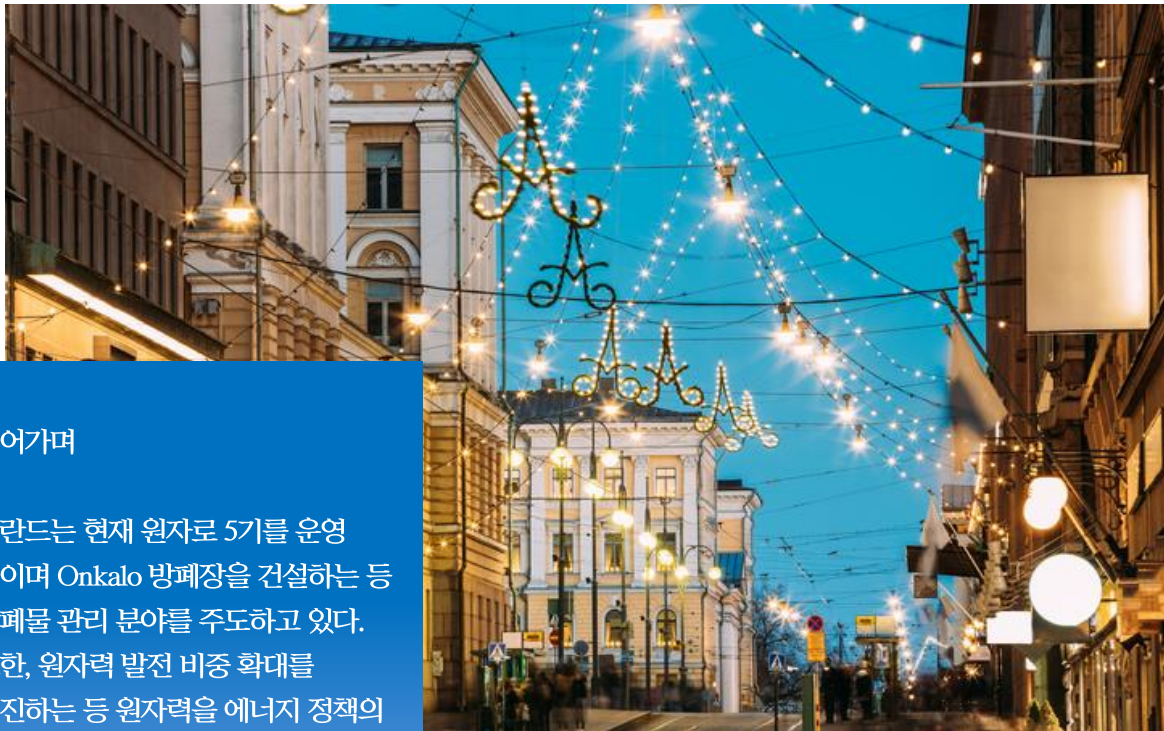


해외 전문가 칼럼 | 2024년 1월

핀란드의 원자력 에너지와 국제 협력



들어가며

핀란드는 현재 원자로 5기를 운영 중이며 Onkalo 방폐장을 건설하는 등 방폐물 관리 분야를 주도하고 있다. 또한, 원자력 발전 비중 확대를 추진하는 등 원자력을 에너지 정책의 핵심으로 두고 있다.

핀란드의 원자력 에너지

핀란드는 역사적으로 오랜 기간 원자력 에너지를 사용했다. 2023년 기준 핀란드는 올킬루토(Olkiluoto) 1·2·3호기, 로비사(Loviisa) 1·2호기 등 총 원자로 5기를 가동하고 있다. 올킬루토 1·2호기와 로비사 1·2호기는 1970년대 말 이후 핀란드 전력의 상당 부분을 공급해왔다. 또한, 핀란드는 세계 최초 사용후핵연료 영구처분장 온칼로(Onkalo)를 건설하고 있는 등 방사성 폐기물 관리 분야에서

세계적으로 앞서 있다.

