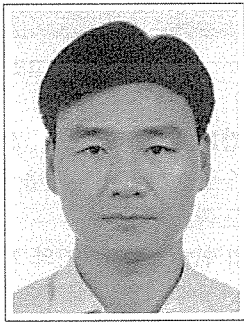




신고리 3, 4호기 사업 추진 전략

김용학

한국수력원자력(주) 사업처
신고리3,4사업관리실 사업2부장



머리말

지난 8월 28일, 우리나라의 원전 역사에 큰 획을 긋는 경사가 있었다. 신고리 3, 4호기의 주기기 공급 및 종합 설계 계약이 마침내 체결된 것이다.

수 년간에 걸친 계약 협상 난항과 특히, 참여정부 들어 제기된 원자력의 역할 축소론, 그리고 국가에너지법 제정 등과 같은 돌출 변수로 인해 올해에도 계약을 체결할 수 있겠느냐는 비관적 전망 속에서 이루어진 일이라 이번 계약은 그간 불철주야

노력해 온 당사자들은 물론 국내 원자력 사업의 진흥을 바라는 원자력 가족들에게도 실로 감격스러운 일이 아닐 수 없었다.

신형경수로1400의 최초 건설 사업으로 기억될 신고리 3,4호기는 기존의 한국표준형원전(OPR1000)에 비해 설비 용량이 40% 가량 증대되고 안전성과 경제성이 향상된 제 3세대 원전으로 향후 우리나라 원전의 새로운 표준을 제시할 것이다.

또한, 신고리 3, 4호기 건설 사업을 통해 APR1400의 기술 및 경제성을 입증함으로써 이제 막 상용화 단계에 들어선 EPR, APWR, AP1000등 해외의 신형 원전과의 시장 경쟁에서 APR1400의 입지를 더욱 공고히 해 줄 것으로 기대된다.

신고리 3, 4호기 탄생 배경 및 사업 현황

1980년대 중반부터 미국, 유럽, 일본 등의 원전 선진국들은 기존 원

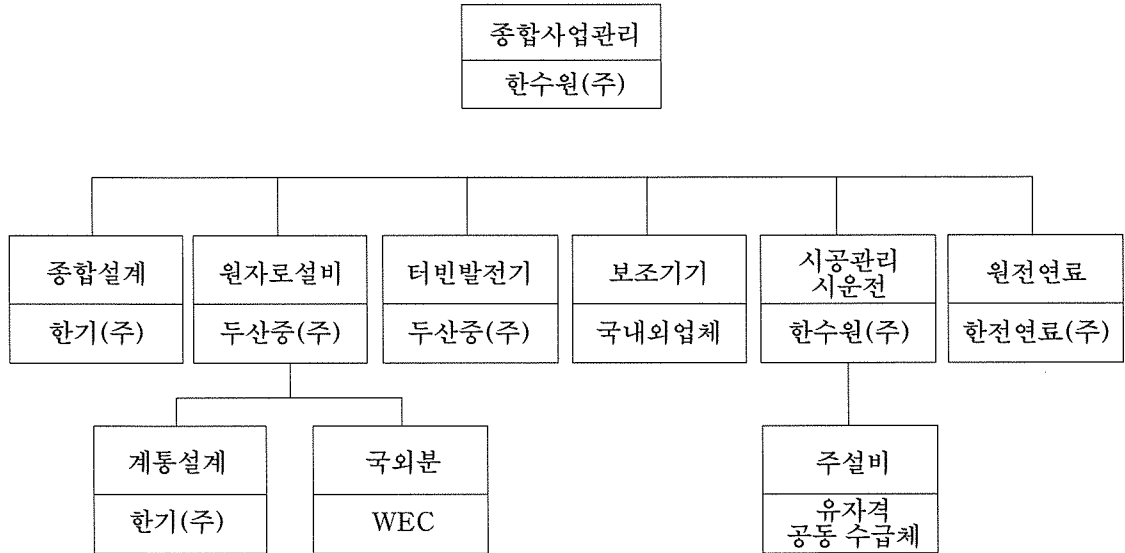
자력발전소의 안전성을 개선함과 동시에 화력 발전 등 타에너지원에 비해 경제성을 더욱 높일 수 있는 신형 원전 개발에 착수하였다.

우리나라도 이러한 세계적인 원전기술의 개발추세에 발맞추어 한국수력원자력(주)(이하 한수원) 주도하에 국내의 산·학·연이 공동으로 차세대원자로인 신형경수로 1400(APR1400)의 개발을 시작하였다.

