

北海道産米粉の粉体特性と加工適性の解析

山木一史, 清水英樹, 栗原まどか, 鎌田英宏¹, 長澤幸一²,
船附稚子³, 山内宏昭⁴

Analysis of the Characteristics and Processing Suitability of Hokkaido-grown Rice Flour

Kazufumi Yamaki, Hideki Shimizu, Madoka Kurihara, Hidehiro Kamata¹, Koichi Nagasawa²,
Wakako Funatsuki³ and Hiroaki Yamauchi⁴

Three rice cultivars grown in Hokkaido were used to prepare 15 different types of rice flour by changing the combinations of mills and pretreatment conditions, and the proximate components of the rice cultivars and the characteristics of the rice flour were measured. Protein and amylose contents were found to vary with the rice cultivars. Rice flour characteristics, such as damaged starch content, mean particle size, and particle configuration, were determined to be influenced by milling conditions rather than by the rice cultivars. A high correlation was found between damaged starch content and mean particle size, water absorption capacity, and water penetration rate.

The prepared rice flour was processed into sponge cakes, gluten-added rice flour bread, noodles using an extruder, and gel with a rice flour content of 12%, and the processed food items were tested to measure their characteristic values. These characteristic values of the processed foods and those of rice flour were analyzed, and it was revealed that the characteristic values of rice flour were highly correlated with four characteristics (i.e. damaged starch content, mean particle size, water absorption capacity, and water penetration rate) of the sponge cakes, three characteristics (i.e. damaged starch content, water absorption capacity, and water penetration rate) of the gluten-added rice flour bread, one characteristic (i.e. water absorption capacity) of the extruded noodles, and two characteristics (i.e. protein and amylose contents) of the gel with a rice flour content of 12%. The rice flour characteristics were found to be highly correlated with the characteristics of the processed food and which represented processing suitability. It was concluded that six rice flour characteristics above can be used as a quality indicator of rice flour.

近年, 食料自給率の向上を目的に小麦粉代替原料として子への用途が中心であったが, 新潟県では微細かつ損傷
て米粉の利用が注目されている。これまでの米粉は和菓 デンプン量の少ない米粉の開発^{1) 2)}を始めとして, 微細

事業名: 外部資金 (新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業)

課題名: 北海道産米粉の特性解析及び高齢者用食品、冷凍食品等に活用可能な新規食品素材の開発

1: 株式会社ツカモトミルズ

2: (国研) 農研機構北海道農業研究センター

3: 同上 (現: (国研) 農研機構近畿中国四国農業研究センター)

4: 同上 (現: (国大) 帯広畜産大学)

粉化された米粉を用いたパンや麺³⁾の開発へと取り組みが進められている。また、全国各地においても米の微細化が展開されており^{4)~6)}、特に、パンを中心とした小麦粉製品への利用について多くの研究が行われている^{7)~10)}。しかし、米のタンパク質にはグルテンが含まれないことから、小麦の加工適性とは同一の特性にはならず、米を微細粉化して小麦代替用途として活用することは、本質的には困難である^{11) 12)}。したがって、米粉の普及拡大を推進するためには、従来からある米粉や小麦代替原料として開発された微細米粉を含め、小麦にはない米粉独自の特性と利用展開方法を再検証し、特性分類と用途を最適化することにより、持続性のある米粉の利用と供給システムの構築を行う必要がある。

道内においては、北海道立総合研究機構農業研究本部を中心に良食味米の品種開発や栽培方法に関する研究が多く実施されている¹³⁾が、道産米の粉碎加工や加工適性に関連する研究は取り組みが少ない。そこで、本研究では、北海道産米を品種ごとに様々な条件で粉に調製するとともに、米粉の物理的特性や化学的特性、および各種食品の加工適性を解析し、その関連性について検討を行ったので報告する。

実験方法

1. 試料

供試試料には、主食用品種であるきらら397、冷凍食品加工用とされる大地の星、多収米として新たに品種登録されたきたあおばの3品種を用いた。いずれも平成21年度産であり、きらら397と大地の星は網下米、きたあおばは試験栽培されたものを用いた。

なお、きらら397は主食用としては優先順位の低い品種となっているが、栽培方法が確立しており、安定した収量を確保できるため、米粉向け新規需要米の中心品種となることが予想されること、大地の星は加工用米として登録された品種であり、アミロース含有量が他より高く多収であること、きたあおばは育成品種であるが、価格を低く抑えることが期待される多収米であることから、本試験では、この3品種を選択した。

2. 米粉の調製

供試米は㈱ツカモトミルズにおいて、精米機(㈱サタケ製)による精米後に、ピンミル(㈱奈良機械製作所製、M4型、出力5.5kw、回転数4500rpm、スクリーンサイズ0.3mm)と軸流型ミル(東京製粉機械㈱製、出力30.0kw、回転数3500rpm、2ローター)にて製粉した。前処理は、精米後未処理のまま粉碎したもの(乾式)、

24時間の水浸漬後に水切りを行ってから粉碎し乾燥させたもの(湿式)、液体窒素流下にて粉碎したもの(窒素:軸流型ミルのみ)の3条件とした。前処理を行った後に製粉を行い、合計15種類の米粉を調製した。

3. 米粉の分析および形態観察

一般成分として、水分は135℃絶乾法にて、タンパク質量はミクロケルダール法にて、アミロースはオートアナライザー(ビーエルテック㈱製)による比色法にて測定した。物理化学特性として、損傷デンプン量はStarch damage assay kit(Megazyme製)により測定した。吸水力は、米粉に10倍量の蒸留水を加えて激しく攪拌したものを、20時間静置後に遠心分離し、上清液を捨て2時間放置した残渣の重量増加により評価した。粒度分布は粒度分布測定装置(バックマン・コールター㈱製、LS13320)を用いてレーザー回折散乱法により測定した。粒度を除く粉体評価はパウダーテスター(ホソカワミクロン㈱製)により、濡れ特性は毛管法を改良法しクリップメータ(㈱山電製、RE2-33005S)を用いて圧密充填した粉体層に対する水の浸透速度(測定開始後240秒までの浸透重量の増加割合)により算出した。糊化特性は、ラピッドビスコアアナライザー(NEWPORTSCIENTIFIC製、RVA-4)により測定した。粒子の形状は走査型電子顕微鏡(㈱日立ハイテクノロジーズ製、SU1510)により観察した。

