

# 鐵皮圓筒通風倉貯藏稻穀適用性之初步研究

## Primary Study on the Round Metal Bins with Aeration System for Storage of Rough Rice in Taiwan

國立中興大學農業機械工程學系講師

彭 錦 樵

Jiin-Chyau Pen

### Summary

The total production of brown rice in Taiwan was 2.35 million tons in 1974 and steadily increased to 2.60 million tons in 1977. The maximum storage capacity of governmental warehouses is only about 990,000 metric tons, there is a serious shortage of storage facilities for rice. Although the Government are now building large warehouses throughout the country, but the situation can be relaxed only if the rice could be stored on farms. This research is an attempt to study the feasibility of storing rice with round metal bins in Taiwan, and if necessary, to modify the structure and design of the equipment to suit the local conditions.

A "Yamamoto's Circulating Rice Depot" was installed at the Agricultural Engineering Department of National Taiwan University in October 1977. Taiwan No. 5 "Bon-Lai" rice was used in the experiment. Grain temperatures at different depths (upper and lower layers) and different positions (inside and outside circles) were recorded and samples were taken at two months interval for examining the change in quality of the grains.

During the storage period, the grain temperature changed with atmospherical conditions. The grain temperature was above the atmospherical temperature 2°C in average. The temperature gradient between inside and outside circles was greater than that between upper and lower layers. The grain temperatures of inside circles and at lower layers were higher than the temperatures at outside circles and upper layers, respectively.

The moisture content changed from 13.38% to 14.78% in the 6 months duration of storage. The mean moisture content of the upper layer was greater than that of the lower's, but the difference between inside and outside circles was negligible. The milling yield decreased slowly, from 69.52% to 68.53% as the storage prolonged.

The fat acidity increased with the storage time from 36.12 to 47.09 mg KOH per 100g dried brown rice. It was found that the grain temperature and moisture content affect significantly the fat acidity of rice.

Based on the result of the experiment, it is believed that the metal bin is suitable for use in storage of rough rice under the local climate conditions in Taiwan. For the purpose of safe storage, heat-proof materials or heat-resistance paint should be applied on the surface of the bin wall and selected aeration be done whenever the relative humidity is below 75%. In this study, two types of storage bins were designed, a 12 metric tons is for the use of larger farms and a 3 metric tons for small farms.

### 摘 要

近年來臺灣由於稻穀豐收，年產達 250~270 萬公噸糙米。農會之倉庫容量才 99 萬公噸，因此發生了嚴重的倉容不足問題。政府正積極地興建大型穀倉，以求解決。如果部分稻穀能貯藏於農家，則倉容不足之情形可望緩和許多。本文主要目的為研究鐵皮圓筒倉在臺灣氣候條件下貯藏稻穀之適用性，並依實驗結果，設計適合之穀倉以供農家使用。

首先於民國 66 年 10 月在臺大農工系安裝一座日本山本式鐵皮圓筒倉，進行倉貯試驗。倉內穀溫之測點分為上下層，內外圈，共 25 點。每隔 2 個月並抽樣分析稻穀品質之變化。

稻穀品質之鑑定是以穀溫、含水率、碾米率、脂肪酸度之變化為依據。實驗倉之穀溫隨大氣溫度而有明顯地變化，平均穀溫最高大於大氣溫度 2°C。內外圈之穀溫變化比上下層明顯，內圈穀溫比外圈高，下層穀溫比上層高。含水率從 13.38% 升高至 14.78% (66 年 10 月 15 日至 67 年 4 月 15 日)，上層之含水率比下層為高，內外圈之含水率幾乎一致。碾米率逐漸降低，但變化很小 (從 69.52% 降至 68.53%)。脂肪酸度隨貯藏時間之延長而升高 (從 36.12mg KOH/100g 乾糙米升至 47.09mg KOH/100g 乾糙米)。影響脂肪酸度大小的主要因素是含水率及穀溫之變化。

由實驗之結果顯示圓筒鐵皮倉可在臺灣作倉貯之用，為了克服倉內穀溫之變化及含水率之升高，必須在倉壁上增加防熱的設施，而且要實施選擇性的通風。此外，針對臺灣農家之需要，設計出兩種大小不同之穀倉，以供農家作為倉貯之用途。其一為容量 12 公噸，適合大農家使用，其二為容量 3 公噸，適合中小農家之用。

### 楔 子

本省稻穀倉容問題，自民國 65 年迄今，始終是一項不易解決的問題。近兩三年來，政府訂定稻穀產量為 210~230 萬公噸，已比 65 及 66 年時降低甚多。為了解決倉庫不敷應用之情形，政府一方面積極興建穀倉，另一方面亦積極辦理食米外銷。可是近年來，全世界食米生產過剩，外銷受阻，相對而言，政府之倉庫容量則負荷不了 (例如民國 70 年，庫存量高達 170 萬公噸)，造成稻穀在不良的貯存環

境下許多無謂的損失。然而農家及碾米商之倉庫，始終未受矚目，如果能使各農家及碾米商，有一完善的倉庫可貯存稻穀，以調節政府倉容之不足，則對本省嚴重的倉容問題，應有顯著的效果。本文為作者於民國 67 年在臺大農工研究所機械組之碩士論文，本文針對「藏糧於民」的方法作鐵皮圓筒倉的基本試驗以及農家倉庫之初步設計。雖已隔數年，然而在稻穀庫存壓力仍大及政府倉容仍不足的情況下，再提出「藏糧於民」的方法，或許對本省倉容

有緩和庫存壓力及調節市場供銷的功效。並請各先進們不吝指教是幸！

## 1 前言

### 1-1 倉貯之重要性

臺灣糙米年產量於民國62年為220萬公噸，63年為235萬公噸，64年達250萬公噸，65年增至270萬公噸，66年降為260萬公噸。增產之主要原因是政府保證價格之實施以及栽培技術之改良。由於增產的結果形成了目前臺灣穀物貯藏上的兩大問題，其一是倉庫之不敷使用，其二為谷倉管理不善而造成穀物品質之降低。

根據亞洲生產力組織 (Asian Productivity Organization) 之資料顯示，亞太地區每年由於倉貯不當而造成之穀類損失達倉貯量之5~10%。據1971年於羅馬召開的世界水稻機械化生產及加工會議指出美國於1951~60年間，稻米在倉貯作業中之損失為總生產量的2.5%；印度每年稻米之倉貯損失為6%。據臺大農工系調查臺灣農會之稻米倉貯損耗，約為2~3%。農家穀物之倉貯損失估計約達10%。而且臺灣進口雜糧於倉貯期間之損失亦高達10%，如果不在倉貯期間作有效地管理，則每年的增產量勢必因各種損耗而被抵消。因此，倉貯作業在水稻生產過程中實佔一重要地位，如何解決當前倉貯之問題，確為一項迫切之工作。

### 1-2 臺灣倉貯之現況

根據民國66年糧食局全面調查結果(23)顯示，臺灣地區公營466家委託倉庫中，共有倉庫4,607棟，容積2,455,000m<sup>3</sup>。其中稻穀倉庫佔3,459棟，容積1,811,000m<sup>3</sup>，折合稻穀容量995,500公噸。3,459棟稻穀倉庫中。農會部份佔2,524棟，容積1,402,000m<sup>3</sup>，平均每棟容積305公噸。每一農會委託倉庫平均擁有庫房12.7棟，倉庫面積596坪，折算稻穀容量3927公噸，較其他民營委託倉庫平均容量388公噸，規模大10倍以上。又在農會3,459棟稻穀倉庫中，正建造中者計172棟，每棟平均容量為1,259m<sup>3</sup>，折合稻穀692公噸，可見新型倉庫已趨向大、中型化。

倉庫棟數按其構造分類比較時，以磚造倉最多，達2,615棟，佔56.8%，其次為鋼筋水泥倉庫1,195棟，佔25.9%，兩項合計佔總棟數之82.7%。再次為土塊倉364棟，佔7.9%，力霸倉212棟佔4.6%，木造倉178棟佔3.8%，鋁板圓倉27棟，佔0.6%

，鋼筋水泥圓筒倉16棟佔0.4%。

同一資料顯示，臺灣地區應備公糧委託倉庫倉容為160萬餘公噸，截至66年底，農會總倉容量為77萬餘公噸，其他民營委託倉容為22萬餘公噸，估計尚缺乏60萬餘公噸之倉容量，再加上部份倉庫業已超容，實際需要增建之倉容為61萬餘公噸。而且現有穀倉庫齡在31年以上者有1146棟，佔全部委託倉庫4607棟之24.9%，這些超齡之穀倉也急需改善設備。

舊有穀倉對於稻穀品質之維護，均採用自然通風法。此法是以竹篾編成通風筒數個，置於地面埋設的通風孔上，使內部空氣自然流通，以帶走穀層中之熱氣，減低穀倉內溫度。由於自然對流效果遲緩，因之，時常需進行翻倉作業，以維持倉穀之品質。一般農會之舊有穀倉都無進出倉或翻倉設備，所有工作都需以人力操作。目前，政府積極興建大型鋼筋混凝土式穀倉，這些新型穀倉均附有機械設備，可以節省大量勞工，又可提高工作效率。

六十六年臺大農工系曾調查臺灣各地之農家倉貯情形，發現一般農家幾乎都缺乏穀倉之設備。臺灣年產250萬公噸糙米，農會貯藏只不過佔三分之一，另有三分之二仍分散於各碾米商及農家。如果政府政策能做有幅度地調整，使部份糧食能貯存於農家，實施「藏糧於民」的方法，則政府倉庫不足之問題可望緩和。

## 2 目的

本研究之目的如下：

(1)進行鐵皮圓筒倉之貯藏試驗，測定穀溫、含水率、脂肪酸度，以及碾米率之變化情形。以決定鐵皮倉在臺灣之適用性。

(2)依據實驗結果，瞭解現有鐵皮倉之缺點，再進一步設計適當大小且能適合臺灣氣候條件之鐵皮倉，以供農家使用參考，並可貯存其他雜糧，以解決倉貯之問題。

## 3 文獻探討

### 3-1 貯藏稻米一般性問題

穀物收穫乾燥後至加工前，貯藏條件控制的良好與否直接影響加工後的品質好壞<sup>(3,5)</sup>。倉貯期間影響稻米品質的因素有穀物含水率、穀溫、相對濕度、脂肪酸度、呼吸作用、醱酵作用、碾米率、千粒重、蟲害、鼠害、微生物損害等等，在這些因素

