

## 고리 4호기

# 국내 최장기 OCTF 달성과 국내 최초 출력 증강



고리 4호기는 2007년 8월 1일부터 2008년 12월 27일까지 515일간 국내 최장한 주기 무정지 안전 운전(OCTF, One Cycle Trouble Free)을 달성하였다.

이는 1999년 3주기 연속 무정지 안전 운전 달성과 과 2004년에 이룩한 두 번째 3주기 연속 무고장 안전 운전 에 이은 총 7회 OCTF 달성으로 횡수에서도 국내 최다 기록이다. 고리 4호기 운영 능력의 우수성을 보여주는 사례라 하겠다.

우수한 실적의 배경에는 1996년 이후 지속적인 설비 개선을 통한 성능 향상, 발전소 안전 운전을 위한 절차와 지침의 개선과 보완, 2006년 국내 원전 최초 선진 운영 프로세스 시범 적용, 2008년 국내 최초 출력 증강 추진, 그리고 꾸준한 인재 양성을 위한 교육 훈련 등을 들 수 있겠다.

특히, 원전 운영 혁신을 통한 「선진 프로세스 도입·적용, 엔지니어링 중심의 작업 체계 구축, OCC(Outage Control Center)에 의한 계획 예방 정비 선진화 등의 프

한양대 원자력공학과 졸업

한전 고리제1발전소 발전운영부장,  
방사선안전부장  
한수원 발전운영실 발전운영부장  
고리제2발전소 운영실장, 발전소장(2008~)



이 종 배

한수원(주) 고리원자력본부 제2발전소장

로세스 개선」과 「발전소 정지 기간 중 안전 관리 및 정전 작업 최적 관리」와 「정상 운전중 고장 정지를 예방하기 위한 발전 정지 유발 기기 집중 관리, 운영 경험 사례 공유를 통한 작업 전 회의 강화」등의 프로그램을 수행하고 있다.

하지만 세계 최고 수준의 발전소로 발전하기 위해서는 앞으로 줄여 나가야 할 과제도 많다. 설비 연수 경과와 더불어 설비 건전성 유지 문제, 외부 작업자가 많아지는 정비 환경하에서 협력 회사의 정비 품질 보증 문제, 그리고 작업 종사자 자질 향상 문제 등은 현안 과제로 남아 있다.

따라서 이런 난제를 극복하고 국가 성장 동력인 ‘저탄소 녹색 성장’ 산업으로 나아가기 위해서는 안전 최우선 문화 정착, 고장 정지 예방, 정비 품질 향상을 통한 설비 신뢰도 확보, 설비 개선을 통한 성능 개선, 그리고 운영 개선 시스템의 효율적인 활용과 후속 조치를 통한 지속적인 성장과 발전이 요구되는 때라 하겠다.

### 국내 원자력 발전의 운영 현황

#### 1. 국내 원전 현황

##### 가. 운전 및 건설 현황

1978년 4월 고리 1호기가 가동됨으로써 세계 21번째의 원전 보유국이 된 우리나라는 지속적인 원전

건설을 추진하여 2008년 말 기준으로 20기의 원전을 가동하고 있다.

2008년 말 현재 신고리 1,2,3,4호기와 신월성 1,2호기를 건설중에 있으며, 신울진 1,2호기는 건설 준비중에 있다.

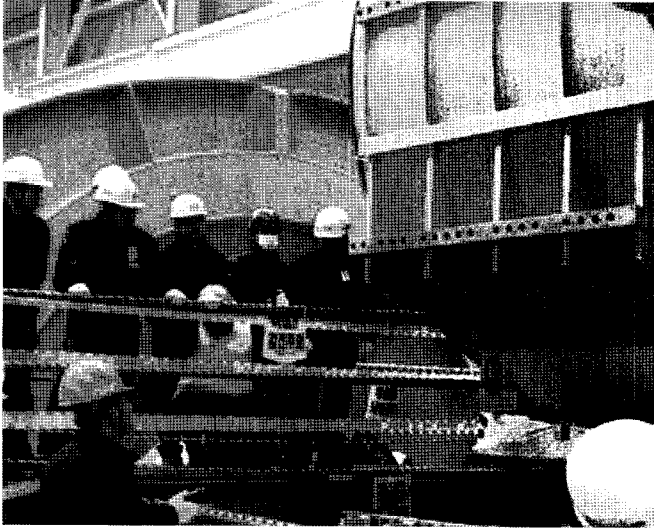
가동중인 국내 20기 원전의 노형별 구성을 살펴보면 가압경수로(PWR)형 16기가 운전중이고, 가압중수로(PHWR)형 4기가 운전중이다.

#### 나. 설비 용량 세계 6위 원전 대국 부상

고리 1호기가 상업 운전을 시작한 1978년에는 국내 총발전 설비 용량이 약 8000MWe, 이 중 원자력 발전 설비 용량은 587MWe

로서 전체 발전 설비 용량 중 원전 설비 용량은 7.3%를 점유하고 있었다.

