

원자력 발전소의 안전과 품질보증

최 중 수
한국전력공사 서울연수원 교수

머 리 말

원자력발전소를 건설하는데 있어서는 수력 또는 화력발전소와는 달리 방대한 예산이 소요된다. 우선 1,000MW 발전소 2기를 건설하는데에는 약 3조원 정도가 책정되며, 원전 1기 건설 계획수립후 약 10년이 소요되는 오랜 건설 공기가 필요하다. 또한 고도의 복합설비로 다양한 분야의 다수 조직이 건설에 참여해야 함은 물론 건설기간중 기술발전, 규제요건 변경 등으로 설계변경 발생이 불가피하다는 등의 원자력사업의 특성이 있다. 뿐만 아니라 지난 '86년도에 구소련에서 일어난 체르노빌원전 사고가 세계원전산업계에 미친 파문과 충격을 두고 볼 때 높은 수준의 품질보증을 통한 안전성 확보는 원전의 건설에서부터 발전소수명 동안 지속적인 정책으로 고려되어야 한다.

1. 電力史와 原子力發電의 胎動

1887년 3월 모일(6일경) 경북궁내 건청궁 향원정에 불가사의하다던 전기불이 최초로 켜지면서 우리나라 전

기의 기원은 시작되었다. 이는 에디슨이 백열전구를 발명한지 7년 5개월만의 일이었다.

전력사업은 1898년 漢城電氣의 설립과 더불어 시작되었는데 이 회사는 1915년 京城電氣로, 1918년에 설립된 大興電氣는 1946년 南鮮電氣로 각각 개칭되었으며, 1943년에는 朝鮮電業이 설립되었다.

1945년 8·15해방 당시 전국 발전설비 172만kW 중 북한지역이 152만kW인 반면 남한은 11.5%에 불과한 20만kW로, 필요한 전력의 60%를 북한으로부터 수전받아 왔다. 이 와중에 1948년 5월 14일 북한은 남한측이 전기사용 대금을 제대로 지불하지 않는다는 것을 빌미로 대남 단전조치를 함으로써 남한은 심각한 전력난을 겪게 되었다. 더욱이 6.25 사변으로 발전설비 40%, 송전설비 20%, 배전설비 60%가 파괴되어 전력 부족난은 더욱 가중되었다.

광복 이후 京電, 南電, 朝電 등 전력 3사에 의해 운영되어 오던 전력사업은 5·16 직후인 1961년 7월 1일 "전원개발 촉진과 전기사업의 합리적 운영"을 위하여 한국전력주식회사로 통합되었다.

정부와 한전은 당면한 전력난을 해결하기 위하여 제1차 전원개발 5개년계획(1962~1966)을 수립, 전력부

문에 최우선적으로 투자를 집중하였다. 더욱이 경제개발 5개년계획의 진전으로 전력수요가 급증하자 정부는 전력난 대책으로 민자발전소 건설을 권장하기에 이르렀다. 그 결과 동해전력, 호남전력, 한화에너지(당시 경인에너지)가 설립되었으나 한화에너지를 제외한 동해전력과 호남전력은 72년과 73년 각각 한전에 인수되었다.

또한 국토개발 과정에서 다목적댐이 건설됨에 따라 '73년부터 한국수자원공사가 특정전기사업자로 허가받아 발전사업에 참여하고 있는데 '95년말 현재 96만 6천kW의 수력을 개발, 전량 한전에 판매하고 있다. 그러나 계속된 2, 3차 전원개발 5개년계획(1967~1976)에도 불구하고 '73년 석유파동까지 겹쳐 전력 부족사태는 계속되었다.

제4차 전원개발 5개년 계획기간(1977~1981)에는 두 차례에 걸친 유류파동으로 국제원유가가 폭등함에 따라 탈유전원개발정책을 강력히 추진, '78년 4월 29일 경남 고리에서 "제3의 불"로 일컫는 원자력발전소 1호기가 준공됨으로써 한국은 세계 21번째 원전보유국이 됨과 동시에 본격적인 원자력시대로 접어들었고 만성적인 전력 부족사태도 해소, 마침내 무제한 송전의 꿈을 이룩하게 되었다.

