



최근 아파트의 에너지 사용량 특성과 요인 분석

An Analysis on Characteristics and Causes of Energy Usage of Contemporary Apartment Houses

최석두* · 이영한**

Choi, Sok-Doo* · Lee, Young-Han**

* The Graduate School of Industry and Engineering, Seoul National University of Science and Technology, South Korea (into0101@nate.com)

** Corresponding author, Professor, School of Architecture, Seoul National University of Science and Technology, South Korea (yhlee@snut.ac.kr)

ABSTRACT

Purpose: This study is to analyze the characteristics of energy usage in apartment houses that had built for 20 years recently in capital area and the correlation between the characteristics of energy usage and the regulation of energy efficiency in building. **Method:** It is investigated 264 apartment sites having been built since 1991 where 312,071 houses live. The sites were listed on Naver map. Quantities of energy usages in the sites were searched in a portal, Green Together being operated by the Ministry of Land, Infrastructure and Transport. The appraisal report of building energy in the portal is recording usage quantity of gas energy, district cooling & heating energy, electric energy, total energy, 1st gas energy, 1st district cooling & heating energy, 1st electric energy, 1st total energy, etc. **Result:** Analyzing the average of total energy usage from 1991 to 2012, the average in 2001, 2008 each was reduced more than 10 percent compared to the previous year. It was analyzed that the reduction was relevant to building energy-saving design criterion which have been tightened more than before.

KEYWORD

아파트, 건축물 에너지 절약 설계, 단열기준, 에너지 사용량

apartment houses
building energy-saving design,
insulation criterion,
quantity of energy usage

ACCEPTANCE INFO

Received Nov 24, 2016
Final revision received Dec 9, 2016
Accepted Dec 14, 2016

© 2016 KIEAE Journal

1. 서론

파리에서 열린 제 21차 유엔기후변화협약 당사국 총회의 결의에 따라서, 한국은 2030년까지 건물부문 온실가스의 배출전망치(BAU) 대비 37%까지 감축을 목표로 다양한 제도와 정책들을 시행하고 있다. 한국 정부가 건축물 에너지 절약을 위한 제도를 시작한 것은 1973년 세계적인 석유 파동을 겪고 나서 1975년 12월 건축법에 '건축물에 있어서의 열손실 방지' 조항이 신설되면서 부터이다. 이후 지속적으로 에너지 절약을 위한 제도를 정비 발전시켜왔으며, 1990년대 후반부터는 기후변화협약에 따른 온실가스 저감을 위한 정책을 다양하게 실시하고 있다. 이러한 일련의 정책에서 가장 중시한 것은 부위별 단열성능과 기밀 기준을 단계적으로 강화하는 것이었다. 파리협정에 따른 건축물 에너지 절약을 획기적으로 추진하기 위하여 2025년까지 제로 에너지 건물을 의무화하는 단계별 당면 과제가 앞에 놓여 있다.

본 연구에서는 최근 20여년 동안 수도권에서 건립된 공동 주택을 대상으로 에너지 사용량과 1차 에너지 사용량을 조사하여 그 특성을 분석하고 그 변화 과정과 건축물 에너지 절약설계 기준의 개정과의 연관성을 분석하고자 한다. 먼저 인터넷을 이용하여 대상 아파트 단지를 리스트 화하고, 국토교통부 녹색건축 종합 포털 '그린 투게더'에서 제공하는 건축물 에너지 평가서를

출처로 하여 총 에너지, 도시가스 에너지, 지역 냉·난방 에너지, 열 에너지, 전기 에너지, 총 에너지 등 10개 항목을 분석하였다. 과거에 추진된 법과 정책의 효용성을 밝히고 앞으로 2030년 온실가스 배출 전망치 대비 37%를 달성하기 위한 법적, 정책적 기초 자료로 사용될 수 있을 것이다.

2. 건축물 에너지 절약기준 개정 고찰

건축물 에너지 절약에 대한 요구는 1973년 석유파동 이후부터 시작되었다고 볼 수 있다. 우리나라 전체 에너지 사용량의 약 1/4을 차지하고 있는 건축물에서의 에너지 절약에 대한 필요성이 부각되었다. 이러한 과정에서 1979년부터 건축물 에너지 절약 정책이 도입되었고 신축 건축물의 단열 의무화가 시행되었다. 모든 건물에 대하여 외벽, 바닥, 지붕, 창에 대한 열관류율 및 단열재 두께기준이 명시되었다. 이후 1998년 12월에 기후변화협약에 따라 온실가스 배출저감을 위한 국가차원의 종합대책이 수립되었다. 건축물 부문의 실천과제로서 '에너지절약 설계기준의 강화' 및 '고효율 기자재의 사용 의무화 확대'를 확정했다.¹⁾ 2001년 1월에 단열기준이 20%강화되고 건축물 부위별로 더 세분화되면서 현재와 같은 체제의 틀이 확립되었다. 2001년 5월에 병원, 공동 주택, 학교 등 건축물의 용도별로 나뉘어져 있던 에너지절약

