

調理における食物のテクスチャーに関する レオロジー的研究とその応用

大越 ひろ*

Hiro Ogoshi



この度、日本調理科学会平成 22 年度大会において、学会賞を受賞させて頂きましたことは大きな喜びであります。受賞の対象となった研究の多くは、食物のテクスチャーを客観的に評価するためのレオロジー的方法論の追究であり、恩師中濱信子先生のご指導によるものと深く感謝申し上げます。

研究者としての第一歩は、ルーの性状に関するもの¹⁾で、白ソースなどの粘稠な液状食品のレオロジー的性質²⁻⁹⁾の研究に発展した。さらに、ゾルがゲル化する過程のレオロジー的性質¹⁰⁾や、ゲル状食品のレオロジー的性質についても検討を行い¹¹⁻¹⁵⁾、調理過程における食物のテクスチャーの変化をとらえる試みを行った。さらには、レオロジー的性質と組織との関連性¹⁶⁾や、おいしさ(官能評価: 当時は官能検査)との関連性を検討¹⁷⁻²¹⁾し、食物のテクスチャーについてレオロジー的な方法論での評価手法を見いだした。近年は、食物のテクスチャー、ことにレオロジー的性質が食べ物の咀嚼や飲み込みやすさ(嚥下)と関わっている²²⁻³¹⁾ことに興味を持ち、歯科医師、耳鼻科医師との共同研究³²⁻³⁶⁾により研究を進めている。

本稿では食物のテクスチャーが食物の状態により様々なレオロジー的性質を示すことから、状態別に食物のレオロジー的性質についてまとめ、最後に食物のレオロジー的性質と食べる機能との関連性について述べる。

1. 粘稠なゾル状食物のレオロジー的研究

(1) ホワイトソースの性状

ゾル状食物のテクスチャー評価の方法として、最も一般的なものは粘度測定であるが、ゾル状食物の多くはニュートンの粘性法則に従わない非ニュートン流動を示す。代表例として、ホワイトソースについてずり速度とみかけの粘性率の関係を図 1 に示した。ホワイトソースは図のように、ずり速度(測定条件)により粘性率が変化するので、縦軸はみかけの粘性率として表してある。また、粘性率は温度によっても変化する⁴⁾ので、適切な測定条件が求められる。

非ニュートン流動を示すゾル状の食物は、攪拌により軟化や硬化する場合がある。このような性質を持つゾル状食

物は粘度で表されるような粘性要素の他に、ずり弾性率や降伏応力で表される弾性要素をもっているためである。この降伏応力が重要なレオロジー的性質とされる食物に、ソース類や焼鳥のたれなどが挙げられる。降伏応力とはソースを肉や魚にかけたときに一定の厚さを保って肉などの表面を覆って流れ去らないような現象にみられる性質である。

そこで、図 1 に示したずり速度と粘性率の係数に casson の関係式を適用して降伏応力を算出し、測定温度ごとに降伏応力を示したものが図 2 である²⁾。降伏応力は測定温度が低くなるにつれ、指数的に増加し、ホワイトソースは硬く流動性が失われている。このようなレオロジー的性質は

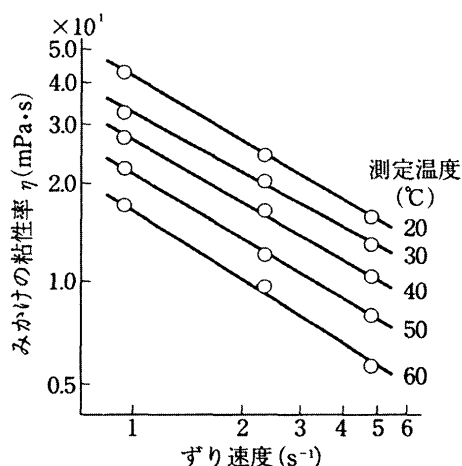


図 1. ホワイトソースのずり速度とみかけの粘性率の関係

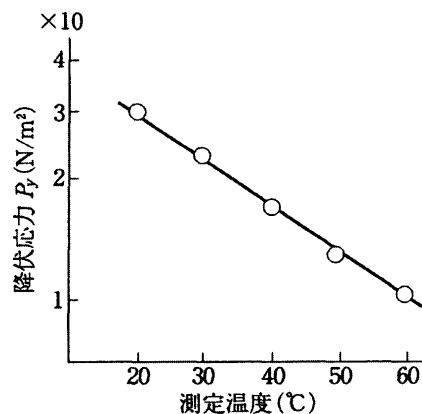


図 2. ホワイトソースの降伏応力の温度依存性

* 日本女子大学
(Japan Women's University)

