

# 전력수요관리 계량화 모형 개발

## The Development of Modeling for Evaluating the Effects of Demand Side Management Programs

진병문\*, 이창호\*\*, 김창수\*\*\*

- I. 서론
- II. 국내의 수요관리 현황
- III. 해외사례
- IV. 전력수요관리 계량화 모형 개발
- V. 결론

### I. 서론

전력수요관리를 지속적, 효과적으로 수행하기 위해서는 무엇보다도 현재 시행중인 수요관리 프로그램의 연차별 효과를 체계적으로 전망 및 평가함과 동시에 경제성 있는 새로운 프로그램의 개발과 보급을 위해 수요관리에 대한 정책수립과 판단을 위한 기본자료의 개발이 필수적이다. 이러한 관점에서 수요관리 프로그램의 효과를 평가하고 계량화할 수 있는 계량화 방법론 및 추정절차의 개발과 프로그램의 효과를 용이하게 산정 할 수 있는 수요관리 계량화모형의 개발은 중장기적인 수급계획의 수립에 있어 매우 중요하다.

특히, 최근 진행되고 있는 전력산업 구조개편과 더불어 조만간 전력산업에 경쟁체제가 도입될 예정으로 있다. 따라서, 앞으로의 수요관리 효과는 시장기능 도입에 따른 프로그램의 효과변동과 개별 프로그램의 시장에서의 존립여부 등 경쟁적 시장여건을 반영하여 예측되어야 함은 물론, 분석자가 쉽게 프로그램에 대한 다양한 경제적 요인과 정책요인을

---

\* 한국전기연구소

\*\* 한국전기연구소

\*\*\* 한국전기연구소

분석할 수 있도록 사용성에 초점을 맞추어 제시되는 것이 바람직할 것이다.

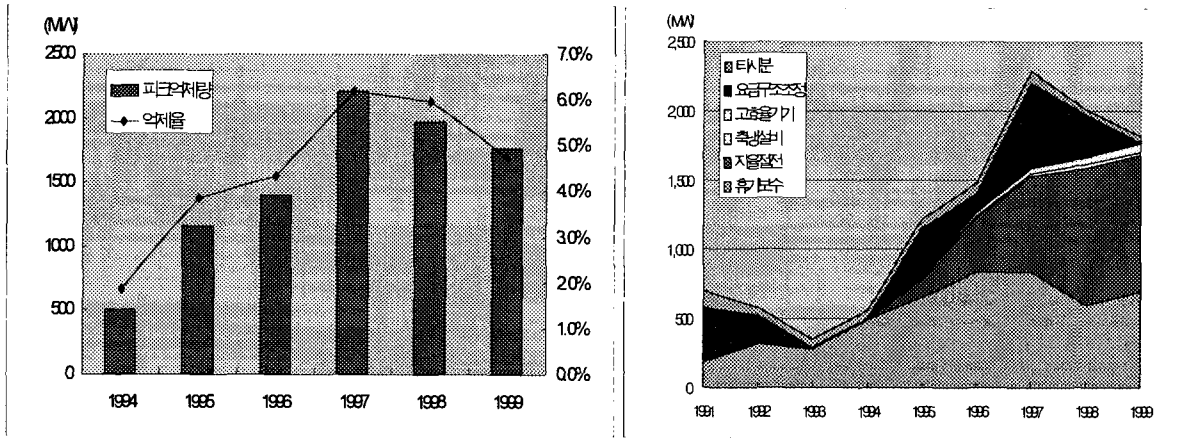
이러한 여건변화에 대응하여 향후 수요관리의 효과를 정확하게 계량화하여 장기전력수급계획 및 수급자원분석에 반영하기 위해서는 수요관리 프로그램에 대한 정밀한 비용효과분석이나 성과계량화 모형의 개발이 이루어지지 않으면 안 된다. 특히, 앞으로의 수요관리는 개별 프로그램에 대한 철저한 분석을 토대로 이루어지게 될 것으로 보이며, 따라서 수요관리 목표량의 개념이나 산정절차의 개념도 재정립될 필요가 있다. 이러한 관점에서 수요관리 프로그램의 성과 및 비용효과를 보다 객관적으로 분석할 수 있는 수요관리 효과 산정모형의 개발과 이를 용이하게 실현할 수 있는 전산 S/W의 개발이 시급하다.

본 연구의 구성을 살펴보면 제Ⅱ장에서는 국내 수요관리 현황 및 실적을 살펴보고, 제Ⅲ장에서는 주요 해외국가의 수요관리 프로그램을 검토한다. 제Ⅳ장에서는 전력수요관리 전산모형 개발과 관련된 주요 알고리즘, 모형의 구성 및 시산분석을 수행하였다. 마지막으로 제Ⅴ장에서는 본 연구의 결과를 정리하였다.

## II. 국내의 수요관리 현황

한전의 수요관리는 크게 수요관리 요금제도와 수요개발 기기보급을 중심으로 적극적으로 추진되고 있다. 아래의 <그림 1>에서 볼 수 있는 바와 같이 현재까지 수요관리를 통하여 얻고 있는 피크억제량은 '99년 현재 1,767MW로 약 4.7%의 피크억제율을 보이고 있다. 우리나라에서의 수요관리를 통한 피크억제율은 '97년까지 증가추세를 보이다가 이후에는 약간 감소하는 경향을 보이고 있다. 현재 시행되고 있는 DSM 프로그램은 <표 1>과 같다.

<그림 1> 수요관리 실적 추이



<표 1> 수요관리 프로그램 현황

프로그램 유형	프로그램명	목표	대상
부하관리 요금제도	하계 휴가보수 조정 요금제	피크삭감	일반용, 산업용
	자율절전 요금제	"	일반용, 교육용, 산업용
	부하이전 요금제	"	일반용, 산업용
부하이전/대체	가스냉방기기	부하대체	업무용
	축냉식 냉방설비	피크이전	업무용
DSM 기기보급	고효율 자판기	피크삭감	일반용
	고효율 조명기기	에너지절감	절전용량 6kW이상 설치고객
	고효율 인버터	"	산업용
직접제어	냉방기 제어	피크삭감	주택용, 일반용
	최대전력 관리장치	"	일반용, 산업용

한편, 한전에서 수요관리사업에 투자하는 비용은 2000년의 경우 807억원이 계획되어 있으며, 이러한 투자비용은 지속적으로 높아지고 있는 추세에 있다. 프로그램별로 보면 부하관리부문에 대한 투자가 수요관리부문 총 투자의 약 80%를 차지하고 있다.

