

專 論

稻穀低溫密閉實驗穀倉試驗分析

Analysis on the Experimental Storage of Rice in Low-temperature Warehouse at Lotung

臺大農工系講師

馮 丁 樹

D. S. Fon

臺大農工系副教授

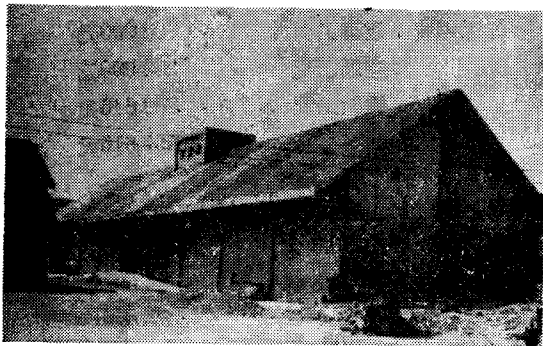
陳 貽 倫

Y. L. Chen

壹、前 言

稻米低溫貯藏之方式，二次大戰前日本即已着手進行研究。惟至戰後其試驗方有正式成果，證明低溫貯藏對糙米品質確實有維護功效。因此，1968年起，全日本即已推廣建造 199 棟；而至 1969 年，已達 1581 棟，總倉容高達 1,945,080 噸；其年成長率高達 70 倍之多。足見其對低溫倉庫推廣工作之積極態度。

我國近年來，由於糧食大幅增產之結果，現有之倉儲狀況已面臨嚴酷之考驗。尤以去、今兩年。糧食不足之情況更顯嚴重，倉滿之為患實已至到處野積之地步。舊有倉儲之改善與新式倉庫之興建已成爲當前最迫切課題之一。政府有關單位鑑于此，乃在六十四年度中央農村建設重要措施、加速農業機械化計劃之分項——「建立新式稻穀倉儲系統」計劃下，在羅東鎮農會建造全省第一座低溫密閉之實驗穀倉乙座。由臺灣大學農工系執行計劃，糧食局、羅東鎮農會合作辦理。于民國六十三年十一月至六十四年八月間實施。並於同年九月底落成並驗收完畢。十月份開始進倉試驗。圖一所示爲該棟低溫倉庫之外貌。



圖一 羅東低溫倉庫外貌

貳、低溫倉庫之一般特性

稻谷本身是一種活體，其貯藏期間是一種休眠狀態。因此仍維持其呼吸作用並消耗其體內部份乾質，而且，由於外界條件之影響，在儲藏期間內亦間接受微生物、昆蟲及鼠類等生物活動之侵害以及化學方面各種因素之變化，諸如水分、酵素及氧化作用等之影響。這些內在之生理現象與外在之生物性活動與變化都必須在貯藏期間控制至最低之程度，方能確保穀物之安全貯藏壽命。低溫倉庫維持倉內低溫之目的亦在乎此。一般言，稻谷在低溫之儲藏環境下，不但可抑制其本身之生理性呼吸，減少養分上之消耗；另一方面，病蟲害之繁殖與活動亦可加以有效制止，以防稻穀品質之惡化。根據河野常盛之研究，低溫倉所需維持之溫度應以 15°C 爲界線。河野氏認爲惟有在此溫度範圍內，谷物之貯藏效果最佳。溫度若低於此界線，冷藏效果雖佳，但容易導致穀物過份乾燥，品質有轉劣之虞；而且在用電方面亦不甚經濟。超過此溫度界限，則因部份病蟲害仍然可以持續活動與繁殖，故其貯藏效果上較爲減弱。然而用電經濟則爲其中之優點。

根據上項低溫標準，一般低溫倉庫可作如下之分類：

1. 低溫倉庫：

此種倉庫在夏季期間，倉內溫度經常維持在 15°C 以下，並附設有加濕設備，以維持稻穀之適當含水率。

2. 準低溫倉庫：

倉庫內溫度在夏天以維持 20°C 爲原則，相對濕度約在 70~80 % 之間。同樣亦裝設有加濕設備，以調節空氣濕度與稻穀含水率。此類倉型可利用舊有

之常溫倉庫四壁添加防潮防熱材料，改裝而成，以節省倉庫之新造費用。

3. 絕熱式倉庫：

以絕熱材料、隔絕外界熱氣之入侵，使倉內溫度雖在夏季期間，亦可維持 23°C 左右。在本省地區，因夏季平均溫度高，故必要時，可加裝簡易之空調設備，以為輔助。

茲將一般低溫度倉庫之優點綜合討論如下：

1. 稻穀貯藏在 15°C 以下之低溫時，其含水率只需維持在 15 % 以內，其呼吸作用即甚為微弱，因此養分之變化極小。兩三年後，其生機仍極旺盛，發芽率亦可維持 80 % 以上，且不失其美味。

2 在 15°C 之狀況下，病蟲害之繁殖大為降低，昆蟲及微生物之活動亦幾乎停止，因此可減少米谷之損耗，提高稻米品質。

3. 在 15°C 狀況下，由於蟲害不生，病菌無法繁殖，故可免除燻蒸作業。如此，則稻谷品質將不致因燻蒸關係而轉劣；同時亦可省却燻蒸費用，減少管理人員於燻蒸期間，遭遇中毒之危險。

4. 含水率 15 % 貯存之稻谷米質較軟，因此碾米所需之動力小，其碾米率亦高。

5. 倉庫建造時，可採取寬度稍窄之走道，而且貯藏時，因無需鋪設稻壳以為絕緣，因此低溫倉庫之倉容可較一般倉庫提高 20~30 %。

6 在低溫狀況下，空氣溫、濕度可自由調節，故其含水率不致於在儲藏期間變化過鉅。

7. 由於管理上可採取自動控制系統，故操作簡便、省時、省工。

8. 根據日人在東京一地試驗結果，低溫冷藏所需之電費若行半年運轉，應不超過普通倉在燻蒸作業期間所需之費用。故其費用就整個成本結構言，仍屬有利。

9. 稻穀若能在低溫狀態下貯存，其米糠部份之品質與養分不易變壞，故仍適合於榨油之用。

以上所舉之優點，不過是有形之數端，事實上有些利益則是無形的。在國內，政府以往對糧食之觀念一向只偏重其生產幅度。而忽略其貯藏品質之重要

性。是以市面上所售之陳米與新米，其價格差別甚鉅。因此每當新米上市時，常易造成糧價波動。此種價格上之差距部份雖源自人民之喜好，但絕大部份原因還是基於稻米本身之品質差異所致。無疑地，由於近年來生活上之安定以及國民所得之提高，人民對米質之要求標準已從以往「量的填飽」觀念逐漸轉變至「質的吃好」觀念。無論如何，這是一種可喜之現象。但是，反觀我們目前現有之倉儲系統，似乎並無追循此種觀念所演變之軌跡，加以配合改善或計劃興建之跡象。據有關資料顯示，谷物在倉儲期間所產生之黃黴毒素致病之問題已在國外受重視，則稻米品質所引起之國民健康問題更不容忽視！惟有良好之米質才能對國民之健康有所俾益。而至目前為止，惟一最佳維護米質之方式則是低溫貯藏，其成本雖嫌高昂，但其收益則是無形而難以估計的。日人戰後在此方面所作之努力已遠超越我們，這點足為我們借鏡。

叁、羅東低溫倉建造之目的：

1. 減低由高溫、潮濕與蟲害所造成之損失。同時改善貯存環境，以期稻穀能在倉庫內作較長久之貯存而仍具較佳之品質。

2. 利用機械化進出倉設備，減低進出倉時間與成本，並解決勞力之缺乏問題、降低管理費用。

3. 以本密閉實驗倉所測定之效能作為將來新倉與舊倉改善計劃之參考。

肆、實驗倉之一般資料：

1. 建坪：450 平方公尺（136 坪）

2. 倉容：1 200 公噸

3. 建材：鋼筋混凝土，另加防潮與防熱材料

4. 進倉能量：每小時 10 公噸，由箕式提運機配合螺運機進倉

出倉能量：每小時 5 公噸，以移動式螺運機出倉

5. 工程費：建築工程 1,900,000 元

空調工程 268,000 元

機械工程 289,616 元

共 計 2,457,616 元

6. 單位（噸）成本：建築方面	1,583.3元／噸	77.3 %（比例）
空調方面	223.3元／噸	10.9 %
機械方面	241.4元／噸	11.8 %
總 計	2,048元／噸	100 %

7. 設計溫度：20°C（夏天）

濕度：低於 70 % R. H.

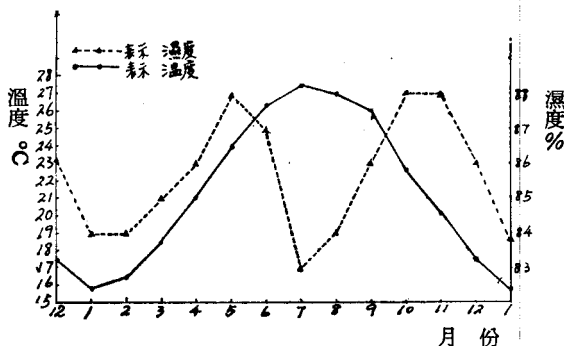
8. 估計最高電費：50,000 元/年

9. 倉庫外貌如圖一：內部平面圖如附圖一，其通風管道如附圖二。

伍、設置本低溫實驗倉之基本考慮：

一、採用準低溫：

宜蘭羅東地區，高溫潮濕，年平均溫度約為 22°C，相對濕度 86 %；冬季正月之平均氣溫為 15.9°C（參閱圖二）。在此種氣候條件下，若欲採用低溫貯藏方式，使倉內溫度維持低於 15°C 時，其空調設備必須終年運轉，方能達到目的。如此每年電費將不勝負荷。基于此，倉內溫度乃採用低於 20°C 之準低溫方式，使空調設備每年有五個月期間之休閒機會。而其他七個月之使用期間，運轉電費亦將大為減低。雖然此時之冷藏效果較差，且其他病蟲害之抑制情形亦將有所變化。但此種變化亦將列為本試驗擬加探討之對象。



圖二 宜蘭羅東地區之溫、濕度月變化

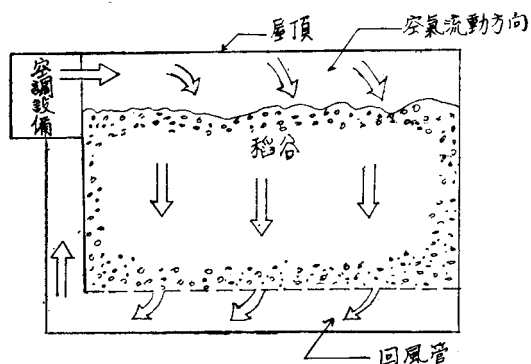
二、採用密閉方式：

羅東一地，濕氣極重已如前述（參閱圖二），為防止外界濕氣入侵以及各種昆蟲、細菌、鼠類等之繁殖與困擾，密閉方式之儲藏顯得更為重要，有關密閉方式貯藏之效果已於去年加以實地試驗，其結果十分良好（見農工學報第 21 卷第四期，作者所著）。故密閉式之採行對羅東之特殊地區應極有幫助。

