

嚥下困難者用介護食の許可基準における TPA 試験法に関する考察 —その 2—

Discussion on the parameters obtained by TPA (Texture Profile Analysis) with Relevance to
Care Foods for Dysphagic Patients —Part 2—

秋間彩香・遠藤樹里奈・原田珠希・谷米（長谷川）温子・熊谷仁

Ayaka Akima, Jurina Endo, Tamaki Harada, Atsuko Hasegawa-Tanigome,
and Hitoshi Kumagai

1. 緒言

現在の日本は、65 歳以上の高齢者の人口割合が 24.1%¹⁾ という超高齢社会を迎えており、それに伴って摂食時の咀嚼・嚥下機能の低下した高齢者が増加している。食物を嚥下する際に食物が食道から胃という正常な経路を通らず、気管から肺へ到達してしまうことを誤嚥 (aspiration) というが、誤嚥によって引き起こされる誤嚥性肺炎は高齢者の死因の第 3 位¹⁾ である肺炎の大半を占め、死亡者数の増加が社会問題になりつつある。誤嚥を起こす嚥下困難者に対しては、口からではなく、鼻や胃などにチューブを用いた経管栄養も試みられているが、高齢者の QOL (Quality of Life) を考えれば、種々の食物を口から食べられることは重要である。こうしたことから、嚥下困難者が食べやすい介護食（あるいは嚥下調整食）の開発が行われている。しかし、介護食として適した食品物性については未だ十分に明らかではない。

一般に、(1)「べたつき」の度合いが小さく、(2) 口腔内において食塊形成をしやすい、すなわち咽頭部での「まとまりやすさ」が良好な食品が嚥下機能の低下した高齢者に適していると

される²⁻⁴⁾。嚥下困難者用介護食の多くに増粘剤やトロミ剤が使われているが、それは、増粘剤やトロミ剤を用いることにより、流動性の低下により嚥下反射機能の低下した高齢者にとって食塊の咽頭部通過のタイミングがとりやすくなることと、「べたつき」の程度がそれほどなく、「まとまりやすい」食材となるためと考えられる。

“べたつき”や“まとまりやすさ”の定量的評価は難しい問題だが、現在では Texture Profile Analysis、すなわち TPA 試験から求められるパラメータが用いられている⁵⁻⁶⁾。TPA 試験とは、試料の上部にレオメータに装着したプランジャーを当てて一定の速度（測定速度）で 2 回圧縮し、応力 vs. 歪みの関係を測定する試験方法である。そして、1 回目の圧縮ピークの高さが「硬さ」(hardness、本稿では国の基準に従って“硬”という漢字を用いることにする)、その直後の引っ張り過程の負の応力を示すピーク面積が「付着性」(adhesiveness)、2 回目の圧縮ピークと 1 回目の圧縮ピークの面積比が「凝集性」(cohesiveness) と定義される。この「付着性」が食品の「べたつき」の程度、「凝集性」がまとまりやすさの程度とされている。

2009 年に、厚生労働省は、旧「高齢者用食品」にあった「そしゃく・えん下困難者用食品」を廃止し、「えん下困難者用食品」の基準を策定した(2010 年に消費者庁に移管)⁷⁴⁾。その基準で定められている TPA 試験の方法においては、定められた円筒状の容器に入れた直径 40 mm、高さ 15 mm の食品試料を直径 20 mm、高さ 8 mm の樹脂製のプランジャーにより測定速度 10 mm/s、クリアランス 5 mm の条件で 2 回圧縮する測定法が採用されている。評価基準には「硬さ」、「付着性」、「凝集性」の 3 つのパラメータに関して、許可基準Ⅰ(重度の障害者用)から許可基準Ⅲ(軽度の障害者用)までそれぞれの範囲が設定されている⁸⁾。

