



Biweekly 격주간
2024 02.23

세계원전시장 인사이트

현안이슈

핵연료 공급부문 시장현황 분석

1. 들어가며
2. 채광 부문
3. 변환 부문
4. 농축 부문
5. 시사점

주요단신

북미 14

- 미 NRC, GNF에 상업시설 최초로 8%까지 핵연료 농축 허가
- 미국 TerraPower, Natrium 원자로 실증 프로젝트 지원 위한 공급업체 5곳 선정
- 미국 Oklo, Aurora 건설부지 협약 체결 및 연료제조시설 관련 승인 획득
- 미국 TVA, NRC에 Browns Ferry 원전 2차 계속운전 신청서 제출
- 미국 Constellation, Clinton 원전 계속운전 추진
- 캐나다 Ontario 주 금융청, 원전 자금조달 위한 녹색채권 신규 프레임워크 발표
- 캐나다 Ontario 주 정부, Pickering 원전 30년 계속운전 위한 설비개선 지원 계획 발표
- 기타단신

유럽 22

- EU 집행위, SMR 산업 연합(Industry Alliance) 공식 출범
- Westinghouse, 영국에서 AP300의 GDA 신청 및 현지 업체와 협약 체결
- Westinghouse, 네덜란드 정부와 Borssele 원전에 AP1000 2기 도입 타당성 조사 계약 체결
- 불가리아, 미국과 Kozloduy 7-8호기 프로젝트 포함한 민간 원자력 개발 협력 관련 정부 간 협정 체결
- 불가리아, Kozloduy 7-8호기 프로젝트 EPC 건설 최종 후보 업체로 현대건설 선정
- 핀란드 Fortum·TVO 컨소시엄, 폴란드 최초 원전 사업에 기술 지원 제공
- 폴란드 환경보호총국, BWRX-300 도입 관련 환경영향평가보고서 요건 결정
- 핀란드 STUK, 원전 비상계획구역 관련 규정 개정
- 루마니아, 이탈리아 수출보험공사 등과 Cernavoda 원전 설비개선 등 위한 양해각서 체결
- 우크라이나, Khmelnytsky 원전에 추가 4기 원자로 건설 계획 발표
- 슬로베니아·슬로바키아, 미국 피닉스 프로젝트를 통해 SMR 도입 타당성 검토 진행
- 기타단신

아시아 34

- 카자흐스탄 Kazatomprom, 2024년 우라늄 생산계획 업데이트 발표
- HD한국조선해양, TerraPower 및 Southern Company 등과 부유식 SMR 개발 협력 발표
- 한국, 월성 1호기 최종해체계획서 초안 주민공람 시작
- 일본 NUMO, 방폐물 최종 처분 후보지 1단계 조사 보고서 초안 발표
- 간사이전력, 원전 3곳에 건설저장시설 계획 발표
- 일본 센다이고법, 원전 사고 배상액 1심보다 44억 원 증액
- 일본 원전, 실제 운전 경험 전무한 운전원 증가
- 일본 기초지자체, 정부에 건설 중인 오마원전의 조기 공사 재개 요청
- 일본 각료회의에서 우라늄 핵심 광물 포함
- 기타단신



세계원전시장

인사이드

Biweekly 격주간

2024 02.23

발행인

김현제

편집인

조주현	joohyun@keei.re.kr	052-714-2035
김창훈	hesedian@keei.re.kr	052-714-2210
진태영	tyjin@keei.re.kr	052-714-2158
신재정	jjshin@keei.re.kr	052-714-2054
김선진	sunjin@keei.re.kr	052-714-2018
유석종	sjryu@keei.re.kr	052-714-2257
정진영	jy_jeong@keei.re.kr	052-714-2081
한지혜	jhhan@keei.re.kr	052-714-2089
김유정	yjkim@keei.re.kr	052-714-2294
이유경	rglee@keei.re.kr	052-714-2283

디자인·인쇄

효민디앤피

051-807-5100

※ 본 간행물은 한국수력원자력(주) 정책과제의 일환으로 발행되었습니다.

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

현안이슈

핵연료 공급부문 시장현황 분석

에너지경제연구원 원전정책연구실 김창훈 연구위원 (hesedian@keei.re.kr)
 에너지경제연구원 원전정책연구실 조주현 연구위원 (joohyun@keei.re.kr)



1 들어가며

- 2024년 1월 셋째 주에 우라늄 정광(uranium concentrates)의 주간 현물가격(weekly spot price)이 파운드(lb U3O8)당 106.00달러를 기록함.¹⁾
 - 2016년 12월 첫 주에는 주간 현물가격이 파운드당 18.00달러를 기록한 바도 있으나, 최근 들어 급격한 상승세를 보였음.
 - 이로 인해 상대적으로 연료비 비중이 낮은 원전과 관련하여 연료공급 및 에너지안보 문제가 일각에서 거론되기도 하였음.
 - 원전에 이용되는 핵연료(nuclear fuel) 공급부문은 채광(mining), 변환(conversion), 농축(enrichment), 성형가공(fuel fabrication) 등의 세부부문들로 이루어져 있으므로, 채광 단계의 우라늄 정광 가격만으로 현재 상황을 판단하기에는 한계가 있음.
 - 거래의 주를 이루는 원전 운영사는 장기계약을 선호하고 그 정보가 공개되는 경우가 희소해 정광 가격만으로 시장을 설명하기에는 제약이 큼.
- 이에 본고에서는 WNA(World Nuclear Association)가 2023년 9월에 발간한 “The Nuclear Fuel Report: Global Scenarios for Demand and Supply Availability 2023-2040”의 현황분석 내용과 UxC의 최근 가격정보를 바탕으로 핵연료 가격 결정에 큰 영향을 미치는 채광·변환·농축부문에 대해 시장현황을 분석하고자 함.

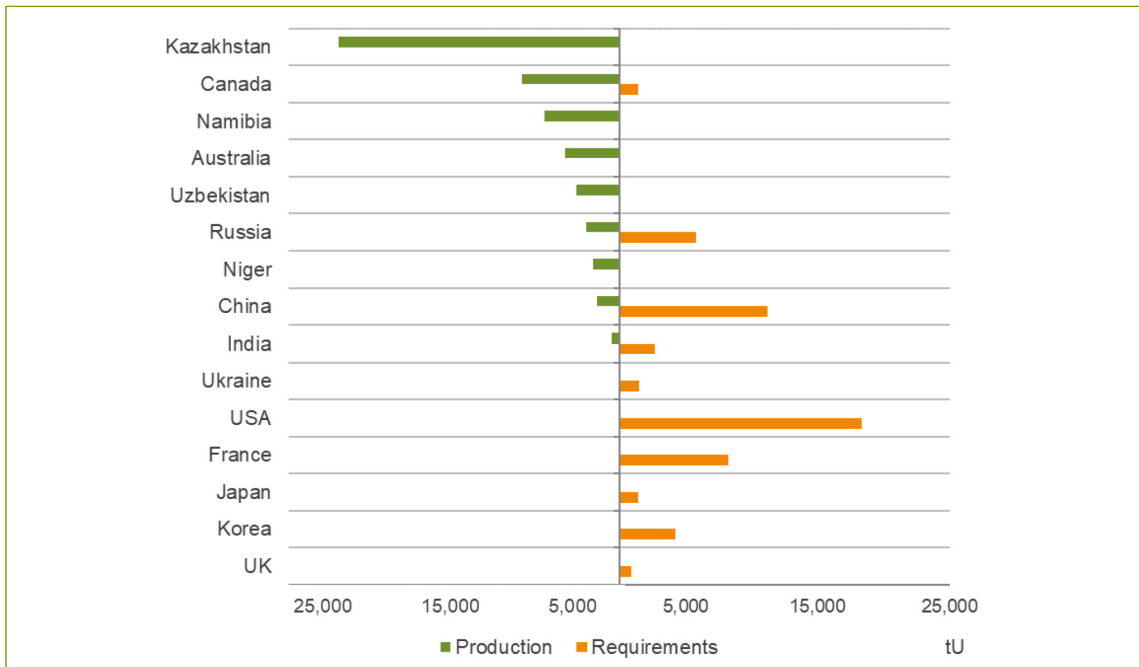
1) <https://www.uxc.com/c/prices/UxCPriceTableWk.aspx>

- 채광부문(2장), 변환부문(3장), 농축부문(4장) 각각에 대해 시장현황 및 이슈를 분석하고 최근의 가격동향을 살펴본 후, 시사점을 정리함(5장).

2 채광 부문

- 우라늄 시장은 핵연료주기(nuclear fuel cycle)의 변환(conversion) 단계에서의 소요량(feed requirements)이 채광에 의한 1차(primary) 공급과 재고나 감손(depleted) 우라늄 등에 의한 2차(secondary) 공급으로 밸런싱되는 구조임.
 - 오랜 기간 동안 우라늄 시장에서 상당히 컸던 2차 공급의 비중은 향후 점차 줄어들 것으로 전망되므로, 원전 운영사들은 장기(long-term) 계약 물량의 대량 확보를 위해 갈수록 1차 공급에 의존할 수밖에 없을 것으로 분석됨.
 - 우라늄 시장에서는 단기 현물(spot) 계약보다는 수년 후까지의 연료 공급 안정성을 확보할 수 있는 장기 계약이 일반적으로 더 선호되고 대다수를 차지하고 있음.
- 우라늄 생산량과 원자력발전 소요량 현황을 국가별로 나타내면 아래 그림과 같음.

그림 1 2022년 우라늄 주요 공급국 및 소비국의 정광 생산량(production)과 원자로 소요량(reactor requirement) 현황 (단위: tU)



출처: World Nuclear Association, The Nuclear Fuel Report: Global Scenarios for Demand and Supply Availability 2023–2040, 2023.9, p.123; 기업 보고서 · 발표 · 보도자료와 OECD-NEA, IAEA, WNA 자료를 바탕으로 함.

- 주요 공급국의 최근 생산량 추이와 현재의 생산 가능수준을 살펴보면 다음 표와 같음.
 - 1980년대에는 미국이 우라늄의 가장 큰 공급국이자 소비국이었으나 지금은 거의 모든 자국 소비량을 수입에 의존하고 있으며, 반면 카자흐스탄은 2000년대 초반까지만 해도 생산량이 아주 미미했으나 지금은 전 세계 1차 우라늄 공급의 43%를 차지함.

표 1 전 세계 우라늄 정광 생산량(2016~2022) 및 2022년 기준 최대생산용량(nameplate capacity)

(단위: tU)

국가	2016년	2017년	2018년	2019년	2020년	2021년	2022년	2022년 기준 최대생산용량
카자흐스탄	24,689	23,321	21,705	22,808	19,477	21,819	21,227	29,063
캐나다	14,039	13,116	7,001	6,938	3,885	4,693	7,351	16,540
나미비아	3,654	4,224	5,525	5,476	5,413	5,753	5,613	8,904
호주	6,315	5,882	6,517	6,613	6,203	4,192	4,553	6,807
우즈베키스탄 (추정치)	3,325	3,400	3,450	3,500	3,500	3,520	3,300	3,500
러시아	3,004	2,917	2,904	2,911	2,846	2,635	2,508	3,100
니제르	3,479	3,449	2,911	2,983	2,991	2,248	2,020	2,000
중국(추정치)	1,616	1,692	1,885	1,885	1,885	1,600	1,700	1,923
인도(추정치)	385	421	423	308	400	600	600	610
남아프리카공화국 (추정치)	490	308	346	346	250	192	200	769
우크라이나 (2022년 추정치)	808	707	790	800	744	455	100	1,650
미국	1,125	940	582	58	6	8	75	N/A
기타	277	116	116	116	131	95	108	336
합계	63,207	60,514	54,154	54,742	47,731	47,808	49,355	75,202

출처: World Nuclear Association, The Nuclear Fuel Report: Global Scenarios for Demand and Supply Availability 2023~2040, 2023.9, p.137; 기업 보고서·발표·보도자료와 OECD-NEA, IAEA, WNA 자료를 바탕으로 함.

- 전 세계 우라늄 생산기업들은 다음 예와 같이 소유형태가 다변화되어 있음.
 - 국영: 러시아 ARMZ, Uranium One, 중국 CGN, CNNC, 우즈베키스탄 Navoi Mining 등
 - 국가가 대주주인 혼합형태: 프랑스 Orano, 카자흐스탄 Kazatomprom 등
 - 상장회사: 캐나다 Cameco, 호주 BHP 등
 - 비상장회사: 미국 General Atomics가 소유한 호주 Quasar Resources 등
- 주요 우라늄 생산기업들의 생산량 및 시장점유율은 다음 표와 같음.
 - 카자흐스탄 Kazatomprom의 점유율은 23%로 국가별로 본 카자흐스탄 점유율 43%와는 차이가 있는데, 이는 카자흐스탄에서 다수의 광산이 외국기업과 합작회사(joint venture) 형태로 개발되고 있기 때문임.

