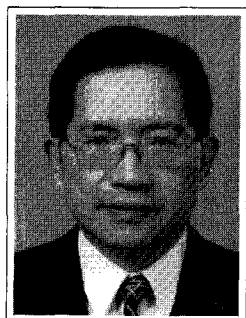


# 영광 1호기의 운영 현황과 과제

한 태 수

한전 영광원자력본부 제1발전소 소장



**영**광 1호기는 미국「Nucleonics Week」2월 12일자가 97년 세계 가동중 원전 427기의 운전 실적을 종합 집계한 조사에서 연간 이용률 103.18%로 이용률 세계 1위를 기록하였다.

지난 94년에 이어 영광 1호기가 97년에도 이용률 세계 1위를 기록함으로써, 국내 원전의 이용률 세계 1위 달성은 영광 1호기 2회, 고리 4호기·월성 1호기가 각각 3회로 통산 8회의 기록을 갖게 되었다.

그 동안 우리 원전은 안전성 향상

과 안정적 전력 공급 능력 확보를 위한 노력을 지속적으로 추진한 결과, 97년 원전의 평균 이용률은 국내 원전 사상 최고 기록인 87.6%를 달성하여 세계 최고의 수준을 유지하였다.

지난해 한국전력공사의 원전 사업은 월성 2호기의 준공으로 원전 설비 1,000만kW 시대에 진입하였고, 금년에 올린 3호기와 월성 3호기가 준공되면 14기 1,200만kW의 설비를 보유, 우리 나라는 세계 9위의 원자력 발전국으로 부상하게 된다.

그러나 최근 전력 사업은 투자 재원의 부족 현상이 극심하여 경영 환경이 악화되었고, 지구 환경 보전을 위한 국제적인 규제 움직임이 현실로 다가오고 있다.

이에 대한 대비와 함께 전세계가 국경 없는 하나의 지구촌 사회로 변화되면서, 우리 원자력 산업도 세계화의 거센 물결을 헤쳐나갈 수 있고 세계 속에서의 경쟁력 확보를 위한 다각적인 노력을 강구해야 하는 무거

운 과제를 안고 있다.

최근 미국 대서양협회의 「원자력의 장래」에 대한 아시아 세미나 정책 보고서에 의하면, 97년 하반기의 경제 위기에도 불구하고 향후 20~30년간 우리 나라를 비롯한 아시아의 장기적 경제 성장 능력은 세계 어느 지역보다도 빠른 성장이 예상되고 있으며, 이러한 경제 성장으로 인하여 에너지 수요는 지속적으로 증가할 것으로 예상되고 있다.

에너지 자원을 대부분 수입에 의존하고 있는 우리 나라의 어려운 여건을 고려할 때, 우리는 지금 외환 위기의 시대적 상황을 극복하고 위기 극복 후 장기적인 에너지 수급에 대비하기 위하여, 무엇보다 준국산 에너지라고 해도 과언이 아닌 원자력 발전 사업의 지속적인 추진이 매우 중요하다.

그 동안 영광 1호기가 이용률 세계 1위라는 업적을 달성하는 데는, 발전소의 직원들은 물론 회사 전체 구성원들의 고객 만족 지향적인 품질 경

영 추진과 세계 수준의 역량 확보를 위해 맡은 일에 최선을 다하는 주인 의식의 결과라고 생각한다.

**우리 나라의 발전 현황**

60년대 초반까지의 전력 공급원은 주로 수력 및 석탄 화력 발전이었으며 설비 용량이 36만kW에 불과하여 심한 전력 부족 현상을 겪었다.

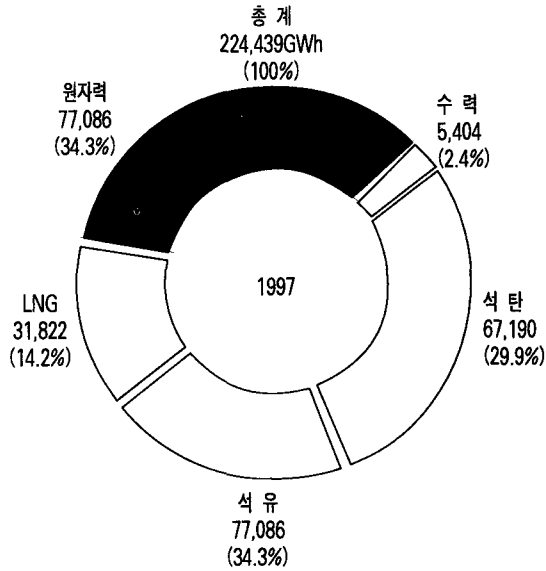
이후 전원 개발에 총력을 쏟은 결과 60년대말 설비 용량은 100만kW를 넘어섰으며, 73년 전세계에 걸친 1차 오일 파동 때까지의 전력 공급은 주로 유류 발전소가 담당하였다.