中以穀溫及含水率的影響最為重要<sup>(3,26)</sup>。穀物在貯藏期間，如非密閉式，則外界大氣之相對濕度、溫度變化時，倉內之含水率也隨之而變。此種情形在鐵皮倉更可明顯看出。另外由於倉內外的溫差，會產生穀層間空氣的流動，含水率也會隨之而改變<sup>(3,5,18)</sup>。據盧福明氏之實驗，大型穀倉內部之平均穀溫要比外界氣溫高出 $3\sim 15^{\circ}\text{C}$ 。且其含水率有下降之趨勢<sup>(25)</sup>。

穀物於貯藏期間，穀粒內脂肪受脂肪酶分解成游離脂肪酸與甘油。貯藏期間穀物脂肪酸度變化情形已有許多學者詳加研究<sup>(2,19,20)</sup>。脂肪酸度的變化速率主要受到貯藏時之溫度與穀物含水率的影響<sup>(19,20)</sup>。脂肪酸度是表示脂肪水解的度量，即中和1克脂肪中游離脂肪酸所需氫氧化鉀的毫克數。一般常採用中和100克乾糙米中游離脂肪酸所需氫氧化鉀毫克數，本實驗測定脂肪酸度時亦採用此一單位，如此可省略測定脂肪含量一道手續，而達到優良指標的要求。

稻穀碾米率與其品種、含水率、環境溫度有密切關係<sup>(12)</sup>。貯藏溫度與含水率顯著影響碾米率之變化，貯藏時間對稻穀碾米率沒有顯著影響<sup>(19)</sup>。

### 3-2 穀倉之類別及其應用範圍

穀倉依其材料不同可區分為鋼筋混凝土倉、磚造倉、土造倉、木造倉、鐵皮倉、力霸倉等<sup>(21,22)</sup>。如依其貯藏方式則可分為普通倉、密閉倉、低溫倉、通風倉等<sup>(5,7,26)</sup>。依各地氣候條件不同而採取不同之倉貯型式。普通倉之最大缺點是穀溫之變化與稻穀之回潮問題<sup>(25)</sup>。然而臺灣農會之穀倉大部份均為普通倉，缺乏良好的通風設備，此類倉庫之損耗率最高。密閉倉是將穀物貯存於密閉的倉庫內，杜絕倉內與倉外一切氣體和液體的流通交換，穀物不受大氣濕度影響，可抑制發霉、發熱、防止鼠害、蟲類進入。又可藉缺乏氧氣來抑制稻穀呼吸作用和昆蟲的繁殖，而且可免除翻倉作業。馮丁樹、陳貽倫兩氏曾在羅東農會做密閉式與通風式之穀倉比較<sup>(25,26)</sup>。通風倉乃藉通風機或自然對流，引導倉外空氣進入倉內，通過穀層，再導空氣至倉外。通風可使倉內穀溫均一，降低穀溫，降低含水率（若通入較乾冷之空氣）。一般通風貯藏之最大問題就是氣候因素，如果要維持稻穀含水率在 $13\sim 14\%$ （濕基），則於臺灣之氣候下，外界濕度須在 $75\%$ 以下才行，因此要採取選擇性之通風<sup>(1,4,9,17,25,26,34)</sup>

。低溫倉控制倉內溫度在 $15^{\circ}\text{C}$ 以內，可抑制稻穀之呼吸作用，微生物、昆蟲之活動停止，免除燻蒸作用，稻米品質較好，是最理想的倉貯方式<sup>(5,20)</sup>。

綜合以上各型穀倉，普通倉應用範圍最廣；密閉倉適合於潮濕之地區使用，如臺灣之基隆、宜蘭地區；低溫倉則宜在寒冷地區採用，才較節省電費；乾燥性氣候地區則應採用通風倉。據陳貽倫氏之實驗分析，於臺灣做倉貯時，低溫倉之稻穀品質較其他三種穀倉都好，但所費成本太高，不經濟；密閉倉不易做到 $100\%$ 之密閉；普通倉之貯藏效果最差；通風倉之稻穀品質亦很好，成本次於低溫及密閉倉，在臺灣實為可行的貯藏方式。唯需實施選擇性通風，以確保穀溫與含水率之平穩。

### 3-3 圓筒式鐵皮倉之貯藏情形

1952年，英國農工研究所（The National Institute of Agricultural Engineering）曾做了一項長期研究，他們在室外安裝了四座圓筒型穀倉，材料分別為預鑄水泥、鋁合金、鍍鋅鐵皮及夾板等。經過10年的貯藏試驗，這四個圓筒倉仍舊完好，表面上雖然有些小破損，但不影響穀物之品質<sup>(13,14)</sup>。

在美國，有一種稱為「乾燥貯藏兼用系統」（In-Storage Drying System）。即使用鐵皮圓筒倉，而且廣被利用了幾十年。Dr. H.J. Barre等指出，此種系統適合大部份的農家使用<sup>(8,11)</sup>。

日本亦有類似美國之乾燥貯藏兼用式鐵皮圓筒倉，如山本式鐵皮圓筒倉，其容量有12公噸、20公噸、29公噸、52公噸、及81公噸等五種。主要給農民作為乾燥機兼做穀倉，此類穀倉在日本農家及稻穀共同乾燥中心（Rice Center）被廣泛地使用<sup>(31)</sup>。

鐵皮圓筒倉在臺灣尚未被使用，亦無人做過倉貯之試驗。因之，探討此類鐵皮倉在本省氣候條件下貯藏稻穀之可行性是必要的。

## 4 實驗裝置與實驗步驟

### 4-1 鐵皮倉之安裝

民國66年暑假，安裝山本式SBD-100型乾燥貯藏兼用倉一座於臺大農機工廠，其外觀如圖1，內部構造如圖2，稻穀在倉內流動情形如圖3。有關試驗倉之資料如下：

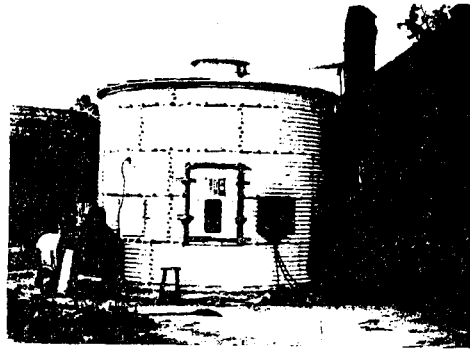


圖 1 穀倉外觀圖

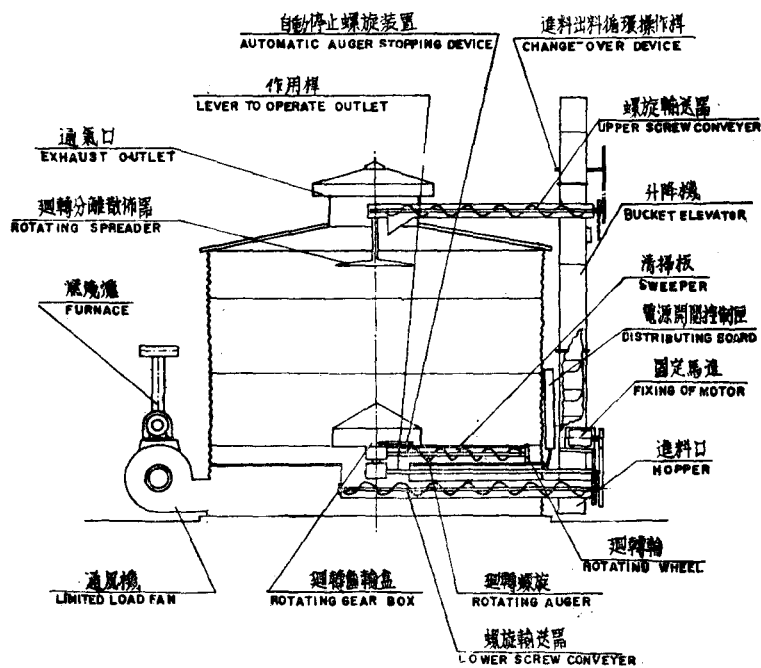
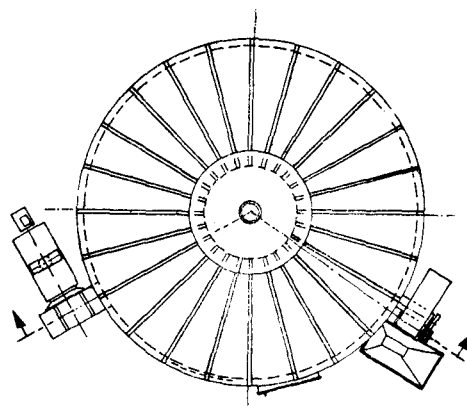


圖 2 山本式鐵皮圓筒倉之剖面圖

比例1:100

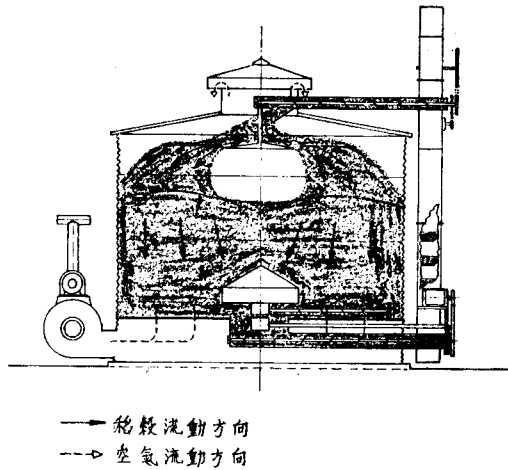


圖 3 山本式鐵皮圓筒倉之貯穀情形

- 圓筒直徑.....4 m  
 底床面積.....12.6 m<sup>2</sup>  
 標準堆積穀深.....1.8 m  
 穀倉之有效內容積.....22.6 m<sup>3</sup> (=12.6×1.8)  
 最適容量.....12 tons (=22.6×0.55, 其中 0.55 ton/m<sup>3</sup> 為本省稻穀之比重)。  
 穀倉高度(全高).....4.13 m  
 穀層最大深度.....2.4 m  
 每小時循環量.....1500~2500 kg/hr  
 最大排出量.....15,000~20,000 kg/hr  
 最大進料量.....15,000~20,000 kg/hr  
 箕斗昇降機 (Bucket Conveyor)  
 作業量: 16.4 ton/hr  
 螺旋輸送器 (Screw Conveyor)  
 作業量: 16.4 ton/hr  
 迴轉螺旋 (Rotating Auger)  
 作業量: 4.0 ton/hr  
 總需動力: 3.3 KW

