

青果物貯藏庫의 構造特性 및 冷却負荷量 算定에 關한 研究

A Study on the Structural Characteristics and Estimation of Refrigerating Load for the Fruit Storage

李 錫 健* · 高 在 君*
Suck Kun Lee · Chae Koon Koh

Summary

This study was intended to provide the basic design criteria for the refrigerated storage, and to estimate the required optimum capacity of refrigerator for the different sizes and kinds of the existing fruit storage.

The structural characteristics of the existing fruit storages in Pyungtaek-khun of Kyungki-do were surveyed. The average out-door air temperature during the expected storage life after harvesting, was obtained by analyzing the weather information. The heat transfer rates through the different models of storage walls were estimated. The refrigerating load required for different models of fruit storage was analyzed in the basis of out-door air temperature.

The results obtained in this study are summarized as follows:

1. The fruit storages surveyed were constructed on-ground, under-ground and sub-ground type buildings. The majority of them being the on-ground buildings are mostly made of earth bricks with double walls. Rice hull was mostly used as the insulating materials for their walls and ceilings. About 42% of the buildings were with the horizontal ceiling, 22% with sloped ceiling, and about 36% without ceiling. About 60% of the storage buildings had floor without using insulated material. They were made of compacted earth.
2. There is no difference in heat transfer among six different types of double walls. The double wall, however, gives much less heat transfer than the single wall. Therefore, the double wall is recommended as the walls of the fruit storage on the point of heat transfer. Especially, in case of the single wall using concrete, the heat transfer is about five time of the double walls. It is evident that concrete is not proper wall material for the fruit storage without using special insulating material.
3. The heat transfer through the storage walls is in inverse proportion to the thickness of rice hull which is mostly used as the insulating material in the surveyed area. It is recommended that the thickness of rice hull used as the

* 서울大學校 農科大學

- insulating material for storage wall is about 20cm in consideration of the decreasing rate of heat transfer and the available storage area.
4. The design refrigerating load for the on-ground storages having 20 pyung area is estimated in 4.07 to 4.16 ton refrigeration for double walls, and 5.23 to 6.97 ton refrigeration for single walls. During the long storage life, however, the average daily refrigerating load is ranged from 0.93 to 0.95 ton refrigeration for double walls, and from 1.15 to 1.47 ton refrigeration for single walls, respectively.
 5. In case of single walls, 50.8 to 61.4 percent to total refrigerating load during the long storage life is caused by the heat transferred into the room space through walls, ceiling and floor. On the other hand, 39.1 to 40.7 percent is for the double walls.
 6. The design and average daily refrigerating load increases in linear proportion to the size of storage area. As the size increases, the increasing rate of the refrigerating load is raised in proportion to the heat transfer rate of the wall.
 7. The refrigerating load during the long storage life has close relationship to the out-door air temperature. The maximum refrigerating load is shown in later May, which is amounted to about 50 percent to the design refrigerating load.
 8. It is noted that when the wall material having high heat transfer rate, such as the single wall made of concrete, is used, heating facilities are required for the period of later December to early February.

I. 緒 論

最近 우리나라에서도 國家經濟의 急激한 發展으로 國民所得이 增加되고 生活水準이 向上됨에 따라 青果物은 온 國民의 嗜好食品으로 大衆消費性向을 띠게 되었고, 特히 오늘날에 와서는 人口의 大都市集中現象이 顯著하고 生産地와 消費地가 明白히 分離되어 있는 關係로 青果物의 長期貯藏에 關한 重要性이 더욱 增大되어가고 있는 實情이다.

青果物의 貯藏에 미치는 重要한 要因은 溫度, 濕度, 換氣 等이다. 貯藏溫度는 果實의 呼吸作用이나 腐敗菌의 生育等に 密接한 關係를 가지고 있으며 貯藏庫內의 濕도가 낮으면 果實이 시들기 쉽다.

또한, 貯藏庫內에는 有害가스의 發生이나 高溫, 低濕 等으로 因하여 여러가지 障害가 일어나기 쉬우므로 充分한 換氣가 必要하다. 生産者들은 收穫期의 大量集中出荷로 因한 價格下落을 防止하고 好景氣에 高價로 販賣하기 爲하여 原始的인 方法이나 다 오래前부터 貯藏手段을 講究해 왔다.

오늘날 널리 利用되고 있는 青果物貯藏庫의 種類에는 普通貯藏庫, 低溫貯藏庫, C-A(Controlled atm-

osphere)貯藏庫 等이 있다. 普通貯藏庫는 特殊한 機械設備을 하지 않고 自然環境에만 依存하여 貯藏하는 方法으로 大量의 青果物을 貯藏할 수 있으나 適當한 貯藏條件을 維持하기가 困難하다. 低溫貯藏庫는 低溫에 青果物을 貯藏하므로써 呼吸을 통한 發熱量을 減少시키고 박테리아나 곰팡이의 發生을 抑制하여 貯藏期間을 延長시키기 爲한 方法이며 C-A貯藏庫는 果實의 呼吸作用을 抑制하기 爲하여 貯藏庫內의 溫度를 低溫으로 維持시키는 同時에 貯藏庫內 空氣中の O₂의 濃度を 낮게하고 CO₂의 濃度を 높여 低溫貯藏庫에서 發生하기 쉬운 低溫障害을 防止하기 爲한 貯藏方法이다.

優秀한 品質의 青果物을 年中 繼續해서 供給할 수 있는 効果의인 貯藏方法에 關한 研究은 國內外를 通하여 여러 側面에서 많은 研究가 遂行되어 왔으나 아직도 未解決된 問題가 많이 남아 있다.

특히, 國內에서는 果實自體에 物理的, 化學的 處理를 함으로써 貯藏期間을 延長시키는 方面에 關한 研究은 多數 遂行된 바 있으나 貯藏庫의 設計 및

構造에 관한 基礎研究은 거의 없는 形便이다.

最近 外國에서는 低溫貯藏庫나 C-A貯藏庫가 널리 普及되어 있는 實情이나 우리나라에서는 施設費나 運營費關係로 아직도 自然環境에 依存하는 普通貯藏庫가 大部分이다.⁴⁴⁾

그러나, 優秀한 品質의 靑果物을 長期間 貯藏하기 爲해서는 우리나라에서도 既存貯藏庫에 冷却施設을 設備하거나 低溫貯藏庫의 普及이 不可避하다고 생각되는 바이다.

이러한 國內의 貯藏庫實態를 勘案하고 冷却施設의 設備 및 低溫貯藏庫의 普及을 豫想하여 本研究은 다음과 같은 目的으로 遂行되었다.

- 1) 京畿道 平澤地方의 靑果物貯藏庫에 對한 構造特性을 調査分析하고
- 2) 壁體의 構造에 따른 熱貫流率 및 貫流熱량을 比較하며
- 3) 氣象資料를 分析하여 設計基準外氣溫度를 決定하므로써 貯藏庫의 크기 및 構造에 따라 冷却負荷量을 算定하여 既存貯藏庫에 冷却施設을 設備하거나 低溫貯藏庫를 設計할 境遇에 基礎資料를 提供하고자 한다.

II. 文獻概要

果實의 貯藏條件은 여러 文獻^{1) 2) 13) 18) 22) 40)}에서 알 수 있는 바와 같이 貯藏果實의 種類에 따라 다르나, 사과나 배를 貯藏하는 경우에 貯藏溫度는 平均 凍結溫度보다 2~3°C가 높은 0°C 程度이며, 貯藏濕度는 可能한 限 높을수록 좋으나 濕도가 너무 높으며 腐敗菌이 發生하기 쉬우므로 80~95%가 適當한 것으로 發表되어 있다.⁴⁰⁾

岩田, 緒方等³⁴⁾이 사과外 8가지 種類의 果實을 各各 1°C, 6°C, 20°C에서 貯藏하여 商品性 持續期間을 調査한 結果에 依하면 1°C의 경우가 6°C보다는 約 2배, 20°C 보다는 約 10배가 됨을 알 수 있다.

