

한국형 아파트의 난방에너지 분석 2: 난방방식에 따른 차이

이 봉 진, 정 동 열, 이 선*, 홍 희 기**†

경희대학교 대학원, *경희대학교 경제통상학부, **경희대학교 기계산업시스템공학부

Analysis of Heating Energy in a Korean-Style Apartment Building 2: The Difference according to Heating Type

Bong Jin Lee, Dong-Yeol Chung, Seon Lee*, Hiki Hong**†

Graduate School, KyungHee University, Yongin 449-701, Korea

*School of Economics & International Trade, KyungHee University, Seoul 130-701, Korea

**School of Mechanical and Industrial System Engineering, KyungHee University, Yongin 449-701, Korea

(Received February 4, 2004; revision received March 26, 2004)

ABSTRACT: In order to save the energy in apartment houses, it is essential that the energy amount consumed in heating per household should be surveyed and analyzed according to heating method, which can be classified into unit, central and district methods. As a basis, we selected the household with nominal area of 32 py. because it accounts for the most percentage in Korea. It is estimated that the gas amount for cooking is 90 m³ and the energy amount for hot water supply is 11.41 GJ for a year, which is necessary to calculate the heating energy. Through the survey of actual energy consumption in Seoul and Gyeonggi, the energy amount used in heating can be obtained according to the heating type: 26.02 GJ/year for the unit heating, 28.09 GJ/year for the central heating and 40.61 GJ/year for the district heating.

Key words: Heating energy(난방에너지), Unit heating(개별난방), Central heating(중앙난방), District heating(지역난방), Gas amount for cooking(취사용 가스사용량), Hot water supply(급탕)

1. 서 론

2000년 실시된 정부의 인구 및 주택 총조사 결과 우리나라의 전체 인구 중 공동주택에 거주하고 있는 비율이 절반 이상을 차지하고 있는 것으로 알려져 있다.⁽¹⁾ 국가 전체 에너지소비량의 25% 이상이 건물 부문에서 사용되고 있고, 소비되는 에너지의 상당 부분이 난방 및 급탕 등에 이용된

다는 점을 주지할 때 공동주택의 난방방식 적용에 따른 에너지관리가 더욱 중요해지고 있는 상황이다.

기존 공동주택의 에너지 사용량 실태조사에 관한 Kang et al.^(2,3)의 연구에서는 서울 소재의 57개 단지를 대상으로 단지별 및 세대의 위치, 면적, 층별 난방에너지 소비의 불균형 원인을 실태 조사와 시뮬레이션을 통해 파악하고자 하였다. 그러나 조사대상이 지역난방 방식에 한정되어 있으며, 공동구에서 발생하는 배관손실에 대한 분석이 미흡하였다. 한편 Moon et al.⁽⁴⁾의 연구는 공동주택에 적용된 난방방식을 개별난방, 중앙난

† Corresponding author

Tel.: +82-31-201-2925; fax: +82-31-202-2625

E-mail address: hhong@khu.ac.kr

방, 지역난방으로 구분하여 단지별로 난방비, 전기비 등의 관리비 내역을 자세히 고찰하였으나, 난방에너지에 대한 분석이 배제되었다.

본 연구에서는 우리나라 공동주택에 적용되고 있는 난방방식을 LNG 개별난방, LNG 중앙난방, 지역난방 등 크게 3가지로 분류하고, 서울·경기 지역의 32±1평형 세대로 구성된 LNG 개별난방 32개, LNG 중앙난방 25개, 지역난방 37개 단지를 대상으로 2002년도 에너지소비량을 조사하여 난방방식에 따른 에너지소비량의 차이를 분석하고자 하였다. 조사대상의 아파트는 국내에서 일반적으로 보급되고 있는 판상형이며, 남향과 동향이 혼재되어 있으나 비율로는 남향이 많다.

본 연구에서는 층별·위치별·향별 영향은 배제하고 난방방식별로 평균적인 난방에너지 소비량을 도출함으로써, 시물레이션의 간접적인 검증자료 및 운영적 측면에서의 올바른 에너지관리를 유도하는 기초 자료로 제공하고자 한다.

