



Biweekly 격주간
2024 06.28

세계원전시장 인사이트

현안이슈

사고저항성 핵연료 개발 경과와 전망(1) : 미국 현황

1. 사고저항성 핵연료 개요
2. 미국의 ATF 관련 주요 정책과 시장의 변화
3. 미국의 ATF 개발 동향
4. 미국의 ATF 규제기술 개발 현황

주요단신

북·남미 18

- 미 상원, 선진 원자로 상용화 촉진을 위한 법안(ADVANCE Act) 통과
- 미 에너지부, SMR 기술 보급 위한 최대 1조 원 지원 내용의 의향서 발표
- 미국 California 주 의회, Diablo Canyon 원전 계속운전 지원 위해 주 정부와 추가 6천억 원 지원 합의
- 미국, 2023년 우라늄 수입량 전년 대비 27% 증가
- 캐나다 SaskPower-Cameco, Saskatchewan 주 내 Westinghouse 원자로 보급 가능성 검토 추진
- 기타단신

유럽 25

- 스웨덴 Vattenfall, Forsmark-Ringhals 원전의 20년 계속운전 추진
- 노르웨이 Norsk Kjernekraft, 석유·에너지부에 Vardø 지자체 내 SMR 건설 제안서 제출
- 에스토니아 의회, 원자력 도입 지원 결의안 채택
- 프랑스 Framatome, VVER-440 노형용 핵연료 개발 위한 EU 지원금 확보
- 프랑스 Orano, 니제르 군정 명령에 따라 Imouraren 우라늄 채굴 사업 중지
- 기타단신

아시아 34

- 중국, 자국 최초의 산업용 원자력 증기 공급 프로젝트 가동 개시
- 카자흐스탄, 원전 건설 국민투표 추진 및 최대 17조 원 지원 내용 담긴 법률 초안 공개
- 한수원, 원자력 청정수소 생산 사업화 기반 마련 위해 국내 기관들과 업무협약 체결
- 일본, 7월 고속로 연구개발 추진 위한 민관 협력 계획 발표
- 일본 오이 3·4호기, 신규제 기준 적용한 계속운전 안전성 평가 통과
- 일본 아오모리현, 중간저장시설 저장 연료 대상 과세 신설
- 일본 가시와자키 가리외 7호기, 시운전 전 설비 건전성 확인 완료
- 일본핵연료개발, 허위 점검에 대한 규제위의 법령 위반 심각도 평가 결과 발표
- 기타단신



세계원전시장

인사이드

Biweekly 격주간

2024 06.28

발행인 김현재

편집인

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

디자인·인쇄 효민디앤피 051-807-5100

※ 본 간행물은 한국수력원자력(주) 정책과제의 일환으로 발행되었습니다.

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

현안이슈

사고저항성 핵연료 개발 경과와 전망(1): 미국 현황

한전원자력연료 ATF개발부 장훈 부장 (janghoon@knfc.co.kr)









1 사고저항성 핵연료 개요

■ 사고저항성 핵연료(Accident-Tolerant Fuel, ATF) 개발 시작

- 후쿠시마 사고 이후, 원전 안전성에 대한 근본적인 개선을 요구하는 범국민적 여론 형성이 가동원전의 안전성을 강화하는 핵연료 개발 정책의 변화를 가져옴.
 - 미국 의회는 2012년 통합세출법(Consolidated Appropriations Act)에서 미국 에너지부(DOE, Department of Energy)에 5,900만 달러를 지원하면서 10년 이내에 가동원전의 안전성을 획기적으로 향상시킬 수 있는 ATF 개발을 권고함[1,2].
- 미국 DOE 원자력국(Office of Nuclear Energy)은 핵연료 주기 연구개발 프로그램(Fuel Cycle Research and Development, FCRD)을 통하여 2022년까지 ATF의 상용로 연소시험 착수를 목표로 설정하고 산업체 3개 기관(Westinghouse Electric Company (WEC), Framatome, GE) 주도 하에 연구계 및 학계가 지원하는 ATF 개발 과제에 착수함.
 - 미국 원전 산업계인 WEC, Framatome, GE는 단기 및 중장기 적용 목적의 ATF 후보 소재를 선정하고 개발 로드맵을 수립함(그림 1 참조).
 - 단기 적용 목적으로 자사의 고유 지르코늄 합금 피복관의 외면에 Cr 또는 Cr계 합금을 코팅하는 코팅 지르코늄 피복관과 산화물을 소량 첨가하는 소결체(Doped UO₂ Pellet)를 선정함.

- 장기적으로는 탄화규소(SiC) 기반의 복합소재 피복관과 철계기반 합금인 FeCrAl 합금 피복관 기술, 열전도도 향상 및 우라늄 장전량 증가를 위한 우라늄 소결체 기술을 선정함.

그림 1 국외 핵연료 공급사들의 ATF 후보 및 개발 로드맵

	 Imagination at work.	 Westinghouse
<ul style="list-style-type: none"> • Cr-coated Zr cladding • SiC cladding • Chromia doped UO₂ fuel 	<ul style="list-style-type: none"> • ARMOR coating • FeCrAl cladding • Conventional UO₂ fuel 	<ul style="list-style-type: none"> • Cr-coated cladding • SiC cladding • UN or U₃Si₂ fuel, • Cr-Al doped UO₂ (high enrich.)
<p>Major Partnership</p> 	<p>Major Partnership</p> 	<p>Major Partnership</p> 
<p>Roadmap</p> <ul style="list-style-type: none"> • LTR : 2019 ~ (Cr-coated Zr + Cr doped UO₂) • Full core 장전 : 2026 ~ 	<p>Roadmap</p> <ul style="list-style-type: none"> • LTR : 2018 ~ (FeCrAl) • Full core 장전 : 2027 ~ 	<p>Roadmap</p> <ul style="list-style-type: none"> • LTR : 2019 ~ (Cr-coated Zr + ADOPT & U₃Si₂) • Full core 장전 : 2026 ~

출처: DOE/EPRI Joint ATF Workshop 자료를 취합하여 저자가 직접 작성함.

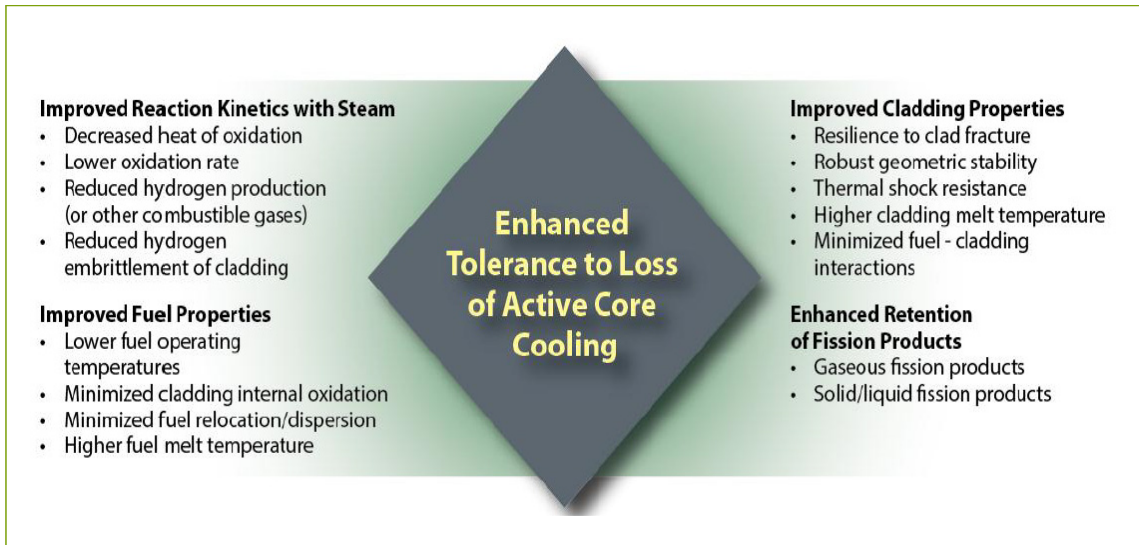
■ ATF의 정의와 요구 특성의 변화

- 미국 DOE는 에너지부는 2015년 미국 의회에 ATF 개발 계획을 수립한 보고서를 제출 하면서 ATF를 다음과 같이 정의함[3].
 - 현재의 Zr-UO₂ 기반 핵연료에 비해 원전의 정상 운전 조건에서도 핵연료의 성능이 향상되거나 유지되면서, 능동적인 노심 냉각기능¹⁾이 상실된 상태에서도 핵연료의 건전성을 장시간 유지할 수 있는 핵연료
 - 국제기구 OECD/NEA 산하 전문가 그룹인 경수로용 ATF 전문가 그룹 (Expert Group on ATF for Light Water Reactor, EGATFL)은 ATF의 정의에서 ‘핵연료의 건전성을 유지할 수 있는 시간’을 Coping Time으로 명명하고 노심이 더 이상 냉각될 수 없을 정도로 핵연료 집합체의 심각한 손상이 발생하는 시간으로 정의함[4].
- 미국 DOE는 2015년 의회보고서[3]를 통해 ATF가 가져야 할 주요 특성을 다음과 같이 명시하면서 안전성 측면의 요건을 강조함.

1) 능동적인 냉각기능은 외부의 전력공급 또는 인적 개입을 통해서 작동되는 원전 안전계통임.

- 우수한 고온 수증기 산화 저항성 : 원전 사고조건에서 고온 수증기 산화 반응 감소로 핵연료 손상 및 수소가스 발생량 저감²⁾
- 핵연료 피복관의 성능 개선 : 원전의 정상/사고 조건에서 파손, 치수 변화 및 열충격에 의한 손상 저항성 증가로 핵연료 건전성 유지
- 핵연료 소결체의 성능 개선 : 열전도도 개선을 통한 소결체 온도 감소 및 핵분열 생성물의 외부 누출 가능성을 낮추기 위한 핵연료 분산 저항성 증가
- 핵분열 생성물 고용도 증가 : 핵분열 생성물이 방출량 저감

그림 2 ATF의 주요 특성



출처: 5th EPRI/INL/DOE ATF Workshop on ATF, 2016.

- 2015년 파리기후협약 이후, 미국에서는 기후변화 대응을 위한 가동원전의 지속 활용을 국가적 정책으로 추진하면서 원전 산업의 활성화 및 가동원전의 수명연장을 위해 원전 경제성 제고의 필요성이 부각됨.
 - 미국 가동원전의 경제성을 확보하기 위해서는 원전 장주기 운전이 필요하며, 이를 실현하기 위해서는 기존의 우라늄 농축도 제한치인 5wt.% U-235를 초과하는 HALEU(High-Assay Low-Enriched Uranium)³⁾ 및 핵연료 인허가 연소도⁴⁾를 상향하는 기술이 필요함.

2) 고온산화로 인한 수소가스 발생은 후쿠시마 원전 사고와 같은 중대사고 시, 원자로 용기 내부에 수소 폭발을 일으키는 원인을 제공하므로 핵연료의 수소가스 발생량 감소는 핵심 특성으로 고려해야함.
 3) U-235의 농축도가 5wt.%를 초과하고 20wt.% 미만인 고순도 저농축 우라늄 연료로, 더욱 세분화할 경우 5wt.% 이상 10wt.% 이하의 우라늄은 LEU*로 사용하기도 함.
 4) 핵연료는 단위 우라늄 당 출력을 나타내는 연소도 단위로 인허가 시 허가받은 연소도 제한치를 가지고 있으며 원전 장주기 운전을 위해서는 인허가 연소도 상향이 필요함.

- 미국 정부는 가동원전의 지속 활용을 위해 2019년 원자력혁신현대화법(NEIMA, Nuclear Energy Innovation Modernization Act)을 통해 ATF를 ‘가동원전의 사고(Nuclear Incident Section 11 of the Atomic Energy Act of 1952)에 대한 저항성을 높이면서 상업 원전의 경제성을 증가시키는 연료’로 새롭게 정의함[5].
- 미국 DOE는 ATF의 새로운 정의에 맞춰 ATF에 대한 특성을 5가지로 제시하면서 ATF를 통해 안전성 이외에 원전의 경제성 개선 효과를 제시함[6].
 - ATF's beat the heat and perform better : 정상운전 및 사고 시에 성능이 우수함.
 - ATF's last longer : ATF는 원전의 장주기 운전에 적합하도록 장시간 연소가 가능한 고 연소도까지 활용할 수 있는 연료임.
 - ATF's improve plant performance : ATF는 더 높은 연료 이용률을 가지며 원전의 출력 증발 및 장주기 운전에 기여함.
 - ATF's are industry-led : ATF는 미국의 산업계가 개발을 주도하며 규제기관 및 연구계와의 적극적인 협력이 이루어지고 있음.
 - ATF's could debut by 2025 : 원전 산업계는 ATF를 2025년까지 상용화하고 미국 원전에 활용할 예정임.

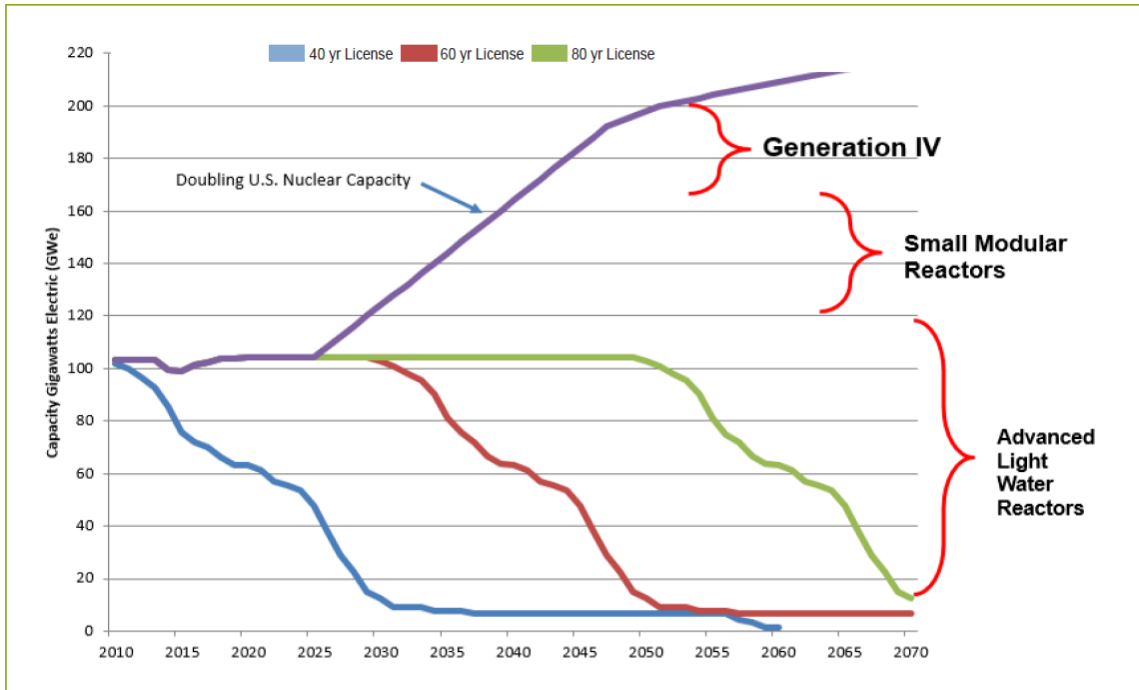
2 미국의 ATF 관련 주요 정책과 시장의 변화

■ 미국의 원전 산업 정책 변화

- 2015년 파리기후협약 이후, 미국 오바마 정부의 Clean Power Plan⁵⁾ 정책 기조 하에 DOE는 비전과 전략 보고서를 통해 선진 원자로의 도입과 동시에 가동원전의 계속운전을 추진하는 등 2050년까지 장기적인 청정에너지원 확보를 위한 미국 내 원전 산업 활성화 정책을 추진함[7].
 - 원전 운영사는 정부의 지원으로 미국의 원전 계속운전 추진, 원전 운영 효율성 증가, 인허가 연소도 증가 등의 원전 경제성과 안전성 향상 목적으로 ATF 도입 필요성에 대한 인식이 형성됨.
 - 2016년 미국의 원전 운영사인 Exelon 및 Southern Nuclear 사는 기존의 유보적 입장에서 선회하여, ATF 조기 상용화 필요성을 주장하면서 상용로 연소시험 착수를 당초 2022년 추진 계획보다 4년 앞당긴 2018년에 착수함(GNF사 Hatch 2호기 2018년 2월 장전).

