



Biweekly 격주간
2023 12.08

세계원전시장 인사이트

현안이슈

IEA World Energy Outlook 2023의 전력부문 장기 전망

1. 들어가며
2. 전 세계 전력 수요 전망
3. 전 세계 전력 공급 전망
4. 주요 이슈

주요단신

세계 15

- 미국 등 22개국, COP 28에서 2050년까지 원전 설비용량 3배 확대 추진을 위한 선언문에 서명

북미 16

- 미 NRC, SMR 등에 적용될 비상대비 요건을 담은 최종규칙 발표
- 미국 Holtec, Palisades 부지에 SMR 2기 건설 프로젝트 착수 발표
- 미국 NuScale, SMR 기술 경제성 평가 위해 Oak Ridge 국립 연구소와 파트너십 체결
- 미 공군, 계약 철회에도 이동형 초소형원자로 시범사업 일정대로 진행 예정
- 캐나다 Saskatchewan 주 정부, 2029년까지 MMR 가동 위해 약 768억 원 지원
- 캐나다 OPG, Darlington 부지에 건설될 SMR 연료 공급 업체 선정
- 캐나다 AtkinsRealis, 1,000MW급 신규 CANDU 노형 발표
- 기타단신

유럽·아프리카 24

- 영국 정부, 한국과 탄소중립 전환 가속화를 위한 청정에너지 파트너십 체결
- 프랑스 EDF, 유럽 최초로 원전의 계속운전 시행 위한 녹색채권 발행
- 폴란드 정부, 자국 두 번째 원전 건설에 대한 사전허가서 승인
- 스웨덴 의회, 신규 원전 건설 허용한 환경법 개정안 승인
- 헝가리 의회, Paks 원전용 핵연료 공급처 다변화 계획 승인
- 남아공, Koeberg 1호기 설비개선 완료 후 재가동 실시
- 기타단신

아시아 34

- 한수원, 인도네시아 및 요르단 내 혁신형 SMR 도입을 위한 양해각서 2건 체결
- UAE ENEC, 선진원자로 국제협력 프로그램 및 SMR 개발 3개사와 협력 MOU 체결 발표
- 일본 사이타마현, 도쿄전력과 후쿠시마 사고 관련 손해 배상 합의
- 기타단신



세계원전시장

인사이트

Biweekly 격주간
2023 12.08

발행인 김현제

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

디자인·인쇄 효민디앤피 051-807-5100

※ 본 간행물은 한국수력원자력(주) 정책과제의 일환으로 발행되었습니다.

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

현안이슈

IEA World Energy Outlook 2023의 전력부문 장기 전망

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



1 들어가며

- IEA(International Energy Agency)는 매년 World Energy Outlook(이하 ‘WEO’) 발간을 통해 다양한 시나리오 하에서 전 세계 에너지 수급, 에너지 안보, 기후 목표 및 경제 개발 영향 등에 대한 통찰력을 제공하고자 함.
- 2023년 10월에 발간된 WEO2023에서는 이전과 동일하게 세 가지 시나리오를 활용하여 장기 에너지 수급을 전망함.
 - STEPS(Stated Policies Scenario) : 각 국가별 현존 정책을 미래에도 유지하는 것을 전망하지만 현재까지 세부 정보가 없는 정책들은 미달성함을 가정함.
 - APS(Announced Pledges Scenario) : 개별 국가들이 선언한 탄소중립 및 중장기 감축 목표(NDC) 등이 공표된 대로 적절히 이행되는 것을 가정함.
 - NZE(Net Zero Emissions by 2050 Scenario) : 2050년까지 모든 국가들이 탄소중립(Net Zero) 경로를 달성하고 기온 상승 폭을 1.5℃로 유지하며 2030년까지 에너지 접근성 목표를 100% 달성한다고 간주함.
- 본고에서는 이번에 발표된 WEO2023 중 전 세계 전력부문 수요 및 공급 전망과 함께 전력부문의 당면 이슈인 전력시스템 유연성과 전기화 장애요인을 다룸.

- 2장에서는 전 세계 전력 수요 전망, 3장에서는 전 세계 전력 공급 전망을 정리하고, 4장에서는 전력시스템 유연성 전망과 전기화 장애요인에 대한 분석 내용을 담음.

2 전 세계 전력 수요 전망

- WEO2023에서는 2050년 대비 전 세계 전력 수요가 2022년 대비 STEPS에서는 80% 이상, APS에서는 120%, NZE에서는 150% 증가할 것으로 전망함.¹⁾

- 그 결과 전 세계 최종에너지소비에서 전력이 차지하는 비중은 현재 20% 수준에서 2050년까지 각 시나리오별로 30%(STEPS), 41%(APS), 53%(NZE)가 될 것으로 전망됨.
- 부문별로 보면, 건물부문이 가전기기·냉난방·온수 등의 수요 증가로 STEPS와 APS에서는 2050년까지 여전히 소비량이 최대일 것으로 보이나, NZE에서는 에너지효율 개선으로 산업부문보다 소비 규모가 낮아질 것으로 전망됨.

표 1 부문별·시나리오별 전 세계 전력 소비량 전망

(단위: TWh, %)

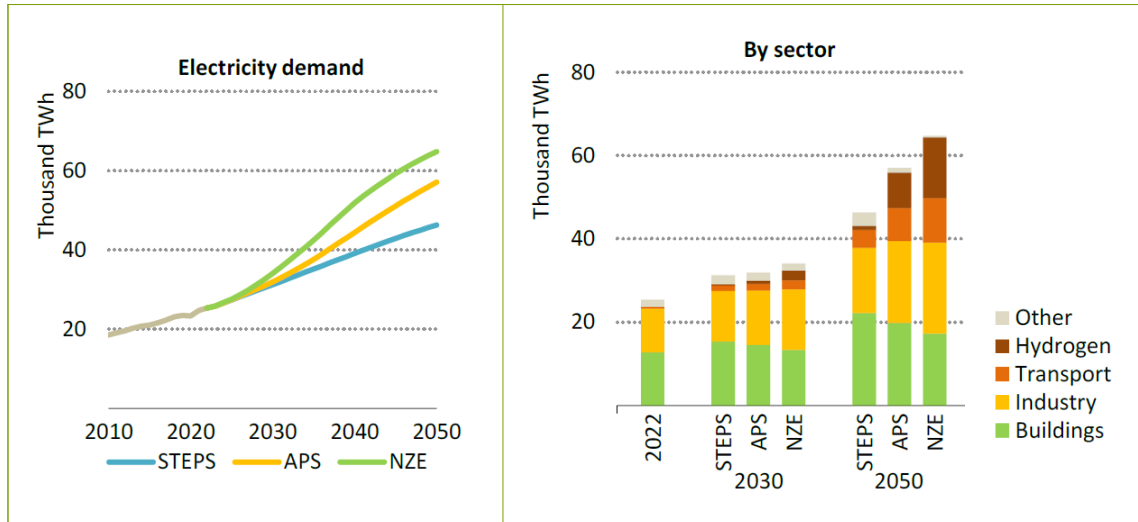
항목		2022	STEPS		APS		NZE	
			2030	2050	2030	2050	2030	2050
건물	소비량	12,768	15,368	22,230	14,571	19,822	13,338	17,285
	전기화율	35	40	50	43	58	48	70
산업	소비량	10,506	12,127	15,659	13,050	19,686	14,551	21,852
	전기화율	23	23	27	26	40	30	49
수송	소비량	426	1,336	4,275	1,595	7,905	2,209	10,653
	전기화율	1	4	11	5	27	8	51

자료: IEA, World Energy Outlook 2023, pp.265,266,271,272,277,278.

주) 보고서에서 제시된 원래 수치는 EJ단위로, 상기 값들은 $1\text{EJ} = 2,778 \times 10^2 \text{TWh}$ 의 환산계수를 적용한 것임; 그림1에 제시된 수소생산 및 기타 부문 소비량의 구체적 전망치는 보고서에서 제시되지 않음.

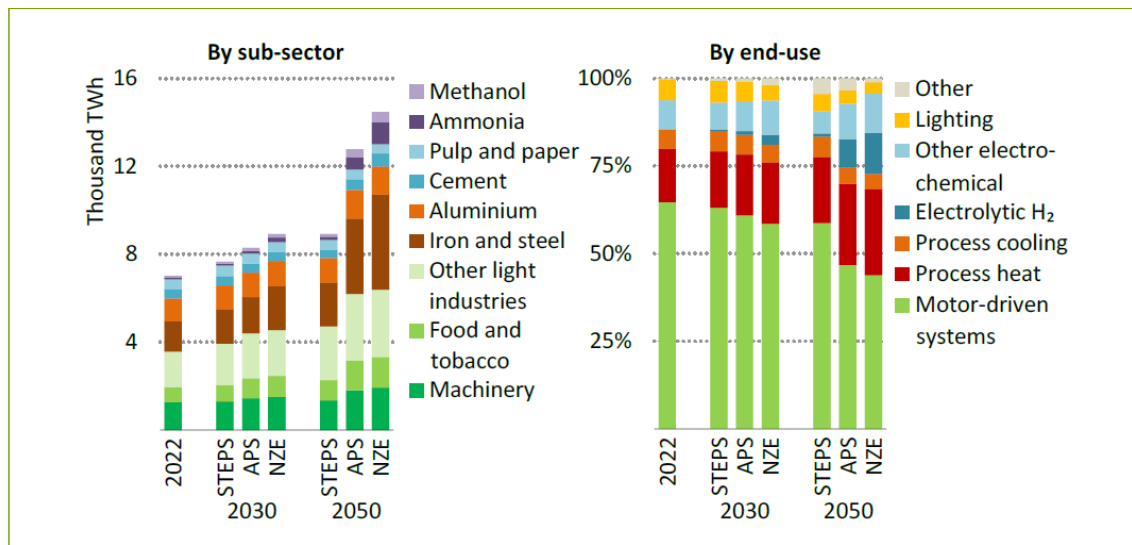
- 산업부문은 STEPS와 APS에서는 전동모터를 중심으로 전력 수요가 두 번째로 많을 것이며, NZE에서는 수요량이 최대가 될 전망이다.
- 수송부문에서는 전기차 판매가 급증하면서 2050년까지 전체 전력 수요 증가분에서 전기차가 최소 15%(STEPS)를 차지할 것으로 예상됨.
- 전기분해를 통한 수소생산은 STEPS에서는 여전히 제한적이나 다른 시나리오에서는 전력 수요 증가에 상당히 기여할 것으로 전망됨.

1) WEO 2023 보고서에서는 전체 전력 수요량 전망 결과의 구체적 수치는 제시하고 있지 않음.

그림 1 시나리오별 전 세계 전력 수요 추이·전망(2010~2050, 왼쪽) 및 부문별 전망(2030, 2050, 오른쪽)

자료: IEA, World Energy Outlook 2023, pp.123,124.

- 산업부문을 좀 더 자세히 살펴보면, 모터구동시스템이 현재 산업부문 전력소비의 65%를 차지하고 있는데, 향후에도 가장 큰 전력 수요를 보일 것으로 예상됨.
- 경공업부문에서 현재 700TWh 이상의 전력이 열 공급 용도로 사용되고 있는데, 이것이 STEPS에서는 2030년에 800TWh 이상, 2050년에 1,000TWh 수준이 될 것이며, APS에서는 공정열의 전기화가 가속화되면서 2030년 1,000TWh 이상, 2050년 1,800TWh가 될 전망이다.
- 철강, 암모니아, 메탄올 생산에서는 수전해 수소의 소내(onsite) 생산 및 사용이 늘어날 전망이다. APS에서는 2050년에 전 세계 산업부문 소내 수전해 수소 수요가 3천6백만 톤에 달해 수소 생산에 1,600TWh의 전력이 사용될 것으로 보이며, 철강·암모니아·메탄올 생산에서 수소 활용 비중이 약 1/4이 될 것으로 전망됨.
- 주로 1차(primary) 알루미늄 생산을 위한 전기화학공정에서는 APS에서 2040년까지 전력 수요가 700TWh에 달할 것이나, 이후 재활용(2차 생산)의 비중이 늘어나며 감소할 전망이다.

그림 2 주요 산업별 전력 수요(왼쪽) 및 용도별 비중(오른쪽) 시나리오 전망(2030, 2050)

자료: IEA, World Energy Outlook 2023, p.112.

