

## 세계 최고의 원전 운영실적

엄택수

한국전력공사 원자력발전처 발전운영부장

### 1. 원자력 발전 20년의 발자취

'78년 4월 국내 최초의 원자력발전소인 고리 1호기의 상업운전으로 시작된 우리 나라 원자력 20년 역사는 국가 경제위기 극복의 역사라 해도 과언이 아니다. 70년대 말 석유 파동으로 위기를 맞았을 때 우리는 원자력 발전을 시작하여 값싸고 안정적인 전력공급으로 경제 재건의 발판을 마련했으며, 80년대 고도 경제 발전기의 주력 전원으로 그 소임을 충실히 담당, 국가 경제 발전과 산업기술력 향상에 큰 역할을 수행했음은 물론 90년대 초 걸프전쟁 발발시 국제 원유가격 및 국내 유가의 급등에도 불구하고 전기요금이 안정상태를 유지할 수 있었던 것도 원자력발전소 덕택이었다.

전국 이래 최대위기인 IMF 시대를 지나온 지난 해에는 외환위기 극복이라는 시대적 소명에 부응하여 20년 원자력 역사에 새 지평을 여는 세계 최고의 운영실적을 달성, 무려 896억 8천만kWh의 전력을 생산함으로써 우리 나라 전체 전력소비량의 41.7%를 차지, 유연탄 3200만톤(3조 900억원), 또는 LNG 1400만톤(4조

5000억원)의 수입대체 효과를 거둬으로써 외환 위기 극복에 일익을 담당하였다.

뿐만 아니라 석탄 대비 1900만톤, LNG 대비 1085만 톤의 이산화탄소 방출을 저감시킴으로써 환경보전에 도 크게 기여하고 있음을 보여주고 있으며, 이는 앞으로 기후변화협약이 발효될 경우 엄청난 경제적 이익이 될 것이므로 원자력발전은 “경제”와 “환경”이라는 두 마리 토끼를 잡고 있는 것이다.

이렇듯 지난해 국내 원전의 운영실적이 미국, 프랑스, 캐나다 등 원자력발전 선진국을 능가, 세계가 부러워하는 원전 운영국의 수준에 올라서게 된 것은 원자력 발전 도입 초기의 설비 운영상의 어려움을 극복하고 지속적인 설비 개선과 철저한 예방정비 및 운영·관리 기법 개발에 노력해 온 결과이다.

원전 운영에 대한 투명성을 제고하여 일반 국민의 원전 운영에 대한 불신감을 해소시키고 국민적 지지 기반을 확보하기 위하여 지난해 2월부터 인터넷 한전 홈페이지를 통해 원전 운영 전반에 관한 모든 정보를 공개하고 있고, 발전소 주변지역의 발전을 도모하고 전력사

업에 대한 지역주민의 이해를 증진시키기 위하여 '90년부터 발전소 주변지역 지원사업을 시작하였으며, '96년부터는 사업비를 전년도 전기 판매 수입금의 0.8%에서 1.1%로 확대하여 시행중에 있다.

## 2. 원자력발전의 현주소

'98년 말 현재 상업운전중인 원자력발전소는 총 14기, 설비용량 1200만 6천kW로 전체 발전설비용량 4340만 6천kW 대비 27.7%의 점유율을 보였다.

원자력발전설비 점유율은 울진 2호기가 상업운전을 시작한 '89년 36.3%로 최고치를 기록하였고, 표 1에서 보는 바와 같이 후속 원전의 가동이 없어 감소하다가 '95년부터 영광 3, 4호기 및 월성 2, 3호기, 울진 3호기 등이 연차적 상업운전을 시작하여 약간 증가추세에 있으며 금년에도 월성 4호기, 울진 4호기 등이 상업운전을 시작할 예정으로 있어 증가추세는 지속될 전망이다.

제4차 장기전력수급계획(1998~2015)에 따르면 원자력은 연료비가 저렴한 에너지로서, 공급 안정성이 우수하며 무역수지개선과 이산화탄소 감축 효과가 뛰어나기 때문에 2015년까지 18기의 원자력발전소를 추가로 건설하여 원자력발전 설비용량 2765만kW, 점유율 34.2%로 확충할 계획이다.

