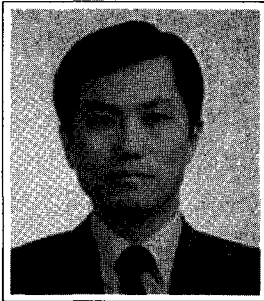


## 고리원전 4호기

## 이용률 세계 1위 달성과 운영경험

고 규 군

한전 고리원자력본부 제2발전소 소장



올해로 상업 운전 10주년을 맞이한 고리 4호기는 영국의 원자력 전문지인 (NEI)지가 95년 4월부터 96년 3월까지 1년간 전세계의 15만KW 이상 용량의 원자로 351기를 대상으로 조사한 운전 실적에서 이용률 100.0%로 세계 1위를 기록, 지난 94년에 이어 두번째로 이용률 세계 1위를 차지했다.

그 의미와 운영 경험을 들어본다.

**에**너지는 사회 발전과 삶의 질 향상을 위하여 필수적이지만, 재사용이 불가능하고 환경 파괴라는 부작용을 수반하는 문제점을 가지고 있다.

이 중 전기 에너지는 에너지 소비의 선진화와 그 편리성 때문에 지난 수년간 10%를 상회하는 증가율을 나타내었고, 앞으로도 상당 기간 에너지 소비는 일상 생활의 편리성 추

와 그 축을 같이 하여 지속적으로 증가할 것으로 예상된다.

전기는 생산과 동시에 소비되는 특수성을 가지고 있어, 전기 사업자는 소비자가 원하는 전력을 언제든지 공급할 수 있는 전원 공급 설비를 항상 갖추고 있지 않으면 안된다.

그러나 전력 설비 건설에 대한 필요성은 인정하면서도 '내 집 근방에는 안된다'는 님비(NIMBY) 현상으

로, 전원 설비의 입지를 확보하는 일은 날이 갈수록 어려워지고 있다.

또한 에너지의 무분별한 사용은 곧바로 생활 환경 파괴와 이어지므로, 에너지는 사용하되 그것이 자연을 훼손해서는 안된다는 대명제를 지키기 위해, 지난 3월 정부는 환경 복지 국가 건설을 위한 대통령의 의지와 철학을 담은 환경 선언문을 발표하였다.

이에 한국전력공사도 금년초 환경

보호 내용을 담은 8대 항목의 '윤리 강령'을 제정하였으며, 청정 에너지인 원자력 발전과 LNG 발전을 늘여 우리의 생활 환경 보호를 위해 많은 노력을 하고 있다.

그러나 원자력 발전의 경우, 지난 91년 이후 5년 연속 80%대의 높은 이용률을 유지할 정도로 선진 외국의 운영 기술에 비해 우수한 운영 능력을 갖추고 있으면서도, 안전성과 방사능의 위험에 대한 시비가 끊이지 않아, 지난 1월 정부로부터 건설 허가를 받은 영광 5·6호기 건설 공사의 착공이 지방 자치 단체의 건축 허가 취소로 9개월이나 지연되기도 하였다.

이러한 와중에도 지난 4월 29일로 상업 운전 10주년을 맞이하였던 고리 4호기는 그 동안 타 원전에 비해 다소 부진하였던 운영 실적을 깨끗이 씻고, 국내 원전 운영 사상 최장인 423일간(95. 2. 8~96. 4. 5)의 한 주기 무정지 안전 운전을 기록하는 쾌거를 달성하였다.

또한 영국의 유력한 원자력 전문지인 <NEI>지가 지난해 4월부터 올해 3월까지 1년간 전세계의 15만kW 이상 용량의 원자로 351기를 대상으로 조사한 운전 실적에서 이용률 100.0%로 세계 1위를 기록하여, 94년에 이어 두번째로 이용률 세계 1위 기록을 달성하였다(<NEI>지 8월호 게재).

이와 같은 결실은 발전소를 관리하는 사람과 기기가 함께 어우러져 이

루어 낸 결과로, 향후 우리 나라의 원자력 발전 사업 추진에 있어서 국민들의 이해와 합의를 구하는 데 작은 보탬이 되리라 본다.

그 동안 이러한 실적이 있기까지 고리 제2발전소가 추진해 온 운영 경험을 소개한다.

**원전 이용률 세계 1위 달성 의의**

**1. 이용률의 의의 및 실적**

원자력발전소의 이용률은 원자력 발전 설비를 얼마나 안전하고 효율적으로 운영하였는가를 평가해 주는 주요 척도인 동시에 그 발전소의 운영 능력을 간접적으로 평가해 주는 지표로, 일정 기간중 실제로 생산한 발전량 대비 동 기간중 설비 용량으로 운전하였을 경우를 가정하여 산출한 발전량의 비를 나타내는 수치이다.

따라서 이용률이 높다는 것은 설비의 가동률·효율·부하율 등이 모두 높지 않으면 불가능한 지표이므로, 발전소의 종합적인 운영 능력을 나타낸다.

그간 국내 원자력발전소의 연도별 평균 이용률 추이를 살펴보면, 국내 원전의 운영 능

력이 꾸준히 향상되어 왔음을 알 수 있다.

원전 도입 초기에는 운영 기술 및 경험 부족으로 이용률이 저조하였으나, 원전 설비가 점차 늘어나면서 운전 경험과 운영 능력이 축적되어, 94년에는 국내 원전 운영 사상 최고인 87.4%를 달성하기도 하였다(표 1).