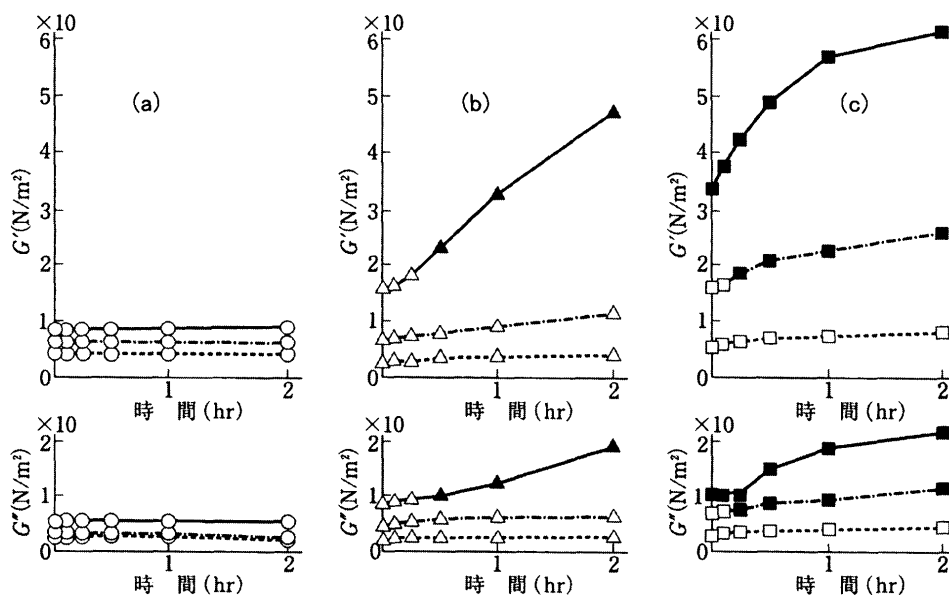


図3. 3種のでんぷん糊液の貯蔵弾性率 G' と損失弾性率 G'' の経時変化
(a) ジャガイもでんぷん糊液, (b) 小麦でんぷん糊液, (c) とうもろこしでんぷん糊液
でんぷん糊液の濃度: 4 w/v% (.....), 5 w/v% (-----), 6 w/v% (——)
でんぷん糊液の状態: ゾル (○, △, □), ゲル (▲, ■), 測定温度: 25℃

クリームコロッケを作る際に、経験的に用いられている。すなわち、クリームコロッケの主材料であるホワイトソースに具材を混ぜるときにはやや高い温度（降伏応力が小さい）で行い、次に低温にしてホワイトソースの降伏応力を高める操作を行い、成形（俵型など）しやすくしている。しかも、クリームコロッケは油で揚げってから供卓するものなので、実際に食べるときには、内部は軟らかく、降伏応力の小さい（流動しやすい）、とろっとした状態となっていて、「おいしい」クリームコロッケになっている。このようにホワイトソースにとっては、降伏応力が重要なレオロジー的特性といえる。

(2) ゾル状態からゲル状態への変化

ゾル状食物やゲル状食物のレオロジー的性質を明らかにするためには、動的粘弾性の測定が用いられている。動的粘弾性は、貯蔵弾性率 G' と損失弾性率 G'' の二つの要素で表され、測定時間が短く、経時変化も捉えることができる。ことに調理では、その調理過程の変化が知りたい場合がある。そこで、デンプン糊液のゲル化過程を動的粘弾性の経時変化としてとらえた事例について紹介する¹⁶⁾。

糊液（ゾル）の状態から 25℃ に 2 時間放置した場合の G' と G'' の経時変化を図 3 に示した。経時的に G' と G'' が増加しているので、 G' と G'' の比である $\tan \delta$ の関係として図 4 に示した。白印はゾル状態、黒印はゲル状態を示している。 $\tan \delta$ が 0.45 程度でゾル状態とゲル状態に二分されているので、 $\tan \delta$ はゲル化の指標となるといえよう。しかし、動的粘弾性測定の場合、測定条件が変化すれば、必ずしもこの結果が適用できるとは限らない。

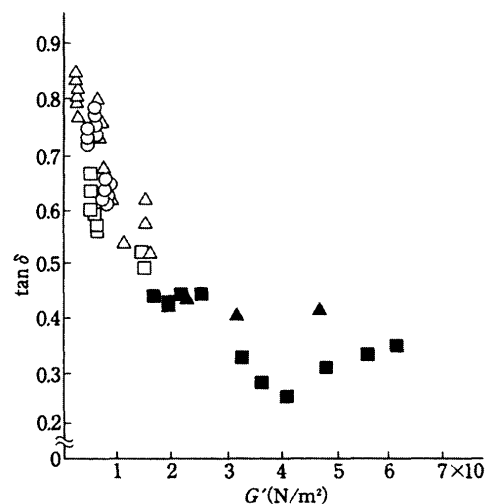


図4. 3種のでんぷん糊液の損失正接 $\tan \delta$ と貯蔵弾性率 G' の関係

ジャガイもでんぷん糊液 (○), 小麦でんぷん糊液 (△, ▲),
とうもろこしでんぷん糊液 (□, ■), ゾル状態 (○, △, □),
ゲル状態 (●, ▲, ■)

2. ゲル状食品のレオロジー的研究

かまぼこや水ようかんなどのゲル状食物のレオロジー的性質としては、微小変形領域の粘弾性（静的および動的）、破断における破断特性、テクスチャー特性などを求めることが多い。

(1) 微小変形領域のゲルのレオロジー的性質

図 5 に 4 種のゲル（寒天ゲル、卵白ゲル、大豆たんぱく加熱ゲル、大豆たんぱく未加熱ゲル）の静的粘弾性である応力緩和曲線を示した。この曲線を解析することで図中に

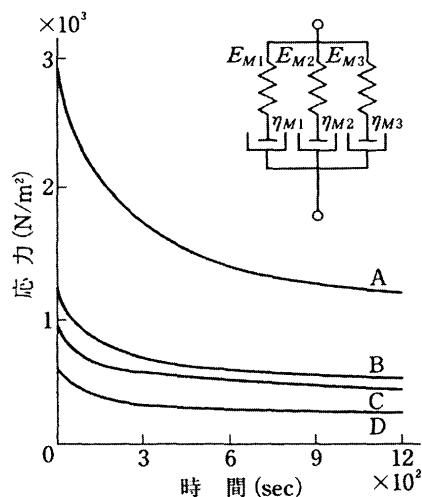


図5. 各種ゲルの代表的な応力緩和曲線と6要素マックスウェル型粘弾性模型

A: 1 g/100 ml 寒天ゲル, B: 12 g/100 ml 卵白ゲル,
C: 18 g/100 ml 大豆たんぱく加熱ゲル,
D: 18 g/100 ml 大豆たんぱく未加熱ゲル,
 E_{Mi} : i 番目のマックスウェルの弾性率,
 η_{Mi} : i 番目のマックスウェルの粘性率

