

# 太陽熱利用による穀物の人工乾燥 (IV)

— 集熱ハウス内地干し攪拌乾燥について —

中川 健治・堀部 和雄・大下 誠一・藤山 堯然

Artificial Drying of Grain with Solar Heated Air (Part IV)

— On the drying of grain piled on the floor and mixed by stirring —

Kenji NAKAGAWA, Kazuo HORIBE, Sei-ichi OSHITA and Gyounen FUJIYAMA

## 目 次

I 緒 言 .....	81
II 実験施設の概要 .....	81
III 実験と実験結果 .....	82
【予備実験の部】 .....	82
A. 生もみの地干し攪拌乾燥 .....	82
〔実験 1〕 .....	82
〔実験 2〕 .....	83
〔実験 3〕 .....	84
〔実験結果の考察〕 .....	84
B. 小麦の地干し攪拌乾燥 .....	87
〔実験〕 .....	87
〔実験結果の考察〕 .....	88
C. 予備実験のまとめ .....	89
【実用規模実験の部】 .....	89
A. 攪拌機の作業特性 .....	90
B. 生もみの連続地干し攪拌乾燥 .....	91
〔実験〕 .....	91
〔実験結果と考察〕 .....	91
IV 論 議 .....	93
V 摘 要 .....	93
謝 辞 .....	94
参考文献 .....	94
Summary .....	94

燥ハウスの中で地干ししながら攪拌機で攪拌して乾燥する方式が先行して昭和55年以来一部で実施されてきている。それで、この乾燥方式において穀物の堆積厚さ、攪拌頻度、送風の有無などの作業条件と、穀物の乾燥速度や乾燥仕上り量、品質などの相互関係を明らかにし、その上でこれが乾燥施設の効率的な利用方法を考えたり、また作業上の問題点を見出してその解決策を考えることも必要である。筆者らは昭和59年から61年にかけて本乾燥方式に関する乾燥実験を実施したが、その結果作業条件と作業性能の関係および本乾燥法での乾燥可能量がほぼ把握できたと思うので、ここにその概要を報告してご批判を仰ぐ次第である。

## II. 実験施設の概要

実験用施設としては、すでに民間で使われている地干し攪拌方式の乾燥施設とほぼ同じ構造のものを用いることとし、写真4-1に示すような建物を昭和59年度に本



写真4-1 カマボコ型乾燥ハウスの外観

Photo 4-1 An exterior view of the experimental drying house of the semi-circular type

## I. 緒 言

民間における太陽熱利用による穀物の人工乾燥は、乾

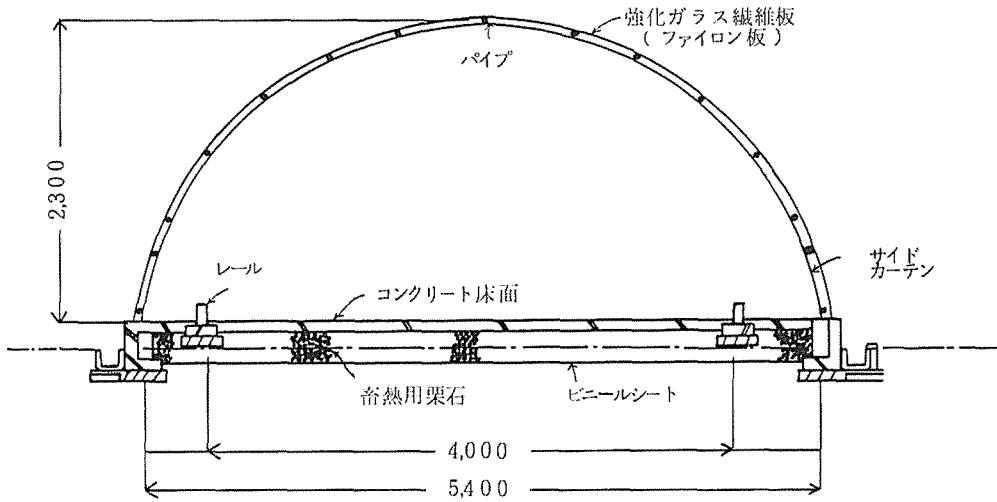


図4-1 カマボコ型乾燥ハウスの断面図

Fig. 4-1 A cross-sectional view of the experimental drying house of the semi-circular type

学附属農場のトラクタ総合試験室敷地内に建てた。この建物の平面積は $108\text{m}^2 (=5.4\text{m} \times 20\text{m})$ でカマボコ型をなし、鉄パイプ製骨組の表面は強化ガラス繊維板（商品名ファイロン板）張りとした。このハウスの長手方向下側両サイドには幅50cmの巻上げ可能なビニール製カーテンを取りつけ、換気が必要なときは自在に開閉できる仕組みとした。また、床面は日中太陽熱の蓄熱が可能なように碎石を敷きつめ、かつその下には地下水水分の上昇を遮断するため厚手のビニールシートを敷き表面をコンクリート張りとした。（図4-1）更に、長手方向両サイドに高さ16.5cmのコンクリート製レールをつくり、その上に攪拌機を取りつけることにした。なお、天井部には羽根径80cm（400W電動機駆動）の送風機2基を取りつけ、日中ハウス内上方の高温低湿の空気を床面上の乾燥物に送風できるようにした。

### III. 実験と実験結果

#### 【予備実験の部】

#### A. 生もみの地干し攪拌乾燥<sup>1)</sup>

最初に生もみの堆積厚さ、攪拌頻度、送風の有無などの作業条件の相異が、乾燥速度やもみの品質に及ぼす影響を調べるため、昭和59年秋に次のような実験を行なった。

#### 【実験1】

ハウスのコンクリート面上に幅1m、長さ17mで1m毎に区切りをつけたもみ投入区画を3列用意した。各小区画へのもみ堆積厚さはそれぞれ1、2.5、5、10cmの4段階とし、一部に網袋入り（20ℓと40ℓ入）を加えて写真4-2のように配置した。各列ごとに攪拌時間間隔を設定したが、A列は1時間、B列は2時間、C列は4時間（半日1回）間隔とし、攪拌はハンドレーキを用いて毎回入念に行なった。ここで網袋入りを加えた理由は、投入搬出の労力を節約するためコンバインでの収穫時網

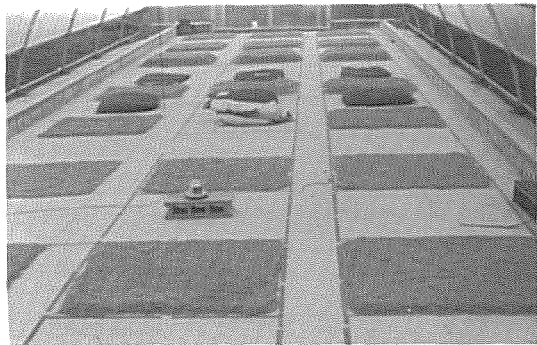


写真4-2 ハウス内実験区の配列図

Photo 4-2 Layout drawing of experimental sections on the floor of drying house

袋に入れたもみをそのまま天日乾燥する方法が一部で行なわれているので、それとこの地干し攪拌方式との間で乾燥速度を比較するためであった。そしてこの網袋入りも各列の時間間隔に合せて袋入りのまま反転し攪拌した。

乾燥作業中は出入口の扉は閉じたが、サイドカーテンは原則としてハウス内温度が40℃以上のときおよびハウス内空気の相対湿度がハウス外より大きい値を示したときは半開きにし、夜間や雨天の日は全閉とするようにした。

