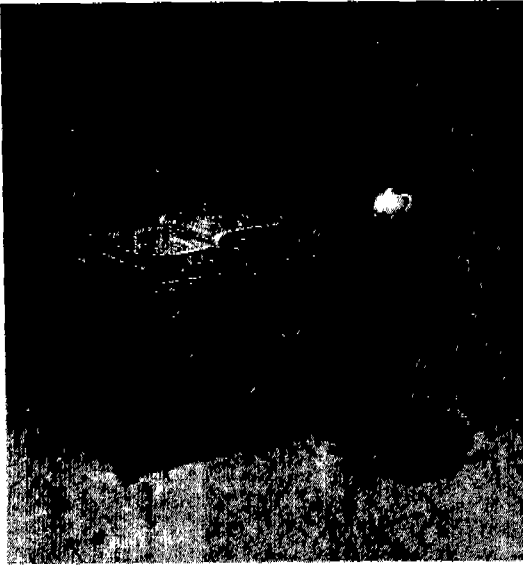


深夜電力의 意義와 利用技術



The Meaning of Midnight Electric Power and Its Utilization Technology

송 훈 영

한전영업처 수요개발부 과장

1. 序 論

전기사업자가 갖고 있는 전기공급 자세는 「고객이 원하는 시간에 원하는 양의 전기를 공급한다」는 것이다. 그런데 고객의 전기사용은 필요에 따라 하루중 시간별, 주중 요일별, 연중 계절별로 많은 차이를 갖게 된다. 그리고 전기가 편리하고 깨끗한 고급 에너지이나 저장을 할 수 없다는 특성 때문에 생산과 동시에 소비가 이루어져야 한다. 그래서 전기사업자는 변하는 부하의 크기에 맞춰서 전기를 생산하고 공급하여야 된다.

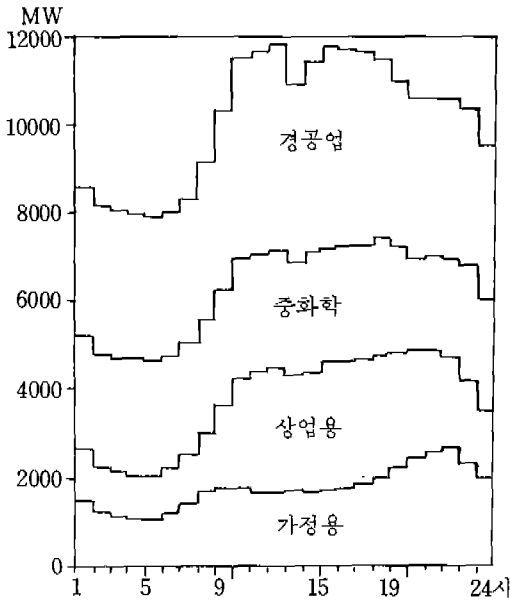
이 글에서는 농산물이나 일반 공산품과 비교해 전기만이 갖는, 저장할 수 없다는 특성이 구체적으로 어떻게 나타나고 있으며, 전기사업자가 이의 극복을 위해 심야전력 요금제도를 어떻게 운영하고 있는지, 그리고 심야전력을 이용할 수 있는 기술에는 무엇이 있는지에 대해서 알아보기로 하자.

2. 電力負荷 變動과 深夜電力料金制度

1988년 전기판매 통계에 따르면 총 74,318GWh 중 일반 가정 전기사용량이 13,211 GWh로 17.8%를, 업무용 건물·유통산업 등 상업용이 12,558 GWh로 16.9%를, 화학제조업·1차금속산업 등 중화학공업용이 21,613GWh로 29.1%를, 그리고 광업·기계제조업 등 경공업용이 26,935 GWh로 36.2%를 점하였다. 그런데 이러한 전기 사용량은 용도별·시간별로 많은 차이를 나타내고 있다.

그림 1은 '88년 8월 17일 하루중의 시간별·용도별 전기사용 분포를 나타내고 있다. 이날 총 전기 판매량은 243,450MWh였는데, 가정용이 41,523MWh로 17.1%, 상업용이 48,049MWh로 19.7%, 중화학공업용이 60,695MWh로 24.9%, 경공업용이 93,183MWh로 38.3%를 점유하였다.

