

지역난방 공동주택의 에너지원별 원단위 사례분석

Case Study on the Energy Consumption Unit of District Apartments

이왕제(Wang-Je Lee)¹, 강은철(Eun-Chul Kang)², 이의준(Euy-Joon Lee)²,
오병철(Byung-Chil Oh)³, 신우철(U-Cheul Shin)^{4†}

¹한국에너지기술연구원, ²한국에너지기술연구원, ³신한대학교 공간디자인전공, ⁴대전대학교 건축공학과

¹Solar Thermal Laboratory, Korea Institute of Energy Research, Daejeon 305-343, Korea

²Thermal Energy Conversion Laboratory, Korea Institute of Energy Research, Daejeon 305-343, Korea

³School of Design, Space Design Major, Shinhan University, Uijeongbu 480-701, Korea

⁴Department of Architectura Engineering, Daejeon University, Daejeon 300-716, Korea

(Received July 28, 2014; revision received August 22, 2014; Accepted: August 25, 2014)

Abstract This study investigated the total energy consumption and the energy consumption by type of 31 apartment complexes in Daejeon. The energy is supplied to the apartments from district heating, and can be divided into hot water, electricity, and gas. Hot water is used in for space heating and for domestic hot water (DHW), and electricity is used for plugs, cooling, ventilation, and public utilities (street lights, pumps, elevators, etc.). All gas supplied from district heating is used for cooking. As a result, the consumption unit of each energy source of independent dwelling areas was calculated to be 103.7 kWh/m² · a (15,692 kWh/H · a) for thermal energy, 48.0 kWh/m² · a (4,646 kWh/H · a) for electricity, and 10.5 kWh/m² · a (1,015 kWh/H · a) for gas, so the entire consumption was calculated to be 162.3 kWh/m² · a (15,692 kWh/H · a).

Key words District heating apartment(지역난방 공동주택), Energy consumption(에너지사용량), Energy source(에너지원), Energy consumption Unit(에너지원단위), Thermal(열), Electricity(전기), Gas(가스), Exclusive dwelling area(전용면적)

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

1. 서 론

2010년 11월 기준 우리나라 주택은 13,884천호로 2005년 12,495천호에 비해 10% 이상 증가하였으며, 이 중 공동주택(아파트)은 2010년 8,185천호로 전체 주택의 59%를 차지하는 것으로 조사되었다.⁽¹⁾ 이처럼 공동주택이 우리나라의 대표 주거형태로 자리잡으면서 최근의 국가건물에너지 정책을 보면 공동주택을 대상으로 하는 에너지 감축정책들이 발표되고 있다. 국토부가 개정·고시한 '친환경주택의 건설기준 및 성능'⁽²⁾에서는 친환경주택의 성능기준을 총 에너지 절감률 또는 이산화탄소저감률을 바탕으로 평가하고 있다. 특히 신축 공동주택의 경우 에너지 의무절감률을 전용면적에 따라 25%~30% 이상 절감하도록 설계기준을 강화하였다. 또한, 국토부와 산자부가 개정·고시한 '건축물 에너지효율등급 인증에 관한 규칙'⁽³⁾에서는 단위면적당(m²) 1차 에너지 원단위를 10단계로 분리하여 등급제를 실시하고 있다.

이러한 정부정책과 맞물려 저에너지 공동주택을 위해 건설사와 연구소, 대학 등에서는 에너지 사용량 및 원단위에 관한 연구를 꾸준히 하고 있지만 기존 공동주택의 에너지원단위는 조사방법 및 조사기간, 면적기준에 대한 정확한 언급이 없거나 모호하여 각 조사기관마다 원단위가 매우 상이하게 나타나고 있다.⁽⁴⁾ 공동주택의 정확한 에너지원단위 부재는 공동주택 에너지정책의 수립 및 평가 등에 대한 신뢰성과 타당성을 저하시킬 수 있다.

