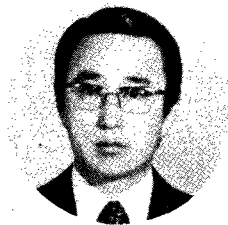


# 月城原子力發電所 運轉經驗

*Wolsung—Innovation in  
Plant Operations*



**吳 龍 植**  
〈韓電 月城原子力發電所 副所長〉

## 1. 1985年度 發電實績

현재 세계에서 가동중인 4기의 600MW급 重水爐發電所의 하나인 月城 원자력발전소는 1985년도에 총5,610GWH(GROSS)를 생산하여, 연간 이용율 94.4%라는 우수한 기록을 수립함으로써, 이용율 기준으로 세계 10위권내에 진입하는 原子爐로 부상했다(그림 1 참고).

高利用率 달성 기록외에도, 상업운전 개시 이래 지속적인 향상추세를 보여왔던 核燃料의 경제적이용 분야에서도 16.40 BND/FPD라는 좋은 실적을 이룩하였으며 이는 핵연료의 경제성을 높이기 위해 꾸준히 노력해온 결과였다(그림 2 참고).

이상과 같은 사유 및 기타 여러 요인으로 인해, 월성원자력발전소의 발전단가는 23.76원/KWH로서 韓國電力公社(이하 '公社'로 약칭) 산하의 여러가지 發電源中 수력발전 다음으로 저렴한 전력생산원이었다.

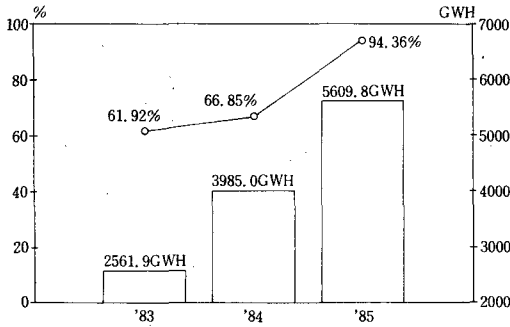
불과 1년전(1984. 11)에 발전소로서는 비교적 흔치 않은 중수 누출사고를 겪어야만 했던 발전소가 바로 이듬해에 이러한 좋은 성과를 거두었음은 팔목할만한 사실이며, 어떻게 해서 이러한 성과를 거둘 수 있었는지를 발전소의 운영, 관리방식 및 운전실적 개선에 기여한 제반 요인에 대한 소개를 本稿를 통해 설명하고자 한다.

## 2. 發電所運營·管理 概要

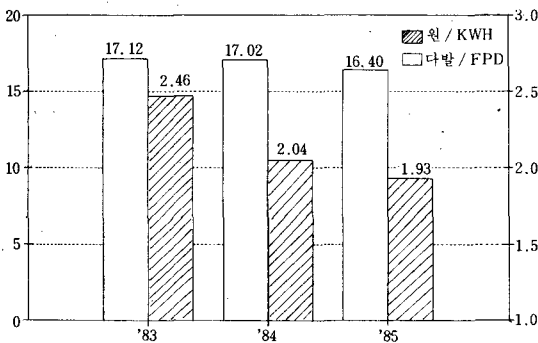
公社의 정책에 따라, 발전설비 중 기계 및 전기설비 분야의 보수업무를 韓電의 子會社인 韓電補修株式會社(이하 '韓補'으로 약칭)에 위탁하고 있어, 발전소에는 한전 자체조직 및 한보조직의 2개 조직이 있으나, 발전소 전체적인 운영·관리업무를 비롯하여 계장설비, 컴퓨터설비, 핵연료 교환설비, 통신설비와 같은 분야의

보수업무는 발전소장이 주도하는 公社의 발전소 조직이 맡고 있다.

〈그림 1〉 發電實績 및 利用率



〈그림 2〉 核燃料費 比較



〈表 1〉 部署別 人員 現況

部署名	人員	教 育			經 歷			年 齡		
		고 등 학 교	대 학 교	대 학 원	< 3	3 ~ 6	> 6	< 25	25 ~ 35	> 35
발 전 부	71	38	33	0	4	23	44	22	45	4
방사선관리부	25	8	17	0	4	12	9	4	18	3
품질관리부	9	6	3	0	0	2	7	0	9	0
계측제어부	29	24	5	0	3	22	4	21	6	2
핵연료부	24	14	10	0	4	13	7	14	9	1
화 학 부	36	11	23	2	10	18	8	8	24	4
전 기 부	10	4	6	0	2	5	3	2	7	1
기 술 부	24	7	13	4	8	6	10	5	17	2
기 계 부	18	6	11	1	3	2	13	1	14	3
총 인 원	246	118	121	7	38	103	105	77	149	20
백분율(%)	100	48	49	3	15	42	43	31	61	8

※ 비교: 각 부서장은 포함되지 않음.

