

アルファ米の粒径と注水温度が米飯への復元に及ぼす影響

Effect of Alpha-rice Particle Size and Water Temperature on Restoration to Cooked Rice

絹笠真子¹、北村豊²、粉川美踏²、伊藤秀朗³
Mako Kinugasa¹ Yutaka Kitamura² Mikoto Kokawa² and Hideaki Ito³

¹ 筑波大学大学院理工情報生命学術院

Graduate School of Science and Technology, University of Tsukuba

² 筑波大学生命環境系

Faculty of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba

³ 尾西食品(株)商品開発部

Onisi Foods Co.,Ltd, Product Development Division

要約

アルファ米は水または熱水を加えると米飯に復元する加工米である。アルファ米食品は災害時によく消費されるため、復元時間の短縮や注水量の節減等が求められている。アルファ米の復元には、製造法に起因する粒度特性や喫食時の注水温度が影響を及ぼすと考えられる。そこで、本研究ではアルファ米の粒径や注水温度が米飯への復元特性に及ぼす影響を明らかにするため、吸水試験や物性試験を行った。その結果、水による復元では、粒径 2 mm 以下のアルファ米の除去によるテクスチャーの改善が、また熱水による復元では現行注水量の節減が、それぞれ可能となること等、アルファ米の品質改良に関する工学的基礎資料を得た。

キーワード：アルファ米、テクスチャー、吸水、粒径

Summary

Alpha-rice is processed rice that is restored to cooked rice when cold or hot water is poured. Since alpha-rice is often consumed in the event of a disaster, consumers are demanding shorter restoration time and less water consumption. Alpha-rice particle size and water temperature may affect the restoration and water absorption of alpha-rice. Therefore, the purpose of this study was to experimentally analyze the effect of the particle size of alpha-rice and the water temperature on the restoration and water absorption characteristics, and to obtain basic engineering data for quality improvement of alpha-rice products. As a result of the water absorption examination and texture analysis, in cold water restoration, there is a possibility of improving the texture by removing a specific particle under 2 mm diameter, and in hot water restoration, there is a possibility of reducing the amount of water pouring.

Keywords: Alpha-rice, Texture, Water Absorption, Particle size

1. 緒言

アルファ米は水または熱水を加えると吸水して米飯に復元する加工米である¹⁾。アルファ米の「アルファ」はデンプンの状態を表している。生米に加水・加熱すると、 β -デンプンのアルファ化が起こり米飯となる。米飯を急速に乾燥することにより、アルファ化したデンプンを維持したものがアルファ米である。アルファ化は、加熱により β -デンプンのグルコース鎖の結晶構造が崩壊し、網目状構造となることである²⁾。米飯では、この構造中に水分子が取り込まれ、デンプン粒が増大している。乾燥により水だけが除去されるため、アルファ米ではこの α -デンプンの網目状構造が維持され、注水するだけで米飯に復元できる。

アルファ米は米飯への復元の簡便さから、災害食として利用される。災害食の中でも、災害発生から数週間の調理設備の利用や食材の調達に困難な期間には、水や湯

等を用いて簡便に調理することができ、長期保存が可能で、必要な食品の需要が高い³⁾。アルファ米はそのような条件を満たす食品の一つである。

一方、その吸水には 15 分から 1 時間程度の時間がかかり、また災害時に貴重な水を使用する必要もある。そのため、復元時間の短縮や、復元に必要な水を節減する等、より災害時に適した食品への改良の余地があると考えられる⁴⁾。また、アルファ米の米飯は炊飯直後に食する米飯に比べて味が劣るともいわれているため、食味の向上も望まれている⁵⁾。しかし、これらについての科学的な調査研究は見当たらない。

そこで、アルファ米の復元特性に影響を及ぼす要因を見出すため、その製造方法の一例⁶⁾に着目した。この着目した製造方法では、原料米は浸漬、蒸煮、乾燥、破碎を経てアルファ米に加工される。すなわち、浸漬により水分を含んだ原料米は、レーン上にて連続的に加熱炊

責任著者：北村豊

E-mail: kitamura.yutaka.fm@u.tsukuba.ac.jp

電話番号：0298534655

2021年9月23日受付；2022年1月7日受理

Received September 23, 2021; Accepted January 7, 2022

飯され、その後アルファ米に適した水分率にまで急速乾燥される。さらに、破碎という工程でシート状のアルファ米は分粒され、袋詰めされてアルファ米製品が完成する。この方法で作製したアルファ米製品は、アルファ米質量比 1.6 倍量の常温水（静置時間 60 分）または熱水（同 15 分）を注いで吸水させてから食されている⁷⁾。

以上のアルファ米の生産から消費において、着目した一つ目の点は破碎工程である。破碎によってアルファ米の粒径にばらつきが生じ、拡散現象に支配される米の吸水特性に影響を与える可能性がある⁸⁾。また二つ目の着目点は、復元時の注水温度である。水の拡散や食品の物性には温度依存性があるため、水か熱水のいずれかを用いることにより復元の特性に变化が生じる可能性がある⁹⁾。アルファ米を災害時により適した食品にするために、その復元特性の改善につながる知見は貴重である。

