

산업용 전력사용실태 조사분석

박종진\*, 이창호, 김창수  
한국전기연구원

Survey and Analysis of Electric Power Use pattern in Industry

\*Jong-Jin Park\*, Chang-Ho Rhee, Chang-Soo Kim  
Korea Electrotechnology Research Institute

**Abstract** - This paper presents electric power use pattern by end-use for each industry in Korea. Until now, the survey for industrial electric power use pattern by end-use has been sporadic and unsystematic. This paper presents the systematic survey and analysis for electric power use pattern by end-use. The major survey items include rate power and the number of equipments, and operation rate, etc. This paper will make good use of data base construction and policy for DSM.

1. 서 론

그 동안 국내 전력수요는 전력회사를 중심으로 한 단편적이고 산발적인 조사와 국가차원의 관리기능 부족 및 전력 수요관리정책에 필요한 제반 기준, 절차, 적용기법 등의 미 확립, 수요조사 방법 및 체계, 데이터 관리·유통의 상대적으로 열악한 하부구조에 기인하여 전력수요 전반에 걸친 체계적인 관리와 조사가 진행되어 오지 못하였다. 이와 같은 전력수요의 제반 여건 하에서, 본 조사연구는 국가 전력수요조사 및 형태분석이라는 종합적인 틀 안에서 국내 산업분야 전력사용 실태 분석을 하여 전력산업 구조 변화 정책수립을 위한 기초 자료의 획득과 향후 산업분야의 전력부문에 대한 절약기술의 개발·보급을 위한 자료수집을 목적으로 실시되었다.

본 조사연구는 국내 총 전력소비의 50% 이상을 차지하고 있는 산업부문의 업체를 대상으로 10개의 업종으로 분류 선정하여 분석을 실시하였다. 조사대상 업체의 총 표본수는 10개의 업종(농림어업, 광업, 음식료, 섬유 의복, 제재가구, 제지인쇄, 석유화학, 비금속광물, 1차 금속, 기계전자)에 각각 속하는 주요 산업체로서 전경연(전국경제인연합회)에 등재된 기업체와 자발적 협약(VA)을 체결한 기업명단을 참조하여 총 278개를 추출하였고, 이 중에서 설문조사에 응답한 102개 업체 중에서 분석에 부적합한 6개 업체를 제외한 96개 업체를 대상으로 2000년 10월부터 2001년 12월까지 약 3개월에 걸쳐 조사분석을 실시하였다.

주요 조사내용으로는 업종별, 용도별 전력사용 패턴, End-Use별 전력사용 실태, 기기용량, 설치대수, 사용율, 가동율, 사용시간대, 일평균 사용시간 등이며, 이를 토대로 수요관리를 위한 업종별, End-Use별 전력사용 비율과 최대부하기여율을 분석하여 전력수요관리 DB구축 및 산업용 수요관리정책을 위한 기초자료로 활용할 수 있도록 하였다.

2. 업종별 용도별 전력사용 실태

여기서는 먼저 전기관리자의 경험적인 견해에 의한 용도별 전력사용 구성비를 분석하고, 다음에 실제 설문서에 기재된 기기수, 사용시간 등에 의한 실증치를 보완 및 가공하여 2차적 분석을 시행하였다.

2.1 업종별 용도별 전력사용 패턴

전력사용 용도(End-Use)는 크게 조명, 동력, 전열, 용융, 냉방 및 기타로 구분하였으며, 분석된 전력사용비를 살펴보면 공통적인 현상으로서 1차금속 및 기계전자를 제외한 모든 업종에서 동력의 전력사용 비율이 60% 이상으로 점유율이 매우 높다. 이는 모터를 범용의 설비로서 생활활동과 매우 밀접한 관련성이 있기 때문이며, 공정을 구성하는 설비 가운데 공정용 모터 등의 동력원으로서의 전력 투입량이 높기 때문이다. 용도별 각각에 대한 업종별 특성을 살펴보면 조명부문의 경우, 음식료, 섬유의복, 제재가구 업종에서 그 비율이 비교적 높게 나타나고 있으며, 동력의 경우에는 광업, 비금속광물, 제지인쇄 업종에서, 전열 및 용융의 경우에는 1차금속 및 기계전자 업종에서, 냉방의 경우는 기계전자 및 석유화학 업종에서 그 비율이 높게 나타나고 있다.