표 2 2022년 주요 기업의 우라늄 생산량 및 시장점유율

(단위: tU, %)

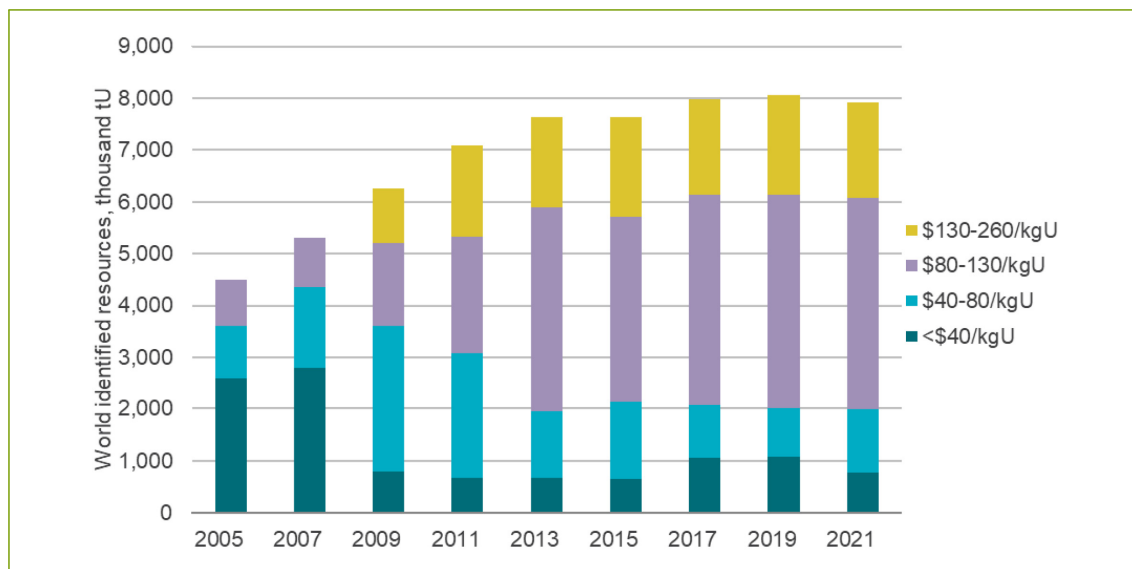
기업명	생산량(tU)	세계 시장점유율(%)
Kazatomprom	11,373	23
Cameco	5,675	12
Orano	5,519	11
CGN	4,627	10
Uranium One	4,454	9
Navoi Mining (추정치)	3,300	7
CNNC (추정치)	3,247	7
BHP	2,813	6
ARMZ	2,508	5
General Atomics/Quasar	1,740	4
Other	4,098	6
Total	49,355	100

출처: World Nuclear Association, The Nuclear Fuel Report: Global Scenarios for Demand and Supply Availability 2023~2040, 2023.9, p.141; 기업 보고서, OECD-NEA, IAEA 및 WNA 추정치 자료를 바탕으로 함.

- 전 세계 우라늄의 확인자원량(identified resources)은 최근 정체를 보이고 있으며 채광비용이 낮은 광산의 비중도 하락하고 있으나, 현재 확인자원량 수준은 향후 소요량을 충족하기에는 충분한 것으로 평가됨.

그림 2 전 세계 우라늄 확인자원량(identified resources)

(단위: 천tU)



출처: World Nuclear Association, The Nuclear Fuel Report: Global Scenarios for Demand and Supply Availability 2023~2040, 2023.9, p.131; OECD-NEA 및 IAEA 자료를 바탕으로 함.

- 우라늄 탐광 프로그램의 지속적 성공으로 우라늄 자원량이 증가세를 보였으나, 최근 수년 동안은 탐광 및 개발에 대한 투자규모가 큰 폭으로 축소되며 자원량이 정체됨.
 - 다만 2021년에는 일부 지역에서 투자규모가 전년도 대비 회복세를 보여주고 있음.

표 3 우라늄 탐사 및 광산개발에 대한 국가별 투자규모 및 변화

(단위: 천 달러, %)

국가	2014년 투자액 (천 달러)	2020년 투자액 (천 달러)	2021년 투자액 (천 달러)	2014~2020 변화율(%)	2020~2021 변화율(%)
캐나다	525,677	140,876	153,906	-73%	9%
인도	43,983	47,805	65,268	9%	37%
나미비아	1,041,434	11,068	19,208	-99%	74%
카자흐스탄	34,676	13,367	9,911	-61%	-26%
러시아	39,917	13,808	9,804	-65%	-29%
호주	37,124	4,589	6,870	-88%	50%
몽골	15,436	71	74	-100%	4%
기타	380,809	19,729	12,397	-95%	-37%
합계	2,119,056	251,313	277,438	-88%	10%

출처: World Nuclear Association, The Nuclear Fuel Report: Global Scenarios for Demand and Supply Availability 2023~2040, 2023.9, p.130; OECD-NEA & IAEA, Uranium 2022: Resources, Production and Demand, 2023.5, 표 1.15, p.53-54를 재인용.

- 채광비용 \$40/kgU 미만의 비중이 현저히 줄어들었는데, 이는 일부 광산의 고갈 문제와 함께, 카자흐스탄과 캐나다에서 채광비용이 재산정되었기 때문임.
- 이러한 상황에도 불구하고, OECD-NEA와 IAEA가 공동으로 격년 출간하는 “Uranium Resources, Production and Demand” 보고서에서는 채광비용 \$260/kgU(\$100/lb U3O8) 미만의 우라늄 확인자원량은 미래에 소요량이 크게 증가하는 시나리오에서도 대응 가능한 수준으로 평가하고 있음.

■ 우라늄 정광의 가격 추이를 보면, 2021년 후반까지 파운드당 30달러대에서 안정적인 흐름을 보이다 그 이후 점차적으로 상승하는 추세를 보이고 있음.

- 급격한 상승은 러시아-우크라이나 전쟁이 시작된 2022년 초뿐만 아니라, 유럽에서 천연 가스 가격이 급등하면서 에너지위기가 대두된 2021년 후반에도 나타남.
- 장기 계약이 대다수를 차지하는 우라늄 시장 특성을 감안할 때, 장기 가격의 변동성으로 인한 시장 충격은 현물 가격보다는 상대적으로 덜할 것으로 보임.

그림 3 우라늄 정광 월말 기준 현물·장기가격 추이(단위: US\$/lb U₃O₈)출처: UxC Historical Month-End Prices(<https://www.uxc.com/c/prices/UxCPriceTableMth.aspx>) 자료를 바탕으로 저자 작성

3 변환 부문

- 우라늄 변환은 우라늄 정광에서 불순물을 제거하여 이산화우라늄(UO₂) 또는 농축을 위한 육불화우라늄(UF₆)으로 변화시키는 것을 의미함.
 - 역사적으로 변환서비스의 비용은 핵연료주기 전체에서 가장 작은 비중을 차지해왔음.
- 지난 10년 동안의 변환서비스 시장에서는 과잉설비에 의한 과도한 경쟁과 과잉 공급, 후쿠시마 사태 이후 안전 관련 비용의 증가, 환경 및 안전 규제 강화 등이 나타남.
 - 과잉 공급은 수요 감소에도 불구하고 업체들의 생산수준 조정이 느리게 이루어지면서 더 악화되었으며, 2차 공급도 과잉되면서 상당한 UF₆가 농축설비에 재고로 쌓였음.
 - 2차 공급은 UF₆ 재고, 농축우라늄(EUP), 혼합산화물(MOX) 연료, 재처리 연료, 정부 비축분 공급량, 감손우라늄 재농축(underfeeding and tails re-enrichment) 등을 의미함.
 - 이에 따라 전체적인 설비용량은 지난 10년간 감소세를 보였으나, 이후 시장에서 리밸런싱 과정을 거치면서 UF₆ 재고가 감소하였고 최근에는 변환서비스 가격이 다시 상승함.

- 전 세계 변환서비스 부문은 4~5개의 주요 업체가 과점하고 있는 상황임.
 - 러시아와 중국의 비중이 상당한데, 이들 국가는 카자흐스탄과 우즈베키스탄에서 우라늄 정광을 대량으로 확보할 수 있는 이점이 있으며, 다른 국가들과 시장이 사실상 분리되어 있어 위에서 언급한 이슈들을 겪지 않음.
 - 북미와 유럽에서는 현재 시장 상황이 당장 설비용량의 확장이나 신설을 필요로 하는 상황은 아니지만, 주요 업체들의 설비 확장 계획이 아직 없는 상황이어서 현재 설비의 노후화로 인해 장기적으로는 수급에 영향을 줄 것으로 전망됨.

표 4 주요 업체 변환설비 허가용량 및 2022년 UF₆ 생산량

(단위: tU)

기업명	국가	소재지	허가용량(tU)	2022년 UF ₆ 생산량(tU)
Rosatom	러시아	Seversk	12,500	12,000
Cameco	캐나다	Port Hope	12,500	10,600
CNNC (추정치)	중국	Lanzhou & Hengyang	15,000	10,500
Orano	프랑스	Pierrelatte & Malvési	15,000	8,900
ConverDyn	미국	Metropolis	7,000	0
합계			62,000	42,000

주: ConverDyn은 생산 재개를 준비하는 것으로 알려짐. <https://www.energyintel.com/0000018b-d951-dbb5-a5ef-dd7328030000>
 출처: World Nuclear Association, The Nuclear Fuel Report: Global Scenarios for Demand and Supply Availability 2023~2040, 2023.9, p.171; 기업 보고서·발표·보도자료와 WNA 추정치 자료를 바탕으로 함.

- 우라늄 변환서비스의 가격 추이를 보면, 러시아-우크라이나 전쟁 개시 이후 급격한 가격 상승이 나타남.
 - 이는 러시아 시장과 단절된 상황을 반영하는 것으로, 전술한 바와 같이 설비의 확장이 이루어지지 않을 경우 시장 상황이 더욱 타이트해질 것으로 보임.
 - 변환서비스 시장에서도 장기 가격의 변동성이 현물 가격보다는 덜한 것으로 확인됨.

그림 4 우라늄 변환서비스 월말 기준 현물·장기가격(북미) 추이

(단위: US\$/kgU as UF₆)



출처: UxC Historical Month-End Prices(<https://www.uxc.com/c/prices/UxCPriceTableMth.aspx>) 자료를 바탕으로 저자 작성.

4 농축 부문

■ 우라늄 농축은 우라늄-235 동위원소의 비중을 증가시키는 작업으로, 과거에는 기체확산법(gaseous diffusion)이 쓰였으나 지금은 비용 문제 등으로 가스원심분리법(gas centrifuge)으로 완전히 대체되었음.

- 농축 공정 서비스는 SWU(separative work units, 분리작업단위)로 정량화되는데, 이는 우라늄-235 농도를 일정량만큼 증가시키는 데 소요되는 노력으로 정의됨.
- 우라늄-235의 농도가 5% 이하인 저농축우라늄(low-enriched uranium, LEU)은 현재 대다수의 원전에서 사용되며, 농축도가 5~10%이면서 경수기반의 3세대 원자로에 사용되는 연료는 LEU+, 5~19.75% 농축도이며 비경수형 선진 원자로에 사용되는 연료는 HALEU(high-assay LEU)로 불림.

- 농축서비스 비용은 우라늄 정광 비용과 함께 핵연료주기에서 가장 비중이 높으나, 에너지 집약도가 덜한 가스원심분리법이 보편화되면서 2004년 이후로는 정광 비용보다는 낮아졌음.
- 우라늄 농축 부문은 전략적으로 민감하고 자본집약적이며 진입장벽이 존재하는 시장으로, 그 결과 전 세계적으로 소수의 설비 및 업체가 과점하고 있음.
 - 현재 Orano, Rosatom, Urenco, CNNC 등 4개의 주요 업체가 장악하고 있으며, 일본과 브라질에서도 소규모 설비를 운영하고 있음.
 - 원심분리 설비는 높은 시설비용 대비 낮은 한계운영비용 때문에 일반적으로 정격(nameplate) 용량의 100%로 운영됨.

