



# 하계 전력 수급과 원자력 발전

문명국

한국수력원자력(주) 발전처장



**우** 리 나라는 하절기에 고온 다습한 기후로 인해 사람들이 높은 불쾌 지수와 가장적인 더위를 느끼고 특히 7~8월 오후 2시부터 4시 사이에 선풍기·에어컨 등의 냉방 기기를 집중적으로 사용하기 때문에 전력 수요가 급격히 증가한다.

더구나 전기는 깨끗하고 취급이 간편한 고급 에너지로서 타에너지보다 국민의 선호도가 높으며 최근 생활이 윤택해지고 소득이 향상됨에 따라 사용량이 급증하고 있다.

그러나 전기는 특성상 저장이 불가능하며 생산과 소비가 동시에 이루어지기 때문에 많은 부하가 걸리는 여름 한철 오후 두~세 시간의 최대 전력 수요를 위해서 전력 설비를 계속 건설해야 한다. 그렇다고 설비를 무한정 확보하는 것은 경제성을 감안할 때 최선책이 아니라 생각된다.

따라서 전력 수급이 불안정한 하절기에 기저 부하를 담당하고 있는 한국수력원자력(주) 산하의 원자력 발전소가 고장 정지없이 이용률을 극대화하면서 얼마나 안정적으로 운영하느냐 하는 것이 하계 전력 수급의 관건이라 하겠다.

### 국내 경제 및 에너지 소비 추세

IMF 한파 이후 1999년에 국내 경기가 한때 빠른 속도로 회복되면서 2000년도에 GDP가 전년보다 8.8% 증가했으나 2000년 하반기에 급속히 냉각되면서 2001년 1/4

분기에 전년 동기 대비 3.7% 정도로 둔화되었다.

이는 소비와 투자 등 내수가 부진했으며 경기 회복에 대한 예측이 불투명하였던 것으로 판단되며, 한국개발원(KDI)은 2001년 하반기 이후에 완만한 회복으로 GDP가 4.3% 정도 성장할 것으로 전망하였다.

에너지경제연구원에서 발간한 「에너지 수요 분석과 전망(2000. 12)」에 따르면 에너지 수요도 유사한 영향을 받아 2001년도 전체 에너지 수요는 전년 동기 대비 4.3% 정도 증가할 것으로 전망했다.

LNG 수요가 2001년도 에너지 수요 성장세의 주요 견인차 역할을 할 것이며, 석유는 약간 둔화 추세가 지속되어 약 3% 정도 증가하고, 석탄은 전년보다 약간 둔화된 5.6%의 성장이 예상되나, 원자력의 경우 2001년에 신규 원전의 준공이 없어 지난해와 같은 수준을 유지할 것으로 예측되었다.



**〈표 1〉 국내 경제 동향**

단위 : 전년 동기 대비 증가, %

구분	1998	1999	2000	2001년				
				1/4	1월	2월	3월	4월
GDP	△ 6.7	10.7	8.8	3.7	-	-	-	-
산업 생산 지수	△ 8.9	24.2	16.8	5.0	0.1	8.8	6.4	5.7
제조업 평균 가동률	68.1	76.6	78.3	74.6	73.9	74.9	74.9	74.6

자료 : 통계청, 에너지 수요 분석과 전망, 에너지경제연구원, 2000.12.

**〈표 2〉 에너지 수요 추세 전망**

단위 : 전년 동기 대비 증가율, %

구분	1999	2000	2001
석탄	5.8	11.5	5.6
석유	7.4	3.8	3.0
LNG	21.8	9.6	14.2
원자력	14.9	6.0	0.0
기타	18.4	7.9	11.4
전체 에너지	9.3	6.3	4.3

자료 : 에너지 수요 분석과 전망, 에너지경제연구원, 2000.12.