2. 난방방식별 에너지사용 실태조사

2.1 조사대상

본 연구의 조사대상을 결정하기 위해 아파트가 밀집되어 있는 서울 강남지역에 대해 평형별 개체수를 조사·분석한 결과⁽⁵⁾ 31, 32, 33평형이 Fig.1과 같이 23.4%로서 가장 많은 비율을 차지하는 것으로 나타났다. 이에 공급면적 32±1평형

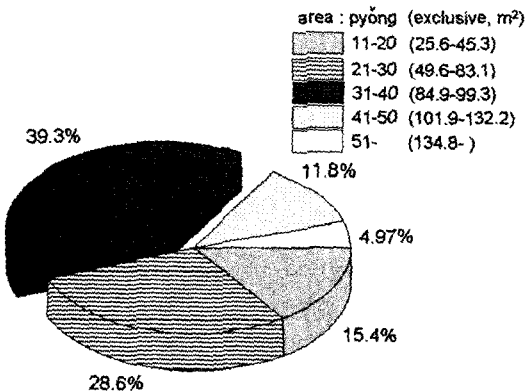
(전용면적 86.3±1.4 m²)을 본 연구의 기준평형으로 선정하였다. 관례상 공급면적은 평으로 전용면적은 m²로 표기한다.

LNG 개별난방이 적용되는 공동주택 단지는 각 세대의 가스사용량이 도시가스 공급업체에 의해 개별적으로 검침되고 있어 해당 지역별 업체의 협조를 받아 비교적 용이하게 관련자료를 획득할 수 있었다. 서울·경기지역의 32개 단지를 조사 대상으로 선정하였다.

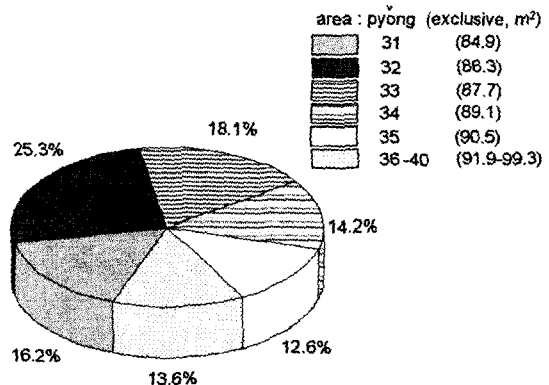
LNG 중앙난방 및 지역난방이 적용되는 공동주택의 경우 난방 및 급탕에 필요한 에너지가 단지 내 기계실에 있는 대형 보일러와 열교환기 등의 중앙설비에 의해 일괄적으로 공급된다. 단지를 구성하는 세대의 평형분포에 따라 에너지소비량이 큰 차이를 보이므로 LNG 중앙난방과 지역난방의 경우에는 본 연구의 기준평형인 32±1평형 세대가 전체 단지의 60% 이상을 차지하는 공동주택 단지만을 조사대상에 포함하였다.

중앙난방은 1995년 이전에 도입되었던 난방방식으로 도입 초기에는 B-C유, 경유 등 저급연료를 사용하였으나, 최근에는 청정연료인 LNG를 사용하거나 타 난방방식으로의 전환이 이루어져 점차 감소하는 추세를 보이고 있다. 따라서 본 연구에서는 LNG를 사용하는 중앙난방 25개 단지만을 대상에 포함하였다.

지역난방의 경우 1985년 서울 목동지역에서 처음으로 공급되기 시작한 이래 분당, 안양, 부천, 일산, 청주, 대구, 양산 등지의 대규모 신규 아파트



(a) The total number of households: 406,376



(b) The number of households between 31 and 40 py.: 159,485

Fig. 1 Distribution chart for the number of apartment households in Gangnam-gu.

트단지 조성과 함께 확산되어 왔다. 서울·경기 지역 37개 단지를 조사대상으로 선정하였다.

2.2 LNG 개별난방

LNG 개별난방이 적용되는 공동주택에서는 세대별로 설치된 가스 보일러를 이용해 난방과 급탕부하를 동시에 해결하며, 일반적으로 실내 온도는 거주자에 의해 직접 제어하는 방식으로 운영되고 있다. LNG 개별난방이 적용되는 세대의 도시가스 검침목록에는 취사와 난방 및 급탕 사용량이 구분되어 있지 않으며, 취사사용량만을 별도로 검침할 수 없는 상황이다. 반면에 가스를 취사용으로만 사용하는 지역난방의 경우에는 별도로 취사용 가스사용량이 검침되므로 이를 통해 LNG 개별난방 세대의 취사사용량을 추정할 수 있다. 서울·경기지역의 취사용인 2등급 세대의 연간 취사용 가스사용량을 실태조사하였으며 그 결과를 아파트, 연립주택 및 단독주택으로 구분하여 Table 1에 정리하였다. 난방 및 급탕에 사용되는 에너지를 구하기 위해 세대당 연간 가스 소비량으로부터 서울과 경기지역 아파트의 연간 취사 평균 사용량인 90 m³를 제외하고, 일반적인 보일러 효율 85%, 저위발열량 39.8 MJ/m³(9,500 kcal/m³)을 고려하여 난방 및 급탕에 실제로 소비된 에너지사용량을 도출할 수 있었다. 보일러의 가동을 위한 예열 및 배관손실이 추가로 발생할 수 있으나 열원시설이 세대 내에 위치하므로 이를 무시하였다.