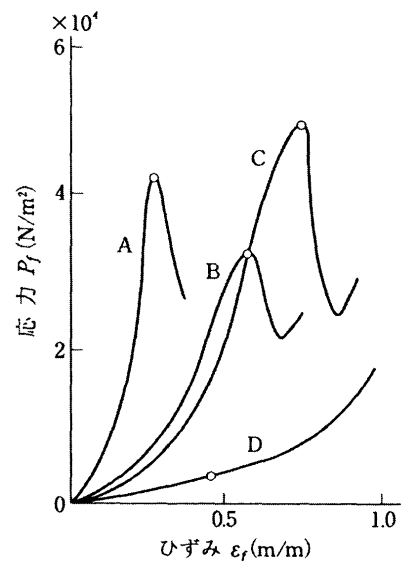


図6. 各種ゲルの応力—ひずみ曲線

A: 1 g/100 ml 寒天ゲル, B: 12 g/100 ml 卵白ゲル,
C: 18 g/100 ml 大豆たんぱく加熱ゲル,
D: 18 g/100 ml 大豆たんぱく未加熱ゲル, ○破断点

示したような6要素マックスウェル型粘弾性模型が示された¹³⁾。マックスウェル1部 (M_1) が最大となり、寒天ゲルが最も大きな値を示し、卵白ゲル、大豆たんぱく加熱ゲルの順に小さくなった。同時に、動的粘弾性である貯蔵弾性率と動的粘性率を測定し、静的粘弾性と動的粘弾性の対応をみたところ、正の相関関係が認められた。しかし、粘弾性測定は変形量が10%程度の微小変形領域の測定であり、これのみでは実際に咀嚼した場合の「おいしさ」と対応する特性とは言い難い。そこで、破断に至るまでのレオロジー的性質として、破断特性の測定を用いることが多い。

(2) ゲルの破断特性

図6に、図5に示したゲル試料の応力—ひずみ曲線を示した¹³⁾。この曲線を解析して、破断ひずみ、破断応力、破断エネルギーなどが得られる。そこで、大変形領域の破断特性と微小変形領域の粘弾性との関連を求めるとさらに食物のレオロジー的性質が明らかとなる。そこで、微小変形領域の貯蔵弾性率と大変形領域の破断応力の関係を示したものが図7である¹³⁾。寒天ゲル (Δ) は弾性率が大きい、破断応力が小さく、もろいゲルといえる。一方、大豆たんぱく加熱ゲル ($\circ$) の弾性率はさほど高くないが、きわめて破断に強いゲルであることが示されている。

3. 組織状食物の調理によるテクスチャーの変化

野菜や獣鳥肉類などは細胞組織そのまま食べることが多い。野菜類では、細胞間隙物質であるペクチンの挙動がテクスチャーを決定する要因といわれている。

(1) 豚肉のテクスチャーを調理で軟らかくする

線維が食べ物の硬さを決定しているものとして、肉類が

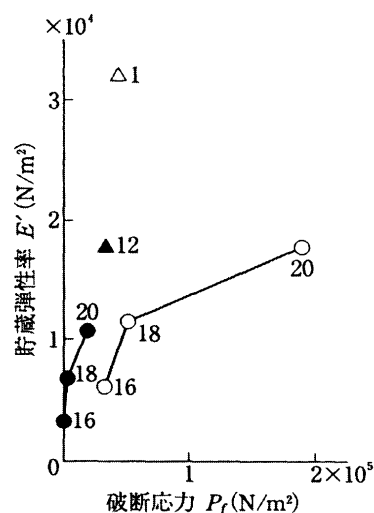


図7. 破断応力と貯蔵弾性率の関係

○: 大豆たんぱく加熱ゲル,
●: 大豆たんぱく未加熱ゲル,
Δ: 寒天ゲル, ▲: 卵白ゲル,
図中の数字はゲルの濃度 (g/100 ml)

挙げられる。肉線維に対して直角に圧縮 (貫入) した場合と、平行に圧縮 (貫入) した場合²⁸⁾、平行に切った方が軟らかくなっている、切り方を考慮するだけでも、食べやすくなるといえる。図8に、食べやすくなる調理上の工夫として、重曹処理を行った豚肉と、破碎してデンプンなどで再構成した肉について、圧縮速度を変化させて、破断特性を測定した結果を示した。重曹処理の如何に関わらず、圧縮速度が増加するにつれ、破断応力が低下しており、線維を切って再構成した肉 (ミートボールのようなもの) のみが、圧縮速度が増加するにつれ破断応力が増加し、異な