5) Clean Power Plan (CPP) : 2030년까지 석탄화력발전소의 탄소배출량을 2005년 대비 32% 낮추고 재생에너지 발전 비중은 28%까지 늘리는 내용을 골자로 하며, 트럼프 정부가 CPP를 백지화 하였으나 바이든 정부는 CPP를 Clean Energy Revolution의 정책으로 2035년까지 전력부문 완전탈탄소화를 추진 중임.

그림 3 미국의 원자로 노형별 발전용량 전망



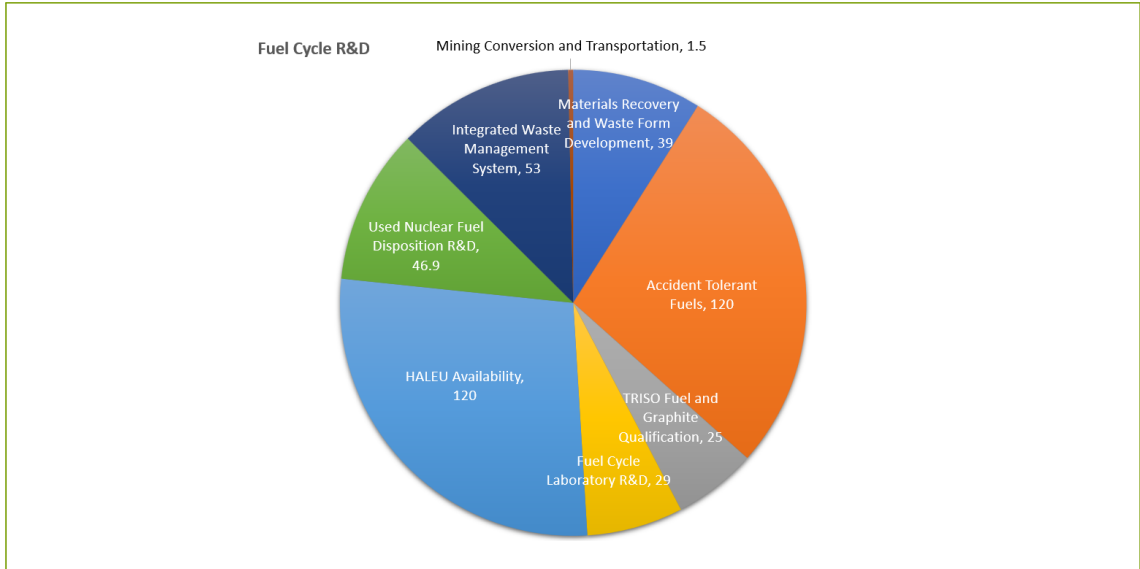
출처: U.S. DOE, Vision and Strategy for the Development and Deployment of Advanced Reactor, 2017.

- 미국 트럼프 정부는 미국 우선 에너지 계획(America First Energy Plan)에 따라, 미국의 국가 안보와 세계 리더십 회복을 위해 원전 산업경쟁력 강화 정책을 추진하면서 다양한 원자력 진흥법을 제정하여 국가적인 지원을 함[8].
 - 원자력혁신역량강화법(Nuclear Energy Innovation Capabilities Act, NEICA, 2018년)을 통해 원전 운영사의 인허가 비용분담 보조금제도를 도입하여 가동원전의 수명연장 인허가 등을 지원함.
 - 원자력혁신현대화법(Nuclear Energy Innovation and Modernization Act, NEIMA, 2019년)을 통해 원전 운영사가 효율적인 인허가 심사를 받을 수 있도록 원자력 규제개선을 법으로 공식화하고 ATF의 정의 및 인허가 심사를 위해 원자력규제위원회(NRC)가 적기에 ATF 규제기술 개발 계획을 수립하도록 명시함.
 - 에너지법(Energy Act of 2020)을 통해 선진 원자로뿐만 아니라 가동원전의 운영 주기 최적화에 필요한 농축 우라늄의 공급선 확보를 위한 HALEU 가용성 프로그램을 추진함.
 - 미국 DOE는 2021년 1월 미국 원전 산업 재건을 위한 원자력 전략비전(DOE NE Strategic Vision)을 발표하면서 5가지 세부 추진전략을 수립함[9]. 가동원전의 지속활용을 위한 주요 목표로 2025년까지 ATF를 상용화하고 2030년대에 광범위하게 활용한다는 계획을

제시함. 추가로, 가동원전 및 선진원자로, 소형모듈형원전 등에 활용될 수 있는 HALEU의 공급망 강화 및 실증기술 확보를 수행지표로 선정함.

- 미국 바이든 정부는 청정에너지혁명(Clean Energy Revolution)을 국가 에너지 정책으로 삼고 기후변화 대응을 위해 2035년 전력부문 완전 탈탄소화 선언과 함께 원전을 청정에너지로 적극 활용하기 위한 정책 지원을 강화함.
 - 코로나로 침체된 미국 경기 부양 및 미국 산업 재건을 위한 경제정책 Build Back Better를 발표하면서 미국의 구조계획, 일자리계획, 그리고 가족계획을 발표함.
 - 코로나 구호 계획인 미국 구조계획 이외에 일자리계획 및 가족계획은 인프라 투자 및 일자리법(Infrastructure Investment and Job Act, IIJA, 2021) 및 인플레이션 감축법(Inflation Reduction Act, IRA, 2022)으로 법제화되면서 심각한 경영난을 겪고 있는 원전 운영사에 5년간 총 60억 달러의 재정지원과 함께 발전전력당 세금감면 등의 지원 및 HALEU 개발에 총 7억 달러를 지원하고 있음.
 - 바이든 정부는 2023년 온실가스 감축 및 장기 기후전략의 실행을 위한 국가 혁신경로를 발표하면서 2021년 트럼프 정부 시절 DOE가 발표한 원자력 전략비전의 이행과 주기적 점검 계획을 발표함[10].
 - ADVANCE(Accelerating Deployment of Versatile Advanced Nuclear for Clean Energy) 법은 2024년 5월 미국 하원 및 6월 상원을 통과하여 바이든 대통령의 서명만 남은 상태로 선진원자로 및 ATF 등의 첨단 핵연료의 규제 기술 개발 지원 및 규제 절차 간소화를 지원함.
 - 미국 DOE 원자력국은 핵연료 주기 기술 분야에 가장 많은 예산을 지원하고 있으며 2024년 확정된 예산을 기준으로 ATF 및 HALEU 기술 개발은 전체 핵연료 주기 기술 분야 예산의 50% 이상을 차지하고 있음[11].
 - 미국 원전 운영사는 이러한 정부 지원으로 ATF 도입과 함께 원전 경제성 향상을 위한 운전 주기 최적화를 위해 인허가 연소도 증가, 농축도 증가 및 출력증강을 추진하기 시작함.

그림 4 미국 DOE 원자력국의 '24년도 Fuel Cycle R&D 분야 예산 (단위: 백만 불)

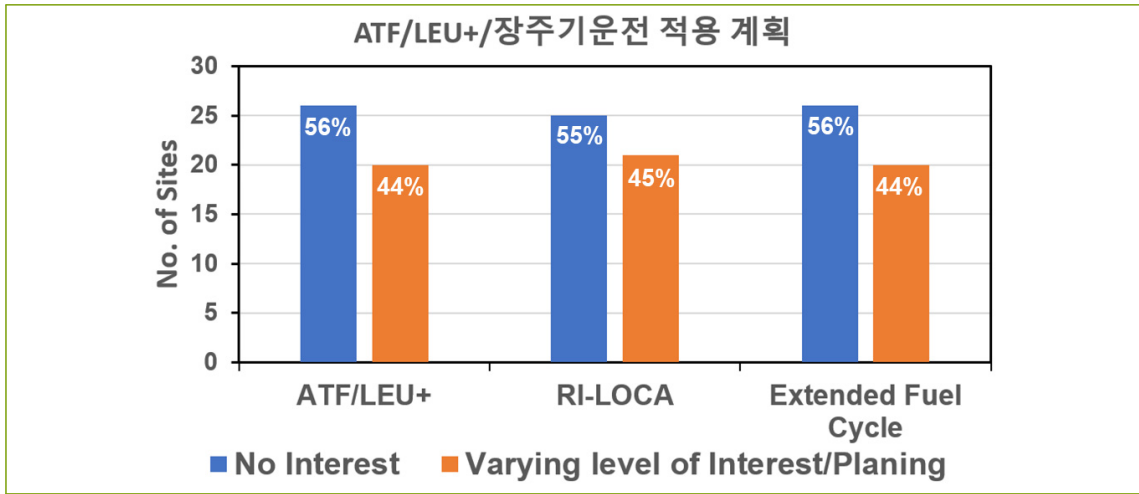


출처: DOE NE 홈페이지 자료를 저자가 직접 도식화하여 작성함.

■ 미국 원전 운영사의 ATF 적용 계획

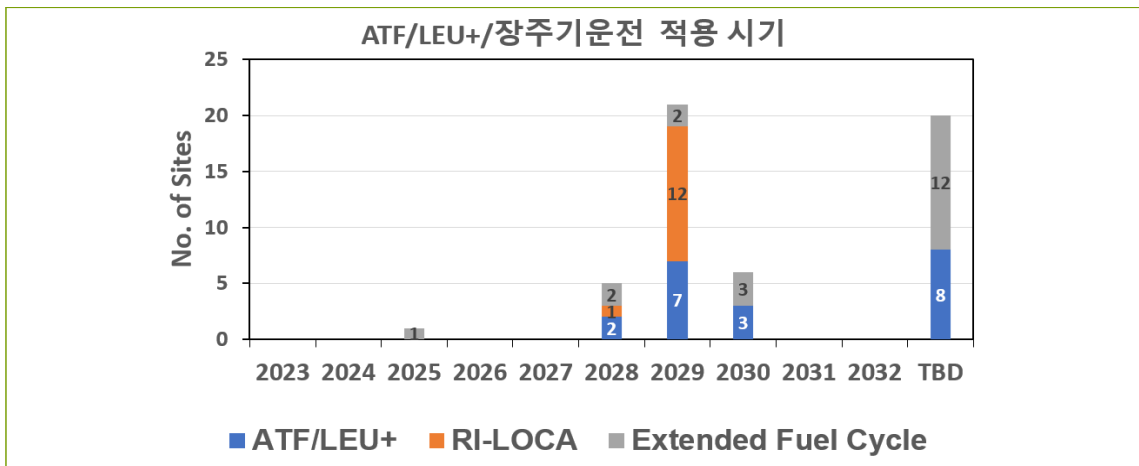
- 미국은 원전의 경제성 향상 및 사용후핵연료 방출량 저감 목적으로 ATF에 기반한 농축도 증가 및 인허가 연소도 증가 기술 개발을 추진 중이며, 미국 NRC는 원전 산업계의 계획을 반영한 규제심사 기술 개발을 위해 RIS-23-02(Regulatory Information Summary 23-02)를 발행하여 원전 시장에서의 활용 계획에 대한 자발적 의견 개시를 요청함[12].
- 미국 원전 산업협회(NEI, Nuclear Energy Institute)는 원전 운영사(46개 지역의 총 80개 원전)를 대상으로 ATF 및 농축도 증가(LEU+) 인허가 신청 계획에 대한 설문조사를 수행함[13].
 - 미국 원전 운영사의 약 44%는 향후 ATF/LEU+를 적용할 계획을 가지고 있으며 ATF /LEU+를 적용할 원전의 대부분은 장주기 운전을 위한 핵연료 인허가 연소도 증가를 계획하고 있음.
 - 핵연료 인허가 연소도 증가의 가장 큰 현안은 냉각재 상실사고(LOCA, Loss-of-Coolant Accident) 시의 핵연료 손상이며 이를 극복하기 위해 RI-LOCA(Risk-Informed LOCA) 방법을 적용하는 계획을 가지고 있음.
 - 미국 원전 운영사의 ATF/LEU+ 적용 시기에 대한 응답은 해외 핵연료 공급사의 개발 완료 시기인 2027년 이후부터 3년 이내인 2030년에 집중되어 있어, 원전 운영사가 ATF를 개발 완료와 함께 바로 적용할 예정임을 암시함.

그림 5 미국 원전 운영사의 ATF와 경제성 증가기술 적용 계획



출처: NEI 2023 Baseline survey를 바탕으로 저자가 재작성함.

그림 6 미국 원전 운영사의 ATF와 경제성 증가기술 적용 시기



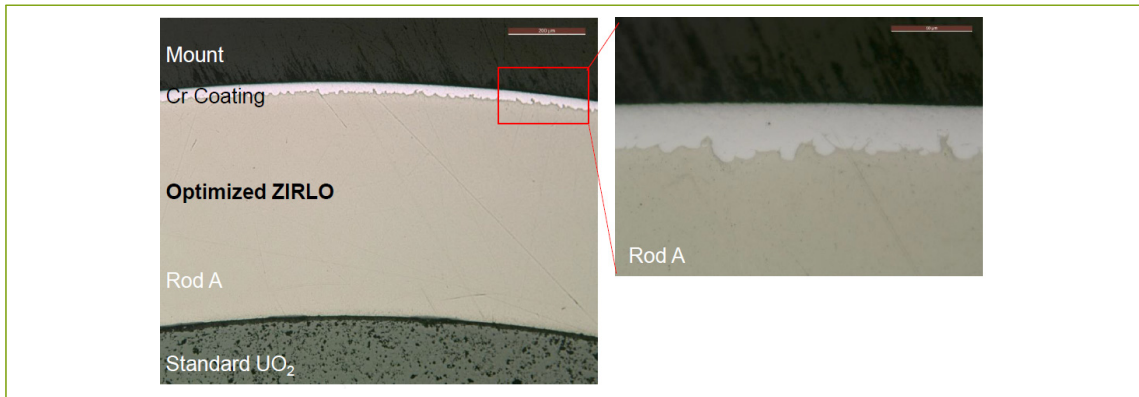
출처: NEI 2023 Baseline survey를 바탕으로 저자가 재작성함.

3 미국의 ATF 개발 동향

- Westinghouse Electric Company(WEC)가 미국의 DOE가 지원하는 ATF 개발 사업에 참여하면서, 미국의 Army National Lab, 위스콘신 및 MIT 대학, 그리고 General Atomics와 협력하면서 ATF 개발을 추진 중임[14].
- WEC는 단기적용을 위한 ATF 기술로 Cold-spray⁶⁾를 이용한 Cr 코팅 지르코늄 피복관(이하 코팅 피복관)과 Cr 및 Al 산화물 첨가 소결체인 ADOPTTM 소결체를 후보 소재로 선정함.