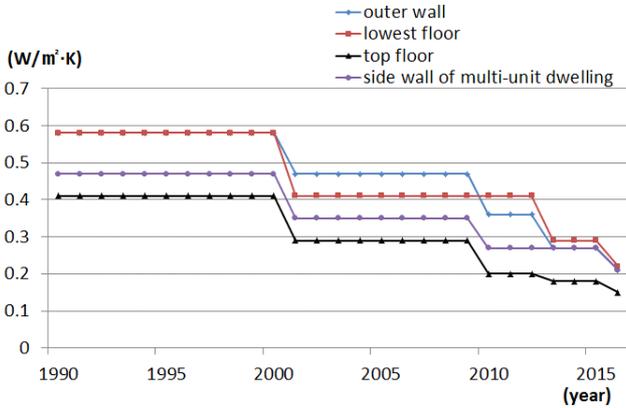


Fig. 1. changes of thermal transmittance criterion

설계기준이 ‘건축물의 에너지절약 설계기준’ 하나로 통합되었으며, 단열재는 열전도율의 범위에 따라 4개의 등급으로 나누어 분류하기 시작했다. 또한 단열재의 두께도 중부지역, 남부지역, 제주도 3개의 지역으로 나누어 열전도율에 따른 등급별로 허용 두께를 달리 규정되기 시작했다.

이후 총 4차례의 개정을 거쳤다. 2008년 7월에는 ‘건축물의 설비기준 등에 관한 규칙’을 개정하여 건축물 부위의 열관류율 중 ‘창 및 문’을 공동주택과 공동주택 외로 나누고 이전보다 공동주택은 약 20%, 공동주택 외는 약 10~15% 강화했다. 2010년 6월과 11월에는 ‘건축물의 에너지절약 설계기준’과 ‘건축물의 설비기준 등에 관한 규칙’이 각각 개정되면서 창호 및 외벽 등 부분별 단열기준을 약 20% 강화하였고, 강화된 기준에 따른 단열재 두께를 제시하였다. 2013년 3월에는 ‘건축물의 설비기준 등에 관한 규칙’에서 규정되어 온 지역별 건축물 부위의 열관류율 기준을 ‘건축물의 에너지절약 설계기준’으로 통합되었으며, 건축물의 지역별 및 부위별로 열관류율을 이전보다 평균 22% 강화되었다. 2015년 12월에는 단열 기준이 기존보다 25.8% 강화되었고, 가장 중요한 단열부위 중 하나인 외벽부위를 공동주택과 공동주택 외로 나누어 규정하기 시작하였다.

3. 아파트 에너지사용량 조사 분석

3.1. 분석 대상 개요

조사 대상은 최근 20여년 동안 준공된 500세대 이상의 아파트 단지로 하였다. 서울지역에 소재하는 아파트를 주 대상으로 하였으며, 같은 단열기준이 적용되는 경기도 소재 단지도 일부 포함하였다. 조사기간은 2016년 7월~8월이다. 먼저 네이버 지도에 나타나는 서울권 아파트 단지를 리스트 화하고, 네이버 부동산을 통해 세대수를 확인한 다음, 이들 아파트의 에너지 사용량 등을 국토교통부 녹색건축 종합 포털 ‘그린 투게더’에서 제공하는 건축물 에너지 평가서를 출처로 하여 정리하였다. 단지별로 사용면적당 최종 에너지 사용량²⁾에는 도시가스 에너지, 지역 냉·난방 에너지, 열 에너지, 전기 에너지, 총 에너지, 1차 도시가

2) 사용면적이란 세대 전용면적을 말하며, 최종 에너지사용량이란 공용부분을 제외한 각 세대내에서 사용한 에너지사용량을 말한다.

스 에너지, 1차 지역 냉·난방 에너지, 1차 열 에너지, 1차 전기 에너지, 1차 총 에너지 등 10개 항목이 포함되었다.

Table 1. location of apartment sites investigated

plann. permissi on year	location	number of sites/of houses
1991.-1994..	Gwanak-gu(1),Geumcheon-gu(1),Dongdaemun-gu(1),Dongjak-gu(1),Mapo-gu(1),Seodaemun-gu(2),Seongdong-gu(3),Seongbuk-gu(4),Jongno-gu(1),Jung-gu(1)	16/26,255
1995.-1999..	Gangnam-gu(2),Gangdong-gu(2),Gangbuk-gu(6),Gangseo-gu(1),Gwanak-gu(4),Gwangjin-gu(1),Guro-gu(9),Geumcheon-gu(1),Nowon-gu(5),Dobong-gu(5),Dongdaemun-gu(10),Dongjak-gu(1),Mapo-gu(5),Seodaemun-gu(4),Secho-gu(1),Seongdong-gu(5),Seongbuk-gu(12),Songpa-gu(1),Yangcheon-gu(2),Yeongdeungpo-gu(2),Yongsan-gu(3),Jongno-gu(1),Jung-gu(1),Jungang-gu(1)	85/109,495
2000.-2004..	Gangnam-gu(10),Gangdong-gu(9),Gangseo-gu(10),Gwanak-gu(3),Gwangjin-gu(1),Guro-gu(5),Geumcheon-gu(1),Nowon-gu(1),Dobong-gu(1),Dongdaemun-gu(3),Dongjak-gu(4),Mapo-gu(9),Seodaemun-gu(1),Secho-gu(4),Seongdong-gu(4),Seongbuk-gu(8),Songpa-gu(11),Yangcheon-gu(2),Yeongdeungpo-gu(1),Yongsan-gu(1),Eunpyeong-gu(1),Jungang-gu(3)	93/108,348
2005.-2009..	Gangdong-gu(3),Gangbuk-gu(1),Guro-gu(2),Nowon-gu(2),Dongdaemun-gu(2),Dongjak-gu(5),Mapo-gu(2),Seodaemun-gu(1),Secho-gu(2),Seongdong-gu(2),Seongbuk-gu(4),Songpa-gu(1),Eunpyeong-gu(4),Jungang-gu(3),Incheon Metropolitan city(6),Gimpo-si(7),Goyang-si(3),Namyangju-si(5),Suwon-si(2)	57/55,528
2010.-2014..	Gangnam-gu(2),Gangbuk-gu(1),Guro-gu(1),Dongjak-gu(1),Incheon city(4),Gimpo-si(1),Namyangju-si(1),Pyeongtaek-si(2)	13/12,445
total	Seoul, Kyunggi Provinces	264/312,071

