

## 穀粒の厚層乾燥特性に関する研究 (第1報) —水分分布のシミュレーション—

楊 志偉<sup>1</sup>・後藤清和<sup>2\*</sup>・水野英則<sup>3</sup>

<sup>1</sup>岐阜大学大学院連合農学研究科 〒501-1193 岐阜市柳戸1-1

<sup>2</sup>岐阜大学応用生物科学部 〒501-1193 岐阜市柳戸1-1

<sup>3</sup>サタケ 〒739-8602 東広島市西条西本町2-30

## Study on the Deep Bed Drying Characteristics of Various Grains (Part 1) —Simulation of Moisture Content Distribution and Variation—

ZhiWei YANG<sup>1</sup>, Kiyokazu GOTO<sup>2</sup>, Hidenori MIZUNO<sup>3</sup>

<sup>1</sup>The United Graduate School of Agricultural Science, Gifu University, Gifu 501-1193, Japan

<sup>2</sup>Faculty of Applied Biological Sciences, Gifu University, Gifu 501-1193, Japan

<sup>3</sup>Satake Corporation, Higashi-hiroshima, Hiroshima, 739-8602, Japan

### Abstract

The use of rack type grain drying facility with a simple operation mode is increasing in recent years and the paddy is processed by individuals. This kind of facility is convenient for establishing a traceability system for grain production. However, as the deep bed drying is performed in this facility, serious uneven drying may occur. It is therefore necessary to consider the proper conditions for aeration and operation in order to prevent quality deterioration. We developed a simulation program to analyze the effect of the various conditions on the grain's drying process. In the simulation, the average value as well as the distribution of moisture content could be obtained. This program will be used to obtain the proper conditions for different types of grains, such as paddy, brown rice, wheat, soybean and so on.

**Key Words** : deep bed drying, grain drying, moisture content distribution, simulation, uneven drying

### 緒 言

近年、乾燥施設の方式としてラック式乾燥施設が増加し、米麦や大豆等への利用が進められている。本方式は約1 t容量の乾燥コンテナを使用した個別乾燥の形態である。したがって、入荷後の運転は簡便であり、オペレータの負担は軽減される。また、個別処理であるため、農業生産の重要課題となっているトレーサビリティのシステム構築に適している。しかしながら、この方式は静置式の厚層乾燥であるため、連続的に乾燥すると大きな乾燥むらが生じる可能性がある。そのため、薄層の循環乾燥に切り替わった経緯があるが、適当な時期に攪拌、混合する技術が向上して、水分の均一化を図ることが可能となっている。これまでに、ラック式乾燥の乾燥特性や乾燥条件の選択<sup>1)2)</sup>、また、攪拌作業による穀粒混合の均一化<sup>3)</sup>に関する報告がなされている。今後、さら

に穀粒品質の維持、あるいは作業の効率化を図るためには、穀粒の水分状態に対応して、通風空気温度、湿度、風量等の最適化を検討する必要がある。関連する条件が多いため、乾燥過程を把握するためのシミュレーションプログラムを開発することとした。層別あるいは全体の平均水分の計算に加えて、厚層乾燥で問題となる乾燥むらを表す水分分布を求めることにより、乾燥中あるいは乾燥後の各種の穀粒の品質について検討することができる。本報では籾の厚層乾燥についてシミュレーションプログラムを適用し、その適合性および乾燥条件と乾燥過程の関係を検討した。

なお、本文中で水分含量は、湿量基準による場合は水分(%w.b.)、乾量基準の場合は含水率(%d.b.)を用いることとした。

\* Corresponding author, e-mail address: goto@gifu-u.ac.jp

## シミュレーションプログラムの作成

今回研究の対象とした厚層乾燥では、平均水分よりもむしろ乾燥むらを表す水分分布が重要である。そこで、初期の水分分布状況を入力すれば、水分の平均値のみならず分布の変化を表すことができるプログラムの開発を行った。また、乾燥むらを抑制するために乾燥中に何度か行われる攪拌混合過程をプログラムに取り入れることにより、最適な運転を検討することができる。

