

研究ノート**ミキサーの消費電力測定による米粉パン生地のミキシング特性の解析**與座 宏一[§], 松木 順子, 岡留 博司, 徳安 健**Evaluation of mixing properties of dough from wheat flour blended with rice flour by recording dough mixer**

Koh-ichi Yoza, Junko Matsuki, Hiroshi Okadome and Ken Tokuyasu

*National Food Research Institute, 2-1-12 Kannondai, Tsukuba, Ibaraki, 305-8642 Japan

Abstract

Mixing properties of dough of rice flour and wheat flour were investigated using a recording dough mixer. Five kinds of rice flours were prepared by different milling methods including blade mill, pin mill and roll mill. Rice flour and wheat flour were mixed in the ratio of 3:7. The mixed flour, water (60–80%) and other ingredients were mixed in 10 minutes using the pin mixer. Power consumption during the mixing was monitored by a data logger. The peak of power consumption decreased when water addition was increased. The change of peak time was related to the type of the rice flour classified according to the mean particle size and the amount of damaged starch.

Keywords: 米粉 (rice flour), パン (bread), 生地 (dough)

緒言

米粉は主に和菓子の原料として年間に約11万トン生産されている¹⁾。このうち上新粉が半分以上を占めている。近年になり、パン用や麺用など従来とは異なる用途での米粉の利用が注目されている。農林水産省の調査によれば平成21年度ではこの新規用途の米粉の生産量が1万3千トンとなっている²⁾。米粉全体の生産量からするとわずかなが生産量は年々増加している。

米の消費量は戦後のピーク時の昭和37年度には国民1人当たり118kgであったが平成20年度では59kgと半

減している²⁾。米の消費拡大を図るという観点からも新規用途での米粉の利用が注目されている。小麦粉の一部を米粉で代替することを考えると、小麦粉を利用した食品の中でもパンはその消費量が多いので、米粉パンへの利用が期待されている。

米粉パンには様々なタイプがあるのでこれらを区別して考える必要がある。我々は大きく3分類を考えている³⁾。すなわち、(1)部分置換パン、(2)グルテン添加パン、(3)グルテンフリーパンである。部分置換パンとは小麦粉をベースに部分的に米粉に置換した粉を原料として製造するパンを示す。グルテン添加パンとは小麦粉を使用せず米粉に(小麦粉から抽出した)グルテ

[§]連絡先, yozako@affrc.go.jp

ンを添加したパンである。グルテンフリーパンとはグルテンを添加しないパンであり、米粉を主体にして増粘多糖類などを添加した米粉パンである。本論文では部分置換パンについて報告する。小麦粉の一部を米粉に置き換えた場合、小麦粉パンに近い食感を持つパンとなる。大手の製パンメーカーが製造している食パンに関してはこのタイプのパンが多い。

米粉パンを製造する上で重要となるのは生地(生地)の混捏条件である。しかしながら、米粉を含むパン生地(生地)の特性は十分に解明されているとは言えない。また、米粉の製粉方法の違いにより生地(生地)の特性がどのように変化するか、整理する必要がある。そこで製粉方法の異なる米粉を含むパン生地(生地)の混捏特性を調べた。

生地物性の測定方法には大別して、材料を混捏する過程の物性を測定する記録混合機および生地(生地)の伸展性を測定する伸展性試験機がある⁴⁾。前者の例としてファリノグラフ(ブラベンダー社製)およびミキソグラフ(ナショナルMFG社製)がある。また、後者の例としてはエキステンシグラフ(ブラベンダー社製)やアルベオグラフ(シヨパン社製)などがある。記録混合機に分類されるファリノグラフは世界的に普及しており、小麦粉の特性を調べる指標として使用されている。しかし、混合部の羽根の形状はZ型であり、混捏する速度も速くない。したがって捏ね上がった生地は実際のパン生地とは異なる。ミキソグラフは欧米でよく使用されているシステムである。本論文では記録混合機のタイプのヴァーサロガー(アトー社製)を使用した。この機械のメリットは、コンピューターと連動したシステムになっていることからデータ処理が容易なことである。以前はドゥグラフという名称であったが、機械の更新とともに名称が変更になった。