- WEC는 자사의 ATF를 Encore®로 명명하고 자사의 PRIME™ 핵연료 집합체에 적용하여 2027년까지 상용화 기술 확보를 목표로 하고 있음.
- (코팅 피복관 기술) WEC는 미국의 Army National Lab 및 위스콘신 대학과 협력을 통해 Cold-spray를 이용한 코팅 피복관을 개발하였는데 모재로는 자사의 상용 지르코늄 피복관 소재인 ZIRLO™ 및 Optimized ZIRLO™와 최근 개발을 완료한 고성능 신규 지르코늄 합금인 AXIOM™을 사용하고 있음[14].
- Cold-spray 기술은 상대적으로 저온에서 코팅됨에 따라 기존 피복관 모재의 특성 변화가 없으며 코팅공정 속도가 매우 빨라 생산성이 우수한 장점을 가짐.
- 또한, 크롬 분말입자의 순간적인 충돌로 접합되므로 코팅층의 접합성이 우수한 특성을 가지며 원전의 사고조건에서도 피복관의 건전성을 장시간 유지할 수 있음.
- 그러나, 공정에 사용되는 미세 분말의 가격과 헬륨가스의 가격이 높아 생산 단가가 높고 코팅 후, 후속공정이 추가로 필요한 단점을 가지고 있음.

그림 7 WEC 코팅 피복관의 단면사진[15]

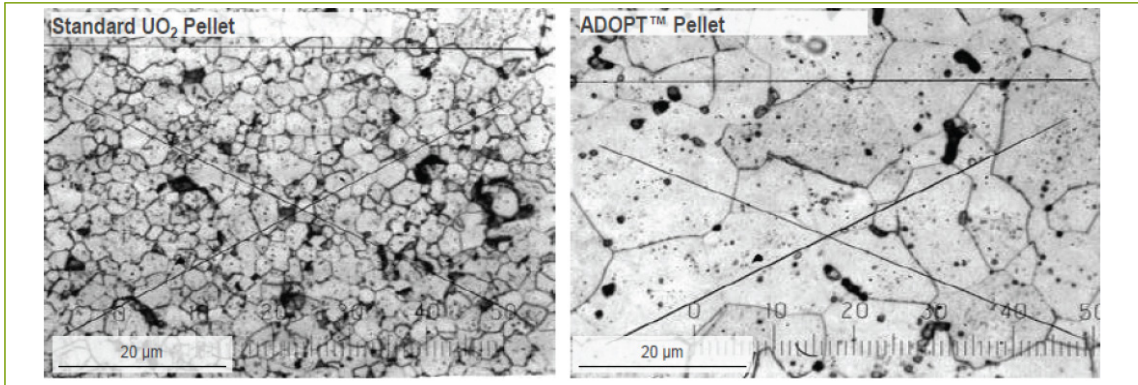


출처: Jeffrey L. Bradfute, Westinghouse Update for DOE ATF High Burnup Program, ML23018A053, 2023.

- (ADOPT 소결체 기술) WEC의 ATF 소결체 기술인 ADOPT™ 소결체는 Cr 및 Al 산화물을 미량 첨가하여 UO₂의 입자(grain) 크기를 증가시키고 고온변형률을 향상시킴으로써 핵분열 가스 방출량을 낮추며 피복관-소결체 상호작용으로 인한 손상 저항성을 높여 원전의 탄력운전에 장점이 있는 소결체임.
- ADOPT 소결체는 장기간의 노내의 실증시험 및 성능검증으로 유럽 BWR 원전에 이미 상용화되어 있으며, 최근 PWR을 적용을 위한 인허가 보고서(특정기술주제보고서)를 NRC로부터 승인을 받았음[16].

6) Cold Spray : 코팅 원료물질(크롬) 분말을 상대적으로 낮은 온도에서 헬륨가스를 사용하고 고속으로 피복관 표면에 충돌시켜 코팅하는 기술로 분말 입자를 초음속으로 가속하면서 분말 입자가 물리적인 변형에 의해 표면에 증착되는 코팅 기술

그림 8 기존 UO₂ 소결체와 ADOPT™ 소결체의 입자 크기 비교[15]



출처: Jeffrey L. Bradfute, Westinghouse Update for DOE ATF High Burnup Program, ML23018A053, 2023.

- (상용로 연소시험) WEC는 미국의 ATR(Advanced Test Reactor)과 MITR(MIT 대학의 연구로) 및 노르웨이의 Halden 연구로에서 ATF 연소시험을 수행하고 2019년부터 상용로에서 시범연료봉 연소시험을 추진하고 있으며 오는 2025년부터 세계 최초로 ATF 연료에 농축도가 6wt.% 수준인 LEU⁺를 적용한 시범집합체 연소시험을 추진할 예정임[16,17].
 - WEC는 Byron 2호기에서 1주기 연소시험이 완료된 이후, 2021년 8월부터 미국의 ORNL 연구소의 핫셀시설에서 조사후시험(PIE, Post-Irradiation Examination)을 수행하고 있으며 2주기 연소시험이 완료된 이후 2024년 1월 미국의 INL 연구로로 ATF 시범연료봉을 운반하여 PIE 시험에 착수함. 또한, Byron 2호기에서 2023년 가을부터 고연소도 연소시험을 위해 3주기 연소시험을 추진함.
 - 추가로 유럽의 EDF와 MOU를 체결하고 유럽에서 자사의 첫 ATF 시범연료봉 연소시험을 2024년 가을에 착수할 예정임.

표 1 WEC의 상용로 연소시험 현황

연소시험		국가	피복관	소결체	현황
상용로 시범연료봉	Byron 2 (*19.3)	미국 Constellation	Cr 코팅 ZIRLO 피복관	ADOPT	2주기 완료 PIE 수행 중
	Doel 4 (*20.9)	벨기에		X	3주기 연소 중
상용로 시범집합체	Vogtle 2 (*25 예정)	미국 SNC	AXIOM Cr 코팅 AXIOM	ADOPT 6wt.% LEU ⁺	제조 중

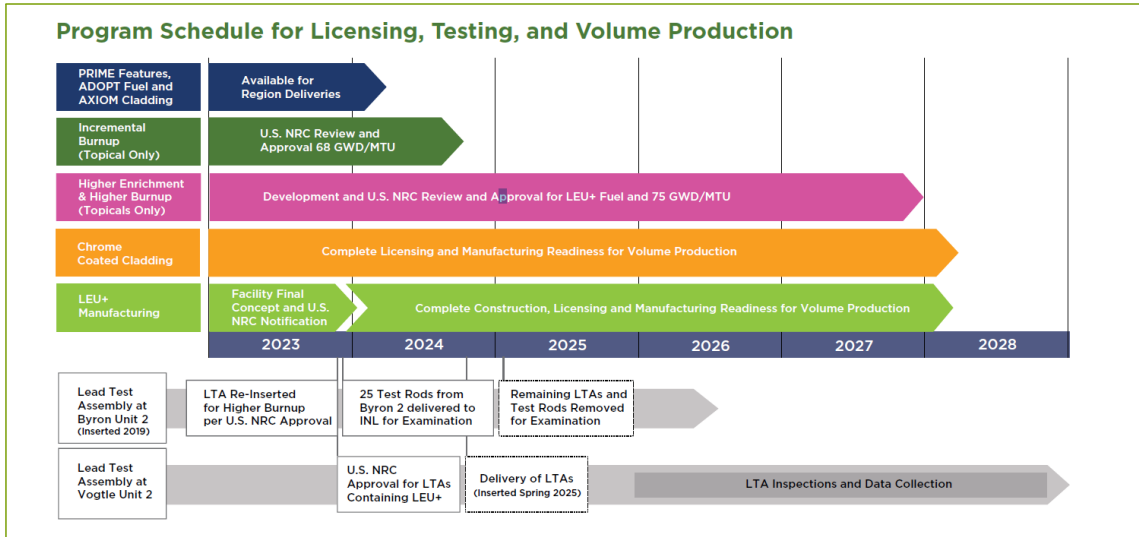
출처: 저자 작성

- (상용화 추진 현황) WEC는 미국 DOE 지원으로 ATF 상용화 기술개발과 함께 인허가 연소도 증가 및 농축도가 기존의 5wt.%를 초과하는 LEU⁺ 연료 기술을 병행하여 개발

하고 있으며, 2027년까지 모든 기술 개발을 완료하고 상용 인허가를 취득한다는 목표를 가지고 있음[17].

- 2022년 11월 ADOPT™ 소결체에 대해 PWR 적용을 위한 특정기술주제보고서 인허가를 취득하였음.
- 코팅 피복관의 경우 당초 2023년 인허가 승인을 목표로 하고 있었으나, 현재까지 인허가 신청이 지연되고 있으며 2025년경 인허가 신청 및 2027년 인허가 취득을 목표로 하고 있음.
- 추가적으로 농축도를 5wt.% 이상으로 증가시키는 LEU+ 연료 기술과 고연소도 핵연료 기술에 대한 기술개발을 추진 중이며, LEU+ 제조, 운반, 그리고 상용화를 2027년까지 완료할 예정임.

그림 9 WEC의 ATF 및 LEU+ 기술개발 로드맵[14]



출처: WEC, WEC Encore® ATF Program Brochure

- (장기 적용 핵연료) WEC는 2,000℃까지 견딜 수 있는 SiC 소재에 SiC 섬유를 결합한 SiC/SiCf 세라믹 복합체 기반 피복관(이하 SiC 피복관)을 장기 적용 ATF 피복관 소재로 선정하고 고열 전도도를 가지면서 우라늄 장전량이 높은 질화우라늄(Uranium Nitride, UN)⁷⁾ 소결체를 장기 적용 대상 소결체로 선정함[14].
- 미국의 General Atomics 社와 협력하여 SiC 복합체를 SiGA(Silicon Carbide General Atomic)라 명명하고, full-scale 제조 장비 기술을 개발하면서 현재까지 약 1m 길이의 피복관 시작품을 출시함.

7) 핵연료의 핵심원소인 우라늄을 질소와 반응시켜 안정한 구조적 형태로 제조된 소결체로, 상용 소결체인 이산화우라늄 소결체에 비해 우라늄 장전량이 높아 같은 부피의 이산화우라늄 소결체 사용 시보다 우라늄 235의 농축도를 낮출 수 있으며 열전도도가 우수하여 핵연료 온도 저감이 가능한 기술임.

- SiC 피복관은 상용 지르코늄 피복관에 비해 약 100배 이상의 사고저항성(고온산화 기준)을 가지고 있으며 1,500°C의 고온에서도 300MPa 이상의 기계적 강도를 가지고 있어, 미래 핵연료 피복관 기술로 주목받고 있는 기술임.
- UN 소결체는 기존의 UO_2 에 비해 같은 체적 대비 우라늄 장전량을 40% 이상 증가시켜 우라늄 농축비를 낮출 수 있으며, 같은 양의 소결체로 더 장기간 연소할 수 있는 장점을 가지고 있음.
- 또한, UN 소결체는 열전도도가 기존 UO_2 소결체 대비 높아 원전 정상/사고 조건에서 핵연료의 온도를 낮춰 발전소의 안전성을 증가시킬 수 있는 기술임. 그러나, 대량 제조성이 낮고 수증기와 접촉 시 화학적 반응이 일어나 이에 대한 극복 기술이 필요함.
- WEC는 미국의 MITR 및 ATR 연구로를 활용하여 연구로 연소시험을 수행하였으며, 향후 2020년대 후반 상용로에서 첫 연소시험을 위한 기술개발을 추진하고 있음.

그림 10 WEC사의 장기 적용 ATF UN 소결체 및 SiC 피복관



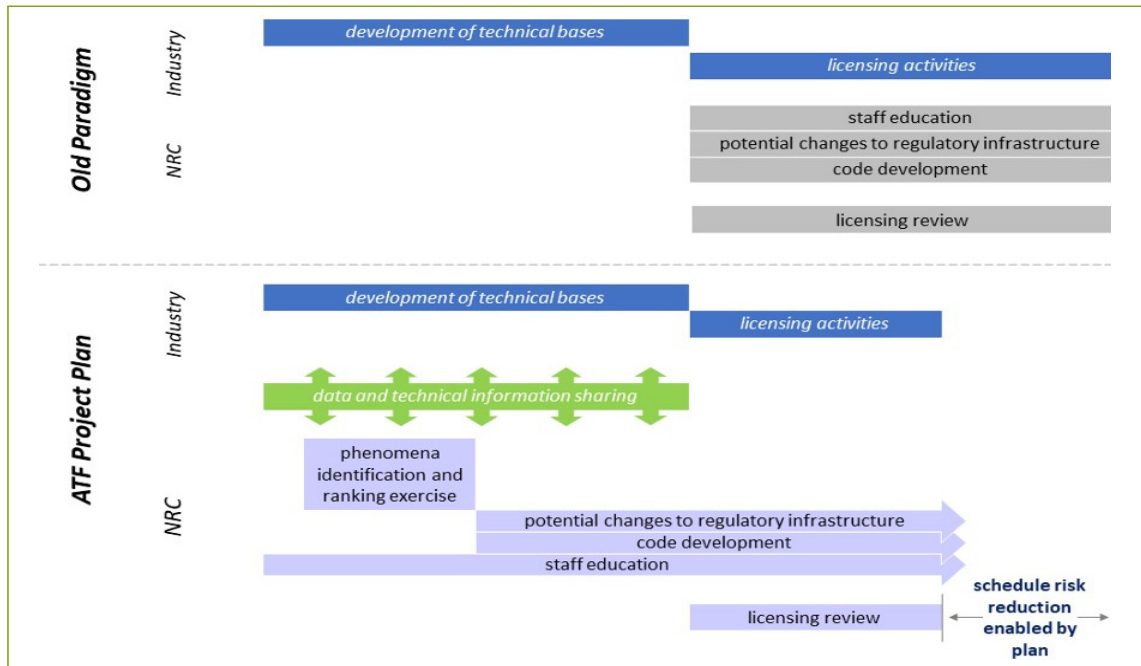
출처: WEC, WEC Encore® ATF Program Brochure

4 미국의 ATF 규제기술 개발 현황

- 미국 NRC는 원전 산업계의 ATF 개발 계획에 따라, 적기에 인허가 심사를 효율적으로 할 수 있도록 미국 정부 및 산업계와 연구협력 체계를 강화함[18,19].
 - NRC는 2017년 미국 DOE와 MOU를 체결하여 DOE에서 지원하는 ATF 프로그램(원전 산업계 및 미국 국립연구소)의 주요 시험자료와 연구결과를 확보하여 규제지침 및 독립 검증에 활용할 수 있는 자료를 사업자의 인허가 신청 전에 확보하여 적기 인허가 심사를 수행할 수 있도록 준비하고 있음[18].
 - 또한, 2016년 미국 전력연구원(EPRI)과 ATF를 포함한 원전 안전성 강화를 위한 연구협력 MOU를 체결하여 EPRI에서 수행되는 ATF의 기술자료 활용 및 원전 산업계와의 소통을 강화함[19].

- 미국 NRC는 2018년 ATF의 효율적 심사를 위한 과제 계획(ATF Project Plan)을 발표하여 원전 산업계가 ATF 상용화를 위한 인허가 전략 및 정확한 상용화 일정을 수립할 수 있도록 규제 기술 개발 계획 및 심사 전략을 발표함[20].
 - 기존 Zr-UO₂ 핵연료의 인허가 심사 절차인 핵연료 개발/검증 완료 후 인허가 심사 착수 전략에서 ATF Project Plan은 ATF 기술개발과 동시에 규제기술을 개발하기 위해서 NRC는 ATF에 대한 규제 현안을 선제적으로 검토하고 인허가 심사의 효율성을 제고함.
 - NRC의 ATF Project Plan은 현행문서로 원전 산업계의 ATF 개발 경과를 반영하고 ATF와 병행으로 추진되는 원전 경제성 향상을 위한 인허가 연소도 증가 및 LEU⁺ 인허가 심사를 위한 규제기술 개발을 추가로 반영하여 2019년 1차 개정본과 2021년 2차 개정본을 발행하여 ATF 규제기술 개발 계획을 최신화하고 있음[21,22].

