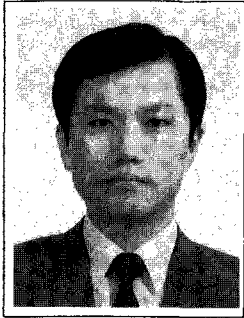


고리 4호기, 2회 연속 한주기 무고장 운전 달성

- 운영 경험과 향후 과제 -

고 규 군

한국전력공사 고리원자력본부 제2발전소 소장



지 난 8월 19일 하오 2시 합경남도 신포시 금호 지구에서 한국 표준형 원전의 착공식을 알리는 기념 발파 모습이 우리의 안방에 생생하게 비쳤다.

이로써 94년 10월 미·북간의 제네바 합의에 따라 구성된 한반도에너지개발기구(KEDO)가 북한에 제공하기로 한 경수로 사업이 본격화되었다.

그 동안 북한에 건설될 노형으로 한국 표준형 원자로인 울진 3·4호기가 선정될 수 있다 없다는 줄다리기를 수없이 반복하다가 결국은 사업

추진의 주체로 한국전력공사가 선정되었다.

이로써 우리 기술 95%로 설계된 한국 표준형 원자로가 안전성 면에서도 국제적으로 인정을 받았을 뿐만 아니라, 남북 분단 이후 처음으로 일반인인 한전 사장과 경수로건설본부장간의 통화가 이루어졌으며, 북한에서 보낸 편지를 남한에서 받아 볼 수 있는 계기를 마련하였다.

이러한 가운데 지난해 4월 423일간(95. 2. 8~96. 4. 5)의 국내 최장기 한 주기 무정지 안전 운전(OCTF: One Cycle Trouble Free)을 달성하였던 고리 4호기가 지난해에 이어 올해에도 460일간(96. 6. 12~97. 9. 14)의 OCTF를 달성하여 2주기 연속 883일간의 무정지 안전 운전을 달성하였다.

또한 고리 4호기는 94년과 96년 영국의 원자력 전문 잡지인 (NEI)지가 전세계 15만kW 이상의 원전을 대상으로 조사한 이용률 실적에서 세계 1위를 차지하여 우리 나라 원전의

운영 능력을 국제적으로 알리기도 하였다. 그 동안 국내 원전이 달성한 OCTF는 이번 고리 4호기의 기록을 포함해서 총 11번 달성되었고, 이 중 고리 원전에서 달성한 기록은 지난 3월 고리 1호기가 달성한 기록을 포함하여 총 6번이고 올해에만 벌써 2번째이다(표 1).

이러한 기록은 원자력발전소를 구성하고 있는 수백만개의 기기들이 주어진 기능을 정상적으로 발휘할 수 있도록 이를 관리하는 사람들이 각자 주어진 소임을 다하여 이루어 낸 결실로, 미래의 우리 나라 원전 사업에 대한 국민적인 이해를 구하는 데 작은 보탬이 되리라 생각한다.

그 동안 연속 2주기 무정지 안전 운전을 위해 고리 제2발전소가 추진해 온 운영 경험을 소개한다.

고리 원자력발전소 현황

1. 설비 현황

60년대 전력 소비의 급성장과 에

너지의 해외 의존도 증가에 대한 우려로 원자력이 거론되기 시작하여, 78년 4월 준공한 고리 1호기 준공 기념탑에 새겨진 글귀 - 「민족 중흥의 햇불」이라는 고 박정희 대통령의 휘호와 그 아래 시비(詩碑)에 새겨진 '원자력 발전에 의한 최초의 불이... 끝내 평화 통일을 이룩하여 북녘 땅까지 환하게 밝힐 것이다' 라는 박목월 선생의 시 - 가 20년이 지난 지금 우리 나라 원전의 역할을 대변해 주고 있다.

지난 7월 1일 월성 2호기의 준공으로 우리 나라 원전은 가동 원전 12기로 '원전 시설 용량 1천만kW 시대'를 맞이하게 되었다.

지난 20년 동안 우리 나라 원전은 약 6천6백억kWh(97년 5월말 기준)를 발전하여 전체 발전량의 약 36%를 생산하였다.

이는 부존 자원이 거의 없는 국내 에너지 여건에 비추어 볼 때, 그동안 원자력 발전이 국가 경제 발전과 환경 보전에 기여한 바가 얼마나 큰가를 시사해 주고 있다.

고리원자력본부에는 총 4기의 원전이 운영중에 있으며, 4기 모두 원자로 계통은 미국의 웨스팅하우스사가 공급하였고, 터빈 발전기 계통은 영국의 GEC사가 공급하였다.

1세대인 고리 1호기는 시설 용량 58만7천kW, 고리 2호기는 65만kW, 2세대인 고리 3·4호기는 2기 모두 95만kW급이며 선행 호기들의

〈표 1〉 국내 원전의 한 주기 무정지 안전 운전(OCTF) 달성 실적

연도	호 기	운전 일수(일)	운전 기간
88년도	고리 3호기	304	87. 12. 10 ~ 88. 10. 9
91년도	고리 2호기	387	90. 3. 24 ~ 91. 4. 14
92년도	울진 2호기	333	91. 12. 5 ~ 92. 11. 1
	고리 3호기	307	92. 2. 18 ~ 92. 12. 21
93년도	영광 1호기	395	92. 10. 8 ~ 93. 11. 5
	울진 1호기	310	92. 4. 8 ~ 93. 2. 11
	울진 2호기	296	92. 12. 16 ~ 93. 10. 7
95년도	울진 1호기	382	94. 3. 7 ~ 95. 3. 23
96년도	고리 4호기	423	95. 2. 8 ~ 96. 4. 5
97년도	고리 1호기	365	96. 3. 31 ~ 97. 3. 30
	고리 4호기	460	96. 6. 12 ~ 97. 9. 14

〈표 2〉 고리 원전의 설비 개요

구 분	1호기	2호기	3호기	4호기
시설용량(MW)	587	650	950×2	
원 자 로 형	가압 경수형(PWR)			
공사비	내 자(W)	717억	2,805억	9,217억
	외 자(\$)	1억7,400만	5억4,100만	11억3,900만
	계 (W)	1,561억	5,916억	1조 7,179억
기 기 공 급	원 자 로	웨스팅하우스(미국)		
	터빈 발전기	GEC(영국)		
건 설 방 식	계약자 주도형		한전 주도형	
상 업 운 전	78. 4. 29	83. 7. 25	85. 9. 30	86. 4. 29

발주 방식인 일괄 발주(Turnkey) 방식과 달리 사업주인 한전이 사업을 직접 관리하고, 주기기·A/E·보조 기기 및 시공 등을 분리 계약하는 분할 발주(Non-Turnkey) 방식을 채택하여 건설되었다(표 2).

이에 따라 각 분야에 많은 국내 업체를 참여케 함으로써 종합 설계 국산화율은 37%, 기자재 국산화율은 29.4%까지 끌어올리는 데 크게 기여하였다.

