

## 산업용 End-Use별 에너지사용 실태분석 및 예측

박종진, 이창호  
한국전기연구소

Analysis and Forecast of Electricity Usage of Industrial End-Uses

Jong-Jin, Park, Chang-Ho, Rhee  
Korea Electrotechnology Research Institute

### 1. 서론

'90년대 이후 전기에너지의 효율적 이용에 따른 절약과 전력사용패턴의 개선을 목적으로 하는 수요관리 즉 DSM(Demand Side Management)의 중요성이 증대되고 있다. 하지만 전기소비량의 약 60%를 차지하는 산업용에 대해서는 전동기 보급을 조사, 냉방수요 행태조사 및 조명기기 보급실태 조사와 같이 단일기기나 용도에 대한 조사 및 분석만이 이루어져 왔으며, 산업용 전체를 대상으로 업종별 End-Use별 사용실태 조사, 분석, 예측 등 체계적 분석이 이루어지지 않았다.

따라서 본 연구에서는 우리나라 산업용의 업종별, End-Use별 전력량 및 부하 실태를 조사·분석하고 나아가 전력원단위 추정을 통해 4개 주요 업종의 End-Use별 전력량 및 부하의 구성비와 향후 전력소비량을 예측하였다.

앞으로 본 연구는 이 분야의 DSM 잠재량 산정, 비용효과적 프로그램 개발 등에 활용할 수 있을 것이다.

### 2. 산업용 전기사용 실태분석

본 연구에서는 먼저 산업용 10개 업종을 대상으로 이를 조명, 공조설비, 공작기기, 운반하역기기, 전열기기, 콤프레샤/펌프, 냉장/냉동, 공정용 모터의 8개 End-Use로 구분하여 전기사용 실태를 조사하였다. 조사내용은 주로 용도별 전기기기 전력사용 실태에 초점을 맞추었으며, 기기별 정격용량, 설치대수, 사용을 및 가동율 그리고 시간대별 사용현황 및 일평균 사용시간 등을 조사하였다.

여기서는 분석례를 보여주기 위해 1차금속, 조립금속, 석유화학 등 전기소비량이 많은 업종과 사용패턴이 상이한 음식료의 4개업종을 대상으로 공조, 전열, 콤프레샤/펌프 및 공정용 모터의 4가지 주요 End-Use별 전력사용실태를 분석하였다.

먼저 업종별 End-Use별 월간 전력량 규모 및 구성비를 살펴보면 <표 1>과 같으며, 시스템 피크시의 부하 및 구성비는 <표 2>와 같다.

<표 1> End-Use별 월간 전력량 규모 및 구성비

(단위 : kWh, %)

업종		공조	전열	컴프레사/펌프	공정모터	기타	월간 전력량
음식료	A사	737,602 (17.6)	70 (0.0)	3,408,274 (81.1)	0.0 (0.0)	55,044 (1.3)	4,201,000 (100)
	B사	158,755 (10.3)	4,562 (0.3)	683,584 (44.4)	0.0 (0.0)	691,099 (45.0)	1,538,000 (100)
	C사	49,937 (25.6)	10 (0.0)	72,463 (37.2)	74 (0.0)	72,466 (37.2)	194,940 (100)
석유화학	D사	202,316 (7.4)	77,245 (2.8)	390,779 (14.2)	687,217 (25.0)	1,391,443 (50.6)	2,749,000 (100)
	E사	36,212 (26.1)	0.0 (0.0)	104,174 (24.2)	156,417 (36.3)	66,895 (13.4)	363,698 (100)
	F사	904,545 (20.6)	8,701 (0.2)	634,302 (14.4)	2,617,571 (59.5)	234,881 (5.3)	4,400,000 (100)
1차금속	G사	36,727 (8.7)	65,544 (15.5)	92,112 (21.8)	129,201 (30.5)	99,380 (23.5)	422,964 (100)
	H사	24,902 (2.2)	843,985 (75.6)	69,130 (6.2)	0.0 (0.0)	177,983 (16)	1,116,000 (100)
	I사	79,671 (24.0)	199,771 (60.1)	32,523 (9.8)	696 (0.2)	19,939 (5.9)	332,600 (100)
조립금속	J사	16,564 (0.2)	7,346 (0.1)	1,455,437 (21.3)	5,289,400 (77.5)	55,253 (0.9)	6,824,000 (100)
	K사	10,938 (3.9)	24,306 (8.8)	10,695 (3.9)	201,203 (72.6)	29,858 (28.4)	277,000 (100)
	L사	0.0 (0.0)	1,197 (1.2)	7,467 (7.5)	87,409 (87.4)	3,927 (3.9)	100,000 (100)

