

기자재 국산화에 따른 품질보증과 안전성 확보

과학기술처

원자력상임위원

이 병 휘

서 론

원자력은 현재와 미래의 주요 석유 대체 에너지원일뿐더러 방사선 원으로서 인류복지를 위하여 요긴하게 다목적 이용되고 있다.

현재 우리나라는 고리 1, 2, 3, 4, 월성 1 호기를 운영, 건설하고 있으며 앞으로 매년 2-3 기씩의 원자력 발전소를 건설할 계획을 갖고 있다. 이러한 원자력발전 계획을 추진키위한 외화투자만도 연평균 30 억불이 소요된다. 따라서 국제수지를 개선코저 1975 년부터 기자재 및 설비의 엔지니어링등 원자력발전소 국산화를 적극 추진하기 시작하였으며, 기자재부문에서도 산업의 전체적인 성장에 힘입어 각 부문에서 국산화 사업이 실현되고 있다.

국산화의 필요성과 배경

정부는 제 4 차 경제개발 5 개년 계획기간중 질적인 산업구조고도화 추진을 위하여 기계류 국산화시책을 강력히 추진하고 있으며 이에따라 대부분 수입에 의존하여 오던 고성능 기계류가 대폭 국산화 대체되고 있다. 기계류 국산화의 우선 당면과제는 유효수요창출등 국내주요시장의 확대 및 개발에 있는바 원자력발전소 기계류는 대형철 구조물, 주단강품, 충전기기 및 고성능 정밀기기와 전기기계로 구성되는 방대한 중화학공업 분야이므로 국내 기계공업에 따른 광범한 시장을 제공할 수 있다. 한편 막대한 외화수요의 절감과 국제수지 개선에 기여할뿐 아니라 국내 중화학공업 유발등 국민경제에 기여하는

효과는 자못 크다고 하겠다.

국내 산업기술을 유도향상하며 핵수준의 고도의 기술보급에 기여할 수 있다.

국산화 추진으로 건설공기의 조기단축에 따른 비용절감, 보수용품의 신속한 조달에 따른 가동율 향상 및 재고수준의 적정화로 자재 조달의 용이성등 여러 가지 이점이 있다.

원자력발전소 기자재 공급을 우리 스스로의 힘으로 수행함으로써 해외의존도를 감소시키고 에너지 자립도를 향상시키며 나아가 국가안보적 측면에서 다각적인 기여를 할 수 있다.

원자력발전소 기자재의 일반적 특성

원자력발전소에 소요되는 기자재는 핵연료사용에 따른 방사성유체에 대한 내구성이 있어야 하므로 고도의 안전성과 신뢰성을 요한다.

따라서 원자력발전소용 기자재는 소위 핵수준이라 불리우는 높은 성능의 품질조건에 맞아야 하며 이는 제조과정에서 설치에 이르기까지 엄격한 규제를 받게 된다.

즉 고온, 고압, 습도, 수압, 지진, 마찰, 폭발, 화재, 진동 및 방사선(주로 중성자와 γ -ray) 등의 가혹한 조건에 견딜수 있어야 한다.

기자재는 일정기간동안 사고없이 수행할수 있어야 하며 일정기간 기기의(용도에 따라) 설정된 수명의 연속동작을 보장하여야 한다.

기기는 제통에 대해 다음과 같은 영향을 수어서는 아니된다.

(1) 기기의 재질계통내의 유체의 성분의 변화(2) 불필요한 열의추가 유체의 누설 및 전자 장애등의 영향.

동작상태의 감시 및 접근이 용이해야 한다. 감시는 계기와 육안으로 하며 접근의 목적은 점검, 정비, 교체, 조작을 위한 것이다.

안전성 확보

그러나 기자재 국산화를 추진함에 있어 하나의 벽이 있다. 즉 발전소의 안전성을 최대한 확보하여야 하는 것이다. 원자력발전소 사고는 항상 방사선 누출(죽음의 재라고 부르던 실감이 날것이다.)의 위험에 잠재하여 있고, 만약 파이프가 파열되었다고 하면 사고 수습은 일반 시설과는 달리 접근이 어렵고 사고의 영향이 심대하다.