핀란드의 에너지 정책

핀란드의 에너지 정책은 온실가스 배출 감축 및 에너지 자립 강화에 초점을 두고 있다. 원자력 에너지는 안정적인 저탄소 에너지원으로 간주돼 핀란드 에너지 믹스의 핵심이 됐다. 핀란드 정부는 국가 기후 및 에너지 보안 목표를 달성하기 위한 수단으로 원자력 에너지 사용을 지원해왔다.

❖ Harri Varjonen

❖ Megumi Asano-
Ulmonen

· 핀란드원자력협회
(FinNuclear) 소속

미래 원자력 에너지 확대

핀란드의 에너지 정책에는 원자력 발전용량 확대 계획이 포함된다. 다섯 번째 원자로인 올킬루토 3호기 외에도, 2010년대 이후 핀란드 북부 한히키비(Hanhikivi)에서 신규 원전 프로젝트가 진행됐다. 그러나 발전소 납품 계약 지연으로 인해 프로젝트가 보류됐고 건설 허가 신청은 2022년 5월 취소됐다. 그러나 현재, 핀란드 내 원자력 발전 확대를 위한 논의가 꾸준히 진행되고 있다. 신규 원전 건설 프로젝트의 시행 여부는 다른 에너지 투자 프로젝트와 마찬가지로 경제성, 안전성, 대중 수용도, 환경 검토 결과 등의 요소에 좌우된다. 현재 올킬루토 1·2·3호기의 운영 허가는 2038년까지이며, 로비사 1·2호기는 2050년까지다. 핀란드 전력회사 테올리수덴 보이마(Teollisuuden Voima Oyj, TVO)가 올킬루토 1호기와 2호기의 계속운전 타당성 조사를 실시 중이다. 한편, 로비사 1호기와 2호기의 운영사인 핀란드 전력업체 포텀(Fortum Power and Heat Oy, Fortum)은 핀란드와 스웨덴 내 신규 원전 건설을 위한 타당성 조사를 진행하고 있다.

포텀의 타당성 조사에는 대형 원자로 및 SMR 등 9개 발전소 설계에 대한 기술 공급업체 평가가 포함됐다. 한국수력원자력은 정보요청서(RFI) 절차에 포함된 공급업체들 중 하나였다. 타당성 조사에서는 기술 분야와 함께 상업적, 사회적 측면도 평가된다. 이 조사는 2024년 말까지 완료될 예정이다.

기후 정책 및 에너지 전환

핀란드는 유럽연합(EU)의 온실가스 감축목표에 발맞춰, 2030년까지 탄소배출량을 1990년 수준 대비 55% 감축하고 2050년까지 탄소중립을 달성하기 위한 정책을 추진 중이다. 게다가 핀란드는 2035년 기후 중립을 달성한다는 자체 목표를 세웠고, 이를 위해 풍력, 태양광, 바이오매스 등 재생에너지 비중을 확대할 계획이다. 원자력 에너지는 저탄소 에너지원이며 핀란드의 탄소 중립 달성에 크게 기여하고 있다. 그러나 전력 분야 외에 난방, 교통 등 핀란드의 에너지 시스템 전반에서 추가적인 탈탄소화가 필요하다. 에너지 효율 개선, 시스템 통합, 전기화, 수소, 합성 및 바이오 연료 등 P2X(Power-to-X), 탄소 포집 및 저장(CCS)과 같이 다양한 노력이 진행 및 계획되어 있다. 핀란드 정부는 전체 탄소 배출을 줄이기 위해 에너지 믹스를 지속적으로 다각화하고 있다.

안전 및 대중의 수용

핀란드 정부의 최우선 과제는 가동원전의 안전성 확보 및 신규 원전 사업 추진일 것이다. 이를 위해서는 대중의 원자력 에너지 수용이 필수적이며, 이는 원전 관련 논의의 핵심으로 다뤄지고 있다. 핀란드에서 원자력 에너지의 수용도는 비교적 높은 수준이다. 2023년 4월 실시된 최근 조사¹⁾에 따르면 대중 수용도는 68%를 기록했다(에너지원으로서 원자력 에너지에 대해 ‘전적으로 긍정적’ 및 ‘주로 긍정적’ 답변 집계).