2. 운영 실적

지난해 국내 원자력 발전량은 전년도보다 약 69억kWh가 많은 739억2천만kWh를 생산하여 우리 나라 총 발전량의 36.0%를 생산하였고, 원전 이용률은 87.5%로 세계 평균치보다 약 15% 이상 높은 실적을 기록하여 지난 2월 미국의 원자력 전문지인 <Nucleonics Week>지가 집계한 96년도 국가별 평균 이용률에서 핀란드·스위스·헝가리에 이어 세계 4

〈표 3〉 원자력발전소 연도별 이용률 실적

구 분	단위 : %						
	90	91	92	93	94	95	96
세계 평균	65.7	67.8	67.3	69.4	70.2	71.6	72.8
국내 평균	79.3	84.4	84.5	87.2	87.4	87.3	87.5
고리 평균	79.9	81.0	82.1	83.8	83.7	84.7	87.7
고리4호기	78.1	79.6	83.1	85.5	93.2	91.5	83.5

자료 : 〈Nucleonics Week〉지

위를 차지하였다.

원전 운영 초기 호기당 약 5건이 넘던 불시 정지 건수 역시 지난해에는 호기당 1건 미만인 0.9건의 실적을 기록하여 우리 나라 원전 운영 능력이 세계적인 수준임을 나타내고 있다.

특히 고리 4호기는 95년 2월 8일 제8차 계획 예방 정비 이후 계통 병입한 이래 지금까지 단 1건의 정지도 발생하지 않은 데 힘입어, 영국의 원자력 전문지인 〈NEI〉지가 세계 15만 kW 이상 용량의 원자로 약 370기를 대상으로 조사한 운영 실적에서 94년(93년 10월~94년 9월)과 96년(95년 4월~96년 3월) 연속하여 이용률 세계 1위를 차지하기도 하였다(표 3).

OCTF의 추진 배경과 달성 의의

1. OCTF의 추진 배경

한주기 무정지 안전 운전은 전력 공급 예비율이 약 6%대로 낮았던 92년 발전 설비의 신뢰도 확보를 통해 전기 품질을 향상시키는 물론 설비

투자비를 절감하여 경제적인 전력 공급을 하기 위해 시행된 제도로, 한 주기(One Cycle) 동안 정지 없이 운전한 발전소에 대해서는 그에 상응하는 인센티브 등을 별도로 주는 제도이다.

OCTF를 달성한 발전소에 대해서는 단체 포상 및 개인 표창은 물론 외국의 우수 발전소를 돌아볼 수 있는 해외 연수 기회를 부여해 직원들의 사기를 진작하고 근무 의욕을 고취시킴으로써 OCTF 달성을 위한 동기를 부여, 전력 사업에 대한 국민적 신뢰 구축, 전기 품질의 향상을 기할 수 있었다(표 4).

한편 목표 달성에 치우친 나머지 무리한 상태로 발전소를 운전하여 발전소의 안전성과 수명 관리에 영향을 끼친 발전소는 포상 대상에서 제외시

켜 안전성을 최우선으로 하는 바탕 아래 OCTF가 달성될 수 있도록 하는 제도적 장치가 마련되어 있다.

2. OCTF의 달성 의의

원자력발전소(PWR)는 다른 발전소처럼 전기를 생산할 때마다 연료를 공급할 수 없어 일정 기간 사용할 연료를 한 번에 장전하고, 이 연료가 다 소모되면 다시 새로운 연료로 교체하여야 한다.

한 주기(One Cycle)란 연료 교체와 정비를 마친 후 발전소를 기동한 시점부터 다음 연료 교체를 위해 발전소를 정지하는 때까지의 기간을 말하며 보통 10~16개월이 걸린다.

이번 고리 4호기에 장전되었던 연료는 전 출력으로 운전시 약 15개월을 운전할 수 있는 양이다.

OCTF란 한 주기 동안 수백만개의 부품으로 이루어진 원전을 고장 정지 없이 운전한 것을 의미하며, 이는 원전의 안전성 입증을 통한 국민적 신뢰 확보는 물론 환경 보전과 국가 경제에 미치는 효과가 크다.

이와 같은 운영 능력은 우리 나라 원전 기술을 수출할 수 있는 기반을

〈표 4〉 한 주기 무정지 안전 운전(OCTF) 발전소 포상 기준

구 분	세 부 내 용	비 고
대상 발전소	원자력발전소, 수화력(기력·양수·복합)발전소	
포상 기준	단체 포상 : 1~2천만원 포상금, 상정 동판 부여 개인 표창 : 사정상 2~5명, 우수 직원 해외 연수	난이도에 따라 처등 적용
평가기간	이전 O/S 준공일 ~ 다음 O/S 착공일	
시행시기	91년 11월 1일 이후 계통 병입 발전소	

구축해 주었을 뿐만 아니라 북한에 지원할 경수로로 한국 표준형 원자로가 선정되는 데도 일조하였다고 본다.

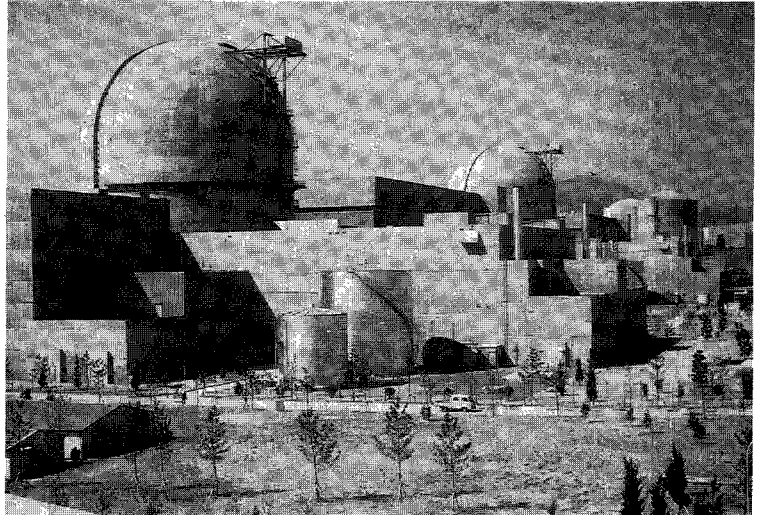
고리 4호기가 85년 11월 발전을 개시한 이래 지금까지 약 800억kWh의 전력을 생산하여 약 1,824만톤의 유류 대체 효과를 거둔 것은 지난해 수입 의존도가 97.3%인 우리나라 에너지 여건에 비추어 볼 때 시사해 주는 바가 크다고 하겠다.

OCTF 달성을 위한 노력

88년(87. 12. 10~88. 10. 9) 고리 3호기가 국내 원전 중 최초로 OCTF를 달성하여 우리도 한 주기 동안 정지 없는 운전을 할 수 있다는 자신감을 심었다.

