

米粉、大麦粉と混合した小麦粉生地のミキシング特性

金子成延・鈴木啓太郎^{*1}・関口恭史^{*2}・中川力夫^{*3}・大坪研一^{*1,4}

抄 録

小麦粉と他種穀粉を混合利用したときの生地性状の把握を目的として、大麦粉と米粉の加水生地のミキシング特性と小麦粉に大麦粉または米粉を部分添加したときの加水ミキシング特性をファリノグラムとミキソグラムで調べた。大麦粉単独でのファリノグラム吸水率 (Abs) は軟質小麦農林61号、パン用小麦No.1 カナダウエスタンレッドスプリング (1 CW) より高い値を示した。米粉のAbsは農林61号より高く、1 CWと同程度の値となった。米粉のファリノグラム生地形成時間 (DT) は約25分という非常に長い値となった。大麦粉で一部置換した農林61号のファリノグラム吸水率は、小麦粉単独のものに比べて上昇した。1 CWの吸水率は大麦粉との混合で上昇したが、米粉との混合では低下した。大麦粉と米粉のミキソグラム測定結果は適当な加水率ではトルクの大きな振幅を示したが、トルクを維持する加水率範囲は狭く、適当な加水率範囲から外れると、生地の粘り不足のため生地が固まりにならずトルクがなくなった。大麦粉、米粉で一部置換した小麦粉のミキソグラムのトルクは小麦粉単独の場合より低下し、加水条件によっては粘度不足でミキソグラムのトルクが維持できなくなった。

平成20年12月18日受付 平成21年2月6日受理

*1 農業・食品産業技術総合研究機構食品総合研究所

*2 関口醸造株式会社

*3 茨城県工業技術センター

*4 現・新潟大学農学部応用生物化学科

Mixing properties of dough from wheat flour blended with barley flour or rice flour

Shigenobu KANEKO, Keitaro SUZUKI^{*1}, Yasushi SEKIGUCHI^{*2},
Rikio NAKAGAWA^{*3} and Ken'ichi OHTSUBO^{*1,4}

Abstract

The mixing properties of a paste of barley flour and rice flour were determined using farinogram and mixogram values. Farinogram absorption (Abs) values of barley flour were higher than those of flour from cv. Norin 61, a kind of soft wheat cultivar, and No.1 Canada Western Red Spring (1CW), a hard wheat utilized for bread. Abs values of rice flour were also higher than that of Norin 61 and were about the same as that of 1CW. Rice flour showed very long farinogram developing times of about 25 min. The mixing properties of dough from wheat flour, which was partially replaced with barley or rice flour, were also determined. Abs values of wheat flour that was partially replaced with barley flour were higher than those of the individual wheat flours. Barley and rice flours maintained large amplitudes of mixogram torque under appropriate water absorption conditions, but the appropriate range of water absorption necessary for maintaining torque was limited. Viscosity of the pastes was not enough to maintain the torque during mixogram measurements when the amount of water was not appropriate. The values of mixogram torque of wheat flour were reduced when it was partially replaced by barley or rice flour, and the torque was not maintained during measurements under several water absorption conditions.

Key Words: wheat, rice, barley, flour, farinograph, mixiograph, mixing property, water absorption

Accepted 6 February, 2009

^{*1} National Food Research Institute, National Agriculture and Food Research Organization

^{*2} Sekiguchi Jouzou Co. Ltd.

^{*3} Ibaraki Industrial Technology Institute

^{*4} Present Address: Department of Applied Biological Chemistry, Niigata University

I 緒 言

デンプンを主成分とする穀粒を粉体へと加工した食品素材は古くから広く利用されている。小麦はそのほとんどが粉体に加工してから使用される。米は日本では粒食が主用途であるが米粉も菓子等の素材として広く使用される。大麦は搗精麦や押し麦など粒で食されるが、粉体も菓子などの素材として利用されることがある。穀粉はそれぞれの穀類単独で使用する以外にも、混合してそれぞれの粉の特徴を生かした混合粉を調製して利用することができる。

近年では、国内の米需要が減少しているために新たな利用法が求められていることや小麦の国際価格が高騰していることなどから、小麦粉に米粉を一部混合しためん（今井ら 1979、宍戸ら 1993）、パン（高野ら 1979、高野ら 1986、Johnson 1990、宍戸ら 1992、山木ら 2007）などの開発が進められるようになってきている。このうち米粉パンについての研究例は與座らの総説（2008）に詳しい。大麦についても米からの転換作物として需要拡大を図る目的や、食物繊維などの機能成分が豊富であることなどから機能成分を強化した食品を開発する目的で小麦粉と混合した食品の開発が行われている（楠ら 1980、楠ら 1983、Newman *et al.* 1990）。

各種穀粉のうち、小麦粉は水を加えて混捏したときにグルテンを形成して強い粘弾性を有する生地を形成することが食品素材としての大きな特徴である。小麦粉食品にはグルテンの粘弾性を有効に利用するパン類から、グルテンの粘弾性がある程度抑制されている方が好まれる菓子類まで様々なものがあるため、小麦粉以外の穀粉を混合して利用する場合にもグルテンの粘弾性を生かしたいか抑えたいかで必要とされる材料の特性が異なってくる。

小麦粉に加水後混捏してドウを調製したときのミキシング特性を測定する機器としてはファリノグラフやミキソグラフなどが標準試験法として広く利用されている。しかし、グルテンを形成しない米粉や大麦粉の加水生地の粘弾性は小麦粉と大きく異なるので、これらの穀粉を単体あるいは小麦粉と混合して使用する際には、ファリノグラフやミキソグラフなどの測定結果をどのように評価するかを検討する必要がある。また、小麦粉の吸水性はファリノグラム吸水率が基準となるが、生地物性が大きく異なる場合には混合粉から生地を調製する際に適した加水量をファリノグラフやミキソグラフの測定結果から予測できるかの検討も必要である。

ファリノグラフを使用して混合穀粉加水生地のミキシング特性を測定した結果は、パン類やめん類などの開発を目的とした研究報告中で示されている例があるが（今井ら 1979、高野ら 1979、高野ら 1986）、加水生地の性質を広範な条件で測定している例はあまりなく、ミキソグラフの測定例も少ない。加水量とミキシング特性との関係についても大麦粉の報告例はあるが（楠ら 1980）、混合穀粉については十分な情報は得られてはいない。未知の試料について加水量の増減による生地の性質変化などを予測して材料としての特徴を把握するためにはある程度網羅的な測定が必要であると考えられる。本報告では大麦粉、米粉、およびそれらと小麦粉との混合粉の加水ミキシング特性が混合比や加水率でどのように変化するかをファリノグラフとミキソグラフを用いて測定し、米粉、大麦粉の利用の参考にすることを試みた。

II 実験方法

1 実験材料

小麦試料として軟質小麦品種農林61号と硬質小麦銘柄1CWを用いた。農林61号は作物研究所で栽培・収穫した穀粒について、1CWは農林水産省総合食料局から実験材料として供与を受けた穀粒についてビューラーテストミルで製粉して60%粉を調製した。大麦試料としては六条うるち性裸麦イチバンボシ、六条もち性裸麦ダイシモチ、六条うるち性皮麦シルキースノウを用いた。作物研究所で栽培・収穫した大麦穀粒を、皮麦については55%歩留、裸麦については60%歩留に搗精し、搗精麦を1mmメッシュのスクリーンを付けたUDY製衝撃式粉砕器（インペラー回転速度10400rpm）で粉砕した。米は茨城県産コシヒカリを用い、玄米を90%歩留に搗精した後、衝撃式粉砕器で粉砕した。衝撃式粉砕機で得られた米粉の一部からは、乳鉢と乳棒を用いてさらに粒度の小さい粉を調製した。

粉体の粒度はSympatec Helos & Rodos レーザー回折式粒度分布測定装置を用いて乾式条件で測定した。タンパク質含量はElementar RapidNを用いて燃焼法で窒素含量を測定して求めた。

タンパク質含量への換算係数は小麦粉は5.7、大麦粉は5.83、米粉は5.95を用いた。デンプンの糊化粘度はラピッドビスコアライザー（RVA）を用い、34℃から94℃までを12分で昇温する条件で測定した。

2 ミキシング特性

穀粉に水を加えてミキシングした際の生地 of 粘度変化をファリノグラフとミキソグラフで測定した。ファリノグラフはICC Standard method 115/1 (International Association for Cereal Science and Technology 2006) に基づいて測定、解析し50g用ミキサーを使用した。ミキソグラフはAACC Method54-40A (American Association of Cereals Chemists 2000) を参考にして10g用ミキサーを使用して測定し、ミキシング時間は10分とした。測定はそれぞれの単独粉、および小麦粉に大麦粉または米粉を8:2、または6:4に混合した粉について行った。ミキソグラフの加水量はファリノグラム加水量を参考にして、そこから増減して加水量による変化を調べた。

III 結果

1 供試穀粉のタンパク質含量、糊化粘度、粒度

表1に供試した穀粉のタンパク質含有率、RVA最高粘度、50%体積粒度の測定結果を示した。供試粉のうちダイシモチのRVA最高粘度は他の粉と比べて低かったが、これは本試料

の栽培年の気象条件が低温、多雨であったために穀粒のアミラーゼ活性が高くなったためであると推測される。米粉の粒度は他の粉と比較して大きかったため、一部を乳鉢上でさらに粉砕して粒度が小さい粉を調製した。乳鉢粉砕後のRVA測定結果はデンプン粒の損傷に伴うと推測される最高粘度の低下が認められたが、低下程度は5%程度だった。

表1 供試試料のタンパク質含有率、RVA粘度、粉体粒度

	タンパク質含有率(%)	RVA最高粘度(RVU)	50%体積粒度(μm)
小麦粉			
農林61号	8.2	324	32
1CW	12.6	245	56
大麦粉			
イチバンボシ	9.0	409	46
ダイシモチ	8.7	91	66
シルキースノウ	7.9	499	49
米粉			
コシヒカリ(衝撃粉碎)	5.8	505	130
コシヒカリ(乳鉢粉碎)		478	85

表2 小麦粉、米粉、大麦粉のファリノグラム測定結果

	Abs (%)	DT (min)	Wk (BU)	Stab (min)
小麦粉				
農林61号	55.8	2.1	72	3.1
1CW	66.7	7.2	41	8.7
大麦粉				
イチバンボシ	72.5	10.0	35	16.4
ダイシモチ	73.4	16.0	67	19.7
シルキースノウ	66.1	21.0	26	28.0
米粉				
コシヒカリ(衝撃粉碎)	65.5	26.4	40	14.4

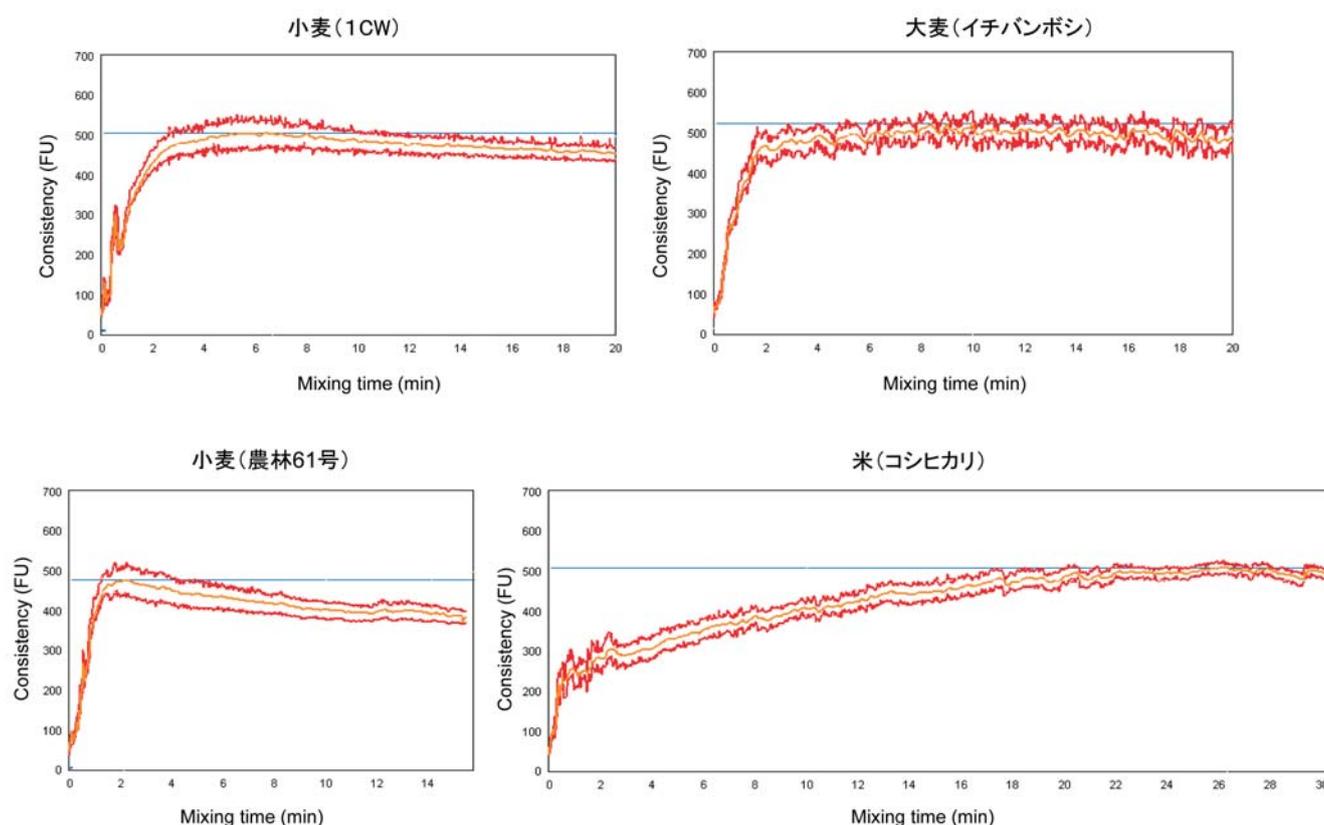


図1 小麦粉、大麦粉、米粉のファリノグラム

2 各穀粉のファリノグラム

図1に小麦粉(農林61号、1CW)、大麦粉(イチバンボシ)、米粉(コシヒカリ衝撃粉碎粉)のファリノグラムチャートを、表2にファリノグラム吸水率(Abs)、ドウ形成時間(DT)、ドウ弱化度(Wk)、ドウ安定性(Stab)を示した。1CWのファリノグラムは、農林61号と比較してAbs、DTが大きい。大麦粉のAbsはイチバンボシが72.5、ダイシモチは73.4で、パン用小麦1CWのAbs 66.7よりも大きく、シルキースノ

ウのAbsは66.1で1CWと同程度の値だった。大麦粉加水生地のファリノグラムの振幅は非常に大きく、粘りの小さい生地を形成していることを示した。Stabは小麦粉より大きく、ミキシングの継続によるトルクの低下は小さかった。米粉のAbsは1CWと同程度の値だったが、長時間のミキシングを続けることで少しずつトルクが増加したため、DTは25分を超える極めて大きな値となった。Stabについても大麦と同様に小麦粉より大きな値となった。

3 大麦粉と小麦粉、米粉と小麦粉の混合粉のファリノグラム

農林61号と1CWのそれぞれに対して大麦粉または米粉を8:2、6:4で混合して測定したファリノグラム測定値を表3と表4に示した。小麦粉単独と比べて大麦粉を混合するとAbsは上昇した。ファリノグラムAbsが他の大麦より大きいダイシモチと混合した小麦粉のAbsはイチバンボシ、シルキースノウと混合した小麦粉と比べてAbsが大きかった。米粉との混合では、農林61号と衝撃粉砕粉、乳鉢粉砕粉のどちらとの混合でも小麦粉単独に比べてAbsが大きくなった。一方、1CWと衝撃粉砕粉との混合では8:2、6:4どちらの添加量でも小麦粉単独よりAbsは低