'98년도 우리나라의 원자력발전량은 월성 3호기와 울진 3호기의 상업운전착수로 전년도보다 약 126억kWh가 증가한 896억 8000만kWh로 '97년도 발전량

점유율 34.3%보다 무려 7.4% 증가한 41.7%를 보이고 있다.

'97년 대비 설비용량 점유율이 불과 2.6% 증가에 그친데 비해 발전량 점유율이 7.4%나 높아진 것은 IMF 한파로 전력수요는 감소한 반면 효율적인 운영·관리를 통해 원전 설비 이용에 최선을 다하였기 때문이다.

표 2는 '98년도 호기별 발전량을 나타낸 것으로 시설용량 1000MW급 한국 표준형원전의 참조발전소인 영광 4호기가 발전량 1위를 기록하였다.

표 3과 그림 1에서는 우리 나라 전체발전량, 원자력발전량 및 점유율을 연도별로 비교하였다. 그림에서 보는 바와 같이 전체 발전량의 4% 감소에도 불구하고 원자력발전량이 16% 증가한 것은 IMF 외환위기를 맞아 발전원가가 가장 저렴한 원자력에너지의 이용을 극대화한 결과이다.

## 3. 최고의 원전 이용률과 최저의 고장 정지율

발전소의 이용률은 발전설비의 효율성과 활용도를 나타내는 지표로서 건설비가 비싼 대신 연료비가 아주 싼

〈표 1〉 발전설비용량 변화추이

(단위 : 만kW)

연도	'90	'91	'92	'93	'94	'95	'96	'97	'98
총 발전 설비용량	2,102	2,111	2,412	2,765	2,875	3,218	3,571	4,104	4,340
원자력 설비용량	761	761	761	761	761	861	961	1,031	1,201
원자력 점유율(%)	36.2	36.1	31.6	27.5	26.5	26.8	26.9	25.1	27.7

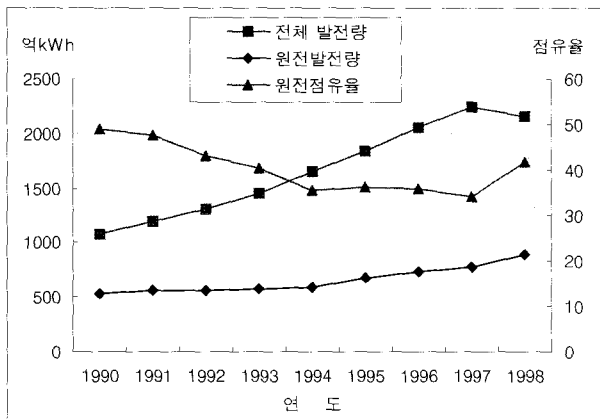
〈표 2〉 98년도 국내원전 호기별 발전량

호기	고리				영광				월성			울진			합계
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	1	2	3	
발전량 (억kWh)	39.9	49.8	71.9	87.6	74.1	62.7	77.9	88.6	46.6	51.2	37.2	79.8	77.2	51.5	896.8

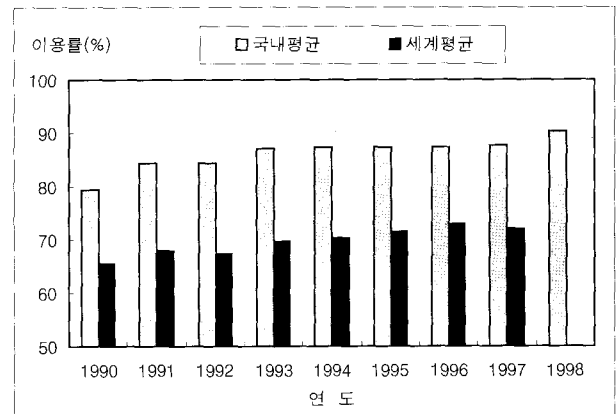
〈표 3〉 국내 전체발전량/원전발전량/원전점유율 비교

(단위 : 억kWh)