264개 아파트 단지들이 조사되었다. 이들 아파트의 사용 승인일은 1999년 4월 7일~2014년 10월 15일에 분포하였으며, 사업 승인일은 1991년 6월 14일~2012년 6월 27일에 분포하였다. 이들 단지의 세대수는 총 312,071세대였다. 아파트의 에너지 절약 계획은 사업승인(건축허가) 과정에서 결정되므로 사업 승인일이 중요하다. 이들 공동주택을 사업 승인 일을 기준으로 1991년부터 5년 단위로 구분하여 정리하면 1991년~1994년에는 16단지, 26,255세대, 1995년~1999년에는 85단지, 109,495세대, 2000년~2004년에는 93단지, 108,348세대, 2005년~2009년에는 57단지, 55,528세대, 2010년~2014년에는 13단지, 12,445세대이다.

3.2. 에너지사용량 분석

1) 도시가스 사용량

그림. 2. 연도별 도시가스 사용량 분포를 분석하면, 상하로 2개 영역으로 나뉘어진다. 상위 영역은 최대 사용량 204.3kWh/m²·년, 최소 사용량 58.0kWh/m²·년에 분포하며, 하위 영역은 최대 사용량 12.1kWh/m²·년, 최소 사용량 1.5kWh/m²·년에 분포한다. 상위 영역은 가스레인지와 가스보일러 난방을 같이 사용하는 단지이며, 전체 264단지 중에서 174단지(65.9%)이다. 하

위 영역은 가스레인지만 사용하는 단지로 전체 단지 중에서 90단지(34.4%)이다. 가스 레인지만 사용하는 단지는 가스 사용량이 15kWh/m²·년 미만으로 단열과 관련이 없기 때문에 본 연구 대상에서 제외하였다. 가스레인지만 사용하는 단지는 지역냉·난방을 이용하는 단지로서 사업승인연도 1997년부터 나타난다.

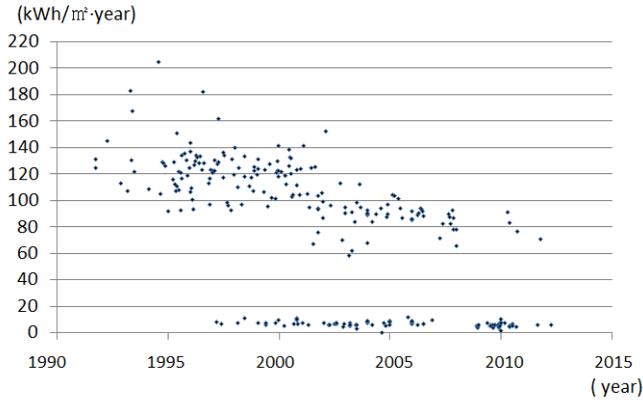


Fig. 2. average quantity of gas energy usage

도시가스는 전체 조사기간 동안 전체 단지 평균 110.57kWh/m²·년을 사용한 것으로 조사되었다. 5년 단위로 분석해 보면 1991년~1994년에는 평균 132.22kWh/m²·년을, 1995년~1999년에는 평균 121.27kWh/m²·년(전 기간 대비 91.7%)을, 2000년~2004년에는 평균 101.60kWh/m²·년(전 기간 대비 83.7%)을, 2005년~2009년에는 평균 88.00kWh/m²·년(전 기간 대비 86.6%)을, 2010년~2014년에는 평균 80.45kWh/m²·년(전 기간 대비 91.4%)을 각각 사용한 것으로 조사되었다. 전 기간 대비 가장 도시가스 사용량이 줄어든 기간은 2000년~2004년이며, 2010년~2014년의 도시가스 사용량은 1991년~1994년 도시가스 사용량의 60.8%에 해당한다.

1차 에너지는 연료의 채취, 가공, 운송, 변환, 공급 과정 등의 손실을 포함한 에너지 량을 말하며, 1차 에너지사용량은 에너지 사용량에 환산계수를 곱하여 산출한 에너지 량으로 도시가스의 환산계수는 1.1이다. 도시가스 1차 에너지는 전체 조사기간 동안 평균 121.63kWh/m²·년을 사용한 것으로 조사되었다.