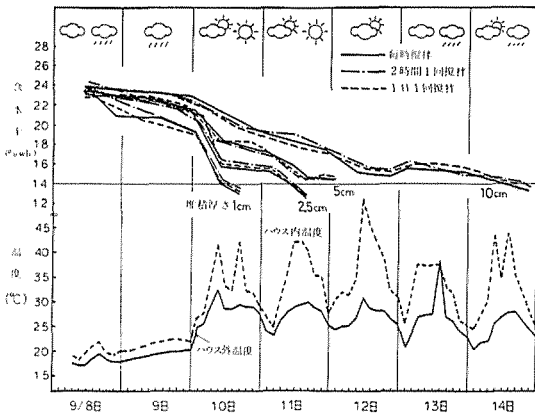


図4-2 もみの地干し攪拌乾燥におけるもみ含水率、ハウス内外空気温度の経時変化(天候不順時)  
Fig. 4-2 Hourly changes of the grain moisture content and the inside and outside air temperatures during the grain drying on the floor of drying house (in a bad weather)

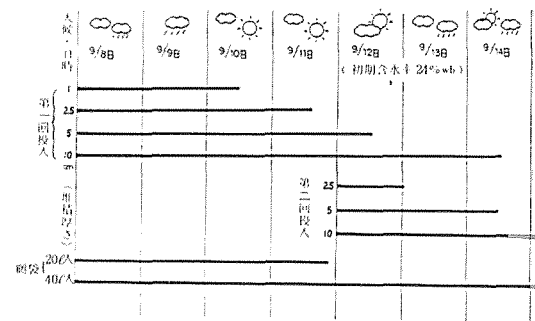


図4-3 もみの地干し攪拌乾燥における堆積厚さ、乾燥方式と乾燥所要日数  
Fig. 4-3 Relationships among the thickness of grain piled over the floor, drying method and the number of days required for drying when the grain is dried by being piled on the floor of drying house

図4-2は第1回目の実験(9/8日~9/14日)における天候、ハウス内外温度、日射量、もみ含水率減少などの経時変化を示したものである。また、図4-3は第2回目の実験(9/12日~9/14日)も含めて堆積厚さ別の乾燥所要日数を棒グラフであらわしている。1・2回目とも途中に雨天の日があったなかでの乾燥となったが、特に1回目は天候不順時の乾燥結果となった。

〔実験2〕

実験1の作業条件に加えて送風の影響についても調べられるよう風の強くあたる所(風速3~4 m/sec)と、あたらない所(風速1 m/sec)に1ブロックずつ実験区をもうけ、9/26日から10/2日にかけて乾燥実験を実施した。図4-4はそのとき得られた測定結果を示しているが、このときは好天に恵まれたので晴天時の乾燥結果となった。また、図4-5は各種の作業条件と乾燥所要日数の関係をあらわしている。

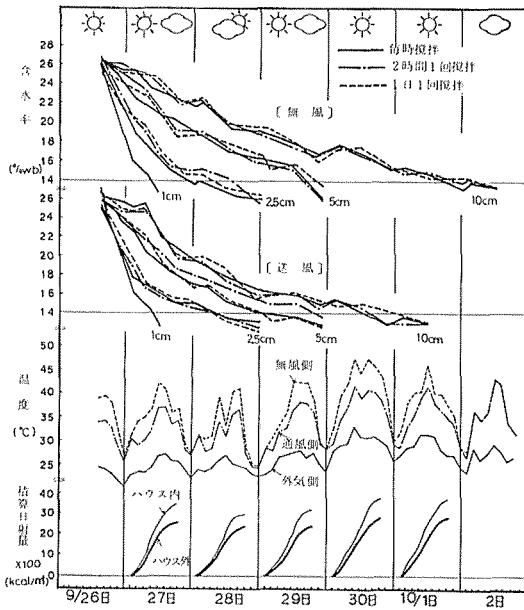


図4-4 もみ乾燥中における含水率、ハウス内外の空気温度、積算日射量の経時変化(9/26日~10/20日)

Fig. 4-4 Hourly changes of moisture content of rough rice, inside and outside air temperatures and cumulative solar radiation during the grain drying on the floor of drying house

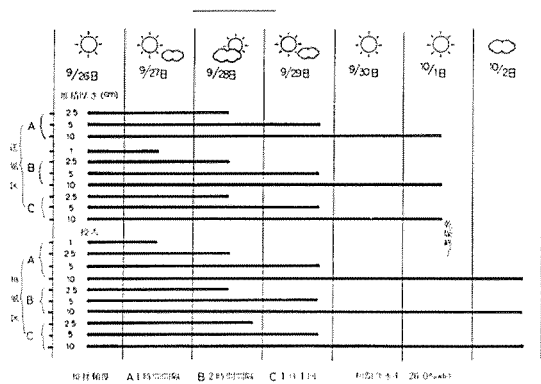


図4-5 もみ地干し攪拌乾燥時における堆積厚さ、攪拌頻度、送風の有無と乾燥所要日数の関係

Fig. 4-5 Relationships among the thickness of piled grain, the frequency of stirring, the air blast and the number of days required for drying when rough rice is dried by being piled on the floor

〔実験3〕

おもに乾燥ハウス単位面積当りの仕上げ乾燥可能量 (kg/m<sup>2</sup>日) を調べるために写真4-3のようにハウス内コンクリートのほぼ全面にもみを堆積して乾燥作業を実施した。1回目の実験(9/17日~9/23日)では堆積厚さは2cmと4cm、攪拌頻度は1時間、2時間、半日、1日1回の4通りとした。2回目の実験(9/21日~9/24日)では堆積厚さは2cmと4cmで同じだが送風区と無風区に分け、攪拌はすべて1日2回(10時と14時)とした。



写真4-3 ハウス内フロア全面地干し乾燥

Photo 4-3 Grain drying using the whole floor area of the drying house

図4-6, 7はそのときの測定結果を示しているが1回目は天候不順時、2回目は好天時の乾燥となった。

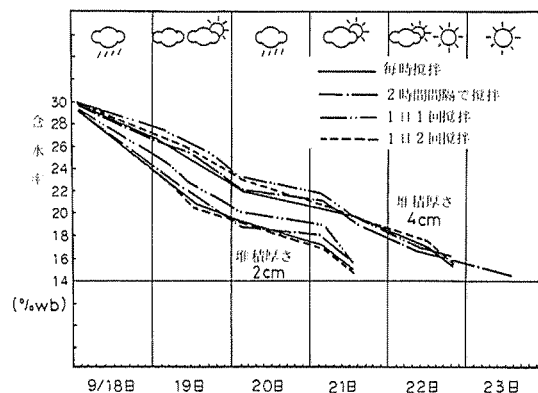


図4-6 ハウス内全面地干し攪拌乾燥時の含水率減少量の経時変化(天候不順時)

Fig. 4-6 Hourly changes of the amount of reduction of moisture content of rough rice piled on the whole floor of drying house and stirred (in a bad weather)

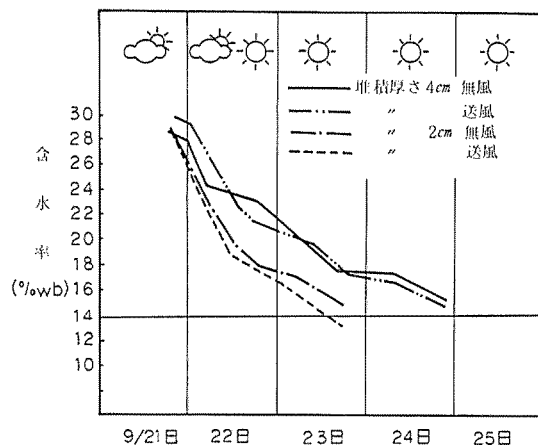


図4-7 ハウス内全面地干し攪拌乾燥時の含水率の経時変化(晴天時)

