

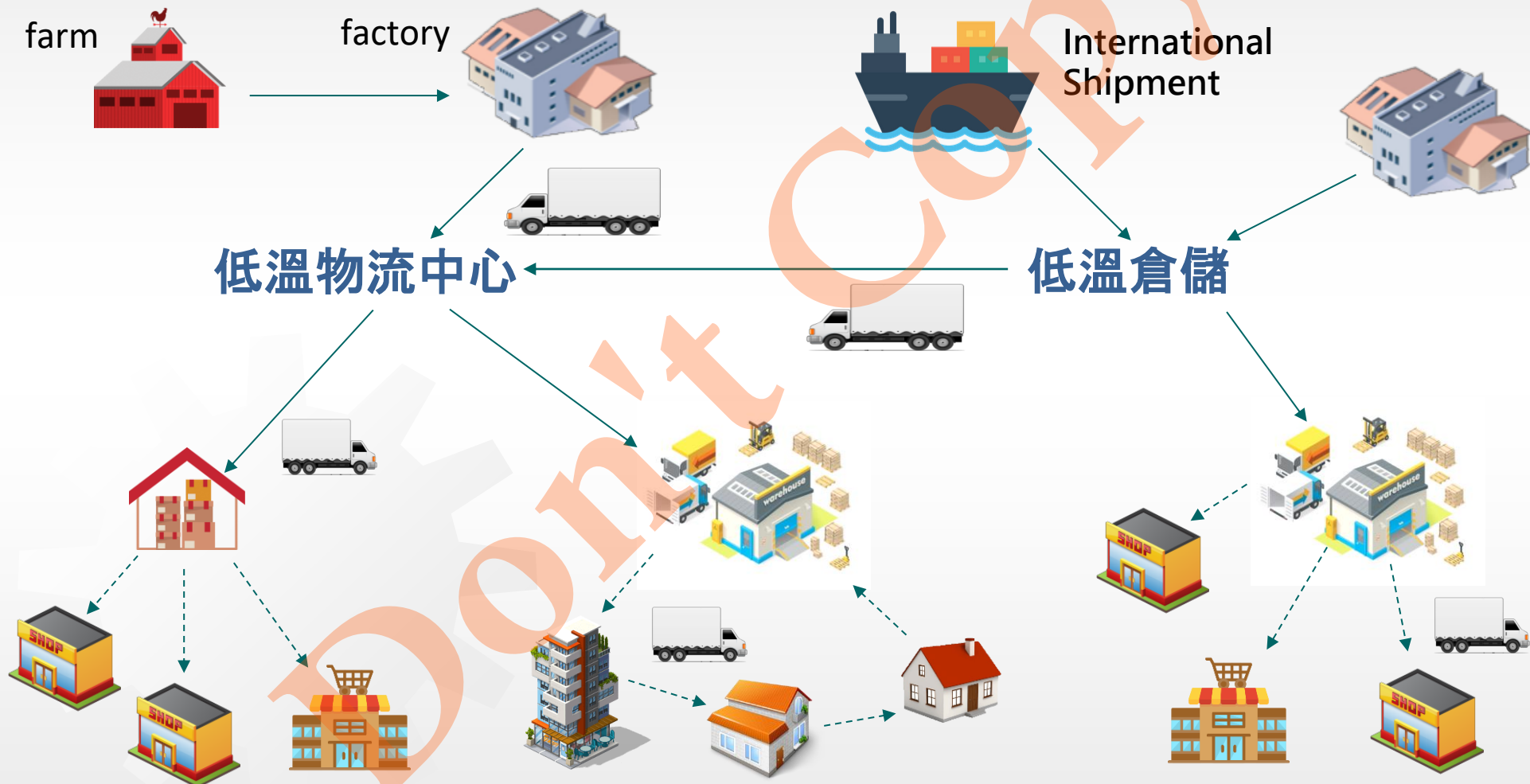
冷鏈倉儲設備與管理

郭幸民

國立高雄科技大學運籌管理系

2024.9.6

倉儲為冷鏈物流的樞紐

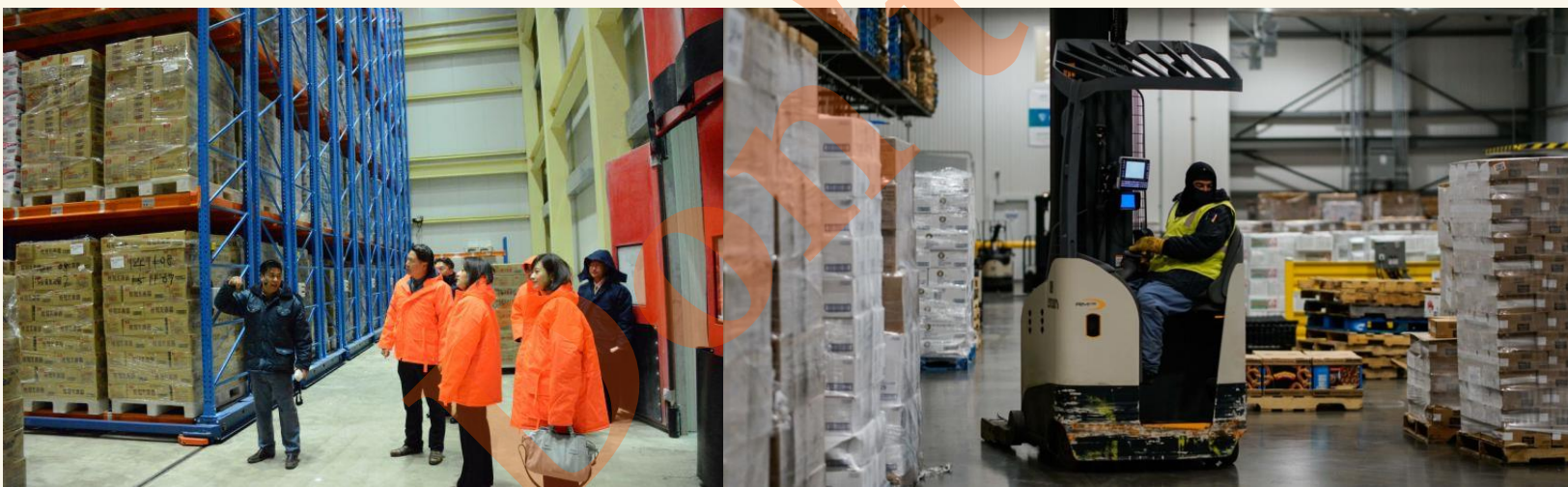


I. 冷鏈倉儲設施

- ❖ 庫體結構
- ❖ 製冷設備與冷媒
- ❖ 封閉式碼頭
- ❖ 多溫層物流中心



組立式冷凍庫



一般低溫倉庫

自動化冷凍倉庫 -30℃



冷鏈倉儲-保溫庫板

PS (Polystyrene)

聚苯乙烯 易燃

擠塑板 XPS vs. EPS

較不易劣化，較不環保

PUR (Polyurethane)

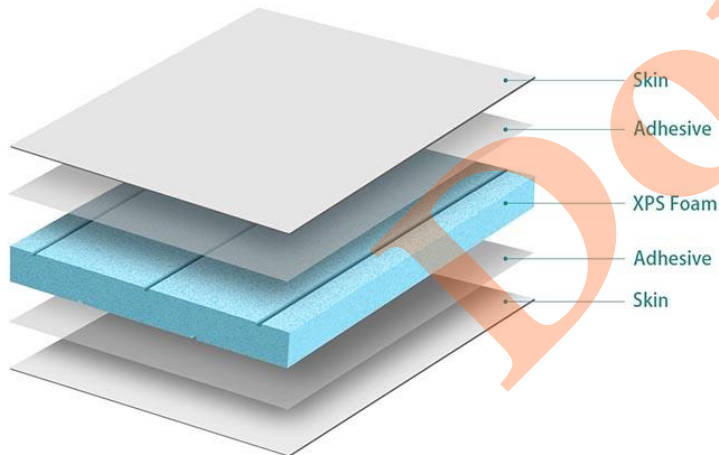
硬質聚氨酯 (PU)

易燃、易劣化

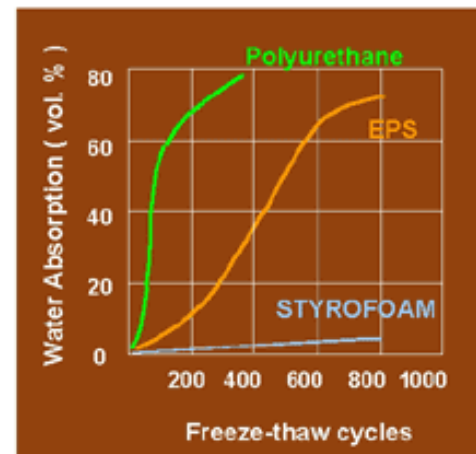
PIR (Polyisocyanurate Foam)

聚異氰脲酸酯

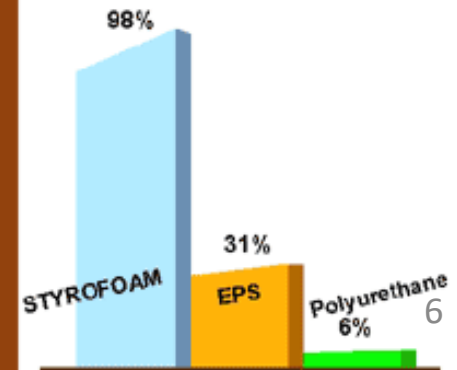
保溫較佳，較能阻燃



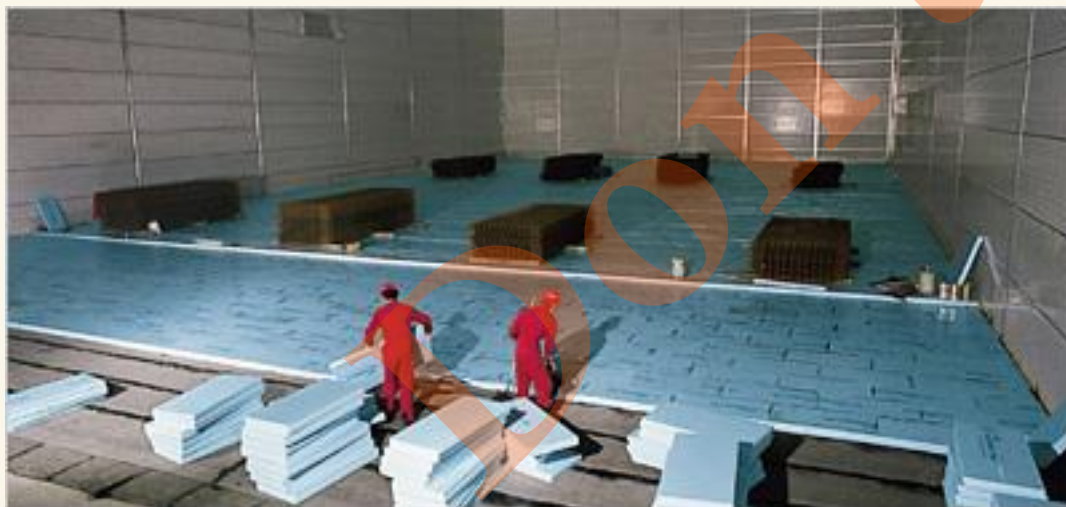
ASTM C 666 B



Retained R-Value



地層與屋頂防潮處理



阻止濕熱空氣入侵

避免天花板結冰或地板龜裂隆起



冷凍系統設備



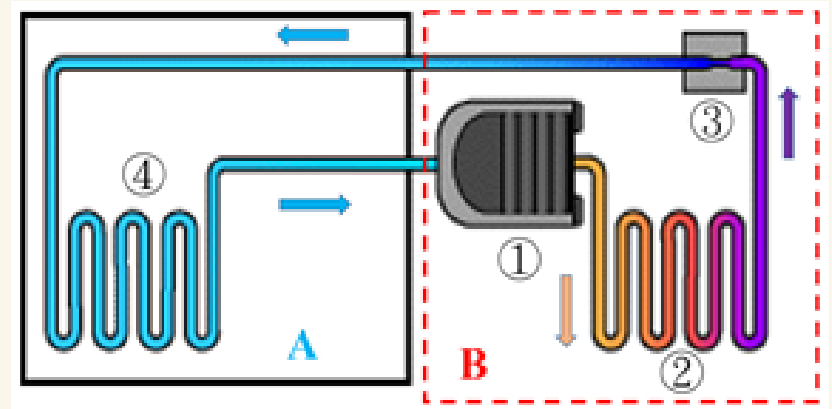
- ✓ 取決於冷庫規模與儲存溫度
- ✓ 應有兩個機組交替使用，互為備用
- ✓ 應有足夠的備用電力
- ✓ 冷凍機組應設在頂樓以降低冷媒外洩的影響

① 壓縮機，用來壓縮低溫低壓的氣態冷媒，使其成為高溫高壓的氣態冷媒，並使冷媒在系統內部循環。

② 冷凝器，可使用空氣或水來冷卻高溫高壓的氣態冷媒，變為高壓常溫之液態冷媒，而達到散熱液化。

③ 膨脹閥，用來降壓，將高壓常溫的液態冷媒，變為低壓低溫之液態冷媒，使冷媒易於蒸發吸熱。

④ 蒸發器，用來吸收熱量，使低溫低壓的液態冷媒蒸發成低溫低壓的氣態冷媒，達到使A區降溫的效果。



冷凍系統の冷媒種類

炭素化合物 (Fluorocarbon)

CFC
(Chloro Fluoro Carbon)
(已禁用)

破壊臭層
氣候暖化

HCFC
(Hydro Chloro Fluoro Carbon)
(已禁用)

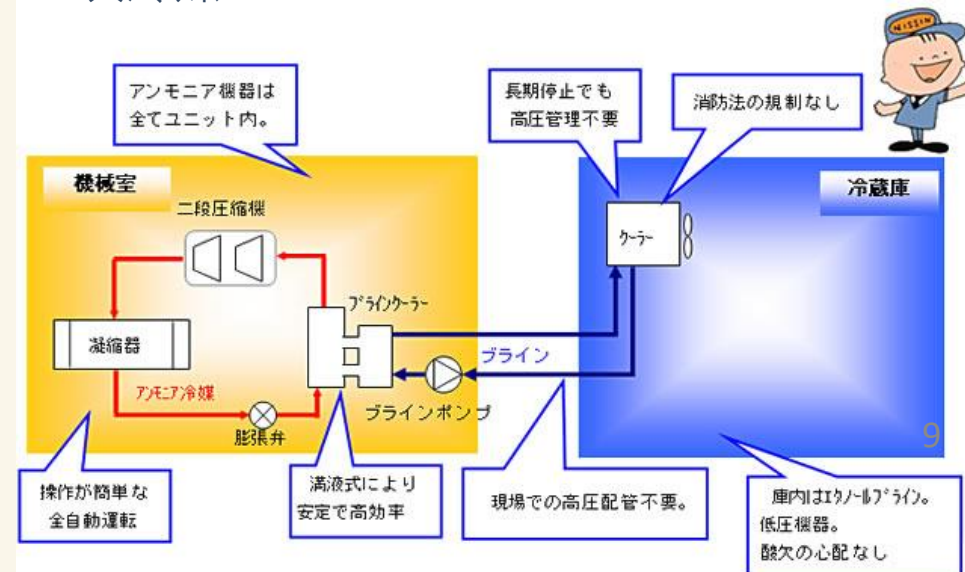
破壊臭層
氣候暖化

HFC 氣候暖化
(Hydro Fluoro Carbon)
R507A 取代 R404A
R23 超低溫
R410A, R32
R134a

R717 氨 (Ammonia)
便宜，有毒性且易燃

R744 CO₂ 二氧化碳

二次冷媒



冷氣送風管路



未開啟倉門時，同一時間不同測溫點的溫度差距應在 $\pm 1.5^{\circ}\text{C}$ 以內

出風口 vs. 走道 vs. 料架內側

管路應有抗震設計



即時監控冷庫溫度變化



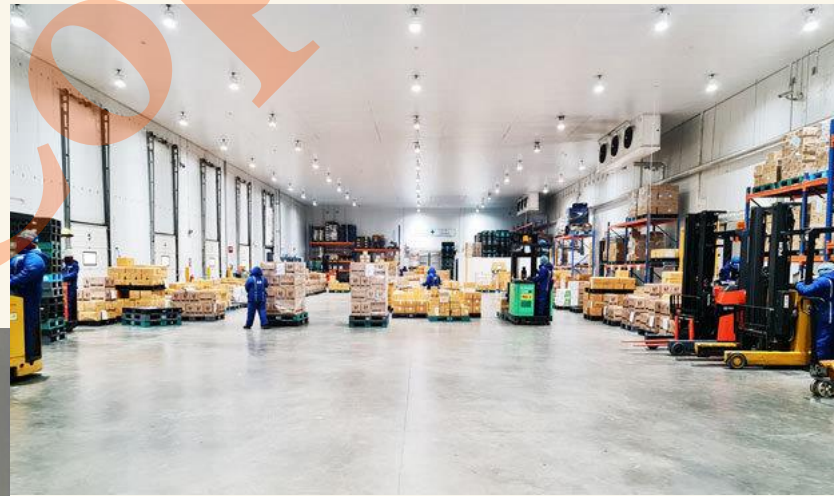
- ✓ 冷凍庫應設有溫度上限
- ✓ 冷藏庫應設有溫度上下限
- ✓ 減少溫度的變化幅度
- ✓ 保存溫度紀錄

Q: 利用夜間離峰時段降溫，以利白天尖峰時段省電？



低溫物流碼頭設施

碼頭是失溫的主要位置
門封緊密度與滑升門的保溫材質



充裕的理貨空間以減少延誤
與意外



低溫倉庫之照明

- 低溫用燈具(色溫 < 5000K) 積水與眩光
- 倉儲區照度 > 125 Lux
- 分區照明以節電
- 理貨區照度 > 250 Lux



www.youtube.com/watch?v=LuvrP1QKsdk



常溫進貨



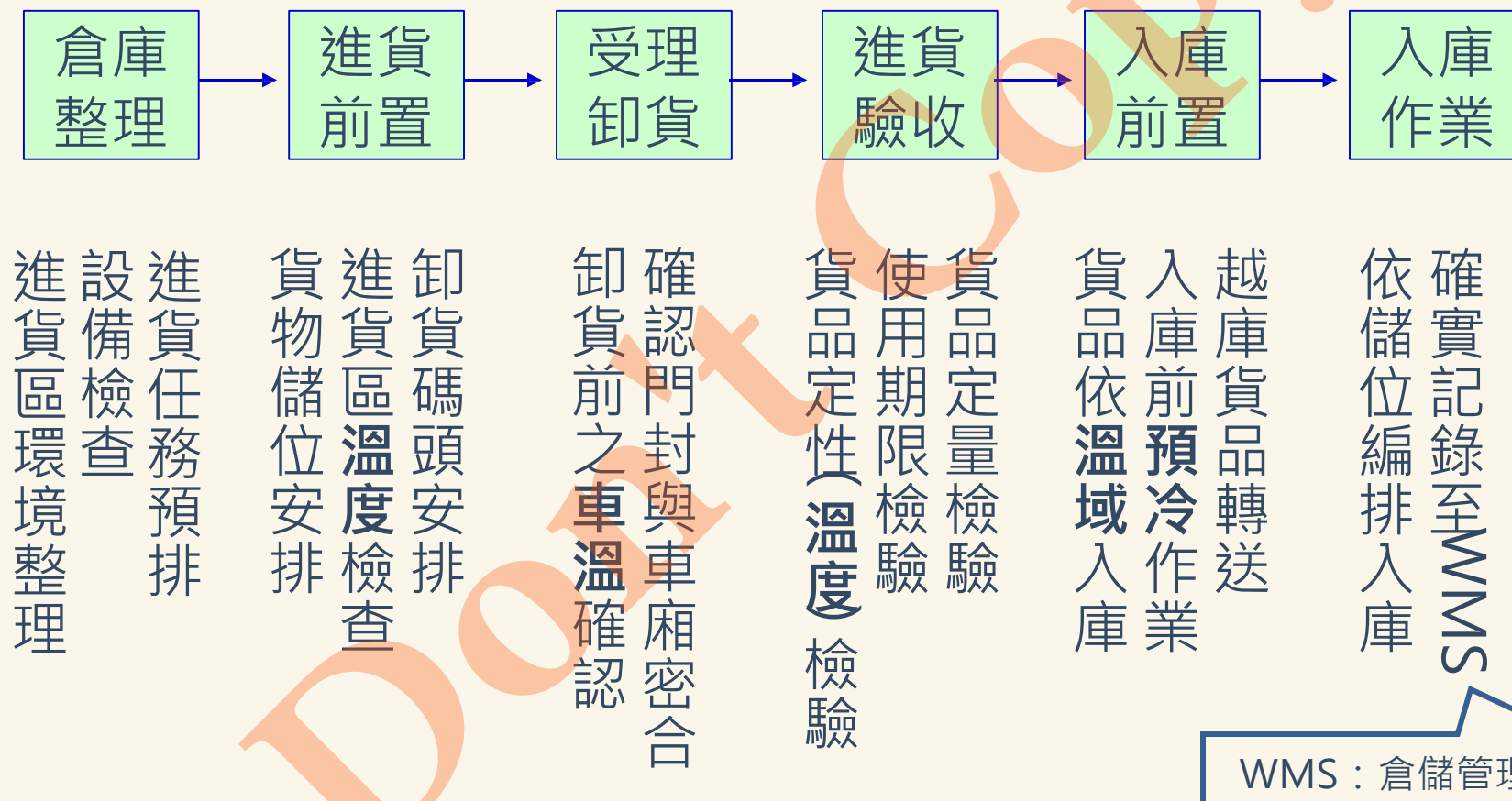
II. 冷鏈倉儲作業

- ❖ 進貨作業
- ❖ 儲存管理
- ❖ 揀貨與出貨作業



冷鏈倉儲之進貨流程

改編自郭儒家2015年冷鏈課程



冷鏈倉儲之進貨作業要點

- 定期校正溫度記錄器
- 檢測車廂溫度紀錄
- 查驗貨品內外包裝/外觀是否異常
- 按比率檢測貨品中心溫度與其他特性
- 記錄貨品品名,規格,貨號,單位,數量,期限
- 以高效率方式搬運卸貨與入庫
- 貼上收貨標籤入庫
- 全程錄影並保存進貨區溫度記錄



