

# 공동주택의 열사용량원단위 산정에 관한 연구

## A Study on the Calculation of Thermal Consumption Unit of Apartment

이왕제(Wang-Je Lee)<sup>1</sup>, 강은철(Eun-Chul Kang)<sup>2</sup>, 이의준(Euy-Joon Lee)<sup>2</sup>, 신우철(U-Cheul Shin)<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup>한국에너지기술연구원, <sup>2</sup>한국에너지기술연구원, <sup>3</sup>대전대학교 건축공학과

<sup>1</sup>Solar Thermal Laboratory, Korea Institute of Energy Research, Daejeon 305-343, Korea

<sup>2</sup>Thermal Energy Conversion Laboratory, Korea Institute of Energy Research, Daejeon 305-343, Korea

<sup>3</sup>Department of Architectura Engineering, Daejeon University, Daejeon 300-716, Korea

(Received May 26, 2014; revision received July 1, 2014; Accepted: July 2, 2014)

**Abstract** Energy consumption unit in a building is classified according to uses of electricity, gas, and oil, and it has been studied steadily as a material for establishing policy standards for energy saving in buildings. Meanwhile, consumption unit in apartment house can be calculated differently according to its survey method and area standard. Therefore, with the necessity of reestablishing energy consumption unit, this study has researched thermal energy consumption, Supply dwelling area · Exclusive dwelling area, completion year and housing type of 23,791 households of 31 complex in Daejeon. As a result, (1) there was about 20% difference between supply and exclusive dwelling areas. (2) On the basis of exclusive dwelling area, thermal energy consumption unit was calculated as 104.9 kWh/m<sup>2</sup> · a in 2010, 104.6 kWh/m<sup>2</sup> · a in 2011, and 107.7 kWh/m<sup>2</sup> · a in 2012.

**Key words** District heating(지역난방), Energy consumption(에너지사용량), Energy consumption Unit(에너지원단위), Supply dwelling area(공급면적), Exclusive dwelling area(전용면적)

† Corresponding author, E-mail: Shinuc@dju.ac.kr

### 1. 서 론

원단위는 어떤 제품 또는 용역 1단위를 산출하는데 투입된 재화의 단위를 의미하는 것으로, 건물에서는 단위면적당 에너지사용량을 나타낸다. 건물에서의 에너지 원단위는 일반적으로 에너지원인 전기, 가스, 유류의 사용용도에 따라 분리하고 있으며<sup>(1)</sup>, 세부적으로 난방, 급탕, 냉방, 플러그, 조명, 취사 등으로 나눌 수 있다. 건물에서의 이러한 원단위는 건물에너지 절약을 위한 정책기준 및 비교를 위한 자료로 연구기관 및 대학에서 꾸준히 연구되어 왔다. 이에 많은 에너지원단위 관련 문헌이 발표되었지만 공동주택에 경우 조사방법 및 조사대상, 면적기준에 대한 언급이 없거나 모호하다는 문제점을 가지고 있다. 이런 문제점은 동일 에너지사용량을 갖는 공동주택인 경우에도 연구기관에 따라 원단위가 달라질 수 있는 것을 의미하는 것으로 에너지원단위에 대한 재정립 필요성이 요구된다. 특히, 열에너지인 난방 및 급탕사용량은 전력사용량과 달리 열소요량(기기효율 포함)과 열요구량(기기효율 미포함)으로 구분할 수 있는데, 이 중 소요량은 기기효율이 포함된 사

용량으로 건물의 절약기술 적용에 따른 열사용량 상관관계를 판단하기에는 다소 어려움이 있다.

따라서 본 연구에서는 지역난방을 공급받는 대전지역 공동주택을 대상으로 열사용량(요구량)원단위를 분석하였다. 이를 바탕으로 공동주택 에너지원단위 산정시 발생할 수 있는 문제점과 더불어 원단위 재정립을 위한 기초자료를 제공하는데 연구목적이 있다.