Fig. 4-7 Hourly changes of the moisture content of rough rice piled on the whole floor of drying house and stirred (in a fine weather)

〔実験結果の考察〕

以上の実験結果からおもに人為的に変えられる堆積厚さ、攪拌頻度、送風の有無といった作業条件ともみの乾燥速度、品質、乾燥仕上り量などの相互関係を取り上

げて調べてみる。

1. もみ堆積厚さと乾燥速度の関係

図4-8は59年度のもみ地干し乾燥実験における堆積厚さH (cm)と1日当りの除去含水率Rw (%wb/日)の関係を示したものであり、上側の曲線は晴天時、下側の曲線は天候不順時の実験結果を示している。晴天時における両者の関係を数式で示すと

$$Rw = 11.90H^{-0.71}$$

となり、堆積厚さが増すと乾燥速度は双曲線状に減少するが、その割合は晴天日において顕著であることを示している。今回の実験でも晴天時、堆積厚さ2cm以下では急速乾燥による胴割れ発生が多くみられたので、これ以下の堆積厚さは避けなければならない。

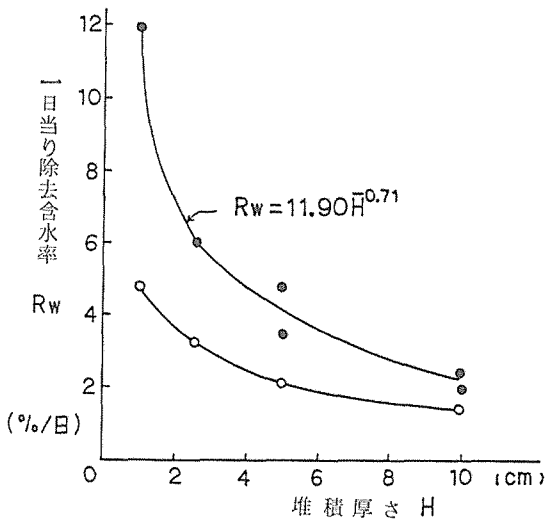


図4-8 堆積厚さと1日当たり含水率減少量の関係 (昭和59年度もみ)

Fig. 4-8 Relationship between the thickness of piled grain and the amount of reduction of moisture content of grain per day

2. 堆積厚さと乾燥所要日数の関係

図4-9は堆積厚さと乾燥所要日数の関係をあらわしている。全面地干しと部分地干し、天候、送風の有無などによって差はあるものゝ、堆積厚さの増加につれて乾燥所要日数は増加している。しかし、その増加割合は厚くなるにつれて漸減する傾向がみられる。

3. 送風の有無と乾燥速度の関係

送風区と無風区をもうけて乾燥した9/26日~10/2

日と9/21日~9/24日の実験値を堆積厚さと乾燥所要日数の関係図上にプロットすると図4-10のようになる。これを見ると堆積厚さが大で乾燥日数の多いとき、送風の効果がはっきりとよみとれる。例えば、10mの堆積厚さで比較すると無風区は6日間を要したのに送風区は4.5日で乾燥しており、乾燥日数を1/4短縮しているが、堆積厚さは2.5cm以下では、送風区と無風区の間乾燥速度の差はほとんどみられない。

4. 攪拌頻度が乾燥速度や品質に及ぼす影響

本実験では無攪拌区はもうけなかったため攪拌の有無と乾燥速度、品質の関係は不明であるが、これは実験するまでもなく特に堆積厚さが大でしかも初期含水率が高い時に全然攪拌しなかったら下層部は乾燥しないばかりか、むしろ品質を低下するであろうことが予想できたからである。しかし、ここで試みた攪拌頻度の範囲ではそのちがいによる乾燥速度の差はいずれの場合においてもみられなかった。

5. 堆積厚さと乾燥仕上り量の関係

図4-11は堆積厚さを2cm、4cmとして全面地干ししたとき、および部分地干ししたときの測定値を全面地干しに換算したときのハウス単位面積1日当りの乾燥仕上り量をあらわしている。堆積厚さがうすいと速く乾燥するけれどもその量は少ない。逆に厚くすると乾燥所要日数は多くなるが乾燥穀物量も多くなり、しかも所要日数は堆積厚さと同じ割合で増加しないので結局は厚く干したほうがもみの場合はハウス単位面積当りの乾燥仕上り量は多くなるという結果になっている。

ここで人為的には変えられない天候や作物条件(ここでは初期含水率など)と乾燥所要日数の関係を本実験についてみると次のようである。

6. 乾燥所要日数への天候の影響

太陽熱乾燥では穀物水分を蒸発させる熱源は日射エネルギーであるので、これが最も大きな影響を与えることはこれの無い夜間と日中の乾燥速度を比べてみるだけでも直ちに判ることであって、これが決定的な影響を与えていることは言うまでもない。しかし、日中は天候不順時といえども日射量はゼロではないので、湿度100%の雨天ではない限り多かれ少なかれ乾燥はすすむ。曇天時でも晴天時の50%近い乾燥速度が得られることも実測されているので<sup>2)</sup>、その影響が過小評価されがちであるが、やはり一番大きな影響力をもつ要因であることに変わりはない。

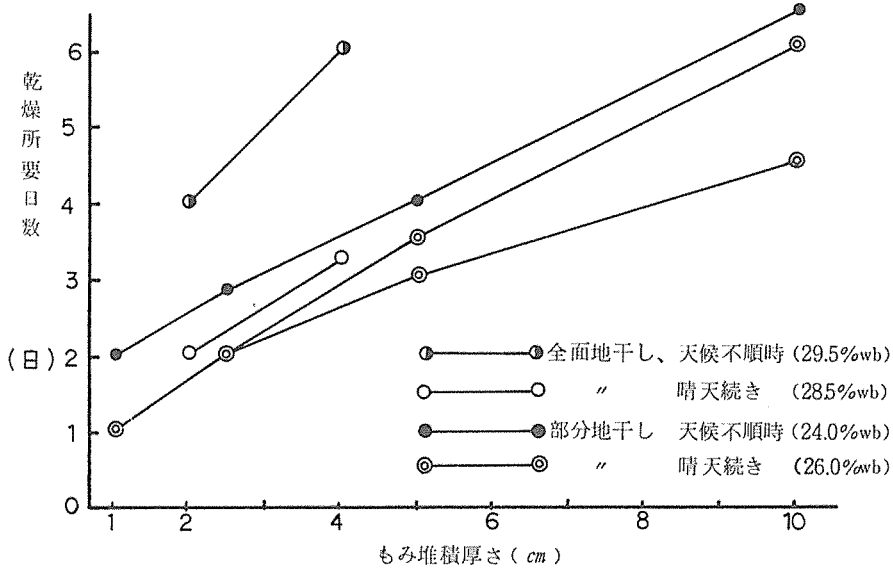


図4-9 もみ堆積厚さと乾燥所要日数の関係

Fig. 4-9 Relationship between the thickness of piled grain and the number of days required for drying