2) 지역 냉·난방 사용량

그림. 3. 연도별 지역 냉·난방 사용량 분포를 분석하면, 지역 냉·난방은 1997년부터 사용하였다. 최고 사용량은 193.0kWh/m²·년, 최저 사용량은 45.2kWh/m²·년에 분포하며 전체 조사기간 동안 평균 지역냉·난방 사용량은 80.81kWh/m²·년이다. 전체 264단지 중에서 90단지(34.4%)가 지역냉·난방을 하고 있다. 5년 단위로 분석해 보면 1995년~1999년에는 평균 107.18kWh/m²·년을, 2000년~2004년에는 평균 85.42kWh/m²·년(전 기간 대비 79.6%)을, 2005년~2009년에는 평균 71.59kWh/m²·년(전 기간 대비 83.8%)을, 2010년~2014년에는 평균 66.77kWh/m²·년(전 기간 대비 93.2%)을 각각 사용한 것으로 분석되었다. 5년 단위 지역냉·난방 사용량의 변화는 2000년~2004년에 가장 많이 감소했으며, 2005년~2009년, 2010년~2014년 순으로 감소했

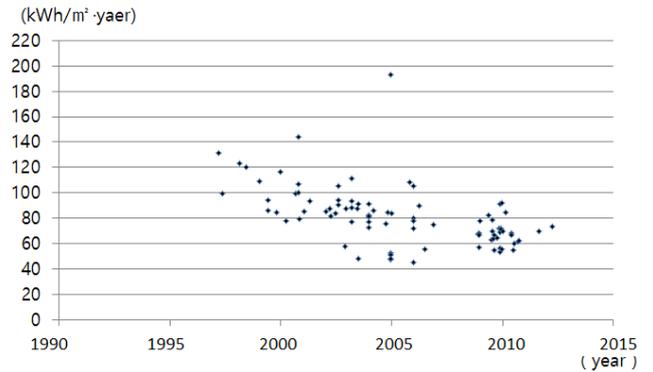


Fig. 3. average quantity of district cooling & heating energy usage

다. 2010년~2014년의 지역냉·난방 사용량은 1995년~1999년 지역냉·난방 사용량의 62.3%이다.

아파트에서 지역냉·난방은 주로 난방에 사용된다. 지역난방 1차 에너지의 환산계수는 0.728로, 전체기간동안 지역난방 1차 에너지사용량은 평균 58.83kWh/m²·년을 사용한 것으로 조사됐다.

3) 전기 사용량

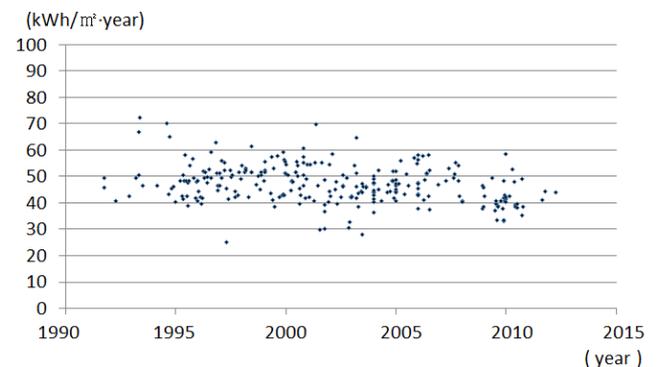


Fig. 4. average quantity of electric energy usage

그림. 4. 연도별 전기에너지 사용량 분포를 분석하면, 최대 사용량 72.5kWh/m²·년, 최소 사용량 25.0kWh/m²·년에 분포하며, 전체 조사기간 동안 평균 사용량은 47.17kWh/m²·년으로 분석되었다. 5년 단위로 분석해 보면 1991년~1994년에는 평균 51.37kWh/m²·년을, 1995년~1999년에는 평균 48.88kWh/m²·년(전 기간 대비 95.1%)을, 2000년~2004년에는 평균 46.33kWh/m²·년(전 기간 대비 94.7%)을, 2005년~2009년에는 평균 45.89kWh/m²·년(전 기간 대비 99.0%)을, 2010년~2014년에는 평균 42.37kWh/m²·년(전 기간 대비 92.3%)을 각각 사용한 것으로 조사되었다. 1991년~2014년에 걸쳐서 5년 단위로 전기 사용량은 전 기간 전기사용량의 92.3% 이상이였으며, 2010년~2014년 전기사용량은 1991년~1994년 사용량의 82.4%로 약 20년동안 17.6% 감소한 것으로 분석되어 매년 1% 이하 감소한 셈이다. 전기 에너지 사용량이 가장 크게 줄어든 기간은 2005~2009년과 2010년~2014년 사이이다. 전기 1차 에너지사용량은 환산계수가 2.75로, 전체 조사기간 동안 129.71kWh/m²·

년이다.