그 후 30년이 지난 2008년 초 현재 국내 총발전 설비 용량은 약 68,268 MWe, 이 중 원자력 발전 설비 용량은 17,716MWe로서 국내 총발전 설비 용량의 26%(2007년말 발전량 기준 구성비는 약 36%)에 해당되며 1978년에 비해 약 30배 이상으로 증가하였으며 설비 용량 면에서 세계 6위의 원자력 발전국으로 부상했다.



발전기 교체 현장 순시중

## 2. 국내 원전의 운영 실적

### 가. 세계 우수 수준의 안전성 유지

원전 설비는 고도의 안전성을 갖추기 위해 건설 및 운영의 전 과정에 걸쳐 해당 시기에 유효한 기술 기준을 적용하고 있다.

원전에서 발생하는 모든 고장과 사고는 국제원자력기구(IAEA)에서 정한 '원전사고, 고장분류 기준(INES)'에 따라 그 등급을 평가, 공개하고 있다.

현재 국내 원전에서 발생한 원전 사건, 고장에 대해 IAEA가 정한 기준에 따라 등급 분류한 결과, 가압경수로의 경우 모두 경미한 고장 수준으로 1등급을 초과하는 사건으로 분류되는 경우는 한 건도 없었다.

또한 세계원자력협의회(WANO)에서 전 세계 가동 중 원전을 대상으로 안전성을 관리하는 지표면에서도 국내 원전의 운영 실적은 전 지표면에서 안전성 확보를 입증하는 안전 범위 상태를 지속적으로 유지하고 있어 국내 원전 안전성의 우수함을 보여주고 있다.

### 나. 세계 최저 수준의 고장 정지

고장 정지는 1년 동안 정상 운전중 기기 고장 또는 인적 요인에 의해 발전소가 일시 정지한 건수를 의미하는데, 안전성과 원전의 운영 관리 수준을 나타내는 지표이다. <표 1>에 나타난 바와 같이 2007년 기준 가동 원전 20기에서 모두 12건의 고장 정지가 발생하여 연평균 고장 정지율은 0.6건을 기록하였다.

1980년대 중반까지는 운영 기술 및 운영 경험 부족으로 호기당 연평균 5건 이상의 높은 고장 정지율을 보였으나, 1990년대 들어서부터는 운영 경험과 관련 기술의 축적으로 호기당 1건 내외로 안정되었으며 1998년 이후에는 연간 호기당 1건에도 미치지 않는 우수한 실적을 보이고 있다.

