

왕겨풍구의 性能에 影響을 미치는 作動要因에 關한 研究

The Effects of Operational Factors On the Performance of Husk Separator

張 賢 擇* · 盧 祥 夏** · 鄭 昌 柱**
Chang, Hyun Taik · Noh, Sang Ha · Chung, Chang Joo

Summary and Conclusions

Husk separator is an indispensable equipment in rice milling plants. However, any basic research on the designing and operating criteria of the husk separator have rarely been conducted in Korea. According to the survey results reported recently, grain loss occurs in the process of rice husk separation at custom rice milling plants in Korea and the performance of husk separator has also not been identified.

With this regard this study was conducted with a typical commercial husk separator to investigate the effect of the operational factors such as feed rate, blower speed and opening ratio on the velocity distribution in the air duct and the performance of the separator.

The results are summarized as follows:

1. The average wind velocity in the primary air duct increased linearly with the blower rpm and the size of air inlet port in both cases of double type and single type operations.
2. The coefficient of variation in the horizontal wind velocities in the primary air duct was the minimum when the opening ratio was 0.22 (0.052 m² of air inlet port) in both cases of single type and double type operations regardless of the blower speeds used in this test. The average wind velocity at the upper part of air duct was greater by 2.5 m/s than the velocity at the bottom part in double type operation. In case of single type operation, however, the average velocity in the middle part was greater than the upper or bottom part when the opening ratio was greater than 0.74.
3. The relationship between the overall effectiveness of separation (Ed for double type and Es for single type) and the average wind velocity (Va) in the primary air duct was expressed in the following quadratic functions.

$$E_d = -190.84 + 106.18 V_a - 10.052 V_a^2 \quad (r^2 = 0.97782)$$

$$E_s = -223.76 + 106.23 V_a - 9.1935 V_a^2 \quad (r^2 = 0.97029)$$

The average wind velocity required to obtain the overall effectiveness of separation more than 80% ranged from 4.04 m/sec to 5.84 m/sec in case of double type operation, and from 4.70 m/sec to 6.20 m/sec in case of single type.

4. An optimum wind velocity can be obtained with an increase in the blower speed or the size of air inlet port as presented in Figure 8. There was a tendency that the faster the blower speed, the narrower

*金星電線(株) 重工業事業部

**서울大學校 農科大學 農工學科

the control range of the air inlet port.

5. The feed rates (1850kg/hr and 2100kg/hr) adopted in this experiment did not bring about a significant difference in both the overall effectiveness of separation and the power consumption.
6. The energy consumption increased cubically with the blower speed but linearly with the size of the air inlet port. On the basis of the results described in items 1, 3, and 6, it would be more economic to adjust the size of the air inlet port larger with a relatively low blower speed than to adjust the size smaller with a relatively high speed.

1. 緒 論

우리나라의 벼 搗精工場의 搗精시스템(milling system)은 在來式 面貌를 脫皮하지 못하고 있어 落後된 機械施設 등에 對한 改善이 時急한 問題로 台頭되고 있다. 特히 搗精過程中 穀物損失, 設置費用, 作動安定性 및 工場內的 公害側面에서 새로운 搗精시스템 設計가 절실히 要求되고 있는 實情이다. 選別裝置는 搗精過程에 있어서 하나의 必須的인 過程이나 지금까지 國內에서는 이에 對한 研究가 實施된 바 없다.

最近에 發表된 貸搗精工場 施設 및 作動條件에 對한 實態調査(1981. 5) 結果에 따르면 搗精過程中 損失되는 穀物은 벼 搗精量의 4~6% 程度로 推算되고, 其中 一部가 選別機를 利用한 왕겨分離作業에서 일어나고 있음이 밝혀졌다. 그리고 現在 使用하고 있는 왕겨풍구의 거의가 一般 木手들의 經驗에 의해 製作 設置되고 있는 것으로 나타났다.

本 研究의 目的은 現在 우리나라에 많이 普及되어 있는 왕겨풍구를 供試機로 使用하여 왕겨풍구의 1) 風量調節方法, 2) 風速分布狀態, 3) 에너지 消費量을 調査하여 選別效率과의 關係를 究明함으로써 既存 왕겨풍구의 作動時에 必要한 基礎資料를 提示하는데 있다.

2. 文獻概要

日本에서는 일찍부터 精選機에 關한 많은 研究가 遂行되어 왔으며 精選機의 構造도 우리나라에서 使用되는 것과 類似하다.

精選機의 風速分布는 選別性能에 重大한 影響을 미치는 것으로 "葛原²⁾은 精選機에 주로 利用되는 放射式 送風機(radial fan)를 利用하여 送風機 날개의 傾斜角과 風速分布와의 關係를 研究하였다. 그 결과 風路內的 風速은 上下方向, 橫方向의 各 點에서 다

르고, 送風機 날개의 傾斜角과 回轉速度 增加에 따라서 커다란 影響을 받으며, 風速의 橫方向의 平均 風速分布는 날개의 傾斜角에 따라 다르나 風速이 6 m/sec 以下에서는 傾斜角 0~+20° 內에서 橫方向의 風速分布가 均一하여 實際作業에 適當한 것으로 判斷되었다. 그리고 날개의 傾斜角은 風速分布에는 크게 影響을 미치지만 風量에는 거의 影響을 미치지 않았다고 報告하였다.

田村, 竹內³⁾ 등은 精選機에 있어서 送風機 날개의 適定 기울기 및 適定 날개수 決定에 關한 研究를 한 結果 全般의으로 날개 기울기는 0~+30° 範圍에서 風速分布가 均一하고, 精選效率도 높은 것으로 나타났다고, 날개수는 3~4 個가 좋다고 報告하였다.

常松, 南部⁴⁾ 등은 吸入口 面積을 調節하여 風量을 調節하는 方法을 研究하였다. 그 結果 開口比(出口 面積: 吸入口面積)가 1:1.16~3.20에서 吸入空氣量을 調節하는 것이 가장 適當하다고 報告하였다.