그림 11 NRC ATF 규제기술 개발 및 인허가 전략[22]



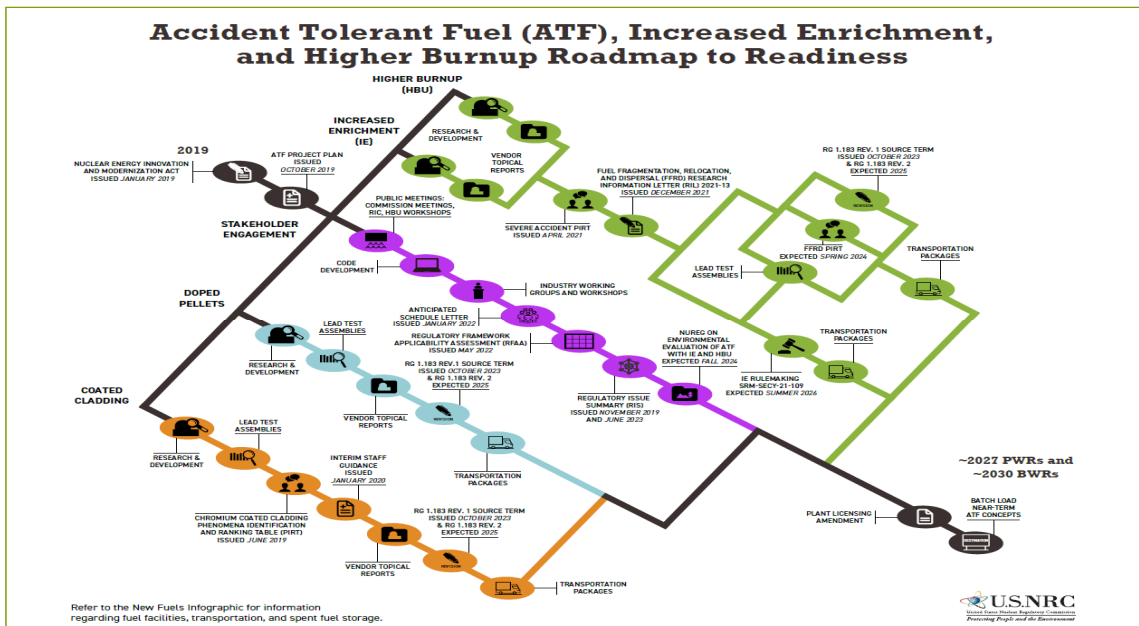
출처: NRC, Project Plan to Prepare the U.S. Nuclear Regulatory Commission for Efficient and Effective Licensing of Accident Tolerant Fuels, Ver. 1.2, ML21243A298, 2021.

- 미국 NRC는 ATF Project Plan에 따라 ATF에 대한 주요 현상을 식별하고 인허가 심사 기준 수립을 위해 전문가그룹을 통한 PIRT(Phenomena Identification and Ranking Table)⁸⁾를 수행하고 있으며 이를 통해 규제 심사지침을 개발함.
 - NRC는 PNNL에 의뢰하여 코팅 피복관의 PIRT를 수행하였으며 EPRI가 발간한 코팅 피복관

8) Phenomena Identification and Ranking Table ; 중요한 결정사항을 만들기 위해 전문가 패널을 구성하여 특정 주제에 대해 다양한 기술정보를 기반으로 한 토의를 통하여 고려해야 할 중요 항목에 대한 순위를 산정하는 기술회의

- Gap 분석보고서를 기반으로 2020년 1월 코팅 피복관 사전심사지침서(ISG-ATF-2020-01)를 발행하여 코팅 피복관의 규제 심사기준을 확보함[23-25].
- 추가로, ATF 후보소재인 FeCrAl 합금 피복관에 대한 PIRT와 원전 중대사고 시의 ATF 주요현상을 식별하기 위한 PIRT, 그리고 원전 산업계가 추진하는 ATF 기반 인허가 연소도 증가 기술의 가장 큰 현안인 핵연료 파편화, 재배치 및 분산(Fuel Fragmentation, Relocation, and Dispersion, FFRD)에 대한 PIRT를 수행 중임[26-28].
 - 미국 NRC는 원전 산업계가 ATF 기반으로 추진 중인 인허가 연소도 증가 및 LEU+ 기술에 대한 인허가를 위해 기존의 핵연료 규제 심사지침 등의 규제 인프라의 적용성을 평가하고 규제기술 개발을 착수함[29,30].
 - NRC는 SECY-21-0109를 통해 기존의 핵연료 규제 인프라가 향후 ATF 및 인허가 연소도 증가, 그리고 LEU+에 대해 적용 가능한지 검토하였으며 NRC 위원회는 SRM-SECY-21-0109를 통해 인허가 효율성을 개선하는 방향으로 규제 인프라를 재검토하도록 지시함.
 - NRC는 2022년 5월 기존의 규제 체계를 검토한 보고서를 발행하고 규제 체계 개선을 위한 기술개발에 착수함[31].
 - 미국 NRC는 ATF, 인허가 연소도 증가 및 LEU+ 규제기술 개발을 위한 로드맵을 발표하고 원전 산업계와 규제 기술 개발 방향에 대한 소통을 강화하여 향후 원활한 인허가 심사가 이루어질 수 있도록 하고 있음[32].

그림 12 NRC ATF, 농축도 증가 및 인허가 연소도 증가 규제기술 개발 로드맵



출처: NRC Accident Tolerant Fuel (ATF), Increased Enrichment, and Higher Burnup Roadmap to Readiness, ML23353A145, 2023.



참고문헌

- [1] Public Law 112-74, Consolidated Appropriations Act of 2012, 2011.12.
- [2] U.S. Congress, H.R. Conference Report 112-331, 2011.12.
- [3] U.S. DOE, Report to Congress, Development of Light Water Reactor Fuels with Enhanced Accident Tolerance, 2015.04.
- [4] OECD/NEA, State-of-the-Art Report on Light Water Reactor Accident-Tolerant Fuels, 2018.
- [5] U.S. Congress, Public Law 115-439, Nuclear Energy Innovation and Modernization Act, 2019.4.
- [6] U.S. DOE homepage, www.energy.gov/ne/articles/5-things-you-should-know-about-accident-tolerant-fuels
- [7] U.S. DOE, Vision and Strategy for the Development and Deployment of Advanced Reactor, 2017.
- [8] U.S. DOE, Restoring America's Competitive Nuclear Energy Advantage - A Strategy to Assure U.S., 2020 National Security, 2020
- [9] U.S. DOE NE, Strategic Vision, 2021.
- [10] The White House, National Innovation Pathway of the United States, 2023.
- [11] www.energy.gov/ne/our-budget
- [12] NRC, NRC RIS-23-02, Scheduling Information for Licensing of Accident Tolerant, Increased Enrichment, and Higher Burnup Fuel, 2023.
- [13] NEI, The Future of Nuclear Power - 2023 Baseline Survey, 2023.
- [14] WEC, WEC Encore® ATF Program Brochure
- [15] Jeffrey L. Bradfute, Westinghouse Update for DOE ATF High Burnup Program, ML23018A053, 2023.
- [16] NRC homepage, www.nrc.gov/reactors/power/atf/licensing-activities/licensing-actions.html.
- [17] NEI High Burnup Workshop, Drive to Deploy ATF with Increased Enrichment and Higher Burnup, 2023.
- [18] NRC, MOU between U.S. NRC and U.S. DOE on Nuclear Safety Research of Advanced Technology Fuels, ML17130A815, 2017.
- [19] NRC, MOU between U.S. NRC and EPRI on Cooperative Nuclear Safety Research, ML16223A497, 2016.
- [20] NRC, Project Plan to Prepare the U.S. Nuclear Regulatory Commission for Efficient and Effective Licensing of Accident Tolerant Fuels, Ver. 1.0, ML18261A414, 2018.
- [21] NRC, Project Plan to Prepare the U.S. Nuclear Regulatory Commission for Efficient and Effective Licensing of Accident Tolerant Fuels, Ver. 1.1, ML19301B166, 2019.
- [22] NRC, Project Plan to Prepare the U.S. Nuclear Regulatory Commission for Efficient and Effective Licensing of Accident Tolerant Fuels, Ver. 1.2, ML21243A298, 2021.
- [23] NRC, PNNL-28437 Rev.1, Degradation and Failure Phenomena of Accident Tolerant Fuel Concepts - Chromium Coated Zirconium Alloy Cladding, ML19712A154, 2019.
- [24] EPRI, Coated Cladding Gap Analysis, #3002014603, 2018.
- [25] NRC, NRC ATF-ISG-2020-01, Supplemental Guidance Regarding the Chromium -Coated Zirconium Alloy Fuel Cladding Accident Tolerant Fuel Concept, 2020.
- [26] NRC, NRC NUREG/CR-7283, Phenomena Identification Ranking Tables for Accident Tolerant Fuel Designs Applicable to Severe Accident Conditions, ML21210A331, 2021.
- [27] NRC, PNNL-30445, Degradation and Failure Phenomena of Accident Tolerant Fuel Concepts : FeCrAl Alloy Cladding, ML20272A218, 2020.
- [28] NRC, NRC RIL 2021-13, Interpretation of Research on Fuel Fragmentation, Relocation, and Dispersal at High Burnup, ML21313A145, 2021.
- [29] NRC, NRC SECY-21-0109, Rulemaking Plan on Use of Increased Enrichment of Conventional and Accident Tolerant Fuel Designs for Light-Water Reactors, ML21232A237, 2021.
- [30] NRC SRM-SECY-21-0109, Rulemaking Plan on Use of Increased Enrichment of Conventional and Accident Tolerant Fuel Designs For Light-Water Reactors, ML22075A103, 2022.3.
- [31] NRC, Regulatory Framework Applicability Assessment and Licensing Pathway Diagram for the Licensing of ATF-Concept, Higher Burnup, and Increased Enrichment Fuels, ML22014A112, 2022.5,
- [32] NRC Accident Tolerant Fuel (ATF), Increased Enrichment, and Higher Burnup Roadmap to Readiness, ML23353A145, 2023.

주요단신

북·남미

North and South America



■ 미 상원, 선진 원자로 상용화 촉진을 위한 법안(ADVANCE Act) 통과

Nucnet 2024.06.19., World Nuclear News 2024.06.20., Congress.Gov 2024.06.20.

- 2024년 6월 18일 미 상원은 선진 원자로 기술 채택의 가속화를 포함한 규제기관 간의 선진 원자로 기술 협력 및 규제 승인 과정 간소화 등 차세대 원전 개발과 관련한 새로운 법안인 Accelerating Deployment of Versatile, Advanced Nuclear for Clean Energy Act(이하 ‘ADVANCE Act’)를 찬성 99표, 반대 2표로 통과시킴.

- ADVANCE Act는 미국의 소방국 지원을 포함한 법안인 Fire Grants and Safety Act(S. 870)의 일환으로 2024년 5월 미 하원에서 찬성 393, 반대 13으로 통과된 후 이번 상원에서도 가결된 것이며, 법안 실행까지 Biden 대통령의 서명만을 앞두고 있음.
 - ADVANCE Act에 해당하는 부분은 S.870 중 DIVISION B에 해당하는 내용으로서 원자력 인프라 강화 및 정책 개선 등의 내용을 담고 있음.
 - ADVANCE Act는 2023년 3월 미 공화당 Shelley Moore Capito 상원의원을 중축으로 한 민주당 상원의원 2명이 공동으로 발의하였음.
- 신규 법안은 선진 원자로 기술과 선진 원자로 연료 등의 개발과 보급을 지원하며, 선진 원자로 상용화를 위한 규제 절차의 간소화와 국제 협력을 바탕으로 한 기술의 안전성 등의 지원에 중점을 둬.
 - 구체적으로 해당 법안은 미 원자력규제위원회(NRC)에 신규 원자로 기술 인허가 승인 절차 강화 및 가속화 방법 모색과 함께 발전사들의 규제 비용 감소, 사고 저항성 연료와 선진 원자로 연료의 자격심사 등을 포함함.
 - 해당 법안은 기후변화 해결 및 에너지 안보와 미국의 지정학적 이익을 강화하기 위한 원자력 기술 지원에 초점을 맞추고 있음.
- Capito 상원의원에 따르면 신규 법안은 미국에서 원자력 기술을 효율적으로 검토할 수 있는 인력과 수단 확보를 보장하고, 미래 원자력 프로젝트를 위해 기존 부지를 재개발하는 데 도움을 줄 것임.

■ 미 에너지부, SMR 기술 보급 위한 최대 1조 원 지원 내용의 의향서 발표

Office of Clean Energy Demonstrations 2024.06.17., Energy. Gov 2024.06.17.,
Power Engineering 2024.06.18., Nucnet 2024.06.18.

- 2024년 6월 17일 미 에너지부 산하 청정에너지 실증 부서(Office of Clean Energy Demonstrations, 이하 'OCED')는 미 에너지부 원자력국(Office of Nuclear Energy, 이하 'NE')과 협력해 Biden의 경제 계획인 미국 투자(Investigating in America) 의제의 일환으로 최대 9억 달러(약 1조 2천억 원)⁹⁾를 지원하여 Generation III+ SMR 기술의 초기 보급(initial deployment)을 추진하는 내용의 의향서(Notice of Intent, 이하 'NOI')를 발표함.
 - 이번 지원금은 2024년 통합세출예산법(Consolidated Appropriations Act of 2024)에 따라 마련되었으며, Biden의 초당적 인프라법(Bipartisan Infrastructure Law)을 바탕으로 함.
 - 미 에너지부는 2024년 늦여름 또는 가을에 자금 지원 공고를 발표할 계획임.
 - 미 에너지부에 따르면 이번 지원 발표가 미국의 원자력 산업을 강화하고 청정에너지와 기후 목표 달성을 위한 향후 원자력 프로젝트 촉진과 청정하고 신뢰할 수 있는 전력 수요 충족에 기여할 것임.
 - 미 에너지부는 미국이 2050년까지 탄소중립 달성을 위해 약 700GW에서 900GW 규모의 추가 전력량이 필요하며, 원전의 추가 발전 설비로 증가하는 데이터 센터의 전력 수요와 제조업의 리쇼어링(reshoring) 등의 충족이 가능할 것이라고 덧붙임.
 - 미 에너지부는 단기적으로 원자로의 확정된 사전계약(committed orderbook)을 확보하는 것이 기술 발전을 가속화하고 보급 비용을 줄이는 데 중요하다고 밝힘.
 - 미 에너지부의 자금 지원은 총 두 가지 방법으로 제공되며, 첫 번째 지원 대상과 두 번째 지원 대상을 나눠서 각 대상별 지원 금액 및 지원 목표를 세분화함.
 - 첫 번째로 분류(Tier 1)된 대상인 발전사와 건설업체는 선도 기업(first-mover) 팀 이름으로 분류되어 초기 SMR 프로젝트 개발 및 구축에 필요한 자원과 지원을 제공하고, 다중 원자로를 주문하는 계약을 확보하여 SMR 기술 상용화 가속을 목표로함. 해당 분류는 OCED가 관리하며, 최대 2개의 팀에 최대 8억 달러(약 1조 1천억 원)를 지원할 계획임.
 - 두 번째로 분류(Tier 2)된 대상은 선도 기술의 빠른 도입(fast follower deployment) 팀 이름으로 분류되어 설계, 인허가, 공급업체 개발, 부지 준비 등 Tier 1과의 SMR 보급 주요 격차를 해결하고 추가적인 SMR 보급 촉진을 목표로함. 해당 분류는 NE가 관리하며, 최대 1억 달러(약 1천 400억 원)를 지원할 계획임.

9) 북남미 단신 기사 내용 모두 2024년 6월 28일 환율 기준 적용(1달러=1,388원)

■ 미국 California 주 의회, Diablo Canyon 원전 계속운전 지원 위해 주 정부와 추가 6천억 원 지원 합의

AP News 2024.06.14., Ux Weekly 2024.06.17., The Sacramento Bee 2024.06.25.,
The San Joaquin Valley Sun 204.06.25.

