

기존 집합주택의 에너지절약을 위한 개수방안에 관한 연구(I)

崔英惇* · 朴相東** · 柳憲馨**

<*고려대 공대·工博, **한국동력자원연구소>

1. 서 론

요즈음 산업의 발달과 인구의 증가에 따라 에너지 사용량이 급증하고 있다. 그러나 현재 에너지원의 대부분을 차지하는 석탄이나 석유등의 지하자원은 그 매장량이 한정되어 있기 때문에 인류의 장구한 생존과 번영을 위해서는 이 에너지자원 사용의 절약이 필요하다. 특히 천연자원의 매장량이 부족한 우리나라에서는 에너지 사용의 절약이 더 절실히 요구되고 있다.

우리나라는 겨울이 길고 추워서 전체 에너지 사용량 중 많은 부분이 주택의 난방용으로 사용되고 있으므로 전체 에너지 사용의 절약을 위해서는 주택의 열효율 개선이 이루어져야 한다. 보일러의 결합이나 비합리적이고 비효율적인 운전, 열에너지운송계(transporting system of thermal energy)와 건물의 단열상태의 결합 등으로 인하여 많은 에너지가 무리히 손실되고 있다면 시급히 개수되고 개선되어야 할 것이다.

주거용 주택은 단독주택(單獨住宅)과 집합주택(集合住宅: apartment building or row house)으로 구분되는데 집합주택은 가옥이 밀집되어 있고 그 구조가 단순하여 단독주택보다 상대적으로 적은 투자와 단순한 시공방법으로 큰 에너지의 절약을 기대할 수 있어서 이에 관한 연구가 요구되고 있다.

본 연구는 1982년도 한국동력자원연구소의 연구인 "기존주택의 에너지절약을 위한 연구¹⁾"의 일부이다. 본 연구에서는 먼저 기존 집합주택의

대부분을 차지하는 아파트의 에너지관리진단(管理診斷)에 관한 자료를 조사하고 통계처리분석하여 기존 아파트의 열관리 상태를 파악하고 이에 근거하여 개수방안을 고안하는데 관한 연구를 하였다.

2. 기존 아파트의 에너지관리상태 분석

기존 집합주택의 에너지 절약을 위한 개수방안을 마련하기 위한 기초자료를 얻기 위해서 집합주택의 주류를 이루는 아파트의 에너지관리상태를 분석하였다. 본 자료는 1980년과 1981년에 에너지관리공단에서 행한 국내 기존 아파트의 "에너지관리진단보고서²⁾"의 자료를 통계처리하여 얻어진 것이다. 그 자세한 내용은 다음과 같다.

2.1. 기존 아파트의 개요 및 에너지소비 내역

표 1은 본 연구에서 조사한 기존 아파트의 개요이다. 조사한 아파트의 총수는 33개이며 이 아파트 내의 총동수(總棟數)는 377동이며 총세대수는 28,658세대이다. 조사한 아파트의 크기와 소재지, 준공연도가 다양하기 때문에 이 아파트들의 에너지관리상태의 통계자료는 국내의 기존 아파트들의 에너지관리상태의 평균으로 간주해도 될 것으로 생각된다.

표 2는 기존 아파트의 에너지소비 내역을 수록한 것이다. 연료소비량 중 63%는 난방용과 급탕용으로 사용되었고, 37%는 보일러의 제반 열손실과 열에너지운송계의 방열손실(放熱損失)

기존 집합주택의 에너지절약을 위한 개수방안에 관한 연구(I)

표 1 기존 아파트의 개요

항 목	단 위	크 기	비율(%)
아파트 총 수		33	
아파트 총 동 수	동	377	
아파트 총 세대 수	세 대	28,658	
1세대 당 평 수	평	7.5~77	
총 난방 면적	m ²	3,410,812	78
총 비난방 면적	m ²	747,994	22
사 용 연 료	병커 C유, 경유		
소 재 지	서울, 부산, 안양, 인천		
준 공 연 도	1969~1981		
난 방 방 식	온수온돌, 컨벡터, 레디에이터		