### 2. 연구동향

기존 공동주택의 난방 및 급탕원단위를 분석한 연구동향을 살펴보면 Jung et al.<sup>(2)</sup>은 단열수준이 다른 일산지구 4개 단지를 대상으로 난방원단위를 유량과 공급·회수온도를 측정하여 33.5~94.7 kWh/m<sup>2</sup> · a로 분석하였으나, 면적기준에 대한 정확한 언급이 없었다. Park et al.<sup>(3)</sup>은 공동주택관리정보시스템을 이용하여 서울 강남구의 78개 단지를 조사한 결과 난방원단위를 98 kWh/m<sup>2</sup> · a로 분석하였다. 하지만 공동주택관리시스템은 공동주택관리자가 직접 사용금액을 입력하는 방식으로 열사용량을 분석하기에는 정확성이 떨어지는 것

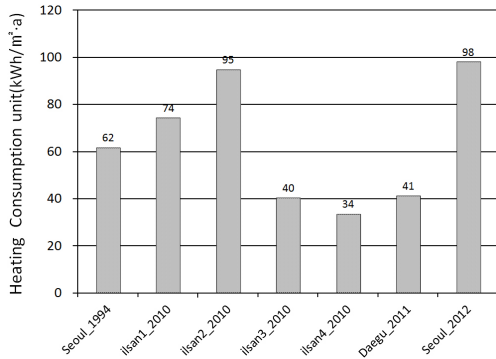


Fig. 1 Heating consumption of literature review.

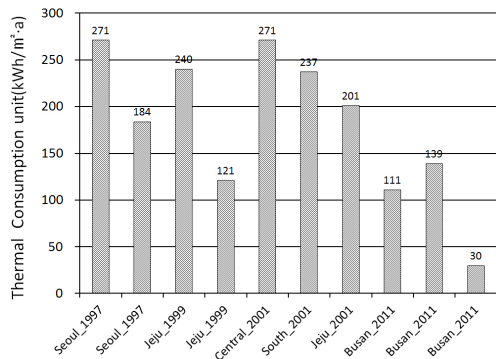


Fig. 2 Heating+DHW consumption of literature review.

으로 나타났다. Ahn et al.<sup>(1)</sup>은 아파트 관리사무소를 방문하여 관련 자료를 수집하고 설문지를 통해 필요한 사항을 아파트 관리자가 직접 작성하는 방식으로 서울 및 서울근교의 828단지(828세대)를 조사한 결과, 전용면적기준 열사용량원단위를 중앙난방에 경우 270.9 kWh/m<sup>2</sup>·a, 지역난방에 경우 183.7 kWh/m<sup>2</sup>·a로 분석하였다. Hong et al.<sup>(4)</sup>은 중부지역, 남부지역, 제주지역의 대도시를 중심으로 Ahn 등과 동일한 방법으로 조사한 결과 전용면적기준 열사용량원단위는 중앙난방에 경우 중부지역은 270.9 kWh/m<sup>2</sup>·a, 남부지역은 237.2 kWh/m<sup>2</sup>·a 제주지역은 201 kWh/m<sup>2</sup>·a로 분석하였다. 이처럼 기존 문헌들의 난방 및 열사용량 조사방법은 대부분 관리자가 직접 기입(설문지)하는 방식과 공동주택관리정보시스템을 이용한 방식으로 정확한 열사용량을 측정하기에는 다소 무리가 있으며, 열량계를 이용하여 분석한 문헌의 경우에는 원단위 산정 시 면적구분에 대한 언급이 없거나 모호한 것으로 나타났다. 또한, 에너지관리공단의 ‘에너지총조사 보고서<sup>(5)</sup>’의 공동주택 열에너지원단위에서는 연면적(전용면적)기준 2004년에는 140 kWh/m<sup>2</sup>·a, 2007년에는 121 kWh/m<sup>2</sup>·a, 2010년에는 111 kWh/m<sup>2</sup>·a로 나타났고, 난방면적기준 원단위는 2004년에는 121 kWh/m<sup>2</sup>·a, 2007년에는 126 kWh/m<sup>2</sup>·a, 2010년에는 121 kWh/m<sup>2</sup>·a로 조사하였다. 하지만 “에너지

