

한국에 있어서의 히이트 펌프계의 최적 설계 조건에 관한 연구

A Study on Optimum Design Condition for "HEAT PUMP" System in Kroea

崔 映 培 *

Abstract

This paper presents, the result of the study for the fluctuant temperature of the out-side air adopting the heat pump system in seoul, Taejean, Taegu, Busan and Jeju among principle cities in korea for the purpose of checking the heating capacity, Heat pump capacity (outlet capacity), Coefficient of performance and running cost in comparison with the supporting the energy for the boiler's operation.

According to the supply temperature changes of the out door coil by the out side air-return air mixing ratio, the Coefficient of performance is increased from 3.1 to 5.0. Particularly, in Taegu, it is necessary to adopt the heat pump system against the supplement heat supply on the full outside air intake in January of the heating period, and it was recognized that the running cost is cheaper than that of the Boiler use.

At the same time, if it is able to get 25% of return air of the inside in the Seoul, it could be saved its costs when we use the supplementary boiler. And I think it is necessary to the development.

I. 序 論

1970年代 에너지 波動以後 우리 周邊에는 에너지 節約과 에너지 回收가 무엇보다도 重要的 課題로 浮刻되고 있으며, 좀 더 效率的인 에너지의 使用方法이 여러 가지로 講究되고 있다.

이에 附應하여 에너지 節約方法의 하나로 脚

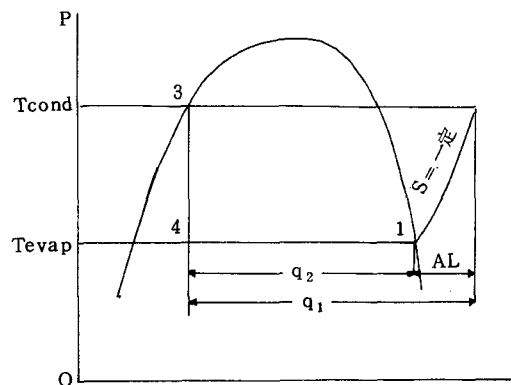


Fig. 1. P-i diagram.

* 正會員, 太平洋建設(株)

光을 받고 있는 것이 低溫의 熱源에서 高溫의 物體에 熱을 供給하는 裝置인 Heat pump의 利用이다.

Heat pump의 原理는 冷凍 cycle과 同一하며, 凝縮器에서 放出하는 熱량을 q_1 , 蒸發器에서 吸收하는 熱량을 q_2 , 壓縮機의 壓縮日量을 AL 이라하면

$$p_1 = q_2 + AL \text{ 로 표시된다.}$$

Cycle을 循還하는 冷媒는 蒸發器內에서 蒸發하고, $q_2 = i_1 - i_4$ 인 熱을 물, 空氣, 地熱, 太陽熱 등으로부터 吸收한다.

冷媒는 壓縮機에서 壓縮되어 高壓高溫의 蒸氣가 되고, 壓縮機의 日量은 $AL = i_2 - i_1$ 이 된다. 이 冷媒蒸氣를 凝縮器에 보내어 冷却시키면 凝縮熱은 물 또는 空氣를 加熱한다. 이 熱을 暖房으로 利用하였을 때 이 사이클은 heat pump로 作動하고 있는 것이며, 그 熱은 $q_1 = i_2 - i_3$ 이다.

膨脹밸브에서는 throttling 되므로 enthalpy 變化는 없고 成績係數는 $Eh = \frac{q_1}{AL} = (i_2 - i_3) / (i_2 - i_1) = 3 \sim 6$ 이다.

그러므로 電熱器를 使用했을 때 同容量의 3~6 배되는 熱量 效果를 얻을 수 있다는 長點을 가지고 있는 것이다.

全電氣式이기 때문에 汚染된 空氣를 吸入하지 않으므로 室內의 汚染을 防止할 수 있고 冷凍機 單體로서 冷暖房 併用의 效果를 얻을 수 있어 機器設置面積이 적어진다는 利點을 가지고 있다.

이러한 長點을 가진 機器를 國內에서 冷暖房 併用機器로서 利用할 수 있다면 에너지 節約에 寄與할 것으로 判斷하여, 冷暖房 設計 條件을 假定하여 Heat pump system을 檢討해 보았다.

II. 設計條件 및 機器選定

2.1 設計條件

一般的으로 暖房設計에 使用하고 있는 外氣

溫度는 -12°C , 室內溫度는 20°C , 또한 冷房設計에 使用하고 있는 外氣溫度는 32°C 室內溫度는 26°C 를 基準으로 하여, $1,500 \text{ m}^2$ 사무실 建物を 檢討 對象으로하여 全暖房熱量을 $180,000 \text{ kcal/Hr}$ 로 全冷房熱量을 $165,000 \text{ kcal/hr}$ 로 假定하였다.