운전 초기 동시에 건설된 고리 3호기에 비해 운영 실적이 다소 부진하여 항상 뒷전에서 눈치를 보던 고리 4호기가 지난해 국내 최초의 장주기(18개월) 노심으로 최장기 OCTF 달성에 힘입어 '하면 된다'는 정신으로 노력하였고, 그 결과 올해에도 OCTF를 달성하게 되어 2주기 연속 OCTF를 달성하는 성과를 거둘 수 있었다.

다음은 그 동안 사람·시간·일·환경·기술의 질적 향상을 통한 최적의 정비 품질로 무고장 무정지 안전운전을 이룩하여 '세계 제일의 발전소'에 도전하기 위해 수행해 온 고리



고리 원자력 4호기(왼 왼쪽). 고리 4호기는 <NEI>지가 세계 15만kW 이상 용량의 원자로 약 370기를 대상으로 조사한 운영실적에서 94년과 96년도 이용률 세계 1위를 차지하였다.

제2발전소의 운영 경험이다.

1. 종사자 안전 의식 제고

가. 안전 제일 다짐

올바른 원자력 안전 문화의 정착과 세계 제일의 발전소 운영을 위해서는 무엇보다도 설비를 관리하는 종사자들의 마음가짐이 중요하다.

따라서 전직원의 이름으로 「안전 제일 추진을 위한 우리의 결의」라는 결의문을 채택하였다(표 5).

이를 실천하기 위하여 안전 결의문과 표어를 제작하여 발전소 전역에 부착하고, 운전·정비 활동중의 안전 대책으로 주요 정기 점검에 대한 이중 확인 제도의 시행과 모든 시험과 작업전 안전 회의를 실시하는 한편, 각종 규정 준수의 생활화를 위해 기술 지침서 요약집을 발간·배포하였다.

나. '제일·개혁·제로(FIZ)' 운동
안전 제일 다짐에 이어 OCTF 달

표 5) 고리 제2발전소의 안전 결의문

- 하나, 우리는 안전 운전이 곧 원자력발전소 신뢰도 향상의 지름길임을 깊이 인식하여 원전 안전에 대한 국민적 공감대 형성에 이바지한다.
- 하나, 우리는 어떠한 경우에도 기술 지침서를 최우선적으로 준수하여 안전 문화 정착의 기수가 된다.
- 하나, 우리는 발전 설비를 내 몸과 같이 아끼고 사랑하며 철저한 예방 점검과 책임 정비 및 책임 운전을 수행하여 최고의 설비 품질을 확보함으로써 '고리 3·4호기 연속 OCTF 달성'의 초석이 된다.
- 하나, 우리는 '하면 된다'는 신조로 의식 개혁을 선도하며 제일·개혁·제로(FIZ) 운동을 활성화하여 세계 제일의 발전소 운영에 도전한다.

(표 6) 제일·개혁·제로(FIZ) 운동

운동	세부 실천 항목
제일 (First)	사람 제일, 안전 제일, 품질 제일, 신뢰 제일, 방사선 제일
개혁(Innovation)	의식 개혁, 행동 개혁, 행정 개혁, 교육 개혁, 환경 개혁
제로 (Zero)	고장 제로, 실수 제로, 누설 제로, 방출 제로, 불능 제로

(표 7) 직원 제안 실적

구분	설비 개선	운전 정비 개선	사무 행정 개선	근무 환경 개선	기 타	계
94	69	95	32	36	25	257
95	201	343	98	153	67	862
96	231	356	123	160	99	969
97.8	146	198	73	89	55	561
계	647	992	326	438	246	2,649

성을 위해 '제일·개혁·제로(FIZ)'라는 정신 운동을 전개하여 실천적 마음을 다지는 한편, 무고장 무경보(No Trouble, No Alarm)활동과 무결점 운동을 전개하여 운전중 경보를 제로화시켰으며, 결함 발생 사유를 철저히 분석하여 사전에 조치를 취함으로써 94년에 5,847건 발행되던 작업 의뢰서(TR) 발행 건수를 95년에 1,823건, 96년에 321건, 97년에는 8월말 현재 60건으로 대폭 줄일 수 있었다(표 6), <그림 1>.

그리고 지난해부터는 주제어실의 제어 기기 청결 활동과 94년 4월부터 시작된 주제어실 금연을 발전소 내 전 구역으로 확산하여 발전소 설비와 직원의 건강 관리를 위해 노력하였다.

다. 품질 마인드의 확산
 품질 마인드를 가지는 것은 OCTF의 첫 걸음이라 하겠다.

모든 구성원들이 품질 마인드를 가지고 자신이 담당하는 설비는 물론 주변의 모든 설비와 모든 제도의 개선을 위해 함께 참여하고 함께 해결하려는 의식이 구축되어야 한다.

이의 실천 방안으로 태스크포스팀의 운영과 직원 제안 제도의 활성화를 전개해 나갔다.

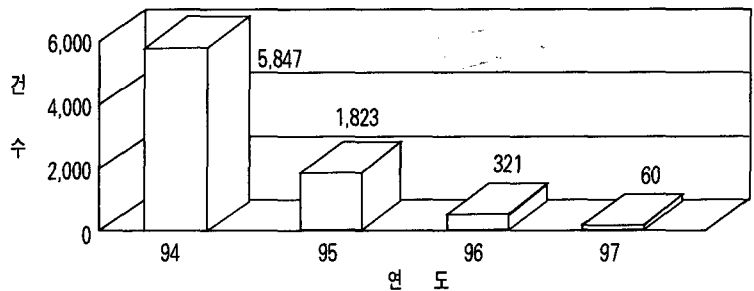
제반 분야를 안전 제일, 무고장 무정지, 의식 개혁 및 새바람 신바람으로 나누어 각 분야별 구성원들이 브

레인스토밍식 회의를 통해 발전소의 설비 개선은 물론 대회의실 시청각 시설의 교체, 현장 사무실의 쾌적한 환경 조성 등 운전 및 사무 환경을 대폭적으로 개선하여 직무에 활력을 불어넣었다.

한편 무관심을 관심으로, 소극적 사고를 적극적 사고로 전환하고 발전소 운영에 모든 직원이 동참할 수 있는 기회 부여 및 책임 의식 고취를 위해 94년 5월부터 사무실과 발전소 현장에 제안함을 설치하여 다양한 제안을 수집·처리하였다.

시행 첫해에 257건, 95년에 862건, 96년에는 969건의 제안을 반영하여 비효율적인 제도나 설비를 개선하는 실질적인 효과를 거두는 한편 금년에도 약 1,000여건의 제안이 접수될 것으로 예상된다(표 7).

분기별로 제안에 참여한 모든 직원에게 기념품을 지급하고 연간 제안왕을 선발하여 포상을 실시함으로써 거의 모든 직원이 제안 활동에 참여하고 있어 자기 계발과 주인 의식을 고



(그림 1) 연도별 TR 발생 현황

취시키는 효과를 거두고 있다.

2. 설비 기능의 완벽화

가. 운전 변수의 예측 관리

모든 설비·기기 역시 이상이 발생하기 전에 반드시 그에 상응하는 증세가 나타난다.