- 2024년 6월 25일 미국 California 주 의회는 California 주 정부와 Diablo Canyon 원전(총 2,394MW, PWR 2기)의 최초 운영허가 만료 시점 이후에도 운영이 가능하도록 California 주 하원이 2022년 9월 운영사 PG&E에 제공한 기존 14억 달러(약 2조 원)의 주 정부 대출금에 추가로 4억 달러(약 6천억 원)를 지원하기로 최종 합의함.
 - 2024년 6월 14일 California 주 의회는 California 주 Gavin Newsom 주지사와 Diablo Canyon 원전의 자금 지원과 관련한 새로운 예산을 협상하였으나, PG&E가 California 주 공공위원회(이하 'CPUC')에 해당 원전 계속운전을 위해 제출한 서류에 대해 계속운전 비용 증가에 대한 의문 제기과 함께 14억 달러(약 2조 원) 대출 상당 부분을 PG&E 소비자(ratepayer)가 부담해야 할 가능성을 고려해 추가 4억 달러(약 6천억 원) 대출 승인을 거부한다는 입장을 밝힘.
 - 의회와 정부 간 논쟁은 Diablo Canyon 계속운전에 반대 입장을 보이는 환경 단체가 CPUC에 제출된 서류 검토에서 해당 원전의 최초 운영허가 만료 후에도 운영을 지속하기 위한 예상 비용이 기존 예상 비용의 2배인 120억 달러(약 17조 원)로 증가했다고 문제를 제기하면서 시작됨.
 - 2024년 6월 25일 California 주 의회는 California 주 전력 수요 급증에 따른 안정적인 전력 공급을 위해 Diablo Canyon 원전의 지속적인 운영이 필요하다는 Newsom 주지사의 주장과 함께, PG&E가 주 정부로부터 지원을 받지 못할 경우 해당 원전 운영 유지에 필요한 자금 부족으로 연방 정부의 상업원전지원책(이하 'CNC') 지원금인 11억 달러(약 1조 5천억 원) 수여 자격을 상실하게 되어 주 정부가 기존에 제공한 14억 달러(약 2조 원) 대출금 상황이 불확실해진다는 점 등을 근거로 하여 당초의 입장을 번복하고 추가 대출 승인을 결정함.
 - 2022년 9월 주 정부는 PG&E에 14억 달러(약 2조 원) 대출 승인 시 연방 정부로부터 받은 CNC 1차 지원금을 통해 상환할 것을 조건으로 내세움.
 - 2022년 11월 미 에너지부는 Diablo Canyon 원전을 최초 수혜 원전으로 선정 후 1차 지원금 11억 달러(약 1조 5천억 원)를 향후 4년간 지원하기로 하였으며, 2024년 1월 미 행정부는 해당 지원금 수여를 최종 확정하는 신용지급계약(credit award and payment agreement)에 서명함.

- 그러나, PG&E와 California 주 수자원부(Department of Water Resources, 이하 'DWR')에 따르면 연방 정부로부터 지급받은 실수령액은 약 7억 달러(약 1조 원)이며 나머지 4억 달러(약 6천억 원)의 지급은 가능성이 있지만 구체적인 수령 시기 및 비용은 불확실함.
- 이와 같은 이유로 주 정부의 기존 대출금 상환 계획에 차질이 생기면서 California 주 의회는 불확실성을 대비해 PG&E에 추가 4억 달러(약 6천억 원) 지원을 최종 결정함.
- 이번 예산 합의에는 DWR이 추가 지원금의 사용 용도와 연방 정부의 미지급 잔액과 관련해 주 정부에 보고해야 하는 내용이 포함됨.

■ 미국, 2023년 우라늄 수입량 전년 대비 27% 증가

Energy Information Administration 2024.06.06., World Nuclear News 2024.06.11.

- 2024년 6월 6일 미 에너지정보청(Energy Information Administration, 이하 'EIA')은 연례 보고서(annual report)를 통해 미 발전사들의 2023년 우라늄 수입량이 전년 대비 27% 증가했으며, 미국에서 채굴된 우라늄은 총 공급량의 5%를 차지했다고 발표함.
 - 보고서에 따르면 미 발전사는 총 5,160만 파운드(19,838tU)에 해당하는 우라늄을 구매했으며, 파운드당 평균비용은 43.80달러(약 7만 원)임.
 - 이는 2022년 평균비용인 39.08달러(약 5만 원) 보다 12%나 증가한 수치이며, 2015년 이후 최고점을 찍음.
 - 2022년 미 발전사는 총 4,050만 파운드에 해당하는 우라늄을 구매함.
 - 우라늄의 주요 수입국으로 캐나다가 27%를 차지했으며, 호주와 카자흐스탄이 각각 22%를 차지, 러시아와 우즈베키스탄이 각각 12%와 10%를 차지함.
 - 이 외 중국과 아프리카에서도 우라늄을 수입함.
 - 수입된 우라늄의 15%는 현물 계약(spot contracts)을 통해 이루어졌으며, 평균비용은 파운드당 51.64 달러(약 7만 원)임.
 - 나머지 85%는 장기계약(long-term contracts)을 바탕으로 수입되었으며, 평균비용은 파운드당 42.42 달러(약 6만 원)임.
 - 미국의 발전사들은 2024년부터 2033년까지 최대 4억 3천만 파운드의 우라늄이 필요할 것으로 전망함.
 - 2023년 미국의 상업용 우라늄 재고량은 1억 5,200만 파운드로 전년 대비 6% 증가함.

■ 캐나다 SaskPower·Cameco, Saskatchewan 주 내 Westinghouse 원자로 보급 가능성 검토 추진

Cameco 2024.06.17., Nucnet 2024.06.19.

- 2024년 6월 19일 캐나다 전력사 SaskPower는 미국 Westinghouse, 캐나다 우라늄 생산기업 Cameco와 Saskatchewan 주 내 Westinghouse의 원자로 도입 가능성을 평가하기 위한 양해각서(MOU)를 체결함.
 - 공동성명서에서 세 기업은 Westinghouse의 AP1000과 AP300 SMR 보급을 위한 기술적 및 상업적 경로를 모색하는 데 중점을 둘 것이라고 밝힘.
 - 구체적인 계획으로 연료를 포함한 원자력 프로젝트 지원을 위한 Saskatchewan 주 기반의 원자력 공급망 평가가 포함되며, Saskatchewan 주의 고등교육 기관들과의 협력을 통한 원자력 연구개발 및 인력 양성 등의 내용도 포함됨.
 - SaskPower는 2029년에 Saskatchewan 주의 최초 SMR 시설 건설 여부에 대한 최종 투자 결정을 내릴 예정임을 밝힘.
 - 2023년 11월 SaskPower는 캐나다 OPG의 자회사인 Laurentis Energy Partners(LEP)와 Saskatchewan 주 내에 2030년 중반까지 GE Hitachi의 BWRX-300(300MW, BWR) 보급을 위한 포괄적 협력 계약(Master Service Agreement)을 체결한 바 있음.
 - 2024년 5월 SaskPower는 Saskatchewan 주 내 진행 중인 SMR 개발 프로젝트의 구체적인 후보 부지로 Estevan 지역에 있는 Boundary Dam 저수지(Reservoir)와 Rafferty 저수지를 고려 중임을 언급함.

기타 단신

■ 미국 TerraPower, Natrium 실증 원자로 부지 개발 착수

Ux Weekly 2024.06.10., World Nuclear News 2024.06.11., Nucnet 2024.06.11.

- 2024년 6월 10일 미국 TerraPower는 Wyoming 주 Kemmerer 시에서 개발 중인 소듐 냉각 고속원자로 Natrium(345MW, SFR) 실증 프로젝트의 부지 개발(site development) 착수 기념식을 열고 원자로의 효율적인 운영에 필요한 기반 시설 마련을 위한 건설 작업(non-nuclear construction)을 시작했다고 발표함.

- Natrium 실증 프로젝트는 총 세 가지의 개별 프로젝트 부분(separate project parts)으로 나뉘며, 첫 번째는 원자로의 나트륨 냉각 시스템 테스트 및 준비 시설(sodium test and fill facility) 개발, 두 번째는 전력 생산 또는 발전 단지(power production or energy island) 구축, 세 번째는 원자력 단지(nuclear island) 조성임.
 - 이번에 발표한 Natrium 실증 원자로 부지 개발 작업은 프로젝트의 첫 번째 부분에 해당하며, 이는 비원자력 시설(non-nuclear building)이므로 원자로와는 별개로 원자로에 사용될 나트륨 냉각제를 테스트하고 처리하는 곳임.
 - 해당 시설은 액체 나트륨을 수령(receiving), 샘플링(sampling), 처리(processing), 저장(storing) 과정을 거쳐 Natrium 원자로에 전달하는 역할을 담당함.

■ 미국 BWXT, Wyoming 주 내 초소형원자로 보급 타당성 조사 2단계 착수

Nuclear Engineering International 2024.06.20.

- 2024년 6월 20일 미국 원전 엔지니어링 기업 BWX Technologies(BWXT)는 Wyoming 에너지청(WEA)과 자사가 개발 중인 초소형원자로를 Wyoming 주 내 보급하기 위한 2천만 달러(약 278억 원) 규모의 타당성 조사 수행 계약 중 두 번째 단계에 착수했으며, 2025년 3분기까지 이를 완료할 계획을 밝힘.
 - 2023년 9월에 착수한 첫 번째 단계에서 BWXT는 WEA와 협력하여 Wyoming 주 내 외진 곳이나 전력망에 연결되지 않은 지역(off-grid)의 전력 수요를 파악하고 이를 충족할 수 있는 초소형원자로 시스템 설계 구체화와 함께 원자로 부품 제조와 생산이 가능한 공급망 기반을 구축함.
 - 이번에 착수한 두 번째 단계에서는 첫 번째 단계에서 파악한 요구사항(requirements)에 따라 초소형원자로의 구체적인 설계를 완료하고, 원자로 설계와 운영이 규제 기관의 기준을 충족하도록 계획 수립 및 초소형원자로 모듈형 설계(fleet model) 개발 등 Wyoming 제조업체의 역량 입증을 진행함.

■ 미국 Westinghouse, 캐나다 Ontario 주에 CANDU 및 SMR 건설 사업 지원 위한 글로벌 엔지니어링 허브 개소

Westinghouse 2024.06.11., World Nuclear News 2024.06.12.

- 2024년 6월 11일 미국 Westinghouse Electric Company(이하 'Westinghouse')는 캐나다

Ontario 주 Kitchener에 CANDU 및 SMR 건설 사업 지원을 위해 1만 3천 평방피트 규모의 신규 글로벌 엔지니어링 허브(global engineering hub)를 개소했다고 발표함.

- 신규 시설은 CANDU 원자로 운영과 프로젝트 지원과 함께 Westinghouse의 AP1000과 AP300 원자로 및 eVinci(5MW) 초소형원자로 등 신규 건설 기술의 글로벌 보급을 담당하는 핵심적인 역할을 할 예정임.
 - 해당 시설은 Westinghouse의 화재 방지 엔지니어링 서비스(fire protection engineering services)를 발전시키기 위한 첨단 훈련 시설과 실험실을 갖추고 있음.
 - Kitchener의 신규 시설은 Westinghouse가 운영 중인 다섯 개의 글로벌 엔지니어링 허브 중 하나임.

■ 브라질 법원, Angra 3호기 건설 중단조치 해제 결정

Ux Weekly 2024.06.17., Nucnet 2024.06.25.

- 2024년 6월 17일 브라질 국영 원자력 기업 Electronuclear는 Angra 3호기(1,405MW, PWR)의 건설 중단조치 해제 여부와 관련하여 Rio de Janeiro 법원에서 진행된 항소에서 승소했다고 밝힘.
 - 2023년 4월 브라질 Angra dos Reis 시 정부는 Electronuclear가 시에서 승인한 요건에 부합하지 않는 프로젝트를 추진 중이라며 Angra 3호기 건설 중단을 명령하였으며, 이에 Electronuclear가 항소하였음.
 - Angra 3호기의 건설은 1984년에 시작되었으나 자금 부족으로 1986년에 중단된 이후, 2010년에 해당 원자로의 건설 허가가 재발급되었지만 2015년 자금 문제와 부패 조사로 작업이 다시 중단되었으며, 2022년 11월 Electronuclear는 Angra 3호기의 건설 재개를 추진한 바 있음.

주요단신

유럽
Europe

스웨덴 Vattenfall, Forsmark·Ringhals 원전의 20년 계속운전 추진

Vattenfall 2024.06.17., World Nuclear News 2024.06.18.

2024년 6월 17일 스웨덴 전력사 Vattenfall은 Forsmark·Ringhals 원전의 가동 기간을 60년에서 80년으로 연장해 2060년까지 가동할 계획이라고 발표함.

- Vattenfall은 현지 자회사인 Forsmarks Kraftgrupp AB 및 Ringhals AB를 통해 Forsmark 및 Ringhals 원전을 소유·운영 중임.
 - Ringhals 1호기(910MW, BWR)와 2호기(963MW, PWR)는 각각 1979년과 1974년에 상업운전을 개시했으며, 수익성 감소로 2020년과 2019년에 폐쇄되었으며, 현재 가동 중인 Ringhals 3호기(1,128MW, PWR)와 4호기(1,178MW, PWR)는 각각 1981년과 1983년에 상업운전을 개시함. Vattenfall은 Ringhals 3·4호기에 독립노심냉각계통(Independent Core Cooling System)을 설치해 2040년대 초까지 계속운전 시행 계획을 수립한 바 있음.
 - Forsmark 1호기(1,078MW, BWR), 2호기(1,160MW, BWR), 3호기(1,208MW, BWR)는 각각 1980년, 1981년, 1985년에 상업운전을 개시함. 2019년 6월 Forsmark 1·2호기는 스웨덴 방사선안전청(SSM)으로부터 당초 40년의 설계수명을 넘어 2028년까지 가동하도록 10년 계속운전을 승인받은 바 있음.
- Vattenfall에 따르면 두 원전에서 가동 중인 총 5기의 원자로를 20년 계속운전할 경우, 자국의 6년 전력 소비량에 맞먹는 총 800TWh 이상의 청정 전력 공급이 가능함.
 - 이를 위해 Vattenfall은 두 원전의 20년 계속운전을 위한 비용 산정과 위험 요인을 분석하는 심층 조사 단계에 돌입할 예정이며, 조사 완료 후 최종 투자결정을 내릴 계획임.
 - Vattenfall은 기존 원전의 계속운전 시행은 복잡한 인허가 절차가 수반되지 않으며 부가적으로 발생하는 방폐물은 기존 원전의 방폐물 처분 시스템에서 수용가능하다고 밝힘.
- Vattenfall은 2030년대에 부품(터빈, 응축기, 발전기 포함) 개조나 교체, 계측 및 제어계통 현대화 등에 약 38~48억 달러(약 5.2~7조 원)¹⁰⁾를 투입할 계획이며, 변전소(switchyards), 전선, 발전소 건물, 기타 인프라에도 추가 투자를 시행할 예정임.

10) 유럽 단신 기사 내용 모두 2024년 6월 28일 환율 기준 적용(1달러=1,386원, 1유로=1,484원)

■ 노르웨이 Norsk Kjernekraft, 석유·에너지부에 Vardø 지자체 내 SMR 건설 제안서 제출

Norsk Kjernekraft, World Nuclear News 2024.06.14., regjeringa.no 2024.06.21.