일부에서는 원전 설비를 높은 이용률로 운전하면 고장률이 높다는 주장을 하고 있으나, 이는 원전의 설계를 잘 모르고 하는 말이다.

원전은 100% 출력 운전 상태를 최적의 운전 조건으로 설계되어, 전 출력 운전이 안전에 미치는 영향은 전혀 없을 뿐 아니라, 오히려 그 기간중 한번도 고장에 의한 정지가 발생하지 않았음을 입증해 주는 것이다.

이와 같은 사실은 원전 운영 능력이 세계에서 가장 뛰어난 일본의 운

(표 1) 국내외 연도별 원전 이용률

(단위: %)

연 도	세계 평균	국내 원전	고리 4호기
86	66.9	78.1	94.2
87	66.7	81.5	73.7
88	65.9	73.0	74.1
89	64.8	76.2	77.3
90	65.7	79.3	78.1
91	67.8	84.4	79.6
92	67.3	84.5	83.1
93	69.4	87.2	85.5
94	70.2	87.4	93.2
95	71.6	87.3	91.4

주 : <NEI>지 실적은 95. 4~96. 3(1년간) 실적이므로 위의 연도별 실적과는 차이가 있음

전 실적에서도 알 수 있다.

## 2. 높은 이용률 운전의 기대 효과

원자력발전소의 이용률은 설비의 가동률·부하율과 비례한다.

따라서 이용률이 높다는 것은 그 기간중 가동률에 직접적인 영향을 미치는 발전소 정지가 없었고, 발전소를 구성하는 각 기기들이 주어진 기능을 정상적으로 발휘하여 많은 양의 전기가 생산될 수 있도록 유지·관리 되었다는 것을 시사해 준다.

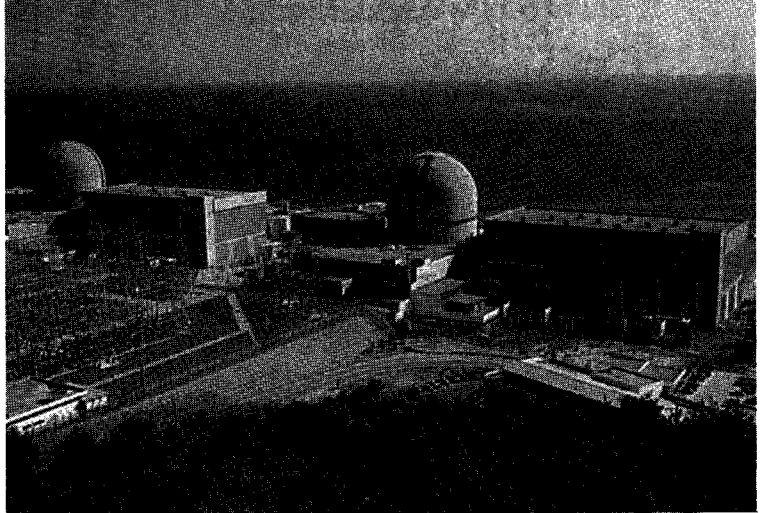
이러한 관점에서 원전 이용률 제고가 가져다 줄 수 있는 기대 효과를 살펴보면, 우선 국내 원전의 운영 능력에 대한 이미지 제고를 들 수 있다.

우리 나라의 원전 운영 기술 능력을 국제적으로 인정받아 국내 원전 기술이 세계 시장에 진출할 수 있는 기반을 구축하고, 국내적으로는 지방 자치체의 실시와 더불어 많은 어려움을 겪고 있는 원전 사업에 우리의 원전 안전 운전 능력을 보여줌으로써 국민적 합의에 기여할 것이다.

다음으로 환경 보전에 대한 기여를 들 수 있다.

최근 화석 연료의 사용에 따른 지구 환경 파괴가 국제적 관심사로 대두되면서 화석 연료 소비에 대한 국제적 규제가 가시화될 전망이다.

원자력 발전은 대기 오염의 주범인 황산화물·질소산화물·이산화탄소를 전혀 방출하지 않는 에너지원으로 환경 보전에 대한 기여도가 매우 높다.



고리 원전 3·4호기 전경(좌측이 4호기)

그리고 국가 경쟁력 제고에 대한 기여를 들 수 있겠다.

원자력 발전은 타에너지원에 비하여 건설비가 다소 높기는 하나, 이를 감안하더라도 발전 원가가 가장 낮은 에너지이다.

이로 인해 원전이 본격적으로 도입되기 시작한 80년대 초반 이후 물가는 지속적으로 상승하였으나, 전기 요금은 오히려 28.6%가 인하된 점으로 미루어 볼 때, 원전의 이용률을 높이는 것은 국내 산업의 국제 경쟁력 제고와 직결된다.

### 이용률 향상을 위한 발전소 운영

이상에서 살펴본 바와 같이 원자력 발전소의 이용률 향상은 평균 발전 원가를 낮추어 값싼 전력 공급이 가

능하도록 하고, 환경 오염원의 절대 생성량을 감소시켜 환경 보전에도 기여하며, 우리 나라의 원전 운영 기술에 대한 국제적 이미지를 제고시켜 향후 원전 기술 수출에 크게 기여할 것이다.

이번과 같은 결실은 사람과 기계가 함께 어우러져 만들어 낸 일로서 발전소와 관련된 구성원 모두의 몫이라 하겠다.

이러한 관점에서 '안전 제일의 밝고 깨끗한 발전소 운영'을 위해 그동안 수행해 온 발전소 운영 경험을 다음과 같이 대별하여 살펴본다.

