

제2장 원자력발전소 운영

제1절 설비용량 현황

2000년 말 현재 우리 나라의 원자력발전소는 총 16기가 상업 운전중에 있으며, 원자력발전설비 용량은 1,371만6천kW이다.

지난 1999년 월성 4호기 및 울진 4호기 상업운전 이후 추가로 준공된 원전이 없어서 원전 전체설비 용량에는 변화가 없었다. 2000년 말 기준 원전설비 총 용량은 1,371만6천kW로서 전체 발전설비용량 4,845만1천kW 대비 28.3%로 1999년보다 0.9% 감소된 점유율을 보이고 있다. 그럼에도 불구하고 원자력 발전은 우리 나라 전력계통의 기저부하를 담당하는 안정적인 전력공급원으로서 그 역할을 다하고 있다. 현재 건설중인 영광 5,6호기가 각각 2002년과 2003년에 상업운전을 시작하게 되면 200만kW 정도의 용량이 더 증가하게 되어 급증하고 있는 국내에너지 수요에 크게 기여할 것으로 전망된다. 국내 가동원전을 원자로 형식에 따라 분류하면 가압경수로형이 12기(1,093만7천kW), 가압중수로형은 4기(277만 9천kW)가 운전중이며, 국내 원자력발전소 현황과 발전원별 발전설비 증가 추이를 살펴보면 각각 <표 2-4>, <표 2-5>와 같다.



<그림 2-3> 월성 1,2,3,4호기 전경

〈표 2-4〉

국내 원자력발전소 현황

구 분 호 기	설비용량 (만kW)	원자로형	위 치	상업운전
고리 #1	58.7	가압경수로	부산광역시 기장군	'78. 4.29
고리 #2	65	가압경수로	부산광역시 기장군	'83. 7.25
고리 #3	95	가압경수로	부산광역시 기장군	'85. 9.30
고리 #4	95	가압경수로	부산광역시 기장군	'86. 4.29
월성 #1	67.9	가압중수로	경북 경주시	'83. 4.22
월성 #2	70	가압중수로	경북 경주시	'97. 7. 1
월성 #3	70	가압중수로	경북 경주시	'98. 7. 1
월성 #4	70	가압중수로	경북 경주시	'99.10. 1
영광 #1	95	가압경수로	전남 영광군	'86. 8.25
영광 #2	95	가압경수로	전남 영광군	'87. 6.10
영광 #3	100	가압경수로	전남 영광군	'95. 3.31
영광 #4	100	가압경수로	전남 영광군	'96. 1. 1
울진 #1	95	가압경수로	경북 울진군	'88. 9.10
울진 #2	95	가압경수로	경북 울진군	'89. 9.30
울진 #3	100	가압경수로	경북 울진군	'98. 8.11
울진 #4	100	가압경수로	경북 울진군	'99.12.31
계	1,371.6	-	-	-

[2000년 원자력발전연보]

〈표 2-5〉

발전원별 발전설비 증가추이

(단위 : 천kW, %)

연도 설비별	'88	'94	'95	'96	'97	'98	'99	'00
원 자 력	6,666 (33.4)	7,616 (26.5)	8,616 (26.8)	9,616 (26.9)	10,316 (25.1)	12,016 (27.7)	13,716 (29.2)	13,716 (28.3)
기 력	9,912 (49.7)	13,032 (45.3)	14,032 (43.6)	14,022 (39.3)	16,077 (39.2)	17,208 (39.6)	18,908 (40.2)	20,059 (41.4)
복합화력	895 (4.5)	5,334 (18.5)	6,184 (19.2)	8,719 (24.4)	11,268 (27.5)	10,785 (24.8)	10,935 (23.2)	11,257 (23.2)
내 연 력	235 (1.2)	275 (1.0)	259 (0.8)	264 (0.7)	265 (0.6)	265 (0.6)	270 (0.6)	271 (0.6)
수 력	2,236 (11.2)	2,493 (8.7)	3,093 (9.6)	3,094 (8.7)	3,114 (7.6)	3,131 (7.2)	3,147 (6.7)	3,149 (6.5)
합 계	19,944 (100)	28,750 (100)	32,184 (100)	35,715 (100)	41,042 (100)	43,405 (100)	46,977 (100)	48,451 (100)

[2001년도 경영통계]

제 2 절 발전량 현황

지난해 월성 4호기와 울진 4호기의 상업운전 이후 추가 준공 원전이 없어서 발전설비 용량은 변화가 없었으나 2000년도 우리나라 원자력 발전량은 발전정지 건수의 감소 및 이용률의 향상으로 1999년 말 1,030억 6천만 kWh에서 1,089억 6천만kWh로 약 5.7%(59억kWh) 정도 증가하였다.

원자력발전량 점유율은 1989년에 50.1%로 전체의 반 가량을 차지한 이래 1990년대 초반부터 시작된 삼천포, 보령 등 신규 화력 발전소 건설로 인해 계속 줄어들어 1994년에 35.5%까지 감소하였다. 그 후 1999년 월성 3,4호기 및 울진 3,4호기가 상업운전에 들어감에 따라 일시 증가되었다. 그럼에도 불구하고 2000년도 원자력 발전량 점유율은 1999년도 점유율 43.1% 보다 2.2% 감소한 40.9%를 보이고 있으며 영광 5,6호기가 준공되기 전까지는 이와 유사한 선에서 머무를 것으로 예상된다.

