

既存單獨住宅의 에너지節約을 위한 改修方案研究

朴相東 / 朴孝洵 / 柳憲馨 / 閔晶鉉 / 韓國動力資源研究所 建物研究室

1. 서론

정부는 무주택율을 줄이기 위하여 적극적인 주택건설 부양정책을 펴면서 많은 수의 주택을 건설함으로써 현존 주택수는 약 570萬戶에 달하게 되었으며 더불어 가정용 에너지의 소비수준도 계속적으로 증가되어 국가적 차원에서의 에너지 절약방안이 특히 요청되고 있는 실정이다. 이에 따라 정부에서는 건축법에 건축물의 에너지 절약조항의 신설을 시발로 신규주택의 건물 각 부위의 단열규제치를 제정義務化시키는 한편 단열재의 사용방안을 연구하여 보급활용토록 박차를 가하고 있으나 기존건축물 부분에 대해서는 전혀 고려되어 있지 않아 이 부분의 에너지 소비는 특히 큰 비중을 차지하고 있다.

따라서 연간 25萬戶 内外로 건설되는 신규주택의 에너지 절약도 중요하지만 기존주택의 에너지 절약을 유도하는 것이 주택부분의 에너지 절약효과를 크게 기대할 수 있을 것이라 예측되며 이를 위해서는 에너지 절약을

위한 기본적인 改修計劃樹立, 단열재의 적절한 선택방법, 신단열재의 개발보급, 각종 혜택을 통한 改修施行誘導, 改修示範을 통한 홍보 등의 체계적 연구와 적극적인 추진이 필요하다. 그러나 개수시행에 앞서 주택의 안전성, 쾌적성, 경제성의 검토 등이 선행되어야 바람직하다고 보며 본 연구에서는 연구수행에 부합되는 시험주택을 선정하여 에너지 해석과 각종 실험을 통하여 문제점(단열성능, 단열구조, 설비시스템)을 추출하고 에너지 절약을 위한 이론적 개수방안을 제시하며 경제성을 검토하는 순서로 본 연구를 수행하였다.

2. 기존 단독 시험주택의 선정과 개요

2-1. 기존단독주택의 에너지 절약을 효과적으로 수행하기 위해서는 전국의 주택을 시험대상으로 하여야 바람직하나, 여러가지 어려움이 있어 연구수행 목적에 부합되는 조건을 몇 가지로 구분 설정하여 시험주택을 선

정하게 되었고 이 주택에 대해 건축 및 설비시스템을 조사·분석하였으며 대상 시험주택의 全景 및 概要는 다음과 같다. [그림 2-1], <表2-1>

<표 2-1> 시험주택의 개요

内 容	概 要
施工年度	1977年 7月
位 置	大田市 中区 柳川洞
지·붕 구조	平스라브造
住宅構造	組積造
規 模	31.68坪
暖房方法	기름보일러, 在來式온돌
斷熱狀態	無 斷熱
化粧室位置	内, 外部

2-2. 주택 및 설비구조

지붕은 평지붕이고 적벽돌로 된 조적조 단층건물로서 난방 시스템은 일부가 중앙집중식 유류용 보일러가 사용되었고 또 다른 일부는 취사를 겸한 재래식구들 온돌로 이루어져 있다. 이 주택에 사용된 보일러의 諸元은 <표 2-2>와 같다.

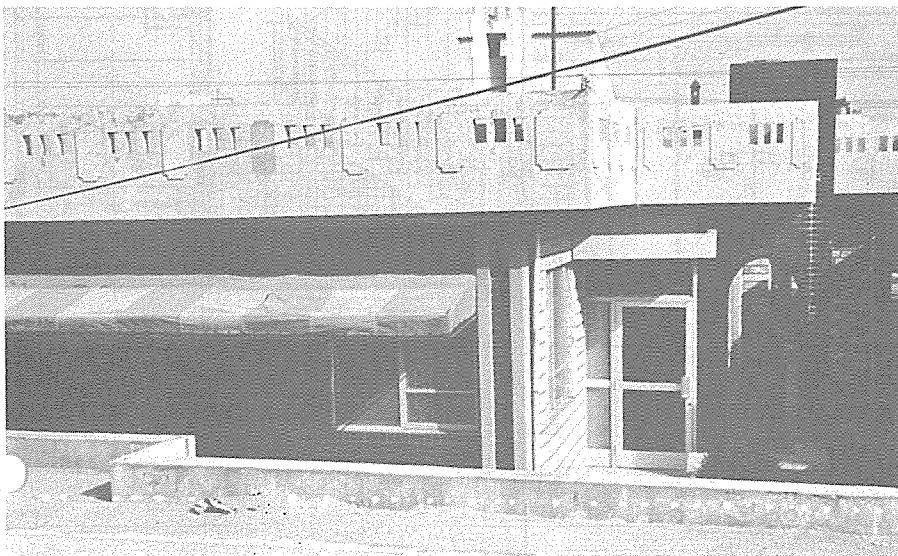
<표 2-2> 보일러 諸元

内 容	諸 元
型 式	DB-30
型式承認番号	1-1003~541
熱 効 率	87.2%
定格出力	30,000kcal/HR
暖房面積	40~60坪
試驗壓力	3.5 kg/cm ²
使用壓力	1 kg/cm ²
燃 料	輕 油

