

大邱地方의 氣象資料를 基礎로한 벼의  
常溫通風乾燥에 關한 調査研究

Investigation of Natural Air Drying of Rough Rice  
Based on the Weather Data in Taegu Area

金 在 烈\* · 徐 承 德\*\* · 琴 東 赫\*\*\* · 李 錫 健\*\*  
Kim, Jae Youl · Suh, Sung Duk · Keum, Dong Hyuk · Lee, Suk Kun

Summary

Natural-air drying systems have been extensively used for cereal grains, and many researches on the systems have been conducted in foreign countries. However, little research on drying rough rice with natural air has been done. Especially, little research on natural air drying of rough rice based on weather data has been done in Korea.

The objective of this study was to present fundamental data for estimating optimum requirements and basic information available for natural air drying of rough rice based on the weather data. The weather data analyzed in this study were the 10-year (1969 to 1978) record of air temperatures, wet-bulb temperatures and relative humidities, which were three-hourly observations in Taegu area.

The results of this study are summarized as follows;

1. From the results of weather data analysis the average air temperature was about 14.8°C and the average relative humidity 67.5%. Average equilibrium moisture content appeared to be 13.8 percent on wet basis, which showed great potential for natural air drying in Taegu area in October.

2. Possible fan operation time based on the equilibrium moisture content of 15% on wet basis was about 14 hours a day during October in Taegu area. Probabilities of possible drying days based on minimum time available for drying in a day were analyzed.

3. Minimum air flow requirements based on the worst year were determined for different fan operation methods and initial moisture contents.

\* 상주농잠 전문대학 농업기계학과

\*\* 경북대학교 농과대학 농공학과

\*\*\* 성균관대학교 농과대학 농업기계학과

## 1. 緒 言

穀物の 常溫通風乾燥方法은 熱風乾燥方法에 比하여 施設費用과 利用費用이 저렴하며 管理가 便利하고 穀物の 品質損傷이 적은 반면, 氣象條件의 制約을 받게 된다. 따라서 穀物の 常溫通風乾燥의 可能性 및 乾燥條件은 乾燥期間의 氣象條件에 따라 左右된다.

穀物の 常溫通風乾燥方法은 氣象條件과 初期含水率에 따라서 送風方法, 最少送風量이 變하게 되므로 長期間의 氣象條件을 근거로 이를 究明하고 乾燥可能性을 判斷하여야 할 것이다. 氣象條件은 對象地域에 따라 다르게 되므로, 地域에 따라서 적절한 送風方法과 送風量을 결정하여 할 것이다.

本 研究의 目的은 秋穀乾燥期間인 10月의 大邱地方의 10個年間の 氣象資料를 分析하여 常溫通風乾燥의 可能性 및 乾燥條件을 究明하는데 있으며, 具體的인 研究目的은 다음과 같다.

- ① 乾燥潛在力 및 1日 乾燥可能時間을 推定한다.
- ② 乾燥可能日의 發生頻度を 分析한다.
- ③ 最少送風量 및 所要乾燥時間을 算出한다.

## 2. 文獻概要

Schaper等 (16)은 常溫通風乾燥의 乾燥能力을 大氣의 顯熱(Sensible heat)로 判斷하고 熱收支方程式을 利用하여 所要乾燥時間을 豫測한 바 있다.

Saul等 (15)은 大氣의 乾球溫度과 濕球溫度의 差異로 大氣의 乾燥能力을 判斷하였다.

Brooker 等 (4)은 送風空氣의 溫度가 濕球溫度線을 따라 下降하여 穀物の 平衡相對濕度線과 交叉할 때의 溫度를 平衡溫度라 定義하고 大氣의 乾燥能力을 乾球溫度과 平衡溫度와의 差異에 依하여 判斷한 바 있다.

Zachariah 等 (21)은 1日時間別 相對濕도가 70% 以下가 始作되는 時刻부터 終了될 때까지의 時間을 1日適正乾燥時間으로 간주한 바 있으며, 金(23)은 相對濕度 75%를 基準으로 水原地域에서의 1日適正乾燥時間을 算出하여 報告한 바 있다.

Morrison(13)은 美國 Texas州 Beaumont에서 벼를 常溫通風乾燥할 경우, 最少送風量을 2.0cmm/m<sup>3</sup>으로 추천하고, 最上 30cm층의 含水率이 16%(w.b.)로 감소될 때까지 連續送風을 하며 그 以後는 大氣

의 相對濕도가 75%以下일 때만 送風하도록 추천하였다.

Sorenson 等은 벼의 品質損傷을 防止하기 위하여 15日以內에 16%(w.b.)까지 乾燥하여야 한다고 보고하고, 初期含水率이 22, 20, 18%(w.b.)일 때, 最少送風量을 各各 3.2, 2.4, 1.6cm<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>, 最大推積깊이를 各各 1.8, 2.4, 2.4m로 추천하였다.