空氣흐름에 의한 穀物 混合物 分離(pneumatic separation)는 空氣力學의 特性(aerodynamic properties)에 基因되는 것으로 이 性質은 穀物의 모양, 크기, 粒子의 重量, 粒子의 狀態와 位置에 影響을 받는다. 이때 氣流精選機는 氣流中에 穀粒을 投入하여 그의 飛行距離 및 終末速度의 大小에 따라 穀粒이 選別된다.

穀粒의 終末速度 決定을 위하여 많은 研究가 이미 행해졌다. 石橋, 安部(1965)⁵⁾는 穀粒群의 終末速度에 對하여 研究하였다. 單粒의 終末速度와 穀粒群의 終末速度를 實驗의으로 比較한 結果 穀粒群의 終末速度는 穀粒의 混合比(濃度)가 增加함에 따라 減少하는 傾向을 確認할 수 있었다고 報告하였다.

3. 實驗裝置 및 方法

가. 供試機

本 實驗에 使用된 왕겨풍구는 現在 國內 貸搗精工

場에 많이 普及되어 있는 順風式 왕겨 풍구의 代表의인 形態로서 그 諸元은 그림 1 및 表 1에서 보는 바와 같다. 送風機는 放射狀의 날개를 가진 centrifugal type이며, 送風機의 날개數는 8個, 날개의 傾斜角은 0°, 風路(wind duct)의 傾斜角은 40°이었다. 傾斜板은 傾斜角 55°이고, 傾斜板의 길이는 最大길이 35cm이고 必要에 따라 길이를 調節하여 使用할 수 있었다.

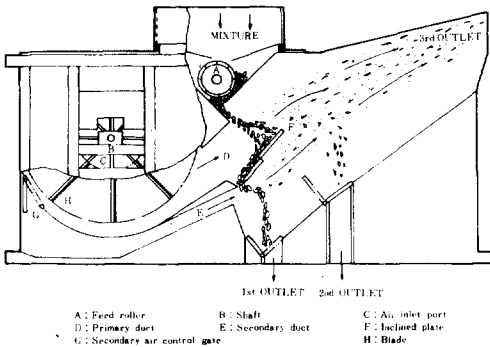


Fig. 1. Schematic drawing of husk separator

특히 本 實驗에 使用한 왕겨 풍구의 構造上의 特徵은 送風部 날개의 케이싱 一部에 閉閉 可能한 門이 設置되어 空氣의 흐름을 2個의 風路(複式)에 誘導하여 二重選別作業을 할 수 있어 門 閉閉 與否에 따라 單式 혹은 複式狀態로 作業이 可能하였다. 風量은 직사각형 모양의 吸入口의 크기를 調整함으로써 調節할 수 있게 하였다. 出口는 穀粒口인 1番口와 未熟粒을 받는 2番口, 왕겨 出口인 3番口로 나누어져 있다.

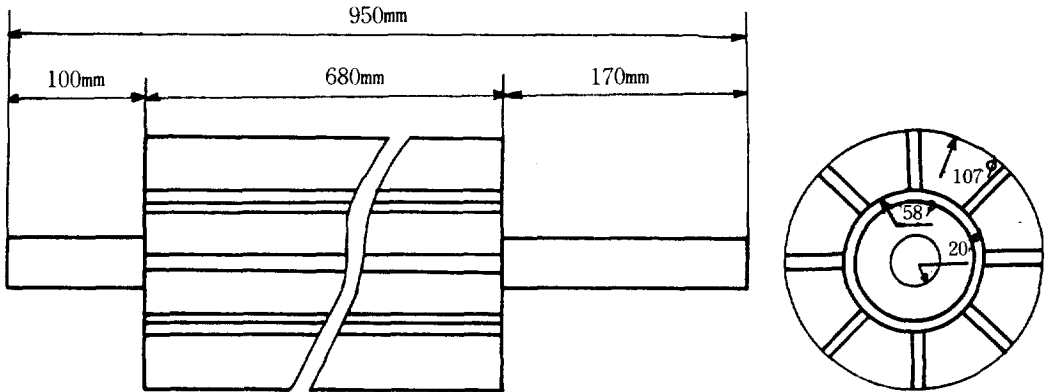


Fig. 2. Drawing of the feed roller of husk separator

Table 1. Specifications of husk separator

Item	Remark	
Maker	Hyung Gi Manu. Co	
Type	Fair wind type(double)	
Size (ℓ × h × w)	2400 × 1050 × 745mm	
Type	Centrifugal type with radial type blades	
Material	Wood	
Blow-er	Blade tilt angle	0°
	No. of blade	8
	Speed	220~345rpm
	Blade size	700 × 240mm
Primary duct size (w × h)		725 × 195mm
Secondary duct size (w × h)		725 × 130mm
Air inlet port		rectangular (H. L, 2 step)
Power transmission		V belt
Electric Motor		1/2 HP (110V, 1 φ)

本 供試機는 玄米機 바로 밑에 設置되어 使用되기 때문에 別途의 穀物 供給裝置가 設置되어 있지 않다. 本 實驗에서는 均一한 試料供給과 供給量 調節을 目的으로 호퍼 上部에 그림 2와 같은 供給롤러를 裝置하였다. 供給量은 本 供試機와 結合하여 使用되는 玄米機(명진 2호)의 能力을 基準으로 하여 決定하였다.

나. 供試材料

一般的으로 왕겨 풍구의 精選作業에는 벼, 玄米, 未熟粒, 왕겨 및 枝莖粒 등의 風選狀態를 測定하지만 本 實驗에서는 주로 精粒(현미+벼)의 選別狀態를

調査하고자 玄米, 벼, 왕겨의 混合物을 供試材料로 使用하였다. 實驗에 使用된 벼는 統一系 品種인 密陽23號로서 常溫通風乾燥法에 의해 乾燥하였다. 選別性能 實驗을 위해 使用된 供試材料는 高무물러 玄

米機로 脫稈作業을 한 다음 玄米機 脫稈率 80% 水準인 產物組成을 위해 玄米 64%, 왕겨 16%, 벼 20% 比率로 混合하였다. 供試材料의 品位는 表2에 나타냈다.