따라서 기자재를 국산화함에 있어서도 안전성을 확보하기 위하여 국산 기자재의 질과 신뢰도를 향상시켜야 할 것이고 이는 철저한 품질보증, 품질관리에의 의해서만 가능할 것이다.

일반적으로 원자력발전소 기자재를 생산하는 공장은 검사 및 품질보증 업무에 종사하는 요원이 전체 요원의 20%를 점할 정도로 엄격한 품질관리활동이 요구되고 있다.

1. 국산화에 따른 품질 보증

가. 품질보증의 의미

품질보증의 개념은 제품 검사의 필요성이 인식되면서부터 싹트기 시작했다고 볼 수 있다. 19세기말부터 20세기초에 걸쳐 구미

각국에서는 대량 생산 체제가 수립되면서 정밀한 치수의 제품을 만들며 호환성을 갖추기 위해 검사 과정이 필요하게 되었으며 검사작업이 발전되어 품질관리를 하게 되었다는데 이것 장점은 불필요한 노력을 줄이고 불량품을 줄이며 결점을 보완하여 원가를 절감하기 위해 시험결과를 분석했다는데 있었으나 공정규모가 커지고 공사방법이 복잡해지자 검사는 물론 조직적이며 체계적인 관리, 제작자 감독, 감사 및 모든 행위에 대한 문서화등을 통해 확인 및 보증하는 작업이 필요하게 되었다.

이 작업을 품질보장이라고 한다.

품질보증은 핵잠수함, 미사일, 우주선, 원자력발전소등 정교하고 복잡하여 조직적인 협조와 체계적인 점검이 필요한 각 분야에서 크게 공헌해 왔다.

나. 품질보증의 장, 단점

품질보증의 문제점과 장점이 논란의 대상이 되었다.

반대론자들의 제시하는 문제점을 몇 가지만 열거하면 다음과 같다.

1) 해당활동과 무관한 독립적인 기구가 검증 작업을 하게 되므로 지나치게 규정에 얽매이는 경향이 있어 원가, 공정, 제작과정이 무시될 수도 있다.

2) 공장장이나 건설 소장같이 해당활동에 책임을 지는 사람은 대개의 경우 일을 얼마나 치밀하게 했는가하는 것보다는 경비를 얼마나 썼는가(?) 공정계획에 맞추어 일을 진행 시켰는가(?) 작업결과는 어떠한가(?)등 결과에 보이는 결과에 따라 능력이 평가되므로 해당활동

의 책임자로서는 품질보증 업무를 귀찮게 느끼게 된다.

3) 능률 여부나 효과 여부야 어떻든간에 품질보증요원이 절차나 요건에 어긋난다고 느끼면 무조건 문서화하므로 각 활동의 책임자들이 창조력이나 선의의 독단이 무시되어 반감을 갖기도 한다.

4) 최고책임자가 여러 가지 이유로 단기적인 안목에서의 원가나 공정에 집착하는 경우 품질보증 행위는 형식적인 것이 된다.

이와같은 문제점은 어디에서나 노출될 수 있는 것들이므로 최고경영자가 품질보증과 원가문제를 동시에 적절히 운영하고 여타참여자가 품질보증에 대한 인식과 양식을 발휘하여야만 소기의 목적을 달성할 수 있다는 어려움이 있다고 볼 수 있다.

이에 반하여 품질보증의 장점은 경제성, 신뢰도, 안전성을 보장하며 객관적인 평가자료를 제공한다는데 있다.

장점을 간략하게 요약하면 다음과 같다.