#### 1. 관리 의식의 세계화

가. 제일·개혁·제로 운동의 전개  
발전소를 한주기 동안 고장 없이 안전하게 운전할 수 있는 힘은, 훌륭

한 제도나 관리 능력도 중요하지만 조직을 구성하고 있는 구성원 모두의 하고자 하는 마음과 강인한 의지에서 나온다고 하겠다.

바로 이런 점에 착안하여 지난해부터는 「제일·개혁·제로(FIZ)」라는 정신 운동을 전개하여 새로운 마음 자세를 만들기 시작하였는데, 지금은 직원 모두의 마음 속에 그 자리를 잡아가고 있다.

또한 무고장·무경보(NTNA No Trouble No Alarm) 활동 및 무결점 운동을 전개하여 경보 발생을 평균 10% 감소시키는 한편, 운전 연수 증가에 따라 발생할 수 있는 각종 예상 결함을 사전에 발굴·개선하기 위한 태스크포스팀을 구성·운영함으로써, 지금까지의 방어적인 관리에서 능동적이고 공격적인 관리로 의식 전환을 꾀하였다.

금년에는 94년 4월부터 실시해 온 주제어실 금연 운동을 발전소내 전구역으로 확산하여 설비 환경은 물론 직원의 건강 관리에도 노력하고 있다.

나. 직무 제안 제도의 활성화

조직의 활력과 인간 중심의 창의력을 북돋우기 위해서는 모든 구성원들이 발전소 운영과 관련된 모든 설비와 의식 및 제도에 대해 고칠 점이 있다는 시각에서 접근하는 마인드가 무엇보다 중요하다.

즉 무관심에서 관심으로, 소극적인 사고에서 적극적인 사고로 전환하지 않으면 밝고 깨끗한 세계 제일

의 발전소 건설이 불가능한 일이다.

따라서 발전소 운영에 있어서 모든 직원이 동참하고 스스로 책임을 가지는 기회를 부여하기 위해 94년 5월부터 사무실과 발전소에 제안함(5곳)을 설치하여 다양한 제안을 수집·처리하고 있다.

그 결과 그 해에 257건, 이듬해에 862건, 금년에는 8월말 현재 491건의 제안을 접수·반영함으로써 비효율적인 제도나 설비를 개선하는 실질적인 효과를 거두는 한편, 창의력 계발과 자기 계발이라는 부수적인 효과를 거두는 모체가 되고 있다.

다. 올바른 안전 문화의 정착 유도가  
이 세상에서 일어나는 모든 일들은 어떤 형태로든지 인간이 개입되어

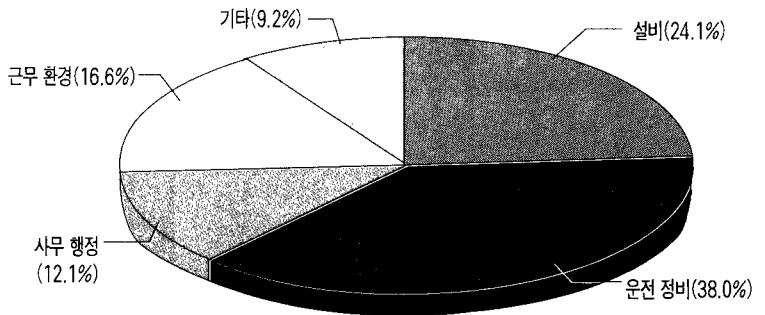
있다.

최근 들어 삼풍 백화점 사고, 아현동 가스 폭발 사고, 대구 지하철 공사장 폭발 사고 등 국내에서 발생하였던 대형 사고로 인해 안전에 대한 국민적 불안감이 고조되고 있다.

이와 같은 불안은 원전이라고 해서 예외는 아니다.

TMI 사고 및 체르노빌 사고를 통해 알 수 있듯이 그 시설이 아무리 안전하게 설계되어 있어도 그것을 운영하고 관리하는 사람이 안전을 실천하지 않으면 사고 발생은 필연적일 수밖에 없다.

원전 사고는 대규모적이고 불특정 다수를 대상으로 하는 특성을 가지므로 일반 산업 사고와는 그 유형이 다



(그림 1) 직원 제안의 유형별 구성도

(표 2) 직원 제안 실적

(단위: 건)

연도	설비 개선	안전 정비 개선	사무 행정 개선	근무 환경 개선	기타	계
94	69	95	32	36	25	257
95	201	343	98	153	67	862
96.8	118	173	65	79	56	491
계	388	611	195	268	148	1,610

르다고 하겠다.

따라서 원전에서 일하고 있는 모든 사람들은 안전에 대한 남다른 책임 의식을 가지고 이를 실천하기 위한 노력을 아끼지 않으면 안된다.

특히 원전의 설비를 실제 운전하고 있는 운전원의 기술 지침서 준수와 이들을 관리하는 관리자리의 보수적인 의사 결정, 즉 안전을 최우선으로 하는 발전소 관리가 가장 중요한 운영 과제라 하겠다.

따라서 안전제일 추진위원회를 구성하여 이의 실천적 방안을 개발·시행하는 한편, 협력 업체를 포함하여 부장급 이상 간부들에게는 1인 1기씩 주요 기기를 지정·관리하는 기기 전담(my machine) 제도를 도입하여 자기가 담당하고 있는 기기는 책임지고 관리하도록 하였다.