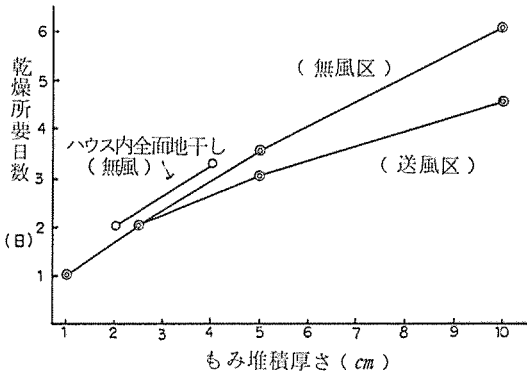


図4-10 送風の有無と乾燥日数の関係

Fig. 4-10 Relationship between the presence of air blast and the number of days required for drying grain

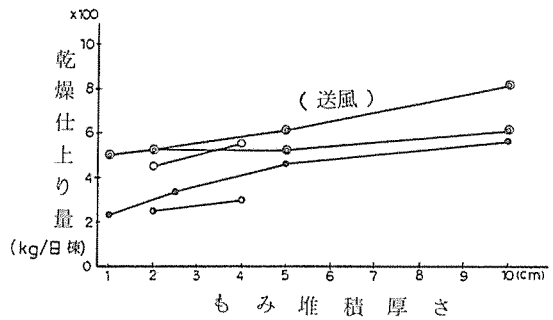


図4-11 もみ堆積厚さと乾燥仕上がり量の関係

Fig. 4-11 Relationship between the thickness of piled grain and the amount of grain dried

図4-12は天候不順時の場合、乾燥所要日数の内容を晴天日と雨天日に分けて表わしたものであるが、これを見ると雨天日が約1/3もあったが、乾燥所要日数は図4-9に示した晴天続きに比べて同じ作業条件の場合堆積厚さ10cmでも1日多いただけとなっている。これは雨天日でも終日降雨がない限り乾燥が進むためと考えられる。

7. 初期含水率と乾燥所要日数の関係

今回の実験に用いたもみの初期含水率には19%wbか

ら30%wbと大きな差があったので、これをパラメータとして乾燥所要日数をあらわすと図4-13のようになり、当然のことながら初期含水率の低いときほど少日数で乾燥が終了している。

したがって、収穫適期になったら晴天続きで初期含水率の低いとき収穫するのが乾燥の負担を軽くする上にも有利であることがわかる。

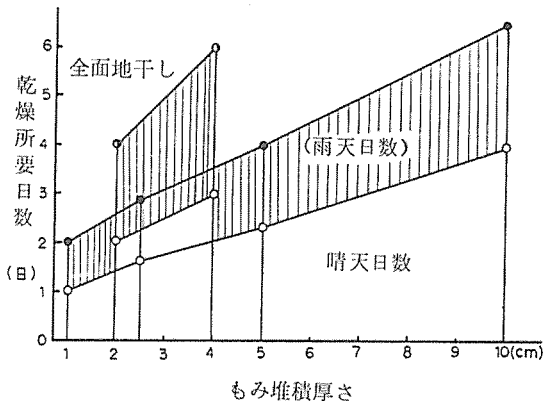


図4-12 天候不順時の乾燥所要日数の詳細

Fig. 4-12 Details of the number of days required for drying grain in a bad weather

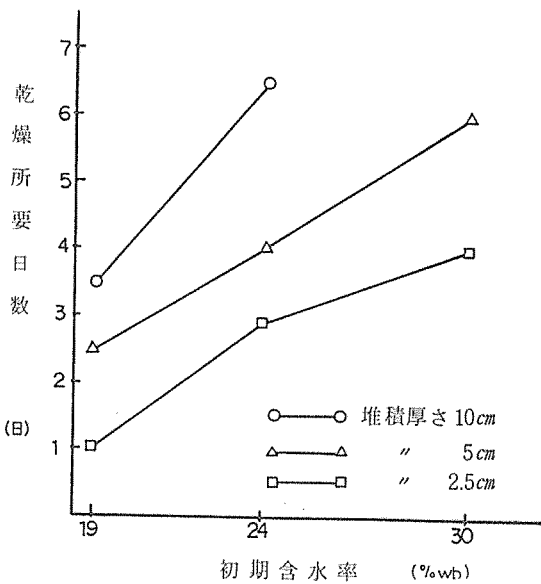


図4-13 もみ初期含水率と乾燥所要日数の関係

Fig. 4-13 Relationship between the initial moisture content of rough rice and the number of days required for drying

B 小麦の地干し攪拌乾燥<sup>3)</sup>

昭和60年の6月に小麦の地干し攪拌乾燥における乾燥作業条件と乾燥速度や品質などとの関係調べるための実験をもみの場合に準じて実施した。

〔実験〕

乾燥作業条件として堆積厚さは1, 2.5, 5 cmの3段

階、攪拌頻度は2時間, 4時間(半日1回)間隔, 1日1回の3通りとし、送風区と無風区を設定した。実験は6/6日~6/10日と6/10日~6/17日の2回実施したが、1回目は比較的気候のよい場合の結果を、2回目は天候不順時の結果を得ることになった。

図4-14はそのとき得られた含水率減少曲線を示している。また、図4-15は晴天時の各種作業条件と乾燥所要日数の関係を、図4-16は天候不順時の各種作業条件と乾燥所要日数を棒グラフで示している。

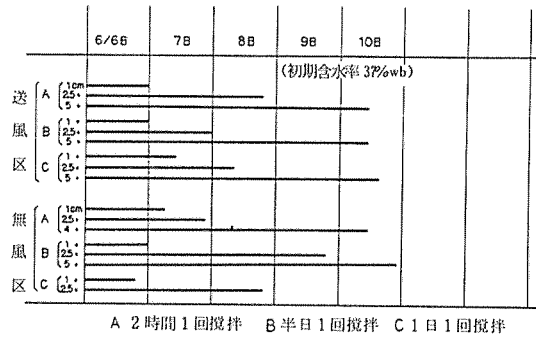


図4-15 晴天時の地干し乾燥条件と乾燥所要日数の関係 (昭和60年度小麦)

Fig. 4-15 Relationship between the drying conditions and the number of days required for drying piled on the floor in a fine weather (wheat, 1985)

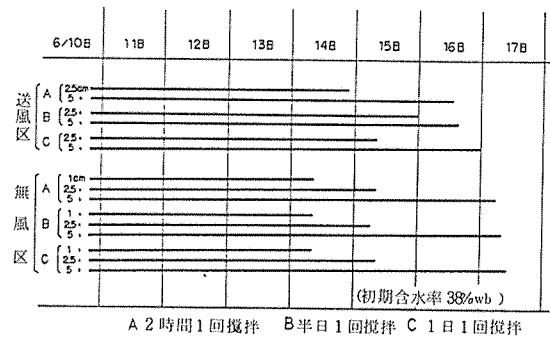


図4-16 天候不順時の地干し乾燥条件と乾燥所要日数の関係

Fig. 4-16 Relationship between the drying conditions and the number of days required for drying grain on the floor in a bad weather (wheat, 1985)

