear Power Plant referendum defeated, [https://focustaiwan.tw/politics/202112180019\(2021.12.18.\)](https://focustaiwan.tw/politics/202112180019(2021.12.18.))

36) 2022년 4월 29일 환율 기준

37) Enerdata, Country Energy Report-Philippines, pp. 18(2022.3.)

■ 원자력 관련 주요 정책

- Bataan 원전 재개 및 신규 원전 도입 움직임
 - 2020년 7월, R. Duterte 대통령은 장기적 관점에서 원자력 에너지를 재평가하고 그 타당성을 재고하기 위해 원자력부처간위원회(NEP-IAC) 설립을 지시하고, 해당 위원회에 원자력 에너지 관련 연구권한을 부여하는 행정명령116(EO 116)에 서명함.
 - 원자력에너지정책(Nuclear Energy Programme)은 2016년 IAEA의 보고서인 ‘신규 원전 건설을 위한 정책 개발 권고안(Building a National Position for a New Nuclear Power Programme)’에 따라, 부하전원으로서의 원전 허용, 증가하는 전력 수요 충족, 온실가스 배출 감소 및 에너지 부문 탈탄소화 달성을 목적으로 함.
 - 2022년 2월 28일, R. Duterte 대통령은 행정명령116의 후속조치인 행정명령164(EO 164)에 서명함. 행정명령164는 Bataan 원전 재가동 및 신규 원전 건설을 위한 연구조사와 원자력 에너지정책의 실행, 해당 프로그램을 감독하는 NEP-IAC의 권한 및 역할을 제정함.

■ 주요 이슈

- 필리핀 에너지부 차관, 신규 원전 건설 빠른 도입 위한 선제조건 제시
 - 2022년 4월 5일, G. Erguiza 필리핀 에너지부 차관은 차기 정부가 4가지 선제 조건을 충족한다면, 2011년 수립한 ‘필리핀 장기 에너지 계획(Philippine Energy Plan)’³⁸⁾에 따라 설정한 신규 원전 건설 시기인 2030년 보다 빠른 2027년에 신규 원전을 착공할 수 있다고 밝힘.³⁹⁾
 - Erguiza 차관은 에너지 믹스에 원자력 에너지 비중을 기타 에너지원보다 적극적으로 반영할 것, 7년 이상 소요되는 대형 원전 대신 SMR 건설을 고려할 것, 신규 원전 지원책 및 관련 법안의 입법을 조속히 실시할 것, 필리핀 국민들과 이해관계자들의 원전 수용성을 높일 것 등 4가지 선제 조건을 차기 정부가 달성할 필요가 있다고 언급함.
- 필리핀 유력 대선 후보, 원전 재추진 의지 표명
 - 2022년 4월 17일, 필리핀 대선 후보 Ferdinand Marcos Jr.는 부통령 후보이자 현 Duterte 대통령의 딸인 Sarah Duterte와 함께 대선 공약으로 원전 건설을 약속함.
 - 두 후보는 공동 선언문에서 필리핀의 고질적 전력요금 문제와 전력난 해결을 위해 Duterte 대통령이 서명한 행정명령164를 차기 정부에서 이어받아 추진해야 할 필요가 있다고 강조함.
 - 필리핀은 5년 단임 대통령제를 채택하고 있으며, 2022년 5월 9일 대선이 예정되어 있음.

38) Asia Pacific Energy, Philippine Energy Plan (PEP) 2016–2030, [https://policy.asiapacificenergy.org/node/3356#:~:text=The%20Philippine%20Energy%20Plan%20\(PEP,of%20the%20country's%20energy%20mix](https://policy.asiapacificenergy.org/node/3356#:~:text=The%20Philippine%20Energy%20Plan%20(PEP,of%20the%20country's%20energy%20mix).

39) Philstar, Philippines may have nuclear projects in 3 years, if next gov't prioritizes it, <https://www.philstar.com/headlines/2022/04/05/2172456/philippines-may-have-nuclear-projects-3-years-if-next-govt-prioritizes-it-doe> (2022.4.5.)

● 인도

■ 현황

- 인도는 총 23기의 원자로(6,885MW)를 가동 중이며, 6기(4,194MW)의 원자로를 건설 중
 - 건설 중인 원자로는 인도가 자체개발한 가압중수로 3기, 러시아의 경수로 2기 및 인도가 자체개발한 고속중수로 1기임.
- 2020년 인도의 발전원별 비중은 석탄 73%, 수력 11%, 재생에너지(풍력, 태양광, 지열) 7%, 가스 4%, 원자력 3%, 바이오매스 2%임.⁴⁰⁾

■ 원자력 관련 주요 정책

- 인도 정부, 2032년까지 원전 설비용량 22.5GW로 확대
 - 2019년 인도는 2032년까지 원전 설비용량을 22.5GW로 늘리겠다는 계획을 발표함.
 - 인도는 목표 달성을 위해 2031년까지 21기 신규 원전 가동을 계획하고 있으며, 여기에는 자체개발 노형 10기가 포함됨.

■ 주요 이슈

- 인도 원자력청, EDF의 Jaitapur 원전 6기 건설 승인
 - 2021년 12월 16일, 인도 원자력청(DAE)은 EPR 노형을 채택한 Jaitapur 원전 6기의 신규 건설을 승인함. 금번 승인은 EDF가 지난 4월 제시한 기술상업제안서(techno-commercial offer)에 대해 인도 정부가 원론적으로 승인한 것으로 현재 EDF와 제안서 상세 내용에 대해 협의 중임.
 - ※ 법적 책임 문제, 프로젝트 비용 및 정부기관 내부 의견 차이 등의 제약 조건으로 Jaitapur 원전 건설이 지연된 바 있음.
 - 해당 제안서는 건설 예정인 EPR 6기에 대한 EDF와 인도 원자력공사(NPCIL) 간 협력 분야, 기술적 협력 방안, Jaitapur 부지에 대한 정보 등을 포함하고 있음.
 - Jaitapur가 상업운전을 시작하면 총 9,900MW(1기당 1,650MW)의 설비를 갖춘 세계 최대 원전 부지로 부상하고, 2030년까지 무탄소 에너지 발전량 40%로 확대, 지역발전에 기여 및 화석연료에 대한 에너지 의존도를 감축하는 등의 효과가 기대됨.
- 2027년까지 16조 원 규모의 신규 원전 10기(총 7GW) 건설 계획 발표
 - 2022년 3월, 인도 원자력에너지부는 의회 발언에서 향후 5년 내 신규 원전 10기(각 700MW, PHWR, 총 설비용량 7GW)에 대한 착공 계획과 예상 건설비용을 발표함.

40) Enerdata, Country Energy Report India, 2021.12.

- 이번 신규 원전 건설 계획은 2017년 6월 인도 정부가 승인한 바 있는 신규 원전 건설 계획의 연장선상으로, 원자력에너지부는 신규 원전에 자국의 기술과 부품을 적극 활용할 예정이며 현재 부품 조달을 진행 중이라고 밝힘.
- 신규 원전 건설은 인도 원자력공사(NPCIL)가 담당하며, 표준화율을 높여 원전 건설비용과 시간을 절약할 수 있는 Fleet 형식으로 건설될 예정임. 건설비용은 약 1조 루피(약 16조 원)⁴¹⁾으로 예상됨.
- 구체적인 신규 원전 건설 일정은 다음과 같음. 2023년에 Kaiga 5 · 6호기, 2024년에 Gorakhpur Haryana Anu Vidyut Praiyonjan(GHAVP) 3 · 4호기와 Mahi Banswara Rajasthan 1~4호기, 2025년에 Chutka Madhya Pradesh 1 · 2호기를 각각 착공할 예정임.

● 파키스탄

■ 현황⁴²⁾

- 파키스탄은 현재 원자로 5기(총 2,242MW)를 가동중이며 5기 모두 중국 원자로(CNP300 4기, ACP1000 1기)를 사용 중임.
- 2019년 기준 총 발전량은 147TWh이며, 천연가스 36%, 수력 30%, 석유 11%, 석탄 10%, 원자력 8%, 풍력 및 태양광 4% 등으로 구성됨.⁴³⁾

■ 원자력 관련 주요 정책

- 중국과의 협력에 기반한 원전 증설 등을 통한 에너지 안보 확보 추진
 - 2005년, 파키스탄은 ‘파키스탄 에너지 안보 계획’을 도입하고 2015년까지 원전 비중을 900MW, 2020년까지 2,400MW까지 단계적으로 늘리기 위해 중국과 협력을 바탕으로 중국이 개발한 300MW 규모의 PWR 4기와 1,000MW 규모의 PWR 7기를 도입하기로 결정함.
 - 2013년 7월, 파키스탄 국가경제이사회(ECNEC)는 석유 의존도와 발전비용을 줄이기 위한 목적으로 총 124억 달러(약 15조 3천억 원)⁴⁴⁾ 규모의 에너지 발전 계획을 승인함. 해당 계획은 원자력 2,200MW, 가스 425MW, 수력 969MW로 구성된 3.5 GW 규모의 신규 발전 설비를 명시하고 있음.

41) 2022년 3월 31일 환율 기준

42) World Nuclear Association, Nuclear Power in Pakistan, <https://world-nuclear.org/information-library/country-profiles/countries-o-s/pakistan.aspx>(2022.3.)

43) Enerdata, Country Energy Report-Pakistan, pp. 15(2021.3.)

44) 2022년 4월 20일 환율 기준

- 원전 포함한 신규 에너지 발전 촉진

- 2015년, 파키스탄은 발전 비용 감소와 국내 자원 활용, 원전 산업 분야 발전, 환경 보호 등을 목적으로 신규 발전소 건설사를 지원하는 내용의 ‘발전 투자 촉진 정책(Power Generation Policy 2015)’을 추진함⁴⁵⁾.

- 후쿠시마 원전 사고 이후 대응 방안 계획 수립

- 2018년 후쿠시마 원전 사고 이후, 파키스탄 정부는 ‘후쿠시마 대응 방안 계획’을 추진하고 자국내 모든 원전을 대상으로 안전 점검을 실시하였으며 안전 기준을 상향 조정하고 긴급 대응책 등을 개선하였음.

■ 주요 이슈

- 2022년 4월 18일, 중국이 개발한 ACP1000 노형을 적용한 Karachi 3호기(1,014MW, PWR) 상업운전 개시
 - Karachi 3호기(KANUPP 3호기)는 파키스탄의 균등한 전력 공급을 위해 중국과 협력하여 2016년 5월 건설을 시작함. 동일한 노형의 Karachi 2호기(1,014MW, PWR)를 포함해 96억 달러(약 12조 원)⁴⁶⁾의 건설 비용이 소요되었으며⁴⁷⁾ 이 중 65억 달러(약 8조 원)⁴⁸⁾는 중국 핵공업집단공사(China National Nuclear Corporation, CNNC)에서 차관 형태로 제공하였음.⁴⁹⁾
 - Karachi 3호기는 2016년 5월 31일 착공하여 파키스탄 국가전력규제당국(National Electric Power Regulatory Authority, NEPRA)로부터 2021년 2월 발전 허가를 취득함.⁵⁰⁾ 이후 2022년 2월 21일 최초 임계에 도달하였으며⁵¹⁾⁵²⁾ 2022년 4월 18일 상업운전을 시작함.
 - Karachi 원전 건설에 협력한 중국 CNNC는 2·3호기 건설로 5만 개 이상의 직간접적 고용을 창출했으며, Chashma 5호기가 완공되면, 연 100억 kWh 가량의 전기를 파키스탄 전역에 공급하고 약 8백만 톤의 이산화탄소를 감축할 수 있을 것으로 기대된다고 밝힘.

45) IAEA, Country Nuclear Power Profiles, <https://cnpp.iaea.org/countryprofiles/Pakistan/Pakistan.htm>(2021)

46) 2022년 4월 20일 환율 기준

47) Enerdata, China's CNNC commissions Karachi-3 nuclear project in Pakistan, <https://www.enerdata.net/publications/daily-energy-news/chinas-cnnc-commissions-karachi-3-nuclear-project-pakistan.html>(2022.4.20.)

48) 2022년 4월 26일 환율 기준

49) Reuters, Exclusive: China commits \$6.5 billion for Pakistani nuclear project, <https://www.reuters.com/article/us-pakistan-china-nuclear-idUSBRE9BN06220131224> (2013.12.24.)

50) DAWN, PAEC seeks Rs14.5 per unit tariff for K-3 plant for 40 years, <https://www.dawn.com/news/1684120>(2022.4.9.)

51) Enerdata, China's CNNC connects Karachi 3 nuclear project to Pakistan's grid, <https://www.enerdata.net/publications/daily-energy-news/chinas-cnnc-connects-karachi-3-nuclear-project-pakistans-grid.html> (2022.3.11.)

52) World Nuclear News, Karachi 3 begins supplying electricity, <https://www.world-nuclear-news.org/Articles/Karachi-3-begins-supplying-electricity> (2022.3.7.)

● 방글라데시

■ 현황

- 현재 가동중인 원전은 없으나, 각각 2023년, 2024년 상업운전을 목표로 2017년 11월 Rooppur 1호기(1,200MW, PWR), 2018년 7월 2호기(1,200MW, PWR)를 착공하였으며, 1호기의 경우 2023년, 2호기의 경우 2024년 가동을 목표로 하고 있음.⁵³⁾
- 2020년 기준, 총 설비용량은 85.6TWh이며 천연가스 86%, 석유 9%, 석탄 3%, 수력 1%, 기타 에너지원 1%로 구성됨.⁵⁴⁾

■ 원자력 관련 주요 정책

- 일본 국제협력단과 협력하여 전력기본계획 수립 추진
 - 방글라데시 정부는 일본 국제협력단(Japan International Cooperation Agency, JICA)의 전적인 자금 조달을 기반으로 에너지 안보(Energy Security), 경제적 효율성(Economic Efficiency), 환경(Environment) 등을 표제로 통합에너지전력기본계획(3E+S, The Integrated Energy and Power Master Plan Project)을 수립중임.⁵⁵⁾⁵⁶⁾
 - 방글라데시 정부는 위 계획을 바탕으로 일본 국제협력단과 협력하여 기존에 방글라데시 정부가 추진한 2가지 주요 에너지 수급 계획을 수정하여 최근 전력 수요 증가와 에너지 조달 비용 상승, 탄소중립 추진 흐름 등에 대응하고자 함.
 - JICA와 방글라데시 전력·에너지·광물 부(Ministry of Power, Energy, and Mineral Resources)는 해당 계획을 2021년 3월 14일 체결하였으며, 계획에 따라 현재 정책 검토·에너지 데이터 관리·에너지 수급 균형·전력 계획 연구·LNG 규제 분석·환경영향평가 시행 등을 함께 수행할 예정임.
 - JICA는 ‘2016년 판 전력시스템기본계획(Power System Master Plan, PSMP)’과 금번 계획을 비롯해 방글라데시 에너지 계획 수립에 기술적·재정적 지원을 제공하고 있음.

53) POWER Technology, Bangladesh plans to build its second nuclear power plant, [https://www.power-technology.com/news/bangladesh-nuclear-plant/\(2021.10.12.\)](https://www.power-technology.com/news/bangladesh-nuclear-plant/(2021.10.12.))

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

55) United News of Bangladesh, Bangladesh to formulate integrated energy-power sector master plan with focus on 3E+S concept, [https://unb.com.bd/category/Special/bangladesh-to-formulate-integrated-energy-power-sector-master-plan-with-focus-on-3es-concept/81036\(2021.10.24.\)](https://unb.com.bd/category/Special/bangladesh-to-formulate-integrated-energy-power-sector-master-plan-with-focus-on-3es-concept/81036(2021.10.24.))

56) JICA, The Integrated Energy and Power Master Plan Project in Bangladesh, <https://www.jica.go.jp/project/english/bangladesh/016/outline/index.html>

■ 주요 이슈

- Rooppur 원전 이외 신규 원전 건설 추진
 - 2021년 10월 10일, Rooppur 1호기 원자로압력용기(RPV) 건설식에서 S. Hasina 총리는 에너지 안보와 전력 확보를 위해 Rooppur 원전 완공 이후 두 번째 신규 원전 건설 의지를 피력함.⁵⁷⁾
 - 2022년 3월, S. Hasina 총리는 서방국 중심의 대러 제재와 별개로 Rooppur 1·2호기 건설과 두 번째 신규 원전 건설도 계속해서 추진할 것이라 밝힘.⁵⁸⁾
 - Rooppur 1·2호기(각 1,080MW, PWR)는 VVER-V523 노형을 사용중이며 각각 2017년 11월, 2018년 7월 착공함.

● 카자흐스탄

■ 현황

- 1999년 4월 22일 Aktau 원전(52MW, FBR)이 영구정지된 이후, 가동중인 원전은 없음.
- 2020년 기준, 총 발전량은 110TWh이며, 석탄 67%, 가스 21%, 수력 9%, 태양광 및 풍력 등 기타 에너지원 3%를 차지함.⁵⁹⁾
- 카자흐스탄은 전세계 우라늄의 12%가 매장되어 있으며, 2020년 기준 1만 9천 톤의 우라늄 정광을 생산하였음. 또한 2019년 기준, 전세계 우라늄 생산량의 43%를 생산하는 등 최대 우라늄 생산국임.⁶⁰⁾

■ 원자력 관련 주요 정책

- 원전 포함한 재생에너지 확대 계획 발표
 - 2012년 12월, N. Nazarbayev 당시 대통령은 ‘2050 국가전략’과 이듬해 5월 ‘녹색경제 전환’을 담은 법령557(Decree 557)을 발표함.
 - 법령557에서 당시 정부는 2050년까지 대체 에너지 및 재생 에너지 비중을 50%로 늘리고 그 중 원자력 에너지 비중을 2030년까지 1.5 GW, 2050년까지 2.0 GW로 확대하는 목표를 제시함.

57) World Nuclear News, Bangladesh plans another nuclear power plant, <https://www.world-nuclear-news.org/Articles/Bangladesh-plans-another-nuclear-power-plant>(2021.10.11.)

58) The Northlines, Bangladesh defies US pressure, Russian-aided nuclear plant work on, <https://www.thenorthlines.com/bangladesh-defies-us-pressure-russian-aided-nuclear-plant-work-on/> (2022.3.16.)

59) Enerdata, Country Energy Report-Kazakhstan, pp. 14(2021.8.)

60) World Nuclear Association, Uranium and Nuclear Power in Kazakhstan, <https://www.world-nuclear.org/information-library/country-profiles/countries-g-n/kazakhstan.aspx>(2021.12.)

- 2030 전력난 대비 신규 원전 도입 검토

- 2021년 9월, 러시아 블라디보스토크에서 열린 동부경제포럼에서 K. Tokayev 대통령은 에너지 수요 증가로 인한 2030년 전국적인 전력난을 대비해 신규 원전 건설이 필요하다고 언급함.⁶¹⁾
- Tokayev 대통령은 2021년 8월 말, Samruk Kazyna 국부펀드와 행정부를 통해 신규 원전 건설을 위한 연구조사를 지시한 바 있으며, 현지 매체에 따르면 신규 원전은 Almaty 지역의 Ulken 시에 건설될 가능성이 높음.⁶²⁾

■ 주요 이슈

- 중국과 핵연료집합체 공급을 위한 협력⁶³⁾

- 2021년 11월, 카자흐스탄은 중국과 협력하여 성형가공시설인 Ulba-FA를 설립하고, 연간 200톤의 핵연료집합체를 20년간 중국에 공급하는 장기 계약을 체결함.
- Ulba-FA는 카자흐스탄 우라늄 처리 시설 유한공사인 Ortalyk LLP가 관리하며, Kazatomprom의 자회사 UMP JSC가 지분 51%, 중국 CGNPC의 자회사 CGN-URC가 49% 지분을 소유하고 있음.
- 한편 2017년 Ulba 측은 시설에서 쓰이는 농축 우라늄을 중국 혹은 러시아에서 조달할 예정이라고 밝힌 바 있으며,⁶⁴⁾ 2021년 11월 16일 러시아 TVEL과 Kazatomprom이 설립한 합작투자기업 Uranium Enrichment Center(UEC)가 Ulba-FA에 저농축우라늄을 1차 납품한 바 있음.⁶⁵⁾

- LPG 가격 상승으로 인한 소요사태 발생으로 우라늄 가격 급등

- 2022년 1월 1일, 카자흐스탄 정부가 LPG 가격 상한제를 폐지하고 보조금 지급을 중지한 이후, LPG 가격이 단기간 2배 가까이 폭등함. 이로 인해 2022년 1월 2일, 카자흐스탄 최대 유전지대이자 LPG 차량이 전체의 90%를 차지하는 Manystau 지역에서 물가상승으로 인한 시위가 발생함.
- 1월 5일부터 19일까지 15일간 행정부가 비상사태를 선포함에 따라, 카자흐스탄 내 도로 봉쇄로 인해 우라늄 수급에 대한 우려로 우라늄 현물 가격이 파운드당 43.27 달러에서 46.50 달러로 상승한 바 있음.

61) Caspian News, President Tokayev Says Kazakhstan Needs Nuclear Power Plant, [https://caspiannews.com/news-detail/president-tokayev-says-kazakhstan-needs-nuclear-power-plant-2021-9-5-0/\(2021.9.5\)](https://caspiannews.com/news-detail/president-tokayev-says-kazakhstan-needs-nuclear-power-plant-2021-9-5-0/(2021.9.5))

62) Central Asian Bureau for Analytical Reporting, The Future of Kazakhstan: Atom for Peace or Wind and Solar Power?, [https://cabar.asia/en/the-future-of-kazakhstan-atom-for-peace-or-wind-and-solar-power\(2019.10.31\)](https://cabar.asia/en/the-future-of-kazakhstan-atom-for-peace-or-wind-and-solar-power(2019.10.31))

63) World Nuclear News, CGN to take stake in Kazakh U mining company, [https://world-nuclear-news.org/Articles/CGN-set-to-take-stake-in-Kazakh-uranium-mining-com\(2021.1.5\)](https://world-nuclear-news.org/Articles/CGN-set-to-take-stake-in-Kazakh-uranium-mining-com(2021.1.5))

64) Reuter, Kazakhstan to produce nuclear fuel for China, [https://www.reuters.com/article/us-kazakhstan-china-nuclear-power-idUSKBN18M1KP\(2017.5.26\)](https://www.reuters.com/article/us-kazakhstan-china-nuclear-power-idUSKBN18M1KP(2017.5.26))

65) 세계원전시장인사이트, 중국 카자흐스탄에 성형가공시설 준공으로 연료공급 안정성 제고, pp. 38(2021.12.17.)

● UAE

■ 현황

- 현재 Barakah 1·2호기를 가동중이며, 각각 2021년 4월 6일, 2022년 3월 24일에 상업 운전을 개시하였음. 3호기는 2021년 8월 완공되었으며 4호기의 경우 건설 마무리 단계에 있음.
 - 4기 모두 APR1400을 탑재한 Barakah 원전은 완공시, UAE 전력 수요의 약 25%(5,380MW)를 공급하고⁶⁶⁾ 연 탄소 배출량을 2천 2백만 톤 가량 줄일 것으로 예상됨.
- 2020년 기준, 총 발전량은 137.5TWh이며 가스 96%, 풍력·태양광 4%, 기타 석유 등으로 구성됨.⁶⁷⁾

■ 원자력 관련 주요 정책

- 탄소 무배출 정책(UAE Net Zero 2050) 발표⁶⁸⁾
 - 2021년 10월, 걸프협력이사회(The Cooperation Council for the Arab States of the Gulf, GCC) 국가 중 처음으로 2050년까지 에너지 분야의 탄소 무배출 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 청정 에너지에 대한 재정 지원을 해왔으며, 총 지원 금액은 약 400억 달러(약 50조 원)⁶⁹⁾에 달함.
 - 기후변화 대응의 일환으로 온실가스 배출을 감축하고 청정 에너지 사용을 촉진하기 위해, 2030년까지 원전을 포함한 청정 에너지 발전량을 14 GW로 증대하는 것을 목표로 함.
 - 또한 국제적인 친환경 기반구조 건설과 청정 에너지 정책 개발을 지원하기 위해 70개국에 168억 달러(약 21조 원)⁷⁰⁾를 지원하고 4억 달러(약 5천억 원)⁷¹⁾의 원조 및 차관을 제공함.

66) Construction Review Online, Barakah Nuclear Power Plant Project Updates, United Arab Emirates, <https://constructionreviewonline.com/biggest-projects/maintenance-of-unit-1-of-the-barakah-nuclear-power-plant-gets-underway/> (2022.4.22.)

67) Enerdata, Country Energy Report-United Arab Emirates, pp. 16(2021.11.)

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

69) 2022년 4월 26일 환율 기준

70) 2022년 4월 26일 환율 기준

71) 2022년 4월 26일 환율 기준

■ 주요 이슈

- Barakah 2호기 상업운전 개시
 - Barakah 2호기(1,345MW, PWR)는 2013년 4월 15일 착공하여 2020년 7월 15일 준공한 이후, 2021년 3월 23일 연료 장전을 완료함.⁷²⁾⁷³⁾ 2021년 8월 27일 최초임계를 달성하고, 2021년 9월 14일 계통망에 연결됨.
 - UAE 측은 Barakah 1호기 건설에서 발견한 개선점을 2호기 건설에 반영하여 2021년 4월 1호기가 상업운전을 시작한지 1년이 채 안되어 2호기 상업운전을 효율적으로 개시할 수 있었다고 밝힘. Barakah 원전은 ‘2050 탄소무배출 계획’ 달성에 기여할 수 있는 주요 요인으로서, 발전 부문 뿐만 아니라 원전을 활용한 수소와 합성 연료 생산을 계속해서 추진하겠다고 덧붙였다.
- UAE 원자력공사, EDF와 원전 활용 수소 연구 계약 체결
 - 2021년 6월 30일, UAE 원자력공사(Emirates Nuclear Energy Corporation, ENEC)은 기후 변화에 따른 에너지 변환 정책 개발을 목적으로, 프랑스 EDF와 원전을 통한 수소 생산 연구 등을 포함한 R&D 의향서를 체결함.
- Nawah Energy, Barakah 원전 유지보수 계약 체결
 - 2021년 6월 30일, ENEC과 한국전력공사가 합작한 Nawah Energy는 Framatome과 유지보수 및 엔지니어링 서비스 계약(Maintenance and Engineering Services Agreement, MESA)을 체결하고, Framatome은 유지보수를 비롯한 교육, 기술운영 지원, 연료 서비스를 Barakah 원전 4기를 대상으로 제공하기로 함.⁷⁴⁾
 - 2021년 7월 14일, Nawah Energy는 Westinghouse와 OEM 계약(Original Equipment Manufacturer)을 체결하고 Barakah 원전 1호기를 대상으로 5년간 원전 가동·유지보수·정전 대응에 대한 지원과 예비부품 등을 제공받기로 함.⁷⁵⁾

72) World Nuclear News, UAE completes construction of Barakah 2, <https://world-nuclear-news.org/Articles/UAE-completes-construction-of-Barakah-unit-2> (2020.7.15.)