## 2. 품질 경영의 실천화

### 가. 품질 경영 의지 천명

#### ① 발전소 품질 경영 방침

원자력발전소의 안전성은 발전 설비의 품질에 의해 좌우된다고 할 수 있다.

그리고 품질의 확보는 올바른 품질 정책, 치밀한 품질 계획, 적극적인 개선 활동, 실천적인 품질 관리와 품질 보증을 통한 책임 있는 품질 경영에 의해서만 이루어질 수 있다.

따라서 제2발전소에서는 급년초, 발전 설비의 건전성 확보를 위해 품질 보증 계획서를 근간으로 하는 각

종 제반 규정의 이행과 품질 목표 달성에 종사자는 물론 계약자가 함께 참여하도록 하는 발전소 품질 경영 방침을 제정·발표하고, 이의 실천을 위해 발전소장을 위원장으로 하는 품질경영 추진위원회를 구성하여 운영 중이다.

활동으로는 실천 의지의 확산을 위한 유인물 제작·배포, 품질 경영 교육의 날 제정 운영(1회/월), 품질 주간 행사 시행, 품질 문화 홍보 등 처음부터 품질 관리 절차를 바르게 실천하는 습관을 기르는 데 노력하였으며, 특히 부장급 이상 관리자가 솔선수범하는 분위기 확산에 주력하였다.

한편 매일 오전 부장급 회의시(협력 업체 포함) 발전소장이 직접 안전과 품질의 생활화와 실천을 강조, 솔선수범하고 있다.

#### ② 안전 제일 추진을 위한 결의

원자력 안전 문화 정착을 위한 분위기 확산과 세계 제일의 원자력발전소 건설이라는 기치 아래 안전을 제일로 하는 발전소 운영을 달성하기 위한 결의-안전 운전이 곧 원자력발전소 신뢰도 향상의 지름길, 기술 지침서를 최우선적으로 준수 등-를 전 직원의 이름으로 다짐하였다.

이의 실천 사항으로 안전 결의문과 표어를 제작하여 발전소 전역에 부착하고, 운전·정비 활동중 안전 대책으로 주요 정기 점검에 대한 이중 확인 제도의 시행과 안전 운전 표지판을 제작하여 현장 기기에 설치하는

한편, 각종 규정 준수의 생활화를 위해 기술 지침서 요약집을 발간·배포 하였다.

더욱이 올해 4월 4일에는 과학기술처 장관과 함께 정부에서 실시하는 「제1회 안전 점검의 날」 행사를 고리 4호기에서 가져, 전직원들에게 안전 문화 정착과 의식 제고를 위한 동기 부여를 하는 데 앞장서기도 하였다.

나. 중장기 운영 계획 수립·시행  
지구상의 모든 사물이 시간과 함께 노화되듯이 원자력발전소의 각종 설비 또한 운영에 따라 경년 열화가 일어나게 된다.

원자력발전소의 내용 연한은 30~40년으로 되어 있으나, 이는 설계 당시의 기술적 배경을 바탕으로 결정되어 있어 지금의 기술로 평가할 경우 연장될 수 있는 것으로 밝혀지고 있다.

이와 같이 발전소를 구성하고 있는 기기들의 수명은 주어진 환경에 따라 그 수명이 달라진다.

그러므로 발전 설비의 열화 속도를 늦추거나 고장이 현실화되는 시기에 적절히 대응하기 위해서는, 주요 설비별로 실질적인 수명 관리 프로그램의 개발과 장기적인 운영 관리 계획이 필요하다.

따라서 지난 4월 29일로 고리 3·4호기가 모두 상업 운전 후 10년이 지남에 따라, 유년기를 지나 청·장년기에 주어진 수명을 다하기 위해 2030년까지의 고리 3·4호기 중장기 운영 계획서를 작성하여 장기적인 관

리를 하도록 하고, 단기적으로는 연료 주기에 맞는 계획 예방 정비 계획과 경상 정비 계획을 수립하여 설비의 품질을 유지·관리하도록 하였다.

#### 다. 정비 품질 확인 제도의 시행

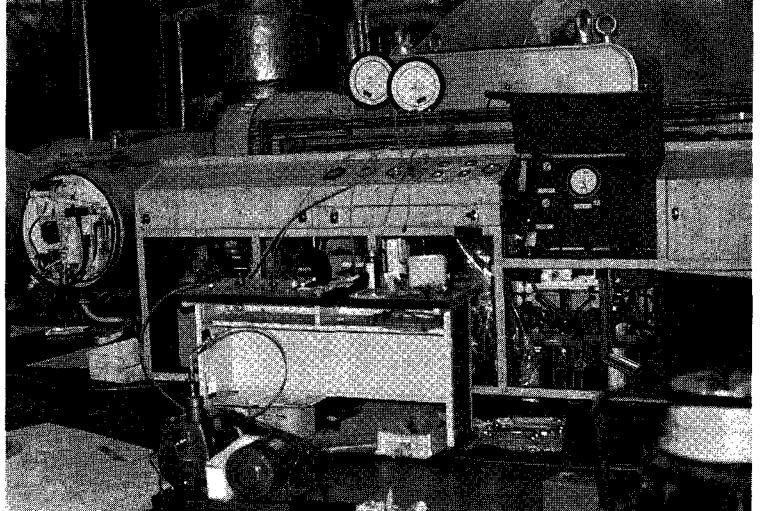
발전소의 설비 중 전기 생산과 직접 관련이 있는 주요 설비는 대부분이 발전기를 정지하지 않고서는 운전 중에 정비를 할 수 없으므로, 계획 예방 정비는 그 무엇보다 중요한 활동이라 하겠다.

