

❖ 連載講座 ❖
第 2 回

冷凍裝置의 設計

金 鳳 彬*

2-4. 作業者가 發生하는 熱量

空氣調和裝置에 있어서는 在室者에 對한 熱負荷計算時에 在室時間에 關하여는 特別한 境遇를 除外하고는 冷凍機運轉時間이 室內使用時間과 同等하지만, 冷藏庫 또는 冷凍室은 一日中 3~5時間程度가 作業時間이므로 熱負荷計算은 24時間中의 作業時 發生하는 熱量을 每時間當의 發熱量으로 하는 것이 特色이다.

作業人員數에 對하여는 收容하는 物品의 種類, 運搬機械의 使用與否, 出入庫의 頻度等에 依하여 定하여진다. 普通은 平均人員數로 定하며, 魚物, 乳製品等은 表 2.4에 依한다.

表 2.4 冷藏室의 作業人員

冷藏室의 體積 m ³	作業人員數
250未滿	1
250以上 500未滿	2
500以上 750未滿	3
750以上 1000未滿	4

1000以上은 體積 250m³ 增加함에 따라 1名式 增加시킨다.

作業時 人體로부터의 發熱量은 表 2.5에 依하여 定한다.

表 2.5 人體에서의 發熱量

冷藏庫溫度 °C	1人當 發生하는 熱量 Kcal/H		q 計 Kcal/H
	顯 熱	潛 熱	
10	185	24	209
4	215	24	239
0	240	24	264
-7	265	24	289
-12	305	24	329
-18	330	24	354
-23	355	24	379

* 正會員, 漢陽大學校 工科大學 講師

$$Q_{ps} = V \cdot 1/250 \cdot q_s \cdot \text{作業時間}/24 \text{ Kcal/H (2.9)}$$

$$Q_{pi} = V \cdot 1/25 \cdot q_i \cdot \text{作業時間}/24 \text{ Kcal/H (2.10)}$$

但 Q_{ps} : 人體의 顯熱發熱量 Kcal/H

Q_{pi} : 人體의 潛熱發熱量 Kcal/H

V : 冷藏室體積 m³

q_s : 人體 1人當의 顯熱發熱量 Kcal/H. (P)

q_i : 人體 1人當의 潛熱發熱量 Kcal/H. (P)

例題 2.5

表 2.1의 No. 1 冷藏室의 體積이 500m³ 일 때 人體에서 發生하는 熱量을 計算하라.

【解】

式 2.9에 依하여 顯熱量을 求한다.

$$Q_{ps} = 500 \times 1/250 \times 330 \times 2/24 = 55 \text{ Kcal/H}$$

式 2.10에 依하여 潛熱量을 求함.

$$Q_{pi} = 500 \times 1/250 \times 24 \times 2/24 = 4 \text{ Kcal/H}$$

人體에서 總發熱量 Q_p 는

$$Q_p = Q_{ps} + Q_{pi} = 55 + 4 = 59 \text{ Kcal/H}$$

作業機械用이 該當되며, 送風機의 電動機容量은 冷藏室 負荷가 決定된 後에 定하는 것이 順序이므로, 처음에는 電動機容量을 假定하여 計算하고, 冷藏室內 負荷가 確定되면, 假定하였던 電動機의 容量이 適當한가를 確認한다. 萬一 容量이 適當치 않으면 確定된 負荷에 依하여 다시 決定하며, 다음 式으로, 熱負荷를 算出한다.

$$Q_m = n \times \frac{KW}{\eta_m} \times t \times 860 \text{ Kcal/H} \dots \dots \dots 2.10$$

但 n : 電動機臺數

KW: 電動機容量(1馬力은 0.746KW)

η_m : 電動機의 效率(小型일 때 0.74~0.8)

t : 運轉時間(1日 16時間 運轉하면 16/24를 乘함)

例題 2.6.

表 2.1의 準備室에 設置한 유니트 콜러의 送風機用 電動機는 0.4KW 2臺로 되어 있다. 運轉時間은 8時間 일 때 發熱量을 算出하라.