下した。ところが、乳鉢粉砕粉との6:4混合では逆に1CW単独のときよりもAbsは大きくなり、米粉の調製方法で異なった傾向となった。

ベースとなった小麦粉と比較してファリノグラムが特徴的に変化した農林61号とダイシモチの6:4混合粉、および1CWとコシヒカリ乳鉢粉砕粉の6:4混合粉のファリノグラムをそれぞれ図2に示した。農林61号とダイシモチとの6:4混合では農林61号単独と比べてAbsの上昇が特に大きく、DTも大きくなったのでパン用小麦粉の特徴に近い方向へのチャート形状変化となった。1CWと乳鉢粉砕米粉との6:4混合粉では1CW単独粉に比べてAbs、Stabが低下しWkが大きい薄力粉の特徴に近い方向へのチャート形状変化となった。

表3 小麦粉（農林61号）と大麦粉、米粉の混合粉のファリノグラム測定結果

	Abs (%)	DT (min)	Wk (BU)	Stab (min)
農林61号	55.8	2.1	72	3.1
+ イチバンボシ (8:2)	59.4	1.7	62	1.9
+ イチバンボシ (6:4)	63.0	2.0	50	2.0
+ ダイシモチ (8:2)	62.3	1.9	81	0.7
+ ダイシモチ (6:4)	67.9	3.2	86	2.3
+ シルキースノウ (8:2)	59.4	1.7	63	1.0
+ シルキースノウ (6:4)	62.7	1.7	58	2.6
+ コシヒカリ衝撃粉砕粉 (8:2)	57.1	1.7	105	0.7
+ コシヒカリ衝撃粉砕粉 (6:4)	57.4	2.3	77	2.7
+ コシヒカリ乳鉢粉砕粉 (8:2)	56.7	1.9	78	2.8
+ コシヒカリ乳鉢粉砕粉 (6:4)	56.6	1.8	83	2.6

表4 小麦粉（1CW）と大麦粉、米粉の混合粉のファリノグラム測定結果

	Abs (%)	DT (min)	Wk (BU)	Stab (min)
1CW	66.7	7.2	41	8.7
+ イチバンボシ (8:2)	68.3	3.0	41	7.7
+ イチバンボシ (6:4)	69.3	8.4	28	14.8
+ ダイシモチ (8:2)	71.5	7.0	61	7.7
+ ダイシモチ (6:4)	75.6	7.5	84	6.6
+ シルキースノウ (8:2)	67.4	4.4	25	11.4
+ シルキースノウ (6:4)	68.6	6.3	50	8.7
+ コシヒカリ衝撃粉砕粉 (8:2)	64.1	6.7	36	12.0
+ コシヒカリ衝撃粉砕粉 (6:4)	61.4	6.3	50	8.3
+ コシヒカリ乳鉢粉砕粉 (8:2)	65.9	2.0	44	9.3
+ コシヒカリ乳鉢粉砕粉 (6:4)	67.7	2.3	83	3.7

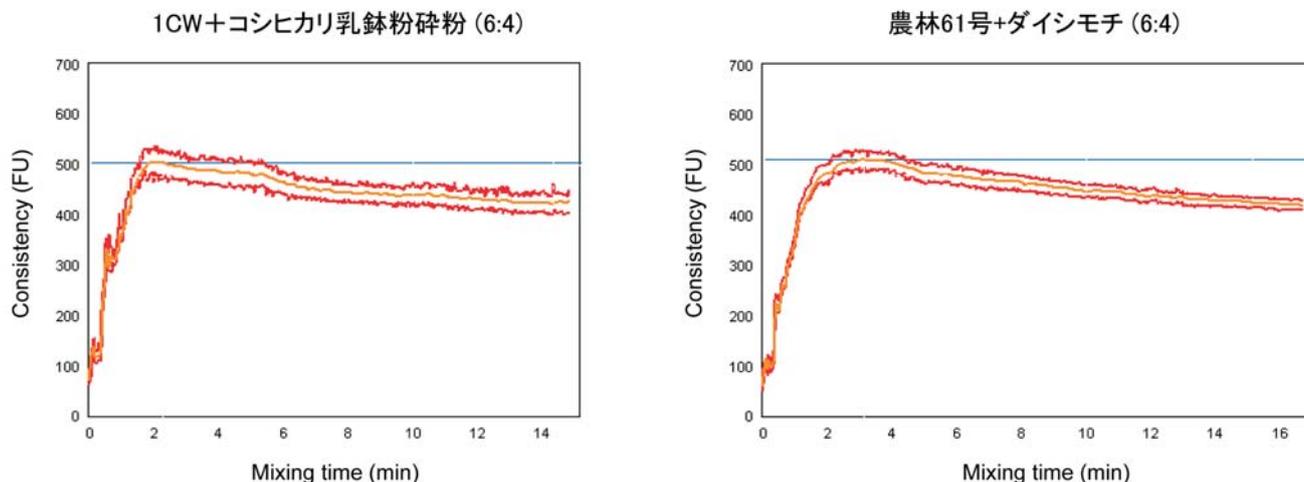


図2 大麦粉、米粉と小麦粉の混合によるファリノグラムの変化

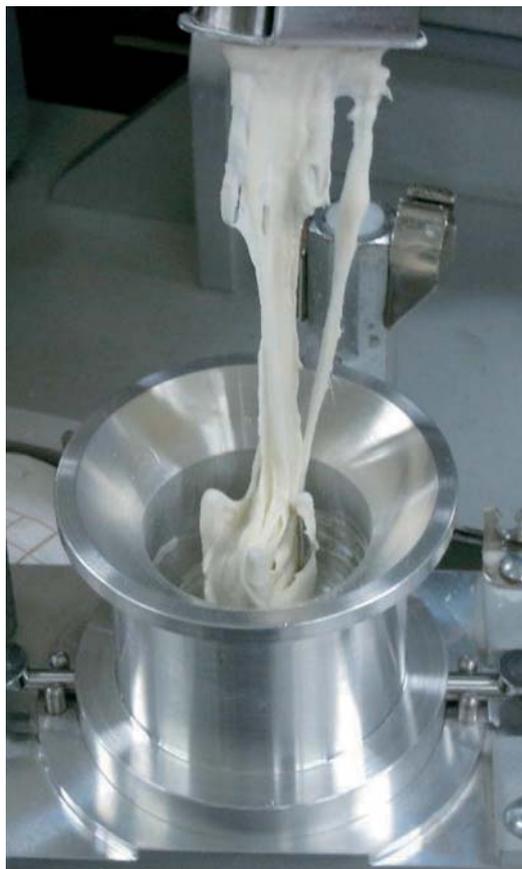


写真1 小麦粉（農林61号）のみキソグラフ測定後の生地性状



写真2 大麦粉（イチバンボシ）のみキソグラフ測定後の生地性状

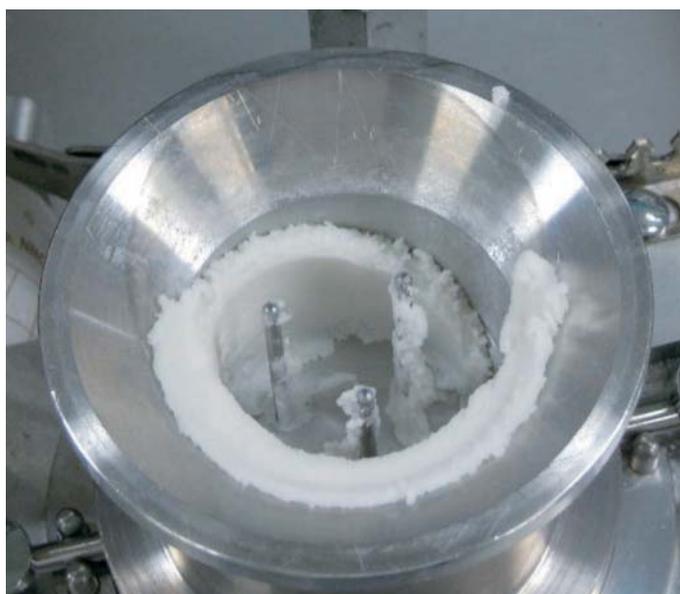


写真3 米粉のみキソグラフ測定後の生地性状

4 各種穀粉のみキソグラフ測定

それぞれの穀粉に、ファリノグラムAbsで加水後測定したみキソグラフ結果を図3に示した。みキシング終了時の生地性状を写真1から3に示した。小麦粉は加水後のみキシングで生地に粘りが生じ、トルクはいったん増大した後、みキシングの継続で低下する。1CWは農林61号

に比べて大きなトルクを維持した。小麦粉のみキシング終了後の生地は粘りが大きく農林61号、1CWともにピンに絡んで伸展性に富む性状になった。写真1に農林61号の測定終了時の性状を示した。

大麦粉は小麦粉と比べて硬く伸展性に乏しい生地となり、小麦粉のように生地に粘りが生じてチャートの上下動の振幅を吸収することがないため、測定開始から終わりまで大きな振幅を

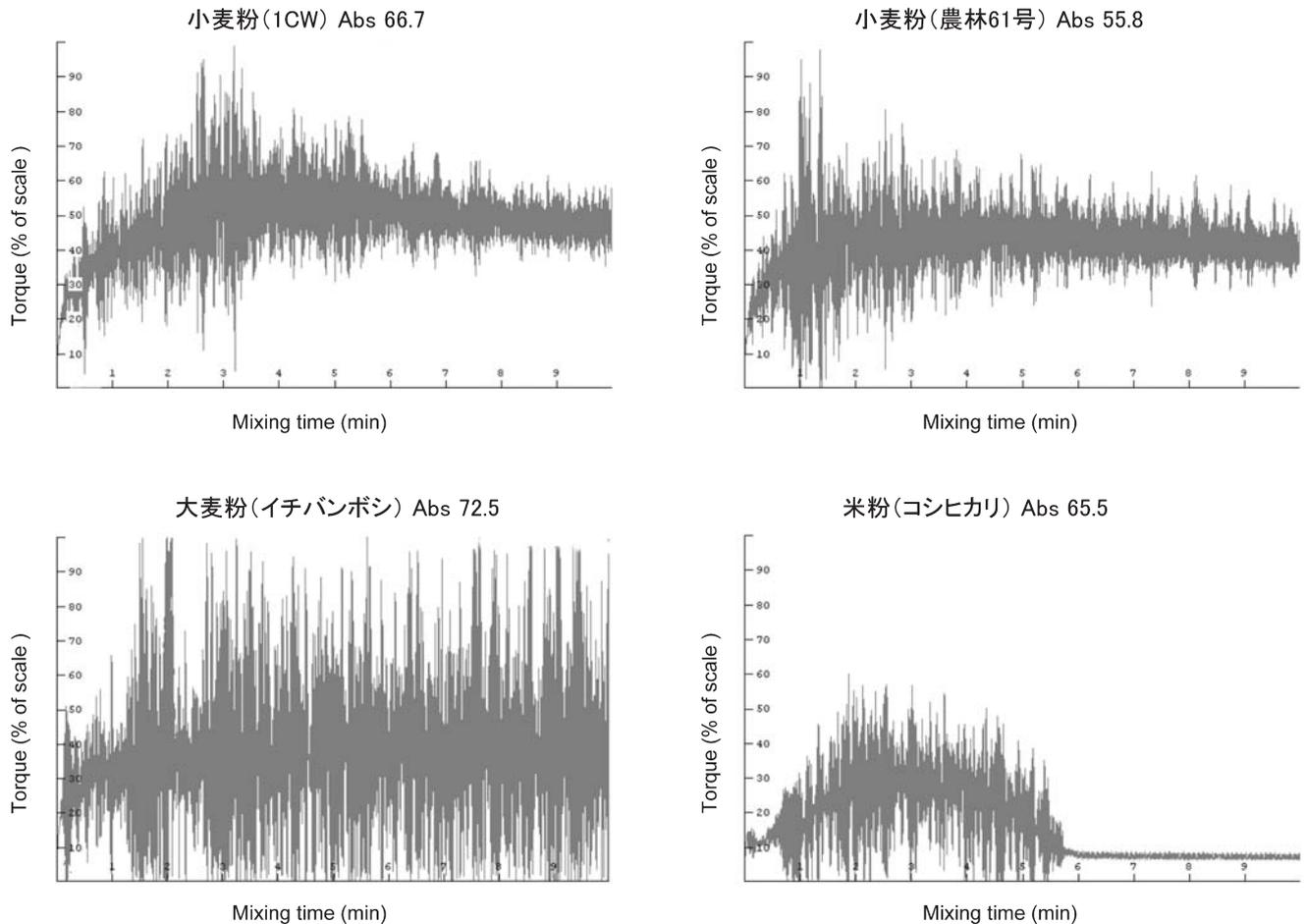


図3 ファリノグラム吸水率で加水した各種穀粉のミキソグラム

くり返した。ミキシング終了時には伸展性に乏しい大きな固まりを形成した(写真2)。

米粉はファリノグラフでトルクが大きくなるまでに長時間のミキシングが必要であったが、ミキソグラムでは加水生地に必要な粘りが生じる前にピンの回転によって粉がミキサーボウル壁面に徐々に押しやられて付着し、ピンへの抵抗がなくなって振幅がなくなった(写真3)。

5 加水量とミキソグラム測定結果の関係

ファリノグラムAbsは小麦粉の加工特性を評価するための基準となる加水量であるが、他の穀粉の加工特性評価のために小麦粉と同様にファリノグラムAbsを基準とできるかどうか検討の必要がある。ファリノグラム加水率から加水量を増減させたときの各穀粉のミキソグラム測定結果を比較した。

農林61号では(図4)加水率37%では生地が繋がらずにそばろ状になりミキサーピンにトルクがかからなかった。加水率42%では生地はつながるが伸展性がないため図3の大麦粉のように振幅が大きいチャートとなった。加水率が大きくなるとピンに生地が巻きつくようになってトルクのピークが観察できるようになった。加水率が大きくなるにつれてトルクピークまでの時間は長くなりピーク高さは低下したが加水率77%でもピンに絡まる状態を維持した。

1CWも加水率の増減で農林61号と同様なチャート変化を示したが(図5)、同一加水でのトルクは農林61号より大きく、トルクが観察できる水分範囲も広がった。

米粉は図3に示したようにファリノグラムAbs 65.5でミキソグラムのトルクが10分間の測定時間中維持できなかった。トルクを維持するためには加水量をファリノグラムAbsよりも少

なくする必要があり、加水率57%では10分間トルクを維持した（図6）。この条件での測定終了時の生地性状は写真4のような大きな固まりを形成した。測定時間中にトルクを維持できる

加水量範囲は小さく、加水率52%では水分不足で固まりを生じず（写真5）、加水量が大きくなると写真3のように測定中にミキサーボウル壁面に付着してトルクが維持できなかった。