표 5 2022년 기준 전 세계 농축설비용량

(단위: 천SWU/년)

기업명	2022년 농축설비용량(천SWU/년)
Rosatom	27,100
Urenco	17,900
CNNC (추정치)	8,900
Orano	7,500
기타 (INB, JNFL)	100
합계	62,000

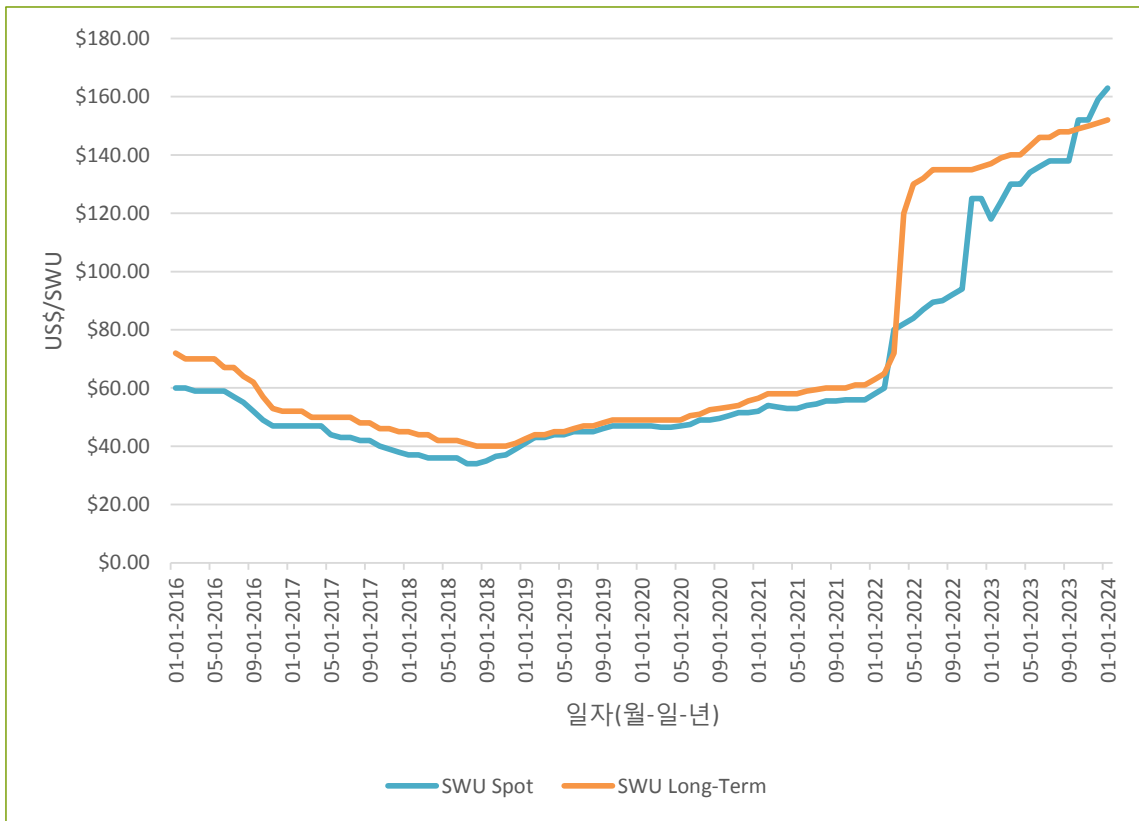
출처: World Nuclear Association, The Nuclear Fuel Report: Global Scenarios for Demand and Supply Availability 2023~2040, 2023.9, p.185; 기업 보고서 · 발표 · 보도자료와 WNA 추정치 자료를 바탕으로 함.

- 농축서비스 시장은 2022년 러시아-우크라이나 전쟁의 영향을 크게 받았는데, 특히 유럽과 미국의 많은 원전 운영사들이 러시아 의존에서 벗어나 핵연료 공급선 전환에 나섬.
 - 그 일환으로 2023년 7월에는 Urenco가 700천SWU/년 규모의 신규설비 계획을 발표하기도 하였음.
- 원심분리 설비의 제한된 수명으로 인해 현재 다수 업체들이 기존 설비의 개보수에 나서고 있어 노후 설비가 점차 교체될 것으로 전망되어 기존 용량이 감소할 것이라는 기존 전망은 더 이상 유효하지 않을 가능성이 높음.
 - 향후 신규 원전 건설, 계속운전 확대, SMR 개발, 선진 원자로 보급 및 HALEU 사용 확대 등이 전망되므로, 이로 인한 농축설비의 확장 유인이 있을 것으로 보임.
- 우라늄 농축서비스의 가격 추이를 보면, 러시아-우크라이나 전쟁 이후 대러제재로 인한 가격 급등 현상이 다른 부문보다 더욱 극명하게 나타남.

- 또한, 앞의 다른 부문과는 다르게 현물 가격보다 장기 가격이 급격히 상승하였고 현물 가격은 후행하는 양상을 보임.
- 단기적인 영향은 있겠으나, 장기적으로는 수급 여건이 개선될 것으로 전망되고 있음.
 - 각 지역에서 설비 확장 계획 및 신규 업체 진입이 진행되고 있고, 원심분리설비의 모듈 특성과 상대적으로 긴 원전 건설기간에 대응할 수 있다는 점이 유리하게 작용할 것임.
 - 아울러 LEU+ 및 HALEU 개발 노력이 가속화되고 있어 관련 설비의 신규진입도 예상됨.

그림 5 우라늄 농축서비스 월말 기준 현물 · 장기가격 추이

(단위: US\$/SWU)



출처: UxC Historical Month-End Prices(<https://www.uxc.com/c/prices/UxCPriceTableMth.aspx>) 자료를 바탕으로 저자 작성

5 시사점

- 핵연료주기를 이루는 각 부문들에 대해 수급 현황과 가격 추이를 살펴봄으로써 현 상황에 대한 이해를 심화시킬 수 있었음.

- 이슈가 된 우라늄 시장의 가격 변화보다 상대적으로 덜 알려진 변환 부문과 농축 부문의 시장 수급 현황이 더 관건이 될 것으로 보임.
- 장기 계약의 특성상 단기적인 가격 변화에 민감하기보다는 장기적인 수급 상황에 더 초점을 맞추어 관련 전략 수립에 참고해야 할 것임.

■ 원자력 발전의 비용구조에서 연료비의 비중은 다른 발전원에 비해 상대적으로 낮은 편이므로 국제 시장 가격 변동으로 인한 영향은 제한적임.

- 전력거래소 EPSIS 통계에 의하면 우라늄 공급부문의 가격이 크게 상승하였던 2023년에도 국내 원전 연료비단가는 6.37원/kWh로 정산단가 55.0원/kWh의 11.6%에 그침.
 - 이는 타 전원과는 달리 원전은 연료비 변동이 미치는 영향이 매우 제한적이라는 점을 반증한다고 볼 수 있음.
- 이와 같은 비용구조에 대해 명확히 인식함으로써 에너지안보 확보 수단으로서의 원전의 장점에 대한 이해를 제고할 수 있을 것임.

■ 후쿠시마 사고 이후 하락했던 원전연료가 대형원전들의 신규건설 및 계속운전 추진, SMR 도입 등으로 인해 상승할 수 있는 배경이 갖추어지면서 이를 반영하여 상승해왔다고 해석할 수 있음.

- 그럼에도 최근의 가격 급등은 실질적인 수요-공급으로 설명하기에는 충분치 않음.
 - 즉, 최근 우라늄 시장의 상승세는 수요-공급의 법칙에서 희소성 증가(물량 감소)에 의한 가격 상승보다는 미래 수요 증가에 기반한 선제적 움직임으로도 해석할 수 있음.
- 최근 이러한 상승세가 시장 공급자들의 신규 투자 혹은 설비개선으로 실질적으로 이어질 것인지에 대해 향후 시장을 면밀히 관찰해야 할 것으로 판단됨



참고문헌

- World Nuclear Association, The Nuclear Fuel Report: Global Scenarios for Demand and Supply Availability 2023-2040, 2023.9.

주요단신

북미
North America

■ 미 NRC, GNF에 상업시설 최초로 8%까지 핵연료 농축 허가

Power Magazine 2024.02.15., World Nuclear News 2024.02.15., Nucnet 2024.02.19.

- 2024년 2월 15일 미 원자력규제위원회(NRC)는 GE의 에너지 사업 통합 기업인 GE Vernova의 핵연료 부문인 Global Nuclear Fuel-Americas(GNF)에 우라늄-235를 최대 8% 농축한 핵연료의 제조·운송·성능분석을 하도록 승인함.

※ GE Vernova는 GE가 2021년 사업 부문을 개편함으로써 기존 에너지 사업부들이 통합된 브랜드로, 2024년 4월 공식적으로 GE에서 분사할 예정임.

- GE Vernova에 따르면 이번 승인으로 North Carolina 주 Wilmington에 위치한 자사의 핵연료 제조시설이 우라늄-235가 최대 8%까지 농축된 연료를 제조할 수 있는 인허가를 보유한 미국 최초의 상업 시설이 됨.
 - 기존의 SNM-1097 인허가는 GNF의 상업용 원전 연료 제조를 위해 우라늄 농축도를 최대 5%까지 허용함.
 - 2023년 NRC는 GNF가 BWR 연료 집합체를 운송하도록 설계되고 특수 제작된 RAJ-II 선적 컨테이너를 사용해 최대 8% 농축 우라늄이 포함된 핵연료 번들(bundle)을 선적할 수 있는 적합성인증서(Certificate of Compliance)를 발급한 바 있음.
- 또한 GE Vernova는 NRC가 기존 저농축 우라늄 연료의 5% 한도 이상의 농축 연료에 대한 분석을 할 수 있도록 하는 첨단 원자력 기법에 대한 인허가주제보고서(licensing topical reports)를 승인했다고 밝힘.
- GE Vernova는 이번 승인이 2018년부터 미 에너지부가 진행 중인 사고저항성핵연료(Accident Tolerance Fuel, 이하 'ATF') 프로그램을 바탕으로 가능했다고 밝힘.
 - ATF는 크롬코팅 연료봉 176개와 크롬강과 펠릿으로 구성되어 기존 연료 대비 노심 온도 변화에 강하고 고온에서도 수증기 산화 반응 발생 가능성이 낮음.
 - 현재 미 에너지부는 GE/GNF, Westinghouse, Framatome 기업에 ATF 개발을 지원 중임.
 - 2023년 9월 Southern Nuclear는 NRC로부터 ATF 연료 사용 최초 승인을 받았으며, 이에 따라 2025년 Vogtle 2호기에는 최대 6% 농축된 연료가 장전될 예정임.

■ 미국 TerraPower, Natrium 원자로 실증 프로젝트 지원 위한 공급업체 5곳 선정

TerraPower 2024.02.07.

- 2024년 2월 7일 TerraPower는 자사가 Wyoming 주 Kemmerer 시에서 개발 중인 소듐 냉각 고속원자로인 Natrium(345MW, SFR) 원자로 실증 프로젝트 지원을 위한 공급업체 5곳을 선정했다고 발표함.
 - 미국의 GERB Vibration Control Systems Inc, Thermal Engineering International (USA) Inc., Hayward Tyler, Inc., Framatome US Government Solutions LLC, Teledyne Brown Engineering을 선정하였으며, 계약 금액은 공개되지 않음.
 - GERB Vibration Control Systems Inc는 설계 및 테스트 서비스를 제공함.
 - Thermal Engineering International(USA) Inc.는 소듐과 염 열교환기를 설계하고 제작함.
 - Hayward Tyler, Inc.는 1차와 중간 나트륨 펌프의 설계, 제작, 테스트 및 자격심사를 제공함.
 - Framatome U.S. Government Solutions LLC는 Natrium 실증 프로젝트를 위한 Ex-Vessel Fuel Handling Machine과 Bottom Loading Transfer Cask 설계 계약을 체결함으로써 원자로의 핵심 부품 작업을 지원하는 연료 운송 시스템의 필수적인 부분을 제공함.
 - Teledyne Brown Engineering은 Natrium 실증 프로젝트를 위한 용기 운송기기(INTM)의 설계와 제작 및 테스트를 지원함.
 - 2023년 8월 1일 TerraPower는 Natrium 실증로의 운영 소프트웨어 및 시뮬레이션 개발, 주조시설 설계 및 건설, 중간 열교환기 개발, 원자로 보호시스템 개발을 목적으로 캐나다 및 미국 4개사와 공급계약을 체결한 바 있음.

■ 미국 Oklo, Aurora 건설부지 협약 체결 및 연료제조시설 관련 승인 획득

Oklo 2024.01.31., Power Engineering 2024.02.02., Nuclear Engineering International 2024.02.07.

- 2024년 2월 2일 미국 초소형원자로 Aurora를 개발 중인 Oklo는 Ohio 주 산·학·연 단체인 Southern Ohio Diversification Initiative(이하 'SODI')와 Ohio 주의 Portsmouth 부지에 초소형 원자로인 Aurora 2기(총 30MW) 건설을 위한 토지권 협약(land rights agreement)을 체결했다고 발표함.
 - 이번 협약은 2023년 5월 양자가 Portsmouth 부지 내 Aurora 2기 건설과 관련해 체결한 양해각서(MOU)의 연장으로 부지확보 추진 및 이행에 중점을 둠.
 - Oklo는 초소형 원자로인 Aurora를 개발 중이며, 해당 원자로는 밀폐된 히트파이프

(Sealed heat pipe)와 수동형 공랭식(Air-cooling system) 시스템을 갖춘 실험용 증식로-II(Experimental Breeder Reactor-II)의 기술을 활용함.

- 협약의 조건에 따라 SODI는 Oklo에 해당 부지에 대한 구매 요청 권리(option) 및 부지 처분 시 우선 구매할 수 있는 권리(right of first refusal)를 부여함.
- Oklo는 Aurora를 Idaho 국립연구소(INL) 내에 건설하기 위해 2019년에 미 에너지부로 부터 부지 사용허가를 부여받음.

■ 한편, 2024년 1월 31일 미 에너지부는 INL의 Aurora 연료 제조 시설에 대한 안전설계전략(SDS)을 검토 후 승인했다고 발표함.

- Aurora 연료 제조 시설은 INL에서 Oklo의 상업용 선진 원자로 실증을 위해 설계됨.
- Aurora 원자로는 약 19%로 농축된 HALEU 연료의 금속 우라늄-지르코늄(metallic uranium-zirconium) 연료를 사용함.

■ 미국 TVA, NRC에 Browns Ferry 원전 2차 계속운전 신청서 제출

NRC News Release 2024.02.02.

■ 2024년 2월 2일 Alabama 주 Athens에 위치한 Browns Ferry 원전(총 3,610MW, BWR 3기)을 운영 중인 미국 TVA는 미 원자력규제위원회(NRC)에 해당 원전의 2차 계속운전 신청서를 제출함.