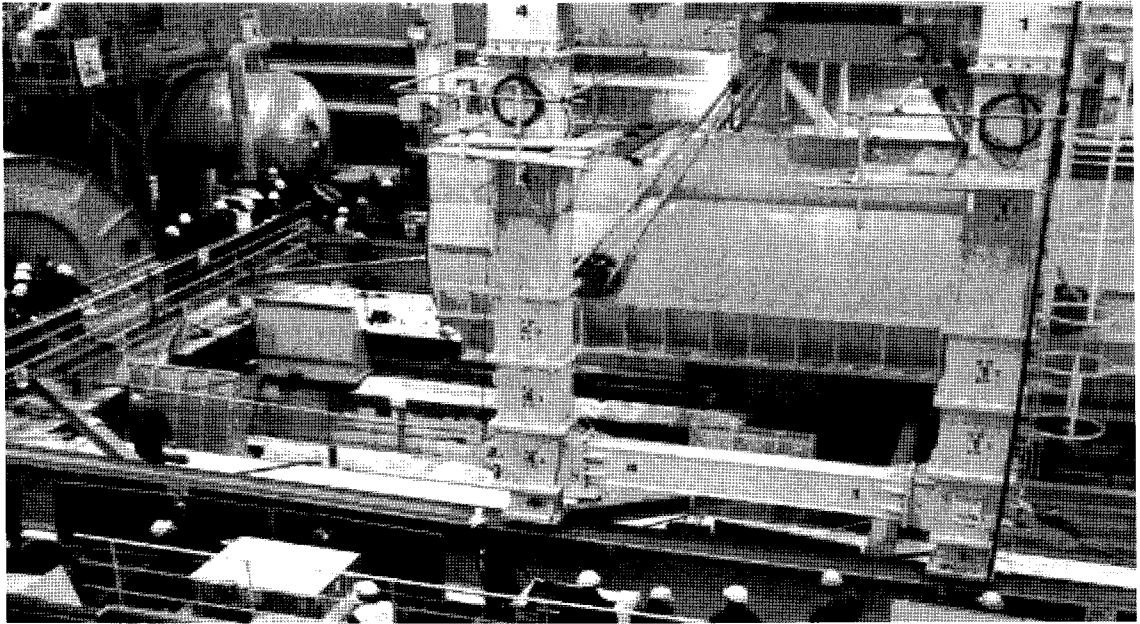
### 다. 세계 최고 수준의 이용률 지속 유지

원전 이용률은 발전 설비 운영의 효율성과 활용도를 나타내는 지표로써 설비의 건전성 및 운영 인력의 우수성 등 발전소 운영 기술 수준을 평가하는 직접적인 척도가 된다. 2007년 기준 원전 이용률은 90.3%로 2000년 이후 연속해서 90% 이상의 높은 기록을 달성하였다. 2007년 기준 세계 원전의 평균 이용률 77.8% 보다 12.5%나 높아 우리나라 원전 운영 기술의 우수함을 보여주고 있다.

### 라. OCTF 달성으로 원전 신뢰성 증진

한 주기 무정지 안전 운전이란 연료 교체 후 다음 연료 교체 시기까지 발전 정지 없이 연속 운전하는 것을 의미하며 OCTF(One Cycle Trouble Free)라고 부르는데, 원전의 운전, 정비, 관리 등 모든 분야 각각 우수한 능력을 직접적으로 보여주는 지표이다. 2008년도에는 20기의 가동 원전 중 고리 4호기 등 8기 원전에서 한 주기 무정지 안전 운전을 달성하였다.

이로써 2008년 말까지 국내 원전이 달성한 OCTF는 1988년 고리 3호기를 시작으로 2008년 고리 4호기에 이르기까지 총 75회에 이르고 있다.



발전기 교체 현장

### 고리 4호기 운영 실적

#### 1. 운영 실적

고리 3호기가 1985년 상업 운전에 이어 고리 4호기는 1986년 상업 운전을 시작했다. 그 이후 현재까지 약 23년간 운전되면서 우리 원전 역사에 기록될 많은 실적들을 이루어내었다.

#### 가. 이용률 세계 1위 6회의 세계 최고 발전소

고리 4호기는 1993년부터 2002년까지 연간 이용률 부문 세계 1위를 6회 달성했다. 이 기록은 국내 최다 기록은 물론 세계 선진 최우수 원전 수준으로 고리 4호기가 안전하고 효율성있게 운영되고 있음을 보여주고 있다.

#### 나. 국내 최초 3주기 연속 2회 및 최장 OCTF 달성 국내 신기록 제조 발전소

고리 4호기는 1995년 2월부터 1999년 1월까지 1229일간 3주기 연속 한 주기 무정지 안전 운전을

달성했고, 2000년 9월부터 2004년 9월까지 1399일간 2회차 3주기 연속 한 주기 무정지 안전 운전을 달성했다. 거기에 더하여 2007년 8월 1일부터 2008년 12월 27일까지 515일간 국내 최장 한 주기 무정지 안전 운전을 달성했다.

고리 4호기의 기록은 국내 원전사상 1) 최초 3주기 2회 OCTF 달성 2) 국내 최장 OCTF 달성 3) 국내 최다인 7회 OCTF 달성의 신기록으로 세계 원전 역사에서 보기 어려운 기록으로 여겨진다.

#### 다. 성능 개선 이력

1986년 4월 상업 운전 후에는 평균 전기 출력이 983MWe였으며, 1996년 6월 주중기습분개열기(MSR) 교체 후에는 평균 전기 출력이 991MWe로 약 9MWe 증가했으며, 1997년 11월 저압터빈 교체 후에는 평균 전기 출력이 약 999MWe로 증가하게 되는 효율 개선을 이루었다.

#### 2. 원전 운영 혁신

#### 가. 추진 배경



발전기 교체 현장 근무중

2003년부터 우리 회사는 원전 운영의 경쟁력 확보, 엔지니어링 중심의 원전 운영과 세계 선진 원전 수준의 경영 환경 변화에 능동적으로 대처하기 위하여 프로세스 개선을 통한 '원전 운영 혁신'을 경영 모토로 정하여 고리 2발전소에 시범 적용했다.

원전 운영 혁신은 미국 등 전 세계적으로 운영 실적이 우수한 원전을 대상으로 국내 원전과의 비교 및 차이 분석을 통하여 이를 반영, 개선하고자 아래와 같은 내용으로 추진하였다.

## 나. 추진 내용

2005년 고리 2발전소는 시범 사업소로 선정되어 약 2년이 못되는 준비 과정을 거치면서 2006년 8월 8일부터 2008년 11월 2일까지 약 2년 3개월 동안 원전 운영 혁신 선도 사업소로서 많은 업무의 질적 개선을 이루는 성과를 가져왔다.

- 1) 선진 프로세스 도입, 적용  
발전소 운영 개선 시스템(CAP)

등 26개 프로세스와 57개의 절차에 대한 단계적 도입 및 적용을 수행했다. 진행 과정의 시행 착오를 최소화하기 위하여 본사 차원의 지원 조직인 기술지

원팀(K-SET)의 지원도 동반되었다.

