

## 지역난방의 주택용 열소비행태 분석\*

김진형\*\*

### 〈차 례〉

- |             |            |
|-------------|------------|
| I. 서론       | IV. 소비행태   |
| II. 모형 및 자료 | V. 요약 및 결론 |
| III. 추정 결과  |            |

### I. 서론

지역난방은 한곳에 집중된 집단에너지시설을 통해 전기를 생산하여 수용가에게 공급하고 이 과정에서 발생한 폐열을 이용해 생산한 온수를 배관망을 통해 아파트 단지 및 빌딩 등에 공급하는 도시기반시설로서, 최근 환경문제가 국민적 관심사로 등장하면서 쾌적한 주거환경조성에 최적이란 평가를 받고 있다.

우리 나라의 지역난방은 에너지절약 시책사업의 일환으로 지난 1985년 처음

\* 본 연구를 위해 많은 조언을 해 준 에너지경제연구원의 심상렬 박사님과 그리고 유익한 논평을 해 주신 익명의 심사위원 두 분께 깊은 감사를 드립니다.

\*\* 단국대학교 경제학부.

으로 서울특별시 목동에 20MW 규모의 열병합발전소를 건설하고 쓰레기 소각로 폐열을 이용하는 방식으로 도입되었다. 이후 지역난방의 공급은 서울의 여의도, 동부이촌동, 반포 지역과 수도권외 분당, 평촌, 일산 등지에 확대되었고, 현재 지역난방사업은 수도권의 범위를 벗어나 부산, 대구, 수원, 청주 등 전국적으로 확장되고 있는 실정이다.

지역난방은 1999년 현재 전국의 주택수 1,118만 세대 중 91만 세대에 공급되어 공급률이 8%를 상회하고 있다. 이 중 한국지역난방공사는 수도권 및 지방의 69만 세대에 공급함으로써 전체공급의 약 76%를 차지하고 있다. 또한 정부는 2001년까지 180만 세대에 지역난방 공급을 확대해 공급률을 15%로 늘릴 계획이다.

지역난방의 열에너지 소비는 지난 1990년대에 연평균 30% 이상의 높은 증가세를 보여 1999년의 연간 소비량은 100만 TOE에 이른다. 이는 국내 전체에너지소비량의 0.7%, 그리고 가정·상업부문 에너지소비량의 약 3%에 지나지 않으나, 지역난방의 최대 장점이 다른 난방방식에 비하여 에너지 절약적이며 환경친화적이라는 점에서 그 사회적 수요는 지속적으로 증가할 것으로 전망된다.

본 연구는 한국지역난방공사가 공급하는 수도권 지역의 아파트 단지를 대상으로 열수요함수를 추정하고, 이를 바탕으로 세대별 주거특성에 따른 소비행태를 분석하고자 한다. 이를 위한 본 연구의 구성은 다음과 같다. 우선 제Ⅱ장에서는 수요함수 추정을 위한 모형을 설정한 다음 수집한 자료의 특성을 살펴보고, 제Ⅲ장에서는 추정 결과의 제시와 함께 열소비행태를 분석한다. 제Ⅳ장에서는 추정 결과를 이용해 2001년의 월별 수요량을 수용가의 주거특성, 즉 아파트 건물의 저·고층과 열량계의 유·무에 따라 전망하고, 이를 바탕으로 특성에 따른 소비량의 차이를 계측한다. 마지막으로 제Ⅴ장에서는 본 연구의 요약과 결론을 제시한다.

## II. 모형 및 자료

### 1. 모형의 설정

일반적으로 가정·상업 부문에서의 난방용 에너지 수요는 연료가격 및 소득과 같은 경제적 요인과 기온, 습도 등의 기상여건, 가족 구성, 주택의 크기 등과 같은 비경제적 요인에 의해서도 영향을 받는다. 뿐만 아니라 대부분의 에너지 수요는 자동차나 보일러와 같은 연소기기를 통해 이루어지는 파생수요(derived demand)이므로 당기의 소비수준은 전기의 소비수준과 깊은 상관관계를 갖는다.

한편 지역난방의 경우, 열생산시설에서 배관을 통해 대규모 아파트 단지에 공급된 온수는 기계실의 열교환기에 의해 급탕 및 난방용으로 분리된 후 각기 배관을 통해 세대에 공급된다. 이 때 급탕온수는 세대별로 설치된 온수미터기에 의해 사용량이 결정되는 반면 난방온수는 세대별 열량계의 설치여부에 따라 달리 계산된다.<sup>1)</sup> 열량계 미설치 아파트는 급탕용을 제외한 전체사용량을 단순히 세대별 평형에 따라 일률적으로 분할하므로, 이 때 세대별 사용량은 동일한 평형일 때 절약노력과는 상관없이 균등하게 결정된다. 반면 열량계 설치 아파트는 세대별 실사용량과는 별도로 공동사용량의 항목으로 아파트 자체 결정에 의해 세대별 평형 또는 실사용량 등에 비례하여 부과한다. 공동사용량은 관리사무소, 노인정, 결배실 등에서 사용량과 그리고 기계실에서 각 세대까지의 배관에서 일어나는 열공급 손실분을 합한 것으로, 공급 손실분은 관리자의 운영방법, 건물 시공 및 구조, 배관시설의 노후 정도, 단열 및 설비 상태 등에 따라 크게 차이가 난다.<sup>2)</sup> 그러므로 아파트 건물이 고층일수록 세대수 또는 열공급 면적의 증가

1) 열량계는 적산열량계와 유량계(난방온수미터기)가 있으며, 전용면적 60m<sup>2</sup>를 초과하는 세대는 적산열량계를, 이하인 세대는 난방온수미터를 설치하도록 관련규정에는 명시하고 있으나, 본 연구에서는 두 종류를 구분하지 않고 단순히 열량계로 칭한다.

