

国産小麦の効率的乾燥システムの開発

内田 進・藤木 徳実・石橋 貞人*

(生産情報科学講座)

平成3年5月31日受理

Development of Effective Drying System of Domestic Wheat

Susumu UCHIDA, Tokumi FUJIKI and Sadato ISHIBASHI

(Laboratory of Agricultural Information Science)

Received May 31, 1991

Summary

The domestic wheat has high moisture content in rainy season. Therefore the drying of wheat is difficult. Especially, the heating temperature of dryer should be raised more than usual days when the humidity of air is high. As a result, the quality of wheat might be damaged. The economical drying method without damaging the quality of wheat is requested. There is a drying system after harvested wheat is stored as one of the methods. To corroborate this method, the following experiments were done using wheat stored at 6°C and -25°C for six months. The physical characteristics of wheat and the characteristics of flour were examined. As a result, no difference was admitted compared the characteristics of dried wheat immediately after the harvest with those of wheat stored. A similar result as for the characteristics of flour was obtained.

Key words : wheat, drying, storage, flour, quality

緒 言

国産小麦は昭和53年から増産傾向に転じ、昭和58年には69.5万トン(内麦率10%)に達し、さらに稲作から他作物への転換が奨励されまだまだ増えそうな状況にある。その中で秋まき軟質小麦の収穫時期は梅雨時期にあたり、この時期に大量の小麦が収穫されると、乾燥および貯蔵が問題となってくる。季節がら早刈りしたり降雨の合間をぬって収穫するため、高水分麦(およそ40% w. b.) となることが多い。そのため乾燥時間が長くなり、加熱による品質低下を招きやすい。そのため品質低下を防ぎかつ、効率的乾燥法を検討する必要に迫られている。

ここでは収穫した高水分生小麦を自然通風で十分乾燥できる季節(梅雨明け)まで冷蔵あるいは冷凍貯蔵したのち乾燥するシステムを検討した。特に、乾燥した小麦の物理的性質および小麦粉の品質に与える影響について調べた。

* 前九州大学農学部

実験方法

1 実験材料

実験に使用した小麦は1986年6月20日に九州大学農学附属農場より収穫した農林61号である。供試した材料は収穫直後の高水分小麦と一緒に取り込まれたごみや小石などをメッシュ7の標準ふるい(九州丸東製作所, $\phi=0.8\text{mm}$, opening 2.8mm)を使って取り除いたものを, 後述する3試験区に分けて保管した。試験は6月20日より翌年の2月6日まで行い, 小麦の初期水分は10g粒-135°C-24h法で測定した結果, 18.14(% w. b.)であった。計画では約40%の小麦を用いて試験を行う予定であったが, 連日の好天気でかなり乾燥した小麦を入手することになった。

2 試験区

乾燥時期をどの程度遅らせることが可能であるかを調査するために, 表1に示した3試験区について乾燥試験を行った。すなわち, 収穫直後に入手した材料を用いた試験を対照区とし, 6ヶ月間, 冷蔵および冷凍貯蔵した材料を用いた試験をそれぞれ冷蔵区および冷凍区とした。また, 貯蔵方法による小麦の物性を調べるとともに, 小麦を製粉した粉の品質を調べた。さらに各試験とも, 乾燥加熱温度を40, 50, 60および70°Cとした。従って, (貯蔵区3組) X (乾燥区4組) =12組について試験を行った。

冷蔵区は試料を1kgずつ秤量し, ビニール袋に詰め, これを5袋作り, コンテナに入れて冷蔵庫(6°C \pm 3°C)に6ヶ月間保管した。

冷凍区も冷蔵区と同様の方法で試料を作り冷凍庫(-25°C \pm 3°C)に6ヶ月間保管した。

3 乾燥試験

各試験区とも予め試料の初期水分を測定した試料を塩化ビニール製の薄層の円筒容器(200 ϕ x 30mm)に入れ, これを乾燥器内に吊し, 加熱温度40, 50, 60および70°Cの一定温度下で乾燥し, 水分が12.5(% w. b.)に達したところで終了した。