冷暖房 system은 Heat pump와 Fan coil unit의 組合 system으로 하였으며 配管損失熱量은 無視하였다.

또한, Boiler를 使用하였을 때를 比較하기 爲하여, Boiler의 定格出力 算定은 給湯負荷 및 配管負荷를 無視하였고 豫熱負荷 25%만을 加算하였으며 system은 Boiler, 冷凍機, Fan coil unit의 組合으로 하였다.

Heat pump는 空冷式으로서 室外裝置는 여름에는 空冷式 Condenser, 겨울에는 室內의 Return Air를 熱源으로한 Evaporator로 作用하며, 室內로부터 動力消費 없이 Return Air를 室外裝置에 吸入할 수 있는 것으로 假定하였다.

그리고 各 地域別 月平均 暖房所要熱量 및 室外 coil로 供給되는 空氣의 混合比 算定の 基準이 된 外氣溫度는 中央觀象臺에서 發表된 (1971~1980)年度 月別 平均 最低 溫度를 基準하였으며 E.R. Whitehead, R. D. Roley Jr 등이 發表한 外氣溫度의 變化에 따른 暖房所要熱量 및 室外 coil의 供給 空氣 溫度의 變化에 의한 Heat pump 容量을 表示하는 圖表를 利用하여 算定하였다. 運轉費의 對比는 冷房時는 無視하였고 暖房에 對해서만 比較하였으며 1日 使用 時間은 10 時間을 基準으로 하고, 電氣料金の 算定에 있어서는 Heat pump system을 使用할 때와 Boiler system을 使用했을 때의 受電設備 容量은 同一하다고 假定하였다. 또 두 system의 運轉費 對比에 있어서는 基本料는 除外하였다.

2.2 Heat pump의 선정

Heat pump의 空調方式에는 熱源의 種類,

熱의 傳達方法에 依해 다음과 같이 구분된다.

1. 空氣-空氣方式
2. 水-空氣方式
3. 水-水方式
4. 空氣-水方式

上記와 같은 4가지 方式이 있으나 一般的으로 大容量에는 3, 4의 方式이 적용되고 있으나 우리의 實情으로 미루어 地下水의 使用이 어렵다고 判斷하여 여기서는 4의 方式인 空氣-水方式을 선정하기로 했다.

이 方式은 大氣를 열원으로 하여 外氣 coil에서 大氣로부터 열을 흡수하여 압축기를 통과한 고온 고압의 氣體가 열교환기에서 熱媒로 利用되는 물을 加熱하여 이 温水을 空調用 coil에 보내어 난방에 利用하는 方式이다.

또한 冷房時에는 냉매회로를 변화시켜 外氣 coil이 응축기가 되어 熱交換器에서 冷水를 空調 coil에 보내는 方式이다. (Fig-1 참조)

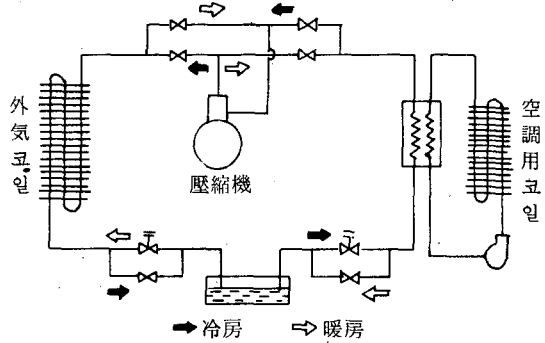


Fig. 1. Air to water system

또한 실제로 外國에서 製作되고 있는 다음과 같은 기기를 선정하였다.

A. 明細 냉방능력: 187,000 kcal / hr

난방능력: 206,000 kcal / hr

Compressor motor: 80 HP

(30kw × 2臺)

Fan motor: 5 HP (2.2kw × 2臺)

B. 外氣溫度 및 温水出口水温의 變化에 依한 暖房能力 變化.

Table 1. Heat performance of the selected Heat pump system.