구분 \ 연도	'90	'91	'92	'93	'94	'95	'96	'97	'98
전체 발전량	1,076	1,186	1,309	1,444	1,649	1,846	2,055	2,244	2,153
원전 발전량	528	563	565	581	586	670	739	770	896
점유율(%)	49.1	47.5	43.2	40.3	35.5	36.3	36.0	34.3	41.7



〈그림 1〉 국내 전체 발전량과 원전 발전량, 점유율 추세비교



〈그림 2〉 국내 및 세계원전 평균이용률 연도별 비교

〈표 4〉 국내 및 세계원전 연도별 이용률

(단위 : %)

구분 \ 연도	'90	'91	'92	'93	'94	'95	'96	'97	'98
국내평균	79.3	84.4	84.5	87.2	87.4	87.3	87.5	87.64	90.2
세계평균	65.7	67.8	67.3	69.6	70.2	71.6	72.9	72.2	-

(근거자료 : Nucleonics Week)

원전에서 높은 이용률은 곧 안전성과 경제성에 직결되며, 설비의 건전성 및 운영 인력의 우수성 등 발전소 운영·관리 기술수준을 간접적으로 평가하는 자료가 된다.

국내 및 세계원전 평균이용률은 표 4와 그림 2에서, 국내원전 호기별 이용률 현황은 표 5에서 보여주고 있다.

'98년도 국내원전의 이용률은 90.2%로서 한전에서 원전을 5기 이상 보유한 국가를 잠정적으로 조사한 결과 일본 81.7%, 프랑스 71.7%('97년 기준)보다 훨씬 높으며 '97년 87.6%로 세계 1위를 차지한 데 이어 2년 연속 1위를 차지한 것으로 나타났다.

'97년 세계 원전의 평균이용률 72.2%와 비교하면 무려 18%나 높은 수준이며 이로 인해 덤으로 얻는 전력은 173억kWh로서 이는 유연탄 환산시 1800억원, LNG 환산시 8000억원이다.

만약 우리가 세계평균 정도의 운영실적을 달성했다면 이 비용을 추가로 부담해야 하므로 지난해와 같은 외환위기 상황에서 국가적으로 커다란 부담이 되었을 것이다.

중요한 운영지표 중의 하나인 고장 정지율에 대해서 살펴보자. 고장정지율이란 원자로 1기가 1년 동안 가동

〈표 5〉 국내원전의 호기별, 연도별 이용률 현황

(단위 : %)

호기	연도	'90	'91	'92	'93	'94	'95	'96	'97	'98
	고리	1	72.1	89.9	74.8	78.7	66.5	82.2	77.0	78.9
2		81.0	84.9	84.0	78.1	87.5	95.3	86.9	86.1	87.5
3		85.9	74.2	84.3	89.1	82.1	76.1	99.1	75.8	86.5
4		78.1	79.6	83.1	85.5	93.2	91.4	83.5	87.8	105.3
영광	1	86.5	84.0	86.8	84.5	103	78.6	84.6	103.1	89.1
	2	74.9	84.2	80.6	86.9	89.4	77.1	95.6	83.5	75.5
	3	-	-	-	-	-	100	76.6	87.0	89.0
	4	-	-	-	-	-	-	86.5	81.7	101.2
월성	1	85.9	91.1	86.9	100	82.6	83.7	81.0	102.1	78.5
	2	-	-	-	-	-	-	-	97.1	83.6
	3	-	-	-	-	-	-	-	-	98.5
울진	1	78.5	91.7	88.0	87.7	86.2	90.4	89.7	85.9	96.0
	2	70.3	84.2	88.9	90.0	86.8	98.2	96.6	88.8	92.8
	3	-	-	-	-	-	-	-	-	103.7
평균		79.3	84.4	84.5	87.2	87.4	87.3	87.5	87.64	90.2

〈표 6〉 국내원전 고장정지 현황

(단위: 건)