各試料の初期水分は表2, 3および4に示した。

3.1 実験装置

乾燥中の小麦の重量は乾燥器の上のブロック(2個)の上に置いた3kg用天秤に小麦試料(約1kg)を入れ塩化ビニール製容器を針金で吊すことにより測定した。重量測定時は乾燥器の

表1 乾燥処理試験区

対照区	収穫直後, 乾燥し, 冷蔵した小麦(対照区)
冷蔵区	収穫後6ヶ月間冷蔵貯蔵し, 乾燥した小麦
冷凍区	収穫後6ヶ月間冷凍貯蔵し, 乾燥した小麦

表2 対照区小麦の乾燥試験結果

乾燥温度 °C	初期水分 %w. b.	最終水分 %w. b.	乾燥時間 min	乾減率 %d.b./h
40	17.60	14.29	360	0.78
50	17.29	10.85	347	1.51
60	17.89	12.60	125	3.53
70	18.10	13.44	85	4.64

表3 冷蔵区小麦の乾燥試験結果

乾燥温度 °C	初期水分 %w. b.	最終水分 %w. b.	乾燥時間 min	乾減率 %d.b./h
40	18.85	13.28	360	1.32
50	18.78	13.41	225	2.04
60	18.87	12.61	168	3.15
70	18.92	12.58	120	4.47

表4 冷凍区小麦の乾燥試験結果

乾燥温度 °C	初期水分 %w. b.	最終水分 %w. b.	乾燥時間 min	乾燥率 %d.b./h
40	18.65	14.06	300	1.31
50	18.92	13.14	218	2.26
60	18.87	13.13	160	3.05
70	18.67	13.08	125	3.80

ファンのスイッチを切って熱風を止め、無風の状態で天秤のデジタル目盛りを直読した。予め測定しておいた初期水分および初期重量と任意の時刻の重量を測定することにより、その時刻における水分を算出し、この値が14.3% d. b. に達した時、乾燥を終了した。一方、乾燥中の材料の温度は重量測定用容器と同一の容器に試料を同程度入れ、銅—コンスタンタン熱電対を取り付け、打点記録計に記録した。

4 試験区における小麦の物性

貯蔵・乾燥試験を終えた小麦に対して、以下の物理的性質について測定した。

4.1 かさ密度

ブラウエル穀粒計を使用し、150gの分銅を用いて、正確に小麦重量を測り、メスシリンダにより容積を計測し、150g当りの実容積からかさ密度を算出した。

12種類の試料について、それぞれ3回計測し、単位はg/lで表示した。

4.2 安息角

小麦を充填した直方体容器の底に小さな穴を開け、小麦を排出し、容器の側面に堆積して残った山の傾斜面の角度（排出角）を求め、安息角とした。12種類の試料についてそれぞれ3回測定を行った。

4.3 圧砕剛度

木屋式剛度計を用いて、試料の挫折剛度を求めた。12種類の試料についてそれぞれ15粒測定した。

4.4 プランジャによる小麦の圧縮特性

万能引張圧縮試験機（新興通信工業株式会社 Tom-10000X型）に、直径0.78mmと0.68mmのプランジャを取り付け、貫入荷重—変位曲線を求め、最大貫入力と傾斜角を算出した。12種類の試料について、2種類のプランジャを用いてそれぞれ15粒を測定した。

5 小麦粉の品質

5.1 試験挽砕

各試験区の4段階の乾燥温度別の12種類の小麦について、ビューラーテストミルを使って挽砕した。予め加水し、テンパリングした小麦試料（1kg以上）をフィーダから1kg当たり20~30分程度の割合で供給し、ニューマパイプで各セクションに送られ、自動的に挽砕し、ブレーキ粉は1B、2B、3B、ミドリリング粉は1M、2M、3Mの各3種類に、ふすまが大ぶすまと小ぶすまに分けた後、品質検査には原料小麦に対して60%の歩留の粉になるように上級粉から順に混ぜた小麦粉を使用した。