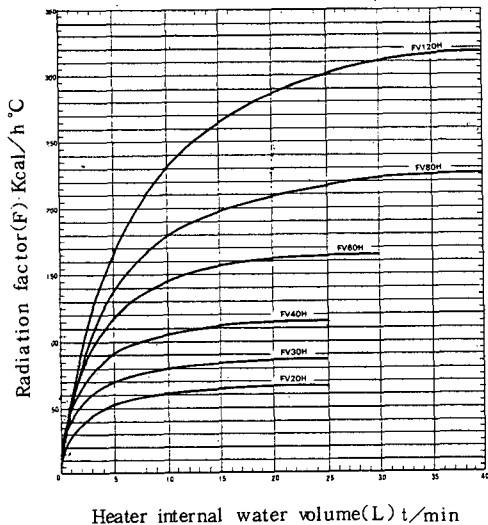
外氣溫度 DB °C	出入口溫度差 °C	溫 水 出 口 溫 度								
		45 °C			47 °C			49 °C		
		가열능력	수 량	손실수두	가열능력	수 량	손실수두	가열능력	수 량	손실수두
		kcal / hr	ℓ / min	MH ₂ O	kcal / hr	ℓ / min	mH ₂ O	kcal / hr	ℓ / min	mH ₂ O
- 5	3		790	2.5		763	2.4		736	2.2
	4	142,190	592	1.4	137,360	572	1.3	132,420	552	1.2
	5		474	0.9		458	0.8		441	0.8
0	3		943	3.6		911	3.4		879	3.1
	4	169,700	707	2.0	164,000	683	1.9	158,210	659	1.7
	5		566	1.3		547	1.2		527	1.1
5	3		1,087	4.8		1,052	4.5		1,016	4.2
	4	195,740	816	2.7	189,330	789	2.5	182,880	762	3.3
	5		652	1.7		631	1.6		610	1.5
7	3		1,144	5.4		1,108	5.0		1,071	4.7
	4	206,000	858	3.0	199,360	831	2.8	192,700	803	2.6
	5		687	1.9		665	1.8		642	1.7

2.3 Fan Coil Unit

一般的으로 暖房機(A. H. U., Unit heater., Radiator)의 加熱 coil 의 加熱능력은 溫水溫度가 높고 순환수량이 많을수록 增大된다. 그래서 一般的으로 溫水난방 설계에서는 80° ~ 70 °C로 設計하는 경우가 많고 加熱 coil 入出口溫度差는 10°C 정도가 많다.

그렇지만 Heat pump 使用時에는 凝縮器의 응축온도에는 上限値가 있기 때문에 이 범위내에서 最恰한 溫水溫度를 선정하는 것이 重要한 것이다.

Fig. 2는 Fan coil unit 各機種의 入口물溫度 및 空氣溫度 그리고 수량의 變化에 따른 暖房能力을 表示한 것이다.



Heating capacity $Q = F \times \Delta t$,
 $\Delta t = \text{entering water temp} (^\circ\text{C}) - \text{entering air temp} (^\circ\text{C})$

Fig. 2. F.C.U. heating capacity curve

Fig. 2에 依해 Boiler 使用時 80°C 溫水을 供給할 때와 Heat pump 使用時 溫水入口溫度變化에 依한 Fan coil unit의 臺當 暖房熱量 및 180,000kcal/hr 를 充足시키기 爲한 臺數를 比較하면 Table 2. 및 Table 3.와 같다.

Table 2. Heating performance in the case of hot water supply (kcal / hr)

입구온도 유량	80 °C	45 °C	47 °C	49 °C
5 l/min	6,900	2,800	3,050	3,280
10 l/min	8,560	3,480	3,770	4,060
15 l/min	9,260	3,770	4,090	4,400
20 l/min	9,500	3,870	4,190	4,500
25 l/min	9,740	3,960	4,290	4,620

Table 3. Number of Fan coil unit

입구온도 유량	80 °C	45 °C	47 °C	49 °C
5 l/min	26.1	64.3	59.0	54.9
10 l/min	21.0	51.7	47.8	44.3
15 l/min	19.4	47.8	44.0	40.9
20 l/min	19.0	46.5	43.0	40.0
25 l/min	18.5	45.5	42.0	39.0

Table 2와 Table 3은 Fan coil unit의 여러가지機種에서 600 CFM을 基準하여 計算한 것이며 Table 2와 Table 3에서 表示하는 바와 같이 入口水溫의 變化에 依하여 열량 및 臺數가 變化되는 것을 알 수 있다.

即 Heat pump를 使用할 때는 Fan coil unit의 臺數가 Boiler를 使用할 때보다 2倍以上 必要하게 되었다. 따라서 여기에서는 다음과 같은 明細의 機器를 선정했다.

- 明細 臺數 : 39臺 (Cf. Boiler 使用時 19臺)
- 風量 : 600 CFM
- 電源 : 65 W
- 暖房能力 : 4,620 kcal / hr
- 水量 : 25 l/min

3. System의 比較

3.1 暖房所要熱量과 Heat pump의 容量

構造物의 暖房所要熱量은 外氣溫度가 내려가 면 갈수록 增大되고 Heat pump의 容量은 반

대로 外氣溫度가 올라갈 수록 增大된다.

Fig. 3는 Heat pump (80 HP用)의 供給空氣溫度變化에 따른 容量의 變化 및 外氣溫度變化에 의한 暖房所要熱量의 變化에 對하여 表示하고 있다.