4. 米粉の加工適性試験

(1) スポンジケーキ加工適性試験

菓子加工適性として、スポンジケーキ加工適性を検討した。スポンジケーキは、米粉:砂糖:卵が1:1:1となる配合で生地を調製し、ケーキ型(デコ型、18cm)に分注した後180℃で30分間焼成した。

焼成後に型から取りだし放冷したケーキについて、重量を計量した後、体積を菜種置換法により測定し、ケー

表1 米粉パンの配合表

	配合比 (%)
ミックス米粉*	100
生イースト	2
砂糖	3
食塩	2
脱脂粉乳	3
油脂	3
水**	73~85

数値はパーセント

* グルテン20%を含む

** 各米粉の吸水量に応じ調整

キの重量と体積から比容積を求めた。また、内相を一辺20mmの立方体に切り出し、クリープメータにて破断試験を行った。この比容積と破断応力を試作したケーキの評価指標とした¹⁴⁾。

(2) 製パン加工適性試験

乾燥グルテン（グリコ栄養食品㈱製，A-グル）を添加したミックス米粉（米粉80%+グルテン20%）を原料とし、米粉の吸水率から算出した加水量を用いて、表1の配合にてノータイム法により、食パンを製造した。焼成したパンは重量を計量した後、体積を菜種置換法により測定した。焼成前の生地重量と焼成後のパン重量から焼減率を、パンの重量と体積から比容積を算出した。この焼減率と比容積を用いて、パンを評価した¹⁴⁾。

(3) 製麺加工適性試験

加水量を45%として、2.2mm×1.7mmの角穴ダイスを装着した押出式製麺機（㈱オホーツク物流製）を用いて、麺線を製造した。なお、1回の押出では安定した麺線が形成されなかったことから、麺線形状が安定するよう押出回数は3回とした。

麺線を沸騰した湯中にて60秒間ゆで、直ちに冷水で熱を取った後、クリープメータにて破断試験を行い、算出された破断応力にて評価した。

(4) ゲル加工適性試験

米粉24.6gに水180mLを加え（米粉濃度12%）、85℃にて加熱しながら攪拌し完全に溶解させ、ゲルを製造した。このゲルを熱いうちに直径40mm、高さ15mmの容器に気泡が入らないように詰め、5℃にて一晚保存した。保存後のゲルを「えん下困難者用食品の規格規準」に準拠した物性評価方法にて評価した^{15) 16)}。

実験結果および考察

1. 各種米粉の特性

各米粉の一般成分を表2に示した。水分は、品種や粉碎方法による差異はみられず、いずれも約10～15%の範囲であった。タンパク質量は、品種間で差が認められ、大地の星は7.5～7.9%、きらら397は6.8～7.0%、きたあおばは5.6～5.8%であった。アミロース量も品種間で差が見られ、きらら397は平均が19.7%、きたあおばは平均が19.9%とほぼ同じ値を示したが、大地の星は平均で18.6%となり、他の2品種よりやや低かった。大地の星が低い値を示したのは、網下米という規格外品を試料としたためと考えられた。

各米粉の粉体特性の値を表3に示した。平均粒径はいずれの品種においても前処理に関係なく、ピンミル粉

表2 米粉の一般成分

品種	きらら397					大地の星					きたあおば				
	ピンミル		軸流型ミル			ピンミル		軸流型ミル			ピンミル		軸流型ミル		
製粉方法	乾式	湿式	乾式	湿式	窒素	乾式	湿式	乾式	湿式	窒素	乾式	湿式	乾式	湿式	窒素
水分 (%)	11.4	14.0	11.2	10.5	13.5	13.2	12.7	11.0	11.9	13.2	12.9	11.6	11.8	10.5	15.4
タンパク質量 (%)	7.0	6.8	6.9	7.0	6.9	7.7	7.9	7.8	7.9	7.5	5.7	5.7	5.8	5.7	5.6
アミロース量 (%)	20.0	19.5	19.7	20.1	19.2	18.6	18.7	18.7	19.1	18.0	19.8	20.3	20.1	19.8	19.7

表3 米粉の粉体特性

品種	きらら397					大地の星					きたあおば				
	ピンミル		軸流型ミル			ピンミル		軸流型ミル			ピンミル		軸流型ミル		
製粉方法	乾式	湿式	乾式	湿式	窒素	乾式	湿式	乾式	湿式	窒素	乾式	湿式	乾式	湿式	窒素
平均粒径 (μm)	64.3	78.7	30.1	36.0	37.4	78.0	72.7	32.5	29.3	35.5	76.2	69.7	28.9	25.9	28.1
損傷デンプン量 (%)	9.3	7.5	14.9	13.8	11.6	7.7	9.5	13.8	14.3	8.3	8.1	7.7	15.4	15.3	15.6
吸水力 (g/g)	0.99	0.96	1.18	1.18	1.01	0.98	1.02	1.13	1.21	0.92	0.92	1.01	1.18	1.17	1.13
浸透速度 (g/min.)	0.32	0.34	0.10	0.06	0.06	0.35	0.29	0.06	0.09	0.35	0.41	0.36	0.10	0.15	0.06
安息角 (°C)	49.0	51.0	53.0	54.0	52.0	47.0	51.0	50.0	53.0	52.0	48.0	49.0	50.0	52.0	53.0
最高粘度 (RVU)	274.3	298.9	270.3	288.0	249.2	306.7	333.3	303.8	325.9	263.6	292.8	301.9	296.0	286.2	279.5

砕品では $64 \sim 80 \mu\text{m}$ 、軸流型ミル粉碎品では $25 \sim 40 \mu\text{m}$ であり、軸流型ミル粉碎品のほうがより細かな粒子となっていた。損傷デンプン量は、ピンミル粉碎品では $7.5 \sim 9.5\%$ 、軸流型ミル粉碎品では $8.3 \sim 15.6\%$ であり、軸流型ミル粉碎品のほうが損傷デンプン量は高くなる傾向を示した。吸水力は、ピンミル粉碎品では $0.92 \sim 1.02\text{g/g}$ であり、軸流型ミル粉碎品では $1.01 \sim 1.21\text{g/g}$ であり、平均粒径の大きいピンミル粉碎品のほうが低い値を示した。浸透速度は、ピンミル粉碎品が $0.29 \sim 0.41\text{g/min.}$ であり、軸流型ミル粉碎品は $0.06 \sim 0.35\text{g/min.}$ となり、平均するとピンミル粉碎品が軸流型ミル粉碎品よりも約3倍速かった。損傷デンプン量、吸水力、浸透速度の3項目について品種別、前処理別にみると、大地の星の窒素処理が軸流型ミル粉碎品でありながら、いずれの品種のピンミル粉碎品の値とほぼ同じ値を示した。しかしながら、他の2品種の窒素処理及び乾式と湿式については数値にバラツキがあることから、品種間と前処理による明確な影響は確認できなかった。安息角は、いずれの米粉も 50 度前後であった。最高粘度は、いずれの米粉も 300RVU 前後であった。安息角と最高粘度のいずれも品種や前処理、粉碎方法の影響は確認できなかった。