- 지역별로 보면, 2050년까지의 전력 수요 증가는 신흥국 및 개발도상국이 주도하면서 모든 시나리오에서 공히 전 세계 전력수요의 약 3/4을 차지할 것으로 전망됨.
 - 현재도 최대 전력 소비국인 중국이 모든 시나리오에서 2050년까지 연평균 2% 이상의 수요 증가세를 보일 전망이며, 인도가 연평균 5% 정도의 전력 수요 증가율을 보이며 중국과 미국 다음의 전력 소비국이 될 것으로 전망됨.
 - 기타 신흥국에서도 견실한 전력 수요 증가가 예상되나, 선진국 지역에서는 연평균 증가율이 1.4%(STEPS)에서 2.4%(NZE)를 나타낼 것으로 보임.

표 2 지역별·시나리오별 총 발전량 전망(TWh)

항목	2022	STEPS		APS	
		2030	2050	2030	2050
북미	5,524	5,945	8,381	6,235	10,986
중남미	1,389	1,646	2,626	1,723	3,930
유럽	3,996	4,708	6,419	4,989	7,964
아프리카	890	1,203	2,294	1,327	3,859
중동	1,276	1,716	2,956	1,694	3,919
유라시아	1,476	1,540	1,923	1,502	2,023
아시아-태평양	14,483	19,043	29,385	18,900	34,079

자료: IEA, World Energy Outlook 2023, p.287.

3 전 세계 전력 공급 전망

■ 최근의 에너지 위기에 대한 경각심이 고조되면서 주요국들의 에너지 정책에서 재생에너지를 중심으로 한 청정에너지 전환뿐만 아니라 에너지 안보에 대한 관심이 증대되고 있음.

- 중국, EU, 인도, 일본, 미국 등에서 정책적으로 재생에너지 확대를 천명하고 있는 가운데, 주요국들은 원자력에 대한 정책도 강화하고 있음.
 - 일본, 한국, 미국 등에서 기존 원전의 계속운전이 추진되고 있으며, 캐나다, 중국, 영국, 미국 및 몇몇 EU 회원국들에서 신규 원전 건설이 추진되고 있음.
- 최근의 정책 동향을 보면, 발전부문에서 천연가스에 대한 전망은 다소 엇갈림.
 - EU, 한국, 일본 등은 천연가스 수입 의존도를 낮추기 위해 노력하는 반면, 중국은 천연가스가 여전히 중요한 역할을 담당할 것으로 보고 있음.
- 전 세계적인 에너지 위기로 석탄화력발전의 일시적인 증가세가 보였으나, 많은 국가들이 탄소 포집이 없는 석탄발전의 퇴출을 계획하고 있음.

표 3 주요국의 전력 공급 관련 주요 정책과 에너지원별 영향 전망

국가/지역	주요 정책	영향 전망			
		재생에너지	원자력	천연가스 (CCUS 미결합)	석탄 (CCUS 미결합)
중국	• 14차 5개년 계획 및 NDC 개정	긍정적	긍정적	중립적	부정적
인도	• NDC 개정으로 2030년까지 발전설비용량 중 비화석연료 비중 50% 목표	긍정적	중립적	중립적	중립적
EU	• 재생에너지지침 III에서 2030년 최종에너지소비 중 재생에너지 42.5% 목표 제시 및 원자력 수소 포함	긍정적	긍정적	부정적	부정적
미국	• IRA를 통해 청정에너지 기술에 3천7백억 달러 투입	긍정적	긍정적	중립적	부정적
캐나다	• 전력, 수소, CCUS 및 관련 제조업에 투자세액공제	긍정적	긍정적	중립적	부정적
한국	• 10차 전력수급기본계획	중립적	긍정적	부정적	부정적
일본	• 6차 에너지 기본계획 및 GX(Green Transformation) 정책 이니셔티브	긍정적	긍정적	부정적	부정적

자료: IEA, World Energy Outlook 2023, p.125.

■ **향후 발전량 증가분은 주로 재생에너지, 원자력, 탄소포집장치가 결합된 화석연료, 수소 및 암모니아 등의 저배출(low-emissions) 에너지원에 기인할 전망이다.**

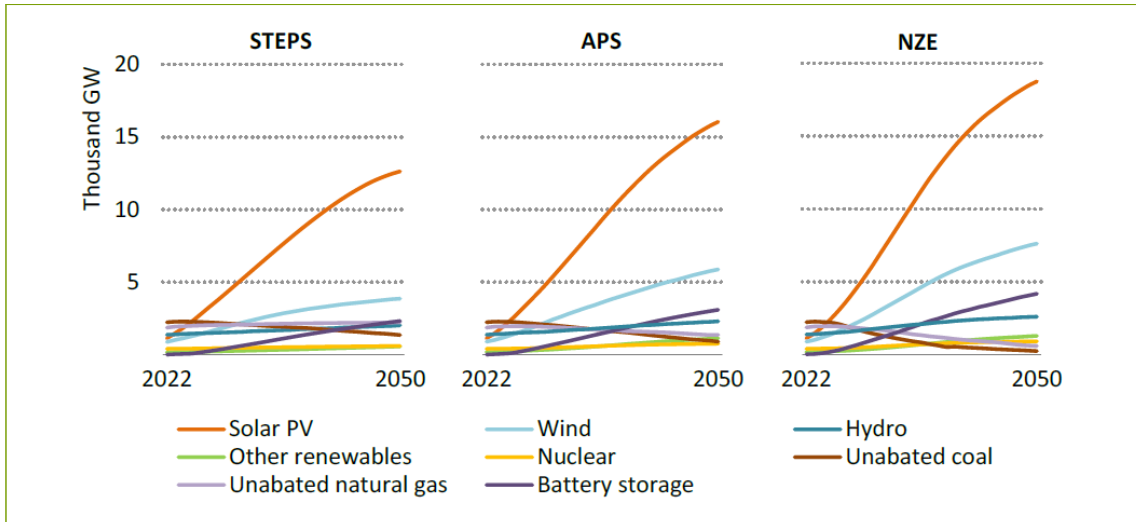
- 저배출 에너지원에 의한 발전량은 2050년까지 STEPS에서는 4배, APS에서는 5.5배, NZE에서는 7배 증가할 것으로 예측됨.
- 그 결과로, 저배출 에너지원에 의한 발전량 비중은 2022년의 39%에서 2030년까지 각 시나리오별로 57%(STEPS), 63%(APS), 71%(NZE)이 될 것으로 보이며, 2050년까지는 각각 79%(STEPS), 93%(APS), 100%(NZE)가 될 전망이다.
- 탄소포집이 되지 않은 화석연료의 비중은 급격히 하락할 전망인데, 2050년까지 STEPS에서는 1/3 이상, APS에서는 3/4이 감소하며, NZE에서는 비중이 거의 0에 이를 것임.

표 4 에너지원별·시나리오별 전 세계 전력 공급 전망

(단위: TWh, %)

항목	2022	STEPS		APS		NZE	
		2030	2050	2030	2050	2030	2050
석탄(CCUS 미결합)	10,427	8,333	4,949	6,976	1,534	4,988	—
천연가스(CCUS 미결합)	6,500	6,611	6,150	6,028	3,080	5,943	158
유류(CCUS 미결합)	709	462	274	352	144	135	1
화석연료(CCUS 결합)	1	7	90	48	949	220	996
원자력	2,682	3,351	4,353	3,496	5,301	3,936	6,015
수력	4,378	4,981	6,351	5,071	7,432	5,507	8,225
풍력	2,125	5,229	11,801	6,208	18,432	7,070	23,442
태양광	1,291	5,405	17,220	6,390	24,297	8,177	31,237
기타 재생에너지	805	1,301	2,601	1,626	4,895	1,777	5,526
수소·암모니아	—	22	91	78	606	373	1,161
전세계 전력 공급	29,033	35,802	53,985	36,370	66,760	38,207	76,838
저배출 발전원 비중	39%	57%	79%	63%	93%	71%	100%

자료: IEA, World Energy Outlook 2023, pp.265,266,271,272,277,278.

그림 3 시나리오별·에너지원별 전 세계 발전설비용량 추이 및 전망(2022~2050)

자료: IEA, World Energy Outlook 2023, p.127.

- 석탄은 현재 가장 큰 발전원으로서 36%의 비중을 차지하나, 모든 시나리오에서 2025년 경에 재생에너지에 추월당할 것으로 보임.
 - 신규 설비 건설의 둔화와 탈석탄 및 에너지전환 등의 영향으로 2030년까지 탄소 포집이 안 된 석탄의 발전비중은 25%(STEPS), 20%(APS), 15%(NZE)가 될 전망이다.
 - 탄소포집 없는 석탄화력 발전은 중국은 2025년경에, 인도는 2030년 이후에 정점을 기록할 것으로 보이는 등, 전반적으로 2030년 이후 감소세를 보일 것으로 예상됨.
- 천연가스는 유연성 및 신뢰성 자원을 포함하여 현재 전 세계 발전량의 22%를 담당하고 있으나, 모든 시나리오에서 2030년 전에 발전량이 정점에 이를 것으로 보임.
 - 발전량 비중이 STEPS에서는 2030년 20% 이하, 2050년 10% 수준까지 낮아질 것으로 보이는데, 이는 선진국을 중심으로 가스발전을 에너지 대량 공급용보다는 재생에너지를 보완하는 유연성 자원으로 점차 간주하고 있기 때문이며, 중국이나 신흥국·개발도상국에서는 2030년 이후에도 발전량 자체는 증가할 것이나 비중은 하락할 것임.
 - 탄소 포집 없는 가스발전은 APS에서는 2050년까지 절반으로 감소하면서 이같은 추세가 가속화되고, NZE에서는 거의 완전한 퇴출이 이루어짐.
- CCUS와 결합된 석탄 및 가스 화력발전과 수소 및 암모니아 혼소발전은 2030년 이후에야 APS 및 NZE에서 본격적인 저배출 발전원으로 기여할 것으로 전망됨.
 - APS에서는 2050년에 1,500TWh의 발전량이 예상되며, NZE에서는 오늘날의 전 세계 풍력 발전량에 맞먹는 2,100TWh 이상이 될 것으로 전망됨.

- 재생에너지는 현재 전 세계 발전량의 30%를 차지하고 있으나, STEPS에서는 2030년에 50%에 이를 것으로 전망됨.
 - 재생에너지 발전설비용량은 2030년까지 2.4배(STEPS), 2.7배(APS), 3배(NZE)로 증가할 것으로 보이는데, 증가분의 거의 95%를 태양광 및 풍력이 차지할 전망으로, 태양광과 풍력의 발전량 비중도 현재의 12%에서 2030년 약 30%로 상승하면서 전력공급 안정성 및 전력망 확대 가속화의 이슈가 대두될 전망이다.
 - 현재 발전량 중 15%의 가장 큰 비중을 차지하는 수력발전은 생산량의 변동성, 높은 초기 자본비용, 적합 부지 가용성 제한 등으로 향후 성장 전망이 밝지 않음.
- 원자력은 현재 수력에 이어 두 번째로 생산량이 많은 저배출 발전원으로서 풍력이나 태양광을 압도하고 있으며, 선진국에서는 가장 큰 저배출 발전원임.
 - 후쿠시마 원전 사고 이후 10여년간의 침체기를 거친 후, 최근 우호적인 정책환경이 조성되고 있음.
 - 원전의 설비용량은 2022년 417GW에서 STEPS에서는 2050년까지 620GW로 증가할 것이나, 이는 중국 및 개도국이 주도할 것이며 선진국에서는 계속운전이나 영구정지 원전 대체 수요만 있을 것으로 예상됨.
 - APS 및 NZE에서는 계속운전 및 신규 원전 건설 지역의 확대 등으로 2050년에 770GW(APS), 900GW 이상(NZE) 까지도 설비용량 확대가 전망됨.
 - 모든 시나리오에서 선진원자로 노형을 포함하여 대형원전이 여전히 절대적 비중을 차지할 것이나, 장기적으로는 소형모듈원전(small modular reactors)의 잠재력이 클 것임.

표 5 지역별·시나리오별 원자력 발전량 전망(TWh)

항목	2022	STEPS		APS	
		2030	2050	2030	2050
북미	898	925	934	926	1,195
중남미	23	31	75	35	83
유럽	750	808	781	894	970
아프리카	11	24	43	29	72
중동	26	45	89	51	146
유라시아	226	238	306	238	315
아시아-태평양	748	1,281	2,125	1,322	2,520

자료: IEA, World Energy Outlook 2023, pp.289.