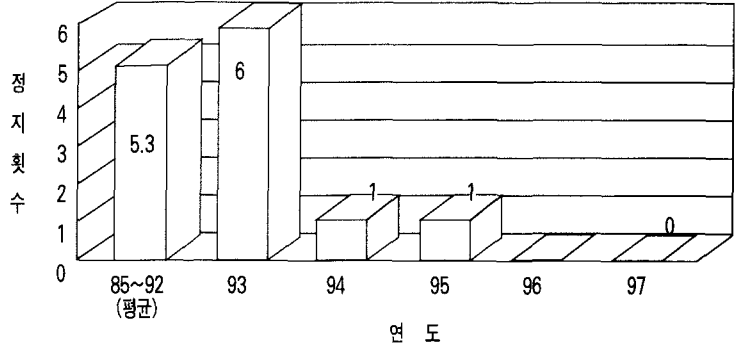
그러나 초기 증세는 외관상으로 잘 나타나지 않아 설비의 상태를 간접적으로 예측할 수 있는 운전 변수의 철저한 분석에 의해서만 발견이 가능하다.

이를 위해 발전소 안전성과 고장 정지에 직·간접적으로 관련이 있는 주요 운전 변수(호기당 110여개)에 대해서는 운전원·감독자·관리자가 3단계로 매일 분석·평가하고, 연속적인 추적 관리가 필요하다고 판단되는 항목은 일근조 운전원으로 하여금 별도로 관리하게 하였다.

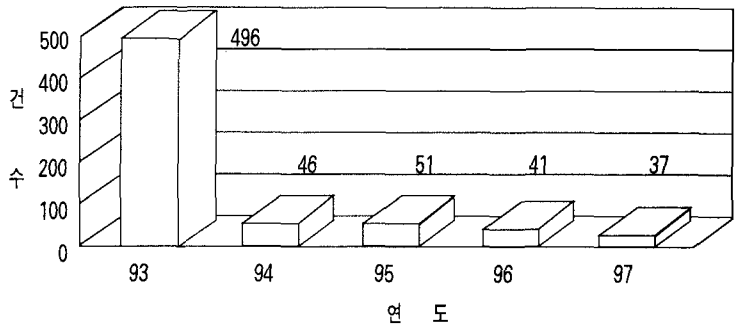
또한 경향 분석이 요구되는 사안에 대해서는 특수 계측기를 설치하거나 운전 지원 전산 설비(OACS)를 이용하여 예측 관리를 시행하였다.

특히 95년부터는 운전 변수를 원격 감시할 수 있는 「발전소 운전 상태 감시 시스템」을 개발하여 모든 부서가 자신의 책상에서 상시 발전소의 운전 상태를 감시하는 다중 감시 체계를 구축·운영하고 있다.

이와는 별도로 운전 및 정비 경험이 풍부한 간부(한전기공 및 삼창 포함)들에게 관리자 현장 순시 노트를 제작·배부하여 현장 순시를 정례화



(그림 2) 연도별 불시 정지 현황



(그림 3) 연도별 주요 설비 변경 현황

하고, 일일 업무 회의를 현장 주재어실에서 시행하여 지원 부서의 사무실과 현장간의 거리감을 좁혀 관리상의 어려움을 줄이기 위해 노력하였다.

또한 연말 연시, 계획 예방 정비 후 100일간, 하절기 및 자연 재해가 예상되는 기간에는 특별 순시를 통해 핵심 및 취약 설비에 대한 관리를 강화하여 발전 정지를 예방하였다.

나. 발전 정지 요인 사전 제거

고장은 정도의 차이가 있을 뿐 어떤 형태이든 인간의 행동과 직·간접적으로 관계를 가지고 있다.

과거 기기의 탓으로 돌렸던 발전 정지 원인이 최근에는 인적 실수에 의한 원인으로 분류되는 비율이 증가하고 있는 추세이다.

우리 나라의 경우 순수한 인적 실수에 의한 발전 정지가 약 14%인 것으로 나타나 있으나 간접적인 영향을 포함하면 이보다 훨씬 많을 것으로 보여진다(그림 2).

따라서 정비중 인접 단자를 잘못 인출하여 발생되었던 제어·보호 회로의 단자를 색깔로 구분(발전 정지: 적색, 출력 감발/정지 유발: 청



취수구에 유입되어 회전여과망에 붙은 큰 가시고기 제거 작업. OCTF의 첫걸음은 발전소의 모든 구성원들이 품질 마인드를 가지는 것이다.

색, 주요 기기 동작 : 황색, 경보 : 백색)하여 정비원의 실수를 없애고, 주 제어실 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.

한편 그 동안 고리 제2발전소에서 발생한 불시 정지 원인 중 절반 이상이 주증기 계통과 주급수 계통의 고장으로 나타났고, 고장 내용은 원자로 보호 기능과는 전혀 무관한 전자 제어 기판의 단위 소자 고장이 많이 발생하는 것에 착안하여, 단일 채널로 구성된 전자 회로 기판을 이중화하여 단위 소자 고장에 의한 발전 정지를 근원적으로 방지하였고, 주요 기기의 전류 구동 카드(7300 공정

제어함 NCD 카드)에 대한 공급 전원을 이중화하여 발전 정지 위해 요인을 제거하였다.

또한 주증기 차단 밸브 스템 절손에 의한 발전 정지의 재발 방지를 위해 분리형 스템이 가진 접속부 취약점을 보강한 일체형으로 교체하여 주증기 차단 밸브의 신뢰도를 향상시키는 등 구조적인 취약·노후 설비 개선을 위해 꾸준히 노력하였다(그림 3).

다. 계획 예방 정비의 완벽 수행
발전 설비 중 전력 생산과 직접 관련이 있는 주요 설비는 대부분 발전기를 정지하지 않고서는 운전중에 정비를 할 수 없으므로 계획 예방 정비가 한 주기 무정지 안전 운전에 미치는 영향은 가히 절대적이다.

따라서 계획 예방 정비의 완벽한

수행 - '0' ppm 도전'을 통해 OCTF의 초석을 다졌다

첫째, 계획 예방 정비의 철저한 사전 계획 수립이다.

중·장기 계획에 따라 계획 예방 정비가 끝나면 차기 O/H 6개월 전부터 계획 예방 정비 기간 중에 수행해야 할 작업 항목과 물량 산정, 소요 인력 및 자재 확보 등 세부 계획을 수립하고, 작업이 착수된 이후에는 시간 개념 공정 관리와 철저한 품질 관리 계획을 수립·시행하였다.

둘째, 협력 업체 직원에 대한 교육이다.

정비 수행 업무를 직접 수행하는 사람은 협력 업체의 직원들이지만, 이들은 원자력발전소를 구성하고 있는 계통에 대한 이해도가 상대적으로 낮다.

따라서 계획 예방 정비 전에 한전 기공·삼창·한일원자력 등 협력 업체 직원에 대한 계통 교육을 실시하여 자신이 수행하는 일의 중요도를 알게 하였다.

셋째, 최적의 작업 환경 조성이다.