冷鏈倉儲之儲存作業要點

- 分類規劃(原料或成品/包裝與否)
- 同類儲放(蔬果/畜禽/水產/調理)
- **溫度管制 (濕度for蔬果)**
- 入出管制，庫門即開即閉
- 調整儲位，周轉快者置底層,慢者置上層
- 先進先出/**先到期先出**置前
- 重下輕上
- 冷庫出入口全程錄影並保存庫區溫度記錄



儲放管理與清潔衛生

儲放管理

- (1) 應依照貨品特性分類儲放，如體積、重量、物理或化學性質，必要時應隔儲存，如危險物品的儲存應有安全防護措施。
- (2) 貨品不可緊靠牆壁、屋頂或與地面直接接觸，應保持10cm以上的通風空間。
- (3) 走道未堆放阻礙通行之貨品或物體，貨架與棧板上沒有包裝破損或紙箱塌陷的貨品。

冷庫清潔衛生

- (1) 冷庫內不應有黴菌、垃圾、貨品碎片、積水、或其他非貨品正常儲放之氣味。
- (2) 冷庫出入口地板與塑膠門簾應保持乾燥清潔
- (3) 冷庫內或周圍有防蟲、防鼠的處理。
- (4) 有專責人員負責清潔工作，並有定期的清潔紀錄。
- (5) 倉庫外部周圍不應有棄置的棧板與垃圾。



結構檢修與溫溼度控制

倉庫結構與檢修

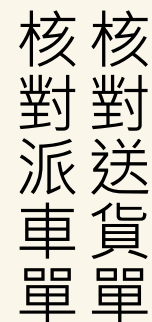
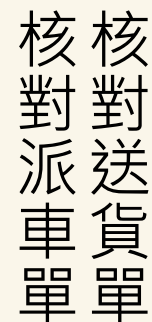
- (1) 天花板是否有漏水或裂縫，庫壁是否有結露或結霜現象。
- (2) 庫壁是否維護良好，是否有明顯傷害保冷功能的撞擊痕跡
- (3) 地面是否有凍凸或龜裂現象，是否平坦而利於搬運車輛行駛
- (4) 應有定期檢修紀錄。

溫溼度穩定度

- (1) 冷庫應穩度維持在適合貨品儲存的溫溼度
- (2) 冷凍庫應設有溫度上限，冷藏庫應設有溫度上下限
- (3) 未開啟倉門時，同一時間不同測溫點的溫度差距應在 $\pm 1.5^{\circ}\text{C}$ 以內。
- (4) 溫溼度不穩定並超過上下限時，應有自動警示信號，並有因應措施。



改編自郭儒家2015年冷鏈課程



冷鏈倉儲之揀貨作業要點

- 在相同儲存溫度條件下揀貨
- 人工揀貨作業應安排有效率的揀貨順序
- 遵循"先進先出/先到期先出"原則
- 外包裝完整且強度佳的產品放置於下方
- 避免不同類別食品放置在一起
- 以整板作業方式取貨/疊貨
- 以容易固定及拆除的材料/方式打包
- 置於溫度控制之出貨區,等待出貨



冷鏈倉儲之出貨作業要點

- 出貨區溫度控制穩定
- 抽點揀貨準確性(各項憑證/交付貨品)
- 車輛須預冷, 內部要整潔
- 裝載時, 車用冷凍機須運轉(封閉式出貨區)
- 以整板或籠車方式裝載
- 快速裝載(冷藏<30min; 冷凍<15min)
- 車廂內預留冷風之回風空間(~20cm)
- 記錄並保存出貨過程溫度

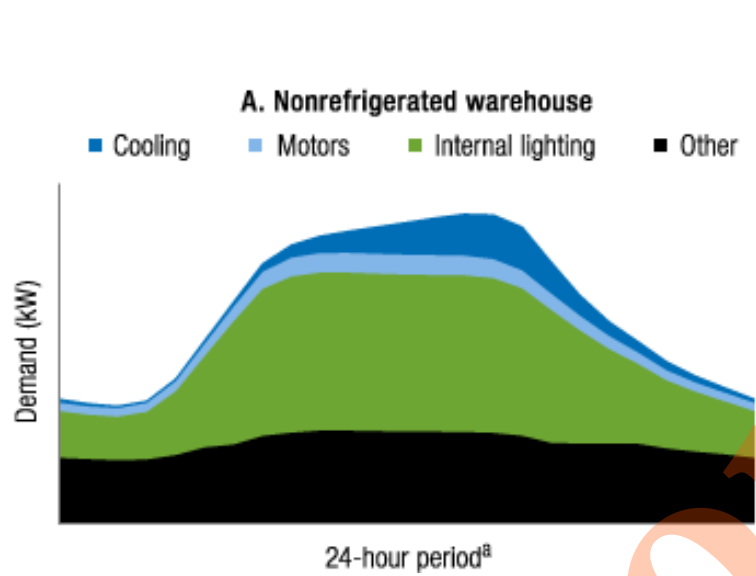


III. 冷鏈倉儲安全與節能

- ❖ 節能減碳
- ❖ 保養與維修
- ❖ 防災與應變



低溫倉庫電力用途



常溫倉庫：照明

2% OFFICE EQUIPMENT
3% BATTERY CHARGERS

10% LIGHTING

9% OFFICE HVAC

21% ELECTRIC
DEFROST

除霜

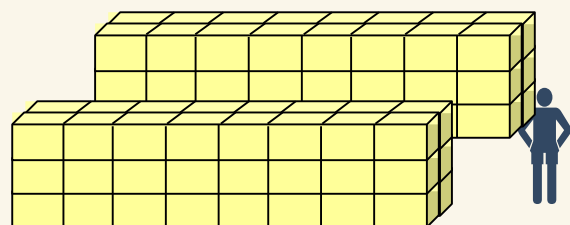
1% EXHAUST FANS
54% REFRIGERATION

製冷

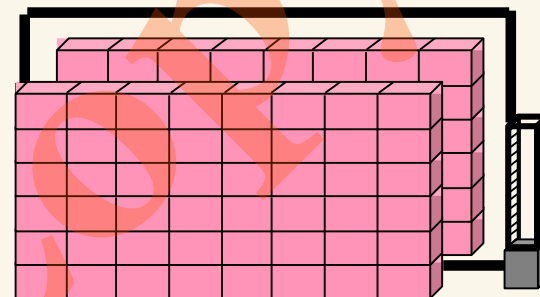
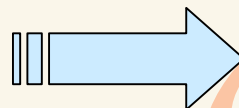
低溫倉庫

傳統低溫倉與低溫自動倉之比較

來源：郭儒家



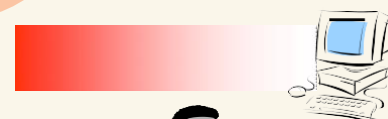
傳統低溫倉



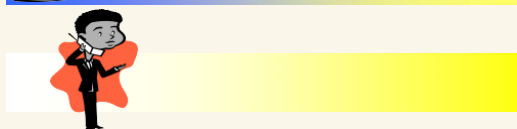
低溫自動倉



在庫管理



高效能



人 力



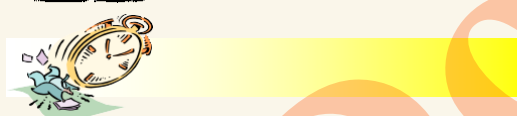
省人力50%



空 間



省空間50%



時 效



省時間



能源利用



省能源30%



總 成 本



低成本



防震與防颱



2012義大利地震造成大批parmesan損壞，另有因倉庫失溫的損失，之後改用防震設計的儲存料架

日本冷藏Nichirei因311地震而損失32億日圓，在東頁島新建防震的低溫物流中心。



火災防範

- 2020 南韓新建低溫物流中心全毀，因保溫材料不阻燃且釋出毒氣，造成38人死亡。
- 2022 桃園兩處低溫物流中心全毀，(1)燃燒3週，(2)損失30億。



冷鏈物流中心之硬體管理

- 庫體、機電設備應定期檢查、維護。
- 庫門與貨架應定期檢查
- 各庫區之溫度維持況
- 冷凍設備維護, 除霜週期
- 搬運與電動設備的使用
- 電力與備用電力設施之維修
- 資通訊(含監視)設備之更新



冷鏈物流中心之預防與應變

- ✓ 應備有足夠的緊急供電系統，以保證冷庫的正常運作。
- ✓ 設置防火牆、煙霧或溫度偵測、自動排煙裝置等
- ✓ 人員未經許可不得進入冷庫。
- ✓ 人員不可攜帶點火裝置進入冷庫
- ✓ 安裝出入庫警報系統，對外緊急連絡裝置。
- ✓ 冷庫應安裝防反鎖裝置、逃生裝置等。
- ✓ 作業人員應知道使用的冷媒成份及毒性程度，並知道冷媒洩漏時的應對措施。
- ✓ 冷庫出入口與主要通道須安裝影像監控設備。



Conclusions: 冷鏈倉儲之發展趨勢

- ✓ 多品種少量化
- ✓ 人力不足
- ✓ 3K問題(辛苦、污染、危險)
- ✓ 地價高漲
- ✓ 作業時間縮短
- ✓ 貨物流通速度快
- ✓ 節能減碳

Answer: 自動倉儲與資訊化



— 食品冷凍冷藏概述與低溫設備選用

Cooling & Heating

楊釗宏現任職於台灣日立江森自控技訓部經理

HITACHI

日立變頻冷凍機

最好的產品 · 最好的服務



e 服務中心
為您服務迅速提供備品零件及支援

技術的整體服務
規劃 設計 施工 試車 維護

一、公司經歷

1. 服務部(1994) — 售後維修服務
2. 工程技術部 (1999) — 冷凍、空調工程設計規劃
3. 外派日立蘇州、廣州分公司(2014) — 冷凍機銷售業務
4. 技術訓練部 (2016) — 產品教育訓練



Cooling & Heating

二、冷凍冷藏工程經驗

1. 北科大選修—冷凍工程、冷凍原理兩個專業課程
2. 日本日立清水研習中心—研習低溫系統設計課程
3. 協助冷凍經銷商與客戶的冷凍庫規劃設計/負荷計算/冷凍機選型
4. 恆昶實業(富士軟片)低溫恆溫恆濕自動倉儲:高度30米150坪 $16\pm 2^{\circ}\text{C}$ 、RH50% $\pm 10\%$
5. 中華汽車員工餐廳冷凍冷藏系統更新工程
6. 零下 50°C 、零下 20°C 、 0°C :低溫不凍液冷凍系統應用於工業制冷
7. 玻璃櫃冷凍系統工程:江醫師魚舖子(木柵、竹北、林口、台中)
8. 物流站冷凍冷藏工程設計規劃:大榮貨運.中壢養樂多.統一速達廠.中壢捷盟廠
9. 三星鄉農會(差壓預冷庫/冷凍/冷藏庫)設計規劃



1. 食品冷凍冷藏概述
2. 選用適合的低溫食品儲存設備
3. 選擇適合的冷凍/冷藏主機
4. 冰存食品溫度改變時冷凍設備的評估

1. 食品冷凍冷藏概述

台灣為亞熱帶的海島型氣候，氣溫條件屬於高溫高濕的環境而一個區域的氣溫太高、太低或氣溫變化過快會影響所有物種的活動力與生命力

因此食品在高溫高濕(常溫)的空氣條件若再加上氣流不夠流通下，很容易孳養微生物而導致腐敗與質變

這些微生物分別有：細菌、黴菌、酵素，其周遭溫度改變時會停止生長與滅絕

這些微生物有很多不同品種，存在於環境周遭的任何物品上，且各有其適應的不同氣溫條件

因此對於生鮮食品的貯存會是一個必須面對的重要問題



1. 食品冷凍冷藏概述

根據食安法定義「食品」指：供「人飲食或咀嚼之產品及其原料」
因此由食安法的定義得知食品範圍相當廣泛

- 為了確保食品(食材)從產地出貨後一直到消費者購入，其過程被要求持續在低溫環境(冷鏈Cold Chain)進行保鮮貯藏
- 食品保鮮、加工與其貯運過程，每個過程皆施以不同的溫度條件進行規範
- 若微生物的生長溫度沒有適當控制時，很容易導致食安問題



1. 食品冷凍冷藏概述

肉品的品溫 and 微生物的關係

翻自光琳書院:
食品冷凍の理論と応用

食 肉 の 品 温 と 微 生 物	
溫 度 範 圍	微 生 物 的 狀 態
65°C ~ 53°C	對高溫性細菌是良好的發育溫度
65°C ~ 49°C	此溫域的黴菌和酵素會死
46°C ~ 15°C	是腐敗菌最佳的發育與分解作用也就是肉品最危險的溫域
45°C ~ 8°C	細菌.黴菌.酵素大部份的種類都會發育
8°C ~ -9°C	低溫性的細菌.黴菌.酵素會發育
-9°C ~ -19°C	細菌停止發育
-19以下	完全可以預防,除了脂肪之外的肉類成分的質變

在 常 溫 下 微 生 物 的 繁 殖			
微生物	黴菌	酵素	細菌
繁殖極限溫度	15°C ~ 37°C	10°C ~ 35°C	5°C ~ 45°C

1. 食品冷凍冷藏概述

(冷鏈Clod Chain)

冷鏈指的是易腐食品或需溫控的產品，從生產端運送至消費端皆維持產品在低溫環境，以確保食品安全與品質之「低溫物流系統」

食品於流通過程將生鮮食品維持穩定品溫且接近所需之低溫而(冷凍/冷藏)溫度愈低時可維持食品品質的時間就愈長：即食品的T.T.T.

→Time – Temperature – Tolerance

➤ 時間 – 溫度 – 品質耐性

品質上所被容許存放的溫度(品溫)和時間關係

參考食藥署訂定之

低溫食品物流業者符合食品良好衛生規範準則之指引草案中的生鮮蔬果建議儲運溫度參考資料表可看出溫度與保存時間的關係

附錄一

蔬菜在不同溫度之儲存期限

作物	儲存期限 (天)					最適儲存溫度 (°C)	冷害溫度 (°C)	相對溼度 (%RH)	乙烯敏感(-) 產生(+)
	0°C	5°C	10°C	15°C	常溫(25°C)				
根菜類									
蘿蔔	21-28	18-24	15-18	7-10	3-6	0		95-100	
胡蘿蔔	90-150	70-120	35-50	18-21	7-10	0		98-100	-
甘藷	5-7	5-7	21-30	80-120	30	13-16	<13	85-90	-
豆薯(月)	0.3-0.5	0.3-0.5	0.3-0.5	7-10	6-8	13-18		65-70	
牛蒡(月)	6-8	5-7	1-1.5	0.6-0.8	0.3-0.5	0-3		95-100	
莖菜類									
芋	14-21	20-30	80-120	14-17	10	7-10	<7	85-90	
芋莖	5-7	4-6	3-5	1-2	1	0	<7	90-95	
蓮藕	7-10	10-14	18-21	18-21	5-7	8-10	<7	90-95	
芋薺(月)	10	8-9	7-8	5-6	0.2-0.5	0-2		98-100	
筴白筍						0		95-100	
帶殼	18-21	9-11	5-6	2-3	1				
不帶殼	12-14	8-10	4-6	2-3	1				
蘆筍						2	<2	95-100	
綠蘆筍	12-18	6-10	3-5	1-2	1			95-100	-
白蘆筍	15-20	10-15	4-6	1-3	1			95-100	-
球莖甘藍	65-80	25-30	15-20	10-15	6-8	0		98-100	
嫩莖莴苣	30-45	20-35	15-21	9-12	1-4	0		95-100	

1. 食品冷凍冷藏概述

◆ 低溫物流系統(冷鏈Cold Chain)過程的食品溫度有三個範圍

1. 低溫貯藏：10~2°C
2. 冰溫貯藏：2~-2 °C以上合稱為冷藏
3. 凍結貯藏(凍藏)：-18°C以下(長期貯藏為目的食品)此為冷凍

食品冷鏈Cold Chain保全食品營養價值、使食品不易腐敗、增加存放期限、穩定食品價格

▲資料來源：食品冷凍工程學

◆ 依GHP規範：低溫倉儲過程中的溫度要求

- * 冷藏食品：應保持在7°C以下至凍結點以上
- * 冷凍食品：應保持在-18°C以下

1. 食品冷凍冷藏概述

- 運輸裝卸過程的溫度：

裝卸過程中之表面溫度		
冷藏食品	不超過	7℃
冷凍食品	不超過	-12℃

資料來源：低溫食品物流業者符合食品良好衛生規範準則之指引草案

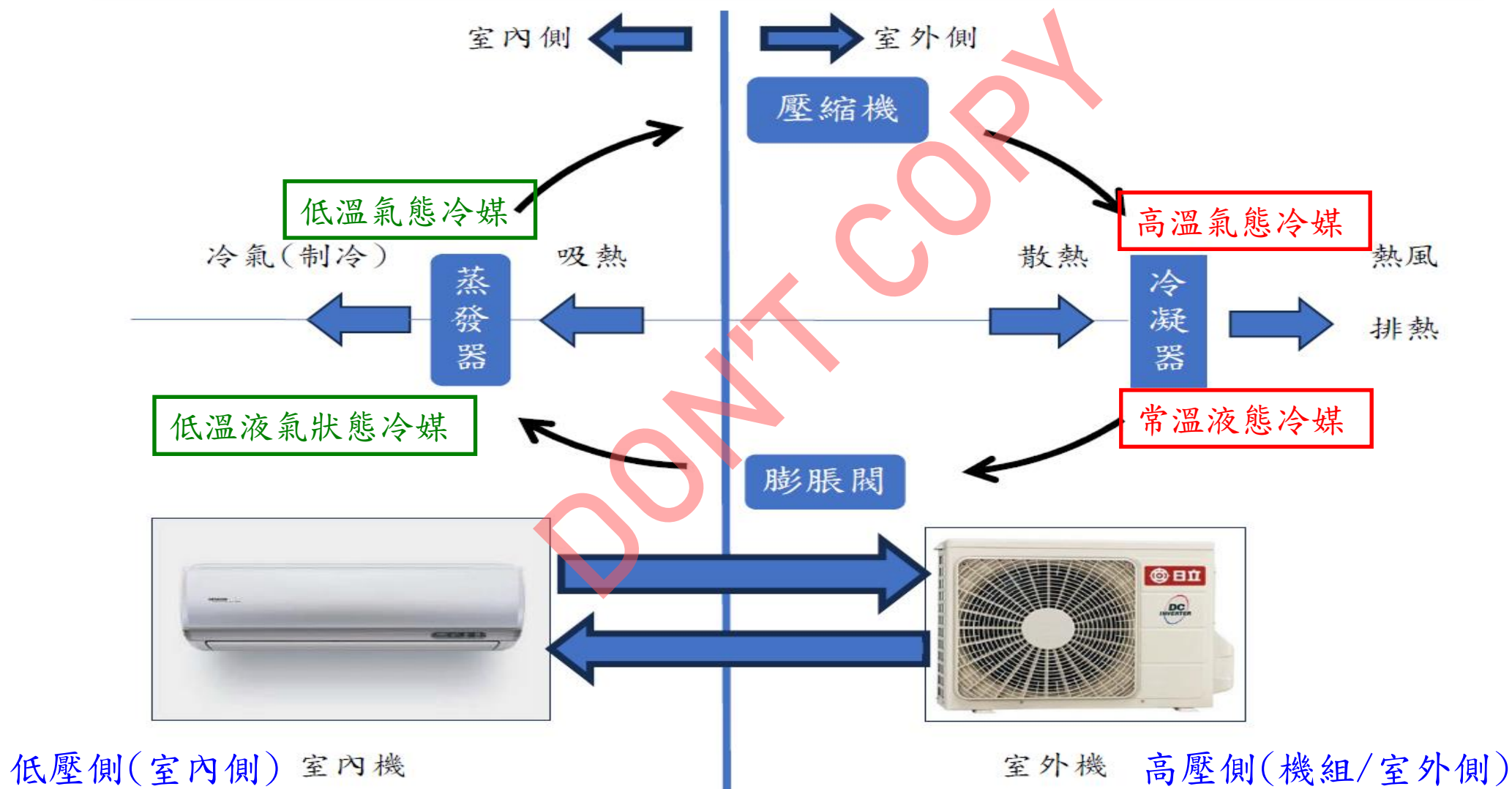
食品冷藏：於0~7℃未發生凍結狀態的低溫貯藏法，一般而言，5℃以下可減緩食物細菌的生長，因此，冷藏具有延長食品保鮮的效果。