2) 한국지역난방공사, 「지역난방 공동주택 열사용 실태 실증시험 결과보고서」, 1997. 9, p. 83.

로 인해 공동사용량에 대한 세대별 부담은 저층건물에 비해 줄어들게 된다. 즉, 건물고층화에 따른 공동사용량에 대한 세대별 부담이 감소하는 효과가 발생한다.

본 연구에서는 이러한 관계를 반영하기 위하여 지역난방의 세대별 열수요함수에 위에서 열거한 요인들 외에 세대별 주거특성, 즉 열량계의 유·무와 아파트 건물의 저·고층에 따른 가변수를 추가적인 설명변수로 선택하여 함수형태는 다음과 같이 선형으로 구성하였다.

$$E_t = \sum \beta_{0,i} \cdot D_m + \beta_1 T_t + \beta_2 P_t + \beta_3 Y_t \\ + \beta_4 W + \beta_5 G_i \cdot W + \beta_6 B_j \cdot W + \beta_7 E_{(t-1)}$$

여기서,  $E_t$  = 세대별 열소비량

$D_m$  = 월별 가변수

$T_t$  = 기상여건

$P_t$  = 열요금

$Y_t$  = 세대별 소득

$W$  = 아파트 크기

$G_i$  = 세대별 열량계 설치 여부에 따른 가변수

(미설치 = 0, 설치 = 1)

$B_j$  = 아파트 건물의 저·고층에 따른 가변수

(저층 = 0, 고층 = 1)

$E_{(t-1)}$  = 시차종속변수

위의 모형에서 단순히 아파트 크기가 변함에 따른 세대별 소비량의 변화는 추정계수  $\beta_4$ 의 크기로 나타난다. 세대별 열량계가 설치된 경우에는 이로 인한 열소비 감소효과, 즉 절약효과는 아파트 크기에 따라 달리 나타날 것이므로, 아파트 크기가 증가함에 따른 절약효과는 추정계수  $\beta_5$ 의 크기로 나타난다. 또한 아파트 건물이 고층인 경우에는 공급면적 증가로 인한 공동사용량에 대한 세대별 부담이 감소하는 효과도 역시 아파트 크기에 따라 달리 나타나므로, 이 경우

아파트 크기가 증가함에 따른 감소효과는 추정계수  $\beta_6$ 의 크기로 나타난다. 그러므로 본 연구에서는 앞 모형의 추정을 통해 지역난방의 열소비행태를 주거특성별로 분석하고자 한다.

## 2. 자료의 수집

열수요함수 추정을 위해 사용한 자료는 한국지역난방공사가 제공한 것으로, 이들 자료는 공사가 공급하는 수도권 지역 아파트의 각 세대별 자료가 아니라 아파트 단지별 집단자료로 구성되어 있다. 본 연구에서는 이들 자료 중 단지별 세대수가 최소 200세대 이상인 아파트 단지 12개를 임의로 선정하여, 이들 단지별 열사용량에 대한 1995년부터 1999년까지 5년간의 월별 시계열자료를 이용하였다. 분석방법은 이들 자료를 혼합(pooling)하여 월별 수요함수를 추정하는 혼합모형분석(pooled data analysis)을 시도하였으며, 추정에 사용한 12개 아파트 단지별 특성은 <표 1>에 요약되어 있다.

모형의 추정을 위해 종속변수인 사용량에 대해서는 두 개의 자료를 선정해 차례로 사용하였다. 첫 번째는 아파트 단지별 열사용량을 세대수로 나눈 평균세대별 사용량이며, 두 번째는 난방공급 계약면적<sup>3)</sup>으로 나눈 계약면적단위 열사용량이다. 기상여건의 변수로는 서울지역의 월평균기온과 난방도일수<sup>4)</sup> 등을 선별적으로 사용하였다.

3) 계약면적 산정은 건축물관리대장등 공부상의 세대별 전용면적의 합계와 공용면적 중 지역난방열을 사용하는 관리사무소, 노인정, 경비실 등의 건축면적을 합계로 한다. 다만, 계약면적에서 제외된 부분에 열을 사용하는 경우에는 그 때부터 계약면적에 산입한다.

전용면적: 현관, 거실, 침실, 주방 및 식당, 욕실, 다용도실, 발코니, 창고 등

공용면적: 지하층, 중앙공급실, 기계실, 변전실, 관리소, 노인정, 계단, 복도, 승강기실, 경비실, 지하주차장 등

4) 난방도일수는 일정한 실내온도를 기준으로 시간별 외기온도와의 차를 전체난방기간에 걸쳐 누산한 값으로 외기온도를 18℃에 맞추고 실내온도를 24℃로 유지할 경우, 서울지역의 연간 난방도일수는 4546.9이며, 실내온도를 22℃로 유지할 경우에는 4060.9이다. 에너지경제연구원, 「지역난방 열요금의 지역별 차등 적용에 관한 연구」, 2000. 7, p. 19. <표 5>에서 재인용.

