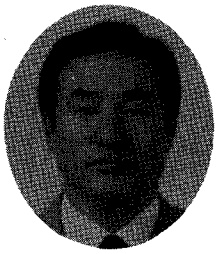
古里 2號機 한週期 無停止·最長 連續運轉 經驗



李 熹 成
〈韓電 古里原子力本部 第1發電所長〉

1. 序 論

1978년 4월 29일 고리 1호기가 상업운전을 시작한 이래 세계에서 21번째로 원전보유국이 된 우리나라는 현재 총 9기의 원전이 가동중에 있으며, 시설용량 761만kWe로서 총 시설용량의 36.2%, 총 발전량의 50% 정도를 원자력발전에 의존하고 있다. 따라서 대용량 발전소에 항시 잠재하고 있는 불시정지 가능성은 요즈음 같이 급격한 전력수요 성장에 따른 저 전력예비율에 위협적인 요인이 될 수 있으며, 때에 따라서는 제한송전과 같은 조치를 취하게 될 수도 있으므로 발전소의 안전 운영이 그 어느 때보다도 절실히 요구되는 실정이다.

이러한 어려운때 고리 2호기는 지난 '90년 3월 24일 핵연료 교체후 제7주기 운전을 시작한 이래 '91년 4월 14일 다음 주기 핵연료 교체 및 정기보수를 위하여 계획정지할 때까지 387일간 연속운전, 한주기 무정지 운전 및 99.37% ('90.4.1~'91.3.31)의 최고의 이용률을 달성하는 쾌거를 이룩하였는데 이는 원전 산업계에서 국내는 물론 외국의 경우에도 매우 드물고 귀한 운전실적으로서 뜻 깊은 의미를 가진다.

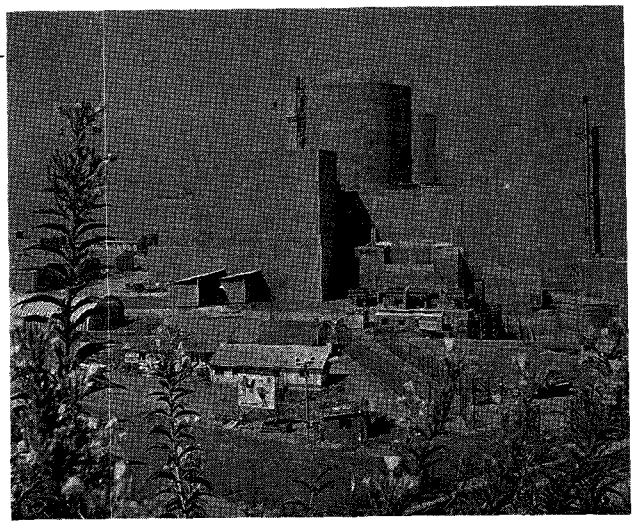
본고에서는 먼저 고리 2호기에 대한 전반적인 현황을 살펴보고 이번에 수립한 신기록들에 대하여 그 세부적인 기록들과 의의를 논하며, 이러한 기록 수립이 있기까지 고리 2호기가 시운전 이후 현재까지 경험해 왔던 각종 운영 배경들을 고찰해 보기로 하겠다.

2. 發電所 現況

고리 2호기는 경남 양산군 장안읍 고리에 위치하고 있으며, '83년 7월 25일에 상업운전을 시작한 650MWe급 가압경수로(PWR, Pressurized Water Reactor)형 원전(표1 참조)으로서 이의 Reference Plant는 유고슬라비아의 Krsko발전소이며, 현재 상업운전을 하고 있는 것으로 16×16의 연료봉배열을 갖는 것은 전세계에서 3기만이 있다.

고리 2호기의 원자로 공급업체는 미국의 W사이며, 터빈·발전기 공급업체는 GEC이다. 고리2호기의 주계약자는 미국의 W사로서 턴키 방식으로 계약이 이루어져 '77년 5월에 발주되었으며, '78년 7월에 착공, '83년 4월 9일에 초기입계에 도달하였다.

고리 2호기의 노심 열출력은 1,876MWth이며, 16×16 배열을 갖는 121개의 핵연료를 사용하고 있고, W사의 F형 증기발생기가 설치되어 있다. 특히 고리 2호기는 제5주기부터 15개



〈표1〉 고리 2호기 주요사양

구 분		항 목	내 역
현황		위 치	경남 양산군 장안읍 고리
		용 량	650 MWe
		노 형	가압경수로형 (PWR)
		원자로 공급회사	Westinghouse
		터빈발전기공급회사	GEC
		상업운전일	'83. 7. 25
설비주요사항	1차계통	총 열출력	1882MWth
		노심 열출력	1876MWth
		계통 압력	2250 Psia
		노 냉각수 온도	549.9°F
		연료봉집합체 수	121개
		연료봉 배열	16×16
		전장 제어봉 수	33개
		노 냉각수 펌프	2기
		증기발생기	2기
		가 압 기	1기
	2차계통	고압터빈	1기
		저압터빈	2기
		회 전 수	1800 rpm
		발전단 전압	22 KV
		최대 허용회전속도	110%
		응 축 기	2기
		고압/저압급수가열기	2/4기

월 장주기 연료를, 제7주기에 최초로 국산 핵연료를 장전하여 운전을 하여오고 있다.