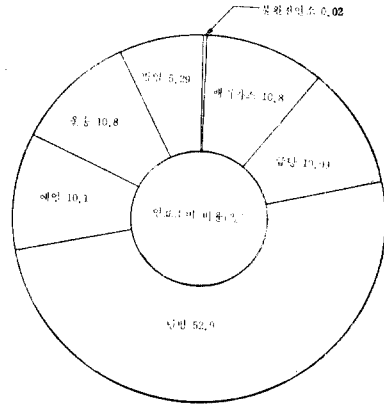


그림 1 연료 소비 비율

표 2 기존 아파트의 에너지소비 내역

항 목	단 위	크 기	비 율 (%)
평균연료 소비내역	배기가스 손실	%	10.8
	보일러 본체의 방열 손실	%	5.29
	에열 손실	%	10.09
	불완전연소손실	%	0.02
	운송 손실	%	10.8
	난방용	%	52.9
	급탕용	%	10.1
계	%		100
난방, 급탕용에 사용된 연료 비율	%		63
연료 총 소비량	병커 C유	kl/년	69,518
	경유	kl/년	1,487
	계	kl/년	71,005
단위 면적당 연간 연료 사용량	kl/m ² 년		0.0267
전력 총 사용량	세대용	MWH/년	44,676
	공동용	MWH/년	37,871
	계	MWH/년	82,547
단위 면적당 연간 평균 전력 사용량	MWH/m ² 년		0.0242

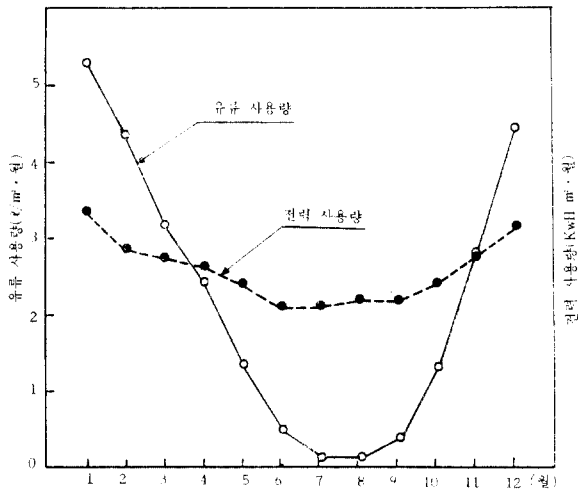


그림 2 월별 연료사용량

그림 1은 표 2의 연료소비내역을 도시한 것이고 그림 2, 그림 3은 월별 연료사용량과 에너지 사용량을 도시한 것이다. 동절기에 에너지 사용량이 크고 하절기에 적음을 알 수 있다.

기존 아파트에서 에너지관리가 필요한 부분을 대별해보면 열에너지를 발생시키는 보일러, 열에너지운송계, 연료유공급계, 주거용 건물 및 상가용 건물로 나눌 수 있다. 각 부분에 대한 상세한 에너지관리상태의 분석은 다음과 같다.

로 소모된 것이다. 이 손실에너지가 보일러와 열에너지운송계의 개수작업으로 절감이 가능한 부분이다.

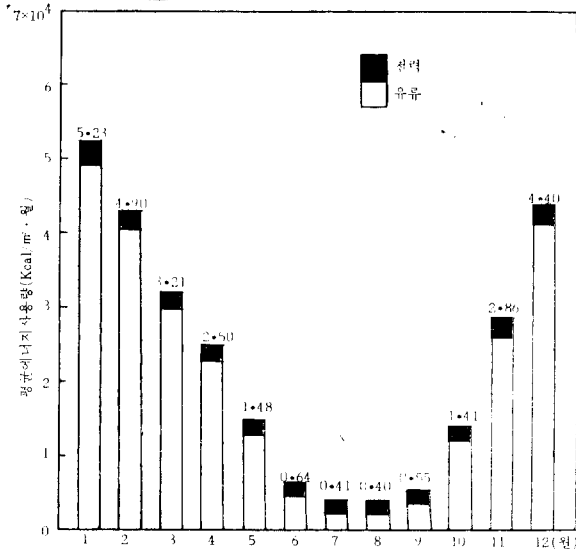


그림 3 단위 난방면적 당 평균 에너지 사용량

2.2. 보일러의 열관리상태 분석

표 3은 33개 아파트가 보유하고 있는 보일러의 종류와 대수, 평균열효율, 평균배기가스온도, 평균과잉공기비, 급수처리보일러수에 대한 통계자료이고, 그림 4, 그림 5, 그림 6은 이 내용들을 도시화 한 것이다. 보일러 중에서 수관보일러의 열효율이 80%로 가장 낮는데, 그 원인은 준공된지 오래된 아파트의 노후된 보일러가 모두 수관 보일러 이었는데, 이 보일러들의 효율이 낮았기 때문이다. 전체 평균 열효율은 83%로 정부의 형식승인기준치(型式承認基準値)인 86~87%보다 3~4%가 낮다. 그러면 평균열효율이 정부기준치보다 낮은 원인을 분석해보기로 한다.