73) Nuclear Engineering International, Nawah completes fuel loading at Barakah 2, <https://www.neimagazine.com/news/newsnawah-completes-fuel-loading-at-barakah-2-8625787>(2021.3.25.)

74) Framatome, Nawah Energy Company signs Maintenance and Engineering Services Agreement with Framatome, <https://www.framatome.com/medias/nawah-energy-company-signs-maintenance-and-engineering-services-agreement-with-framatome/> (2021.6.30.)

75) Nuclear Engineering Original, UAE's Nawah signs OEM support agreement with Westinghouse, <https://www.neimagazine.com/news/newsuaes-nawah-signs-oem-support-agreement-with-westinghouse-8896129>(2021.7.14.)

● 터키

■ 현황

- 터키는 Mersin 주에 1,200MW급 VVER-1200 4기로 구성된 Akkuyu 원전을 건설 중이며, 현재 1~3호기의 건설을 진행 중임.
 - 터키는 2026년 완공을 목표로 하며, 1호기는 2023년 가동될 예정임. Akkuyu 원전 건설비는 약 200억 달러이며, 완공 시 터키 전력의 10%를 공급하게 됨.
- 2020년 터키의 총발전량은 306.7TWh로 이 중 석탄 35%, 수력 26%, 가스 23%, 재생 에너지(풍력, 태양광, 지열) 15%를 차지함.⁷⁶⁾

■ 원자력 관련 주요 정책

- 터키 정부는 2020년 5월 발표한 에너지천연자원부(Ministry of Energy and Natural Resources, MENR) 전략계획 2019-2023을 통해 설비용량에서 재생에너지와 국내 자원 점유율을 2023년까지 59%에서 65%로 높이겠다는 목표를 설정함.
 - 더불어 2019년 7월 19일 터키 국민의회가 채택한 제11차 개발계획(Eleventh Development Plan)(2019년~2023년)의 분야별 정책(Sectoral Policies) 에너지 부문 내용에 따르면 발전 포트폴리오에 원자력발전소가 포함되었으며 전력에서 원자력 점유율 확대를 위한 대응을 지속하겠다고 밝힘.
 - 11차 개발계획에서 터키는 건설 중인 Akkuyu 원전 이외에도 2개의 원전을 추가로 설치하는 대응을 지속하겠다는 내용도 명기되어 있음. 원자력 기술 분야에서 기술이전을 추진하고 외국에 기술적 의존도를 낮추겠다는 방침도 표명함.⁷⁷⁾
- 터키는 2010년 5월 러시아와 협력 합의 문서를 체결을 통해 지중해 동부 연안에 있는 Akkuyu 원전 건설(총 공사비 200억 달러(약 25.3조 원)⁷⁸⁾)를 러시아 Rosatom이 수주 하도록 결정함.
 - 2018년 4월 3일 Akkuyu 1호기 건설이 시작되었고 터키정부는 Akkuyu 원전 이외의 지역에 두 원전 설치를 위해 활동을 지속하겠다는 방침을 제11차 개발 계획에서 밝혔음.
 - Akkuyu 원전에 3기의 원자로(러시아 VVER-1200)가 건설 중이며 추가로 Akkuyu 원전에 1기를 더 건설하고, Sinop 원전 부지에 4기의 원자로 건설 계획을 고려중임. 구체화되지는 않았지만 Igneada 지역에서 원전 건설도 계획 중임.⁷⁹⁾

76) Enerdata, Country Energy Report Turkey(2022.03.)

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

78) 2022년 4월 29일 환율 기준

- 한편, Sinop 원전 건설과 관련해 2018년 12월 4일 건설비 급등으로 인한 경제성 악화를 이유로 일본-프랑스 연합이 동 발전소 건설 계획에서 철수한다는 내용이 언론에 보도되었고, 2020년 1월 19일 Fatih Donmez 에너지·천연자원부 장관은 Sinop 원전 건설 계획에 대해 주요 파트너를 재검토하겠다고 밝힘.
- 장관은 Mitsubishi 중공업이 이전에 시행한 타당성 조사 결과가 터키의 기대에 못 미쳤다고 밝히며 새로운 파트너를 찾고 있다고 밝힘. 2020년 9월 14일 터키 환경도시계획부는 Sinop 원전 건설 계획에 관한 최종 EIA를 승인함.

■ 주요 이슈

- Akkuyu 원전 4호기 건설 허가 및 추가 원전건설 의지 표명
 - 2021년 10월 29일, 터키 Akkuyu 원전 건설 운영사 Rosatom은 터키 원자력 규제기관 (Nukleer Duzenleme Kurumu, NDK)이 Akkuyu 4호기(각 1,200MW, PWR)의 건설 허가를 승인했다고 발표함.
 - Akkuyu 원전은 총 4기로 1호기는 2018년 4월, 2호기는 2020년 4월, 3호기는 2021년 3월에 착공에 들어갔으며 2026년 전체 완공을 목표로 함. 또한, 건국 100주년인 2023년엔 1호기의 상업운전을 목표로 함.
 - Rosatom은 2020년 5월 NDK에 4호기 건설 허가를 신청하였으며, 2022년 초부터 4호기 착공에 들어갈 예정이라고 밝힘.

◎ 이집트

■ 현황

- 이집트는 정부 간 협정을 바탕으로 2017년 12월 러시아와 원전 건설 계약을 체결한 이후, 2026년 최초 호기 가동을 목표로 이집트 북부에 VVER-1200 4기로 구성된 El Dabaa 원전(1,200MW, PWR) 건설을 추진 중이며 2022년 중 1호기 착공, 2028년 상업 운전 개시를 목표로 함.⁸⁰⁾
 - El Dabaa 원전 건설과 관련해 러시아는 원전 건설 및 핵연료 공급, 원전 가동 첫 10년 동안 이집트에 인력 교육 및 원전 유지보수를 제공함.
 - El Dabaa 원전 총 건설 비용의 85%에 해당하는 250억 달러(약31.6조원)⁸¹⁾를 러시아가 차관(연 3%)으로 제공하고 나머지 비용은 이집트가 민간 사업자 유치를 통해 자금을 조달함.

79) 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.)

80) 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.)

한수원 보도자료, ‘이집트 엘다바 원전사업 단독협상대상자로 선정’(2022.01.02.)

81) 2022년 4월 29일 환율 기준

- 2020년 이집트의 총발전량은 201.7TWh로 발전원별 비중은 가스 78%, 석유 11%, 수력 6.5%, 재생에너지(풍력, 태양광, 지열) 3.8%임.⁸³⁾

■ 원자력 관련 주요 정책

- 이집트에서는 급속한 인구 증가와 활발한 산업 활동으로 전력 수요가 급증하고 있음. 정전 위험을 방지하면서 전력 수요 증가에 대한 대응을 위하여 이집트 정부는 발전 설비 다양화를 포함한 에너지 계획을 수립함.
- 이집트 에너지 최고위원회(Supreme Council of Energy)는 2016년 10월 ‘2035년까지의 이집트 에너지 전략(Egyptian Energy Strategy until 2035)’을 채택했으며 2035년 발전량 비중을 재생에너지 47%, 원자력 3% 등으로 설정함.
- 또한, 이집트 원자력발전청(Nuclear Power Plants Authority, NPPA) 원전연료부문장 Hesham Hegazy는 2021년 7월 2030년까지 이집트 원전 비중을 8%로 확대하기 위해 여러 지역에 원전 추가 건설을 추진할 것이라고 밝힘.

■ 주요 이슈

- 이집트, El Dabaa 원전 건설 위한 러시아와의 협력 지속 의지 표명
 - 2022년 3월 9일 이집트 대통령실은 이집트와 러시아 정상이 전화 회담을 통해 El Dabaa 건설안 등을 포함한 양국의 개발 협력 강화 의사를 재확인했으며, 우크라이나 사태를 대화 등 외교적 수단을 통해 해결할 것을 강조했다고 발표함.
 - 3월 23일에는 G. Borisenko 주카이로 러시아 대사는 러시아 및 구소련 대학 이집트 총학생회 20주년 행사에서 러시아와 이집트 간 협력은 계속될 것이며, El Dabaa 원전 건설과 기타 협력 사업 또한 계속해서 추진할 예정이라고 발언함.
 - 한편, 이집트 원자력 방사선안전청(Egypt Nuclear and Radiological Regulatory Authority, ENRRA)은 2019년 3월 El Dabaa 원전 4기 건설에 대한 부지 허가를 발급했고, 2021년 6월 30일에는 원자력발전청(Nuclear Power Plants Authority, NPPA)이 ENRRA에 El Dabaa 원전 1·2호기의 건설 허가 신청서를, 2021년 12월 30일에는 El Dabaa 3·4호기 건설 허가 신청서를 제출하여 결과를 기다리는 중임. Rosatom은 건설 허가 승인을 받는 즉시 El Dabaa 원전 건설 공사를 시작할 준비가 되어 있으며 2021년 7월부터 이미 4기의 착공에 대비해 기기 제조를 시작함.

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

83) Enerdata, Country Energy Report Egypt(2022.02.)

● 남아프리카 공화국

■ 현황

- 남아공은 2022년 4월 1일 기준 Koeberg 원전(총 1,860MW, PWR)을 각각 1984년과 1985년부터 가동하고 있으며 2030년 이후 신규 원전을 건설할 계획임.
- 2020년 남아공의 총발전량은 240.0TWh이며, 발전원별 비중은 석탄 87%, 재생에너지(풍력, 태양광, 지열) 5%, 원자력 5%, 수력 3%임.⁸⁴⁾

■ 원자력 관련 주요 정책

- 남아공은 전력부족과 석탄의존 문제를 해결하기 위해 2010년 전력통합자원계획(IRP)을 통해 2030년까지 9,600MW 규모의 신규 원전 도입을 추진함.
 - 이후, 2018년 IRP는 신규 원전 건설을 취소했지만 2019년 IRP는 Koeberg 원전의 20년 계속운전(2044·2045년까지 가동) 및 신규 원전 건설을 계획함.
 - 2030년 이후를 목표로 2,500MW 규모의 신규 원전 건설이 추진 중이나, 경제성 충족, 모듈형태 제작, 원자력 기술 발전을 전제로 함.
- 또한, 남아공은 2022년 3월에 에너지, 화물운송, 수자원 및 디지털 인프라에 초점을 둔 첫 번째 국가인프라계획 2050(NIP 2050)을 발표하여, 현재 전원믹스 대부분을 차지하고 있는 석탄을 대폭 축소하고 이를 원자력으로 대체할 계획임.
 - 또한, 2030년까지 Safari-1 연구용 원자로(20MW)를 다목적 원자로(MPR)로 교체할 계획임.

■ 주요 이슈

- IAEA, 남아공 Koeberg 원전 2기 장기운전 안전성 검토 완료
 - 2022년 3월 31일, IAEA 장기가동안전성 평가팀(SALTO)은 남아공 Koeberg 원전 2기에 대한 장기운전에 대한 안전성 검토를 완료하였으며, 우수사례와 권고사항을 제시함.
 - ※ Koeberg 원전은 남아공에서 가동 중인 유일한 원전으로, 1·2호기는 각각 1984년과 1985년에 상업운전을 시작함. Koeberg 원전 운영사인 Eskom은 20년 계속운전 시행을 추진 중으로, 2045년까지 총 60년간 운전을 계속하고자 함.

84) Enerdata, Country Energy Report South Africa 2022.02.

- 우수사례로는 장기가동을 위한 통합 프로그램을 이행하고 역량 지수(capability index)를 적용하여 근로자들의 건강 및 기타 지원 요소를 특성화하여 업무 수행에 적합한지 여부를 평가한 점 등을 꼽음. 안전한 장기가동을 위한 권고사항으로는 모든 발전설비 프로그램을 종합적으로 검토·이행하고 격납건물 내 케이블의 적합성을 재검증해야 한다고 제안함.
- IEAE는 남아공 Koeberg 원전의 장기가동을 위한 안정성 개선 사항을 확인하기 위해 주기적으로 안전성 평가를 진행 중이며, 2019년 9월에는 IAEA 장기가동안전성사전평가팀(pre-SALTO)이 Koeberg 1·2호기 장기가동과 관련한 대비태세, 조직, 프로그램 등에 대한 사전평가를 진행한 바 있음.
- 신규 원전 건설을 위한 입찰 실시 예정
 - 남아공 천연자원에너지부 장관은 국가인프라계획 2050(NIP 2050)의 일환으로, 석탄 의존도 감축을 위해 빠른 시일 내로 신규 원전 건설을 위한 입찰을 실시할 것이라고 밝힘. 현재까지 구체적인 규모와 일정은 밝혀진 바 없음.
 - 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.

4. 유럽

● 영국

■ 현황

- 영국은 2022년 4월 기준 총 11기의 원자로(총 발전용량 6,848MW)를 가동 중임.
 - 영국 정부는 기존 7기의 원자로(Sizewell B 원전 제외)가 2030년까지, 석탄 발전소가 2025년까지 폐쇄되는 상황에서 신규 원전으로 Hinkley Point C 원전(각 1,720MW, 2기)을 건설 중임.
 - 현재 영구 정지된 원자로로는 총 34기(총 6,790MW)임.⁸⁵⁾
- 2020년 영국의 총발전량은 313.4TWh이며, 발전원별 비중은 가스 36%, 재생에너지(풍력, 태양광, 지열) 28%, 바이오매스 15%, 수력 3%, 원자력 16%, 석탄 2%임.⁸⁶⁾

85) 영구 정지된 원자로의 용량은 연구로 포함 수치임.

86) Enerdata, Country Energy Report UK, 2021.05.

■ 원자력 관련 주요 정책 87)

- 2011년 영국 정부는 국가정책서(National Policy Statement, NPS)를 발표해 2025년 말까지 신규 원자로 건설을 위한 8개의 부지(Bradwell, Hartlepool, Heysham, Hinkley Point, Oldbury, Sizewell, Sellafield, Wylfa)⁸⁸⁾를 확정하고, 그 중 6개의 부지(Hinkley Point, Sizewell, Moorside, Wylfa, Oldbury, Bradwell)를 개발함.⁸⁹⁾
 - 또한, 2017년 10월 영국 정부는 청정 성장 전략(Clean Growth Strategy)에서 Hinkley Point C 원전을 통해 신규 · 가격경쟁력을 갖춘 신규 원전 건설을 확보할 계획을 밝힘.
- 2020년 11월 영국 정부는 2050년 탄소 중립 목표 달성을 위한 ‘녹색산업 혁명을 위한 10대 중점계획’을 발표하고, 원자력 산업 부문에서 ① 대형 원전 건설 기간 최대 10,000개의 일자리 창출, ② 최대 3억 파운드(약4,762억원)⁹⁰⁾ 규모의 SMR 민간 투자 촉진, ③ 2백만 가구에 원자력 기반의 청정에너지 공급을 목표로 설정함.
- 같은 달 영국 정부는 ‘에너지 백서 2020’를 공개하면서, 원자력 부문에서 ① 대형 원전 건설 (최소 1기 이상), ② SMR 설계, ③ AMR 실증로 구축, ④ 핵융합 프로젝트 추진을 계획함.
- 2021년 10월 영국 정부는 2050년까지 탄소 배출 제로 달성을 위한 이행 방안을 제시한 넷 제로 전략(Net Zero Strategy)을 발표하고, 원자력 산업 부문에서 ① 2024년 5월말까지 대형 원전 1기에 대한 최종투자결정(FID) 시행, ② 차기 의회 임기 동안 SMR 및 AMR 포함한 추가 원전에 대한 FID 시행 여부 결정, ③ 신규 원자로 기술 개발 및 보급을 지원하기 위해 1.2억 파운드(약 1,905억 원)⁹¹⁾규모의 미래 원자력 활성화 기금(Future Nuclear Enabling Fund) 조성을 제시함.
- 2022년 3월 31일 신규 원전 자금 조달 모델인 규제자산기반(Regulated Asset Base, RAB)을 적용하는 원자력 자금조달 법(Nuclear Energy (Financing) Act 2022)이 왕실의 재가(Royal Assent)를 받음. RAB는 SMR·AMR·핵융합 발전소에도 적용될 수 있음.
 - 영국은 현재까지 발전차액계약(Contract for Difference, CfD)을 자금조달 모델로 사용해왔음. 이 모델은 원전사업자가 자금을 조달하고 완공 후 발전 시점에서 수익을 얻는 구조로 투자 측면에서 원전사업자에게 큰 부담이 되어왔음.

87) 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>

88) Department of Energy & Climate Change, National Policy Statement for Nuclear Power Generation (EN-6) Volume I of II p. 33(2011.7)
https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/47859/2009-nps-for-nuclear-volumel.pdf

89) House of Commons library, New Nuclear Power p.11 (2021.2.26.)
<https://researchbriefings.files.parliament.uk/documents/CBP-8176/CBP-8176.pdf>

90) 2022년 4월 28일 환율 기준

91) 2022년 4월 28일 환율 기준

- RAB 모델은 정부지원을 통해 민간자본의 투자 위험을 줄여 투자를 유치하고, 원전건설 단계부터 소비자로부터 건설비용을 조달받아 사업자의 재정적인 부담을 경감할 것으로 전망됨. 이를 통해 투자자와 소비자의 부담을 경감할 수 있을 것으로 기대됨.
- 영국 기업·에너지·산업전략부는 RAB 모델에 대한 이해관계자의 의견을 수렴하는 공론화(2019.7.22.~10.14) 절차를 완료한 후, 2020년 12월 해당 모델이 대형 원전 프로젝트에 적합하다고 결론을 내림.

■ 주요 이슈

• 영국 신규 원전 프로젝트 추진 현황

① Hinkley Point C(HPC) 원전

- 올해 3월 EDF는 러시아-우크라이나 분쟁·공급망 붕괴·인플레이션으로 인해 HPC 원전 프로젝트에 대한 비용 상승과 일정 지연을 예상하며, 2022년 여름까지 HPC 원전 비용 및 일정 업데이트 작업을 마무리할 것이라고 밝힘⁹²⁾.
- EDF는 지난 1월 코로나19로 HPC 원전 가동을 6개월 연기 및 비용 증가(180억 파운드(약 28.5조원)⁹³⁾에서 220~230억 파운드(34.9조원~36.4조원)⁹⁴⁾로 상승)를 발표한 바 있음. HPC 1·2호기는 각각 2026년과 2027년에 완공될 것으로 전망됨.
- 한편, 1월 영국원자력규제청(ONR)은 Hinkley Point C 원전의 기계·전기·냉난방·환기 부품 설치 작업을 승인함. 해당 작업은 EDF Energy의 자회사인 NNB Genco와 공급업체 4개사(Balfour Beatty Bailey, Doosan, Cavendish, Altrad)가 협력해 3년에 걸쳐 진행될 예정임⁹⁵⁾.
- 2016년 9월 영국 정부는 EDF, 중국 CGN과 180억 파운드(약 28.5조원)⁹⁶⁾ 규모의 HPC 원전 건설 협정을 체결함. EDF와 CGN은 HPC 원전에 대해 각각 66.5%, 33.5% 지분을 보유하고 있음.

② Sizewell C 원전

- 올해 3월 영국 매체는 영국 정부와 EDF가 200억 파운드(약 31.7조 원)⁹⁷⁾ 규모의 Sizewell C(3.2 GW, EPR 2기) 원전 지분을 각각 20% 보유할 계획이라고 발표함. 영국 정부는 지난 1월 이미 Sizewell C 프로젝트에 1억 파운드(약 1,587억 원)⁹⁸⁾를 투자한 바 있으며, 이번 투자 규모는 최대 40억 파운드(약 6.3조 원)⁹⁹⁾ 규모가 될 것으로 전망됨¹⁰⁰⁾.

92) Reuters, EDF to announce new cost increase, delay for Hinkley Point nuclear plant(2022.3.29.)

<https://www.reuters.com/business/energy/edf-announce-new-cost-increase-delay-hinkley-point-nuclear-plant-2022-03-28/>

93) 2022년 4월 28일 환율 기준

94) 2022년 4월 28일 환율 기준

95) Nei, UK ONR grants permission for next construction phase at Hinkley Point C(2022.1.31.)

<https://www.neimagazine.com/news/newsuk-onr-grants-permission-for-next-construction-phase-at-hinkley-point-c-9448774>

96) 2022년 4월 28일 환율 기준

97) 2022년 4월 28일 환율 기준

98) 2022년 4월 28일 환율 기준

99) 2022년 4월 28일 환율 기준

- 2021년 7월 영국 정부는 중국 정부와의 관계 악화로 추진 중인 신규 원전 프로젝트에서 중국 CGN을 배제하는 방안을 검토해 Sizewell C 프로젝트의 지분을 직접 인수하기로 함.
- Sizewell C 원전의 착공은 2022년, 완공은 2032년으로 예상됨.

③ Bradwell B 원전

- 올해 2월 7일 영국 원자력규제청(ONR)은 환경청(EA)과 공동으로 Bradwell B 원전에 도입될 UK HPR1000 일반설계평가 (GDA)를 최종 승인하며, 해당 원자로가 안전, 보안 및 환경보호 측면에서 규제 요건을 충족시켰다고 평가함¹⁰¹⁾.
- ※ GDA는 영국의 신규 원전 프로젝트 허가 과정의 일부로, 신규 원자로 설계의 안전성, 보안, 환경영향 등을 평가하며 통상 4년이 소요됨.
- ※ UK HPR1000은 중국 CAP1000 및 ACPR1000+를 통합한 1,100MW급 3세대 원자로(PWR)임.
- 이번 GDA 승인으로 UK HPR1000를 사용할 Bradwell B 프로젝트가 원전 건설·운영 계획신청서인 개발동의명령 및 환경 인허가 취득을 조건으로 추진될 가능성이 있으나, 영국 정부가 안보 문제로 중국의 참여를 우려하고 있어 프로젝트에 대한 불확실성이 존재함.
- ※ Bradwell B 프로젝트는 2020년 3월부터 7월까지 개발명령동의 6단계 중 첫 단계인 사전 지원 공론화 절차를 진행했으며, 정부기관에 개발동의 신청서 제출은 하지 않은 상태임.
- 2016년 10월 프랑스 EDF와 중국 CGN의 합작기업인 General Nuclear Services(GNS)는 UK HPR1000에 대한 GDA 신청서를 영국 기업·에너지·산업전략부(BEIS)에 제출한 바 있음.

④ Wylfa Newydd 원전

- 영국 정부와 미국 Betchel-Westinghouse 컨소시엄은 일본 Hitachi가 신규원전 건설계획을 철회한 Wylfa Newydd 부지에 AP1000 노형 2기 건설 가능성을 논의 중이며, Simon Hart 웨일스 장관도 수천 개의 일자리 창출 및 지역 개발 가능성의 이유로 이를 지지하고 있음.¹⁰²⁾ 뿐만 아니라, 영국 청청에너지 회사 Shearwater Energy는 GEH가 설계한 BWRX-300 (SMR) 10기 건설을 위해 Wylfa Newydd 부지 활용을 제안한 바 있음.
- Wylfa Newydd 프로젝트는 Westinghouse가 원자로 공급, Bechtel이 원전 건설을 담당할 예정이며 미래 원자력 활성화 기금(Future Nuclear Enabling Fund)에서 비용을 일부 부담할 것으로 전망됨.

100) Nucnet, UK / Government Planning To Take 20% Stake In Sizewell C, Reports Say(2022.3.28.)
<https://www.nucnet.org/news/government-planning-to-take-20-stake-in-sizewell-c-reports-say-3-1-2022>

101) Nucnet, UK / Regulators Announce Approval Of Chinese Hualong Nuclear Power Plant(2022.2.7.)
<https://www.nucnet.org/news/regulators-announce-approval-of-chinese-hualong-nuclear-power-plant-2-1-2022>

102) Northwaleslive, New North Wales nuclear power plant plan backed by UK Government(2022.4.4.)
<https://www.dailypost.co.uk/news/north-wales-news/new-north-wales-nuclear-power-23585790>

- 2020년 9월 Hitachi는 Wylfa Newydd 원전 프로젝트를 자금조달 문제로 철회함. 이후 2021년 1월 Hitachi의 Wylfa 원전 추진을 위해 설립된 Horizon는 원전 인프라 건설 및 운영 계획신청서를 철회해 프로젝트 활동을 공식적으로 종료함.

⑤ Moorside 원전

- 일본 Toshiba가 신규 원전 3기 건설을 추진하다 무산된 Moorside 부지는 Rolls-Royce가 추진 중인 SMR 후보 부지 중 하나로 선정됨.¹⁰³⁾
- Rolls-Royce를 선두로 한 SMR 프로젝트 컨소시엄은 2029년까지 SMR 가동을 목표로 함.

• Rolls-Royce, SMR 프로젝트 추진 가속화 및 GDA 착수

- 올해 4월 7일 Rolls-Royce Ltd는 2029년까지 UK SMR(470MW)의 가동을 목표로 하고 있다고 밝히며, SMR 건설 및 향후 제3국 수출을 위해 영국 정부의 규제 완화를 요청함. Rolls-Royce는 2050년까지 수백 기의 SMR 판매를 예상하고 있음.¹⁰⁴⁾

※ Rolls-Royce SMR Ltd는 엔지니어링 기업 Rolls-Royce가 2030년대 초반까지 SMR 개발 및 보급을 위해 설립한 특수목적법인으로, 영국 BNF Resources UK Ltd, 미국 Exelon Generation Ltd, 카타르투자청(Qatar Investment Authority)이 투자자임.

- 한편, 지난 3월 영국원자력규제청(ONR) · 환경청(Environment Agency) · 웨일스 천연자원관리청(Natural Resources Wales)은 Rolls-Royce SMR Ltd의 SMR(470MW)에 대한 일반설계평가(Generic Design Assessment, GDA) 1단계 개시를 발표함.¹⁰⁵⁾
- GDA 절차는 완료까지 통상 4~5년이 소요될 것이며, 해당 기간 동안 Rolls-Royce SMR Ltd는 설비 개발, 부지선정, 상용화 논의를 진행할 예정임.
- 현재 SMR 건설 후보 부지는 영국 잉글랜드 남부 Kent의 Dungeness, 잉글랜드 West Cumbria의 Moorside, 영국 웨일스 북서부 연안 섬 내 Wylfa 인근 부지, Wales의 Trawsfynydd이며, 최종 부지 선정 기간은 12~18개월로 예상됨. Rolls-Royce는 일본 Hitachi 소유의 Wylfa 부지 매입 방안도 고려하고 있음.
- Rolls-Royce SMR은 전력과 수소생산 외에도 지역 난방 공급, 담수화, 항공 합성연료(synthetic jet fuel) 제조 등 다목적으로 활용될 수 있도록 설계될 계획임.
- SMR 설계 비용은 60년으로 1기 비용은 초기 22억 파운드(약 3.4조 원)¹⁰⁶⁾에서 5기 건설 후 18억 파운드(약 2.8조 원)¹⁰⁷⁾로 인하될 것으로 예상됨.

