

# 세계원전시장 인사이트

Biweekly 격주간  
2025 01.03

WORLD NUCLEAR POWER MARKET INSIGHT

## 현안이슈

### 원전 건설 자금 조달과 전력시장 설계 및 프로젝트 관리 간 연관성 고찰

1. 들어가며
2. 전력시장 설계 측면
3. 프로젝트 관리 측면
4. 자금 조달 민간 참여 방안
5. 시사점

## 주요단신

### 북·남미

13

- 미국 California 주, Diablo Canyon 원전 계속운전 비용 중 약 1조 원 소비자 부담 계획
- 미국 TerraPower, Natrium 실증로 주기기 공급업체 4곳 선정
- 미 에너지부, Aalo Atomics 실증로 설계 개발 위해 INL 부지 제공
- 미 에너지부, HALEU 생산공정 개발 위한 최대 1.2천억 원 지원 공모 발표
- 미 에너지부, 미국 데이터센터 에너지 사용 및 전망 보고서 발표
- 아르헨티나 정부, SMR 건설 포함한 신규 에너지 계획 발표
- 기타 단신

### 유럽

22

- 프랑스 Flamanville 3호기, 최초 전력망 연결
- 프랑스 EDF, 신규 EPR2 6기 건설 관련 2025년 자사 할당 투자금 하향 조정
- 루마니아, 한수원 컨소시엄과 Cernavodă 1호기 설비개선사업 계약 체결
- 불가리아, 미국과 사용후핵연료 처분 및 SMR 보급 타당성 조사 지원 협약 체결
- EU 집행위, 폴란드 Lubiatowo-Kopalino 최초 원전 국가보조 심사 착수
- 핀란드 Olkiluoto 3호기 공급업체 컨소시엄, 보증기간 자금 고갈로 자본 재판
- 네덜란드 방사성폐기물 관리기구 Covra, Dodewaard 원전 해체 권한 인수
- 기타 단신

### 아시아

29

- 인도 NTPC, Bihar 주 원전 프로젝트 추진 계획 발표
- 카자흐스탄 Kazatomprom, 러시아와 공동 개발 우라늄 광산 지분 일부 중국에 매각
- 일본 발전비용검증 WG, 2040년 신규 전원별 비용 전망 발표
- 일본 다카하마 2호기, 신규제 적용한 계속운전 안전성 평가 통과
- 일본 오나가와 2호기, 후쿠시마 사고 동일 노형 중 최초로 상업운전 재개
- 일본, 베트남과 원전 건설 지원 합의
- 일본 하마오카 1·2호기, 두 호기 동시 해체에서 순차적 해체로 변경
- 기타 단신



# 세계원전시장 인사이트

Biweekly 격주간  
2025 01.03

**발행인** 김현제

**편집인**

조주현	joohyun@keei.re.kr	052-714-2035
김창훈	hesedian@keei.re.kr	052-714-2210
유석종	sjryu@keei.re.kr	052-714-2257
정진영	jy_jeong@keei.re.kr	052-714-2081
김유정	yjkim@keei.re.kr	052-714-2294
이유경	rglee@keei.re.kr	052-714-2283
김지하	jiha@keei.re.kr	052-714-2092

**디자인·인쇄** 효민디앤피 051-807-5100

※ 본 간행물은 한국수력원자력(주) 정책과제의 일환으로 발행되었습니다.

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

현안이슈

# 원전 건설 자금 조달과 전력시장 설계 및 프로젝트 관리 간 연관성 고찰

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

## 1 들어가며

- 원전 신규 건설을 위한 경제적, 사회적, 정치적으로 지속 가능한 자금 조달 솔루션에 대한 요구가 이제 최고 정책 결정 수준에서 공식화되고 있음.
  - 2023년 9월 OECD 산하 Nuclear Energy Agency(NEA)와 프랑스 에너지전환부가 공동 주최한 신규 원전 로드맵 회의에 모인 에너지 장관들은 적절한 자원 조달 문제를 성공적인 신규 원전 건설 여건 조성의 핵심 사안으로 인식함.
  - 신규 원전 건설을 위한 자금 조달 이슈는 2023년 11월에 열린 제28차 기후변화협약 당사국 총회(COP28)에서도 중요한 주제로 다뤄졌음.
- 리스크 지표로서의 금융비용은 외부 요인에 의해 결정되는 투입물(input)인 동시에 기술, 관리, 전력시스템에서의 역할 등 프로젝트 내부 특성에 의한 산출물(output)이기도 함.
  - 이와 같은 새로운 관점에서 NEA는 2024년 9월에 펴낸 “New Perspectives for Financing Nuclear New Build: Financing, Market Design and Project Management in Nuclear New Build” 보고서를 통해 자금 조달 문제가 전력시장 설계 및 프로젝트 관리 문제와 밀접하게 얽혀 있으며, 원전 설비용량을 실질적으로 증가시키기 위해서는 이 세 가지 측면에서 공공 부문과 민간 부문 간의 관계를 재정의를 해야 함을 제시하고 있음.
  - 전력시장 설계 측면에서, 현재 많은 국가에서 규제 완화된(deregulated) 전력시장이

기본적인 시장 설계의 형태로 운영되고 있는데, 이와 같은 환경에서는 원자력 등 가격 불확실성이 있는 자본 집약적인 저탄소 기술보다 고정 비용이 낮은 탄소 배출 기술이 계속 선호될 수밖에 없음.

- 원자력 및 수력 발전 등은 미래 저탄소 전력 시스템에서 대규모 기저부하 설비로서 중추적인 역할을 담당할 것이나, 장기 계약을 통해 보다 안정적인 수입이 확보되더라도 건설 리스크를 현재 민간 영역에서는 감당하기 어렵기 때문에 일반적인 규제 완화된 전력시장에서와는 달리 리스크 제거를 위한 공공 부문의 역할이 중요해짐.

- 프로젝트 관리 측면에서, 공공 및 민간 투자자는 비용 관리와 효율성을 동종 산업 수준으로 끌어올리기 위해 면밀한 조사와 경험을 바탕으로 협력해야 할 필요가 있음.

#### ■ 전체 시장 및 프로젝트 고유 리스크와의 상관관계를 고려할 때, 원전 신규 건설의 리스크 비용은 관습적으로 가정한 것보다 낮거나 더 줄일 수 있을 것으로 기대

- 프로젝트가 전체 시장 리스크와 상관관계가 없거나 음의 상관관계인 경우, 해당 프로젝트의 투자 포트폴리오 추가로 전체 리스크를 낮출 수 있음.

- 기후 변화에 대응하기 위한 노력이 강화되어 탄소 가격이 상승하면서 경제 전반의 수익성 감소와 대비되어 저탄소 투자의 수익성이 증가함.

- 또한, 프로젝트별 다양한 리스크 요인별로 리스크를 경감시키기 위한 구체적이고 세분화된 조치를 동원해야 함.

- 정치적 리스크는 에너지 정책 변화로 원전 활용이 제한될 경우를 대비하여 계약상 면책 조항을 통해 이를 최소화하고 내재화할 가능성이 가장 높은 정부가 감수하게 될 것임.

- 가격 리스크는 규제 요금, 전력 구매 계약(power purchase agreements, PPA) 또는 차액 계약(contracts for difference, CfD)과 같은 장기 계약 허용을 통해 해결할 수 있으며, 이는 '한계비용 가격'에서 '평균비용 가격'으로의 전환과 경쟁 시장 내에 일부 규제 요소를 포함시킴을 의미함.

- 건설 리스크는 규제 자산 기반(regulated asset base, RAB), 비유동자산 건설회계(construction work in progress, CWP) 또는 정부의 직접 자금 조달과 같은 리스크 공유 방식을 통해 사회화해야 하며, 이를 통해 건설 비용 및 비용 초과 리스크를 요금 납부자 또는 납세자에게 이전함.

- 리스크를 많은 가구에 분담시키는 경우 이는 각 가구의 예산에서 매우 작은 부분이기 때문에 리스크로 인한 전반적인 경제적 비용의 감소를 기대할 수 있음.

- 그러나 본질적으로 리스크가 사라지는 것은 아니므로, 리스크 배분 문제는 공정하고 설득력 있는 방식으로 논의되어야 하며, 다양한 부담 주체 간의 리스크 배분에 대한 결정이 있어야 함.

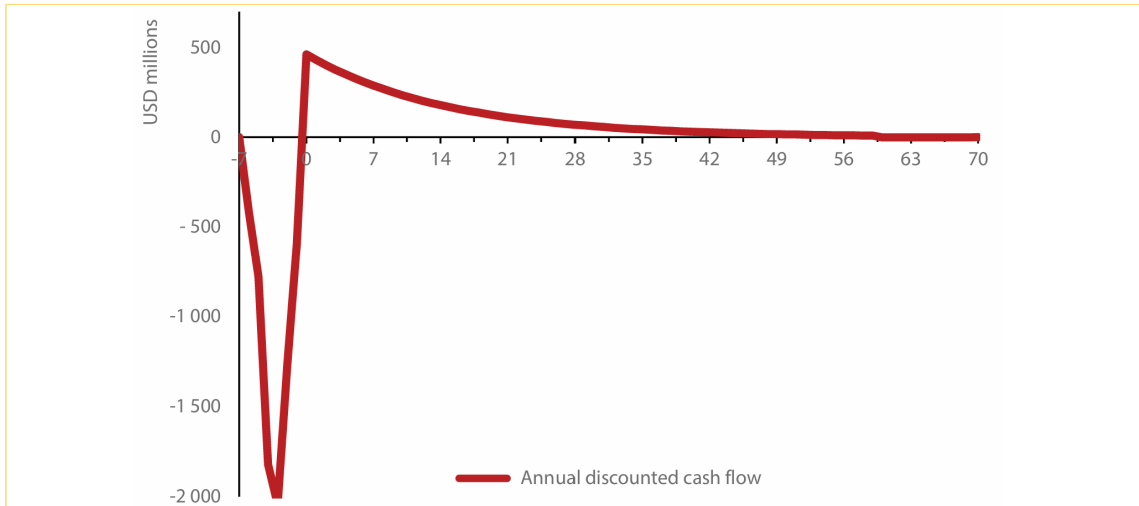
- 본고에서는 NEA의 상기 보고서 내용 중 전력시장 설계 측면(2장)과 프로젝트 관리체계 측면(3장)에서의 리스크 경감 가능성과 자금 조달에의 민간 참여 방안(4장) 내용을 살펴봄.

## 2 전력시장 설계 측면

- 원칙적으로 한계비용 가격 기반의 경쟁 시장은 자원 사용을 최적화하고 비용을 최소화하며 개인이 자신의 능력을 최대한 발휘하도록 인센티브를 제공하는 효율적인 프레임워크를 제공
- 그러나 다음의 이유들로 인해 단기 한계비용에 기반한 경쟁 시장 형태는 그 자체로는 미래 전력 시스템에 부합하는 설계가 될 수 없음.
  - 전기는 공급 구조를 정치적·사회적 영역 밖에서 전적으로 결정하기에는 너무 중요한 재화로 간주되는 경우가 많음.
    - 수요 측면에서 전기는 모든 소비자가 최소한의 양은 소비할 수 있어야 하는 재화로 간주되는 경우가 많음.
    - 공급 측면에서는 기후 목표와 풍력 및 태양광 발전과 같은 가변적인 재생에너지에 대한 지원으로 인해 전력시장이 시스템 전반의 경제적·사회적 최적화와 거리가 멀어졌음.
  - 전기의 비저장성으로 인해 대량의 전기는 소비되는 시점과 정확히 같은 시간에 생산되어야 함.
    - 비탄력적인 수요와 함께 비저장성은 가격 변동성을 야기하며, 수요의 작은 변화도 단기 및 중기적으로 가격에 불균형적인 영향을 미칠 수 있기 때문에 예측이 어려움.
  - 원전이나 수력발전소, 전력망 등 단일 투자에 대규모의 비용이 소요되는 경우, 투자자에게는 실패의 부담이 너무 큼.
    - 특히 원전의 경우 초기 투자비용 또는 고정비의 비중이 너무 크기 때문에, 투자 성공을 위해서는 필연적으로 시장 개입이 필요하며, 정부는 이를 뒷받침하는 역할을 함.
  - 에너지 전환의 기반인 저탄소 전력 및 에너지 기술인 원자력, 수력, 재생에너지, 탄소 포집·활용·저장(CCUS) 적용 화석연료발전 등은 기존 전통전원보다 훨씬 자본 집약적임.
    - 자본 집약도가 높을수록 예측 가능한 투자 수익률의 필요성이 높아지므로 이는 전력시장 설계에 근본적인 영향을 미침.
  - 에너지 전환은 일반적으로 예상되는 것보다 훨씬 높은 비용을 수반함.
    - 더 이상 경제 성장률을 조금 낮추는 방식으로는 비용을 감당할 수 없기 때문에 에너지 전환 비용을 어떻게 분배할지에 대한 논의의 강도가 거세지고 있음.