5.2 水分

小麦粉の水分測定法は一般に130°Cまたは135°C絶乾法があるが、ここでは、A. A. C. C.（アメリカ穀物化学者協会、American Association of Cereal Chemists）法44-15Aにしたがった130°C、1時間で乾燥する方法を採用した。

5.3 灰分

灰分の測定には灰化時に助燃剤として酢酸マグネシウムアルコール混液を加える方法を用いた。この方法では700°C（常法では550~600°C）に加熱しても灰分が熔融せず、多孔質の状態を保つので灰化が促進され、3時間程度で測定が可能になる。

5.4 タンパク質

全窒素量を定量し、たんぱく換算係数（5.7）を乗じた「粗たんぱく質」の量として求めた。

全窒素量の定量法としてケルダール法を用いた。すなわち、試料小麦、硫酸および触媒を分

解フラスコに入れ、加熱分解することによって、タンパク質や窒素化合物中の窒素をアンモニア化して硫酸で捕捉した後、強アルカリ性にし、蒸留し留出してでてくるアンモニアを酸の標準液で滴定し、全窒素量の定量する方法である。

5. 5 色

フラワー・カラーグレーダ(ケント・ジョーンズ・マーチン社製の小麦粉専用の光電比色計)を用いた。試料30gに純水50mlを加えてペーストにし、専用の大型キュベットに入れて標準板の色と530m μ のフィルターを用いて、両者の反射率を比べるもので、カラー・グレード・バリュ(CV値)という数値が使用される。CV値には単位がなく、数値の大きさにも基準はないが、小さい値ほど色がきれいなことを示している。

5. 6 粘度

小麦粉65gに水450mlを加えて攪拌して作った懸濁液をアミノグラフ(西ドイツ・ブラベンダー社製)にかけ、攪拌しながら温度を徐々に高めて小麦粉の粘度の変化曲線を自記記録した。粘度は粘度曲線(アミログラム)から曲線中の最高点(アミログラム最高粘度)の値とした。

5. 7 生地強度

小麦生地が一定の硬さになるように、小麦粉に水を加えてこね上げることによって、小麦粉の吸水率を測定し、さらにこね続けていく時の硬さの変化を経時的に記録するファリノグラフ(ブラベンダー社製)を用いて、生地のもつ力の強さや、ミキシング耐性などを測定した。この装置では1回の試験に300gの小麦粉を必要とし、最低3回行うため1種類の試験を行うのに1kg必要となるが、試験区各乾燥温度に対して小麦が1kgしかなく、やむをえず、乾燥温度の違いは少ないものとして各試験区の小麦粉を混ぜて貯蔵性による違いだけを調査した。生地を作った時の水の温度は30°Cであった。

実験結果

1 乾燥試験

図1は対照区の乾燥温度に対する乾燥状況を示したものである。

入手した材料をできるだけ早く試験に供するため、小麦の初期含水率が不明のまま、最も時間を要する40°Cの乾燥試験を開始し、これと並行して乾燥器で135°C-3h法で計測し、40°Cの乾燥試験が終了するまでにほぼ実用的な初期水分を求めて、14.3% d. b.以下になった時、試験を終了した。後日、135°C-2h法で得られた初期水分と計測データから正確な水分を算出し、表2に示した。40°Cの初期含水率は、21.4% d. b.で、50°Cでは20.9% d. b.、60°Cでは21.7% d. b.、70°Cでは22.1% d. b.であり、終了時の含水率は、40°Cで16.7% d. b.、50°Cで12.2% d. b.、60°Cで14.5% d. b.および70°Cで15.5% d. b.となった。設定含水率が14.3% d. b.であるので、50°Cの材料が、過乾燥となり、40°Cで乾燥不足となった。乾燥時間をみると、40°Cで360分、50°Cで347分、60°Cで125分、70°Cで85分となっており、50°Cが異常に長い時間乾燥していることを示している。