조사대상 32개 단지 중 세대당 에너지사용량이 상·하위 5%인 4개 단지를 제외한 28개 단지의 결과를 Table 2에 정리하였다. 단지에 따라 다소 편차를 보이는데 건물의 노후화 및 단열 정도와 관련있는 것으로 추정된다. 세대의 난방 및 급탕

Table 1 The annual gas amount for cooking

District	Kind of housing	Average amount per household [m ³]
Seoul	Apartment	88.52
	Multi family	83.81
	Detached	91.71
Gyeonggi	Apartment	92.82
	Multi family	119.43
	Detached	95.20

에 소비된 평균 에너지량은 37.43 GJ/year, 95% 신뢰구간은 ±1.32, 표준편차는 3.40 GJ/year이다.

2.3 LNG 중앙난방

LNG 중앙난방이 적용된 공동주택에서는 도시

Table 2 The annual gas amount consumed in apartment houses of unit heating type

Area	Number of households	Gas amount consumed in area [m ³ /year]	Gas amount per household [m ³ /year]	Energy for heating and hot water [GJ/year]
1	349	418,319	1,199	40.55
2	107	120,218	1,124	38.01
3	181	204,155	1,128	38.16
4	109	98,921	908	30.71
5	229	236,244	1,032	34.90
6	96	111,288	1,159	39.22
7	118	137,918	1,169	39.55
8	113	119,443	1,057	35.76
9	323	360,434	1,116	37.76
10	184	229,444	1,247	42.19
11	794	835,719	1,523	35.61
12	126	151,121	1,199	40.58
13	158	175,909	1,113	37.67
14	100	115,931	1,159	39.22
15	112	121,973	1,089	36.85
16	202	185,458	918	31.06
17	176	192,516	1,094	37.01
18	140	171,087	1,222	41.35
19	219	248,133	1,133	38.34
20	365	485,088	1,329	44.97
21	102	117,820	1,155	39.08
22	171	156,223	914	30.91
23	389	389,003	1,000	33.83
24	104	100,555	967	32.71
25	245	270,079	1,102	37.30
26	274	303,600	1,108	37.49
27	78	91,448	1,172	39.49
28	187	206,996	1,107	37.45
Average ± confidence interval of 95%			1,106 ± 39	37.43 ± 1.32
Standard deviation			100	3.40

가스 공급업체로부터 연료를 공급받아 단지 내의 기계실에 설치되어 있는 대형 보일러를 통해 연소시켜 하루 2~3회 간헐적으로 난방을 한다. 또한 온수를 지하 저장조에 저장하였다가 세대의 요구에 따라 급수펌프를 이용하여 급탕용으로 공급하는 방식을 취하고 있다.

LNG 개별난방 세대와는 달리 LNG 중앙난방 세대는 지역난방과 마찬가지로 취사사용량이 별도로 검침되고 있다. 그러나 단지 내에서 각 세대별로 난방 및 급탕 등에 소비된 실제 사용량을

구분하는 것이 현실적으로 불가능하기 때문에 단지 전체 사용량을 세대수로 나누어 추정하였다. 그 결과 세대당 가스사용량은 평균 $1,373 \text{ m}^3/\text{year}$ 이며, 에너지로 환산하면 $54.65 \text{ GJ}/\text{year}$ 이 공급된 것으로 파악되었다. 중앙난방방식은 단지 내 에너지공급이 관리인에 의해 일괄적으로 이루어지고 있으며, 세대의 요구에 따른 온도조절이 기술적으로 어려운 편이다. 아울러 각 세대의 동일 열량분배를 위한 제어시스템 부재로 세대별 난방 불균형이 심각한 상황이며, 단지 내 공동구 배관 손실 및 펌프동력이 추가로 발생하게 된다.

