

세계원전시장 인사이드

World Nuclear Power Market **INSIGHT**



현안이슈

영국의 원전연료 및 핵주기 개발 로드맵 주요내용 및 시사점

1. 서론
2. 영국의 원자력 개발계획과 핵연료 개발계획 개황
3. 핵연료 및 핵주기 기반 분야별 로드맵 주요내용
4. 결론

주요단신

북미

11

- 미국, 원전 건설기술 R&D에 580만 달러 투자
- 미국, NuScale SMR 건설 계획 축소

유럽

14

- 네덜란드 원자력 관계자들, 신규건설을 위해 정부지원과 안정적인 규제 정책 요구
- 스위스, 전력수입 중단에 대비한 원전 계속운전 고려 중
- 슬로베니아, Krsko 2호기 착공 사전준비 허가 발급

아시아

18

- 일본 정부, 원전 운영 기간 연장 검토 중
- 일본 산케이신문, 정부 워킹그룹이 제시한 신규 발전 설비 비용의 한계점 지적
- 일본 정부 전문가회의, 제6차 에너지기본계획 초안 제시
- 일본 원자력규제위원회, 도마리원전 중단총 존재하지 않는 것으로 판정
- 일본 원자력규제위원회, 겐카이원전 내진 기준 강화 견해 제시
- 일본, 영국과 공동으로 후쿠시마 제1원전 핵연료 잔해 반출 위한 로봇 팔 개발 중
- 중국, 자체개발 SMR 실증로 착공

기타 단신

27

- EDF, 폴란드 원전 입찰에 앞서 바르샤바에 사무소 개설
- 영국, Rolls-Royce와 Cavendish Nuclear SMR 협력 MOU 체결
- UAE, Westinghouse와 원전 유지보수 계약 체결





세계원전시장 인사이트

World Nuclear Power Market **INSIGHT**

Biweekly 격주간 2021 07.23

※ 본 간행물은 한국수력원자력(주) 정책과제의 일환으로 발행되었습니다.

발행인 조용성

편집인

박우영	parkw@keei.re.kr	052-714-2221
박찬국	green@keei.re.kr	052-714-2236
조주현	joohyun@keei.re.kr	052-714-2035
남경식	ksnam@keei.re.kr	052-714-2192
김해지	kimhj@keei.re.kr	052-714-2090
한지혜	jhhan@keei.re.kr	052-714-2089
김우석	wskim@keei.re.kr	052-714-2074
김유정	yjkim@keei.re.kr	052-714-2294

디자인·인쇄 효민디앤피 051-807-5100

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



영국의 원전연료 및 핵주기 개발 로드맵 주요내용 및 시사점

에너지경제연구원 원자력정책연구팀 조주현 연구위원 (joohyun@keei.re.kr)
한지혜 전문원 (jhhan@keei.re.kr)

1. 서론

- 영국 정부는 2020년 ‘녹색산업혁명을 위한 10대 중점계획’과 ‘에너지 백서’를 통해 2050년과 그 이후까지 전력부문 탄소중립 달성과정에서의 원자력의 역할을 제시함.
- 2021년 6월, 영국 Advanced Fuel Cycle Programme(이하 ‘AFCP’)은 상기 계획이 제시한 원전 운영에 필수적인 핵연료와 핵연료주기 기반 구축에 필요한 기술개발 로드맵인〈탄소중립 달성을 위한 연료공급: 깨끗한 에너지 미래를 위한 미래형 핵연료주기 로드맵〉(Fuelling Net Zero: Advanced Nuclear Fuel Cycle Roadmaps for a Clean Energy Future, 이하 Fuelling Net Zero)을 발표함.
 - AFCP는 영국의 Energy Innovative Programme 법안을 통해 5천만 파운드(약 7백억 원)를 투자받았으며, 영국 기후에너지산업전략부(BEIS)와 국립원자력연구원(UK National Nuclear Laboratory)을 중심으로 약 100여 개 협력기관이 참여함.
 - 보고서는 핵주기 분야의 두 가지 주요 분야인 연료제조(Fuel manufacture)와 (핵분열이 진행된) 연료 관리((Irradiated) fuel management) 관련 기술개발 항목, 기술개발 방법을 포함한 로드맵을 제시함.
- 본고에서는 Fuelling Net Zero에서 제시된 핵연료 기술개발 및 핵연료 재활용 기반구축을 위한 로드맵의 주요 내용을 소개하고 이에 대한 시사점을 도출하고자 함.
 - 2장에서는 탄소중립 달성을 위한 영국의 최근 정책과 본 로드맵의 개황을 제시함.
 - 3장에서는 미래형 원전에 활용할 연료개발 및 핵주기 기반관련 로드맵 중 주요 내용을 정리하여 제시함.
 - 4장에서는 영국의 핵연료 및 핵연료주기 로드맵 요약과 시사점을 제시함.

2. 영국의 원자력 개발계획과 핵연료 개발계획 개황

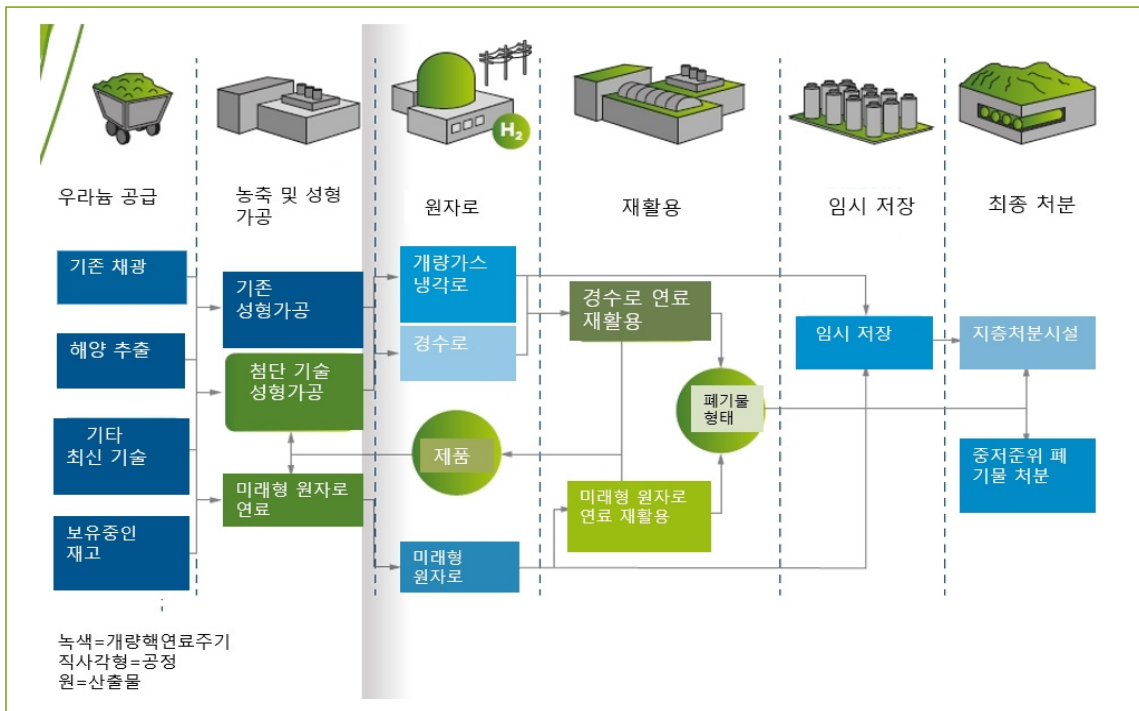
- 영국은 2050년까지 탄소 중립을 법제화한 최초의 주요 선진국임. 2020년 영국 정부가 발간한 ‘녹색산업혁명을 위한 10대 중점계획’과 ‘에너지 백서’는 2050년과 그 이후까지 전력부문에서 탄소중립 달성과정에서의 원자력의 역할을 제시함.
 - 영국은 녹색산업혁명을 위한 10대 중점계획을 위해 이미 50억 파운드 투자계획을 발표하였고, 향후 추가로 120억 파운드를 투자해 2023~2032년간 1억 8천만 톤의 온실가스 감축을 목표로 함.¹⁾
 - 이에선 신규 및 미래형 원전 도입(New and advanced nuclear power) 외에 해상풍력 기술 고도화, 저탄소수소 추진, 저공해자동차로의 전환 가속화, 녹색 교통, 자전거 및 도보, 녹색건물 보급, 온실가스 포집 활용 및 저장기술 투자, 환경보호, 녹색금융을 활용한 혁신 기술 개발 등 총 10개 분야가 포함됨.
 - 영국 정부는 10대 중점계획 가운데 원자력 산업 부문에서 ① 대형 원전 건설 기간 최대 10,000개의 일자리 창출, ② 최대 3억 파운드 규모의 소형모듈원자로(SMR) 민간 투자 촉진, ③ 2백만 가구에 원자력 기반의 청정에너지 공급을 목표로 설정함.
 - 2020년 11월 14일 발표된 2020 에너지백서에서는 녹색산업혁명을 위한 10대 중점계획을 바탕으로 2050년까지 탄소중립을 위한 방안을 제시함.²⁾
 - 수요, 발전, 에너지시스템, 건물, 산업부문, 석유 및 가스 등 총 6개 분야에 대한 핵심 목표가 제시됨. 원자력은 발전 부문에 포함되었으며 원자력에 대한 구체적인 계획으로는 ① 대형 원전 건설(최소 1기 이상), ② SMR 설계, ③ AMR 실증로 구축, ④ 핵융합 프로젝트 추진을 제시함.
- 상기 원자력 보급정책과 연계하여 해당 보고서는 영국의 핵연료개발 및 핵연료주기의 투자 중점 분야와 기술개발 로드맵을 제시함. 우선 반핵연료주기에 대해 핵연료주기 전반에서 경험을 갖추고 있지만, 이 중 상당 부분은 역량 재구축이 필요한 것으로 진단함.
 - 현재 영국은 사용후핵연료를 원전 연료로 재활용하는 순환형 핵연료주기를 활용한 바 있음. 원전에서 사용된 연료는 Sellafield에 위치한 시설로 이송되어 재처리과정을 거친 후 MOX(Mixed OXide fuel, 우라늄 산화물 핵연료)연료로 변환되어 자국의 AGR 및 경수로 원전의 연료로 사용되었음. 하지만, 현재는 안전과 경제성의 이유로 재처리 공정이 이루어지지 않고 있음.

