

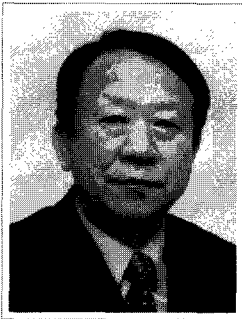


2004년도 원자력발전소 운영 실적

- 총발전량 1,307억kWh, 이용률 91.38%, 고장정지 0.6건/호기 -

심 중 진

한국수력원자력(주) 발전처장



2004년도는 이라크 전쟁과 테러의 위협 등으로 인하여 전 세계적으로 긴장 관계가 유지되는 가운데 고유가가 장기화 되고 석탄 에너지에 의존한 아시아 국가들의 폭발적인 경제 성장으로 석탄 가격이 상승하는 등 에너지 수급 여건이 그 어느 해보다 어려운 해였다.

국내적으로는 중·저준위 방사성 폐기물 관리 시설 부지 선정 문제와

일부 원전에서의 기기/부품 고장에 따른 안전성 논란 등 사회 전반에 걸쳐 원자력 발전과 관련된 다양한 갈등과 변화의 몸부림이 끊이지 않았던 다사다난했던 한해이기도 하였다.

그런 와중에서도 2004년에는 국내 가동 원전 전체 평균 이용률 91.38%라는 높은 수준의 기록을 유지하였으며, 역대 최다인 10기의 원전이 '한주기 무고장 안전 운전'을 달성하는 등 괄목할만한 성과를 일궈낸 한 해이기도 하였다.

본고를 통해 이러한 2004년 국내 원전 분야별 운영 실적에 대해서 살펴보고자 한다.

운영 실적

1. 설비 용량 및 발전량

2004년 말 현재 상업 운전중인 국내 원자력발전소는 총19기, 설비

용량 1,671만 6천kW로 전체 발전 설비 용량 5,996만 1천kW의 27.9%를 차지함으로써 전년도의 28.0%에 비해서는 다소 감소하였지만, 발전량은 전년보다 1.0% 증가한 1,307억kWh를 기록하여 국내 전체 발전량의 38.2%를 차지하였다.

이는 천연 자원이 부족한 국내 현실에서 원자력이 자원 의존도가 낮은 기술 집약적 준국산 에너지이며 화석 연료를 대체하는 친환경적 에너지 공급원이자 기저 부하를 담당하는 전력 공급원으로서의 역할을 충실히 하였음을 잘 보여주고 있는 수치이다.

원자력발전소 설비 용량의 변화 추이(〈표 1〉)를 살펴보면, 1989년 울진 2호기가 준공된 이후 1994년 말까지 약 6년 동안 추가적인 원전 건설이 이루어지지 않아 761만kW를 유지하다가, 1995년 영광 3호기, 1996년 영광 4호기에 이어

〈표 1〉 발전 설비 용량 변화 추이

단위 : 만kW

구분 \ 연도	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
총발전 설비 용량	2,875	3,218	3,571	4,104	4,340	4,697	4,845	5,085	5,380	5,605	5,996
원자력 설비 용량	761	861	961	1,031	1,201	1,371	1,371	1,371	1,571	1,571	1,671
점유율(%)	26.5	26.8	26.9	25.1	27.7	29.2	28.3	27.0	29.2	28.0	27.9

〈표 2〉 국가별 원전 설비 용량 및 발전 현황

2003년 기준, 〈Nucleonics Week〉 2004.2.12

구분 \ 순위	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
국가명	미국	프랑스	일본	독일	러시아	한국	캐나다	영국	우크라이나	스웨덴
가동 기수	104	59	53	19	30	18	21	25	13	11
설비 용량(백만kW)	104	66	46	22	22	16	15	14	12	10
발전량(억kWh)	7,970	4,411	2,271	1,651	1,486	1,297	757	886	814	684

〈표 3〉 원자력 발전량 변화 추이

단위 : 억kWh

구분 \ 연도	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
전체 발전량	1,649	1,846	2,055	2,244	2,153	2,393	2,663	2,852	3,062	3,223	3,422
원자력 발전량	586	670	739	770	896	1,030	1,090	1,121	1,191	1,297	1,307
점유율(%)	35.5	36.3	36.0	34.3	41.7	43.1	40.9	39.3	38.9	40.2	38.2

1997년 월성 2호기, 1998년 월성 3호기와 울진 3호기, 그리고 1999년에는 월성 4호기 및 울진 4호기가 각각 상업 운전을 시작함에 따라, 1999년 말 기준 원전 설비 용량은 1,371만 6천kW로 증가하게 되었다.

이후 2001년까지 추가 가동 원전이 없었으나 2002년에 영광 5호기와 6호기, 2004년에는 울진 5호기가 각각 상업 운전을 개시하면서 국내 원자력발전소 설비 용량은 1,671만 6천kW에 이르게 되어 10년 동안 2배 이상의 설비 용량 증가를 가져왔으며, 〈표 2〉에서 보듯이 명실공히 세계 6위의 원자력 발전

국으로 성장하게 되었다.

