공동주택의 급탕부하 지속시간 및 부하 패턴에 관한 실증연구

김성민 · 정광섭^{†*} · 김영일^{*}

서울과학기술대학교 에너지환경대학원, *서울과학기술대학교 건축학부
(2012년 8월 22일 접수, 2012년 10월 30일 수정, 2012년 10월 30일 채택)

An Empirical Study of Hot Water Supply Patterns and Peak Time in Apartment Housing with District Heating System

Sung-Min Kim, Kwang-Seop Chung^{*}, Young-Il Kim^{*}

Graduate School of Energy and Environment, Seoul National University of Science and Technology

^{*}School of Architecture, Seoul National University of Science and Technology

(Received 20 August 2012, Revised 30 October 2012, Accepted 30 October 2012)

요 약

세계는 원유재고 감소와 국제 정세의 불안정으로 인해 지속적으로 상승하고 있는 유가와 화석연료 사용으로 인한 환경오염에 관심이 고조되고 있다.

국내의 경우 원유를 100% 수입하고 있으며, 사용되고 있는 에너지의 에너지원 중 97%를 수입에 의존하고 있기 때문에 유가 상승에 따른 영향은 더욱 민감하게 나타난다.

국내에 수입되고 유통되는 에너지의 97% 중 1/3 이상이 사무소나 주거용 난방, 급탕 및 취사용으로 사용되고 있다. 이에 따라 정부는 물론 산업체, 연구소 등에서 사무소 및 주거용 에너지 소비패턴으로 인한 경제적인 부담을 줄이고, 고효율 저에너지 기술개발을 통해 소비에너지를 절약함과 동시에 탄소 배출을 억제하는 신기술에 대한 연구가 활발하게 이루어지고 있다.

우리나라는 국토가 좁은 반면 인구밀도가 높고, 인구의 도시집중화로 공동주택의 주거비율이 높은 추세이기 때문에 최근 공동주택단지는 초고층화, 대형화가 되고 있으며, 이로 인해 급수·급탕에 대한 사용패턴도 변화하고 있다. 하지만 현재 급수·급탕에 대한 설계 자료는 대부분 외국의 설계 기준과 현장 경험치에 의해 산출된 데이터에 의존하고 있으며, 사용실태에 대한 기초자료가 부족한 실정이며, 이로 인해 급수·급탕 설비 설계 시 과대 또는 과소 설계가 되는 문제가 발생하고 있다.

본 연구에서는 공동주택의 공급자 측 급탕 열 공급환경과 사용자 측 열사용량을 측정하여, 급탕부하가 발생하는 시간과 사용 실태 및 패턴을 파악함으로써, 효율적인 공급자 측 급탕설비 설계와 관리를 위한 기초자료를 제시하고자 한다.

주요어 : 공동주택 급탕사용량, 급탕 열부하, 급탕 사용 시간

Abstract - The combination of space shortage and the high population density concentrated in urban areas of South Korea has resulted in the growth of large-scale high-rise residential complexes, naturally affecting water and hot water usage patterns as well. But the current designs for water and hot water supply in South Korea rely mostly on international design standards and data calculated on site due to the severe shortage of basic data in relation to actual use, which result in the frequent problem of the under-or over-design of water and hot water supply.

The following study measures the hot water supplier's conditions and the user's heat usage to realize the amount of time required for hot water supply load generation and the pattern of actual use in order to create basic

[†]To whom corresponding should be addressed.

Seoul National University of Science and Technology, Seoul
139-743, Korea
Tel : 02-8970-6561 E-mail : kschung@seoultech.ac.kr

data for effective hot water supply facility design and maintenance.

Key words : Hot water usage of the apartment, Hot water heat load, Duration of hot water usage

1. 서 론

세계 각국의 친환경에너지자원 개발과 에너지산업 구조 개편 등 환경과 에너지에 대한 국제적인 관심이 고조 되고 있는 국제적인 동향 속에서 각국의 정부는 물론 산업체, 연구소 등에서 신재생에너지 개발, 환경 공해문제, 에너지절약시스템 개발, 계절별 부하에 따른 수급 불균형 등 여러 가지 대책에 대한 연구가 이루어지고 있으며, 이러한 문제들을 경제적이고 효율적으로 해결할 수 있는 시스템 개발이 매우 활발하게 진행되고 있다.