図1にきたあおば粉碎品の粒子形状の観察結果を示した。ピンミル粉碎品は、粒径が大きく不定形で角張った

粒子が多いのに対し、軸流型ミル粉碎品は、粒径が小さくやや丸みを帯びた形状の粒子が多くみられ、粉碎条件により粒子形状は大きく異なっていた。前処理条件と比較すると、湿式は粒子表面がでこぼこしており、デンプン粒子を確認しやすかった。この傾向は、他の2品種の粉碎品も同様であった。

各特性値間の関係を表4に示した。有意差が認められたのは、タンパク質量とアミロース量、損傷デンプン量と平均粒径、吸水力および浸透速度、平均粒径と吸水力、浸透速度および安息角、吸水力と浸透速度、浸透速度と安息角であった。中でも、損傷デンプン量と平均粒径、損傷デンプン量と吸水力、損傷デンプン量と浸透速度には高い相関が認められた(図2, 3)ことから、これらの項目が米粉の特性を評価する指標となると考えられた。

損傷デンプン量は使用する製粉機や前処理方法による影響が大きいと考えられることから、きらら397の米粉5種類を用いて、損傷デンプン量と粒径の関係について、目の開きが $45 \mu\text{m}$ 、 $75 \mu\text{m}$ および $105 \mu\text{m}$ の3種類の篩を用いて分級し、それぞれ損傷デンプン量を調べた(表5)。その結果、どの米粉も粒径が小さくなるにしたがって損傷デンプン量が多くなる傾向が見られた。このことから、損傷デンプン量は粉碎方法ではなく、粒子のサイズに大きく影響されると推察でき、どのような製粉機を

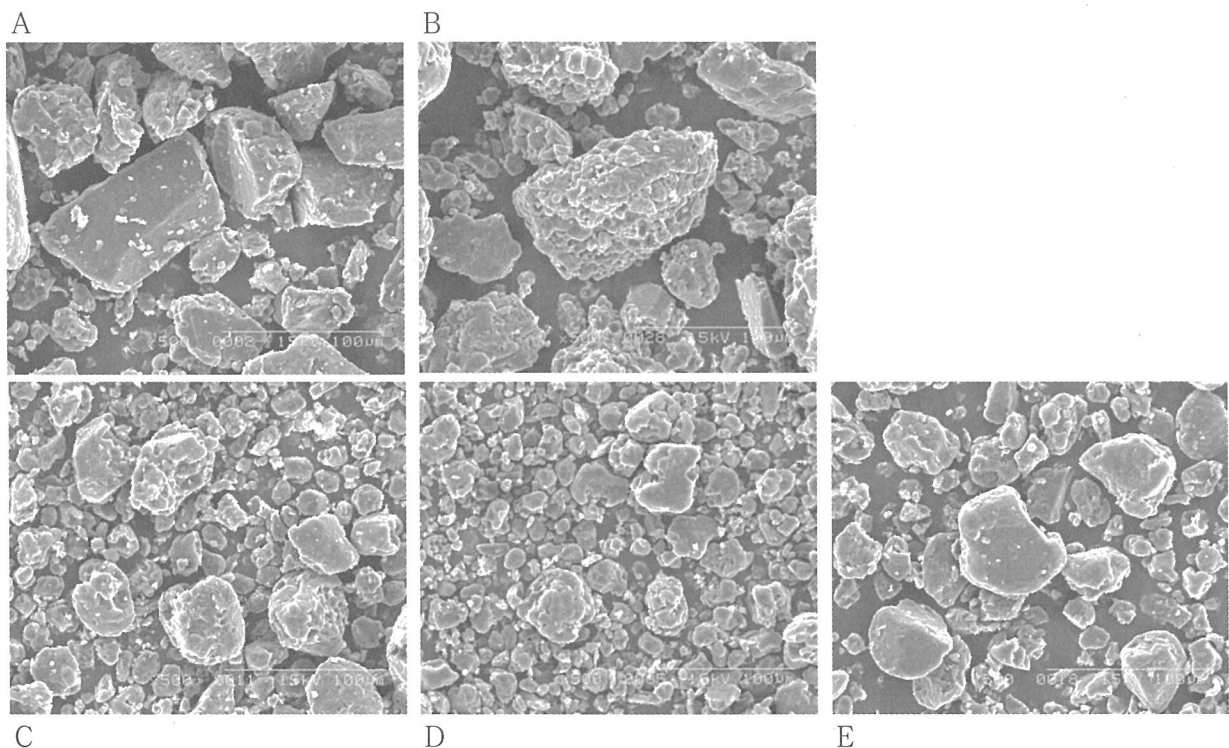


図1 製粉方法の異なる米粉の粒子形状 (倍率: 500倍)

A: ピンミル, 乾式, B: ピンミル, 湿式, C: 軸流型ミル, 乾式, D: 軸流型ミル, 湿式, E: 軸流型, 液体窒素流下

表4 特性値の相関関係

	水分	タンパク質量	アミロース量	損傷デンプン	平均粒径	吸水力	浸透速度	安息角	最高粘度
水分	1								
タンパク質量	-0.088	1							
アミロース量	-0.302	-0.740	1						
損傷デンプン	-0.300	-0.177	0.259	1					
平均粒径	0.257	0.074	-0.017	-0.880	1				
吸水力	-0.475	-0.060	0.321	0.926	-0.754	1			
浸透速度	0.210	-0.016	-0.141	-0.912	0.843	-0.846	1		
安息角	-0.057	0.071	0.027	0.628	-0.708	0.583	-0.681	1	
最高粘度	-0.124	0.299	-0.113	-0.096	0.347	0.155	0.167	-0.236	1