또, Gore⁴⁰⁾는 果實의 呼吸量과 溫度와의 關係를 $y = y_0 \times 10at$ 으로 數式化한 바 있는데, 여기서 y 는 果實 1kg이 $t^\circ\text{C}$ 에서 1時間當 排出하는 CO_2 의 量이고 y_0 는 果實 1kg이 0°C에서 1時間當 排出하는 CO_2 의 量이며 a 는 0.0376의 값을 갖는 常數이다.

이때 排出되는 CO_2 1kg은 約 2.5kcal의 熱을 發生시키는 것으로 나타나 있다.⁴⁰⁾ 收穫後의 果實은 豫冷(Precooling)을 시켜야 하는데, 果實의 豫冷方法에는 空氣冷却式(Air cooling), 水冷式(Icing),

水冷冷却式(Hydrocooling), 眞空冷却式(Vacuum cooling) 등이 있고 이때 冷却速度는 빠를수록 좋은 것으로 報告되어 있다.^{10) 18) 31)}

한편, Hukill과 Smith¹⁸⁾는 사과의 Delicious品種에 對한 冷却速度와 貯藏期間에 關하여 研究한 結果, 收穫後 7日 동안에 32°F로 冷却하여 貯藏했을 경우 貯藏期間이 7.5個月이었음에 比하여, 7日 동안에 36°F로 冷却하여 貯藏했을 경우에는 貯藏期間이 4.5個月로 나타났음을 밝힌 바 있다.

또, 石橋貞人等³¹⁾은 數種의 農産物에 對하여 水冷式 및 空冷式 方法으로 冷却速度를 測定한 結果, 冷却曲線이 大體의인 指數函數의 形態로 나타났음을 밝힌 바 있고, 배의 경우에 果實의 半徑을 r 이라 하면, 果實의 品溫을 半減시키는데 所要되는 時間 即 Half-cooling time (Z)은 中心部가 $\frac{1}{2}$ 되는 點보다 約 2배가 걸린다는 事實을 發表한 적이 있다.

또, Sainsbury¹⁰⁾는 배의 Half-cooling time에 關한 研究結果에서 Z가 25~27時間이며 2Z期間에는 果實의 品溫이 $\frac{3}{4}$ 減少하며 3Z期間에는 $\frac{7}{8}$ 減少한다는 事實을 發表한 바 있다.

金 等은⁴⁵⁾ 흙벽돌 地上二重壁 生果菜類 貯藏庫에 關한 研究結果에서 4月下旬부터 貯藏庫內의 溫度가 10°C 以上이 되어 特殊한 低溫裝置없이는 外氣溫이 높은 夏節期의 果菜類貯藏이 거의 不可能한 것으로 報告한 바 있다.

또한, 高는⁴⁶⁾ 靑果物 貯藏庫의 綜合的 研究에서 우리나라의 靑果物貯藏庫는 거의 普通貯藏庫이며 貯藏庫內의 溫度冷却方法이 모두 外氣의 低溫을 利用한 換氣法을 適用하고 있는 反面에 貯藏庫內의 溫度가 10~28°C의 變化를 보이고 있음을 밝혀 우리나라 靑果物貯藏庫의 問題點을 提示한 바 있다.

이와같이 普通貯藏庫는 貯藏庫內의 適溫維持가 固難하므로 外國에서는 大部分 低溫貯藏庫로 轉換된 實情이다.

Childers¹⁴⁾는 1950年 以前의 美國 北部地方의 貯藏庫가 거의 大部分이 普通貯藏庫였으나 1950年代에 들어와서 普通貯藏庫는 20%程度에 不過했으며 나머지는 低溫貯藏庫로 轉換된 事實을 調査 發表한 바 있다.

石橋貞人³¹⁾은 귤의 貯藏利益에 關한 多久市靑果聯合會의 調査結果를 引用하여 低溫貯藏이 常溫貯藏보다 約 2배의 利益을 올릴 수 있다는 事實을 發表한 바 있다.

Ⅲ. 調査 및 分析方法

1. 調査方法

1) 調査地域 및 調査貯藏庫數

調査地域은 青果物貯藏庫가 比較的 集中分布하고 있는 京畿道 平澤近郊를 任意로 選定하였으며 調査한 貯藏庫의 分布現況은 表-1과 같다.

表-1. 調査地域 및 被調査貯藏庫의 分布現況

調査地域	現存貯藏庫數	被調査貯藏庫數
平澤郡 平澤邑	101	24
平澤郡 振威面	32	8
平澤郡 松炭面	23	5
安城郡 元谷面	53	13
其他地域	62	0
合計	271	50

2) 調査期間

豫備調査를 通하여 適切な 調査項目을 選定한 後

本調査를 實施하였다.

가) 豫備調査: 1975年 7月 2日~1975年 7月 9日

나) 本調査: 1975年 8月 10日~1975年 8月 25日

3) 調査方法: 戶別訪問을 通한 聽問 또는 實測調査를 實施하였다.

4) 調査項目: 貯藏庫의 構造特性을 中心으로 28個項目에 對하여 調査하였으며 重要項目은 다음과 같다.

- ① 貯藏青果物의 種類
- ② 最長貯藏期間
- ③ 貯藏庫의 形式
- ④ 貯藏庫의 크기
- ⑤ 壁體의 構造
- ⑥ " 材料
- ⑦ 壁體에 使用된 斷熱材의 種類
- ⑧ " " " 두께
- ⑨ 天井의 構造
- ⑩ 天井에 使用된 斷熱材의 種類
- ⑪ " " " 두께