기존 아파트에서 사용하는 보일러의 열효율에 영향을 주는 인자로는

- (1) 보일러 전열면의 열관류율(熱貫流率)
- (2) 풍기에열기의 크기와 성능
- (3) 과잉공기비

(4) 연료의 연소상태를 들 수 있다. 그러나 표 2에 나타나 있는 바와 같이 현재 국내 아파트의 보일러는 대부분 연소상태가 양호하여 완전연소에 가까운 것으로 나타나 있으므로 고찰

표 3 보일러의 통계자료

항 목		단 위	크 기	비 율 (%)
보 일 러 수	연 관 보 일 러	대	29	25.8
	노 통 연관보일 러	대	28	29.7
	수 관 보 일 러	대	46	45.5
	계	대	103	100
평 균 열 효 율	연 관 보 일 러	%		84.1
	노 통 연관보일 러	%		83.1
	수 관 보 일 러	%		80.0
	계	%		83.0
평 균 배 기 가 스 온 도	연 관 보 일 러	°C	207.8	
	노 통 연관보일 러	°C	217.1	
	수 관 보 일 러	°C	254.5	
	계	°C	232.2	
평 균 과 잉 공 기 비	연 관 보 일 러		1,394	
	노 통 연관보일 러		1,472	
	수 관 보 일 러		1,513	
	계		1,471	
급수 처리 보일러비율				27.3

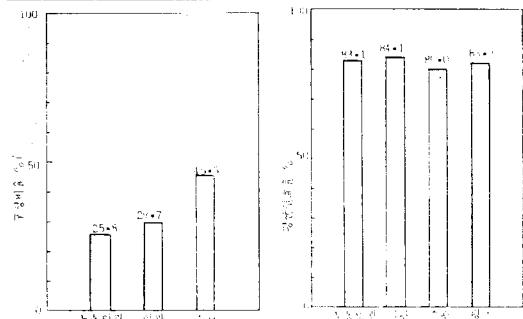


그림 4 보일러의 구성비율 그림 5 보일러 열효율이 요구되는 것은 (1), (2), (3)항이다.

(가) 전열면의 열관류율

전열면의 열관류율은 관의 모양과 크기, 배열상태와 관표면상태에 따라 변하는데, 전열면의 열관류율이 낮아지면 보일러수의 열흡수가 적어지고 배기가스온도가 상승하여 배기손실이증가하므로 보일러열효율이 감소한다. 보일러를 처음 제작하여 가동시킬 때에는 열효율이 높았을지라도, 가동년수가 증가하여 수관(水管)과 연관(煙管)의 내외벽에 부식(腐蝕)이 발생하고 물

