

特輯 I /  
蔚珍原電  
1號機 商業運轉

# 準國産에너지의 基盤을 確保

## 原電發電量 比重 56.3%로 增加展望

작년 6월 靈光原子力 1·2號機의 준공에 이어 施設容量 95만kW의 蔚珍原子力 1號機(原子力 9號機)가 9月 10日 본격적인 商業運轉에 들어감으로써 原電의 施設容量 比重은 종래의 30%에서 33.4%로, 生産電力量 比重은 작년말 현재의 53.1%에서 56.3% 정도로 크게 늘어날 展望이다.

蔚珍原子力 1號機는 마지막 주요공정인 100% 性能試驗을 지난 8월 29日 성공적으로 수행함으로써 이날 商業運轉을 시작하였는데 蔚珍原子力의 發電電力은 본격적으로 電力潮流에 合流, 우리나라의 發電電力 가운데 原子力의 비중을 더욱 높이는 중요한 계기를 마련하였다.

이와 같은 原電 比重의 증대는 국내 부존자원이 부족한 우리나라가 準國産에너지 確保의 기반을 더욱 튼튼하게 해주었다는 점에서 큰 意義로 평가되고 있다.

지난 '82년 3월에 착공, 건설 6년 7개월만에 상업운전에 들어간 蔚珍原子力 1號機는 총공사비 1조 596억원에 연인원 500만명이 투입되었는데 1차계통은 프라마톰社가, 2차계통은 알스톰社가 주계약자로 참여하여 國內 原電設備로는 최초로 프랑스에서 설계 및 주기기 공급을 한 가압경수로형(PWR) 원자력발전설비이다.

그러나 이 原電은 韓國電力公社가 사업관리를 主導하여 동아건설산업(주)이 토건공사부문을 시공, 한국중공업(주)이 기건공사부문을 맡았으며, 그밖에 다수의 국내 제작업체가

참여하여 이미 稼動中인 어떤 原電 보다도 國內 기술진의 참여폭을 넓힘으로써 국산화율을 40.15%까지 끌어 올리는 큰 성과를 거두었다.

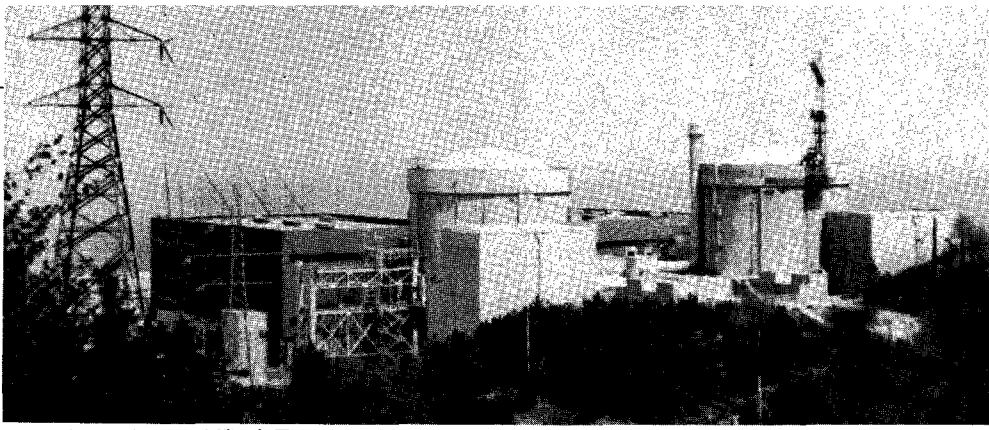
또한 이 蔚珍原子力 1號機는 연간 58억2천5백만kWh의 전기를 생산할 수 있을 것으로 보여 電力의 安定的 供給은 물론 電氣料金の 長期的인 安定化에 기여할 것으로 기대된다.

우리나라에는 이제 蔚珍原子力 1號機를 포함, 8基의 원자력발전소가 현재 가동중에 있으며 同型의 蔚珍原子力 2號機는 試運轉을 거쳐 내년 9월 以前 상업운전에 들어갈 예정이다.

### 蔚珍原子力 1號機 事業概要

#### 1. 一般現況

- ① 위 치 : 경북 울진군 북면 부구리
- ② 원자로형 : 가압경수로형 원자로(PWR)
- ③ 용 량 : 95만KW
- ④ 발전소 부지 : 67만7천평
- ⑤ 공 기 : '81년 1월~'88년 9월 10일
- ⑥ 총공사비 : 1조596억원



▲ 蔚珍原子力 1·2號機 全景

- ⑦ 주계약자 : 1차계통(핵증기설비)
  - FRAMATOME(프랑스)
  - 2차계통(터빈/발전기설비)
    - ALSTHOM(프랑스)
  - 기술자문용역
    - EBASCO(미국)
- ⑧ 시공계약자 : 토건공사-동아건설산업(주)
  - 기전공사-한국중공업(주)
  - 시운전보수공사-한국전력보수(주)
  - 비파괴검사-한국검사개발(주)
- ⑨ 국산화율 : 40.15%

## 2. 主要事業 推進經緯

- 1982. 3 : 기초굴착 착수
- 1982. 10 : 기공식
- 1983. 2 : 최초 구조물 콘크리트 타설
- 1985. 6 : 원자로 설치
- 1987. 3 : 상온수압시험
- 1987. 5 : 원자로 건물 종합 누설률 시험 및 구조물 건전성 시험
- 1987. 7 : 고온기능시험
- 1987. 12 : 핵연료 장전
- 1988. 2 : 초임계 도달
- 1988. 4 : 계통병입
- 1988. 8 : 100% 성능시험

## 3. 蔚珍原子力 1號機의 特徵

- ① 프랑스의 가압경수로 3루프 900MWe급

표준화설계개념을 도입한 발전소로서 프랑스 국내에서도 34기의 동형 발전소를 건설하여 좋은 운전실적을 올리고 있음.

② 표준화개념에 의거 상당부분의 TMI 후속 조치사항을 설계에 반영함으로써 안전성이 제고됨.

특히 논란의 대상이었던 비상대응설비(Emergency Response Facility)와 안전수치 계시판(Safety Parameter Display Sy's)은 '88년 9월 ~ '90년 4월까지 시공설계를 마치고 '90년 12월까지 설치 完了할 예정.

③ 주제어실의 설계개선

제어실 운전원의 조작실수를 방지하기 위하여 인간공학적 개념을 도입, 각종 계기의 적정 배열과 색상조화 등을 개선.

④ 중앙제어실, 기기냉각수 계통 등 2호기와 의 공유설비 보유.

## 4. 事業效果

① 동해 북부지역에 건설된 원전으로 국토균형개발에 기여.