琴(22)은 穀物の 常溫通風乾燥를 해석하기 위한 시뮬레이션 모델을 개발하고, 이 모델을 利用하여 10個年間の 기상 조건을 근거로 춘천 지역을 대상으로 乾燥條件을 규명한 바 있으며, 穀物の 品質損傷 및 所要動力을 고려하여 最上층 벼의 含水率이 16%(w.b.)로 감소될 때 까지는 連續送風을 하고 그 以後는 間斷送風方法을 추천하였으며, 벼의 初期含水率이 各各 18, 20, 22, 24%(w.b.)일 때 最少送風量을 各各 1.2, 1.8, 2.6, 4.0cm<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>로 추천하였다.

## 3. 材料 및 方法

### 가. 象料資析

本 分析에 使用된 氣象資料는 大邱地方의 10個年間(1969~1978), 秋穀乾燥期間인 10月中 매일 3時間 單位로 測定된 乾球溫度, 濕球溫度 및 相對濕度 이다.

### 나. 分析方法

#### 1). 穀物乾燥와 關聯된 氣象概況

(1) 10年間 10月의 平均乾球溫度과 平均相對濕度의 時間別 變化를 求한다.

(2) 10年間 10月의 旬別 平均乾球溫度과 相對濕度의 時間別 變化를 求한다.

#### 2). 乾燥 潛在力 分析

平衡含水率은 一定한 乾燥條件下에서 穀物을 乾燥할 때, 穀物이 乾燥 可能한 最少限도의 含水率을 決定하여 주기 때문에 穀物의 乾燥 潛在力은 平衡含水率에 의하여 決定하였으며 Chung-Pfost (14)의 平衡含水率方程式에 의하여 分析하였다.

#### 3). 乾燥可能時間推定

平衡含水率 15%(w.b.)를 基準으로 하여 10年間 10月中의 乾燥可能한 平均始作時刻과 終了時刻를 推定하였다.

#### 4). 乾燥 可能日의 發生頻度 分析

年度別로 10月中의 旬別로 平衡含水率이 15% (w.b.) 未滿인 條件이 1時間, 2時間, 3時間 以下되는 날의 發生頻度를 分析하였다.

5). 最少 通風量 決定 및 所要 乾燥時間 豫測

初期含水率을 18~24% (w.b.)의 範圍에서 2% 間隙으로 4段階로 나누고 送風方法은 連續送風方法과 間斷送風方法으로 區分하여 安全乾燥含水率 15% (w.b.)까지 乾燥하는데 最大許容乾燥期間을 15日로 하여 最少通風量을 決定하였다.

여기에서 求한 最少通風量에 의거하여 10年間 10月의 平均氣象條件을 基準으로 벼를 15% (w.b.)이하로 건조하는데 必要한 所要乾燥時間을 豫測하였다.

4. 結果 및 考察

가. 穀物乾燥와 關聯된 氣象概況

穀物乾燥와 關聯된 氣象概況을 알아 보기 위하여 大邱地方의 10年間 10月의 時間別 平均 乾球溫度와 相對濕度의 變化狀況을 Fig. 1에 表示하였다.

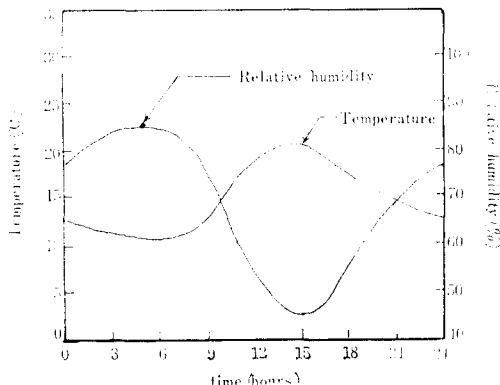


Fig. 2. Daily changes in average air temperature and relative humidity during October in Tae-gu area based on 10-year (1969 to 1978) weather data.

Fig. 1에서와 같이 大氣溫度가 上昇할때, 相對濕度는 낮아져 乾燥潛在力이 增加하며 午前 6時頃이 乾燥潛在力이 가장 낮으며, 午後 3時頃이 가장 높은 乾燥潛在力을 나타내는 것을 알 수 있었다. 10年間 10月의 平均乾球溫度는 14.8°C이고, 平均相對濕度는 67.5%로 나타났다.