- 2024년 6월 14일 노르웨이 에너지 기업 Norsk Kjernekraft는 노르웨이 석유·에너지부에 Finmark 주 Vardø 지자체 내 최대 600MW 규모의 SMR 발전소 도입을 위한 제안서를 제출했다고 밝힘.
 - Norsk Kjernekraft는 Vardø 지자체와 공동으로 Finmark 주의 전력 공급을 3배로 확대하기 위한 SMR 발전소(연간 발전량 최대 5TWh 규모) 도입을 제안하면서, 해당 사업 추진에 200~400명 채용을 계획하고 있다고 밝힘.
 - Vardø 지자체는 Norsk Kjernekraft에 Svartnes 지역을 원전 후보 부지로 제안(2023년 4월)한 후, Norsk Kjernekraft와 연구 사업 제안서가 포함된 보고서 작성을 준비하기로 합의(2023년 6월)함.
 - Norsk Kjernekraft에 따르면, Vardø 지자체는 원전 건설·운영에 필요한 직원 고용 용이, 기존 인프라(송전선, 변전소) 활용 가능, 냉각수 접근성 용이, 안정적인 지반 조건, 원자력에 대한 지역 정치적 지원 등을 갖추고 있음.
 - Norsk Kjernekraft는 Aure(북부)·Heim(남서부) 지자체 내 SMR 건설 검토를 위한 제안서를 노르웨이 석유·에너지부에 제출(2023년 11월) 한 바 있음.
- 한편, 2024년 6월 21일 노르웨이 정부는 자국 전원 구성에 원자력 포함 여부를 검토할 전략적 위원회를 설립함.
 - 새로 신설된 위원회는 전 재무부 장관이자 현 오슬로 국제 기후·환경 연구 센터 소장을 맡고 있는 Kristin Halvorsen이 이끌 예정이며, 원전 도입과 관련된 다양한 측면을 검토 및 평가해 해당 결과를 2026년 4월 1일까지 정부에 제출할 계획임.
 - Terje Aasland 에너지부 장관은 전력 수요 증가를 충족시킬 수 있는 안정적인 무탄소 전원의 필요성과 일부 지자체와의 협력을 통한 민간 기업 주도의 자국 최초 원전 건설 계획으로 인해 원자력에 대한 사안이 다시금 대두되고 있다고 밝힘.
 - 현재 노르웨이 전체 발전량은 수력발전이 약 88%, 풍력발전이 나머지 11%를 차지함.

■ 에스토니아 의회, 원자력 도입 지원 결의안 채택

Riigikogu 2024.06.12., UxWeekly 2024.06.17.

- 2024년 6월 12일 에스토니아 의회(Riigikogu)는 자국 내 원자력 도입 지원에 관한 결의안(431 OE)을 투표(찬성 41표, 반대 25표, 기권 2표)를 통해 채택함.
 - 해당 결의안에 따르면, 에스토니아 에너지 부문 개발 계획(National Development Plan of the Energy Sector Until 2035)은 전력 공급 안정성을 위한 원자력 도입의 영향을 분석하고 규제 측면에서 국가 안보, 자금 조달, 소유권과 관련된 위험 요인을 다루어야 함.
 - 이를 위해 원자력 및 안전에 관한 법률(Nuclear Energy and Safety Act) 초안 작성, 기존 법률 개정(필요할 경우), 원자력의 안전한 사용과 부문별 역량 개발을 위한 규제 기관 설립 이행이 제시됨.
 - 상기 결의안은 자국 내 원자력 도입이 가능하다고 결론을 내린 정부의 원자력 실무 그룹의 분석 결과(2021~2023년)를 바탕으로 내려짐.
 - 에스토니아 정부는 2021년 유관 부처와 공동으로 원자력 실무 그룹을 구성함. 해당 그룹은 2년 반 동안 IAEA의 원자력 인프라 개발 로드맵에 따라 SMR 건설 가능성을 분석해 도입을 위한 19가지 주요 사안을 파악한 후, 2023년 12월 자국 최초 원전 건설을 정부에 권고함.
 - 에스토니아의 SMR 개발업체인 Fermi Energia는 2030년대 초까지 SMR 도입을 위해 GE Hitachi Nuclear Energy의 BWRX-300(300MW, BWR)을 2023년 2월에 채택하고 북동부 지역의 Letipea 부지를 대상으로 한 지질 조사를 2023년 중반에 완료한 바 있음.

■ 프랑스 Framatome, VVER-440 노형용 핵연료 개발 위한 EU 지원금 확보

Framatome 2024.06.20., World Nuclear News 2024.06.21.

- 2024년 6월 20일 프랑스 원전 장비업체인 Framatome은 유럽에서 가동 중인 러시아산 VVER-440 노형용 핵연료집합체를 100% 유럽산 기술로 대체·공급하기 위한 유럽원자력공동체(Euratom) 연구·훈련 프로그램(2021~2025) 기금으로부터 1,000만 유로(약 148억 원)를 지원받았다고 발표함.
 - Euratom의 자금 지원을 받는 Framatome Safe and Alternative VVER 프로젝트(SAVE 프로젝트)는 Framatome을 포함해 원전운영사, 원자력 연구기관, 방폐물 처분·컨설팅 기업 등 총 17개 이해관계자가 컨소시엄 형태로 참가함.

- 현재 유럽 내 총 19기의 VVER 노형(불가리아·체코의 VVER-1000 노형 4기 및 체코·핀란드·헝가리·슬로바키아의 VVER-440 노형 15기)이 가동 중으로, 해당 프로젝트에 원전운영사인 체코 ČEZ, 핀란드 Fortum, 헝가리 MVM Paks, 슬로바키아 Slovenské Elektrárne 등이 참여함.
- Framatome은 러시아의 우크라이나 침공 이후 러시아산 핵연료 수입 의존도 감축을 위해 유럽산 핵연료 개발 필요성이 제기되었다고 밝히며, VVER 노형용 핵연료 공급 다양화 및 안정성에 기여하기 위한 EU의 자금 지원을 환영한다고 밝힘.
- EU는 핵연료 공급 다양화를 위해 2023년 6월 Westinghouse Sweden 주도의 컨소시엄이 유럽산 VVER 노형용 핵연료를 공급하는 APIS(Accelerated Program for Implementation of Secure VVER fuel Supply) 프로젝트에 1,000만 유로(약 148억 원)를 지원한 바 있음.

■ 프랑스 Orano, 니제르 군정 명령에 따라 Imouraren 우라늄 채굴 사업 중지

Bloomberg 2024.06.03., Tass 2024.06.05., Orano 2024.06.20.,
World Nuclear News 2024.06.21., UxWeekly 2024.06.24.

- 2024년 6월 20일 프랑스 핵연료주기기업 Orano는 니제르 군사정권이 자사가 과반수 이상의 지분을 보유한 북부 지역 Imouraren 우라늄 광산에 대한 운영 허가를 취소했다고 발표함.
- Imouraren 광산은 유럽에 공급하는 천연 우라늄의 약 4분의 1을 차지하는 니제르의 최대 우라늄 광산 중 하나로, Orano는 2009년 운영 허가를 취득해 2012년 우라늄 채굴을 시작했으나 일본 후쿠시마 원전 사고 이후 우라늄 가격이 폭락하자 2015년 광산 개발을 중단한 바 있음.
 - 해당 광산에 대해 Orano Expansion이 66.65%, 니제르 국영광업기업 Sopamin이 23.35%, 니제르 정부가 나머지 10.0%의 지분을 보유하고 있음. 이외에도 Orano는 노천 광산인 SOMAÏR, 현재 폐쇄된 지하 광산인 COMINAK에 대한 다수의 지분을 보유하고 있음.
- 니제르 광업부는 Orano의 Imouraren 광산 개발 계획이 당국의 기대에 부합하지 않는다고 판단해, 6월 11일 Orano에 서한을 보내 최종 통지(6월 19일) 이후에는 운영 허가가 취소될 것이라고 밝힘.
 - 니제르 광업부는 앞서 Orano에 6월 19일까지 Imouraren 광산 개발을 시작하지 않으면 운영 허가를 취소하겠다고 통지해, 6월 4일 Orano가 해당 광산 개발을 재개한 바 있음.
- Orano는 이번 결정이 해당 지역의 경제·사회·사회 발전에 부정적인 영향을 미칠 것을 우려한다고 밝히면서, 해당 사안에 대해 니제르 군정과 모든 소통 채널을 열어두고 있

으며, 국내 또는 국제 관할권(jurisdiction)에서 해당 광산 운영 허가 취소에 대해 이의를 제기할 권리가 있다는 입장을 표명함.

- 한편, 러시아 국영 원자력 기업 Rosatom은 Orano가 보유한 니제르의 Imouraren 우라늄 광산 지분을 인수할 계획이 없다고 밝히며, 러시아가 해당 광산에 대한 통제권을 확보하기 위해 니제르 군정과 접촉했다는 Bloomberg 보도(2024년 6월 3일) 내용을 반박함.
 - 니제르 군정은 2023년 7월에 집권한 후 외국 기업의 광산 채굴권 재검토를 약속한 바 있으며, 프랑스와의 군사협력을 중단하면서 러시아와 긴밀한 관계를 구축하고 있음.
 - Bloomberg는 원자력 전문가의 의견을 인용해 러시아가 니제르 쿠데타 이후 아프리카에서 경제·외교·군사적 관계를 강화하고 있으며, Rosatom이 아프리카에 대한 우라늄 투자를 다각화하고 있다고 보도함. 2023년 7월 Rosatom은 2026년까지 나미비아 우라늄 채굴 탐사를 완료하고, 2029년부터 25년 이상 연간 약 3,000톤의 우라늄을 채굴할 계획을 밝힌 바 있음.

기타 단신

■ 영국 GBN, SMR 기술개발 지원사업 공모 마감기한 2주 연장

New Civil Engineer 2024.06.10., World Nuclear News 2024.06.11., UxWeekly 2024.06.17.

- 여러 매체 보도에 따르면 영국 정부 산하 기관인 대영원자력(Great British Nuclear, GBN)은 SMR 기술개발 지원사업 공모에서 최종 후보사업자인 6개의 SMR 개발업체의 지원서 제출 마감 기간을 당초 예정된 6월 24일에서 총선(7월 4일) 나흘 후인 7월 8일로 2주 연장함.

※ 2023년 10월 GBN이 선정한 6개 개발업체는 EDF, GE-Hitachi Nuclear Energy International, Holtec Britain Ltd, NuScale Power, Rolls-Royce SMR, Westinghouse Electric Company UK Ltd임.

- 미국 에너지 전문 매체인 Energy Intelligence는 미국 SMR 개발업체 4곳 중 한 곳이 GBN에 지원서 제출 연기를 요청했으며, 7월 4일로 예정된 총선과는 무관하다고 보도함.
- GBN은 지원서 검토 후 3~4개 공급업체를 후보로 선정할 것이라고 밝히며, 현재 진행 중인 지원사업 공모와는 별도로 민간 주도의 프로젝트도 지원할 것이라고 덧붙임.

■ 프랑스 EDF, 녹색 채권 발행을 통해 약 4.4조 원 규모의 자금 확보

EDF 2024.06.11., UxWeekly 2024.06.17.

- 2024년 6월 11일 EDF는 3개의 트랜치(tranche, 분할 발행된 채권)로 이루어진 녹색채권 발행을 통해 30억 유로(약 4.4조 원) 규모의 자금을 확보했다고 발표함.
 - 해당 녹색 채권은 ① 기존 원전의 계속운전: 10억 유로(약 1.4조 원) 규모의 채권(7년 만기, 4.125% 고정 이자율), ② 재생에너지 및 수력 발전 사업: 7억 5천만 유로(약 1.1조 원) 규모의 채권(12년 만기, 4.375% 고정 이자율), ③ 에너지 전환 대응을 위한 배전망 보강 사업: 12억 5천만 유로(약 1.8조 원) 규모의 채권(20년 만기, 4.750% 고정 이자율)으로 이루어짐.
 - 해당 녹색 채권의 정산 및 인도는 프랑스 증권거래소(Euronext Paris)에서 채권이 거래되는 2024년 6월 17일에 이루어지며, 예상 등급은 BBB, Baa1, BBB+(S&P, 무디스, 피치)임.

■ 스웨덴 Vattenfall, Ringhals 부지 신규 SMR 검토 대상 2개사로 압축

Vattenfall 2024.06.12., UxWeekly 2024.06.17.

- 2024년 6월 12일 스웨덴 원전운영사인 Vattenfall은 Rolls-Royce SMR(영국)과 GE Hitachi Nuclear Energy(미국)를 Värö 반도 내 Ringhals 원전 인근 부지의 신규 SMR 건설 검토 대상으로 선정했다고 발표함.
 - Vattenfall은 두 SMR 후보 공급업체의 제안서를 분석한 후 SMR 건설 일정을 공동 수립할 계획이며, 이와 동시에 대형원전 건설 추진을 위한 관련 조건도 검토할 계획임.
 - Vattenfall이 고려 중인 대형원전 후보 공급업체는 Westinghouse(미국), EDF(프랑스), 한국수력원자력임.
 - Vattenfall은 Ringhals 원전 인근에 SMR과 대형원전 중 어떤 모델을 건설할 것인지 아직 결정은 내리지 않았지만, 정부와 합리적인 위험 분담 모델을 설정해 재정 부담을 줄이고 소비자에게 합리적인 전기 요금을 제공하는 것이 필요하다고 밝힘.
 - Vattenfall은 향후 전력 수요 급증에 대비해 Ringhals 원전 인근에 SMR 최소 2기를 건설하기 위한 타당성 조사를 2022년 6월부터 진행 중에 있으며, 2023년 9월 Ringhals 원전 인근에서 신규 원전 건설을 위한 부지 확보 작업을 시작한 바 있음.

■ 체코 ČEZ, 신규 원전 건설 입찰 평가 보고서 정부 제출

CEZ 2024.06.14., World Nuclear News 2024.06.17.

- 2024년 6월 14일 체코 국영기업 ČEZ 자회사인 Elektrárna Dukovany II(EDU II)는 최대 4기의 신규 원전(Dukovany 5·6호기 및 Temelin 3·4호기) 건설 사업과 관련해 한국수력원자력(한수원)과 EDF의 최종 입찰서 평가 후 우선협상대상자를 결정한 평가 보고서를 체코 정부에 제출함.
 - ČEZ는 지난 몇 달 간 IAEA가 권장하는 평가 모델을 기반으로 경제적·상업적·기술적 관점에서 180명 이상의 전문가들이 두 후보업체의 최종 입찰서를 검토했으며, 신규 원전의 균등화발전단가(LCOE)인 MWh 당 가격을 기준으로 두 입찰서를 비교했다고 밝힘.
 - 2024년 4월 말 제출된 최종 입찰서를 통해 한수원은 APR1000 노형(1,050MW, PWR), EDF는 EPR1200 노형(1,200MW, PWR)을 제안함.
 - ČEZ에 따르면 우선협상대상자와의 협상 중 계약 방식이 제출된 입찰서와 크게 달라질 경우 두 번째 후보업체와의 협상을 개시할 수 있음.
 - Jozef Síkela 산업통상부 장관은 국가 안보 이익 측면에서 평가 보고서에 대한 의견을 제시할 예정이며, 오는 7월에 우선협상대상자를 발표할 예정이라고 밝힘.

■ 루마니아 Nuclearelectrica, Canadian Nuclear Partners와 Cernavoda 1호기 설비개선 관련 장기 기본 협약 체결

Nuclearelectrica S.A, World Nuclear News 2024.06.12., UxWeekly 2024.06.17.

- 2024년 6월 11일 루마니아 원전운영사 Nuclearelectrica와 캐나다 Laurentis Energy Partners의 자회사인 Canadian Nuclear Partners는 Cernavoda 1호기(706MW, PHWR, 설계수명 30년) 설비개선 관련 프로젝트 관리 조직(Project Management Organization, PMO) 서비스 제공을 위한 2억 4천만 유로(약 3,557억 원) 규모의 장기 기본 협약을 체결함.
 - 해당 협정에 따라 Canadian Nuclear Partners는 프로젝트 관리 서비스, 기술 지원, 컨설팅 서비스, CANDU 노형 교육, 해당 원자로의 재가동까지의 조정 업무를 담당할 예정임.
 - Cernavoda 1호기는 1996년에 상업운전을 시작했으며, 설비개선 작업을 통해 2060년까지 추가 30년 가동될 예정임.