3. 第7週期 運轉記錄 고찰

고리 2호기는 이번 제7주기 운전기간동안 여러 훌륭한 기록들을 수립하였는데 그중에서 큰 비중을 차지하는 것들을 살펴보면 다음과 같다.

첫째, 고리 2호기는 15개월 연료주기로 한 주기 무정지 운전기록을 수립하였다.

이는 국내 원전의 대부분 노형인 가압경수로가 핵연료 교체후 다음번 핵연료 교체때까지 단 한번의 정지도 없이 운전한 것을 의미하는데, 국내에서는 지난 '87년 고리 3호기가 12개월 연료주기로 무정지 운전을 기록한 바 있다.

고리 2호기의 시운전 이래 이번 주기까지 총 정지횟수는 38회로서 주기 평균 정지횟수는 약 5.4회에 달하고 있다.(표2 참조). 이렇게 정지횟수가 많은 것은 제3주기 운전시 무려 17회의 정지에 기인된 것인데 당시 원자로 출력 영역 중성자속 고 감소율 신호로 원자로 정지가 발생하여 11차에 걸친 불시정지를 경험하였다. 제어계통의 정밀점검을 통하여 그 정지 원인을 해결하고 발전소를 다시 기동시키는데 성공하였지만 이때의 경험은 실로 뼈저린 것이었으며 두고두고 좋은 교훈이 되고 있다.

특히, 운전주기가 거듭될수록 정지횟수가 점점 줄어들고 있음을 알 수 있는데 제7주기 들어 지난 주기 동안 축적해 온 각종 운전, 보수 경험을 바탕으로 원전 운영기술을 축적하여 전 주기동안 단 한차례의 발전 정지도 없는 운전기록 수립이라는 쾌거를 달성하게 된 것이다.

발전소 정지를 유발하는 원인은 인적과실 부터 시작하여 제작 불량, 설비 오동작, 보수 불량, 설비의 자연 열화 등과 같이 매우 다양하며 제4주기에 경험한 것과 같이 자연현상도 경우에 따라서는 발전소 정지의 큰 원인이 되고 있는 것이다. 따라서 한주기 동안 단 한차례의 정지도 없이 운전을 계속한다는 것은 매우 어려

〈표2〉 고리 2호기 주기별 정지 현황

주기	정지회수	원인별분류								
		진동	과실	제작불량	원인불명	보수불량	오동작	사고파급	자연열화	자연현상
1	7		2	3	1	1				
2	4	2				1	1			
3	17		1	1	1	1	1	11	1	
4	4		1					1		2
5	2		1				1			
6	4			1		2	1			
7	0									

〈표3〉 국외 원전 연속운전 기록

국 명	발전소명	원자로형	용량(MWe)	연속운전일수	비 고
미 국	FORT CALHOUN	PWR	502	477	장주기 핵연료
일본	KENKAI 2	PWR	559	415	〃
	IKATA 2	PWR	566	418	〃
	MIHAMA 3	PWR	826	404	〃
	OHI 2	PWR	1,275	427	〃
캐나다	BRUCE-5	PHWR	885	475	On-line Refueling

운 일이며 이번 2호기처럼 발전소에 어떠한 손상도 초래함이 없이 안전하게 발전을 계속한다는 것은 더더구나 힘든 일이라 하겠다.

둘째, 고리 2호기는 국내 원전의 최장 연속운전기록을 갱신하였다.

지금까지 최장 연속운전기록은 역시 고리 2호기가 '87. 10. 15~'88. 10. 30의 제5주기 운전 동안 기록하였던 327일인데 이번에 이를 무려 60일이나 초과하여 갱신하게 된 것이다. 이러한 실적은 한번 수립하는 것도 어려운 것인데 한 발전소가 두번씩이나 새로운 기록을 수립한다는 것은 실로 놀라운 일이라 하겠으며, 이것은 전술한 한주기 무정지 운전에 못지않은 뛰어난 기록이라 하겠다.

특히, 이번 수립은 6/7주기 정기보수를 위한 계획정지를 고려하지 않는다면 510일간 단 한차례의 정지도 없이 연속으로 운전을 한 것이다. 외국 원전의 연속운전기록을 살펴보면 장주기 핵연료 사용으로 400일 이상 연속운전 기록을 세우고 있는 것을 알 수 있다(표3 참조).

셋째, 고리 2호기는 지난 '90년 4월 1일부터 '91년 3월 31일까지 1년간 발전소 설비 이용률 99.37%를 달성하였다.

이는 국내 유일의 중수로형인 월성 1호기가 지난 '85년부터 '86년 같은 기간 동안에 이용률 98.4%로 세계 1위를 기록한 실적을 1%정도 상회하는 국내 최고의 것이며, 또한 작년도 전 세계 운전중인 430여 원전의 이용률 순위와 비교해 볼때 금년도 순위는 아직 집계가 되지 않았으나 최상위권에 들 수 있을 것으로 예상할 수 있다.