70년대의 급속한 경제 성장에 대처하기 위하여 기저 부하 담당, 경제적 공급 능력 및 산업계의 기술 수준 향상에 효과가 큰 원자력 발전을 선택하였다.

97년말 현재 원자력 발전 설비 용량은 총발전 설비 용량의 25.1%인 10,316MW이며, 원자력 발전량은 국내 전체 발전량의 34.3%인 7만 7,086GWh를 점유하여 우리 나라 전력 생산의 주도적인 역할을 담당하고 있다(그림 1).

**영광 1·2호기 운영 현황**

영광 1호기 운전 실적은 86년 상업 운전을 시작한 이래 97년말까지 총 발전량이 약 812.8억kWh, 설비 이용률 누계 평균은 86.0%, 지난 3



(그림 1) 발전원별 발전량 구성

(표 1) 운전중인 원자력발전소

발전소		노형	용량(MWe)	상업 운전
고 리	1호기	PWR	587	1978. 4
	2호기	PWR	650	1983. 7
	3호기	PWR	950	1985. 9
	4호기	PWR	950	1986. 4
월 성	1호기	PHWR	679	1983. 4
	2호기	PHWR	700	1997. 6
영 광	1호기	PWR	950	1986. 8
	2호기	PWR	950	1987. 6
	3호기	PWR	1,000	1995. 3
	4호기	PWR	1,000	1996. 1
울 진	1호기	PWR	950	1988. 9
	2호기	PWR	950	1989. 9
계	12기		10,316MWe	

년간(95~97)의 평균 이용률은 88.77%의 실적으로 국내 원자력 총 발전량의 약 12%를 담당하고 있다.

지난 제7주기의 운전 기간 동안

(92. 10. 17~93. 11. 7)에는 연료 재장전 후부터 다음 재장전시까지 395일간 무정지 연속 운전으로 당시 국내 최장기 무정지 안전 운전을 달

성하여 전력 공급 안정에 크게 기여한 바 있다.

이런 성과는 운영 기술의 개선, 종사자의 재교육, 인적 실수 배제 및 설비의 예방 정비 활동 등 다각적인 노력을 통해 항상 설비 상태를 최적으로 유지하지 않으면 어려운 일이다

상업 운전 이후 90년대 초반까지는 계획 예방 정비 후에도 설비 운영 경험 부족 때문에 거의 매년 중간 정비를 실시하였다.

그러나 계획 예방 정비 기술과 품질이 향상되고, 운영 경험의 축적과 정비 및 편의 시설 확충, 불시 정지 및 이용률 저하 요인을 사전에 파악하여 설비 및 운영 관리 체계를 개선함으로써 중간 정비 횟수와 기간이 단축되었고, 그 결과 연속 운전 일수와 이용률이 점차 향상되었다.

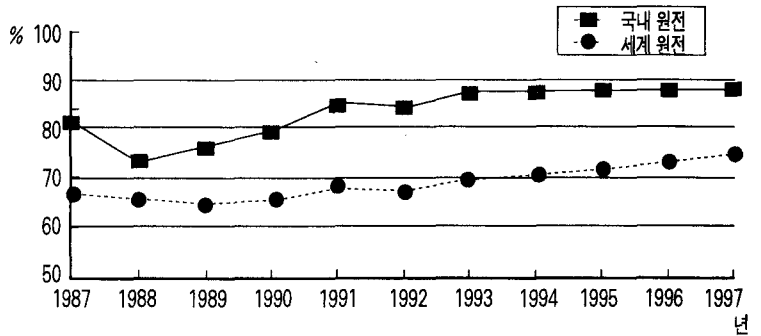
### 원자력 발전과 이용률

원전 이용률은 발전 설비의 효율적인 운영 능력을 나타내는 지표로서 최대 발전 가능량에 대한 실제 생산된 발전량의 백분율을 의미하며, 발전소 운영 기술 수준 및 운영 요원의 노력도를 간접적으로 평가할 수 있는 자료가 된다.