【解】 式 (2.10)에 依하여

$$Q_m = n \cdot KW \cdot \eta_m \cdot t = 2 \times \frac{0.4}{0.74} \times 8/24 \times 860 = 307 \text{ Kcal/H}$$

照明用 電燈은 一般의 으로 冷藏室 每 m² 當 4~10watt

熱負荷計算의 綜合表

室名 熱負荷의 種類	No. 1 Kcal/H		No. 2 Kcal/H		No. 3 Kcal/H		No. 8 Kcal/H		No. 5 Kcal/H		小計	
	q_s	q_t	q_s	q_t	q_s	q_t	q_s	q_t	q_s	q_t	q_s	q_t
建物の 熱負荷	2,925		2,970		2,770		1,400		540		10,605	
換氣에 依한 熱量	1,400	2,100	1,450	2,100	1,250	1,900	146	152	962	1,338	5,158	7,590
收容物質의 熱量	1,599		1,400		1,350						4,349	
作業者에 依한 熱量	55	4	55	4	55	4	12	1	110	8	287	21
動力에 依한 熱量							307		307		614	
電燈에 依한 熱量	89.6		89.6		89.6		50		50		368.8	
小計	6,068.6	2,104	5,964.6	2,104	5,464.6	1,904	1,915	153	1,969	1,346	21,381.8	7,611

註 上記表의 內容은 實際計算에 依하지 않은 것도 있음, 앞으로의 計算을 爲하여 近似值를 挿入함.

程度를 設置하며, 低溫用螢光燈을 使用할 때는, 電力에 1.25倍의 係數를 乘한다. 使用時間은 作業時間과 같이 取한다.

$$Q_s = KW \times 860 \times t \text{ Kcal/H} \dots \dots \dots (2.11)$$

例題 2.7

表 2.1의 No. 1 冷藏室의 照明用 電燈에서 發生되는 發熱量을 算出하다. 但, 低溫用螢光燈임.

【解】式 2.11에 依하여

$$Q_s = 1 \times 860 \times 1.25 \times 2 / 24 = 89.6 \text{ Kcal/H}$$

以上の 여러가지 要因에 依하여 熱負荷를 計算한 後 다음과 같이 綜合하고, 特히 冷藏室의 濕度調整이 必要할 때는 顯熱比(Sensible Heat Ratio)를 求하고, 또한 裝置의 露點溫度(Apparatus Dew Point)를 濕空氣線圖에서 決定하고 이에 따라 加濕이 必要한가 或은 除濕과 再加熱을 할 必要가 있는가를 判斷하여 裝置를 決定한다.

$$Q_t = q_{s1} + q_{t1} = 21,382 + 7,611 = 28,993 \text{ Kcal/H}$$

$$(C. G. S) RT = \frac{28993}{3320} = 8.7$$

$$S. H. R = \frac{q_{s1}}{Q_t} = \frac{21382}{28993} = 0.73$$

以上の 計算은 精密計算이므로, 8.7(C. G. S) RT를 實際에 適用시키면, 負荷의 增加, 機器의 性能低下, 氣候의 變動等에 對處할 餘裕가 全然없게 된다. 따라서 安全率을 10~15% 程度 適用시켜야 한다.

安全率을 10%로 取하면

$$Q_t = Q_t \times 1.1 = 28993 \times 1.1 = 31893 \text{ Kcal/H}$$

$$(C. G. S) RT = 8.7 + 0.87 = 9.6$$

3. 冷凍사이클 및 壓縮機計算

冷藏庫의 熱負荷計算이 끝나면 다음 事項을 決定하고 冷凍사이클을 運轉條件에 依하여 定하게 된다.

(1) 冷媒의 種類

(2) 冷却水

(3) 蒸發器의 型式

(4) 自動裝置의 限界

(5) 除霜裝置의 方式

(6) 運轉條件

(1) 冷媒의 種類는 收容物品의 種類, 周圍의 環境, 經濟性 特히 우리나라의 境遇는 機器 및 資材의 購得의 容易性도 考慮하여 決定한다. 이 講座에서는 冷媒를 암모니아(NH₃)로 說明코져한다.

(2) 冷却水는 地方과 環境에 따라서, 海水, 地下水, 河川水, 또는 市水道等이 있으며, 地下水의 水質이 不良하거나, 繼續使用時 不足量이 豫想될 때는 冷却塔를 設置하든가 또는 蒸發式 凝縮器를 使用하도록 計劃하며 아울러서, 運轉條件에서 凝縮溫度를 定할 때의 指針이 되어야 한다.

(3) 蒸發器의 型式은 (2)項에서 說明한 바와 같이 冷媒의 購得이 年中 언제나 容易한가, 價格이 廉價로 될 수 있는가를 考慮하여, 乾式으로 할 것인가, 또는 滿液式으로 할 것인가를 定하게 되고, 天井코일로 自然對流式, 或은 유니트 클러로, 強制對流式이, 收容物品에 어떤 影響을 주지 않겠는가 判斷하여 決定하게 된다.