- 2023년 10월 12일 한국수력원자력은 18억 5천만 달러(약 3조 원) 규모의 Cernavoda 1호기 설비개선사업 공동수행을 위해 캐나다 Candu Energy(Candu)와 이탈리아 Ansaldo Nucleare(Ansaldo)와 컨소시엄 협약을 체결한 바 있음.

■ 핀란드 광산업체 Terrafame, Sotkamo 광산에서 천연우라늄 회수 시작

Terrafame 2024.06.18., World Nuclear News 2024.06.19.

- 2024년 6월 18일 핀란드 광산업체인 Terrafame는 북동부 Talvivaara에 소재한 Sotkamo 광산에서 아연과 니켈 생산의 부산물로 천연우라늄을 회수하기 시작해, 핀란드가 우라늄을 생산하는 최초의 EU 회원국이 되었다고 발표함.
 - Terrafame은 우라늄 회수 시설의 시운전 단계 후 2026년까지 연간 약 200톤의 우라늄을 생산할 것으로 예상함. 연간 생산량 규모는 9개월간 Olkiluoto 3호기(EPR)에 사용될 수 있는 수준이라고 설명함.
 - Terrafame에 따르면, 시운전 준비에 약 2천만 유로(약 296억 원)가 투입되었음. 회수된 천연우라늄은 가공을 위해 해외로 이송되며, 이후에 핵연료로 사용될 예정임.
 - 2020년 핀란드 정부로부터 우라늄 생산 허가를 취득한 Terrafame은 향후 30년 이상 우라늄 생산을 지속할 계획이라고 언급함.
 - Sotkamo 광산의 이전 소유주였던 Talvivaara Mining Company는 해당 부지에 우라늄 생산을 계획하고 우라늄 회수 시설을 건설했지만 2014년 파산을 신청함. 이후 Talvivaara Mining Company는 핀란드 정부가 100% 지분을 소유한 특수목적회사인 핀란드 Mineral Group이 70% 지분을 소유한 Terrafame에 인수되었음.

■ 이탈리아 Sogin, Garigliano 원전 내 중저준위 방폐물 중간저장시설(DT2) 착공

Sogin 2024.06.06., World Nuclear News 2024.06.10., Spentfuel 2024.06.14.

- 2024년 6월 6일 이탈리아 국영 원전해체·방사성폐기물 처리 전문기업인 Sogin은 Garigliano 원전(160 MW, BWR)에서 발생한 해체 폐기물을 수용할 중간저장시설(DT2) 착공에 들어갔다고 발표함.
 - Sogin에 따르면, 길이 70m, 폭 18m, 높이 13m 규모의 DT2 시설은 완공 시 해당 원전의 해체 과정에서 발생한 약 1,800m³의 중·저준위 방폐물을 수용할 예정임.

- 해당 시설은 운영 처리 구역, 창고 운영에 필요한 서비스 센터, 방폐물 용기의 원격 처리를 위한 천장 크레인이 구비된 보관 구역 등으로 이루어짐.
- Sogin은 2025년 6월 토목공사 완료, 2026년 상반기 시운전을 목표로 하고 있음.
- Garigliano 원전은 유럽에서 건설된 최초의 BWR로 1964년 6월 상업운전을 시작해 1978년 증기발생기 결함 수리로 인해 임시 정지되었다가, 1982년에 영구 정지된 바 있음.

주요단신

아시아 Asia



■ 중국, 자국 최초의 산업용 원자력 증기 공급 프로젝트 가동 개시

World Nuclear News 2024.06.20., Nucnet 2024.06.20.

■ 2024년 6월 20일 중국 CNNC는 자국 최초의 산업용 원자력 증기 공급(nuclear-powered steam supply) 프로젝트인 Heqi-1이 완공되어 가동을 개시했다고 발표함.

- Heqi-1은 Tianwan 3·4호기의 2차 계통(secondary circuits)에서 증기를 추출해 사용함.
 - 해당 프로젝트는 CNNC의 자회사인 Jiangsu Nuclear Power Company와 Lianyungang Petrochemical Industry Base가 공동으로 개발함.
 - Tianwan 원전은 PWR 8기(총 9,138MW)로 구성되며 3·4호기는 각각 2012년 12월 27일과 2013년 9월 27일에 착공 후, 2018년 2월 14일과 2018년 12월 22일에 상업 운전을 시작함.
- 추출된 증기는 다단 열교환 단계(multiple heat exchange stages)를 거친 후 지상에 설치된 단열 파이프라인을 통해 Lianyungang 석유화학 산업기지로 운송됨.
 - Tianwan은 Heqi-1 프로젝트를 위해 4개의 증기 변환기(steam conversion devices)를 보유하고 있음.
 - 효율적인 증기 운송을 위한 주요 장거리 증기 공급 파이프라인(main long-distance steam supply line)은 약 23km에 달함.
- CNNC에 따르면 Heqi-1은 연간 480만 톤의 증기를 공급할 것이며, 표준석탄 40만 톤의 연소를 줄일 것임.
- 한편, 중국은 난방열 생산을 위해 원자로를 활용한 여러 프로젝트를 진행 중임.
 - 2024년 4월 중국 국영 전력사 Huaneng은 Shandong 성에 위치한 4세대 원전인 Shidaowan 고온가스냉각로(HTR-PM)를 활용해 주거용 난방열을 생산하는 프로젝트 가동을 시작했다고 밝힘.

■ 카자흐스탄, 원전 건설 국민투표 추진 및 최대 17조 원 지원 내용 담긴 법률 초안 공개

Kazakhstan Today 2024.06.06., Nuclear Engineering International 2024.06.11., World Nuclear News 2024.06.27.

- 2024년 6월 6일 카자흐스탄 에너지부의 대체 에너지원 활용에 관한 법률 초안(draft law on the use of alternative energy sources) 협의 문서에 따르면 카자흐스탄에 원전 건설을 위한 국민투표를 올가을에 진행할 예정이며, 투표 통과 시 정부가 100억 달러(약 14조 원)¹¹⁾에서 최대 120억 달러(약 17조 원)를 지원할 계획임.
 - 원전 건설과 관련된 법률 초안은 카자흐스탄 정부가 새로운 법률 초안 및 규제 제안을 공개적으로 논의하고 의견을 수렴하기 위한 사이트인 ‘Open Regulatory Legal Acts’에 게재되었으며, 공공 논의는 2024년 7월 27일까지 진행될 예정임.
 - 국민투표의 구체적인 일정은 대중과 협의 후에 설정될 것임.
 - 원전 건설 국민투표는 2023년 9월 카자흐스탄 Kassym-Jomart Tokayev 대통령의 국가연설에서 제안함.
 - 협의 문서에서는 카자흐스탄의 에너지 분야 내 총발전량에서 재생에너지원의 비중이 작으며 국가적 차원에서 대체 에너지원 활용을 규제할 법률이 부족한 점을 문제점으로 지적하고, 이를 해결하기 위해 입법 차원에서 원자력을 무탄소 전력원으로 정의하고 카자흐스탄 내 수소 생산을 위한 환경 조성 필요성을 제시함.
 - 2023년 8월 카자흐스탄 에너지부는 자국 내 첫 원전 건설과 관련해 남동부 Almaty 지역의 Lake Balkhash 호수 부근에 위치한 Ulken 부지를 선정했으며, 원전 건설에 최대 120억 달러(약 17조 원)가 소요될 것이라고 밝힘.
 - 카자흐스탄 에너지부에 따르면 다른 국가에서 성공적으로 원자로를 운영한 경험이 있는 공급업체를 자국 내 첫 원전 건설 후보로 고려 중으로, 후보에는 한수원의 AP R1400, CNNC의 HPR-1000, Rosatom의 VVER-1200 또는 VVER-1000, EDF의 EPR-1200이 있음.

11) 아시아 단신 기사 내용(일본 제외) 모두 2024년 6월 28일 환율 기준 적용(1달러=1,388원)

■ 한수원, 원자력 청정수소 생산 사업화 기반 마련 위해 국내 기관들과 업무협약 체결

한수원 보도자료 2024.06.19., The Korea Economic Daily 2024.06.20., Ux Weekly 2024.06.24.

- 2024년 6월 19일 한국수력원자력(이하 ‘한수원’)은 삼성물산, 두산에너지빌리티, 현대건설, 한국전력기술, 한국가스안전공사, 한국가스기술공사, 한국전력거래소와 함께 한국 최초 원자력 청정수소 생산 시설 구축 및 청정수소 활용 사업화를 목표로 업무협약을 체결했다고 발표함.
 - 이번 협약에 따라 각 기업은 원자력을 활용한 청정수소 생산 실증 프로젝트(pilot project)를 수행하여 원자력 수소 기술의 상용화를 가속화하고, 원자력 청정수소 생산 실증의 성공적인 수행과 적기 사업화 추진을 위해 기업 간 협력 체계를 구축하기로 목표함.
 - 현대건설에 따르면 해당 프로젝트는 한국 최초로 추진되는 사업으로, 향후 안정적인 대규모 청정수소 생산 기반을 마련할 것으로 전망됨.
 - 구체적으로 기업들은 원자력 청정수소 생산 대용량 상용 발전소 구축과 운영, 국내 및 해외 수출형 원자력 청정수소 생산 사업모델 개발, 국내 청정수소 생산과 활용을 위한 사업 기반 조성 등에 협력하기로 함.
 - 한수원 황주호 사장은 청정수소가 지속 가능한 에너지 미래와 기후 변화 대응에 중요한 수단이므로, 원자력 청정수소 생산은 국가의 탄소중립 목표 달성과 미래 에너지 안보를 실현하는 핵심 요소라고 밝힘.

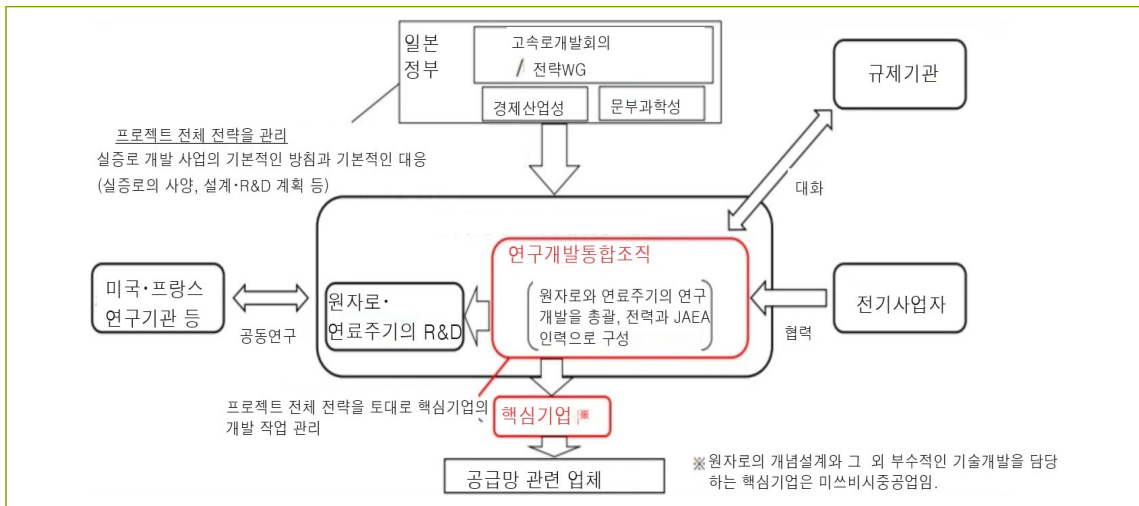
■ 일본, 7월 고속로 연구개발 추진 위한 민관 협력 계획 발표

戦略ワーキンググループ事務局 ‘高速炉実証炉の開発体制について’ 2024.06.19., 時事通信 2024.06.19., 原子力産業新聞 2024.06.20.

- 6월 19일 일본 자원에너지청의 고속로개발회의전략 WG^{*1}은 이르면 7월 JAEA(Japan Atomic Energy Research Institute)^{**2}에 민관으로 구성된 고속로 연구 개발 통합 기능 담당 조직을 설치하기로 결정함.
 - ※ 1 고속로 개발을 위한 민관으로 구성된 WG임. 자원에너지청, 문부과학성, 전기사업연합회, JAEA의 실무자급으로 구성됨.
 - ※ 2 국립연구개발법인으로 일본 원자력에 대한 종합 연구 개발 기관임.
- 2018년 12월 일본 정부는 2024년~2028년도에 고속로 실증로의 개념설계·연구 개발 추진을, 2026년에는 연료 기술에 대한 구체적인 검토를, 2028년에는 고속로 실증로의 기본설계·인허가 절차 추진을 결정하겠다는 고속로 개발 전략 목표 일정을 제시함.

- 일본 정부는 2023년 7월 고속로 실증로의 설계·개발을 총괄하는 기업으로 Mitsubishi 중공업을 선정한 바 있음.
- 2024~2028년도 원자로 개념설계 단계에서는 원자로와 연료 주기에 대해 집중적으로 연구개발하여 그 개념을 확립해야 함. 신설할 조직은 원자로와 연료 주기에 연구개발 내용을 통합하여 기본설계 단계로 연결하는 역할과 공정 관리를 담당함.
- 기본설계 단계 이후 신설 조직은 연구 개발 통합 기능을 적절히 유지하면서 개발 단계 진행에 따라 필요한 기능을 추가할 예정임.

그림 일본 고속로 실증로의 개념설계 단계 시의 개발 체제



자료: 原子力産業新聞 (2024.06.20.)를 토대로 편집·작성

일본 오이 3·4호기, 신규제 기준 적용한 계속운전 안전성 평가 통과

세계원전시장 인사이트 2024.01.05., NHK 2024.06.26.

- 6월 26일 간사이전력의 오이 3·4호기(1,180MW, PWR)가 2025년 6월 6일부터 도입될 새로운 규정을 적용한 계속운전 안전성 평가를 처음으로 인가받았음. 이에 따라 두 호기는 상업운전일로부터 40년까지 운전할 수 있게 됨.
- 일본에서는 2023년 5월 31일 계속운전 관련법이 개정되어 2025년 6월 6일부터 새로운 계속운전 안전 규제인 ‘장기시설관리계획 인가제도’가 정식으로 시행됨.
 - 사업자는 원자로의 상업운전 시작 후 30년 이상 운전할 시 30년을 기점으로 이후 최대 10년에 대한 안전성 평가 심사를 규제위에 신청할 수 있음. 심사 신청 시에는 운전 예정인 기간 동안 원자로 시설의 건전성 관리를 위한 장기시설관리계획을 수립해 인가받아야 함.

- 인가 기간 이후에도 계속운전을 희망하면 매 최대 10년까지 운전기간을 설정해 심사 신청을 할 수 있음.
- 다만, 새 제도 시행일인 2025년 6월 6일 기준 상업운전일로부터 30년 이상 지난 원자로의 경우 운전 기간이 30~39년이면 40년, 40~49년이면 50년, 50~59년이면 60년까지 계속운전 기간을 설정해 안전성 평가 심사를 신청하고 제도 시행일 전 인가받아야 함.
- 오이 3호기는 1991년 12월 18일, 4호기는 1993년 2월 2일 상업운전을 시작해 2024년 6월 10일 기준 각각 32년, 31년째 운영 중임. 간사이전력은 2023년 12월 21일 상업운전일로부터 40년 가동을 목표로 규제위에 장기시설관리계획 서류를 제출한 바 있음.

■ 일본 아오모리현, 중간저장시설 저장 연료 대상 과세 신설

日本經濟新聞 2022.09.06./09.09., 朝日新聞 2024.06.12., 産経新聞, NHK 2024.06.13., 青森県 2024.06.13.