〈표 1〉 아파트 단지별 특성

아파트 단지	위 치	열공급 개시일	분양 면적	월평균 계약면적	세대수	평균 평형	층수	세대별 열량계
1	서울, 반포동	'87. 11	397,735	336,249	3,964	25.7	5층	미설치
2	서울, 이촌동	'87. 11	72,578	61,358	790	23.5	5층	미설치
3	서울, 여의도	'87. 11	162,158	137,090	1,584	26.2	12층	미설치
4	서울, 여의도	'87. 11	43,753	36,989	360	31.1	12층	미설치
5	서울, 수서동	'92. 12	44,581	40,435	496	24.7	5층	설치
6	서울, 수서동	'93. 09	81,107	68,682	930	22.3	15층	설치
7	서울, 수서동	'93. 11	30,224	24,163	330	22.1	15층	설치
8	분당, 서현동	'91. 09	223,179	195,291	1,781	33.2	다층	설치
9	분당, 서현동	'91. 09	214,279	183,490	1,874	29.6	다층	설치
10	분당, 서현동	'91. 09	230,827	204,256	1,695	36.5	다층	설치
11	일산, 백석동	'92. 09	25,347	20,602	426	14.6	다층	설치
12	일산, 백석동	'92. 12	22,052	18,947	222	25.8	다층	설치

주: 1) 면적의 단위는 m<sup>2</sup>이며, 평균평형은 열공급 계약면적을 기준으로 한 것임.

2) 다층은 아파트 단지가 6층 이상의 여러 개 동으로 구성된 것을 의미함.

가격변수는 열사용량에 따른 사용요금을 선택하였다. 그 이유는, 현행 주택용 열요금제도는 이부요금과 계절차등요금을 병행하여 실시하고 있는데, 이부요금은 기본요금과 사용요금으로 구분되어 기본요금은 열사용량과 상관없이 공급계약 단위면적당 일정액을 부과하며, 사용요금은 사용량에 따라 계절별로 차등해 부과한다.<sup>5)</sup> 따라서 지역난방 수용가의 경우, 계약면적에 따른 일정액의 기본요금과 사용량에 따른 사용요금을 부담하므로 본 연구에서는 계절에 따라 차등 부과되는 사용요금만을 가격변수로 사용하였다.

소득변수로는 도시근로자 월평균소득등을 고려할 수 있으나 이들 자료는 분

5) 2001년 1월부터 시행하는 한국지역난방공사의 요금(부가가치세 별도)은 기본요금이 계약면적 m<sup>2</sup>당 49.02원, 사용요금은 열사용량 Mcal당 춘·추절기에는 34.65원, 하절기에는 31.19원 그리고 동절기에는 36.38원이다. 사용자요금은 매년 1월과 7월에 연료비와 연동해 조정 고시된다.

기별 평균치이므로 본 연구에는 적합하지 않다고 판단해 전 산업의 월평균임금 자료를 대신해 사용하였으며, 아파트 크기는 기본요금의 부과기준인 단지별 계약면적을 세대수로 나눈 세대별 평균 계약면적을 사용하였다.

한편 아파트 건물의 저·고층에 따른 가변수는 건물층수 5층을 기준으로 아파트 단지가 5층 이하의 건물들로 구성된 경우에는 0을, 그리고 6층 이상의 건물들로 구성된 경우에는 <표 1>의 '다층'을 포함하여 1을 부여하였다.

### Ⅲ. 추정 결과

위에서 설정한 모형을 최소자승법에 의해 추정한 결과, 가격과 소득에 대한 추정계수들의 부호가 예상과는 달리 나타났다. 이에 대해 월별 가변수를 모형에서 제외하고 대신 단순히 상수항만을 사용해 모형을 추정한 결과는 예상과 일치하여, 이후 모형은 월별 가변수 대신 상수항만을 사용해 추정하였다. 또한 기상여건의 변수로 난방도일수보다는 월평균기온을 사용한 경우가, 그리고 가격과 소득의 경제변수들은 소비자물가수준으로 조정한 실질수치보다 오히려 명목수치를 사용한 경우가 모두 각 추정계수의 통계적 유의성과 모형의 설명력 측면에서 높게 나타나 최종적으로 선택한 모형은 이들 자료를 사용하였다.

<표 2>는 추정한 모형 중 여섯 개를 선정하여 제시하고 있다. 모형 I, II, III은 종속변수로 평균세대별 열사용량(EH)을 사용한 경우이며 반면 모형 IV, V, VI은 단위열사용량(EW)을 사용한 경우로 두 모형의 추정 결과는 매우 유사한 모습을 보인다. 한편 모형 I과 IV는 시차종속변수를 포함하지 않는 경우인데 비해 모형 II와 V는 前月の 소비량을 시차변수로 사용한 경우이고, 그리고 모형 III과 VI은 前年同月の 소비량을 시차변수로 사용한 경우이다.

