원자력기술의 자립
— 고리원자력 1호기 준공 —

임 택 수*
(*한전 원자력발전처 발전운영부장)

고리원자력 1호기는 70년대초 원자력의 제반기술, 인력, 관련산업 등 산업환경이 취약하였던 시절에 미국 웨스팅하우스사의 계약자 주도형 방식에 의해 건설되어 1978년 4월 상업운전을 개시한 국내 최초의 원자력 발전소이다. 건설당시 원전건설 경험부족과 국내 관련산업 기반의 취약성 때문에 한전 등 국내 업체가 참여할 수 있는 분야는 제한적이었으나 한전은 고리원자력 1호기의 건설에 참여함으로써 시공과 사업관리 등 건설기술을 외국 업체를 통하여 습득할 수 있었으며 이후 후속기 건설을 통하여 기술을 축적함으로써 현재에는 한국 표준형 원전을 북한에 건설할 수 있는 기술적 자립기반을 갖추는데 중요한 전기가 되었다. 한편 최초원전으로서 설비상의 문제점을 지속적인 설비개선과 철저한 예방정비 및 운영관리로 극복하고 1997년 3월 한주기무고장운전을 달성함으로써 원전 운영기술 축적 및 도약의 전기를 마련하는 등 국내 최초의 원자력 발전소로서 국내 원전기술의 자립을 이룩하는데 중요한 역할을 하여왔음은 주지의 사실이다. 우리나라 원자력산업이 여명기를 거쳐 도입과 정착과정을 통해 고리원자력 1호기가 국내 원전기술 자립에 기여한 과정을 조명해 보고자 한다.

1. 원자력 도입의 여명기

원자력의 평화적 이용은 1953년 12월 8일 미국 아이젠하워 대통령이 유엔총회에서 'Atoms for Peace Program'을 제창한 것이 효시가 되어 1956년 9월 국제원자력기구(IAEA)가 유엔산하기구로 발족함으로써 원자력의 평화적 이용을 통한 인류사회의 공헌을 추구하게 되었다. 우리나라에서는 1956년 3월, 당시 문교부 기술교육국 내에 원자력과가 신설되었으며, 1958년 2월에는 원자력법이 국회를 통과하여 같은 해 3월 법률 제483호로 공포되었다. 1959년 1월에는 원자력법에 따라 대통령 직속기관으로 원자력원이 발족되었는데, 원자력원의 조직은 각료급 원장 밑에 원자력위원회와 사무총국을 두었으며 산하기관으로 원자력연구소를 설치하였다.

1967년 3월 정부는 독립된 과학기술행정의 필요성을 절감하여 과학기술처를 발족시켰고, 1978년 1월에는 동력자원부가 상공부에서 분리되면서 전력국내에 원자력발전과를 두어 현재의 통상산업부 원자력발전과로 계승되어 오고 있다. 한편 초기의 우리나라 원자력 연구개발은 국제정세의 변화, 특히 한·미 원자력 쌍무협정에 따른 미국의 지원하에 시작되었으며 우리나라 첫 원자로는 TRIGA Mark-II로 원자력 기초연구와 동위원소 생산을 목적으로 1962년 3월 준공되었다. '제3의 불'로 불리는 원자력이 이땅에 밝혀지고 본격적인 원자력 연구가 시작된 것도 이 시점이라 할 수 있겠다.

2. 최초원전 건설 결정 배경

원자력이 전력원으로 검토되기 시작한 것은 1950대 중반부터인데 우리나라는 원자력의 평화적 이용을 위하여 국제원자력기구(IAEA)에 가입하고(1957), 원자력 관계법령의 제정과 원자력 연구개발체제를 갖추어 왔다. 그러나 전력계통의 규모가 너무 적어 수십만 kW급 원전의 도입은 전력공급의 신뢰도와 경제성 측면에서 시기상조라는 의견이 지배적이어서 1960년대 이전까지는 주로 원자력의 조사업무와 연구개발에 주력하였다. 그러던 중 1960년대에 들어와서 경제개발계획이 진행됨에 따라 전력수요가 급성장하기 시작하였고, 국내 부존자원의 빈곤에 다른 수입에너지의 과다의존 등에 대한 우려가 대두됨으로써 장기에너지 수급의 관점에서 원전건설의 여론이 조성되었다.