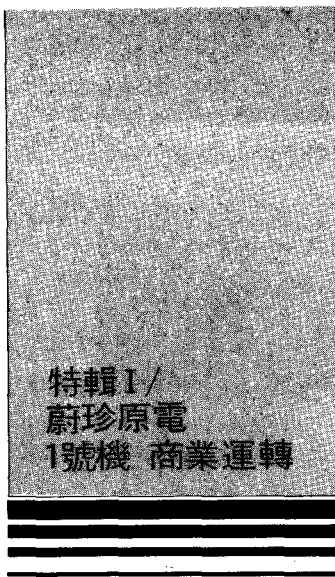
② 프랑스 원전 첨단기술의 도입 및 전수(선진원전 기술도입의 다변화 도모).

③ 지역주민 고용효과 증대.

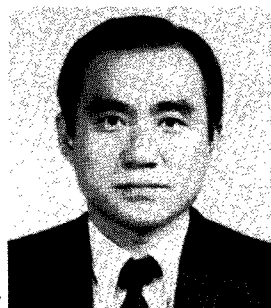
④ 원전기술 자립기반 구축.

⑤ 전력의 안정적 공급.

(註) 3루프 : 원자로에서 생성된 열이 RCP Pump(냉각재 순환펌프)를 거쳐 증기발생기로 열전달후 다시 원자로로 들어오는 1차측 냉각재 순환회로를 루프하고 하는데, 이것이 3개 있는 것을 말함.



# 蔚珍原子力 1號機 商業運轉에 즈음하여



李 虎 林  
(韓國電力公社  
蔚珍原子力建設事務所長)

국토의 남북을 가로지르며 힘차게 뻗어내린 태백준령의 산자락이 바닷물에 발을 적시는 수려한 경관의 동해안을 끼고 구비 구비 이어진 7번 국도, 잘 닦여진 이 길을 따라 강원·경북 양도의 경계를 이루는 고포 산등성이를 돌아 내려가다 보면 이내 마주치는 한적하기만 하던 어촌 부구리에 “동해의 햇불 울진 원전”의 터를 잡은지 어언 8년의 세월이 흘렀다. 그동안 산천초목이 변하고 마을도 변하고 사람도 많이 바뀌었지만 변하지 않은 것이 꼭 하나있다.

“우리 손으로 멋진 발전소를 건설하자”는 굳은 다짐이 그것이다.

고리, 월성, 영광에 이어 우리나라 네번째 원자력건설 부지로 선정된 경북 울진군 북면 부구리 울진 현장은 현재 건설중인 1, 2호기 외에 후속 4기를 수용할 수 있도록 계획된 총 100만여평의 초대형 공사현장이다. 전기출력 95만 KW, 가압경수로형 2기의 건설에 동원되는 연인원은 약 1,000만명이 예상되며 2조여원의 총공사비가 투입되는 엄청난 규모의 사업이다.

프랑스의 프라마톰(FRAMATOME)사 및

알스툼(ALSTHOM)사가 각각 1, 2차계통의 주기기 설계 및 공급책임을 맡고 있고 동아건설산업(주)과 한국중공업(주)이 시공에 참여하며 전체적인 사업관리는 한전 주도하에 건설공사가 진행중이다.

처음 도입되는 프랑스형 원자력발전소라는 점에서 미국형 선행호기의 경험이나 기술축적을 그대로 활용할 수 없는 헨디캡을 안고 출범한 울진 프로젝트는 건설초기 토성계수(SOIL MODULUS) 변경에 따른 설계변경으로 인하여 토건공사에 큰 타격을 받았다.

교통이 워낙 불편한 오지라 대도시 공업지역과 거리가 멀고 주거설비 등 생활환경이 좋지 못한 지역적 여건으로 기능인력 동원에 많은 어려움을 겪었고, 1호기 핵연료장전 준비에 눈코뜰새 없던 '87년 말부터 금년 초까지는 설상가상으로 양대 선거가 겹쳐 극심한 인력난에 시달리기도 했다. 국민의식의 변화와 경제수준의 향상 때문인지 해를 거듭할 수록 휴일 및 야간 근무인력 확보가 어려워지고 추석, 구정, 신정 등의 명절기간은 1~2주씩 현장작업이 거

의 중단되다시피 하곤 했다.

'83년도엔 프랑스와 북한과의 외교관계 확대 파문으로 만약의 경우에 대비, 계약해지를 신중히 검토한 적도 있고 마침 그무렵 프랑스로 출국하려던 교육요원들이 출국보류 조치로 공항에서 되돌아온 촌극도 있었다.

영광 1, 2호기 입찰에 실패한 후 와신상담, 울진 프로젝트 수주에 성공한 프라마톱사는 계약후 수지타산이 맞지 않았던지 아니면 기대이익을 더 높일 심산이었는지는 모르지만 '85년 말을 전후하여 프로젝트 추진에 사사건건 비협조적이더니 '86년 2월 급기야 갖은 계약상의 명목을 붙여 추가비용의 보상을 요구하기에 이르렀다. 수차례의 협상시도도 무위로 끝난 '87년 5월, 프라마톱사는 결국 국제상업회의소에 계약분쟁의 중재신청(ARBITRATION)을 의뢰하였고 지금도 계약분쟁은 중재 심의중이다.

이같은 와중에서 프로젝트를 꾸려 나가자니 그동안 건설종사자들의 애로가 오죽 많았겠는가? 그저 몸으로 때우고 뜻심으로 밀어붙이기 8년, 천신만고 끝에 1호기 성능시험을 성공적으로 마치고 상업운전에 들어간 지금, 우리들의 심정은 뿌듯한 성취감과 함께 실로 감개무량할 뿐이다.

'81년 1월초 부지정지에 착수함으로써 첫발을 내디딘 건설공사는 그해 3월 구조물 기초굴착이 시작되면서 본격적인 궤도에 진입하였다. 원자로 격납건물 기초 콘크리트 타설이 시작된 '83년 1월까지 현장공사는 순조롭게 진행되어 가는 듯 했다.

그러나 누가 상상이나 했으랴! 뜻밖의 문제가 터져 프로젝트가 휘청거리게 될 줄을…….

부지의 정밀지질조사 결과, 발전소 설계에 중요한 영향을 미치는 토성계수(SOIL MODULUS)가 변경됨에 따라 그동안 진행된 설계의 재검토 및 수정이 불가피하게 된 것이다. 이에 따라 시공도면 및 자료 등의 공급이 늦어져 토건공사가 지연됨으로써 프로젝트는 초창기에

〈울진원자력 1·2호기 사업개요〉

항 목	내 용
위 치	경부 울진군 북면 부구리 84-4
원자로형	가압경수로형 원자로(PWR)
용 량	95MW×2기
부지조성	발 전 소 : 67만 7 천평 사 택 : 13만 2 천평 취 수 원 : 31만 1 천평 계 : 112만평
공 기	1 호 기 : '82. 3. 5~'88. 9. 30 2 호 기 : '82. 3. 5~'89. 9. 30
공 사 비	내 자 : 13억 9 천 3 백만불 외 자 : 11억 8 천 8 백만불 계 : 25억 8 천 1 백만불 ( 2 조 1 천 2 백억원)
차관현황	1 차계통 : BFCE의 6개은행단 55억프랑 2 차계통 : BFCE의 3개은행단 36억프랑 US EXIM : 7 백 8 십만불 상업차관 : 3 억불
건설단가	1, 282불/kW
국산화율	40. 15%

엄청난 부담을 안고 출발하였다.