Table 3에는 검침된 가스사용량으로부터 보일러 효율 85%, 보일러 예열손실 및 공동구 배관손실을 15%로 가정하여⁽⁵⁾ 세대당 난방 및 급탕에 소요된 에너지량을 추정한 것이다. 조사대상 25개 단지 중 세대당 에너지사용량이 상·하위 5%인 2개 단지를 제외한 23개 단지의 결과를 나타낸다. 세대의 난방 및 급탕에 소비된 평균 에너지량은 $39.50 \text{ GJ}/\text{year}$, 95% 신뢰구간은 ± 1.69 , 표준편차는 $3.89 \text{ GJ}/\text{year}$ 이다.

Table 3 The annual gas amount consumed in apartment houses of central heating type

Area	Number of households	Gas amount consumed in area [m^3/year]	Gas amount per household [m^3/year]	Energy for heating and hot water [GJ/year]
1	486	695,192	1,430	41.14
2	329	481,325	1,463	42.07
3	322	466,237	1,448	41.64
4	603	967,940	1,605	46.16
5	469	704,971	1,503	43.23
6	1,341	1,796,433	1,340	38.53
7	710	1,039,538	1,464	42.11
8	2,190	2,723,130	1,243	35.76
9	320	462,417	1,445	41.56
10	476	679,551	1,428	41.06
11	315	403,249	1,280	36.82
12	400	554,128	1,385	39.84
13	1,240	1,574,958	1,270	36.53
14	624	879,392	1,409	40.53
15	1,320	1,907,378	1,445	41.56
16	690	920,180	1,334	38.35
17	740	1,139,289	1,540	44.28
18	595	736,533	1,238	35.60
19	634	642,346	1,013	29.14
20	355	462,417	1,303	37.46
21	360	484,553	1,346	38.71
22	372	424,575	1,141	32.82
23	604	914,060	1,513	43.52
Average \pm confidence interval of 95%			$1,373 \pm 59$	39.50 ± 1.69
Standard deviation			136	3.89

2.4 지역난방

지역난방이란 하나의 도시 또는 일정지역 내에 있는 주택 및 건물에 개별적으로 난방설비를 갖추는 대신 열병합 발전소, 열전용 보일러, 쓰레기 소각로 등 집중된 대규모 열원 플랜트를 건설하고, 여기에서 생산된 열을 이용하여 지역 전체의 난방 및 급탕 등에 일괄적으로 공급하는 시스템을 말한다.

열공급 시설로부터 단지 내 기계실에 설치되어 있는 열교환기를 거쳐 최종적으로 각 세대에 전달된다. 이때 기계실 열교환기에서 획득한 열량을 다시 각 세대로 공급하는 과정에서 공동구 배관손실 및 펌프동력이 추가적으로 발생하게 된다. 물론 열원시설에서 단지 내 열교환기까지 열을 공급하는 과정에서도 현열수송에 따른 열손실 및 펌프동력이 필연적으로 발생하게 된다. 손실 열량은 일반적으로 전체 공급열량 중 약 4%를 차지하는 것으로 보고되었으나,⁽⁶⁾ 이 과정에서 발생하는 손실열량은 세대에서 직접 부담하는 것이 아니므로 본 연구의 에너지사용량에는 제외시켰다.

다른 난방방식과 달리 지역난방의 경우에는 원칙적으로 세대당 소요되는 난방에너지량을 직접 검침하게 된다. 그러나 지역난방 조사대상 37개

단지 중 준공연도가 10년 정도 지난 7개 단지는 세대별 실사용량을 검침하지 않거나 자료를 획득할 수 없었기 때문에 결과에는 포함시킬 수 없었다. 에너지사용량이 아닌 사용금액을 획득할 수 밖에 없는 경우에는 이를 에너지량으로 환산하였다. 2002년 1월부터 12월까지 1년 동안의 에너지 사용량을 구하고자 하였으나 해당 기간 동안 두 차례의 가격조정이 있어 기간별로 다른 값을 적용하였다.

열공급 업체가 단지에 부과하는 요금은 계약면

적당 부과되는 기본요금과 에너지 사용요금으로 구분된다. 따라서 단지 전체에 부과된 요금에서 기본요금을 제외함으로써 난방·급탕 및 공동요금(공용시설 사용+공동구 배관손실)이 합산된 에너지 사용요금을 산출할 수 있다. 자료는 월별로 구분되어 있기 때문에 해당기간의 열요금 단가표를 이용하여 에너지량을 구하였다.

