

세계원전시장 인사이드

World Nuclear Power Market INSIGHT



현안이슈

세계 원전 2021년 운영현황 보고서 주요내용 및 시사점

1. 들어가며
2. 2021년 원전 운영-건설-영구정지 현황
3. WNA 선정 2021년 주요 이슈: 중국의 SMR 건설, UAE Barakah 원전과 영국 Hinkley Point C 원전의 학습효과
4. 결론 및 시사점

주요단신

세계 16 • 제 10차 NPT(핵비확산조약) 평가회의 종료...러시아 반대로 결의안 무산

북미 17 • 미국 캘리포니아 의회, Diablo 원전 연장운전에 5년간 2조 원 지원 결정
• 미국 컬럼비아대 연구진, 자국 원전 수출 위한 정부지원 필요성 제시
• 미국 MMR 개발사 USNC, 현대 ENG와 조달 계약 및 다목적 고온로 개발 협력
• 미국 X-energy, Xe-100 기본설계 완료 발표
• 미국 에너지부, 원자력 추진선 및 부유식 원전 개발 추진
• 기타단신

유럽 23 • 헝가리 규제기관, 러시아 노형 적용하는 Paks 5-6호기 건설허가 발급
• 슬로바키아, 15년간 건설 중단된 Mochovce 3호기 시운전 승인
• 영국 정부, Sizewell C 원전 추진 위한 자금지원 발표 예정
• 핀란드 Fennovoima-Rosatom, Hanhikivi 원전 건설 취소 두고 손해배상 공방
• IAEA 전문가팀, 우크라이나 Zaporizhzhia 원전 안전 점검 시작
• 기타단신

아시아 32 • 한수원, 3조 원 규모 이집트 El-Dabaa 원전 2차추진 건설사업 수주
• 일본 기시다 총리, 원전 재가동 촉구 및 기술 개발 의지 시사
• 일본, 후쿠시마 사고 이후 최초로 원전 연료 집합체 생산 시설 운영 재개 임박
• 일본 원자력규제위원회, 방폐물 최종처분장 안전 확보 시의 최소 요건 결정
• 일본 간사이전력, 노후 원전 미하마 3호기의 상업 운전 수정 계획 발표
• 일본 원자력규제위, 무쓰시 중간저장시설에 건설저장시설 설치 인가
• 중국 화능그룹, Xiapu 원전에 신규 원자로 4기 증설 준비
• 연료부식 문제로 가동 중단된 중국 Taishan 1호기, 점검 마치고 재가동
• 대만 경제부, 가동중 원전 영구정지 일정 유지 발표
• 인도 최대발전공사 NTPC, 700MW PHWR 2기 건설 검토중
• 기타단신



세계원전시장 인사이트

World Nuclear Power Market **INSIGHT**

Biweekly 격주간 2022 09.02

※ 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	smllee11@keei.re.kr	052-714-2057

디자인·인쇄 효민디앤피 051-807-5100

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



세계 원전 2021년 운영현황 보고서 주요내용 및 시사점

에너지경제연구원 원전정책연구팀	조주현 연구위원	(joohyun@keei.re.kr)
	정진영 전문연구원	(jy_jeong@keei.re.kr)
	한지혜 전문원	(jhhan@keei.re.kr)

1. 들어가며

■ 최근 탄소중립 달성과 러시아-우크라이나 전쟁으로 인한 정세변화로 에너지 안보의 중요성이 부각되며, 원전에 대한 관심이 높아지고 있음.

- 2021년 10월 말 영국 Glasgow에서 열린 COP26에서 다수의 국가들이 탄소중립 달성 목표를 제시하며 기후변화 대응을 위한 공동 노력에 합의한 바 있음.
 - COP26 당사국들은 지구 온도 상승을 1.5℃ 이내로 제한하는 목표에 동의하고, 국제 탄소 시장 지침 완성(Market mechanisms)¹⁾, 글로벌 메탄 서약(Global Methan Pledge)²⁾, 투명성 보고서(The Enhanced Transparency Framework)³⁾ 제출 등에 협력하기로 함.
- 올해 2월 러시아-우크라이나 전쟁 발발로 러시아의 對 유럽 천연가스 공급이 축소 혹은 중단되면서 가스 가격이 급등함.
 - 8월 22일 기준 유럽 천연가스 가격(네덜란드 TTF 9월 선물 기준)은 1년 전(€26/MMBtu) 대비 10배 이상 상승한 €276.75/MMBtu를 기록하였고⁴⁾ 동월의 미국 천연가스 가격도 14년 만에 최고치(\$9,810/MMBtu)를 기록함.⁵⁾
 - 높은 에너지 가격으로 인해 에너지 안보에 대한 논의가 활발해지고 있으며, 원전을 영구 정지하기로 했던 벨기에는 원전 추가 운전을 승인하고, 독일의 경우 올해까지 운영 예정이었던 3기의 원전의 추가 운전에 대한 격렬한 논의가 진행 중임.

1) UNFCCC (2021) "COP 26 Outcomes: Market mechanisms and non-market approaches, Article 6"

2) 100개 이상의 국가들이 2030년까지 농·축·수산업 및 석유·가스 부문 등에서 발생하는 메탄의 배출량을 30% 줄이기로 약속함.

3) 모든 당사국이 2024년부터 격년 주기로 투명성 보고서를 작성해 제출하기로 함.
<https://unfccc.int/enhanced-transparency-framework>

4) 매일경제, "가스관 끊는다" 푸틴 협박에 비상...유럽 가스값 10배 폭등, 2022.08.23.,
<https://www.mk.co.kr/news/world/view/2022/08/745592/>

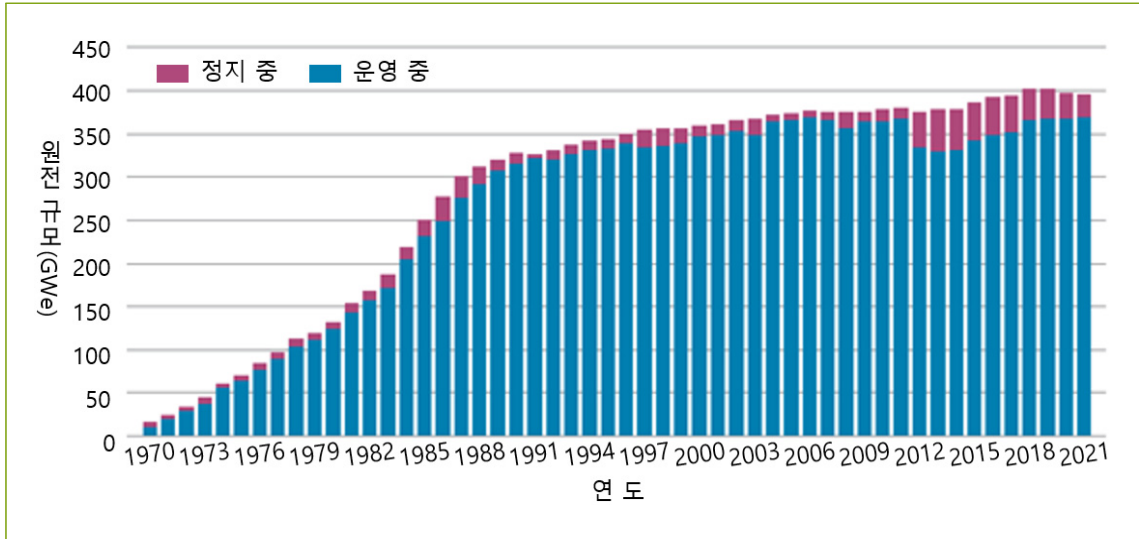
5) US Energy Information Administration, Natural Gas Data, <https://www.eia.gov/dnav/ng/hist/rngc4d.htm>

- 전 세계 원전 운영사업자들의 협력체인인 세계 원자력 협회(World Nuclear Association, WNA)에서는 매해 중반 World Nuclear Performance Report를 통해, 전 세계 원전의 운영 및 건설, 폐로에 대한 현황과 주요 이슈를 제시함.
 - WNA는 원자력에 대한 보다 폭넓은 이해를 증진하기 위해 정보와 공통의 산업계의 입장 개발, 에너지 관련 논평에 기여하는 것을 목적으로 설립되었으며, 한국수력원자력, 미국의 Exelon, 프랑스 EDF, 일본의 간사이전력을 포함한 전 세계 주요 원전 운영사들과 Urenco, TENEX 연료공급사들이 주요 회원사임.
- 본고는 올해 7월 말 발표된 World Nuclear Performance Report 2022에서 제시한 전 세계 원전 운영 주요 현황과 이슈를 요약·제시함.
 - 2장에서는 2021년 전 세계 원전 운영·건설·영구정지 현황을 제시하고,
 - 3장에서는 주요 이슈로 제시된 중국의 SMR 건설현황, UAE Barakah 원전의 건설 및 운영, 영국의 Hinkley Point C 원전 건설에서 얻을 수 있는 파급효과의 주요 내용을 정리함.
 - 4장에서는 WNA 사무총장의 평가 및 주요 시사점을 제시함.

2. 2021년 원전 운영·건설·영구정지 현황

- 2021년 말 기준 운영 가능한(Operable) 전 세계 원전 기수는 총 436기(396GWe)이며 전체 발전량은 2,653TWh를 달성함.
 - 전체 원전 중 가장 많이 건설된 곳은 아시아(144기, 33%)이며 유럽 서부 및 중부(119개, 27%), 북아메리카(113개, 26%) 순으로 많은 것으로 나타남.
 - 노형별로는 전체의 약 69%(302개)가 PWR이었으며, 이후 BWR(61개, 14%), PHWR(48개, 11%) 순으로 확인됨.
 - 운영 가능한 원전의 용량은 전년도 대비 1GWe 증가하여 역대 최고 규모를 달성하였지만, 운영 중(Operating)인 원전의 규모는 전년도 대비 1GWe가 감소한 370GWe를 기록함.
 - 약 26GWe의 원전은 재가동 승인의 지연 등의 이유로 정지해 있음.
 - 특히 운영 시작 후 10년 미만의 신규 원전의 규모는 1990년 기점으로 감소 추세였으나 2012년 이후 다시 증가하고 있음.

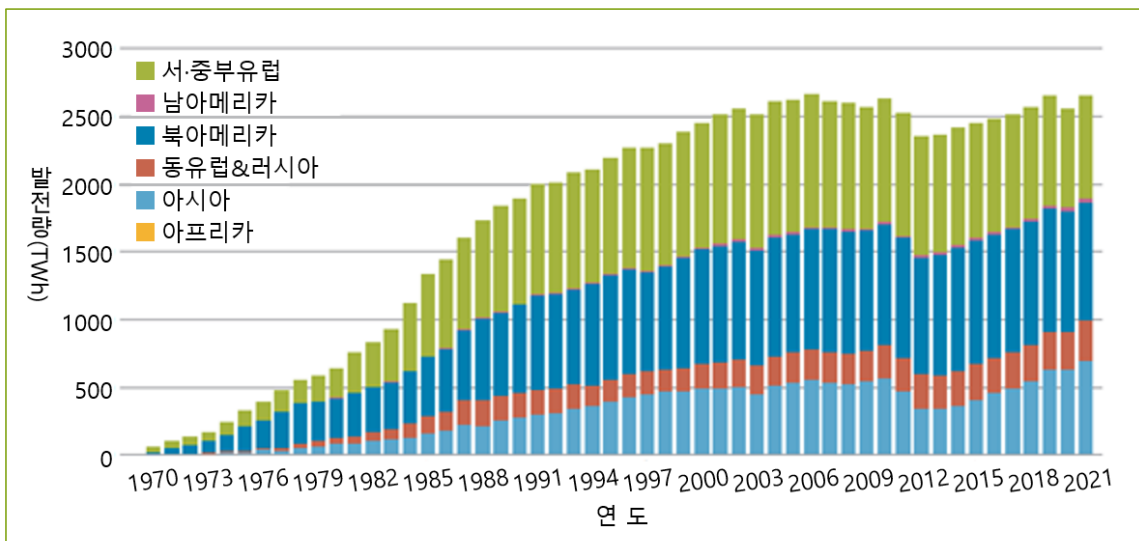
[그림 1] 운영 가능한 전세계 원전 규모 변화(1970~2021)



자료: WNA(2022)

- 2021년 전세계 원전 발전량은 전년도 대비 100TWh가 증가한 2,653TWh이며 2006년(2,660TWh), 2019년(2,657TWh) 이후 역대 3번째로 높은 수치를 기록함.
 - 대부분 지역에서 원전의 발전량은 전년도 대비 모두 증가하였지만, '21년 4월, 미국의 Indian point 3호기(1,030MWe, PWR)의 영구 정지로 북미의 원전 발전량은 전년도 대비 감소함.

