

深夜電力 普及實態와 擴大方案

金 泰 龍

韓電 營業處 需要開發部長

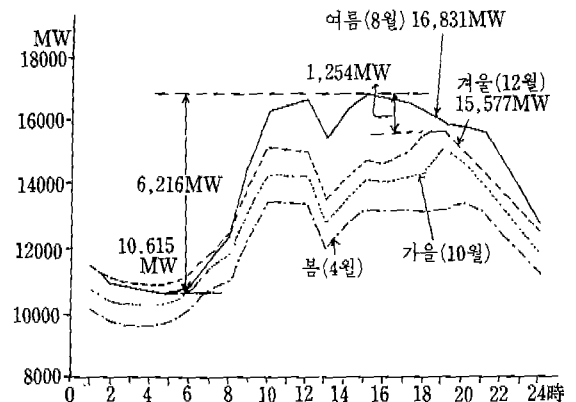
1. 深夜電力 普及意義

심야전력은 심야시간대(22:00~08:00)에 사용되는 전기를 말한다. 하루의 전기 사용량은 사람들의 생활양식에 따라 계절별로 대체로 일정한 형태로 변하는데, 심야시간대는 대부분의 사람들이 휴식을 취하는 시간으로, 주된 활동을 하는 낮이나 저녁시간대에 비해 전기의 사용량이 상대적으로 적어진다. 우리나라의 최대 수요전력을 기록했던 지난 '91.8.20일의 경우에도 오후 2시부터 3시 사이에 19,124MW의 전력수요가 있었으나 그날 심야시간인 4시부터 5시 사이에는 최대 수요보다 7,244MW가 적은 11,880MW밖에 전력수요가 없어 일부 발전소의 가동을 정지하거나 출력을 줄여 발전하였다.

그림 1은 우리나라의 하루 중 시간별·계절별 전력수요 변화를 나타내는데, 그 계절을 대표할 수 있는 달의 평일(토요일, 일요일, 공휴일 및 월요일을 제외한 날) 시간별 평균전력을 나타낸 것이다. 계절별로는 봄보다는 가을이, 가을보다는 겨울이, 겨울보다는 여름이 전력수요가 많으며, 하루 중 시간별로는 봄에는 오전, 여름엔 오

후, 가을과 겨울에는 저녁에 전력수요가 많다. 그리고 어느 계절할 것 없이 대부분의 사람들이 휴식을 취하는 시간대인 심야시간대에는 각 계절의 최대 전력수요에 비해 63~72% 수준의 수요만이 있으며, 최대수요와의 격차량은 3,500~6,200MW에 이르고 있다.

그런데 전력사업은 우리가 잘 알고 있듯이 대표적인 설비산업이다. 전체 전력공급 비용 중 고



<그림 1> 계절별 일부하곡선

정비가 차지하는 비중이 높은 산업인 것이다. 그래서 전력단위당 공급비용을 낮추기 위해서는, 즉 전기요금을 싸게 하기 위해서는 갖고 있는 전력설비를 최대한 이용하여야 된다. 전기를 경제적으로 저장할 수 있는 기술이 개발되지 않은 현 상황에서 전력설비의 이용률을 증대할 수 있는 방법은 전력수요를 시간별로 일정하게 유지하는 것이다. 이를 위해서는 전기사용이 많은 시간대의 전력수요를 직접 줄이거나 전력수요가 낮은 심야시간대로 이전시키는 방법, 또는 심야시간대의 전기사용을 증대시키는 방법 등이 있을 수 있다.

심야전력을 보급하는 의의는 바로 전력수요를 평균화시킬 수 있는 유용하고도 중요한 수단인 된다는 데에 있다. 심야전력을 보급함으로써 전력수요가 낮은 심야시간대의 전력수요를 증대시킬 수 있을 뿐만 아니라 최대 수요 시간대의 전력수요를 심야시간대로 이전시킴으로써 최대전력 수요를 낮출 수 있게 된다. 그래서 전력설비의 증설을 최소화할 수 있을 뿐만 아니라 설비의 증설없이도 전력생산량을 늘릴 수 있어 전력설비의 이용률을 높일 수 있게 된다. 이를 전력사업 운영측면에서 보면 고정비 부담을 덜고 평균 공급비용을 낮출 수 있어 값싼 요금으로 전기를 공급할 수 있음을 의미한다. 그리고 이는 결국 전기요금 인하효과를 가져와 전기사용 고객에게 그 혜택이 돌아가게 된다. 국가적으로는 석유나 가스나 같은 고가의 수입 에너지를 원자력이나 석탄과 같은 보다 저렴한 준국산 에너지로 대체함으로써 에너지 비용을 절감하고 자원의 이용 효율을 증대하며, 환경오염이나 공해의 방지도도 기여할 수 있는 효과를 가져오게 된다.