주) ( )안은 구성비임

<표 2> End-Use별 부하규모 및 구성비

(단위 : kW, %)

업종		공조	전열	컴프레사/펌프	공정모터	기타	피크부하
음식료	A사	220.3 (16.3)	4.5 (0.3)	1076.5 (79.6)	0.0 (0.0)	60.7 (3.8)	1352 (100)
	B사	64.2 (4.4)	15.0 (1.0)	936.0 (64.8)	0.0 (0.0)	429.8 (29.7)	1445 (100)
	C사	176.7 (27.3)	0.5 (0.1)	227.2 (35.1)	0.0 (0.0)	242.6 (37.5)	647 (100)
석유화학	D사	714.8 (12.3)	185.5 (3.2)	938.3 (16.2)	1550.5 (26.7)	2410.9 (41.6)	5800 (100)
	E사	147.4 (17.7)	0.0 (0.0)	190.1 (22.9)	0.0 (0.0)	493.5 (59.4)	831 (100)
	F사	1979.5 (19.6)	48.1 (0.5)	1647.2 (16.3)	5873.6 (58.3)	531.6 (5.3)	10080 (100)
1차금속	G사	186.9 (8.5)	361.3 (16.4)	276.8 (12.6)	830.0 (37.7)	545 (24.8)	2200 (100)
	H사	180.1 (4.7)	2573.9 (67.7)	208.3 (5.5)	0.0 (0.0)	837.7 (22.1)	3800 (100)
	I사	263.0 (16.4)	1070.5 (66.9)	131.6 (8.2)	6.0 (0.4)	128.9 (8.1)	1600 (100)
조립금속	J사	30.4 (0.2)	16.2 (0.1)	244.3 (1.9)	12425.7 (95.2)	333.4 (2.8)	13050 (100)
	K사	66.4 (4.0)	147.6 (8.8)	65.0 (3.9)	1220.8 (72.7)	179.2 (10.6)	1679 (100)
	L사	0.0 (0.0)	12.9 (2.1)	51.6 (8.3)	551.1 (88.1)	9.4 (1.5)	625 (100)

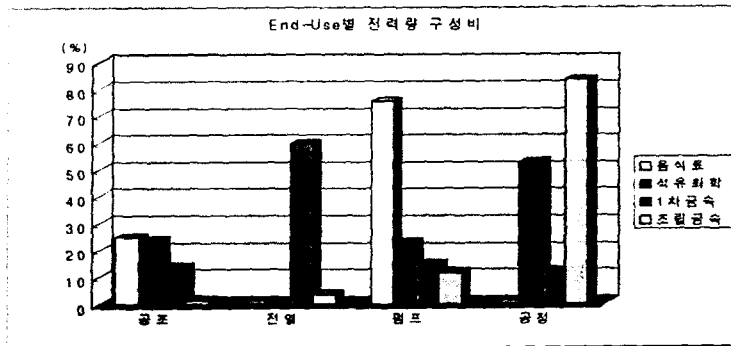
주) ( )안은 구성비임

### 3. 업종별 전력량 및 부하분석

<표 3>은 업종별 평균 전력량 및 부하 구성비를 나타낸 것이며, <그림 1>은 End-Use별 전력량 구성비를 나타낸 것이다. 전력량에 있어서는 전반적으로 콤프레샤/펌프 및 공정부분의 사용량이 크며, 업종별로는 음식료의 경우 콤프레샤/펌프, 석유화학과 조립금속은 공정부분 그리고 1차금속은 전열부분의 전력사용량이 가장 높게 나타나고 있다.