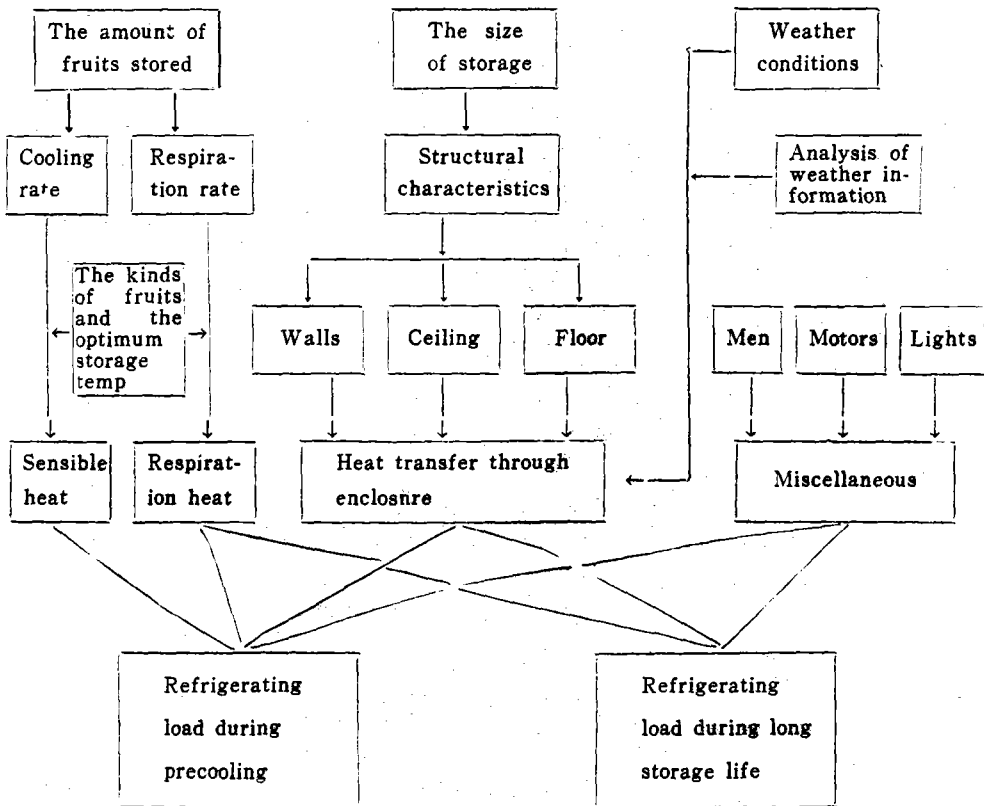


Fig. 1. Factors affecting refrigerating load

- ⑫ 바닥의 構造
- ⑬ 換氣筒의 個數 및 크기
- ⑭ 出入門의 構造
- ⑮ 遮濕壁의 有無
- ⑯ 冷却設備의 希望如否

2. 冷却負荷量의 分析

1) 冷却負荷量에 미치는 要因

低溫貯藏庫의 設計時 冷却負荷量의 算定은 冷却機의 規模를 決定하는데 必要하며 이에 미치는 要因들을 分析하면 Fig. 1과 같다.

Fig. 1에서 보는 如와 같이 靑果物貯藏庫의 冷却負荷量은 豫冷期間과 長期貯藏期間으로 區分하여 算定하는 것이 一般의이며 果實의 貯藏量, 貯藏庫의 크기, 氣象條件 等에 따라 달라진다. 一般的으로 冷却機의 設計基準이 되는 最大冷却負荷는 果實의 冷却熱을 包含하는 豫冷期間中에 發生한다. 豫冷期間中의 冷却負荷量은 果實의 冷却熱 및 呼吸熱, 建物을 통한 貫流熱, 作業人이나 모터 또는 電燈에 依한 其他 熱量等으로 나눌 수 있다. 그리고, 長期貯藏期間中의 冷却負荷量은 豫冷期間中의 冷却負荷量에서 果實의 冷却熱만을 除外하므로써 計算할 수 있다. 이 中에서 建物을 통하여 貫流하는 熱量은 外氣溫度와 貯藏適溫의 差로 因한 것이며 氣象條件이나 建物의 構造 및 材料에 따라 달라지는 重要한 可變要因中의 하나이다.

따라서, 靑果物貯藏庫의 冷却負荷量을 算定하기 爲해서는 그 地域의 氣象資料를 分析하여 設計基準 外氣溫度를 決定해야 한다.

가) 設計基準外氣溫度

金¹⁷⁾은 韓國의 空氣調和設計用 外氣條件에 關한 研究에서 韓國의 冷房設計基準外氣溫度(kTd)를 다음 式으로 表示한 바 있다.

$$kTd = 0.76t + 5.32 \dots\dots\dots(1)$$

여기서, t는 年中極最高氣溫의 平均値이다.

따라서, 本 研究에서 使用한 設計基準外氣溫度는 貯藏이 始作되는 時期를 10月 下旬으로 보고, 調查 地域과 隣接한 地域으로 長期間의 氣象觀測値를 求得할 수 있는 水原地方의 10月 下旬의 極最高氣溫의 65年間의 平均値를 求한 後 式(1)에 依하여 計算한 溫度를 使用하였으며 바닥을 통한 貫流熱 算定時는 10月 下旬의 10年間에 걸친 地中溫度의 平均을 使用했다.

長期貯藏期間中의 1日 平均冷却負荷量 算定時는 貯藏期間中의 平均氣溫을 使用하였다.

나) 果實의 冷却熱

收穫時의 果實은 圃場에서 吸收한 많은 熱을 가지고 있으며 果實을 貯藏하게되면 이 熱은 貯藏庫內로 移動하게 되므로 豫冷期間中 可能한 限 빨리 果實의 品溫을 貯藏適溫까지 내려야한다. 이때, 冷却速度는 果實 및 貯藏箱子의 種類, 貯藏當時 果實의 品溫, 箱子의 積載方法, 貯藏庫內의 空氣의 循環速度等에 따라 달라진다.

本 研究에서는 Sainsbury¹⁸⁾의 研究結果를 利用하여 배의 Half-Cooling time을 24 hr으로 하였으며, 果實의 冷却熱을 求하는데는 다음式을 使用하였다.¹⁹⁾

$$Q_1 = W \times C \times (t_1 - t_2) \dots\dots\dots(2)$$

여기서, Q₁: 果實의 冷却熱(kcal)

W: 果實의 貯藏量(kg)

C: 果實의 比熱(kcal/kg.°C)

t₁: 冷却前 果實의 品溫(°C)

t₂: 冷却後 果實의 品溫(°C)이다.

다) 果實의 呼吸熱

果實은 收穫後에도 空氣中의 O₂를 吸收하고 CO를 排出하는 呼吸作用을 繼續한다. 0°C일때 배의 呼吸速度는 2.9~3.2mg/kg. hr程度이며 溫度變化와 呼吸速度와의 關係는 Gore의 式을 利用하였으며 果實의 呼吸熱은 다음 式으로 求하였다.

$$Q_2 = 0.0025 \times W \times T_1 \dots\dots\dots(3)$$

여기서, Q₂: 果實의 呼吸熱(kcal)

W: 果實의 貯藏量(kg)

T₁: t°C일때 果實의 呼吸速度(mg/kg. hr)

이다.

라) 壁體를 통한 貫流熱

壁體를 통하여 貫流하는 熱量은 外氣溫度 및 使

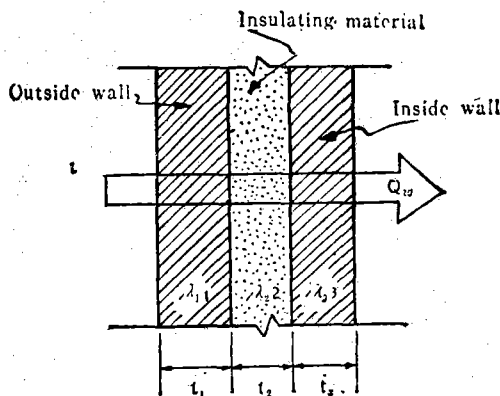


Fig. 2. Heat flow through walls

用된 材料의 熱傳導係數에 따라 달라진다. 一般적으로 Fig. 2와 같은 多層平面 壁體인 경우 建物內外의 溫度를 알때 貫流熱량은 다음式에 依하여 計算한다¹⁾.

$$Q_w = U_w A_w (t_o - t_i) \dots\dots\dots (4)$$

- 여기서, Q_w : 建物을 통한 貫流熱量(kcal)
- U_w : 壁體의 熱貫流率(kcal/m²h°C)
- A_w : 壁體의 面積(m²)
- t_o : 建物外氣溫(°C)
- t_i : 建物內氣溫(°C)
- $U_w = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \sum \frac{t_n}{\lambda_n} + \frac{1}{\alpha_o}} \dots\dots\dots (5)$
- α_i : 建物內부의 熱傳導係數(kcal/m²h°C)
($\alpha_i=8$: 잔잔한 공기일때)
- α_o : 建物外부의 熱傳導係數(kcal/m²h°C)
($\alpha^o=29$: 風速이 15mph일때)
- t_n : 壁體의 두께(m)
- λ_n : 材料의 熱傳導率(kcal/mh°C)

이다.