이러한 효과와 이점으로 세계 각국의 전기사업자들은 심야전력 보급확산을 위해 심야시간대 전기요금을 싸게 하는 등 갖가지 노력을 기울이고 있다. 우리 한전에서도 하루를 심야, 주간,

저녁 등 3개 시간대로 구분하여 각각 다른 수준의 요금을 적용하는 산업용(을) 요금제도와 산업용(을)의 심야시간대 요금 혜택을 받지 못하는 전기사용 고객으로서 우리 회사가 정하는 축열(냉)식 전기기기를 심야시간대에 사용코자 하는 고객을 위하여 심야전력 요금제도를 운영하고 있다. 그러한 형태의 요금제도에서는 심야시간에 사용한 전력에 대하여 기본요금을 부과하지 않으며, 사용량 요금에 대해서도 석탄·석유·LNG 등 기력발전의 평균 연료비 수준으로 책정하여 다른 시간대의 사용량 요금에 비해 절반 이하 수준으로 부과하고 있다. 표 1은 산업용 전력(을) 요금과 심야전력 요금제도를 요약한 것이다.

2. 深夜電力 利用器機의 類型

심야전력 요금제도는 전기사업자가 전력수요를 평균화시키기 위하여 판매하는 특별상품이다. 전기사업자가 전력수요 평균화를 위해 값싸게 공급하는 심야전력 보급의 실효를 얻기 위해서는, 즉 최대전력 수요를 심야시간대로 이전시킬 수 있기 위해서는 최대수요 시간대에 사용할 전기를 심야시간대로 옮겨 사용해야 되기 때문에 심야전력 요금이 적용될 수 있는 기기는 근본적으로 에너지를 저장할 수 있어야 한다.

우리가 사용하는 에너지의 유형으로는 기계적 에너지, 전자기 에너지, 화학 에너지, 원자 에너지, 전기 에너지, 열 에너지 등 여섯 가지가 있다. 기계적 에너지는 플라이 휠 등의 예에서와 같이 운동 에너지로, 스프링이나 양수발전의 예에서와 같이 위치 에너지로, 그리고 압축공기의 예에서와 같이 압축 에너지로 저장할 수 있다. 전기 에너지는 콘덴서의 예에서와 같이 전기장의 형태로, 또는 초전도 코일의 예에서와 같이 자기장의 형태로 저장할 수 있으며, 화학 에너지는 배터리의 예에서와 같이 화학반응 과정으로,

<표 1> 심야 수요개발을 위한 요금제도 개요

◆심야전력 요금제도

구 분	기 본 요 금	전력량 요금		비 고
심야전력 (갑)	없 음	모든 사용전력에 대하여 kWh당 21.50원		월간 20 kWh 이하 사용시는 20 kWh 해당요금
심야전력 (을)	요금적용전력에 대하여 kWh당 4.045원 × $\frac{\text{기타시간 사용전력량}}{\text{월간 총사용전력량}}$ (단, 월간 총사용전력량이 요금 적용전력에 대하여 8시간 이하인 경우에는 기본요금을 미적용)	심야시간 22:00~08:00 기타시간 08:00~22:00	kWh당 24.30원 kWh당 61.10원	최저요금은 요금적용전력에 대하여 kWh 당 400원

◆산업용 전력(을) 요금제도

구 분	적 용 범 위 (표 준 전 압)	기 본 요 금 (원/kWh)	전력량 요금(원/kWh)					
			여 름 철			그 밖의 철		
			심 야	주 간	저 녀	심 야	주 간	저 녀
고압전력 A	3,300V 이상 6,600V 이하	2,820	24.30	60.90	44.20	24.30	35.60	44.20
고압전력 B	154,000V 이상	2,630	23.60	58.80	42.60	23.60	35.30	42.60

또는 수소 가스 생성·저장의 예에서와 같이 중간매체의 저장 등의 방법으로 에너지를 저장할 수 있다. 열 에너지는 저장매질의 온도차를 이용하는 현열저장방법과 저장매질의 상변화 현상을 이용하는 잠열저장방법으로 나눌 수 있으며, 원자 에너지는 그 자체가 저장 에너지의 형태로 되어 있고, 전자기 에너지는 유동 에너지로는 저장할 수 없는 형태의 에너지이다.

