

# 米ゲル作製における高速せん断攪拌時の炊飯米の適正量

伊藤史朗

Study on the amount of rice cooked by high-speed shear treatment for making rice gel

ITOU Fumiaki

## 要 旨

高アミロース米を粒状糊化後に高速せん断攪拌により作製できる加工素材「米ゲル」に関連し、攪拌時に投入する炊飯米の適正量について検討した。品種は‘モミロマン’，機器は robot-coupe 製 BLIXER-5Plus とし、異なる加水量で炊飯した米を重量計測後に攪拌機へ投入し、攪拌中に生じた異常の各症状と米ゲル品質について調査した。その結果、供試機器に投入する炊飯米量は2倍加水においては0.5~2.0kg，4倍加水においては0.3~3.0kg がそれぞれ適正と推察された。加水量によって炊飯米の適正量が変動した要因に米ゲルの応力変化が挙げられ、そのことが攪拌中の機器負荷に影響したためと推察された。

**キーワード**：米ゲル，攪拌，炊飯，加水量，適正量

## 1. 緒言

高アミロース米に対し、炊飯器を用いて粒状糊化後に高速せん断攪拌するとゲル状の加工素材（以下、米ゲルと略す）を作製することができる（杉山ら，2016）。この米ゲルを用いる加工技術は米粉と比較すると製粉費用を削減できる等の利点があり、米加工品の開発を目指す県下の6次産業化関係者等は関心を示している。

米ゲルはこれまでに品種別、炊飯時の加水量別の応力（興座ら，2017），麺やパンに加工後の各品質（松山ら，2014；柴田ら，2012，2015）の調査事例がある。これら調査の攪拌時の炊飯米の投入量をみると1kg前後の少量で実施されている。攪拌時に使用される機器の一種であるカッターミキサー（robot-coupe 製 BLIXER-5Plus）の取扱説明書には容器容量は5.5L，処理量の上限は液体の場合は3.6Lと単位が体積で記載されている。米ゲルの加工製造時を考慮すると1回あたりの処理量はできる限り多く、また、処理量の単位は炊飯米の性状から体積ではなく重量であることが望ましい。ただし、炊飯米には特有の粘りが存在するとともに、加工後のゲル状態では液体の場合の処理量上限とは異なる可能性がある。そのため、炊

飯米を対象とした攪拌時の適正量については別途検討が必要である。

そこで、米ゲル製造の効率向上と安全な作業体系確保のため、攪拌機へ投入する炊飯米の重量に着目し、高速せん断攪拌中に機器異常が認められず、また、米ゲル品質にも影響しない適正範囲について検討した。

## 2. 材料および方法

品種は‘モミロマン’とした（平林ら，2010）。この精米を供試し炊飯器（象印製 NP-YT10）を用いておかゆモード（炊飯時間63分）で炊飯した。このとき加水量は精米の重量に対し2，3，4倍の3条件とした。炊飯後は炊飯釜を流水で60分さらして炊飯米の温度を低下させた。その後、前述のカッターミキサーを用いながら攪拌速度は1,800rpm，攪拌時間は6分間の条件で高速せん断攪拌を行い、米ゲルを作製した。このとき、攪拌機への炊飯米投入量は0.3，0.5，1.0，1.5，2.0，2.5 および3.0kgの7条件を設けた。

調査は機器異常に関する事項と米ゲル品質について実施した。機器異常の具体的な調査は攪拌中の駆動音や振動音を聴覚で、攪拌終了時の機器状態を視覚で確認し、通常、液体サンプル

ルの攪拌時にはみられない機器異常の全般を対象とした。なお、調査中に機器異常が発生し、さらにその程度が大きいと判断された場合は、機器の損傷防止およびオペレーターの安全性確保の観点から攪拌処理を即時中止する措置をとった。品質調査については、炊飯米の状態が混在する米ゲル発生時を品質異常と判断した。

さらに加水量の違いが攪拌時の炊飯米の適正量に及ぼす影響を検討するため、別途、加水量別の米ゲル応力を計測した。測定機器はレオメーター(サン科学製 COMPAC-100Ⅱ)を用い、プランジャー形状は直径 10mm の円柱形、測定速度は毎秒 1mm、米ゲルのサンプルは直径 40mm、高さ 15mm の円柱形に成形したものを 4 つ供試し繰り返して測定した。なお、予備調査の結果から、米ゲル応力の測定にあたりいずれのサンプルも明確な破断点を確認できなかったため、サンプル全高を計測後、20%変形時の応力を算出した。

### 3. 結果および考察

今回の調査で発生した異常は 4 症状であった。まず、症状 A は容器内の炊飯米が攪拌中に集合し 1 つの塊状となることで米ゲルが作製できない異常であった。次に症状 B は炊飯米とカッターの接触機会が不均一となることで攪