수요함수요인 중 소득변수는 모형 I과 IV에서 추정계수의 부호가 예상과는 달리 (-)로 나타날 뿐만 아니라 이외의 모형에서 (+)의 부호를 가진다 하더라

김진형

〈표 2〉 추정 결과

모형	I	II	III	IV	V	VI
종속변수	EH	EH	EH	EW	EW	EW
상수항	2044.273 (17.97)	1354.552 (12.36)	699.633 (7.07)	38.672 (32.22)	27.923 (21.61)	15.008 (11.07)
기온(°C)	-97.954 (81.20)	-76.962 (44.30)	-32.842 (13.81)	-1.141 (89.65)	-0.923 (49.05)	-0.445 (15.57)
요금(원)	-12.058 (3.64)	-9.741 (3.41)	-8.230 (3.77)	-0.137 (3.91)	-0.113 (3.72)	-0.103 (4.21)
소득(천원)	-0.007 (0.12)	0.173 (3.27)	0.069 (1.57)	-0.000 (0.25)	0.002 (3.03)	0.001 (1.44)
계약면적(m <sup>2</sup> )	13.538 (17.35)	9.782 (13.77)	4.452 (7.18)	-0.015 (1.83)	-0.012 (1.70)	-0.002 (0.38)
열량계 유·무	-2.835 (9.48)	-1.986 (7.56)	-1.109 (5.16)	-0.029 (9.05)	-0.021 (7.40)	-0.013 (5.30)
건물 저·고층	-2.291 (6.39)	-1.669 (5.34)	-0.864 (3.43)	-0.027 (7.05)	-0.020 (6.04)	-0.012 (4.16)
(t-1) 시차변수		0.259 (15.38)			0.231 (14.60)	
(t-12) 시차변수			0.664 (29.14)			0.610 (25.67)
R <sup>2</sup>	0.907	0.930	0.965	0.921	0.940	0.966
h-통계량	1.519	7.230	8.151	0.959	15.423	18.123

주: ( ) 안의 수치는 t-통계량이며, 자기상관의 검정을 위한 h-통계량 중 모형 I 과 IV의 경우는 시차종속변수를 설명변수로 포함하지 않으므로 D-W 통계치를 나타냄.



도 그 통계적 유의성이 타변수에 비해 상대적으로 낮게 나타나, 지역난방 열수요는 소득보다 타변수들의 변화에 대해서 보다 통계적으로 유의성 있게 (statistically significant) 변하는 모습을 보인다.<sup>6)</sup>

모형 II와 III, 그리고 모형 V와 VI을 서로 비교할 때, 시차종속변수의 선택 여하에 따라 전기의 열소비량이 당기의 소비수준에 미치는 영향은 크게 차이가 난다. 시차변수로 전월 소비량을 사용한 경우에는 전기 소비량의 약 23~26% 정도가 현재 소비수준에 영향을 미치는 반면 전년동월의 소비량을 사용한 경우에는 전기 소비량의 약 61~66% 정도가 현재의 소비수준에 영향을 미치는 것으로 나타났다. 이는 계절별로 기온차이가 뚜렷한 우리나라의 경우, 난방용 열수요는 전월의 사용량보다는 전년동월의 소비량과 깊은 상관관계를 갖는 것을 의미한다.

<표 2>에 제시한 모형 중 시차종속변수로 전년동월의 소비량을 사용한 모형 III과 VI은 각 추정계수의 통계적 유의성과 모형의 설명력 측면에서 높게 나타나 지역난방 열수요행태를 잘 반영하고 있는 것으로 보인다. 이 모형들에 의하면, 서울지역의 월평균기온이 1°C 내려가면 평균적으로 세대별 월사용량은 약 32.84Mcal 정도 그리고 단위열사용량은 약 0.45Mcal 정도 증가하는 반면 열요금 중 사용요금이 1원 올라가면 월사용량은 약 8.23Mcal 정도 그리고 단위열사용량은 약 0.10Mcal 정도 감소한다. 또한 공급계약면적이 1m<sup>2</sup> 증가할 경우, 월 소비량은 약 4.45Mcal 정도 증가하는데 비해 단위열사용량은 0.002Mcal 정도 미소한 감소를 보인다.

한편 세대별 열량계가 설치된 아파트 단지의 경우, 이로 인한 소비절약효과

6) 이 경우, 현재소득 대신 전월 또는 3개월 평균소득 등을 사용하여도 결과는 모두 비슷하게 나타났다. 이는 소득 대신 임금자료를 사용한 것에 그 원인이 있을 수도 있겠으나, 무엇보다도 종속변수로 사용된 아파트 단지별 평균세대의 열사용량 또는 단위면적당 열사용량은 아파트 단지가 위치한 지역의 소득 계층에 따른 variation(예를 들어, 동일 평수에 거주하는 주민들의 소득수준은 거주지역에 따라 다를 것이며, 이에 따른 열사용량에도 역시 차이가 발생할 것임)이 반영되고 있는 반면 추정에 사용된 전 산업의 월평균임금자료는 이러한 지역별 차이가 반영되지 못하고 있기 때문인 것으로 추측된다.

는 세대별로는 각 세대의 계약면적의 크기에 따라 달리 나타난다. 평균적으로 세대별 월소비량은 약 1.11Mcal/m<sup>2</sup>씩 감소하는데 비해, 아파트 단지 전체 단위 열사용량은 약 0.01Mcal 정도 감소하는 것으로 나타난다. 또한 고층건물의 아파트 단지인 경우, 열공급 손실분에 대한 세대별 부담은 역시 세대별 공급면적에 따라 달리 나타난다. 저층건물에 비해 세대별 월소비량은 약 0.86Mcal/m<sup>2</sup>씩 줄어드는데 비해, 단위열사용량은 약 0.012Mcal 정도 줄어드는 것으로 나타난다.