Table 2. Specification of grain sample

Items		Observations		Remarks
Variety		Milyang 23		
		brown rice	Paddy	
Grain size (mm)	length (L)	6.50	8.61	average value of 10 grains
	width (W)	2.61	2.78	
	thickness (T)	1.92	2.09	
	L / T	3.38	4.12	
Bulk density (kg/ℓ)		0.784	0.491	
Moisture content (% , W. B.)		12.92	13.02	
Weight of 1000 grains (g)		23.3	26.2	
Bulk density of husk (kg/ℓ)		0.1		
Admixture		brown rice, paddy, husk		
Hulling efficiency (%)		80		reference 12
brown rice		64		
paddy		20		
husk		16		

다. 實驗設計

왕겨풍구에서 選別性能에 影響을 미치는 가장 큰 要因은 風速이라 할 수 있다. 그 외에도 여러 要因이 考慮될 수 있으나 本 實驗에서는 왕겨풍구 날개 主軸의 回轉速度, 穀物의 供給量, 吸入口 크기를 變化시켜 가면서 이들이 選別性能에 미치는 影響을 調査하였다. 選別에 必要한 風速을 얻기 위하여 왕겨풍구 主軸의 回轉速度와 吸入口 크기를 組合하고 供給量을 달리하면서 選別性能을 比較 實驗하여 가장 効果의인 경우를 찾고자 한 것이다.

主軸의 回轉速度는 仕様 回轉速度(280~300rpm)인 290rpm을 基準으로 220rpm, 290rpm 및 345rpm 3水準으로 하였으며, 穀物의 供給量은 高무물러 玄米機 仕様容量(2,000kg/hr)을 基準으로 (玄米機 脫稈率을 80%로 가정), 2,100 kg/hr와 1,850 kg/hr의 2水準으로 하였다. 吸入口 크기는 4水準으로 各水準을 變化시켜 가며 全体 處理數 24(3×2×4)를 各 處理마다 2反復한 要因實驗을 하였다. 즉 主軸

의 回轉速度(3水準)를 主區, 穀物의 供給量(2水準)을 細區, 吸入口 크기(4水準)를 細細區로 한 細細區 配置法(split-split plot design)을 使用하였다.

라. 測定內容 및 方法

1) 風速測定

供試 風路內의 風速分布를 調査하기 위해 風路斷面을 水平方向으로 7點, 垂直方向으로 3點, 總 21點을 選定하여 各地點의 風速을 測定하는데 熱線風速計를 使用하였다. 주어진 各地點에서의 風速은 氣流의 方向과 風速計 檢出器(sensor)와의 方向에 따라 그 값이 달라지므로 檢出器를 약간씩 回轉시키면서 測定한 風速中에서 가장 큰 값을 그 地點의 風速으로 使用하였다. 그리고 氣流가 亂流를 形成할 경우 風速의 時間的 變異가 豫想되었으나 實際 時間的 變異는 거의 없었다.

本 熱線風速計의 風速測定 範圍는 0~50m/sec 이며 精確度는 ±0.1m/sec 였다. 여기서 風速測定 斷

면의 위치는 날개 主軸에서 風路(wind duct) 先端까지 0.6m 떨어진 곳이었고 1次風路 斷面積은 0.141

m² (0.725×0.195m), 2次風路의 斷面積은 0.094m² (0.725×0.130m)이었다. 그림 3은 風速測定 지점을 나타낸 것이다.

Table 3. Experimental design*

Factors	Level	Remarks
Blower speed	220rpm	speed of spec. (290rpm)
	290rpm	
	345rpm	
Feed rate of the mixture	2100kg/hr	huller capacity (2000kg)
	1850kg/hr	
Size of air inlet port	0.017m ²	size of spec. (0.052m ²)
	0.052m ²	
	0.104m ²	
	0.143m ²	

* Split-split plot design

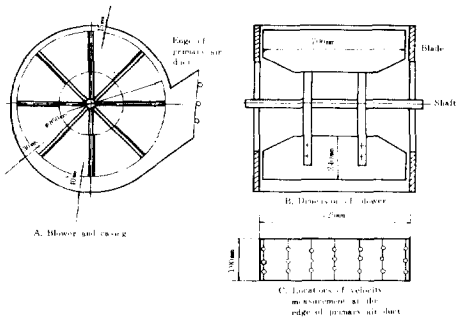


Fig. 3. Structure of the blower of husk separator and locations of wind velocity measurement

2) 吸入口 調節方法

吸入口 調節方法은 여러 形態가 있을 수 있겠으나 本 實驗에서는 既存 調節方法을 利用하여 直四角形의 吸入口 크기를 調節하였다. 調節範圍은 仕様吸入口 面積 0.052m² (0.435×0.12m)를 基準으로 하여 4水準을 잡았다. 水準別 吸入口 크기는 表 4와 같다.

3) 所要 動力 및 에너지 消費量 測定

供試精選機의 精選作業時 各 處理마다 要求되는 所要動力 및 에너지 消費量을 比較하기 위하여 다음과 같은 方法으로 이들을 測定하였다. 에너지 消費量을 測定하기 위하여 먼저 精選機 駆動 電動機의 出力 特性曲線을 Prony Brake, Wattmeter, Tachometer 및 Volt-ampere meter를 使用하여 구하였다.

各 處理마다 所要動力(kW) 및 所要 에너지(KWH)는 作業時 電動機의 回轉速度, 電流 및 作業所要時間을 測定하여 算出하였다.