총조사보고서”의 경우 원단위 조사방법 및 열원형태 등에 대한 자세한 내용은 찾아 볼 수 없다. Fig. 1과 Fig. 2는 기존문헌의 난방 및 급탕원단위를 비교한 것이다.<sup>(1-4, 7-9)</sup>

### 3. 공동주택 분석대상 및 방법

#### 3.1 분석대상

대전지역 공동주택의 열사용량을 분석하기 위해 지역난방에서 열원을 공급받는 31개단지 23,791세대의 열사용량을 조사하였다. 조사대상 공동주택의 개요를 살펴보면 단지 평균 세대수는 767세대이며, 준공년도는 1998년이다. 31개 단지의 평균 공급면적과 전용면적은 각각 120 m<sup>2</sup>, 97 m<sup>2</sup>로 Table 1과 같다.<sup>(6)</sup>

Table 1 Summary of apartment

Item	Total Households	Year Built	Orientation	Supply dwelling area(m <sup>2</sup> )	Exclusive dwelling area(m <sup>2</sup> )
A_APT	1,206	1999	SW	126	102
B_APT	666	2006	SW	115	92
C_APT	684	2006	SW	122	98
D_APT	535	2006	SW	122	92
E_APT	498	2006	SW	111	84
F_APT	922	2006	SW	114	91
G_APT	703	2006	SW	127	94
H_APT	493	2007	SW	139	103
I_APT	426	2007	SW	135	101
J_APT	357	2008	SW	136	107
K_APT	1,001	2008	SW	130	99
L_APT	324	2008	SW	176	141
M_APT	464	2007	SW	139	109
N_APT	1,230	1994	S	95	77
O_APT	660	1993	S	130	109
P_APT	730	1992	S	119	99
Q_APT	730	1992	S	119	99
R_APT	1,632	1992	S	141	121
S_APT	1,166	1993	S	134	113
T_APT	1,380	1991	S	74	56
U_APT	1,074	1992	S	99	81
V_APT	560	1992	S	131	111
W_APT	562	1992	S	129	110
X_APT	450	1992	S	130	108
Y_APT	666	1992	S	112	93
Z_APT	672	1992	S	110	91
AA_APT	980	1991	S	116	98
AB_APT	980	1994	S	100	81
AC_APT	894	1994	S	106	84
AD_APT	540	1994	S	94	76
AE_APT	606	1994	S	98	80

Table 2 Summary of measuring equipment

Item	Contents
Element	Heating, DWH
Method	Data collection using the main pipe Calorimeter
Period	2010. 01. 01~2012. 12. 31
Equipment	FP-93 Calorimeter
tolerance	±0.1%

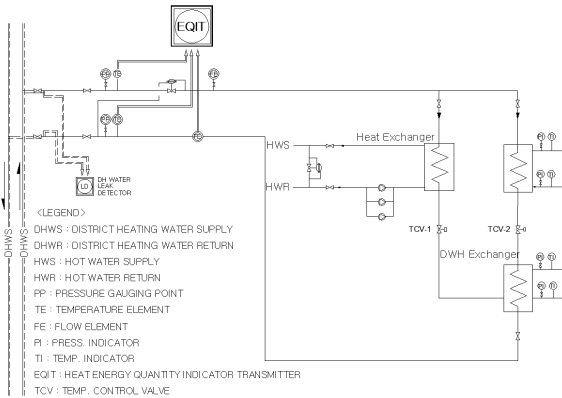


Fig. 3 Heating+DWH consumption diagram and measurement point of calorimeter.

### 3.2 열사용량 측정 및 분석방법

공동주택의 열사용량 측정방법은 단지별 메인배관에 설치된 열량계를 이용하였다. 이 때, 측정된 열량은 배관손실은 포함되어 있지만 기기효율은 포함되지 않은 순수 단지 내 사용된 열량으로 열요구량과 일치한다. Table 2는 측정장비의 개요 및 측정방법을 정리한 것으로 오차율 ±0.1% 갖는 Spirax sarco사의 FP-93 열량계이다. 조사기간은 2010년 1월부터 2012년 12월까지의 3년간 일별, 시간별 데이터로 (주)대전열병합발전의 협조를 통해 이루어졌다. 열사용량 측정위치는 Fig. 3의 EQUIT(Heat Energy Quantity Indicator Transmitter) 지점이다.