- 전 세계 전력 및 열 생산부문 CO₂ 배출량은 2022년에 15Gt에 이르며 전체 에너지 관련 CO₂ 배출량의 거의 40%를 차지했으나, 가까운 미래에 배출량이 정점에 이를 것으로 보이며 이후 모든 시나리오에서 감소하기 시작할 것임.
- 2030년까지 전력부문 배출량은 STEPS에서는 약 15%, APS에서는 30%, NZE에서는 45% 감소할 것으로 전망됨.

표 6 전력·열부문 원별·시나리오별 CO₂배출량 전망(2030, 2050)

(단위: 백만 톤CO₂)

발전원	2022	STEPS		APS		NZE	
		2030	2050	2030	2050	2030	2050
석탄	10,876	8,709	5,126	7,388	1,712	5,156	21
천연가스	3,201	3,071	2,734	2,797	1,427	2,781	78
유류	596	393	230	310	128	135	0
바이오, 폐기물	149	129	126	102	-263	41	-374
순 합계	14,822	12,302	8,217	10,597	3,004	8,113	-275

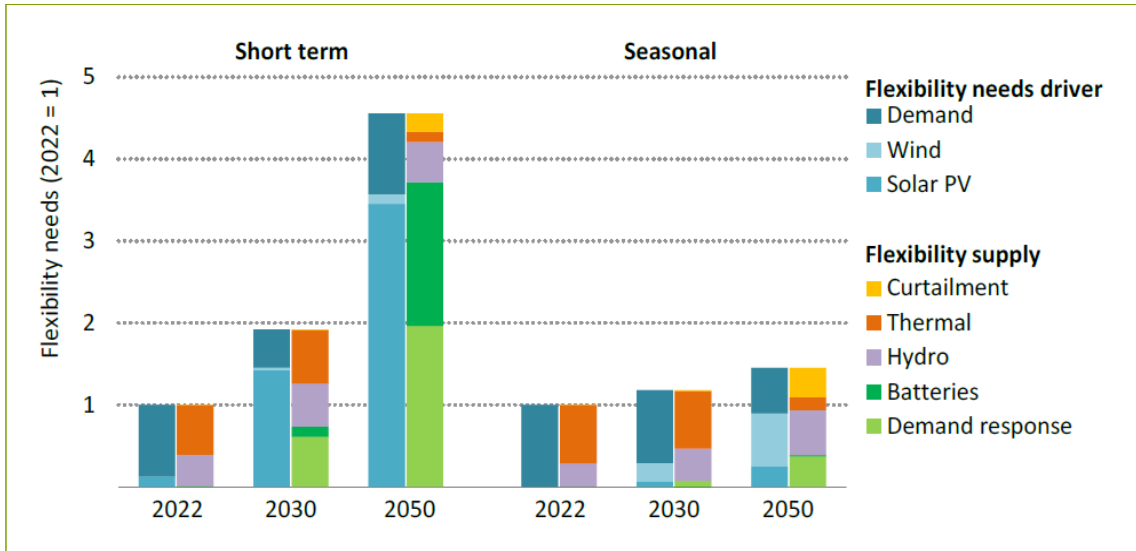
자료: IEA, World Energy Outlook 2023, pp.268,274,280.

- 전 세계 전력부문 투자에서 태양광과 풍력이 차지하는 비중이 전력망보다 크지만, 향후 태양광의 비용 하락과 풍력 수요의 안정세가 예상되는 가운데 전력망에 대한 투자는 증가할 것으로 보임.
- 시간단위 유연성 및 망 안정성을 제공하기 위해 에너지저장 배터리에 대한 투자가 늘어나는 반면, 탄소 포집이 없는 화석연료 발전시설에 대한 투자는 최근 몇 년간의 낮은 수준에 이어 최저 수준으로 하락할 전망이며, 그나마 유연성 서비스 제공을 위한 가스발전에도 집중될 것임.
- 전 세계 전력부문 투자규모는 2018~2022년 기간의 평균인 1조 달러 수준에서 STEPS에서는 2030년까지 연평균 1.4조 달러에 이른 후 2050년까지 그 수준을 유지할 것이며, APS에서는 2030년까지 1.8조 달러, NZE에서는 2030년까지 2.2조 달러에 이를 전망이다.

4 주요 이슈

- (전력시스템 유연성) 오늘날 전력망에 필요한 유연성(flexibility)의 대부분은 급전가능한(dispatchable) 기력발전과 수력발전(양수 포함)으로 제공되고 있으나, 2030년 이후에는 모든 시나리오에서 추가적인 단기(short-term) 유연성 수요의 대부분을 배터리와 수요반응(demand response)이 담당할 것으로 예상됨.

- 기력 및 수력발전은 계절단위(seasonal) 유연성 공급 역할을 계속 맡을 것이나, 미래로 갈수록 수요반응과 잉여 발전량에 대한 출력제한(curtailment)의 역할이 점점 커질 것임.
- 단기 유연성 수요는 STEPS에서 2050년까지 전 세계적으로 세 배 이상 증가할 것이며, APS에서는 2030년까지 두 배, 2050년까지 4.5배 증가할 것으로 전망됨.
 - 계절단위 유연성 수요는 단기 유연성보다는 증가세가 덜한데, APS에서 2030년까지 거의 20%, 2050년까지 45% 증가에 그칠 것임.
 - 단기 유연성 수요의 증가는 태양광 비중 확대에 기인하며, 풍력은 단기 변동성은 덜할 것이나 주 및 계절 단위로 보면 변동성이 커서 계절단위 유연성 수요의 주요 요인이 될 것임.
- 탄소 미포집 석탄발전의 퇴출 등으로 기력발전의 단기 유연성 제공 비중이 현재의 60% 수준에서 2030년까지 1/3 수준(APS)까지 떨어질 것임.
 - 탄소 미포집 화석연료 발전원과 원자력, CCUS 결합 화석연료, 바이오에너지, 수소 및 암모니아 등을 포괄하는 저배출 발전원을 통틀어 기력발전은 2040년까지 계절단위 유연성의 중요한 공급원이 될 것이며, 2050년이 되어서야 유연성에서의 비중이 약 10%로 떨어질 것임.
 - 수력발전은 단기 유연성 공급에서의 비중이 떨어질 것이나, 2040년 이후에도 계절단위 유연성의 중요한 공급원이자 계절단위 밸런싱의 주 공급원으로 남을 것임.
- 저배출 수소 및 암모니아가 재생에너지의 계절단위 변동에 대비한 백업(backup) 용량 자원으로서 기력발전에 이용될 수 있으며, 계통연계 수전해설비는 단기 및 계절단위 유연성을 상당한 규모로 제공할 것인데, APS에서는 2050년에 필요한 계절단위 유연성의 약 1/4을 수전해 기술이 담당할 것임.
- 전 세계 전력망은 총연장 약 8천만km 규모인데, STEPS와 APS에서는 2030년까지 약 18% 증설될 것으로 보았으며, NZE에서는 20% 증설될 것으로 전망함.
 - 특히 고전압직류송전(HVDC)은 이미 발표된 프로젝트를 반영할 경우 총연장이 2030년까지 약 45% 증가할 것으로 보임.

그림 4 전 세계 전력시스템 유연성 수요 및 공급 전망(APS, 2030, 2050)

자료: IEA, World Energy Outlook 2023, p.172.

■ (전기화 장애요인) 탄소중립을 위해 청정에너지 중심의 전기화(electrification)를 촉진해야 하나, 주요 청정전력 기술별로 보급을 가로막는 고유의 리스크 요인들이 있어 이를 해결해야 함.

- 규제 및 정책 리스크와 관련하여, 시장 참여 유인을 위한 규제 장벽 해소가 필요하며, 충분하고 연속적인 정책 지원으로 투자 불확실성을 제거해야함.
 - 아울러, 풍력산업이나 신규 원전 건설, 전력망 확충 등에서 관찰되는 것과 같이 긴 시간이 소요되는 인허가 절차가 비용을 증가시켜 투자를 가로막을 수 있음.
- 공급망 리스크와 관련하여, 핵심 자원 및 제조업 역량의 지역적 편중이나 공급이 수요를 따라가지 못하는 문제, 숙련 인력의 부족 등이 장애요인이 될 수 있음.
 - 특히 전력망 확충이나 신규 원전 건설, 히트펌프 설치 등에서 전문기술 인력의 부족 문제가 대두되고 있음.
- 자금조달 리스크와 관련하여, 리스크 경감을 위해서는 계약의 장기적인 안정성과 함께 개별 기술의 높은 품질 및 신뢰성도 중요함.
 - 최근의 이자율 상승으로 여러 지역에서 청정에너지 프로젝트의 자본비용이 증가하였는데, 특히 이는 해상풍력이나 전력망, 신규 원전 등 자본집약적인 대형 프로젝트에 가장 큰 영향을 미쳤음.

표 7 전기화를 위한 주요 청정에너지 기술의 당면 리스크 현황

		풍력	태양광	원자력	ESS	수요반응	전력망	전기차	히트펌프
규제 및 정책 리스크	규제 프레임워크	중간	낮음	중간	중간	높음	중간	중간	중간
	정책 지원	낮음	낮음	중간	낮음	높음	낮음	낮음	낮음
	허가 및 인증	중간	중간	높음	낮음	낮음	높음	중간	낮음
공급망 리스크	핵심광물	높음	중간	낮음	높음	낮음	중간	높음	낮음
	제조업	높음	낮음	중간	중간	낮음	낮음	낮음	중간
	숙련 노동력	중간	중간	높음	낮음	낮음	높음	낮음	중간
자금 조달 리스크	자금조달 비용	높음	중간	높음	중간	낮음	높음	중간	중간
	현금흐름 예측가능성	중간	낮음	낮음	중간	중간	낮음	낮음	낮음
종합적인 리스크		높음	낮음	중간	중간	중간	높음	낮음	중간

자료: IEA, World Energy Outlook 2023, p.60.

**참고문헌**

• IEA, World Energy Outlook 2023

주요단신

세계 World



■ 미국 등 22개국, COP 28에서 2050년까지 원전 설비용량 3배 확대 추진을 위한 선언문에 서명

Department of Energy 2023.12.01., IAEA Statements 2023.12.01., World Nuclear News 2023.12.02., Nuclear Engineering International 2023.12.05.

- 2023년 12월 1일 미 에너지부는 UAE Dubai에서 열린 제28차 유엔기후변화협약 당사국총회(COP 28) 세계기후행동 정상회의(World Climate Action Summit) 세션에서 미국, 캐나다, 한국, 일본, 영국, 프랑스 등 22개국*이 2050년까지 온실가스 배출을 줄이기 위해 원전 설비용량을 2020년 대비 3배로 확대하는 내용의 선언문에 서명했다고 발표함.

※ 선언에는 미국, 캐나다, 한국, 일본, 영국, 프랑스, 불가리아, 체코, 핀란드, 헝가리, 네덜란드, 폴란드, 루마니아, 슬로바키아, 슬로베니아, 스웨덴, 우크라이나, 가나, 몰도바, 몽골리아, 모로코, UAE가 참여함.

- 선언문에 따르면 2050년까지 탄소중립을 달성하고 지구 온도 상승을 1.5도로 억제하기 위해서는 원전 설비용량을 3배로 확대할 필요가 있으며, 지속 가능 개발 목표를 이루기 위해서는 원자력에너지가 핵심적인 역할을 해야 함.
 - 이를 위해 각국은 원전의 안전성과 지속가능성 및 핵 비확산 원칙 준수, 사용후핵연료의 장기적인 관리 등에 필요한 지원을 해야 한다고 명시함.
 - 또한 혁신적인 자금조달 방안을 바탕으로 세계은행(WB) 및 금융기관에 원전 개발을 위한 금융지원의 장려를 촉구하며, 2050년까지 각국의 원전 설비용량을 3배로 확대하기 위한 적극적인 투자 및 지원과 함께 SMR을 포함한 선진 원자로 개발과 건설을 지원하기로 함.
 - 마지막으로, 각국의 협력을 바탕으로 수소 또는 합성연료 생산 등 탈탄소화를 위한 산업적 응용 방안을 마련하고 신규 원전 도입을 모색하고자 하는 국가들을 적극 지원하기로 함.
- 한편 COP 28에서 2023년 12월 1일 IAEA가 발표한 성명서도 기후변화에 대응하고 지속 가능한 경제 발전을 이루기 위해 협력국들의 적극적인 원자력 지원 필요성을 강조하면서, 원자력은 지역난방과 담수화, 산업 공정 및 수소 생산 등 탈탄소에 도움을 주고 에너지 안보와 전력망의 안정성에 기여한다고 제시하였음.
 - 또한 지속적인 원전의 계속운전 관리와 설비개선은 기존 원전의 안전성과 신뢰성을 보장하고, 전력망 안정과 탈탄소 에너지의 안정적인 공급에 기여한다고 밝힘.