2000년도에 특이할 만한 사항은 11월 29일에 원자력발전량 1조 kWh를 달성한 것이다. 이 발전량은 1977년 6월 고리1호기 발전 개시 이후 전 원전이 발전한 누계 양이며 세계 원자력발전국 중 9번째로 달성한 것으로 원자력 선진국 대열에 우리나라가 함께 서 있는 것을 다시 한번 입증하는 계기가 되었다. 참고로 원자력 발전량 100억kWh는 1981년에, 1000억kWh는 1987년에 달성한 바 있다. 한편 2000년도 원전 호기별 발전량에 있어서는 시설용량 950MW급 경수로형 원전인 고리 3호기가 1년간 84.2억kWh를 생산함으로써 운전중인 16기 원전중에서 발전량 1위를 기록하였다.

〈표 2-6〉

원전 호기별 발전량 실적

실적 호기		'00 발전량 실적(천kWh)	총누계발전량(천kWh)
고 리	#1	4,759,321	84,387,759
	#2	5,211,194	83,884,620
	#3	8,418,484	107,491,689
	#4	7,615,696	105,725,294
월 성	#1	4,822,102	90,085,720
	#2	5,702,375	19,954,041
	#3	6,336,316	15,095,981
	#4	5,789,816	8,870,674
영 광	#1	7,531,250	104,281,347
	#2	7,460,875	95,432,604
	#3	7,667,396	45,949,612
	#4	7,671,120	41,158,704
울 진	#1	7,511,245	89,120,168
	#2	7,111,110	83,910,232
	#3	7,911,665	20,387,592
	#4	7,443,605	14,828,793
계		108,963,740	1,010,564,830

[2000년 원자력발전연보]

〈표 2-7〉

에너지원별 발전량 구성비 추이

(단위 : GWh, %)

연도 설비별		'93	'94	'95	'96	'97	'98	'99	'00
원 자 력		58,138 (40.2)	58,651 (35.5)	67,029 (36.3)	73,924 (36.0)	77,086 (34.3)	89,689 (41.7)	103,064 (43.1)	108,964 (40.9)
화 력	석탄	30,917 (21.4)	41,838 (25.4)	48,813 (26.4)	56,881 (27.6)	67,190 (29.9)	75,500 (35.1)	81,544 (34.1)	97,538 (36.6)
	유류	34,888 (24.2)	40,377 (24.5)	42,045 (22.8)	42,436 (20.7)	42,937 (19.1)	17,712 (8.2)	18,527 (7.7)	26,142 (9.8)
	가스	14,488 (10.0)	20,030 (12.1)	21,296 (11.5)	27,050 (13.2)	31,822 (14.2)	26,302 (12.2)	30,124 (12.6)	28,146 (10.6)
수 력		6,006 (4.2)	4,098 (2.5)	5,478 (3.0)	5,201 (2.5)	5,404 (2.4)	6,099 (2.8)	6,066 (2.5)	5,610 (2.1)
합 계		144,437 (100)	164,994 (100)	184,661 (100)	205,494 (100)	224,439 (100)	215,302 (100)	239,325 (100)	266,400 (100)

[2001년도 경영통계]

제 3 절 이 용 률 및 가 동 률 현 황

1. 이용률 현황

발전소 이용률은 발전설비 운영의 효율성과 활용도를 나타내는 지표로서 건설비가 비싼 대신 연료비가 매우 싼 원전에서 이용률은 경제성에 직결되는 운영지표로 안전성 확보 없이는 높은 이용률을 달성할 수 없으며, 설비의 건전성 및 운영인력의 우수성 등 발전소 운영기술 수준을 간접적으로 평가하는 기준이 된다.

2000년도 국내원전의 평균 이용률은 90.4%로 세계 최고 수준의 실적을 기록하였다.

국내 원전의 이용률 추세는 1978년 고리 1호기의 상업운전을 시작으로 처음 원자력발전을 시작한 이래 1990년도까지는 70%대 수준이었으나, 원전운영 기술과 경험이 부족하였던 초창기의 어려움을 슬기롭게 극복하고 지속적으로 운영기술을 향상시켜 1991년부터 80%대로 진입하였으며 지난 1993년도부터는 7년 연속 87% 이상의 높은 이용률 수준을 유지하고 있다.

미국 Nucleonics Week지(2001.2)가 집계한 2000년도 국가별 평균 이용률을 살펴보면 우리 나라는 네덜란드(92.2%), 벨기에(91.7%), 핀란드(91.6%), 스페인(90.6%) 다음으로 세계 5위를 기록하여 지난해 4위에 이어 계속 우수한 실적을 보이고 있다. 원전 10기 이상을 가동하고 있는 국가 중에서 평균 이용률을 보면, 우리 나라가 1997년 87.6%으로 세계 1위를 달성한 이후 4년 연속 선두를 달리고 있다. 세계 평균 이용률은 1994년부터 70%대에 진입하였으며 1998년도 73.67%, 1999년도 75.6%로 점차 증가되는 추세이나 아직 우리 나라 평균이용률보다 14% 이상 낮은 수준이다.

국내 원전이 우수한 이용률을 기록할 수 있었던 주요 요인을 분석해 보면 다음과 같다.

첫째, 고장 정지로 인한 전력생산 중단을 최소화하였기 때문이다. 이는 2000년도 고장 정지가 총 8회, 호기당 0.5건으로 장시간 정지를 가져오는 큰 고장이 없었던 것에 기인하며, 고장 발생시 비정상운전에 잘 훈련된 운전원의 신속한 판단과 정확한 원인규명으로 고장 부위를 정비하고 단시간 내에 발전을 재개할 수 있었기 때문이다. 또한 동·하절기 등 열악한 환경에서 발전설비에 대한 현장 감시 강화, 국내·외 원전 운전경험 기반의 운전기법 적용과 인적실수 방지를 위한 복합적인 노력이 고장 정지 감소에 기여한 요인이라 하겠다.