마) 天井을 통한 貫流熱量

調査된 貯藏庫는 水平天井을 가진 트라스構造의 지붕이 가장 많았다. 따라서, 天井과 지붕을 통하여 貫流하는 熱량은 다음 式을 利用하여 算定하였다.

$$Q_c = U_{RC} A_c (t_o - t_i)^{1.25} \dots\dots\dots (6)$$

- 여기서, Q_c : 天井과 지붕을 통한 貫流熱量(kcal)
- U_{RC} : 天井과 지붕을 승친 熱貫流率 (kcal/m²h°C)

$$U_{RC} = \frac{1}{1/U_c + 1/nr}$$

- U_c : 天井의 熱貫流率(kcal/m²h°C)
- U_r : 지붕의 熱貫流率(kcal/m²h°C)
- $n = \frac{\text{지붕의 面積}}{\text{天井을 面積}}$
- A_c : 天井의 面積(m²)
- t_o : 建物外氣溫(°C)
- t_i : 建物內氣溫(°C)

바) 바닥을 통한 貫流熱量

靑果物 貯藏庫의 冷却負荷량을 算定할 境遇에 바닥을 통한 貫流熱량은 數年間의 地中溫度의 平均値를 利用하여 다음式에 依하여 求하였다.

$$Q_f = U_f A_f (t_g - t_i) \dots\dots\dots (7)$$

- 여기서, Q_f : 바닥을 통한 貫流熱量(kcal)
- U_f : 바닥의 熱貫流率(kcal/m²h°C)
- A_f : 바닥의 面積(m²)

t_g : 地中溫度(°C)

이다.

사) 作業人, 모타, 電燈에 依한 熱
貯藏庫內에서 사람이 作業을 하거나 모타 또는 電燈을 使用할 경우의 發生하는 熱량은 表2를 基準으로 하였다.

表-2. 作業人, 모타, 電燈에 依한 發生熱¹⁹⁾

區 分	作業및 使用單位	發生熱量(kcal)
作 業 人	1人, hr	240
모 타	1hp, hr	750
電 燈	1kw, hr	860

以上과 같은 貯藏庫의 冷却負荷量에 미치는 要件을 綜合하면 Fig. 3과 같으며 豫冷期間中의 冷却負荷量(Q_p) 및 長期貯藏期間中의 冷却負荷長(Q_s)은 各各 式(8), 式(9)를 利用하여 求하였다.

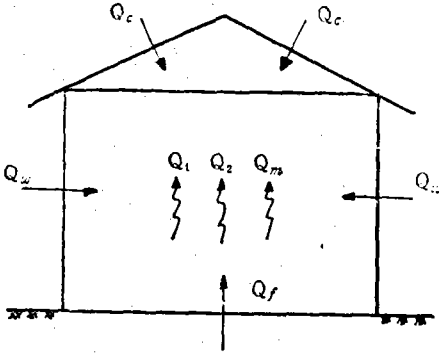


Fig. 3. Diagram of refrigerating load for the fruit storage

$$Q_p = Q_1 + Q_2 + Q_w + Q_c + Q_f + Q_m \dots\dots\dots (8)$$

$$Q_s = Q_2 + Q_w + Q_c + Q_f + Q_m \dots\dots\dots (9)$$

- 여기서, Q_1 : Sensible heat
- Q_2 : Heat of respiration
- Q_w : Heat transfer through walls
- Q_c : Heat transfer through ceiling
- Q_f : Heat transfer through floor
- $Q_m = \begin{cases} \text{Men } (q_1) \\ \text{Motors } (q_2) \\ \text{Lights } (q_3) \end{cases}$ 이다.

IV. 結果 및 考察

1. 調査結果

京畿道 平澤地域을 對象으로 하여 靑果物貯藏庫

의 構造特性에 關한 調查結果를 要約하건 表-3과 같다.

表-3. 調 查 結 果 表

項 目	區 分	貯藏庫數	%	項目	區 分	貯藏庫數	%	
貯藏果實의 種類	배	46	92	壁體의 材料	홀벽	鐵筋 콘크리트	2	4
	사과	4	8			블록 벽돌	1	2
最長貯藏期間	5個月未滿	6	12	二重壁	外壁	홀벽돌	20	40
	5~6個月	20	40			홀벽돌	8	16
	6~7個月	19	38			블록돌	15	30
	7個月以上	5	10			회벽돌	2	4
形 式	地上式	35	70	天井의 構造	水平天井	21	42	
	半地上式	12	24		傾斜天井	11	22	
	地下式	1	2		天井無	18	36	
	其他	2	4		바닥의 構造	홀	30	60
크 기	10坪未滿	3	6	콘크리트		1	2	
	10~20坪	15	30	마루		9	18	
	20~30坪	22	44	其他		10	20	
	30~40坪	10	20	冷却設施의 希望否	希望한다	6	12	
	40坪以上	0	0		希望안한다	24	48	
無關心	0	0	無關心		20	40		
壁體의 構造	홀壁	7	14	斷熱材의 種類	왕겨	44	88	
	二重壁	48	86		톱밥	1	2	
斷熱材의 種類	왕겨	44	88	其他	0	0		
	톱밥	1	2					
	其他	0	0					

表-3에서 보는 바와 같이 調查地域의 靑果物貯藏庫는 地上式 二重壁構造가 가장 많았으며 貯藏靑果物은 約 90% 以上이 배였다. 貯藏庫의 크기는 10坪~40坪 範圍이고 20坪程度의 크기가 가장 많았다.

그리고, 壁體의 材料는 콘크리트, 블록 등이 多少 使用되고 있으나 홀벽돌이 가장 많았으며 壁體 및 天井에 使用된 斷熱材는 大部分 왕겨였다. 또, 天井의 構造는 水平式으로 된것이 가장 많았으며, 바닥의 構造는 約 60%가 홀으로 되어있었고 壁體나 天井처럼 바닥에 斷熱材를 使用한 貯藏庫는 없었다.

2. 氣象資料의 分析結果

靑果物貯藏庫의 冷却負荷算定에 必要한 氣象資料를 分析한 結果는 表-4와 같다.

表-4. 氣象資料의 分析結果(水原)

月別	旬月	平均氣溫(°C)*	平均地中?溫(°C)**	其 他
11	上	8.9	14.9	① 豫冷期間中 設計基準外氣溫度 : 21.4°C
	中	6.1	13.3	
	下	3.7	11.4	

12	上	0.6	9.6	② 貯藏期間中 外氣溫의 平均 : 3.9°C
	中	-2.8	7.8	
	下	-4.4	6.5	
1	上	-6.2	5.5	③ 貯藏期間中 地中溫度의 平均 : 7.8°C
	中	-6.0	4.7	
	下	-5.9	4.2	
2	上	-5.0	3.6	* 1908年~1974年(65年間)의 水原地方의 平均 ⁽⁴⁾
	中	-3.2	3.4	
	下	0.3	3.3	
3	上	1.8	3.3	** ① 1965年~1974年(10年間)의 水原地方의 平均 ⁽⁵⁾
	中	3.6	3.7	
	下	5.8	5.0	
4	上	7.9	6.5	② 地下 1m의 地中溫度입.
	中	11.5	8.2	
	下	13.8	10.0	
5	上	15.8	11.5	
	中	17.0	12.9	
	下	18.4	14.4	

3. 壁體의 種類에 따른 熱貫流率 및 貫流熱量

青果物貯藏庫의 壁體는 貫流하는 熱量이 적은 構
造일수록 좋다. 왜냐하면, 壁體를 通하여 貫流하는
熱量이 많으면 普通貯藏庫인 境遇에는 貯藏庫內의

溫度變化가 甚하여 果實의 腐敗를 促進시키게 되고
低溫貯藏庫인 境遇에는 冷却負荷量을 增加시켜 冷
却機의 規模를 크게 한다. 調查한 壁體의 種類에 다
라 熱貫流率 및 長期 貯藏期間中 單位 面積當 1日
平均貫流量을 比較해보면 表-5와 같다.