103) Nucnet, UK / Rolls-Royce Eyes Sites Across England And Wales For Rollout Of SMRs(2022.2.18.)

<https://www.nucnet.org/news/rolls-royce-eyes-sites-across-england-and-wales-for-rollout-of-smrs-2-5-2022>

104) UxWeekly, Rolls-Royce targets first UK SMRs in 2029(2022.4.11.)

<https://www.uxc.com/c/ux-weekly/UxWContent.aspx?key=23150>

105) Nucnet, UK / Rolls-Royce SMR Design Formally Begins Generic Design Assessment Process(2022.3.7.)

<https://www.nucnet.org/news/rolls-royce-smr-design-formally-begins-generic-design-assessment-process-3-1-2022>

106) 2022년 4월 28일 환율 기준

- 영국 정부, 신규원전 최대 8기 건설 포함한 에너지 안보 전략 발표
 - 4월 7일 영국 정부는 코로나19 사태 이후 전력 수요 급증과 러시아의 우크라이나 침공으로 촉발된 글로벌 에너지 가격 상승을 감안해 에너지 자립을 위한 다양한 전원의 개발과 보급을 제시한 에너지 안보 전략 보고서를 발간함.
 - 해당 보고서는 녹색산업혁명을 위한 10대 중점계획(2020년)과 탄소 중립 정책(2021년)을 바탕으로 석유·가스, 재생에너지(해상풍력, 육상풍력, 태양광), 원자력, 수소 부문에 대한 주요 조치 및 세부 목표를 담고 있음.
 - 영국 정부는 이를 통해 2030년까지 영국 전력의 95%를 저탄소 발전원에서 공급하고 2035년까지 전력 부문의 탈탄소화를 이행한다는 계획임.
 - 이에 앞서 지난 3월 Boris Johnson 영국 총리는 2050년까지 전원 구성에서 원자력 발전 비중을 기존 16%에서 25%로 확대하기 위해 원자력산업계 대표들과 에너지 안보 강화 및 신규 원전 프로젝트 추진 가속화 방안을 논의한 바 있음.
 - 이후 영국 정부는 신규 원전 프로젝트 추진 가속화 방안으로 ① 1.2억 파운드(약 1,905억 원)¹⁰⁷⁾ 규모의 미래 원자력 활성화 기금(Future Nuclear Enabling Fund) 조성, ② 신설 부처인 대영원자력부(Great British Nuclear) 출범 및 이를 통해 프로젝트 개발 지원 및 자금 조달(2023년 추가 프로젝트 선정 절차 개시), ③ 원자력 규제기관과의 협력을 통해 신규 원전 건설 승인·인허가 절차 중복 제거 또는 간소화, ④ 해외국가와 SMR·AMR 보급 관련 협력을 제시함.

107) 2022년 4월 28일 환율 기준

108) 2022년 4월 28일 환율 기준

〈영국 에너지 안보 전략 핵심 내용〉

구분	내용
석유·가스	신규 북해 석유·가스 프로젝트 추진을 위한 인허가 절차 올 가을 추진
해상풍력	2030년까지 최대 50GW 규모의 해상풍력 용량 확보, 신규 해상 풍력 발전 단지 승인 기간 4년에서 1년으로 단축
육상풍력	인센티브를 제공하여 지역사회의 신규 육상풍력 유치 지원과 유지예정 지역사회와 파트너십 구축에 필요한 컨설팅 시행
태양광	2035년까지 기존 14GW의 태양광 용량 70GW(최대 5배)로 확대(특히 국내 및 상업용 건물 옥상용 태양광 프로젝트 규정 협의)
원자력	① 2050년까지 기존 7GW에서 최대 24GW로 3배 이상 증가 및 2050년까지 원자력 발전 비중 약 25% 달성, ② 이번 의회 임기 시점(2024년)까지 대형 원전 1기에 최종투자결정(FID) 시행 및 차기 의회 임기 동안 2개 원전 프로젝트(SMR 포함)에 FID 시행, ③ 최대 8기의 원전 건설 추진, ④ Sizewell C 원전 1억 파운드(약1,587억 원) ¹⁰⁹⁾ 와 SMR 2.1억 파운드(약 3,335억 원) ¹¹⁰⁾ 를 포함한 신규원전 확대
수소	① 경제성과 비용 가치에 따라 2030년까지 10GW 규모의 저탄소 수소 생산용량 확보와 이중 최소 절반을 수전해 설비로 구성, ② 수전해 사업 모델에 연간 지원금 제공(allocation) 및 추후 법률·시장 여건 조성 시 2025년까지 경매 시스템으로 전환하여 해당 시점까지 최대 1GW의 수전해 설비 운영 또는 건설, ③ 2025년까지 수소 수송 및 저장 인프라를 위한 신규 사업 모델 설계, ④ 2025년까지 수소 인증제 설립을 통해 경쟁 환경 조성
히트 펌프	올해 최대 3천만 파운드(약 476.6억 원) ¹¹¹⁾ 규모의 ‘히트 펌프 투자 가속 대회’ 개최해 가스 수요 감축에 기여하는 히트 펌프 제조 확대

자료 : Gov.uk(2020.11.18.)¹¹²⁾

● 프랑스

■ 현황

- 프랑스는 2022년 4월 기준 총 56기의 원자로(총 발전용량 61,370MW)를 운영하고 있으며, 원자로 1기(1,630MW급 Flamanville 3호기)를 건설 중임.
- 영구 정지된 원자로로는 총 14기(총 5,549MW)¹¹³⁾이며, 추가적으로 신규 EPR2 6기 건설도 계획 중임.

109) 2022년 4월 28일 환율 기준

110) 2022년 4월 28일 환율 기준

111) 2022년 4월 28일 환율 기준

112) BEIS, The Ten Point Plan for a Green Industrial Revolution

<https://www.gov.uk/government/news/pm-outlines-his-ten-point-plan-for-a-green-industrial-revolution-for-250000-jobs>

113) 영구 정지된 원자로의 용량은 연구로 포함 수치임.

- 2020년 프랑스의 총발전량은 532.5TWh이며, 발전원별 비중은 원자력 66%, 수력 13%, 재생에너지(풍력, 태양광, 지열) 10%, 가스 7%, 바이오매스 2%, 석탄 1%, 석유 1임.¹¹⁴⁾

■ 원자력 관련 주요 정책¹¹⁵⁾

- 2005년 7월 제정된 ‘에너지정책 기본방향에 관한 계획’ 법률은 2050년까지 장기 에너지 정책방향을 제시함. 해당 법률은 2015년까지 약 40기의 제3세대원전 EPR(European Pressurized Reactor) 건설 결정이 이루어질 수 있도록 EPR 첫 호기 건설과 관련된 구체적 결정 추진, 발전·운송·열에너지 부문에서 재생에너지 역할을 명시함.
- 2008년 초, 대통령령에 따라 원자력 정책 최고 위원회(Conseil Politique Nucleaire: CPN)가 설립되어, 원전 수출, 국제 협력, 산업 정책, 에너지 정책, 연구, 안전, 보안, 환경 보호 측면에서 원자력 정책의 주요 방향을 수립하고 관련 활동을 감독함.¹¹⁶⁾
- 2012년 취임한 올랑드 대통령은 후쿠시마 사고 이후 Fessenheim 원전 영구정지 선언과 함께 원전 의존도 축소 정책을 추진함.
 - 2014년 10월 녹색성장을 위한 에너지 전환법(Energy Transition for Green Growth bill)이 의회를 통과하여 상원에 제출됨. 해당 법안은 원자력 축소(2025년까지 발전 비중 50%로 축소, 원자력 설비용량을 63.2GW로 제한)를 명시함. 해당 법안은 2015년 7월 승인됨.
- 2017년 Macron 대통령 취임 이후, 같은 해 11월 정부는 원자력 발전 비중 목표를 기존 75%에서 50%로 변경하고 일정 역시 기존 2025년에서 2030년 또는 2035년으로 연기한다고 발표함.
 - 2018년 11월 Macron 대통령은 중장기에너지계획(PPE, 2019~2023년 및 2024~2028년)의 일환으로 원자력 발전 비중 감축(기존 75%에서 2035년까지 50%), 2035년까지 58기의 원자로 중 14기 폐쇄, 신규 원자로 건설 가능성을 발표함.
 - 2019년 4월 30일 프랑스 정부는 2050년까지 탄소중립국 실현을 위해 기존 연기 일정을 확인함.
- 2019년 1월 프랑스 생태전환 및 연대부는 원전폐쇄 일정이 포함된 중장기에너지계획(PPE) 초안을 발간함.
 - PPE 초안에서는 2028년까지 원자로 4~6기(Fessenheim 원전 2기 포함), 2035년까지 나머지 원자로 영구 정지 등 총 14기 원전의 영구정지를 명시함.

114) Enerdata, Country Energy Report France, 2021.05.

115) World Nuclear Association, Nuclear Power in France, 2020.03.
<https://www.world-nuclear.org/information-library/country-profiles/countries-a-f/france.aspx>

116) ASN, Création du conseil de politique nucléaire(검색일 2022.4.26.)
<https://www.asn.fr/l-asn-informe/actualites/creation-du-conseil-de-politique-nucleaire>

- 2019년 9월 프랑스 정부는 기존 EPR 원전을 개선한 EPR2 6기 건설을 위한 계획안 수립을 EDF에 요청함. 이후 EDF 측의 6기 건설 계획 관련 내용이 보도되기도 하였으나, 현재 신규원전에 대한 공식적인 결정이 내려지지는 않음.
 - 2020년 1월 프랑스 정부는 2023년으로 예상되는 Flamanville 3호기 가동 전까지는 신규 원자로에 대한 결정을 내릴 수 없다는 입장을 표명함.
 - 2021년 5월 EDF는 프랑스 정부에 6기의 EPR2 건설 계획을 제출하며 2035년 가동을 목표로 설정함.
- 2021년 10월 Macron 대통령은 300억 유로 규모의 ‘프랑스 2030 투자 계획’을 통해 SMR 개발 및 원자력을 활용한 수소 생산에 투자할 계획을 발표함.

■ 주요 이슈

- 프랑스 계통운영사, 탄소중립을 달성위한 원전 활용 필요성 제시
 - 2020년 10월 25일 프랑스 전력계통 운영사인 RTE는 2050년까지의 전력부문의 탄소중립 달성을 위한 전력소비 세부부문과 발전설비에 관한 시나리오를 분석하고 시사점을 제시한 에너지 미래 2050년(Energy Futures 2050)을 발표함.¹¹⁷⁾
 - RTE 보고서에서는 2050년 전력수요 충족과 탄소중립 달성을 위한 재생발전설비의 대폭 확대를 전제로 하고, 원전 신규건설 여부를 기준으로 현재 운영중인 원전 중 16기의 계속운전, 2050년까지 8~14기의 신규 원전 가동, SMR 도입 등을 가정함.
 - RTE는 모든 소비 및 발전 시나리오들을 종합적으로 고려했을 때, 가능한 빠른 속도로 신재생에너지를 개발하고 현재 가동 중인 원전의 계속운전을 시행하는 것이 프랑스의 2030년 기후목표를 달성하면서 저탄소 발전량을 극대화하는 방안이라고 결론 내림.
- 프랑스 정부, 2050년까지 최소 6기의 신규 EPR 원전 건설 계획 발표
 - 올해 2월 10일 Macron 대통령은 원자력 부흥 정책의 일환으로 기존 원전의 50년 이상 계속 운전 시행 및 최대 14기의 EPR2 신규 원전 건설(6기 건설 및 추가 8기 증설 검토) 계획을 발표함.¹¹⁸⁾
 - Macron 대통령은 EDF와 원자력안전청(ASN)에 계속운전 시행 조건 검토를 요청하였으며, 신규 원전 추진을 위한 준비작업으로 EPR2 설계 작업 마무리, 국가 위원회에 EPR2 건설에 관한 공개 토론 회부, 3곳의 EPR2 신규 원전 후보부지(Penly 부지, Gravelines 부지, Bugey 또는 Tricastin 부지) 선정이 시행됨.

117) 에너지경제연구원, 세계 원전시장 인사이트, 프랑스의 2050 전력부문 탄소중립 달성을 위한 시나리오 및 과제 주요내용 (2022.1.14.)

118) WNN, Macron sets out plan for French nuclear renaissance(2022.2.11.)

<https://www.world-nuclear-news.org/Articles/Macron-announces-French-nuclear-renaissance>

- Macron 대통령에 따르면, 2050년까지 25GW 규모의 EPR2 6기가 건설될 예정으로, 첫 호기 착공은 2028년, 가동은 2035년으로 계획됨. 또한 2040년대 말까지 8기의 EPR2 증설 가능성도 검토될 예정임. EPR2 6기 건설에는 총 500억 유로(약 66.8조 원)¹¹⁹⁾가 소요될 것으로 추정됨.
- Macron 대통령은 원자력과 더불어, 태양광·해상풍력 발전의 확대 추진 의지를 밝히면서, 2050년까지 태양광 발전량 현행 대비 10배인 100GW로 증가, 40GW 규모의 해상풍력 발전소 50개 건설을 공언함.
- 프랑스 정부, EDF 고정가격판매제와 원전이용률 저하로 인한 재정악화를 겪고 있는 EDF 자산매각 허용 및 국유화 고려
 - 올해 2월 프랑스 정부는 일부 원전의 결함에 따른 가동 정지와 고정가격계약판매제도 (ARENH)에 의해 시장가격보다 낮은 전력판매로 재정적인 타격을 받은 EDF에 유상증자 21억 유로(약 2.8조 원)¹²⁰⁾와 자산처분 허용을 결정함. 이에 따라 EDF는 재무상태 회복을 위해 25억 유로(약 3.6조 원)¹²¹⁾ 규모의 유상 증자 실시 및 2024년까지 총 30억 유로(약 4.8조 원)¹²²⁾의 자산 처분을 담은 실행 계획을 발표함.
 - EDF는 원전 가동 정지로 인한 발전량 축소로 110억 유로(약 14.7조 원)¹²³⁾, 고정가격계약 판매제도로 인한 80억 유로(약 10.6조 원)¹²⁴⁾의 손실 발생을 예상함.
 - 프랑스 현지 매체 BFM TV에 따르면 프랑스 정부는 신규 원전 건설 사업에 집중하기 위해 EDF의 재생에너지 사업 부문을 매각하는 구조조정 방안을 투자 은행인 골드만 삭스와 작업하고 있는 것으로 알려짐.¹²⁵⁾
 - 이는 Macron 대통령이 지난 3월 17일 대선 후보 연설에서 EDF의 일부 자산을 국유화해야 한다는 발언에 따른 조치임. Macron 대통령은 2050년까지 탄소중립국가로의 전환을 위해 신규 원전을 추진할 계획으로 자금 조달에 어려움을 겪는 EDF에 21억 유로(약 2.8조 원)¹²⁶⁾의 재정적인 지원을 발표한 바 있으며¹²⁷⁾, Bruno Le Maire 재무부 장관은 정부의 21억 유로(약 2.8조 원)¹²⁸⁾ 규모의 긴급 자금 투입으로 EDF에 대한 민간투자가 활성화될 것으로 전망함.¹²⁹⁾

119) 2022년 4월 28일 환율 기준

120) 2022년 4월 28일 환율 기준

121) 2022년 4월 28일 환율 기준

122) 2022년 4월 28일 환율 기준

123) 2022년 4월 28일 환율 기준

124) 2022년 4월 28일 환율 기준

125) BMF business, L'ETAT RÉFLÉCHIT À UNE NOUVELLE RÉFORME D'EDF(2022.4.13.)

https://www.bfmtv.com/economie/l-etat-reflechit-a-une-nouvelle-reforme-d-edf_AN-202204130023.html

126) 2022년 4월 28일 환율 기준

127) Energyconnects, EDF Starts Rights Offering for More Than €3 Billion(2022.3.18.)

<https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:riMPXDF5oloJ:https://www.energyconnects.com/news/utilities/2022/march/edf-starts-rights-offering-for-more-than-3-billion/+&cd=12&hl=ko&ct=clnk&gl=kr>

128) 2022년 4월 28일 환율 기준

129) Financial times, France to pump 12bn into EDF as energy group grapples with production woes(2022.2.18.)

- 재생에너지 매각에 관한 보도 후, EDF는 현재 매각 계획은 없다고 관련 보도를 일축하며 신규 정부 출범 전까지는 구조조정에 대한 최종 결정을 내리지 않을 것이라고 밝힘.¹³⁰⁾
- 프랑스 Flamanville 3호기 가동시기 재차 연기
 - 지난 1월 EDF는 코로나19 여파로 인한 시운전 준비 차질로 Flamanville 3호기(1,650MW, PWR) 일정을 재조정함. 이에 따라 가동시점은 2023년 2분기로 6개월 연기되고, 연료장전도 2022년 말에서 2023년 2분기로 연기되었으며, 프로젝트 비용도 124억 유로(약 16.5조 원)¹³¹⁾에서 127억 유로(약 16.9조 원)¹³²⁾로 상향 조정됨.¹³³⁾
 - EDF는 연료 장전 시행 전 해당 설비에 대한 적합성 검사 실시, 2차측 용접부 업그레이드 작업, 동일 노형인 중국 Taishan 1호기(1,750MW, PWR)의 핵연료집합체 손상 문제에 대한 피드백 제공 등을 수행할 계획임.
 - 2007년 12월에 착공에 들어간 Flamanville 3호기는 당초 2013년 가동을 예상하고, 건설비용도 30억 유로(약 4.9조 원)¹³⁴⁾로 추정되었으나, 기술적인 문제로 가동 시점이 9년 늦춰진 상태임.
 - 2018년 EDF는 Flamanville 3호기의 용접부 결함으로 건설비용을 105억 유로(약 14.3조 원)¹³⁵⁾에서 109억 유로(약 14.5조 원)¹³⁶⁾로 상향 조정함.
 - 2019년 9월 EDF는 용접부 수리로 최소 3년간의 공기 지연을 전망하고, 원격 로봇을 활용한 수리 시나리오를 채택한 후 건설비용을 124억 유로(약 16.5조 원)¹³⁷⁾로 재조정함.
 - 2020년 3월 프랑스 정부는 Flamanville 3호기의 시운전 시점을 2024년으로의 연기를 허용한 바 있음.

● 러시아

■ 현황

- 러시아는 2022년 4월 기준 총 38기의 원자로(총 발전용량 28,578MW)를 가동하고 있으며, 총 3기의 신규 원자로(3,459MW)를 건설하고 있음.

<https://www.ft.com/content/af3401c0-8bd2-4597-bd84-0184c75624bd>

130) Reuters, France's EDF could sell renewables to focus on nuclear - BFM(2022.4.13.)

<https://www.reuters.com/business/energy/frances-edf-could-sell-renewables-focus-nuclear-bfm-2022-04-13/>

131) 2022년 4월 28일 환율 기준

132) 2022년 4월 28일 환율 기준

133) EDF, Update on the Flamanville EPR(2022.1.12.)

<https://www.edf.fr/en/the-edf-group/dedicated-sections/journalists/all-press-releases/update-on-the-flamanville-epr>

134) 2022년 4월 28일 환율 기준

135) 2022년 4월 28일 환율 기준

136) 2022년 4월 28일 환율 기준

137) 2022년 4월 28일 환율 기준

- 영구 정지된 원자로는 총 9기(총 3,032MW)임.
- 2020년 러시아의 총발전량은 1086.6TWh이며, 발전원별 비중은 가스 44%, 원자력 20%, 수력 20%, 석탄 15%, 석유 1%임.¹³⁸⁾

■ 원자력 관련 주요 정책¹³⁹⁾

- 1986년 체르노빌 사고 이후 주춤했던 러시아의 원전 정책은, 90년대 보리스 옐친 전 대통령령인 ‘연방 목표 프로그램’을 근거로 2000년부터 본격 추진됨.¹⁴⁰⁾ 이에 따라 2000년경 원전 건설이 재개됨.
 - 이에 따라 건설이 중단되었던 Rostov 1호기가 첫 번째로 2001년에 시운전을 시작하였고, 2004년 Kalinin 3호기, 2010년 Rostov 2호기, 2011년 Kalinin 4호기가 차례로 가동을 시작함.
 - 2009년 7월에는 자국 원자력 설비용량을 당시 23.1GW에서 2020년 43.4GW로 확대한다는 계획을 발표함.¹⁴¹⁾
 - 또한 원자로 해외 수출을 통해 약 300GW 규모의 신규 원자력 용량공급을 계획함.
- 2020년 4월 푸틴 대통령은 에너지 안보를 위해 2024년까지 원자력 부문의 엔지니어링, 기술, 연구 개발에 관한 종합 프로그램(이하 ‘원자력 종합 프로그램’) 개발을 내각에 지시함.
 - 원자력 종합 프로그램은 순환 핵연료 주기에 기반한 원자력 기술 개발, 핵융합과 플라즈마 기술 개발, 소규모원전을 포함한 참조형(reference) 원전의 설계 및 건설을 포함함.
- 2021년 9월 Rosatom은 1970년대에 건설된 기존 원전을 2035년까지 신규 원자로 15기(각 1200MW, 3세대+)로 교체할 계획이라고 발표함.
- 2021년 10월 6일 러시아 정부는 2060년까지 탄소 중립 목표 달성을 위한 신규 탈탄소화 전략계획 초안을 작성함.
 - 해당 문서에서는 기존의 석탄발전 위주의 발전원을 원자력, 수력, 재생에너지, 가스로의 전환하여, 2050년까지 2019년 대비 탄소배출량 60% 감축을 목표로 제시함.

■ 주요 이슈

- 러시아, 2028년까지 사하공화국 내 SMR 건설 프로젝트 순조롭게 추진

138) Enerdata, Country Energy Report Russia, 2022.01.

139) 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>

140) Bellona, Russian Nuclear Power 2018

141) Bellona, Russian Nuclear Power 2018

- 러시아 Rosatom은 사하공화국(The Republic of Sakha, Yakutia)에 건설될 RITM-200 기반의 SMR 건설을 순조롭게 추진 중으로, SMR 용량을 기존 55MW에서 110MW로 상향하는 방안을 고려 중임.¹⁴²⁾
- ※ RITM-200은 섀빙선, 부유식 원전, 지상형 원전에 활용할 수 있는 다목적 일체형 원자로임.
- 올해 1월 Rosatom과 러시아 금광업체 Seligdar는 SMR을 이용해 사하공화국 내 Kyuchus 금광 개발에 전력을 공급하고자 양해각서를 체결함. 이에 따라 2028년부터 최소 35 MW 규모의 SMR이 40년에 걸쳐 전력을 공급할 예정임.
- 2021년 8월 Rosatom의 해외 사업 부문을 담당하는 Rusatom Overseas는 원자력 규제기관 Rostekhnadzor으로부터 RITM-200 기반 SMR 건설 인허가를 취득함.
- 2019년 9월 Rosatom과 사하 공화국은 Ust Luga 지역에 SMR 건설 협력협정을 체결한 이후 2020년 1월 SMR 발전소 부지 작업 개시, 2020년 12월 SMR 전력 구매(Off-take) 계약 체결, 2021년 8월 러시아 원자력 규제기관(Rostekhnadzor)으로부터 SMR 건설 인허가 승인 취득이 진행됨. Rosatom은 2024년 착공, 2028년 가동을 목표로 하고 있음.
- 사하공화국 내 설치될 SMR은 전력망 연계 없이 전기, 열, 담수화 서비스를 제공할 예정임.
- 러시아, SMR 수출을 위해 해외 국가들과 협력 추진
 - 올해 1월 20일 Rosatom은 2020 두바이 엑스포에서 키르기스스탄, 필리핀, 아르메니아와 SMR 수출 관련 양해각서를 체결함.
 - 키르기스스탄: Rosatom과 키르기스스탄 에너지산업부는 RITM-200N 기반 SMR 건설 추진을 위한 양해각서를 체결함. Rosatom은 SMR 건설로 키르기스스탄의 에너지 자립을 강화하고 이를 바탕으로 중앙아시아 지역 국가의 원전 기술 지원을 확대할 수 있을 것으로 기대함.¹⁴³⁾
 - 필리핀: Rosatom과 필리핀 에너지부는 SMR 예비 타당성 조사 실행을 위한 계약을 체결함. 양측은 2019년 SMR 예비 타당성 조사를 필리핀에서 실행하는 의향서를 체결한 바 있으며 금번 계약은 2019년 의향서를 기반으로 성사됨. 필리핀측은 지진이 자주 발생하는 특성을 고려하면, SMR을 통해 더욱 안정적인 전력 공급이 가능해 질 것으로 전망함.¹⁴⁴⁾

142) Nucnet, Russia / Rosatom Considering Plans To Double Capacity Of Yakutia SMR(2022.4.6.)
<https://www.nucnet.org/news/rosatom-considering-plans-to-double-capacity-of-yakutia-smr-4-3-2022>

143) Rosatom, ROSATOM and Kyrgyzstan Agree to Cooperate on SMR NPP Construction(2022.1.20.)
https://www.rosatom.ru/en/press-centre/news/rosatom-and-kyrgyzstan-agree-to-cooperate-on-smr-npp-construction/?sphrase_id=2925785

144) Rosatom, Russia and the Philippines Plan to Perform Pre-Feasibility Study on SMRs in the Philippines(2022.1.20.)
https://www.rosatom.ru/en/press-centre/news/russia-and-the-philippines-plan-to-perform-pre-feasibility-study-on-smrs-in-the-philippines/?sphrase_id=2925785

- 아르메니아: Rosatom과 Armenia 원전측은 신규 원전 건설 가능성을 모색하기 위한 양해각서를 체결함.¹⁴⁵⁾ 아르메니아측은 세계적인 탄소중립 추세에 따라 전원 구성에서 원자력을 유지하고자 하며, 신규 원전에 러시아의 첨단 원자력 기술을 고려하고 있다고 밝힘.
- 러시아, Kursk 1호기 영구정지 및 대체설비인 Kursk-II 1·2호기 건설 진행
 - 러시아 Kursk 1호기(925MW, LWGR)는 1976년 12월 19일 상업운전을 시작한 후 45년이 지난 2021년 12월 19일 영구 정지됨. 원전운영사인 Rosenergoatom에 따르면, 상업운전 기간 동안 총 251TWh 이상의 전력을 생산해왔음.¹⁴⁶⁾
 - Kursk 원전(총 3,700MW, RBMK(흑연감속 비등경수 압력관형 원자로) 4기)는 모두 2031년까지 영구정지될 예정이며, 이를 대체하기 위해 Kursk II 1·2호기(각각 1,300MW, PWR)가 건설 중임. 대체 호기에는 1,300MWe로 출력이 향상되었으며, 압력용기, 노심설계 개선과 원전정지 후 72시간 동안 운전원의 개입없이 안전 유지가 가능한 피동형 안전계통을 특징으로 하는 VVER-TOI이 적용됨.
 - 올해 3월 러시아 원전운영사인 Rosenergoatom은 1호기(1,255MW, VVER-TOI)에 네 번째이자 마지막 증기발생기가 인도되었다고 밝힘. Rosenergoatom에 따르면, 작년 11월 첫 번째 증기발생기가 인도되었으며, 4개의 증기발생기 설치 작업은 오는 5~6월에 진행될 예정임.¹⁴⁷⁾ 또한, 2호기의 경우 2021년 9월 원전 부지로 인도된 것으로 보도됨.
 - Kursk II 1·2호기는 각각 2018년 및 2020년에 착공에 들어갔으며, 2022년 말과 2023년에 상업운전을 개시할 예정임.