둘째, 계획예방정비기간의 단축 때문이라 할 수 있다. 계획예방정비기간은 1995~1999년 동안 평균 62일에서 2000년에 50일로 크

게 단축되었다. 이러한 계획예방정비 기간의 단축은 기존 일 단위 공기를 세부 분석하여 시 단위 기준 표준공기를 제정할 수 있었기 때문이다. 아울러 정비실명제 실시, 기기별 전문 정비원 양성으로 정비 품질 향상과 정비편의 시설 확대, 운전 중 정비가 가능하도록 설비 개선을 통한 정비의 내실화, 공정관리 전산화 등에 의해 정비기간을 감소시킬 수 있었다.

셋째, 장주기 원전연료의 채택이라 할 수 있다. 현재 국내 원전은 대부분 약 16.5개월마다 교체가 가능한 장주기 연료를 채택하고 있어 종전 10~12개월 주기 연료를 사용할 경우보다 연료교체를 위한 발전소 정지기간이 단축되어 약 4%이상 이용률 향상에 기여하고 있다. 참고로 근래에 상업운전을 개시한 영광3.4호기는 1999년부터 장주기 연료를 장전하기 시작했으며 울진3.4호기는 2001년부터 장전할 예정이다.

〈표 2-8〉 국내원전의 이용률 세계 1위 달성실적

발 전 소 명	운전기간	이용률(%)	발 표 지
월성 #1	'85. 4~'86. 3	98.4	NEI
월성 #1	'91.10~'92. 9	98.0	NEI
월성 #1	'93. 1~'93.12	100.8	Nucleonics Week
고리 #4	'93.10~'94. 9	102.0	NEI
영광 #1	'94. 1~'94.12	103.2	Nucleonics Week
고리 #4	'95. 4~'96. 3	101.2	NEI
고리 #4	'96. 7~'97. 6	102.0	NEI
영광 #1	'97. 1~'97.12	103.1	Nucleonics Week
월성 #1	'97. 1~'97.12	101.2	NEI
영광 #3	'97. 4~'98. 3	102.7	NEI
고리 #4	'98. 1~'98.12	105.3	NEI
고리 #4	'98. 1~'98.12	105.3	Nucleonics Week
월성 #3	'98. 7~'99. 6	100.7	NEI
월성 #3	'98.10~'99. 9	99.7	NEI
고리 #4	'99. 4~'00. 3	104.2	NEI
고리 #4	'99. 7~'00. 6	104.4	NEI
월성 #4	'99.10~'00. 9	102.9	NEI

〈표 2-9〉

국내 및 세계원전 이용률 비교

(단위 : %)

구분 \ 연도	'91	'92	'93	'94	'95	'96	'97	'98	'99	2000
국내평균	84.4	84.5	87.2	87.4	87.3	87.5	87.6	90.2	88.2	90.4
세계평균	67.8	67.3	69.6	70.2	71.6	72.9	72.2	73.7	75.6	76.4

[2000년 원자력발전연보]

〈표 2-10〉

국내 원자력발전소 이용률 현황

(단위 : %)

연도	고 리				월 성				영 광				울 진				평 균
	#1	#2	#3	#4	#1	#2	#3	#4	#1	#2	#3	#4	#1	#2	#3	#4	
'78	46.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	46.3
'79	61.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	61.3
'80	67.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	67.4
'81	56.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	56.3
'82	73.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	73.5
'83	63.6	80.4	-	-	61.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	66.6
'84	66.3	76.9	-	-	66.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	70.1
'85	65.5	70.1	89.7	-	94.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	78.7
'86	67.9	73.7	71.7	94.2	79.7	-	-	-	88.2	-	-	-	-	-	-	-	78.1
'87	94.0	79.7	73.0	73.7	92.9	-	-	-	75.2	95.9	-	-	-	-	-	-	81.5
'88	45.8	83.6	76.7	74.1	79.4	-	-	-	77.6	78.6	-	-	40.8	-	-	-	73.0
'89	56.5	94.4	82.6	77.3	91.0	-	-	-	81.0	71.6	-	-	65.2	45.8	-	-	76.2
'90	72.1	81.0	85.9	78.1	85.9	-	-	-	86.5	74.9	-	-	78.5	70.3	-	-	79.3
'91	89.9	84.9	74.2	79.6	91.1	-	-	-	84.0	84.2	-	-	91.7	84.2	-	-	84.4
'92	74.8	84.0	84.3	83.1	86.8	-	-	-	86.8	80.6	-	-	88.1	88.9	-	-	84.5
'93	78.7	78.1	89.1	85.5	100.0	-	-	-	84.5	86.9	-	-	87.6	90.9	-	-	87.2
'94	66.5	87.5	82.1	93.2	82.6	-	-	-	100.0	89.4	-	-	86.2	86.8	-	-	87.4
'95	82.2	95.3	76.1	91.4	83.7	-	-	-	78.6	77.1	100.0	-	90.4	98.2	-	-	87.3
'96	77.0	87.0	99.1	83.5	81.0	-	-	-	84.6	95.6	76.6	86.5	89.8	96.6	-	-	87.5
'97	78.9	86.1	75.8	87.8	102.1	97.1	-	-	103.9	83.5	87.0	81.7	85.9	88.8	-	-	87.6
'98	77.6	87.5	86.5	105.3	78.5	83.6	98.5	-	89.1	75.5	89.0	101.2	96.0	92.8	103.7	-	90.2
'99	85.2	87.1	90.5	89.0	82.8	90.8	82.0	103.0	84.5	84.3	89.1	91.8	89.4	97.9	83.5	-	88.2
'00	92.3	91.3	100.9	91.3	80.9	92.7	103.1	94.2	90.3	89.4	87.3	87.3	90.0	85.2	90.1	84.7	90.4

[2000년 원자력발전연보]

2. 가동률 현황

원자력발전소의 가동률이란 연간시간(Calendar hour)에 대한 발전소의 연간 실제 가동시간(Operation hour)의 비율로서 이용률과 더불어 원전의 안전성, 경제성을 나타내는 중요한 지표 중의 하나이다. 국내 원전의 가동률 또한 이용률과 함께 꾸준히 향상되어 왔으며, 1990년 이후 평균 80%이상의 높은 가동률 실적을 보이고 있다.