업종별로 살펴본 용도별 전력사용구성비 <표 1>과 같다. 이 표는 전기담당자의 경험적인 견해를 반영한 것이다.

<표 1> 업종별 용도별 전력사용구성비

구분	조명	동력	전열	용융	냉방	기타	합 계
농림어업	5.0%	78.0%	0.0%	0.0%	12.0%	5.0%	100%
광업	1.3%	90.4%	0.0%	0.0%	3.8%	4.5%	100%
음식료	5.8%	75.3%	0.5%	0.1%	14.0%	4.3%	100%
섬유의복	4.7%	81.6%	0.6%	0.2%	7.4%	5.5%	100%
제재가구	4.2%	86.5%	0.0%	0.0%	9.3%	0.0%	100%
제지인쇄	3.2%	88.2%	2.8%	0.9%	2.8%	2.1%	100%
석유화학	2.7%	67.8%	1.6%	9.8%	15.3%	2.8%	100%
비금속광물	2.0%	89.1%	0.2%	0.3%	7.3%	1.1%	100%
1차금속	2.4%	32.3%	1.3%	62.1%	1.7%	0.2%	100%
기계전자	4.3%	41.5%	8.7%	7.2%	16.2%	22.1%	100%

2.1.1 농림어업/광업

농림어업 업종은 동력용이 전체 전력소비의 대부분을 차지하고 있다. 동력용 가운데 특히 콤프레셔/펌프의 비율이 높고 공정모터의 경우에는 제맥기, 집진실, 공기조화기의 전력사용량이 약 70% 정도를 차지하고 있다. 공조설비에 있어서는 여름철과 겨울철 모두 송풍팬의 전력사용률이 높게 나타나고 있다.

광업의 경우는 채굴, 운반 공정에서의 펌프, 컨베이어벨트, 권양기 같은 동력용 설비에 의한 전력사용이 거의 대부분을 차지하고 있는 것으로 분석되었다.

2.1.2 음식료

음식료 업종의 용도별 전력사용 패턴을 살펴보면 동력 부분에서 상당히 높은 구성비를 보이고 있는데 이는 주로 냉동 및 냉장 압축기 등의 설비구동에 전력소비가 많기 때문인 것으로 분석된다. 유통을 제외한 유가공(치즈 등)의 경우에는 특히 기타 용도 부분이 상대적으로 높게 나타나고 있다. 그러나 전열, 용융 부분의 구성비는 낮

게 나타나고 있다. 또한 제품에 따라 음식료 업종의 특성상 냉방용으로 투입되는 전력이 타 업종에 비해 비교적 높다.

### 2.1.3 섬유업의복

섬유업의복의 주요 전력소비는 주로 동력, 조명, 냉방용에 집중되고 있다. 구성비가 가장 높은 동력용은 83.8%를 차지하고 있으며 주로 미싱기 등의 봉제용 구동기기가 주요 설비이다. 업체에 따라 동력부분에 염색 가공 등의 설비가 있기도 하며, 기타 부분에는 폐수처리 기기 및 원동용수 설비가 포함되어 있는 경우도 있다.

### 2.1.4 제재가구

제재가구의 업체별 용도별 전력사용 패턴을 보면 제품 구성에 따라 큰 차이를 보이고 있다. 공통적인 전력사용 설비로 동력 부분에서는 주로 호이스트 및 컨베이어벨트, 그리고 펌프 등이 있으며 이 가운데 가장 높은 비율을 차지한 것은 rotary crayer, hot press와 같은 공작기 기이다.