운전중 발전 정지를 예방하기 위해서는 이들 설비의 성능이 다음 계획 정비시까지 확보되지 않고는 한주기 안전 운전이 불가능하다.

따라서 계획 예방 정비시 주요 설비에 대해서는 정비 품질의 단계별 목표를 설정하여 작업의 계획에서부터 작업이 끝나 성능이 보증될 때까지 그 품질을 확인토록 하는 정비 품질 확인 제도를 92년부터 제정·시행 중이다.

이러한 제도의 효과를 배가하기 위한 활동으로 발전 정지와 직접 관련이 없는 기기는 가능한 정상 운전중에 정비를 시행토록 하여 계획 예방 정비 작업의 물량을 최적화함으로써 주요 정비 기기에 대한 관리 집중도를 높이도록 하였다.

발전 설비의 고장이나 정지는 대부분이 그 계통의 물리적 상태가 변화하는 기동 혹은 부하 증발중에 발생하고 있음에 착안하여, 계획 예방 정비 후 초기 기동시에는 부서별 집중



고리원자력본부가 자체 설계·제작한 터빈 보호 계통의 복수기 저진공 트립 장치 시험 장비로 시험하는 모습

관리 항목을 발췌하여 담당 설비의 운전 환경을 점검·확인하고 이상 징후 발생시 즉시 정비할 수 있는 정비 체계를 갖추어 운영하였다.

또한 발전기가 계통에 병입된 후에는 점검이나 정지가 불가능한 기기에 대해서는 분야별·부서별 정비 결과를 자체·종합 평가를 실시하여 안전성을 확보하는 한편, 한주기 무정지 안전 운전이 확신될 때 발전기를 계통 병입하도록 하였다.

계통에 병입 후 전출력 도달시까지 기기 및 계통의 운전 변수를 정밀 점검하여 과거의 운전 변수와 비교·분석하고 설비 이상 상태를 조기에 감지하여 조치토록 하였으며, 특히 격납 용기 내의 방사능 준위와 배수조 수위 및 원자로 냉각재 누설량의 추이를 철저히 분석하여 1차 계통의

건전성을 확인하였다.

그리고 발전소의 불시 정지는 통계상 기기의 운전 상태가 안정되기 전인 계획 예방 정비 후 3개월 이내에 집중 발생한 것으로 나타나 100일간을 기기와 설비의 운전 상태가 안정되는 특별 관리 기간으로 정하고, 주기적인 점검을 통해 사소한 문제는 현장에서 즉시 조치하였다.

또 계통에 과도 현상을 초래할 가능성이 조금이라도 있는 문제가 발견될 경우에는 관련 부서장은 물론, 동 계통에 대한 경험이 풍부한 직원으로 전문팀을 구성하여 충분한 검토를 거친 후 조치토록 하였다.

### 3. 설비 기능의 안정화

#### 가. 설비 신뢰도 향상

발전소의 이용률에 가장 큰 영향을

미치는 인자는 가동 시간이고, 가동 시간에 가장 큰 영향을 미치는 인자는 발전 정지이며, 발전 정지에 가장 큰 영향을 미치는 인자는 기기의 고장이다.

따라서 이러한 기기 고장을 제로화하는 일이 이용률 향상의 지름길이라 하겠다.

① 완벽한 계획 예방 정비의 실현

원전을 구성하고 있는 설비는 발전을 하면서 정비가 가능한 기기와 정비가 불가능한 기기로 대별할 수 있다.

이 중 운전중 정비가 불가능한 기기는 한주기 동안 고장이 발생해서는 안된다.

따라서 정비 대상 기기의 선정은 핵연료 교체 작업, 터빈/발전기 및 주급수 계통 등 일상적인 정비 항목은 물론이고, 우회 설비나 여분의 기기가 없는 단일 계통은 한주기 고장 제로의 정비 목표를 설정하여 계획에서부터 성능 시험까지 미세 관리를 하

였다.

또한 과거의 정비 실적에 구애를 받지 않고 현 상태를 기준으로 설비의 신뢰성을 평가하여 운전중 불시 정지나 출력 감발의 잠재 요인이 있는 기기에 대해서는 빠짐없이 정비 대상에 포함시켰다.

그 밖에도 국내의 원전의 경험 사례, 취약 설비의 개선, 운전중 결함, 공통 상실(common failure) 유발 기기 및 환경 개선 등을 정비 착안 사항으로 하여, 계획 예방 정비 전 전출력 및 원자로 냉각 직전의 운전 변수 분석 및 회전 기기의 진동 상태, 전기·계측 설비의 발열 개소 등을 마지막까지 확인하여 정비 대상 기기의 선정에서 누락되지 않도록 하였고, 정비중 예측하지 않은 결함이 발견되는 기기에 대해서는 유사 기기 및 계통까지 정비 범위를 확대, 시행하였다.

② 무고장·무경보(NTNA) 운동

발전소의 모든 고장과 경보는 발전 정지의 초기 증세에 해당되므로 이를

제로화하는 일이 발전 정지를 예방하는 길이다.

따라서 경보를 발생 원인별로 분석·조치하여 일일 경보 발생수가 약 25% 감소(일일 평균 2개 → 1.5개)되었고, 고장 보고서(TR)의 발행 경향을 추적하여 유형별 대응 조치를 수행함으로써 고장 발생을 줄이는 한편, 일일 고장 보고서 처리율을 95% 이상으로 끌어올려 기기의 비정상 시간을 최소화하였다.

