陶瓷板（ceramic plate）結霜控制應用

原文刊載於一丞通訊 VOL.31　1998.10.

1. 前言

結霜是冷凍庫中最頭痛的問題，可是這卻又是不得不面對的問題。而結霜導致蒸發器的熱傳效果低落，因此系統需要停機進行除霜，來維持系統的正常運轉。但如果停機除霜，經常會造成庫內溫度的變化，影響冰存的品質。可是爲維持系統穩定運轉，除霜變成冷凍應用必要之惡。日本 PROTECH 公司發展出以電位差的方式來避免空氣中的水分集結成霜，依照該公司的介紹，此一裝置可以有效降低庫內結霜的情形。以下就爲各位詳細介紹如何以陶瓷來進行結霜控制的應用。

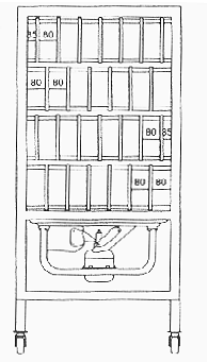
近年來常見冷凍庫或冷凍設備發生各式的結霜情形，著霜程度遍及冷凍庫內的天花板壁面陳列商品，地板或蒸發器周邊等。許多人採取設置前室使外氣無法直接進入庫內，或在出入口之處加裝氣簾、甚至要求使用者儘可能縮短開關門的時間等各項對策，來防止庫內結霜。而蒸發器結霜時的處理對策，通常是使用加熱器（Heater）或熱氣（Hot Gas），每天進行 4~5 次，每次 30~50 分鐘的除霜。

由於結霜常造成系統穩定度與能力發揮的問題，日本冷凍業界爲解決除霜的問題，於是著手研究結霜的控制方法，有廠商開發出陶瓷板（ceramic plate）AFC-800 控制著霜機構（圖 1，表 1），可以成功地抑制控制著霜情形。

表一 規格

品名	50 型	100 型	200 型
板枚數	22 枚	44 枚	52 枚
可能設置容積※	50m^3	50~100 m^3	100~200 m^3
長（㎜）	460	600	700
寬（㎜）	460	600	700
高（㎜）	1300	1500	1500
電源（50/60Hz）	三相 200V	三相 200V	三相 200V
出力（W/h）	50	200	400
製品重量（㎏）	70	144	153

※-25℃為基準



圖一　形狀

本資料由一丞冷凍工業股份有限公司提供

2. 霜的構造

水分子爲 H_2O，霜是由水的分子和分子在 0℃以下時所結合而成，即 $2H_2O$ 的結晶狀態。

冷凍庫內 0℃以下的水份是以六方結晶體的超微細結晶狀態來浮游，它們結合就形成結冰狀態，而重疊就形成霜的狀態。（圖 2）

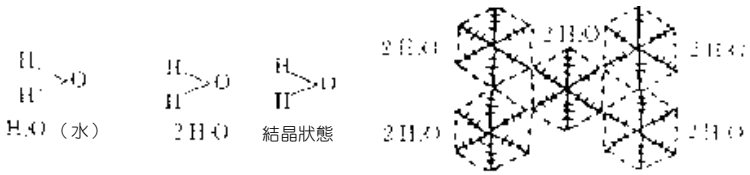


圖 2 六方結晶體連續圖

六方結晶狀態瓦解後，超微細結晶體各個單體是無法再結合，重疊的霜層使結晶變大，但卻無法延續下去。

因結晶是重疊，卻不延續，故必須取得 $2H_2O$ 負電子。

3. 陶瓷板（ceramic plate）

陶瓷板主要成份爲氧化鐵，爲促使各種金屬氧化物反應的一群氧化物系磁性陶瓷（ceramic）（鐵氧體，ferrite）。這種板（plate）可吸收大氣中 VHF，UHF 的電波，使本機和大氣間有 0.076mV 的電壓差。而 $2H_2O$ 的負電子藉由這個電壓差被吸引流入本機。即超微細 $2H_2O$ 是因接觸到板（plate）而使負電子流出（離子交換），故無法組合成結晶體，結合無法延續，霜就不會在冷凍庫內產生。（圖 3）

$$2H_2O \rightarrow H_2O_2 + H_2$$

$$H_2O \rightarrow OH + H^+$$

$$H_2O \rightarrow H + OH^-$$

圖 3　原子離子化

4. 採用陶瓷板對食品的影響

陶瓷板的製作材料與過程中完全沒有使用有毒性以及有害成份的原料，故完全不會危害人體。本產品具有以電氣化阻礙電氣性結合（氫結合）的機能，不會放出物質。根據製品的分析結果得知，不會釋放出一切有害物質，因此不會對冷凍庫內保存的物質造成任何影響。（於愛知縣瀨戶窯業技術中心和食品分析中心所調查的結果）