각종 정비 편의 시설을 설치하여 불안정한 작업 조건을 개선하고, 주요 작업용 신개발 장비·공구를 제공하여 정비의 질을 높이는 한편, 현장의 모든 지역에 대한 조명 상태를 조사하여 작업 수행에 필요한 조도를 만족시킬 수 있도록 조명등을 보강하였다.

넷째, 작업 관리의 가중치 부여이

다.

모든 작업이 다 중요하지만 그 중에서도 안전성과 발전 정지와 직접 관련된 기기는 더욱 중요하다.

따라서 전자 회로 기판을 4가지 등급 - 안전성 1등급, 발전 정지 2등급, 정지 유발 가능 3등급, 경보·지시용 기판 4등급 - 으로 분류하여 적합한 정비 기준을 마련하여 차등화하는 한편, 정전 매트를 설치하여 전자 설비가 환경으로부터 적절히 보호될 수 있게 하였다.

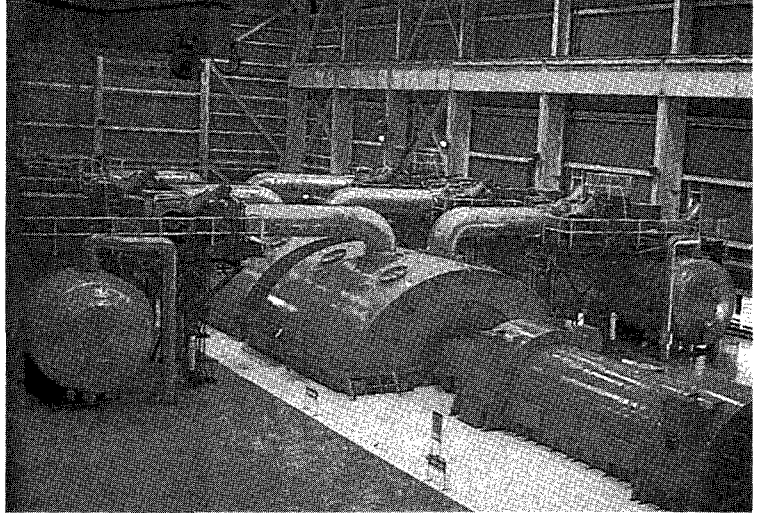
다섯째, 정비 품질의 확보이다.

정비의 최종 목표는 정비한 기기가 다음 계획된 정비시까지 주어진 기능을 정상적으로 발휘토록 하는 것이다.

따라서 정비 품질의 단계별 목표를 설정하여 작업의 계획에서부터 작업이 끝나 성능이 보증될 때까지 확인토록 하여 정비 품질을 확보하였다.

그리고 발전 설비의 고장은 대부분이 계통의 물리적 상태가 변화하는 과정에서 발생하고 있음에 착안하여, 기동·부하 증발 기간중에는 부서별 집중 관리 항목을 선정하여 담당 설비의 운전 환경을 점검·확인하고, 이상 징후 발견시 긴급 정비를 할 수 있는 정비 체계를 갖추어 운영하였다.

통계상 발전 정지는 계획 예방 정비 후 3개월 이내에 집중 발생한 것으로 나타나, O/H 종료 후 100일간의 기기와 설비의 운전 상태가 안정



터빈 발전기. 발전 설비 중 전력 생산과 직접 관련이 있는 주요 설비는 대부분 발전기를 정지하지 않고서는 운전중에 정비를 할 수 없으므로 계획 예방 정비가 OCTF에 미치는 영향은 절대적이다.

되는 특별 관리 기간으로 정하여 운영하였다.

3. 설비 환경 개선 및 위기 관리 능력 제고

가. 설비 환경 개선

국내 가동중 원전에서 발생한 발전 정지 원인의 약 70%가 기기 고장으로 나타났다.

고리 3·4호기의 경우 약 2만개의 전자 회로 기판이 설치되어 있고, 이중 직접 발전 정지를 일으키는 전자 회로 기판은 총 470매(호기별 235매)에 달한다.

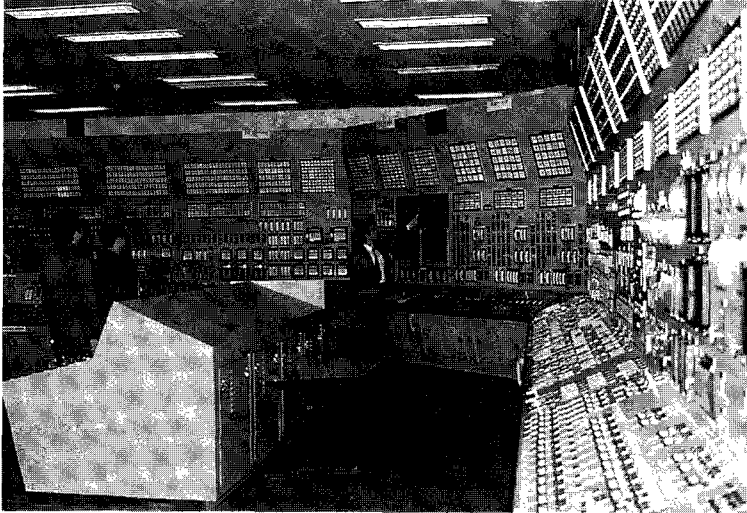
이들 전자 회로 기판은 저항·다이오드·콘덴서 등과 같이 민감한 소자들로 구성되어 주변 환경, 즉 공기 중의 온도·습도·염분 및 이물질 등에 의해 열화되기 쉽다.

실제로 지난 91년 이후 전자 회로 기판 오동작으로 인한 발전 정지가 수차례 발생하였고, 여름에는 매우 고온 다습한 환경에 노출될 수밖에 없는 지리적 여건을 고려하여 제어카드의 신뢰성 확보를 위한 환경 개선을 최우선 과제로 선정하여 제어카드가 설치되어 있는 주제어실과 현장의 환경을 개선하였다.

① 주제어실 환경 개선

발전 정지를 유발하는 대부분의 전자 제어 기판은 주제어실에 설치되어 있다.

따라서 원격 조정 장치를 이용하여 주제어실 공기 정화 계통의 덕트 내부에 쌓여 있는 먼지를 깨끗이 제거하고, 이동형 공기 정화기를 설치하여 주제어실 공간에 존재할 수 있는 각종 부유물을 완전히 제거하였다.



시뮬레이터를 이용한 원자로 조종 교육 훈련. 올바른 원자력 안전 문화의 정착과 세계 제일의 발전소 운영을 위해서는 무엇보다도 설비를 관리하는 종사자들의 마음가짐이 중요하다.

그리고 진공 청소기를 이용한 청소 방법을 채택하여 전자 제어 기판들이 설치된 캐비닛 내외부의 먼지를 말끔히 청소하는 한편, 주제어실 내의 공기 중 먼지 및 염분 농도를 주기적으로 분석·평가하여 공기 정화 계통의 필터 교체 시기를 조정하고, 주제어실 내에서의 전면적인 금연 운동을 전개하여 주제어실 내부의 공기 청정도를 높였다.