원자력 발전 초기 단계의 이용률은 운영 기술 및 운전 경험의 부족으로 70% 이하의 수준을 보였으나, 85년 이후부터는 원전의 추가 건설·운영에 따른 운영 경험 및 기술 수준 향상

(표 2) 건설중인 원자력발전소

발전소		노형	용량(MWe)	상업 운전
울진	3호기	PWR	1,000	1998. 6
	4호기	PWR	1,000	1999. 6
	5호기	PWR	1,000	2003. 6
	6호기	PWR	1,000	2004. 6
영광	5호기	PWR	1,000	2002. 4
	6호기	PWR	1,000	2002. 12
월성	3호기	PHWR	700	1998. 4
	4호기	PHWR	700	1999. 6
계	8기		7,400MWe	



(그림 2) 원자력발전소 이용률 비교

으로 70% 이상의 실적을 유지하였다.

90년 이후부터는 80% 이상의 높은 이용률을 유지하고 있으며, 97년도 국내 원자력발전소의 이용률은 12기 평균 87.64%를 달성하여 세계 수준을 훨씬 상회하고 있다(그림 2).

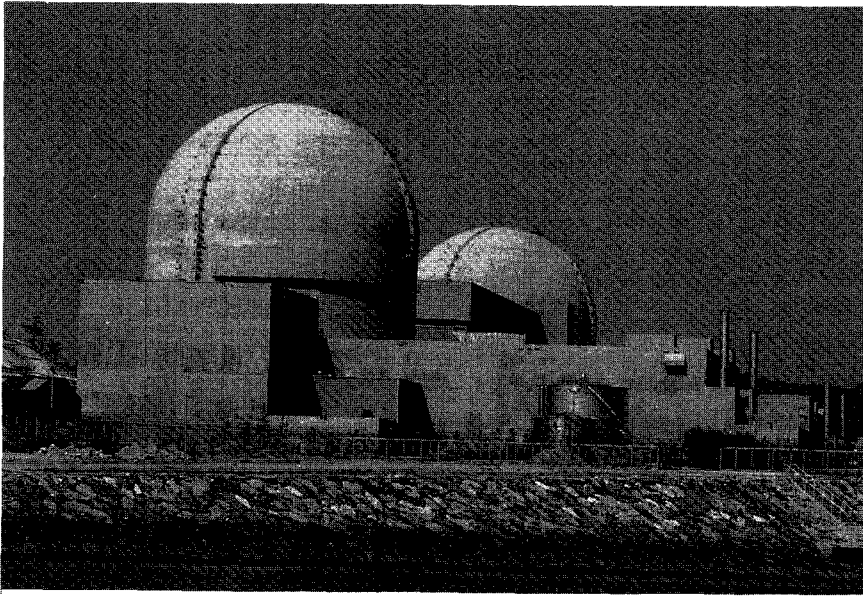
이는 세계 원전 평균 이용률보다 약 15% 이상의 높은 수준이다.

국내 원자력 발전소 이용률 향상을 종합 분석해 보면 ① 연료 주기 조정에 따른 출력 운전 일수의 증가 및 고장 정비를 위한 간이 정지 보수 횟수

등을 감소시킨 요인 ② 기기 결합 및 인적 실수에 따른 불시 정지 등 비계획적 이용률 감소 부문에 대한 원인 분석 및 조치 ③ 운전 및 정비 작업을 담당하는 종사자들의 자질 향상 등 운영 관리 개선의 종합적인 결과라 할 수 있다.

이용률 향상의 실천은 일반적으로 높은 출력을 오래 유지하면서 설비를 고장없이 운전코자 하는 관리자 및 종사자의 노력에서 비롯한다.

영광 1발전소의 경우 이용률 향상을 위한 관리 기준의 목표를 '정비 기



영광 1·2호기. 영광 1호기의 이용률 세계 1위라는 업적은 발전소 직원들은 물론, 회사 전체 구성원들의 고객 만족 지향적인 품질 경영 추진과 세계 수준의 역량 확보를 위해 많은 일에 최선을 다하는 주인의식의 결과이다.

