

중앙집중난방방식 공동주택의 난방열량 계량 및 요금부과방안 연구

이 태 원*, 김 용 기

한국건설기술연구원 설비플랜트연구실

A Study on the Metering and the Rating Methods of Heat in Apartment Houses with Centralized Heating System

Tae-Won Lee*, Yong-Ki Kim

Plant Research Division, Korea Institute of Construction Technology, Gyeonggi 411-712, Korea

ABSTRACT: The measuring apparatus such as heat meter is legally obliged to be installed and used for heat rating with heat or flow rate in residential buildings in Korea. There are two kinds of apparatus to measure heat consumed at each households, i.e., heat meter and hot water flowmeter. Contrast to the most of buildings with hot water flowmeter well being used for rating, heat meters have been used only 42.6% in the buildings with central heating system.

But there is a critical problem in the course of using hot water flowmeter for heat rating, yielding distorted and unfair result which is different from the real value of heat supplied. Experiments with several parameters were carried out in this study to analyze this phenomenon quantitatively and alternative methods were proposed for rational heat rating.

Key words: Centralized heating system(중앙집중난방방식), Heat metering(난방열량 계량), Heat rating method(난방요금 부과방안), Heating energy saving(난방에너지 절약)

1. 서 론

‘주택건설기준 등에 관한 규정 제37조 제3항’의 규정에 의거하여 지난 2003년 11월 개정된 ‘중앙집중난방방식의 공동주택에 대한 난방계량기 등의 설치 및 유지·관리지침(산업자원부 고시 제 2003-70호)’에서는 중앙집중난방방식을 채택하고 있는 공동주택에 난방열량계 등 난방계량기의 설치를 의무화한 바 있고, 주택법 제45조(관리비) 및 동법 시행령 제58조(관리비 등) (구 공동주택관리령 제15조)에서는 공동주택에서의 난방비를

계량기의 검침에 의해 난방열의 사용량을 기준으로 하여 부과할 것을 규정하고 있다.

그러나 조사결과¹⁾에 따르면 상당 수의 난방계량기가 설치되어 있는 중앙집중난방방식의 공동주택에서는 난방비를 난방열의 사용량에 의하여 부과하지 않고, 세대별 점유면적에 비례하여 일률적으로 부과(중앙난방의 경우 57.4%, 지역난방의 경우 3%)하고 있는 것으로 나타났으며, 이들 각 세대에서는 난방열량을 절약하고자 하는 동기 부여가 없어 에너지절약에 대한 의식결여를 초래하고 있는 것으로 분석되었다.

난방계량기를 설치하면 각 세대에서 사용하는 난방열량에 따라 난방요금을 부담함으로써 합리적인 난방요금을 부과할 수 있고, 입주민 스스로 불필요한 난방열량의 사용을 억제하여 과잉난방

* Corresponding author

Tel.: +82-31-910-0587 ; fax: +82-31-910-0491

E-mail address: twlee@kict.re.kr

세대의 절약된 열량을 추운 세대에서 이용할 수 있으므로 효율증대를 통한 에너지 절약 및 환경 개선에 기여할 수 있다. 또한 각 세대별로 적절한 실내온도 유지를 통한 쾌적한 생활환경을 조성할 수도 있다.

본 연구에서는 중앙집중난방방식 공동주택에서 난방계량기를 활용하여 난방요금을 부과하는 과정에서의 문제점을 실험주택을 이용한 실험을 통해 분석함으로써 향후 공평하고 바람직한 열량의 계량 및 요금산정방법을 제시하고자 한다. 실험을 위한 파라미터로는 세대에서의 열소비량을 지배하는 외기온도와 실내에서의 제어를 통한 난방 면적 및 실내 설정온도 등을 선정하였고, 이들 변수의 변화에 따라 적산열량계와 난방온수미터(적산유량계)를 이용하여 난방요금을 측정, 비교하였다.

2. 난방계량기 일반

2.1 난방계량기 개요

공동주택 등 국내의 주거용 건물에서 흔히 사용되는 난방계량기는 적산열량계와 난방온수미터(적산유량계)이다. 이 중 난방온수미터는 열량을 측정하지 않고 단지 통과유량만을 계측하는 장치로서 엄격하게는 난방계량기라고 말할 수는 없지만, 국내에서 난방사용열량의 계측을 위해 활용되고 있는 현실을 감안하여 본 연구에서는 난방온수미터와 적산열량계를 난방계량기라 칭하기로 한다.