## 4. 열사용량 분석

### 4.1 공동주택 에너지 원단위 기준면적

공동주택의 면적은 공급면적, 전용면적, 주거공용면적, 서비스면적 등으로 Fig. 4와 같이 구분된다. Fig. 5는 조사된 31개 단지의 공급면적 대비 전용면적 비(전용율)를 나타낸 것으로, 식(1)과 같이 계산할 수 있다. 31개 단지 중 전용율이 가장 높은 R단지는 85.8%이고, 가장 낮은 G단지는 73.8%로 나타났다. 총 조사대상 공동

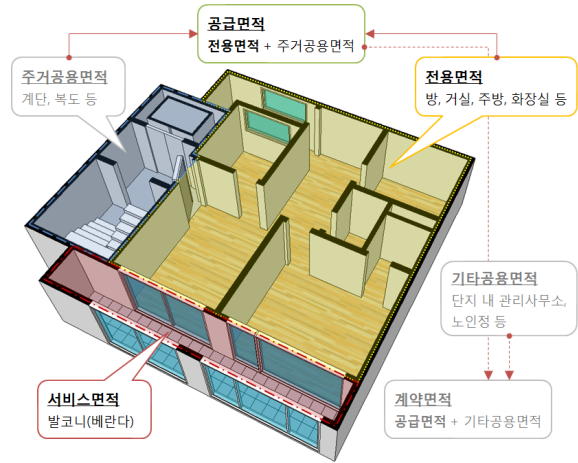


Fig. 4 Area standard of apartment.

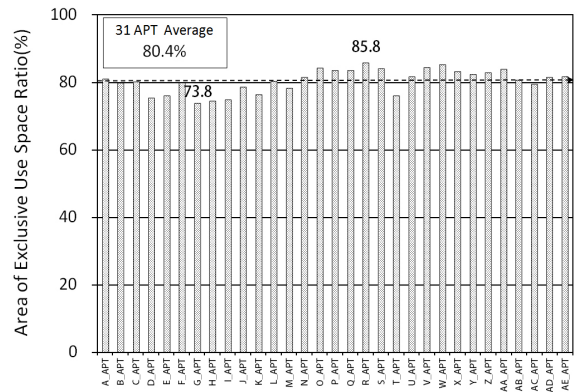


Fig. 5 Exclusive dwelling area ratio of apartment.

주택의 평균 공급면적과 전용면적은 각각 120 m<sup>2</sup>와 97 m<sup>2</sup>로 31개 단지의 평균 전용율은 80.4%로 분석되었다. 이는 공동주택에서 원단위 산정 시 면적기준에 따라 약 20% 이상 차이가 나타날 수 있는 것을 의미하는 것으로, 면적기준에 대한 확실한 설정이 있어야 할 것으로 판단된다.

$$\text{전용율} = \frac{\text{전용면적}}{\text{공급면적}} \times 100 \quad (1)$$

Fig. 6은 단지별 평균세대면적(공급면적)에 따른 전용율을 나타낸 것으로 평균 세대면적이 커질수록 전용율이 증가하는 것으로 나타났다. 이는 주거공용면적인 계단 및 복도, 동 출입구 등은 단지마다 큰 차이가 없어, 세대면적이 커질수록 상대적으로 주거공용면적이 차지하는 비율이 감소하기 때문인 것으로 판단된다. 또한, 준공년도에 따른 전용율을 보면 90년대 공동주택이 2005년 이후에 준공된 공동주택보다 비슷한 면적에서 전용율이 상대적으로 높은 것으로 나타났다.

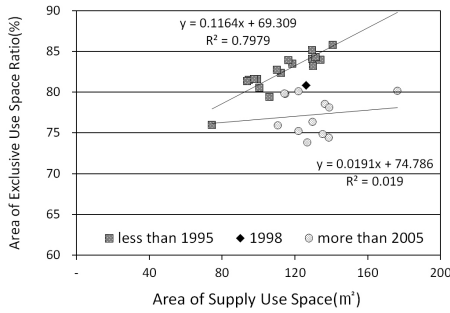


Fig. 6 Exclusive dwelling area ratio according to year built.