4. 結果 및 考察

가. 風速分布

本 供試機는 構造에서 說明하였듯이 復式 및 單式 形態로 作動이 可能하므로 本 實驗에서는 單式과 復式 形態로 作動하면서 風路 先端面內的 水平 및 垂

Table 4. Size of air inlet port

Level		1	2	3	4
Inlet area					
Inlet area (ℓ × h)		0.435×0.04 =0.017 m ²	0.435×0.12 =0.052 m ²	0.435×0.24 =0.104 m ²	0.435×0.33 =0.143 m ²
Opening ratios	single type operation	0.12	0.37	0.74	1.01
	double type operation	0.07	0.22	0.44	0.61

* Opening ratio=Inlet area / Discharge area of wind duct.

Size of primary duct : 0.725×0.195 m

Size of secondary duct : 0.725×0.130 m

直方向의 風速分布를 測定하였다. 그 結果 送風機의 回轉速度, 開口比 및 作動方法이 風速分布에 미치는 影響을 보면 다음과 같다.

먼저 주어진 回轉速度에서 全體的인 風速分布의 傾向을 알아보기 위해, 風路內의 水平風速分布는, 주어진 水平 위치에서 上層, 中間層 및 下層 3地點의 平均 값을 求하여 그 水平地點의 平均風速으로 나타내고 또한 垂直風速分布는 各層別 7地點에서 測定된 값의 平均을 그 層의 平均風速으로 取하였다. 이들 水平 및 垂直風速分布를 그림 4 (a)(b)에 나타냈다.

이 結果에 의하면 風速分布가 어떤 一定한 形態로 나타난다고 말하기는 어려우나 單式 및 複式 또는 경우 開口比 水準이 增加할수록 水平分布는 V型에 가깝게 나타났으며, 特히 送風機 回轉速度가 갈수록 이 傾向은 더욱 뚜렷하였다. 그리고 各層別 平均風速은 開口比가 增加 할수록 增加하나 複式의 경우 1次風路에서는 上層의 平均風速이 모두 下層보다 2~5 m/s 程度 크게 나타났다. 그러나 單式의 경우는 吸入口 크기가 1~2 水準(0.12~0.37)까지는 上層의 風速이 가장 크게 나타났으나 吸入口 크기를

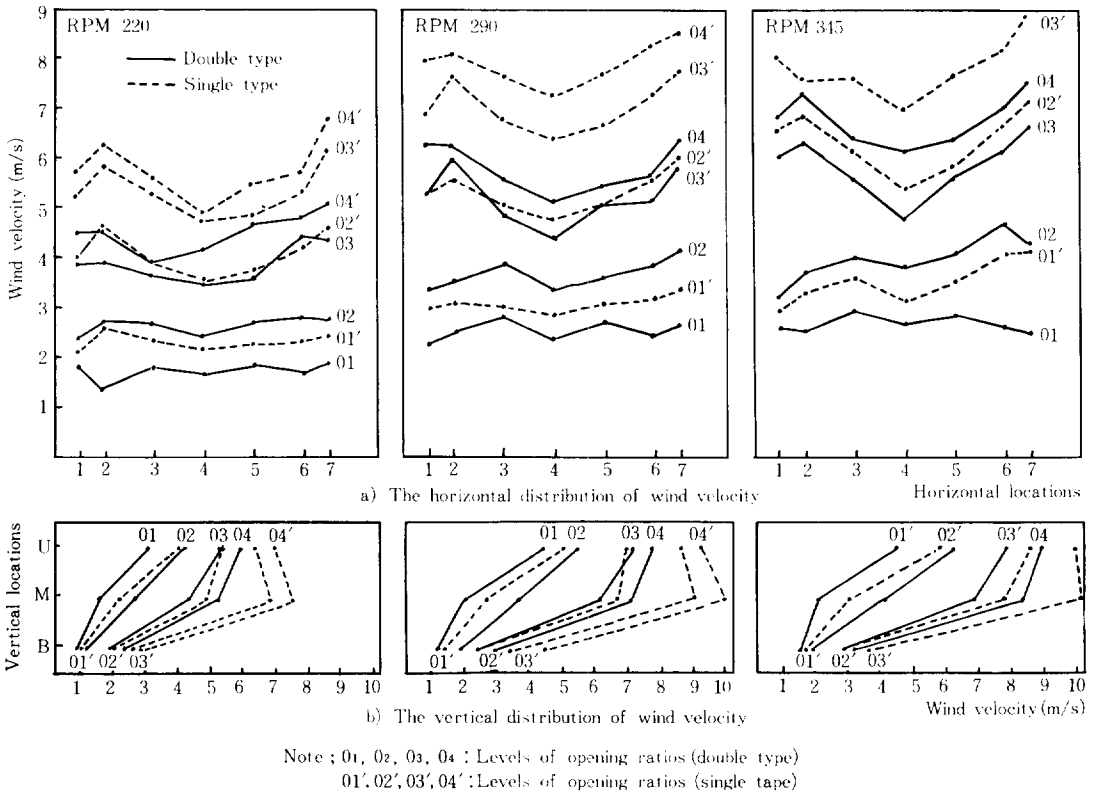


Fig. 4. Distribution of wind velocity

3~4水準(0.74~1.01)으로 增加시키면 中間層의 風速이 가장 크게 나타나는 特性을 나타내었다. 複式의 경우 2次風路의 水平平均風速의 分布는 1次風路와 差異가 없었으나 垂直平均風速分布는 1次風路와 比較해 볼때 層間 風速의 偏差가 아주 적었다. 全平均風速은 表 5에 나타낸 바와 같다.

效率인 選別作業을 위한 적절한 風速分布는 아직까지 定義되지 않았으나 理論적으로 보면 水平方

向의 風速分布는 어느 層에서나 一定하고, 垂直方向의 風速分布는 上層이 中, 下層보다 큰 狀態일때 氣流에 落下되는 穀物은 일정하게 浮遊될 수 있다.

