

# 겨울철 난방민감도 및 난방부하 분석, 추정

이 상 철  
한국전력거래소 수요예측팀장

## 1. 분석 배경

최근 생활수준의 향상으로 쾌적한 생활을 누리하고자 하는 욕구가 증대됨에 따라 예년과 비슷한 추위에서도 난방 기기의 가동이 확대되는 등 기온에 대한 전력수요의 반응 정도가 증대되고 있다. 이런 사실은 최근 급증하고 있는 겨울철 최대전력에서 잘 나타나고 있는데, 금년 1월 6일에는 최대전력수요가 4,506만 2000kW를 기록하여 2002년 연중 최대전력인 4,577만 3000kW에 근접하는 기록을 나타냄으로써, 겨울철 전력수요에 대한 관심과 중요성이 확대되고 있다.

한편, 한국전력거래소에서는 최근 들어 겨울철 최대 전력수요에 난방전력이 지대한 영향을 주는 것으로 판단하고, 기온에 따른 난방민감도를 추정하여 정확도 높은 겨울철 최대전력 예측에 반영함으로써, 겨울철 원활한 전력수급에 만전을 기하고 있다. 따라서 최대전력의 주요 변동요인을 보다 정밀하게 분석하기 위해 현실감 있는 최근 전력자료와 선진 계량법을 이용하여 난방전력을 분석하고 관련 결과를 제시하고자 한다.

## 2. 난방전력 민감도 추정

난방전력 민감도란 겨울철 기온이 1℃ 하락함에 따라

난방을 위해 사용하는 전력수요를 의미하며, 민감도를 추정하는 방법으로 다음 세 가지 방법을 사용하였다.

### 가. 기온반응함수를 이용한 추정

기온반응함수는 기온에 따라 전력수요가 반응하는 정도를 나타내는데, 다항식함수와 삼각함수가 결합된 함수를 통해 추정하였다. 우선 기온반응함수를 추정하기 위해서 과거 1971년부터 2002년까지의 전력판매량, 기온, GDP, 전력가격 자료를 이용하여 아래와 같은 회귀모형식을 설정하였다.

$$\ln(\text{Sales}_t) = a + \beta_1 \int s^* \times f_t ds + \beta_2 \int s^{*2} \times f_t ds + \beta_3 \int \cos 2\pi s^* \times f_t ds + \beta_4 \int \sin 2\pi s^* \times f_t ds + \gamma \ln(\text{GDP}_t) + \delta \ln(\text{Price}_t) + \epsilon_t$$

여기서,  $s^* = \frac{s+20}{60}$ ,  $f_t =$  기온분포함수,  $s =$  기온

한편, 기온자료는 단순히 평균기온이나 최저기온을 이용하는 것이 아니라 기온분포함수를 이용하는데 이 기온분포함수는 기상청의 기온자료를 이용하되 기존의 알려진 분포(정규분포 등)로 가정하는 방법을 사용하지 않고 모수에 의존하지 않는 비모수적 방법(Nonparametric Method)에 의해 도출하였다. 위 모형식을 회귀상관분석하여  $a$ 와  $\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4$ 의 추정치를 얻고, 이 값을 이용

하여 최대전력에 대한 기온반응함수를 다음과 같이 추정하였다.

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

이렇게 추정된 함수는 그림 1과 같이 난방부하가 발생하는 낮은 온도와 냉방부하가 발생하는 높은 온도에서 큰 값을 갖는 U-자 형태의 비선형함수로 나타나는데, 기온과 전력수요의 관계를 보면, 14°C~18°C에서 난방이나 냉방전력 등의 계절성 수요가 거의 발생하지 않는 기본부하를 형성하고 있고, 14°C 이하에서는 기온별로 난방전력 민감도가 차이를 나타내고 있다. 기온반응함수의 특징을 요약하면 다음과 같다.