食品冷凍：於-18℃凍結狀態下的低溫貯藏法，可抑制大部分微生物的生長，併以阻止/延緩酵素的化學作用，在不添加防腐劑的情況下，以維護食品食用的安全，另一方面亦可延長食品的保存期限的目的。

•下個單元低溫設備

2. 選用適合的低溫食品儲存設備

冷凍系統架構：冷凍系統就如同同一組分離式冷氣的架構(冷凍系統之四大元件)



2. 選用適合的低溫食品儲存設備

■ 冷凍空調系統

隨使用溫度不同概分為空調設備與冷凍冷藏設備

□ 空調設備為室內溫度於+20度以上的空氣溫度(冷氣)應用

□ 冷凍冷藏低壓側設備空氣溫度應用於+20度以下的場合

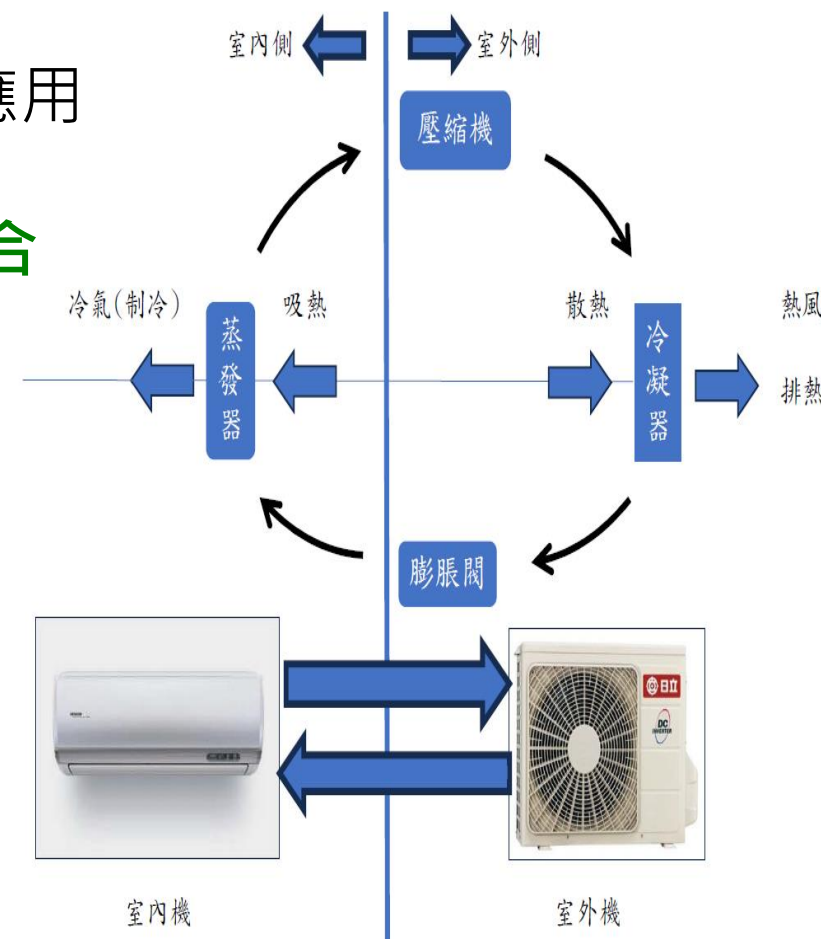
■ 冷凍系統業界名稱說明：

1. 冷凍冷藏系統(制冷系統)以下統稱: 冷凍系統 (設備)

2. 冷凍設備之室內側 = 室內機 = 低壓側 = 蒸發器 = 冷排

3. 冷凍設備之室外側 = 冷凍機組 = 壓縮機組 + 散熱器

4. 散熱器 = 冷凝器 = 凝縮器 = 熱排



2. 選用適合的低溫食品儲存設備

食品對於低溫的運用從+18°C ~ -65°C以下的溫域利用範圍

低壓側的冷凍設備依照低溫食品的加工.貯藏.運輸.銷售需求不同會有相當多種樣式的低溫設備可被選擇與利用

例如：

- ❑ 碎冰或5°C以上的冰水：蔬菜預冷作業

行政院農委會影音頻道:蔬果預冷<https://agritech-foresight.atrri.org.tw/article/contents/4215>

- ❑ 5°C以下的不凍液：出租型冷凍冷藏庫的冷凍系統

- ❑ 櫃式冰箱：生鮮超市

- ❑ 製冰機：餐廳.飲料店的冰塊

- ❑ 運輸：低溫運輸配送過程

2. 選用適合的低溫食品儲存設備

例如：

❑ 隧道式速凍設備

https://youtu.be/O6ac_vAHwBo?si=ESmDeggs2jLaHf5b

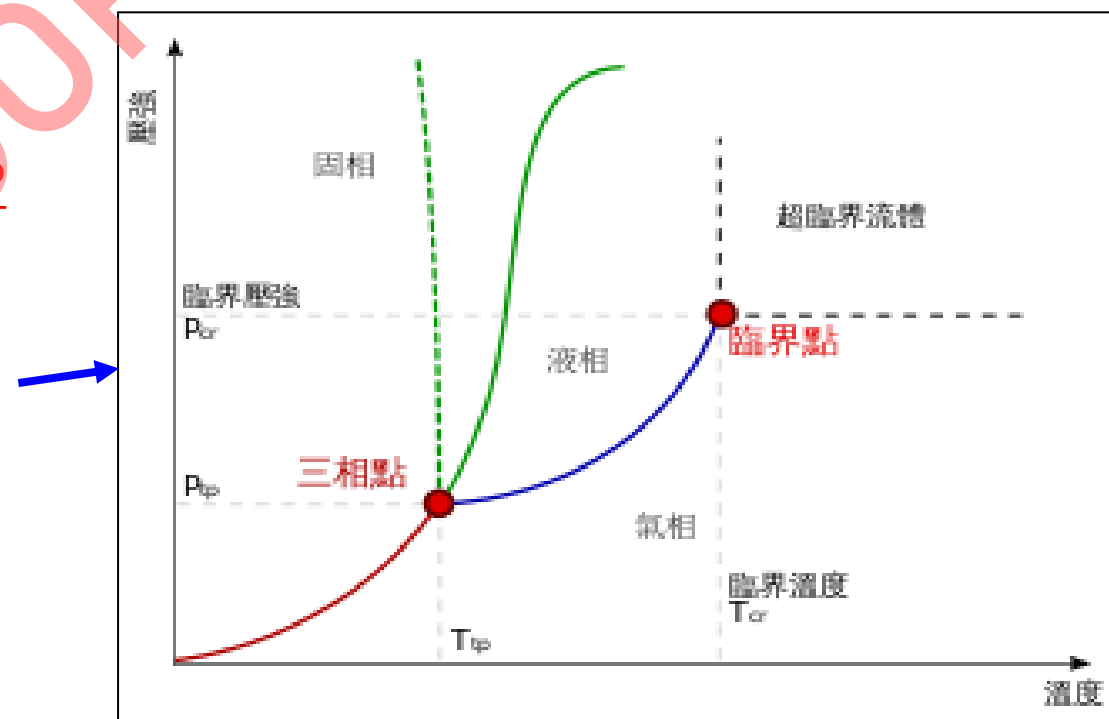
❑ 旋轉式速凍設備

https://youtu.be/HjUAxktce7Y?si=ID8K_RF0ZmYrCPqP

❑ 真空凍結/冷卻設備/凍結濃縮/乾燥/脫水：

將食品中水分的物理性質利用凍結與真空產生昇華的相變化來達到上述的需求

❑ 冷凍冷藏庫：降溫庫、凍結庫、保存庫



冷凍系統被採用的低壓側設備形式可以用“玲瑯滿目”來形容

2. 選用適合的低溫食品儲存設備

一般常見的低壓側搭配設備簡介：

展示(冰)櫃: 冷凍冷藏櫃常見於便利商店.糕餅店.生鮮超市.花店等場所

依照營業、貯存的方式與目的選擇設備



↑ 開放櫃
(下櫃內藏型)



↑ 玻璃冷凍冷藏櫃
(機上內藏型)



↑ 後補式冷凍冷藏櫃
WALK-IN



↑ 臥櫃

◆ 除上列冰櫃尚有其它樣式或客製化的冰櫃
如以冷凍系統分類可分為：內藏型、分離式、別置型三種架構

2. 選用適合的低溫食品儲存設備

HITACHI

展示櫃:冰櫃冷凍系統架構簡介

內藏型：內藏型冰櫃的冷凍系統通常約1馬力上下



制冷系統四大元件皆安裝於櫃體上方



制冷系統四大元件安裝於櫃體下方

2. 選用適合的低溫食品儲存設備

- 內藏型冰櫃冷凍系統全部建置於櫃體之中，冷凍系統散熱的熱氣若無視當的室內抽排氣裝置，熱氣會滯留在室內空間會造成室內空間溫度上升，因此該空間的空調設備噸數(冷凍能力) 須加大才能滿足環境空間的舒適度
- ✓ 內藏型冰櫃接上電源及排水管既可使用
- ✓ 內藏型設備冷凍機組會有(壓縮機/風扇)運轉時的聲音
- ✓ 內藏型冰櫃冷凍系統有基本運轉要求散熱條件：30°C以下
- ✓ 該空間於下班或休假期間空調設備須持續運轉(維持冰櫃散熱的需求)
 - 散熱溫度越高制冷效率就越差(相對的就是耗電)
 - 散熱溫度高也容易故障(壓縮機容易因高壓壓力過高停止運轉/長久下來也容易故障)

2. 選用適合的低溫食品儲存設備

HITACHI

分離式： 制冷系統四大元件的位置示意

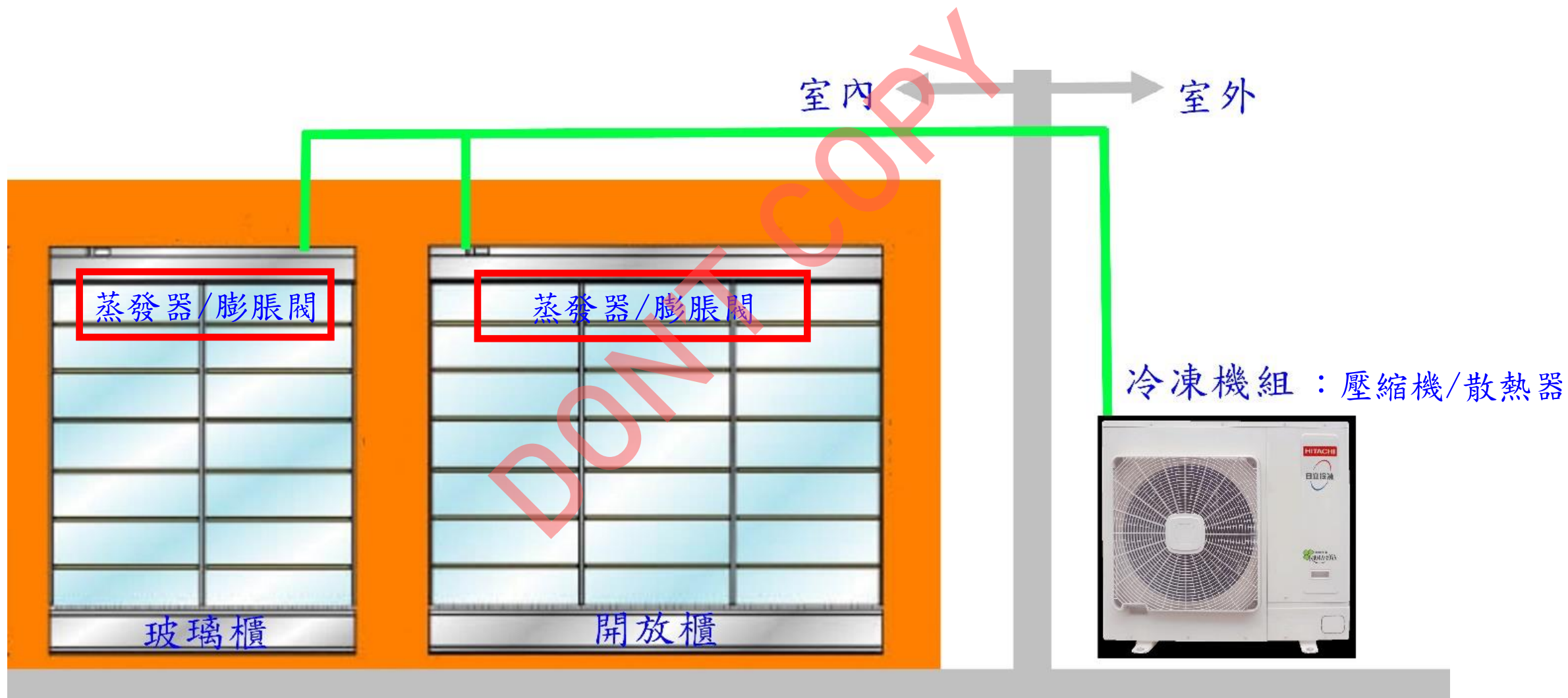
- ◆ 需要專業冷凍工程商安裝施工
- ◆ 冷凍系統只有壓縮機建置於室內櫃體之中，冷凍系統散熱器安裝於室外，熱氣不會滯留在室內空間
- ◆ 分離式冰櫃設備其壓縮機組運轉時的聲音



2. 選用適合的低溫食品儲存設備

HITACHI

別置型：制冷系統四大元件的位置示意



2. 選用適合的低溫食品儲存設備

別置型冰櫃：冷凍機組(壓縮機組+散熱器)安裝於室外

- ❑ 需要專業的冷凍施工商進行安裝施作
- ❑ 冰櫃其冷凍系統運轉聲音與熱源皆移至室外
- ❑ 室內空調(噸數)不須增加
- ❑ 可以多台室內冰櫃機共用1台或1台以上的冷凍機組，有許多便利商店與超市的冰櫃系統就是採用這種架構



便利超商冷藏櫃制冷示意圖

2. 選用適合的低溫食品儲存設備

運輸用途：業界稱之為冷凍車.冷凍貨櫃..等

冷凍貨櫃資料來源永祥貨櫃官網 <https://yxiang.com.tw/index.html>



冷凍車資料來源邵利公司官網 <http://www.flutai.com.tw/about01.htm>



2. 選用適合的低溫食品儲存設備

食品用低溫的設備冰存須以食品熱學知識來進行評估

因為食品的成分組成有油脂、水、蛋白質、碳水化合物所以在食品加工與貯藏過程中的低溫利用，目的就是預防及減少食品的質變、維持食品鮮度，而凍結過程亦須留意食品的凍結點、共晶點、凍結率，這三點都與食品的品质息息相關，尤其是高價位的食品會特別要求此一凍結處理過程(急速凍結)

凍結點：水分開始凍結的最高溫度

凍結率：達凍結點以下時，水分被凍結的比例

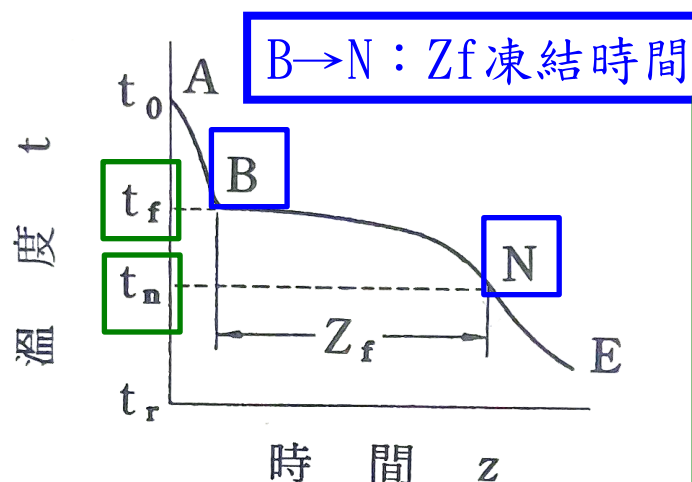
共晶點：食品完全凍結 -60°C 或更低的溫度
(普通的冷凍設備無法使食品達到完全凍結)

$$\text{凍結率}(\%) = 1 - (\text{凍結點溫度} / \text{凍藏溫度}) * \%$$

例如：

計算豬肉冰藏於 -25°C 時其凍結率？

$$\text{其凍結率} = 1 - (-2.2 / -25) * \% = 91.2 \%$$



$t_f \rightarrow t_n$:

最大冰結晶生成帶

□ $-0^{\circ}\text{C} \sim -5^{\circ}\text{C}$

□ 凍結潛熱最大

□ 降溫最慢

□ 最大凍害

2. 選用適合的低溫食品儲存設備

食品熱學知識進行評估

另外蔬果類的生鮮食品在貯藏過程會產生呼吸熱會增加低溫系統的熱負載

且也會產出二氧化碳及乙烯氣體，對此若無適當處理會加速生鮮食品的熟成及腐敗，以上都是冷凍工程技師在規劃冷凍冷藏過程時，需特別注意的工作事項

為什麼我們需要 冷鏈？



降低蔬果的呼吸率
延緩生理代謝



降低呼吸熱產生
減緩養分消耗

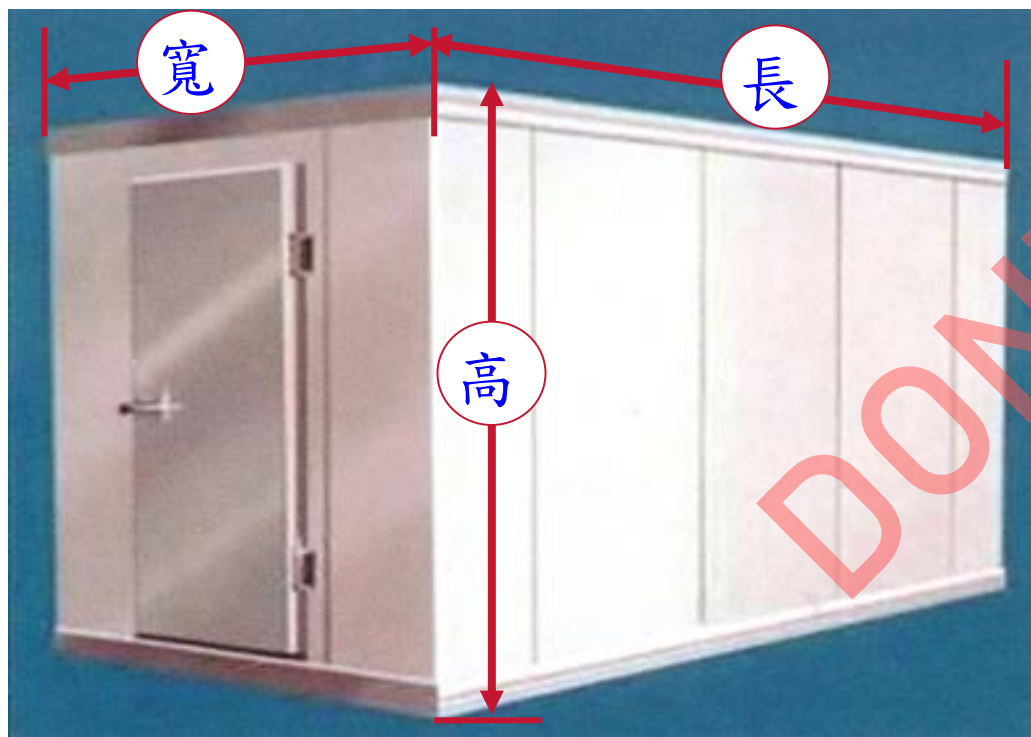


降低失水
避免病原菌侵襲

2. 選用適合的低溫食品儲存設備

冰存物品：冷凍庫/冷藏庫(庫體務必搭設在建築內部)