* 数値は相関係数, **■**は $p < 0.01$, **□**は $p < 0.05$

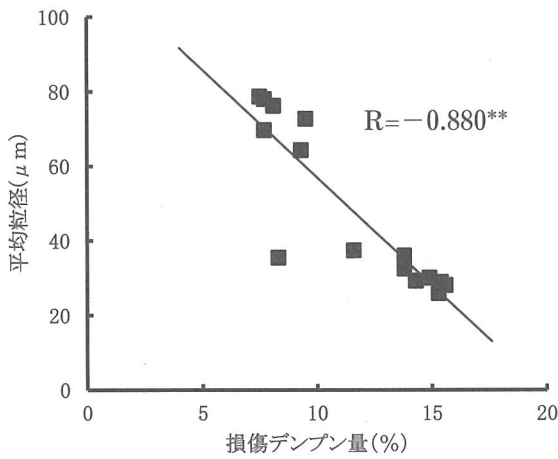


図2 平均粒径と損傷デンプン量の関係
** $p < 0.01$

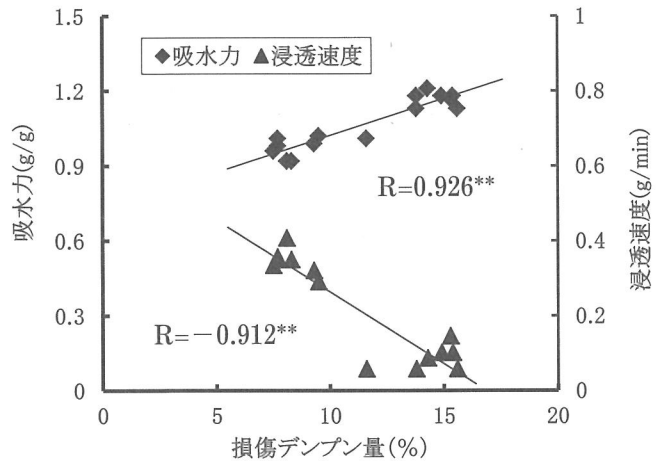


図3 吸水力および浸透速度と損傷デンプン量の関係
** $p < 0.01$

表5 篩い分けした米粉(きらら397)の損傷デンプン量 (%)

	ピンミル		軸流型ミル		
	乾式	湿式	乾式	湿式	窒素
粒径 ≤ 45 μm	17.4	10.8	19.3	20.4	20.8
45 μm < 粒径 ≤ 75 μm	13.3	7.7	16.5	16.3	16.0
75 μm < 粒径 ≤ 105 μm	8.2	7.7	10.9	12.8	11.2
105 μm < 粒径	6.3	7.6	—	—	—
(全体の損傷デンプン量)	(9.3)	(7.5)	(14.9)	(13.8)	(11.6)
(全体の平均粒径 (μm))	(64.3)	(78.7)	(30.1)	(36.0)	(37.4)

表6 各種米粉を用いたスポンジケーキの性状

品種	きらら397					大地の星					きたあおば				
	ピンミル		軸流型ミル			ピンミル		軸流型ミル			ピンミル		軸流型ミル		
製粉方法	乾式	湿式	乾式	湿式	窒素	乾式	湿式	乾式	湿式	窒素	乾式	湿式	乾式	湿式	窒素
前処理	乾式	湿式	乾式	湿式	窒素	乾式	湿式	乾式	湿式	窒素	乾式	湿式	乾式	湿式	窒素
比容積 (mL/g)	3.98	4.09	3.22	3.25	3.17	4.02	3.81	3.22	3.26	3.55	3.89	4.27	3.20	3.16	2.93
破断応力 (MPa)	163.9	102.6	273.3	200.2	212.5	96.0	116.8	219.5	183.3	106.9	125.5	111.0	247.9	289.5	382.3

用いても篩い分けを行うことで、米粉の特性を調整することが可能であると考えられた。

2. 米粉の加工適性の検討

(1) スポンジケーキ加工適性の検討

菓子適性を評価するために、スポンジケーキの加工適性試験を行った。評価の指標には、ケーキの膨らみ具合として比容積（数値が大きいほうが膨らんでいる）を、軟らかさとして破断応力（数値が小さいほうが軟らかい）を用いた。結果を表6に示した。

比容積は、ピンミル粉砕品が3.9～4.3mL/g、軸流型ミル粉砕品が2.9～3.5mL/gであり、粒径が大きめであるピンミル粉砕品のほうが高くなったが、品種間および前処理の影響は確認できなかった。破断応力は、ピンミル粉砕品は96～164MPa、軸流型ミル粉砕品は107～382MPaであり、比容積の高いピンミル粉砕品のほうがスポンジはソフトになることが確認された。品種間では、多少のバラツキはあるものの、破断応力の大きい順に、きたあおば、きらら397、大地の星となった。前処理についてはバラツキが大きいことから影響は確認できなかった。

図4に米粉の損傷デンプン量とケーキの特性である比容積と破断応力の関係についてそれぞれ示した。損傷デンプン量と比容積には負の相関が、損傷デンプン量と破断応力とは正の相関があることが判明したことから、スポンジケーキに適した米粉の特性は、損傷デンプン量が低いことと考えられた。

(2) パン加工適性の検討

パン適性を評価するために、標準的食パン配合のノータイム法で製パン試験を行った。評価の指標には、パンの膨らみ具合として比容積を、焼き上がりの状態として焼減率（数値が大きいほうがパンの水分が少ない）を用いた。結果を表7と図5に示した。

比容積は3.06mL/g～3.88mL/g、焼減率は12.3%～13.9%の範囲であった。品種間には差がなく、いずれの品種もピンミル粉砕品では比容積が高く、パンの内相の気泡は細くなり、軸流型ミル粉砕品では比容積が低く、内相の気泡は粗くなった。前処理の乾式と湿式では比容積においてほとんど差はみられないが、液体窒素処理のものは他の軸流型ミル粉砕品と比較して、内相の気泡が細くなった。焼減率は、いずれの米粉も比容積と相関があり、比容積が高くなると焼減率は上昇し、比容積が低くなると焼減率は下降した。

図6に米粉の損傷デンプン量、および浸透速度とパン特性として比容積との関係を示した。今回調製した米粉の損傷デンプン量と比容積の間には負の有意な相関が、また、浸透速度と比容積の間には正の有意な相関があることが判明した。

