

최초 국산화 원전 시동을 걸다



최삼성

한국수력원자력(주) 신한울1,2사업관리실장

• 부산대학교 전기공학 석사

• 한국수력원자력(주) 신한울1,2사업관리실장

지난 7월 9일, 원자력안전위원회는 2020년 11월에 착수한 신한울 1호기 운영허가 심의를 12회의 보고를 거쳐 승인하였다.

신한울 1호기 운영허가 승인까지

‘유지경성(有志竟成)’이라는 말이 있다. ‘뜻을 세우고 분전히 노력하면 마침내 이룬다’는 뜻이다. 이는 수많은 난관과 시행착오를 거쳐 취득한 신한울 1호기의 운영허가를 두고 하는 말이 아닌가 싶다.

신한울 1호기는 지난 2002년 5월 정부로부터 전원개발사업 예정구역으로 지정 고시된 이후 2011년 12월 건설허가를 취득한 이래로 약 10년의 건설과 시운전 기간을 거쳐 2021년 7월에 원자력발전소의 운영허가를 취득하였다.

2014년 12월에 신한울 1호기 운영허가를 신청하였으니 취득까지 약 2,413일이 소요된 것

인데 신고리 3호기가 1,613일, 신월성 1호기가 703일 만에 취득한 것을 볼 때 신한울 1호기 운영허가 취득과정의 어려움을 짐작할 수 있다.

그러나 반대로 장기간에 걸쳐 건설 및 심사가 이루어졌다는 점은 그만큼 다양한 전문가에 의해서 원전에 적용되는 기술의 안전성과 경제성이 심도 있게 논의되었음을 시사한다고도 볼 수 있다.

2011년 후쿠시마 원전 사고와 2013년 원전 품질문서 위조 사건, 2016년 경주/포항 지진을 계기로 원전에 대한 국민들의 안전성 강화 요구가 높아져 이를 충족하기 위해 신한울 1호기 운영허가 심사과정에서 많은 논의가 이루어졌다.

첫째로 원전 운영허가 심사 이래 최초로 5개 분야 교수, 연구원 등 전문가로 구성된 안전전문 위원회를 통해 5회의 회의(2020.6~10), 43건의 질의·응답 및 토론을 진행하여 철저하게 안전성을 검증받는 과정을 거쳤다.

신한울 1호기에서 최초로 국산화되는 원전계측제어시스템(MMIS), 원자로냉각재펌프(RCP)에서부터 파이롯트구동안전방출밸브(POSRV)와 화재방호, 지진 분야까지 29명의 전문가가 숙련된 경험과 지식을 바탕으로 원전의 설계에서부터 현장 시공까지 확인을 하였다.

둘째로 원안위 심사과정에서 피동축매형수소재결합기(PAR) 성능에 대한 의혹이 제기되어 이를 해소하기 위해 2018년 9월 독일에서 시행된 실험을 유사한 조건에서 2022년 3월까지 한 국원자력연구원에서 시행할 예정이다.



[그림1] 신한울 1,2호기 전경

셋째로 항공기재해도 저감을 위해 비행횟수 제한 등의 조치를 관련 기관과 협의한 후 필요 시 후속조치를 논의할 예정이다.

이 외에도 국내 최초로 항공기 충돌로 인한 재해빈도평가방법론 개발, 최종안전성분석보고서(FSAR) 개정 등 12회의 심의 보고과정에서 원전 안전에 관한 다양한 질문과 답변을 통해 국민들이 안심할 수 있는 원전이 될 수 있도록 검증을 받았다.

장기간의 심사로 몸과 마음이 지칠 때도 있었

지만 철저한 심사과정을 통해 원자력 안전이 확보될 수 있다는 사명감으로 밤낮없이 노력한 결과 2021년 7월 9일 마침내 신한울 1호기 운영허가를 취득하였다.

신한울 1호기 연료장전의 의의

최초의 국산화 원전

국내 27번째 원전인 신한울 1호기는 1971년 고리 1호기가 첫 삽을 뜨며 국내에 원전이 도입된 지 50여 년 만에 그동안 해외 수입에 의존하던 원자로냉각재펌프(RCP)와 원전계측제어시스템(MMIS)의 핵심 기자재를 국산화하여 기술 자립을 이룬 국내 최초의 국산화 원전이다.