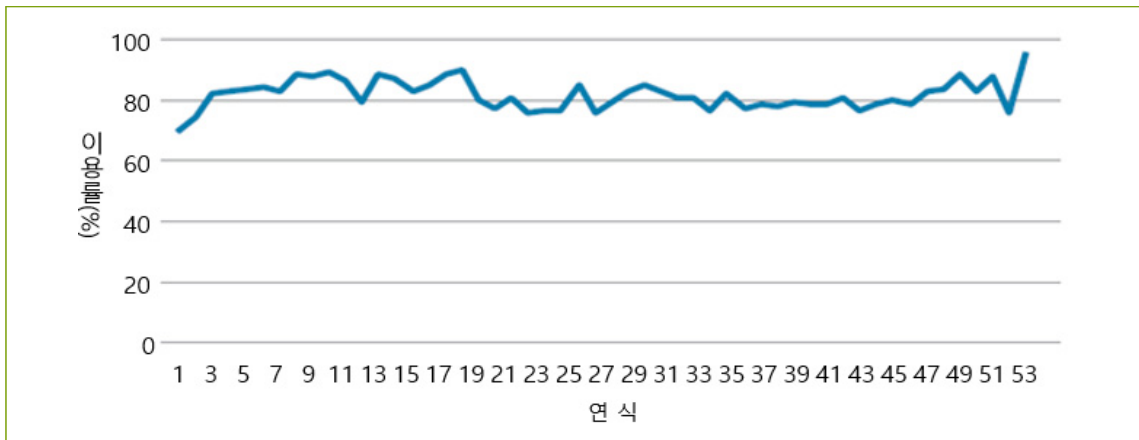
[그림 2] 지역별 원전 발전량 변화(1970~2021)



자료: WNA(2022)

- 2021년 전세계 원전 평균 이용률(Capacity factor)은 전년도 대비 2.1%p 증가한 82.4%로 1970년 이후 증가추세를 유지하고 있음.
 - 특히 2021년 90% 이상의 이용률을 기록하고 있는 원전은 1970년 대비 약 6배 정도로 증가하였으며, 전체 원전의 약 70%는 80% 이상의 이용률을 기록함.
 - 노형별로는 BWR의 이용률이 가장 높았으며, 이후 PHWR, PWR, LWGR⁶⁾, GCR⁷⁾, FNR⁸⁾ 순으로 높은 것으로 나타남.
 - ※ 대부분의 노형들은 최근 5개년('16~'20)의 이용률과 비슷한 수준을 유지하였으나 FNR과 GCR의 이용률은 감소함.
 - 지역별 원전 이용률은 북미, 아시아, 동유럽&러시아 순으로 높은 것으로 나타났으며, 대부분의 지역이 최근 5개년 이용률과의 큰 차이는 없는 것으로 확인됨.
 - 원전의 경우 발전기의 연식과 이용률과의 상관관계가 명확하게 나타나지 않았으며, 30년 이상의 장기 운영 중인 원전의 이용률도 약 80%의 이용률을 유지하고 있음.
 - ※ 특히 50년이 넘어가는 원전의 평균 이용률도 80% 이상의 높은 이용률을 기록함.

[그림 3] 2021년도 기준 연식별 원전 이용률 변화



자료: WNA(2022)

■ 타 지역 대비 아시아, 특히 중국에서 원전 건설과 계통연결이 활발하게 진행중임.

- 2021년 4개국(튀르키예, 중국, 러시아, 인도)에서 10기의 원전(8,836MWe)이 신규로 건설을 시작하였으며, 전체 건설되는 신규 원전의 60%(6기)가 중국에서 건설중임.

6) 흑연냉각경수로(Light Water Graphite Reactor, LWGR)

7) 기체냉각원자로(Gas Cooled Reactor, GCR)

8) 고속중성자로(Fast Neutron Reactor, FNR)

〈표 1〉 2021년도 기준 착공 원전 현황

이름	위치	모델	정격용량(MWe)	착공일
Akkuyu 3	튀르키예	VVER V-509	1,114	2021.03.10
Changjiang 3	중국	HPR 1000	1,000	2021.03.31
Tianwan 7	중국	VVER V-491	1,171	2021.05.19
BREST-OD-300	러시아	BREST-OD-3000	300	2021.06.08
Kudankulam 5	인도	VVER V-412	917	2021.06.29
Linglong 1	중국	ACP100	100	2021.07.13
Xudabu 3	중국	VVER V-491	1,200	2021.07.28
Kudankulam 6	인도	VVER V-412	917	2021.12.20
Changjiang 4	중국	HPR 1000	1,000	2021.12.28
Sanaocun 2	중국	HPR 1000	1,117	2021.12.30

자료: WNA(2022), IAEA PRIS

- 2021년 기준 건설 중 원전은 총 51기이며, 전체 69%인 35기가 아시아에 건설 중이며, 노형별로는 대부분 PWR(43기, 전체의 84%) 방식으로 지어지고 있는 것으로 확인됨.
 - 아시아 다음으로 동유럽&러시아(7기), 서&중부 유럽(5기), 북미와 남미(각각 2기) 순임.
 - PWR 다음으로 PHWR과 FBR⁹⁾이 각각 3기, BWR 2기임.
- 2021년, 계통에 병입된 원전은 총 6기(모두 아시아)였으며, 건설부터 계통연결까지 평균적으로 약 88개월(7년 4개월)이 걸린 것으로 나타남.
 - 인도의 Kakrapar 3호기의 경우, 건설부터 계통연결까지 총 122개월(10년 2개월)이 걸려 계통 병입된 원전 중 가장 오래 걸렸으며, 중국의 Tianwan 6호기는 67개월(5년 7개월) 만에 계통에 연결됨.

〈표 2〉 2021년도 기준 계통 연결된 원전 현황

이름	위치	모델	정격용량 (MWe)	착공일(A)	최초 계통 연결일(B)	기간(B-A)
Kakrapar 3	인도	PHWR 700	630	2010.11.22	2021.01.10	122개월
Kanupp 2	파키스탄	ACP 1000	1,014	2015.08.20	2021.03.18	67개월
Tianwan 6	중국	CNP 1000	1,060	2016.09.07	2021.05.11	56개월
Hongyanhe 5	중국	ACPR 1000	1,061	2015.03.29	2021.06.25	75개월
Barakah 2	UAE	APR 1400	1,345	2013.04.15	2021.09.14	101개월
Shidaobay 1	중국	HTR-PM	200	2012.12.09	2021.12.14	108개월

자료: WNA(2022), IAEA PRIS

9) 고속증식로(Fast Breeder Reactor, FBR)

■ 정치적인 이유 등으로 독일, 대만 등지에서 총 10기의 원전(8,668MWe)이 2021년 영구정지 되었으며, 이는 동년도 건설 중인 원전의 규모보다 소폭 작음.

- 국가별로는 독일(3기, 4,058MWe), 영국(3기, 1,580MWe), 미국(1기, 1,030MWe), 대만(1기, 985MWe), 러시아(1기, 925MWe), 파키스탄(1기, 90MWe)에서 원전 영구정지가 진행됨.
- 영구정지된 원전의 평균 가동년수는 약 41년(491개월)로 나타났으며, 최소 423개월부터 최대 597개월까지 원전이 운영된 것으로 확인됨.

〈표 3〉 2021년도 기준 영구정지 원전 현황

이름	위치	모델	정격용량 (MWe)	최초 계통 연결일(A)	영구 정지일(B)	기간(B-A)
Indian Point 3	미국	WH 4LP	1,030	1976.04.25	2021.04.28	540개월
Dungeness B1	영국	AGR	545	1983.04.03	2021.06.07	458개월
Dungeness B2	영국	AGR	545	1985.12.29	2021.06.07	425개월
Kanupp 1	파키스탄	CANDU 137MW	90	1971.10.18	2021.08.01	597개월
Hunterston B1	영국	AGR	490	1976.02.06	2021.11.26	550개월
Kursk 1	러시아	RBMK 1000	925	1976.12.19	2021.12.19	540개월
Kuosheng 1	대만	BWR 6	985	1981.05.21	2021.12.28	487개월
Brokdorf	독일	PWR	1,410	1986.10.14	2021.12.31	423개월
Grohnde	독일	PWR	1,360	1984.09.05	2021.12.31	448개월
Gundremmingen C	독일	BWR 72	1,288	1984.11.02	2021.12.31	446개월

자료: WNA(2022), IAEA PRIS

3. WNA 선정 2021년 주요 이슈: 중국의 SMR 건설, UAE Barakah 원전과 영국 Hinkley Point C 원전의 학습효과

■ 중국에 건설 중인 고온가스냉각로 실증로 및 경수형 SMR 건설사업, 한국이 UAE에 건설한 Barakah 원전의 성공적인 초기 운영, 영국에 건설 중인 Hinkley Point C 원전의 현황 및 시사점에 대해 현지 담당자들과의 인터뷰를 진행하고 주요 시사점을 제시함.

1) 중국의 고온가스냉각로 실증로(HTR-PM) 건설 현황

■ 중국 산둥성 Shidaowan 부지에 고온가스냉각로 HTR-PM(High Temperature Gas Cooled Reactor-Pebble-bed Module) 실증로가 건설 중임. 2012년 12월 착공하여 약 10년간 건설 및 시운전 작업을 거친 후, 2021년 9월, 11월에 최초 임계 달성, 12월 20일 전력망에 연결 되었으며, 2021년 말 최초로 가동됨.

- 실증로는 250MWt 규모의 페블베드(Pebble-bed) 원자로 2기와 210MW 규모의 증기터빈 1기로 구성되며, 냉각재로 헬륨을, 감속재로는 흑연을 사용함.
- 중국은 HTR-PM의 고유의 안전특성으로 비상조치 없이도 핵연료 온도가 설계온도를 초과하지 않는다고 설명함.
 - 냉각재 상실과 능동 냉각(Active cooling) 사고 가정 시, HTR-PM은 출력 밀도가 낮고 기하학적 구조를 갖추고 있어 노심용융 사고 가능성이 없으며, 또한 핵연료 온도가 1,600℃를 초과할 수 없어, 노심용융이나 방사능 방출 사고가 원천적으로 발생할 수 없다고 밝힘.

■ 설계 및 운전 책임자인 Huaneng Company의 Lü Hua Quan은 건설·시운전 작업에서의 교훈과 향후 과제, 해당 노형의 응용 분야, 제3국 수출을 위한 과제에 대해 언급함.

- HTR-PM은 공기지연 및 비용 상승을 경험했으며, 이를 바탕으로 상용로인 HTR-600에 설계 변경을 통한 최적화가 적용될 예정임.
 - 일차계통(Nuclear island) 부품 문제로 공기 지연 및 비용 상승이 발생하였으며, 시운전 중 핵연료 처리 시스템 가동 문제 또한 추가 지연을 초래함.
 - 따라서, 실증로를 통해 축적된 경험을 토대로 비용 절감과 계통 단순화를 위한 다수 원전의 보조 계통 공유, 공기 단축을 위한 모듈식 설계 및 건설 방법 채택, 고온가스로의 고유 안전성에 따라 계통 및 부품 안전성 구분의 최적화 및 부지 적응성 개선을 위한 비상 계획구역(Emergency planning zone)· 계획제한구역(Planning restricted zone) 조정에 필요한 기술 지원을 적용할 계획임.
 - 이를 통해 향후 건설 프로젝트 추진 시 부품 설계 최적화와 비용 절감을 달성할 수 있을 것으로 기대됨.
- 또한 HTR은 기존에 중국에 위치한 노형 중에서 고온의 공정열을 제공할 수 있는 유일한 노형으로 중국 대형 원전의 백업 전원으로 활용이 가능할 것으로 전망함.
 - HTR은 연구·개발을 통해 향후 고품질 고온 공정열 제공, 지역 난방, 화학 산업, 석탄 가스화·액화, 해수 담수화, 야금(Metallurgy), 합성연료·석유화학제품·수소 생산 등 여러 분야에서 활용될 수 있을 것으로 전망함.
- 마지막으로 고온로의 제3국 수출을 위해서는 첨단 고온 소재, 규제 체계, 신규 핵연료의 안전보장조치, 폐기물의 안전한 관리, 경제성 확보 등의 선결문제를 제시함.

2) 중국의 SMR ACP100 건설 현황

■ 하이난성 Changjiang에서 건설 중인 ACP100은 3세대 가압경수형 SMR(열출력 385MWt, 전기출력 126MWe)이며, 2021년 7월 13일에 착공되어 건설 중이며 건설에 총 58개월이 소요될 것으로 예상함.

- 하이난성은 중국 남해안에 위치한 섬이며, 현재 Changjiang 원전에는 CNP-600(650MW, PWR) 2기가 가동 중이며, Hualong One(1,100MW, PWR)2기가 건설 중임.
- 해당 노형은 일체형 원자로 설계, 모듈식 설계·제작, 원자로 냉각펌프가 압력용기노즐에 장착된 일체형 증기발생기가 특징이며, 이로 인해 원자로냉각재상실사고(LOCA) 방지 가능성이 있다고 중국 측은 주장함.
- 2010년 중국 원전운영사 중 하나인 CNNC는 2010년 ACP100 연구·개발을 시작했으며, 2016년 4월 22일 ACP100은 IAEA의 일반 원자로 안전성 검토(IAEA Generic Reactor Safety Review) 절차를 통과함.
 - ACP100 프로젝트는 중국 CNNC 자회사 중국핵전(China National Nuclear Power, CNNP)이 원전 소유·운전을, 중국핵동력연구설계원(Nuclear Power Institute of China, NPIC)이 원자로 설계를, 중국 원자력기술공사(China Nuclear Power Engineering Group)가 건설을 담당하며 서로 협력 중임.