表-5. 壁體의 種類別 熱貫流率 및 貫流熱量

區 分	構 造 및 材 料	두 계	熱 貫 流 率 (kcal/m ² h°C)	貫 流 熱 量 (kcal)*
W _{1a} W _{1b}		물탈마감 : 10cm 흙벽돌 : 14cm 불록 : 15cm 斷熱材의 두께 ㉠ 왕겨 : 15cm ㉡ 톱밥 : 15cm	$U_{1a}=0.587$ $U_{1b}=0.559$	$Q_{1a}=54.9$ $Q_{1b}=52.3$
W _{2a} W _{2b}		물탈마감 : 10cm 흙벽돌 : 14cm 불록 : 15cm 斷熱材의 두께 ㉠ 왕겨 : 15cm ㉡ 톱밥 : 15cm	$U_{2a}=0.609$ $U_{2b}=0.580$	$Q_{2a}=57.0$ $Q_{2b}=54.2$
W _{3a} W _{3b}		물탈마감 : 10cm 흙벽돌 : 14cm 불록 : 15cm 斷熱材의 두께 ㉠ 왕겨 : 15cm ㉡ 톱밥 : 15cm	$U_{3a}=0.635$ $U_{3b}=0.603$	$Q_{3a}=59.4$ $Q_{3b}=56.4$
W ₄		물탈마감 : 10cm 흙벽돌 : 28cm	$U_4=1.618$	$Q_4=151.4$
W ₅		물탈마감 : 10cm 불록 : 30cm	$U_5=1.698$	$Q_5=158.9$
W ₆		물탈마감 : 10cm 콘크리트 : 20cm	$U_6=3.195$	$Q_6=299.1$

* 貯藏期間中 平均氣溫에 對하여 壁體 1m²當 하루에 貫流하는 熱量

表-6.

왕겨의 두께別 熱貫流率

두께 (cm)	5	10	15	20	25	30	35	40
熱貫流率 (kcal/mh°C)	1.009	0.742	0.587	0.485	0.413	0.360	0.319	0.286

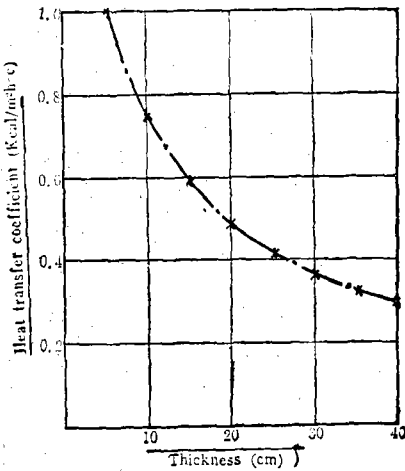


Fig. 4. Heat transfer coefficient of rice hull along its thickness

表-5에서 보는 바와 같이 壁體의 種類에 다른 熱貫流率은 二重壁間에는 큰 差異가 없으나 二重壁의 外壁보다는 훨씬 적음을 알수가 있다.

따라서, 貫流熱量을 基準으로 볼때 靑果物貯藏庫의 壁體로는 外壁보다는 二重壁이 좋으며, 持히 큰 크리트를 使用한 外壁은 貫流熱量이 二重壁의 約 5 倍 程度가 되므로 特殊한 斷熱材를 使用하지 않는 貯藏庫의 壁體로는 適當하지 않음을 알수가 있다.

4. 斷熱材의 두께에 따른 熱貫流率

調査結果에 依하면 斷熱材로 使用되고 있는 材料는 거의 왕겨이며 그 두께는 一定하지 않고 10~20 cm 範圍에서 任意로 使用하고 있는 實情이었다. 이에, 斷熱材의 效果의인 두께를 求하기 爲하여 층벽돌 二重壁構造에서 왕겨의 두께別 熱貫流率을 比較한 結果, 表-6 및 Fig. 4와 같다.

Fig. 4에서 보는 바와 같이 왕겨의 두께가 두꺼울수록 熱貫流率이 적어진다. 따라서, 普通貯藏庫에서 왕겨나 톱밥을 斷熱材로 使用하는 境遇에 그 두께는 熱貫流率의 減少率 및 貯藏庫의 有效面積 等を 考慮할때 20 cm程度가 適當하다고 생각된다.

5. 基準貯藏庫에 對한 冷却負荷量

調査된 貯藏庫 중에서 가장 代表的인 것은 20坪 크기의 地上 二重壁 층벽돌 貯藏庫이며 여기에 배를 貯藏할 境遇의 冷却負荷量은 다음과 같이 算定할 수 있다.

1) 豫冷期間中 冷却負荷量 (Q_p)

배 1箱子를 貯藏하는데 所 要되는 貯藏空間, 0.08m³라 하면¹²⁾ 20坪(10m×6.6m×3.2m) 크기인 경우에 總貯

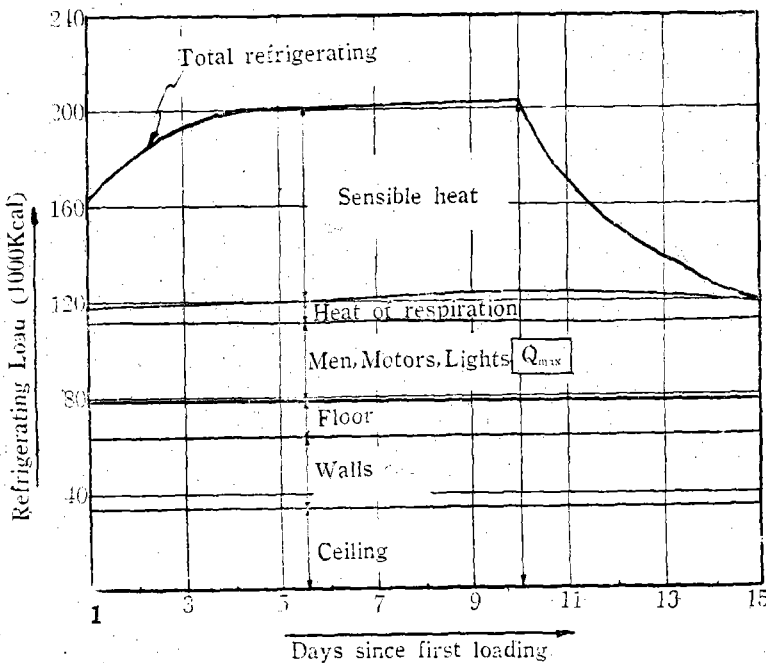


Fig. 5. Refrigerating Load during Precooling

藏量은 約 2,500 箱子가 되고 1日貯藏量을 總貯藏量의 10%인 250箱子로 보고⁴⁾ 豫冷期間中の 冷却負荷量을 算定한 結果를 整理하면 附表-1 및 Fig. 5와 같다.