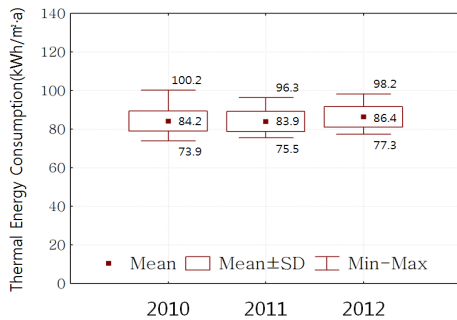


Fig. 7 Annual average to Thermal consumption unit (Supply dwelling area).

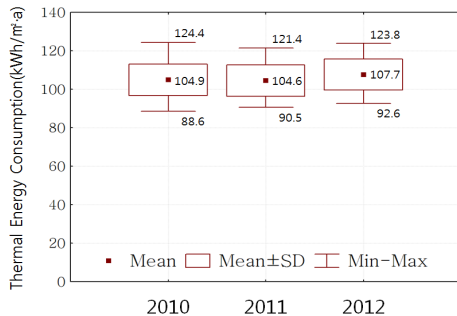


Fig. 8 Annual average to Thermal consumption unit (Exclusive dwelling area).

#### 4.2 면적기준에 따른 연도별 원단위 분석

Fig. 7과 Fig. 8은 조사대상 31개 단지의 공급/전용면적 기준 원단위를 연도별 표준편차를 이용하여 나타낸 것이다. 공급면적 기준 원단위를 보면 2010년 84.2 kWh/m<sup>2</sup>·a, 2011년 83.9 kWh/m<sup>2</sup>·a, 2012년 86.4 kWh/m<sup>2</sup>·a로 나타났다. 전용면적 기준 원단위는 2010년 104.9 kWh/m<sup>2</sup>·a, 2011년 104.6 kWh/m<sup>2</sup>·a, 2012년 107.7 kWh/m<sup>2</sup>·a로 연도별 열사용량원단위는 큰 차이가 나지 않는 것으로 분석되었다. 공급/전용 면적기준에 따른 열사용량원단위를 비교한 결과 면적기준에 따라 본고에서 예측한 바와 같이 약 20% 차이가 나타났다.

#### 4.3 전용면적 기준 열사용량원단위

세대평균 열사용량 및 원단위는 2012년 자료를 바탕으로 분석하였다. Fig. 9는 세대평균 열사용량을 나타낸 것으로 L단지가 가장 많은 14,047 kWh/세대·a, T단지가 가장 적은 6,385 kWh/세대·a로 약 2.2배 차이를 보였다. 세대 열사용량 경우 세대면적에 따라 비례적으로 증가하는 것으로 나타났다.

Fig. 10과 Fig. 11은 공급/전용 면적기준에 따른 열사용량원단위를 나타낸 것으로 세대면적이 증가할수록 원단위는 감소하는 것으로 나타났다. 공급/전용 면적기준에 따른 열사용량원단위를 비교해 보면, 공급면적기준 원단위 분석 시에는 세대면적에 따른 표준편차가 상대적으로 작고, 전용면적기준 원단위 분석 시에는 세대면적에 따른 원단위의 상관관계가 높은 것으로 분석되었다. 또한, 준공년도에 따른 원단위를 보면 상대적으로 단열기준이 강화된 2005년 이후 준공된 공동주택 열사용량원단위가 90년대에 준공된 공동주택보다 비슷하거나 오히려 높은 것으로 나타났다.

공동주택 열사용량에 영향을 주는 원인을 알아보기 위해 단지별 세대라인(동수, 층고, 총세대수)을 Table 3과 같이 조사하였다. 중간층중간세대를 제외한 나머지 세대는 층벽세대(최상/최하/층벽)로 분류한 결과 중간층중간세대 비율이 가장 높은 단지는 Z단지로 72.9%, 가장 낮은 J단지는 13.4%로 나타났다. Fig. 12는 준공년도에 따른 중간층중간세대비율을 표준편차를 이용하여 나타낸 것으로, 90년대 준공된 공동주택 중간층중간세대 비율은 평균 62.5%, 2005년 이후 준공된 공동주택 비율은 평균 22.9%로 나타났다. 90년대 준공된 공동주택보다 단열기준이 강화된 2005년의 이후 공동주택 열사용량이 상대적으로 높은 원인은 단지 전체 세대 중 난방에너지 측면에서 취약한 층벽세대의 비율이 월등히 증가했기 때문인 것으로 판단된다.