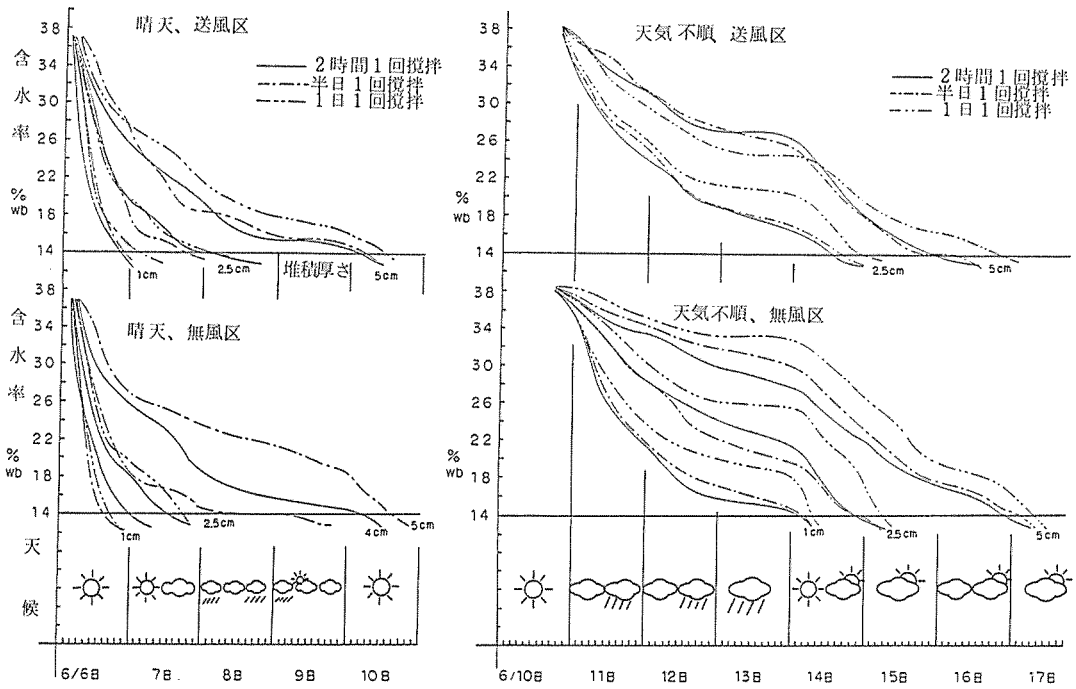


図4-14 小麦の地干し乾燥時における含水率減少曲線

Fig. 4-14 Curve showing the reduction of the moisture content of wheat piled on the floor and dried

【実験結果の考察】

1. 堆積厚さと乾燥速度の関係

図4-17は本実験における堆積厚さH (cm)と1日当り除去含水率Rw (%/日)の関係を示しており、上側の曲線は晴天時の、下側の曲線は天候不順時で、いずれも半日1回攪拌をした場合の実験値を示している。晴天時における両者の関係を数式で示すと

$$Rw = 22.35H^{-0.92}$$

となり、もみの場合と同様、堆積厚さが増すと乾燥速度は双曲線的に減少するが、その割合は好天日ほど顕著であることをこの曲線は示している。

2. 堆積厚さと乾燥所要日数の関係

図4-18は堆積厚さと乾燥所要日数の関係を示しているが、これを見ると天候の良否にかかわらず、やはり堆積厚さが厚いときに所要日数は多くなっている。しかし、厚さを5倍にしても所要日数は丁度5倍にはならずそれよりも若干下まわっているのはもみの場合とよく似ている。

3. 堆積厚さと乾燥仕上り量の関係

図4-19は堆積厚さとハウス単位面積の乾燥仕上り量

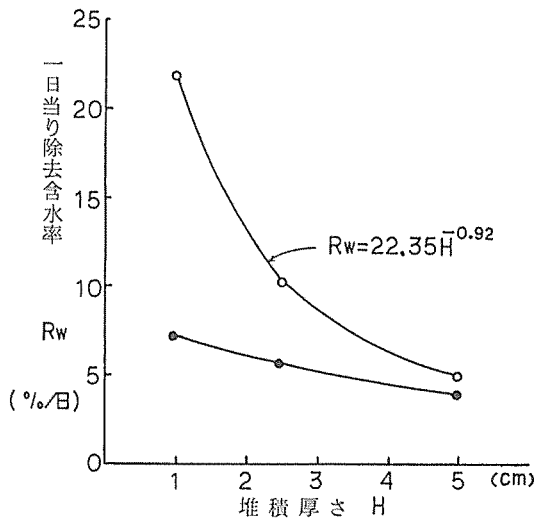


図4-17 堆積厚さと1日当たりの含水率減少量の関係 (昭和60年度小麦)

Fig. 4-17 Relationship between the thickness of piled grain and the amount of reduction of moisture content of grain per day (wheat, 1985)



(kg/m<sup>2</sup>・day) の関係を示している。これを見ると堆積厚さの厚いほうがうすい場合に比べて若干乾燥仕上り量は多くなっている。これは前項の関係から生じる当然の帰結であり、もみの乾燥でもみられたことである。

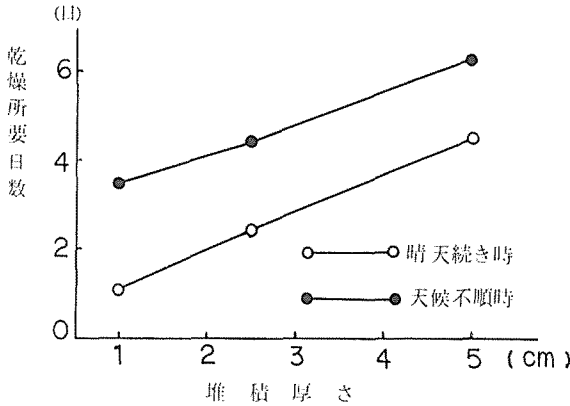


図4-18 堆積厚さと乾燥所要日数の関係 (昭和60年度小麦)

Fig. 4-18 Relationship between the thickness of piled grain and the number of days required for drying (wheat, 1985)

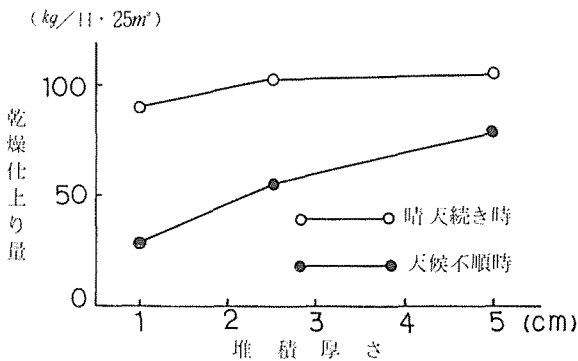


図4-19 堆積厚さと乾燥仕上り量の関係 (昭和60年度小麦)

Fig. 4-19 Relationship between the thickness of piled grain and the amount of grain dried (wheat, 1985)

4. 攪拌頻度の乾燥速度および品質への影響

攪拌頻度をかえても乾燥速度はあまり変わらないところはもみの場合と同じである。しかし、これの影響を仔細に観察すると堆積厚さはうすいときや晴天時にはその影響はきわめて少ないが、天候不順時や堆積厚さが大なとき若干速く乾燥する傾向がみられる。この攪拌の有無・

頻度の影響は品質に対してあらわれる。今回は初期含水率の高い小麦を使用したので、攪拌頻度1日1回では下層部で赤かびの発生が極く少量みられたが、それ以外の頻度の所では少しもみられなかった。

5. 送風の乾燥速度への影響

今回の実験では送風の乾燥速度への影響はもみの実験でみられたほどはっきりした効果はあらわれなかったが、天候不順時で乾燥日数が多いとき送風区と無風区の間で明らかな差がみられた。しかし、晴天時や堆積厚さのうすいときはその影響はあまりみられなかった。