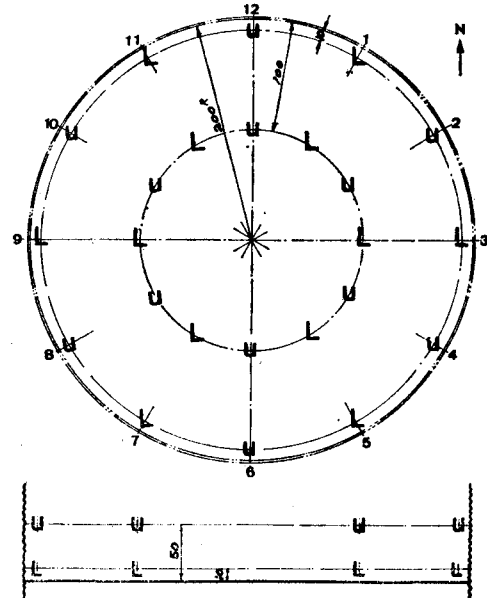
貯藏試驗所用之稻穀係購自屏東之66年第一期臺南5號粳稻，共6000 kg。於66年10月穀倉安裝完畢後進倉，開始進行貯藏試驗。每天記錄穀溫，每隔2個月並抽樣分析脂肪酸、碾米率、含水率之變化。

#### 4-2 穀溫測定

由於鐵皮倉受外界氣溫影響較大，為了分析倉內、倉外之溫度關係，在穀倉內選取25個測點測定其溫度之變化。測點之分佈如圖4所示。測點分成上、下兩層，每層又分成內外兩圈。每一測點均安

裝一支溫度探針 (Temperature sensor)，以十二點溫度記錄器 (Takara Thermistor) 記錄之。每天分早上 (6:30)，中午 (14:00)，晚上 (23:00) 記錄三次。每個測點每天三次的平均溫度作為當天的穀溫。

單位: 公分  
 比例: 1:60



U-上層，離多孔通風板50cm高度  
 L-下層，離多孔通風板10cm高度

#### 4-3 含水率測定

本含水率測定方式係依照國際標準化組織 (International Standardization Organization) 及國際穀物化學協會 (International Association for Cereal Chemistry) 所規定之標準。

取約10克樣品，以粉碎機 (KRUPS 75) 粉碎15秒，迅速置於不銹鋼皿中，加蓋後用電動天平 (Chyo Jupiter SD-60) 秤至0.0001克精密度，然後去蓋，置於130°C 熱風烤箱烤2小時。取出時迅速加蓋置於乾燥罐中冷卻至室溫，再測定其重量。含水率之計算公式如下：

$$\text{含水率 (\%)} = \frac{B-C}{B-A} \times 100\% \quad (\text{濕基})$$

其中 A = 不銹鋼皿全重，克

B = 乾燥前 (樣品重 + 皿重) 全重，克。

C = 乾燥後 (樣品重 + 皿重) 全重，克。

每次抽樣每個測點均重覆做三次為其含水率，

25個測點之平均值表示全倉之總平均含水率。

糙米含水率之測定方法相同。

#### 4-4 碾米率測定

碾米機Mc Gill Miller No. 2用於碾米實驗(圖5)，重錘置於加壓桿末端，樣品重為 $162 \pm 0.02$ 克，碾米時間為60秒。碾米率之計算方式如下：

$$\text{碾米率}(\%) = \frac{\text{碾後(全米+碎米)全重}}{\text{碾前樣品全重}} \times 100\%$$

碾後的樣品使用Burrows 608號篩子分選全粒米與碎米。篩孔直徑分別為6.5/64, 6/64, 5.5/64英寸。第一篩為全粒米，第二篩以下為碎米。碾米率取下層三個(3LI, 7LI, 11LI)及上層三個(2UO, 6UO, 10UO)測點測定之。六個樣本之平均值代表全倉之碾米率。

#### 4-5 脂肪酸度測定

試驗設備：粉碎機，美國35號標準篩，脂肪抽取裝置，乙醚蒸散裝置，滴定裝置，電動天平。

試藥：乙醚，B.A.P. 溶液〔同體積苯(Benzene)與95%酒精(Alcohol)混合，每公升加0.2克酚酞(Phenrol phthalein)〕，0.0178N 氫氧化鉀溶液，0.01%高錳酸鉀溶液，0.05%重鉻酸鉀溶液。

標準顏色：

(1)空白滴定：將2.5毫克之0.01%高錳酸鉀溶液加入50毫升蒸餾水中，即成為標準空白滴定溶液。

(2)酸度滴定：加足量的0.05%重鉻酸鉀溶液於50毫升蒸餾水中，直到與已加入50毫升B.A.P.溶液的糙米脂肪溶液顏色相同為止，再加入2.5毫升0.01%高錳酸鉀溶液，即成酸度滴定之標準液。

試驗步驟：本實驗測定方式係依照美國穀物化學學會標準。

脂肪酸度計算公式如下：

$$F = \frac{(T - n \times B) \times 10}{100 - W} \times 100$$

F：脂肪酸度，每100克乾糙米所需氫氧化鉀毫克數。

T：酸度滴定值，毫升。

n：加入50毫升B.A.P.溶液之次數。

B：空白滴定值，毫升。

W：糙米之含水率，(%)，濕基。

脂肪酸度實驗，取下層三個(1LI, 5LI, 9LI)及上層三個(4UO, 8UO, 12UO)測點，每個測點重覆做兩次，取六個測點的總平均代表全倉之脂

肪酸度變化情形。

#### 4-6 燻蒸作業

在每次抽樣完畢之後，以「好達勝」燻蒸劑(phostoxin)實施燻蒸作業，以防止蟲害、微生物等之繁殖，確保良好的稻穀品質。

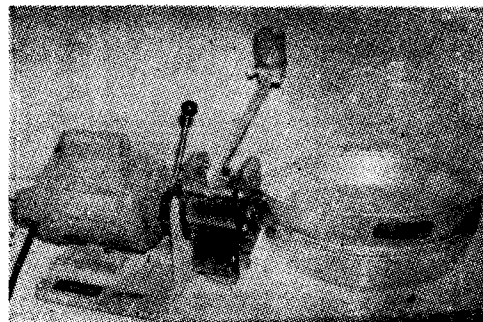


圖 5 碾米設備

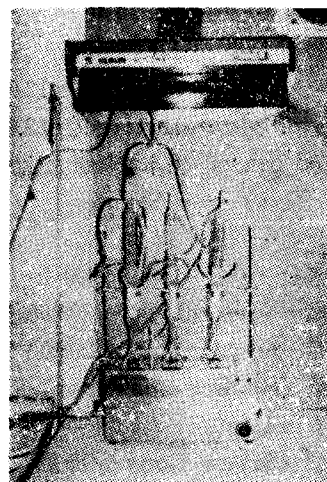


圖 6 脂肪抽出器及其加熱裝置

### 5 實驗結果及討論

茲將穀溫、含水率、碾米率、脂肪酸度等之實驗結果分別說明並予以討論之。

#### 5-1 穀溫之變化

穀溫之記錄從民國66年10月開始，詳細之實驗數據見附錄1。茲就穀溫之變化分別討論之。

5-1-1 穀倉內平均穀溫與氣溫之比較(圖7)。

在貯藏期間，穀溫、氣溫及相對濕度之變化列於表1，其變化趨勢如圖7所示。

由圖7，可看出穀溫隨氣溫而明顯地變化，其相關係數為0.9794，差別在 $2^{\circ}\text{C}$ 以下。根據盧福明氏在朴子鎮所做圓筒倉(鋼筋混凝土式)之報告顯

示，一般的穀倉穀溫要比外界氣溫高出3~15°C，而此鐵皮倉却高出不到2°C，分析其原因，一為本實驗倉之穀子沒有堆滿（標準堆高為1.8 m，而本實驗穀層高0.6 m），倉內空氣流動情形較佳穀子產生之熱量易由於空氣之對流而被傳送至倉外；二為穀倉外壁塗有白色「超弘防熱劑」（此劑對輻射能之反射率為90%，吸收率5%，透射率5%）。

穀倉本身所吸收之太陽熱並不多，且由於室外有風，空氣對流容易將倉壁吸收之熱量驅散。

### 5-1-2 上下層穀溫之變化（圖8）。

圖中所示，上層穀溫為上層所有測點之平均值，下層穀溫為下層所有測點之平均值。一般而言，下層穀溫平均高於上層0.5°C以內，且兩者之差別很平穩。原因於下節說明之。

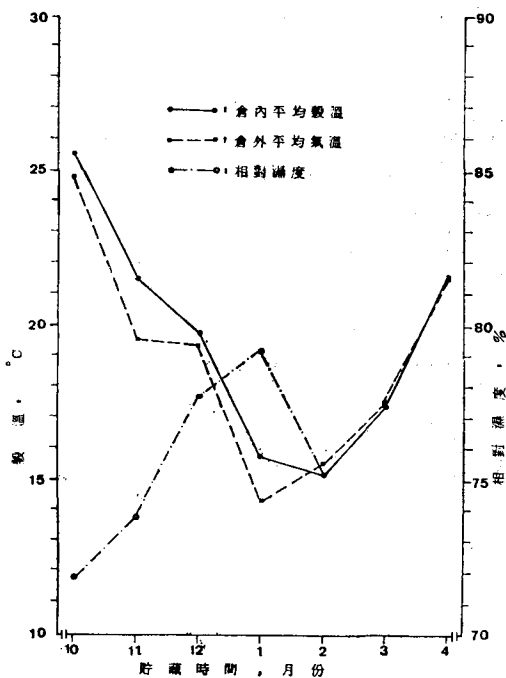


圖7 平均穀溫與氣溫之比較圖

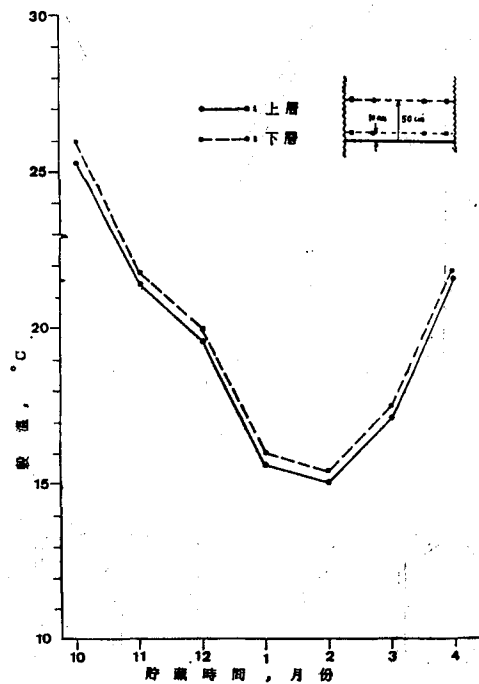


圖8 上下層穀溫之比較

### 5-1-3 內外圈穀溫之變化（圖9）。

表1 穀溫與氣溫、濕度之變化表

貯藏時間	66年10月	66年11月	66年12月	67年1月	67年2月	67年3月	67年4月
外界相對濕度(%)	71.7	73.7	77.7	79.3	75.3	-	-
外界氣溫(°C)	24.83	19.67	19.43	14.43	15.57	17.57	21.50
穀倉平均穀溫(°C)	25.63	21.60	19.80	15.82	15.26	17.40	21.70
上層平均穀溫(°C)	25.23	21.42	19.61	15.58	15.09	17.26	21.57
下層平均穀溫(°C)	25.63	21.77	20.03	16.05	15.43	17.54	21.83
內圈平均穀溫(°C)	25.80	22.38	20.11	16.33	16.03	17.63	21.71
外圈平均穀溫(°C)	25.45	20.80	19.45	15.30	14.49	17.18	21.69
東面(3LO)(°C)	26.3	21.4	20.0	16.0	15.0	17.6	21.7
西面(9LO)(°C)	25.4	20.0	19.3	15.1	14.3	17.0	21.4
南面(6UO)(°C)	25.8	20.7	19.4	15.2	14.5	17.1	21.4
北面(12UO)(°C)	24.2	20.2	18.7	14.5	14.2	16.9	21.2