한국산업규격(KS B 5304)에서 적산열량계(Heat meters, 또는 Calorimeter라고도 함)란 냉방 또는 난방상태에서 액체상태인 열매체에 의해 전달된 열량을 측정하는데 사용하는 것으로서, 공급된 열매체의 부피 또는 유량 및 열부하기의 송류(공급)측과 환류(귀환)측에서 열매체의 온도 또는 온도차를 검출하여 열량을 측정하는 장치 중 호칭구경이 40mm 이하인 것으로 규정하고 있다.

적산열량계는 난방온수미터보다 가격이 비싸고 고장율은 상대적으로 높은 것으로 알려져 있으나 열량을 정확하게 측정할 수 있는 반면, 난방온수미터는 가격 및 설치비는 저렴하지만 각 세대에 공급한 적산열량을 추정하여 요금을 부과하는 경

우 오차가 매우 크다는 단점이 있다. 국내에서 사용되는 적산열량계와 난방온수미터는 감속기어와 리드스위치(Lead-switch)식을 이용하는 임펠러식 유량센서를 채택하는 것이 대부분이며, 유체의 사용온도는 0~120℃로서 중온용이고 유량범위는 0.1~45m³/h까지 광범위하게 측정할 수 있다.

이러한 임펠러식 유량센서는 측정매체인 난방수질의 영향을 많이 받아 국내의 경우와 같이 수질관리가 어려운 난방계통에 채택하는 경우 고장발생율이 높다는 단점을 지니고 있다. 유럽 등 선진국에서도 최근 이러한 단점을 해소하기 위해 전자기식이나 초음파식의 유량센서를 탑재한 적산열량계를 개발, 보급이 확산되고 있는 추세이다.

2.2 난방계량기 활용효과

에너지관리공단의 자료¹⁾에 따르면 간헐난방방식의 공동주택을 대상으로 적산열량계를 설치함으로써 20평형의 경우 월 8,500원, 24평형의 경우 월 4,400원, 32평형의 경우 월 12,500원의 난방비를 절약하여 연간 2~6만 원을 절약함으로써 약 15~27%의 에너지를 절약할 수 있는 것으로 분석되었다. 지역난방의 경우에는 적산열량계 설치시 25평형과 32평형의 경우 각각 연간 54,209원과 61,954원을 절감함으로써 각각 23% 및 22%의 에너지 절약이 가능한 것으로 조사되었다. 또한 난방온수미터(난방유량계)를 설치하는 경우에는 각각 24%와 22%의 에너지절약 효과를 보인 것으로 나타났다.

한편 한국건설기술연구원의 연구결과²⁾에 따르면 자체적으로 개발한 난방계량기 시작품을 공동주택에 시범적용하기 전에는 동일한 기후조건 하에서 전년 대비 당해년도의 에너지 소비량이 가스소비량 기준으로 8~20%, 가스요금 기준으로 12~24% 증가한 반면, 2004년 3월 난방계량기 시작품을 설치한 이후에는 월별로 다소 차이는 있지만 3개월 동안 일간 최저 외기온도의 평균치가 0.7℃ 감소하였음에도 가스소비량 기준 17.2%, 가스요금 기준으로 18.2%가 감소하였음을 확인하였다. 그러나 같은 기간 동안에 급탕량은 1.1% 증가하는데 그쳐 난방의 경우와는 대조적인 결과를 보였다.

2.3 난방계량기 활용상의 문제점

2.3.1 활용실태

조사결과(1997년)¹⁾에 따르면 난방계량기가 고장 나지 않았음에도 불구하고 인식부족 등으로 인하여 계량기에 의한 난방비 부과가 이루어지지 않는 경우가 많아 Table 1에 보인 바와 같이 적산열량계를 사용하는 경우가 27.1%에 불과하였고, 고장율과 유지관리비용이 상대적으로 낮은 난방온수미터의 경우도 약 58.5% 정도의 사용에 그치는 것으로 조사되었다. 지역난방 공급지역의 경우에는 지역난방사업자의 적극적인 홍보로 열량계량기의 종류에 관계없이 대부분 사용량에 따라 난방비를 부과하고 있는 것으로 나타났다.

Table 1 The state of using heat or flow meters for heat rating consumed.