### 1. 정비 기간 단축

이용률과 계획 예방 정비 공기는 <그림 4>와 같이 상호 반비례함을 알 수 있다.

즉 정비 기간을 줄이면 그만큼 가동 시간이 늘어 이용률이 향상된다.

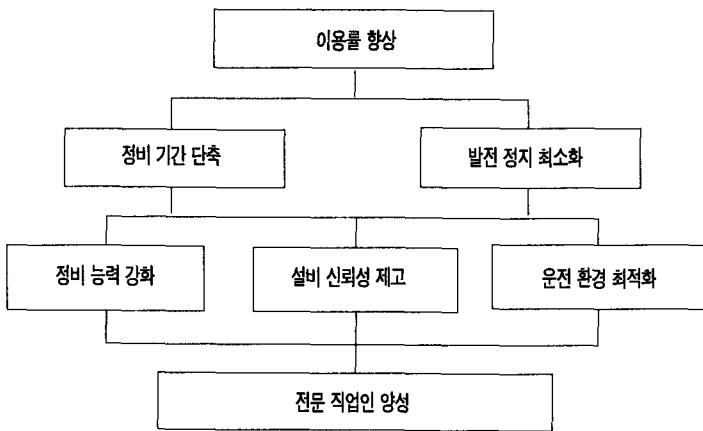
정비 작업은 크게 경상 및 계획 예방 정비로 나누어 정비 체계를 운영하고 있으며, 정비 기간은 정비 물량에 비해 하므로 제한된 기간과 한정된 인원으로 공기 단축과 정비 품질을 확

보하기 위해서는 일상적인 보수는 경상 정비 기간을 활용하는 것이 효과적이다<그림 5>.

계획 예방 정비 기간에는 발전 정지가 아니면 작업할 수 없는 기기에 대하여 집중적인 정비를 하도록 안내하여 가급적 작업 기간을 줄여야 한다.

그러나 계획 예방 정비 기술 정산 시 도출된 문제점이나 국내외 원전의 주요 경험 사례 또 과거의 정비 경험에 구애됨이 없이 현상태를 근거로 설비 신뢰도를 재평가하여 정비 대상에 반영하는 것이 불가피하다.

특히 장기 핵연료 채택으로 계획 예방 정비 물량이 증가함에 따라, 계획 예방 정비 항목으로 설정되었던



<그림 3> 원전 이용률 향상 추진 방안

간 단축'과 '발전 정지 최소화'에 두고 이를 달성하기 위한 세부 실천 과제를 면밀히 검토한 결과, 정비 능력의 강화, 설비 신뢰성 제고 및 운전

환경을 최적화하는 세 가지 중점 과제를 선정, 이를 중장기 운영 계획 및 부서 업무 계획에 반영, 체계적으로 추진하고 있다<그림 3>.

모든 기기에 대해서 운전중 정비 가능성 여부를 재검토할 필요가 있다.

계획 예방 정비 기간중 정비 대상 설비는 장기 계획서의 대상 설비는 물론, ① 발전 정지 관련 기기 ② 제어 회로 계통 및 보호 계전기 ③ 계통 압력 경계 부위 및 밀봉 계통 ④ 작업 의뢰 발생 빈도가 높은 기기 ⑤ 국내의 원전 경험 사례 등을 검토하여 중요 계통 및 기기를 추가로 선정, 이를 체계적으로 반영하고 있다.

영광 1발전소의 경우 94년에 수립한 「가동중 예방 정비 계획서」에 의하면 가동중 정비 대상 기기는 연간 전체 정비 물량의 약 20%에 해당된다.

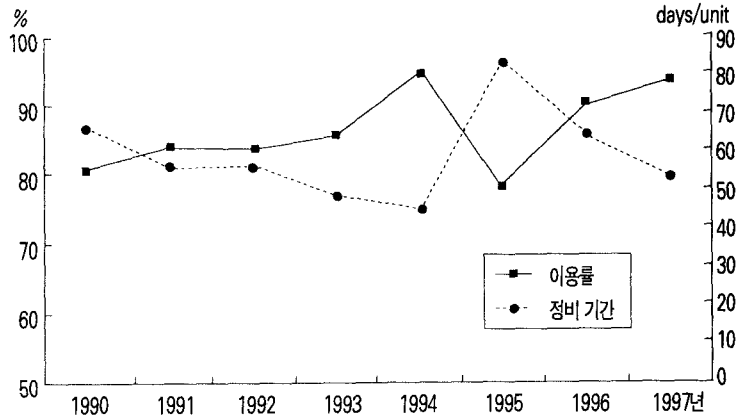
앞으로는 이러한 예방 정비 체계에서 성능 진단 또는 경험을 바탕으로 보다 개선된 예측 정비 체계로 점차 전환시킬 계획으로 있다.