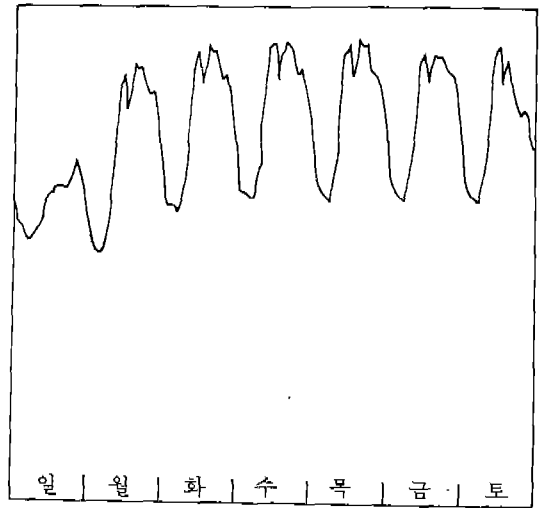
그림에서 알 수 있듯이 가정용은 대개 조명과



〈그림 1〉 용도별 전기사용 분포('88. 8. 17)

TV 등의 부하가 사용되는 밤 9시에서 10시경에 최대 부하가 걸리며, 일부하율은 66.2%였다. 상업용은 냉방부하량이 가장 큰 15시경에 최대 부하가 걸리며, 일부하율은 68.8%였다. 중화학공업용은 시간별로 일정 부하가 걸리며, 업무시작 시간인 오전 9시에서 10시 사이에 최대 부하가 형성되고, 일부하율은 91.8%였다. 가장 큰 부하비중을 차지하는 경공업용은 11시경에 최대 부하가 형성되며, 일부하율 82% 수준을 유지한다. 이렇게 용도별로 최대 수요시간과 하루 중의 전기사용량이 각기 다른데, 이를 모두 합한 전력계통에 걸리는 부하는 11시부터 12시 사이에 최대 11,849MW가 걸려 일부하율 85.6%이었다. 그리고 최소부하는 새벽 4시부터 5시 사이에 7,914MW로 최대와의 격차는 3,935MW이었다.

이러한 부하변화는 하루중에만 있는 것이 아니라 휴일과 평일간에도 형성되며, 계절별로도 나타난다. 그림 2는 '89년 최대부하가 걸렸던 32번째 주의 일요일부터 토요일까지 전력수요변화를 나타낸 그래프이다.



〈그림 2〉 주간 전력부하변화 ('89년 32번째 주)

그림에서 알 수 있듯이 일요일은 평균 9,700 MW 수준으로 가장 낮게 걸리며, 평일의 12,700 MW 수준에 비해 3,000MW가량 적게 형성된다. 그림 3은 최대부하가 계절별로 어떻게 변화하고 있는지를 나타내고 있다. 대개 봄에 낮게 형성되다가 냉방부하가 가동되는 여름에 연중 최대 부하를 형성하며, 가을에 다시 낮아지다가 겨울에 다시 높아지는 경향을 갖는다. 가장 낮은 봄과 가장 높은 여름의 전력수요 격차는 '89년의 경우 3,500MW 수준이었다.

전기사업자는 이렇게 시간별·요일별·계절별로 변화하는 부하 크기에 맞추어 전기를 생산·공급하여야 된다. 그래서 전기사업자는 전력 부하에 맞춰 효율적으로 설비를 운영키 위하여 적절한 전원(電源) 조성을 시행케 된다. 연중 일정 수준의 기저부하(基底負荷)에 대해서는 원자력이나 석탄, 또는 자류식 수력 등과 같이 연료비가 낮고 시설비가 비싼 발전소를 대용량으로 건설하여 공급하며, 하루중에도 수시로 변하는 부하에 대처키 위해서는 낮은 투자비와 높은 운전비가 소요되는 디젤, 천연 가스, 열병합 등을 이용한 소규모 용량의 첨두부하용 설비를 갖추어

서 운영한다. 주간(週間)의 부하변화에 대처키 위해서는 기저부하용과 첨두부하용의 중간수준 규모로 기름·가스·석탄 등을 연소시키는 중간 부하설비를 갖추어 운전한다. 그리고 계절간 부하 변화와 같이 긴 기간에 걸쳐 일어나는 변화는 발전소의 보수계획을 계절별로 조정하는 방법 등을 활용하여 설비의 이용률을 높일 수 있도록 한다.