三、採用密閉通風循環方式：

為維持倉庫內部稻谷溫度均一，防止因水分移轉而產生之局部發熱，以至變質之現象，乃採用密閉式之通風循環。並使通風系統與空調系統合而為一，其風路流程則如圖(三)所示。

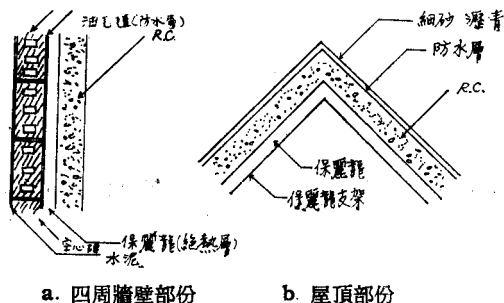
此時亦可藉空調設備之吸濕作用，降低倉內濕度。使稻谷含水率隨倉內濕度降低至安全之貯藏狀況。



圖三 冷空氣在倉內之循環方向

四、絕熱與防水系統：

為防止外界熱氣與雨水入侵，倉庫四周及屋頂均分別利用絕熱與防水材料與外界隔絕，其屋頂與牆壁四周之絕熱層與防水層之分佈情形如圖四所示。



a. 四周牆壁部份

b. 屋頂部份

圖四 倉庫屋頂與四週之防潮、防熱層剖面圖

五、結構上之考慮：

在結構上，均採用鋼筋混凝土為材料，並加強兩側底部，使其能抵抗貯谷期間之強大側壓（參閱圖五之施工情形）。同時，為顧及將來數棟同型式倉庫並聯使用之可能性，乃將中央通道預留空位，以利卡車通過，為將來卡車散裝卸谷之用。倉容因此較富有彈



圖五 低溫倉庫地基施工情形

性，可適應大小不同農會，視其財力、空間與實際需要，以供將來添置與擴充。

倉頂部份則採取 37 度之傾斜面，以加速雨水之宜泄，防止其滲漏。並且具有較佳之強度之抵抗颶風之破壞，減低保養與修理費。同時利用稻谷休止角接近 37 度之原理，節省材料量而獲得最大倉容。

陸、基本試驗

一、試驗之目的：

本低溫倉庫落成之後，立即進行稻谷儲藏試驗，其試驗之目的有：

1. 研究在本省之氣候環境下，儲藏溫度與稻谷品質之變化關係。
2. 研究在不同相對濕度下，對稻谷貯藏後之品質變化情形。
3. 研究低溫倉對病蟲鼠害之控制情形。
4. 瞭解低溫倉在本省地區之可行性。

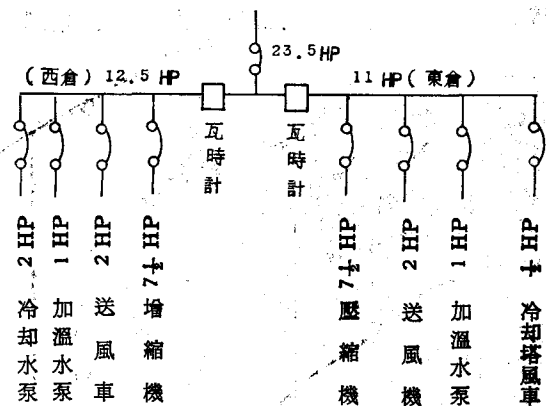
二、實驗之步驟與方法：

1. 設備：利用羅東鎮農會新建之準低倉庫壹棟，分東、西兩倉進行試驗。
2. 儀器：利用四組 Nieuwkoop B. V. Holland, Model AS-100 型多點式溫度指示器。每組可得 12 測點，每倉分配兩組，共 24 測點。
3. 實驗設計：

(1) 各倉之溫度與相對濕度原則上控制在下列範圍：東倉 20°C；60% R. H.；西倉 25°C，75% R. H.；西倉在溫度與濕度上均較東倉為高。

(2) 空調系統之電路配置：

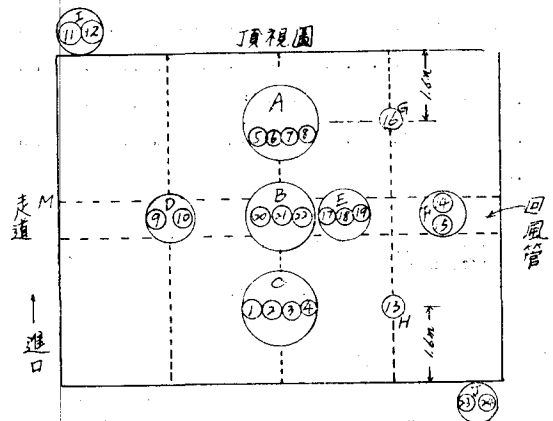
空調系統所需之動力總計為 23.5 HP。其中東倉 11 HP；西倉 12.5 HP。其主要線路配置圖如圖六，冷氣配置部份請參閱附圖二。



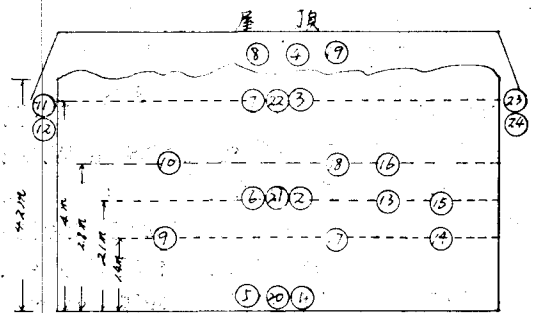
圖六 低溫倉空調系統之動力配置圖

(3) 溫度探針之配置：

溫度探針分上中下三層設置，共四組橫向排列，縱向則分前、中、後設置。四周之溫度探針較少，故改用上、下兩層。圖七 a 為東倉頂視圖，共測十處，每處分上中下各有一至四隻探針不等，其側視圖位置如圖七 b 所示。A 與 C 兩處各有四點，最上層分別測該層之稻谷表面溫度。I 與 J 兩處各為外界溫度與濕度，同時亦作為溫度指示器校正之用。A、D、C 與 I 等處由指示器 1 掌管，設於走道 M 處；另外 E、F、G、H 與 J 等處之探針則由指示器 2 負責，設於倉外走廊之 J 處，指示器另以金屬外壳保護，以防日晒雨淋。其各層之高度與探針位置如圖七 b 所示。

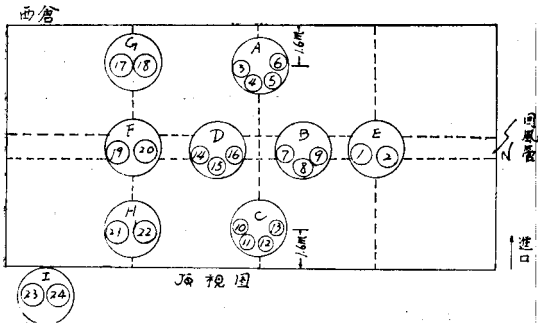


圖七 a 東倉溫度探針測點位置 (頂視圖)

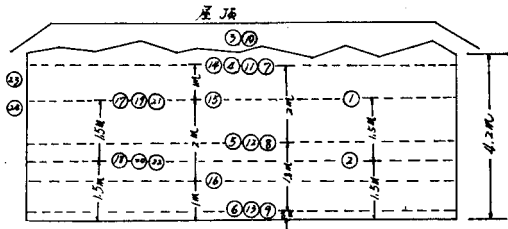


圖七 b 東倉溫度探針測點之側視位置

西倉溫度探針之安排如圖八 a 與八 b 所示，其中 A B C E 等四點之探針由走道 N 處之指示器 3 負責；其餘 D F G H I 處由 I 處之指示器 4 負責。I 處之兩探針主要測定西倉界之溫濕度。A 點與 C 點最上層之探針係測定谷層表面之溫度。



圖八 a 西倉溫度探針測點分佈之頂視位置



圖八 b 西倉溫度探針測點之側視位置

(4) 樣品取點位置：

樣品每三個月取測乙次，以進行品質分析。因為缺乏取樣儀器，故中底層之取樣十分困難，底層部分僅能由出倉口處取出。其餘則取自頂層。東西兩倉之樣品取測位置如圖九所示。

西倉			走道	東倉		
W6	W5	W4		E4	E5	E6
W3	W2	W1		E1	E2	E3
W9	WB2	W8		E7	EB1	E8
	WB1	W7		E8	EB2	E9

圖九 樣品取測點位置 (B為底層)

三、進出倉試驗資料：

(一) 進倉部份：

1. 稻谷品種：蓬來 641 號
2. 進倉日期：民國六十四年八月廿一日至十月十七日。
3. 進倉平均速率：每小時 14 公噸 (規格 10 公噸/小時)
4. 進倉穀量：東倉 607,740 公斤 (進倉 10 日)
西倉 612,037 公斤 (進倉 17 日)
合計 1,219,777 公斤

5. 稻谷含水率：東倉 11.7 %

西倉 12.5 %

6. 輸送機破損率：0.25 %

(二) 出倉部份：

1. 出倉日期：

東倉：民國六十五年十一月三日至廿五日，共計 18 日 (中間四日休息)。

西倉：民國六十五年十一月廿五日至十二月廿日共計 20 日 (中間六日休息)。

2. 平均出倉速率：東倉 33.76 噸/日

或 2.8 噸/小時 (白天)

西倉 30.6 噸/日

或 2.5 噸/小時 (白天)