그러나 토성계수 변경으로 인한 설계업무가 정상화되면서 공기만회를 위한 우리 기술진의 피나는 노력과, 까다로운 프랑스 기술기준에 차츰 익숙해져가는 기능공들의 작업능률 향상에 힘입어 구조물공사는 급진전을 보이기 시작했다. 철근 사전조립, 병행작업 범위확대, 콘크리트 타설방법 개선 등 공기만회를 위한 부단한 공법개선중, 격납용기철판(CONTAINMENT STEEL LINER PLATE) 설치방법 및 터빈기초(TURBINE TABLE) 콘크리트 타설방법 개선은 공정축진의 기폭제가 되었을 뿐만 아니라 공정만회에 극히 회의적이었고 프랑스식 공법을 완강히 고집하던 외국인 기술진을 깜짝 놀라게 만든 우리 건설기술의 쾌거로 일컬어지고 있다.

당초 프라마톱사 설계는 격납용기철판 설치시 각 철판을 하나씩 들어올려 고소에서 현장



용접하는 공법으로 되어 있으나, 우리 기술진은 선행호기의 경험을 살려 이를 지상에서 링(RING) 모양으로 조립, 설치하는 공법으로 변경하여 8%이던 용접결합률을 5%로 낮추고 목표공기 보다 앞당겨 설치 완료함으로써 후속공정인 1호기 플라크레인(POLAR CRANE)을 '84년 12월에 상량할 수 있었다.

터빈/발전기가 설치되는 터빈 기초 콘크리트는 거푸집 설치, 철근 조립, 매설물 설치 등의 작업을 지역별로 병행 시공하고 콘크리트 타설 방법도 개선함으로써 알스톰사가 제시한 공기를 2개월반이나 앞당겨 시공을 완료하였다.

울진 1, 2호기 토건공사는 동아건설산업(주)이, 기전공사는 한국중공업(주)이 시공하고 있는데 기전공사가 시작된 '84년 이후부터 동일 지역에 두회사의 인력이 투입되다 보니 상호 간섭사항, 작업 우선순위, 재시공, 공기지연의 책임 한계 등 현장관리 어려움을 겪기도 했다.

'86년에는 프라마톰사 케이블 포설도면 공급이 일부 지연되어 본사 및 파리사무소를 동원, 설계독려 총력전을 편 결과 다소 개선은 되었지만 그로 인한 케이블포설 지연, 임시포설, 재포설 등의 후유증으로 1호기 핵연료장전까지 영향을 받는 결과를 초래했다.

수많은 어려움을 극복하고 '87년 12월 핵연료장전을 끝낸 울진 1호기는 금년초 본격적인 시운전에 돌입하였다. 초임계를 위한 지역인제(ROOM TURN-OVER) 및 현장 청결작업시 민속의 날이 겹치는 바람에 충분한 기능인력을

확보할 길이 없어 궁여지책으로 한전직원 총동원령을 내려 마지막 작업을 마무리하기도 했고, TMI 후속조치 보완 관계로 초임계공정이 다소

〈울진원자력 1호기 추진 경위〉

- 1978. 7. 22 입지 확정(제33차 경제장관회의)
- 1979. 12. 8 전원개발사업 실시계획 승인(동력자원부)
- 1980. 11. 7 원자로계통설비 및 핵연료 공급 계약 체결 (FRAMATOME사)
- 1981. 1. 12 발전소 부지정지 착수
- 1982. 2. 15 터빈계통설비 공급계약 체결 (ALSTHOM사)
- 1982. 3. 2 토건공사 계약 체결 [동아건설산업(주)]
- 1982. 3. 5 원자로건물 기초 굴착 착수
- 1983. 1. 25 건설허가 (과학기술처)
- 1983. 1. 26 원자로건물 최초 콘크리트 타설
- 1988. 11. 16 기전공사 계약 체결[한국중공업(주)]
- 1985. 6. 1 원자로 설치
- 1987. 3. 18 상온수압시험 완료
- 1987. 7. 21 고온기능시험 착수
- 1987. 12. 24 핵연료 장전 착수
- 1988. 2. 25 초임계 도달
- 1988. 4. 7 계통 병입
- 1988. 8. 29 성능시험 완료
- 1988. 9. 10 상업운전 개시

늦어지기도 했다.

순조롭게 진행되어 가던 시운전은 알스톰사 공급분인 각종 회전기계, 발전기, 주증기관, 변압기 등 2차계통 기기고장으로 인하여 난항을 거듭하였지만 건설종사자 및 국내의 관련회사의 기민한 대처로 가까스로 급한 불을 끄고 정상을 회복할 수 있었다. 시운전중의 기기고장 및 시행착오는 있을 수 있는 일이지만 고장난 기기의 일부가 국산화 관련 품목이었다는 점은 한번쯤은 짚고 넘어가야 할 사항이 아닌가 생각된다.

건설기간중 프라마톰사의 설계도면 공급 지연, 계약분쟁으로 인한 중재신청 등으로 살얼음판을 디디듯 노심초사했던 건설 종사자들은 1차계통 시운전이 의외로 순풍에 돛단듯이 진행되어가자 “뚝배기보다 장맛”이라고 이구동성으로 흐뭇해 했다. 시운전 기간중 증기발전기 수위 제어로 인한 시운전정지가 단 한건도 없었고, 특히 국내 원전사상 최초로 100% 전출력에서 원자로 정지없이 소내부하운전(HOUSE LOAD OPERATION)으로 전환하는 시험의 성공에 시운전 요원들은 커다란 자부심을 느끼고 있다.

공정축진을 위한 무리한 돌관작업 대신 공법 개선, 기능숙련도 향상, 합리적인 공정관리 및 철저한 품질관리 등을 통한 공기단축 효과에 힘입어 울진 1, 2호기 공정은 비교적 느긋하게 추진 되어온 느낌이다. 공휴일, 일요일에 시공업체 인력이 현저하게 줄어드는 추세속에서 야간작업이나 24시간 돌관작업을 중용할 분위기도 아니었고, 또 굳이 그럴 필요성도 많지 않았던 탓이리라. 신문지상에 오르내리던 높은 예비율, 원자력건설에 대한 대내외 관심저조, 그리고 영광 3, 4호기 추진과정에서의 찬반 논쟁 등 당시의 제반여건이 울진 프로젝트를 외부에 너무 드러내지 않고 순리적으로 차분하게 추진하게 한 요인이 되었던 것도 같다.

서두에서 언급한 바와 같이 국민의식의 변화

와 경제수준의 향상으로 휴일 및 야간근무 인력 확보가 점점 더 어려워지고 추석, 구정, 신정 등 명절기간 1~2주는 현장작업이 거의 중단되어 가는 추세이다. 후속 프로젝트의 공정계획은 이 점을 감안하여 수립되어야 할 것이다.