<표 2> 수요관리 사업별 지원현황

(단위 : 억원)

구분	1998	1999	2000
부하관리요금제	136 (38.0)	146 (27.3)	208 (25.8)
부하관리기기보급	149 (42.0)	289 (54.0)	434 (53.8)
고효율기기보급	71 (20.0)	100 (18.7)	165 (20.4)
합계	356 (100)	535 (100)	807 (100)

### III. 해외사례

정부소유의 전력회사나 민영발전사업자가 DSM 프로그램을 실행하는데는 3가지의 기본적인 이유 즉, 전력수요 대응, 환경문제 해결 및 공익문제 등이 있다. 먼저, 전력수요에 대한 대응전략으로서 DSM 프로그램은 피크수요 감소, 국가 에너지독립성 향상 및 신규 발전설비 건설 연기 등에 도움을 줄 수 있으며, 환경전략으로서 DSM 프로그램은 CO<sub>2</sub> 배출량 감소, Clean air 목적 달성, 부존자원(local resource)의 보다 효율적인 사용 촉진 등에 도움을 줄 수 있다. 마지막으로, 공익관련 전략으로서 DSM 프로그램은 전력회사의 그린이미지 제고, 천연자원의 합리적인 사용 촉진 및 신규 수용가 유인 등에 도움을 줄 수 있다. 본 장에서는 주요국가의 수요관리 프로그램을 살펴본다.

#### 1. 영국

영국에서는 전력산업 구조개편 이전에는 전기요금에 계절별 격차를 두는 요금제에 의하여 최대부하를 억제하거나 에코노미-7 등의 기저요금제에 의한 부하창출이 시도되었다. 1990년에 전기사업이 민영화되었고, 1999년 6월부터는 일반가정을 포함한 모든 수용가가 배전사업자를 선택할 수 있도록 되는 등 규제완화가 진행됨에 따라서 DSM은 시장메커니즘 등 가격신호에 따라서 시행되는 사례가 많다.

기본적으로는 시장원리를 기초로 하여 이루어지고 있다는 인식과 에너지효율 개선을 위한 시장유발이나 수용가에 대한 계도, 에너지절약수단에 관한 정보제공 등 다양한 활동이 시행되고 있고, 정부차원에서는 환경에너지관리국(EEMD)의 주체로 에너지절약이 추진되고 있다. 한편, OFFER는 1994년부터 지역배전회사(RECs)를 통하여 전기요금에 부가금 (100kW미만의 수용가에 대해서는 연간 1£)을 부과하여 각 지역배전회사별로 행하는 에너지효율개선 목표를 달성하기 위한 기금으로 활용하는 제도를 시행하고 있다.

<표 3> 영국에서의 DSM 메커니즘

실행 프로그램	실행기관	재원	기타 이슈
시장전환 (Market Transformation)	EST	정부	• 에너지절약상품시장의 확대를 위하여 제조업체, 소매업자, 무역기구 및 설비설치자들이 공동으로 협조
전력회사의 에너지절감 달성기준 (SoP)	PESs	지역배전회사(RECs) (100kW 미만 소규모 시장에서 수용가당 연간 £1 지불)	• RECs는 OFFER가 설정한 에너지절감 목표달성 • DSM 프로그램 적용예 : 가변속 원동기, CFLs, 벽단열
지역에너지 권고센터 네트워크 (LEACs)	EST, LEACs	• 50% : 정부 • 50% : 지방정부, 연료공급회사, 기타 지방기관	• 에너지효율 및 절약운동에 관한 무료정보 제공 • 33개이상의 센터 운영중
공영주택에 대한 CHP 설치 보조금지원	EST		• 144개 수용가 신청 • 99개 수용가 수용
정보제공 및 권고	EST	정부	• 교육기관, 국내 및 SME 센터
최고 적용프로그램	ETSU BRSUE	중앙정부	• 상업 및 산업용에 적용 - R&D 지원 - 전시프로젝트 지원 - 정보제공 및 기술보급
출판 및 포상시스템	에너지 및 환경관리 담당관	중앙정부	• 법인참여 운동 • 에너지효율 포상제 • 상업 및 산업용에 적용
"Project Energy" 상표제 시행	EST	정부	• 대상 : 수용가, 소매상, 제조업체, 서비스 및 컨설팅제공업체, 정부대표, 기타

## 2. 호주

호주에서의 DSM은 1980년대 후반 신규발전소 건설 연기, 지구온난화 가스 배출량 감소, 수용가서비스 수준 증대 등의 수단으로 시작되었다. DSM은 호주 정부소유의 전력회사에서 시행되었으며, 시행(프로그램 및 손실수익비용 회수)에 따른 규제인센티브가 발생되지 않았다. 따라서, 이러한 발전소들은 DSM 프로그램을 시행함으로써 대규모 재무손실을 겪게되었다.

전력산업의 구조개편으로 현재 DSM과 에너지효율개선 프로그램에 대한 인센티브가 변화하고 있다. 비록, 최근까지 DSM과 에너지효율개선 프로그램이 주목을 받지 못하였으나, 전력사업환경 변화로 일부 이러한 수요관리 프로그램들이 시행되고 있다.

최근에 호주에서 실행된 DSM 및 에너지효율개선 프로그램을 요약하면 다음의 <표 4>와 같다.

<표 4> 호주에서의 DSM메커니즘 (1996년 현재)

실행 프로그램	실행기관	재원	기타 이슈
건물에너지코드 (BECA)	DPIE	연방정부	• 상업용 건물에 대한 자발적 에너지코드 (1997년 시행)
주택에너지 등급체계 (NatHERS)	Commonwealth주정부	연방 및 주정부	• 신설 주택의 에너지효율 등급부여 모델링체계 (재건축 주택에도 적용)
기업 에너지진단 프로그램(EEAP)	DPIE	연방정부	• 에너지진단비용의 50%를 기업에 보조 • 진단은 정부인증을 받은 민간조직이 담당
최소에너지성과기준 (MEPS)	DPIE	연방정부	• 주택용 냉장고, 온수기에 적용 (1998년 시행) • 상업용의 경우는 현재 검토중
전기기기 라벨링	주정부 및 관할 자치단체	연방정부	• 주택용 주요 가전기기에 대하여 에너지 라벨링부여
전기공급법에서 DSM 및 에너지효율 관련 규정	뉴사우웨일즈주 에너지부	NSW 주정부	• 전기소매공급사업자(Retail suppliers)는 면허 발급조건으로 DSM 및 에너지효율개선을 위한 실행계획을 제출해야 함. (NSW주정부내에서만 적용)
자발적 협조 약정	DEST	연방정부	• 상업 및 산업이 각자의 조직내에서 에너지 관리를 수행하겠다는 자발적인 계획
지속가능에너지기금 (SEF)	지속가능에너지 개발기구	NSW 주정부	• 기금규모 : 3년간 65백만 호주달러 • 목적 : NSW주내에서 에너지효율개선 및 재생에너지개발 프로그램에 대한 재무조달
전기요금제	NSW주정부 독립요금 및 규제법정	NSW 주정부	• 배전사업부문에는 수입규제 • 소매공급사업부문에는 지역독점 허용
상업용 리베이트	OEM	퀸스랜드 주정부	• 대상 : 창문필름, 고효율전등, 주거용 태양온수기, CFLs • 목적 : 퀸스랜드주에서는 DSM이 전력산업 구조개편시 주력 전력산업의 하나로서 자리할 수 있도록 보장
다양한 전시, 정보, 교육프로그램 등	각 주정부 당국	연방, 주정부, 관할 자치단체	• 1980년 이후로 다양한 프로그램들이 모든 행정주체에 의해서 시행되고 있음

- 주1) DPIE : Commonwealth Department of Primary Industries and Energy  
 2) DEST : Commonwealth Department of Environment, Sport and Territories  
 3) OEM : Queensland Office of Energy Management

### 3. 미국

미국의 전력회사는 현재의 경쟁적이고 불확실한 사업환경하에서 사업의 성공을 위해 큰 기회를 제공할 수 있는 유연하고 다양한 관리전략을 구사하고 있다. 이러한 전략 중에서 가장 중요한 요소는 에너지사용측면에서 수요패턴을 변경시키고, 비용효과적으로 수용가의 에너지요구에 대처하며, 수용가 서비스를 확대하고, 발전자원의 이용최적화를 도모하는 DSM 프로그램에 대해 많은 관심을 가지고 있다.