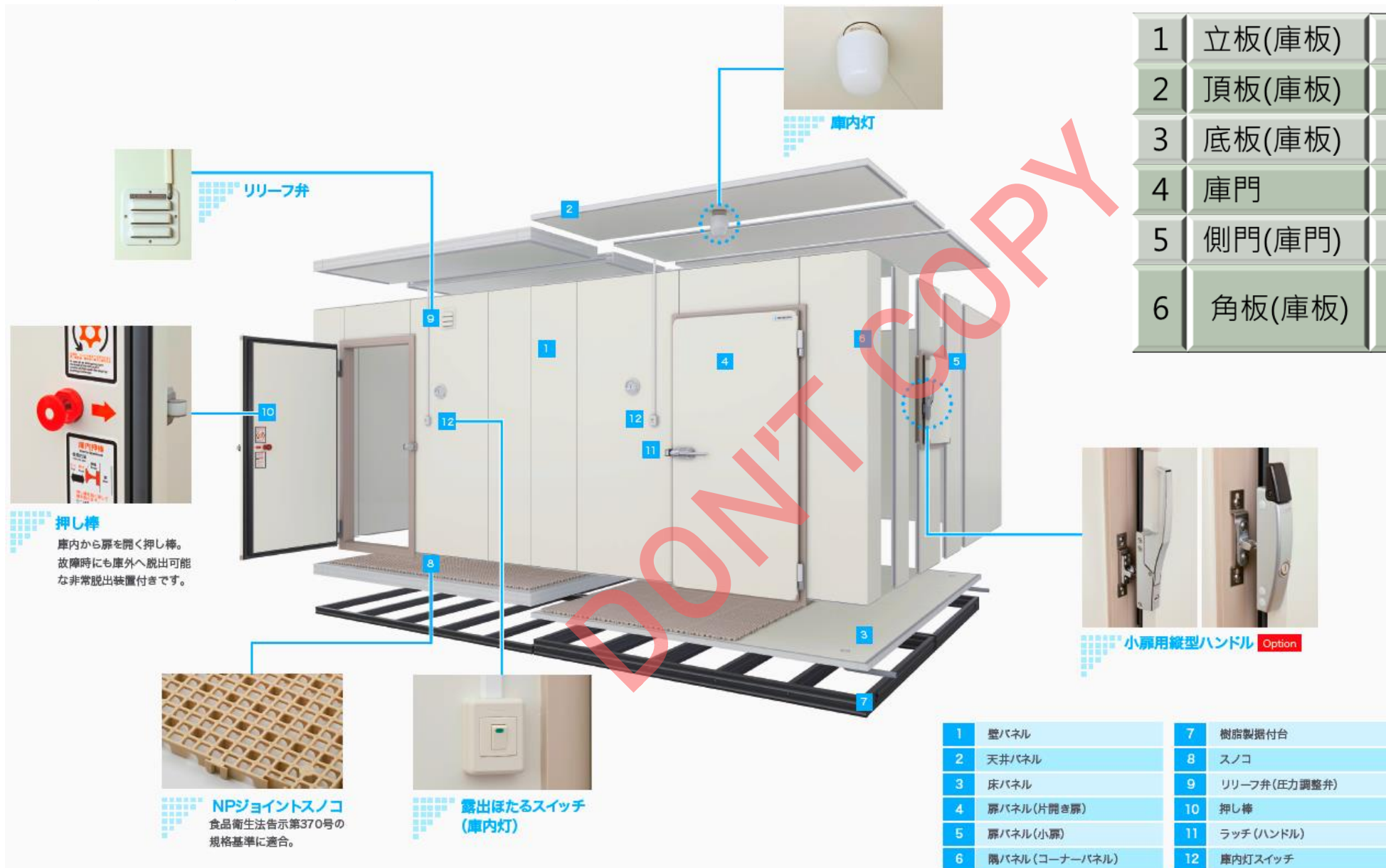
業界稱為拼裝庫(組合式冷庫)最小面積約1坪以上之面積
依照營運規模自定場地大小及高度



組合式庫體

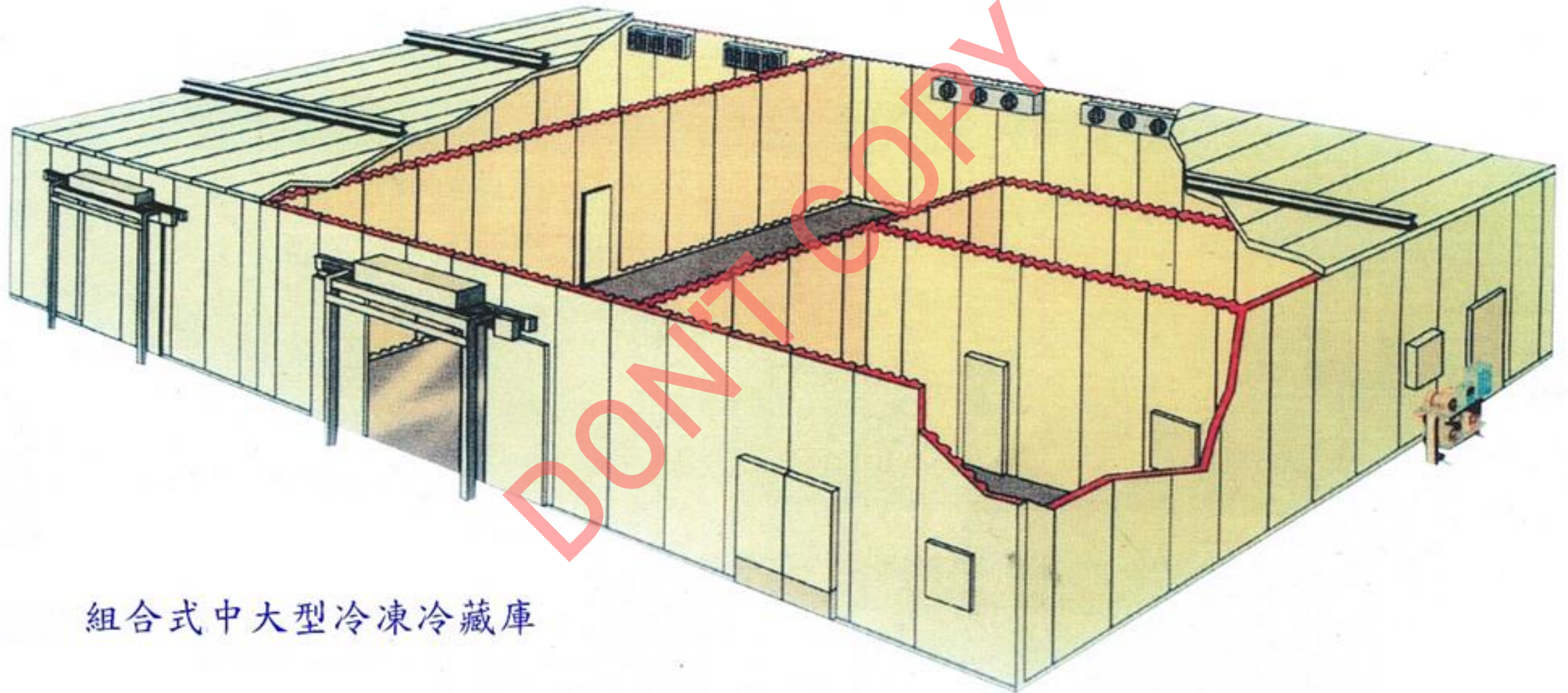
2. 選用適合的低溫食品儲存設備

HITACHI



2. 選用適合的低溫食品儲存設備

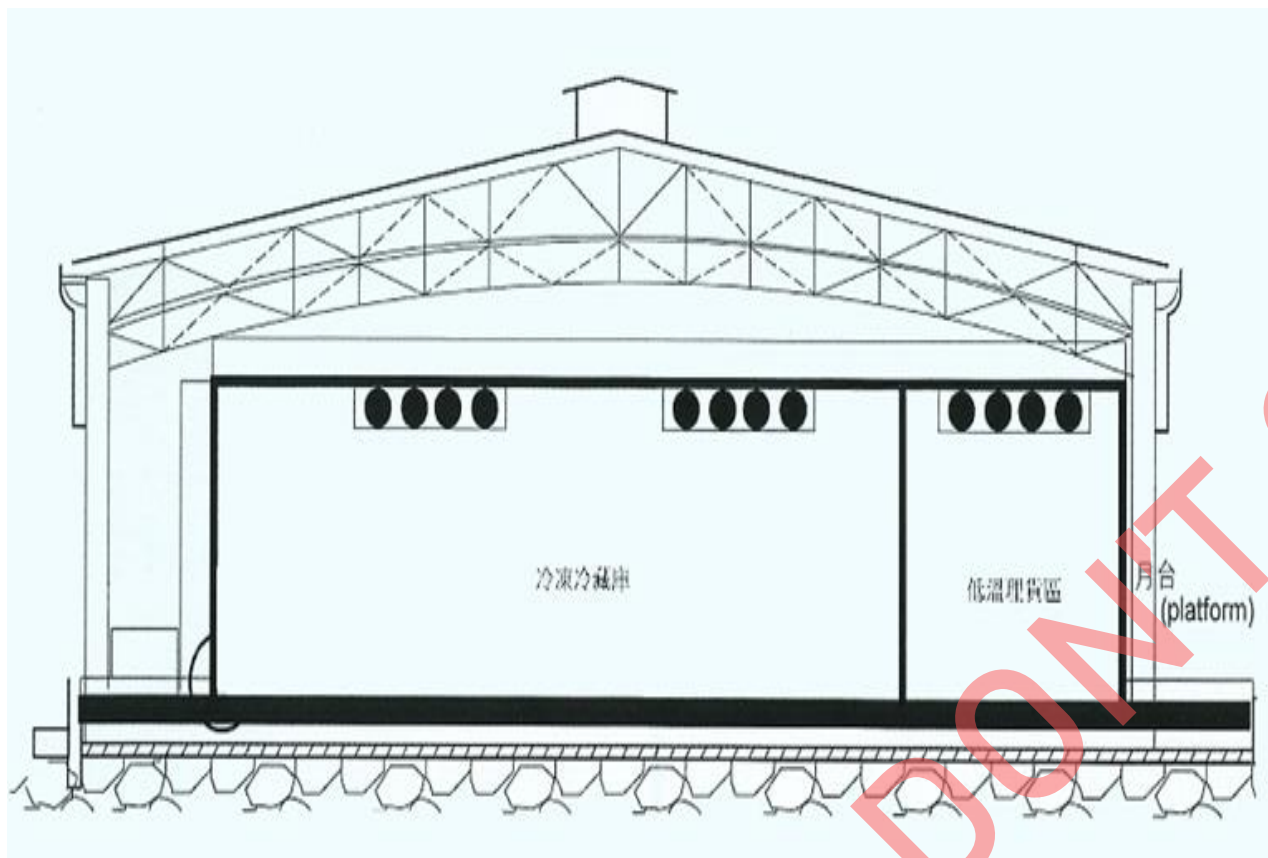
HITACHI



組合式中大型冷凍冷藏庫

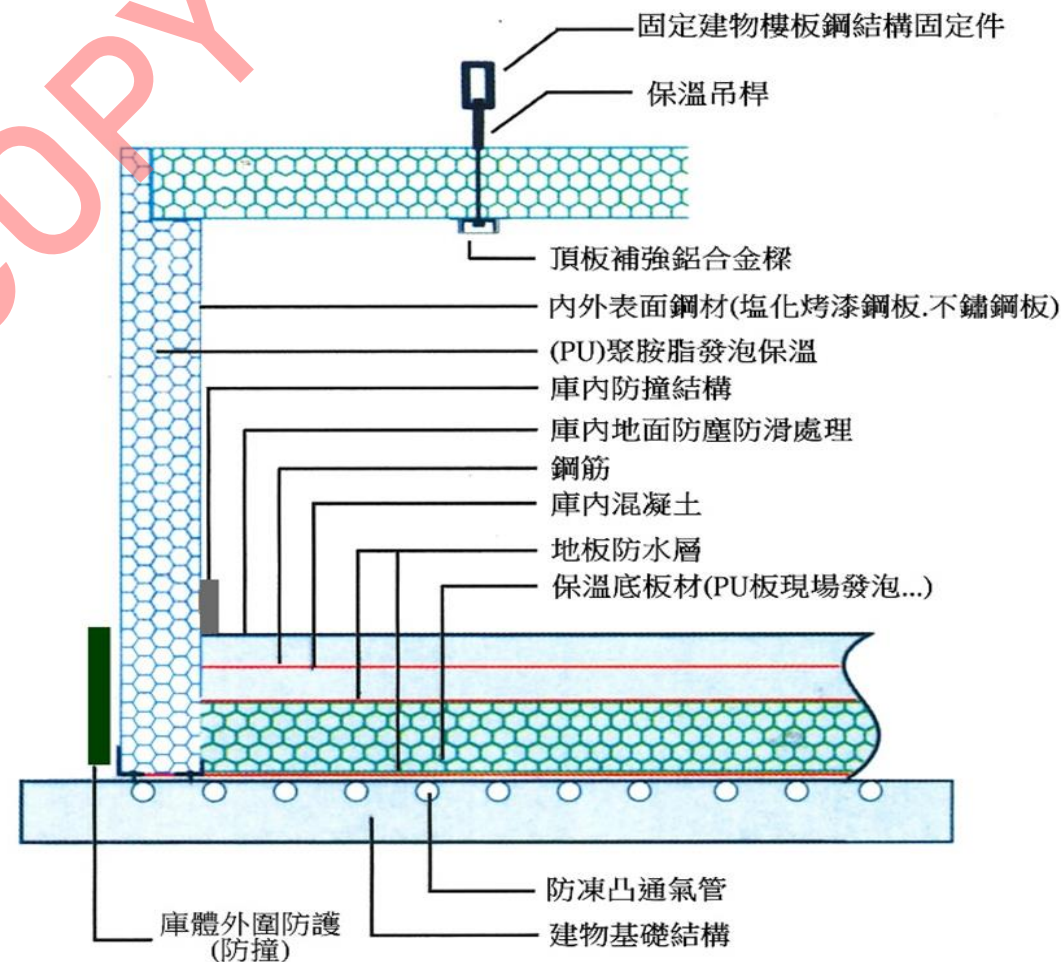
2. 選用適合的低溫食品儲存設備

HITACHI



大型庫安裝架構參考

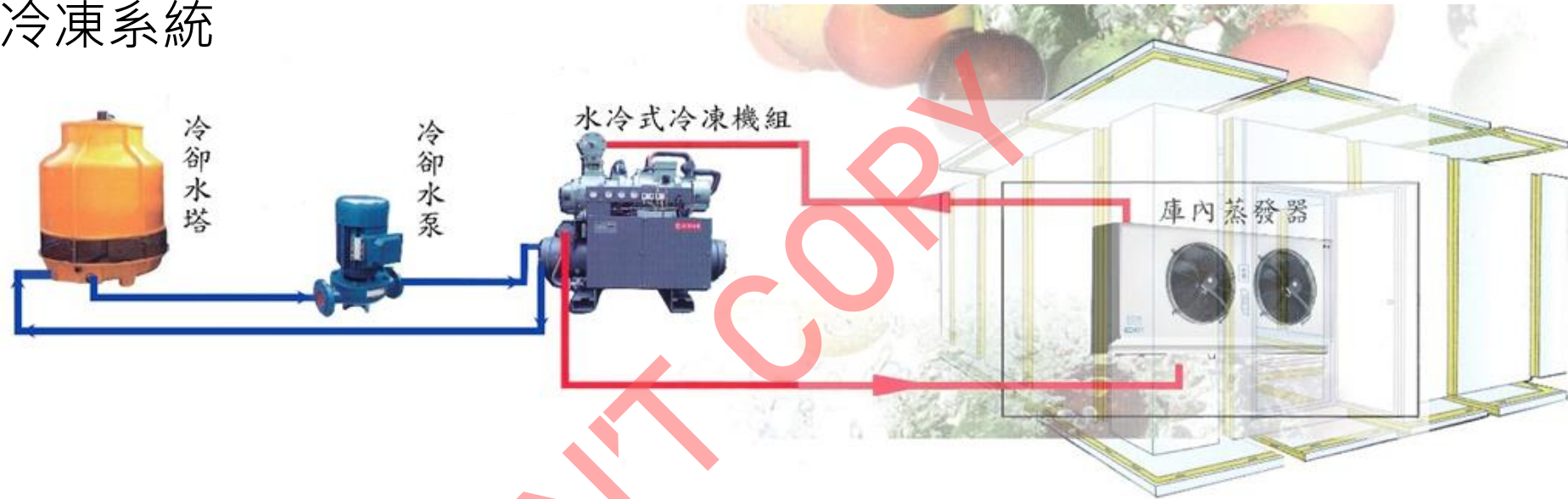
大型庫安裝結構參考圖
Reference of Installation for large storehouse



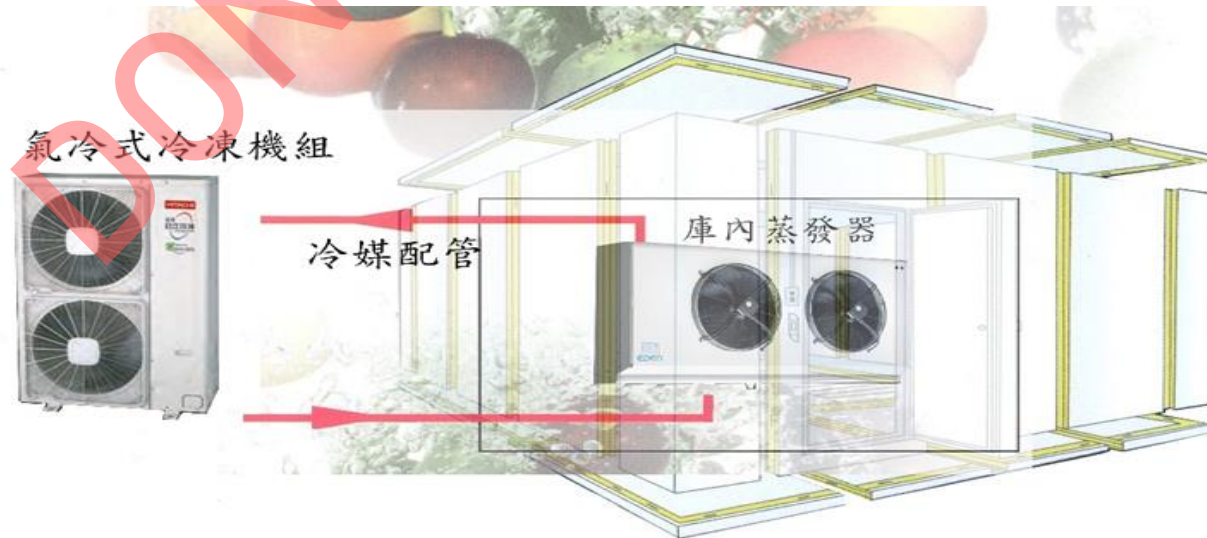
• 下個單元冷凍冷藏主機

3. 選擇適合的冷凍/冷藏主機

水冷(卻)式冷凍系統



氣冷(風冷卻)式冷凍系統

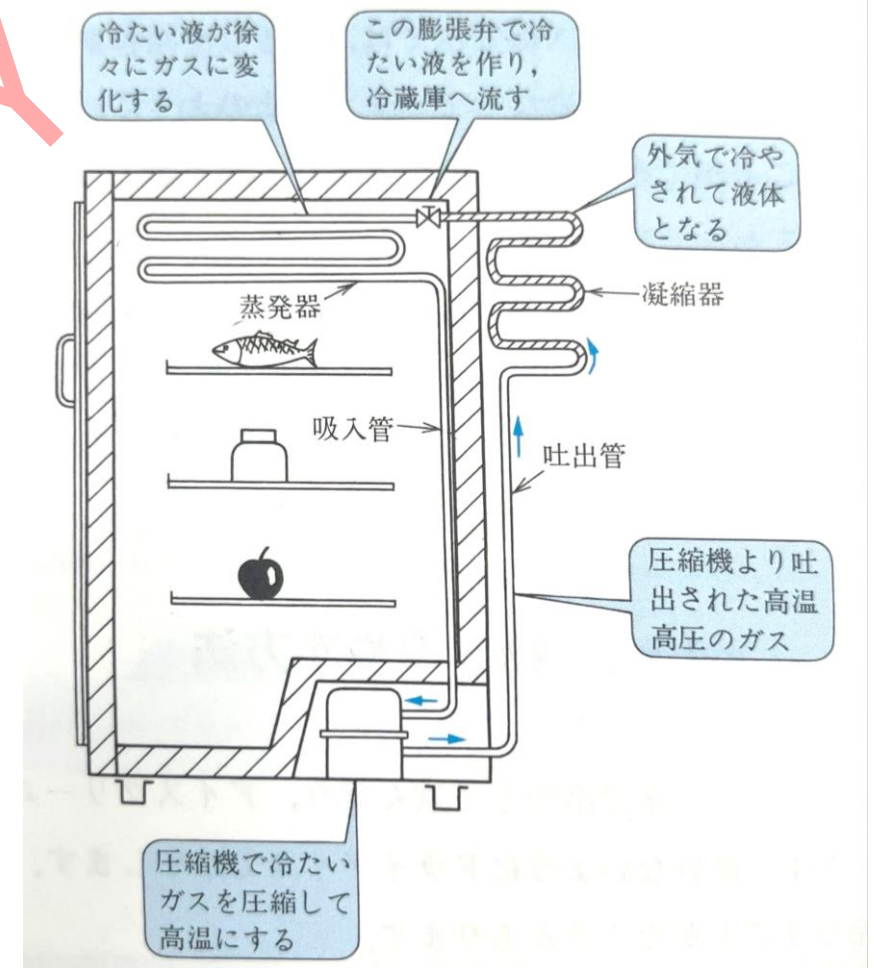


3. 選擇適合的冷凍/冷藏主機

HITACHI

冷凍冷藏庫(組合式庫體/拼裝庫)的熱源

- 1) 由庫體(六面) 侵入的熱量
- 2) 開關門空氣侵入的熱量
- 3) 入庫物品冷卻/凍結的熱量
- 4) 作業人員的人體發熱量
- 5) 蔬果類的呼吸熱
- 6) 機電設備與其它的發熱量
- 7) 加總1)~~6)的熱量*安全係數(20%~30%)