따라서 본 연구에서는 정부의 에너지정책 수립 및 에너지절약적 설계를 위한 기초자료를 제공하기 위해 대전지역 공동주택을 대상으로 에너지원(열, 전기, 가스)별 사용량 및 원단위를 분석하였다.

2. 연구동향

기존 공동주택의 에너지 사용량 및 원단위 연구동향을 살펴보면 Hong et al.⁽⁵⁾은 설문작성을 통해 공동주

택 1,055단지를 대상으로 지역별·난방방식·배치방향·세대수 등에 따른 에너지원단위 상관관계를 분석하였다. 그 결과 중부지역 지역난방 공동주택 원단위를 281.4 kWh/m²·a로 분석하였지만, 각각의 에너지원별 분석은 이루어지지 않았다. Park et al.⁽⁶⁾은 부산지역 공동주택의 전력 및 연료 원단위를 184.5 kWh/m²·a로 분석하였지만, 설문조사 방식과 더불어 에너지단위의 혼용으로 각 단위의 오차가 발생하였다. Park et al.⁽⁷⁾은 공동주택의 설계 시 고려해야 되는 주요 요소를 알아보기 위해 17개 단지를 대상으로 용도별 에너지 사용량을 조사하여 면적, 향, 층 등에 따른 상관관계를 분석하였으나, 원단위에 대한 전반적인 분석은 이루어지지 않았다. 또한, 에너지관리공단의 ‘에너지 총조사보고서’⁽⁸⁾에서는 공동주택의 연간 에너지 사용량을 15,748 kWh/세대·a로 분석하였지만, 조사대상의 평균세대면적에 대한 내용은 언급되지 않았다.

이처럼 대부분 공동주택의 에너지원단위 연구는 설문작성을 통한 조사방식으로 정확한 에너지 사용량을 측정하기에는 다소 무리가 있는 것으로 판단되며, 원단위 분석 시 조사방법과 조사대상, 면적기준에 대한 언급이 없거나 모호하다는 문제점이 있는 것으로 나타났다. 또한, 공동주택의 에너지원단위 논문은 대부분 ‘열’ 또는 ‘전력’에 대한 하나의 에너지원 분석에만 국한되어 있어, 전반적인 공동주택의 에너지원별 원단위 분석은 미비한 실정인 것으로 조사되었다.

3. 분석대상 개요 및 조사방법

3.1 분석대상 개요

공동주택의 에너지원별 원단위를 분석하기 위해 지역난방을 공급받는 대전지역 공동주택 31개 단지, 23,791세대(가스사용량 분석에서는 2개 단지, 4,774세대 추가)의 열 및 전력, 가스에 대한 에너지 사용량을 조사하였다. 조사대상 공동주택 31개 단지의 평균세대수는 767세대이며, 준공년도는 1991년부터 2008년까지이다. 단지의 평균 공급면적과 전용면적은 각각 120.2 m², 96.7 m²로 Table 1⁽⁴⁾과 같으며 이는 단지별 세대수와 면적을 고려하여 가중평균한 값이다. 향은 주향기준이다.

3.2 조사 및 분석방법

분석대상 공동주택의 에너지 사용량 조사기간은 2010년 1월부터 2012년까지 12월까지 3년간 시간별, 일별, 월별자료로 Table 2와 같다. 열사용량은 ㈜대전열병합발전, 전력사용량은 한국전력공사, 가스사용량은 ㈜충남도시가스의 자료를 통해 이루어졌다. 본 연구에서는 2011년 자료를 바탕으로 에너지원별 원단위를 분석

Table 1 Summary of apartments

Item	Total Households	Year Built	Orientation	Supply dwelling area (m ²)	Exclusive dwelling area (m ²)
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 Investigation period and data type

Item	Investigation period	Data
Thermal	2010. 01~2012. 12(3 years)	Daily
Electricity	2011. 01~2011. 12(1 years)	Hourly
Gas	2010. 01~2011. 12(2 years)	Monthly

하였으며, 에너지 단위를 kWh로 통일하기 위해 산업통상자원부 고시 에너지법 시행규칙의 ‘에너지열량 환산기준’⁽⁹⁾을 참고하였다. 본 연구는 실사용량을 기준으로 사용량 및 원단위를 분석한 후 환산계수를 적용하여 1차 에너지 사용량으로도 비교·분석을 하였으며, 에너지원단위는 전용면적을 기준으로 계산하였다.