아래의 <표 5>는 프로그램별 절감량을 나타낸 표이다. 표에서 보듯이 각 프로그램은

'96년을 기준으로 '97년도에 감소하였다가 '98년도에는 다시 약간씩 상승하고 있다. 그러나 부하관리의 경우는 지속적으로 증가추세를 나타내고 있다.

<표 5> 미국의 DSM 프로그램별 절감량(1994~1998)

구 분	실제 피크부하 감소	직접부하 통제	부하차단	에너지 효율개선	부하관리	기타 DSM
1994	25,001	4,179	6,743	11,662	2,092	326
1995	29,561	5,352	8,401	13,212	2,168	426
1996	29,893	5,575	7,390	14,243	2,278	407
1997	25,284	-	-	13,326	11,958	-
1998	27,231	-	-	13,591	13,640	-

<표 6> 미국의 DSM 프로그램 실적(1994~1998)

구 분	1994	1995	1996	1997	1998
에너지절감량(백만 kWh)	52,483	57,421	6,842	56,406	49,167
실제 피크부하 감소(MW)	25,001	29,561	29,893	25,284	27,231
잠재적 피크부하 감소(MW)	42,917	47,029	48,344	41,237	41,430
비용(천 달러)	2,715,657	2,421,261	1,902,197	1,636,020	1,420,920

#### IV. 전력수요관리 계량화 모형 개발

공통자료관리 프로그램은 각 수요관리 프로그램에 공통적으로 소요되는 데이터를 생성하고 관리하는 프로그램이다. 여기에서 사용되는 데이터베이스의 실적자료는 한전에서 발간한 경영통계, 통계월보, 한국전력통계 등에 수록된 자료를 사용한다. 예측자료는 장기전력수급계획 수립시에 사용되어진 장기전력 수요예측 자료를 기준으로 구성한다.

장기전력수요예측은 시스템 전체자료를 기준으로 예측하고 있으며, 용도별, End-use별 자료의 경우에는 공식적으로 제공되어지는 자료가 없다. 따라서 본 계량화 분석프로그램에서 사용되어지는 세부데이터는 본 프로그램 내에서 분석하여 추정 및 예측할 수 있는 알고리즘을 추가적으로 도입하였다.

##### 1. 공통자료 데이터베이스 구성 목록 및 생성 알고리즘

본 모형에 사용되는 공통자료는 시스템데이터 관련 자료로서 용도별 전국자료, 업무용 및 산업용의 계약종별로 구성된 자료, 그리고 용도별 End-use별 상세자료 등으로 구성되

어 있으며 아래의 표와 같다.

구분	변수명	단위	기호	비고
전국 자료	전국 시스템 부하	MW	$TLOAD$	
	전국 판매전력량	GWh	$TSAIL$	
	용도별 판매전력량	GWh	$SAIL_U$	U = R, C, I
	용도별 동시부하 상대계수		$CPKCF_U$	R : 주거용
	용도별 동시부하 구성비		$CPKRT_U$	C : 업무용
	용도별 동시부하	MW	$CPEAK_U$	I : 산업용
	송배전 손실률	%	$LOSS_G, LOSS_T$ $LOSS_D$	G : 소내소비율, T : 송변전손실율, D : 배전손실율
계약 종별	계약종별 판매전력량	GWh	업무용: $CSAIL_{CT}$ 산업용: $ISAIL_{CT}$	CT= C1, C2, C3, C4, C5 C1: 0~300kW C2: 300~500kW C3: 500~1,000kW C4: 1,000~5,000kW C5: 5,000kW이상
	계약종별 판매전력량 비율	%	업무용: $CSAILR_{CT}$ 산업용: $ISAILR_{CT}$	
	수용가수	호	업무용: $CCUSNB_{CT}$ 산업용: $ICUSNB_{CT}$	
	수용가당 소비전력	GWh/호	업무용: $CCUSCS_{CT}$ 산업용: $ICUSCS_{CT}$	
End- use별	주거용 전력사용비율	%	$RSAILR_{REX}$	REX : RE1~RE8 RE1:냉방, RE2:냉장, RE3:취사, RE4:전자, RE5:가전, RE6:조명, RE7:난방, RE8:기타
	주거용 전력사용량	GWh	$RSAIL_{REX}$	
	주거용 동시부하 상대계수		$RCPKCF_{REX}$	
	주거용 동시부하 구성비		$RCPKRT_{REX}$	
	주거용 동시부하		$RCPEAK_{REX}$	
	업무용 전력사용비율	%	$CSAILR_{CEX}$	CEX : CE1~CE8 CE1:조명-형광등, CE2:조명-백열등, CE3:동력-공조기, CE4:동력-펌프, CE5:동력-승강기, CE6:냉방-에어컨, CE7:사무기기, CE8:기타
	업무용 전력사용량	GWh	$CSAIL_{CEX}$	
	업무용 동시부하상대계수		$CCPKCF_{CEX}$	
	업무용 동시부하구성비		$CCPKRT_{CEX}$	
	업무용 동시부하	MW	$CCPEAK_{CEX}$	
	산업용 전력사용비율	%	$ISAILR_{IEX}$	IEX : IE1~IE8 IE1:조명, IE2:모터, IE3:전열, IE4:운반, IE5:공조, IE6:콘프레셔, IE7:냉장, IE8:기타
	산업용 전력사용량	GWh	$ISAIL_{IEX}$	
	산업용 동시부하상대계수		$ICPKCF_{IEX}$	
	산업용 동시부하구성비		$ICPKRT_{IEX}$	
	산업용 동시부하	MW	$ICPEAK_{IEX}$	



한편, 주요 데이터의 생성 알고리즘을 살펴보면, 전국 시스템 부하, 전국 및 용도별 판매 전력량은 실적자료는 한전의 통계자료에서 그리고 예측자료는 외부 수요예측자료를 입력하여 사용한다. 용도별 동시부하 상대계수는 용도별 전력량에 따른 동시부하율 값으로, 이 값은 용도별 부하사용 패턴에 의해 추정되며, 다음의 식 즉,  $CPKCF_U = CPEAK_U / SAIL_U$   $U=R, C, I$ 에 의해 산정되며, 이는 판매전력량에 대한 동시부하 기여율을 나타낸다.