고리 2호기는 제1주기 부터 제7주기까지 운전 동안 평균 설비 이용률이 91.16%에 달하고 있는

데 제6주기 운전동안 94.4%의 이용률로서 NEI (Nuclear Engineering International) 통계 세계 각국의 700MWe급 가압경수로에서 '89년 연간 이용률이 세계 1위에 달한 바 있다(표4 참조).

국내 타 원전과 고리 2호기의 '90년도 이용률 값과 운전주기 동안 평균 설비 이용률들을 살펴보면 고리 2호기의 주기 평균 이용률은 80%로서 국내 원전 평균 이용률인 74.1%를 6%정도 초과하고 있음을 알 수 있다(표5 참조).

특히, 원자력발전이 시작된지 금년으로 13년여로서 원전 선진국과 비교해 볼때 그 역사가 그다지 길지 않은 우리나라의 작년도 원전 9기의 평균 이용률은 79.3%로서 세계 평균치보다 15%이상 상회하여 우리의 원전 운영능력을 과시한 바 있는데, 이번 고리 2호기의 운전기록은 원전 운영기술 자립에 또 하나의 이정표를 세운 것이라 하겠다.

1986년 부터 1990년까지 NEI가 집계하여 발표한 세계 각국의 설비 이용률들중 세계 3위안에 드는 발전소들의 이용률은 대략 95%~100%의 범위를 나타내고 있는데 이러한 값들과 고리 2호기가 이번 주기 동안 기록한 값들을 상호 비교하여 보면 고리 2호기의 실적이 얼마나 뛰어난 것인가 하는가를 알 수 있다(표6 참조).

4. 수립배경

상기에서 밝힌 바와 같이 고리 2호기가 이번 제7주기 운전동안 수립한 각종 기록들은 매우 중요한 의미를 지닌다 하겠는데 이러한 성과를 얻기위해 어떠한 과정들이 진행되어 왔는지 그 배경들에 대하여 한번 상세히 언급해 보기로 하겠다.

〈표4〉 고리 2호기 주기별 이용률 실적

*(단위 : %)

주 기	1	2	3	4	5	6	7
운 전 기 간	'83. 7.25 '84. 5.25	'84. 7.18 '85. 6.12	'85. 8.8 '86. 8.22	'86. 10.7 '87. 8.18	'87.10.15 '88. 10.30	'89. 1.2. '90. 1.26	'90. 3.24 '91. 4.14
이용률*	80.63	97.12	75.32	95.35	98.72	93.31	97.66

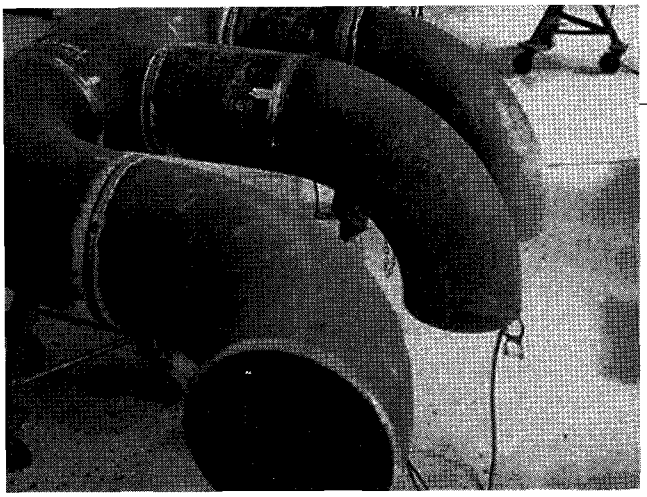
〈표5〉 국내 원자력발전소 평균 설비 이용률

(단위 : %)

호기 년도	고 리 1 호기	고 리 2 호기	고 리 3 호기	고 리 4 호기	월 성 1 호기	영 광 1 호기	영 광 2 호기	울 진 1 호기	울 진 2 호기	평 균
1990	72.1	81.0	85.9	78.1	85.9	86.5	74.9	78.5	70.3	79.3
평균	64.3	80.0	79.9	79.5	81.5	81.7	80.3	61.5	58.05	74.1

〈표6〉 최근 3년간 NEI 집계 세계 상위 3위 원전의 이용률 실적

		1 위	2 위	3 위
'87. 4. 1	발 전 소 명	GENKAI 2	PICKERING 7	BRUCE 6
'88. 3. 31.	이 용 률 (%)	99.8	97.7	95.5
'88. 4. 1	발 전 소 명	TSURUGA 2	PICKERING 5	PICKERING 6
'89. 3. 31.	이 용 률 (%)	100.0	98.5	98.1
'89. 4. 1	발 전 소 명	MIHAMA 2	WOLSUNG	MAINE YANKEE
'90. 3. 31	이 용 률 (%)	99.9	99.1	97.1



가. 설비의 최적 운영

고리 2호기는 '79년 9월 부터 건설을 시작하여 총 공사비 5,916억원이 소요되었으며 '83년 7월 상업운전을 함으로서 시운전 업무가 마무리 되었다. 약 4년여에 걸친 교육훈련, 시운전 업무는 '79년 7월 운전원의 해외훈련 시작을 기점으로 하여 '80년 3월에 정원 27명으로 구성된 시운전과가 현장에 발족되어 해외훈련에서 돌아온 시운전 요원들이 2호기 설비의 계통연구에 들어가는 한편, 요원의 국내훈련에 의한 인력확보를 위해 '79년 8월에 신입사원 27명을 잠정 확보하였다. 그러고도 부족한 교육, 훈련 및 경험 보강을 위하여 자체교육, 위탁교육, 고리 1호기에 실무훈련 및 계약자의 국내교육을 빈틈없이 수행하였다.

