

## 최대전력수요의 기온보정방법 및 활용에 대한 연구

**박종인, 김광인**  
한국전력거래소

### A Study on the Temperature Adjusting Method of Maximum Demand of Electricity

Jong-In Park, Kwang-In Kim  
Korea Power Exchange

**Abstract** - 최대전력수요를 분석함에 있어 발생 당시의 기온 실적이 반영된 실적 최대전력만을 사용함으로써 다양한 통계적 착시현상이 나타나고 있다. 평균적인 기상 상태에서의 최대전력수요를 측정하기 어려워 신뢰성있는 예측수요를 도출하기에도 많은 한계가 발생한다. 따라서 역사적 기온데이터에 기반한 정상적인 기온분포를 “표준기온분포”로 새롭게 정의하고, 이를 반영한 최대전력수요를 “기온보정 최대전력 수요”로 규정함으로써, 기존의 통계적 착시현상을 배제하고, 정확도 높은 최대전력 수요 예측치를 도출하여, 안정적 전력수급에 큰 기여가 있을 것으로 기대한다. 또한 본 연구에서는 기온보정 최대전력을 도출하기 위해 공적분 및 오차수정이론을 반영하여 모형화하였고, 엄격한 통계적 방법론을 이용하여 관련 모형을 검증하였다.

#### 1. 서 론

최근 2000년대 중반 이후 연도별 최대전력의 증가세는 전년대비 증가율이 크게는 10%대, 적게는 1% 안팎까지 등락이 심하다. 이는 주로 피크 시점 시점의 기온의 영향에 기인한 것으로, 이러한 실적 수치를 이용한 현황 분석과 예측은 관련 업무의 신뢰성을 상실시키고, 안정적 전력수급에 교란요인을 제공한다.

**〈표 1〉 최근 5년간 하계 및 동계 최대전력 현황**

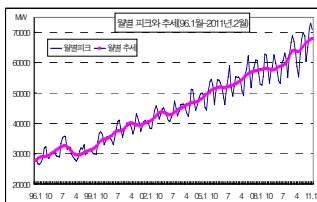
	2006	2007	2008	2009	2010
하계 최대전력(MW)	58,994	62,285	62,794	63,212	69,886
증가율(%)	8.0	5.6	0.8	0.7	10.6
동계 최대전력(MW)	55,402	60,947	62,645	68,963	71,840
증가율(%)	1.7	10.0	2.8	10.1	4.2

따라서 본 연구에서는 기온보정 최대전력의 의미와 관련 수치를 추정하는 모형을 도입하고, 그 결과를 활용하는 방법을 제시코자 한다.

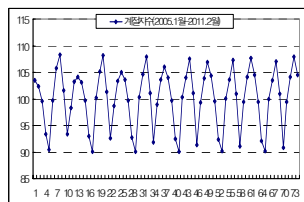
#### 2. 본 론

##### 2.1 최대전력의 계절성

최대전력의 주요 등락요인은 겨울철과 여름철에 발생하는 기온에 의한 계절성이다. 이를 실적자료를 통해 파악해보면 아래와 같은 결과를 얻을 수 있다. 아래 〈그림1〉에서는 실적계열이 계절에 따라 등락하고 있는데 이를 X-11 ARIMA를 이용하여 추계계열을 도출하면 등락이 제거되고 완만하게 상승하는 추세선이 도출된다. 아래 〈그림2〉는 AR모형과 MA모형을 통해 도출된 계절지수로 월별로 계절에 따라 겨울철과 여름철에는 상승하고, 봄과 가을철에는 하락하는 계절지수가 명확히 나타나고 있다.



**〈그림 1〉 월별 피크 및 추세**



**〈그림 2〉 월별 계절지수**

##### 2.2 기온 보정 변수 도입

기온보정 최대전력을 도출하기 위해서는 최대전력과 기타 여러 변수들간에 상관관계를 나타내는 모형식 설정이 필요하다. 그중에서도 우선 중요한 부분은 상기 2.1에서 나타났듯이 계절성을 반영하는 작업이 매우 중요하다. 다시말해 최대전력에 대한 기온의 영향을 어떠한 방법으로 반

영할지가 유의미한 모형식을 설정하는데 가장 큰 관건이다. 본 연구에서는 최대전력에 대한 기온의 영향을 “기온효과”라는 개념으로 반영하였으며, 아울러 기본부하의 근간이 되는 경제성장률과 같은 추세변수와 명절·하계휴가 등이 등과 같은 불규칙적인 변수도 도입하였다.