#### IV. 소비행태

본 장에서는 우선 앞에서 추정한 모형 III을 이용해 지역난방 수용가의 주거 특성별로 2001년도의 열소비를 전망하였다. 이를 위해 우선 아파트 건물의 저·고층과 세대별 열량계 유·무에 따라 수용가를 먼저 다음과 같이 네 세대로 분류하였다. 즉, 저층·열량계 미설치 세대(A), 고층·열량계 미설치 세대(B), 저층·열량계 설치 세대(C), 고층·열량계 설치 세대(D)로 나누고 그리고 각 세대별 계약면적이 84, 112, 140, 168m<sup>2</sup>인 네 경우로<sup>7)</sup> 세분하였다.

소비전망을 위해 <표 2>에 제시한 모형 중 추정계수의 통계적 유의성과 모형의 설명력이 높은 모형 III을 선택해 다음과 같은 방법을 사용하였다. 모형 III은 전년동월의 소비량을 시차종속변수로 사용하고 있어 이를 위해 우선 일차로 소득변수를 제외한 모형 I을 재추정하고,<sup>8)</sup> 이 모형을 이용해 위에서 설정한

7) 아파트 분양면적 대비 열공급 계약면적의 비율은 본 자료에서 아파트 단지별로 약간의 차이를 보이나 그 평균치는 약 85.1%로 나타난다. 따라서 계약면적 84m<sup>2</sup>는 분양면적 약 30평 내외에 해당하며, 그리고 계약면적 113, 140, 168m<sup>2</sup>는 분양면적으로 각 40, 50, 60평 내외에 해당한다.

8) 추정된 모형의 결과는 다음과 같다.

$$E_t = 2038.626 - 97.952T_t - 12.217P_t + 13.538W_t - 2.835G_t \cdot W_t - 2.291G_t \cdot W_t$$

$$\begin{matrix} (19.78) & (81.26) & (4.04) & (17.37) & (9.49) & (6.39) \end{matrix}$$

$$R^2 = 0.907 \quad DW = 1.519$$

〈표 3〉 연간 수요량 및 난방비

(단위: Gcal, 천원)

구분		세대 A		세대 B		세대 C		세대 D	
		소비량	난방비	소비량	난방비	소비량	난방비	소비량	난방비
계약 면적	84m <sup>2</sup>	17.93	749.3	16.48	694.7	16.07	679.3	14.62	624.7
	112m <sup>2</sup>	22.05	922.3	20.12	849.6	19.57	828.9	17.64	756.2
	140m <sup>2</sup>	26.16	1,095.3	23.75	1,004.4	23.06	978.6	20.65	887.7
	168m <sup>2</sup>	30.28	1,268.3	27.38	1,159.2	26.56	1,128.3	23.66	1,019.2
m <sup>2</sup> 당 증가		0.147	6.18	0.130	5.53	0.125	5.35	0.108	4.70

16가지 주거특성에 따른 1999년의 소비량을 각각 추정한 후, 이를 시차종속변수로 사용하여 2000년도의 해당소비량을 추정하였다. 다음으로 추정한 2000년도 소비량을 시차변수로 하여 2001년도의 소비를 예측하였다.

수요전망을 위한 관련변수들의 자료는 2000년의 경우는 모두 실제 값을 사용하였으나 2001년의 경우에는, 서울지역의 월평균기온은 지난 8년간의 평균치를 사용하였으며, 가격은 한국지역난방공사가 공시한 금년도 시행요금을 적용하였다. 그리고 소득의 경우는 全産業의 평균임금을 사용하되 올해 임금상승률은 전년도 상승률과 동일하게 8.9%로 가정하였으며, 세대별 계약면적은 위에서 설정한 네 경우를 사용하였다.

수요전망의 결과는 <부표 4>에 제시되어 있으며, 이에 의하면 연중 가장 많은 열을 소비하는 1월은 연간 소비량의 14.8%를 차지하며, 가장 적은 열을 사용하는 8월은 1월의 5.8%를 그리고 동절기(12월, 1월, 2월)는 연간 소비량의 43.3%를 차지한다.

<표 3>은 각 세대별로 연간 수요량과 이에 따른 난방비를 제시하고 있다.

<표 3>에서 아파트 크기가 동일하더라도 열소비량은 저층·열량계 미설치 세대인 A가 가장 높고 다음으로 고층·열량계 미설치 세대 B, 그리고 저층·

〈표 4〉 세대간 소비비율

구분		저·고층 건물간 비율		열량계 유·무간 비율		D/A
		B/A	D/C	C/A	D/B	
계약면적	84m <sup>2</sup>	92.0	91.0	89.6	88.7	81.5
	112m <sup>2</sup>	91.1	90.1	88.8	87.7	80.0
	140m <sup>2</sup>	90.8	89.5	88.2	86.9	78.9
	168m <sup>2</sup>	90.4	89.1	87.7	86.4	78.1
평균		91.1	89.9	88.6	87.4	79.6

열량계가 있는 세대 C, 끝으로 고층·열량계가 있는 세대 D 순서로 감소한다. 또한 계약면적이 1m<sup>2</sup>씩 증가할 경우, 단위면적당 소비증가도 위의 순서와 동일하게 A가 0.147Gcal로 제일 높게 나타나고 다음으로 세대 B가 0.130, 세대 C는 0.125, 끝으로 세대 D는 0.108Gcal로 나타난다.

