

生もみの流動層乾燥に関する研究

松岡孝尚・木本行雄

(農学部機械工学研究室)

Studies on the Fluidized Bed Drying of Raw Paddy

Takahisa MATSUOKA and Yukio KIMOTO

Laboratory of Mechanical Engineering, Faculty of Agriculture

Abstract

The authors investigated a fluidized bed drying of raw paddy in order to find the characteristics, varying the drying time, the drying temperature, the ventilating rate and the ventilating intervals etc., and the following results were obtained.

1) When the raw paddy was dried by fluidized bed drying, the average drying rate was more than 3%/h, but the rate of cracks was almost 100% at high drying temperature (60°C). Therefore, the drying temperature must be below 40°C, and the rate of cracks was less than 10%.

2) The effect to the rate of cracks was much more considerable to the ventilating temperature than to the ventilating rate.

3) The effect of the tempering to the rate of cracks in the fluidized bed drying is considerable, that is, it is possible to decrease the rate of cracks by pausing the ventilation at regular intervals.

4) The minimum fluidization velocity of raw paddy was about 4 m/s. And the moisture content of raw paddy was not effected to the pressure drop in the fluidized bed.

緒言

近年、小型コンバインなど収穫機械の開発普及にともない、大量の生もみを短時間に乾燥することが要求されている。ここに流動層乾燥は、従来の充填層乾燥にくらべ、穀粒が熱風中に浮遊しながら熱風と混合するので、乾燥時間が短かく均一に乾燥することができる。しかも処理能力が大きく取扱いが容易で、装置の性質上、輸送、分級も簡単にできるなどの利点があり、将来、ライスプラントの一部としての応用も考えられる。しかしながら、乾燥時間が早いので、もみ粒内に急激な水分こう配ができ、胴割など品質の低下をきたすことも考えられる。

したがって、生もみの流動層乾燥特性を知るために、風温、風量、乾燥速度および胴割等の関係について実験を行ない、さらに、生もみの流動化状態についても検討したので報告する。なお、本研究は、昭和44年度文部省科学研究費の補助を受けて行なったものである。

実験方法

1. 実験装置 実験装置の概略図は Fig. 1 に示すとおりである。乾燥用空気は、送風機(風量 13 m³/min, 静圧 700 mmAq)より熱交換器を経て、所定の温度に熱せられ、3" ガス管、スルースバルブ、流量測定用オリフィス、整流器を通して乾燥管内に送り込まれる。乾燥管は内径 73 mm、長さ 100 mm のアクリル樹脂製透明管であり、下部に胴割および含水率測定用のサンプリング孔を設けてある。なお、各部の温度測定は、熱電対よりレコーダーに接続し、記録させた。

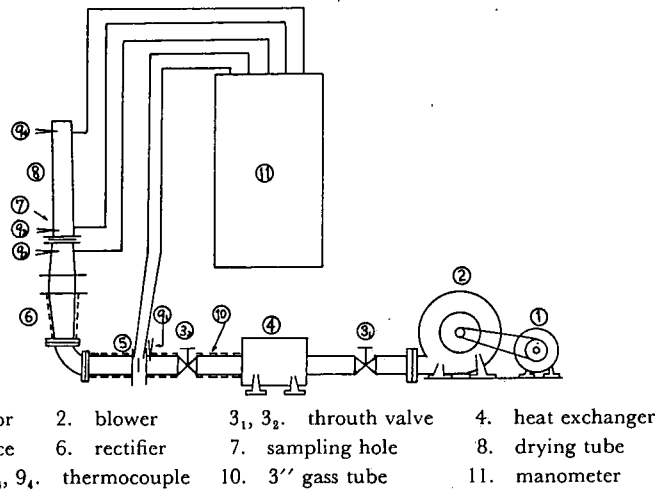


Fig. 1. Schematic diagram of the experimental apparatus.