Type	Heating System	No. of households	Rating method			
			Proportional		Absolute	
			(House holds)	(%)	(House holds)	(%)
Heat meter	Central	22,290	6,044	27.1	16,246	72.9
	District	370,115	351,610	95	18,505	5
Flow meter	Central	21,839	12,765	58.5	9,074	41.5
	District	184,744	184,744	100	0	0
Sum.	Central	44,129	18,809	42.6	25,320	57.4
	District	554,859	536,354	97	18,505	3

2.3.2 문제점 분석

난방계량기의 활용 및 효과적인 요금부과에 장애가 되는 요인은 여러 가지가 있으나, 본 연구에서는 그 중 몇 가지만을 기술한다. 먼저 오염된 난방순환수에 의한 유량센서의 잦은 고장발생을 들 수 있다. 국내에서는 대부분의 난방계량기에 Fig. 1에 보인 바와 같은 접촉식(임펠러식) 유량센서를 사용하는데 이 방식은 사용매체가 깨끗할 때에는 정확한 값을 측정할 수 있으나 오염된 난방수를 대상으로 사용하는 경우 잦은 고장의 발생으로 내구성을 떨어뜨리는 원인이 되는 것으로 알려져 있다.

한편 지역난방사용자 기술 및 환경교육과정 자료집(한국지역난방공사, 2003)에 따르면 Fig. 2에

보인 바와 같이 1990년대 후반을 정점으로 적산열량계와 난방온수미터의 고장율이 크게 감소함으로써 난방계량기의 성능이 향상되고 있는 것으로 판단되나 적산열량계의 고장율은 여전히 높은 수준을 유지하고 있음을 볼 수 있다.



Fig. 1 The structure of impeller type of flow meter and its polluted state after 60 days experiment with muddy water of 2500 NTU.

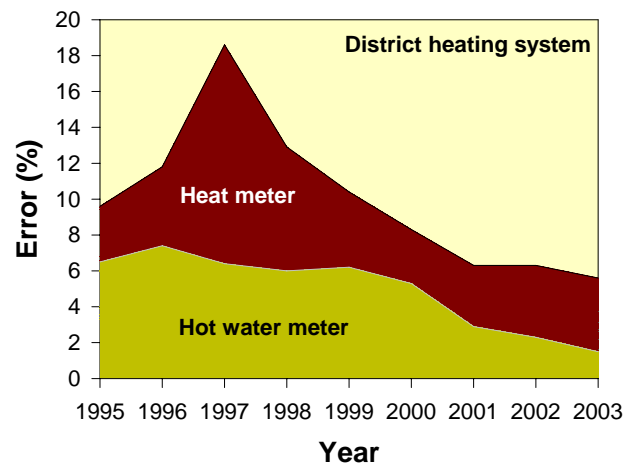


Fig. 2 Annual rates of disorder of heat meter and hot water flowmeter.

난방계량기 활용상의 또 다른 문제점으로 난방온수미터의 사용을 들 수 있다. 난방부하를 처리하기 위한 열량을 공급하기 위한 매개체로 온수를 순환시키는 난방시스템을 가지는 공동주택 각 세대에 공급된 열량은 난방순환수의 유량에 난방

공간 입출구에서 난방순환수의 온도차에 의해 결정되어야 함에도 불구하고, 난방순환수의 소비유량에 의해서만 난방요금을 부과하는 경우가 많으며, 지역난방 공급지역에서는 그 비율이 더 높은 경향을 띠고 있다. 이와 같은 경우 외기조건이나 난방제어방법 등에 따라 실제 소비한 열량의 요금단가가 달라져 세대간 형평성에 문제가 발생할 수 있으며, 특히 난방에너지를 절약하고자 하는 세대에 높은 단가를 적용하게 되는 역누진 현상이 발생하므로 시급히 해결해야 할 문제로 지적되고 있다.

3. 실험장치 및 방법

여러 가지 파라미터에 따른 각종 난방계량의 활용에 따른 난방요금부과의 적정성 및 정확성을 규명하기 위해 본 연구에서는 Fig. 3에 보인 실험주택(1층)에서 난방실험을 수행하였다.



Fig. 3 Experimental house.

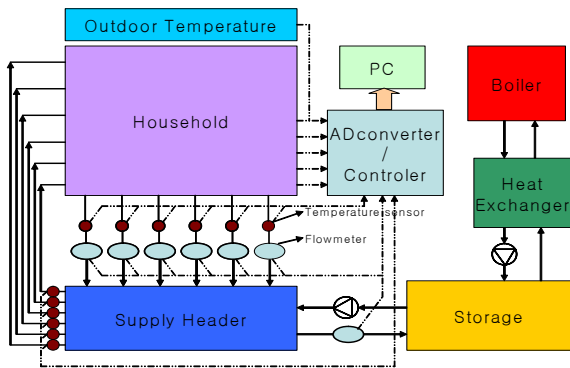


Fig. 4 Schematic diagram of experimental apparatus.