これらの結果を総合すると、パンに使用する米粉としては、損傷デンプン量が低いこと、および浸透速度が速いことが求められる特性であると考えられた。

(3) 麺加工適性の検討

麺適性を評価するために、押出式製麺機を用いた製麺試験を行った。評価の指標には、ゆでた米粉麺の破断応力（数値が大きいほうが麺のコシがある）を用いた。結

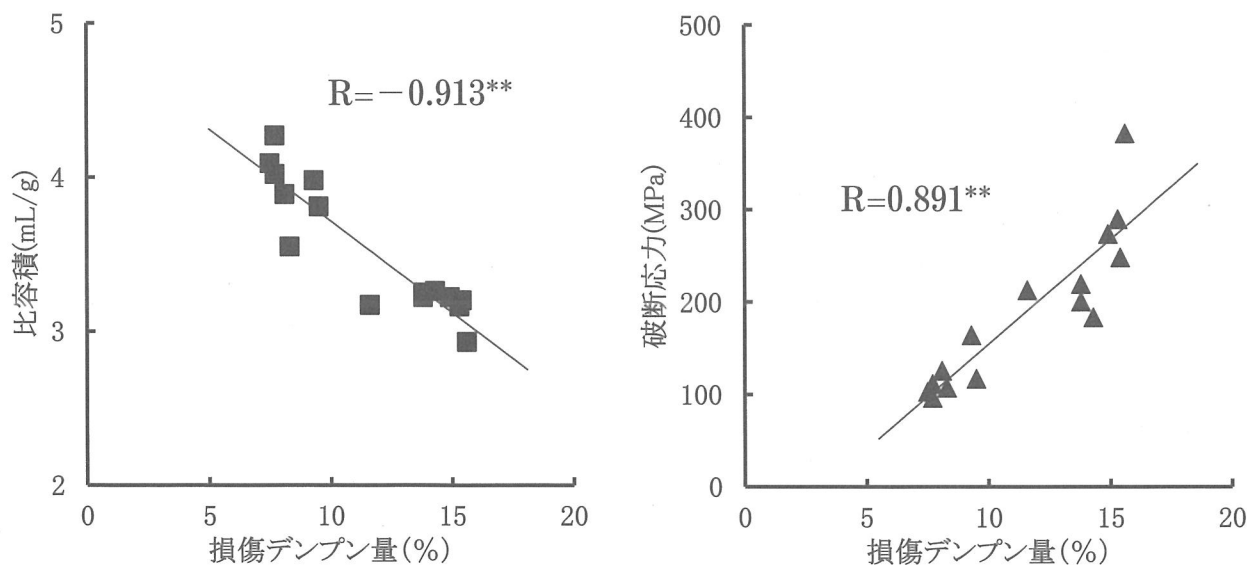


図4 米粉ケーキの比容積および物性値（破断応力）と損傷デンプン量との関係

** $p < 0.01$

表7 各種米粉を用いたパンの性状

品種 製粉方法 前処理	きらら397					大地の星					きたあおば				
	ピンミル		軸流型ミル			ピンミル		軸流型ミル			ピンミル		軸流型ミル		
	乾式	湿式	乾式	湿式	窒素	乾式	湿式	乾式	湿式	窒素	乾式	湿式	乾式	湿式	窒素
比容積 (mL/g)	3.62	3.68	3.06	3.17	3.36	3.76	3.51	3.26	3.10	3.88	3.86	3.85	3.42	3.59	3.59
焼減率 (%)	13.0	13.4	12.3	12.7	12.6	12.9	12.6	12.5	12.5	13.9	12.9	13.3	12.7	13.6	13.3
加水量 (%)	77.0	76.0	83.0	83.0	77.0	76.0	75.0	81.0	84.0	75.0	75.0	77.0	83.0	82.0	81.0