TPA 試験から求められるパラメータがヒトの口腔内における食物・食塊の挙動とどの程度関連があるかは大きな問題であるが、国の基準にある TPA 試験の測定条件自体に疑問が多い。液状、固体様々な性状をとる試料を一律の同じ円筒容器に入れて測定して数値を比較することには疑問がある。また、TPA 試験には、プランジャー速度の測定値への影響、測定機器による測定値の差異も指摘されている⁹⁾が、基準にある測定速度などの測定条件についての根拠も不明である。

前報では、誤嚥しやすいといわれている水、誤嚥しにくいといわれているヨーグルト、市販のゲル化剤、増粘剤など性状の異なる試料を用いて、厚生労働省が設定した「えん下困難者用食品」の基準に準拠した TPA 試験を行い、現基準に設定されているプランジャーや測定速度における問題点の検討を行った¹⁰⁾。その結果、プランジャーの高さについては、高さ 8 mm のプランジャーを用いると、一部の試料がプランジャー上部にのるためなどから「付着性」の値がばらついた。よって、TPA 測定に用いるプランジャーの高さについては、試料の性状を考慮して再検討する必要があると考えられた。また、測定速度に関しては、市販の測定装置を用いて汎用的に運用する嚥下困難者用介護食に

関する評価値を得るためには、現基準における 10 mm/s より 1 mm/s の方が望ましいことが示唆された。しかし、前回の検討で用いたレオメータは、測定速度 10 mm/s の測定の際に、加速性が悪く、プランジャーの移動にやや遅れが生じる機器であったため、機器の加速性による影響は否定できない。

本研究では、増粘剤溶液に関して、前回測定に使用した機種と加速性の良い改良型の機器によって TPA 試験を行い、プランジャーの加速性の TPA 曲線やパラメータに対する影響について検討を行った。また、試料については、介護食に広く用いられており、レオロジー特性の異なるゼラチンと寒天²⁴⁾に加え、介護食用に開発された寒天(以下介護食用寒天)を用い、それらの TPA 試験から求められるパラメータについて考察を行った。

2. 方法

2. 1. 試料および試料調製方法

2. 1. 1. 試料

試料には、増粘剤(トロミパーフェクト、日清オイリオグループ株式会社)とゲル化剤であるゼラチン(ゼラチン 21、新田ゼラチン)、寒天(伊那寒天 S-6、伊那食品工業株式会社)、介護食用に開発された介護用寒天(介護食用ウルトラ寒天、伊那食品工業株式会社)を用いた。

2. 1. 2. 試料調製方法

増粘剤溶液に関しては、500 mL 容のビーカーに蒸留水を秤量し、所定の試料粉末を添加し、攪拌機にて 2 分間攪拌を行った後、容器に分注し 20℃の恒温槽に 30 分保持したものを試料とした。試料調製後の保持時間に関して、15、30、60、120 分における時間依存性を確認した結果、大きな違いがないことを確認した上で、30 分とした。

ゼラチンに関しては、ビーカーに蒸留水を秤量し、所定量の試料粉末を添加し、マグネットスターラーつきホットプレートを用いて攪拌し

ながら 80℃ まで加熱を行った。さらに 80±2℃ を保持しながら 5 分間攪拌して完全に溶解させた。室温下で 65℃ まで降温し濃度調整後、直径 40 mm、高さ 15 mm のステンレス容器に分注し、恒温槽に 22±2 時間保持したものを試料として測定に用いた。ゼラチンは 20℃ ではゲル化しないため、保存温度および測定温度は 10℃ とした。

寒天および介護用寒天については、ビーカーに蒸留水を秤量し、所定量の試料粉末を添加し、マグネットスターラーつきホットプレートを用いて攪拌しながら 100℃ まで加熱を行った。さらに 100±2℃ を保持しながら 5 分間攪拌して完全に溶解させた。室温下で 65℃ まで降温し濃度調整後、直径 40 mm、高さ 15 mm のステンレス容器に分注し、20℃ の恒温槽に 22±2 時間保持したものを試料として測定に用いた。