3. 加工量：東倉 糙米 479,100 公斤

碎米 1,700 公斤

西倉 糙米 481,880 公斤

碎米 2,968 公斤

4. 碾米率：東倉 碾糙率 78.83 % 碎米 0.28 %

西倉 碾糙率 78.73 % 碎米 0.48 %

5. 稻谷含水率：

東倉 11.5%~12.0%

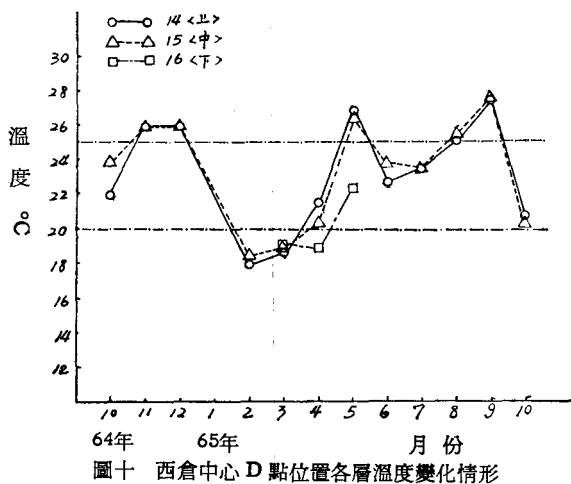
西倉 11%~11.5%

四、低溫倉儲資料初步分析：

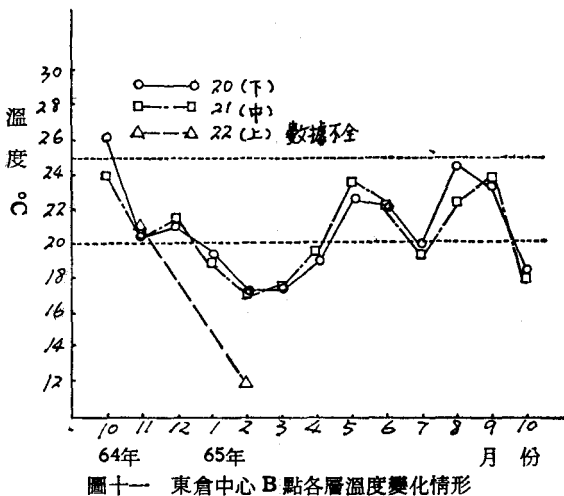
1. 溫度上之變化：

原則上東倉溫度約維持在 20°C；西倉在 25°C。但事實上，由於各種外界變因之存在，倉內各溫度極難維持均一。根據實驗結果，兩倉溫度實際上仍在 20-25°C 之間。故空氣調節設備之性能尚無法達到所要求之條件。惟大體上言，溫度在同一點之各層變化極微，此可說是閉路循環通風之效果。圖 (十) 為西倉中心部位之一代表點 D 之溫度變化圖。圖 (十一) 為東倉中心 B 點之溫度變化圖。兩倉中心各層溫差不大，但變化則不甚有規則。東倉中心第 22 支探針發生故障，故未能有正確指示。將上述兩圖比較時即可以看出：西倉溫度較高，其溫度範圍約在 20°C~28°C 內變化；東倉溫度則在 18°C~23°C 之間，其平均溫度約在 20°C 左右。但兩倉溫度上之變化均有一共同之現象；在 10~12 月份間，溫度偏高。顯然稻谷進倉時之餘熱尚在。一般農民繳交稻谷常怕水分回潮，均於晒乾後立即送交農會，故進倉溫度甚高。十二月間，西倉之溫度因控制在 25°C 左右，因此外界溫度雖然已經很低，但倉內溫度仍未能隨外界下降足見稻谷本身之絕熱與倉庫之絕熱性能相當強

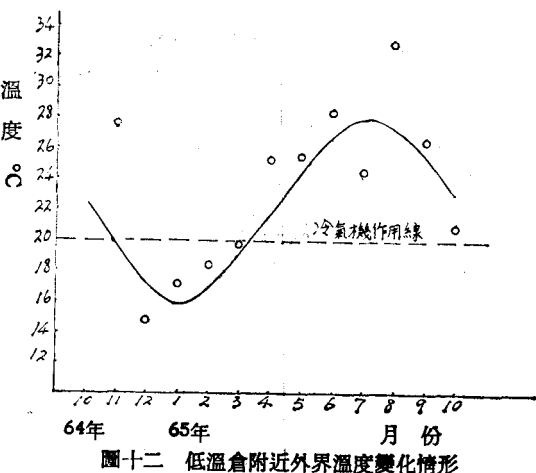
大。由圖十二得係，冷氣機之作用線約在 20°C 左右，故在 11 月中旬至翌年三月，約有四個多月期間冷氣機可以停機不用。



圖十 西倉中心 D 點位置各層溫度變化情形



圖十一 東倉中心 B 點各層溫度變化情形

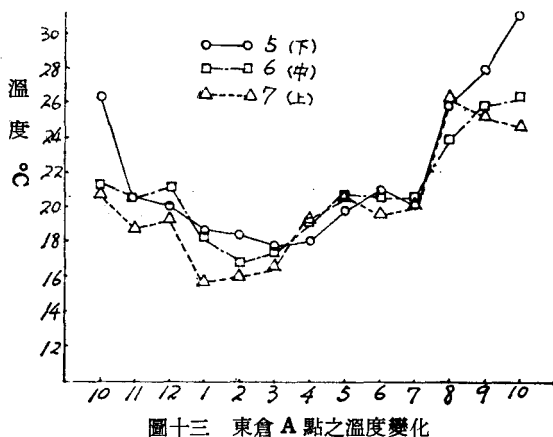


圖十二 低溫倉附近外界溫度變化情形

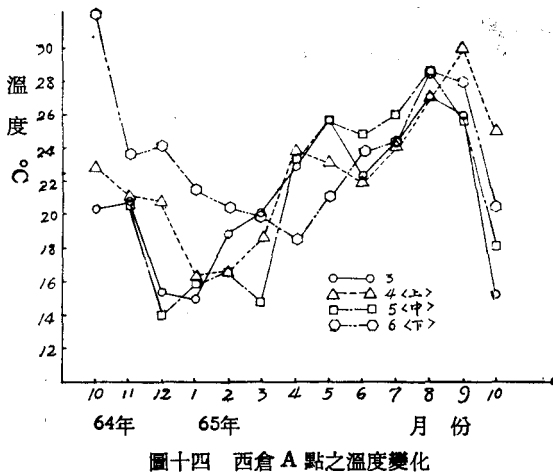
今再就兩倉之 A 點 (中北角) 位置作一比較，此點正好均面臨北方，穀溫因此稍低。大體上言，各層溫差不大，惟溫度之層次仍以底層較高 (參閱十三及十四)。中層次之。上層再其次。因為回風管安放在正中央，故正北位置底層風量較不易均勻。(參閱附圖一) 顯然底層溫度偏高之現象受回風管位置之影響較大。因此，未來回風管路之設計似應考慮增加風道數目，以利均勻通風。西倉 A 處之變化在整個過程中較不規則，但在八、九兩月冷氣機發生故障，其溫度差異則較小，九、十月間，修護過後，差距再次拉大，但上層溫度仍維持在 25°C 以下。

在位置離冷氣機偏遠地區之溫度變化情形可參閱圖十五與圖十六所示。其溫度變化幅度略與外界相似，故受外界影響似乎較大。東倉溫度較為偏高，平均約在 23°C 左右。顯然冷氣機之空調性能尚嫌不足。

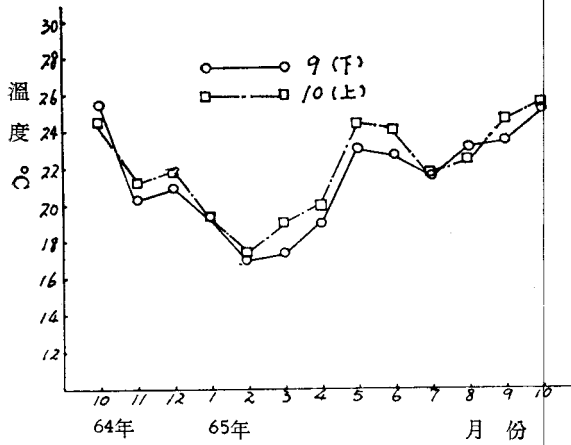
由上述兩圖加以比較，兩者上下層溫度差均甚小，而底層仍略較頂層為高。



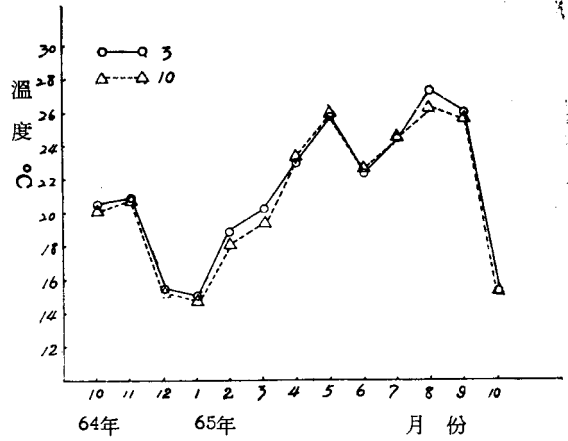
圖十三 東倉 A 點之溫度變化



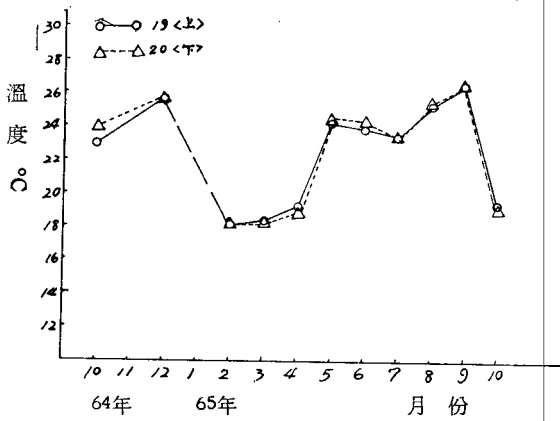
圖十四 西倉 A 點之溫度變化



圖十五 東倉 D 點偏遠位置溫度變化



圖十八 西倉倉頂表層之溫度變化



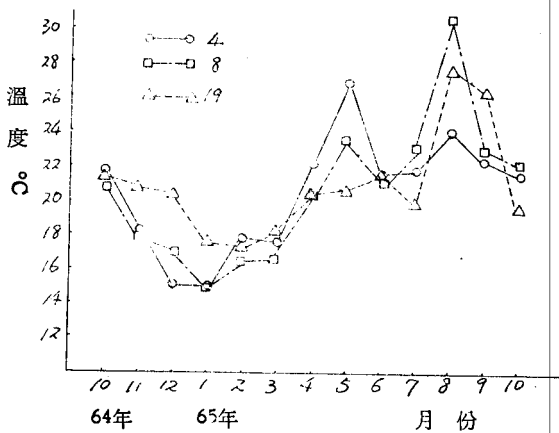
圖十六 西倉 F 點偏遠位置溫度變化

各倉倉頂稻谷表層溫度之變化情形則如圖(十七)與(十八)所示。因為其空氣直接自冷氣機而來，又最快與屋頂接觸，故其變化最為敏感，因此，受冷氣機與外界溫度之影響亦最大。在 10~12 月份內，各

冷氣機雖有故障，但因外界氣溫仍低，故其溫度均能保持 20°C 左右，但至翌年春，冷氣機故障次數增多，故在 4 至 5 月間與八月間，內部溫度隨外界大幅上升，雖然此時內部變化較為遲緩，但在一起一落之間，極易間接促成蟲害之發生。由此可見，空調設備之中途故障，極易使倉內溫度發生變化，影響稻米儲藏之成果，尤以表層為甚。對於病蟲害之控制，亦有極不利之影響。

就整個倉庫系統之溫度變化通盤考慮則是最重要的。因為熱點 (heat point) 之產生，有時極難預料或測定。故若能利用氣象上之等溫線圖之方法，稻谷層內發熱處應較容易顯示出來。此法應用於普通倉尤佳。

