

공동주택 난방방식별 에너지사용 실태분석

이 봉 진, 정 동 열, 이 선*, 홍 회 기**†

경희대학교 대학원, *경희대학교 경제통상학부, **경희대학교 기계산업시스템공학부

Survey on Energy Consumption according to Heating Methods in Apartment Houses

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

ABSTRACT: The number of apartment houses in Korea has been increased in a very short period taking about a half of total keeping-houses. If energy evaluation and saving method for them are developed, a great deal of energy can be saved. This work is aimed to survey the energy consumption according for heating methods (district heating, LNG unit heating and LNG central heating) of apartment by survey. As a survey result, energy consumption of LNG unit heating is less than district heating and LNG central heating. Also, in maintenance, LNG unit heating has the lowest operation cost among heating methods.

Key words: Apartment(공동주택), Survey(실태조사), District heating(지역난방), Unit heating(개별난방), Central heating(중앙난방), Maintenance costs(관리비), TRNSYS, Building energy simulation(건물 에너지 시뮬레이션)

1. 서 론

2000년 실시된 정부의 인구주택 총조사 결과 공동주택의 주거 비율이 47.7%로 보고되었으며⁽¹⁾, 우리나라 전체 에너지 소비량의 25% 이상을 건물부문에서 사용하고 있는 것으로 알려졌다. 소비되는 에너지의 대부분이 세대의 난방 및 급탕 등에 이용된다는 점을 주지할 때 공동주택의 난방방식 적용에 따른 에너지관리의 중요성이 더욱 증가하고 있는 실정이다.

따라서, 본 연구는 우리나라 공동주택에 적용되고 있는 난방방식을 크게 지역난방, LNG 개별

난방, LNG 중앙난방 등 3가지로 분류하고, 서울·경기지역 32±1평형 세대로 구성된 지역난방 37개, LNG 개별난방 30개, LNG 중앙난방 12개 단지를 대상으로 세대의 에너지 소비량 및 비용을 조사하였다.

실태조사 결과 난방방식별 32±1 평형 세대에서 난방 및 급탕에 소비하는 에너지량은 LNG 개별난방이 연간 42.32 GJ(10.1 Gcal)로 가장 적게 사용하며, 에너지비용은 지역난방과 LNG 개별난방이 각각 연간 533,528원, 529,794원으로 큰 차이를 보이고 있지 않았다.

단지마다 구조가 상이하고, 건물의 준공년도, 시공의 견실도 등 제반 조건에 따라 에너지 소비량이 크게 차이를 보이고 있어 실태조사 기준평형(32±1평형)에 대해 건물에너지 시뮬레이션 프로그램인 TRNSYS 15를 이용하여 동적열부하

† Corresponding author

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

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

계산을 통해 이를 보완하고자 하였다.

이를 통해 각 난방방식 적용에 따른 세대의 에너지 소비량 및 소요되는 제반 비용을 비교하여 신규 공동주택 단지 조성시 합리적인 난방방식 선택과 올바른 에너지관리를 유도하는 기초 자료로 활용하고자 한다.

2. 난방방식별 에너지사용 실태조사

2.1 조사대상

본 연구의 조사대상을 결정하기 위해 서울 강남지역의 공동주택 평형별 개체 수를 조사·분석한 결과, 31, 32, 33평형이 Fig. 1, 2와 같이 23.4%로서 가장 많은 비율을 차지하는 것으로 나타났으며, 이에 32±1평형을 본 연구의 기준평형으로 선정하였다.

지역난방, LNG 중앙난방을 적용한 공동주택 단지의 경우 난방 및 급탕에 필요한 에너지가 단지 내 기계실에 있는 열교환기와 대형 보일러 등의 중앙설비에 의해 일괄적으로 공급되고 있기 때문에, 단지를 구성하는 세대의 평형분포에 따라 에너지 소비량이 큰 차이를 보이고 있다. 따라서 지역난방, LNG 중앙난방의 경우에는 본 연구의 기준평형인 32±1평형 세대가 전체 단지의 60% 이상을 차지하는 공동주택 단지만을 고려대상에 포함하였다.

지역난방의 경우 1985년 서울 목동지역에서 처음으로 공급되기 시작한 이래 분당, 안양, 일산, 부천, 청주, 대구 등지의 대규모 아파트단지 조성 과 함께 확산되어 왔다. 본 연구에서는 서울·경기지역의 37개 단지를 대상으로 선정하였다.