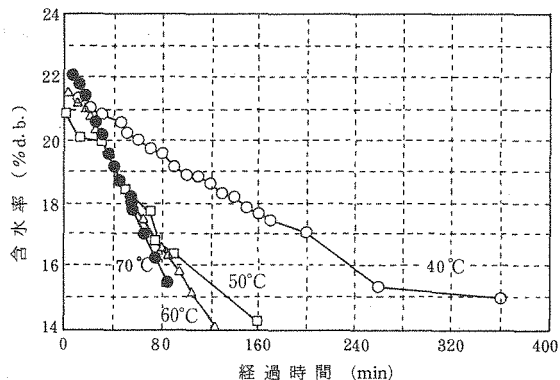


図1 乾燥温度に対する対照区小麦の水分変化

これは、重量計測用の天秤に吊してある針金が風で左右に揺れ、重量が正確に読みとれなかったものと思われる。

図2および3に、冷蔵区および冷凍区の乾燥温度に対する小麦の水分変化を示した。前回に行った対照区の試験装置の重量計測部の改良した結果、各試験間での終了含水率の差が少なくなった。すなわち、初期含水率が、23.0% d. b. ~ 23.3% d. b. で、終了時の含水率が、14.3% d. b. ~ 16.4% d. b. となった。乾燥時間は、冷蔵区において、40°Cで360分、50°Cで225分、60°Cで168分、70°Cで120分となり、冷凍区において、40°Cで300分、50°Cで218分、60°Cで160分、70°Cで125分となり、冷凍区の材料の温度が低いにもかかわらず、冷蔵区と同等の時間で乾燥が完了した。

2 材料の物性

各試験区において、乾燥温度に対する小麦のかさ密度、安息角、圧砕剛度、最大貫入力および変形傾斜角について、図4、5、6、7、8、9および10に示した。

かさ密度(図4)は、各試験区内の乾燥温度による差は少ないが、試験区間では冷凍貯蔵の小麦が大きい値を示している。分散分析を行った結果、貯蔵方法の違いによる分散比(F)は115.33で、有意なF値3.37(危険率5%)より大きいので貯蔵方法によってかさ密度に変化が認められ、乾燥温度間でも同様に有意なF値を越え、差が認められた。安息角(図5)は冷蔵区の70°C乾燥の試料が異常に低い値を示しているほかは、差は認められない。分散分析の結果、貯蔵方法の違いによる差はなく、乾燥温度の違いは危険率5%で認められた。圧砕剛度(図6)はいずれの試験区の温度においても、5 kg f から12.5 kg f まで広く分布しており、固体間の差が大きい。プランジャ圧縮試験のプランジャ径0.68 mm の場合については、最大貫入力(図7)も、固体間の差が大きい。分散分析の結果、貯蔵方法の差はなく、乾燥温度による差が認められた(危険率5%)。傾斜角(図8)は試験区および乾燥温度のいずれの要因にも差があるようにみられるが、分散分析を行った結果、試験区のみには差が認められた。プランジャ径0.78 mm の場合については貫入最大力(図9)は試験区および乾燥温度の両者に差が認められた。傾斜角(図10)も最大貫入力と同様の傾向を示した。

3 小麦粉の品質分析

ピューラーテストミルにより粉碎した対照区、冷蔵区および冷凍区の小麦の品質分析結果を表5、6および7に示した。

対照区における小麦粉合計値は表5に示したように、乾燥温度による差が少ない(16.3%)

