

礮谷機之研究

I 現階段農會新建礮谷設備流程之分析

Study on the Rice Milling

I. Flow Chart Analysis of New-Build Rice Mill in Taiwan

盧福明

Fu-ming Lu

臺灣大學農業工程系講師

蘇昭山

C. S. Su

臺灣大學農業工程系客座副教授

一、前言

水稻收穫後大部份由農民送繳附近農會，由農會逕行貯存及加工碾製糙米。稻穀須經由礮谷去壳成糙米再精白成白米供消費大眾食用。

農會接受糧食局之委託進行稻穀之貯存及加工業務。於碾製糙米方面，每隔三年由糧食局根據試碾結果規定各農會碾米時之最低碾糙率、或碾率；（此碾糙率亦即稻穀加工成糙米量之比例）及屑米量。各農會於實際碾米時其碾率超過規定碾率時，其超過之部份所得到之超出米額（碾餘糙米及碾餘屑米）可由糧食局折算發給獎勵金。農會經管公糧加工之收入項目包括碾製加工費；碾餘米獎勵金和副產品出售之收入，而碾製糙米時所得之副產品則包括粗糠（谷壳），三槽及糠仔。

礮谷設備之優劣與否影響碾率之高低及副產物之回收量甚鉅。本文擬針對碾製糙米之流程作一分析並探討改善方法。

目前臺灣各農會所用礮谷設施包括雙滾筒型式礮谷機及分離糙米，副產物之選別裝置。大部分之礮谷設備陳舊，缺乏高效率。據調查結果顯示，民國三十年全省農會稻穀加工廠計有 404 棟，依興建年期分民國 30 年以前佔 22.64%，民國 31 年至 35 年佔 7.55%，民國 36 年至 40 年佔 5.66%，民國 41 年至 45 年佔 15.09%，民國 46 年至 50 年佔 18.8%，民國 51 年至 55 年佔 13.21%，民國 56 年至 60 年佔 16.98%⁽¹⁾，即半數之礮谷設備機齡在 20 年以上。此種情況美國亦然，1968 年全美國有 55 座碾米廠，其中 48 座為 15 年以前所建造者⁽²⁾。現行碾米方式及設備為古老行業之一，因循傳統較多，在研究發展或更新設備方面略呈停滯。

全省大中小農會加工稻穀數量之比為 6.10:2.09:1，其加工成本比例為 3.95:1.84:1。加工設備利用率依農會規模之大小而有所差異，惟每年 8~9 個月之碾米期間仍嫌未能充分經濟利用加工設備與人員⁽³⁾。

年來農復會已積極輔助各地農會改建新型碾米廠，提高加工能率及碾率⁽⁴⁾。目前新建碾米廠之加工量為每小時 3~6 噸糙米，要求之碾率為蓬萊 77%，再萊 75%。而降低碎米率，減少廠房粉塵污染，降低廠房建築高度以減少興建經費亦為努力目標之一。

二、礮谷原理

稻穀乾燥至 13% 水分含量後始由農會收購貯存或加工。最古老之稻穀脫稈（去壳）方法為使用杵臼，靠粒間摩擦力之作用去除谷壳。依脫稈原理分，礮谷方式有兩種。

(1) 摩擦脫稈方式

靠谷粒與外界之摩擦作用去除稻壳，例如使用橡膠滾筒 (rubber-roll sheller) 或圓型平面磨板即土礮之類 (disc sheller)。

(2) 衝擊脫稈方式

給予谷粒一高速度，再使之衝向一硬質板面，利用慣性衝擊力破開谷壳。因此法易於碎斷米粒，故不常用。

另法可將稻穀急速放置於真空室內，使稻壳內所包含之空氣急速膨脹破開谷壳，此法需較高真空度，設備之維護較難而不易推廣。

目前本省使用之礮谷機都為雙滾筒型式，如圖 1 所示。稻穀通過兩只不同轉速之橡膠滾筒間之縫隙，利用兩只滾筒切線速度差，靠摩擦力脫稈。兩只滾筒間之速度差大時脫稈率增加但易增加動力消耗，且易碎斷米粒與損耗橡膠滾筒。滾筒間之速度差值小時，