**〈표 3〉 전력 판매량 추이**

구분	2000년	2001년				
		1월	2월	3월	4월	1-4월
가정용	371.0 (7.3)	34.3 (12.0)	34.5 (8.1)	31.0 (1.6)	31.6 (6.2)	131.4 (7.0)
상업용	701.7 (19.4)	73.2 (26.7)	72.7 (26.1)	67.8 (21.4)	66.2 (21.7)	279.9 (24.0)
산업용	1,322.6 (9.4)	105.5 (-2.3)	103.7 (3.9)	112.9 (1.1)	111.5 (4.4)	433.6 (1.7)
총계	2,395.3 (11.8)	213.0 (8.5)	210.9 (11.4)	211.7 (6.9)	209.3 (9.6)	844.9 (9.1)

단위 : 억kWh, %: 괄호안의 값은 전년 동기 대비 증가율

**2001년 하계 전력 수급 전망**

**1. 최근의 전력 수요 동향**

2001년 1~4월 전력 판매량은 전년 대비 9.1% 증가하였으나 심야 전력 판매량을 제외하면 4.9% 증

가했다. 산업용 전력 판매량은 1/4 분기에는 평균 0.8% 증가하였으나 4월에는 4.4% 증가하여 경제가 다소 성장하고 있음을 암시하고 있다. 2001년 1~4월의 전력 최대 수요는 3,661~4,012만kW 수준을

기록하여 전년 대비 12~16%의 높은 증가율을 보였으나 5월 들어 5% 수준으로 급락했다.

또한 1~4월의 최대 전력의 증가율이 높게 나타난 것은 유가 급등으로 인한 난방용 심야 전력 수요의 급격한 증가에 따른 것으로, 심야 시간대를 제외 할 경우 4.8~7.9% 수준에 머물렀다.

**2. 하절기 전력 수급 전망**

하절기 전력 수급을 예측함에 있어서 주된 요인은 연간 GDP 성장률, 전년 대비 전력 소비량 증가 및 기상 상태이다.

앞에서 언급한 바와 같이 금년도 GDP 증가 예상치는 4.3%로, 2001년 총전력 소비량을 2000년 대비 7.6% 증가할 것으로, 평년 수준의 정상 기온을 전제(기온 32.4℃, 볼패 지수 : 82.34)로 전력 수급을 예측하였다. 기상청은 금년 여름철 기상 전망에서 기온은 평년과 비슷하거나 조금 높겠고, 또한 7,8월에는 평년과 비슷한 무더운 날씨를 보일 것으로 예상하고 있다.

따라서 금년에도 예년과 마찬가지로 냉방 부하가 전력 수급에 큰 변수로 작용할 것으로 예상되므로 안정적인 발전소 운영과 함께 효과적인 냉방 부하 관리가 전력 수급에 영향을 줄 것으로 생각된다.

상기 요인들을 고려해 예측된 2001년 하계 최대 전력 수요는 전

년 대비 5.9% 증가한 4,343.7만 kW이며, 공급 능력은 4,879만kW로 정상 기온이 지속될 경우 공급 예비율이 12.3%로 안정적이고, 이상 기온이 발생하여 부하가 증가할 경우에도 최소 8.1%의 확보가 가능한 것으로 예상된다.

**하계 전력 수급과 원자력 발전**

국내에 운전중인 원자력발전소는 60만~100만kW급의 대용량 발전소로서 기저 부하를 담당하고 있어 여름철과 같이 냉방 부하가 급증하는 환경에서 안정된 전력 수급을 위해서는 신뢰 기반의 운영이 중요하다 하겠다.

또한 금년에는 추가적인 원자력 발전 설비의 준공이 없으므로 현실비의 고장 정지 및 출력 감발 예방 등을 통한 이용 극대화가 하계 피크 전력 수요에 대처하기 위한 해결책이라 하겠다.

이를 위하여 국내 원자력발전소의 현황을 살펴보고 그 동안 하절기에 발생했던 발전 정지의 원인을 철저히 분석하여 정지 건수를 최소화하는 것이 원자력발전소 안전성과 신뢰성을 향상시키는 길이며, 또한 하계 전력 수급을 안정적으로 공급하는 길이라 할 수 있겠다.