Table 4는 조사대상 37개 단지 중 세대별 실사용량을 파악할 수 없었던 7개 단지를 제외하고, 세대당 난방에너지 사용량이 상·하위 5%인 4개

Table 4 The annual energy consumed in apartment houses of district heating type

Area	Number of households	Energy amount supplied in area [GJ/year]	Heating energy used in area [GJ/year]	Energy supplied per household [GJ/year]	Heating energy per household [GJ/year]	Hot water per household [m ³ /year]	Public energy per household [GJ/year]	Power for heating and hot water [kWh/year]
1	222	12,389	7,924	55.81	35.69	65.16	1.77	
2	133	9,111	5,499	68.50	41.35		5.75	
3	134	8,502	5,711	63.45	42.62	74.00		
4	143	9,465	5,986	66.19	41.86	62.17	-0.67	
5	136	8,006	5,195	58.87	38.20			
6	798	41,540	24,963	52.06	31.28		1.60	
7	235	17,850	11,550	75.96	49.15	72.72		
8	836	41,349	25,616	49.46	30.64		1.21	
9	1,243	61,195	39,045	49.23	31.41	59.97	1.53	223
10	504	21,532	15,344	42.73	30.44	61.14	-0.35	
11	213	11,391	10,402	53.48	48.84	64.46		297
12	159	7,308	5,493	45.96	34.55	64.79		
13	93	4,691	3,836	50.44	41.25	61.87		
14	326	15,161	11,546	46.51	35.42	68.07		
15	120	5,939	4,661	49.49	38.84	66.39		
16	229	12,293	8,322	53.68	36.34			
17	372	20,001	18,098	53.77	48.65	48.07		
18	263	15,727	12,940	59.80	49.20			211
19	354	20,807	16,156	58.78	45.64			
20	425	25,676	22,218	60.41	52.28	68.05		
21	711	39,748	32,885	55.90	46.25	64.61		
22	462	29,629	15,787	64.13	34.17		7.95	
23	230	12,814	9,384	55.71	40.80	52.41		
24	4,998	215,743	152,991	43.17	30.61		4.31	
25	4,450	232,069	224,211	52.15	50.38			
26	784	48,557	39,158	61.93	49.95	64.99		
Average ± confidence interval of 95%				55.73 ± 3.23	40.61 ± 2.90	63.68 ± 3.47		
Standard deviation				7.99	7.19	6.57		

단지를 추가로 제외시킨 26개 단지의 결과를 나타낸다. 지역난방 세대의 난방에 소비된 평균 에너지량은 40.61 GJ/year, 95% 신뢰구간은 ± 2.90 , 표준편차는 7.19 GJ/year이다.

급탕에 소요된 에너지량은 별도의 열량계를 통해 검침되고 있지 않으며, 세대에서 소비된 급탕 용수량에 단지별로 책정된 단가를 적용하여 급탕 요금을 부과하고 있다. 물론 열공급 업체에서 권장하고 있는 2,000원/m³ 수준의⁽⁷⁾ 적정 급탕단가가 있으나 일반적으로 대부분의 단지에서는 이보다 높은 수준을 적용하고 있다. 이러한 이유는 열공급 업체에서 단지에 고지한 전체 에너지 사용요금 중 세대의 난방에너지 사용요금과 유치원, 노인정, 관리사무소 등 공용 시설의 에너지 사용요금, 그리고 적정 급탕단가를 적용한 급탕 사용요금을 제외하고도 더 충당해야 할 금액이 발생하기 때문이다. 즉, 단지 내 기계실에서 각 세대까지 에너지를 전달하는 과정 중 공동구 배관손실이 발생하게 되고, 이렇게 발생한 에너지 손실량은 공동에너지 사용요금으로 분류하여, 세대수로 나누어 별도로 충당하게 된다. 실제로는 공동구 배관손실을 급탕에 사용된 실제 요금보다 높은 단가를 적용하여 이를 충당하고 있었다. 이러한 방법을 통해 외관상으로는 단지 내 공동구 배관손실이 발생하지 않는 것으로 한다. Table 4의 4, 10번 단지는 공동구 배관손실에 해당하는 비용보다 더 많은 금액을 급탕비의 형태로 충당한 예로서 차액을 각 세대에 되돌려준 것이다. 이때 공동사용 에너지량이 일부 음수로 나타난 것은 공동사용 금액을 에너지로 단순히 환산하는 과정에서 발생한 현상으로 실제로 에너지량이 음수를 뜻하는 것은 아니다.