1962년 11월 원자력원 내에 원자력발전 대책위원회를 설치하고 원자력발전소 건설을 위한 제반 조사활동에 착수하였으며, 1967년 2월에는 대통령령 제3371호에 의거 원자력발전 추진위원회를 국무총리 자문기관(원자력원, 상공부, 한전, 석공, 유공)으로 구성하여 국제원자력기구(IAEA)의 기술협력을 받아 동년 9월 10개년 전원개발계획의 일환으로 용량 100만 kW(50만 kW×2)의 원자력발전소 건설계획을 수립하고 한전이 주체가 되어 추진키로 결정하였다. 이에 따라 원자력발전소 건설을 위한 입지조사도 당시 원자력청 주관으로 IAEA 자문하에 면밀히 시행되었으며, 부지 타당성 검토가 국내외 전문가들에 의해 합동으로 수행되어 1968년 5월 원자력발전소 입지를 경남 양산군 장안면 고리로 확정하였다.

한편 원전사업의 주체로 선정된 한전은 1969년 2월까지 부지조사를 끝내고 부지매수에 착수하여 21만평의 부지를 확보하였으며 건설비로 약 344억원을 책정하고 기기공급 및 설치공사의 계약체결과 소요자금의 차관확보를 위하여 상업용 원자로의 건설과 운전실적이 있는 미국 웨스팅 하우스사, Cumbustion Engineering사 영국의 British Nuclear Export Executive사 등 4개사로부터 예비 견적서를 접수한 후, 엄정한 심사를 거쳐 1969년 1월 미국 웨스팅하우스사를 주계약자로 선정, 1970년 6월 30일 발전소 공급계약을 체결하였고 1971년 3월 10일 역사적인 기공식을 갖게 되었다.

3. 고리원자력 1호기의 건설과정

고리원자력 1호기는 가압경수로형 587MW급으로 주계약자인 미국 웨스팅하우스사가 전반적인 건설의 책임을 지고 원자로계통 설비의 공급과 초기 원전연료 공급을 맡았으며, 영국의 GEC가 터빈/발전기계통 설비의 공급과 토건공사의 감독을 맡았다. 국내업체로서는 현대건설이 원자로계통을 동아건설이 터빈/발전기계통 공사를 하도급 형태로 참여하였다. 총 공사비는 외자 1억 7,390만 달러, 내자 717억원 등 모두 1,560억원이 소요되었는데 당시로서는 사상최대 규모의 단위사업이었다.

고리원자력 1호기의 계약방식은 계약자 주도형(Turn Key)이었는데, 이 방식은 주계약자의 일괄도급방식으로 주계약자인 웨스팅하우스사가 사업관리, 설계, 기자재 공급, 시공 및 시운전 등 사업의 모든 분야를 관리하는 형태로, 사업 주체자는 건설에 소요되는 자금만 지급할 뿐, 인허가 사항, 공정관리, 건설과 시운전에 관련된 사항 등에 대하여서는 간여할 수 없었으나, 이는 당시 국내의 원전관련 산업 기술수준이나 기술여건 등을 고려할 때 불가피한 선택이었다.

4. 원전건설기술의 자립

지금까지 건설된 국내 원전건설사업은 사업추진 형태 또는 계약방법으로 볼 때 크게 다음의 3단계로 구분할 수 있다.

4.1 외국기술 의존기(Turn Key 방식)

제1단계로서 주계약자가 발전소 착공부터 준공까지 사업관리, 설계, 자재구매, 시공 등을 책임지고 주관하는 일괄발주방식으로 앞서 설명한 것과 같이 외국기술에 주로 의존되므로 처음 원전을 도입하는 시기에 적용되며, 이 방식의 계약하에서는 사업주체자인 한전이 참여할 수 있는 분야는 부지조성공사 등과 토건자재 공급, 그리고 노무인력 제공 등에 국한된다.