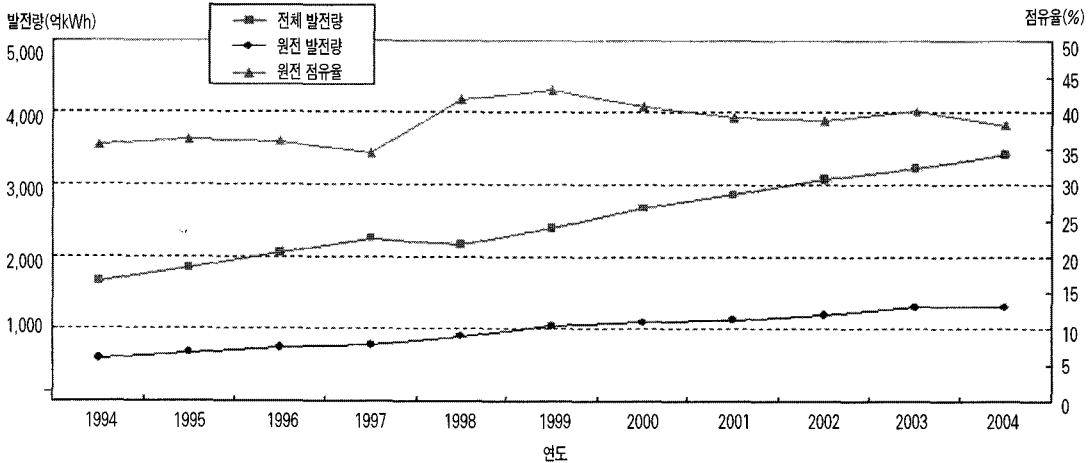
2004년 12월 정부에서 발표한 제2차 전력 수급 기본 계획에 따르면, 전력은 그 사용의 편리성으로 인하여 경제 성장 및 국민 생활 수준의 향상에 따라 그 소비가 지속적으로 증가할 것으로 전망하였으며, 아울러 국내의 환경 규제가 강화되면서 선진국의 온실 가스 배출 의무 감축 압력도 증가될 것으로 예측하였다.

이러한 예측에 따라 국내에서는 향후 2017년까지 총9기(울진 6호기 포함)의 원전이 추가 건설되어 원자력 발전 설비 용량은 2,664만7천kW, 설비 점유율은 30.3%로 확

대될 전망이다.

한편 2004년 국내 원전의 발전량 1,307억kWh는 전체 발전량 3,422억kWh의 38.2%를 차지하고 있는데, 2004년 원자력 발전량을 화석 연료로 대체하여 발전하였을 경우와 비교하면 유연탄 4,732만톤(16,203억원), 중유 1억9,319만 배럴(65,171억원), LNG 2,065만톤(80,331억원)에 해당하는 에너지 수입 절감의 효과를 가져왔으며, 유연탄 대비 3,376만톤, 중유 대비 2,545만톤, LNG 대비 2,068만톤의 이산화탄소 배출 저감 효과를 거둔 것으로 분석되었다.

〈표 3〉과 〈그림 1〉은 1994년부터



〈그림 1〉 원자력 발전량 변화 추이

〈표 4〉 국내 원자력발전소 현황

구분 호기	설비 용량(만kW)	원자로형	위치	상업 운전
고리 #1	58.7	가압경수로	부산광역시 기장군	1978. 4.29
고리 #2	65	가압경수로	부산광역시 기장군	1983. 7.25
고리 #3	95	가압경수로	부산광역시 기장군	1985. 9.30
고리 #4	95	가압경수로	부산광역시 기장군	1986. 4.29
월성 #1	67.9	가압중수로	경북 경주시	1983. 4.22
월성 #2	70	가압중수로	경북 경주시	1997. 7. 1
월성 #3	70	가압중수로	경북 경주시	1998. 7. 1
월성 #4	70	가압중수로	경북 경주시	1999. 10.1
영광 #1	95	가압경수로	전남 영광군	1986. 8.25
영광 #2	95	가압경수로	전남 영광군	1987. 6.10
영광 #3	100	가압경수로	전남 영광군	1995. 3.31
영광 #4	100	가압경수로	전남 영광군	1996. 1. 1
영광 #5	100	가압경수로	전남 영광군	2002. 5.21
영광 #6	100	가압경수로	전남 영광군	2002.12.24
울진 #1	95	가압경수로	경북 울진군	1988. 9.10
울진 #2	95	가압경수로	경북 울진군	1989. 9.30
울진 #3	100	가압경수로	경북 울진군	1998. 8.11
울진 #4	100	가압경수로	경북 울진군	1999.12.31
울진 #5	100	가압경수로	경북 울진군	2004. 7.29
계	1,671.6	-	-	-

터 지난해까지 국내 원자력 발전량의 변화 추이를 나타낸 것이다.

지속적인 경제 성장으로 인해 1990년부터 2002년까지 전력 수요가 연평균 9.4%(연평균 경제 성장률 5.9%)씩 증가함에 따라 발전량도 같은 추이로 증가하였으나, 1998년에는 외환 위기로 인하여 전력 수요가 최초로 마이너스(-3.6%) 성장을 하는 어려움을 겪기도 하였다.

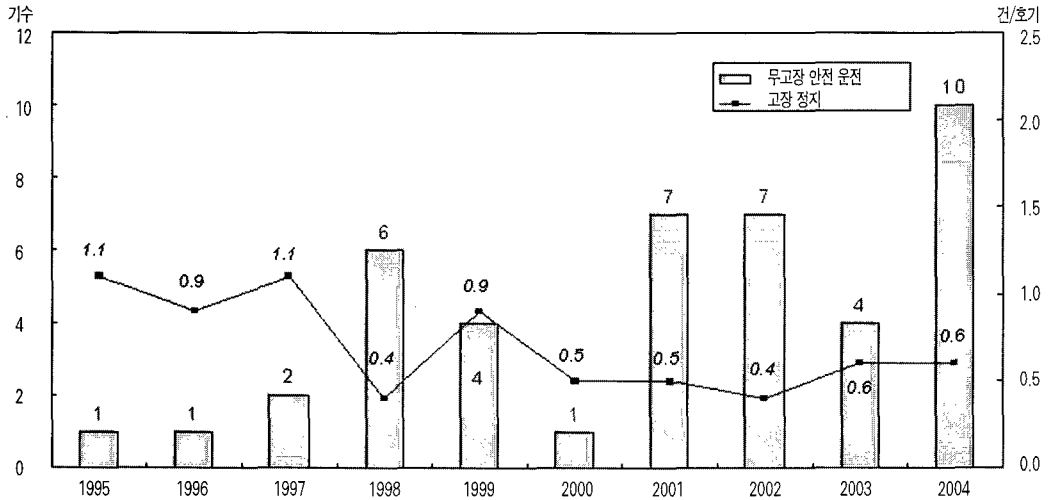
1998년 이후부터는 월성 3호기와 울진 3호기의 상업 운전에 따라 원자력 발전량이 전체 발전량 대비 40% 이상의 점유율을 나타내었고, 이후 다소의 증감은 있었지만 원자력 발전은 꾸준히 우리나라의 주력 발전원으로서 안정적 전력 공급에 크게 기여해 왔다.