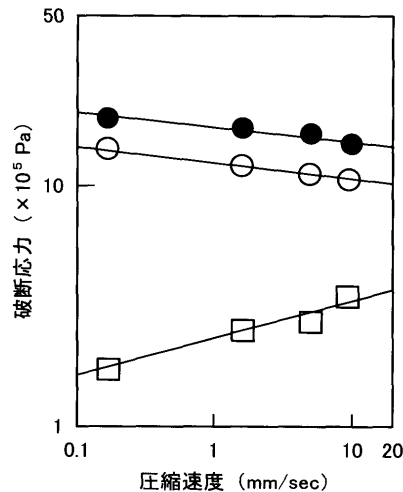


図8. 調理上の工夫を行った豚肉の破断応力に対する圧縮速度の影響

●: 重曹未処理肉(コントロール), ○: 重曹処理肉, □: 再構成肉

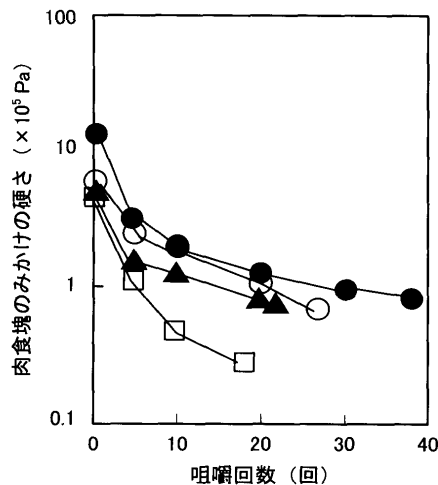


図9. 咀嚼回数と肉食塊の硬さの関係

●: 重曹未処理肉, ○: 重曹処理肉, ▲: 重ね肉, □: 再構成肉

る圧縮速度依存性を示した²⁹⁾。

そこで、高齢者用に開発した食肉について、重曹未処理肉、重曹処理肉、再構成肉に加えて、薄切り肉を重ねて成形した肉（高齢者施設で採用している方法）について、咀嚼し、嚥下直前までの食塊（食べ物の破片と唾液の混合物）の硬さの変化を咀嚼回数（5～30回）ごとに示した（図9）。ただし、指定の咀嚼回数よりも少ない咀嚼回数で嚥下直前の食塊に到達した場合は、その回数における食塊を採取し、終点とした。硬い肉（重曹未処理肉）ほど咀嚼回数が多くなっているが、食塊の硬さは再構成肉を除きほぼ均しい硬さになっている。このことから、飲み込みやすい（嚥下しやすい）食塊は食肉の場合ほぼ等しい硬さであることが明らかとなった³⁰⁾。

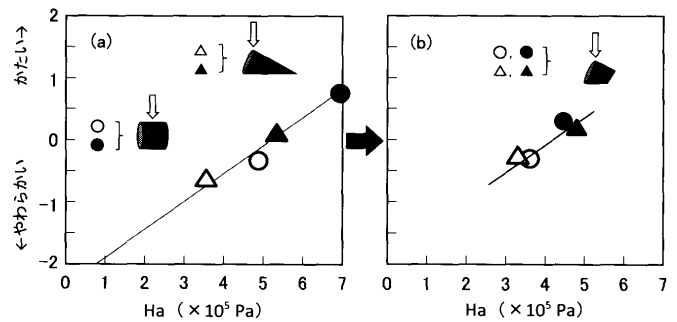


図10. ゴボウのテクスチャー特性の硬さ H_a と官能評価のかたさの関係

(a): 異なる切り方の場合, (b): 等しい形状に成形した場合,

●・▲: 加熱時間 15 分 (レトルト加熱), ○・△: 加熱時間 45 分

(2) 根菜類（ゴボウ）のテクスチャーを調理で軟らかくする

ゴボウなどの根菜類は繊維質が多いために軟らかくなく、にくいので、加熱時間を長くしたり、切り方（例えば乱切り）を工夫している。ことに、ゴボウなどの根菜類は繊維質が多いので、咀嚼機能が低下した高齢者には食べにくい食材である。そこで、市販の高齢者用食品ではレトルト処理などを行い、加熱方法や切り方（例えば乱切り）を工夫して、高齢者にとって食べやすく処理しているので、ゴボウを試料として加熱方法と切り方を工夫して食べやすさに与える影響について検討した研究を紹介する³¹⁾。

ゴボウは図10(a)に示すように円柱状と斜め切り状に成形し、それぞれ15分および45分121℃でレトルト加熱処理を行い、テクスチャー特性の測定および官能評価を行った。また、図10(b)に示したものはいずれも等しい形状に成形したものの結果である。ただし、図中の矢印の方向はプランジャーの圧縮方向、同様に官能評価において、咀嚼する方向として指示し、かたさなどを評価してもらった。図10(a)および(b)にテクスチャー特性の硬さと官能評価から得られたかたさの関係を求め、示した。図10(a)は成形前の結果であり、テクスチャー特性の硬さが増加する（レトルト加熱時間が短い）につれ、かたさと評価されている。ただし、●印は円柱状に成形したもので、▲印の斜め切りにしたもの（乱切りを想定）よりもいずれの加熱時間でもかたくなっている。しかし、形状を等しく成形すると、図10(b)に示すように、かたさに有意な差はみられず、加熱時間の影響がほとんど認められなくなった。ゴボウのように繊維が一定方向に向いているような食品素材では、加熱時間のみならず切り方が食べ物の硬さを決定する要因に成り得るといえる。

4. ゴル-ゲル混合系食物のテクスチャーの特徴

ゲル状のものは、極めて軟らかいゲルであれば、舌と上顎で押しつぶしそのまま嚥下するが、それ以上の硬さを持つゲルは咀嚼し、唾液と混ぜ合わせて食塊を形成し、嚥下

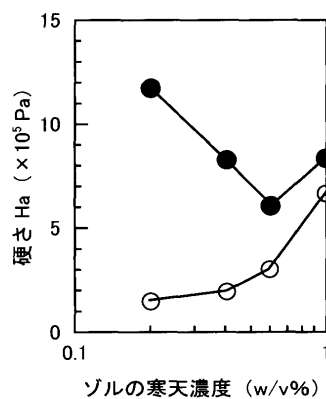


図 11. 寒天ゾルの試料濃度とテクスチャー特性の硬さ H_a の関係

○：ゾル試料，●：ゾル-ゲル混合系試料

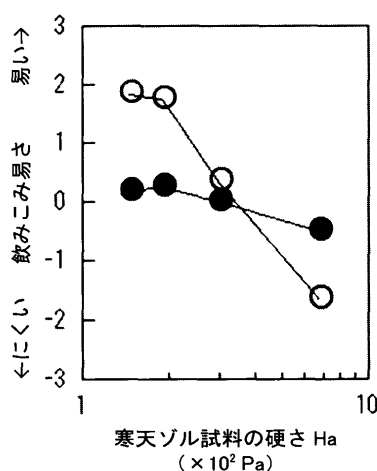


図 12. 寒天ゾルの硬さ H_a と飲み込み特性の関係

○：ゾル試料，●：ゾル-ゲル混合系試料

することになる。ゲルから形成された食塊は唾液を主体とするゾルと破碎したゲルが混合した状態といえる。また、ゾル-ゲル混合系の食物は、高齢者福祉施設で提供されている刻み食にも通じるものである。そこで、ゾル-ゲル混合系試料についての一連の研究を行った³⁷⁻⁴⁰⁾。