4.2 기술 습득기(Non-Turn Key 방식)

다음의 제2단계는 분할 발주방식(Non-Turn Key)인데 이 방식은 종전의 Turn Key 방식에서 진일보한 것으로 Turn Key 방식에서 축적된 기술과 경험을 바탕으로 사업주체자인 한전이 사업관리를 주도하고 종합설계용역, 원자로/터빈 등 설비공급, 연료공급, 시공 등 분야별로 전문업체에 분할하여 계약하는 형태를 말하며 고리원자력 3·4호기, 영광원자력 1·2호기, 울진원자력 1·2호기 등이 이 방식으로 건설되었다. 이 단계에서는 국내업체의 참여폭을 확대하고 효율적인 비용관리, 품질보증, 국산화율의 제고 등을 통하여 기술축적이 가능하도록 외국 주계약자 밑에 국내업체를 하도급으로 참여하도록 하였으며, 보조기기는 국산화 가능 여부를 사전에 평가하여 국산화 가능분, 외국기술 지원하 국산화 가능분, 외국공급분으로 구분하여 국산화율을 높였고 시공은 국내업체가 담당하였다.

4.3 기술자립기(국내업체주도 한전직영방식)

다음의 3단계는 Non-Turn Key 방식의 일종인 국내업체 주도 한전직영방식으로 그동안 축적된 기술과 경험 및 향상된 국내 산업계의 기술수준을 바탕으로 국내업체가 분야별 주계약자가 되고 외국업체는 핵심기술분야만 참여하는 방식으로 영광원자력 3·4호기부터 이 방식을 채택하고 있다. 이 방식은 원전기술자립을 건설사업과 병행하여 추진하는 원전 제3세대 사업방식으로 이 단계에 이르러 비로서 한전을 중심으로 원전건설의 기반이 구축되었으며 한국표준형발전소를 국내기술만으로 독자 건설할 수 있는 마지막 단계에 들어서게 된 것이다.

이렇듯이 고리원자력 1호기의 건설과정에서 한전은 주도적으로 참여하지는 못하였으나 사업관리와 시운전업무에 대한 경험을 외국업체를 통하여 확보할 수 있었고 건설과 시운전 경험인력을 양성하였으며 원자력 산업계의 기술적 기반을 두텁게 함으로써 후속기 건설시 보다 주도적으로 참여할 수 있는 기술적 자립기반을 구축한 것은 중요한 의미를 지닌다 하겠다.

5. 원전운영기술의 자립

5.1 최초원전 운영의 어려움과 극복과정

고리원자력 1호기의 상업운전 초년도 운영실적은 불시정지 17회, 이용율 46.3%였으며 운전 초기단계인 처음 5년 동안에는 불시정지를 49회나 기록하며 전체원전 불시정지의 45.8%를 점유하였다. 이같이 부진한 운영실적은 고리원자력 1호기가 국내원전 중 가장 구형모델로서 설비상 많은 문제점을 갖는데 기인하기도 하였지만 당시로서는 운영기술의 부재로 인한 운영미숙 등으로 최초원전이 갖는 취약성을 극복하지 못한 채 많은 시행착오를 거쳐야만 했다.

그러나 원전종사자들은 투철한 사명감을 가지고 설비의 취약성과 운영관리의 미비점을 보완하고자 꾸준히 노력하였으며, 철저한 예방점검과 정비기술 개발에 힘쓰고 품질활동을 강화하여 고장을 사전에 예방하는데 주력하였고 그 결과 불시정지회수는 점차 감소하여 80년대 후반에 들어서