공용시설의 에너지사용은 단지 전체 사용량에 비추어 큰 비중을 차지하지 않는 것으로 알려져 있다. 즉, 기계실 열교환기에서 획득한 열량 중 세대의 실제 난방 및 급탕에 사용한 에너지량을 제외시킴으로써 공동 에너지사용량을 산출할 수 있고, 이들 대부분을 지역난방 단지의 공동구 배관손실로 간주할 수 있다.

공동구 배관손실량을 구하기 위해서는 세대의 평균 급탕에너지 사용량을 알아야 하며, 따라서 먼저 급탕용수량을 파악해야 한다. Table 4와 같이 급탕용수량을 측정하는 16개 단지로부터 평균치 63.68 m³/year을 구해 보았으나, 조사대상 단

지는 기준 평형 이외 기타 평형의 세대가 일부 포함되어 있고 편차가 상당히 큰 편이었다. 보다 신뢰성 있는 자료로서 32평형으로만 구성되어 있는 수원시 B단지 736세대를 대상으로 평균 급탕 용수량을 산출한 결과 59.19 m³/year이었다. 이는 지역난방 열공급업체가 자체적으로 경기도 분당 E단지 828세대를 대상으로 실측한 자료인 60.52 m³/year와 거의 일치한다.⁽⁷⁾ 따라서 본 연구에서는 수원시 B단지 결과값과 분당 E단지 60.52 m³/year의 중간값에 해당하는 60 m³/year을 적용하였다.

세대의 급탕 사용열량을 추정하기 위해 대한설비공학회 설비공학편람 및 설계회사의 설계치를 참고하여 급탕 공급온도를 60°C로 설정하고,⁽⁸⁾ 서울·경기지역 연평균 시수온도 14.6°C를 이용하여 연간 급탕 사용열량을 추정한 결과,⁽⁹⁾ 11.41 GJ/year(27.24 Gcal/year)이었다. 실제로는 여름철의 급탕부하는 겨울철의 1/3 정도로서 계절별 변동을 고려해야 하나⁽¹⁰⁾ 급탕부하, 급탕 공급온도 및 시수온도가 제공되는 자료마다 차이가 커 공신력이 있는 학회에서 제공하는 데이터를 사용한 것이다. 참고로 지역난방 열공급업체에서 제시한 특정단지를 대상으로 배관열손실, 계절별 요인을 전부 고려하여 계측한 결과는 11.78 GJ/year로서 추정치에 상당히 접근한다.⁽⁷⁾ 이렇게 계산된 급탕 사용열량은 LNG 개별난방, 중앙난방 세대에도 동일하게 적용시켜 난방 사용열량의 규모를 파악할 수 있었다. 물론 중앙난방 및 지역난방 방식에서는 약간의 배관열손실이 예상되나 매우 작을 것으로 판단하여 고려하지 않았다.

난방에 소요된 동력량은 이 값을 기록하고 있는 3개 단지에서 세대당 평균 243.7 kWh/year로 나타났다. 그러나 대부분의 단지에서 난방동력은 지하주차장, 가로등, 승강기 등 기타 요소와 합산되어 있어 이를 구분하는 것이 어려웠다.

3. 결과 및 고찰

서울·경기지역에서 32±1평형 세대로 구성되어 있는 LNG 개별난방 32개, LNG 중앙난방 25개, 지역난방 37개 단지를 대상으로 조사한 결과, 2002년도에 각 세대에 난방 및 급탕용으로 공급된 에너지량은 LNG 개별난방이 연간 44.03 GJ(10.27 Gcal)로 가장 적으며, LNG 중앙난방 54.65

Table 5 Comparison of energy consumption for heating and hot water according to heating type

	Supplied energy [GJ/year]	Used energy			Energy loss including public usage [GJ/year]	
		Heating		Hot water [GJ/year]		
		[GJ/year]	[kcal/m ² year]			
Unit heating	44.03	26.02	(71,959)	11.41	37.43	10.18
Central heating	54.65	28.09	(77,683)	11.41	39.50	15.15
District heating	55.73	40.61	(112,307)	11.41	52.02	3.71