**1. 원전 설비 용량 및 발전량**

2001년 6월 30일 현재 운전중인

〈표 4〉 심야 시간대 최대 전력

구분	2000년 12월	2001년 1월	2월	3월	4월	5월
최대 전력(만 kW)	3,872.7	4,012.0	3,948.2	3,967.2	3,836.6	3,660.5
증가율(전년 대비,%)	8.9	14.2	12.5	15.3	16.3	5.1

〈표 5〉 주간 시간대 최대 전력

구분	2000년 12월	2001년 1월	2월	3월	4월	5월
최대 전력(만 kW)	3,724.6	3,903.6	3,678.6	3,680.6	3,561.1	3,648.6
증가율(전년 대비,%)	4.7	11.1	4.8	6.9	7.9	4.8

〈표 6〉 2001년 하계 전력 수급 전망

전년 동기대비, 만kW,%

구분	2000년 실적(a)	2001년 전망		증감(b-a)
		정상 기온시(b)	이상 고온시	
설비 용량	4,787.6	4,913.3	4,913.3	125.7
공급 능력	4,607.8	4,879.0	4,879.0	271.2
최대 수요 (증가율)	4,100.7 (10.0)	4,343.7 (5.9)	4,513.9 (10.1)	243.0 △4.1
예비 전력	507.1	535.3	365.1	28.2
예비율	12.4	12.3	8.1	-

원자력발전소는 총16기, 설비 용량 1,371.6만kW로 전체 발전 설비 용량 4,913.2만kW 대비 27.9%의 점유율을 보이고 있으며 우리나라 전력 계통의 기저 부하를 담당하는 안정적인 전력 공급원으로서 역할을 다하고 있다.

운전중인 원전을 원자로 형식에 따라 분류하면, 가압경수로형이 12기(1,093.7만kW)로 대부분을 차지하고 있으며, 가압중수로형은 4기(277.9만kW)가 운전중에 있다.

제5차 장기 전력 수급 계획(1999~2015)에 따르면 원자력 발전은 연료비가 저렴하여 경제성과 공급 안정성에서 유리하며, 이산화탄소

배출 저감 등의 환경 측면에서 우수하므로 2015년까지 14기의 원자력 발전소를 추가로 건설하여 원자력 발전 설비 용량 2,605만kW, 점유율 33.0%로 확충할 계획이다.

2000년도 원자력발전소가 생산한 발전량은 전체 발전량 대비 40.9%의 점유율을 나타내고 있으며 발전량으로는 1,089.6억kWh이다.

**2. 전력 수급 안정을 위한 운영 능력 제고**

하절기에 안정적인 전력을 공급하기 위해서 원자력발전소 설비 신뢰도 확보를 통한 고장 정지 예방이 곧 운영 능력 제고라 할 수 있다.



〈표 7〉 발전 설비 용량 변화 추이

단위 : 만kW,%

구분	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
총발전 설비 용량	2,765.4	2,875.0	3,218.4	3,571.5	4,104.2	4,340.5	4,697.8	4,845.1
원자력 설비 용량	761.6	761.6	861.6	961.6	1,031.6	1,201.6	1,371.6	1,371.6
원자력 점유율	27.5	26.5	26.8	26.9	25.1	27.7	29.2	28.3

자료 : 2001년도 한국전력통계(한국전력공사)

〈표 8〉 국내 원전 발전량 점유율 비교

단위 : 억kW,%

구분	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
총발전 설비 용량	1,444.4	1,649.9	1,846.4	2,055.0	2,244.3	2,153	2,393.2	2,633.0
원자력 설비 용량	581.4	586.5	670.3	739.2	770.8	896	1,030.6	1,089.6
원자력 점유율	40.3	35.5	36.3	36.0	34.3	41.7	43.1	40.9

자료 : 2001년도 한국전력통계(한국전력공사)

원자력발전소는 대용량이며 정지되었을 경우 특성상 기동에 많은 시간이 소요되므로 정지가 되면 대체 전력을 급히 투입해야 하는 등 계통 전체에 미치는 영향이 크므로 설비 안정화에 만전을 기해야 한다.