용도별 동시부하 구성비 전체 최대부하에 대하여 각 용도별 부하의 구성비를 나타내며, 이는 위의 동시부하 상대계수를 이용하여 다음의 식에 의해 산출된다.

$CPKRT_U = CPKCF_U \times \frac{SAIL_U}{TSAIL}$   $U=R, C, I$  각 동시부하 구성비는 전체 합이 1.0이 되도록,  $\sum_{U=R,C,I} CPKRT_U = 1.0$ , 조정한다. 용도별 동시부하는 위에서 산정한 용도별 동시부하 구성비를 이용하여 시스템 최대부하를 각 용도별로 할당한다.

계약종별 자료의 알고리즘은 주로 한전의 실적자료를 활용하거나 예측자료의 경우는 계약종별 판매전력량 비율을 과거 자료를 이용하여 먼저 추정한 후에 이를 기준으로 계약종별 판매전력량을 추정하여 산정한다. 즉,

- $CSAILR_{CT, \tau}$ ,  $ISAILR_{CT, \tau}$ : 과거 실적자료를 기준으로 내부에서 예측하며 예측방법은 메뉴에서 선택(평균, 함수추정 등)

- 추정자료의 조정 :  $\sum_{\tau=1}^5 CSAILR_{CT, \tau} = 100$ ,  $\sum_{\tau=1}^5 ISAILR_{CT, \tau} = 100$

- 조정된 추정자료를 사용하여 계약종별 판매전력량을 예측

$$CSAIL_{CT, \tau} = SAIL_{C, \tau} \times CSAILR_{CT, \tau} / 100$$

$$ISAIL_{CT, \tau} = SAIL_{I, \tau} \times ISAILR_{CT, \tau} / 100$$

한편, End-use별 데이터 생성 알고리즘을 살펴보면 먼저, End-use 별 전력사용 비율은 End-use 용도별 전력사용량 실태조사를 기준으로 이루어진다. 즉 실적자료는 과거에 실시한 전력사용 실태조사를 바탕으로 End-use별 전력사용량 비율을 추정하고 예측자료는 과거자료를 바탕으로 비율을 예측한 후 전체 합이 100%가 되도록 조정하여 산정한다. End-use별 전력사용량은 위에서 추정한 전력사용량 비율을 기준으로 용도별 전력사용량 전체를 각각의 End-use별 전력사용량으로 사용비율을 적용하여 분할하여 산정한다.

동시부하 상대계수는 앞에서 사용한 용도별 동시부하 상대계수와 같은 의미를 가지고 있으며, 실적자료는 과거 부하패턴 조사 년도의 자료를 이용하여 산정하고, 예측자료는 예측년도의 부하패턴 변화를 반영하여 추정한다. 동시부하 구성비는 위의 용도별 동시부하 구성비 산출과 같은 방식으로 산출되며, 주거용 동시최대부하에 대하여 각 용도별 동시최대부하의 구성비를 나타낸다. 이는 위의 주거용 End-use별 동시부하 상대계수를 이용하여 다음의 식에 의해 산출하며, 산출한 동시부하 구성비는 전체 합이 1.0이 되도록 조정한다.

- $RCPKRT_{REX} = RCPKCF_{REX} \times \frac{RSAIL_{REX}}{SAIL_R}$
- $CCPKRT_{CEX} = CCPKCF_{CEX} \times \frac{CSAIL_{CEX}}{SAIL_C}$
- $ICPKRT_{IEX} = ICPKCF_{IEX} \times \frac{ISAIL_{IEX}}{SAIL_I}$
- $\sum_{X=1}^8 RCPKRT_{REX} = 1.0, \sum_{X=1}^8 CCPKRT_{CEX} = 1.0, \sum_{X=1}^8 ICPKRT_{IEX} = 1.0$

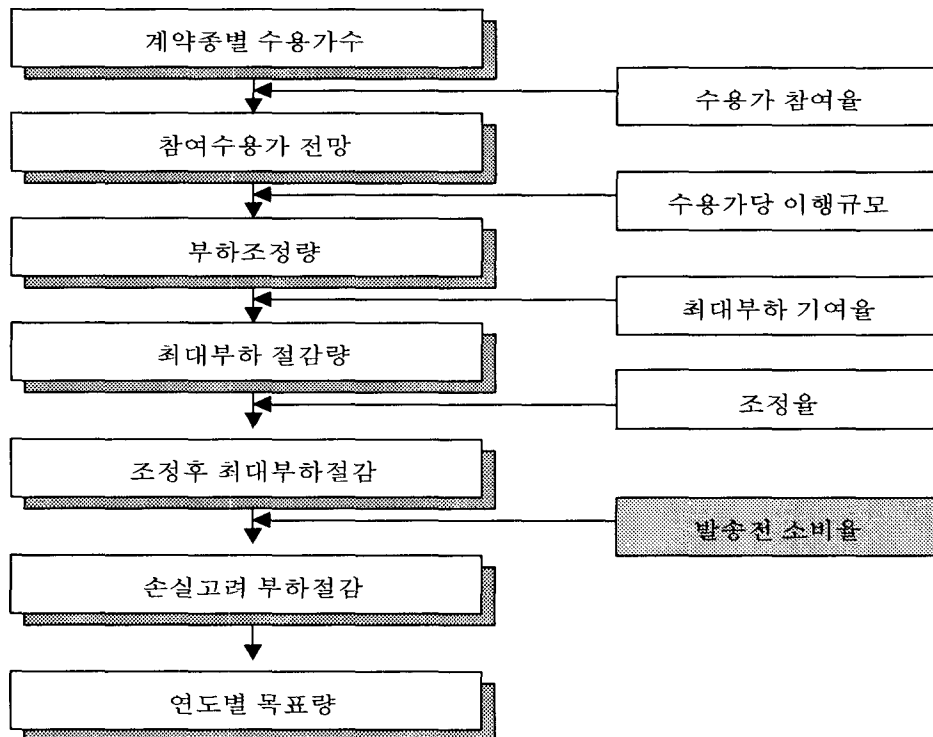
마지막으로 End-use별 동시부하는 위에서 산정한 동시부하 구성비를 이용하여 동시최대부하를 각 End-use별로 할당한다.

- $RCPEAK_{REX} = RCPKRT_{REX} \times CPEAK_R$
- $CCPEAK_{CEX} = CCPKRT_{CEX} \times CPEAK_C$
- $ICPEAK_{IEX} = ICPKRT_{IEX} \times CPEAK_I$

## 2. 주요 프로그램별 연도별 목표량 산정 알고리즘

### 1) 하계휴가/보수기간 조정

프로그램 참여 수용가 수 및 참여 수용가당 부하절감을 산정한 후에 이를 기준으로 시스템 최대부하감소 기여량을 도출하며, 산정 흐름도는 아래와 같다.



데이터베이스 구성 목록 및 생성 알고리즘은 다음과 같다.