##### 2.2.1 기온반응함수 설정

기온반응함수는 온도에 최대전력이 반응하는 정도를 나타내는 함수로서, 비선형적인 분포함수로 정의되고 있다. 이러한 비선형적인 함수를 추정할 때는 다음과 같은 다항식함수(polynomial)과 삼각함수함수(trigonometric)를 포함하는 시리즈 추정을 시행하는 것이 효과적이다.

$$g(s^*) = \alpha + \beta_1 s^* + \beta_2 s^{*2} + \beta_3 \cos 2\pi s^* + \beta_4 \sin 2\pi s^* + \epsilon$$

본 연구에서는 반응도를 추정함에 있어 다항식항을 2차(p=2)까지, 삼각함수항은 한 쌍(q=1)을 이용하여 아래와 같은 모형식을 추정하였다.

$$\ln(\text{WeekPeak}_i) = \alpha + \gamma \ln(\text{SWS}_i) + \beta_1 \int s^* \times f_1 ds^* + \beta_2 \int s^{*2} \times f_1 ds^* + \beta_3 \int \cos 2\pi s^* \times f_1 ds^* + \beta_4 \int \sin 2\pi s^* \times f_1 ds^* + \delta_1 D\_SH_i + \delta_2 D\_WH_i + \delta_3 D\_SV_i + \epsilon_i$$

ft : 기온분포함수,  $s^* : \frac{s+20}{60}$ ,  $-20^\circ\text{C} < s(\text{기온}) < 40^\circ\text{C}$

SWS : 표준화된 주별 전력소비량

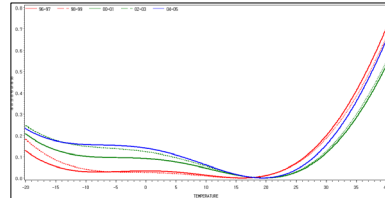
D\_SH : 화,수요일에 설날이나 추석 연휴가 있는 주 더미변수

D\_WH : 화,수요일 이외의 다른 요일에 설날이나 추석 연휴 더미변수

D\_SV : 하계휴가기간이 있는 더미변수

상기 회귀식에서는  $\alpha$ 와  $\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4$  추정치를 구할 수 있고, 이를 이용하여, 결과적으로 아래와 같은 기온 반응 함수를 도출하였다.

$$g(\hat{s}^*) = \hat{\alpha} + \hat{\beta}_1 s^* + \hat{\beta}_2 s^{*2} + \hat{\beta}_3 \cos 2\pi s^* + \hat{\beta}_4 \sin 2\pi s^*$$



**〈그림 3〉 기온반응함수**

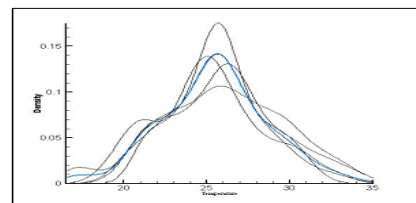
##### 2.2.2 기온분포함수 설정

기온분포함수는 서울, 부산, 대전, 대구, 광주의 5대 지역별로 주별 기온자료를 통해 생성되었으며, 함수의 추정 방법은 아래와 같은 “커널 비모수밀도함수 추정법”을 사용하였다.

$$\hat{f}(x) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n K\left(\frac{x-x_i}{h}\right), \int K(t)dt = 1, \int t^2 K(t)^2 dt < \infty$$

K : normal 커널함수, h : 계급구간(bandwidth), x : 기온값,  $x_i$  : 기온구간대표값

기온분포함수는 아래와 같은 모습으로 추정되었는데, 5대 지역별로 별도 추정하고, 5개 지역값을 가중 평균하여 전국값을 구하였다.