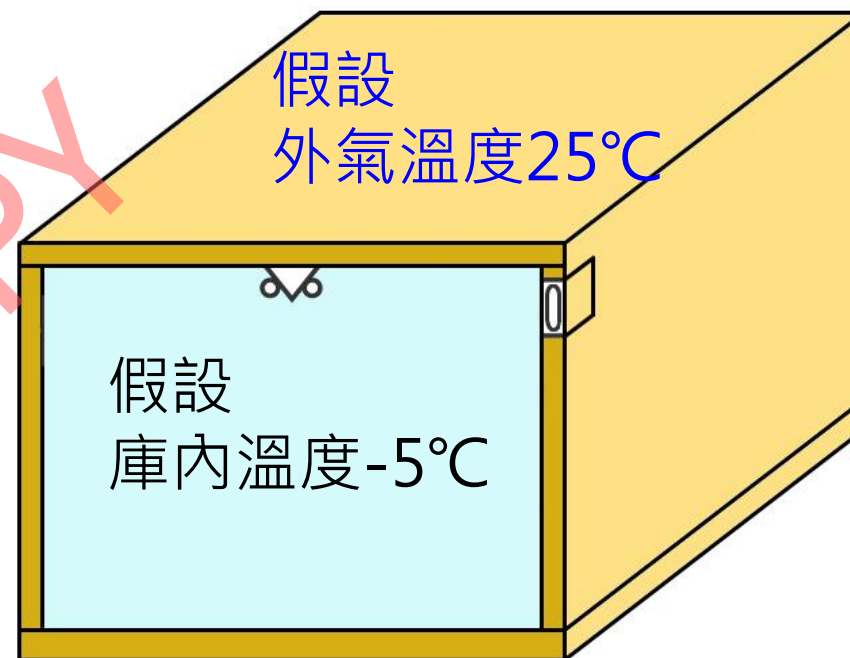


3. 選擇適合的冷凍/冷藏主機

1) 由庫體(六面) 侵入的熱量

例如右圖示：

- ① 內外溫度差 30°C
- ② 庫板保溫厚度要足夠
- ③ 庫板保溫厚度不足容易結露水



未保溫的冰水杯



有保溫的冰水杯



庫板保溫厚度

- ※庫溫($10^{\circ}\text{C} \sim 20^{\circ}\text{C}$) 建議厚度50mm 以上
- ※庫溫($10^{\circ}\text{C} \sim -5^{\circ}\text{C}$) 建議厚度100mm 以上
- ※庫溫($-5^{\circ}\text{C} \sim -25^{\circ}\text{C}$) 建議厚度150mm 以上
- ※庫溫($-25^{\circ}\text{C} \sim -40^{\circ}\text{C}$ 以下)建議厚度200mm 以上

3. 選擇適合的冷凍/冷藏主機

HITACHI

2) 開關門空氣侵入的熱量

① 少量外氣侵入庫內



② 大量外氣入侵庫內



3. 選擇適合的冷凍/冷藏主機

2) 開關門空氣侵入的熱量

③ 外氣侵入庫內-地板結冰



④ 外氣入侵庫內-蒸發器&貨架結冰



3. 選擇適合的冷凍/冷藏主機

3) 入庫物品冷卻/凍結的熱量：計算食品的焓值(潛熱與顯熱)

① 凍結點以上的熱量(顯熱) $Q1=m*c1*(t1-t2)*(1/24)$

② 凍結的熱量(潛熱) $Q2=m*hf*(1/24)$

③ 凍結點以下的熱量(顯熱) $Q3= m*c2*(t1-t3)*(1/24)$

➤ m：冰存物24小時入庫重量(kg)

■ c1：冰存物凍結點以上的比熱(Kcal/kg°C)

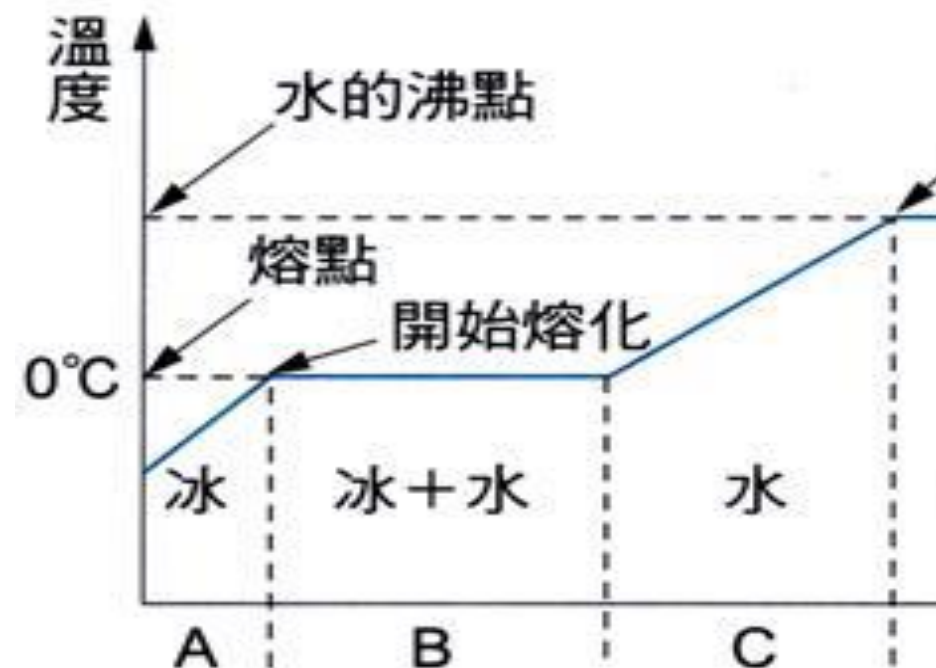
■ c2：冰存物凍結點以下的比熱(Kcal/kg°C)

● t1：冰存物初溫°C (入庫溫度)

● t2：冰存物保存溫°C (最終溫度)

● t3：凍結點溫度°C

□ hf：冰存物凍結點的潛熱(Kcal/kg)



3. 選擇適合的冷凍/冷藏主機

m：冰存物日入庫重量(kg)基準

◆ 公式： $\text{日入庫量} = \text{收容量} * \text{入庫率}$

■ $\text{收容量} = \text{庫內總容積} * (\text{約})60\%$

冰箱內的冷度是靠出風口送出低溫氣流來維持，如果東西塞太滿，冷空氣沒有空間順利流通，就無法均勻分布，這時候冰箱內的感應器就會誤判冷度，而令壓縮機走走停停，如此一來就會比較耗電。

冰庫(櫃)內建議最好不要放超過70%容積(上限)
理想存放容積為60%

■ 入庫率:參考下表

冷庫	入庫率
2000噸以下	0.03
2000噸以上	0.025
小型冷庫(m ³)	入庫率
1000~1500	0.04
800~1000	0.06
500~800	0.10
300~500	0.15
150~300	0.18
50~150	0.20
50以下	0.25

資料來源：日本冷凍協會發行「冷凍空調技術」

3. 選擇適合的冷凍/冷藏主機

4) 作業人員的人體發熱量大小與庫溫有關

① 庫內容積與人數

庫內容積(m ³)	作業人數(人)
250以下	1
250 ~ 500	2
500 ~ 750	3
750 ~ 1000	4
1000 m ³ 以上	每增加250 m ³ 增加 1人

② 庫內溫度與人體發熱量

庫內溫度	人發熱量 Kcal/h/人
10°C	185
4°C	214
0°C	240
-12°C	305
-23°C	355

資料來源：日本冷凍協會發行「冷凍空調技術」

5) 蔬果類的呼吸熱：請查食品之性質及貯藏條件表

① 依據不同的品項有不同的呼吸熱

例：從柚子100多 kcal/24h*ton 多到蘆筍的2900 kcal/24h*ton

② 總呼吸熱與貯存量有關

呼吸熱資料來源：徐氏基金會出版「空調冷凍工程之設計與施工」

3. 選擇適合的冷凍/冷藏主機

6) 機電設備與其它的發熱量

- ① 一般以庫內容積每 20 m³ 大約使用0.2kw
- ② 包含燈具照明及風機用電(全部用電熱與使用時數有關)
推估使用時數燈具照明約3h/日、風機16h/日
- ③ 庫內其它用電設備需另外提出計算

7) 加總1)~~6)的熱量*安全係數(20%~30%)

- ① 食品の入庫量、入庫溫度、貯存量、降溫/凍結時間
- ② 前項資料影響到冷凍機組選用大小及蒸發器規格還有風道設計
- ③ 1)~~6)資料越明確安全係數可低至15%
- ④ 上述資料不明確就依照冷凍工程技師經驗值判斷進行選型

□ 冷凍冷藏庫貯藏的最大熱負載是食品本身的熱(焓值)

3. 選擇適合的冷凍/冷藏主機

選擇適當大小的冷凍機組

食品貯存過程中品溫的穩定相當重要每一次品溫的回溫(溫升)就是細菌.酵素.黴菌的增生機會溫升越大增生量越多如此冷庫冷凍機組的選用及庫內溫度的管理不可不慎重

冷凍冷藏庫選擇冷凍機設備

- 1.計算冷庫熱負荷(kw或千卡-小時)
- 2.選擇合適制冷能力的主機
- 3.機組設備目錄規格比較
- 4.選擇合適的蒸發器
- 5.選擇散熱良好位置安裝主機
- 6.為維持庫溫穩定及節能建議選擇變頻機組



3. 選擇適合的冷凍/冷藏主機

制冷量基本單位：kw (千瓦)或 kcal/hr (千卡/小時)

冷氣能力單位標示(目前我國國家標準已修正和國際標準一致)

依據國家標準 CNS 3615 規定，應該用 W 或 kW 表示，而不應該用 BTU/h 或 kcal/h 表示，BTU/h 是美國使用的英制單位，而 kcal/h 是以前國家標準未修訂時規定的單位。若冷氣能力以冷凍噸或 BTU 為單位，可參考換算公式如下：

1 公制冷凍噸=3320 kcal/hr=3.861千瓦 (kW)

1 英制冷凍噸=3024 kcal/hr=3.517千瓦 (kW)

1 台制冷凍噸=2500 kcal/hr=2.907千瓦 (kW)

1kcal=3.968 BTU

1kW=860 kcal/hr

3. 選擇適合的冷凍/冷藏主機

制冷行業尤其冷凍工程業者對於制冷量的單位常以 馬力(匹)在計算

對於1匹制冷量是什麼概念，其實很多專業人士也不一定解釋的清楚
網路上較具體的說法有以下兩種

說法一：1匹 = 2324 W 製冷量

認為1匹的製冷量大致為2000kcal，以國際單位換算應乘以1.162，
故1匹製冷量為 $2000 \times 1.162 = 2324W$ 。

說法二：1匹 = 2500W 製冷量

據說這是從日本人那沿襲來的，根據能效比EER計算得來。1匹的定義就是輸入1馬力（735 W）的功率所能產生的製冷量大小，這裡面就有一個係數問題，日本人規定這個係數為3.4（日本人認為空調最小能效比EER應達到3.4），所以 $1匹 = 735 \times 3.4 = 2499W$ 。

台灣多數的冷凍工程商街承襲於日本技術居多，所以多以__馬力數或__匹數稱呼

3. 選擇適合的冷凍/冷藏主機

HITACHI

1. 冷凍機組包含有壓縮機及散熱器(冷凝器.凝縮器.熱排)在台灣生產製造的機組多數為拼裝機，大品牌機組大多為進口機組如:三菱.松下.大金.大陸品牌...等
2. 目前品牌機唯有日立冷凍機是在台灣設計.規劃.測試.製造.生產
3. 日立冷凍冷藏機組如下:(依型號不同略有差異)

① 定速渦卷式-冷凍冷藏機

- ◆ 冷凍冷藏兩用型(氣冷式2HP~40HP/水冷式5HP~40HP)
蒸發溫度範圍(約):-5°C~~-45°C
冷藏專用型(氣冷式2HP~20HP)
蒸發溫度範圍(約):+10°C~~-20°C



② 變頻渦卷式-冷凍冷藏機

- ◆ 冷凍冷藏兩用型(氣冷式3HP~20HP)
蒸發溫度範圍(約):-5°C~~-45°C
- ◆ 冷藏專用型(氣冷式5HP~20HP)
蒸發溫度範圍(約):+10°C~~-20°C

③ 水冷單機兩段螺旋式冷凍機(30HP、50HP、75HP)

蒸發溫度範圍(約):-30°C~~-65°C



日立冷氣官網可查看到設備目錄詳細規格資料<https://www.hitachiaircon.com/tw/ranges/condensng-units>

3. 選擇適合的冷凍/冷藏主機

HITACHI

但是必須留意同馬力(HP)用在庫溫+5°C與-15°C其冷凍能力不同，
可以從商品目錄的規格表看出(這是冷凍系統的冷媒特性)

■ 冷藏專用型 (60Hz)

◆下表標示之能力值外氣32°C為標準條件，選機時請考慮現地使用環境，增加安全裕度；若有高外氣工況條件能力需求，請與(營業)(設計)聯繫

型 號	單 位	蒸 發 溫 度 (°C)								
		-20	-15	-10	-5	0	5	8	10	
KX-R21AHB	kW	—	3.9	4.7	5.7	6.8	7.9	—	8.9	
	kcal/h	—	3380	4060	4890	5830	6790	—	7680	
KX-R31AM	kW	3.8	4.7	6.4	7.6	9.0	10.6	11.5	12.1	
	kcal/h	3260	4070	5520	6500	7780	9080	9860	12380	
KX-R32AH	kW	—	5.1	6.9	8.2	9.5	11.0	—	12.7	
	kcal/h	—	4410	5920	7020	8200	9490	—	10930	
KX-R51AM	kW	6.4	9.2	10.7	12.6	15.0	17.3	18.6	—	
	kcal/h	5480	7920	9180	10830	12920	14840	16000	—	
KX-R81AH	kW	—	12.8	16.2	19.6	23.0	27.4	30.0	31.7	
	kcal/h	—	11040	13950	16860	19790	23530	25770	27270	
KX-R101AH	kW	—	15.4	19.2	22.9	26.7	31.1	33.7	—	
	kcal/h	—	13270	16480	19690	22920	26720	29000	—	
KX-R161AH	kW	—	26.7	33.5	40.2	46.9	53.9	58.1	60.9	
	kcal/h	—	23000	28780	34550	40300	46360	49980	52400	
KX-R201AH	kW	—	31.0	39.1	47.2	55.3	63.7	68.7	72.1	
	kcal/h	—	26620	33600	40590	47560	54790	57110	62000	

註：上表為外氣溫度32°C、機體吸入冷媒溫度18°C之條件。

制冷量

3. 選擇適合的冷凍/冷藏主機

庫溫與冷凍機蒸發溫度之關係：TD值

TD值：兩個介質或流體的溫度差

例如

■用於冷凍系統低壓側TD值：庫溫與冷媒蒸發溫度的差值

■用於冷凍系統高壓側TD值：外氣溫與冷媒凝縮溫度的差值

冷凍系統低壓側TD值

舉例：

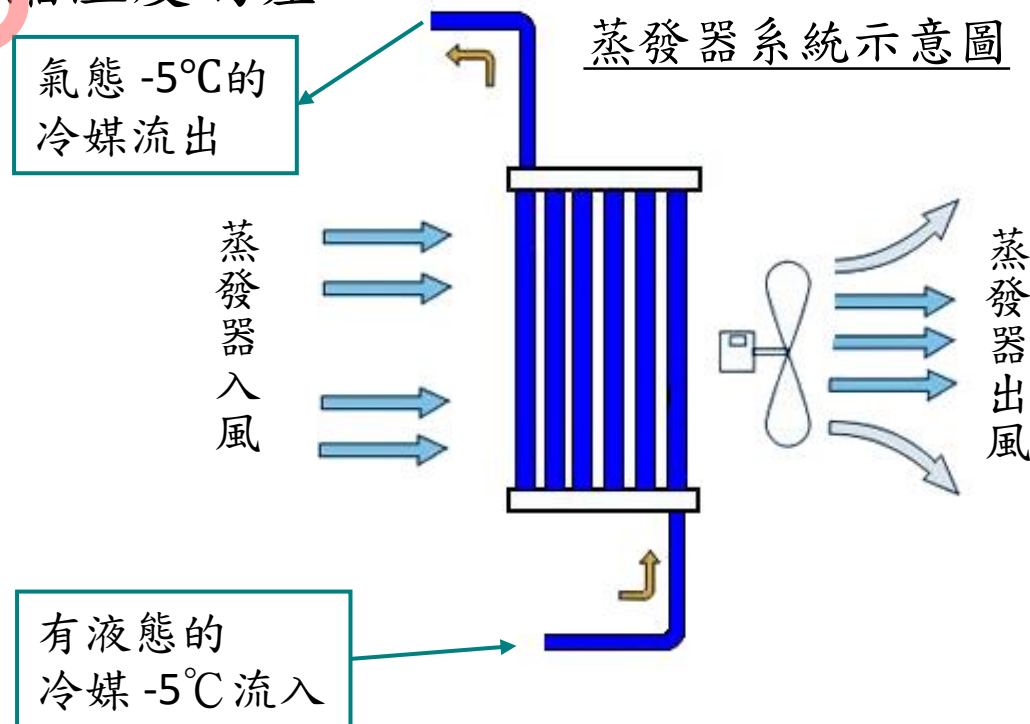
➤庫溫需求 $+5^{\circ}\text{C}$

➤TD值：10度(依蒸發器出廠規格表查詢)

蒸發器TD值：(5.5/7.5/10……)

✓ 因此設計上

冷媒流入蒸發器溫度為 -5°C 此稱之蒸發溫度



3. 選擇適合的冷凍/冷藏主機

蒸發器TD值與庫內相對溼度的關係

相對溼度%	TD°C
	強制對流
95-91	4.5-5.5
90-86	5.5-6.6
85-81	6.6-7.7
80-76	7.7-8.8
75-70	8.8-9.9

◎日本冷凍協會所建議常用保溫庫的TD與儲存濕度關係。

冰存物品種類	儲存濕度條件	建議TD值 (冷凍庫溫－蒸發溫度)
種子、藥品、茶、燻製魚類	50～60% (具有再熱器的條件下)	12～15°C
牛奶、乳酪製品、果汁、飲料、 包裝之冷凍食品	65～70%	10°C
水果、蛋、肉類、魚類	80%	5～7°C
蔬菜、鮮花	90%	5°C