10月의 旬別 氣象概況은 Fig. 2와 같다. 平均乾球溫度는 上旬에서 16.9°C, 中旬에서 14.9°C, 하

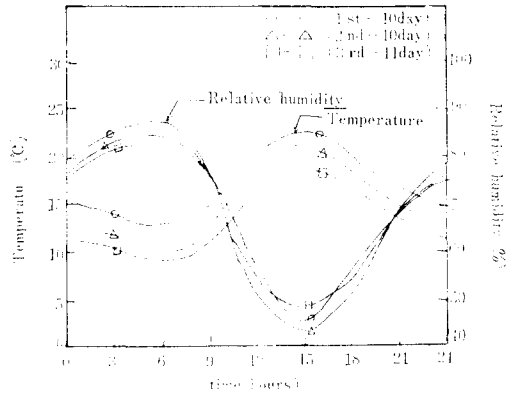


Fig. 2. Hourly changes in average air temperature and relative humidity during each 10-day period of October in Tae-gu area based on 10-year (1969 to 1978) weather data.

순에서 13.0°C로 나타났고 平均相對濕度는 상순에서 69%, 中순에서 67%, 하순에서 67%를 각각 나타냈다. 즉 乾球溫度는 下旬으로 갈수록 낮아지나 上旬에서 平均相對濕度는 69%로 가장 높고 中旬과 下旬에서는 똑같이 67%로 나타났다.

나. 乾燥潛在力 分析

穀物中の 水分을 空氣中으로 移動시키는 推進力은 穀物의 수증기압과 空氣의 수증기압의 差異에 起因된다. 一定한 溫·濕度의 大氣中에 穀物을 放置하여 두면 大氣의 水蒸氣壓과 穀物의 水蒸氣壓間에 差異가 있는 경우, 穀物과 大氣間에는 水分移動現象이 일어나게 되어 穀物의 含水率이 變하게 된다. 그러나 結局 穀物의 수증기압과 大氣의 수증기압이 같은 狀態에서 水分移動이 停止하게 된다. 이 때의 穀物의 含水率을 大氣의 條件에 相應하는 平衡相對濕度라고 한다.

平衡含水率은 一定한 乾燥條件下에서 穀物을 乾燥할 때 穀物이 乾燥可能한 最少限度的 含水率을 決定하여 주기 때문에 穀物乾燥에 重要な 意義를 갖는다.

平衡含水率을 算出하기 爲한 理論式, 準理論式 및 實驗式 등이 開發되어 있으나, 여기에서는 氣體의 狀態方程式을 근거로 한 Chung-Pfost(14)의 平衡含水率方程式(1)을 利用하여 乾燥潛在力을 分析하였으며, 다음과 같이 표시된다.

$$M_e = PD - PE I_n [-R(T + PC) I_n (RH)] \quad (1)$$

여기서  $M_e$ : 平衡含水率(Decimal d.b.).

$T$ : 乾球溫度(°C)

$R$ : 一般氣體常數(1.987cal/g, mole°C)

$PD, PE, PC$ : 常數

벼에 대하여

$PC$ : 35.703

$PD$ : 0.325535

$PE$ : 0.046015

Fig. 3은 (1)식에 의거하여 산출된 10年間 10月中의 大邱地方의 時間別 벼의 平均乾燥可能含水率의 變化狀을 表示한 것이다. Fig. 3에 나타난

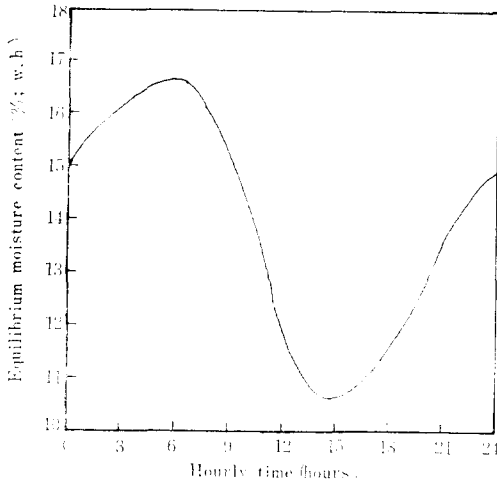


Fig. 3. Change in average equilibrium moisture content during October in Taegu area based on 10-year (1969 to 1978) weather data.

바와 같이 10月中 平均 平衡含水率은 13.8%(w.b.)이고 午前 6時頃이 16.7%(w.b.)로 가장 높고 오후 3시경이 10.7%(w.b.)로 가장 낮게 나타났다. 따

라서 大邱地方에서는 常溫通風乾燥에 의하여 벼를 13.8%(w.b.)까지 乾燥할 수 있으며 높은 乾燥潛在力이 있는 것으로 해석할 수 있다.

Fig. 4는 10月中 旬別로 벼의 平均乾燥可能含水率을 表示한 것이다. 그림에서 알 수 있는바와 같이 벼의 平均 平衡含水率이 上旬에서 13.9%(w.b.), 중순 및 하순에서는 13.8%로 나타났다. 旬別의 平衡含水率은 별다른 差異를 찾아 볼 수 없었고 모두 높은 乾燥潛在力을 나타내었다.