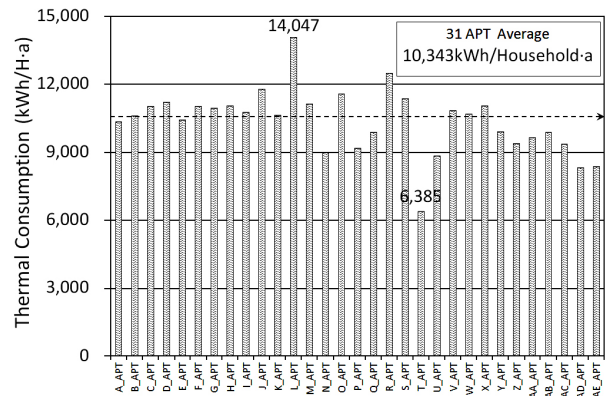


Fig. 9 Thermal consumption of apartment.

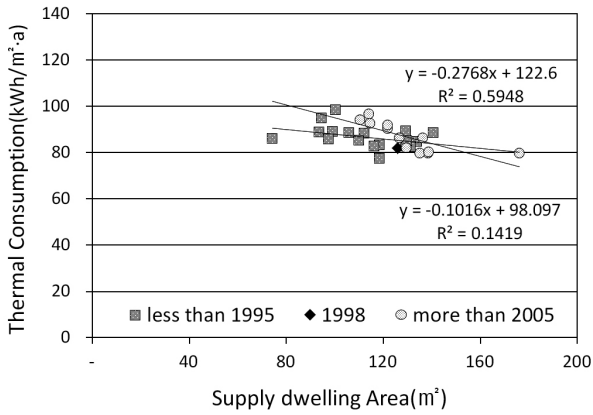


Fig. 10 Thermal consumption unit according to supply dwelling area.

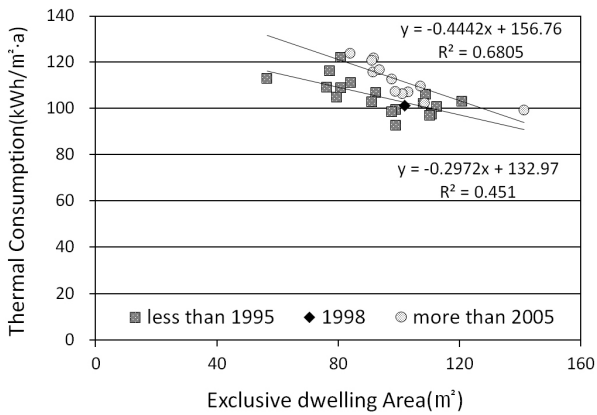


Fig. 11 Thermal consumption unit according to exclusive dwelling area.

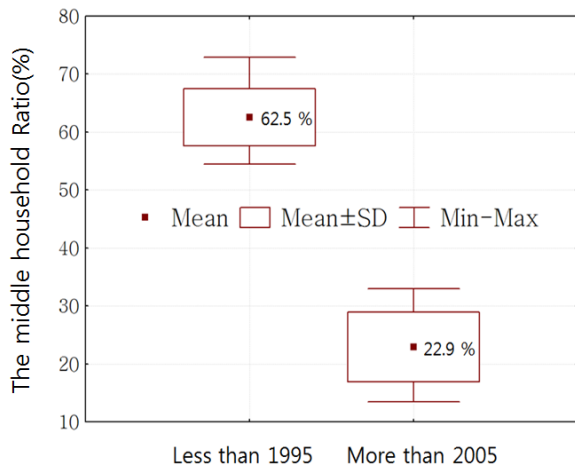


Fig. 12 Middle household ratio of apartment.