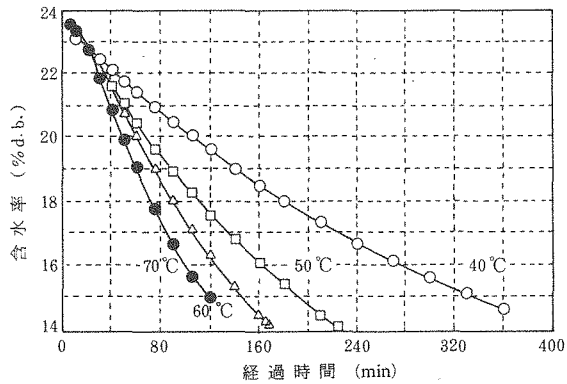


図2 乾燥温度に対する冷蔵区小麦の水分変化

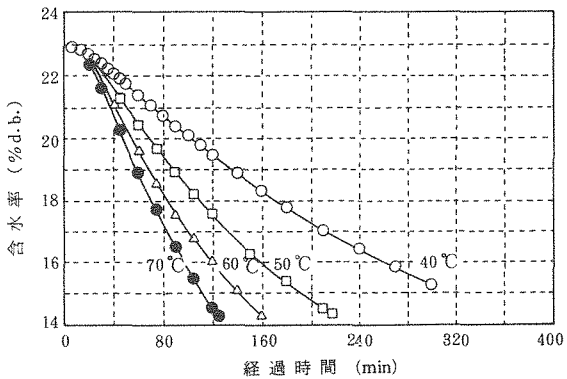


図3 乾燥温度に対する冷凍区小麦の水分変化

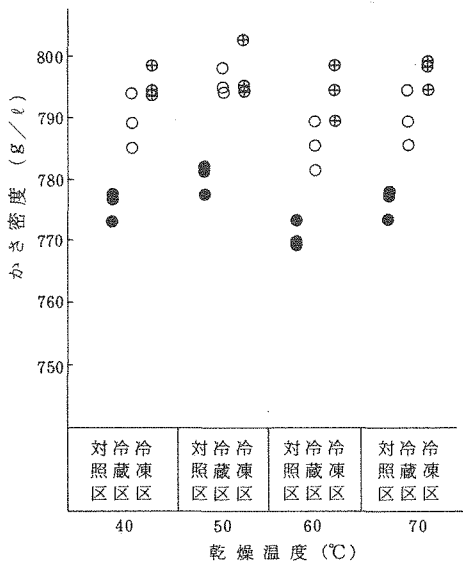


図4 乾燥温度および試験区に対する小麦のかさ密度の変化

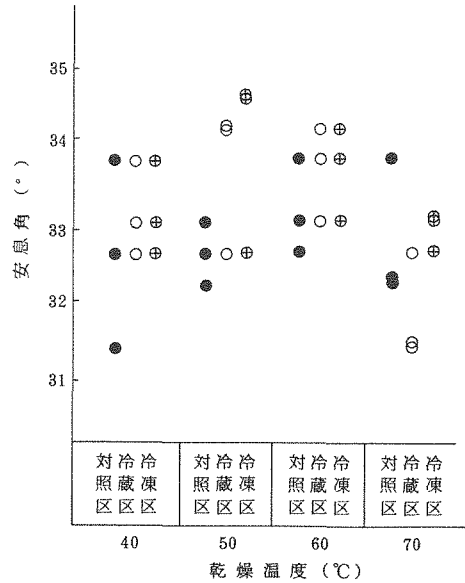


図5 乾燥温度および試験区に対する小麦の安息角の変化

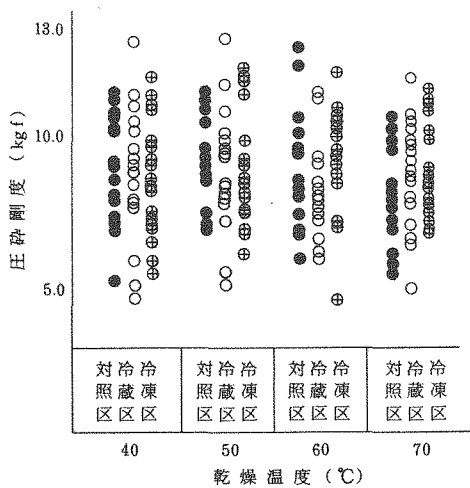


図6 乾燥温度および試験区に対する小麦の圧砕剛度の変化

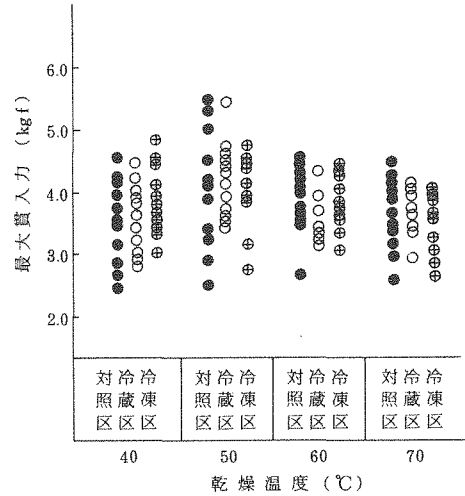


図7 乾燥温度および試験区に対するプランジャー(0.68mmφ)による小麦の最大貫入力の変化

が、乾燥温度70°Cにおけるプレーキ粉では平均値(16.3%)より約2%ほど小さい値を示し、ふすま(24.2%)では逆に0.8%程度大きい値を示している。灰分は乾燥温度が低下するとともに少なくなる傾向を示している。アミログラムの最高粘度は40°Cで最も低く、50°Cおよび70°Cでは40°Cより100ほど大きい値を示した。ファリノグラフは材料が少なく、各乾燥温度をまとめて計測したため、1点しかない。乾燥温度に対して変化の少ない項目は、水分(約13%)、粗たんぱく質(9.5%)および色相(2.1%)であった。冷蔵区(表6)では、プレーキ粉合計値は