2. 事故와 사람

안전이란 개념은 인간존중의 기본 철학을 의미한다. 안전성에 영향을 줄 수 있는 사고나 고장이 330회 발생하면 그 중에 반드시 인명사고가 나거나 하는 중대사고 일어나게 된다고 미국의 어느 전문기관의 통계자료는 지적하고 있다. 그렇기 때문에 329회의 이벤트 발생을 설마하고 방심하다가는 돌이킬 수 없는 참사를 맞게 된다. 중요한 점은 천재지변과 같이 인간의 의지로서는 어쩔 수 없는 불가항력적인 것을 제외하고는, 대형구조물의 사고에서는 그 징후가 어떤 형태로든지 나타난다

는 것이다. 몇해전 우리를 경악시키고 절망감과 허탈감을 안겨준 삼풍백화점 사고의 근원적인 문제점은 부실시공의 문제 뿐만 아니라 사고 2~3일전 이미 붕괴의 조짐이 나타났는데도 사전예방조치를 취하지 않고 방치했다는 데 있다.

'94년의 성수대교 사고도 역시 붕괴전에 다리의 흔들림이 심하여 불안하다는 운전자들의 지적이 간과됐기 때문에 귀중한 인명피해를 초래한 경우였다.

1979년의 TMI원전 사고에서도 마찬가지로 사전에 막을 수 있는 징후가 있었다. 주체어실의 경보반이 자주 오동작을 표시하고 계통자체가 아주 민감하여 제어가 어렵다는 운전원들의 고충이 받아들여 지지 않고, 영업실적만을 고려한 전력회사 경영진의 운전강행이 노심부분이 녹는 용융사고를 자초한 것이다.

화력 또는 수력과 달리 원자력발전의 두드러진 특징은 에너지원으로 세계 2차대전때 일본에 投下된 원자탄의 원료였던 우라늄으로부터 얻는 핵분열에너지를 사용한다는 점이며, 바로 이 점으로 원자력발전소는 고도의 안전성을 확보해야 하는 특수성을 갖고 있다. 원자력발전소에서는 원자로내의 핵분열반응 결과 방사성물질이 자체 생성되는데 이 방사성물질을 차폐하는 설비를 설치하거나 방사선방어용 장비를 사용하여 현장 종사자를 방사선으로부터 보호하고 있다.

원자로의 안전을 보장하기 위하여 보호설비계통과 다중보호개념의 채택 등 각 기기 및 부품의 설계에 충분한 안전성을 고려하고 있으며, 이에 그치지 않고 설계로부터 제작, 건설, 운전 등 원자력건설 및 운영전반에 걸친 철저한 품질보증활동으로 안전성 확보에 최선을 다하고 있다.

특히 원자력발전소의 품질보증은 규제기관(정부), 사업자(한전) 및 계약자(원전건설업자, 정비업자)에 의한 다중 확인체제로 시행되고 있으며 이러한 다중확인체제 운영의 확인 수단으로 품질보증감사가 국가적 차

원(과기처 품질보증감사), 사내적 차원(사내 품질보증 감사), 사외적 차원(계약자 품질보증감사)으로 주기적으로 시행됨으로써 품질보증업무의 지속적인 개선에 노력을 경주하고 있다.

3. 原電安全을 위한 品質保證의 重要性

1971년 11월 고리원자력 1호기 건설착수시 미국 연방규제법인 10CFR 50 APP. B에 의거한 품질보증제도를 도입 적용했으나 지금까지 한전의 자체수행에 의해 운영되지 않고 웨스팅하우스에서 수행되었다.