주요단신

북미

North America



■ 미 NRC, SMR 등에 적용될 비상대비 요건을 담은 최종규칙 발표

World Nuclear News 2023.08.16., Federal Register 2023.11.16., Nuclear Newswire 2023.11.22.

- 2023년 11월 16일 미 원자력규제위원회(NRC)는 SMR 및 신기술(Other New Technologies, 이하 'ONT') 관련 위험 상황 발생 시 비상대비(Emergency Preparedness, 'EP') 요건이 포함된 최종규칙(final rule) 및 규제지침(Regulatory Guide 1.242, 이하 'Reg. Guide')을 공표함.

- WNN의 보도에 따르면 이번에 발표된 최종규칙은 2022년 1월 3일 NRC에 제출된 후 같은 해 8월 14일 NRC로부터 승인을 받았으며, 2023년 12월 18일부터 발효될 예정임.
- 미 연방관보(Federal Register)에 게재된 내용에 따르면 기존의 대형 경수로에 중점을 두고 있는 10 CFR 50에 SMR과 ONT에 적용될 EP 요건이 추가되었으며, 이에 따라 Reg. Guide는 성과 기반(performance-based), 기술 포용(technology-inclusive), 위험정보(risk-informed), 결과지향(consequence-oriented)의 접근법을 채택함.
 - 10 CFR 50은 NRC에서 발행한 원자력 발전소의 운영과 안전에 관한 규칙을 담은 미 연방 규정집(Code of Federal Regulations, CFR)의 일부로, 10 CFR 50에 원자로 설계 · 건설 · 운영 · 유지보수 · 안전과 관련한 다양한 규정이 포함되어 있음.
- 이번에 발표된 최종규칙 및 Reg. Guide는 다음 6가지를 목적으로 함.
 - ① SMR 또는 ONT 면허사업자가 비상계획에 대해 적절한 보호조치를 강구하도록 요구
 - ② SMR 또는 ONT에 대한 향후 규제 안정성과 규제의 예측 가능성 및 규제 명확성 제고
 - ③ SMR 또는 ONT의 기술적 고유 안전성을 반영하여 불필요한 사업자 규제 부담 감소
 - ④ SMR 또는 ONT의 기술 특성을 규제 지침에 반영
 - ⑤ SMR 또는 ONT 피동 안전성 인식
 - ⑥ 과도상태 감소 및 핵분열 생성물 감소 등 원자로 특성을 감안하여 지나치고 엄격한 규제 지양

- 한편, 2023년 8월 4일 미국의 5개 비영리조직으로 구성된 친원자력 단체는 NRC에 보내는 공동 서한을 통해 SMR과 ONT 관련 내용이 포함된 Reg. Guide를 이른 시일 내 승인할 것을 촉구한 바 있음.
- 이들 친원자력 단체는 환경 연구기관 The Breakthrough Institute, 환경단체 Clean Air Task Force, 청정에너지 정책 개발기관 ClearPath, 선진원자로 중심 think tank인 Nuclear Innovation Alliance, 그리고 공공정책 think tank인 Third Way의 5개 비영리 조직으로 구성됨.

■ 미국 Holtec, Palisades 부지에 SMR 2기 건설 프로젝트 착수 발표

세계원전시장 인사이트 2022.11.04., Holtec International 2023.12.04., World Nuclear News 2023.12.05.

- 2023년 12월 4일 미국의 Holtec은 Michigan 주 Palisades 원전(850MW, PWR) 부지에 SMR-300(300MW, PWR) 2기를 건설하는 프로젝트에 착수했으며 2030년 중반 시운전을 목표로 한다고 밝힘.
- Holtec에 따르면 Palisades 원전이 2025년 말까지 재가동될 경우, 재가동 직후인 2026년에 SMR 2기에 대한 건설인허가(CP) 제출을 목표로 하고 있으며, 2030년대 중반 1기의 SMR 시운전을 계획 중임.
- 2022년 5월 조기 폐쇄된 Palisades 원전은 2025년 8월까지 해당 원전을 재가동하기 위해 인허가 절차에 필요한 관련 서류를 2023년 10월 6일 미 원자력규제위원회(NRC)에 제출함.
- 기존 800MW 규모의 Palisades 원전 부지에 300MW SMR 2기가 추가되면 Michigan 주의 무탄소 에너지 발전량은 두 배가 될 것으로 전망됨.
- Holtec의 Kris Singh CEO는 Palisades 원전 부지에 SMR을 보급하면 건설 기간을 단축할 수 있다는 장점이 있으며, 기존 원전의 인프라 활용 및 전력망 안정성 향상 등 시너지 효과를 얻을 수 있을 것으로 전망함.
- Holtec은 2011년부터 SMR-160을 개발해 왔으나, Holtec은 펌프 및 안전계통 측면을 고려했을 때 기존의 160MW에서 출력 증강한 300MW가 더욱 안전하다고 판단하였으며, 출력을 높임으로써 NRC로부터 표준설계허가 발급이 용이할 것으로 예상함.
- SMR-300은 외부 전원 또는 냉각수 공급 없이 작동하는 피동형안전시스템을 갖추고 있어 지진이 빈번하게 발생하는 지역을 포함한 모든 지형에 보급이 가능하도록 설계됨.

■ 미국 NuScale, SMR 기술 경제성 평가 위해 Oak Ridge 국립 연구소와 파트너십 체결

Nuscale News Release 2023.11.20., World Nuclear News 2023.11.21.,
Nuclear Engineering International 2023.11.24.

- 2023년 11월 20일 NuScale은 자사가 개발 중인 77MW급 SMR인 VOYGR의 비용 효율적인 증기 열 증강 설계(steam heat augmentation design) 구현을 목표로 하는 1년간의 기술 경제성 평가(Techno-Economic Assessment, 이하 ‘TEA’)를 위해 Oak Ridge 국립 연구소(ORNL)와 파트너십을 체결함.
 - TEA는 화학 시설의 공정 데이터를 기반으로 화학 시스템에서 사용할 수 있는 증기 열 증강을 통해 NuScale의 SMR 기술 실행 가능성을 평가할 것이며, 여기에는 증기 신뢰성, 운영비용 및 시스템, 안정성에 대한 평가와 SMR 부지 적합성 연구가 포함됨.
 - 구체적으로 NuScale은 미 원자력규제위원회(NRC)로부터 비상계획구역(EPZ) 설정 방법론(sizing methodology) 검증을 받은 유일한 기업으로, 지역의 특성과 경제적인 상황 및 전반적인 인프라 등을 고려한 SMR 부지 적합성 연구가 진행될 예정임.
 - TEA는 2023년 9월 미 에너지부가 SMR 개발 지원을 위해 발표한 2023년 회계연도 GAIN (Gateway for Accelerated Innovation in Nuclear) 프로그램을 통해 자금 지원을 받음.
 - 2023년 9월 미 에너지부는 NuScale을 2023년 회계연도 GAIN 프로그램 대상 기업으로 선정하였으며, 당시 NuScale은 ORNL의 전문 지식과 연구 역량을 활용하여 프로젝트 진전 계획을 밝힌 바 있음.

■ 미 공군, 계약 철회에도 이동형 초소형원자로 시범사업 일정대로 진행 예정

Nuclear Engineering International 2023.11.22., Canary Media 2023.11.22., Nucnet 2023.11.29.

- 2023년 11월 22일 미 국방부 산하 기관인 미 국방부 군수국(Defense Logistics Agency, 이하 ‘DLA’)은 2023년 9월에 미 공군부가 발표한 Alaska의 Eielson 공군기지에 전력과 증기 공급을 목적으로 한 Oklo의 초소형원자로(Microreactor, 이하 ‘MMR’) 개발 계약 건과 관련해 추가 고려해야 할 사항이 필요하다는 이유로 계약을 철회함.

※ Oklo는 초소형 원자로인 Aurora(1.5MW, FNR)를 개발 중이며, 해당 원자로는 밀폐된 히트파이프(sealed heat pipe)와 수동형 공랭식(air-cooling system) 시스템을 갖춘 실험용 증식로-네(Experimental Breeder Reactor-네)의 기술을 활용함.

- 미 공군의 초소형원자로 시범사업은 2019 회계연도 국방수권법(National Defense Authorization Act)에 따라 시작되었으며, 미 국방부는 해당 법안을 바탕으로 초소형 원자로를 보급·건설·운영할 수 있는 군사적 위치 파악을 의무화하도록 미 공군에 요구함.
 - 해당 법안은 화석연료 의존을 벗어나 복원력 있는 다양한 대체 에너지를 확보하기 위해 제정되었으며, 미 국방부와 미 에너지부는 2027년 12월까지 초소형원자로 1기를 가동하도록 명시하고 있음.
- 캐나다 Northern Journal이 입수한 문서에 따르면 DLA의 특정 군사 계약 규정인 DFARS 214.306에 따라 DLA에 요구되는 책임을 고려하고 공군기지에 MMR 부지·설계·건설·운영에 필요한 모든 조치를 취하기 위해 추가 고려 사항 필요성으로 계약을 철회하게 됨.
 - 규정에 따르면 DLA가 1억 달러(약 1천 325억 원)²⁾ 이상의 경쟁 입찰 이후 기업과 협상 또는 논의를 진행해야 한다고 명시되어 있음.
 - Eielson 계약 입찰에는 USNC, Westinghouse, Rolls-Royce, Siemens 등의 기업들이 참여함.
- 그러나, 11월 29일 Nucnet의 보도에 따르면 미 공군의 Nancy J. Balkus 부차관보는 추후 공군기지에 필요한 절차적 요구 사항이 충족되면 기존 계획대로 2027년까지 Eielson 기지 MMR 보급을 일정에 차질 없이 진행할 것이라고 밝힘.

■ 캐나다 Saskatchewan 주 정부, 2029년까지 MMR 가동 위해 약 768억 원 지원

OPG 2021.08.05., Westinghouse News Release 2022.05.18., 2023.11.27., World Nuclear News 2023.11.27., Power Magazine 2023.11.27., Saskatchewan News Release 2023.11.27., Nucnet 2023.11.28.

- 2023년 11월 27일 캐나다 Saskatchewan 주 Scott Moe 총리에 따르면 Saskatchewan 연구위원회(Saskatchewan Research Council, 이하 'SRC')는 해당 주에서 2029년까지 Westinghouse가 개발 중인 초소형모듈원자로(MMR) eVinci(5MW, Heat Pipe) 실증 추진을 위해 5,800만 달러(약 768억 원)를 지원할 계획임.
- Saskatchewan 주 정부는 eVinci 실증 프로젝트가 진행됨에 따라 구체적인 부지가 결정될 것이며, eVinci 초소형로의 인허가 및 보급 경험을 바탕으로 향후 MMR 프로젝트 추진 지원에 적극 나설 계획임을 밝힘.

2) 북미 단신 기사 내용 모두 2023년 12월 7일 환율 기준 적용(1달러=1,325원)

- 2022년 5월 Westinghouse와 SRC는 Saskatchewan 주에서 eVinci 보급을 위한 양해각서(MOU)를 체결함.
 - eVinci는 이동식 원자력 발전기로 최소한의 유지보수로도 경쟁력이 있으며, 담수화 및 수소 생산과 온실 열 공급에 활용이 가능함.
 - Westinghouse는 2025년까지 해당 원자로의 상용화를 목표로 하고 있음.
- 2023년 7월 Westinghouse는 캐나다 원자력안전위원회(CNSC)에 eVinci 관련하여 총 3단계로 구성된 사전인허가 절차(pre-licensing)인 공급자설계평가(Vendor Design Review, '이하 VDR') 중 1단계에 해당하는 원자로 설계평가에 필요한 자료를 제출함.
 - VDR은 공급업체의 요청에 따라 CNSC가 원자로 설계평가를 제공하기 위한 선택적 서비스로 건설 인허가 발급 과정에서 필수적인 절차는 아니며, 건설면허 발급이나 원자로 설계 인증을 포함하지는 않음.
- 한편, 2019년 1월 캐나다 Saskatchewan 주 전력사인 SaskPower는 OPG, Bruce Power, NB Power와 함께 이들 전력사가 위치한 주인 Saskatchewan 주, Ontario 주, New Brunswick 주에 SMR 보급을 위한 프레임워크 구축을 위해 MOU를 체결한 바 있음.

