



고리 1호기 건설 허가

노윤래

원자력 칼럼니스트 · 전 한전원자력연료 사장



- 서울대 전기공학과 졸업
- 한국원자력연구소 연구관
- 한국전력공사 영광원자력본부장
- 한전원자력연료 사장
- 서울대, 한양대 감사 역임

1972년 5월 31일 고리 1호기의 건설 허가가 정부(과기처)로부터 승인되었다. 건설 허가를 취득하기까지 1년 동안은 필자에게 힘들고 바쁜 나날의 연속이었다.

1971년 6월부터 3개월간 5명으로 구성된 한전 기술진은 펜실베이니아 레딩(Reading)에 위치한 길버트(GAI)에 파견되어 GAI 기술진과 공동으로 고리 1호기 예비안전성분석보고서(PSAR, Preliminary Safety Analysis Report,)를 작성했다. GAI는 주계약자인 웨스팅하우스(WH)의 기술 용역을 담당했기 때문이다.

방대한 분량의 작업량을 고려해 필자는 각자의 전문성에 따라 PSAR 작성과 검토 작업을 분담케 했으며 안전 분석과 기술 사양(technical specification) 부분은 필자가 직접 담당했다.

9개월 만에 취득한 건설 허가...세계 기록

고리 1호기 건설 허가 신청으로부터 승인까지는 9개월이 소요되었는데, 이 9개월은 필자가 28년간 봉직한 직장 생활에서 가장 힘들었고 그러면서도 가장 보람이었던 기간으로 기억된다. 국내 최초의 원전 건설 허가를 가장 빠른 기간(9개월) 내에 취득했다는 세계 기록에 보람을 느낀 것이다.

고리 1호기 원전에 대한 안전 심사 과정을 살펴본다. 과기처는 원전 안전심사 경험이 전혀 없었을 뿐 아니라 전문 인력도 부족해서 국내외로부터 전문가의 지원을 받기로 했다. 국내에서는 대학 교수와 원자력연구소의 연구원으로 구성된



고리 1호기 증기발생기(1974. 3)

원자로안전자문단(ACRS)의 기술 지원을 받는 한편 국제적으로는 IAEA의 전문가를 초청한 것이다. 그러나 국내의 ACRS 위원들도 사실상 원전 안전 심사의 경험은 없었다.

미국 원자력위원회 출신인 로젠(Morris Rosen) 박사를 포함한 4명의 IAEA 전문가들이 과기처의 초청으로 내한해 2주간 PSAR를 검토한 결과 나타난 문제점을 과기처에 제출했다.

과기처로부터 ACRS 위원과 IAEA 전문가의 지적 사항을 통보받은 한전은 이를 WH에 전달하면서 계약에 따라 인허 지원(Licensing support)을 요청했다. 이와 같은 과정을 몇 번 거치면서 고리 1호기 안전 심사가 진행되었는데 중요한 사항을 살펴본다.

사업계획서 제출과 정부 심사...시점의 괴리

고리 1호기의 원자로를 포함한 NSSS 공급 책임자인 WH는 플랜트 설계에 1968년 6월 현재 유효한 설계 코드를 적용했는데, 이는 한전이 입찰안내서를 발급한 시일

(1968년 6월)을 기준으로 사업계획서를 작성했기 때문이다.

그러나 정부의 심사는 1971년 9월부터 시작되었으므로 1968년 6월 이후 제정된 ASME, IEEE, US-NRC의 규제 요건(Regulatory guide) 등 각종 설계코드는 고리 1호기 원전에 반영되지 않아 안전상의 문제로 제기되었다.

중요한 사례를 들자면, 1970년 미국은 아이다호 주에 위치한 국립원자로시험소(NRTS)에서 원전의 비상 노심 냉각 계통(ECCS)의 신뢰도를 검증하기 위해 모의 시험(simulation test)을 하였으나 실패했다.

원전에서 최대 가상 사고(cold leg double-ended break)가 일어나는 경우 ECCS가 작동되면 노심 용융은 방지할 수 있어 원전은 안전하다는 것인데 모의 시험의 실패는 미국 원전 관련 기관 모두에게 큰 충격이었다.