## 2.1 발전소 조직 및 인력 자원

발전소의 운영관리를 책임지는 발전소장과 발전소장을 보좌하는 부소장, 그리고 특성과 역할에 따라 분掌된 업무를 담당하는 2개의 非技術분야 부서를 포함, 총 12개의 부로 구성되어 있으며, 각부는 각각 수개의 과로 구성되어 있다.

발전소의 技術人力現況은 표 1 과 같으며, 단순 작업 및 특별한 기술이 요하지 않는 일부 교대근무 작업을 위한 인력은 제외했다. 기술인력의 전문지식 보유정도, 경력, 절대적인원수 측면에서 캐나다의 유사 발전소의 경우와 견주어 볼 때 개선의 여지를 안고 있다.

## 2.2 각 부서별 분장 업무

### 2.2.1 발 전 부

- 핵연료 교환계통, 중수 승급 설비, 물처리장 및 취·정수장을 제외한 전발전 설비의 운전.
- 발전소 보수 및 시험 작업 통제
- 안전계통 및 터빈계통에 대한 주기적 시험 수행.
- 운전원 능력향상을 위한 교육관리 및 발전소 전직원에 대한 교육계획 수립 협조

- 연간 및 월간 발전 계획 수립
- 2.2.2 기술 부
  - 原子爐心 관리를 포함한 원자로에 대한 제반 기술 관리
  - 발전소 비정상 상태 분석, 평가 및 사고보고서 작성 보고
  - 규제 및 認許可 관련 업무
  - 월간 및 년간 운전 실적 보고 등, 각종 정기 보고서 작성 보고
  - 새연료 재고 관리
  - 외국과의 정보 교환용 각종 영문판 보고서 작성
  - 발전소 원자력 安全運營委員會(PNSC)회의 체 간사 업무
  - 안전계통 시험 계획 수립, 결과 평가
  - 발전소 제어 및 보호용 전산설비에 대한 기술관리 및 보수
  - 발전소 제어용 전산 프로그램 관리, 보수
  - 업무용 전산 설비 운영, 관리
- 2.2.3 기계 부
  - 발전소 기계 설비에 대한 기술 관리
  - 韓補의 기계 보수 작업 기술 감독
  - 韓補 경상 보수 계약 관리
  - 발전소 보수 작업 전반에 대한 계획 수립 및 조정
  - 운전, 보수용 저장품 재고 관리
- 2.2.4 전기 부
  - 발전소 전기설비에 대한 기술관리(터빈 调速機 및 발전기 전압 조정 설비 포함)
  - 韓補의 전기 보수 작업 기술 감독
  - 발전소 CABLE 및 WIRING관련 기술 자료 관리
  - 배전용 변전 설비 운전
- 2.2.5 계측 제어부
  - 핵연료 교환기용을 제외한 발전소의 전 계측 제어 설비에 대한 기술관리 및 보수
  - 발전소 표준계측기 관리 및 각종 시험장비의

## 검정과 교정

### 2.2.6 핵연료부

- 일일 핵연료 교체 작업
- 핵연료 교환에 대한 기계, 전기, 계측제어설비 기술관리 및 보수 작업
- 사용후 연료의 관리

### 2.2.7 화학 부

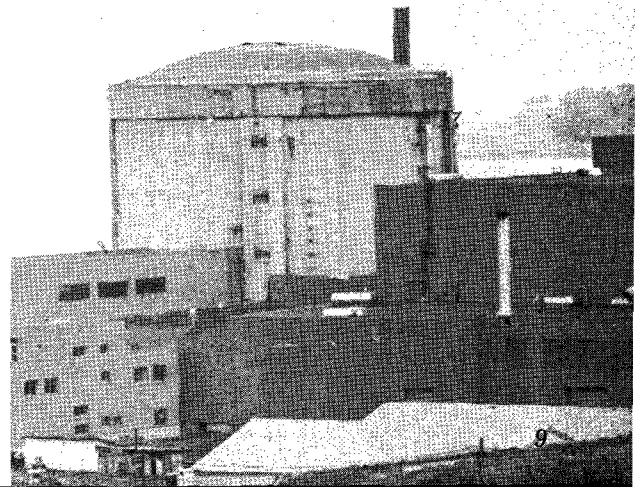
- 중수 승급 설비, 물처리장 및 취·정수장의 운전
- 해수 염소 주입 설비 운전
- 중수 재고 관리
- 발전소 화학적 상태 관리
- 화학 실험실 운영, 관리