1) <https://www.gov.uk/government/publications/the-ten-point-plan-for-a-green-industrial-revolution/title#introduction>

2) 영국의 2050년 탄소 중립 목표 달성을 위한 원자력 활용 방안, 세계 원전시장 인사이트, 2021/06/11

- 보고서는 향후 탄소중립을 위한 원전 활용 목표를 달성할 수 있도록 핵연료주기 연구개발 및 실증(RD&D)에 전략적으로 주력해야 한다고 진단함.
 - 또한 지난 5년간 영국은 정부 투자를 통해 원자력 혁신 및 연구자문위원회(NIRAB)의 권고에 따라 핵연료주기 전반에 대한 역량 재구축을 시작했으며, 원자력의 장기적인 정부투자자 필요한 특성을 고려하여야 한다고 설명함.

〈 연료 주기 개략도 〉



출처: Fuelling Net Zero: Advanced Nuclear Fuel Cycle Roadmaps for a Clean Energy Future, Advanced Fuel Cycle Programme

- 이에 따라 로드맵은 현재 운영 중이거나 개발 중인 원전에 사용할 핵연료와 핵연료주기에 대한 시나리오에 다음의 사항이 포함될 수 있는지에 대한 가능성을 고려함.
 - 개량 핵연료 및 관련 사용후핵연료 관리를 개방형 핵연료주기(Open cycle) 또는 비순환형 핵연료주기(Once-through cycle)에서 활용
 - 고속로 및 관련 핵연료 주기
 - on-line 공정을 포함한 용융염 원자로 기술개발
 - 지속가능성 목표에 맞춰 개량핵연료주기의 부분 또는 전체 구현을 위한 미래 발전(분리 후 핵변환(Partitioning and transmutation, P&T) 선택권 포함)

3. 핵연료 및 핵주기 기반 분야별 로드맵 주요내용

- 상기 고려사항을 반영하여, 핵연료개발 로드맵은 크게 개량형연료(Advanced nuclear fuel)와 지속가능한 미래형핵연료주기(Sustainable advanced fuel cycle) 부문으로 구분하여, 각 분야별로 3개 소분야에 대한 현황·개발 목적·파급효과 등을 포함한 로드맵을 제시함.
 - 개량형핵연료 개발 로드맵에서는 1) 개량 핵연료 제조기술(Advanced technology fuels), 2) 피복입자핵연료(Coated particle fuel), 3) 고속로 핵연료 및 핵연료주기(Fast reactor fuels and fuel cycle) 기술개발계획과 목표를 제시함.
 - 지속가능한 미래형핵연료주기에서는 미래 핵연료 제조를 위한 1) 경수로용 핵연료의 첨단 재활용 기술(Advanced recycle of LWR fuel to produce future fuels), 2) 개량형연료의 첨단 재활용 기술(Advanced recycle technology of ATF to produce future fuels), 3) 고온화학적(용융염) 재활용 기술(Pyrochemical (molten salt) recycle technology to produce future fuels)을 제시함.
- 미래형 원전 핵연료(Advanced technology fuels, ATF)
 - 현재 영국은 Westinghouse 社の 사고저항성연료 피복관인 EnCore™ 를 사용 중임. 금번 로드맵을 통해 영국은 지르코늄 합금 클래딩, 고밀도핵연료, 개량형클래딩 3개 분야의 기술개발을 통해 영국 고유의 사고저항성연료를 개발하고자 함.
 - EnCore™ 는 Westinghouse 社가 미국 DOE의 지원을 받아 개발하였으며, 이에 영국 정부가 공동으로 참여해 Westinghouse 핵연료개발 프로그램과 연계가 가능하였다고 진단함.
 - 향후 기술개발은 단기적으로는 코팅된 지르코늄 합금 클래딩(Cladding) 개발, 장기적으로는 ‘혁신적’인 안으로 고밀도 핵연료(예, 질화 우라늄), 실리콘 카바이드(SiC) 복합 재료를 활용하는 등 개량형 클래딩 개발에 중점을 두고자 함.
 - 보고서는 10~15년 이후의 상용화 일정과, 이를 위한 과제와 성공 시 파급효과를 제시함.
 - 상업용으로 코팅된 클래딩과 차세대 ATF가 향후 10~15년 내로 영국에서 제조되어, 국내의 경수로(LWR) 시장에 진출할 수 있을 것으로 전망함.
 - 이를 달성하기 위해 조사(Irradiation) 시험, 노외(Out-of-pile) 시험, 사용후핵연료 관리 평가를 포함한 핵연료 자격인정은 향후 3년에서 5년 사이에 중요해질 것으로 전망함.
 - ATF 제품이 로드맵에서 제시된 바와 같이 개발된다면, 영국은 잠재적으로 상당한 수익을 창출하고 고유 핵연료 제조 역량을 확보하는 데 기여할 수 있을 것으로 전망함.

■ 피복입자기술이 적용된 핵연료(Coated particle fuel, CPF)

- 현재 영국은 UKSMR, AMR 등을 개발 중이며, 전력과 열, 수소를 동시에 공급할 수 있는 고온가스원자로의 개발도 포함됨. 고온가스원자로의 극한 환경에서도 안전성을 유지할 수 있는 CPF에 대한 관심이 상당히 높아지고 있음.
 - 해당 기술은 흔히 TRISO(Tristructural-isotropic, 삼중구조 피복관) 핵연료로 알려짐. CPF는 일반적으로 연료핵(Kernel) 또는 노심(Core)층과 이를 둘러싸고 있는 다중층의 코팅으로 이루어짐.³⁾
 - ※ TRISO 핵연료는 직경 0.6mm의 이산화우라늄(UO_2)을 탄소와 탄화규소(SiC) 세라믹으로 삼중 피복한 것으로 직경이 약 1mm임. TRISO 핵연료를 흑연가루와 구형으로 뭉쳐 직경 6cm 내외로 성형한 핵연료가 펄블형(pebble type)이고, TRISO 핵연료를 분필 모양으로 성형한 후 흑연 블록에 채워 넣은 핵연료가 블록형(block type)⁴⁾ 임.
 - CPF를 고온가스원자로 외에도 경수로(LWR)와 신규 초소형 원자로 및 우주 원자로 시스템에 활용하는 방안 또한 검토되고 있음.
- 이는 2020년 에너지백서에서 밝힌 자국 내 AMR 실증로 구축 및 국내외 고온가스원자로(HTR) 시장 진출과 궤를 같이하여, 2030년대 초까지 실증로에 필요한 핵연료를 제조하고, 이후 장기적으로 상업용 규모 핵연료 제조 및 공급역량 확보를 목표로 제시함.
 - 영국은 현재 CPF 제조와 관련해 연료핵(Kernel) 성형가공과 연료핵(Kernel) 코팅 관련 제조시설을 건설 중임. 또한 로드맵은 캡슐화 기술(연료핵의 펄블형(Pebbles) 또는 콤팩트형 성형)에도 중점을 두고 있음.
 - 이를 위해 단기적으로 시제품에 활용될 수 있는 코팅, 캡슐화 기술개발을 완성해 핵연료 인증과 인허가 취득을 목표로 제시함.
 - 또한 고순도 저농축 우라늄(High-assay low-enriched uranium, HALEU) 공급 확보, 국제 협력, 조사 및 조사후시험시설 이용, 신규 핵연료 인증에 필요한 자료 요건 완성을 필요조건으로 밝힘.

■ 고속로 핵연료 및 핵연료주기(Fast reactor fuels and fuel cycle)

- 영국은 자국에서의 고속로 개발과 가동, 고속로에 필요한 핵연료 제조 및 핵연료주기개발 경험을 갖추고 있으며, 이를 활용해 향후 미래형원전에 필요한 MOX 연료 공급기반을 마련하고자 함.