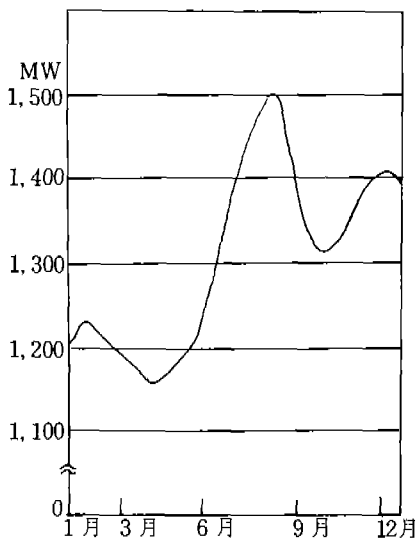
전력부하 변화에 대한 전기사업자의 이러한 대처에도 불구하고 전기사업자에게 전력부하는 평준화될수록 유리하다. 전력사업은 설비사업이기 때문에 사업능률은 설비 이용률 증대가 주요 관건이 되며, 전력부하 평준화는 이를 위한 주된 요인이기 때문이다. 전기사업자는 궁극적으로 부하곡선중 최대치를 공급할 수 있는 충분한 발전용량을 보유하여야 하며, 부하율이 나쁠수록 설비 이용률은 떨어질 수밖에 없고, 기저용 발전설비 구성비 역시 낮아질 수밖에 없기 때문이다.

그래서 전기사업자는 전력부하 평준화를 위하여 많은 노력을 기울이는데, 우리나라의 부하율 변화추이를 보면 국민경제가 향상되고 생활수준

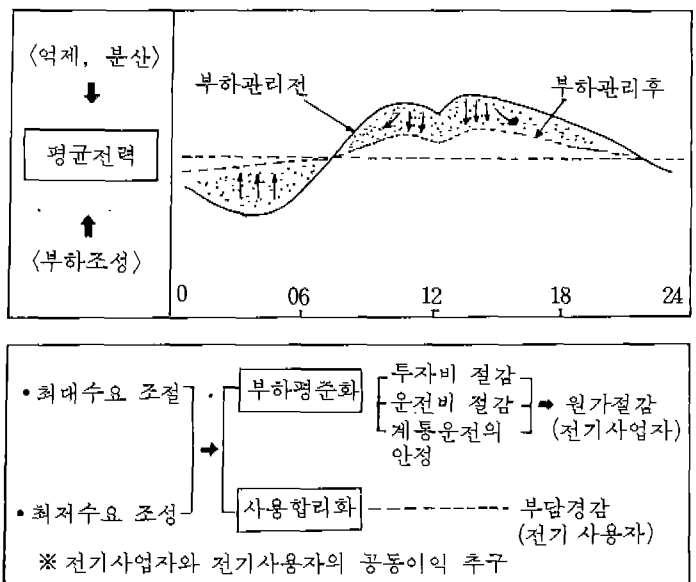
이 나아지면서 편익위주의 생활추구로 부하율이 점차 악화되고 있다(표1 참조). 즉 부하율이 대체로 나쁜 가정용과 상업용 수용이 점차 증대되고 있으며, 부하율이 좋은 중화학공업용 수용이 차지하는 비중은 점차 낮아지고 있다. 그리고 냉방 등 계절성 부하의 크기가 급격히 늘고 있는 데도 그 원인이 있다(표2 참조).