■ 캐나다 OPG, Darlington 부지에 건설될 SMR 연료 공급 업체 선정

Department of Energy 2023.03.27., OPG News Release 2023.11.29., World Nuclear News 2023.11.30.

- 2023년 11월 30일 캐나다 OPG는 Ontario 주 Darlington 부지에 GE-Hitachi의 BWRX-300 원자로 3기를 건설하는 프로젝트의 첫 연료 공급 계약 업체로 캐나다 Cameco, 미국 Urenco USA, 프랑스 Orano, 미국 Global Nuclear Fuel-Americas를 선정했다고 발표함.
 - 이번 계약을 바탕으로 상기 4개의 기업은 우라늄 공급을 위해 OPG와 다음과 같은 분야에서 협력할 예정임.
 - Cameco는 천연 육불화우라늄(UF6)을 공급할 예정임.
 - 미국에 본사를 둔 Urenco USA(UUSA)는 New Mexico 주 Eunice에 있는 시설에서 우라늄 농축 서비스를 제공할 계획임.
 - Orano는 농축 우라늄 제품(Enriched Uranium Product)을 제공할 것임.
 - 미국에 본사를 둔 Global Nuclear Fuel-Americas, LLC는 연료제작과 관련 기술 서비스 및 연료 부품(fuel assemblies)을 제공할 예정임.

- 2023년 3월 캐나다와 미국은 장기적인 연료공급 및 원자력 기술과 관련하여 서로 협력하기로 한 바 있음.
 - 당시 캐나다 Ottawa에서 Biden 대통령과 Trudeau 총리는 SMR과 같은 선진 원자력 기술이 세계 에너지 안보를 강화하고 경제성장을 촉진하므로 양국의 에너지 공급 안정성 측면에서 원자력 분야의 협력 필요성을 강조함.
- 한편 2023년 7월 Ontario 주 정부는 OPG와 협력하여 Darlington 부지에 SMR 3기 건설 계획을 발표했으며, 2028년까지 BWRX-300 최초호기 건설 작업을 마무리한 후 2029년에 상업운전 시작을 목표로 한다고 밝힌 바 있음.
 - 캐나다 Conference Board of Canada의 연구에 따르면 Darlington 부지에 총 4기의 SMR 건설 및 운영 시 Ontario 주 GDP가 137억 달러(약 18조 1,620억 원) 증가하고, 연간 약 2,000개의 일자리를 제공할 것으로 전망함.

■ 캐나다 AtkinsRealis, 1,000MW급 신규 CANDU 노형 발표

AtkinsRealis Press Release 2023.11.28., Nucnet 2022.11.28., World Nuclear News 2023.11.28., Nuclear Engineering International 2023.11.30., Energy Intelligence 2023.12.01.

- 2023년 11월 28일 캐나다 건설엔지니어링 기업인 AtkinsRealis(구 SNC-Lavalin)는 프랑스 파리에서 열린 ‘2023 세계원자력전시회(World Nuclear Exhibition)’에서 신규 CANDU Monark(1,000MW) 노형을 발표함.

※ 2023년 9월 12일 캐나다의 엔지니어링 및 건설 전문기업인 SNC-Lavalin은 AtkinsRealis로 기업명을 변경하고, 에너지 생산 및 관리와 원전 건설 및 유지보수 프로젝트에 참여 중임.

- 신규 CANDU Monark 노형이 발표된 이후 캐나다 Enery Intelligence가 AtkinsRealis의 Gary Rose 부사장과 인터뷰 내용에 따르면 해당 노형의 가동 수명은 70년으로, 현재 개발 단계이며 건설까지 5년 정도 소요될 것임.
- Rose 부사장은 CANDU Monark 노형의 경우 농축이 필요하지 않으므로 천연 우라늄 사용이 가능하며 기존의 CANDU 6 중수로보다 개선된 가동수명, 환경 영향을 최소화하기 위한 지속 가능한 설계, 그리고 향상된 엔지니어링 서비스 및 운영과 유지보수 기능을 제공한다고 언급함.
 - CANDU Monark 원자로는 건설, 운영 및 유지보수 비용 절감을 위해 디지털 트윈(digital twin) 기술과 최신 엔지니어링 기술을 활용하도록 설계됨.

■ Westinghouse, 스페인 엔지니어링 기업 Tecnatom 인수 완료

Nuclear Engineering International 2022.03.14., Tecnatom News Release 2023.04.18.,
Westinghouse News Release 2023.11.29., Power Engineering 2023.11.29.

- 2023년 11월 29일 Westinghouse는 스페인 전력사 Endesa와 공동으로 소유하던 스페인 엔지니어링 기업 Tecnatom을 Endesa로부터 완전히 인수했다고 밝힘.

※ Tecnatom은 1957년에 설립된 스페인 엔지니어링 기업으로 원전을 포함한 다양한 산업 분야에서 기술 솔루션 제공과 함께 운전 및 유지보수와 안전에 관련된 서비스를 제공함.

- 2021년 10월 Westinghouse는 Tecnatom의 지분 50%를 인수하여 Endesa와 공동으로 운영해 왔으며, 2022년 3월 Westinghouse와 Tecnatom은 원전 연료 공급 및 엔지니어링과 디지털 서비스 분야에서 글로벌 원자력 역량 향상을 위해 파트너십을 맺음.
- Westinghouse의 Patrick Fragman CEO에 따르면 Tecnatom의 완전 인수를 바탕으로 자사는 핵연료 공급과 원전 유지 보수, 엔지니어링, 인력 교육, 디지털 서비스 등의 분야를 강화할 것임.
 - 2023년 4월 Westinghouse는 Tecnatom과 원자력 산업 인력 양성 기관인 Accelerant Solutions와 함께 원자력 훈련 프로그램인 NEXA(Nuclear Excellence Academy) 착수에 합의했다고 발표한 바 있음.
 - NEXA는 세 기관의 표준 및 보유 기술과 지식을 활용하여 미국과 캐나다 유틸리티 기업의 인력을 대상으로 교육을 제공함.

■ TerraPower, 우라늄 공급사 UEC와 SMR 연료 공급망 계약 체결

Uranium Energy Corp News Release 2022.11.30., TerraPower News Release 2023.11.30.,
World Nuclear News 2023.11.30.

- 2023년 11월 30일 SMR 개발사 TerraPower는 미국 Uranium Energy Corp(이하 'UEC')와 자사가 개발 중인 소듐 냉각 고속원자로인 Natrium(345MW, SFR) 연료 공급망 구축을 위한 양해각서(MOU)를 체결함.

- 해당 MOU에는 무탄소 전원 공급과 일자리 제공, SMR과 선진 원자로(AR), 그리고 고순도저농축우라늄(HALEU) 부문에서의 연료 공급망 구축 지원이 포함됨.

- Wyoming 주 Kemmerer 시에 위치한 폐쇄 예정인 PaciCorp. 소유의 Naughton 석탄 발전소에 건설되는 Natrium 실증 프로젝트는 2030년 최초 운영을 목표로 하고 있음.
- 한편, 2023년 7월 TerraPower는 우라늄 농축 및 첨단원자로 연료 제조사인 Centrus Energy와 2030년까지 Natrium 원자로 운영 시작을 위해 HALEU 공급망 구축을 위한 협력 MOU를 체결한 바 있음.

■ 캐나다 OPG 자회사와 SaskPower, BWRX-300 보급을 위한 포괄적 협력 계약 체결

OPG News Release 2023.11.20., World Nuclear News 2023.11.21., Nucnet 2023.11.22.

- 2023년 11월 20일 캐나다 OPG의 자회사인 Laurentis Energy Partners(LEP)와 캐나다 전력사 SaskPower는 Saskatchewan 주 내에 2030년 중반까지 GE Hitachi의 BWRX-300 (300MW, BWR) 보급을 위한 포괄적 협력 계약(Master Service Agreement)을 체결함.
 - 이번 협정을 바탕으로 양사는 SMR 프로그램 관리와 인허가 및 운영 준비 활동에 중점을 두고, Saskatchewan 주의 SMR 개발을 효율화하기 위한 장기적인 전략적 파트너십으로 최대 5년간 계약을 지속하게 됨.
 - 2023년 초 SaskPower와 OPG는 SMR을 포함한 신규 원자력 개발을 위해 지속해서 협력하기로 합의했으며, 양사의 기술 자원과 전문 지식을 포함한 모범 사례와 운영 경험을 공유함으로써 프로젝트 개발과 SMR 운영 분야의 협력 기회를 모색한다고 밝힌 바 있음.
 - 2023년 4월 SaskPower는 SMR 건설부지 후보지로 Saskatchewan 주 남부에 있는 Diefenbaker 호수 근처를 고려 중임을 밝혔으며, 나머지 부지 한 곳은 2024년까지 발표할 것을 언급함.
 - 2023년 8월 캐나다 연방정부는 Saskatchewan 주 내 BWRX-300 도입 지원을 위해 최대 5,439만 달러(약 721억 482만 원)의 연방자금 지원을 승인함.

주요단신

유럽·아프리카 Europe·Africa



■ 영국 정부, 한국과 탄소중립 전환 가속화를 위한 청정에너지 파트너십 체결

World Nuclear News 2023.11.22., Nuclear Engineering International 2023.11.24.

- 2023년 11월 22일 영국 에너지안보·탄소중립부와 한국 산업통상자원부는 윤석열 대통령의 영국 국빈 방문 기간에 에너지 안보 강화 및 청정에너지 전환 가속화를 위한 청정에너지 파트너십(Clean Energy Partnership)을 체결함.

- 양국은 이번 청정에너지 파트너십을 바탕으로 청정에너지 전환, 저탄소 기술, 민간 원자력, 기후 정책 전반에 걸쳐 협력을 강화하기로 합의함.
- 양국은 민간 원자력 분야에서 신규 원전 건설, 핵연료 공급망 강화, 해체, 방사성폐기물 관리, 핵비확산, 제3국 협력 등 포괄적인 협력관계를 구축하기로 합의함.
 - 특히, 양국과 제3국 시장에서 대형원전, SMR, 첨단원전 개발을 위한 협력 기회 및 자금 조달 협력 가능성도 모색하기로 함.
- 또한 양국은 민간 기업·기관 간에도 설계, 핵연료, 운영·정비, 방폐물·해체, 산업·학술교류 등 전주기·전분야에 걸친 총 8건의 양해각서를 체결함.
 - 영국의 참여 기업 및 기관은 Wales Nuclear Forum(건설), Mactech Energy Group(건설), Mott MacDonald(설계), AB5 Consulting(핵연료), Hayward Tyler(운영·정비), 원자력 해체청(NDA), 원자력산업협회(NIA), 맨체스터 대학교이며, 한국 측은 한전, 한전기술, 한전연료, 한전KPS, 원자력환경공단, 원전수출협회(KNA), 원자력대학원대학교 등이 참여함.

- 영국은 탄소중립 목표 달성의 일환으로 2050년까지 원전 설비용량을 24GW로 확대할 계획으로, 이를 위해 신규 원전 건설, SMR·AMR·핵연료 개발 등을 추진 중임.

- (신규 원전) 현재 Hinkley Point C 원전(각 1,720MW, 2기)이 건설되고 있으며, 영국 정부는 Sizewell C 원전(3.2GW, EPR 2기)에 대한 지원금 제공(올해 7·8월) 및 민간 투자 유치(올해 9월)를 시행함.

- (SMR) 올해 7월 영국 정부는 신규 원자력 프로젝트 개발 지원을 담당하는 대영원자력(GBN)을 공식 출범시켰으며 SMR 기술개발 지원사업 공모 진행을 통해 6개 후보업체를 선정함.
- (AMR) 올해 7월 영국 정부는 차세대원전 · AMR · 핵연료 등에 최대 1억 5,700만 파운드(약 2,586억 원)³⁾ 규모의 자금 지원을 발표함.