중앙난방은 1995년 이전에 도입되었던 난방방식으로 도입초기에는 B-C유, 경유 등 저급연료를 사용하였으나, 최근에는 청정연료인 LNG를 사용하거나 타 난방방식으로의 전환이 이루어지고 있었다. 따라서, 본 연구에서는 청정연료인 LNG를 사용하는 중앙난방방식 12개 단지를 조사 대상으로 하였다.

LNG 개별난방을 적용한 공동주택 단지는 각 세대의 에너지 사용량이 개별적으로 검침되고 있어 에너지 사용량을 도시가스 공급업체의 협조를 받아 획득할 수 있었으며, 서울·경기지역 30개 단지를 조사대상에 포함하였다.

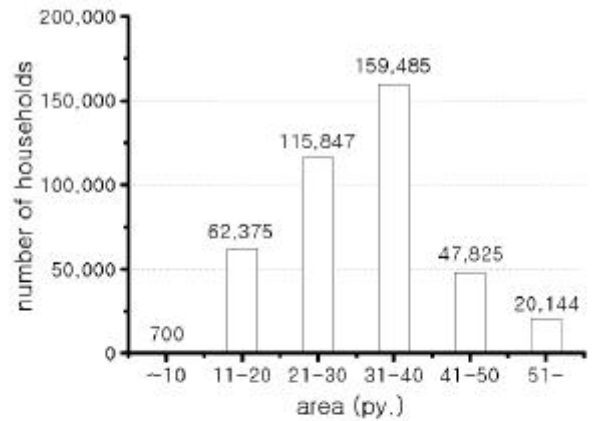


Fig. 1 Distribution chart of the number of households in Gangnam-gu.

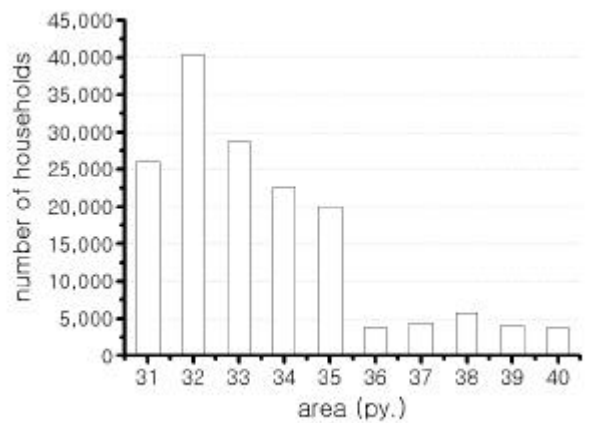


Fig. 2 Detailed distribution chart of the number of households in Gangnam-gu.

2.2 에너지사용 실태조사

지역난방을 적용한 공동주택 단지의 에너지 사용량은 열공급 시설인 열병합 발전소로부터 단지 내 기계실에 설치된 열교환기를 거쳐서 단지 내로 전달된 열량을 말하며, 기계실 열교환기에서 획득한 열량을 다시 각 세대로 공급하는 과정에서 공동구 배관손실 및 펌프동력이 추가적으로 발생하게 된다. 물론 열원시설인 열병합 발전소에서 단지 내 열교환기까지 열을 공급하는 과정에서도 현열수송에 따른 열손실 및 펌프동력이 필연적으로 발생하게 된다. 손실열량은 일반적으로 전체 공급열량 중 약 4%를 차지하는 것으로 보고되었으나,⁽²⁾ 이 과정에서 발생한 손실열량은 세대에서 직접 부담하는 것이 아니므로 본 연구

Table 1 Comparison of energy consumption according to heating methods.

	Average [GJ/yr]			Standard deviation [GJ/yr]	
	Supplied energy	Used energy		Supplied energy	Used energy
		Heating	Hot water		
District heating	56.57	37.71	12.49	10.06	12.15
Unit heating	42.32	23.46	12.49	6.29	5.45
Central heating	58.24	-	-	4.61	-

Table 2 Comparison of cost of energy consumption according to heating methods.

	Average [won]		Standard deviation [won]	
	Supplied cost of energy consumption	Cost of energy consumption	Supplied cost of energy consumption	Cost of energy consumption
District heating	533,528	376,368	87,698	76,244
Unit heating	529,794	385,116	96,775	91,462
Central heating	772,149	669,567	67,754	71,529

의 에너지 사용량에는 제외시켰다.

LNG 개별난방이 적용된 공동주택 단지는 세대별로 설치된 가스 보일러를 이용해 난방과 급탕 부하를 동시에 해결하고 있으며, 세대에서 필요로 하는 온도를 거실자에 의해 직접 제어하는 방식으로 운영되고 있다.