이렇게 다양한 에너지 저장방법들 중에서 전기 에너지를 이용하여 용이하고 경제적으로 에너지를 저장할 수 있는 방법은 기계적 에너지의 플라이휠, 양수, 압축공기, 전기 에너지의 초전도체, 화학 에너지의 배터리, 열 에너지의 현열·잠열 등이 있다. 이들 중 양수, 압축공기, 초전도체 등은 대용량 저장에 유리하며, 플라이휠은 소용량 단시간 저장에 적절하다. 가정이나 업무용의 중·소규모에서 일일 에너지 저장용으로는 현열·잠열을 이용한 열 에너지 저장이 우수한 것으로 꼽히고 있으며, 배터리는 비상대비용 전원으로 오래 전부터 널리 사용되어 왔으나

전력저장용으로는 아직 경제성이 미흡한 것으로 평가되고 있다. 그래서 현재 심야전력을 이용하는 전기기기는 열 에너지 저장상품이 주종을 이루고 있다.

심야전력용의 열 에너지 저장상품은 그 용도에 따라 난방용, 온수용, 냉방용 등 세 가지가 있다. 상품의 유형에 따라 난방용은 보일러, 온돌, 온풍기가 있으며, 온수용은 온수기와 차 끓이기가 있다. 그리고 냉방용은 수축열과 빙축열 시스템이 있다. 표 2는 이러한 상품유형들의 기능을 간략하게 나타내고 있다.

3. 深夜電力器機 普及實態

심야전력을 이용하는 에너지 저장식 전기기기는 일반 전기기기와 달리 에너지 저장설비가 추가되어 저장식 기기 특유의 이점과 단점을 갖게 된다.

저장식 전기기기는 에너지가 필요할 때 필요한 에너지를 생산하여 사용하는 순간식 기기와는 달리 필요한 양의 에너지를 미리 생산하여 저

<표 2> 에너지 저장상품 유형별 기능

구분	용도	상품 유형	기능
축열식 전기기기	난방	축열식 전기보일러	축열조의 물, 잠열재, 벽돌, 기름 등에 열을 저장하여 바닥난방에 이용
		축열식 전기온돌	바닥에 직접 잠열재 등 축열매체를 설치하여 바닥난방에 이용
		축열식 전기온풍기	보온이 된 잠열재, 벽돌 등에 열을 저장하여 공간난방에 이용
	온수	축열식 전기온수기	축열조에 물을 가열하였다가 필요시 사용
		축열식전기 차끓이기	축열조의 물을 끓여 보리차 등 음료로 사용
축냉식 전기기기	냉방	수축열 H/P 시스템	H/P를 이용 저장된 물을 덩히거나 차게 하여 냉난방에 이용
		빙축열 냉방 시스템	냉동기로 저장된 물을 얼려 냉방에 이용

장해 두었다가 필요한 시기에 사용하기 때문에 순간식에 비해 필요한 에너지를 공급하는 속도, 즉 속응력이 뛰어나며, 에너지 유통제어가 용이하기 때문에 냉·난방시 순간식에 비해 실내온도를 일정하게 유지할 수 있어 과열과 과냉에 따른 에너지 손실을 없앨 수 있을 뿐만 아니라 냉·난방의 질을 높일 수 있다. 그래서 일반적으로 에너지 저장에 따른 저장손실이 있기 때문에 저장식이 순간식에 비해 에너지 이용효율이 나빠질 것으로 생각하기 쉬우나 저장식이 갖는 에너지 유통제어의 우수성, 적정 출력하에서 열원기기 지속 운전, 열 에너지 순환동력 절감 등의 효과로 오히려 순간식에 비해 효율이 높은 것으로 평가되고 있다.

물론 저장식이 장점만 있는 것은 아니다. 저장식이기 때문에 저장할 수 있는 용기가 필요하고, 저장용기를 설치할 공간이 있어야 하며, 저장용기를 만드는 비용이 발생하게 된다. 그래서 저장식은 초기투자비 증가와 설치공간 확보, 새로운 기술에 대한 위험부담 등의 문제가 따른다.

그러나 추가투자비의 문제는 값싼 전기요금에 의한 운영비 절감액으로 충분히 회수될 수 있으며, 설치공간 확보의 문제는 유휴공간을 활용함으로써 극복될 수 있는 것으로 밝혀졌고, 새로운

기술에 따른 위험부담은 현장 실증시험을 통해 해소되었다. 그래서 심야전력 요금제도가 처음 시행되었던 1985년 이후 심야전력을 이용할 수 있는 상품의 유형도 점차 다양하게 개발되어 왔으며, 이를 사용하는 고객 역시 날로 늘어나고 있다.