4. 아파트 에너지 사용량 특성 분석

4.1. 에너지 평균 사용량 연도별 추이 분석

1) 도시가스 사용량

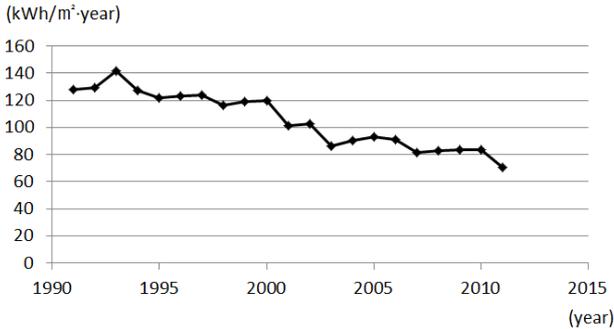


Fig. 5. change of average quantity of gas energy usage

그림. 5.는 도시가스 연도별 평균 사용량 추이를 나타내는 그래프이다. 이 그래프를 분석하면, 1991년부터 2012년까지 1년 평균 도시가스 사용량은 꾸준히 감소하고 있다. 최고 사용량은 1993년도 141.92kWh/m²·년이며, 최저 사용량은 2012년도 70.8kWh/m²·년이다. 그래프 기울기는 크게 3단계로 나눌 수 있다. 1991년~2000년에는 141.92~116.66kWh/m²·년에 분포하고 그 평균 사용량은 122.66kWh/m²·년이다. 2001년~2003년에 102.68~86.13kWh/m²·년으로 크게 감소하며 그 평균은 95.35kWh/m²·년이며 1991년~2000년 사용량의 77.7%에 해당한다. 2004년~2012년에는 93.16~70.8 kWh/m²·년에서 분포하며 그 평균은 87.53kWh/m²·년이며 2001년~2003년 사용량의 91.8%에 해당한다. 2000년 초반을 기점으로 이전은 평균량보다 도시가스를 많이 사용하였고 그 이후부터 평균량보다 꾸준히 감소하는 것을 확인 할 수 있다.

2) 지역 냉·난방 사용량

그림. 6.은 지역 냉·난방 연도별 평균 사용량 추이를 나타내는 그래프이다. 이 그래프를 분석하면, 1997년부터 2012년까지 1년 평균 지역 냉·난방 사용량은 꾸준히 감소하고 있다. 최고 사용량은 1998년도 121.75kWh/m²·년이며, 최저 사용량은 2010년도 65.37kWh/m²·년이다. 지역 냉·난방 그래프 기울기도 크게 3 단계로 나눌 수 있다. 1997년~2000년에는 121.75~98.02kWh/m²·년에 분포하고 그 평균 사용량은 104.79kWh/m²·년이다. 2001년~2006년에 89.50~73.40kWh/m²·년으로 크게 감소하며 그 평균은 81.82 kWh/m²·년이며 1997년~2000년 사용량의 78.1%에 해당한다. 2007년~2012년에는 71.65~65.37kWh/m²·년에서 분포하며 그 평균은 68.22kWh/m²·년이며 2001년~2006년 사용량의 83.4%에 해당한다. 지역 냉·난방 역시 2000년 초반을 기점으로 이전은 평균량보다 많이 사용하였고 그 이후부터 평균량보다 꾸준히 감소하는 것을 확인 할 수 있다.

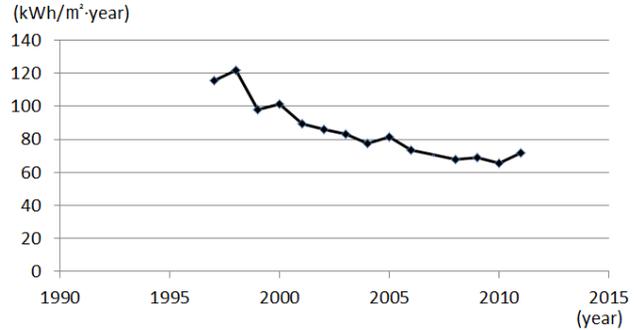


Fig. 6. change of average quantity of district cooling & heating energy usage

3) 전기 사용량

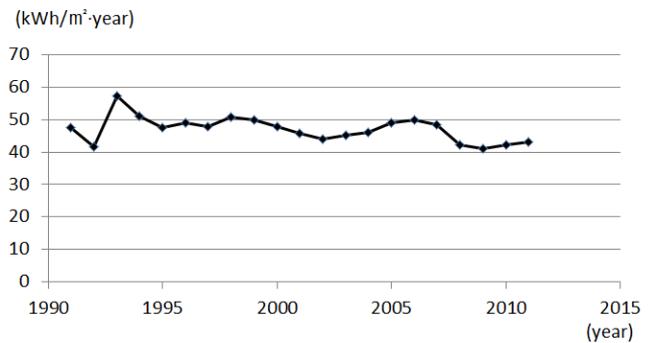


Fig. 7. change of average quantity of electric energy usage

그림. 7.은 전기 연도별 평균 사용량 추이를 나타내는 그래프이다. 이 그래프를 분석하면, 1991년부터 2012년까지 1년 평균 전기 사용량은 전반적으로 큰 변화 없이 일정한 것을 확인할 수 있다. 최고 사용량은 1993년도 57.22kWh/m²·년이며, 최저 사용량은 2009년도 40.96kWh/m²·년이다. 그래프는 1990년대 말 다소 감소한 것으로 보이나 2003년 다시 증가하고, 2007년부터 감소하는 것으로 나타난다.

4.2. 총에너지 사용량 특성 분석

1) 열에너지 원별 에너지 사용량 비교 분석

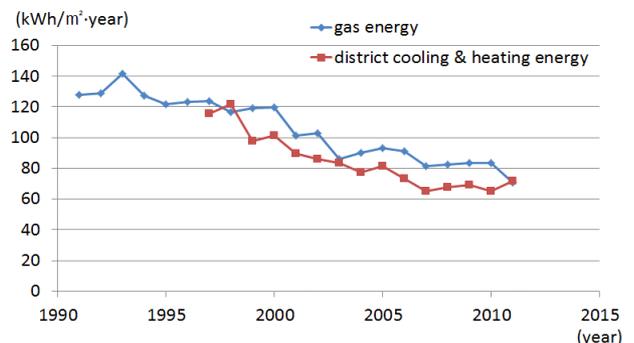


Fig. 8. quantity of the average usage according to energy sources

열에너지 사용량은 도시가스 사용량과 지역냉·난방 사용량을 합한 에너지 량을 말한다. 에너지원과 상관없이 실제 사용한 열 에너지, 특히 난방에 사용한 에너지이다. 그림. 8.은 열에너지인 도시가스와 지역 냉·난방 평균 사용량을 비교한 그래프이다. 그