● 우크라이나

■ 현황

- 2022년 4월 현재 원자로 15기(13,107MW)를 운영 중이며 모든 원자로의 운영·관리는 국영 원자력 기업인 Energoatom이 담당함. Energoatom은 계속운전을 통해 15기의 원자로를 최대 60년까지 운영할 수 있도록 계획 중임.
- 우크라이나는 1986년 폭발 사고로 가동이 중단된 체르노빌 원자로 4기를 제외한 총 15기의 원자로를 가동 중임. 모든 원자로는 러시아의 VVER 노형을 채택하고 있음.

145) Rosatom, ROSATOM and Armenia Sign Cooperation Agreement to Build New Nuclear Units(2022.1.20.)
https://www.rosatom.ru/en/press-centre/news/rosatom-and-armenia-sign-cooperation-agreement-to-build-new-nuclear-units/?sphrase_id=2925785

146) WNN, Kursk 1 retires(2021.12.21.)
<https://www.world-nuclear-news.org/Articles/Kursk-1-retires>

147) Nucnet, Russia / Last Steam Generator Delivered For Kursk 2-1 Nuclear Power Plant(2022.3.28.)
<https://www.nucnet.org/news/last-steam-generator-delivered-for-kursk-2-1-nuclear-power-plant-3-1-2022>

- 2022년 현재 Zaporozhye에서 원자로 6기(5,700MW)가 가동 중이며, Rovno에서는 4기(2,657MW), South-Ukrainian에서는 3기(2,850MW), Khmeltsky에서는 2기(1,900MW)가 가동 중임.
- 우크라이나는 1986년 사고로 인해 체르노빌 원자로 4기(3,515MW)를 폐쇄하였으나, 사고 이후 건설을 중단한 Khmeltsky 3·4 호기(2,178MW) 건설을 추진 중임.
- 2020년 우크라이나의 총 발전량은 142.9TWh이며 이 중 원자력 54%, 석탄 30%, 가스 7%, 수력 5%, 재생에너지(풍력, 태양광, 지열) 3%, 석유 1%를 차지함.¹⁴⁸⁾

■ 원자력 관련 주요 정책

- 2017년 8월 우크라이나 에너지·석탄산업부(MECI)는 2035년까지의 에너지 전략 ‘안전, 에너지효율, 경쟁력’을 발표함.
 - 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.

■ 주요 이슈

- Khmeltsky 3호기, VVER 노형에서 웨스팅하우스 노형으로 대체하여 완공 작업 시작
 - 2021년 11월 9일 Energoatom은 미국 웨스팅하우스와 함께 당초 러시아의 VVER-1000 노형에 맞게 설계된 Khmeltsky 3호기를 웨스팅하우스의 AP1000(1,100MW, PWR)으로 대체 및 완공하기 위한 작업을 본격적으로 개시함.
 - VVER-1000 노형이 도입될 예정이었던 Khmeltsky 3·4호기는 각각 1985년 9월과 1986년 6월에 착공되었으나, 1986년 체르노빌 원전 사고로 우크라이나 정부가 1990년에 건설 중단을 결정함. 당시 진행률은 3호기가 75%로 주요 건물 및 격납건물은 건설된 상태였으며, 4호기는 28%에 그침.
 - Energoatom과 웨스팅하우스는 Khmeltsky 4호기와 마찬가지로 2017년 미국에서 건설이 중단된 V.C. Summer 원전용 부품과 장비를 활용해 Khmeltsky 3호기를 완공할 예정임.

¹⁴⁸⁾ Enerdata, Country Energy Report Ukraine, 2021.08.

- 중앙집중형 사용후핵연료 건식저장시설 가동 임박

- Energoatom은 체르노빌 원전 인근에 위치한 중앙집중형 사용후핵연료 건식 저장시설 (Centralised Spent Fuel Storage Facility, 이하 'CSFSF')의 사전 시운전(pre-commissioning)을 진행 중이며, 2022년부터 우크라이나 원전에서 발생한 사용후핵연료를 CSFSF에 이송할 계획임.

- ※ CSFSF는 사용후핵연료를 이중벽을 갖춘 스테인리스강(강) 캐니스터(canister)에 보관하는 건식 저장시설로, 사용후핵연료 총 16,530 다발(VVER-1000연료 12,010다발 및 VVER-440 연료 4,520 다발)을 저장하도록 설계됨.

- CSFSF는 가동 중인 South Ukraine · Rovno · Khmelnytsky 원전(VVER-1000 7기, VVER-440 2기)에서 발생한 사용후핵연료를 향후 100년간 보관할 예정임.

- ※ Zaporozhe 원전은 2001년부터 부지 내 사용후핵연료 건식 저장시설을 별도로 가동 중임.

- CSFSF 완공 시, 우크라이나는 매년 러시아로 사용후핵연료를 이송 및 재처리하는 데 소요되는 비용(연간 2억 달러)을 절감할 수 있을 것으로 기대됨.

- Energoatom, SMR 도입 타당성 조사를 위해 Rolls-Royce와의 협력 추진

- 2022년 1월 5일, Energoatom 대표는 Rolls-Royce에 신규 원전 및 SMR 보급 계획을 전달하고 Rolls-Royce는 우크라이나 측에 2050년까지 영국 내 16기의 SMR 보급 계획을 설명함.

- Rolls-Royce(1기당 443MW, 설계 수명 60년)는 2024년까지 신규 원전 허가를 위한 규제 절차인 일반설계평가(GDA)를 취득하고 2029년 시운전이 예상됨. 최초 호기 비용은 22억 파운드(약 3조 5,497억 원)¹⁴⁹⁾로 추정됨.

■ 러시아 침공 이후 우크라이나 원전 상황

- 러시아군이 우크라이나 침공 직후인 2022년 2월 24일에 체르노빌(Chernobyl) 원전을 점령하고 관리 직원들을 인질로 붙잡아두는 등 시설 통제권이 러시아로 넘어가면서 안전에 대한 우려가 발생함.

- Energoatom은 2월 28일에 1986년에 폭발 사고가 발생한 체르노빌 원전 반경 30km 이내에 안전지대를 설치하기 위해 IAEA의 도움을 요청하는 동시에 러시아군의 체르노빌 원전 철수를 촉구함.

- ※ 1986년 체르노빌 폭발 사고 이후 현재까지도 체르노빌 원전 반경 30km 지역을 출입통제 구역으로 지정하여 특별 관리 중이며, 특히 해당 구역 내(10km 반경)에 소나무가 방사능을 흡수해 붉게 변한 '붉은 숲'이 존재함.

149) 2022년 1월 27일 환율기준

- 이에 2월 29일에 IAEA 사무총장은 원전시설 점검 및 지원을 위해 우크라이나에 전문가를 파견해 모니터링 및 비상 설비를 포함한 중요 안전·보안 지원품을 보급함. 또한, South-Ukrainian 원전에 방문하여 우크라이나 정부 고위관리 및 직원들을 만나 안전을 위한 IAEA의 기술지원을 시작함.
- 3월 9일, 교전으로 인한 송전 시설 파손으로 전력이 차단되면서 방사능 물질이 노출될 위기에 처했으나 전력을 복구하면서 방사능 누출 위기를 면함.
- 한편, 2022년 3월 4일, 러시아군의 공격으로 우크라이나 남동부 소재의 유럽 최대 원전인 Zaporozhye 원전에서 화재가 발생하였음. 그러나 원전 안정성에는 큰 문제가 없는 것으로 나타남.
 - Zaporozhye 원전 1호기 격납건물, 6호기 변압기 및 사용후핵연료 관련 시설이 일부 훼손되었고 4개의 외부 고압 전력선 중 2개가 피해를 입었으며, 원전 단지 인근 5층 규모의 교육 훈련용 건물에서 화재가 발생함.
 - IAEA 사무총장은 체르노빌 원전과 유사하게 Zaporozhye 원전에서도 핵물질 상태를 점검하는 원격 모니터링 시스템 통신에 문제가 발생하였다고 밝히며, 러시아군이 점령한 원전 두 곳에서 핵물질 관련 데이터 전송이 차단된 것에 대해 우려를 표함. 또한 사무총장은 우크라이나 원자력 안전 규제 기관(SNRIU)과 연락을 취하면서 우크라이나 원전의 안전과 보안에 중점을 두고 모니터링을 시행하고 있다고 밝힘.
 - 우크라이나 국가비상사태대응국(Ukrainian State Emergency Service)은 화재를 진압하여 필수 장비에는 영향을 미치지 않았으며, 해당 원전의 방사선 수치 및 안전 상태가 정상 범위에 있다고 보고한 것으로 알려짐.
- 4월 1일, 우크라이나 체르노빌 원전에 주둔하던 러시아군이 철수하면서 우크라이나 측에 원전 통제권을 넘겼음.
 - Energoatom은 소셜미디어를 통해 러시아 국가방위군 대표와 러시아 국영 원자력기업인 Rosatom 대표가 서명한 ‘체르노빌 원전 보호 및 이전 합의서’를 공개하였으며, IAEA도 우크라이나가 러시아군으로부터 체르노빌 원전의 통제권을 이양 받았음을 통보함.
 - 체르노빌 원전 내 출입금지 구역 내 오염이 심한 지역(붉은 숲)에서 참호를 파는 등의 군사작전으로 러시아군이 방사성 물질에 피폭되었을 가능성이 있다고 Energoatom이 주장한 바 있으나, IAEA 그로시 사무총장은 체르노빌 원전 주변의 방사능 수준은 정상이며 방사성 누출은 아직 확인된 바 없다고 밝힘.
- 4월 10일, IAEA 사무총장은 러시아군이 철수한 체르노빌 원전에서 근로자들이 3주 만에 처음으로 교대 배치되는 등 운영이 정상화되고 있다며 사찰단 파견 계획을 발표함.

- 러시아군은 체르노빌 발전소를 장악한 후 기술 인력들의 교대 근무를 제한하다 한 달 만인 3월 21일에서야 이를 허용했으나 이후 추가 교대는 이뤄지지 못했음. 또한, 우크라이나 정부는 원전에서 방사능 물질을 모니터링하는 연구소가 파괴됐으며 분석 장비가 도난·파손되었다고 IAEA에 보고함. 방사능 모니터링 데이터 자동 송출 시스템의 가동도 중단된 것으로 알려짐.
- 이에 4월 5일 우크라이나는 체르노빌 원전에 대한 통제(regulatory control)를 시작하고 직원들의 교대근무를 실시할 예정이라고 밝힌 바 있음.
- IAEA 사무총장은 조만간 체르노빌 원전에 사찰단을 파견하여, 시설의 방사성 물질을 점검하고 해당 시설과 핵연료에 대한 안전조치 모니터링을 재개할 계획이라고 밝힘.

● 체코

■ 현황

- 2022년 4월 기준 Dukovany 원전과 Temelín 원전에서 총 6기(3,934MW)를 가동 중이며 Dukovany 원전에 1,200MW급의 추가 원전 건설을 위해 2022년 3월 입찰을 개시함.
- 2020년 체코의 총 발전량은 81.5TWh으로 이 중 원자력은 36%, 석탄 37%, 수력 4%, 태양광 2%를 차지함.¹⁵⁰⁾

■ 원자력 관련 주요 정책

- 체코는 2020년 1월 EU에 제출한 국가 에너지·기후계획(NECP) 최종본에서 2030년까지 온실가스 배출량을 2005년 대비 30% 감축하겠다고 밝혔으며, 총 발전량에서 차지하는 원자력 비중을 2016년 29%에서 2040년에는 46~58%까지 늘리겠다는 목표를 제시함.¹⁵¹⁾
- 더불어 2021년 9월 28일에는 Milos Zeman 대통령이 신규 원자로 건설을 지원하는 신규 법안인 ‘저탄소에너지 이행법안’에 최종 서명하여 해당 법이 발효되었음.
 - ‘저탄소에너지 이행법안’은 신규 원자로 또는 그 외 무탄소 전원 건설에 대한 투자를 촉진하는 보상 정책이 시장에 없다는 점을 고려해 2020년 산업통상부 관련 의원이 초당파 법안으로 의회에 제출함.
 - 법안에는 완공된 발전소의 발전 전력을 체코 정부가 보증가격으로 매입하는 체제에 대한 내용이 포함되어 있고 향후 건설될 Dukovany 신규 원전 발전 전력에도 보증 가격을 적용할 예정임.

150) Enerdata, Country Energy Report Czech Republic(2021.05)

151) 체코 정부, ‘체코의 에너지·기후분야 국가 계획(Vnitrostátní plán České republiky v oblasti energetiky a klimatu)’ (2020.01.04.)

- 체코 산업통상부는 전력 구입 보증 가격이 미확정된 상태로 산업통상부 또는 정부 기관이 발전소에 투자한 자와 협의한 후 전력 매입 상한 가격을 설정할 예정이라고 설명함. 구입한 전력은 전력도매시장에 재판매되며 손익(전력구입가와 재판매가의 차)은 소비자의 전기요금에 반영됨.
- 정부와 투자자의 전력매매계약은 30년간 유효하며 계약 만료 후에는 계약 연장도 가능함. 체코 산업통상부는 이 법을 통해 저탄소 전력 확보와 안정적인 에너지 공급을 추진하여 체코의 에너지 자립을 도모할 방침임.
- 체코 중저준위방폐물은 Richard, Dukovany, Bratrstvi 세 곳의 처분장에서 처분 중임. 체코는 고준위방폐물의 심지층 처분을 검토 중이며 체코 방사성 폐기물 관리 기관인 SURAO가 작성한 ‘체코공화국 심지층 처분 시설 개발-행동계획 2017~2025(DGR Development in the Czech Republic-Action Plan 2017-2025)’에 따르면 2025년 부지 결정, 2050년 건설 시작, 2065년 완성을 계획 중임.

■ 주요 이슈

- Dukovany 신규 원전 프로젝트 입찰 개시
 - 체코는 Dukovany 원전(1~4호기)에 최소 1,200MW급 신규 원전 건설을 추진 중이며, 신규 원전 건설 사업과 관련한 준비·시행 업무는 체코전력공사 ČEZ의 자회사인 Elektrárna Dukovany II(이하 ‘EDU II’)가 담당함.¹⁵²⁾
 - 체코원자력안전청(SÚJB)은 2021년 3월 8일 EDU II에 Dukovany 원전 부지 내 신규 원자로 최대 2기 건설을 위한 부지개발 허가를 발급했지만 정확한 신규 원전 기수는 EDU II가 향후 결정할 계획임.
 - 2020년 7월 체코 정부는 ČEZ, EDU II와 Dukovany 신규 원전 건설 관련 기본 협정을 체결해, 신규 원전 공사비 중 70%는 정부의 무이자 대출로, 30%는 ČEZ가 조달하기로 함.
 - 2022년 3월 17일에는 체코 국영기업 ČEZ은 Dukovany에 신규 원전 건설을 위한 입찰을 시작했고, 원전 후보 입찰 3사인 EDF, 한국수력원자력, Westinghouse을 대상으로 체코 산업통상부가 2021년 4월부터 12월까지 안전성 평가를 진행한 후 프로젝트 입찰을 공식 승인할 예정임.
 - ČEZ는 상기 후보 기업들이 오는 11월 말까지 예비 입찰서를 제출하면, 최종 낙찰자 선정까지 20개월이 추가로 소요될 계획이라고 설명함.

152) 2015년 체코 정부는 국가 에너지 정책에서 체코전력공사인 CEZ에 원전 신설을 위한 건설·자금 조달을 담당하는 자회사 설치를 권고했고, 이에 따라 CEZ는 2015년 Dukovany 신규 원전 건설 사업 준비·시행을 담당하는 자회사인 EDU II를 설립했음.
 자료: 日本公益財団法人原子力安全研究協会, ‘2019年度 文部科学省 委託調査事業 原子力平和利用確保調査(諸外国における原子力の平和利用に関する状況の調査) 成果報告書’(2020.03.)

- 체코 Petr Fiala 총리는 2024년 공급업체 선정, 2029년 건설허가 승인, 2036년 가동을 목표로 하고 있다고 밝히며, 러시아군의 우크라이나 침공 이후 에너지 안보에 핵심인 원전 건설에 러시아가 참여하는 것은 상상할 수 없다는 입장을 표명함.
- 체코 정부, 원자력과 재생에너지 기반으로 2033년까지 탈석탄 계획표명
 - 2022년 1월 7일 체코 연립정부는 원자력과 재생에너지를 토대로 2033년까지 단계적으로 석탄을 폐기하는 정부 프로그램 성명서¹⁵³⁾를 발표함.
 - 또한 체코 연립정부는 EU의 분류체계(Taxonomy)와 정부 보조금 규정을 준수하며, 기술 중립과 과학적 지식을 바탕으로 원자력과 분산형 재생에너지를 주요 전원으로 구성한다는 계획을 밝힘.
 - 원자력 부문의 경우, 체코 정부는 ① 원자력과 기존 저탄소 전원과의 공정한 경쟁의 장 촉진, ② Dukovany 원전의 계속 운전과 신규 Dukovany 원전 건설 지원(중국 및 러시아 기업 참여 배제), ③ Dukovany 및 Temelin 원전 추가 건설 가능성 모색, ④ 원자력 연구 개발 및 국제협력 강화, ⑤ SMR 설계 계획 마련, ⑥ 방사성폐기물 처분시설 부지 모색 및 관련 지자체의 권리 강화를 약속함.
- Temelin 원전에 SMR 추진
 - 체코는 VVER-1000 2기로 구성된 Temelin 원전(1,027MW/1,029MW, PWR)에 신규 원전 증설을 검토 중인 가운데 3월 31일에는 체코 국영기업 ČEZ이 SMR 건설을 위해 Temelin 원전 부지 일부를 할당한다고 발표함.
 - ČEZ는 이미 미국 NuScale(2019년), GE Hitachi(2020년), Holtec International (2020년), 영국 Rolls Royce(2020년), 프랑스 EDF(2021년)와 SMR 관련 협력 양해각서를 체결한 바 있으며, 자회사인 ÚJV Řež을 통해 SMR 개발에 참여 중임.
 - ČEZ에 따르면, Temelin 원전은 검증된 부지로 안정적인 지질 기반암과 원전 가동 경험을 갖춘 다수 인력을 보유하고 있어, 다국적 기업 및 Temelin 원전이 위치한 남보헤미아 주와 협력을 통한 SMR 프로젝트 추진이 가능하다고 밝힘.
- Temelin 원전 연료 공급처에서 러시아산 배제
 - ČEZ는 현재 운영 중인 VVER-1000 2기로 구성된 Temelin 원전(1,027MW/1,029MW, PWR)의 연료 공급 업체인 러시아 TVEL과 체결한 계약이 2023년 말 만료되어 2020년 4월에 2024년부터 약 15년간 연료를 공급할 업체 선정 입찰을 시행했으며 2022년 4월 12일 공급처 다양화 관점에서 프랑스 Framatome과 미국 Westinghouse를 선정했다고 발표함.

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

https://www.vlada.cz/cz/jednani-vlady/programove-prohlaseni/programove-prohlaseni-vlady-193547/#zivotni_prostredi

- Westinghouse는 우크라이나 VVER-1000용으로 제조한 연료인 RWFA(Robust Westinghouse Fuel Assembly)를 Temelin 원전용으로 개조한 RWFA-T(Robust Westinghouse Fuel Assembly-Temeln)의 설계를 완료하고, 2016년 2월에는 RWFA-T LTA(Lead Test Assembly) 6다발을 ČEZ사에 납품하는 계약을 체결함.
- 2019년 4월 ČEZ는 RWFA-T LTA에 대한 3년간의 인허가 절차를 마치고 Temelin 1호기에서 러시아 TVEI가 제조한 연료와 함께 RWFA-T LTA를 장전하여 성능 시험을 시행하겠다고 발표한 바 있음.¹⁵⁴⁾

● 폴란드

■ 현황

- 폴란드는 2033년까지 최초 원전 건설을 추진 중이며, 이를 통해 현재 90% 이상인 석탄 화력발전 의존도를 낮추고, 러시아에 대한 석유, 가스 의존도를 줄이고자 함.
- 2020년 폴란드의 총 발전량은 157.6TWh이며, 발전원별 비중은 석탄 72%, 가스 10%, 재생에너지(풍력, 태양광, 지열) 11%, 바이오매스 4%, 수력 2%, 석유 1%임.¹⁵⁵⁾

■ 원자력 관련 주요 정책

- 2018년 11월 폴란드 에너지부는 에너지 정책 전략 초안(PEP2040)에서 탄소 배출 저감과 전력 공급 안정성을 위해 2043년까지 6~9GW급 원자로 6기 건설(폴란드 발전량의 약 10%)을 명시함.
- 폴란드 정부는 최초 호기(1~1.6GW)의 일반 계약자 선정은 2022년, 건설승인은 2025년, 착공은 2026년, 상업운전은 2033년으로 예상함.

■ 주요 이슈

- 폴란드, 최초 원전 추진 일환으로 환경영향평가 보고서 제출
 - 2022년 3월 29일 폴란드 국영기업 PEJ는 최초 원전 후보 부지인 Lubiatowo-Kopalino와 Żarnowiec에 대한 환경영향평가(EIA) 보고서와 인접국에 대한 월경성(Transboundary) 환경영향평가 보고서를 환경보호총국(GDOŚ)에 제출함.¹⁵⁶⁾

154) 原子力産業新聞, ‘チェコの国営電力’ テメルン原子力発電所の燃料調達で米仏の2社を選定’(2022.04.18.)

<https://www.jaif.or.jp/journal/oversea/12663.html>

Nuclear Engineering International New fuel for Temelin 1(2019.10.03.)

<https://www.neimagazine.com/features/featurenew-fuel-temelin-1-7436970/>

WNN, ‘ČEZ set to test Westinghouse fuel at Temelin’(2019.04.05.)

<https://www.world-nuclear-news.org/Articles/CEZ-set-to-test-Westinghouse-fuel-at-Temelin>

155) Enerdata, Country Energy Report Poland, 2021.07.

- PEJ는 두 후보지를 대상으로 최대 3,750MW 규모의 원전 건설 및 가동에 따른 환경영향 평가를 다룬 EIA 보고서가 환경영향평가절차의 핵심 문서라고 밝힘.
- PEJ는 2017년부터 실시한 부지 조사 및 환경 조사를 토대로 Lubiatowo-Kopalino 지역을 유력한 원전 후보부지로 선정한 바 있으나(2021.12), 대형 원전 도입 차원에서 상기 두 후보 부지 모두를 분석할 필요가 있다고 설명함.
- 폴란드 정부는 검증된 3세대 또는 3세대+ PWR 기반의 6~9GW 규모의 신규 원전을 계획 중으로, 최초 호기(1~1.6GW)의 일반 계약자 선정은 2022년, 건설승인은 2025년, 착공은 2026년, 상업운전은 2033년으로 예정됨.
- 현재 미국 Westinghouse, 프랑스 EDF, 한국수력원자력이 해당 프로젝트에 공식적으로 관심을 표명하였으며, 최근 4월 21일 한국수력원자력은 폴란드 기후환경부에 총 8.4GW 규모의 원전 6기 건설 제안서를 제출해 프로젝트 수주를 위한 본격적인 활동에 돌입함.¹⁵⁷⁾
- 폴란드 규제기관, Orlen 및 Synthos의 SMR 및 MMR 상용화 위한 합작기업 승인
 - 올해 3월 폴란드 경쟁·소비자보호청(Office of Competition and Consumer Protection, UOKiK)은 폴란드 정유·석유화학 대기업 PKN Orlen과 폴란드 화학기업 Synthos가 GE-Hitachi의 BWRX-300을 기반으로 SMR 및 초소형모듈원자로(MMR) 상용화를 담당할 특수목적회사인 Orlen Synthos Green Energy 설립을 승인함.¹⁵⁸⁾
 - UOKiK는 특수목적회사가 공정한 경쟁을 촉진하고 에너지 자립에 기여할 것으로 전망함. 이에 대해 PKN Orlen은 규제기관의 긍정적인 결정으로 SMR 투자 가속화가 가능해졌다고 밝힘.
 - 2021년 12월 PKN Orlen과 Synthos는 Orlen Synthos Green Energy 설립에 관한 투자 협정을 체결하고, 합작기업의 지분과 의결권을 각각 50% 보유하기로 함.
- 폴란드 광산·제련업체 KGHM, 미국 NuScale Power와 SMR 보급 양해각서 체결
 - 올해 2월 14일 폴란드 광산·제련업체 KGHM과 미국 NuScale은 폴란드 내 Nuscale이 개발한 SMR인 VOYGR 보급을 위한 계약 체결을 발표함¹⁵⁹⁾.
 - 이번 계약은 KGHM의 기존 석탄화력발전소를 대체하고 산업용 열 공급 가능성을 모색하기 위해 2021년 9월 23일 양측이 체결한 SMR 협력 양해각서에 기반함.

156) WNN, EIA submitted for Poland's first nuclear power plant(2022.3.31.)

<https://www.world-nuclear-news.org/Articles/EIA-submitted-for-Polands-first-nuclear-power-plan>

157) Nucnet, Poland / South Korea's KHNP Becomes First To Submit Offer For Up To Six New Reactors(2022.4.21.)
<https://www.nucnet.org/news/south-korea-becomes-first-country-to-submit-offer-for-up-to-six-new-reactors-4-4-2022>

158) Thefirstnews, Orlen, Synthos Green Energy to set up nuclear firm(2022.3.7.)
<https://www.thefirstnews.com/article/orlen-synthos-green-energy-to-set-up-nuclear-firm-28512>

159) Nei, NuScale Power and KGHM agree on deployment of SMRs in Poland(2022.2.16.)
<https://www.neimagazine.com/news/newsnyscale-power-and-kgm-agree-on-deployment-of-advanced-smrs-in-poland-9486929/>

- NuScale은 SMR 건설을 위한 부지 탐색 및 선정, 건설 기획, 비용 산정 등을 시행할 예정이며, 2029년 폴란드에 SMR 보급을 목표로 하고 있음.
- KGHM은 이번 SMR 도입을 기반으로, 연 8백만 톤의 이산화탄소 배출 감소와 자사 비용 구조를 개선하고, 화석연료발전이 70%를 차지하는 현 에너지 구조를 재편할 수 있을 것으로 기대한다고 밝힘.