2. 実験方法 連続流動乾燥, テンパリング乾燥およびもみの流動化の三点について実験を行なった。連続流動乾燥は, 連続的に流動させて乾燥を行なう。試料重量は, 300 g, 400 g, 500 g, 通風温度は 40°C, 50°C, 60°C とし, 通風量を 3.04~4.86 m³/min.kg の範囲で変化させ, それぞれを組み合わせて実験を行なった。そして, それぞれについて含水率が 14%wb 前後になるまで乾燥を行なった。なお, 含水率測定および胴割検定用の試料は, サンプリング孔より10分おきにすばやく抽出して調べた。テンパリング乾燥は, 流動と休止をくり返して乾燥を行なう。流動時間を10分, 休止時間を30分, 60分, 90分とし, それぞれのサイクルについてテンパリング乾燥を行なった。なお, その他の乾燥条件は, 連続流動乾燥と同じくした。以上の乾燥実験におけるもみ含水率測定には, 電気抵抗式水分計を用い, また, 胴割率の検定には, 高知大学農業機械学研究室において試作された胴割検定器を使用し, サンプリング後24時間放置した後, 任意に100粒を取り出し, 胴割米の数を胴割率とした。つぎに, もみの流動化試験を行なった。試料重量は, 300 g, 400 g, 500 g とし, 含水率は, 12.0%wb, 21.2%wb, 23.1%wb とし, 各々の風速における圧力損失を測定するとともに, 流動化状態について調べた。

結果および考察

1. 連続流動乾燥 初期含水率約 19%, 試料重量 500 g のもみを連続流動乾燥した結果の一例を Fig. 2 に示した。乾燥速度は, 通風乾燥と比較にならないほど大きい, 胴割率は乾燥時間とともに急増し, 通風温度 50°C, 60°C においては, ほとんど100%発生した。比較的通風温度の低い場合, 含水率は通風時間とともにステップ状に低下する。これは, 乾燥が進むにつれて, 米粒内の水分拡散が, もみ表面からの水分蒸発にくらべて遅いため, このような状態をくり返すものと思われる。しかし, 通風温度が高い場合には, 含水率は急激に低下し, 米粒内の水分こう配が大きくなり, 胴割率も著しく増大するものと思われる。とくに, 通風温度に着目し, 通風時間をパラメータとして胴割率をみると Fig. 3 のようになる。これによれば, 通風温度が 40°C 程度であれば, 胴割率は軽微であるが, 50°C 以上の通風温度になれば, 乾燥時間の経過とともに, 胴割率は急増する。つぎに, 通風量と胴割率の関係を示せば, Fig. 4-1, Fig. 4-2, Fig. 4-3 のようになる。この結果より, 胴割率に対して, 通風量はほとんど影響をおよぼさないことがわかる。乾燥速度と通風温度, 通風量については, Fig. 5, Fig. 6 のような結果を示した。乾燥速度は, 乾燥終了までの平均乾燥速度であるが, これらは, 通気乾燥にくらべると極端に大きな値を示している。また, Fig. 5,

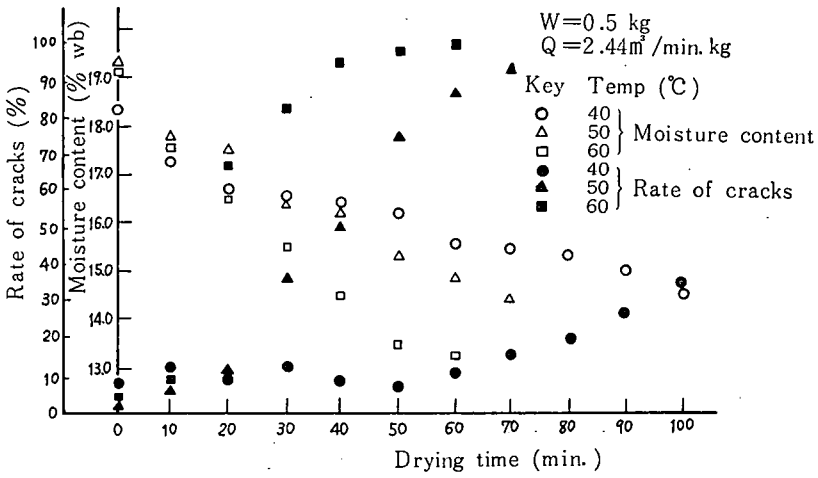


Fig. 2. Drying curve for unhulled rice at different drying temperature in fluidized bed drying. (continuous ventilation)