そこで、本研究ではアルファ米の粒径とその注水温度の相違が復元特性に及ぼす影響を実験的に解析し、アルファ米の商品設計に有用な工学的基礎資料を獲得することを目的とした。

2. 実験方法

2.1 試料調製

(1) 材料

うちアルファ米製品（尾西食品、令和 2 年産）を使用した。また対照試料である炊飯米には、アルファ米製品の原料であるゆめおぼた（令和 2 年産）の玄米を精米して使用した。なお精米は分つき調節を白米、精米量を 3 合に設定して行った。

(2) 炊飯米の調製

精白米 300 g に水 600 mL を加え 3 回かき混ぜ換水を行う操作を 2 回繰り返した。次に、水 600 mL を加えて 30 回攪拌後、ざるで水切りを行う操作を 3 回繰り返した。その後、米質量比 1.4 倍量である 420 mL の水を加え、

25℃に設定した恒温器で 30 分間浸漬し、炊飯器の白米モードで炊飯した。炊飯後、10 分間蒸らしたものを炊飯米として使用した¹⁰⁾。

2.2 篩分け試験

製造ロットの異なる 4 種類のアルファ米製品をそれぞれ鉛直に落下させ、円錐型に広げて 4 分割した。分割したアルファ米製品それぞれを、ロータップ篩振とう機で 5 分間篩分けを行った。篩の目開きは 1 mm、2 mm、2.8 mm、4 mm、4.76 mm とし、各篩に得られたアルファ米を分画試料とした。分画試料の質量を精密天秤で秤量し、頻度分布を求めた。

また、分画試料の外観を撮影し、得られた画像からそれぞれの特徴を観察した。

2.3 吸水試験

篩分けにより得られた 5 つの粒度、すなわち $1 \text{ mm} < D_p \leq 2 \text{ mm}$ 、 $2 \text{ mm} < D_p \leq 2.8 \text{ mm}$ 、 $2.8 \text{ mm} < D_p \leq 4 \text{ mm}$ 、 $4 \text{ mm} < D_p \leq 4.76 \text{ mm}$ 、 $4.76 \text{ mm} < D_p$ の試料 (D_p は粒径) から 5 g を取り、直径 5 cm、高さ 2.5 cm のアルミ容器に入れ、水温約 25℃の常温水（以下、水）又は水温 $96 \pm 2^\circ\text{C}$ の高温水（以下、熱水）を 10 mL を加え、約 25℃の恒温器に保持した。

吸水量測定のための水切りは、アルミ容器にネットを被せ輪ゴムで固定した後、水平に裏返した状態で 5 秒静置して脱水し、その後、容器を裏返した状態で吸水紙の上に乗せ、容器を取り除いて試料を葉さじで広げ、上下にネットと吸水紙を被せた状態で 2 分間静置した。このように水切りした試料を別のアルミ容器に移して秤量した。

分画試料及び炊飯米それぞれの質量基準含水率 (M_w , %) を、赤外線水分計 (FD-720) で測定し ($n=3$)、式 (1) から吸水後の M_w を算出した。

$$M_{wi} = \frac{W_{wi} - (W_{w0} - W_{w0} \times M_{w0})}{W_{wi}} \times 100 \quad \dots (1)$$

W_{wi} : i 分吸水後の質量 (g) W_{w0} : 吸水前の質量 (g)
 M_{w0} : 吸水前の含水率 (%)

2.4 テクスチャー試験

アルファ米試料を、ラップを敷いた復元用容器 (10 cm × 14 cm × 4 cm) に入れ、米質量比 1.6 倍量注水した。吸水時間は水では 60 分、熱水では 15 分とした。吸水中は 25℃に設定した恒温槽に入れた。直径 45 mm、高さ 30 mm の金属リングを復元容器中の試料に埋め込んで、テクスチャー測定用の試料を成型した。炊飯米も同様に成型した。同試料の物性（硬さ、付着性）をテクスチャーアナライザー (EZ Test EZ-SX、島津製作所) を用いて測定した ($n=3$)。本実験では、直径 20 mm の円筒状のプランジャーを用いて、圧縮速度 10 mm/s、圧縮率 75% で定速 2 回圧縮測定を行った¹¹⁾。測定時の温度は常温水復元では $25^\circ\text{C} \pm 1^\circ\text{C}$ 、熱水復元時は $26 \pm 1^\circ\text{C}$ であった。

2.5 検定方法

テクスチャー試験における分画試料間の硬さ及び付着性に関しては、Tukey の検定により有意差 ($p < 0.05$) を求めた。また、それ以外の測定値の有意差検定では t 検定を用いた。