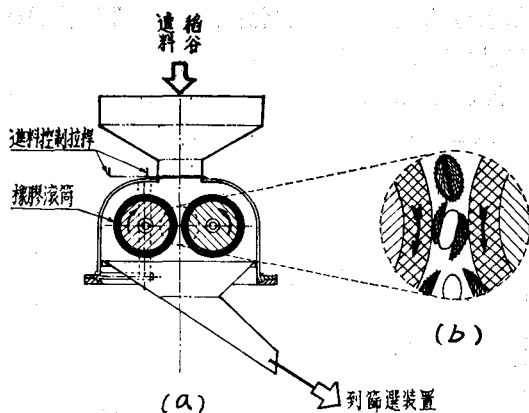


圖 1. 雙滾筒礮谷機

反而降低脫稈率。一般而言，兩只滾筒之迴轉速差為 23~25%。高速滾筒轉速一般為 1000~1200RPM，低速滾筒轉速 700~900RPM。例如臺中縣大甲鎮農會現有礮谷機使用 10"×10" 滾筒，其轉速為 1150RPM 及 840RPM，迴轉速差 27%。

滾筒迴轉速差之計算法如下：

$$\text{同徑滾筒 } R = \frac{N-n}{N} \times 100\% \dots\dots(1)$$

$$\text{異徑滾筒 } P = \frac{ND-nd}{ND} \times 100\% \dots\dots(2)$$

式中 D：高速滾筒直徑
d：低速滾筒直徑
N：高速滾筒迴轉速
n：低速滾筒迴轉速

目前常用之滾筒直徑為 10 吋，筒長 10 吋，橡膠厚度 1 吋。滾筒間隙應依稻谷品種之不同而可作適當之調整，一般取 0.5~0.8mm，約為稻谷厚度之一半。稻谷通過滾筒間隙後，其脫稈率可達 80~85%。脫稈率 100% 仍為不可能，因此在脫稈後仍需經由選別方式以分離糙米粒，未碾谷（未脫稈者），谷壳、糠。

滾筒直徑較大者，其間隙可放大些。間隙過小時易增加碎米量，增加滾筒摩擦速度，增大馬力消耗。間隙過大反而減低脫稈率，此關係如下表 1 所示⁽⁴⁾。

表 1. 橡膠滾筒間隙與脫稈率之關係 (岩尾俊男)

| 滾筒間隙 mm | 所需馬力 ps | 脫稈率 % | 每小時糙米量 kg |
|------------|------------|----------|--------------|
| 0.3 | 2.5 | 76 | 880 |
| 0.5 | 2.3 | 72 | 850 |
| 0.7 | 2.2 | 52 | 790 |
| 1.0 | 1.9 | 36 | 640 |

間隙之調整仍需視稻谷品種及脫稈所需力量之大小而做適宜之調整，蓬萊谷較之再萊谷易於脫稈。適宜之橡膠滾筒橡膠硬度約介於 75~80 之間，橡膠硬度單位一般取 IRHD (International Rubber Hardness Degree)，由 0 到 100，於液體硬度值為 0，玻璃硬度為 100。橡膠耐久期限，以 10"×10" 滾筒而言硬度值為 80，加工 150 噸稻谷後即需更換新滾筒。

稻谷脫稈後所得之糙米與未脫稈之稻谷（未碾谷），谷壳、糠等混合一塊。一般採用風選法，及篩選法分離出糙米，選別裝置較多或混物流經選別裝置之時間較久時其選別效率較高。

實驗室用礮谷機測定碾糙率之結果，蓬萊谷高於在萊谷。例如蓬萊谷臺南 5 號之碾率為 82.2%，臺中在萊 1 號為 81.03%，秈稻為 80%⁽⁵⁾。各地農會碾米廠之碾率因受礮谷機及選別設備之方式與新舊及品種別與氣候差異等因素之不同而會有所差異。

稻谷含水率低者脫稈率較高。碾米廠內之空氣濕度及濕度可影響全粒米之百分率，谷溫大於或小於碾米廠室溫時或相對濕度大於或小 70% 時都會減低碾後全粒米所佔之比例⁽⁶⁾。