圖十九至圖廿一為東倉 10 月份，12 月份與翌年 3 月份之中央橫剖面與縱中剖面溫度變化圖。在東西向橫剖面方面，東倉因東半部先行入倉，故溫度最高區域在中底層部位，此時平均溫度約在 25.9°C 左右。由此溫度梯度圖顯示，冷氣自左上方方向右下方推進，溫度之標準差約在 2.3°C 間，顯然冷氣之分佈尚不够均勻。縱剖面之方向亦顯示此種現象，底層溫度均較頂部為高。至 12 月份時，由於冷氣通風與外界溫度降低之影響，溫度已大為降低，平均約為 20.8°C；其最熱地區則往左上方移動。此時各點之平均偏差僅及 0.6°C 左右，堪稱均勻。由圖廿之等溫線分佈，亦可看出冷空氣吹送之方向與分佈。就縱剖面之分佈情形看，熱點則有往中間移動之現象，由於此時溫差僅及 0.7°C 故冷熱之區分並不顯著，亦無甚大意義。



圖十七 東倉倉頂表層之溫度變化

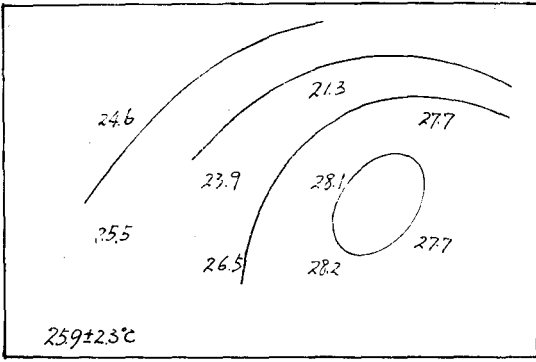
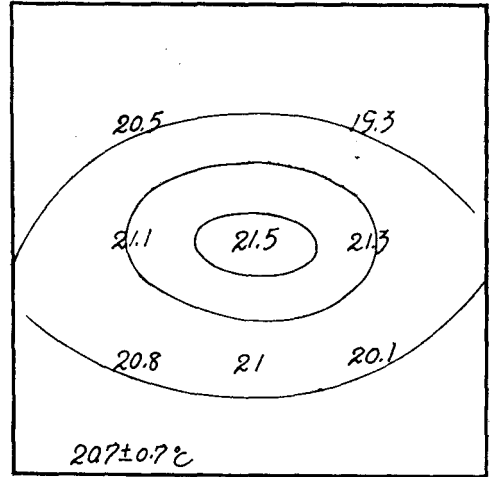


圖 19-a 東西向中央橫剖面



b. 南北向谷倉中央縱剖面

圖廿 東倉 12 月份橫剖面與縱剖面等溫線圖

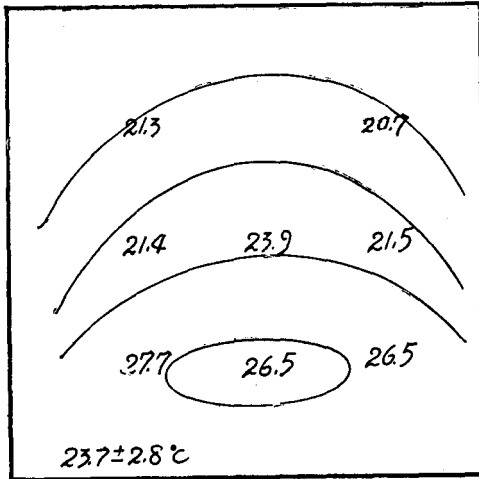
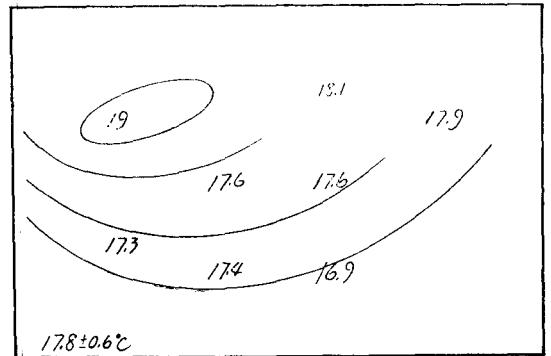
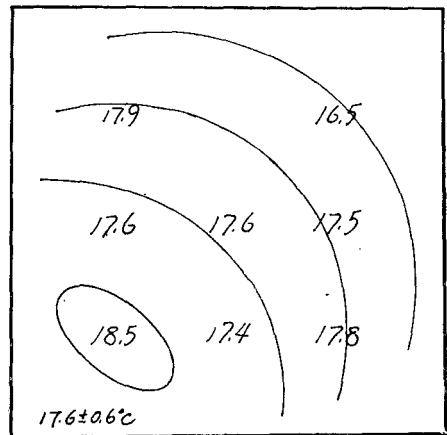


圖 19-b 南北向中央縱剖面圖

圖十九 東倉 10 月份橫剖面與縱剖面等溫線圖

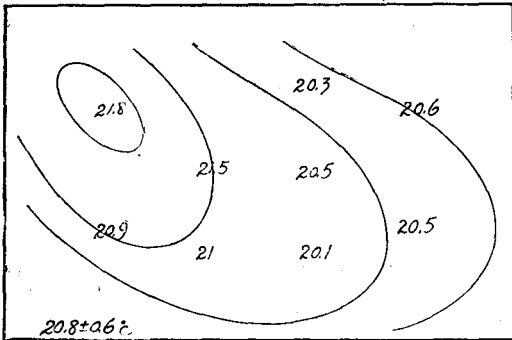


a. 東西向橫剖面



b. 南北向縱剖面

圖廿一 東倉三月份橫剖面與縱剖面等溫線圖

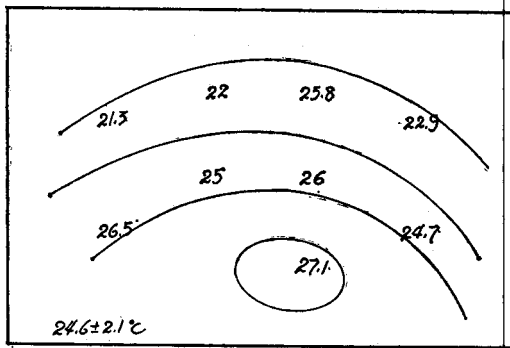


a. 東西向谷倉中央橫剖面

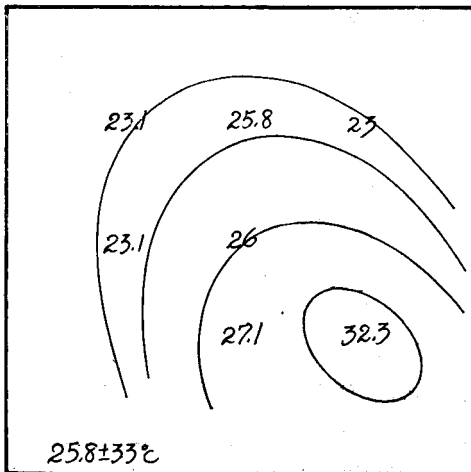
南北向中央縱剖面圖第廿一圖係過冬後外界溫度逐漸影響內部之情形，其平均溫度甚低，約在 17.8°C 左右。頂層溫度較高，可能受太陽直射之影響甚大。

西倉之十月份與三月份橫剖面與縱剖面等溫線分佈如圖廿二與廿三所示。十月份該面平均溫度為 24.6°C 與東倉約略相同，其分佈線亦大略相似。十二月份時平均溫度降為 23.9°C ，比東倉略高，縱剖面之分佈情形亦然，以底層溫度最高；其三月份之溫度回升則較緩慢，兩剖面之平均溫度均在 18.6°C 左右與東倉相差約為 10°C 。惟各點差異甚微，其等溫線圖較難準確劃分。兩剖面所顯示之溫度仍以底層為高。

各圖中，縱剖面之等溫圖形並不一定與橫剖面者相似，其最熱區域亦不一定集中在中心部位，可能受日光照射因素或風道阻力方面之影響所致，大體上言，中央橫剖面受冷氣通風之影響較深；而縱剖面則受四壁傳熱狀況影響較大。

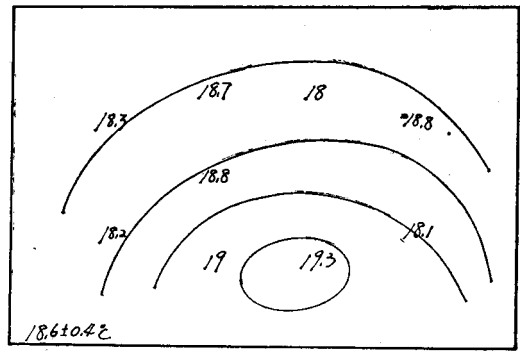


a. 東西向橫剖面分佈

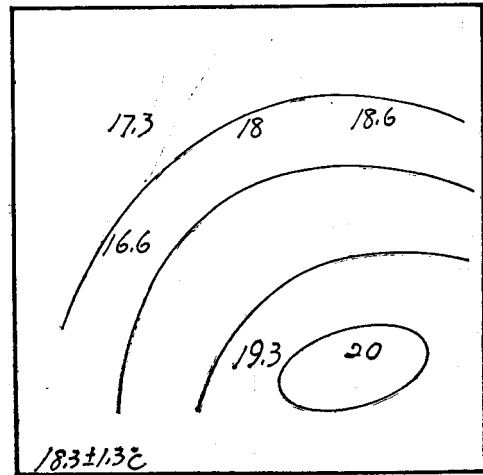


b. 南北向縱剖面分佈

圖廿二 西倉十月份橫剖面與縱剖面等溫線圖



a. 東西向中央橫剖面分佈



b. 向北向縱剖面分佈

圖廿三 西倉三月份橫剖面與縱剖面等溫線圖

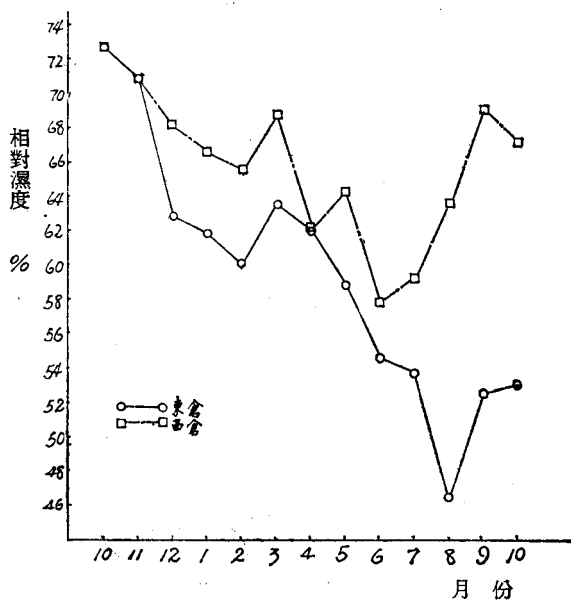
2. 倉內濕度之變化

兩倉之相對濕度東倉原設定在 60%；西倉為 75%；但後來因為空調設備屢有故障，其相對濕度未再加以控制。故倉內之濕度乃逐月下降。由圖（廿四）所示，在試驗之初，兩倉之濕度大約相等，在 70% 左右，緊接着各倉即隨月份下降，四月份間雖曾有另一度相等，但西倉之相對濕度仍然較高。六月份前，兩倉之相對濕度仍繼續下降，七月後西倉開始回升，但東倉則至八月後方始回升，但與原設定值仍有一段距離。東倉平均較西倉為低，其差異約在 5% 之間。由圖（廿四）中顯示，相對濕度顯然過低。故今後空調設備之設計，必須使加濕設備能隨時起用，以維持適當之濕度水準。