風路의 水平方向의 風速分布狀態를 調査하기 위해 다음 式으로 정의되는 風速變異係數(D)를 求하였다.

$$D = \frac{\sigma}{M} \times 100\%$$

Table 5. Average wind velocity in secondary duct

O. R* (inlet area) Speed	0.07 (0.017 m ²)	0.22 (0.052 m ²)	0.44 (0.104 m ²)	0.61 (0.143 m ²)
220 rpm	1.10 m/s	2.41 m/s	4.15 m/s	5.11 m/s
290 rpm	1.51	3.70	5.93	6.64
345 rpm	1.54	3.75	6.94	8.51

* O. R. = Opening ratio

여기서 σ : 標準偏差

M : 平均風速

表 5은 本 實驗에서 復式으로 作動한 送風機

의 回轉速度가 290 rpm, 吸入口 크기가 제 2水準(0.22)에서 測定된 風速이며, 이들 測定值를 使用하여 求한 風速變異係數는 表에서 보는 바와 같다.

Table 6. Wind velocity distribution at the edge of the primary air duct as an example

Horizontal location Vertical location	1	2	3	4	5	6	7	M	σ	D(%)
Upper	5.4	6.0	5.5	5.5	5.6	5.5	5.7	5.6	0.19	3.4
Middle	3.7	4.7	4.2	3.0	3.4	4.2	4.5	4.0	0.57	14.4
Bottom	1.2	1.5	2.1	1.7	1.9	1.9	2.5	1.8	0.32	18.0
Average	3.4	4.1	3.9	3.4	3.6	3.9	4.1	3.8	0.36	11.9

Note: $D = \frac{\text{Standard Deviation}(\sigma)}{\text{Average velocity}(M)} \times 100 (\%)$

이와같은 方法으로 吸入口 크기 및 送風機의 回轉速度別 水平方向의 風速變異係數를 求하였으며 그 結果는 그림 5에서 보는 바와 같다.

水平方向의 風速變異係數는 10~20% 程度로서 다소 높은 것으로 나타났으며, 送風機 回轉速度가 작을수록 開口比가 클수록 變異係數가 커지는 傾向을 보였고 開口比가 0.22(吸入口 크기 제 2水準)일때 風速變異係數는 送風機 回轉速度와 關係없이 가장 작게 나타났다.

單式 및 復式的 경우 送風機의 回轉速度와 開口比가 風路 斷面內의 平均風速에 미치는 影響을 보면 그림 6과 같으며, 이들 因子 사이에 다음과 같은 回歸方程式을 求할 수 있었다.

$V_a = -1.8804 + 0.01358N + 27.064A (r^2 = 0.98161)$

$V_s = -2.0020 + 0.01800N + 32.112A (r^2 = 0.96400)$

여기서 V_a : 復式的 平均風速(m/s)

V_s : 單式的 平均風速(m/s)

N : 送風機의 回轉速度(rpm)

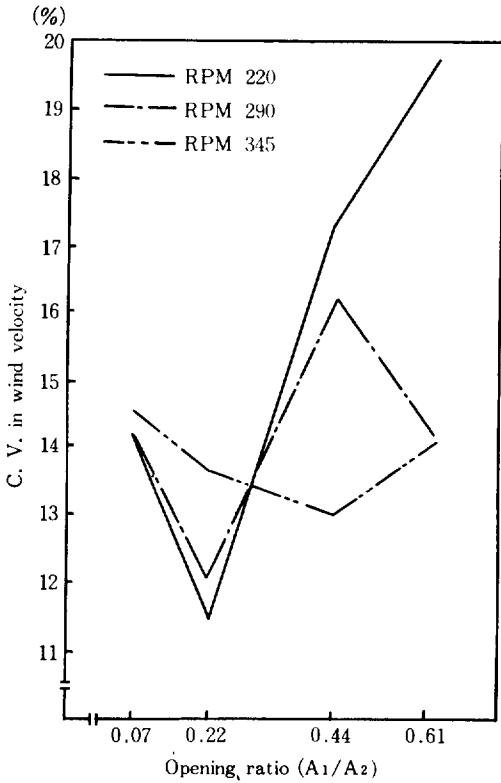
A : 吸入口 面積(m²)

이때 送風機의 날개 直徑은 750mm 이고, 날개크기 ($\ell \times w$)는 700×240mm 이었다.

上記 關係式에서 알 수 있는 바와 같이 送風機 回轉速度와 吸入口 크기 및 平均風速 사이에는 直線的인 比列關係가 있었다.

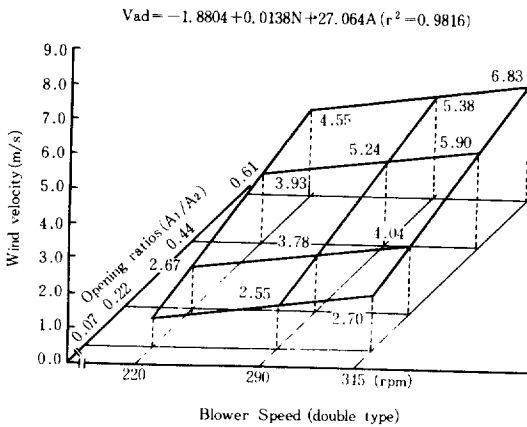
나. 風速과 選別性能과의 關係

選別實驗을 위하여 準備한 供試試料를 30kg씩 供試풍구에 供給하여 選別作業을 實施한 後 各 出口의 產物 純度를 調査하기 위해 小形精選機를 利用하여 各 出口의 產物을 再分離시켰다. 供試풍구의 選別效率 計算은 다음과 같은 分析方法을 適用하였다. 만약 精選된 原料가, 3個의 成分을 包含하는 混合物로 構成되어 各 成分이 各 出口로 排出된다면 즉 i번째의 成分이 i번째 出口로 排出된다면, 풍구의 選別效率는 各 出口에서 收去되는 成分의 純度, 各 成分의 初期分量이 各 出口에서 收去되는 收去率(degree



Note ; A₁ : Air inlet area of the blower
A₂ : Discharge area of wind duct

Fig. 5. The effect of the opening ratios on the coefficient of variation(C.V.) in wind velocity.



of extraction)에 의해 決定되며 다음과 같이 計算될 수 있다.