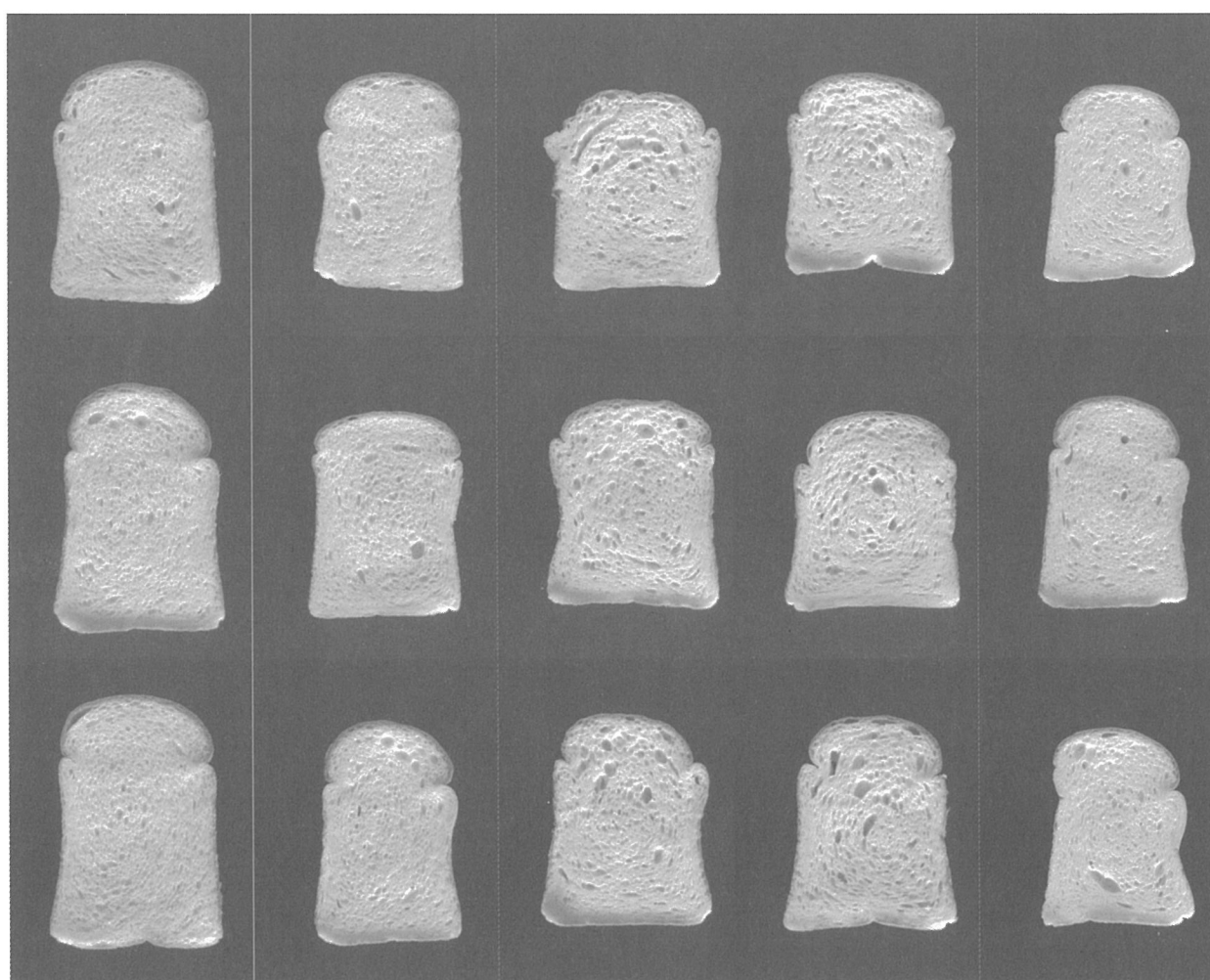


図5 各種米粉の製パンテスト結果（パンの内相の状態）

上から、きらら397、大地の星、きたあおば、

左から、ピンミル：乾式、ピンミル：湿式、軸流型ミル：乾式、軸流型ミル：湿式、軸流型ミル：液体窒素流下

果を表8に示した。

ピンミル粉砕品については、乾式と湿式の差異がきらら397では認められないが、大地の星ときたあおばの2品種では差異が認められた。軸流型ミル粉砕品については、いずれの品種も乾式と湿式について差異はほとんど認められなかったが、液体窒素処理を行ったものは破断応力が小さくなる傾向が確認できた。液体窒素処理を除

くと、ピンミル粉砕品よりも軸流型ミル粉砕品のほうが破断応力は大きくなる傾向を示した。ゆで麺の水分は、破断応力が大きくなると少なめに、破断応力が小さくなると多めに推移した。これは、すべての試験区でゆで時間を一定にしているため、ゆで麺の水分に差異が生じ、物性に影響したものと推測された。

図7に米粉麺の破断応力と損傷デンプン量および吸水

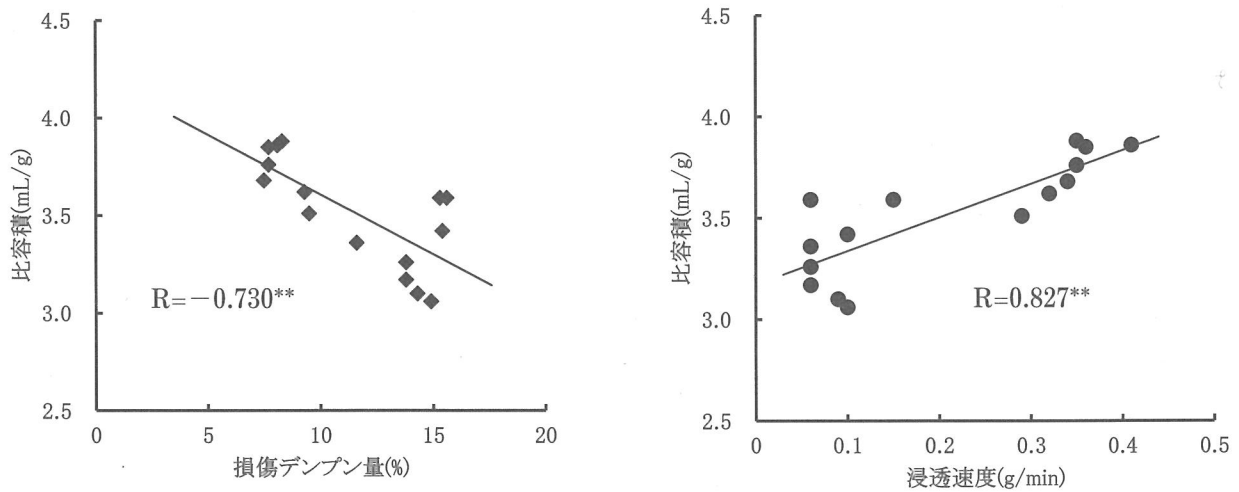


図6 米粉パンの比容積と損傷デンプン量および浸透速度との関係

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$

表8 各種米粉を用いた麺の性状

品種	きらら397					大地の星					きたあおば				
	ピンミル		軸流型ミル			ピンミル		軸流型ミル			ピンミル		軸流型ミル		
製粉方法	乾式	湿式	乾式	湿式	窒素	乾式	湿式	乾式	湿式	窒素	乾式	湿式	乾式	湿式	窒素
破断応力 (MPa)	487.1	486.7	783.8	893.1	470.5	497.4	769.3	883.2	885.5	435.8	521.8	752.1	821.2	799.4	525.5
ゆで麺水分 (%)	58.7	61.3	58.0	54.4	59.8	58.9	58.2	56.9	54.8	61.4	61.4	58.5	58.1	58.9	61.0

力との関係を示した。破断応力と強い相関を示したのは吸水力であり、ケーキやパンにおいて重要である損傷デンプン量とは、相関係数が0.608と強い相関はなかった。

今回実施した押出式製麺においては、装置内のスクリー軸にて米粉と水が加圧・混練されることにより生地が形成されることから、粒径の大小に影響されず、水を保持しやすい特性を有していること、すなわち、吸水力が大きいことが適していると考えられた。また、損傷デンプン量も見ための吸水力を増加させることから、損傷デンプン量の高い米粉でも、押出式の製麺の場合には問題はないと考えられた。

(4) ゲル加工適性の検討

米粉のゲル適性を評価するために、米粉の濃度が12%となるように調整したゲルの物性試験を行った。12%濃度のゲルは、一般的には「七分粥」とほぼ同等の濃度であり、やや緩めで粘りが強い状態となった。評価は「えん下困難者用食品の規格規準」にもとづき、かたさ応力、凝集性、付着性を用いた。結果を表9に示した。