3) 코팅층에는 핵연료팽윤(fuel swelling) 및 기체핵분열 생성물의 축적을 수용하기 위한 다공성(porous) 탄소의 완충재, 등방성 열분해성(isotropic pyrolytic) 탄소의 2겹의 밀도 보호층, 구조 무결성과 핵분열 생성물의 장벽을 제공하는 밀도 높은 실리콘 카바이드(SiC)층으로 구성됨.

4) <https://atomic.snu.ac.kr/index.php/가스냉각로>

- 1976~1994년까지 스코틀랜드 Dounreay에 실증용 소듐냉각고속로를 가동하고 핵연료를 공급한 경험을 바탕으로 향후 고속로에 필요한 핵연료 제조 및 핵연료주기개발을 목표로 제시함.
- 영국은 이미 Sellafield에 있는 국립원자력연구소 내 중앙 연구소에서 고속로용 핵연료 펠릿 제조 연구 최적화에 필요한 역량을 구축함. 최신기술의 핵연료 제조라인을 사용하여 영국의 고속로에 사용할 수 있는 MOX 핵연료를 20년 만에 최초로 제조하는 것을 구체적인 목표로 제시함.
- 로드맵은 고속로 연료 개발 대상으로 1) 기존의 강철 클래딩을 활용한 우라늄 기반 핵연료와 2) 재활용이 가능한 플루토늄 및 마이너 악티나이드 기반 핵연료와 클래딩의 두 종류를 제시함.

■ 핵연료 재활용을 위한 첨단 기술 개발 로드맵

- 현재 영국이 추진 중인 개량핵연료주기 프로그램은 핵연료 재활용 분야에서 핵연료 주기 비용과 환경에 미치는 영향 감소, 현재 활용되는 재활용 기술에 비해 안전성, 안보, 핵확산 저항성 향상을 제공하는 기술개발에 초점을 맞추고 있음.
- 해당 재활용 기술 개발 로드맵은 각각 경수로형연료, 개량형연료, 용융염원자로연료 세 가지 분야에 대한 재활용 기술개발 목표를 제시함.
 - 새로운 기술은 현재 영국에서 사용후핵연료 관리에 사용되는 기존 방식인 비순환형 핵연료 주기(Once-through cycle)를 대체할 수 있을 것으로 보고서는 전망함.
 - 상기 언급된 기술들은 향후 탄소중립 달성을 위한 원전활용 증가에 따른 연료공급 관련 위험도를 완화하고 2050년 이후 장기적 탄소 중립 목표 달성에 기여할 수 있을 것으로 보고서는 평가함.
 - 해당 기술의 성공적 R&D를 위한 공통적 핵심요인(Enabler)으로 실증용 인프라 구축, 국제 협력 활용, 시뮬레이션 툴 개발 등이 제시됨.
- 경수로연료 관련 첨단기술로는 개량 PUREX 공정이 포함되며 다음의 목적을 포함함.
 - 개량 PUREX 공정은 훨씬 더 작은 단일 주기 공정으로 구성되며, 가동단계의 단순화, 핵확산 장벽 추가, 공정 유연성의 고도화 등 기존 PUREX에 비해 혁신적 개념이 적용될 예정임.
 - 공정에서 발생하는 2차 폐기물의 원천적 최소화를 목표로 함.
 - 고준위 폐기물 처리 및 처분 부담을 줄이기 위해 마이너 악티나이드를 분리하는 옵션도 이 공정의 ‘추가 기능’으로 개발될 예정임.

- 개량형연료 관련 재활용 기술개발은 경수로형 관련기술과 상당부분 중복된다고 판단 하였으나, 주로 신개념을 적용한 개량형연료의 재활용 과정에 필요한 기술들에 대한 추가적인 개발에 중점을 두고 있음.
 - 이는 주로 ATF의 전처리공정(Head end) 준비 단계에 관련된 것으로 제시됨.
- 마지막으로 용융염원자로용 연료와 관련 재활용 기술개발은 주로 핵연료의 전해공정(Electrorefining)과 용융염원자로 관련 기술개발이 이루어질 계획임.
 - 전해환원(Electroreduction)을 통한 파이로프로세싱(Pyro-processing) 산화물 핵연료 까지의 적용확대를 목표로 함.
 - 이를 위해 전해환원(Electroreduction)과 전해공정(Electrorefining)의 기술성숙도 제고, 용융염원자로의 여러 분야에 걸친 공통 이슈에 대한 종합적 검토, 폐가스 포집, 염분 처리 및 고정화를 주요 과제로 제시함.

4. 결론

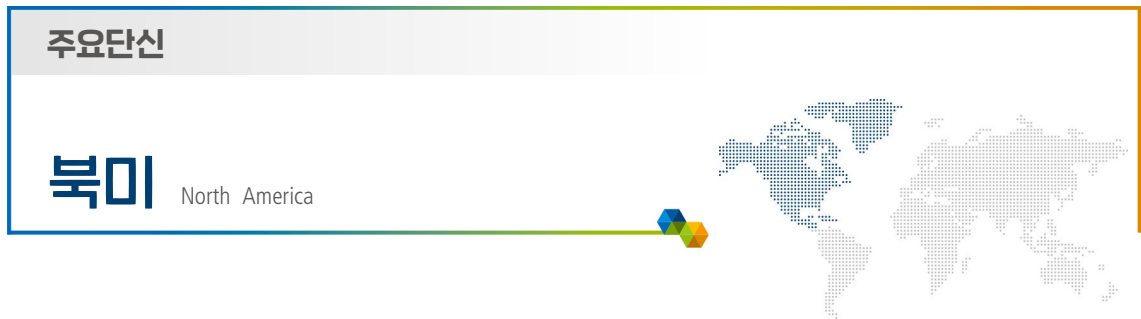
- 보고서는 향후 영국의 탄소중립 달성을 위한 원자력 활용에 필요한 핵연료 개발 및 핵연료주기 기반구축 관련 기술개발 로드맵을 제시함.
 - 현재 활용 중인 경수로형 연료 외에, 향후 개발 및 보급이 예상되는 고온가스로 등 미래형 원전에 사용할 연료를 대상으로 한 기술개발 로드맵을 제시함.
 - 또한 핵연료주기 측면의 재활용을 고려한 기술개발 로드맵을 제시함.
- 보고서는 정책, 인프라, 국제협력에서 정부지원의 중요성을 제시함.
 - 핵연료주기 요소는 안보 및 핵비확산 관점에서 국가의 전략적 역량으로 간주될 수 있는 측면이 있음.
 - 기술개발에 많은 시간이 소요되고 정책의 불확실성 때문에 산업계의 투자가 활발하지 않을 수 있기 때문에 정부 투자의 필요성을 제시함.
 - 마지막으로 영국은 핵연료 주기의 전략적 접근법을 활용해 녹색산업혁명을 위한 10대 중점계획과 에너지 백서에서 설정한 원자력 확대 계획을 달성할 수 있을 것으로 전망함.
- 국내외에서도 기존 대형 원자로 외에 다양한 기술을 활용한 소형원전들이 개발 중이며, 연료 기술개발 관점에서 이에 대한 시사점을 제시한다고 볼 수 있음.

- 기존에는 후쿠시마 원전 사고 이후 연료의 사고저항성 향상 등 안전성 향상에 기술개발의 초점이 맞추어졌다면, 금번 영국의 로드맵은 새로운 기술을 활용한 원전이 활발히 이루어지고 있는 상황에 선제적으로 대응한 것이라고 볼 수 있음.
 - 금번 영국의 기술개발 로드맵에서는 경수로기반 원자로 외에 열과 수소를 동시에 생산할 수 있는 원자로에 활용될 수 있는 연료의 기술개발이 포함됨.
- 따라서 국내에서도 안전성 강화를 위한 사고저항성 연료 설계 및 제조기술의 고도화에 더해 새로운 원전기술에 활용할 수 있는 연료개발 및 기반구축을 위한 기회에 대한 대응을 고려해 볼 수 있을 것으로 사료됨.