3. 結果と考察

3.1 アルファ米製品の粒径頻度分布

アルファ米製品の粒径頻度分布を図 1 に示した。粒径 $2 \text{ mm} < D_p \leq 2.8 \text{ mm}$ の試料はモード径およびメジアン径にあり、47.9% と約半分を占めた。2 番目に頻度が大きい試料の粒径は $2.8 \text{ mm} < D_p \leq 4 \text{ mm}$ であり、また最も頻度の小さい試料の粒径は $D_p \leq 1 \text{ mm}$ であった。

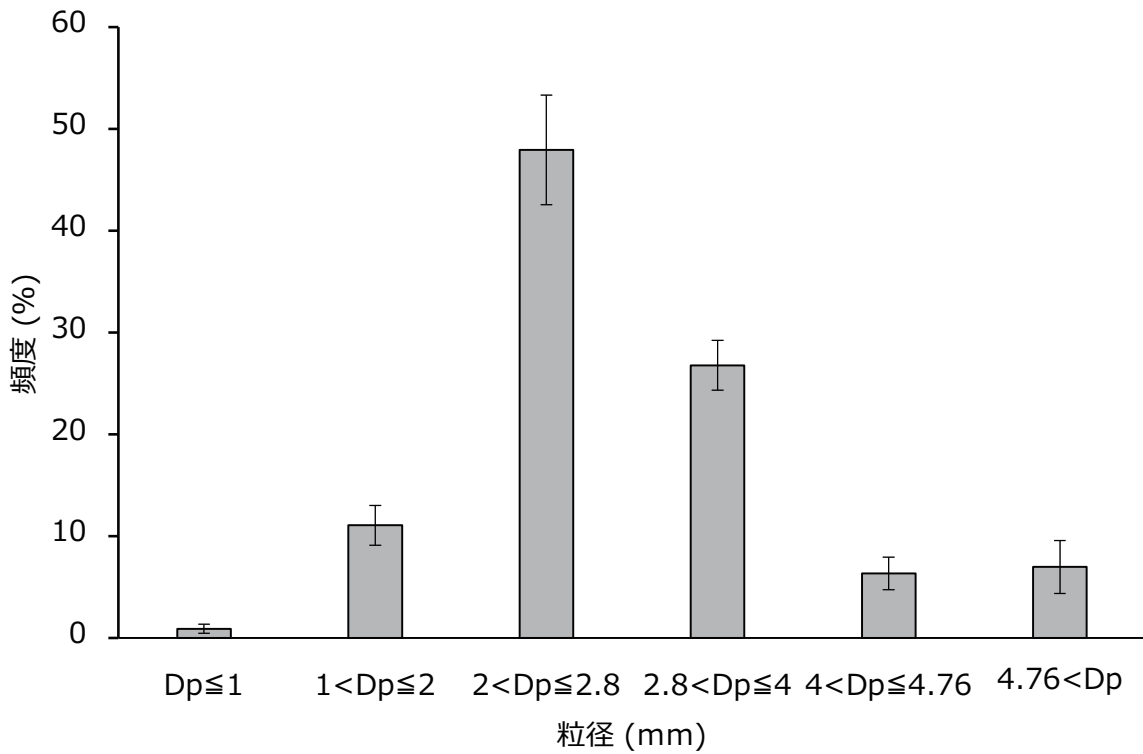


図1 アルファ米の頻度分布

3.2 アルファ米の外観

次に、分画試料の外観を図2に示した。 $D_p \leq 1$ mm、 $1 \text{ mm} < D_p \leq 2 \text{ mm}$ の試料には、粒が欠けている碎米状のアルファ米が多かった。 $2 \text{ mm} < D_p \leq 2.8 \text{ mm}$ の試料には、碎米状のアルファ米と単粒状のアルファ米が混在しており、単粒状のアルファ米が最も含まれていた。 $2.8 \text{ mm} < D_p \leq 4 \text{ mm}$ の試料には、単粒状のアルファ米と2、3粒のアルファ米が付着した複粒状のものが混在していた。 $4 \text{ mm} < D_p \leq 4.76 \text{ mm}$ の試料では、3、4粒のアルファ

米で構成された複粒状のアルファ米が、 $4.76 \text{ mm} < D_p$ の試料では、5、6粒のアルファ米で構成された複粒状のアルファ米が、それぞれ確認された。このように碎米状のアルファ米や複粒状のアルファ米が存在するのは、アルファ米製造時の破碎・整粒の特性によると考える。破碎・整粒工程では、シート状に製造されたアルファ米を物理的に分割し、さらに篩に通して粒径を整えている¹²⁾。しかし、現状の工程では、過度の力による粒の破碎や篩分けの不十分さ等のあることが示唆された。