実験材料及び方法

1. 供試米

平成20年度茨城県産コシヒカリの精白米を茨城県内の米穀販売業者より購入して使用した。

2. 米粉の調製

試験に供した5種類の米粉を表1に示した。米粉の調製は製粉業者に依頼した。米の粉碎方式としては次の4種類である。すなわち湿式気流粉碎、乾式気流粉碎、ピンミルによる粉碎、ロール式粉碎である。湿式気流粉碎のみ2種類の粉を供試したので合計5種類となっている。湿式気流粉碎および乾式気流粉碎は、米

表1. 試験に使用した米粉

	米粉の略記名称	製造方法
1	Wh	湿式気流粉碎(H社で委託製造)
2	Wk	湿式気流粉碎(K社で委託製造)
3	D	乾式気流粉碎(H社で委託製造)
4	P	ピンミルによる粉碎(H社で委託製造)
5	R	ロール式粉碎(Y社で委託製造)

表2. 生地(生地)の組成

	ベーカーズパーセント(%)	配合量(g)
小麦粉	70	140
米粉	30	60
砂糖	6	12
油脂	5	10
塩	2	4
イースト	2	4
水	60~80	120~160mL
ビタミンC	10ppm	200 μ L(1%溶液)

注: ベーカーズパーセントでは、使用する粉を100%として、粉に対する割合で他の材料を表す。本実験では小麦粉および米粉の合計を100%とした。

粉関連業界で一般に気流粉碎と呼ばれる方式で、ローターを高速で回転させて発生する渦流で粉碎する粉碎方法である⁵⁾。米を水に浸漬し水分含量を約30%に調整した後に製粉するものを湿式と呼び、浸漬工程を経ないで粉碎するものを乾式と呼ぶ。ピンミルは遠心衝突式粉碎機に分類される。原料米を高速回転するピンに衝突させて粉碎する。ロール式粉碎では回転する一対のロールに原料米を挟み込み粉碎する。

表1に示したように本論文では、湿式気流粉碎により製粉した米粉でH社に依頼した試料をWh、K社で依頼製粉した試料をWkと省略して表記する。同様に、乾式気流粉碎試料をD、ピンミルによるものをP、ロール式粉碎によるものをRと略記する。

3. 米粉の特性

米粉の特性の測定法は前法⁶⁾と同様である。損傷デンプン含量の測定にはメガザイム社の損傷デンプン測定キット(K-SDAM)を使用した。すなわち米粉を微生物由来 α -アミラーゼで処理し、生じた分解物をさらにグルコースへと分解し、酵素法を用いて比色定量した。粉体物性の測定は(株)セイシン企業製粉体物性測定器マルチテスターMT-1001を使用した。本機を用いてゆるめかさ密度、安息角およびスパチュラ角を測定した。平均粒径の測定はベックマンコールター(株)製粒度分布測定装置LS13320を使用し、乾式法による

表3. 米粉の特性値

米粉試料	平均粒径 (μm)	損傷デンプン含量 (%)	米粉水分含量 (%)	ゆるめかさ密度 (g/cm^3)	安息角 ($^\circ$)	スパチュラ角 ($^\circ$)
Wh	81.4	3.8	13.4	0.48	51.1	60.1
Wk	56.6	4.7	11.9	0.50	50.1	64.0
D	49.6	13.8	12.6	0.40	54.2	72.8
P	160.7	6.8	14.4	0.64	47.0	69.2
R	145.4	7.5	11.7	0.58	46.6	67.1

注) 略記した米粉試料名に関しては表1参照

粒度分布計測値から平均粒径を求めた。

4. 生地物性試験

表2に記載した材料を用いて生地を調製した。試験に使用したミキサーはナショナルMFG社製ピンミキサーである。計測結果の安定再現性を向上させるため、既報⁷⁾を参考にミキサーの設定温度は室温より低い19℃とした。混捏条件は105rpm(50Hz)で10分間とし、この間の消費電力をアトー社製ヴァーサロガー(AF-1700)により測定し、測定値の20秒ごとの移動平均値を求めた。さらにこの測定を4回ずつ行い、その平均値を混捏過程における消費電力とした。