■ ACP100 건설현장 담당자인 CNNC Hainan Nuclear Power Company의 Qu Yong은 하이난성이 ACP100의 여러 특징을 고려할 때 적합한 위치이며, 기존 원전 공급망이 SMR에 대체로 적용 가능하나 몇몇 부분에서의 난관을 언급함.

- 하이난 자유무역항 건설 투자 프로젝트의 일환으로서 ACP100의 건설은 하이난성의 녹색 개발을 위한 토대를 마련하고省的 청정에너지 개발 목표 달성에 적합하다고 제시함.
 - ACP100 노형은 발전·해수 담수화·지역 난방(또는 냉방)·공정열 공급으로 활용될 수 있으며, 중소형 규모의 전력망, 산업단지, 섬을 포함한 다양한 장소에서 에너지 소비가 많은 기업의 전용 전원으로도 적합하다고 밝힘.
 - 또한 Changjiang 원전 부지에서 현재 CNP-600 2기가 가동 중이고, 추가 2기가 증설되고 있어 관련 기업들은 원전 건설·관리·운영 경험을 축적하고 있음. 동일 부지에서 진행 중인 ACP100 실증 프로젝트는 가용 자원을 최대한 활용하여 경제성이 향상될 수 있을 것으로 전망함.

- 기존 대형원전 부품 공급과 비교해 모듈형 부품 공급은 세부 설계, 사전 주문, 공장 사전 제작, 대형 모듈 운송, 리프팅, 설치가 중심이며, 이 과정 중 일부 대형 모듈은 이송 및 인양(Hoisting) 측면에서 어려운 부분이 존재할 수 있다고 밝힘.
 - 그러나 원전 소외 및 소내에서 병렬 작업이 진행될 수 있어 부지에서의 건설 시간이 단축될 수 있는 장점을 소개함.
 - 부품 제작 작업의 상당 부분은 생산 공장에서 진행되기 때문에, 기존 대형 원전의 대부분의 작업이 외부에서 진행되는 것과 비교해 작업시설의 온도, 습도, 청결도를 쉽게 조절할 수 있고, 부지에서 발생할 수 있는 태풍, 폭풍우, 비산먼지 등을 피할 수 있다고 설명함.
 - 또한 일반적으로 ACP100 공급망은 기존의 국내외 모듈형 부품 공급을 토대로 하고 있으며, 모듈 품질은 개선되고 있으며 모듈 제조 비용도 절감되고 있다고 밝힘.

3) UAE Barakah 원전 최초 호기 인허가·운영으로 인한 학습효과

■ 한국의 ARP1400노형을 채택한 Barakah 원전은 현재 1·2호기가 각각 2021년 4월 6일, 2022년 3월 23일에 상업운전을 개시하였으며 3호기는 2021년 8월 완공되었으며 4호기의 경우 건설 마무리 단계에 있음.

- 1호기는 2020년 2월 UAE 원자력규제기관(Federal Authority for Nuclear Regulation, FANR)으로부터 운영허가 취득, 2020년 7월 시운전 착수 이후, 2021년 4월 1일 상업운전을 시작함. 또한, 2호기는 2021년 3월 운영허가 취득, 2021년 8월 시운전 시행, 2022년 3월 말에 상업운전을 개시함.
 - 1호기 가동 후 12개월도 채 지나지 않은 시점에서 2호기가 가동된 것은 UAE의 원자력 지식과 경험이 빠르게 축적되었음을 시사한다고 WNA는 평가함.
 - 또한 바카라 원전 운영사인 Nawah Energy Company는 1호기의 첫 번째 계획예방정비를 마쳤으며, 자격을 갖춘 운전원 배출을 위해 후속 운전원 그룹의 훈련과 자격부여에 집중하고 있음.
- UAE 원자력공사(Emirates Nuclear Energy Corporation, ENEC)와 Nawah Energy Company는 기존 경험을 토대로 3·4호기 가동 준비에 집중하고 있음.
 - 3호기는 2022년 6월 운영허가를 취득하고 연료 장전이 완료된 상태임.
- UAE가 2023년에 유엔 국제기후변화회의인 COP28 개최를 앞두고 있어, ENEC는 Barakah 원전의 안전 가동을 비롯해, 청정 수소, SMR 등 연구·개발에 집중해 탈탄소화 추진 및 기후 변화 대응에 주력할 예정임.

■ Nawah Energy Company의 CEO인 Ali Al Hammadi는 최초 호기인 Barakah 1호기의 만족스러운 운영 실적과 1호기의 경험이 후속 호기에 미친 긍정적인 영향에 대해 설명함.

- Barakah 1호기는 2021년 4월 상업운전을 개시한 후 12개월 지나 첫 계획예방정비로 가동을 정지할 때까지 약 10.5TWh의 전력을 생산해 우수한 실적을 보였으며, 이는 원전 신생국의 최초 호기 FOAK(First-Of-A-Kind)에 대한 기대와 부합한다고 밝힘.
 - UAE 및 국제 전문가팀이 UAE 규정에 따라 Barakah 원전을 가동하면서 동시에 높은 수준의 국제 표준과의 부합을 추진하자, 1호기에 대한 유익한 학습 곡선(Learning curve)을 바탕으로 숙련도가 증가했다고 밝힘.
 - 2022년 3월 상업운전을 시작한 2호기는 98%에 가까운 이용률을 보이고 있음.
- 최초 호기의 성과는 후속 원자로의 기준이 되기 때문에 어려울 수 있으며, 운영허가 발급에 필요한 규제기관의 높은 기준을 충족하기 위해서는 꾸준한 노력이 필요하고 이러한 효과를 2호기에 경험했다고 밝힘.
 - 1년 주기로 원자로 4기를 착공하면, 1년 간격으로 각 원자로 가동이 가능해 1호기에서 축적한 경험을 후속 원자로에 적용할 수 있음.
 - 1호기는 최초 임계 달성에서 상업운전까지 35주가 소요됐지만 2호기의 경우 30주로 단축됨. 이 과정에서 안전이나 품질을 소홀히 하지 않았고, 국가 규정 및 국제 표준에 따라 절차를 완료했으며, 1호기에서 축적한 전문 지식을 바탕으로 효율성을 높였음.
- 한 부지에 운영 중인 원전과 건설 중인 원전이 공존하는 경우 인력배치와 관련계획의 중요성을 시사함.
 - Barakah 원전은 시작부터 일부 원전은 가동하면서, 나머지 원전의 건설을 계획하였음. 실제로 2022년 3월 23일 2호기가 상업운전에 들어가고, 몇 주 후 1호기는 첫 번째 예방정비 및 연료재장전에 착수하였고 동시에 3호기의 가동 준비 작업을 진행하고 있음.
 - 이와 같이 여러 프로젝트를 관리하는 핵심은 자격을 갖춘 적절한 인재를 적절한 위치에 배치하고 사전 계획 수립에 있다고 Hammadi CEO는 밝힘.

4) 영국 Hinkley Point C 원전 초기 호기 건설 학습효과

■ 현재 영국 잉글랜드 남서부 Somerset 지역에서 프랑스의 Framatome사가 설계한 1.6GW의 EPR노형 2기를 채택한 Hinkley Point C 원전(HPC)이 2016년 9월부터 건설 중임.

- HPC 원전은 1호기 건설 작업을 토대로 2호기 건설 작업 효율이 증가하였으며, 또한 HPC 원전과 동일한 원자로(EPR)를 사용하는 Sizewell C 신규 원전 건설은 동일 노형 건설 학습효과에 따른 비용 절감이 가능할 것으로 보고서는 전망함.

- HPC 원전은 2016년 9월 착공, 2019년 6월 1호기, 2020년 6월 2호기의 바닥 구조물 구축 작업이 완공됨. 현재 약 8,000명의 근로자들이 부지에서 작업 중이며, 영국 전역 22,000명 이상의 근로자들이 관련 공급망 기업에 종사 중임.

■ HPC 건설현장 Delivery Director인 Nigel Cann은 코로나19로 인한 공기지연과, 1호기 건설 경험 및 타 현장에서의 EPR 건설경험이 2호기의 신속한 진행에 대한 긍정적인 영향에 대해 언급함.

- 우선 코로나19로 2년 정도 건설 작업에 차질이 발생하였고, 이로 인해 시운전 일정도 지연되었다고 밝힘.
 - 코로나19 발생 직후, 근로자들과 지역사회 안전을 유지하면서 부지 작업을 진행할 방법을 모색했지만, 부지에서 동시에 작업할 수 있는 작업자 수는 제한되었음. 이로 인해 작업 인원은 약 1,500명으로 감소하였고 공급업체는 다수가 생산활동에 차질을 빚었거나 임시로 생산활동을 중단한 바 있음.
- 또한, 코로나19 상황에서도 HPC 1호기 건설 경험이 2호기 건설공기 단축에 도움이 된 사례가 있으며, 이에 따라 1·2호기의 완공시점 차이를 1년으로 유지하는 것을 목표로 하고 있다고 밝힘.
 - 실제로 코로나19 동안, 인력과 자원 가용성이 제한된 상황에서 의도적으로 가용 자원을 HPC 2호기에서 1호기로 이전하였지만, HPC 2호기 ‘J-Zero’(기초 지반 구축) 작업과 두 번째 라이너 링(Liner ring) 설치를 1호기에 동일한 작업을 시행한 지 불과 12개월 만에 완료한 것은 주요 성과라고 볼 수 있음.
 - 따라서 1·2호기의 최적의 작업 간격을 약 12개월로 판단해 해당 기간 유지를 목표로 하고 있음.
- 마지막으로, HPC 원전 건설에 앞서 동일한 ERP노형을 적용한 3개의 건설 프로젝트로부터의 경험을 활용하고 있으며, 앞으로 건설될 Sizewell C에서도 HPC의 건설 경험이 도움이 될 것으로 기대함.
 - HPC 원전측은 이미 3개의 EPR 프로젝트에서 건설, 시운전, 가동을 통해 여러 경험을 학습하였고, 이를 HPC 프로젝트를 진행중인 EDF와 CGN의 직접적인 건설에 적용하고 있음.
 - 또한, HPC 건설에서 습득된 경험은 향후 건설될 Sizewell C 원전 건설 시 세부 실행 방안을 제공해 순조로운 건설이 진행되는 데에 기여할 수 있을 것으로 전망됨. 즉, 반복 건설(Replication)은 건설 경험의 이점을 극대화하여 가능한 한 설계변경을 최소화 할 수 있을 것으로 기대됨.

4. 결론 및 시사점

- Sama Bilbaoy León WNA 사무총장은 코로나19 이후 경기회복세로 인해 전력수요가 증가하고 있는 가운데, 단기적으로는 러시아-우크라이나 전쟁으로 인한 에너지 공급 위기와 장기적인 기후변화 대응에 원전을 활용하여 탄소중립과 에너지 안보강화에 기여할 수 있다고 밝힘.
 - 2021년 전세계 원전은 코로나19에 따른 경제 침체에서 회복되어 2020년과 비교해 100TWh 전력을 추가로 공급했지만, 러시아의 우크라이나 침공은 전 세계 에너지 공급에 상당한 영향을 미쳐 화석 연료 공급망 취약과 가스·전력 가격 급등 사태를 초래함.
 - 각국은 탈탄소화, 에너지 자립도 제고, 신뢰성, 공급 안전성 확보의 필요성을 인식해, 지난 6개월간 화석 연료와 특히 가스 수입 의존도 감축에 관한 정부의 정책 발표가 잇따랐음.
 - León 사무총장은 기존 원전으로 에너지 안보와 기후 변화 완화에 실질적인 기여가 가능할 것으로 전망하며, 전 세계적으로 다수 국가들이 달성하고자 하는 탄소중립 경제시스템 구축을 위해서는 원자력의 활용을 확대하는 에너지 시스템으로의 전환 필요성을 제시함.
 - 원자력은 저탄소 전력 및 열 생산이 가능한 전원으로 세계 경제의 탈탄소화를 위한 혁신(Game Changer)이 될 수 있을 것으로 전망함.
 - 또한 향후 신규 원전 건설의 속도와 규모가 전 세계적으로 가속화될 경우를 대비해 전 세계 원자력 산업이 이에 대응할 수 있는 인적·물리적·상업적·제도적 인프라 구축의 필요성을 제시함.
- 해당 보고서는 2021년 세계 원전의 주요 현황과 이슈를 제시하고, 사업자의 관점이라는 한계는 있으나 원전이 기후변화 대응과 에너지 안보 제고를 위해 활용될 수 있는 수단이라는 점을 제시했다고 볼 수 있음.
 - 또한 사례분석을 통해 SMR의 다양한 목적으로의 활용전망과 최초 호기의 건설 및 운영에서의 학습을 통한 후행호기의 효율적인 건설진행 및 운영에 기여하고 있다는 시사점을 제시함.
 - Barakah 원전과 HPC 원전 사례에서 공통적으로 최초 호기에서의 건설 및 운영으로 인한 반복적인 학습을 통한 기간 단축, 규제준수에서의 시행오차 감소 등의 효과를 제시했으며, 이는 신규건설을 추진하고 있는 우리나라에도 시사점을 제시한다고 볼 수 있음.
 - UAE Barakah 원전과, 국내의 신고리 5·6호기 건설을 통해 축적된 on-time, on-budget 역량이 신한울 3·4호기와 향후 우리가 수주할 해외 원전에도 적용될 수 있도록 지원하는 다양한 인적·물적 지원방안이 필요할 것으로 보임.