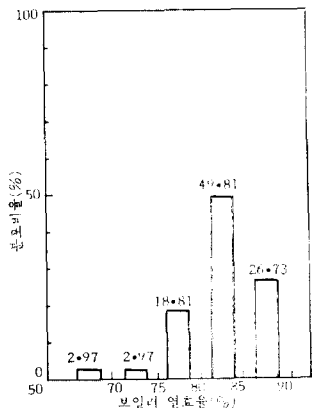


그림 6 보일러 열효율의 구성비율

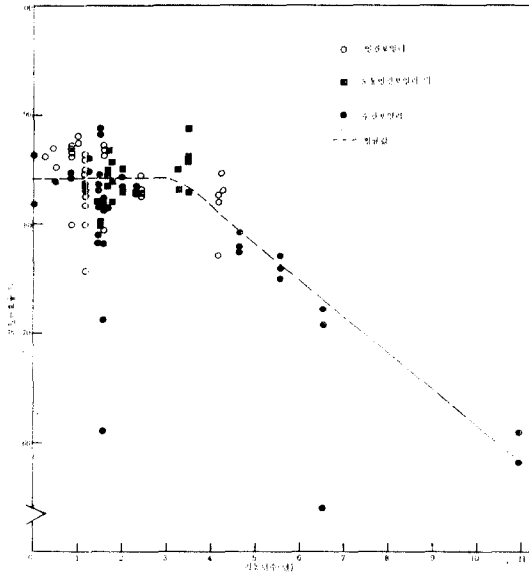


그림 7 가동년수에 따른 보일러 열효율의 변화

과 접하는 벽쪽에 스케일이 침전되면 열관류율은 감소된다. 보일러의 청소에 의해서 부착된 산화물과 스케일은 어느 정도 제거될 수 있으나 완전히 제거하기는 어렵다. 따라서 보일러 가동년수의 증가에 따른 열관류율의 감소를 피하기는 어렵다.

그림 7은 본 연구에서 조사한 아파트의 보일러 열효율을 가동년수를 좌표로 하여 도시한 것이다. 그림의 자료가 분산되어 있어 그 대체적 변화경향을 파악하기 위해서 1년 간격으로 열

효율을 평균하여 그 평균값을 단순곡선으로 이은 결과 점선과 같이 되었다. 평균값의 변화를 살펴보면 가동년수가 3년이 되기까지는 열효율이 약 85%이다가 그 후부터 열효율이 급강하하는 것을 알 수 있다. 이 현상의 주 원인은 앞에서 설명한 바와 같이 관의 부식과 스케일의 침전에 따른 관의 열관류율의 감소되었기 때문으로 생각된다. 관의 부식과 스케일의 침전은 보일러수 속에 있는 불순물에 기인된다. 보일러수 속에 용해되어 있는 O_2 나 CO_2 가스는 부식의 원인이 되고, 불용성물질이나 용해염류는 스케일 침전의 원인이 된다. 따라서 부식과 스케일 침전을 방지하기 위해서는 보일러수에 대한 급수처리가 필요하다. 그러나 표 3에 의하면 조사한 기존 아파트 중 급수처리를 하는 아파트는 27.3%에 불과하다. 이것은 보일러의 관리에서 급수처리에 대한 중요성을 이해하지 못한데 기인되었다고 생각되며 이에 대한 시급한 개선이 요구된다.

그리고 보일러를 설계할 때는 보일러가 가동년수가 오래 될수록 열관류율이 감소된다는 것을 고려하여 이를 대비할 수 있도록 설계하여야 한다.

(나) 공기에열기의 성능과 배기가스온도

연소에 의해서 발생한 열은 대부분 증발기(蒸發器)에서 흡수되고 나머지 열은 배기가스에 의해서 외부로 배출된다. 그러나 배기가스의 연도(煙道)에 절탄기나 공기 예열기를 설치하여 폐열(廢熱)의 일부를 회수하면 배기열손실을 감축시킬 수 있다. 따라서 배기가스온도를 측정해보면 기존 공기에열기나 절탄기의 크기와 성능의 적정여부(適正與否)를 판정할 수 있다. 그러나 현재 아파트의 보일러에는 절탄기가 거의 사용되고 있지 않으므로 배기가스의 온도는 공기에열기의 적정여부를 나타내 줄 것이다.

그림 8은 각종 보일러의 평균배기가스온도를 나타낸 것이다. 수관보일러의 배기가스온도가 $254.4^{\circ}C$ 로 가장 높다. 이것은 준공된지 오래된 아파트의 노후된 보일러가 모두 수관보일러였기 때문이다. 총평균온도 $232.2^{\circ}C$ 는 정부가 책