조사 결과 취사 사용량을 제외한 난방 및 급탕 사용량은 타 난방방식과 비교하여 사용자의 기호에 따라 편차가 가장 심한 것으로 나타났으며, 전반적으로 서울지역 세대가 타 지역에 비해 더 많은 에너지를 소비하는 것으로 나타났다.

LNG 개별난방이 적용된 세대의 도시가스 검침 목록에는 취사와 난방 및 급탕 사용량이 구분되어 있지 않으며, 취사 사용량만을 별도로 검침할 수 없는 실정이기 때문에 서울·경기지역 도시가스 공급업체가 주장하는 세대별 연간 평균 취사 사용량인 144 m³를 타 지역의 모든 세대에서도 동일하게 사용하는 것으로 적용하였다.

열원시설인 보일러는 세대 내에 설치되어 있으므로 배관을 통한 열손실이 발생하지 않는다고 가정하였고, 일반적인 보일러 효율 85%를 적용하였다.

LNG 중앙난방이 적용된 공동주택 단지는 도시가스 공급업체로부터 LNG를 공급받아 단지 내 기계실에 설치되어 있는 대형 보일러를 가동시켜

각 세대에 간헐적으로 난방을 하며, 온수를 지하 저장조에 저장하였다가 세대의 요구에 따라 급수 펌프를 작동하여 급탕을 공급하고 있다.

단지 내 에너지 공급이 관리인에 의해 일괄적으로 이루어지고 있기 때문에 지역난방 방식과 같은 이유로 단지 내 공동구 배관손실 및 펌프동력이 발생하게 된다. 보일러 효율은 85%를 적용하였다. 실태조사를 통해서 산출된 각 방식의 에너지 소비량 및 비용을 Table 1, 2에 정리하였다.

2.3 시뮬레이션 기법을 이용한 열부하 계산

실태조사한 결과를 이용하는 경우 실사용량을 그대로 반영할 수 있다는 장점이 있다. 그러나 조사대상 공동주택 단지의 구조가 상이하고 건물의 준공년도, 시설의 노후화 정도, 시공의 견실도, 관련 법규의 적용유무, 생활수준 등에 따라 단지별 에너지 소비량이 상당한 차이를 나타낼 수 있다는 단점을 가지고 있다.⁽³⁾ 또한 실태조사 과정에서 공동주택 관리비 산출명목, 계산방법 등이 관리사무소마다 서로 다른 양태를 보이고 있었다. 경우에 따라서는 세대에서 부담하는 난방비용 자체에 단지 내 공동사용 및 배관손실 등 다른 요소가 포함되어 있어 이를 구분하는 것이 용이하지 않았고, LNG 중앙난방을 적용한 단지

Table 3 Simulation conditions for thermal load calculation.

Item	Reference condition
Indoor temp	23°C
Period and pattern of conditioning	From January to December continuous heating for all day long
Ventilation	1.5 ACH

Table 4 Yearly mean temperature of city water.

Region	Yearly mean water temperatuer [°C]
Seoul	14.6
Gyeonggi	14.6
Gangwon	14.8
Chungbuk	14.9
Chungnam	15.4
Gyeongbuk	16.7
Busan	16.7
Gyeongnam	15.6
Jeju	18.4

에서는 대부분 각 세대에서 사용하는 에너지량을 별도로 검침하고 있지 않았다. 이러한 이유로 세대별 난방 및 급탕의 정확한 사용량을 도출할 수 없었으며, 부득이 단지 전체 사용량을 세대수로 나누어 세대의 평균 에너지 사용량을 추정하였다.

따라서, 본 연구는 실태조사와 아울러 시뮬레이션 기법을 이용한 결과를 상호 보완적으로 적용하여 기준평형(32±1평형) 세대의 적정 열부하를 산정하고자 하였다.

열부하 관점에서 대표성이 인정되는 서초구 잠원동 H아파트 32평형 세대를 해석대상으로 선정하였으며, 해석대상의 단열조건은 ‘건축물의 설비기준 등에 관한 규칙’의 제 21조(건축물의 열손실 방지)에 규제되고 있었다. 따라서, 이 법에 의해 1992~2001년 동안 적용되었던 최소 단열조건을 반영하기로 하였다.⁽⁴⁾

건물에너지 해석이 용이한 상용 프로그램인 TRNSYS (TRaNsient SYstem Simulation) 15를

이용하여 해석대상에 대한설비공학회에서 제공하는 표준기상데이터를 적용하였다.⁽⁵⁾ 해석에 사용된 실내상태, 난방기간 및 시간, 환기량 등을 Table 3에 정리하였다. 중간층 세대의 실내온도는 23°C, 환기량은 1.5회/시간, 24시간 연속난방을 한다는 조건 하에 분석기간 1년(8,760시간)의 동적열부하 계산을 실시하였다.