프랑스는 원자력발전소의 표준화에 성공한 원자력 모범국으로서 '88년 현재 가동중인 90만KW급 34기와 130만KW급 12기가 프랑스 전력의 70%를 생산하고 있고 130만KW급 10기가 건설중에 있다. 표준화된 발전소의 건설 및 운전중에 발견되는 미비점은 즉각 개선되고 후속설계에 모두 반영되므로 많은 설비개선이 지속적이고 효과적으로 이루어진다. 울진 1, 2호기 건설 및 시운전을 통하여 우리는 운전 및 보수의 편이를 위한 설비 등 여러 분야에 걸쳐 개선된 사항을 많이 발견하였다.

이러한 사항은 발췌, 정리하여 후속기 설계에 반영토록 조치할 계획이다. 한결음 더 나아가 우리도 프랑스와 같이 하루빨리 원자력발전소 표준화를 이룩하여 안전하고 신뢰성있는 발전소를 저렴한 가격으로 적기에 건설할 수 있도록 간절히 기대해 본다.

'88년 최대전력은 작년대비 250만KW가 증가한 1,365만KW로서 울진 프로젝트 계약당시의 추정치보다 80만KW 이상 초과된 전력수요 신장을 보였다. 지난 4월 7일 계통병입후 시운전 공정을 희생하면서까지 금년 여름의 첨두부하 담당에 울진 1호기가 크게 기여한 사실에 보람을 느끼며, 무엇보다도 “88 올림픽 공식 전기공급업체(?)”로서의 중차대한 역할에 동참할 수 있게 된 것을 모든 건설 종사자와 더불어 가슴 뿌듯하게 생각한다.

프로젝트 초창기부터 지금까지 건설종사자 전원의 합심 협력으로 모든 난관과 애로사항을 극복하여 1호기의 정부인가공기를 준수할 수 있게 된 것을 다행으로 생각하면서 앞으로 1년 남짓 남은 2호기의 성공적 추진을 위한 새로운 각오를 다시 한번 다짐해 본다.

特輯 I /  
蔚珍原電  
1號機 商業運轉

## 蔚珍原子力 1號機의 建設參加經驗



Claude Soucaille  
(Framatome 社  
蔚珍 1·2號機 擔當理事)

蔚珍原子力發電所 1號機는 建設을 開始한지 7년이 채 안되어서 系統에 併入돼 기대했던 性能을 유감없이 발휘하고 있다. 이와 같은 成果는 그동안 共同努力을 통해 韓國과 프랑스 産業界 사이에 형성된 우호적인 協力の 소산이다.

1980年11月 韓國電力公社와 Framatome 및 Framatome-Export 間에 계약이 체결될 당시 가장 중요한 도전은 프랑스의 原子力發電産業界가 韓國 原子力産業界에게 効率的으로 技術을 移轉하는 것이었다. 韓國은 7基의 原子力發電所를 성공적으로 建設한 經驗을 갖고 있었지만, 蔚珍原子力發電所 프로젝트는 韓國에 있어서 프랑스의 技術과는 첫번째 經驗이었고, 또한 韓國의 産業界가 대규모로 참가한 最初의 事業이었다.

물론 Framatome은 全世界에서 가장 대규모 事業인 프랑스의 原子力發電 프로그램에 主契約者의 하나로 참가하고 있으므로 技術移轉을 보장할 수 있는 확고한 産業背景을 가지고 있다. 프랑스의 加壓輕水爐(PWR) 原子力發電所 프로그램은 다음과 같다.

- 300MWe 原型發電所 1基(1967年 系統併入)

- 900MWe級 原電 6基(1970年과 1971년에 建設開始)

- 標準화된 900MWe級 原電 16基(CP1 시리즈, 1974년에 着手)

- 標準화된 900MWe級 原電 12基(CP2 시리즈, 1977년에 着手)

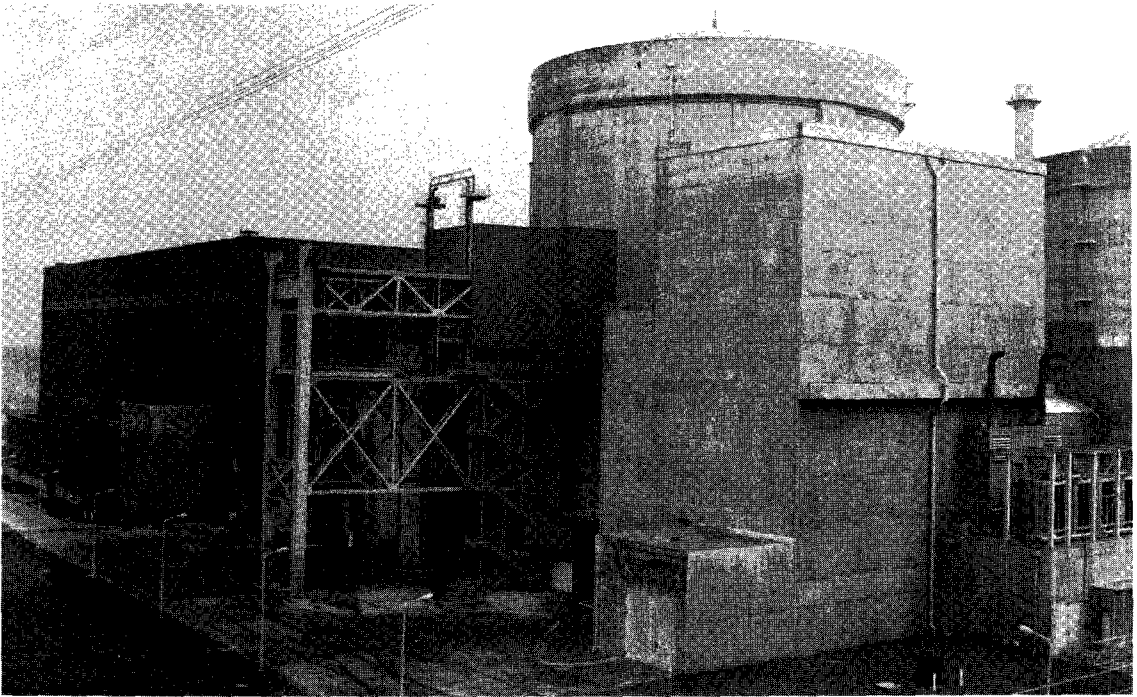
- 標準화된 1,300MWe級(4루프) 原電 20基(1976년부터 着手)

- 標準화된 1,500MWe級 原電시리즈(첫번째 2基가 현재 建設中)

현재 12基의 1,300MWe級 原子力發電所를 포함하여 48基의 原子力發電所가 商業運轉中에 있어 프랑스 全體 發電量의 약 70%를 공급하고 있으며, 平均稼動率도 80%를 상회하고 있다.

또한 이 國內 프로그램 외에 벨기에(3基), 南아프리카(2基), 中國(2基), 韓國(2基) 등에 수출된 900~1,000MWe級 原電 9基가 있다.