3.3 용도별 에너지원

지역난방을 공급받는 공동주택에서 사용되는 에너지원은 열과 전기, 가스로 분류할 수 있다. Fig 1은 공동주택의 사용용도에 따른 에너지원을 정리한 것으로 열은 난방 및 급탕에 사용된다. 전기는 플러그, 냉방, 조명, 환기, 공용전기(가로등, 급수펌프, 난방 및 급탕 순환펌프, 엘리베이터 등)로 사용되며, 지역난방 공동주택의 가스사용량은 모두 취사를 위한 것이다.⁽⁴⁾

4. 공동주택 용도별 원단위 분석

4.1 열사용량 분석

Fig. 2는 공동주택 31개 단지의 난방 및 급탕에 사용된 세대별 평균 열사용량을 단지별로 나타낸 것이다.⁽¹⁰⁾ 세대평균 열사용량이 가장 많은 단지는 L단지의 13,313 kWh로, 가장 적은 T단지 6,379 kWh와는 약 2.1배 차이가 나타났다. 조사대상 전체인 31개 단지, 23,791세대의 연간 세대평균 사용량은 10,031 kWh로 분석되었다.

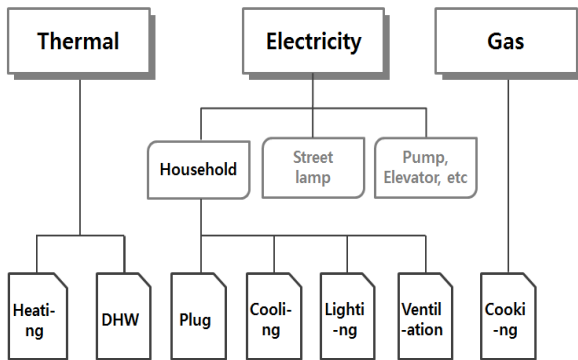


Fig. 1 Energy source of district heating apartment.

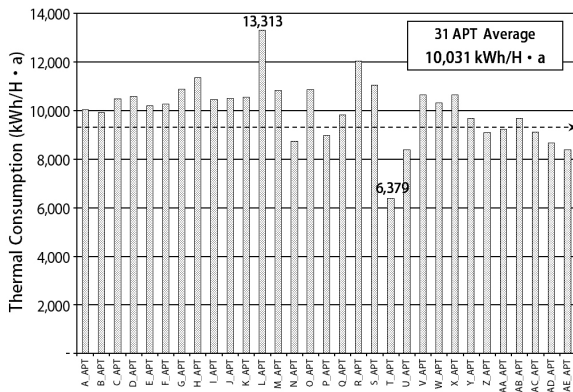


Fig. 2 Thermal consumption of apartments.

Fig. 3은 전용면적에 따른 열사용량원단위를 준공년도에 따라 2000년 이전과 2005년 이후로 구분하여 나타낸 것이다. 2005년 이후에 준공된 공동주택이 2000년 이전에 준공된 공동주택보다 열사용량원단위가 상대적으로 높게 나타나는 것으로 분석되었다. 이는 축벽세대 비율의 열사용량 증가에 기인하는 것으로 ‘5.1 단지별 총 에너지원단위 분석’에서 설명하였다. 한편 열사용량 원단위가 가장 높은 단지는 E단지의 121.4 kWh/m²·a로, 가장 낮은 P단지의 90.5 kWh/m²·a와는 약 1.3배 차이가 있는 것으로 나타났다.