② 현장 환경 개선

현장의 기기 환경 조건은 주제어실에 비하여 매우 열악하다.

특히 자연 환경에 노출된 터빈 건물의 공기는 바다에서 발생한 해무가 직접 유입되므로 공기 흡입구를 미로형으로 개선하여 바다로부터 직접 유입되던 염분과 수분의 양을 줄이도록 노력하였으며, 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 OCTF가 보장되도록 하였다.

아울러 전자 회로기판 캐비닛 내부에 냉각팬 및 최고·최저 온도 감시용 계기를 설치하여 일일 최고 온도 및 운전 상황을 점검토록 하여 온도 상승에 의한 이상 징후를 조기에 파악하도록 현장 점검 체계를 운영하였다.

〈표 8〉 원전 고장 조치 능력 제고를 위한 모의 훈련

분 류	사 건 내 용	훈련주기	참여부서	비 고
복합 사건	여러 부서가 참여해야 하는 비정상 상황	년 6회	발전부, 화학부 정비부서	
단독 사건	부서별 자체 조치로 가능한 상황	년 6회	"	부서별

나. 위기 관리 능력 제고

인간의 편익을 위해 개발되는 모든 물질은 그에 상응하는 어려움을 수반한다.

어려움 없이는 편익을 취할 수 없으며 편익의 정도에 따라 어려움의 정도 또한 달라진다.

그러나 이러한 위기를 어떻게 관리하느냐에 따라 어려움의 정도 역시 달라지게 되므로 예상되는 재해에 대해 효과적으로 대응하는 위기 관리 능력이 설비의 안전성은 물론 효율성을 높일 수 있다.

이러한 재해는 크게 자연 재해와 기술 재해로 나눌 수 있으며, 이에 대한 대응 자세를 항상 갖추고 있어야 하겠다.

① 자연 재해에 대한 대비

위기 관리란 한마디로 재해로 인한 손실을 최소화하기 위한 모든 활동을 말한다.

인간의 능력으로 극복하기 어려운 재해로 분류되고 있는 자연 재해 역시 사전에 어떻게 대비하고, 어떻게 대응하느냐에 따라 그 결과가 크게 달라진다.

특히 국내에서 운전중인 모든 원전은 해수를 냉각수로 사용하고 있기

때문에 태풍·해일과 같이 바다에서 일어나는 자연 재해에 큰 영향을 받게 되므로 이에 대한 철저한 대비야말로 OCTF 달성을 위한 필수 과제라는 명제하에 하절기 전력 수급 안정을 위한 특별 점검 계획을 수립하여 다음과 같이 시행하였다.

첫째, 취수구 회전망의 전담 부서제 시행이다.

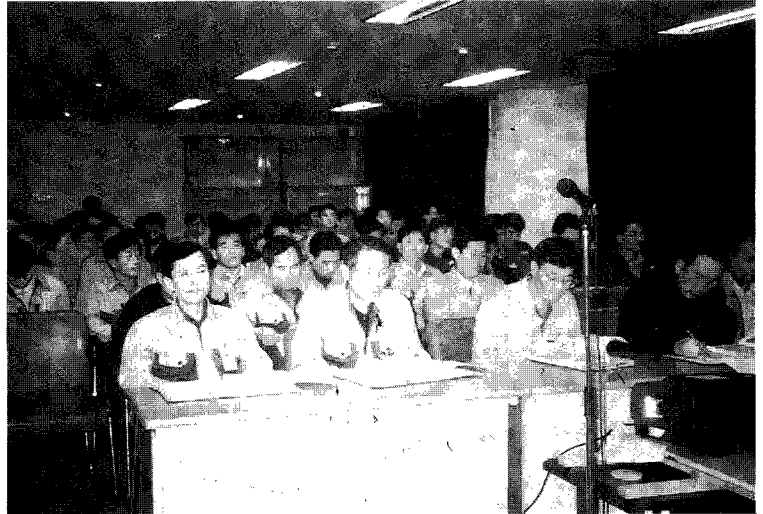
한전의 각 부서와 협력 업체별로 담당 회전망을 지정·전담토록 하여 취수구에 오물이 유입되거나 태풍 경보가 발령되면 비상 소집을 하여 전담 회전망의 오물 제거에 대한 책임 의식을 갖도록 하였다.

둘째, 취수구 내 별도의 그물망 설치이다.

과거 큰 가시 고기의 다량 유입으로 인한 발전 정지를 교훈 삼아, 매년 3월 중순에서 5월 사이에 집중적으로 유입되는 어류와 하절기 집중 호우와 태풍 내습시 집중적으로 유입되는 해초류와 각종 오물의 차단을 위해 이중 그물망을 설치하였다.

셋째, 발전소 주변 대청소 실시이다.

우리 나라 강수량의 80% 이상이 여름철에 집중되고 집중 호우시 주변의 생활 쓰레기가 취수구로 유입되는 것을 감안하여, 태풍 혹은 집중 호우가 예상되는 시기에는 사전에 발전소 인근 해안이나 하천 주변의 대청소를 실시하여 취수구로의 오물 유입원을 사전에 제거하였다.



운전 및 정비 경험 발표회. 운전 및 정비 경험의 공유는 유사 사건에 대한 대응 능력 배양은 물론 정비의 질을 높일 수 있는 기술 능력 배양에 꼭 필요하다.

넷째, 비상 대비 체제 유지이다.

연휴 혹은 저예비율 기간 중에 발생할지 모르는 상황에 대비하여 출장·휴가 등을 고려하여 관리자급을 포함한 간부 및 담당자들이 언제든지 소집에 응할 수 있는 비상 연락망을 구축, 운영함은 물론 전력 수급 비상 발령시 각자의 임무와 행동 요령을 항상 숙지하도록 하였다.

그 외에도 전기 설비의 과열 개소 유·무, 예상 침수 지역의 배수 설비 동작 상태, 각종 열교환기의 성능 등에 대한 사전 점검과 확인을 통해 외기 온도의 상승 및 환경 변화에 대한 대응 조치 계획을 사전에 수립, 시행하였다.

② 기술 재해에 대한 대비

원전은 고도의 기술 집약적 산물로 다양한 형태의 비정상적 상황이 일어

날 수 있다.

이러한 상황은 잘 갖추어진 자동 설비에 의해 제거할 수 있으나 이를 확인하고 판단하는 일은 사람에 의해 이루어진다.

따라서 긴박하게 변화하는 상황에 대응할 수 있는 능력을 갖춘 인력과 체계가 갖추어져야 하므로 이를 위한 각종 실천 방안을 다음과 같이 수립, 시행하였다.

첫째, 가상 모의 훈련의 실시이다.

운전원을 대상으로 비상·비정상 상황에 대한 모의 훈련을 원자력연수원에서 정기적으로 실시하고 있으나 정비 및 복구에 대한 훈련은 아직 수행되지 않고 있다.