〈표 2-11〉 원자력발전소 가동률 현황

(단위 : %)

연도	고 리				월 성				영 광				울 진				평 균
	#1	#2	#3	#4	#1	#2	#3	#4	#1	#2	#3	#4	#1	#2	#3	#4	
'78	65.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	65.1
'79	74.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	74.8
'80	79.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	79.5
'81	69.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	69.6
'82	78.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	78.8
'83	70.1	84.7	-	-	77.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	75.4
'84	72.0	78.0	-	-	70.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	73.5
'85	72.6	75.8	94.8	-	94.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	82.1
'86	73.1	74.8	74.5	95.9	80.8	-	-	-	94.8	-	-	-	-	-	-	-	79.8
'87	98.8	82.8	76.1	76.6	93.4	-	-	-	78.4	98.1	-	-	-	-	-	-	85.8
'88	50.6	82.8	79.7	79.8	80.1	-	-	-	77.9	80.7	-	-	45.1	-	-	-	74.6
'89	60.0	95.7	82.3	77.2	91.7	-	-	-	81.5	73.6	-	-	66.5	45.9	-	-	77.6
'90	74.6	84.3	90.4	81.5	86.0	-	-	-	85.7	77.1	-	-	81.7	73.0	-	-	81.6
'91	93.3	85.8	75.1	80.0	90.5	-	-	-	84.3	84.9	-	-	91.0	86.8	-	-	85.7
'92	76.9	85.0	83.7	82.7	85.5	-	-	-	86.5	82.6	-	-	87.4	87.5	-	-	84.2
'93	81.4	80.5	88.1	85.1	99.0	-	-	-	86.8	85.7	-	-	87.3	87.8	-	-	86.9
'94	68.2	87.7	81.4	93.2	81.6	-	-	-	99.9	87.8	-	-	83.3	83.5	-	-	85.2
'95	99.4	95.5	78.4	89.3	82.6	-	-	-	77.4	76.4	99.6	-	87.9	93.9	-	-	87.7
'96	79.0	87.3	96.2	81.4	80.0	-	-	-	82.6	93.2	75.0	86.1	86.9	92.8	-	-	85.5
'97	80.8	87.2	74.2	85.0	99.7	95.1	-	-	99.8	85.1	85.0	81.3	83.6	86.0	-	-	86.5
'98	76.5	86.1	83.6	100.0	76.8	81.6	96.4	-	86.7	75.1	86.4	98.1	94.3	90.7	100.0	-	87.1
'99	84.7	85.3	86.9	85.0	80.9	88.5	80.0	100.0	82.7	83.3	87.6	90.0	87.2	99.9	81.6	-	86.2
'00	90.6	88.9	95.6	86.3	79.6	89.3	100.0	91.5	87.6	88.3	86.2	85.3	88.1	83.5	88.1	82.3	88.2

[2000년 원자력발전연보]

제 4 절 정비 및 운영관리 현황

원자력발전소에서는 설비를 고장 없이 안정적으로 운영하기 위하여 건설 단계부터 각종 기기 및 설비를 철저한 기준과 규정에 따라 설계, 제작 및 설치하고 있다. 또한 기기와 계통의 성능이 저하되지 않도록 철저한 유지, 보수를 하고 있으며 설비를 조작하는 운전 및 정비요원들의 인적실수가 없도록 교육훈련을 강화하고 있다.

1. 정비능력의 강화

발전설비에 대한 점검 및 정비는 설비를 안전하고 효율적으로 운영하기 위하여 수행하여야 할 필수적인 사항이다. 특히 원자력발전소는 화력발전소와는 달리 원자로 내에 핵분열 물질인 우라늄이 장전되어 운전되고 있으므로 전기사업법에 의한 발전기 및 터빈 등 발전설비에 대한 정기검사 뿐 아니라 원자로 및 부속설비, 안전설비 등에 대하여 원자력법에 의거 운전연수 경과에 따라 이들 설비의 성능이 저하되지 않고 초기 상업운전 때와 동일한 성능으로 유지되는지의 여부를 확인하기 위하여 규제기관으로부터 정기적으로 검사 받고 있으며, 이를 통하여 설비의 신뢰성과 안전성을 확인하고 있다. 또한 이 기간중 계획예방정비를 실시하여 다음 주기에도 발전소가 안전하게 운전되도록 준비에 만전을 기하고 있다.

정상운전중에는 경상 예방정비 및 수리 정비 프로그램에 의해 운전중 정비가 가능한 기기를 정비하고 있으며, 발전소 내 각종 설비를 주기적으로 점검, 기기 성능과 운전 상태변화 등을 지속적으로 추적·관리하여 설비의 신뢰도를 확보하고 있음은 물론, 정비기술 향상을 위한 종사자 반복교육을 실시하여 정비 품질 향상을 도모하고 있다.

국내 원자력발전소의 정비업무는 운영자인 한국수력원자력(주)가 주축이 되어 수행하고 있으며 정비를 전담하는 한전기공(주) 등 기기 정비 전문업체와 주요 기기 제작사의 전문인력, 정밀 기기인 경우 국내·외 전문 연구기관이 함께 참여하여 설비의 안전성과 신뢰성 확보에 최선을 다하고 있으며, 각종 지침서, 국내외 정비 및 운전 경험사례, 해외정보, 규제기관의 지적 및 권고사항 등을 반영한 정비 세부계획을 수립·운영하여 정비업무의 내실을 기하고 있다. 또한 정비품질 확보 및 종사자 방사선 안전관리를 위해 장비의 현대화 및 자동화, 설비개선, 공정개선, 그리고 정비요원의 국내·외 교육 및 훈련강화 등에 중점을 두고 지속적으로 추진하고 있다. 또한 다수기 원전가동, 운전연수 경과 및 정비 전담업체인 한전기공(주)의 민영화 등 원전정비환경 변화에 능동적으로 대처하기 위하여 경상공사 경쟁체제 전환에 대한 준비에 만전을 기하고 있으며, 계획예방정비공사 또한 경쟁범위 확대계획을 수립하여 운영중에 있다.