변수명	단위	기호
수용가수	호	업무: $CCUSNB_{CT}$ 산업: $ICUSNB_{CT}$
수용가참여율	%	업무: $SVCCR_{CT}$ 산업: $SVICR_{CT}$
참여수용가수	호	업무: $SVCCN_{CT}$ 산업: $SVICN_{CT}$
수용가당 이행규모	MW/호	업무: $SVCCPL_{CT}$ 산업: $SVICPL_{CT}$
부하조정량	MW	업무: $SVCCLD_{CT}$ 산업: $SVICLD_{CT}$ 전체: $SVTCLD_{CT}$
최대부하절감 기여율		$SVCUSV_{CT}$
최대부하절감	MW	$SVLSAV_{CT}$
조정율	%	$SVLRGR_{CT}$
조정후 최대부하절감	MW	$SVLREG_{CT}$
손실고려후 최대부하절감	MW	$SVPKSV_{CT}$
연도별 목표량	MW	$SVGOAL_{CT}$

① 수용가 수

공통 DB의 산출자료를 사용하며, 프로그램 참여대상 수용가의 계약용량 기준은 프로그램 참여기준을 사용한다. 업무용 수용가 수( $CCUSNB_{CT}$ )와 산업용 수용가수( $ICUSNB_{CT}$ )에서  $CT$ 는 프로그램 참여대상을 기준으로 하므로 C3(500~1,000kW), C4(1,000~5,000kW), C5(5,000kW이상) 수용가를 대상 수용가로 분석한다. 하계휴가/보수기간 조정 프로그램은 각각의 용도별 및 계약종별 분류 및 분석이 가능하므로 이에 따라 상세한 분석을 수행한다.

② 수용가 참여율 및 참여수용가 전망( $SVCCR_{CT}$ ,  $SVICR_{CT}$ ,  $SVCCN_{CT}$ ,  $SVICN_{CT}$ )

하계휴가/보수기간 조정 프로그램에 참여하는 수용가 수를 추정하기 위한 알고리즘으로 수용가를 용도별 및 계약종별로 구별하여 산정한다.

- 실적자료 : 계약종별 참여수용가 수를 먼저 조사하여 입력하고 이를 기준으로 수용가 참여율을 산출한다.
- 참여수용가 실적( $SVCCN_{CT,y}$ ,  $SVICN_{CT,y}$ ) : 실적자료 입력
- 수용가 참여율 : 참여수용가와 계약종별 수용가의 비율

$$SVCCR_{CT,y} = \frac{SVCCN_{CT,y}}{CCUSNB_{CT,y}} \times 100, \quad SVICR_{CT,y} = \frac{SVICN_{CT,y}}{ICUSNB_{CT,y}} \times 100$$

- 예측자료 (여기에서  $\tau$ 는 예측기간중의 연도) : 수용가 참여율을 추정한 후에 이를

기준으로 참여수용가 수를 산출한다.

- 수용가 참여율 추정( $SVCCR_{CT,\tau}$ ,  $SVICR_{CT,\tau}$ ) : 과거 실적자료를 기준으로 내부에서 예측하며 예측방법은 메뉴에서 선택(평균, 함수추정 등)
- 참여수용가 수 추정 : 추정된 수용가 참여율을 기준으로 참여수용가 수 추정

$$SVCCN_{CT,\tau} = SVCCR_{CT,\tau} \times CCUSNB_{CT,\tau} / 100$$

$$SVICN_{CT,\tau} = SVICR_{CT,\tau} \times ICUSNB_{CT,\tau} / 100$$

③ 참여 수용가당 이행규모 및 부하조정량 전망( $SVCCPL_{CT}$ ,  $SVICPL_{CT}$ ,  $SVCCLD_{CT}$ ,  $SVICLD_{CT}$ ) : 과거실적을 바탕으로 참여수용가당 이행규모 및 부하조정량을 산출한다.

• 실적자료

- 부하조정량 실적( $SVCCLD_{CT,y}$ ,  $SVICLD_{CT,y}$ ) : 지금까지 프로그램에 참여한 수용가를 바탕으로 참여수용가에 의한 부하조정량 실적을 분석하여 입력
- 참여수용가당 이행규모 실적 : 참여수용가와 해당 계약종별 수용가의 비율 산정

$$SVCCPL_{CT,y} = \frac{SVCCLD_{CT,y}}{SVCCN_{CT,y}} \quad SVICPL_{CT,y} = \frac{SVICLD_{CT,y}}{SVICN_{CT,y}}$$

• 예측자료 (여기에서  $\tau$  는 예측기간중의 연도) : 참여수용가당 이행규모를 예측한 후에 이를 기준으로 부하조정량 실적을 예측한다.

- 참여수용가당 이행규모 추정( $SVCCPL_{CT,\tau}$ ,  $SVICPL_{CT,\tau}$ ) : 실적자료를 기준으로 내부에서 예측하며 예측방법은 메뉴에서 선택(평균, 함수추정 등)
- 부하조정량 추정 : 추정된 수용가참여율을 기준으로 참여수용가수 추정

$$SVCCLD_{CT,\tau} = SVCCPL_{CT,\tau} \times SVCCN_{CT,\tau}$$

$$SVICLD_{CT,\tau} = SVICPL_{CT,\tau} \times SVICN_{CT,\tau}$$

- 전체 부하조정량 계산 :  $SVTCLD_{CT} = SVCCLD_{CT} + SVICLD_{CT}$

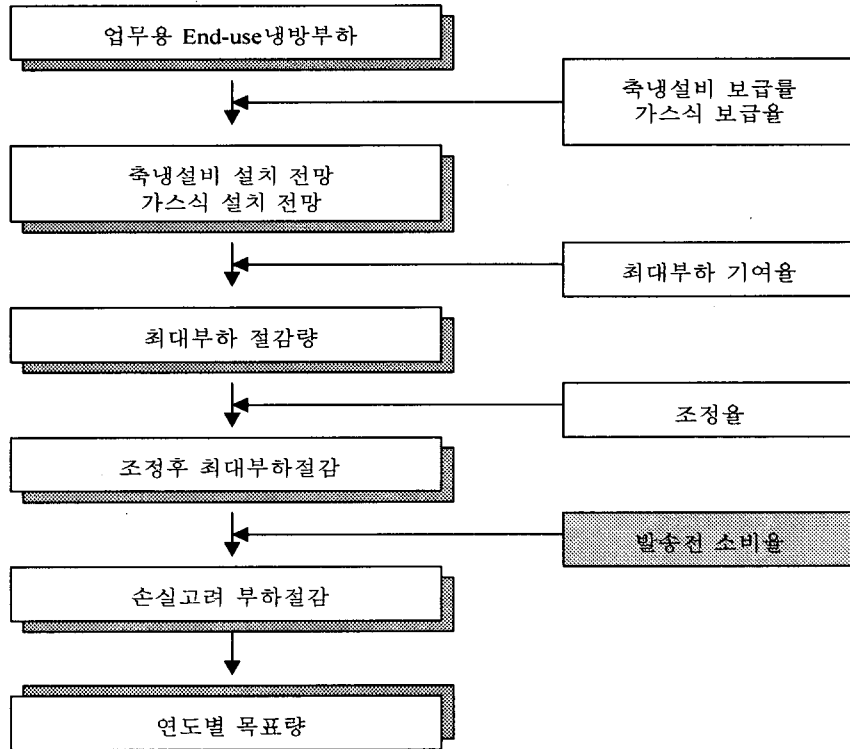
④ 최대부하절감 기여율 ( $SVCUSV_{CT}$ ) : 하계 자울절전 요금제도의 과거 수행실적을 바탕으로 참여수용가당 이행규모 및 부하조정량을 산출한다.