かたさ応力と付着性はいずれも、きたあおば>きらら397>>大地の星といった品種間差が確認できた。さらに、かたさ応力と付着性ともに、ピンミル粉砕品では乾

式よりも湿式のほうが値は大きくなり、軸流型ミル粉砕品では乾式と湿式にはバラツキがあるものの、窒素処理は値が小さくなった。凝集性は、品種に関わらず0.5~0.6の範囲であり、粉砕方法や前処理の影響はなかった。

米粉の特性値である損傷デンプン量や平均粒径、吸水力については、ゲルの物性値との相関は確認されなかったが、タンパク質量とアミロース含量については強い相関が確認された(図8)。タンパク質量とアミロース含量は、原料由来であることから、ゲル状製品に用いる米粉は、タンパク質量が低く、アミロース含量は高い原料を用いることが必要であると考えられた。

3. 米粉の特性値と加工適性の関係

今回の試験に供した米粉の特性値と各種加工適性の項目間との相関を表10に示した。高い相関が認められたのは、スポンジケーキの特性(比容積)では、損傷デンプン量、平均粒径、吸水力、浸透速度の4項目、パンの特性(比容積)では、損傷デンプン量、吸水力、浸透速度の3項目、麺の特性(破断応力)では、吸水力の1項目、ゲルの特性(かたさ応力)では、タンパク質量とアミロース量の2項目であった。これらの項目は、それぞれの加工適性に必要な管理指標として用いることが可能

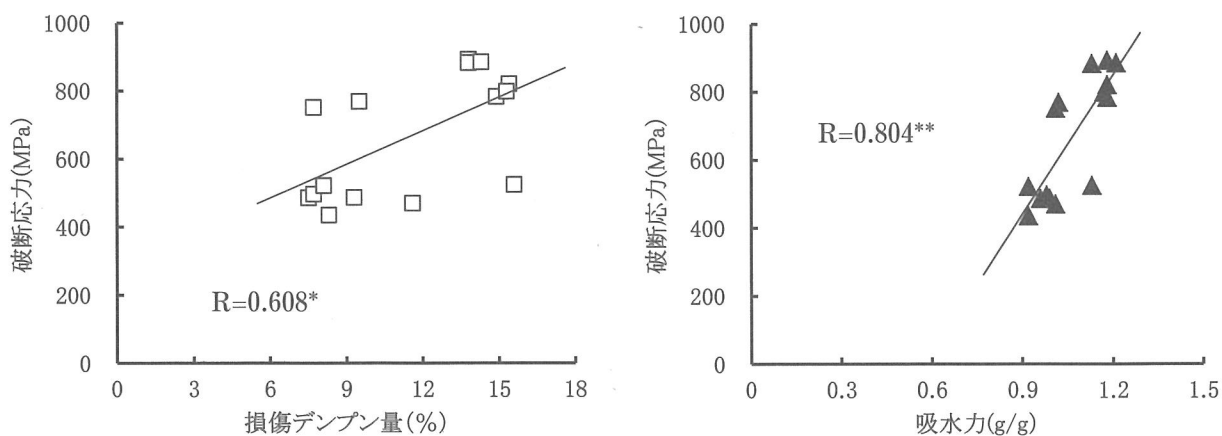


図7 米粉麵の物性値（破断応力）と損傷デンプン量および吸水力との関係
* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$

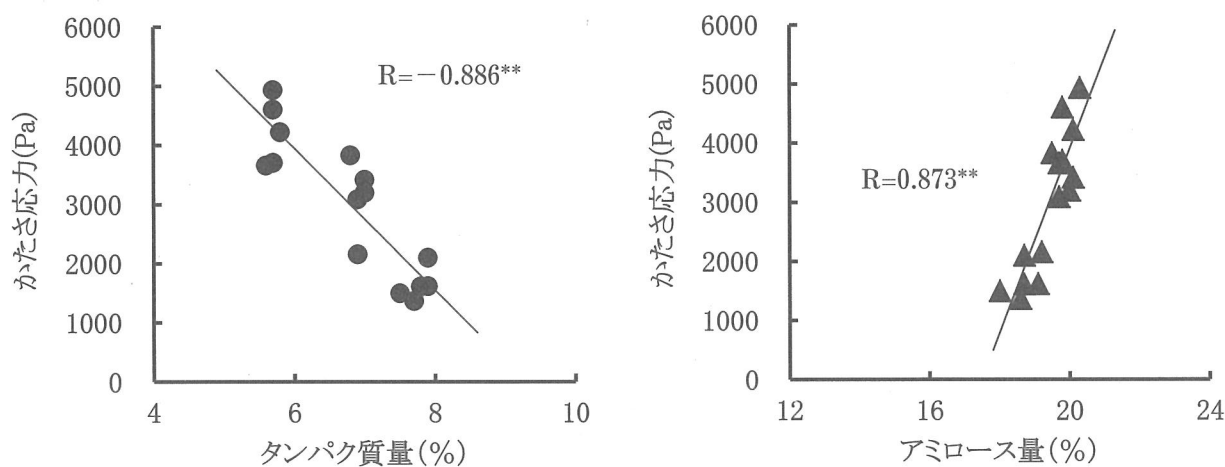


図8 米粉ゲル（12%濃度）のかたさ応力とタンパク質量およびアミロース量との関係
** $p < 0.01$

表9 各種米粉を用いたゲル（12%濃度）の性状

品種	きらら397					大地の星					きたあおば				
	ピンミル		軸流型ミル			ピンミル		軸流型ミル			ピンミル		軸流型ミル		
前処理	乾式	湿式	乾式	湿式	窒素	乾式	湿式	乾式	湿式	窒素	乾式	湿式	乾式	湿式	窒素
かたさ応力 (Pa)	3 199	3 830	3 088	3 417	2 159	1 369	2 101	1 613	1 618	1 501	4 605	4 934	4 223	3 708	3 661
凝集性	0.530	0.526	0.564	0.533	0.563	0.583	0.572	0.585	0.595	0.571	0.560	0.537	0.563	0.547	0.535
付着性 (J/m ³)	656	759	582	641	489	421	550	438	421	381	654	727	662	580	510

であると考えられた。

以上の結果より、スポンジケーキとパン、および麺では製粉によって生じる特性が関係しており、これらの加工用途に向けた米粉を調製するためには、損傷デンプン量を低くするなど、製造品目に適した粉体特性が得られる前処理方法および製粉方法を選択することが重要と考えられた。

