

臺灣省現有大型稻穀乾燥設備 之性能試驗與應用分析

The Performance Test and Analysis on the Present Tower Rice Driers in Taiwan

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

臺灣地區之稻米產量每年約達二百五十萬公噸，若換算為稻穀量，則高達三百十萬公噸以上。如此數量龐大之稻穀，於進入倉庫貯藏或加工之前，均需經過乾燥作業之過程。以往傳統上均利用日晒方式，以地面空間換取廉價之太陽能。唯此種乾燥法在操作上缺點很多，無論從勞力之需求，時間上之分配，空間之利用上，或自稻米本身品質之維護工作上加以考慮，均難達理想之境地。再加上天候上之限制，部份地區在收穫期間常逢雨季，每年因而導致發芽，霉爛或變質之稻穀數量無法計數。是以近幾年來機械法乾燥方式之應用乃逐漸受各界之重視，並普遍為農民所接受。

政府方面有鑒於此，政策上已開始採取各項鼓勵措施，以配合此種趨勢之演變。並於中央加速農業機械化計劃下，特別將各類型乾燥機之推廣以及大型乾燥設備之建造列為重要項目之一，使本省乾燥作業機械化之發展，更向前跨進一大步。

本省早期之乾燥設備均設於農林廳種苗繁殖場，起初皆為美製之設備；後來添製者始由國內自製。六十二年又向日本進口一部大型稻谷乾燥設備，設置於臺南縣之白河鎮，是為本省第一部稻谷專用之大型乾燥機，接着又於斗南、朴子、善化與佳里等四農會設置大型玉米乾燥設備，奠定國內廠商自製大型乾燥設備之基礎。六十三年度政府又決定在羅東、西螺、礁溪、大甲、冬山、大里與元長等六個鄉鎮農會分別設置大型水稻乾燥設備，全部由國內廠商負責承造。至此，國內大型乾燥設備之初期推廣工作已略具雛型。

綜觀近數年來所試驗與推廣之各種大小乾燥機機型中，無論型式上或數量方面均有顯著之改變與增

加。其型態方面約略可歸納為大型塔式乾燥機，中型循環式乾燥機與小型之箱式乾燥機等三種。此外尚有在雨季專為緊急搶救乾燥用途之快速移動型乾燥機，作為臨時調度之用。其種類可謂已多，故未來之發展將着重在數量之擴張與合理之調配問題上。

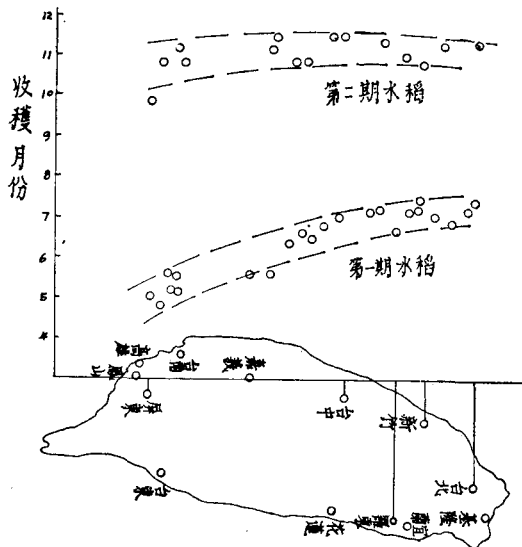
貳、氣象因素與乾燥機之必要性

機械化乾燥在本省地區開發之目的除基於人工、品質等原因外。最主要因素還是在於氣候條件。本省地屬海洋性氣候，雨量充沛，平均年雨量為 2,582 公厘，山區甚至高達 4,000 公厘以上。此項豐沛之雨量，對於本省作物各項作業之特性有極深遠之影響。對於乾燥作業言，其影響尤大。因為傳統之水稻乾燥作業幾乎全賴日光，故一旦陰雨數日或日晒中途驟然遇雨，均易致使日晒法中輟或歸於失敗。因此，稻作收穫期間與降雨時間之衝突問題，對目前乾燥之推廣工作言，極為重要。

本省地區兩季稻作收穫期雖因品種而異，但隨地理位置亦有不同（參考圖一）。一般言之，第一期稻作收穫期約在五月至七月之間，前後計兩個月；第二期則在 10 至 11 月左右。由圖一所顯示得知，第一期收穫期較長，並且有自南向北延後收割之趨勢，自中部以北以後，其時間差異方漸不明顯；第二期則約略在相同月份內收穫，故差異不大。

在雨期方面，若就降雨量與降雨日數率兩因素加以考慮，由於地形複雜，故其年變化至不一律。氣象學上，通常將本省氣候分成 A、B、C、D、E 等五型，其中分佈較廣而與稻作關係較密切者計有 A、B、E 等三類型。A 型氣候以高雄、嘉南、恆春等農業地帶為代表，其主要特徵為夏季之降雨率與降雨日數

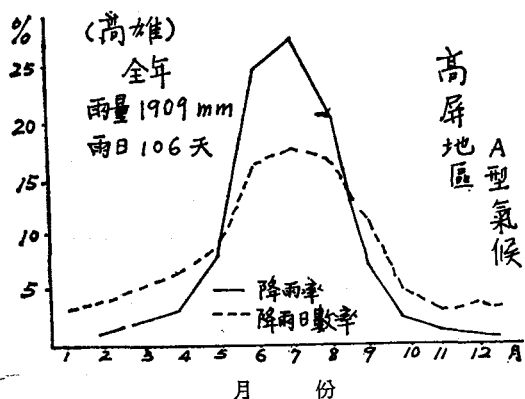
特多，冬季則甚少（如圖二）。降雨率之增加率以五～六月為最高。故若將此情況與圖(-)比較，顯然第一期稻作之收穫期正好處於雨量激增期內。因此，一旦收穫作業略為延誤或雨期提早來臨，則稻穀即無法利用日晒法乾燥。尤有甚者，由於雨季之來臨，過多雨量常使稻株倒伏，阻碍收穫作業之進行，日久稻粒即在穗上發芽，結果損失不貲。此時由於稻谷本身之水分常高達 35 % 以上，經搶割收穫後，若不及時處理，數日內即行霉變、酸化，終至不可食用。第二期之稻作收穫則無此現象，逢雨之機會亦少。



圖一 臺灣地區各地水稻收穫月比較

在此氣候型態下，機械化乾操作業之推廣具有較大之風險。除非農民摒棄舊有露天晒谷之舊觀念，否則由於此地區日照率仍高，乾燥機之使用機率反而降低。如此將更增加固定成本。目前之現況仍有待政府大力之推動。

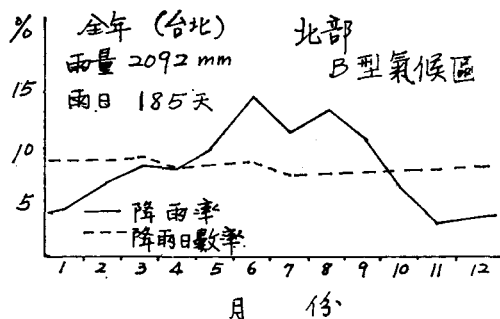
B型氣候之降雨率仍以夏季為多，冬季為少，然



圖二 A型氣候區之降雨率及降雨日數年變化

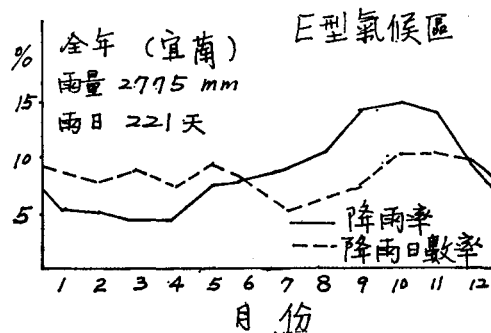
而降雨日數率則全年變化甚少（如圖三）。北部盆地如臺北及臺東等地則屬於此型。由於五至七月間，雨量充沛，亦值第一期稻作收穫期，故偶然逢雨之問題仍然存在。惟由於降雨日數率終年大致相同，故情況較A型者為緩和。但比例上，在第二期收穫時，日照率較少。因此，綿綿陰雨之天氣，往往影響日晒法之操作。顯然雨季稻作對乾燥機械之需要較為平均，故乾燥設備之設置與推廣有其必要性。

E型之氣候特徵是雨量以秋季為多，春、冬兩季反而較少（如圖四）。降雨日數率年變化雖不大，但仍以秋冬時間為高。此類型氣候以本省東部沿海如宜蘭、花蓮等地為代表，西部新港一帶亦屬此型。與圖(-)之收穫期比較，顯然第一期稻作收穫時逢雨之機會較少；反而第二期稻作收穫期間全為陰雨天氣所籠罩。是故，在此期限內非借乾燥設備之力不為功。



圖三 臺北降雨率及降雨日數率之年變化

總而言之，由於本省氣象型態特殊，稻穀收穫時際常逢雨期，故乾燥機之設置實有其迫切之需要，尤其搶乾乾燥用之設備，更應配合一般乾操作業程序，使機械在利用上更富彈性。



圖四 宜蘭降雨率及降雨日數率之年變化

叁、大型稻穀乾燥設備之興建

目前在各地農會興建之大型乾燥機係根據中央加速農村建設重要措施，加速農業機械化計劃之分項下

完成的，計劃由農復會策劃，糧食局主辦，臺灣大學農工系則負責技術與試驗之工作；有關場地則由各鄉鎮農會配合。截至目前為止，數量上，全省總計興建

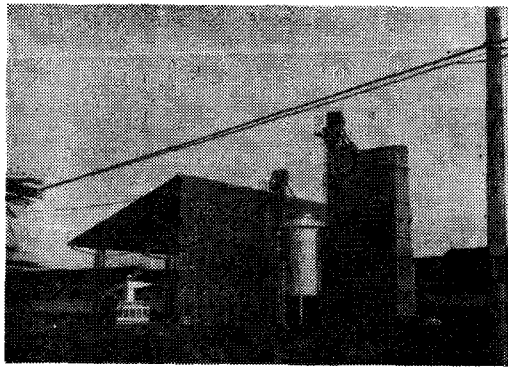
此種專供稻穀用之大型乾燥機共有六座，分別設置於六個鄉鎮農會，其有關性能與造價等資料則如下表：
(表一)

表一、各農會大型乾燥設備之能量與價格

年 度	興建地點	每日乾燥量	機械設備價格	廠房及配合工程價格	乾燥機製造廠商	附 註
61年	台南白河	40噸	1,804,715.00	542,230.00	日本野馬公司	其中動力操作控制系統及油槽工程由嘉林公司承造
63年	宜蘭羅東	60噸	1,450,000.00	1,643,096.00	高雄嘉林公司	廠房包括電力外線工程
63年	雲林西螺	120噸	2,270,000.00	1,790,000.00	"	"
63年	宜蘭礁溪	60噸	1,950,000.00	1,472,190.00	中國力壩公司	"
63年	宜蘭冬山	60噸	1,950,000.00	1,492,947.00	"	"
63年	台中大甲	60噸	1,950,000.00	1,458,741.00	"	"

白河機之機械設備部份整套自日本野馬公司進口。廠房採取露天開放式(如圖五)。其後五座則陸續由國人承包。其中高雄嘉林公司承造西螺與羅東兩座，其外貌如圖六與圖七所示。每日總乾燥能量(以

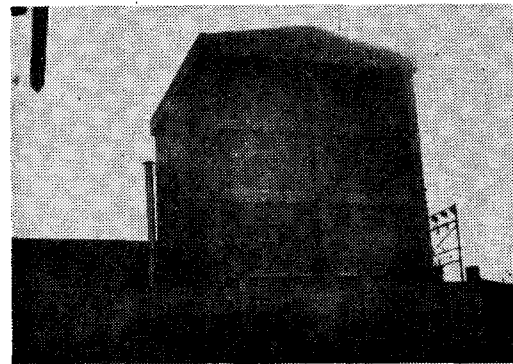
濕谷自18%乾至14%為準)共計180公噸。另外，礁溪、冬山與大甲等三處則由桃園中國力壩公司承包，其外貌如圖八所示。其總乾燥能量每日亦為180公噸。合計，每日總乾燥能量為400公噸，總投資為一千九百七十七萬元，平均每單位公噸之乾燥容量約投資五萬元。其中機械設備投資為57.5%；廠房為42.5%。惟此項數字係以18度濕谷乾至14度計算，實際上濕谷之含水率常在25~28%之間，而農會收購



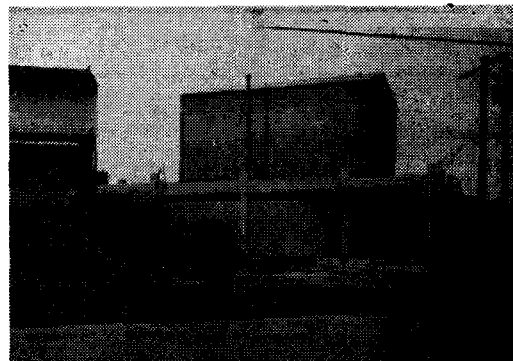
圖五、白河大型稻穀乾燥設備外貌



圖六、西螺大型乾燥設備外貌



圖七、羅東大型稻穀乾燥設備外貌



圖八、礁溪大型稻穀乾燥設備外貌

稻谷濕度則在 13 % 以內，故若以此標準推算，實際容量僅及理論值之六成左右。因此，其單位公噸容量之投資將更為增高。

肆、現有各大型乾燥設備之規格與廠房設備

現有六處之大型乾燥設備均係經由農復會發包，其中除白河之乾燥設備其型式略微相異外，其餘五處之規格大致相同。西螺機之乾燥能量雖較其他四處者為大，但其結構與原理則同，茲將其各項性能與容量

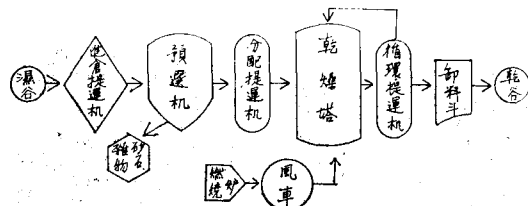
歸納如表(二)。

燃料方面，白河係採用煤油，故以直火方式加熱，因此其效率較高，乾燥速率亦較快；其他四處之乾燥設備則採用六號重油。為防止油味浸蝕稻谷，均採取間接方式加熱。重油進入燃燒器之前均使之預熱，以方便其燃燒。點火方式，礁溪、大甲與冬山三處均利用瓦斯點火，起火較為便捷。其他三處則採用直接點火，故爐溫不高時，起火操作需有相當熟練之技巧。

表二、大型乾燥設備性能與規格比較表

項 目		大甲、礁溪、冬山	羅 東	西 螺	白 河
型 式	堅 型 分 批 循 環 式 熱 風 乾 燥 方 式				
乾燥能力(每日乾燥能量)(大氣溫度 20°C RH 90%水分自 18%降至 14%)		60 公噸	60 公噸	120 公噸	40 公噸
倉 容 量		5 噸/bin, 3bins	6噸/bin 3bins	12噸/bin 3bins	8.5噸/bin 1bin
燃 料	種 類	重 油 (六 號)	"	"	煤 油
	耗 油 量	>20kg 稻谷/公升	"	"	—
起 火 方 式		瓦 斯 點 火	直 接 點 火	"	"
電 源	種 類	3 相 220VAC	"	"	"
	馬 力	53~59.5	68	81	28hp/22kw
進 料 提 運 機 能 量		5 噸/小時	7 噸/小時	12 噸/小時	—
預 選 機 能 量		5 噸/小時	7 噸/小時	7噸/小時 2部	—
熱 氣 風 車	馬 力	20	40	20	—
	溫 度	70°C	60°C	60°C	—
分 路 風 車	馬 力/bin	5Hp/bin	無	10Hp/bin	無