Fig. 5에서 보는 바와 같이 總冷却負荷量은 果實이 入庫되기 始作한 날로부터 서서히 增加하여 入庫마지막날인 10日째에 最大가 되고, 10日以後에는 冷却荷量이 急激히 減少하게 되며 15日부터 冷却熱은 零이되고 이때부터 所謂 長期貯藏期間에 들어가게 된다. 以上과 같은 方法으로 豫冷期間中 最大負荷量을 計算한 結果는 約 203,100 kcal/day 程度였으며 여기에 安全率 10%를 考慮하면 223,400 kcal/day 程度가 되고 冷却機의 運轉時間을 1日 18時間으로 보던 이것은 約 4.1冷凍·톤에 相當하게 되며 이것은 冷却機의 設計基準負荷量이 된다.

$$\begin{aligned} Q_1 &= 0 \\ Q_2 &= 8,600 \\ Q_w &= 5,800 \\ Q_c &= 6,000 \\ Q_f &= 6,900 \\ Q_m &= 19,400 \end{aligned} \left. \vphantom{\begin{aligned} Q_1 \\ Q_2 \\ Q_w \\ Q_c \\ Q_f \\ Q_m \end{aligned}} \right\} 18,700$$

合 計 $Q_s = 46,700(\text{kcal/day})$

量은 壁體의 種類에 따라 다르나 20坪크기를 基準으로 할때 홀壁인 경우는 總冷却負荷量의 50.8~61.4%程度이며 二重壁인 경우는 39.1~40.7%程度이었다. 長期貯藏期間中 壁體의 種類 및 貯藏時期別貫流熱量은 Fig. 6에서 보는바와 같이 熱貫流率이 큰 홀壁일수록 外氣의 影響을 많이 받는다는 事實을 알수가 있었다.

6. 貯藏庫의 크기 및 壁體의 種類에 따른 冷却負荷量

基準貯藏庫와 같은 方法으로 貯藏庫의 크기 및 壁體의 種類가 다른 여러가지 境遇의 貯藏庫에 對하여 冷却負荷量을 算定해 보던 다음과 같다.

1) 豫冷期間中 設計基準冷却負荷量

豫冷期間中에 發生하는 設計基準冷却負荷量은 附表-2 및 Fig. 7과 같다.

2) 長期貯藏期間中 冷却負荷量(Q_s)

長期貯藏期間中 平均外氣溫度와 平均地中溫度를 使用하여 1日 平均 冷却負荷量을 算定하면 다음과 같다.

以上에서 볼수있는 바와 같이 長期貯藏期間中の 1日平均 冷却負荷量은 約46,700kcal/day程度임을 알수있고 安全率 10%를 考慮하면 51,400 kcal/day 程度이며 이것은 約 0.94冷凍·톤에 相當한다.

또, 長期貯藏期間中 建物를 通하여 貫流하는 熱

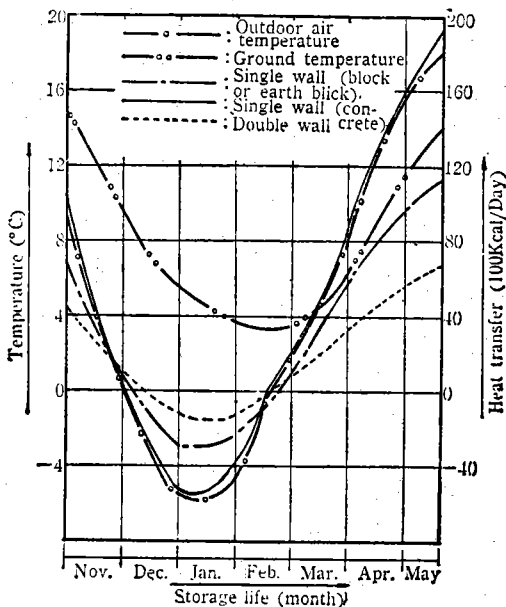


Fig. 6. Heat transfer through the structure

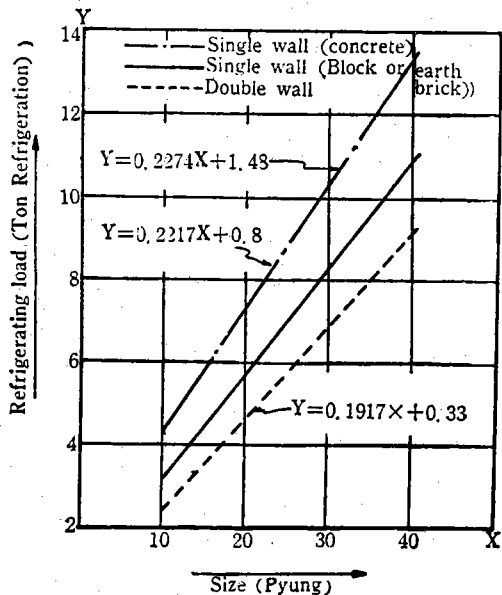


Fig. 7. The relation between the size of storage and the design refrigerating load.

나) 土壁(흙벽돌 또는 흙벽)

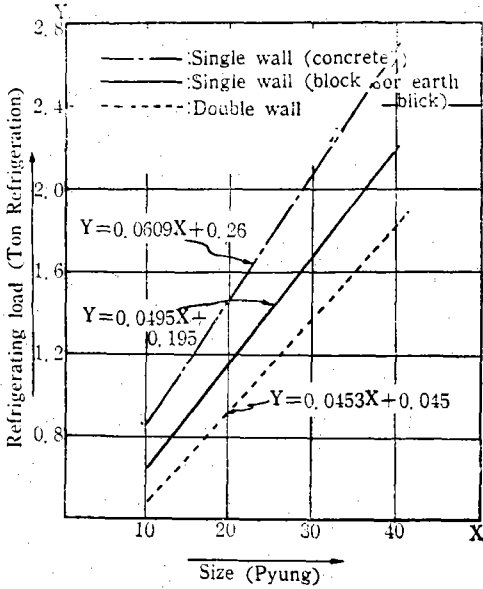


Fig. 8. Therelation between the size of storage and the average daily refrigerating load.

Fig. 7에서 보는바와 같이 設計基準冷却負荷量은 貯藏庫의 크기에 따라 直線關係로 增加하며 熱貫流率이 큰 壁體일수록 크기에 따른 設計基準冷却負荷量의 增加率이 커짐을 알 수 있었다.

2) 長期貯藏期中 1日平均冷却負荷量

가) 二重壁

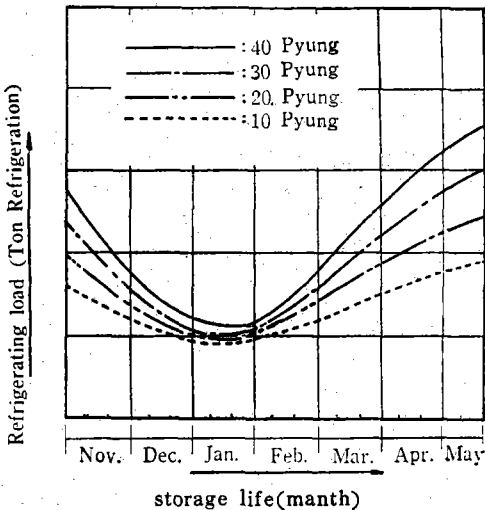


Fig. 9. Refrigerating load during the storage life(double well)

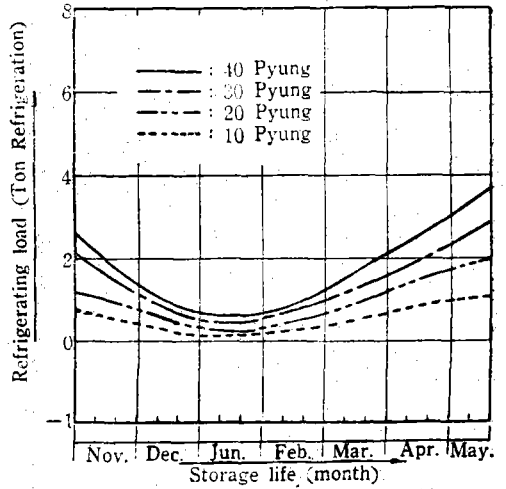


Fig. 10. Refrigerating load during the storage life(single wall:block or earth brick)

다) 土壁(콘크리트)

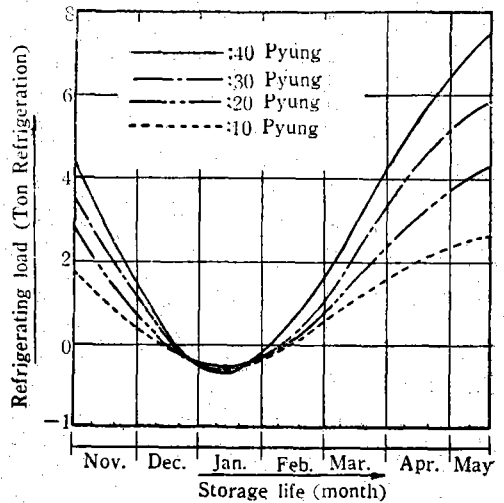


Fig. 11. Refrigerating load during the storage life(single wall:concrete)

長期貯藏期間을 11月 上旬부터 5月 下旬까지 7個月로 보고 貯藏庫의 크기 및 壁體의 種類에 따른 長期貯藏期間中 1日平均 冷却負荷量을 算定한 結果를 整理하면 附表-3 및 Fig. 8과 같다.