- Browns Ferry 원전은 1호기 1974년 12월, 2호기 1975년 3월, 3호기 1977년 3월 상업 운전을 시작하였고 3기 모두 2006년 5월 4일 1차 계속운전 허가를 취득함.
- 1차 계속운전 승인으로 1호기는 2033년 12월 20일, 2호기는 2034년 6월 28일, 3호기는 2036년 7월 2일까지 가동이 가능함.
- 지난 2022년 9월 TVA는 Browns Ferry 원전을 2055년까지 가동하기 위해 2차 계속 운전 신청 계획을 준비할 예정임을 밝힌 바 있음.

■ 미국 Constellation, Clinton 원전 계속운전 추진

Constellation 2024.02.15., World Nuclear News 2024.02.16.

■ 2024년 2월 15일 미국 발전사 Constellation Energy Corp(이하 'Constellation')는 Illinois 주에 위치한 Clinton 원전(1,098MW, BWR)의 계속운전 추진을 위해 미 원자력규제위원회(NRC)에 인허가 신청서를 제출했다고 발표함.

- NRC는 해당 신청서를 바탕으로 인허가 갱신을 위해 부지 점검과 환경 검토, 그리고 대중 참여 등의 포괄적인 검토를 시작하게 됨.
- Clinton 원전은 1975년 10월 1일 착공하여 1987년 2월 27일 최초임계 도달, 같은 해 4월 24일 전력망에 연결된 이후, 1987년 11월 24일 상업운전을 시작함.
 - 최초운영 허가는 2027년 4월에 만료되며, 인허가 승인 시 2047년까지 운영이 가능해짐.

■ 캐나다 Ontario 주 금융청, 원전 자금조달 위한 녹색채권 신규 프레임워크 발표

The Globe and Mail 2024.02.01., Canada Energy Regulator 2024.02.22.

- 2024년 2월 1일 Ontario 주 금융청은 녹색채권에 원전 프로젝트를 포함하는 신규 프레임워크를 발표함.
 - 2014년 10월 2일에 도입된 녹색채권 프레임워크는 Ontario 주 정부가 투자 유치 및 채권 발행으로 주 내의 기후 변화 대응을 촉진하는 것을 목표로 함.
 - 이번에 발표된 녹색 채권 신규 프레임워크에는 전력 또는 열 생성을 위한 원자력 에너지의 보급과 관련한 조항을 포함함.
 - 2021년 11월 Ontario 주 발전사 Bruce Power는 석탄화력발전소의 단계적 폐지에 대응하여 원전 계속운전 목적으로 3억 8천만 달러(약 5천억 원)²⁾ 규모의 녹색채권을 발행한 바 있음.
 - 또한 2022년 7월 OPG는 Darlington 원전의 설비개선 지원을 위해 2억 2천만 달러(약 3천억 원)의 녹색채권을 발행한 바 있음.
 - Ontario 주는 전력 수요 충족을 위해 원자력을 적극 활용 중이며, 해당 주의 발전량 가운데 원자력 비중이 59%를 차지하고 있음.

■ 캐나다 Ontario 주 정부, Pickering 원전 30년 계속운전 위한 설비개선 지원 계획 발표

Insauga 2023.06.28., CBC News 2024.01.29., Ontario Newsroom 2024.01.30., World Nuclear News 2024.01.31., Nucnet 2024.01.31.

- 2024년 1월 28일 캐나다 Ontario 주 정부는 Pickering 원전 5~8호기의 30년 계속운전을 위해 해당 원전 운영사 OPG에 대한 설비개선 지원 계획을 발표함.

2) 북미 단신 기사 내용 모두 2024년 2월 23일 환율 기준 적용(1달러=1,329원)

- OPG는 이번 설비개선을 바탕으로 2026년 9월까지 가동되는 Pickering 5~8호기의 최소 30년 계속운전이 가능하다고 언급함.
 - 1971년부터 가동한 Pickering 원전은 PHWR 8기로 구성되어 있었으나, 각각 2007년 5월, 2008년 10월 영구정지된 2호기와 3호기를 제외하고 현재 6기(총 3,094MW)가 운영 중이며, Pickering 1호기와 4호기는 2024년 말 영구 정지를 앞두고 있음.
- OPG에 따르면 2024년 말까지 설비개선 작업의 초기 단계를 진행할 것이며, Ontario 주 정부가 엔지니어링과 설계 작업, 부품 조달 등에 총 15억 달러(약 2조 원)를 지원함.
 - OPG는 주요 공급업체 사전 주문으로 기자재 적시 공급과 비용절감을 기대한다고 밝힘.
- Ontario 주 정부가 발표한 성명서에 따르면 2030년 중반까지 Pickering 5~8호기의 설비개선 작업이 완료될 것으로 예상됨.

기타 단신

■ 미국 Vogtle 4호기, 최초 임계 달성…냉각시스템 문제로 상업운전 올해 2분기로 재연기

AP News 2024.02.02., Nuclear Newswire 2024.02.06., World Nuclear News 2024.02.14., Nucnet 2024.02.14.

- 2024년 2월 14일 Georgia Power는 Vogtle 4호기(1,250MW, PWR)가 최초 임계를 달성했다고 발표함.
 - Vogtle 4호기는 2023년 3월 21일 고온기능시험에 착수한 이후, 같은 해 8월 18일 연료 장전을 완료함.
- 한편, 2024년 2월 2일 Georgia Power는 해당 원자로의 냉각 시스템에서 진동이 발견되어 상업 운전 일정을 올해 4월에서 6월 사이로 연기한다고 밝힘.
 - Georgia Power에 따르면 이번 4호기에서 발생한 문제는 2023년 1월 Vogtle 3호기(1,250MW, PWR)에서 발생한 냉각 펌프 진동 문제와 유사함.
 - 구체적으로 Georgia Power는 냉각재 펌프의 기둥(bracing)이 제대로 설치되지 않아서 시운전 도중 배관의 진동 현상을 발견했다며, Vogtle 4호기에서 발생한 문제는 해결했으나 상업운전 전에 많은 테스트를 진행해야 하므로 기존 상업운전일 기간 내 완료되기는 어렵다고 밝힘.

- 2023년 10월 Georgia Power는 Vogtle 4호기(1,250MW, PWR) 4개의 냉각재펌프(RCP) 중 한 개의 모터에 발생한 결함으로 해당 원자로의 상업운전 일정을 당초 2023년 말에서 2024년 1분기로 한 차례 연기한 바 있음.

■ 미국 Orano 자회사, Xcel Energy와 2개 원전 건식저장시설 공급계약 체결

Orano 2024.01.30., World Nuclear News 2024.01.31.

- 2024년 1월 30일 원자력 기업 Orano USA의 자회사인 TN Americas는 Xcel Energy와 Minnesota 주에 있는 Monticello 원전과 Prairie Island 원전 시설에 수평 형태의 NUHOMS (Nuclear Horizontal Modular Storage) 형식 모듈방식인 건식저장시스템을 제공하는 계약을 체결함.
 - 이번 계약에 따라 Orano는 사용후핵연료 집합체의 안전한 중간 저장을 위해 NUHOMS 건식저장시스템을 제조 및 납품하게 되며, 해당 시스템은 North Carolina에 있는 핵연료 주기 서비스 제공 기업인 Orano NPS의 TN Fabrication 시설에서 제조될 예정임.
 - 이번 계약을 바탕으로 양사는 Monticello 원전과 Prairie Island 원전에서 각각 18년과 33년 동안 지속되어 온 건식저장시설 관리 파트너십을 지속하게 됨.
 - 한편, Minnesota 주는 Monticello 원전과 Prairie Island 원전의 계속운전에 필요한 건식저장시설 확충 및 증설을 위해 노력 중임.

■ 미국 FERC·NRC, 공동회의에서 원전 관련 전망 제시

Utility Dive 2024.01.26.

- 2024년 1월 25일 미 연방에너지규제위원회(FERC)와 미 원자력규제위원회(NRC)는 2년마다 개최되는 공동 회의에서 전력망 신뢰성을 포함한 SMR 보급 관련 주요 전망을 제시함.
 - 원자력규제국(ONR) 사무총장에 따르면 NRC는 향후 5년 이내에 25개의 SMR과 선진 원자로 인허가 신청을 받을 것으로 예상되며, 계획된 SMR 모듈당 용량은 최대 200MW가 될 것으로 전망함.
 - NRC의 인허가 발급 부서의 John Wise 기술 고문은 많은 발전사들이 계속운전을 추진하려는 동향을 보이고 있으며, 현재 원자로 16기의 계속운전 인허가 신청을 검토 중임을 언급함.

- 북미 전력신뢰도위원회(NERC)의 Mark Lauby 수석 부사장 겸 엔지니어에 따르면 자사가 발간한 장기 신뢰성 평가(long-term reliability assessment)에서 2033년 말까지 83GW의 화석연료 발전설비와 원전이 폐쇄될 것으로 예상함.
 - 신뢰성 평가에서는 태양광 62GW, 가스 29GW, 그리고 21GW의 배터리와 5GW의 풍력이 가동될 것으로 제시함.

■ 미국 Holtec, 태양광과 원자력 결합한 발전소 설계 발표

Holtec International 2024.01.31., World Nuclear News 2024.02.02.,
Nuclear Engineering International 2024.02.06., Power Magazine 2024.02.07.

- 2024년 1월 31일 Holtec International(이하 'Holtec')은 원자력과 태양광을 결합한 차세대 복합 발전소(Combined Nuclear/Solar Plant, CNSP) 설계를 발표함.
 - Holtec에 따르면 CNSP는 자사의 SMR-300(300MW, PWR)의 설계와 태양광 포집 기술(HI-THERM HSP), 그린 보일러(Green Boiler) 기술을 결합한 것으로, 배터리를 전혀 사용하지 않아 60년이 넘는 서비스 수명을 가짐.
 - SMR-300은 외부 전원 또는 냉각수 공급 없이 작동하는 피동형안전시스템을 갖추고 있어 지진이 빈번하게 발생하는 지역을 포함한 모든 지형에 보급이 가능하도록 설계됨.
 - 그린 보일러는 Holtec이 독점으로 개발한 Feorite를 사용해 만든 열 저장장치로, 친환경 에너지를 활용해 환경 영향을 최소화하고 에너지 생산의 효율성을 높일 수 있음.
 - Holtec은 CNSP가 원전보다 높은 열역학적 효율을 가질 것이며, 태양광 발전이 기저 부하 공급의 필수 요소로 작용할 것임을 언급함.
 - 또한 Holtec은 CNSP를 SMR과 태양광 시스템을 수용할 수 있도록 석탄화력발전소 부지에 건설할 것이라고 덧붙임.

■ 캐나다 SaskPower, GE Hitachi와 Saskatchewan 주 SMR 개발 위한 협약 체결

SaskPower 2024.01.30., World Nuclear News 2024.01.31.,
Nuclear Engineering International 2024.02.01., Nucret 2024.02.02.

- 2024년 1월 30일 캐나다 Saskatchewan 주 전력 공공기관 SaskPower는 GE Hitachi(이하 'GEH')와 Saskatchewan 주에서 SMR 개발을 진전시키기 위한 협약을 체결함.

- 2022년 6월 SaskPower는 2030년 중반까지 Saskatchewan 주에 보급할 SMR로 GEH의 BWRX-300(300MW, BWR)을 선정한 바 있음.
 - 구체적인 부지로 Estevan 지역과 Elbow 지역을 고려 중임.
- 이번 협약을 바탕으로 양사는 BWRX-300의 설계, 연료 공급 및 제조와 관련된 전문 지식을 공유하고, SMR 보급에 필요한 인력 및 공급망 계획을 협력하게 됨.
 - SaskPower에 따르면 이번 계약을 기반으로 SMR 프로젝트의 개발과 인허가 규제 작업을 간소화하여 2029년 Saskatchewan 주에서 SMR 보급 진행 여부를 결정할 계획임.

주요단신

유럽
Europe

■ EU 집행위, SMR 산업 연합(Industry Alliance) 공식 출범

Nucnet, Euractiv 2024.02.07., Nuclear Engineering International 2024.02.08.,
European Commission 2024.02.09., UxWeekly 2024.02.12.

■ 2024년 2월 6일 EU 집행위원회(EC)는 2030년대 초까지 유럽 내 SMR 개발·실증·도입을 촉진하기 위한 SMR 산업 연합(Industry Alliance)을 공식적으로 출범시킴.