乾燥稻穀時，其作業過程在各處之設備中大致相同，其簡易之流程圖如下：



圖九、稻谷乾燥設備之一般流程

濕谷先經進倉提運機送至預選機加以選別，將稻枝、空殼、砂石等雜物選出，然後再經分配提升機分送至各倉乾燥。稻穀在乾燥塔內約以每小時一次循環之速度經由各倉之循環提升機使稻穀連續進行循環。如此在乾燥塔中循環 7~8 次後，復經循環提升機送入卸料斗，即可出倉裝袋。

熱風則經交換器、風車，再分送至各乾燥塔底部，乾燥之後由廢氣管排出。白河機因無熱交換器故熱風直接進入乾燥塔，通過谷層後即排出機外，各部乾

燥設備之詳細作業流程與機械之配置情形則如附圖(一)至附圖四。

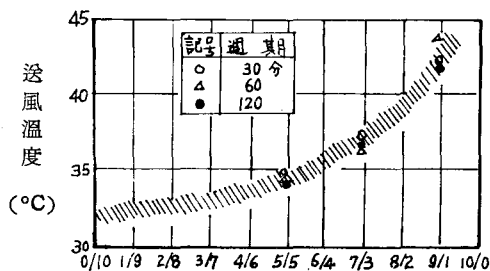
伍、現有乾燥設備之基本原理與設計

一、乾燥理論

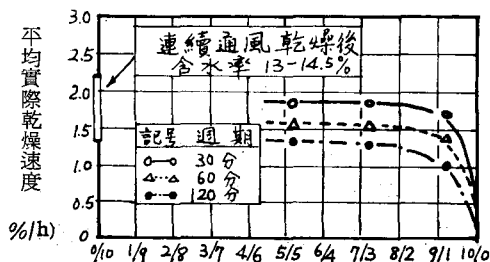
由於大型乾燥機之操作必須兼顧米質，故一般之設計均採用間歇乾燥方式(間歇乾燥之理論請參閱農工學報第廿一卷第二期)。所謂間歇乾燥乃是配合均化作業，使稻谷內部水分有餘裕自內向外移動。為此，大型乾燥設備均將乾燥塔劃分成上下兩層，上部份作為均化倉；底部方作為實際乾燥之用(如圖十)。據伴敏三氏之試驗，為使稻米之胴裂率減低至某種標準，稻穀通過均化倉與乾燥都之時間有一定之比例，而此項比例與乾燥設備之乾燥速率則有密切之關係。若將稻穀乾至 13%，而胴裂率維持在 10% 以下時，間歇通風比，送風溫度與實際率乾燥速率之關係如圖(廿)與(廿)所示。通常之乾燥期間，熱風溫度約在 35~45°C 之間，而實際乾燥速率則在 1~2/h % 之範圍內。熱風溫度愈高，乾燥速率必須更為減低方能確保相同米質。



圖十、乾燥塔內部循環之情形



圖十一、胴裂率 10% 以下，乾燥與均化時間比與溫度之關係

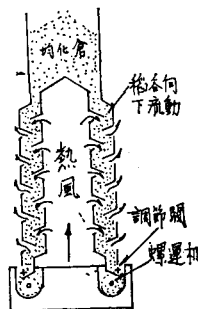


圖十二、胴裂率 10% 以下，乾燥均化時間比與乾燥速率之關係

以往所採用乾燥部之型式很多，但此次各農會所興建之乾燥設備則屬重力流動攪拌式乾燥機，使稻穀接觸熱風之機會增多，或趨近於薄層乾燥。其主要形式可分兩種，一為隔板型 (Baffle type)；一為山型多管式，茲分述如下：

1. 隔板式乾燥部：

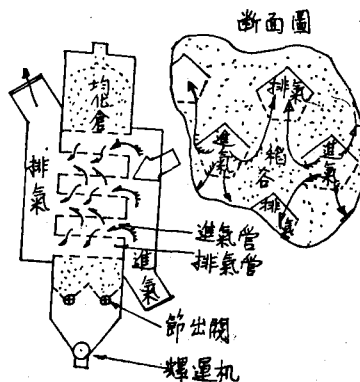
此次白河農會設置之乾燥設備係採取隔板方式乾燥，使稻谷自高處靠本身重力分層下落。在下落過程中復藉着隔板之作用使稻谷隨時改變其下落方向，因而產生攪拌作用。熱氣則由兩穀層中間向外通過隔板之間隙，進入穀層乾燥(如圖十三)，乾燥後之稻穀藉著兩旁螺運機之滙集，再利用升降機送到頂層之均化部均化。



圖十三、隔板式乾燥部之原理

2. 山型管式乾燥部：

山型管式乾燥法為 1947 年美國路州大學所發表者。國產之五套乾燥設備均採取此種乾燥方式。其內部構造如圖十四所示。內部排列有許多山型之通氣管，管路則分排氣管與進氣管兩種，兩者穿插排列。而所有進氣之山型管均與熱風管相連，排氣管則與廢氣管連通。稻穀則在此種山型管間藉重力穿插而過，因而產生方向改變與混合，攪拌等作用，更增加乾燥



圖十四、山型管式乾燥部之構造

之效果，熱風則自進氣管入，通過穀層之後，再由其鄰近之排氣管排出。

上述兩種乾燥原理均係靠稻穀本身之重力下落，產生攪拌作用，故輕質雜草、灰塵與空殼等極易被廢氣帶走。對於稻穀品質言，此為其優點之一；但如風量過大，良好之稻穀亦有被吹走之虞，因此必須附加收回設備，同時，由於灰塵多，故必須設法集塵。此種混合式乾燥法之另一特點是，穀物於下掉之際，所遇到之熱氣有程度上之變化，亦即稻穀在乾燥期間所碰到之熱氣為連續性冷熱相間之氣體，而非長時間曝露於最高溫之熱氣中。

此種型式所使用之熱氣風量通常約在 44~97 CMM/噸之間，熱風溫度則在 66°C 以下，視稻穀之品種與水分條件而異。但若需兼顧胴裂標準，溫度應在 60°C 以內操作為宜（參閱圖十一）。

二、設計要點

依據農復會要求之條件，有關此次大型乾燥機設置之要點可歸納如下：

1. 乾燥能量：在大氣溫度 20°C，相對濕度 90 % 下，稻谷含水率自 18 % 乾減至 14 % 時，其乾燥能量每日 24 小時白河為 40 公噸，西螺為 120 公噸，其他四處為 60 公噸。此項能量必須包括進出倉之時間在內。

2. 箱容量：每倉容量西螺為 12 公噸，其餘為 6 公噸（白河機除外），且各倉分別有出口，使稻谷不混雜。

3. 熱源，進料口，選別機等各倉可共用。

4. 除白河機外，使用重油為燃料，以降低成本。

5. 當雨季時，乾燥工作分為二階段，第一階段將稻谷乾燥至 17~18 %，第二階段則利用其他空間時期再乾燥至 13 %。

根據上列數項要點中，乾燥能量為最重要者。故為使乾燥能量符合上述條件，下列因素必須考慮。

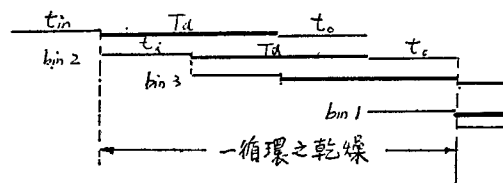
1. 每倉實際之乾燥時間， T_d

2. 每倉進滿之時間， t_i

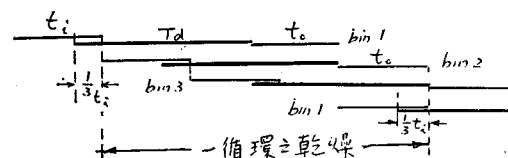
3. 每倉出盡之時間， t_o

由於三倉共用一個進料口與提運機，因此為使乾燥量達到最大值，必須將三倉之乾燥時間錯開。此時時間之安排方式有兩種，一種為進倉作業與乾燥作業不重疊，（如圖十五 a）；另一種進倉與乾燥時間部份重疊，換言之，在每倉進穀至滿倉前，即行乾燥，以節省進倉時間（如圖十五 b）。依第一種方式，其

乾燥能量速率 R (ton/h) 應為：



a) 乾燥與進倉時間不重疊



b) 乾燥與進倉時間重疊三分之一

圖十五、乾燥作業過程各倉乾燥之順序

$$R = \frac{3V}{t_i + t_o + T_d} \dots \dots \dots (1)$$

此處 V 為每乾燥倉之倉容量。西螺為 12 噸，白河 6 噸，羅東 5 噸，大甲、礁溪與冬山則為 5 噸，由於白河機僅有一塔，故代入(1)式時應以 $3V = 9$ 噸計算。依據契約上之規定，除西螺與白河兩處外， R 值最低為 60 公噸/24 小時或 5/2 噸/小時，利用公式(1)則

$$\frac{3 \times 6}{t_o + t_i + T_d} \geq \frac{5}{2}$$

$$\text{或 } T_d + t_i + t_o \leq 7.2 \text{ 小時} \dots \dots \dots (2)$$

換言之，每倉之乾燥，進倉與出倉之總時間，不得超過 7.2 小時（西螺機因 V 增一倍， R 值亦增一倍，故時間亦同）。通常進出倉之時間均以兩小時估計（進倉 1 小時，出倉 1 小時），則乾燥時間，至多僅能達到 5.2 小時；事實上，出倉時間常超過一小時，依實際之經驗，最少需兩小時，故實際之乾燥時間僅能使用 4.2 小時，換言之，其乾減速率應在 0.95 %/h 左右。提運機之進谷速率則為 6 噸/小時。

若採用第二種乾燥時間表，則每小時乾燥能量 R' 應為

$$R' = \frac{3V}{T_d + t_o + \frac{2}{3}t_i} \text{ 噸/小時} \dots \dots \dots (3)$$

將上式值代入，即

$$\frac{3 \times 6}{T_d + t_o + \frac{2}{3}t_i} \geq \frac{5}{2}$$

$$\text{或 } T_d + t_o + \frac{2}{3}t_i \leq 7.2 \text{ 小時} \dots \dots \dots (4)$$

若進倉時間為 1 小時，出倉時間為 1 小時，則乾燥之總時間最長可達 5.53 小時。此種方式雖比第一種時間表略有寬裕之時間，但所節省不多，加上操作較為不便，故不值得採用。

三、燃燒器熱量之運算

稻穀含水率一般均採用濕基含水率，但理論上之演算則以乾基含水率較為方便，濕基與乾基含水率之互換公式如下：

$$M_{(d.b.)} = \frac{100 M_{(w.b.)}}{100 - M_{(w.b.)}} (\%) \dots\dots\dots(5_a)$$

$$M_{(w.b.)} = \frac{100 M_{(d.b.)}}{100 + M_{(d.b.)}} (\%) \dots\dots\dots(5_b)$$

利用公式(5)計算可知，含水率自 18 % 乾至 14 %，若以乾基計算，即為自 21.95% 乾至 16.28 %。以羅東之乾燥設備為例，每倉 6 公噸之濕谷，自 18 % (w.b.) 乾至 14 % (w.b.)，所應去除之水分為

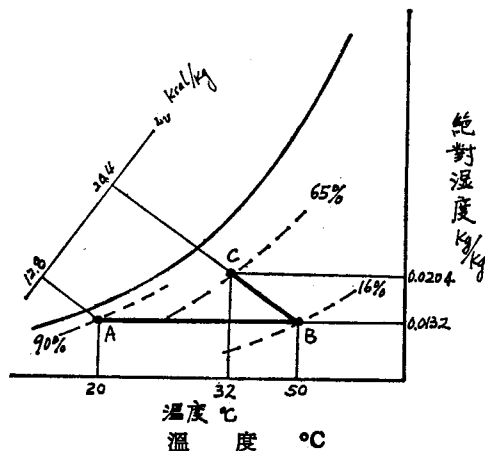
$$6,000\text{kg} \times (21.95\% - 16.25\%) \\ \times (1 - 0.18) = 279.0\text{kg}$$

故三倉若同時乾燥時，每小時應蒸發之總水分應為：

$$3 \times 279.0(\text{kg}) / 4.2(\text{小時}) = 199.3\text{kg/小時}$$

式中 4.2 小時係依公式 (2) 並假定進出倉時間為三小時時所估算之最長乾燥時間。

假設空氣未加熱前之溫度為 20°C，濕度 90%，(A 點)，加熱後，熱風溫度升至 50°C (B 點)。乾燥過後，廢氣之相對濕度設為 65% (平均值)。依濕氣圖 (圖十六詳細資料可參考附圖五) 可知：進氣點 A 之有關資料為



圖十六、濕氣圖例

$$X_a = 0.0132\text{kg/kg da} \\ V_a = 0.848\text{kg/m}^3 \\ C_a = 0.24 + 0.44 \times 0.0132 \\ = 0.2458 \text{ kcal/kg}^\circ\text{C}$$

C 點之資料則為

$$X_c = 0.0204 \text{ kg/kg da} \\ V_c = 0.895 \text{ kg/m}^3$$

此時 1kg 之乾空氣可蒸發 $X_c - X_a = 0.0204 - 0.0132 = 0.0072\text{kg}$ 之水分，故蒸發 199.3kg 之水分約需下列空氣：

$$\frac{199.3\text{kg/小時}}{0.0072\text{kg/kg da}} = 27,680.55\text{kg 之空氣/小時}$$

因此，加熱前之空氣體積應為

$$\frac{27,680.55 \text{ kg/小時}}{0.848 \text{ kg/m}^3} \\ = 32,642\text{m}^3/\text{小時} = 544\text{CMM}$$

此項風量純係理論值，漏氣量並未估計在內。故應以 600 CMM 進行選擇風車方較安全。

據此，燃燒器所應供給之有效熱量應為：

$$\text{風量} \times \text{比熱} \times (\text{溫度差}) = \\ 27,680.55\text{kg/h} \times 0.2458 \text{ kcal/kg}^\circ\text{C} \\ \times (50^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C}) = 204,116.37\text{kcal/hr.}$$

六號重油之理論燃燒值為 10328.5 kcal/kg，因此，所需每小時之理論耗油量為

$$\frac{204,116.37\text{kcal/hr}}{10,328.5\text{kcal/kg}} = 19.76\text{kg/h} \\ = 20.4\ell/h$$

但是燃燒重油必須採用熱交換器，假設其效率為 30%，則實際耗油量約為

$$\frac{20.4\ell/h}{(1 - 0.30)} = 29.1\ell/\text{hr.}$$

上列各項之數值，僅針對含水率 18%~14% 之測定規範而設計，實際上，就乾燥機本身功能言，其所採取之數值較上面各應項假定之標準為高，尤其各項因素在整個乾燥過程中並非一成不變，故應斟酌適當之安全係數加以設計方謂成功。一般狀況，稻谷含水率愈高，其自由水分蒸發較快，所供應之熱量較易被吸收，因此廢氣濕度高，其乾燥效率亦愈高；但稻谷內水分若漸減，水分移動漸感困難，熱效率因此轉劣。故若考慮此種情況，對整個乾燥過程上，上述風量仍有加大之必要。