実験結果および考察

1. 米粉の特性

表3に米粉の特性を示した。平均粒径ではPおよびRの平均粒径がそれぞれ160.7 μm および145.4 μm と気流式粉碎により製粉した試料(Wh, Wk, D)よりおよそ2倍大きかった。Whの平均粒径は既報よりやや大きかったが、WkおよびDの平均粒径は従来の報告と同程度であった。損傷デンプン含量は湿式気流粉碎したWh, Wkの値が低く、乾式気流粉碎のDが高い値を示した。PおよびRは両者の中間的な値であった。これまでも乾式気流粉碎した米粉の損傷デンプン含量が高く、湿式気流粉碎したものでは低くなること報告されている^{8),9)}。その他の項目について比較すると、Dでは他の試料よりゆるめかさ密度が小さく、安息角およびスパチュラ角が大きいという特徴がみられた。

以上の米粉の特性から試料を3区分に分類できた。すなわち(1)湿式気流式粉碎のWhおよびWk、(2)乾式気流粉碎したD、(3)ピンミルおよびロール式粉碎したP, Rである。(1)の特徴は平均粒径が小さく、損傷デンプン含量が低い。(2)は平均粒径が小さく、損傷デンプン

ン含量が高い。(3)は平均粒径が大きく、損傷デンプン含量は中程度である。

2. 混捏試験

製粉方法の異なる5種類の米粉を含む材料を混合し、加水量を60%から80%まで変化させてピンミキサーによる混捏試験を行った。この際の消費電力の変化の様子を示したのが図1である。いずれの試験区においても混捏開始とともに消費電力は増加し、ピークを形成した後に減少した。これはこれまでに報告されている米粉を含まない小麦粉生地の場合と同様である⁷⁾。カーブの形状は違うもののミキソグラフでも同様のピークがみられる^{4),10)}。各試験区において加水量が少ないほど消費電力は大きく、加水量を増大させるに従い消費電力は低下した。

加水量とピーク時の消費電力、加水量とピーク到達時間の関係を図2にまとめた。加水量を増大させるといずれの米粉の場合でもピークでの消費電力値が低下した(図2A)。同じ加水量で比較した場合、Wh, Wk, DはP, Rより高い値を示した。Wh, Wk, DとP, Rとを比較すると平均粒径が大きく異なるので、その影響が考えられる。加水量とピークへの到達時間については、Wh, Wkでは加水量を変化させてもピーク到達時間の値に変動があまりみられなかった(図2B)。それに対してDでは72%まで値は減少し続けた。PおよびRでは68%以降値が増大する傾向があった。この3種類のパターンは前述した米粉特性の3区分と合致しており、米粉の特性の違いが生地のミキシング特性に影響を及ぼしていると考えられた。また、ピーク時の消費電力とピーク到達時間の関係をみると210W付近で到達時間が最小となり、消費電力がそれより小さくても大きくてもピーク到達時間は長くなる傾向がみられた。これは、PおよびRにおいて、加水量が多い72%~80%の範囲でピーク到達時間が遅れることと、Dにおいて加水量が少ない60%、64%でピーク