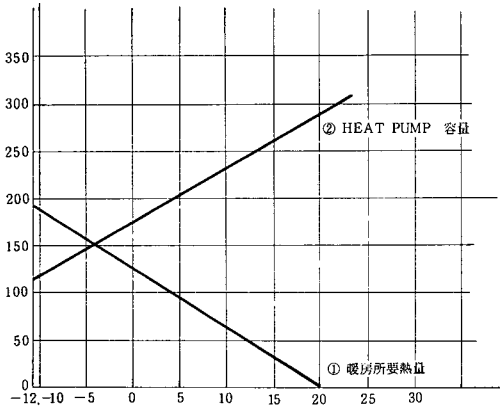


Fig. 3 Heat pump capacity to outside air temperature (I)

Fig. 3에 表示하는 바와 같이 ①暖房所要熱量은 外氣溫度變化에 따라 増減하고 ② Heat pump 容量의 變化는 室外 coil의 入口溫度에 따라 變化한다.

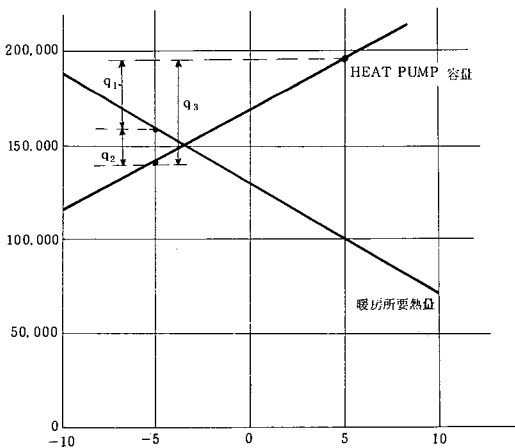


Fig. 4. Heat pump capacity to outside air temperature (II)

即 Heat pump의 室外 coil에서의 入口溫度 -3°C 로부터 熱補充이 必要하게 되고 -12°C 에서는 80,000 kcal/hr (180,000-100,000)의 熱補充이 所要된다.

그러나 外氣溫度가 -5°C 에서도 5°C Supply air을 얻을 수 있다면 다음과 같다.

Fig. 4에서

- A. 外氣溫度 : -5°C 일때의 暖房所要熱量
160,000 kcal/hr
- B. 供給溫度 : -5°C 일때의 Heat pump 容量
135,000 kcal/hr
- C. 供給溫度 : 5°C 일때의 Heat pump 容量
180,000 kcal/hr

$$q_1 = C - A = 20,000 \text{ kcal/hr}$$

$$q_2 = A - B = 25,000 \text{ kcal/hr}$$

$$q_3 = C - B = 45,000 \text{ kcal/hr}$$

이므로 外氣溫度가 -5°C 지만 Heat pump의 室外 coil의 供給空氣溫度가 5°C 가 되면 20,000 kcal/hr의 餘裕熱量이 있게되고 Supply air temperature가 -5°C 때보다 Heat pump capacity가 45,000 kcal/hr가 增加됨을 알 수 있다.

3.3 Heat pump와 室外 coil의 溫度變化

以上에서는 暖房所要熱량과 室外 coil에 對한 供給溫度變化에 의한 Heat pump 容量과의 關係를 檢討하였다.

그러나 各 地域의 月別 外氣溫度에 對한 月別 暖房所要熱량과 月別 室外 coil의 供給溫度變化에 의한 Heat pump 容量에 對해서 具體的으로 檢討 比較하면 다음과 같다.

가. 各 地域別 平均氣溫(月別)

Table 4. Local mean atmospheric temperature.

單位 : °C

구분	지역	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	평균	
평균	서울	2.0	3.6	9.8	17.0	22.6	26.5	28.8	29.0	25.5	19.7	11.3	3.8	16.6	
	대전	2.8	5.0	10.9	18.4	23.3	26.9	29.4	29.7	25.7	20.1	12.2	5.3	17.5	
	최고	대구	3.1	6.7	12.3	19.2	24.5	27.9	30.3	30.6	26.5	21.4	13.9	7.2	18.8
	기온	부산	7.3	8.5	12.5	17.0	21.2	23.6	27.1	28.6	25.8	21.7	15.5	9.7	18.2
	제주	8.4	8.7	12.0	17.2	21.0	24.4	28.6	29.3	25.4	21.0	15.5	10.6	18.5	
평균	서울	-5.7	-4.4	0.5	6.9	12.1	17.5	21.7	21.6	16.5	9.5	2.7	-3.9	7.9	
	대전	-6.0	-4.7	-0.3	6.2	11.3	19.0	21.8	21.4	15.5	7.9	1.5	-4.4	7.4	
	최저	대구	-4.4	-3.3	1.5	7.4	12.2	17.7	22.0	21.9	16.4	9.5	3.2	-2.9	8.4
	기온	부산	-0.5	0.2	4.2	9.5	13.8	17.7	21.8	22.7	18.9	13.7	7.3	1.4	10.9
	제주	3.0	2.7	4.9	9.3	13.1	17.7	22.6	23.1	19.1	15.0	9.0	4.6	12.0	