- 마지막으로, SMR의 경우 중국의 다목적 고온가스냉각로와 같이 발전 외 수소와 열 등 다양한 분야로 활용이 가능하며, 또한 기존의 전력망에 연결하지 않고 분산형 에너지원으로 활용될 수 있는 점을 시사한다고 볼 수 있음.

참고문헌



- IAEA Power Reactor Information System(PRIS), pris.iaea.org
- Un Global Compact, <http://unglobalcompact.kr/environment-2/?mod=document&uid=2132>
- US Energy Information Administration(EIA), <https://www.eia.gov/dnav/ng/hist/rngc4d.html>
- World Nuclear Association(2022) “World Nuclear Status Report 2021”

주요단신

세계 world



세계

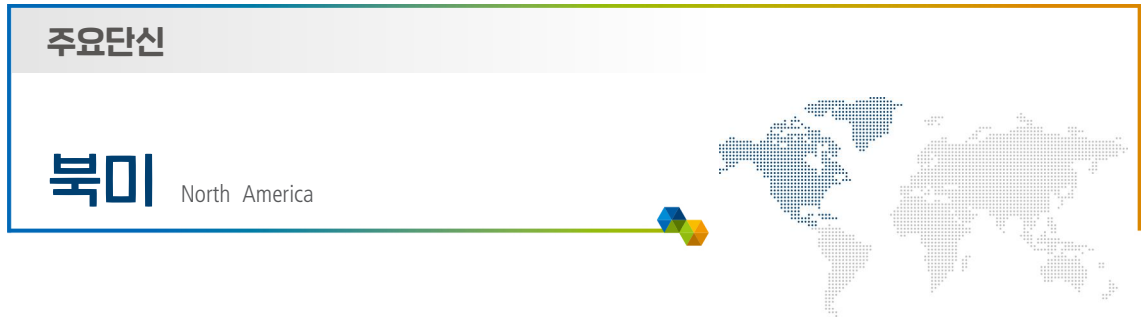
주요단신

◎ 제 10차 NPT(핵비확산조약) 평가회의 종료...러시아 반대로 결의안 무산

Arms Control Association 2022.08.25., VOA 2022.08.30., World Nuclear News 2022.08.31.

■ 8월 1일~26일 뉴욕 유엔본부에서 개최된 제10차 핵비확산조약(Nuclear Nonproliferation Treaty, NPT) 평가회의에서 러시아의 반대로 최종 결과문 채택이 불발됨.

- NPT는 1970년 일차 발효, 1995년 영구 발효된 협정으로 ① 핵군축 ② 핵비확산 ③ 원자력의 평화적 이용 의제를 중심으로 5년마다 평가회의가 개최됨.
 - 5개의 핵보유국(중국, 프랑스, 러시아, 영국, 미국)을 포함해 총 191개국이 NPT에 가입함.
- 이번 NPT 평가회의에서 조약 당사국들은 러시아의 Zaporizhzhia 원전 점령으로 발생할 수 있는 방사능 누출 가능성을 우려하며, 안전을 위해 해당 원전의 통제권을 우크라이나에 반환 또는 해당 원전을 비무장 지대로 설정하도록 러시아에 촉구했으나, 러시아는 해당 요구사항의 수용을 거부함.
 - Andrey Belousov 러시아 제1부총리는 이번 평가회의를 러시아에 보복하기 위한 기회로 삼는 참가국들이 벌인 정치적 인질극으로 표현했으며, Vassily Nebenzia 유엔 주재 러시아 대사는 러시아군이 철수할 경우 Zaporizhzhia 원전이 무방비 상태로 방치되어, 우크라이나와 민족주의 단체가 도발을 위해 해당 시설을 이용할 가능성이 있다고 경고함.
- Gustavo Zlauvinen NPT 평가회의 의장은 러시아가 우크라이나 Zaporizhzhia 원전 점령에 대한 결의사안을 반대해, 만장일치의 합의에 도달하지 못한 점은 실망스러우나 NPT 검토 체계 강화를 위한 워킹그룹 설립을 합의한 점에서 성과를 거두었다고 밝힘.
 - NPT 평가회의는 최종 결과문 채택은 191개 당사국들의 승인이 필요함.
- Josep Borrell EU 외교·안보정책 고위대표는 최종 결과문 채택 불발에 유감을 표하며, 현재의 러시아-우크라이나 전쟁에 따른 지정학적 긴장 상황에서 핵군축, 핵비확산, 군비 통제 분야에서 새로운 노력을 추구해야 한다고 강조함.



◎ 미국 캘리포니아 의회, Diablo 원전 연장운전에 5년간 2조 원 지원 결정

세계원전시장인사이트 2022.08.05., San Diego Union Tribune 2022.08.29., Utility Dive 2022.08.31.,
CNBC/California Globe 2022.09.01., California Legislative Information-Bill Info 최종 검색일 2022.09.02.

- 9월 1일 새벽 캘리포니아 주 하원은 Diablo Canyon 원전(총 2,256MW, PWR 2기) 계속운전 지원을 위한 법안(SB 846)을 찬성 69, 반대 3, 기권 8로 통과시킴. 이에 따라 총 14억 달러(약 1.9조 원)¹⁾의 주 정부 대출금이 원전 운영사 PG&E에 제공되며, Diablo 1·2호기 계속운전 종료 시점에서 5년 후까지 연장 운영됨.
 - SB 846은 올해 초 1월 13일 미국 캘리포니아 주 Bill Dodd 상원 의원과 Jordan Cunningham 상원 의원이 발의하여 회기 종료일인 8월 31일 찬성 31, 반대 1, 기권 8로 상원을 통과함.
 - 하원까지 통과한 현재 법안 실행까지 주지사 서명만을 앞두고 있으며, Newsom 주지사는 기존에 Diablo 원전의 계속 운전을 지지한 바 있음.
 - SB 846을 반대하는 의원들은 Diablo 원전의 5년 연장 운영으로 전력 요금이 상승할 수 있고, 조기 폐쇄 원전을 지원하는 미국 상업원전지원책(CNC Program)의 기한(9월 6일)이 얼마 남지 않아 졸속 통과가 될 것이라는 점을 지적했으나, 캘리포니아 주의 2045년 탄소 중립 달성과 현재 Diablo 원전의 기여도(전원 믹스 중 9%)를 고려하여 찬성한 것으로 알려짐.
- SB 846은 기존 발의된 내용에 양원 간 의견 수렴 과정에서 제기된 반대측과 환경 단체, 소비자 단체의 우려를 반영하였음.
 - 첫째, Diablo 1·2호기 계속운전 허가 만료일에서 추가 5년 운영하여 1호기의 경우 2029년 10월 31일까지, 2호기의 경우 2030년 10월 31일까지 가동해야 함.

1) 2022년 9월 2일 환율 기준

- 둘째, Diablo 원전 운영사 PG&E에게 14억 달러 규모의 조건부 상환 유예 대출 지원 (Forgivable loan)을 제공하되 CNC Program으로 지원금을 회수할 수 있도록 의무화함.
- 마지막으로, CNC Program에서 Diablo 원전이 선정되지 않을시 해당 지원금을 전액 회수하고 추가 지원 조치를 중단하기로 결정함.

◎ 미국 컬럼비아대 연구진, 자국 원전 수출 위한 정부지원 필요성 제시

Comparing Government Financing of Reactor Exports: Considerations for US Policy Makers 2022.08.25.

■ 미국 컬럼비아 대학교 외교정책 대학원 글로벌 에너지 정책 센터²⁾는 원전 수출 정부 지원 비교 보고서(Comparing Government Financing of Reactor Exports: Considerations for US Policy Makers)³⁾를 통해 탄소중립 달성에서 원자력의 기여도와 원전의 대규모 자본 집약적 투자 특성을 고려해 미국 국가 차원의 자국 원전 수출 지원이 필요하다고 강조함.

- 보고서는 미국을 포함한 러시아, 중국, 프랑스, 한국의 2000년부터 2021년까지의 원전 지원책을 비교하고 원전 건설 현황, 원전 수출 측면에서 미국의 맹점, 권고안을 제시함.
- 원전 건설 현황에서 러시아의 국가 주도 지원을 바탕으로 한 신규 원전 수출 약진을 언급하며, 해당 기간 러시아는 6개국에서 11기의 원전을 건설하였고 특히 2022년 신규 건설 원전 중 13기가 러시아 수출 원전이라는 사실을 제시함.
- 그러나 비교 대상국 대비 미국은 국가 차원의 수출 지원이 수십년 간 전무한 상황이라며 미국 수출입은행(US Export-Import Bank, EXIM)과 미국 국제개발금융공사(International Development Financing Corporation, DFC)를 활용할 필요가 있다고 주장함.
- 보고서는 3가지 정책 권고안을 제시하였음.
 - 첫째, 백악관 국가안전보장회의(White House National Security Council) 차원에서 EXIM, DFC 등을 비롯한 원전 관련 기관과 협력하여 수출국의 신규 원전 도입 과정에서 미국 정부의 재정 지원이 충분히 이뤄질 수 있도록 검토해야 함.
 - 둘째, 러시아와 중국에 대한 EXIM 대응력 강화를 위해 의회의 적극적인 지원이 필요하고 또한 재생에너지·기타 저탄소 발전원 등에도 활용될 수 있도록 의회가 EXIM의 지원범위를 법적으로 넓힐 필요가 있음.

2) Center on Global Energy Policy-Columbia University School of International and Public Affairs

3) Matt Bowen & Alec Apostoaei(2022) *Comparing Government Financing of Reactor Exports: Considerations for US Policy Makers*

- 셋째, 미국의 우호국이나 동맹국에서 신규 원전 수출 가능성이 높다는 점을 감안하여, 미국 행정부는 러시아와 중국 견제를 위해 동맹국과의 협력을 공고히 하는 방안을 모색해야 함.

◎ 미국 MMR 개발사 USNC, 현대 ENG와 조달 계약 및 다목적 고온로 개발 협력

Business Korea/EinNews/Nuclear Newswire 2022.08.29.,
SMR Action Plan Canada 최종 검색일 2022.08.30., USNC.com 최종 검색일 2022.08.30.

- 8월 29일 4세대 초소형 가스냉각로 개발기업 Ultra Safe Nuclear Corporation(USNC)는 현대엔지니어링과 MMR 기자재·서비스 조달 기본계약과 다목적고온로(Multi-Purpose High Temperature Reactor, MP-HTR) 개발을 위한 양해각서를 체결함.
 - USNC는 2011년 설립된 SMR 및 연료 개발 기업으로 캐나다 OPG와 합작기업 GFP(Global First Power)를 설립하고 캐나다 CNL(Canadian Nuclear Labs)에서 SMR을 개발 중임.
 - 이번 계약 체결에 따라 현대엔지니어링은 USNC의 초소형 모듈 원자로 MMR™에 필요한 기자재와 서비스를 제공함.
 - 양사는 보다 효율적인 개발 추진과 공정열 활용을 위해 FCM 연료(Fully Ceramic Microcapsulated)와 다목적 고온로(Multi-Purpose High Temperature Reactor, MP-HTR) 개발에 협력할 계획임.
 - FCM 연료는 미국 테네시 주 Oak Ridge에 위치한 USNC의 파일럿 연료 생산시설(Pilot Fuel Manufacturing, PFM)에서 생산될 예정임.

◎ 미국 X-energy, Xe-100 기본설계 완료 발표

World Nuclear News 2022.04.06., 세계원전시장인사이트 2022.06.24., 2022.08.19.,
Department of Energy 2022.08.23., POWER Engineering 2022.08.24.

- SMR 개발사 X-energy는 6년간 미 에너지부(DOE)의 차세대 원자로 실증 프로그램(ARDP)으로부터 4천만 달러(약 540억 원)⁴⁾의 지원을 받아 고온가스냉각로인 Xe-100의 기본설계를 완료하였다고 밝힘.

4) 2022년 8월 31일 환율 기준

- 이에 더해 X-energy는 테네시 주 Oak Ridge 국립 연구소 시범 시설에서 천연 우라늄을 이용한 TRISO 연료의 성형가공에 성공했다고 밝히며 앞으로 2028년 상업운전을 목표로 Xe-100 인허가 절차에 집중하겠다고 밝힘.
- 올해 4월 X-energy는 자사 개발 선진형 연료 TRISO-X를 자사 시설에서 상업생산하기 위해 NRC에 인허가를 신청한 바 있음.
- X-energy는 2022년 6월 메릴랜드 주 에너지청으로부터 해당 주의 석탄발전 설비의 SMR로의 대체 시 편익분석 대상 원자로로 선정되었으며, 2022년 8월에는 화학기업 Dow와 협력하여 Dow 부지 내 공정열 활용을 위한 SMR 건설을 협약한 바 있음.

◎ 미국 에너지부, 원자력 추진선 및 부유식 원전 개발 추진

American Bureau of Shipping 2022.08.17., Maritime Executive 2022.08.30., World Nuclear News 2022.08.31.