먼저 i번째 出口에서 i번째 物質의 純度, ψ_{ii} 는

$$\psi_{ii} = \frac{W_i - P_i}{W_i}$$

W_i : i번째 出口에서 收去된 物質의 量

P_i : i번째 成分 以外의 物質이 i번째 出口에서 收去된 量

으로 計算되며, i번째 出口에서 收去된 i번째 成分의 收去率,

η_{ii} 는 다음과 같이 計算할 수 있다.

$$\eta_{ii} = \frac{\psi_{ii} \cdot W_i}{Q_i}$$

Q_i : 原料內에 包含되어 있는 i번째 成分量

그리고 왕겨풍구의 選別效率(overall effectiveness of separation), E_n은 다음 식으로 구하였다.

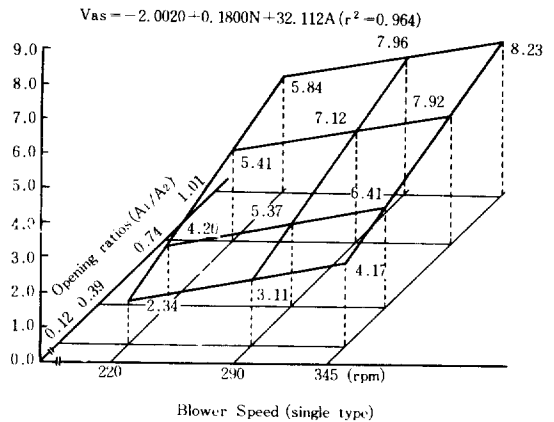
$$E_n = \sum_{i=1}^n \left(\frac{W_i}{W_T} \right) \frac{\psi_{ii} - a_i}{1 - a_i} \times 100 (\%)$$

W_T : 混合物의 全体 무게

a_i : 混合物內에 包含되어 있는 i번째 成分의 構成比, $\frac{Q_i}{W_T}$

表 7 은 選別效率計算의 한 例로서 送風機의 回轉速度 290rpm, 吸入口 第3水準(0.44)인 複式狀態인 경우이다.

이와같이 各 處理마다 選別效率를 求하여 平均風速과 選別效率間의 關係를 나타낸 것이 그림 7이다.



Note ; A₁ = Air inlet area of the blower
A₂ = Discharge area of wind duct

Fig. 6. The effect of the blower speed and opening ratios on average wind velocity

Table 7. Example calculation of the effectiveness of separation

Items Components	Outlet No.1 for sound grain		Outlet No.2 for greenish grain		Outlet No.3 for husks		Total wt. of each compo. in the initial mixture
	Purity	wt. of each compo. (kg)	Purity	wt. of each compo. (kg)	Purity	wt. of each compo. (kg)	
Component # 1 (sound grain)	$\Psi_{11}=0.995$	24.67	$\Psi_{12}=0.196$	0.90	$\Psi_{13}=0.000$	0.00	$Q_1=25.2$
# 2 (greenish grain)	$\Psi_{21}=0.000$	0.00	$\Psi_{22}=0.000$	0.00	$\Psi_{23}=0.000$	0.00	$Q_2=0.0$
# 3 (husks)	$\Psi_{31}=0.005$	0.13	$\Psi_{32}=0.804$	3.70	$\Psi_{33}=1.000$	0.60	$Q_3=4.8$
Total, w_i (kg)		24.80		4.60		0.60	30

$$E_n = \left(\frac{24.80}{30} \times \frac{0.995 - 0.340}{1 - 0.340} + \frac{4.60}{30} \times \frac{0 - 0}{1 - 0} + \frac{0.60}{30} \times \frac{1.00 - 0.160}{1 - 0.160} \right) \times 100 = 84.04\%$$

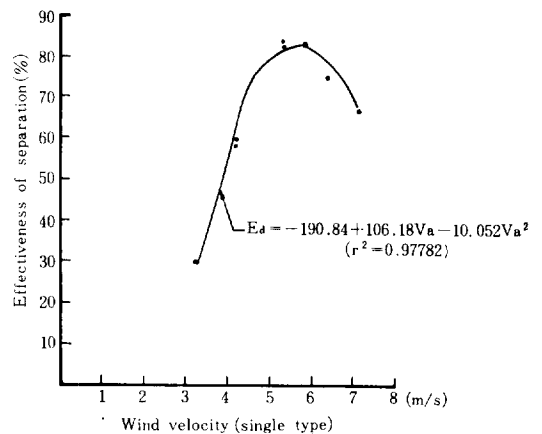
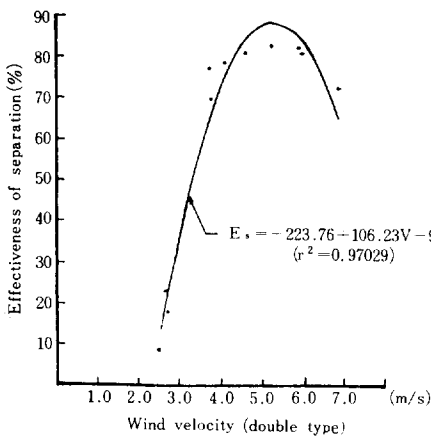


Fig. 7. Relationship between separation effectiveness and wind velocity

이 그림에서 보면 選別效率은 平均風速과 2次函數的인 關係를 가지고 있음을 알 수 있으며, 平均風速은 複式的 경우 4.04~5.84m/s, 單式的 경우 4.70~6.20m/s 일때 選別效率이 가장 높게 나타났다. 風速이 適正範圍를 벗어날 경우는 選別效率이 급격히 減少함을 알 수 있으며, 複式과 單式的 適正平均風速範圍를 比較하여 볼 때 單式이 複式보다 約 0.5m/s 程度 높게 나타난 것으로 보아 複式的 경우에는 2次選別效果가 약간 있음을 알 수 있었다. 그리고 本 實驗條件에서 얻은 風速의 適正範圍는 文獻概要

에 提示한 終末速度와 比較할때 약간 작은 값이었다. 常松과 西村¹⁾은 精選機 選別作業의 適定風速範圍는 3.60~4.05m/s라고 報告하였는데 本 研究結果에서는 이 값보다 약간 크게 나타나고 있다.