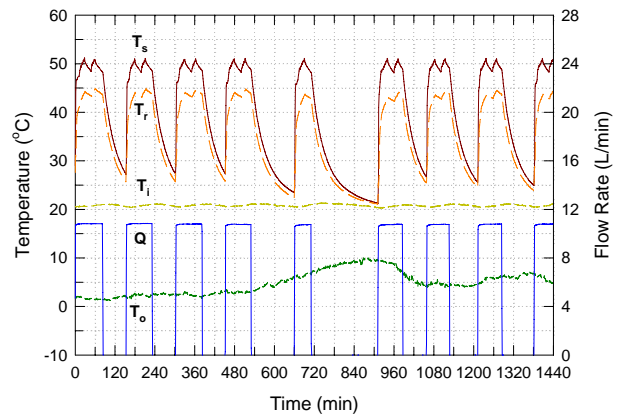
실험주택의 1층은 국내에서 보편적으로 채택되는 국민주택 규모(난방면적 85m²)의 세대로서 거실 및 주방 1개와 3개의 방으로 구획되어 있고, 거실과 주방의 면적이 전체 세대면적으로 절반을 차지하고 있다. Fig. 4에 실험장치의 개략도를 보였다.

4. 연구결과 및 고찰

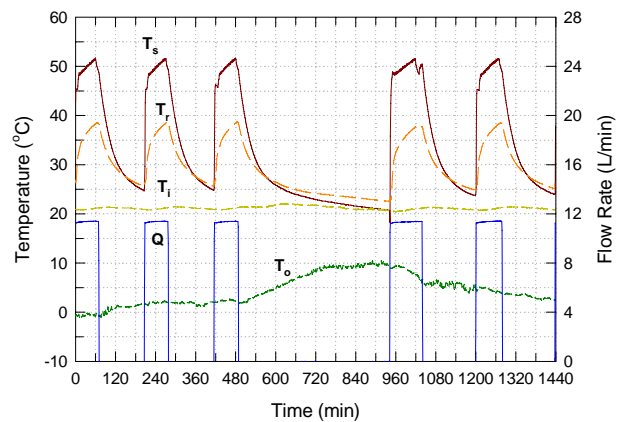
4.1 실험결과 및 고찰

4.1.1 난방 및 열공급특성

Fig. 5는 세대 전체와 거실만을 대상으로 난방을 수행할 때 하루 동안의 실내외 공기온도, 난방수 입출구 온도 및 소비유량을 도시한 것이다.



(a) In the case of heating living room only
Room Temp. 20°C, Dec. 8, 2008.



(b) In the case of heating whole household
Room Temp. 20°C, Dec. 12, 2008.

Fig. 5 Typical heating characteristics for different heating area cases.

거실 및 세대 전체를 대상으로 난방을 하는 경우의 외기평균온도는 각각 4.8 및 4.5℃, 실내평균온도는 20.8 및 21.2℃, 적산소비유량 6891 및 4464 ℓ/day 그리고 적산소비열량은 45934 및 61660 kcal/day 이었다. 외기온도 차가 크지 않아 난방부하가 거의 비슷한 것으로 생각되는 두 가지 경우에 하루 동안 소비된 열량은 면적이 큰 세대 전체를 대상으로 난방을 하는 경우가 더 크지만 소비유량은 거실만을 난방하는 경우가 더 큰 것을 볼 수 있다. 이는 전체 세대의 열적 환경은 동일한 반면, 거실만을 난방하는 경우 세대를 흐르는 난방수의 순간유량은 크게 감소하지 않으면서 난방을 하지 않는 방(난방공간)으로의 열손실로 인해 실내온도를 일정하게 유지하기 위해 상대적으로 더 오랜 기간 동안 난방순환수를 공급해 주어야 하기 때문이다. 이때 난방수의 유량에는 큰 차이가 없지만 난방면적이 작고 방열량이 적음으로 인해 난방수 입출구 온도차는 상대적으로 작아진다.