- 미 에너지부(DOE)는 선박업계 탄소중립을 위해 80만 달러(약 10억 7천만 원)⁵⁾의 차세대 원자력 추진 선박의 저해 요인 연구과제를 미국선급협회(ABS)에 배정함.
 - ABS는 Idaho National Laboratory(INL)의 National Reactor Innovation Center (NRIC)와 함께 차세대 원자력 기술을 선박 추진에 적용하기 위한 모델을 개발할 예정임.
- 또한 DOE는 원자력 대학 연구지원 프로그램(Nuclear Energy University Program, NEUP)의 일환으로 MIT·Idaho National Lab과 영국 해양 스타트업 Core Power로 구성된 컨소시움을 부유식 원전 연구 수행 대상으로 선정함.
 - NEUP는 2009년 시작되어 DOE 원자력국(NE) 주요 사업에 필요한 연료주기, 노형 등의 연구 과제를 미국 대학 및 연구시설이 효율적으로 수행할 수 있도록 지원하는 사업임.
 - 이번 3년 연구를 통해 Core Power는 MIT Energy Institute, INL과 협력하여 미국 근해 부유식 원전 개발을 목표로 연구를 진행하며, DOE는 부유식 원전의 건설·운영·유지 보수·해체 등으로 인한 경제적·환경적 효과 및 기술 연구를 지원할 계획임.

5) 2022년 8월 20일 환율 기준

기타단신

◎ 미국 테네시강 유역공사, 캐나다 OPG와 SMR 도입 위한 공동노력 협의

Nuclear Newswire 2022.04.21., TVA Press Release 2022.08.17.,
POWER Engineering 2022.08.19., UxC Weekly 2022.08.22.

- 8월 Jeff Lyash 미국 테네시강 유역공사(TVA) CEO는 SMR 협력 확대를 위해 캐나다 OPG가 운영하는 Darlington 원전을 방문하고 양국에 SMR을 보급하기 위한 방안을 논의함.
 - 이번 방문은 지난 2022년 4월 19일 양측이 구축한 협력관계의 연장선상으로서, 당시 양사는 SMR 보급 비용 등을 포함한 재정적 리스크 완화를 목적으로 SMR 설계·인허가·건설·운영에 대해 협력하기로 하였음.
 - 한편, OPG는 캐나다에서 유일하게 SMR 건설 허가를 취득한 Darlington 원전 부지에서 SMR을 개발중이며, TVA는 테네시 주 Oak Ridge의 Clinch River 부지에서 SMR 보급에 대한 조기 부지 허가(ESP)를 2016년 5월 NRC에 신청하여 2019년 12월 취득한 바 있음.

◎ 미국 NuScale, 에스토니아 에너지 기업과 SMR 양해각서 체결

World Nuclear News 2019.10.03., NuScale Newsroom 2022.08.25.

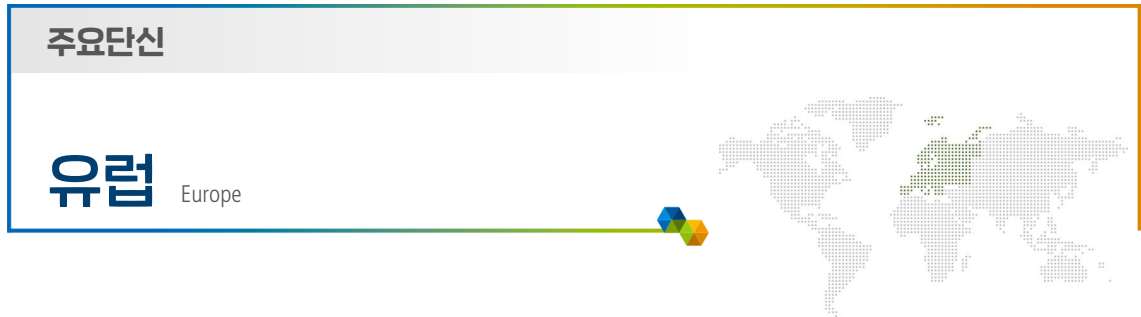
- 8월 25일 NuScale은 2019년 설립된 에스토니아 에너지 기업 Fermi Energia와 자사 SMR 모델 VOYGR 보급의 타당성 평가를 위한 양해각서를 체결하였다고 발표함.
 - 2019년 7월 Fermi Energia는 SMR 보급을 위한 타당성 평가 계획을 밝히며, 평가 대상으로 Moltex Energy의 SSR-W300, Terrestrial Energy의 IMSR-400, GE Hitachi의 BWRX-300, NuScale의 VOYGR를 선정하였고, 같은 해 10월 GE-Hitachi와 양해각서를 체결한 바 있음.

◎ 미국 Holtec, SMR 상업운전 목표 기한 2029년으로 앞당겨

Nucnet 2022.07.21., World Nuclear News 2022.08.24.

- Holtec은 이번 인플레이션 감축 법안(Inflation Reduction Act of 2022) 통과로 SMR에 대한 정부의 전폭적인 지원이 기대되어 개발중인 SMR-160의 상업운전 목표 기한을 기존에 공개한 2030년보다 1년 앞당긴 2029년으로 예상한다고 밝힘.
- Holtec은 지난 7월 SMR-160(160MWe, PWR) 4기를 자사가 보유한 부지에 건설하기 위해 74억 달러(약 10조 원)⁶⁾규모의 정부 재정 지원을 신청하였음.
- 4기 건설과 더불어 SMR에 필요한 기자재, 부품 생산을 위한 중공업 단지(Holtec Heavy Industries complex) 건설 추진 의사도 밝히며, 후보부지로 2018년 영구정지 후 자사가 해체를 진행중인 Oyster Creek 원전 부지 등을 고려중이라고 덧붙임.

6) 2022년 8월 29일 환율 기준



○ 헝가리 규제기관, 러시아 노형 적용하는 Paks 5·6호기 건설허가 발급

Nucnet, Hungary Atom Energy Office, World Nuclear News 2022.08.26.

■ 8월 25일 헝가리 원자력규제청(National Atomic Energy Office, OAH)은 러시아 Rosatom이 추진 중인 Paks 5·6호기(각 1,200MW, PWR)의 건설허가를 발급함.

- Paks 5·6호기 프로젝트는 러시아가 기존의 헝가리 Paks 원전(총 1,916MW, PWR 4기)에 신규 VVER-1200 2기를 증설하는 프로젝트임. 총 비용인 125억 유로(약 16.9조 원)¹⁾ 가운데 러시아가 100억 유로(약 13.5조 원)²⁾의 차관을 제공하고, 헝가리 정부가 25억 유로(약 3.3조 원)³⁾를 직접 투자함.
- 헝가리 원자력규제청은 2020년 7월 Paks II Ltd가 제출한 Paks 5·6호기 건설허가 신청서가 헝가리 원자력안전법의 기준을 충족한다고 밝히며, 건설허가를 최종 승인함.
 - 2012년 7월에 설립된 Paks II Ltd는 국영 헝가리 전력(MVM)의 자회사로 Paks 5·6호기 건설, 시운전, 가동을 담당함.
 - 2021년 9월 원자력규제기관은 상기 건설허가 신청서에 대한 추가 평가와 분석이 필요하다고 판단해 건설허가를 한 차례 지연시킨 바 있음.
- Péter Szijjártó 헝가리 외교통상부 장관은 이번 규제기관의 발표로 2030년까지 신규 원전 2기 가동이 가능해져, 에너지 공급 안정성이 확보될 것이라고 밝힘.
 - 헝가리는 러시아의 우크라이나 침공 이후에도 러시아와 Paks 5·6호기 건설 협력을 지속한다는 입장을 고수했으며, 지난 4월 전쟁으로 철도 이용이 불가능해지자 Paks 원전용 러시아산 핵연료 집합체를 항공편을 통해 공급받은 바 있음.

1) 2022년 9월 1일 환율 기준

2) 2022년 9월 1일 환율 기준

3) 2022년 9월 1일 환율 기준

- Rosatom은 유럽에서 자사의 VVER-1200을 적용하는 원전의 건설허가가 발급된 것은 이번이 처음이라고 밝히며, 현재 신규 원전 건설 준비의 일환으로 토양 보강(Soil reinforcement), 여과 방지(Anti-filtration)막 설치, 임시 작업시설 건설이 진행 중이라고 덧붙임.

〈헝가리 Paks 원전 5·6호기 증설 진행 현황〉

년도	내용
2014년	헝가리 정부, 러시아와 Paks 5·6호기 증설 협정 체결
2016년	Paks II Ltd, Paks 5·6호기 환경허가 승인 취득
2017년	Paks II Ltd, Paks 5·6호기 부지허가 승인 취득
2017년	EU집행위원회(EC), Paks 5·6호기 국가 보조금 지급 승인
2021년	헝가리규제기관, Paks 5·6호기 건설허가 승인 지연
2022년	Paks II Ltd, Paks 5·6호기 건설허가 승인 취득
2030년	헝가리 정부, Paks 5·6호기 가동 전망

자료 : 세계원전인사이드 각호 참조로 작성

● 슬로바키아, 15년간 건설 중단된 Mochovce 3호기 시운전 승인

Euractive, Nucnet, Slovenské elektrárne, World Nuclear News 2022.08.26.

- 8월 25일 슬로바키아 원전운영사 Slovenské elektrárne는 원자력규제당국(UJD)으로부터 Mochovce 3호기(471MW, PWR)의 시운전을 승인받았다고 발표함.

- Mochovce 3·4호기는 러시아가 설계한 VVER-440 노형으로, 1986년에 착공되었으나 1992년 공사 중단, 2008년 공사 재개, 2011년 후쿠시마 사고 이후 안전성 강화 조치로 인한 공사 중단 등 여러 차례 일정 지연을 겪었음.
 - 두 호기의 프로젝트 비용은 당초 28억 유로(약 3.7조 원)⁴⁾였으나 반복되는 공사 지연으로 2019년 기준 57억 유로(약 7.7조 원)⁵⁾로 증가함.
- Slovenské elektrárne는 해당 원전의 연료 장전·시운전에 필요한 기술·계통·부품 검사 후 원자력규제당국의 승인 결정이 내려졌다고 밝히며, 시운전 승인이 발효되고 15일 후에 연료 장전을 시행할 계획이라고 밝힘.
- Slovenské elektrárne에 따르면, 연료 장전 후 시운전 절차*의 첫 단계인 물리적 기동(Physical startup)이 시행되며, 18주에 걸친 출력상승시험을 통해 정격 출력에 도달할 계획임.
 - ※ 시운전(commissioning)은 물리적 기동(physical startup), 에너지 기동(energy start-up), 시범 운전(pilot operation), 통합 시험(integrated testing)으로 이루어짐.

4) 2022년 9월 1일 환율 기준

5) 2022년 9월 1일 환율 기준

- Nucnet에 따르면, Mochovce 3호기는 가동 시 슬로바키아는 전원 구성에서 원자력 발전 비중이 기존 52%에서 65%로 늘어나, 프랑스(69%)에 이어 두 번째로 원자력 발전 비중이 높은 국가가 될 것으로 전망됨.
- 슬로바키아 경제부는 Mochovce 4호기의 경우 2024년 봄 가동을 전망함.

■ 한편, Leonore Gewessler 오스트리아 기후부 장관은 자국 국경에서 약 100km 떨어진 곳에 위치한 Mochovce 3호기의 시운전 승인 결정을 비판하며, 이번 결정은 절대적으로 이해할 수 없다고 밝힘.

◎ 영국 정부, Sizewell C 원전 추진 위한 자금지원 발표 예정

BloombergNEF 2022.08.26., Nucnet 2022.08.31.

■ 영국 정부는 200~300억 파운드(약 31~47조 원)⁶⁾ 규모의 Sizewell C 신규 원전(3.2GW, EPR 2기) 프로젝트에 대한 자금지원을 다음 주에 발표할 예정임.

- 영국 정부는 Sizewell C 프로젝트에 자금 지원을 위해 RAB 모델 적용을 확정된 상태로, 지난 6월 발전·전력판매 등 Sizewell C 프로젝트를 담당하는 NNBG SZC Limited를 RAB 모델 수혜업체로 지정하는 보고서 초안을 발표한 바 있음.
 - RAB 모델은 소비자가 인프라 건설비용의 일부를 부담해 자금을 조달하는 방식으로, 템스강 하수처리 사업과 히드로공항 제5터미널 건설공사 인프라 프로젝트에 적용되었음. 원전 건설의 경우 전기요금에 신규원전 건설비 일부를 추가로 부과하는 방식으로 설계됨.
- 지난 7월 영국 정부는 원전운영사인 EDF Energy가 제출한 Sizewell C 원전의 건설운영 신청서인 개발동의서(Development Consent Order, DCO)를 승인했지만, 해당 원전 지분의 20% 보유(약 60억 파운드, 약 9.4조 원)⁷⁾ 여부를 포함한 최종투자결정(FID)은 내리지 않은 상태임.
 - 지난 1월 영국 정부는 프로젝트 지분의 20%를 보유한 중국 CGN의 퇴출을 위해 상기 지분과 Sizewell C 부지를 1억 파운드(약 1,566억 원)⁸⁾에 인수하는 옵션을 매입해, 최종 투자결정 시 해당 옵션을 지분으로 전환하기로 한 바 있음.

6) 2022년 9월 1일 환율 기준

7) 2022년 9월 1일 환율 기준

8) 2022년 9월 1일 환율 기준

- 몇 주 전 Boris Johnson 총리는 비공개로 Sizewell C 프로젝트 추진 결정을 내렸으며, 9월 6일에 예정된 퇴임식 전 해당 프로젝트에 대한 정부 지원을 발표할 것으로 예상됨.
 - Johnson 총리 후임으로 유력한 Liz Truss 외무부 장관은 Sizewell C에 대한 입장을 명확히 밝히지 않았지만 2021년 CGN의 프로젝트 개입에 대한 우려를 표명한 바 있음.