서는 1988년 불시정지 1회, 1989년 3회를 기록하는 등 어느 정도 안정된 운영실적을 나타내기도 하였다. 그러나 90년대 들어 설비의 노후징후가 나타나기 시작하였으며 1991년에는 전자회로 부품의 노후화에 기인한 기기 오동작 등으로 불시정지를 11회나 기록하는 등 심각한 상황을 맞기도 하였다. 그러나 당시에는 운영기술과 경험이 어느 정도 축적되어 있어 설비와 부품의 노후화에 기인한 고장은 예방점검 및 운영방법 개선 등 노력으로 반드시 극복할 수 있다는 신념을 갖게 되었고, 다른 호기도 운전년수의 경과에 따라 대비해야 할 과제였으므로 본사 차원의 대책반이 구성되어 고리원자력 1호기의 정상화를 위한 노력이 본격적으로 시작되었다. 해외원전과 기술교류 등으로 새로운 운영관리기법을 도입하고 노후된 기기와 부품을 교체하였으며 정비기술의 개발과 품질관리 활동의 강화를 통해 예방정비와 설비의 신뢰성 제고에 힘썼다. 열교환기, 복수기, 증기발생기 내부설비, 방사물 증발기와 펌프 및 배관 등 주요설비를 교체하였으며 새로운 설비를 추가하였고, 특히 잦은 고장정지의 원인이 되는 전기회로와 전자카드 등에 대한 수명예측과 주기적 교체를 하는 등 취약요인 개선에 전력을 다하였다.

5.2 원전운영기술 자립과 한주기무고장운전 달성

이러한 노력의 결과로 고리원자력 1호기는 가장 낙후된 설비로서의 오명을 벗고 새로운 발전소로 거듭났으며 상업운전 20년째를 맞는 1997년 3월에는 한주기무고장운전을 달성하는 등 최우수 발전소로서의 위상을 정립하였다. 한주기무고장운전이란 연료교체후 발전을 시작하여 다음 연료교체 때까지 발전정지 없이 연속운전을 하는 것으로 이번 고리원자력 1호기의 달성은 국내 10번째이며 고리원자력 1호기로서는 처음 이룩한 쾌거이다. 고리원자력 1호기에서만 20년을 근무한 필자로서는 한주기무고장운전 달성은 참으로 가슴 벅찬 일이 아닐 수 없다. 국내원전중 가장 구식모델로서 흔히들 고리원자력 1호기 운전원을 과거 대관령 운전자에 비유하곤 한다. 대관령 험한 길을 아슬아슬하게 운전하다 보면 운전기술이 경지에 올라 그 경력과 기술을 베테랑으로 인정받게 되는 것처럼, 과거 고리원자력 1호기는 잦은 설비고장으로 인해 타 원전에 비해 운전원의 정교한 기술이나 정비원의 긴급 대처기술이 자주 요구되는 그야말로 대관령 험한 길을 운전하는 듯한 아슬아슬한 상황을 자주 겪었기 때문이다. 이러한 어려운 상황을 땀과 노력으로 극복하면서 고리원자력 1호기 종사자들은 기술과 경력이 어느덧 수준급에 오르게 되었는데, 고리원자력 1호기를 거쳐간 많은 우수인력들이 오늘날 후속기를 비롯 원자력산업의 전 분야에 걸쳐 주도적인 역할을 수행하고 있음은 이런 사실을 설명해 주는 것이다.

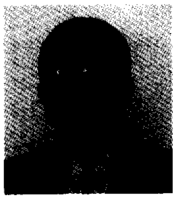
원자력발전소는 수백만개의 부품으로 구성되어 있으며 이중 한 개라도 고장이 나면 안전성 확보를 위해 발전소가 자동적으로 정지된다. 한주기무고장운전은 한주기 동안 부품의 큰 고장이나 인적 실수없이 운전을 계속한 것으로 이의 달성을 위하여서는 설비의 신뢰성 제고 등 하드웨어 측면과 철저한 예방정비, 수준급의 운영기술은 물론, 인적 실수 방지를 위한 철저한 교육훈련, 작업관리 등 소프트웨어 측면 모두가 최적의 상태를 유지하여야 가능한 것으로 한주기무고장운전의 달성은 고리원자력 1호기의 설비와 운영기술이 자립단계를 넘어 선진국 수준에 도달하였음을 대내외적으로 입증한 것이다.