### 2.1.5 제지인쇄

동력부분에는 초지기 및 원료정성용 모터 등이 높은 비율을 차지하고 있으며, 일부 업체는 제품 생산에 필요한 특수 전용 설비등 기타로 분류된 설비가 있었다. 또한 일부업체의 경우 냉방 및 전열의 비중이 타 업체에 비하여 높게 나타나고 있는데, 이는 송풍기와 적외선 건조기의 사용비율이 높기 때문이다.

### 2.1.6 석유화학

석유화학은 대표적인 장치산업으로 제품구성, 공법, 공정을 구성하는 설비 특성에 따라 전력소비 패턴은 달라지게 된다. 일부업체의 경우 Blower가 총 전력사용량의 70%를 차지하고 있으며, 또 다른 업체의 경우에는 용융이 50%를 차지하고 있는데 이는 정류기의 사용 비율이 크기 때문이다. 하지만 같은 정류기라고 하더라도 그 용도는 다양하기 때문에 용도별 구성비 역시 달라질 수 있다.

### 2.1.7 비금속 광물

업체별 특성을 살펴보면, 도자기업체의 경우 타 비금속광물 업체에 비하여 전열 부분이 높은 비율을 나타내고 있는데 이는 전기로와 온수기의 사용이 많기 때문이다. 시멘트 공장의 경우 다른 비금속 제품 제조 공장에 비하여 상대적으로 Fan과 같은 송풍기의 사용 비율이 높아 기타 용도에 대한 구성비가 높다. 또 유리 제조업에서는 용융부분의 비율이 타 업체보다 훨씬 크게 나타났다. 이는 원료 용융에 투입되는 에너지가 많고 또한 각종 히터의 사용비율이 높기 때문이다.

### 2.1.8 1차금속

금속산업은 일반적으로 용융부분에 대한 전력소비가 매우 큰 점이 특징이라 할 수 있다. 일부 알루미늄 및 철업체를 제외하고는 용융이 전체 전력사용에서의 큰 비중을 차지하는 것으로 나타나고 있다. 특히 제강업체의 경우 동력부분에서 coil의 제조에 사용되는 전력소비가 많았으며, 알루미늄 제조 업체는 동력부분에서 압연기 및 분리절단기, 소순로, 연마기 등에 투입되는 전력 소비 비율이 높게 나타났다. 그 밖의 제철 및 제강 공장에서는 용융부분으로 분류되는 전기로, 유도가열로, 용접기기에 대한 전력 사용량이 높게 나타났다.

### 2.1.9 기계전자

기계전자 업종에서의 용도별 전력사용 구성비를 보면 동력용이 41.5%로 가장 높고 기타부분 22.1%의 순서이다. 이 업종에 포함되는 제품의 종류는 무수히 많기 때문에 업체별 제품 구성에 따라 용도별 전력소비는 큰

차이를 보인다.

전지를 제조하는 업체의 경우 기타 부분에서 높은 구성비를 보이고 있는데 이는 공정 및 설비의 특성상 충전기의 사용이 높기 때문이다. 또한 어떤 업체에서도 기타 부분이 비교적 높게 나타났는데 이는 냉동기의 비율 및 기타 생산장비(Steeper, Furnace) 등이 포함되어 있기 때문이다. 한 금속업체의 경우에는 전열에서 높은 비율을 나타내고 있는데 이는 공정에서 전열처리의 사용비중이 크기 때문이다. 한 중공업의 경우 용융이 타 업체에 비하여 높게 나타났는데 용접기의 사용이 높았기 때문이다. 전선제조 업종의 경우에는 전열이 비교적 높은 구성비를 차지하고 있는데 압출기 등과 같은 가열부분의 전력소비량이 크기 때문이다. 이와 같이 기계전자 업종의 전력소비는 최종 제품에 따라 매우 다양한 패턴은 보이고 있다.