拌中の機器駆動音が不連続になり、攪拌機に極端な振動が現れる異常であり、症状 A と連動しながら発生した。症状 C は攪拌機の容器内底面とカッター部の隙間から米ゲルが容器の中心内部へともぐり込み、最終的には容器外部となる攪拌機のモーター軸部まで進出する異常で、いわゆる試料漏れである(図 1)。なかでも 2 倍加水の炊飯米を 2.5kg 投入した条件ではモーター軸部の中央にあるフック部を超える多量の試料漏れを確認した。この状況で攪拌作業を継続した場合、カッター部がモーター軸部から外れて飛散し機器が損傷する可能性が考えられた。症状 C は攪拌中に目視で試料漏れの程度を確認することは機器の構造上、不可能であるが、攪拌中の駆動音には変化が現れる。そこで、米ゲル作製のための攪拌処理中は常に機器の傍らで監視し、駆動音や振動において異常を感じたら即時停止の措置を行うことが重要と推察した。最後に症状 D は炊飯米が散見される米ゲルの発生であり、米ゲル品質上の異常である(図 2)。良質な米ゲルが作製できない点では症状 A と同じであるが、その発生要因は異なる。症状 D はカッターの回転スペースにまで炊飯米が届かず攪拌処理が進まないことで発生し、炊飯米の投入量不足が主要因である。そのため 2 倍加水であれば 0.5kg 以上、4 倍加水であれば 0.3kg 以上の炊飯米を投入すれば症状 D の発生は阻止できる。

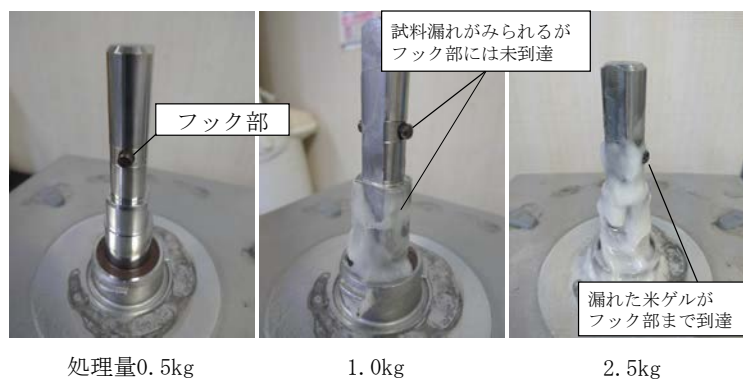


図 1 炊飯米<sup>z</sup>の高速せん断攪拌後の高速攪拌機<sup>y</sup>モーター軸部

- 左 : 試料漏れなし (正常 : 無)
- 中央 : " あり (異常軽度 : c)
- 右 : " あり (異常重度 : C)

<sup>z</sup> 品種はモミロマン、加水量は 2 倍

<sup>y</sup> 機器は robot-coupe 製 BLIXER-5Plus

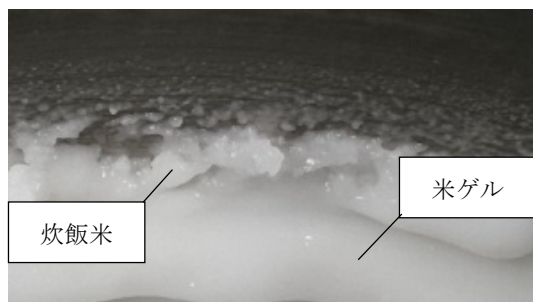


図2 米ゲル<sup>z</sup> 品質上の異常事例

米ゲルの中に炊飯米が散見(異常重度: D)

<sup>z</sup> 品種は‘モミロマン’, 加水量は2倍,  
攪拌処理量は0.3kg

上述の視覚及び聴覚による各異常を重度と軽度に分類し, 炊飯米の加水量と処理量の各条件別に記載すると表1になる. 重度の異常が発生しなかった範囲を抽出すると2倍加水においては0.5~2.0kg, 同様に3倍加水は0.5~3.0kg, 4倍加水は0.3~3.0kgとなり, これらの範囲が各加水量における適正量と推察された.