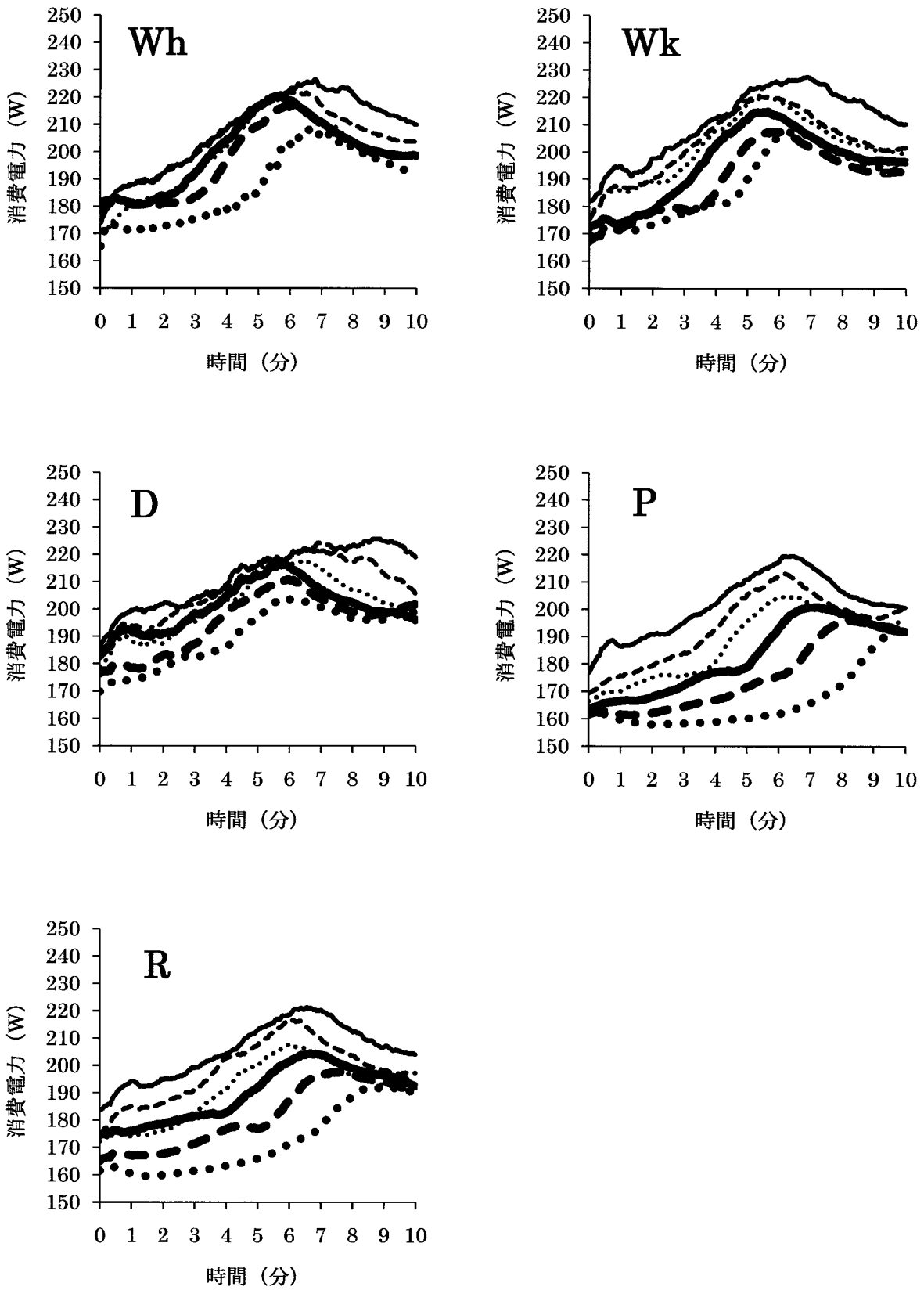


図1．生地への加水条件を変えた場合の混捏過程における消費電力の変化

生地への加水量を60～80%まで変えた場合のヴァーサロガーで測定した消費電力の変化。測定値を20秒ごと移動平均した値を4回測定した平均値。米粉試料の略記については表1を参照。

—— : 60%, - - - - : 64%, : 68%, ——— : 72%, - . - . : 76%, : 80%

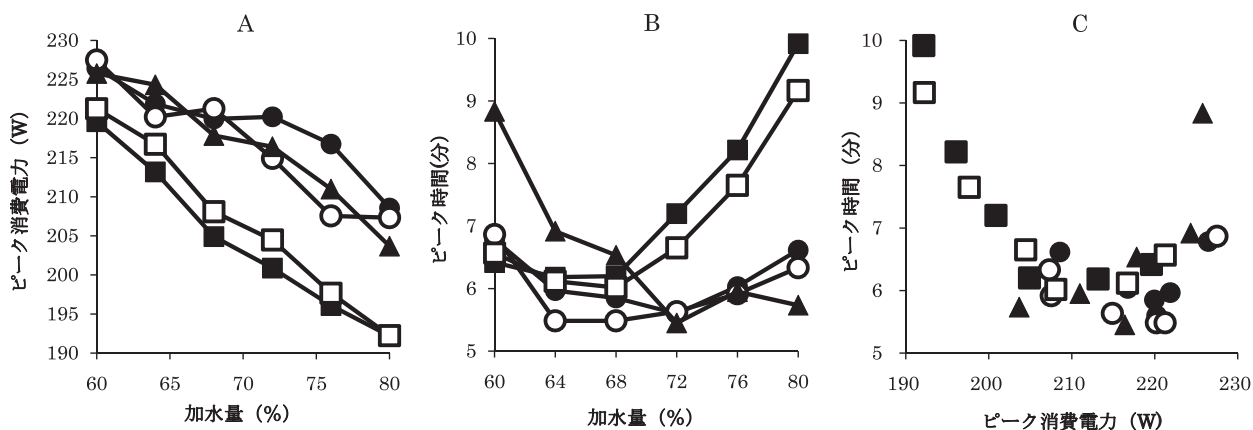


図2．加水量と消費電力の最大値および到達時間の関係

図1のデータより、加水量、ピーク時間、ピーク時の消費電力の関係についてまとめた。A：加水量とピーク消費電力の関係、B：加水量とピーク消費電力となる混捏時間の関係、C：ピーク消費電力と混捏時間の関係。米粉試料の略記については表1参照を参照。