風速과 選別效率 關係를 나타내는 回歸方程式을 求한 結果, 다음과 같은 式으로 나타났다.

$$E_d = -190.84 + 106.18V_d - 10.052V_d^2$$

$$(r^2 = 0.97782)$$

$$E_s = -223.76 + 106.23V_s - 9.1935V_s^2$$

$$(r^2 = 0.97029)$$

Table 8. Summary of ANOVA table for effectiveness of separation and required electric power (double type)

Source of variance	Degree of freedom	Effectiveness of separation	Required electric power
Tatal	47		
Subplot	15		
Main plot	5		
Block	1		
A	2	**	**
Error (A)	2		
B	1	*	N. S
A×B	2	N. S	N. S
Error (B)	3		
C	3	**	**
A×C	6	**	**
B×C	3	N. S	N. S
A×B×C	6	N. S	N. S
Error (C)	18		

Note A : Blower speed, 3 Levels
 B : Grain feeding, 2 Levels
 C : Air inlet port, 4 Levels

** : Significance for 1%
 * : Significance for 5%
 N. S : Non-significant

여기서 E_d 는 複式, E_s 는 單式的 選別效率이며, V_a 는 平均風速이다.

다. 各種 作動要因과 選別 性能과의 關係

앞 節에서 考察한 結果를 綜合하면 選別效率에 가

장 크게 作用되는 因子는 風速이라 할 수 있으며, 平均風速 및 風速分布에 影響을 미치는 因子로는 送風機의 回轉速度, 開口比등을 들 수 있다.

이 외에도 穀物의 供給量의 效果를 表8과 그림8에 나타냈다. 表8에서 보는 바와 같이 本 實驗의 供給量 水準은 平均風速에는 거의 影響을 미치지 않았으나 選別效率에는 約 1% 程度 差異를 나타냈다.

또한 그림8은 選別性能 實驗을 分析한 結果에서 選別效率이 80% 以上 되는 平均風速 範圍와 이때 이 風速을 얻기에 알맞는 送風機 回轉速度와 吸入口 調節範圍의 組合를 나타낸 것이다.

여기에서 送風機 回轉速度가 작을수록 吸入口 調節範圍가 크다는 것을 알 수 있으며, 複式的 경우가 單式에 비해 吸入口 調節範圍가 크다는 것을 알 수 있다.

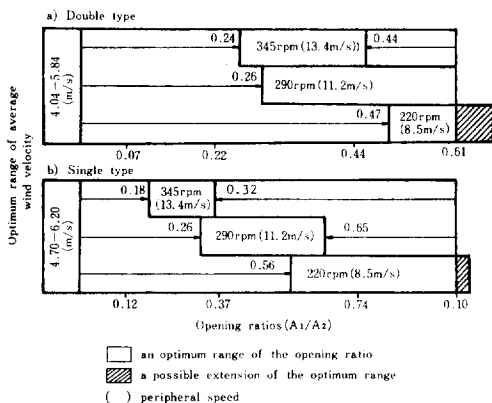


Fig. 8. Optimum ranges of the opening ratio of the air inlet port depending on the blower speed and operational type

라. 所要動力 및 에너지 消費量

왕겨풍구의 作動因子가 所要 動力 및 에너지 消費量에 미치는 影響을 調査하기 위해 다음과 같이 算出하였다.

$$P_{out} = \mu \cdot E \cdot I \cos \phi \text{ (watt)}$$

$$KWH = \frac{1}{1000} P_{out} \cdot Hr$$

여기서 μ : 電動機 效率

E : 電壓 (V)

I : 電流 (A)

$\cos \phi$: 力率

Hr : 作業所要時間

P_{out} : 電動機 出力 (왕겨풍구의 所要動力)

KWH : 所要 에너지

送風機의 回轉速度와 開口比에 따른 所要動力을 보면(그림 9) 어떤 開口比에서도 回轉速度가 增加할수록 所要動力은 거의 速度의 3乘에 比例하여 增加

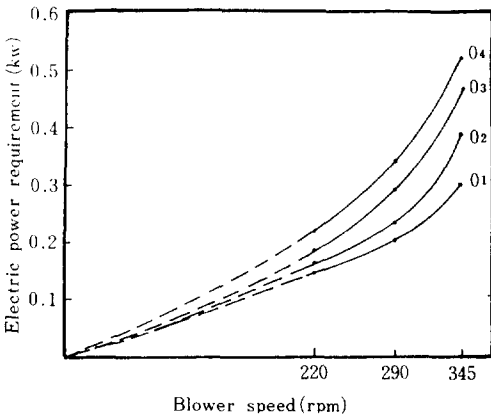


Fig. 9. Effect of blower speed and opening ratio on the power requirement

5. 要約 및 結論

왕겨풍구는 搗精工場에서 널리 使用되고 있는 典型的인 精選裝置이다. 그러나 國內에서는 이에 對한 研究가 實施된 바 없다. 最近에 報告된 調査 結果에 따르면 貨搗精工場에서 穀物損失의 一部分이 왕겨分離 過程에서 일어나며, 또 왕겨分離機의 性能이 低調하다고 하였다.

이에 따라 本 研究는 風路內의 風速分布와 왕겨풍구의 性能에 影響을 미치는 送風機 回轉速度, 穀物供給率, 開口比 등 作動要因의 效果를 調査하기 위해 既存의 代表的인 왕겨풍구를 供試機로 利用하여 實驗한 結果 다음과 같았다.

하는 것으로 나타났으며, 開口比가 增加할수록 所要動力은 역시 增加하는 것으로 나타났다. 이 結果는 주어진 遠心形 送風機의 送風量은 回轉速度에 比例하고 所要動力은 速度의 3乘에 比例한다는 法則과 거의 一致하였다. 그리고 單式과 複式間에는 所要動力에 차이가 없었다.