〈표 4〉는 저·고층 건물과 열량계 유·무에 따른 세대간 소비비율을 제시하고 있다.

〈표 4〉에서 B/A는 열량계 미설치세대의 저·고층 건물간 소비비율을 제시하며, 반면 D/C는 열량계 설치세대의 저·고층간 비율을 제시한다. 두 경우 모두 계약면적이 증가할수록 감소하는데, 열량계 설치세대의 경우가 좀더 낮게 나타난다. 따라서 건물고층화에 따른 공동사용량에 분담감소율은 열량계가 있고 아파트 면적이 클수록 높게 나타나는 것을 볼 수 있다. 또한 C/A는 저층건물에서, 그리고 D/B는 고층건물에서의 열량계 유·무에 따른 소비비율을 제시하고 있다. 두 비율 역시 모두 계약면적이 증가할수록 감소하는데, 이 경우 고층인 경우가 좀더 낮게 나타난다. 그러므로 열량계설치에 따른 소비감소, 즉 절약효과는 아파트가 클수록 그리고 건물이 고층일수록 높게 나타나는 것으로 분석된다.

한편 D/A는 저층·열량계 미설치세대와 고층·열량계 설치세대 간의 소비비율로서 평균적으로 약 79.6%를 보인다. 이렇게 주거특성에 따라 소비량에서 큰

〈표 5〉 분담감소 및 소비절약 효과

구 분		분담감소효과		소비절약효과	
		소비량(Gcal)	난방비(천원)	소비량(Gcal)	난방비(천원)
계 약 면 적	84m <sup>2</sup>	1.45	54.5	1.86	70.0
	112m <sup>2</sup>	1.93	72.7	2.48	93.4
	140m <sup>2</sup>	2.41	90.9	3.10	116.7
	168m <sup>2</sup>	2.90	109.0	3.72	140.0
m <sup>2</sup> 당 평균		17.3	649	22.1	834

차이를 보이는 것은 바로 건물고층화에 따른 공동사용량에 대한 분담감소효과와 열량계 설치에 따른 절약효과가 복합적으로 작용한 결과로 해석된다.

〈표 5〉는 앞에서 살펴본 두 효과를 연간 소비량과 난방비 측면에서 산정해 제시한다.

공동사용량에 대한 저·고층 건물간 분담의 차이는 연간 열공급계약 단위면적당 열량으로는 17.3Mcal, 금액으로는 649원 정도로 나타난다. 따라서 고층건물에 계약면적이 84m<sup>2</sup>인 경우, 공동사용량에 대한 세대별 연간 분담은 소비량은 1.45Gcal, 금액은 5만 4,500원 정도가 저층에 비해 줄어든다. 계약면적이 두 배로 증가할 경우, 이에 따른 소비량과 금액은 모두 두 배로 증가하는 것으로 나타난다. 한편 열량계 설치에 따른 소비절약효과는 연간 단위면적당 사용량으로는 22.1Mcal, 금액으로는 834원 정도로 나타난다. 따라서 계약면적이 84m<sup>2</sup>인 경우, 연간 소비량은 1.86Gcal 정도 감소해 난방비가 약 7만 원 정도 줄어든다. 계약면적이 두 배로 증가할 경우, 연간 3.72Mcal의 사용량과 14만 원 정도의 난방비가 줄어드는 것으로 나타난다.

이상의 분석에서 지역난방 열소비는 주거특성에 따라 세대별로 크게 차이가 나며, 특히 아파트 건물 고층화에 따른 분담감소효과보다 열량계 설치로 인한 소비절약효과가 더 크게 나타남을 볼 수 있다.

## V. 요약 및 결론

본 연구에서는 한국지역난방공사가 공급하는 수도권 지역의 12개 아파트 단지를 대상으로 단지별 평균세대의 열소비행태를 분석하였다. 추정한 수요함수에 의하면 세대별 열사용량은 기온, 열요금 및 아파트 크기의 순으로 이들 변수들의 변화에 대해 민감하게 반응하였다. 세대별 월사용량은 서울지역의 월평균기온이 1°C 하락함에 따라 약 32.8Mcal 증가하는 반면 열사용요금이 1원 증가함에 따라 약 8.23Mcal 감소하며, 그리고 열공급 계약면적이 1m<sup>2</sup> 증가할 경우 약 4.45Mcal 증가하는 것으로 나타났다. 이에 비해 소득변화에 대한 사용량의 변화는 통계적으로 그 유의성이 낮게 나타나 이는 난방용 열에너지가 생활필수재인 것을 입증하는 것으로 해석할 수 있다.

한편 저·고층 건물에 따른 공동사용량에 대한 세대별 분담감소효과는 계약면적이 84m<sup>2</sup>인 경우, 연간 약 1.45Gcal, 금액으로는 약 5만 4,500원 정도 차이가 나는데 비해, 열량계 설치에 따른 절약효과는 이보다 높게 연간 약 1.86Gcal, 난방비로는 약 7만 원 정도로 나타난다. 그리고 계약면적이 배수로 증가할 경우 이들 효과도 배수로 증가한다.