또한 최초로 표준기술지침서를 시운전중에 적용하여 발전소 안전운전에 만전을 기하였는데 발전소 운전형태(Operation Mode)에 따라 운전제한조건이 달라지므로 이런 운전조건을 모두 만족시킨 후 운전형태를 상향 변경하였고, 방사성물질 관리는 미국 연방기준인 10 CFR 50 APP. I에 근거하여 관리하도록 하였으며, 아울러 2호기 FSAR을 자체에서 검토하여 수행하였다.

시운전 및 발전소 정상 운전중에 필요한 절차서중 시운전 시험절차서와 정기점검절차서만을 일괄 계약에 의하여 작성하게 하고 나머지 발전소 운영에 필요한 절차서들은 시운전 요원들이 직접 작성하였는데, 이 절차서를 시운전 시험기간중에 사용함으로써 절차서의 사용 가능성을 확인하였기에 시운전 완료후에 정기점검절차서가 잘못되어 발전소가 정지되는 사례를 배제할 수 있었다.

한편 2호기 시운전 시험은 '82년 3월 26일 최초 상온 기능시험을 계기로 '83년 4월 9일에 초임계 도달후 100% 출력에서 100시간 성능인수시험을 끝으로 총 시운전 기간은 484일로 시험을 끝마쳤다. 일차 냉각수계통 수압시험부터 고리 1호기가 670일 간이 소요된데 비하여 고리 2호기의 경우 409일만에 완료함으로서 260여일의 공기 단축을 실현했으며, 이는 1호기 시운전 경험을 토대로 한 기술 축적의 결과라고 생각한다.

그리고 상업운전 이후에도 시운전 요원들이 직접 운전에 참여하여 문제점이 발생되었을 때 효과적으로 대응할 수 있는 능력을 제고하여 왔는데, 상업운전후 8년이 지난 지금까지도 핵심 간부 요원들은 대부분 시운전 요원들로서 2호기 설비에 대한 충분한 경험과 능력을 보유하고 있다.

〈표7〉 계약 훈련 내역

과 정	훈 련 내 역
해외계약훈련 W 운전원과정 Ⅱ 및 Ⅲ단계 등 6개 과정 총인원:29명 기간:9주~ 41주	-미국 WNSD, NTC, ISD, NICD & LARD 운전원 및 기술요원으로 하여금 가압경수로형 계통교육 및 모의제어반 훈련을 통하여 차후 실시되는 Ⅳ, Ⅴ및Ⅵ단계 훈련과정을 이수후 원자로조종 자격자를 양성 -영국 GEC 터빈 발전기 및 그 부속설비의 설계, 구조 및 운전에 관한 교육
국내계약훈련 W운전과정Ⅳ, Ⅴ 및 Ⅵ단계 연인원 : 104명 기간 : 3주~ 52주	-미국 W주관하에 고리연수원에서 교육 발전소 1차측 강의 교육 및 취급계통의 조작, 설계 기준, 설계 내용 및 운전조작에 대하여 ZION #1과의 차이점을 비교하며 강의 교육 운전원으로서의 자질을 갖추도록 현장 교육 미국 NRC가 주관하여 실시하고 있는 SRO 및 RO면허시험 수준에 맞추어 운전원 교육 전과정의 최종 점검 및 평가

〈표8〉 사내 훈련 내역

과 정	훈 련 내 역
고리원자력연수원 신입원자력 요원 및 운전요원 과정 등 4개과정 연인원 : 375명 기간 : 3주~29주	원자력 기초이론 및 기본 계통 교육 모의제어반 계통 및 운전 교육 발전 실무 면허 양성반 및 소지자 재교육
시운전반 자체교육 발전소 일반교육, 2호기 계통 검토, 1호기 운전 실무 훈련, 해외교육 이수자 전달 교육 등 12개 과정 연인원 : 364명 기간 : 8주~64주	1호기의 발전 교대 근무자와 함께 운전업무를 실제 수행하여 경험을 습득케 하고, 1호기 정기계획 보수공사에 참여

나. 설비의 안전성 향상

○ 고리 1호기 대비 설계 및 건설시에 개선된 주요 사항

고리 1호기와 대비해 볼때 고리 2호기가 개선한 내용들중 주요 사항들은 1차계통에 70개, 2차계통에 29개, 기타 계통에 12개 항목으로서 총111개 항목에 대해 개선을 한 것이다(표 9-1,2,3 참조).

○ 발전정지 관련 취약분야 발굴 및 설비 개선 사항

발전소 안전성과 이용률 향상을 위해 개선한 내용은 총 138개 항목이며 이중 발전정지와 직접 관련되어 개선된 항목은 49개이다 (표 10-1,2 참조).