또한 1980년 대비 2002년도의

〈표 5〉 2004년도 국내 원전 호기별 발전량

단위 : 억kWh

호기	고리				영광						월성				울진					합계
	1	2	3	4	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	1	2	3	4	5	
발전량	48.9	58.2	76.5	76.8	75.2	75.5	80.7	80.4	58.7	67.2	53.8	58.3	59.3	59.9	77.7	76.2	83.2	90.7	50.0	1,307.1



〈그림 2〉 무고장 안전 운전 및 고장 정지

생산자 물가 지수는 75.5% 증가한 반면 전력 요금은 45.5% 상승하는 것에 그쳐 저렴한 가격의 전력 공급 원으로서 국가 경제 발전에 견인차 역할을 하였음은 물론, 국민 생활 안정에도 큰 역할을 한 것으로 평가 되고 있다.

향후에도 이러한 추세는 계속되어 2015년에는 원자력 발전량이 전체 발전량 4,118억 kWh의 46.9%인 2,098억 kWh를 담당함으로써 미래의 안정적 전력원으로서 확실히 자리매김을 할 것으로 예상된다.

〈표 4〉는 국내에서 가동 중인 원

자력 발전소 현황을 나타내고 있는데, 이를 원자로 형식에 따라 구분하면 한국표준형 원전을 포함한 가압중수로형이 15기(1,393만7천kW)로 대부분을 차지하고 있고, 가압중수로형이 4기(277만 9천kW)를 차지하고 있으며, 고리·영광·월성·울진 등 4개 원전본부에 각각 위치하고 있다.

〈표 5〉는 2004년도 한 해 동안의 호기별 발전량을 나타낸 것으로서, 설비 용량 및 정기 계획 예방 정비 수행 여부 등에 따라 발전소간 발전량에는 다소 차이가 있다.

2. 한 주기 무고장 운전 달성

〈그림 2〉에서 보는 것과 같이 2004년도 한 해 동안 고리 1·2·3·4호기 및 울진 1·3호기 등 총 10기의 원전이 「한 주기 무고장 안전 운전(OCTF, One Cycle Trouble Free)을 달성하였는데 이는 한 해 최다 기록이며, 특히 고리본부는 국내 최초로 동일 연도 전 호기 한 주기 무고장 안전 운전 달성이라는 쾌거를 이루었다.

이는 운영·정비·지원 등 모든 분야에서 우수한 기술력과 운영 관리 능력을 보여준 것이다.



〈표 6〉 국내 원전 발전 정지 현황

단위: 건

연도	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	
고리	1호기	1	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1
	2호기	1	2	1	0	2	0	0	0	0	0	0
	3호기	0	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0
	4호기	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
영광	1호기	1	1	1	1	0	1	0	0	1	3	0
	2호기	0	1	0	1	0	3	1	0	0	0	1
	3호기	-	3	1	1	0	3	1	0	0	1	1
	4호기	-	-	4	3	0	1	1	0	0	1	0
	5호기	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	1
	6호기	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	1
월성	1호기	2	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1
	2호기	-	-	-	4	0	1	0	1	0	1	0
	3호기	-	-	-	-	3	0	0	1	0	1	0
	4호기	-	-	-	-	-	0	1	0	0	1	0
울진	1호기	0	1	1	1	0	1	0	2	3	0	0
	2호기	1	1	1	1	0	0	0	3	0	1	1
	3호기	-	-	-	-	0	1	1	0	0	0	0
	4호기	-	-	-	-	-	0	1	1	1	1	3
	5호기	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
운전 기수	9	10	11	12	14	16	16	16	18	18	19	
평 균	0.8	1.1	0.8	1.1	0.4	0.9	0.5	0.5	0.4	0.6	0.6	

이로써 국내에는 1988년 고리 3호기가 최초로 OCTF를 달성한 이래 총 50차례의 한주기 무고장 안전 운전 기록을 수립하게 되었다. '한 주기 무고장 안전 운전'이란 연료 교체 장전을 마치고 발전을 시작하여 다음 연료 장전할 때까지 고장 없이 연속 운전하는 것을 의미하는데, 원전의 운영·정비·관리 등 모든 분야에서의 기술력과 관리 능력을 직접적으로 보여주는 지표이다.