GJ(13.04 Gcal), 지역난방 55.73 GJ(13.30 Gcal)로 나타났다. 이를 Table 5에 정리하였다. 참고로 난방방식별 단위면적당 연간 난방에너지 사용량을 32평형(전용면적 86.3 m²) 기준으로 괄호 안에 병기하였다. LNG 개별난방과 중앙난방은 소비된 LNG량으로부터 환산한 값이며, 지역난방은 기계실의 열교환기에 공급된 열량을 직접 실측한 값이다. 중앙난방과 지역난방의 경우에는 32±1평형이 60% 이상인 단지를 대상으로 함으로써 다른 평형의 아파트가 포함되어 있으나, 이들 역시 대부분이 25~39평에 고르게 분포되어 있어 그 영향은 작을 것으로 판단된다.

그러나 공급된 에너지의 관점에서 자체적으로 LNG를 연소시키는 개별난방과 중앙난방을 중순수에 의한 지역난방과 비교하는 것은 별 의미가 없다. 주목해야 할 것은 난방에 소요된 에너지량으로서 가장 적게 소요되는 LNG 개별난방(26.02 GJ/year)에 비해 지역난방(40.61 GJ/year)이 무려 56% 상회한다는 점이다. LNG 개별난방 세대가 가장 적은 에너지를 사용한다는 결과는 기존 연구와도 대체로 일치하는 것을 확인할 수 있었다.⁽⁴⁾ 이에 대한 원인으로는 지역난방의 저렴한 열요금 책정에 따른 사용자의 과다소비로 돌릴 수 있다. 일반적으로 지역난방은 편리하고 가격도 저렴하다는 인식이 강하며, 거주자가 타 방식에 비해 에너지절약의 필요성을 그다지 체감하지 못하는 편이다. 난방방식에 따른 실내 설정온도 및 환기횟수 등의 신뢰성 있는 실태조사가 수행되지 않는 한 단정짓기는 어려우나, 결과적으로 개별난방의 경우가 전반적으로 실내 설정온도가 낮을 것으로 판단된다. 따라서 단순한 에너지절약의 홍보보다는 사용하기 편리한 실온조절기의 활용 등 현실적인 방안을 적극적으로 도입 또는 의무화할 필요가 있다. 즉, 거실 벽 등에 설치되어 있는 제어패널에서 용이하게 방별 혹은 존별 실내온도 설정과 on/off 스케줄링을 통해 가시적

인 에너지절약을 기대해 볼 수 있다.

LNG 개별난방에서의 에너지손실은 보일러효율을 85%로 가정하여 10.18 GJ/year인데 비해, LNG 중앙난방은 보일러 손실과 더불어 지역난방과 마찬가지로 공동구 배관손실로 15.15 GJ/year의 에너지손실이 발생한다. 따라서 LNG 중앙난방 세대의 난방에너지 소요량은 이러한 손실을 고려하여 28.09 GJ/year(6.70 Gcal/year)로 추정할 수 있다. 세대의 요구에 따른 온도조절이 불가능하고, 위치별 난방 불균형과 간헐난방 방식이라는 점을 감안할 때 많은 양의 에너지를 소비하면서도 난방 쾌적감이 크게 저하된다는 결론을 내릴 수 있다. 따라서 기존의 난방 및 급탕 공급시설을 그대로 유지하면서 에너지 절감효과를 기대할 수 있는 가스 코제너레이션으로의 전환을 고려할 수 있다. 이 방식은 LNG를 공급받아 가스터빈 및 엔진을 가동시켜 전기 및 온수를 생산하고, 획득된 에너지를 이용하여 공동주택단지 내에 필요한 전기, 난방 및 급탕을 동시에 공급할 수 있다는 장점을 가지고 있다.

지역난방이 적용된 단지의 세대는 연간 55.73 GJ(13.30 Gcal)를 공급받아 난방 및 급탕에는 연간 52.02 GJ(12.42 Gcal)을 사용하는 것으로 조사되었으며, 이 차이에는 공용시설에 사용된 것도 포함되나 대부분은 단지 내 공동구 배관에서 발생하는 손실로서, 계산결과 공급열량의 6.7%이었다.