4.2 전력사용량 분석

Fig. 4는 공동주택 31개 단지의 공용전기를 포함한 연간 세대별 평균 전력사용량을 단지별로 나타낸 것이다. 세대평균 전력사용량이 가장 많은 단지는 L단지의 6,327 kWh로, 가장 적은 T단지의 3,150 kWh와는 약 2배 차이가 있는 것으로 나타났다. 조사대상 전체인 31개 단지의 공용전기를 포함한 연간 세대평균 전력사용량은 4,646 kWh로 분석되었다.

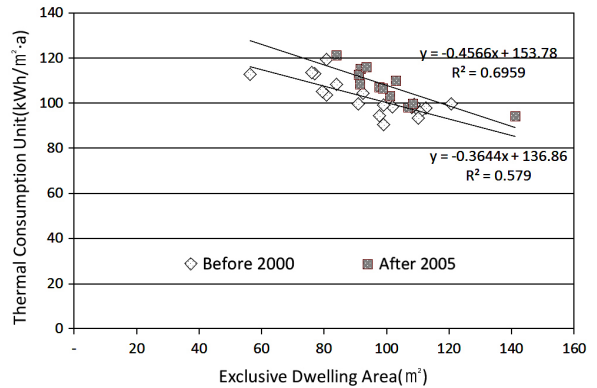


Fig. 3 Thermal consumption unit of apartments.

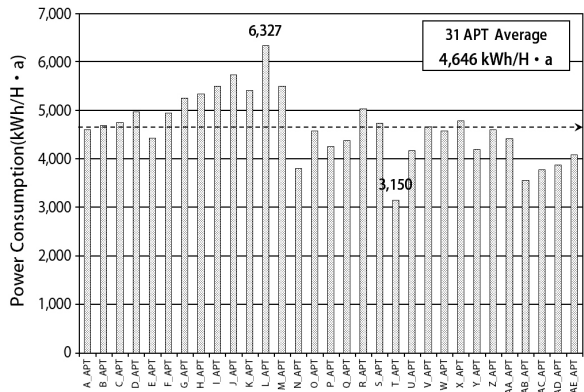


Fig. 4 Electric Power consumption of apartments.

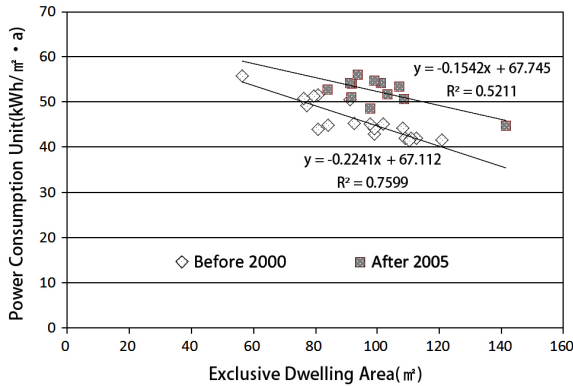


Fig. 5 Electric Power consumption unit of apartments.

Fig. 5는 전용면적에 따른 전력사용량 원단위를 준공년도에 따라 2000년 이전과 2005년 이후로 구분하여 나타낸 것이다. 열사용량원단위 분석에서와 마찬가지로 2005년 이후에 준공된 공동주택이 2000년 이전에 준공된 공동주택보다 전력사용량 원단위가 높은 것으로 나타났다. 이는 공동주택 층수가 전력사용량 증가에 기인하는 것으로 ‘5.1 단지별 총 에너지원단위 분석’에서 설명하였다. 한편 전력원단위가 가장 높은 단지는 G단지의 56.1 kWh/m²·a로, 가장 낮은 W단지의 41.5 kWh/m²·a와는 약 1.3배 차이가 있는 것으로 나타났다.