⑤ 최대부하절감( $SVLSAV_{CT}$ ) : 부하조정량과 최대부하 절감 기여율을 바탕으로 산정한다.  $SVLSAV_{CT} = SVTCLD_{CT} \times SVCUSV_{CT}$

⑥ 연도별 목표량 산출 : 최종적인 최대부하 절감량 및 연도별 목표량 산출은 위의 하계자울절전 요금제도에서 적용한 조정률, 조정후 최대부하, 손실고려후 최대부하, 연도별 목표량 순서와 같은 방법 및 알고리즘으로 산출한다.

## 2) 부하이전/대체 프로그램

부하이전/대체 프로그램에는 축냉식 냉방설비 보급과 가스냉방설비 보급의 두 가지 프로그램이 있다. 각 프로그램에 대한 부하절감 산정 알고리즘은 비슷한 과정을 거치므로 여기서는 같이 설명한다.



데이터베이스 구성 목록 및 생성 알고리즘은 다음과 같다.

변수명	단위	기호		비고
		축냉식	가스식	
업무용 냉방부하	MW	$CCPEAK_{CEB}$		공통자료 DB
냉방부하당 보급비율		$CSINSR$	$CGINSR$	
기기 보급실적	MW	$CSINSL$	$CGINSL$	
최대부하 기여율	%	$CSCUSV$	$CGCUSV$	
최대부하절감		$CSLSAVE$	$CGLSAVE$	
조정율		$CSLRGR$	$CGLRGR$	
조정후 최대부하절감		$CSLREG$	$CGLREG$	
손실고려후 최대부하절감		$CSPKSV$	$CGPKSV$	
연도별 목표량		$CSGOAL$	$CGGOAL$	

① 업무용 연도별 냉방부하

업무용 연도별 냉방부하는 업무용 및 주거용 수용가 수를 산출하여 데이터베이스로 구성하였다. 따라서, 여기서는 앞에서 산출한 업무용 End-use 부하자료  $CCPEAK_{CEX}$  중에서 CE6인 냉방-에어컨 부하자료를 사용한다.

② 냉방부하당 설치비율 및 보급실적( $CSINSR$ ,  $CGINSR$ ,  $CSINSL$ ,  $CGINSL$ )

축냉식 냉방설비 보급 및 가스냉방설비 보급 추정을 위해서는 과거의 냉방 부하당 설치실적을 토대로 하여 추정한다. 다만, 프로그램 운용시기가 미비하고, 앞으로 예상되는 보급이 나타날 경우에는 해당 자료를 사용하여 보급을 추정하고 미래 년도는 추정 값을 기준으로 확장하여 분석한다.

• 실적자료 : 축냉식 냉방 및 가스냉방설비의 보급실적을 기준으로 함

- 보급실적( $CSINSL_y$ ,  $CGINSL_y$ ) : 지금까지 프로그램에 참여한 수용가를 바탕으로 축냉식 및 가스냉방 설비의 보급실적을 산출
- 냉방부하당 설치비율 : 보급실적을 바탕으로 산출

$$CSINSR_y = \frac{CSINSL_y}{CCPEAK_{CE6,y}}, \quad CGINSR_y = \frac{CGINSL_y}{CCPEAK_{CE6,y}}$$

•예측자료 : 과거 설치비율을 바탕으로 추정

- 냉방부하당 설치비율( $CSINSR_\tau$ ,  $CGINSR_\tau$ ) : 과거 및 정책을 바탕으로 추정
- 기기보급 예측

$$CSINSL_\tau = CSINSR_\tau \times CCPEAK_{CE6,\tau}$$

$$CGINSL_\tau = CGINSR_\tau \times CCPEAK_{CE6,\tau}$$

③ 최대부하 기여율( $CSCUSV$ ,  $CGCUSV$ ) : 보급용량당 최대부하 절감 기여율을 산정

- 실적자료( $CSCUSV_y$ ,  $CGCUSV_y$ ) : 프로그램 운용결과 설비용량당 최대부하 절감 기여실적을 산정하여 입력
- 예측자료( $CSCUSV_\tau$ ,  $CGCUSV_\tau$ ) : 위의 실적자료를 바탕으로 추정

④ 최대부하 절감량( $CSLSAVE$ ,  $CGLSAVE$ )

- 실적자료 및 예측자료 : 위의 최대부하 기여율을 기준으로 산정하며, 실적자료와 예측자료를 같은 방법으로 산정한다

$$CSLSAVE = CSINSR \times CSCUSV, \quad CGLSAVE = CGINSR \times CGCUSV$$

⑤ 연도별 목표량 산출

최종적인 최대부하 절감량 및 연도별 목표량 산출은 위의 하계자율절전 요금제도에서 적용한 조정률, 조정후 최대부하, 손실고려 후 최대부하, 연도별 목표량 순서와 같은 방법 및 알고리즘으로 산출한다.

## 2. 수요관리계량화 전산모델 개발

여기서는 장기전력수급에 반영하기 위한 수요관리 목표의 설정을 위해 시행 또는 시행예정인 수요관리 프로그램을 보다 간편하고 체계적으로 계량화하기 위해 개발한 수요관리 목표량 산정용 전산모델(KoDSM : Korean Demand-Side Management Model)에 대해서 설명한다. 본 절에서는 계량화 전산모형인 KoDSM의 기본 구조, 특성 및 기본 구성 등에 대해 검토한다.

### 1) 모델의 특징 및 개발환경

KoDSM은 전체 또는 개별 프로그램의 목표량을 산정 가능하며, 다양한 기법 및 추정식의 선택이 가능하다. 또한, 정책변수 등의 분석기능의 제공이 가능하며, 본 전산모형의 개발환경은 다음과 같다.