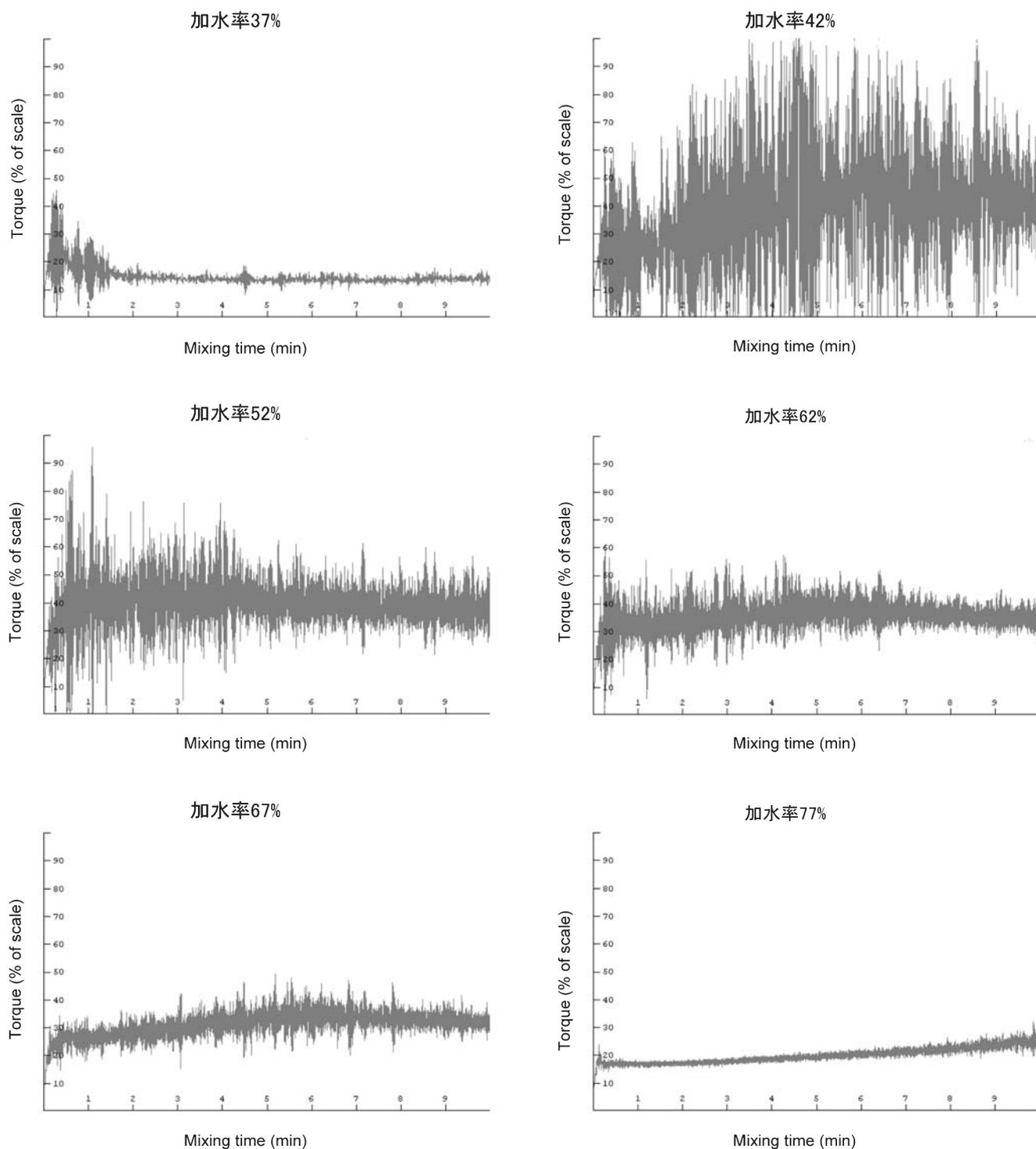


図4 小麦粉（農林61号）ミキソグラフ測定結果の加水率による変化

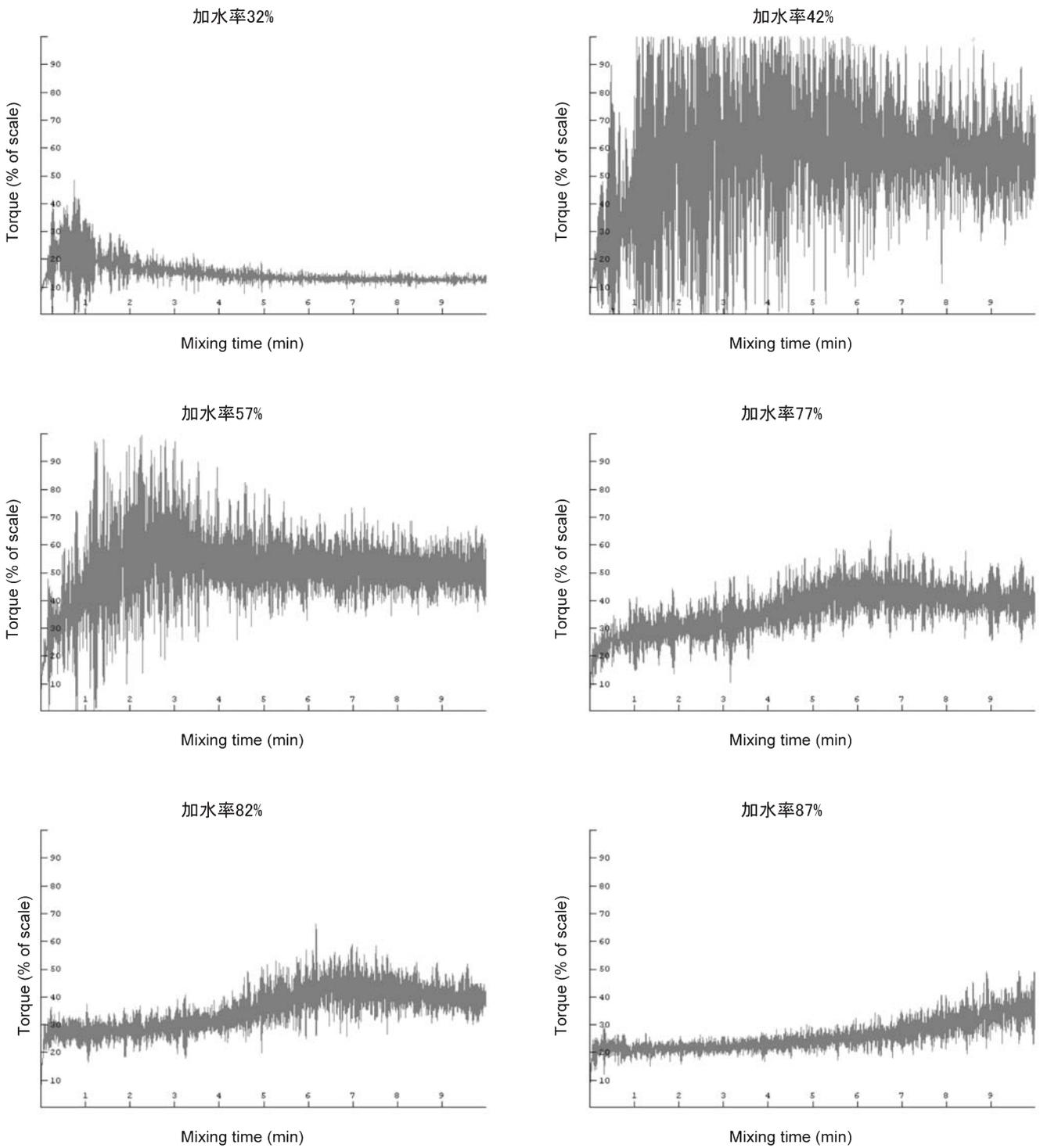


図5 小麦粉 (1CW) ミキソグラフ測定結果の加水率による変化

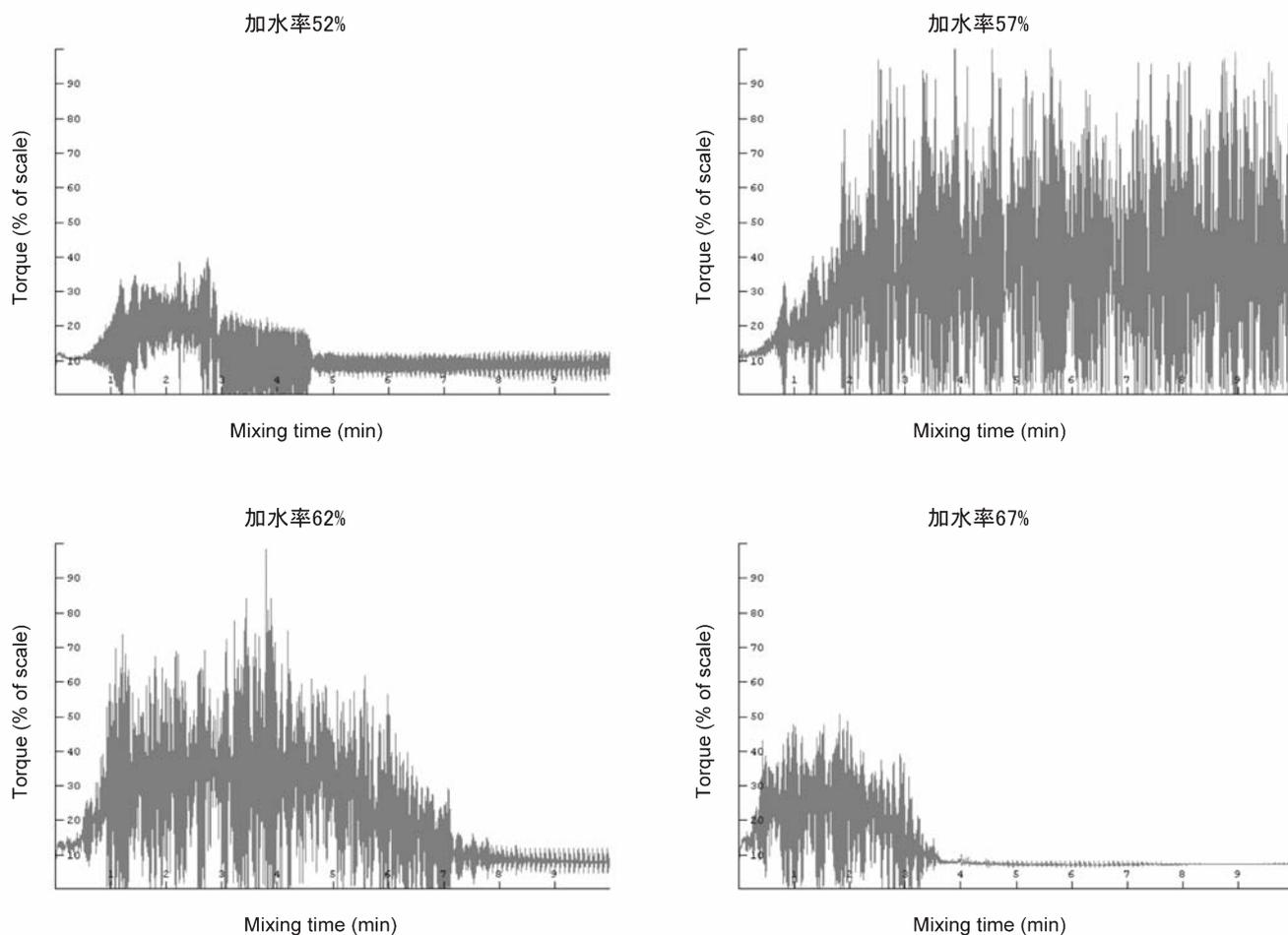


図6 米粉（衝撃粉碎粉）のみキソグラム測定結果の加水率による変化



写真4 米粉のみキソグラム測定後の性状（加水率52%）

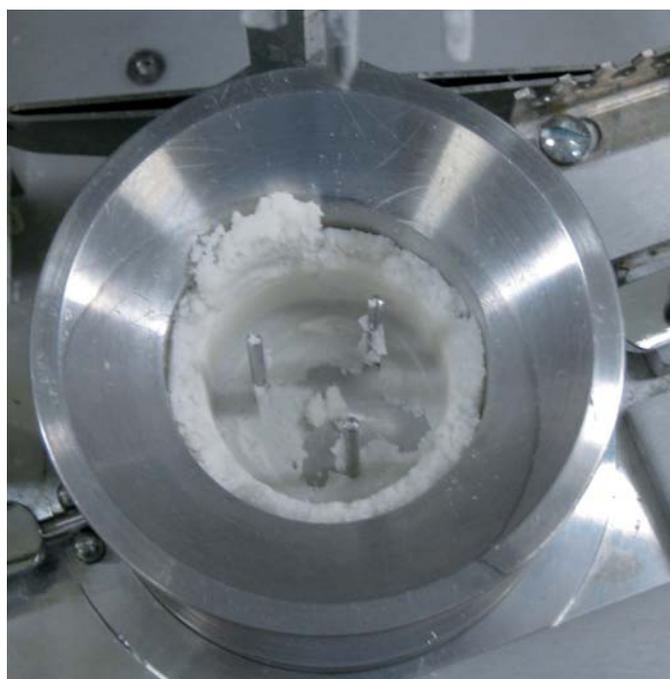


写真5 米粉のみキソグラム測定後の性状（加水率47%）

乳鉢粉碎米粉（図7）では、トルクが維持できる加水率範囲は衝撃粉碎粉より広くなり、加水率52%でも大きなトルクを生じた。粒度が小

さくなることで粉体の表面積が大きくなり、水添加で生じる粉体間の付着性が大きくなったためと考えられた。

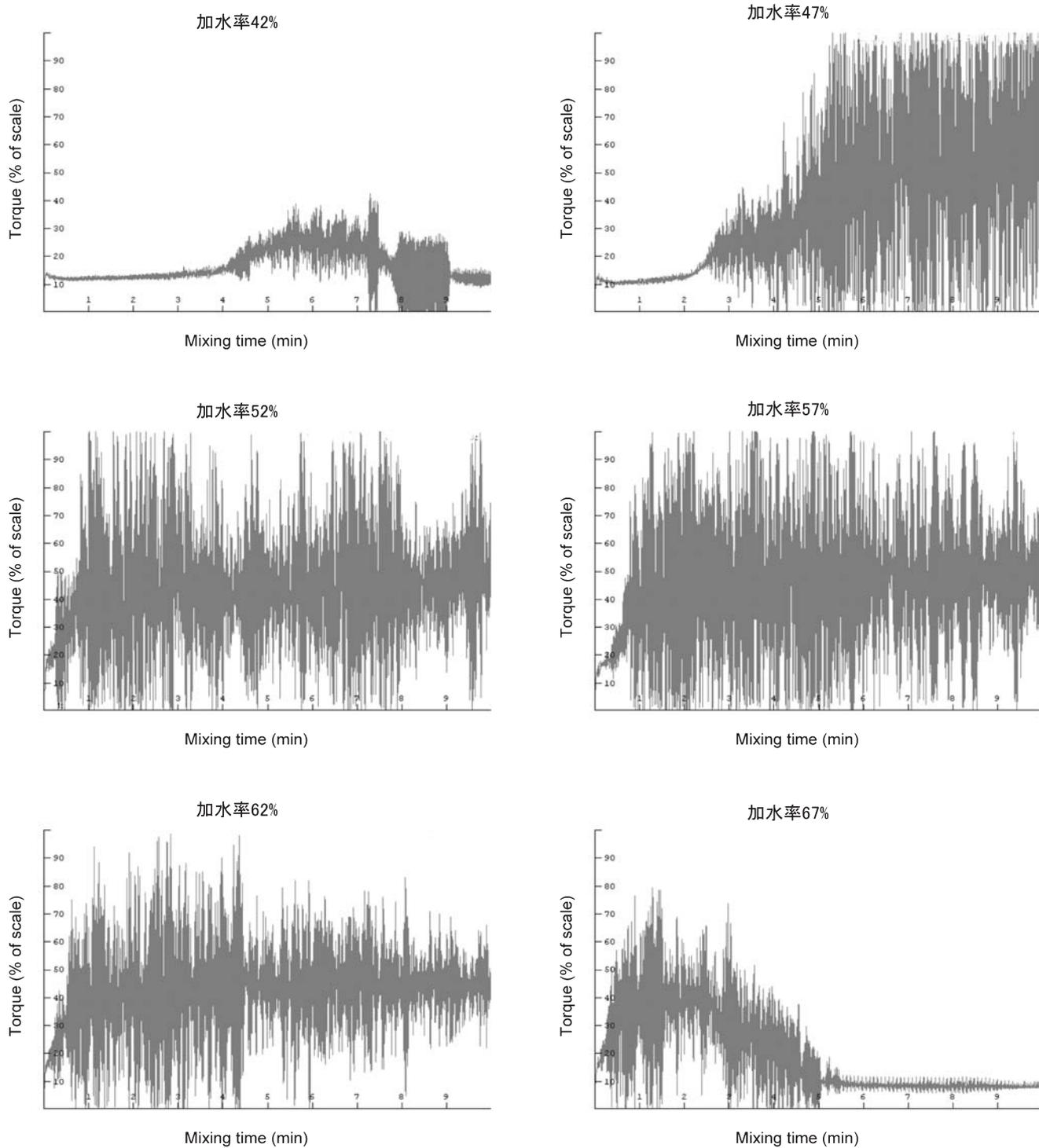


図7 米粉（乳鉢粉碎粉）のミキソグラム測定結果の加水率による変化

大麦イチバンボシ（図8）は加水率67%で最も大きな振幅を示し、これよりも加水量が増減すると振幅は小さくなった。加水率52%では加水直後はトルクが観察されるが生地はピンの回転によって小さな固まりに分割されてそばろ状