◎ 핀란드 Fennovoima-Rosatom, Hanhikivi 원전 건설 취소 두고 손해배상 공방

World Nuclear News 2022.08.22., Reuters, Nucnet 2022.08.23.

■ 핀란드 원전운영사 Fennovoima와 러시아 Rosatom은 Hanhikivi 원전(1,200MW, PWR) 프로젝트 취소로 발생한 손해배상 청구 소송을 진행함.

- Hanhikivi 원전은 러시아 Rosatom의 VVER-1200노형을 적용해 건설할 예정이었으나, Fennovoima는 올해 5월 러시아의 우크라이나 침공 이후 러시아측의 공급망 불안정을 이유로 건설계약을 파기함.
- Fennovoima CEO인 Joachim Specht는 8월 20일 핀란드 매체와의 인터뷰⁹⁾를 통해 Rosatom 자회사인 RAOS Project에 선지급한 8억 유로(약 1.8조 원)¹⁰⁾를 포함해 총 20억 유로(약 2.7조 원)¹¹⁾를 손해배상금으로 청구했다고 밝히며, 소송 완료까지 수 년이 걸릴 것으로 전망함.
- 한편 2022년 8월 23일자 Reuters 보도에 따르면, Rosatom은 현재 총 30억 달러(약 4.6조 원)¹²⁾에 달하는 6건의 소송을 제기했으며, 소송의 구체적인 내용은 기밀이라고 밝힘.
 - Rosatom은 Fennovoima와 좋은 협력 관계를 유지하면서, RAOS Project가 건설허가 발급에 필요한 문서를 준비해 2021년 Fennovoima에 전달하는 등 의무를 충실히 이행했다고 주장하며, Hanhikivi 원전 철회 결정은 정치적인 동기라는 입장을 밝힘.

■ Hanhikivi 원전 프로젝트는 당초 2018년 착공, 2024년 상업운전이 예정되었으나, 핀란드 규제 기관에 제출되는 인허가 서류 작업의 지연으로 2023년 착공, 2029년 상업운전 개시로 일정이 지연되었으며, 프로젝트 비용도 당초 설정한 65~70억 유로(약 8.8~9.4조 원)¹³⁾에서 75억 유로(약 10조 원)¹⁴⁾ (2021.4. 기준)로 늘어난 바 있음.

9) Helsingin sanomat, 2022.08.20.
<https://www.hs.fi/talous/art-2000009004929.html>

10) 2022년 9월 1일 환율 기준

11) 2022년 9월 1일 환율 기준

12) 2022년 9월 1일 환율 기준

13) 2022년 9월 1일 환율 기준

14) 2022년 9월 1일 환율 기준

〈핀란드 Hanhikivi 원전 추진 현황〉

구분	내용
2013. 12.	Fennovoima, Rosatom와 터키방식으로 Hanhikivi 원전 건설 계약 체결
2015. 6.	Fennovoima, 핀란드 고용 · 경제부에 Hanhikivi 원전 건설허가 신청서 제출
2020. 12.	Fennovoima, Rosatom이 작성한 Hanhikivi 원전 기본 설계 1단계 문서 조건부로 승인
2021. 4.	Fennovoima, 핀란드 고용 · 경제부에 Hanhikivi 원전 건설허가 신청서 업데이트 버전 제출
2021. 4.	Fennovoima, Hanhikivi 원전 상업운전 개시 연기(2028년 → 2029년) 발표
2022. 4.	Fennovoima, 러시아-우크라이나 전쟁 상황을 지켜볼 것이라는 입장 발표
2022. 5.	Fennovoima, Rosatom과 Hanhikivi 원전 건설 계약 해지 및 건설허가 신청 철회
2022. 8.	Fennovoima, Rosatom과 Hanhikivi 원전 건설 계약 해지에 대한 손해배상청구 소송 개시

자료 : 세계 원전시장 인사이트 각 호 참고

◎ IAEA 전문가팀, 우크라이나 Zaporizhzhia 원전 안전 점검 시작

Nuclear Engineering International 2022.08.30./09.01., CNN 2022.09.01., Reuters 2022.09.01./09.02.

■ 9월 1일 국제원자력기구(IAEA) 사찰단은 우크라이나 Zaporizhzhia 원전(각 905MW, PWR, 총 6기)에 도착해 현장의 원전 안전 평가에 착수함.

- Zaporizhzhia 원전은 지난 3월부터 러시아군의 통제 하에 우크라이나 직원이 가동하고 있으며, 지난 8월 몇 주간 양국의 교전이 심화되면서 25일에는 750kV 규모의 송전선이 훼손되어 5·6호기의 전력 공급이 일시 중단되었다가 다음 날 재가동된 바 있음.
- 총 14명으로 구성된 IAEA 사찰단은 IAEA 고위 관리 및 중립국(폴란드, 리투아니아, 중국, 세르비아, 알바니아, 프랑스, 이탈리아, 요르단, 멕시코, 북마케도니아) 출신 전문가로 Zaporizhzhia 원전 물리적 손상, 안전계통 기능, 제어실 직원의 작업 상황 평가를 담당함.
 - 지난 8월 20일 Vladimir Putin 러시아 대통령은 Emmanuel Macron 프랑스 대통령과의 전화 회담 후 Zaporizhzhia 원전의 안전성 평가를 위해 IAEA 우크라이나 사찰을 허용한 바 있음.
- Rafael Mariano Grossi IAEA 사무총장은 비상전력계통 및 제어실 등 주요 시설을 살펴본 후, Zaporizhzhia 원전이 여러 차례 물리적 손상을 입었다고 밝히며, 현 상황에 대해 정기적인 보고를 받기 위해 IAEA 사찰단이 상주할 수 있는 방안을 고려할 것이라고 덧붙임.

- IAEA 사찰단 도착 당일날 우크라이나 원전운영사 Energoatom은 러시아군의 포격으로 Zaporizhzhia 5호기의 가동이 일시 중단되어, 6호기만이 우크라이나 전력망과 연결된 상태에서 가동 중이라고 밝힘.
- Energoatom은 성명서를 통해 Grossi 총장이 떠난 뒤에 일부 사찰관이 9월 3일까지 Zaporizhzhia 원전에 머물 것으로 예상한다고 밝힘.
- Volodymyr Zelenskiy 우크라이나 대통령은 IAEA가 Zaporizhzhia 원전을 비무장화 하기 위한 협상을 지원해 줄 것을 희망한다는 입장을 밝힘.

〈우크라이나 Zaporizhzhia 원전 위치〉



자료 :CNN(2022.09.01.)

기타단신

● 폴란드 내각, 원자력시설 투자기간 단축을 목표로 한 시행 법률 개정안 발표

Ministerstwo Klimatu i Środowiska 2022.08.18., UxWeekly 2022.08.22.,
Nuclear Engineering International 2022.08.23.

■ 8월 17일 폴란드 기후환경부는 폴란드 내각이 자국 내 원자력시설의 투자 기간 단축을 목적으로 한 원자력시설 투자 준비·시행에 관한 법률 개정안 초안을 채택했다고 발표함.

- 올해 말부터 시행될 이번 법률 개정안 초안에는 ① 환경 및 부지 조사에 필요한 투자, ② 투자 위치 결정에 앞서 절차상의 안정성 개선, ③ 환경영향평가 보고서 준비를 위한 검사 및 측정 등 투자 장소 결정에 관한 자금 지원, ④ 원전 부지의 매수인 또는 매도인에 대한 자료 보고 의무화, ⑤ 적격 투자자 요청에 따른 공공행정기관의 원자력 시설 및 관련 투자 업무 정보 제공, ⑥ 시운전 허가 취득과 운영허가 발급 사이에 원자력시설 임시 운영 가능성이 포함됨.
- 폴란드 정부는 2040년까지 6~9GW급 원자로 6기 건설을 목표로 하고 있음.
 - 폴란드 정부 일정에 따르면, 최초 호기(1~1.6GW) 착공은 2026년, 상업운전은 2033년이며, 후속 원자로는 2~3년마다 건설될 예정임. 총 건설 비용은 320억 달러로 추산됨.

● 리투아니아 장관, Visaginas 신규 원전 추진 중단에 유감 표명

Delfi, Vakary ekspresas 2022.08.16.

■ 8월 16일 리투아니아 에너지부 장관 Dainius Kreivys는 경제 위원회 및 에너지·지속가능한 개발위원회와의 합동 회의에서 유럽의 에너지 위기 상황중 과거 정권의 Visaginas 신규 원전(각 1,350MW, ABWR 2기) 프로젝트 추진 중단 결정에 대해 유감스럽다고 밝힘.

- 리투아니아는 라트비아, 에스토니아, 일본 Hitachi와 함께 2009년 말 영구 정지한 Ignalina 원전을 대신해 Visaginas 원전 프로젝트(2015년 착공, 2022년 상업운전 목표)를 계획했으나, 2012년 국민 투표 결과(찬성 34%, 반대 63%) 프로젝트 추진이 무산됨.

- Kreivys 장관은 Visaginas 원전이 가동되었더라면 최근의 도매전력시장 가격(2022.6월 기준 MWh당 222.65유로(약 30만 원)¹⁵⁾¹⁶⁾와 비교해 전력요금 부담이 덜했을 것이며(당시 MWh당 68유로(약 9만 원)¹⁷⁾로 산정), 안전성 문제가 제기된 벨라루스의 Ostravets 원전도 건설되지 않았을 것이라고 설명하며, 상기 원전 건설 중단 결정 당시 정치권에서 많은 혼란이 있었던 것 같다고 덧붙임.

◎ 러시아 Titan-2 holding, Leningrad 7·8호기 건설 계약 체결

Nuclear Engineering International 2022.08.23.

- 러시아 Rosatom 자회사인 Titan-2 holding은 Leningrad NPP와 신규 노형인 VVER-1200을 적용할 Leningrad 7·8호기(Leningrad-II 3·4호기, 각 1,170MW, PWR) 건설 계약을 체결함.
 - 지난 6월 Leningrad NPP측에 따르면, Leningrad 7·8호기의 착공 시점은 2024~2025년, 완공 시점은 2030~2032년임.
 - 현재 Leningrad 원전은 3·4호기(각 925MW, RBMK 2기)와 5·6호기(Leningrad-II 1·2호기, 총 2,167MW, VVER-1200 2기)를 가동 중임.

◎ 영국 Rolls-Royce, 네덜란드 SMR 진출 위해 현지 기업과 독점 계약 체결

Rolls-Royce 2022.08.25.

- 8월 25일 영국 Rolls-Royce SMR은 네덜란드 원자력개발기업 ULC-Energy와 네덜란드에 SMR 보급을 위한 독점 계약을 체결하고, 향후 몇 년간 SMR 개발을 위해 협력하기로 함.
 - Rolls-Royce SMR을 기술 공급업체로 선정한 ULC-Energy는 Rolls-Royce SMR(470MW, 설비이용률 95%)이 발전, 산업용 전력·열 공급 등으로 응용될 수 있어 네덜란드 시장에 적합하다고 밝힘.

15) 2022년 9월 1일 환율 기준

16) statista, lithuania, Average monthly electricity wholesale price in Lithuania from January 2019 to June 2022

<https://www.statista.com/statistics/1314546/lithuania-monthly-wholesale-electricity-price/>

17) 2022년 9월 1일 환율 기준

- 2021년 12월 네덜란드 연정은 원자력을 에너지·기후 정책의 핵심으로 삼고, 신규 원전 2기 건설과 Borssele 원전의 계속운전 시행을 결정함. 신규 원전 건설에 2030년까지 총 50억 유로(약 6.7조 원)¹⁸⁾가 할당됨.

◎ 독일, 3기의 원전 운영 연장 곧 결정 전망

Der Spiegel 2022.08.30. Reuters 2022.08.31.

- Robert Habeck 독일 경제부 장관은 남아있는 원전 3기 Emsland 원전(1,406MW, PWR)·Isar 2호기(1,485MW, PWR)·Neckarwestheim 2호기(1,400MW, PWR)의 계속운전 시행을 준비 중이라는 8월 30일자 Der Spiegel 언론 보도에 대해 논평을 거부함.
 - Der Spiegel은 Habeck 경제부 장관이 올해 말 이후에도 상기 원전의 계속운전이 합리적으로 보이도록 스트레스 테스트의 조건을 변경했으며, 계속운전에 관한 법안 초안을 검토 중이라고 보도함.
 - 독일의 3대 원전운영사(E.ON, RWE, EnBW)는 올해 말 이후로 상기 원전의 계속운전 가능성에 대해 정부와 협의를 할 수 있다는 입장을 표명했으며, 독일 정부는 전력인프라 스트레스 테스트 결과를 토대로 최종 결정을 내릴 예정임.

18) 2022년 9월 1일 환율 기준

주요단신

아시아 Asia



○ 한수원, 3조 원 규모 이집트 El-Dabaa 원전 2차측 건설사업 수주

Egypt Oil & Gas 2021.03.21., World Nuclear News 2022.01.04., 세계원전시장인사이트 2022.07.08., Nuclear Engineering International 2022.08.30., Petrojet.com 최종 검색일 2022.08.31.