- 6월 11일 아오모리현은 현 내에 위치한 사용후핵연료 중간저장시설에서 저장되는 사용후핵연료에 대해 우라늄 1kg당 연간 620엔(약 5,392원)¹²⁾을 과세할 방침이라고 밝힘.
 - 핵연료세 부과는 사업운영자인 RFS(Recyclable-Fuel Storage Company)와 사전에 협의함. 아오모리현은 1991년부터 도입한 핵연료물질등취급세의 일부를 개정해 해당 내용을 포함하도록 함.
 - 아오모리현은 핵연료물질등취급세를 통해 현 내 재처리시설에 반입, 저장되는 사용후핵연료나 우라늄 농축, 폐기물 매립과 관리 등에 과세 중임.
 - 조례 개정안은 6월 13일 의회에 제출되며, 의회 통과 후 총무성*의 동의를 얻으면 과세가 확정됨. 2028년 3월 말까지 약 2억 5,600만 엔(약 22.2억 원)의 세수가 전망되며, 지사는 해당 세수를 지역의 안전 대책과 지역 활성화에 사용할 방침임.
 - ※ 우리나라의 행정안전부에 해당함.
 - RFS는 7~9월 사용후핵연료 중간저장시설의 운영을 시작해 2026년도까지 도쿄전력 가시와자키 가리와원전에서 발생한 사용후핵연료 전용 보관 용기 8기분을 반입할 계획임.
 - 한편, 중간저장시설의 사용후핵연료에 대한 과세는 아오모리현 내 기초지자체인 무쓰시가 2022년 9월 6일 먼저 신설함. 무쓰시는 RFS가 시설 운영을 시작하면 아오모리현과 동일하게 시설에서 보관되는 사용후핵연료의 우라늄 1kg당 연간 620엔을 부과함.

12) 일본 단신 기사 내용 모두 2024년 6월 26일 환율 기준 적용(100엔 = 약 869원)

■ 일본 가시와자키 가리와 7호기, 시운전 전 설비 건전성 확인 완료

세계원전시장 인사이트 2024.04.19., 日本經濟新聞, 朝日新聞 2024.06.13.

- 일본 도쿄전력은 6월 13일 가시와자키 가리와 7호기(1,356MW, ABWR)에 대한 사용전사업자 검사 절차 일환으로 ‘연료 장전’부터 ‘시운전을 위한 원자로 가동’ 전 단계까지 필요한 설비 건전성 확인을 완료했다고 발표함.

※ 사용전사업자검사는 사업자가 주체가 되어 설비 건전성 확인을 진행하므로, 해당 기간에는 일정 빈도로 규제위가 확인·감시하는 별도의 검사를 받게 됨.

- 현재까지 재가동한 6개 원전의 경우 지역의 재가동 동의 후 사용전사업자검사를 진행했으며, 검사 범위도 ‘연료 장전’부터 ‘시운전을 위한 원자로 가동’까지 포함해 그대로 상업운전을 시작함. 사실상 신속히 가동을 재개하고자 지역의 재가동 동의 전에 ‘시운전을 위한 원자로 가동’ 전까지만 검사를 진행한 것은 이례적임.
- 도쿄전력은 4월 15일부터 4월 26일까지 총 872다발의 핵연료를 장전한 후 제어봉의 작동 상태와 원자로 압력용기, 비상용 노심 냉각 계통 기능 등 주요 설비 검사를 진행했음.
- 시운전을 위한 원자로 가동은 지역의 재가동 동의 후 진행할 예정이며, 니가타현 지사는 아직 가시와자키 가리와 7호기 재가동에 대한 의사를 표명하지 않았음.

■ 일본핵연료개발, 허위 점검에 대한 규제위의 법령 위반 심각도 평가 결과 발표

日本核燃料開発株式会社 2021.09.14./2024.06.13./웹사이트 최종 검색 2024.06.21., 原子力規制庁 原子力規制検査における規制措置に関するガイド 최종 검색 2024.06.21., 東京新聞 2024.06.14.

- 6월 13일 일본핵연료개발*은 방사성 폐액 탱크 등 자사의 설비 허위 점검에 대해 법령위반심각도 SL(Severity Level) III로 평가한 규제위의 결과서와 향후 규제 조치 사항이 기재된 문서를 수령했다고 발표함.

※ 일본핵연료개발은 1972년 도시바 ESS와 히타치가 핵연료 연구와 개발을 위해 설립한 회사임.

- 법령위반심각도는 SL I ~ IV로 구분하며 숫자가 클수록 심각한 정도는 낮아짐. SL I 은 원자력 안전 또는 핵물질방호상 중대한 사태, II는 중요한 사태를 초래했거나, 그러한 상태가 된 위반, III은 일정한 영향을 미칠 때, IV는 해당 영향이 한정적일 때 적용됨.
- 2023년 7월 규제위는 원자력 규제 검사를 통해 일본핵연료개발이 2009년부터 2022년까지 방사성 폐액 탱크 등의 설비 점검을 시행하지 않고 허위로 점검 기록을 작성한 사실을

파악했으며, 규제조치문서를 통해 향후 일본핵연료개발의 재발 방지 대응 상황을 검사로 확인하겠다고 밝힘.

- 규제위는 일본핵연료개발이 2021년에도 방사성물질 취급 시설 내 화재감지기 점검을 20년 이상 미시행하고 소방서에 허위로 보고해, 법령위반심각도 SL IV로 평가받은 바 있어, 허위 점검은 일본핵연료개발의 조직적인 문제라고 지적함.
- 한편, 허위 점검 이유에 대해 일본핵연료개발은 담당자가 상사의 질책을 두려워해 미 점검 사실을 밝히지 못했다고 발표함.

기타 단신

■ 카자흐스탄 Kazatomprom, 에너지부와 Inkai 3 광산 우라늄 시범 생산 위한 지하자원 사용계약 체결

World Nuclear News 2024.06.13., Nucnet 2024.06.14., Ux Weekly 2024.06.17.

- 2024년 6월 13일 카자흐스탄 국영 기업 Kazatomprom은 카자흐스탄 에너지부와 우라늄 매장지인 Inkai 3 광산에서 우라늄 시범생산(pilot production)을 위해 지하자원 사용계약(Subsoil Use Agreement)을 체결했다고 발표함.
 - 이번 계약 체결로 Kazatomprom은 4년 동안 총 70tU 시범생산이 가능하다고 밝힘.
 - 시범생산은 최대 4년을 초과할 수 없으며, 4년간의 계약 만료 시 시범생산을 포함한 최대 25년간 유효한 표준 지하자원 사용계약(Standard Subsoil Use Agreement)을 체결할 수 있음.
 - 카자흐스탄의 주요 우라늄 광산 중 하나인 Inkai는 Turkestan 지역의 Suzak 구역에 위치하며, Inkai 3 광산의 우라늄 자원량(uranium resources)은 8만 3,100tU에 달함.
 - UxC에 따르면 Inkai 3 광산에서 2030년대 초반에 생산을 시작하여 연간 4,000tU의 생산이 가능할 것으로 예상됨.

■ 키르기스스탄, 우라늄과 토륨 채굴 금지 해제 법안 승인

Ux Weekly 2024.06.10.

- 2024년 6월 10일 키르기스스탄 의회는 자국에서 2019년에 통과된 우라늄과 토륨 채굴 금지 조치를 해제하는 개정 법안을 찬성 69표, 반대 3표로 승인함.
 - 개정 법안에는 키르기스스탄은 경제적 어려움 극복을 위해 대체 자원이 필요하다는 내용과 함께 우라늄과 토륨 채굴 시 환경 규범(environmental norms)과 기준(standards)을 준수해야 한다는 내용이 포함됨.
 - 키르기스스탄은 Kyzyl-Ompol 광장에서 채굴한 티탄철광(titanomagnetite)에서 추출된 우라늄과 토륨은 Chui Oblast에 있는 Kara-Balta Combine 시설에서 가공될 예정이며, 토륨은 저장되고 우라늄은 다른 국가에 판매될 계획이라고 밝힘.

■ 베트남, 러시아와 원자력 분야 협력을 위한 MOU 체결

The Investor Vafie Magazine 2024.06.20., World Nucleus News 2024.06.21.

- 2024년 6월 19일 베트남 Pham Minh Chinh 총리는 러시아 Rosatom의 Alexei Likhachev CEO와 베트남에 원자력 과학 기술 센터 건설을 포함한 원자력 분야 협력을 위해 양해각서(MOU)를 체결함.
 - Chin 총리와 Likhachev CEO는 이번 자리에서 대형 원전 및 SMR을 베트남에 도입하는 방향을 중점으로 논의함.
 - 이번 MOU는 2011년에 체결된 양국 정부 간 협정의 연장선임.
 - Likhachev CEO에 따르면 이번 MOU에는 2027년까지 베트남과의 원자력 프로젝트 개발 일정이 포함됨.
 - 2024년 6월 20일 베트남 To Lam 국가주석은 Hanoi에서 러시아 Vladimir Putin 대통령과 회담을 한 뒤 양국 간의 협력을 확대할 수 있는 분야는 원자력이며, 신에너지와 청정 에너지 분야에서 협력을 강화하고 녹색 전환과 지속 가능한 발전을 모색하기로 합의했다고 밝힘.

■ IAEA, 스리랑카 최초 원전 부지 선정 절차 관련 안전성 검토 완료

IAEA 2024.06.06., World Nuclear News 2024.06.10.

- 2024년 6월 6일 IAEA는 5월 30일부터 5일까지 7일간 스리랑카의 최초 원전 건설을 목표로 부지 선정 절차를 위한 안전성 검토(Site and External Events Design, 이하 'SEED')를 완료했다고 밝혔다.
 - IAEA는 부지 조사 보고서(site survey report), 부지 선정 과정 및 선정 기준, 데이터 수집 과정과 부지 선정 활동 관리 시스템 적용 방법 등의 주요 항목을 검토하고 Trincomalee 지역 인근의 Pulmoddai에 위치한 후보지 중 하나를 방문함.
 - IAEA의 이번 SEED 진행은 스리랑카 정부의 요청에 따라 진행됨.
 - IAEA는 SEED 검토 후 스리랑카 원자력위원회(SLAEB)에 권고 사항으로 원전 시설 부지 조사 및 부지 선정과 관련한 국제 기준인 IAEA 안전 기준(IAEA Safety Standard Series No. SSG-35)을 준수하고 부지 관련 추가 정보를 수집할 것을 제안함.
 - IAEA에 따르면 최종 SEED 보고서는 석 달 내에 스리랑카 정부에 전달될 예정임.
 - 스리랑카는 부지 조사 단계를 완료하고 세 지역에서 여섯 개의 후보지를 선정했으며, 부지 선정 과정의 다음 단계인 후보지 평가와 후보지 순위 선정 연구에 착수함.

■ 일본 시코쿠전력, 이카타원전 건식저장시설 운영 시기 연기

세계원전시장 인사이트 2021.12.17., NHK, 四国電力 2024.06.12.

- 일본 시코쿠전력은 이카타원전에서 건설 중인 사용후핵연료 건식저장시설의 테러 대책 강화를 위해 설계를 변경하여 시설 운영 시기를 2025년 2월에서 7월로 연기함.
 - 이카타원전은 총 1~3호기로 구성되며 1·2호기(모두 566MW, PWR)는 2016년과 2018년 각각 영구 정지됨. 시코쿠전력은 2021년 11월 30일 후쿠시마사고 후 도입된 신규제 기준 시행 이후 가장 처음으로 건식저장시설 공사에 착수함.
 - 시코쿠전력은 이카타원전에서 발생한 사용후핵연료를 재처리공장에 반출하기 전까지 건식 시설에서 일시 보관할 예정임.

■ 일본 니가타현, 가시와자키 가리외원전의 출력에 적용되는 핵연료세 인상 예정

日本經濟新聞 2024.06.19., 新潟日報 2024.06.20., 新潟県과 総務省웹사이트 최종 검색 2024.06.21.

- 6월 19일 일본 니가타현 지사는 가시와자키 가리외원전(총 7기, 총 8,212MW, BWR)에 부과하는 현행 핵연료세가 11월로 만료되며, 이후 5년간 적용 예정인 핵연료세는 인상될 예정이라고 밝힘.
 - 니가타현은 핵연료세 중 원자로에 연료 장전 시 핵연료 가액에 과세하는 ‘가격분’은 현행과 동일하게 4.5%를 유지하지만, 원자로 열출력에 따라 과세하는 ‘출력 분’은 1MW당 4만 8,450엔(약 42만 원)에서 5만 2,330엔(약 45.5만 원)으로 인상할 예정임.
 - 해당 사항은 도쿄전력과 사전에 협의했으며, 핵연료세 수입은 지역의 생활 안정, 복지 향상, 방재 대책 강화 등의 추진에 활용될 예정임.

■ 일본 규제위, 하마오카원전 설비 해체 현장 확인

日本經濟新聞 2024.06.14., 朝日新聞 2024.06.15.

- 6월 14일 규제위는 일본 상용로 최초로 원자로 영역 철거 작업이 포함된 해체 3단계 공정에 착수할 예정인 주부전력의 하마오카 1·2호기(각 515·806MW, BWR)에 대한 현장 조사를 진행함.
 - 일본의 원전 해체 공정은 일반적으로 총 4단계로 진행됨. 1단계에는 오염 상황 조사와 사용후핵연료 반출을, 2단계에는 주변 설비 해체를, 3단계에는 원자로 영역 설비 해체, 4단계에는 원자로 건물 등의 해체를 진행함.
 - 두 호기는 2024년도부터 원자로 구조물과 압력용기 등의 해체 준비를 시작해, 이르면 2027년도 2호기 원자로부터 해체를 시작할 예정임. 규제위는 현장 조사에서 해체 작업 상황과 해체 시 발생하는 폐기물의 관리 등을 확인함.

■ 일본 후쿠시마 제1원전 6호기 정전… 사용후핵연료 저장 수조 냉각 펌프 고장

日本經濟新聞, 毎日新聞 2024.06.18., NHK 2024.06.18./06.20., 朝日新聞 2024.06.19.

- 6월 18일 후쿠시마 제1원전 6호기에서 정전이 발생해 사용후핵연료 1,280다발을 저장 중인 수조를 냉각하는 펌프 작동이 중단되었으며, 약 10시간 후 작동을 재개함.
 - 수조의 수온은 펌프 작동 정지 시 22℃에서 작동 재개 시 23.5℃ 도로 다소 상승했지만, 사용후핵연료는 냉각 상태를 유지했으며 방사성 누출은 없었음.

- 도쿄전력은 6월 20일 개최된 규제위 회의에서 고압 전원반에 전기를 보내는 금속판이 타버려 정전이 발생한 것으로 추정하고, 현장 조사에서 금속판에 40cm 크기의 금속 조각이 붙은 것을 발견하여 이번 사건과의 연관성을 상세히 조사할 예정이라고 밝힘.

■ 일본 도쿄전력, 2024년도 후쿠시마 제1원전 오염수 3차 해양 방류 시작

세계원전시장 인사이트 2024.05.17./06.14., 時事通信, 産経新聞 2024.06.26., 朝日新聞 2024.06.28.

- 6월 28일 일본 도쿄전력은 2024년도(2024.04.~2025.03.) 3차 후쿠시마 제1원전 오염수 방류를 시작했으며, 7월 16일까지 약 7,800톤을 방류할 예정임.
- 도쿄전력은 2024년도에 7회에 걸쳐 약 5만 4,600톤을 방류할 계획임. 1차 방류는 4월 19일부터 5월 7일까지, 2차 방류는 5월 17일에서 6월 4일까지 각각 약 7,800톤 방류 완료함.

World Nuclear Power Market
INSIGHT



**세계원전시장
인사이드**