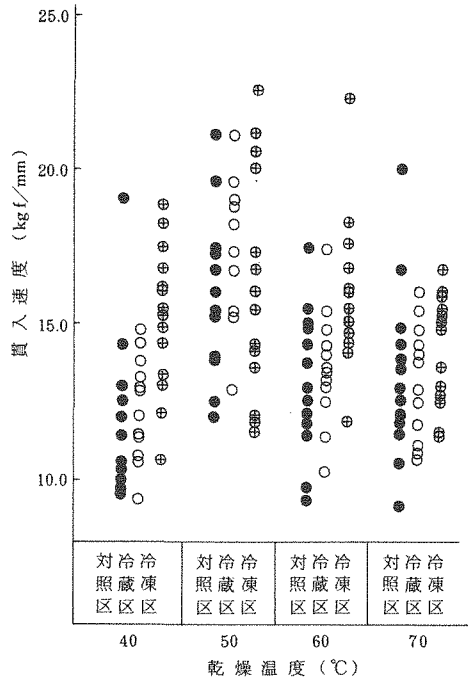


図8 乾燥温度および試験区に対するブランジャー (0.68mm φ) による小麦の貫入速度の変化

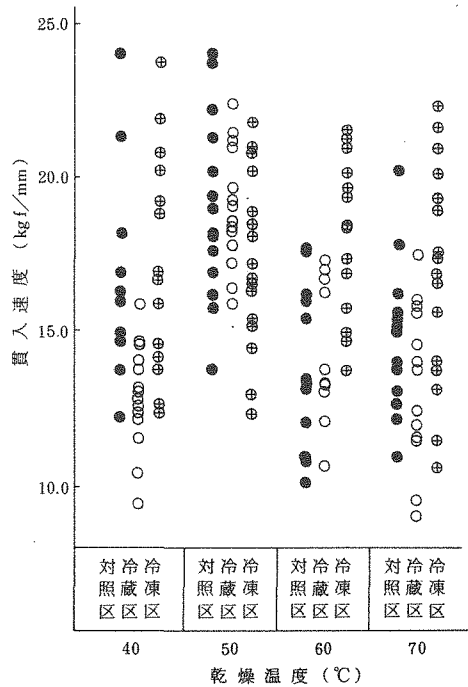


図10 乾燥温度および試験区に対するブランジャー (0.78mm φ) による小麦の貫入速度の変化

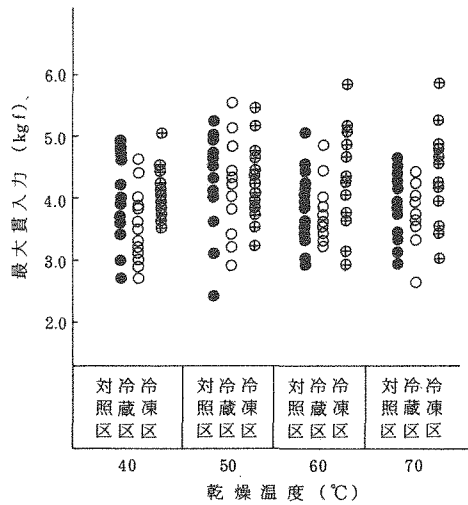


図9 乾燥温度および試験区に対するブランジャー (0.78mm φ) による小麦の最大貫入力の変化

対照区と逆に40°Cで平均値 (13.5%) より1.2%少なくなるが、小麦粉合計値は69.1%±0.4%以内であり、差はほとんどない。アミログラム最高粘度で60°Cにおいて最小になっているほか、ふすま合計値、水分、灰分、粗たんぱく質および色相には差が見られない。冷蔵区 (表7) でも、冷蔵区と逆にプレーキ粉合計値 (15%) で、40°Cにおいて最大となり、

表5 対照区小麦のテストミル粉碎による小麦粉の品質分析結果

項目/乾燥温度	40°C	50°C	60°C	70°C
プレーキ粉 合計 (%)	17.3	16.8	17.0	14.3
ミドリング粉 合計 (%)	52.8	54.1	52.7	55.1
小麦粉 合計 (%)	70.1	70.9	69.7	69.4
大ぶすま 合計 (%)	24.3	23.7	24.0	25.0
水分 (%)	13.2	12.9	13.2	13.6
灰分 (%)	0.49	0.46	0.45	0.43
粗蛋白質 (%)	9.7	9.6	9.4	9.3
色相 (cv値)	2.1	2.2	2.2	1.5
アミログラム最高粘度 (B. U. 値)	625	735	—	740
ファリノグラフ (V. V. 値)	37			