## 1. 計算手順

穀粒層を薄層に分割し、下層すなわち風上側から風下側に向かって層順および計算刻み時間にしたがって順次計算を進める手順とした。ある層における入気の空気状態（温度、湿度）と穀粒水分により計算刻み時間内の乾燥過程が計算される。その間に起こる空気と穀粒の水分および熱収支より空気状態が変化し、次の層に入る空気状態となる。この計算が繰り返されて、全層における穀粒水分および空気状態が経時的に得られる。計算はすべて乾量基準含水率を用いて行い、出力時のみ水分状態を把握しやすい湿量基準水分に変換した。同一層内ではどの位置における穀粒も同じ乾燥過程となるとして差し支えないので、1次元のプログラムとした。プログラム言語はベーシック（F-BASIC）を用いた。

## 2. 乾燥速度

乾燥過程はすべて減率乾燥とみて差し支えないので、乾燥速度は次式で計算されるものとした。

$$P = -k \cdot (M - Me) \quad (1)$$

P：乾燥速度（%d.b.・h<sup>-1</sup>）

M：含水率（%d.b.）

k：乾燥定数（h<sup>-1</sup>）

Me：平衡含水率（%d.b.）

ここで、乾燥定数 k は穀温 T<sub>g</sub>（℃、後述）の関数であり、粉については(2)式で示されるアーレニウス式を適用した<sup>4)</sup>。

$$k = 7.16 \times 10^7 \times \exp(-6.04 \times 10^3 / (T_g + 273.15)) \quad (2)$$

また、平衡含水率 Me は各層への入気の温度および相対湿度により決定される。近似式としては一般的に精度が高いとされている Chen-Clayton の式を用いた<sup>5)</sup>。この式は(3)式の形で表現されているが、対象を粉として(4)式に変換して計算に用いた。

$$H = \exp(-m \times \exp(-n M_c)) \quad (3)$$

$$M_c = \frac{1}{n} \times \log \left( \frac{m}{\log \frac{100}{h}} \right) \quad (4)$$

$$\text{ここで, } m = f_1 \times T^{g_1}, \quad n = f_2 \times T^{g_2}$$

T：空気温度（K, 273<T<333）

H：相対湿度（decimal, 0.1<H<0.9）

h：相対湿度（%RH, 10<h<90）

粉の場合

$$f_1 = 0.901385 \times 10^3, \quad f_2 = 0.267832 \times 10^{-3}$$

$$g_1 = -0.80936, \quad g_2 = 0.11697 \times 10$$

なお、(4)式による平衡含水率の計算の際、相対湿度が適用範囲を超える場合があるが、ここではやむを得ず同式を使用した。ただし、相対湿度が計算上100%RHを超える場合は99.9%RHとする処理を行った。この計算手順は結露現象による穀粒の吸湿過程を的確に表せない原因となっており、今後プログラムを改良する必要がある。

## 3. 穀温変化

乾燥定数は穀温の関数となるため、その変化を計算する必要がある。特に、乾燥初期においては通風温度と穀温がかなり異なることが多く、穀温を空気温度で近似すると乾燥定数の計算で大きな誤差を生ずる。そこで、乾燥初期における穀粒と空気との顕熱移動を実験結果より分析し、シミュレーションにおいて穀温変化の計算に適用した。穀温は直接測定が困難であるため、通風空気の温度変化から顕熱収支により求めた。空気温度の低下は穀粒への顕熱移動と水分蒸発による潜熱奪取によるが、乾燥初期は予熱期間であり、水分の蒸発がほとんどなされないため前者のみが起り分析が可能となる。乾燥の初期においては穀物温度として初期温度が維持されていると仮定した。通風空気と穀粒間の熱移動は対流熱伝達で行われる。通風方向に設置した温度測定点の最寄りの2点間における単位時間当たりの温度差を空気温度低下率 S（℃/s）と定義した。それら2点での平均温度と穀温（初期値を使用）の差を T<sub>d</sub>（℃）とすると、測定値より粉乾燥においては(5)式の関係が成立した。

$$S = 2.5 \times T_d \quad (5)$$

ある層を空気が通過するとき、粉との顕熱移動による空気温度の低下は、前項で述べた空気温度低下率 S と一つの層を空気が通過するのに要する時間の積として計算される。所要時間は、風量比と一層の粉質量から求めることができる。計算で得られた空気温度の低下および穀粒と空気の比熱より穀粒の温度上昇が計算される。