● 핀란드

■ 현황

- 핀란드는 2022년 4월 기준 5기의 원자로(총 발전용량 4,394MW)를 운영 중임. 신규 원전으로 프랑스의 ERP노형이 적용된 Okilokute 3호기(1,600MW, PWR)의 상업운전을 목전에 두고 있으며, 러시아의 VVER 노형이 적용된 Hanhikivi 1호기(1,400MW) 프로젝트는 인허가 취득 준비 단계에 있음.
- 2019년 핀란드의 총 발전량은 68.7TWh이며, 발전원별 비중은 원자력 35%, 바이오매스 20%, 수력 18%, 석탄 12%임.¹⁶⁰⁾

■ 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 2023년 가동을 목표로 세계 최초로 사용후핵연료 최종처분장을 건설 중임.
 - 핀란드의 원자력에너지법은 원전에서 발생한 모든 방사성폐기물의 영구 처분을 명시함.
 - 핀란드는 남서부 해안 도시 Eurajoki에 사용후핵연료 최종처분시설을 건설 중임. 최종 처분시설은 2016년 말 착공에 들어가 2023년 운영될 예정으로, 약 5,500톤의 사용후 핵연료를 약 10만년 동안 지하 430미터 깊이의 터널에 저장할 수 있는 규모임.
 - 2000년 핀란드 정부는 해당 시설을 선정함. 2001년에 핀란드 의회는 최종처분시설 프로젝트에 대한 원칙결정(decision-in-principle)을 승인함. 2013년 12월 Posiva는 고용경제부에 건설 허가신청서를 제출해 2015년 핀란드 정부로부터 승인을 취득함.
- ※ 핀란드 원자력법에 따르면 지자체가 해당 시설 유치를 희망하고 프로젝트가 안전하게 수행될 수 있는 경우에만 원칙결정이 승인됨. Eurajoki 지자체의 프로젝트 지원과 방사선·원자력안전청의 해당 시설 건설 및 안전요건에 따른 최종 처분 수행 가능성 표명이 원칙결정 승인의 전제 조건임.¹⁶¹⁾

160) Enerdata, Country Energy Report Finland, 2021.01.

■ 주요 이슈

• Olkiluoto 3호기 상업운전 임박

- 3월 12일 핀란드 전력사 TVO는 Olkiluoto 3호기가 계통 연결에 성공해 4개월의 테스트 기간 동안 출력을 1,600MW까지 점진적으로 증강할 계획이라고 밝힘. 이어 올해 3월 30일 핀란드 방사선·원자력안전청(STUK)은 Olkiluoto 3호기(1,600MW, EPR)의 30%까지의 출력을 허가함.¹⁶²⁾
- Olkiluoto 3호기는 프랑스의 EPR 노형이 적용된 첫 해외 원전으로, 2005년에 착공되어, 당초 2009년에 가동될 예정이었으나 기술적인 문제로 지연되어왔으며 프로젝트 비용도 32억 유로(약 4.2조 원)¹⁶³⁾에서 85억 유로(약 11.3조 원)¹⁶⁴⁾로 늘어난 바 있음.
- 최근에는 지난 2월 TVO는 Olkiluoto 3호기의 터빈 계통 관련 제어 기능을 개선하기 위한 추가 검사가 필요해 전력망 연결 시점을 2월에서 3월로 연기한 바 있음.
- 핀란드 정부는 2019년 3월 Olkiluoto 3호기에 대한 운전 허가를, STUK는 2021년 3월 연료 정전을 승인함. 이후 해당 원전은 2021년 12월 21일 최초 임계에 도달했으며, 올해 7월 상업운전을 개시할 것으로 전망됨.

• 핀란드, 러시아와 Hanhikivi 원전 건설 계속 추진

- 핀란드 원전운영사 Fennovoima는 러시아-우크라이나 전쟁으로 어려운 상황에 직면해 있으나 Hanhikivi 프로젝트(1,200MW, PWR) 관련 이해관계자와 맺는 약속을 이행하기 위해 관련 당국의 제재 또는 구속력있는 결정이 내려질 때까지 주어진 의무를 수행하고 현 상황을 지켜볼 것이라는 입장을 발표함.¹⁶⁵⁾
- ※ Fennovoima는 Hanhikivi 원전 자금 조달을 목적으로 2007년에 설립됨. Fennovoima는 핀란드 60개 기업으로 구성된 컨소시엄인 Voimaosakeyhtio SF가 66% 지분을, Rosatom 자회사인 RAOS Voima Oy가 34% 지분을 보유하고 있음.
- 지난 3월 Sanna Marin 핀란드 총리는 정부가 Hanhikivi 프로젝트를 진행하지 않고 있다는 입장을 표명했으며, Mika Lintila 핀란드 에너지부 장관은 Hanhikivi 원전 건설 승인 거부 의사와 더불어 신규 원전 프로젝트가 상당히 지연될 것이라고 밝힘.

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

162) STUK, TVO to increase the power of OL3 with STUK's permission(2022.3.30.)
<https://www.stinfo.fi/tiedote/tvo-to-increase-the-power-of-ol3-with-stuks-permission?publisherId=64456131&releaseId=69936671>

163) 2022년 4월 28일 환율 기준

164) 2022년 4월 28일 환율 기준

165) Fennovoima, Fennovoima's update on the impacts of war in Ukraine 4.24.2022(2022.4.4.)
<https://www.fennovoima.fi/en/news/fennovoimas-update-impacts-war-ukraine-442022>

- Fennovoima는 2022년 건설 허가 취득, 2023년 착공, 2028년 상업운전 개시 목표를 설정한 바 있음. Hanhikivi 원전의 총 투자 비용은 발전소 순건설 비용, 자금 조달, 폐기물 관리를 포함해 65~70억 유로(8.6조~9.3조 원)¹⁶⁶⁾로 추정됨.
- Fennovoima 주주들은 핀란드 정부의 건설 허가 거부 의지와 러시아에 대한 지속적인 제재를 근거로 Hanhikivi 1호기 프로젝트를 철수를 공개적으로 표명하고 있으나, RAOS Project에 기존 계약 위반에 따른 추후 배상금 지급 의사가 없다는 입장을 표명함.
- 한편, RAOS Project는 2013년 12월 Fennovoima와 체결한 엔지니어링, 조달 및 건설 계약에 따라 해당 부지에 케이בל링 및 굴착 등의 준비 공사를 지속하고 있다고 밝힘.
- 핀란드 Fortum, Loviisa 원전 2050년까지 계속운전 신청
 - 지난 3월 핀란드 전력사인 Fortum은 2050년까지 Loviisa 1·2호기(각 507MW, PWR)의 계속운전 시행을 위한 신청서와 Loviisa 원전 부지에 위치한 중·저준위 방사성폐기물 최종처분시설을 2090년까지 운영하기 위한 신청서를 경제고용부에 제출함.¹⁶⁷⁾
 - Loviisa 1·2호기는 각각 1977년과 1980년에 상업운전을 개시해 2027년 말과 2030년 말에 운영허가가 만료될 예정이었음.
 - 핀란드 경제고용부는 해당 신청서를 검토하고 지역사회, 지방자치단체, 핀란드 방사선·원자력안전청(STUK)의 의견을 수렴해 최종 결정을 내릴 예정으로, 이를 완료하기까지 약 1년의 기간이 소요될 것으로 예상함.
- 핀란드, 세계 최초 사용후핵연료 최종처분시설 2025년 운영 앞두고 시험운영 계획¹⁶⁸⁾¹⁶⁹⁾
 - 핀란드 방사성폐기물 담당기관인 Posiva는 2025년 사용후핵연료 최종처분시설(Onkalo) 운영을 앞두고, 2023년 모의(dummy) 사용후핵연료다발을 사용해 Onkalo 및 밀봉시설의 최종 시험 운영(Trial Run of Final Disposal, TRFD)을 수행할 예정임.
 - Onkalo는 대략 5,000톤의 사용후핵연료를 지하 455미터 깊이의 터널에 저장할 수 있는 규모로 약 10만 년 동안 보관 가능한 시설임.
 - 시험운영은 1)중간저장시설에서 밀봉시설로 모의 사용후핵연료 이송, 2)구리 저장용기에 모의 사용후핵연료 밀봉, 3) 암반터널로 구리 저장용기 이송, 4)처분공에 구리 저장용기 보관 후 완충재로 채움, 5) 처분 터널을 뒤채움재(backfill)로 처리로 진행됨.
 - 시험 운영은 2025년 Onkalo 가동을 위한 Posiva의 마지막 준비 단계임.

166) 2022년 4월 28일 환율 기준

167) Nucnet, Finland / Fortum Planning To Operate Loviisa Reactors Until 2050(2022.3.4.)
<https://www.nucnet.org/news/fortum-planning-to-operate-loviisa-reactors-until-2050-3-5-2022>

168) Posiva, Trial Run of Final Disposal to start by 2023(2022.1.18.)
<https://www.posiva.fi/en/index/news/pressreleasesstockexchangereleases/2021/trialrunoffinaldisposalstartby2023.html>

169) Nucnet, Finland / Posiva Announces Trial Run Of Final Disposal, With Plans To Let Overseas Organisations Take Part(2022.2.1.)
<https://www.nucnet.org/news/posiva-announces-trial-run-of-final-disposal-with-plans-to-let-overseas-organisations-take-part-2-2-2022>

〈핀란드 사용후핵연료 Onkalo 최종처분시설 건설 추진 현황〉

년도	내용
2000	핀란드 정부, Olkiluoto 섬 인근 Eurajoki에 위치한 Onkalo 최종처분시설 부지 선정
2001	핀란드 의회, 최종처분시설 프로젝트에 대한 원칙결정(decision-in-principle) 승인
2013	Posiva, Onkalo 최종처분시설 건설 신청서 핀란드 고용경제부에 제출
2015	핀란드 고용경제부, Onkalo 최종처분시설 건설 인허가 승인
2019	Onkalo 최종처분시설 건설 작업 개시
2021	Posiva, Onkalo 최종처분시설 처분 터널 굴착 작업 시행
2022	Posiva, Onkalo 최종처분시설 운영 전 최종 시험운영 수행
2025	Posiva, Onkalo 최종처분장 운영 예정

자료: 세계원전시장 인사이트 각호

● 스웨덴

■ 현황

- 2022년 4월 기준 총 6기(6,885MW)의 원자로를 운영 중이며, 건설 중 원자로는 없음. 총 13기의 원자로 중 현재까지 7기(4,054MW)를 영구 정지함.¹⁷⁰⁾
- 2020년 스웨덴의 총 발전량은 163.7TWh로 이 중 원자력이 30%, 수력 44%, 풍력 16%를 차지함.¹⁷¹⁾

■ 원자력 관련 주요 정책

- 스웨덴에서는 1979년 발생한 미국 TMI 원전 사고 이후 1980년 국민 투표를 통해 단계적 원전 영구 정지를 결정했지만, 2010년 6월 스웨덴 의회가 이를 철회하고 기존 원전 부지에 노후 원전을 대체할 신규 원전 건설을 인정하도록 법을 개정함.
 - 2016년 6월 10일 연립정권과 일부 야당은 2040년까지 100% 재생에너지 기반 전력 공급 추진, 2017년부터 2년간 단계적인 원전세 폐지, 기존 10기 원자로를 대체하는 신규 원자로 건설 허용 내용을 담은 장기 에너지 정책에 합의함.
- 이후 스웨덴 환경성은 2020년 1월 EU집행위원회(EC)에 제출한 포괄적 국가 에너지 기후 계획 최종본에서 2040년까지 재생에너지 발전 100%를 목표로 하지만, 2040년이 원전 폐지 기한을 의미하지는 않는다고 명시함.

170) WNA, Country Profiles Sweden(2022.03.)

171) Enerdata, Country Energy Report Sweden(2021.06.)

- 스웨덴 원전에서 발생하는 모든 방사성폐기물에 대한 처분 시행 주체는 SKB이며 스웨덴에서는 사용후핵연료를 원전 내 저장수조에 임시 보관한 후 소외 집중식 사용후핵연료 중간저장시설(Central Interim Storage Facility for Spent Nuclear Fuel, Clab)로 이송해 최소 30년간 저장되며 이후 밀봉되어 최종처분시설에서 처분됨.

■ 주요 이슈

- 스웨덴 정부, 사용후핵연료 최종처분시설 및 밀봉 시설 건설 허가 승인
 - 스웨덴 정부는 2022년 1월 27일 자국의 방사성폐기물 전담업체 SKB가 2011년 제출한 사용후핵연료 최종처분시설 및 밀봉 시설(CLINK) 건설 허가를 승인했다고 발표함.
 - 스웨덴 정부는 Oskarshamn시에 위치한 Clab 인근 구역에 사용후핵연료를 용기에 밀봉하는 시설에 대한 건설 허가과 Öthammar시의 Forsmark 지역 내 사용후핵연료 최종처분시설 건설 허가를 승인함.
 - 향후 스톡홀름 토지 및 환경 법원의 사용후핵연료 밀봉시설 및 최종처분시설에 관한 조건 설정 및 방사선안전청(SSM)의 해당 시설에 대한 인허가 조건 설정 절차가 진행될 예정임.
 - 착공은 스톡홀름 토지 및 환경 법원의 인허가를 모두 취득해야 가능하며, 완공까지 약 10년이 소요될 전망이다. 사용후핵연료 최종처분시설 프로젝트 비용은 약 20억 달러(약 2조 4천억 원)¹⁷²⁾이며, 약 1,500개의 일자리가 창출될 것으로 예상됨.
- 스웨덴 규제기관, 소형 납냉각원자로 SEALER 개발에 126억 원 지원
 - 2022년 2월 17일 스웨덴에너지청(Swedish Energy Agency)은 Swedish Modular Reactors AB가 추진 중인 소형 납냉각 원자로(Swedish Advanced Lead Reactor, 이하 Sealer) 개발에 940만 유로(약 126억 원)¹⁷³⁾를 지원하겠다고 발표함.
 - Swedish Modular Reactors AB는 전력사인 Uniper Sweden과 원자로 개발업체 LeadCold의 합작 투자사임. Uniper Sweden은 스웨덴 Oskarshamn 원전의 지배주주이자 Ringhals·Forsmark 원전의 소주주이고, LeadCold는 스웨덴 왕립 공과대학교에서 분리된 회사(spin-off)로 1996년부터 납냉각 원자로를 개발해 왔음.
 - LeadCold가 설계한 Sealer는 10년~30년간 연료교체 없이 3~10MW 출력으로 전력을 생산하는 납냉각 고속로로, 가동 후 재처리시설로 운송됨. 해당 실증로는 Oskarshamn 원전부지에 건설되어 2024년부터 5년간 가동될 예정임.
 - 스웨덴 에너지청은 4세대 원전이 효율적인 무탄소 기반 전력으로, 탈석탄 사회로의 전환, 청정 수소 생산에 기여한다고 밝힘.

172) 2022년 4월 19일 환율 기준

173) 2022년 4월 19일 환율 기준

- 스웨덴 Kärnfull 그룹사, GEH와 SMR 보급 협력 위한 양해각서 체결
 - SMR 개발에 주력하는 스웨덴 프로젝트 개발 기업인 Kärnfull Next*와 미국 GE Hitachi Nuclear Energy(GEH)는 2022년 3월 14일 양해각서 체결을 통해 스칸디나비아 반도에 GEH의 SMR인 BWRX-300 보급에 협력하기로 함.
 - ※ Kärnfull Next는 스웨덴 환경보호기술 스타트업인 Kärnfull Future의 100% 자회사로 Kärnfull 그룹 기업 중에는 100% 원자력 전력을 조달해 판매하는 Kärnfull Energy도 있음.
 - 향후 Kärnfull Next는 기기설비 공급사, 투자자와의 협의를 적극 추진하고 BWRX-300 건설 가능성이 있는 스웨덴 국내 지역에서 건설 준비 작업을 추진할 계획임. 건설 계획에 대한 초기 자금은 스웨덴 산업·지역사회 개발 기업인 Granitor가 관리하는 투자기업인 Corespring Invest로부터 이미 확보함.
 - Kärnfull Next는 자국 내 증가하는 에너지 수요 대응과 청정하고 안정적인 전력 공급망 구축을 위해 GEH를 SMR 공급업체로 선정했다고 밝히며, 전력, 고온 열, 수소, 암모니아, 합성 연료를 공급하는 SMR 보급을 기대한다고 밝힘.

● 불가리아

■ 현황

- 2022년 4월 기준 Kozloduy 5·6호기(2,006MW)를 운영 중이며, 4기(1,632MW)를 영구 정지함. 불가리아는 기존 Kozloduy 원전과 Belene 부지에 신규 원전을 건설하는 방안을 고려해왔으나, 2022년 2월 초 Kiril Petkov 불가리아 신임 총리는 Belene 원전 건설을 철회하고 Kozloduy 원전에 신규 원전을 증설한다는 계획을 발표함.
- 2020년 불가리아 총 발전량에서 원전 비중은 40.8%로 16TWh를 공급함.¹⁷⁴⁾

■ 원자력 관련 주요 정책

- 불가리아 에너지부는 2020년 9월 발표한 ‘2030년까지의 지속가능한 에너지 개발 전략과 2050년까지의 전망(Sustainable Energy Development Strategy until 2030 with a view to 2050) 초안’에서 불가리아 에너지 안전 보장을 확립하기 위해 재생에너지, 에너지 효율, 원자력 에너지와 천연가스에 투자하겠다는 방침을 제시함.¹⁷⁵⁾

174) PRIS ELECTRICITY PRODUCTION SHARE IN 2020 기준(최종 검색: 2022.04.16.)

175) 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.)

- 불가리아는 EU집행위원회(EC)에 제출한 2021~2030년까지의 국가에너지 환경 계획(National Energy and Climate Plan, NECP)에서 2030년 이후 신규 원전을 통한 원자력 발전 비중을 확대하겠다고 명기함.¹⁷⁶⁾
- 2020년 10월 14일 불가리아 내각은 EU가 목표로 하는 ‘2050년 탄소중립 달성’을 위해 Kozloduy 원자력발전소 설비용량확대를 위한 예비타당성 조사 및 사전 작업을 시행하기로 결정했고, 당시 SMR을 선택지로서 활용하겠다는 방침을 명시함.
- 한편, 2005년 불가리아 방사성폐기물 처분을 담당하는 국영방사성폐기물공사(SERAW)는 중저준위 방폐물 처분장 건설을 결정함.
 - 2011년 10월 SERAW는 스페인 방사성폐기물관리공사(ENRESA), 독일 DBE테크놀로지사로 구성된 컨소시엄과 처분장 설계 계약을 체결함.
 - Kozloduy 원전 인접 지역인 Radiana에 2017년 8월 중·저준위 방폐물 처분 시설 건설을 시작했음.

■ 주요 이슈

- 불가리아 BEH, SMR의 석탄발전 대체 가능성 검토 위해 미 Fluor와 MOU 체결
 - 2021년 10월 28일 Bulgarian Energy Holding(BEH)은 자사의 석탄화력발전소를 NuScale의 SMR(1기당 77MW 규모)로 대체할 가능성을 검토하기 위해 NuScale의 투자자인 미국 엔지니어링 회사 Fluor와 양해각서를 체결함.
- 불가리아 신임 총리, Belene 원전 건설 철회 및 Kozloduy 신규 원전 증설 추진
 - 불가리아는 기존 Kozloduy 원전과 Belene 원전 부지에 신규 원전을 건설하는 방안을 고려해왔으나, 2월 초 Kiril Petkov 불가리아 신임 총리가 Belene 원전 건설을 철회하고 Kozloduy 원전에 최소 1기의 신규 원전을 증설하겠다는 계획을 발표함.¹⁷⁷⁾
 - Petkov 총리는 Belene 프로젝트가 이전 정부의 비합리적 지출과 부패의 사례라고 지적하며, Kozloduy 7호기 건설로 그리스와 세르비아를 전력 구매 고객으로 삼는 방안을 고려한 바 있음.
- 불가리아, 그리스와 신규 건설될 원전의 전력구매계약 협의 시작
 - 2022년 2월 27일 Asen Vasilev 불가리아 재무장관 겸 부총리는 그리스와 신규 원전 프로젝트에 관한 논의를 시작했다고 밝힘.

176) 원문: “adding the energy to be generated by a new nuclear power plant to the nation energy mix after 2030”
 자료: Bulgaria, ‘National Energy and Climate Plan’ p16,
https://ec.europa.eu/energy/topics/energy-strategy/national-energy-climate-plans_en

177) 原子力産業新聞, ‘ブルガリア’コズロドイ7号機を建設する可能性を再検討(2021.01.25.)

- Vasilev 부총리는 그리스가 20년 장기 고정가격으로 불가리아 신규 원전이 공급하는 전력을 구매하기로 합의해, 신규 원전 프로젝트가 신속히 추진될 가능성이 높아졌다고 밝힘.
- 그리스는 불가리아의 주요 전력수입국으로, 2019년 기준 그리스의 발전원별 비중은 천연가스 34%, 석탄 24%, 재생에너지(풍력, 태양광, 지열) 22%, 석유 11%, 수력 8%, 바이오매스 1%임.¹⁷⁸⁾

● 헝가리

■ 현황

- 헝가리는 2022년 4월 현재 Paks 원전에서 VVER 4기(1,916MW, PWR)를 운영 중이며, Paks 원전 부지에 Paks 5·6호기(각 1,200MW, PWR) 추가 건설을 위해 러시아와 협력 중임.
- 2020년 헝가리의 총 발전량에서 원전 비중은 48%로 15TWh를 공급함.¹⁷⁹⁾

■ 원자력 관련 주요 정책

- 2020년 1월 8일 헝가리 내각은 새로운 국가 에너지 전략 2030(National Energy Strategy 2030)과 해당 전략에 대한 부속 문서를 승인함. 같은 날 헝가리는 EU에 의무 제출해야 하는 NECP(National Energy and Climate Plan)을 승인함.
- 새로운 국가 에너지 전략 2030과 NECP에서 헝가리는 원자력과 재생에너지를 두 축으로 탈탄소 실현을 목표로 한다고 밝혔으며 헝가리 국내 전력 대부분을 원자력과 재생에너지로 공급하겠다는 방침을 제시함.
 - NECP에서 헝가리정부는 EU가 정한 2050년 탄소 중립 사회 실현을 위해서는 50조 포린트(약 179조 5천억 원)¹⁸⁰⁾가 필요하며 EU로부터 대규모 자금 지원이 필요하다는 견해를 밝힘.
- 한편, 헝가리 정부는 사용후핵연료 재처리를 하지 않고, 국유 방사성폐기물 관리 기업인 RHK Kft가 주체가 되어 방폐물 처분 준비를 진행 중임. 1997년 6월에는 신원자력법 제정에 따라 원자력시설 폐지 조치와 방사성 폐기물 처분을 위한 원자력 기금(Central Nuclear Financial Fund)이 설립됨.

178) PRIS ELECTRICITY PRODUCTION SHARE IN 2020 기준(최종 검색: 2022.04.16.)

179) PRIS ELECTRICITY PRODUCTION SHARE IN 2020 기준(최종 검색: 2022.04.16)

180) 2022년 4월 19일 환율 기준

- 최종처분장 적합성 검토를 위해 헝가리 MECSEK 광산 남서쪽에 위치한 Buda부근 점토층에서 RHK가 현재 조사를 진행 중이며 현재 예비 안전 분석(preliminary safety analysis)을 완료함.
- RHK는 최종처분장과 관련해 2019년~2032년 부지 탐색 및 선정, 2033년~2038년 지하 연구시설 건설, 2039년~2054년 지하연구시설 운영, 2055년~2063년 심지층처분시설 건설, 2064년~2079년 심지층처분시설 운영, 2080년~2084년 처분시설 폐쇄라는 사업 추진 일정을 제시함.
- 한편, 중·저준위 방폐물은 2012년 12월 완성된 Bataapati NRWR(National Radioactive Waste Repository) 처분시설에서 처리 중임.

■ 주요 이슈

- 헝가리, 우크라이나 사태 이후에도 러시아와 Paks 원전 증설을 위한 협력 지속 발표
 - 2022년 3월 2일 Peter Szijarto 헝가리 외교부장관은 러시아와의 천연가스 수입 협정을 고수하고 Rosatom과 진행 중인 125억 유로(약 16.9조 원)¹⁸¹⁾ 규모의 Paks 5·6호기(각 1,200MW, PWR) 프로젝트를 취소할 계획이 없다는 입장을 밝힘.
 - Szijarto 장관은 헝가리가 러시아산 천연가스 수입을 중단할 수 없는 상황이라고 밝히며, 2021년 연간 45억m³(4.5Bcm)의 천연가스 수입을 위한 장기 계약을 신규로 체결했다고 덧붙임.
 - 헝가리는 2014년 1월 러시아와 Paks 원전에 1,200MW급 VVER 2기(Paks 5·6호기)를 건설하는 협정을 체결함. 프로젝트 비용은 총 125억 유로(약 16.9조 원)¹⁸²⁾로 100억 유로(약 13.2조 원)¹⁸³⁾를 러시아가 차관 형태로 제공하고, 헝가리 정부가 25억 유로(약 3.4조 원)¹⁸⁴⁾를 투자함.
 - Paks 5·6호기 건설 개발은 국영 헝가리 전력(MVM)의 자회사로 설립되어 이후 독립한 Paks II. Ltd.이 담당하며, 2017년 EU집행위원회로부터 헝가리의 국가 보조금 지급 승인을 취득했으나 헝가리 규제기관의 인허가 허가 승인이 지연중임.
- 헝가리, 항공편으로 Paks 원전용 러시아산 핵연료 조달
 - 4월 6일 헝가리는 러시아-우크라이나 전쟁으로 철도 이용이 불가능해지자 Paks 원전(총 1,916MW, PWR 4기)용 러시아산 핵연료 집합체를 항공편을 통해 공급받음.
 - Peter Szijarto 헝가리 외교부 장관은 기존 핵연료 수송 방식인 러시아에서 우크라이나 경유한 철도 수송을 대체하기 위해 핵연료를 탑재한 항공기가 벨라루스, 폴란드, 슬로바키아의 영공을 통과해 헝가리에 도착했다고 밝힘.