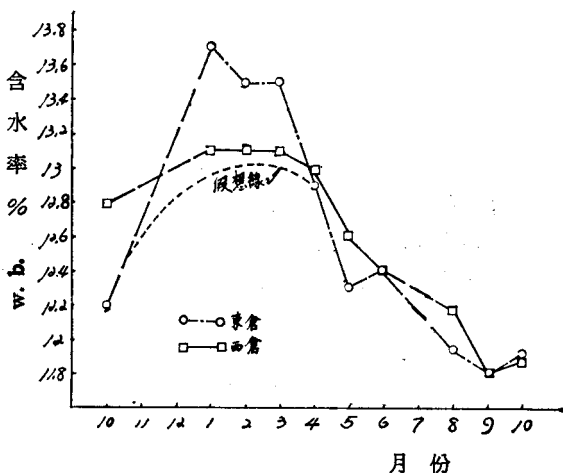
3. 稻谷含水率之變化

含水率之變化情形與倉內相對濕度之增減有密切之關係。相對濕度愈低，其最終平衡含水率亦必相

對降低。其變化曲線如圖廿五所示。試驗初期東倉稻谷之含水率較西倉者為低。但正月至四月期間，東倉取測之樣品其含水率均較西倉為高，其間是否因機械故障或人為取樣之誤差等所致，則很難判斷。東倉含水率較合理之變化應如圖廿五中之虛線所示。



圖廿四 東西倉內部空氣相對濕度之變化情形



圖廿五 東、西倉內稻谷含水率之變化

依照一般儲藏上之法則：保存稻谷水分愈低情況下，其安全貯藏期限愈能延長。低至 14 % 時約可貯藏乙年，12 % 時則可貯藏 2-4 年以上。雖然如此，據實驗得知，含水率若過分降低，對米質言亦非良好之現象。因為水分降低過多，常易導致胴裂、碎米增

加。故貯藏期間，含水率應有合理之範圍。理論上，低溫倉內稻谷之貯存，其含水率可允許高至 15 %，但溫度必須維持在 15°C 以內。溫度若偏高，則含水率必需再降低方可保持相等壽命。但此次所試驗之對象為準低溫倉庫，其倉內溫度僅及 20~25°C 左右。故其水分必須降低至 15 % 以下貯藏方能達到維護品質之目的，及保持安全久葬之效果。但，如此對未來出倉加工作業反而有不利之影響。照舊有倉庫之一般出倉狀況計，其加工時之含水率約在 14%~16% 之間，而若以 13 % 出倉，其失重將在 2 % 以上。換言之，每噸出倉之稻谷，因水分失重農會要損失 20kg 之譜。

就加工技術之角度言，在含水率低之狀況下加工時，碎米率增大，碾率降低，此皆為各農會所不願見者。而且，據以往資料，稻谷在 15 % 含水率時，米質較軟，碾米效果最佳，其所浪費之動力亦少。因此，未來若欲配合出倉加工作業，最好在出倉前二至三個月內停止冷氣機之操作，改用外界常溫通風使稻谷含水率自然增加。因為稻谷水分含量與外界濕度有一定之平衡關係，且由於羅東地區相對濕度終年均在 80% 以上，故若連續予以通風二至三個月，稻谷水分必可自動回升至 15 % 左右，不需經過任何加濕程序。此時稻谷溫度亦逐漸回升至常溫，因此可免驟遇大氣時之發汗現象。

據本次試驗，初入倉庫內之稻谷平均含水率，東倉 11.7 %；西倉 12.5 % (圖廿五中所示初期含水率係貯存一個月後之平均值，故略有差異)。出倉時，東倉 11.8 %；西倉 11.3 %，進出之際相較，其差異並不大。顯然低溫密閉倉對水分含量之控制具有優異之成果。據羅東農會之資料，此次普通倉庫出倉時含水率約在 13.8 % 左右，兩者之差異約在 2 % 左右。

4. 病蟲害之控制：

自有糧倉之設置以來，病、蟲、鼠害等一直為最難克服之問題。而其中尤以蟲害與鼠害兩項最為嚴重。近代新式倉房之設計，常針對此二者加以改善，但都未能達到盡善盡美之效果。本試驗倉亦然。此次試驗自八月底開始，但至十月底即接獲蟲害之報告。蟲害之處以表層最為嚴重，於是乃決定在 11 月初以 phostoxin 燻蒸劑燻蒸一星期，至翌年三月中旬抽樣檢視，其結果如表 (一) 所示：

表一 低溫倉試驗蟲害情形 (取樣 200 公克, 約 8,700 粒)

取 標 位 置		蟲 害 情 況						
倉別	位置與代號 (圖九)	蟲 蛀		破 損		谷 象 (屍體)	幼 蟲 (米蟲)	麥 蛾
		粒	%	粒	%			
東	正 東 (E3)	27	0.31	23	0.26	40 隻	4 隻	27 隻
東	西 北 (E4)	23	0.26	12	0.14	32	11	0
東	東 南 (E9)	33	0.38	94	1.08	17	6	2
平 均		27.7	0.32	43	0.49	29.7	7	9.7
西	正 西 (W3)	41	0.47	25	0.29	36	3	4
西	東 北 (W4)	72	0.82	17	0.20	106	4	1
西	正 南 (W8)	27	0.31	24	0.28	66	4	0
平 均		46.7	0.54	22	0.25	69.3	3.7	1.7
總 平 均		37	0.43	32.5	0.37	49.5	5.3	5.7

* 本表係 65 年 3 月 18 日抽樣日檢視。

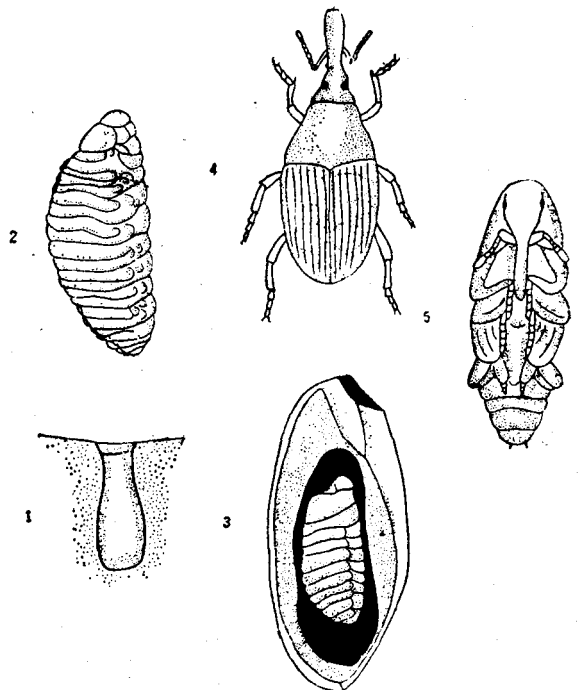
* 各害蟲均為屍體。

由表一得知, 好達勝 (phostoxin) 之燻蒸, 有其效果。惟由表中所列各項數字可觀察得知其蟲害相當嚴重。並以谷層表面最多。蛀蟲率平均為 0.43%, 破損率約為 0.37%。惟東倉 E9 處之破損率異常, 可能由於樣品取機差所致。若摒棄此項資料不計, 則東倉之破損率僅為 0.20%, 西倉為 0.25%。在此情況下, 蟲蛀率與破損率似乎有正相關之關係存在。換言之, 谷粒破損率大則蟲蛀率亦隨之增大。雖然如此, 破損率雖有差別, 其差異仍小, 應不為造成蟲害之主因。就東西兩倉之蟲害情形判斷: 西倉蟲害率約為 0.54%, 高於東倉之 0.32% 甚多。此由谷象屍體之數目亦可作為佐證。但米蟲與麥蛾數, 西倉則較東倉為少。造成此種結果, 倉內溫、濕溫應為主因。大體上言, 東倉溫度較低, 西倉溫度較高 (東倉平均 21°C; 西倉為 23°C, 參閱圖十與十一), 故西倉蟲蛀與谷象屍體數目特別多。雖然其間溫差不大, 但蟲害之影響却極為顯著。足見溫度對蟲害之控制上十分重要。而麥蛾與米蟲在東倉內却發現最多, 在繁殖極盛時期, 幾乎充滿谷層表面。據一般瞭解, 麥蛾在相對濕度較低且稻谷含水率接近 12% 時最適成長, 東倉之相對濕度較低, 故適合於麥蛾之成長。麥蛾為害僅及谷堆表層。

由表一中可知, 在本倉儲試驗中為害最烈者為谷象與麥蛾兩種。谷象一年有八世代, 其成蟲常在米粒上穿孔並在米粒中產卵, 孵化幼蟲之後, 即在米粒內食害, 其狀如圖 (廿六)。麥蛾在含水率 12% 時最

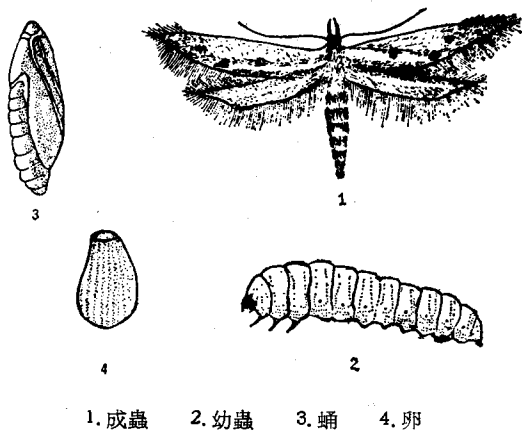
適生長, 故本試驗倉內特多。雖然其本身僅為害表層, 但其幼蟲則入米粒中食害, 並在米粒內化蛹, 其形狀如圖 (廿七) 所示。

綜此合次試驗中, 蟲害仍然發生之原因, 則可歸納如下:



穀象 1. 卵 (一種膠質物蓋於卵孔上) 2. 幼蟲
3. 幼蟲在被害米粒內 4. 成蟲 5. 蛹

圖廿六 谷象之生命週期



1. 成蟲 2. 幼蟲 3. 蛹 4. 卵

圖廿七 麥蛾之生命週期

(1)本試驗倉僅屬於準低溫倉，其溫度分別設在 20°C 與 25°C 兩點。依據河野常盛氏對谷象成蟲在不同溫度下之活力觀察：30°C 時活動性最強，繁殖最速；20°C 時活動力不如 30°C 時強，但對貯藏之穀物具有危險；15°C 時活動遲延，難以繁殖；10°C 時無法行動與繁殖。由此可見，20°C 與 25°C 之倉溫並不足以抑制蟲害之發生。若欲得到完全控制，溫度非降至 15°C 以下不可，此與本倉設計原意相背，因此難以達到目的。至於麥蛾，因適於含水率 12% 左右，故在試驗之末期，含水率約在 12.5%，因而麥蛾之繁殖特別厲害。