1) 경제성, 생산성 및 신뢰도

경제성과 신뢰도는 상호 밀접한 관계를 가지고 있다. 비록 품질보증 작업을 하면 건설비나 제작비는 상승하지만 신뢰도가 증가하여 연속적인 사용이 좀 더 보장되며 수명도 연장된다. 물론 이 문제는 부록 1에서 보는바와 같이 건설비나 제작비의 증가와 신뢰도 증가에 따른 이익을 비교하여 최적화시키는 것이 바람직하나 현실적으로는 이론적인 최적화가 불가능한 경우도 있다. (부록 1 참조)

그러나 품질보증에 따른 비용은 총건설비의 1~2%에 불과한 반면에 신뢰도가 증가하면 가동율은 30년이상이나 되는 원자력발전소의

전 수명기간동안 가동율을 수%이상 향상시킬 것이므로 장기적인 안목에서 경제성 및 생산성을 출 것이다.

2) 안전성

원자력발전소의 경우 품질보증 업무를 통해 원자로 및 압력경계내의 안전과 기타 방사성물질이나 위험한 사고가 예상되는 구조물 계통 부품의 설계, 건설 및 운전시의 안전여부에 대해 계속 감시하여 사고가 발생할 수 있는 가능성을 배제하자는 것이 기본 목적이므로 당연히 안전성이 증가된다.

3) 객관적인 평가

품질보증은 모든 행위들 추후에 추적할 수 있도록 문서화하며 부적합 사항은 계속 시정해 나가는 행위이므로 모든 기기, 시설 및 활동을 객관적으로 평가할 수 있다.

이같은 품질보증을 수행하는 활동과정에 관하여는 시간상 생략하겠다.

품질보증을 수행하는 활동지침이 되는 세계 각국의 기준과 국제원자력기구의 기준 및 지침이 부록 2에 표시되어 있으며 현재 제정 작업중인 우리나라의 기준 및 지침은 부록 3에 표시되어 있다.

국내 품질보증의 문제점 및 해결방안

현재 국내 원자력 발전소의 품질보증 시스템은 법적인 규제근거가 미비하고 실시한 연혁이 짧아 체계화되었다고 볼 수는 없으며 품질보증요원도 부족한 실정이다.

미주 지역과 일본등에서는, 현재 각기업체들이 ASME의 품질보증

기준에 상당한 관심을 기울이고 있다. 그 이유로서는 ASME가 비록 미국의 규격이지만 거의 국제적으로 공인되고 있어 구매 자국의 규격을 별도로 고집하는 것보다 현재 ASME의 일반적인 평가를 바탕으로 인정받는 것이 손쉽고, 상당수의 국가에서 건설되는 원자력발전소들이 주로 미국의 일차계통 공급자의 제품을 쓰고 있어 미국 기준을 많이 쓰고 있으며, 특히 ASME의 규격은 여러나라의 기술 및 제품을 동원하는 경우 일률적으로 적용하기가 용이하다는 점등을 들 수 있겠다.

구미 품질보증 체계를 도입하기에 앞서 생각해야 할 점은 구미 규정의 적용과 이에 따른 원가상승에 관한 검토와 국내 기술진과 외국 기술진의 교육수준, 기술수준, 정신자세의 차이가 있는 현실에 비추어 구미식 품질보증 체계의 직수입이 가능한가?

구미 품질보증 체계가 실제로 제품 수준을 높이는데 얼마나 도움이 되는가?

효과적인 품질보증 체계의 확립방법의 모색, 현재의 품질보증 체계 개선을 위한 지침, 품질보증 담당자의 육성방안등의 검토 등이다. 또한 이와 같은 문제점외에도 근본적으로 경영층의 인식구조 변경, 생산에 참여하는 종업원의 수준향상, 품질보증 요원의 체계적인 운영방법, 품질보증 감사 능력자의 광범위한 확보등을 염두에 두어야 할 것이다.

그러나 가장 중요한것은 한국적인 특성을 반영한 합리적인 품질 체계의 운영이 가장 중요한 문제일 것이다.