제도시행 초년도인 '85년에는 물을 축열매질로 한 온수기와 차 끓이기 등 온수용 기기만이 보급되었으나, '87년에는 현열·축열을 이용한 보일러·온돌·온풍기 등 난방용 심야전력기기가 상품화되었다. 그 이후 축열매질에 대한 연구도 활성화되어 잠열을 이용한 난방용 기기가 속속 개발되어 상품화되고 있으며, '88년에 심야전력(을) 요금제도가 신설된 이후 냉방용 상품의 개발에도 박차를 가하게 되었다. 그 결과 '86년부터 한전 사옥을 중심으로 설치 운영해 오던 히트 펌프를 이용한 수축열 냉방 시스템외에도 '90년에는 해외에서 널리 보급되고 있는 빙축열 냉방 시스템 기술을 국내 6개 냉방 전문업체가 도입하여 '90년에 한전과 한국생산기술연구원이 공동으로 현장실증시험을 실시한 후 '91년부터 본격적으로 일반 상품화하여 보급하고 있다.

'91년11월말 현재 심야전력기기의 보급상황을 살펴 보면, 개발·보급시점이 가장 빨랐던 온수

<표 3> 심야전력 이용기기 보급현황

'91.11월 현재

구분	온수용		난방용			냉방용		합계
	온수기	차끓이기	보일러	온돌	온풍기	수축열	빙축열	
대수(대)	72,485	9,652	32,467	15,505	12,206	27	13	142,355
용량(kW)	276,152	28,602	537,121	149,128	69,565	2,362	2,606	1,065,536

용 기기가 82,137대로 가장 많은 보급대수를 나타내고 있으며, 보급용량으로 볼 때에는 대당 용량이 큰 난방용 기기가 755,814 kW로 가장 큰 것으로 나타난다. 그리고 상품화 시기가 늦었던 냉방용 기기를 설치한 건물은 40개소에 이르고 있다. 이를 상품 종류별로 보면 온수용에서는 부엌이나 욕실에서 온수를 사용키 위해 설치하는 온수기가 주종을 이루고 있다. 난방용에서는 개발·보급시기가 가장 앞서고 기존의 연탄 또는 기름 보일러 교체시에 대체시설이 용이한 전기 보일러가 주종을 이루고 있으며, 최근 들어서는 우리의 온돌문화에 부합되고 별도의 설치공간이 필요치 않은 전기온돌과 공간난방용 온풍기가 많이 보급되는 경향을 보이고 있다. 냉방용에서는 보급시점이 빨랐던 수축열식이 빙축열에 비해 많이 보급되어 있으나 앞으로는 도시 과밀지역에서의 설치공간 문제를 완화할 수 있는 빙축열 시스템의 보급이 보다 활성화될 것으로 전망

<표 4> 한전의 빙축열 냉방 시스템 설치고객을 위한 무상지원금액

감소전력	처음 100 kW 까지	다음 100 kW 까지	200 kW 초과	한도액(호당)
무상지원금	24만원/kW	13만원/kW	8만원/kW	5,500만원/호

주) 감소전력의 산정: 축열조의 용량, 방냉시간 등을 감안하여 산정

된다. 표 3은 '91년11월말 현재의 심야전력기기 상품별 보급상황을 나타낸 것이다.

4. 深夜電力 普及擴大方案

심야전력의 보급촉진을 위해 한전은 그동안 다양한 활동을 전개해 왔다. 심야전력을 이용할 수 있는 에너지 저장상품을 개발하고 제작·보급할 업체를 양성하였으며 상품의 경제성을 확보할 수 있는 방안을 강구하여 시행에 옮기고, 이러한 상품이 널리 사용될 수 있도록 마케팅 계

<표 5> 건물규모별 빙축열 냉방 시스템 경제성 비교

건물규모별	냉방부하 감소전력 (kW)			특별부담금 (천원)	고객의 추가투자비 회수기간(년)	
	일반 전기식	빙축열식	감소전력		지원 전	지원 후
1,000평	120	66	54	12,960	5.5	3.3
2,000평	220	124	96	23,040	4.2	2.0
3,000평	335	196	139	29,070	3.8	2.0
5,000평	542	328	214	38,120	3.5	2.0
10,000평	990	589	401	53,080	3.2	2.0

주: 건물규모는 냉방면적 기준, 축열률 40% 기준

획을 수립, 시행해 왔다. 보급 초기라 할 수 있는 '88년까지는 온수·난방용 기기를 중심으로 전기 옥내배선 공사비는 물론 수도배관 공사비까지 지원함으로써 다른 온수·난방용 기기와의 경쟁력을 확보하는 데 주력하였다. 그 결과 온수·난방용 심야전력기기 생산·보급업체도 2개 상품, 2개 업체에서 5개 상품, 41개 업체로 증가하였다.