C. 予備実験のまとめ

穀物の地干し攪拌乾燥において、穀物の品質を低下させず短日間にできるだけ多量の穀物を乾燥するためにはどのような作業条件とすべきかを知るための実験をもみと小麦について実施した。得られた結果を要約すると次のようになる。

- 1) 地干しにおける乾燥所要日数は堆積厚さの増加につれて多くなるが、その増加割合は本実験の範囲 (厚さ12 cmまで) では厚さが増すにつれて漸減する傾向がみられた。したがって、フロア単位面積当りの乾燥仕上り量 (kg/m<sup>2</sup>・日) もうすく干した場合に比べ厚く干したときのほうが多く乾燥できる結果となった。
- 2) ハウスのフロアの一部を使って乾燥したときと、ほぼ全面を使って乾燥したときの乾燥速度には余り大きな差はない。したがってハウス1棟当りの乾燥仕上り量を増大させるには常に全面を有効に利用することが重要である。
- 3) 攪拌頻度を高めても乾燥速度はあまり増加しないが、攪拌は均一な乾燥と品質低下の防止上必要である。
- 4) 送風は堆積厚さが2 cm以下のうすいときは効果は少ないが、厚い層で天候不順なときは乾燥を促進させ乾燥所要日数を短縮するうえに効果がある。
- 5) もみと小麦の間には乾燥特性に大きな差はみられない。ただ小麦はもみのように急速乾燥に伴う胴割れ現象はあらわれないので取扱いは容易である。

【実用規模実験の部】

もみと小麦について地干し攪拌乾燥の予備実験を実施したところ堆積厚さや攪拌頻度、送風の有無といった作業条件と乾燥速度、乾燥仕上り量の関係がほぼ把握できたので、次に攪拌機を使って本格的に実用規模での連続

地干し攪拌乾燥実験を実施することにした。この実験に先立って攪拌機の作業特性を把握しておくことが必要なので、これを導入した昭和60年秋にこれの穀物搬送特性を調べてみた。

A. 攪拌機の作業特性

写真4-4に示す供試攪拌機の攪拌爪回転速度は100rpmとほぼ一定であるが、走行速度は5cm/secから16cm/secと可変である。それで走行速度を変えたとき穀物の移動状態がどのように変化するかを堆積厚さとの関連において調べてみた。

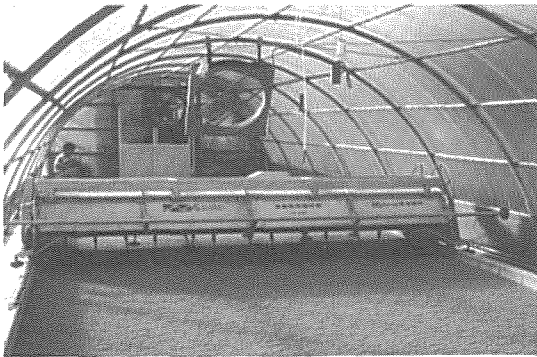


写真4-4 攪拌機  
Photo 4-4 Stirrer

実験には半乾燥もみを使い、堆積厚さが6cmと12cmで攪拌機の走行速度が5cm/secと16cm/secの場合について一方方向に攪拌した場合、穀物の移動距離(cm/回)を測定した。その結果を図示すると図4-20, 21のようになる。これを見ると攪拌機1回の通過によってもみはその進行方向とは逆方向に20cm~30cm移動するが、その通過1回当りの移動距離は堆積厚さが大きいとき大きな値を示す。しかし、攪拌機の走行速度が大になると攪拌機通過1回当りの穀物移動距離は減少する。そしてその減少割合は堆積厚さの大きなときに大きな値を示すことが図4-22より読みとれる。また、進行方向に対して直角方向や局所的な凹凸は何回かの攪拌を繰り返しているうちに次第に平均化されていくことも観察された。

次に攪拌機を往復とも攪拌させると穀物分布の両端では分布が広がって多少堆積厚さがうすくなるが大部分はその場で移動を繰り返すだけにとどまることが認められた。更に穀物の上層と下層の攪拌混合状態については、穀物層の表層粒子に塗料をスプレー塗布し、その着色粒が攪

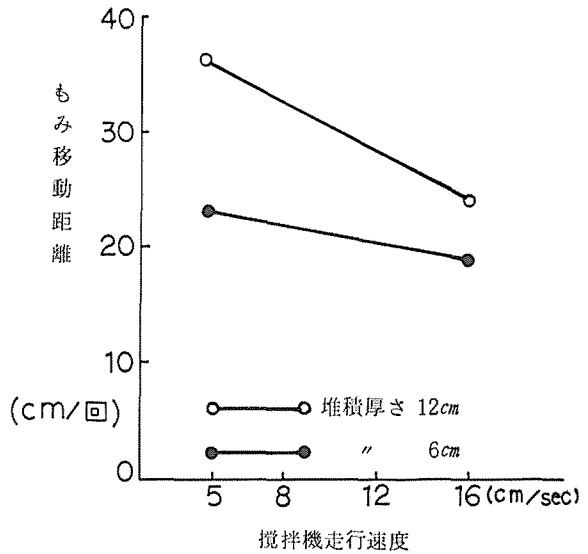


図4-20 攪拌機走行速度ともみ移動距離の関係  
Fig. 4-20 Relationship between the running speed of stirrer and the distance of rough rice movement

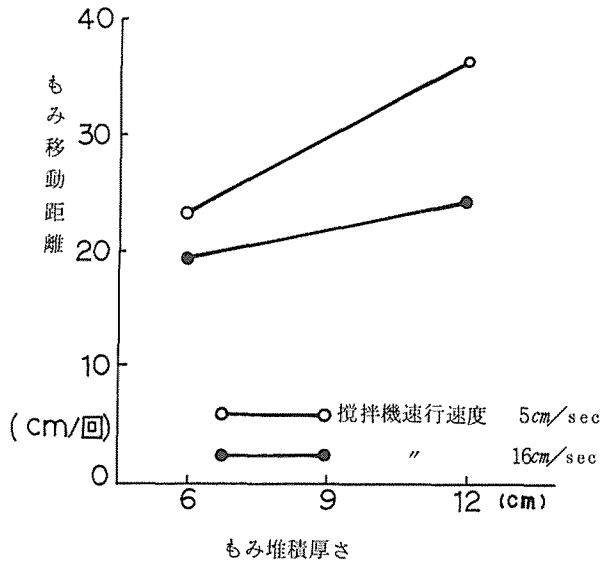


図4-21 もみ堆積厚さともみ移動距離の関係  
Fig. 4-21 Relationship between the thickness of piled grain and the distance of rough rice movement

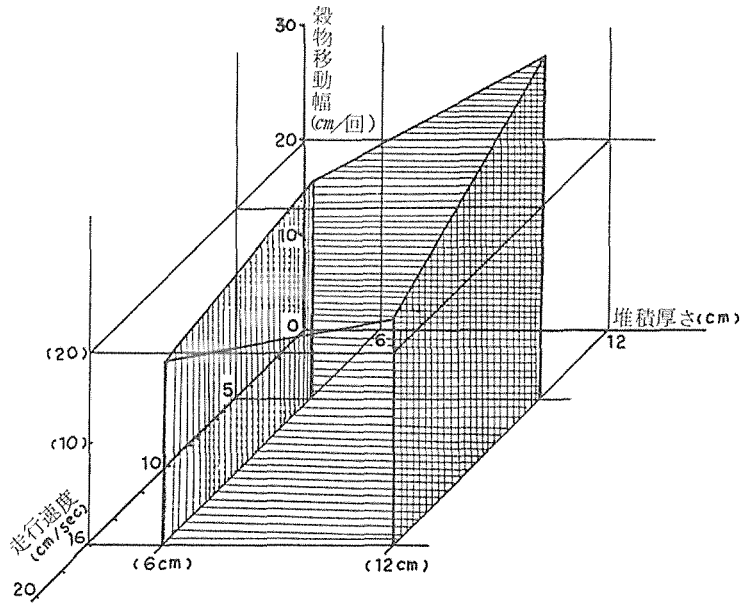


図4-22 攪拌機走行速度、穀物堆積厚さと穀物移動距離の相互関係

Fig. 4-22 Mutual relation among the running speed of the stirrer, the thickness of piled grain and the distance of grain movement