이 대규모 프로그램은 프랑스原子力廳(CEA)



▲蔚珍原子力發電所 1號機 全景

의 研究施設과 國營電力會社인 프랑스電力公社(EDF)의 運轉經驗으로 부터 많은 지원을 받고있다. CEA의 研究成果는 原電의 設計, 建設 및 試運轉分野의 標準化에서 프랑스 原子力發電產業界의 확고한 배경을 제공하고 있으며, EDF의 運轉經驗도 반영되고 있다. 또한 이 프로그램에서 가장 重要한 것은 과거 15年間 점진적으로 開發되어온 프랑스의 코드 및 技術基準이 有效하게 使用된 것이다.

Framatome이 蔚珍原子力發電所의 1次系統 供給契約을 수주함으로써 광범위한 프랑스의 經驗을 韓國에 전수할 수 있게 되었는데, 이 契約에는 機器製作, 엔지니어링 및 事業管理 등 여러분야에서의 효율적인 기술이전이 포함되어 있다.

製作部門에서는 1次系統의 35%가 韓國企業, 주로 韓國重工業(株)에게 Framex(Framatome-Export)를 통해 再契約되었는데, 原電設備

製造分野에서 이처럼 높은 韓國企業의 參與率은 단순한 機器의 國產化率 뿐만 아니라 原子爐容器, 蒸氣發生器, 加壓器, 非常 디젤發電機 등 設備의 다양화에서도 이루어졌다.

韓國內에서의 機器製作은 技術書類와 高度의 技術要員 交換을 통한 프랑스와 韓國企業間의 기술이전에 의해서 수행되었다. 最高 35명의 技術陣이 韓國에 배치되어 韓國內 供給業體의 엔지니어링, 機器製作, 品質保證分野의 活動을 지원하였다. 그밖에 技術要員의 교육훈련, 技術書類의 이진, 專門技術陣의 주재 등을 내용으로 하는 技術支援協定이 Framatome과 韓國重工業(株) 사이에 체결되어, 특히 核蒸氣供給系統(NSSS) 部品製作部門에서 괄목할만한 成果를 거두는 것이 가능하였다.

엔지니어링分野에서는 韓國의 原子力엔지니어링會社인 韓國電力技術(株)과 設計 및 事業管理作業에 100人·月이참가하는 교육훈련프



로그래미 開發되어 韓國人 技術者들이 프랑스의 原子力엔지니어링技術과 프랑스 原電프로그램에 적용된 標準化概念을 익히는 절호의 기회를 제공하였다. 또한 Framatome은 設計, 建設, 試運轉業務를 담당하는 事業支援팀을 배치시켜 韓國電力公社가 프랑스의 經驗과 韓國의 技術을 융화시키도록 충분한 지원을 하였는데, 공정에 맞추어 성공적으로 완공되는데 큰 공헌을 하였다. 그밖에 EDF가 수행한 韓國電力公社의 運轉員 교육훈련도 原子力發電所의 運轉 및 補修維持分野에서 프랑스의 經驗을 韓國에 전수하는데 많은 기여를 하였다.

이 모든 成果는 韓國과 프랑스 間의 技術移轉이 技術정보의 質과 교환 면에서, 또한 兩國間에 창출된 생산적인 우호관계 면에서 매우 성공적이었음을 반증하는 것이다.

이처럼 성공을 거둘 수 있었던 重要한 要因은 兩國에서 참여한 要員들의 헌신적인 노력이었다. 현재까지 100名 이상의 프랑스인 엔지니어, 技術者 및 기타 要員들이 그들의 가족과 함께 韓國에 파견되었는데, 總合計로는 4,000人·月을 상회한다. 이 韓國內 파견 要員과 일시 방

문자들은 技術問題 뿐만 아니라 人間關係에서 兩國 사이의 이해증진에 크게 기여하였다.

蔚珍原子力發電所 1號機는 9月10日 商業運轉에 들어갔으며, 2號機는 高溫기능시험중으로서 豫定대로 자매爐인 1號機 보다 1년 늦게 運轉을 開始할 것이다.

蔚珍原子力發電所프로젝트에서 획득한 業적은 韓國의 原子力産業界가 原子力發電技術의 성숙을 향해 진일보하였음을 보여준다. 또한 이 事業을 통해 형성된 韓國과 프랑스 間의 강한 유대관계는 앞으로 最新 原子力發電技術의 開發을 위한 창구역할을 할 것이다.

이 事業에 참여한 프랑스인 엔지니어와 技術者들은 韓國人 동료들에게서 받은 호의에 감사하고 있으며, 또한 効率的으로 철저하게 헌신적으로 그들의 業務를 수행하는데 깊은 감명을 받았다. 韓國人의 우수한 技術能力은 安全性이 입증된 설계, 용이한 補修維持, 高度의 運轉信賴性 등 特性이 프랑스의 많은 자매 발전소와 모든 면에서 同一한 진실로 完全 國產化된 原子力發電所를 韓國內에 建設할 수 있으리라 기대된다.

## 主要國內行事案内

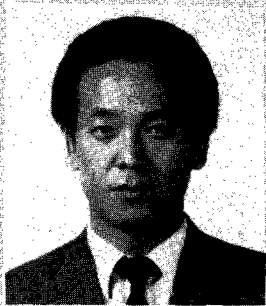
日 字	行 事 名	場 所	主 催
10月 4日~7日	非破壞檢査技術研修課程	韓國NDT學會 事務室	韓國NDT學會
10月 7日~8日	放射性廢棄物管理技術 워크숍	韓電 수안보 生活研修院	韓國電力公社
10月 17日~ 11月 4日	UNDP/IAEA/RCA Regional Training Coure on NDT Eddy Current-2	原子力研修院	韓國에너지研究所
10月 -28日	放射線安全管理教育	韓國原産 교육장	韓國原子力産業會議
10月 29日	第21回 定期總會 및 秋季學術發表會	—	韓國原子力學會
11月 3日~4日	第7回 원자력산업시찰	영광원자력발전소	韓國原子力産業會議
11月 14日~17日	第3次 原電 熱水力學/運轉에 관한 國際會議 및 서울 88原子力展示會	쉐라톤워커힐	韓國原子力學會 韓國原子力産業會議
12月 9日	第8次 定期總會 및 秋季學術發表會	라마다 르네상스 호텔	韓國NDT學會
12月中	第18回 電力그룸워크숍協議會	韓國核燃料(株)	韓國核燃料(株)

# 第3次 原子力發電所熱水力學 및 運轉에 관한 國際學術會議

*The Third International Topical Meeting on Nuclear  
Power Plant Thermal-Hydraulics and Operations*