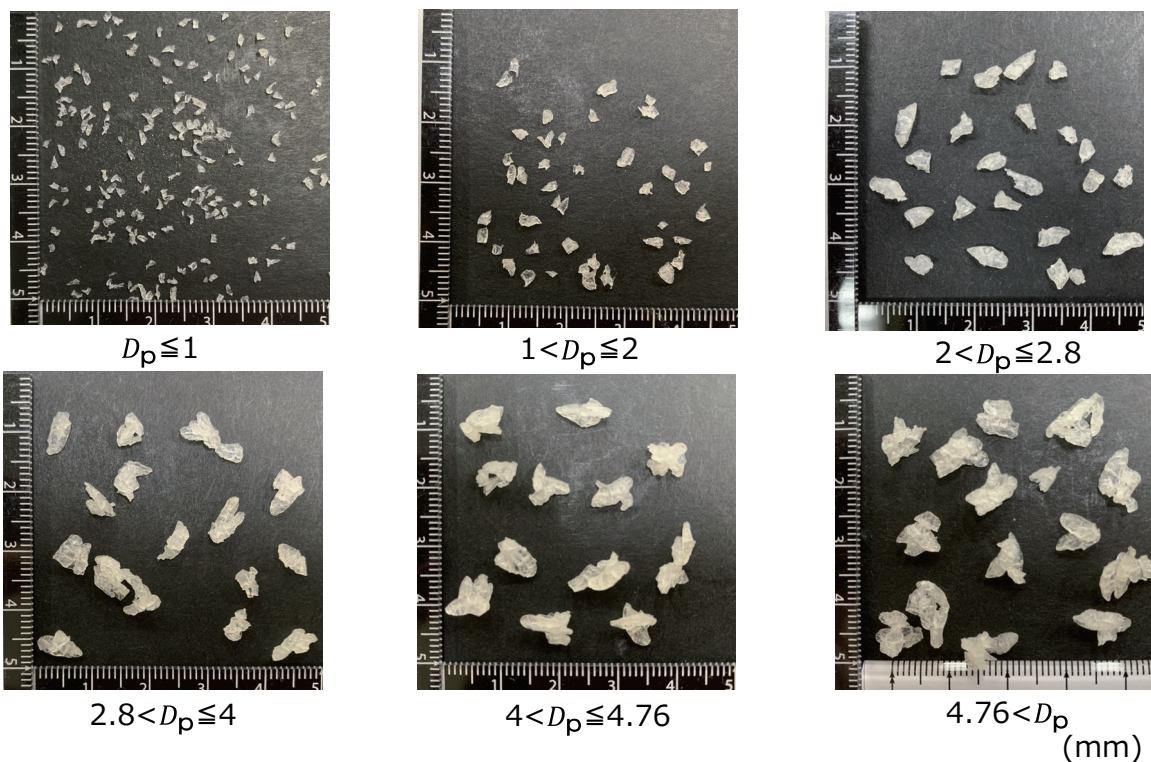


図2 分画試料の外観

3.3 水注水時におけるアルファ米の吸水復元試験

3.3.1 水注水時の含水率の経時変化

水注水時の分画試料の吸水試験による M_{wt} の経時変化を図3に示した。

これより、粒径が小さい程初期の吸水速度が大きいこと分かった。また各粒径で M_{wt} の定常値、すなわち飽和含水率に到達する時間は、 $1\text{ mm} < D_p \leq 2\text{ mm}$ で10分、 $2\text{ mm} < D_p \leq 2.8\text{ mm}$ と $2.8\text{ mm} < D_p \leq 4\text{ mm}$ で30分、 $4\text{ mm} < D_p \leq 4.76\text{ mm}$ と $4.76\text{ mm} < D_p$ で50分であり、粒径が小さい程、飽和するまでの時間が短い傾向があった。これは粒径が小さい程単位質量あたりの吸水面積が大きくなることによると考えられる¹³⁾。

一方、炊飯米の M_w は64.9%であったのに対して、

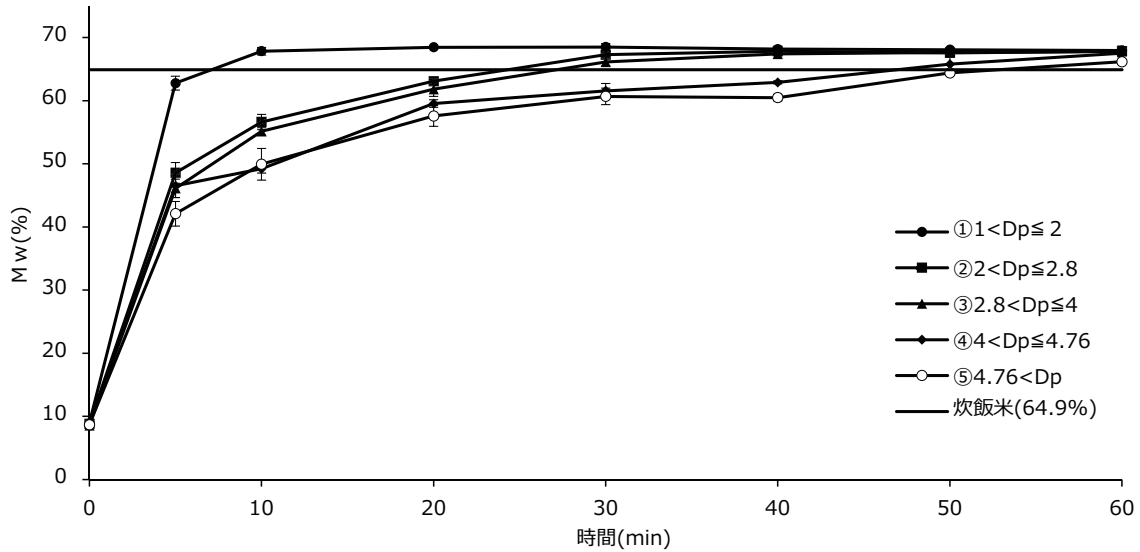


図3 水復元時における分画試料の含水率変化 (M_w)