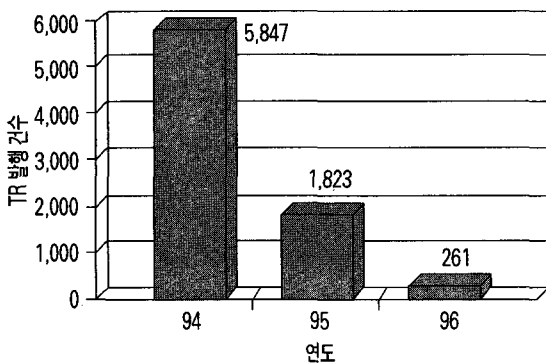
나. 운전 신뢰도 제고

① 운전 변수의 경향 분석

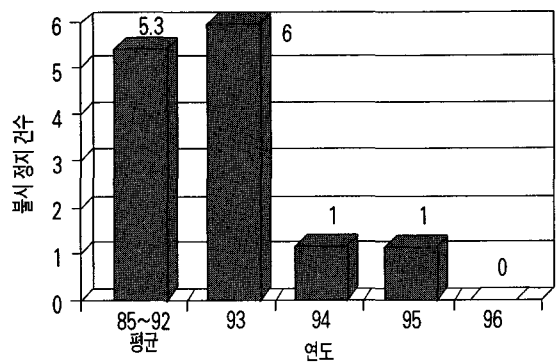
발전소를 구성하고 있는 모든 설비나 기기는 사람과 마찬가지로 이상이 발생하기 전에 반드시 그에 상응하는 증세가 나타나기 마련이다.

금세기 최대의 사망률을 가진 암도 조기에 발견하면 치유가 가능하듯이 발전소의 모든 기기도 마찬가지이다.

그러나 이러한 초기 증세는 외관상으로 잘 나타나지 않고 철저한 분석을 통해서만 발견이 가능하다.



〈그림 2〉 연도별 TR 발행 현황



〈그림 3〉 연도별 불시 정지 현황

따라서 설비의 상태를 간접적으로 예측할 수 있는 운전 변수를 정밀 분석하여 적절한 준비를 미리 수행함으로써, 기기 자체의 성능은 물론이고 관련 계통과 발전소 전체의 신뢰성을 보장할 수 있다.

이를 위해 발전 정지와 안전성에 직·간접적으로 관련이 있는 주요 운전 변수(호기당 110여개)에 대해서는 운전원·감독자·관리자가 3단계로 매일 분석·평가하고 있다.

교대조 운전원만으로 추적 관리가 불충분하다고 판단된 항목에 대해서는 일근조 운전원으로 하여금 별도로 집중 관리하도록 하였고, 경향 분석이 요구되는 사안에 대해서는 특수 계측기를 설치하거나 운전 지원 전산기(OACS)의 기능을 이용하여 예측 관리하였다.

특히 지난해는 지금까지 발전소의 운전 상태는 운전원에 의해서만 감시된다는 사고에서 벗어나 발전소에서 일하고 있는 모든 사람이 감시해야 한다는 사고로의 혁신적인 변화를 하고자 발전소 운전 상태 감시 시스템을 개발하였다.

이를 모든 부서장 책상에 설치·운영하여 관리자들이 상시 발전소의 운전 상태를 감시할 수 있도록 하여 원거리 감시 제어의 장을 열었으며, 이 시스템 운영은 한국전력공사 원자력 사업의 세계화 과제로 추진중이다.

② 운전원의 인적 실수 요인 제거

발전소에서 발생하는 대부분의 고장은 정도의 차이가 있을 뿐 어떤 형태로든 인간의 행동과 직·간접적으로 관계를 가지고 있다.

최근에는 인적 실수에 의한 과도 현상이나 발전 정지 사례가 해마다 증가하고 있는 추세이다.

우리 나라의 경우, 순수한 인적 실수에 의한 발전 정지는 총 불시 정지 288건 중 39건으로 약 14%를 차지하고 있으나 간접적인 영향을 포함하면 더욱 많아질 것이다.

그리고 인적 실수에 의한 고장은 다른 고장과는 달리 대형 사고를 유발할 가능성이 높으므로 이로 인한 고장을 줄이는 일은 매우 중요하다고 하겠다.

따라서 인적 실수를 유발할 가능성이 있는 요소를 발굴·개선하고자 중요한 제어 회로와 관련된 단자의 색깔을 구분(발전 정지 : 적색, 출력 감

발/정지 유발 : 청색, 주요 기기 동작 : 황색, 경보 : 백색) 표시하여 정비원의 실수를 최소화하고, 주제어실 경보의 그룹별 재배치, 경보창의 색깔 구분 및 용어 통일, 현장의 발전 정지 경험 기기와 중요 기기에 대한 조작 주의 카드를 제작·부착하여 운전원의 오조작 가능성을 제거하였다.

또한 발전 정지와 직접 관련이 있는 중요한 정기 점검이나 시험은 관련 부서의 과장 및 부서장이 공동으로 검토·확인하는 제도를 시행하였고, 사소한 사건 발생시에도 인적 행위 개선 제도(K-HPES)를 활용한 철저한 원인 분석을 통하여 유사 사례의 재발을 방지하였다.

다. 현장 운영·정비 기술 개발

원전은 그 특수성이 어떠한 상황과 조건에서도 방사성 물질이 외부로 나가지 않도록 운영·관리되어야 한다.