- 8월 25일 한국수력원자력은 이집트 El-Dabaa 원전 주요 건설사인 러시아 Rosatom 자회사 Atomstroyexport JSC(ASE JSC)와 22억 5천만 달러(약 3조 원)¹⁾ 규모의 El-Dabaa 원전 (총 4,800MW, PWR 4기) 2차측 건설 계약을 체결함.
 - 해당 계약에 따라 한수원은 El-Dabaa 원전의 터빈 건물 등 80여 개의 구조물을 건설하고 관련 기자재를 공급할 예정이며, 원활한 사업 진행을 위해 9월 국내 기업들과 협력할 것이라 밝힘.
 - 한수원은 2017년부터 본격적으로 El-Dabaa 사업개발에 착수했고 2021년 12월 ASE JSC로부터 단독협상대상자로 선정되어 건설 계약 조건을 논의하였음. 선정된 당시 2022년 2월까지 가격 및 주요 계약 조건 논의를 마무리하고 4월까지 계약을 완료할 계획 이라고 알려짐.
 - 사업 추진의 일환으로 2021년 3월 16일 한수원, 한전기술, 현대건설, 두산에너지빌리티는 이집트 현지 EPC 업체 Petrojet과 원전 기술자 교육 협력에 대한 계약을 체결한 바 있음.
- 2015년 이집트와 러시아 Rosatom은 VVER-1200 4기로 구성된 El-Dabaa 원전을 2017년 12월부터 12년 내 건설하는 계약을 체결하고 2021년 6월 건설허가를 신청한 후, 2022년 7월 20일 1호기를 착공하여 건설중임.
 - 총 건설 비용 300억 달러(약 40조 3천억 원) 중 250억 달러(약 33조 6천억 원)를 러시아 재무부로부터 원전 운영기간 기준인 60년 간 차관 형식으로 제공받고 나머지 50억 달러 (약 6조 7천억 원)는 민간 사업자 유치를 통해 조달하기로 함.

1) 해당 단신 환율 기준은 2022년 9월 1일로 동일함.

● 일본 기시다 총리, 원전 재가동 촉구 및 기술 개발 의지 시사

原子力産業協会 原子力発電所の運転・建設状況 2022.08.08., 原子力産業新聞, 東京新聞, NHK 2022.08.25., 일본 내각관방 GX실행회의 웹사이트, 일본원자력규제위원회 실시간 일본 원전 운전 상황 최종검색 2022.08.26.

- 일본 기시다 총리는 8월 24일 개최한 그린 트랜스포메이션(Green Transformation) 실행 회의(이하 ‘GX 회의’)*에서 재생에너지와 원자력은 GX 추진에 필수이며, 재가동한 10기에 원자로설치변경허가를 받은 7기의 추가 재가동을 위하여 정부가 전면에서 대응하겠다고 발언함.

* GX 실행회의는 2022년 7월 27일 일본의 탈탄소 사회 실현에 필요한 시책 검토를 위해 구성되었으며, 기시다 총리가 의장, 경제산업성 장관이 GX 실행추진 담당장관을 맡고 있음.

- 더불어 총리는 관계자들에게 안전 확보를 대전제로 한 원전 가동 기간의 연장, 선진 원자로 개발·건설 검토에 대하여 연말까지 검토하도록 지시함.

- GX 회의에서 경제산업성 장관은 원자력 정책의 검토 과제로 ① 원전 재가동을 위한 관계자들의 적극적인 노력, ② 안전을 최우선으로 한 가동 기간 연장 검토, ③ 선진 원자로의 개발·건설 검토, ④ 재처리·폐로·최종처분 절차 가속화 등을 제시함.

- 구체적으로 후쿠시마 사고 후 재가동한 10기 중 일부가 현재 예방 정비 중이므로 옮겨올 최대 9기가 가동할 수 있도록 사업자의 노력과 예방 정비 일정 조정 등을 통해 설비이용률 향상을 도모해야 한다고 제시함.

- 또한, 2023년 하·동절기를 목표로 이미 원자로 설치변경을 허가받은 다카하마 1·2호기(각 826 MW, PWR), 오나가와 2호기(825MW, BWR), 시마네 2호기(820MW, BWR), 가시와자키 가리와 6·7호기(각 1,356MW, ABWR), 도카이 제2호기(1,100MW, BWR)가 가동 재개할 수 있도록 국가가 전면에서 대응하도록 함.

- 선진 원자로의 개발·건설, 원전 가동 기간 연장 방식에 대해서도 연말을 목표로 구체적인 내용을 논의해 정리함.

- 한편, NHK는 8월 25일 보도를 통해 일본 원자력규제위원회 위원장이 이번 정부 방침과 관련하여 원전 사업자의 노력 필요성과 국회의 역할 등에 대해 언급한 의견을 전함.

- 일본 원자력규제위원회 위원장은 정부가 7기를 추가 재가동하겠다는 목표에 대해 이미 원자로설치변경을 허가한 원자로이므로 재가동 달성 여부는 사업자의 공사 추진과 지역동의 수락을 위한 노력에 달린 문제라고 밝힘.

- 가동 기간 연장의 경우 규제위가 아닌 국회에서 논의해야 할 사안으로 해외의 경우 가동 기간 연장 사례가 있지만 일본은 지진 영향 등 상황이 달라 각 원전별로 심도 있는 검토가 필요하다고 언급함.

- 선진 원자로의 개발·건설에 대해서는 내용이 구체화되면 규제위도 선제적으로 새로운 기술 규제를 위한 준비를 해야 하며, 원자로 형태에 따라 차이는 있겠지만 규제 기준 수립에 최소 1년 또는 1년 반이 소요될 것으로 전망함.

〈일본 제6차 에너지기본계획과 최근 GX실행회의의 원전 관련 내용 비교〉

	기존 정책 (제6차 에너지기본계획)	제2회 GX 실행회의에서 제시된 방침
원전 의존도	가능한 한 원전 의존도를 저감	경제산업성 “의존도를 낮추겠다는 방침은 변함 없다”
신증설	(명확한 기재 없음) 차세대형 원전 연구 추진	차세대형 원전의 개발·건설을 검토
재가동	원자력규제위원회가 규제기준에 적합하다고 인정한 경우, 해당 판단을 존중해 재가동 추진	내년(2023년) 여름부터 겨울 이후에 적합성 심사 중 원자로설치변경허가를 이미 받은 7기의 재가동을 목표로 함
가동연장	계속 운전 추진 시 제 문제에 대해 민관 각각의 역할에 따라 검토	운전 기간의 연장 등 기존 원전을 최대한 활용

자료: 東京新聞 ‘原発「推進」に転換もくむ政府…実現までにこれだけの難題安全・安心の確保に疑問’(2022.08.25.)을 토대로 편집·작성

◎ 일본, 후쿠시마 사고 이후 최초로 원전 연료 집합체 생산 시설 운영 재개 임박

東京新聞 2022.05.21., 세계원전시장 인사이트 2022.05.27., 三菱原資燃料 2022.08.23., 日本原子力産業新聞 2022.08.24., 三菱原資燃料 웹사이트 최종검색 2022.08.26.

- 일본 원전 연료 성형가공시설 운영사인 Mitsubishi 원자연료(이하 ‘Mitsubishi’)는 8월 23일 도카이무라의 성형가공시설(최대 처리 능력 440tU/연)의 운영 재개를 위한 심사 마지막 단계인 사용전검사에 합격했다고 발표함.
 - 일본 내에서는 원전 연료 성형가공을 Mitsubishi, 일본원자연료공업, GLOBAL NUCLEAR FUEL-JAPAN 총 3개 사가 실시해왔으며 Mitsubishi는 PWR용 연료의 설계·개발·제조·판매와 Framatome 제조 BWR용 연료의 일본 내 판매를 담당해옴.
 - 후쿠시마 사고 후 안전성이 강화된 신규제 기준 도입으로 성형가공업체도 ① 사업 변경 허가 심사, ② 설계 및 공사 계획 변경 인가 심사, ③ 보안 규정 변경 인가로 구성된 적합성 심사 통과와 이를 반영한 공사를 완료해야 시설 운영이 가능하며 3개 사 중 Mitsubishi가 가장 먼저 운영을 재개하게 됨.

- Mitsubishi는 2014년 1월 규제위에 적합성 심사 신청, 2017년 11월 사업 변경 허가 취득, 2021년 6월 설계·공사 계획 인가 심사 완료했지만 2021년 12월 규제위 심사관의 시설 현장 검사에서 규제위의 승인 내용과 상이한 곳이 발견되는 등의 문제로 Mitsubishi의 당초 계획보다는 운영 재개가 지연됨.

◎ 일본 원자력규제위원회, 방폐물 최종처분장 안전 확보 시의 최소 요건 결정

東京新聞 2022.08.24., 原子力規制庁 2022.08.24., 北海道新聞 2022.08.25

- 일본 원자력규제위원회는 8월 24일 원전에서 발생하는 방사성 폐기물을 심층 매립하는 최종 처분장* 선정 과정에서 안전 확보를 위해 필요한 단층·화산·침식·광물과 관련된 최소한의 요건에 대한 내용을 정식 결정함.

※ 일본 방사성폐기물 최종처분장에는 고준위 방폐물과 지층처분이 필요한 저준위 방폐물(일본 방폐물 분류 기준)이 처분될 예정임. 한국 중·저준위 방폐물은 일본의 저준위 방폐물에 포함됨. 일본 방폐물 최종처분장 건설 부지는 1단계 문헌 조사, 2단계 개요 조사, 3단계 정밀 조사를 통해 선정됨.

- 규제위의 결정 내용에 따르면 ‘단층’은 약 12만~13만 년 전부터 최근까지의 활동을 부정할 수 없는 활단층, 대규모 단층 등은 피해야 하며, ‘화산’의 경우 ① 약 258년 전까지 마그마가 지나간 장소 ② 화산에서 대략 15km 이내의 장소 ③ 새로운 화산이 발생할 수 있는 장소를 피할 것을 요건으로 제시함.
- 바다와 강 등에서 지층이 깎이는 ‘침식’의 경우 미래의 지반 융기·침하, 기후변화 영향을 고려해 지표에서 70m보다 깊은 곳을 확보하도록 제시하였고, ‘광물’의 경우 자원 이용을 위한 굴삭 가능성이 있는 충분한 매장량·가치를 지닌 광물 자원의 존재를 제시하는 기록이 없을 것을 요건으로 함.
- 규제위가 제시한 최소 요건은 향후 후보지 결정 후 규제위가 처분장 건설 계획을 심사하는 기준 마련에 참고로 활용될 가능성이 큼. 또한, 방사성폐기물 최종처분사업자인 원자력발전환경정비기구(Nuclear Waste Management Organization of Japan, 이하 ‘NUMO’)도 법적인 요건 등에 추가로 이번 규제위의 요건도 고려해 후보지 평가를 추진하겠다는 의견을 밝힘.
- 현재 홋카이도 슛쓰정과 가모에나이촌에서는 NUMO가 최종처분장 후보지 1단계 조사인 문헌 조사를 시행 중이며 2022년 가을 조사가 종료될 예정임. 2단계 조사인 개요 조사 진행을 위해서는 슛쓰정과 가모에나이촌의 수장, 광역자치단체인 홋카이도 지사의 동의가 필요함.

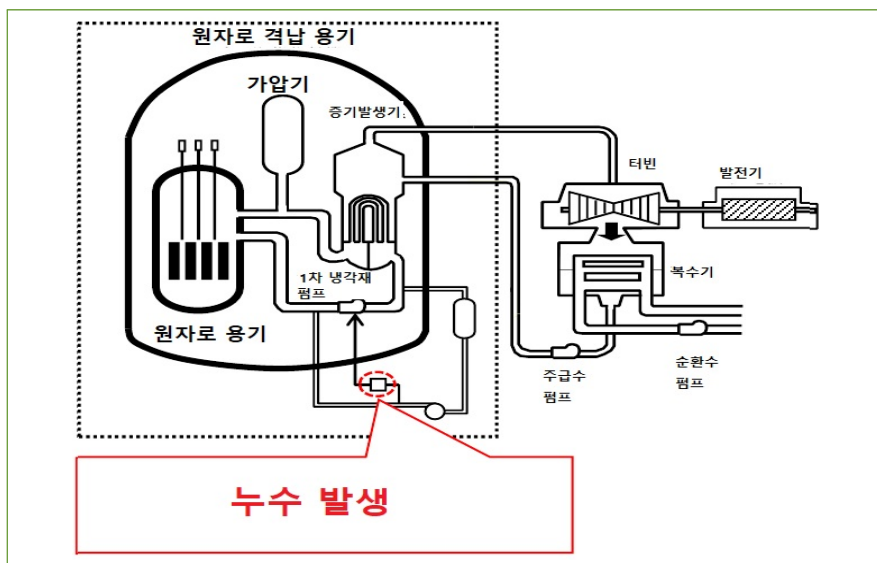
◎ 일본 간사이전력, 노후 원전 미하마 3호기의 상업 운전 수정 계획 발표

毎日新聞 2022.08.01./08.18., 朝日新聞 2022.08.16., 関西電力 2022.08.16./08.29., 東京新聞 2022.08.30.