또한 설비와 무관하게 단순한 인적 실수로 발전 정지를 유발할 가능성이 상존하기 때문에 발전소 종사자들에게 이에 대한 철저한 교육과 대비가 요구된다.

최근 원전에서 인적 실수로 인한 발전 정지는 과거에 비해 많이 감소했으나, 하절기와 같이 열악한 기후 조건에서는 인적 실수의 가능성이

크므로 반복적인 교육과 캠페인이 지속적으로 전개되어야 하겠다.

하계 기간의 원전 계획 예방 정비 기간 조정과 공기 단축은 전력의 안정적 공급에 매우 중요한 요소가 된다. 원전 연료의 주기를 감안하여 하절기 계획 예방 정비를 최소화하고 정비 기간을 단축하도록 노력함으로써 전력 공급에 만전을 기할 수 있을 것이다.

**가. 고장 정지 예방 활동 강화**

지난 10년간 하절기(6월~9월) 발전소 정지 현황을 살펴보면 고장 정지는 전체 122건 대비 42건으로 34.4%를 차지하고 있다.

하절기에 발생한 발전소 정지 42건 중 자연 재해 6건, 설계·제작 및 시공 불량 27건, 오동작·자연 열화 및 기타 원인으로 인한 발전 정지가 9건이다. 이 가운데 자연 재해 등 하절기 계절적 특성으로 인한 정지는 6건에 불과하나 전체의 약 34.4% 정도가 6~9월에 일어났기 때문에 하절기 전력 수급 안정을 위해 다음과 같은 종합적인 대책을 수립하여 시행하고 있다.

① 운영 관리의 강화

- 발전 정지, 출력 변동 및 안전성 관련 기기 집중 관리
- 주요 운전 변수 실시간 감시
- 고장 다발 기기에 대한 특별 관리 수행
- 비정상 및 비상 대응 능력 강화

② 예방 점검 활동 강화

- 발전소 설비 및 현장 순시 강화 (발전소 간부 및 운전원)
- 송전선로, 첩탑 하부 지반 등 취약 부위 건전성 확인
- 전기 설비 연결 부위 조임 상태 및 발열 여부 점검