## 4. 水分分布

本プログラムは、乾燥過程における平均水分変化とともに水分の分布状態も把握できるところに特徴がある。水分分布を持つ穀粒試料を、1%w.b幅の階級に分配し、平均水分と標準偏差を算出した。その際、分布状態を変えることにより平均値と標準偏差を調整できる。一つの層内において、各水分階級毎にその中央値を用いて乾燥過程を計算し、層内の水分分布状態を更新してその変化を検討した。

## 5. 攪拌, 混合

乾燥むらが大きくなった段階で混合すると、低水分穀粒の吸湿速度が大きくなり胴割れ発生の可能性が高くなる。そのため、各層間の水分差がある限度を超える前に全穀粒を均一に攪拌、混合し、層間の水分格差の拡大を抑制する必要がある。攪拌、混合する時点で各層の同一階級に属する穀粒を合計して全体の分布とし、再び各層に分配する。したがって、攪拌混合直後は全層において全く同じ水分分布となる。平均水分が仕上げの値に達していなければ、その水分状態から引き続き乾燥を進める。

## 6. 層厚および計算刻み時間

シミュレーションにおいて計算精度と能率を検討した結果、層厚は10mm、計算刻み時間は60秒が適当と判断され、全てこの計算条件を用いた。

## 実験方法

### 1. 実験材料

乾燥実験には平成15年岐阜県産ハツシモを用いた。収穫時の水分は約20% w.b.であり、全体を均一に混合したうえで実験に供試されるまで15℃の定温庫で保管した。したがって、実験開始時の穀温はいずれも約15℃である。

### 2. 実験装置

#### 1) 乾燥装置

乾燥装置は底が金網となった直径200mmの円筒容器を積み重ねて乾燥室としたものである。空気状態を制御する空気状態調整装置、温度変化、相対湿度変化を記録する温湿度測定装置が配置されている。穀粒堆積層の厚さは合計450mmとした。堆積層に恒温恒湿装置から温度と湿度が調整された空気を送り、そのときの空気の状態変化を温湿度測定装置で記録する。粉堆積層の間には温湿度計を設置するため、装置全体の高さは約900mmとなった。

#### 2) 空気状態調整装置

本装置は空気状態を所定の温湿度に調整するために、送風機、冷凍機、ヒーター、加湿器を備えている。温度と湿度はともに比例制御が行われるため、送風空気条件を精度よく設定値に保つことができる。

#### 3) 測定装置

##### (1) 単粒水分計

本実験においては乾燥中の粉水分状態の変化が重要な測定項目である。乾燥中に試料を採取して平均水分および分布状態を測定するために単粒水分計を用いた（株式会社静岡製機、CTR-800）。

##### (2) 温湿度計

温湿度センサーおよび記録装置が一体となったカード型の温湿度計（タバイエスベック、RS-11）を使用した。湿度計測は温度に比べて測定精度が悪いので、アスマン湿度計による湿度計測値を基準として校正を行い、最小自乗法により基準値に換算する補正式を作

成した。温度については基準温度計とすべての温湿度計の間にほとんど差はなく、修正は不要であった。なお、温度センサーと湿度センサーの応答の遅れおよびそれらの差により、乾燥開始直後や、攪拌直後の短時間の測定精度はわるいと思われるが、それ以外は温湿度の変化速度は小さく、ほぼ追従しているものとした。

#### (3) 風速計

粉の堆積層に通風される風量を制御および計測するために熱線風速計を用いた（カノマックス、6511）。乾燥室の出口付近における20ヶ所の平均風速は、多数の測定点の平均値とほぼ等しいことを確認したうえでその値を用いた。乾燥室の断面積と平均風速を乗じることにより容積風量を求めた。対象粉の質量より風量比を計算する。

## 3. 実験手順および実験区

### 1) 実験手順

所定の温湿度に設定された空気を通風して乾燥を行い、堆積層の底から20mm、50mm、150mm、250mm、350mm、450mm（風下側表面）の位置で温湿度の測定を行った。適当な時間間隔で底から20mm、50mm、150mm、250mm、350mm、450mmの位置で粉を約200粒ずつ採取して単粒水分計により平均水分および分布を示す標準偏差を測定し、乾燥の進行をとらえた。乾燥開始直後、乾燥中および通風終了直前に乾燥室の出口付近で熱線風速計により平均風速を求めた。