참고문헌



- 「Fuelling Net Zero: Advanced Nuclear Fuel Cycle Roadmaps for a Clean Energy Future」, Advanced Fuel Cycle Programme by BEIS, National Nuclear Laboratory
- 「영국의 2050년 탄소 중립 목표 달성을 위한 원자력 활용 방안」, 세계 원전시장 인사이트, 2021/06/11
- <https://atomic.snu.ac.kr/index.php/가스냉각로>(최종접속일: 2021/07/20)



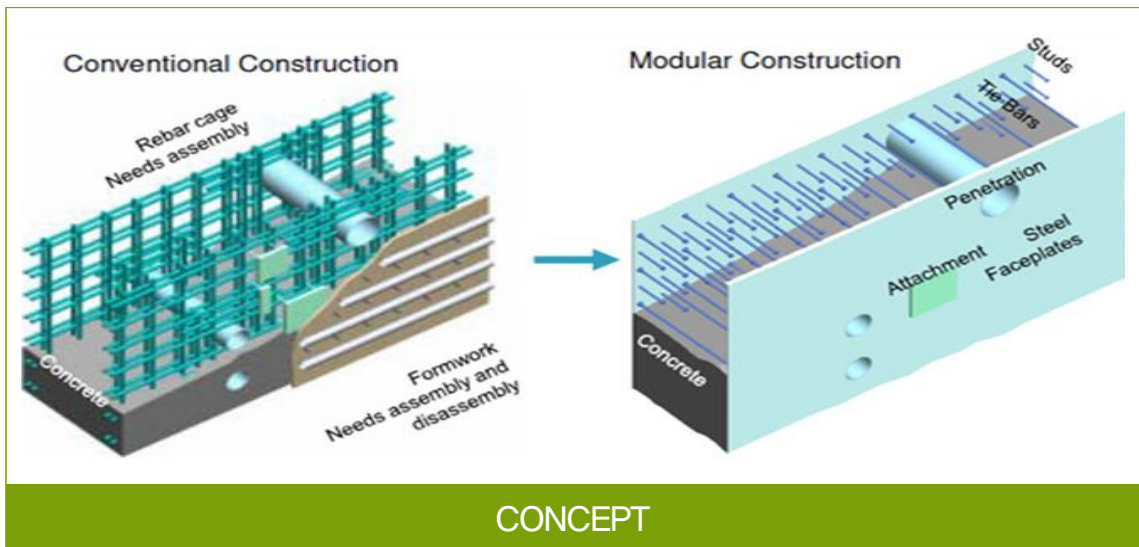
◎ 미국, 원전 건설기술 R&D에 580만 달러 투자

US DOE. 2021.07.07., Utility Dive. ENR. 2021.07.08.

- 미 에너지부 산하 원자로 혁신 센터(National Reactor Innovation Center)는 차세대 원전 건설비용 저감을 위해 원전 분야에 미도입된 건설 기술의 실증을 지원하는 프로젝트 Advanced Construction Technology(ACT)에 착수함.
 - 원자력 혁신 역량법(Nuclear Energy Innovation Capabilities Act)에 따라 2019년 창설된 원자로 혁신 센터는 민간 기업의 원자로 시험·실증·허가 및 상업화를 지원함.
 - GE Hitachi Nuclear Energy 등의 기업이 프로젝트에 참여하며, 원자로 혁신 센터는 새로운 건설 기술 도입은 원전의 건설비용을 10% 낮출 뿐 아니라 원전 건설 일정의 불확실성도 낮출 것으로 기대함.
 - 원자로 혁신 센터는 전체 프로젝트 비용의 75%를 제공함.
- 원자로 혁신 센터는 총 3가지 건설 기술의 도입 가능성을 연구하며, 첫 번째 기술은 터널 공사에 주로 쓰이는 수직갱 굴착 공법(Vertical shaft construction)임.
 - 원전 건설에 수직갱 굴착 공법을 도입하면 굴착 작업량을 줄여 약 5천만 달러의 건설비용 절약이 기대됨.
 - 일반적으로 원전 건설에는 약 76만 세제곱미터의 굴착 작업이 필요함.
 - 현재 개발 중인 차세대 원전의 대부분이 지하에 건설될 예정임을 고려하면 수직갱 굴착 공법은 더욱 원전 건설에 적합함.
- 두 번째 실증 대상 기술은 Modular Walling System이 개발한 강-콘크리트 합성 구조인 Steel Brick을 이용한 원전 구조물 건설임.

- Modular Walling System은 모듈러 건축 부품을 생산하는 기업으로, Steel Brick은 굴착 작업이 진행되는 동안 공장에서 생산되고 조립이 간편한 모듈러 방식이기 때문에 원전 건설에 드는 노동력을 줄일 수 있을 것으로 기대됨.
- Steel Brick은 강판에 자기충전 콘크리트(Self-consolidating concrete)를 부어 제작되며, 양면을 서로 다른 금속 소재로 제작할 수 있어 원전 구조물의 부식 강도를 높일 수 있음.
 - Modular Walling System은 원전의 토대(Foundation)도 Steel Brick으로 공장에서 생산이 가능한 만큼 원전 건설 기간을 크게 단축할 수 있을 것이라고 밝힘.
- 현재 Steel Brick은 직사각형 형태로만 생산되는데, 연구진은 원통형 모양의 Steel Brick 부품 개발을 하게 됨.

〈Steel Brick 이미지〉



출처: Cauntion Engineering 홈페이지(검색일: 2021.07.21.)

- 세 번째 실증 대상 기술은 원전 건설 및 운영에 3D 디지털 트윈을 도입하는 것으로, 임베디드 센서, 3D 구조 및 지반공학 모델링, 건물 구조와 상호작용하는 소프트웨어로 원전의 3D 디지털 트윈을 구축해 원전 건설 및 가동 시 정확한 모니터링 및 유지보수를 가능케 하는 것이 목표임.
- 지진·응력·변형도 센서와 연결된 3D 디지털 트윈을 통해 원전 건설 및 가동 중 원전 상태를 실시간으로 파악해 용이한 원전의 유지보수를 가능케 할 것으로 기대됨.

◎ 미국, NuScale SMR 건설 계획 축소

Post Register.2021.07.16., AP News. 2021.07.20.

■ SMR 건설 프로젝트 Carbon Free Power Project(CFPP)의 시행사 UAMPS*는 프로젝트에 포함된 SMR의 기수를 당초 12기에서 6기로 축소함.

* UAMPS는 Utah, California, Idaho, Nevada, Wyoming 州 47개 회원 도시에 전력을 공급함.

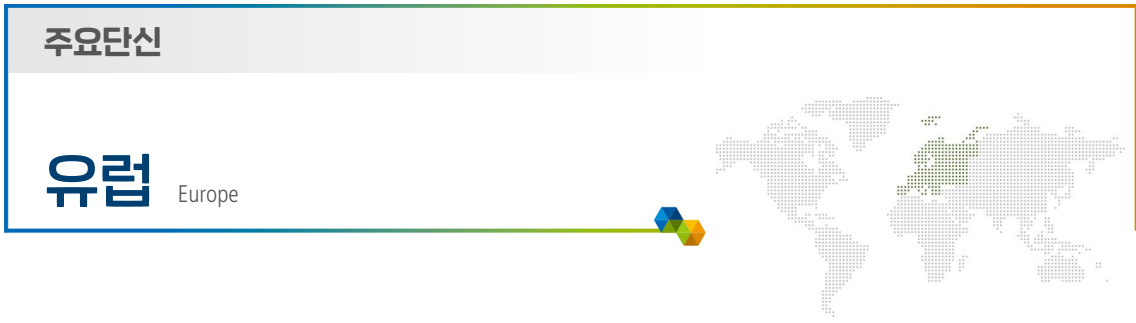
- 2015년 8월 시작된 CFPP는 Idaho 국립 연구소 부지에 NuScale 社의 SMR 12기를 건설하는 프로젝트로, 2020년 미 에너지부는 CFPP에 10년간 총 13억 5천만 달러의 재정 지원을 결정함.
 - 건설 결정 당시 NuScale 社 SMR 출력은 50MW였으나 2번에 걸쳐 77MW로 증가함.
- UAMPS는 CFPP 참여 도시들과 면밀한 검토 및 논의를 거친 결과 프로젝트 참여 도시 및 추후 가입을 희망하는 도시에 전력을 공급하기에는 원자로 6기가 적절한 규모라고 판단했다고 발표함.
- 개별 도시는 UAMPS와 전력 구매 계약을 체결해 CFPP에 참여하며, 참여 도시는 계약 용량에 비례해 원전 건설비용을 부담함.
 - 참여 도시는 계약용량 1MWh당 약 58달러를 부담함.

■ 한때 32개의 도시가 UAMPS와 200MW의 용량을 계약해 CFPP에 참여하였으나, 원전 건설비용 증가로 인한 재정 부담을 이유로 일부 도시는 프로젝트를 탈퇴하거나 계약용량을 줄임.

- 2017년 36억 달러였던 CFPP 건설비용은 2020년 61억 달러로 증가함.
- Lehi, Logan, Kaysville, Murray, Beaver, Bountiful, Heber가 CFPP를 탈퇴하였고, Idaho Falls는 계약용량을 10MW에서 5MW로 줄임.
- 현재 28개 도시가 103MW의 용량을 계약함.

■ 다만 UAMPS는 1) NuScale 社의 SMR이 미 NRC의 설계승인을 득하였고 2) 2020년 미 에너지부의 CFPP에 13억 5천만 달러 지원 결정을 예로 들며 CFPP는 큰 진전을 보이고 있으며, 더 많은 도시가 CFPP에 관심을 보일 것으로 기대한다고 밝힘.

- UAMPS는 2024년까지 NRC에 원자로 건설·운전 통합인허가(COL) 발급을 신청하고 2029년 최초호기 가동을 목표로 함.



● 네덜란드 원자력 관계자들, 신규건설을 위해 정부지원과 안정적인 규제 정책 요구

World Nuclear News 2021.07.08., Nuclear Engineering International 2021.07.12.

■ 2021년 7월 7일 컨설팅 회사 KPMG는 네덜란드 정부의 용역을 받아 시행한 원자력에 대한 시장성 분석 보고서에서 원전업계 관계자 및 전문가들이 정부의 자금 조달 보증 및 안정적인 규제 정책과 지역 수용성을 조건으로 신규 원전 건설에 투자할 의향을 표명했다고 밝힘.