表1 加水量および投入量が異なる炊飯米の高速せん断攪拌時の異常の有無

加水 量	投入量 (kg)						
	0.3	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0
2倍	D	無	c	c	c	ABC	-
3倍	D	無	無	無	無	c	c
4倍	無	無	無	無	無	無	無

品種は‘モミロマン’

表中の各記号は以下の症状と異常程度をそれぞれ示す

(大文字は重度, 小文字は軽度)

無 : 異常無し

A, a: 炊飯米が集合して塊状となりゲル状にならない

B, b: 駆動音が不連続、機器振動の発現

C, c: 米ゲルが容器外にあるモーター軸部まで漏れる

D, d: 米ゲルの中に炊飯米が散見される

- : 試験未実施

炊飯米の適正量に違いが生じた要因を検討するため加水量に着目し, 異なる条件で米ゲル

を作製しその応力を調査した. その結果, 加水量4倍の米ゲル応力は0.22Nであったが, 3倍は0.36N, 2倍は0.75Nと加水量が少なくなるにつれて応力の高まりがみられた(表2). 米ゲル応力は攪拌中に発生する機器負荷にも影響し, 少加水量時は多加水量時に比べて機器負荷が大きいことを示し, 炊飯米適正量に違いが生じた要因の一つであると推察された. そのため, 米ゲル作製時は機器への炊飯米投入量だけではなく, 炊飯時の加水量についても確認することが重要である.

表2 加水量の違いが米ゲル<sup>z</sup> 応力に及ぼす影響

試験区名 (加水量 <sup>y</sup> )	供試数 n=	応力 <sup>x</sup> (N)		
		平均値	±	標準誤差
2倍		0.75 <sup>a</sup>	±	0.02
3倍	4	0.36 <sup>b</sup>	±	0.01
4倍	4	0.22 <sup>c</sup>	±	0.01

表中のアルファベットは Tukey による統計処理結果

異符号間に1%水準で有意差あり

<sup>z</sup> 品種は‘モミロマン’ (精米)

<sup>y</sup> 炊飯時の添加水量(精米重量を1とする)

<sup>x</sup> レオメーター (S製) による20%変形時応力

プランジャー形状は直径10mmの円柱形

測定速度は毎秒1mm

サンプルは40×15mmの円柱形に成形後測定

以上のように米ゲル作製に関連し, 投入する炊飯米の適正量について検討したが, 本試験は60Hzの電源周波数での事例であることに留意が必要である. 本機は電源周波数に応じて回転数変動する特性があり (robot-coupe 製 BLIXER-5Plus, 表3), 東日本に比べて西日本での稼働は機器に対する負荷が大きいことが予想される. 既に米ゲルの技術資料も存在し参考可能であるが, 稼働地域が異なる場合は事前の動作確認が重要である.

最後に米ゲルの加工用途は広いことから, 今後, 様々な条件での取組みが進むと予想されるが, 計画的で安全な製造へ繋がることに期待する.

表3 カッターミキサー<sup>z</sup>における電源周波数と回転数

電源 周波数	回転数 (rpm)		備考
	設定1 (低速)	設定2 (高速)	
50Hz	1,500	3,000	主に東日本
60Hz	1,800	3,600	主に西日本

<sup>z</sup> robot-coupe 製 BLIXER-5Plus

### 謝辞

米ゲルに関して様々な技術指導を頂きましたライステクノロジーかわち株式会社の技術顧問である杉山純一先生（元農研機構食品研究部門上席研究員）に対して厚く御礼を申し上げます。

### 引用文献

平林秀介, 根本博, 安東郁男, 加藤浩, 太田久稔, 佐藤宏之, 竹内善信, 石井卓朗, 前田英郎, 井邊時雄, 出田収, 平山正賢, 岡本正弘, 西村実, 八木忠之, 梶亮太 (2010) : 飼料用水稲品種「モミロマン」の育成, 作物研報, **11**, 31-47.

松山信悟, 柴田真理朗, 杉山純一, 藤田かおり,

葛瑞樹, 吉村正俊, 粉川美踏, 平野由香里, 荒木徹也, 鍋谷浩志 (2014) : 高アミロース米の機械的攪拌ゲル化処理を利用した米麵加工法の開発, 日食科工, **61** (3), 127-133.

robot-coupe : BLIXER-5 Plus 取扱説明書, **8**.

柴田真理朗, 杉山純一, 藤田かおり, 葛瑞樹, 吉村正俊, 粉川美踏, 荒木徹也 (2012) : 攪拌処理による高アミロース米のゲル物性の変化, 日食科工, **59** (5), 220-224.

柴田真理朗, 杉山純一, 藤田かおり, 平野由香里, 葛瑞樹, 粉川美踏, 吉村正俊, 荒木徹也 (2015) : 高速せん断による高アミロース米ゲルのパン物性へ及ぼす効果, 日食科工, **62** (4), 212-218.

杉山純一 (2016) : 米ゲル利用による様々な加工食品の開発, 食品研究部門研究成果展示会 2016, 国立研究開発法人農研機構食品研究部門, **27**.

杉山純一, 葛瑞樹, 柴田真理朗, 富田かおり (2016) : 米加工素材の製造法, 特許第 5840904 号.

與座宏一, 松木順子, 佐々木朋子, 杉山純一, 徳安健 (2017) : 炊飯米から作製したゲルの低温保存中の硬さの変化, 日作学講要集, **243**, 132.