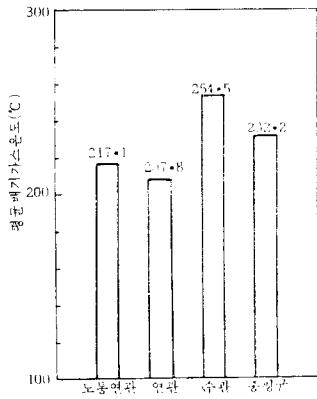


그림 8 보일러의 평균배기가스온도

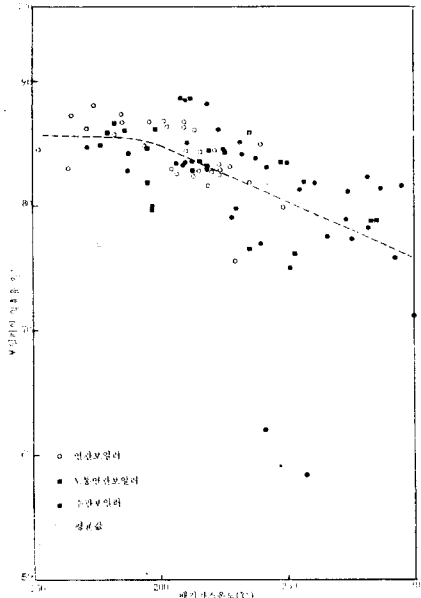


그림 9 배기가스온도에 따른 보일러 열효율 변화

정하고 있는 목표치인 150°C보다 83.2°C나 높다. 이것은 배기가스온도를 낮추기 위한 보일러 본체나 공기에열기의 개수작업의 필요성을 나타내주고 있다.

그림 9는 각 보일러의 열효율을 배기가스온도를 좌표로하여 도시한 것이고 점선은 그 평균값이다. 평균 열효율을 살펴보면 배기가스온도가 180°C되기까지는 보일러 열효율이 거의 일정하다가 그 이상의 온도에서는 보일러 열효율이

배기가스온도의 상승에 따라 선형적으로 감소하는 것을 알 수 있다. 따라서 배기가스온도가 180°C보다 높은 보일러에서는 이 온도를 150°C에서 180°C 사이로 낮추면 보일러 열효율을 증가시킬 수 있다. 배기가스온도를 150°C 이하로 낮추면 보일러 열효율은 더 증가되나 굴뚝의 통풍력(通風力)이 감소되고 공기에열기에서 재료의 저온부식(低溫腐蝕)이 증가하므로 바람직하지 못하다.

기존 보일러의 배기가스온도를 낮추는 가장 간단한 방법은 공기에열기의 전열면을 확대시키는 것인데, 이때 재고(再考)되어야할 문제는 배기가스를 일정한 온도로 낮춤으로써 얻어지는 연료비 절감액과 개수작업에 소요되는 비용을 비교하는 것이다. 그리고 공기에열기 전열면의 확대에 앞서서 고려할 또 하나의 문제는 배기가스온도는 과잉공기비와 밀접한 관계가 있다는 점이다. 따라서 공기에열기를 어느 정도 확대하여야 하는가 하는 것은 과잉공기비를 적정한 값으로 조정 한 후 측정된 배기가스온도에 기준하여 결정하여야 할 것이다.

(다) 과잉공기비(過剩空氣比)

연료 1kg을 완전연소시키는데 드는 공기의 양을 이론공기량이라 한다. 그러나 연료가 연소할 때 공기를 이론공기량 만큼만 공급하면 불완전연소가 많이 일어난다. 따라서 실제공기량은 이론공기량보다 크게 공급하는데, 이때 이론공기량에 대한 실제공기량의 비를 과잉공기비라 한다. 그러나 과잉공기비를 너무 크게 하면 연소가스의 온도가 저하되어 증발기에서 열효수가 감소되고 배기가스량이 많아져 배기손실이 증가된다. 따라서 과잉공기비는 불완전연소가 일어나지 않는 범위에서 최저값으로 하는 것이 좋다. 영국 C유를 사용하는 보일러에서 정부가 책정하고 있는 표준과잉공기비는 1.2이다.

그림 10은 각종 보일러의 평균과잉공기비를 나타낸다. 총평균값은 1.471로 표준과잉공기비보다 0.271이 크다. 그림 11은 과잉공기비의 분포비율이다. 1.25에서 1.5사이의 분포비율이 가장 높게 나타나고 있으며 2.0 이상되는 보일

기존 집합주택의 에너지절약을 위한 개수방안에 관한 연구(I)