제도, 조직 변화 과정의 심의, 의결할 수 있는 기구로 변화관리위원회를 운영하여 전환과정의 문제를 검토, 해소했다.

무엇보다 중요한 전 직원의 이해와 선진 기법 조기 정착을 위하여 발전소장이 직원과의 간담회를 7회 갖는 등 교육 프로그램도 병행, 추진되었다.

- 2) 엔지니어링 프로세스에 의한 선진 예방 정비 기준(PMT) 수립

고리 2발전소를 기준으로 약 10만개의 기기에 대하여 예방 정비 기준을 마련하였다. 기준 선정의 적합성을 확보하기 위하여 선진 원전 가운데 우리와 현실이 유사하고 미래 가장 합리적으로 달성할 수 있는 프로세스를 일부 수정 도입하였다.

그 결과 1단계 63종의 개발을 2006년 12월에 완료했고, 나머지 2단계인 137종은 2008년 12월에 완료하였다.

- 3) 발전소 운영 관리의 선진화

이전까지 운영 개선 시스템은 발전소 설비 이상과 운영 개선으로 분리되어 운영되어 왔고 통합 관리 체계는 없었다. 따라서 운영 관리를 선진화하기 위해 운영 개선 시스템인 CAP을 도입, 적용했다.

모든 발전소의 개선 및 이상 사항을 등록하고 매일 심사하여 체계적인 등급 분류(4개 등급)를 통한 후속 조치를 이행하여 재발 방지를 도모했다.

2006년 8월부터 2008년 3월까지 약 1년 7개월 동안 수행한 후속 조치 실적으로는 1등급 10개, 2등급 39개, 3등급 209개 그리고 4등급 6,348 항목으로 많은 성과와 개선을 이루었다.

- 4) 발전소 평가, 진단 기법의 선진화

운전중인 발전소 운전 상태를 집중·다중·정밀하게 감시, 진단 및 평가하는 선진 시스템을 도입, 적용했다.

계통, 기기의 건전성을 평가하는 계통, 기기 건전성 평가(SHR, CHR), 운전 이상, 비정상 상태 후속 조치를 결정하는 운전 상태 결정 회의(ODM), 엔지

니어의 업무를 통합 관리하는 엔지니어 통합 관리 시스템(EWS) 및 발전소 설비 신뢰도 확보 및 유지를 위한 심의 의결 기구(PHC)를 운영하였다.

실적으로는 SHR 6회, ODM 3회 그리고 PHC 28회를 개최하여 발전소 안전 운전에 역량을 집중하였다.

5) 엔지니어링 중심의 작업 체계 구축

작업계획은 엔지니어링이 중심이 된 작성, 검토 체계로 프로세스로 바꿨다. 모든 작업은 설계 단계에서 독립조직인 작업 계획자가 작성하고 계통, 기기 및 설계 엔지니어가 검토, 확정하여 작업 감독자에게 넘어 가게 되었다.

작업 계획자는 중요 작업에 대해서는 선진 운영 시스템인 작업 패키지를 작성하여 작업 시작과 끝에 대한 작업의 방법과 방향을 명확하게 제시하게 했다. 작성된 작업 패키지를 현장에 비치 활용했으며 작업 관찰을 통하여 이를 확인했다.

현재까지 개발된 작업 패키지는 약 600건으로 점차 확대하고 있으며 향후 주요 정비작업에 대해서는 작업 패키지를 전량 작성, 활용토록 추진하고 있다.

6) OCC에 의한 계획 예방 정비 선진화

원전 운영 혁신에 있어서 가장 큰 변화 중의 하나는 계획 예방 정비 운영 체계의 변화였다. 고리 3호기 제17차 계획 예방 정비부처 미국 최우수 원전의 O/H 시스템을 도입, 적용했다.

준비 단계에서는 개인별 O/H 임무를 세부 항목으로 명확하게 정하고, 준비 일정을 D-로 관리하는 시스템을 구축하여 사전 준비를 관리했다.

O/H 시행 단계에서는 O/H를 총괄하는 O/H 공정 관리센터(OCC, Outage Control Center)를 O/H D-7부터 운영했다.

OCC의 조직 구성은 Outage Manager, Shift Outage Manager, Outage 운영자, 기술지원팀, 정상운전호기정비지원팀, 설비안전관리팀, 산업안전관리팀, 방사선안전관리팀, 화재방호팀, 작업관리팀, 공정관리팀, 그리고 격납용기, 터빈건물 코디네이터로 12개 분야로 구성된다.



계획 예방 정비 기간 중 총괄 사무실

OCC 구성원의 임무, 역할 그리고 O/H 관리 지침은 'OCC 운영지침'에 규정하여 O/H 착수 전에 한수원(주) 직원뿐만 아니라 전 협력사 종사자에게 교육을 수행하여 O/H 운영의 최적화를 이루었다.