**2. 원전 연료 장전 주기**

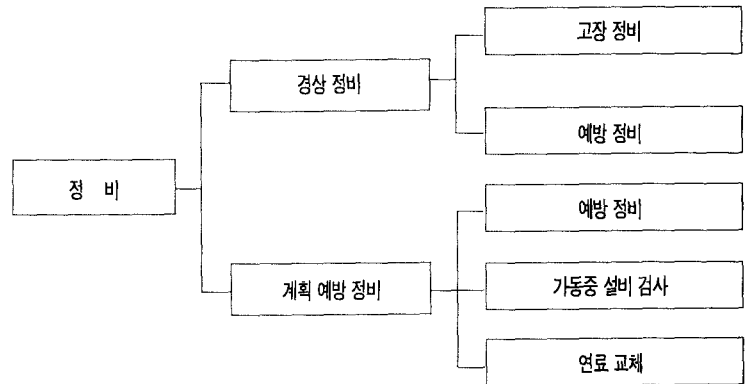
70년대 중반 에너지 위기 이후부터 해외 원자력발전소들은 설비 이용률 향상을 위하여 운전 주기를 연장하는 방향으로 핵연료 이용 계획을 변경하고 있다.

국내 원전도 80년대말부터 고리 원자력 2호기를 시작으로 종래 12개월 주기의 단주기 연료를 15~18개월 장주기로 연장 운전을 실시하여 발전 설비의 이용률 향상을 꾀하고 있다(그림 6).

영광 1·2호기는 94년부터 장주기



〈그림 4〉 발전소 이용률과 계획 예방 정비 기간의 비교



〈그림 5〉 원전의 정비 관리 체계

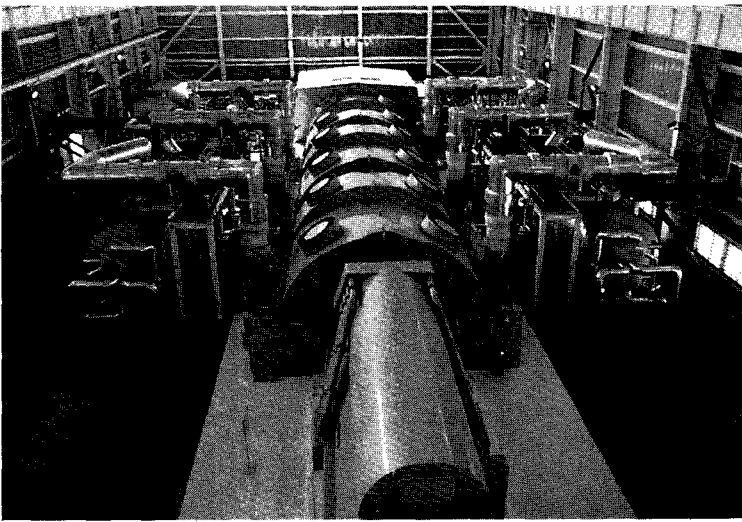
연료를 장전하고 있어 계획 예방 정비의 주기가 18개월로 길어졌고, 공사 기간은 공기 단축 노력의 결과로 점차 감소되고 있으므로 설비 이용률은 더욱 향상될 수 있을 것이다.

**3. 발전 정지 최소화**

국내 원전 도입의 초기에는 원전 운영에 대한 경험 부족 및 운영 기술

부족으로 많은 고장 정지가 발생하였으며, 특히 운전 기수가 4기에서 6기로 증가한 86년에는 신설 발전소의 시운전 점검 등 시험 운전이 많아 정지 건수가 증가하였다.

이후 운영 기술의 축적과 지속적인 고장 정지 감소 노력으로 최근에는 호기당 1건 내외로 크게 감소하였다(그림 7).