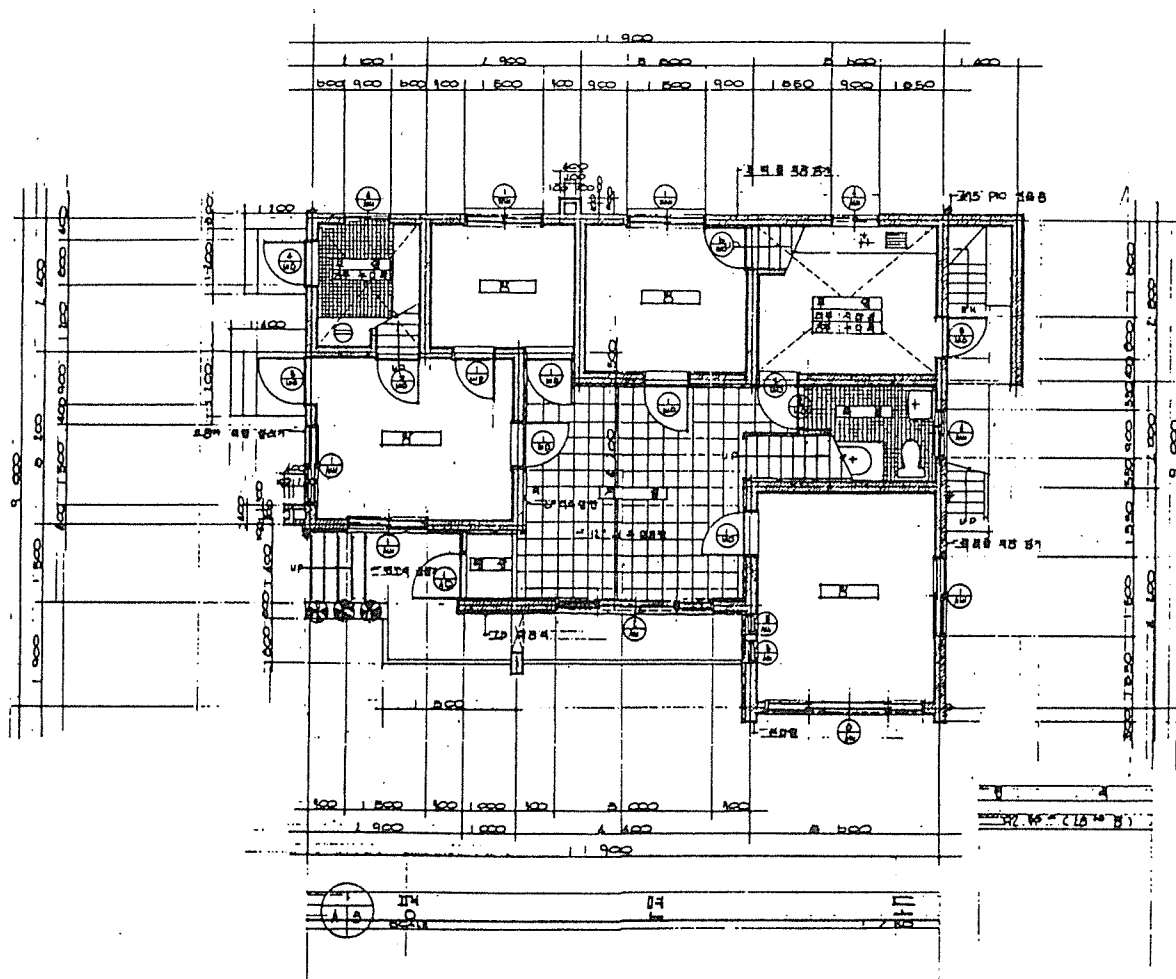
3. 試驗住宅의 實驗과 분석

3-1. 온도변화에 따른 소비에너지量比較

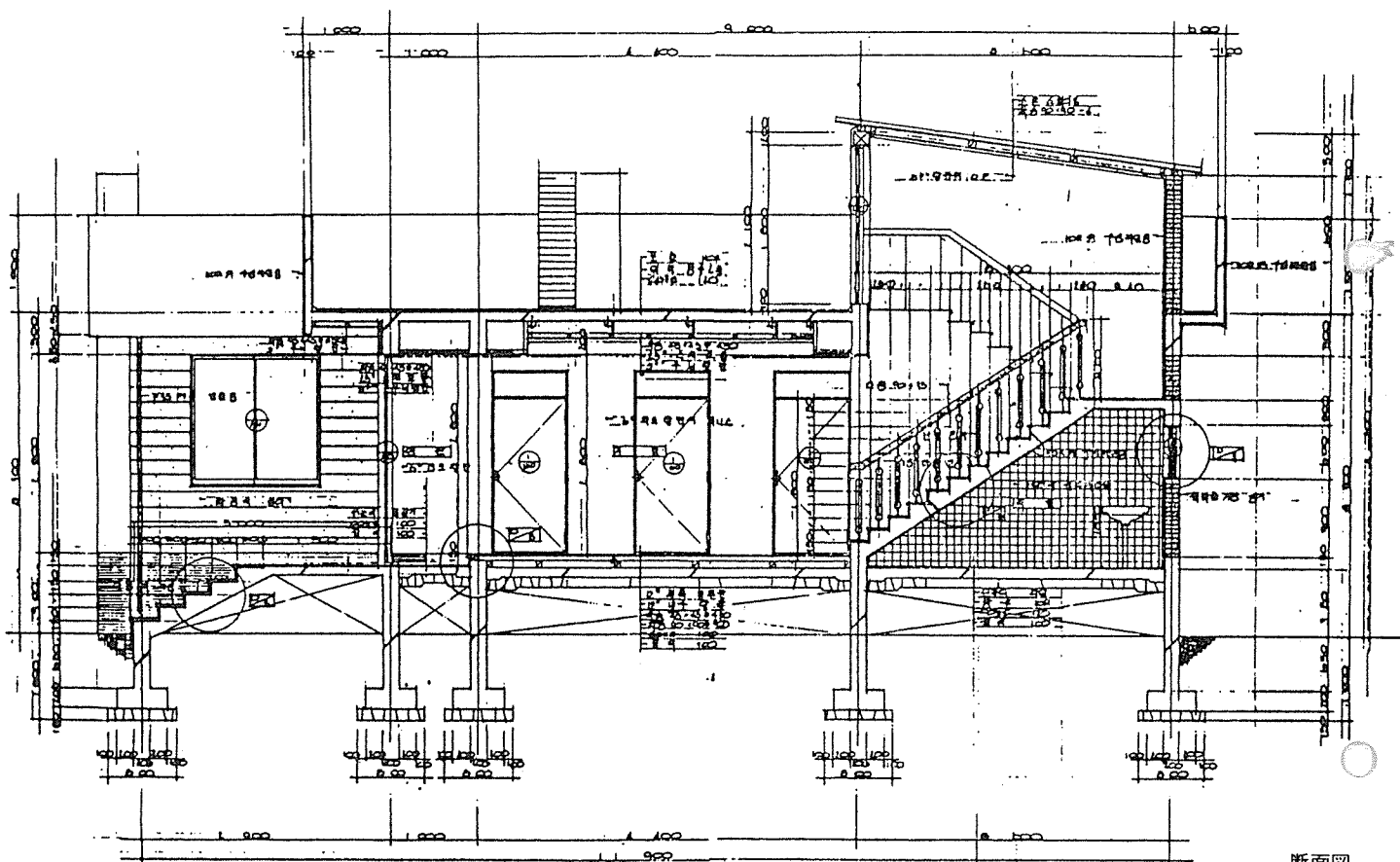
선정된 시험주택의 각실 온도변화를 일정기간('82. 12. 6~12. 