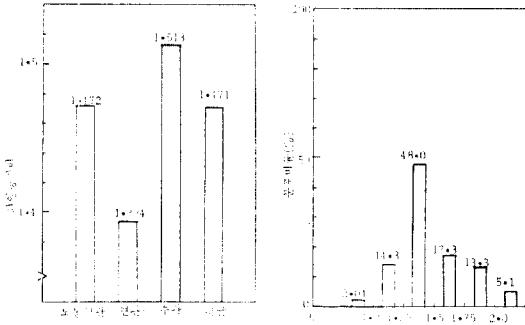


그림 10 평균 과잉공기비

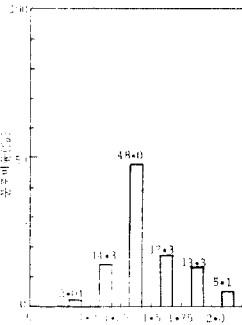


그림 11 과잉공기비 분포비율

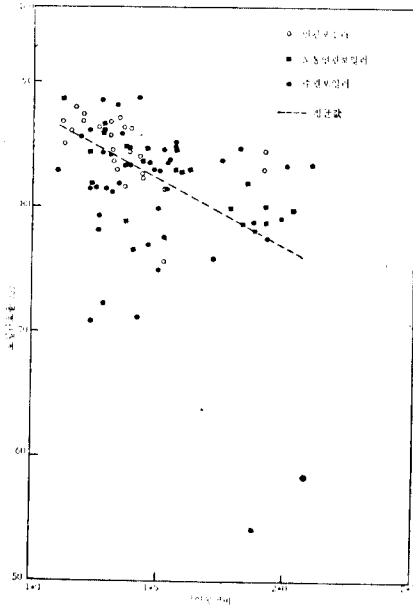


그림 12 과잉공기비의 변화에 따른 보일러열효율의 변화

러도 5.1%나 된다. 이런 보일러는 시급히 과잉공기비를 조정해야 할 것이다.

그림 13은 과잉공기비를 횡좌표로 하여 보일러 열효율을 도시한 것이다. 이 그림에서 점선은 그림 7에서와 같은 방법으로 하여 얻은 평균값이다. 이 그림에서 알 수 있는 것은 과잉공기비가 1.15 이상으로 증가하면 보일러열효율이 선형적으로 감소하는 것과 기존 아파트 보일러의 과잉공기비는 대부분 표준과잉공기비보다 크다는 것이다.

과잉공기비가 1.15 부근에서 보일러 열효율은 86%로 최대가 된다. 그러나 평균 과잉공기비인

1.471에서는 보일러 열효율이 약 82%이므로 과잉공기비 조정 불량으로 발생한 열효율 감소는 약 4%에 해당한다. 이 사실은 과잉공기비 조정의 중요성을 나타내준다. 과잉공기비를 정확히 조정하기 위해서는 가스분석기가 필요한데 현재 가스분석기를 소장한 아파트는 33개 아파트 중 1개 아파트 밖에 없었다.

2.3. 열에너지운송계의 열관리 분석

열에너지운송계(transporting system of thermal energy)는 보일러의 증기배출관으로부터 열교환기와 응축수탱크, 보일러 급수관에 이르는 보일러수 유동회로와 난방용, 급탕용 온수관을 통칭하여 말한다 그림 1에 나타나 있는 연료의 소비 내역 중 운송손실(運送損失)에 해당하는 10.8%와 예열손실(豫熱損失) 10.1%의 대부분이 이곳에서 손실되는 것이다. 따라서 이곳의 단열강화는 아파트에서의 에너지 절약에서 큰 비중을 차지한다.

표 4는 열에너지공급계의 단열상태가 불량한 아파트의 비율을 나타낸다. 응축수탱크와 밸브, 응축수회수관의 단열상태가 특히 불량함을 알 수 있다. 이와 같이 단열이 불량한 곳은 대부분 단열재를 부착하기 위한 시공작업이 약간 어려운 부분이다. 그러나 약간의 연구와 노력을 하면 이러한 부분의 단열을 할 수 있으므로 이에 대한 개수작업이 요구되고 있다.

표 4 열에너지 운송계의 단열상태가 불량한 아파트 비율

항	목	단 위	비 율
응축수 탱크 미보온		%	39.4
응축수 회수관 미보온		%	21.2
밸브 미보온		%	54.5
난방용, 급탕용 온수관의 단열부족		%	6.1
헤더에서 응축수탱크사이 관이 미보온		%	9.1
보일러 급수관 미보온		%	12.1
증기트랩노후 누설		%	12.1

2.4. 연료유공급계의 열관리상태 분석

보일러의 연소를 양호하게 하기 위해서는 연료유의 관리를 잘하여야 한다. 불완전연소를 방지하기 위해서는 배수관리를 정기적으로 하여야 하고, 연료유의 분무화(噴霧化)와 연소를 양호하게 하기 위해서 연료유는 불순물 제거를 위한 여과를 시켜야 한다. 유온(油溫)도 적정선으로 유지시켜야 한다. 유온이 너무 낮으면 분무화가 잘 안되고, 너무 높으면 연료유 공급계에서의 방열손실이 증가된다.