표 1 영국·한국 민간 원자력 부문 양해각서 체결 현황

분야		체결 주체
정부	원전협력	(한)산업통상자원부 – (영)에너지안보탄소중립부
민간	원전건설	(한)한전 – (영)Wales Nuclear Forum
	원전건설	(한)한전 – (영)Mactech Energy Group
	원전설계	(한)한전기술 – (영)Mott MacDonald
	핵연료	(한)한전연료 – (영)AB5 Consulting
	운영 · 정비	(한)한전KPS – (영)Hayward Tyler
	방폐물 · 해체	(한)원자력환경공단 – (영)원자력해체청(NDA)
	산업교류	(한)원전수출협회(KNA) – (영)원자력산업협회(NIA)
	학술교류	(한)원자력대학원대학교 – (영)맨체스터 대학교

자료 : 산업통상자원부 보도자료 (2023.11.21.)

프랑스 EDF, 유럽 최초로 원전의 계속운전 시행 위한 녹색채권 발행

EDF, Bloomberg 2023.11.28.

- 2023년 11월 28일 EDF는 원전의 계속운전 시행에 필요한 자금 조달을 위해 10억 유로(약 1.4조 원) 규모의 선순위 녹색채권을 발행했다고 발표함.

- EDF의 선순위 녹색채권은 10억 유로(약 1.4조 원) 규모, 3.5년 만기, 3.75% 고정 이자율로 발행되었으며, 정산 및 인도는 프랑스 증권거래소(Euronext Paris)에서 채권이 거래되는 2023년 12월 5일에 이루어질 예정임.
- EDF는 국제 3대 신용평가회사인 S&P, 무디스, 피치로부터 해당 채권 등급을 각각 BBB, Baa1, BBBB+로 받을 것으로 예상함.

3) 유럽 단신 기사 내용 모두 2023년 12월 8일 환율 기준 적용(1유로=1,412원, 1파운드=1,647원, 1캐나다 달러=962원)

- EDF에 따르면, 조달되는 자금은 2022년 7월에 EU 분류체계(Taxonomy)에 따라 개정된 자사의 녹색금융관리체계(Green Financing Framework)를 기반으로 기존 원전의 계속운전 시행에 필요한 투자금으로 활용될 예정임.
- 2022년 7월 6일 유럽의회가 원자력·가스 투자를 친환경 경제활동으로 분류한 유럽연합 집행위의 EU 분류체계 보완 기후위임법률을 채택하자, 같은 해 7월 12일 EDF는 재생 에너지 프로젝트, 수력발전, 에너지 효율 프로젝트, 배전 분야로 이루어진 기존 녹색금융 관리체계에 신규로 원자력을 추가한 바 있음.
- EU 분류체계 상 원자력 포함 기준은 ① 중·저준위 방폐물 최종처분시설 보유·운영 및 고준위 방폐물 처분시설 운영 계획 수립, ② 방폐물관리기금 및 원자력해체기금 확보, 제3국으로의 처분을 목적으로 한 방폐물 수출 금지, ③ 2025년부터 기존·신규 원전에 사고저항성핵연료(ATF) 도입, ④ 신규 원전 건설 시 2045년 이전 건설 승인 취득 및 최신 원자로(3세대+) 도입, ⑤ 기존 원전의 계속운전에 필요한 설비개선 시행(2040년까지 승인 취득)임.
- 현재 EDF는 40년 이상 가동한 원전의 계속운전 시행을 위한 안전성 개선 사업(Grand Carénage)을 시행 중임.

■ 폴란드 정부, 자국 두 번째 원전 건설에 대한 사전허가서 승인

World Nuclear News 2023.11.27., Nuclear Engineering International 2023.11.29.

■ 2023년 11월 24일 폴란드 기후·환경부는 한국형 원전 노형 APR1400 2기 도입을 위한 자국 두 번째 원전 건설에 대한 사전허가서(decision-in-principle, DIP)를 승인함.

- 폴란드 제2원전 건설 프로젝트는 2022년 10월 폴란드·한국 3개 기업(국영 전력공사 PGE, 민간 발전사 ZE PAK, 한국수력원자력)이 ZE PAK 소유의 Patnow 석탄 발전소 부지 내 한국의 APR1400 노형 2기 건설을 위한 협력의향서(Letter of Intent)를 체결하며 시작됨.
- 2023년 4월 PGE와 ZE PAK은 50:50의 지분으로 특수목적법인인 PGE PAK Energia Jądrowa(PPEJ)를 공동 설립하였으며, 2023년 8월 PPEJ는 2035년 최초 호기의 상업 운전 시작을 목표로 폴란드 중부 지역 내 자국 두 번째 원전 건설을 위한 사전허가서(DIP)를 기후·환경부에 제출함.

※ DIP는 사업자가 계획한 프로젝트 투자가 공익과 에너지 정책을 포함한 정부 정책에 부합함을 공식적으로 확인하고, 사업자에게 원전 건설·가동 관련 부지 선정 및 기타 인허가 신청 권한을 부여하는 절차임.

- PPEJ가 제출한 DIP에는 APR1400 노형 특징, 총 설비용량(2,800MW), 운영기간, 자금 조달 방식 등이 명시되어 있음.

※ 두 번째 원전의 연간 발전량은 22TWh(폴란드 전력 수요의 약 12%)에 달할 것으로 전망됨.

- PPEJ는 이번 DIP 승인으로 부지·건설 허가과 같은 추가 인허가 신청 자격을 갖추었다고 밝히며, 향후 환경 및 부지 조사, 프로젝트 타당성 조사 준비, 자금 조달에 대한 추가 논의 등을 진행할 계획이라고 덧붙임.
- Jacek Sasin 폴란드 부총리 겸 국유재산부 장관은 한국과 공동 추진하는 이번 프로젝트는 에너지 안보 측면에서 저렴한 청정에너지인 원자력을 활용하려는 정부 계획에 부합한다고 언급함.

■ 스웨덴 의회, 신규 원전 건설 허용한 환경법 개정안 승인

Sweden Parliament 2023.11.29., World Nuclear News 2023.11.30.

■ 2023년 11월 29일 스웨덴 의회는 최소 10기 이상의 신규 원자로 건설과 신규 부지에 원전 도입을 허용하는 환경법 개정안을 승인함. 이에 따라 환경법 개정안은 2024년 1월 1일부터 발효될 예정임.

- 2022년 10월에 출범한 현 스웨덴 정부는 이전 정권의 에너지 정책인 ‘재생에너지 발전 100% 시스템’을 ‘비화석연료 100% 시스템’으로 변경하면서 원전 확대 계획을 밝혔으며, 2023년 9월 의회에 신규 원전 건설을 허용하는 환경법 개정안을 제출함.
 - 환경법 개정안에는 기존 환경법에 명시된 가동 원자로 기수 상한(10기) 폐지, 기존 원전 부지(Forsmark 원전, Ringhals 원전, Oskarshamn 원전) 이외의 신규 부지에 원전 건설 허용, SMR 건설·도입 규정 수립이 명시됨.
- 스웨덴 의회는 기후 문제로 인한 화석연료의 단계적 폐지 필요성과 전력 수요 증가를 이유로, 무탄소 발전원인 원자력이 전원 구성에서 상당한 비중을 차지할 것이라는 정부의 평가에 동의한다고 밝힘.
- 한편, 스웨덴 정부는 2023년 11월 2035년까지 신규 원자로 2기 건설, 2045년까지 최소 10기 용량에 준하는 원전 확보를 골자로 한 신규 원전 건설 로드맵을 발표하였음.
- 스웨덴은 2023년 12월 기준 Forsmark, Oskarshamn, Ringhals 원전에서 총 6기(7,184MW)의 원자로를 운영 중이며, 건설 중 원자로는 없음.

■ 헝가리 의회, Paks 원전용 핵연료 공급처 다변화 계획 승인

Nucnet, World Nuclear News 2023.11.24.

■ 러시아 통신사인 Tass 보도(2023년 11월 23일)에 따르면, 헝가리 의회는 러시아산 핵연료에 의존해왔던 Paks 원전용 핵연료 공급처를 다변화하는 정부의 원전 정책 수정안을 승인함.

- 헝가리 정부가 제시한 원전 정책 수정안은 비러시아 공급사로부터 Paks 원전용 핵연료 조달이 가능하다고 명시함.
 - Tass는 헝가리가 러시아 TVEL로부터 핵연료를 공급받아왔으나 러시아-우크라이나 전쟁에 따른 EU의 Rosatom 제재를 우려해 Paks 원전의 장기적인 안전과 안정적 가동 방안을 모색한 것으로 보도함.
 - 2022년까지 Paks 원전용 핵연료는 우크라이나를 경유해 철도로 헝가리로 운송되었으나 러시아와 우크라이나 전쟁 이후 불가리아 Varna 항구까지 선박으로 운송된 후, 불가리아에서 기차로 루마니아를 거쳐 헝가리로 운송되고 있음.
- 헝가리 정부는 핵연료 운송이 안정적으로 유지되는 한 공급업체를 변경할 계획이 없다고 여러 차례 밝혔으나, EU 정책에 따라 핵연료 공급처 다변화를 모색하고 있는 상황임.

■ 현재 헝가리는 Paks 5·6호기(각 1,200MW, PWR) 건설을 위해 러시아와 협력 중임.

- Paks 5·6호기 프로젝트는 헝가리와 러시아가 공동으로 Paks 원전에 1,200MW급 PWR 2기(설계수명 60년)를 신규 건설하는 사업이며, 1980년대 상업운전을 개시한 Paks 1~4호기 대체를 목적으로 함.
- Paks 1~4호기(총 2,027MW, PWR 4기)는 1982~1987년에 가동을 시작한 VVER-440 노형으로 헝가리 전체 전력의 약 절반을 공급함.
 - 당초 해당 4기의 설계 수명은 30년이었으나 20년 계속운전 시행이 1차(2005년, 2032~2037년까지) 및 2차(2022년, 2052~2057년)에 걸쳐 승인됨.

■ 남아공, Koeberg 1호기 설비개선 완료 후 재가동 실시

World Nuclear News 2023.11.20., Nuclear Engineering International 2023.11.23.

■ 2023년 11월 18일 남아공 전력사인 Eskom은 Koeberg 1호기(970MW, PWR)의 설비개선 작업을 완료하여 재가동 중임을 밝힘.

- Eskom에 따르면 Koeberg 1호기는 3개의 기존 증기발생기 제거와 교체 작업을 위해 1년 동안 가동을 중단했으며, 해당 호기의 설비개선 일정 지연으로 재가동 일정이 지연된 바 있음.
 - 증기발생기 교체 작업은 2021년 상반기에 진행될 예정이었으나, 남아공의 전력난 심화로 일정이 지연됨.
- Koeberg 1호기는 2024년 7월 운영허가 만료 전 설비개선을 통해 계속운전을 추진 중이며, 2022년 12월 해당 호기의 정비와 연료 보급 및 3개의 증기발생기 교체를 위한 설비개선 작업이 시작됨.
 - Koeberg 2호기(970MW, PWR)의 설비개선 작업은 1호기의 설비개선 작업 완료 이후 안정적으로 재가동이 진행되는지 확인 후에 시행될 예정임.
- Koeberg 1호기는 1976년 7월 1일 착공하여 1984년 3월 14일 최초임계 도달, 1984년 4월 4일에 전력망에 연결된 후, 1984년 7월 21일에 상업운전을 시작함.
- 2021년 5월 Eskom은 자국에서 가동 중인 유일한 원전인 Koeberg 원전에 대해 최초 40년 운영허가 기간에 20년을 추가하는 신청서를 남아공 원자력규제기관(National Nuclear Regulator)에 제출했으며, 이와 관련한 공청회는 2024년 2월로 예정되어 있음.
 - 1·2호기의 최초 운영허가는 각각 2024년 7월과 2025년 2월에 만료됨.
- 한편 2023년 6월 남아공 SMR 개발기업인 Stratek Global은 400MW 규모의 초고온 가스로 개발 경험을 활용해 향후 5년 내 35MW 규모의 실증로(HTMR-100) 건설 추진 의사를 밝힌 바 있음.

■ 프랑스 건설업체 Eiffage, EDF로부터 신규 Penly 원전 토목공사 수주

World Nuclear News 2023.11.20., Nuclear Engineering International 2023.11.21.

- 2023년 11월 17일 프랑스 토목건설업체 Eiffage의 자회사 Eiffage Génie Civil는 EDF로부터 프랑스 북부 Penly 원전 부지에 2기의 EPR2 건설을 위한 40억 유로(약 5.6조 원)가 넘는 규모의 토목공사를 수주했다고 밝힘.