9)동안 1시간 간격으로 측정(Data logger 224℃利用)하고 각 실별 사용에너지



[그림 2-1] 시험주택의 전경



平面圖



断面圖

〈表 3-1〉 最高·最低 外氣溫度 變化에 따른 消費에너지量 比較

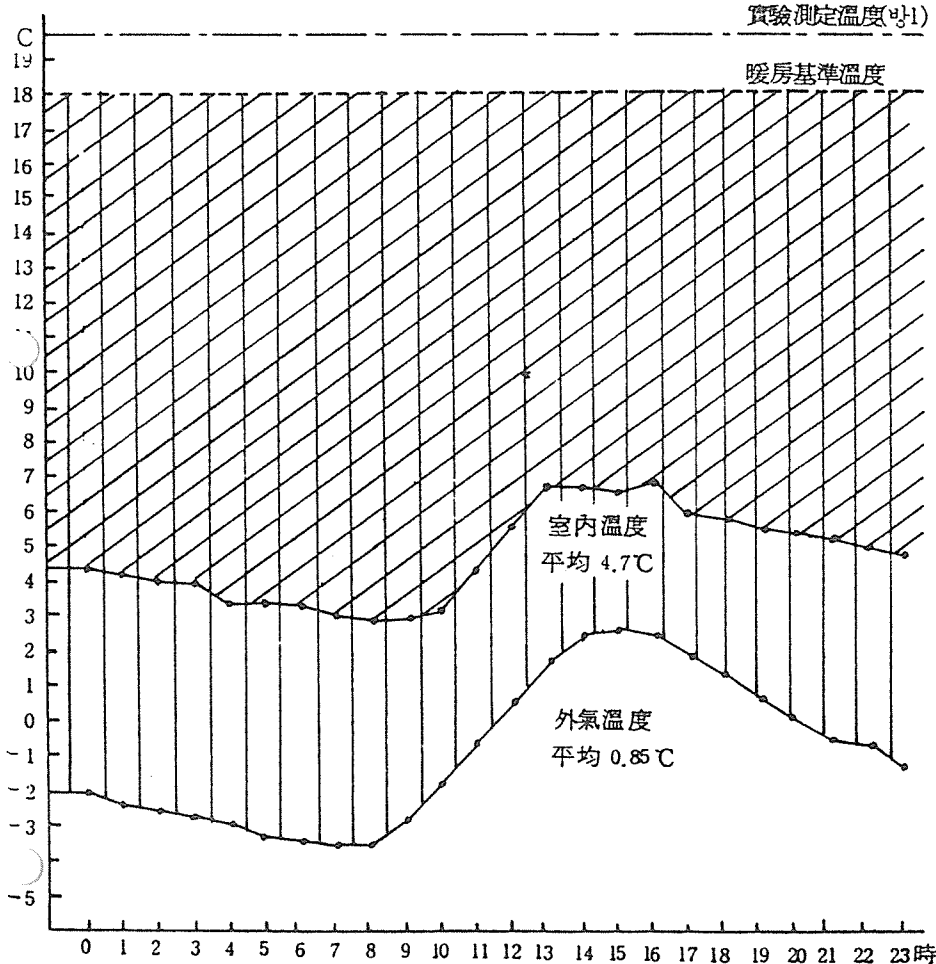
(單位: Mcal)

