

日本の核設備供給과 技術用役의 自己信賴度向上 成就實績

*Achieving Self-Reliance of Nuclear Equipment Supply
& Services in Japan*

Y. Korei (Hitachi Limited), S. Yoshijima (Toshiba Corporation)

1956년 일본의 원자력산업이 시작된 이래 여러단계의 발전을 거듭하여 오늘날은 1,100MWe 급 표준 원자력발전소 건설이 국내공급자에 의해 가능한 단계에 있으며, 향후 경수로로는 일본의 원자로 운영자의 방향제시에 따라 외국 NSSS 공급자와 대등한 입장에서 개발될 것이다.

本稿에서는 일본의 원자력산업이 지나온 각 발전단계의 주요 Event와 오늘날 일본 원자력산업의 기초가 된 공동노력에 대해 좀 더 상세히 소개하고자 한다.

일본은 천연자원이 거의 없으며 국가경제를 산업생산에 전적으로 의존하고 있는 나라중의 하나이다. 이러한 모순된 상황은 신뢰할 수 있는 에너지원으로 소위 “원자력알레르기”에도 불구하고 원자력의 평화적 이용, 개발을 택할 수밖에 없었으며, 현재는 원자력발전용량이 전체의 거의 1/4을 점유하게 되었다.

30년간의 일본 원자력발전사는 다음의 다섯 단계로 구분할 수 있다.

1. 1956년-1965 : 기초연구단계
2. 1965년-1970 : 1차경수로 건설 및 연수단계
3. 1970년-1975 : 주계약자로서 원자로 설치 개시단계
초기경험으로 기술적 곤란

을 겪은 시기

4. 1975년-1980 : 일본 실정에 맞는 원자로 설계의 표준화 및 진보단계
5. 1980년-현재 : 성숙단계, 미래지향적 발전단계

1. 基礎研究段階(1956-1965)

1956년 미국에 의한 원자력의 평화적이용계획 발표에 따라 정부 및 산업체에서는 이에 관한 연구를 시작했다. 미국의 발표가 있는 직후 일본정부는 원자력의 평화적이용을 위한 기초적 법체계를 마련했고, 일본국립원자력연구소가 주연구단체로 설립되었다.

전력산업체는 원자력기술자의 해외연수를 통한 Know-How의 습득을 시작했다. 많은 기술자와 과학자들을 쌍무계약에 의해 해외연수시켰으며, 연구소, 대학 및 사기업들이 기술개발을 위해 시험로를 설치했다. Hitachi가 1960년에, Toshiba가 1962년에 훈련용 원자로를 설치했고, 다수의 사기업들이 미래 원자력산업에서 역량강화를 위해 그룹을 형성했다. 예로서 Hitachi가 회원사들과 TAIC(Tokyo Atomic Industry Consortium)를 설립했다.

이들 그룹의 중요도는 현재 많이 위축되었으

나, 이러한 사실은 처음부터 새로운 산업추진에 대한 열망과 풍부한 발전 가능성을 내포하고 있었던 것이다. 1959년 JAERI가 미국 GE사로 부터 최초의 시범용 BWR 원자로(JPDR)의 도입을 결정했고, 이는 일본 경수로의 상업화에 결정적인 역할을 했으며, Hitachi와 Toshiba가 GE사와의 협정에 의한 면허를 얻어 하청계약자(Sub-Contractor)로서 이 BWR 건설에 참여함으로써 BWR기술의 선두주자로 부상되었다.

1963년 경수호가 일본의 상업로로 될 것이 명확해졌고, 1965년 일본원자력회사는 2차동력 로로 BWR이 될 것이라고 발표했다. 상업용 경수로의 발달과 병행하여 일본원자력위원회는 중수로·고속중성로·융합로 등 미래의 원자로에 대한 지속적, 독립적 개발정책을 유지해 왔으며, 이러한 지속적 연구는 오늘날 일본원자력기술의 근간을 이루고 있다.

2. 研修段階(1965-1970)

JAPC의 BWR도입에 이어 Kansai 전력회사가 웨스팅하우스사로 부터 PWR도입을 발표했다. 이러한 결정은 Toshiba와 Hitachi로 하여금 GE사와의 전통적 파트너로 License계약을 촉진케하여 GE, Hitachi와 Toshiba가 합동으로 BWR 연료 성형가공회사 설립에 합의했다.

이들중에서 일본이 전수받은 중요한 기술은 상업용 원자력발전소의 성공여부를 좌우하는 내진설계 및 방사선피폭감소분야이다. 따라서 정부와 산업체는 이들 분야에 대해 철저한 대책을 수립해 나갔다. 이러한 초기의 결정으로 일본은 내진설계기술 및 방사성폐기물처리, 방사선방호기술분야에서 가장 진보된 기술을 갖추게 되었다.

1960년대 중반에 일본의 원자력산업은 체계가 갖추어져, 경수로의 상업운전준비가 완료되었음을 발표했고, 1969년과 1970년에 3기의 경

수로(PWR 1기, BWR 2기)가 상업운전을 개시했다.

3. 原子爐의 1次 國內製作段階(1970-1975)

1960년대 후반과 1970년대초 사이에 일본 원자로공급자를 주계약자로 하는 새로운 프로젝트에 대한 발표가 전력회사에 의해 발표되었고, 이는 국내공급자가 면허자에 대해 독립적으로 원자력발전소 건설능력을 획득했음을 의미한다.

R&D계획은 I&S계획의 부수적 활동으로 전력회사와 공급자 공동으로 구체적인 발전소 계통 및 기기의 개선을 연구했으며, 이 결과는 오늘날 진보된 발전소 설계 및 부속설비의 기초가 되었다.