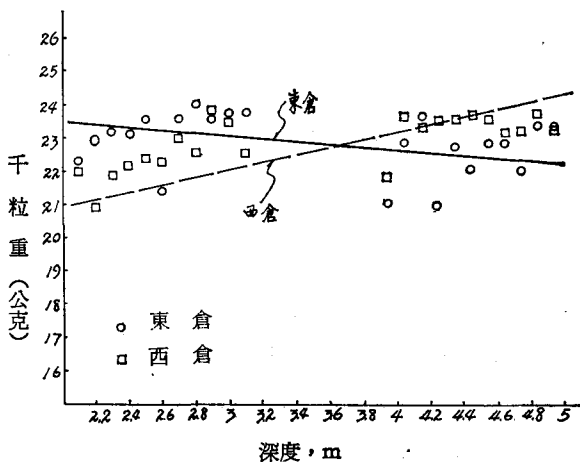
(2)本次試驗，在進倉期間，並未如一般程序施用無臭馬拉松劑，故各項蟲害提早發生，此為當初試驗設計前所疏忽之處，因此極難因蟲害之關係與一般普通倉庫作一客觀之比較。

(3)技術上因素所使然，蟲類之繁殖十分迅速，一對谷象在五個月間可繁殖 1,250 萬匹！故環境之隔絕控制十分重要。否則極易遭受感染。以目前之技術，倉庫密閉之程度仍然無法達到百分之百。尤其進倉口、出倉口、冷氣檢之風路，更難達到完全密閉之要求。而且在進倉期間，每每拖延數日，在此期間，野鼠之進出與病蟲害之感染均極為自由而了無阻碍。而且，這些蟲、鼠一旦進入倉內，則很難逃出，促其繁殖之檢會。

5. 千粒重

千粒重與稻谷之品種、貯藏之日數與蟲害之感染情形有關。據調查，普通倉庫貯藏一年後，其千粒重約為 22.62 公克。本試驗取樣結果，東倉平均為 22.89 公克；西倉為 22.93 公克，平均高於普通倉 1.28 %。

就谷層深度之千粒重言，其千粒重之變化如圖廿八所示。西倉之千粒重略隨深度之增加而增加。此趨勢與蟲害之為害表層部份略有關係存在。但東倉之變化趨勢則較複雜，亦較不規則。但表層之千粒重仍然較輕，顯然與蟲害分佈形性同樣具有不可分離之關係。



圖廿八 稻谷千粒與谷層深度之關係

6. 加工品質：

此次加工作業自民國六十五年 11 月 3 日起至 12 月 20 日止，其間除去休息日數外，東倉共加工 18 日；西倉 20 日。平均每日加工 32 公噸，經以西倉之稻谷 600 公斤試碾結果，如表二所示。

表二 羅東鎮農會碾米廠之試碾資料

單位	加工量	糙米	屑米	摺糠	備註
公斤	600	475.5	2.6	5.5	以西倉之
百分比%	(100%)	79.25	0.43	0.96	稻谷試碾

實際上各倉最後之加工資料則如表三所示。表三中之碾糙率平均為 78.78 %，與表二試碾後之糙米率略微不同。因為前者係以貯藏前稻谷入倉之總谷重為基準，故此項碾糙率應包括貯藏間之各項損耗在內。此為一般農會加工時計算碾糙率之標準方式。而表二所示則扣除損耗率之影響，以加工前之實際重為標準者。根據臺大農工系之調查，此項碾糙率與谷水分含量間雖略有正相關增加之趨勢，但並不顯著，換言之，表二中之糙米率 79.25 %，應可視為碾米機本身加工效率。根據羅東農會提供之資料顯示：本期普通倉庫之碾糙率約為 79.75 %，稻谷出倉含水率約為

表三 東、西兩倉加工後之資料

倉別	進倉總谷重 公斤	糙米		屑米	
		公斤	%	公斤	%
東倉	607,740.54	479,100	78.83	1,700	0.28
西倉	612,037.00	481,880	78.73	2,968.3	0.485
合計	1,219,777.54	960,980	78.78	4,668.3	0.383

* 進倉平均含水率 12.1% ** 出倉平均含水率 11.5%

表四 普通倉與低溫倉之碾糙率比較

倉別	入倉谷重		碾糙量		水分 14% 之 碾糙量	加工前谷重 (MC=14%) (碾糙量 ÷ 79.25%)
	(假設重)	含水率	公斤	M. C.		
普通	100 kg	12.1%	79.75	13.8%	79.94公斤	100.87kg
低溫	100 kg	12.1%	78.79	11.5%	81.80公斤	102.51kg

在步留方面，照糧食局規定：宜蘭地區碾糙率不得低於 77.45%；屑米 0.79%。超過此比率之部份稱為步留米，歸農會所有。由於上項規定並不以水分含量為基準。而本次試驗倉稻谷之出倉含水率均很低，其範圍在 11.0% 至 12% 之間，故農會所能獲得之步留不高。此次試驗倉之碾糙率為 78.79%，因此每百公斤之步留僅 1.34 公斤 (78.79 - 77.45 = 1.34)。而普通倉碾糙率 79.75%，步留每百公斤為 2.3 公斤。故低溫倉之面之步留，農會之損失較大。事實上若將水分含量換算為同一標準時 (14%)，試驗倉所得之步留為 3.63 公斤 (81.04 - 77.45 = 3.63)；普通倉為 2.59 公斤 (79.94 - 77.45 = 2.59)，試驗倉反而比普通倉之步留高出甚多 (參考表四)。換言之，若試驗倉能充分以常溫通風，或糧食局能採用水分含量折算制時，試驗倉比普通倉更能使農會獲利。

7. 發芽率

發芽率係利用發芽皿實際測定。此次試驗稻谷之發芽率平均為 43.5% (以東倉貯谷試驗)，此值與去年之倉儲試驗結果比較 (見農工學報第廿一卷第四期)，如表五所示。

表五 各種倉庫稻谷發芽率 (貯存一年後)

冷凍倉 (5°C)	81.25%
低溫倉 (本試驗倉)	43.5%
常溫密閉倉	22.5%
常溫通風倉	12.3%
普通倉	0%

13.8%；而本試驗倉之碾糙率為 78.78%，稻谷含水率為 11.5% (見表三)。為方便比較起見，今假設低溫倉與普通倉在加工機械條件相同下，其各項資料如表四：

由表四所列數字中，若僅以碾糙量一項考慮，則谷物貯藏期間之損耗方面，普通倉至少比低溫倉多 1.44% 以上。

由於本試驗倉尚經過燻蒸作業乙次，其發芽率部份已受到影響。故若無燻蒸作業，其發芽率當更高。惟此次測得之發芽率比以往試驗之各類倉型之發芽率均高。

8. 米質之分析

米質分析之工作係委託臺大農化系楊建澤教授負責試驗。其分析項目包括水分含量、脂肪、酸價與粘度等項。此次樣品取測點如圖九之排列位置。由於缺乏取樣工具，故僅以表層取測。每測點取 3.2 公斤，分糙米與白米進行試驗。試驗前各先以粉碎機分別磨成 3 mesh 細之粉末。其分析之方法如下：

(1) 脂肪：以 500 公克糙米粉添加 1.5ℓ 之 chloroform-methanol (2:1, V/V) 在室溫處理 8 小時，經過濾、減壓、蒸餾、去除 chloroform-methanol 混液，然後秤量所得殘渣。

(2) 酸價：秤取 1 至 2 克試料 (米油)，以 100ml Ether-Alcohol (1/2) 混合液溶解後，添加數滴 1% 之 Phenolphthalein-alcohol solution。以 N/10 KOH-Alcohol 標準溶液滴定之。

(3) 粘度：取 1.5 公克白米粉，加入 40ml H₂O，於室溫下浸漬 30 分鐘，置於沸水浴中加熱迴流一小時，再以室溫冷卻至 30°C，以 Ostwald 粘度計測定其粘度。

表六 稻米貯藏期間酸價之變化

倉 別	第一次* 測定 (64年11月)	第二次 測定 (65年4月)	第三次 測定 (65年8月)
低溫倉東倉	—	21.81	51.40
東倉出倉口 (底部)	—	35.18	86.30
低溫倉西倉	—	19.80	47.51
西倉出倉口 (底部)	—	—	80.14
密閉倉 (常溫)	—	16.20	120.18
對照倉	—	28.90	122.32

* 因未及處理致分析結果已不可靠，從略。

表七 稻米貯藏期間粘度之變化

倉 別	第一次 測定 (65年11月)	第二次 測定 (65年4月)	第三次 測定 (65年8月)
低溫倉			
東倉	16.19	19.64	22.67
東倉出倉口 (底部)	15.15	—	25.55
西倉	14.3	18.17	20.49
西倉出倉口 (底部)	14.7	—	21.6
密閉倉	13.33	12.25	18.7
對照倉	11.07	16.43	13.9

* 粘度係與清水比較，設清水之粘度 = 1

由表六得知：酸敗之情形與時俱增，此項趨勢在貯藏時間愈長時愈為顯著。在倉別方面比較，雖在第二次測定時尚難判別各倉間酸價上之差異，惟至第三次測定時，其差異極為顯著，普通對照倉之酸價比低溫倉高達一倍以上。低溫倉對品質維護上之優異效果由此可見。東倉之酸價比西倉略高，可能由於蟲害為害表層所致。

表六中低溫倉各出倉口取出之樣品其酸價均高，此由於出倉並未完全密閉，而常與外界空氣接觸之故。

表七為各倉貯存稻穀之相對黏度。各倉稻穀在貯存期間其相對黏度之變化似乎隨貯藏時間略有增加，但各倉間之差異並不十分顯著。大體上言，低溫倉內之稻穀相對黏度均比密閉倉或對照倉為高，而東倉之黏度，經測定之結果，反比西倉為高。

9. 市場價格

本試驗之稻穀於碾成糙米後，曾加工為白米，結果發現無論在色澤、透明度及腹白與心白方面均比普通倉庫為佳，依照羅東管理人員之估計，此種米質與成色，價格比普通倉庫者約高一成左右。據糧食局

有關高級官員之評斷，亦認為此種品質相當良好，並且尚可貯存一年以上。

為使品評更趨客觀起見，本試驗亦曾將稻谷東、西倉分別取樣，並碾成白米，請有經驗之米商評鑑。其結果認為以目前之市價（65年12月31日），試驗米每臺斤平均約值新臺幣7.35元。合計每公斤約值12.25元。目前糧食局之廉價米每公斤約值10.83元，故每公斤約比普通米高1.42元，其值與農會人員所作略高一成之估計極為相近。

10. 病蟲害防治費用

一般倉庫之病蟲害防治均在谷倉表層施放無臭馬拉松粉末。其施放量標準為0.6公斤/10平方米或0.194公斤/坪。每一至兩個月內視貯藏狀況施放乙次。馬拉松粉劑市價每公斤約值11元，若以一年施放六次計，則面積136坪之倉庫，其病蟲害防治費用應為：

$$0.194 \text{ 公斤/坪} \times 136 \text{ 坪} \times 11 \text{ 元/公斤} \times 6 \text{ 次/年} = 1741.3 \text{ 元/年}$$