이상과 같은 문제들이 국내의 품질보증의 발전에 기여할 많은 사

람들이 가져야 할 정신적 배경이 되어 국내품질보증이 육성된다면 가장 바람직한 것이 되겠으며 산발적인 노력만이 아닌 품질보증에 대한 거국적인 협조체제와 그에 따른 국내품질보증의 수준향상을 위해 다음과 같은 몇가지 문제점 및 해결방안으로 제시하고자 한다.

1) 요원양성 및 확보

작업자의 수준, 품질관리기사, 품질보증 감사요원의 확보를 위해 관련업체, 정부의 다각적인 노력이 필요하다. 구체적인 방법은 해외연수, 국내 발전소에서 현지훈련 연구기관등에서 교육과정의 신설등을 생각할 수 있다.

2) 경험 축적

현재까지 축적된 각종 자료의 집대성을 위한 각 기관의 활발한 움직임이 있어야 하며 현재 건설중인 혹은 계획중인 발전소에 가능한 한국내 기술진을 참여시켜 적극적인 경험축적에 힘써야 한다.

3) 발전소 소유주의 품질보증 방침강화

현재 원자력발전소의 소유주인 한국전력(주)은 원자력사업의 팽창을 감안하여 품질보증 계획을 구체적이고 강화된 방침하에 품질보증 활동을 하여야 할 것이다.

4) 관계 정부기관의 법규, 규정, 권고 및 지도

관계정부기관은 사실상 규제 기관으로서의 역할만 수행하면 되는 것이기는 하지만 안전성 확보뿐만 아니라 원자력산업의 지도 육성에 대한 제도 제정의 임무도 없는 것은 아니므로 최소한 직접적으로 관련되는 기업에 한해서라도 정부 차원에서의 지원이 필요할 것이다.

5) 정부, 발전소 소유주, 업계, 학계의 체계적 협력

각관련기관, 학회, 업체등을 총괄한 품질보증 관련부서 담당자들간의 긴밀한 협조 체제를 통한 정보 교류의 활동등을 가능케 해야 한다. 이것이 구체화 될 수 있다면 현재까지의 산발적인 연구 및 노력을 집중 시키는 구심점이 될 수 있으며 이것은 과학기술처나 상공부, 동자투가 적극 지원해야 가능할 것이다.

6) 정통적인 관리 체계와 품질보증

구미의 품질보증 체계는 구미의 사정, 의식구조등에 맞물리지 모르나 현재 한국의 어떤 의식구조와는 상반되거나 좀 힘든 부분이 있을 수 있다. 이것을 국내 품질보증이 꼭 닮아야 하는것이 아니고, 최종적인 품질보증을 체계적으로 달성시키면 되는 것이므로 국내의 전통적인 관리체계에 품질보증의 개념을 도입 시켜야 한다.

7) 품질보증에 대한 인식 구조 개선

품질보증에 대한 인식 부족은 때때로 우수한 결과를 초래하는 수가 있는것 같다. 구미식의 품질보증을 단순히 도입한 결과 한 공장내에 두가지의 품질보증 조직 - 하나는 기존 조직이며 또 하나는 구미식의 조직 -을 만들어 혼선을 빚거나 과거의 방식과 원자력발전소의 품질보증 방식을 동시에 한사람에게 부과하여 담당자에게 혼선을 주는 등의 현상이 그것이며 품질보증에 대한 인식부족 때문에 불필요한 부분까지도 지나치게 까다롭게 다루는 현상등이 그것이다.

이는 모두 인식부족에 기인한 것이므로 하루 빨리 시정 되어야 하겠다.

8) 품질보증을 위한 구체적인 지원

국내공사등에서는 계약 금액중에 품질보증에 대한 경비를 무시하거나 이익율을 부당하게 과소 책정하여 사실상 부실공사의 원인이 되고 형식적인 품질보증에 그치는 예가 많았었다.