표 5는 연료유공급계의 단열상태와 배수관리가 불량한 아파트의 비율을 나타낸 표이다. 배수는 저장탱크에서는 주(周) 1~2회, 서어비스 탱크에서는 일(日) 1회~주(周) 2회 실시하는 것이 좋는데 기존 아파트에서는 배수시간이 비정기적인 곳이 많고 배수시간의 간격이 너무 긴 것으로 나타나 있어서 이에 대한 개선이 요구되고 있다.

표 6은 기존 아파트들의 유온 유지상태를 나타낸 표이다. 정부기준치와 비교해 볼 때 서어비스 탱크의 온도와 버어너전 온도가 높게 나타나고 있어서 이곳에서 방열손실이 클 것으로 생각된다.

표 5 연료유공급계의 단열상태와 배수관리가 불량한 아파트의 비율

항	목	단 위	비 율
저장탱크의 단열		%	9.1
서어비스탱크의 단열		%	9.1
저장탱크와 서어비스탱크 사이 관의 단열		%	6.1
서어비스탱크와 버어너전 사이 관의 단열		%	15.2
배수관리(排水管理)		%	54.5

표 6 유온관리 상태

항	목	단 위	기 준 아파트	정 부 기준치
저장탱크평균온도		°C	40.0	40~45
서어비스탱크평균온도		°C	59.6	40~45
버어너전 평균온도		°C	83.1	63~75

2.5. 아파트 건물의 열관리 분석

보일러의 열효율이 높고 열에너지공급계의 열손실이 적다하더라도 아파트건물에서의 열관류율이 크면, 쾌적주거조건(快適住居條件)을 이루기 위해서는 연료의 소비가 커질 것이다. 따라서 아파트 건물의 열관리는 아파트의 에너지 절약을 위한 열관리 중 가장 중요한 부분의 하나이다. 기존 아파트 건물들의 열관류율을 낮추기 위한 개수작업의 기초자료를 얻기 위해서 기존 아파트건물의 열관류율을 조사분석하였다.

표 7은 본 연구에서 조사한 33개 아파트의 열관리상태의 평균을 나타낸 것이고 표 8은 각 난방면적에 대한 정부의 기준열관류율을 나타낸다.

기존 아파트 건물의 평균열관류율을 정부의 기준열관류율과 비교해보면 기준치에 달하는 부분이 하나도 없어서 열관류율을 낮추기 위한 개수작업의 필요성이 대단히 큼을 나타내주고 있다. 그림 13은 열관류율이 정부의 기준치에 미달되는 아파트수의 비율이다.

그림 14는 각 난방면적의 평균난방부하 비율이다. 벽체가 38.2%로 가장 크다. 이것은 전체 난방면적 중 벽체의 비율이 56.1%로 가장 크기 때문이다. 창문과 출입문은 그 면적비율이 19.3%로 과히 크지 않으나 난방부하비율은 34.0%나 된다. 이것은 창문과 출입문의 평균열관류율이 3.0kcal/m²h°C로 다른 부분보다 월등히 크기 때문이다. 따라서 에너지절약을 위한 아파트 건물의 개수에서 가장 중요하게 검토하여야 할 부분은 창문과 출입문의 열관류율을 낮추는 것

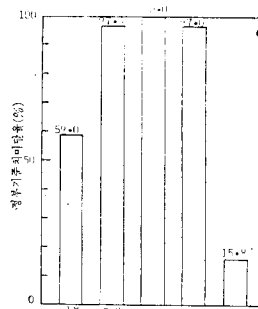


그림 13 열관류율의 정부 기준치 미달율

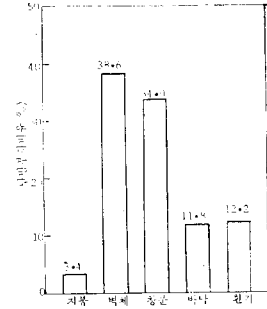


그림 14 평균난방부하비율

기존 집합주택의 에너지절약을 위한 개수방안에 관한 연구(I)