或每年每噸稻谷應為：

$$1741.3 \text{ 元} / 1200 \text{ 噸} = 1.45 \text{ 元/噸一年}$$

上式之計算尚未估計人工施放費用在內，故若計及人工費，上項之數字可能須加倍計算。

本試驗倉開始前並未施用馬拉松粉劑，故接獲蟲害報告後，立即於六十四年十一月以「好達勝」進行燻蒸作業乙次。其施用量每噸稻谷需5片，每片價格新臺5元，因此，其總費用為：

$$1200 \text{ 噸/年} \times 5 \text{ 片/噸} \times 5 \text{ 元/片} = 30,000 \text{ 元/年}$$

由上述資料可知燻蒸費用每公噸價格為25元，遠比傳統使用之馬拉松劑為高，但其效果則較前者為優。

11. 電費分析

電費應包括基本電費與流動電費兩項。據資料所載，六十四年八月廿一日起至六十五年十月卅一日止，兩倉各用電如下：

東倉	27,508 kwh
西倉	33,573 kwh

兩倉總計在此期間共用電61,081度，東倉用電較西倉為省，此係部份馬達用電（如輸送機、通風機等）加裝於西倉電表之故。上面用電期間雖自八月廿一日起，實際大量用電始自十月二日。故其用電期間約為一年。

六十四年十二月二日至翌年十月卅一日共計394天，設12月、1月、2月及3月份停機，則機械實際運轉天數為394天 - 121天 = 273天。以此折算，

則每日所需電度為：

$$61,081 \text{ 度} / 273 \text{ 天} = 223.7 \text{ kwh} / \text{天}$$

$$= 9.32 \text{ kwh} \dots \dots (1)$$

公式(1)中所顯示者為一可能消耗電最低值，事實上由於故障之，耗之日數應較 273 日為低，因此每日耗電度數應較此值為高。此時每馬力若以 0.8 kw 估計，則每日實際運轉時間約為：

$$\frac{9.32}{235 \times 0.8} \times 100\% = 49.57\%$$

換言之，平均每日空調系統運轉之時間約為 12 小時。

依上述之總電度 61,081 度估計，則一年之流動電費應為：

$$61,081 \text{ 度} / \text{年} \times 0.89 \text{ 元} / \text{度}$$

$$= 54,362.1 \text{ 元} / \text{年} \dots \dots (2)$$

基本電費則依原設之總馬力計算。由本文第六節第二小節中得知：空調設備總馬力為 23.5 馬力。因此其基本電費應為：

$$85 \text{ 元} / \text{馬力} \cdot \text{月} \times 23.5 \text{ 馬力} \times 12 \text{ 月} / \text{年}$$

$$= 23,970 \text{ 元} / \text{年} \dots \dots (3)$$

由公式(2)與(3)知，每年之總電費應為：

$$\text{總電費} / \text{年} = \text{基本電費} / \text{年} + \text{流動電費} / \text{年}$$

$$= 23,970 \text{ 元} / \text{年} + 54,362.1 \text{ 元} / \text{年}$$

$$= 78,332.1 \text{ 元} / \text{年} \dots \dots (4)$$

因此，每公噸稻穀每年所需之電費為

$$78,332.1 \text{ 元} / \text{年} / 1,200 \text{ 噸} = 65.3 \text{ 元} / \text{噸} \cdot \text{年}$$

$$\dots \dots : \dots (5)$$

* 註：所有電費之計算，係根據民國六十五年十二月廿日電力公司所調整之標準。

五、電費之爭論與探討

談及低溫倉庫，大部人都有因電費之高昂而色變之感覺。事實上若能善用低溫之特性，用以貯藏穀物，則其有形之利益遠比將冷氣裝在辦公室者為高。低溫貯藏穀物；其最顯著之特徵是在於損耗之減少與品質之增益兩項。經本試驗所得之結果，已足顯示低溫貯藏，在此兩方面已有顯著之功效。因此，討論電費之平衡問題，我們必須從此二方面着手進行。

(一)損耗方面之得失：

損耗包括因呼吸所造成之損耗、因病蟲害所造成之損耗與因野鼠所吃掉之損耗等三項。此類損耗雖不能完全因低溫倉之設置而予以免除，但至少能降低至若干程度。在普通倉庫此項損耗數字約在 5-10 %

左右。今設低溫倉庫可比普通倉庫之損耗降低 X%，則其每年因損耗之減少而獲得之利益應為：

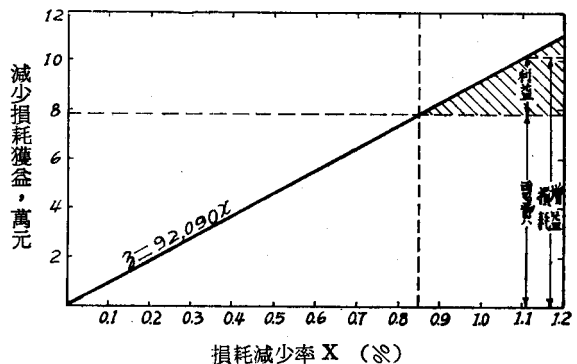
$$\text{減少損耗獲益} = 1200 \text{ 公噸} / \text{年} \times 1000 \text{ 公斤} / \text{噸}$$

$$\times X\% \times 9.74 \text{ 元} / \text{公斤} \times 0.7879$$

$$= 92090 X \text{ 元} / \text{年} \dots \dots (6)$$

式中 9.74 元為糧食局平價米每公斤之價格；0.7879 為本試驗倉之碾糙率。

上式若以函數曲線表示，則如圖廿九，根據前節(5)式，總電費每年約需 78,332.1 元，以此與損耗利益沖銷，則得圖廿九之斜影部份。換言之，僅損耗率一項考慮，只要損耗率比其他普通倉庫減少 0.85%，



圖廿九 減少損耗之利益與損耗減少率之關係

其所獲得之利益可與該年之電費相互平衡。若超過 0.85%，則可獲得淨收益。其利益隨損耗減少率之增加而成比例增加。如圖中斜影部份所示。由前述之討論得知，低溫倉之損耗至少比普通倉低 1.44% 以上，故其利潤依公式(6)，至少應在五萬四千元以上，即

$$120,000 \text{ 元} / \text{年} \times 1.44\% - 78,332.1$$

$$= 54,278 \text{ 元} / \text{年}$$

(二)品質增益之得失：

品質增益一向可分為有形增益與無形增益兩種。有形增益即市場價格之減少數值。依一般農會人員之經驗，稻穀每儲存一年其市場價格約降低一成。事實上以現在公教配給米對新米的折算成數遠比一成為高。為便利計算起見，故假設低溫倉貯存米一年後之加工白米市場價格比普通倉每公斤增加 Y 元。則每年之品質增益應為：

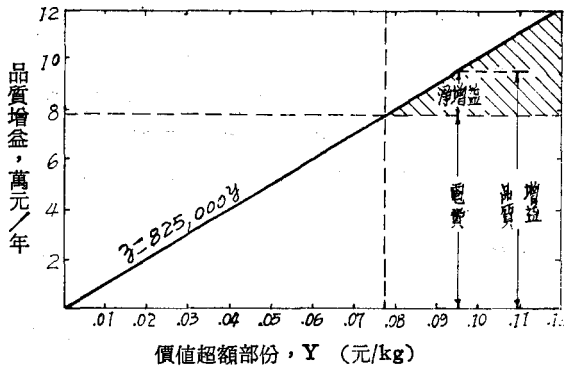
$$\text{品質增益} = 1200 \text{ 噸} / \text{年} \times 1000 \text{ kg} / \text{噸}$$

$$\times Y \text{ 元} / \text{kg} \times 0.688$$

$$= 825,600 Y \text{ 元} / \text{年} \dots \dots (7)$$

式中 0.688 為稻谷碾成白米時之碾白率。

利用(7)式作成函數關係則如圖卅所示。同理，



圖卅 品質增益與市場價校之關係

只要市場價格每公斤略高普通倉者八分錢，其增益額足可抵償全部電費。

上述之增益項目僅就有形部份加以敘述。其實無形部份之價值有時候遠超過有形之利益。此點均應附加考慮。

依據上述第九節每公斤白米之市場價格比普通舊米約高 1.42 元，則依公式(7)其所得之利潤為：

$$\begin{aligned} & 825,600 \times 1.42 \text{元/年} - 78,332,1 \text{元/年} \\ & = 1,094,019.8 \text{元/年} \end{aligned}$$

換言之，每年在量與質減少損失之總值高達百萬元以上，其實際之利益不可謂不驚人！

柒、結 論

稻米低溫貯藏在本省是一新的嘗試。此種倉型最大之特點是低溫與氣密，且因具有循環通風系統，能使倉內各層溫度均一，防止局部發熱。倉內之相對濕度同時亦可控制，使稻谷含水率維持較低之水準，以增加稻谷貯藏壽命，保持適當品質。

國外設計之低溫倉一般均以 15°C 為控制基準。本試驗因顧及電費之負擔，故分東、西兩倉，溫度各設定在 20°C 與 25°C 之範圍。如此經貯藏一年後，兩倉之米質，無論色澤、透明度等均令人滿意。比較上，東倉之米質比西倉者略佳。足見溫度之高低，對米質之維護上，相當重要。西倉溫度雖稍高，但除底層米質較差外，其餘各層之米質均與東倉不分上下。由此可見，密閉通風之狀態下，對米質之維護極具功效。若將兩倉與普通倉者比較，則無論千粒重、發芽率、酸價之變化以及市場價格等因素言，均比普通倉者為優。

在蟲害防治方面，本試驗倉因溫度僅控制在 20°C ~ 25°C 間，其範圍仍適合於一般積谷蟲之繁殖與生長，故對蟲害之控制方面難以發揮功效。因此今後低溫倉儲作業之推廣方面，應配合燻蒸作業或施用殺蟲

藥劑。溫度方面則應朝 15°C 低溫設計，以增強低溫對蟲害之抑制效果。

在成本方面，低溫倉之成本雖然較高，但其獲益大。據估計，以低溫倉庫貯存稻米，只要損耗比一般倉庫略少 0.85%，其利潤足以支付整年電費。就貯藏一年後之白米市價考慮亦然，只要每公斤略高同期市價八分錢，其利潤足可補償一年電費；就本試驗倉所得資料估計，利用本低溫倉儲藏稻米，每年可比普通倉庫者在質與量方面可減少損失之總值有一百廿萬元之鉅。以全省六十萬噸之倉容若全改為低溫倉，每年尚可减少損失總值達六億元之鉅。以如此之厚利且對國民健康又如斯之重要，我們認為低溫倉應予適度的推廣。