국가 선도 기술 개발 과제(일명 'G-7 프로젝트')의 일환으로 선정된 신형경수로1400은 1992년부터 10여년에 걸쳐 연인원 2,000명 이상이 참여하고 약 2,330억원이 투입되어 추진되었다.

기술 개발은 1단계에서 개념 설계, 2단계에서 기본 설계, 그리고 설계의 최적화 및 실증 실험의 3단계로 나누어 수행되었다.

특히, 국내 최초로 도입되는 일부 안전 설비는 선진 외국에서도 수행해보지 않은 광범위한 실증 실험 및



<그림 1> 신고리 3, 4호기 사업 추진 체계

검증을 거쳤다.

실증 실험은 실제 설계와 같은 조건에서 동일한 크기 또는 축소된 모형을 제작하여 수행하였고, 국내 최초로 적용되는 디지털 I&C 설계 검증을 위해 실제 주제어실과 동일한 Dynamic Mockup을 제작하여 인간공학 설계를 검증하였다.

그 결과, 정부(과학기술부)로부터 신형경수로1400의 안전성 및 설계 타당성을 인정받아 2002년 5월, 국내 원자력법에 따른 최초의 표준설계 인가를 획득하기에 이르렀다.

신형경수로1400의 사업화를 위해 한수원은 2001년 2월에 건설 기본 계획을 확정하고 본격적인 사업 진행을 위해 2003년도 초부터 계약

예정사들과 계약 협상을 시작하였고, 계약 체결이 이루어지지 않았음에도 불구하고 2010년 첫 호기 준공이라는 목표를 달성하기 위해 설계 및 제작 업무에 선착수하였다.

하지만 방사성 폐기물 처분장 부지 선정 문제, 선행 호기 인허가 지연, 원전 공문화와 같은 예상치 못한 돌발 변수로 인해 계약 체결이 계속 지연되었고, 이에 따라 신고리 3, 4 호기 준공 일정을 당초 대비 36개월 정도 연장·조정하는 등의 어려움을 겪어야 했다.

이런 어려움 속에서도 한수원을 비롯한 각계 관련자들의 절실한 노력과 협조로 지난 8월 말 주계약 체결에 이르게 되었으니 비록 늦은 감

이 없지 않으나 정부에 의해 원자력의 가치가 재평가되었다는 점에서 무척 다행한 일이 아닐 수 없다.

신고리 3, 4호기는 현 고리원자력본부 인접 부지인 울산광역시 울주군 서생면 신암리 일원에 건설되며, 2013년 9월과 2014년 9월에 각각 준공될 예정이다.

총 공사비는 5조 7,330억 원(2011년 경상이 기준)으로 국내 원자력 산업계뿐만 아니라 지역 사회에 대한 경제적 지원 측면에서도 상당한 파급 효과를 줄 것으로 기대하고 있다.

전체적인 사업 일정을 살펴보면, 우선 본격적인 건설 공사를 위한 부지 정지는 실시 계획 승인 시기에 따



라 금년 말 또는 내년 초 착수할 예정이다.

그리고 원자로가 놓여질 원자로 건물의 최초 콘크리트 타설은 2008년 10월에 계획되어 있으며, 2011년 7월에 시운전 시험용 전원에 대한 최초 가압 수행, 2012년 5월에 상온 수압 시험, 2013년 1월에 연료 장전을 수행할 예정이다. 사업 체계는 <그림 1>과 같으며 선행 호기와 유사하게 추진될 것이다.

**다른 원전과 차별화되는
신고리 3, 4호기 주요 특성**

신고리 3, 4호기는 한국표준형 원전(OPR1000) 설계를 토대로 해외 신형 원전의 최신 안전 설계 개념과 국내 원전의 건설, 시운전, 운영 및 정비 경험을 최대한 반영하여 개발한 원자로이다.

가장 괄목할 만한 특성은 기존 원전 대비 안전성을 대폭 강화하였다는 것이다.

안전성 보강의 측면에서, 대형 원자로 냉각수 상실 사고시 비상 노심 냉각수를 선행 호기의 저온관이 아닌 원자로 용기에 직접 주입하는 설계 개념을 채택하여 냉각 신뢰성을 높이도록 하였다.

그리고 냉각수 주입시 냉각 효과의 극대화를 위해 유량 조절 장치(Fludic Device)를 장착하여 안전성을 가일층 향상시켰다.