- EC는 2030년 이후 유럽 내 SMR의 설계·건설·운영을 위한 조건 파악과 Euratom 입법 체계를 포함한 EU 법률 준수여부 검토를 목적으로 유럽 SMR 사전 파트너십(Pre-Partnership)을 구축(2021년 6월)하고, 슬로바키아에서 열린 유럽 SMR 파트너십 행사에서 2024년 초 SMR 산업 연합 출범 계획을 공식 발표(2023년 11월)한 바 있음.
- EC는 이번 성명서를 통해 EU 차원에서 이해관계자와의 협력 촉진, SMR 도입 가속화, 숙련된 인력을 포함한 탄탄한 EU 공급망 구축을 위해 SMR 산업 연합을 출범시켰다고 밝힘.
 - SMR 산업 연합은 시장 인센티브 제공, 자금조달, 공급망 구축 및 숙련된 인력 양성, 연구 개발 지원이라는 4가지 영역에 중점을 두고 있음.
- EC에 따르면 SMR 산업 연합은 아래의 사안을 검토해 전략적 행동 계획을 수립할 계획임.
 - SMR 산업 연합의 지원을 받을 수 있는 안전하고 비용 효율적인 첨단 SMR 기술 파악
 - 유럽 SMR 공급망(연료 및 원자재 포함)에 대한 잠재적 격차 파악 및 해결 방안 수립
 - SMR 투자 장벽 파악, 자금 조달 기회 분석, 신규 자금조달 혼합(blending) 옵션 모색
 - SMR 및 AMR 미래 연구 수요 파악, Euratom·국가 프로그램을 통한 해결 가능성 파악
 - 프로젝트 추진기업, 유럽 원자력 안전규제기관, EU 국가의 규제 당국 간의 교류·연락 강화
 - 관련 국제기구와 협력을 통한 유럽 SMR 프로젝트의 국제 시장 진출 지원
 - 탄소중립산업법(NZIA)에 따른 원자력 기술 아카데미 설립 촉진 및 기술개발 수요 파악
- SMR 산업 연합의 회원 모집 기간은 2024년 2월 9일부터 4월 12일까지이며, 회원 자격 기준을 충족하는 모든 공공 및 민간 법인은 신청이 가능함.

- SMR 산업 연합은 오는 3월 21일 벨기에에서 개최되는 원자력 정상회담의 부대행사에서 창립식을 개최하고, 5월 또는 6월에 첫 번째 총회를 개최할 예정이다.

■ Westinghouse, 영국에서 AP300의 GDA 신청 및 현지 업체와 협약 체결

World Nuclear News 2024.02.08., Westinghouse 2024.02.08./13.,
UxWeekly 2024.02.12., Nuclear Engineering International 2024.02.13.

- 2024년 2월 13일 Westinghouse는 영국 에너지안보·탄소중립부(DESNZ)에 자사의 AP100 노형을 기반으로 한 300MW의 가압경수형 SMR인 AP300의 일반설계평가(GDA) 승인 신청서를 제출했다고 발표함.
 - ※ GDA는 영국의 신규 원전 프로젝트 허가 과정의 일부로, 영국 원자력규제청과 환경청이 원자로 설계의 안전성, 안보, 환경영향 등을 평가하며, 일반적으로 4년이 소요됨.
- 한편, 2024년 2월 8일 영국 SMR 개발사인 Community Nuclear Power Limited(CNP)는 Westinghouse와 잉글랜드 북동부 North Teesside 지역에 Westinghouse의 AP300 SMR 4기 도입을 골자로 하는 협약을 체결함.
 - CNP에 따르면, 이번 프로젝트는 영국 최초로 민간 자금 조달로 진행되는 사업으로, 최소 4기의 AP300 노형이 North Teesside 지역 산업 부지 내 친환경 에너지 및 화학 소재 허브 개발을 지원하는 데 활용될 예정임.
 - 2022년 9월에 설립된 CNP는 미국 EPCM(엔지니어링·조달·건설·관리) 업체인 Jacobs 및 영국 재무 자문사인 Interpath Advisory를 포함한 전략적 파트너와 협력해 2027년 까지 상기 프로젝트 추진에 필요한 부지의 인허가 취득을 완료할 예정임.
 - Westinghouse는 본 프로젝트가 영국 정부 산하 기관인 대영원자력(GBN)이 진행 중인 SMR 기술개발 지원사업에 제출한 자사의 AP300 모델을 보완한 것이라고 밝히며, 다양한 프로젝트를 통해 인력, 교육, 공급망 현지화 규모를 확대해 나갈 것이라고 언급함.
 - 원전 산업을 지원하는 GBN은 2023년 7월 SMR 기술개발 지원 사업 공모를 시작해, 같은 해 10월 6개의 SMR 개발업체(EDF, GE-Hitachi Nuclear Energy International, Holtec Britain Ltd, NuScale Power, Rolls-Royce SMR, Westinghouse)를 후보사업자로 선정한 바 있음.

■ Westinghouse, 네덜란드 정부와 Borssele 원전에 AP1000 2기 도입 타당성 조사 계약 체결

UxWeekly, Westinghouse 2024.02.20.

- 2024년 2월 20일 Westinghouse는 네덜란드 정부와 Borssele 원전(515MW, PWR)에 AP1000 PWR 2기 도입 가능성을 평가하는 기술 타당성 조사(Technical Feasibility Study, TFS) 계약을 체결했다고 발표함.
 - 네덜란드 정부는 신규 원전 건설을 위해 최소 용량이 1,000MW인 3세대 원자로 건설 경험을 보유한 3개 후보 공급업체(Westinghouse(AP1000 노형), EDF(EPR1200 또는 EPR1600 노형), 한국수력원자력(APR1400 노형))와 협의를 진행한 바 있음.

■ 불가리아, 미국과 Kozloduy 7·8호기 프로젝트 포함한 민간 원자력 개발 협력 관련 정부 간 협정 체결

3e news 2024.01.26., Nucnet 2024.02.05./06., Nuclear Engineering International 2024.02.06./14., U.S. Embassy in Bulgaria 2024.02.12., World Nuclear News 2024.02.13., Nuclear Engineering International 2024.02.14.

- 2024년 2월 12일 불가리아와 미국은 Kozloduy 7·8호기 프로젝트를 포함한 불가리아의 민간 원자력 프로그램 개발 협력을 위한 정부 간 협정을 체결함.
 - Rumen Radev 불가리아 에너지부 장관과 Andrew Light 미국 에너지부 국제문제 담당 차관보가 체결한 이번 협정은 양국이 2020년에 체결한 전략적 민간 원자력 협력에 관한 양해각서를 기반으로 하며 세부내용은 다음과 같음.
 - 해당 내용은 ① Kozloduy 원전에 신규 원자로 2기를 설계·건설·시운전하기 위한 실무 그룹 설립, ② 연구·교육 프로그램 및 불가리아의 원자력 공급망 복원력 개발 관련 협력, ③ 기타 민간 원자력 협력 분야(기술 전문 지식 교환, 미래 프로젝트의 자금 조달 방안 파악, 민간 원자력 부문의 규제 및 감독에 대한 모범 사례 교환 등) 파악, ④ 원자력 개발 과정에서 투명성과 대중 인식 증진을 위한 협력임.
 - Radev 장관에 따르면 Kozloduy 7·8호기 건설 비용은 최대 140억 달러(약 19조 원)³⁾로 예상되나 Westinghouse의 선행주기 엔지니어링·설계(FEED) 보고서 제출(2024년 3월 말 예정) 이후에 확정될 예정임.

3) 유럽 단신 기사 내용 모두 2024년 2월 23일 환율 기준 적용(1유로=1,438원, 1달러=1,329원)

- Radev 장관은 해당 프로젝트의 파이낸싱이 25~30%의 정부 지원과 정부 보증을 통한 대출금으로 조달될 수 있다고 밝힘.
- 또한 Radev 장관은 상기 프로젝트에 대한 최적의 비용을 보장하기 위해 고정된 조건과 가격설정에 대한 합의가 이루어졌다고 밝히며, 전력 가격이 유럽 평균 가격보다 훨씬 낮고 65유로(약 9만 4천 원)/MWh를 넘지 않아 경쟁력이 있을 것으로 전망함.
- 불가리아는 Westinghouse의 AP1000 2기(Kozloduy 7·8호기)를 기존 Kozloduy 원전 부지에 추가 건설할 계획임.
 - 2024년 2월 기준 불가리아는 Kozloduy 5·6호기(총 2,080MW, PWR)를 운영 중이며, Kozloduy 1~4호기(총 1,760MW, PWR)는 EU 가입 조건으로 영구 정지함.

■ 불가리아, Kozloduy 7·8호기 프로젝트 EPC 건설 최종 후보 업체로 현대건설 선정

SeeNews, Kozloduy NPP-New Build, Nucnet 2024.02.16., 3e news 2024.02.17., World Nuclear News 2024.02.19.

- 2024년 2월 15일 Delyan Dobrev 불가리아 의회 에너지위원회 위원장은 미국 Westinghouse의 AP1000 노형의 Kozloduy 7·8호기 프로젝트 참여 의사를 표명한 5개 EPC(설계·조달·시공) 사업자 중 현대건설이 최종후보업체 명단에 올랐다고 밝힘.
 - Dobrev 위원장은 올해 2월 해당 프로젝트 입찰 참가의향서 제출에 응한 5개 업체 중 현대건설이 기술·재정적 전제 조건을 모두 충족하는 유일한 사업자라고 밝힘.
 - 현대건설을 제외한 나머지 4개 EPC 업체는 네덜란드 엔지니어링 기업 Fluor BV, 미국 엔지니어링 기업 Bechtel Nuclear Power, 중국 기업 컨소시엄(CNNC overseas 및 Tianjin Electric Power Construction), 중국 국영 에너지기업 China Energy Engineering Corporation임.
 - 이번 발표는 국영 기업인 Kozloduy NPP-New Build가 의향서를 2월 2일까지 접수한 후 에너지위원회가 2월 8~12일 동안 후보업체의 자격 심사를 실시한 후 내려짐.
 - 자격 기준은 원자로 건설 관련 실적(최소 2기 이상의 원자로 건설 및 시운전 계약에서 주시공업체로 참여한 실적, 최소 2기 이상의 원자로에 대해 원전 1차 계통 또는 2차 계통 세부설계를 수행한 실적, 최소 2기 이상의 원자로에 1차 계통 또는 2차 계통 중요 기자재를 공급·설치한 실적)과 매출 실적(2018년부터 2022년까지 최소 56억 유로(약 9조 원)의 매출 입증)임.
 - 현대건설은 Kozloduy 7·8호기의 설계·제조·공급·설치·시운전을 포괄한 별도의 구속력 있는 입찰서를 제출할 수 있게 됨.

- Dobrev 위원장에 따르면, 의회가 정부에 현대건설과 협상 개시를 요청할 것이며, 여기에 Kozloduy 7호기에 대한 조건(고정가격 설정 및 건설기간 60개월 포함)이 제시될 예정임.

■ 핀란드 Fortum·TVO 컨소시엄, 폴란드 최초 원전 사업에 기술 지원 제공

World Nuclear News, TVO, Nucnet 2024.02.13.

- 2024년 2월 13일 핀란드 Fortum·TVO 컨소시엄은 폴란드 Lubiatowo-Kopalino 최초 원전의 설계·엔지니어링·운영 준비와 관련된 기술 지원을 목적으로 폴란드 국영기업 Polskie Elektrownie Jądrowe(PEJ)와 2년간의 기본 계약을 체결함.

- Fortum과 TVO의 자회사 TVO Nuclear Services(TVONS)는 Lubiatowo-Kopalino 원전에 대한 기술 지원(인허가 및 설계 단계 등)을 제공하고, 원전 운영을 위한 PEJ의 자체 역량 개발을 지원할 계획임.
 - Fortum은 핀란드 Olkiluoto 원전과 스웨덴 Oskarshamn·Forsmark 원전 지분을 보유하고 있으며, 핀란드 Loviisa 원전을 운영 중임⁴⁾.
 - TVO는 핀란드 Olkiluoto 원전을 소유·운영하고 있음. TVONS는 원자력 산업을 위한 건설·자문 서비스(신규 원전 프로젝트, 성능 개선, 자산 수명 주기 관리, 원자력 안전 포함)를 담당하고 있음.
- PEJ은 이번 계약이 기술 공급업체인 Westinghouse 주도의 컨소시엄 및 주계약자인 Bechtel과의 계약 이행, 핵연료·방사성폐기물관리 전략 개발 관련 협력 및 경험 교환 등 원전 설계 단계부터 원전운영사의 요청사항을 처리하기 위한 지원 서비스 제공에 중점을 두고 있다고 밝힘.
- 폴란드 Lubiatowo-Kopalino 최초 원전 프로젝트는 Westinghouse의 AP1000 3기 도입을 목적으로 함. 첫 호기(1~1.6GW)는 2026년에 착공해 2033년에 상업운전 시작을 목표로 하고 있으며, 후속 원자로는 2~3년마다 건설될 예정임.

■ 폴란드 환경보호총국, BWRX-300 도입 관련 환경영향평가보고서 요건 결정

OSGE 2024.02.02., World Nuclear News, UxWeekly 2024.02.05.

- 2024년 2월 2일 폴란드 SMR 개발사인 Orlen Synthos Green Energy(OSGE)는 환경보호총국(GDOŚ)이 Stawy Monowskie 부지 내 GEH의 BWRX-300 SMR 건설을 위한 환경영향평가

4) <https://www.fortum.com/energy-production/nuclear-power/plants>

(EIA) 보고서 작성 범위를 명시한 결정을 내렸다고 발표함. 이에 따라 OSGE는 해당 부지에 대한 환경 및 위치 기반 검사를 시작해 EIA 보고서를 준비할 수 있게 됨.