摘要 實驗期間	外氣 平均溫度	總供給 에너지	보일러 稼動時間	總發生 에너지	各室別 消費에너지				備 考
					방1	방2	부엌	給湯	
12. 6. 9時 -12. 7. 8時	-4.57 (最低)	226.32	5時間 26分	180.8	69.7	48.7	41.9	5	
12. 10. 9時 -12. 11. 8時	+2.72 (最高)	144.44	3時間 55分	116.2	40.8	28.9	5.1		

〈表 3-2〉 外氣平均溫도와 消費에너지量 比較

摘要 實驗期間	燃料量 (ℓ)	熱量 (kcal)	外部平均 溫度(To)	방1室內 平均溫度(Ti)	To-Ti	보일러 稼動時期	ℓ/h	ℓ/Δt	備 考
12. 6-12	144.6	1,330,320	-1.00	19.49	20.49	33:21	4.33	7.05	
13-19	156.9	1,443,480	-1.20	19.38	20.58	36:26	4.31	7.62	
20-26	123	1,131,600	+2.45	20.2	17.75	27:24	4.48	6.09	
27-1.2	135.5	1,246,600	+1.63	19.98	18.95	33:34	4.04	7.15	
1. 3-9	148.5	1,366,200	-0.42	19.44	19.86	31:10	4.76	7.48	
10-16	154.9	1,425,080	-1.40	19.3	20.7	34:50	4.45	7.48	
17-23	174.5	1,605,400	-3.32	18.54	21.86	34:49	5.01	7.98	
24-30	141.5	1,301,800	+1.26	19.97	18.71	31:58	4.48	7.56	
平均	147.4	1,356,310	-0.32	19.53	19.86	32:34	4.48	7.30	

〔그림 3-1〕 理論値와 實測値에 의한 난방부하 比較



를 실측(Calorie Meter利用) 한 바에 의하면 외기가 평균최저인 때는 최고인 때의 약57%(81.88Mcal) 정도 더 에너지를 소비한 것으로 나타났다. 〈表 3-1〉

또한 82년 12월 6일부터 약 2개월간 일주일을 단위로하여 외부평균 기온과 소비에너지량을 측정분석 〈表 3-2〉한 결과, 실내평균 온도를 1°C 올리는데 1.06ℓ 에너지가 더 소비된 것으로 측정되었으며, 시간당 연료사용량은 4.48ℓ로 나타났다.

3-2. 非暖房室과 外氣溫度 比較

실험기간중 방4에 대해서 난방을 하지 않았을 때 외기온도 변화에 따라 변하는 상태를 측정한 결과, 외기온도가 평균 0.85°C, 방4의 실내온도가 평균 4.7°C이며 외기온도가 최저 -3.2°C일 때 방4의 실내온도는 2.9°C가 되었다. 그러므로 기기의 용량을 결정할 때 실내 요구온도 18°C를 유지하기 위한 생산열량은 Δt=21.2°C가 아니라 Δt=15.1°C로 계산해야 할 것이다. [그림 3-1]과 같이 세로로 줄친 부분이 종래의 이론식에 의한 난방부하이며 실제의 부하는 빗금을 친 부분이 되겠다.

물론 실내기후 환경에 영향을 주는 요인으로서 외기조건 이외에도 실내온도, 습도, 周壁溫度, 실내기류 등 4가지가 있으나 여기에서는 실내온도에 따른 차이만 고찰하여 보았다.

3-3. 보일러 가동시(연속·불연속)의 온수온도 변화

보일러 가동시의 온수온도의 변화를 측정(表 3-3)한 바에 의하면 기존입주자는 보일러의 온도조절기의 온도를 80°C에 고정시켜 놓았으나 아무리 높은 온도의 온수를 공급한다 하여도 배관손실이 많다든지 방바닥 밑으로의 손실이 많다면 의미가 없는 것이다. 우선적으로 방바닥 밑으로의 손실을 작게 하여야 함은 물론 배관에서의 방열손실을 적게 하기 위해서는 온수온도를 낮추므로써 그 효과를 얻을 수 있겠는데, 실제 선진국에서는 온수온도를 85°C에서 66°C로 내려 종합운전효율을 6% 정도 상승시킨 예도 있으므로 보일러의 온수온도를 낮추어 低溫運轉化하여 에너지절약을 꾀하는 것도 바람직하다고 판단된다.

3-4. 외기온도변화와 보일러 가동상태

일정기간(12月 7日 21時~ 12月 8日 03時) 외기온도, 실내온도, 방바닥온도, 보일러와 방 1 연결주관의 공급·환수관의 온도, 보일러의 가동시간을 측정(그림 3-2) 한 바에 의하면 외기온도 -3℃, 실내온도가 18℃ 이하일 때 보일러와 순환펌프가 가동되기 시작하여 6~7번의 가동

과 정지가 있는 후 잠시 休止 하였다가, 실내온도가 18℃ 이하이고 외기온도가 -4℃일 때 부터 가동과 정지가 자주 발생되면서 연속가동되었다. 가동시간은 약 3분정도로 상당히 짧았으며 休止가 된후 약 7분 후에 가동이 되었다. 이러한 현상은 외기온도가 -4℃ 보다 높은 온도가 될