그림 10은 選別效率와 所要에너지와의 關係를 回轉速度別로 나타낸 것이다. 所要에너지는 選別效率이 80%인 水準의 경우 送風機 回轉速度가 220rpm일때가 345rpm일때 보다 0.125 KWH/ton 적게 나타나서 實經濟의 임을 알 수 있다.

그러므로, 보다 經濟的인 作業條件은 回轉速度를 줄이고 吸入口 크기를 增加시키는 것임을 알 수 있다.

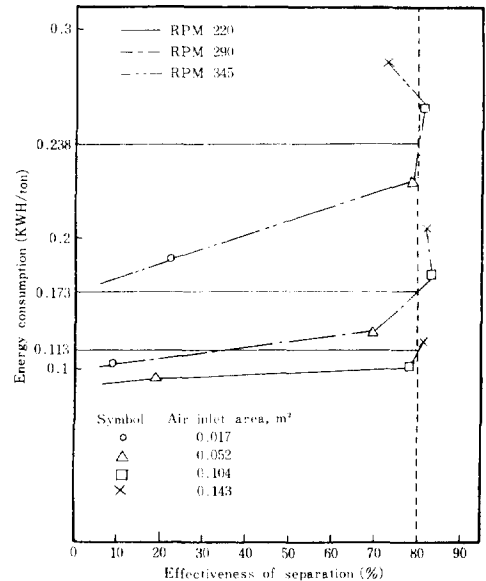


Fig. 10. Relationship between electric power consumption and effectiveness of separation depending on the blower speed and air inlet area

1. 一次風路內의 平均風速은 單式과 複式 모든 경우에 送風機의 回轉速度와 吸入口 크기에 따라 直線的으로 變化하였다.

2. 複式의 경우 1次風路內의 水平方向의 平均風速分布는 送風機 回轉速度와 關係없이 開口比 0.22

(0.052 m²) 일때 가장 均一하였으며 垂直方向의 平均 風速分布는 上層部의 風速이 下層部의 風速보다 2~5 m/s 크게 나타났다. 單式的 경우 水平方向의 平均 風速分布는 複式과 같은 傾向을 나타냈으나, 垂直方向의 平均 風速分布는 吸入口 크기가 0.74 이상에서는 中間層의 風速이 가장 크게 나타났다.

3. 平均風速(V_a)과 選別效率(E_d): 複式, E_s: 單式) 사이에는 다음과 같이 2次的인 關係가 있었으며

$$E_d = -190.84 + 106.18 V_a - 10.052 V_a^2$$

$$(r^2=0.97782)$$

$$E_s = -223.76 + 106.23 V_a - 9.1935 V_a^2$$

$$(r^2=0.97029)$$

複式의 경우 最高選別效率은 風速이 4.04 m/s (0.57 m²/s)~5.84 m/s (0.83 m²/s) 일때 나타났고, 單式의 경우는 4.70 m/s (0.66 m²/s)~6.20 m/s (0.87 m²/s)에서 나타났다.

4. 選別作業時 適正風速을 얻기 위한 送風機 回轉速度別 吸入口 調節範圍는 그림 8에 나타난 바와 같으며 回轉速度가 클수록 吸入口 調節範圍는 적었다. 그리고 複式의 경우는 單式에 比하여 吸入口 調節範圍가 크게 나타났다.

5. 본 實驗에서 사용된 供給率 2,100 kg/hr, 1,850 kg/hr 水準間에는 選別效率에 거의 差異가 없었다.

6. 所要動力은 回轉速度의 3乘에 比例하였으며, 吸入口 增加에 따라서도 크게 增加하였다.

1, 3, 6項에 叙述한 結果에 따르면, 같은 選別效率을 얻는데 相對的으로 낮은 送風機 回轉速度에서 吸入口 크기를 보다 크게 調節하는 것이 높은 回轉速度에서 吸入口 크기를 작게 하는 것 보다 에너지 效率 面에서 훨씬 經濟的이다.

參 考 文 獻

1. 常松榮, 西村喜夫. 1950. 唐箕に關する研究 (第

- 1報), 農機誌, 12(3.4): 21~23.
2. 葛原定郎. 1954. 唐箕に關する實驗的基礎研究 (第1報), 農機誌, 16(3.4): 143~146.
3. 田村豊, 竹内龍三. 1955. 唐箕における羽根付角および羽根枚數の研究, 農機誌, 17(3): 99~102.
4. 常松榮, 南部悟. 1957. 唐箕に關する研究, 農機誌, 19(1): 28~32.
5. 森搗博. 1964. 穀類等の氣流選別に關する實驗的基礎研究(第1報), 農機誌, 26(1): 45~51.
6. 石橋貞人, 安部武美. 1965. 穀粒群の終速度, 農機誌, 27(3): 185~187.
7. 竹内龍三. 1965. 送風選別風路の流體力學的研究 (第1~4報), 農機誌, 27(4): 255~260, 28(2): 104~106, 28(3): 167~171, 29(4): 203~208.
8. 南部悟. 1970. 唐箕に關する研究, 北海道大邦文記要 7(2): 219~277.
9. 竹内龍三, 石井征亞. 1973. 唐箕風路の形狀に關する研究(第1報), 農機誌 35(3): 228~292.
10. 竹内龍三, 石井征亞, 岩井三男. 1973. 送風選別風路の形狀に關する研究(第1報), 農機誌 35(3): 288~292.
11. 若林嘉一郎. 1949. 唐箕に於ける粳と糙の飛行距離に對する研究, 農機誌 11(2): 56~61.
12. Araullo, E. V., D. B. Depadua and M. Graham. Rice Post-harvest Technology, IDR C-053e.
13. Hawk, L. L., et al. 1966. Aerodynamic Characteristics of Selected Farm Grains, Trans. of the ASAE Vol. 9, No. 1, 48~51.
14. Kuprits, Ya. N. 1965. Technology of Grain Processing and Provender Milling, Wiener Bindey Ltd.