全ての分画試料における M_{w60} は、それより大きいことがわかった。先行研究によれば、乾燥野菜では、水分が蒸発する際に内部に空隙が生じると言われている¹⁴⁾。炊飯米を乾燥させて加工するアルファ米にも同じ現象が生じたことから、分画試料の M_{w60} は炊飯米の M_w よりも大きい値を示したと考えられる。

また、これらから注水により炊飯米の M_w である64.9%まで吸水されたアルファ米は、 M_{w60} に達していても十分に米飯に復元されている可能性が示された。そこで、各試料の水分が64.9%となるようにそれぞれに1.6倍量を注水し、テクスチャーを測定してその喫食の可能性について3.3.2で検討した。

3.3.2 水注水時のテクスチャー特性

水で64.9%まで吸水させたアルファ米製品、分画試料および炊飯米の硬さを図4に、付着性を図5にそれぞれ示した。

硬さについて、分画試料間においては、 $1\text{ mm} < D_p \leq 2\text{ mm}$ の試料と他の試料の間には有意差があった ($p < 0.05$)。先行研究¹⁵⁾では、米粉において粒径が小さ

い程同一加水量時の硬さが大きくなることが示されており、これと同様の傾向がみられたといえる。一方、炊飯米とアルファ米製品間には硬さに有意差があった ($p < 0.05$)。また、アルファ米製品に炊飯米とは異なる硬さが付与される原因は、注水により復元した α -デンプンの老化が進み β -デンプンとなったことが原因だと考えられる。

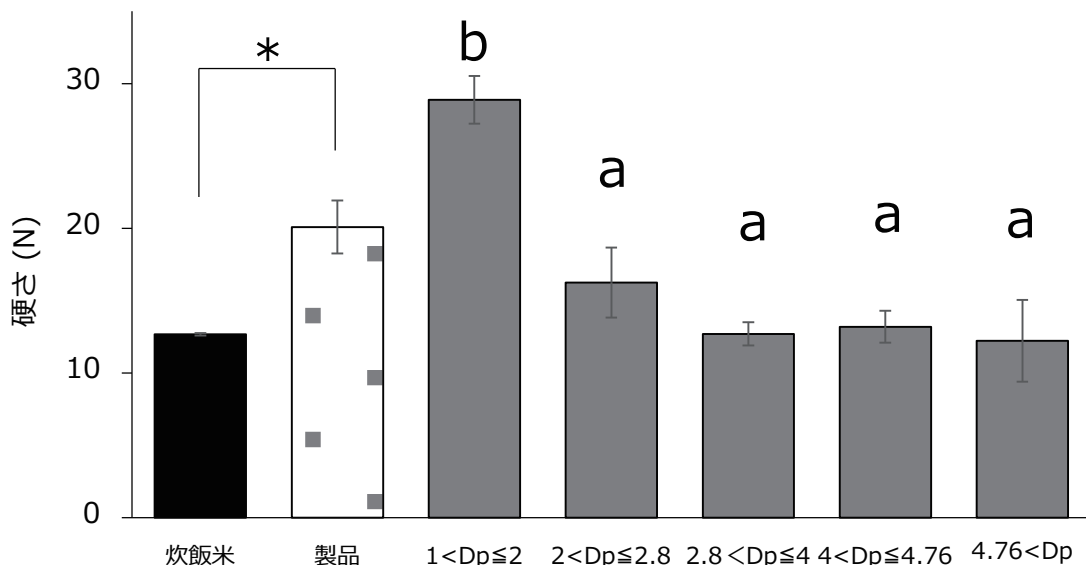


図4 炊飯米、アルファ米製品及び水で60分吸水させた分画試料の硬さ * $P < 0.05$, ^{a, b} $P < 0.05$

付着性は、分画試料間においては、 $1\text{ mm} < D_p \leq 2\text{ mm}$ の試料と他の粒径の試料の間に有意に差があった ($p < 0.05$)。しかし炊飯米とアルファ米製品の付着性には有意差がなかった。これより、 $1\text{ mm} < D_p \leq 2\text{ mm}$ の分画試