1. 開催期間：1988. 11. 14~17(4日間)
2. 開催場所：Sheraton Walker Hill, Seoul
3. 主催：韓國原子力學會, 韓國原子力産業會議  
美國原子力學會, 美國原子力學會 韓國支部
4. 後援：日本原子力學會, 카나다原子力學會  
大韓機械學會, 美國機械學會
5. 發表論文數  
熱水力學分野：146編, 運轉分野：117編, 合計：263編
6. 參加國  
韓國, 美國, 카나다, 日本, 프랑스, 西獨, 臺灣, 英國, 이탈리아,  
스위스 및 핀란드 등
7. Session構成
  - A. 熱水力學分野
    - A1. 單相 및 2相 水力學
    - A2. 原子爐 熱傳達
    - A3. 熱水力學 電算解法
    - A4. 新型爐 熱水力學
    - A5. 事故 및 過渡現象 解析
    - A6. 重大事故 熱水力學
    - A7. 蒸氣發生器 熱水力學
    - A8. 格納容器 解析
    - A9. 計測技術 開發
    - A10. 水擊現象, 自然循環 等
  - B. 運轉分野
    - B1. 負荷追從戰略
    - B2. Scram減少技術
    - B3. 技術仕様書 改善
    - B4. 發電所 運轉經驗 등
    - B5. 原電故障診斷 및 監視
    - B6. 人工知能, Robotics 등
    - B7. 發電所 壽命 延長
    - B8. 爐心燃料 管理
    - B9. 蒸氣發生器 運轉 보수
    - B10. Simulator, Analyzer 등
    - B11. PRA의 運轉應用
8. 展示會  
Seoul '88 Nuclear Exhibit 並行開催(原産 主管)

# IAEA에서 온 편지 (제1신)



林 載 春

國際原子力機構(IAEA)에서 專門家로 근무를 시작한지도 6個月이 되었습니다. IAEA는 原子力開發 및 安全에 관한 각종 정보와 會議가 많아 활용하기에 따라서는 우리나라 原子力産業界에 매우 有益하겠기에 이곳에서 활동하거나 느끼는 사항을 알려드리고, 韓國에서 필요로 하는 資料나 協調를 제공할 수 있는 場으로 활용하기 위하여 앞으로 定期的(分期別)으로 「原産」誌에 게재코자 합니다.

## 1. Cost-free 專門家?

Cost-free(CF) 전문가란 IAEA 직원과 모든 면에서 동일한 조건으로 근무하나 봉급만큼은 파견국가가 부담하는 전문가를 말한다.

IAEA는 원자력개발 및 안전에 관한 각종 정보의 입수가 용이하고 자국의 이익을 대변할 수 있는 외교무대로 활용될 수 있기에 현재 11개국에서 120여명의 CF 전문가를 파견하고 있어 IAEA 전체 전문직원(720명)의 1/6 정도를 점하고 있다.

IAEA는 '83년 이후부터 회원국의 회비징수

(자발적 기여금)에 어려움이 있어 예산증가가 동결되어 있기 때문에 보다 많은 CF 전문가를 원하고 있다. 우리나라의 경우에도 국제화시대에 부응하고자 국제기구 전문가의 양성이 긴급히 요청되어 '84년부터 정부차원에서 모든 국제기구에 대하여 CF 전문가의 파견을 추진한 결과 IAEA의 경우에는 본인이 '88년 2월에, 한전의 박기연씨(원자력발전처 노심관리부장)가 '88년 6월에 오게 되었으며, 한국에너지연구소도 정부 계획에 따라 1명을 파견할 예정이다.

우리나라 정부로 부터 받는 생활비, 주택수당, 학비보조비를 IAEA 정규직원과 비교하여 보면 최근에는 거의 대등하게 되어 새삼 우리의 국력신장과 국민에게 고마움을 느낀다.

## 2. 國際機構에서 韓國의 位置

개발도상국 가운데 원자력사업을 가장 성공적으로 수행하고 있는 나라로 한국을 평가하고 있으며, 앞으로 국제기구의 활동에 한국의 참여가 활발하기를 기대하고 있다. 그 이유는 선진국의 경우 예산증가의 동결로 인하여 국제기구에서의 근무가 매력을 잃어가고 있으며, 후진국의 경우에는 관련전문가를 국제기구에 파견시키면 해당 나라에서는 그렇지 않아도 부족한 전문가가 더 부족하여지므로 20년 가까이 건설·운전 경험을 가지고 있는 한국의 인적차원에 많은 관심을 가지고 있기 때문이다. 과학기술처 안전심사관실에서는 IAEA 직원모집에 대한 정보를 가지고 있으므로 관심있는 분의 적극적인 참여가 요청된다.

또한 각종 국제회의에서도 선진국만 참여한다는 비난이 많으므로 IAEA 직원들은 개발도상국을 되도록 많이 참여시키기 위하여 노력하고 있고, 이 경우에 여비와 체재비는 IAEA가 부담하므로 우리나라도 이와 같은 회의에는 전부 참석하여 관련 전문지식의 습득과 국제화에 대비한 경험축적에 이용할 수 있었으면 좋겠다.

### 3. IAEA 프로젝트 遂行

(1) 제목 : 세계 각국의 원자력안전 규제분석 및 향상

(2) 배경 : Chernobyl 사고 이후에 IAEA 총회 특별분과에서 제의된 것으로 원자력안전은 원전사업자 뿐만이 아니라 정부안전규제에 의해서도 많은 영향을 받으므로 IAEA가 회원국을 도와 정부안전규제를 향상시킴으로써 원자력안전에 관한 세계적인 신뢰성을 확보할 수 있는 조치를 강구할 것을 권고하였다.

(3) IAEA 조치사항 및 추진현황

(가) 회원국의 안전규제 현황조사

IAEA Safety Series 50-C-G(Code of Practices on Governmental Organization for the Regulation of Nuclear Power Plants)에 따라 6개 분야[(a) 원자력사업현황, (b) 법적조건, (c) 규제기관의 조직, (d) 인허가 및 검토, (e) 검사, (f) 기타 업무 협조 등]에 대하여 120개 항목의 질의서를 작성하여 '87년 7월에 회원국에 송부하였다.

(나) 답변서 분석 및 보고서 작성

원자력발전사업을 가진 30개국을 대상으로 일본의 CF 전문가와 함께 본인이 답변서를 분석하여 보고서(초안)를 작성하고 현재 관계전문가의 의견을 반영하여 최종보고서를 작성하고 있다.

(다) 국제안전규제심포지움 개최

서독 뮌헨에서 금년 11월 7일~10일까지 개최되는 심포지움에서 상기 분석 내용을 발표하고 앞으로 세계 각국의 안전규제 향상을 위한 효과적인 추진방향을 모색할 예정이다.

### 4. OSART의 活用

(1) OSART의 성격

OSART(Operational Safety Review Teams)는 운전중인 발전소의 안전성을 세계 각국의

전문가로 구성된 Team이 3주동안 방문하여 발전소직원과 함께 검토함으로써 안전에 취약한 부분을 밝혀내어 안전성을 개선시킴과 동시에 참여하는 직원에게 세계 각국에서 수행중인 좋은 사례(Good Practices)들을 소개함으로써 현장훈련의 성격도 가지고 있다.

(2) 우리나라에서의 활용

'83년에 고리 1,2호기, '86년에 고리 3,4호기에서 실시한 바 있고, '89년에는 월성 또는 영광 1,2호기에 대하여 계획중에 있어 이에 따른 제반사항을 협조하고 있다.