○ 6년차 보수공사의 완벽한 시행

제7주기 안전 운전을 위해 안전하고 신속하게 핵연료의 인출, 검사 및 장전을 수행하였고 또한 운전중에 발생된 제고장과 결함수리는 물론 설비 미비점 및 취약부분을 보완 개선하여 계통, 기기에 대한 전반적인 검사와 시험을 완벽하고 철저하게 수행하여 가동 신뢰성과 안전성을 사전에 충분히 확보하였는데 그 대표적인 사례는 다음과 같다.

-원자로 냉각재계통과 관련 배관에 대한 부품 점검 및 완벽한 교체를 하여 방사성물질의 누설을 사전에 방지

〈표9-1〉 1차 계통

주요 항목	1호기 현황	개선 내용	개선 효과
SG			
· TYPE	W51Series, Model D	Model F	
· 튜브지지판 및 재질설계	Carbon Steel Circular	Stainless Steel Quadrefoil	세관DENTING방지 〃
· MAINTENANCE HAND HOLE	2	4	보수작업 용이
· FEED WATER RING	J-NOZZLE추가부착	J-NOZZLE 설계	수격작용제거
· WET LAY-UP 연결설비	없음	있음	보수작업용이
원자로 내부 구조물 설계	14×14 CORE DOWN FLOW BAFFLE PLATE 양측의 압력차 26 PSIG	16×16 CORE UP FLOW 2 PSIG 미만	핵연료 손상 방지 〃
CORE BAFFLE	상부만 BOLTLNG	전체 BOLTING	
총 70개 항목에 걸쳐 설비를 개선			

〈표9-2〉 2차 계통

주요항목	1호기 현황	개선 내용	개선 효과
복수기 세관재질	AL-BRASS	Titanium	· 해수에 대한 내식성 및 내마모성 강화로 관누설 가능성 감소 · 해수의 급수계통 유입 방지 및 구리 합금의 급수 중 용해에 의한 SG 덴팅 방지
총 29개 항목에 걸쳐 설비를 개선			

〈표9-3〉 기타 계통

주요항목	1호기 현황	개선 내용	개선 효과
CODE 및 STANDARD	'68.10 기준	'75.2.3 기준	설비의 안전도 제고
총 12개 항목에 걸쳐 설비를 개선			

-취수구계통 취약설비인 BAND SCREEN을 개선
-해수 순환수펌프 침식문제 개선
-수증기 차단밸브 완전분해 보수
-2차계통의 모든 밸브에 대한 예방보수 프로그램을 작성하여 1차년도 시행
-주요 계층설비 완전 점검 및 철저한 예방보수 시행 등

〈표10-1〉 연도별 발전정지관련 취약설비 개선 내역

개선분야	주 요 개 선 내 용	개 선 효 과
기계 분야	1. 복수기 증기 추출용 증기배관 연결('84.7) 2. 주급수 유량 조절 밸브 개조('85.8) 3. 원자로 냉각재 제어계통 충전수 제어밸브 구동용 공기축압탱크 신설('86.8) 4. 증기발생기 2차측 급수링 개선교체('87.4) 5. 원자로 안전설비 개선('88.11) 6. 압축공기계통 증설('89.10) 7. 건식소화설비 가압기용 예비장치신설('90.1) 등 총 44개 항목에 대하여 설비를 개선	기동시간 단축 신뢰도 향상 과도상태 복구용이 SG 세관 보호 안전성 증대 안전운전 기여 신뢰성 확보
전기 분야	1. 2차측 계기 전원 이설('84.5) 2. 주 복수기 전기방식 설비 개선('85.7) 3. SFP 냉각 펌프 운전/정지 상태 표시등을 주제어실에 신설('86.12) 4. 터빈 JOP 및 ETG전원 개선('87.4) 5. 주 발전기 상태 감시기 설치('89.12) 6. 주 변압기 절연유 방열기 재질 개선('89.11) 7. BFP와 MFP 전동기 AIR FILTER 설치('90.11) 등 45개 항목에 대하여 설비를 개선	안전성 향상 이용률 증대 안전운전성 증대 안전운전 향상 사고확대 방지 이용률 증대 안전운전 기여
계기 분야	1. 소내전산기 입력 신호 추가('84.11) 2. 저압터빈 추기온도상승 및 발전기 수소개스 온도상승 정지회로 개선('85.9) 3. 습분분리기 배수탱크 수위지시기를 주 제어실에 설치('86.8) 4. RCS 수위전송기 주제어실 설치('87) 5. MFP, BFP의 윤활유 저압력 및 축 밀봉수 공급 저압력 경보 신설('88.11) 6. MFP와 BFP 경보회로 개선('90.2) 등 49개 항목에 대하여 설비를 개선	정지원인분석 용이, 불필요한 터빈정지 방지 안전성 향상 안전운전 증대 이용률 향상 안전운전 기여
기 타	1. 통신분야에서 핵연료 재장전 통신설비 및 기상관측 설비 개선('90.8) 등 4개 항목에 대하여 설비를 개선	설비 이용률 및 편의성 제고

〈표10-2〉 연도별 발전정지관련설비 개선 현황

	'83	'84	'85	'86	'87	'88	'89	'90	계	비 고
기 계			4	2	1	2		2	11	
전 기	1	2	2			1	1	3	10	
계 기			5	1	15	6		1	28	
계	1	2	11	3	16	9	1	6	49	

다. 운전측면

○ 비상운전조치

제7주기 운전중 수차례의 원자로 정지 위험이 있었는데 운전원의 안전하고 신속한 조치로 인하여 불시정지를 사전에 예방하였는데 이에 대한 개략적인 내용은 다음 같다.