지역난방 단지의 공동구 배관손실이 발생하게 되는 원인으로는 배관의 예열 및 외기에 따른 열손실, 열교환기 및 공급 배관에서의 누수문제, 관리인의 적절치 못한 운전 등으로 구분지을 수 있다. 지역난방 열공급 시스템의 특성상 일정 정도의 손실은 피할 수 없으며, 특히 부하가 적은 시간대에도 일정유량으로 배관망을 순환하면서 발생하는 열손실 및 동력손실이 큰 것으로 지적된다. 따라서 지역난방단지의 공동구 배관손실은 해당 단지의 부하에 따른 정밀한 제어기기의 도입

및 기계실 관리인의 정기적 교육 등을 통해 최소화시킬 수 있을 것으로 판단된다.

개별난방의 난방에너지 산출을 위해 필요한 취사용 가스 사용량은 Table 1과 같이 지역 및 주거형태에 따라 다소 차이가 있으며, 과거의 자료와 비교하여 전체적으로 그 사용량이 줄어드는 추세이다. 따라서 과거 가스회사에서 제시하던 취사사용량 144 m³는 다소 크게 추정된 것으로 간주된다.

본 연구를 통해 난방방식별 우열을 가리고자 한 것이 아니며 거의 동일한 구조의 아파트임에도 불구하고 방식에 따라 얼마나 차이가 나는지를 정량적·객관적으로 보이고자 하였다. 후속 연구에서 밝힐 예정이나 건물구조가 유사한 경우 에너지 소비량은 설정된 실내온도, 제어방식 및 환기횟수에 의해 지배되며 난방방식과는 사실상 무관하다. 따라서 상대적으로 난방에너지 소비량이 많은 지역난방이 에너지 관점에서 불리하다는 것은 결코 아니며, 사용자에게 의해 상대적으로 높은 설정온도에 따른 영향으로 판단할 수 있다.

4. 결 론

서울·경기지역의 LNG 개별난방 32개, LNG 중앙난방 25개, 지역난방 37개 단지를 대상으로 2002년도 에너지사용 실태조사 및 분석을 통해 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

(1) 난방에너지 소요량은 LNG 개별난방(26.02 GJ/year) 세대에서 가장 적으며, LNG 중앙난방(28.09 GJ/year), 지역난방(40.61 GJ/year)의 순서로 많이 사용하는 것으로 나타났다. 주된 원인은 지역난방의 저렴한 열요금책정에 따른 사용자의 에너지 과다소비와 효율적인 제어수단의 미비를 생각할 수 있다.

(2) 지역난방방식이 적용된 공동주택단지 내 공동구 배관손실은 세대당 연간 3.71 GJ(0.89 Gcal)로 단지 내 열공급량의 6.7%로 추정되며, 효율적인 에너지관리와 운전을 통해 공동구 배관손실 및 펌프동력을 최소화하는 노력이 필요하다.

(3) LNG 중앙난방은 난방 쾌적감이 저하되는 간헐난방방식임에도 불구하고 에너지손실이 크기

때문에 향후 타 방식으로의 전환이 요구된다.

참고문헌

1. Korean National Statistical Office, 2000, The Census of Population and Residence 2000, Report of residence, pp. 44-45.
2. Kang, J.-S., Lee, S.-E. and Ahn, T.-K., 1995, A study on characteristics of energy consumption in apartment buildings, Journal of Architectural Institute of Korea, Vol. 11, No. 7, pp. 139-149.
3. Kang, J.-S., 1998, Report of energy consumption according to the position and floor for apartment house, Journal of Korean Association of Air Conditioning Refrigerating and Sanitary Engineers, pp. 91-103.
4. Moon, C. G., Kim, S. R., Seol, W. S., Kim, J. D. and Yoon, J. I., 2001, A study on maintenance cost of the each heating type apartment, Proceedings of the SAREK Winter Annual Conference, pp. 525-529.
5. Sejin, 2002, Encyclopedia about Apartment in Gangnam, Sejin, pp. 7-847.
6. Seon, W. Y., 2001, Analysis of energy curtailment and environment improvement effect, pp. 128, 106-107.
7. Korea District Heating Corp., 2001, District Heating User's Guide Book, p. 34.
8. SAREK, 2001, SAREK handbook, Vol. 4, pp. 1.4-2.
9. YTC EN-Tech, 2003, Yearly mean temperature of city water, web site: <http://www.ytcentech.com/c/c1.asp>
10. Choi, B. S., Kim, J. H., Kang, Y. T. and Hong, H., 2004, Verification experiment and analysis for 6 kW solar water heating system (Part 2: modelling and simulation), Korean Journal of Air Conditioning and Refrigeration Engineering, submitted.