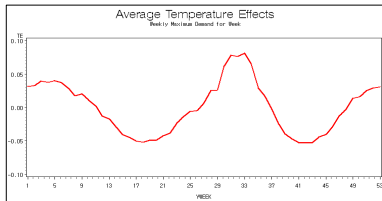
**〈그림 4〉 기온분포함수**

### 2.2.3 기온효과와 표준기온효과 추정

기온효과는 위에서 도출된 2.2.1의 기온반응함수와 2.2.2의 기온분포함수를 곱한 후 적분값을 통해 도출하는데, 아래 <그림5> 의1년간 52주의 기온효과 값에 나타난 바와 같이 동계 피크와 하계 피크 시점에는 높은 수준이고, 3-4월과 9-10월에는 전력수요가 기온에 반응하지 않는 기간으로 최저 수준이다.

$$\int g(s^*) f_t(s) ds \quad \text{---- } g : \text{기온반응함수}, \quad f_t : \text{기온분포함수}$$

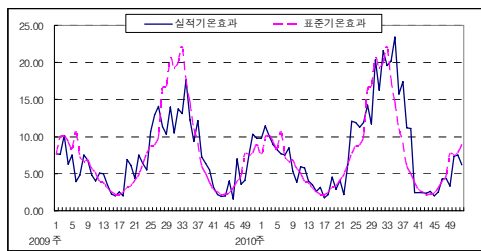
$$s^* : \frac{s + 20}{60}, \quad -20^\circ\text{C} < s(\text{기온}) < 40^\circ\text{C}$$



<그림 4> 기온효과

위에서 도출된 기온효과 값은 10년 혹은 30년간 주별 평균 기온값으로, 하계나 동계 피크가 동일한 주에 발생하면 평균값도 유의미한 수치를 나타내나, 발생하는 주가 매년 바뀔 수 있으므로 본 연구에서는 특별히 "표준기온효과" 개념을 처음으로 도입하게 되었다.

표준기온효과는 과거 10년 기간의 주별 평균기온 효과라는 점에서는 평년(평균)기온효과와 일치하나, 하계 최대전력 및 동계 최대전력이 자주 발생했던 달(1, 2, 7, 8, 12월)의 해당하는 주에 대해서는 다음과 같이 피크 발생시의 기온효과를 평균하여 적용한다. 7~8월 여름철에 해당하는 주는 각각의 주별로 과거 10년간 하계피크가 걸린 주가 있으면, 하계 피크가 걸린 주들의 주별 기온효과를 평균하여 해당 주별 기온효과로 적용하고, 12월~2월 겨울철에 해당하는 주는 각각의 주별로 과거 10년간 동계피크가 걸린 주가 있으면, 동계피크가 걸린 주들의 주별 기온효과를 평균하여 해당 주별 기온효과로 적용하며, 3월~6월, 9월~11월의 계절성이 극대화되지 않는 달에 대해서는 상기의 "평균기온효과"를 그대로 적용한다.



<그림 5> 실적기온효과와 표준기온효과

2009년 1주부터 2010년 4주 기간의 실적 기온효과와 표준기온효과를 비교해보면, 기온보정최대전력을 도출하기 위해 적용되는 "표준기온효과"(점선)는 계절성이 특히 극대화되는 여름철 및 겨울철에 "실적기온효과"(실선)보다 높은 수준을 나타내고 있고, 여름철 및 겨울철을 제외한 기간에는 실적기온효과와 표준기온효과가 비슷한 수준을 나타내고 있다.

### 2.3 최대전력 기온보정 모형

기온보정모형을 통해 기온보정수요를 구하기 위해서는 기온영향(상기 기온효과 변수)외에 다른 변수의 영향(추세변수 및 기타 특수일 변수)도 고려해야 하므로, 아래와 같이 공적분 회귀모형을 설정하였다.

$$\ln(\text{Peak}_t) = \alpha + \beta * \text{TE}_t + \gamma * \ln(\text{SWS}_t) + \delta_1 * \text{D\_SH}_t + \delta_2 * \text{D\_WH}_t + \delta_3 * \text{D\_SV}_t + \delta_4 * \text{D\_SFD}_t + \delta_5 * \text{D\_WFD}_t + \epsilon_t$$

- Peak<sub>t</sub> 주별 최대전력
- TE<sub>t</sub> 기온 효과
- SWSt 표준화된 주별 전력소비량
- D\_SHt 명절 당일이 화요일, 수요일에 있을 때의 더미
- D\_WHt 명절 당일이 화요일 수요일이외에 있을 때의 더미
- D\_SVt 하계 휴가철 더미
- D\_SFDt 1월 1일이 화요일 수요일에 있을 때의 더미
- D\_WFDt 1월 1일이 화요일 수요일이외에 있을 때의 더미
- ε<sub>t</sub> 오차항

위 모형식을 바탕으로 1996년 1월 첫째주부터 2010년 12월 4째 주까지 자료를 이용하여 추정한 결과는 다음과 같다.