6. 원자력 기술 자립의 수준

우리나라의 원자력발전은 1962년 연구용 원자로인 TRIGA Mark-II를 가동하면서 여명이 밝기 시작하여 1978년 4월 고리원자력 1호기가 준공됨으로써 비로소 본격적인 원자력발전의 시대가 열리게 되었다. 이후 경제성장으로 인한 전력수요의 증가와 정부의 탈유전원개발정책에 힘입어 원자력발전소의 건설은 계속되어 고리원자력 1호기 준공후 20년이 지난 1997년 현재 우리나라의 총 가동 원전설비는 올해 6월말 상업운전을 개시한 월성원자력 2호기를 포함하여 총 12기 1,031만 6천 kW의 용량을 보유, 원자력 설비 점유율은 27.9%에 달하고 있으며, 원자력발전량은 1996년을 기준으로 739억 2천만 kWH로 전체 발전량의 36.0%를 차지하고 있다. 한편 건설중인 원전은 건축허가 문제로 우여곡절 끝에 작년 9월 착공한 영광원자력 5·6호기를 포함하여 총 7기이다. 이렇듯이 우리나라 원자력발전은 건설이나 운영기술 분야에서 질·양면으로 비약적인 성장을 계속하여 일부 핵심분야를 제외하고는 기술자립을 성취하였다. 건설기술 측면에서는 기술자립도 95%를 상회하는 한국표준형 원자로를 설계하여 북한을 비롯 해외수주를 추진할 수 있을 정도로 성능과 안전성 측면에서 세계적으로 인정받고 있으며, 운영기술 측면에서는 각종 운영지표가 이미 세계수준을 상회하여 우수한 운영실적을 보이고 있으며 특히 이용율은 1996년 고리원자력 4호기가 423일의 국내 최장기 한주기무고장운전 달성과 함께 영국의 유력 원자력 전문지 NEI가 발표한 원전 이용율 세계 1위를 달성하는 등 4년 연속 87%대를 유지하고 있는데 이는 세계 평균을 무려 15%를 상회하는 우수한 실적이다. 원전의 고장정지도 지난해 호기당 평균 0.9회로 최근 3년간 평균 1건 정도의 수준을 유지하고 있는데 이는 '95년 통계를 기준으로 원전 선진국인 미국이 2.0건, 프랑스가 2.9건, 일본이 0.2건임에 비하면 비교적 양호한 실적으로 우리나라의 원전운영기술이 세계적인 수준임을 알 수 있는 것이다.

지금까지 고리원자력 1호기의 건설과 운영과정의 조명을 통하여 우리나라 원자력기술의 자립수준을 살펴 보았다. 고리원자력 1호기의 준공은 원자력발전시대를 여는 전력사의 큰 획을 그었고 이 발전소의 건설과 운영과정을 통하여 원자력기술의 자립기반이 확립되었으며 많은 우수인력이 배출되어 오늘날 고리원자력 1호기는 우리나라 원자력발전의 메카로 부상하게 되었다. 그러나 그 이면에는 이 발전소를 거쳐간 많은 선배들의 피와 땀과 눈물이 감춰져 있음을 잊지 말아야 하며 오늘의 성과에 안주하지 말고 모든 부분에

서 세계 1위 달성을 재도약의 목표로 삼아 주마가편의 자세로 노력을 경주할 때, 우리기술을 세계로 진출하는 제2의 도약기반이 다져질 것으로 확인하며 이 목표를 향해 최선을 다하고자 한다.



염택수(廉澤洙)

1953년 1월 7일생. 한양대 원자력공학과 졸업. 1977년 한국전력공사 입사. 1980년 고리원자력본부 1호기 발전과 발전계장. 1991년 고리원자력본부 1호기 발전부장. 현재 원자력발전처 발전운영부장