表6 冷蔵区小麦のテストミル粉碎による小麦粉の品質分析結果

項目/乾燥温度	40°C	50°C	60°C	70°C
ブレーキ粉 合計 (%)	12.3	13.9	13.9	14.0
ミドリング粉 合計 (%)	57.1	54.8	55.4	55.1
小麦粉 合計 (%)	69.4	68.7	69.3	69.1
大ぶすま 合計 (%)	24.5	25.3	24.6	24.8
水分 (%)	14.5	14.0	13.8	13.8
灰分 (%)	0.45	0.44	0.43	0.44
粗蛋白質 (%)	9.3	9.2	9.2	9.3
色相 (cv 値)	1.9	1.9	1.8	1.9
アミログラム最高粘度 (B. U. 値)	715	730	690	760
ファリノグラフ (V. V. 値)	38			

表7 冷凍区小麦のテストミル粉碎による小麦粉の品質分析結果

項目/乾燥温度	40°C	50°C	60°C	70°C
ブレーキ粉 合計 (%)	15.9	14.9	14.6	14.6
ミドリング粉 合計 (%)	55.7	55.4	55.4	55.6
小麦粉 合計 (%)	71.6	70.3	70.0	70.2
大ぶすま 合計 (%)	22.8	23.6	24.3	24.3
水分 (%)	13.9	13.6	13.7	13.4
灰分 (%)	0.49	0.46	0.44	0.43
粗蛋白質 (%)	9.2	9.1	9.4	9.3
色相 (cv 値)	2.2	1.9	1.5	1.3
アミログラム最高粘度 (B. U. 値)	720	710	740	740
ファリノグラフ (V. V. 値)	36			

小麦粉合計値は40°Cで最大となり、逆にぶすま合計値は40°Cで最小となった。そのほか、灰分、色相については40°Cで最大となる。アミログラム最高粘度は60および70°Cで最大となった。