寒天を用いたゾル-ゲル混合系を調製し、飲み込み特性とテクスチャー特性の関連性を検討した結果³⁷⁾を図 11 および図 12 に示した。寒天濃度が増加するほどゾルのテクスチャー特性の硬さは増し (図 11)、官能評価の結果もか

たいと評価され、飲み込みにくくなっている (図 12)。しかし、同量の球状ゲルを混合したゾル-ゲル混合系試料では (図 11)、テクスチャー特性の硬さは一旦減少するが再び増加し、官能評価のかたさの結果とは異なり、ゾルがかたくなるほどゾルのかたさに近づいている。しかし、飲み込み易さにはほとんど変化はみられなくなっている (図 12)。

5. 食物の飲み込み特性に関する研究

嚥下に障害をもつ人にとっては、水のように粘度の低い液体は誤って気管に入る場合がある (誤嚥)。そこで、粘度の低い液体を増粘し、誤嚥せずに安全に飲み込むことができるように工夫された食品 (トロミ調整食品) やゲル剤を用いて、飲料の飲み込み易さを検討した²²⁻²⁶⁾。また、食物は咀嚼することで、碎かれた食片と唾液の混合系 (いわゆる食塊) となるので、その飲み込み特性についても検討を加えている。

(1) 等しいテクスチャー特性の硬さをもつ試料の比較²⁵⁾

市販のトロミ調整食品を飲料に添加し、ヨーグルト程度の硬さ (テクスチャー特性) に調整した試料を用いて、測定条件がテクスチャーにどのように影響するかについて、レオロジー的測定方法により検討を行い、その結果を表 1 に示した。

テクスチャー特性の硬さ H_a は両試料ともほぼ等しい値であるが、流動特性 (定常流動の測定から得られた結果) の粘稠性係数 K はグアーガム系試料の方が 2.5 倍大となり、粘稠性係数はずり速度 1 s^{-1} における粘性率といえるので、低ずり速度においては高い粘度を示している。また、降伏応力 S_y もグアーガム系試料の方が大となっている。動的粘弾性においては、貯蔵弾性率 G' が 2 倍以上大きな値を示している。このことは、トロミ調整食品を添加したような粘稠な液状食品の力学的特性はテクスチャー特性のみで表せないことを示している。

(2) とろろを用いたゾル-ゲル混合系食物の飲み込み特性

山芋粉末を用いて調製したとろろ (ゾル) と立方体ゲルの混合系の飲み込み特性⁴¹⁾について検討を行ったところ、寒天を用いて行った研究と同様の傾向が認められた。

そこで、実際の飲み込み (嚥下動態) との関連性について、サラダオイル状、ヨーグルト状、マヨネーズ状、大和

表 1. トロミ調整食品を添加した飲料のテクスチャー特性、流動特性、動的粘弾性

	テクスチャー特性			流動特性			動的粘弾性		
	H_a (Pa)	Ad (J/m^3)	Co	K ($\text{N}\cdot\text{s}^n/\text{m}^2$)	n	S_y (Pa)	G' (Pa)	G'' (Pa)	$\tan \delta$
	$\times 10^2$	$\times 10$		$\times 10$		$\times 10$	$\times 10$	$\times 10$	
G	4.06	6.78	0.99	2.50	0.41	1.34	8.63	5.90	0.68
S	4.02	6.16	1.03	1.00	0.29	0.84	3.33	5.03	1.51

G：グアーガム系トロミ調整食品を添加した飲料，S：でんぷん系トロミ調整食品を添加した飲料，

H_a ：硬さ， Ad ：付着性， Co ：凝集性， K ：粘稠性係数， n ：流動性指数， S_y ：降伏応力，

G' ：貯蔵弾性率， G'' ：損失弾性率， $\tan \delta$ ：損失正接

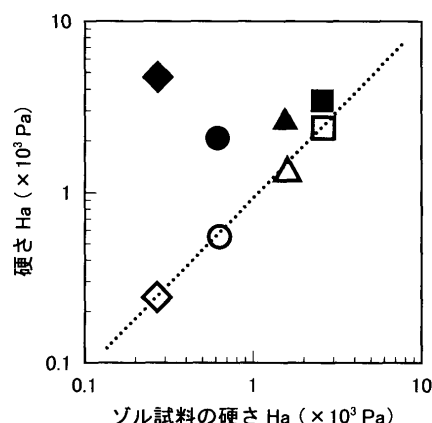


図 13. とろろを用いたゾル試料の硬さとゾルおよび混合系試料の硬さの関係

ゾル単独試料

◇：サラダオイル状，○：ヨーグルト状，

△：マヨネーズ状，□：大和ヤマト芋とろろ状

ゾル-ゲル混合系試料

◆：サラダオイル状ゾル，●：ヨーグルト状ゾル，

▲：マヨネーズ状ゾル，■：ヤマト芋とろろ状ゾル

ヤマト芋とろろ状に調整したゾルに、小麦デンプンと寒天を用いて 2×10^4 Pa に調整した 4 mm の立方体に調整したゲルを混合し、ゾル-ゲル混合系試料を調製し、テクスチャー特性や飲み込み特性について検討を行った⁴²⁾。図 13 にゾルのテクスチャー特性の硬さとゾル-ゲル混合系の硬さの関係を示した。ゾル試料は正の相関関係を示すが、ゾル-ゲル混合系試料では、サラダオイル状ゾルを用いたものが異なる挙動を示し、硬くなっている。しかし、サラダオイル状以外の混合系試料ではゾル試料より硬くなっているが、ゾルよりもその硬さの差は小さくなっている。次に、混合系試料の硬さと飲み込みやすさの関係について、図 14 に示した。最も硬いサラダオイル状ゾルを用いた混合系試料が最も飲み込みにくく、最も軟らかいヨーグルト状ゾルを用いた混合系試料が飲み込みやすいと評価されている。そこで、異なる硬さのゾルを用いた 3 種の混合系試料について、嚥下造影検査法による飲み込み状態の観察を行ったところ、飲み込みにくいと評価されたサラダオイル状ゾルを用いた混合系試料において、健康者でも 4 mm 立方体のゲルが 1 回の嚥下では喉頭蓋谷に留まっている様子が