□：Wh，○：Wk，△：D，●：P，◇：R

到達時間が遅くなることによるものと考えられた。

生地に含まれる水の状態として、米粉、小麦粉などの粒子間に存在して潤滑性を与える水、粒子の表面に吸着されている水、粒子の内部に浸透した水の3種類に分けて考えることができる。PおよびRの米粉のように、平均粒径が大きい粒子は比表面積（単位固体質量あたりの表面積）が小さいので、粒子表面に吸着する水量も減少すると考えられる。そのためPおよびRでは、加水量が多い条件では非吸着状態の水が多いため生地が柔らかくなったのであろう。そして米粉および小麦粉の内部に水が浸透するのに時間がかかるため、ピーク時間が遅くなったと考えられた。また、Dでは平均粒径が小さく、損傷デンプン含量も高いので、米粉が吸着する水が増加し、非吸着の水が減少したため、生地が硬くなった（消費電力が増大した）のであろう。米粉、小麦粉による水の吸水量や速度などの米粉の吸水特性、グルテンの物性に与える吸水との関連性などに関してはさらに解析を必要とする課題である。

小麦粉と米粉を7対3の比率で混合した粉で加水量をかえて混捏すると米粉の製粉方法の違いによって、ミキシングカーブのパターンが異なっていた。このことは使用する米粉の製粉方法の違いによって生地のミキシング条件を変更し、その米粉に適した条件を選択する必要があることを示唆している。今後さらに米粉を含むパン生地の特性を詳細に検討していく必要があるだろう。

謝 辞

本研究は農林水産省委託プロジェクト「低コストで質の良い加工・業務用農産物の安定供給技術の開発」の一部として行われたものである。実験を補助していただいた鈴木寿美子氏、小竹久代氏に感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 農林水産省平成21年米麦加工食品生産動態等統計調査年報
- 2) 農林水産省米粉利用の推進について（平成22年11月）<http://www.maff.go.jp/j/soushoku/keikaku/komeko/>
- 3) 與座 宏一，岡部 繭子，島 純，米粉利用の現状と課題 - 米粉パンについて - ，食科工，55，444-454（2008）。
- 4) 松本博，団野源一，パン生地の熟成と生地改良，「製パンプロセスの科学」，第2版，田中康夫，松本博編，（光琳，東京），pp.63-98（1997）。
- 5) 山田昌治，粉碎，「食品工学ハンドブック」，第1版（朝倉書店，東京），pp.75-78（2006）。
- 6) 與座宏一，松木順子，岡留博司，岡部繭子，鈴木啓太郎，奥西智哉，北村義明，堀金彰，山田純代，松倉潮，製粉方法の異なる米粉の特性と製パン性の関係，食品総合研究所研究報告，74，37-44（2010）。
- 7) 伊賀大八，横山規子，井上好文，パン生地混捏曲

- 線描画装置「ドウグラフ」による製パン性能評価系の検討, *パン技術*, 539, 1-31 (2001).
- 8) 穴戸功一, 江川和徳, ペクチナーゼ処理による米粉の製造法及びその製パン適性 (第1報) 米の粉食文化に関する研究, *新潟県食品研究所研究報告*, 27, 21-28 (1992).
- 9) Araki, E., Ikeda, T. M., Ashida, K., Takata, K., Yanaka, M., and Iida, S., Effects of Rice Flour Properties on Specific Loaf Volume of One-loaf Bread Made from Rice Flour with Wheat Vital Gluten, *Food Sci. Technol. Res.* **15**, 439-448 (2009).
- 10) 金子成延, 鈴木啓太郎, 関口恭史, 中川力夫, 大坪研一, 米粉, 大麦粉と混合した小麦粉生地のみキシング特性, *作物研究所研究報告*, 10, 89-115 (2009).