우리나라는 원유를 100% 수입하고 있으며, 사용되고 있는 에너지의 에너지원 중 97%를 수입에 의존 있기 때문에 유가 상승에 따른 영향은 더욱 민감하게 나타난다. 이렇게 수입되고 유통되는 수입 에너지의 97% 중 1/3 이상이 사무소나 주거용 난방, 급탕 및 취사용으로 사용되고 있다. 이러한 국내의 환경에 대응하기 위해 고효율·저에너지기술개발을 통해 소비에너지를 절약하고 탄소 배출을 억제하는 신기술에 대한 연구가 활발하게 이루어지고 있다.

우리나라는 국토가 좁은 반면 인구밀도가 높고, 인구의 도시집중화로 공동주택의 주거비용이 높은 추세이다. 또한 신축되는 공동주택의 경우 건물에 개별 열 생산 시설을 설치하지 않고, 첨단 오염방지설비가 완비된 대규모 열 생산 시설에 경제적으로 생산된 열(온수)을 대단위지역에 일괄 공급하는 난방방식이며, 기존의 난방 방식에 비하여 에너지절약과 오염물질 감소 효과가 우수한 선진 난방시스템인 지역난방 열 공급방식 공동주택이 증가하는 추세이다. 최근에는 공동주택단지의 초고층화와 대형화되고 있으며, 이로 인해 급수·급탕에 대한 사용패턴도 변화하고 있다. 하지만 현재 급수·급탕에 대한 설계 자료는 대부분 외국의 설계 기준과 현장 경험치에 의해 산출된 데이터에 의존하고 있으며, 사용실태에 대한 기초자료가 부족한 실정이며, 이로 인해 급수·급탕 설비 설계 시 과대 또는 과소 설계가 되는 문제가 발생하고 있다.

본 연구에서는 공동주택의 공급자 측 급탕 열 공급 환경과 사용자측 열사용량을 측정하여, 급탕부하가 발생하는 시간과 사용 실태 및 패턴을 파악함으로써,

효율적인 공급자 측 급탕설비 설계와 관리를 위한 기초자료를 제시하고자 한다.

2. 급탕 공급 시설 설계 기준

2-1 개요

급탕 사용량은 급탕설비설계 시 가장 기초가 되는 데이터로 설계하고자 하는 대상 건축물에 설비규모를 결정하는 중요한 요소이다. 일반적으로 급탕이라고 하는 것은 냉수를 제외한 온수를 의미하며, 이 급탕량에 영향을 미치는 요소에는 평균 외기온도, 거주 세대수와 급탕 사용인원, 거주자의 특성 및 급탕 사용 습관, 급탕을 적용하는 지역의 주변 환경, 급탕 설비시설의 구조, 급탕 예상인원수와 최대 급탕사용량 등이 있다.

2-2 급탕부하 설계기준

지역난방을 사용하는 공동주택의 급탕설비시설 설계의 경우 한국지역난방공사 열사용시설기준에 의해 산정된다. 지역난방 공동주택의 열사용시설의 급탕부하는 순간가열급탕방식을 적용하며 산정기준은 다음과 같다.

$$qd = (36 + 9\sqrt{4n - 2}) \times 0.8 \times 60 \times \Delta t \quad (1)$$

여기서, qd: 급탕부하(kcal/hr), n: 세대수, : 급탕의 공급·시수 온도차(℃)

단위급탕열교환기 용량이 150 Mcal/hr 이상의 공동주택일 경우 급탕열교환기는 급탕 재열 열교환기와 급탕 예열 열교환기로 분리한 2단 열교환방식을 적용해야 한다. 급탕 재열 열교환기와 예열 열교환기의 용량배분은 1:1로 하며 전체용량의 증가 없이 용량의 5%이내에서 급탕 예열 열교환기 용량을 크게 할 수 있다. 급탕연결부하는 사업자 소정의 공급부하로서 공동주택의 경우 난방면적에 단위급탕연결부하 기준 값(15 kcal/m²·hr)을 곱하여 산정한다.

Table. 1. The design criteria of Heat-exchange equipment on the provider side

Division		Design temperature [°C]		Design pressure [bar]
		Supply	Return	
hot water Heat-exchanger	General	75	35	16
Reheating	75	55	16	
Preheating	55	35	16	

Table. 2. The subject apartment of the survey

Measurement area	Target	Area of exclusive use space [m ²]	the number of Apartments	The Capacity of hot water Heat-exchanger [Mcal/hr]	Year completed
Sangam district	A-apt.	84.84	140	444	2003
	B-apt.	104.35	108	394	2005

$$qdc = Ah \times \bar{qdc} = Ah \times 15 \quad (2)$$

여기서, qdc: 급탕연결부하(kcal/hr), Ah: 난방면적 (m², 발코니확장 난방면적 제외), : 급탕의 공급·시수 온도차(°C)

2-3 열교환설비 설계기준

공급자 측 열매체는 중온수이고, 열교환방식은 물 대 물(Water to Water) 간접방식이며, 공급자 측 열매체의 설계온도 및 설계압력은 Table 1과 같다.