### 2.2.8 방사선 관리부

- 放射線 防護에 대한 발전소 정책 수립
- 방사선 비상 계획 및 제반 절차 수립, 작성
- 방사선 비상 훈련 주관
- 방사선 작업 통제
- 방사선 被曝 관리
- 방사선 폐기물 방출 관리
- 환경 방사능 감시, 관리
- 환경 방사능 실험실 운영, 관리
- 방사선 방호 장구 및 소모품 관리
- 방사선 통제 구역에 대한 일상 점검
- 기상관측소 운전, 관리

### 2.2.9 품질 관리부

- 품질 관리 정책 수립 및 관련 계획 절차 작



성

- 품질 보증 감시 활동
- 납품 업체의 품질 보증 감시 및 자격 부여
- 품질 보증 감사 계획 수립 및 수행
- Q/A VAULT, 자료실 운영 관리를 포함한 주요 기술자료의 통제

#### 2.2.10 전자통신부

- 통신설비에 대한 기술관리 및 보수 업무
- 전자 보안 설비일의 보수

### 2.3 직원의 채용 및 훈련

公社は 소요 인력자원 장기 확보책의 일환으로 전 재학생에게 장학금을 지급하는 수도전기공업고등학교를 운영하고 있으며, 초급대학(울산 공업전문대학)에 기금을 출연, 장학금을 제공하고 있다.

公社の 정책에 따라 신규 직원채용은 본사에서 주관하고 있으며, 균등 고용 기회 부여를 위하여 공개 고시에 의해 충원하고 있다. 모든 신입 사원은 소정의 연수원 기초 과정을 이수한 후 전문분야별로 배치된다. 원자력분야에 종사할 신입직원들은, 原子力研修院에서 10주간의 원자력 기초 과정을 이수한 후 배치될 발전소에 대한 기본 교육 및 소내 과정을 이수하게 된다.

발전소에서의 실무 교육은 OJT형태로 각 부장 및 과장이 주관하여 진행되며, 선임자와 함께 실무에 투입되어 실무 지식을 배양하며, 기본교육 과정을 지난 후에는 기성직원의 기술개발 교육과정을 통하여 기술능력을 향상토록 하고 있다. 각 직원에 대한 기술능력 제고 훈련은 강의와 자습 형태로 진행되며, 발전소 직원이 강사 요원을 맡고 있으며 운전원의 근무형태는 5조, 1일 3교대 근무체제로 운영함으로써 1년에 4회, 1회당 2주간의 교육훈련을 모든 운전원이 받도록 되어있다.

훈련을 위한 SIMULATOR는 현재 캐나다의

ONTARIO HYDRO 전력회사와의 기술 협력 협정에 의거, 그들의 훈련 설비를 활용토록 하고 있다,

### 2.4 인력 자원 및 인사 관리

북미쪽 전력회사의 관행과는 달리, 계측 제어설비, 핵연료 교환설비, 제어용 전산기 설비들에 대해서는 기술 관리 및 보수 업무가 분리되어 있지 않고 해당 부서에서 모두 수행하고 있다. 따라서 이들 분야에 능력있는 기능 인력을 확보하는 것이 아주 중요하기 때문에 인력 자원 관리에 관한 발전소의 방침은 경험있고 잘 훈련된 기술인력을 최대한 보유하는 것이다. 이러한 방침을 고수한 결과, 캐나다 훈련이수 및 시운전 경험을 쌓은 다수의 직원을 발전소의 주요 기술 요원으로 보유할 수 있었다. 총 10개 기술직 부서장 중 8명, 39명의 과장중 20명이 이에 해당한다.

직원에 대한 보직은, 발전소 운영차원 뿐만 아니라, 직원 개인 차원에서의 진로와 개인적인 만족감의 차원에서 결정, 부여하며, 이를 위해 개인의 희망, 자질, 교육 수준 및 기술수준 등을 고려하여 보직을 부여하고 있다.