三、現階段農會新建碾米廠現況

(1) 加工步驟

目前各農會加工稻谷之步驟一般包括下列四項。

(A) 稻谷選別

於稻谷流進礮谷機之前先行利用風選、篩選法或強力磁鐵分離出草枝、斷穗、石礫或金屬物質如鐵釘、鐵塊，以避免橡膠滾筒受到損壞及減少稻谷因雜物較多而減低流動性之缺點。

(B) 礮谷去稈

使用雙橡膠滾筒，利用摩擦力剝除谷壳。

(C) 糙米粗選別

分離礮谷後之糙米、未碾谷、糠和谷壳等混合物，一般採用風選及篩選法並配合振動篩之使用。

(D) 糙米精選及分級

糙米粗選後再經一次精選以減少糙米中含雜物量，並分離出斷碎糙米和未成熟米粒（即層米）。

農會對於副產物回收量之需求較大時，在碾米廠之設計上應增設選別裝置，反之可簡單化。

(2) 礮谷流程分析

筆者於 64 年 6 月開始調查部份農會碾米廠設備。依礮谷流程之繁簡分類，可分為簡單式與完備式兩

種。

(A) 簡單式流程

此式大都屬於加工量較小，對於副產物之回收要求性不高者。其代表性如臺北縣三芝鄉農會之小型舊礱谷設備，此設備專為小農戶碾米用。礱谷能量為每小時低於1.5噸糙米。

簡單式流程如圖2所示，於圖上1號位置，利用箕式升降機 (bucket elevator) 提送稻谷到選別篩 E，稻谷利用本身重力向下流動，經網面而分離出雜物如石礫、草枝、灰土等分別沉降於 2、3 號貯箱內，選過之稻谷進入礱谷機，脫稈後之物料經由 4 號昇降機向上提運，經由選別篩 A、B、C、D 及風鼓之作用而選出糙米。

選別篩上每一道虛線代表一層網面。由礱谷機流出之混合物計有糙米粒，未碾谷(未脫稈者)，糠仔及谷壳，此等混物流經 A 篩後可分離出糠仔，並由風鼓靠風力分離谷壳，經 B 篩後分離出者有 (a) 未碾谷再流入礱谷機內重新礱谷一次；(b) 糙米含量低之混合物即仍含多量未碾谷者，流入 4 號昇降機連同由他處回輸之混合物一同被提送到 A 篩作重複選別；(c) 糙米含量高之混物流入 C 篩，C 篩也可分離出糙米含量高與低兩種混合物，分別流入 D 篩及 4 號昇降機。於 D 篩即可選出含雜質甚低之糙米。

D 篩所分離出含糙米量低之物料再流入 4 號昇降機重新提運到 A 篩，再次選別以分離出糙米。

簡單式流程之兩部昇降機分別裝設於稻谷選別部及糙米粗選部。本流程缺少糙米精選裝置。

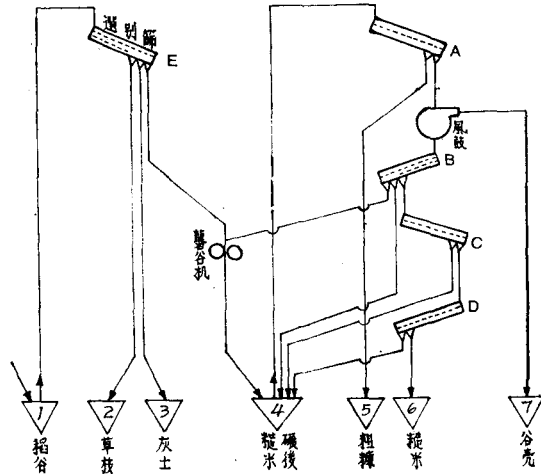


圖 2. 簡單式礱谷流程 (三芝農會)