になり、トルクが維持できなくなった（写真6）。加水量が大きくなると生地が柔らかくなる結果、ミキサーの振幅は小さくなり、加水率82%ではピンの回転でミキサーボウル周囲に生地が接着してトルクが維持できなくなった。

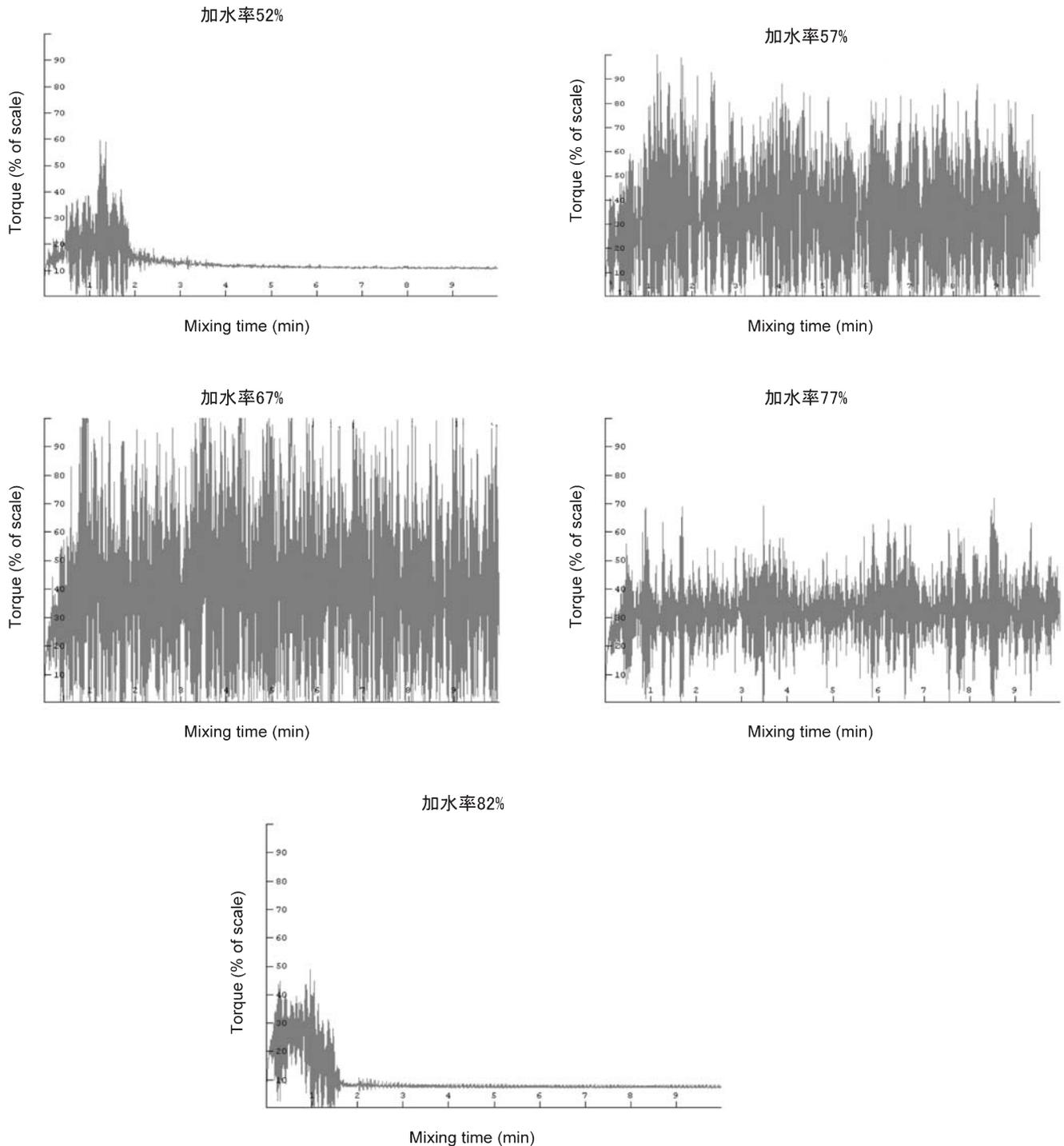


図8 大麦粉（イチバンボシ）のみキソグラム測定結果の加水率による変化



写真6 大麦粉（イチバンボシ）ミキソグラフ測定後の生地性状（加水52%）



写真7 大麦粉（イチバンボシ）ミキソグラフ測定後の生地性状（加水82%）

大麦ダイシモチ（図9）とシルキースノウ（図10）のみキソグラム測定結果も加水量によってイチバンボシと同様なチャート形状の変化を

示した。振幅が大きくなる加水率と振幅が維持できなくなる加水率はそれぞれのファリノグラム吸水率に対応して増減した。

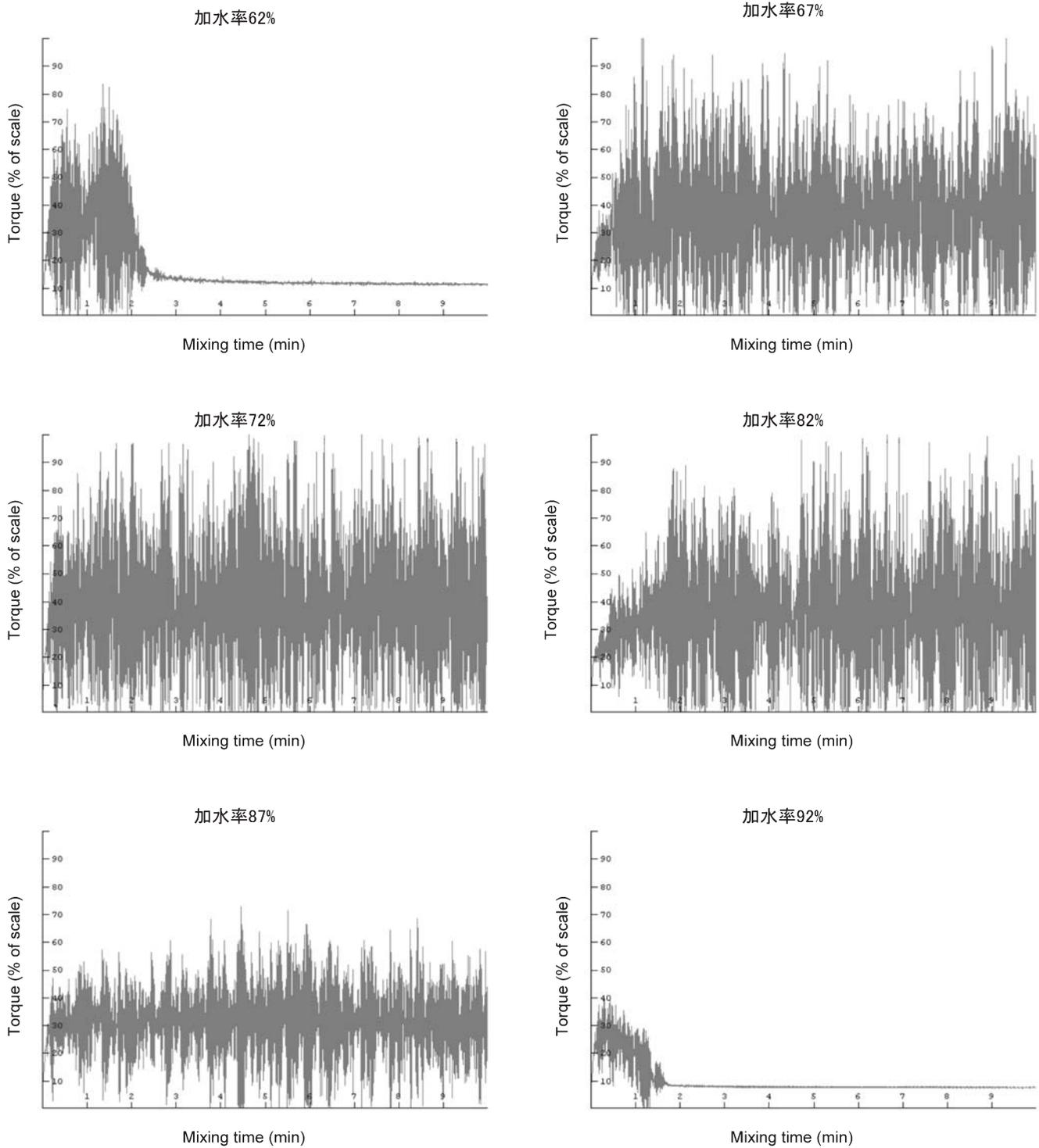


図9 大麦粉（ダイシモチ）のみキソグラム測定結果の加水率による変化

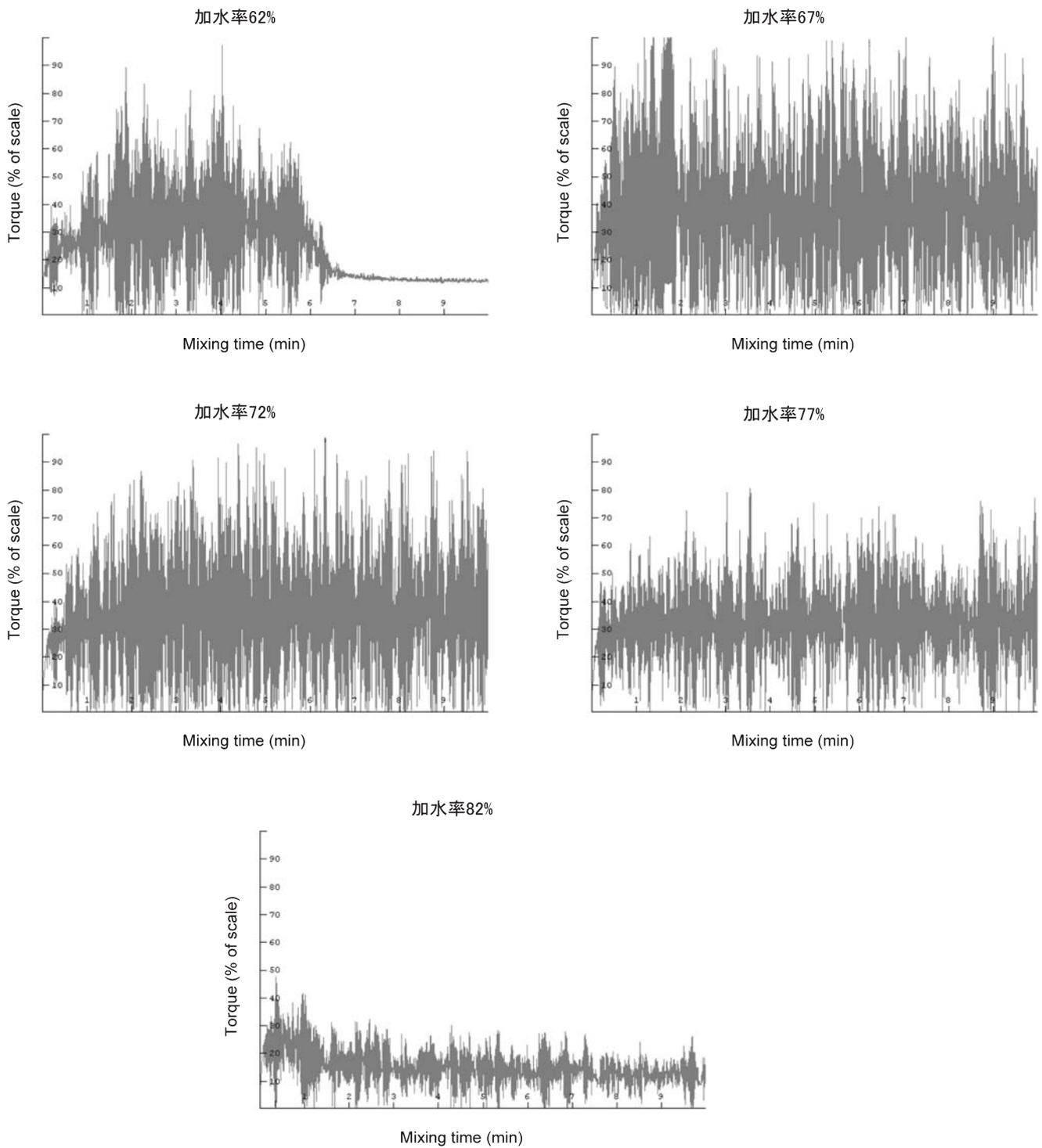


図10 大麦粉（シルキースノウ）のミキソグラム測定結果の加水率による変化

6 小麦粉と大麦粉、米粉の混合粉のみキソグラム測定

小麦粉に対して大麦粉と米粉を8:2、または6:4で混合した粉についてみキソグラムでみキシング特性を計測した。小麦粉単体でのファリノグラムAbsを基準として、農林61号（ファリノグラムAbs 55.8）と混合した場合は加水率52、57、62、67%で、1 CW（ファリノグラムAbs 66.7）と混合した場合は加水率62、67、72、77%でみキソグラム測定結果を比較した。測定チャートは図11-26に示した。

イチバンボシと農林61号との混合では加水率が52%のときは大麦の吸水率が高いため、生地は硬めとなりみキソグラムの振幅は大きくなった（図11）。6:4混合では加水率52%で大麦粉の特徴である激しく振幅するチャートを示し（図12）、加水率の増加に伴って振幅は小さくなり、

チャートは低い位置でほぼ一定の高さを示した。ファリノグラムAbsがより高いダイシモチとの混合でも同様の変化を示したが、生地に伸展性が不足するため加水量が高い時にはみキサーボウル周囲への生地付着で振幅がなくなりやすくなった（図15、16）。大麦粉と1 CWの8:2混合では、チャート全体の高さは小さくなるものの、グルテン形成によるトルクピークが認められた（図13、17）。6:4混合では大麦粉加水率がある程度高くなるとみキサーボウル壁面への生地付着による振幅の消失が認められるようになった（図14、18）。

米粉との混合では農林61号と1 CWともに加水率62%でチャートのトルクが維持しにくくなり、測定の途中で振幅の消失が認められた（図19、20、23、24）。乳鉢粉碎粉との混合は小麦粉の伸展性低下作用が大きくなり測定中にトルクがなくなる加水条件はさらに多くなった（図21、22、25、26）。