이후 1974년 1월 사내 원자력품질보증 조직인 원자력부 품질관리과가 발족됨으로써 전면적인 품질보증활동이 시작되었다. 1978년에는 원자력법이 제정 공포되었으며 동법규에는 원자력 관련사업자는 품질보증계획을 수립하여 시행토록 함으로써 이에 상응한 품질보증업무가 법적요건으로 수행되게 되었다. 1984년 4월에는 그간 수행되어온 제반 품질업무를 경험으로 하여 한국전력에 적합한 원자력품질보증 업무가 社規로 제정되기에 이르렀다.

國籍과 原子爐型을 초월하여 안전성 확보의 문제는 세계 원전산업의 성패에 직결된다고 볼 수 있다. 이는 과거 국외에서 발생한 원전사고에 대한 각국의 대응과 반응, 그리고 세계원전산업에 미친 충격과 파문을 보면 안전성이 왜 중요한가를 쉽게 이해할 수 있을 것이다. 원자력발전은 지속적으로 다음과 같은 정책에 중점을 두어야 한다.

첫째, 방사선 재해로부터 인명, 재산 및 환경을 보호할 수 있는 확인가능한 대책의 확보 필요,

둘째, 일부계통을 제외하면 교체가 난이하여 수명기간의 수준높은 품질의 유지,

셋째, 원전수용의 사회적 공감대(Public Acceptance)

형성,

넷째, 고도의 기술집약적 산업으로 타 국가산업 전반에 파급효과가 크며 핵연료 공급의 해외의존성 외에는 모두 국산화의 적합으로 전력기술 자립 및 수출 산업화의 가능.

이상의 관점은 실제적으로는 철저한 품질보증의 토대 위에서만 가능하다고 할 것이며, 정부와 한전 그리고 원전산업체가 이에 대한 공통적 인식을 가지고 있어야 할 것이다.

품질보증이란 불량품을 줄이거나 아예 없애는 것이다. 예를 들자면 품질보증은 제품자체의 부품결함이나 전산소프트웨어 프로그램의 버거와 같은 결함과 관계되는 것이라 할 수 있는데, 완벽한 설계기준을 만족하여 질 좋은 제품을 만들어내자는 것으로서 무결점의 철학을 추구하건 안하건 간에 결함이 거의 없는 완전한 제품을 만들어 낸다면 품질보증의 목적은 달성되는 것이며, 어떤 제품이 잦은 고장을 일으킨다 해도 이 고장이 전기쇼크나 집을 다 태워버리는 원인이 되지 않으며, 전산소프트웨어 속의 바이러스나 제어프로그램 루프에 상존하는 버그는 이용자를 화내게 하지만 안전성과는 아무런 관련이 없는 것이다.

제품의 안전성이란 위험한 상황이 발생할 수 있는 제품의 결함에 관계되지만 제품에 결함이 있다고 해서 항상 위험한 상태를 초래하는 것은 아니다.

제품에서 안전성 공학은 고장이나 결함으로 인하여 위험이 닦쳤을 때 내재하는 위험을 제거하거나 줄이는 것으로 제품결함과 고장 그 자체를 제거하는 것은 아니다. 왜냐 하면 고장은 항상 일어날 수 있는 것이기 때문이다. 예를 들어 전선이 단락되거나 과부하의 위험에 대비하여 가정집의 내선에 퓨즈를 달아놓은 것은 발생할지도 모를 치명적인 결과를 퓨즈로 인해 막을 수 있기 때문이다. 이와 같이 거의 모든 종류의 제품에 있어서 위와 비슷한 상황이 있을 수 있는 것

이다.

보험사 실험실의 상용 스냅스위치는 50번의 과부하시험, 4000번의 정상부하시험, 6000번의 무부하시험 즉, 총 10,000번의 시험을 하는데 비하여 원자력발전소의 연동스위치는 이보다 10배가 많은 100,000번의 시험을 한다.