ゲルについては、原料が持つ特性が影響しており、製粉による特性よりも、品種や栽培環境を考慮することが必要と考えられた。

今回試験に用いたのは、主食用米、米飯加工用米、多収性米からそれぞれ1品種ずつであるが、北海道には他にも多数の品種があることから、今後それらの品種特性と調製した米粉の粉体特性について説明を進めていく必

表10 米粉の特性値と加工特性値の相関係数

	水分	タンパク質量	アミロース量	損傷デンプン量	平均粒径	吸水力	浸透速度	最高粘度	ケーキ		パン		ゲル		
									比容積	破断応力	比容積	破断応力	かたさ	破断応力	凝集性
水分	1.000														
タンパク質量	-0.088	1.000													
アミロース量	-0.302	-0.740	1.000												
損傷デンプン量	-0.300	-0.177	0.259	1.000											
平均粒径	0.257	0.074	-0.017	-0.880	1.000										
吸水力	-0.475	-0.060	0.321	0.926	-0.754	1.000									
浸透速度	0.210	-0.016	-0.141	-0.912	0.843	-0.846	1.000								
最高粘度	-0.124	0.299	-0.113	-0.096	0.347	0.155	0.167	1.000							
比容積	0.085	0.070	0.010	-0.913	0.929	-0.737	0.905	0.301	1.000						
破断応力	-0.017	-0.419	0.340	0.891	-0.769	0.716	-0.789	-0.323	-0.843	1.000					
比容積	0.424	-0.344	-0.093	-0.730	0.606	-0.801	0.827	-0.058	0.649	-0.469	1.000				
破断応力	-0.720	0.087	0.246	0.608	-0.437	0.804	-0.540	0.493	-0.373	0.278	-0.664	1.000			
かたさ	-0.072	-0.886	0.873	0.009	0.169	0.015	0.162	-0.092	0.192	0.171	0.277	0.045	1.000		
凝集性	-0.084	0.592	-0.675	0.114	-0.195	0.138	-0.145	0.347	-0.213	-0.144	-0.285	0.256	-0.712	1.000	
付着性	-0.167	-0.586	0.807	-0.180	0.396	-0.082	0.263	0.029	0.416	-0.098	0.178	0.051	0.872	-0.756	1.000

■ $p < 0.01$, □ $p < 0.05$

要がある。

要 約

道産米3品種を用いて、粉碎機と前処理条件の組み合わせにより15種類の米粉を調製し、一般成分と粉体特性を測定した。タンパク質量やアミロース量については品種の差が確認できたが、損傷デンプン量、平均粒径、粒子の形状といった粉体特性については、品種よりも粉碎条件の違いが関係しており、損傷デンプン量は平均粒径と吸水力、および浸透速度と高い相関が認められた。

調製した米粉を用いて、スポンジケーキ、グルテン添加米粉パン、押出式による麺、米粉濃度12%のゲルについて加工試験を行い、それぞれの特性値を測定した。これらの加工試験における特性値と米粉の特性値について解析したところ、ケーキの特性は損傷デンプン量、平均粒径、吸水力、浸透速度の4項目、グルテン添加米粉パンの特性は損傷デンプン量、吸水力、浸透速度の3項目、押し出し麺の特性は吸水力の1項目、12%濃度の米粉ゲルの特性はタンパク質量とアミロース量の2項目と高い相関が認められた。以上の結果から、加工適性の特性値と高い相関が認められた項目は、米粉の品質指標として用いる項目であると考えられた。

本研究は農林水産省の「新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業」として行ったものである。

供試試料として「きたあおば」を提供いただいた、北海道農業協同組合中央会の柴田浩一郎氏に深謝する。

文 献

- 1) 中村幸一, 米粉パンの開発, ジャパンフードサイエンス, **40**, 55-59 (2001)
- 2) 江川和徳, 米粉パンの開発, 農林水産技術研究ジャーナル, **26**, 11-16 (2003)
- 3) 吉井洋一, 本間紀之, 赤石隆一郎, 新潟県における米粉・米粉麺への取り組み, 日本食品科学工学会誌, **58**, 187-195 (2011)
- 4) 西村元樹, 大西忍, 未来につながる米粉・製粉方法, 月刊フードケミカル, **26**, 61-66 (2010)
- 5) 岡留博司, 米粉の微粉細化技術の開発, 食品工業, **52**, 47-53 (2009)
- 6) 庄子真樹, 羽生幸弘, 毛利哲, 畑中咲子, 池田正明, 富樫千之, 藤井智幸, 製粉方法の異なる粉体特性と吸水特性の評価, 日本食品科学工学会誌, **59**, 192-198 (2012)
- 7) 高橋誠, 本間紀之, 諸橋敬子, 中村幸一, 鈴木保宏, 米粉の品種特性が米粉パンに及ぼす影響, 日本食品科学工学会誌, **56**, 394-402 (2009)
- 8) 青木法明, 梅本貴之, 鈴木保宏, グルテン添加米粉パンにおける多収性稲品種の製パン特性, 日本食品科学工学会誌, **57**, 107-113 (2010)
- 9) 高橋克嘉, 奥西智哉, 鈴木啓太郎, 柚木崎千鶴子, 米粉パンの加工適性評価と宮崎県産米粉間の比較, 日本食品科学工学会誌, **58**, 55-61 (2011)
- 10) 奥西智哉, 中村健治, 宮本守, 宮下香苗, 米粉パン製造の適正加水量決定方法, 日本食品科学工学会誌, **59**, 409-413 (2012)
- 11) 萩田敏, 米粉ビジネスへの視点, 月刊フードケミカル, **26**, 51-53 (2010)
- 12) 松倉潮, 米粉利用食品, 食品工業, **52**, 20-28 (2009)
- 13) 天野洋一, 稲津脩, 良食味と多様なニーズに対応する米の品種開発と技術改善の新たな取り組み, 北海道立農業試験場資料, **35**, 1-97 (2005)
- 14) 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, 道産米を用いた微細米粉の製造と加工利用, 北海道立食品加工研究センター報告, **7**, 17-20 (2007)
- 15) 消費者庁, 特別用途食品の表示許可等について, (2007)
- 16) 坂井真奈美, 江頭文江, 金谷節子, 栢下淳, 臨床的成果のある段階的嚥下食に関する食品物性比較, 日本摂食・嚥下リハビリテーション学会誌, **10**, 239-248 (2007)