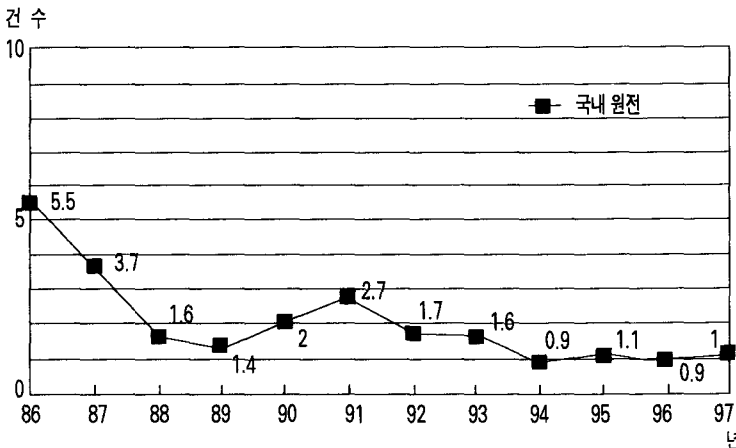


터빈 발전기. 영광 1호기의 운전 실적은 86년 상업 운전을 시작한 이래 97년 말까지 총발전량이 약 812.8억kWh, 설비 이용률 누계 평균은 86.0%, 95년~97년의 평균 이용률은 88.7%의 실적으로 국내 원자력 총발전량의 약 12%를 담당하고 있다.

발전소	77~86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	
고리 1호기	1~9 cycle			10~16 cycle									
고리 2호기	1~4 cycle		5~11 cycle										
고리 3호기			1~7 cycle					8 cycle	9~10 cycle				
고리 4호기			1~6 cycle				7 cycle	8~10 cycle					
영광 1호기			1~6 cycle				7 cycle	8~10 cycle					
영광 2호기			1~6 cycle				7 cycle	8~10 cycle					
울진 1호기				1~5 cycle			6~7 cycle		8 cycle				
울진 2호기				1~5 cycle			6 cycle	7~8 cycle					
영광 3호기								1~2 cycle		3 cycle			
영광 4호기									1~2 cycle				

12 month  
  15 month  
  18 month

〈그림 6〉 가압경수로(PWR)의 연료 주기



〈그림 7〉 국내 원전의 불시 정지 건수

그러나 보다 안정적이고 경제적인 전력을 지속적으로 공급하기 위해서는 이용률 향상의 주요 요소인 설비의 신뢰성 확보가 우선되어야 한다.

설비는 가동 연수가 증가함에 따라 기기나 부품의 열화 및 손상이 생기기 때문에, 설비 성능 유지 관리는 생산성 향상을 위한 관리 업무 중 가장 많은 관심을 두어야 할 분야이다.

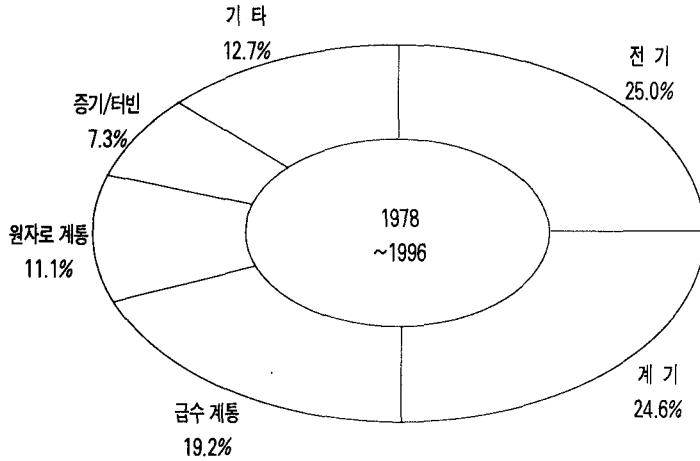
원자력발전소의 불시 정지 원인을 설비별로 분석하여 보면 주로 급수 및 복수 설비, 전기 설비, 그리고 계측 제어 설비 분야 등에서 취약점이 많이 나타나고 있다.

이들 설비 및 기기 불량으로 인한 고장 정지를 최소화하기 위해 발전소는 ① 경년 열화에 대비하여 전기·전자 부품의 주기적인 대량 교체 ② 제어 회로, 전자 카드류의 이중화 및 회로 개선 ③ 고온·다습 지역의 운전 설비 환경 개선 등을 중점 관리 개선 대상으로 선정, 이를 중장기 계획에 반영·이행하고 있다.