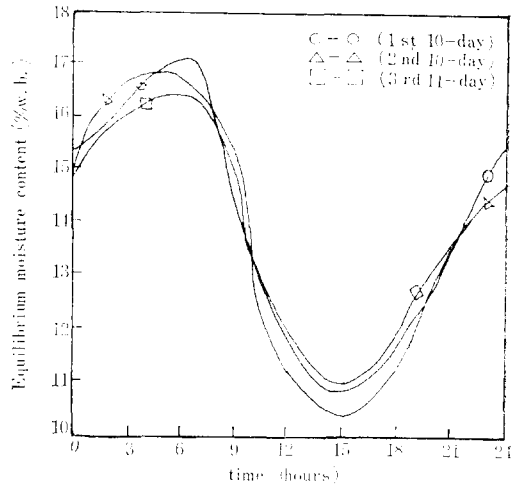


Fig. 4. Hourly change in average equilibrium moisture content during 10-day period of October in Taegu area based on 10-year (1969 to 1978) weather data.

다. 乾燥 可能時間 推定

벼의 乾燥 可能時間은 國內 農產物 檢査基準의 水分含量인 15%(w.b.)를 基準으로 하여 平衡含水率 15%(w.b.)미만을 나타내는 始作時刻, 終了時刻, 繼續時間의 10年間의 平均과 標準偏差를 求하였으

Table 1. Average fan operation time available for drying rough rice to below 15 percent (wet basis).

Date	Starting Time		Ending Time		Duration	
	Time	$\bar{S}$	Time	$\bar{S}$	Hours	$\bar{S}$
1—10	8:31	1:03	23:40	1:52	15:07	3:04
11—20	8:21	2:09	24:16	2:53	16:03	4:35
21—31	9:31	1:46	22:27	2:05	12:49	3:17
Mean	8:45	1:39	23:28	2:17	14:40	3:39

며 그 結果는 Table 1과 같다.

10月中 大邱地方에 있어서 常溫通風乾燥時 乾燥作業의 適正始作時刻는 上·中·下旬 모두 8時 12分부터 9時 31分 사이로서 그 平均値는 8時 45分이었으며 標準偏差는 1時間 39分이었다. 乾燥時間의 適正 終了時刻는 22時 27分부터 24時 16分 사이로 나타났다. 平均 乾燥可能 繼續時間은 14時間 40分으로 그 標準偏差는 3時間 39分이었다.

라. 乾燥可能日의 發生頻度 分析

乾燥潛在力이 있는 날이 繼續的으로 發生할 것이라고 斷定할 수는 없다. 日氣不順으로 因하여 어떤 날은 몇 時間 또는 하루종일 경우에 따라서는 며칠 동안 常溫通風乾燥不可能日이 나타날 수 있기 때문이다. 이러한 不可能日의 發生頻度を 分析하기 위하여서는 먼저 실제의 常溫通風乾燥가 不可能한 條

件 또는 基準이 마련되어야 한다.

여기에서도 이미 論述한 理由때문에 平衡含水率이 15%(w.b.)미만인 경우에만 常溫通風乾燥가 實施될 수 있다는 基準이 그대로 適用될 수 있으며, 附加的으로 이런 條件을 만족하는 大氣狀態가 1日間 持續되는 時間이 補充的으로 마련되어야 할 것이다. 왜냐하면 平衡含水率이 15%(w.b.)以上の 時間이 극히 짧게 나타날 경우, 乾燥實效를 거둘 수 없기 때문에 乾燥가 可能한 時間이 극히 짧은 날은 乾燥 不可能日로 看做하는 것이 妥當하다고 생각하기 때문이다.

여기에서는 年度別로 10月中 10日間격으로 平衡含水率이 15%(w.b.) 미만인 條件이 하루 1時間, 2時間, 3時間 以下되는 날의 發生頻度を 分析하였으며, 그 結果는 各各 Table 2, 3, 4와 같다.

Table 2. Number of days which duration of time having less than 15% equilibrium moisture content is less than one hour during a day.

Date	Year									
	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978
1st 10-day period	0	1	0	0	1	1	2	0	0	0
2nd 10-day period	0	1	0	0	1	1	1	0	0	0
3rd 11-day period	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1

Table 3. Number of days which duration of time having less than 15% equilibrium moisture content is less than two hours during a day.

Date	Year									
	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978
1st 10-day period	0	1	0	0	1	1	2	0	0	0
2nd 10-day period	0	1	0	0	1	1	1	0	0	0
3rd 11-day period	1	1	0	0	1	0	0	1	0	1

Table 4. Number of days which duration of time having less than 15% equilibrium moisture content is less than three hours during a day.