陸、乾燥設備之測定與測定結果

此次大型乾燥設備之興建，臺大方面除技術指導外，尚負責驗收時性能之測定工作，其測定之結果則提供給主辦當局作為評判合格之標準。

測定大型乾燥機之工作常遭遇下列之困難：第一，驗收日期不能配合收穫期，故很難得到 18% 以上之試驗谷；第二，由於供驗谷水分已低，農會或農民不願使稻谷乾過 13% 以下而失重，故所得乾減率資料可靠度不佳，若據以推算 18%~13% 時之乾減情形，

極不準確。第三，試驗之稻谷米質無法檢驗。第四，無適當而可靠之水分測定儀器。

測定工作自 63 年 11 月 27 日於羅東農會起，繼之為西螺、礁溪、大甲等三處，多山當時未建妥故以大甲數據為準。

一、測定項目

1. 稻谷含水率：分乾燥前含水率與乾燥後之含水率兩種，測定方法則採用一般農會收谷用之電阻式水分測定器測定之。

2. 風量：風量多寡與乾燥速率有關，故亦列為測定項目之一。此次風量之測定係利用皮氏管 (Pitot tube) 與傾斜壓力計配合測定之。在測定之前，先於送風機後之正壓管路上選擇一適當斷面分別予以等距穿洞量測。在斷面上，依其尺寸大小劃分成十數方格 (16~20)，每一方格之正中央即為測試點，將各點所得之風速 V_i 加以平均，再乘以截面積 A ，即為所測之風量，其公式為

$$Q = \sum_{i=1}^n V_i / n \times A = \frac{A}{n} \sum_{i=1}^n V_i \dots\dots\dots(6)$$

3. 稻谷入倉重量：待乾稻穀之實重於入倉之前均先按袋秤重。

4. 進料速率：將過磅之稻谷由提運機提昇入倉，記錄每倉之總進倉時間，以決定提運機之進料能量。

5. 溫度：分為熱風溫度，稻谷谷溫，大氣溫度，排氣溫度與進氣溫度等數種，分別以水銀溫度計測定之。

6. 濕度：包括進氣 (大氣) 濕度，排氣濕度等。分別以乾濕球溫度計與毛髮濕度計測定之。

7. 耗油量：記錄每回乾燥期內所消耗之油量，以油筒上之標尺記錄之。

8. 總乾燥時間。

二、應用之公式與演算之項目

I 乾燥機之總效率

設乾燥前之稻谷含水率為 $M_{1(c.w.b)}$ ；乾燥終了為 $M_{2(c.w.b)}$ 則：

① 稻穀失水重為：

$$\begin{aligned} & \text{稻穀重 (W)} - \left[\frac{(100 - M_1)W}{100 - M_2} \right] \\ & = W \times \frac{M_1 - M_2}{100 - M_2} \text{ (kg)} \dots\dots\dots(7) \end{aligned}$$

② 穀內水分蒸發之潛熱

自由水面之蒸發潛熱約為 540kcal/kg~600kcal/kg 之間，但穀物內水分之蒸發熱常略高於自由水面者。一般約高出 70kcal/kg 左右，故實際應用時應予以修正。表(三)為不同溫度時之蒸發潛熱。

③ 燃料之熱值 (L)，燃油因種類之不同，其燃燒值亦異，茲將各種燃油之熱值列表如表(四)。

表三、自由水面之蒸發潛熱 (i_v)

溫度 °C	蒸發潛熱 kcal/kg	溫度 °C	蒸發潛熱 kcal/kg
0	597.1	60	553.0
10	591.5	70	557.1
20	585.9	80	551.1
30	580.2	90	545.0
40	574.5	100	538.8
50	568.8	—	—

表四、各燃油之熱值 (L)

種類	熱 值	
	kcal/ℓ	kcal/kg
重油 (六號)	10,000	10,328.5
煤油	8,486	10,345.1
柴油	9,067	10,850.0

④ 乾燥機總效率 η

$$\eta = \frac{\text{蒸發水分重 } W \times \text{蒸發水分潛熱 } (i_v) \times 100\%}{\text{耗油量 } (\ell/h) \times \text{總乾燥時間 } (T_d) \times \text{熱值 } (L)} \dots\dots\dots(8)$$

II 由實驗資料估算自 18 % 乾至 14 % 所需之時間

由於實際受測之稻谷並非完全合乎契約上所規定之水分乾減範圍，故只能利用實際獲得之水分變化資料以估計稻谷自 18 % 乾至 14 % 所需之時間。由於乾燥進行之際，每粒稻穀受熱之機會均等，且與熱空氣能完全接觸，故可將此過程視為薄層乾燥。根據薄層乾乾燥之公式，其乾減率與初期含水率有下列關係：

$$\frac{dM}{dt} = -K(M_o - M_e) \dots\dots\dots(9)$$

積分(9)式可得

$$\frac{M - M_o}{M_e - M_o} = e^{-kt} \dots\dots\dots(10)$$

此處， M_o 為初期含水率 (乾基)；

M_e 為平衡含水率 (d.b)；

k 為乾燥之常數；

t 為時間，小時。

M。為平衡含水率，熱風溫度若為 50°C 時，其相對濕度約為 16 % (參考附圖(五))。在此相對濕度下，其平衡含水率約為 4 % (參考農工學報第廿一卷第四期 22 頁)。由於所欲估計者為 18% (w.b) 至 14% (w.b) 所需之時間 θ ，故設 $M_0 = 21.95\%$ (18% w.b.) $M = 16.28\%$ (14% w.b.)； $M_0 = 4.17\%$ (4% w.b.)， $t = \theta$ ，則

$$e^{-k\theta} = \frac{16.28 - 4.17}{21.95 - 4.17} = \frac{12.11}{17.78} \dots\dots\dots 0.681$$

$$\therefore \theta = -\frac{\ln 0.68}{k} = \frac{0.386}{k} \text{ 小時} \dots\dots\dots (11)$$

(11)式中之 k 值可用試驗得到之含水率估算。設所測定之初期含水率為 M_1 ；末期含水率為 M_2 ，所經過之乾燥時間為 T_d ，則 k 值可利用下式求得：

$$k = -\frac{1}{T_d} \ln \frac{M_2 - 4.17}{M_1 - 4.17} \dots\dots\dots (12)$$

III 其他項目

1. 乾燥能力

24 小時之乾燥能量 R_d ，可利用公式(1)求得，即

$$R_d = R \times 24 = \frac{3V}{t_1 + t_0 + T_d} \times 24 = \frac{72V}{1 + t_1 + T_d}$$

公噸/24小時.....(13)

公式(13)中，V 為每倉之容量， t_1 為進倉時間。並假設 t_0 為 1 小時。

2. 單位燃料重量之乾燥量

$$\frac{\text{總乾燥稻穀量 } W(\text{kg}) / [\text{耗油量 } (l/\text{hr}) \times T_d]}{\dots\dots\dots} \dots\dots\dots (14)$$

二、測定結果及分析

白河之乾燥機因設置較早，且人事已變更，故其驗收資料僅憑農會所提報之數字。其他農會於驗收時已無濕谷可用，故除羅東之乾燥機利用水災時倉庫浸水稻谷驗收外，其餘均利用各農會庫存之乾穀試驗。因其含水率均在 13%~15% 之間，由此所得之數據以估算乾燥時間，其信任度較難確定。由於中國力壩公司承建之冬山、礁溪與大甲三處乾燥設備其型式大小一致，故驗收記錄以大甲所測定者為準。羅東與西螺兩處因型式與容量不同，乃分別測定。

1. 大型乾燥設備測定記錄

各大型乾燥機之測定記錄，其各項重要項目及導演之項目分別比較如表(五)。其中所列之馬力係以風車為主，其他項目所需之馬力則可參閱表(二)所列與附圖(一)至(四)內之註明。所得之乾燥速率與總乾燥效率係以實測之資料計算而得。故其數值有隨測定時之初期含水率下降之趨勢。因此，所列各值僅適用於當時測定

表五、各鄉鎮農會現有大型稻穀乾燥設備測定結果

地點	羅東	西螺	大甲、礁溪、冬山	白河	
日期	63. 11. 27	63. 12. 17	64. 3. 24	—	
大氣(進氣)	溫度 °C	22	23°C	20	
	濕度 %	70	56	68	
稻穀狀況	測定前	重量 kg	18,000	34,733.80	14,600
		含水率 % w. b.	17.7	15.4	13.8
	測定後	重量 kg	—	—	—
		含水率 % w. b.	13.4	12.7	13.0
風車	馬力 Hp	40	50	35	11kw
	風量 CMM	653.3	727	440.5	
熱風溫度	初期 °C	60	50	50	50
	末期 °C	50	55	48	—
排氣狀況	溫度 °C	27~34	25.5~36	34~39	
	濕度 %	74~56	65~45	51~39	
進料能量	速率 kg/h	6,800	14,330	5,866	
	滿倉時間 h	0.88	0.84	0.85	
耗油量	油料種類	重油	重油	重油	煤油
	ℓ/h	32.4	64.37	35.7	
	ℓ/Ton-%	2.5	2.54	3.65	2.2
乾燥時間 (h)	現場測定值	6	3.7	1.5	
	估算時間 (18%~14%)	5.44	4.75	6	
乾燥速率	%/h	0.72	0.73	0.67	
乾燥機總效率 %		26.7	27.4	14.5	
乾燥能量	tons/24 小時	60	134	50.35**	
單位燃料乾燥量	kg/ℓ**	102.1	113.6	68.2	

* 按新法估算為 46 tons/24 小時。

** 單位燃料乾燥能量=依公式 (14) 計算。

之條件範圍內較為安全。

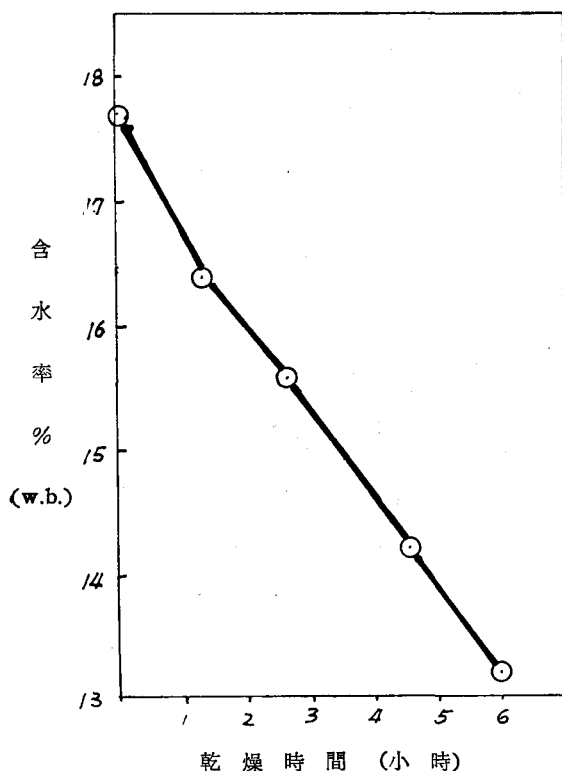
2. 試驗資料分析

由於測定期間，濕谷無法取得，故無法據以詳細分析。但羅東機試車期間所用之稻穀因水災浸水之關

係其初期含水率達 17.7 %，已略近於規格含水率，故其試驗結果，應較其他各處之試機之測定記錄完整與準確。茲以羅東試機所得資料加以分析：

①含水率之變化：

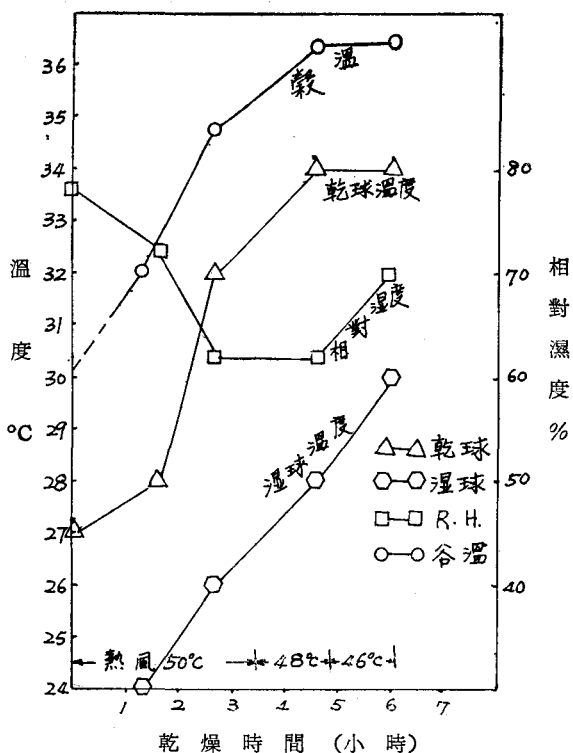
含水率變化情形並不甚劇烈，除開始期間乾減較速外，其餘之乾燥期間，約以每小時 0.6 % 之速率下降（如圖十七）。一般若採取間歇乾燥方式，其乾減率有漸近定數之特性，而且此種方式對米質之維護亦有較佳之效果。



圖十七、羅東大型乾燥機水分乾減之情況

②排氣溫濕度之變化

根據濕氣圖所示（附圖五）熱風通過谷層期間，其溫濕度之變化應為一種斷熱變化，故其溫濕度應依附圖五之 B-C 線供給稻谷熱量使谷中之水分蒸發。由圖（十八）所示，濕球溫度約乾燥一小時半後即開始上升，顯然稻谷內部自由水分逐漸減少，熱空氣開始使稻谷本身加熱，故谷溫一直升高，此時乾球溫度因部份熱量無法利用，亦告上升。廢氣之相對濕度因此逐漸下降，為制止谷溫過份增高，影響米質，因此熱風溫度必須酌以下降，以改善熱效率。



圖十八、排氣之各項溫度在乾燥過程之變化情形。

柒、現有大型乾燥設備之使用分析

六座大型乾燥機於驗收試車後，即分別撥交各農會使用。白河機最早完成與試車，故最先進行代乾作業。雖然如此，由於乾設備本身容量仍嫌過小，因此仍無法發揮其實際之效能。根據白河農會所提交之報告，除 62 年度一、二期所乾之稻穀係供試驗者外，63 年度一期作則僅乾 68.5 噸；二期作則僅有 4.25 噸，尚不足一乾燥塔之容量；64 年一期作亦為 68.5 噸，二期作 8.6 噸，恰好湊成一塔之容量，兩年間平均每年僅使用 90 小時，若以一年有 60 日之收穫期計算，則其時間之利用率僅及 6.2 %。構成此項利用率低落之原因有三：其一為天候使然，由所得之乾燥數量可知，二期作逢雨之機會比一期作少，故農民大部份利用日晒。其二白河乾燥設備所使用之燃料為煤油，成本極高，農會不願虧損，農民則無法負擔此項成本。其三、農會人員沒有完善之乾燥收放制度，亦無統一之收費標準；而農民觀念仍然守成為多，對乾燥機之性能尚未瞭解。