Fig. 8에서 알수있는 바와 같이 長期貯藏期間中 1日平均 冷却負荷量은 設計基準冷却負荷量과 마찬가지로

가지로 貯藏庫의 크기에 따라 直線關係로 增加하며 熱貫流率이 큰 壁體일수록 크기에 따른 1日平均冷却負荷量의 增加率이 커진다는 事實을 알 수 있었다

3) 長期貯藏期間中 貯藏時期別 冷却負荷量

長期貯藏期間中 貯藏時期別 冷却負荷量은 貯藏庫의 크기와 壁體의 種類에 따라 달라지게 되며 計算結果를 그림으로 나타내면 Fig. 9, Fig. 10, Fig. 11 과 같다.

그림에서 보는바와 같이 長期貯藏期間中 貯藏時期別 冷却負荷量은 外氣溫이 높은 5月下旬에 最大가 되며 이것은 設計基準冷却負荷量의 約50%程度이고 外氣溫이 比較의 낮은 12月中, 下旬부터 2月中旬 사이에 最少가 됨을 알 수가 있다. 또한, Fig. 10 및 Fig. 11에서 볼수있는 바와 같이 熱貫流率이 큰 홀壁일 경우에는 外氣溫이 낮은 12月中, 下旬부터 2月下旬까지에는 暖房이 必要하다는 事實을 알 수 있다. 따라서, 低溫貯藏庫를 設計할 境遇에는 熱貫流率이 큰 홀壁은 適當치 않음을 알 수 있다.

V. 結 論

1. 京畿道 平澤地方의 青果物貯藏庫의 構造上의 特徵은 地上二重壁 흙벽돌構造가 가장 많았고 壁體 및 天井에 使用한 斷熱材는 大部分 왕겨를 使用하고 있었다. 天井은 水平天井이 約42%, 傾斜天井이 約22%, 天井이 없는 境遇가 36%程度였으며 바닥의 構造는 約60%가 흙으로 되어 있었다.

2. 壁體의 種類에 따라 貫流하는 熱量은 二重壁 間에는 큰 差異가 없었으나 二重壁이 홀壁보다는 훨씬 적었다. 따라서, 貫流熱量을 基準으로 볼때

青果物貯藏庫의 壁體는 二重壁이 홀壁보다 좋으며, 특히 콘크리트를 使用한 홀壁인 境遇의 熱貫流量은 二重壁의 約5배가 되므로 貯藏庫의 壁體構造로는 適當하지 않다는 事實을 알 수 있었다.

3. 왕겨의 두께에 따른 熱貫流量은 두께가 두꺼울수록 적어지며, 두께에 따른 熱貫流率의 減少率 및 貯藏庫의 有效面積 등을 考慮할때 壁體의 斷熱材로 使用된 왕겨의 두께는 約20cm程度가 適當하다고 생각된다.

4. 크기가 20坪인 地上式 배貯藏庫에 冷却施設을 設備할 境遇에 設計基準冷却負荷量은 二重壁인 境遇, 4.07~4.16冷凍·톤 程度이고 홀壁인 境遇, 5.23~6.97冷凍·톤 程度이 있었으며 또 長期貯藏期間中 1日平均冷却負荷量은 二重壁이 0.93~0.95冷凍·톤 程度이고, 홀壁이 1.15~1.47冷凍·톤 程度이 있음을 알 수 있었다.

5. 20坪크기의 貯藏에서 長期貯藏期間中 外氣의 變化에 따라 建物을 통한 貫流熱量을 求해본 結果 홀壁은 總冷却負荷量의 50.8~61.4%程度이고 二重壁은 39.1~40.7%程度임을 알 수 있었다.

6. 設計基準冷却負荷量 및 長期貯藏期間中 1日平均 冷却負荷量은 貯藏庫의 크기에 따라 直線關係로 增加하며 熱貫流率이 큰 壁體일수록 크기에 따른 冷却負荷量의 增加率이 커짐을 알 수 있었다.

7. 長期貯藏期間中 貯藏時期別 冷却負荷量은 外氣溫이 높은 5月下旬에 最大가 되고 이것은 設計基準冷却負荷量의 約50%에 相當함을 알았다.

8. 熱貫流率이 큰 홀壁으로된 低溫貯藏庫에서는 外氣溫이 낮은 12月中·下旬부터 2月中旬까지의 期間中에는 暖房이 必要한 것으로 分析되었다.

參 考 文 獻

1. A.S.R.E., "Air Conditioning Data Book" pp. 17-1~196, 1954~1955
2. ASHRA Eng. Inc., "ASHRAE Guide and Data Book" pp.1~67, pp.384~491, 1961
3. ASHRA Eng. Inc., "ASHRAE Guide and Data Book" pp.1~9, pp.169~178, 1962
4. Daul. D. Close, "How to Insulate Home & Farm Buildings" Amer. Tech. Soc., Chicago, U.S.A. pp.160~167, 1953
5. Dean. G. Carter, "Farm Buildings", McGraw Hill Book Com-pany Co., pp.257~286, 1946
6. D.R. Heldman & C.W. Hall, "Influence of Ventilation Rate on Air Turbulence in Food-Packing Areas", Trans. of A.S.A.E, pp.160~163, 1969
7. Eckert & Drake, "Heat & Mass Transfer", McGraw Hill Book Company Co., pp.36~39, 1959
8. George. A. Hawkins, "Elements of Heat Transfer", John Wiley & Sons, Inc, pp.6~30, 1957
9. G.F. Sainsbury, "Heat Leakage through Floors,