Date	Year									
	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978
1st 10-day period	0	1	0	0	2	1	2	0	1	1
2nd 10-day period	0	1	0	0	1	1	1	0	0	0
3rd 11-day period	1	1	0	0	1	0	1	1	0	0

이 表에서 알 수 있는 바와 같이, 10月中 10日間격 사이에 平衡含水率이 15%(w.b.)미만인 時間이 1時間, 2時間 또는 3時間 以下인 날의 發生日數는 해마다 다르게 나타나고 있으며, 이 結果는 해마다

氣象狀態가 無作爲한 變化를 일으키고 있다는 一般의인 특징을 나타낸 것이다. 따라서 어느 特定年度의 氣象狀態에 의하여 乾燥可能日數를 判斷하기 보다는 長期間의 記錄値의 分析 結果를 利用하는 것이

더욱 바람직하므로 10年동안 10月中 平衡含水率이 15% (w.b.)미만인 時間, 즉 乾燥可能時間이 1日內 각기 1, 2, 3時間以下인 날이 전혀 없는 날, 1日 나타나는 날, 2日 또는 그 以上으로 나타나는 날의 發生頻度を 分析하였으며, 그 結果는 Table 5와 같다.

Table 5에 의하면 10月上旬에 있어 1日中 乾燥可能時間이 1時間미만되는 日數가 10日中 하루도 發生하지 않을 頻도가 60%이고, 하루 發生할 頻도가 30%, 2日 發生할 頻도가 10%이고, 乾燥可能時間이 3時間 미만되는 日數가 10日中 하루도 發生하지 않을 頻도가 40%, 1日發生할 頻도는 40%, 2日

Table 5. Probability of given daily drying time during each 10-day period.

Period	drying time	Number of days			
		3	2	1	0
1st 10-day	less than 1hr.	0	0.1	0.3	0.6
	less than 2hr.	0	0.1	0.3	0.6
	less than 3hr.	0	0.2	0.4	0.4
2nd 10-day	less than 1hr.	0	0	0.4	0.6
	less than 2hr.	0	0	0.4	0.6
	less than 3hr.	0	0	0.4	0.6
3rd 10-day	less than 1hr.	0	0	0.4	0.6
	less than 2hr.	0	0	0.5	0.5
	less than 3hr.	0	0	0.5	0.5

이 發生할 頻도는 20%로 나타났다. 이에 上旬에 中 能率은 50%이고, 9日이 乾燥可能할 確率は 100% · 下旬에서는 2日以上の 發生頻도가 없으므로 大邱 地方에서는 上旬이 中 · 하순보다 乾燥可能日數에 制限을 받는다는 것을 알 수 있다.

이 結果는 常溫通風乾燥할 경우, 乾燥作業不可能 日을 1日 最少 乾燥時間이 1時間인 날로 假하면, 10月上순에 있어서 連日 乾燥可能確率は 60%이고, 10日中 1日이 乾燥不可能日이고, 9日이 可能한 確率は 90%이고, 10日中 8日이 乾燥可能한 日數는 100%라고 할 수 있다. 마찬가지로 乾燥作業不可能 日을 1日 最少 乾燥時日이 3時間인 날로 생각할 경우, 10月上旬에 있어, 連日 乾燥可能確率は 40%이고 10日中 9日이 乾燥可能할 確률은 80%이고, 8日이 乾燥可能할 確률은 100%라고 할 수 있다. 中旬에 있어 連日 乾燥確률은 60%이고, 9日이 乾燥可能할 確률은 100%이다. 下旬에 있어, 連日 乾燥可

能率은 50%이고, 9日이 乾燥可能할 確率は 100%로 나타났다. 以上の 結論을 綜合하여 보면, 大邱地方에 있어서 秋穀乾燥時間에 常溫通風乾燥를 實施할 경우, 不順氣候에 依해 乾燥作業이 不可能한 日數는 1日 乾燥可能時間을 3時間 以下인 날로 하고 90%의 期待水準에서 보면, 上旬에서는 2日, 中 · 下旬에서는 1日로 나타난다.

다. 最少通風量決定 및 所要乾燥時間豫測

1). 基準年度設定

10年間の 氣象資料를 利用하여 年度別 平均 乾燥溫度 · 濕球溫度 · 相對濕度 · 平衡含水率을 分析한 結果 Table 6과 같다.

Table 6에서 알 수 있는 바와 같이, 1970年度에서 平均 相對濕度 및 平衡含水率이 가장 높으므로

Table 6. Average air temperature, wet-bulb temperature, relative humidity and equilibrium moisture content during October in Taegu area.

Year	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978
Average air temperature (°C)	13.8	15.5	12.9	14.6	13.9	14.4	15.6	14.7	16.9	15.2
Average wet-bulb temperature(°C)	10.2	12.5	10.3	11.0	10.9	10.8	12.3	10.6	12.5	11.0
Average relative humidity (%)	68.0	72.2	62.8	69.7	70.9	67.4	70.3	64.0	61.9	68.1
Average equilibrium moisture content (% : w.b.)	13.6	14.1	13.0	13.9	14.0	13.9	13.9	13.1	12.7	13.6

므로 이것을 基準年度로 設定하여 最少通風量을 決定하였다.