제품의 안전성은 제품의 고장이나 결함으로 인하여 발생할 수 있는 위험한 상황으로 국한되기 때문에 품질보증의 영역은 원천적으로 제품의 고장이나 결함이 없음을 입증하는 활동이므로 안전성의 영역보다는 더욱 넓은 의미로 쓰인다. 또한 결함과 고장으로 인해 잠재적인 위험성을 내포하는 것도 제품의 안전성과 관련되는데 이 안전성의 목적은 가능한 모든 결함상태를 예측하고 이 결함상태가 미치는 영향이 어떠한지 알아내어 위험이 없도록 조치하는 것이다.

품질보증은 고장의 분석, 고장의 통계적인 비율 그리고 생산통제 절차와 연관되어 이러한 것들이 위험한지, 아니면 어떤 내포된 관계를 가지고 있는지 여부를 알아보는 것으로 고장을 줄이는 것이고, 제품의 안전성은 상호관계의 내포된 의미를 이해하는 상태에서 고장으로 인한 위험, 위기의 영향과 결함 영향분석, 그리고 설계와 기술조정의 역할을 하는 것으로 위험의 가능성을 줄이는 것이다.

4. 品質保證의 國際化 時代

세계 전력사에는 나라마다 품질보증상의 특성이 있다. 즉, 미국, 프랑스 등은 시스템지향적(품질보증체계 수립·운영을 통한 품질확보 방식)이며, 독일은 제품보증 지향적 성향이 강하며, 일본은 자발적인 품질보증 유도를 강조하는 제도를 운영하여 왔다.

반면 오늘날의 경우 시스템 지향적인 품질보증으로 통합되고 있으며, 이러한 방식에 일본에서 발전된 방식

의 품질경영 방식 즉 TQC가 접목되어 단일체계를 이루어 가고 있는 추세다.

또한 세계적 품질경영 석학인 주란은 '20세기가 生産性의 시대였다면 21세기는 品質의 時代가 도래할 것이다'라는 예견에 걸맞는 세계품질의 흐름속에 대두된 국제표준 ISO 9000 및 통합품질경영 체제인 TQM 등의 신속한 선택적 흡수와 전파는 시대적 요청이기도 하다.

원자력발전소 규제차원에서의 품질보증은 각국의 여건에 따라 다소의 차이는 있으나, 미국의 10CFR50 App. B와 ANSI/ASME NQA-1 수준의 품질요건이 세계적으로 공통 적용되고 있다.

우리나라의 경우도 원자력사업에는 미국의 규제품질요건이 기본적으로 적용되며, 미국 이외 국가의 품질보증요건이 부가적으로 병용되는 형태로 적용하고 있다.

또한 ASME 등 국제적으로 공인된 설계·제작 및 검사규격의 적용과 인증획득을 통한 국제공인품질보증체계의 확립을 통하여 국내원전산업의 품질 및 안전성에 대한 국제적 신뢰도 획득 및 향후의 건설수출 등에 대비하여야 할 것이다.

원자력발전소의 전체적인 안전성과 품질은 품질보증체계의 수립과 정확한 업무수행의 확인, 그리고 실증시험만으로 이루어지는 것이 아니다. 오히려 설계기술의 개발·제도의 발전 등 지속적인 개선을 통해 안전성과 품질이 전반적으로 제고되어야 하는 것이다.

일본제품이 미국시장의 품질을 따라잡을 수 있었던 것은 "P D C A 품질사이클" 중 A(Action) 즉 개선에 기업이 집중적으로 노력해온 종합적 결과라는 점에서 품질개선의 중요성이 강조되고 있는 것이다. 전술한 바와 같이 원전사고는 막대한 투자손실을 가져오며, 그와 반대로 원전의 고장가능성을 감소시켜 설비 이용률이 향상되면 큰 경제적 이득을 가져오게 된다. 품질은 기술혁신, 생산성 향상과 원가절감에 직접적으로 기여하는 인자로 우리나라 원자력산업의 국제적경쟁력 확보차

전력사업 * * * *

원에서 검토되어야 한다.

즉 원자력 등급 기기의 신뢰도 검증 및 공인, 원자력산업 환경의 조성과 구체적인 원자력품질보증체제 수립요건 제시 및 산업계의 전반적인 품질고도화와 이에 대한 입증 등 우리가 도전해야 할 분야는 실로 넓다고 할 수 있다.