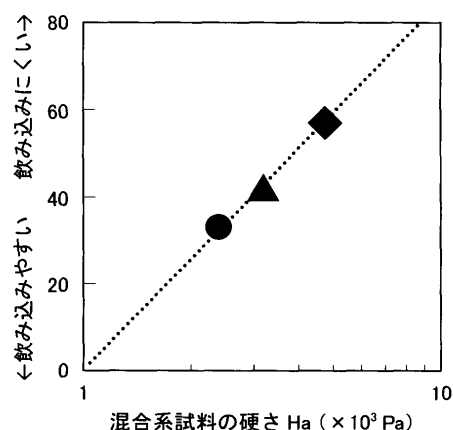


図 14. 混合系試料の硬さと飲み込みやすさの関係
ゾル-ゲル混合系試料

◆：サラダオイル状ゾル，●：ヨーグルト状ゾル，

▲：マヨネーズ状ゾル

観察された。このことは、サラダオイル状程度の硬さをもつゾルでは、ゲル、すなわちきざみ食などを包み込み、まとまって食道へと導くことが困難な場合もあるので、高齢者にきざみ食を提供する際には、ゾルであるところみあんの粘度に注目する必要性を示唆した研究といえる。

(3) 高齢者向けの肉製品の飲み込み特性

高齢者向けの肉製品の開発についての一連の研究⁴³⁻⁴⁵⁾から、ミンチ肉は口中でばらけ易いことがあきらかとなった。そこで、高橋ら⁴²⁾はミンチした豚肉 (C) に、ジャガイモ (P)、山芋 (Y)、里芋 (T) のマッシュを加え、食べやすさについて検討を加えている。

試料肉のテクスチャー特性および破断特性を表 2 に示した。テクスチャー特性についてみると、芋類を添付していないミンチ豚肉 (C) が最も硬く、山芋添加試料 (Y) が最も軟らかいが、付着性は 4 種の試料中で最も大きくなっている。一方、破断特性についてみると、破断ひずみは 4 種類の試料肉ともに 24~27% の範囲内にあり、有意な差は認められないが、破断応力はテクスチャー特性の硬さと同様の傾向を示し、ミンチ豚肉 (C) が最も大きく、山芋添加試料肉 (Y) が最も小さくなっている。しかし、ジャガイモ添加試料肉 (P) と里芋添加試料肉 (T) の硬さや破断応力はほぼ等しい値を示しているが、ひずみ 95% におけ

表 2. 試料肉のテクスチャー特性

試料	テクスチャー特性			破断特性		
	Ha ($\times 10^5$ Pa)	Ad ($\times 10^3$ J/m ³)	Co	ϵ_p (%)	P_f ($\times 10^5$ Pa)	P_{95} ($\times 10^5$ Pa)
C	1.83	0.936	0.17	24.2	1.91	3.26
P	1.31	0.905	0.19	24.0	1.35	2.59
Y	1.11	2.26	0.21	25.6	1.15	1.46
T	1.32	1.77	0.23	26.6	1.38	1.82

C：ミンチ豚肉，P：ジャガイモ添加，Y：山芋添加，T：里芋添加

Ha：硬さ，Ad：付着性，Co：凝集性， ϵ_p ：破断ひずみ， P_f ：破断応力， P_{95} ：ひずみ 95% の応力

る応力についてみると、ジャガイモ添加試料肉 (P) が有意に大となっている。

そこで、それぞれの試料肉を咀嚼してもらい、咬筋の筋電図を得、咀嚼開始から嚥下開始までの咀嚼回数、咀嚼時間、さらには咀嚼動作 1 回毎の咀嚼周期、筋電位の時間と振幅の積分値である総筋活動量などを読み取った。4 試料肉で有意な差が認められた項目は咀嚼 1 回目の筋活動量と嚥下開始までの総筋活動量で、他の測定項目には有意な差は認められなかった。そこで、図 15 に嚥下開始までの総筋活動量とテクスチャー特性の硬さの関係を、図 16 には咀嚼 1 回目の筋活動量とひずみ 95% における応力の関係を示した。

図 16 の嚥下開始までの総筋活動量とテクスチャー特性の硬さの関係より、里芋添加試料肉 (T) を除き、硬いものほど総筋活動量が大きくなっている。しかし、同程度のテクスチャー特性の硬さを示したジャガイモ添加試料肉 (P) と里芋添加試料肉 (T) においては、総筋活動量に大きな

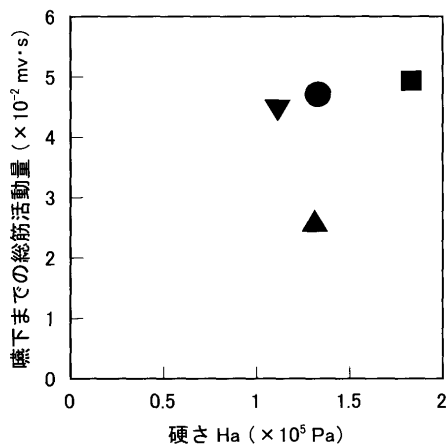


図 15. 嚥下開始までの総筋活動量と硬さ H_a の関係
■: ミンチ豚肉 (C), ●: ジャガイモ添加試料肉 (P), ▲: 里芋添加試料肉 (T), ▼: 山芋添加試料肉 (Y)

