

果物預冷/儲藏設備的環境特性解析系統

原文刊載於一丞通訊 VOL.30 1998.9.

椎名武夫

1. 前言

青果物從收成到消費的整個流通過程中，有幾個節點會使用到冷凍設備。其中最具代表性的是預冷和儲藏。預冷是青果物收成後快速地降低產物溫度，為運送和儲藏前進行保持品質的重要處理程序；儲藏是將周圍環境調節為適合保存產物的最佳條件，以這種方式來維持保存品質。為達成預冷或儲藏的環境條件，必須要作適當且正確的控制。

設備內的環境特性對設備或空調設備的形態，控制方法，產物的配置或量等具有極大的影響力。然而針對預冷/儲藏設備中庫內的環境特性，特別是有關環境分佈特性幾乎無法作系統性的分析檢討。但庫內環境分佈問題所引起產物品質降低的實例卻相當多。

庫內環境特性的解析是根據實測的方法和數值作流體解析，即 CFD (Computational Fluid Dynamics) 方法。實測既有設備上的問題是隨著設備規模增大，解析時間的變化或空間分佈亦逐漸困難，再加上空調設備，吸氣和排氣系統，產物配置等條件，這些變化都會影響實測結果，增加困難度。

近年來針對 CFD 方法有關氣流環境的重現與亂流模式的研討，已有顯著的進展，特別是有關室內氣流。在半導體產業中不可缺少的清淨室 (clean room) 內氣流性狀，都有一連串的研究，顯示對於氣流分佈的再現性預測可以獲得最實用的容許精度。

然而，用 CFD 方法作氣流解析和其他模擬實驗 (Simulation) 一樣，都必須與實測符合。特別是在模擬實驗方式的確立階段，確認其再現性是不可或缺的。

針對設備內環境特性的解析，考慮組合實測和模擬實驗的方式較為有效。將實測與模擬測試合併為一體，為青果物的預冷儲藏設備之環境特性作整合性解析，再進行系統的開發。

本文將介紹新型解析系統，以推動日後的各項研究，給予未來新的展望。

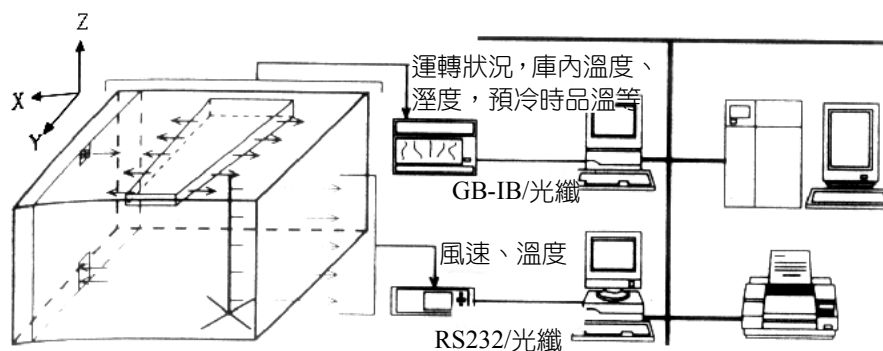


圖 1 預冷與儲藏的量測解析示意概要圖

2. 預冷/儲藏設備的環境特性解析系統

如圖 1 所示，本系統是由大型典型儲藏庫，環境計測機器（環境分佈計測系統，儲藏庫監控（monitoring）和預冷計測系統），數值流體解析系統等所構成，外觀如圖 2~5 所示。

（1）大型典型預冷/儲藏庫

預冷/儲藏庫是以壁板(panel)建造方式，外型尺寸為 9.0L×6.2D×5.04H (m)。壁板為斷熱材料由硬質尿烷泡沫(Urethane foam)所組成，厚度是 42 mm，熱通過率為 $0.42\text{kcal/m}^2 \cdot \text{hr} \cdot ^\circ\text{C}$ 。圖 1 左側面與壁板平行的隔板設置差壓箱，隔板壁板的中央部位下側設置 $0.6\text{W} \times 1.0\text{H}$ (m) 的吸氣口，而上側設置差壓風扇，即所謂中央吸引式差壓預冷裝置。若除卻差壓箱的庫內尺寸為 $8.35\text{L} \times 6.05\text{D} \times 5.0\text{H}$ (m)。

冷卻方式是不凍液(brine)(約 50% 乙二醇(ethylene glycol))方式，不凍液冷卻盤管是氣冷式 14kW。在冷卻組件送風口加裝風管，成為風管送風方式。與風管內送風方向垂直部份，以間隔方式設計排氣口，氣流由試驗庫側面方向吹出。為增強從天花板吹向地板的氣流，於天花板設置四台風扇。