현장 기기를 직접 운전하고 있는

(표 3) 고리 제2발전소 연도별 현장 기술 개발 현황

연도	과 제 명	수행기간
93년	계측 제어 설비 카드 정비 및 성능 시험 기기 개발	93. 7~95. 6
	원자로 보호 계통 릴레이 시험 기기 개발	93. 7~93. 12
	원자로 냉각재 온도 감지기 정밀 성능 진단 시험기 개발	93. 7~94. 6
	RCS 충수시 진공 이용 및 배기 종료 평가 기술 개발	93. 6~95. 1
	중앙 냉각기의 최적 운영 방안 개발	93. 6~94. 12
94년	자동 선량계 경보 음량 증폭 장치 개발	94. 3~94. 12
	충진 펌프 축 국산화 개발	94. 1~94. 12
95년	터빈 정지 볼트 시험 장치 제작	95. 3~95. 11
	방사선 관리 종합 전산 체제 개발	95. 2~95. 12
96년	가연성 방사성 폐기물 가열 처리 장치 개발	96. 2~96. 12
	터빈 증기 밸브 작동기 핵심 부품 국산화 및 시험기 개발	96. 2~97. 2

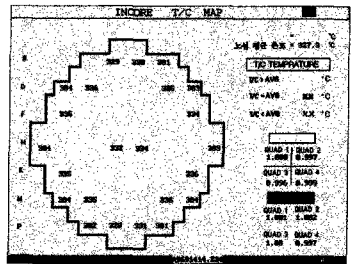
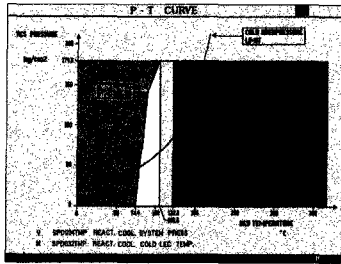
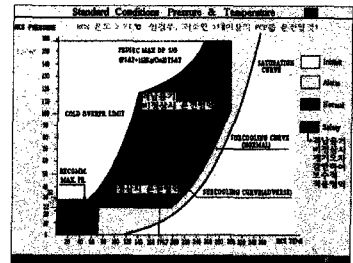
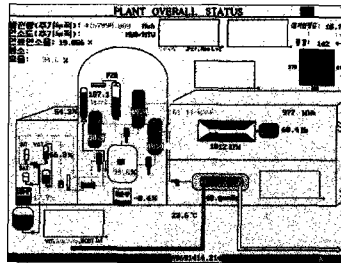


운전원은 각종 비정상 상황에서 발전소를 안전하게 관리할 수 있는 비상 대응 능력을 갖추고 있어야 하고, 태풍·해일 등과 같은 자연 재해에 대한 대응 능력도 가지고 있어야 한다.

따라서 이에 대한 교육을 통해 인적 자원의 능력을 향상시켰고, 정비의 질을 높이기 위해 기기 전담제 및 계통 전문가 제도를 도입하여 주요 기기에 대한 정비 이력과 고장 사례를 면밀히 분석하여 새로운 시험 장치-원자로 보호 계전기 시험 기기, 주터빈 과속도/저진공 보호 장치 등-를 개발·적용하여 기기의 신뢰도를 향상시켰다.

그리고 고리 4호기 계획 예방 정비 공사시에는 진공을 이용한 원자로 냉각재 계통의 충수·배기 방법을 개발·적용함으로써, 정비 후 발전소 기동시 원자로 냉각재 펌프의 기동 횟수를 대폭 줄여 동 기기의 밀봉 장치 및 모터의 열화 방지에도 기여한 바 있다.

이외에도 전자 회로 기판을 운전 환경하에서 시험할 수 있는 제어 기판 운전 환경 시험기, 가스켓의 건전성을 운전 온도 및 압력 조건하에서 확인할 수 있는 가스켓 시험 장치, 전력 계통의 과열 개소를 그래프로 즉시 탐지 가능한 적외선 열분포 측정기 등 각종 장비 및 시험기를 개발 혹은 도입하여 적용하는 한편, 특수 전문 분야에 대한 정비 신뢰도를 높이기 위하여 설비 공급자를 포함한



사무실에서도 관리자가 운전 변수를 감시할 수 있도록 개발한 「발전소 운전 상태 감시 시스템」의 운전 변수들

사내의 전문 기술 지원 체계를 구축·활용하였다.

또한 운전 및 정비중 발생할 수 있는 각종 방사성 폐기물과 방사선 쏘임량을 종합적으로 관리할 수 있는 방사선 종합 전산 프로그램을 구축함으로써 방사선 안전 관리의 새로운 장을 열었다.

#### 4. 설비 환경의 최적화

##### 가. 운전 및 정비 환경 개선

발전 설비나 그것을 감시하는 사람들의 성능은 주변 환경이 설비와 인간에게 적합하지 않으면 주어진 기능을 다 발휘하지 못한다.

따라서 JIT(Just In Time) 개념을 도입하여 정비 작업과 관련된 낭비(waste) 시간을 줄이기 위해 정비 활동 지원, 공기구 전진 배치, 안전장구 확보, 정비 편이 시설 보강, 행정 절차의 간소화 등을 통해 작업 시간을 단축하여 발전 설비의 불안정한

상태의 지속 시간을 최소화하였다.