- 특히 비용을 납세자가 부담할 것인지, 아니면 요금 납부자가 부담할 것인지가 중요한 관건이며, 저탄소 기술 보급을 위한 자금 조달 이슈의 많은 부분이 이와 연관됨.

**그림 1** 원전 수명주기에서의 연간 할인 현금흐름



출처: NEA, New Perspectives for Financing Nuclear New Build: Financing, Market Design and Project Management in Nuclear New Build, 2024.9, p.51.

주: 건설 기간 7년, 운영 수명 60년, 폐로 기간 10년인 1,350MW 원전의 연간 할인 현금흐름(고정 자본 비용 5,000달러/kW, 자본 비용 연 7% 가정)

### ■ 이와 같은 이유들 때문에 전력시장의 작동 방식에 대한 근본적인 재고가 필요한 상황

- 저탄소 기술 보급을 촉진하도록 전력시장이 운영되기 위해 필요한 근본적인 변화는 ‘단기 한계비용 가격’에서 ‘장기 평균비용 가격’으로 전환하는 것임.
  - 그래야만 전력시장이 에너지 전환에 필요한 대량의 자본 집약적인 저탄소 발전 용량을 끌어낼 수 있을 것임.
- 장기 평균비용 가격 책정을 위해서는 PPA, CfD, FIT(feed-in tariffs) 등과 함께 심지어는 안정적인 보상을 제공하는 규제 전기 요금과 같은 수단도 필요함.
  - 경우에 따라서는 소비자가 건설 비용을 미리 조달하는 미국 CWP 모델과 유사한 영국의 RAB 모델이 대안이 될 수 있음.
  - 용량 보상 메커니즘은 자본 집약적이지 않은 유연성 자원 공급자에게 추가적인 수익 안정성을 제공하는데, 이러한 장기 계약 중 일부는 경쟁입찰을 통해 일정량의 무탄소 전력에 제공되어야 할 것임.
- 이러한 장기 계약은 변동비를 기반으로 최저 비용 기준으로 자원을 분배하는 기존 도매 시장과 함께 미래의 저탄소 ‘하이브리드 시장’으로 작동하게 될 것임.

- 이러한 시장에서는 다양한 인센티브 수단 간에 상호작용이 일어날 것이며, 전원 믹스의 구성은 개별 투자자보다는 각국 정부, 규제 기관 및 네트워크 사업자의 전략적 선택에 의해 결정될 것임.

**표 1** 미래 전력시장에서의 기술유형별 인센티브

기간 및 목적	할당 메커니즘	계약 유형	기술	도전 과제	장점
단기 급전	경쟁 현물 시장	한계발전기 변동비 기준 청산(MWh당)	모든 기술	저탄소 기술 투자에 한계	효율적인 급전, 설비 이용 극대화
중장 집중식 의사 결정을 통한 장기 투자	장기 계약 경쟁 입찰	한계 발전기 고정비 기준 용량요금 지불 (MWh당)	CCGT, 급전가능 재생에너지, ESS, 수유 반응	높은 변동비로 인한 공급량 리스크	합리적인 비용으로 안정적 용량 제공
		발전차액지원제도 (FIT 또는 FIP) (MWh당)	가변 재생에너지 (풍력, 태양광 발전)	자동 카니발라이제이션으로 인한 높은 가격 리스크	저탄소 전력, 높은 사회적 선호도
	사례별 장기 계약	CfD, RAB, CWP, 평균가격의 지역 양허 비용(MWh당)	원전, 수력 발전	건설 리스크, 정치적 리스크	신뢰할 수 있는 저탄소 기저부하 전력

출처: NEA, New Perspectives for Financing Nuclear New Build: Financing, Market Design and Project Management in Nuclear New Build, 2024.9, p.56.

■ 인프라 특성을 지닌 대규모 투자 프로젝트의 자금 조달과 건설에 리스크 분담 방식을 통한 공공 부문의 역할이 중요함.

- 이론적으로는 프로젝트 비용을 충분히 많은 개인에게 분담시킨다면 리스크의 경제적 비용을 0에 가깝게 줄일 수 있어 무위험 이자율이 될 수 있음.
  - 이 추론의 두 가지 핵심 가정은 개인이 위험을 회피한다는 것과 프로젝트 결과가 경제의 전반적인 시스템 리스크와 상관관계가 없다는 것임.
  - 탄소 제약 경제에서 저탄소 투자 수익률이 일반 투자 수익률과 반대 방향으로 움직일 가능성이 높다는 사실은 이와 같은 원리를 원전 투자에 적용하는 데 강력한 논거가 될 수 있음.
  - 리스크 분담은 직접 공공 자금 조달을 통해 운영될 수 있는데, 이 경우 비용은 납세자가 분담하거나 영국의 RAB 또는 미국의 CWP와 같이 소비자가 규제 요금을 지불하여 비용을 사전 조달하는 메커니즘을 통해 운영될 수 있음.
- 이와 같은 주장에 대한 반론으로, 이미 금융 시장이 상장지수펀드(ETF)와 같은 상품을 통해 대규모 단일 프로젝트의 리스크를 다수의 개인 투자자에게 분산시킨다는 주장이 있으나 이는 리스크 분담과 리스크 분산을 혼동하는 것임.

- 여기서 논의되는 리스크 공유는 금융 시장에서의 다각화 차원을 넘는 것으로 자본 비용에 포함할 필요가 없는 시스템 리스크이기 때문에 대중의 참여를 필요로 함.
- 대표적인 사례로 원전 건설은 직간접적인 정부 자금 조달, 소비자를 통한 요금 기반의 사전 자금 조달, 광범위한 공공 보증을 통해 리스크를 제거하며 추진되어 왔음.

### 3 프로젝트 관리 측면

■ 자금 조달은 시장 설계 및 공공 부문의 참여뿐만 아니라 프로젝트 관리 측면도 변수로 작용하는데, 원전 신규 건설의 리스크 및 비용을 줄이기 위해 다음 사항들이 확보되어야 함.

- 첫째, 프로젝트 관리 구조는 자금 조달 모델과 전력시장 설계에 맞춰 조정되어야 함.
- 둘째, 사전 계획, 설계 완료, 공급망, 숙련된 인력의 가용성 보장에 주의를 기울여야 함.
- 셋째, 리더십, 독립적 외부 자문, 효율적 인센티브 구조를 우선적으로 고려해야 함.

■ 프로젝트 관리 구조와 관련하여, 전력시장에 안정적이고 장기적인 가격 책정 방식이 점진적으로 도입되면서 소유자-건설자-운영자 통합 모델의 이점이 새롭게 인식되고 있음.

- 지난 수십 년 동안 대부분의 선진국 전력 시스템은 요금 규제를 받는 수직 통합형 독점에서 경쟁 도매 시장으로 발전해 왔음.
  - 과거 시스템에서 발전업체는 종종 신규설비 건설업체이자 금융업체이기도 했으며, 평생 고용된 엔지니어 인력과 오랜 공급업체 네트워크를 활용하여 규제기관의 관대한 요금 설정에 힘입어 수익을 창출하였음.
  - 이후 경쟁 시장 환경에서 프로젝트 관리 모델은 엔지니어링·조달·건설(EPC) 모델로 독립적인 공급업체들이 EPC에 필요한 서비스를 경쟁적으로 조달하는 방식이 되었으나, 임시 계약을 기반으로 하는 이 모델은 이론적으로는 원전 신규 건설에도 적용될 수 있었지만 완전히 정착되지는 못하였음.
- 대규모의 자본 집약적인 저탄소 발전이 필수적인 상황에서 리스크를 경감시킬 수 있는 장기적인 관리체계의 이점이 부각되고 있음.
  - 이는 과거로의 본격적인 회귀를 의미하는 것은 아니며, 단기적인 급진과 장기적인 용량 인센티브가 결합된 하이브리드 전력시장이 프로젝트 관리에서도 유사하게 적용될 것임을 의미함.
  - 이와 같은 흐름에서 원전 신규 건설은 부분적으로 수직적으로 통합된 소수의 경쟁자가 경쟁하는 과점적 구조의 시장이 담당하게 될 것으로 보임.

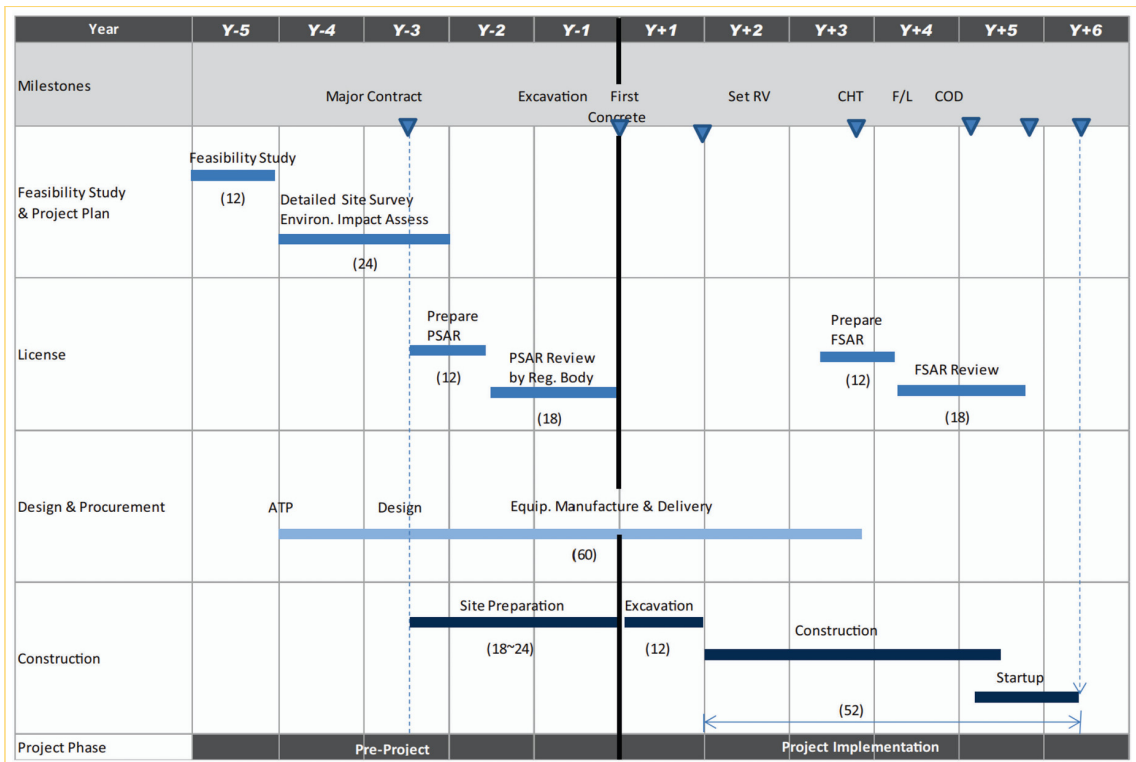


- 따라서 수직적 통합의 이점은 경쟁사의 성과와 비교하여 벤치마킹할 수 있는 능력과 결합될 것이므로, 정책 결정자는 가치 사슬의 여러 단계에서 이러한 과점적 경쟁의 형태와 세부사항을 설정해야 함.

■ 원전 신규 건설에 필요한 공급망과 인력의 가용성을 면밀히 판단하고 사전 계획에 반영하도록 하여 건설 기간의 지연을 방지하여야 함.

- 최근의 일부 원전 건설 사례에서는 사전 계획에도 불구하고 항상 세부 설계 완료까지 이어지지는 않아 초기 프로젝트의 비용 폭증의 주요 요인이 되었음.
- 사전 계획은 주로 프로젝트 공급망을 구성하는 데 집중되어 왔으며, 때로는 국내 공급업체를 포함해야 한다는 엄격한 요건 하에 진행되기도 하였음.

그림 2 성공적인 원전 신규 건설의 일반적인 일정



출처: NEA, New Perspectives for Financing Nuclear New Build: Financing, Market Design and Project Management in Nuclear New Build, 2024.9, p.77.

주: ATP: authorisation to proceed, PSAR: Preliminary Safety Analysis Report, FSAR: Final Safety Analysis Report.

- 공급망과 관련하여, 가치사슬의 각 단계에서 충분한 수준의 산업 역량을 확보할 수 있다며 기술 및 상업적 관점에서 비교적 낙관적으로 보는 입장이 있는 반면, 주로 공급업체들 중심으로 높은 불확실성과 장기적인 관점에서의 부정적인 의견도 있음.

- 공급망 문제에 대한 태도는 프로젝트 차원을 넘어 산업 발전, 경쟁력 및 국가 안보 강화에 대한 기대에 따라 달라짐.