(B) 完備式流程

完備式之異於簡單式礱谷流程者，在於選別部份較為完備。以嘉義縣中埔鄉農會新建碾米廠為代表，說明如下，見圖3。

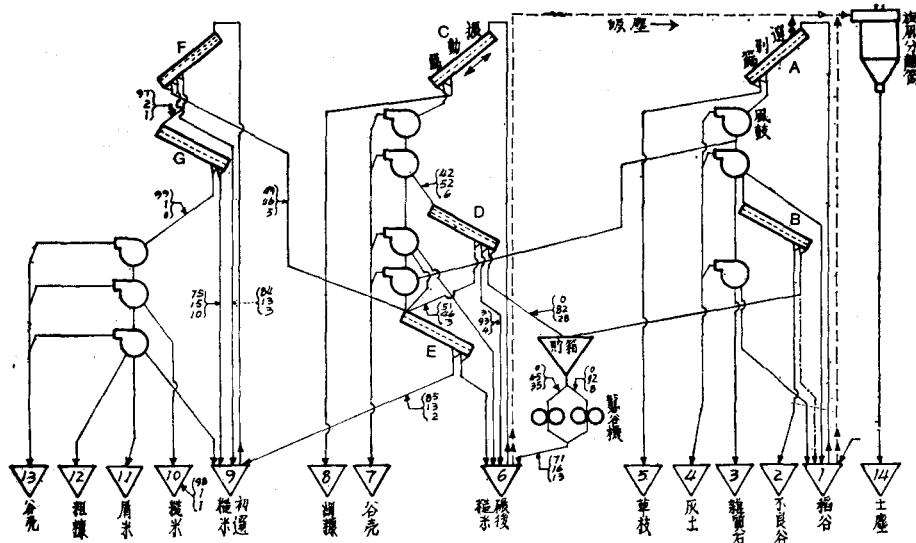


圖 3. 完備式礱谷流程 (中埔農會)

於圖3中，稻谷由進料槽流入1號箕式升降機，提運稻谷到選別部之選別篩 A、B 及三道風鼓，分

離出之草枝、灰土、雜質石塊及不良谷 (二槽) 分別沉降於 5. 4. 3. 2. 之貯箱內。選別過之谷子經由貯

箱再進入兩組礱谷機內。於1號位置之進料槽及昇降機底座和選別篩A內，各設有吸塵管連接旋風分離筒，如虛線所示，以吸取土塵。

礱谷後之糙米、未碾谷、谷壳和糠仔等混合物由6號箕式昇降機提運往振動篩C。此處也設有吸塵管吸取礱谷時所產生之大量塵埃。振動篩依前後向，每分鐘160次來回振動以篩選出糠仔。糙米、未碾谷、谷壳及部份未選出之殘餘糠等混合物再經四道風鼓和選別篩D、E之重複篩選，以分離出谷壳及初選糙米。有些碾米廠之振動篩係左右振動。

初選糙米由9號之第三組箕式昇降機提運到糙米精選部，利用選別篩F、G及三道風鼓分離出全粒

糙米及碎米粒，屑米。在此完備式流程中，選別部份包括有7道選別篩，10道風鼓及一旋風分離筒，顯然比圖2之簡單式者為完備。選別方式都屬圈流式(closed-circuit)之重複選別。

嘉義縣朴子鎮農會新建礱谷設備流程圖如圖4所示。圖4與圖3相似，但因朴子鎮農會為提高不良谷之選出量所以增設一套篩選不良谷之設備，由13號昇降機及二道風鼓所構成。圖4中顯示進入13號昇降機之不良谷選別部之物料，只是礱谷後經過風選篩選之混合物之一部份，如欲提高不良谷選別部之利用率，應將稻谷選別部之含不良谷較多之物料部份導入13號昇降機。