- GDOŚ가 명시한 EIA 보고서 작성 요건은 자연 생물자원 종합목록(inventory) 구축, 냉각수 공급원 파악, 원자력 안전 및 방사선방호에 영향을 미치는 기술 방안 제시, SMR 발전소와 송전망과의 통합 방법 등임.
 - 2023년 5월 OSGE는 Stawy Monowskie 부지에 SMR 건설이 환경에 미치는 영향에 대한 보고서 범위를 결정하기 위해 GDOŚ에 신청서를 제출한 바 있음.
- OSGE는 GDOŚ의 이번 결정이 EU에서 최초로 내려진 결정이며, 폴란드 내 BWRX-300 SMR 도입 절차상 중요한 단계라고 언급함.
 - OSGE는 환경규제기관에 제출할 최종 EIA 보고서 준비 기간을 최대 2년으로 전망함.
 - OSGE는 2023년 4월 BWRX-300을 도입할 6개의 SMR 건설 예정지(Ostroleka, Wloclawek, Stawy Monowskie, Dabrowa Górnicza, Nowa Huta, Tarnobrzeg-Stalowa Wola)를 담은 사전허가서(DIP)를 폴란드 기후환경부에 신청해, 같은 해 10월 기후환경부로부터 최대 24기의 SMR 건설할 수 있는 DIP를 취득한 바 있음.

■ 핀란드 STUK, 원전 비상계획구역 관련 규정 개정

STUK 2024.01.26., Nuclear Engineering International 2024.01.30.

- 2024년 1월 26일 핀란드 방사선·원자력안전청(STUK)은 원전 주변의 예방적보호조치구역(precautionary action zone)과 비상계획구역(emergency planning zone)을 사례별로 적용하는 신규 규정을 채택해 이를 2월 1일부터 공식 발효한다고 발표함.
 - 핀란드는 기존에 예방적보호조치구역은 원전 반경 5km 이내, 비상계획구역은 원전 반경 20km 이내로 규정했으나, 신규 규정에서는 대신 원전의 건설허가 신청자가 주민의 안전을 보장하기 위한 보호구역을 각 경우마다 별도로 표시하도록 하며, 기존 대형 원전을 비롯해 SMR에도 이를 적용함.
 - SMR의 경우 안전성 입증 시 기존 규정과 비교해 인구 밀집 지역에 더욱 가깝게 발전소를 건설할 수 있음.

■ 루마니아, 이탈리아 수출보험공사 등과 Cernavoda 원전 설비개선 등 위한 양해각서 체결

Ansaldo Energia, Nuclearelectrica 2024.02.15., World Nuclear News, UxWeekly 2024.02.16.

- 2024년 2월 15일 루마니아 원전운영사 Nuclearelectrica는 이탈리아 수출보험공사 SACE 및 이탈리아 엔지니어링 기업 Ansaldo Energia의 자회사인 Ansaldo Nucleare와 Cernavoda 1호기(각 706MW, PHWR)의 설비개선 및 Cernavoda 3·4호기(각 706MW·705MW, PHWR) 건설을 위한 양해각서를 체결함.
 - Ansaldo Nucleare는 엔지니어링, 프로젝트 관리 서비스, 부품·시스템 조달, 시운전을 제공하고, SACE는 최대 20억 유로(약 3조 원)의 자금을 조달하기로 함.
 - 이번 협약은 Adolfo Urso 이탈리아 기업·제조부 장관과 Stefan-Radu Oprea 루마니아 경제·기업가 정신·관광부 장관이 참석한 가운데 이탈리아 기업·제조부에서 체결됨.
 - Cernavoda 1·2호기 건설에 참여했던 Ansaldo Nucleare는 캐나다 Candu Energy와 한국수력원자력과 함께 Cernavoda 1호기의 계속운전을 위한 설비개선작업을 수행할 예정임.
 - 2023년 10월 상기 3개 업체는 해당 원자로의 설비개선 작업을 공동 수행하기 위해 컨소시엄 계약을 체결한 바 있음. Candu와 Ansaldo는 원자로 계통과 터빈발전기 계통의 설계 및 기자재 구매를 담당하고, 한수원은 전체 시공을 포함한 방사성폐기물 보관시설 등 인프라 건설을 담당함.
 - Ansaldo Nucleare는 이번 프로젝트에 이탈리아 원자력 공급망을 참여시켜 루마니아 내 입지를 공고히 할 계획이며, SACE는 Ansaldo Nucleare와 전체 이탈리아 원자력 공급망을 지원할 계획이라고 밝힘.
 - 루마니아는 Cernavoda 1·2호기를 가동 중이며, 각각 2030년과 2031년 상업운전 개시를 목표로 Cernavoda 3·4호기 건설 작업을 진행 중임.
 - Cernavoda 1호기는 1996년, Cernavoda 2호기는 2007년에 상업운전을 시작함. Cernavoda 1호기(설계수명 30년)는 설비개선 작업을 통해 2060년까지 추가 30년 가동될 예정임.

■ 우크라이나, Khmelnytsky 원전에 추가 4기 원자로 건설 계획 발표

Bnnbreaking 2024.01.16., Reuters 2024.01.25., Gov.Ua, World Nuclear News 2024.01.29., Nucnet 2024.01.30./31., Nuclear Engineering International 2024.01.16./31.

- 2024년 1월 29일 Herman Halushchenko 우크라이나 에너지부 장관은 러시아와의 전쟁으로 Zaporizhzhia 원전이 가동 정지되면서 발생한 발전량 손실을 만회하기 위해 이르면 올 9월에 Khmelnytsky 원전에 추가 4기의 원자로 건설을 시작할 수 있을 것이라고 발표함.

※ Zaporizhzhia 원전(6기)은 러시아군에 점령되어, 현재 러시아 전력 시스템에 통합되었음. 우크라이나는 Khmelnytsky 원전(1·2호기), Rivne(1~4호기) 및 South Ukraine(1~3호기) 원전으로 자국 전체 전력의 약 55%를 공급 중임.

- Halushchenko 장관에 따르면, 추가 원자로 4기는 불가리아가 철회한 Belene 프로젝트용 기자재를 활용한 러시아산 VVER-1000 노형의 Khmelnytsky 3·4호기와 Westinghouse의 AP1000 노형(1,100MW, PWR)이 적용되는 Khmelnytsky 5·6호기가 될 것이며, 이와 관련하여 Westinghouse와 협력 중이라고 덧붙임.

– Khmelnytsky 3·4호기는 각각 1985년 9월과 1986년 6월에 착공되었으나, 1986년 체르노빌 원전 사고로 우크라이나 정부가 1990년에 건설 중단을 결정함. 3호기의 경우 완공률이 50% 이상으로 2년 5개월 내로 가동이 가능할 것으로 전망되고 있음.

- 신규 원자로 4기 건설 프로젝트의 파이낸싱은 우크라이나 원전운영사 Energoatom의 자체 자금과 국제은행·금융기관의 대출로 이루어질 것이라고 밝힘.

- 한편, 올해 1월 Rumen Radev 불가리아 에너지부 장관은 우크라이나에 대한 재정지원과 관련해 EU 회원국들 간의 최종 합의를 기다린다고 밝히면서, 우크라이나에 대한 Belene 원전용 기자재 판매를 연기함.

- EU는 2023년 12월 정상회담에서 우크라이나에 대한 500억 유로(약 72조 원) 규모의 예산 지원을 표결에 부쳤으나 친러시아 국가인 헝가리의 반대로 해당 지원이 무산된 바 있음.

- 2023년 10월 불가리아 정부는 Belene 프로젝트 투자자 및 공급업체 유치를 승인한 이전 정부의 결정을 철회하면서 해당 프로젝트를 공식 취소하고, 우크라이나 정부와 Belene 원전용으로 보유 중이던 기자재를 우크라이나에 판매하는 협상을 시작한 바 있음.

– 불가리아 국영 전력기업 NEK은 우크라이나가 Khmelnytsky 3·4호기 건설에 활용할 수 있도록 Belene 프로젝트용 기자재를 최소 6.2억 유로(약 8,918억 원)에 판매할 예정이라고 밝힘.

■ 슬로베니아·슬로바키아, 미국 피닉스 프로젝트를 통해 SMR 도입 타당성 검토 진행

Nucnet 2024.02.12., Nuclear Engineering International, Slovenské elektrárne 2024.02.14.,
World Nuclear News 2024.02.08./15.

- 2024년 2월 6일 슬로베니아 환경·기후에너지부는 자국이 폴란드, 슬로바키아, 체코에 이어 미국의 피닉스 프로젝트(Project Phoenix) 수혜국으로 선정되어 컨설팅 및 기술 서비스를 제공받게 되었다고 밝힘.

- ※ 2022년 11월에 시작된 피닉스 프로젝트는 미국의 FIRST(Foundational Infrastructure for the Responsible Use of SMR) 프로그램의 일환으로 유럽 및 아시아 내 기존 석탄화력부지 내 SMR 도입을 위한 타당성 조사 및 기술 조사를 지원함.
- 2023년 6월 슬로베니아 기업·기관 컨소시엄(원전운영사 Gen Energija, 석탄화력 발전소 운영사 Termoelektrarna Sostanj(TES), 전력망 운영업체인 Eles, 슬로베니아 원자력 안전청, 슬로바키아 전력사 Slovenske Elektrarne)은 주슬로베니아 미국대사관의 초청으로 피닉스 프로젝트 참여 신청서를 제출하였음.
- 2024년 2월 기준으로 슬로베니아에서 운영 중인 원전은 1기(Krško, 727MW, PWR)이며, Krško 2호기 건설을 고려 중임.
 - TES의 석탄화력발전소는 슬로베니아 전력 생산량의 약 3분의 1을 공급하지만 2033년에 폐쇄될 예정임.

- 2024년 2월 14일 슬로바키아 전력사 Slovenské elektrárne은 피닉스 프로젝트의 컨설팅 파트너인 Sargent & Lundy 소속 전문가가 자국의 Bohunice-Mochovce 원전과 Nováky·Vojany 석탄화력발전소를 방문해 SMR 건설 타당성 조사에 필요한 현지 조사의 초기 단계를 수행했다고 밝힘.

- 2023년 9월 Slovenské elektrárne와 컨소시엄 파트너(슬로바키아 경제부, 슬로바키아 원자력규제청, 슬로바키아 공과대학, 슬로바키아 철강기업 US Steel Košice, 슬로바키아 송전망운영사 VUJE)는 미국 정부로부터 SMR 타당성 조사를 위한 피닉스 프로젝트 지원금을 수령한 바 있음.
- Slovenské elektrárne는 프로젝트 일정을 ① 2023~2025년 타당성 조사, ② 2026~2029년 초기 SMR 설계 및 인허가 절차 진행, ③ 2030~2033년까지 주요 기자재 조달, ④ 2035년 SMR 건설·시운전 완료로 계획함.

- 2024년 2월 기준으로 슬로바키아는 러시아의 VVER 노형이 적용된 Bohunice 3·4 호기(각 500MW, PWR), Mochovce 1·2호기(각 500MW, PWR)·3호기(471MW, PWR)를 운영 중임.

기타 단신

■ EU 이사회와 유럽의회, 탄소중립산업법(NZIA)에서 원자력을 전략적 기술로 공식 분류하기로 잠정 합의

Euractiv 2024.02.07., UxWeekly 2024.02.12.

- 2024년 2월 6일 EU 이사회와 유럽의회는 탄소중립산업법(Net Zero Industry Act, NZIA)에서 원자력을 '전략적'(strategic) 기술로 공식적으로 분류하기로 잠정 합의함.
 - 당초 2023년 3월 EU 집행위원회(EC)가 발표한 NZIA 초안에서는 원자력이 8개의 전략적 탄소중립기술 목록에 들지 못하여 지원 범위가 핵연료주기 및 SMR로 한정되었음.
 - 이후 2023년 11월 유럽의회는 원자력(핵분열·핵융합 기술)을 포함한 17개의 단일 탄소중립기술 목록을 제시한 NZIA 개정안을 투표로 통과시킴.
 - 2023년 12월 EU 이사회는 EC가 제시한 두 가지 분류 목록(전략적 및 일반 탄소중립기술)을 유지하면서, 원자력(핵연료주기 및 핵분열 기술) 및 지속가능한 대체 연료를 추가해 해당 기술의 범위를 기존 8개에서 10개로 확대하기로 결정함.
 - 이번 합의로 원자력은 신규 원전 건설 사업자에 대한 허가 절차 간소화, 원자력 확대에 필요한 인프라 개발 시 공공 조달에서 우선순위 혜택 부여 등 다양한 EU 지원을 받게 됨.
 - 이번 합의안에서 원자력은 기존 원전뿐만 아니라 SMR·AMR과 같은 첨단 3·4세대 원전, 관련 핵연료 주기도 포함되어 있음.

■ 체코 ČEZ, 올해 말부터 Westinghouse 핵연료 공급받을 예정

ČEZ, World Nuclear News 2024.02.14., Nuclear Engineering International 2024.02.16.

- 2024년 2월 14일 체코 원전운영사인 ČEZ는 핵연료 다양화 전략의 일환으로 가동 중인 Dukovany 원전(러시아 VVER-440 노형 도입)과 Temelín 원전(러시아 VVER-1000 노형 도입)에 미국 Westinghouse가 제조한 핵연료를 공급할 예정이라고 밝힘.