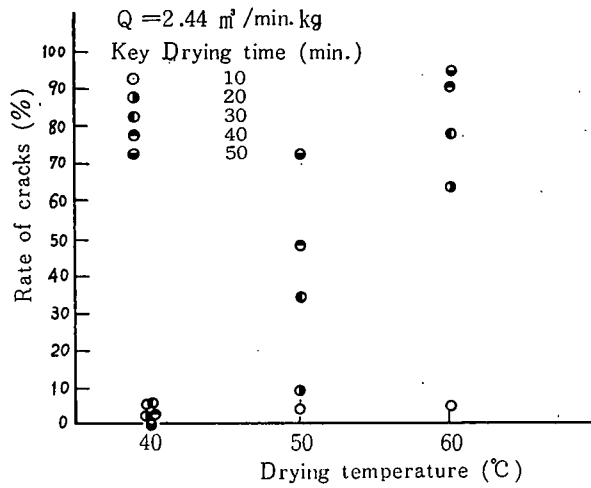


Fig. 3. Relationship between drying temperature and rate of cracks at different drying time.

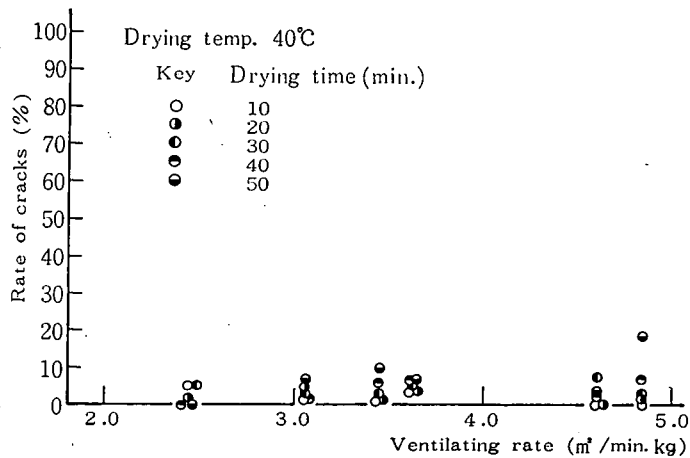


Fig. 4-1.

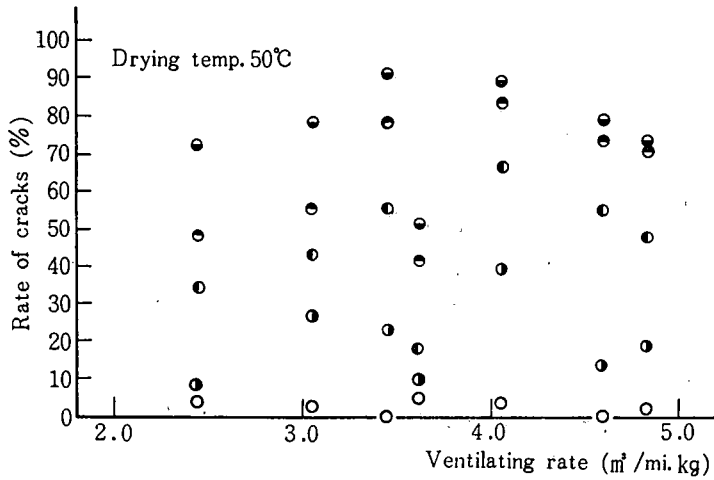


Fig. 4-2.

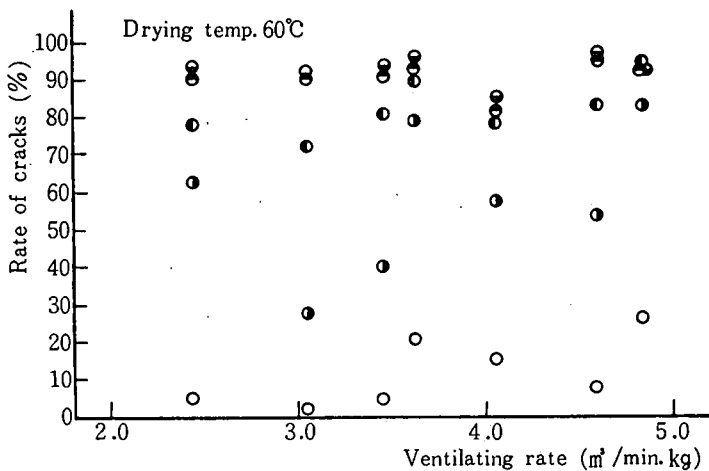


Fig. 4-3. Relationship between ventilating rate and rate of cracks at different drying time. (The case of drying temperature 40°C, 50°C, 60°C are showed)