또한 주제어실 및 현장 제어반, 주요 설비나 기기들의 주변 조명 설비를 보강 혹은 변경하여 운전원과 정비원이 감시·정비 활동을 하는 데 적절한 조도로 개선하는 한편, 온도나 습도가 부적절한 지역에 대해서는 온도·습도 조절이 가능한 향온 향습기를 설치하여 사람이 잠재 능력을 발휘할 수 있도록 하였다.

##### 나. 설비의 설계 환경 유지

국내 운전중인 원전에서 발생한 발전 정지의 원인을 분석해 보면 기기 고장에 의한 정지가 전체의 약 70%를 나타내고 있다.

그 중 온도와 습도에 의한 영향이 큰 전자 회로 기판이나 전자 제어 카드의 고장 혹은 오동작으로 인한 발전 정지가 높은 비율을 차지하고 있어, 전자 제어 계통이 올해 하절기 전력 공급 대책의 집중 관리 대상으로 선정되기도 하였다.

특히 국내의 운전중인 원전은 모두가 해수를 냉각수로 사용하기 때문에 해안에 위치하여 하절기에는 매우 고온 다습한 환경 조건에 놓이게 된다.

이와 같이 이들 전자 제어 회로를 구성하고 있는 각종 소자(저항·다이오드·콘덴서 등)는 온도·습도 및 공기 중의 염분 및 이물질 등에 의해서 쉽게 열화되거나 제어 기능을 상실하게 된다.

따라서 직접 발전 정지를 일으킬 수 있는 제어 카드가 집중되어 있는 주제어실 내의 환경을 개선하여 이들 제어 카드의 신뢰성을 확보하는 것을 최우선 과제로 선정하여, 주제어실 공기 조화 계통의 덕트 내부 청소, 이동형 공기 정화기 설치, 진공 청소기를 이용한 청소 방법 채택, 전자 제어 기판들이 설치된 캐비닛 내외부 먼지 제거, 공기 중 먼지·염분 농도의 주기적 분석·평가 등을 실시하여 주제어실 내부의 공기 청정도를 높였다.

아울러 전자 회로 기판이 설치되어 있는 각종 캐비닛 내부에 냉각팬과 최고·최저 온도 계기를 설치, 일일 최고 온도 및 운전 상황을 점검토록 하여 온도 상승에 의한 이상 징후를 초기에 파악하도록 현장 점검 체계를 운영하였다.

그 밖에 기기 환경 조건이 비교적 열악한 터빈 건물의 공기 흡입구를 미로형으로 개선하여 바다로부터 직접 유입되던 염분과 수분의 양을 줄여 기기 부식을 낮추었고, 인버터 및

자동 전압 조정기(AVR)실 내부에 항온 항습기 설치, 주발전기 계기용 변압기(PT)의 진동 흡수 장치 설치 등을 통하여 온도·습도·염분 및 진동 등 전반적인 기기의 운전 환경을 개선하여 한주기 무정지 안전 운전이 보장되도록 하였다.

### 맺음말

제24회 세계 환경의 날 행사는 내년 6월 5일 우리 나라 서울에서 개최될 예정이다.

우리 나라 헌법 제35조에는 '모든 국민이 건강하고 쾌적한 환경에서 생활할 권리를 가지고 있으며, 국가와 국민은 환경 보전을 위하여 노력하여야 한다' 라고 되어 있어 우리 나라도 환경에 대한 관심이 매우 높다고 하겠다.

지난해 남해와 동해안 일대에서 발생하였던 적조로 인한 어민들의 피해는 총 842억원으로, 최근 들어 가장 심하였던 92년의 192억원에 비해 4배를 훨씬 넘어 환경이 가져다주는 피해는 해를 거듭할수록 늘어날 전망이다.

전력 수요의 증가에 에너지 공급의 다원화를 기하고 생태계 보전과 환경 보호라는 측면에서 기존의 화석 연료를 벗어나 태양력·풍력·조력 등 대체 에너지 개발이 시급하나 아직 연구·개발 단계이거나 비경제적인 수준이다.

현재 선택할 수 있는 에너지원은

환경 오염을 유발하지 않고 에너지 밀도가 가장 높은 무공해 에너지원인 원자력밖에는 특별한 대안이 없는 현실이다.

그러나 최근에는 지방 자치 단체의 장 및 지방 의회 의원들이 앞장서는 새로운 님비(NIMBY) 현상이 등장하여 정부로부터 승인받은 국책 사업도 공사 진행에 차질을 빚고 있다.

따라서 이와 같은 어려운 환경을 슬기롭게 헤쳐나가기 위해서는 원전 사업에 대한 기술적·경제적 문제점의 개선은 물론이고, 원자력을 보는 사회적 문제에 대한 개선을 통해 국민적 이해의 기반, 특히 지역 사회로부터의 지지 기반을 확보하는 일을 향후 과제 중 최우선으로 해결해 나가지 않으면 안될 것이다.

이번에 고리 4호기가 달성한 세계 이용률 1위의 기록은 우리 나라의 원전 운영 기술의 우수성을 국내외에 과시한 실적으로, 지금 원자력을 둘러싼 어려운 사회 환경적 여건을 변화하는 데 일조하였으리라 본다.

우리 발전소의 모든 종사자는 기기 사랑, 정직, 청결과 FIZ 운동의 철저한 생활화로 안전 제일의 밝고 깨끗한 발전소 만들기 에 지속적인 노력을 할 것이다.

끝으로 지난 4월 달성한 고리 4호기 한주기 무정지 안전 운전과 원전 이용률 세계 1위 달성에 묵묵히 일해 준 종사자와 관계자들에게 감사드립니다. ☺