계획예방정비 작업은 안전성을 최우선으로 하며 신형장비의 도입, 정비방법의 개선과 공정개선 등을 통하여 공기를 단축하는데 주안점을 두고 추진하고 있다. 특히 해외 선진원전에 대한 벤치마킹을 통한 계획예방정비 표준공기를 수립하여 운영하고, 계획예방정비 기간 중에는 공정관리 회의체를 운영하여 유기적인 협조체제를 구축함으로써 공기지연 요인을 사전에 파악하여 제거하고, 세부 정비공정을 전산화하여 철저한 공정관리가 되도록 하고 있다. 또한 운전중 정비가능 기기의 범위를 확대하는 등의 작업관리 개선을 통해 계획예방정비 작업물량을 가능한 줄이고 있으며, 정비 시에는 고장부품 수리 방식을 지양하고 기기 일체정비 방식을 적극 추진함으로써 계획예방정비 기간 단축 및 정비품질 향상에 힘쓰고 있다.

발전정지를 감소시키기 위하여 국내외의 고장사례를 검토·분

석하고 경험 사례 전파 프로그램을 활성화하여 정비요원의 기술력 향상을 도모하고 있으며, 유사한 고장발생에 대한 사전 예방책을 강구하여 설비 고장을 미연에 방지함으로써 설비의 안전성과 신뢰성 확보에 최선을 다하고 있다. 이러한 다각적인 노력으로 국내 원자력발전소는 안정적인 전력 공급능력을 유지하고 있으며, 발전소 운영실적이 세계 정상에 우뚝 설 수 있게 된 것이다.

〈표 2-12〉 2000년도 계획예방정비 실적

구분 호기	정 비 기 간	주 요 작 업 내 용	비 고
고리 #1	'00.10.15~'00.11.18	원자로용기 상부 초음파 검사	시행안함
고리 #2	'00. 5.14~'00. 6.23	원자로 제어봉 안내관 지지핀 교체	
고리 #3	'99.11.27~'00. 1.15	원자로 제어봉 안내관 지지핀 교체	
고리 #4	'00. 7.16~'00. 9. 2	원자로 제어봉 안내관 지지핀 교체	
월성 #1	'00. 3.26~'00. 6. 8	압력관 가터 스프링 재정렬 작업	
월성 #2	'00. 9. 1~'00.10.10	저압터빈 #1 분해점검	
월성 #3	-	-	
월성 #4	'00.12. 1~'01. 1.28	고압/저압터빈 및 주발전기 분해점검	
영광 #1	'00.10.14~'00.11.28	원자로냉각제 RTD 우회배관 제거	
영광 #2	'00. 4.15~'00. 5.25	원자로용기 상부 초음파 검사	
영광 #3	'00. 9.30~'00.11.19	고압터빈/저압터빈 #1 분해점검	
영광 #4	'00. 2. 8~'00. 4. 3	원자로 스팀드 홀 슬리빙	
울진 #1	'00. 6.12~'00. 7.24	증기발생기 전열관 관재생 작업	
울진 #2	'99.12.31~'00. 2.29	증기발생기 전열관 관재생 작업	
울진 #3	'00. 5.27~'00. 7. 8	원자로용기 상부 초음파 검사	
울진 #4	'00. 3. 5~'00. 5. 7	고압/저압터빈 및 주발전기 분해점검	

[2000년 원자력발전연보]

2. 교육훈련 강화

국내 원자력발전소의 효율적인 운영과 안전성 확보, 원자력사업의 지속적인 발전을 위해서는 유능한 기술인력의 확보가 필수 불가결한 과제임을 원전사업자인 한수원(주)은 일찍부터 인식, 전문

인력 양성과 이를 통한 안전문화 정착에 중점을 두고 많은 노력과 투자를 하여왔다.

한전 중앙교육원과는 별도로 원자력에 대한 기초분야에서부터 고급 코스에 이르는 교육과정을 통해 전문인력을 양성하기 위한 원자력교육원을 설립하였고, 이후 각 사업소에는 사업소별 특정 부문의 훈련을 위한 훈련센타를 설립하여 교육체계 및 과정을 현장중심으로 세분화 및 전문화하였다. 또한 교육시설의 확충을 통한 현대화, 전산화를 추구함으로써 과거 양적 위주의 교육에서 질적 위주의 교육으로 개선하였고, 인적실수 방지 및 운전기술 고도화를 위한 중장기 교육 프로그램도 수립, 시행중에 있다.

가. 교육체계

원자력분야의 교육체계를 살펴보면, 신입사원의 경우 입사 후 3~4주간의 한전 중앙교육원과 본사 적응교육을 이수한 후 원자력 전문 교육장인 원자력교육원에서 11~13주간의 원자력 이론 및 원자력발전소 계통에 대한 전반적인 기초교육을 이수하게 되며, 이어서 사업소에서 12~16주간의 현장적응훈련과 7주간의 해당 노형별 계통교육을 마친 후 보직을 받고 업무에 임하게 된다.

운전·정비 등 기술분야의 기술능력을 향상시키기 위하여 보직 후에도 업무 수행중 각 보직에 관련된 필요한 개발과정, 전문과정, 특수과정을 차례로 이수하도록 교육체계가 마련되어 있다.