- Eiffage이 담당하는 토목공사 작업은 원자로 격납 건물, 터빈 홀 건물, 6층짜리 운영 건물 등을 포함한 69개의 구조물 건설임.
 - Eiffage는 지역 경제 활성화를 위해 토목공사 작업 시 최대 4,000명의 인력 동원, 130만 시간에 달하는 고용 확보, 장애인 일자리 창출, 원자력 훈련 프로그램 개발을 이행할 계획임.
- EDF는 2024년 중반에 환경 허가 취득 시 EPR2 원전 부지 정비 작업을 시작할 계획이며, 2027년 건설허가 취득 시 첫 호기에 대한 콘크리트 타설 작업 착수, 2035~2036년 상업 운전 시행을 전망함.
- 프랑스 정부는 2022년 2월 최대 14기의 EPR2 원전 건설(6기 건설 확정 및 추가 8기 증설 검토) 계획을 발표하고, 노르망디 지역 Penly 원전에 2기, 북프랑스 지역Gravelines 원전에 2기, Bugey 원전에 2기의 EPR2 노형을 적용한 원전 건설 계획을 확정된 바 있음.

■ 루마니아 원전운영사, Cernavoda 1호기 설비 개선을 위해 캐나다 업체와 계약 체결

AtkinsRealis 2023.11.28., Nuclear Engineering International 2023.11.30.

- 2023년 11월 28일 루마니아 원전운영사인 Nuclearelectrica는 프랑스에서 열린 세계원자력 박람회 2023 행사에서 캐나다 원자로 설계·공급업체인 Candu Energy 및 캐나다 연방정부 기업인 Canadian Commercial Corporation(CCC)과 Cernavoda 1호기(706MW, PHWR)의 계속운전에 필요한 설비개선작업을 위한 7억 5천만 캐나다 달러(약 7,217억 원) 규모의 계약을 체결함.

- 1996년 12월에 상업운전을 개시한 Cernavoda 1호기(설계수명 30년)는 설비개선 작업을 통해 2060년까지 추가 30년 가동될 예정임.
 - Cernavoda 1호기 설비개선 프로젝트는 ① 1단계 타당성 조사(2017년~2022년), ② 2단계 조달·건설 계약 협의, 작업 계획, 승인 취득(2022년~2026년), ③ 3단계 임시 정지 후 설비개선 작업 완료(2027~2029년)로 이루어져 있으며, 현재 2단계가 진행 중임.
- 이번 계약을 통해 캐나다는 Nuclearelectrica에 원자로 툴링(tooling)·부품 공급 및 엔지니어링·기술 서비스 제공을 이행할 예정임.
 - Candu Energy의 모회사인 캐나다 엔지니어링 기업 AtkinsRéalis는 CANDU 지적재산권에 대한 독점 라이선스를 확보한 기업이며 CANDU 노형에 대한 전문 지식 및 엔지니어링 서비스를 제공함. CCC는 캐나다 기업과 외국 정부 간의 상업 계약 체결 시 국제 계약에 대한 전문 지식을 제공함.
 - 원자로 부품의 81%와 공구(retube tool)의 100%가 캐나다에서 제조될 예정임.
- 해당 계약의 발효는 Nuclearelectrica측의 주주총회 승인과 CCC측의 캐나다 정부 승인을 전제로 하고 있음.
- Nuclearelectrica는 향후 시행될 Cernavoda 1호기의 계속운전과 Cernavoda 3·4호기(각 706, 705MW, PHWR) 완공이 신규 일자리 창출, 지역 사회 투자, 지역 공급망 프로젝트 등에 기여할 것으로 전망함.
 - Cernavoda 3·4호기는 1991년 재원 조달 문제로 건설이 중단되었다가 2002년 재개되었으며, 공정 진행률은 각각 약 15%와 14%로 완공 시점은 2030년, 2031년으로 전망되고 있음.

■ 슬로베니아, Krško 원전 배관 교체작업 완료 후 재가동 시작

NEK 2023.11.18., Nuclear Engineering International 2023.11.21.

- 2023년 11월 18일 슬로베니아 원전운영사 NEK는 10월 초 1차 계통 연결시스템 배관부에서 발생한 방사능 누출 사고로 가동을 정지한 Krško 원전(727MW, PWR, 설계수명 40년)의 배관을 수리한 후 해당 원전을 재가동했다고 밝힘.
 - NEK는 해당 원전이 28% 수준에서 가동을 재개했으며 운영 절차에 따라 출력증강을 시행할 예정이라고 언급함.
 - 슬로베니아 원자력안전청(SNSA)은 NEK가 제출한 분석 보고서 검토 후 해당 원전이 필수적이고 및 예상가능한 조치를 모두 시행했으며 안전 운전을 위한 전제 조건을 충족했음을 확인함.

- NEK는 방사능 누출 사고 조사 결과 원자로 압력용기에서 1m 떨어진 1차 계통 연결시스템 용접부에 바늘 크기의 구멍과 배관재료 상의 결함을 감지해, 기존 배관 일부를 교체하기로 결정함. 이에 따라 부품 공급업체인 Westinghouse가 산업용 장비 공급업체인 NUMIP와 같은 현지 업체의 지원을 받아 기존 배관 교체 작업을 시행함.
- NEK는 장기적인 대책의 일환으로 방사능 누출 원인에 대한 정밀 분석을 실시해, 필요할 경우 Krško 원전에 대한 추가적인 기술적 조치를 취할 예정임.
- NEK에 따르면 철거된 배관은 재료 및 용접부에 대한 파괴·금속조직(metallographic) 검사를 위해 해외로 보내진 상황이며, 이에 대한 분석 결과가 도출될 예정임.
- 슬로베니아 국영 에너지기업 Gen Energija와 크로아티아 전력사 Hrvatska elektroprivreda (HEP)가 공동 소유하고 있는 Krško 원전은 1983년 상업운전을 개시해 당초 2023년까지 가동될 예정이었으나 2016년 주기적안전성평가(PSR) 시행을 통해 2043년까지 계속 운전이 결정됨.

■ 러시아, Kursk 1호기 사용후핵연료 인출 작업 완료

World Nuclear News 2023.11.22, Nuclear Engineering International 2023.11.23.

- 러시아 Kursk 원전측은 Kursk 1호기(1,000MW, RBMK(흑연감속 비등경수 압력관형 원자로))의 원자로 노심에서 마지막 사용후핵연료를 인출함에 따라 해체 1단계를 완료했으며, 곧 부품 철거 작업을 시행할 계획이라고 밝힘.
- Kursk 원전측에 따르면 해당 원자로의 사용후핵연료 인출 작업은 2022년 7월에 시작되었으며, 일부 사용후핵연료는 재연소를 위해 가동 중인 Kursk 3·4호기(각 1,000MW, RBMK)로 이송됨.
- 현재 설계수명에 가까워지고 있는 Kursk 원전의 RBMK 3기를 대체하기 위해 VVER-TOI 노형이 적용된 Kursk II 원전이 건설 중에 있음.
 - ※ 1,300MW 규모의 VVER-TOI은 노심설계가 개선되었으며 원전정지 후 72시간 동안 운전원의 개입없이 안전 유지가 가능한 피동형 안전계통을 갖춘 원자로임.
- Kursk 1호기는 45년 가동 후 2021년 12월에 영구정지되었고, Kursk 2호기(1,000MW, RBMK)는 2024년에 영구정지를 앞두고 있음. Kursk 3·4호기는 각각 2029년, 2031년까지 가동될 예정임.
- Kursk II 1·2호기(각 1,255MW, PWR)는 각각 2018년 및 2020년에 착공에 들어갔으며, 2020년대 중반에 상업운전을 시작할 것으로 예상됨.

■ 러시아, Leningrad 5호기 터빈 블레이드 파손으로 가동 정지

Nuclear Engineering International 2023.11.22.

- 2023년 11월 15일 러시아 원전운영사 Rosenergoatom(Rosatom 자회사)은 VVER-1200 노형이 적용된 Leningrad 5호기(1,188MW, PWR, Leningrad-II 1호기)의 터빈 블레이드 (blade) 파손으로 해당 원자로를 가동 정지했다고 밝힘.
 - 터빈 블레이드 파손 원인을 파악 중인 Rosenergoatom은 해당 블레이드가 러시아 엔지니어링 기업인 OJSC Power Machines가 납품한 증기 터빈의 일부라고 언급하며, 파손 수리 작업이 오는 12월 22일까지 완료될 예정이라고 밝힘.
 - OJSC Power Machines측은 동일한 유형의 터빈이 2016년부터 Leningrad 1~4호기에서 문제없이 가동되었다고 밝히면서, Leningrad 원전 소속 전문가와 협력해 원인과 결함 상태를 파악 중이며 조사 결과를 토대로 결론을 내리고 보상 조치를 결정한다는 입장을 표명함.
 - Rosatom은 터빈은 원자로를 둘러싼 각종 기기와 설비들로 이루어진 1차 계통의 일부가 아니기 때문에, 터빈의 손상은 원자력 안전에 영향을 미치지 않는다고 강조함.
 - 현재 Leningrad 원전은 2·4호기(각 1,000MW, RBMK 2기)와 5·6호기(Leningrad-II 1·2호기, 각 1,188MW, PWR)를 가동 중임.
 - Leningrad 5·6호기는 RBMK-1000 노형이 적용된 Leningrad 1·2호기를 교체한 것임. Leningrad 1호기는 1974년 11월 상업운전 개시 44년 만인 2018년 12월 영구정지되었으며, 2호기는 1976년 상업운전에 들어가 2020년 11월에 영구정지됨.
 - Leningrad 7·8호기(Leningrad-II 3·4호기, 각 1,170MW, PWR 2기)는 각각 2030년과 2032년에 시운전될 예정임.

주요단신

아시아 Asia

아
시
아

■ 한수원, 인도네시아 및 요르단 내 혁신형 SMR 도입을 위한 양해각서 2건 체결

한수원 보도자료 2023.12.04., World Nuclear News 2023.12.04., The Korea Economic Daily 2023.12.04.

- 2023년 12월 4일 한국수력원자력(이하 ‘한수원’)은 UAE Dubai에서 열린 제28차 유엔기후 변화협약 당사국총회(COP 28)에서 12월 1일 인도네시아 전력공사 발전자회사인 Nusantara Power(이하 ‘PLN NP’)와 인도네시아에 혁신형 SMR 도입 및 건설을 위한 양해각서(MOU)를 체결했다고 밝힘.

- 이번 MOU를 바탕으로 양사는 인도네시아에 혁신형 SMR 보급을 위한 경제성·기술성 공동 조사와 R&D 협력을 통한 현지 특화 기술 개발, 실무진 협의체(Working Group) 구성을 통한 원자력 분야의 인적 및 기술 교류 활성화 등 다양한 분야에서 협력하기로 함.
- PLN NP는 인도네시아 전체 발전 용량의 약 28%를 담당하고 있는 전력사로, 화력 발전소를 청정에너지원으로 대체하는 데 주력하고 있음.
- 한수원 황주호 사장은 이번 MOU 체결은 한수원이 동남아 SMR 신규 시장에 진입하기 위한 중요한 교두보이며, PLN NP와 함께 인도네시아 탈탄소화에 협력하면서 원자력 부문 전략적 동반자 관계로 나아가기를 기대한다고 언급함.

- 또한 2023년 12월 3일 한수원은 요르단 원자력위원회(이하 ‘JAEC’)와 요르단에 혁신형 SMR 보급을 위한 상호협력 MOU를 체결함.

- 양사는 MOU 체결을 바탕으로 한국이 개발 중인 혁신형 SMR에 대한 포괄적인 기술 교류 및 정보교환에 상호협력하고 타당성 조사를 공동으로 수행하기로 함.
- JAEC는 원자력을 활용한 전기 생산과 담수화를 목표로 설립된 총리 직속 기구로 신규 원전 사업을 담당하고 있음.
- 요르단은 현재 신재생에너지와 셰일오일 등으로 전력을 공급하고 있으나 증가하는 전력 수요에 대비해 2030년 이후 SMR 도입을 검토 중이며, 2024년 이후 우선협상대상자 선정을 목표로 입찰을 준비 중임.

■ UAE ENEC, 선진원자로 국제협력 프로그램 및 SMR 개발 3개사와 협력 MOU 체결 발표

Wam 2023.11.29., ENEC 2023.12.03., 2023.12.04., 2023.12.05. 최종 검색일 2023.12.07.