- ČEZ에 따르면, 올해 말에 Westinghouse의 첫 핵연료집합체가 Dukovany 원전에 납품될 예정이며, 몇 달 후 Temelín 원전용 핵연료집합체가 납품될 예정임.
 - Dukovany 원전용 VVER-440 핵연료의 경우 우크라이나 Rivne 원전에 공급 중인 핵연료 집합체의 최신형 버전이 도입될 예정임.
 - ČEZ는 Westinghouse 및 프랑스 Framatome과 Temelín 원전 연료 공급계약을 체결(2022년 6월)하였고, Westinghouse와 Dukovany 원전 연료 공급 계약을 체결(2023년 3월)해 2024년부터 Westinghouse로부터 연료를 공급을 받을 수 있도록 합의함.
- 2024년 2월 기준 체코는 Dukovany 원전과 Temelín 원전에서 총 6기(4,164MW, PWR)를 가동 중이며, Dukovany 원전(총 2,000MW, PWR 4기) 부지에 최대 4기 원자로 건설을 계획 중임.

▣ 슬로베니아, Krško 2호기 건설 여부 결정 위해 올해 국민투표 실시 예정

Nuclear Engineering International, World Nuclear News 2024.02.01., UxWeekly 2024.02.05.

- 2024년 1월 30일 슬로베니아 정부는 2043년에 영구정지될 Krško 1호기(727MW, PWR, 설계 수명 40년)를 대체할 Krško 2호기 건설 여부를 결정하고자 올해 국민투표를 실시할 예정이라고 밝힘.
 - Robert Golob 총리는 주요 관료 및 의회 정당 대표들로 이루어진 초당파 회의에서 원자력의 필요성에 대해 합의했다고 밝히며, 하반기에 국민투표 실시를 고려 중이나 아직 최종 일정을 확정하지 않았다고 발언함.
 - 또한 Golob 총리는 5개 정당이 Krško 2호기 프로젝트 신속 추진을 위한 법적 틀을 공동으로 마련할 계획이라고 덧붙임.
 - 슬로베니아는 크로아티아와 공동 소유하고 있는 Krško 1호기 인근에 Krško 2호기를 건설할 계획임. 최대 2,400MW 규모의 단지로도 고려되고 있으며 해당 프로젝트 비용은 100억 유로(약 14조 원)로 추정됨.
 - 슬로베니아 국영 에너지기업 GEN Energiia는 Krško 2호기 프로젝트의 후보 공급업체로 Westinghouse, EDF, 한국수력원자력을 고려하고 있으며, 2028년 최종투자결정 시행, 2030년대 신규 원전 가동을 목표로 설정함.

■ 러시아, Kursk 2호기 설계수명 만료로 45년 가동 후 영구정지

Rosatom, Nucnet 2024.01.31.

- 2024년 1월 31일 Rosatom은 RBMK(흑연감속 비등경수 압력관형 원자로)인 Kursk 2호기(1,000MW, LWGR)가 설계수명 만료로 45년의 가동을 마치고 영구정지했다고 발표함.
- 해당 원자로는 1979년 8월에 상업운전을 개시하였음. Kursk 1호기(1,000MW, LWGR)는 2021년 12월 45년 가동 후 영구정지되었으며, Kursk 3·4호기(각 1,000MW, LWGR)는 각각 2029년, 2031년까지 가동될 예정임.
- 현재 설계수명에 가까워지고 있는 Kursk 원전의 RBMK 노형 원자로를 대체하기 위해 VVER-TOI 노형이 적용된 Kursk II 원전이 건설 중으로 1·2호기(각 1,255MW, PWR)는 각각 2018년 및 2020년에 착공에 들어가 2020년대 중반에 상업운전 예정임.
※ 1,300MW 규모의 VVER-TOI은 노심설계가 개선되었으며 원전정지 후 72시간 동안 운전원의 개입없이 안전 유지가 가능한 피동형 안전계통을 갖춘 원자로임.

주요단신

아시아 Asia



□ 카자흐스탄 Kazatomprom, 2024년 우라늄 생산계획 업데이트 발표

World Nuclear News 2023.04.24., 2024.02.01., Kazatomprom 2024.02.01., Interfax 2024.02.02.

- 2024년 2월 1일 세계 최대 우라늄 채굴기업이자 카자흐스탄 국영 기업인 Kazatomprom은 2024년 우라늄 생산계획 업데이트 자료(4Q23) 발표를 통해 2024년 우라늄 생산이 적절한 수준으로 증가할 것으로 전망함.
 - Kazatomprom이 발표한 생산계획에 따르면 2024년 우라늄 채광량은 21,000tU에서 22,500tU에 이를 것으로 예상됨.
 - 2023년 우라늄 생산량은 21,511tU임.
 - Kazatomprom은 같은 해 1월에 황산의 가용성 문제와 신규 광산 개발에서의 건설 작업 지연 등의 요인으로 인해 2024년의 우라늄 생산 지침(guidance)이 조정되었다고 밝힌 바 있음.
 - 우라늄 생산량은 지하자원 사용계약(Subsoil Use Agreements)에 따라 계획된 생산량의 80%가 될 것으로 전망하였는데, 당초 2022년 8월 Kazatomprom은 2024년 우라늄 생산량을 지하자원 사용계약 대비 90%로 늘리겠다고 밝힌 바 있음.
 - Kazatomprom은 2024년 황산 공급량을 늘리기 위해 주변국의 황산 생산기업과 협상을 진행하고 대체 조달처를 모색 중이며, 황산 공급 부족 문제가 지속되면 2025년 우라늄 생산 계획에도 부정적인 영향을 미칠 수 있다고 밝힘.
 - 농업 및 산업 부문에서의 황산 수요 증가와 공급망 중단, 지정학적 불확실성 등과 같은 복합적인 요인으로 인해 지난 몇 년간 황산 공급 부족이 발생하고 있음.
 - 현재 황산의 수요는 가용성과 비용에 영향을 미치고 있으며, 2023년 Kazatomprom의 황산 가중평균비용(weighted average cost)은 33.6% 증가함.
 - 2023년 4월 Kazatomprom은 카자흐스탄 Turkestan 지역에 연간 80만 톤 규모의 신규 황산 공장 건설 프로젝트를 추진을 위해 파트너십 기업인 Taiqonyr Qyshqyl Zauyty LLP를 설립함으로써 현장침출법(In-Situ Leach, ISL)에 사용되는 황산 생산량을 늘릴 계획임을 밝힌 바 있음.

■ HD한국조선해양, TerraPower 및 Southern Company 등과 부유식 SMR 개발 협력 발표

World Nuclear News 2024.02.07., Nuclear Engineering International 2024.02.09.

- 2024년 2월 4일 HD한국조선해양(KSOE)은 영국의 해운 스타트업 Core Power와 미국의 전력사 Southern Company, 그리고 미국 TerraPower와 함께 부유식 SMR 개발을 위한 협력을 발표함.

※ Core Power는 2018년 설립된 해운 운송 및 엔지니어링을 중심으로 한 스타트업으로 Terra Power, Southern Company, Orano와 공동으로 부유식 원전 개발을 추진 중이며 2026년에 실증 선박 제작과 2030~2032년 상용화를 계획 중임.

- 해당 발표는 Washington, D.C.에서 KSOE와 TerraPower, Core Power 간의 용융 염화물고속원자로(Molten Chloride Fast Reactor, 이하 'MCFR')의 공동 연구 및 기술 교류회 이후에 발표됨.
 - MCFR은 핵연료가 염화물염과 혼합된 고속 원자로로서 토륨 및 경수로에서 나온 사용후 핵연료를 연소시킬 수 있으므로 초기 연료 장전 후 추가되는 연료는 농축할 필요가 없으며, 액체염을 냉각제와 연료로 사용하여 기존의 원자로보다 효율적으로 열 또는 전력을 공급할 수 있도록 고온에서 작동이 가능하도록 함.
- KSOE에 따르면 2024년 3월 TerraPower에 SMR 연구개발팀을 파견하여 해상원전과 신규 원전 응용 등 다양한 분야의 기업들과 공동 연구 협력을 지속할 계획임.
 - 또한 KSOE는 IAEA, 미국선급협회(ABS), 영국 로이드선급협회(Lloyd's Register)와 함께 해상 원자로 적용을 위한 제도 구축을 추진 중임을 덧붙임.
- 2022년 11월 KSOE는 TerraPower와 3천만 달러(약 399억 원)⁵⁾ 규모의 투자계약을 체결한 바 있음.
 - 2023년 10월 KSOE와 한전기술은 ABS로부터 양사가 공동으로 개발한 부유식 SMR(240MW, 60MW 4기) 설계에 대한 기본승인(AIP)을 획득한 바 있음.

■ 한국, 월성 1호기 최종해체계획서 초안 주민공람 시작

한수원 보도자료 2024.02.07.

- 2024년 2월 7일 한국수력원자력(이하 '한수원')은 2월 8일부터 월성 1호기(683MW, PHWR) 최종해체계획서 초안의 주민공람 절차에 들어간다고 밝힘.

5) 아시아 단신 기사 내용(일본 제외) 모두 2024년 2월 23일 환율 기준 적용(1달러=1,329원)

- 최종해체계획서는 원자력발전소를 해체하기 위해 원자력안전위원회에 제출해 승인을 받아야 하는 인허가 문서임.
 - 구체적으로, 안전성평가, 방사선방호, 제염해체활동, 방사성폐기물 관리 및 환경영향평가 등 해체에 관한 종합적인 계획이 기록되어 있음.
- 주민공람은 원자력안전법 등 관련 법령에 따라 경주, 울산(북구·중구·남구·동구·울주군), 포항 등 주민의견수렴 대상 지역 내 7개 기초자치단체를 대상으로 시행함.
- 주민공람은 2024년 4월 7일까지 총 60일간 시행되며, 각 기초자치단체가 지정한 장소에서 월성1호기 최종해체계획서 초안을 공람할 수 있음.
 - 최종해체계획서 초안에 대한 의견이 있는 주민은 주민의견제출서를 거주지 기초자치단체에 제출하면 됨.
 - 한수원은 이를 최종해체계획서에 반영하고 주민의 요청이 있을 경우 별도의 공청회를 개최해 추가 의견수렴을 한 후 연내 원자력안전위원회에 제출할 예정이다.
- 월성 1호기는 1977년 10월 30일 착공하여 1982년 11월 21일 최초임계 도달, 같은 해 12월 31일 전력망에 연결된 이후, 1983년 4월 22일 상업운전을 시작하여 2019년 12월 24일 영구정지 됨.

■ 일본 NUMO, 방폐물 최종 처분 후보지 1단계 조사 보고서 초안 발표

세계원전시장인사이트 2020.10.23./2020.12.04./2021.02.19., NUMO '文献調査の状況報告' 2024.02.07.,
 テレビ朝日, 電気新聞, 朝日新聞 2024.02.14., 原子力産業新聞 2024.02.15.

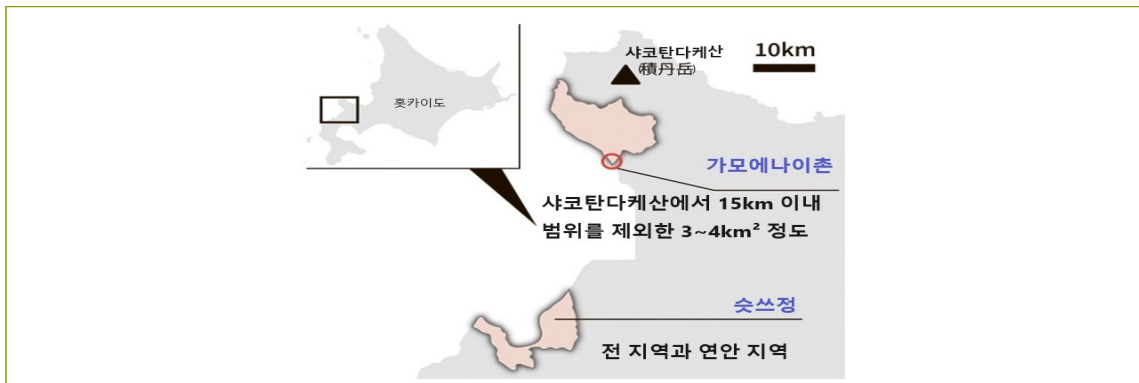
- 2월 13일 일본 방사성폐기물 최종 처분사업자인 원자력발전환경정비기구(Nuclear Waste Management Organization of Japan, 이하 'NUMO')는 경제산업성 심의회에 방사성폐기물 최종 처분장* 후보지 1단계 조사 보고서 초안을 제출함.

* 일본 방사성폐기물 최종 처분장에는 고준위방폐물과 지층 처분이 필요한 저준위 방폐물(일본 방폐물 분류 기준)이 처분될 예정임. 한국 중·저준위 방폐물은 일본의 저준위 방폐물에 포함됨.

- NUMO는 2020년 11월부터 약 2년간 홋카이도의 기초자치체인 슷쓰정과 가모에나이촌에서 1단계 후보지 조사인 '문헌조사'를 진행한 바 있음.
 - 일본은 1단계 문헌 조사, 2단계 개요 조사, 3단계 정밀 조사를 거쳐 최종 부지를 선정함.
 - 2020년 10월 슷쓰정은 지역 산업 발전을 위한 재원 마련을 위해 1단계 조사 신청을 했고, 같은 시기 가모에나이촌도 경제산업성의 1단계 조사 제안을 수락해, NUMO는 2020년 11월부터 두 지역에서 1단계 조사에 착수함.