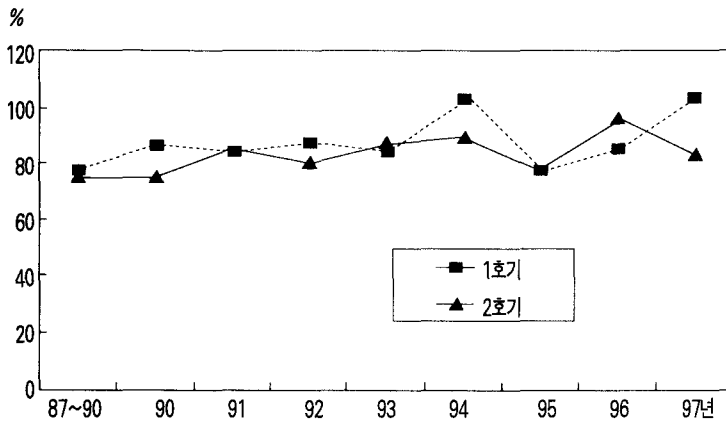
영광 1발전소의 경우 해수 냉각수 계통 기기에 대해서는 수퍼 스테인리스 계열의 내부식성 재료를 대규모로 채택하여 설비를 개선하고 있으며, 기타 기기의 자체 발열로 인한 열화 방지를 위하여 국부 방열 설비를 많이 추가하고 있다.

### 맺는말

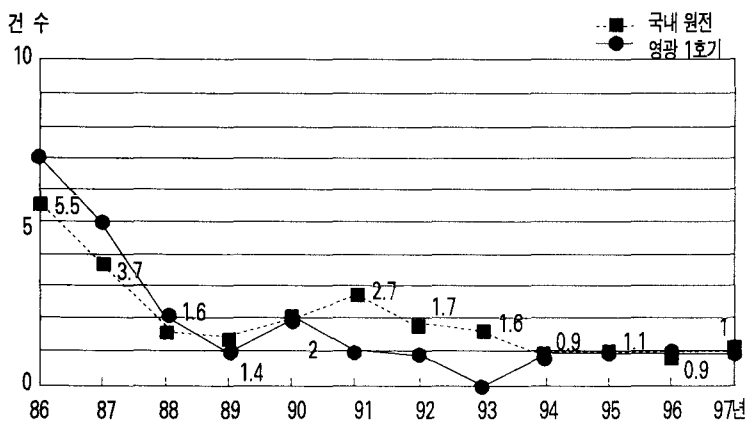
원자력 사업 도입기에서부터 약



〈그림 8〉 국내 원전의 불시 정지 원인 요소 분류



〈그림 9〉 영광 제1발전소의 운전 현황(이동률)



〈그림 10〉 국내 원전과 영광 1호기 불시 정지 건수 비교

20여년간 원자력 분야의 새로운 기술이나 관리 기법이 국내의 여러 산업 분야에 파급되는 효과가 있었다.

특히 70년대에 두 차례의 세계적인 석유 파동의 여파로 탈유 전원 확보를 위하여 제일선에서 자부심을 가지고 업무를 추진하여 왔다.

그러나 몇 년 전부터 사회 일각에서 일고 있는 반원전 분위기가 고조되어 원자력 종사자들의 사기는 많이 저하될 수밖에 없었다.

전력 사업의 중요성에도 불구하고 원자력 종사자가 자긍심을 상실하여 원전 안전과 경제적 전력 공급을 위한 기술 개발에 소극적으로 대처하여 맡은 분야의 전문성을 키워 나가지 않는다면, 전력 산업은 전문 인력 부족 현상으로 많은 어려움을 겪을 것으로 예상된다.

따라서 우리 원자력 산업계 종사자들은 국제 경쟁력 우위 확보와 전력 생산 지구촌과 우리 나라의 미래를 대비한 원자력 산업의 추진 방향, 원전 사업에 대한 사회적 합의(Public Acceptance)와 사회적 인식(Public Understanding)의 차이점 등을 깊이 이해하여, 우리가 하고 있는 일이 나라의 국력 신장을 위해 현재뿐만 아니라 미래에 대비하는 분야임을 재인식하여야 한다고 생각한다. ☞