- Walls, and Ceiling of Apple Storage"
U.S. Dept. Agr. M.R.R. No. 315, 1959
10. G.F. Sainsbury, "Cooling Apples and Pears in Storage Life". U.S. Dept. Agr. M.R.R. No. 474, 1961
 11. H.J. O'Reilly, "Peach Storage in Modified Atmospheres" Proc. Amer. Sec. Hort. Sci. pp. 99~101 1947
 12. H.J. Barre & L.L. Sammet, "Farm Structure", John Wiley & Sons Inc. New York. pp. 285~310, 1950
 13. J.C. Wooley, "Farm Building," McGraw Hill Book Company Co., pp.286, 1946
 14. J.L. Strahan, "Common Storage for Eastern Apple Growers", Trans. of A.S.A.E. pp.219~226, 1926
 15. J. Muehing, "Farm Building Insulation", Trans. of A.S.A.E., pp.45~47, 1967
 16. L.P. McColloch, "Home Storage of Vegetables and Fruits" U.S. Dep. Agr. Farms Bulletin No. 1939, pp.1~18, 1960
 17. L.W. Neubauer & H.B. Walrer, "Farm Building Design", Prentice Hall Inc. pp. 252~282, 1961
 18. Norman. F. Childers, "Modern Fruit Science", Horticultural Publications, pp.238~326, 1958
 19. N.R. Scott & L.L. Boyd, "Heat Transfer through Masonry Wall", Trans. of A.S.A.E., pp. 123~127, 1967
 20. P.V. Krishnan, "Spacing of Buildings for Natural Ventilation", Trans. of A.S.A.E. pp. 208~209, 1965
 21. R.C. Wright & T.M. Whitman, "The Commercial Storage of Fruits Vegetables and Florists Stocks", U.S. Dep. Agr. Cir. 278, 1949
 22. R. E. Smith & G.L. Nelson "Transient Heat Transfer in Solids: Theory versus Experiments" Trans. of A.S.A.E. pp. 833~836, 1969
 23. Richard. C. Jordan, "Refrigeration and Air Conditioning", New York Prentice Hall, Inc, pp.191~235, 1948
 24. Smith & Edwin, "Cold Storage for Apples and Pears", U.S. Dep. Agr. Cir. 740, 1945
 25. William. E.Lewis, "Maintaining Produce Quality in Retail Stores", U.S. Dep. Agr. Handbook No. 117, 1957
 26. W.G. Kaiser, "Recent Investigations in the Farm Storage of Apples, Potatoes and Similar Crops", Trans. of A.S.A.E pp.219~226, 1926
 27. W.H.Johnson & F.I. Hassler, "Steady State Thermodynamics" Trans. of A.S.A.E. pp.68~73, 1968
 28. 石橋貞人, "價格安定に資する各種の冷却冷蔵" 日本園藝學會雜誌, pp37~43, 1964
 29. 石橋貞人, "空氣冷却裝置に關する研究(第1報)" 日本農業機械學會誌, 31(2): pp.121~127, 1969
 30. 石橋貞人 3外, "人農産食品の貯藏法に關する研究(第2報)" 日本農業機械學會誌, 34(1): pp.71~79, 1972
 31. 石橋貞人, 小島孝之, "農産物の冷却速度(第1.2報)" 日本農業機械學會誌, 29(1): pp.1~21, pp.92~97, 1967
 32. 石原正雄, "建築換氣設計" 朝倉書店, pp.139~143, 1969.
 33. 緒方邦安, "園藝食品の加工と利用" 養賢堂, pp. 1~9, pp.169~178, 1963
 34. 緒方邦安, "青果保藏の科學と技術の發展" 日本園藝學會誌, pp.25~30, 1970
 35. 小島孝之外 3人, "農産食品の貯藏法に關する研究(第1報)" 日本農業機械學會誌, 30(4): pp.251~256, 1968
 36. 櫻井芳人外 4人, "果實, 蔬菜の加工, 貯藏" 養賢堂, pp.249~258, 1968
 37. 吉名孝, "青果の生理", 養賢堂, pp.205~245, 1970
 38. 日本建築學會, "建築設計資料集成(2)," pp.75~92, 1960
 39. 山崎利彦外 2人, "リンゴ栽培の新技術," pp. 237~253, 1971
 40. 森野高外 3人, "農業施設學", 朝倉書店, pp.72~102, 1969
 41. 建設部國立建設研究所, "建設研究資料, No.252" pp.39~54, 1973
 42. 建設部國立建設研究所, "建築資料, Mo.268" pp. 29~40, 1974
 43. 建設部國立建設研究所, "造積構造研究", pp.1~35, 1971
 44. 高光出, "青果貯藏に關した綜合的研究" 韓國園藝學會誌 18卷, pp.41~49, 1970

45. 金圭植, 崔度煥, “출벽돌 構造 地上貯藏庫에 關한 生果菜類의 貯藏試驗”, 農振興廳試驗事業 研究報告書, pp.194~216, 1963
49. 김정호, 김휘찬, “果實貯藏에 關한 試驗”, 園藝試驗場試驗研究報告書, pp.340~348, 1974
47. 金孝區, “韓國의 空氣調和設計用 外氣條件에 關한 研究”, 서울大論文集, 16卷, pp.24~71, 1966
48. 農協中央會 借款事務局, “果樹貯藏庫設計圖面”
49. 農漁村開發公社, “食品加工處理 企業實態調査” pp. 167~188, 1973
50. 朴魯堂 外 2, “배 貯藏에 關한 研究” 韓國 園藝學會誌, pp. 21~25, 1970
51. 朴胤成 著, “建築設計原論”, 文運堂, pp.35~50
52. 서울 F.A.O 韓國協會, “農產物貯藏講習會教材” 1968
53. 유병경, 김정호, “배 今村秋의 貯藏中에 發生하는 表支 黑變現象 原因 究明에 關한 試驗(1)” 園藝試驗場 農事試驗事業研究報告書, pp.662~574, 1967
54. 作物試驗場, “水原地方氣象資料, 1908~1975”
55. 鄭欽根, “果實의 貯藏에 미치는 環境條件” 農村振興廳, 研究와 指導, pp.18~21, 1967
56. 中央觀象臺, “氣象旬報”, 1965~1974

附 表

附表-1. 20坪 크기의 배貯藏庫에 對한 豫冷期間中 冷却負荷量

(單位: kcal)

日	Q_1	Q_2	Q_w	Q_c	Q_f	Q_m	合 計
1	38,400	3,100	32,000	33,000	14,500	32,400	153,400
2	58,800	4,700	32,000	33,000	14,500	32,400	175,400
3	71,000	5,800	32,000	33,000	14,500	32,400	188,700
4	75,100	6,800	32,000	33,000	14,500	32,400	193,800
5	79,200	7,700	32,000	33,000	14,500	32,400	198,800
6	79,200	8,600	32,000	33,000	14,500	32,400	199,700
7	79,200	9,400	32,000	33,000	14,500	32,400	200,500
8	79,200	10,300	32,000	33,000	14,500	32,400	201,400
9	79,200	11,100	32,000	33,000	14,500	32,400	202,200
10	79,200	12,000	32,000	33,000	14,500	32,400	203,100
11	40,800	9,800	32,000	33,000	14,500	32,400	162,500
12	20,400	9,000	32,000	33,000	14,500	32,400	141,300
13	8,200	8,700	32,000	33,000	14,500	32,400	128,800
14	4,100	8,600	32,000	33,000	14,500	32,400	124,500

附設-2. 計基準冷却負荷量

(單位: 冷凍 톤)

壁體의 種類	크기(坪)			
	10	20	30	40
W_{1a}	2.24	4.10	6.19	7.91
W_{1b}	2.21	4.07	6.15	7.86
W_{2a}	2.26	4.13	6.23	7.95
W_{2b}	2.23	4.10	6.18	7.90
W_{3a}	2.27	4.16	6.26	8.00
W_{3b}	2.25	4.12	6.22	7.94
W_4	30.3	5.23	7.67	9.72
W_5	3.09	5.32	7.78	9.87
W_6	4.25	6.97	9.93	12.51

附表-3. 長貯藏期間中 1日平均冷却負荷量

(單位: 冷凍 톤)

壁體의 種類	크기(坪)			
	10	20	30	40
W_{1a}	0.50	0.94	1.41	1.84
W_{1b}	0.50	0.93	1.41	1.83
W_{2a}	0.50	0.95	1.42	1.85
W_{2b}	0.50	0.94	1.41	1.84
W_{3a}	0.51	0.95	1.43	1.86
W_{3b}	0.50	0.95	1.42	1.85
W_4	0.64	1.15	1.68	2.18
W_5	0.65	1.17	1.70	2.20
W_6	0.87	1.47	2.10	2.69