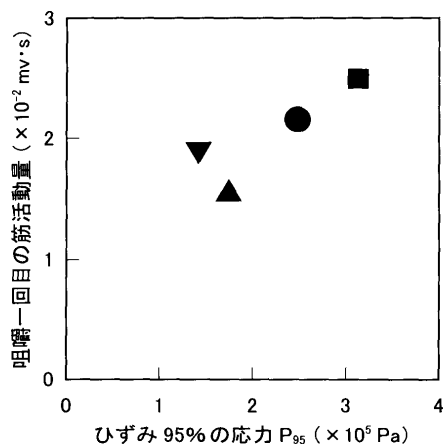


図 16. 咀嚼第 1 回目の筋活動量とひずみ 95% の応力 P_{95} の関係
■: ミンチ豚肉 (C), ●: ジャガイモ添加試料肉 (P), ▲: 里芋添加試料肉 (T), ▼: 山芋添加試料肉 (Y)

開きがあり、有意な差が認められている。この 2 試料は、付着性と凝集性に有意な差が認められており (表 2), 付着性と凝集性が大きい里芋添加試料肉 (T) の方が、嚥下開始までに必要とする総筋活動量が少なくなっていることから、食べやすいと考えられる。また、同時に行った官能評価によれば、里芋添加試料肉 (T) の方がジャガイモ添加試料肉 (P) よりも飲み込みやすく、残留感が少ないという評価からも裏付けられる。すなわち、豚ミンチ肉に里芋などに「つなぎ」として粘りの多い芋類を加えることで、飲み込みやすいテクスチャーに改善できることが示された。

6. 最後

本稿は、これまでにおこなってきた研究をまとめたもので、食物のテクスチャーをレオロジーの方法論で追求し、さらには摂食機能との関連性から食物のテクスチャーについての解明をおこなってきた。しかし、研究を進めれば進めるほど、解明できていないことが多くあることを再認識することになった。

今後は若い研究者の支援も含め、食物のレオロジー的性質と食物のおいしさや、食べやすさの評価との関連性をさらに追究していきたいと考えている。

文 献

- 1) 赤羽ひろ, 大沢はま子, 中浜信子 (1976), ルーの性状について—加熱温度と水分の影響—, 家政誌, **27**, 472-478
- 2) 赤羽ひろ, 大沢はま子, 中浜信子 (1977), 白ソースの分散性と流動特性について, 家政誌, **28**, 299-305
- 3) 赤羽ひろ, 柳瀬仁茂, 中浜信子 (1987), マヨネーズの性状について—仕上げ攪拌時間の影響—, 家政誌, **29**, 362-368
- 4) 赤羽ひろ, 大沢はま子, 中浜信子 (1979), 白ソースの加熱および冷却過程の流動特性, 家政誌, **30**, 845-850
- 5) 赤羽ひろ, 佐藤洋子, 品川弘子, 中浜信子 (1980), マヨネーズの流動特性の温度依存性, 家政誌, **31**, 637-642
- 6) 品川弘子, 赤羽ひろ, 中浜信子 (1981), マヨネーズの材料配合比による流動特性の変化, 家政誌, **32**, 594-600
- 7) 平尾和子, 村山祐子, 赤羽ひろ, 中浜信子 (1985), 馬鈴薯澱粉糊液の流動特性, 家政誌, **36**, 10-17
- 8) 村山祐子, 小林三智子, 赤羽ひろ, 中浜信子 (1986), 澱粉糊液の曳糸性, 日食工誌, **33**, 274-280
- 9) 野坂千秋, 箕輪澄乃, 星川恵理, 久保田浩二, 大越ひろ, 渡邊幹二 (2001), ホワイトソース物性へ及ぼす調理操作条件の影響—シェフと非熟練者の攪拌条件の例, 日調誌, **34**, 10-16
- 10) 赤羽ひろ, 原田佐和子, 中浜信子 (1985), 澱粉糊液のゲル化過程の力学的性状, 家政誌, **36**, 484-491
- 11) 大村公仁子, 赤羽ひろ, 中浜信子 (1978), 寒天ゲルの破断特性について, 家政誌, **29**, 22-27
- 12) 上市康子, 大村公仁子, 赤羽ひろ, 中浜信子 (1980), 寒天ゲルの圧縮破断特性, 家政誌, **31**, 643-647
- 13) 小林三智子, 赤羽ひろ, 中浜信子 (1981), 大豆たん白ゲルのレオロジー的性質について, 家政誌, **32**, 660-666
- 14) Youko Ichikawa, Keiko Kumeno, Hiro Akabane, Nobuko Nakahama (1994), Properties of a Mixed Carrageenan-gel-