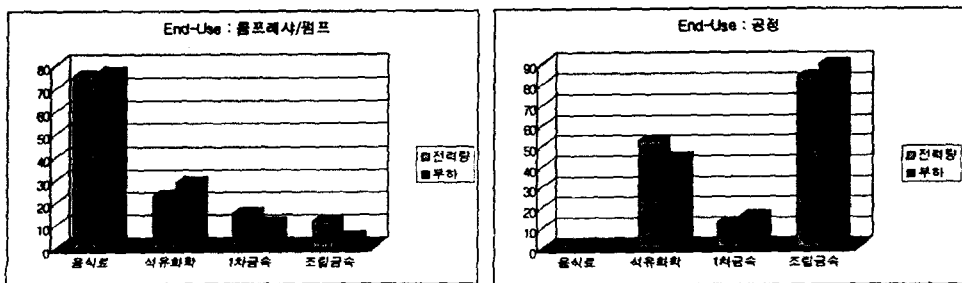
<표 3> 업종별 평균 전력량 및 부하 구성비

구분	전력량(%)				부하(%)			
	공조	전열	콤프레샤/펌프	공정모터	공조	전열	콤프레샤/펌프	공정모터
음식료	24.7	0.1	75.2	-	22.3	0.7	77.0	-
석유화학	23.4	1.3	22.9	52.4	25.6	1.8	28.7	43.9
1차금속	13.7	59.4	14.9	12.0	12.1	61.6	10.8	15.5
조립금속	1.5	3.6	11.5	83.4	1.5	3.9	4.9	89.7



<그림 1> End-Use별 전력량 구성비

<그림 2>는 업종별 전력량 및 부하구성비를 비교한 것이다.



<그림 2> 업종별 전력량 및 부하구성비 비교

<그림 2>에서 볼 수 있듯이 석유화학의 경우 콤프레샤/펌프 부문에서 부가가 전력량보다 구성비가 큰 반면, 공정에서는 전력량이 부하보다 구성비가 크게 나타났다. 또한 조립금속의 경우 콤프레샤/펌프 부문에서 전력량이 부하보다 구성비가 큰 반면, 공정에서는 전력량이 부하보다 구성비가 작게 나타났다.

#### 4. 전력량 예측방법 및 결과

업종별 전력량예측을 위하여 전력원단위 접근방법을 적용하였으며, 예측기법으로는 고펜퍼츠 곡선(Gompertz)을 사용하였다. 예측을 위해 사용된 자료는 1985년부터 1995년도까지의 업종별 부가가치 전력원단위(kWh/천원)이다.

고펜퍼츠 곡선은 다음과 같은 함수식으로 정의된다.

$$X = c \cdot a^{b^t}$$

여기서,

$X$  :  $t$ 년도에서의 전력원단위

$b$  : 성장률( $0 < b < 1$ )

$a$  : 초기값

$c$  : 포화시기 전력원단위

이 모형에서 포화시기 전력원단위  $c$ 는 일본의 1995년도 업종별 전력원단위를 기준으로 업종별 특성을 반영하여 추정하였다.

이 모형식의 양변을  $c$ 로 나누고 다시 양변에 대수를 취하면

$$\ln \left( \ln \left( \frac{X}{c} \right) \right) = \ln (\ln(a)) + t \ln b$$

가 되며, 이 식은 일반적인 단순 선형회귀모형  $Y = a + \beta t$  식으로 나타나며, 선형회귀분석에 의해 예측치를 구할 수 있다.

'96년부터 2010년까지 15년간의 전력원단위 예측치는 <표 4>와 같다.

<표 4> 업종별 전력원단위 예측치

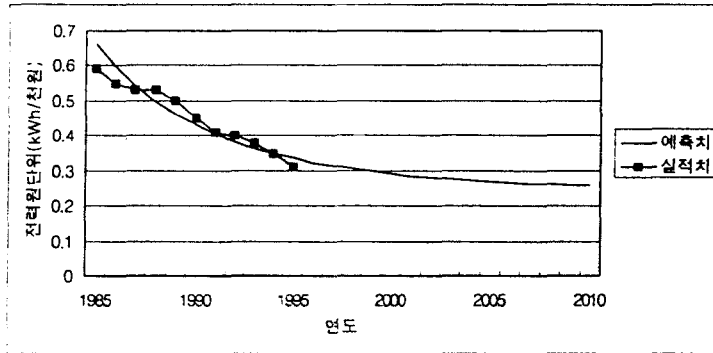
(단위 : kWh/천원)

구분	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2010
식료품	0.38	0.38	0.37	0.36	0.36	0.36	0.35	0.35	0.35	0.35	0.34
석유화학	0.93	0.91	0.90	0.88	0.86	0.85	0.83	0.82	0.81	0.80	0.74
1차금속	2.48	2.4	2.32	2.25	2.18	2.13	2.07	2.03	1.98	1.94	1.80
조립금속	0.32	0.31	0.30	0.30	0.29	0.28	0.28	0.28	0.27	0.27	0.26

<그림 3>은 제조업중 가장 전력소비가 많은 조립금속의 향후 15년간의 예측곡선과 과거 11년간의 실적치를 나타낸 것이다.