4.3 가스(취사)사용량 분석

가스사용량은 31개 조사단지 중 3개 단지와 그 외 2개 단지를(추가하여 5개 단지, 8,232세대) 대상으로 조사하였으며, 단지개요 및 사용량(m³)은 Table 3과 같다. 지역난방을 공급받는 공동주택에서 가스사용량은 모두 취사를 위한 것으로, 세대별 평균 가스사용량은 83.7 m³/세대·a이며, 가스사용량은 세대면적과 관계없이 거의 비슷한 것으로 나타났다.

Fig. 6은 에너지법 시행규칙 ‘에너지열량 환산기준’

Table 3 Summary of apartments

Item	House-holds	Year Built	Supply dwelling area (m²)	Exclusive dwelling area (m²)	Gas Consumption (m³/H·a)
O_APT	660	1993	130	109	84.0
R_APT	1,632	1992	141	121	84.6
S_APT	1,166	1993	134	113	84.8
AF_APT	816	1994	91	72	82.8
AG_APT	3,958	1994	140	114	82.1

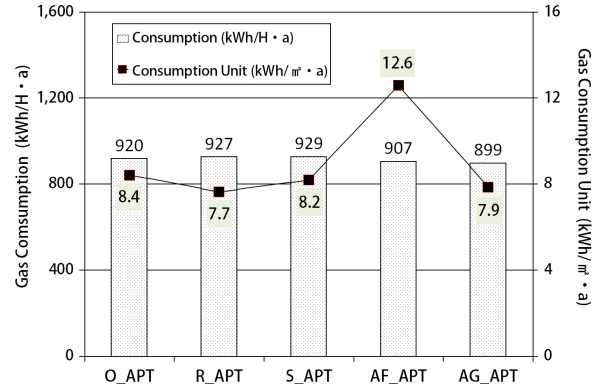


Fig. 6 Gas(cooking) consumption unit of apartment.

의 도시가스 순발열량(39.4 MJ(9,420 kcal/Nm³))을 바탕으로 가스사용량(kWh)과 가스원단위를 산정한 것이다. 5개 단지의 세대평균(전용면적 105.8m²) 가스사용량은 평균 916.4 kWh/H·a, 가스사용량원단위는 9.0 kWh/m²·a로 나타났다. AF단지의 가스사용량원단위가 다른 단지에 비해 높게 나타난 것은 Table 3에서 보는 바와 같이 세대별 가스사용량은 비슷한데 반해 세대면적이 다른 단지에 비해 작기 때문이다.

5. 총 에너지 사용량 및 원단위분석

5.1 단지별 총 에너지원단위 분석

Table 4는 대전지역 공동주택 31개 단지의 에너지원별 원단위를 나타낸 것이다. 취사사용량의 경우 31개 단지 외 2개 단지를 추가로 조사함으로써 평균 세대면적이 약간 상이하지만, 조사결과 공동주택의 가스사용량은 세대면적에 관계없이 비슷한 것으로 분석되어, 5개 단지의 평균 가스사용량(kWh/H·a)을 적용하여 31개 단지의 가스원단위를 산정하였다. 열과 전기, 가스를 포함한 공동주택의 총 에너지원단위를 보면 T단지(전용면적 56.5 m²)가 가장 많은 185.0 kWh/m²·a, P단지(전용면적 99.0 m²)가 가장 적은 142.7 kWh/m²·a로 분석되었다.

Fig. 7은 전용면적에 따른 총 에너지원단위를 준공년도에 따라 2000년 이전과 2005년 이후로 구분하여 나타낸 것으로 2005년 이후 준공된 공동주택(12개 단지)은 평균 169.2 kWh/m²·a로 2000년 이전 준공된 공동주택(19개 단지)의 평균 158.6 kWh/m²·a보다 약 6.6% 높은 것으로 분석되었다. 공동주택의 총 에너지원단위는 세대면적이 증가할수록 감소하며 전용면적과 총 에너지원단위의 상관관계는 높은 것으로 나타났다.