표 7 기존 아파트 건물의 열관리상태

항	목	단	위	크	기	비	율 (%)
아파트 총면적	난방면적	지	벽	m ²	328,161	12.3	78.0
		붕	체	m ²	1,493,355	56.1	
		창	문	m ²	512,919	19.3	
		바	닥	m ²	328,161	12.3	
	계		m ²	2,662,818	100.0		
	비난방면적		m ²	747,994		22.0	
	계		m ²	3,410,812		100.0	
이 중 창 울							84.2
평균 열관류율	지	붕	kcal/m ² h°C	0.6			
	축	벽	kcal/m ² h°C	1.29			
	창	문, 출입문	kcal/m ² h°C	3.0			
	전	후 벽	kcal/m ² h°C	1.26			
	바	닥	kcal/m ² h°C	1.77			
	총	평	균	kcal/m ² h°C	1.47		
평균 난방부하	지	붕	%			3.4	
	벽	체	%			38.6	
	창	문, 출입문	%			34.0	
	바	닥	%			11.8	
	환	기	%			12.2	
	계		%			100.0	
배관 방식	하	향	식	%		25.0	
	하	향	결	식	%	31.2	
	상	향	식	%		34.4	
	상	향	결	식	%	9.4	
		계					100.0
평균 실내 온도			°C	19.9			
평균 난방 일 수			日	243			
평균 난방 도 일			°C일/년	3,571			

이다. 그림 1에서 전체연료소비량 중 난방용에 사용된 비율은 52.9%이고 창문과 출입문의 난방부하비율이 34.0%이므로, 결국 전체연료소비량 중 창문과 출입문으로 손실된 양의 비율은

$$52.9(\%) \times 34.0(\%) = 18.0(\%)$$

나 된다. 만약 이곳의 열관류율을 현재의 $\frac{1}{2}$ 로 낮춘다면 9.0%의 연료절감이 가능하다. 창문과 출입문은 그 구조상으로 볼 때 다른 부분보다 단순한 방법으로 개수가 가능하다고 생각된다.

표 8 현행 정부의 기준열관류율

항	목	단	위	현행 정부의 기준 열관류율
지	붕	kcal/m ² h°C		0.5 이하
외	벽	kcal/m ² h°C		0.5 이하
창	문			이중창 또는 복층유리
바	닥	kcal/m ² h°C		1.0 이하

본 연구결과에 의하면 베렌다 앞에 창을 다는

기존 집합주택의 에너지절약을 위한 개수방안에 관한 연구(I)

경우 열관류율이 달지 않은 경우의 $\frac{1}{5}$ 이하로 낮아짐을 나타내 주었고, 출입문의 경우 중간의 공간층에 우레아폼을 충전하면 열관류율이 크게 감소됨을 나타내 주었다²⁾. 앞으로 창문과 출입문의 개수에 따른 열관류율의 변화와 경제성문제에 대한 연구가 요구된다.

3. 에너지절약을 위한 개선과 개수가 요구되는 부분의 항목

이상과 같은 기존 아파트의 에너지관리상태의 분석으로부터 얻어진 기존 집합주택에서 에너지 절약을 위해서 개선되고 개수되어야 할 부분을 열거하면 다음과 같다.

(1) 보일러

- (가) 전열면의 열관류율을 증가시키기 위해 개수
- (나) 공기에열기의 전열면 확대 및 배기가스의 폐열회수를 위한 열교환기의 설치
- (다) 과잉공기비의 조정
- (라) 제척시설의 개수와 제척관리의 개선

(2) 열에너지공급계

- (가) 난방용, 급탕용 온수관의 단열강화
- (나) 노후된 증기트랩의 교체

(다) 응축수탱크, 각종밸브, 후렌지, 응축수회수관의 단열강화

(라) 제척시설의 개선

(마) 급탕용 급수의 급수처리

(3) 연료유공급계

(가) 저장탱크, 서어비스탱크, 연료유공급관의 단열강화

(나) 연료유 여과시설의 정비

(다) 유온의 적정선 유지

(라) 배수관리의 개선

(4) 주거용 건물과 상가용 건물

(가) 지붕, 벽체, 바닥, 창문, 출입문의 단열강화

(나) 층간 온도차를 줄이기 위한 배관방식의 개선

(다) 실온의 적정선 유지

(라) 환기에 의한 열손실을 감소시키기 위한 개수

참 고 문 헌

- 1) 에너지관리공단, 에너지관리진단보고서, 1980~1981.
- 2) 박상동의, 기존주택의 에너지절약을 위한 연구 한국동력자원연구소, 1982.