다. 추진 성과

1) 고리 4호기 국내 최장 한 주기 무정지 안전 운전(OCTF) 달성

2006년 6월 원전 혁신 이후 2007년 6월 30일부터 약 32일간의 O/H를 마친 고리 4호기는 2007년 8월 1일부터 2008년 12월 27일까지 515일 동안 국내 최장 한 주기 무정지 안전 운전을 달성하는 위업을 세웠다.

이 기록은 운영 혁신 시스템을 적용한 기간 중에 달성한 기록이라 더욱 의미하는 바가 다르다. 정상 운전중의 발전소 운전 관리, OCC를 통한 체계적인 O/H 운영, 그리고 인적 실수 예방을 통한 발전소 안전 운영의 결과로 볼 수 있다.

2) 재작업을 감소를 통한 정비 품질 향상

2007년 수행한 고리 4호기 계획 예방 정비 종료 후 2개월 동안 발행된 통지를 근거로 분석한 결과

## 원전운영현황

정비 재작업률은 이전 고리 4호기 O/H에 비해 약 3배, 국내 타원전에 비해 약 2배 감소된 것으로 나타났다.

특히 중요 기기(Critical Component)에 대한 재작업은 거의 제로 수준으로 정비 품질이 크게 향상되었다.

3) 계획 예방 정비 피드백을 통한 원전 운영 개선  
O/H 정비 품질은 발전소 차주기 안전 운전을 결정짓는 중요한 요인이 된다. 따라서 정비 품질 확보를 위한 설비, 제도, 인적 그리고 지원 등 여러 방법의 종합적인 관리가 요구된다.

따라서 O/H 기간 중에 나타난 문제를 발굴, 개선하기 위한 후속 조치를 OCC 주관으로 수행하였다. 그 결과 O/H 기간 중의 정전 작업 관리 개선 등 고리 3호기 제17차 O/H부터 고리 3호기 제18차 O/H에 이르기까지 각각 233건, 131건, 그리고 153건으로 질적·양적 면에서 많은 개선을 이루었다.

### 3. 국내 최장 한주기 무정지 안전운전 달성 의의

고리 4호기의 '국내 최장 한 주기 무정지 안전 운전 달성'의 의미는 크다. 최근 국가 경제와 고유가를 고려할 때 금번 달성 업적은 경제적 이익뿐만 아니라 '원전 안전 국민 신뢰도 증진'과 '종사자들의 자긍심 고취'에 크게 기여했다.

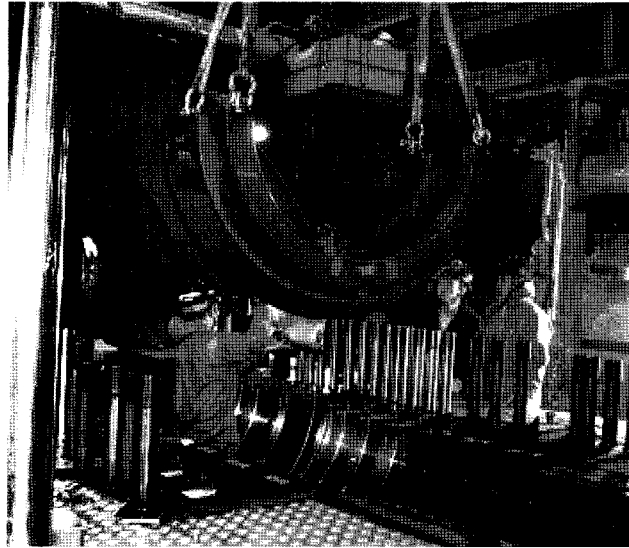
또한 원자력이 국가 성장 동력인 '저탄소 녹색성장'으로서 더욱 발전할 수 있도록 추진에 더욱 박차를 가할 수 있는 좋은 전기가 되었다.

### 최초 출력증강 성공적 달성

#### 1. 수행 배경 및 과정

국가 원전 기술 고도화 사업의 일환으로 가동 원전 출력증강의 기술을 개발하고 원전 경제성 향상 및 안정적인 전력 공급을 통한 국가 경쟁력 제고를 위하여 추진하게 되었다.

2002년 9월에 정부와 국내 기술 개발 위탁사 간



출력증가 HPT터빈 개선

에 기술 개발 협약을 체결한 이후 2003년 11월, 2005년 4월에 각각 기술 개발 예비 평가, 상세 평가를 완료하였다.

2005년 9월 출력증강 운영 변경 허가를 신청하여 2005년 10월부터 2006년 12월까지 안전기술원 및 원자력안전위원회의 심사를 거쳐 2006년 12월 4일에 출력증강 운영 변경 허가를 취득하였다.