- atin Gel, *J. Home Econ. Jpn.*, **45**, 203-210
- 15) 藤井恵子, 赤堀博美, 川辺知子, 川端章子, 大越ひろ, 中濱信子 (2001), ゲル化剤の異なるミルクゼリーの性状について, 日調科誌, **34**, 261-269
 - 16) 赤羽ひろ, 小林三智子, 中濱信子 (1981), 大豆たん白ゲルの調製過程の力学特性と構造の関係, 家政誌, **32**, 426-431
 - 17) 中濱信子, 大沢はま子, 品川弘子, 赤羽ひろ (1980), マヨネーズの性状に及ぼす材料配合の影響, 家政誌, **31**, 629-636
 - 18) 高野美幸, 赤羽ひろ, 中濱信子 (1985), プラマンジェの力学的性状, 家政誌, **36**, 861-866
 - 19) 赤羽ひろ, 和田淑子, 山口和子 (1986), 粉あめーショ糖混合ゼリーの性状と嗜好性—寒天濃度および酸添加の影響—, 家政誌, **37**, 673-679
 - 20) 赤羽ひろ, 和田淑子 (1987), クッキーの性状に及ぼす小麦粉中のグルテンの影響, 日食工誌, **34**, 474-480
 - 21) 吉村美紀, 糸野恵子, 赤羽ひろ, 中濱信子 (1994), かぼちゃゼリーの物性と嗜好性について, 家政誌, **45**, 385-391
 - 22) 高橋智子, 丸山彰子, 大越ひろ (1997), 嚥下補助食品としての増粘剤の利便性について, 栄養誌, **55**, 253-262
 - 23) 高橋智子, 川野亜紀, 大越ひろ (1998), ピューレ状食品に用いた異なる増粘剤の飲み込み特性の評価, 官評誌, **2**, 21-27
 - 24) Takahashi, T., Ogoshi, H., Miyamoto, K., Yao, M (1999), Viscoelastic properties of commercial plain yoghurt and trial foods, *Nihon Rheorogi Gakkaishi*, **27**, 169-172
 - 25) 高橋智子, 大越ひろ (1999), 粘稠な液状食品の飲み込み特性と力学特性の関係, 家政誌, **50**, 333-339
 - 26) 丹治彩子, 高橋智子, 大越ひろ (2005), 異なるゲル化剤を用いた3種のお茶ゼリーの飲み込み特性—若年者と高齢者の比較—, 摂食嚥下リハ誌, **9**, 62-70
 - 27) 石原三妃, 渡辺敦子, 藤井恵子, 高橋智子, 大越ひろ (2000), マッシュポテトの硬さと飲み込み特性の関係, 家政誌, **51**, 481-487
 - 28) 高橋智子, 斉藤あゆみ, 川野亜紀, 朝賀一美, 和田佳子, 大越ひろ (2002), 牛肉, 豚肉の硬さおよび官能評価におよぼす重曹浸漬の影響, 家政誌, **53**, 347-354
 - 29) 高橋智子, 川野亜紀, 飯田文子, 鈴木美紀, 和田佳子, 大越ひろ (2003), 食べ易い食肉の力学的特性と咀嚼運動, 家政誌, **54**, 357-364
 - 30) 高橋智子, 川野亜紀, 鈴木美紀, 和田佳子, 大越ひろ (2004), 食べ易い食肉のテクスチャー特性と咀嚼運動, 家政誌, **55**, 3-12
 - 31) 高橋智子, 川野亜紀, 大越ひろ (2007), 食べやすいごぼ
 - うの力学的特性と咀嚼運動, 日調科誌, **40**, 314-322
 - 32) 道脇幸博, 衣松令恵, 横山美加, 道 健一, 大越ひろ, 高橋智子 (1999), 圧縮速度による食品の破断特性の変化, 摂食嚥下リハ誌, **3**, 16-20
 - 33) 高橋智子, 川野亜紀, 大越ひろ, 大塚義顕, 向井美恵 (2000), 極めて粘稠なムース状食品の力学的特性, 飲み込み特性と舌運動の関係, 摂食嚥下リハ誌, **4**, 3-10
 - 34) 川野亜紀, 高橋智子, 大越ひろ, 大塚義顕, 向井美恵 (2001), ペースト状食物の飲み込み特性と舌運動, 摂食嚥下リハ誌, **5**, 11-18
 - 35) Tomoko Takahashi, Takaharu Nitou, Niro Tayama, Hiro Ogoshi (2003), Effects of Physical Properties and Oral Perception on Transit Speed and Passing Time of Semiliquid Foods from the Mid-Pharynx to the Hypopharynx, *J. Texture Stud.*, **33**, 585-598
 - 36) 高橋智子, 大越ひろ (2009), 力学的特性の異なるヨーグルトの食べやすさと嚥下時筋活動, 日調科誌, **42**, 102-109
 - 37) 平塚陽子, 川野亜紀, 高橋智子, 大越ひろ (2004), ゲル—ゾル混合モデル系試料の力学的特性と飲み込み特性, 家政誌, **55**(5), 381-388
 - 38) 川野亜紀, 高橋智子, 大越ひろ (2005), 寒天ゼリーを用いたモデル食塊のテクスチャー特性と官能評価, 家政誌, **56**(10), 711-717
 - 39) 川野亜紀, 高橋智子, 大越ひろ (2005), 若年者と高齢者の唾液および寒天ゼリー食塊の性状, 家政誌, **56**(5), 301-307
 - 40) 岩崎裕子, 高橋智子, 大越ひろ (2009), きざみ食をモデルとしたゾル—ゲル混合系試料の食べやすさに及ぼす, ゲルの大きさの影響, 栄養誌, **67**(6), 310-317
 - 41) 川野亜紀, 細田千晴, 高橋智子, 大越ひろ (2006), とろろを用いたゲル—ゾル混合系食物の物性と飲み込み特性, 家政誌, **57**(1), 13-20
 - 42) 高橋智子, 二藤隆春, 小野江茉莉, 田山二郎, 大越ひろ (2010), とろろを用いたゲル—ゾル混合系食物の物性, 食べやすさ, および咽頭相における嚥下動態, 摂食嚥下リハ誌, **14**(3), 201-211
 - 43) 金娟廷, 高橋智子, 品川弘子, 大越ひろ (2006), ポテトフレークを利用した高齢者向き豚肉加工品の性状, 官評誌, **10**(2), 94-99
 - 44) 高橋智子, 金 娟廷, 岩崎裕子, 大越ひろ (2010), 芋類を添加した豚肉加工品の力学的特性, 咀嚼筋活動, 官能評価による食べやすさの評価, 家政誌, **61**(3), 147-154
 - 45) 金 娟廷, 高橋智子, 大越ひろ (2010), 豚ミンチ肉の食べやすさおよび咀嚼運動へ及ぼす食塩添加の影響, 日調科誌, **43**(5), 294-300