-'90년 7월 11일 하절기 중부하시 격납용기내 RTD 격리밸브중 한곳의 그랜드에서 원자로 냉각재 누설증가시 신속한 BACK SEAT작업으로 누설을 차단하여 방사성물질의 누출을 차단 하였음.

-'90년 8월 12일 하절기 중부하시 주변압기 제어전원이 모두 상실되어 냉각기가 정지되었으나 운전원의 신속한 판단과 조치로 판넬 12개를 개방하여 수동으로 조작함으로써 주변압기의 권선온도를 제어하였음.

-'90년 8월 22일 하절기 중부하시 발전기 수소병 교체주기가 24~25시간에서 2시간 20분으로 감소되어 상당한 양의 수소 누설이 발생하였는데, 발전기 수소개스 보호밸브가 개방된 상태로 고착된 것을 발견하여 정상조치함.

-'90년 11월 9일 480V 소내 배전변압기의 소손으로 자동 전열기 계열 'A'가 모두 정지되어 가압기 압력제어가 상실된 상태에서 가압기의 보조 전열기를 조작하여 신속하게 압력을 제어하면서 후속조치를 취하여 정상복구 시킴.

○ 핵연료의 건전성 확보

지난 7주기 부터 국내 최초로 국산핵연료를 사용함에 따라 신연료 인수취급시부터 특별한 관심과 조심으로 핵연료를 취급하여 한주기간 원자로내에서 거동의 안전성을 확보하였다. 그리고 운전중 노심관리변수를 철저히 감시하여 냉각재의 방사능 준위가 국내 원전중 가장 낮은 준위($1\times10^{-5}\mu Ci/cc$ 정도의 I^{131})를 유지하면서 핵연료의 건전성을 완벽하게 유지하였다.

○ 수질관리 철저 및 개선

1차계통 냉각재내에 용해되어 있는 붕산은 냉각재계통 및 핵연료 피복관의 부식을 증가시킬 수 있으므로 계통의 건전성 측면에서는 부정적이며, 이때 발생하는 부식생성물은 원자로 내에서 방사화되어 불필요한 방사성 핵종으로 전환되어 냉각재계통으로 확산되므로 작업자의 피폭 뿐만 아니라 발전소 운영상에 많은 어려움을 가져오게 된다. 이에 냉각재계통의 구성 재질과 핵연료 피복재의 건전성 확보를 취하면서 전 계통의 방사능 준위를 최소화시키고 증기발생기의 건전성을 확보하기 위해 고 pH 및 고 HYDRAZINE 운전과 복수탈염설비의 효율적인 운전으로 계통 수질을 최상으로 유지하였다.

○ 정기시험주기에 따른 정지요인 제거

국내 전체 발전소에 대한 최근 4년간 평균 원전정지 횟수는 1기당 2.4회 정도인데 내용별 분류중에서 인적 요인에 의한 정지가 전체 불시정지횟수인 70건 중에서 15건이나 차지하고 있는 것을 알 수 있다(표11-1,2,3 참조). 불시정지 중에서 원자력발전소 정기점검시 발생한

〈표11-1〉 연도별 원전 불시정지 현황

연 도	1987	1988	1989	1990
운 전 원 전 수	7 기	8 기	9 기	9 기
정 지 회 수	26	13	16	18
1 기 당 평 균	3.7	1.6	1.4	2.0

〈표11-2〉 운전중 불시정지 내역

연 도	1987	1988	1989	1990
기 기 고 장	11	6	10	12
인 적 요 인	5	3	3	4
자연재해 및 기타	10	4	0	2

〈표11-3〉 정기점검시 불시정지 현황

연 도	1987	1988	1989	1990
정 지 회 수	1	1	1	5

정지횟수가 8건에 달하는데, '90년도에는 무려 5건이나 발생해 '90년도 불시정지횟수인 18회의 27% 정도를 점유하고 있다.

최근 4년간 고리 2호기에서 발생한 정기점검에 의한 발전정지는 단 1건도 없는데 그 원인은 고리 1호기를 제외한 타 발전소에서 실시하는 터빈과속보호계통 밸브작동시험 등 7일 주기 정기점검 항목이 없기 때문이다. 앞으로도 불필요하게 자주 행하는 주기점검들을 세밀히 분석하여 그 타당성이 인정될 때는 점검주기를 늦추어 잦은 정기점검에 따른 불시정지를 사전에 예방하는 노력이 있어야 할 것이다.

라. 관리측면

○ 관리자 입회확인제도 시행

발전소에서 행하여 지고 있는 모든 작업과 시험중에서 특히 발전소 안전에 영향을 미치는 작업 행위와 규제를 요하는 대외업무 관련작업 중 160여항목을 선정하여 상위 감독자 및 관리자의 입회점검을 강화하고, 관리자의 현장 순시활동을 활성화함으로써 소내외의 안전저해요인을 제거, 시정하기 위하여 '89년 6월에 관리자 입회확인제도를 제정하여 시행하고 있다.