직원들에 대한 인사관리와 관련하여 발전소의 간부들은, 부하 직원들을 자신의 가족처럼 대하고 있다. 따라서 신입사원이 배치되면, 개인 신상기록 카드 작성 및 부장, 과장과의 면담을 통해 개인적인 신상을 상세하게 파악하며, 간부들은 각 부하 직원들에게서 평소와 다른 면모를 발견케 되면, 그 원인이 무엇인지를 찾아내어 문제의 해결을 위해 노력하고 있다. 이러한 관습은 또한 발전소와 발전소의 기기를 직원들 각자의 개인 재산처럼 아끼게 하는 습성을 유발하였고, 이러한 사고방식에 따라 직원들은 발전소의 보다 나은 운전실적을 위해 헌신적으로 노력하게 되며, 그들이 근무하고 있는 발전소에 대해 강한 애착심과 자존심을 갖

게 되었다.

## 2.5 간부 회의-의사 결정 과정

매일 아침 각 부장들은 소장이 주재하는 간부 회의에 참석, 발전소 상황 및 각종 특기 사항에 대해 보고와 정보교환을 하게 되며 각 부서간의 업무 협조나 새로운 업무에 대한 수행 부서 결정이 필요할 경우, 참석자들 전원이 철저히 협의하고 소장의 지침과 지시에 따라 결정하는 체제를 갖추고 있다.

발전소의 안전에 관련된 사항만을 특별히 협의, 결정하기 위하여 '發電所原子力安全委員會'라는 조직이 설립되어 있어 위원장(발전소장)의 소집에 따라 수시로 모이게 되며 여러가지 원자력 안전관련 사항들에 대해 협의, 결정하고 있다.

## 3. 運轉實績改善에 기여한 一般 要因

### 3.1 CANDU형 원자로의 고유 특성

CANDU형 원자로가 갖고 있는 고유한 특성 중의 하나인 운전중 핵연료 교체 특성으로 인해 年次 補修計劃 수립에 유연성이 있고, 장기간 연속 운전이 가능하다는 장점 외에 방대한 계측제어 설비와 관련된 경보기능이 확보되어 있어 각종 기기 및 계측기의 성능 저하시 즉각적으로 확인할 수 있어 예방 보수를 적기에 시행할 수 있다는 점도 고유 장점으로 들수 있다.

### 3.2 각종 器機 및 설비들의 안정화

각종 설비들이 안정됨에 따라 급작스런 기기 고장 횟수가 줄어들어 가고 있다. 이러한 사실은 월별 결함 보고서 발생 횟수가 점차적으로 하향 추세를 보이고 있음을 통해 확인할 수 있다.

이러한 급작스런 설비 고장 횟수의 감소는 발전소 직원들에게 시간적인 여유를 가져다 주었고, 이러한 기회를 설비의 예방 보수 전략 및

기술개발에 적극 활용함으로써 궁극적으로는 설비들의 보수, 유지를 좀더 충실하게 하여 운전실적의 개선을 가져왔다.

### 3.3 경험 축적

발전소 직원들의 운전 및 보수에 관한 경험 축적에 따라 인위적인 실수로 인한 발전소 비정상 상황 발생횟수가 줄게 되었으며, 계통 및 기기들에 대한 지식이 축적됨에 따라 각종 예방 보수와 운전중 보수작업이 촉진되었고, 결과적으로 기기 고장으로 인한 발전소의 비정상 상태 발생횟수를 줄일 수 있었다.

## 4. 運轉實績에 기여한 별도의 요인

### 4.1 高利用率 달성을 위한 굳은 의지와 신념

'84년 11월 중수 누출사고로 발전소 직원들의 자존심 및 사기는 극히 저조하였으나 오히려 발전소 직원들은 실추된 명예회복을 위해 발전소 직원들이 할 수 있는 유일한 방법은 발전소 고이용율 달성밖에 없다는 일치된 생각아래 직원들간의 고이용율 달성에 대한 강렬한 의지와 집념이 자연발생적으로 형성되었다.

### 4.2 발전소 운영, 관리 분야상의 각종 개선

이상과 같은 무형의 노력외에, 발전소 간부들에 의한 발전소 운영관리상의 여러가지 업무 개선 노력이 있었는데, 그중 몇개만 기술하고자 한다.