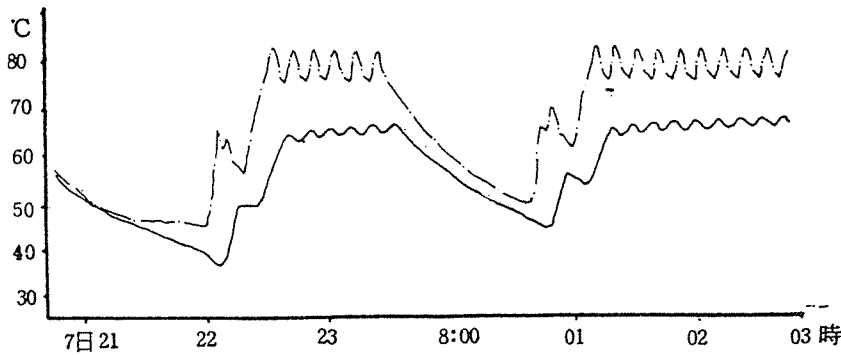
때 까지 반복되었으며 측정 한 바와 같이 자주 가동과 정지가 일어난다는 것은 過容量의 보일러 선정에 그 이유가 있다고 볼 수 있으며, 이로 말미암아 入力에 대한 방열손실은 물론 draft에 의한 손실, purge에 따른 손실이 발생되므로서 보일러의 손실이 크게 측정되었다(表 3-4참조) 고 판단된다.

〈表 3-3〉 보일러稼動時 温水溫度變化

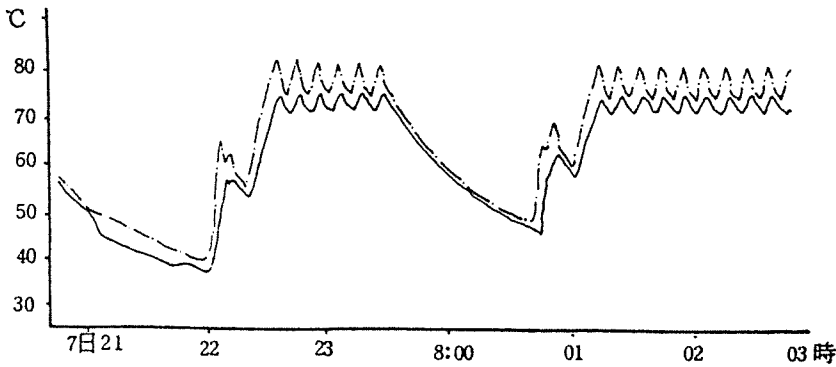
稼動狀態	보일러 연결주관				방 1 연결주관				방 1	
	공급관의溫度		환수관의溫度		공급관의온도		환수관의온도		最高	最低
連 統	最高	最低	最高	最低	最高	最低	最高	最低	最高	最低
	80℃	73℃	62.5℃	63℃	80℃	72.5℃	75.5℃	70.5℃	51℃	49℃
不 連 統		34℃		26℃		32℃		28℃		29℃

(그림 3-2) 外氣溫度變化와 보일러稼動狀態

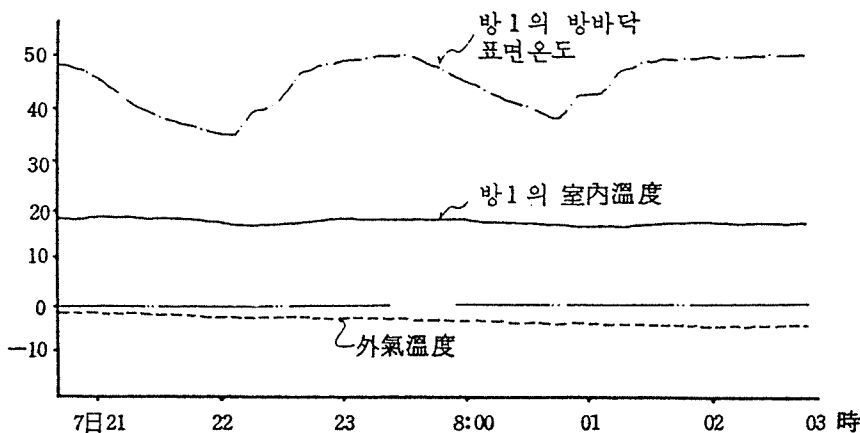
(그림 3-2-A) 主供給, 還水管의 温水溫度 變化



(그림 3-2-B) 방 1 供給, 還水管의 温水溫度 變化



(그림 3-2-C) 外氣溫度, 방 1의 室內溫度, 방바닥 表面溫度의 變化



3-5. 적정보일러 용량계산

보일러의 용량은 다음과 같은 식에 의하여 구한다. 보일러의 출력: H

$$H = He + Hw + Hp + Ha \dots\dots\dots(1)$$

$$H = Gh \cdot Cp (th_2 - th_1) \dots\dots\dots(2)$$

Gh = 급수량(kg/h) Cp : 물의 평균 비열능 1

th₁ : 급수온도 th₂ : 난방출구온도

He : 난방부하(kcal/h)

Hw : 給湯負荷(kcal/h)

Hp : 배관 열손실 概略値로서 대규모 장치에서는 He+Hw의 30%, 소규모 장치에서는 15% 정도를 취한다.

Ha : 예열부하 용량이 적은 가정용 온수 보일러의 경우 안전율로서 1.2 정도로 취하는 것이 좋다.

그러므로 대상 시험주택의 改修前 油類温水 난방실 부분에 적합한 보일러의 용량은 다음과 같이 계산될 수 있다.