181) 2022년 4월 19일 환율 기준

182) 2022년 4월 19일 환율 기준

183) 2022년 4월 19일 환율 기준

184) 2022년 4월 19일 환율 기준

- 항공 운송에는 러시아의 대형화물 전문회사인 Volga-Dnepr 사의 항공기가 사용된 것으로 알려짐

● 벨라루스

■ 현황

- 벨라루스는 러시아로부터 재정지원을 받아 Ostrovets 부지에 최초 원전(총 2220MW, VVER-1200 2기) 프로젝트를 시행 중임. 현재 Ostrovets 1호기는 올해 상업운전을 개시하였으며, 2호기는 2021년 12월 말 연료장전을 개시하였음.
- 벨라루스는 러시아로부터 건설비용의 90%에 해당하는 100억 달러(약 12.6조원)¹⁸⁵⁾를 차관 형식으로 25년간 조달받아 건설비용을 충당하기로 합의함.
- 현재 Rosatom의 엔지니어링 자회사 Atomstroyexport가 프로젝트 총괄 및 계약을 담당함.
- 2020년 벨라루스의 총 발전량은 38.7TWh이며, 발전원별 비중은 가스 95%, 바이오매스 1%, 수력 1% 등임.¹⁸⁶⁾

■ 원자력 관련 주요 정책

- 벨라루스는 2011~2020년 에너지 전략에 따라 발전용 천연가스를 포함한 러시아산 에너지 의존도 감소와, 재생에너지 비중 확대 및 원자력 사용을 목표로 함.

■ 주요 이슈

- 벨라루스, Ostrovets 원전 2022년 내 상업운전 개시를 목표로 막바지 작업 중
 - 2021년 6월 10일 Rosatom은 벨라루스 Ostrovets 1호기의 상업운전 개시를 발표함. Ostrovets 1호기는 2020년 8월부터 시운전을 시작했으며, 지난 6월 2일 벨라루스 비상 사태부는 Ostrovets 1호기 운영허가를 발급함.
 - ※ 프로젝트 총괄 및 계약을 담당하는 Atomstroyexport는 Ostrovets 1호기의 운영권을 원전소유자인 Belarusian 원전 측에 정식 이전한 상태로, 성능보전운전 기간(2년) 동안 Ostrovets 1호기의 가동 · 정비 작업을 담당할 예정임.
 - Ostrovets 2호기의 경우 2021년 6월에 저온 기능 시험을, 10월에 고온 기능 시험을 완료함. 원자로 압력 용기, 증기 발생기, 주요 파이프라인, 펌프 및 안전 계통을 포함한 원자로의 부품 및 계통에 대해 300건의 테스트가 시행됨. 이후 2021년 12월에 최초로 연료를 장전하였으며, 올 하절기에 전력계통을 연결하여 2022년 내로 상업운전 개시를 목표로 함.

185) 2022년 4월 29일 환율 기준

186) Enerdata, Global Energy & CO₂ Data(검색일: 2022.04.14.)

- Ostrovets 1·2호기 건설 비용은 약 90억 유로(약 11.9조 원)¹⁸⁷⁾로 추정되고 있으며, 두 호기는 완공 시 벨라루스 전체 전력 수요의 약 40%를 공급할 것으로 전망됨.

● 네덜란드

■ 현황

- 네덜란드는 2022년 4월 기준 Borssele 원전 1기(482MW, PWR)를 가동해 전체 전력의 약 3.3%를 공급 중임.
- 2020년 네덜란드의 총 발전량은 122.7TWh이며, 발전원별 비중은 가스 60%, 재생에너지(풍력, 태양광, 지열) 19%, 바이오매스 9%, 석탄 8%, 원자력 3%, 석유 1%임.¹⁸⁸⁾

■ 원자력 관련 주요 정책

- 1968년 최초 상용원전인 Borssele 원전이 1973년에 가동되었으나, 1986년 체르노빌 사고 여파로 부정적인 여론이 조성되자 3,000MW 규모의 신규 원전 프로젝트 추진이 보류됨.
- 1994년 네덜란드 의회는 Borssele 원전을 2003년까지 단계적 폐지하기로 결정하였으나, 2003년 새 정부가 집권하자 Borssele 원전 폐쇄를 2013년으로 연기함.
- 2006년 새 정부는 ‘신규 원전 건설 조건’ 보고서를 의회에 제출해 단계적 원전 폐지 정책 철회(Borssele 원전 폐쇄 일정을 2033-34년으로 연기), 제3세대 신규 원자로 건설 가능성을 제안함. 그러나, 2008년 네덜란드 전력사 Delta는 Borssele 2호기(1,000-1,600MW) 건설 계획을 발표했으나, 2012년 해당 원전의 경제성 불확실성으로 인해 건설을 보류하기로 함.
- 2018년 네덜란드 집권연립여당인 자유민주당(VVD)은 온실가스 감축 목표 달성을 위해 신규 원전 건설 의지를 표명함.
 - ※ 네덜란드 정부는 자민당(VVD), 기민당(CDA), 민주66당(D66), 기독교연합당(CU) 연립정부임.
- 네덜란드 정부는 2019년에 제정된 기후법을 통해 온실가스 배출량을 2030년까지 1990년 대비 49%, 2050년까지 95% 감축한다는 목표를 설정함.

187) 2022년 4월 29일 환율 기준

188) Enerdata, Country Energy Report The Netherlands, 2022.01.

- 2020년 9월 네덜란드 정부는 2030년 이후 전원구성에서 원자력 비중을 확대하는 방안을 고려한다고 밝혔고, 의회는 정부 보조금 지원을 통한 신규 원전 건설을 지지하는 동의안을 통과시킴. 원전운영사 EPZ는 Borssele 원전의 계속운전과 신규 원전(1,500MW 규모, 3세대) 2기의 증설을 제안함.

■ 주요이슈

- 네덜란드 정부, 신규 원전 2기 건설 및 계속운전 확정
 - 2021년 12월 15일 네덜란드 새 연정은 2021~2025년까지의 연정 계획 보고서를 발표하며 미래 에너지 및 기후 정책의 일환으로 신규 원전 2기 건설과 Borssele 원전(485MW, PWR)의 계속운전 시행을 확정함.¹⁸⁹⁾
 - 해당 보고서는 온실가스 배출량이 전무하면서 에너지 효율을 갖춘 전원으로의 전환을 강조하고 있으며, 원자력이 전원 구성에서 태양광·풍력·지열을 보완하고, 수소 생산에 기여하며, 천연가스 수입 의존도를 축소시킬 수 있다고 명시함.
 - 새 연정은 신규 원전 건설을 위해 투자 촉진, 혁신 지원, 입찰 진행, 정부 재정 검토, 필수 규정 개발, 방사성폐기물의 영구 저장 조치를 제시하면서, 신규 원전 프로젝트 자금으로 2023년 5천만 유로(약 668.5억 원)¹⁹⁰⁾, 2024년 2억 유로(약 2,675억 원)¹⁹¹⁾, 2025년 2억 5천만 유로(약 3,344억 원)¹⁹²⁾를 할당함.
 - 새 연정은 기타 에너지 부문에서 해상풍력·지붕형 태양광·지열·수열에 중점을 둔 재생 에너지 확대, 수소 생산·수입 증가, 목재계 바이오매스의 단계적 폐지 시행을 계획함.
- 네덜란드 기민당(CDA), 자국 SMR 건설 필요성 강조¹⁹³⁾
 - 올해 4월 네덜란드 정부 연합 정당 중 하나인 기민당(Christian Democratic Appeal, CDA)은 향후 전력 수요 증가에 대응하기 위해 SMR 개발 및 보급에 관한 실행계획을 발표하고, 신규 원전 2기 건설을 계획한 내각에 유럽 국가들과 SMR 협력을 추진하면서 자체적으로 SMR 개발을 촉구함.¹⁹⁴⁾

189) Nei, Netherlands' plan for 2025 supports nuclear newbuild(2021.12.17.)

<https://www.neimagazine.com/news/newsnetherlands-plan-for-2025-supports-nuclear-newbuild-9329464/>

190) 2022년 4월 28일 환율 기준

191) 2022년 4월 28일 환율 기준

192) 2022년 4월 28일 환율 기준

193) Ewmagazine.nl, CDA maant Jetten tot haast met ontwikkeling van kleine kernreactoren, 2022.04.06.

<https://www.ewmagazine.nl/nederland/achtergrond/2022/04/cda-maant-jetten-tot-haast-met-ontwikkeling-van-kleine-kernreactoren-878703/>

194) Actieplan – Kleine Modulaire Kernreactoren(검색일 2022.4.25.)

<https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:lqJUpJKS2UUJ:https://energeia-binary-external-prod.imgix.net/VFj74sB6R3irVsCRYDzStL-XJ6Q.pdf%3Fdl%3DActieplan%2BKleine%2BModulaire%2BKernreactoren.pdf+%&cd=1&hl=ko&ct=clnk&gl=kr>

- CDA는 SMR 건설 시 자국 내 5개 산업단지에 전력 공급이 가능하다고 판단하고, 기후·에너지부 장관 Rob Jetten(민주66당)이 독일을 포함한 많은 국가와 협력해 유럽 차원에서 원자력 발전의 필요성을 전달하고, 신속하게 SMR 건설에 착수해야한다고 밝힘.
- 2021년 12월 네덜란드 연정은 에너지·기후 정책의 일환으로 신규 원전 2기 건설과 Borssele 원전의 계속운전 시행을 결정함. 신규 원전 건설에 2030년까지 총 50억 유로(약 6.6조 원)¹⁹⁵⁾가 할당됨.
- 2022년 1월에 출범한 네덜란드 새 연정은 2021년 EU가 설정한 2050년 탄소중립 목표 달성을 위해서 2030년까지 1990년 대비 60%까지 온실가스 감축 계획을 수립함.

◎ 벨기에

■ 현황

- 벨기에는 2022년 4월 기준 원자로 7기(총 발전용량 5,942MW)를 가동해 전체 전력의 약 39%를 공급하고 있음.
- 2020년 벨기에의 총 발전량은 91.0TWh이며, 발전원별 비중은 원자력 38%, 가스 31%, 재생에너지(풍력, 태양광, 지열) 20%, 바이오매스 8%, 석탄 2%, 수력 1%임.¹⁹⁶⁾

■ 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.
 - 2007년과 2010년 각각 온실가스 배출 감소를 위한 원자력의 장기적 활용과 계속운전의 필요성에 대해 정부가 인지하였으나, 2011년 신정부 출범 이후 계속운전 사안이 의회에서 통과되지 못함.
- 2012년 7월 벨기에 각료회의(Council of Ministers)는 40년 가동한 Doel 1,2호기 폐쇄(2015년)를 발표함, 이어 2014년 12월에는 2025년까지 원전의 단계적 폐쇄를 확정하고, 2018년 3월 발표한 신규 에너지 전략(energy pact)에서도 원전의 단계적 폐지 및 2025년까지 영구정지를 재확인함.

195) 2022년 4월 28일 환율 기준

196) Enerdata, Country Energy Report Belgium 2021.09.

- 2014년 12월 결정에서는 전력 공급 안정성을 위해 Doel 1,2호기의 계속운전을 허용함 (각각 2025년 2월 15일, 2025년 12월 1일까지 추가 10년).
- 2019년 4월 벨기에 의회는 단계적 원전 폐쇄에 따른 전력 부족분을 충당하기 위해 가스 화력 발전에 대한 투자에 박차를 가하고, 2030년까지 4,000MW 규모의 신규 해상 풍력 발전단지를 건설하는 두 개의 법안을 통과시킴. 한편, 벨기에 송전계통 운영자인 Elia는 정부가 대체 에너지 투자를 가속화하지 않을 경우 단계적 원전 폐쇄로 인한 심각한 전력 부족 사태에 직면할 수 있다고 경고함.
- 2020년 9월 30일 출범한 벨기에 새 연립 정부※는 2025년까지 단계적 원전 폐기 정책을 재확인하는 합의문에 서명함.
 - ※ 총 7개의 정당(자유당(Open VLD), 프랑스어권 자유당(MR), 사회당(PS), 네덜란드어권 사회당(SP.A), 녹색당(Green), 생태당(Ecolo), 기독교민주당(CD &V))이 새 연립 정부를 구성함.
- 단 전력 공급 안정성에 차질이 발생할 경우 2025년 이후로 Doel 4호기와 Tihange 3호기를 계속운전하여 2GW의 원전 폐지를 유보하는 방안이 합의문에 수록됨.
- 2021년 12월 23일 벨기에 새 연립정부는 2025년까지 단계적 원전 폐쇄를 확정하고 차세대 원자로인 SMR에 1억 유로(약 1,337억 원)¹⁹⁷⁾의 투자를 실시하기로 합의함.
- 2022년 3월 18일 벨기에 새 연립정부는 러시아의 우크라이나 공격에 따른 에너지 가격 상승으로 인해 2025년까지 시행될 단계적 원전 폐쇄 정책을 10년 연기하기로 결정함.

■ 주요 이슈

- 벨기에 정부, Doel 4호기 · Tihange 3호기 10년 계속운전 확정
 - 올해 3월 벨기에 정부는 러시아와 우크라이나 간의 지정학적 긴장 속에서 에너지 가격 상승과 화석연료 의존도 탈피를 위해 Doel 4호기(1,090MW, PWR)와 Tihange 3호기(1,020MW, PWR)를 2035년까지 추가 10년 계속운전하기로 결정함.
 - 이는 2025년까지 시행될 단계적 원전 폐쇄 정책을 10년 연기하는 조치임. 벨기에 정부는 Doel 4호기 및 Tihange 3호기의 계속운전을 위한 법률 초안과 원자력 시설의 안전 요건 칙령(2011.11.30.)에 대한 개정 칙령 초안을 3월 말까지 승인을 위해 내각에 제출할 계획임.
 - 이에 앞서 지난 1월 벨기에 원자력규제기관 FANC은 에너지 안보를 위해 Tihange 3호기와 Doel 4호기의 계속운전을 잠정적으로 승인함.
 - Doel · Tihange 원전운영사인 프랑스 Engie는 계속운전 결정은 안전 · 규제 · 이행 측면에서 상당한 제약이 존재한다고 우려를 표명했으나 벨기에 정부와 협력해 2035년까지 해당 사안의 타당성 조사를 시행할 계획임.

197) 2022년 4월 28일 환율 기준

- 이와 더불어 벨기에 정부는 원전의 계속운전뿐만 아니라 차세대 원전인 SMR 개발에 4년간 1억 유로(약 1,337억 원)¹⁹⁸⁾를 지원할 계획임.

● 스위스

■ 현황

- 2022년 4월 기준 4기(2,960MW)를 운영 중이며, 2기(379MW)를 영구 정지함.
 - 스위스에서는 원전 가동 기간에 대한 법적 한도를 정하지 않아 10년마다 주기적안전평가(Periodic Safety Review, PSR)를 시행하여 스위스 연방원자력안전감독청(ENSI)이 안전성을 인정하면 추가로 10년 가동 기간이 연장됨.
 - 2016년 3월 2일 하원에서 원전 가동년수에 상한을 적용하는 법안이 부결됨.
- 2020년 스위스의 총 발전량은 71.5TWh로 이 중 원자력이 33.6%, 수력 57.4%를 차지함.¹⁹⁹⁾

■ 원자력 관련 주요 정책

- 2007년 2월 스위스 정부는 ‘에너지 기본 정책(2035년까지의 에너지 전망)’에서 신규 원전의 필요성을 밝혔지만, 후쿠시마 원전 사고 후 탈원전 정책으로 전환하여 2011년 5월 25일 당시 운영 중이던 원전 5기를 2034년까지 단계적 폐쇄한다고 발표함.
- 스위스 내각은 2018년 1월 에너지 구조 개혁을 위한 법안인 ‘에너지전략 2050년(Energy Strategy 2050)’을 발효함.
 - 개정 에너지법인 ‘에너지전략 2050년’은 신규 원전 건설 금지, 에너지 소비 절감, 에너지의 효율적 이용 개선, 재생에너지 발전량 확대 등의 전략을 단계적으로 실행에 옮기는 정책을 포괄함.

〈‘에너지전략 2050’ 주요 내용〉

- ▶ (원전) 2019년 Beznau 1호기 ~ 2034년 Leibstadt 원전까지 스위스의 모든 원전(5기) 단계적 폐쇄
- ▶ (재생) 2020년 4,400GWh → 2035년 11,400GWh로 확대, 신규 FIT는 2022년 말까지 제한, 재생에너지 시설 허가 절차 신속화 등
- ▶ (효율) 에너지소비량을 2000년 대비 2020년에는 16% 감소, 2035년에는 43% 감소, 탄소세 인상 (연간 최대 4억 유로), CO₂ 배출규제 강화 등

198) 2022년 4월 28일 환율 기준

199) Enerdata, Country Energy Report Switzerland(2021.11.)

- 스위스는 원자력에너지법(2003)에 따라 고준위방폐물과 중저준위방폐물 처분을 위한 심지층 처분 시설 설치를 계획 중임. 스위스 방사성 폐기물 전담기관인 NAGRA(Swiss National Cooperative for the Disposal of Radioactive Waste)가 처분장 부지 선정을 담당함.
- 심지층 처분 시설 부지 선정은 2022년, 연방 정부의 최종 결정 및 의회 승인은 2030년, 국민 투표는 2031년에 시행될 예정임. 중저준위방폐물 처분시설은 2050년에, 고준위 방폐물처분시설은 2060년에 가동될 예정임.
 - 사용후핵연료의 경우 Beznau, Gosgen 원전 부지 내 임시 저장 시설 또는 원전 운영 4개사가 공동 건설한 Wurenlingen 중앙집중형 중간 저장 시설(Zentrales Zwischenlager Wurenlingen, ZZL)에서 보관 중이며, ZZL에서는 사용후핵연료의 건식 저장과 중저준위 방폐물, 외국에서 재처리되어 반환된 유리고화체 등을 모두 보관 중임.

■ 주요 이슈

- 스위스 원자력포럼의 원전 인식 조사에서 신규 원전 지지 우세
 - 스위스 여론조사기관인 Demoscope가 스위스 원자력 포럼(Swiss Nuclear Forum)²⁰⁰⁾의 의뢰로 진행한 여론조사 결과, 원전의 계속운전의 경우 응답자의 찬반 의견이 팽팽히 맞섰지만 신규 원전 건설에 대한 지지도는 우세한 것으로 나타남.
 - ※ 스위스 원자력 포럼은 1958년 설립된 과학 및 기술 전문가 그룹이며 자국 내 원자력 수용도 확대를 목적으로 원자력 관련 간행물 발간(뉴스레터 포함), 회의, 세미나, 컨퍼런스를 개최함. ²⁰⁰⁾
 - Demoscope가 독일어권 및 프랑스어권 지역 출신 총 1,219명을 대상으로 2022년 2월 16일부터 28일까지 온라인으로 여론 조사²⁰⁰⁾를 실시한 결과 원전 계속운전 여부에 대해 답변자 44%는 찬성, 43%는 반대함.
 - ※ 답변자의 96%이상이 러시아가 우크라이나를 침공한 2022년 2월 24일 이전에 여론조사에 응함.
 - 찬성자 중 87%는 에너지 공급 안정성을, 43%는 기후변화 대응을 주된 이유로 설명함.
 - 또한, 신규 건설 원전 금지 법안에 대해 묻는 질문에 답변자의 45%가 현 법안에 대한 지지를 표명했고, 49%는 신규 원전 건설 여부를 개별적으로 결정할 수 있어야 한다고 밝힘.
 - 스위스 원자력 포럼은 이번 여론 조사 결과가 원자력에 대한 국민들의 인식 변화를 시사한다고 밝힘. 또한 불안정한 전력 공급과 기후 목표 달성에 비추어 원자력에 대한 사회적 수용성 증진은 이해할만하다고 덧붙임.
- 원전운영사 Axpo, 우크라이나 침공 이후 러시아산 연료 도입 중단 의사 표명

200) kernenergie 웹사이트(최종 검색: 2022.04.16.)

https://www.kernenergie.ch/de/nuklearforum-schweiz-_content---1---1130.html

- 스위스 원전운영사인 Axpo는 3월 31일 러시아 Rosatom과 기존 핵연료 조달 계약을 이행할 것이지만, 신규 계약은 체결하지 않는다는 입장을 밝힘.
 - Axpo는 Rosatom으로부터 Beznau 원전과 Leibstadt 원전용 핵연료*를 공급받는 중이며 제품의 안전성과 질적 차원에서 검증된 공급업체를 곧바로 교체하는 일은 쉽지 않기 때문에 기존 계약은 유지될 것이라고 밝힘.
- ※ Beznau 원전은 러시아산 핵연료에 전적으로 의존하고 있는 반면, Leibstadt 원전은 핵연료의 절반을 러시아로부터 공급받고 있음. 현재 스위스 원전에 공급되는 핵연료의 50%는 러시아로부터 공급받고 있음.
- Rosatom과 거래 중인 Axpo는 간접적으로 Rosatom에 무기 및 군사장비 자금 조달하고 있다는 비난을 받고 있음. 이에 대해 Axpo는 러시아산 핵연료 의존도를 줄이기 위해 유럽으로부터 천연 우라늄 및 농축 우라늄 조달하는 방안을 모색 중이라고 밝힘.

● 스페인

■ 현황

- 스페인은 2022년 4월 기준 5개의 부지(Almaraz, Valdelella, Asco, Cofrentes, Trillo)에서 원자로 7기(총 발전용량 7,121MW)를 공급 중이며, 3기의 원전(총 1,067MW)이 영구정지 중이며, 건설 중인 원전은 없음.
- 2020년 스페인의 총 발전량은 264.1TWh이며, 발전원별 비중은 재생에너지(풍력, 태양광, 지열) 29%, 가스 27%, 원자력 22%, 수력 13%, 석유 4%, 바이오매스 3%, 석탄 2%임.²⁰¹⁾

■ 원자력 관련 주요 정책

- 2018년 스페인 정부는 노후 원전을 단계적으로 폐쇄하고 별도의 계속운전 시행이 없을 것을 밝힘.
 - 당시 총선에서 승리한 Pedro Sanchez 총리와 사회주의노동자당은 노후 원전에 대한 단계적 폐쇄 입장을 발표했으며, 향후 가동연수가 40년이 되는 원전을 별도의 계속운전 없이 차례로 폐쇄시켜나갈 계획임을 밝힘.
 - 2018년 11월 Jose Domingues 스페인 에너지부 장관은 기존 입장을 확인함.²⁰²⁾ 이 조치는 스페인이 2050년까지 전력 시스템을 재생에너지원으로 완전히 전환하고 자국 경제를 탈탄소화한다는 신규 기후 법안 초안 발표(11월 13일) 후에 내려짐.

201) Enerdata, Country Energy Report Spain 2022.01.

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

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

- 2020년 4월 스페인은 국가 에너지 및 기후 계획안(National Integrated Energy and Climate Plan 2021~2030) 초안을 통해 2027년부터 2035년까지 단계적 원전 폐쇄(총 7기)를 명시함.

■ 주요 이슈

- 스페인 Tecnatom, 노르웨이 에너지 기술 연구소(IFE)에 SMR 시뮬레이터 공급²⁰³⁾
 - 스페인 엔지니어링 회사인 Tecnatom은 노르웨이 에너지 기술 연구소(Institute for Energy Technology, IFE)와 SMR 기반 시뮬레이터의 개발 및 공급 계약을 체결함.
 - IFE는 몇 년 전부터 Tecnatom이 개발해 IAEA에 공급한 일체형 가압수형 원자로(iPWR) SMR 시뮬레이터를 사용하고 있으며, 인간공학(Human Factors Engineering) 검증과 시뮬레이터의 다중 이벤트 세션 관리를 위해 자체 시뮬레이터 보유를 결정함.
 - 최근 몇 년 동안 Tecnatom은 브라질 Angra 1호기를 포함해 유럽, 아시아, 미국에 다목적 시뮬레이터를 공급한 바 있음.

● 독일

■ 현황

- 독일은 2022년 4월 기준 3기의 원자로(총 발전용량 4,055MW)를 가동 중이며 2022년까지 모든 원전이 영구정지될 예정임.
 - 영구정지된 원자로는 총 30기며 용량은 총 22,180MW²⁰⁴⁾ 임.
- 2020년 독일의 총 발전량은 572.5 TWh이며, 발전원별 비중은 재생에너지(풍력, 태양광, 지열) 32%, 석탄 25%, 가스 17%, 원자력 11%, 바이오매스 10%, 수력 4%, 석유 1%임.²⁰⁵⁾

■ 원자력 관련 주요 정책²⁰⁶⁾

- 독일은 2011년 후쿠시마 원전 사고를 계기로 노후 원전을 영구정지했으며, 기존의 계속 운전 방침을 철회하고 2022년까지 모든 원전을 단계적으로 폐쇄하기로 결정함.

203) NEI, Tecnatom to supply SMR simulator for Norway's Institute of Energy Technology(2022.1.27.)
<https://www.neimagazine.com/news/newstecnatom-to-supply-smr-simulator-for-norways-institute-of-energy-technology-9437247/>

204) 영구 정지된 원자로의 용량은 연구로 포함 수치임.

205) Enerdata, Country Energy Report Germany 2021.12.

206) 세계 원전시장 인사이트, 2018.07.27.

- 독일 정부는 1980년 이전 건설된 노후 원전 7기(Biblis A, Neckarwestheim 1, Brunsbuettel, Biblis B, Isar 1, Unterweser, Phillipsburg 1)와 이미 장기적으로 가동 중지된 Krümmel 원전에 대하여 후쿠시마 원전 사고 직후 3개월간의 즉각적인 가동중단 조치를 실시함. 이후 2011년 6월 독일 정부는 잠정적으로 가동이 중지된 원전에 대한 영구폐쇄를 결정함에 따라 총 8기의 원전(8,442MW)이 폐쇄됨.
- 2011년 탈원전 정책으로 피해를 입은 독일의 4대 전력기업(E.ON, RWE, Vattenfall, EnBW)은 정부를 상대로 손해배상 청구 소송을 제기하였으며, 2016년 12월 6일 Karlsruhe에 소재한 연방헌법재판소는 정부의 재산권 침해를 인정해, 2018년 6월 30일까지 정부가 배상금 지급 방안을 마련하도록 지시함.
- 2021년 3월 독일 정부는 상기 4대 전력사(EnBW, E. ON, RWE, Vattenfall)에게 총 25억 유로(약 3.3조 원)²⁰⁷⁾의 보상금을 지급하기로 함.
 - 이에 따라 Vattenfall은 가장 많은 금액인 14억 2천 5백만 유로(약 1.9조 원)²⁰⁸⁾, RWE는 8억 8천만 유로(약 1.1조 원)²⁰⁹⁾, EnBW는 8천만 유로(약 1,070억 원)²¹⁰⁾, E.ON은 4천 2백 50만 유로(약 568억 원)²¹¹⁾를 각각 지급 받을 예정임.
 - 4대 전력사는 합의의 대가로 독일 정부를 대상으로 제기한 모든 법적 소송을 철회하고 이익을 제기하지 않기로 함.
- 독일은 원전을 단계적으로 폐지하고 재생에너지 발전 비중을 확대하는 에너지전환(Energiewende) 정책을 추진 중임.