## 2.2 업종별 세부End-Use별 전력사용 패턴

여기에서는 실제로 해당업체에서 사용되어지는 기기의 품명 및 단위 용량 그리고 사용률, 가동율, 일 평균사용시간을 기준으로 했을 때의 업종별 전력사용 패턴과 특성을 분석하였다. 따라서 <표 1>은 전기담당자의 경험적인 견해인 반면, 또 다른 구성비는 『End-Use 별 기기 사용 세부 지표』를 토대로 해당업체의 전기담당자가 실제로 조사한 실측치의 개념이다. 이 부분은 실측치와 경험치를 모두 고려하여 상호보완적인 측면에서의 보완을 위한 것이다. 결국 두 자료간에는 차이가 발생되게 된다. 물론 『End-Use별 기기사용 세부 지표』가 정확하다면 문제가 없지만 현실적으로 이는 불가능하다. 이는 업체에서 각 기기에 대한 가동율, 사용시간 등에 대한 구체적 자료가 아직은 미흡할 뿐만 아니라 전력사용에 대한 구체적인 데이터베이스가 구축되지 못한 현실에서 비롯되고 있다.

용도별 사용과 End-Use와의 관계는 다음의 <표 2>와 같이 분류된다.

<표 2> 용도별 분류와 End-Use별 분류의 관계

용도별 분류	조명	동력	전열	용융	냉방	기타
End-Use별 분류	조명	컴프레서/펌프, 공정모터, 운반하역설비	전열기기	공조설비 냉방설비	냉장냉동 기기, 기타	

『End-Use별 기기사용 세부 지표』를 분석함에 있어 다음과 같은 점에 유의할 필요가 있다.

첫째, 업종별(혹은 업체별)로 한 종류 기기의 연간 전력사용량이 해당업체(혹은 업체별)의 연간 사용량과 다소 다른 경우이다. 음식료 업종의 경우에는 냉방/냉동기기, 제지인쇄 및 석유화학에서는 공정모터 및 컴프레서/펌프, 기계전자에서는 공정모터 및 전열기기에서 소수의 업체가 해당되었다.

둘째, 업종별(혹은 업체별)로 한 기기의 연간 사용량이 해당업종(혹은 업체별)의 경험적인 견해와는 차이가 발생할 수 있다. 음식료 업종의 경우에는 경험적인 견해에 동력부분에 해당하는 운반하역설비가, 제지인쇄 및 석유화학의 경우에는 동력부분에 해당하는 공정모터 및 컴프레서/펌프가, 1차금속의 경우에는 전열/용융에 해당하는 전열기기 및 동력부분에 해당되는 컴프레서/펌프가, 기계전자의 경우에는 전열/용융에 해당하는 전열기기 및 동력에 해당하는 컴프레서/펌프 및 공정모터가 이러한 경우이다.

위의 두 가지 점은 해당업종(혹은 해당업체)이 주로 많이 사용하는 전력소비기기에 해당되는 내용이며 또한 본 조사의 설문 문항에 일평균 24시간 가동한다고 응답하였지만, 사실은 격일로서 가동되어지는 경우도 있어 이의 보정이 필요한 부분이다. 그러나 공정모터나 컴프

래서/펌프와 같은 경우는 그 품명 및 용량의 종류가 다양하고 사용되는 시간이나 가동율과 사용율을 파악하기 곤란한 경우가 많다는 응답도 있었다. 이러한 경우에는 공정모터가 범용 설비임을 고려하여, 분석시 타 기기(조명, 컴프레서/펌프, 공조설비, 냉방설비, 냉장/냉동기기, 운반/하역 설비, 전열기기, 기타기기)의 전력사용비율 및 전력사용량을 연간 총전력 사용량에서 제외시키는 방법을 사용 하였으며 또한 앞서의 「End-Use 별 전력사용(전기담당자의 경험적 견해)」를 참고하고 업체 담당자의 의견을 참고하여 가동율 및 사용율을 보정하였다. <표 3>은 위와 같은 보정작업을 한 후의 업종별 기기별 전력사용 구성비를 나타낸 표이다.