4.2.1 정기적인 발전소장, 직원들간의 면담  
발전소 운영, 관리 전반에 걸쳐 발전소 하위직 직원들이 갖고 있는 의견 및 문제점을 청취, 발전소 관리업무에 반영키 위해 발전소장이 매월 1회씩 하위직 직원들과의 면담 제도를 시행하였다.

### 4.2.2 日別 발전 실적 현황 게시판

캐나다의 Pt. LEPREAU 발전소를 방문했던 한

직원의 건의에 따라, 그들의 "ENERGY SCORE BOARD"와 흡사한 일일 발전실적 현황계시판을 제작, 전직원이 볼 수 있는 건물 입구 벽 2개소에 설치하였다. 현황 게시판에는 세계 기록과 월성원자력 발전소의 이용률 및 연속운전시간을 기록하여 발전소 전직원들 스스로 세계 최고기록과 수시로 비교케 하고 궁극적으로는 경쟁 심리를 갖도록 하는 동기를 부여하였다.

#### 4.2.3 운전직 우대를 위한 인식물 부착

교대근무라는 불리한 근무 여건하에서 근무하는 발전소 운전원들에 대한 사기진작 및 유능한 직원들의 운전원 근무지원을 유도하기 위한 방안의 하나로 원자로 조종 감독자 또는 원자로 조종자 면허를 취득한 운전근무 요원들에게 자격 등급에 따라 금과 은으로 제작한 특별한 인식물을 배부하여 제복 상의에 부착토록 하였다.

#### 4.2.4 운전중 보수 작업 강행

운전중 보수 작업을 최대한 강행, 보수작업을 위한 발전 정지 상황을 배제하였다. 상기와 같은 운전중 보수작업 실례로 감속재 펌프모터에 대한 점검과 과다 윤활유 제거작업을 들 수 있다.

#### 4.2.5 핵연료 교환기의 주간 예방 점검 보수제도 도입

핵연료 교환기의 신뢰도 향상을 위해, 매주 수요일을 주간예방 점검 및 보수의 날로 정하여 예방, 점검 보수토록 함으로써 핵연료 교환기의 신뢰도를 향상시켰고, 그 결과 핵연료 교환기의 문제로 인한 출력 감발이나 정지상황은 한번도 없었다.

#### 4.2.6 설비 개선

단말이나 배선상의 접속불량 문제 해결을 위해 주요 접속 부위를 납땜 처리하여 보강했으며, 아울러 진동을 줄이기 위해 주중기간 지지물들에 대한 보강 공사를 수행하였다. 기타 주요 개소에 공기냉각기 추가 설치를 시행하였고,

핵연료 교환기용 냉각기의 우회 배관을 설치하였다.

#### 4.2.7 계측 제어설비에 대한 전산 데이터 베이스 구축

각종 계측 제어 설비와 기기들에 대한 기술자료, 작업 기록을 수시로 검색할 수 있도록 데이터 베이스를 개발, 활용함으로써 해당 분야 관리자들로 하여금 직원들의 미흡한 기술분야 파악 및 잦은 고장을 일으키는 설비에 대한 원천적인 문제의 해결에 유용하게 활용토록 하였다.

#### 4.2.8 기술 논문

직원들의 자기 개발의 동기 부여 및 진작을 위해 발전소장은 전직원들의 기술논문 작성 및 제출을 권장하여, 그중 총50건의 논문을 업선, 인쇄, 출판하였고, 채택된 원고들에 대해서는 원고료를 지급하였다.

### 5. AECL의 技術支援

이러한 발전소의 우수한 운전 실적 배경에는 AECL로 부터의 기술 지원에 힘입은 바 크며, 특히 사고 복구 과정에서의 AECL의 기술지원은 기억에 남을 만한 것이었다.

### 6. 結論 및 展望

이러한 괄목할 만한 운전실적은 회사 및 발전소 간부들에 의한 사려깊은 인사관리, 발전소 직원들의 헌신적인 노력, AECL의 지원, CANDU원자로 고유 특성 등에 힘입어 이루어졌다.

1986년도의 연간 이용률은, 2개월여에 걸친 년차 보수공사로 인해, 1985년도 수준까지는 되지 않을 것이다. 그러나, 금년말 시점에서 본 발전소의 수명기간 누계 이용률은 현재보다 개선될 것으로 보이며, 금후 수년 내에 작년보다 더 우수한 운전 실적을 달성할 수 있을 것으로 본다.