나. 원자력교육원 교육

1977년 7월, 원자력 전문기술인력 양성이라는 중요한 역할을 수행키 위해 설립된 한수원(주) 「원자력교육원」의 교육과정은 기본과정, 개발과정, 특수과정으로 분류되는데 이를 세분화하여 설명



〈그림 2-4〉 원자력교육원 전경

하면, 기본과정이란 신입직원을 대상으로 한 원자력이론 및 계통 기초 과정을 말하며, 개발과정은 관리자를 대상으로 한 간부과정과 운전·기술·정비요원을 대상으로 하는 실무 및 전문과정이다. 그리고 특수과정은 원자력 홍보 등의 기타 과정을 말한다.

각 사업소 훈련센터(영광, 울진, 월성)에서는 원자력교육원 교육과정을 위임받아 운영중이며, 또한 사업소 특성에 맞는 특수교육 과정을 운영하고 있다. 특히 각 사업소에는 해당원전과 동일한 원자로 모의제어반을 도입하여 그 동안 해외에서 양성되던 원전 운전원을 국내에서 모두 양성하고 있으며, 일반적인 해외교육 계약에서 탈피하여 핵심기술만 습득하는 체제로 전환하여 교육훈련의 강도를 높이고 있다. 그 외 원자력발전소 정비업무를 전담하고 있는 한전기공(주)의 정비요원을 대상으로 총 47개의 교육과정이 설치되어 있으며 국내 타사 및 해외원전 개발국 기술자 양성을 위해 다수의 수탁 교육과정을 운영 중에 있다.

다. 국내 위탁교육 및 해외훈련

원자력발전소 운영요원들의 자질향상을 위하여 원자력교육원을 통한 자체교육은 물론 한국원자력연구소와 산업기술협회 등 국내 전문교육기관을 이용한 실무개발 교육과 두산중공업, 한국전력기술주식회사 등 국내 전문 제작 및 설계회사에 위탁하여 교육을 시행 중에 있다.

또한 전문 기술 향상, 선진기술의 습득, 신규원전의 운영요원 및 특수분야 전문인력 양성을 위하여 원자로 제작사 등 해외 전문기관 훈련을 지속적으로 실시하고 있으며, 해외 우수원전의 운영기술을 벤치마킹하여 국내원전에 반영함으로써 국내원전의 안전성과 신뢰성을 더욱 확고히 하고 있다.

〈표 2-13〉

교육 훈련 실적

(단위 : 명, 2000.12.31 현재)

연 도 구 분		~'92	'93	'94	'95	'96	'97	'98	'99	2000	계
사 내 교 육 (원 자 력 교 육 원)	기본과정	4,276	463	865	921	765	1,054	201	128	43	8,716
	개발과정	9,475	1,736	1,718	1,571	1,603	2,058	2,987	2,666	3,106	26,920
	특수과정	4,283	566	621	703	793	703	424	779	895	9,767
	수탁과정	930	297	88	94	197	258	281	237	269	2,651
	소 계	18,964	3,062	3,292	3,289	3,358	4,073	3,893	3,810	4,313	48,054
국내위탁교육		2,917	328	316	329	286	313	454	377	422	5,742
해 외 훈 련		875	14	43	119	108	16	0	9	23	1,207
계		22,756	3,404	3,651	3,737	3,752	4,402	4,347	4,196	4,758	55,003

[2000년 원자력발전연보]

〈표 2-14〉

원전 모의제어반 현황

제어반 구 분	모의제어반Ⅰ	모의제어반Ⅱ	모의제어반Ⅲ	모의제어반Ⅳ	모의제어반Ⅴ	모의제어반Ⅵ
대상발전소	고리 #1.2	고리 #3.4 영광 #1.2	울진 #1.2	영광 #3.4 울진 #3.4	월성 #1.2,3,4	울진 #3.4,5,6 (KEDO원전)
제 작 사	삼성, 현대	웨스팅하우스	프랑스 톰슨사	삼성, 현대	CAE사	삼성, KOPEC
기준발전소	고리 #2 PWR 2 Loop 650MW	영광 #1.2 PWR 3 Loop 950MW	울진 #1.2 PWR 3 Loop 950MW	영광 #3.4 PWR 2 Loop 1000MW	월성 #2 PHWR 2 Loop 713MW	울진 #3.4 PWR 2 Loop 1000MW
준 공 일 자	98년 7월	86년 12월	90년 2월	97년 4월	96년 12월	01년 10월
설 치 장 소	원자력교육원	원자력교육원	울진원자력	영광원자력	월성원자력	울진원자력

[2000년 원자력발전연보]

라. 원자로 조종면허

원자력발전소를 운영하기 위해서는 원자력법상 일정 인원수의 원자로 조종면허 소지자를 확보하여 안전운전에 만전을 기하도록 규정되어 있다. 2000년말 현재 한수원(주)은 법정요구 수준인 호기당 원자로조종사 및 원자로조종감독자 각각 6명씩 총 192명보다도 훨씬 많은 인원인 원자로조종사 440명, 원자로조종감독자 728명을 확보하고 있어, 법적 요건을 만족시킬 뿐만 아니라 운영요원의 자질향상과 인력운영의 효율성을 높이고 있다.