庫內溫濕度是使用數位指示控制計(橫河電機製，UT35)來進行 PID 控制。溫度控制是利用鹽水流量和加熱器輸出(時間比例控制)來進行的。而濕度控制是根據超音波式加濕器的運轉開關來控制的。為調整庫內風速，以及差壓預冷時的風量，冷卻器風扇和差壓風扇等都使用變頻器(inverter)來轉換速度。

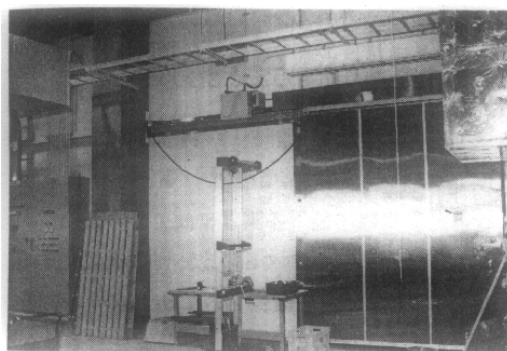


圖 2 大型預冷/儲藏庫外觀圖

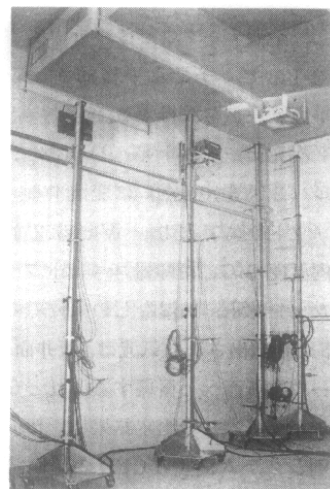


圖 3 天花板風管、攪拌風扇、風速、溫度感測器與探針

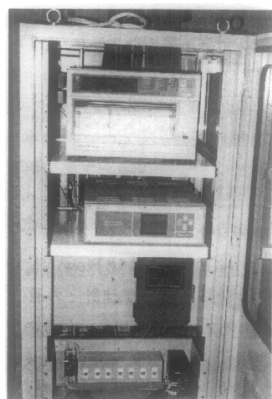


圖 4 多點風速計與記錄器

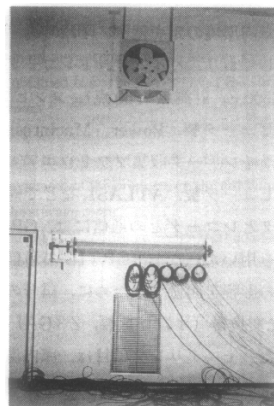


圖 5 差壓風扇、吸氣口、差壓位置

(2) 環境分佈的計測和解析系統

本系統為計測庫內三次元環境分佈，由多點風速計（日本 Canomax 製，Mdel1550，無指向性風速溫度探針 30 支，有指向性風速探針 3 支），裝有探針的可動式電極（pole）6 支，電腦（日本製，PC-9821Xa10），計測和解析軟體（日本 Canomax 製，多點式風速計計測軟體和 Flow View）等所構成。電腦和風速計之間的通信，則利用 RS-232C 界面，信號傳送為防止雜訊進入，採用 RS-232C/光變換器（OMRO 製、Z3RB）和光纖電纜。

(3) 儲藏庫監控和預冷計測系統

本系統主要功能為確認儲藏庫和環境控制機器的運轉狀態，觀測庫內環境的定點，計測預冷時的品溫等項目，由混合型記錄器（hybrid recorder）（橫河電機製，HR2500E，計測點數 60 點），電腦（Apple Computer 製，Power Macintosh 7500/100），即時線上式資料（on-line Data）收集軟體（橫河數位電腦製，ATLAS）等所組成。電腦和記錄器之間的通信，則利用 GP-IB 界面。為避免 GP-IB 通信距離的限制和雜訊的影響，信號傳送採用 GP-IB /光變換器（OMRO 製，Z3GA）和光纖。監控項目有庫內溫濕度、外氣溫濕度冷風吹出溫度、鹽水溫度、鹽水流量、總電力量等。預冷試驗用備有 T 型的熱電偶（素線徑 0.32 mm ϕ ，0.75 級）30 支，靜電容量式濕度檢知（Versara 製，HMM30UBHFS）5 支。

(4) 數值流體解析系統

本系統主要是解析庫內的氣流，熱和物質移動解析等項目，由 EWS（日本惠普製，Hp9000 J200），泛用流體解析軟體（富士綜合研究所製，FUJI-RIC/ α —FLOW，subset 版）等所構成。