2008년 12월 고리 4호기 제18차 계획 예방 정비 기간 중에 출력증강의 현장 적용을 수행하였다.

#### 2. 출력증강 원리

출력증강은 가동 원전의 종합적인 효율을 향상시키는 기술로서 설비의 설계 여유도를 활용하고, 2차측 설비의 효율과 성능을 개선하여 원자로 및 터빈의 효율을 높이는 기술로서 고리 3, 4호기 최종안전성분석보고서 1.1.1항의 핵증기공급계통(NSSS) 설계 여유 4.5% 활용을 근거로 했다.

출력증강 원리는 원자로 노심의 열출력 증가에 따라 고압 터빈의 증기 유량 증가로 발전소 효율을 고려하여 전기 출력이 증가하는 원리이다.

이를 설명하면, 원자로 열출력  $Q = m \cdot C_p \cdot \Delta T$  [여기서  $m$ 은 원자로 냉각재 질량유량,  $C_p$ 는 원자로 냉각재 비열,  $\Delta T$ 는 원자로 냉각재 온도차]이

고, 2차 전기 출력  $Q = m \cdot \Delta h$  [여기서  $m$ 은 터빈 공급 증기 질량 유량,  $\Delta h$ 는 2차 엔탈피 차]로 표현되며, 출력 증가는 2차 측 질량 유량( $m$ )이 증가하게 되면 원자로 냉각재 평균 온도는 감소하지만 원자로 출력은 온도차( $\Delta T$ ) 증가로 증가하게 된다.

고리 3, 4호기의 출력 증강은 열출력 4.5%, 전기 출력 3.4%로서 소규모 출력 증강에 해당된다.

### 3. 수행 내용

1단계(2002.9~2003.11), 2단계(2003.3~2005.4)는 기술 개발을 위한 예비 설계, 상세설계를 수행, 3단계는 정부의 인허가를 신청하여 2006년 12월 14일에 인허가 취득, 2008년 12월 27일 마침내 고리 4호기 제18차 O/H시 국내 원전 최초로 출력 증강을 현장 적용했다.

주요 설비 개선 수행 사항은 고압 터빈 1~4단 고정익 교체이며, 제어 분야 개선 사항은 OP $\Delta$ T 및 OT $\Delta$ T 설정치 변경, 제어봉 제어 및 발전소 증기 우회 계통 설정치 변경, 가압기 살수 밸브 저온 경보 및 압력 방출 탱크 수위 설정치 변경, 주급수 펌프 상실 사고시 터빈 Run-Back 설정치 변경 및 고압 터빈 1단 부하별 압력 변동에 따른 설정치 등의 변경을 수행했다.

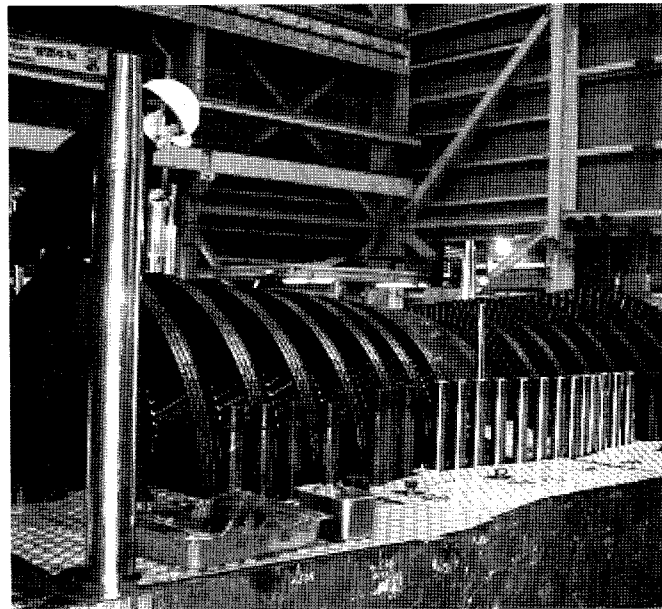
기동 단계에서는 출력 상승 시험으로 출력 상승 시험, 최대 연속 운전 허용 출력 시험 그리고 분야별 성능 시험을 수행하여 출력 증강에 따른 검, 교정을 마쳤다.

현재 출력 100% 도달 일정 기간 경과 후에 수행하는 확인성능 시험, 증기 발생시 습분동반율 시험만 남아 있다.

설비 개선 작업과 제어 분야 변경 작업과 연계하여 운영 절차서, 중대 사고 관리 등 관련 지침서 그리고 협력 회사의 정비 절차서도 개정을 마쳤고, 고리 4호기 제19주기 발전 재개와 함께 개정된 절차서를 적용, 운전하고 있다.

### 4. 추진 성과

출력 증강 기술 확보 분야는 핵증기 공급 계통, 노



출력 증강 HP터빈 개선 작업

심 설계 및 안전 해석, 보조 계통 및 터빈-발전기 계통 분야로서 국내 출력 증강 기반을 마련하였다.