계산결과 서울·경기지역의 세대별 평균 연간 난방부하는 33.9 GJ(8.1 Gcal), 대구권은 28.7 GJ(6.87 Gcal), 부산권은 23.4 GJ(5.6 Gcal)을 필요로 하는 것으로 산출되었다.

대한설비공학회의 설비공학편람에서 제시하는 4인 가족 기준 1인당 급탕량을 60°C, 온수 45 ℓ를 사용한다는 가정 하에 연간 급탕 사용량을 계산하였으며,⁽⁶⁾ 실태조사를 통해 나타난 세대별 평균 급탕 용수량(61.7 ton)과 약 6.1%의 차이에서 일치함을 보였다.

서울·경기지역 공동주택 세대의 연간 급탕부하는 계산결과 12.49 GJ(2.98 Gcal)으로 나타났으며, 대구와 부산의 시수 온도는 Table 4에서 제시한 바와 같이 서울·경기지역보다 연평균 2.1°C가 높아 이보다 낮은 11.23 GJ(2.68 Gcal)의 열량이 소비되는 것으로 나타났다.

열부하는 위에서 언급한 난방부하와 급탕부하를 합산하여 결정할 수 있다. 본 연구의 기준평형(32±1평형) 세대가 24시간 연속난방을 한다는 가정 하에 계산된 동적열부하 시뮬레이션 결과값과 지역별로 산출된 급탕부하량을 합산하여, 연간 열부하는 서울·경기지역 46.39 GJ(11.09 Gcal), 대구권 39.93 GJ(9.55 Gcal), 부산권 34.63 GJ(8.27 Gcal)로 계산되었고, Fig. 3, Table 5에 정리하였다.

3. 결과 및 고찰

서울·경기지역에서 32±1평형 세대로 구성되어 있는 지역난방 31개, LNG 개별난방 30개, LNG 중앙난방 12개 단지를 대상으로 조사한 결과, 난방방식별 기준평형 세대에 공급된 열부하량은 LNG 개별난방 세대가 연간 42.32 GJ(10.1 Gcal)로 가장 적으며, 지역난방 세대는 연간 56.57 GJ(13.5 Gcal), LNG 중앙난방 세대는 연간 58.20 GJ(13.9 Gcal)로 나타났다. LNG 개별난방 세대가 가장 적은 에너지를 사용한다는 결과는

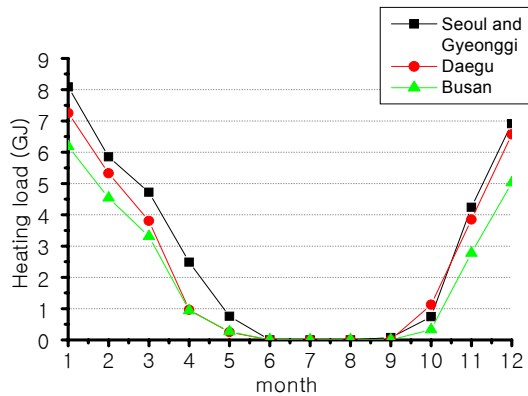


Fig. 3 Monthly heating load by simulation.

Table 5 Result of thermal load by simulation.

Item	Seoul and Gyeonggi [GJ/yr]	Daegu [GJ/yr]	Busan [GJ/yr]
Heating load	33.90	28.70	23.40
Hot water load	12.49	11.23	11.23
Total thermal load	46.39	39.93	34.63

기존 연구와도 대체로 일치하는 것을 확인할 수 있었다.⁽⁷⁾

지역난방 세대는 난방 및 급탕을 포함하여 연간 56.57 GJ(13.5 Gcal)의 열을 공급받아 실제로는 50.20 GJ(11.98 Gcal)을 사용하는 것으로 조사되었으며, 24시간 연속난방의 가정 하에 실시한 시뮬레이션 결과 값인 연간 46.46 GJ(11.09 Gcal)과 7.43% 차이를 보인다. 지역난방이 적용된 공동주택 단지의 공급열량과 세대의 사용열량 차이는 단지 내 공동구 배관에서의 열손실이 발생하는 데 그 원인을 찾을 수 있으며 세대 당 평균 공급열량의 11.25%(6.36 GJ/yr)로 나타났다.