Table 4 Total energy consumption unit of apartments

Item	Thermal (kWh/m ² · a)	Electricity (kWh/m ² · a)	Gas (kWh/m ² · a)	Total (kWh/m ² · a)
A_APT	98.5	45.1	9.0	152.6
B_APT	108.4	51.1	10.0	169.5
C_APT	107.2	48.6	9.4	165.1
D_APT	115.2	54.1	10.0	179.3
E_APT	121.4	52.7	10.9	185.0
F_APT	112.7	54.2	10.1	177.0
G_APT	116.2	56.1	9.8	182.1
H_APT	110.1	51.7	8.9	170.7
I_APT	103.3	54.2	9.1	166.6
J_APT	98.1	53.5	8.6	160.2
K_APT	106.5	54.7	9.3	170.5
L_APT	94.2	44.8	6.5	145.4
M_APT	99.8	50.6	8.4	158.8
N_APT	113.3	49.2	11.9	174.4
O_APT	99.5	42.0	8.4	149.9
P_APT	90.5	42.9	9.3	142.7
Q_APT	99.2	44.1	9.3	152.6
R_APT	99.7	41.6	7.6	148.9
S_APT	98.0	42.0	8.1	148.1
T_APT	112.9	55.8	16.2	185.0
U_APT	103.6	51.6	11.3	166.5
V_APT	96.1	42.1	8.3	146.4
W_APT	93.4	41.5	8.3	143.3
X_APT	98.3	44.2	8.5	151.0
Y_APT	104.6	45.3	9.9	159.8
Z_APT	99.8	50.6	10.1	160.4
AA_APT	94.5	45.1	9.4	148.9
AB_APT	119.5	44.0	11.3	174.9
AC_APT	108.3	44.9	10.9	164.1
AD_APT	113.7	50.8	12.0	176.6
AE_APT	105.2	51.4	11.5	168.1

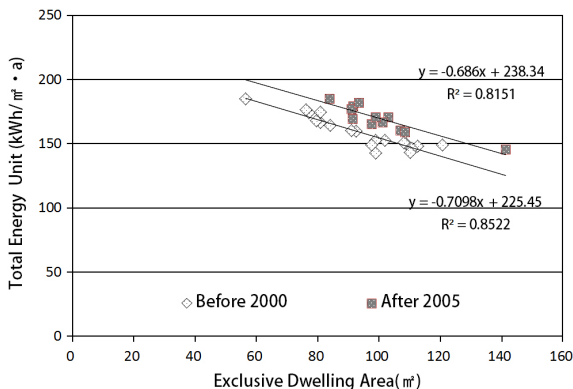


Fig. 7 Total energy consumption unit of apartments according to exclusive dwelling area.

준공년도에 따른 에너지 사용량 차이의 원인을 알아보기 위해 열손실 면이 많은 층벽세대(중간층중간세대 제외) 비율과 층수를 조사하였다. Table 5는 준공년도에 따른 공동주택의 층벽세대비율과 층수를 나타낸 것으로, 2005년 이후에 준공된 공동주택이 2000년 이전에 준공된 공동주택에 비해 층벽세대비율과 층수가 모두 높게 나타났다.

2005년 이후 준공된 공동주택은 단열(2001년 법적 단열기준 강화)기준이 강화되었음에도 불구하고 열사용량의 증가한 원인은 중간층중간세대(열손실 면수, 2면)보다 난방에너지 사용량 측면에서 불리한 층벽세대(열손실 면수, 3-4면)비율이 크게 높아졌기 때문인 것으로 판단되며, 이는 Yoon et al.⁽¹¹⁾의 공동주택 중간층중간세대보다 층벽세대의 난방부하가 최대 30% 이상 높게 분석한 결과와 부합한다. 또한, 공동주택 전력사용량의 경우에는 단지 층수가 높아짐으로써 엘리베이터 및 급수펌프 등을 운전하기 위한 공용 전력사용량이 증가했기 때문인 것으로 판단된다. Fig. 8은 준공년도에 따른 외형(전경)차이의 예시이다.