전력부하를 평준화시키는 방법은 크게 두가지 측면이 있다. 그림4에서 보듯이 최대시간대의 부하를 억제 또는 분산하여 최대부하를 감소시키고, 최저시간대의 부하를 조정하여 심야부하를 증대시키는 것이 그것이다. 전력부하가 평준화되면 전기사업자는 설비투자 절감과 운전유지비 절약으로 장기적인 요금안정을 도모할 수 있으며, 계통운전의 안정을 기해 높은 품질의 전력을 공급할 수 있게 된다. 이렇게 해서 얻어지는 이익은 궁극에는 전기사용자에게 돌아가며, 전기사용자는 값싸고 높은 품질의 전기를 사용할 수 있게 된다.

이를 위해 현재 한국전력공사에서는 여러가지 부하관리 요금제도를 운영하고 있다. 산업용 전



〈그림 3〉 계절별 부하변화 ('89년)



〈그림 4〉 부하 평준화의 의의

력(을) 수용에 적용하고 있는 시차별·계절별 차등 요금제도, 여름철 휴가조정 또는 부하조정시 요금을 감액해 주는 요금제도, 그리고 심야시간(23시부터 익일 07시까지)에 사용하는 전기에 대해 요금을 싸게 해주는 심야전력 요금제도가 그것이다. 여기에서는 심야전력 요금제도에 대해 보다 구체적으로 살펴 보자.

심야전력 요금제도는 표 3에서 보듯이 (갑)과 (을) 두가지 형태가 있다. 이 요금제도는 동계 심야부하를 창출한다거나 하계 냉방부하를 심야

로 유도키 위한 제도로, 한전이 인정하는 축전·축열·축냉식 전기기기를 이용하여 심야시간에 전기를 이용할 경우 심야 시간대 사용량에 대해서는 기본요금을 부과치 않으며, 사용요금 단가도 기력발전소의 연료비 수준에 맞춰 있어 타요

〈표 1〉 부하율 (%) 저하 요인

'81	'88	'91	'96	2001
74.7	71.2	70.7	70.5	69.8

※ 외국의 부하율

일본	대만	프랑스	미국	영국	이탈리아
60.3	66.1	(60.2)	(60.8)	(59.4)	(56.3)

() 내는 '87년, 기타는 '88년 기준

〈표 2〉 부하율 변화 추이

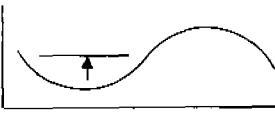
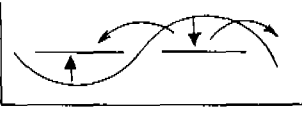
- 판매량 구성비 변화

• 가정용, 상업용 증대 :	'81	'88	2001
	31.42	34.68	40.50%
• 중화학 공업용 감소 :	34.17	29.08	24.35%
※ 일부하율('88.8.17) :	가정용 66.2,	상업용 68.8,	경공업 82.0, 중화학 91.8%

- 하계 냉방부하 급증

• 최대부하 (MW) :	'81	'88	2001
	6,144	13,658	32,512
• 냉방부하 (MW) :	1,135	2,850	6,893
(냉방부하비중%) :	(18.5)	(20.9)	(21.2)

〈표 3〉 심야전력 요금제도 개요

구분	심야전력(갑)	심야전력(을)		
제도시행일	1985. 11. 10	1988. 11. 30		
목적	동계 심야부하 창출 	하계 냉방부하 심야이전 		
공급대상	한전이 인정하는 축전, 축열, 축전식 전기기기			
공급시간	23:00~07:00	24시간 계속 공급		
요금제도	기본요금	없음		
	사용량요금	요금적용전력에 대한 kWh당 4.045 × $\frac{\text{기타시간사용전력량}}{\text{월간총사용전력량}}$		
		<table border="1"> <tr> <td>심야시간 (23:00~07:00)</td> <td>기타시간 (07:00~23:00)</td> </tr> <tr> <td>kWh 당 26.10원</td> <td>kWh 당 61.10원</td> </tr> </table>	심야시간 (23:00~07:00)	기타시간 (07:00~23:00)
심야시간 (23:00~07:00)	기타시간 (07:00~23:00)			
kWh 당 26.10원	kWh 당 61.10원			
최저요금	월간 20kWh이하 사용시 20kWh 해당요금	요금적용전력에 대하여 kWh당 400원		
요금수준	주택용전력의 1/3 수준	주간: 업무용의 20% 가산 야간: 산(을) 경부하 수준		

금에 비해 값싸게 이용할 수 있도록 되어 있다. 그리고 심야전력 이용의 활성화를 위하여 심야 기기 사용을 위해 소요되는 외선 전기공사에 대해서는 한전측의 부담으로 시행하고 있으며, 내선 전기공사 부분에 대해서도 상당부분의 보조를 시행하고 있다.