③ 하절기 온도 및 습도 관리

- 주제어실 및 전산실 온도·습도 관리 철저
- 현장 주요 기기 주변 냉각 설비 보완 및 확보
- 공기 조화 설비 사전 점검 및 관리

④ 재해 예방 및 수방 대책

- 침수구 및 침수 예상 지역 사전

점검 및 조치

- 태풍·홍수 대비 비상 자재 확보 및 현장 전진 배치
- 하절기 자연 재해 대응 지침에 의한 현장 점검 수행
- 발전소 배수구 점검 강화

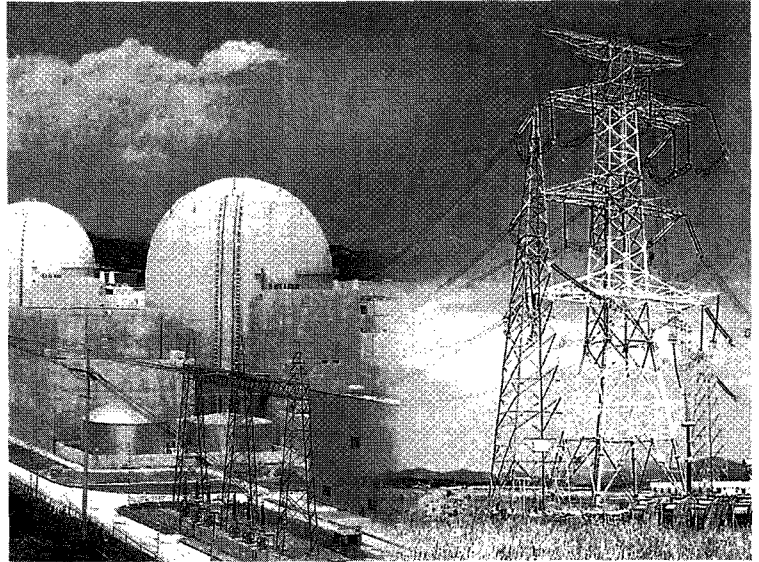
나. 하계 전 정비 시행 및 긴급 복구 동원 체제 확립

① 하계 전 정비 시행

2001년 원자력발전소 계획 예방 정비 대상 호기 13기 중 6기를 하계 전에 완료했으며 현재 1기가 진행 중이다. 나머지 원전들도 가급적 하절기 중부하가 걸리는 7,8월을 피해 계획 예방 정비를 수행하도록 장기 계획을 수립하여 운영하고 있다.

고리 2호기와 울진 3호기의 경우 원전 연료 주기 때문에 계획 예방 정비를 하계 최대 전력 수요 예상 기간과 겹치는 7.16~9.1과 7.9~8.15의 사이에 각각 계획 예방 정비를 수행하도록 되어 있었으나 이 기간을 피하기 위해 원전 연료 연소도, 신연료 장전량 등 기술적 검토를 거쳐 5.27~7.12과 6.30~8.5일로 변경하여 수행하도록 하였다.

이와 같이 하계 기간 중 계획 예방 정비 계획을 변경하여 100만kW급 1기 원전이 계속 발전할 경우 LNG 대체 발전 비용과 전력 비수기인 봄·가을철 계획 예방 정비시 중유 대체 발전 비용으로 약 270억원 이상의 절감 효과가 있는 것으로 분석되었다.



전력 수급이 불안정한 하절기에 기저 부하를 담당하고 있는 한국수력원자력(주) 산하의 원자력발전소가 고장 정지없이 이용률을 극대화하면서 얼마나 안정적으로 운영하느냐 하는 것이 하계 전력 수급의 관건이다.

〈표 9〉 고리 2호기, 울진 3호기 계획 예방 정비 기간 변경 내역

호기\월	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
고리 2			16주기		5/27		7/16	9/1				
울진 3				3주기		6/30	7/9	8/15				

② 긴급 복구 및 기술 지원 체제 유지

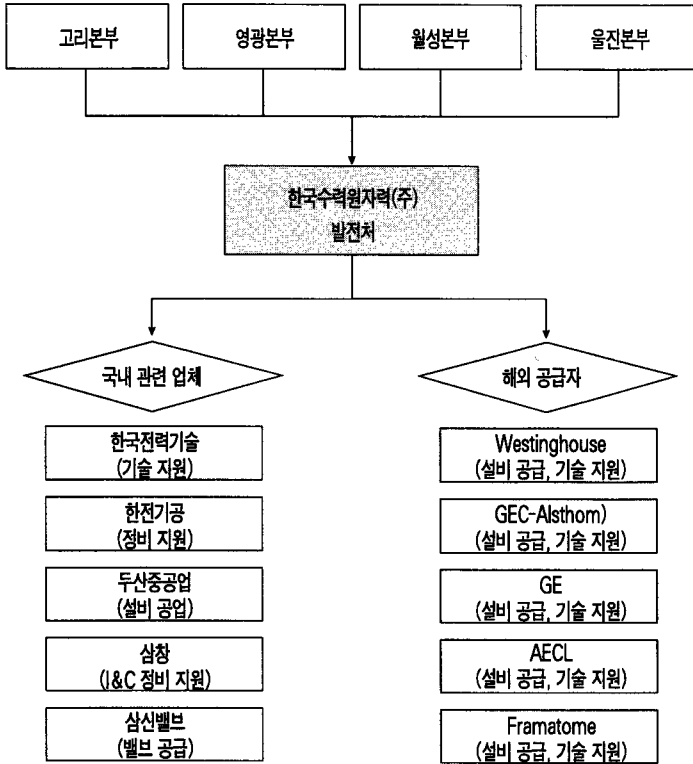
하절기에 발전 설비 고장으로 뜻하지 않게 발전이 정지되었을 때 이를 복구하기 위한 필수 인원의 신속한 동원이 중요하다.