○ 보수요원의 책임보수 유도

매일 오전 8시30분에 주제어실에서 발전과장과 보수부서간에 작업의뢰서 관련 회의를 개최하여 문제점 파악 및 예방보수에 최선을 기하여 왔고, 특히 보수중에 습득한 경험이나 신기술을 적기에 반영하여 신속 정확한 보수를 하기 위해 한보(주)로 보수절차서를 이관하여 완벽한 책임보수를 할 수 있도록 하였다.

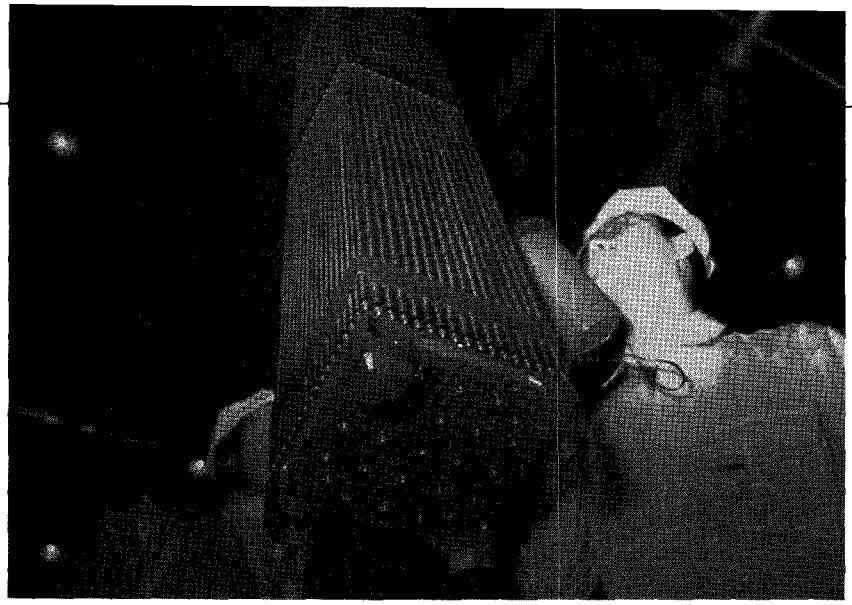
○ TR(작업의뢰서) 발행 및 처리 사항

고리 2호기가 '90년 1년동안 발행한 각종 작업의뢰서는 총 4,901건인데 계측제어 1,895건으로서 전체의 38.7%로 가장 많으며, 그 다음이 터빈, 전기 순이다. 작업의뢰서 처리 내역을 살펴보면 전체 처리 건수는 6,857건인데 처리기간중 1주내 처리한 것이 4,505건으로서 전체의 65.7%를 차지하고 있으며, 작업의뢰서 처리에 1개월 이상 소요되는 것도 1,166건으로 전체의 17%정도를 차지하고 있는 것을 알 수 있다(표12-1, 2참조).

○ 기술정보자료의 적극 활용

〈표12-1〉 작업 의뢰서 처리 내역

구 분	처리기간					계
	1 주내	8~14일	15~21일	22~30일	1 개월이상	
원자로	924	139	138	150	277	1,628
터 빈	1,278	114	76	76	730	2,283
전 기	804	88	13	5	22	932
계측제어	1,445	257	76	48	137	1,963
전 산	45	6				51
계	4,505	604	303	279	1,166	6,857
점유비 (%)	65.7	8.8	4.4	4.1	17.0	100



〈표12-2〉 작업 의뢰서 발행 내역

구 분	원 자 로	터 빈	전 기	계측제어	전 산	계
누 설	229	620	31	89	5	969
파 손	41	98	82	155		381
변 형	7	27	25	164		223
부 식	8	40	1	27		76
진 동	7	10	15	23		55
이 음	14	31	21	18		84
단 선	10	4	36	29		79
동 결	2	5	0	4		11
지시불량	37	82	152	118	46	435
오 염	18	11	0	17		46
기 타	305	417	569	1,251		2,542
계	678	1,345	932	1,895	51	4,901
점유비(%)	13.8	27.4	19.0	38.7	1.0	100

국내 원전은 물론 해외 원전의 각종 기술정보를 심도있게 검토하여 절차서 개정 등 현장 업무에 적극 반영하고 반복 교육을 통하여 유사 사례가 발생되지 않도록 사후 관리를 철저히 하였을 뿐만 아니라 보다 완전한 보수를 위하여 한보(주)에 각종 관련자료를 제공하였다.