在其他座機中，以西螺農會使用最有效率且最有系統。其他各機或因無稻谷，或尚未建立完善之乾燥制度，至今仍無法充分利用。根據西螺農會之使用報

告資料所顯示：64年第一期稻谷共乾燥443公噸。初期乾燥數量較多，故時間利用率較高，約達93.45%，末期可能由於谷源不繼，因而常停機中斷，未能發揮其真正效率。

就實際之乾燥時間而論，全期之總乾燥時間約佔總實際經過時間之47.6%，初期較高，但僅及58%，顯然有極大部份時間耗在進出倉之作業上。據統計，此次實際之乾燥作業中，平均每倉之進出約需15小時（最低3小時，最高則達63小時）。根據驗收時之測定，該進倉提運機進料速率每小時可達14噸（對乾谷言），故每倉進滿僅需50分鐘左右。對濕谷言，進倉速率將會降低，故若無故障情事，則每倉進滿約需1小時至1小時半左右，但視濕谷之雜草量及濕度而定。若以每倉15小時計算，則每倉出倉與等待入倉之時間高達13.5小時，不可謂不多！故出倉時間之改善勢在必行。依此次記錄中，進出倉總時間曾四次低至三小時，故實際乾燥能量之估計，其進出倉時間應可以3小時為實際值，或以進倉1小時，出倉2小時進行估算。

倉容方面，西螺機每倉容量為12噸，但實際應用時達到此噸位者甚少。平均之乾燥容量僅及原設計之87%。雖然如此，此項比例已經相當理想。實際上由於倉容過大，平均每倉需容納3.2戶農家之稻谷

方可進滿或開機乾燥。其最高者，每倉需集中八戶之多，故其調配極為不易。

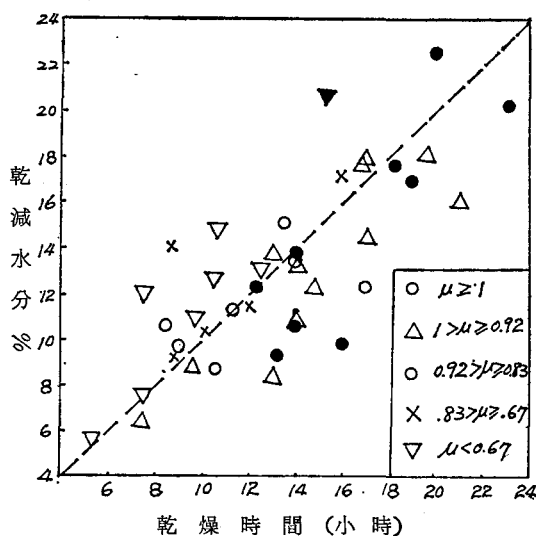
此外，含水率不均亦是另一嚴重之問題。在同一乾燥塔內，其稻谷係由數戶或數批不同含水率之稻谷所混合。若混合時稻谷之含水率相差過鉅，不但影響及乾燥效率，而且影響米質，或導致乾燥度不均。據統計，每倉所混合之各批稻谷其水分率差平均約為5.35%左右。如此差距甚大之稻穀相混合，其乾燥時間之浪費每倉當在四、五小時以上。若計及油料、人工與空間之時效，則浪費更多。是故，正確之配合與有效之管理，在乾燥設備之利用方面，尤為重要。

此次所乾燥之稻谷，可能因雨期關係，水分含量均極高，平均在26.7%左右。乾至13%約需14.87小時，平均每小時約可乾減0.88%（或每噸每小時乾減0.098%之水分）。總乾減之水分率與乾燥時間成正比例（參考圖十九），惟各點之分佈仍然相當分散，顯然此項關係仍然受到其他因素影響甚大。其中之一為乾燥倉之倉容係數。所謂倉容係數乃是實際入倉乾燥稻谷之重量與各倉原設計之倉容量之比值，或倉容係數 μ 為

$$\mu = \frac{\text{實際入倉之稻谷重(kg)}}{\text{原設計之最大容量(kg)}}$$

為方便討論，茲將 μ 值分為五個值域，其相對圖號與實際稻谷重量如下表：

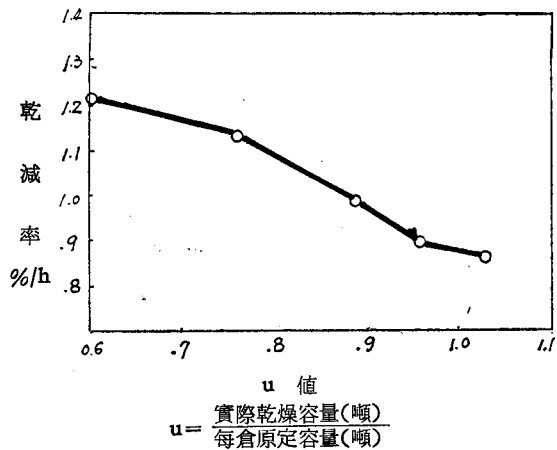
入倉稻谷重(kg)	12,000以上	11,000~11,999	10,000~10,999	8,000~9,999	8000以下
μ 值 範 圍	$\mu \geq 1$	$1 > \mu \geq 0.92$	$0.92 > \mu \geq 0.83$	$0.83 > \mu \geq 0.67$	$\mu < 0.67$
圖 號	●	△	○	×	▼



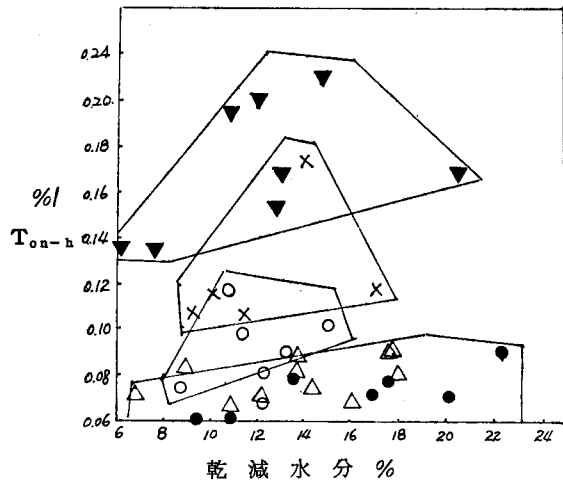
圖十九·乾減水分與乾燥時間之關係

由圖（十九）得知： μ 值愈小，則乾減之水分有偏高之趨勢。 μ 值愈大則反之。顯然稻谷量愈少其乾燥時間愈見縮短。此種趨勢亦可由圖廿之乾減速率與 μ 值之關係而得到印證。圖廿係利用統計方式將各值域內之數值予以平均而得。 μ 值愈小每小時乾減率愈大。其變化幅度以 μ 值在0.75與0.95之間較為明顯。雖然 μ 值與乾減率有此關係存在，但若企圖利用 μ 值之減少以減少乾燥時間之方式則是不智的。一則總乾燥能量必因而降低。二來乾減速率過份提高，易導致米質變劣。

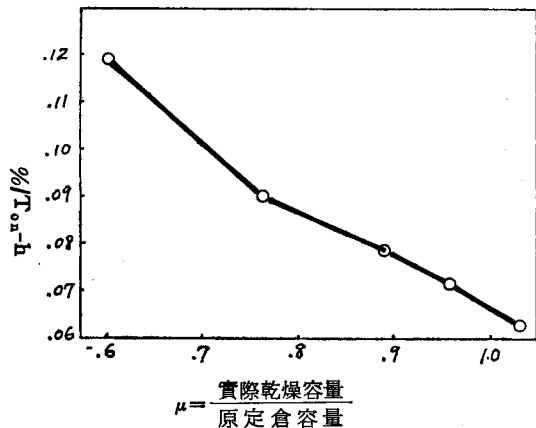
每公噸稻谷一小時之乾減率，或%/Ton-h，一般均用以衡量乾燥設備之乾燥性能。但此項數值亦非定數。圖廿一為%/Ton-h與總乾減水分間之關係。根據此圖判斷，此項關係並不顯著，不過約略有隨乾減水分遞增之趨勢。反而，%/T-h值與 μ 值有極顯



著之關係存在，此可由圖廿一中之各方塊之高低或由圖廿二所顯示之趨勢得知。圖廿二係依平均值而求得。 μ 值與 $\%T-h$ 約略成直線下降之比例關係。換言之， μ 值愈小， $\%T-h$ 則愈大，相反則反之。故一般若採用 $\%T-h$ 作為兩部乾燥設備之比較標準



圖廿一、單位時間與谷重之乾減率與乾減水分之關係

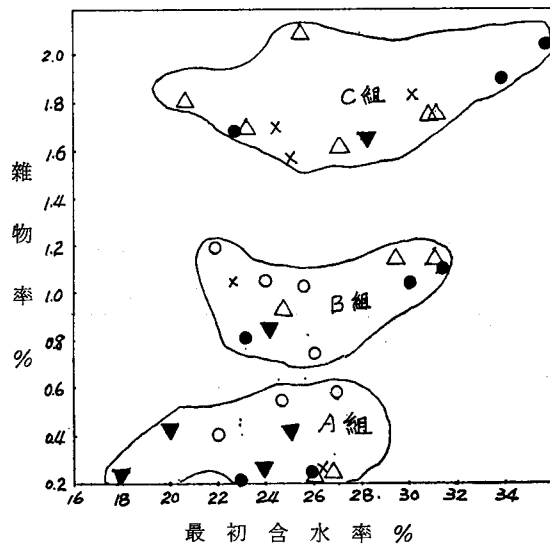


圖廿二、 $\%T-h$ 與 μ 值之關係

時， μ 值標準似應予以劃定。方見客觀。

就初期含水率而論，初期含水率若愈高，則 $\%T-h$ 值愈大，顯示乾燥速率較快，乾燥時間較短，但末期之乾燥含水率降低後， $\%T-h$ 亦隨之降低，乾燥時間因而拖長。此點與乾燥理論亦頗相符。

雜物含量與乾燥期之損耗：所謂雜物含量係指濕谷進入乾燥塔之前，經由選別機選別出來之雜物，包括雜草、稻枝桿、小石、細砂、土粉及稻穀等。其中稻枝則包括未脫粒之穀粒等。因此，雜物量之多寡與濕谷量，稻種，以及選別機之性能與收穫作業精度有關。根據西螺農會所提供之資料得知，雜物率與初期含水率有某程度之關係，但仍受其他因素之影響。如圖（廿三）所示，各點羣約可歸納為三類。A組羣為雜物率最低者，在此羣內，每乾燥塔之谷量大部份為一農戶所有，顯然該農戶為大農，故收穫作業已採用機械化，以聯合收穫機收割，因此雜物量較低。而C組羣內，每塔乾燥谷係由數小農戶混合者。小農戶量少，故以手割者為多。因此雜物率亦高。B組羣則介於兩者之間。可能機割與手割摻雜混合者。由圖中之趨勢觀之，高水分之稻谷其雜物率有隨含水率增高之趨勢，蓋水分愈高，愈不易行使風選故也。



圖廿三、雜物率與最初含水率之關係

就稻種而論，在來品種之雜物率遠較蓬萊種為低，因此大部份落於A組內。

乾燥期間之損耗亦為重要考慮因素之一，此項損耗包括被廢氣帶走之灰塵、稻葉、小稻枝、稻空殼等。稻空殼部份則是機械損傷而脫殼者。據統計，此項損耗約為總重量之4%左右。西螺農會人員對此損耗率有其固定之公式計算。此公式係利用日晒法所試驗之數據與機乾燥法比較而得，其有關數據如下表：

表六、日晒法與大型乾燥機乾燥時之損耗比較

水分含量	數量 kg	項 別	總損耗量	水分損耗	自然損耗率與量	雜 物 量	乾後實重 kg
14%~13%	4,871.80	日 晒	77.29	56.0	21.29	0.44%	4,794.51
15%~13%	8,947.20	日 晒	295.20	205.68	89.52	1.00%	8,652.00
16%~13%	20,914.80	日 晒	899.22	721.20	178.02	0.85%	20,015.48
合 計	34,733.80	機 械	953.00			146.80	33,634.00
		日 晒	1,271.81	982.88	288.93	0.83%	33,461.99

資料：得自西螺農會報告

西螺農會根據表(六)所列之自然損耗率製一換算表(如附表二)，表中乾燥損耗率為水分蒸發部份之重量損失，其算法可將入倉稻谷總重扣除雜物重之後當作代入公式(7)計算即得。另一項為自然損耗率。根據表(六)數據，自然損耗率雖與水分含量有俱增之趨勢，但增加量則極難確定。故附表(二)中乃採取平均值，假設初期含水率每增加 1%，其自然損耗即增加 0.45%，以此進行推算。其演算之公式亦可推演如下：設入倉前稻谷之稱重為 W_1 ，乾燥後過磅重為 W_0 ；初期含水率為 M_1 ，出倉時之含水率為 M_0 ；則乾燥後總重 W_0 應為：

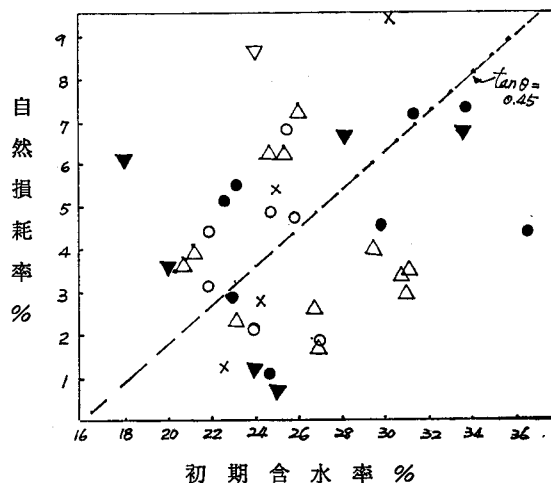
$$\begin{aligned}
 \text{乾燥後之總重 } (W_0) &= \text{乾燥前之總重 } (W_1) - \text{雜物重} - \text{水分失重} - \text{自然損耗重} \\
 &= [W_1] - \left[W_1 \times \frac{\beta}{100} \right] - \left[W_1 \left(1 - \frac{\beta}{100} \right) \times \frac{M_1 - M_0}{100 - M_0} \right] - \left[\frac{0.45(M_1 - 13)}{100} W_1 \right] \\
 &= \left[\frac{100 - \beta}{100} \times \frac{100 - M_1}{100 - M_0} - \frac{0.45(M_1 - M_0)}{100} \right] W_1 \\
 & \text{(kg)} \dots \dots \dots (15)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{成品百分率} &= \frac{W_0}{W_1} \times 100\% = \frac{100 - M_1}{(100 - \beta) - 0.45(M_1 - M_0)} (\%) \dots \dots \dots (16)
 \end{aligned}$$

此處， M_0 值一般均設為 13%；而 β 為雜物率，以%表示。公式(15)與(16)之應用證明確實可行，根據此次西螺之實際運算，所產生之差額僅及 1.8%。而所得之估算值比實際應值者略低，因此有助於乾燥後分配作業之進行。

根據此次之試驗資料，自然損耗率與初期含水率之關係如圖廿四所示。其中虛線為斜率等於 0.45 之直線，足見公式(15)及(16)式中，自然損耗率之估算尚稱準確。

有關西螺農會之報告資料，詳細如附表(一)所示。



圖廿四、自然損耗率與初期含水率間之關係

捌、現有大型乾燥設備之成本分析

一般成本分析可分為兩大項目：即因定成本與變動成本。固定成本包括廠房與乾燥設備之折舊、利息與基本電費等項；而變動成本(或使用成本)則包括工資、油費流動電費與修護費等項。茲將各項目分別加以說明。同時，由於在成本運算過程中，常需要有關乾燥設備之能量資料，故一併敘述之。