### 2) 実験区

粉の厚層乾燥過程をとらえるため、種々の空気条件のもとで13回の実験を行った。それぞれの実験における通風空気の温湿度、風量比、供試粉の初期水分の平均値および標準偏差を第1表に示す。温度は35～40℃、風量比は0.4～0.5 [ml/(s・t)] を基準とした。実験区1～8は途中で攪拌混合を行わずに連続的に乾燥したものであり、実験区9～13は乾燥中に層間の乾燥むらを解消するために適当な時間間隔で攪拌、混合したものである。通風空気条件の影響を検討するため、基準よりも高温の実験区（実験区8）、および風量が多い実験区（実験区4、5）を設けた。なお、高温区は温度の上昇に対応して相対湿度が低下した。

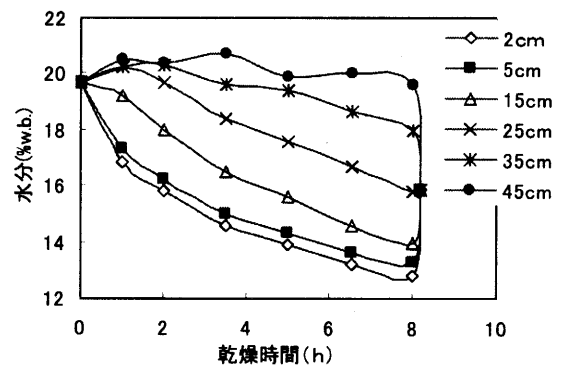
## 実験結果および考察

### 1. 乾燥過程

種々の計測結果のうち基準的な乾燥条件である実験区1の乾燥過程を第1図に示す。図より、堆積層内の位置により全く異なった乾燥過程を示すことがわかる。風上側、つまり層の底に近い部分は乾燥速度が早く、早い時期に平衡水分に達するが、風下側ではかなりの時間が経過しても乾燥が始まらず、大きな乾燥むらが生ずることが明らかである。しかし、通風空気状態や風量あるいは穀粒の水分状態が乾燥むらに及ぼす影響は明らかでない。すべての実験区において、排気の相対湿度は乾燥期間を

第1表 厚層乾燥実験区

実験 番号	温度 ℃	湿度 %RH	風量比 m <sup>3</sup> /(s・t)	攪拌間隔 h	初期水分 %w.b.	初期標準偏差 %w.b.	平均乾燥速度 %w.b./h
1	35	45	0.46	—	19.7	1.8	0.48
2	35	45	0.41	—	19.7	1.4	0.35
3	35	45	0.45	—	18.1	1.7	0.33
4	35	45	0.67	—	20.2	1.1	0.58
5	35	45	0.77	—	20.5	1.0	0.98
6	35	45	0.47	—	19.2	2.5	0.36
7	40	33	0.50	—	20.7	0.9	0.74
8	45	25	0.50	—	20.6	1.3	0.94
9	35	30	0.46	2.0	19.7	2.1	0.62
10	35	30	0.58	2.0	20.1	1.2	0.80
11	40	25	0.44	2.0	19.4	2.1	0.65
12	40	25	0.58	2.5	18.2	2.2	0.55
13	38	30	0.34	2.5	20.2	2.5	0.53

第1図 層別乾燥過程 (実験区<sup>1</sup>)

通じて90%以上を示しており、厚層乾燥の熱効率が高いことが確認された。各実験区において、14%w.b.程度までの水分の減少量を乾燥時間で除して求めた平均乾燥速度を第1表中に示す。

#### 1) 風量比の影響

実験区4と5が基準よりも風量比が大きい実験区である。風量比が大きいほど通風空気乾燥能力は比較的維持されるため、下層の乾燥過程は同じでも各層の乾燥速度の差が小さくなり、結果的に平均乾燥速度が大きくなる。したがって、厚層乾燥において、乾燥むら抑制の観点からは風量比が大きい乾燥条件が適することは明らかである。