- 인력과 관련하여서도 유사한 우려가 상존하는데, 노동 시장에 대한 인센티브가 매력적이고 오랜 시간 일관되게 제공되는 것이 중요함.

#### ■ 프로젝트 성공에 결정적이며 더 중요시 되어야 할 요소로 리더십, 독립적인 자문, 인센티브 구조가 있음.

- 리더십은 프로젝트에 참여하는 여러 주체들의 이익을 일치시키는 능력과 계약을 통해 완전히 체계화할 수 없는 리스크를 처리하는 능력을 포함함.
- 독립적인 프로젝트 감독을 위해 제3자에게 일부 권한을 위임할 수도 있는데, 조직 및 인센티브 구조 등 전반적인 관리 문제에 대한 조언과 함께 프로젝트 리더십, 1차 벤더, 원자력 안전 당국 및 정부와 같은 주요 이해관계자 간의 분쟁 해결에 개입 가능함.
- 권한 위임은 효율적인 인센티브 구조로 보완되어야 하는데, 거래 비용과 비대칭적인 정보로 인해 복잡한 프로젝트의 계약 관계를 구성할 수 없기 때문에 중요하며, 모든 에이전트에 대한 보상은 개별 성과뿐만 아니라 전체 프로젝트 성과와도 연계되어야 함.

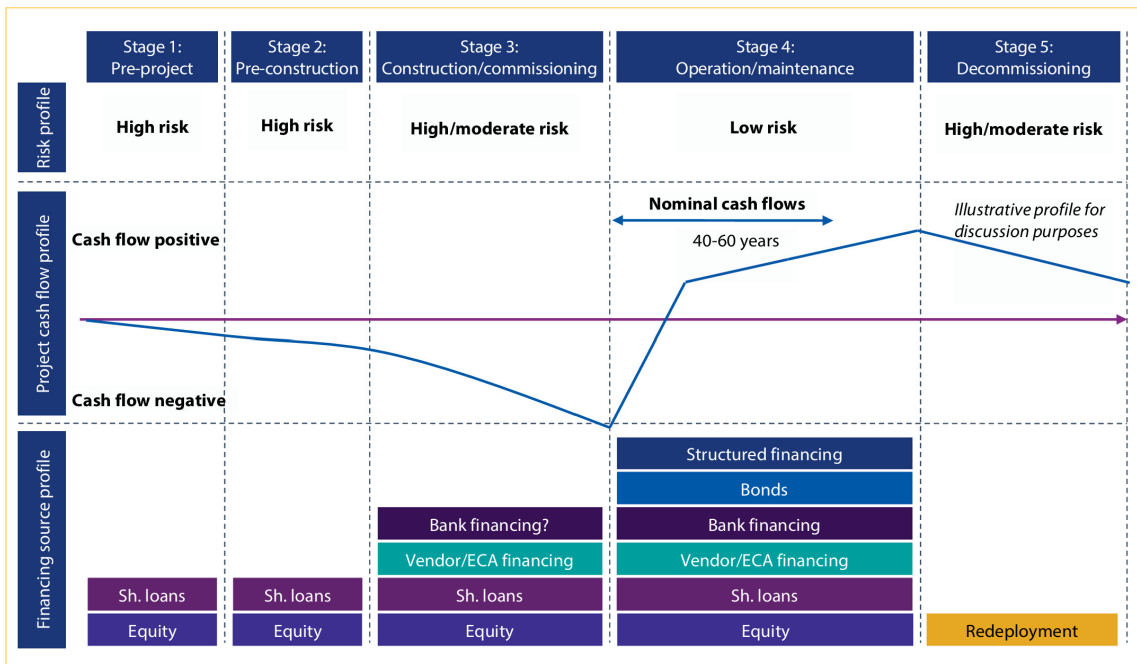
## 4 자금 조달 민간 참여 방안

### ■ 원전 신규 건설에 민간 부문의 참여를 촉진하기 위해서는 원전의 수명 주기에 따라 변화하는 리스크 구조를 우선 이해해야 함.

- 신규 원전의 수명 주기는 건설과 운영이라는 두 가지 주요 단계로 나뉘며, 운영 단계에서의 재무적 리스크보다 건설 단계의 리스크가 훨씬 더 높음.
  - 운영 중 시장 리스크는 규모가 크지만 어느 정도 측정·예측 및 헤지가 가능한 반면, 건설 리스크는 현재의 원전 산업의 성숙도 수준에서는 민간 시장에서 헤지할 수 없으며 하더라도 엄청난 비용이 소요됨.
  - 신규 원전 건설은 건설 기간 후 시운전 시점까지는 고위험 프로젝트이며, 시운전 이후부터 가동 중인 원전은 저위험 프로젝트라고 볼 수 있으므로, 건설 리스크는 사회화할 필요가 있지만 운영 리스크는 그렇지 않음.
- 원전 신규 건설을 위한 최적의 자금 조달은 수명 주기 동안 변화하는 리스크 수준을 반영하여 역동적인 접근 방식, 즉 원전의 수명 주기 동안 공공 및 민간 소유의 지분을 미리 정해진 간격으로 변경하는 방식이 필요함.

- 착공 전에 점진적으로 소유권을 민간으로 이전하는 조건과 시기에 대해 합의하는 것이 중요하며, 그래야만 정부가 건설 리스크에 대한 책임을 지는 동안에도 민간 투자자가 프로젝트 참여 의지를 가질 수 있음.
- 동적 리파이낸싱이 예상되는 계약에서 정부 또는 공공 기관이 프로젝트 소유권 지분을 점진적으로 민간 부문으로 이전하며, 이는 인수인계가 완료되는 시운전 날짜까지 이루어짐.

**그림 3** 원전 신규 건설 프로젝트 수명주기별 자금 조달 프로파일



출처: NEA, New Perspectives for Financing Nuclear New Build: Financing, Market Design and Project Management in Nuclear New Build, 2024.9, p.93.

- 건설이 진척되면서 점차 감소하는 리스크 수준과 공공 및 민간 투자자의 리스크 관리 능력 및 위험 선호도 등이 고려되는 동적 리파이낸싱의 개념이 사업자 및 금융기관 사이에서 정기적으로 논의되고 있음.
- 향후 원전 신규 건설은 프로젝트가 진행됨에 따라 민간 부문 금융의 역할이 증가하는 요소를 통합하기 시작할 가능성이 높음.

## 5 시사점

- NEA는 원전 건설의 금융비용이 전력시장 구조와 프로젝트 관리 요소에 의해 결정될 수 있다는 시각에서 자금 조달과 관련한 리스크 비용의 경감 방안을 제시하고 있음.
  - 전력시장 측면에서는 기존의 한계비용 기반의 시장 메커니즘에 장기적인 평균비용 기반 시장 설계의 접목이 필요하며, 공공 부문에서의 리스크 분담 체계가 필요함.
  - 프로젝트 관리 측면에서는 리스크 경감이 가능한 장기적 관리체계 유지 관점에서 통합 모델의 이점이 특히 중요해지고 있음을 강조함.
- 신규 원전의 수명 주기에 걸친 리스크 구조에 대한 이해를 바탕으로 점진적인 민간 참여를 유도할 수 있는 동적 파이낸싱 기법의 개발이 요구되고 있음.
  - 특히 전 세계적인 소형모듈원전(SMR)의 개발과 관련하여서는 운영 단계뿐만 아니라 건설 단계까지도 민간 참여가 가시화되고 있는 상황임.
  - 공공 영역에서 민간 부문으로의 점진적인 소유권 이전을 통해 원활한 자금 조달이 가능할 것이며, 이와 관련된 구체적인 금융모델 개발 노력이 필요할 것임.

### 참고문헌

- NEA, New Perspectives for Financing Nuclear New Build: Financing, Market Design and Project Management in Nuclear New Build, 2024.9.

## 주요단신

North and South America

## 북·남미



## 미국 California 주, Diablo Canyon 원전 계속운전 비용 중 약 1조 원 소비자 부담 계획

Los Angeles Times 2024.12.19., California Globe 2024.12.20., Ux Weekly 2024.12.23.

- 2024년 12월 19일 미국 California 주 공공위원회(CPUC)는 Diablo Canyon 원전(총 2,394MW, PWR 2기)의 최초 운영허가 만료 시점인 2025년까지 계속 운영될 수 있도록 총 7억 2,260만 달러(약 1조 원)<sup>1)</sup>의 비용을 전력 소비자들이 부담하도록 승인함.
  - 이번 발표와 관련한 비용은 Diablo Canyon 원전 운영사 PG&E를 포함한 California 주의 주요 전력사 두 곳인 Southern California Edison, San Diego Gas & Electric의 소비자들이 분담하게 됨.
  - 2022년 11월 미 에너지부는 Diablo Canyon 원전 계속운전 지원을 위해 Pacific Gas and Electric Co.(PG&E)에 상업원전지원책(Civil Nuclear Credit Program, CNC)을 통해 최대 11억 달러(약 1.6조 원)를 지원한다고 밝혔으며, 이에 따라 2023년 3월 미 원자력규제위원회(NRC)는 계속운전 신청서 심사 중에 운영허가 만료일이 임박하더라도 계속운전 인허가 발급 여부 결정 시까지 운영할 수 있도록 10 CFR 2.109(b) 항목 적용 면제 요청 건에 특별 승인함.
    - 2023년 12월 NRC는 2023년 11월 PG&E가 재제출한 Diablo Canyon 원전의 계속운전 신청서를 승인함으로써 심사 기간 동안은 1·2호기의 최초 운영허가 만료 시점인 2024년 11월과 2025년 8월 이후에도 해당 호기들의 계속운전 심사 결과가 결정될 때까지 운영허가가 만료되지 않는 것으로 간주하여 운영할 수 있음.
    - 또한 2023년 12월 CPUC는 Diablo Canyon 원전을 2025년 이후에도 추가로 5년간 운영할 수 있도록 결정함.
    - NRC에 따르면 Diablo Canyon 원전의 재제출된 계속운전 신청서를 검토 중으로, 계속운전 인허가 검토는 20~24개월이 걸릴 수 있으며 최대 5년까지도 걸릴 수 있음.

1) 북남미 단신 기사 내용 모두 2025년 1월 3일 환율 기준 적용(1달러=1,468원)

- 현지 언론에 따르면 2030년까지 Diablo Canyon 원전의 계속운전 총비용은 89억 달러(약 13.5조 원)에 이를 것으로 추정되며, 이는 연방자금 11억 달러(약 1.6조 원)와 해당 원전의 계속운전 시 예상되는 50억 달러(약 7.3조 원)의 수익, 그리고 안정적이고 신뢰할 수 있는 전력을 제공함으로써 California 주에 60억 달러(약 8.7조 원)의 절감효과로 비용은 상쇄될 수 있을 것임.
- PG&E가 CPUC에 제출한 서류에 따르면 Diablo Canyon 원전의 최초 운영허가 만료 시점에서 추가 5년 기간 동안 운영 비용은 1MWh당 43.60달러(약 6만 원)로 추산되며, 수수료가 포함될 경우 1MWh당 111.21달러(약 16만 원)로 증가할 것으로 전망됨. 2026년까지 Diablo Canyon 1·2호기의 추가 5년 운영 준비 작업을 마치고 운영이 안정적으로 이루어지게 되면 1MWh당 75.91달러(약 11만 원)로 하락할 것으로 예상됨.

## ■ 미국 TerraPower, Natrium 실증로 주기기 공급업체 4곳 선정

TerraPower 2024.12.18., World Nuclear News 2024.12.19., Ux Weekly 2024.12.23.

- 2024년 12월 18일 미국 TerraPower는 Wyoming 주 Kemmerer 시에서 개발 중인 소듐 냉각 고속원자로 Natrium(345MW, SFR) 실증 프로젝트 원자로 용기(reactor enclosure system) 제조와 관련해 공급업체 4곳과 제조 계약(manufacturing contracts)을 체결했다고 발표함.
- TerraPower에 따르면 스페인 엔지니어링 기업 Equipos Nucleares SA는 원자로 헤드를 생산, 두산에너지빌리티는 Natrium 원자로의 코어 배럴(core barrel), 가드 용기(guard vessel), 내부지지 구조물(internal supports)을 공급, HD현대는 원자로 용기 제작, 프랑스 기계 및 장비 제조업체 Marmen은 회전플러그(rotating plug)를 제작할 예정임.
- 2024년 6월 TerraPower는 Kemmerer 시의 Natrium 실증 프로젝트 부지 개발(site development) 착수 기념식을 열고 원자로 운영에 필요한 기반 시설 건설 작업(non-nuclear construction)을 시작함.
  - 2024년 5월 23일 미 원자력규제위원회(NRC)는 TerraPower가 2024년 3월 29일에 제출한 Natrium 건설허가(Construction Permit, CP) 신청서 검토를 시작했다고 발표함.
  - TerraPower는 2026년에 1차 계통 조성 작업을 시작할 계획이라고 언급함.
- 한편 2023년 8월 TerraPower는 Natrium 실증로의 운영 소프트웨어 개발 및 시뮬레이션 개발, 주조시설 설계 및 건설, 중간 열교환기 개발, 원자로 보호시스템 개발을 위해 각각 캐나다 및 미국의 4개사와 공급계약을 체결함.