3. 고장 정지 1건 이하 유지

고장 정지는 1년 동안 정상 운전 중 기기 고장 또는 인적 요인에 의해 발전소가 일시 정지한 건수를 의미하는데, 안전성과 전기 품질 확보 측면에서 원전의 운영·관리 수준을 나타내는 또 하나의 지표로 사용되고 있다

〈표 6〉에 나타난 바와 같이, 지난 한 해 동안 가동 원전 19기에서 모두 12건의 고장 정지가 발생하여 호기 당 연평균 고장 정지율이 0.6건으로 집계되었는데, 원자력 종주

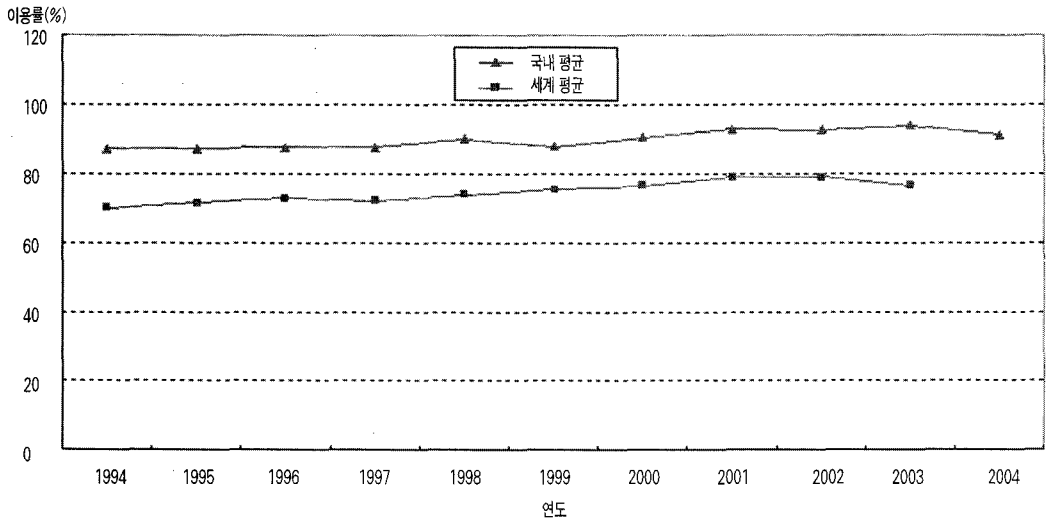
국이라 할 수 있는 미국(1.3건), 캐나다(1.3건), 프랑스(3.0건)의 실적과 비교할 때도 매우 우수한 실적이 라고 할 수 있다.

원자력 발전의 초기 단계인 1980년대 중반까지는 호기 당 연평균 5건 이상의 높은 고장 정지율을 보였으나, 1990년대 들어서부터는 운영 경험과 관련 기술의 축적으로 호기 당 1건 내외로 안정되었으며, 1998년 이후에는 연간 1건 이하의 낮은 고장 정지율을 유지하는 우수한 실적을 보여주고 있다.

〈표 7〉 국내 및 세계 원전 연도별 평균 이용률

단위: %

구분 \ 연도	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
국내 평균	87.4	87.3	87.5	87.6	90.2	88.2	90.4	93.2	92.7	94.7	91.38
세계 평균	70.2	71.6	72.9	72.2	73.7	75.6	76.4	78.9	78.9	76.5	-



〈그림 3〉 국내 및 세계 원전 연도별 평균 이용률

4. 원전 이용률 91.38% 달성

발전소 이용률은 연간 최대 가능 발전량에 대한 실제 발전량의 백분율로서 발전 설비 이용의 효율성과 활용도를 나타내는 지표이다.

설비의 건전성 및 운영 인력의 우수성 등 발전소 운영 기술 수준을 평가하는 직접적인 척도가 된다.

전력 산업 구조 개편에 따라 발전 부문의 경쟁 체제가 도입된 이후 국내 원전의 평균 이용률은 2001년에 93.2%, 2002년에는 92.7%, 2003년에는 우리나라 26년 원전 운영 역사상 최고 실적인 94.17%를 기록하였으며, 2004년은 91.38%로

2001년 이후 연속해서 90% 이상의 높은 기록을 달성하였다.

2004년의 우리나라 원전 이용률을 세계 원전의 이용률 평균인 76.5%(2003년도)와 비교하면 14.9%나 높아 우리나라 원전 운영 기술이 선진국보다도 우수함을 나타내고 있다.

국내 및 세계 원전 평균 이용률은 〈표 7〉과 〈그림 3〉에서, 국내 원전 호기별 이용률 현황은 〈표 8〉에서 보여주고 있다.

2004년 국내 원전 이용률은 세계 원전 평균 이용률 76.5%(2003년)에 비해 14.9% 높은 수치를 보

여주고 있는데 이로 인한 추가 전력 생산량은 100만kW급 원전 3기를 추가로 운영하는 것과 동등한 효과이며, 이로 인해 신규 원전 건설비 기준 약 7조5천억원의 절감 효과를 가져왔을 뿐 아니라, 이를 화석 연료로 대체할 경우 천연 가스 8조원, 석유 6조5천억원, 유연탄 1조6천억원 상당의 수입 대체 효과를 가져온 것으로 평가되고 있다.

19기의 국내 원전 연간 이용률 1% 증가는 약 560억원의 전기 판매 수입 창출 효과가 있으며 고유가가 장기화 되더라도 불구하고 전기 요금 인상을 억제하는 데 한 몫을