■ 일본 간사이전력은 8월 1일 예방 정비 중 누수가 발견된 미하마 3호기(826MW, PWR)의 원자로를 8월 30일 가동했으며, 9월 26일 사용전검사 종료와 동시에 상업 운전을 재개할 예정이다.

- 미하마 3호기는 8월 12일 조정 운전을 시작한 후 9월 6일 예방 정비를 마칠 예정이었지만 8월 1일에 1차 냉각수 순환 펌프 주입용 고압수 정화 필터 부근에서 약 7t의 누수를 발견했고, 당시 누수된 물의 방사능은 약 220만 Bq로 추정되었음.
- 간사이전력은 8월 16일 덮개 접합부의 누수 방지 원형 고무가 파손되어 누수가 되었다고 설명하고, 그 원인으로 2021년 6월 미하마 3호기 내부 부품 교환 시 현장 매뉴얼에 볼트 고정 시 적용되는 토크 수치가 규정치의 5분의 1로 잘못 기재되어 있었고, 이를 토대로 작업자가 작업해 덮개 접합부의 누수 방지 원형 고무가 파손되었다고 밝힘.
 - 작업자는 간사이전력과 계약을 맺은 협력회사의 하청업체 소속임. 해당 작업 수행은 협력 회사가 간사이전력에 공사계획서를 제출한 뒤 간사이전력이 확인해 승인했고, 이후 협력 회사가 해당 공사 계획서를 토대로 현장 매뉴얼을 별도 작성하여 진행됨.
 - 누수 원인 조사 과정에서 간사이전력은 자사가 승인한 협력업체의 공사계획서와 현장 매뉴얼에 기재된 볼트 조임 수치 값이 상이했다는 사실을 파악해 향후에는 협력업체가 작성한 공사 계획서와 매뉴얼을 사전에 확인하도록 운영 방침을 변경하여 문제 재발을 방지할 계획임.

〈간사이전력 미하마 3호기 누수 위치〉



자료: 関西電力 美浜発電所 3号機の定期検査状況について(2022.08.16.)을 토대로 편집·작성

◎ 일본 원자력규제위, 무쓰시 중간저장시설에 건식저장시설 설치 인가

經濟産業省 2009., 国土交通省 輸送物技術顧問会 2010.02.03., 原子力規制庁 2017.04.26.,
세계원전시장 인사이트 2020.11.20., 毎日新聞 2022.08.19.

- 8월 16일 일본 사용후핵연료 중간저장시설 사업자인 RFS(Recyclable - Fuel Storage Company)는 원자력규제위원회로부터 무쓰시에 위치한 사용후핵연료 중간저장시설의 설계·공사계획 인가를 취득했다고 발표함.
 - RFS는 도쿄전력과 일본원자력발전의 공동 출자 회사이며, 무쓰시에 위치한 사용후핵연료 중간저장시설은 일본에서 유일한 원전 부지 외 사용후핵연료 보관소로 양사 원전의 사용후핵연료를 재처리 전까지 건식 저장 방식으로 일시 보관하기 위해 건설됨.
 - 2005년 도쿄전력과 일본원자력발전은 아오모리현 및 무쓰시와 사용후핵연료를 최장 50년 보관할 수 있다는 협정을 체결함.
 - 중간저장시설에서는 Mitsubishi 중공업이나 Hitachi-GE Nuclear Energy 등이 제작한 수송·저장 겸용 용기가 사용될 예정임.
 - RFS는 2023년도 중간저장시설 운영 시작을 목표로 하고 있으며, 총공사비는 약 1,000억 엔(약 9,685억 원)²⁾으로 전망함.

◎ 중국 화능그룹, Xiapu 원전에 신규 원자로 4기 증설 준비

UxC Weekly 2022.08.22.

- 중국 발전사 화능그룹(China Huaneng Group, CHG) 회장 Shu YinBiao는 2023년 Xiapu 원전에 HPR-1000(Hualong One) 4기를 신규 건설하는 안에 대한 정부 승인을 기대하고 있다고 밝힘.
 - Xiapu 원전은 중국 화남지역 푸젠성 창바오 섬에 위치하고 있으며, 중국 CNNC가 2017년 부터 고속로인 CFR-600 2기를 건설 중임.
 - Shu 회장에 따르면 중국 국가에너지국(China National Energy Administration, NEA)³⁾이 Xiapu 원전에 PWR 4기를 건설하는 안을 2015년 장기 에너지 계획에 포함하 바 있고, 최근 자사의 HRP-1000 신규 건설 로드맵을 정부가 승인한 바 있음.

2) 공사비는 經濟産業省 リサイクル燃料貯蔵株式会社リサイクル燃料備蓄センターの使用済燃料の貯蔵の事業の許可申請に関わる經理的基礎に関する説明資料 2009. 자료 기준 금액으로 환율은 2022.08.31. 기준임.

3) 윤성원 외(2018) 「중국의 원자력 정책 및 연구 개발 현황」, 원자력산업 2018.07.

- 현재 화능그룹은 최종 승인 절차를 준비중이며 정부 허가 취득 후 첫 호기의 부지작업을 2022년 혹은 2023년에 시작하여 2024년 착공하고 나머지 호기도 순차적으로 건설하여 2031년 상업운전할 계획임.

◎ 연료부식 문제로 가동 중단된 중국 Taishan 1호기, 점검 마치고 재가동

Agence France-Presse 2022.08.17., Nuclear Engineering International 2022.08.18.

- 중국 CGN은 8월 16일 제출한 2분기 보고서에서 2021년 7월 연료봉 부식 문제로 운영을 중단했던 Taishan 1호기(1,660MW, PWR)가 계통망에 정상적으로 재연결되었다고 밝힘.

- 프랑스 Framatome이 설계한 EPR-1750을 적용한 해당 원자로에 대해 CGN은 계통 재연결 이전 수개월간 점검과 유지보수를 거쳐 7월 중국 원자력안전청(China's National Nuclear Safety Administration, NNSA)의 승인을 받았다고 밝히며 현재까지 가동 상태는 정상으로 관찰된다고 발표함.
- 2021년 6월 프랑스 EDF와 중국 정부는 Taishan 1호기의 연료봉 5다발 손상으로 인한 방사능 유출을 밝히고 7월 정비와 해당 연료봉 교체를 위해 가동을 일시 중단한 바 있음.
- Taishan 1·2호기는 중국 CGN(51%), 프랑스 EDF(30%), 중국 광둥성 에너지 그룹(19%)이 공동으로 지분을 출자한 TNPJVC(Taishan Nuclear Power Joint Venture Company Limited)가 소유하고 있음.

◎ 대만 경제부, 가동중 원전 영구정지 일정 유지 발표

World Nuclear News 2021.07.01., Nuclear Engineering International 2021.08.18., 세계원전시장인사이트 2022.04.29., Taipei Times 2022.08.26., World Nuclear Country Profiles 최종 검색일 2022.08.29.

- 8월 26일 기자회견에서 대만 경제부 Wang Mei-hua 장관은 현재 가동중인 원전 모두 사전에 계획한 정지 일정대로 영구정지할 계획이며 조기 폐쇄 계획은 없다고 밝힘.

- 대만은 1980년대부터 3기의 원전을 가동중이며 2020년 기준 전체 발전량 중 원전 비중은 11%(31.4TWh)임.
- 대만은 2025년까지 단계적으로 탈원전을 시행하고 에너지 구성을 재생에너지 20, 석탄 30, 가스 50으로 구성하는 정책을 추진 중임.

- Taipei Times에 따르면 Guosheng 2호기(985MW, BWR)는 2023년 3월, Maanshan 1호기와 2호기(각 938MW, PWR)는 각각 2024년과 2025년 가동을 정지할 예정임.
- Guosheng 1호기(985MW, BWR)는 운전 인허가 만료일인 2021년 12월 27일까지 운전 예정이었으나 사용후핵연료 저장 공간 부족으로 예정보다 빠른 2021년 6월 조기 폐쇄 하였음.

- 한편 2021년 12월 18일 코로나 확산으로 연기된 룡먼(Lungmen) 1·2호기 공사 재개를 포함해 총 4개의 안건을 대상으로 한 국민투표가 시행되었으나 재개 찬성 46.7%, 재개 반대 52.3%로 룡먼 공사 재개가 무산되었음.

◎ 인도 최대발전공사 NTPC, 700MW PHWR 2기 건설 검토중

New Indian Express 2022.03.27., Bloomberg 2022.08.24., Daily O India 2022.08.25.

- 8월 24일 블룸버그는 인도 최대 국영발전공사 NTPC(National Thermal Power Corporation Limited)가 인도 정부와 인도 중앙에 위치한 마디아 프라데시(Madhya Pradesh)에 700MW PHWR 2기를 건설하는 안을 검토중이라고 보도함.

- 이번 건설 논의는 2017년 6월 인도 정부가 승인한 1조 5백억 루피(1,05 lakh crore, 약 17조 8천억 원)⁴⁾규모의 PHWR 10기 신규 건설의 일환이며, 이에 따라 2022년 3월 인도 원자력부(Department of Atomic Energy, DAE)는 PHWR 10기 착공 일정을 밝혔음. 금번 논의중인 신규 원전은 위치상 Chutka 1·2호기로 보임.
 - DAE는 현지화에 성공한 PHWR Kaiga 원전(총 808MW, PHWR 4기)의 운영 경험을 바탕으로 2023년 Kaiga 5·6호기, 2024년 Gorakpur 3·4호기와 Banswara 1~4호기, 2025년 Chutka 1·2호기 등 PHWR 총 10기의 착공 계획을 밝힌 바 있음.
 - 8월 초 NTPC는 수도 New Delhi 가까이 위치한 하리아나(Haryana)주에 Gorakhpur 3·4호기 건설을 발표한 바 있음.

- 한편 Modi 총리가 원자력 발전 비중을 현재의 3배로 늘려 2070년까지 탄소중립을 달성하겠다고 공표함에 따라 NTPC는 현재 화력발전 설비를 절반으로 축소하고 원전 건설에 적극 협력하겠다고 밝힘.

- NTPC는 1975년 설립된 화력발전공사로 인도 국내 화력 발전의 대부분을 운영하고 있으며, 2022년 기준 236GW 규모의 화력발전 설비를 운영중임.

4) 2022년 9월 1일 환율 기준

기타단신

◎ 일본 도쿄전력 가시와자키 가리와 6·7호기, 테러대책설비 설치 허가 발급

原子力産業協会 2022.08.08., 東京新聞 2022.08.17., 原子力産業新聞 2022.08.18.

- 일본 원자력규제위원회는 8월 17일 도쿄전력 가시와자키 가리와 6·7호기(각 1,356MW, ABWR)의 테러 대책 설비 설치를 위한 원자로 설치변경 허가를 발급하였으며 BWR에서 테러 대책 설비 설치를 위한 허가 발급은 일본원자력 도카이 제2원전에 이어 이번이 두 번째임.
 - 도쿄전력은 6·7호기의 테러 대책 설비 인가 신청을 했지만, 6호기는 아직 공사 계획 인가를 받지 못했고 7호기는 2020년 10월 14일 공사 인가를 받았음. 테러 대책 설비는 공사 인가일에서 5년 내 설치해야 함.
 - 도쿄전력은 가시와자키 가리와원전 6·7호기 테러대책설비의 총공사비를 약 1,700억 엔 (약 1조 6,465억 원)⁵⁾으로 전망 중임.

◎ 일본 도쿄전력, 후쿠시마 제1원전 연료 잔해 반출 시작 시기 재연기

毎日新聞, NHK 2022.08.25.

- 도쿄전력은 8월 25일 올해 안으로 예정된 후쿠시마 제1원전 2호기 녹아내린 핵연료 잔해의 시험 반출을 로봇암 개조와 설계 수정으로 2023년도 하반기까지 연기하며, 이번 연기는 후쿠시마 제1원전을 2041~2051년에 해체 완료하겠다는 목표 시기에는 영향을 주지 않는다고 발표함.
 - 녹아내린 핵연료 잔해 반출 시기 연기는 이번이 두 번째이며 본래 2021년 반출 작업을 시작할 계획이었으나 코로나 19 확산으로 핵연료 잔해 반출에 활용할 로봇 개발이 지연됨에 따라 반출 시기를 2022년 말로 연기한 바 있음.

5) 2022년 8월 31일 환율 기준

◎ 카자흐스탄 Kazatomprom, 2024년 우라늄 증산 계획 발표

Reuters 2022.08.20., World Population Review 최종 검색일 2022.08.20.

- 8월 19일 세계 최대 우라늄 채광 국영 기업 Kazatomprom은 2분기 보고서에서 2024년 우라늄 채광량을 2천 톤에서 3천 톤 가량 늘릴 예정이라고 밝힘.
- Kazatomprom은 원자력 수요 증가, 최근 러시아-우크라이나 전쟁으로 인해 부각된 에너지 안보 및 에너지 다각화, 탈원전 국가들의 정책 회귀 흐름 등으로 향후 우라늄 수요가 증가 될 것으로 예상된다고 해당 결정의 배경을 밝힘.
- 미국 조사기업 World Population Review에 따르면 2021년 기준 카자흐스탄의 우라늄 채광량은 21,819tU로 전세계 채광량의 46%를 차지하였음.

World Nuclear Power Market
INSIGHT



세계원전시장
인사이트