## ■ 미 에너지부, Aalo Atomcs 실험로 설계 개발 위해 INL 부지 제공

Energy.Gov 2024.12.10., Aalo Atomcs 2024.12.10., World Nuclear News 2024.12.16., Ux Weekly 2024.12.16.

- 2024년 12월 10일 미 에너지부는 미국 SMR 기업 Aalo Atomcs가 개발 중인 10MW의 소듐 냉각 초소형원자로 Aalo-1 설계 개발에 필요한 시설 구축 및 상업적 보급을 목표로 Aalo-X 실험로 개발을 위해 Idaho 국립연구소(INL) 부지 내 1에이커 규모의 임시 부지를 제공한다고 발표함.
  - 미 에너지부의 이번 발표는 Aalo Atomcs가 2024년 12월 3일 자사의 Aalo-X 실험로(Aalo Experimental Reactor)를 INL 부지에 보급하기 위한 공식 승인 발표 이후에 나옴.
    - Aalo-X는 Aalo-1의 기술적 실증 및 성능 검증을 위해 개발된 실험로이며, Aalo Atomcs는 미 에너지부의 MARVEL 초소형원자로 설계를 기반으로 Aalo-1의 개념 설계를 완료했다고 밝힘.
  - Aalo Atomcs는 Aalo-X의 단계적인 개발과 보급 계획의 일환으로 Texas 주 Austin에 비원자로(Aalo-0)의 건설을 진행 중이며, 기존 상업적 공급망을 활용해 원자로를 대량 생산할 수 있는 것을 목표로함.
    - Aalo Atomcs는 미 에너지부의 Idaho 운영 사무소(Idaho Operations Office) 감독하에 2년 이내에 Aalo-X 시설 건설과 운영을 위한 승인 절차를 완료할 것으로 예상하고, 2026년 초에 건설을 시작해 2027년부터 운영을 개시하여 2030년까지 Aalo-1의 상업적 보급을 목표로한다고 덧붙임.
  - 미 에너지부에 따르면 INL에 새로 건설될 Aalo Atomcs의 시설이 소듐냉각 초소형원자로 기술에 관한 새로운 데이터 확보에 도움을 줄 것이며, 해당 시설은 연료 성능과 냉각 효율성 관련 운전 데이터를 제공해 줄 것임.
  - 한편, Aalo Atomcs는 현재 INL의 GAIN(Gateway for Accelerated Innovation in Nuclear) 프로그램을 통해 추가 성능 데이터를 수집하여 자사의 최종 설계 및 인허가 활동을 지원 중임.

## ■ 미 에너지부, HALEU 생산공정 개발 위한 최대 1.2천억 원 지원 공모 발표

Energy.Gov 2024.12.18.

- 2024년 12월 19일 미 에너지부는 Biden 행정부의 경제 계획인 미국 투자(Investing in America) 의제의 일환으로 고순도저농축우라늄(HALEU)의 생산 공정 개발을 위해 최대 8천만 달러(약 1.2천억 원)를 지원하는 신규 자금 지원 공모를 발표함.

- 이번 자금 지원은 미국 내 HALEU 공급망 강화를 위해 혁신적인 기술과 접근 방식을 개발하는 산업 파트너들을 지원하는 데 주목적이 있음.
  - 미 에너지부에 따르면 선진 원자로는 소형 설계와 긴 운영 주기, 현재 기술보다 높은 효율성 달성을 위해 HALEU를 필요로 하나, 미국 내 HALEU를 상업적으로 공급하는 시설이나 기업이 부재함.
  - 따라서 미 에너지부의 발표는 미국의 에너지 및 국가 안보를 강화하고 신뢰할 수 있는 국내 원자력 연료 공급망 구축을 위한 Biden 행정부의 중요한 조치임.
- 미 에너지부는 기존 HALEU 생산 기술을 개선하여 위험을 줄이고 생산을 증가시키거나 비용 절감이 가능한 새로운 기술 발전을 위해 지원 공모를 시작한다고 밝힘.
  - 자금 지원은 엔지니어링 또는 실증 프로젝트와 초기 단계의 응용 연구 및 개발 프로젝트를 지원함.
  - 지원 공모 신청서 마감일은 2025년 2월 26일까지임.
- 한편 2024년 10월 8일 미 에너지부는 HALEU 공급망의 핵심 단계로 농축 우라늄을 선진 원자로의 연료로 사용되는 금속, 산화물 및 기타 형태로 재변환(deconversion)하는 서비스 제공을 위해 미국 6개 기업에 각각 최소 200만 달러(약 29.3억 원) 이상의 자금을 할당함.
  - 2024년 12월 10일 미 에너지부는 러시아산 우라늄 수입 의존도를 줄이고 미국 내 우라늄 농축 역량 구축을 촉진하기 위해 6개 기업과 최대 10년간 27억 달러(약 3.9조 원) 규모의 저농축우라늄(LEU) 공급 계약을 체결함.

## ■ 미 에너지부, 미국 데이터센터 에너지 사용 및 전망 보고서 발표

Energy.Gpv 2024.12.20., Ux Weekly 2024.12.23.

- 2024년 12월 20일 미 에너지부는 Lawrence Berkeley 국립연구소(LBNL)의 데이터센터 에너지 효율 전문 센터(Center of Expertise for Energy Efficiency in Data Centers)가 작성한 2024년 미국 데이터센터 에너지 사용 보고서(2024 Report on U.S. Data Center Energy Use)를 발표함.
  - 이번 보고서는 미 에너지부의 산업 효율성 및 탈탄소화 사무국(Industrial Efficiency and Decarbonization Office)이 자금을 지원함.



- 해당 보고서는 2014년부터 2028년까지 미국 데이터센터 에너지 소비를 분석한 내용을 담고 있으며, 지난 10년간 데이터센터 전력 사용량은 3배 증가하였고 2028년까지 시나리오에 따라 2배 또는 3배까지 더 증가할 것으로 전망함.
  - 구체적으로 보고서에 따르면 데이터센터 확대, AI 기술과 국내 제조업 성장, 다양한 산업의 전기화 등의 요인으로 미국의 전력 수요가 증가할 것임.
- 또한 보고서에 따르면 데이터센터는 2023년 미국 전체 전력의 약 4.4%를 소비했으며, 2028년까지 시나리오에 따라 최소 6.7%에서 최대 12%까지 상승할 것으로 예상됨.
  - 데이터센터 총 전력 사용량은 2014년 58TWh에서 2023년 176TWh로 증가했으며, 2028년에는 325TWh에서 580TWh에 이를 것으로 추정됨.
- 미 에너지부는 새로운 발전 및 저장 기술과 송전 시스템 개선 등을 통해 증가하는 전력 수요 충족과 주요 인프라를 개선하고 있으며, 신뢰할 수 있고 안전하며 지속 가능한 에너지 시스템 구축을 위한 기술과 주요 전략을 제시함.
  - 데이터센터 유연성: 데이터센터가 자체 전력 생산 프로그램(Onsite Energy Program)이나 새로운 산업 에너지 저장 시스템 보상(Industrial Energy Storage Systems Prize) 등을 포함한 자체 발전과 저장 솔루션을 통해 유연성을 강화
  - 인프라 재활용: 폐쇄된 석탄 발전 시설 및 관련 전력 인프라를 데이터센터 운영을 위해 재활용하도록 장려
  - 혁신적인 요금 구조: 데이터센터 확대 지원과 함께 경제성 유지를 위한 요금 구조를 개발하기 위해 이해관계자들과 협력
  - 선진 기술: 차세대 지열, 선진 원자로, 장기 저장 기술과 효율적인 반도체 기술 등 핵심 기술 상업화 추진

## ▣ 아르헨티나 정부, SMR 건설 포함한 신규 에너지 계획 발표

World Nuclear News 2024.12.23., Nucnet 2024.12.23., Ux Weekly 2024.12.23.

- 2024년 12월 20일 아르헨티나 Javier Milei 대통령은 자국 내 원전 설비용량을 증설하여 청정 기저부하 전력 생산의 글로벌 리더로 자리매김하기 위해 SMR 활용을 포함한 새로운 에너지 계획을 발표함.
  - 아르헨티나 상업 원전 프로그램을 담당하는 Demian Reidel 자문관은 새로운 계획의 첫 번째 단계에서 Atucha 원전(총 1,107MW, PHWR 2기) 부지에 SMR을 건설하는 것이라고 언급함.

- Reidel 자문관은 2030년까지 SMR 최초호기 가동을 목표하고 있다고 밝혔으나, 이번 발표가 기존 아르헨티나에서 개발 중인 CAREM-25 실증로(32MW, PHWR)와 관련된 것인지는 언급되지 않음.
- IAEA Rafael Mariano Grossi 사무총장은 아르헨티나 정부의 계획 발표 이후 데이터센터와 AI 응용 분야 에너지 수요 충족을 목적으로 아르헨티나와 SMR 협력을 확대하기 위해 양해각서(MOU)를 체결했다고 밝힘.
- Reidel 자문관은 새로운 계획의 두 번째 단계로 자국 내 연료 수요 충족을 위해 우라늄 매장량을 개발하고 고부가가치 연료 요소의 수출국으로 입지를 강화하는 것이라고 밝힘.
  - NEA에 따르면 아르헨티나의 우라늄 자원은 약 1만1,000tU로 추정되지만, 일부 현지 언론은 약 8만tU의 잠재적 자원이 있다고 평가함.
- Financial Times에 따르면 이번 새로운 에너지 계획이 아르헨티나의 원자력 엔지니어들이 개발한 기술을 바탕으로 미국 투자자가 아르헨티나 국영기업 Invap와 합작투자를 통해 자금을 지원하는 방식으로 진행될 것임.

## 기타 단신

### ■ Tata Chemicals 미국 자회사, BWXT와 Wyoming 주에 초소형원자로 보급 의향서 체결

Tata Chemicals 2024.12.12., Nuclear Engineering International 2024.12.17.,  
World Nuclear News 2024.12.17., Nucnet 2024.12.19.

- 2024년 12월 17일 미국 Tata Chemicals North America 자회사인 Tata Chemicals Soda Ash Partners(TCSAP)는 미국 원전 엔지니어링 기업 BWXT Advanced Technologies (BWXT)와 Wyoming 주 Sweetwater 카운티의 Green River 지역에서 최대 8기의 초소형 원자로 개발 방안 모색을 위해 의향서(Letter of Intent, LOI)를 체결함.
  - ※ TCSAP는 1968년부터 Green River 지역에서 소다회(soda ash)를 함유한 광물인 트로나 광석(irona ore)을 채굴 및 가공해 왔으며, Wyoming 제조시설은 트로나 광석을 소다회로 가공하며 소다회 생산 과정에는 많은 열을 필요함.
- 이번 LOI는 2023년 9월 TCSAP가 BWXT와 체결한 협력 협약(cooperation agreement)에 따른 것으로, BWXT의 BANR(BWXT Advanced Nuclear Reactor) 초소형 원자로를

활용해 TCSAP의 에너지 수요를 충족하고 Wyoming 제도시설에 전력 및 열병합발전 설비를 보급·운영하기 위한 초기 사업 계획 수립을 목표로하며, 2030년대 초까지 BANR 보급 일정, 상업적 조건, 기술·경제적 매개변수를 공동 개발해 조건부 구매 약정을 PPA로 전환하는 데 합의함.

- TCSAP에 따르면 BWXT와 2023년 9월부터 자사의 운영에 원자력을 통합하는 방안을 검토해 옴.
- BANR은 삼중구조 균등성 연료(TRISO)를 사용하는 50MW 규모의 고온가스냉각로임.

## ■ 미국 Oklo, 데이터센터 기업 Switch와 포괄적 전력 계약 체결

Oklo 2024.12.18., Nucnet 2024.12.18., World Nuclear News 2024.12.18.

■ 2024년 12월 18일 미국 초소형모듈원자로 개발사 Oklo는 데이터센터 운영기업 Switch에 2044년까지 Aurora Powerhouse 프로젝트를 통해 12GW의 전력 공급을 위한 비구속적(non-binding) 포괄적 전력 계약(Master Power Agreement)을 체결함.