1) 반면 ‘전적으로 부정적’ 및 ‘주로 부정적’ 답변은 6% 기록. Kantar Public, Opinions on nuclear power, 2023.04.20

[그림 1] 핀란드 국민의 원자력 에너지 수용도 조사



국제협력

핀란드는 정부, 규제, 산업, 연구, 학계 차원에서 원자력 에너지에 관한 다수의 지역 및 양자 협력 협정을 체결했다. 유라톰 조약(Euratom Treaty)에 따른 EU 역내 협력은 원자력 에너지 사용의 초석이다.

핀란드는 국제원자력기구(IAEA)와의 협력을 통해 국제 협력에 적극 참여하고 있다. 핀란드 방사선·원자력안전청(STUK)은 다양한 국가의 규제기관들과 협력 협정을 다수 체결했다. 원자력 에너지와 관련해 핀란드가 최근 정부 간 협력 양해각서(MoU)를 체결한 국가는 2023년 미국(핀란드 경제고용부-미국 에너지부), 2022년 UAE(핀란드 경제고용부-UAE 경제무역부)가 있다. 비록 원자력 에너지에 관한 것은 아니나, 핀란드와 한국은 2019년 에너지 부문 협력 강화를 위한 MOU를 체결한 바 있다. 이 양해각서는 청정에너지 기술, 재생에너지를 비롯해 스마트 그리드, 에너지 저장장치(ESS) 등 공동 개발 프로젝트를 통한 화석연료에서 청정에너지로의 에너지 전환 가속화를 목표로 한다.

원자력 산업의 협력 활동은 통상적으로 같은 목적을

가진 협회 및 네트워크를 통해 조직된다. 예를 들어 핀란드 전력업체들은 세계원자력발전사업자협회(World Association of Nuclear Operators) 및 세계 원자력 협회(World Nuclear Association)의 회원사다. 유럽형 가압경수로(EPR) 설계를 기반으로 한 올킬루토 3호기 프로젝트를 통해 지난 20여 년간 원자력 산업계 내 협력이 강화됐다. 올킬루토 3호기는 프랑스-독일 컨소시엄이 건설한 것으로, 여기에는 핀란드뿐만 아니라 다수의 유럽 기업들이 참여했다. 프랑스, 중국, 영국의 다른 EPR 관련 기업과의 협력도 진행되고 있다. 신규 원전 건설 논의가 최근 모멘텀을 얻고 있는 가운데 전 세계적으로 원자력 산업에 대한 관심이 커지고 있다. 기존 원전 국가, 신규 원전을 건설하려는 국가 등 많은 국가들이 핀란드의 전문기술을 원하고 있다. 핀란드가 가장 최근 올킬루토 3호기를 완공한 경험을 갖고 있기 때문이다. 2023년 5월 포툼과 한수원은 원자력 협력에 관한 MOU를 체결하기도 했다.

핀란드 국가 원자력 산업 네트워크인 핀란드원자력 협회(FinNuclear Association)는 기업 네트워킹, 정보 교환 등 양자 및 국제 협력 활동을 조율 및 시행한다.

핀란드원자력협회는 프랑스원자력산업협회(GIFEN), 일본원자력산업협회(JAIF), 미국원자력협회(NEI) 등 각국 관련 협회와 제휴하는 등 여러 국가에서 탄탄한 협력 파트너 네트워크를 자랑한다. 핀란드원자력협회는 핀란드에서 정기적으로 열리는 회담 및 네트워킹 행사들을 주관하며, 다른 국가에서는 현지 기관과 제휴한다. 주로 프랑스, 스웨덴, UAE, 일본, 폴란드 등에서 행사가 진행됐다. 또한 핀란드원자력협회는 핀란드에 진출하려는 외국 기업이 핀란드 시장을 파악하고 목표를 달성할 수 있도록 지원한다. 핀란드 시장에서 성공을 거두려면 현지 사업 환경을 이해하고 핵심 이해관계자와의 네트워크 구축이 필수적이다. 핀란드 원자력협회는 기업들 사이에서 협력을 촉진하는 플랫폼 역할을 해왔다. 국제적으로 핀란드 원자력협회는 자국 기업뿐만 아니라 연구기관의 원자력 산업 전문성 제고를 촉진한다. 연구 개발은 기업의 중요한 부분이며 국제 협력에서도 마찬가지다.