〈표 8〉 국내 원전의 호기별·연도별 이용률 현황

단위 : %

호기	연도	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
고리	1 호기	66.5	82.2	77.0	78.9	77.6	85.2	92.3	95.0	85.4	93.2	94.8
	2 호기	87.5	95.3	87.0	86.1	87.5	87.1	91.3	89.4	93.9	90.2	101.9
	3 호기	82.1	76.1	99.1	75.8	86.5	90.5	100.9	94.8	96.1	104.8	91.6
	4 호기	93.2	91.4	83.5	87.8	105.3	89.0	91.3	95.1	106.0	95.1	92.0
영광	1 호기	100.0	78.6	84.6	103.9	89.1	84.5	90.3	104.4	92.9	88.7	90.1
	2 호기	89.4	77.1	95.6	83.5	75.5	84.3	89.4	89.9	102.5	92.8	90.5
	3 호기	-	100	76.6	87.0	89.0	89.1	87.3	103.6	92.1	93.9	91.8
	4 호기	-	-	86.5	81.7	101.2	91.8	87.3	87.1	92.1	102.9	91.5
	5 호기	-	-	-	-	-	-	-	-	103.3	81.1	66.9
	6 호기	-	-	-	-	-	-	-	-	105.3	92.5	76.6
월성	1 호기	82.6	83.7	81.0	102.1	78.5	82.8	80.9	83.1	99.1	89.5	90.3
	2 호기	-	-	-	97.1	83.6	90.8	92.7	97.2	91.6	95.3	94.9
	3 호기	-	-	-	-	98.5	82.0	103.1	86.0	95.8	97.3	96.4
	4 호기	-	-	-	-	-	103.0	94.2	95.5	94.7	98.2	97.4
울진	1 호기	86.2	90.4	89.8	85.9	96.0	89.4	90.0	87.5	71.3	87.6	93.1
	2 호기	86.8	98.2	96.6	88.8	92.8	97.9	85.2	91.6	82.0	90.9	91.3
	3 호기	-	-	-	-	103.7	83.5	90.1	94.9	93.0	104.4	94.8
	4 호기	-	-	-	-	-	-	84.7	93.1	88.2	95.4	103.3
	5 호기	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	102.8
평 균		87.4	87.3	87.5	87.6	90.2	88.2	90.4	93.2	92.7	94.17	91.38

하였을 뿐 아니라, 국내 생산 제품의 원가 절감으로 이어져 해외 수출 시 가격 경쟁력 제고에도 기여하였다.

이렇듯 국내 원전이 우수한 운영 실적을 기록할 수 있었던 주요 요인으로는 그 동안 지속적으로 시행해 온 운영 기술 선진화 노력의 결과라고 분석할 수 있다.

운전 분야

1. 운전 경험 축적 및 운영 능력 향상

1978년 고리 1호기의 상업 운전

이후 19기가 가동되는 2004년까지 총 248 Reactor-Year의 운전 이력을 통해 축적된 운영 경험을 바탕으로 발전소 운전 절차 개선, 운전 조직 보강 등의 노력을 지속적으로 기울였으며, 또한 유능한 기술 인력 확보의 중요성을 인식하여 전문 인력 양성에도 많은 투자와 노력을 기울여 왔다.

특히 원전의 안전성 확보와 신뢰성 향상을 위해 주제어실 운전원의 핵심 과장 제도를 도입했으며, 엔지니어링 능력 향상을 통해 발전소 안전 운전과 신뢰성을 향상시킴으로

써 더욱 수준 높은 원전 운영 능력이 확보될 것으로 기대된다.

교육 시설의 현대화, 전산화를 통해 발전소 종사자에 대한 교육 훈련을 강화하여 운영 능력 향상에 지속적인 노력을 기울이고 있으며, 특히 원전의 두뇌라 할 수 있는 중앙 제어실과 동일한 모의 제어반에서 발전소에서 발생할 수 있는 비정상·비상 상황에 대한 훈련을 주기적으로 실시함으로써 비상 대응 능력을 갖춘 최정예의 운전 요원 양성에도 주력하여 왔다.

2. 인적 실수 최소화

원자력발전소의 안전 운영을 위해서는 설비의 신뢰성과 함께 그 설비를 운영하는 운영 인력의 우수성 또한 절대적으로 중요하다.

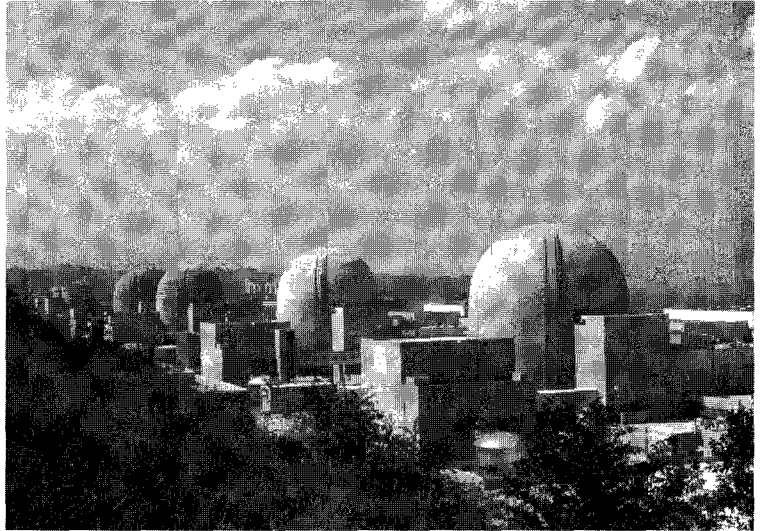
따라서 인적 실수 제로화를 목표로 작은 일에도 항상 최선을 다하는 원전 종사자의 근무 자세는 무엇보다도 중요하다고 할 수 있다.

고장 정지를 감소시키고 운영 실적 향상을 위하여 국내 각 원전에서는 국내의 인적 요소와 관련된 고장 및 정지 사례를 집중 분석한 후 국내 원전의 운전 및 정비 업무에 적용하고, 인적 실수(Human Error) 및 아차 사례(Near Miss) 경험 발표회를 통해 유사 사례의 재발 방지를 위해서도 적극 노력하고 있다.

또한 국내 원전간 교차 기술 지원(Peer Review)을 통해 취약 분야의 도출 및 개선, 우수 사례를 상호 전파하는 등 유사 사례의 재발 방지에 심혈을 기울이고 있다.