- 이번 포괄적 전력 계약은 협력의 기본 틀을 정하는 내용으로 Oklo가 Aurora 원자로를 개발, 건설, 운영하여 미국 전역의 Switch 데이터센터에 전력을 공급하게 되며, 이는 개별적으로 구속력 있는 전력구매계약(PPA)으로 실행될 계획임.
  - 2016년 1월부터 Switch의 데이터센터는 연간 약 984GWh의 전력을 100% 재생에너지로 충당해 옴.
- Aurora의 전력 생산 시스템은 히트 파이프를 사용하여 원자로 노심에서 열을 초임계 이산화탄소 동력 변환 시스템(supercritical carbon dioxide power conversion system)으로 전달하여 전력을 생산하는 고속 중성자 원자로로, 금속 연료를 사용해 최대 50MW 전력 생산이 가능함.
  - Oklo는 2030년 이전에 상업용 Aurora 최초호기 보급을 목표로 함.

## ■ 미국, 싱가포르와 123 협정 공식 발효

U.S. Department of State 2024.12.12., Ux Weekly 2024.12.16.

■ 2024년 12월 12일 미 국무부는 싱가포르와 2024년 7월에 체결한 민간 원자력 분야 협력을 위한 123 협정(123 Agreement)이 공식적으로 발효되었다고 발표함.

※ 123 협정은 미국 원자력에너지법(United States Atomic Energy Act)에 규정된 타국과의 원자력 협력 관련 내용인 123조(Section 123)에 따른 것으로, 미국에서 핵물질이나 기자재를 타국으로 이전하기 전에 상호 간 협정이 체결되어야 한다고 규정함.

- 미 국무부에 따르면 123 협정을 바탕으로 SMR을 포함한 선진 원자료를 활용해 기후 목표를 지원하고, 에너지 수요와 공급의 균형 문제 방법 모색 등 소형모듈원전 기술의 책임 있는 사용을 위한 기초 인프라(FIRST) 프로그램을 통해 민간 원자력 협력을 더욱 강화할 것이라고 밝힘.
- 미 국무부는 싱가포르와의 협정 체결이 기존의 양국 간 민간 원자력 협력을 기반으로 하며, 국제 안전, 안보, 핵 비확산과 같은 국제적 기준에 부합하는 원자력 협력을 심화시키는 중요한 이정표가 될 것이라고 덧붙임.

## ▣ 캐나다 NB Power, SMR 노형 재검토 및 Point Lepreau 원전 재가동

CBC 2024.12.16., Ux Weekly 2024.12.16.

- 2024년 12월 10일 캐나다 NB Power는 New Brunswick 주 Point Lepreau 원전(705MW, PHWR) 부지에 2030년대 초까지 SMR 가동 목표 달성을 위해 기존에 고려해오던 스타트업 기술에 대한 대안으로 상용화에 가까운 SMR 도입을 검토하고 있다고 밝힘.
  - NB Power는 Point Lepreau 원전 부지에 2017년부터 캐나다 기업 두 곳 ARC Clean Technology(ARC), Moltex Energy(Moltex)와 협력해 각각 ARC-100 소듐냉각고속로(Sodium-cooled Fast Reactor) 및 모듈형 용융염 원자로 SSR-W(Stable Salt Reactor-Wasteburner) 도입을 목표로 기술 개발 및 실증을 추진해 왔으나, 두 기업의 프로젝트 지연과 자금 확보 문제로 상용화에 불확실성이 제기되어 상용화에 가까운 SMR인 Westinghouse의 AP300과 GE-Hitachi의 BWRX-300 등의 기술을 포함한 대안을 검토 중이라고 언급함.
    - NB Power에 따르면 ARC와 Moltex에 기술적 지원을 지속할 것이지만, 2030년대 초까지 SMR 가동 목표를 달성하고 2030년까지 예정된 New Brunswick 주 Belledune 석탄 발전소 폐쇄에 따른 전력 공급 대비를 위해 다른 기술 검토가 필요할 것이라고 함.
  - 한편 12월 12일 NB Power는 지난 4월부터 시작된 유지보수 과정에서 발생한 Point Lepreau 원전의 주발전기 문제를 해결해 8개월 만에 재가동을 시작했다고 밝힘.

## ■ 캐나다 Bruce Power, Framatome과 Bruce 5·7·8호기 계측제어 시스템 계약 체결

World Nuclear News 2024.12.20., Ux Weekly 2024.12.23.

- 2024년 12월 18일 캐나다 Ontario 주의 Bruce 원전(총 6,944MW, PHWR 8기)을 운영 중인 Bruce Power는 프랑스 Framatome과 Bruce 5·7·8호기의 디지털 계측제어(digital Instrumentation and Control, I&C) 시스템 업그레이드를 위해 계약을 체결했다고 발표함.
  - 양사의 이번 계약에 따라 Framatome은 기존 아날로그 방식의 주요 열수송, 급수와 배수(feed bleed), 해소 시스템(relief system)에 향상된 디지털 업그레이드를 공급하고, 개선된 시스템은 정상 상태와 과도 상태에서 안정적인 원자로 압력 제어를 제공함.
    - Bruce Power는 안정적이고 상용화된 Tricon 프로그래머블 로직 컨트롤러(Tricon Programmable Logic Controller, PLC) 기술 활용을 위해 Framatome과 계약을 체결하기로 했다고 밝힘.
    - Framatome은 이번 계약이 Bruce 1·2·6호기에서 성공적으로 구현된 디지털 시스템 업그레이드 프로젝트에 기반하며, 현재 3·4호기에서 진행 중인 프로젝트와 연관성이 있다고 덧붙임.
  - 한편, Bruce Power는 2064년까지 Bruce 원전을 가동하기 위해 2020년 1월 6호기(891MW, PHWR)부터 순차적으로 3·4·5·7·8호기의 주요기기교체(Major Component Replacement, MCR) 작업을 진행 중임.

## 주요단신

Europe

유럽



## ■ 프랑스 Flamanville 3호기, 최초 전력망 연결

EDF 2024.12.21., Nucnet 2024.12.23.

- 2024년 12월 21일 오전 11시 48분 프랑스 EDF는 수년 간의 지연 끝에 자국 Flamanville 원전 3호기(1,650MW, PWR)를 약 100MW 출력으로 최초로 전력망에 연결하였다고 발표함.
  - EDF는 자국 원자력 안전청(Autorité de sûreté nucléaire, ASN) 감독하에 2025년 여름까지 다양한 성능시험과 계통 연결 및 분리 단계를 수행할 것이라 밝힘.
    - 2024년 5월 7일 ASN은 Flamanville 원전의 시운전을 승인하였으며 EDF는 9월 3일부터 테스트 및 점검을 실행하였음.
  - Flamanville 3호기는 2007년 12월 3일 착공하였고 2012년 완공 예정이었지만 공사기간이 약 12년 지연되었으며 이에 따라 건설비용도 33억 유로(약 4.9조 원<sup>2)</sup>)에서 132억 유로(약 19조 원)로 증가함.

## ■ 프랑스 EDF, 신규 EPR2 6기 건설 관련 2025년 자사 할당 투자금 하향 조정

UxC Weekly 2024.12.23.

- 2024년 프랑스 경제일간지 Les Echos에 따르면, 프랑스 EDF는 2025년 예산 논의 회의에서 투표를 통해 Macron 정부가 계획한 초기 EPR2 노형 보급과 관련한 자금 조달 계획의 불확실성을 이유로 6기의 EPR2 원전 건설 사업의 자사 할당 투자 자금을 감축하기로 결정하였으며, 이에 따라 투자 규모가 20억 유로(약 3조 원)에서 11억~13억 유로(약 1.6~1.9조 원)로 감소할 것으로 예상한다고 밝힘,
  - 이번 예산 삭감은 정치적으로 난항을 겪고 있는 프랑스 정부로부터 추가 재정 지원을 얻어내기 위한 것으로 해석됨.

2) 유럽 단신 기사 내용 모두 2025년 1월 3일 환율 기준 적용 (1달러=1,468원, 1유로=1,507원, 1캐나다달러=1,019원)

- EDF는 2019년 10월 EPR2 6기 건설 계획을 발표하고 2021년 5월 프랑스 정부에 해당 건설 계획을 제출하며 확정하였음.
  - 상기 6기의 원전은 노르망디 지역 Penly 원전에 2기, 북프랑스 지역 Gravelines 원전에 2기, Bugey 원전에 2기임.
  - 2024년 3월 4일 EDF는 건설 비용 추정치를 500억 유로(약 75조 원)에서 674억 유로(약 101조 원)으로 상향 조정함.

## ▣ 루마니아, 한수원 컨소시엄과 Cernavodă 1호기 설비개선사업 계약 체결

Government of Canada News Release 2023.9.20., 2023.11.28.,  
SNN 2024.12.19., 한국수력원자력 2024.12.19., Nucnet 2024.12.19.

- 2024년 12월 19일 루마니아 국영 원전 운영사 Societatea Națională Nuclearelectrică S.A. (SNN)는 수도 Bucharest에서 캐나다 AtkinsRéalis(자회사 Candu Energy), Canadian Commercial Corporation(CC), 한국 한수원, 이탈리아 Ansaldo Nucleare와 총 19억 유로(약 2.8조 원) 규모의 루마니아 Cernavodă 1호기(706MW, PHWR) 설비개선 EPC 계약을 체결하였음.
  - 해당 계약은 Cernavodă 1호기의 운영허가 기간이 2027년에 만료될 예정임에 따라 추가 30년 계속운전을 목표로 진행하는 프로젝트로, 주주총회 및 캐나다 정부의 승인을 받은 이후부터 발효될 예정이며, 4개 기업이 컨소시엄을 구성하여 2025년 2월부터 공사에 착수해 약 65개월 동안 설비개선을 수행할 계획임.
    - 캐나다 정부는 2021년 8월 루마니아와 Cernavodă 3·4호기(각 720MW, PHWR) 완공 및 1호기 설비개선을 포함한 원자력 협력 강화 목적으로 양해각서(MOU)를 체결한 바 있고, 2023년 9월 19일 Cernavodă 3·4호기 건설 재개를 위해 SNN에 30억 캐나다 달러(약 3조 원) 규모의 수출금융 지원을 발표하였으며, 2023년 11월 28일에는 SNN, Candu Energy와 Cernavodă 1호기 설비개선 사업 지원을 위한 3자 계약을 체결하였음.
  - EPC 계약의 주요 범위는 Cernavodă 1호기 설비 개선 사업에 필요한 세부 설계 및 실행 사항 개선, 장비 및 자재 조달, 연료관 교체(Retubing) 및 설비개선 작업 수행, 인프라 건설로 구성됨.
  - 컨소시엄의 역할로 한수원은 주기기 교체 및 방사성폐기물 처리장 등 주요 인프라 건설(8억 4천 유로, 약 1.2조 원), Candu Energy는 원자로 계통의 설계와 기자재 조달(9억 유로, 약 1.3조 원), Ansaldo Nucleare는 터빈발전기 계통의 설계와 기자재 조달 업무(1억 6천 유로, 약 2.4천억 원)를 담당할 예정임.

## ■ 불가리아, 미국과 사용후핵연료 처분 및 SMR 보급 타당성 조사 지원 협약 체결

U.S. Embassy in Bulgaria 2024.12.13., Nucnet 2024.12.16., World Nuclear News 2024.12.18.

- 2024년 12월 13일 불가리아 정부 및 국영 에너지기업 Bulgarian Energy Holding(BEH)은 미국 무역개발청(US Trade and Development Agency, USTDA)과 자국의 사용후핵연료 처분시설의 타당성 및 SMR 보급 예비타당성 조사 지원을 내용으로 하는 두 건의 자금 지원 협약 (grant agreement)을 체결함.
  - 첫 번째 협약은 사용후핵연료 처리 연구를 지원하기 위한 것으로 미국 기업 Deep Isolation의 심부시추공 기술로 기존 및 미래 원전의 사용후핵연료를 지하 1km 이상에 처분하는 작업에 대한 타당성 평가를 수행할 예정임.
    - 해당 협약은 USTDA와 불가리아 정부를 대표하여 국영 방사성폐기물 관리기업 State Enterprise Radioactive Waste(SERAW)이 체결하였음.
  - 두 번째 협약은 불가리아 내 SMR 보급을 위해 미국산 SMR 설계에 대한 상세 기술 분석, 잠재적 부지 평가, 자금 조달 방안 등을 포함한 실행 로드맵 개발 지원을 목표로 USTDA와 BEH가 체결하였음.
  - 불가리아는 러시아 설계의 VVER-1000 기반 Kozloduy 5·6 호기(각 1,040MW, PWR)를 운영 중이며 2030년대 후반 내로 Kozloduy 7·8호기(Westinghouse의 AP1000 2기) 가동을 목표로 함.
    - 불가리아는 Kozloduy 1·2호기(각 440MW, PWR)는 2002년 12월 31일, Kozloduy 3·4호기(각 440MW, PWR)는 2006년 12월 31일에 EU 가입 조건으로 영구 정지함.