- 1단계 조사에서는 대상 지역의 과거 발생 재해와 지질 기록을 조사하고, 환단층 유무와 토지 침식 상황을 확인함.
- 1단계 조사 지역에는 연간 최대 10억 엔(약 88.8억 원)⁶⁾의 교부금이 지급됨. 해당 교부금은 정부가 원전 입지 지역에 지급하는 교부금과 동일한 ‘전원입지지역대책교부금’으로 전기요금에 포함되는 전원개발촉진세를 재원으로 함.
- 보고서 초안에서 NUMO는 총 약 1,500개의 논문과 지질도 등을 분석해 대상 지역의 지층 상황을 확인했고, 그 결과 suitability은 모든 지역이 2단계 조사 후보지로 적합했음. 가모에나이촌은 남부의 일부 지역(샤코탄다케산에서 15km 이내 범위를 제외한 구역)이 2단계 조사 후보지로 적합하다고 밝힘.
- 2단계 ‘개요 조사’는 약 4년간 진행되며 지층을 굴착하여 지질과 지하수 등의 상황을 파악함.
- 2단계 조사는 연간 최대 20억 엔(약 177억 원), 전체 조사 기간 기준으로는 총 70억 엔(약 622억 원) 한도로 교부금이 지급됨.
- 향후 경제산업성 심의회가 NUMO의 보고서를 승인하면, NUMO가 2단계 조사 후보지를 선정하여 경제산업대신에게 해당 계획의 승인을 신청할 계획임. 이후 경제산업대신은 후보지의 기초지자체·광역지자체 의견을 수렴한 후 2단계 조사 진행 여부를 결정할 예정임.
- 다만, 후보지가 조사에 반대할 시 2단계 조사 진행은 불가능함.

그림 방폐물 최종 처분 2단계 조사 후보지



자료출처: 電氣新聞 2024.02.14

■ 간사이전력, 원전 3곳에 건식저장시설 계획 발표

関西電力 ‘原子力発電所構内における使用済燃料乾式貯蔵施設の設置計画に係る事前了解願いの提出について’
 2024.02.08., 原子力産業新聞 2024.02.09., 原子力産業協会 ‘日本の原子力発電所’ 2024.02.14.

6) 일본 단신 기사 내용 모두 2024년 2월 20일 환율 기준 적용(100엔 = 888원)

- 일본 간사이전력은 2월 8일 광역지자체 후쿠이현과 기초지자체인 미하마정, 다카하마정, 오이정에 미하마·다카하마·오이원전 내 사용후핵연료 건식저장시설 설치를 위한 사전 동의 요청서를 제출함
 - 원전 운영사는 건식저장시설 설치 시 원전이 위치한 광역지자체, 기초지자체와 사전에 체결한 안전 협정에 따라 해당 계획에 대한 지역 동의를 필요함.
 - 미하마원전은 총 3기로 구성되며, 1·2호기(각 357MW·500MW, PWR)는 2015년 4월 27일 영구정지 되었고, 3호기(826MW, PWR)는 규제위의 적합성 심사 통과 후 2021년 7월 27일 상업운전을 재개함.
 - 다카하마원전은 총 4기로 구성되며, 1호기(826MW, PWR)는 2023년 8월 28일, 2호기(826MW, PWR)는 2023년 10월 16일, 3호기(870MW, PWR)는 2016년 2월 26일, 4호기(870MW, PWR)는 2017년 6월 16일에 각각 상업운전을 재개함.
 - 오이원전은 총 4기로 구성되며, 1·2호기(각 1,175MW, PWR)는 2018년 3월 1일 영구정지 되었고, 3호기(1,180MW, PWR)는 2018년 4월에 4호기(1,180MW, PWR)는 2018년 6월에 상업운전을 재개함.
 - 계획에 따르면 원전 3곳의 사용후핵연료 건식저장시설은 독립 격납 방식으로 설치되고, 저장 용기는 소외 반출 시의 용이성을 고려해 수송 겸용으로 제작함. 용기의 설계 수명은 60년이며 임계 방지·차폐·열 제거 기능 등을 갖출 예정임.
 - 미하마원전의 건식저장시설은 2026년부터 2030년까지 사용후핵연료 21다발을 보관할 수 있는 수송 겸용 저장 용기 최대 10기를 설치할 예정임.
 - 다카하마원전에서는 사용후핵연료 24다발을 보관할 수 있는 수송 겸용 저장 용기를 1차와 2차에 나누어 설치할 계획임. 1차에서는 2025년부터 2027년까지 최대 10기를, 2차에서는 2025년부터 2030년까지 최대 22기를 설치하게 됨.
 - 오이원전의 경우 24다발 보관할 수 있는 용기를 최대 23기 설치하고, 2025년부터 2030년까지 건설할 예정임.

■ 일본 센다이고법, 원전 사고 배상액 1심보다 44억 원 증액

毎日新聞, NHK 2024.02.14.

- 2월 14일 일본 센다이고등법원은 후쿠시마 사고로 피난한 323명이 도쿄전력을 대상으로 제기한 항소심 판결에서 총 배상액을 기존 대비 약 5억 엔(약 44억 원) 증액한 총 10억 9,891만 엔(약 97.6억 원)을 지급하도록 명함.
 - 1심 후쿠시마지방법원 이와키지원의 판결에서는 원고 271명에 대하여 도쿄전력에 ‘고

향상실위로금[※]으로 1인당 200만 엔(약 1.7천만 원)의 배상을 인정하는 등 총 6억 498만 엔(약 53.7억 원)의 지급을 명했지만, 원고가 1인당 500만 엔(약 4.4천만 원)의 위자료를 요구하며 항소함.

※ 고향상실위로금: 원전 사고로 피난민들이 고향을 잃은 데 따른 정신적 보상

- 2심에서는 일부 원고의 배상금 청구를 기각해 299명에게 총 10억 9,891만 엔(약 97.6억 원)의 지급을 명함.
 - ‘고향상실위로금’을 1명당 330만 엔(약 2.9천만 원)으로 기존보다 증액했고, 생활공간의 안전을 침해받은 것에 대한 ‘선량 불안 위자료’도 30만 엔(266만 원), 임신부와 어린이는 1인당 60만 엔(약 533만 원)을 인정함.

□ 일본 원전, 실제 운전 경험 전무한 운전원 증가

朝日新聞 2024.02.07.

- 2월 7일 아사히신문은 원전을 미가동한 7개 전력회사를 대상으로 자체 조사한 결과 가동 중 원전에서 운전 경험이 없는 운전원이 증가중이라고 보도함.
 - 해당 조사는 2023년 11월 말부터 12월 초까지 진행했고 7개사에서 입사 후 운전 경험이 없는 운전원이 전체의 33~58%를 차지함.
 - 주고쿠전력이 58%로 가장 높은 비중을 보였고, 홋카이도전력 51%, 일본원자력발전과 도쿄전력이 36%, 도호쿠·호쿠리쿠·주부전력이 33% 순이었음.
 - 주된 이유는 후쿠시마 사고 후 입사하여 자사 원전에서 운전 경험을 쌓을 수 없었고, 숙련된 운전원들은 퇴직했기 때문이라고 아사히신문은 설명함.
 - 이에 따라 7개 전력회사는 자사 운전원들을 재가동한 타 전력회사에 파견하거나, 설비 보수 관련 회사에서 운전 경험을 쌓도록 하는 등 다양한 노력을 하고 있음.

□ 일본 기초지자체, 정부에 건설 중인 오마원전의 조기 공사 재개 요청

電氣新聞 2023.03.09., 데어리-東北 2024.02.02., J-POWER ‘大間原子力発電所建設工事状況’ 2024.02.

- 2월 1일 일본 오마정, 가자마우라촌, 사이촌은 경제산업성 정무관에게 오마원전(1,383MW, ABWR)의 조기 공사 재개와 피난 도로 정비를 요청했고, 정무관은 에너지 정책상 중요 거점임에 따라 지원할 의사가 있음을 밝힘.

- 오마원전은 J-Power가 2008년 5월 착공한 후 후쿠시마원전 사고로 2011년 3월 공사를 중단함. 이후 신규제 기준 도입으로 2014년 건설 중인 상태에서 규제위에 안전 심사를 신청해 2030년 가동을 목표로 하고 있음.
 - 심사에서 적합성을 확인하고 있어, 현재 가능한 공사는 건설 중인 원자로 건물의 보수 관리와 테러대책설비 설치를 위한 토지 조성 작업에 한정됨.
- 3개 지역은 동일본대지진 이후 오마원전의 건설이 사실상 중단되어 지역 경제가 악화되고 있다며 실효성 있는 대책과 복합 재해 발생에 대비한 도로 정비의 중요성을 강조함.

■ 일본 각료회의에서 우리나라 핵심 광물 포함

경제산업성 重要鉱物に係る安定供給確保を図るための取組方針 2023.01.19., 朝日新聞 2023.10.12.,
資源エネルギー省 2023.10.13., 日本経済新聞 2024.01.30.

- 1월 30일 일본 정부는 러시아와 우크라이나 전쟁 장기화에 대응한 안정적인 우리나라 수급을 위해 핵심 광물에 우리나라를 포함하기로 각의(閣議: 국무회의에 해당) 결정함.
 - 경제산업성이 정한 기존 핵심 광물은 망간, 니켈, 크롬, 텅스텐, 몰리브덴, 코발트, 니오브, 탄탈, 안티몬, 리튬, 붕소, 티타늄, 바나듐, 스트론튬, 희토류 금속, 백금족, 베릴륨, 갈륨, 게르마늄, 셀레늄, 루비듐, 지르코늄, 인듐, 텔루륨, 세슘, 바륨, 하프늄, 레늄, 탈륨, 비스무트, 흑연, 불소, 마그네슘, 실리콘, 인임.

기타 단신

■ 필리핀 에너지부, 원자력 에너지 프로그램 조정 위원회 설립계획 발표

World Nuclear News 2022.03.03., Manila Standard 2024.02.04., Nucnet 2024.02.05., Philstar 2024.02.08.

- 2024년 1월 29일 필리핀 에너지부 Raphael Lotilla 장관은 2032년까지 자국 내 2,400MW의 원전 설비용량 확보를 목표로 에너지부 명령 DO2024-01-0001 (Department Order)을 발표하고 원자력 에너지 프로그램 조정 위원회(DOE- NEPCC)를 창설할 예정이라고 밝힘.
 - 이번 발표에 따라 새롭게 구성될 조정 위원회는 원자력 연구와 프로그램을 수행하고 원전의 설계와 운영에 관한 제안을 제시할 계획임.

- 2022년 2월 28일 필리핀은 원자력에너지 프로그램 위원회(NEP Inter-Agency Committee, NEP-IAC)의 권고에 따라 전원구성에 원자력 에너지를 포함하는 것을 목표로 결정한 바 있음.

■ 일본 기시다 총리, 원전 활용 방침 재차 강조

原子力産業新聞 2024.01.30.

- 기시다 총리는 1월 30일 시정 방침 연설에서 원자력발전에 대해 탈탄소와 안정적인 에너지 공급에 필요한 유용한 수단 중 하나이며, 안전을 최우선으로 삼아 계속 활용하겠다고 강조함.
- 또한, 후쿠시마 복구가 가장 중요한 과제로 일본 수산물 수입 금지 국가에 즉시 수입 철폐를 요구하고, 수입 금지 영향을 받은 수산물의 일본 내 수요 확대, 새로운 수출 판로 개척, 일본 내 가공 체제 강화를 추진하겠다고 밝힘.

■ 일본 도쿄전력, 후쿠시마원전 방사수 누출 원인 발표… 누출량 하향 수정

毎日新聞, 東京新聞, 福島TV 2024.02.15., 朝日新聞 2024.02.16.

- 2월 7일, 후쿠시마원전의 오염수 정화 설비에서 방사수가 누출됨. 이에 대해 15일 도쿄전력은 해당 시설을 수동 밸브가 열린 것을 확인하지 못한 채 설비 세척 작업을 한 것을 원인으로 밝힘.
- 해당 수동 밸브는 배기구와 연결되어 있어 세척 작업 시에는 오염수 누출 방지를 위해 닫혀야 하지만, 이를 미확인해 밸브가 개방되어 배관에 남아있던 오염수와 세정수(이하, 방사수)가 배기구를 통해 건물 밖으로 누출됨.
- 방사수는 배기구 바로 아래 토양에 누출되었고, 주변의 약 350배에 해당하는 7mSv/h의 방사선량이 측정됨. 도쿄전력은 해당 토양을 회수해 원전 부지 내에서 관리할 예정임.
- 또한, 도쿄전력은 문제 재발 방지를 위해 배기구에 오염수가 유입되어도 건물 내에 머물도록 구조를 변경하고 직원들의 각종 작업에 대한 가이드라인도 보완하겠다고 밝힘.
- 또한, 도쿄전력은 기존에 발표했던 방사수 누출량 5.5톤에는 다른 작업에 사용된 물 약 4톤이 포함되어 있어 1.5톤으로 누출량을 정정하고, 세슘137 등 방사성물질의 총량도 약 220억 Bq에서 약 66억 Bq로 정정함.

World Nuclear Power Market
INSIGHT



**세계원전시장
인사이드**