3. 장주기 연료 적용

우리나라 원전의 대부분을 차지하는 15기의 경수로형 원전은 연료를 교체하기 위하여 정기적으로 발전소를 정지해야 하는데, 그 동안 지속적으로 시행되어 온 원전 연료의 제작 및 운영 기술 개선을 통해 원전 안전성 향상을 도모함과 동시에 연료 교체 주기를 고리 1·2호기는 15개월, 그 밖의 경수로형 원



울진 원전. 2004년 말 현재 상업 운전중인 국내 원자력발전소는 총19기, 설비 용량 1,671만 6천kW로 전체 발전 설비 용량 5,996만 1천kW의 27.9%를 차지함으로써 전년도의 28.0%에 비해서는 다소 감소하였지만, 발전량은 전년보다 1.0% 증가한 1,307억kWh를 기록하여 국내 전체 발전량의 38.2%를 차지하였다.

전은 18개월로 최적화함으로써 원전 경제성을 보다 향상시킬 수 있었다.

그 밖에 신규 감시 방법 적용, 자동 열출력 측정 프로그램 적용, 원자로 특성 시험 출력 준위 향상 등 발전소 운전 방법 개선을 통해 발전기 출력을 증가시킴으로써 발전소 운영 실적 향상에도 기여하였다.

기 46일대에 해당된다.

영광 5,6호기의 장기간 정지 때문에 2003년도에 비해 공기가 늘어났으나 그 외 15개 호기는 계획 예방 정비 계획 대비 총 63일을 단축하였다.

최근 세계의 우수 원전 사업자들은 치열한 시장 경쟁 체제하에서 원자력의 경쟁력 향상을 위해 계획 예방 정비 기간을 계속적으로 줄여나가고 있으며, 현재 20일대 전후로 계획 예방 정비를 수행하고 있다.

이와 관련 우리 회사도 미국 및 유럽 원전의 우수 운영 사례 및 공정 관리 신기법에 대한 벤치마킹을 지속적으로 시행하고 있다.

아울러 그 동안 계획 예방 정비 공기 최적화 노력의 일환으로 2003년부터 전격 시행중인 전사적 자원 관리 시스템(ERP)의 동시 사

정비 분야

1. 예방 정비 최적화

2004년도에 원자력 발전소 19개 호기를 운영하면서 이용률 91.38%를 달성한 것은 계획 예방 정비의 공기 최적화에 힘입은 바 크다.

2004년도 계획 예방 정비는 총 715일 동안 모두 17개 호기를 수행하였는데, 이는 각 호기별 평균 공



〈표 9〉 호기별 계획 예방 정비 실적 (2004년)

호기	회차	작공 일자	공기	주요 작업 내용
고리 1호기	22	2004.02.26 ~ 2004.03.21	25	· 원자로 헤드 관통부 육안 검사 · 노내 핵계측기 심비 교체 · 제어봉 와전류 탐상 시험 및 조속기 제어 실비 교체
고리 2호기	19	2004.12.24 ~ 2005.01.21	29	· 증기발생기 와전류 탐상 시험 · 원자로 상부 초음파 검사 및 원자로 내부 검사 · 원자로 헤드 관통관 검사
고리 3호기	15	2004.01.17 ~ 2004.03.05	48	· 원자로 냉각재 펌프 내장품 교체 · 격납 용기 종합 누설률 시험 · 원자로 하부 초음파 검사 및 원자로 내부 검사
고리 4호기	15	2004.09.01 ~ 2004.10.14	44	· 원자로 냉각재 펌프 내장품 교체 · 격납 용기 종합 누설률 시험 · 발전소 주전산기 교체
영광 1호기	15	2004.10.04 ~ 2004.11.19	46	· 원자로 냉각재 펌프 내장품 교체 · 격납 용기 종합 누설률 시험 · 고압 터빈 완전 분해 점검
영광 2호기	14	2004.05.29 ~ 2004.07.04	37	· 원자로 냉각재 펌프 내장품 교체 · 원자로 조사 시편 인출 및 대체 감시자 설치 · 증기발생기 2차측 누설 시험
영광 3호기	8	2004.10.02 ~ 2004.11.10	40	· 격납 용기 종합 누설률 시험 · 원자로 Stud Hole 정비 · 주발전기 분해 정비
영광 4호기	7	2004.04.03 ~ 2004.05.15	42	· 증기발생기 세관 정비 · 원자로 Stud Hole 정비 · 저압 터빈 'A/C' 완전 분해 점검
영광 5호기	2	2003.12.31 ~ 2004.04.28	120	· 열전달 완충판 이탈 관련 제3기관 안전성 평가 · 탈염수 계통 오염 관련 실비 제염 · 원자로 상부 초음파 검사 및 원자로 내부 검사
영광 6호기	1	2003.11.19 ~ 2004.04.05	139	· 격납 용기 종합 누설률 시험 · 열전달 완충판 이탈 확인 및 원자로 내부 검사 · 고압 및 저압 터빈 3대 완전 분해 점검
월성 1호기	17	2004.05.05 ~ 2004.06.08	35	· 격납 용기 종합 누설률 시험 · 연료 채널 체적 검사 · 저압 터빈 #1 완전 분해 점검
월성 2호기	6	2004.08.30 ~ 2004.09.25	25	· 반응도 제어 장치 위치 변경 · 바나듐 검출기 성능 점검
월성 3호기	5	2004.11.27 ~ 2004.12.18	22	· 압력관 검사(4찬널) · 고압 터빈 및 발전기 완전 분해 정비
월성 4호기	4	2004.07.16 ~ 2004.08.09	24	· 격납 용기 종합 누설률 시험 · 고압 터빈 및 주발전기 완전 분해 정비
울진 1호기	13	2004.10.18 ~ 2004.11.20	34	· 원자로 냉각재 펌프 내장품 교체 · 모터 구동 밸브 동적 시험 · 노내 핵계측기 심비 교체
울진 2호기	12	2004.05.08 ~ 2004.06.15	39	· 원자로 헤드 관통관 체적 검사 · 원자로 냉각재 펌프 내장품 교체 · 발전기 완전 분해 점검
울진 3호기	5	2004.04.10 ~ 2004.05.13	33	· 격납 용기 종합 누설률 시험 · 원자로 Stud Hole 정비 · 저압 터빈 'A' 및 주발전기 완전 분해 정비