LNG 개별난방 세대는 거실자에 의해 보일러의 on/off 제어가 쉽게 이루어질 수 있기 때문에 에너지를 절약하는 데 가장 유용한 방식으로 나타났다. 저위발열량(9,500 kcal/m³)을 기준으로 LNG 사용량을 열량으로 환산하면 LNG 개별난방 세대는 지역난방 세대의 공급열량보다 더 적은 연간 42.32 GJ(10.1 Gcal)를 사용하는 것으로

나타났으며, 보일러 효율 85%를 고려하고, 급탕 부하를 포함하면 실제로 연간 35.95 GJ(8.58 Gcal)을 사용한다는 결과를 추정할 수 있다.

LNG 중앙난방 세대의 사용열량은 검침되고 있지 않지만 단지별 기계실에서 세대 당 연평균 58.24 GJ(13.9 Gcal)를 공급받고 있었으며, 지역난방과 비슷한 수준에서의 공동구 배관손실이 있는 것을 추론할 수 있다. 또한 보일러의 효율(85%)를 고려하고, 간헐난방이라는 점을 감안할 때 타 난방방식에 비해 많은 양의 에너지를 소비하면서도 난방 쾌적감이 크게 저하된다는 결론을 지을 수 있다.

지역난방과 LNG 개별난방 세대의 에너지 사용량에 따른 요금은 2003년 1월 1일 현재를 기준으로 각각 연간 533,528원, 529,794원을 지불하고 있었으며, 그 차이가 크게 나타나지 않았다. 이러한 조사결과의 원인은 상대적으로 저렴하게 책정된 현행 지역난방 열요금에서 찾을 수 있다. 또한 LNG 중앙난방 세대는 지역난방과 LNG 개별난방 세대에 비해 약 44% 정도 많은 요금을 부담하고 있는 것으로 조사되었다.

4. 결론

서울·경기지역의 지역난방 37개, LNG 개별난방 30개, LNG 중앙난방 12개 단지를 대상으로 에너지사용 실태조사를 실시하여 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

(1) 서울·경기지역 난방방식별 공동주택의 연간 에너지 사용량은 LNG 개별난방(42.32 GJ/) 세대에서 가장 적게 나타났으며, 지역난방(56.57 GJ), LNG 중앙난방(58.24 GJ) 순서로 에너지를 적게 사용하는 것으로 나타났다.

(2) 서울·경기지역 실태조사 결과와 시뮬레이션 결과값이 7.43% 차이에서 일치하므로 실태조사가 용이하지 않은 지역의 에너지 사용량 예측에 적용시 신뢰성을 부여할 수 있다.

(3) LNG 개별난방은 거실자에 의해 보일러 on/off 제어가 비교적 용이하므로 가장 적은 에너지를 사용하는 것으로 판단된다. 그러나 지역난방과 LNG 개별난방 세대의 연간 에너지비용은 비슷한 수준으로서 저렴하게 책정된 지역난방 열요금에 의한 것이다.

(4) 지역난방 방식이 적용된 공동주택 단지 내

공동구 배관손실은 세대 당 연간 6.36 GJ(1.52 Gcal)로 전체 단지 내 열공급의 11.25%를 차지하고 있으며, 24시간 연속난방 운전을 위해 펌프동력이 추가로 발생하게 된다.

그러나 공동주택 단지의 기후적 특성뿐만 아니라 입주민의 경제적 차이에서 오는 생활수준도 에너지 사용량에 영향을 끼칠 수 있는 인자임을 확인하였으므로 향후 다양한 지역에 대해 보다 다양한 형태의 실태조사가 요구된다.

후 기

본 연구는 사단법인 한국도시가스협회 용역과제로 수행되었음.

참고문헌

1. Korean National Statistical Office, 2000, The census of population and residence 2000, Report of residence, pp. 44-45
2. Seon, W. Y., et al., 2001, Analysis of energy curtailment and environment improvement effect, pp. 106-107
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. Hyun, S. K., Hong, H. and Yoo, H., 2002, Verification experiment and calculation of heating load for a test space, Korean Journal of Air Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 14, No. 2, pp. 153-160
5. SAREK handbook, 2001, Vol. 2, Part. 1, Chapter. 2
6. SAREK handbook, 2001, Vol. 4, Part. 1, Chapter. 4
7. Moon, C. G., Kim, S. R., Seol, W. S., Kim, J. D., Yoon, J. I., 2001, A Study on maintenance cost of the each heating type apartment, Proceedings of the SAREK 2001 Winter Annual Conference, pp. 525-529
8. Hong, H., 2003, A Study on balanced development way between city gas and district heating business, pp. 50-74