5.2 공동주택 총 에너지 사용량

대전지역 지역난방 공동주택 31개 단지의 열과 전기, 가스사용량을 포함한 세대별 총 에너지 사용량은 평균 15,593 kWh/H · a이며, 세대별 총 에너지원단위는 161.2 kWh/m² · a로 Table 6과 같다. Fig. 9는 공동주택의 에너지원별 비율을 나타낸 것으로 열사용량 64.3%, 전력 29.8%, 가스 5.9%로 나타났다.

Table 5 Characteristic apartments according to year built

Item (Average)	Before 2000	After 2005
Households	880	589
Stories	15	23
Side Household Ratio(%)	37.6 %	77.1 %



a) Before 2000 b) After 2005
Fig. 8 Apartment view according to year built.

Table 6 Consumption and Consumption unit by energy source of apartment(Secondary)

Item	Consumption (kWh)	Unit (kWh/m ² · a)	Ratio (%)
Thermal	10,031	103.7	64.3
Electricity	4,646	48.0	29.8
Gas	916	9.5	5.9
Total	15,593	161.2	100

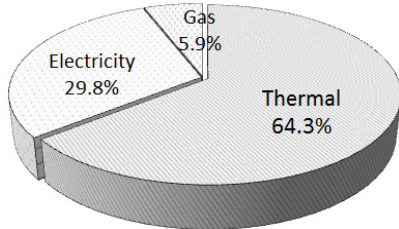


Fig. 9 Ratio of energy source of district heating apartment (Secondary).

5.2 1차 에너지 기준

공동주택의 에너지원별 실사용량을 1차 에너지로 환산하기 위해 에너지관리공단 ‘건축물에너지 효율등급 인증제도 운영규정’⁽³⁾을 참고하였으며, 에너지원별 1차 에너지 환산계수는 Table 7과 같다.

Table 8은 1차 에너지 환산계수를 적용하여 공동주택의 에너지원별 사용량 및 원단위를 나타낸 것으로 총 에너지 사용량은 21,087 kWh/H · a, 원단위는 218.1 kWh/m² · a로 나타났다. Fig. 10은 공동주택의 1차 에너지원별 비율을 나타낸 것으로 열사용량 34.6%, 전력 60.6%, 가스 4.8%로 나타났다.

Table 7 Primary Energy Factors

Item	Factor
Fuel	1.1
Electric Power	2.75
District heating	0.728
District cooling	0.937

Table 8 Consumption and Consumption unit by energy source of apartment(Primary)

Item	Consumption (kWh)	Unit (kWh/m ² · a)	Ratio (%)
Thermal	7,303	75.5	34.6
Electricity	12,777	132.1	60.6
Gas	1,008	10.4	4.8
Total	21,087	218.1	100

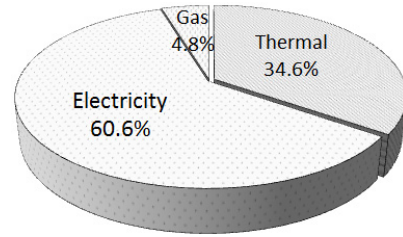


Fig. 10 Ratio of energy source of district heating apartment (Primary).

Fig. 9의 실제 에너지 사용량 비율에서는 열이 64.3%로 가장 큰 반면 1차 에너지로 환산할 경우 Fig. 10에서와 같이 전기의 비율이 60.6%로 가장 크게 나타났다. 이와 같이 실제 에너지 사용량을 1차 에너지 기준으로 환산할 경우, 난방방식(지역, 중앙, 개별)에 따라 에너지원과 그에 따른 환산계수가 달라져 에너지 사용량 값이 크게 변하게 된다. 따라서 온실가스 감축 등을 위한 거시적인 에너지사용 분석 시에는 1차 에너지로의 환산이 필요하겠으나, 에너지원별 사용량만을 비교·분석할 시에는 실제 사용량을 기준으로 평가하는 것이 보다 객관적일 것으로 판단된다.