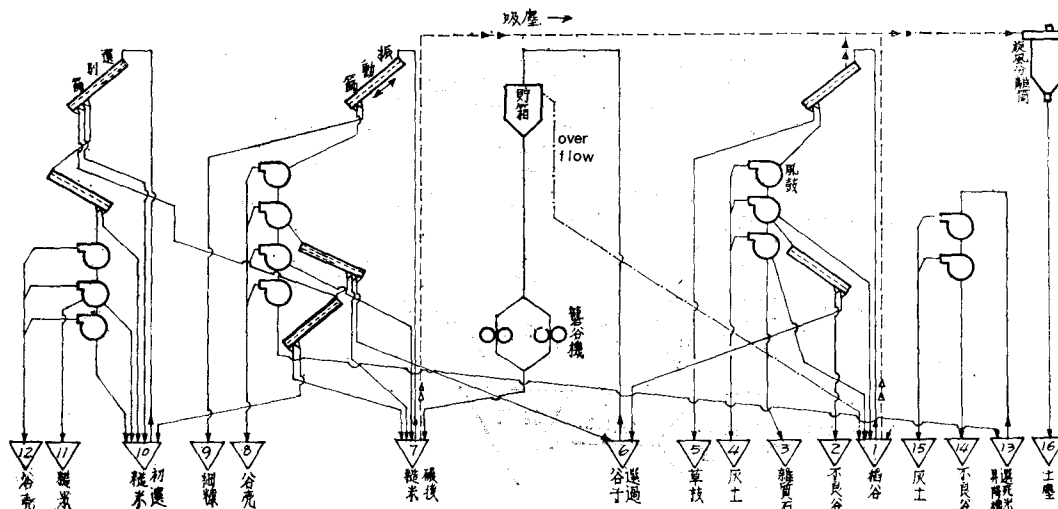


圖 4. 完備式礱谷流程 (朴子農會)

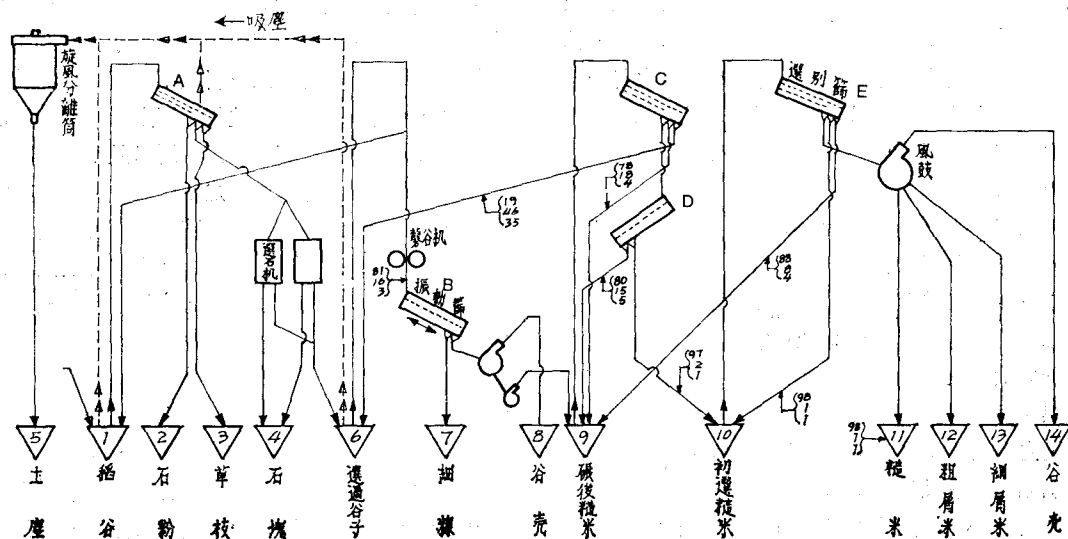


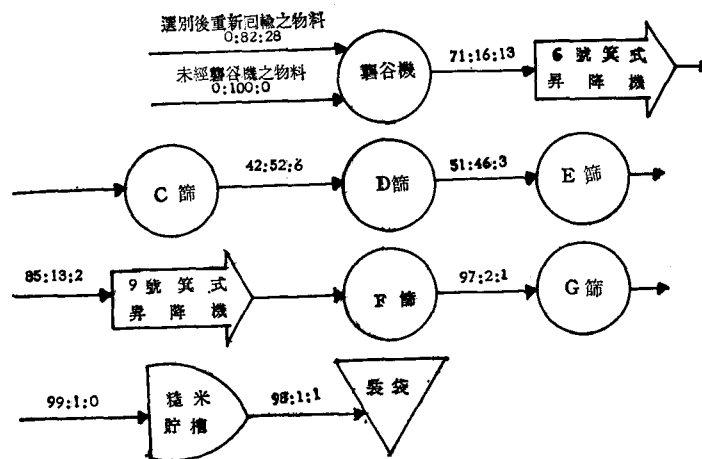
圖 5. 完備式礱谷流程 (美濃農會)