래프를 분석해 보면, 1996년까지는 열에너지 원으로 도시가스만을 사용하였으며, 1997년~2012년에 두 열에너지 원이 사용되었다. 1997년, 1998년, 2003년을 제외하고 나머지 년도에는 두 에너지의 사용량 차이는 비슷하다. 1997년~2003년에 도시가스 평균사용량은 110.92kWh/m²·년이며, 지역 냉·난방 평균사용량은 92.51kWh/m²·년으로 도시가스 평균 사용량의 83.4%에 해당한다. 2004년~2012년에 도시가스 평균 사용량은 87.53kWh/m²·년이며, 지역 냉·난방 평균사용량은 71.87kWh/m²·년으로 도시가스 평균 사용량의 82.1%에 해당한다. 지역 냉·난방 사용량은 어느 시기에 상관없이 도시가스 사용량의 82~83%로 일정하게 도시가스보다 작게 사용하는 것으로 나타났다.

2) 총에너지 사용량 비율 분석

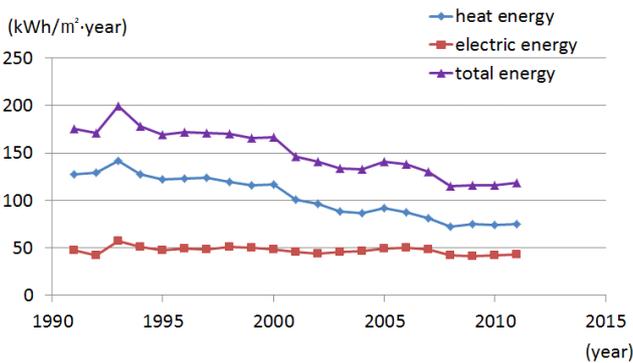


Fig. 9. quantity of the average usage of energies

총에너지 사용량은 열에너지 사용량과 전기 사용량을 합한 전체 에너지 사용량을 말하며, 아파트에서 사용하는 최종 에너지를 나타낸 것이다. 그림. 9.는 총에너지와 열에너지, 전기에너지 사용량을 연도별로 나타내고 있다. 그래프를 분석해 보면, 총에너지와 열에너지 사용량은 항상 일정한 간격으로 변화하는 것을 확인 할 수 있으며, 전기 사용량은 모든 기간 큰 변화 없는 것을 확인 할 수 있다. 처음 5년인 1991년~1995년까지 총에너지의 평균사용량은 175.89kWh/m²·년이며 열에너지 평균사용량은 126.61kWh/m²·년, 전기에너지 평균사용량은 49.28kWh/m²·년이다. 총에너지 중 열에너지가 차지하는 비율은 72.0%이고 전기에너지의 비율은 28.0%이다. 마지막 5년인 2008년~2012년까지 총에너지의 평균사용량은 116.00kWh/m²·년이며 열에너지 평균사용량은 74.36kWh/m²·년, 전기에너지 평균사용량은 41.64kWh/m²·년이다. 총에너지 중 열에너지가 차지하는 비율은 64.1%이고 전기에너지의 비율은 35.9%이다. 총에너지 중 전기에너지가 차지하는 비중이 점차 늘어남을 알 수 있다.

그림. 10.은 같은 기간 동안 총 1차 에너지사용량을 비교한 그래프이다. 그래프를 분석해 보면, 열 1차 에너지와 전기 1차 에너지사용량은 1991년~1997년에는 비슷한 사용량을 나타내지만 1998년부터 점진적으로 전기 1차 에너지 사용량이 열 1차 에너지 사용량보다 많아지는 경향을 나타내다가 2004년경부터는 전기 1차 에너지 사용량이 열 1차 에너지 사용량보다 확연히 높게 나타남을 확인할 수 있다. 1991년~1995년까지 총 1차 에너

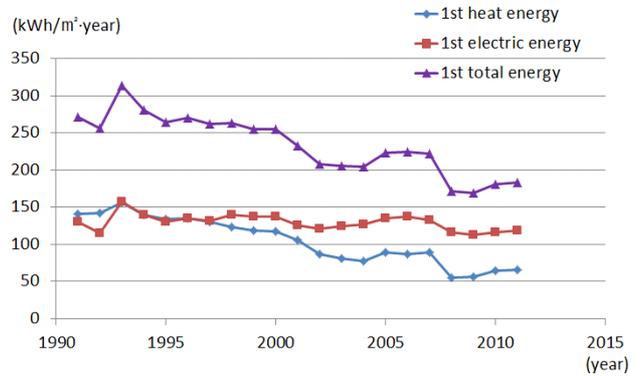


Fig. 10. quantity of the average usage of 1st energies

지 평균 사용량은 274.78kWh/m²·년이며 열 1차 에너지 평균 사용량은 139.27kWh/m²·년, 전기 1차 에너지 평균 사용량은 135.51kWh/m²·년이다. 총 1차 에너지 중 열 1차 에너지가 차지하는 비율은 50.7%이고 전기 1차 에너지의 비율은 49.3%이다. 2008년~2012년까지 총 1차 에너지의 평균 사용량은 173.77kWh/m²·년이며 열 1차 에너지 평균사용량은 59.23kWh/m²·년, 전기에너지 평균사용량은 114.54kWh/m²·년이다. 총 1차 에너지 중 열 1차 에너지가 차지하는 비율은 34.1%이고 전기 1차 에너지의 비율은 65.9%이다. 총 1차 에너지에서 전기 1차 에너지가 차지하는 비중이 크게 늘어남을 알 수 있다. 국가적 차원에서 탄소발생 저감을 위해서는 총 에너지보다 총 1차 에너지 감소가 무엇보다 중요하므로 특히 전기에너지 사용량을 감소시킬 방안이 필요하다 하겠다.