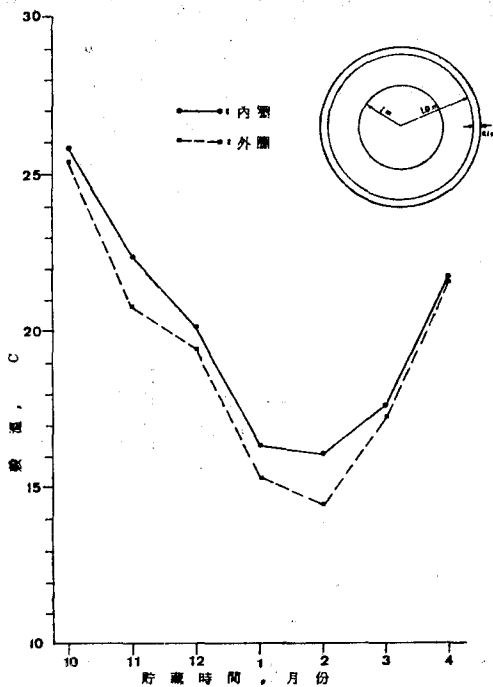


圖9 內外圈穀溫之比較

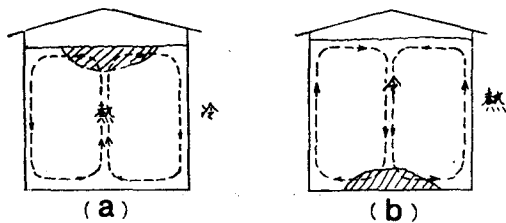


圖10 穀倉內空氣流動情形

圖中所示內圈穀溫為內圈所有測點之平均值，外圈穀溫為外圈測點之平均值。穀倉內外圈穀溫之變化比上下層為明顯。當一、二月份天氣最冷時，內外圈穀溫之差異平均達  $1.5^{\circ}\text{C}$ ，可是當三、四月份時，外界氣溫升高，外圈穀溫也跟着提高而接近內圈穀溫。一般磚造倉、鋼筋混凝土倉之穀溫變化沒有如此之明顯趨勢，可見鐵皮倉內之穀溫受氣溫之影響很大（其相關係數為0.9794）。

下層穀溫高於上層，內圈高於外圈，最主要的原因是穀倉內外溫差而引起穀倉內空氣之流動。當穀子進倉後，由於穀溫較氣溫為高，而且又逢秋冬之季，外界氣溫逐漸下降，倉內空氣流動方向如圖10(a)所示，倉壁附近的空氣受外界影響而降低溫度，因此外圈空氣密度增加而形成內外密度差，造成了空氣的流動。當空氣自外圈流向內圈時，將外

圈倉壁所吸收的熱量傳至內圈下層，因此使得內外圈的溫差較大。上下層因為穀層不深（僅  $0.6\text{ m}$ ）且上層與空氣自然對流，使得上層熱量容易散失，因此上下層的穀溫差別較小。

當春季來臨，氣溫回升，三、四月時穀倉內外溫度幾乎相等，此時倉內空氣流動有逐漸改變方向之趨勢，而使得內外圈溫差也幾乎一樣。比較圖7、圖8、圖9，可以得知鐵皮倉內穀倉之變化與外界氣溫有密切的關係。

#### 5-1-4 東西向穀溫之變化 (圖11)

東向取正東下層外圈(3LO)，西向取正西下層外圈(9LO)之測點。兩者之穀溫變化情形見圖11。東面平均穀溫較西面為高，其原因是穀倉位於農機實習工廠東側，每天下午三、四點以後西邊即被房屋陰影遮住，平均受太陽照射之時間較東面為短，故穀溫較低。

#### 5-1-5 南北向穀溫之變化 (圖12)

南向取正南上層外圈(6UO)，北向取正北上層外圈(12UO)之測點。兩者之穀溫變化情形見圖12。南面因接受陽光照射之面積較北面為多，故穀溫比北面為高。但兩者之差異不大，最高為  $1.5^{\circ}\text{C}$ 。

比較圖11、圖12，可知東西向穀溫變化之趨勢與南北向很相似。

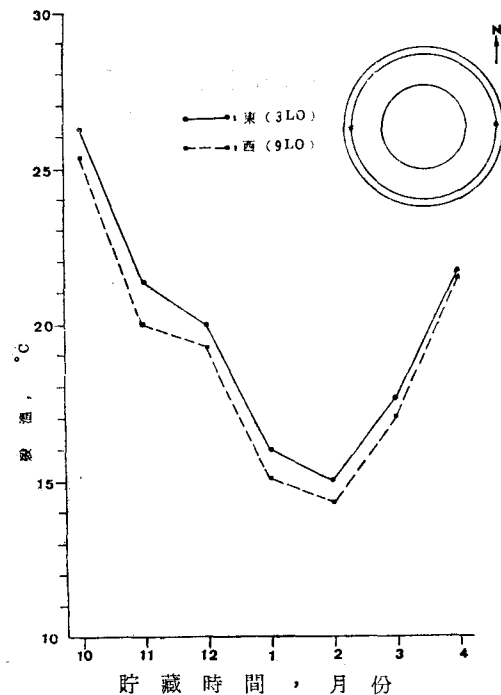


圖11 東西向穀溫之比較

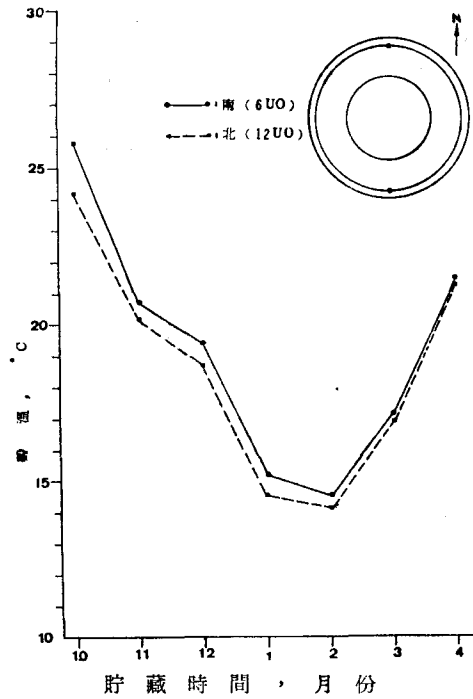


圖12 南北向穀溫之比較

## 5-2 含水率之變化

### 5-2-1 平均含水率之變化 (圖13)

含水率之實驗數據，詳見附錄2。

穀倉內平均含水率隨貯藏時間而上升，見圖13。進倉時為13.38%，經過7個月的時間升高至14.78%，含水率提高了1.4%。在貯藏期間，含水率之變化應與相對濕度及穀溫有關，如果穀溫保持不變，則濕度增高時含水率隨之提高，如果濕度保持不變，則穀溫下降時含水率也隨之升高。參考圖7，在貯藏期間穀溫下降及濕度上升，因此使得含水率逐漸提高。在1月份時相對濕度最高，穀溫也很低，因此在12月份至2月份之兩個月內，穀倉內

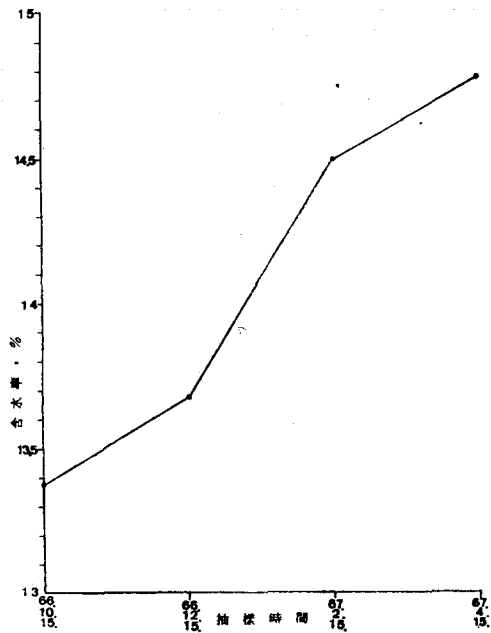


圖13 含水率之變化

之含水率提高得最快。2月份以後穀溫逐漸上升，因之含水率之變化也較為緩和，此現象在圖12可明顯看出。

含水率之高低與穀溫及相對濕度有密切之關係，可查圖表(6)予以證明。茲以實驗值與理論值比較驗證之。參考圖7，當10月份時，穀溫為25.5°C，外界濕度為72%，查圖表可得含水率應為13.4%，而實際上穀倉內之含水率為13.38%。當2月份時，穀溫下降至15°C，相對濕度75%，穀子之含水率理論上應為14.5%，而實際上實驗值也是14.5%。由於實驗值與理論值極為接近，可以圖表來預測貯藏期間穀倉內平均含水率之變化。含水率與安全貯藏期之關係列於表2。

表2 穀物含水率與安全貯藏日數之關係

含水率(%)	12	14	15	16	17	18	19	20	21	22
安全貯藏日數	2~4年	1年	6個月	30日	25~30日	15~20日	15日	10日	3~6日	5日

註：16%以上資料得自日本北陸農業試驗站(溫度15~25°C)。

假設穀物進倉時含水率為14% (由表2，可安全貯藏1年)，可是由於貯藏期間濕度及溫度之變化而使得穀物含水率逐漸回升，若依溫度、濕度之關係查圖表得知含水率已回升至15%，此時之安全貯藏日數只有半年，因之若要維持原來的一年安全貯藏期，必需要設法降低含水率，最有效的辦法就