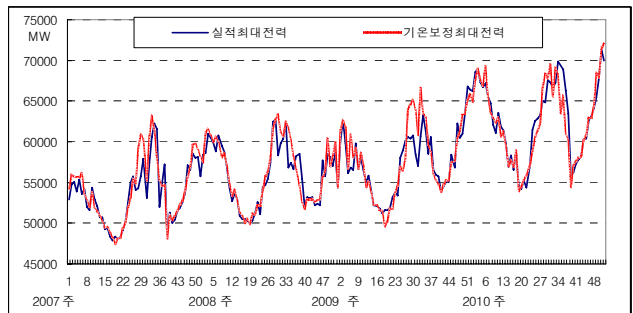
<표 2> 기온보정모형 추정 결과

	Coefficient	T-value
상수항	-3.286	-21.248
기온 효과	1.0867	17.4354
명절 더미1	-0.125	-5.1370
명절 더미2	-0.034	-2.1250
하계 휴가철 더미	-0.068	-2.5418
1월1일 더미1	-0.048	-1.9571
1월1일 더미2	-0.021	-1.8824
표준화된 주별 전력소비량	1.015	92.1584

모형의 유효성을 검증은 공적분 회귀모형상의 변수간의 상관성을 나타내는 공적분 테스트를 통하여 이루어졌는데, 검증값이 유의미하고, T-value값도 상기와 같이, 절대값이 약 2 이상의 값을 나타내고 있으므로 적절히 변수 선정을 보여주고 있다.

### 2.4 기온보정을 통한 최대전력 예측결과

2010년 2월 최대전력 실적은 기온보정 최대전력에 비해 약 200만kW 이상 과소하고, 8월 피크의 경우 163만kW 정도 실적이 과다하게 나타나고 있으며, 특히 2009년 7월 최대전력의 경우, 실적은 보정수치에 비해 약 430만kW나 과소한 수준을 보이고 있다. 아래 표에는 제시되지 않았지만 2007년과 2008년의 경우는 2007년 7월 최대전력 실적은 기온보정 최대전력에 비해 약 240만kW 과소하고, 2008년 1월 실적은 보정치에 비해 약 90만kW 과소한 것으로 나타났다.



<그림 6> 실적최대전력과 기온보정최대전력

<표 3> 실적최대전력과 기온보정최대전력(단위 : MW)

	실적 최대전력	기온보정 최대전력		실적 최대전력	기온보정 최대전력
2007 1월	62,645	62,641	2010 1월	68,963	68,984
2007 2월	59,849	59,232	2010 2월	67,158	69,246
2007 7월	60,801	65,114	2010 7월	67,619	67,807
2007 8월	63,212	63,366	2010 8월	69,886	68,253
2007 1월	55,066	55,798	2008 1월	60,947	61,485
2007 2월	55,402	55,662	2008 2월	60,742	60,045
2007 7월	57,913	60,264	2008 7월	62,794	62,793
2007 8월	62,285	61,333	2008 8월	62,511	62,484

## 3. 결 론

2007년부터 2010년 기간의 동계 및 하계 최대전력을 살펴보면, 표준기온효과를 반영한 기온보정 최대전력이 실적보다 다소 높은 수준을 나타내고 있다. 따라서 기존의 실적치에 바탕을 둔 통계 분석 및 예측 작업은 정상적인 경로를 벗어나 과소한 양상을 보여주고 있다. 반면에 실적이 기온보정수치 보다 높은 경우는 정상적인 수준을 상회하는 과다한 경우가 발생하므로 안정적 전력수급에 상당한 교란 요인을 일으키고 있다. 결론적으로 이번 연구를 통해, 공적분 및 오차수정이론에 기반한 기온보정최대전력 추정모형을 제시함으로써, 전력수요와 관련된 통계 및 예측 체계의 재편에 유용하게 활용할 수 있을 것으로 판단된다.

### [참 고 문 헌]

- [1] 박준용, "단기전력수요예측시스템", 서울대 경제연구소, 2001
- [2] 박준용, "전력시계열 계절조정시스템", 서울대 경제연구소, 2002
- [3] 박준인, "단기전력수요예측이론", 성균관대 경제연구소, 2007