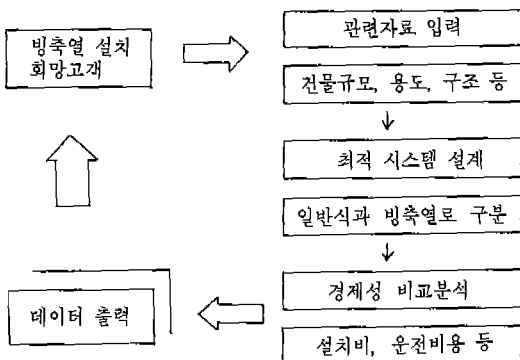
'91년에는 새로운 심야전력 상품으로 내놓은 빙축열 냉방 시스템의 보급촉진을 위하여 다양한 지원제도를 마련하였다. 에너지 저장방식의 냉방 시스템을 사용하게 되면 저장식이 아닌 일반 전기냉방 시스템을 사용하는 경우에 비하여 여름철 낮시간의 냉방용 전력이 감소하게 되는데, 이 감소전력을 기준으로 하여 한전에서는 표 4에 해당하는 금액을 무상으로 지원하는 제도를 운영하고 있다. 그렇게 함으로써 일반식에 비해 추가로 소요되는 에너지 저장용기(빙축열조 또는 수축열조) 설치비 부담을 완화시켜 표 5에서 보듯이 빙축열식 냉방 시스템의 초기 추가투자비 회수기간을 2년 정도로 낮추었다. 그리고 그림 2에서 보듯이 “고객상담용 전산 프로그램”을 통하여 빙축열 시스템 설치에 원하는 고객에게 일반 냉방 시스템과 비교한 경제성 분석자료를

를 제공하고 있다. 이와 더불어 관현학회·협회·업체 등과 공동으로 설명회와 세미나를 개최하고, TV, 신문 등 대중매체와 전문지 등에 광고와 홍보를 시행하는 등의 노력을 하였다.

정부에서도 냉방용 심야전력기기 보급에 노력하고 있는데, 지난 '91년12월에는 정부 및 주요 관련기관 건물에서 빙축열 냉방 시스템을 시설토록 하였으며, 신축건물에 대해서는 건축허가단계에서부터 빙축열 시스템이 채택·설계될 수 있도록 권유키로 하였다. 그리고 시스템의 경제성을 제고하기 위하여 에너지 이용 합리화 기금 등을 활용하여 빙축열 설치비용에 대한 장기·저리융자 등 금융지원 방안을 강구하고 있으며, 설치비용의 일부를 소득세 또는 법인세에서 공제하거나 손금으로 특별상각할 수 있도록 하여 세제상의 지원을 하는 방안도 강구 중에 있다. 이러한 정부측의 지원방안 확정, 시행될 경우 냉방용 심야전력기기의 경제성은 크게 향상될 것이며, 그에 따라 보급도 보다 활성화될 것으로 여겨진다.

5. 向後 展望

앞으로 에너지 저장설비를 갖춘 심야전력기기의 시장 전망은 매우 밝은 것으로 보인다. 전력설비 이용률을 결정하는 주요 변수인 부하율은 우리나라의 산업구조가 경공업화되고, 업무용과 주거용의 비중이 증대하면서 점차 악화될 전망이다. 전원설비 건설을 위한 투자비 부담도 환경문제 등과 연계되어 증가할 것으로 전망된다. 그래서 전기사업자 입장에서는 전력사업의 운영효율을 높이기 위하여 앞으로 보다 적극적인 전력 수요 평준화 노력이 요구될 것이며, 생활수준 향상에 따라 냉난방용으로 고급 에너지인 전기를 선호하는 경향이 가속화될 것이다. 이렇게 볼 때 심야전력기기 시장 전망은 밝다 하겠으며, 한전에서는 2001년까지 온수·난방용 상품 보급 4,



<그림 2> 빙축열 설치 희망 고객상담용 전산 프로그램 시행 흐름도

300MW, 그리고 냉방용 상품 보급 500MW를 목표로 추진하고 있다.