원전 건설에 비해 약 4.5배나 적게 소요되는 경제성을 고려하면 분야별로 안전성 확보를 전제로 개발된 기술 개발은 국내 원전 고도화 사업으로 활용 가치가 크다고 볼 수 있다.

고리 4호기는 2009년 2월 13일 100% 도달 후 발전소 안전 상태에서 2009년 3월 기준으로 평가한 결과 원자로 출력은 4.5% 증가된 원자로 냉각재 평균 온도 307.8 $^{\circ}$ C를 유지하고 있고 전기 출력은 34MWe가 증가되어 출력 증강 사업이 성공적으로 수행되었음을 입증했다.

### OCTF 달성을 위한 노력

고리 4호기는 한 주기 무정지 안전 운전 달성을 위하여 상황에 적합한 프로그램을 개발하여 활용하고 있다.

‘O/H 중에 수행하는 발전소 정지 기간 중 운전·정비 관리, 발전소 기동 단계인 원자로 가열, 기동 단계 운전 관리, 정상 운전 그리고 발전 정지에서 O/H 발전소 저온 정지’까지 전 운전 범위에 있어 세부적인 관리 지침에 따라 관리하고 있다.



## 원전 운영 현황

금번에 달성한 고리 4호기 한 주기 무정지 안전 운전 달성은 이러한 체계하에서 전 종사자가 맡은 바 역할을 체계적으로 수행한 결과라고 할 수 있다. 이러한 세부 관리 시스템을 접목하는 시스템 운영으로 OCTF 달성을 위한 노력을 강화하고 있다.

### 1. 계획 예방 정비 정비 품질 확보

계획 예방 정비 기간 중 운전 관리·정비 품질은 통합적으로 OCC에서 관리한다. 안전운전 관리 및 정비 품질 확보를 위한 주요 시스템은 아래와 같이 운영한다.

#### - 발전소 정지 기간 중 안전 관리

‘발전소 정지 기간 중 안전 관리 지침’과 ‘O/H 최적화 지침’에 따라 OCC 조직 전담 관리자 주관하에 교대 발전부와 이중으로 점검, 관리한다. 여기에는 공학적 안전 설비 오동작 관리뿐만 아니라 부분 충수 운전 주의 등 모든 안전 사항을 포함, 관리하고 있다.

#### - 작업 관리

정비 품질을 확보하고 다중 작업에 따른 작업 관리를 위하여 OCC 조직에 명일 작업 검토팀을 두고 운영하고 있다. 이 팀은 O/H 전에 이미 검토한 작업 오더를 재검토하여 명일 있을 작업에 대하여 작업 조건과 안전 사항을 세밀하게 검토하여 안전 운전과 정비 품질을 동시에 관리하고 있다.

#### - 정전 작업 관리

고리 2발전소에서 자체 개발한 ‘정전 작업 관리 지침’에 따라 시행한다. 발전소 정지 기간 중의 정전에 따른 설비 안전과 전원 미차단에 따른 산업 안전 문제를 예방하기 위하여 고리 4호기 제17차 O/H 부터 신규로 적용, 운영하고 있다.

#### - 작업자의 정비 품질 확보

자체 개발한 작업 패키지에 따라 수행한다. 작업자의 손 끝에서 정비 품질이 좌우되는 만큼 중요 작업에 약 260개의 작업 패키지를 제공, 활용하였다.

또한 외부 작업자 및 초보 작업자의 정비 품질 및 작업 절차를 쉽게 교육, 이해시키기 위하여 ‘원전 작업 종사자 안전 지침’을 신규 개발, 활용하였다.

#### - 신규 설비 개선 사업 관리

감독, 시스템 엔지니어, 그리고 QA에서 3중으로 점검했다. 정비 절차서 및 점검표를 활용하여 결선, 배관 연결 및 성능 시험에 이르기까지 모든 절차는 정해진 절차에 따라 점검과 확인 절차를 거치고 있다.

### 2. 기동 단계 체계적 안전 관리

#### - 기동 단계별 운전 품질 확인 점검 활동

기동 단계는 1단계는 RCS 충수~가열, 2단계는 RCS 가열~계통 병입, 3단계는 계통 병입~100% 도달, 4단계는 100% 도달부터 100일까지이다. 점검 방법은 점검표에 따라 발전부 교대 운전원 각 보직별로 해당설비를 점검한다. 점검 내용은 운전 변수, 누설 및 진동 등 운전 품질 요구 사항 모두가 포함된다.