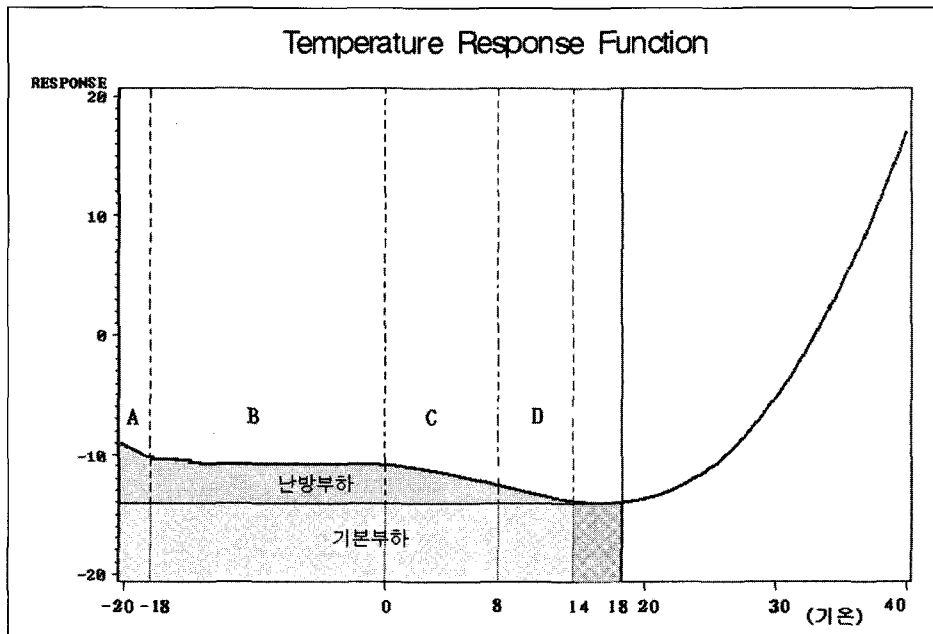
- 14°C~18°C 근처에서 최저 값을 갖는 U-자 형태로
- 20°C 이후 냉방부하가 시작되어, 온도상승에 따라 더

욱 더 민감하게 반응하며

- 기온이 낮아질 때 보다 높아질 때 더 민감하게 반응하고 있음을 알 수 있다.

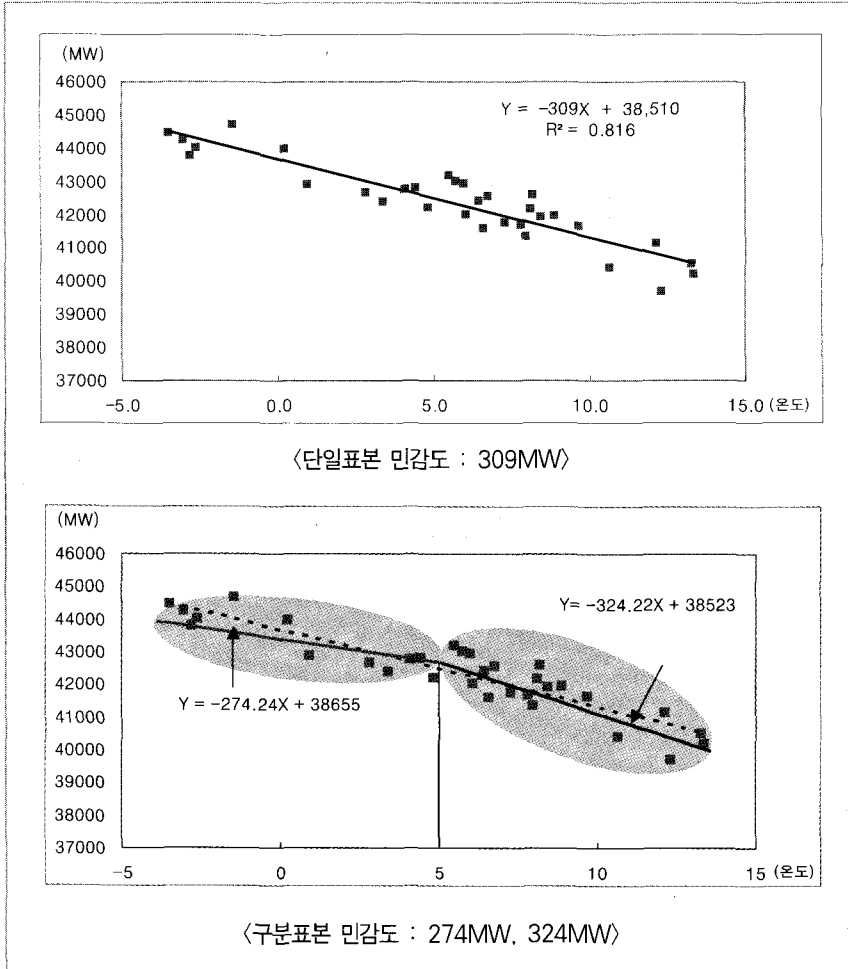
기온반응함수를 통해 난방부하와 관련된 중요한 정보, 즉 기본부하(Base Load)와 난방이 시작되는 온도인 난방개시온도(Heat Starting Temperature)를 추정하기 위해서, 최근 자료 중 난방부하가 거의 발생하지 않는 2002년 10월 실적중 기본부하에 해당하는 14°C~18°C대의 날들을 추출하여 그때의 부하 및 기온을 평균하여 추정하였다. 이렇게 추정된 기본부하 및 난방개시온도(HST, 16.2°C)를 이용하여, 실제 일별 민감도는 다음 산식을 통해 추정할 수 있으며, 추정된 일별 민감도를 기온 구간별로 구분하면 기온대별 민감도를 추정할 수 있다.