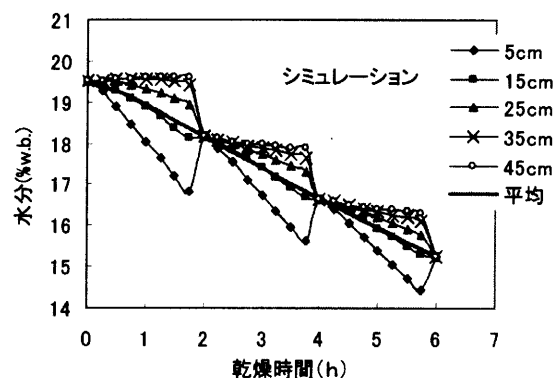
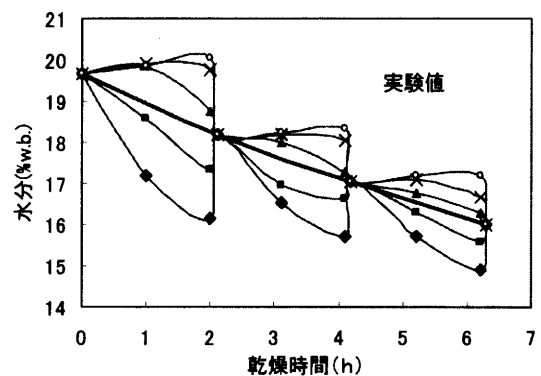
#### 2) 温湿度の影響

実験区8が高温の実験区であるが、全体的に見て通風空気の温度が高いほど乾燥速度が大きくなる傾向は明らかである。ただし、温度が高くなると、風上に位置する粉の乾燥が早く進むが、風下側の粉の乾燥は基準の条件と大差がないため、堆積層全体としてみれば、時間の経過にともなって乾燥むらが大きくなる傾向がある。

### 2. 計測値とシミュレーション

#### 1) シミュレーション結果の調整

空気の温湿度や風量の測定値および乾燥定数や平衡含水率の近似式にはかなり大きな誤差が含まれるので、乾燥過程のシミュレーション結果にも当然誤差が生ずる。実際の乾燥実験による測定結果とシミュレーション結果とを比較し、両者をできる限り一致させることを試みた。乾燥定数、平衡含水率および風量について、数式や測定により得られた値に適当な一定値を乗ずることにより調整した。各種係数の調整は次の手順で行った。i)乾燥の終期に水分がほぼ一定値に漸近する場合、両者が一致するように平衡含水率 (Me) の数式 ((4)式) に一定値を乗ずる。ii)最下層 (最も風上側) の入気の温湿度は乾燥期間中一定であるので、乾燥定数は変化しない。したがって、両者の最下層の乾燥過程が一致するように乾燥定



第2図 水分変化の比較 (実験区9)

数 (k) を求める数式 ((2)式) に一定値を乗ずる。iii)第2層以下の層に乾燥前線が到達する早さは、風量の多少が影響する。つまり、風量が多いほど早く上層の乾燥が始まる。したがって、上層の乾燥過程が一致するように風量の測定値に一定値を乗ずる。表1に示したすべての実験について、測定結果とシミュレーション結果を一致させるために乗ずる係数を求めた。実験区によりそれぞれの最適な係数は異なるが、全体を総合的に判断した結果、乾燥定数は0.9、平衡含水率は1.2、風量は1.0をそれぞれ修正係数として乗ずることにした。つまり、使用した乾燥定数の式は本シミュレーションプログラムに対して約10%大きく、また、平衡含水率については約

20%小さく見積もられていたことになる。

ここから、乾燥中2時間毎に攪拌、混合を行う実験区9について上記の修正係数を使用してシミュレーションを行った結果と実験の計測値との比較を行う。

#### (1)平均水分

入気位置から風下側に向かって50mm, 150mm, 250mm, 350mm, 450mmにおける穀粒の平均水分の変化を第2図に示す。風上側の乾燥が早く進み層間の水分格差が大きくなるが、2時間毎に行われる攪拌、混合の際に、一時的に全層で同一水分となる。その後再び通風がなされ同様の過程が繰り返される。全層において計算値と計測値は概ね一致しており、厚層の乾燥過程は近似的に計算可能であることがわかる。

#### (2)水分分布

穀粒層の各位置における水分分布の変化を標準偏差で第3図に示す。攪拌、混合のない時間帯では、層毎に水分分布の測定を行った。ある層内では空気条件が同じで高水分粉ほど早く乾燥するため、徐々に分布幅が狭くなり標準偏差が小さくなる。しかし、層間の水分格差が大きくなるため、攪拌により穀粒が混合されると全層としての標準偏差は大きくなる。混合直後には全層で同じ水分分布となり、再び乾燥により同様の過程を繰り返す。層毎の標準偏差の変化は実験値と計算値ではほぼ同じ傾向を示し、シミュレーションにより水分分布の変化を近似できることが確認された。全体としての標準偏差は計算によってのみ推定が可能であり、図中に示すが、それは減少傾向であり、攪拌、混合を行うための条件を適切に選べば、大きな分布とならないことがわかる。