2). 最少通風量의 決定

(1) 厚層乾燥에 利用되는 一般式

穀物은 個別的으로나 薄層으로 乾燥되는 경우가 거의 없기 때문에, 實際로 穀物乾燥에서는 厚層乾燥方法에 의한다. 여기에서는 熱收支方程式(2)式을 利用하여 最少通風量을 求하였다.

$$\frac{V \times 60}{v} \cdot C_a(t_d - t_x)\theta = L \cdot D_m(M_0 - M_f) \dots\dots\dots(2)$$

여기서 V: 送風量(m<sup>3</sup>/min/m<sup>2</sup>)

v: 空氣密度(1.2324g/m<sup>3</sup>)

C<sub>a</sub>: 空氣比熱(0.24Kcal/kg °C)

t<sub>d</sub>: 乾球溫度(°C)

t<sub>x</sub>: 平衡溫度(°C)

θ: 乾燥所要時間(hr.)

L: 穀物의 水分蒸發潛熱(Kcal/kg)

D<sub>m</sub>: 穀物의 乾物重量(kg/m<sup>3</sup>)

M<sub>0</sub>: 穀物의 初期含水率(Decimal: d.b.)

M<sub>f</sub>: 穀物의 最終含水率(decimal: d.b.)

(2) 平衡溫度的 決定

주어진 濕球溫도와 平衡相對濕도에 대하여 平衡溫度는 濕空氣線圖에서 平衡相對濕圖線과 濕球溫度線이 交叉하는 點에서의 乾球溫도와 같다.

穀物의 水分이 一定할 때 平衡相對濕도에 따라 變하지만 온도변화의 폭이 크지 않을 때는 평형상태 습도가 온도에 크게 영향을 받지 않으므로 건조기간 동안의 온도 범위에서 平均 平衡相對濕도를 擇하게 되면 주어진 含水率에 對하여 一水準의 平衡相對溫度가 定하여진다. 따라서 一水準의 平衡相對濕도에 對하여 各各의 濕球溫度線과의 交叉點이 주어진 平均 平衡相對濕도에 대한 平衡溫度가 될 것이다.

Brooker (4)는 -9.4~37.8°C의 濕球溫度範圍에서 平衡溫度는 濕球溫도와 直接的인 關係가 있는 것으로 報告하였으며 다음 (3)式으로 表示하였다.

$$t_x = a + b \cdot t_w \dots\dots\dots(3)$$

여기서 t<sub>x</sub>: 平衡溫度(°C)

t<sub>w</sub>: 濕球溫度(°C)

a & b: 常數

常數 a, b는 平衡濕도에 따라 다르며 그 값은 Table (IV-7)과 같다. 穀物의 初期含水率을 4段階로 나누어 24%, 22%, 20%, 18% (w.b.) 일 때 平衡濕

Table 7. Values of the constants a and b used in the calculation of equilibrium temperatures.

Equilibrium relative humidity	t* ≥ 0°C		t* ≤ 0°C	
	a	b	a	b
50	3.3550	1.2094	3.5082	1.1698
60	2.5846	1.1503	2.6677	1.1259
70	1.8673	1.1025	1.9094	1.0881
80	1.2011	1.0628	1.2207	1.0552
90	0.5801	1.0291	0.5859	1.0260
100	0.0000	1.0000	0.0000	1.0000

\* Dry-bulb temperature

度는 各各 99%, 97%, 95%, 90%이며, 平衡溫度는 穀物의 初期 含水率 24%, 22, 20, 18% (w.b.)에 대하여 各各 11.0°C, 11.1°C, 11.4°C, 11.8°C로 나타났다.

(3) 穀物의 蒸發潛熱의 決定

벼의 蒸發潛熱은 Chung-Pfost의 平衡含水率 方程式을 利用하여 Othmer (2)方法에 의하여 決定하였으며, 그 결과는 다음과 같다.

$$L = (597.73 - 0.57C)(1 + 3.12e^{-21.7685M_c}) \dots\dots\dots(4)$$

여기서 L: 穀物의 水分蒸發潛熱(Kcal/kg)

C: 穀溫(°C)

M<sub>c</sub>: 穀物의 含水率(decimal: d.b.)

(4)式에 의하여, 벼의 初期含水率이 24, 22, 20, 18% (w.b.)일 때 穀物의 水分 蒸發潛熱은 各各 598.5, 602.4, 607.7, 614.2Kcal/kg으로 산출되었다.