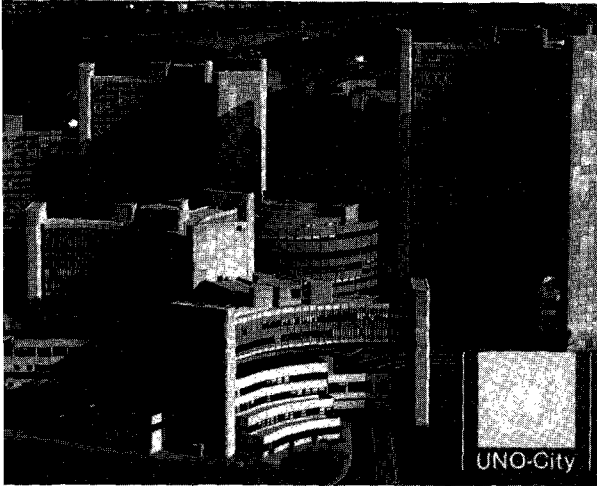
(3) OSART에 한국전문가 참여

Team에 한국사람을 전문가로 참여시키는 경우 업무수행과정을 통하여 유익한 자료와 경험을 얻을 수 있기에 금년 10월에 일본 Takahama 3,4호기에 파견되는 Team에 한전의 전문가 1명(심흥기 부장)을 Observer가 아닌 정식 전문가로 "Training and Qualification" 분야에 참석시킴으로써 일본의 실태를 파악하는데 좋은 기회가 될 것으로 보인다. 앞으로 운전, 유지보수 분야 등에 가능한 많은 전문가를 우리나라에서 참여시키는 것도 바람직 할 것이다.

### 5. ASSET의 活用

(1) ASSET의 성격

ASSET(Analysis of Safety-Significant Events)는 회원국의 초청에 의하여 특정발전소에서 일어난 안전에 중요한 Event들을 분석하여 그 원인을 찾아내고 사업자로 하여금 재발방지를 위한 조치를 강구할 수 있도록 도와주는 전문가 Team으로써 Event의 간접적이고 근원적인 원인규명과 Human Factor에 주력하고 있다. Chernobyl 사고 이후에 결성된 INSAG(Int'l Nuclear Safety Advisory Group)의 권고에 의해서 특별히 만들어진 이 제도는 6명의 전문가로 구성되며 2주간 초청국에 머물게 되는데 여기에 관련된 모든 경비는 IAEA가 부담



## 6. Two Loop Safety Meeting 參席結果要約

### (1) 회의 성격

'88년 5월 30일부터 6월 2일까지(4일간) Yu-goslavia 에 있는 휴양도시 Bled에서 9개국 23명의 전문가가 참석하여 2-Loop 발전소의 안전성과 관련된 제반사항에 대한 발표와 토의가 있었다.

'81년에 Vienna에서 처음 개최되었을때 본인이 참석하여 고리 1호기 핵연료손상 방지를 위하여 Baffle Joint 수리작업 중 UCON Oil이 흘러나온 사례를 발표하였고, 이번에 열린 두번째 회의에서는 핵연료손상을 근본적으로 방지하기 위하여 실시된 설계변경(up-flow 방식)에 대하여 소개하였다.

이 회의는 앞으로 2~3년마다 한번씩 개최될 예정이고 한국의 적극적인 참여를 기대하고 있다.

### (2) 주요 발표내용

(가) 높은 가동률을 달성하고 있는 미국의 Ginna 발전소

USNRC의 중요 규제대상을 보면 그동안 많이 변천해 왔다. 오래된 발전소의 설비개선→TMI 후속조치→Environmental Qualification→Management→훈련 및 자질→Operator Professionalism 을 거쳐 현재에는 Maintenance에 주력하고 있다.

용역회사를 통하여 "Reliability Centered Maintenance" 방식을 채택한 결과 투자비의 2배 정도까지 이익이 발생하였고, 예방보수를 70%까지 달성하게 되었다.

(나) 20년이상 높은 가동률을 유지하는 서독의 Obrigheim 발전소

핵연료장전은 2주이며, 냉각재내의 방사능준위를 낮추고, 방사성물질의 배출실적도 매년 낮추어 기체와 액체는 거의 0에 가깝고 고체는 350drum/yr에 도달하였다. 이렇게 하기까지

한다. 1차 ASSET는 '87년에는 유고의 Krsko에서 Maintenance에 대하여 분석이 이루어졌고, 금년에는 브라질의 Angra에서 실시될 예정으로 있다.

### (2) 우리나라에서의 활용

과거에 있었던 안전에 중요한 Event를 분석 대상으로 한다고 하니가 이팁을 초청하는 나라나 발전소는 이러한 Event를 많이 겪고 있다는 생각이 들기도 하여 이제까지 추진실적이 좋지 않다.

예전에 고리 2호기에서 원인불명으로 애를 먹었던 Control Rod Drop과 같은 Event가 있으면 이 Team이 적격이겠으나 그 외에도 조금은 일반적인 것, 예를 들면 TMI Action Plan과 관련된 Emergency Response Facilities라든가 10 Years Safety Review and Backfitting 또는 Maintenance Chemical Control 등 여러 분야에서 국제적인 자문을 받고 싶은 사항이 있으면 용역회사를 통하지 않더라도 이 제도를 적극 활용하면 가능하리라 생각된다.

현재 우리나라에 초청요청서를 보내놓고 IAEA가 열심히 Sales를 하고 있는 입장이니가 우리가 원하는대로 활용할 수 있으므로 원자력안전센터, 한국전력공사, 한국전력기술(주)의 보다 많은 관심이 기대된다.

수많은 Backfitting이 있었으며 비상대응설비 및 계통은 별도 Bunker에 설치하였다.

(㉔) 상처뿐인 브라질의 Angra 발전소

우리나라 고리 1호기와 거의 같은 시기에 건설을 시작한 Angra는 초기임계('82.3)에서 상업운전('85. 1)까지 많은 문제가 발생하였다.

Circulating Water Pump와 Motor가 지지부의 Misalignment로 인하여 손상을 받아 수차례 수리후 교체하였고, 격납용기 관통부를 장기간 해풍에 노출시켜 보관한 관계로 부식이 생겨 설치후 격납용기 누설률시험에 실패하였으며, 2차계통 열교환기 교체시 많은 용접 불량이 발견되었다.

'85년 상업운전기간 동안 가동률은 57.8%로 저조하였는데 이는 Feed Water Nozzle을 잘못 설치하여 생긴 증기발생기의 관진동으로 4개월간 50%의 출력감발과 잦은 Invertor의 고장으로 인한 원자로 트립이 원인이었다. '86년에는 복수기 관 교체로 6개월 쉬었고, 방사선비상계획이 불충분하다하여 법원에서 5개월간 운전정지를 하는 바람에 1년동안 운전 한번 못하다가 겨우 운전을 재개하자마자 주발전기가 소손되어 1년반동안 수리중에 있다.