- 네덜란드는 2050년까지 온실가스 배출량을 1990년 대비 95% 감축할 계획으로, 정부는 이 목표를 달성하기 위해 운영 중인 Borssele 원전(482MW, PWR)에 더해 신규원전을 건설하는 안을 고려 중임.

- 2020년 네덜란드 의회는 집권 여당 자유민주당을 중심으로 정부 보조금 지원을 통한 신규 원전 건설의 촉진을 지지하는 동의안을 통과시킨 바 있음.

- 2020년 네덜란드 원전운영사인 EPZ는 자국의 에너지·기후 목표 달성을 위해 Borssele 원전의 2033년 이후 계속운전과 신규 원전 2기(1,500MW 규모 3세대 2기) 증설을 정부에 제안한 바 있음.

- 경제·기후정책부는 컨설팅사인 KPMG에게 원전업계 관계자 및 전문가 대상으로 신규 원전 건설에 대한 견해와 필요요건 등을 확인하는 자문수행을 요청함. 이에 따라 KPMG는 올해 2월 8일부터 계약업체, 공급업체, 운영자, 해체 및 금융전문가를 포함한 41명의 국내외 원전업계 관계자 및 전문가를 인터뷰함. 또한 네덜란드의 14개 지역에서도 인터뷰를 진행하고, 공개적으로 이용가능한 정보도 참고함.

■ KPMG의 신규 원전에 대한 견해 및 필요조건에 대한 의견분석결과, 3세대+원자로를 선호하며, 자금 조달방안 및 관련규제에 대한 개선이 필요한 것으로 나타남.

- 대다수 응답자들은 안전 요건이 입증되어 공기 지연과 비용 초과 위험을 줄일 수 있는 3세대+원자로를 선호하는 것으로 나타남.

- 프랑스 EDF(Olkiluoto, Flamanville, Hinkley Point C), 미국 Westinghouse(Vogtle), 한국수력원자력(Barakah)의 사례와 같이 이미 건설되었거나 건설 중인 3세대+원자로가 후보로 언급됨.(러시아와 중국의 원자로는 경제·기후정책부의 요청으로 후보 목록에서 제외됨.)
- 응답자들은 4세대 원자로가 안전 및 또는 폐기물 측면에서 이점이 있지만 2040년 이전까지 상용화가 어려워 2050년까지 탄소 중립 목표를 달성하기에는 늦을 것이라고 판단함.
- 원전업계 관계자 및 전문가들은 자금 조달 규모, 리드 타임으로 인해 정부의 개입이 불가피하다고 보고 정부가 자체적으로 자금을 조달해야한다고 제안함.
 - 응답자들은 다양한 파이낸싱 모델(가격 보증(CfD), 전력구매계약(PPA), 전력구매(Mankala) 등) 가운데 수익 확실성이 보장되는 RAB(Regulated Asset-Based, 규제자산기반) 모델을 선호하고 있는 것으로 조사됨.
 - ※ 공항이나 상수도 회사의 인프라 프로젝트에 적용된 규제자산기반 모델은 국가가 주도하여 소비자에게 시설 건설비의 일부를 부담하도록 해 기반 시설 건설비를 조달하는 모델로, 원전건설의 경우 전기요금에 신규 원전 건설비 일부를 추가로 부과하는 방식으로 설계되었음.
- 응답자들은 또한 네덜란드 인허가 승인 과정에서 투명성, 조화, 예측가능성을 제안함. 이들은 비용 절감을 위해 네덜란드가 다른 국가의 인허가 절차와 국제 표준을 참고하기를 희망함.
- Borssele 원전이 위치한 제일란트주(Zeeland)는 신규 원전 건설을 찬성하고 있으며, 노르트브라반투주(Noord-Brabant)도 특정 조건에서 신규 원전을 유치할 수 있다고 밝힘.
 - 원전에 익숙한 제일란트주 주민들은 신규 원전을 통해 지역 고용을 유지하고 신규 일자리 창출 기회가 주어질 것으로 보는 것으로 조사됨.
- **딜란 예실고즈-제게리우스 경제·기후정책부 장관은 원자력이 원전업계 관계자 및 전문가들 사이에서 긍정적인 평가를 받아 2030~2050년 및 2050년 이후에 원자력이 재생에너지원과 함께 에너지 및 기후 계획에 포함될 가능성에 대한 연구를 지시함.**
 - 또한 예실고즈-제게리우스 장관은 Borssele 원전의 2033년 이후 계속운전을 위해 국가의 원자력법을 개정하는 방안을 모색하고 있다고 밝힘.
 - Yesilgöz-Zegerius는 온실가스를 덜 배출하고 지속가능한 에너지를 더 많이 생산해야 하기 때문에 기후 목표를 달성하려면 수익성 있고 안전한 원자력을 포함한 모든 수단을 동원해야한다고 밝힘.

◎ 스위스, 전력수입 중단에 대비한 원전 계속운전 고려 중

Le News, Nucret 2021.07.08.

■ 스위스 연방정부는 현재 에너지전략 2050년에 의해 설정된 원전 수명에 추가로 10년 계속운전을 추가할 수 있는 안을 고려 중임.

- 2021년 7월 기준 스위스는 2,960MW 규모의 4기 원자로(Beznau 1,2호기, Gösgen, Leibstadt)를 가동 중임.
- 스위스는 2018년 발효된 에너지전략 2050년(Energy Strategy 2050)을 통해 신규 원전 건설을 금지하고, 기존 원전이 50년까지만 운영되는 방식으로 2034년까지 원전을 단계적 폐쇄하기로 함.
 - 스위스에서는 원자력 조례 제34조항에 따라 원자로 운영허가를 받은 원전운영사는 10년마다 종합적으로 주기적안전성평가(Periodic Safety Review, PSR)를 시행하며 스위스 연방원자력안전감독청(ENSI)이 안전성을 인정하면 추가로 10년 가동 기간이 연장됨.
- 스위스 연방 정부는 지난 5월 26일 EU와 외교적 갈등으로 인한 기본 협정 파기로 EU와의 전력교환협정이 중단될 가능성을 우려 중임. 이에 따라 스위스 정부는 전력 공급 안정성, 에너지 자급자족, 대체 에너지원 개발을 위해 단계적 원전 폐쇄 대신 계속운전을 시행하는 방안을 고려하고 있는 것으로 알려짐.
 - 스위스는 발전량의 대부분을 수력에 의존하고 있으며, 겨울철 결빙으로 수력발전이 어려워 주변 EU국가로부터 전력을 수입하고 있음.
 - ※ 2019년 스위스의 총 발전량은 73.5TWh로 이 중 원자력이 36%, 수력 56%, 태양광 3%를 차지함⁵⁾
 - 스위스 현지 언론에 따르면 원전의 추가 10년 계속운전은 스위스 에너지 당국이 전력 생산 및 소비에 관한 시나리오를 수립한 2019년에 이미 고려된 바 있음.
- 한편, 2018년 10월 국제에너지기구(IEA)는 'IEA 회원국의 에너지 정책: 스위스 검토 2018년' (Energy Policies of IEA Countries: Switzerland 2018 Review) 보고서를 통해 스위스가 단계적 원전 폐쇄로 인해 연간 최소 20TWh의 전력 부족분이 발생할 것이라고 예상하고, 이를 신규 화석 연료를 포함한 다른 전원으로 대체해야 한다고 분석함.

5) Enerdata, Country Energy Report Switzerland, 2020.11.

◎ 슬로베니아, Krsko 2호기 착공 사전준비 허가 발급

World Nuclear News 2021.07.19., Nuclear Engineering International 2021.07.21.

- 2021년 7월 19일 슬로베니아 인프라부는 기존 Krsko 원전(696MW, PWR)에 신규 원자로인 Krsko 2호기 증설을 추진하기 위한 행정 및 인허가 절차 준비를 허용하는 에너지 허가를 발급함.
 - 예르네 브르토벵 인프라부 장관은 에너지 허가 발급 이후 공론화, 부지 선정, 건설허가 취득, 공급업체 선정, 시공 절차가 시작될 예정이라고 밝힘.
 - 브르토벵 장관은 예상 수명 60년, 연간 발전량 8~12TWh, 1.1GW 규모의 신규 원자로 건설을 검토하고 있지만 예상 가격, 노형, 프로젝트 일정 등 세부 사항은 아직 결정되지 않은 상태라고 덧붙임.
 - 국영 프로젝트 회사인 Gen Energija는 Krsko 2호기에 대한 타당성 조사 결과 해당 프로젝트가 기술적으로도 실현가능하다고 밝히며, 자체 재원과 공동 투자자 및 EU의 지원으로 프로젝트를 추진할 것이라고 밝힘.
 - 2020년 1월 Gen Energija는 Krsko 2호기 건설 인허가 신청서를 제출하였음.
 - 일반적으로 신규 원전 프로젝트 비용은 약 50억 유로로 추정되고 있으며, Gen Energija는 전력 판매 수입, 대출 및 채권을 통해 자금을 조달할 예정임.
 - Gen Energija는 Krsko 2호기 건설 인허가 승인에 최소 5년, 건설에 추가로 5년이 소요될 것으로 예상함.
 - 보루트 파호르 대통령은 Krsko 2호기 건설에 대한 결정은 국민투표를 통해 결정되어야 한다고 언급했으며, 브르토벵 장관은 국민들이 기존 Krsko 원전에 대한 좋은 인식 때문에 신규 원전을 지지할 것이라고 전망함.
- 이번 에너지 허가 발급은 슬로베니아 정부가 장기 저탄소 발전원으로 원자력을 포함한 국가기후 전략(National Climate Strategy) 최종본을 발표한 지 일주일 만임.
 - 브르토벵 장관은 슬로베니아의 목표가 2050년까지 기후 중립 목표를 달성하는 것이며 국가 에너지 및 기후 계획(NECP)은 원자력을 탄소 중립 달성 방안으로 인식하고 있다고 밝힘.
- 한편, Krsko 원전은 슬로베니아의 유일한 상용 원자로로 1983년 상업운전을 시작하였으며 전체 전력의 35% 이상을 공급 중임. 해당 원전의 설계수명은 40년으로 2023년에 폐쇄될 예정이었으나, 2015년 중반에 20년 계속운전이 확정됨.