용자 수를 최대화한 통합 Upgrade 공정 관리 프로그램과 연계 운영하여 공정 관리 인력을 절감시켰으며 아울러 공정의 정확도를 향상시켰다.

또한 원자로 및 터빈 발전기 등 주공정을 최적화하기 위한 24시간 작업 체계를 유지하여 야간에도 주간과 동일한 작업 효율을 유지함과 동시에 주공정 작업과 병행할 수 있는 공정 기법을 개발하였고, 정비 작업 단계를 시간 단위로 세분화하여 시간의 손실을 최소화하였다.

2004년에 시행한 주요 정비 및 점검 사항(표 9)을 살펴보면, 고리 3,4호기 및 영광 2호기, 울진 1,2호기의 원자로 냉각재 펌프 내장품 교체, 울진 2호기의 주발전기 완전 분해 정비, 월성 1호기의 증기발생기 1차측 맨웨이 개조 등을 수행하였고, 계획 예방 정비 중·장기 계획에 따라 수행하고 있는 격납 용기 종합 누설률 시험, 증기발생기 전열관 와전류 탐상 검사, 안전 관련 동력 구동 밸브에 대한 건전성 평가, 원자로 용기 헤드 관통관 검사 등을 수행하여 설비 신뢰성과 안전성 향상을 도모하였다.

또한 취약 및 노후 설비에 대한 개선·보강 사업을 체계적으로 수행하였는데, 노내 핵계측기 심비 교체, 터빈 조속기 제어 실비 교체, 발전소 주전산기 교체 등이 이에 해당되며 계획 예방 정비 공기 단축 및 최적화를 위한 검사 장비 또는

〈표 10〉 국내 원전 호기당 폐기물 발생량 추세

단위 : 드림/호기

연 도	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
폐기물 발생량	368	270	236	219	172	146	139	145	141	102	125

〈표 11〉 국내 원전 호기당 평균 집단 선량

단위 : man-Sv

연 도	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
집단 선량	1.21	1.29	1.06	0.84	1.04	0.85	0.71	0.67	0.55	0.62	0.69

신형 정비 장비 도입 및 개선을 지속적으로 추진중에 있다.

올해는 14기(2004년 : 17기)의 계획 예방 정비가 예정되어 있는 만큼 원전간 실적 공기 비교 분석 및 국내 원전 계획 예방 정비 체제의 근본적인 진단 등을 통해 적기에 계획 예방 정비를 완료할 수 있도록 최선을 다할 예정이다.

2. 정비 체제의 선진화

우선, 설비 신뢰도 향상을 위해 ERP 설비 수명 주기 관리(LCP, Life Cycle Planning) 시스템을 개발한 후 약 20만건에 달하는 각 발전소 예방 정비 이력 자료를 입력, 정비 계획의 기본 자료로 활용하였으며 실시간 조회 및 분석이 가능하도록 하는 등 예방 정비의 과학화를 도모하였다.

또한 선진국형 정비 체제 확립과 효율성 제고를 통한 설비의 최적 운영을 도모하기 위하여 발전소별로 우수 인력을 선발하여 엔지니어링 조직을 확대 구성하였고, 해외 우수 원전 및 제작사에 장기 파견하여 핵심 시스템 엔지니어로 육성해 나가는 등 글로벌 핵심 전문 기술 인력을 양성해 나가기 위해 지속적인 노

력을 기울였던 한 해였다.

현재 고리 1호기, 월성 1호기의 실제 수명 도래와 관련하여 연장 운전 적용 기술 기준 이행 가능성을 규제 기관과 긴밀히 협의중이며 이에 따른 설비 개선 계획 수립 및 안전성이 더욱더 향상되도록 차질 없이 진행될 것이며, 가동 원전에 대한 출력 증강 사업을 지속적으로 추진할 예정이다.

또한 증기발생기 통합 관리 프로그램 이행, 탄소강 배관 감육 관리 프로그램 보완 등 핵심 설비의 관리 기준 제정 및 운영 개선을 지속적으로 추진할 것이며, 정비 규정을 시범 적용하기 위해 계통/기기별 중요도 및 성능 기준 결정, 운전 및 정비 신뢰도 데이터 작성 등 기술 개발도 극대화해 나갈 예정이다.