5. 結 言

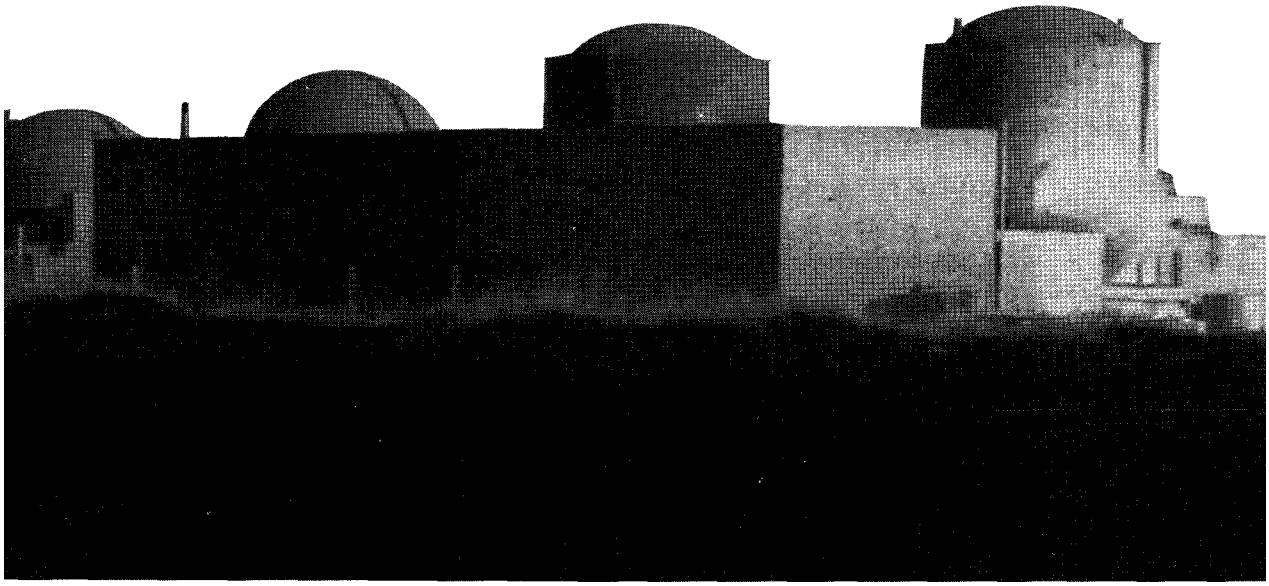
원자력발전의 운영 목표는 안전성과 신뢰성 확보, 경제성의 극대화에 있으며 원전의 운영 기술 수준은 이용률, 가동률 등으로 대변되는 운전실적으로 평가되는데 이번 고리 2호기가 수립한 한주기 무정지 운전 및 최장 연속운전 달성과 최고의 이용률 수립은 지난 7년 동안 평균 이용률 91.16%로 볼때 결코 우연의 결과가 아님을 알 수 있으며, 이는 종사자들의 피땀 어린 노력의 결과로서 원전 선진국과 비교하여도 전혀 손색이 없는 기록들로서 국내 원전 발전사에 또 하나의 이정표를 세운 것이라고 할

수 있다.

이들 기록수립에는 많은 의미가 있으나 주요 의의들을 살펴보면 먼저 국내 원자력업계의 당면과제로 되고 있는 기술자립에 한발 더 접근했다고 할 수 있겠으며, 국내 최초로 국산 경수로 핵연료를 장전한 발전소에서 이룩한 쾌거로서 국산핵연료의 신뢰도를 입증하였다. 또한 15개월 장주기운전에서 좋은 결과를 얻음으로서 3 LOOP 형태의 발전소가 18개월 핵연료주기로 갈 수 있는 기술적 토대를 마련하게 되었다.

다음은 철저한 운전자료 및 경험관리로서 그동안 그것을 토대로 하여 수행한 각종 설비개선의 효과가 나타나고 있다는 점이다. 2호기 건설시 1호기 운전으로 드러난 문제점들을 철저하게 분석하여 매년차 보수시 이를 반영하여 설비개선을 꾸준히 추진하였던바 오늘의 결과를 가져올 수 있었던 것으로 생각된다.

또한 완벽한 보수와 운전으로 대변되는 인적요소의 향상을 들지않을 수가 없다. 7주기 운전중에는 원자로를 불시정지에 이르게하는 보수결함을 포함한 인적실수가 단 한번도 없었다. 아무리 잘 설계되고 보수된 발전소라 하더라도 매주기마다 원자로를 불시에 정지되게 하는 고장이 발생하는 가능성은 항상 존재하기 마련인데, 사실 2호기도 7주기 운전중 4번의 불시정지 위험에 부딪혔으나 잘 훈련되고 노련한 운전원들이 적기에 안전하고 신속한 조치를 취함으로서 이 위험을 사건에 예방할 수 있었던 것이다.

끝으로 언급하고 싶은 것은 일부에서 제기되고 있는 기록 수립을 위해 무리하게 발전소를 운전하지않았나 하는 우려의 목소리인데 이는 전혀 걱정할 문제가 못 된다고 하겠다. 고리 2호기는 철저한 안전성 분석을 통하여 자체 안전성을 확보하여 왔으며 외국에서도 그 안전성이 입증된 장주기 노심으로 설계되었고, 또한 잦은 과도운전 상태없이 안정하게 정격출력으로 운전을 하였다. 이러한 운전방법은 노심구성품의 재료적 측면에서 볼때 계통의 건전성에는 더 유리하게 되는데 이러한 사실로 미루어 볼때 안전성에는 문제가 없는 것으로 확신할 수 있다.

이제 국내 원자력업계는 고리 2호기의 성공적인 성취를 거울삼아 설계기술의 자립, 안전성 확보, 운전기술의 고도화 및 PA 등을 위하여 가일층 노력하여야 할 것이다.