열량계 미설치세대가 대부분 1980년대에 준공된 아파트로서 설비의 노후로 인해 이들 아파트가 재개발계획을 추진중이라 설비투자예. 매우 소극적인 자세를 보이고 있다. 하지만 세대내에 수동유량 조절밸브가 있는 경우 유량계(난방온수미터기)의 설치비용이 약 6~7만 원 정도인 것을 고려할 때,<sup>9)</sup> 열량계 미설치 단지에 이를 권유함으로써 열소비절약을 유도할 필요가 있다. 세대별 열량계가 부착되어 있지 않은 여건에서 주민들도 덩다고 창문을 열어놓는 손쉬운 방법보다 가정에 있는 조절밸브를 조정함으로써 열소비를 줄이는 자세가 필요하

9) 유량조절밸브가 아래층 세대의 부엌 또는 화장실 천장 상단에 있는 경우는 시공의 어려움으로 인해 설치비용이 약 20만 원 정도로 추정된다(한국지역난방공사).

지역난방의 주택용 열소비행태 분석

다. 이것이 주민 자신들의 부담을 줄이는 것도 되고 나아가 국가적인 에너지낭비를 줄이는 길이다.

한편 본 연구에서는 수요함수를 설정하는 과정에서 급탕열에 대한 수요를 모형화하지 못하였고, 그리고 세대별 개별 자료가 아니라 아파트 단지별 집단자료를 사용해 평균세대의 주거특성별 소비행태를 분석하고자 한 것이 본 연구의 한계점으로 지적된다. 그러나 저·고층 건물간 부담감소효과와 열량계 설치에 의한 절약효과의 크기를 계량적으로 추정하여 제시한 점에 본 연구의 의의가 있으며, 연구 결과는 정부의 에너지 절약정책의 평가시 그 기초자료로 활용할 수 있을 것으로 기대된다.

〈부 록〉

〈부표 1〉 월별 수요량 및 난방비(계약면적 : 84m<sup>2</sup>)

월별	수요량(㎾h)				난방비(원)			
	A	B	C	D	A	B	C	D
1	2,839	2,718	2,684	2,563	118,148	113,315	111,945	107,112
2	2,694	2,574	2,539	2,419	112,356	107,524	106,153	101,320
3	2,106	1,985	1,951	1,830	84,781	80,178	78,873	74,270
4	1,456	1,335	1,301	1,180	60,020	55,417	54,111	49,508
5	997	876	841	721	42,511	37,908	36,603	32,000
6	572	452	417	297	24,170	20,027	18,852	14,709
7	287	166	132	11	14,370	10,227	9,052	4,909
8	287	166	132	11	14,374	10,231	9,056	4,913
9	637	516	482	361	28,809	24,206	22,901	18,298
10	1,324	1,203	1,169	1,048	54,990	50,387	49,082	44,479
11	1,994	1,873	1,839	1,718	80,538	75,935	74,629	70,026
12	2,741	2,620	2,586	2,456	114,215	109,382	108,012	103,179
합계	17,934	16,485	16,074	14,624	749,284	694,737	679,269	624,722

김진형

〈부표 2〉 월별 수요량 및 난방비(계약면적 : 112m<sup>2</sup>)

월별	사용량(Mcal)				난방비(원)			
	A	B	C	D	A	B	C	D
1	3,182	3,021	2,975	2,814	133,380	126,937	125,109	118,666
2	3,037	2,876	2,831	2,670	127,589	121,145	119,318	112,874
3	2,448	2,287	2,242	2,081	99,361	93,224	91,483	85,346
4	1,799	1,638	1,592	1,431	74,600	68,462	66,722	60,585
5	1,339	1,178	1,133	972	57,091	50,954	49,214	43,076
6	915	754	709	548	37,445	31,921	30,354	24,830
7	630	469	423	262	27,645	22,121	20,554	15,030
8	630	469	423	262	24,649	22,125	20,558	15,034
9	980	819	773	612	43,389	37,252	35,511	29,374
10	1,667	1,506	1,460	1,299	69,570	63,433	61,693	55,555
11	2,337	2,176	2,130	1,969	95,118	88,980	87,240	81,103
12	3,084	2,923	2,877	2,716	129,448	123,004	121,177	114,733
합계	22,049	20,117	19,569	17,636	922,286	849,557	828,933	756,205

〈부표 3〉 월별 수요량 및 난방비(계약면적 : 140m<sup>2</sup>)

월별	사용량(Mcal)				난방비(원)			
	A	B	C	D	A	B	C	D
1	3,525	3,324	3,267	3,065	148,613	140,558	138,274	130,220
2	3,380	3,179	3,122	2,921	142,822	134,767	132,483	124,428
3	2,791	2,590	2,533	2,332	113,941	106,269	104,094	96,422
4	2,142	1,940	1,883	1,682	89,180	81,508	79,333	71,661
5	1,682	1,481	1,424	1,223	71,671	64,000	61,824	54,153
6	1,258	1,057	1,000	799	50,720	43,815	41,856	34,951
7	973	771	714	513	40,920	34,014	32,056	25,151
8	973	771	714	513	40,924	34,018	32,060	25,155
9	1,323	1,122	1,064	863	57,969	50,297	48,122	40,450
10	2,010	1,808	1,751	1,550	84,150	76,479	74,303	66,631
11	2,680	2,479	2,422	2,220	109,698	102,026	99,851	92,179
12	3,427	3,225	3,168	2,967	144,680	136,625	134,341	126,287
합계	26,164	23,748	23,064	20,648	1,095,289	1,004,377	978,598	887,687