一、乾燥機之乾燥能量

如前所述，乾燥能量與稻谷之初期含水率之多寡有關。故必須含水率有一定之範圍，成本之分析與比較工作方較確實。設初期含水率為 M_1 ，最後之含水率為 M_2 ，而乾燥機之乾燥速率每小時為 r %，則乾燥時間 T_d 為：

$$T_d = (M_1 - M_2) / r \text{ hrs} \dots \dots \dots (17)$$

將 T_d 代入公式(1)，則乾燥能量率 R 變為

$$R = \frac{3V}{t_1 + t_0 + (M_1 - M_2) / r} \text{ (tons/hr)} \dots \dots (18)$$

設 $t_1+t_0=3\text{hrs.}$; $r=1\%$ /hr; $M_2=13\%$, 則公式 (18) 可改爲

$$R = \frac{3V}{M_1-10} \text{ (tons/hr)} \dots\dots\dots (19)$$

而每日之處理量 R_D 則爲:

$$R_D = R \times 24 \text{ 小時} / \text{日} = \frac{72V}{M_1-10} \text{ (tons/day)} \dots\dots\dots (20)$$

上述 R_D 爲理論每日之處理量, 事實上, 實際處理量將遠比 R_D 值爲小, 主要基於下列原因:

1. 容積效率僅及 87 % 左右, 無法達到預計容量 V ;
2. 進出倉超過所設計之時間;
3. 原料應接不上, 谷源不繼。
4. 作業程序安排不當, 等待之時間過多。
5. 含水率不均勻, 致三倉乾燥時間無法按順序操作。
6. 故障。

以西螺 64 年 1 期稻作爲例, 全期共乾燥 443 噸, 時間爲 43 日, 平均每日僅乾 10 噸。依西螺機之狀況, M_1 平均爲 27 %, $V=12$ 噸, 則理論處理量應可達到 50 噸/日。但實際上僅及理論容量之 1/5! 就乾燥作業初期言, 平均每日實際處理量爲 24 tons/day, 約達理論處理量之 44.6 %。造成此項差異之原因主要還是在稻谷來源不繼。故若摒除第三項原因, 濕谷可以獲得充分供應時, 實際之處理量約爲理論值之 $\frac{1}{2}$; 但若第 3 項原因相當嚴重時, 則實際處理量

約爲理論值之 $\frac{1}{3} \sim \frac{1}{4}$ 。白河機因係單倉之關係, 其 K 值可能較上式標準略高, 但由於倉容量大, 故等待所就誤之時間反多, 因此仍沿用上述標準估計之。

實際處理量, R_i (tons/day)

$$= K \times \text{理論處理量 } R_D$$

$$= \frac{72V}{M_1-10} \times R \text{ (tons/day)} \dots\dots\dots (21)$$

$$\begin{cases} K = \frac{1}{2} & \text{當濕谷充分供應時;} \\ K = \frac{1}{3} \sim \frac{1}{4} & \text{當濕谷來源時有不繼時。} \end{cases}$$

二、年工作天數

由於氣候關係, 乾燥機每年可工作天數至不一律。根據西螺農會之試驗, 其第一期工作天數爲四十三日, 第二期雖無記錄可查, 其可工作天數當更少; 尤其二期作之天候適於日晒法, 其工作量更低。羅東地區則相反, 第二期作工作日數較多, 而第一期作幾乎無升火之機會。當然此現象與農會人員所持態度之積極程度有關。此已牽涉至各農會之營運效率問題, 故暫不討論。因此, 截長補短, 每年之可工作天數以六十日估計, 應屬合理。故年總處理能量 R_Y , 應爲

$$R_Y = R_i \times 60 \text{ 日} / \text{年} = \frac{4,320V}{M_1-10} \times R$$

公噸/年 $\dots\dots\dots (22)$

根據公式 (22), 假設濕谷含水率自 24 % 乾至 13 %, 則各農會現有之大型乾燥機每年之年處理噸數如下表

表七、各農會大型乾燥設備之理論年處理量

項 目	地 點	西 螺	羅 東	大 甲	礁 溪	冬 山	白 河
每 倉 倉 容 量 (V), 公 噸		12	6	5	5	5	9*
年 理 論 處 理 量 公 噸/年		3,700	1,850	1,543	1,548	1,543	926
實 際 處 理 量 公 噸/年	{ 谷 源 充 裕 時	1,850	925	771	771	771	463
	{ 谷 源 常 不 繼 時	925	462	366	366	366	232

* 白河實際倉容爲 9 公噸, 但只有一倉, 故需 $V=3$ 代入公式 (18) 計算。

三、固定成本

固定成本包括折舊、利息與基本電費三項。總投資則分乾燥設備與廠房兩部份, 其價格如表(一)所示。因此兩項投資設備之折舊應分別討論。房捐及稅金此地暫不列入。

折舊之計算通常以採用直線法折舊較爲簡易, 設機械設備之原價爲 P_1 , 廠房爲 P_2 ; 其壽命分別爲 L_1 及 L_2 , 則折舊與利息方面年成本之計算爲:

$$\begin{aligned} \text{年折舊與利息成本} &= \left[\frac{P_1-0.1P_1}{L_1} + \frac{P_2-0.1P_2}{L_2} \right] \\ &+ \left[\frac{P_1+0.1P_1}{2} + \frac{P_2+0.1P_2}{2} \right] \alpha \\ &= \left[\frac{0.9P_1}{L_1} + \frac{0.9P_2}{L_2} \right] + 0.55 \times \\ &[P_1+P_2] \alpha \text{ (元/年)} \dots\dots\dots (23) \end{aligned}$$

公式中 α 值爲年利率, 以小數計算。目前銀行之農貸利率約爲 9 %。機械壽命爲 15 年, 廠房爲

30年。但白河機之廠房屬力壩式，其壽命可以15年估算之。

電力方面，由於機械設備均使用三相電，故基本電費亦屬固定成本。照電力公司之規定，三相用電每月每馬力之基本電費為70元，以此計算，每年之基本電費為

$$\begin{aligned} \text{基本電費} &= 70 \text{元/HP月} \times H_1 \times 12 \text{月/年} \\ &= 840H_1 \text{元/年} \dots\dots\dots (24) \end{aligned}$$

此處 H_1 為機械設備所需要之總電力，以馬力計。因此固定成本 (FC) 應為公式 (23) 與 (24) 之和

$$\begin{aligned} \text{FC} &= 0.9 \left[\frac{P_1}{L_1} + \frac{P_2}{L_2} \right] + 0.55(P_1 + P_2)\alpha \\ &+ 840H_1 \text{ (元/年)} \dots\dots\dots (25) \end{aligned}$$

四、使用成本

使用成本包括工資、油料費、流動電費與修護費等項。工資則包括臨時工資或正式人員之加班費用，由於乾燥作業為全天24小時作業，故需三班工人以為輪替。據估計，各乾燥設備每班之人數，西螺5人；大甲、冬山、礁溪、羅東及白河4人；元長、大里為2人。但是由於60日中之工作天中，谷源不繼之關係工作停頓等原故，實際人工數較低。據西螺農會之試驗中，全期機械不動之時間約佔52.4%，初期利用率較高，但亦佔42%。故清淡期人工數減半估計應屬合理，谷源充足時，若乾燥時間超過八小時以上，則部份人工數亦可減少，故以3/4估計之。其計算公式如下：

$$\begin{aligned} \text{人工費用} &= S \times (N \times 3) \times 60 \times C_L \\ &\text{(元/年)} \dots\dots\dots (26) \\ &= 180S \times N \times C_L \end{aligned}$$

式中，S：每人工資，以150元/工計，

N：每班所需工人數，西螺 $N=5$ ；白河及其他 $N=4$

C_L ：係數， $C_L = \frac{1}{2}$ ，當各源常不繼時
 $C_L = \frac{3}{4}$ ，當各源充足時。

流動電費估算較為複雜，因為耗電量不但與所用馬力有關，且與乾燥時間有關。而所用電力因分倉之關係其使用情形極難確定。一般言，風車馬力所用之時間比其他進出倉用之馬力為多，為使估計簡便起見，設此風車以外之馬力有 $\frac{1}{3}$ 之機會停止不用。則每年之流動電費可利用下式估計：

$$\begin{aligned} \text{流動電度} &= [H_a + (H_1 - H_a) \times 0.8] \text{Hp} \times 0.75 \\ &\text{kw/HP} \times 24 \text{hr/day} \times 60 \text{day/年} \times K \end{aligned}$$

$$= 1080K[0.8H_1 + 0.2H_a] \text{度/年} \dots\dots (27)$$

$$\text{流動電費} = 1080K[0.8H_1 + 0.2H_a]$$

$$\text{度/年} \times 0.81 \text{元/度}$$

$$= 874.8K[0.8H_1 + 0.2H_a] \text{元/年} \dots\dots\dots (28)$$

式中， H_1 為乾燥設備之總馬力， H_a 為風車部份之馬力，可參考表(二)所列，其中風車馬力應為主風車與分路風車之和。K值之定義則與公式(21)同。據西螺農會之資料，其用電平均每噸稻谷為26.2度。若以公式(27)演算，設 $H_1 = 81$ ， $H_a = 50$ ， $C = 1$ ，則其流動電度每年應為 $1080(0.8 \times 81 + 0.2 \times 50) = 80,784$ 度。依公式(22)， $M_1 = 27\%$ ， $V = 12$ 噸， $K = 1$ 則每年之處理量為 $\frac{4320 \times 12}{27 - 10} = 3049.4$ 噸/年，故每噸螺谷之電力 = $\frac{80,784}{3049.4} = 26.5$ 度/噸，與實際值26.2度/噸相差極微。

油料費用係根據各燃燒器之耗油量計算。油料之單價：煤油9元/ℓ、柴油6元/ℓ、重油3.1元/ℓ。通常耗油量均以 ℓ/ton-% 表示，其值設以 F_0 代表，則其每年之油料費為：

$$\begin{aligned} \text{年油料費} &= F_0 \text{ℓ/ton-\%} \times (M_1 - M_2) \\ &\times \text{元J/ℓ} \times R_Y \text{tons/year} \\ &= F_0 \times J \times R_Y \times (M_1 - M_2) \text{(元/year)} \\ &= F_0 \times J \times R_Y \times (M_1 - 13) \\ &\text{(元/year)} \dots\dots\dots (29) \end{aligned}$$

此處， F_0 = 耗油量 ℓ/ton-% (參看表二)，一般值為25。

J = 油料每公升單價，元。

R_Y = 實際每年乾燥能量，tons (依公式21及22)

西螺農會將各級含水率所需之油料成本列成表格，查閱簡便，請參看附表(三)。

維護費用一般約以機械與廠房造價之1%計算，亦即

$$\text{年修護費} = (P_1 + P_2) \times 1\% \text{(元/年)} \dots\dots (30)$$

故總使用成本 (OC) 為

$$\begin{aligned} \text{OC} &= [\text{人工費用}] + [\text{流動電費}] + [\text{油料費用}] + [\text{修護費}] \\ &= [180S \times N \times C_L] + 874.8K[0.8H_1 \\ &+ 0.2H_a] + [F_0 \times J \times R_Y \times (M_1 - 13)] \\ &+ [(P_1 + P_2)/100] \end{aligned}$$

五、總成本 (TC)

總成本為固定成本與使用成本之和，亦即由公式

(25)及 (31) $TC=FC+OC$

$$=0.9\left[\frac{P_1}{L_1}+\frac{P_2}{L_2}\right]+0.55\alpha[P_1+P_2]+840H_i \\ +180SNC_L+874.8K[0.8H_i+0.2H_a] \\ +F_o\times J\times R_Y\times(M_1-13)+0.01[P_1+P_2] \\ (\text{元/年})\dots\dots\dots(32)$$

由公式 (22) 知

$$R_Y=\frac{4320V}{M_1-10}\times K \text{ tons/年}\dots\dots\dots(34)$$

故每噸稻谷之乾燥固定成本為

$$fc=0.9\left[\frac{P_1}{L_1}+\frac{P_2}{L_2}\right]/R_Y+0.55\alpha[P_1+P_2]/R_Y \\ +840H_i/R_Y \text{ (元/ton)}\dots\dots\dots(35)$$

使用成本為

$$oc=180SNC_L/R_Y+874.8K[0.8H_i \\ +0.2H_a]/R_Y+F_o\times J\times(M_1-13) \\ +0.01[P_1+P_2]/R_Y \text{ (元/ton)}\dots\dots\dots(36)$$

$$\text{而單位噸總成本 } tc=fc+oc=[FC+OC]/R_Y \\ \dots\dots\dots(37)$$

六、成本計算範例：西螺大型乾燥機

資料： $P_1=2,270,000$ 元， $P_2=1,790,000$ 元（由表一）， $L_1=15$ 年， $L_2=30$ 年， $\alpha=0.09$ ， $H_i=81\text{Hp}$ ， $S=150$ 元/工， $N=5$ 人， $C_L=\frac{3}{4}$ ， $K=\frac{1}{2}$ ， $H_a=50\text{Hp}$ ， $F_o=2.5\ell/\text{ton-\%}$ ， $J=3.1$ 元/ℓ， $M_1=24\%$ ， $M_2=13\%$ ， $V=12$ 噸/倉，則

$$R_Y=\frac{4320\times 12}{24-10}\times \frac{1}{2}=1851.4 \text{ tons/year}$$

$$FC=0.9\left[\frac{2,270,000}{15}+\frac{1,790,000}{30}\right]+0.55 \\ \times 0.09(2,270,000+1,790,000)+840\times 81 \\ =189,900+200,970+68,040=458,910 \\ \text{元/年}$$

$$fc=\frac{458,910}{1851.4}=247.9 \text{ 元/ton}$$

$$OC=180\times 150\times 5\times \frac{3}{4}+874.8\times \frac{1}{2}\times [0.8 \\ \times 81\times 0.2\times 50]+2.5\times 3.1\times 1851.4 \\ \times (24-13)+0.01(2,270,000+1,790,000) \\ =101,250+32,717.5+157,831.9+40,600 \\ =332,399 \text{ 元/年}$$

$$oc=\frac{332,399}{1851.4}=179.54 \text{ 元/ton}$$

$$tc=fc+oc=247.9+179.5=427.4 \text{ 元/ton}$$

七、各大型乾燥設備之成本比較

為比較各乾燥設備之各項成本，應在相同狀況下分析方較客觀。下面為各乾燥機之共同數據：

1. 基本電費：70 元/馬力一月
2. 機械使用壽命，15年 ($L_1=15$)；廠房壽命 30 年 ($L_2=30$ 白河 $L_2=15$)
3. 折舊法：直線折舊法，殘餘值為原價之 10 %。
4. 利率：年利 9 % (或 $\alpha=0.09$)
5. 每年機械使用期間：60 天。
6. 減乾量：自含水率 24 % 減至 13 % ($M_1=24\%$)
7. 工資 (S)：150元/工 ($S=150$)
8. 油價 (J)：重油 3.1 元/ℓ；煤油 9元/ℓ
9. 有效工作係數 (C_L)= $\frac{3}{4}$
10. 耗油量 (F_o)：重油 2.5ℓ/ton-%；煤油 2.2 1/ton-%
11. 進倉時間：1 小時/bin；出倉時間：2 小時/bin
12. 乾燥速率：重油 1 %/h；煤油 1.2 %/h