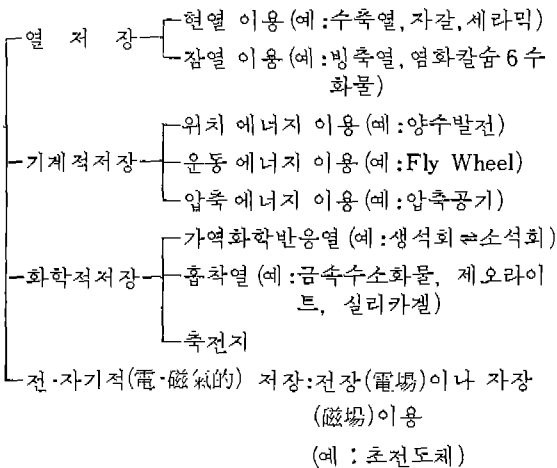
3. 深夜電力 利用技術

심야전력 이용은 하루중에 걸쳐 이용하는 에너지를 23시부터 익일 07시까지에 이르는 심야 시간대의 전기로 이용하는 기술이다. 그래서 심야전력 이용은 에너지 저장기술에 달려 있다고 할 수 있겠다.

에너지를 저장하여 이용하는 기술은 구들이나 석빙고의 예에서 보듯이 그 역사가 매우 깊다. 이러한 에너지 저장 기술이 화석연료와 자동화 시스템에 힘입어 에너지가 필요한 시간에 그때 그때 사용하는 시스템이 일반화되면서 점차 퇴화되어 온 감이 있다. 그러던 중 70년대에 들어서면서 두차계의 석유파동을 겪고, 에너지 이용 합리화의 문제에 많은 사람들이 관심을 갖으면서 에너지 저장 기술은 새로운 전기를 맞게 된다.

에너지 저장 방법을 유형별로 보면 표 4에서

〈표 4〉 에너지 저장방법



보듯이 열저장, 기계적 저장, 화학적 저장 및 전·자기적 저장방법으로 대별할 수 있다. 열저장방법은 물이나 돌 등에 축열하는 현열 이용방법과 얼음이나 열화칼슘 6수화물 등의 상변화 현상을 이용하는 잠열축열방법이 있다. 기계적 저장방법은 양수발전의 예에서 보듯이 물체가 갖는 위치 에너지를 변화시켜 저장하는 방법, 플라이휠의 예에서 보듯이 운동 에너지 형태로 저장하는 방법, 압축공기의 예에서 보듯이 압축 에너지를 이용하는 방법이 있다. 화학적 저장방법은 축전지, 가역 화학반응열, 흡착열을 이용하는 방법이 있으며, 전·자기적 저장방법으로는 초전도체의 예가 있다.

이러한 방식들중 이미 상용화되었거나 상용화 단계에 있는 기술들은 수축열·빙축열·잠열축열을 이용하는 열저장방법, 양수와 압축공기를 이용하는 기계적 저장방법, 가역화학 반응과 축전지를 이용하는 화학적 저장방법, 그리고 초전도체를 이용하는 전·자기적 방법을 들 수 있다. 이들중 압축공기·양수·축전지·초전도체 등은 비교적 규모가 큰 곳에서 활용되고 있으며, 열저장 방법은 비교적 규모가 작은 곳에서 활용되고 있다. 그래서 압축공기·양수·축전지·초전도체 등은 전기사업자가 관심을 가지며, 열저장 방법은 일반상품으로 전기사용자가 관심을 갖게 된다.