이제 한반도에너지개발기구(KEDO)를 통한 북한경수로 지원사업에 한국표준형 원자력발전소(KSNP: Korea Standard Nuclear Power Plant)가 한전을 중심으로 국내 원자력산업계가 공동 참여하여 공급하는 것이 현실화된 시점에서, 국내원자력기술과 품질이 국제적으로 공인 받을 수 있도록 우리제도와 시행을 국제화하는데 있어 미비한 사항을 점검하여 완비하는 기회로 삼아야 할 것이다.

품질보증기술의 개발을 위해서는 원전건설의 역사 25여년, 원전운영의 역사 20여년에 이른 우리의 축적된 경험과 기술을 기반으로 전과정에 걸쳐 각 분야별로 품질을 확보하는 구체적인 방법을 체계적으로 정리하여 자료화(패키지화)하는 것이 필요할 것이다.

예로서 원전건설에서의 품질보증활동 결과를 자료화하여 Feed Back하는 체제구축, 품질실패비용 종합분석 및 공개 체계 구축 등을 들 수 있으며, 원전운영의 경우 정비업체의 책임보증 체제 구축, 품질보증요원의 정예화 및 전문화 등을 들 수 있을 것이다.

이에 덧붙여 원자력산업체간의 품질협력체제를 구축하여 기술정보를 교류하고 필요한 인력을 공동으로 양성하는 것이 현 산업계의 당면과제라고 할 수 있다. 또한 품질인증시험(내진·내방사성·내구시험 포함)과 인원·자재·작업방법·장비 등에 대한 품질자격시험 및 품질검사, 가동전과 가동중비파괴검사 등 원전품질 보증에 요구되는 시험·검사기술에 대한 전략적 개발도 필수적 사항이다.

웨스팅하우스사는 발전소에서의 품질 실패로 인한 비용을 대차대조표(Balance Sheet)를 이용, 분석한 후

다음과 같은 두가지 결론을 얻었다.

품질비용을 1% 줄이면 운전여유도(Operation Margin)는 45% 이상 증가가 가능하고, 하자보증 및 재작업비용이 판매액의 10~20%에 달하지만, 웨스팅하우스는 품질보증으로 이 비용을 90%까지 줄일 수 있었다는 것이다.

이러한 웨스팅하우스의 품질관리전략을 벤치마킹한 아일랜드의 Thermo King Europe 발전소는 경쟁적 전략의 도구를 품질로 하여 고객만족을 목적으로 제품과 용역 그리고 발전소 경영에까지 확대시행한 결과 1982년의 품질비용이 총 판매량의 11%를 차지했던 것이 2년후인 1985년에는 4%로 감소하는 실질적 경험자료를 갖고 있다. 이러한 품질비용 최소화 노력은 원전 11기를 운영중에 있고 9기를 건설중에 있는 우리의 현실을 고려할 때 품질활동의 효율성 제고는 고객만족과 경영목표 달성이라는 사내 품질비전의 구현에 직결되는 사안이기도 하다.

5. 원자력산업계의 과제

4반세기 동안 국내 11기의 원전건설 경험, 가시화되고 있는 원자력발전의 민電化를 고려할 때 산업계에 주어진 역할은 민간주도로 원자력발전소의 안전성을 높이는 것이며, 또한 이것을 객관적으로 공인받을 수 있도록 하는 것이다. 그 이유로서는 민간주도로 안전성 제고를 추진하는 것이 원자력사업을 더욱 활성화할 수 있는 지름길이 되기 때문이다.

따라서 산업계 주도로 협회 등에서 필요한 안전기준을 제정하여 국가공인 기준화(Code & Standard)하고, 이것으로서 일반국민의 신뢰를 얻어나가는 것이 긴요하며, 이와 같은 움직임은 이미 대한전기협회를 중심으로 한 전력산업기술기준(KEPIC: Korea Electric Power Industry Code)의 적용도 현실화되어 가고 있다.