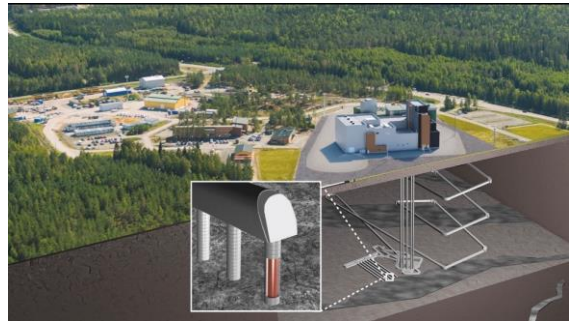
핀란드의 방사성 폐기물 관리

핀란드의 방사성 폐기물 관리 접근방식은 잘 개발돼 있고 포괄적인 것으로 유명하다. 핀란드의 방사성 폐기물 관리는 주로 안전, 책임, 투명성의 원칙을 중심으로 한다.

핀란드는 중앙집권적인 방식으로 사용후핵연료를 관리한다. 올킬루토, 로비사 등 핀란드 원자력 발전소는 현장에 있는 저장 시설에 일시적으로 사용후핵연료를 저장한 이후 이를 최종 저장소로 운송한다. 사용후핵연료를 저장하는 온칼로

방폐장은 올킬루토에 건설되고 있다. 이 같은 심지층 저장소는 사용후핵연료 등 고준위 방사성 폐기물을 깊은 지하의 안정적인 지층에 저장해 환경으로부터 장기적으로 고립시킨다.

[그림 2] 온칼로 방사성 폐기물 저장소



출처: 포시바(Posiva)

[그림 3] 온칼로 방사성 폐기물 저장소 위치



출처: TVO

심지층 저장소의 허가 소지기업인 포시바(Posiva)는 원자력발전소 운영사인 포팀과 핀란드 전력회사 TVO의 합작법인으로, TVO가 지분 60%를 보유하고 있다. 포시바는 온칼로 저장소의 개발 및 운영을 담당하며, 저장소를 구축하기 적합한 장소를 선정하고자 연구, 지질 조사, 안전 평가 등을 포괄적으로 수행했다.

사용후핵연료의 캡슐화 및 최종 저장 시설에 대한 포시바의 운영 허가 신청은 현재 검토 중에 있다.

TVO와 올킬루토 3호기 EPR 원자로

TVO는 현재 올킬루토 3호기를 운영 중이다. TVO는 비상장 기업이며, 최대 주주는 TVO 지분 58.5%를 보유한 PVO(Pohjolan Voima)로 TVO는 PVO와 포템의 합작법인이다. TVO는 TVO뉴클리어서비스(TVONS)와 방사성 폐기물 관리 기업 포시바를 자회사로 두고 있다.

앞서 기술한 바와 같이 올킬루토 3호기는 EPR 원자로다. EPR은 프랑스 프라마툼(Framatome)과 독일 지멘스(Siemens)가 개발한 3세대 가압수형 원자로(PWR) 기술이다. EPR은 중복 안전 시스템, 수동 냉각 시스템, 사고 발생 시 노심 손상 방지 등에 중점을 뒀으며 이러한 안전 기능은 엄격한 규제 요구 사항을 충족하도록 설계됐다. EPR 설계는 후쿠시마 사고 이후의 안전 표준을 준수하기 위해 채택됐고, 심각한 사고에 대한 저항력을 강화하기 위한 추가적인 안전 조치를 통합했다. 올킬루토 3호기는 1,600MW의 전력을 생산하여, 핀란드의 주요 발전원으로 자리잡을 전망이다. 올킬루토 3호기의 설계 및 안전 기능은 핀란드 방사선·원자력안전청(STUK)의 엄격한 규제 평가 및 승인을 거쳤다.