Table 3 Characteristics of apartment

Item	Block	Number of stories	Total Household	Middle household ratio(%)
A_APT	15	15	1,206	59.1
B_APT	13	25	666	30.2
C_APT	13	25	684	33.0
D_APT	11	24	535	16.6
E_APT	10	24	498	15.1
F_APT	16	25	922	25.9
G_APT	13	25	703	28.3
H_APT	11	25	493	20.2
I_APT	10	25	426	21.7
J_APT	10	22	357	13.4
K_APT	16	22	1,001	25.1
L_APT	8	15	324	21.2
M_APT	11	15	464	24.2
N_APT	12	15	1,230	66.0
O_APT	8	15	660	59.4
P_APT	10	15	730	54.5
Q_APT	10	15	730	54.5
R_APT	20	15	1,632	59.9
S_APT	15	15	1,166	59.7
T_APT	12	15	1,380	62.3
U_APT	13	15	1,074	61.1
V_APT	5	14	560	69.6
W_APT	6	15	562	63.8
X_APT	4	15	450	62.2
Y_APT	6	15	666	68.8
Z_APT	5	15	672	72.9
AA_APT	10	15	980	66.9
AB_APT	11	15	980	64.3
AC_APT	10	18	894	59.2
AD_APT	6	15	540	62.2
AE_APT	10	12	606	58.3

### 5. 결론

본 연구에서는 공동주택의 열사용량(난방 및 급탕) 원단위를 알아보기 위해 지역난방을 공급받는 대전지역 공동주택 31개 단지를 대상으로 분석하였으며, 그 내용은 다음과 같다.

첫째, 31개 단지의 2012년 열사용량(요구량) 원단위는 공급면적(120 m<sup>2</sup>)기준 86.4 kWh/m<sup>2</sup>·a, 전용면적(97 m<sup>2</sup>)기준 107.7 kWh/m<sup>2</sup>·a로, 면적기준에 따라 원단위 값이 약 20% 차이가 나타나는 것으로 분석되었다.

둘째, 공동주택의 열사용량원단위는 조사결과 조사방법 및 조사대상, 면적기준, 열원형태 등에 따라 그 값이 크게 차이가 나타났다. 따라서 공동주택 원단위에 산정 시 조사방법과 조사대상에 대한 정확한 언급이

필요하며, 보다 객관적인 원단위 비교·분석을 위해 열원형태 및 면적기준에 대한 정립이 필요한 것으로 사료된다.

## 후 기

본 연구는 2011년도 지식경제부의 재원으로 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다(과제번호 : 20118520010010).

## References

1. Ahn, T. K., 1997, A study on the establishment of energy usage and environmental-Load in buildings, Korea Institute of Construction Technology.
2. Chung, K. S., Kim, Y. I., and Sa, K. Y., 2010, A study on the effect of enhancement of insulation standard upon heating energy consumption in apartment housings, Journal of the Architectural Institute of Korea, Vol. 26, No. 6, pp. 357-364.
3. Park, S. H., Lee, H. J., Kwon, K. W., Lee, B. S., and Kim, Y. S., 2012, Heating energy consumption analysis of the apartment applied district heating system, Journal of the Korean Solar Energy Society, Vol. 2012, No. 3, pp. 293-298.
4. Hong, S. H., Jang, M. S., Park, H. S., and Yang, K. S., 2001, A study on the typical energy consumption of apartment, Journal of the Architectural Institute of Korea, Vol. 17, No. 12, pp. 151-160.
5. Energy Consumption Survey(2005, 2008, 2011), Ministry of Knowledge Economy.
6. Lee, W. J., 2013, Study on the energy consumption unit estimation of apartments in Daejeon area, MS thesis, Daejeon University, Daejeon, Korea.
7. Jeon, S. G., 1997, District heating system apartment heat consumption empirical test, KARSE, Vol. 14, No. 10.
8. Kang, J. S., Lee, S. E., and Ahn, T. K., 1995, A study on characteristics of energy consumption in apartment buildings, Journal of the architectural institute of Korea, Vol. 11, No. 9, pp. 139-148.
9. Park, H. S., 2003, Energy consumption values in buildings, KARSE, Vol. 20, No. 11, pp. 47-58.