207) 2022년 4월 28일 환율 기준

208) 2022년 4월 28일 환율 기준

209) 2022년 4월 28일 환율 기준

210) 2022년 4월 28일 환율 기준

211) 2022년 4월 28일 환율 기준

〈독일의 탈원전 정책 변화〉

날짜	주요 내용
2000년	(원자력 합의) • 녹색당-사민당 연정, 전력회사들과 2021년까지 단계적 원전 폐지 합의 – 원자로 수명 제한(32년), 각 원전에 영구정지까지 잔여 전력생산 허용량 할당, 할당된 허용량 소진 후 원전 영구정지, 신규 원전 건설 금지
2002년	(원자력법 개정) • 신규원전 건설 금지 • 원전 가동허가기간을 40년으로 설정해 기존 원전의 2021년까지 단계적 폐지
2009년	(원전 폐지법 철회) • 기민·기사당-자민당 연정(보수 성향) 출범하며 단계적 원자력 폐지법 철회
2010년 10월	(원전 가동기간 연장) • 원전 가동허가기간(기존 40년) 연장 – 1980년 이전 건설된 6개의 원전은 8년 연장 – 1980년 이후 건설된 11개의 원전은 14년 연장 • 신규 원전 건설 금지
2011년 6월	(탈원전 방침 결정) • 후쿠시마 원전 사고(2011.03.) – 총 8기 원자로(1980년 이전에 건설된 노후 원전 7기 및 결함이 발생한 Kruemmel 원전에 대해 원전비상중단조치(Moratorium) 시행 • 독일 연방의회, 2022년까지 가동 중인 17개의 원전 단계적 폐지를 포함한 원전 폐지안 최종 승인
2016년 12월	(탈원전 보상 결정) • 독일 연방헌법재판소, 2011년 원전폐지법에 대한 소송에서 정부의 재산권 침해 인정 – 2018년 6월까지 Vattenfall 및 RWE에 탈원전 피해 보상 지급 판결
2018년 5월	(원자력법 개정 초안 승인) • 독일 내각, Vattenfall 및 RWE에 보상금 지급을 명시한 원자력법 개정 초안 승인, 2023년 최종 보상금액 확정 예정
2021년 3월	(탈원전 보상금 지급 합의) • 독일 정부, 4대 전력사(EnBW, E.ON, RWE, Vattenfall)에 총 25억 유로(약 3.3조 원)²¹²⁾의 보상금 지급 합의 – Vattenfall은 14억 2,500만 유로(약 1.9조 원)²¹³⁾, RWE은 8억 8,000만 유로(약 1.1조 원)²¹⁴⁾, EnBW은 8,000만 유로(약 1,070억 원)²¹⁵⁾, E.ON은 4,250만 유로(약 568억 원)²¹⁶⁾를 지급 받을 예정

자료 : 에너지경제연구원 및 독일 연방환경부 자료를 토대로 작성

212) 2022년 4월 28일 환율 기준

213) 2022년 4월 28일 환율 기준

214) 2022년 4월 28일 환율 기준

215) 2022년 4월 28일 환율 기준

216) 2022년 4월 28일 환율 기준

■ 주요 이슈

- 독일 정부, 계속운전 추진 가능성 최종 일축²¹⁷⁾
 - 지난 4월 6일 독일 연방의회에서 Olaf Scholz 총리(SPD)는 기술적인 어려움을 이유로 러시아산 화석연료 의존도 축소 방안으로 가동 중인 원전 3기(Emsland 원전 (1,406MW, PWR), Isar 2호기(1,485MW, PWR), Neckarwestheim 2호기(1,400MW, PWR))의 계속운전 시행을 반대한다고 밝힘. Scholz 총리는 핵연료를 해외 시장으로부터 조달해야하기 때문에 다른 국가에 대한 에너지 의존도를 줄이지 못할 것이라고 주장하며, 단계적 원전 폐쇄 연기 가능성을 일축함.
 - 이에 앞서 지난 3월 초 독일 정부는 원전 3기를 2023년 이후로 계속운전할 가능성은 낮은 경제성으로 인해 희박하다고 판단해 러시아 천연가스 의존도 축소를 위해 원전 외의 대체 발전원을 구축해야 한다는 입장을 밝힌 바 있으나, 경제부 장관은 에너지 공급 위기 사태로 남아있는 원전 3기에 대한 계속운전 가능성을 재차 검토해보겠다고 기존 입장에서 선회함.
 - 원전운영사인 E.ON은 천연가스 수급 비상 상황에서 계속운전 시행이 전력 공급에 미치는 영향은 미미하다고 밝히며, 영구 정지 결정에 변화가 없다고 밝힘.²¹⁸⁾ 원전운영사 RWE는 2022년 말에 기 비축된 핵연료가 소진될 뿐만 아니라 계속운전과 관련된 기술적인 문제 해결 및 법적 승인 취득이 어려울 것이라고 전망함.
 - 한편, 기업 친화적인 자유민주당 소속인 Lindner 장관은 러시아의 우크라이나 침공 여파에 따라 집권 연정(녹색당 · 사회민주당 · 자유민주당)이 비상 발전원으로서 원자력 활용을 고려해야 한다고 제안함.
 - 또한 독일 원자력산업협회인 KernD는 법적 · 안전성 측면에서 원자력 발전을 중단할 이유가 없다고 밝히며, 남아있는 원전 3기의 직원, 기술 노하우, 공급망을 활용하면 2022/2023년 동절기에 추가 전력 생산이 가능하다고 주장함.
- 독일, 2021년 12월 말 Brokdorf, Grohnde, Gundremmingen C 원전 영구 정지
 - 2021년 12월 31일 독일 정부는 단계적 원전 폐쇄 정책의 일환으로 총 3기의 원전(총용량 4GW)인 북부 Brokdorf 원전(1,410MW, PWR) · 중남부 Grohnde 원전(1,360MW, PWR) · 남부 Gundremmingen 원전(1,288MW, BWR)을 영구 정지함.
 - Brokdorf · Grohnde 원전은 각각 1986년과 1984년에 전력망에 연결된 이후, 총 380Thw와 총 410TWh의 전력을 발전함. 또한, Gundremmingen 원전은 1985년에 가동을 시작해 총 362Thw의 전력을 생산함.

217) BNEF, Scholz Shoots Down Appeal to Reverse Germany's Nuclear Exit 2022.4.7.
<https://www.bnef.com/news/1030787>

218) Financial Times, Eon rules out German nuclear power plant extension 2022.4.11.
<https://www.ft.com/content/9a3228bd-6927-4d46-aa20-4c693811e720>

- Gundremmingen 원전운영사인 RWE는 440명의 직원을 활용해 2030년대까지 해체 작업을 진행할 예정이다.

5. 결론 및 시사점

■ 최근 러시아의 우크라이나 침공으로 인한 국제사회의 제재의 영향이 원전시장에도 러시아산 연료집합체 구매중단 등으로 나타나고 있음. 향후 대 러시아 제재가 지속될 경우 현재와 같은 러시아산 연료 대체가 계속될 수 있을 것으로 전망됨. 그러나, 현재 러시아가 해외에 건설 중인 원전의 경우 공기지연 외에 프로젝트 취소 혹은 타 사 노형으로의 대체 등의 결정은 매우 극단적인 경우라고 판단됨.

- EU 차원에서 대 러시아 제재의 일환으로 러시아산 핵연료를 대체할 것을 회원국에 주문했고, 이에 따라 많은 EU회원국들이 이에 동조하고 있음. 다만, Westinghouse외에 VVER 노형용 연료를 성공적으로 적용해 본 경험이 아직 없어 타 성형가공업체들의 역량개발이 향후 연료 대체 결정의 지속에 큰 영향을 끼칠 것으로 보임.
 - 기존에 러시아의 VVER 노형에 타 성형가공 업체에서 제조된 연료가 성공적으로 적용된 사례는 Westinghouse의 시범연료체가 체코 Temelin 원전에 적용된 사례가 거의 유일함. 따라서 러시아 TVEL이 공급하던 연료집합체의 안정적인 대체 공급은 TVEL 외의 성형가공업체들의 역량과 도입국의 러시아 제재 동참 지속 여부에 달려있다고 볼 수 있음.
 - 한편, 미국 의회와 관련 산업계에서도 기존에 러시아와 러시아산 우라늄 수입량 제한에 합의한 RSA(Russian Suspension Agreement) 이외에 추가적인 제한을 통해 러시아산 우라늄 수입을 최소화하고, 부족분은 자국산 우라늄 사용을 촉진해 연료분야에서의 경쟁력을 회복을 통한 세계시장에서의 주도권 회복을 꾀하고자 함.
- 신규 원전 건설필요한 장기간·대규모 자본투입, 수출국-도입국 간 기술이전에 따른 과학기술분야의 파급효과에 더해 도입국에 대한 차관제공 등을 통한 적극적인 재정부담 완화전략 등을 고려해 볼 때, 현재 해외에서 건설 중인 러시아 원전 프로젝트가 취소까지 다다른 상황까지 진행할 확률은 매우 낮을 것으로 보임. 다만, 지금과 같은 국제적인 제재가 지속될 경우 운송지연 등으로 인한 공기지연 및 이로 인한 비용증가 발생은 피할 수 없을 것으로 보임.
 - 실제로 러시아가 신규 원전을 건설 중인 터키와 건설을 추진 중인 헝가리와 이집트는 우크라이나 침공 이후에도 러시아와의 신규원전 협력에 문제가 없음을 확인하였음. 다만, 러시아와 차관제공 없이 추진되는 핀란드의 Hanhikivi 원전 프로젝트의 경우 핀란드 정부에서 이번 사태에 따른 공급망 리스크를 검토 중이라고 밝힘.

- 러시아로부터의 운송 및 경제제재가 장기화될 경우, 기자재 공급 지연 및 물류비용 증가, 또한 물류지연이 초래될 수 있는 공기지연과 루블화 가치 하락지속으로 인한 금융부담 증가 등이 발생할 가능성은 배제할 수 없을 것으로 보임.

■ 탄소중립 달성을 위해 각국에서는 자국의 여러 여건을 고려하여 다양한 수단을 활용중임. 이에 각국의 전력수급상황, 중장기 에너지 정책의 방향성, 수용성 등에 따라 원전이 활용되는 모습이 다양하게 나타나고 있다고 볼 수 있음.

- 오랜 논의 끝에 결정된 원전의 EU taxonomy 포함과 미국의 상업원전지원 프로그램 (Civil Nuclear Credit Program)은 탄소중립 달성과정에서 전력화로 인한 전력수요 증가와 석탄발전 감축으로 인한 전력공급 감소에 동시에 대응하기 위한 수단 중 하나로 원전 활용의 필요성을 인정한 결정으로 볼 수 있음.
 - 단, EU taxonomy의 부속서(Annex)에 제시된 원전 안전성 제고를 위한 사고저항성연료 적용, 신규원전 건설 허가 기한 설정, 방사성폐기물 관리정책 및 시설 마련, 전주기 kWh당 온실가스 배출량, 온배수 요건 등의 조건은 다른 자원들과 동일하게 특정 조건들을 만족해야 탄소중립 달성 수단으로 인정받을 수 있다는 점을 시사한다고 볼 수 있음.
- 상기와 같은 지원책은 시장에서 조달비용 상승을 억제하고 원전의 상대적 경제성을 제고해 탄소중립 달성에 원전을 활용도록 유도할 수 있으나, 경제성 외의 여러 요인이 복합적으로 작용해 기존 원전의 단계적 폐지 정책을 유지하는 모습도 나타날 수 있음.
 - 독일에서도 우크라이나 사태 이후 LNG 공급이 불안정해지자 올해 영구정지가 예정된 원전들의 일정기간 연장운동을 고려하라는 여론 및 정부 당국자의 의견이 있었으나, 기술적인 이유 등을 이유로 기존 원전 폐지 정책을 지속하기로 결정함. 그러나, 벨기에는 동일한 외부적 요인에 대해 기존의 설정한 원전 운영기한의 연기를 결정함.
 - 미국에서 4월 18일에 발표된 Civil Nuclear Credit Program에 따라 재정지원 신청 시 향후 5년간 지원을 받을 수 있는 Entergy 사의 Palisade 원전과 PG&E사의 Diablo Canyon는 재정지원을 신청하지 않고 계획된 영구정지일까지만 원전을 운영하겠다고 밝힘. Palisade 원전은 올해 5월 영구정지 후 Holtec에서 원전운영 허가 면허를 이전받아 해체를 시작할 계획이며, Diablo Canyon 원전은 1호기는 2024년, 2호기는 2025년에 각각 영구정지 후 즉시해체전략(DECON)을 우선 적용하도록 설정함.

■ NuScale을 선두로 한 SMR 개발 및 상업화는 Rolls Royce SMR이 올해 4월 인허가 심사에 착수하는 등 후발주자들의 가시적인 추적이 시작되고 있음. 이에 따라 SMR 개발사에 지분투자를 통해 향후 성공적인 시장진출 시 우선공급권을 확보하려는 기업들의 결정이 증가하고 있음, 동시에, 기존 대형 상업원전의 냉각재와 연료와는 다른 재료를 사용해 안정성과 효율성이 개선된 SMR을

개발하기 위한 프로젝트들 의 진척도 구체화되고 있음. 마지막으로 개발도상국의 잠재적인 SMR 수요에 선제적으로 대응하는 미국의 국제협력 또한 진행 중임.

- 실증에 가장 근접해 보이는 NuScale의 경우 VOYGR 원자로 제작 및 운영에 자국 기업 뿐만 아니라 한·일 기업들 또한 참여하고 있으며, 올해 4월 본격적인 GDA가 시작된 Rolls Royce SMR도 투자가 이루어지고 있음.
 - 기자재 제조업체들은 지분투자를 통해 해당 컨소시엄의 우선공급권을 확보하여 해당 SMR 시장진출 시 동반 진출 효과를 기대할 수 있음.
 - 최근 일본의 수출입금융을 담당하는 일본국제협력은행(JIBC)의 Flour소유의 NuScale 지분 일부 인수는 NuScale의 아시아 진출 시 일본기업들의 소재 우선공급에 영향을 줄 수 있을 것으로 보임.
- 또한 사용후핵연료를 연료로 활용하는 SMR을 개발하려는 TerraPower가 고속로 운영 경험이 있는 일본과의 협력을 추진하고, 냉각재로 경수 대신 불화염(molten fluoride salt)을 사용하려는 Kairos Power는 컨소시엄을 구성함,
- 상용화를 목표로 한 기술개발 뿐만 아니라, 체코와 폴란드 등 SMR 잠재적 수요국에 대한 SMR 도입 타당성 조사 지원이 이루어지고 있으며, 미 국무부는 FIRST(Foundational Infrastructure for Responsible Use of Small Modular Reactor Technology) 프로그램을 통해 수혜국에 원전 인력·기술·규제 등의 기반 조성을 위해 협력하고, 이를 통해 수혜국이 원자력시설의 평화적이고 안전하며 책임있는 활용을 유도하고자 함.
 - 이는 목표는 원전 수출을 추진 중인 우리나라의 국제협력 방안에 시사점을 제시하고 있다고 판단됨.

주요단신

북미

North America



◎ 미국, 상업원전지원 기준 공개...일부 영구정지 계획 원전 일정 고수

POWER Magazine 2022.04.14., DOE Guidance for the Civil Nuclear Credit Program 2022.04.19.,
The Holland Sentinel, Utility Dive 2022.04.21.

■ 19일, 미국 DOE는 60억 달러(약 7조 5천억 원²¹⁹⁾)규모의 '상업원전지원책(Civil Nuclear Credit Program, CNC Program)'에 대한 신청 지침을 공개하고, 지원금 수혜원전 모집을 시작함.

- CNC Program은 2027년까지 경제성 등을 이유로 영구정지하는 원전을 지원하여, 2035년까지 전력 분야의 탄소 배출을 없애고, 2050년까지 미국 경제산업 전 분야의 탄소 중립을 달성하고자 고안된 정책임.
 - CNC Program은 미국 기간산업을 강화하기 위해 2021년 11월 Biden 대통령이 서명한 '초당적 인프라 투자 및 일자리 법안(Infrastructure Investment and Jobs Act, IIJA)'의 일환으로 추진되었으며, 해당 법안에 따라 DOE는 부처 예산 중 60억 달러를 CNC Program에 배정함.
- 이번 모집에서는 가까운 시일 내 영구정지가 공식화된 원전을 대상으로 2026년까지 지원하는 1차와 그 외 원전을 지원하는 2차로 나누어서 진행됨.
 - 1차에는 예산 총 60억 달러 중 12억 달러(약 1조 5천억 원²²⁰)가 배정되었으며, 2차 금액은 정해지지 않음.
- 이번 지침에서 DOE는 지원일정, 지원자격, 제출요건 등을 명시함.
 - 1차 지원의 경우, 지침이 고지된 19일부터 30일 후인 5월 19일까지이며, 2차 지원의 경우, 2023년 1분기에 시작될 예정임. DOE는 5월 19일까지 접수된 신청서에서 조건부로 대상을 선별하여 6월 중순 발표하고, 10월 1일 최종 선정 대상을 발표함.

219) 2022년 4월 27일 환율 기준

220) 2022년 4월 28일 환율 기준

- 1차 지원자격의 경우, 경제성을 이유로 원전을 2026년 9월 30일 내로 영구정지한다는 사실을 IIJA가 발효된 2021년 11월 15일 이전 공식적으로 발표한 발전사들을 대상으로 하며, 해당 발전사들은 CNC Program 1차 기간 동안 전력 시장에서 에너지 · 용량 · 보조 서비스 등을 제공 혹은 판매한 매출이 총 매출의 50%를 초과해야 함.
- CNC Program 신청시 1) 해당 원전의 영구정지가 경제성이 주 원인인지에 대한 증명, 2) 해당 원전의 타 설비 대체시 발생하는 오염물질 중 미 환경청(EPA)이 규정한 ‘대기오염 물질(Air Pollutants)’ 증가 증명, 3) 해당 원전이 인허가에 명시된 기간까지 정상적으로 가동가능하다는 NRC의 확인, 4) 해당 원전의 가동이 안전성에 위협을 가하지 않는다는 NRC의 보장, 5) 지원기간 동안 해당 원전의 운전 상세계획과 사용될 우라늄의 원산지 및 채광 · 변환 · 농축 · 성형가공시설 등에 대한 정보, 미국산 우라늄 조달 및 활용 계획을 포함해야 함.

■ 미국 원자력협회(Nuclear Energy Institute, NEI)는 회원사들이 CNC Program에 참여하고자 할 경우 적극지원할 것이라 밝힘.

- Matt Crozat NEI 정책개발처장은 회원사가 지원시, CNC Program을 통해 세제 혜택 등의 조치를 효과적으로 활용하고 이를 바탕으로 원전을 장기적으로 운영하고 탄소 중립 달성에 기여할 수 있도록 협력하겠다고 밝힘.

■ 한편, 운영허가 만료에 따라 영구정지 예정인 Palisades 원전(805MW, PWR)과 Diablo Canyon 원전(총 2,256MW, PWR)의 운영사들은 기존 계획대로 영구정지 후 해체할 예정이라고 밝힘.

- 올해 5월 31일 영구정지 예정인 Palisades 원전의 운영사인 Entergy는 계획대로 영구정지 후 해체를 진행할 것이라고 밝혔으나, Palisades 원전이 위치한 Michigan 주의 Gretchen Whitmer 주지사는 Palisades 원전이 1차 CNC Program 지원 대상으로 적합하다고 주장하며 신청을 독려함.
 - 4월 20일, Gretchen Whitmer 주지사는 Palisades 원전의 영구정지 방지는 발전량, 청정 에너지 기여도, 지역 고용 측면에서 Michigan 주가 가장 우선적으로 고려해야 할 사안이라고 덧붙임.
 - Entergy는 Palisades 원전 해체를 위해 해체기업 Holtec에 Michigan 주의 Big Rock Point 원전 인허가를 비롯해 Palisades 원전 사용후핵연료 저장시설이 포함된 운영허가를 이전했으며, NRC는 2021년 12월 13일 양사 간 운영허가 이전을 승인함.

- 또한, 2024년 11월과 2025년 8월 각각 1호기와 2호기의 영구정지가 예정된 Diablo Canyon 원전운영사인 PG&E는 해당 원전의 영구정지 사안은 2016년 논의되어 2018년 California 주 공공위원회(California Public Utilities Commission)의 승인을 이미 받은 문제라며, 각 호기의 인허가가 만료되는 2024년 11월과 2025년 8월에 예정대로 원전 가동을 정지할 것이라 발표함.

● 미국 NuScale, 국내 3사 및 자국 단조기업들과 SMR 개발 협력

NuScale Power 2022.04.22., 2022.04.25., POWER Magazine 2022.04.26., Business Wire 2022.04.27.

■ 25일, NuScale은 두산에너지빌리티(구 두산중공업), 삼성물산, GS에너지와 자사 SMR VOYGR 발전소 건설 및 운영을 위한 양해각서를 체결했다고 발표함.

- 이번 양해각서는 2019년과 2021년 6월, 7월 국내 3사의 NuScale에 대한 투자의 연장선상으로, 3사는 NuScale의 자금을 바탕으로 부품 제조, 원전 건설 경험, 발전소 운영 등의 전문성을 제공하여, 상호합의한 특정 장소에서 VOYGR 발전소의 배치를 공동으로 연구하고 개발할 예정임.
- 이번 협력으로 두산에너지빌리티는 부품 제조, 삼성물산은 발전소 건설, GS에너지는 발전소 운영 경험을 제공할 예정임.

■ 한편, NuScale은 제조 과정 검토를 통한 설계 개선을 위해 미국 원자로단조컨소시움(U.S. Reactor Forging Consortium, RFC)과 협력 계약을 체결함.

- RFC는 대형합금 · 개방형 스테인리스 철강 등을 제조하는 북미 단조 협회(North American Forgemasters, NAF), Scot Forge, ATI Forged Products로 구성됨.
- NuScale은 이번 계약이 DOE가 미국 산업 강화를 통한 고용창출을 위해 올해 발표한 ‘청정 에너지로의 견고한 전환을 위한 공급망 확보 전략(America’s Strategy to Secure the Supply Chain for a Robust Clean Energy Transition)’에 따라 체결되었다고 밝힘.

● 미국 고온원자로 개발업체 Kairos, 관계사들과 협력하여 컨소시엄 설립

POWER Magazine 2021.12.02., Nuclear Newswire 2022.02.24.,
Kairos Power, World Nuclear News 2022.04.20.

■ 20일, 미국 Kairos Power는 불화염 냉각 고온원자로 기술 개발 등을 위해 캐나다 발전사 Bruce Power와 미국 발전사 Constellation, Southern Company, 테네시강 유역 개발 공사 (Tennessee Valley Authority, TVA)와 함께 컨소시엄 Kairos Power Operations, Manufacturing and Development Alliance(Kairos Power-OMADA)을 구성함.

- Kairos Power-OMADA는 ‘불화염 냉각 고온원자로(Fluoride salt-cooled high-temperature reactor, KP-FHR)’의 개발, 인허가, 건설, 상업화 등과 실증로 개발 시설(Kairos User Facility) 논의, Kairos가 개발한 상업용 원자로 KP-X(140MWe) 부지 선정과 개발 방안을 모색하고자 설립됨.
- M. Laufer Kairos CEO는 기후변화 대응에서 차세대 원자로의 역할은 중요하며, 이번 컨소시엄을 통해 차후 소비자들의 요구를 충족시키는 안전하고 적절한 가격의 기술을 제공할 것이라고 밝힘.

■ 한편, Kairos는 자사 실증로 Hermes에 대한 인허가를 신청하여 NRC가 해당 인허가를 검토중임.

- 2021년 10월, Kairos는 Tennessee 주의 Oak Ridge에 Hermes를 건설하기 위해 건설 인허가(Construction Permit Application, CPA)를 신청하고 예비안전성분석(Preliminary Safety Analysis Report, PSAR)을 제출함.
 - Hermes는 저압 불화염 냉각재를 사용하는 삼중구조 균등성 연료(TRISO) 기반의 KP-FHR 실증로(140MWe)를 말하며, 2026년 상업운전을 목표로 하고 있음.
- 2월, NRC는 Hermes 인허가 검토의 일환으로 Kairos의 환경영향평가 대비를 위해 관련 의견이나 정보를 4월 19일까지 모집한다고 밝힘.

기타단신

◎ 미국 상원, 중국·러시아 영향력 약화 및 원전국제협력 고도화를 위한 법안 발의

JDSupra 2022.04.13., Govinfo 최종검색일 2022.04.26.,
S.4064-International Nuclear Energy Act of 2022, 117th Congress

■ 4월 7일, Jim Risch 상원 외교위원회 의원과 Joe Manchin 상원 에너지환경위원회 의장은 원자력 분야의 협력과 수출을 위해 연방정부 차원의 전략을 모색하고 추진하기 위해 ‘국제원자력 에너지법안(International Nuclear Energy Act of 2022)’을 발의함.

- 해당 법안은 최근 러시아의 우크라이나 공격으로 인한 에너지 수급 위기에 대처하고, 원자력 분야의 미국의 리더십과 에너지 안보 및 에너지 공급망을 강화하며, 원전도입을 고려하고 있는 국가들과 중국 및 러시아 간 관계를 분석하여 이를 바탕으로 해당 국가들의 원전 건설을 미국이 재정적으로 지원하는 등 협력을 강화하여 궁극적으로 중국과 러시아의 원자력 에너지 영향력을 약화시키고자 발의됨.
- 법안은 미 동맹국 및 협력국을 대상으로 원전 수출 전략을 총괄하도록 하기 위해 대통령 비서실에 원자력 정책 담당관을 신설하는 안과 원자력 에너지 촉진 정책 수립, 정례회의 추진, 기금 협의체 설립, 수출 관련 패스트트랙 절차 마련, 중국산 및 러시아산 핵연료 의존도를 낮추는 등의 내용을 포함하고 있음.

주요단신

유럽 Europe



● 체코 ČEZ, 2024년부터 Telemin 원전용 러시아산 핵연료 대체

CEZ, World Nuclear News 2022.04.12., Nucnet 2022.04.13., Nuclear Engineering International 2022.04.14

■ 4월 12일 체코 국영기업 ČEZ는 러시아의 VVER 노형이 적용된 Temelín 원전(1,027MW 및 1,029MW, PWR 2기)의 장기 연료공급을 위해 Framatome과 Westinghouse과 계약을 체결함.