한수원(주)에서는 내부적으로 야간·공휴일 등 취약 시간대에 대비하여 24시간 비상 동원 체제를 유지하고 있으며, 본사(발전처) 및 전

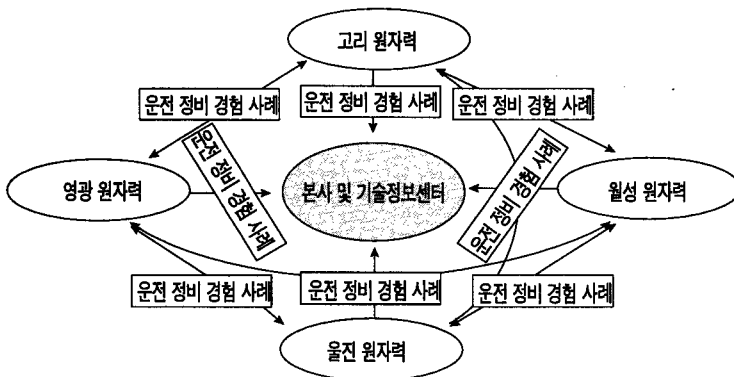
력연구원(정비기획센터) 등도 긴급 지원을 위해 대비하고 있다.

또한 자체적 기술로 해결하기 어려운 상황을 대비하여 기기 제작/공급사, 설계 시공사, 정비 업체와의 기술 지원 체계를 유지해 나가고 있다.

국내에서는 한국전력기술·한전기공·두산중공업·삼창·삼신밸브 등이고 해외는 Westinghouse



〈그림 1〉 긴급 복구 및 기술 지원 비상 연락 체계



〈그림 2〉 원자력발전소 운전·정비 경험 교류 체계

· GEC-Alsthom · GE · AECL · Framatome 등과 긴급 복구 용역 계약을 체결하여 만일의 상황에 대비하고 있다.

**다. 인적 행위 개선에 의한 운영 능력 향상**

원자력발전소 고장 정지 및 과도 상태는 인적 요인에 의해 발생할 가능성이 크다. 그 동안 국내에서는 커다란 사건 사고가 없었지만 인적 요인이 원전의 안전성과 신뢰성을 좌우할 수 있는 중요한 요소이기 때문에 최근 건설되는 발전소는 인간 공학을 고려하여 설계하도록 되어 있다.

이러한 인적 요소는 원자력발전소 운전중 단순한 인적 실수로 발전 정지를 유발했을 경우 전력 수급에 미치는 여파가 크므로 엄격한 관리를 하고 있다.

특히 발전소 정지와 관련되는 기기 점검 및 정·주기 시험시에는 충분한 사전 검토를 한 후 관리자 입회하에 시행토록 하고 있으며, 발생 가능한 사건을 미리 가정하여 사전 모의 훈련을 실시하는 등 만전을 기하고 있다. 원자력발전소에서 시행하고 있는 인적 실수 방지 대책을 요약하면 다음과 같다.