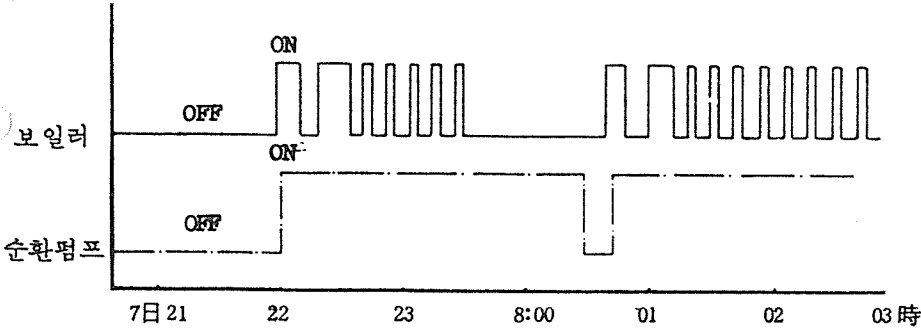
- ① 난방부하 : 5717.9(kcal/h)
- ② 급탕부하 : 2.3% (실험에서 측정된 비율)
- ③ 난방면적 : 10.4평
- ④ 배관열손실 : 15%
- ⑤ 예열부하 : 20%

$H = 5717.9 + 131.5 + 877.4 + 1143.5 = 7870.3(kcal/h)$ 동력자원부 고시제 81-193(1981. 6. 15) 호의 온수보일러(1-1003) 형식승인 기준에 의한出力区分에서 본다면 보일러의 용량은 10,000(kca/h)로 선정하였어야만 하는데 30,000(kca/h)를 사용하여 3배나 초과하는 용량의 보일러를 사용하였기 때문에 에너지의 過消費를 초래하게 된 것이 밝혀졌다.

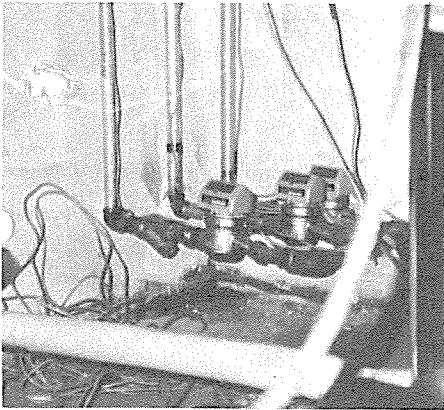
3-6. 에너지 사용량 측정분석

에너지 사용현황을 측정하기 위하여 Calorie Meter(그림 3-3)를 설치하였고, 방 1에 자동온도 조절장치를 20℃에 고정시켜 놓았으며 보일러의 온도조절기는 80℃가 되게하였다.

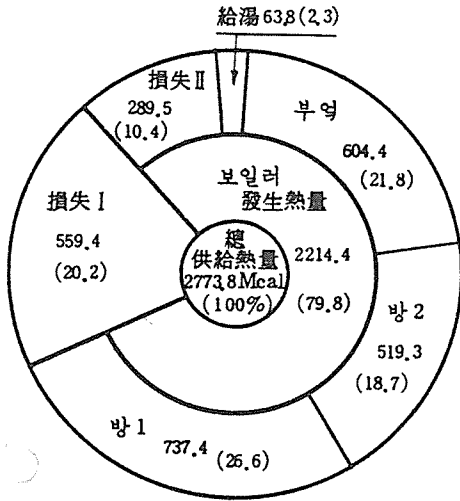
[그림 3-2-D] 보일러와 循環펌프의 ON-OFF 變化



[그림 3-3] 設置된 calorie meter



[그림 3-4] 試驗住宅의 消費에너지 使用現況



이와같이 2주간(’82. 12. 6~12. 19) 측정된 결과를 백분율로 표시하면 [그림 3-4]와 같으며, 각 효율은 <표 3-4>와 같다. 여기에서 사용된 보일러의 효율은 79.8%로 제원의 효율 83.2% 보다 약 7% 작게 나타났으며 각실과 연결되어 있는 배관에도 철거한 단열과 보온이 요청되고 있는 것이다.

4. 시험주택의 改修前 暖房負荷

4-1. 改修前 부위별 熱貫流率과 난방부하

가. 건물구조체의 열관류율은 다음 식을

<표 3-4> 實驗結果

實驗內容	實驗值
보일러효율	79.8%
暖房効率	69 "
配管損失	13 "
보일러損失	20.2 "

<표 4-1> 改修前 住宅의 年間 暖房負荷

	B. L. C	D-D _{ay}	H. M. L	I. H. S	N. M. L	비고
D ₁₈₋₁₈	14,915	2,790	41,612,850	2,916,000	38,696,850	
D ₁₂₋₁₂	14,915	1,548	23,088,420	1,812,000	21,276,420	

註) H. M. L : Heating Monthly Load N. M. L : Net Monthly Load

<표 5-1> 改修後 暖房負荷 計算

	B. L. C	D-D _{ay}	H. M. L	I. H. S	N. M. L	비고
D ₁₈₋₁₈	9,075.8	2,790	25,321,482	2,789,046	22,532,436	
D ₁₂₋₁₂	9,075.8	1,548	14,049,339	1,812,000	12,237,339	

<표 5-2> 改修前 後의 暖房負荷 및 年間 燃料使用量 比較

구분	비고	개선전	개선후	절감량	절감율
단위 시간당 난방부하 (kcal/h)		19,824.5	12,063.2	7,761.3	39.1%
연간 난방부하 (kcal/year)	D 18-18	38,696,850	22,532,436	16,164,414	42%
	D 12-12	21,276,420	12,237,339	9,039,081	(내부발열 포함)
연간 연료사용량 (ℓ/year)	D 18-18	6,471	3,768	2,703	
	D 12-12	3,558	2,046	1,512	

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \sum \frac{d}{\lambda} + \sum \frac{1}{c_a} + \frac{1}{\alpha_o}}$$

[kcal/m²h°C]

利用하였고 熱貫流低抗은

$$R = \frac{1}{k} = r_i + \sum r_r + \sum r_a + r_o$$

[m²h°C / kcal]을 사용하였다.