料がアルファ米製品の付着性に与える影響は無いことを示唆している。

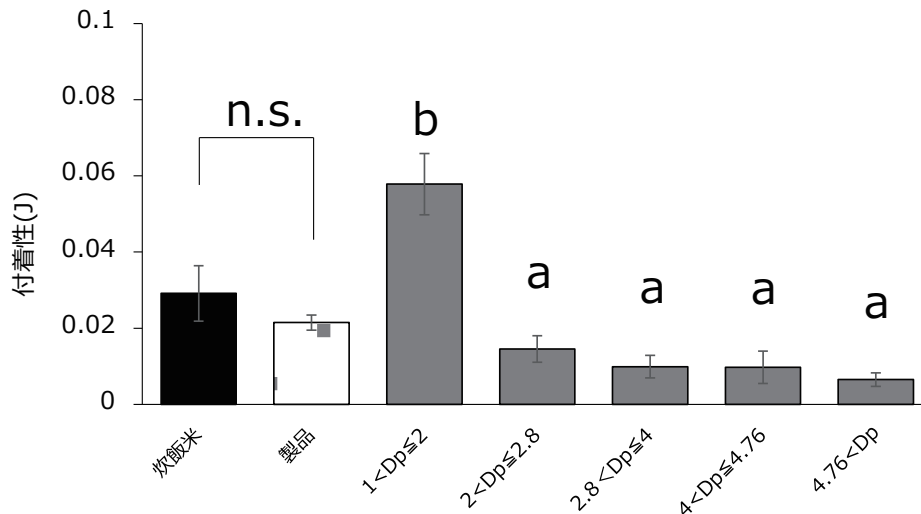


図5 炊飯米、アルファ米製品及び水で60分吸水させた分画試料の付着性
n.s. : not significant, ^{a,b} $P < 0.05$

以上の吸水試験の結果から、粒径はアルファ米の吸水速度に影響を与えること、また全ての分画試料の M_{w60} が、炊飯米の M_w すなわち 64.9% よりも高い点が判明した。またテクスチャー試験の結果から、64.9% まで吸水させた炊飯米とアルファ米製品は、硬さのみが有意に異なり、粒径の最も小さい分画試料 ($1\text{ mm} < D_p \leq 2\text{ mm}$) がそれに影響していることが推察された。一方 $D_p \leq 2\text{ mm}$ 試料の製品中の割合は、約 10% と大きくないが、製品中のそれらの分布の状態により、食品の官能性に影響を与えると考えられる。よって、製品から除去すれば、粒径の最も大きな $4.76\text{ mm} < D_p$ のアルファ米が炊飯米の M_w (64.9%) に到達する約 50 分、すなわち既定の 60 分よりも 10 分短い時間で水吸水させても、復元・喫食が十分可能になると考えられる。一方、アルファ米製品からその 10% を除去するという事はそれだけ製品歩留まりが減少するため、経済的な検討が必要であると考えられる。

3.4 熱水注水時におけるアルファ米の吸水復元試験

3.4.1 熱水注水時の含水率の経時変化

熱水復元時の分画試料の M_w の経時変化を図 6 に示した。これより、常温水と同様に熱水による復元でも、粒径が小さい程初期の吸水速度は大きく、いずれも常温水による復元時のものよりも高かった。

また、 M_w が定常に達した分画試料は $1\text{ mm} < D_p \leq 2\text{ mm}$ のみでありその所要時間は 4 分であった。一方、他の試料は定常に達しなかった。さらに、熱水復元で一般的なアルファ米製品の復元時間である、15 分吸水時点での $1\text{ mm} < D_p \leq 2\text{ mm}$ 以外の分画試料の M_{w15} は、炊飯米およびアルファ米製品の M_w である、64.9% に達しなかった。これらから、メーカー推奨時間である 15 分の熱水復元時におけるアルファ米製品では、注水された水が十分に吸水されていないことが示唆された。そこで、熱水で 15 分間吸水させたときのアルファ米製品の、喫食の可能性についてそのテクスチャー評価により 3.4.2 で検討した。

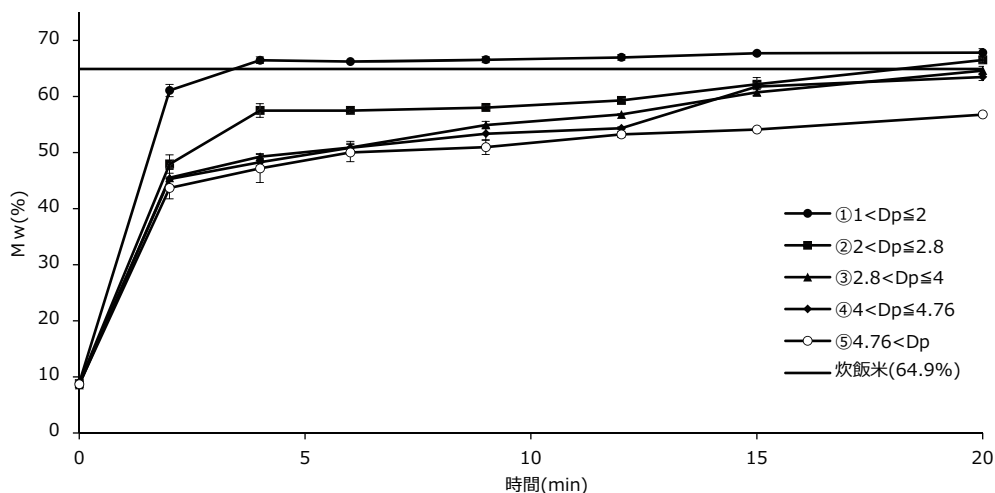


図6 熱水復元時における分画試料の含水率変化 (M_w)