#### - 기동단계별 정·주기 시험 관리

‘정·주기 시험 관리 절차서’에 따라 수행된다. 관리 주관은 O/H 기간 중에는 OOC의 정·주기 시험 관리자가, 계통 병입 후에는 발전부 안전과장이 종합 관리했다. 관리 방법은 시험으로 인하여 여러 발전소에서 경험한 과도 현상 및 공학적 안전 설비 오동작을 예방하기 위한 작업 전 회의, 중요 시험 중복 지양 등 관리점을 정하여 운영하고 있다.

### 3. 정상 운전중 고장 정지 예방 활동 강화

#### - 계절적·환경적 영향 고려 현장 순찰 점검 강화

고리 2발전소는 정상 운전 기간 동안 매일 설비 점검조를 운영하고 있다. 그 운영 기준은 지침으로 정하여 운영하고 있으며 간부가 멘토가 되고 조원 멘티로 구성, 운영하고 있다.

이 점검조의 현장 점검 포인트는 설비 이상은 물

론이고 계절적·환경적 영향을 고려하여 발전소 운전 환경에 대한 전반적인 점검을 수행하여 발전소 설비의 최적 운전 조건을 확인하고 있다.

- 발전 정지 유발 및 영향 기기 집중 관리

발전 정지 유발 및 영향 기기 관리는 고리 2발전소에서 자체 개발한 ‘발전 정지 유발 기기 관리 시스템’에 따라 관리된다. 발전소 고장 정지를 예방하기 위해서는 관련 기기의 인지가 중요하다. 따라서 고리 2발전소는 약 2150 기기를 기준으로 작성된 시스템을 이용하여 발전 정지 유발 기기를 확인하고 있다.

발전 정지 유발 기기 관리 시스템은 ‘운전 조작, 시험, 작업, 그리고 예방 점검’ 등 안전이 요구되는 모든 관리에 사용하고 있다. 활용 용이성을 높이기 위하여 시스템의 개선 작업이 진행 중에 있다.

- JIT 경험 사례 공유를 통한 작업전 회의 강화

타산지석(他山之石)이라는 말이 있다. 우리가 경험할 일은 우리가 이미 경험했거나 운영 경험이 많은 선진 원전이 경험했음을 간과해서는 안 된다. 이런 맥락에서 운영 경험과 기술 정보의 활용은 우리가 할 일을 예견할 수 있으므로 그 가치가 대단히 크다.

고리 2발전소에서는 ‘운전 조작, 시험, 작업, 그리고 예방 점검’ 시 운전 경험 활용을 의무화하는 작업전 회의를 하고 있다.

고리 2발전소에서 자체 개발한 운전 경험 관리 시스템은 Key-Word 검색 기능을 갖춘 Just In Time 공유 체계로 운영되고 있다. 이 시스템은 향후 발전 정지 유발 관리 시스템과 연계 운영할 계획으로 추진중에 있다.

4. 교육 강화

교육은 수요자가 원하는 눈높이 맞춤형교육과 필수 과정으로 구분 운영하고 있다.

운전원은 발전 재교육 외에 O/H 대비 발전소 기동·정지 교육, 출력 증강 관련 모의제어반 훈련, 신

규 설비 개선이나 설계 변경 관련 교육은 필수 과정으로 교육을 받는다.

정비원은 선진 프로세스 도입에 따른 엔지니어링 17개 과정의 교육과 실무 지식에 필요한 교육을 체계적인 자체 프로그램에 따라 시행하고 있다.

운전원, 정비원 모두 해당 분야 최고의 전문가로 양성하기 위하여 실무 위주의 독도와 전문 지식 등 교육 훈련을 강화하고 있다.

맺음말

지금까지 국내 원자력 운영 현황과 고리 4호기 운영에 대해 전반적으로 살펴보았듯이 우수한 많은 실적을 이루었으나, 원전 사업의 발전을 위하여 해결해야 할 과제 또한 많다. 따라서 현재 노출된 문제, 잠재적 문제, 그리고 원자력산업에 다가올 문제에 대해서도 기술적으로 해결 방안을 내 놓고 풀어가야 한다.

그 일 중에는 ‘설비 수명을 고려한 적기 교체 추진, 외부 작업자의 정비 품질 향상 문제, 고장 정지 예방, 그리고 인적 실수 근절과 종사자 자질 향상’ 등 해결 과제가 많다.

하지만 선진 운영 프로세스 도입 및 접목 과정에서 배운 지식을 활용한다면 발전소 운영 수준 향상은 지속될 수 있고, 아울러 발전소 정상 운전 및 O/H 기간 중에 나타난 운영 개선 사항과 설비의 지속적인 신뢰성 확보를 위한 노력을 경주한다면 지금보다 더 좋은 성과가 있을 것으로 기대한다.

원자력 사업은 국민의 절대적 신뢰 기반에서 이루어진다. 어떠한 경우에도 안전을 최우선으로 여기고 효율성과 경제성을 가미하는 성숙된 원전 문화를 구축할 수 있도록 전 종사자의 노력이 모아져야 된다고 생각한다. 