## ■ EU 집행위, 폴란드 Lubiatowo-Kopalino 최초 원전 국가보조 심사 착수

Reuters 2024.9.11., EU 2024.12.18., Nucnet 2024.12.19., World Nuclear News 2024.12.19.

- 2024년 12월 18일 EU 집행위원회(European Commission, 이하 ‘EU 집행위’)는 450억 유로 (약 67조 원) 규모의 폴란드 Lubiatowo-Kopalino 최초 원전 사업 국가 보조(State Aid)에 대한 조사에 착수하여 EU 국가 보조금 규정 준수 여부를 판단할 예정이라고 밝힘.
  - 2024년 9월 11일 Maciej Bando 폴란드 전략에너지인프라 전권대표는 EU 집행위에 Lubiatowo-Kopalino 최초 원전 정부 보조금 계획 심사를 위한 공식 요청서에 서명하였음.



- 폴란드 정부는 Lubiatowo-Kopalino 최초 원전에 대한 보조금 지원 정책으로 ① 140억 유로에 해당하는 지분 투자를 통해 건설사업 비용의 30%를 충당, ② 나머지 70%의 비용을 충당하기 위해 자국 국영기업 PEJ가 부담하는 부채에 대한 국가 보증 제공, ③ 최초 원전 운영 단계에서 60년간의 차액정산계약(contract for difference, CfD)을 통한 전력 가격 지원 보장 등을 제시함.
- EU 집행위는 사전 평가에서 폴란드 국가 보조금의 지원 필요성과 인센티브 효과를 확인하였으며, 이번에 국가 보조금 규정을 전적으로 준수하는지에 대해 심층 조사를 수행할 계획임.
- 이번 조사에서 EU 집행위는 필요 이상의 보조금이 제공되지 않도록 보조금 패키지(aid package)의 적합성 및 비례성을 확인하고, 건설 기간 중 국가 지원을 고려할 때 60년간의 양방향(two-way) CfD가 적당한지와 다른 기술 공급업체의 참여로 국가 보조금 축소가 가능한지 여부 등을 검토할 예정임.

## ■ 핀란드 Olkiluoto 3호기 공급업체 컨소시엄, 보증기간 자금 고갈로 자본 재편

세계원전시장인사이트 2020.09.04., 2023.11.10., TVO 2024.12.12., UxC Weekly 2024.12.16.

- 2024년 12월 12일 핀란드 전력회사 TVO는 프랑스 Areva GmbH, Areva NP SAS, 독일 Siemens AG로 이루어진 Olkiluoto 3호기(1,660MW, PWR) 건설 컨소시엄의 보증 기간이 남아있음에도 15년 간의 상업운전 지연으로 자금이 고갈되어 Areva-Siemens 컨소시엄과 8천만 유로(1.2천억 원) 규모의 자본 재편(recapitalize)을 결정하였으며 같은 날 열린 주주총회에서 TVO 주주들의 승인을 받았다고 밝힘.
- Olkiluoto 3호기 컨소시엄은 TVO와 2003년 12월 18일 32억 유로 규모(약 4.8조 원)의 설계시공 일괄입찰(turn-key) 계약을 맺었으며, 여기에는 2년간의 보증 기간까지 계약상 의무를 이행할 책임이 포함됨.
- Areva와 Siemens가 공동 개발한 3세대 원자로 EPR 노형을 최초로 도입한 Olkiluoto 3호기는 2005년 8월 12일 착공해 본래 2009년 초 가동을 시작할 예정이었으나 반복된 공사 지연과 비용 증가로 10년 늦은 2019년 완공되었으며, 2022년 3월 12일 전력망에 연결된 뒤 2023년 5월 1일에 착공 18년 만에 상업운전을 시작함.
- 이에 따라 프로젝트 비용도 당초 예산인 32억 유로(약 4.8조 원)에서 약 3배인 110억 유로(약 16.5조 원)로 증가함.

- 2018년 3월 11일 TVO와 Areva-Siemens 컨소시엄 간에 체결된 글로벌 합의계약 (Global Settlement Agreement, GSA)의 일환으로 Areva는 Olkiluoto 3호기 건설 완공 보장을 위해 총 7억 9천만 유로(약 1.1조 원)의 자금을 조달하여 자본구조를 구성 하였으며, 이후 2021년에 6억 유로(9천억 원)를 투입하여 자본구조를 재편하였음.
  - TVO는 2019년 3월 7일 핀란드 정부로부터 운영허가 승인을 받은 뒤, ① 2019년 7월 19일, 상업운전 2020년 1월에서 7월로 6개월 연기, ② 2019년 12월 19일, 상업운전 2021년 3월로 두 번째 연기, ③ 2020년 8월 28일, 상업운전 2022년 2월 등 세 차례 일정을 변경함.
- 이번에 합의된 계약 수정안은 프랑스 법원의 승인 절차를 거치게 될 예정임.

## ▣ 네덜란드 방사성폐기물 관리기구 Covra, Dodewaard 원전 해체 권한 인수

Covra 홈페이지., Country Report The Netherlands 2006.10.31., IAEA 2016.8., World Nuclear News 2024.12.17.

- 2024년 12월 12일 네덜란드 최초 원전인 Dodewaard 원전(55MW, BWR)의 전 운영사 BV Gemeenschappelijke Kernenergiecentrale Nederland(BV GKN)의 Dodewaard 원전 지분이 정부에 인수된 후 자국 방사성폐기물관리기구 Central Organisation for Radioactive Waste(Covra)로 이전되었음.
  - Dodewaard 원전은 1965년 완공된 네덜란드 최초의 원전으로 1969년 3월 26일 상업 운전을 시작하여 1997년 3월 26일 영구 폐쇄되었으며, 이후 BV GKN은 해당 원전의 모니터링 업무만을 수행하여옴.
    - 2003년 4월 마지막 핵연료를 제거하고 2009년 사용후핵연료를 처리한 모든 유리화 폐기물이 Covra로 이송되었음.
    - 2002년 BV GKN는 안전격납구조물(safe confinement) 완공 40년 후의 해체 라이선스 (deferred dismantling)를 획득하였으며, 2005년 4월 안전격납구조물 공사 완료로 같은 해 6월 1일부터 40년 유예 기간이 시작되어 해당 원전의 해체 시기가 2045년으로 예정됨.
  - Dodewaard 원전의 법적 책임 및 비용 추정치는 아직 논의 중이며 해체 자금은 안전격납구조물 해체 라이선스에 따라 5년마다 규제기관인 원자력안전·방사선방호청 (Authority for Nuclear Safety and Radiation Protection, ANVS)의 검토를 받음.
    - 해당 원전의 해체 비용 추정치 1.7억 유로(약 2.5천억 원)에 대한 세부 정보 및 연례 보고서는 비공개로 EU의 Network and Information Systems(NIS)에서 해당 추정치를 계산하고 네덜란드 Delft 공과대학교에서 확인했다고만 알려져 있음.

- 네덜란드 내에서 운영 중인 원전(Borssele 및 Dodewaard) 운영사는 합의 하에 1998년부터 2002년까지 사용후핵연료의 처리 및 장기 저장을 위해 Covra에 공동 시설 HABOG(High-Level Radioactive Waste Treatment and Storage Building)를 건설하였으며 2003년 말부터 HABOG에 사용후핵연료 및 고준위폐기물을 저장함.
- Covra는 1982년 네덜란드의 방사성 폐기물 관리 목적으로 설립되었으며 방사성 폐기물을 수집, 처리, 저장하는 유일한 기구로 방사성 폐기물 저장 및 처리 시설을 보유하고 있음.
  - Covra는 자국 원자력법(Kernenergiewet)에 따라 방사성 물질 취급 허가를 받았으며 네덜란드의 모든 사업체는 Covra를 통해 방사성 폐기물을 처리함.
  - Borssele 지자체가 위치한 Zeeland의 저장 및 처리 시설에서 고준위 방사성 폐기물은 HABOG, 중저준위 방사성 폐기물은 VOG 및 VOG-2에 저장됨.

## ■ 프랑스 Orano, 니제르 Imouraren 우라늄 광산 운영권 관련 중재절차 개시

Orano 2024.10.23., GOVEX 2024.12.9., Nucnet 2024.12.20., World Nuclear News 2024.12.20.

- 2024년 12월 20일 프랑스 국영 원전연료 기업 Orano는 성명을 통해 2024년 6월 19일 아프리카 니제르의 북부에 위치한 세계 최대 규모의 우라늄 광산 중 하나인 Imouraren 우라늄 광산 사업 운영권이 취소된 후 니제르와 수개월간 중재 및 조정을 시도했지만 실패했으며, 이에 자국 로펌 Clay Arbitration을 통해 국제 중재절차를 개시하였다고 밝힘.
  - 2023년 7월 쿠데타로 집권한 Abdourahamane Tiani의 니제르 정부는 2024년 12월 5일 Orano가 운영 중이던 Arlit 인근 Somair 광산 운영권도 취소하였음.
    - 앞서 2024년 10월 23일 Orano는 수출 통로 폐쇄로 인한 어려움과 재정난으로 10월 31일 부터 현지 우라늄 생산을 중단한다고 발표함.
  - 한편, 2024년 12월 9일 캐나다 GoviEx Uranium 자회사 GoviEx Niger Holdings Ltd도 지난 7월 니제르 정부의 Madouela 우라늄 광산 채굴권 취소에 대응하여 중재절차를 개시함.
    - GoviEx 측은 니제르 정부가 2007년 5월 26일 체결한 합의를 위반했다며 ‘국가와 다른 국가 국민 간의 투자분쟁 해결에 관한 협약(Convention on the Settlement of Investment Disputes Between States and Nationals of Other States, ICSID)’을 적용할 것이라 밝힘.

## ■ 불가리아, Westinghouse와 핵연료집합체 설계 안전성 분석 위한 계약 체결

Nucnet 2024.12.23., World Nuclear News 2024.12.23.

- 2024년 12월 20일 Kozloduy 6호기 운영사인 불가리아 국영 기업 Kozloduy NPP는 Vladimit Malinov 에너지 장관의 참석 하에 Westinghouse와 새로운 핵연료집합체 설계 인허가 안전성 분석을 수행하기 위한 계약을 체결함.
  - 해당 계약은 2024년 5월 29일 Westinghouse가 Kozloduy 5호기 VVER-1000 원자로에 자사 핵연료집합체를 최초로 공급한 이후 체결된 것으로 불가리아의 핵연료 공급 다변화를 위한 주요 단계로 평가됨.

주요단신

Asia

아시아



## ■ 인도 NTPC, Bihar 주 원전 프로젝트 추진 계획 발표

The Economic Times 2024.12.19., Ux Weekly 2024.12.23.

### ■ 2024년 12월 19일 인도 전력공사(NTPC)는 Bihar 주에 원전 건설 계획을 발표함.

- NTPC의 Gurdeep Singh 회장 겸 CEO는 ‘Bihar Business Connect 2024’ 정상 회의에서 비화석에너지 포트폴리오 확장 노력의 일환으로 Bihar 주 정부에 원전 계획을 진행하기 위한 적합한 부지 구획(parcel)을 요청했다고 밝힘.
  - Singh은 NTPC의 원전 신규 건설 전략은 석탄발전 중심의 사업을 청정에너지원으로 다각화하는 것을 목표로 하며, 2032년까지 Bihar 주에서 6만MW의 재생에너지 설비용량을 확보할 예정이라고 언급함.
  - 또한 Singh은 Bihar 원전 프로젝트가 곧 초기 타당성 조사 후 원전 건설이 가능한지 여부를 확인할 계획이라고 덧붙임.
- 한편, 2024년 9월 인도 정부는 NTPC와 인도 원자력공사(NPCIL)의 합작투자사인 Anushakti Vidyut Nigam(ASHVINI)이 인도 원자력법에 따라 원전 건설과 소유 및 운영을 할 수 있도록 설립을 공식 승인했다고 밝힘.
  - 합작투자사는 NPCIL이 51%, NTPC가 49%의 지분을 가짐.

## ■ 카자흐스탄 Kazatomprom, 러시아와 공동 개발 우라늄 광산 지분 일부 중국에 매각

Kazatomprom 2024.12.17., Nucnet 2024.12.18., Ux Weekly 2024.12.23.

- 2024년 12월 17일 카자흐스탄 Kazatomprom은 러시아 Rosatom의 자회사 Uranium One Group이 두 곳의 공동 개발 우라늄 광산의 지분 일부를 중국 국영기업 두 곳에 각각 매각하면서 해당 합작투자에서 철수할 것이라고 발표함.