주요단신

아시아 Asia



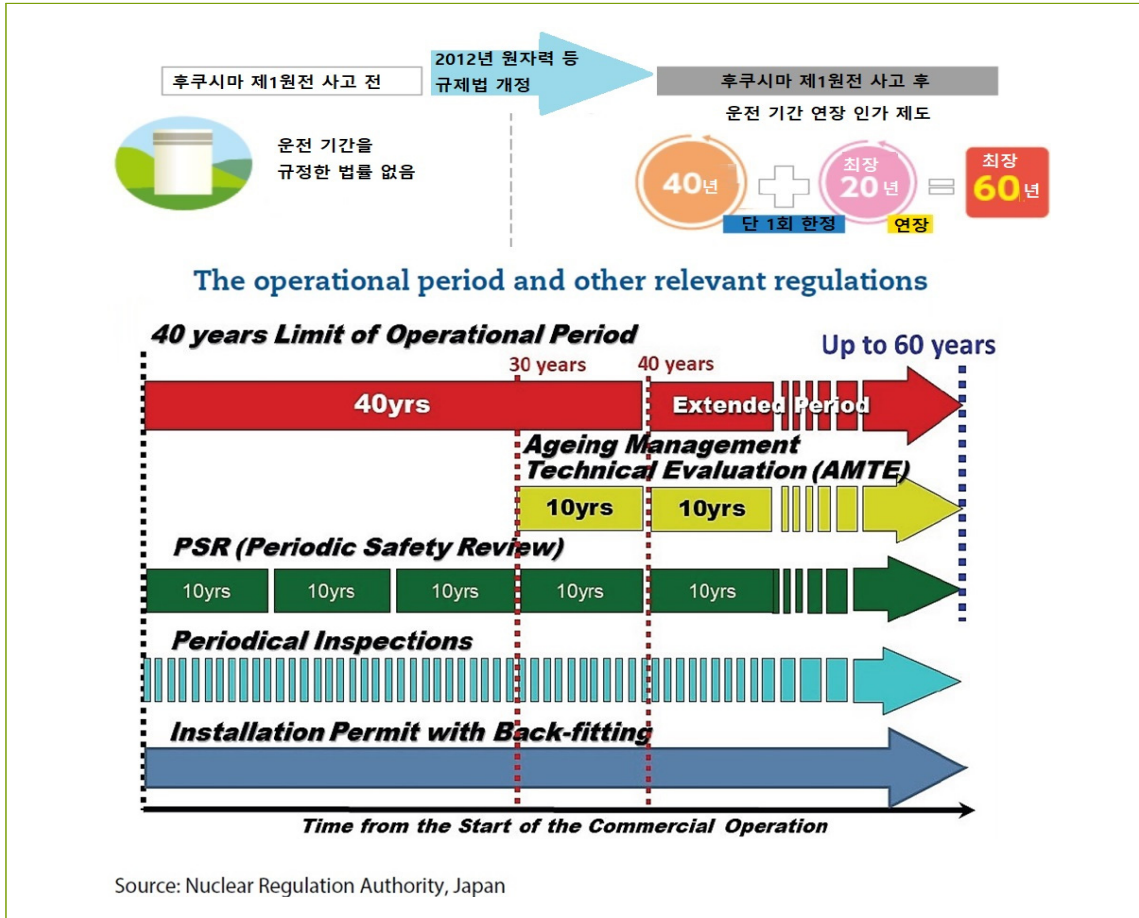
◎ 일본 정부, 원전 운영 기간 연장 검토 중

마이니치신문 2021.07.15., 교도통신 2021.07.16., 일본경제신문 2021.07.16.,
간사이전력 웹사이트 최종 검색 2021.07.20.

■ 7월 16일 일본경제신문과 교도통신은 정부가 기존 원전의 운영 기간 연장안을 검토 중이라고 보도함.

- 일본은 2011년 후쿠시마 사고 이전에는 원전 운영 기간 상한을 규정하지 않았으나 후쿠시마 사고를 계기로 2012년 원자로 등 규제법(原子炉等規制法)을 개정함. 이를 통해 원칙적으로 원전을 최초 가동 개시일로부터 40년 운전하고, 1회에 한정해 최장 20년 계속 운전이 가능하도록 정함.
- 정부는 원전 운영 기간 산정 시 원자력규제위원회 심사로 인해 정지한 기간은 제외하고 실제 가동한 기간만 반영하는 방안과 후쿠시마 사고 후 법제화한 가동 기간 상한을 철폐하는 방안을 거론 중이라고 언론은 전함.
 - 전자의 경우 법 개정이 필요 없지만, 후자의 경우 법을 개정해야 함.
 - 교도통신은 정부가 향후 60년 이상 원전 운영을 인정할 경우 원전 점검·심사 방법에 대한 검토와 최장 80년 원전 운영을 인정하는 미국 등 해외 사례도 참고할 예정이라고 언급함.
- 교도통신에 따르면, 정부는 여당인 자민당과 경제계 일각에서 요구한 원전 신증설 및 대체 건설 추진안 수용 시 여론의 강한 반발이 예상되기에 해당 주장 수용을 보류하는 대신 기존 원전의 장기 운영으로 방향 전환한 것으로 알려짐.

〈일본 원전 운영 기간〉



자료: 일본 간사이전력 웹사이트 최종 검색 2021.07.20, 자료와 OECD NEA Legal Affairs 2019 'Legal Frameworks for Long-Term Operation of Nuclear Power Reactors' 자료를 토대로 편집·작성

◎ **일본 산케이신문, 정부 워킹그룹이 제시한 신규 발전 설비 비용의 한계점 지적**

일본경제신문 2021.07.13., 아사신문 2021.07.13., 전기신문 2021.07.13., 2021.07.15.,
원자력산업신문 2021.07.14., 산케이신문 2021.07.15.

- 7월 15일 일본 산케이신문은 정부 기관인 자원에너지청의 발전비용검증워킹그룹(이하, WG)이 7월 12일 발표한 발전 비용에 대해 한계점을 지적하며 에너지 정책 수립은 전원 비용뿐 아니라 안정적인 전력 공급 측면도 고려한 논의가 필요하다고 보도함.

- WG의 7월 12일 발표에 따르면 2030년 발전비용은 원전이 1kWh당 11엔대 후반 이상, 사업용 태양광은 8엔대 초반~11엔대 후반이었음.

- WG이 2015년 제시한 추산에서는 원자력이 10.3엔 이상, 사업용 태양광이 12.7~15.6엔이었음.
- 먼저, 해당 비용이 2030년에 신규 발전 설비를 갱지*에 건설 및 운영하는 것을 가정했는데 2030년에 원전 신설 가능성이 현저히 낮은 현 상황을 고려하면 이는 비현실적이라고 신문은 제기함.
 - ※ 갱지: 건물 등 정착물이 없는 상태로 공법상의 규제는 받지만 사법상 일체 제약을 받지 않는 토지, 임차권, 지상권, 지역권 등 사법상의 권리가 설정되어 있지 않은 택지를 의미함.
 - 신문은 장기적인 에너지 정책 수립을 위한 비용 추산 시에는 원전 신설 비용이 아닌 현실적인 가정 적용이 중요하다며 기존 원전의 계속운전 정책을 고려해 비용을 적용하는 방법을 예로 제시함.
- 두 번째로 사업용 태양광발전 비용에 대해 최저 추정값인 1kWh당 8엔대(약 83원) 초반이라는 금액은 향후 평균 단가가 하락할 것을 가정했는데 이는 실현 가능성이 어려운 전망이라고 지적함.
 - 일본 내 사업용 태양광 발전은 평지의 경우 이미 패널 설치 면적이 부족하며 대규모 태양광 발전소 개발을 시행한 각지의 산지에서는 산사태 등의 문제가 발생 중임.
 - 이로 인해 향후 발전소 건설 시 지역 주민의 반대가 예상되고 지자체가 향후 적극적으로 태양광 설치를 허가할지도 불투명하다고 지적함.
- 세 번째로 태양광발전은 날씨 변화에 따라 변동성이 크므로 이에 대비한 백업 전원을 운영·유지하는 데 추가 비용이 필요하며 이번 추정에서는 이러한 요소를 미포함시켰다고 밝힘.
- 한편, 경제산업성은 7월 15일 WG의 발전 비용에 대해 전원별 입지 제약 등은 고려하지 않고 일정 계산식에 따라 기계적으로 산출한 수치이며 연료 가격 전망과 설비가동 연수, 태양광 도입량 등의 전제 조건을 변경하면 결과가 상이해질 수 있다는 입장을 표명함.
- 경제산업성에 따르면 7월 말 제6차 에너지기본계획 수립에 필요한 2030년 전원 구성 내용도 고려하여 발전 비용을 재추정할 예정임. 재추정 시에는 원전의 비용 우위가 이전과는 달리 제시될 수도 있다고 밝힘.
 - WG의 좌장인 지구환경산업기술연구기구 이사장은 7월 13일 발전비용에 대해 태양광·풍력의 대량 도입으로 출력 변동을 보완해줄 화력·양수 발전을 이용한 백업 조정, 지역 간 송전망 연계 강화, 대형 2차 전지 도입 등에 따른 추가 비용이 증가될 것을 고려해야 한다고 밝힘.