(4) 自動裝置는 安全性, 經濟性, 人力節減, 冷藏庫의 性格等을 考慮하여 決定하며 冷凍裝置의 自動裝置에 關하여는 6章에서 詳細히 論하기로 한다.

(5) 除霜裝置의 有無에 따라서 或은 그 方法에 依하여 自動裝置와 더불어 系統이 複雜하여지든가, 또는 簡單하여 지게 되며, 蒸發器의 型式을 決定하는데에도 큰 役割을 하게 된다. 例를 들어서, 天井코일型 蒸發器일 때, Hot Gas 除霜裝置를 하며는, 除霜할 때마다 冷藏庫內의 收容物品에는 防水카바를 하여야 되므로, 實際로는 不可能하게 되는 結論을 얻게 된다. 收容物品의 種類, 收容物品의 保存方式, 蒸發器의 型式等을 考慮하여

除霜裝置의 方式을 決定하는 것이 運轉할 때 圓滑한 運營을 하게 된다.

(6) 運轉條件은 위에서 說明한 事項이 決定되면 冷凍 사이클을 合理的으로 形成시킬 수 있도록 決定할 수 있게 된다. 이 講座에서는 다음과 같이 決定한다.

- 凝縮溫度 40°C
- 蒸發溫度 -25°C
- 膨脹弁直前의 液溫度 35°C

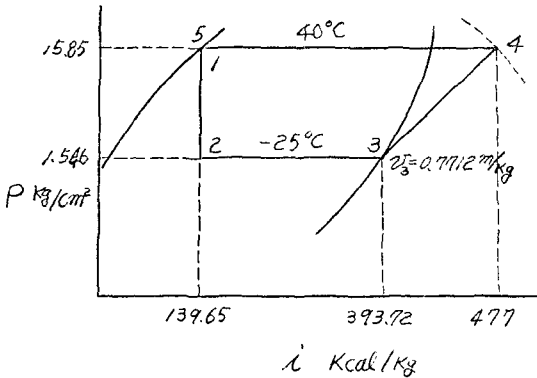


그림 3.1 암모니아 p-i 線圖

Mollier 線圖 卽 p-i 線圖은 冷凍裝置의 熱計算 및 狀態分析에는 重要한 役割을 하고 있으므로, 往復式 壓縮機, 遠心式 壓縮機, 스쿠류 壓縮機等 壓縮式 冷凍機에는 어데나 使用할 수 있다. p-i 線圖과 冷媒의 飽和蒸氣表를 使用하여 計算하면서 說明하고자 한다.

3-1. 冷媒循環量

2章에서 冷凍負荷 $Q_i = 31893$ Kcal/H 를 算出하였으므로, 蒸發器內에서, 冷媒의 蒸發熱을 그림 3.1의 p-i 線圖 或은 암모니아의 飽和蒸氣에 依하여 求한다.

$$G = \frac{Q_i}{(i_3 - i_1)} \text{ Kg/H, } \dots\dots\dots(3.1)$$

但 G : 冷媒循環量 Kg/H.

Q_i : 冷凍負荷 Kcal/H.

i_3 : 冷媒飽和蒸氣의 엔탈피 Kcal/kg.

i_1 : 冷媒飽和液의 엔탈피 Kcal/kg.

例題 3.1

2章에서 算出한 冷凍負荷에 對한 冷凍裝置의 冷媒循環量을 計算하라.

【解】 p-i 線圖과 例 3.1에 依하여

$$G = \frac{Q_i}{(i_3 - i_1)} = \frac{31893}{393.72 - 139.65} = 125.52 \text{ kg/H.}$$

或은 2.092 Kg/min.

3-2. 피스톤 變位量

冷凍負荷 Q_i Kcal/H 의 熱量을 冷媒가 蒸發器內에서

蒸發하면서 吸收하며 發生된 飽和蒸氣量은

$$V_g = G \cdot V_3 \text{ m}^3/\text{H} \dots\dots\dots(3.2)$$

但, V_g : 蒸發器에서 蒸發한 飽和蒸氣量 m^3/H

V_3 : 蒸發壓力에 該當되는 飽和蒸氣의 比體積 m^3/kg .