拌機による攪拌回数の増加につれて穀物層内にかやうに分布していくかを調べることによって混合状態を知ることができる。ここでは表層部に残留する着色粒の割合を測定して混合状態の判定資料としたが図4-23はその1例である。これを見ると1回の攪拌で着色粒は8割近く表層から姿を消してほぼ全層に拡散しその後は攪拌を繰返しても表層分布は減少し続けるものゝその減少割合は小さいことがよみとれる。

B. 生もみの連続地干し攪拌乾燥<sup>1)</sup>

〔実験〕

実験用ハウス内の長手方向両サイドにあるレールの間(4 m)とハウス両端の出入口部分を除く面積72 m<sup>2</sup>にわたり穀物を堆積し、攪拌機を1時間間隔に往復ともに攪拌作用をさせて乾燥した。今回の乾燥中は原則として送風機は用いず、サイドカーテンの開閉も予備実験のときと同じ方式で実施した。

実験は昭和61年秋に行なったが、生もみ入手の都合で9月19日より10月13日までの間に4回繰返して実施した。その間における実質乾燥日数は12日間であった。

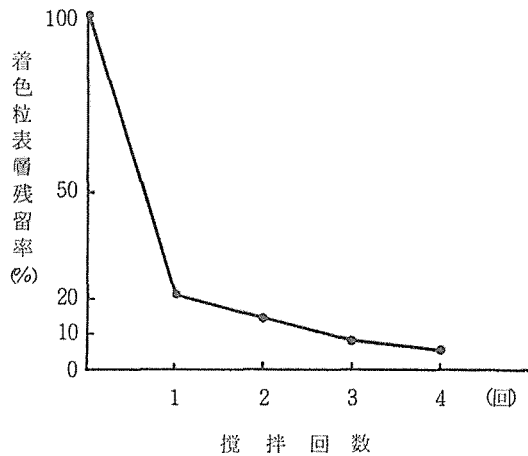


図4-23 攪拌回数と着色粒表層残留率の関係

Fig. 4-23 Relationship between the frequency of stirring and the residual ratio of colored grains initially placed at the upper surface of grain layer

〔実験結果と考察〕

図4-24は実験時の天候、もみ含水率、ハウス内外温

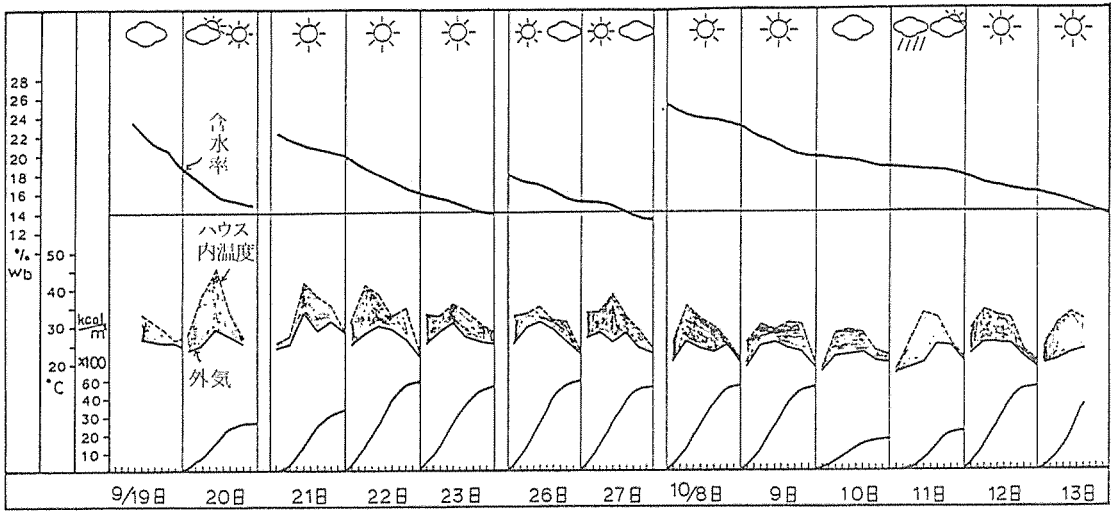


図4-24 もみ地干し攪拌乾燥時のもみ含水率, ハウス内外空気温度, 積算日射量の経時変化 (昭和61年)  
 Fig. 4-24 Hourly changes of the moisture content of rough rice, the inside and outside air temperatures and the cumulative solar radiation during the drying grain piled on the floor of the drying house (1986)

表4-1 実験測定値 (昭和61年9月・10月, もみ)  
 Table 4-1 Measured values obtained from drying experiments of rough rice conducted in Sep. and Oct. 1986

実験番号 月 日	投入量 (Kg)	投入面積 (m <sup>2</sup> )	堆積厚さ (cm)	初期含水率 (%wb)	終期含水率 (%wb)	実質乾燥 日数 (日)	乾減率 (%/日)	水分蒸発量 (Kg)
1 9/19~20日	890.5	72	2.1	23.6	15.2	2	4.20	87.9
2 9/21~24日	2,993.0	72	7.0	22.5	14.0	3	2.80	283.7
3 9/26~29日	3,411.1	72	8.0	18.2	13.1	2	2.55	186.6
4 10/8~13日	2,982.5	72	7.0	25.6	14.0	5	2.32	400.7
合 計	10,277.1					12		958.9
平 均	2,569.3	72	6.0	22.5	14.1	3	2.97	239.7

1日当たり  $10,277.1 \div 12 = 856.43 \approx 856$  (Kg/日)

度、積算日射量などの経時変化を示している。

また、表4-1はそのときの生もみ投入量、堆積厚さ、初期含水率、乾減率などの一覧表である。

ここで実質乾燥日数と累積穀物乾燥量の関係を求めて図示すると図4-25のようになる。これをみると1日当り平均856kgずつ乾燥したことになり、予備実験で得た

値の2倍以上となっている。これは地干しでは堆積厚さを大にしハウスのフロア全面を活用して乾燥することの有利さを実証したものとえよう。

胴割れについて測定結果は品種による差がみられたものの、含水率14%wbまでの乾燥ではその増加は微小であった。

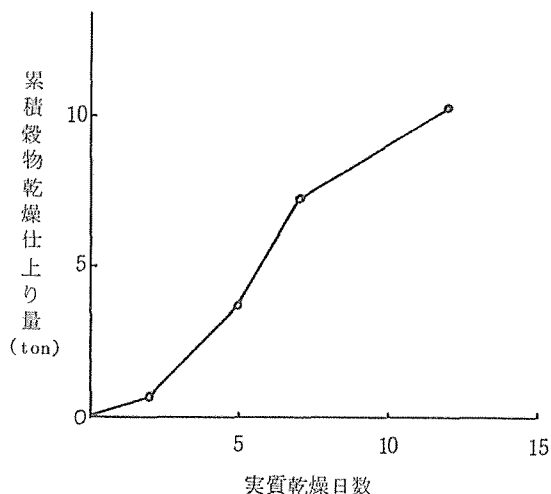


図4-25 実質乾燥日数の累積穀物乾燥仕上り量の関係 (昭和61年度もみ)