2-4 급탕순환펌프

사용자측 급탕순환펌프는 부하 변동에 따른 유량 제어가 가능하도록 대수제어방식이나 회전수제어 방식을 적용하고, 펌프의 유량은 설계 급탕유량의 30~40% 기준으로 산정하며, 펌프는 급탕회수온도에 의하여 자동 운전하는 것이 바람직하

3. 측정 개요 및 방법

3-1 측정 개요

본 연구에서는 지역난방을 사용하는 공동주택의 급탕 열 공급환경과 급탕부하 패턴을 분석하기 위해 측정 대상 공동주택을 선정하고, 선정된 공동주택단지 기계실에 Fig. 1과 같이 공급자 측 공급·회수온도, 사용자 측 공급·회수온도 및 외기온도 측정을 위한 센서와 공급자 측 급탕 공급 유량 측정을 위한 유량계를 설치하여 동절기(2007.12.01~2008.02.29)데이

Fig. 1. Schematic diagram of the Machinery room and the measurement locations

터를 수집하였다. 이렇게 설치된 장비를 통해 측정·저장된 데이터를 활용하여 공급자 측 동절기 열 공급 패턴과 사용자측의 급탕열사용에 대한 사용량과 사용 패턴에 대해 분석하였다.

3-2 측정 대상 공동주택

측정 대상 공동주택은 면적과 급탕 공급방식, 준공년도를 고려하여 Table 2와 같이 서울특별시 마포구 상암지구의 2개 단지를 선정하였다. 측정 대상 공동주택은 전용면적 84.84m², 세대수 140, 2003년 준공인 A-apt.와 전용면적 104.35m², 세대수 108, 2005년에 준공된 B-apt.로 구분하였다.

Table. 3. Items of the data survey and Number of measurements

Rank	Item for measurement	Numbering of the sensor
1	Supply Hot water flow rate on the provider	F/M #1
2	Hot water supply temperature on the provider (reheating)	T/C #1
3	Hot water return temperature on the provider (reheating)	T/C #2
4	Hot water supply temperature on the provider (preheating)	T/C #6
5	Hot water return temperature on the provider (preheating)	T/C #7
6	Hot water supply temperature on the user side (reheating)	T/C #3
7	Hot water return temperature on the user side (reheating) + Hot water supply temperature on the user side (preheating)	T/C #4
8	Hot water return temperature on the user side (reheating)	T/C #5
9	Hot water supply temperature on the user side (preheating)	T/C #8
10	Cool water supply temperature on the user side	T/C #9
11	Outdoor temperature	T/C #10

Table. 4. The Capacity estimation of Heat-exchanger

Division	A-apt.	B-apt.
The Capacity of hot water Heat-exchanger [Mcal/hr]	444	394
The Capacity of hot water Heat-exchanger for reheating [Mcal/hr]	222	197
The Capacity of hot water Heat-exchanger for preheating [Mcal/hr]	222	197
Load standards [kcal/m ³ ·hr]	9.33	8.74

Table. 5. average outdoor temperature on a monthly basis(Seoul)

Division	Outdoor temperature [°C]
Dec-2007	2.3
Jan-2008	-1.1
Feb-2008	-0.6
Average	0.2

3-3 측정 장치 및 데이터 측정 위치

급탕부하 측정을 위해 각 측정 대상 공동주택 단지의 기계실에 공급자 측 유량 측정을 위한 유량계와 온도 측정을 위한 센서(Thermocouple), 그리고 측정된 데이터를 저장·전송해 주는 데이터 로거를 설치하였다. Table 3은 각 측정 대상 공동주택별 측정 지점과 센서 번호를 나타내고 있다.

유량 측정을 위한 유량계는 정확도 $\pm 0.2\%$ 인 전자식유량계를 사용하였고, 배관표면온도와 외기온도를 측정하기 위한 온도측정센서는 +극 니켈-크롬합금, -극 니켈-알루미늄 합금으로 되어있으며, 측정온도 범위가 $-200 \sim 1200^{\circ}\text{C}$ 인 K-type 열전대를 사용하였다.