2021년 7월 최초 연료장전 이후 8개월의 시운전 기간을 거쳐 2022년 상반기에 신한울 1호기가 상업운전에 돌입하게 되면 우리 손으로 만들고 우리 기술이 적용된 완전한 국산 원전을 갖게 되는 것이다.

2007년 정부 연구개발과제(Nu-tech 2012)에 따라 당시 지식경제부(현 산업통상자원부) 주도로 국산화 개발에 착수하여 성능시험을 거쳐 2015년에 신한울 1호기 납품 및 설치를 완료하였다.

원자로냉각재펌프(RCP)는 원자로냉각재를 순환시켜 원자로에서 발생한 열을 증기발생기로 전달하는 역할을 하는 기자재로 호기당 4대가 설치된다. 2007년 한국의 두산중공업과 오스트리아의 Andritz사가 공동으로 설계에 착수

하였으며, 기존 해외 제품과 달리 일체형 베어링 윤활시스템을 적용하여 오일누설 가능성을 축소하였고, 회전체(임펠러)를 주조방식에서 단조 방식으로 변경하여 금속조직의 균일성과 기계적 성질의 우수성을 확보하였다.

원전계측제어시스템(MMIS)은 첨단 주제어실 기반의 컴퓨터 화면을 통해 발전소 기기를 제어하고 감시하는 디지털 계측제어설비이다. 기존 해외 제품의 경우 아날로그(Analog) 벤치보드형 제어반으로 약 2,000개의 독립적인 제어기 및 지시계가 설치되어 있는 반면에, 국내 최초로 국산화된 신한울 1,2 MMIS는 1개의 주제어실 디지털(Digital) 제어반에서 발전소의 모든 기기를 제어하고 감시할 수 있게 설계하였다. 또한, 디지털 방식에서의 변경을 통해 CPU 연산속도 향상, 안전계통 통신속도 향상, 비안전계통에 대한 한글지원 등의 기술적 진보를 이끌어 냈다.

기자재 국산화를 통해 경제성 또한 확보할 수 있었는데 단순 자재비로 보면 원자로냉각재펌프(RCP)의 경우 해외(WEC) 모델 대비 266억원, 원전계측제어시스템(MMIS)의 경우 약 18억원이 절감되었다.

후쿠시마, 지진 등 안전성 향상

2011년 후쿠시마 원전 사고의 가장 큰 원인은 지진해일(최대 파고 15m)로 인한 침수였다. 이 때문에 비상 시 발전소에 전원을 공급하는 비상디젤발전기설비가 손상되어 후쿠시마 제1원전 1~4호기의 교류전원이 완전히 상실(Station

Black Out)된 것이다. 전원이 완전히 상실되면 발전소의 냉각기능이 마비되어 노심용융 및 핵연료피복재와 물의 반응으로 수소 폭발이 발생한다.

신한울 1호기는 이러한 후쿠시마 원전 사고를 반면교사로 삼아 교류정전에 대비할 수 있는 이동형발전차 및 대체교류발전기 도입, 전원이 상실된 상태에서도 수소를 제거할 수 있는 수소제거설비 적용, 호기별 비상냉각수 외부주입유로 설치 등 33개의 후쿠시마 후속대책을 적용하여 안전성을 높였다.

또한, 대규모 지진에도 안전성을 확보할 수 있게 최대지반가속도 0.3g의 내진설계를 적용하였다. 이는 리히터 규모 7의 지진에서도 안전하게 원전을 정지할 수 있는 수준이다.

신한울 1호기에 설치된 지진감시계통(SMS, Seismic Monitoring System)과 지진원자로자동정지시스템(ASTS, Automatic Seismic Trip System)은 지진발생 시 기록 및 경보를 자동으로 하계끔 구축되어 있고, 안전정지기준(0.3g, 리히터 규모 7)의 90% 이상 지진 발생 시 원자로를 자동으로 정지한 후 발전소를 안전하게 냉각하는 역할을 수행한다. 역대 국내 지진 중 최대 규모인 경주 지진(2016.9.12)의 리히터 규모가 5.8인 것을 고려할 때 지진안전성이 확보되었다고 볼 수 있다(리히터 규모 1의 차이는 에너지 32배 차이임).