◎ 일본 정부 전문가회의, 제6차 에너지기본계획 초안 제시

환경성 2019년도 온실가스 배출량 확정치 2021.04.12., 朝日 2021.04.23.,
경제산업성 자원에너지청 종합에너지조사회 기본정책분과회 제46회 회의 자료 2021.07.21.

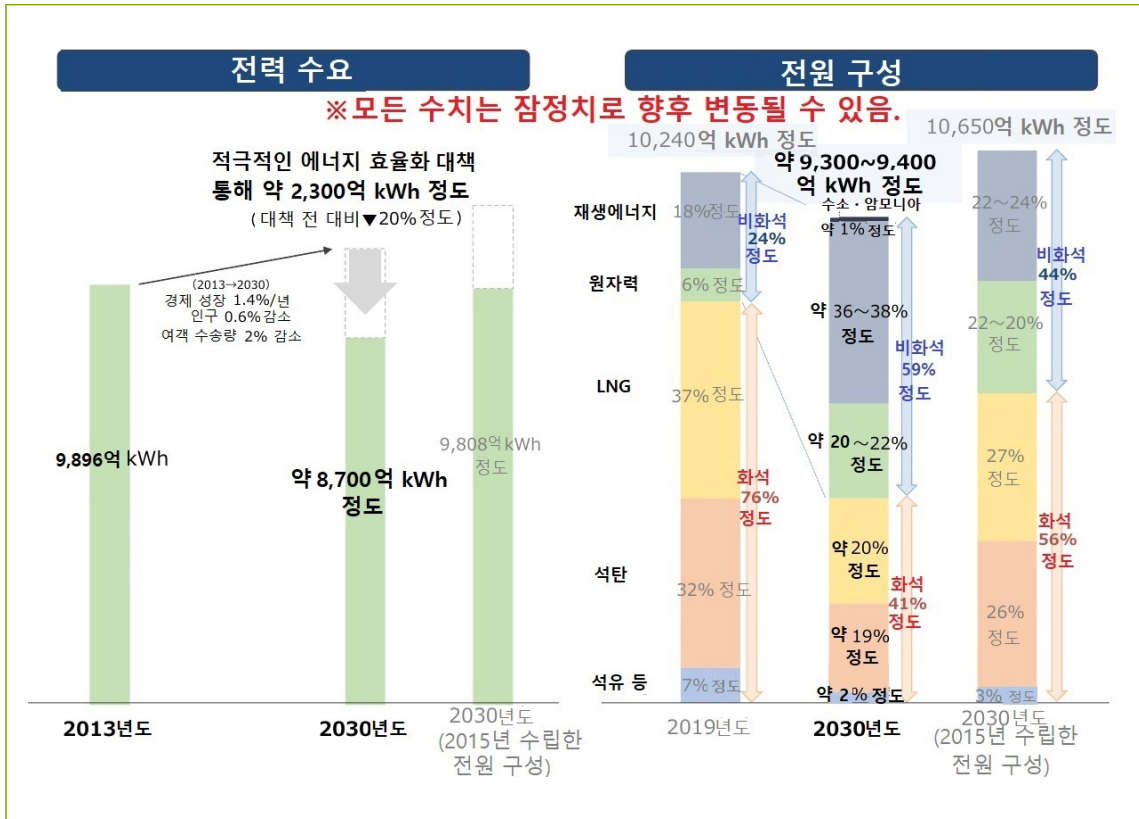
■ 일본 경제산업성의 산하기관인 자원에너지청의 전문가위원회인 종합에너지조사회 기본정책분과회는 7월 21일 2030년까지의 중장기 에너지 정책 내용을 담은 제6차 에너지기본계획의 초안을 제시함.

- 초안에서는 2020년 10월 수상이 표명한 2050년 탄소 중립 목표의 달성을 위해 2030년까지 2013년도 배출량(14억 800만 tCO₂ eq) 대비 46%, 최대 50% 감축까지 고려되는 에너지 정책의 방향성 제시가 중요하다고 밝힘.
- 또한, 일본 에너지 수급 구조가 안고 있는 과제 극복도 중요하다고 밝히며, 안전성 확보를 대전제로 전력의 친환경적이면서 안정적인 공급 확보와 에너지 비용 절감(S+3E)[※]을 위한 대응을 추진하겠다고 언급함.

※ 3E+S: Energy Security, Economic Efficiency, Environment + Safety

- 초안에서는 2030년까지의 원자력 정책에 대해 도쿄전력 후쿠시마 사고에 대한 진지한 반성이 향후 원자력 정책의 출발점이며, 원자력의 사회적 신뢰 회복과 안전성 확보를 대전제로 원자력을 안정적으로 이용하겠다고 밝힘.
 - 안전을 최우선으로 생각하여 재가동을 추진하고 사용후핵연료의 저장 능력을 강화하기 위해 중간저장시설과 건식저장시설 등의 건설 및 활용을 추진하며 방사성폐기물의 감용과 유해도 저감을 위한 기술 개발에도 나서겠다고 밝힘.
 - 더불어 재처리공장의 준공·운영을 위해 민관이 협력하여 핵연료 주기 정책을 재정비하고 핫카이도뿐 아니라 많은 지역에서 방폐물 최종 처분 후보지 조사를 받을 수 있도록 노력할 것이라고 밝힘.
 - 또한, 안전성을 확보하면서 원전의 계속운전을 추진하기 위해 해결해야 하는 각종 문제 등에 대해 대응하고 국민 친화적인 원자력 정보 알림 등을 통하여 수용성 향상을 도모할 것이라고 밝힘.

〈제6차 에너지기본계획 초안 개요에서 밝힌 2030년 전력 수요·전원 구성〉



자료: 경제산업성 자원에너지청 2021.07.21. 에너지기본계획(초안) 개요를 토대로 편집·작성

● **일본 원자력규제위원회, 도마리원전 중단층 존재하지 않는 것으로 판정**

투데이에너지 2018.02.13., 아사히신문 2021.07.03., JAIF 2021.07.06.

■ 일본 원자력규제위원회는 7월 2일 홋카이도전력이 재가동을 추진 중인 도마리원전 1~3호기 부지 내 단층이 중단층이 아니라고 주장한 것을 인정함.

- 동일본대지진 후 도입한 신규제 기준에서는 12~13만 년 전부터 최근까지 활동한 적이 있는 단층을 중단층으로 간주하며, 원전 주요 시설 아래에 중단층이 존재하면 재가동이 불가능함.
- 그동안 원자력규제위원회는 도마리원전 1호기 원자로 건물 부근을 지나는 F-1 단층이 중단층일 수 있다고 지적했으며, 홋카이도전력은 F-1 단층이 중단층이 아니라고 계속 주장해왔음.

- 7월 2일 원자력규제위원회 회의에서 홋카이도전력은 추가 굴삭 조사를 통해 입수한 F-1 단층과 동일시기에 활동한 소(小)단층의 상부에 있는 지층 성분 자료를 제시하며 F-1 단층이 활단층이 아니라고 증명함.
- 홋카이도전력은 소(小)단층 지층 성분 조사 결과 활동 시기가 12~13만 년 전보다 이전에 활동했다고 설명했고, 규제위 위원은 전력사의 주장을 인정함.
- 이전에 홋카이도전력은 단층의 상부에 약 20만 년 전 축적된 화산재층이 존재하며 이 층에 어긋남이 없다는 것을 이유로 해당 단층이 활단층이 아니라고 주장했지만 현지 조사에서 화산재층이 확인되지 않아 동일한 방법으로 입증하는 것을 포기한 바 있음.

■ 규제위는 도마리원전 재가동을 위한 적합성 심사를 8년째 진행 중임. 그동안 도마리원전 부지 내 단층의 활단층 유무 확인 심사가 교착 상태에 빠졌지만 규제위의 활단층 미존재 판정으로 심사가 진전될 것으로 전망됨.