중앙관상대 '71~'80년도 조사자료의 평균치임

나. 各 地域別 月別 暖房所要熱量

Table 5. Monthly local heating capacity

單位 : kcal / hr

地域別 月別	서울	대전	대구	부산	제주
1	163,000	166,000	155,000	128,000	111,000
2	155,000	157,000	148,000	124,000	112,000
3	123,000	126,000	115,000	98,000	95,000
4	83,000	86,000	81,000	65,000	66,000
10	65,000	75,000	65,000	40,000	30,000
11	112,000	115,000	105,000	78,000	69,000
12	152,000	155,000	145,000	116,000	96,000

Table 5는 Table 4에서 平均最低氣溫 일때의 必要所要熱량을 Fig. 3을 參照하여 算定된 것임.

한국에 있어서의 히트 펌프계의 最適設計 條件에 關한 研究

다. 室外 coil 에의 供給溫度 : Outside air 와 Return air 의 混合으로서 算定한 것.

Table 6. Outside air -return air mixture temperatures

單位 : °C

區分 月別	O.A R.A 100% + 0%					O.A R.A 75% + 25%					O.A R.A 50% + 50%					O.A R.A 25% + 75%					O.A R.A 0% + 100%									
	서 울	대 전	대 구	부 산	제 주	서 울	대 전	대 구	부 산	제 주	서 울	대 전	대 구	부 산	제 주	서 울	대 전	대 구	부 산	제 주	서 울	대 전	대 구	부 산	제 주	서 울	대 전	대 구	부 산	제 주
1	-5.7	-6.0	-4.4	-0.5	3.0	0.7	1.0	1.7	4.6	7.2	7.2	7.0	7.8	9.8	11.5	13.6	13.5	13.9	14.8	15.7	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
2	-4.4	-4.7	-3.3	-0.2	2.7	1.7	1.4	2.5	5.1	7.0	7.8	7.7	8.4	10.1	11.4	13.9	13.8	14.1	15.0	15.6	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
3	0.5	-0.3	1.5	4.2	4.9	5.3	4.7	6.1	8.1	8.6	10.3	9.9	10.8	12.1	12.5	15.1	14.9	15.3	16.0	16.2	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
4	6.9	6.2	7.4	9.5	9.3	10.1	9.6	10.5	12.1	11.9	13.5	13.1	13.7	14.8	14.7	16.7	16.5	16.8	17.3	17.2	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
10	9.5	7.9	9.5	13.7	15.0	12.1	10.9	12.1	15.2	16.2	14.8	14.0	14.8	16.9	17.5	17.3	16.9	17.3	18.4	18.7	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
11	2.7	1.5	3.2	7.3	9.0	7.0	6.1	7.4	10.4	11.7	11.4	10.8	11.6	13.7	14.5	15.6	15.3	15.8	16.8	17.2	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
12	-3.9	-4.4	-2.9	1.4	4.6	2.0	1.7	2.8	6.0	8.4	8.1	7.8	8.6	10.7	12.3	14.0	13.9	14.2	15.3	16.1	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0

但 : O.A : Outside air
R.A : Return air

라. 供給溫度에 따른 Heat pump 의 容量

Table 7. Heat pump capacities due to supply air temperatures

單位 : 1,000 kcal / hr

區分 月別	O.A R.A 100% + 0%					O.A R.A 75% + 25%					O.A R.A 50% + 50%					O.A R.A 25% + 75%					O.A R.A 0% + 100%									
	서 울	대 전	대 구	부 산	제 주	서 울	대 전	대 구	부 산	제 주	서 울	대 전	대 구	부 산	제 주	서 울	대 전	대 구	부 산	제 주	서 울	대 전	대 구	부 산	제 주	서 울	대 전	대 구	부 산	제 주
1	138	135	145	165	185	172	175	179	195	209	209	206	212	223	232	245	244	247	250	256	280	280	280	280	280	280	280	280	280	280
2	145	142	150	167	183	179	176	181	200	206	212	211	215	226	231	247	246	249	251	255	280	280	280	280	280	280	280	280	280	280
3	171	167	176	190	197	198	196	201	213	216	226	224	227	235	238	251	249	253	257	259	280	280	280	280	280	280	280	280	280	280
4	204	202	211	221	219	226	222	228	235	234	244	241	246	250	250	260	258	260	263	262	280	280	280	280	280	280	280	280	280	280
10	222	213	221	246	251	235	226	235	251	259	250	249	250	261	265	263	261	263	268	267	280	280	280	280	280	280	280	280	280	280
11	181	176	186	212	220	206	201	211	228	233	231	221	233	246	249	255	253	256	260	262	280	280	280	280	280	280	280	280	280	280
12	144	145	151	175	195	181	179	184	200	215	213	212	216	226	237	249	248	250	253	258	280	280	280	280	280	280	280	280	280	280