(4) 穀物의 乾物重量 決定

Wratten 등 (20)은 벼의 부피 密度를 다음과 같이 含水率의 함수로 表示하였었다.

$$D_c = 519.446 + 5.29M_c \dots\dots\dots(5)$$

여기서 D<sub>c</sub>: 벼의 부피 密度(kg/m<sup>3</sup>)

M: 含水率(%; w.b.)

式 (5)를 利用하여 벼의 含水率이 24, 22, 18% (w.b.)일 때 벼의 密度는 各各 646.4, 635.8, 625.2, 614.7kg/m<sup>3</sup>로 나타났으며, 이것을 乾物重量으로 換算하면 各各 491.3, 496.0, 500.2, 504.0 kg/m<sup>3</sup>로 計算되었다.

3). 最少通風量決定 및 所要乾燥時間豫測

國立農產物檢査所의 規格에 依하여 最終 벼의 含水率을 15% (w.b.)로 하였고, 이것은 Semeniuk 등

(18)이指摘한 곰팡이 類의 連續的인 生長이 不可  
 能한 平衡含水率과 一致한다. 벼의 品質, 損傷을  
 일으키지 않는 安全適正含水率인 15%(w.b.)까지 벼  
 를 乾燥하는데 計容possible 最大乾燥期間을 15日로  
 設定하여 最少通風量을 求하였다. 벼의 初期含水率  
 은 24, 22, 20, 18%(w.b.) 4段階로 나누었고, 送  
 風方法은 24時間 連續 送風하는 方法과 乾燥possible  
 時間동안 送風하는 二 가지 方法으로 區分하여 最  
 少通風量을 求하였으며 그 結果는 Table 8과 같다.

Table 8에서 最少 通風量은, 連續送風할 경우 初

**Table 8. Minimum air-flow rate for natural air drying of rough rice based on the weather conditions of the worst year.**

Initial moisture content (% w.b.)	Fan Operation	
	Continuous (0:00~24:00)	Intermittent (9:31~21:51)
24	3.4 cmm/m <sup>3</sup>	6.6 cmm/m <sup>3</sup>
22	2.7	5.2
20	2.1	4.2
18	1.5	3.0

期 含水率이 24, 22, 20, 18%(w.b.)에 對하여, 各  
 各 3.4, 2.7, 2.1, 1.5m<sup>3</sup>/min/m<sup>2</sup>으로 나타나.  
 間斷通風에 比하여 通風量이 1/2程度이고 이것은  
 Foster (9)의 稈에 對한 실험과 一致한다.

Table 8에서 求한 最少通風量으로 大邱地方의  
 10年間 10月中의 平均氣象條件에서 위에 論述한  
 方法에 依하여 所要乾燥時間을 算出하면 Table 9  
 와 같다.

Table 9에 의하면, 初期含水率 24, 22, 20, b.)

**Table 9. Time required for drying rough rice to 15%(w.b.) with natural air.**

Initial moisture content (% w.b.)	Fan Operation	
	Continuous (0:00~24:00)	Intermittent (8:45~23:28)
24	296hr.	157hr.
22	296hr.	157hr.
20	290hr.	154hr.
18	280hr.	149hr.

18%(w.b.)의 벼를 連續通風方法에 의해서 15%(w.

까지 乾燥하는 데 必要한 所要乾燥時間은 各各  
 296, 296, 290, 280時間으로 나타났고, 間斷通風方  
 法에 의하면 各各 157, 157, 154, 149時間으로 나  
 타났다.

**5. 結 論**

大邱地方의 10年間(1969~1978) 10月の 氣象資料  
 를 利用하여 穀物乾燥와 關聯된 氣象概況 및 乾燥  
 潛在力分析을 通하여 常溫通風乾燥의 可能性을 檢  
 討하였으며, 또한 乾燥作業possible時間, 乾燥possible日數  
 率, 最少通風量 및 乾燥所要時間 등을 分析하였으며,  
 그 結果는 다음과 같다.

가. 10月中 平均乾球溫度는 14.8°C, 平均相對濕  
 度는 67.5%로 平均平衡含水率이 13.8%(w.b.)로  
 나타났다. 이것은 벼를 常溫通風乾燥에 의하여 13.8  
 %(w.b.)까지 乾燥시킬 수 있는 것으로 乾燥潛在力  
 이 매우 높은 것으로 判斷되었다.

나. 乾燥作業의 適正 始作時刻은 8時 45分, 終了  
 時刻은 23時 28分이였으며, 그에 따라 1日適正乾燥  
 時間은 14時間 40分으로 나타났다.

다. 1日 乾燥possible 最少時間이 3時間 未滿일 때를  
 乾燥不可能日로 간주할 경우, 乾燥期間中에 大邱地  
 方에 있어서 乾燥possible日數는 10月上旬은 2日, 中  
 旬과 下旬에 있어서는 各各 1日로 나타났다.