■ 2023년 11월 29일 UAE 원자력공사(이하 ‘ENEC’)는 UAE의 청정에너지 전환 가속화를 위해 선진 원자로(advanced reactor) 기술평가 및 국제협력을 위한 ADVANCE 프로그램을 발표함.

- ENEC는 ADVANCE 프로그램을 통해 청정 담수 · 수소 · 암모니아 · 공정열 등을 생산할 수 있는 최신의 SMR 및 MMR 기술들을 평가하고, 이를 통해 기술 및 원자로 건설 등 프로젝트를 공동으로 추진할 국제 파트너를 결정할 예정임.

– 이 프로그램을 통해 UAE는 청정에너지를 활용하여 2050년까지의 넷제로 달성[※]을 가속화하여 기후 행동(climate action)을 이행하는 선두 국가로써의 입지를 강화하고자 함.

※ UAE는 2021년 MENA(Middle East and North Africa, 중동 및 북아프리카) 지역 내 최초로 ‘UAE Net Zero 2050’ 전략을 선언하였으며, 이를 통해 2030년까지 태양광 · 원자력 등 청정에너지의 규모를 14GW로 증대시킬 예정임.⁴⁾

■ 2023년 12월 3~5일 ENEC는 자국에서 개최된 COP28에서 ADVANCE 프로그램의 후속조치로 GE Hitachi(GEH), Westinghouse(WH), TerraPower와 각각 MOU를 체결함.

- 2023년 12월 3일 ENEC는 GEH와 중동 및 아프리카에서 BWRX-300(300MWe, BWR) 기술개발과 보급을 목표로 하는 MOU를 체결함.

– 이번 MOU를 통해 ENEC는 GEH와 BWRX-300을 활용해 청정 담수 및 수소 생산, 에너지 집약 분야에서의 탈탄소화 달성과 해당 노형의 건설 가능성에 대해 평가할 예정임.

– 또한 MOU에는 향후 중동 및 아프리카에서 BWRX-300의 건설을 주도할 수 있는 잠재적인 프레임워크도 포함됨.

- 2023년 12월 4일 ENEC는 TerraPower와 Natrium(345MWe, SFR) 기술 설계 및 공급망 개발 협력을 위한 MOU를 체결함.

– MOU를 통해 ENEC와 TerraPower는 UAE 및 미국에서의 Natrium 개발의 기술 설계 및 상업적 운영 가능성을 포함한 다양한 분야에서 협력을 진행할 예정임.

– 또한 양 사는 MOU를 통해 엔지니어링, 인력 및 공급망 개발에 대한 협력 기회를 분석하고 ENEC의 엔지니어를 TerraPower 본사로 파견도 가능하게 함.

4) kotra 해외시장뉴스, ‘탄소중립시대 속 중동의 에너지 전환 가속화’(2022.10.25.)

- 마지막으로 2023년 12월 5일 ENEC와 WH는 초소형원자로인 eVinci(5MW, Heat Pipe)의 기술개발과 보급을 목표로 하는 MOU를 체결함.
- ENEC는 WH와의 MOU를 통해 UAE 내 에너지 안보를 확보하고 기후변화 대응을 모색하려 하며, UAE 및 해외에서 기술 및 상업로 건설에 대한 공동탐사를 용이하게 할 것으로 평가함.

■ 일본 사이타마현, 도쿄전력과 후쿠시마 사고 관련 손해 배상 합의

NHK 2023.02.28., 毎日新聞, 東京新聞 2023.11.28., 文部科学省 웹사이트 최종 검색 2023.12.05.

- 11월 27일, 일본 사이타마현은 도쿄전력이 원자력손해배상분쟁해결센터(이하 ‘센터’)를 통해 후쿠시마 제1원전 사고에 따른 손해배상안으로 제시한 5,874만 엔(약 5.2억 원)⁵⁾을 수용할 방침이라고 밝힘.

- 해당 금액은 2012년 8월 사이타마현이 후쿠시마 사고에 따른 2010~2011년도까지의 피해 배상을 위해 청구한 약 3억 엔(약 26억 원) 중 도쿄전력이 지급을 거부했던 1억 3,646만 엔(약 12억 원)에 대한 합의 금액임.
- 현은 2021년 2월 미지급된 1억 3,646만 엔에 대하여 신속한 분쟁 해결을 위해 센터에 이견 조정을 신청했고, 2023년 8월 도쿄전력이 센터를 통해 해당 합의안을 제시함.
 - 센터는 일본 정부가 2011년 9월 후쿠시마 원전 사고로 인한 손해배상청구와 관련해 원활하고 공정하게 분쟁을 해결하고자 문부과학성에 설치한 공적 분쟁해결기관으로 문부과학성, 법무성, 법원, 일본변호사연합회 출신 전문가로 구성됨.
 - 센터에서는 원전 사고와 관련된 분쟁 당사자들의 의견을 청취한 후 이견을 조정하여 합의안을 제시하는 방식으로 분쟁을 해결하며 이용료는 무료임. 센터를 통한 분쟁 해결이 재판보다 비용과 시간 면에서 절약되는 것으로 알려져 있음.
 - 사이타마현이 센터를 통해 제시받은 합의안을 수용하는 것은 이번이 처음임.
- 합의안에서 도쿄전력은 현이 제시한 제염 비용 약 90%는 인정했지만, 현에서 근무하는 직원들의 시간 외 근로 수당을 포함한 인건비는 현이 청구한 약 8,800만 엔(약 7.8억 원) 중 2,300만 엔(약 2억 원)만 인정함. 사이타마현은 요구 금액이 모두 인정되지는 않았지만, 국가 조정 제도를 활용해 적정한 절차를 거쳤다는 입장을 밝힘.
- 한편, 사이타마현은 2023년 8월까지 약 101억 엔(약 900억 원)의 손해배상을 도쿄전력에 청구했고 현재까지 약 52억 엔(약 463억 원)을 지급받았으며, 남은 약 49억 엔

5) 일본 단신 기사 내용 모두 2023년 12월 6일 환율 기준 적용(1엔= 8.92원)

(약 437억 원)은 센터에 분쟁 조정을 신청한 상태로 향후에도 피해액 중 잔액에 대한 협의가 계속 진행될 예정임.

기타 단신

■ 일본·EU, 핵융합발전 실용화를 목표로 한 공동성명안 발표

読売新聞, 時事ドットコム 2023.12.01., 日刊工業新聞 2023.12.05.

- 12월 1일, 일본 요미우리신문은 일본과 EU의 핵융합 실용화를 위한 공동성명 내용을 보도함. 공동성명안에서 양측은 핵융합발전이 에너지 공급과 환경문제를 동시에 대처할 수 있는 차세대 에너지원 중 하나라며 실용화의 중요성을 강조함.
- 공동성명안에서는 2013년 일본과 EU가 공동으로 건설한 핵융합 관련 실험 장치인 JT60SA를 활용한 연구 개발과 인재 양성을 통해 조기 핵융합발전 실용화를 목표로 한다는 내용도 포함된 것으로 알려짐.
- JT60SA는 국제핵융합실험로인 ITER(International Thermonuclear Experimental Reactor)를 보완하는 역할을 수행하며 이바라키현에 설치됨. 2023년 10월 23일 최초로 0.5초간 고온 플라즈마를 발생시켰으며, 2025년부터 본격적으로 가동을 시작할 계획임.

■ Mitsubishi중공업, 해체 중인 몬주 고속로 인근 신규 연구로 주계약 업체로 선정

세계원전시장 인사이트 2023.05.26., 中日新聞 2023.11.17., FBC 2023.11.29.

- 11월 29일, 일본원자력연구개발기구(Japan Atomic Energy Agency, JAEA)는 해체 중인 몬주 고속로(280MW, FBR) 인근에 건설할 새로운 시험 연구로의 설계·제작 등을 담당하는 주 계약 기업으로 Mitsubishi중공업을 선정해 기본계약을 체결함.
- 새로운 시험 연구로는 중성자를 활용한 신상품 개발과 의료 연구 등에 활용될 예정임. 현재 건설 예정지의 지질 조사를 진행 중이며 구체적인 건설·완공 시기는 미정임.
- 주계약 기업은 JAEA의 원자로설치허가 신청 시 기술 지원과 공사비 견적 작성, 원자로 본체의 설계·제작, 시공, 설치 조정 등을 담당함.

■ 일본 이시카와현, 시가 원전 사고에 대비해 야간 원전 방재훈련 최초 시행

読売新聞, 中日新聞 2023.11.24.

- 11월 23일, 일본 이시카와현은 시가원전에서 중대 사고가 발생했을 때를 대비한 방재훈련을 시행했으며 일몰 후의 대피 절차 확인 · 대피 차량의 방사선량 검사 방법, 반려동물과 함께 대피소로 피난한 주민들의 수용 절차를 최초로 확인함.

- 훈련은 시가정에 진도 6강*의 지진 발생으로 시가 2호기(1,206MW, ABWR)의 외부 전원이 상실되고 노심 냉각이 불가능해져 방사성물질이 확산한 상황을 가정했고, 규제위와 자위대, 호쿠리쿠전력 등 약 240개 기관 관계자와 주민 약 1,700명이 훈련에 참여함.

※ 일본에서는 지진 진도를 흔들림을 느낄 수 없는 진도 0부터 진도 1, 2, 3, 4, 5약, 5강, 6약, 6강, 7로 총 10등급으로 구분하며 6강은 서 있을 수 없고, 엎드린 상태로 겨우 유지할 수 있는 수준을 의미함.

- 훈련에서는 오후 5시 이후에 투광기를 활용해 야간 차량 검사를 시행하고, 시인성과 필요 장비 등을 확인함.
- 이시카와현 지사는 조조, 심야 시간과 폭서, 비나 눈이 내리는 다양한 대피 상황을 가정한 훈련의 필요성을 강조함.

■ 일본 도호쿠전력, 원전 지역 약 3,700가구 개별 방문해 원전 정보 설명 시작

河北新報 2023.07.13./12.02., 日本經濟新聞 2023.09.28.,
原子力規制委員会 2023.10.04., NHK 2020.11.11. / 2023.11.30.

- 일본 도호쿠전력 오나가와원전 직원 약 200명은 11월 30일부터 12월 18일까지 원전 입지 지역인 오나가와정과 이시노마키시의 주민 약 3,700가구를 직접 방문해 안전대책공사 현황을 설명하고 주민 의견을 청취함.

- 도호쿠전력은 1994년부터 연 2회 원전 지역 주민 방문 활동을 시행했으며 2023년에는 7월 11일부터 8월 4일까지 시행한 바 있음.
- 이번 방문에서는 오나가와 2호기(825MW, BWR)의 화재 방호 추가 공사로 원자로 기동 목표 시기가 2024년 2월에서 5월로 연기된 사실과 현재 진행 중인 안전대책공사 상황을 설명하여 주민들과의 신뢰 관계를 구축하고자 함.
- 오나가와 2호기는 2011년 3월 동일본대지진 발생에 따라 자동 정지한 후 2013년 12월 규제위에 재가동을 위한 적합성 심사를 신청해 2023년 2월 15일 모든 적합성 심사를 통과함. 현재 안전대책 공사 중이며 원자로 기동 목표 시기 연기로 상업운전 목표시기도 2024년 4월에서 2024년 6월로 변경됨.

■ 한수원, 현대건설 컨소시엄과 신한울 3·4호기 주설비공사 계약 체결

한수원 보도자료 2023.11.30., World Nuclear News 2023.12.01.

- 2023년 11월 30일 한국수력원자력(이하 '한수원')은 신한울 3·4호기 주설비공사의 시공사로 현대건설 컨소시엄(현대건설·두산에너지빌리티·포스코이앤씨)을 낙찰가 3조 1,196억 원에 선정함.
- 이번 입찰에서 한수원은 원전 건설 최초로 종합심사낙찰제를 적용했으며, 공사 수행 능력과 시공 계획 및 입찰 가격 등을 종합적으로 심사해 합산 점수가 가장 높은 입찰자를 낙찰자로 결정함.
- 한수원은 신한울 3·4호기가 착공되면 건설 및 가동 기간 동안 발전소 주변 지역 주민의 소득 증가 및 협력 업체와 건설 인력 유입 등으로 지역 경제 활성화에 도움을 줄 수 있을 것으로 전망함.
- 한편, 2023년 3월 한수원은 두산에너지빌리티와 3조 1,572억 원 규모의 신한울 3·4호기 주기기 계약 체결을 한 바 있음.

World Nuclear Power Market
INSIGHT



**세계원전시장
인사이트**