올킬루토 3호기의 건설 마일스톤

핀란드 서해안의 올킬루토 섬에 위치한 올킬루토 원자력 발전소는 1970년대 후반부터 가동됐다.

그러나 올킬루토 3호기 도입 계획은 2000년대 초반 시작되어 2005년 착공됐다. 당초 2009년 상업운전에 들어갈 것으로 예상됐으나 EPR 기술의 복잡성으로 인해 설계, 안전, 규제 문제가 발생해 수차례 지연됐고 동시에 비용도 상당히 증가했다.

올킬루토 3호기는 2023년 4월 16일 시험운전을 완료하고, 공식적으로 전력 생산을 시작했다. 이때부터 핀란드 전력의 약 30%가 올킬루토 섬에서 생산되고 있다.

핀란드 원전 시장 진출을 위한 제언

핀란드에서 사업 관계는 특히 원자력 분야에서 높은 수준의 신뢰와 장기적인 헌신을 토대로 개방적이고 투명한 환경에서 이뤄진다. 언뜻 보기에 핀란드의 사업 환경은 경제 규모가 큰 다른 국가에 비해 역동적이지 않고 기업 규모도 상대적으로 작아 보일 수 있다.

그러나 핀란드인들은 조직과 프로세스보다는 개인과 역량에 중점을 두고 기업 네트워크를 통해 문제를 해결하는 방식을 갖고 있다. 기업들은 일반적으로 회의와 토론을 통해 상호 유익한 사업 기회를 신속하게 추구한다. 핀란드의 조직 계층 구조는 타국 대비 상대적으로 단순한 편이므로, 핀란드에서 사업 관련 최초 회의를 개최할 경우 이 회의에서 핵심 임원을 만날 가능성이 높다. 또 핀란드원자력협회와 같은 업계 기관 및 지역 사업 개발 기관과 접촉함으로써 사업 핵심 주체 및 지역

이해관계자와의 네트워킹을 촉진할 수 있다. 핀란드 방사선·원자력안전청(STUK)은 기술 전문기업 또는 기자재 공급업체가 핀란드 시장 진출을 고려할 때 조기에 접촉하고 논의에 참여할 것이 권고되는 기관이다. 이 과정에서 업체에 대한 초기 평가가 이뤄질 수 있기 때문이다.

한편 한히키비 원전 프로젝트 보류로 인한 장기 전력생산에 공백이 발생해, 핀란드 에너지 기업들은 안정적이고 지속가능한 에너지 공급을 위해 모든 조치를 취하고 있다.

또한, 핀란드 정부는 원자력에너지 법안 개정을 검토 중이며, 새로운 원자력에너지법(Nuclear Energy Act)을 2028년 초 시행할 예정이다. 관련 법령도 2028년경 개정이 완료될 것으로 보인다.

특히 핀란드는 산업 및 주거용 난방 부문의 탈탄소화라는 과제에 직면해 있으며, 이 분야에서 소형모듈원자로(SMR)가 매력적인 옵션으로 주목되고 있다. SMR(LDR-50) 개념설계의 상용화를 목표로 하는 핀란드 스타트업 스테디에너지(Steady Energy)와 같이 새로운 기술에 대한 논의도 활발하게 진행 중이다. 핀란드는 신규 프로젝트에 대한 정당한 필요성이 인정되면 공공 부문과 민간 부문 모두 목표를 달성하기 위해 실용적인 노력을 아끼지 않는다는 특징이 있어, 향후 신규 원전 도입을 향한 발전적인 행보에 귀추가 주목된다.

해당 원고에 대해 사전 동의 없이 상업 상 또는 다른 목적으로 무단 전재·변경·제3자 배포 등을 금합니다.
또한 본 원고를 인용하시거나 활용하실 경우 △출처 표기 △원본 변경 불가 등의 이용 규칙을 지켜셔야 합니다.
해당 원고의 내용은 집필자 개인의 의견으로 한국원전수출산업협회의 공식견해가 아님을 밝힙니다.