4.1.2 난방수행면적의 변화

앞 절의 실험결과에 따르면, 동일 세대(실험주택)에서 동일한 기후조건(실내외 평균온도차가 22℃) 및 운전조건으로 난방을 수행할 때, 난방에너지 절약을 위해 거실(42㎡)만을 난방하는 경우가 세대 전체(85㎡)를 난방하는 경우보다 공급열량은 60.7% 정도 감소하나 유량은 38.5% 정도만 감소하였다. 이 경우 난방공간에 단위 열량(kcal)을 공급하기 위해 필요한 난방순환수의 소비유량(ℓ)인 단위소비유량(ℓ/kcal)은 1.5배(156.6%) 가량이 증가하게 되어 실제 공급된 열량의 비율에 비해 비싼 난방요금이 부과되는 불합리한 결과가 초래될 수 있다(Fig. 6).

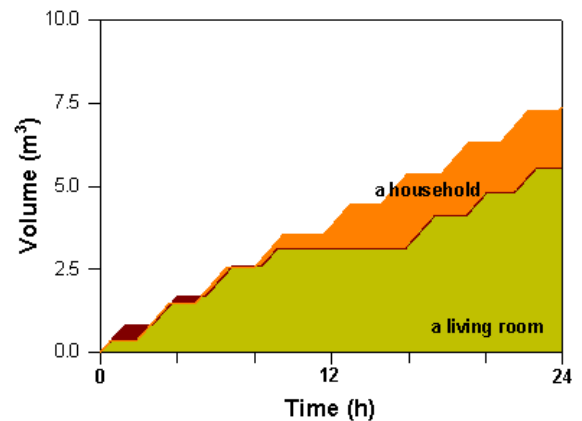
결국 중앙집중난방방식 공동주택에서 거실만을 난방하는 경우 난방운전조건 하에서 난방에너지 절약을 위해 실내온도를 낮추는 경우 난방부하가 감소되어 공급되는 열량이 감소하나 난방순환수의 유량은 더 크게(약 2배) 감소한다.

4.1.3 실내설정온도의 변화

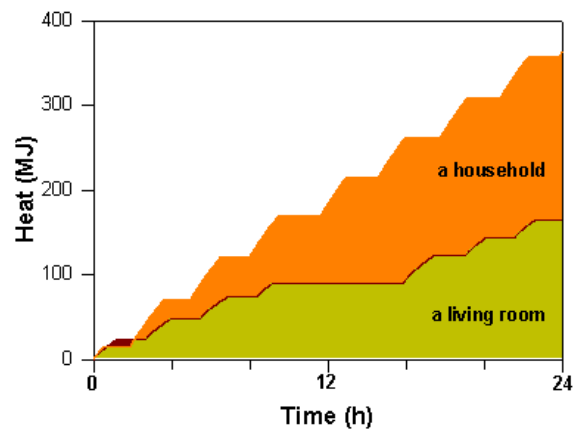
동일한 기후조건 및 난방운전조건 하에서 난방에너지를 절약하기 위해 실내온도를 낮추는 경우 난방부하가 감소되어 공급되는 열량이 감소하나 난방순환수의 유량은 더 크게(약 2배) 감소한다.

이 경우 단위소비유량(ℓ/kcal)은 실내온도가 1℃ 감소함에 따라 약 10.5%씩 감소하는 것으로 분석되었다. 결국 중앙집중난방방식을 채택하는 공동주택에서 난방요금을 부과하기 위해 적산유량계를 사용하면 적산열량계를 사용하는 경우보다 다른 조건이 동일할 때 실내온도를 1℃ 낮출수록 난방요금은 실제 공급된 열량의 비율에 비해 12% 정도씩 줄어드는 결과가 된다.

동일한 외기조건 및 난방운전조건 하에서 실내온도가 높은 것은 난방부하가 큼을 의미하므로 열손실이 상대적으로 커서 난방부하가 클 것으로 예상되는 측벽 세대나 1층 또는 최상층 세대 또는 외기의 침입이 큰 경우에는 난방운수미터(적산유량계)를 사용하여 난방요금을 부과할 때 실제 사용한 열량에 비해 상대적으로 큰 비율의 난방요금을 지불하는 것으로 유추할 수 있다.



(a) with hot water flowmeter



(b) with heat meter

Fig. 6 Variation of measured heat and volumetric flow rate for different heating area.