지역난방의 주택용 열소비행태 분석

〈부표 4〉 월별 수요량 및 난방비(계약면적 : 168m<sup>2</sup>)

월별	사용량(Mcal)				난방비(원)			
	A	B	C	D	A	B	C	D
1	3,868	3,626	3,558	3,316	163,846	154,180	151,439	141,773
2	3,723	3,482	3,413	3,172	158,054	148,388	145,648	135,982
3	3,134	2,893	2,824	2,583	128,521	119,315	116,705	107,499
4	2,485	2,243	2,175	1,933	103,760	94,554	91,943	82,737
5	2,025	1,784	1,715	1,474	86,251	77,045	74,435	65,229
6	1,601	1,360	1,291	1,050	63,995	55,708	53,359	45,072
7	1,316	1,074	1,006	764	54,195	45,908	43,558	35,272
8	1,316	1,074	1,006	764	54,199	45,912	43,562	35,276
9	1,666	1,424	1,356	1,114	72,549	63,343	60,733	51,527
10	2,353	2,111	2,043	1,801	98,730	89,524	86,914	77,708
11	3,023	2,781	2,713	2,471	124,278	115,072	112,461	103,255
12	3,770	3,528	3,460	3,218	159,913	150,247	147,506	137,841
합계	30,289	27,380	26,559	23,660	1,268,291	1,159,198	1,128,263	1,019,169

◎ 참고 문헌 ◎

1. 김병수, “우리나라 가정·산업부문의 분기별 에너지수요 추정기법에 대한 연구”, 「자원경제학회지」, 제2권 제1호, 1992. 6, pp. 31~47.
2. 김진형, “에너지 소비행태 변화에 대한 실증적 분석”, 단국대학교 논문집, 제35집, 2000, pp. 95~109.
3. 나인강, “동태적 OLS를 이용한 전력수요의 장기 탄력성 연구”, 「자원경제학회지」, 제9권 제1호, 1999. 9, pp. 48~68.
4. 나인강·서정환, “산업용 전력수요의 탄력성 분석”, 「자원·환경경제연구」, 한국자원·환경경제학회, 제9권 제2호, 2000. 6, pp. 333~347.
5. 민동기, “생활용수 수요분석”, 「자원·환경경제연구」, 한국자원·환경경제학회, 제9권 제2호, 2000. 6, pp. 311~332.

6. 정기호, “가정·상업부문 에너지수요 단기모형”, 『자원경제학회지』, 제3권 제1호, 1993. 9, pp. 199~222.
7. 에너지경제연구원, 『지역난방 열요금의 지역별 차등 적용에 관한 연구』, 2000. 7.
8. \_\_\_\_\_, 『2000년 지역난방사업자별 열요금 상한 산정에 관한 연구』, 2000. 7.
9. 한국지역난방공사, 『지역난방 공동주택 열사용실태 실증시험 결과보고서』, 1997. 8.
10. \_\_\_\_\_, 『경영통계』, 2000. 4.
11. Adkins, Lee C. and James B. Eells, “Improved Estimators of Energy Models,” *Energy Economics*, Vol. 17, No. 1, 1995, pp. 15~25.
12. Bentzen, Jan, “An Empirical Analysis of Gasoline Demand in Denmark Using Cointegration Techniques,” *Energy Economics*, Vol. 16-2, 1994, pp. 139~143.
13. Chow, Gregory, C., *Econometrics*, McGraw-Hill Co., 1983.
14. Dubin, Jeffrey A. and Daniel L. McFadden, “An Econometric Analysis of Residential Electric Appliance Holdings and Consumption,” *Econometrica*, Vol. 52, No. 2, 1984, pp. 345~362.
15. Hamilton, J. D., *Time Series Analysis*, Princeton University Press, 1994.
16. Maddala, G. S., *Introduction to Econometrics*, 2nd ed., New-Jersey: Prentice-Hall, 1992.
17. Madlener, Reihard, “Econometric Analysis of Residential Energy Demand: A Survey,” *The Journal of Energy Literature*, Vol. 11-2, 1996, pp. 3~32.
18. Madlener, Reihard and Rainmund Alt, “Residential Energy Demand Analysis: An Empirical Application of the Closure Test Principle,” *Empirical Economics*, Vol. 21, 1996, pp. 203~220.

## ABSTRACT

---

### An Analysis of Consumption Patterns in Residential Sector of District Heating

---

Jin Hyung Kim

The use of district heating is **expanding** very rapidly in Korea. High population densities and the relatively cold winters make district heating an economically attractive option. About 8 percent of Korean houses are already using district heating and the government is seeking to aggressively expand this number. It has set a target of 15 percent of the residential heat market to be met by district heating in the year 2001.

The main purpose of this paper is to analyze the consumption behavior of households using district heating. By pooling time-series and cross-sectional data for 12 apartment complexes in Seoul area, a single demand function is estimated and used to forecast the amounts of heat demanded by the individual households. The results shows that the level of consumption varies among households, depending on the non-economic factors such as the installation of individual metering equipment and the volume of apartment building.

When individual metering equipment is installed, the level of annual heat consumption per household declines, on average, about 22.1 Mcal per square meters, which is equivalent to 834 won per square meter in terms of heating expenditures. In case that the apartment building was built in more than 6 stories, annual consumption level reduces additionally about 17.3 Mcal per square meters and, thus, save the expenditures by 649 Won per square meters, compared to the opposite case.