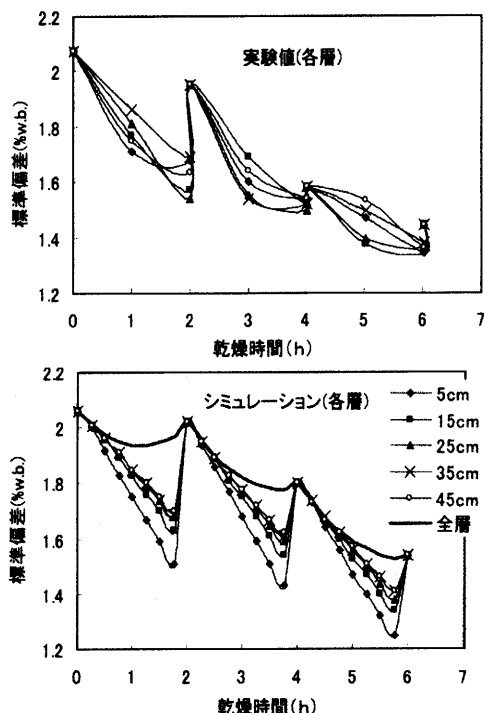
測定された初期および乾燥終了時の水分分布（実験値と計算値）を第4図に示す。両者はよく一致しており、本シミュレーションは厚層乾燥の重要課題である乾燥むらの検討にも有効である。

#### (3)空気の状態変化

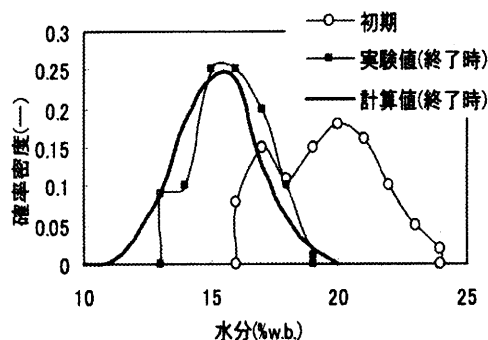
各層における通風空気の温度および湿度変化を第5図と第6図に示す。空気の温湿度は平衡水分に影響を及ぼすので、その一致はシミュレーションの精度を向上させるために重要である。本実験区は乾燥実験中、2時間毎に攪拌・混合するため、その操作期間中は温湿度の測定値が乱れるが、その他の期間は計測値と計算値の変化の傾向は同様であり、空気の状態をほぼ正確に表しているといえる。

### 3. シミュレーションによる乾燥特性の考察

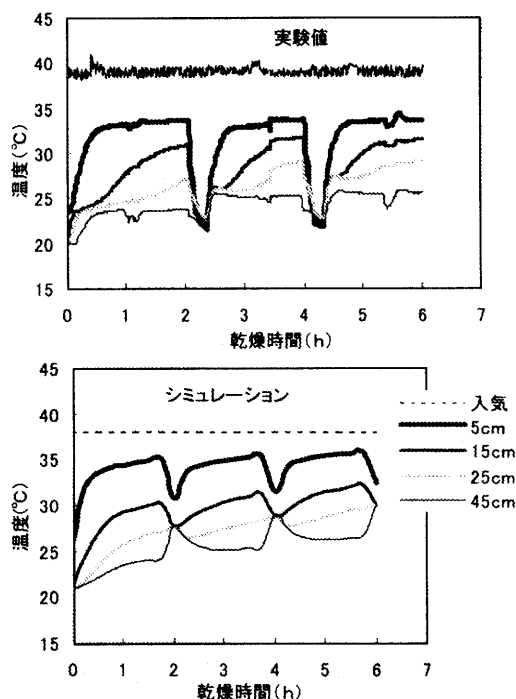
前節で、シミュレーションにより近似的に穀粒の乾燥過程が予測可能であることがわかった。ここで、厚層乾燥において重要な特性である水分分布の変化について、通風空気の状態や水分の初期状態等の影響を考察する。乾燥条件の影響が大きく現れる連続乾燥について、種々の乾燥条件での平均水分と標準偏差との関係を示す。なお、計算に用いる穀粒の初期水分状態は、平均水分