$$\text{일별민감도} = \frac{(\text{일별부하} - \text{기본부하})}{(\text{일별기온} - \text{난방개시온도})}$$



〈그림 1〉 기온반응함수





〈그림 2〉 회귀분석 모델을 이용한 추적

라고 생각된다.

기온효과는 기온분포함수와 기온반응함수의 적분값으로 모형식은 다음과 같다.

$$\int g(s) \cdot f_t(s) ds$$

- ☞  $g(s)$  : 기온반응함수('90~2001 자료이용 추정)
- ☞  $f_t(s)$  :  $t$ 월(日, 週)의 기온분포함수('71~2002년 자료 이용)
- ☞  $s$  : 기온

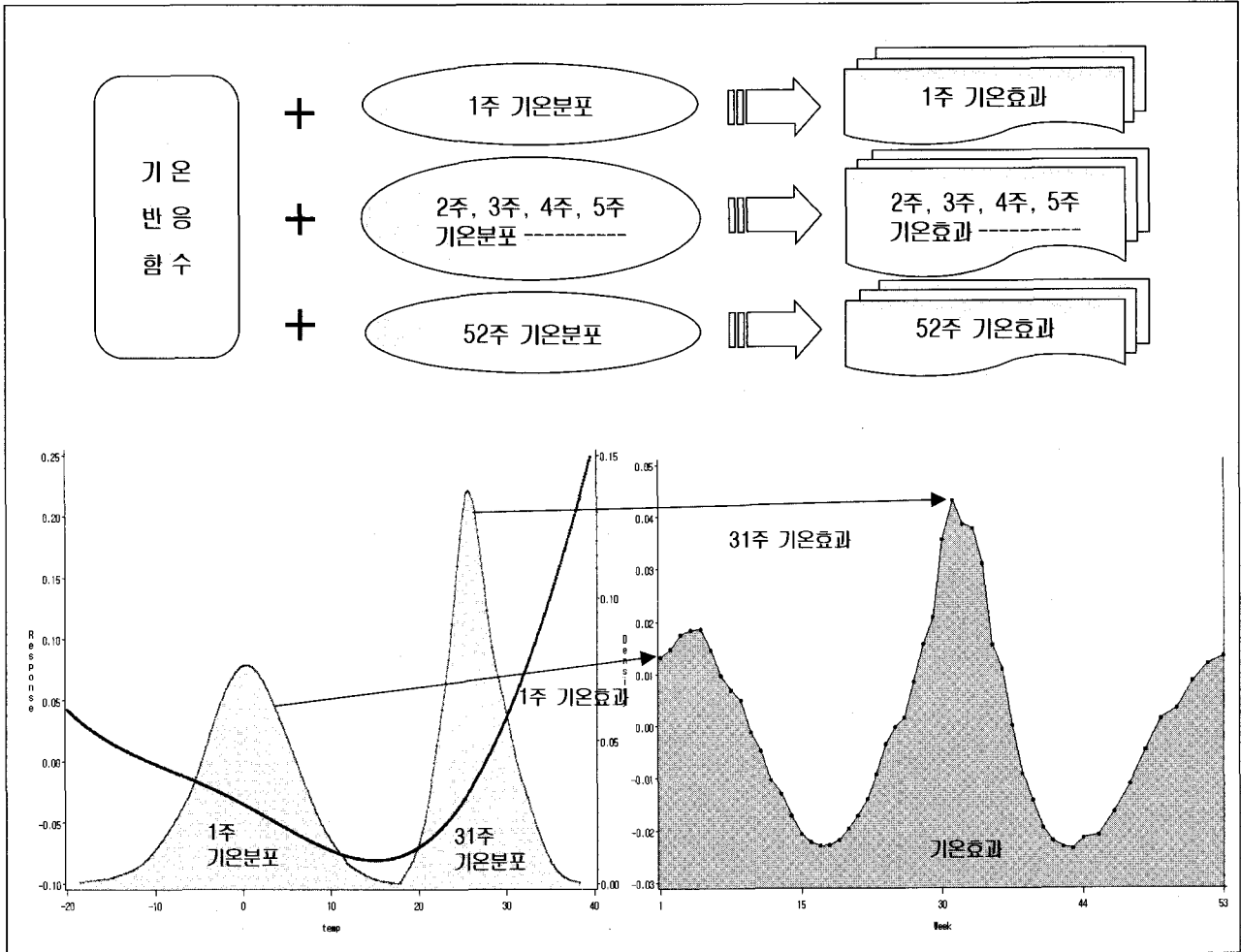
이를 그림으로 표현하면 그림 3과 같다.