3) 에너지효율등급인증과 에너지사용량 비교 분석

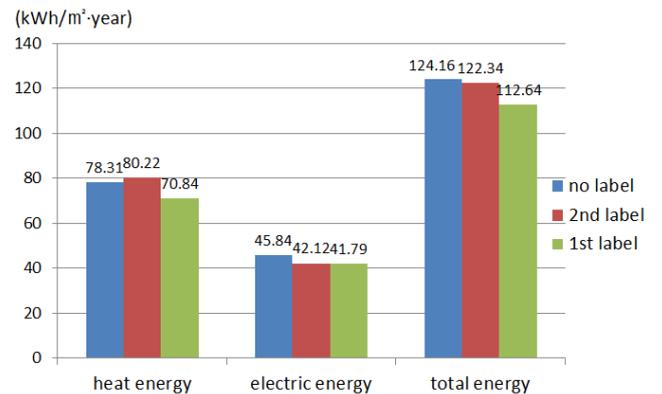


Fig. 11. energy usage of apartments accredited by energy efficiency labeling program

정부는 에너지성능이 높은 건축물을 확대하고, 건축물의 효과적인 에너지관리를 위하여 건축물 에너지효율등급 인증제를 시행하고 있다. 이 제도는 2001년 제정이 되어 현재까지 시행되고 있지만 민간 공동주택은 의무가 아니기 때문에 조사대상 공동주택 단지들 중에는 2005년 12월 이후 에너지 효율등급 인증을 취득한 단지가 나타나기 시작한다. 따라서 2005년 12월 이후 사업승인을 득한 단지들을 중심으로 미 취득, 2등급, 1등급을 취득한 단지로 구분하여 에너지 사용량을 분석하였다. 조사대상 단

지 중에서 2등급, 1등급 받은 단지는 각각 10개, 8개이다.

그림. 11.은 건축물 에너지 효율등급에 따른 에너지 사용량을 나타낸 것이다. 열 에너지는 미 취득 단지가 평균 78.31kWh/m²·년을 사용하였다. 2등급 단지는 오히려 미 취득 단지보다 많은 평균 80.22kWh/m²·년을 사용하였으며, 1등급 단지는 평균 70.84kWh/m²·년을 사용하였다. 전기에너지는 미 취득 단지가 평균 45.84kWh/m²·년을 사용하였고 2등급 단지가 42.12kWh/m²·년, 1등급 단지는 41.79kWh/m²·년을 사용하였다. 총에너지는 미 취득 단지가 124.16kWh/m²·년을 사용하였고 2등급 단지는 122.34kWh/m²·년, 1등급 단지는 112.64kWh/m²·년을 사용하였다. 현재까지 에너지효율등급인증이 의무화가 아니기 때문에 크게 활성화 되지 못해 그 효과가 많지 않지만, 전반적으로 미미하지만 미 취득 단지, 2등급 취득 단지, 1등급을 취득한 단지 순으로 총 에너지를 작게 사용한 것을 확인 할 수 있다.

5. 에너지 사용량 변화와 관련법의 연관성 분석

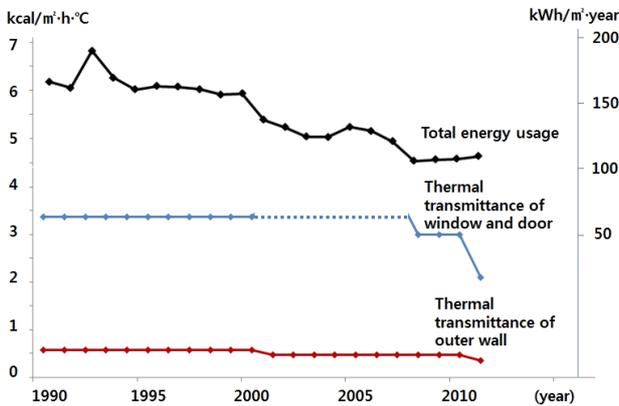


Fig. 12. total energy and thermal transmittance criterion

그림. 12.는 1991년~2012년에 걸쳐서 조사 대상 단지의 총 에너지 평균 사용량의 변화와 에너지 절약기준에 따른 단열 부위 중 가장 대표적인 외벽, 창과 문 열관류율 기준의 변화를 그래프로 나타낸 것이다. 총 에너지의 사용량을 살펴보면, 전년 대비 연평균 변화량이 가장 큰 곳은 1993년, 2001년, 2008년으로 나타난다. 1991년~2000년에 총에너지 사용량은 전체적으로 변화가 적으나 유일하게 1993년에 크게 증가한 것으로 나타난다. 1993년의 평균 총 에너지 사용량은 199.18kWh/m²·년으로 1994년 평균 총 에너지 사용량 178.53kWh/m²·년의 1.11배, 1992년의 평균 총 에너지 사용량 170.70kWh/m²·년의 1.16배 높은 것으로 분석된다. 1993년 총 에너지 사용량이 갑자기 높아진 이유는 별도 분석이 필요하다.