안전 최우선 원전 운영

1. 원전 안전성 확보

가동 원전의 증가와 실적 향상은 무엇보다 원자력 안전을 바탕으로 이루어져야 할 것이다. 따라서 대국민 신뢰 제고 및 안전 마인드 확산을 통한 선진 안전 문화 정착을 위하여 원전 안전 목표 및 안전 정책

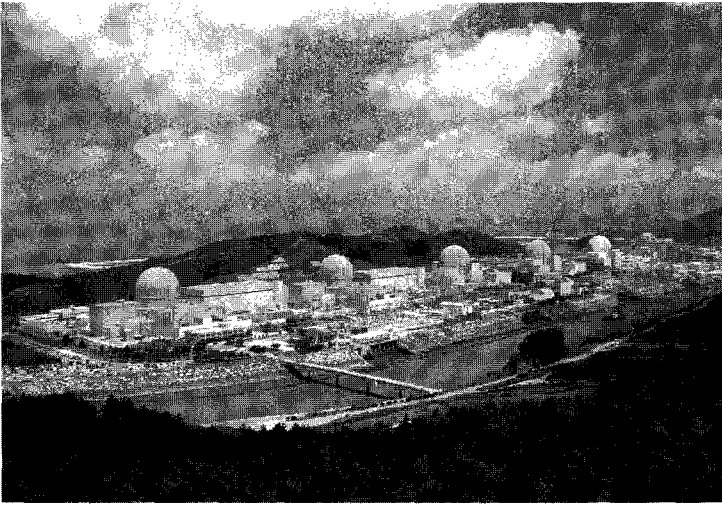
성명이 포함된 원전 안전성 증진 종합 대책을 수립 시행중이며, 원전 종사자의 안전 문화 수준을 객관적으로 평가할 수 있는 지표를 마련하여 자체 평가를 수행하였다.

아울러 가동중 원전의 안전 수준을 종합적으로 진단할 수 있는 주기적인 안전성 평가(PSR)를 수행중인데, 고리 1·2·3·4호기, 월성 1호기는 평가를 완료하여 안전성이 확보되어 있음을 입증하였고, 영광 1·2·3·4호기는 현재 평가를 진행중이며 올해 올진 1·2호기가 착수할 예정이다.

또한 정부의 중대 사고 정책에 따라 대부분의 국내 원전이 확률론적 안전성 평가(PSA)를 완료하여 세계 최고 수준의 안전성을 보유하고 있는 것으로 평가되었으며, 올진 1·2호기는 현재 진행중에 있다.

2. 방사선 안전 관리

원자력발전소는 운영 과정에서 정비 자재 및 방호 장구 등 중·저준위 방사성 폐기물이 필연적으로 발생하게 되는데, 동일 용량의 원전에서 폐기물의 생성량이 적다는 것은 방사선 작업 관리가 얼마나 안전하고 효율적으로 수행되었는가를



영광 원전. 2004년도에 원자력발전소 19개 호기를 운영하면서 이용률 91.38%를 달성한 것은 계획 예방 정비의 공기 최적화에 힘입은 바 크다. 2004년도 계획 예방 정비는 총 715일 동안 모두 17개 호기를 수행하였는데, 이는 각 호기별 평균 공기 46일대에 해당된다.

판정하는 척도가 된다.

〈표 10〉은 국내 원전의 연도별 호기당 중·저준위 폐기물 발생량이 꾸준히 감소되는 추세에 있음을 보여주고 있다. 1994년에 연간 호기당 368드렘에서 2004년도에는 125드렘으로 10년 동안 약 1/3 수준으로 감소하였다.

국내 원전의 폐기물 발생량이 이처럼 크게 감소한 것은 농축 폐액 건조 설비, 폐수지 건조 설비, 초고압 압축 설비 등 최신 처리 설비를 운영하여 방사성 폐기물 발생량 자체를 줄였을 뿐만 아니라, 방사선 관련 작업시 사전 작업 계획의 수립·시행과 합리적인 운영 등 전 원전 종사자들의 총체적인 노력에 의해 이루어진 결과이다.

한편 원자력발전소는 안전한 운전 못지않게 현장 종사자의 건강 관리가 매우 중요한데, 발전소의 운전

및 정비 과정에서 종사자들의 방사선 피폭 선량은 중요한 발전소 성능 지표 중의 하나로 간주되고 있다.

국내 원자력발전소에서는 연간 개인 선량 한도를 20mSv로 운영하고 있으며, 이는 국제방사선방호 위원회(ICRP)의 최근 권고치(ICRP-60)와도 부합되고 있는데, 집단 선량(Collective Dose) 관리에 있어서도 지난해에는 호기당 평균 집단 선량이 0.69man-Sv를 기록함으로써 세계 원전 평균인 1.22man-Sv의 절반에 해당하는 우수한 실적을 보여주고 있다

맺는 말

고도화된 원전 운전 능력 보유에서부터 작은 부품 하나하나의 품질 확보에 이르기까지 모든 분야가 한치의 틈도 없이 유기적으로 잘 돌아

갈 때 비로소 원자력의 안전성이 유지되는 것이며, 이러한 안전성은 높은 운영 실적으로 나타나게 된다.

화석 연료 가격 상승과 온실 가스 배출 제한에 대한 의무 부담 압력 증가 등 국제적 상황에 적극적으로 대처하기 위해서는 운영중인 발전소에 대해서는 출력 증강과 연장 운전을 추진하여 원전 이용률을 향상시킬 것이다.

또한 원전 운영의 실상을 투명하게 공개하여 국민의 이해 증진과 신뢰를 제고해 나가는 한편, 고장 없는 발전소 운영만이 원전에 대한 국민 불안을 해소시킬 수 있다는 점을 인식하여 원전의 안전 운영에 최선을 다할 것이다.

국내 원자력 발전은 그동안 성장을 거듭하여 19기의 원전을 가동하는 원전 발전량 기준 세계 6위의 원자력 강국이 되었다.

이러한 위상은 ‘국민과 함께 하는 한수원’이라는 최고 경영자의 의지 아래 전 직원이 원전 사업의 가장 기본적인 가치는 ‘안전성 확보’임을 항상 명심하고 안전 운영을 위해 열심히 노력해 온 결과라 하겠다.

우리는 앞으로도 과거의 실적에 자만하지 않고 최신의 기술을 계속 확보함으로써 안전 최우선 경영을 실천하고, 세계 최고의 설비 운영 능력을 유지하도록 힘써 나갈 것이다. ☎