3. 選擇適合的冷凍/冷藏主機

■ 例1：選擇冷凍機組

- 庫內溫+5°C
- TD值取：10度
- 需求蒸發溫度：-5 °C
- 庫內制冷量(經負荷計算)需求為：10kw

■ 例2：選擇冷凍機組

- 庫內溫-15°C
- TD值取：10度
- 需求蒸發溫度：-25 °C
- 庫內制冷量(經負荷計算)需求為：10kw

3. 選擇適合的冷凍/冷藏主機

HITACHI

- 例1：庫溫+5℃，TD值：取10度差 設備選型：冷藏專用型KX-R51AM(定頻機)
- 蒸發溫度:-5℃ 庫內制冷量10kw、冷凍主組12.6kw(10.0/12.6)%=80%
- 庫內制冷量10kw 假設全載冷庫原本降溫完成需60分鐘→→變為48分鐘

■ 冷藏專用型（60Hz）

◆下表標示之能力值外氣32℃為標準條件，選機時請考慮現地使用環境，增加安全裕度；若有高外氣工況條件能力需求，請與(營業)(設計)聯繫

型 號	單 位	蒸 發 溫 度 (°C)							
		-20	-15	-10	-5	0	5	8	10
KX-R21AHB	kW	—	3.9	4.7	5.7	6.8	7.9	—	8.9
	kcal/h	—	3380	4060	4890	5830	6790	—	7680
KX-R31AM	kW	3.8	4.7	6.4	7.6	9.0	10.6	11.5	12.1
	kcal/h	3260	4070	5520	6500	7780	9080	9860	12380
KX-R32AH	kW	—	5.1	6.9	8.2	9.5	11.0	—	12.7
	kcal/h	—	4410	5920	7020	8200	9490	—	10930
KX-R51AM	kW	6.4	9.2	10.7	12.6	15.0	17.3	18.6	—
	kcal/h	5480	7920	9180	10830	12920	14840	16000	—
KX-R81AH	kW	—	12.8	16.2	19.6	23.0	27.4	30.0	31.7
	kcal/h	—	11040	13950	16860	19790	23530	25770	27270
KX-R101AH	kW	—	15.4	19.2	22.9	26.7	31.1	33.7	—
	kcal/h	—	13270	16480	19690	22920	26720	29000	—
KX-R161AH	kW	—	26.7	33.5	40.2	46.9	53.9	58.1	60.9
	kcal/h	—	23000	28780	34550	40300	46360	49980	52400
KX-R201AH	kW	—	31.0	39.1	47.2	55.3	63.7	68.7	72.1
	kcal/h	—	26620	33600	40590	47560	54790	57110	62000

註：上表為外氣溫度32℃、機體吸入冷媒溫度18℃之條件。

3. 選擇適合的冷凍/冷藏主機

HITACHI

- 例1：庫溫+5℃，TD值：取10度差
- 蒸發溫度:-5℃
- 庫內制冷量10kw

設備選型：冷凍冷藏專用型KX-RD31AV(變頻機)

庫內制冷量10kw、冷凍主組11.7kw(10.0/11.7)%=85%

假設全載冷庫原本降溫完成需60分鐘→→變為51分鐘

冷凍能力表 (60Hz)

◆下表標示之能力值外氣32℃為標準條件，選機時請考慮現地使用環境，增加安全裕度；若有高外氣工況條件能力需求，請與(營業)(設計)聯繫

型 號	單 位	冷 媒	外 氣 溫 度	運轉頻率 (Hz)	蒸 發 溫 度 (°C)									
					-45	-40	-35	-30	-25	-20	-15	-10	-5	0
KX-RD31AV	kW	R404A R507A	32°C	60	2.6	3.2	3.9	4.8	5.8	7.0	8.5	9.9	11.7	—
	kcal/hr				2,220	2,760	3,390	4,160	4,990	6,040	7,300	8,550	10,100	—
KX-RD51AV	kW			85	3.4	4.2	5.3	6.6	7.9	9.4	11.3	13.2	15.4	—
	kcal/hr				2,950	3,630	4,590	5,670	6,780	8,120	9,680	11,330	13,250	—
KX-RD51AMV	kW			60	—	—	—	—	—	9.8	11.9	14.2	16.4	18.7
	kcal/hr				—	—	—	—	—	8,400	10,260	12,180	14,140	16,100
KX-RD61AMV	kW			70	—	—	—	—	—	11.4	13.8	16.3	18.8	21.2
	kcal/hr				—	—	—	—	—	9,800	11,840	14,050	16,160	18,260
KX-RD71AMV	kW			80	—	—	—	—	—	12.9	15.7	18.5	21.5	24.6
	kcal/hr				—	—	—	—	—	11,080	13,540	15,880	18,460	21,170

註：1.上表為機體吸入冷媒溫度18℃

2.上表標示規格為使用R404A冷媒條件

3. 選擇適合的冷凍/冷藏主機

- 例2：庫溫-15℃，TD值：取10度差

➤ 蒸發溫度:-25℃

➤ 庫內制冷量10kw
- 設備選型：冷凍冷藏專用型KX-R81A(定頻機)

庫內制冷量10kw、冷凍主組11.5kw(10.0/11.5)%=87%

假設全載冷庫原本降溫完成需60分鐘→→變為52分鐘

冷凍能力表

■ 冷凍冷藏兩用型（60Hz）

◆下表標示之能力值外氣32℃為標準條件，選擇時請考慮現場使用環境，增加安全裕度；若有高外氣工況條件能力需求，請與(營業)(設計)聯繫

型 號	單 位	蒸 發 溫 度 (°C)									
		-45	-40	-35	-30	-25	-20	-15	-10	-5	0
KX-R21CB+ RCR-R21S	kW	1.2	1.5	1.9	2.3	2.8	3.3	4.0	4.7	5.5	—
	kcal/h	1040	1300	1660	2020	2385	2870	3430	4000	4750	—
KX-R31CB+ RCR-R31S	kW	1.8	2.1	2.5	3.0	3.6	4.3	5.2	6.1	7.0	—
	kcal/h	1530	1820	2130	2560	3110	3710	4440	5250	6060	—
KX-R51C+ RCR-R51S	kW	2.9	3.8	4.7	5.7	6.9	8.3	9.9	11.5	13.6	—
	kcal/h	2470	3240	4050	4900	5900	7100	8500	9920	11660	—
KX-R81C+ RCR-R81S	kW	4.8	6.2	7.7	9.5	11.5	14.2	17.0	19.7	23.0	—
	kcal/h	4160	5300	6610	8120	9910	12200	14580	16930	19750	—
KX-R101C+ RCR-R101S	kW	6.0	7.4	9.6	11.7	13.8	17.0	20.1	23.3	27.4	—
	kcal/h	5160	6400	8230	10070	11900	14590	17280	20060	23550	—
KX-R161C+ RCR-R161F	kW	9.6	12.3	15.9	19.4	23.0	27.9	32.7	39.3	45.9	—
	kcal/h	8220	10570	13640	16720	19790	23970	28160	33830	39500	—
KX-R201C+ RCR-R201F	kW	12.0	15.1	18.9	22.7	26.6	32.4	38.2	45.9	53.6	—
	kcal/h	10310	12970	16260	19560	22860	27860	32860	39470	46090	—
KX-R301C+ RCR-R161Fx2	kW	15.3	19.5	25.5	31.5	37.5	45.6	53.8	65.4	77.0	—
	kcal/h	13170	16780	21930	27080	32230	39240	46250	56230	66210	—
KX-R401C+ RCR-R201Fx2	kW	20.2	25.8	33.0	40.2	47.4	58.5	69.6	82.8	—	—
	kcal/h	17330	22170	28370	34580	40780	50320	59860	71210	—	—
KX-R21AB	kW	1.2	1.5	1.9	2.4	2.8	3.5	4.2	5.2	6.1	7.2
	kcal/h	1040	1300	1660	2030	2430	3030	3620	4400	5250	6200
KX-R31A	kW	1.8	2.4	3.0	3.6	4.4	5.2	6.3	7.5	8.8	—
	kcal/h	1570	2040	2550	3100	3740	4490	5380	6410	7540	—
KX-R32A	kW	1.8	2.4	3.0	3.6	4.4	5.2	6.3	7.5	8.8	—
	kcal/h	1570	2040	2550	3100	3740	4490	5380	6410	7540	—
KX-R51A	kW	2.9	3.8	4.7	5.7	6.9	8.3	9.9	11.5	13.6	—
	kcal/h	2470	3240	4050	4900	5900	7100	8500	9920	11660	—
KX-R81A	kW	4.7	6.0	7.5	9.3	11.5	13.8	16.5	19.2	22.5	—
	kcal/h	4070	5120	6440	7990	9850	11830	14160	16550	19370	—
KX-R101A	kW	5.8	7.3	8.9	10.9	13.3	15.9	18.9	22.3	25.8	—
	kcal/h	5020	6240	7640	9360	11410	13680	16260	19210	22160	—
KX-R161A	kW	9.4	12.1	15.6	19.1	22.6	27.6	32.7	39.1	45.5	—
	kcal/h	8100	10370	13390	16410	19420	23750	28080	33610	39130	—
KX-R201A	kW	12.0	15.1	18.9	22.7	26.6	32.4	38.2	45.9	53.6	—
	kcal/h	10310	12970	16260	19560	22860	27860	32860	39470	46090	—

3. 選擇適合的冷凍/冷藏主機

- 例2：庫溫-15℃，TD值：取10度差
- 蒸發溫度:-25℃
- 庫內制冷量10kw

設備選型：冷藏專用型KX-R81AV(變頻機)
庫內制冷量10kw、冷凍主組11.9kw(10.0/11.9)%=84%
假設全載冷庫原本降溫完成需60分鐘→→變為50分鐘

冷凍能力表（60Hz）

◆下表標示之能力值外氣32℃為標準條件，選機時請考慮現地使用環境，增加安全裕度；若有高外氣工況條件能力需求，請與(營業)(設計)聯繫

型 號	單 位	冷 媒	外 氣 溫 度	運轉頻率 (Hz)	蒸 發 溫 度 (℃)											
					-45	-40	-35	-30	-25	-20	-15	-10	-5	0	5	10
KX-R81AV	kW	R404A R507A	32℃	70	5.2	6.5	8.0	9.8	11.9	14.3	17.0	20.0	23.3	—	—	—
	kcal/hr				4,460	5,550	6,840	8,400	10,240	12,300	14,620	17,200	20,040	—	—	—
KX-R101AV	kW			75	5.7	7.3	9.4	11.6	14.1	16.9	19.7	22.9	26.4	—	—	—
	kcal/hr				4,930	6,290	8,070	10,010	12,100	14,510	16,940	19,690	22,690	—	—	—
KX-R161AV	kW			70(變頻) + 60(定速)	9.8	12.5	15.6	19.2	23.3	27.9	33.0	38.5	44.5	—	—	—
	kcal/hr				8,430	10,750	13,420	16,510	20,040	24,000	28,380	33,110	38,270	—	—	—
KX-R201AV	kW			75(變頻) + 60(定速)	12.3	15.0	18.5	22.6	27.4	32.7	38.8	45.1	52.7	—	—	—
	kcal/hr				10,580	12,900	15,910	19,440	23,570	28,120	33,370	38,800	45,320	—	—	—
KX-R81AHV	kW			60	—	—	—	—	—	13.7	16.2	19.1	22.3	25.3	28.5	31.7
	kcal/hr				—	—	—	—	—	11,790	13,940	16,430	19,180	21,760	24,510	27,270
KX-R101AHV	kW			65	—	—	—	—	—	14.8	17.6	20.7	24.1	27.5	30.9	34.4
	kcal/hr				—	—	—	—	—	12,730	15,140	17,800	20,730	23,650	26,580	29,590
KX-R161AHV	kW			60(變頻) + 60(定速)	—	—	—	—	—	27.9	33.0	38.5	44.5	45.9	51.7	—
	kcal/hr				—	—	—	—	—	24,000	28,380	33,110	38,270	39,480	44,460	—
KX-R201AHV	kW			65(變頻) + 60(定速)	—	—	—	—	—	32.7	38.8	45.4	50.7	52.7	57.2	—
	kcal/hr				—	—	—	—	—	28,120	33,370	39,050	43,600	45,320	49,190	—

註：1.上表為機體吸入冷媒溫度18℃
2.上表標示規格為使用R404A冷媒條件

•下個單元主機評估

4. 庫溫需求變低時冷凍機組的適用評估

HITACHI

因應冷藏庫庫溫由現行+7°C下修至+4°C的狀況

經目錄判讀：制冷量會隨蒸發溫度越低而變小

■ 冷藏專用型（60Hz）

◆下表標示之能力值外氣32°C為標準條件，選機時請考慮現地使用環境，增加安全裕度；若有高外氣工況

型 號	單 位	蒸 發 溫 度 (°C)					
		-20	-15	-10	-5	0	5
KX-R21AHB	kW	—	3.9	4.7	5.7	6.8	7.9
	kcal/h	—	3380	4060	4890	5830	6790
KX-R31AM	kW	3.8	4.7	6.4	7.6	9.0	10.6
	kcal/h	3260	4070	5520	6500	7780	9080
KX-R32AH	kW	—	5.1	6.9	8.2	9.5	11.0
	kcal/h	—	4410	5920	7020	8200	9490
KX-R51AM	kW	6.4	9.2	10.7	12.6	15.0	17.3
	kcal/h	5480	7920	9180	10830	12920	14840
KX-R81AH	kW	—	12.8	16.2	19.6	23.0	27.4
	kcal/h	—	11040	13950	16860	19790	23530
KX-R101AH	kW	—	15.4	19.2	22.9	26.7	31.1
	kcal/h	—	13270	16480	19690	22920	26720
KX-R161AH	kW	—	26.7	33.5	40.2	46.9	53.9
	kcal/h	—	23000	28780	34550	40300	46360
KX-R201AH	kW	—	31.0	39.1	47.2	55.3	63.7
	kcal/h	—	26620	33600	40590	47560	54790

註：上表為外氣溫度32°C、機體吸入冷媒溫度18°C之條件。

制冷量

➤ 以日立
KX-R21AHB為例
□ 庫溫+7 °C
TD取10度差
蒸發溫度-3°C
制冷量:6.14KW

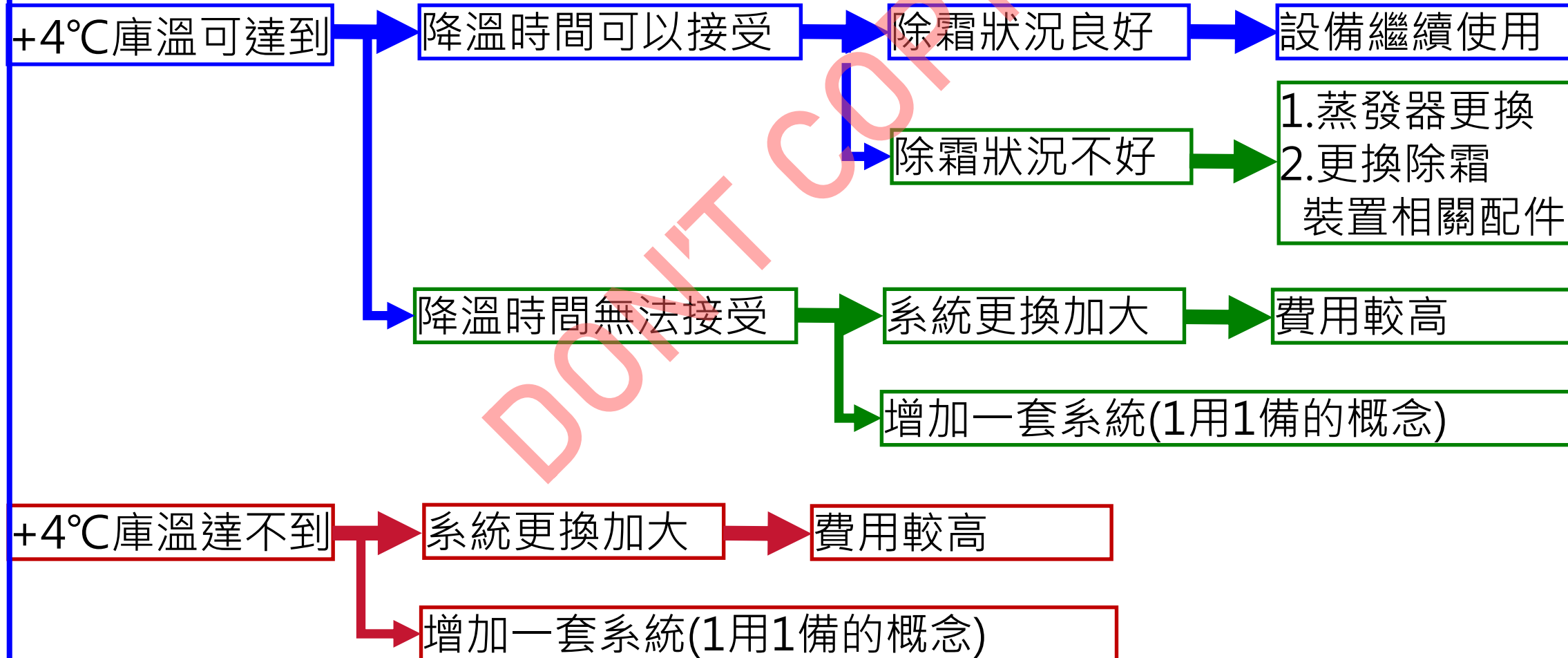
■ 庫溫+4 °C
TD取10度差
蒸發溫度-6°C
制冷量:5.5KW

利用等差法或算
數平均數計算中
間值的制冷量

4. 庫溫需求變低時冷凍機組的適用評估

庫溫 +7°C 下降至 +4°C 主機制冷量由 6.14KW 下降到 5.5KW (機組冷凍能力變小)

溫
控
器
溫
度
設
定
於
+4°C
讓
主
機
運
轉



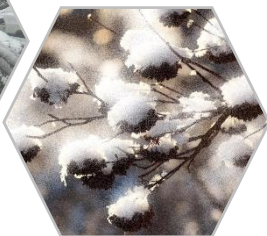
冷凍設備的選用上有許多需要
具有專業考量與技術水平

請務必洽詢專業度足夠的廠商協助

對冷凍/冷藏設備商或冷凍/藏工程設計規劃(冷凍空調業)而言

食品業者如能夠充份清楚將自家食品貯藏或加工所需之溫度/相對溼度，將條件提供給冷凍空調業既可

感謝大家聆聽



食品廠冷凍及低溫作業區 設計與施工



前言：

冷鏈(Cold Chain)是控制溫度的供應鏈。

隨著科技突破創新的日新月異，冷凍技術(freezing technology)在生技、製藥、食品、醫材、電子、工程、交通等各種科學技術應用廣泛。

僅就食品儲存之冷凍冷藏庫及低溫作業區在

一.相關重點法規

二.熱負荷計算

三.庫體設計施工

四.實際案例經驗分享

祈能共同提昇冷凍冷藏設計及施工品質。

冷凍食品：

- 1、包括冷凍農產食品、冷凍畜產食品、冷凍水產食品、冷凍調理食品等。
- 2、冷凍調理食品係指以一種或一種以上之農、畜、水產品為主原料，經適當的加工調理。
- 3、冷凍食品經急速凍結、妥善包裝，並在-18℃以下的低溫下儲運及販賣。

表1 冷凍食品工廠各作業場所清潔度區分

廠房設施（原則上依製程順序排列）	清潔度區分	
·原料驗收場 ·蓄鰻池 ·原料倉庫 ·材料倉庫 ·原料處理場	一般作業區	
·配料室 ·加工調理場 ·內包裝室（註1） ·內包裝材料之準備室 ·緩衝室 ·凍結設施（註2）	準清潔作業區	管制作業區
·凍結前已加熱處理之冷凍調理食品 - 最終半成品之冷卻及凍結場所 ·內包裝室（冷凍烤鰻及凍結前已加熱處理之冷凍調理食品）	清潔作業區	

廠房設施（原則上依製程順序排列）	清潔度區分
·外包裝室 ·成品凍藏庫 ·先包裝後凍結之凍結設施	一般作業區
·品管（檢驗）室 ·更衣及洗手消毒室 ·廁所 ·辦公室（註3） ·其他	非食品處理區
註： 1.指冷凍水產、肉類、蔬果及凍結前未加熱處理之冷凍調理食品（如冷凍生水餃及冷凍麵糰等）之內包裝室。 2.冷凍烤鰻及凍結前已加熱處理之冷凍調理食品之凍結設施出口須於清潔作業區內。 3.辦公室不得設置於管制作業區內（但生產管理與品管場所不在此限，惟須有適當之管制措施）。	