당시 NRTS는 1000MW 원자로를 1/4로 축소한 모델로 LOFT 프로젝트를 추진하고 있었는데 ECCS 시험의 실패로(축소된 노심의 모의 시험에 오류가 있었음 이후 밝혀졌다) US-NRC는 ECCS에 대한 임시 조치 사항(IAC)을 발표했다.

IAC 기준에 따르면 고리 1호기 핵연료 피복관의 표면 온도는 2400°F에서 2100°F로 낮추어야 하며 노심의 Flux 분포도 peaking factor를 2.8에서 2.4로 낮추어 종합적으로 안전성을 강화하는 방향으로 설계 변경을 하지 않을 수 없게 되었다.

그러나 WH는 IAC는 어디까지나 임시 조치일 뿐이며 기존의 결정론적 분석(DA) 기법에 따라 설계가 이루어졌고 계약상 설계는 1968년 코드에 따랐다고 고리 1호기 원전은 안전하다는 입장을 고수했다.

장시간 격론 끝에 고리 1호기 참조 원전으로 계약에 반영된 Kewaunee(WH가 공급한 PWR, 537MW)보다 용량이 높은 것은 안전 여유도가 감소된 것이 아니라 과도하게 반영된 안전 여유를 출력 증가로 변경한 설계 개선으로 결론



고리 1호기 최초 계통병입(1977. 6. 26)

을 내렸다.

ASME XI(In-service inspection)도 1968년 이후 제정되었기 때문에 또 하나의 이슈가 되었다. 이미 10년 이상 상업 운전을 경험한 미국 PWR 대부분에서 증기발생기(S/G)의 U tube plugging이 나타나고 있어 고리 1호기도 수명 기간 중 S/G를 교체하지 않을 수 없다는 것이 명백하게 되었다. 따라서 격납용기의 보전(integrity)을 손상시키지 않고 S/G 교체를 원활하게 할 수 있는 통로 확보의 어려움이 논의되었다.

U tube plugging은 1차 냉각 계통의 물처리 기술에 문제가 있기 때문인데 중전의 PT를 AVT로 바꿈에 따라 큰 효과가 있어 고리 1호기의 물처리 기법을 AVT로 바꾸어 S/G 교체 가능성을 차단했다.

한편 격납용기의 건전성 확보를 위해 A형 누설 시험(integrity test)과 B형 누설 시험(penetration test)을 주기적으로 강화하는 방안을 안전심사관에게 설명하고 자료를 제출함으로써 ASME XI에 의한 요구 사항을 충족하는 것으로 결정했다.

안전 심사 필요 정보와 회사 기밀 정보 사이에서

안전심사위원들의 질의에 WH 기술진은 성실하게 답변했으나 구체적 질문에는 PSAR에 기술되어 있는 자료(references)를 참고하라는 발언에 위원들은 모든 자료 제출을 강력히 요구했다.

난처해진 WH 사업 책임자(Larry Cochran)는 WH가 상업적으로 개발한 기밀 정보(Proprietary information)는 WH가 독점적 소유권을 갖는 기밀 자료이므로 제출할 수 없다고 거절하면서 양해를 구했다. 기밀 정보가 경쟁사에 누설될 경우 WH의 타격이 예상되기 때문이란 이유였다.

안전 심사에 필요하다는 위원과 회사의 기밀 정보라는 WH의 열띤 공방에 필자는 다음과 같이 양측에 중재안을 제시했다. 기밀 정보란 오직 WH가 공급한 PWR에 대해 특허를 받은 기술(예컨대 W-3 correlation 자료)에 한정하기로 하며 나머지는 모두 심사위원들에게 제출토록 결정하였다.

안전심사위원(ACRS/IAEA)과 수검자(한전/WH) 사이에 열띤 질의응답이 계속되었다.

내진 설계(DBE 0.2g)는 미흡하지 않은가?

해수면 5.8m는 지진해일에 취약하지 않은가?

수소 재결합기(recombiner)는 없어도 안전한가?

소외 전원 상실 시 비상 디젤은 충분한 신뢰도를 갖추고 있나?

사용후연료의 수소 용량은 부족하지 않은가? 등등...

고리 1호기 PSAR 심사 과정을 지켜본 필자는 선진국(특히 미국)의 안전 규제에 관한 철학을 배웠고 많은 경험을 했다. 🍵