전기사업자가 관심을 갖고 있는 에너지 저장

〈표 5〉 에너지 저장 기술별 투자비 비교

구분	규모	투자비 (\$/kW)	저장시간
압축공기	소형 (25~50MW)	625	10
	대형 (110~220MW)	425	10
양수	산상형 (500~1,500MW)	1,100	10
	지하형 (2,000MW)	1,490	10
축전지	연축전지 (10MW)	635	3
	신형 (10MW)	425	3
초전도체	(1,000MW)	975	3

* EPRI : 1989. 7/8, pp 4~13참조

기술 분야의 투자비는 소규모·단시간 저장일 경우에는 배터리가 우수한 것으로 나타나며, 중간 규모일 경우에는 압축공기 방식이, 대용량 규모는 양수나 초전도체가 우수한 것으로 비쳐진다 (표5 참조).

그리고 표에서 우리는 축전지의 경우 상시 직류전원이 필요한 개소에 이용할 때 전기사용자가 이 방식을 활용하여도 경제성을 맞출 수 있는 가능성이 있음을 읽을 수 있다.

전기사용자가 관심을 갖는 열저장 방법은 비축열 방법에 비해 우수한 특성을 갖고 있어 다양한 형태가 상품화되어 판매되고 있다. 축열 시스템의 장점으로 우선 들 수 있는 것은 운전비용이 절감된다는데 있다. 축열손실과 펌프 등의 추가동력비(최대 20%)를 고려하더라도 값싼 심야전력 사용요금과 용량축소에 의한 낮은 계약 전력 요금으로 얻는 전기요금 절감으로 운전비용의 대폭 절감이 가능하다. 두번째로 미리 축

세계의 技術

오존 層 研究

지구를 해로운 자외선으로부터 보호해 주는 오존층의 파괴는 세계적인 관심을 불러 일으키고 있다. 사진에 보이는 민감하고 복잡한 우주장비는 영국에서 마지막 실험을 끝마치는 대로, 특히 날씨의 변화와 관련된 상층권에 대한 새로운 연구에 있어 중요한 역할을 하게 된다. 이 장비는 오존층 파괴정도를 데이터로 알려주며, 지구상에 있는 생명체들에게는 없어서 안될 귀중한 자원인 대기에 대한 인간활동의 영향을 과학자들이 측정할 수 있도록 도움을 준다.

ISAMS(개선된 상층권 및 중간권 음향기)로 알려진 이 장비는, 1990년 미국에서 왕복선으로 발사될 예정인 NASA의 상층대기 연구위성에 실려진다. ISAMS는 영국에서 우주로 발사한 가장 크고 복잡한 장비의 하나로, 영국과학기술연구협회의 주문에 따라 영국 남부에 있는 옥스퍼드의 영국 항공우주국과 옥스퍼드 근처에 있는 퀴딩대학 및 러더퍼드 애플튼연구소에 의해 설계, 개발, 제작되었다.

이 장치는 여러가지로 독특하다. 상공이나 지상을 향하지 않고 수평적인 주사(走査)를 하며, 들어오는 방사선을 8개의 채널로 분리한다.



湖水의 水質 調査

세계 각국에 있는 호수들을 관찰해 보면 "온실 효과"의 진척을 상당히 잘 알아볼 수 있다. 복합 스펙트럼 분석기를 이용하는 이 방법은, 장차 항공기 혹은 인공위성으로 수행할 수도 있는 임무로서, 유속, 수온 혹은 프랭크톤의 성장 등을 모두 알 수 있으며, 원거리에서 측정할 수 있다.

그러나 이러한 측정치들이 얼마나 정확할까? 영국 서북부의 레이크 디스트릭트에 있는 프래시워터 이콜러지 연구소에 근무하

는 과학자들은, 지상에서 관측할 수 있는 정확한 측정치와 공중의 대달루스 스캐너로 관측한 "물의 색" 이미지를 비교하고 있다. "물의 색"에 대한 차이를 연구하여 그들은 공중 스캐너에서 조류를 연구할 때 맞는 밴드를 선택할 수 있기를 바라고 있다.