유량 측정 위치는 공급자 측 급탕 공급 배관에 설치하였고, 급탕 공급·회수 온도의 경우 공급자 측 4개 지점, 사용자 측 5개 지점, 외기온도 1개 지

점으로 총 10개 지점을 측정하였다. 재열 공급·회수 온도 2개 지점과, 예열 공급·회수 온도 2개 지점, 사용자측 공급·회수 온도 2개 지점에 설치하였다.

4. 측정결과 및 고찰

본 연구는 공동주택의 급탕 부하 패턴을 분석하기 위해 2007년 12월 1일부터 2008년 2월 29일까지의 동절기 기간을 대상으로 급탕 유량과 공급·회수 온도 및 외기온도 데이터를 비교분석하여 활용하였으며, 급탕 부하 기준은 Table 4와 같이 열교환기 설계용량의 50%이상으로 가정하였다.

4-1 측정 개요

서울특별시 마포구 상암지구의 동절기 평균 외기온도는 Table 4, 5와 같이 0.2°C 이며, 1월이 동절기 중 가장 낮은 -1.1°C 로 나타났다.

4-1-1 A-apt. 열공급 및 사용 패턴

Fig. 2, 3, 4는 A-apt.의 급탕부하 기준과 시간대별 사용 패턴에 대한 그래프이고, Table 6은 A-apt.의 공급자 측 급탕공급패턴과 급탕단위열사용량을 나타내고 있다.

Fig. 2. A-aprt. Water heating load criteria and hot water usage patterns on a daily basis(December 2007)

Fig. 3. A-aprt. Water heating load criteria and hot water usage patterns on a daily basis(January 2008)

Fig. 4. A-aprt. Water heating load criteria and hot water usage patterns on a daily basis(February 2008)

Table. 6. A-apt. The monthly mean supply of hot water and unit heat load of hot water

Period	The monthly mean supply temperature of hot water on the provider side [°C]	The monthly mean return temperature of hot water on the provider side [°C]	The monthly mean supply water flow rate on the provider side [m³]	The monthly mean unit heat load of hot water [kcal/m³·hr]	The monthly mean outdoor temperature [°C]
Dec-2007	98.58	43.89	0.42	5.95	2.3
Jan-2008	98.44	45.24	0.39	6.72	-1.1
Feb-2008	98.02	44.57	0.44	6.82	-0.6
Average	98.35	44.57	0.42	6.50	0.2

Table. 7. B-apt. The monthly mean supply of hot water and unit heat load of hot water

Period	The monthly mean supply temperature of hot water on the provider side [°C]	The monthly mean return temperature of hot water on the provider side [°C]	The monthly mean supply water flow rate on the provider side [m³]	The monthly mean unit heat load of hot water [kcal/m³·hr]	The monthly mean outdoor temperature [°C]
Dec-2007	101.80	48.91	0.88	6.53	2.3
Jan-2008	102.01	49.74	0.87	7.46	-1.1
Feb-2008	101.32	49.15	0.93	7.64	-0.6
Average	101.71	49.27	0.90	7.21	0.2

A-apt.의 경우 공급자 측 급탕공급 온도는 98.35°C이고, 회수 온도는 44.57°C이며, 유량은 0.42m³로 나타났다.

동절기 평균 급탕단위열사용량은 6.50kcal/m³·hr로 나타났고, 월평균 사용량이 가장 많은 달은 2월이며, 이달의 평균외기온도는 -0.6°C, 월평균 급탕단위열사용량은 평균보다 약 5% 높은 6.82kcal/m³·hr로 나타났다.

월평균 급탕단위열사용량이 가장 적은 12월의 경우 사용량이 최대인 2월보다 약 1.15배로 근소한 차이를 보이고 있다. 이를 통해 급탕의 경우 동절기 동안 지속적으로 사용되고 있음을 알 수 있다. 또한 Fig. 2, 3, 4의 일별 사용패턴을 분석한 결과 급탕 사용 피크는 오전에 한 번, 오후에 한 번, 총 2번의 피크가 발생하는 것을 알 수 있었다.

4-1-2 B-apt. 열공급 및 사용 패턴

Fig. 5, 6, 7은 B-apt.의 급탕부하 기준과 시간대별 사용 패턴에 대한 그래프이고, Table 7은 B-apt.의 공급자 측 급탕공급패턴과 급탕단위열사용량을 나

타내고 있다.