第3図 水分標準偏差変化の比較（実験区9）



第4図 水分分布の比較（実験区9）



第5図 通風温度変化の比較（実験区9）

22%w.b.標準偏差1.5%w.b.とした。

#### 1) 通風空気加熱の影響

外気温と湿度を標準的に (25℃-75%RH) とし, この空気を加熱することにより到達する状態である (30℃-55%RH), (35℃-43%RH), (40℃-33%RH) における乾燥過程の計算を行った結果を第7図に示す。乾燥時間の経過にともない低下する平均水分とその時の標準偏差の関係で示した。なお, 検討を容易にするため, 水分を示す横軸は, 右ほど数値が減少する目盛りを採用した。連続乾燥の場合, 乾燥開始から全体の標準偏差は大きくなり, その後減少に転ずる傾向を示す。図からわかるように, 通風温度が高いほど水分のばらつきが大きくなり, 混合したときに乾燥が進んだ穀粒の吸湿による胴割れ発生の可能性が増すと推測される。

#### 2) 通風空気湿度の影響

除湿乾燥を想定して, 温度が一定の場合における湿度の影響を第8図に示す。いずれの湿度の場合も, 水分の標準偏差は乾燥が進むにつれてほぼ等しい値まで上昇し, その後, 高湿条件ほど大きく減少して狭い分布幅に仕上がることがわかる。ただし, 乾燥速度は遅くなり能率は低下する。前項と併せて考察すると, 水分の標準偏差は最大値が通風空気の湿度により決定され, 湿度による変動は小さいと思われる。

#### 3) 風量比の影響

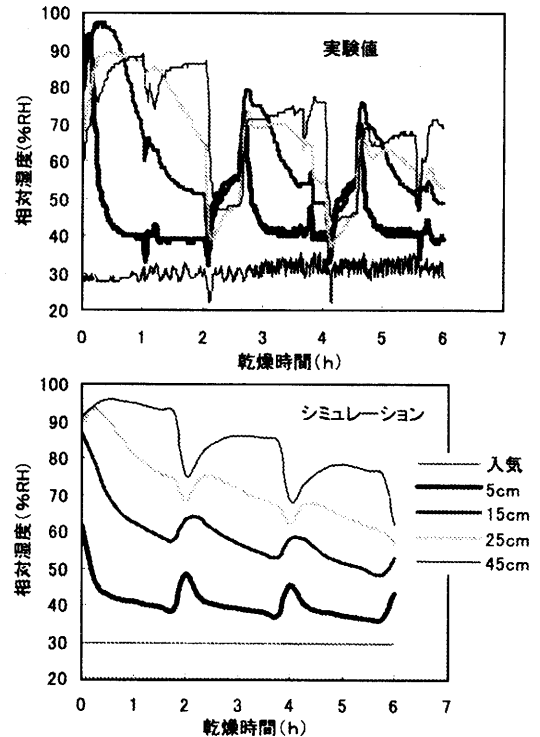
風量比の影響を第9図に示す。堆積層で均一な乾燥を行うためには, 各層で均一な空気条件になることが必要であり, そのためには風量比を大きくしなければならない。初期水分分布の標準偏差の設定は1.5%w.b.であり, 風量比が0.23 [m<sup>3</sup>/(s・t)] の場合, 乾燥中に最大4.2%w.b.に達するが, 0.42 [m<sup>3</sup>/(s・t)] とすると, 最大値は2.8% w.b.に留まる。風量比が小さい場合は乾燥速度も小さくなり, 乾燥むら解消のため, 途中で的確な攪拌, 混合の実施を考慮する必要がある。

#### 4) 初期水分状態の影響

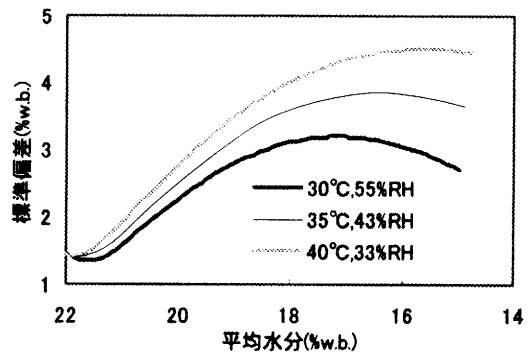
初期水分が低いほど, 仕上げ水分までの時間が短いので, 最終的な水分むらは小さい。この結果より, 厚層乾燥を行うためには, 収穫物の水分が低い地域が適しているといえる。また, 平均水分が同じであれば, 初期水分の標準偏差が異なっても仕上げ水分状態に対する影響はほとんど見られない。初期水分が22%w.b.であれば, いずれも水分が約19%w.b.程度になった時点でほぼ等しい標準偏差となり, その後は同じ過程を示す。したがって, 収穫時の水分むらを特に考慮する必要はないことがわかった。