冷凍速率：依據國際冷凍協會（International Institute of Refrigeration, IIR）

係指將食品表面至中心溫度之最短距離（公分），除以食品表面溫度達到 0°C 起，至中心溫度降溫到比凍結點低 10°C 所需時間（小時），其單位以公分/小時表示

急速凍結：指食品冷凍速率在3公分/小時以上者。

最大冰晶形成帶：食品中大部分自由水（90%左右）形成冰結晶的溫度範圍，一般在 -1°C 至 -5°C 之間。

品溫：指食品之中心溫度。

- 1、管制作業區之壁面應採用非吸收性、平滑、易清洗、不透水之淺色材料構築，且其牆腳及柱腳應具有適當弧度（曲率半徑應在3公分以上）以利清洗及避免藏污納垢。
- 2、冷凍車（自備或長期訂約租用，其溫度能維持品溫在-18°C以下者）

二.熱負荷計算

FOODS COMPOSITION DATA

- 1.水份(Water)
- 2.蛋白質(Protein)
- 3.脂肪(Fat)
- 4.醣類或碳水化合物(Carbohydrate)
- 5.纖維(Fiber)
- 6.礦物質或灰分(Ash)

Table 3 Unfrozen Composition Data, Initial Freezing Point, and Specific Heats of Foods*

Food Item	Moisture Content, % x_{wo}	Protein, % x_p	Fat, % x_f	Carbohydrate		Ash, % x_a	Initial Freezing Point, °C	Specific Heat Above Freezing, kJ/(kg·K)	Specific Heat Below Freezing, kJ/(kg·K)	Latent Heat of Fusion, kJ/kg
				Total, % x_c	Fiber, % x_{fb}					
Vegetables										
Artichokes, globe	84.94	3.27	0.15	10.51	5.40	1.13	-1.2	3.90	2.02	284
Jerusalem	78.01	2.00	0.01	17.44	1.60	2.54	-2.5	3.63	2.25	261
Asparagus	92.40	2.28	0.20	4.54	2.10	0.57	-0.6	4.03	1.79	309
Beans, snap	90.27	1.82	0.12	7.14	3.40	0.66	-0.7	3.99	1.85	302
lima	70.24	6.84	0.86	20.16	4.90	1.89	-0.6	3.52	2.07	235
Beets	87.58	1.61	0.17	9.56	2.80	1.08	-1.1	3.91	1.94	293
Broccoli	90.69	2.98	0.35	5.24	3.00	0.92	-0.6	4.01	1.82	303
Brussels sprouts	86.00	3.38	0.30	8.96	3.80	1.37	-0.8	3.90	1.91	287
Cabbage	92.15	1.44	0.27	5.43	2.30	0.71	-0.9	4.02	1.85	308
Carrots	87.79	1.03	0.19	10.14	3.00	0.87	-1.4	3.92	2.00	293
Cauliflower	91.91	1.98	0.21	5.20	2.50	0.71	-0.8	4.02	1.84	307
Celeriac	88.00	1.50	0.30	9.20	1.80	1.00	-0.9	3.90	1.89	294
Celery	94.64	0.75	0.14	3.65	1.70	0.82	-0.5	4.07	1.74	316
Collards	90.55	1.57	0.22	7.11	3.60	0.55	-0.8	4.01	1.86	302
Corn, sweet, yellow	75.96	3.22	1.18	19.02	2.70	0.62	-0.6	3.62	1.98	254
Cucumbers	96.01	0.69	0.13	2.76	0.80	0.41	-0.5	4.09	1.71	321
Eggplant	92.03	1.02	0.18	6.07	2.50	0.71	-0.8	4.02	1.83	307
Endive	93.79	1.25	0.20	3.35	3.10	1.41	-0.1	4.07	1.69	313
Garlic	58.58	6.36	0.50	33.07	2.10	1.50	-0.8	3.17	2.19	196
Ginger, root	81.67	1.74	0.73	15.09	2.00	0.77	—	3.75	1.94	273
Horseradish	78.66	9.40	1.40	8.28	2.00	2.26	-1.8	3.70	2.12	263
Kale	84.46	3.30	0.70	10.01	2.00	1.53	-0.5	3.82	1.86	282
Kohlrabi	91.00	1.70	0.10	6.20	3.60	1.00	-1.0	4.02	1.90	304
Leeks	83.00	1.50	0.30	14.15	1.80	1.05	-0.7	3.77	1.91	277
Lettuce, iceberg	95.89	1.01	0.19	2.09	1.40	0.48	-0.2	4.09	1.65	320
Mushrooms	91.81	2.09	0.42	4.65	1.20	0.89	-0.9	3.99	1.84	307
Okra	89.58	2.00	0.10	7.63	3.20	0.70	-1.8	3.97	2.05	299
Onions	89.68	1.16	0.16	8.63	1.80	0.37	-0.9	3.95	1.87	300
dehydrated flakes	3.93	8.95	0.46	83.28	9.20	3.38	—	—	—	13
Parsley	87.71	2.97	0.79	6.33	3.30	2.20	-1.1	3.93	1.94	293
Parsnips	79.53	1.20	0.30	17.99	4.90	0.98	-0.9	3.74	2.02	266
Peas, green	78.86	5.42	0.40	14.46	5.10	0.87	-0.6	3.75	1.98	263
Peppers, freeze-dried	2.00	17.90	3.00	68.70	21.30	8.40	—	—	—	7

sweet, green	92.19	0.89	0.19	6.43	1.80	0.30	-0.7	4.01	1.80	308
Potatoes, main crop	78.96	2.07	0.10	17.98	1.60	0.89	-0.6	3.67	1.93	264
sweet	72.84	1.65	0.30	24.28	3.00	0.95	-1.3	3.48	2.09	243
Pumpkins	91.60	1.00	0.10	6.50	0.50	0.80	-0.8	3.97	1.81	306
Radishes	94.84	0.60	0.54	3.59	1.60	0.54	-0.7	4.08	1.77	317
Rhubarb	93.61	0.90	0.20	4.54	1.80	0.76	-0.9	4.05	1.83	313
Rutabaga	89.66	1.20	0.20	8.13	2.50	0.81	-1.1	3.96	1.92	299
Salsify (vegetable oyster)	77.00	3.30	0.20	18.60	3.30	0.90	-1.1	3.65	2.05	257
Spinach	91.58	2.86	0.35	3.50	2.70	1.72	-0.3	4.02	1.75	306
Squash, summer	94.20	0.94	0.24	4.04	1.90	0.58	-0.5	4.07	1.74	315
winter	87.78	0.80	0.10	10.42	1.50	0.90	-0.8	3.89	1.87	293
Tomatoes, mature green	93.00	1.20	0.20	5.10	1.10	0.50	-0.6	4.02	1.77	311
ripe	93.76	0.85	0.33	4.64	1.10	0.42	-0.5	4.08	1.79	313
Turnip	91.87	0.90	0.10	6.23	1.80	0.70	-1.1	4.00	1.88	307
greens	91.07	1.50	0.30	5.73	3.20	1.40	-0.2	4.01	1.74	304
Watercress	95.11	2.30	0.10	1.29	1.50	1.20	-0.3	4.08	1.69	318
Yams	69.60	1.53	0.17	27.89	4.10	0.82	—	3.47	2.06	232
Fruits										
Apples, fresh	83.93	0.19	0.36	15.25	2.70	0.26	-1.1	3.81	1.98	280
dried	31.76	0.93	0.32	65.89	8.70	1.10	—	2.57	2.84	106
Apricots	86.35	1.40	0.39	11.12	2.40	0.75	-1.1	3.87	1.95	288
Avocados	74.27	1.98	15.32	7.39	5.00	1.04	-0.3	3.67	1.98	248
Bananas	74.26	1.03	0.48	23.43	2.40	0.80	-0.8	3.56	2.03	248
Blackberries	85.64	0.72	0.39	12.76	5.30	0.48	-0.8	3.91	1.94	286
Blueberries	84.61	0.67	0.38	14.13	2.70	0.21	-1.6	3.83	2.06	283
Cantaloupes	89.78	0.88	0.28	8.36	0.80	0.71	-1.2	3.93	1.91	300
Cherries, sour	86.13	1.00	0.30	12.18	1.60	0.40	-1.7	3.85	2.05	288
sweet	80.76	1.20	0.96	16.55	2.30	0.53	-1.8	3.73	2.12	270
Cranberries	86.54	0.39	0.20	12.68	4.20	0.19	-0.9	3.91	1.93	289

Whole Fish										
Cod	81.22	17.81	0.67	0.0	0.0	1.16	-2.2	3.78	2.14	271
Haddock	79.92	18.91	0.72	0.0	0.0	1.21	-2.2	3.75	2.14	267
Halibut	77.92	20.81	2.29	0.0	0.0	1.36	-2.2	3.74	2.18	260
Herring, kippered	59.70	24.58	12.37	0.0	0.0	1.94	-2.2	3.26	2.27	199
Mackerel, Atlantic	63.55	18.60	13.89	0.0	0.0	1.35	-2.2	3.33	2.23	212
Perch	78.70	18.62	1.63	0.0	0.0	1.20	-2.2	3.71	2.15	263
Pollock, Atlantic	78.18	19.44	0.98	0.0	0.0	1.41	-2.2	3.70	2.15	261
Salmon, pink	76.35	19.94	3.45	0.0	0.0	1.22	-2.2	3.68	2.17	255
Tuna, bluefin	68.09	23.33	4.90	0.0	0.0	1.18	-2.2	3.43	2.19	227
Whiting	80.27	18.31	1.31	0.0	0.0	1.30	-2.2	3.77	2.15	268
Shellfish										
Clams	81.82	12.77	0.97	2.57	0.0	1.87	-2.2	3.76	2.13	273
Lobster, American	76.76	18.80	0.90	0.50	0.0	2.20	-2.2	3.64	2.15	256
Oysters	85.16	7.05	2.46	3.91	0.0	1.42	-2.2	3.83	2.12	284
Scallop, meat	78.57	16.78	0.76	2.36	0.0	1.53	-2.2	3.71	2.15	262
Shrimp	75.86	20.31	1.73	0.91	0.0	1.20	-2.2	3.65	2.16	253
Beef										
Brisket	55.18	16.94	26.54	0.0	0.0	0.80	—	3.19	2.33	184
Carcass, choice	57.26	17.32	24.05	0.0	0.0	0.81	-2.2	3.24	2.31	191
select	58.21	17.48	22.55	0.0	0.0	0.82	-1.7	3.25	2.24	194
Liver	68.99	20.00	3.85	5.82	0.0	1.34	-1.7	3.47	2.16	230
Ribs, whole (ribs 6-12)	54.54	16.37	26.98	0.0	0.0	0.77	—	3.16	2.32	182
Round, full cut, lean and fat	64.75	20.37	12.81	0.0	0.0	0.97	—	3.39	2.18	216
full cut, lean	70.83	22.03	4.89	0.0	0.0	1.07	—	3.52	2.12	237
Sirloin, lean	71.70	21.24	4.40	0.0	0.0	1.08	-1.7	3.53	2.11	239
Short loin, porterhouse steak, lean	69.59	20.27	8.17	0.0	0.0	1.01	—	3.49	2.14	232
T-bone steak, lean	69.71	20.78	7.27	0.0	0.0	1.27	—	3.49	2.14	233
Tenderloin, lean	68.40	20.78	7.90	0.0	0.0	1.04	—	3.45	2.14	228
Veal, lean	75.91	20.20	2.87	0.0	0.0	1.08	—	3.65	2.09	254

Table 4 Enthalpy of Frozen Foods

Food	Water Content, % by mass		Temperature, °C																	
			−40	−30	−20	−18	−16	−14	−12	−10	−9	−8	−7	−6	−5	−4	−3	−2	−1	0
Fruits and Vegetables																				
Applesauce	82.8	Enthalpy, kJ/kg	0	23	51	58	65	73	84	95	102	110	120	132	152	175	210	286	339	343
		% water unfrozen	—	6	9	10	12	14	17	19	21	23	27	30	37	44	57	82	100	—
Asparagus, peeled	92.6	Enthalpy, kJ/kg	0	19	40	45	50	55	61	69	73	77	83	90	99	108	123	155	243	381
		% water unfrozen	—	—	—	—	—	5	6	—	7	8	10	12	15	17	20	29	58	100
Bilberries	85.1	Enthalpy, kJ/kg	0	21	45	50	57	64	73	82	87	94	101	110	125	140	167	218	348	352
		% water unfrozen	—	—	—	7	8	9	11	14	15	17	18	21	25	30	38	57	100	—
Carrots	87.5	Enthalpy, kJ/kg	0	21	46	51	57	64	72	81	87	94	102	111	124	139	166	218	357	361
		% water unfrozen	—	—	—	7	8	9	11	14	15	17	18	20	24	29	37	53	100	—
Cucumbers	95.4	Enthalpy, kJ/kg	0	18	39	43	47	51	57	64	67	70	74	79	85	93	104	125	184	390
		% water unfrozen	—	—	—	—	—	—	—	—	5	—	—	—	—	11	14	20	37	100
Onions	85.5	Enthalpy, kJ/kg	0	23	50	55	62	71	81	91	97	105	115	125	141	163	196	263	349	353
		% water unfrozen	—	5	8	10	12	14	16	18	19	20	23	26	31	38	49	71	100	—
Peaches, without stones	85.1	Enthalpy, kJ/kg	0	23	50	57	64	72	82	93	100	108	118	129	146	170	202	274	348	352
		% water unfrozen	—	5	8	9	11	13	16	18	20	22	25	28	33	40	51	75	100	—
Pears, Bartlett	83.8	Enthalpy, kJ/kg	0	23	51	57	64	73	83	95	101	109	120	132	150	173	207	282	343	347
		% water unfrozen	—	6	9	10	12	14	17	19	21	23	26	29	35	43	54	80	100	—
Plums, without stones	80.3	Enthalpy, kJ/kg	0	25	57	65	74	84	97	111	119	129	142	159	182	214	262	326	329	333
		% water unfrozen	—	8	14	16	18	20	23	27	29	33	37	42	50	61	78	100	—	—
Raspberries	82.7	Enthalpy, kJ/kg	0	20	47	53	59	65	75	85	90	97	105	115	129	148	174	231	340	344
		% water unfrozen	—	—	7	8	9	10	13	16	17	18	20	23	27	33	42	61	100	—
Spinach	90.2	Enthalpy, kJ/kg	0	19	40	44	49	54	60	66	70	74	79	86	94	103	117	145	224	371
		% water unfrozen	—	—	—	—	—	—	6	7	—	—	9	11	13	16	19	28	53	100
Strawberries	89.3	Enthalpy, kJ/kg	0	20	44	49	54	60	67	76	81	88	95	102	114	127	150	191	318	367
		% water unfrozen	—	—	5	—	6	7	9	11	12	14	16	18	20	24	30	43	86	100
Sweet cherries, without stones	77.0	Enthalpy, kJ/kg	0	26	58	66	76	87	100	114	123	133	149	166	190	225	276	317	320	324
		% water unfrozen	—	9	15	17	19	21	26	29	32	36	40	47	55	67	86	100	—	—
Tall peas	75.8	Enthalpy, kJ/kg	0	23	51	56	64	73	84	95	102	111	121	133	152	176	212	289	319	323
		% water unfrozen	—	6	10	12	14	16	18	21	23	26	28	33	39	48	61	90	100	—
Tomato pulp	92.9	Enthalpy, kJ/kg	0	20	42	47	52	57	63	71	75	81	87	93	103	114	131	166	266	382
		% water unfrozen	—	—	—	—	5	—	6	7	8	10	12	14	16	18	24	33	65	100

Table 5 Thermal Conductivity of Foods

Food ^a	Thermal Conductivity, W/(m·K)	Temperature, °C	Water Content, % by mass	Reference ^b	Remarks
Fruits, Vegetables					
Apples	0.418	8	—	Gane (1936)	Tasmanian French crabapple, whole fruit; 140 g
dried	0.219	23	41.6	Sweat (1985)	Density = 0.86 g/cm ³
Apple juice	0.559	20	87	Riedel (1949)	Refractive index at 20°C = 1.35
	0.631	80	87		
	0.504	20	70		Refractive index at 20°C = 1.38
	0.564	80	70		
	0.389	20	36		Refractive index at 20°C = 1.45
	0.435	80	36		
Applesauce	0.549	29	—	Sweat (1974)	
Apricots, dried	0.375	23	43.6	Sweat (1985)	Density = 1.32 g/cm ³
Beans, runner	0.398	9	—	Smith et al. (1952)	Density = 0.75 g/cm ³ ; machine sliced, scalded, packed in slab
Beets	0.601	28	87.6	Sweat (1974)	
Broccoli	0.385	−6	—	Smith et al. (1952)	Density = 0.56 g/cm ³ ; heads cut and scalded
Carrots	0.669	−16	—	Smith et al. (1952)	Density = 0.6 g/cm ³ ; scraped, sliced and scalded
pureed	1.26	−8	—	Smith et al. (1952)	Density = 0.89 g/cm ³ ; slab
Currants, black	0.310	−17	—	Smith et al. (1952)	Density = 0.64 g/cm ³
Dates	0.337	23	34.5	Sweat (1985)	Density = 1.32 g/cm ³
Figs	0.310	23	40.4	Sweat (1985)	Density = 1.24 g/cm ³
Gooseberries	0.276	−15	—	Smith et al. (1952)	Density = 0.58 g/cm ³ ; mixed sizes
Grapefruit juice vesicle	0.462	30	—	Bennett et al. (1964)	Marsh, seedless
Grapefruit rind	0.237	28	—	Bennett et al. (1964)	Marsh, seedless
Grape, green, juice	0.567	20	89	Riedel (1949)	Refractive index at 20°C = 1.35
	0.639	80	89		
	0.496	20	68		Refractive index at 20°C = 1.38
	0.554	80	68		
	0.396	20	37		Refractive index at 20°C = 1.45
	0.439	80	37		

How to determine the cooling time?

EX: **f** and **jc** Factors Equations

K : Thermal Conductivity , w/m.k

α : Thermal diffusivity , m^2/s

D : Average diameter , m

T_i : Initially temperature of the product , $^{\circ}\text{C}$

T_m : Cooling medium temperature , $^{\circ}\text{C}$

T_c : Center temperature of the product , $^{\circ}\text{C}$

V : Air velocity , m/s

h : surface heat transfer coefficient , $\text{w/m}^2.^{\circ}\text{C}$

L : The characteristic length , m

Expressions for Estimating f and j_c factors for the Thermal Center Temperature of Spheres

Biot Number Range

Equations for f and j_c factors

$$\text{Bi} \leq 0.1$$

$$\frac{f\alpha}{L^2} = \frac{\ln 10}{3 \text{ Bi}}$$

$$j_c = 1.0$$

$$0.1 < \text{Bi} \leq 100$$

$$\frac{f\alpha}{L^2} = \frac{\ln 10}{w^2}$$

$$j_c = \frac{2(\sin w - w \cos w)}{w - \sin w \cos w}$$

where

$$w = 01.573729 + 0.642906 \ln(\text{Bi})$$

$$+ 0.047859 [\ln(\text{Bi})]^2 - 0.03553 [\ln(\text{Bi})]^3$$

$$- 0.004907 [\ln(\text{Bi})]^4 + 0.001563 [\ln(\text{Bi})]^5$$

$$\text{Bi} > 100$$

$$\frac{f\alpha}{L^2} = 0.2333$$

$$j_c = 2.0$$

The characteristic length $L = \frac{D}{2}$

$$\text{Biot number } Bi = \frac{h.L}{K}$$

The unaccomplished temperature difference

$$Y = \frac{T_m - T_c}{T_m - T_i} = j_c^{-2.303\theta/f}$$

$$\text{The cooling time } \theta = \frac{-f}{2.303} \ln\left(\frac{Y}{j_c}\right)$$

How to determine the product heating load ?

The heat load must be removed from the food in the freezing process include **precooling**, **phase change** and **freezing**.