Table 7 은 室外 coil 의 供給空氣의 溫度에 따른 Heat pump 容量을 나타낸 것이다. (Fig. 3 에 表示)

3.3 成績係數

成績係數 = $\frac{\text{暖房容量}(q_H)}{\text{消費電力}(w)}$

q_H : Table 7의 Heat pump의 容量

w : Heat pump 自體의 消費電力 (64.4 kw)

$64.4 \text{ kw} \times 860 \text{ kcal/kw} \cdot \text{hr} = 55384 \text{ kcal/hr}$

Table 8. Coefficient of performance of heat pump

區 分	O.A 100% + R.A 0%					O.A 75% + R.A 25%					O.A 50% + R.A 50%					O.A 25% + R.A 75%					O.A 0% + R.A 100%				
	서 울	대 전	대 구	부 산	제 주	서 울	대 전	대 구	부 산	제 주	서 울	대 전	대 구	부 산	제 주	서 울	대 전	대 구	부 산	제 주	서 울	대 전	대 구	부 산	제 주
1	2.5	2.4	2.6	3.0	3.3	3.1	3.2	3.2	3.5	3.8	3.8	3.8	3.8	4.0	4.2	4.4	4.4	4.4	4.5	4.6	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
2	2.6	2.6	2.7	3.0	3.3	3.2	3.2	3.3	3.6	3.7	3.8	3.8	3.9	4.1	4.2	4.5	4.4	4.5	4.5	4.6	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
3	3.1	3.0	3.2	3.4	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.7	3.7	4.1	4.1	4.1	4.2	4.3	4.5	4.6	4.6	4.7	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
4	3.7	3.6	3.8	4.0	4.0	4.1	4.0	4.1	4.2	4.2	4.4	4.4	4.4	4.7	4.5	4.7	4.7	4.7	4.7	4.7	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
10	4.0	3.9	4.0	4.4	4.5	4.2	4.1	4.2	4.5	4.7	4.5	4.5	4.5	4.7	4.8	4.7	4.7	4.7	4.8	4.8	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
11	3.3	3.2	3.4	3.8	4.0	3.7	3.6	3.8	4.1	4.2	4.2	4.1	4.2	4.4	4.4	4.6	4.6	4.6	4.7	4.7	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
12	2.6	2.6	2.7	3.2	3.5	3.3	3.2	3.3	3.6	3.9	3.8	3.8	3.9	4.1	4.1	4.5	4.5	4.5	4.6	4.7	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0

Table 8의 成績係數는 Heat pump unit 自體의 消費電力만 나타낸 것이며 溫度變化에 따라 成績係數에 差異가 많고 區分別 1年 平均値를 算定하면 다음 Table 9와 같다.

Table 9. Average values of coefficient of performance

年 平 均	O.A 100% + R.A 0%					O.A 75% + R.A 25%					O.A 50% + R.A 50%					O.A 25% + R.A 75%					O.A 0% + R.A 100%				
	서 울	대 전	대 구	부 산	제 주	서 울	대 전	대 구	부 산	제 주	서 울	대 전	대 구	부 산	제 주	서 울	대 전	대 구	부 산	제 주	서 울	대 전	대 구	부 산	제 주
COP	3.11	3.04	3.20	3.54	3.74	3.60	3.56	3.64	3.87	4.03	4.03	4.07	4.11	4.30	4.34	4.53	4.54	4.57	4.63	4.69	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0

以上에서 보는 바와 같이 成績係數는 3.04 ~ 5.0으로서 供給空氣 溫度를 높이는 것이 Heat pump system 設計에 가장 적합함을 알 수 있다.

4. 經濟性考察

4. 1 施設費

Table 10. Comparison of Boiler system equipments amount with the heat pump equipments amount.