동력자원부와 에너지경제연구원이 시행한 '90 에너지 센서스에 의하면, '89년 현재 온수시설이 있는 주택은 전체의 30.3%인 것으로 밝혀지고 있으며, 그중 2% 정도가 전기에 의한 온수를 이용하고 있는 것으로 밝혀지고 있다. '83년 조사에서는 전기에 의한 온수이용 실적이 전무하다가 이런 증가를 보인 점을 미루어 볼 때 온수시설이 없는 70%의 주택에서 앞으로 온수시설을 갖추게 될 때 전기 에너지를 선택할 가능성은 훨씬 커질 것으로 보인다. 이러한 전망은 난방연료 선호경향을 보더라도 쉽게 알 수 있는데, '89년 현재 전기난방을 하는 가구가 전체의 0.2% 수준인데, 앞으로 난방용 연료로 무엇을 사용할 것인가라는 질문에 6.3%가 전기를 선택하고 있었던 것으로 나와 있다.

물론 심야전력을 이용할 수 있는 상품이 온수·난방·냉방용에만 국한된 것은 아니며, 지금까지 나온 상품이 가장 우수한 것일 수도 없다. 상품을 개발하고 개선할 수 있는 여지는 앞으로 상당부분 있을 것으로 보인다. 온수용과 난방용에 있어서는 열 저장밀도가 크면서도 상변화 온도폭이 좁은 잠열 저장매질의 개발이 필요하다. 냉방용에 있어서는 중·대형 건물 중심의 빙축열 시스템은 있으나 음식점이나 다방 등 중·소형 영업장소에서 사용할 수 있는 패키지 형태의 빙축열 시스템 개발이 필요하다. 그리고 3~5°C에서 상변화를 하는 잠열물질을 개발하여 빙축열 시스템과 비교해서 축열조의 크기가 커지지 않으면서도 냉동기의 효율을 높일 수 있는 잠열식 축냉 시스템 역시 앞으로 개발되어야 할 상품이다.

심야전력이 냉·난방 및 온수용 외에도 어떠한 용도로 이용될 수 있는지를 간략하게 살펴 보자. 우선 냉방용 에너지 저장상품의 용도를 넓힐

수 있는 새로운 영역으로는 냉동·냉장시장을 들 수 있다. 영하 20°C에서 상변화를 일으키는 잠열재를 이용하여 업소용 냉장고의 전력수요를 심야전력으로 대체할 수 있는 축냉식 냉장고가 유망한 상품으로 등장할 수 있다. 그리고 현재 사용하고 있는 빙축열 시스템을 개조하여 슈퍼마켓 등에서 사용하는 에너지 저장식 냉장용 쇼케이스도 개발될 수 있을 것이다. 또한 오래 전부터 비상용 전원으로 널리 사용되어 온 배터리를 직류전원을 상용하는 전신전화국과 같은 곳에 전력저장용으로 개발하여 사용할 수 있을 것이며, 배터리 기술의 발달에 따라서는 전기자동차의 상용화도 가능케 될 것이다. 산업체의 공정 중에 사용하는 열 에너지나 압축공기 등도 심야전력을 이용한 저장기능 분야로 파악되고 있으며, 특히 전기로를 사용하는 철강산업 분야에서는 심야전력을 이용하여 심야시간대에 금속을 녹여 저장해 두었다가 낮에 주형을 만드는 방식도 훌륭한 심야전력 상품이 될 수 있을 것으로 전망된다.

6. 글을 마치면서

지금까지 심야전력 보급의 의의, 이용할 수 있는 기기의 유형, 기기별 보급실태, 보급 확대방안 그리고 앞으로의 전망에 대해서 개괄적으로 소개하였다. 심야전력을 효과적으로 이용함으로써 국가적으로 자원이용 효율을 높이고 수입 에너지를 준국산 에너지로 대체하며, 환경공해를 줄일 수 있을 뿐만 아니라 전력사업에 있어서는 사업의 운영효율을 높여 궁극적으로는 국민의 에너지 비용부담을 덜어줄 수 있음을 알 수 있었다. 그래서 외국에서도 심야전력의 효율적 이용과 적극적 보급확대에 정부와 전기사업자가 공동의 노력을 경주하고 있으며, 전력인 여러분들도 이에 대한 깊은 이해와 아낌없는 성원이 있기를 당부드리며 글을 마치하고자 한다.