(㉕) 벨기에의 Doel 1, 2 발전소의 Backfitting

10년마다 안전성을 재평가하여야 하는 법규에 따라 그동안 안전성에 문제된 사항을 종합적으로 분석하기 위하여 미국에 조사팀을 파견하여 주요 관심사항을 발췌하였다.

TMI Action Plan, 화재방호설비 보강 등 안전성 향상에 2억달러의 2/3를, 복수기 관 교체 등 가동률 향상에 1/3을 투자하였다(원자로내부 수위지시계는 실효성 때문에 계획하였다가 취소하였음).

(㉖) 스페인의 Jose Cabrera발전소의 Backfitting

20년간 운전중인 발전소에 그동안의 기준변경으로 많은 Backfitting이 요구되어 왔기에 Performance Indicators Program(USNRC에서 개발된 Indicator 사용)에 의하여 문제점을 발

굴하였다.

Hardware보다도 그동안 큰사고가 없어 Operator들이 안일한 사고방식에서 탈피 못하는 "Safety Culture"가 더 큰 문제였고, 이의 개선을 위한 제반 조치가 강구중이다.

(㉗) 산·학·연협동이 활발한 유고의 Krsko 발전소

Computer를 이용한 각종 안전성 분석이나 발전소에서 필요로 하는 기술지원(예: Neutron Embrittlement Surveillance)은 연구소(Jozef Stefan)와 학교(Zagreb대학)가 긴밀하게 협조하고 있어 인상적이었다.

(3) 자료활용

본 회의에서 발표된 내용은 과학기술처 안전심사관실을 통하여 한전에 송부하여 적절히 활용하게 하였다.

## 7. 韓電의 박기연부장 파견근무

지난 6월 1일부터 한전의 박기연씨가 Division of Nuclear Power 부서에 근무를 시작하였으며 세계원자력발전소 중 Performance가 좋은 발전소에 대한 성능분석을 하고 좋은 Practice를 찾아 종합보고서를 작성, 이를 다른 발전소에도 파급하는 업무를 맡았다. 이와 같은 일은 세계 어느 발전소에도 Access가 가능하고 많은 자료의 취급이 용이하기에 우리나라로 보아서 좋은 기회라 아니할 수 없다.

## 8. IAEA內 訓練生活動

IAEA에서 1983년부터 5회째 시행하고 있는 "IAEA Traineeship Programme"에 수락되어 지난 2월부터 1년 예정으로 IAEA의 Division of Nuclear Power에 파견된 김명환씨(한국에너지연구소)는 에너지경제에 관련된 전산모형을 이용하여 발전소 건설단가 계산, 원자력발전의 경제성 분석과, 개도국의 원전건설에 따

른 재정조달제도에 관해서 OJT를 받고 있다.

동 Traineeship Programme에는 '86년에 2명, '87년에 1명의 한국요원이 참가하였으며 이중 Safeguards분야에서 훈련받은 한국에너지연구소 박완수씨는 금년말쯤 IAEA 정규직원으로 채용될 전망이다.

## 9. Vienna에서의 餘談

음악과 예술의 도시 Vienna, 푸른 다뉴브강과 울창한 숲, 여행자에게는 더 할 수 없이 매력적인 이곳에 와서 즐길 것이 너무 많아 고민할 줄 알았다.

집 구하기가 어려운데다 주말에는 집주인이 만나주지도 않고, 주중에 어렵게 시간 약속이 되면 독일어가 통하지 않아 통역을 대동하여야 한다. 자동차도 금방 있어야 하는데 국제기구에서는 면세로 신청하기 때문에 꼬박 석달을 기다렸다. 영어학교에는 자리가 모자라 애들도 집에서 두달을 그냥 보냈다. 전화사정이 좋지 못하여 신청하고 석달에서 1년반씩 기다린다니 어찌면 돌아갈 때 썸이나 설치하게 될지도 모른다. 회사에 출근하면 차 한잔도 손수 기계에서 뽑아 먹고, Copy해야지, 등기우편 찾아야지, 애들 공부문제로 학교 가 보아야지, 은행에 가서 돈 찾아야지, 퇴근할 때 집에서 부탁한 생필품도 면세점에서 사야지. 한국에서는 생각해보지 않은 곳에 시간을 많이 빼앗긴다. 독일어를 하지 않고 그냥 지나볼려고 하였더니 심심찮게 날아오는 고지서에다가 시장에 가서 고기 하나 제대로 사기 힘들니 답답하기 짝이 없다.

이곳 사람들은 매우 보수적이라 이사를 거의 하지 않기에 새로이 정착하는 사람들이 불편을 당하는 것은 어찌면 당연하지만 모든 일을 몇 달전에 계획해서 차분히 준비해 놓는 이쪽 사람들과 당장 필요하여야 움직이는 우리가 부딪쳐 보면 당하는 쪽은 언제나 우리 쪽이다. 간단한 서류 하나하는데 일주일씩 기다리고, 해야

할 서류는 왜 그리 많은지. 우리나라 관청에서 찍는 도장이 많다고 불평하였더니 이쪽은 한수 위다. 아마 중립국을 유지하려면 경찰력이 강하여야 하고 대륙계 행정체제로 인허가를 통한 통제의 필요성에서 오는 것 같다.

우리 기준으로 보면 답답하기 짝이 없지만 대신 정확하고 남을 믿으니까 이 나라가 선진국을 유지할 수 있다고 보아야겠다. 한 예로 의료보험을 신청하였더니 서류가 미비되었다고 서너번 보완서류를 보내다보니 석달이 지나서야 보험카드를 받았다. 그러나 나중에 보니 보험은 신청한 날로부터 효력이 발생하고 있었고 돈도 뒤에 지불하였다. 우리의 신속함과 이 나라의 정확함과 남을 믿는 것이 합쳐진다면 세상에 무서울 것이 없을 것 같다.

원자력발전소를 다 지어놓고 국민투표에서 부결되어 현재 해체 중에 있다. 참 배부른 나라이다. 한편 이만큼 자연보호에 정성이 들어있어 전국토가 공원이니 굳이 명승지를 찾아갈 필요도 없고 시내물에는 팔뚝만한 송어가 무진장이다. 탐이 나서 낚시허가를 얻으려고 하였더니 얼마나 절차가 까다롭고 제약조건이 많은지 아직도 일반허가 한장만 달랑 얻어놓고 지역별 허가는 진전이 없다. 하긴 우리나라 남한 크기 보다 조금 적지만 서울 인구의 3/4이 못 되게 사니까 그럴 수도 있다 하겠지만 이 나라 사람들의 자연을 사랑하는 정신이다. 그 결과 관광이 이 나라 전체 수입의 2/3 이상을 점하는데 공헌하고 있다.

국제기관에 와서 일하여보니 자국의 이익을 우선하지 않을 수 없으나 그래도 세계 여러나라에서 온 사람들도 이해하게 되는 것도 수확일 수가 있다. 오고가는 손님이 심심찮아 관광안내와 우리 집사람 손님접대에도 어느 정도 실력이 붙었으니 Vienna 근방을 지나시면 연락주십시오.