〈표 2-15〉 원자로 조종면허 소지자 현황(2000년말 현재)

(단위 : 명)

노형·용량별 자격별	경 수 로			중 수 로	계
	60만kW급	90만kW급	100만kW급	60만kW급	
원자로조종사	52	200	96	92	440
원자로조종감독자	110	355	153	110	728
계	162	555	249	202	1,168

[2000년 원자력발전연보]

3. 운전원 교대근무제도

원자력발전소의 안전성확보에 있어서 다중화된 안전설비는 하드웨어적인 요소인 반면, 이를 운영하는 운전원의 능력은 소프트웨어적인 요소라 할 수 있다. 따라서 원자력발전소의 안전성 및 안정적인 전력공급 능력의 확보를 위해서는 설비의 건전성 못지 않게 현장에서 24시간 직접 설비를 다루는 운전원들의 역할이 매우 중요하며 발전소 이상상태 발생시 이들 운전원들이 조치능력을 충분히 발휘하기 위해서는 근무형태가 무엇보다 중요하다 아니 할 수 없다.

원자력발전소의 운전원 교대근무 형태는 1997년 IMF 한파 이후 우리 사회 각 분야에 몰아닥친 구조조정의 영향으로 6조 3교대 근무형태에서 5조 3교대 근무형태로 변경되었다가, 다시 1999년에 6조 3교대 근무형태로 환원되었다. 6조 3교대 근무형태는 3개조가 1일 3교대 근무를 하고 1개조는 원자력법 요건에 근거한 발전소 이상상태 발생에 대비한 조치능력 향상을 위해 반복적인 모의제어반 훈련 및 관련 실무교육을 받고, 1개조는 각종 정기시험을 수행하기 위해 일상근무를 하고 나머지 1개조는 근무시 지장이 없도록 다음 근무에 투입되기 전까지 충분한 휴식을 취하는 형태로 운영되고 있다.

제 5 절 발전정지 현황

1. 발전정지

전기 품질 확보 측면에서 원전의 운영·관리 수준을 나타내는 또 하나의 지표인 국내 원전의 발전정지 건수는 원자력발전의 초기 단계라고 할 수 있는 1980년대 중반까지는 높은 수준을 유지

하였으나 이후 운전경험과 정비기술의 지속적인 축적으로 점차 감소추세에 접어들었으며, 운영·관리 기술이 정착된 1990년대 들어서는 지속적으로 감소하여 호기 당 1건 내외로 안정되었다.

2000년 총 발전 정지 건수는 8회, 호기 당 평균 0.5회로 1998년의 평균 0.4회에는 미치지 못하나, 1996년의 0.9회, 1997년의 1.1회보다 우수한 실적을 보여 주고 있다. 2000년도 정지현황을 살펴보면, 고리 3, 4호기, 영광 2, 3, 4호기, 월성 4호기 및 울진 3, 4호기가 각각 1회씩 기록하였다.

2000년 발전소 정지 건수를 원인별로 살펴보면 제작 불완전, 오동작 등에 의한 기기 결함이 6건, 정비원 과실에 의한 것이 2건이며, 설비별로 구분하면 원자로를 포함한 일차 계통 설비 고장이 2건, 복수 및 급수 설비 등 이차 계통 고장이 5건으로 이차계통 고장이 다수를 차지하고 있다.

이와 같이 국내 원전의 발전 정지율이 우수한 수준을 유지하고 있는 이유는 첫째로 인적실수 제로를 목표로 이를 달성하기 위한



〈그림 2-5〉 울진 3, 4호기 전경

발전소 종사자들의 노력 때문이다. 발전 정지를 감소시키기 위하여 각 원전에서 국내·외 인적요소 관련 정지사례를 분석하여 적용함으로써 유사사례의 재발방지에 심혈을 기울이고 있어 최근 인적실수는 과거보다 감소하고 있는 추세에 있다. 그러나 이런 노력에도 불구하고 발생한 정비원 과실에 의한 2건의 정지는 아쉬움이 남는다. 둘째로 취약설비 개선 및 신뢰도 향상에 집중한 것 때문이다. 발전정지 관련 회로의 다중화, 주요 전자 회로 패널의 운전 환경 개선, 주요 기기와 고장 빈발 가능 기기에 대한 특별한 관리를 수행한 것과 또한 비정상 신호를 유발하거나 수명을 예측할 수 없는 부품에 대해서는 일정 기간 사용 후 교체하는 방법으로 설비의 안전성과 신뢰성 확보에 집중했던 것이 설비 결함과 관련한 고장정지를 단 6건으로 제한할 수 있었다. 마지막으로 설비 안전 지침 및 설비 합동 점검팀에 의해 계절적으로 발생하는 태풍, 호우, 폭한, 폭서, 해양생물 유입 등 자연재해에 대비 발전소 순시를 강화하여 체계적으로 대응한 것과, 발전소 운영 각 분야별로 교차기술지원을 시행하여 예상 운영 문제점과 현안을 조기 해소하여 안정화에 최선을 다한 것이라 하겠다.

〈표 2-16〉 2000년 국내원전 고장정지 내역

발전소	정지일시	재개일시	정지내용(정지원인)
고리 #3	6.20 10:19	6.21 12:55	주급수 차단밸브 부분동작 시험중 비정상 단합
고리 #4	7.14 14:31	7.16 00:00	원자로 냉각재펌프 전동기 보호계전기 동작으로 동펌프 정지
영광 #2	6.09 23:36	6.10 06:50	터빈 제어밸브 제어유 공급배관 누설 정비위해 수동정지
영광 #3	3.03 15:00	3.03 21:38	발전기 고정자냉각수 유량계 누설정비 위한 정지회로 임시 변경 작업중 발전정지
영광 #4	2.07 10:14	2.08 00:54	제어봉 위치신호케이블 접촉불량으로 편차신호 발생
월성 #4	1.06 15:40	1.06 22:41	발전기 고정자냉각수 유량조절 밸브제어기 오동작
울진 #3	4.03 13:50	4.05 00:46	탈기기 수위계측기 제어카드 고장으로 주급펌프 정지
울진 #4	9.11 15:49	9.12 11:19	과전류계전기 연결단자 소손으로 원자로냉각재펌프 정지

[2000년 원자력발전연보]