용도	소프트웨어	개발사	비고
O S	한글MS Windows95이상	Microsoft	
언어	Visual Basic 6.0 Enterprise version	Microsoft	
데이터베이스	Access JET 3.5	Microsoft	MS Access 97
MMI Design Controls	Chart FX, Graphic Server 5.0	Software FX PINNACLE	차트
	vsFlex2, Spread3	VideoSoft Farpoint	그리드
	vsView3	VideoSoft	장표출력

### 2) 주요 기능

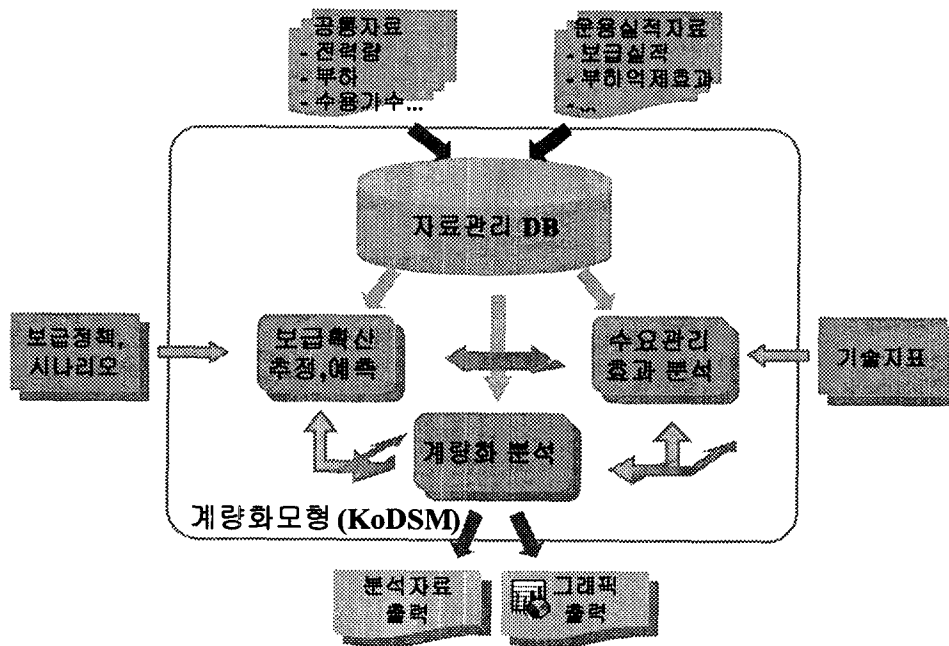
주요기능은 크게 DB 기능, 예측 및 추정기능, 분석기능, 기존 S/W와의 연계 및 입출력 리포트 등으로 구분된다. 먼저 DB 기능은 DB에 의한 실적자료 및 분석자료 관리, 데이터베이스 공유, 2차 분석자료 관리 및 외부 예측자료 관리 등이 가능하다. 예측 및 추정기능은 전체 예측지표에 의한 세부항목 예측기능(전력량, 최대부하, 수용가 등), 가중평균 분석 등에 의한 미래지표 추정기능(각종 보급률, 절감율 등) 등이 가능하다.

한편, 분석기능은 프로그램별 분석, 분석지표 변화에 따른 부하감축효과 등을 분석가능하며, 엑셀 등과 같은 기존 S/W와의 연계에 의한 데이터 입출력의 편리성을 강화하였으며, 그래프 분석, 장표 출력 및 엑셀시트 출력 등과 같은 입출력 레포트 기능이 가능하다.

### 3) 기본 구성

KoDSM은 현재 시행되고 있는 수요관리 프로그램의 효과 및 성과를 계량화할 수 있도록 우선 성과계량분석을 위한 기본자료의 입출력을 위한 데이터베이스 부문과 각 부문별 프로그램의 성과계량 분석부문으로 구분된다.

분석화면은 기초자료 분석, 프로그램별 분석, 자료 추정, 스프레드 및 그래프 표시, 스프레드 및 그래프 표시, 엑셀과의 연계, 장표 출력 및 종합분석 등으로 구분된다. 먼저, 기초자료 분석에서는 시스템 부하, 용도별 판매전력량 등 28가지의 기초자료 분석이 가능하며, 프로그램별 분석에서는 하계자율절전, 하계휴가/보수기간 조정 등 현재 시행되고 있는 11 종류의 DSM 프로그램의 성과계량화를 위한 기본자료 및 프로그램 분석 가능하다. 또한, 자료 추정은 KoDSM 자료는 속성상 계산되는 자료와 추정 가능한 자료가 있으며, 여기서 추정 가능한 자료의 추정 가능하다.



한편, 스프레드 및 그래프 표시는 분석화면에서 선택한 자료는 자동으로 스프레드에 표시되며, 표시되는 값은 해당 셀을 더블클릭하여 수정 가능하며, 분석화면에서 선택한 자료는 자동 그래프 표시 가능하며, 사용자가 필요시 변경 가능하다. 또한 자료구축의 편의성을 위해 엑셀자료와의 연계 가능하며, 인쇄버튼을 통하여 인쇄할 때 대화상자를 통하여 인쇄범위를 지정가능하며, 마지막으로 각 프로그램별 종합 분석이 가능하다.



### 3. 종합분석2)

본 연구에서 사용한 각종 자료들은 실적자료의 경우 한전에서 발간한 경영통계, 통계월보, 한국전력통계 등에 수록된 자료를 사용하였으며, 예측자료는 장기전력수급계획 수립시에 사용되어진 장기전력 수요예측 자료를 기준으로 구성하였다. 장기전력수요예측은 시스템 전체자료를 기준으로 예측하고 있으며, 용도별, End-use별 자료의 경우에는 공식적으로 제공되어지는 자료가 없다. 따라서, 본 계량화 분석프로그램에서 사용되어지는 세부 데이터는 본 프로그램 내에서 분석하여 추정 및 예측할 수 있는 알고리즘을 추가적으로 도입하여 산정된 자료를 사용하였다.

상기의 KoDSM을 이용하여 분석한 결과 하계휴가/보수기간조정 요금제도에서의 최대 부하 절감량은 다음과 같다.

구분	1998	1999	2000	2005	2010	2015
부하조정량(MW)	777	908	1,015	1,289	1,441	1,536
최대부하기여율(%)	75	75	75	75	75	75
최대부하 절감량	582	681	761	967	1,081	1,152
조정률 (%)	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
조정후 최대부하절감(MW)	582	681	761	967	1,081	1,152
손실고려후 최대부하절감(MW)	630	739	824	1,047	1,170	1,248
연도별 목표	-	-	85	308	432	509

또한, 부하이전/대체 프로그램의 시산결과(축냉식 냉방설비 보급 프로그램의 성과계량)는 아래와 같다.

2) 세부 입력자료는 “수요관리 효과의 계량화 모형연구, 한국전기연구소, 2000. 6”을 참조할 수 있다.

구분	1997	1999	2000	2005	2010	2015
업무용부하(MW)	11,679	12,828	13,775	19,193	23,883	27,885
냉방부하(MW)	4,310	4,735	5,084	7,084	8,815	10,292
냉방부하당 축냉식 냉방설치비율(%)	2.30	3.82	4.22	6.22	8.22	10.22
축냉설비설치실적 (MW)	99	181	215	441	725	1052
최대부하 기여율	0.859	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85
최대부하절감량(MW)	85	154	182	375	616	894
조정률 (%)	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
조정후 최대부하절감(MW)	85	154	182	375	616	894
손실고려후 최대부하절감(MW)	92	167	198	406	667	969
연도별 목표(업무용)	-	-	31	239	500	802

한편, 본 연구에서 상기의 프로그램 이외에 여러 가지 프로그램에 대해서 시산 분석을 시행하였으며, 시산 결과를 간단히 요약하면 다음과 같다. 즉, 수요관리 목표량 시산 (MW, %)을 살펴보면 수요관리 효과는 '99년도에 비해 2000년 313MW, 2015년 5,555MW 증가하였으며, 2000년도의 수요관리 효과는 부하관리요금제도 및 부하이전/대체 프로그램이 전체의 약 75%를 차지하고 있다. 또한 2005년 이후는 DSM기기의 대폭적인 보급확산과 직접제어 프로그램의 지속적 증가로 수요관리효과가 증대하고 있음을 알 수 있다.