2001년에 총 에너지 사용량이 크게 감소하며, 이후 큰 변동이 없이 2007년까지 지속된다. 2001년의 평균 총 에너지 사용량은 146.37kWh/m²·년으로 2000년의 평균 총 에너지 사용량 166.43 kWh/m²·년과 대비하여 12.1% 감소하였다. 2001년 1월에 단열기준이 전년대비 20% 강화된다.³⁾ 2001년에 총 에너지 사용량이 크게 감소한 원인은 2001년 1월 단열 기준의 강화와 깊

은 연관이 있는 것으로 분석된다. 그림. 12.에서 창과 문의 단열 성능은 2001년 이전에는 열관류율 기준이 2.9kcal/m²·h·°C 이하이거나 이중창이나 복층유리를 사용하도록 하였으며, 2001년 1월 이후에는 창과 문의 열관류율 기준이 3.30kcal/m²·h·°C으로 통합 관리되었다. 열관류율 기준 측면에서 볼 때는 2001년에 단열 기준이 완화된 것으로 볼 수 있으나 2001년 이전 이중창이나 복층 유리의 열관류율이 3.27~3.60kcal/m²·h·°C에 분포하여 2001년에 창과 문의 단열기준이 완화되었다고 볼 수 없다.

2008년에 총 에너지 사용량이 크게 감소되며 그 총에너지 사용량이 2012년까지 지속된다. 2008년의 평균 총에너지 사용량은 114.88kWh/m²·년으로 2007년의 평균 총에너지 사용량 129.71kWh/m²·년과 대비하여 11.4% 감소하였다. 2012년 총에너지 사용량은 118.43kWh/m²·년으로 2008년과 유사하다. 2008년에 외벽의 열관류율은 바뀌지 않았지만 그해 7월 창과 문의 열관류율 기준이 20% 강화된다. 2008년에 총에너지 사용량이 크게 감소한 것은 2008년 창과 문 열관류율 기준의 강화와 깊은 관련이 있는 것으로 분석된다. 공동주택의 총에너지 사용량은 단열기준인 부위별 열관류율 기준이 강화될 때마다 감소하는 것을 확인 할 수 있다.

6. 결론

1991년 이후 수도권에서 사업 승인된 500세대 이상의 공동주택 264단지(312,071세대)의 연도별 평균 에너지 사용량을 조사하여 그 특성을 밝히고 개정된 에너지 절약기준과의 연관성을 분석하였다. 도시가스 전체 평균 에너지 사용량은 110.57kWh/m²·년, 도시가스 1차 에너지 평균 사용량은 121.63kWh/m²·년이며, 1991년부터 2012까지 지속적으로 도시가스 사용량이 감소하였다. 최고 사용량은 1993년 141.92kWh/m²·년이며, 최저 사용량은 2012년도 70.8kWh/m²·년이다. 지역 냉·난방 전체 평균 에너지 사용량은 80.81kWh/m²·년, 지역 난방 1차 에너지 평균 사용량은 58.83 kWh/m²·년이며, 1991년부터 2012까지 지속적으로 지역 냉·난방 사용량이 감소하였다. 최고 사용량은 1998년도 121.75kWh/m²·년이며, 최저 사용량은 2010년도 65.37kWh/m²·년이다. 전기 전체 평균 에너지 사용량은 47.17kWh/m²·년, 전기 1차 에너지 평균 사용량은 129.71kWh/m²·년이며, 1991년부터 2012까지 약간 감소하는 경향을 나타내고 있다. 최고 사용량은 1993년도 57.22 kWh/m²·년이며, 최저 사용량은 2009년도 40.96kWh/m²·년이다. 1991년~2012년 연도별 평균 총에너지 사용량은 2001년, 2008년에 크게 감소하고, 1991년~2000년, 2001년~2007년, 그리고 2008년~2012년에는 큰 변동없이 지속된다. 2001년의 평균 총에너지사용량은 146.37kWh/m²·년으로 2000년의 평균 총에너지사용량과 대비하여 12.1% 감소하였다. 2008년의 평균 총에너지사용량은 114.88kWh/m²·년으로 2007년의 평균 총에너지사용량과 대비하여 11.4% 감소하였다. 2001년 감소 원인은 2001년 1월에 20% 강화된 건축물 에너지

3) 법제처, "건축물의 설비기준 등에 관한 규칙", 국토교통부, 2001

절약 기준과, 2008년 감소 원인도 2008년에 강화된 창과 문의 열 관류율 기준과 깊은 관련이 있는 것으로 분석된다.

Acknowledgements

이 연구는 서울과학기술대학교 교내연구비의 지원으로 수행되었습니다. This study was supported by the Research Program funded by the Seoul National University of Science and Technology.

Reference

- [1] “에너지절약설계기준해설서”, 한국에너지공단, 2005 // “A manual of Energy Saving Design Standards”, Korea Energy Agency, 2005
- [2] 법제처, “건축물의 설비기준 등에 관한 규칙”, 국토교통부, 2001 // The Legislative Office, “Regulation for Facility in Building, Ministry of Land, Infrastructure and Transport”, 2001