<표 3> 업종별 End-Use별 전력사용 구성비

구분	조명	컴프레서/펌프	공정모터	공조설비	냉방설비
농림어업	11.2%	2.8%	70.2%	14.3%	0.7%
광업	0.5%	88.9%	0.1%	8.0%	0.0%
음식료	6.6%	19.0%	37.0%	1.7%	12.6%
섬유의복	6.1%	11.9%	68.7%	6.7%	1.0%
제재가구	11.5%	24.6%	38.8%	3.6%	10.8%
제지인쇄	2.3%	24.0%	69.3%	0.5%	0.8%
석유화학	2.3%	31.3%	41.4%	6.0%	9.1%
비금속광물	2.3%	14.2%	63.9%	7.3%	3.3%
1차금속	2.8%	11.7%	28.9%	3.0%	2.5%
기계전자	6.4%	17.1%	39.4%	5.5%	7.0%
구분	냉장냉동기기	운반하역설비	전열기기	기타	합계
농림어업	0.0%	0.8%	0.0%	0.0%	100.0%
광업	0.0%	2.0%	0.5%	0.0%	100.0%
음식료	16.8%	4.4%	0.5%	1.4%	100.0%
섬유의복	1.8%	2.1%	0.5%	1.2%	100.0%
제재가구	0.0%	10.5%	0.0%	0.2%	100.0%
제지인쇄	0.3%	1.8%	0.9%	0.1%	100.0%
석유화학	0.8%	0.8%	1.6%	6.7%	100.0%
비금속광물	0.7%	2.2%	5.4%	0.7%	100.0%
1차금속	4.0%	2.9%	44.2%	0.0%	100.0%
기계전자	0.7%	2.1%	17.8%	4.0%	100.0%

### 3. 업종별 End-Use별 최대부하 기여율

일반적으로 과거 부하패턴을 보면 8월 15시에 최대부하가 가장 많이 발생하므로, 전력사용실태조사표에서도 연간 최대부하를 8월의 최대부하로 설정하였으며, 어떤 기기가 8월 15일에 가동되어진다면 그 기기는 최대부하에 기여를 하는 것으로 하였다. 특정 기기의 최대부하 기여율은 다음과 같은 식에 의하여 구하였다.

특정기기의 최대부하 기여율

$$= \frac{\text{용량}(Kw) \times \text{설치대수} \times \text{사용율} \times \text{가동율} \times \text{8월15일의 사용여부(혹은 사용빈도)}}{\text{해당업종(혹은 해당업체)의 8월 최대부하}}$$

<표 4>는 업종별 End-Use별 최대부하 기여율을 나타낸 것이다. 음식료의 경우, 공정모터와 컴프레서/펌프 및 냉장 냉동기기의 최대부하 기여율이 각각 34.0%, 17.6%, 17.2%의 순으로 높게 나타났다. 섬유의복 업종의 경우도 공정모터와 컴프레서/펌프의 기여율은 각각 66.3%, 12.2% 순이며, 제재가구 업종 역시 공정모터와 컴프레서/펌프 순으로 최대부하 기여율이 높게 나타났으며, 특히 조명의 경우는 타 업종에 비해서도 높은 비중을 갖는 것으로 나타났다. 석유화학은 공정모터와 컴프레서/펌프의 최대부하 기여율이 각각 전체의 37.5%, 그리고 34.4%의 순으로 높게 나타났다. 컴프레서가 전체의 12.2%, 펌프가 전체의 22.2%를 차지하고 있다. 1차금속의 경우 타업종과 달리 전열기기의 비중이 40.2%로 가장 높으며, 다음에 공정모터의 및

2nd이 38.1%순으로 나타났다. 기계 전자 업종의 최대부하 기여율을 보면 공정모터와 전열 기기가 각각 38.1%, 18.4%로 순으로 높게 나타났으며, 전열기기의 경우에는 전기로와 용접기가 전체의 약 10%와 4%를 차지하고 있다.