가격은 물가자료 81년 11월호

裝 備	Boiler system			Heat pump system			備 考
	規 格	量	價 格	規 格	量	價 格	
Chiller	60 R/T	1	9,900,000				외국수입가격
Boiler	0.5 Ton	1	5,140,000				
Oil Burner	1/2 HP	1	275,000				
Heat Exchanger	180,000kcal/hr	1	750,000				
Cooling Tower	60 R/T	1	1,320,000				
Heat pump				80 R/T	1	20,790,000	
F. C. U	600 CFM	19	3,762,000	600 CFM	39	7,722,000	
Pump(cooling)	80 φ × 7.5 HP	1	487,000				
Pump(chilled)	"	1	487,000	80 φ × 7.5HP	1	487,000	
Pump(B.feed w)	50 φ × 7.5 HP	1	715,000				
" (Oil Gear)	25 φ × 1 HP	1	200,000				
Tank(Receiver)	0.5 Ton	1	120,000				
Oil Storage	5 Ton	1	800,000				
B-C Oil Service	0.2 Ton	1	100,000				
Pipe 其 他			22,000,000			19,500,000	
Total			46,056,000			48,499,000	

施設費에 있어서 Table 10에 나타난 것과 같이 Heat pump 價格이 外國의 輸入 價格이므로 韓國에서 製作될 때에는 Boiler system 보다 施設費도 저렴할 것으로 推定된다.

만 比較하고 1일 運轉時間은 10時間으로 하여 算定 또한 暖房所要熱量이 機器의 容量보다 클 때는 不足한 熱量은 電熱器로 補充하는 것으로 하여 電氣使用料의 基本料는 除外하는 것으로 假定했다.

4. 2 運轉費

冷房時의 運轉費는 無視하고 暖房時에 對해서

가. 1일 使用時間

Table 11 참조.

Table 11. Running Times

單位 : hr

區 分 月 別		1	2	3	4	10	11	12
O.A R.A	서 울	29 10	12 10	7.2	4.1	3.0	6.2	10 10
	대 전	48 10	18 10	7.6	4.3	3.5	6.5	12 10
	대 구	12 10	9.9	6.5	3.8	3.0	5.7	9.6
	부 산	7.8	7.4	5.2	2.9	1.6	3.7	6.6
	제 주	6.0	6.1	4.8	3.0	1.2	3.1	4.9
75 % + 25 %	서 울	9.5	8.7	6.2	3.7	2.8	5.5	8.4
	대 전	9.5	8.9	6.4	3.9	3.3	5.6	8.7
	대 구	8.7	8.2	5.7	3.6	2.8	5.0	7.9
	부 산	6.6	6.2	4.6	2.8	1.6	3.4	5.8
	제 주	5.3	5.4	4.4	2.8	1.2	3.0	4.5
50 % + 50 %	서 울	7.8	7.3	5.4	3.4	2.6	4.9	7.1
	대 전	8.1	7.4	5.6	3.6	3.0	5.1	7.3
	대 구	7.3	6.9	5.1	3.3	2.6	4.5	6.7
	부 산	5.7	5.5	4.2	2.6	1.5	3.2	5.1
	제 주	4.8	4.9	4.0	2.6	1.1	2.8	4.1
25 % + 75 %	서 울	6.7	6.3	4.9	3.2	2.5	4.4	6.1
	대 전	6.8	6.4	5.1	3.3	2.9	4.6	6.3
	대 구	6.3	5.9	4.6	3.1	2.5	4.1	5.8
	부 산	5.1	4.9	3.8	2.5	1.5	3.0	4.6
	제 주	4.3	4.4	3.7	2.5	1.1	2.6	3.7
0 % + 100 %	서 울	5.8	5.5	4.4	3.0	2.3	4.0	5.4
	대 전	5.9	5.6	4.5	3.1	2.7	4.1	5.5
	대 구	5.5	5.3	4.1	2.9	2.3	3.8	5.2
	부 산	4.6	4.4	3.5	2.3	1.4	2.9	4.1
	제 주	4.0	4.0	3.4	2.4	1.1	2.5	3.4
Boiler	서 울	9.1	8.6	6.8	4.6	3.6	6.2	8.4
	대 전	9.2	8.7	7.0	4.8	4.2	6.4	8.6
	대 구	8.6	8.2	6.4	4.5	3.6	5.8	8.1
	부 산	7.1	6.9	5.4	3.6	2.2	4.3	6.4
	제 주	6.2	6.2	5.3	3.7	1.7	3.8	5.3

O.A : Outside Air
R.A : Return Air

※ 1 일使用時間 = $\frac{\text{暖房所要熱量}}{\text{機器의 容量}} \times 10 \text{ hr}$ 으로 하여 算定되었음.

○의 숫자는 補充電熱器의 電力量(kw)이다.