考 察

小麦の乾燥時間を遅らせる方策として小麦の貯蔵方法について検討を進めている上で、乾燥温度の項目を加えて実験したことは、一見、目的に反しているようであるが、冷蔵施設を併設した小麦の乾燥システムの中にヒートポンプを利用し、冷蔵施設から出る廃熱を通風乾燥施設で回収利用する総合的システムを考えれば、初夏の温度が低い場合でもかなり高い温度でも作れることになると考えられるので乾燥温度による品質評価も行った。

調査項目は、貯蔵試験、乾燥試験、物理的試験及び小麦粉の品質判定試験であり、貯蔵試験では3試験区(対照区、冷蔵区、冷凍区)を設定し、乾燥試験においては温度を4段階(40, 50, 60, 70°C)に設定して試験した。

小麦の物理的試験データを分散分析した結果は、試験区に対して差が見られた項目は、かさ密度、プランジャー圧縮特性で、差が見られなかったのは安息角および圧碎剛度となり、乾燥温度に対しては、差が見られたのは圧碎剛度以外のかさ密度、安息角、プランジャー圧縮特性である。小麦が粒状のため、一粒一粒の差が分散分析によって差となってあらわれたものと思われる。

小麦を製粉して得られた粉について品質検査を行った結果、いずれの試験区および乾燥区においても、水分、灰分、粗タンパク質、色相(C. V.), アミログラム最高粘度(B. U.)及びファリノグラフのV. V. 値は、正常な小麦粉と変わらない¹⁾。冷蔵区のブレーキ粉の割合が若干少ないこと、冷凍区の色相がやや低くてつまり色が白いことなどが見られるが目立った差ではないと思われる。佐々木²⁾が実施した小麦の熱風乾燥試験とその小麦粉の品質分析結果を比較すると、製粉歩留り、つまり表5, 6および7の小麦粉の原料小麦に対する割合は佐々木も70%前後となっており、また灰分、ファリノグラフのV. V. 値もほぼ同じ値である。ただアミ

ログラム最高粘度は本試験結果の値が小さい値を示した。これは、試料品種が異なることによるものであり、どちらの場合でも乾燥温度の影響を受けていないことは一致している。したがって、高水分小麦を6ヶ月間冷蔵あるいは冷凍した後で乾燥した小麦は、収穫直後に乾燥した小麦とはほとんど差が認められない上、小麦粉の成分にもほとんど差が認められなかった。それゆえ、冷蔵または冷凍貯蔵を行うことによって、十分に小麦の乾燥時期を遅らせることにより、より効率的な乾燥システムの構築が可能であると思われる。

謝 辞

本実験を遂行するにあたり、実験装置を製作して頂いた九州大学農学部技官、堀 善昭氏に、終始実験の計測を手伝って頂いた九州大学農学部学生 西鶴 功君（現ダイキン工業）に、小麦粉の分析をして頂いた日清製粉株式会社鳥栖工場の分析室に厚く感謝します。

なお、本研究の一部は科学研究費補助金（総合研究A 代表：石橋 貞人，昭和62—63年）に行われたことを付記し、感謝します。

摘 要

梅雨時期の国産小麦は水分が高く、乾燥が困難であり、特に、湿度の高い日には乾燥機の加熱温度を上げる必要があるが、小麦の品質を損ねる恐れが生じ、小麦の品質を損ねることない経済的な乾燥システムが要求されている。ここでは、収穫した小麦を6°Cと-25°Cで6ヶ月間貯蔵した後に乾燥するシステムを確立するために、貯蔵後の小麦を乾燥し、その物理的特性および小麦粉の特性について調べた。その結果、貯蔵した小麦の特性は収穫直後に乾燥した小麦の特性との差は認められなかった。また、小麦粉についても同様の結果を得た。

参 考 文 献

1. 長尾 精一（1984），小麦とその加工法 建帛社 東京 59—206.
2. 佐々木泰弘（1985），小麦の熱風乾燥と品質農機誌 47, 95—98.