Fig. 6 は、胴割率と同様に乾燥速度に対しても、通風量より通風温度の影響が大であることを明白に示している。

2. テンパリング乾燥 結果の一例を Fig. 7 に示す。(通風温度 $T=50^{\circ}\text{C}$ の場合) 図に示すように、含水率の減少状態は大きなステップ状をなしている。すなわち、流動休止中において、含水率はほぼ一定に保たれており、もみ粒内において、水分移動が行なわれているものと思われる。したがって、流動休止中の水分移動(テンパリング)によって、もみ粒内の水分こう配がゆるやかになったために、胴割率が減少したものと思われる。

以上のように、流動層乾燥では、乾燥速度が大なるために、胴割に対する考慮が十分に払われなければならない。本実験の結果では、流動層乾燥においてもテンパリングの効果が顕著に現われた。そして、テンパリング時間が長いほど胴割は少なく、なめらかな含水率減少曲線を描く。本実験に使用された生もみは、初期含水率が20%程度と低いために、十分な結果が得られなかったが、乾燥過程において、胴割の発生しやすい含水率の範囲が存在するものと思われる。したがって、流動層

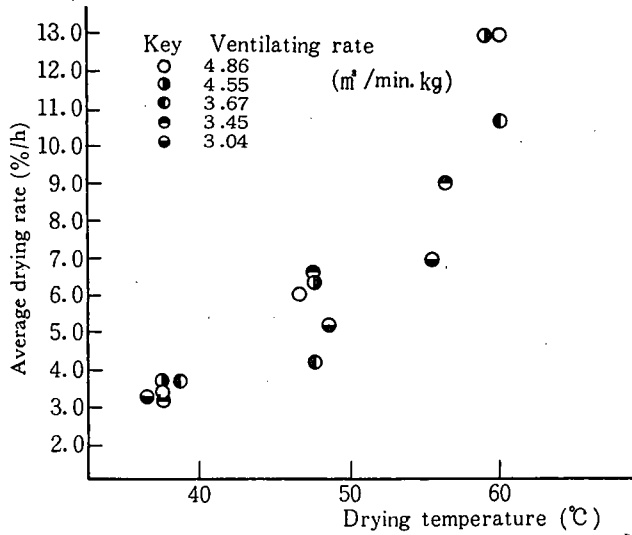


Fig. 5. Relationship between drying temperature and average drying rate at different ventilating rate.

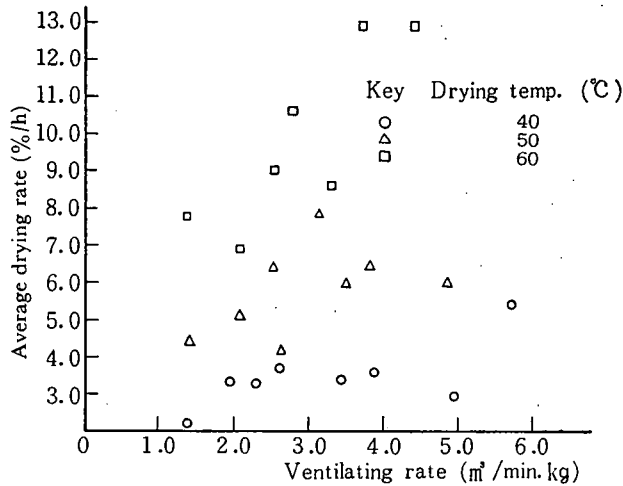


Fig. 6. Relationship between ventilation rate and average drying rate at different drying temperature.

乾燥の特徴を生かすためには、通風温度、通風時間、テンパリング時間などの組み合わせにより、かなり複雑な操作条件を必要とするものと思われる。あるいは、胴割の発生しにくい per-boiled rice などでは、流動層乾燥の効果が期待できるとと思われる。これらが今後の研究課題となろう。

3. 流動化試験 もみの流動化試験を行ない、各々の風速における圧力損失をプロットすれば、Fig. 8 に示すように、風速が増すにつれて、圧力損失は増大し（固定層）、移行層を経て、一定圧力損失を示す流動層へと変化する。流動状態における圧力損失は、近似的に次式で示される。

$$\Delta P = \frac{W}{A}$$

ΔP : 圧力損失 (kg/m²), W : 試料重量 (kg), A : 乾燥管断面積 (m²)