호기	연도	'90	'91	'92	'93	'94	'95	'96	'97	'98
	고리	1호기	1	9	4	1	1	1	0	0
2호기		0	1	0	2	1	2	1	0	2
3호기		3	0	0	3	0	1	0	0	1
4호기		3	1	4	3	1	0	0	0	0
영광	1호기	2	1	1	0	1	1	1	1	0
	2호기	1	2	3	2	0	1	0	1	0
	3호기	-	-	-	-	-	3	1	1	0
	4호기	-	-	-	-	-	-	4	3	0
월성	1호기	1	3	1	1	2	0	0	1	0
	2호기	-	-	-	-	-	-	-	4	0
	3호기	-	-	-	-	-	-	-	-	3
울진	1호기	2	3	1	1	0	1	1	1	0
	2호기	3	1	0	1	1	1	1	1	0
	3호기	-	-	-	-	-	-	-	-	0
운전기수		9	9	9	9	9	10	11	12	14
평균		1.8	2.3	1.4	1.6	0.8	1.1	0.8	1.1	0.4

되는 동안 고장으로 인해 정지하는 횟수를 의미하며 전기품질 확보 및 안전성 측면에서 원전의 운영·관리 수준을 나타내는 또 하나의 지표가 된다.

표 6은 국내 원전의 연도별 고장정지 현황을 나타낸다.

고장정지율은 원자력 발전의 초기단계라고 할 수 있

는 '80년대 중반까지는 매우 높은 수준을 유지하다가 '90년대 들어 운전경험 축적 및 운영·관리 기술이 정착됨에 따라 호기당 1건 내외로 안정되었음을 보여준다.

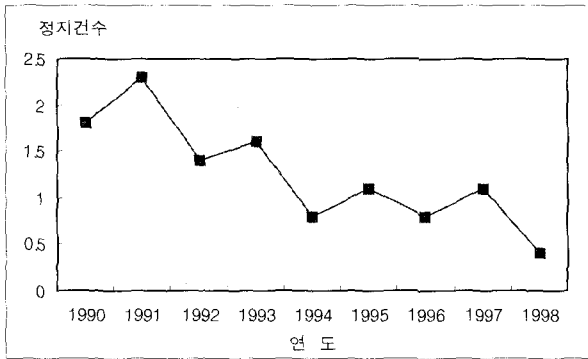
'98년도 국내 원전의 고장정지율은 호기당 0.4건으로서, 역대 최고 기록을 수립하였으며 이는 원전 도입국인 미국(2.0), 프랑스(3.0), 캐나다(2.3)보다 우수하며 세계최고 수준인 독일(0.2) 및 일본(0.2)에 근접하는 수준이다.

고장정지 6건에 대해 원인을 살펴보면 제작 및 시공불량 등 기기결함 5건, 절차서 미비 1건으로서 인적실수에 의한 고장정지는 발생되지 않았으며 기기 결함에 의한 고장정지도 원자료를 포함한 1차계통 설비가 아닌 전기설비 등 2차계통 설비고장에 기인된 것으로 원자로 안전성과는 무관한 고장임을 알 수 있다. 또한 고장정지 6건 중 3건은 '98년 7월 1일부터 상업운전을 시작한 월성 3호기에서 발생된 것으로 나타나 기존 원전에서는 고장 정지율이 매우 낮음을 알 수 있으며, 신규 가동 원전일수록 설비 불안정에 따른 발전정지 발생이 높게 나타나므로 가동초기에 발전소를 안정화시키는 데 총력을 기울여야 함을 알 수 있다.

#### 4. 정착되는 한주기 무고장 운전

한주기 무고장 운전이란 이전 연료 교체 후 이번 연료 교체 시기까지 단 한번의 발전소 정지도 없이 연속운전을 수행한 것으로 이는 해당 발전소의 운전, 정비, 운영관리 등 모든 분야가 세계 최고 수준에 도달하였음을 대변한다. 표 8은 연도별 한주기 무고장 운전 현황을 나타낸다.