따라서 각종 사건에 대한 시나리오를 개발하여 '복수기 세관 누설'과 같이 복합 사건에 대해서는 운전 부

〈표 9〉 고리 제2발전소 운영 관리 전문 조직

조직명	구성	활동주기	활동내용
에너지관리위원회	소장·부소장·부장	1회/분기	○ 에너지 절약 정책 수립 ○ 발전소 효율에 관한 사항 심의
재해예방자체비상 대응 조직	"	하절기/태풍 내습시 기타 비상시	○ 재해 예방 대책 수립 ○ 비상 및 방재 활동 수행
ALARA 위원회	"	정기: 년 1회 이상 비정기: 25맨렘 이상 작업	○ 종사자 피폭 선량 저감 대책 및 주요 정책 결정
관리자 현장 순시 점검 단	한전/협력업체 소장·부소장·각 부서장	특별 순시: 주 1회 일상 순시: 월 2회	○ 재해 예방 점검 활동 ○ 취약 설비 점검 및 문제점 도출
MY MACHINE (기기전담) 제도	한전/협력업체 관리자(부장)	1회/주	○ 기기 운전/정결 상태 점검 ○ 설비, 산업 안전 활동
제안심의위원회	각부 주무 과장	1회/주	○ 제안 내용 검토 및 결과 보고 ○ 채택 여부 및 처리 방향 결정
벤치마킹 추진 위원회	부소장·부서장 및 담당 과장	1회/분기	○ 정보 수집, 강약점 분석/평가 ○ 벤치마킹 대상 항목 선정 ○ 실적: 현황·계획 발표(본사, 96. 6)
하절기 전력수급 안정 대책 반	발전부 간부·직원	매년 하절기 (97. 6~8)	○ 설비 운영 최적화 및 안전성 확보 ○ 에너지 손실 최소화 활동 ○ 지역별 온도 감시 및 현장 점검

원전 운영의 향후 과제

지난해 우리 나라의 에너지 수입액은 195억 달러로 95년에 비해 28.7%나 늘어났고 해외 의존도는 무려 97.3%가 될 정도로 우리 나라의 에너지 환경은 매우 열악하다.

그러나 에너지 소비 증가율은 경제 성장률을 상회하고 전기 에너지 소비 증가율은 에너지 소비 증가율을 상회하고 있으나, 국민 1인당 전력소비량은 아직도 약 4천kWh로 선진국에 비해 많이 낮은 수준이라 앞으로도 전기 에너지의 소비량은 계속 증가할 것으로 전망된다.

지난해 원자력 발전량은 국내 총전력량의 36%를 차지하여 전력 에너지 공급에 중추적인 역할을 해 왔고, 에너지 소비를 획기적으로 줄이는 방법이나 대체 에너지가 없는 현실에서 앞으로도 원자력은 전력 에너지의 주 공급원이 될 수밖에 없는 현실이다.

그러나 지방 자치 시대의 시작으로 원자력 사업에 대한 국민적 시각은 그리 곱지 않아 계획된 사업이 지연되거나 보류되고 있는 것이 작금의 상황이다.

이러한 어려움을 딛고 장기적인 전원 공급을 하기 위해서는 지방 주민과 함께 살아갈 수 있는 공존 공영의 길을 모색하는 일이 필수적이라 하겠다.

따라서 기술적·경제적 문제점의

서는 물론 정비 부서 및 관련 부서가 함께 참여하는 모의 훈련을 실시하여 종합적으로 대처할 수 있는 능력을 배양하도록 하였다(표 8).

둘째, 운전 및 정비 경험의 공유이다.

모든 사건이 그러하듯이 원전에서 발생하는 각종 사건을 누구나 직접 경험할 수는 없다.

따라서 이와 같은 경험을 한 직원들로 하여금 자신이 경험한 운전 및 정비 경험을 발표하여 직접 경험하지 못한 직원들에게도 간접 경험의 기회를 제공하여 유사 사건에 대한 대응 능력 배양은 물론 정비의 질을 높일 수 있는 기술 능력을 배양토록 하였

다.

그리고 기기 전담제 및 계통 전문가 제도를 도입하여 주요 기기에 대한 정비 이력과 고장 사례를 면밀히 분석하여 「주터빈 과속도/저진공 보호 장치」, 「진공을 이용한 원자로 냉각재 계통의 충수·배기 장치」, 「잡고체 방사성 폐기물 가열 압축 장치」 등 새로운 장치를 개발·적용하여 기기의 신뢰도를 향상시키는 한편, 특수 전문 분야에 대한 정비 신뢰도를 높이기 위하여 설비 공급자를 포함한 사내외 전문 기술 지원 체계를 구축·활용하였다.

개선은 물론이고 원자력에 대한 국민적 이해의 기반을 확보하는 일이 앞으로 해결해야 할 최우선 과제라 하겠다.

1. 올바른 안전 문화의 정착

원자력이 다른 에너지원에 비하여 많은 장점을 가지고 있으나 사고가 발생할 경우 그 특성상 피해 영역이 넓고 오랫동안 지속되는 특성이 있으므로 운전중인 원전의 안전성 확보가 그 무엇보다 중요한 과제이다.

이를 위한 대책으로 정부는 94년 9월 「원자력안전정책성명」을 발표하여 국가 차원의 의지를 천명하였고, 규제 기관 역시 원전의 안전 문화 정착을 위한 수단으로 원자력 안전 문화 평가 지침을 마련하여 운전중인 원전에 대한 평가를 실시하였으며, 사업자는 원전 안전성을 최우선 경영 과제로 선정하는 등 원전 사업과 관련된 모든 기관들이 안전성 확보를 위해 수많은 노력들을 해왔다.

이러한 노력에도 불구하고 최근 국내에서 발생한 성수대교 붕괴 사고, 삼풍백화점 붕괴 사고와 같은 대형 사고로 인한 불신으로 일반 국민들은 아직도 원전 안전에 대한 확실한 믿음을 갖지 못하는 것이 현실이다.

그러나 일반 국민들이 원전을 보는 시각이 어떻든지 원전에 종사하는 우리들은 원전의 안전성 확보를 위해 안전에 대한 철저한 이해와 규정을 철저히 준수하는 마음 자세를 가져야