- Kazatomprom에 따르면 러시아 Uranium One Group이 카자흐스탄 Zarechnoye 광산에서 49.98%의 지분을 중국 SNURDC Astana Mining Company Limited에 매각함.
  - Kazatomprom은 2024년 초 Zarechnoye 광산의 우라늄 매장량은 약 3,500톤에 달하며, 채굴 작업은 2028년에 완료될 예정이라고 덧붙임.
- 또한 Kazatomprom은 Uranium One Group이 Khorasan-U 합작투자에서 30%의 지분을 중국 CGN의 자회사인 우라늄 개발사 China Uranium Development Company Limited에 매각할 예정이며, 이는 거래 당사자들 간의 필요한 절차가 완료된 후 지분 매각이 진행될 계획이라고 밝힘.
  - Kazatomprom에 따르면 2024년 초 Khorasan-U 광산의 우라늄 매장량은 약 3만 3,000톤으로 2038년에 우라늄 생산이 종료될 계획임.
- 한편 일부 언론에서는 Rosatom이 Kazatomprom의 14개 우라늄 광산 가운데 6개에 지분을 보유하고 있었으며, 우크라이나 전쟁에 따른 국제 제재로 인해 Kazatomprom은 우라늄을 서방 시장에 판매하는 데 어려움을 겪고 있다고 보도함.

## ■ 일본 발전비용검증 WG, 2040년 신규 전원별 비용 전망 발표

경제産業省 資源エネルギー庁 第5回 発電コスト検証ワーキンググループ 2024.12.16.,  
 経済産業省 資源エネルギー庁総合資源エネルギー調査会 基本政策分科会 第67回会合) 2024.12.17.,  
 原子力産業新聞 2024.12.16., 東京新聞 2024.12.17., 毎日新聞 2024.12.31.

- 일본 자원에너지청의 발전비용검증워킹그룹(이하, WG)은 12월 17일에 개최된 자원에너지청 종합자원에너지조사회 기본정책분과회에서 2040년 발전비용 전망 결과를 발표함.
  - WG은 2040년의 전원별 정책 비용, CO<sub>2</sub> 대책 비용, 연료비, 운전 유지비, 자본비를 제시함.
    - 해당 비용은 기존 설비의 가동을 가정한 비용이 아닌 2040년에 새로운 발전 설비를 갱지<sup>※</sup>에 건설 및 운영하는 것을 가정해 비교했으며, 입지 제약 및 연료 공급 제약 등은 고려하지 않음.
    - ※ 갱지: 건물 등 정착물이 없는 상태로 공법상의 규제는 받지만, 사법상 일질 제약을 받지 않는 토지, 임차권, 지상권, 지역권 등 사법상의 권리가 설정되어 있지 않은 택지를 의미함.
    - 또한, 향후의 기술 혁신 전망을 반영해 비용 전망에 민감도 분석을 시행함.
  - 발표 자료에 따르면, 2040년에 원자력의 발전단가는 kWh당 12.5엔 이상, 대규모 태양광은 kWh 당 7.0~8.9엔에 이를 것으로 전망됨.



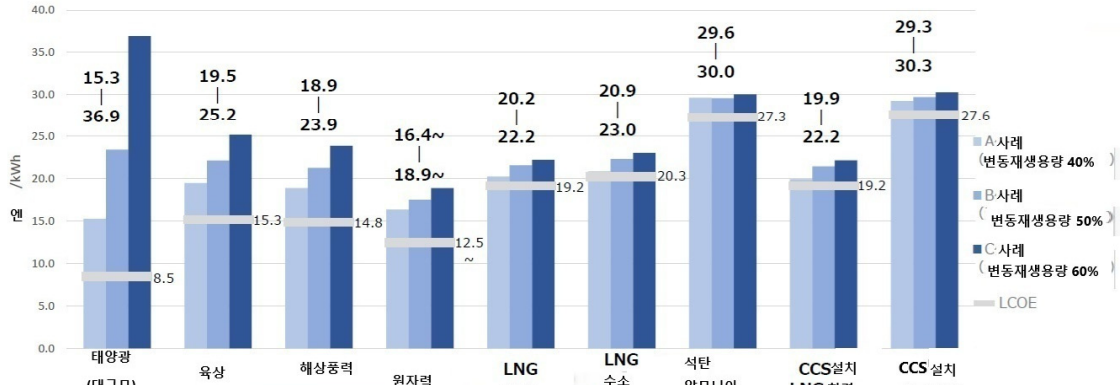
1. 태양광과 풍력 등 안정적으로 공급이 어려운 전원의 비중이 커지면 전력시스템 전체를 안정화하기 위하여 전력시스템 전체에서 발생하는 비용도 증가함. 전원별 발전비용을 비교할 시, 기준부터 계산한 ①에 추가로 특정한 가정을 두고 ②도 계산함.

① 신규 발전설비를 건설·운전했을 때의 kWh당 비용을 특정 전제로 기계적으로 추산한 것(— LCOE)

② 특정 전원을 추가한 경우 전력시스템 전반에 추가로 발생하는 비용(예: 타 전원과 ESS로 조정하는 비용)을 고려한 비용 ■ 통합비용 일부를 고려한 발전비용

2. 통합비용 일부를 고려한 발전비용은 기존 발전설비가 가동하는 가운데 특정 전원을 추가했을 때 전력시스템에 추가로 발생하는 비용을 계산함. 구체적으로는 LNG 화력 등 타 전원예 의한 조정, 양수나 계통용 ESS에 의한 전기저장·방전손실, 재생에너지 출력제한 등에 관한 비용을 더함.

3. 미래 비용은 연료비의 전망, 설비의 가동년수, 설비이용률, 특정 전원을 추가했을 시 전력시스템으로 대체된다고 가정되는 전원의 설정(이변에는 비용이 가장 비싼 석탄화력으로 설정함) 등 추산의 전제를 변경하면 결과는 변경됨. 이번에는 3가지 사례에 대해 산정함. 기술 혁신 진보 가능성에도 유의해야 함.



※ 2040년 전원 시스템에 대해 일정 수준 지역간연계선이 확충되고 계통용 ESS가 실현되는 사례를 가정했고 이에 따른 통합 비용의 감소 효과는 상기 결과에 반영되었음. DR을 일정 수준 고려한 경우 통합비용 일부를 고려한 발전비용이 상기와 같이 낮은 수준이 됨.  
 ※ 지역간 연계선 확충 비용과 ESS정비 비용은 어떤 특정 전원을 추가할 시에 전력 시스템 전반에 추가로 발생하는 비용은 아니어서 계산에는 포함하지 않았음.  
 ※ 수소, 암모니아는 열량 기준

자료: 発電コスト検証ワーキンググループ ‘発電コスト検証に関する議論について(概要)’(2024.12.17.)자료를 토대로 편집·작성

## 일본 다카하마 2호기, 신규제 적용한 계속운전 안전성 평가 통과

세계원전시장 인사이트 2024.07.26., 高知新聞 2024.12.16., 原子力エネルギー協議会 ‘安全な長期運転に向けた経年劣化に関する知見拡充レポート’ 2024.07., JAIF ‘日本の原子力発電所’ 2024.12.14.

■ 12월 16일 간사이전력의 다카하마 2호기(826MW, PWR)가 2025년 6월 6일\*부터 도입될 새로운 규정을 적용한 계속운전 안전성 평가를 통과함.

※ 새로운 규제 제도 관련법은 2023년 5월 31일 상원에서 통과되어 법 공포일이 2023년 6월 7일임. 일본에서는 제도 시행기일이 법 공포일에서 2년 이내로 규정되어 2023년 9월 새로운 제도 시행을 위한 준비기간을 바탕으로 제도 시행일은 2025년 6월 6일로 정함.

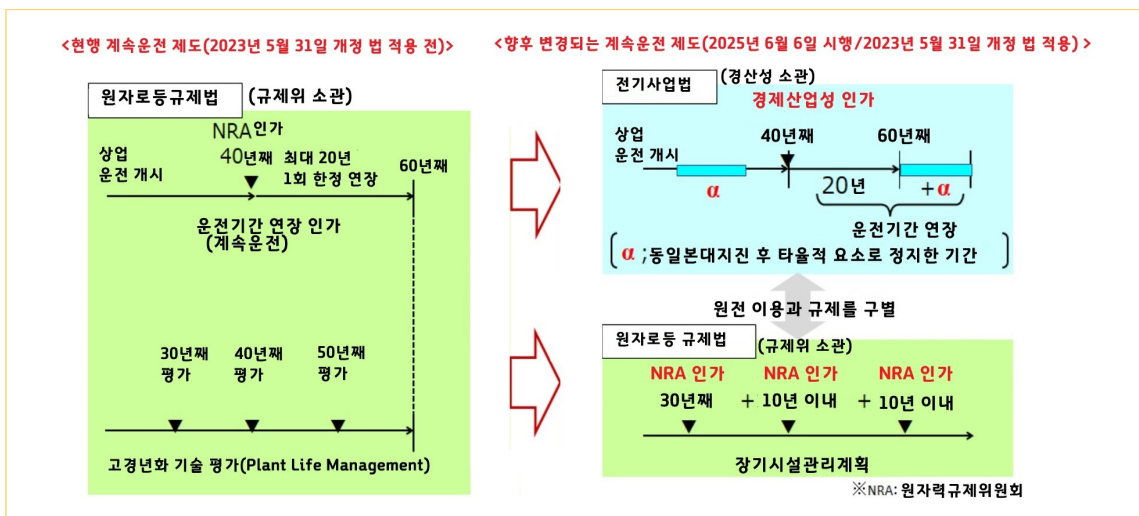
- 일본에서는 2023년 5월 계속운전 관련법 개정으로 2025년 6월 6일부터는 새로운 계속운전 안전성 평가 규제가 정식으로 시행되며, 제도 시행 시 개정 전에 받은 계속운전 인가의 효력은 상실됨.



- 새로운 제도에서는 사업자가 상업운전일에서 원전 운영 30년 기점에 이후에도 원전을 운영할 의향이 있다면, 최대 10년의 기간에 대해 원전 설비 안전성 심사를 규제위에 신청하여 인가받아야 함. 해당 심사에서 인가를 취득하여 원전 운영 후 사업자가 재차 추가 운영을 희망하면 매 최대 10년의 기간에 대한 설비 안전성 심사를 규제위에 신청할 수 있음.
  - 설비 안전성 심사는 사업자가 추가 운영 예정인 최대 10년의 기간에 대해 원자로 등의 설비가 규제 기준에 적합한 상태를 유지할 수 있는지를 예측·평가하고 그 결과를 기재한 ‘장기시설관리계획’을 수립해 규제위에 신청함.
- 규제위는 새로 도입되는 설비 안전성 심사와 관련해 정식으로 제도가 시행되기 전 2025년 6월 6일 기준 상업운전일로부터 30~39년 운영한 원전은 40년까지, 40~49년은 50년까지, 50~59년은 60년까지로 운영 기간을 재설정 한 후 해당 기간에 대한 원전 안전성 평가서를 규제위에 제출해 인가받도록 함.
- 다카하마 2호기는 1976년 11월 14일 상업운전을 시작해 2016년 6월 20일 계속운전을 인가받아 60년까지 가동할 수 있지만, 새로운 제도가 시행되면 해당 효력이 상실됨. 간사이전력은 2025년 6월 6일 기준 운영 49년이 되는 다카하마 2호기를 50년까지 운영하기 위해 7월 19일 안전성 평가 신청서를 규제위에 제출함.

■ 한편, 지금까지 13기가 신규제가 적용된 안전성 평가를 신청했으며, 규제위는 간사이전력 오이 3·4호기(각 1,180MW, PWR)와 규슈전력 센다이 1·2호기(각 890MW, PWR)의 신청을 허가함.

**그림 2** 현행 계속운전 제도와 2025년 6월 6일 시행 예정인 계속운전 제도



자료: 原子力エネルギー協議会 ‘安全な長期運転に向けた経年劣化に関する知見拡充レポート(2024.7)’

본 단신 기사 내용 모두 2025년 1월 3일 환율 기준 적용(100엔 = 약 932원)

## ■ 일본 오나가와 2호기, 후쿠시마 사고 동일 노형 중 최초로 상업운전 재개

NHK 2024.10.29., 세계원전시장 인사이트 2024.06.14., 日本原子力規制委員会 2024.10.02., 日本原子力産業協会 일2024.12.14., 日本経済新聞, 朝日新聞, NHK 2024.12.26.

- 12월 26일 도호쿠전력의 오나가와 2호기(825MW, BWR)가 후쿠시마 사고 원전과 동일한 비등수형 원자로 중에서 최초로 상업운전을 재개함.
  - 오나가와 2호기는 2020년 11월 재가동에 대한 지역 동의를 받았으며, 2023년 2월 15일 재가동을 위한 적합성 심사를 모두 통과해, 2024년 5월 안전대책공사를 완료함.
    - 오나가와 2호기는 2010년 11월 예방정비로 정지했으며, 2013년 12월 적합성 심사를 신청해, 적합성 심사 중 안전 심사를 2020년 2월에, 공사 계획을 2021년 12월에, 보안규정을 2023년 2월에 통과함.
  - 안전대책공사에는 약 5천 7백억 엔(약 5.3조 원)<sup>3)</sup>이 소요되었고, 해발 약 29m 높이의 방조제, 원전 중대사고 시 원자로 격납용기의 압력을 낮춰 파손을 방지하는 장치 등을 설치함.
- 한편, 도호쿠전력은 오나가와 2호기의 정상 가동으로 연간 약 6백억 엔(약 5천 6백억 원)의 화력 발전 연료비 저감 효과가 있을 것으로 전망함.