여기에서

α_i : 內表面 熱伝達率[kcal / m²h°C]

λ : 구조체 각층재료의 熱伝導率 [kcal/m²h°C]

d : 구조체 각층재료의 두께[m]

C_a : 공기층의 상당 熱伝導率 [kcal / m²h°C]

α_o : 外表面 熱伝達率[kcal / m²h°C]

이다.

나. 표면 열전달율은 문헌의 내표면과 외표면의 열전달율의 값을 고려하였으며 공기층을 갖는 경우, 공기층의 열통과저항은 공기층의 두께보다는 密閉정도에 좌우되므로 완전밀폐는 0.18, 半密閉는 0.09[mh°C / kcal]를 취하였다.

4-2. 난방부하 계산기준

가. 본 연구의 난방부하 계산에는 건물의 방향에 대한 附加係數, 日射量 및 안전율을 고려하지 않았으며 실내의 온도 조건은 外氣 -13.9°C, 실내 18°C 地中 4.7°C를 利用하였다.

나. 외기온도 및 지중온도는 “主要地域別氣象資料”(韓國動力資源 研究

所作成)中 大田地域의 값을 택하였다.

다. 단위시간당 난방부하의 계산은 구조체를 통한 貫流熱損失量과 換氣에 의한 열손실량의 합으로 계산하였다.

라. 자연환기회수는 문헌을 利用하였다.

마. 연간난방부하는 다음식을 利用하였다.

$$Q_{year} = B. L. C \times D - Day - I. H. S.$$

B. L. C : 난방부하 계수 (kcal / D-Day)

D-Day : 暖房度日 (Heating Degree-Day)

I. H. S : 室内發生熱量 (Internal

Heat Source)

으며 실내발생열량(I. H. S.)은 L. A. N. L. (Los Alamos National Laboratory)에서 실험을 통해 발표한 4인가족 기준의 1세대당 실내발생열량은 2250~2500 BTU/h(567~630kcal/h)로 계산하였다.

바. 改修前 年間 난방부하는 <表 4-1>와 같다.

5. 改修前後 난방부하 및 性能値 比較

対象 기준단독 시험주택의 부위별 개수방안은 천정에 우레아폼 50%를 사용하였고 벽체에는 25%스티로폼을, 난방공간의 바닥에는 強化스티로폼 25%를 이용하였으며 非暖房空間의 창은 2중창을 설치하였고 난방공간 2중창에는 氣密化 方案을 강구하였다.

5-1. 改修後 熱貫流率 및 난방부하 계산

改修後의 난방부하 계산은 改修前 난방부하계산 基準에 의했으며 그 계산결과는 다음 <表5-1>와 같다.

5-2. 改修前後 난방부하 性能치 比較

가. 난방부하 性能치 비교는 연간 연료사용량으로 비교하였으며 경유 1ℓ 당 발열량은 9,200kcal로 計算하였다.

年間 燃料使用量=

$$\frac{\text{年間暖房負荷}}{\text{燃料의 發熱量} \times \text{暖房効率}}$$

나. 개수전후의 연간 난방부하 및 연료사용량을 비교하면 <表 5-2>와

<表 5-3> 改修投資 工事費 및 暖房費 節減額 比較

(단위: 천원)

구분	개수전 난방 연료비	개수 투자공사비 및 난방비절감액									
		제 1 방안		제 2 방안		제 3 방안		제 4 방안		제 5 방안	
		벽: 25mm 천정: 25" 바닥: 25"	벽: 25mm 천정: 50" 바닥: 50"	벽: 50mm 천정: 50" 바닥: 50"	벽: 50mm 천정: 75" 바닥: 75"	벽: 75mm 천정: 75" 바닥: 75"					
D ₁₈₋₁₈	1,798.9	2,319.9	663.6	2,459.1	784.8	2,947.6	877.6	3,232.9	921.8	3,574.4	971.0
D ₁₂₋₁₂	989.1	2,319.9	307.8	2,459.1	438.9	2,947.6	490.9	3,232.9	517.7	3,574.4	543.2

<表 6-1> 償還期間

(단위: 년)

구분	내용	제 1 방안	제 2 방안	제 3 방안	제 4 방안	제 5 방안
D ₁₈₋₁₈	상환기간	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5
D ₁₂₋₁₂	상환기간	6-8	5-7	5-7	5-7	5-8

* 대출금 상환기간을 3, 5, 7, 10년으로 基準하였을 때임

같으며 에너지 절감율은 39.1%로 효과가 크게 나타났다.

5-3. 단열강화에 따른 개수방안

여기에서는 단열재의 두께를 強化시켰을 때의 에너지 사용량과 절감량, 개수시행에 소요되는 투자공사비, 그리고 에너지 절감량을 산출하여 각 방안의 투자 공사비와 절감액을 비교 <表 5-3>를 하므로써 개수효과를 판단할 수 있도록 하였다.