〈표 2-17〉

원자력발전소 발전정지 현황

(단위 : 건)

연도	고 리				월 성				영 광				울 진				계	평 균
	#1	#2	#3	#4	#1	#2	#3	#4	#1	#2	#3	#4	#1	#2	#3	#4		
'78	17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	17	17
'79	13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	13	13
'80	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8	8
'81	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7	7
'82	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	4
'83	9	5	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	18	6
'84	7	5	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	16	5.3
'85	8	15	4	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	30	7.5
'86	4	4	9	4	5	-	-	-	7	-	-	-	-	-	-	-	33	5.5
'87	3	5	5	4	1	-	-	-	5	3	-	-	-	-	-	-	26	3.7
'88	1	0	1	3	2	-	-	-	2	2	-	-	2	-	-	-	13	1.6
'89	3	3	0	1	2	-	-	-	1	2	-	-	0	1	-	-	13	1.4
'90	2	0	3	3	1	-	-	-	2	1	-	-	3	3	-	-	18	2.0
'91	11	1	0	2	3	-	-	-	1	2	-	-	3	1	-	-	24	2.7
'92	4	1	0	4	1	-	-	-	1	3	-	-	1	0	-	-	15	1.7
'93	1	2	3	3	1	-	-	-	0	2	-	-	1	1	-	-	14	1.6
'94	1	1	0	1	3	-	-	-	1	0	-	-	0	1	-	-	8	0.9
'95	1	2	1	0	0	-	-	-	1	1	3	-	1	1	-	-	11	1.1
'96	0	1	0	0	0	-	-	-	1	0	1	4	2	1	-	-	10	0.9
'97	0	0	0	0	1	4	-	-	1	1	1	3	1	1	-	-	13	1.1
'98	0	2	1	0	0	0	3	-	0	0	0	0	0	0	0	-	6	0.4
'99	1	0	1	0	0	1	0	0	1	3	3	1	1	0	1	-	13	0.9
'00	0	0	1	1	0	0	0	1	0	1	1	1	0	0	1	1	8	0.5
계	105	47	29	26	31	5	3	1	24	21	9	9	15	10	2	1	338	2.0

[2000년 원자력발전연보]

2. 무고장운전

한주기무고장운전이란 연료교체 후 다음 연료교체시기까지 발전정지 없이 연속운전 하는 것을 의미하며 내부적으로 OCTF(One Cycle Trouble Free)라고 부르기도 한다. 이 한주기무고장운전은 수백만 개의 부품과 기기로 구성된 원자력발전소가 약 16개월 이상 큰 고장없이 연속운전을 해야 가능하므로 달성이 힘들지만 이를 달성한 발전소는 운전·정비·운영기술지원 등 모든 분야에서 운영관리 능력과 기술이 세계적인 수준에 도달하였다고 평가할 수 있다.

2000년 한주기 동안 무고장운전을 달성한 발전소는 전체 16기의 가동 원전 중 1기로서 월성 1호기가 이에 해당된다. 이 한주기동안 무고장운전은 고리 1호기('96.3~'99.9)와 고리 4호기('95.2~'99.1)가 각각 3주기 연속으로 달성하여 세계 원자력 역사에 길이 남을 대기록을 수립하였으며, 우리 나라 최초의 가압중수로형 원전인 월성 1호기가 중수로형 원전으로는 국내 처음으로 2주기 연속('98.3~'00.3) 한주기무고장운전을 달성한 바 있다. 올진 2호기도 통산 4회('92, '93, '98, '99년)로 국내 원전 최다 한주기무고장운전을 기록하였다.

현재까지 국내 원전이 달성한 한주기무고장운전은 1988년 고리 3호기를 시작으로 총 22회에 이르고 있다.

〈표 2-18〉 국내원전 연도별 『한주기 무고장운전』 현황

연도 구분	'88	'90	'91	'92	'93	'94	'95	'96	'97	'98	'99	'00
가동 원전	8	9	9	9	9	9	10	11	12	14	16	16
한주기 무고장운전	1	0	1	2	3	0	1	1	2	6	4	1

[2000년 원자력발전연보]

〈표 2-19〉 국내원전 『한주기 무고장운전』 달성 현황

구분 호기	달성횟수	연속운전일	연속운전기간
고리 #1	3	365	'96. 3.31 ~ '97. 3.30
		377	'97. 6. 8 ~ '98. 6.19
		359	'97.11. 4 ~ '99. 1.26
고리 #2	2	387	'90. 3.24 ~ '91. 4.14
		303	'97. 4. 6 ~ '98. 2. 2
고리 #3	3	304	'87.12.10 ~ '88.10. 9
		307	'92. 2. 18 ~ '92.12.21
		407	'97. 4. 5 ~ '98. 5.16
고리 #4	3	423	'95. 2. 8 ~ '96. 4. 5
		460	'96. 6.12 ~ '97. 9.14
		446	'98. 9.25 ~ '99.12.31
월성 #1	2	332	'98. 3.26 ~ '99. 2.20
		331	'99. 5. 1 ~ '00. 3.26
영광 #1	1	395	'92.10. 8 ~ '93.11. 5
영광 #3	1	366	'97. 3.31 ~ '98. 3.31
영광 #4	1	387	'97.12. 3 ~ '98.12.24
울진 #1	2	310	'92. 4. 8 ~ '93. 2.11
		382	'94. 3. 7 ~ '95. 3.23
울진 #2	4	333	'91.12. 5 ~ '92.11. 1
		296	'92.12.16 ~ '93.10. 7
		441	'97. 6. 9 ~ '98. 8.23
		463	'98. 9.25 ~ '99.12.31
월성 #1	1	331	'99. 5. 1 ~ '00. 3.26
계	22	-	-

[2000년 원자력발전연보]