프로그램 유형	2000	2005	2010	2015
부하관리요금	128 (41%)	694 (31%)	1,026 (25%)	1,259 (23%)
부하이전/대체	102 (33%)	599 (26%)	1,139 (28%)	1,706 (31%)
직접제어	23 ( 7%)	189 ( 8%)	420 (10%)	698 (13%)
DSM기기	28 ( 9%)	556 (25%)	1,097 (27%)	1,467 (26%)
계시별 차등요금	32 (10%)	224 (10%)	346 ( 9%)	425 ( 8%)
총계	313	2,262	4,028	5,555

## V 결론

본 연구에서는 현재 시행 중에 있는 수요관리 프로그램의 성과를 계량화하기 위한 알고리즘과 전산모형을 개발함으로써 장기전력수급계획 수립과 자원분석에 수반되는 수요관리 목표량 산정을 보다 용이하게 수행할 수 있도록 하였다. 본 연구에서는 현재 시행중인 수요관리 프로그램 중 2가지 유형에 대하여 성과계량화 절차를 확립하였으며, 이에 따른 제반 데이터 구축과 추정 및 예측절차를 내부화함으로써 정책입안자 및 실무담당자가 수요관리 목표량 산정에 필요한 사전검토와 분석을 쉽게 수행할 수 있도록 하였다. 또한 새로운 수요관리 프로그램의 추가나 개발 시에도 절전 및 보급 잠재량 추정, 경제성 및 정책효과 분석이 일부 가능하며, 이를 통해 수요관리투자의 효율성을 제고할 수 있을 것이다.

본 연구에서 개발된 수요관리 성과계량화 방안 및 전산모형은 지금까지 단편적 또는 개별 프로그램차원에서 이루어지던 계량화방법에서 진일보 한 것이다. 즉, 전체 전력시스템에 대한 실적과 전망을 토대로 이를 수용가, End-Use, 주요 수요관리기술 단계별로 세분화하는 과정을 통해 시스템 최대부하와 에너지를 배분함으로써 전체와 개별 프로그램과의 일관성을 유지할 수 있도록 하였다. 이를 위해 지금까지 기 수행된 바 있는 전력사용 실태조사 및 대규모 수용가에 대한 조사데이터, 그리고 수용가별 부하특성에 관한 지표를 조사분석하여 활용함으로써 추정데이터의 신뢰도를 높이려고 하였다.

수요관리 프로그램별 알고리즘 및 관련 데이터를 전산모형에서 분석할 수 있도록 함으로써 수요관리업무를 수행하고 정부나 전력회사 등의 실무담당자들이 수요관리 프로그램에 대한 정책효과 및 사업성을 시행전후로 손쉽게 검토가 가능하게 하였다.

본 연구에서 개발한 전산모형은 보다 정확한 결과 도출을 위해서는 데이터의 보완 필요하며, 필요시 성과계량화 전산모형의 분석기능 보완이 요구되며, 시산결과에 대한 검증 기능 등이 필요할 것이다.

## 참고문헌

- 산업자원부, 전력분야통계, 1999. 1998.
- 에너지경제연구원, 에너지 통계연보, 1999.
- 통상부, 에너지부문 전과정평가 인프라 데이터베이스 구축방법론, 1997. 5.
- \_\_\_\_\_, 에너지기술 정보유통체제 구축사업 최종보고서, 1997. 9.
- 대한전기학회, 기술조사보고-전력수요관리(DSM) 제 10 호, 1996. 4.
- 에너지관리공단, 전기수요관리 (참고자료), 1994. 12.
- 한국원자력연구소, 전력공급원별 비교-평가를 위한 기초자료 구축, 1995. 10.
- 한국전기연구소, 수요관리효과의 계량화모형 연구, 2000. 6.
- \_\_\_\_\_, DSM 성과계량 및 비용효과 분석 모델 개발, 1996. 5
- \_\_\_\_\_, IRP 자원유형별 평가기법과 DATA BASE 에 관한 연구, 1998. 5.
- \_\_\_\_\_, 수요관리제도의 지원금 수준 적정성 연구, 1999. 7.
- \_\_\_\_\_, 전력수요관리를 위한 DB 구축사업에 관한 보고서, 2000. 3
- 한국전력공사, DSM 프로그램별 효과측정 및 평가, 1996. 6.
- \_\_\_\_\_, 조명기기 보급 실태조사, 1994. 8.
- \_\_\_\_\_, 중장기부문별 전력수요관리 방안 연구 최종보고서, 1997. 8
- \_\_\_\_\_, 발전설비현황, 1996.
- \_\_\_\_\_, 가전기기 보급률 조사연구, 1997. 12
- \_\_\_\_\_, 중장기부문별 전력수요관리 방안 연구, 1997. 8
- \_\_\_\_\_, DSM 평가 및 전력수급계획과의 통합 방법론 개발에 관한 연구, 1998. 6
- \_\_\_\_\_, 수요관리 기술세미나, 1999. 8
- \_\_\_\_\_, 제5차 장기전력수급계획, 2000
- \_\_\_\_\_, 경영통계, 2000. 4.
- Barakat & Chamberlin, Inc., "Demand-Side Management Option study", Final Report submitted to Associated Electric Cooperative, Inc., Jan. 1993.
- \_\_\_\_\_, "Demand-Side Management Potential Study Residential Sector", Technical Appendix3, Nov. 1992.
- \_\_\_\_\_, "Data Analysis in DSM Planning Process", Oct. 1996.
- Bordner, Robert D., Mark Siegal, "The Application of Survival Analysis to Demand-Side Management Evaluation", American Council for an Energy-Efficient Economy (ACEEE) 1994.
- Clark W, Gellings, P.E & John H. Chamberlin, "Demand-Side Management Planning", The Fairmont Press, Inc. 1993

- Goldberg, Miriam and Kenneth Train, "Net Savings Estimation: An Analysis of Regression and Discrete Choice Approaches", August 1995.
- MSB Energy Associates, Inc., "Avoided Costs for Electric Utilities : a Theoretical and Practical Handbook", Nov. 1993.
- O'Meara, Devin P. and Jim A. Flanagan, "Evaluating Educational Effects in Pacific Gas and Electric's Energy Savings Plan", American Council for an Energy-Efficient Economy (ACEEE) 1994.
- Warwick, W. Michael, "Cleaning Up: An Efficient Approach for Estimating showerhead Savings", American Council for an Energy-Efficient Economy (ACEEE) 1994.
- Xenergy Inc., "Assessment of Demand-Side Alternatives", Prepared for Central Louisiana Electric Company, Aug. 1992.