しかし、本実験においては、 ΔP は計算値より幾分低い値を示している (Fig. 8)。また、もみ含水

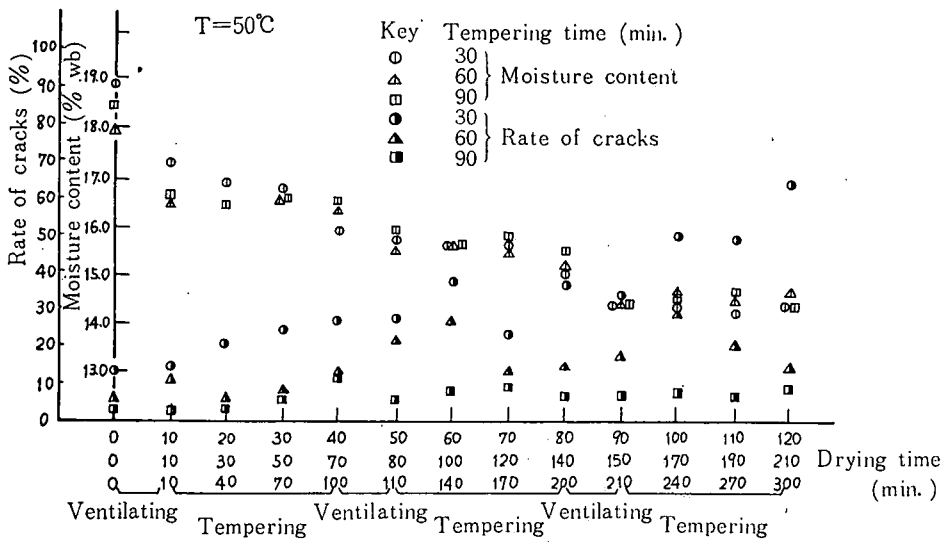


Fig. 7. Drying curve for unhulled rice at different tempering time.

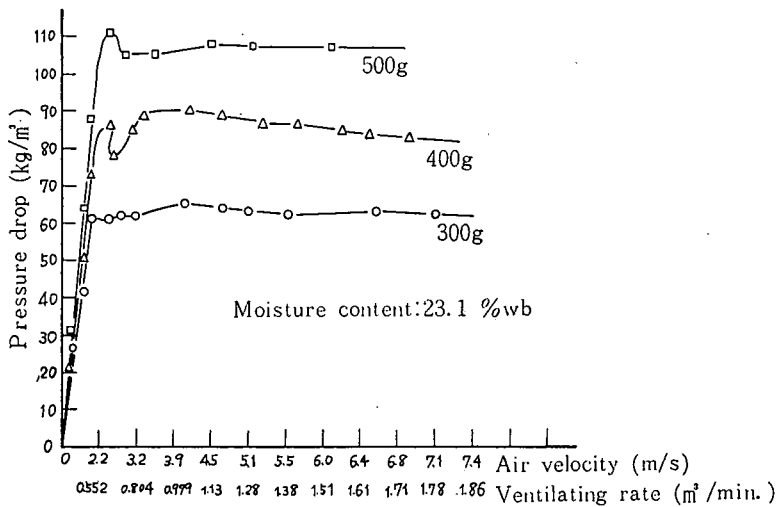


Fig. 8. Relationship between air velocity and pressure drop in fluidized bed.

率の違いによる圧力損失の変化は、ほとんど認められなかった。もみ含水率を高く、試料重量を多くすれば、スラッジングが起り、不安定な流動状態を呈する。

要 約

生もみの流動層乾燥実験を行ない、種々の乾燥条件による乾燥特性を調べ、次の結果を得た。

1. 連続流動乾燥においては、大きな乾燥速度を示したが、胴割率も非常に多く、これを10%以下におさえるためには、通風温度を40°C以下とする必要がある。
2. 胴割に対する影響は、通風温度が著しく大であり、通風量はほとんど影響しない。
3. 流動層乾燥においても、テンパリングを行なうことによって、胴割率を減ずることができる。
4. もみの最低流動化速度は、約4 m/sでありもみ含水率の違いによる圧力損失の違いは認められなかった。

文 献

- 1) 桐栄良三, 乾燥装置 (初版), 日刊工業新聞社, 東京 (1966).
- 2) 白井 陸, 流動層 (3版), 科学技術社, 金沢 (1962).
- 3) 伴 敏三, やさしい人工乾燥のはなし, 機械化農業, 新農林社良 (1967, 1968).

(昭和 46 年 9 月 30 日 受理)