是通風(但通入之空氣必需相對濕度低於穀層之相對濕度)。

### 5-2-2 上下層含水率之變化 (圖14)

上層取所有測點之平均值為其含水率，下層亦同。四次抽樣其含水率之變化列於表3。

表3 含水率之變化

抽樣時間(日期)	66.10.15	66.12.15	67.2.15	67.4.15
倉內平均含水率(%)	13.38	13.68	14.51	14.78
上層含水率(%)	13.45	13.69	14.66	14.90
下層含水率(%)	13.30	13.66	14.35	14.67
內圈含水率(%)	13.38	13.67	14.50	14.77
外圈含水率(%)	13.36	13.69	14.50	14.80

上下層之間含水率差異，最大為0.3% (濕基)。上層含水率較高之原因，其一為穀層堆積高僅0.6m，倉內空氣所佔之空間很大，表層之穀子很容易受空氣之濕度影響而回潮；其二為倉內空氣之流動方向為圖10(a)所示，下層較熱之空氣往上移動通過較低溫之上層，發生水分轉移之現象，而使得表層稻穀吸濕，造成上層有較高之含水率。

5-2-3 內外圈含水率之變化 (圖15)

內圈含水率為內圈所有測點每次抽樣之平均值

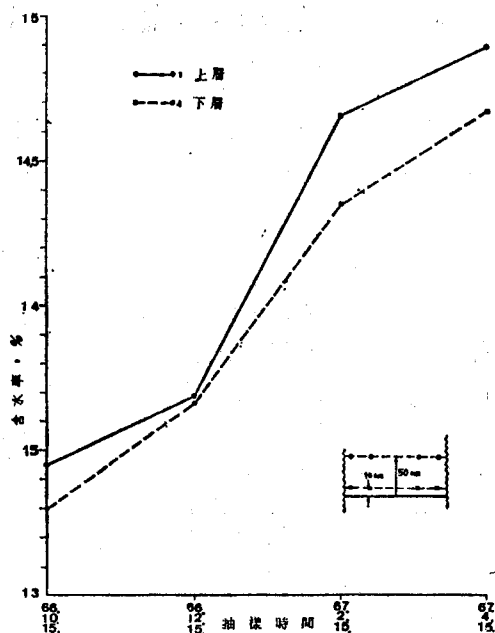


圖14 上下層含水率之變化

，外圈亦同。由圖15顯示內外圈之含水率幾乎無變化。查圖表(6)可知在同一相對濕度下，穀溫愈高則含水率愈低。茲討論溫度、濕度對含水率之影響：綜合圖3、圖9，可知下層、內圈之穀溫較高，因之下層、內圈之含水率較低，可由圖14、圖15得到證明。(注意：上下層間之穀溫差異比內外圈為小，但含水率差異却比內外圈大。可見穀溫與濕度對含水率之影響以濕度較重要。)

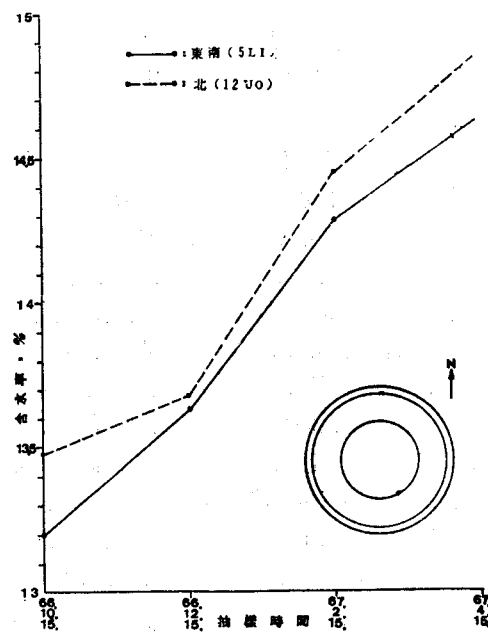


圖15 內外圈含水率之變化

5-3 碾米率之變化

碾米率之實驗數據詳見附錄3。碾米實驗是在上層(2UO, 6UO, 10UO)及下層(3LI, 7LI,

11LI)各取三個樣本，求其平均值如表4所示。此六樣本之平均含水率亦列於表4。

表4 碾米率與含水率變化情形

抽樣時間	66.10.15	66.12.15	67.2.15	67.4.15
平均碾米率(%)	69.52	68.80	68.54	68.53
平均含水率(%)	13.39	13.66	14.52	14.89

圖16中，如橫軸表示抽樣時間，縱軸表示碾米率之變化，可得迴歸方程式如下：

$$Y = 69.655 - 0.323X \quad r = -0.8972$$

上式表示鐵皮倉之碾米率與貯藏時間呈負相關，其相關係數為-0.8972。

根據徐開民氏的實驗(18)，稻米的含水率對碾米率之影響最大，一般說來，碾米率與含水率呈相反之變化，當含水率增加時其碾米率便降低。

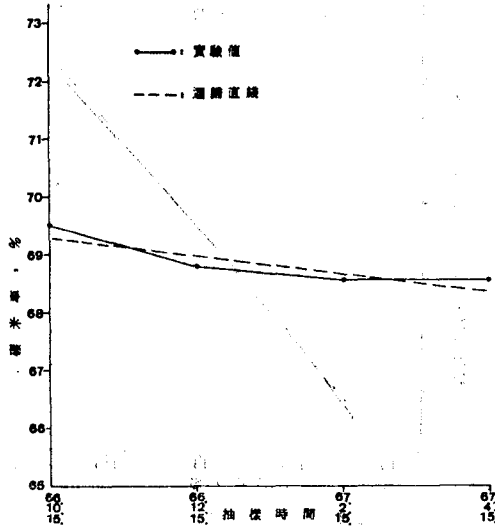


圖16 碾米率之變化

他又指出稻米之碾米率隨溫度的增加而略有增加，此乃因為在相同濕度下，較高的貯藏溫度有較低的含水率之故。但是溫度對碾米率的影響不大。以本實驗之含水率為橫軸，碾米率為縱軸，求其關係式如下：(圖17)

$$Y = 76.751 - 0.560x$$

其相關係數為  $r = -0.8516$ 。

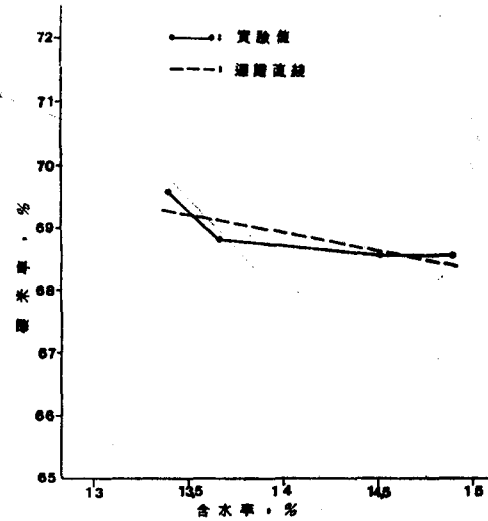


圖17 碾米率與含水率之關係

#### 5-4 脂肪酸度之變化

脂肪酸度之實驗數據詳見附錄 4。脂肪酸度實驗也是分別在上層 (4UO, 8UO, 12UO) 及下

層(1LI, 5LI, 9LI) 各抽取三個樣本，求其平均值列於表 5。此六樣本之平均含水率亦列於表 5 中。

表 5 脂肪酸度及含水率之變化

抽 樣 時 間	66.10.15	66.12.15	67.2.15	67.4.15
平均脂肪酸度 (mg KOH/100g 乾糙米)	86.12	89.81	45.10	47.09
平均含水率 (%)	13.84	13.66	14.45	14.74

圖18顯示稻米之脂肪酸度亦隨貯藏時間而漸升高。其變化之迴歸方程式為：

$$Y = 32.475 + 3.822x \quad r = 0.987$$

縱軸表示脂肪酸度之變化，橫軸表示貯藏的時間。其相關係數為0.987。

據 Baker (2)、張森富(19)、徐開民(18)三氏等之研究，稻穀之脂肪酸度隨貯藏時間的延長而增加，但有一極限值。含水率對脂肪酸度有顯著的影響，含水率愈高則其脂肪酸度愈高。另外，溫度對脂肪酸亦有顯著影響，貯藏溫度愈高則脂肪酸度亦愈高。本實驗中含水率與脂肪酸度之關係如下：

$$Y = 7.567x - 64.274 \quad r = 0.9941$$

圖19中，縱軸表示脂肪酸度，橫軸表示含水率，兩者之相關係數高達0.9941。

含水率、溫度及貯藏時間對脂肪酸均有顯著的影響，但是那一個因素對脂肪酸之影響較大，須視貯藏之含水率、溫度而定。茲以本實驗為例探討含水率與溫度對脂肪酸度之影響：取東南下層內圈(5LI)及北面上層外圈(12UO)兩個樣本，其脂肪酸度之變化示於圖20。同時查附錄 1 及附錄 2，繪出 5LI 及 12UO 兩測點之穀溫分佈圖(圖21)及含水率分佈圖(圖22)。對照圖20, 21, 22，發現

5LI的脂肪酸度含量在三月份以前較 12UO 為高，三月份以後反而較 12UO 為低。推測其原因，可能是因為在三月份以前 5LI 與 12UO 之穀溫差異較大，（最高達 3°C 左右），溫度對脂肪酸度之影響較含水率對脂肪酸度之影響為顯著，因此使得較高溫度者(5LI) 有較高之脂肪酸度。三月份以後

兩者穀溫相差無幾，而含水率差異較大，可能此時含水率對脂肪酸之影響較穀溫為顯著，因此含水率較高者有較高之脂肪酸度。至於含水率，穀溫及貯藏時間對脂肪酸度之影響，須做進一步詳細的實驗才能得知正確的關係。