다른 하나의 노력은 Nuclear Power Engineering Test Center(NUPEC)의 설립이다. 이 기구의 목적은 경수로 주요부품에 대한 실제운전 조건하에서의 시험보증이다. NUPEC의 지점이 일본 각지에 설립되어 밸브, 노냉각수 펌프, 대구경파이프, 발전소 구조물에 대한 내진시험의 신뢰성을 입증해 주었다. 내진 시험설비의 예로서 진동테이블은 1,000톤의 시험대상을 시험할 수 있다. NUPEC의 설립으로 일반 대중에게 원자력발전의 안전성과 신뢰성에 대한 추가보증을 제공해 주게 된 것이다.

이 시기에 1,100MWe의 오늘날 일본 표준발전소의 건설설계가 시작되었고, 경수로 운전중 스테인레스 파이프의 임계충격부식(Inter Granular Stress Corrosion Cracking : IGSCC) 현상을 발견하게 되어 BWR공급자들은 Task Force팀을 구성하여 원인, 대책, 대체금속에 관한 연구를 수행했고, 정부, 사용자, 공급자의 공동노력으로 1977년, 즉 이러한 현상 발생 3년후에 IGSCC에 관한 이해와 대책을 적용했으며, 이 연구결과는 대만과 미국에 적용되고 있다.

4. 改善 및 標準化段階(1975-1980)

1975년에 일본 통상산업성의 지도 아래(MITI) 일본의 원자력산업은 설계개선과 표준화계획(Improvement & Standardization Program)단계에 진입했다. 이 계획중 가장 중요한 목표는 정부와 산업체의 이러한 노력이 원자력발전소의 안전과 신뢰성을 확보할 수 있음을 일반대중에게 보여주는 것이었다.

이 계획은 세단계로 구분되어 1단계는 1975-1977년, 2단계는 1978-1980년, 3단계는 1981-1985년까지로 되어 있었다.

이러한 진보된 원자로 설계는 미래 일본의 표준원자로를 위함 뿐만아니라 세계의 원자력시장을 향한 것이었다. 1980년대 초에 전통적 표준 경수로로는 이미 성숙단계에 도달하였다. 1960-1970년대에 건설된 발전소들은 많은 기술적 어려움을 극복하여 현재는 뛰어난 가동율을 보이고 있으며, 초기의 표준 경수로인 동경전력의 Fukushima 2의 2호기(1,100MWe)는 뛰어난 운전기록을 보이고 있다. 1984년 일본 경수로 평균이용율은 73%이며, 불시정지율은 년평균 0.6회를 기록하고 있다.

5. 進歩된 輕水爐 開發段階(1980-현재)

1970년대말 미국의 원자력산업의 퇴조와 원자력발전소의 안전성, 신뢰도 및 경제성에 대한 요구 증가에 따라 진보된 경수로 설계가 절실히 필요하게 되었다.

진보된 경수로 설계의 필요성은 I&S 계획의 지속적 추진목표와 일치함으로써 진보된 BWR 개발계획을 수립하게 되었으며, PWR소유회사 및 공급자가 진보된 PWR개발계획을 수립했다.

이제까지 제작자들은 약간의 특수부품을 제외하고는 거의 모든 부품을 자기들의 생산계열을 통해 제작해 왔다. 1969년부터 1973년 사이에 Hitachi와 Toshiba가 4기의 원자로용기와 2개의 압력조절밸브를 외국발전소로부터 수주

를 받았음은 중요한 사실이 아닐 수 없다.

이 기간중 원자력기술은 여러 분야에서 진보되었다. 일본핵연료회사(JNF)는 GE사와 합작으로 BWR연료를 1970년부터 생산을 개시했으며, 1974년에 BWR운전원훈련센터(BTC)가 Hitachi와 Toshiba 공동으로 운영을 개시했다. 1972년 일본핵연료개발주식회사가 Hitachi와 Toshiba에 의해 진보된 핵연료 연구를 위해 설립되었다.

한편 상업용 경수로의 가동과 건설이 본격화되면서 원자력발전부품의 신뢰도와 품질의 중요성이 강조되기 시작하여 제조단계에서의 품질검사를 강화함으로써 제작자들은 매우 높은 신뢰도를 갖추게 되었다. 예로서 JNF에서 생산된 2만여 연료다발이 뛰어난 신뢰성을 입증하고 있고, 1984년 일본의 경수로가 평균 70% 이상의 이용율을 달성하고 있으며, 불시정지율이 년평균 1회 미만임을 보면 알 수 있는 것이다.

6. 結 論

지금까지 일본 원자력산업의 30년 역사를 BWR 발전사를 중심으로 고찰해 보았다. 이러한 원자력발전산업의 목표달성은 쉽게 이루어지는 것이 결코 아니며, 성공의 요인을 분석해 보면

- (1) 정부, 전력회사, 공급자의 긴밀한 협조 및 협력,
 - (2) 상기(1)항에 근거한 공동의 R&D 및 기타 개발계획의 적기 추진,
 - (3) 면허회사와의 기술교류, 활용 및 진보된 원자로 개발에의 공동 협력,
 - (4) 원자력발전이 일본에 있어서 주된 전력원이 될 것이며, 일본의 경제와 국민의 생존에 직결된다는 모든 당사자간의 공통된 이해 등이다.
- 이와 같이 현존하는 산업의 기본적 능력을 결합함으로써 오늘날의 원자력산업발전을 가능케 했다고 할 것이다.