表(八)為各乾燥設備之其他條件。表九為各項成本比較。對總成本而言，西螺機成本最低，足見乾燥容量愈大，其乾燥之總成本愈低，不但固定成本如此，使用成本亦如此。總成本以白河乾燥機最高，每公噸達 1047.5 元之譜，約為西螺乾燥機總成本之 2.5 倍。其主要原因有二；一為乾燥能量低落，故每項費用均相對提高。其次為燃料費貴，在整個成本結構中，佔 20 % 以上。比一般使用重油燃料者貴 2.5 倍以上。故將來是否能改用柴油以替代煤油，以減低燃料費，實有待進一步研究之必要。

在比例上，固定成本佔有極大之比數，對整體言，此項投資是否有利，在政策上值得考慮。基本電費對整個成本結構言，約在 10 % 以內；但對農會本身言，則是一項極大之比例，也是一項負擔，此點值得考慮。表(九)中所列乾燥成本為農民所應負擔之每噸乾燥成本。其中包括使用成本與基本電費。西螺之乾燥成本為 216.3 元/噸，而白河則為 492.5 元，約為前者之 2.3 倍。總平均每公斤稻谷乾燥之費用約需三角。而一般循環型與箱型乾燥機之乾燥成本約在 4 角左右，加上固定成本，一角，每公斤總成本約 5 角。故農民將濕谷送至大型乾燥機較自己購買中小型乾燥機乾燥較為有利。

表(八)、各農會大型乾燥機之其他性能

項 目	地 點		西 螺	羅 東	大 甲	礁 溪	冬 山	白 河
	代 號							
機 械 價 格 (元)	P ₁		2,270,000	1,450,000	1,950,000	1,950,000	1,950,000	1,804,715
廠 房 價 格 (元)	P ₂		1,790,000	1,643,096	1,458,741	1,472,190	1,492,947	542,230
年 總 乾 燥 量 (ton)	R _Y		1851.4	925.7	771	771	771	463
總 馬 力 (Hp)	H _t		81	69.5	59.5	53	54	35
風 車 馬 力 (Hp)	H _a		50	40	35	35	35	15
每 班 人 工 數	N		5	4	4	4	4	3
耗 油 量 (l/ton-%)	F _c		2.5 (重油)	2.5 (重油)	2.5 (重油)	2.5 (重油)	2.5 (重油)	2.2 (煤油)
乾 燥 量 係 數	K		$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$

表(九)、臺灣省現有各大型稻穀乾燥設備成本比較 (元/噸)

項 目	西 螺		羅 東		大 甲		冬 山		礁 溪		白 河	
折 舊	102.6	24%	147.2	24.1%	208.5	27.5%	209.8	27.9%	209.0	27.9%	304.1	29%
	108.6	25.4%	165.4	27.0%	218.9	28.9%	221.1	29.4%	219.7	29.3%	250.9	24%
利 息	36.8	8.6%	63.1	10.3%	64.8	8.6%	58.8	7.8%	57.7	7.7%	63.5	6.1%
	248.0	58%	375.7	61.4%	492.2	6.5%	789.7	65.1%	486.4	64.9%	618.5	59.1%
基 本 電 費	54.7	12.8%	87.5	14.3%	105.1	13.9%	105.1	14.0%	105.1	14.1%	131.2	12.5%
	17.7	4.1%	30.1	4.9%	31.0	4.1%	28.5	3.8%	28.0	3.7%	29.3	2.8%
固 定 成 本	85.2	19.9%	85.2	14%	85.3	11.3%	85.3	11.3%	85.3	11.4%	217.8	20.8%
	21.9	5.2%	33.4	5.4%	44.2	5.7%	44.5	5.8%	44.4	5.9%	50.7	4.8%
工 資	179.5	42%	236.2	38.6%	265.5	35%	263.4	34.9%	262.8	35.1%	429	40.9%
	216.3		299.3		330.3		332.2		320.4		492.5	
流 動 電 費	427.5	100%	611.9	100%	757.8	100%	753.1	100%	749.2	100%	1047.5	100%
油 料 費												
修 護 費												
使 用 成 本												
乾 燥 成 本												
總 成 本												

玖、目前大型乾燥機所遭遇之問題與改進

此次所設置大型乾燥設備，在設計之初雖已考慮到臺灣地區情況較特殊，故將美日一般使用之大型乾燥設備機型略加改變，使倉容量一再變小。但實際上，對本省之氣候條件與小農戶之環境言，此項改進仍有進一步研究與改進之必要，茲將主要缺點，與目前各農會使用使用之後，所遭遇之問題分述如下：

一、技術方面之問題

1. 一般型式之乾燥機，無論大小，其正常之乾燥範圍均在水分 24 % 以內為多。超過此項水分範圍，易導致部份機械性能上之障礙，而臺灣地區，在雨季收穫時，含水率常在 30 % 以上，且夾雜物特別多，穀粒部份常附着於夾雜物上。此種情形下，選別機之效率特別低，稻谷進入乾燥機後，其流動性特別差，以致常有阻塞，捲草之事故發生，影響進倉速率與乾燥能量甚大。為克服此項缺點，並加強水災時之搶救

能力，今後擬設置之大型乾燥設備，應考慮在選別機前增設預備乾燥設備 (Pre-dryer) 或浮動層式乾燥機 (Floating drier)，使濕谷在進入乾燥塔之前，以上述設備先除稻穀表面之水份。

2. 每倉之處理容量：現有之乾燥設備，本已將一個大乾燥塔分為三個小乾燥單位，使每一批之處理量減少到六噸。但實施之後，六噸之數量仍嫌過大，一戶農家能一次有六噸稻谷乾燥者為數甚少，而數家合併乾燥時則由於品種、合水率、品質之不同，農民均有所顧忌而不願混合乾燥。而且，等待湊足六噸之數，與乾燥完後之分配等均浪費甚多之時間，故以後設置時，應將每批之處理量改為 2~3 噸以配合農戶之實際需要。

3. 燃料油與加熱方式：

美日諸國所用之乾燥設備大多以煤油或液化瓦斯為燃料，因在該國內煤油價格接近或低於柴油價格，而在我國煤油則接近於汽油價。為節省燃料費用，目

前之國產大型乾燥機之燃料均使用最低廉之 No.6 重油。但因顧慮燃燒初期及操作疏忽時常造成之不完全燃燒，使稻穀沾染煙氣，故均採取間接加熱方式。而實際上，熱交換器效率不高，故燃料之節省亦相當有限。反而，投資在燃燒爐及熱交換器等之設備費却昂貴很多。故今後之加熱方式與能源種類之取捨，在設計之前應先通盤考慮。目前由於能源危機問題引起普遍注意與關切，故農業上應以就地取材方式發掘能源方可降低成本。故若能以現有各農會所遺棄之稻穀為熱源配合間接方式加熱乾燥，則可解決部份能源問題。而其他燃料則應考慮採用柴油以降低油成本，並利用直火加熱以提高熱效率。

4. 乾燥機之高度與廠房建築

現有乾燥機之型式仍沿襲美日之傳統，機械設備之高度均在十五公尺以上，以方便進料。但機身過高，本身結構強度必然增加，機械設備與廠房建築等之投資亦隨之增加。在維護方面與安全措施等均較複雜。故今後之建造應盡量降低機械設備高度，並簡化廠房，以節省費用。

5. 集塵裝置之設置

乾燥作業時期，落塵量相當高，灰塵飛揚，有損操作人員健康，因此，提運機、乾燥塔及卸料斗等均需設法密封，並加設集塵裝置。廠房內部更應裝置抽風機，以絕灰塵。

6. 水分之測定。

稻穀乾燥機之發展將招至高水分之測定問題，一般水份測定計之範圍最高僅及 20~30%，對於更高水份之測定不易準確，若據以為標準則有失公平。準確度較高者測定時間太長。為求準確公平起見，似宜發展一種樣品乾燥機，將欲乾燥之稻穀取樣約一公斤予以試乾，再分析其雜物量，乾燥損耗與自然損耗等，以作為發放乾谷之依據。

7. 計量問題

現有之乾燥設備均缺少計量機械，故進倉出倉作業時之秤重工作費工且費時。影響作業效率甚大。故必要時，必需加裝自動計量機與重量記錄器，並於出倉時，裝設縫袋機。

二、制度方面之問題

1. 由於乾燥機容量大，故為使小農戶亦願意加入代乾作業，政府必須對農會濕穀收購辦法予以鼓勵及獎助試辦。並且對於無息貸款谷及田賦谷應考慮以濕谷折繳。如此農民之麻煩減少，農會得以一貫作代乾

工作，而政府亦獲掌握糧源之目的。目前部份農會人員對於濕穀收購並不十分熱衷，此點似可由政府方面研究適當之鼓勵辦法加以策勵。另一方面，糧食容量必須配合擴充，並且增設濕谷暫存倉，預熱倉或浮動式乾燥機等，使之與大型乾燥機調配應用。

2. 收取乾燥成本可採用兩種方式，一為以濕谷抵繳，惟需配合濕穀收購辦法。一為代乾費用方式，以每噸重之濕谷為單位，收取乾燥之成本費用。目前由於各大型乾燥設備均由政府補助，為減輕農民負擔起見，應扣除固定成本費用。西螺農會對後者已開始試辦，其代乾費用標準如附表(三)，其放谷標準則如附表(二)。未來收放制度一旦推行，各農會之收費標準與辦法則應協調一致。

3. 農會本身對其所轄範圍之農民應給予某種鼓勵，使農民樂於採用乾燥機乾燥，而放棄傳統日晒方式。實行契約式乾燥亦未嘗不是一種掌握谷源之方法。使每年之總乾燥量能達到理想之標準。

三、成本方面之問題

乾燥係季節性作業，每年之工作時數有限。故其固定成本常佔極高之比例。為使乾燥成本降低，下列固定費用項目應酌予減免：

1. 基本電費：

乾燥設備之動力約為 40 至 80 匹馬力，其每月應繳之基本電費則在 2,600~5,600 元之間，由於每年使用期甚短，若全年均攤，結果勢必導致農會虧累，或轉嫁農民。故應比照農用抽水機用電方式，在非使用期間，免繳基本電費。

2. 房稅及其他稅捐：

乾燥設備之作業，只向農民收取成本，並非營利事業，其動機純以服務農民，減少稻穀損失為目的，故應考慮減免各項稅捐。

拾、今後大型乾燥機之發展與設置

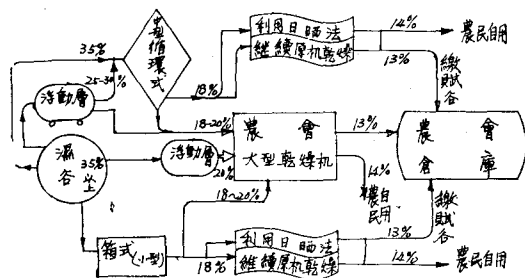
目前推廣中各類型之乾燥機，雖各有所短，但亦有所長，難以偏廢。故今後乾燥設備推廣重點應求全面性之發展與整體性之配合。使各類型之乾燥設備在良好之系統管理下，發展其所長。整體上方可獲得最大之乾燥能量與最佳之乾燥效果。另一方面，今後應在各農會普設大型乾燥設備，使成為全省各鄉鎮之乾燥核心。而大型乾燥設備之設置則必須針對現有大型乾燥機所遭遇之困難加以改進，茲就系統配合與新機種之發展分述如下：

一、系統上之配合與運用

目前臺灣已有大型乾燥機八座(包括元長與大里兩座);中型 153 臺,小型 1800 多臺,將來大量推廣之後,為數更多,這些機型與數量,若不妥善統籌運用,其利用效率必低。故系統上之配合與運用,十分重要,在系統配合方面,可從下列數項着手:

1. 機種之配合:

各類機型之配合觀念如圖(廿五)所示。整個系統以農會之大型乾燥機為主幹,專司完全乾燥(乾至 13%)之用。故農民之濕谷部份可利用自己擁有之中小型乾燥機乾至 13% 或 14% 後繳納賦谷或自用。在搶救時期時,可乾至 18% 後暫時存放,俟天晴後利用日晒法乾燥或於有空閒時再放回原機乾燥,不然亦可將 18% 之半濕谷繳交農會,由農會折算收納後負責以大型乾燥機乾至 13%~14%,此時如農民願意時,亦可領回自用。沒有乾燥設備之農民可逕將濕谷送交農會,以浮動層乾燥作搶救乾燥使之降至 18~20% 左右暫存,若乾燥機有閒即可送至大型乾燥機乾至 13%。



圖廿五、未來未來各類型乾燥機之配合觀念

為達上述之觀念,下列項目必須配合:

- 改善現有繳納乾谷政策,容許農民以濕穀抵繳一般田賦與無息貸款。
- 協助農民購買中小型乾燥機,使農民於收穫之農忙季節,減少乾燥時間與勞力,並減輕緊急時大型乾燥機之負荷。
- 在農會普設大型乾燥機,並購置數部移動型快速乾燥機,專司搶乾之工作。並隨時視情況可調遣至災區進行搶救工作。此類乾燥機亦應以乾至 18% 之水分含量為目標,以便配合大型乾燥機之使用。
- 政府方面最好能成立機動乾燥小組,以指揮或調動各地之移動式乾燥設備,集中搶乾乾燥。
- 農民應接受勸導,在同一地區栽培同一品種水稻以利乾燥保存。在收穫方面,則儘量利用機械收穫,以求乾淨而品質劃一之稻谷。

2. 多元性之配合:

乾燥機每年之使用期間最多僅 60 天,因此固定成本頗高。為降低乾燥成本,必需另闢用途,使乾燥機用途多元化。最近在元長鄉設立之乾燥設備可乾燥稻谷兼花生。即為達此目的而設。未來之大型乾燥設備更應朝此方向進行設計。配合地域,如嘉南平原一帶,盛產甘藷、玉米,故應發展稻谷、甘藷兼用之乾燥設備。或稻谷、玉米兼用之乾燥機。而美濃、屏東地區,大部份菸農亦兼種水稻。該區幾乎每戶菸農均有大阪式菸葉烘培室,此種烘培室只要略加改善,亦可乾燥稻谷。故在此種地域與環境,應以推廣稻谷、菸葉兼用之大型與小型乾燥機。

二、今後設置大型乾燥機所應有之概念與構想

由於本省農業環境與氣候條件特殊,故今後大型乾燥設備之設計與建立應具備某些基本概念,以免重蹈覆轍。

1. 配合小農制,部份設備予以變更,以提高利用效率。

- 將每一乾燥單位容量減少,以便利小農戶,但增加乾燥單位之數目,使總乾燥能量維持不變。
- 增加預熱設備,以期提高兩期搶救乾燥之能量。

2. 合理降低設備費用及燃料成本。

- 降低乾燥機及廠房之高度。
- 改用稻殼炭為燃料,或採用直火方式以柴油為燃料。儘量節省熱源供應部份之設備費用。
- 分配輸送機儘量採用水平皮帶輸送或螺旋輸送式,以降低高度與設備費用。

根據上述各項之基本概念,今後即將興建之大型乾燥設備其概略構想如下:

1. 型式:

- 乾燥部份分成 7~10 個基本乾燥單位,每一基本乾燥單位之型式接近於目前推廣中之中型循環式乾燥機。
- 另備 6~9 個同容量之通風式預備桶,以作為暫時存放待乾之濕谷及作為乾燥中途稻谷均化之用。
- 利用皮帶輸送機或螺運機作為選別機至各乾燥單位間之輸送。
- 建造普通力壩式石棉瓦廠棚(三面有牆),以代替昂貴之廠房。
- 廠房面積與機械設備佈置之概念如附圖內,(本圖係即將在佳冬農會設置大型乾燥設備之藍圖)

2. 處理能力

(1) 每一農戶只需有 2~3 噸稻谷即可作為一批乾燥不必等待或與他人稻谷混雜。

(2) 估計每一單位 12 小時可乾稻谷 3 噸 (28% ~15%)，每天 24 小時 8 單位可乾 60 噸。

3. 動力與燃料

(1) 電力約需 40HP。

(2) 盡量使用稻穀炭為燃料，有困難時用柴油。

4. 每一處設備費用：約 200 萬元。

拾壹、結 論

設置大型稻谷乾燥設備雖然是一項鉅額之投資，但此舉不但對掌握糧源之政策有益，同時亦顯示政府照顧農業，扶植農民之決心。事實上，以目前而論，機械法之乾燥方式已自然形成一股不可避免之趨勢。傳統式之鋪地晒谷法已因農村勞力之缺乏，農家空地之減少以及氣候之瞬息變化等，種種因素之沖擊，而有落伍之感覺。無論如何，時代之輪是前進着的，從前那種詩情畫意，一家大小歡樂之秋收場面今後已無法再現。緊接而來的，將只是馬達鼓風與機械翻谷之聲了。

隨着大型乾燥設備之來臨，各方面之配合與有效之營運操作，將顯得更為重要。尤其政府政策方面之修訂，與農會對稻谷收放制度之建立，更應積極進行，使其實現，方可奏全效。而農民本身對乾燥機所持基本態度之轉變與信賴，更可使機械化乾燥作業之推動，達到事半功倍之效果。

以現有六套大型稻谷乾燥設備觀之，除白河一座外，其餘均為國產，這是可喜之現象。亦是以工業技術提携農業現代化之例證。在性能方面，大體上言均能達到標準，不比日貨稍遜。其乾燥速率平均每小時約可乾減濕谷 1% 左右。每年六座之總乾燥量若以濕谷 24% 乾至 13% 計，約可達六千公噸。但此項數字對全省稻作年產量 250 萬公噸 稻谷量之乾燥作業言，只是杯水車薪，滄海一粟，故今後之重點應積極設置大型之乾燥中心，以期達到一鄉鎮一座設備為原則。

在乾燥機推廣工作中，整體上言，大型乾燥設備之設置僅是其中之點，至於其他中小型乾燥機亦應同

時配合推廣，以構成面。使乾燥作業部份由農民自行負擔，以減輕大型乾燥設備之過荷壓力。至於今後大型乾燥備之建立，則應配合小農制之事實，走向個別處理之途。同時亦應配合地域與作物，使乾燥設備之用途多元化，藉以降低乾燥成本，減輕農民之負擔。

拾貳、參 考 資 料

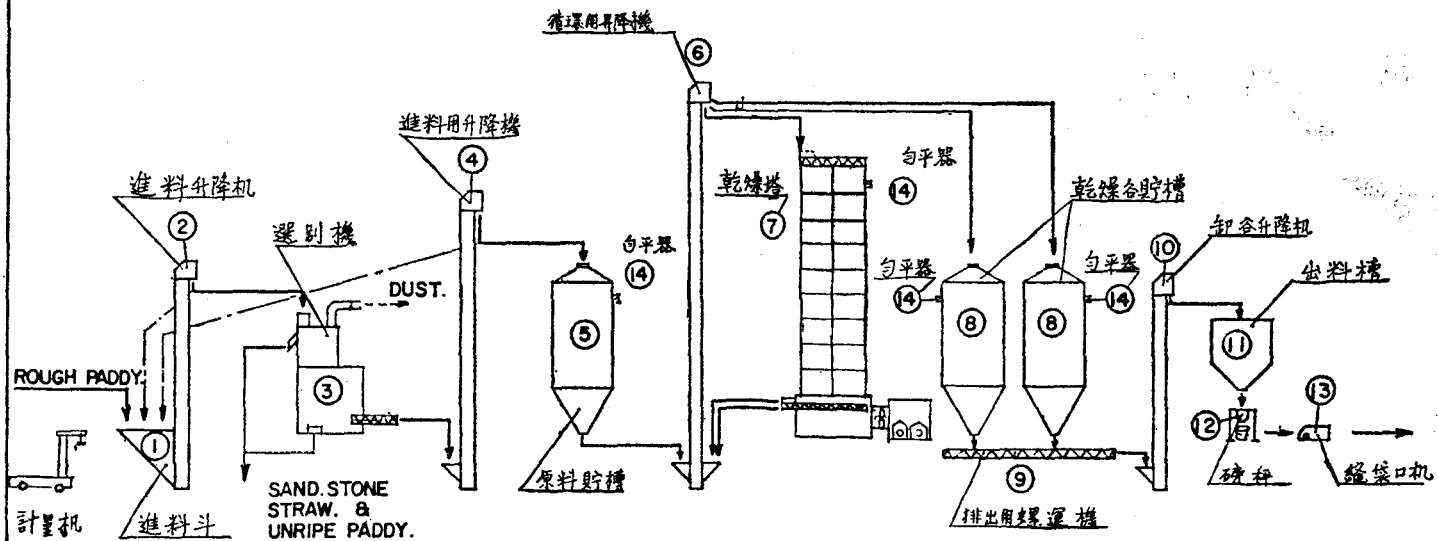
1. 農業要覽 第一輯 氣象 台灣省農林廳編印 1958.
2. 張學珊 臺灣水稻作業方法之農業工程分析 臺大農機研究中心編印。1963.
3. 伴敏三 人工乾燥における米の胴割札に関する實驗的研究，農業機械化研究所 3 號報告 日本昭和 4 年。
4. 蕭世民 稻谷之乾燥與貯藏 農林廳 種苗繁殖場出版。1952.
5. 陳貽倫 稻谷乾燥之研究 農工學報。20 (3) 1974.
6. 陳貽倫、馮丁樹 稻谷乾燥理論之探討與高溫間歇通風乾燥之研究 農工學報。21(2) 1975.
7. 馮丁樹、陳貽倫 密閉式與通風式谷倉之貯藏特性及其優劣比較 農工學報。21(4) 1975.
8. 王士杰 西螺鎮農會大型乾燥機使用情況報告 1975 年 9 月。
9. 馮丁樹 臺灣省稻谷乾燥設備概況及其發展 (油印本) 臺大農工系 1975 年
10. 農復會 今後在農會設置大型乾燥機時之改進意見會議記錄 1976.
11. S. Milton Henderson Rice Chemistry & Technology American Association of Cereal Chemists Inc. 1972,
12. 關昌揚 農業機械試驗 徐氏基金會 1973.
13. Carl W. Hall Drying Farm Crops Agricultural Consulting Associates Inc, 1957.

拾參、誌 謝

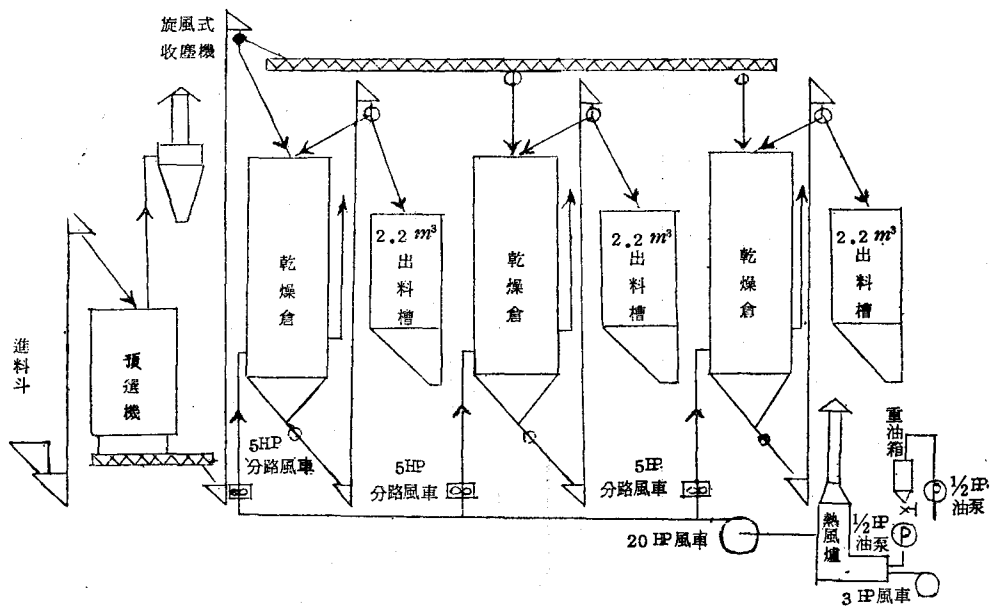
大型乾燥機之試驗係接受國家科學委員會經費，農復會計劃 74(NSC)-C13-A-2411 (a) 計劃補助下完成，並蒙林詩濃、丁冠中、游誠一與楊志成諸位先生協助試驗工作，以及農復會吳維健技正之指導、西螺農會提供資料，謹誌謝意。

(圖 1)

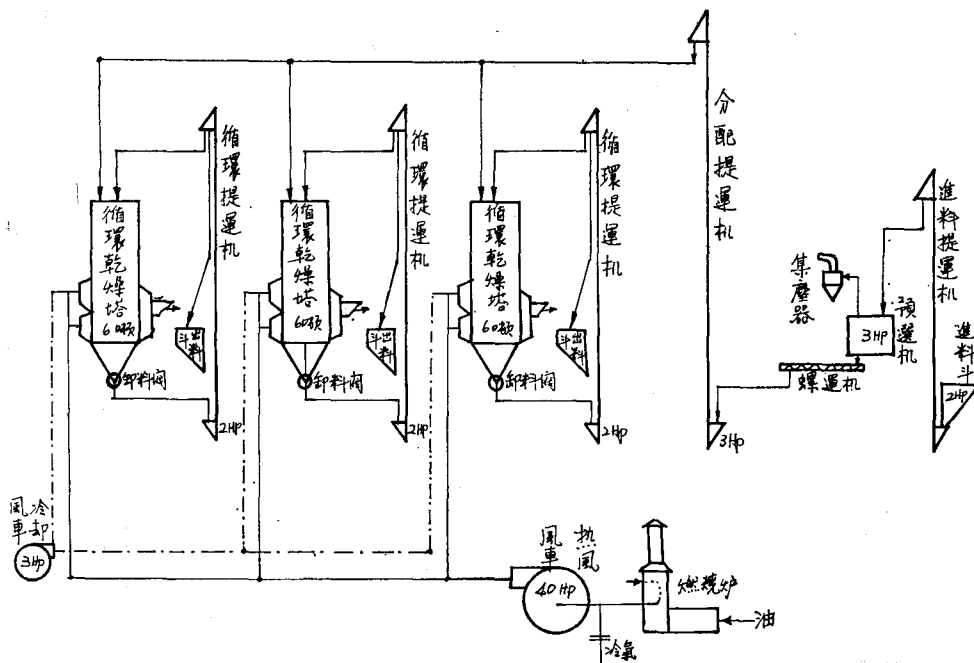
NO	DESCRIPTION	MOTOR (HP)	NOTE	RQ
1	INTAKE HOPPER			1
2	BUCKET ELEVATOR	2	6" x 8.34 M	1
3	PADDY CLEANER	3	PC-40	1
4	BUCKET ELEVATOR	2	6" x 11.72 M	1
5	RECEIVING BIN		10' DIA x 23'	1
6	BUCKET ELEVATOR	5	9" x 15.87 M	1
7	PADDY DRIER	1x2. 15. 230 w. 230 w.	PD-4063	1
8	BUFFER BIN		10' DIA x 23'	2
9	SCREW CONVEYOR	2	10" x 8.5 M	1
10	BUCKET ELEVATOR	1	6" x 7.45 M	1
11	TANK FOR CLEANED PADDY			1
12	BAGGING SCALE		B A	1
13	FILLED BAG CLOSING MACHINE	150 W	NP-3	1
14	BIN LEVELER		C5-FA	4