또한 노심이 용융되는 중대 사고에 대비하여 노외 냉각 장치 등을 적

<표 1> 선행 호기 대비 주요 변경 사항

항 목	신고리 1, 2호기 (OPR1000)	신고리 3, 4호기 (APR1400)
설비 용량	100만kW급	140만kW급
설계 수명	40년	60년
내진 설계(SSE PGA)	0.2g	0.3g
유량 조절 장치(F/D)	없음	있음
비상 노심냉각 방식	2 Train (저온관 주입)	4 Train (원자로 용기 직접 주입)
핵연료 재장전 수조	핵연료 건물 내부	원자로 건물 내부
제어 방식	부분적 디지털화	완전 디지털화

용하였으며, 내진 설계 기준 또한 리히터 규모 7이상의 초대형 지진사고에도 충분히 견딜 수 있도록 강화하였다.

원전 운전의 사령실인 주제어실은 제3세대 원전 요건에 맞춰 대폭 개선하였다.

선행 호기의 주제어실은 운전원이 정보를 직접 분석·판단하고 이를 실행하는 스위치 등 복잡한 구조를 가진 반면, 신고리 3, 4호기의 주제어실은 정보 분석을 컴퓨터가 대신 수행하고 설비를 단순화함으로써 운전원이 단순, 명확하게 운전 업무에만 전념할 수 있도록 하여 발전소 운전의 신뢰성을 높일 수 있도록 하였다.

경제성 제고 측면에서 신고리 3, 4호기는 발전 용량을 기존 원전 대비 40% 증가한 140만kW급으로 설계하였다.

또한 원자로와 같은 핵심 설비들의 기기 수명을 60년으로 높여 수명 연장에 따른 경제성 향상을 설계 단계에서부터 고려하였다.

이밖에도 최첨단 워크스테이션형의 주제어실을 적용함에 따라 기존 원전 대비 케이블 물량을 대폭 감소시켰고, 모듈화 공법의 확대 적용 등으로 시공 생산성을 증진시켜 건설 공기를 최소화하도록 하였다.

신고리 3, 4호기 사업 추진 전략

신고리 3, 4호기 건설 사업은 국내 원전 산업은 물론 세계 원전 시장에서 중요한 의미를 갖고 있다.

먼저, 국가 차원에서 개발한 신형 원전인 APR1400을 최초 건설하는 것으로 향후 국내 원전 건설의 새로운 표준 모델이 될 것이다.

또한 보수적인 원전 시장의 특성을 감안할 때, 신고리 3, 4호기를 통해 APR1400의 기술을 입증함으로써 확장기에 들어선 해외 신형 원전 시장 진출을 위한 교두보를 확고히 구축하는 것이다.

그리고 친환경적인 사업을 수행하고 지역민들이 체감할 수 있는 실질적인 지역 지원을 통해 새로운 원

〈표 2〉 신고리 3, 4호기 사업 추진 기본 방향

목 표	추진 전략
안전성 확보	○ 설계 적합성 및 건전성 사전 검토 ○ 설비 안전성 확보 프로그램 시행 등
사업 경제성 제고	○ 시공성 향상을 통한 건설 공기 단축 ○ 3차원 설계를 활용한 설계 최적화 등
환경 친화적 발전소 건설	○ 해안선 보존을 위한 심층 취배수 방식 채택 ○ 친환경 건설 이미지 제고 등
지역 사회 수용성 제고	○ 건설 사업을 통한 지역 경기 활성화로 지역 발전 도모 ○ 주민들과의 일체감 강화로 사업 추진 신뢰성 확보

에 필요한 기술 및 인허가 지원 기술 확보

2. 사업 경쟁력 구축

가. 필요성

○ 중국, 동남아시아는 물론 미국 등 원전 선진국을 중심으로 신규 원전 건설 활성화 예상

○ 해외 시장 진출을 위해서는 신고리 3, 4호기 경쟁력 확보가 관건

나. 사업 경제성 비교

○ APR1400은 해외 신형 원전과 경쟁 가능한 수준

- AP1000과 비교시 거의 대등 또는 유리

- EPR 및 ABWR 비교시 우위

○ 신고리 3, 4호기는 국내 기존 원전 및 석탄 화력 대비 약 5% 이상 경제적 우위 확보

다. 추진 방안

○ 건설 공기 단축을 위한 신공법 적극 도입

- 대용량 크레인을 이용한 주기기 측면 반입

- 원자로 건물 공동 매트 기초 철근 모듈화 등

- 신고리 3, 4호기 건설을 통해 시공성 검증 및 개선

○ 3차원 설계를 활용한 설계 최적화로 건설 비용 절감

- 설계 오류 사전 방지로 건설 비용 절감

- 적정 배치 설계로 시공성 및 유지 보수성 제고

○ 신형 원전 사업자 간 기술 협력 협정 추진

전 건설의 모델을 제시할 것이다.