4.2 합리적 난방계량 및 요금부과방안

난방계량기의 낮은 측정정밀도도 문제로 지적될 수 있으며 Fig. 7에서 볼 수 있듯이 국내에서 생산, 판매되는 제품의 상당수가 난방열량 계량용으로 권장되는 Class B의 범위를 벗어나며, 특히 저유량 범위에서의 측정오차가 큰 것으로 분석되었다. 국내에서 방별 제어기의 보급이 증가하고 있다는 점에 비추어 저유량 범위를 포함한 전범위에서 측정기기의 정밀도 향상을 위한 기술개발이 필요하다 하겠다.

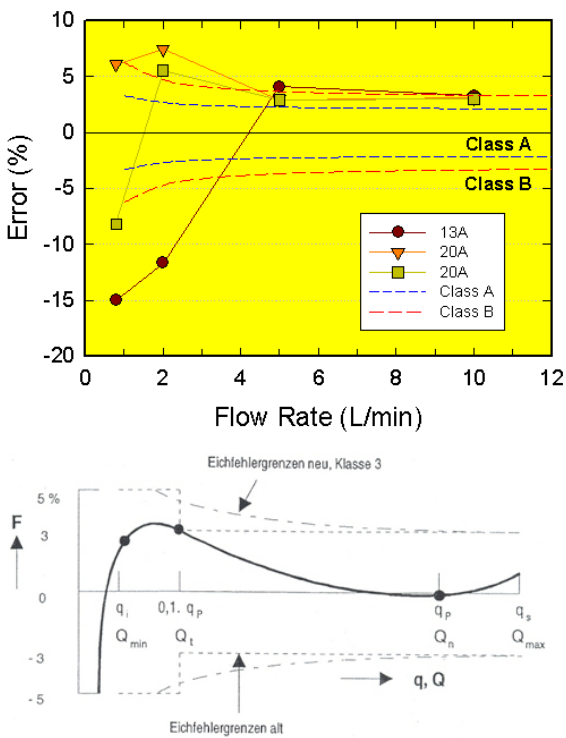


Fig. 7 The accuracy of several flowmeters.

한편 각종 난방제어방법 중 수온감지 비례제어 방식을 채택하면 난방수 출구온도가 설정값으로 고정되어 난방수의 입출구 온도차가 상대적으로 일정해지는 결과가 되므로 난방온수미터의 사용에 따른 오류를 크게 줄일 수 있으므로 국내 실정에 적합한 난방제어방법의 개발 및 적용도 고려할 필요가 있다.

그러나 궁극적으로는 앞서서도 고찰한 바와 같이 난방온수미터는 유량만을 측정하므로 요금산정에 큰 오차가 발생하고 형평성에도 어긋나며 절약하는 세대에 역누진 현상이 발생하므로 열량

계의 사용을 의무화하여야 할 것으로 판단다.

5. 결론

중앙집중난방방식 공동주택에서 계량기를 활용하여 난방요금을 부과하는 과정에서의 문제점을 실험주택을 이용한 실험을 통해 분석하고 바람직한 열량계량 및 요금산정방법을 제시하기 위한 본 연구의 결론은 다음과 같다.

- (1) 본 연구의 검토범위에서는 전체세대 난방시 대비 거실만 난방시 동일 공급열량당 소비유량이 56% 증가하여 차등부과에 의한 난방에너지절약 효과는 있으나, 거실만 난방하는 세대에 상대적으로 비싼 난방요금 부과되는 결과가 초래된다.
- (2) 실내온도 1°C 상승시 동일 수송열량당 소비유량은 12%가 증가하였고, 실내온도를 높게 유지하는 세대나 축벽세대 또는 1층 세대에 상대적으로 비싼 난방요금이 부과된다.
- (3) 난방계량기의 활용을 통해 난방에너지를 절감하고 합리적인 난방요금의 부과를 위해서는 적산열량계의 사용을 의무화하고, 난방순환수의 수질에 적합한 유량센서의 성능개선, 국내 난방시스템에 최적의 제어방법의 개발이 요구된다.

참고문헌

1. Lee, T. W., et al, 2002, A development of the optimal operating method of the intermittent heating system for active use of heat meter in residential buildings, KICT Report.
2. Lee, T. W., et al, 2007, A Development of the Thermostatic Valve Combined with Heat Meter and the Evaluation of Its Energy Saving Performance, KICT Report.
3. Lee, T. W., et al, 2004, A study on the improvement of legal systems and technologies for an active use of heat meters in residential buildings, KICT Report.
4. Lee, T. W., et al., 2005, "A study on the Analyses of the Performances of Thermostatic Valves, Trans. of the KSME, Summer, pp.3248~3253.