壓縮機의 피스톤 變位量을 $V \text{ m}^3/\text{H}$ 라고 하면

$$V = V_g \dots\dots\dots(3.3)$$

(3.3)式이 成立되는 壓縮機를 選擇하여야 된다. 壓縮機의 理論피스톤變位量을 V_{ih} 라고 하면

$$V_{ih} = \frac{\pi}{4} D^2 \cdot L \cdot N \cdot R \cdot \text{m}^3/\text{min} \dots\dots\dots(3.4)$$

但 D : 壓縮機의 실린더直徑 m

L : 壓縮機의 피스톤, 스트로우크 m

N : 壓縮機의 氣筒數

R : 壓縮機의 回轉數 rpm

實際에 있어서는 피스톤變位量은 理論變位量 V_{ih} 보다 작게 된다. 卽 體積效率 η_v 를 理論變位量 V_{ih} 에 곱하게 된다.

$$V = V_{ih} \cdot \eta_v \text{ m}^3/\text{min. } \dots\dots\dots(3.5)$$

$\eta_v < 1$ 로서, 體積效率 η_v 는, 피스톤헤드와 벨브, 플레이트와의 隙間, 壓縮比, 吸入가스의 過熱度, 吸入벨브의 抵抗等に 依하여 影響을 받는다. 大概의 各國의 製作會社의 Catalog에는 理論變位量 V_{ih} 를 表示하고 있음을 參考的으로 附言한다.

例題 3.2

例題 3.1에서 求한 冷媒循環量과 그림 3.1의 冷凍사이클로 運轉되는 冷凍裝置에 必要한 壓縮機를 選定하라. 但 $\eta_v = 0.79$ 로 함.

【解】 그림 3.1에서 $v_3 = 0.7712 \text{ m}^3/\text{kg}$ 를 알 수 있으므로. $V_g = G \cdot V_3 = 2.092 \times 0.7712 = 1.614 \text{ m}^3/\text{min.}$

壓縮機는 開放型, 高速多氣筒으로 한다면, 直徑 95mm \times 行程 76mm \times 4氣筒일 때, 回轉數를 冷凍容量에 適合시킨다.

(3.3) 式으로 부터

$$V = 1.614 \text{ m}^3/\text{min.}$$

3.5式으로 부터

$$R = \frac{V}{\frac{\pi}{4} D^2 \cdot L \cdot N \cdot \eta_v} = \frac{1.614}{0.785 \times (0.096)^2 \times (0.076) \times 4 \times 0.79} = 930 \text{ r. p. m.}$$

3-3. 壓縮機의 所要動力

그림 3.1에서 壓縮일의 熱當量은 $i_4 - i_3$ Kcal/kg 이므로 지금 斷熱壓縮의 壓縮動力을 N 라고 하면

$$N = G(i_4 - i_3) \text{ Kcal/H } \dots\dots\dots(3.6)$$

1 Kcal 는 $1/427 \text{ kg-m}$ 이고 1 馬力은 75 kg-m/sec 이므로, 1 馬力을 熱當量으로 換算하면 632가 된다.

$$N = \frac{G(i_4 - i_3)}{632} \text{ HP} \dots\dots\dots(3.7)$$

지금 實際所要動力을 N_a 라고 하면

$$N_a = \frac{N}{\eta_m \eta_c} \text{ HP} \dots\dots\dots(3.8)$$

η_m : 機械效率

η_c : 壓縮效率

例題 3.3

例題 3.2의 壓縮機에 必要한 電動機의 馬力을 計算하라. 但, $\eta_m=0.92$, $\eta_c=0.8$ 로 하라.

【解】

(3.7)式에 依하여

$$N = \frac{G(i_4 - i_3)}{632} = \frac{125.52 \times (477 - 393.72)}{632} = 16.54 \text{ HP}$$

(3.8)式에 依하여

$$N_a = \frac{N}{\eta_m \eta_c} = \frac{16.54}{0.92 \times 0.8} = 22.5 \text{ HP}$$

電動機의 規格으로는 25馬力과 30馬力이 있으나, 起動回轉力과 安全率 10%의 餘裕를 볼 때, 25馬力은 全負荷로 運轉되는 無理가 있을 것이므로, 30馬力을 擇하는 것이 妥當할 것으로 본다.(次號에 繼續)



冷 暖 房 設 備

※ 製品 案内

- AIR HANDLING UNIT
- FAN COIL UNIT
- WARM AIR FURNACE
- UNIT HEATER
- COOLING TOWER
- BLOWER VENTILATOR

株式會社 裕 珍 製 作 所

서울特別市 城東區 聖水洞 2街 282-130

電話 (55) 3330