〈표 10〉 고리 제2발전소 설비 관리 전문 조직

조직명	구 성	활동 주기	활동 내용								
취약설비개선T/F팀	기술전문반장 정비/발전부서 과장	1회/분기	○ 취약 설비 진단 및 개선 방안 도출 ○ 하절기 취약 설비 점검 <table border="1" style="margin-left: 20px;"> <tr> <th>구 분</th> <th>제안</th> <th>완료</th> <th>진행</th> </tr> <tr> <td>3·4호기</td> <td>18</td> <td>6</td> <td>12</td> </tr> </table>	구 분	제안	완료	진행	3·4호기	18	6	12
구 분	제안	완료	진행								
3·4호기	18	6	12								
발전설비최적화팀	부소장(정비)·정비 부서 과장·설계자	1회/분기	○ 2차 계통 설비 현장 배치 개선 ○ 운전·정비 설비개선(실적:35개소)								
설계변경심의위원회	부소장(정비)·부장 정비계획과장	설계 변경 제안서 10건 내외 접수시	○ 설계 변경 제안서 타당성 검토 ○ 실적: 제안서 93건 심의(97.8.31)								
원 자 로 냉 각 재 성 능 개 선 팀	RCP 전문가 (한전/한공)	3·4호기 O/H시 운영	○ TVCS, DACS 교체 정비 ○ 축밀봉 누설 유량 개선								
터빈진동개선팀	진동전문가(한전·한공· 정비기획실·연구원)	4호기 O/H시 운영	○ 터빈 진동상태 측정·분석 ○ 고진동 해소(동적 평형 시행)								
O/H 정비 품질 평 가 위 원 회	한전/협력업체 소장·부소장·부서장	O/H시 개최(임계전, 계통 병입전, 전출력시)	○ 4호기 O/H시(임계전, 계통 병입전, 전출력 평가) 정비 품질 평가								
주간 공정 분석	부소장(정비)·O/H담당 과장 (한전/협력업체)	1회/주(O/H기간)	○ 주요 실적 공정 분석 및 대책 수립 ○ 연계 공정 및 주공정 계획 수립								
O/H 후 100일 관 리 운 동	전직원	O/H 후 100일간	○ 주요 계통(25개) 운전 상태 분석 ○ 4호기 O/H 후 시행								

한다.

특히 원전의 설비를 실제 운전하고 있는 운전원의 기술 지침서 준수와 이들을 관리하는 관리자들의 보수적인 의사 결정, 즉 안전을 최우선으로 하는 관리가 이루어질 때만 경제적이고 신뢰받는 원전으로 자리잡을 것이다.

2. 자연 재해에 대한 철저한 대비

지역 사회와 더불어 사는 원전, 깨끗한 환경을 지켜 주는 원전이 공해 시설과 함께 님비 현상을 유발하는 표적이 되고 있는 데는 어떠한 문제가 있을까?

여러 가지 이견이 있을 수 있으나 자연 재해에 대한 우려가 가장 큰 이슈로 대두되고 있다.

최근 세계 곳곳에서 크고 작은 지진이 발생하여 해당 지역에 막대한 피해를 주고 있다.

지난 6월 26일에는 포항 일원에서 지진이 발생하여 우리 나라도 지진 활동기에 접어들었다는 주장과 함께 양산 단층대와 인접한 고리 원전과 월성 원전이 안전한가하는 의구심을 보이기도 하였다.

지난 7월 학계·산업계·연구계의 지진 전문가와 원자력 전문가들로 구성된 점검팀이 직접 고리 원전과 월

성 원전을 방문하여 지진에 대한 안전성을 점검하였다.

점검 결과 원전의 안전성에는 문제가 없다는 결론을 내려 국민적 우려는 가라앉았으나 그 양금은 아직도 남아있는 것이 현실이다.

따라서 원전이 아무리 자연적 재해와 인위적 재해가 적은 장소를 선정하여 세워지기는 하였으나, 이와 같은 우려를 없애기 위해서는 지진·홍수·해일·태풍 등 자연 재해는 물론, 화재 및 비행 물체의 추락과 같은 인위적 재해에 대한 철저한 사전 준비와 대응 능력 배양으로 만에 하나 일어날 수 있는 일에도 대비하는 운영 관리 자세만이 향후 원전 사업의 지지를 얻기 위한 최선의 길이라는 것을 명심해야 할 것이다.

3. 설비 노후화에 대한 대비

원전 기술을 해외에 수출할 수 있을 정도로 우리의 기술이 발전하였지만 아직도 주요 설비의 일부 부품은 수입에 의존하고 있는 것이 현실이다.

세계무역기구(WTO)의 출범에 비추어 볼 때 중요 기자재를 외자에 의존한다는 것은 우리 나라의 원전 사업에 커다란 제약 요건이 된다.

특히 고리 1호기를 가동한 지 20년이 지난 지금 많은 부품들이 신중 부품으로 개발되면서 운영중인 원전의 일부 부품은 생산이 단종되기도 하였다.

따라서 이를 국산화하는 것은 국내 산업의 발전과 원전의 경제적 운영에 있어서 시급한 과제라 하겠다.

발전소의 건설과 운영을 하나의 유기적인 기술 교류 채널로 생각하여 선행 호기의 운전 경험을 설계 단계에서 미리 반영하여 운영중인 발전소에서 수행해 온 대부분의 설계 변경을 건설 단계에서 실시할 수 있도록 운영과 건설간의 기술적인 경험을 분야별 혹은 사안별로 교류하는 채널을 더욱 넓혀 나가야 하겠다.

아울러 기술 정보의 체계적인 관리가 향후 경쟁 시대에 있어서 기업의 사활에 매우 중요한 역할을 할 것이다.

홍수처럼 쏟아지는 정보들을 귀하게 여겨 고유의 지적 자산이 되도록 2차 정보의 양산을 게을리해서는 안 된다.

특히 이 세상의 모든 기기가 그러하듯이 그 설비를 관리하는 주인이 어떻게 관리하느냐에 따라 기기의 수명이 달라진다.

원전의 설계 수명은 설계 당시의 설계 조건과 기술 수준을 기준으로 설정된 기간이므로 향후 원전의 수명 연장을 위한 사전 대책으로 설비의 노후화로 인한 열화를 최소화하는 데 노력을 아끼지 말아야 할 것이다.

설계 수명이 40년인 원자로 10기를 20년 연장할 경우 같은 용량의 원전 5기를 추가로 짓지 않아도 된다는 것을 깊이 인식하여야 할 것이다.

맺는말

지난해에 이어 고리 4호기가 2회 연속 OCTF를 달성하게 된 것은 18개월 장주기 연료를 장전하여 운전해도 안전 운전에는 아무런 영향이 없음을 다시 한번 입증하였다는 점에 그 의미를 부여하고 싶다.

매년 그 역할이 가시적으로 더해가는 원자력이 아직도 국민들로부터 확실한 믿음을 받지 못하고 있는 것은 앞으로 더 많은 노력을 하지 않으면 안된다는 것을 말해 주고 있다.

특히 원전 주변에 살고 있는 주민들의 어려움을 보다 성의 있는 자세로 경청하고 함께 살아갈 수 있는 길을 모색하는 일은 원전을 운영하는 동안 끊임없이 계속되어야 한다는 것을 잊지 말아야 할 것이다.

이러한 점을 깊이 인식하여 고리 제2발전소 종사자는 오늘의 기록에 만족하지 않고 취약 설비에 대한 지속적인 설비 개선과 철저한 예방 정비를 통해 원전의 안전성을 확고히 하고자 한다.

끝으로 발전소 안전 운전을 위해 태풍 내습시 추석 연휴도 반납하고 취수구 오물 제거에 참여해 준 고리 원전의 직원과 협력 업체의 직원은 물론 모든 원자력 관계자들에게 깊은 감사를 드리며, 안전 제일의 밝고 깨끗한 발전소 운영을 위해 더욱 노력할 것을 다짐한다. ☸