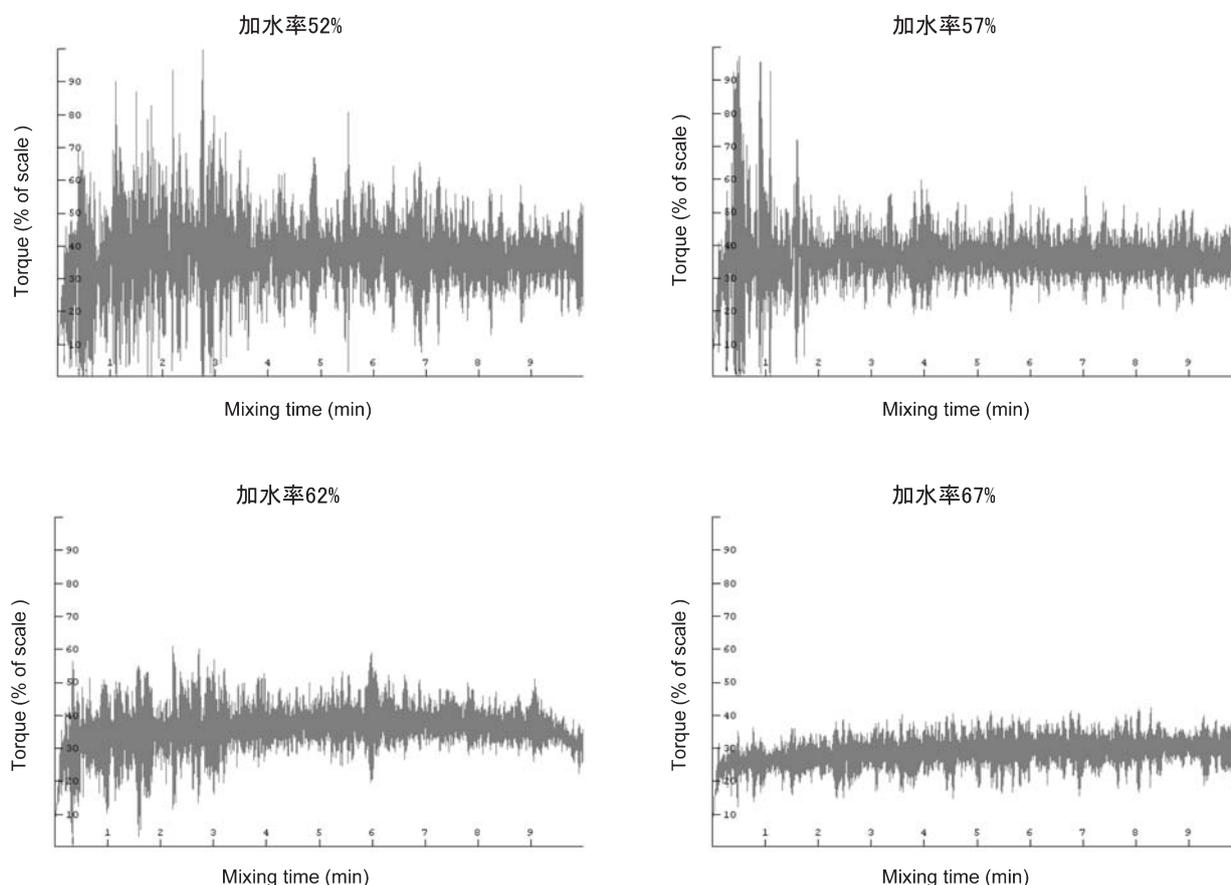


図11 農林61号とイチバンボシ8:2混合粉のみキソグラムの加水による変化

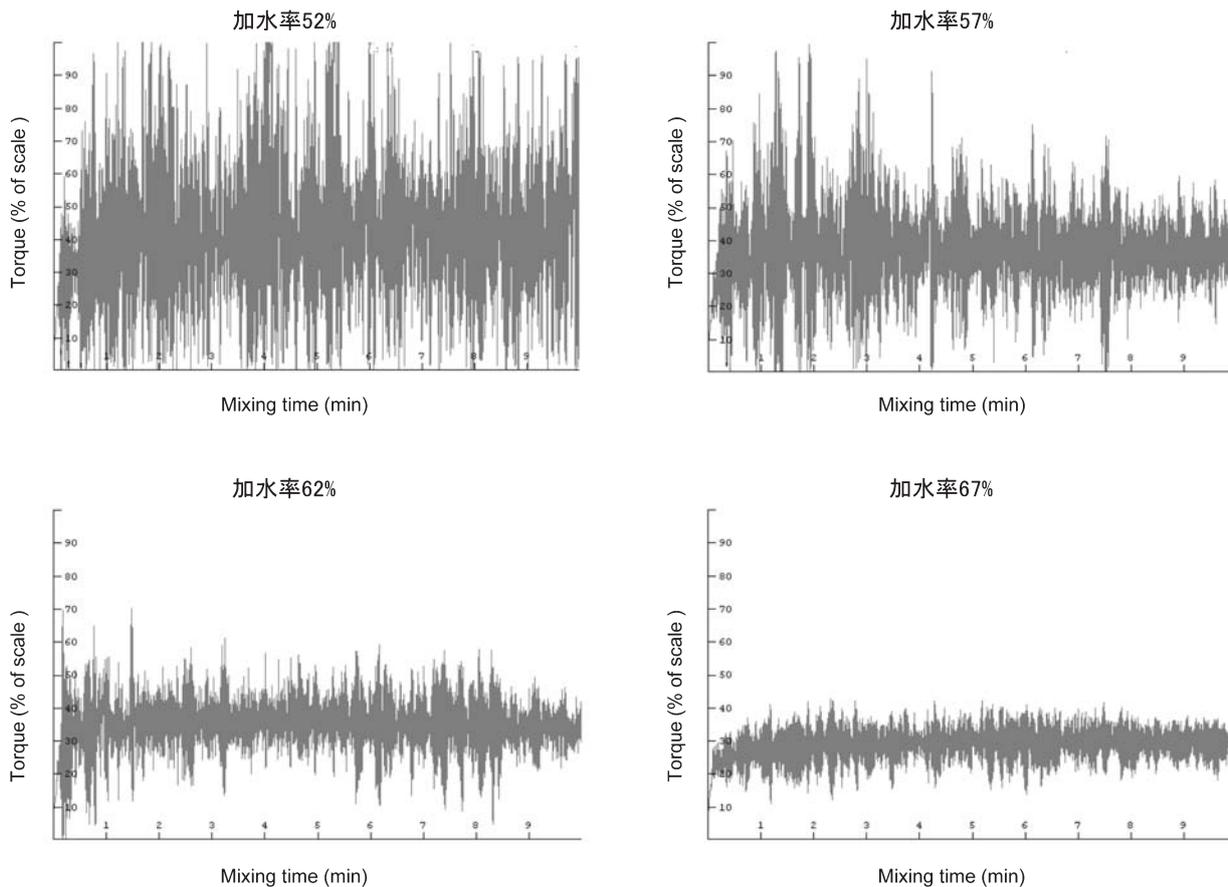


図12 農林61号とイチバンボシ6:4混合粉のミキソグラムの加水による変化

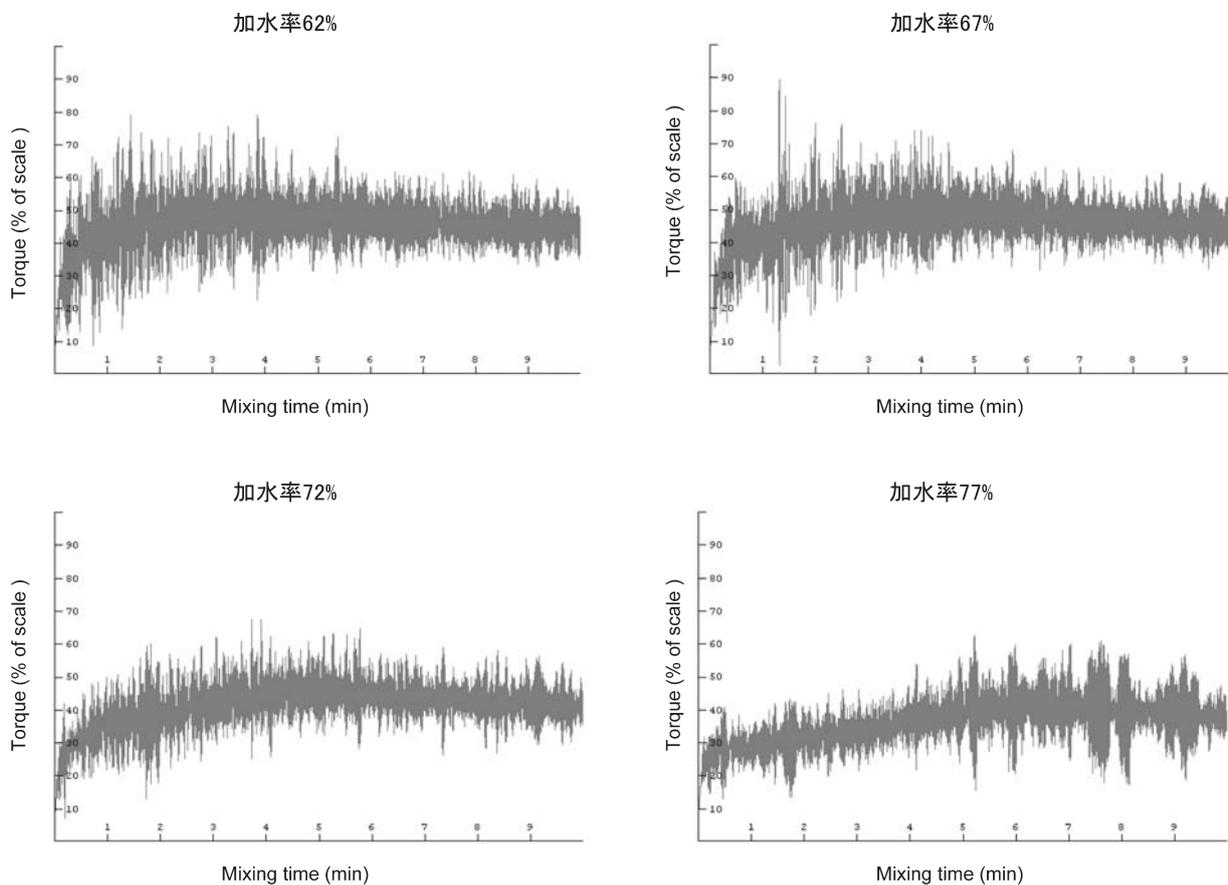


図13 1CWとイチバンボシ8:2混合粉のミキソグラムの加水による変化

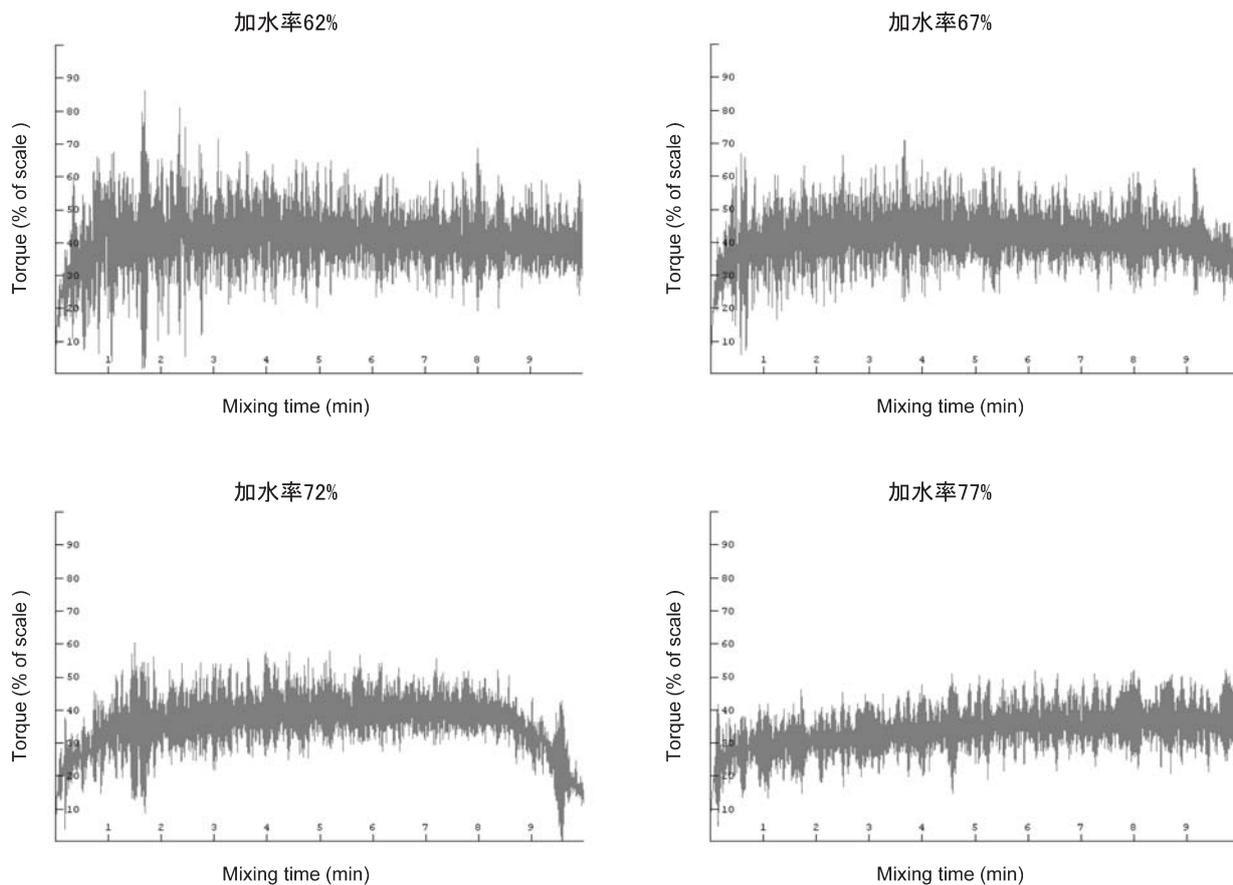


図14 1CWとイチバンボシ6:4混合粉のみキソグラムの加水による変化

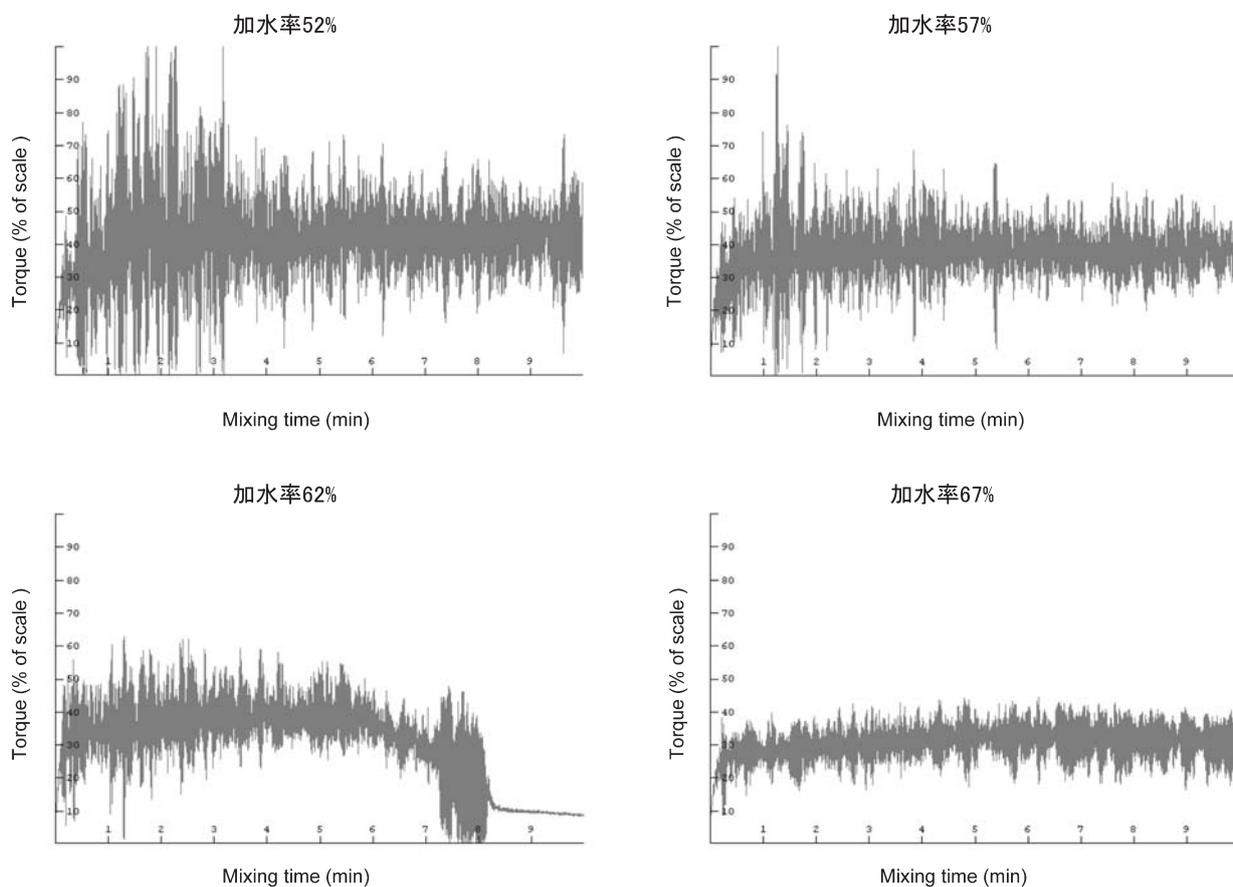


図15 農林61号とダイシモチ8:2混合粉のみキソグラムの加水による変化

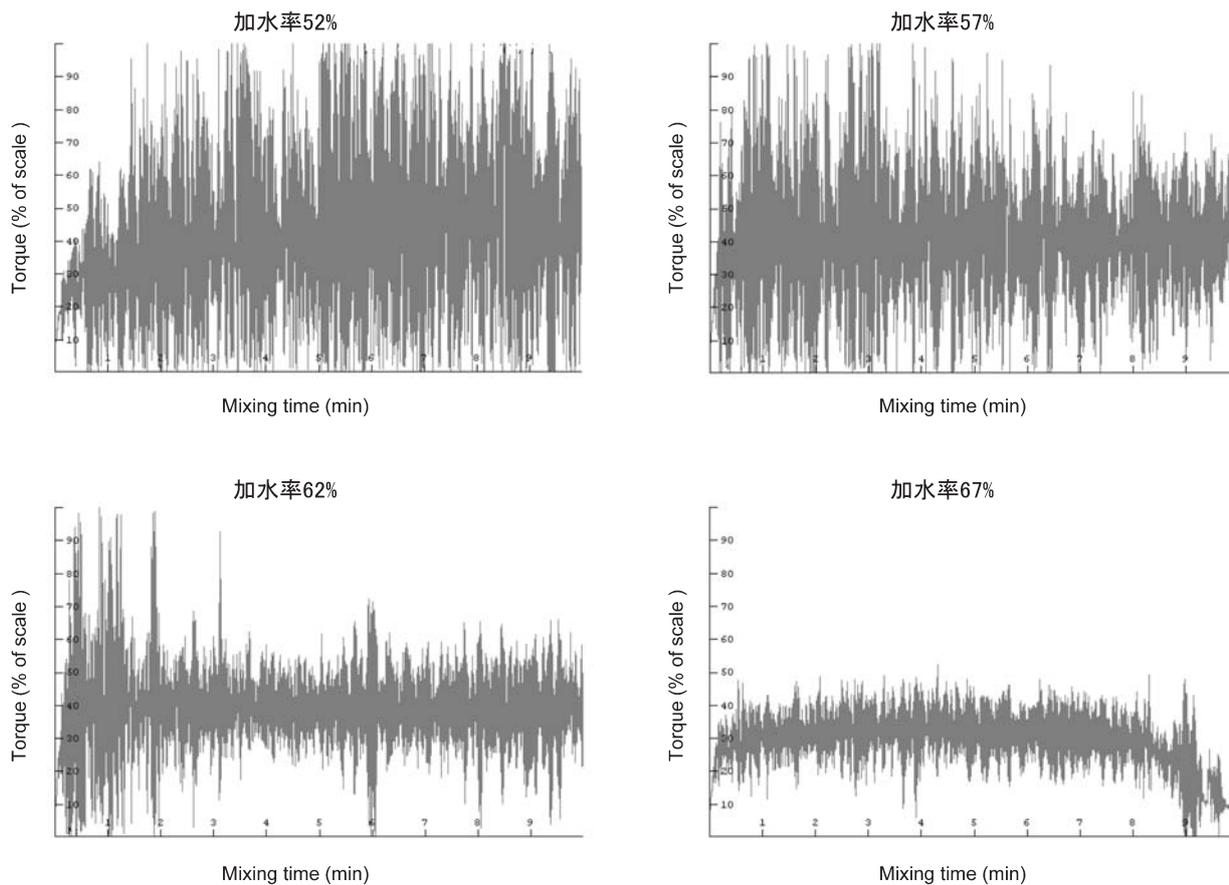


図16 農林61号とダイシモチ6:4混合粉のミキソグラムの加水による変化

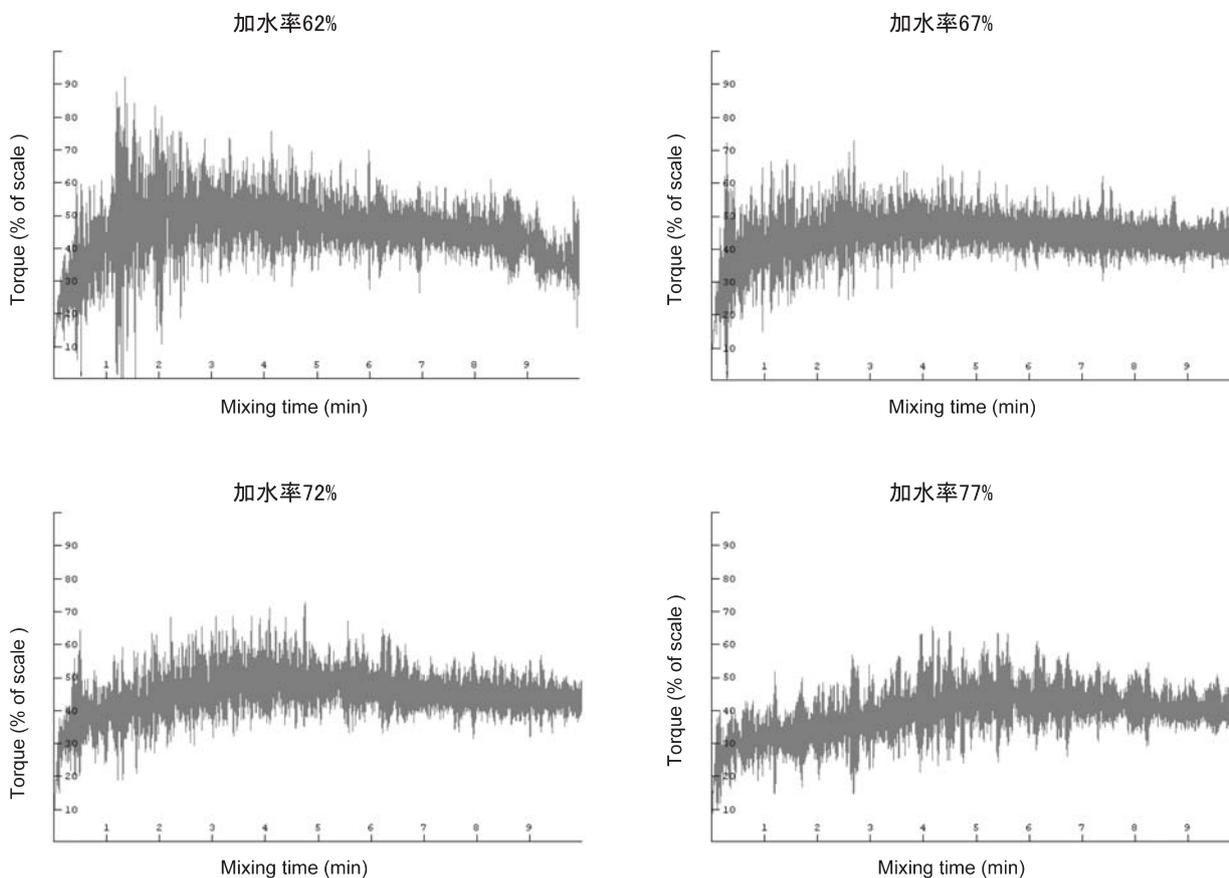


図17 1CWとダイシモチ8:2混合粉のミキソグラムの加水による変化

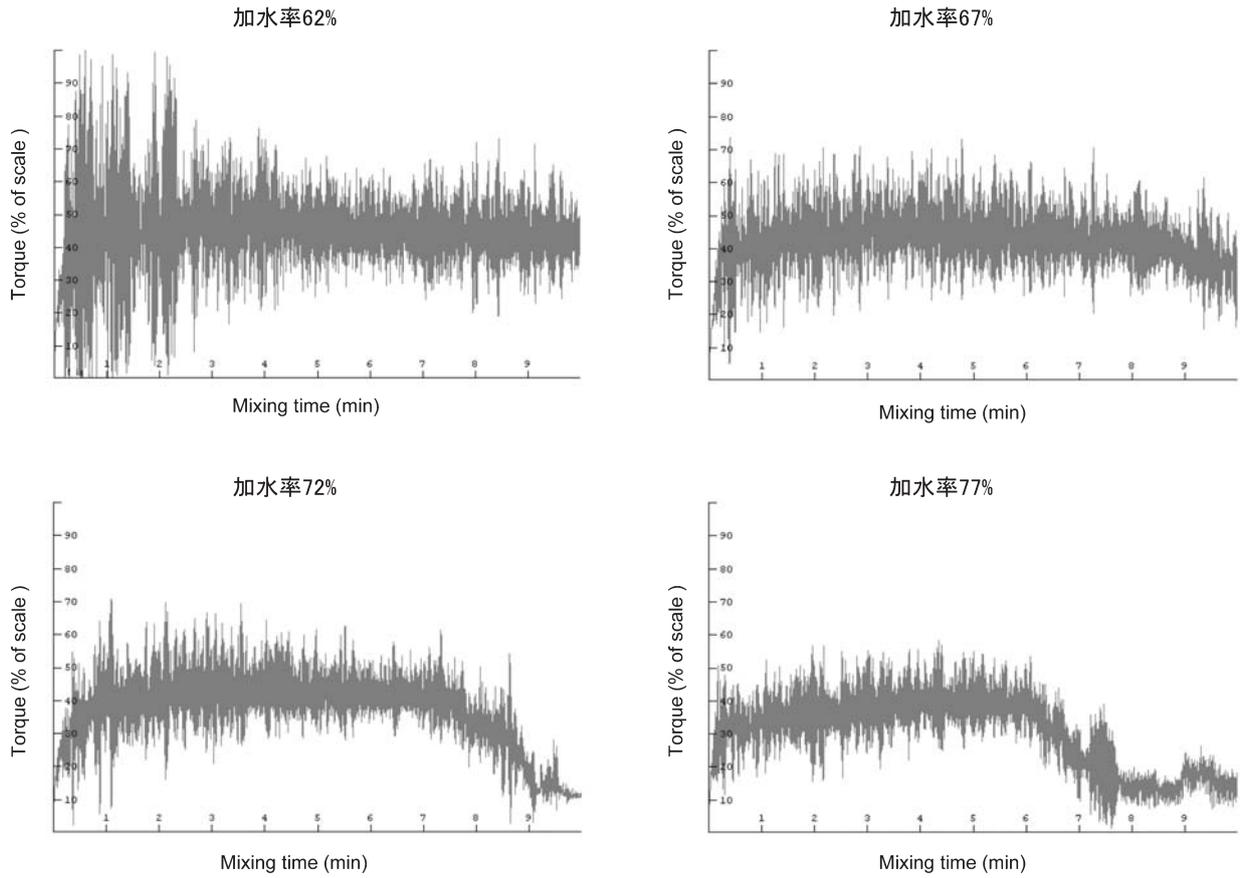


図18 1CWとダイシモチ6:4混合粉のみキソグラムの加水による変化

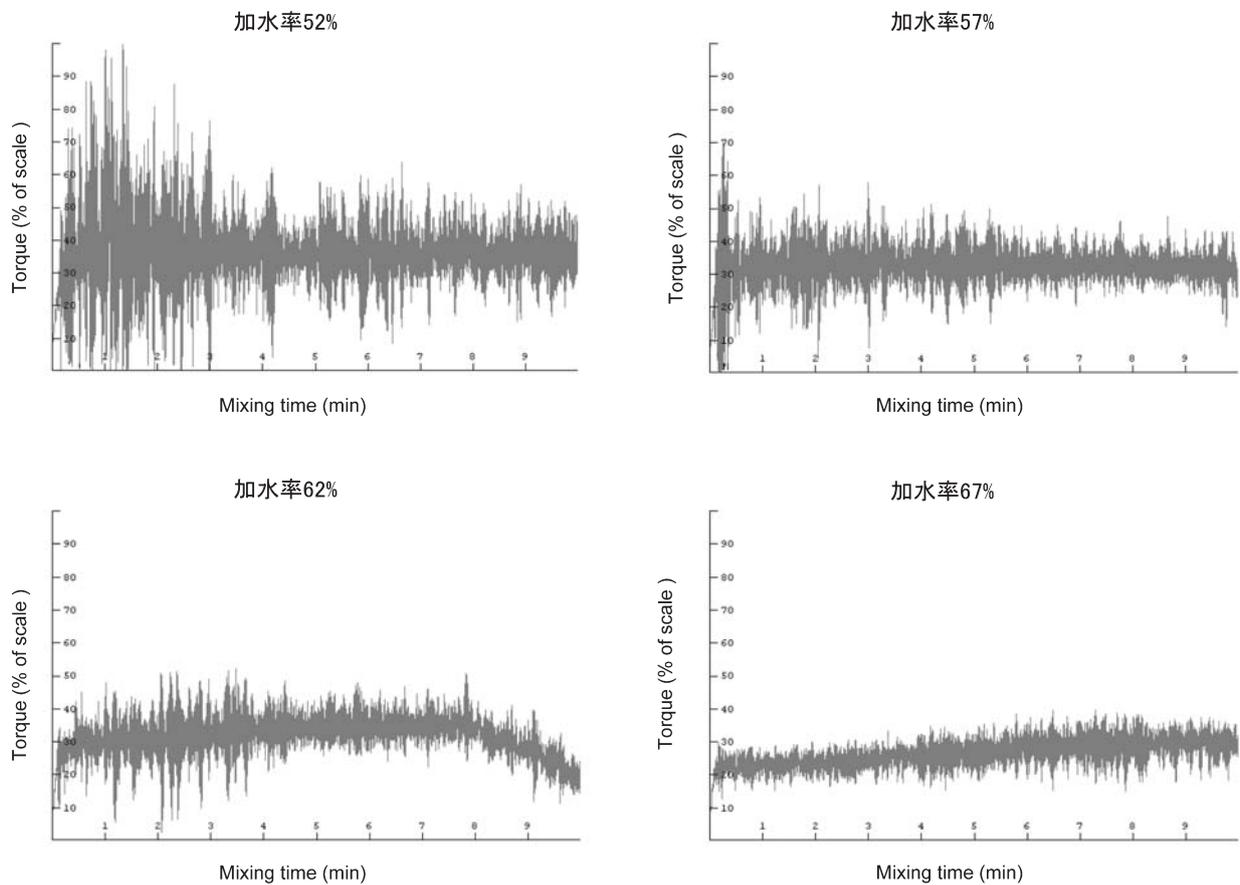


図19 農林61号と米(コシヒカリ衝撃粉碎粉)8:2混合粉のみキソグラムの加水による変化

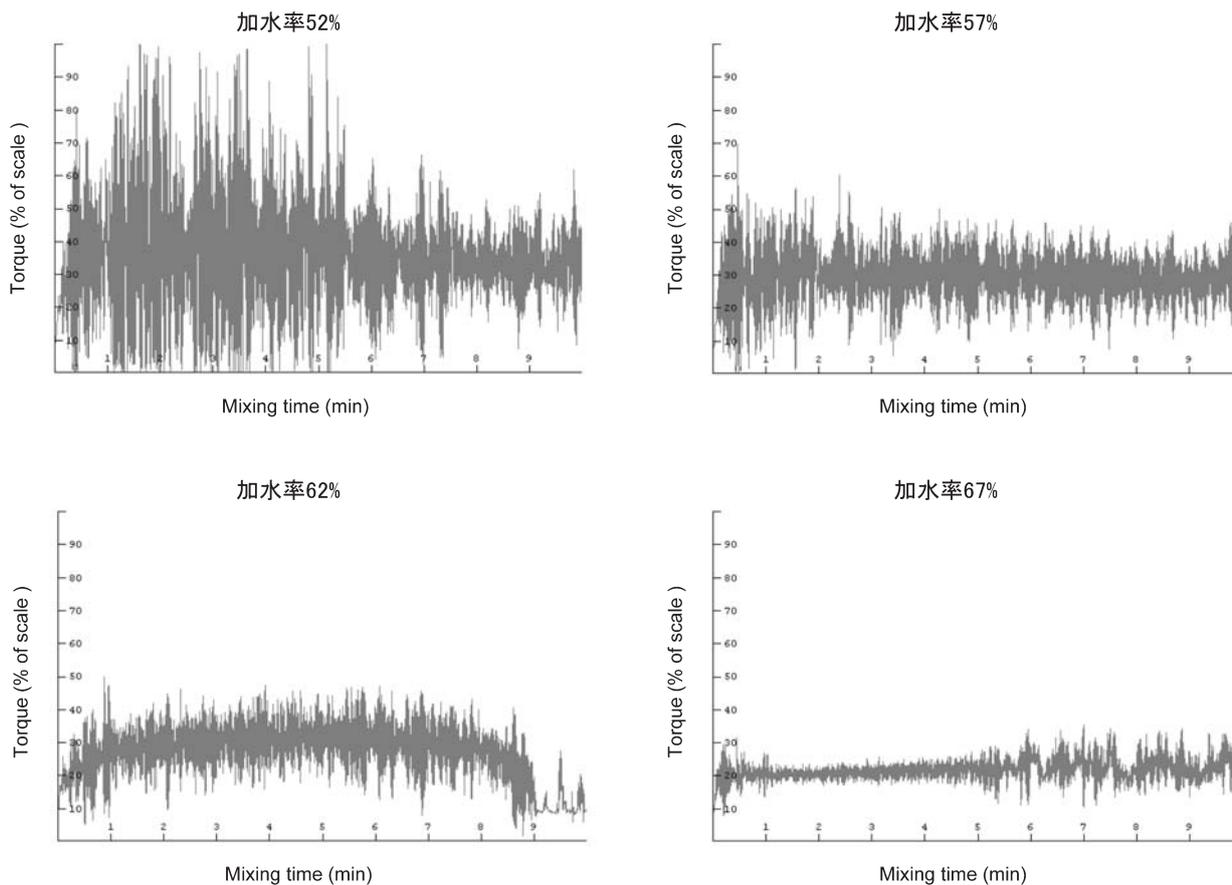


図20 農林61号と米(コシヒカリ衝撃粉碎粉)6:4混合粉のミキソグラムの加水による変化

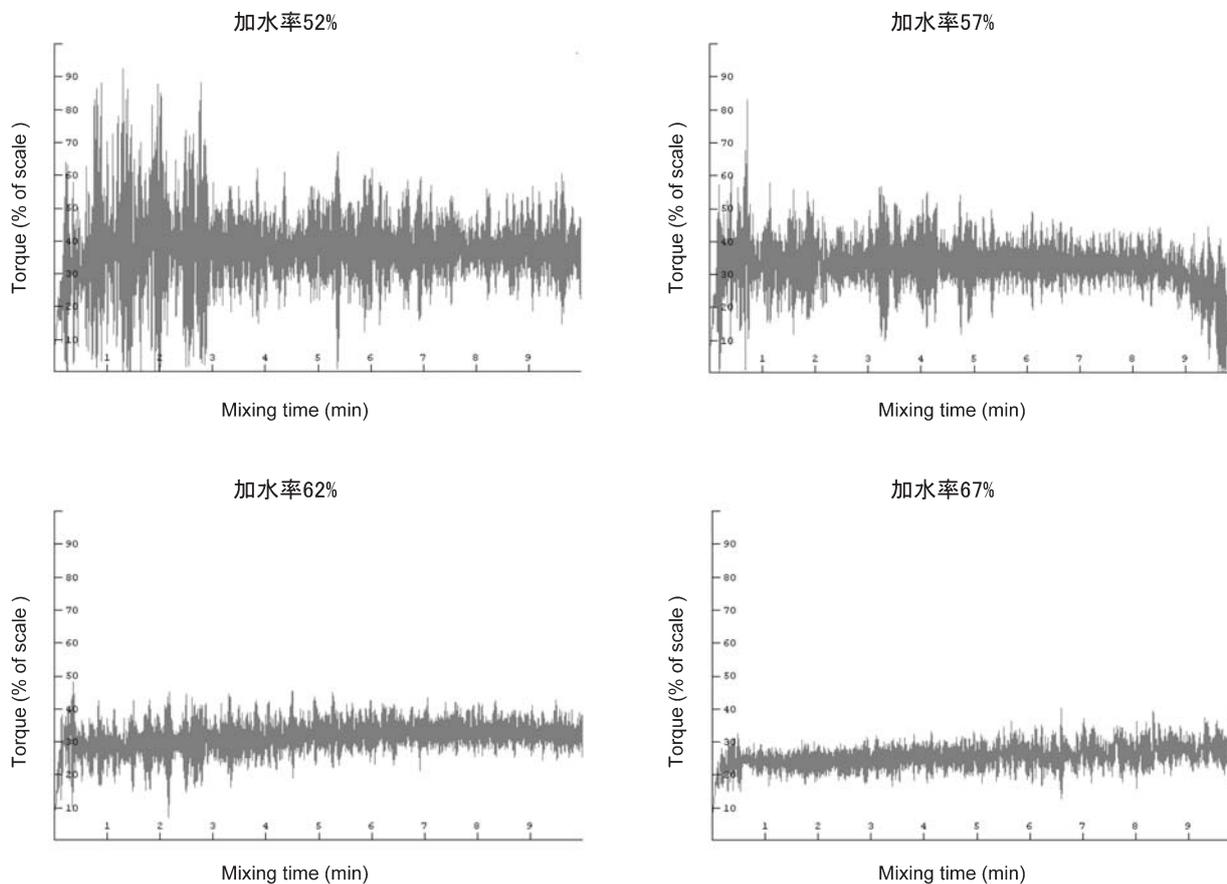


図21 農林61号と米(コシヒカリ乳鉢粉碎粉)8:2混合粉のミキソグラムの加水による変化

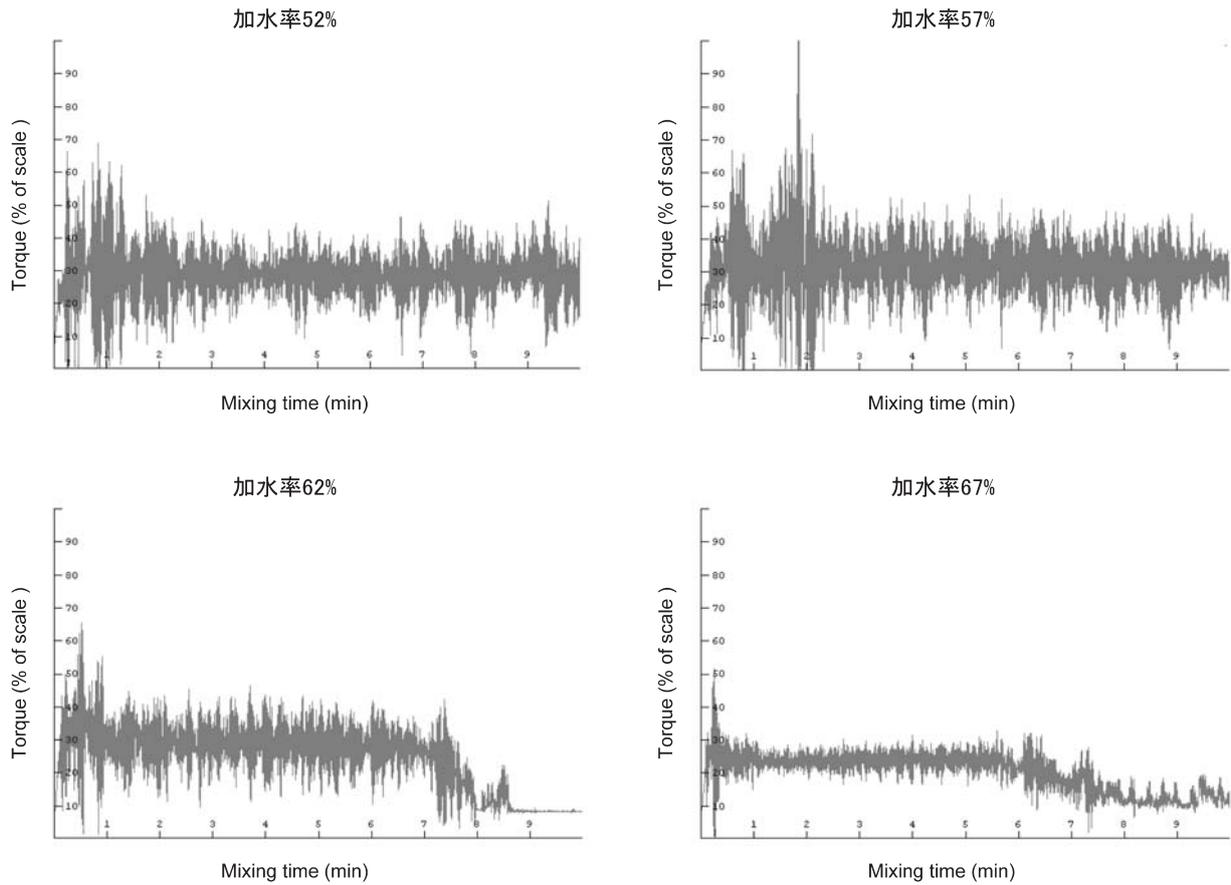


図22 農林61号と米(コシヒカリ乳鉢粉碎粉)6:4混合粉のみキソグラムの加水による変化

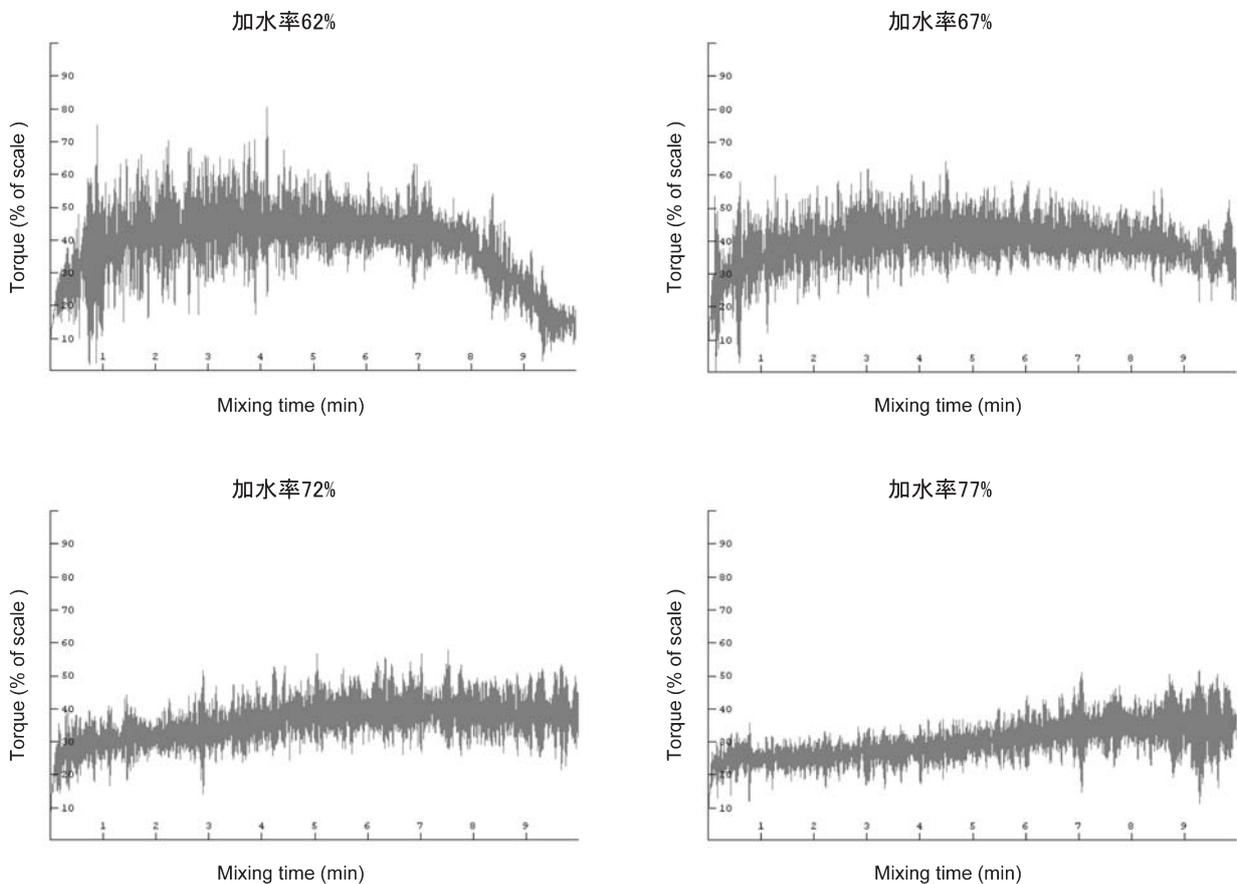


図23 1CWと米(コシヒカリ衝撃粉碎粉)8:2混合粉のみキソグラムの加水による変化