- 본 계약은 2024년부터 약 15년간 Temelín 원전에 핵연료공급을 위한 것으로, TVEL, Westinghouse, Framatome이 계약을 위한 입찰에 참가함.
- TVEL로부터 12년간 핵연료를 공급받아온 ČEZ는 핵연료의 안정적 공급을 위해 2개의 공급업체를 선정했다고 밝힘.
- 스웨덴에 제조시설을 갖춘 Westinghouse는 Temelin 원전의 시운전 후 10년간 핵연료를 공급한 이력이 있음. 한편, Framatome은 VVER노형용 연료를 공급한 이력이 전무함.
 - Temelin 원전은 2002년부터 2009년까지 Westinghouse의 핵연료를 사용했으나, 핵연료 변형, 제어봉 삽입 불량 등 기술적인 문제가 발생해 TVEL로 핵연료공급업체를 변경함. Westinghouse는 우크라이나에서 유사한 문제가 발생한 후 VVER용 핵연료를 재설계함.

■ EU는 러시아의 VVER 노형을 보유한 동유럽 국가들에게 러시아산 핵연료 의존도를 줄이기 위해 공급처 다양화를 요청해왔음.

- 2019년 4월 ČEZ는 Temelin 1호기에 Westinghouse의 핵연료 시험 장전을 실시한 바 있음.
- 불가리아의 Kozloduy 원전도 EU의 요건을 충족하기 위해 5·6호기에 Westinghouse의 핵연료 시험 장전을 준비하고 있으며, Westinghouse에 타당성 조사를 의뢰함.

● 한수원, 폴란드에 원전 6기 건설 제안

UxWeekly, World Nuclear News 2022.04.25.

■ 4월 20일 한국수력원자력(한수원)은 폴란드에 차세대 노형인 총 8.4 GW 규모의 APR-1400 6기(각1,400MW, PWR) 건설 계획을 담은 사업제안서를 제출함.

- 한수원은 해당 제안서를 통해 한국 정부 지원을 토대로 한 자금조달 방안과 폴란드 원전 건설 일정에 맞춘 2033년에 최초 호기 가동을 제시함.
 - 폴란드 정부는 3세대 또는 3세대+ PWR 기반의 6~9GW 규모의 신규 원전을 계획 중으로, 1호기(1~1.5GW)의 일반 계약자 선정은 2022년, 건설승인은 2025년, 착공은 2026년, 상업운전은 2033년으로 예정됨.
- 현재 미국 Westinghouse, 프랑스 EDF, 한수원이 폴란드 최초 원전 건설 프로젝트에 참여를 표명한 상태임.
 - 2021년 10월 EDF는 폴란드 정부에 4~6기(총 규모 6.6~9.9GW)의 EPR 건설을 위한 사업 제안서를 제출함. 해당 제안서는 비용 추산, 일정 개발, 발전소 설계, 지역 공급망 계획 등을 포함하는 엔지니어링·조달·시공(EPC) 사업 시행을 통해 2~3개 부지에 4~6기의 EPR을 건설한다는 내용이 포함됨.
 - Westinghouse의 경우 2021년 7월부터 미국무역개발처(U.S. Trade and Development Agency, USTDA)로 부터 보조금을 지원받아 AP1000 기반 선행주기 엔지니어링·설계(Front-End Engineering and Design, FEED) 프로젝트를 미국 엔지니어링·건설 기업인 Bechtel과 공동으로 진행하고 있으며, 오는 9월까지 AP1000 노형 건설을 위한 사업 제안서를 제출할 것으로 전망됨.
 - 한편, Betchel은 지난 4월 25일 폴란드 원전 건설 추진을 위해 폴란드 12개 회사와 양해각서를 체결함. Betchel은 EPC(설계·조달·시공) 계약자로, 폴란드 파트너 회사들은 토목·인프라 건설·엔지니어링·터널링·전기 설비·대형 크레인 부문의 하청업체로서 상호 협력할 예정임.

■ 한편, 폴란드는 현재 운영중인 원전은 없으며 2023년 신규원전 공급업체와 계약을 맺을 예정임.

- 폴란드는 원전 도입을 통해 현재 90% 이상인 석탄화력발전 의존도를 낮추고, 러시아에 대한 석유, 가스 의존도를 줄이고자 함.
- 2020년 폴란드의 총 발전량은 157.6TWh이며, 발전원별 비중은 석탄 72%, 가스 10%, 재생에너지(풍력, 태양광, 지열) 11%, 바이오매스 4%, 수력 2%, 석유 1%임.²²¹⁾

〈폴란드 최초 원전 프로젝트 추진 현황〉

구분	내용
2018	폴란드 정부, 에너지 정책 전략 초안(PEP2040)에 2043년까지 6~9GW급 원전 6기 건설 명시
2022	일반 계약자 선정
2022/2023	원전 부지 및 환경 허가 승인 취득 및 원전 공급업체 · EPC 계약자와 계약 체결
2026	건설허가 승인 및 최초 호기 착공 예정
2033	최초 호기 상업운전 개시 예정

자료 : Ministry of Climate and Environment in Poland

● 리투아니아, Ignalina 원전 사용후핵연료 인출 작업 완료

Nucnet 2022.04.21., World Nuclear News 2022.04.22.

■ 4월 21일 리투아니아 Ignalina 원전에서 마지막 190번째 사용후핵연료 저장용기(CONSTOR® BMK 1500/M2 cask)가 사용후핵연료 건식 중간저장시설(Interim Spent Fuel Storage Facility, ISFSF)로 이송되어 사용후핵연료 인출 작업이 완료됨.

- CONSTOR® RBMK 1500/M2 저장용기의 설계 및 시공은 독일 Nukem-GNS 컨소시엄이 담당함.
 - Nukem은 방사성폐기물 · 사용후핵연료 관리, 원자력시설 해체, 엔지니어링, 컨설팅을 담당하고, GNS은 방사성폐기물 처리와 CASTOR® · CONSTOR® 저장용기제조를 담당함.
- 사용후핵연료 인출 완료로 사용후핵연료 건식 중간저장시설은 Ignalina 1·2호기(각 1,185MW, LWGR)로부터 발생한 사용후핵연료 15,555다발을 적재한 190개의 저장용기를 최대 50년간 보관할 예정으로, 모든 사용후핵연료는 추후 심지층처분시설에서 처분될 예정이다.
 - 2016년에 가동을 시작한 ISFSF는 유럽부흥개발은행(European Bank for Reconstruction and Development)이 관리하는 Ignalina 국제 원전 해체 지원 기금(IIDSF)의 지원을 받고 있음.
 - Ignalina 원전은 구소련의 RBMK 원자로를 모델로 하였으며, 리투아니아 정부는 EU 가입 조건으로 Ignalina 1, 2호기를 각각 2004년 12월과 2009년 12월에 폐쇄함.
- Ignalina 원전측은 원자력발전안전검사국(Vatesi)으로부터 해체 승인을 취득한 후 원자로 계통과 관련된 해체 작업을 본격적으로 수행할 계획임.

● 프랑스, 마크롱 대통령 연임 성공...원자력 부문 지원 전망

UxWeekly, Montel 2022.04.25

■ 4월 24일 프랑스 대선 결선투표에서 Emmanuel Macron 대통령은 58.55%를 득표해 41.45%를 득표한 Marine Le Pen 국민연합(RN) 후보를 꺾고 연임에 성공함에 따라 대선 공약의 일환으로 내세운 원자력 산업의 르네상스 도래를 위한 원자력 지원이 예상됨.

- Macron 대통령은 대선 공약으로 신규 원전인 EPR2 6기 건설 및 추가 8기 증설 검토 · 계속운전을 통한 기존 원전 50년 이상 가동 · EDF 국유화를 제시함.
 - Macron 대통령에 따르면 2050년까지 25GW 규모의 EPR2 6기 건설, 2028년 첫 호기 착공, 2035년 첫 호기 가동, 2040년대 말까지 8기의 EPR2 증설 가능성 검토가 시행될 예정임.
 - Macron 대통령은 2035년까지 12기 원전을 영구 정지하는 계획을 철회하고, EDF와 프랑스 원자력규제청(ASN)에 원전의 계속운전 시행 조건 검토를 요청함.
 - EDF 지분 84%를 보유한 프랑스 정부는 Macron 대통령이 재집권한다는 가정 하에 EDF를 국유화하고 자산 일부를 매각해 원자력 사업에 자금을 조달하는 방안을 고려 중인 것으로 알려짐.
- 이에 앞서 2021년 10월 Macron 대통령은 향후 5년간에 걸쳐 300억 유로(약40조 원)²²²⁾를 투입하는 ‘프랑스 2030’ 투자 계획을 통해 2030년까지 Nuward SMR 프로젝트 (170MW 2기, PWR) SMR 개발에 10억 유로(약1.3조원²²³⁾)를 지원을 발표한 바 있음.

● IAEA, 우크라이나 Zaporizhzhia 원전 안전성에 우려 표명

Aljazeera 2022.04.27

■ Rafael Grossi IAEA 사무총장은 러시아가 점령 중인 우크라이나 남부에 소재한 Zaporizhzhia 원전(각 905MW, PWR, 총 6기)의 안전성 문제를 제기하며 보수를 위해 러시아 및 우크라이나의 협조가 필요하다고 밝힘.

- Grossi 사무총장은 Zaporizhzhia 원전의 두 호기는 가동 중이나, 나머지 4기 원자로는 수리 작업 또는 냉각 상태에 있다고 밝히며, 이에 대한 검사가 필요하다고 진단함.

222) 2022년 4월 28일 환율 기준

223) 2022년 4월 28일 환율 기준

- 지난 3월 4일, 러시아군의 공격으로 Zaporizhzhia 원전에서 화재가 발생하였으나, 원전 안전에는 큰 문제가 없는 것으로 나타남.
- Grossi 사무총장에 따르면 우크라이나측은 IAEA 조사관들이 Zaporizhzhia 원전에 접근을 허용하지 않고 있으며, 러시아측도 IAEA의 접근 승인 요청에 반응이 없는 상태임.
- 최근 러시아 미사일이 Chernobyl 원전 및 Khmelnytsky 원전 위로 발사된 것에 대해, Grossi 사무총장은 원전 내부 및 주변에서의 군사적 행동을 자제해줄 것을 요청함.

기타단신

● 룩셈부르크, 국경 인근 프랑스 Cattenom 3호기에 대한 안전성 우려 표명

Luxembourg times 2022.04.19., Reuters 2022.04.22

■ 룩셈부르크 정부가 프랑스-룩셈부르크 국경 인근에 위치한 Cattenom 3호기(1,300MW, PWR)의 부식 문제에 대해 우려를 표명하자, 프랑스 원자력 규제 기관인 ASN은 오는 6월 13일에 열릴 양국의 원자력 안전 위원회에서 해당 사안을 논의할 것을 제안함.

- 룩셈부르크 정부는 지난 1월과 4월 두 차례 ASN에 서한을 보내 Cattenom 3호기의 결함 발생에 대한 조사, 수리 작업 계획, 진행 기간, 자국에 미칠 영향 등 상세한 내용을 요청함.
 - EDF는 4월 14일 Cattenom 3호기를 포함해 Chinon 3호기(905MW, PWR), Flamanville 2호기(1,330MW, PWR), Golfech 1호기(1,310MW, PWR)에서 공통적으로 보조계통에서 응력 부식(stress corrosion) 징후가 감지되어 가동을 정지했다고 발표함.
- EDF는 ASN과 부식 문제 해결 방안을 논의하면서, 2024년까지 계획된 계획예방정비 및 핵연료 재장전 기간에 남은 원전에 대한 추가 점검을 시행할 예정임.

주요단신

아시아 Asia



◎ 일본 경제산업성, 전문가워킹그룹 설치해 차세대 원전 관련 논의 시작

資源エネルギー庁 2022.03.28., 日本経済新聞 2022.04.20., 原子力産業新聞 2022.04.20.,
第1回 総合資源エネルギー調査会 電力・ガス事業分科会 原子力小委員会 革新炉ワーキンググループ 2022.04.20.,
経済産業省 웹사이트 최종검색 2022.04.25.

■ 일본 경제산업성은 원자력발전의 새로운 사회적 가치를 재정의하고 일본의 노형 개발과 관련된 방향을 제시하기 위해 전문가 회의인 혁신로 워킹그룹을 구성하여 첫 회의를 4월 20일 개최함. 워킹그룹은 올여름 논의에 대한 중간보고서 작성을 목표로 함.

- 논의 시작에 앞서 회의 주관 기관인 자원에너지청은 혁신로가 안전성, 폐기물, 에너지 효율 면에서 우수 기술을 적용한 선진 원자로를 의미한다고 정의하고 혁신로 개발에 필요한 가치를 평가하는 기준으로 ① 기술 성숙도와 필요한 연구 개발, ② 실용화 시의 시장성, ③ 구체적인 개발 체제 구축과 국제적인 연계 체제, ④ 실용화 시의 규제 대응을 제시하며 평가 방법 등 각종 의제를 제시함.
- 또한, 자원에너지청은 2050년 탈탄소 사회 실현을 위해 원자력의 열을 활용한 수소 생산 기술을 중시하겠다는 입장도 내비침. 첫 회의에는 국립연구개발법인 JAEA(Japan Atomic Energy Agency), Mitsubishi 중공업, Hitachi, Toshiba Energy Systems & Solutions Corporation도 참석해 혁신로 개발 관련 대응 상황을 설명함.

■ 한편, 일본에서는 원자력 기술 혁신 추진을 위해 경제산업성, 문부과학성, JAEA 3곳이 연계하여 원전 혁신을 추진하는 NEXIP (Nuclear Energy Innovation Promotion) 사업을 2019년 4월부터 시작해 민간 기업의 혁신적인 원자력 기술 개발을 지원 중임.

- 2022년도(2022.4~2023.3) NEXIP 예산액은 고속로 개발 예산에 43.5억 엔(약 432억 원)²²⁴⁾, 원전 안전성 향상 기술 개발에 23.3억 엔(약 231억 원), 다양한 혁신적 기술에 대한 타당성 조사 시행 등 혁신 기술 개발 예산에 12억 엔(약 119억 원), 원자력의 초고온을 활용한 수소생산 핵심 기술 개발과 관련한 수소 생산 기술 실증에 7억 엔(약 69억 원), 경수로의 안전 기술 개발과 혁신로의 기술 개발에 대한 혁신 지원에 20억 엔(약 198억 원), 원자력 공급망 강화 등 인재 육성·산업 기반 사업에 12.4억 엔(약 123억 원)이 배분되었음.

◎ 일본 Mitsubishi 중공업, 2030년대 상용화 목표로 초소형 원자로 개발 착수

日本経済新聞 2022.04.18./04.22., 三菱重工業 2022.04.20./04.22., 第1回 総合資源エネルギー調査会 電力・ガス事業分科会 原子力小委員会 革新炉ワーキンググループ 2022.04.20., 電気新聞 2022.04.25.

- 일본경제신문의 4월 18일 보도에 따르면 Mitsubishi 중공업이 출력 0.5MWe, 높이 3m, 폭 4m, 중량 40t 미만의 초소형 원자로를 개발 중이며 국내외 인허가를 거쳐 이르면 2030년대 상용화를 목표로 함.

- 캡슐형 용기에 노심과 냉각재 등 모든 기기를 탑재하여 밀폐성을 강화하고, 고농축 우라늄을 사용해 연료 교환 없이 약 25년 가동할 수 있으며 연료 소진 시 원자로 자체를 회수하는 구조로 유지 보수 필요성이 없음.
- 기존처럼 액체가 아닌 고체인 흑연계열 고열 전도체를 채택하여 원전 사고 위험이 높은 냉각재 상실로 인한 위험도를 낮추도록 설계할 계획임.
- 건설비도 기존 원전(1,200MW에서 6,000억 엔 규모)보다 낮은 수십억 엔 정도를 목표로 1kWh당 발전 비용은 기존 원전의 10엔(약 99원) 이상보다는 비싸지만, 낙도의 전력 비용인 20~30엔(약 198~297원)급으로 발전 비용을 낮출 계획임.
- Mitsubishi 중공업은 초소형 원자로를 낙도, 벽지, 극지 등에서 경제성 있는 탈탄소 전원으로 활용하고 우주에도 운반해 전원으로 활용하는 것을 고려 중임.

- 한편, Mitsubishi 중공업은 4월 22일부터 JAEA와 공동으로 JAEA가 보유한 고온가스시험로(High Temperature engineering Test Reactor, 이하 'HTTR')에서 발생한 고온의 증기를 활용해 수소를 생산하기 위한 수소 생산 실증 사업도 시작함.

224) 2022년 4월 27일 환율 기준

- HTTR에 수소 생산 설비를 헬륨 배관으로 연결하여 HTTR의 열을 이용해 수소를 생산하는 기술을 검증할 예정임. 해당 사업은 2022년 2월 8일 경제산업성 자원에너지청이 ‘초고온을 이용한 수소 대량 생산 기술 실증 사업’을 공모했고 Mitsubishi 중공업이 수탁자로 선정됨.
 - 해당 사업은 시설 개조 구체화와 원자력규제위원회의 인허가 절차, 설비 개조, 수소 생산 실험 등을 추진해 무탄소 수소 생산 실현을 목표로 함. 사업 기간은 2030년도까지 9년간으로 예정되어 있음.
 - 2024년 3월까지 HTTR과 수소 생산 발전소를 연결한 HTTR - 수소 생산 시험 시설의 설계, 실증로를 고려한 고온 격리 밸브 등의 기기 개발 계획 검토, 고온 가스로의 고온열을 이용할 수 있는 무탄소 수소 생산 기술 조사를 수행할 예정임, 이후 기술 간 비교를 통해 수소생산 효율성을 향상할 수 있는 생산 방법을 검토할 예정임. 2024년 3월 이후에는 수소 생산 설비를 본격적으로 건설하여 HTTR과 접속시킬 계획임.
 - 해당 사업에서는 2050년까지 수소 대량 생산을 통해 생산 단가를 약 12엔(약 119원)Nm³까지 낮추며, 제철·화학 등 산업 분야에서의 수소 활용 또한 목표로 제시함.

〈Mitsubishi 중공업이 개발 중인 초소형 원자로 개요〉



자료 : 三菱重工業, 三菱革新内開発の取り組み(2022.04.20.)을 토대로 편집·작성

◎ 일본 규제위, 후쿠시마 오염수 방류 심사 실질적 종료

日本経済新聞 2022.04.15., NHK 2022.04.22./04.25.

- 일본경제신문의 4월 15일 보도에 따르면 일본 원자력규제위원회(이하 규제위)의 도쿄전력 후쿠시마 제1 원전 오염수 방류 설비 관련 심사가 대부분 종료되었으며 향후 도쿄전력의 실시계획 수정 후 이르면 5월 규제위가 사실상 심사 합격증에 해당하는 심사서 최종안을 작성할 예정임.

- 규제위는 4월 15일 심사 회의를 개최해 해양 방류에 따른 환경 영향 평가에 대해 논의했으며, 한 위원이 도쿄전력에 방류가 시작되면 방사성물질 농도 측정 자료가 늘어날 것이므로 현시점의 평가 자료와 비교해 변화가 있는지 확인하도록 요청함.

■ 도쿄전력은 4월 25일부터 지역 동의가 필요 없는 범위 내에서 해양 방류를 위한 방류구 정비 작업을 시작함.

- 해상에서 공사 구역을 설정하는 표식 작업, 작업용 선박 계류를 위한 무게 추 설치, 방수구 해저 약 11m를 굴착하여 바닥 다지기 작업 등을 진행함.

■ 한편, 도쿄전력은 4월 12일 해양 방류 관련 공사와 환경 모니터링 등의 비용이 향후 3년간 400억 엔(약 3,964억 원) 정도 될 것이라고 발표함.

◎ 일본 올겨울 동절기 전력 수급 전망...도쿄 구역 예비율 마이너스 예측

日本經濟新聞 2022.04.13.

■ 일본 광역계통운영기관(Organization for Cross-Reginal Coordination of Transmission Operators, OCCTO)이 4월 12일 발표한 2023년 1~2월 전력 수급 전망에 따르면 한파 발생 시 도쿄, 주부, 호쿠리쿠, 간사이, 주고쿠, 시코쿠, 규슈 7개 구역에서 공급 예비율이 3%를 밑돌 것으로 예측되었음.

- 일본 광역계통운영기관은 과거 10년간 가장 추위가 심했던 기온을 가정해 최대 전력 수요 시 공급 예비율을 예측한 결과 2023년 1월 도쿄 구역에서는 -1.7%, 주부, 호쿠리쿠, 간사이, 주고쿠, 시코쿠, 규슈 구역의 경우 2.5%로 모두 3%를 밑도는 수준이었음.

■ 도쿄 구역의 최대 전력 수요에 대한 공급 예비율 3% 확보를 위해서는 약 2,500MW가 필요하며 해당 구역 내에서 휴지 중인 화력발전소 1기(약 600MW)를 재가동해도 공급력이 부족할 것으로 분석됨.

■ 경제산업성은 공급 부족 대응 방안이 마련되지 않을 경우에 대비하여 사전에 대상 기업과 전력 소비 억제량을 지정하는 ‘사용 제한령’ 발동 준비도 추진할 계획임.

- 사용 제한령이란 전기 공급 부족으로 국민 경제와 생활에 악영향이 발생할 것으로 예상될 때 일본 전기사업법에 따라 경제산업성 장관이 계약전력 0.5MW 이상의 대규모 수용가를 대상으로 전기 사용을 제한하는 제도임.

- 지난 3월 22일 도쿄 구역과 도호쿠 구역에서는 전력 예비율 3%를 밑돌아 절전이 필요하여 일본 정부는 최초로 전력 수급 비상경보를 발동한 바 있음.
- 당시 후쿠시마현 앞바다에서 발생한 강진으로 인한 일부 발전소 정지와, 예년보다 낮은 기온에 의해 공급 예비율이 기존 전망치인 7%를 하회함.

◎ 중국, 신규 원전 6기 건설 승인

Nuclear Engineering International 2018.08.15., World Nuclear News 2022.04.21., China Daily 2022.04.22.

■ 20일, 리커창 중국 총리가 주재한 국무회의에서 Sanmen, Haiyang, Lufeng 지역에 신규 원전을 각각 2기씩, 총 6기를 건설하는 안을 최종 확정됨.

- 신규로 지어질 원전은 저장성의 Sanmen 3·4호기, 산둥성의 Haiyang 3·4호기, 광둥성의 Lufeng 5·6호기이며, Sanmen 1·2호기와 Haiyang 1·2호기는 각각 2018년, 2019년 상업운전을 시작하였음.
- Lufeng 1~4호기는 상업운전을 위한 국무회의 최종 승인 결정을 앞두고 있음.
- Wei Hanyang BNEF 애널리스트와 World Nuclear News에 따르면, Sanmen 3·4호기, Haiyang 3·4호기는 CAP1000, Lufeng 5·6호기는 HPR1000으로 건설될 계획임.
- 현지 매체 Yicai.com에 따르면, 이번 신규 원전 1기에 소요되는 건설 비용은 약 200억 위안(약 3조 8천억 원)²²⁵⁾으로, 6기 총 건설비용은 약 1천 2백억 위안(약 23조 원)²²⁶⁾에 달할 것으로 보임.
- Luo Zuoxian SINOPEC 경제발전연구소장에 따르면, 지난해 전력난 이후 원전의 중요성이 더욱 커졌으며, 중국 정부가 풍력·태양광·수력 등에 투자하면서 동시에 원자력 발전을 에너지 공급과 에너지 정책의 중심으로 여길 것이라고 전망함.

■ 한편, 중국 국가발전개혁위원회(National Development and Reform Commission, NDRC)은 14번째 국가 에너지 계획을 발표하여 원전 설비용량 증강과 활용에 대한 청사진을 제시함.

- 고온가스냉각로, 고속로, SMR, 근해 부유식 원자로 등 노형의 신규 원전을 연안 지역에 추가로 건설하여, 2020년 기준 51GW 수준인 원전 설비량을 2025년 70GW까지 단계적으로 늘리고 난방과 담수화 분야에서 원전을 활용할 것이라고 덧붙임.

225) 2022년 4월 26일 환율 기준

226) 2022년 4월 26일 환율 기준

〈중국 원전 현황〉



자료: World Nuclear Association 재작성(최종 검색일: 2022년 4월 27일)

기타단신

◎ 일본 시마네현 의회, 시마네 2호기 재가동 사실상 동의

朝日新聞 2022.04.14., BBS 山陰放送 2022.04.13.

■ 4월 13일 시마네현 의회의 시마네원자력발전소대책 특별위원회에서 주고쿠전력의 시마네원전 2호기(820MW, BWR) 재가동 동의 여부가 논의된 결과 장을 제외한 33명의 의원 중 3분의 2가 넘는 의원이 재가동에 찬성함.

- 원전 재가동을 찬성한 의원들은 일본 에너지 자급률을 고려하면 원전에 의존할 수밖에 없고 안정적인 전력 공급과 지역 경제를 위해 원전이 필요하다고 주장함. 그러나 일부 의원들은 사용후핵연료 재처리 구조가 미확립된 점을 지적하고, 원전 중대사고 발생에 대비해 수립된 피난계획에 대해 주민들이 불안을 느끼고 있다며 재가동에 반대함.
- 향후 5월 개회 예정인 시마네현 의회 본회의에서 시마네원전 2호기 재가동 동의에 대한 의회 입장이 최종 결정될 예정이며, 이후 시마네현 지사의 입장이 표명되면 해당 원전의 재가동에 대한 지역 동의 절차는 마무리될 예정임.

◎ 인도 원자력에너지규제위, Kaiga 5·6호기 건설위한 지반굴착 승인

The Economic Times 2022.04.21.

■ 3월 31일, 인도 원자력에너지규제위원회(Atomic Energy Regulatory Board, AERB)는 신규 원전 Kaiga 5·6호기(각 700MW, PHWR)를 Kaiga 원전에 건설하기 위한 지반굴착 절차(site excavation)를 승인함.

- Kaiga 5·6호기 프로젝트는 2017년 인도 내각에서 승인한 신규 원전 10기 건설의 일환으로 진행되며, Kaiga 5·6호기는 인도에서 개발한 PHWR을 사용할 예정이며, 첫 착공 시기는 2023년으로 예상함.
 - 신규 원전 10기 건설 계획에 따르면, 10기 모두 700MW 규모의 PWR로 건설될 예정이며, Kaiga 5·6호기 이후 2024년 Gorakhpur Haryana Anu Vidyut Pariyojana 원전 3·4호기, Mahi Banswara 원전 1~4호기, 2025년 Chutka Madhya Pradesh 1~2호기를 순차적으로 진행될 예정임.

World Nuclear Power Market
INSIGHT



세계원전시장
인사이트