6. 결 론

본 연구에서는 공동주택의 에너지원별 사용량 및 원단위를 알아보기 위해 지역난방을 공급받는 대전지역 공동주택 31개 단지(가스사용량 분석에는 2개 단지 추가)를 대상으로 분석하였으며, 그 내용은 다음과 같다.

첫째, 31개 단지의 세대별 평균 열사용량은 10,031 kWh/m² · a이며, 열사용량원단위는 전용면적(96.7 m²)기준 103.7 kWh/m² · a로 분석되었다.

둘째, 31개 단지의 공용전기를 포함한 세대별 평균 전력사용량은 4,646 kWh/H · a이며, 전력원단위는 48.0 kWh/m² · a로 분석되었다.

셋째, 5개 단지 8,232세대의 순발열량 기준 세대평균 가스(취사)사용량은 916.4 kWh/H · a이며, 가스(취사)원단위는 9.0 kWh/m² · a로 분석되었다.

넷째, 열사용량과 전력사용량은 세대면적에 비례하고 원단위는 세대면적에 반비례하며, 취사(가스)사용량은 세대면적에 관계없이 거의 동일한 사용량을 갖는 것으로 분석되었다.

다섯째, 대전지역 지역난방 공동주택 31개 단지의 실 사용량 기준 세대 총 에너지 사용량은 21,087 kWh/H · a, 원단위는 218.1 kWh/m² · a이고, 1차 에너지 기준 총 에너지 사용량은 21,087 kWh/H · a, 원단위는 218.1 kWh/m² · a로 분석되었다.

여섯째, 공동주택의 에너지 사용량은 난방방식에 따라 1차 에너지 환산계수가 달라지기 때문에 공동주택의

에너지 사용량을 비교·분석 할 경우 실사용량을 기준으로 평가하는 것이 보다 객관적일 것으로 사료된다.

후 기

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

References

1. Statistics Korea, 2011, Population and housing census (Household · Housing).
2. Ministry of Land, Infrastructure and Transport, 2013, Performance and construction criteria of eco-housing, 2013-594.
3. Ministry of Land, Infrastructure and Transport and Ministry of Trade, Industry and Energy, 2013, Rule on energy efficiency rating certification by building.
4. Lee, W. J., 2013, Study on the energy consumption unit estimation of apartments in Daejeon area, MS thesis, Daejeon University, Daejeon, Korea.
5. 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.
6. Park, H. J., Shin, H. S., and Lee, J. J., 2011, A study on the characteristics of energy-consumption and energy consumption unit of apartment buildings in Busan metropolitan city, Proceedings of the KIAEBS 2011 Autumn Conference, pp. 90-93.
7. Park, S. H., Lee, S. H., Park, J. C., Rhee, E. K., and Cho, K. H., 2014, A survey on energy consumption through operational level in apartment buildings, Journal of the Architectural Institute of Korea, Vol. 30, No. 2, pp. 233-240.
8. Ministry of Knowledge Economy, 2011, Energy consumption survey.
9. Ministry of Trade, Industry and Energy, 2013, Conversion standard of energy calories (Paragraph 1 of Article 5).
10. Lee, W. J., Kang, E. C., Lee, E. J., and Shin, U. C., 2014, A study on the calculation of thermal consumption unit of apartment, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 26, No. 8, pp. 388-393.
11. Yoon, S. H., Jang, H. K., and Kim, Y. T., 2009, Analysis on the characteristics of thermal load classified by the household location in apartment house, Journal of the Architectural Institute of Korea, Vol. 25, No. 10, pp. 289-296.