3.4.2 熱水注水時のテクスチャー特性

熱水で15分間吸水・復元させた時のアルファ米製品、分画試料および炊飯米について、その硬さを図7に、付着性を図8にそれぞれ示した。

硬さについては、水復元時と同様に分画試料間では、 $1\text{ mm} < D_p \leq 2\text{ mm}$ の試料は他の粒径の試料よりも有意に硬いことがわかった ($p < 0.05$)。一方、炊飯米とアルファ

米製品間の硬さには有意に差がなかった。これより、熱水復元で得られるアルファ米製品の硬さは、水復元で得られるアルファ米製品の硬さより炊飯米に近いことが判明した。これより、熱水復元時では、他の粒径の試料より硬さが大きい $1\text{ mm} < D_p \leq 2\text{ mm}$ の試料は製品に影響を与えないことが明らかとなった。

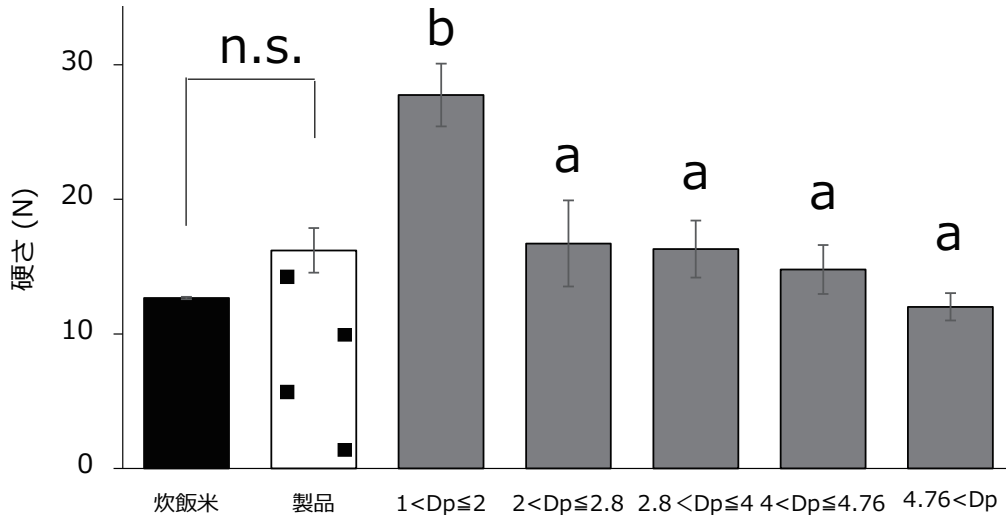


図7 炊飯米、アルファ米製品及び熱水で15分復元させた分画試料の硬さ
n.s. : not significant, ^{a,b}P<0.05

付着性については、分画試料間で、 $1\text{ mm} < D_p \leq 2\text{ mm}$ の試料は他の粒径の試料よりも有意に大きいことがわかった ($p < 0.05$)。また、粒径が大きくなる程、付着性が小さくなる傾向が見られた。一方、炊飯米とアルファ

米製品の間には有意に付着性の差がなかった。これより、熱水注水においても水注水同様、他の粒径の分画試料より付着性が大きい $1\text{ mm} < D_p \leq 2\text{ mm}$ の試料は、アルファ米製品の付着性に与える影響がないことを示唆している。