나. 暖房期間中 總使用時間

Table 12. Gross Running Times

單位 : hr

	O.A 100% + 0% R.A					O.A 75% + 25% R.A					O.A 50% + 50% R.O				
	서울	대전	대구	부산	제주	서울	대전	대구	부산	제주	서울	대전	대구	부산	제주
총시간	1523.2	1568.1	1464.3	1062.4	877.7	1353.5	1393.5	1265.7	936.2	802.6	1163.3	1201.1	1099.9	839.5	733.2
	(↑)	(↑)	(↑)												
	(15350 kw)		(3720 kw)			(23640 kw)									

	O.A 25% + 75% R.A					O.A 0% + 100% R.A					Boiler				
	서울	대전	대구	부산	제주	서울	대전	대구	부산	제주	서울	대전	대구	부산	제주
총시간	1030.6	1070.3	976.4	767.2	673	918.9	949.4	879.5	700.8	627.9	149.7	1470.4	1366.3	1084.3	972.1

※ ()의 숫자는 電熱器의 補充量임.

다. 運轉費 比較

① 산출근거 A. Oil 使用料 = 總使用時間 × 時間當使用料 × 價格

時間當 Oil 使用量 = 38 l / hr

重油 (c)의 價格 = 190 ₩ / l

B. 電氣使用料

價格 : 76.08 원 / kw (Boiler 時)

(韓電 81. 4. 21 改正)

所要電力 : Boiler 15 kw

Heat pump 72 kw

② 運轉費 比較

Table 13. Comparison of running cost

單位 : ₩

區分	H ₁	H ₂	H ₃	H ₄	H ₅	Boiler
서울	11,119,314	8,667,380	7,449,401	6,599,633	5,884,342	11,954,008
대전	12,144,152	8,923,528	7,691,460	6,853,859	6,079,654	12,311,031
대구	9,707,765	8,105,138	7,043,408	6,251,272	5,632,037	11,423,908
부산	6,803,270	5,995,125	5,348,690	4,912,903	4,487,699	9,066,049
제주	5,620,570	5,210,977	4,695,178	4,309,677	4,020,871	8,127,923

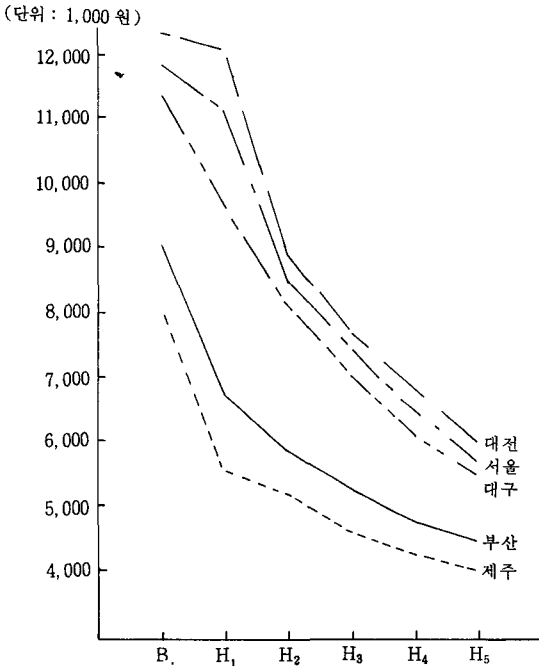


Fig. 5. Running price diagram

結 論

1. 供給空氣溫度變化(Outside air 와 Return air 와의 混合化로만 檢討)에 따라 成績係數가 3.1에서 5.0까지 增大되었다.
2. 施設費에서는 Fan coil unit의 數量이 19臺에서 39臺로 약 2倍가 增加 되었으나 Heat pump가 國產化된다면 施設費에서 Boiler 설치시 보다 節約될 것으로 推定된다.
3. 최적설계조건은 大邱 이남 地域은 All outside air를 使用, 서울 및 大田地域은 25% 以上の Return air를 混合 使用한다던 經常費가 節約될 것이다.
4. 月平均最低氣溫을 적용하여 檢討하였으나 事務室建物の 실제 使用시간은 주간이므로 成績係數(C. O. P)가 增大될 것이다.

但 : B : Boiler

- H₁ : Heat pump R.A 0 %
- H₂ : " 25 %
- H₃ : " 50 %
- H₄ : " 75 %
- H₅ : " 100 %

參 考 文 獻

1. Louis Auster Weil : Optimiyeol Data for Heat Pump Systems (Building System Design 1974. T)
2. E. R. Ambrose : Heat Pump and Electric Heating (1965)
3. ASHRAE HANDBOOK:1979 Equipment
4. 所培健次:HEAT pump 入門: 空氣調和·衛生工學
5. E. R. Whitehead :R. D. Rolyjr : The Heat Pump (A Prouen Device For Heat Recovery System 1976. 5)
6. DAIKIN 기술자료 : (1980)
7. Carrier 기술자료 (1980)
8. Trane 기술자료 (1980)
9. 중앙관상대 : 기상연보 (1971~1980)