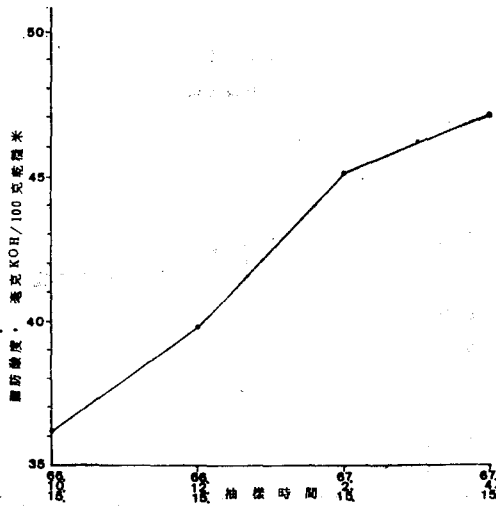


圖18 脂肪酸度之變化

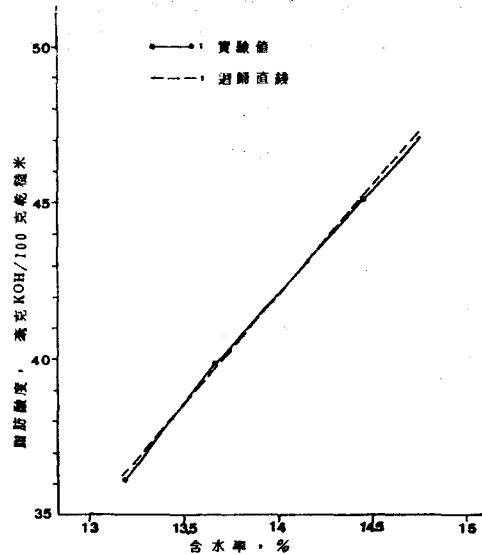


圖19 脂肪酸度與含水率之關係

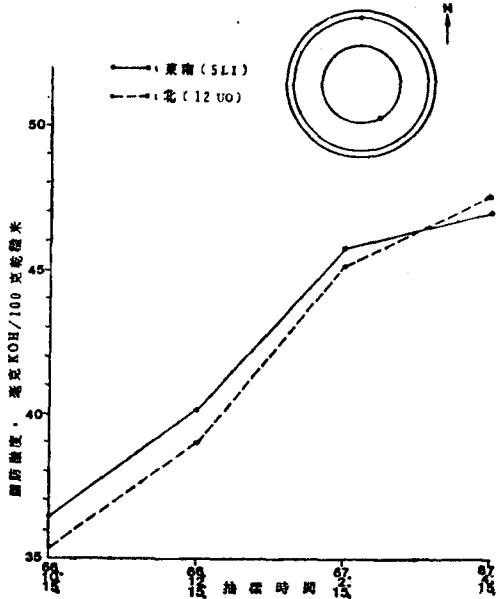


圖20 5LI 及 12 UO 脂肪酸度之變化

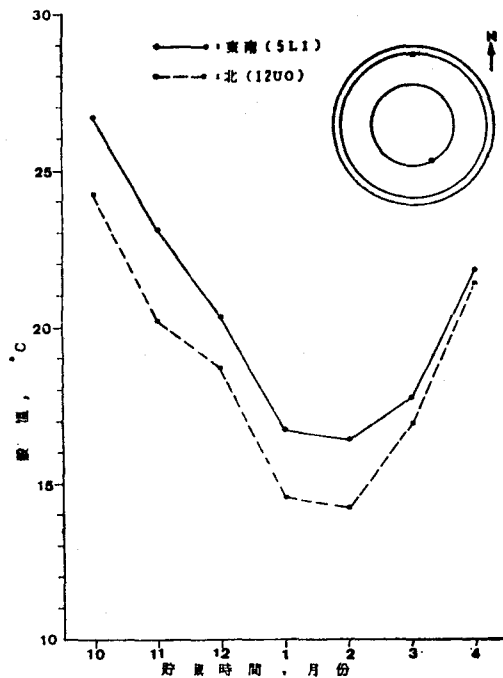


圖21 5LI 及 12 UO 穀溫之變化

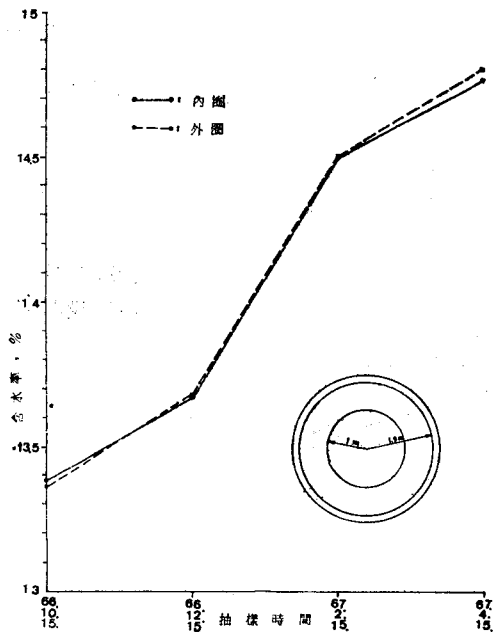


圖22 5LI 及 12 UO 含水率之變化

### 5-5 有關本實驗之幾點結論

根據鐵皮倉在臺大做了七個月的實驗工作（民國66年10月至67年4月），其含水率、穀溫、碾米率、脂肪酸等之變化，簡述如下：

(1) 穀溫之變化顯著地受氣溫而影響，倉內穀溫以下層內圈較高。穀溫與氣溫之溫差小於 $2^{\circ}\text{C}$ 。

(2) 含水率之變化太快且太大，主因為空氣濕度高，穀層不夠深。

(3) 碾米率之變化並不顯著。

(4) 脂肪酸度變化受含水率、溫度及貯藏時間而聯合影響，在本實驗之溫度（ $26^{\circ}\text{C}\sim 15^{\circ}\text{C}$ ）及含水率（ $13.38\%\sim 14.78\%$ ）下，脂肪酸度在  $36.12\sim 47.09\text{mg KOH}/100\text{g}$  乾糙米之間。

(5) 實驗時間只有七個月，且屬臺灣之低溫期，至於高溫期之貯藏結果，尚待進一步研究。

由以上之實驗結果，發現了鐵皮倉在本省可用於貯藏稻穀，但有一些缺點，茲簡述之並求其解決之方法：

(1) 穀溫隨大氣溫度而有明顯地變化，在夏天時應設法抑制穀溫之升高。其解決之方法為增加穀倉壁之隔熱設備，以減少外界熱量傳至倉內，另外採取選擇性的通風以驅除穀層間之熱量。

(2) 含水率提高得太快且太多。其解決之法為採取選擇性的通風，定時通入低濕度的空氣，以降低穀層間之含水率。

## 6 鐵皮圓筒倉設計之初步構想

### 6-1 穀倉大小之選擇

根據臺大農工系於民國66年抽樣調查臺灣各地的農家倉貯情形，發現一般的農家均無完善的穀倉設備，原因是稻穀收成後急於償債或付工資，雖然有時價格低廉亦不得不出售。最近政府提前實施免息米穀生產貸款，每0.1公頃可貸1000元，每戶最高不得超過20000元，限於1年之內償還。其主要目的即為避免「穀賤傷農」，讓農家有資金可以週轉，而不急於出售稻穀，以保障農民利益。因此，農家的倉貯問題必需立即解決。

臺灣農戶約90萬戶，每戶農場大小分佈情形，0.5公頃以下者佔24.2%，0.5~1.0公頃者佔38.2%，1~1.5公頃者佔16.3%，1.5~2公頃者佔9.1%，2公頃以上者佔12%。平均每戶耕地在1公頃以下的農戶佔總農戶之62.4%，耕地在2公頃以上者只佔12.2%。因之，本研究之設計改良分成兩部份，其一是針對一般中小農戶（耕地1公頃以下者）所設計的小型穀倉，容量約為3公噸；其二是為大農戶及碾米商所設計的較大穀倉，容量約為12公噸。

### 6-2 中小型農家用穀倉之設計

一般農家無完善之穀倉，茲設計一種小型農家用穀倉，以供中小農戶使用。立體圖及設計圖見圖23、24。

形狀：圓形。

直徑：2 m。

倉壁：1.6 mm 厚鍍鐵皮，分成兩層，每層高1.2 m，多孔板離地高0.4 m。

容量：穀倉之總容量為

$$Q = V \times r = \frac{\pi}{4} \times 2^2 \times (2.4 - 0.4) \times 0.55 = 3.5 \text{公噸}$$

其中，Q：穀倉容量，ton

V：穀倉容積， $\text{m}^3$

r：稻穀容重， $\text{ton}/\text{m}^3$

堆滿85%時約為3公噸。

通風量：通風時之風量選擇

$$\begin{aligned} \frac{1}{5} \text{ CFM}/\text{Bu} &= 0.22 \text{ CMM}/\text{Ton} \\ &= \frac{1}{5} \text{ CFM}/\text{Bu} \times \frac{3.6}{1} \text{ Bu}/\text{Barrel} \\ &= 0.72 \text{ CFM}/\text{Ba} \end{aligned}$$

靜壓：穀層深度2 m (=6.7 ft)，查圖表 (l. p.22)

得所需靜壓為0.4 in (=10.2 mm Aq)。

馬達：由(1, p22)每 1000 Barrels 所需風機之馬力為 0.11 Hp，此倉之容量為  $\frac{3000 \times 2.2}{162}$