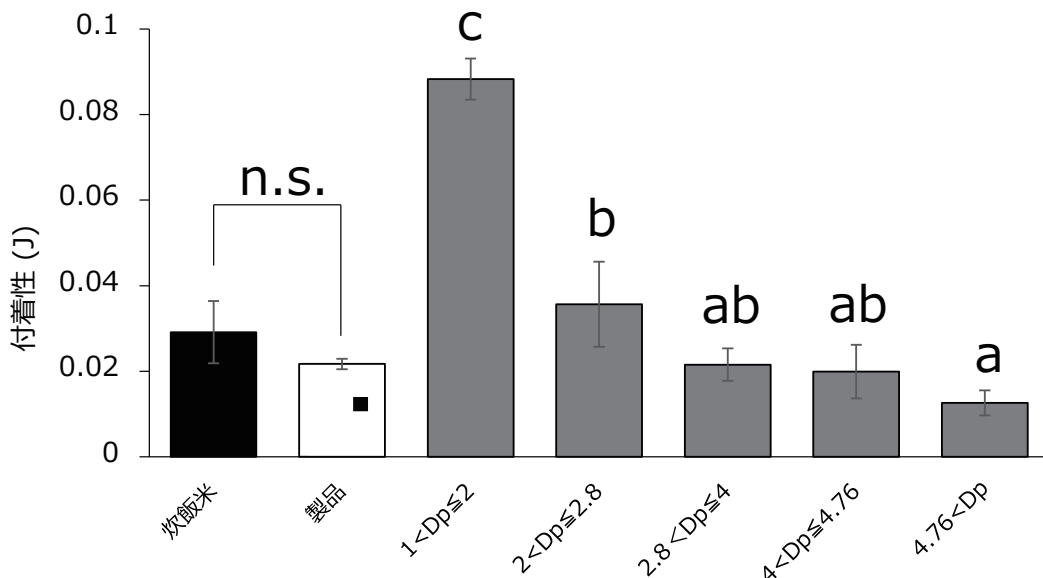


図8 炊飯米、アルファ米製品及び熱水で15分復元させた分画試料の付着性
n.s. : not significant, ^{a-c}P<0.05

アルファ米をメーカー推奨の1.6倍量の注水条件で熱水復元した場合、図6に示す通り、15分の吸水時点ではアルファ米に吸水されない水が残存している可能性があった。しかし、その硬さと付着性は図7, 8に示す通り、炊飯米のそれらと有意差がなかった。これらの結果

から、アルファ米製品の注水量は削減できる可能性が示唆された。

また、熱水復元時のアルファ米製品が水復元時のアルファ米製品と比べて柔らかくなり、炊飯米との有意差がなくなった原因は、熱水注水により復元されたアルファ

米は水注水により復元されたアルファ米と比べて、温度が高いことにより α -デンプンの老化の進行が遅いためだと考えられる¹⁶⁾。

4. 結論

この研究では、アルファ米の粒径と注水温度が米飯の復元に及ぼす影響を解明するため、アルファ米製品の篩分けを行い、分面試料ごとに吸水特性及び力学的特性を実験的に明らかにした。得られた結果は以下のとおりである。

- 1) アルファ米製品では、単粒を多く含む $2\text{ mm} < D_p \leq 2.8\text{ mm}$ の範囲にその47.9%が含まれていた。
- 2) 水・熱水復元時ともに、アルファ米の粒径が小さい程初期の吸水速度は大きくなり、飽和含水率に到達する時間は短い傾向がみられた。
- 3) $D_p \leq 2$ の粒径のアルファ米を製品から除去すれば水注水でも吸水時間を約10分短縮でき、炊飯米と同じ硬さの復元を得られる。
- 4) アルファ米製品の復元を熱水で行う場合、その注水量をメーカー推奨値よりも削減できる。

参考文献

- 1) 木村進，乾燥食品事典，1984，朝倉書店，p.402-403
- 2) 渋川祥子，食品加熱の科学，1996，朝倉書店，p.74-77
- 3) 中沢孝，別府茂，非常食から被災生活を支える災害食へ，2012，科学技術動向，3.4月号，p.20-34
- 4) 奥田和子，発想の転換でアルファ化米は水がなくても有効利用できる提案，2016，日本災害食学会誌，Vol.3，No.1，p.49-58
- 5) 奥田和子，災害時の主食の確保と問題点:アルファ米の評価:支部だより，1999，日本調理学会誌，Vol.32，No.1，p.97
- 6) 金田尚志，藤巻正生，渡辺篤二，加工食品の実際知識，1970，東洋経済新報社，p.207-208
- 7) アルファ米 | 商品情報 | 尾西食品株式会社 (onisifoods.co.jp)
- 8) 遠藤浩志，斎藤孔男，破砕精米の原料処理に関する研究(第一報)，1972，日本醸造協会雑誌，Vol.67，No.12，p.1050-1053
- 9) 保坂秀明，久保田清，鈴木寛一，フードサイエンス・シリーズ3 食品工学，1975，共立出版株式会社，p.37-43
- 10) 富田晴雄，坂本薫，John Henderson，竹本利和，浸漬時間の違いによる米飯の構造とテクスチャーの関係，2015，日本調理科学会誌，Vol.48，No.1，p.18-25
- 11) 川村彩乃，岩崎裕子，大越ひろ，高橋智子，アミロース含有率の異なる米飯の測定条件を考慮した力学的特性と食べやすさ，2013，日本家政学会誌，Vol.64，No.1，p.19-28
- 12) 尾西食品株式会社製造部製造課研修資料
- 13) 豊田 淨彦，内野 敏剛，北村 豊，農産食品プロセス工学，2015，文永堂出版，p.75
- 14) 折笠貴寛，高川知也，椎名武夫，田川彰男，乾燥野菜の吸水速度と体積変化に及ぼす空隙率の影響，2009，日本食品科学工学会誌，Vol.56，No.2，p.72-78
- 15) 長沼誠子，米粉調理への利用，2009，日本調理学会誌，Vol.42，No.3，p.208-211
- 16) 檜作進，伊藤恵子，前田巖，二国二郎，でんぷん糊の老化の温度依存性，1972，澱粉科学，Vol.19，No.2，p.70-75