① 정·주기 시험 및 작업 관리 강화

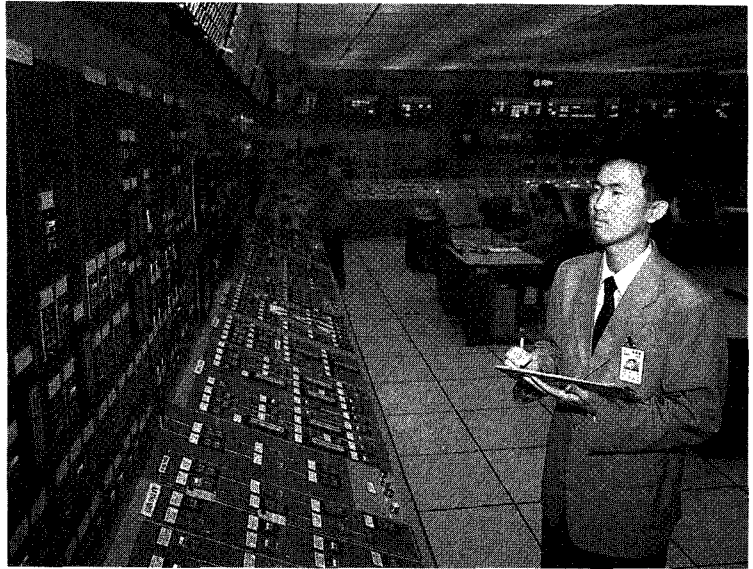
- 발전 정지 관련 점검 및 시험시 부장급 관리자 주관 실시
- 중요 비정상 원인 점검 및 정비

시 사전 계획 수립 철저

- 시험 수행 전 사전 검토 실시 및 관련 내용 숙지
  - ② 운전·정비 경험 교류 활성화
    - 우수·아차 사례 전달 및 교육 실시
    - 하절기 경험 사례 집중 교육
    - 해외 및 국내 인적 실수 사례 분석 전파
  - ③ 원자력 안전 문화 캠페인 전개
    - 안전 최우선 마인드 정착 및 지속적 교육 수행
    - 기기 조작전 'STAR' 점검 실시
- ※ STAR : Stop, Think, Act, Review
- 기본에 근거한 발전소 운영 및 확인 절차 생활화
  - ④ 운전원·정비원 자질 향상
    - 정상/비정상 운전 대응 반복 교육 실시
    - 정비 사례 발표회 개최
    - 직원 전문 교육 강화 및 각 분야 전문가 양성

**맺는말**

금년에도 예년과 마찬가지로 여름철 전력 수급의 안정을 위해 공급 설비 확충과 함께 적극적인 수요 관리가 요구되고 있다. 2001년도는 국내 경기 회복의 둔화로 전력 수요가 전년보다 5.9% 증가한 4,343.7만kW 정도로 예상되며 전체 발전 설비도 약 5.9% 증가된 4,879만



하절기에 안정적인 전력을 공급하기 위해서 원자력발전소 설비 신뢰도 확보를 통한 고장 방지 예방이 곧 운영 능력 제고라 할 수 있다. 원자력발전소는 대용량이며 정지되었을 경우 특성상 기동에 많은 시간이 소요되므로 정지가 되면 대체 전력을 급히 투입해야 하는 등 계통 전체에 미치는 영향이 크므로 설비 안정화에 만전을 기해야 한다.

kW로 공급 예비율은 전년과 비슷한 수준에 머무를 것으로 전망된다.

원자력은 2002년에 영광 5호기가 발전을 시작할 예정이어서 올해는 설비 용량이 추가되지 않으나, 발전 설비 용량 약 28%로 전원전 이 발전시 전체 발전량의 40% 이상을 공급함으로써 하계 전력 수급의 중추적인 역할을 맡고 있다.

따라서 원자력발전소와 같은 대용량 설비가 고장이나 인적 실수로 발전 정지되면 전력 수급에 지장을 초래할 뿐만 아니라 대체 전력 투입에 의한 경제적 손실도 수반하게 된다.

하절기에 이따금 원자력발전소

취수구로 급습해오는 해파리·멸치·가시고기 등의 해양 생물도 전력 수급 안정의 복병으로 남아 있어 각 원전에서는 그 동안의 경험을 토대로 비상 계획을 수립하여 만일에 대비하고 있다.

금년도 하절기의 안정적인 전력 공급을 위하여 원자력발전소 일선에 있는 운전원·정비원을 비롯한 후방의 기술 지원 부서 등 원자력 분야에 근무하는 6,000여 한수원(주) 종사자들 모두가 '기본이 바로 선 원전 운영'을 좌우명 삼아 한 마음 한뜻으로 맡은 바 책무에 최선을 다할 것을 다짐한다. ☞