이를 위해 사업과 지역 지원 측면에서 신고리 3,4호기 사업 추진 방향을 〈표 2〉와 같이 설정하고 이에 필요한 중점 추진 전략을 다음과 같이 수립하여 시행하고자 한다.

1. 기술 검증

가. 필요성

○ 신형경수로1400의 국내 최초 건설에 따른 사업 신뢰성 제고를 위해 주요 설계 개선, 개량 및 신기술에 대한 완전성 검증 필요

나. 추진 내역

○ 신형경수로1400 개발 단계에서 신설계 기술 검증

- 신설계 기술(Direct Vessel Injection, F/D)에 대한 실증 실험

- Dynamic Mockup을 활용한 MMIS 설계 검증

○ 표준 설계 인가 심사를 위한 규제 기관의 검토·심사

- 전체 2,250건의 질의/답변 수행

○ 독립적 종합 분석·평가 및 설계 최적화 심의 등

다. 추진 방안

○ 설계 요건의 완전성 검증

- 설계 요건의 수평적(연계 설계간), 수직적(기기 설계시 설계 요건의 적절한 반영 등) 검증

- 체계 공학(Systems Engineering) 활용 방안 고려

○ 설계 적합성 검증

- 계통 설계자가 제시한 상위요건이 기기 설계, 제작 단계 문서에 제대로 반영되었는지 적합성 확인

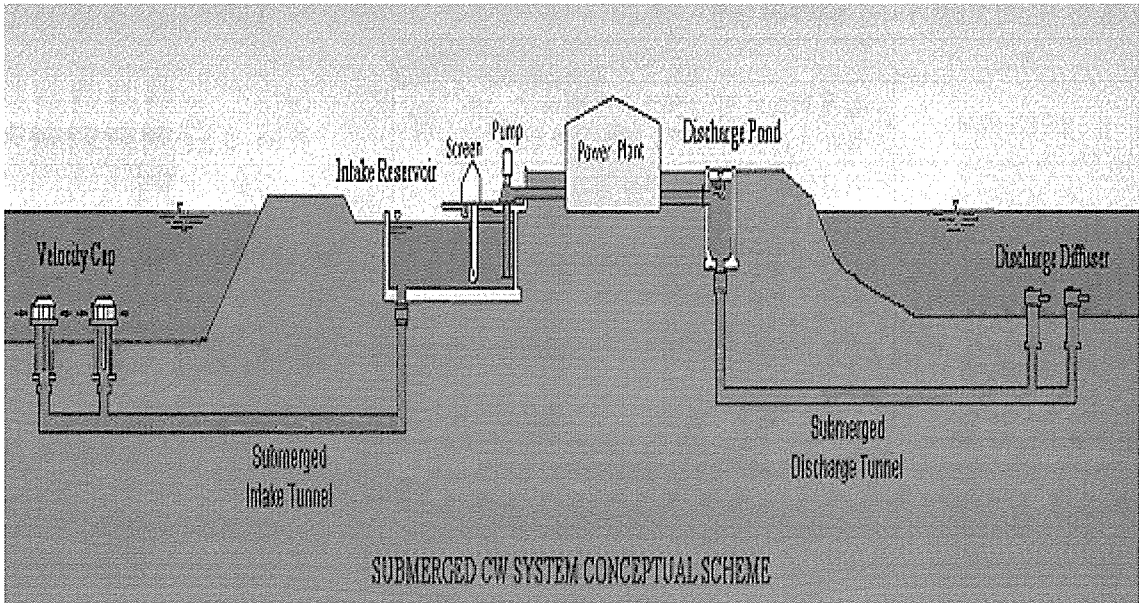
- 일부 설계 개선 사항(Inner Barrel Assembly, S/G 노즐 재질 변경 등)은 제3의 전문기관 또는 전문가를 통해 독립 검토 시행

○ 실증 실험 및 V&V

- 개발중인 Engineering Simulator를 이용하여 MMI 설계 및 인간공학 설계의 적합성 검증

○ APR1400 건설·운영 기술 정착화를 위한 로드맵 수행(2006~2015)

- 사업주 주관으로 건설, 운영



<그림 2> 심층 취배수 개념도

<표 3> 지역 지원 사업 현황

특별 지원 사업	기본 사업 지원	사업자 지원 사업	지역개발세, 주민세 등
1,146억원 (지원중)	55억원/년	55억원/년	110억원/년, 50억원/년