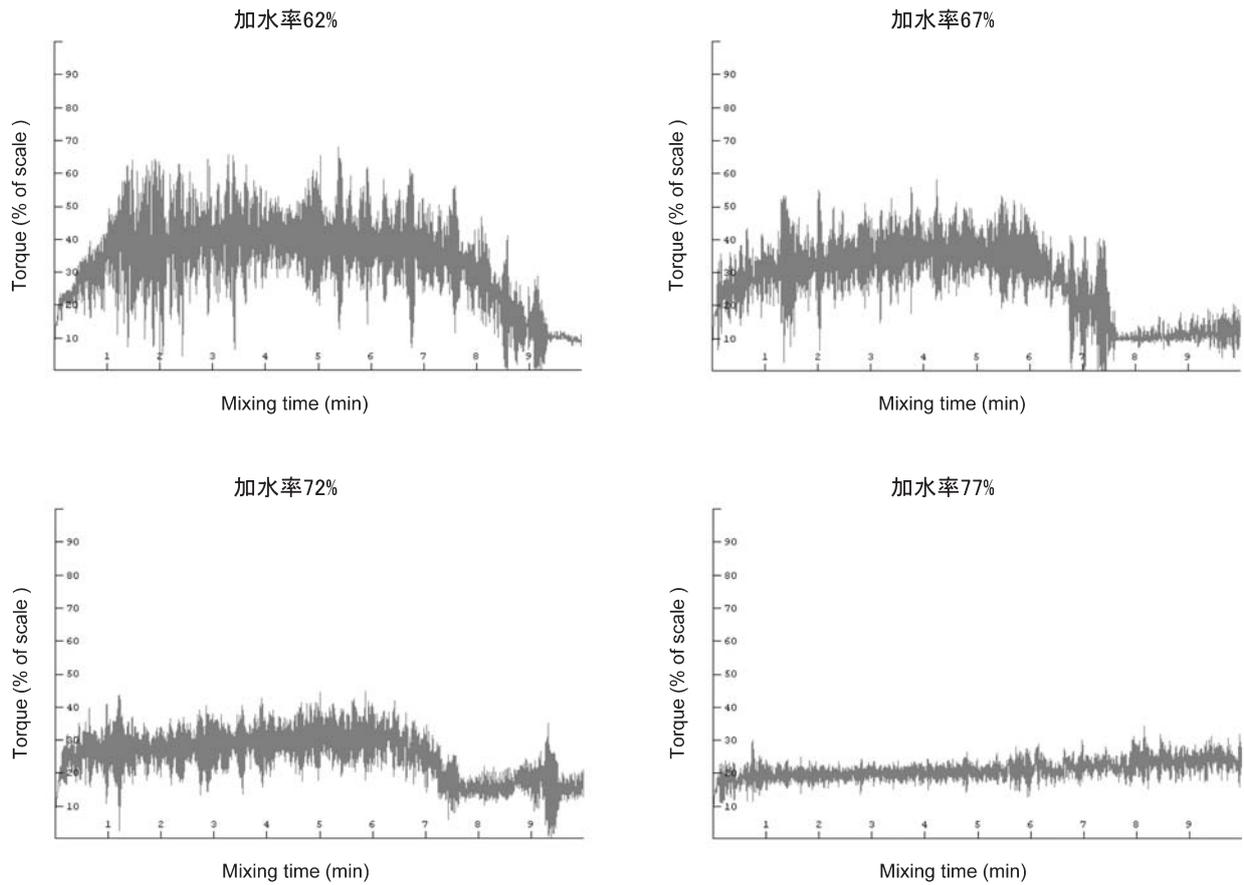


図24 1CWと米(コシヒカリ衝撃粉碎粉)6:4混合粉のミキソグラムの加水による変化

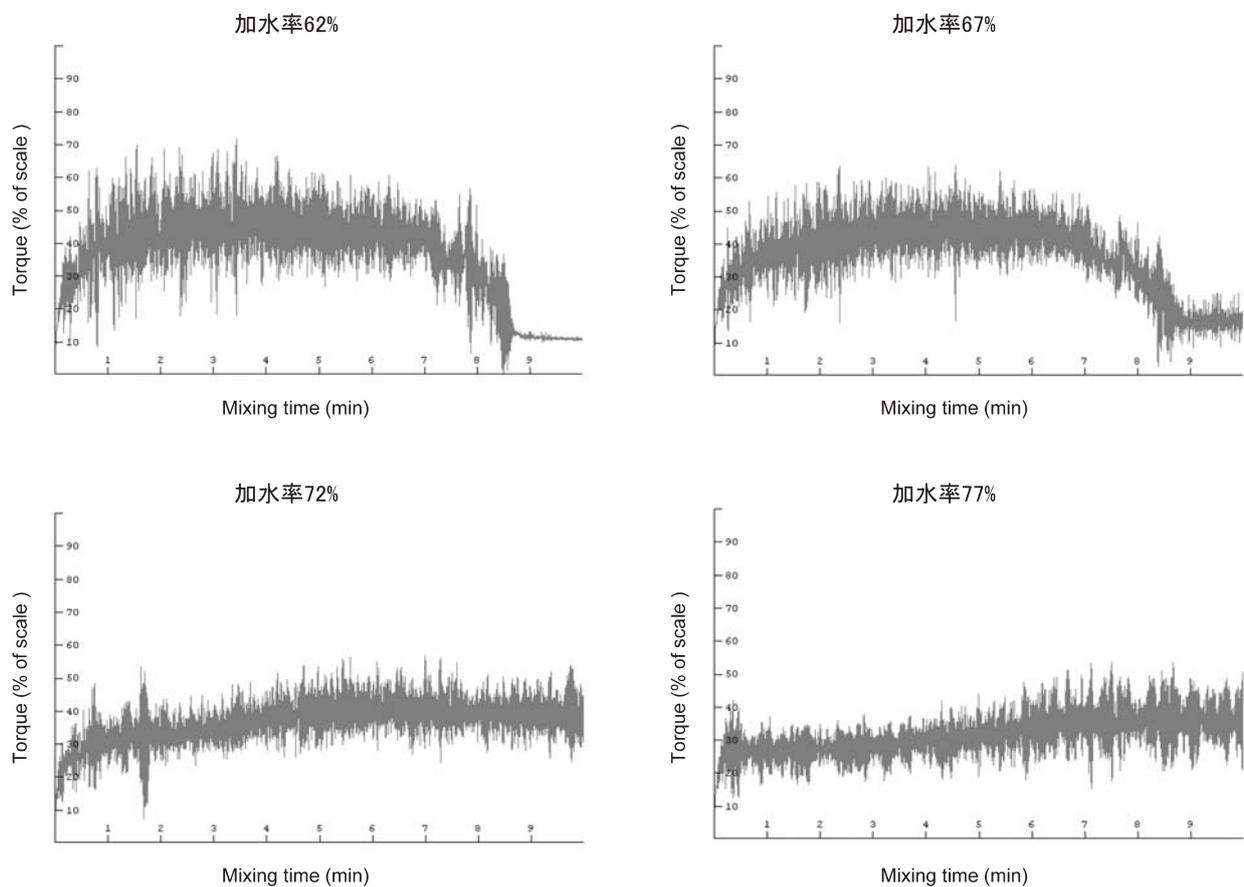


図25 1CWと米(コシヒカリ乳鉢粉碎粉)8:2混合粉のミキソグラムの加水による変化

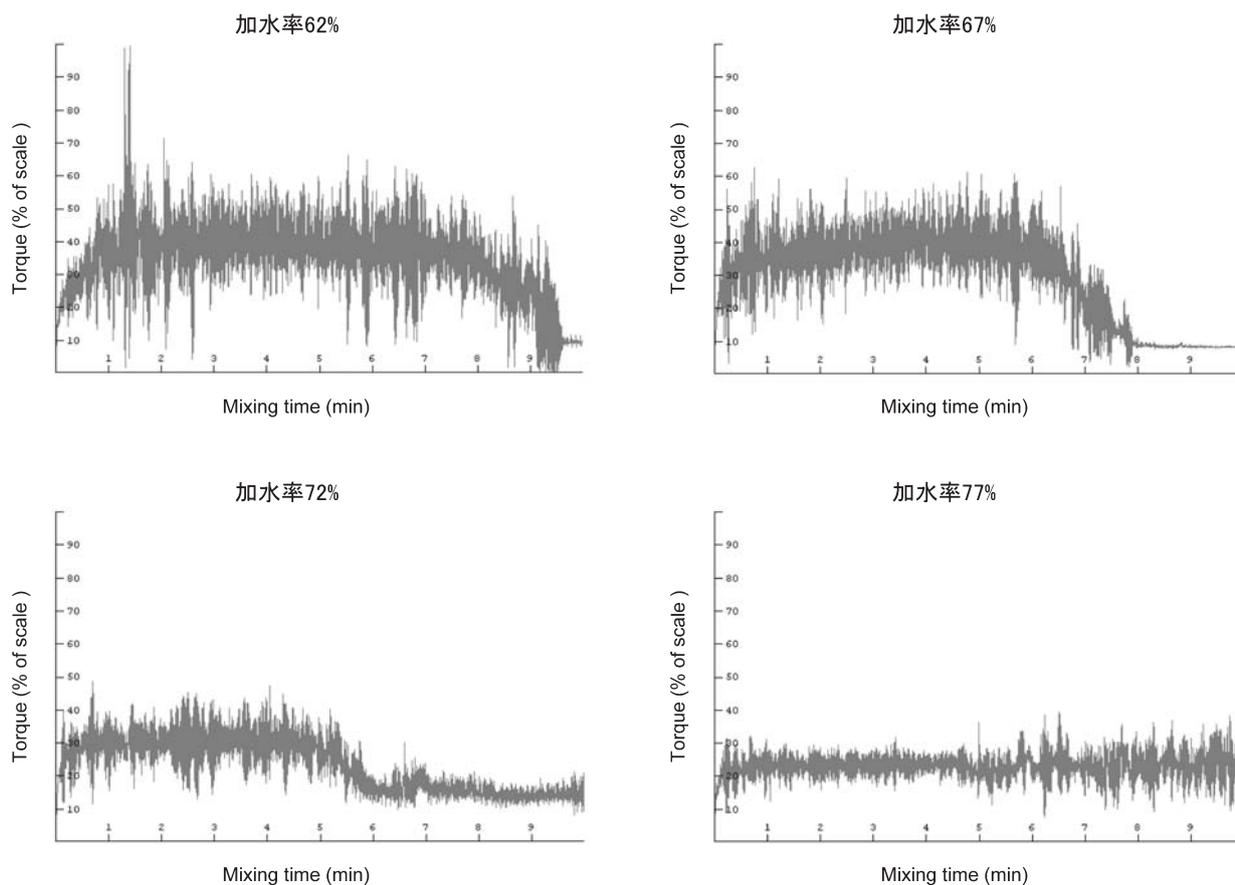


図26 1CWと米(コシヒカリ乳鉢粉碎粉)6:4混合粉のみキソグラムの加水による変化

IV 考 察

小麦粉はタンパク質含量が高く強いグルテンを形成するほどファリノグラムAbsが高い。一方、大麦はグルテンを形成しないがファリノグラムAbsは小麦よりも高い値を示した。もち性で細胞壁含量が高いダイシモチ(土井ら 1999)はうるち性のイチバンボシやシルキースノウよりもファリノグラムAbsが高いので、細胞壁構成多糖などが水を吸収している可能性があると考えられる。また、加水量とみキソグラフ測定結果の関係を比較した結果からは、小麦粉は大麦粉ではそばろ状にしかならない少量の加水であってもグルテンを形成することでみキソグラフのピンにトルクを与えるような粘弾性を生じることができるといえる。

米粉は加水後のみキシングでゆっくりと粘度が増大して、ファリノグラムAbsは約25分とな

る極めて大きな値となった。このことは加水して混捏を繰り返すことで米粉の物理特性が変化している可能性を示している。米を湿式粉碎したときのような微細化が起こっているのかもしれない。

米粉、大麦粉と部分置換混合した小麦粉のファリノグラムはAbsが大きくなった。農林61号とダイシモチの6:4混合ではファリノグラムAbsは55.8から67.9、DTは2.1から3.2へと大きくなり、パン用粉の特徴への方向に変化を示したが(表3)、この条件ではみキソグラフ測定中にトルクが維持できないという現象が認められた(図16)。ファリノグラフでは生地がZ型ブレードの間に巻き込まれるときの力を測定するのに対し、みキソグラフはピン型ミキサーのピンが生地の中を回転する構造になっており、ミキサー

回転部分と生地が接触する面積がファリノグラフに比べて小さく、生地に十分な伸展性が生じてピンに生地がからみつかないとトルクが計測できない。ファリノグラムの測定値だけでは製パン性向上への変化と認められる可能性があるが、ミキソグラフの測定値と総合的に評価する必要がある。