(—)The data in Table 3 model :

Thermal properties of food:

m : Food mass , kg

T_f : Initial freezing point , °C

T_i : Food initial temperature , °C

T : Food final temperature , °C

C_{puf} : Specific heat above freezing , kJ / kg · K

C_{pf} : Specific heat below freezing , kJ / kg · K

Q_L : Latent heat of fusion , kJ / kg

Where

(1) The heat load of precooling ,

$$Q_{Pre} = m \cdot Cp_{uf} \cdot (T_i - T_f)$$

(2) The heat load of phase change ,

$$Q_L = Q_L \cdot m$$

(3) The heat load of freezing ,

$$Q_f = m \cdot Cp_f \cdot (T_f - T)$$

The total heat load of food in freezing process

$$Q_t = Q_{Pre} + Q_L + Q_f \quad (\text{kJ})$$

(二)The enthalpy model :

T_r : The reference temperature , °C

T_i : Food initial temperature , °C

T_f : Initial freezing point , °C

T_t : Food final temperature , °C

L_o : Latent heat of water , kJ / kg

$X_s=1-X_{wo}$: Mass fraction of food solids

$X_b=0.4X_p$: Mass fraction of bound water

X_{wo} = moisture content , %

Where

(1)The enthalpy of the food at frozen temperature ,

$$H_t = (T_t - T_r)[1.55 + 1.26X_s - ((X_{wo} - X_b)Lo \cdot T_f / (T_r \cdot T_t))]]$$

(2)The enthalpy of the food at initial freezing temperature ,

$$H_f = (T_f - T_r)[1.55 + 1.26X_s - ((X_{wo} - X_b)Lo \cdot T_f / (T_r \cdot T_f))]]$$

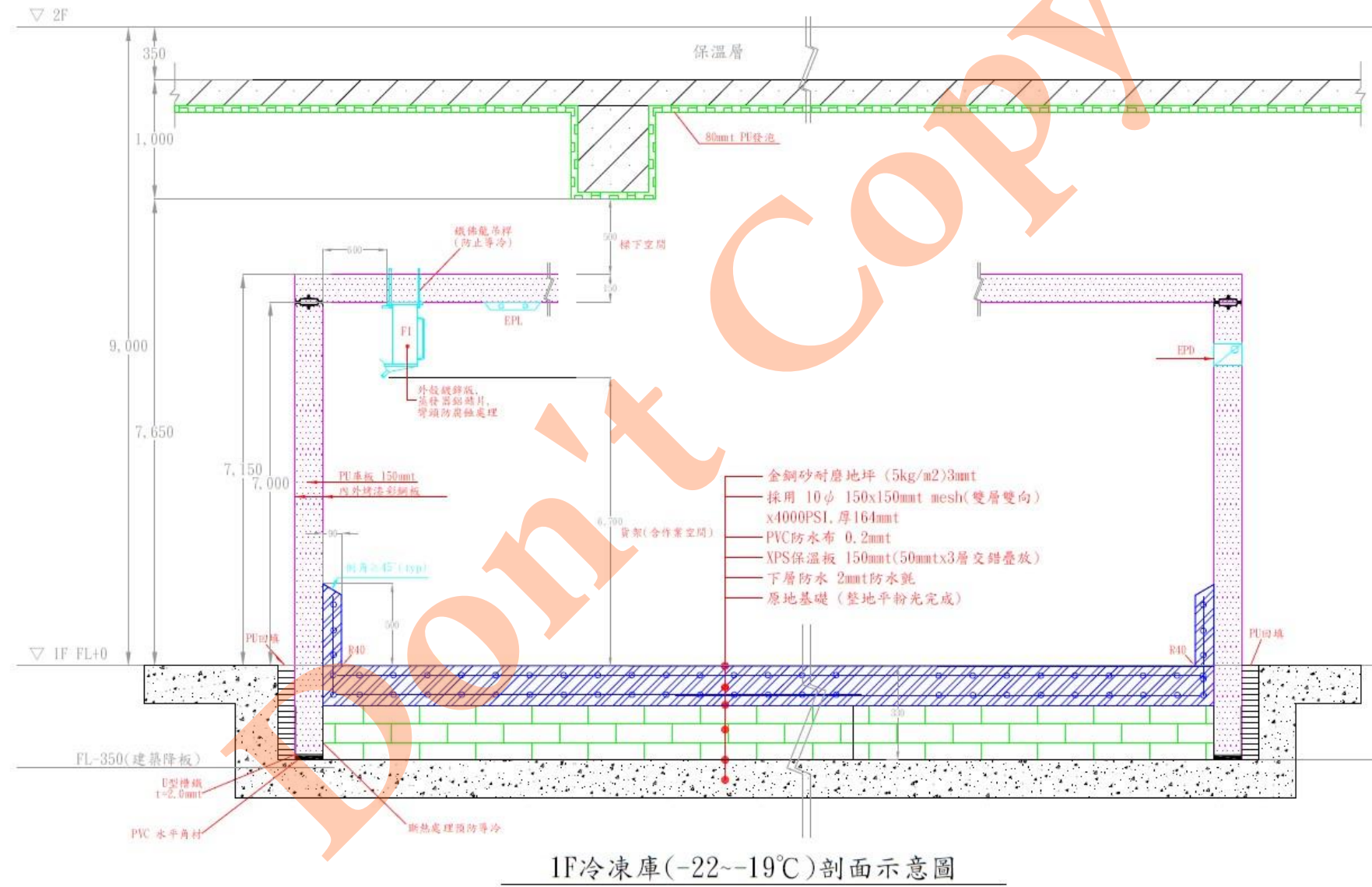
(3)The enthalpy of the food at unfrozen temperature ,

$$H = H_f + (T_i - T_f)[4.19 - 2.30X_s - 0.628X_s^3]$$

Thus the amount of heat removed during the freezing process

$$Q = m \cdot (H - H_t) \quad (\text{kJ})$$

三.庫體設計施工



四.實際案例經驗分享



中央系統滷水冷凍機組施工中



中央系統滷水冷凍機組/配電盤



太陽管冷凍庫



分散式冷媒直膨冷凍機組施工



冷凍冷藏庫冷媒配管施工



冷凍冷藏庫配電盤施工



10~15℃ 貨物暫存區(下吹式冷風機)施工中



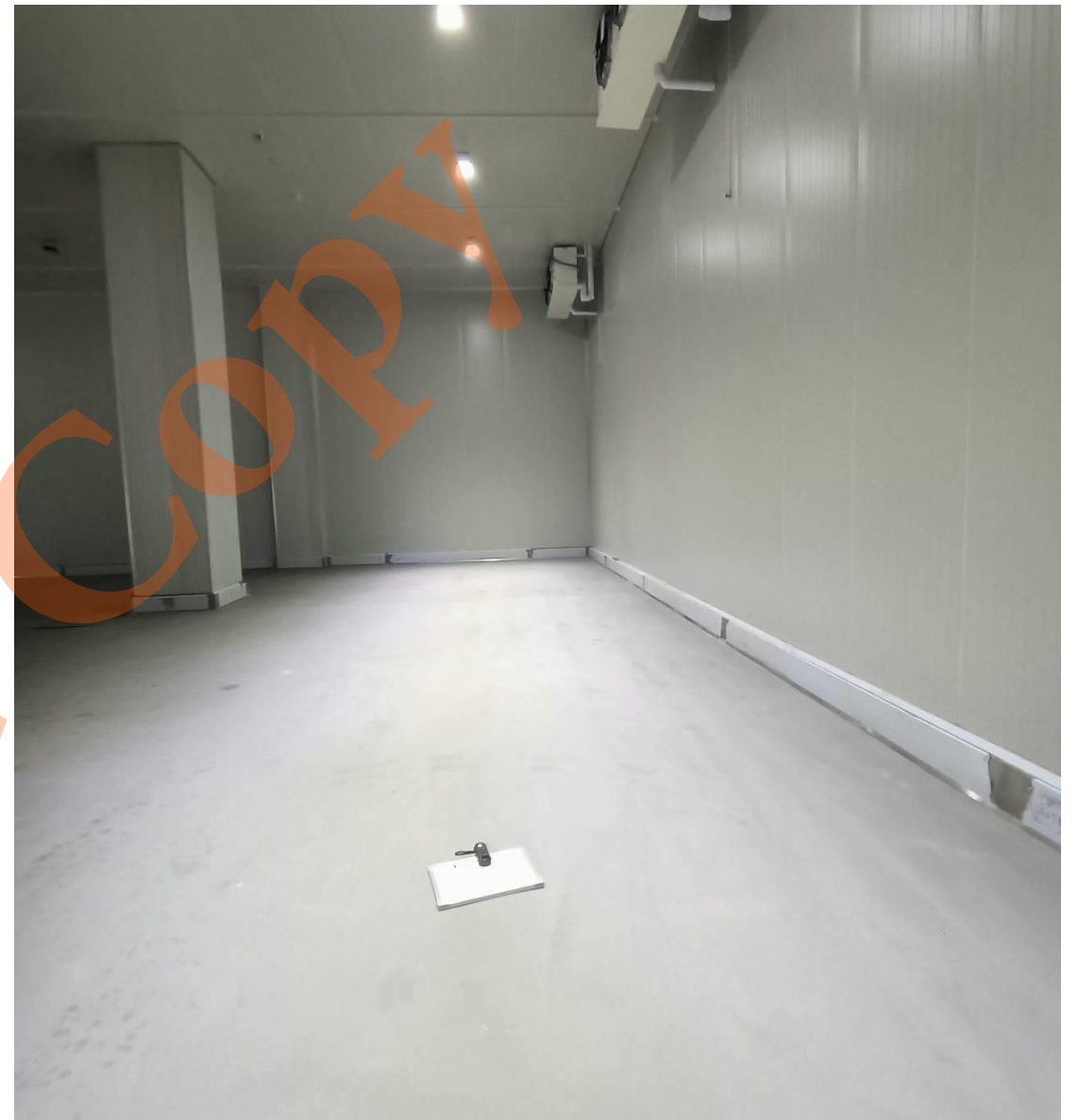
10~15℃ 貨物暫存區(側吹式冷風機)施工中



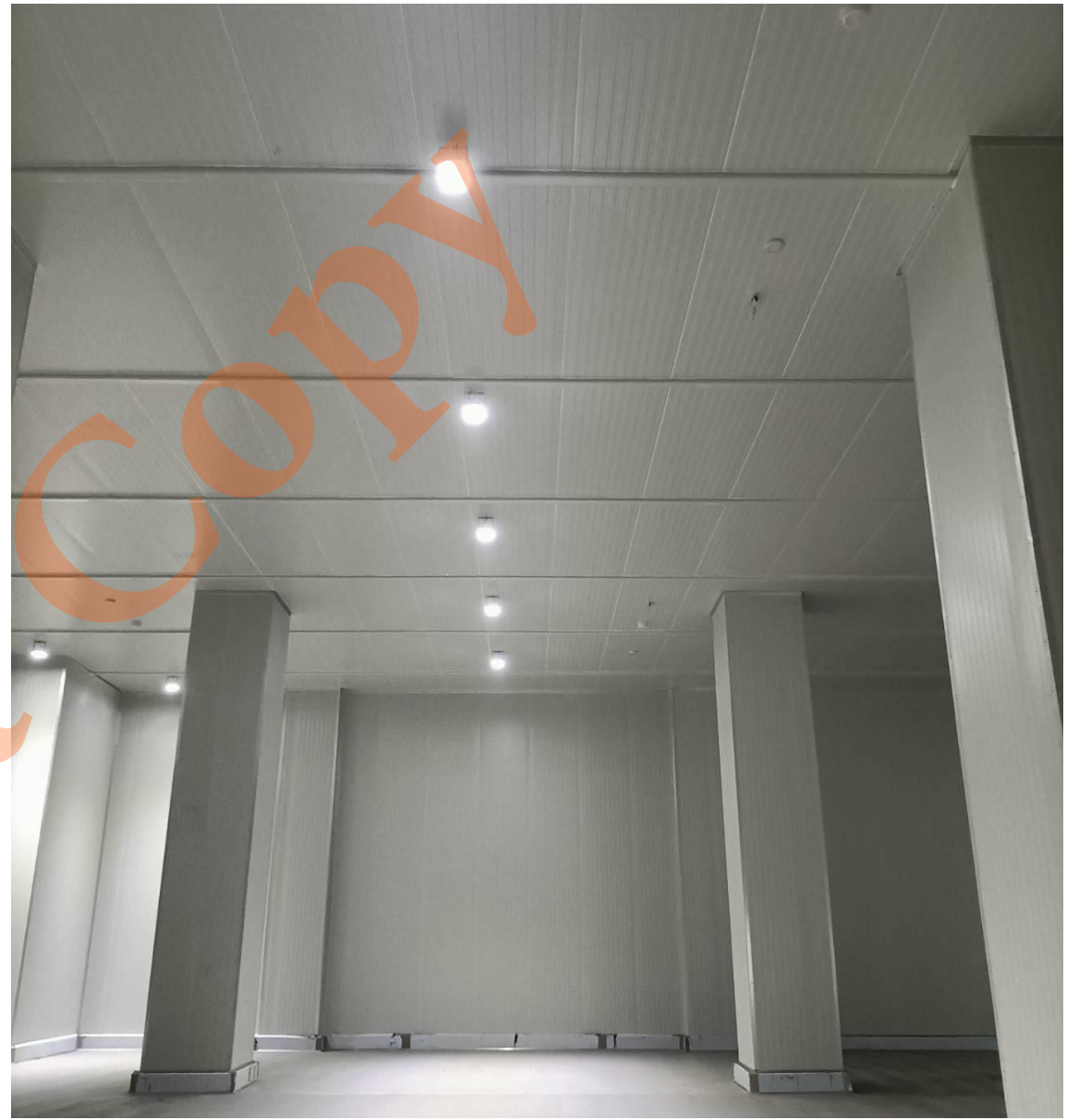
10~15℃貨物暫存區/ -19~-23℃冷凍庫施工中



冷凍庫體施工-PU噴塗



冷凍庫體施工-冷凍庫板組裝



-19~-23℃ 冷凍庫



冷凍庫門口地板電熱施工



10~15℃ 低溫作業區排水溝施工



13~15℃ 低溫作業區(準清潔作業區)



10~15°C 低溫作業區(CL-300K)



潔淨區上方FFU+UV殺菌燈



浮動式碼頭作業區施工



低溫作業區地板未施作斷熱→樓板下方嚴重結露

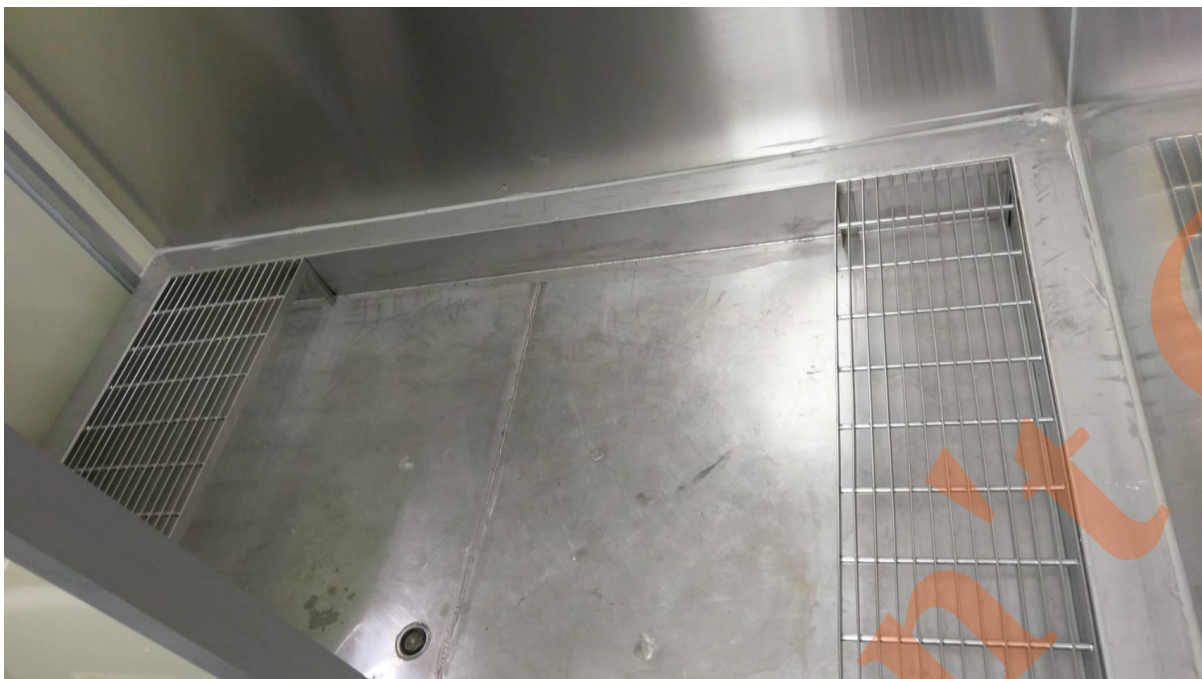


庫板上方通風不良+斷熱層厚度不足→雨天容易結露



低溫作業區使用錯誤庫板→結露





人員進出消毒區



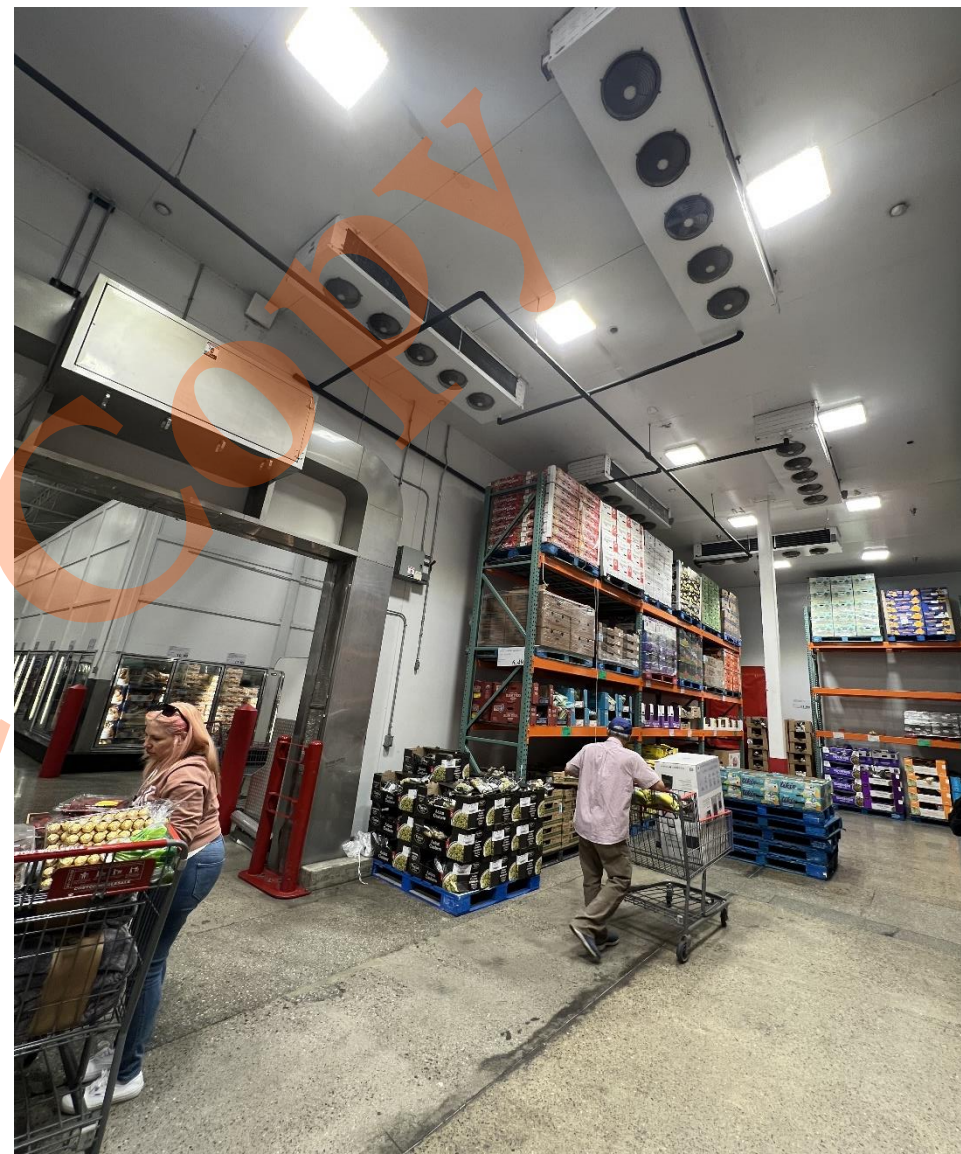
IQF / 低溫作業區



解凍室/低溫作業區



完工後低溫作業區



大賣場新鮮食品冷藏庫及側吹式氣簾

負壓式冷藏庫



青蔥冷卻用負壓式冷藏庫



-10°C ~+40°C x30~80%RH高低温环境实验室

簡報結束、敬請指教

Q&A