本資料由一丞冷凍工業股份有限公司提供

5. 著霜控制系統 AFC-800 的特徵

（1）可防止冷卻盤管的著霜，提昇冷卻效率。

（2）防止牆壁，天花板的霜層在除霜時形成水滴落下，可防止儲存商品受水污染致使品質惡化。

（3）提昇除霜作業的安全性，並且縮短作業時間。

（4）防止因地板凍結引起跌倒事故的危險。

（5）降低除霜次數到最小極限，提昇冷卻效率並防止庫內溫度上昇。

（6）本製品中板的壽命和效果是半永久性。但必須注意清除任何造成板表面的油膜和空氣污垢的附著。當因撞擊而破裂時，必須更換新板（plate）。

6. 設置上應注意的事項

（1）本製品基本具有防止霜的發生，著霜情形的機能，故設置前必須完全去除庫內的霜層。

（2）冷卻盤管和風扇同時運轉。（除霜時即停止）

（3）設置後著霜狀態和除霜次數都銳減。

（4）設置於冷凍庫冷卻盤管的下方。

（5）商品不可擋住空氣吸入口，當空氣吸入口著霜時，可用手剝落霜層。

7. 著霜測試的實證

爲確認本產品的效果，委託三洋電機（株）壓縮器事業部進行實際冷凍庫內運轉測試。

在一定時間內進行冷卻運轉，庫內溫度下降至-23℃，同時並放出蒸氣進行強制加濕。從冷卻盤管取下的霜，融化流至排水管再測定排水量，比照有設置本商品時和無設置時不同的排水量，即可證實控制著霜的效果。

（1）測試條件

庫內溫度設定在－17℃~－23℃，並且強制加濕狀態，根據有無設置本製品，可比對測定排水管的排水量。

（2）測試結果

如表 2，沒有設置本製品，在運轉 1.5 小時後，從排水管取得排水量爲 2.2 ㎏，而設置後如表 3 所示，排水量約爲 0.9 ㎏，減少一半以上。在冷凍加濕狀態下，蒸發器的著霜量亦明顯有差別。即使到達庫內溫度，同樣也有明顯的差別。

本資料由一丞冷凍工業股份有限公司提供

8. 從實際的冷凍設備進行檢討

實際運作於冷凍庫時，其效果能否發揮出來呢？綜合食品商社，G 社大阪支店的冷凍庫都進行現場測試（field test）。

表 2　測試結果：無本機連續冷卻－除霜運轉測試

經過時間　hr	1.5	3.0	4.5	6.0	7.5	平均
霜取排水量　kg	0.9	1.1	2.25	—	—	2.25
庫內到達溫度　℃	-23	-23	-22	—	—	-20
霜取後庫內上昇溫度　℃	-7	-7	-7	—	—	-6.3
到達壓力（低壓）kg/㎝^{2}G	0.2	0.3	0.2	—	—	0.3
到達壓力（高壓）kg/㎝^{2}G	14.0	14.7	13.9	—	—	14.1

到達壓力：運轉期間其冷凍機的壓力

表 3　測試結果：有本機連續冷卻－除霜運轉測試

經過時間　hr	1.5	3.0	4.5	6.0	7.5	平均
霜取排水量　kg	0.9	1.1	1.3	1.5	1.55	1.1
庫內到達溫度　℃	-23	-23	-23	-23	-23	-23
霜取後庫內上昇溫度 ℃	-7	-7	-7	-8	-8	-7
到達壓力（低壓）kg/㎝^{2}G	0.2	0.3	0.3	0.3	0.2	0.3
到達壓力（高壓）kg/㎝^{2}G	14.0	14.7	14.8	14.9	14.3	14.5

在二層樓的建築物內一樓部份預設冷凍庫，特別形成著霜嚴重的狀態。

冷凍庫的使用狀況：

（1）保存含水份很多的食品

（2）進出冷凍庫相當頻繁

像以上不良條件，導致各種結霜弊害產生。

弊害之一爲除霜作業，必須用手剝除庫內天花板或附著於商品上的霜層，在-25℃的庫內，霜層可裝 3~4 盆如澡盆（bathtub）大小的箱子。如果在冬季每月進行 1 次除霜作業，而在夏季每月進行 2~3 次除霜作業，則天花板上會有落霜，地板會結凍等危險狀態發生。爲保持-25℃的庫內溫度，冷凍機運轉率應在 55% ~60% ，除霜次數平均 1 天進行 6 次左右。