圖 5 為美濃鎮農會新建礱谷設備之流程，本設備製造之材料大都為鐵材。圖 3、4 者大都使用木料建造。圖 5 流程之選別部份比圖 3、4 者為簡單，現場測定結果，其選別效率也較不理想，間有全粒糙米混入屑米堆中。糙米出口所含有之雜物量甚少與圖 3、4 者比較並無顯著差異。

一般而言，增多選別設備較易分離出各單項物料，惟將增加設備投資費。目前所新建之碾米廠仍以具備圖 3 所示之流程者佔較多數，礱谷能量為每小時 3~6 噸糙米以上。

(3) 流程中糙米、未碾谷和谷壳之混合比之分析

由礱谷機出來之糙米、未碾谷、糠、谷壳等混合



理論上，糙米流程中所含糙米百分率於每經一道選別裝置後應逐漸增大。本例中，經礱谷機後之糙米百分率為 71%，但流經 C 篩後反降為 42%，其原因乃是從 6 號箕式升降機內混合了較多量之谷子，此谷子乃是由其他選別單元回輸到 6 號升降機作重複選別之用者（見圖 3），因此增加混合物中未碾谷量而降低糙米百分率。

經過 C 篩後，糙米量由 42% 逐次增加到 51%、85%、97%，而達 99%。與 6 號升降機關連之選別單元（即糙米粗選部）之選別糙米之效率最高，糙米量可由 42% 提升到 85%，此部份由 1 振動篩，4 個風鼓及 2 個選別篩所組成。

與 9 號升降機關連之選別單元，比之 6 號升降機所關連之選別單元為少，此部份為糙米精選部，由 2 個選別篩及 3 道風鼓所組成。

經由 F、G 篩分離出之物料中尚須回輸到 9 號箕式升降機作重複選別之物料，所含糙米量高達 84%

物於每經過一選別裝置後所能分離出糙米量之百分比愈大，則後段之選別機構可因而減少很多。一般而言，只是經由一選別裝置之單一作用即能選出全部糙米粒是較難的，大都需經由重複選別才可分離出全部糙米粒。

今以流程中各階段之混合物料所含糙米、未碾谷和谷壳等各自佔有之重量百分率，來探討各選別裝置之效率。圖 3、5 流程圖中所標記之數字，上值表糙米量，中值表未碾谷量，下值為谷壳所佔之百分率。

將圖 3 中糙米主要流程整理如下：（混合比表示法為糙米：谷子：谷壳）

和 75%，此表示 F、G 篩之選別效率不高，仍有待改進，此篩之網目為 24 番 × 6 目（或 6.5 目）。較多量之糙米重新回輸入礱谷機時將會增多碎米量，圖 3 例中，由 D 篩回輸到礱谷機之物料並不含糙米，於設計上或操作上應盡量減低回輸重新選別之糙米量。合格糙米中碎米混合率應不超過 5%，屑米量不超過 15%。

圖 5 比之圖 3 為較簡單之流程設計。所以在圖 3 中糙米由礱谷機到糙米出口 10 號處所需之時間為 1.73 分，於圖 5 中需時 1.16 分。圖 5 中礱谷後之混合物含糙米量 81%，經由一振動篩，2 個選別篩及一道風鼓後，糙米量增加為 97%。圖 5 中礱谷後之混合物料並不混合回輸之谷子就流入振動篩，此為不同於圖 3 流程之處，經由圖 5 中 C 篩回輸到 6 號升降機再次礱谷之物料含糙米 19%，此為該碾米設備碎米量較高之一因，欲避免多量糙米回輸入礱谷機內，應提高糙米粗選單元之效率。未研討出更具效率之選別單元之前，應就目前所使用之選別方法中，增多選別單元之個