3) 일본 단신 기사 내용 모두 2025년 1월 3일 환율 기준 적용(100엔 = 약 932원)

**표 1** 2025년 1월 2일 기준 일본 원전의 적합성 심사 현황

원전 보유 형태	후쿠시마 사고 직전 2011년 2월 말 기준 운영 원자로 수	영구정지 및 적합성 심사 추진 현황		최종 결정 내역 (2025.1.)	
상업용 원자로 (총 57기)	총 54기	상업로 57기 중 영구정지 결정 (24기)	후쿠시마 사고 이전 (3기)	- 도카이 원전(1998.03.31. 영구정지) - 하마오카 1·2호기(2009.01.30. 영구정지)	
			후쿠시마 사고 (2011.3.11.) 이후 (21기)	- 후쿠시마 제1원전(6기) - 적합성 심사 추진 없이 영구정지 결정(15기)	
		2025년 1월 운영 중 원자로 (33기)	• 적합성 심사 신청(25기)	• 적합성심사 통과(15기)	- 가동 재개(13기) * 가동 재개 : 상업운전 기준이며 적합성 심사 통과와 안전 대책 공사 완료, 사용자 검사 확인, 지역 동의가 필요함. * 3기(미하마 3, 다카하마 1·2호기)는 40년 이상 된 원자로임
				• 적합성심사 중(10기) * 적합성 심사는 안전 심사 허가, 공사계획 인가, 보안규정 인가로 구성됨.	- 가동 재개에 필요한 지역 동의 등 후속 절차 진행(2기) - 안전 심사 통과 후 남은 심사 중(2기) * 1기(도카이 제2발전소)는 40년 이상 된 원자로임. - 안전 심사 미통과(8기) * 중요시설 바로 아래 활성단층 존재로 불합격을 받은 쓰루가 1호기도 포함된 기수임. 쓰루가 1호기는 2024.11.13. 불합격 판정을 받았지만 심사를 재신청할 예정임.
- 건설 중 원자로(총 3기)		• 적합성 심사 신청 미결정(8기)	- 가동 중단 후 처리 방침 미결정(8기)		
		• 적합성 심사 신청(2기)	- 오마 원전, 시마네 3호기		
		• 적합성 심사 신청 미결정(1기)	- 히가시도리 원전 1호기		

- ※ 후쿠시마 사고 후 일본 원전의 가동 재개: 적합성 심사(원자로설치환경(동칭 안전 심사) 허가, 공사계획 인가, 보안규정 인가로 구성) 통과와 사용자검사 확인, 안전대책공사 완료, 지역 동의의 절차를 통과해야 함.
- ※ 적합성 심사를 모두 통과한 원자로는 15기이며 이 중 13기는 재가동(간사이전력 다카하마 1·2·3·4호기, 오이 3·4호기, 미하마 3호기, 규슈전력 센다이 1·2호기, 겐카이 3·4호기, 시코쿠전력 이카타 3호기, 도호쿠전력 오나가와 2호기)했고, 2기[도쿄전력 가시와자키 가리와 7호기(지역동의를 받지 못함, 2024.4.13.~6.12 시운전을 위한 원자로 가동 전 단계까지만 설비 확인을 완료한 후 정지 중)<sup>4)</sup>, 주호쿠전력의 시마네 2호기(2024년 12월 25일 시운전의 일환으로 계통연계 2025년 1월 10일 상업운전 예정)]는 재가동에 필요한 후속 절차 단계에 있음.
- ※ 적합성 심사 중인 10기 중 ① 안전 심사 통과 후 남은 심사 중인 2기는 일본원자력발전의 도카이제2발전소(40년 이상 경과해 계속 운전 인가를 받은 원자로임), 도쿄전력의 가시와자키 가리와 6호기임, ② 안전 심사를 통과하지 않은 8기는 홋카이도전력의 도마리 1~3호기, 도호쿠전력의 히가시도리 1호기, 주부전력의 하마오카 3·4호기, 호쿠리쿠전력의 시카 2호기, 일본원자력발전의 쓰루가 2호기임. 쓰루가 2호기는 2024.11.원자로 바로 아래 활성단층 존재라 의심되어 규제위로부터 불합격을 받았지만, 심사를 재신청할 예정이므로 심사 중 기수에 포함함.
- ※ 적합성 심사 신청을 미결정한 8기는 도호쿠전력의 오나가와 3호기, 도쿄전력의 가시와자키 가리와 1~5호기, 주부전력의 하마오카 5호기, 호쿠리쿠전력의 시카 1호기임.

자료 : 日本原子力産業協会 ‘原子力発電所の運転・建設状況(2024.12.14)’<sup>4)</sup>, 日本原子力規制委員会 ‘新規制基準適合性審査 運転期間延長及び廃止措置の現状(総括表)’(2024.10.02.)<sup>5)</sup>과 세계원전시장 인사이트 최신 자료를 토대로 작성

4) [https://www.tepco.co.jp/niiigata\\_hq/kk-np/safety/images/20240613.pdf](https://www.tepco.co.jp/niiigata_hq/kk-np/safety/images/20240613.pdf)  
 5) [https://www.jaif.or.jp/cms\\_admin/wp-content/uploads/2024/10/jp-npps-operation20241015.pdf](https://www.jaif.or.jp/cms_admin/wp-content/uploads/2024/10/jp-npps-operation20241015.pdf)  
<https://www.nra.go.jp/data/000472362.pdf>

## □ 일본, 베트남과 원전 건설 지원 합의

세계원전시장 인사이트 2016.09.23., 신홍지역정보 종합지식포탈 뉴스 브리핑 2023.03.07.,  
經濟産業省 2024.12.20., アセアン情報サイト, BCG 2024.12.23.

### ■ 12월 20일 일본 경제산업상과 베트남 산업무역부 장관이 참석한 제7회 일·베 산업·무역·에너지 협력위원회에서 일본의 베트남 원전 건설 지원 의사가 포함된 공동 각료 성명이 합의됨.

- 위원회에서는 지금까지 산업·무역·에너지 각 분야에서 폭넓은 협의 사항을 협의해 왔음.
- 발표된 성명에서는 일본이 베트남에 원전 관련 건설 경험·기술 지원 의향을 밝혔고, 베트남은 Ninh Thuận 원전 도입 계획을 재개할 시 일본을 우선 파트너로 삼아 프로젝트 일정 등을 토대로 긴밀히 협력하기로 합의함.
  - 양국은 원전 이용 관련 인재 육성을 위해 전력 대학을 비롯한 베트남 산업부 산하 대학과 일본의 대학, 기업, 관련 단체와의 협력을 장려하며, 특히 일본국제원자력개발(주) (International Nuclear Energy Development of Japan Co., JINED)\*의 활동을 중심으로 한 기술 협력과 인재 양성 등의 지원을 일본이 계속하여 시행하는 데 합의함.
- ※ JINED(International Nuclear Energy Development of Japan Co) : 9개 일본 전력 기업과 3개의 원자력 엔지니어링 기업으로 이루어진 컨소시엄으로 일본의 원전 사업 수주를 지원함.
- 이번 성명에서는 또한 AZEC\* 체제에서 원자력, 에너지 전환, 해상풍력, LNG분야의 에너지 협력 등에 대해 논의하여 양국의 협력을 더욱 강화하기로 결정함.
- ※ 일본 정부가 동남아시아를 포함한 아시아 국가 탈탄소 노력을 지원하기 위한 아시아 탄소 제로 공동체(AZEC, Asia Zero Emission Community)

## □ 일본 하마오카 1·2호기, 두 호기 동시 해체에서 순차적 해체로 변경

電氣事業連合會 2024.01.19., 세계원전시장 인사이트 2023.03.31./2024.04.05., 朝日新聞 2024.12.18.

### ■ 12월 18일 일본 규제위는 주고쿠전력이 제출한 하마오카 1·2호기(각 540·840MW, BWR)의 1차 계통 해체 시 두 호기 동시 해체에서 호기별 순차적으로 해체하는 변경 계획을 인가함.

- 하마오카 1호기는 1976년, 2호기는 1978년 운전을 시작함. 2009년 1월 두 호기 모두 영구정지에 들어가 현재 2036년도 해체 완료를 목표로 해체 중임.

- 총 세 단계로 이루어진 해체 공정 중 3단계는 1차 측 해체를 포함하며, 2024년 12월 25일 해체를 시작함.
- 주고쿠전력은 본래 두 호기의 1차 측 해체를 동시에 진행하려 계획했으나, 2024년 3월 2호기 우선 해체 후 1호기 해체로 변경해 규제위에 수정된 계획을 제출함.
  - 당시 주부전력은 2호기를 선 해체해 관련 지식을 습득한 후 1호기를 해체하는 방식이 기존 계획보다 안전하고 효율적이라고 밝힘.
  - 두 호기의 해체 예상 비용은 총 840억 엔(약 7천 8백억 원)으로 일본에 본사를 둔 Hitachi-GE가 2005년 하마오카 1·2호기의 계통제염 작업을 수주하여 해체에 참여함.
- 하마오카 1·2호기의 저준위 방폐물<sup>※</sup>은 L1이 100t, L2가 1,000t, L3가 18,900t 발생할 것으로 추정됨. 또한, 주부전력은 매립 처분지가 결정될 때까지 해당 방폐물을 원전 부지의 건물 내에 보관할 방침임.
  - ※ 일본의 저준위 방폐물은 오염 수준에 따라 L1(상대적 고준위), L2(상대적 저준위), L3(극 저준위)로 구분됨. L1의 경우 심층 처분되며, 한국의 중준위 방폐물에 해당함. 원전 해체폐기물 처분 책임은 사업자에게 있음.
  - 또한, 주부전력은 2008년 12월 사용후핵연료 400톤을 보관할 수 있는 부지 내 건식저장 시설 건설 계획을 발표하여 현재 신규제 기준에 따른 안전 심사를 받고 있음.

## ■ 일본 Mitsubishi중공업, 겐카이 3·4호기 교체용 증기터빈 공급 예정

三菱重工業 2024.12.13., 原子力産業新聞 2024.12.19.

- 12월 13일 Mitsubishi중공업은 규슈전력의 겐카이 3·4호기(각 1,180MW, PWR)의 교체용 증기터빈을 공급한다고 발표함.
  - 겐카이 3·4호기는 각각 30년, 27년째 운영 중이며, 터빈은 2027년도와 2028년도에 각각 교체될 예정임.
    - 해당 터빈은 고압 터빈 1기와 저압 터빈 3기로 구성되며, Mitsubishi중공업이 설계 개발해 총 9건의 납품 실적이 있는 54인치 날개를 장착함.
  - Mitsubishi중공업은 1월에도 프랑스 EDF에 3기의 교체용 터빈을 납품하기도 함.

## ■ 일본 오사카고법, 후쿠시마 사고의 손해배상에서 이전과 동일하게 국가 책임 부정

NHK, 読売新聞 2024.12.18.

- 12월 18일 오사카고등법원은 후쿠시마 사고로 교토 쪽에 피난한 55가구 166명이 정부와 도쿄전력을 대상으로 총 8억 2천만 엔(약 76.8억 원)의 손해배상을 요구한 항소심에 대해 도쿄전력만 92명에게 약 1억 천이백만 엔(약 10.4억 원)을 배상하도록 명함.
  - 2018년 3월, 1심에서는 정부의 대규모 지진해일 예상 가능성과 도쿄전력에 대한 정부의 감독 미흡을 들어 정부도 도쿄전력과 동일한 배상 책임이 있다고 인정함.
    - 이에 따라 원고 174명 중 110명에게 총 약 1억 천만 엔(약 10.2억 원)을 지급하도록 명함.
  - 2심을 맡은 오사카 고법은 정부가 도쿄전력에 지진해일에 대한 대비를 의무적으로 지시했어도 원전 부지 내 침수는 피할 수 없어 사고 발생 가능성이 있었다며 정부의 책임은 부정함.
  - 12월 18일 요미우리신문은 일본에서는 유사 소송에서 2022년 6월 대법원이 정부의 책임을 부정한 판결을 내린 이후 도쿄전력 쪽에만 배상 책임을 인정하는 판결이 계속되고 있다고 보도함.

World Nuclear Power Market  
**INSIGHT**



세계원전시장  
**인사이트**