라. 初期 含水率 24, 22, 20, 18%(w.b.)의 벼를  
 常溫의 空氣로 15日間 15%(w.b.)까지 乾燥하는데,  
 必要한 最少通風量은 連續送風方法인 경우, 各各의  
 含水率에 對하여 3.4, 2.7, 2.1, 1.5cmm/m<sup>3</sup>程度  
 로 나타났고, 間斷通風方法인 경우 各各의 含水率  
 에 對하여 6.6, 5.2, 4.2, 3.0cmm/m<sup>3</sup>程度로 나타  
 났다.

마. 가장 不利한 氣象條件으로 算出된 最少通風  
 量에 의거, 初期含水率 24, 22, 20, 18%(w.b.)인  
 벼를 15%(w.b.)까지 乾燥하는 데 必要한 所要乾燥  
 時間은 連續送風方法인 경우 各各 296, 296, 290,  
 280時間이고 間斷送風方法인 경우 157, 157, 154,  
 149時間으로 나타났다.

**참 고 문 헌**

1. Barwick, A.J., Jordan, K.A. and Longhose, A.D. Accuracy in computer evaluation of moist air properties. ASAE Trans. 10(5), pp.579-585, 1967.



2. Brooker, D., Baker-Arkema, F.W. and Hall, C.W. Drying Cereal Grains. A VI publishing Co., 1974.
3. Brooker, D.B. Mathematical of psychrometric chart. ASAE Trans. 11(4), pp. 558—560, 563, 1967.
4. Brooker, D.B., and McQuigg, J.D. Analysis of weather data Pertaining to grain drying. ASAE Trans. 3(2), pp. 116—119, 1960.
5. Chikubu, S. Storage condition and storage method in training in storage and preservation of food grains. APO, Tokyo, Japan, pp. 109—136, 1970.
6. Chung, D.S. and Converse, H.H. Effect of moisture content on some physical properties of grains. ASAE Trans. 14. pp. 612—614, 620, 1971.
7. Chung, D.S. and Pfof, H.B. Adsorption and desorption of water vapor by cereal grains and their products. ASAE Trans. 10(4), pp. 549—557, 1967.
8. Del prado, F.A. and Christansen, C.M. Grain storage studies XII. The fungus flora of stored rice seed. Cereal Chemistry 20, pp. 246—462, 1952.
9. Foster, G.H. Minimum air-flow requirements for drying grain unheated air. Agricultural Engineering, 34. pp. 681—684, 1953.
10. Henderson, S.M. Deep-bed rice drier performance. Agricultural Engineering 36, pp.817—820, 1955.
11. Henderson, S.M. A basic concep tof equilibrium moisture, Agricultural Engineering 33, pp. 29—31, 1952.
12. Johnson, H.K. and Dale, A.C. Heat required to vaporize moisture. Agricultural Eengineering, 35(10), pp. 705—714, 1954.
13. Morrison, S. Drying rice with unheated air. Agricultural Engineering, 35, pp. 735—736, 1954.
14. Pfof, H.B., Maurer, S.G., Chung, D.S. and Foster, G. Fan management systems for natural air dryers. ASAE paper No. 77—3526, 1977.
15. Saul, R.A. and Lind, E.F. Maximum time for safe drying of grain with unheated air. ASAE Trans. 9(1), 29—33, 1958.
16. Schaper, L.A., Issacs, G.W. and A.C. Evaluating heat available for drying in natural air. ASAE Trans 4(1), pp. 140—141, 1961.
17. Schmidt, T.L. and Waite, P.J. Summaries of wet-bulb temperature and wet-bulb depression for grain drier design. ASAE Trans. 5(2), pp. 186—189, 1962.
18. Semeniuk, G., Anderson, T. S. and Alcock, A.W. Microflora in storage of cereal grains and their products. Americal Association of Cereal Chemists, Monograph Series 2, pp. 77—151, 1954.
19. Shovc, G.C. Potential energy use in low-temperature grain conditioning, ASAE Trans. 13 (1), pp.58—68, 1970.
20. Wratten, F.T., Poole, W.D., Cheaness, J.L., Bol, S. and Ramaro, V. Physical and thermal properties of rough rice. ASAE Trans. 12(6), pp. 801—803, 1969.
21. Zachariah, G.L. and Lipper, R.I. Weather data as pertaining to crop drying. ASAE Trans. 9(2), pp. 261—264.
22. 琴東赫, 시물레이션에 依한 벼의 常溫通風 및 太陽熱乾燥에 關한 研究. 서울大學校 大學院 博士學位論文, 1979.
23. 金聲來, 穀物乾燥貯藏法改善을 爲한 農家用 Grain Bin에 關한 研究. 서울大學校大學院 博士學位論文, 1974.
24. 中央觀象台, 氣象年報(1969~1978).