3. 庫內風速的計測方法和計測實例

計測風速和溫度的空間分佈可以在平面上配置風速溫度探針 30 點，利用旋轉方式（**traverse**）進行計測，計測終了後，將各測定平面所得 2 次元數據，運用數據結合軟體轉換成 3 次元數據。

在 XZ 平面設置檢知器，在 Y 方向以旋轉計測時如下：

- a. 在探針電極（**probe pole**）的垂直方向（Z 方向），每隔 1m 設置 5 支的風速溫度探針，每間隔 1.5m 在側面和平行（X 方向）並列 6 支電極
- b. 風速和溫度的平面分佈數據（5x6 點）以即時線上式（**on-line**）計測，作成平面數據檔案（**Data-file**）。
- c. 電極（**pole**）以 1m 螺距水平移動，在庫內可取得 6 個平面數據。
- e. 結合 6 個 2 次元數據檔案，轉換成 3 次元的數據檔案（5x6x6 點），進行軟體（**Flow View**）解析。

圖 6 所示庫內溫度為 5°C，冷卻器風扇以 50Hz 運轉，天花板風扇靜止，在加濕的條件下所

計測的範例。從風管吹出的氣流經由天花板面→壁面→地板面→中央斷面循環流動。本測定結果和其他系統類似形狀的設備利用 CFD 所預測的結果是一致。

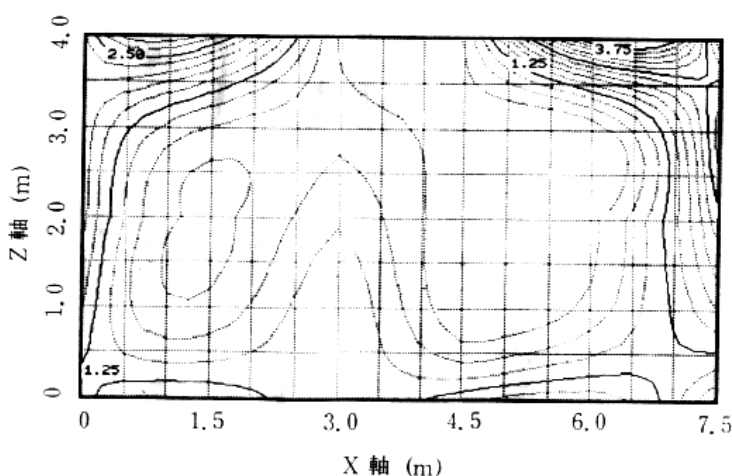


圖 6 庫內的風速分布量測例 (XZ 平面)

4. 數值流體解析

解析最單純的狀態，即設備庫內是空的，沒有熱移動，此時解析程序如下：

- a. 製成風管形狀設定解析空間（包含儲藏庫內側尺寸）
- b. 配置格子（構造物附近的格子間隔必須變細，故應調整網眼（mesh）間隔）
- c. 輸入解析條件（非壓縮性流體解析係數的選擇，吹出風速等界限條件的設定，各種物性值的輸入等）。

之後，將產物放入庫內，形成熱移動的情形，此時解析的必要程序為：a. 生成產物配置的形狀和 b. 熱傳導解析係數結合解析。

目前設置的設備，沒有熱移動時的情況，進行至解析程序，就必須檢討解析條件。今後，實施模擬測試之後，再與實測值進行比較檢討，以確定解析條件。日後，將產物配置於庫內時或有熱移動時進行解析，可利用 CFD 方式來確立預冷，儲藏庫內環境的模擬方法。

5. 總結

20 世紀末的今天，國際糧食的流通相當迅速，然而，糧食生產依然無法追得上人數快速地增加，21 世紀將迎向世界性糧食不足的時代。未來糧食不足的時代，將生產農作物的廢棄率降至最小極限，這種流通技術的開發是極為重要的。

青果物的預冷儲藏設備之環境特性的解析研究逐漸受到重視。今後，不只青果物，還要以整體農作物為目標，開發流通設備的最適當環境控制技術。確立設備設計，運轉條件設定或產物配置的等設備利用的最適當化，以及理想的出貨調度等等技術，使農作物更有效利用，對糧食的安

定供給具有極大貢獻。

其實在台灣許多學術與研究單位都有人能夠從事計算流體的運算模擬作業，但是比較少像日本一樣同時進行實測與模擬的驗證作業。當然國內環境有時限於經費的關係，無法提供實測驗證的條件，也希望將來業界與學術、研究單位能攜手合作，將理論與實務結合，來改善國內農產品儲存的品質。這篇文章提供了在電腦解析與實際應用配合的注意情形，雖然沒有完整的資料，但提出了進行數值模擬與實測的思考方向。