여기서 기온분포함수는 기온 실적값들의 분포를 의미하는데, 특정일의 과거 기온값들은 일정한 분포를 가진 함수로서 비모수적(Nonparametric Method) 방법인 Kernel 추정법을 이용하여 추정하며 주어진 기간 동안의 기온이 각 온도에서 얼마나 자주 나타났는지의 상대빈도(Relative Frequency)를 평활화(Smoothing)한 함수이다.

한편, 기온분포를 추정할 때는 우리 나라 전체 계통의 최대전력이 한 지역의 기온에 반응한다고 볼 수 없으므로 전국 5대 지역(서울, 부산, 대구, 광주, 대전)의 기온분포를 추정한 뒤에 이들 지역의 전력판매량의 비율로 가중 평균하여 전국의 기온분포를 추정하였다.

기온효과에 의한 민감도 추정은 기온이 변화하면 기온효과가 변화하고 그에 따라 최대전력도 변화하는데, 이러한 최대전력 변

화량을 계산함으로써 민감도를 추정하게 된다. 기온변화에 따른 최대전력 예측은 시간변동계수를 가지는 공적분 및 오차수정모형을 이용한 최신 예측시스템을 이용하였다. 많은 경제 시계열들은 단위근(Unit Root)을 갖는 것으로 알려져 있으며, 전력수요 시계열도 이들과 매우 비슷한 모습을 띠고 있다. 단위근을 갖는 시계열은 평균으로 회귀하는 성질이 없고 분산이 시간에 따라서 무한히 커지는 등 정상시계열(Stationary Time Series)과는 다