- 건설 경험 및 기술 정보 교류를 통한 상호 발전적 경쟁 관계 유지
- 한수원(한국) : 신고리 3, 4호기(APR1400)
- TVO(핀란드)/AREVA(프랑스) : Olkiluoto 3호기 /Framanville 3호기(EPR)
- JAPC(일본) : 쓰루가 3, 4호기(APWR)

3. 환경친화적 발전소 건설

가. 필요성

- 환경에 대한 국민들의 관심 증대, 특히 원전 주변 지역의 주민들의 관심에 대한 기대 충족 필요
- 특히, 생업 장소인 바다에 대한 온배수 영향 최소화, 해안선 보존 등 필요

나. 국내 최초의 해안선 보존 발전소 건설

- 심층 취배수 방식 채택으로 온배수 영향 최소화
- 호안 및 취수 방파제 등 해안 구조물 축조 필요성 제거
- 다. 환경 친화적 건설소 조성·운영
- 부지 내 우량 수목을 활용한 녹지 공간 및 차폐 수림대 조성
 - 부지 정지와 무관한 지역의 우량 수목 간벌 후 녹지 공간으로 조성
 - 발전소 인근 지역에 차폐 수림대를 조성하여 건설 공사로 인한 환경 피해 최소화
- 발전소 건설에 따른 비산 먼지 최소화 및 건설 폐기물 감량화 추진

- 민간 환경감시기구 활동과 연계하여 환경 친화적 사업 추진

4. 지역 사회 수용성 제고

가. 필요성

- 원전 주변 지역 주민 스스로 원전을 기피 시설이 아닌 유치 시설로 인정하는 발판을 마련하여 원활한 사업 추진 유도

나. 추진 방안

- 지역 공동체 경영 추진 기반 구축 및 활성화
 - 지역 협력 협의체 구성 운영
 - 지역 공동체 경영자문위원회, 환경감시기구 등과 적극 협력



<그림 3> 신고리 3, 4호기 조감도

○ 지역 경기 활성화를 위한 지역 지원

- 개정된 발주지법 및 지방세법에 따른 각종 지원 사업의 효율성 제고
 - 지원 사업 현황 <표 3>
- 연인원 1,000만 명 이상 소요로 많은 일자리 창출
- 지역 주민 우선 채용, 지역 생산 물품 구매 등으로 경기 활성화

○ 지역 주민들과 일체감 강화로 사업 추진 신뢰성 제고

- 간담회, 설명회를 통한 주민 의견 적극 수렴
- 1부 1마를 자매 결연 맺기, 직원 봉사 활동 활성화 등으로 일체감 조성
- 사업 추진 관련 정보 공개 및 홍보 강화

맺음말

원전 르네상스 시대를 맞이하여 세계적으로 제3세대 원전의 건설이 본격화되고 있다. 미국의 AP1000, 유럽의 EPR, 일본의 ABWR, APWR이 그 대표적인 사례이다.

이와 같은 3세대 원전의 건설 붐은 최근 들어 지속되고 있는 고유가 행진, 지구 온난화에 대처할 수 있는 현실적인 선택의 한계성, 그리고 중국 등 신흥 시장의 전력 수요 급팽창 등에서 그 원인을 찾을 수 있다.

미국, 유럽 등 선진국의 경우, 이와 같은 원전의 재부흥기를 예측하고 1980년대부터 일찍이 신형 원전의 개발을 추진해 왔다.

우리나라도 이와 같은 세계 추세에 부응하고 우리 원전 기술을 한 단계 향상시킨 APR1400 개발을 추진

한 것은 작금의 해외 원전 시장 상황을 고려할 때, 무척 다행한 일이라 아니할 수 없다.

이제 APR1400도 신고리 3, 4호기 사업을 통해 해외 신형 원전과 당당히 겨룰 수 있는 기틀을 마련한 것이다. 선배 여러분들의 결단과 노력이 빛을 발하게 된 것이다.

이제 OPR1000의 건설·운영을 통한 풍부한 경험과 APR1400 개발을 통해 축적된 신기술을 접목, 신고리 3, 4호기 사업 추진 전략을 충실히 수행함으로써 국내 원전 산업의 국제적인 위상 제고는 물론 지역 주민과 국민들이 원전이야말로 국민 생활의 질을 높이는 최선의 발전원이라는 평가를 내리는 전환점이 되도록 할 것이다. ☺