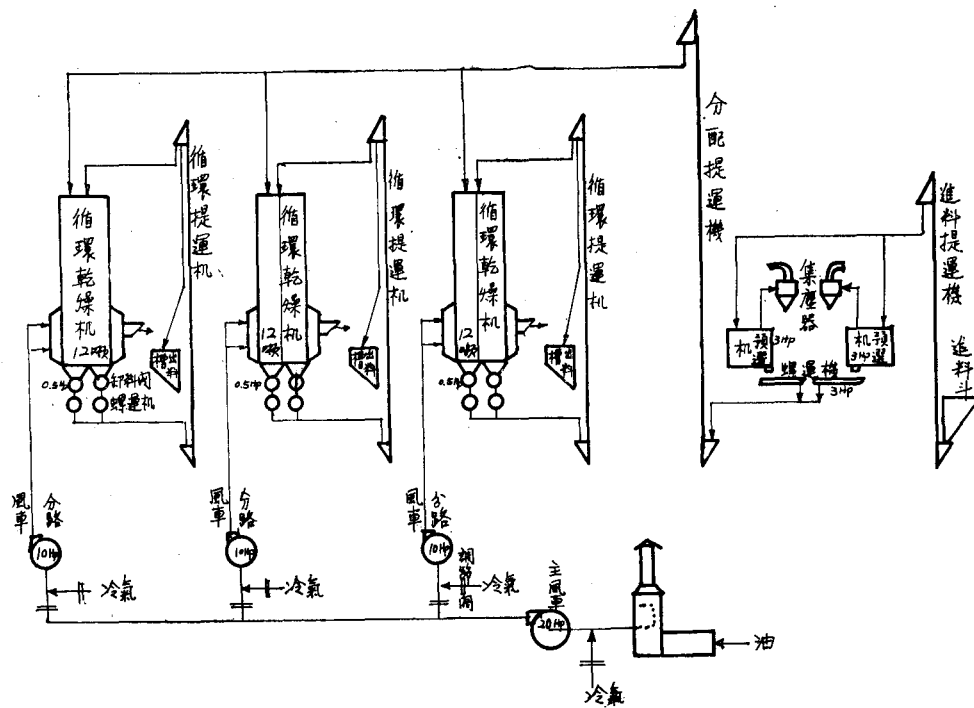
附圖一 白河乾燥設備之作業流程圖



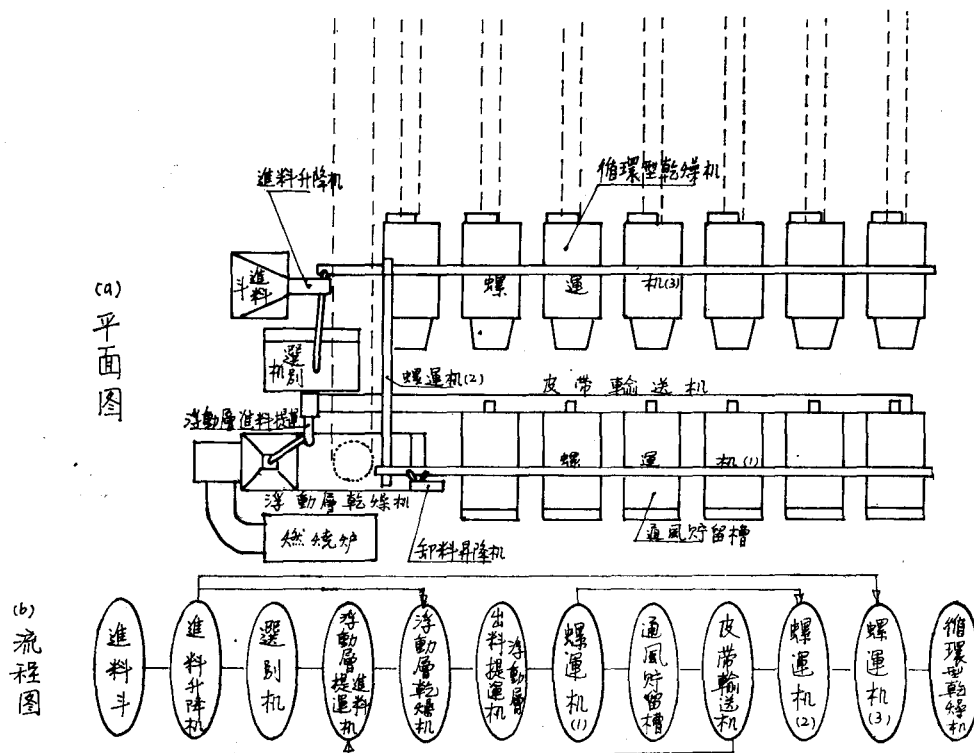
附圖二：大甲、礁溪、冬山等農會大型稻谷乾燥設備流程圖



附圖三：羅東農會大型乾燥設備之作業流程圖



附圖四：西螺大型乾燥設備之作業流程圖



附圖六：佳冬農會擬設置之大型乾燥設備之平面圖及其流程圖

附表一：西螺農會大型乾燥設備 64 年一期作乾燥資料

總操作 時間 (小時)	進出倉 時間 (小時)	乾 燥 時間 (小時)	初 期 含水率 (%)	乾 水 減 分 (%)	入 倉 重 (kg)	出 倉 重 (kg)	乾減率 (%/h)	%/T _{on-h}	h/T-%	雜物率 (%)	自然損 耗 (%)
27.75	8	19.75	31	18	11282.8	8942	0.91	0.081	0.097	1.14	2.9
24	7	17	30.8	17.8	11567.8	9245	1.05	0.091	0.097	1.74	3.4
25	6	19	29.9	16.9	12273.1	9776	0.89	0.072	0.092	1.04	4.6
24	3	21	29.5	16	11199	8650.4	0.76	0.068	0.117	1.14	4.0
—	—	16	23.2	9.7	12460.6	10338.6	0.61	0.049	0.132	0.81	5.5
26.4	3.1	23.3	33.9	20.2	12160.4	8460	0.87	0.071	0.095	1.90	7.3
24	5.7	18.3	31.4	17.6	12139.3	8842	0.96	0.079	0.086	1.11	7.22
52.4	23.3	29.1	36.6	23.1	13281.2	8856.2	0.97	0.060	0.094	1.39	4.48
28.8	13.4	15.4	33.8	20.6	7897.4	5353.6	1.34	0.169	0.094	4.34	6.76
28.7	18.4	10.3	24.3	10.1	8434.4	7101.8	0.98	0.116	0.121	1.70	2.85
40.9	31.3	9.6	23.2	8.9	11109.8	9628.2	0.93	0.083	0.097	1.70	2.32
25.0	14.4	10.6	21.9	8.7	10899.4	9145.8	0.82	0.075	0.112	1.19	4.4
15.0	7.5	7.5	20.7	6.5	11882	10345.4	0.87	0.073	0.097	1.80	3.59
24	9.2	14.8	25.4	12.2	11712.8	9428.6	0.82	0.070	0.104	2.08	6.25
17.5	5.5	12	25	11.4	8882.4	7219.2	0.95	0.107	0.119	1.58	5.40
16.3	4	12.3	24.7	12.3	12260.0	10568.2	1.00	0.082	0.081	0.56	1.01
16.2	3.0	13.2	22.7	9.3	12026.8	9984.4	0.71	0.059	0.118	1.68	5.11
20.5	6.1	14.1	27	13.6	11897.8	9771.4	0.97	0.081	0.087	1.61	1.65
15.7	4.4	11.3	24.8	11.3	10242.0	8474	1.00	0.098	0.098	2.27	4.86
13.7	3.0	10.7	28.2	14.8	6014.6	4628.4	1.38	0.230	0.120	1.65	6.55
25.8	5.8	20	35.8	22.4	12284.6	8437	1.12	0.091	0.073	2.05	8.76
22.5	5.7	16.8	31.1	17.6	11471.6	8620.8	1.05	0.091	0.083	1.75	3.43
30	1.6	14	24.7	10.9	11355.2	9196.6	0.78	0.067	0.113	0.93	6.25
22.3	6.3	16	30.1	17.1	9084.4	6469.2	1.07	0.118	0.103	1.82	9.67
20.2	6.2	14	26	13.2	10429.4	8314.0	0.94	0.090	0.103	0.75	4.75
35	22	13	21.3	8.3	11495.6	9748	0.64	0.56	0.136	2.30	3.94
16	6.3	9.7	24.1	10.9	5764	4522	1.12	0.195	0.154	0.87	8.68
15.5	3	13.5	27	15	10930.6	9030	1.1	0.102	0.082	0.59	1.81
36	27.5	8.5	24	10.6	10669	8975	1.25	0.117	0.075	1.50	2.15
20.2	12.7	7.5	24	12	7991.6	7210	1.6	0.200	0.078	0.24	1.24
32.0	15	17	25.6	12.2	10395.7	8115	0.72	0.069	0.134	1.03	6.88
49	36	13	26.1	13.7	11745	9974	1.05	0.089	0.081	0.21	7.23
29	16.5	12.5	25.4	13.0	6348.2	5478.2	1.04	0.164	0.151	0.17	—
19	10.3	8.7	22.6	9.2	9854	8811.9	1.08	0.107	0.096	1.05	1.26
53.5	39.5	14	23	10.8	12,355	10560	0.77	0.062	0.105	0.20	2.95
51.3	42.6	8.7	26.4	14	9209	7958.6	1.61	0.175	0.068	0.27	—
—	—	5.3	18	5.6	7705.6	6799	1.06	0.137	0.123	0.18	6.1
24.5	14	10.5	25	12.6	7822.8	6710.2	1.2	0.153	0.1065	0.42	0.63
—	—	17	26.8	14.4	11424.3	9312.0	0.85	0.074	0.103	0.24	2.55
71	63.5	7.5	19.9	7.6	7556.6	6658.4	1.01	0.134	0.131	0.42	3.68
71.3	57.3	14	26	13.7	12080.2	10374.6	0.98	0.081	0.085	0.26	—
—	—	9	21.9	9.7	10830.4	9429	1.08	0.10	0.086	0.40	3.15

附表二：西螺鎮農會大型乾燥機乾燥稻谷暫定換算表

濕谷 含水率 %	雜物率 %	水分損耗 %	自然損耗 %	成品率 %	備註	濕谷 含水率 %	雜物率 %	水分損耗 %	自然損耗 %	成品率 %	備註
14	2.5	1.12	0.45	95.93%		23	2.5	11.21	4.50	81.79	
"	20	1.13	0.45	96.42		"	2	11.26	4.50	82.24	
"	1.5	1.13	0.45	96.92		"	1.5	11.32	4.50	82.68	
"	1	1.14	0.45	97.41		"	1	11.38	4.50	83.12	
15	2.5	2.24	0.90	94.36		24	2.5	12.33	4.95	80.22	
"	2	2.25	0.90	94.85		"	2	12.39	4.95	80.66	
"	2.5	2.26	0.90	95.34		"	1.5	12.45	4.95	81.10	
"	1	2.28	0.90	95.82		"	1	12.52	4.95	81.53	
16	2.5	3.36	1.35	92.79		25	2.5	13.45	5.40	78.65	
"	2	3.38	1.35	93.27		"	2	13.52	5.40	79.08	
"	1.5	3.40	1.35	93.75		"	1.5	13.59	5.40	79.51	
"	1	3.41	1.35	94.24		"	1	13.66	5.40	79.94	
17	2.5	4.48	1.80	91.22		26	2.5	14.57	5.85	77.08	
"	2	4.51	1.80	91.69		"	2	14.64	5.85	77.51	
"	1.5	4.53	1.80	92.17		"	1.5	14.72	5.85	77.93	
"	1	4.55	1.80	92.65		"	1	14.79	5.85	77.36	
18	2.5	5.60	2.25	89.65		27	2.5	15.69	6.30	75.51	
"	2	5.63	2.25	90.12		"	2	15.77	6.30	79.93	
"	1.5	5.66	2.25	90.59		"	1.5	15.85	6.30	76.35	
"	1	5.69	2.25	91.06		"	1	15.93	6.30	76.77	
19	2.5	6.72	2.70	88.08		28	2.5	16.81	6.75	73.94	
"	2	6.76	2.70	88.54		"	2	16.90	6.75	74.35	
"	1.5	6.79	2.70	89.01		"	1.5	16.98	6.75	74.77	
"	1	6.83	2.70	89.47		"	1	17.07	6.75	75.18	
20	2.5	7.84	3.15	86.51		29	2.5	17.93	7.20	72.37	
"	2	7.89	3.15	86.96		"	2	18.02	7.20	72.78	
"	1.5	7.93	3.15	87.42		"	1.5	18.11	7.20	73.19	
"	1	7.97	3.15	87.88		"	1	18.21	7.20	73.59	
21	2.5	8.97	3.60	84.93		30	2.5	19.05	7.65	70.80	
"	2	9.01	3.60	85.39		"	2	19.15	7.65	71.20	
"	1.5	9.06	3.60	85.84		"	1.5	19.25	7.65	71.60	
"	1	9.10	3.60	86.30		"	1	19.34	7.65	72.01	
22	2.5	10.09	4.05	83.36		31	2.5	20.17	8.05	69.28	
"	2	10.14	4.05	83.81		"	2	20.28	8.05	69.67	
"	1.5	10.19	4.05	84.21		"	1.5	20.38	8.05	70.07	
"	1	10.24	4.05	84.71		"	1	20.48	8.05	70.46	

附表三：西螺鎮農會稻谷乾燥機使用收費暫定標準表

單位：1,000 公斤

濕谷溫度	燃油料	油 款 1kg:300	油 款 1,000kg	油 款 (+) 30%	工 資	流動電費 及維護費	合 計
17—13.28%	0.0118¢/kg	0.0354元	35.4元	46.02元	25元	75元	146元
18.5—13.28%	0.0134	0.0402	40.2	52.26	〃	〃	152
19—13.28%	0.0149	0.0447	44.7	58.11	〃	〃	158
20—13.28%	0.0154	0.0462	46.2	60.06	〃	〃	160
21—13.28%	0.0169	0.0507	50.7	65.91	〃	〃	166
22—13.28%	0.0190	0.0570	57.0	74.10	〃	〃	174
23—13.28%	0.0206	0.0618	61.8	80.34	〃	〃	180
24.4—13.28%	0.0226	0.0673	67.8	88.14	〃	〃	188
25—13.28%	0.0241	0.0723	72.3	93.99	〃	〃	194
26—13.28%	0.0266	0.0798	79.8	103.74	〃	〃	203
27—13.28%	0.0281	0.0843	84.3	107.59	〃	〃	210
28.3—13.28%	0.0305	0.0915	91.5	118.95	〃	〃	218
29—13.28%	0.0320	0.0960	96.0	124.80	〃	〃	225
30—13.28%	0.0336	0.1008	100.8	131.04	〃	〃	231
31.3—13.28%	0.0343	0.1029	102.9	133.77	〃	〃	233
32—13.28%	0.0350	0.1050	105.0	136.50	〃	〃	237
33.2—13.28%	0.0358	0.1074	107.4	139.62	〃	〃	239
34—13.28%	0.0373	0.1119	111.9	145.47	〃	〃	245
35—13.28%	0.0386	0.1158	115.8	150.54	〃	〃	250
36—13.28%	0.0402	0.1206	120.6	156.78	〃	〃	256
37—13.28%	0.0417	0.1251	125.1	162.63	〃	〃	262
38—13.28%	0.0433	0.1299	129.9	168.87	〃	〃	268
39—13.28%	0.0448	0.1344	134.4	174.72	〃	〃	274

The Performance Tests and Analysis on the Present Tower Rice Driers in Taiwan

Din-sue Fon Yi-len Chen

Drying grains by sun is a kind of the traditional method that has been used in our country for several thousands of years for the harvested rice. It is always considered as the cheapest way in obtaining the heat energy but does not imply that its total cost is less. In fact, people found that the drying method not only needs lots of arduous labor work but needs plenty of space and time also. Besides, it depends to a high degree on the climatic changes. Once it rains, the tremendous grain losses will result. To avoid such situation, there are some mechanical drying methods that should be applied immediately in Taiwan.

To accomplish this purpose, installation of the large rice drying plants is thus justified and will become the first step to mechanize the rice drying operation. Surely this will spend the government's quite a lot of budget, however, it is eventually profitable from the economical point of view and will help the government gain the controls of the food resources and prices and enhance the farmers' net income.

Because the investment of the drying plants is vast, their operation needs more systematic cares and some reasonable changes in the old systems and policies. Official regulations, for example, on rice receiving systems should be revised or changed as soon as possible, allowing farmers to hand in their wet grains as payments for loans or fertilizers. In this respect, both the Food Bureau and the farmers' associations must have a mutual understanding on the same issue to make the drying plants work properly and successfully. On the other hand, the farmers' favorable attitude toward the technical changes and the correct recognition of drying procedure are the other important impulses to motivate this modern drying process throughout this country.

Among these six drying plants that were built, only the one in Paiho is Japanese made and all the rest are locally made. It is obvious that our domestic industrial technology has made a great progress already in manufacturing the farm machinery by far. The performance tests have shown that all the six drying plants can meet the preset requirements quite satisfactorily and are able to compete with those of the Japanese made. Each type of the drying plants under test appeared that they will dry the wet rice at a rate of taking one percent of moisture away each hour.

In total, the overall drying capacity of the present six drying plants will reach six thousand tons a year when drying from 24% to 13% of moisture. However, this capacity is only an infinitesimal comparing with the enormous quantity of 2.5 million tons of the total yield of Taiwan, which is supposed to be dried mechanically each year. Under this situation, it is expected to build at least one drying plant within every town or country in the recent following years.

From the drier distribution point of view, these drying plants should act as the drying centers in the whole rice drying extension project, and other types of small and medium driers such as recirculation type, floating driers, box type, etc., must also be developed and introduced to the farmers at the same time to constitute a drying "family". In other words, farmers themselves should take care of part of load of the drying plant, keeping the latter from overload during the raining seasons.

As to the new model of drying plants that will be built in the future, each plant should be composed of a group of drying units, of which the size should match the rice quantity that an average farmer can produce per crop in order to save drying time and to get rid of some problems which come of mixing the wet rice owned by several farmers during drying if the drying unit of larger size is used. What's more, the new plant should be designed for multiple drying purposes, so as to lowering the drying cost and minimizing the farmers' burden.