'98년까지 한주기 무고장 운전 건수는 총 17건이며



〈그림 3〉 국내원전 호기당 고장정지 추세

〈표 7〉 세계원전 호기당 고장정지 건수 비교 ('97년)

국가	캐나다	알제틴	대만	벨기에	프랑스	독일	일본	스위스	미국	한국
고장 정지	2.3	2.5	1.7	0.7	3.0	0.2	0.2	0.8	2.0	0.4

\* 참고자료 : IAEA PRIS(Power Reactor Information System), '97년

〈표 8〉 연도별 한주기 무고장 현황

구분	연도											
	'88	'89	'90	'91	'92	'93	'94	'95	'96	'97	'98	
가동 원전	8	9	9	9	9	9	9	10	11	12	14	
한주기 무고장 운전	1	0	0	1	2	3	0	1	1	2	6	

호기당 한주기 무고장 운전 건수는 '88년 고리 3호기가 304일간의 한주기 무고장 운전을 달성한 이래 일정한 추세 없이 연도별로 등락을 보이고 있으나, '98년에는 전체 14기 가동 원전 중 6기의 발전소가 한주기 무고장 운전을 달성하였는데 이는 원자력발전소가 현저히 안정

단계로 정착되고 있음을 보여준다.

표 9는 '98년도 한주기 무고장 운전 현황을 보여준다. 한국형 표준형 원전의 참조 발전소인 영광 3,4호기 한주기 무고장 운전 달성 및 상업운전 이후 20년이 경과한 국내 최초의 원전인 고리 1호기의 2주기 연속 한주기 무고장 운전 달성은 의미가 크다고 할 수 있으며 고리 3호기와 울진 2호기는 국내 최다 기록인 3회의 한주기 무고장 운전을 달성하였다.

게다가 고리 4호기는 '95년 2월 8일 가동 이후 '99년 1월 26일까지 한 건의 고장 정지도 없이 1329일 동안 3주기 연속 무고장 운전이라는 세계 원전에서도 찾아보기 드문 대기록을 수립함으로써 우리나라 원자력발전 역사상 새로운 금자탑을 세웠다.

## 5. 세계 최고를 위한 한전의 노력

원전 운영 지표인 이용률과 고장정지율, 한주기 무고장 운전 달성은 서로 밀접한 연관이 있으며 IMF 위기 상황인 지난 해 우리 나라 원전이 이렇게 높은 운영실적을 올린 것은 위기를 맞을수록 더 강해지는 한국인의 저력을 유감없이 보여준 것이라 할 수 있다.

운영 지표별로 최고의 운영실적을 달성한 요인에 대해 심층적으로 살펴보자.

먼저 이용률의 경우

첫째, 발전소 불시정지 방지를 위한 다각적인 대책을 마련, 시행함으로써 불시정지의 발생을 최소화하였고, 불시정지 발생시에는 신속한 복구 지원체제를 통해

〈표 9〉 '98년도 한주기 무고장 운전 현황

순번	호기명	상업운전일	무고장 운전기간	비 고
1	고리 2호기	'83.7.25	'97.4.6~'98.2.2(303일)	통산 2회 달성
2	영광 3호기	'95.3.31	'97.3.31~'98.3.31(366일)	표준형원전 참조
3	고리 3호기	'85.9.30	'97.4.5~'98.5.16(407일)	최다 3회 달성
4	고리 1호기	'78.4.29	'97.6.8~'98.6.19(377일)	2주기 연속 달성
5	울진 2호기	'89.9.30	'97.6.9~'98.8.23(441일)	최다 3회 달성
6	영광 4호기	'96.1.1	'97.12.3~'98.12.24(387일)	표준형원전 참조

정지시간을 최대한 단축하였으며, 둘째, 정비 실명제에 의한 책임 정비와 사후 관리 유도로 정비의 내실화를 기함은 물론 정비 편의시설 확대를 통한 정비품질 향상, 주요설비의 다중화로 운전중 정비가 가능하도록 설비개선 추진 및 치밀한 사전 정지작업 계획 수립으로 정비가 시간을 지속적으로 단축해 왔으며, 셋째, 원전연료 교체주기를 12개월에서 18개월의 장주기로 전환하여 발전소 가동시간을 연장시켰기 때문이다.