최근 연구소의 과학자들은 영국 레이크 디스트릭트에 있는 호수에 살고 있는 조류의 분포에 대한 지도를 작성하는데 스캐너를 사용하였다. 이것은 바닥에서 수면으로 빛이 반사하여 이미지 분석을 어렵게 할 때에 맑은 수면 위에서 처음 사용한 것이었다. 미래에는 대달루스와 유사한 스캐너들이 케도를 도는 위성 등에 탑재될 것이다.

〈표 6〉 축열상품의 유형

구분	상 품 종 류	열 저 장 매 체	권 장 장 소
난방	축열식 전기 보일러 (온수사용 가능)	물, 벽돌	주거용바닥난방
	축열식 전기 온풍기	벽돌	오피스텔, 병원, 정밀기기 조립장소, 공 부방, 거실 등 공간난방장소
	축열식 전기 온돌	특수축열재, 잠열재, 공기	주거용바닥난방 (24시간 지속난방 필요개 소)
온수	축열식 전기 온수기	물	주거용, 사무실, 기숙사, 이미용실, 소 규모공장, 목장 등의 온수필요장소
	축열식 전기 차끓이기	물	학교, 병원, 요식업소, 체육관, 경기장, 사회복지단체 등 음료공급용
냉방	빙축열(잠열) 시스템	얼음, 잠열재	설치공간이 비교적 협소한 도심지역
	수축열 시스템 (난방 가능)	물	주변에서 폐열이나 지하수열원 획득이 용이한 장소

〈표 7〉 연도별 사용대수

(단위:대)

품 목 별		'86	'87	'88	'89
난방	보 일 러	25	3,435	11,975	19,005
	온 풍 기	2	2	1,245	5,194
	온 돌	-	146	3,253	6,685
온수	온 수 기	860	9,483	27,013	43,029
	차끓이기	116	2,946	6,111	7,815
계		1,003	16,012	49,597	81,728

열하여 사용하는 방식이기 때문에 설비고장이나
점검 등 비상시에 대비할 수 있는 능력이 신장
된다. 세번째로는 부분 축열의 경우 운전시간을
심야시간까지 늘릴 수 있고 정상설비에 비해 40
~60%의 설비용량으로 충분하기 때문에 설비비
를 줄일 수 있으며, 설비 이용률을 높일 수 있
으며, 적정 부하에서 지속운전이 가능하여 설비
운전효율 역시 향상시킬 수 있다. 이에 반해 축
열 시스템이 갖는 단점도 있는데, 축열조 설치
에 따른 초기 투자비가 증가하며, 축열손실이 발
생하고 시스템이 복잡해진다.

이러한 축열방식은 표6에서 보듯이 현재 난

방·온수·냉방 등에 활용되고 있다. 난방에는 축
열식 전기 보일러·온풍기·온돌 등이 있으며, 온
수에는 축열식 전기온수기와 차끓이기가 있다.
그리고 냉방에는 빙축열(또는 잠열축열) 시스템
과 수축열 시스템이 있다. 이 중에서 '85년 이
후 일반상품화 되어 널리 보급되고 있는 난방과
온수용 기기의 보급상황을 보면 '86년까지 1,003
대가, '89년말 현재 81,728대로 매년 급증하고
있다.

그리고 '88년말에 제도화되고 '89년부터 보급
기반을 다지고 있는 냉방계통은 현재 일반수요
발생이 매우 적으나, '90년 빙축열 시스템을 실
증 시험하여 '91년 이후 일반수요 개발을 계획
하고 있어 앞으로 난방과 온수용 개발상황에서
볼 수 있듯이 급격한 수요증가가 있을 것으로
전망된다.

이상으로 현재 사용되고 있는 심야전력 이용
기술의 일반상황을 개괄적으로 살펴 보았는데,
여기에서 제시한 심야전력 이용방법 외에도 DC
전원시설의 축전지 이용 등 우리 주변에서 그 활
용영역을 넓혀갈 수 있는 여지는 많은 것으로
비쳐지며, 앞으로 그를 위한 부단한 연구가 요
망된다.