（1）冷凍庫：9m×8.7m×2.2mH 約 25 坪

（2）庫內溫度：-25℃

（3）目的：冷凍保管

（4）蒸發器：天吊型 2 台

本資料由一丞冷凍工業股份有限公司提供

圖 4 爲 1995 年 3 月 14 日設置本機前的狀況。前次除霜作業在 1995 年 1 月 25 日進行，圖中狀態爲 48 天之間的著霜量。冷凍機運轉率爲 55% ~60% ，除霜次數爲 1 天 6 次。

圖 5 爲 3 月 22 日設置 2 台本機 100 型，開始進行運轉。除霜次數減少爲 1 天 3 次。於 3 月 28 日依然不見著霜的成長，從庫內狀況判斷除霜次數可減少爲 1 天 2 次。

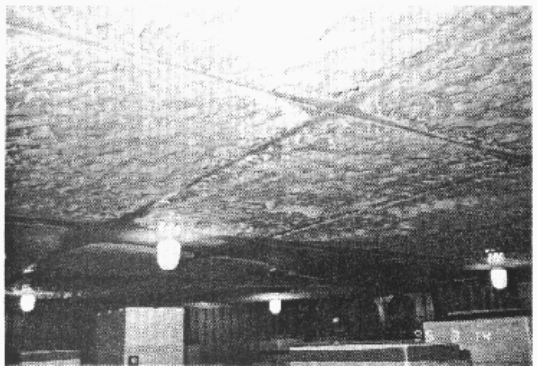


圖 4 裝置前

圖 5 本機 100 型裝置 2 台

圖 6 爲開始運轉後經過 13 天，即 4 月 4 日的情況，幾乎沒有任何著霜情形。經過判斷後，將除霜時間由 30 分鐘縮短爲 15 分鐘，運轉率亦改爲 50% 。

圖 7 是 4 月 18 日即設置後經過 1 個月後的情況，連薄薄的霜層都沒有。

接著設置後經過 2 個月後的狀況，也完全看不見庫內的著霜。對於商品品質的管理與冷凍庫的庫內環境都大幅地改善。

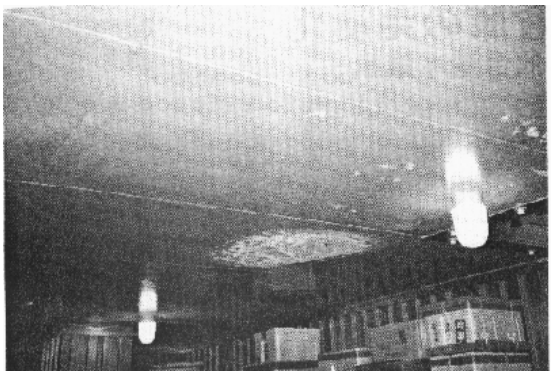


圖 6 設置後 13 日

圖 7 設置後 1 個月

9. 目前的實績

目前除了 G 社設置 5 件小型的冷凍庫之外，有關食肉加工業者設置 6 件，有關一般食品和冷凍食品業者設置 8 件，有關日式糖果製造業者設置 2 件，有關水產業者設置 3 件，有關倉庫業界設置 2 件，其他一般食品販賣，零售商等業者設置 4 件。爲確定實際設置前的抑制著霜效果，事先設置約 30 件本機，目前正實施中。

本資料由一丞冷凍工業股份有限公司提供

經過許多使用者不同用途的運作後，發現大部份最需要消除的著霜區爲天花板與門週邊，接著擔心的便是如何提昇商品品質，改善作業環境，消除冷卻器的著霜，防止地板凍結，省能等各項問題。到目前爲止，對於庫內的著霜問題，雖然有許多對策，但大多數都無法完全消除，就已中途死心了。對於本公司提案的此製品，當初大部份的反應都是容易理解，節省時間且內容詳細。

事先設置有少數發現效果並不安定，但一旦實際設置運轉後，確定其抑制著霜效果極大，故紛紛爭相訂購。

10. 今後的展望與課題

目前 AFC-800 有製作 3 種機型，針對大型冷凍倉庫並確認設置場所等課題，就日本而言，大多數都以現場設置實例來確認商品的效果，針對各種使用狀況，選定推廣範圍，進行商品的開發，很快地，使用者就開始以追求無霜害，舒適的庫內環境爲標的。

本資料由一丞冷凍工業股份有限公司提供