물론 업자에게도 문제가 있겠으나 부당한 가격 책정때문에 혹은 과도한 이윤 추구 때문에 계약시에 가격산출 근거를 실제와 다르게 조작하거나 계약사항을 양심적으로 이행하지 않고 형식적으로 수행하는 등의 병폐는 없어져야 겠으며 필요성이 인정되는 기간 동안은 정책적으로라도 구체적인 지원을 해주어야 할 것이다. 이를 위해 최소한 품질보증 경비의 분석 검토가 필요하다.

9) 용어통일

원자력발전소라는 기술의 도입에 있어 일관된 개념을 확립하기 위하여 용어의 통일은 매우 시급한 문제이다. 그동안 원자력산업에 관련된 각 업체에서 발간한 책자들을 보면, 확실한 개념이 없는 단순한 번역에 의해 사용되고 있으며 더우기 책자마다 서로 다른 용어를 사용하고 있어 관계 실무자들에게 혼란을 주고 있다. 기술을 도입, 토착화하기 위해서는 통일된 용어의 사용이 그 기본 요건이 되는 만큼 정부기관, 학계 및 관계업체들이 협조하여 원자력에 관련되는 용어를 제정하여 통일하고 그 정의를 분명히 확립해야 하겠다.

10) 전력사업자 공급자 사이의 품질보증 체계

원자력발전소의 건설에 있어 전력사업자는 여러 공급자에게 하청을 주게 된다. 하청 품목에 대한 품질보증은 원자력발전소 전체의 안전

성에 중요한 영향을 미치게 되므로 소유주와 공급자사이에는 확실한 품질보증 체계를 수립하여 둘 필요가 있다. 이와 같은 체계를 세우지 않고 소유주가 공급자에게 모든 권한을 넘겨 줄 경우 공급자가 다선 하청을 주게 되므로 품질보증에 대한 혼선이란 말할 수 없게 된다. 따라서 이와 같은 혼란을 피하기 위해 그 체계를 세워야 할 것입니다.

2. 국산화에 따른 안전 규제

가. 국산화에 있어 안전성 확보의 의의

국산 부품의 안전성은 최근 미국에서 발생한 TMI (Three Mile Island) 발전소 사고에서 그 예를 찾아보면 가압기 (Pressurizer) 의 압력방출 밸브 (Pressure relief valve) 가 열린후 닫기지 않은데서 일어난 사고이었다. 이 밸브가 제대로 작동되었던들 이렇게 큰 사고로 번지지 않았을 것이다.

우리가 국산화를 수행하면서 안전성을 항상 염두에 두고 품질보증 활동을 철저히 수행하여야 하는 이유는 이러한 사고로 전력 사업자가 받는 피해뿐만 아니라 비상사태에 주민의 대피소동, 주위환경 오염등을 고려하면 국산화에 있어 안전성이 얼마나 중요한가를 알 수 있다.

나. 규제기능의 강화

안전 규제의 기능은

첫째 ; 안전기술 기준 및 지침의 개발

둘째 ; 설계제작 및 설치등에 대한 안전성 심사분석

셋째 : 기술 검사 및 시정조치

로 크게 대별한다.

우리나라의 안전 규제는 79년 4월에 안전 규제 전담기구인 원자력안전국에서 분리 신설하여 안전규제의 체재에 있어 진일보 하였다. 그러나 현재 계획대로 매년 2-3기씩 원자력발전소가 건설되고, 국산화율이 더욱 진전되면 원자력안전 확보 체재자체에 있어 검사관 부족, 자질 문제등 많은 문제가 있다. 다음은 기자재 국산화에 따른 안전 규제를 어떻게 할 것인가를 기능별로 검토하여 방향을 제시하겠다.