數來提高效率。但減少選別設備數目，降低成本而不降低其效率，應為今後研究改良礱谷設備目標之一。

礱谷設備用於分離糙米之篩網，其網目數(mesh no)。一般為上網 5.5~6.0，中網 6.25~6.75，下網 6.75~7.5。

四、農會礱谷設備改善之方針

(1) 減低碾米廠內塵埃量

碾米廠內雖大都設有除塵設備，惟仍嫌不夠完備，加工作業中塵埃污染空氣仍很嚴重。應於礱谷流程中多設吸塵裝置，並提高流程中各單元之封閉性。筆者曾參觀過國內新型麵粉製造廠，其廠內可說是一塵不染。同屬穀物加工業之碾米作業之設備，當應向此一境界求進步。

(2) 提高碾米廠設備使用率及碾率

新建較大型碾米廠，有效利用加工設備，採企業化經營方式經年負責加工兩個以上農會之稻谷，以節省由各農會各自礱谷時之人工，機械設備之重複支出費用。陳舊碾米廠應速改善以提高碾率。

以本省每月消耗食米 18 萬噸計，只需 125 個碾米能力 6 噸/時之碾米廠，每天加工 8 小時，其一個月之產量即够供給所需。若碾米廠能力再增大則所需碾米加工廠數量當可相對減少很多。

(3) 礱谷流程之改良

在不降低效率之原則下，研討新式流程，有效配置加工時各單元之個數，或降低廠房興建高度以降低建廠時土木工程投資成本。

(4) 糙米包裝輸送自動化、機械化

每小時加工量為 6 噸糙米之碾米廠，所需配合人工約一人過磅裝袋，兩人縫袋，四人搬運，所需人工仍多，今後應朝自動化或半自動化，機械化方面發展。

(5) 尋求碾米加工時副產物或廢棄物之利用方式

目前臺灣大學農業工程系由農復會補助於大溪農會進行礱谷機之改良研究工作，有關研究結果將陸續提出報告討論。

五、參考文獻

1. 李慶餘、廖武正 1973 臺灣農會「政府委托業務」營運之研究 中興大學農經研究所
2. Witte, G. C. Jr. 1972. Conventional rice milling in the United States. In: Rice Chemistry and Technology, Ed. by D. F. Houston, Chapter 6 American Association of Cereal Chemists.
3. 黃欽榮 1975 臺灣稻谷倉儲問題之探討 農復會農民輔導組
4. 岩尾俊男 1964 粃すり機の使い方選び方 機械化農業 9 月號 p. 44-48.
5. 宋勳 1975 臺灣長利稻品質之探討 臺中改良場
6. Autrey, H.S. and W.W. Grigorieff 1955. Effects of milling conditions on breakage of rice grains. J. Agr. Food Chem. 3(7): 593-599.

摘 要

本省各地農會碾米加工廠仍有部份機械陳舊影響效率，近年來，政府已逐年加強修造或新建碾米設備。

礱谷後之產物有糙米、糠、谷壳及未碾谷等，分離各項物料需靠各種選別單元之配合使用。各個選別單元效率高時，可獲取含雜質少之糙米，否則將會降低碾率，增加碎米量並減少副產物之收回量。效率之提高，涉及礱谷流程中各單元之作用及流程繁簡程度。

本文為有關礱谷機之系列研究之初步報告，目的為探討現階段農會礱谷設備並分析礱谷流程，以供改良或新建碾米廠之參考。

Summary

The major functions of the rice mill owned by local farmers' association in Taiwan includes (1) removal of foreign matter from rough rice, (2) removal of hulls, (3) removal of bran and (4) sizing of brown rice. Half of the rice mills in Taiwan have been operating for more than 20 years, and their operating efficiencies are decreasing gradually. Generally, the new-build rice mill capacity is around 6 Tons of brown rice per hour.

This paper is trying to analyze the milling flow chart; including screening, hulling and separating rough rice, brown rice and side products; and to find out any merit and deficiency of the new-build rice mill so as to set up the guidance for further improvement of local rice mill.