Fig. 4-25 Relationship between the net number of days required for drying and the cumulative weight of dried grain (rice, 1986)

#### IV 論 議

以上もみと小麦を使って地干し攪拌乾燥実験を実施し、各種の作業条件と乾燥速度、品質、乾燥仕上り量などの関係を調べる中で最適の作業条件と所与の条件下で最大の乾燥仕上り量が得られる方法についても模索してみた。その結果、本乾燥方式での乾燥仕上り量の増加方法や乾燥方式の特徴、設備の改善を要する点及び設備の有効利用方法などが次第に明らかになってきたのでそれについて若干述べてみることにする。

1) 地干し攪拌乾燥を他の太陽熱利用乾燥方式と比較した場合1棟(108㎡)当りの乾燥仕上り量(kg/日)は循環式乾燥機2台使用(集熱面積25㎡)と大差はないが、集熱ハウス単位面積当りの乾燥仕上り量を比較するとかなり少ない値となっている。これは循環式が他の穀物乾燥機同様通風乾燥方式をとっているのに対して地干し方式は日射を直接穀物層表面に当てただけのいわゆる放射乾燥方式をとっているためと考えられるが、これを如何にして向上していくかは今後の大きな課題である。当面は堆積厚さを10cm内外と厚くし、常にハウスのフロアを可能な限り広く利用するとともに年間の有効利用期間がながくなるような利用計画をたて、乾燥作業を実施する

ことが重要であろう。

2) 地干し乾燥方式の他の太陽熱利用乾燥方式に比べての利点としては施設が多目的に利用できるということである。これは近江八幡市の農家組合での事例でも見られるように、年間を通じて休みなく施設を利用すれば、施設設置に投入した資本は10年以内に回収できて十分採算がとれていることをみても明らかである。

3) 次に検討を要する課題として現在の攪拌機が穀物乾燥用攪拌機として適切か否かの問題がある。現有の装置は畜ふん乾燥用攪拌機として開発されたものの流用であるため、各部の寸法強度や原動機容量なども穀物攪拌用としては過大であるように思う。これが検定のためには攪拌機の所要トルクを計測し、それに見合う原動機を搭載して各部の構造や寸法を適正にすれば相当の軽量化と省エネルギーがはかられるものと期待できる。

4) 改善を要する点としては、攪拌爪によって跳ね飛ばされた穀粒がレール上に飛び散り、それが機体を支える車輪によって踏みつぶされるのを防ぐことがあげられる。これは飛散防止用カバーの取付けやレール頂部の形状を変えたり、穀粒除去装置の取付けで防ぎ得ることである。

将来は日射量をセンサーで感知し、日射量に応じて攪拌機の作動時間間隔を選択して駆動させたり、ハウス内温湿度によってサイドカーテンの開閉が最適に制御されるようになればより効率的な乾燥作業が実施できると考えられる。

#### V 摘 要

太陽集熱ハウス内で穀物の地干し攪拌乾燥を行うとき、穀物の品質を低下させずに短時間でできるだけ多量の穀物乾燥をするためにはどのような作業条件(堆積厚さ、攪拌頻度、送風の有無など)とすべきかを究明するための実験と乾燥可能量を調べるための連続乾燥実験をもみと小麦について実施した。得られた結果を要約すると次のとおりである。

- 1) 地干しにおいては堆積厚さが乾燥速度に最も大きく影響し、厚くなるほど乾燥所要日数は増加するが、その増加割合は厚さが増すにつれて漸減する。したがって乾燥仕上り量(kg/日)は薄く干したときより厚く干したときのほうが多いという結果になる。
- 2) 攪拌頻度を高めても乾燥速度はあまり増加しないが、攪拌は均一な乾燥と品質低下の防止上必要である。
- 3) 送風は堆積厚さが2cm以下のときは効果は少ないが、

厚い層で天候不順なときは乾燥を促進させ乾燥所要日数を短縮するうえに効果がある。

- 4) もみと小麦の間には乾燥特性に大きな差はみられない。ただ、小麦はもみのように急速乾燥に伴なう胴割れ現象はあらわれないので取扱いは容易である。
- 5) ハウス1棟当りの年間乾燥仕上り量を増加させるには、堆積厚さを10cm内外と厚くし、ハウスのフロアは可能な限り広く使い、しかも年間有効利用期間を長くすることが重要である。

#### 謝 辞

本研究は文部省科学研究費(エネルギー特別研究(I))の交付を受けて実施をした。当局に対し深く感謝するとともに、研究代表者川村 登京大教授をはじめ、農業機械学科教職員、本学附属農場と津農協職員らのご協力に対し心から感謝をする次第です。なお本研究の遂行には「穀物の太陽熱利用による乾燥」を卒業論文のテーマに取り上げた専攻生小友佐、神谷英伸、水野博達、長谷由広、平子正之、岡義人、藪内則之、高山禎仁、新家芳

和君らの努力に負うところが多かったことを申し添え、ここに厚く御礼申し上げます。

#### 参 考 文 献

- 1) 中川・堀部・大下；太陽エネルギーによる穀物乾燥 エネルギー特別研究「農業におけるエネルギーの有効利用研究」昭和59年度研究成果報告書 p159～164 (1985)
- 2) 中川・堀部・大下・斉藤；ファイロンハウスによる穀物の太陽熱乾燥例 農機学会関西支部報 No.52 p39～41 (1977)
- 3) 中川・堀部・大下；太陽熱利用による穀物の人工乾燥 エネルギー特別研究「農業におけるエネルギーの有効利用研究」昭和60年度研究成果報告書 p89～94 (1986)
- 4) 中川・堀部・大下；太陽熱利用による穀物の人工乾燥 エネルギー特別研究「生物資源にかかわるエネルギー利用の高効率化に関する研究」昭和61年度研究成果報告書 p131～140 (1987)

#### Summary

Two types of grains, rough rice and wheat, were piled on the floor of a solar collecting house and dried by stirring at given intervals. The purpose of the drying experiment was to determine the appropriate drying conditions under which a large quantity of grain can be dried in a short time without any damage. The experiment examined many factors concerning drying, the thickness of the piled grain, the frequency of stirring, the effect of an air blast and so on.

The results obtained are as follows :

- 1) The drying rate depends on the thickness of the piled grain when the grain is dried by being piled on the floor. The number of days required for drying increases according to the thickness of the piled grain, but its rate of increase decreases gradually. Accordingly, the drying capacity (kg/day) becomes larger for the thickly piled grain for the thinly piled grain.
- 2) Even if the grain is stirred more frequently, the drying rate does not increase so greatly. However, stirring is necessary for uniform drying and for prevention against damage.
- 3) While the air blast does not have so much of an effect on the drying rate when the thickness of the piled grain is 2 cm or less, it has the effect of shortening the number of drying days by accelerating the drying rate for thick grain in bad weather.
- 4) There is no great difference in drying characteristics between rough rice and wheat. However, treatment of wheat is easier because no cracks caused by rapid drying appear in wheat kernels.
- 5) For the increase of the total amount of grain dried in one solar collecting house, it is essential to make the thickness of piled grain to be about 10cm, to use the whole floor area of the house, and to make the number of workdays of the house longer.