한편, 2010년까지의 업종별 소비전력량은 연간 업종별 부가가치와 전력원단위에 의해 산정된다. <표 5>는 업종별 소비전력량 예측치를 나타낸 것이다. 여기서 조립금속은 2010년의 전력량이 1996년도의 전력량의 2.4배에 달하며, 예측기

간중 연평균 6.4%의 증가율을 보여주고 있고, 음식료의 경우 증가율이 2.7%로 가장 낮게 나타났다.



<그림 3> 조립금속의 전력원단위 예측

<표 5> 업종별 소비전력량 예측

(단위 : GWh)

구분	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2010	연평균 증가율
음식료	5,377	5,517	5,662	5,811	5,970	6,142	6,321	6,500	6,685	6,875	7,835	2.7%
석유화학	27,165	29,031	30,795	32,510	34,250	36,009	37,670	39,250	40,767	42,087	47,030	4.0%
1차금속	29,717	31,249	32,732	34,081	35,498	37,016	38,599	40,209	41,796	43,431	51,598	4.0%
조립금속	25,556	27,216	29,054	31,051	33,273	35,707	38,366	41,225	44,129	47,005	60,711	6.4%

<표 6>은 업종별 전력량 예측치와 End-Use 구성비를 이용하여 2010년의 주요 업종별 End-Use별 전력사용량을 나타낸 것으로 전력사용량이 가장 많은 부문은 조립금속의 공정부문이며, 전력사용량이 가장 적은 부문은 음식료의 전열부문임을 알 수 있다.

<표 6> 2010년의 주요 업종별 End-Use별 전력사용량

(단위 : GWh)

구분	공조	전열	컴프레사/펌프	공정
음식료	1,560	6	4,750	-
석유화학	11,822	657	11,570	26,474
1차금속	6,169	26,745	6,709	5,403
조립금속	798	1,914	6,115	44,348

## 5. 결론

본 연구에서는 산업용 부문에 있어서 업종별 End-Use별 전기사용실태 분석 및 전력원단위 접근방법에 의한 예측을 하였다. 전력사용량 예측결과 조립금속의 전력수요가 비교적 빨리 증가하는 것으로 나타났는데 반해, 음식료는 증가폭이 크지 않았다. 한편, End-Use별로는 석유화학 및 조립금속의 경우 공정부문에서의 전력사용량이 컸으며, 1차금속은 전열 그리고 음식료는 콤프레샤/펌프의 전력사용량이 큰 것으로 나타났다.

앞으로 지속적인 전기에너지의 사용확대와 더불어 효과적인 에너지절약기술 및 DSM 프로그램의 개발 필요성이 증대될 것으로 보이며, 이를 위해서는 업종별, 업태별, 공정별, 기기별로 세분화된 예측지표와 평가방법에 의한 부하 및 절전잠재량 산정, 비용효과적인 DSM 프로그램 개발이 이루어져야 할 것이며, 본 연구가 이러한 수요관리에 효과적으로 활용될 것으로 기대된다.

향후, 산업용 에너지사용에 대한 보다 정확한 분석을 위해서 업종별 대표적 기업에 대한 신뢰성 있는 데이터의 조사와 아울러 보다 세분된 업태별, End-Use별, 기기별 전력사용량 및 부하에 대한 연구가 수행되어야 할 것이다.

## 6. 참고문헌

- [1] 한국전기연구소, DSM 잠재량평가와 모니터링을 위한 기법개발 및 활용방안 연구, 1997. 4
- [2] 한국전력공사, 전력수요예측 및 전력공급계획 산정방식의 해설, 1982.
- [3] 한국전력공사, 장기전력수요예측, 1995. 12