在細節方面，今後推廣谷倉之設計原則如下：

1. 依據當地氣象資料，決定建倉形式（密閉或通風）：在高濕度地區如宜蘭、高屏地區宜採密閉式；在較乾燥地區，如臺中盆地，可採通風式。密閉式需配合空調設備；通風式需採自動控制系統。
2. 要考慮防潮、防熱、防鼠、防蟲及防火。
3. 建築設計應聘請一流建築師。
4. 貯谷時間以貯存一年以上為目標，同時需能保持品質。
5. 要有進出倉設備、進倉時要注意：不能使稻谷受損傷。

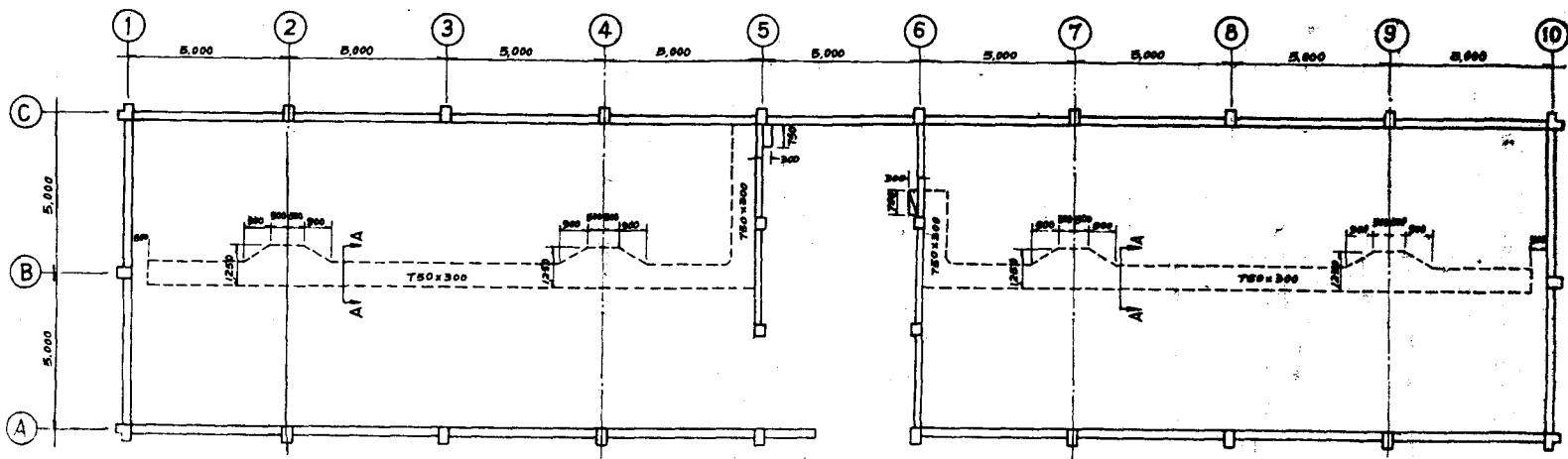
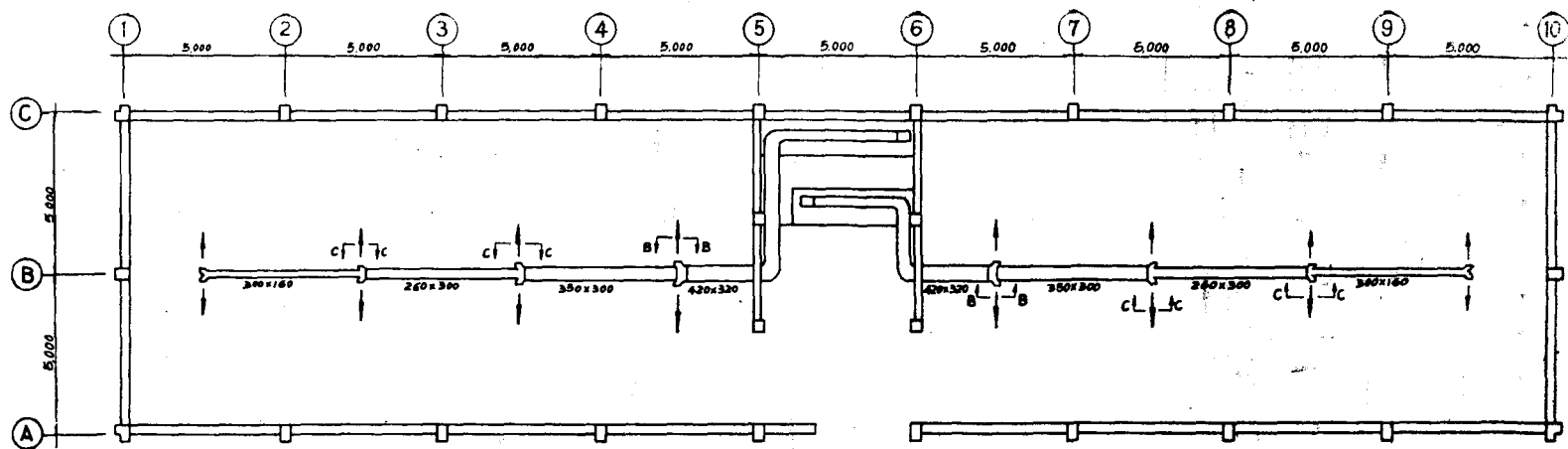
捌、誌 謝

本試驗計劃承農復會計劃（國科會經費）76 (NSC) - C13 - A - 2517 計劃資助，並承糧食局與羅東農會合作，謹誌謝意。

本校農化系楊建澤教授主持貯谷之脂肪、酸價、及黏度之測定，深深感謝。本計劃助理葉澤全先生為計劃奔波臺北羅東道上以及羅東農會張賢明先生協助紀錄，備極辛勞，特致謝忱。

玖、參 考 資 料

1. 河野常盛 米穀的低溫貯藏的理論と實用化の研究 上野クテブ内株式會社 1562。
2. 沈國文 穀物貯藏與乾燥 農工學報 21(2) 1975。
3. 陳貽倫 稻谷倉貯之研究 農工學報 20(1) 1974。
4. 馮丁樹、陳貽倫 密閉式與通風式穀倉之貯藏特性及其優劣比較 農工學報 21(4) 1975。
5. 鶴田鎮太郎 冷藏倉庫 日本冷凍協會 1974。
6. 臺灣累年氣象報告 臺灣省氣象局出版 1951-1960。
7. 劉延蔚 臺灣植物保護工作 (昆蟲篇) 1940-1965。
8. 臺大植病系昆蟲學研究室 臺灣的積穀害蟲及其防治。
9. Shinichi Tezuka Warehouse Facilities & Storage Contrage Control from the point of View of Utilization (APO Projet TRC/IV/68)
10. 沈國文 穀物品質與機械作業之關係 農工學報 20(3) 1974。



附圖二 空調與通風系統

Summary

Storing rice in a low temperature warehouse is new in Taiwan. Principally, this type of storage system runs in an air-tight chamber with air of low temperature circulating in it, to even the temperature of the storing grain and prevent the developing of heat pocket during the storage period. In the system, the bin humidity is also controlled so that the rice moisture will maintain at a safe low level, the safe storage life of rice will then increase and the rice quality will be better.

In the foreign countries such as Japan, it is recommended to use 15°C as the safe storage temperature in a refrigerated warehouse. However, in order to cut down electric bills in our experiment, we use two separate bins, the east and the west, of which the temperature was set at 20°C and 25°C respectively. After storing for one year, we checked the result and found that the rice quality of both bins is quite satisfactory in its color and translucency. Comparatively, rice in the east bin is a little better than that of the west, which shows us the fact that the temperature factor plays an important role in protecting the rice quality, because the temperature of the west bin is higher than that of the other. However, even the above case is true, the rice of the west bin is still good in its quality except the bottom layer. This proves that bins of air-tight type with closed air circulation is effective in maintaining the rice quality also. By comparison with other traditional bins in some quality factors such as thousandweight, viability, acid value and market price, etc., we conclude that the rice quality of experimental warehouse is quite better than that of the other traditional one.

However, the temperature range we use in this experiment was found failure to control the storage pests effectively. Obviously, the temperatures we controlled were not low enough to prevent pests from growth and development. Therefore, some additional measures such as fumigating or insecticides should be applied simultaneously to meet our local conditions. Otherwise, the bin temperature should be lowered to 15°C to enforce its function on pest control.

People are quite concerned about the operation cost of a refrigerated warehouse because they think it would be too high. However, we consider it profitable if judging by some other respects. It is estimated that, if the storage loss of the low temperature bin is .85% less than that of the traditional one, the benefit gain will then be able to cover the yearly electric bills entirely.

The unit market price of milled rice after one year storage also can be considered in the same manner as the grain loss does. According to the estimations, if the market price per kg of the milled rice stored in the refrigerated warehouse is 8¢ NT higher, the cost gain will be enough to pay up the electric bills of the whole year, too.

By examining the preliminary data of this experiment, we estimate that, more than one million NT dollars worth of total losses have been saved from the experimental storage in the warehouse at Lotung. Just considering the profit and the health that people can enjoy, we will confidently conclude that the low-temperature warehouse under experiment can be one of the models for the rice warehouse construction plan in the future.

As to the future extension programs in building the new storage systems the following principles are recommended to consider carefully:

1. Choose the storage type (air-tight or aerated) according to the local weathering condition. In the arid area such as Taichung, aerated type should be considered, whereas in the humid area such as Ilan, Koushong, Pintung, etc., air-tight type is the better choice. The air-tight storage system should be equipped with air conditioning installation; aerated type should be automatically controlled.
2. Using water proof, heat-proof materials and rats, insects and fire protecting measures.
3. Hiring famous architects as the designer.
4. The storage period should be considered over one year.
5. Loading and unloading equipments are necessary. The mechanical damage should be reduced to a minimum level.

圖書消息

本會承各機關團體及會員陸續捐贈書刊，特將贈書者大名刊登以表謝意。

捐 贈 者	書 名	卷 期	日 期	冊 數
中華民國孔孟學會	孔孟月刊	第二十五卷 第四、五期	65. 12. 及 66. 1	2
水利通訊月刊社	水利通訊	第二十三卷 第六、七、八、九期	65. 10. 至 66. 2.	5
經濟部中央標準局	標準公報	第四卷 第一期	66. 1.	1
The Society of Soil Scientists and Fertilizer Technologists of Taiwan	Soils and Fertilizers in Taiwan		1972. 1973. 1974. 1975	4
International Institute for Land Reclamation and Improvement	Annual Report		1975	1
成功大學中國工程師學會 學生分會	成大工程師會訊		65	1
金屬工業中心	金 工		66 1	1
Finnish Journal of water Economy. Hydraulic and Agricultural Engineering	Vesitalous		1976. 4. 6.	2
中國測量工程學會	測量工程	第 18 卷 第 四 期	65. 12.	1
中國機械工程學會	會 刊	第 301, 302 期	65. 12. 66. 1	2
經濟部中央標準局	標準公報	第四卷 第 三 期	66. 3	1
中華民國軍人之友社	軍民一家	第 42 期	66. 2	1
中國工程師學會	工 程	第50卷第3期	66. 3	1

歡迎本會會員惠賜大作