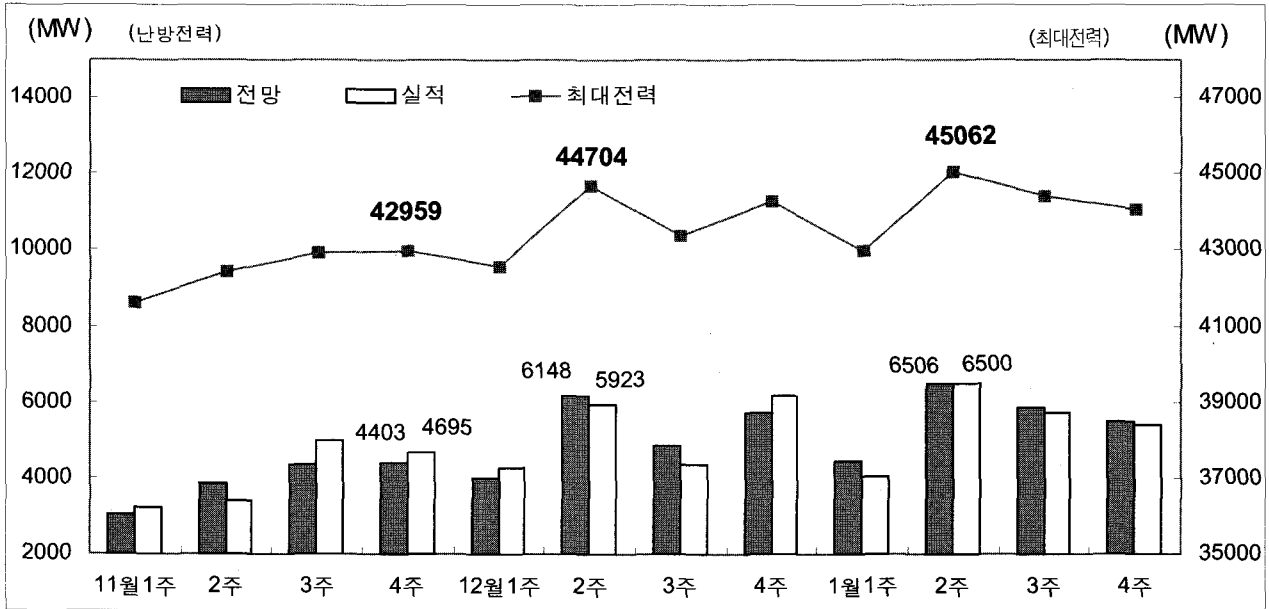
〈그림 3〉 기온효과를 이용한 추적

른 성질을 지니고 있다. 단위근을 갖는 시계열들 사이의 관계는 정상 시계열들의 경우와 다르게 모형화 되어야 한다. 이러한 최신 모형을 이용하여 도출된 난방전력의 민감도는 1℃ 하락에 따라 205MW~315MW 수준을 보이고 있다.

### 3. 난방민감도 및 난방전력 추정

최근 겨울철 최대전력이 기록된 날(2003년 1월 6일 19

시 45,062MW)의 기온을 이용하여 추정 방법별로 난방전력을 추정한 결과 전체적으로 6,336MW~7,039MW 수준의 범위를 가지는 것으로 나타났으며, 평균적으로는 6,652MW의 결과가 도출되어 전체 부하에서 15% 정도의 비중을 차지하였다. 기온반응함수를 이용한 추정치가 7,039MW로 가장 크게 나타났으며, 나머지 회귀분석 모형 및 기온효과를 이용한 추정치는 6,336MW~6,500MW로 큰 차이가 없는 것으로 추정되었다.



〈그림 4〉 난방전력 전망 및 실적(MW)

〈표 2〉 추정 방법별 난방민감도 및 난방부하 추정결과

추정 방법	난방민감도(만kW/℃)	난방부하(만kW)
기온반응함수	37.2	703.9
회귀분석 모형	30.2	641.7
기온 효과	26.1	650.0
평균	31.1	665.2

#### 4. 난방전력 추정 및 결과치 비교

추정치의 유의성 검토를 위해 2002년 11월 1주부터 2003년 1월 2주까지 총 12주의 난방전력 실적 및 전망치를 비교하였다. 전력수요의 오차율을 비교한 결과 전체적으로 0.01%~1.5%의 범위를 나타냈으며, 평균적으로 0.7%의 상당히 작은 오차율을 나타내어 최대전력 수요예측 정확도가 상당히 높은 수준을 나타내었다.

#### 5. 맺음말

본 연구분석을 통해 도출된 난방전력 민감도는 기온이 1℃ 하락함에 따라 평균 31만 1000kW의 난방전력이 발생하는 것으로 나타났으며, 전체 난방전력 수준은 최대전력의 약 15%를 차지하는 수준으로 겨울철 최대전력의 주요 변동성으로 특화되었다. 이런 난방전력이라는 변동성(계절성)을 이번 연구에서 독특하게 도출된 기온반응함수 및 기온효과 등의 개념을 통해 추정된 사실은 세계적으로 처음 시도했다고 생각되며, 이를 통해 추정된 난방전력은 겨울철 전력수요 예측에 한층 정확도를 높히리라 예상된다.

이를 적극 활용함으로써 전력수급 안정을 확고히 달성하여 국민들이 보다 쾌적한 생활을 영위하는데 큰 기여를 할 수 있을 것이다. ■