=40.7 Barrels (1 Barrel=162 lbs)。  
為安全起見，採用  $\frac{1}{4}$  馬力之馬達。

比例 1:20  
30° 投影

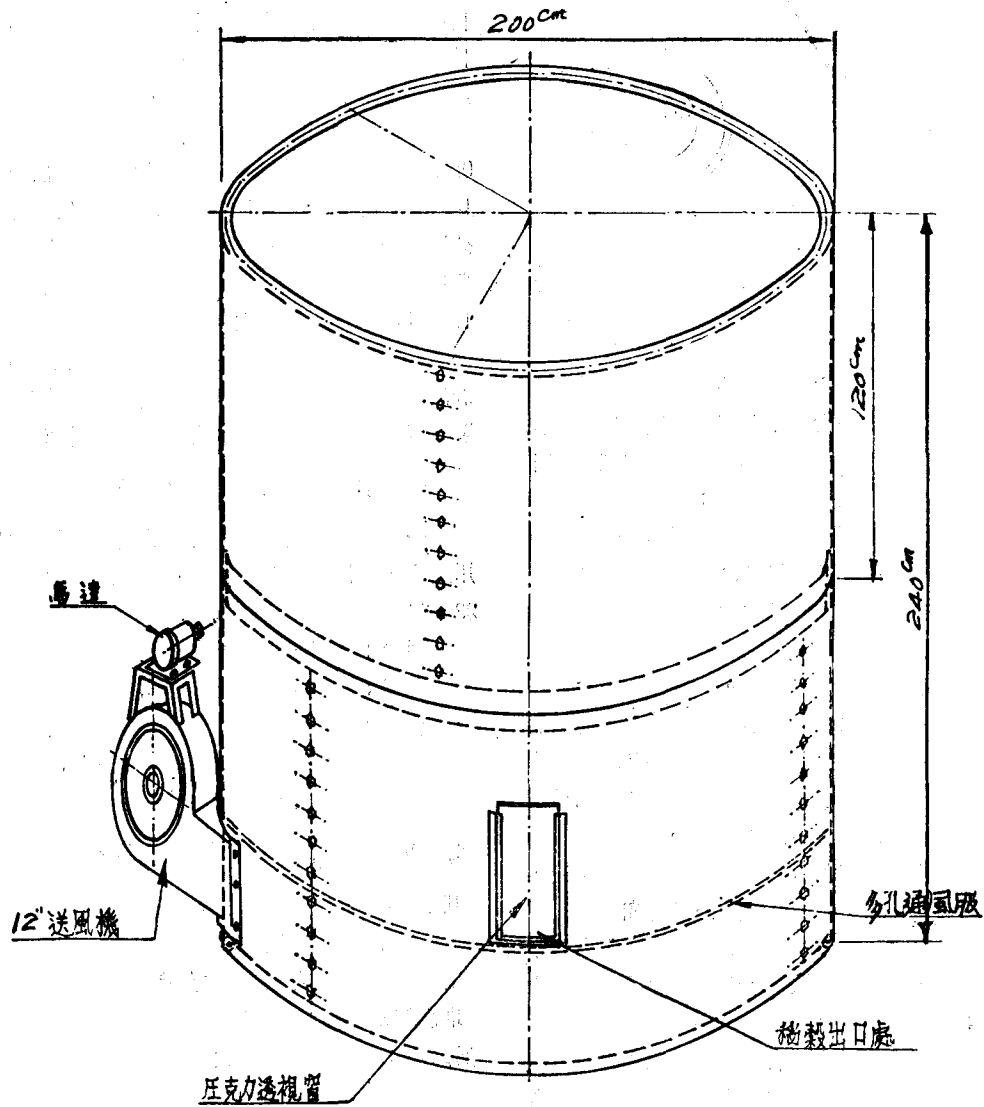


圖23 小型農家用穀倉之立體圖

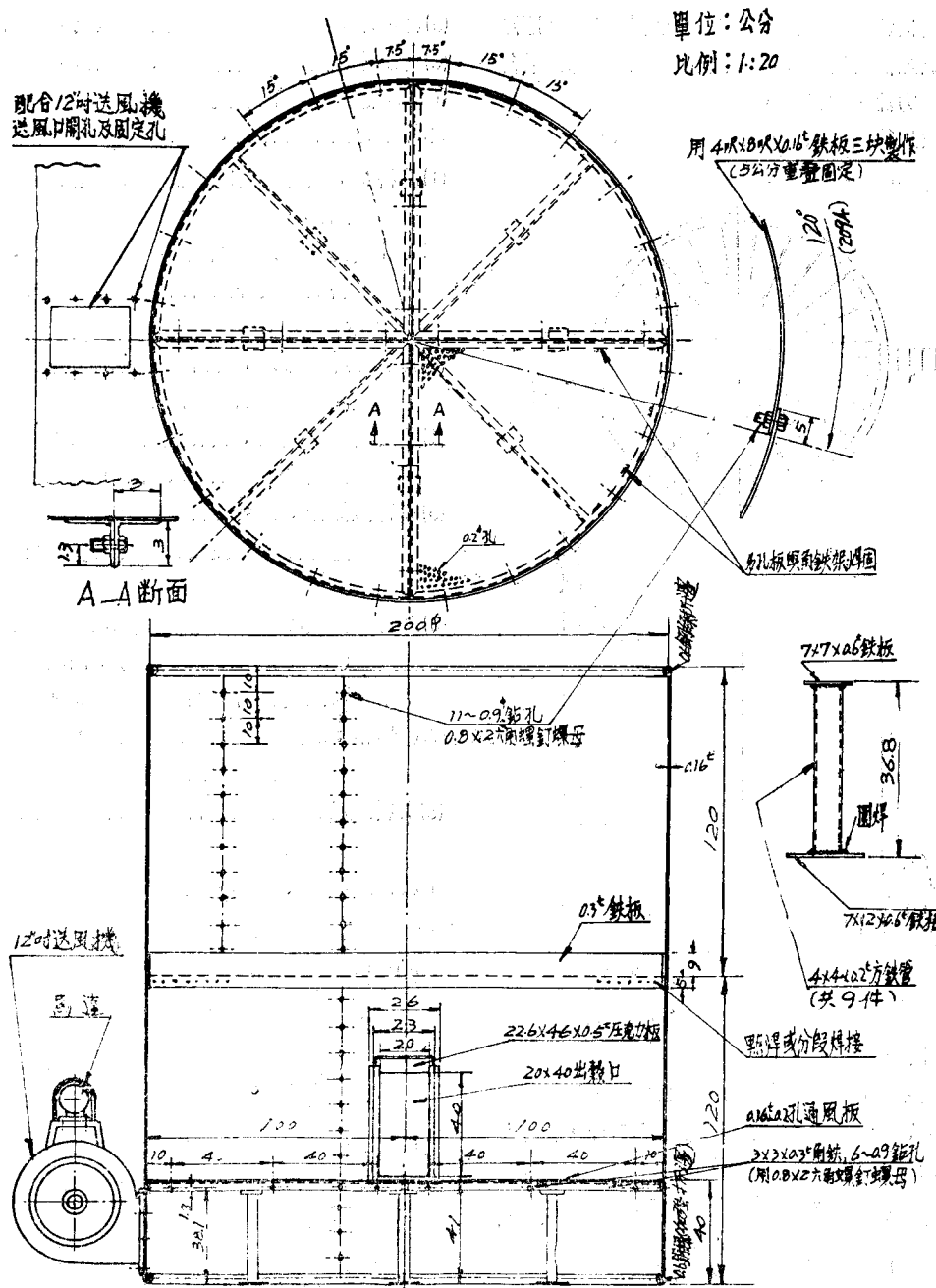


圖24 小型農家用穀倉之設計圖

### 6-3 大農家用穀倉之改良設計

根據山本式乾燥貯藏兼用倉（此倉之外觀構造見圖1、2、3），在臺灣之試驗情形，發現有若干缺點而應加以改良：

(1)因倉壁係鐵皮構成，故受氣候之變化影響很大，為減少氣溫對穀溫之影響，須要有隔熱

設備，同時要配合通風，以防止穀溫之過份升高。

(2)山本式倉無通風管之設備，風量之分佈不甚均勻，應加裝一通風管。使風量能均勻分佈。

(3)進出料螺旋輸送器有兩個，於進出料時容易



使稻穀破損，因此將上面之螺旋輸送器刪除並加高昇降機使穀物到達頂端後經過圓管靠重力流入穀倉內。

經改良後之鐵皮倉外形如圖25所示。

比例 1:100

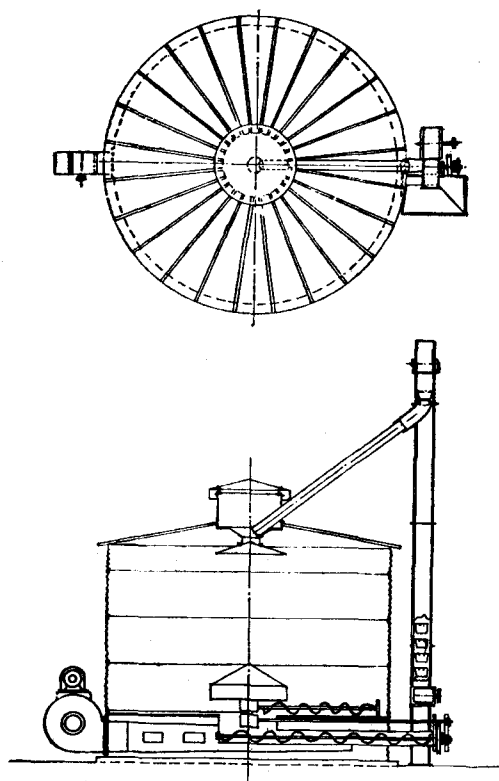


圖25 改良式鐵皮倉全圖(比例尺1/100)

### 6-3-1 貯存部分

穀倉本身直徑4 m，圓筒高 3.1 m，扣除多孔板高度 0.7 m，可貯放穀物高度為 2.4 m，標準堆積高度為 1.8 m。故其倉容量為

$$Q = V \cdot \gamma = \frac{\pi \times (4)^2}{4} \times 1.8 \times 0.55 = 22.6 \times 0.55 = 12430 \text{ 公斤} = 20717 \text{ 臺斤}$$

亦即設計改良之穀倉容積為12公噸，適合大農戶之用此貯存部分主要包括下列各項：

- (1)倉壁：為波浪形鋅鐵板做成，圍成圓形之穀倉，壁高3.05 m。詳見圖26。
- (2)倉門：門上有透視窗，可觀察倉內穀物貯存情形。見圖27。
- (3)多孔通風板：置於離地 0.7 m 處，上面貯放穀物，總共有16片。見圖28。
- (4)多孔通風板支架：以方鐵管做成。見圖29。

(5)倉頂片：倉頂由24件倉頂片所組成，見圖30。

(6)倉頂片與倉頂之接合部分：見圖31。

### 6-3-2 進出倉及輸送裝置

此部分包括下列各項：

- (1)進料口：穀物進倉時必需先經此進料口進料，見圖32。
- (2)箕斗（見圖33）及昇降機（見圖34）：穀物進料後經箕斗式昇降機運送。昇降機總高為 6.15 m。
- (3)固定昇降機部分：昇降機必需固定在穀倉邊，其固定部分如圖35所示。
- (4)進出料控制裝置：穀物進倉或排出，必要有一控制裝置，如圖36所示。
- (5)穀物撒佈器：當穀物自進料圓管流入穀倉時，經過撒佈器，使穀物能均勻分佈倉內。見圖37。
- (6)迴轉螺旋（Rotating Auger）及螺旋輸送器（Screw Conveyor）：出料時迴轉螺旋可以幫忙清掃稻穀。見圖38。
- (7)鏈輪箱：馬達經皮帶傳出之動力，經鏈輪箱再傳至其他部份。見圖39。
- (8)出料螺旋輸送器與進料口，昇降機之接合部份：見圖40。

至於輸送能量（Capacity）及所需動力（Horsepower）之計算如下：

(a)昇降機

$$Q = \frac{V \cdot S \cdot r \cdot \eta \cdot 60}{P}$$

$$Hp = \frac{Q \cdot l}{270 \cdot \eta'} \cdot \frac{1}{0.986}, \text{ 或 } Hp = \frac{l \cdot Q}{150}$$