장기, 대규모 투자로 지역경제 창출



[그림2] 울진군 8개 대안사업 합의 서명식

신한울 1,2호기 건설사업은 2002년 전원개발 사업 예정구역 지정고시를 받은 이후 2010년에 착공하여 연인원 620만 명과 약 9조 4천억 원의 예산이 투입되는 대규모 국책 사업이다.

진국 이래 최대 SOC 사업으로 손꼽히며 10년간 약 5조 6천억 원의 예산이 투입된 인천국제공항 건설사업과 비교하면 신한울 1,2호기 건설사업이 우리나라 경제와 지역사회에 미치는 파급력을 짐작해 볼 수 있다.

신한울 1,2호기 건설이 진행 중인 울진군에서의 지역경제 창출 효과를 보면, 울진군 8개 대안사업비로 약 2,800억 원(2014년)이 지급되었고, 법정지원금으로 특별지원사업비가 1,245억 원, 기본지원사업비가 692억 원, 사업자지원사업비가 692억 원이 지급되었다.

신한울 1,2호기 준공 시 예상되는 취득세는 약 830억 원이며, 상업운전 시 약 60년간 지역 자원시설세(당해연도 발전량(kWh)×1원)가 매년 부과된다.

지역 일자리 창출과 고용 효과를 살펴보면, 한수원의 경우 약 15%, 협력회사는 약 20%가 울진지역 출신이며, 지역경제 발전을 위해 건설 하도급계약과 구매계약에 지역인력 및 지역업체를 우선 고용토록 하는 조항을 사업에 적용하고 있다.

특히 2009년부터 울진지역 주민을 대상으로 용접, 토목·건축기술을 무료로 교육해 주는 '원전건설 기능인력 양성교육'을 시행하여 2015년까지 약 487명의 전문인력을 배출하였고, 교육수료 시 신한울 1,2호기 건설현장에 바로 취업할 수 있도록 연계하고 있다.

안정적 전력수급에 기여

신한울 1호기는 발전용량이 1,400MWh로, 우리나라 전력공급 능력이 98,658MWh(2021.9.1 기준)인 점을 고려하면 가동 시 약 1.4%의 전력 생산을 담당하게 된다.

전력수급비상 단계별 발령기준을 보면, 예비전력이 5,500MW 이하이면 '준비'가 발령되고 1,000MW씩 떨어질 때마다 차례대로 '관심', '주의', '경계', '심각' 단계가 발령되어 전력수급 위기 상황 발생 시 전력수급에 크게 기여하므로 이를 통해 신한울 1호기의 중요성을 다시 한 번 확인할 수 있다.

향후 계획과 미래 원자력 산업

신한울 1호기는 2021년 7월 핵연료장전 이후



약 8개월간의 시운전시험을 거쳐 2022년 상반기에 상업운전에 돌입할 예정이다. 앞서 언급한 바와 같이 약 2,413일간의 심도 있는 운영허가 심의 과정에서 논의된 피동축매형수소재결합기 (PAR) 재실험, 항공기재해도 저감방안 협의 등의 운영허가 조건사항들을 빠짐없이 이행하고, 이를 바탕으로 신한울 2호기 운영허가 취득에 최선을 다하고자 한다.

신한울 1호기는 국내 최초 국산화 원전이자 미국 원자력규제위원회(NRC)로부터 안전성과 경제성을 인정받아 설계인증을 취득한 최신 APR1400 노형으로서 해외 원전 수출의 교두보가 될 것이다.

지난 5월 말 한미정상회담에서 “양국이 원전 사업 공동 참여를 포함해 해외 원전시장에서 협력을 강화하기로 했다”고 발표한 것에서 알 수 있듯이 원전 수출의 기회는 열려 있다.

또한, 2050년 탄소중립 시나리오와 2030년 온실가스 감축 목표를 달성하기 위해서는 재생 에너지의 간헐성을 보완할 수 있고 탄소를 배출하지 않는 원자력발전이 필수적인 전원이라 할 수 있다.

신한울 1호기를 통해 확보한 기술 경쟁력을 바탕으로 세계 곳곳에 우리나라 원전과 태극기가 함께 휘날리는 미래를 꿈꿔 본다. **KMIF**