이와 같이 협회 등 산업계가 자발적으로 안전성 제고 면에서의 역할을 점차 증대시켜 나가는 것을 전망할 수 있다. 원자력산업계에 주어진 또 하나의 과제는 국가공인 품질교육기관의 양성과 자격제도의 정립이다. 이러한 일을 산업계가 담당하여 줄 때 이는 바로 산업계 전체의 이익으로 돌아갈 뿐만 아니라, 기술력과 품질의 제고에 기여함으로써 국산원전의 안전성 공인의 중요한 요소를 자리하게 될 것이며 나아가 원전의 민영화 및 수출에도 밑거름이 될 것이다.

6. 品質分野 체질 개선

무한경쟁시대에 우리 원자력산업계도 세계기업과 경쟁하여야 하며, 이를 위한 경영전략은 대체로 정보집약과 세계화라고 할 수 있을 것이며 글로벌화 시대에 국제정보력과 대응능력을 확충하고 세계 우수기업과 경쟁하기 위해서는, 품질분야의 세계적인 교류와 제휴 등을 통해 우리의 능력을 배양해야 할 것이다.

이는 곧 관리와 경영기술의 世界化를 의미하는 것으로서, 개발된 품질기술 기법의 신속한 파악과 이것을 우리 몸에 맞도록 우리의 것으로 만드는 일이며, 필요시에는 우리의 체질도 세계화에 맞게 바꾸어 가는 것을 의미하며 나아가 세계 원전산업시장에서 우리의 적응력을 키우고 발휘하는 좋은 기회로 삼아야 할 것이다.

맺음말

安全性 確保는 원자력 품질보증 활동의 무게 중심이자 궁극적인 목표인 만큼, 원자력정책 기본적 방침으로 유지될 것이며 앞으로 더욱 더 발전될 것이다. ISO

9000과 TQM 등의 시대적 품질의 변화에 능동적으로 대처하기 위해 품질보증 체계는 기술지향적이면서도 경영·관리지향적인 양면성이 있음을 알 수 있다.

즉 품질은 과정인 동시에 결과인 것이다. 품질보증과 안전성 확보를 위한 모든 활동은 안전에 대한 우리의 도덕성 기반과 모든 업무수행자에 대한 신뢰의 바탕 위에서 이루어져야 한다.

품질보증과 안전문화의 성패는 품질보증 체제와 사람에 달려 있다. 잘 갖추어진 품질체제를 효율적으로 운영하기 위하여 직원의 교육 및 자질 향상은 필수적이며, 사람의 품질이 다른 요소보다 우선하여야 하므로 인적자원의 육성에 적극적인 투자가 이루어져야 할 것이다. 이러한 品質 곧 人質이란 차원에서도 관리자 책임하에 충분한 교육지원과 자질향상 기회부여는 직원 자주의 원전 안전성 확보를 위한 저력을 키워주는 계기가 될 것이다.

1978년 4월 29일 고리원자력 1호기의 상업운전을 필두로 시작된 원자력에너지는 국가경쟁력 신장에 근간이 되었고 '96년에는 운전중인 원전 11기로 국가전력의 36%를 공급하였다. 오늘날 에너지 해외의존도 97% 이상에 이르는 에너지 빈국의 현실을 고려할 때 일찍이 원자력발전을 정책적으로 계획하여 이를 국내·외적 역경을 딛고 추진했다는 점에서 매우 다행스런 결과라고 할 수 있을 것이다. 그러나 원자력발전이 內在하는 사고의 위험에 한시라도 긴장감을 풀어서는 안될 것이다. 국민이 값싸고 편리한 원자력에너지로 행복한 일상을 유지하고, 安心(Peace of Mind)하고 원전을 받아들이는 시대를 위해 원자력 산업계 즉, 정부와 사업자인 한전은 물론 계약자인 참여기업 모두가 완벽한 品質保證 체계를 수립, 실천, 개선하는데 노력을 아끼지 않아야 할 것이다. ■