式中Q：輸送能量，ton/hr

V：單一箕斗之容積，m<sup>3</sup>。本倉之V = 0.001062 m<sup>3</sup>

S：速度，m/min。本倉之S = 2.0 m/sec = 120m/min

P：節距，m。本倉昇降機箕斗之節距為0.2m  
r：稻穀比重，ton/m<sup>3</sup>。本省蓬萊稻比重平均為 0.55 ton/m<sup>3</sup>。

η：盛滿率，60~80%，取70%。

l：上下兩滑輪間之距離，m。改良後上下兩滑輪間之距離為 5.4 m。

η'：離心式箕斗之效率。取0.5。

根據上列二式可求得：

$$\begin{aligned} \text{輸送能量 } Q &= \frac{V \cdot S \cdot r \cdot \eta \cdot 60}{p} \\ &= \frac{0.001062 \times 120 \times 0.55 \times 0.7 \times 60}{0.2} \\ &= 14.72 \text{ ton/hr} \\ \text{Hp} &= \frac{Q \cdot \ell}{270 \cdot \eta'} \cdot \frac{1}{0.986} = \frac{14.72 \times 5.4}{270 \times 0.5} \\ &\quad \times \frac{1}{0.986} = 0.60 \text{ hp.} \end{aligned}$$

$$\text{或 } \text{Hp} = \frac{\ell \cdot Q}{150} = \frac{5.4 \times 14.72}{150} = 0.53 \text{ hp}$$

(b)螺旋輸送器 (Screw Conveyor)  
其輸送能量及所需動力計算式如下：

$$Q = 60 \cdot N \cdot \frac{\pi D^2}{4} \cdot \phi \cdot p \cdot r$$

$$\text{Hp} = 0.0045 \ell \cdot Q \quad \text{或} \quad \text{Hp} = \frac{K \cdot Q \cdot \ell}{270}$$

式中 Q：輸送能量，ton/hr

N：迴轉數，r·p·m，本倉之 N=240 rpm

φ：螺葉間充滿率，0.38~0.45。取 0.4

r：稻穀比重，ton/m<sup>3</sup>。本省為 0.55 ton/m<sup>3</sup>

p：螺旋節距，m。本倉之 p=0.125 m

D：螺旋外徑；m。本倉之 D=0.15 m

ℓ：輸送器全長，m。本倉之 ℓ=3.0 m

K：常數，稻穀之 K=1.2

由上二式，可計算得螺旋輸送器之

$$\begin{aligned} \text{輸送能量 } Q &= 60 \cdot N \cdot \frac{\pi D^2}{4} \cdot \phi \cdot p \cdot r \\ &= 60 \times 240 \times \frac{\pi (0.15)^2}{4} \times 0.4 \times 0.125 \times 0.55 \\ &= 7.0 \text{ ton/hr} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Hp} &= 0.0045 \cdot \ell \cdot Q = 0.0045 \times 3.0 \times 7.0 \\ &= 0.0945 \text{ hp.} \end{aligned}$$

$$\text{或 } \text{Hp} = \frac{K \cdot Q \cdot \ell}{270} = \frac{1.2 \times 7.0 \times 3.0}{270} = 0.0933 \text{ hp.}$$

所需動力應為 0.0945×2=0.189 hp≐0.2 hp

綜合昇降機、螺旋輸送器、迴轉螺旋等共需動力為

$$P_{\text{total}} = (0.6 + 0.2) \times 2 = 1.6$$

為安全起見，選用 2 hp 之馬達，以防止超負載之情形發生。

### 6-3-3 通風部份

此部份包括：

(1)通風管：通風管所採用之型式及開口大小形狀是參考日本專賣公社之資料(32)，可使風量分佈均勻，見圖41。

(2)倉頂通風孔蓋：位於倉頂，其形狀見圖42。

(3)送風機：送風機之選擇如下：

$$\begin{aligned} \text{風量：採用 } \frac{1}{5} \text{ CFM/BU} &= 0.22 \text{ CMM/Ton} = \\ &0.72 \text{ CFM/Barrel} \end{aligned}$$

靜壓：穀深 2.4 m (=8.0ft)，查圖 (1,p22) 得靜壓為 0.5 in(=12.7mmAg)。

馬達：每 1000 Barrels 之風機馬力為 0.11 hp。

此倉容量為 12430 Kgs = 27346 lbs = 169

Barrels，使用動力大小應選擇 0.11×

2 = 0.22 hp，實際上採用  $\frac{1}{4}$  馬力之馬達。

### 6-3-4 其他部份

其他部份包括：

(1)地基：為了防止雨水滲入倉內，須加高地基，且做成坡度。見圖43。

(2)梯子：為檢視倉頂部份，須要有梯子，見圖44。

### 6-3-5 隔熱材料之選用及選擇性通風

隔熱材料頗多，但是為了適合本鐵皮倉之用，茲列出一些材料以供選擇：

(1)鋁箔漆塗料：銀白色。

(2)超弘防熱劑：白色，反射率 90%，透射率 5%，吸收率 5%。

(3)優麗生 (Urethane)，可做板狀或泡沫狀，熱傳導係數低，K=0.01 Btu/hr·ft·°F

(4)P.E 發泡紙。

(5)P.E 纖維布。

(6)保麗龍 (Polylone)

試驗倉採用超弘防熱劑，連施工費共 150 元/坪。在試驗期間倉內最高穀溫比倉外氣溫才高出 3°C，效果不錯，如能在倉壁再加一層防熱材料，隔熱效果可更好。

為了驅除穀倉內之熱氣，必須予以通風。根據中央氣象局資料顯示，臺灣年平均相對濕度達 80% 以上，但是每日早上十時至下午五時此一段時間為濕度最低的時候，通風宜在此段時間內為之。因此，於穀倉旁安裝一乾濕球溫度計，當相對濕度達 75% 以下時，即可開動送風機予以選擇性通風。

附記：附錄 1~4 及圖 26—44，請參考原著。

## 誌 謝

本論文承李廣武博士悉心指導，所主任施嘉昌教授、彭添松教授之斧正，張漢聖教授、彭珈琄教授、沈國文教授、陳貽倫教授、盧福明老師、馮丁樹老師等提供寶貴意見與資料。游誠一先生、林華火先生、曾瑞雄先生及農試所農機系諸位先生等之協助安裝實驗倉，王運圖先生協助製圖，林慶鑫同學幫忙記錄穀溫，溫純駕小姐幫忙實驗及整理資料，謹於此致由衷的謝忱。

## 參 考 文 獻

1. Aeration of Grain in Commercial Storage. United States Department of Agriculture Marketing Research Report No. 178, 1957, 9.
2. Baker, D. M. H. Neustadt, L. Zeleny. Application of the fat acidity tests as an index of grain deterioration. Cereal Chem. 34, 1957.
3. Brooker, Bakker-Ackema and Hall. Drying Cereal Grains, AVI Publishing Company INC. 1974.
4. Dennis R. Stipe. Drying and Storing Grain on Louisiana Farms.
5. D. F. Houston. Rice Chemistry and Technology. American Association of Cereal Chemists INC. 1972.
6. F. T. Wratten. Hygroscopic Equilibria of Rough Rice. Agr. Eng. Dept. L. S. U., Baton Rouge, La.
7. G. H. Foster. Moisture Changes During Aeration of Grain. Trans. of ASAE 1967.
8. H. J. Barre. In-Storage Drying and Aeration. Farm Fans, INC. Indianapolis, Ind. 46218.
9. Howard K. Johnson. Cooling Stored Grain by Aeration. Agr. Eng. 1957,4.
10. J. E. Winberley. Meeting of Experts on the Mechanization of Rice Production and Processing, Food and Agri. Organization of the United Nations. Roma Italy, 1971,9.
11. J. W. Sorenson, L. E. Grane. Drying Rough Rice in Storage, Texas Agri. Exper. Station, 1960,3.
12. Lee, K. W. Temperature and Moisture Effects on Mechanical Properties of Rice. Unpublished Ph. D. Dissertation Texas A and M University, 1972.
13. M. G. R. Warner. Prefabricated Silos for Grain Storage. National Institute of Agri. Eng. 1952.
14. M. G. R. Warner. The Conditions of Outdoor Storage Silos after 10 years. N. I. A. E. 1962.
15. M. L. Esmay. Storage Technology Directed Towards Reducing Food Losses in A. P. O. Countries of Southeast Asia. 1969.
16. S. M. Henderson, B. L. Perry. Agricultural Process Engineering. 2nd Edition, 1970.
17. W. C. Dachtler. Research on Conditioning and Storage of Rough Rice and Milled Rice. U. S. D. A. 1959, 9. ARS-20-7.
18. 沈國文：“穀物貯藏與乾燥”，中國農業工程學報第廿一卷第二期 1975.6.
19. 徐開民：“稻米貯藏條件影響碾米率與脂肪酸度之研究”，臺大農工研究所碩士論文 1977.6
20. 張森富：“閉密貯藏糙米脂肪酸度變化之數學模式”，中國農工學報第廿二卷第三期。
21. 黃正華：“臺灣稻穀倉貯之現況與改良”，食品工業 Vol. 8. No.8
22. 黃欽榮：“臺灣稻穀倉貯問題之探討”，食品工業 Vol.8 No.8
23. 黃登忠等：臺灣地區公糧委託倉庫調查報告，臺灣省政府糧食局 1978.2
24. 馮丁樹、陳貽倫：“稻穀低溫密閉實驗穀倉試驗分析”，中國農工學報第廿三卷第一期 1977.3.
25. 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”，中國農工學報第廿一卷第四期1975. 11.12
26. 陳貽倫：“稻穀倉貯之研究”，中國農工學報第廿卷第一期 1974.3
27. 陳貽倫、吳銘塘、葉政秀、盧福明：“農會現有穀倉狀況調查研究暨改善提案”，臺大農工系 1976.12
28. 盧福明、賈精石、侯信雄：“圓筒倉貯存稻穀之研究”，中國農工學報第廿三卷第四期1977.11
29. 盧福明：“改善稻穀倉庫機械設備之研究”，中國農工學報第廿四卷第一期67.3.
30. 臺灣農業氣象旬報
31. “山本循環ライヌデポ貯藏乾燥裝置”，日本，山本製作所。
32. 日本專賣公社：バルワ乾燥編，昭和45年8月。
33. 戶次英二、武田太一：“一重鋼板製貯留ドンに於ける乾燥きみの貯藏性について”，農業機械學會第卅六卷第3號。
34. 村田敏、中馬豐：“農產物貯藏庫の通氣と換氣し二關する式”，農業機械會誌，第卅七卷第二號。