B-apt.의 경우 공급자 측 급탕공급 온도는 101.71°C이고, 회수 온도는 49.27°C이며, 유량은 0.90m³로 나타났다. 동절기 평균 급탕단위열사용량은 B-apt.보다 약 11% 높은 7.21kcal/m³·hr로 나타났고, 월평균 사용량이 가장 많은 달은 B-apt.와 동일한 2월로 나타났다.

B-apt.의 2월 평균 급탕단위열사용량은 동절기 평균 급탕사용량보다 약 6% 높은 7.64kcal/m³·hr로 나타났다.

동절기 평균 급탕단위열사용량의 경우 B-apt.가 A-apt.보다 높게 나타났는데, 이는 면적이 19.51m² 넓은 B-apt.가 A-apt.보다 세대 구성원의 수가 많아서 나타난 것으로 판단된다. 또한 Fig. 5, 6, 7의 B-apt.의 급탕 사용 피크의 경우도 A-apt.의 일별 사용패턴과 동일하게 오전에 한 번, 오후에 한 번, 총 2번의 피크가 발생하는 것을 알 수 있었다.

4-2 동절기 급탕피크

Fig. 8과 Table 8은 1일 평균 급탕 부하 지속 시간

Fig. 5. B-apr. Water heating load criteria and hot water usage patterns on a daily basis(January 2008)

Fig. 6. B-apr. Water heating load criteria and hot water usage patterns on a daily basis(December 2007)

Fig. 7. B-apr. Water heating load criteria and hot water usage patterns on a daily basis(February 2008)

Fig. 8. The graph of The mean peak load duration time and unit heat load of hot water

Table. 8. The mean peak load duration time and unit heat load of hot water

Division		The mean peak load duration time of hot water [hr]			The mean unit heat load of hot water during peak load [kcal/m³·hr]		
		AM	PM	DAY	AM	PM	DAY
A-ap.	Dec-2007	2.0	1.6	3.6	10.30	10.44	10.30
	Jan-2008	3.1	2.0	5.1	10.60	10.35	10.55
	Feb-2008	3.3	3.2	6.5	11.21	10.54	10.95
	Average	2.8	2.3	5.1	10.70	10.44	10.60
B-ap.	Dec-2007	2.5	1.8	4.3	9.76	9.39	9.62
	Jan-2008	4.2	3.5	7.7	10.38	9.90	10.12
	Feb-2008	4.2	4.3	8.5	10.92	9.89	10.40
	Average	3.6	3.2	6.8	10.35	9.73	10.05

Table. 9. The mean peak load duration time and unit heat load of hot water

Division	Time of peak occurrence	
	AM (00:00~12:00)	PM (12:00~24:00)
Winter	09:48	21:00
Weekdays	09:36	21:18
Weekend	10:12	20:24

과 평균 발생 시각을 나타낸 것이다. 동절기 급탕 피크의 경우 오전에 1번, 오후에 1번, 일일 총 2번 발생하였으며, 평균 발생 시각은 Table 9와 같다.

동절기 급탕 피크가 발생하는 평균 시간대는 오전이 09:48이고, 오후가 21:00으로 나타났으며, 평일은 오전이 09:36, 오후가 21:18으로 나타났다. 주말의 오전 급탕 피크 발생시간은 평일보다 36분정도 늦은

10:12으로 나타났고, 오후는 평일보다 54분정도 빠른 20:24에 나타났다.

A-ap.의 동절기 평균 급탕 피크 지속 시간은 오전이 평균 2.8시간, 오후가 평균 2.3시간으로 일일 평균 5.1시간으로 나타났다. 피크 지속시간 동안의 평균 단위면적당 급탕부하는 오전이 10.70kcal/m³·hr, 오후가 10.44kcal/m³·hr, 일일 평균 10.60kcal/m³·hr로 나타났다.

A-ap.의 경우 오전 급탕 피크 지속시간이 오후보다 약 30분정도 길게 나타났으며, 피크 지속시간 동안의 단위면적당 평균 급탕부하는 오전이 오후보다 약 2.4% 높은 10.70kcal/m³·hr로 나타났으며, 이를 통해 오전·오후의 평균 피크 지속시간과 평균 단위면적당 급탕부하는 거의 동일하게 나타난다는 것을 알 수 있었다.