이와 함께 각종 설비의 개선과 성능보강을 통한 열효율 향상으로 발전소출력을 증강시킨 것도 주요 요인 중의 하나라고 볼 수 있다.

고장정지 발생률이 낮아진 요인으로는 첫째, 발전 정지관련 회로의 다중화 등 취약설비에 대한 지속적인 설비개선 및 주요 전자회로 패널의 운전환경 개선과 병행하여 주요 기기와 고장다발 기기에 대한 특별관리를 수행하여 비정상 신호 유발 부품 및 불규칙적 수명 부품은 일정 기간 사용 후 신품으로 교체하였으며, 둘째, 운전 경험의 상호 전파로 유사사례의 재발 방지와 병행하여 최첨단 시뮬레이터(모의조종훈련설비) 도입을 통해 최정에 운전요원의 양성 및 인적실수 예방을 위한 교육을 강화하였고, 셋째 설비안전 지침 및 설비 합동 점검팀에 의해 계절적으로 발생하는 태풍, 호우, 흑한, 흑서, 해양생물 유입 등 자연재해에 체계적인 대응과 더불어 올진 3호기 등 신규원전의 경우 시운전 기간중에 설비상의 문제점을 최대한 도출하여 상업운전 초기 안정 운영을 도모한 것 등이 대표적인 요인이라 할 수 있다.

## 6. 세계가 인정한 원전 운영기술

지난 해에는 IMF 외환 위기라는 이제까지 경험하지 못했던 어려운 시대를 맞아 국민 모두가 허리띠를 졸라매고 위기극복을 위해 매진하였던 한 해로서 이러한 어려운 시기에 원자력발전소의 운전, 정비, 운영 등 모든 분야의 기술능력이 세계 최고의 수준으로 정착되어 이용

를 90.2% 달성뿐 아니라 고장정지, 한주기 무고장 운전 등 운영 전반에 걸쳐 풍성한 세계 기록을 수립한 것은 안전성 확보 없이는 거둘 수 없는 성과인 동시에 경제난으로 주름진 국민들의 이마를 펼 수 있도록 경제위기 극복에 조금이나마 보탬을 주었다는 관점에서 매우 의미 깊은 일이라 할 수 있다.

이는 비단 국내에서 우리나라에만 인정하고 있는 것이 아니다. 국제원자력기구(IAEA)는 물론 세계원전사업자협회(WANO) 등 국제기구가 각종 점검을 통해 한국 원전의 안전성을 인정하고 있으며, 원전 운영기술을 배우기 위해 중국 秦山원전 기술자들이 월성원전에서 비지땀을 흘리고 있고 우리는 이를 통해 외화 수입(200만 달러)도 올리고 있다.

또한 지난 1월 18일 방문한 세계원전사업자협회 회장인 Allan Kupcis는 우리의 뛰어난 원전 운영 성과에 깊은 관심을 표명하며 모범적인 원전운영 사례로 평가하는 등 우리의 원전 기술력이 기술 한국의 위상을 드높이고 있다.

이렇듯 원자력 운영기술이 세계 최고수준에 우뚝 선 것은 외환 위기 극복과 제2의 건국을 하겠다는 일념으로 원자력계에 종사하는 모든 종사자들이 혼연일체가 되어 불철주야 노력한 의지력의 승리이며, 어려운 여건 속에서도 한마음이 되어 묵묵히 흘려온 땀과 정성의 결실이다.

우리 원전 운영자는 금년에도 의식개혁을 통한 관행 및 규정을 재정비하여 '98년도의 기록적인 원전 운영 기술수준의 지속적인 향상을 추진하고 주요설비별 담당 전문가팀을 운영하여 책임 관리 및 18개월 장주기 운전을 확대 시행하는 등의 방법으로 세계 최고의 경쟁력을 확보, 제2의 건국운동에 적극 동참할 예정이며 "안전"을 최우선 운영 목표로 하여 Y2K, 증기발생기 세관 누설 등의 문제해결을 위한 설비 보강 등의 다각적인 대책을 추진함으로써 국민으로부터 깊은 신뢰와 지지를 받는 원자력발전소가 되도록 최선을 다할 각오이다. ■