6. 경제성 분석

그러나 주택의 열적성능 향상과 에너지 절약을 위하여 소요되는 개수투자공사비가 너무 과중하여 주택소유자의 부담이 커지게 되면 개수시행에 어려움이 있으므로 여기에서는 경제성을 검토하여 보았으며 이러한 경제성을 검토하기 위하여 다음과 같은 식을 이용하였다.

$$AP = \frac{b(1+b)^N}{(1+b)^N - 1} \dots \dots \dots \textcircled{1}$$

$$ACF_j = AS(1+e)^j - Am(1+i)^j - AP \dots \dots \dots \textcircled{2}$$

$$As \sum_{j=1}^L \frac{(1+e)^j}{(1+r)^j} = Ad + Am \cdot L +$$

$$Ap \sum_{j=1}^N \frac{1}{(1+i)^j} \dots \dots \dots \textcircled{3}$$

$$Ad \cdot (1+d)^P + Op \leq \sum_{j=1}^P ACF_j \dots \dots \textcircled{4}$$

$$Op = Af(1+b)^P - Ap \sum_{n=1}^P (1+b)^{n-1} \textcircled{5}$$

Af: 대출금액(원)

b: 대출금리(%/년)

N: 대출금상환년수(년)

ACFj: 任意的 해

Ap: 年次支拂額으로서 매년갚아야 할 금액

ACF: 매년절약되는 비용

e: 油價上昇率

Am: 改修施設의 유지비, 또는 수리비(원/년)

i: 物가상승율(%/년)

Ad: 초기투자비(원)

L: 개수시설의 수명(년)

d: 현금수익율

r: 투자수익율

As: 난방비 절감액

Op: p年末에 은행에 갚아야 할 총액수

上記式을 Computer를 利用하여 算出한 바 <表6-1>와 같이 나타나 p₁₈₋₁₈, p₁₂₋₁₂ 모두 경제성 있다고 分析되었다.

7. 結 論

본 연구의 내용을 요약한다면 다음과 같다.

7-1. 대상 시험주택은 無斷熱住宅으로서 그 규모가 31.68평이며 油類 보일러에 의한 실제暖房面積은 10.4평이나 실제 사용된 보일러는 諸元에서 40~60(30,000kcal/h)평을 난방시킬 수 있는 용량을 가지고 있어 초과용량의 보일러를 사용함으로써 보일러의 효율은 製元의 효율 83.2%에 7.4%나 크게 못미치는 79.8%로 측정되었으며 난방효율은 69%에 지나지 않았고 배관손실은 13%나 되었다.

7-2. 油類用 온수온돌방의 실내온도는 外氣溫度 -6.6℃ 이하가 되면서 부터는 보일러가 연속가동되어도 18℃ 유지가 불가능하게 되었고 -10℃ 이하가 되었을 때에는 室溫이 13.6℃가 되어 쾌적한 실내환경기준에 못미치고 있음이 測定되었다.

7-3. 대상시험주택의 각방안에 따른 改修投資工事費는 평당 73,000원에서 最高 112,000으로 算出되었으며 채택된 방안의 개수비용은 평당 77,000(제잡비, 부가세포함)으로 나타났다.

7-4. 개수전·후의 난방부하를 난방度日 D₁₈₋₁₈, D₁₂₋₁₂로 구분하여 계산하고 여러가지 단열재 두께에 따른 개수투자공사비 에너지 절감액을 算出 經濟性을 檢討한 바 각방안 모두

經濟性이 있는 것으로 나타났으며 채택된 개수방안으로 개수하였을 때에는 39.1%의 에너지를 절약할 수 있음이 算出되었다.

7-5. 끝으로 대상시험주택의 개수

방안은 外周部壁에 단열재로 시공하
되 내단열의 장점을 살렸으며 단열재
의 사용은 壁體, 바닥 공히 스티로폴
25㎜를, 그리고 우레아폼은 천정에
50㎜를 사용하였으며 비난방 공간의

창은 2중창으 개수하도록 하였고
전체적인 창호에 대하여는 氣密化 유
지가 필요한 것으로 판단되었다.

参 考 文 献

1. 건축물의 단열공법에 관한 연구, 建設部, 1981. 10.
2. 구멍탄 온수보일러 설치기준에 관한 연구, 한국종합에너지 연구소, 1980. 12.
3. 朴胤成外, 건축용 단열재의 성능개량 및 효율적 이용에 관한 연구, 고려대학교, 1981.
4. 朴相東外, 에너지 절약형 주택연구 및 건설, 韓國動力資源研究所(KE-817) 1981.
5. Anthoy Adams, Your Energy-Efficient House, 1975.
6. Frederik B. Dent, Retrofitting Existing for Energy Conservation: An Economic Analysis, U. S. Department of Commerce, 1974. 12.
7. Gerald E. Sherwood, New Lifefor-old Dwellings, U. S. Department of Agriculture, 1975. 12.
8. Home Retrofit Manual, Energy Resources Center University of Illinois at Chicago Circle, 1979.
9. Home Weatherization Instructor's Guide, U. S. Department of Energy Washington, D. C. 1978. 8.
10. James A. Autry. Energy-Saving projects, U. S. Department of Energy Washington, D. C. 1979.
11. Juanita M Kreps, Retrofitting on Existing Wood-frame Residence for Energy Conservation-An Experimental study, U. S. Department of Commerce, 1978. 7.