B-ap.의 동절기 평균 급탕 피크 지속 시간은 오전

이 평균 3.6시간, 오후가 평균 3.2시간으로 일일 평균 6.8시간으로 A-apt.보다 약 1시간 42분정도 길게 나타났다. 피크 지속시간 동안의 평균 단위면적당 급탕 부하는 오전이 $10.35\text{kcal}/\text{m}^2\cdot\text{hr}$, 오후가 $9.73\text{kcal}/\text{m}^2\cdot\text{hr}$, 일일 평균 $10.05\text{kcal}/\text{m}^2\cdot\text{hr}$ 로 나타났다.

5. 결 과

본 연구에서는 공동주택의 급탕 열사용량을 측정하여, 급탕부하가 발생하는 시간과 사용 실태 및 패턴에 대해 분석하였으며, 이 분석 자료를 통하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

동절기 급탕 피크의 경우 오전에 1번, 오후에 1번, 일일 총 2번 발생하였고, 피크가 발생하는 평균 시간대는 오전이 09:48에, 오후가 21:00으로 나타났다.

동절기 평균 급탕 피크 지속 시간은 A-apt.의 경우 오전이 평균 2.8시간, 오후가 평균 2.3시간으로 일일 평균 5.1시간으로 나타났고, 피크 지속시간 동안의 평균 단위면적당 급탕부하는 오전이 $10.70\text{kcal}/\text{m}^2\cdot\text{hr}$, 오후가 $10.44\text{kcal}/\text{m}^2\cdot\text{hr}$, 일일 평균 $10.60\text{kcal}/\text{m}^2\cdot\text{hr}$ 로 나타났다.

B-apt.의 동절기 평균 급탕 피크 지속 시간은 오전이 평균 3.6시간, 오후가 평균 3.2시간으로 일일 평균 6.8시간으로 A-apt.보다 약 1시간 42분정도 길게 나타났으며, 피크 지속시간 동안의 평균 단위면적당 급탕부하는 오전이 $10.35\text{kcal}/\text{m}^2\cdot\text{hr}$, 오후가 $9.73\text{kcal}/\text{m}^2\cdot\text{hr}$, 일일 평균 $10.05\text{kcal}/\text{m}^2\cdot\text{hr}$ 로 나타났다. 이 결과를 통해 오전·오후의 평균 피크 지속시간과 평균 단위면적당 급탕부하는 거의 유사하게 나타난다는 것을 알 수 있었다.

급탕사용량의 경우 공동주택의 규모, 기구 수, 세대수와 같은 직접적인 요인과 거주자가 공동주택 내에 머무르는 시간대 등의 생활패턴 및 생활습관과 같은 환경적인 여건, 그리고 가구당 가구원수 감소, 주 5일제 확산, 맞벌이 가정 증가, 고령화 사회, 에너지 절약에 대한 인식 등의 사회적 생활 패턴 변화가 복합적으로 영향을 끼치는 것으로 판단된다.

향후 보다 더 정확한 급탕사용패턴 기준을 도출하기 위해서는 지역별, 면적별, 세대수별로 다양한 기초데이터를 지속적으로 수집하고 분석해야 한다. 또한 급탕 사용패턴과 최대피크에 대응하기 위해서는 지속적인 기초데이터의 수집과 더불어 급탕사용량에 영향을 미치는 요인을 파악하고, 각 요인의 변화에 따라

유동적으로 대응 할 수 있는 설계 시나리오가 필요할 것으로 사료된다. 이러한 부하 예측 시나리오를 도출하기 위해서는 지속적인 급탕부하 데이터뿐만 아니라 실제 세대 내의 구성인원과 특성, 사용자측 급수, 급탕에 대한 실제 사용량 측정 및 분석에 대한 연구가 이루어져야 할 것으로 사료된다.

참고문헌

1. Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Research on the Actual Condition of the Reasonable Amount of Cool and Hot-Water Supplied in Apartment Housings, 1994
2. KDHC, A study of the actual analysis of using heating in apartment housing with district heating system, 2006
3. KDHC, A study of the actual analysis of using heating in apartment housing, 2009
4. KDHC, District heating substation criteria, 2009
5. Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Estimation model of reasonable amount of domestic cold water and hot water supplies in apartment houses. 1999
6. EPS, Compilation of Air Pollutant Emission Factors, 1999
7. UNICHAL, District Heating Staistic, 1993
8. KDHC, District heating substation criteria and Technical standards of community energy facilities, 2006
9. Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, The Present Situation of District Heating in Korea and Foreign Countries, 2004