- 한편, 도마리원전은 활단층 유무 확인 이외에 지진해일과 화산 분화 등 다른 자연재해에 대한 규제위의 심사도 남아 있어 심사 종료 시기는 불투명함.

◎ 일본 원자력규제위원회, 겐카이원전 내진 기준 강화 견해 제시

투데이에너지 2019.09.10., 일본경제신문 2021.07.07., 아사히신문 2021.07.08., 부산광역시 웹사이트 최종 검색 2021.07.23.

■ 일본 원자력규제위원회(이하, 규제위)는 7월 7일 규슈전력에 대하여 겐카이원전에서 가정한 기준 지진동을 강화할 필요가 있다는 견해를 제시함. 기준 지진동은 원전 시설의 설계 혹은 안전 확인을 위한 내진 대책의 기준이 되는 지진동[※]을 의미함.

※ 지진동은 지진에 의해 발생하는 지면의 움직임으로 단위는 gal임. 한국 내진설계값에 사용되는 단위인 중력가속도(g)와 gal의 관계는 다음과 같음. 1g=980gal.

- 일본은 2011년 후쿠시마 제1원전 사고를 계기로 신규제 기준에서 백 피트(Back fit: 기허가 시설에 대한 신기준 적합 의무 부과) 원칙을 도입함.
 - 이 제도는 지진과 지진해일, 화산과 관련한 새로운 지식이 밝혀지면 전력회사에 이 지식을 반영한 추가 대응을 요구하는 구조임. 적합성 심사 중 안전 심사에 합격해 운전 인가를 받은 원전이라고 해도 강제적으로 적용됨.

- 백 피트 원칙을 토대로 규제위는 2021년 4월 원전 주변 활단층 등에 따른 지진 외에 이전에 발생한 전국 지진 자료 약 90건의 기록을 이용하여 지진 흔들림을 예측하는 방법을 도입한 후 기준 지진동 계산 방식을 개정함.
- 개정 내용 반영을 위하여 규제위는 우선 2021년 4월 재가동 중이거나 안전 심사 합격 원전을 대상으로 해당 원전 운영사에 기존 기준 지진동 재검토 필요성 여부를 9개월 이내에 답변하도록 요청함.
- 이후 답변 제출 대상인 원전 운영사 중 일부가 기준 지진동 재검토 필요성에 대한 의견을 규제위에 제출했고, 규제위는 해당 내용 검토 과정 중 겐카이원전에 대해 원전 운영사가 제출한 판단과 반대되는 의견을 밝힘.
 - 규슈전력은 향후 기준 지진동 가정을 수정하여 3년 이내에 규제위의 재심사를 통과해야 함.
 - 겐카이원전 이외에 의견을 제출한 원전은 규제위가 원전 운영사의 의견을 평가하는 중임. 규제위는 향후 안전 심사에 합격하지 않은 원전도 심사를 통해 개정된 내용을 반영해 기준 지진동을 결정하도록 예정임.

■ 한편, 일본경제신문은 백 피트 원칙에 따른 추가 규제는 테러 대책 시설 설치부터 화산재 대책 까지 다양해 기준 지진동뿐 아니라 다른 분야에도 규제가 강화될 수 있으며, 이 경우 원전의 추가 대책이 필요할 수 있어 원전 비용의 상승 우려가 있다고 보도함.

〈2021년 기준 지진동 계산 방법 개정 내용 적용에 대한 일본의 원전 상황〉

원전 운영사 주장	원전 명	원자력규제위원회 판단
변경 필요	규슈전력 센다이	심사 중
	일본원자력발전 도카이 제2	심사 중
변경 불필요	규슈전력 겐카이	변경 요청
	간사이전력 다카하마, 오이	불필요
	미하마	미정
	도쿄전력 가시와자키 가리와	미정
	도호쿠전력 오나가와	미정
서류 미제출	시코쿠전력 이카타	.

자료: (注) 재가동 또는 안전 심사에 합격한 원전을 대상으로 하며 심사 중, 미신청 원전은 향후 확인할 예정
일본경제신문 2021.07.07. 자료를 토대로 편집·작성

◎ 일본, 영국과 공동으로 후쿠시마 제1원전 핵연료 잔해 반출 위한 로봇 팔 개발 중

도쿄전력 2호기 핵연료 잔해 시험 반출을 위한 개발 상황 2020.07.02., 원자력산업신문 2021.07.13.

■ 도쿄전력의 후쿠시마 제1원전 폐로 중장기 로드맵^{※1}에 따라 일본 미쓰비시중공업과 국제폐로 연구개발기구(IRID), 영국 VNS사^{※2}는 현재 후쿠시마 제1원전 2호기 내부의 핵연료 잔해 시험 반출을 위한 로봇 팔 개발을 공동 진행 중임.

※ 1 도쿄전력은 2011년 12월 후쿠시마 제1원전 폐로 중장기 로드맵을 발표했으며 이 로드맵은 현장 해체 상황을 토대로 지속적으로 수정됨. 최근 폐로 중장기 로드맵에서는 후쿠시마 제1원전 핵연료 잔해(Debris)를 2021년 내에 2호기부터 시험 반출하겠다는 목표를 제시함.

※ 2 VNS사는 통칭 OTL(Oxford Technologies Ltd)로 불리며 2018년 Vedia Nuclear Solutions (UK) Limited 약칭 VNS(UK)으로 사명을 변경함.

- 7월 12일에는 일본 고베시에 공동 개발 중인 로봇 팔이 도착했으며, 해당 로봇 팔은 코로나 확산과 기술자 입국 제한으로 일부 성능 확인 시험을 영국 내에서 시행함. 향후 일본은 남은 성능시험, 실물 모형 시험, 훈련을 시행할 예정임.

- 로봇 팔 사양은 길이를 연장해도 휘지 않는 고강도 스테인리스 철제 소재로 길이 약 22m, 무게 약 4.6t, 내방사선성 약 1MGy임.

- 로봇 팔 선단 부분에 장착될 녹아내린 연료 잔해 회수용 장치는 철 브러시 형태와 진공 용기 형태가 있으며 원자로 격납 용기 내 가루 형태 연료 잔해 약 1g을 반출 가능함.

- 2021년 하반기부터는 후쿠시마 제1원전 2호기에서 격납용기 관통공(Through tube)의 통로(Hatch) 개방·퇴적물 제거, 로봇 팔 설치도 동시 추진하여 2022년 하반기에는 내부 조사 및 핵연료 잔해 시험 반출 작업에 착수할 계획임.



자료: 원자력산업신문 2021.07.13. 자료를 토대로 편집·작성

◎ 중국, 자체개발 SMR 실증로 착공

WNN. 2021.07.13.

- 중국은 Hainan 省 Changjiang 원전 부지에 125MW급 SMR인 ACP100의 실증로 건설을 시작함.
 - Linglong One으로도 불리는 ACP100은 중국의 PWR 노형인 ACP1000을 소형화한 것으로, 전력 발전은 물론 열·증기 공급과 해수 담수화에도 활용이 가능함.
 - ACP100의 설계수명은 60년, 연료교체주기는 24개월이며 건설 기간은 약 58개월임.
- 중국의 제12차 5개년 개발 계획의 핵심요소 중 하나인 ACP100은 2010년부터 개발이 시작됨.
 - 중국은 ACP100 6기의 건설을 계획하고 있으며, 동 노형을 기반으로 한 해상 부유식 원전 ACP100S도 개발 중임.

기타 단신



◎ EDF, 폴란드 원전 입찰에 앞서 바르샤바에 사무소 개설

EDF 2021.07.12., Nuclear Engineering International 2021.07.15.

- 2021년 7월 12일 프랑스 EDF는 폴란드 바르샤바에 지사를 설립해 폴란드 신규 원전 건설 수주에 본격적으로 착수함. EDF는 자사의 ERP 4~6기를 폴란드에 건설하는 안을 추진 중임.
 - EDF는 폴란드 지사를 통해 폴란드 공급망 도입, 향후 운영사로서의 인적 역량 구축, 프랑스 정부 지원을 통한 폴란드 원전 프로그램 자금 조달 방안 모색을 기반으로 전략적 파트너십을 추진할 계획임.

◎ 영국, Rolls-Royce와 Cavendish Nuclear SMR 협력 MOU 체결

World Nuclear News 2021.06.22., Nuclear Engineering International 2021.07.12.

- 2021년 7월 8일 영국 엔지니어링 기업 Rolls-Royce와 제조업체인 Cavendish Nuclear는 Rolls-Royce의 SMR에 대한 설계, 인허가, 제조 및 납품 분야에서 Cavendish Nuclear가 수행할 수 있는 역할을 찾기 위해 협력하기로 합의함.
 - Cavendish Nuclear와 모회사인 Babcock International Group은 세계적 수준의 엔지니어링, 제조, 모듈화 기술을 보유하고 있음.

◎ UAE, Westinghouse와 원전 유지보수 계약 체결

Nuclear Engineering. 2021.07.14.

- UAE Barakah 원전 운영사 Nawah Energy社は 2021년 7월 12일 Westinghouse社와 5년간 원전 가동·유지보수·정전 서비스·예비부품 등을 공급받는 유지보수 계약을 체결함.

World Nuclear Power Market
INSIGHT



세계원전시장
인사이트