小麦粉に大麦粉を混合したときに比べて、小麦粉に米粉を混合したときは生地の伸展性低下の程度が大きく、ミキソグラフのトルクが維持できる加水率範囲は小さくなった。乳鉢粉碎で粒度を小さくすると米粉単独でミキソグラフのトルクが維持できる加水率範囲は広がったが、乳鉢粉碎粉を小麦粉に混合した場合は、ミキソグラフ測定中のトルクは維持しにくくなった。以上の結果は米粉添加が小麦粉生地の粘弾性を低下させる効果が大麦粉添加より大きい可能性を示唆している。小麦粉に米粉や大麦粉を添加

したときにドウの伸展性が低下して製パン性が低下することはこれまでも報告があるが（高野ら 1979、1986）、このような問題はグルテン添加で対処することが多い。一方、菓子用途ではある程度グルテンの粘弾性が小さい小麦粉が好まれる。本研究での測定結果では写真5や写真7で示した米粉や大麦粉のようにミキソグラフでの測定中にミキサーボウル壁面へ生地が貼りついてトルクがなくなることがあった。小麦粉でも品種によってタンパク質含量が低い場合にはこのような現象が認められることがある。図27には、小麦品種キヌヒメでミキソグラフ測定中にミキサーボウル壁面に生地が付着してトルクが維持できなくなった例を示した。このような小麦粉で菓子を作ると良好な加工特性を示すことがあるので、大麦粉や米粉を混合して粘りを小さくした生地は菓子用途などに適する可能性がある。

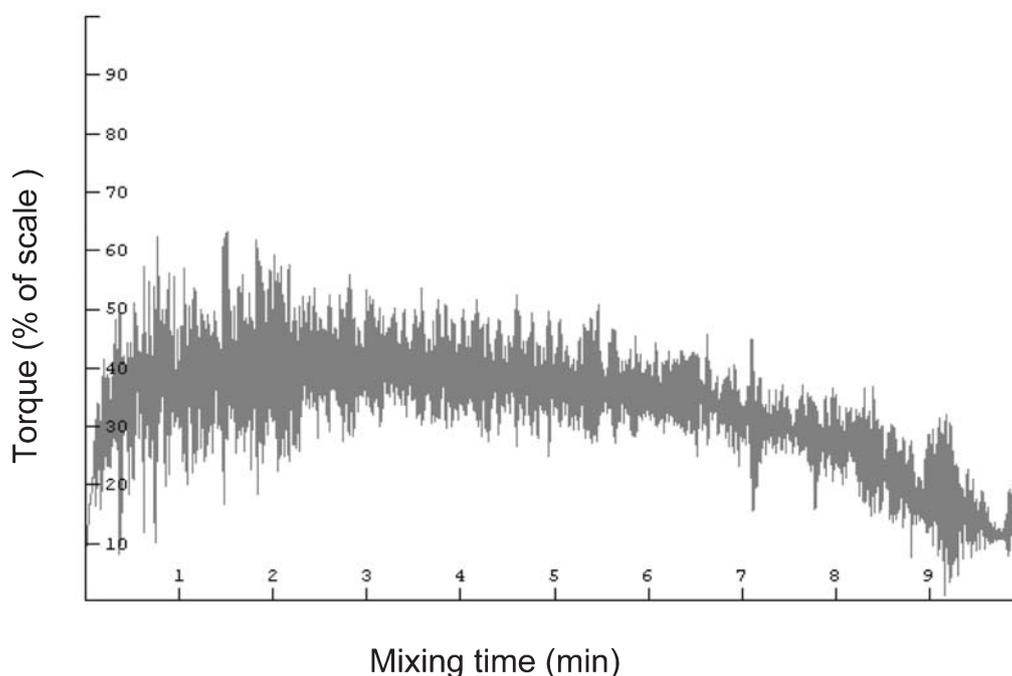


図27 ミキソグラフ測定でトルク低下がおこる小麦粉の測定例

キヌヒメ（タンパク質含量8.4%）をファリノグラム吸水率である58.6%加水で測定した。

謝 辞

本研究は農林水産省地域食料産業等再生のための研究開発支援事業「食品産業と生産者の連

携強化」への参画が端緒となって行われました。事業推進に関与した皆様に謝意を表します。

引用文献

- American Association of Cereal Chemists (2000) "AACC Method 54-40A" Approved Methods 10th ed. Published by AACC. St. Paul, Minnesota, USA.
- 土井芳憲・伊藤昌光・藤田雅也・土門英司・石川直幸・片山正・神尾正義 (1999) モチ性裸麦品種「ダイシモチ」の育成. 四国農試報 64, 21-36.
- 今井徹・柴田茂久 (1979) 米粉の添加がめんの品質におよぼす影響. 食総研報 35, 8-13.