1) 기술 기준의 개발

원자로 시설에 관한 기술 기준은 크게 부지, 설계, 운전, 품질보증 및 검사등에 관한 기술 기준으로 분류되며, 현재 과학기술처는 미국 원자력 규제위원회 (MRC) 법령 (10 CFR 20, 50, 70, 100) 과 기술지침 (Regulatory Guide Div.1-10) 또한 국제원자력기구 (IAEA) 가 권고한 5개 기준 및 지침을 기초로 우리의 실정에 맞는 안전기준을 제정중에 있으며 앞으로 1-2년후면 완성이 될것이다. 원자력발전소에 가장 많이 쓰이는 미국 기계학회의 보일러 및 압력용기에 관한 공업 규격 (Boiler & Pressure Vessel Code) 의 상당한 부분이 우리말로 번역되어 공업진흥청에서 한국 공업 규격으로 고시하였으나 이것은 이분야의 첫 시도이고 앞에서 언급한 많은 문제가 있다. 이외에도 용접, 배관작업, 전기배선등 허다한 분야가 있고 또한 이의 토착화가 큰 문제로 대두되고 있다.

2) 기술 검사

과거처는 1978년에 고리 발전소 현장에 주재관실을 신설 검사관을 상주 시켜 검사 기능을 강화했으며 이같은 제도는 미국에서뿐만 아니라 일본에서도 시행하는 것으로 알고 있다. 또한 원자력발전소에서 소요되는 주요 기자재의 품질보증 활동 감사를 미국에서는 Office of Inspection & Enforcement, U.S.NRC에서 Licensee Contractor & Vendor Inspection Program (LCVIP)을 수행하고 있고 우리나라에서는 대통령령에 원자력 관계 주요 부품 생산업 허가와 이에 대한 품질보증 확인이 법적요건으로 되어있고, 이같은 제도를 실행할 준비를 하고 있다.

물론 원자력발전소 기자재의 품질보증은 피라밋과 같이 규제기관, 전력사업자, 설계 엔지니어링 회사, 생산 제조업체, 하청업순으로 품질보증 활동의 범위가 커지며 가장 큰 비중은 생산제조업체에 있다. 방대한 공업규격은 기계학회등 각 학회가 주관하여 개발 정비하여야 할 것이며 이에 따른 생산제조업체 품질보증 감사를 실시하여야 할 것이다. 미국에서는 미국 기계학회가 NRC의 Third Party Inspection을 대행하고 앞으로 미국 전기전자 학회(IEEE)등 각 학회가 여기에 참여할 준비를 하고 있는 것으로 알고 있고, 우리나라도 이같은 방향으로 나아가야 할 것이다.

미국은 공업규격을 각 학회가 주축이 되어 제정하고 이것을 시행하여 가나 우리 한국의 실정은 이와 같지 않은 것이다. 공인검사관 (Authorized Inspector), 공업 규격의 인정등 제도적, 행정적인

미결의 문제도 있다. 이를 위해 정부, 학회, 생산업체, 전력사업자가
공히 노력을 경주해야 할 것으로 믿고 있다.

마지막으로 검사기능에 있어 시정조치 (Implementation) 의 강화
를 위해 과기처는 현행 원자력법을 개정하여 벌칙 규정을 강화하는
작업을 진행중에 있다.

3) 안전성 심사분석

원자력 부속의 설계에 대한 안전성 검토는 예비 또는 최종 안전
성 분석보고서를 건설, 운영허가시에 제출하고 그 외에 건설 과정에
있어 설계 및 공사방법을 신고 하도록 현행 원자로 건설 운영에
대한 대통령령에 규정되어 있다.

현재 원자로 안전성 심사분석은 한국 원자력연구소에서 기술적인
지원을 하고 있으나, 앞으로 단계적으로 원자력안전국에서 이러한 기
능을 수행하게 될 것이다.

4. 결 언

원자력 산업에 있어 안전성은 아무리 강조해도 지나치지 않을 것
입니다. 원자력 5,6 호기 이후는 논던키 방식으로 건설하고 후속기는
국산화율이 점차 높아지게 될 것입니다. 그러나 여기에는 안전성이란
한계가 있습니다.

이를 위해 규제기관, 국산화 관계, 업체, 또한 전력 사업자, 설계
엔지니어링 회사, 제조 업체가 일심이 되어 노력을 경주하고 협력을
아끼지 않아야 할 것으로 생각합니다.