### 摘 要

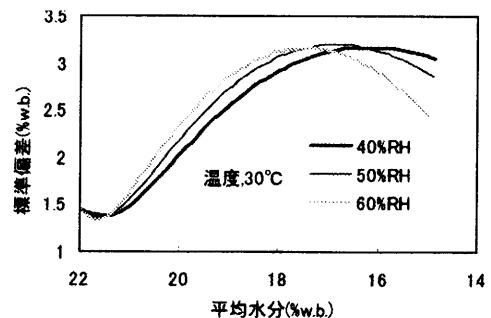
近年, 普及が進んでいるラック式穀物乾燥施設は, 乾燥コンテナを用いた厚層乾燥方式となっている。本方式は個別処理であるため, 運転の簡便性やトレーサビリティの面から有効であるが, 一面, 厚層乾燥の欠点である



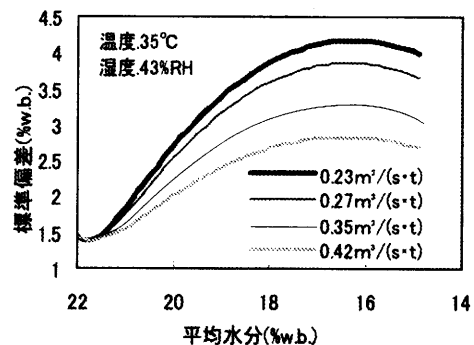
第6図 通風湿度変化の比較 (実験区9)



第7図 通風空気加温の影響



第8図 通風空気湿度の影響



第9図 風量比の影響

乾燥むらが発生する。本報では本方式における運転や空気条件の最適化を検討するために、厚層のシミュレーションプログラムを開発した。厚層乾燥においては、乾燥むらを抑制するために時折攪拌、混合が必要となり、この操作をプログラムに組み込んだ。また、乾燥むらを考察するために、乾燥中の水分分布を計算できるように考慮した。

堆積高さが450mmの乾燥装置を用いて種々の条件で乾燥実験を行い、シミュレーションを行う時の平衡含水率乾燥定数および風量の測定値に適当な一定の数値を乗ずることにより、両者の過程をほぼ一致させることができた。乾燥条件を入力することにより穀粒水分の平均値および分布状態を計算できるので、熱エネルギー効率の向上や攪拌、混合による乾燥むらの抑制を検討できる。計算の結果得られた知見は次のようである。i)通風空気温度を高くすると乾燥むらが大きくなるが、湿度の影響は小さい。ii)風量比が小さいほど、乾燥むらが大きくなる。iii)初期水分が低いほど乾燥むらは小さく仕上げることができる。また、初期の水分分布状態は仕上げ時の乾燥むらに影響を与えない。

今後は、プログラムを適用して、各種の穀粒の厚層乾

燥における通風空気状態や運転の最適化を検討する予定である。

**Key Words** : 水分分布, 乾燥むら, 厚層乾燥, 穀物乾燥, シミュレーション

### 引用文献

- 1) 松島秀昭 他6名. 2002. ラック乾燥システムに関する研究(1). 農機学会関西支部報. 91: 79-82.
  - 2) 松島秀昭 他5名. 2002. ラック式乾燥施設の性能向上に関する研究(第1報). 農業生産技術管理学会誌. 9: 107-112
  - 3) 松島秀昭 他7名. 2002. ラック乾燥システムに関する研究(2). 農機学会関西支部報. 91: 83-86.
  - 4) 豊田浄彦 他2名. 1992. 穀物水分移動特性に関する研究(第3報). 農業機械学会誌. 54(1): 57-65
  - 5) 農業機械学会編. 1984. 新版農業機械ハンドブック. コロナ社. 東京.
- (受付 2005年11月3日, 受理 2006年4月21日)