전체 업종의 End-Use별 최대부하 기여율을 분석해보면, 공정모터, 컴프레서/펌프, 전열기기의 순으로 높게 나타나는 것으로 분석된다. 조명의 경우는 형광등이 방전등이나 백열등에 비하여 높은 비중을 보이고 있다. 또한 컴프레서/펌프의 경우에는 거의 비슷한 비중을 차지하고 있으나, 전력소비량 측면에서는 컴프레서가, 그리고 최대부하 기여율에서는 펌프가 높은 것으로 분석되었다. 공조설비에 있어서는 중앙송풍팬이 타 공조설비기에 비하여 높은 비중을 보였으며, 냉방설비에 있어서는 개별에어컨이 타 냉방설비 기기에 비하여 높은 비중을 보였다. 운반하역설비의 경우에는 엘리베이터, 크레인/호이스트, 컨베이어벨트 순으로 나타났으며, 전열기기의 경우에는 전기로가 타 전열기기에 비하여 매우 높은 비중을 보이는 것으로 분석되었다.

<표 4>는 업종별 End-Use별 최대부하 기여율

구분	조명	컴프레서/펌프	공정모터	공조설비	냉방설비
농림어업	12.2%	3.5%	64.9%	17.0%	1.5%
광업	0.9%	82.7%	0.4%	12.4%	0.0%
음식료	4.6%	17.6%	34.0%	4.3%	14.6%
섬유의복	4.7%	12.2%	66.3%	5.9%	3.1%
제재가구	16.6%	22.3%	32.8%	4.3%	13.4%
제지인쇄	1.2%	21.0%	73.7%	0.3%	1.4%
석유화학	2.0%	34.4%	37.5%	5.7%	9.7%
비금속광물	0.9%	14.2%	63.4%	8.3%	4.0%
1차금속	1.9%	10.6%	30.4%	2.0%	7.7%
기계전자	4.0%	16.4%	38.1%	6.9%	8.5%
구분	냉장냉동기기	운반하역설비	전열기기	기타	합계
농림어업	0.0%	0.9%	0.0%	0.0%	100.0%
광업	0.0%	0.0%	3.6%	0.0%	100.0%
음식료	17.2%	5.6%	0.8%	1.3%	100.0%
섬유의복	3.1%	2.6%	0.8%	1.3%	100.0%
제재가구	0.0%	9.9%	0.0%	0.7%	100.0%
제지인쇄	0.3%	1.2%	0.8%	0.1%	100.0%
석유화학	1.2%	0.9%	1.6%	7.0%	100.0%
비금속광물	0.5%	3.1%	5.0%	0.6%	100.0%
1차금속	2.6%	4.6%	40.2%	0.0%	100.0%
기계전자	0.7%	2.6%	18.4%	4.4%	100.0%

### 3. 결 론

본 논문에서는 국내 산업부문의 10개 업종을 대상으로 전력사용실태를 조사하였고, 업종별 End-Use별 전력사용량 구성비 및 최대부하 기여율 등 전력사용 패턴을 분석하였다.

여기서 제시된 국내 산업분야 전력사용 실태조사 및 분석은 전력수요관리 DB구축 및 산업용 수요관리정책을 위한 기초자료로 활용할 수 있도록 하였다. 향후 산업분야의 전기에너지절약기술의 개발·보급을 위한 기초자료로도 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

#### [참 고 문 헌]

- [1] 한국전기연구원, KDN, "전력수요관리를 위한 DB구축 사업에 관한 보고서", 2000.3
- [2] 한국전기연구원, 산업자원부, "DSM 잠재량 평가와 모니터링을 위한 기법개발 및 활용방안 연구", 1998.10
- [3] 한국전력공사, "전동기 보급실태조사", 1994.5
- [4] 한국전력공사, "조명기기 보급실태조사", 1999.6
- [5] 한국전력공사, "장기전력수요예측", 2000.1