- International Association for Cereal Science and Technology (2006) "ICC Standard No.115/1". Published by ICC. Vienna, Austria.
- Johnson, F. C. S. (1990) Characteristics of muffins containing various levels of waxy rice flour. Cereal. Chem. 67(2), 114-118.
- 楠正敏・有坂将美・斎藤昭三 (1980) 大麦の食品加工原料としての性状とその活用に関する研究 (第1報) 大麦粉を主原料とした麺の製造, 新潟県食品研究所研究報告 17, 37-44.
- 楠正敏・有坂将美・斎藤昭三 (1983) 大麦の食品加工原料としての性状とその活用に関する研究 (第5報) 大麦めんの製造条件と品質. 新潟県食品研究所研究報告 19, 61-67.
- Newman, R. K., C. F. McGuire and C. W. Newman (1990) Composition and muffin-baking characteristics of flours from four barley cultivars. Cereal Foods World. 35(6), 563-566.
- 宍戸功一・江川和徳 (1992) 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) 米の粉食化に関する研究. 新潟県食品研究所研究報告 27, 21-28.
- 宍戸功一・江川和徳・諸橋啓子・泉田又蔵・山田進 (1993) 酵素処理米を利用した製麺. 新潟県食品研究所研究報告 28, 1-6.
- 高野博幸・山方次郎・花木満・小柳妙・田中康夫 (1979) 調製法を異にする米粉の添加が小麦粉生地の物性および製パン性に及ぼす影響. 食総研報 34, 35-43.
- 高野博幸・豊島英親・渡辺敦夫・小柳妙・田中康夫 (1986) 生米粉の性状がレオロジー特性および製パン性におよぼす影響. 食総研報 48, 43-51.
- 山木一史・清水英樹・岩下敦子・太田智樹・中野敦博・佐藤理奈・田中常雄 (2007) 道産米を用いた微細米粉の製造と加工特性. 北海道立食品加工研究センター報告 7, 17-20.
- 與座宏一・岡部繭子・島純 (2008) 米粉利用の現状と課題－米粉パンについて－. 食科工 55(10), 444-454.