2. 2. TPA 試験

装置としては、山電（東京）社製のレオメータでプランジャーの加速性を改良した“レオナー RE2-33005C”（以下、RE-2 とよぶ）を主に用いた。また、プランジャーの加速性の影響をみるために、前報¹⁰⁾と同様の山電（東京）社製の“レオナー RE-33005”（以下、RE-1 とよぶ）も用いた。

TPA 試験に関しては、「えん下困難者用食品」の基準の測定方法に準拠して⁸⁾、直径 40 mm のステンレス製のシャーレに高さあるいは深さ 15 mm に充填した試料を、樹脂製プランジャーを用いてクリアランス 5 mm（変形率 66.6%）で、試料の中心部を 2 回連続圧縮した。得られた TPA 曲線（応力 vs. 歪みプロット）から、「硬さ」、「付着性」、「凝集性」を算出した。測定温度は、試料の保存温度と同一とした。測定は、同一試料について 10 回程度行った。

圧縮速度については、前報¹⁰⁾と同様に基準での試験方法で定められた 10 mm/s に加え、従来から TPA 試験で多く使われてきた速度である 1 mm/s でも測定を行った。

プランジャーに関しても、前報¹⁰⁾と同様に「えん下困難者用食品」の基準の試験方法に定められている直径 20 mm、高さ 8 mm の樹脂製円盤型プランジャーに加えて、直径 20 mm、高さ 25 mm の樹脂製円盤型プランジャーも測定に使用した。

3. 結果

3. 1. 測定機器の違いに関する検討

図 1 に RE-1、RE-2 の 2 機種で測定した増粘剤溶液の TPA 曲線を対比して示す。横軸には移動歪率をとっている。測定速度に関しては、左側の RE-1 による TPA 曲線では、測定速度 10 mm/s における波形の横幅が 1 mm/s の場合より広がったが、RE-2 では、測定速度 1 mm/s と 10 mm/s で波形の横幅に差は見られなかった。これは旧型の RE-1 は、プランジャーの加速性が悪く、測定中のプランジャーの反転時に 10 mm/s まで速度が到達するのに時間がかかったのに対して、改良型の RE-2 では加速がスムーズなためと考えられる。プランジャー高さに関しては、いずれの機種においても、前報¹⁰⁾の結果と同様に、8 mm のプランジャーの場合、低濃度のである 0.5% の試料の TPA 曲線で波形の乱れが観測された。

図 2 には 2 機種で測定した増粘剤溶液の「硬さ」、「付着性」、「凝集性」を示す。RE-1、RE-2 両機種から求められた各パラメータの値にはそれほど大きな差は見られなかった。また、左右の図を比較すると、高濃度の試料については、「硬さ」や「付着性」の値は、測定速度 10 mm/s の方が大きい傾向があることがうかがわれる。

3. 2. TPA 試験の測定条件の影響に関する検討

図 3～図 5 に、RE-2 で測定したゼラチン・寒天・介護食用寒天の典型的な TPA 曲線を示す。濃度の低いゼラチン 0.1%、寒天 0.05%、介護食用寒天 0.1% に関しては、増粘剤 0.5% と同様に、8 mm のプランジャーでの測定におい

て波形の乱れが確認された。ゼラチンに関しては、1.1%以上の濃度の試料については、8 mm のブランジャーと 25 mm のブランジャーで測定した波形に差は見られなかった。寒天と介護食用寒天に関しては、圧縮により破壊されやすい試料であるためか、寒天は濃度 0.1% 以上の試料、介護食用寒天は濃度 0.8% 以上の試料で、いずれの測定条件であっても、山が複数現れる波形であった。

ゼラチン・寒天・介護食用寒天の TPA 試験から求められたパラメータである「硬さ」、「付着性」、「凝集性」を図 6～図 8 に示す。

図 6 に示す「硬さ」に関しては、前報の κ -カラギーナン製剤と同様に¹⁰⁾、高さ 25 mm のブランジャーによる測定の方が、値が大きい傾向が見られた。測定速度については、これも前報の κ -カラギーナン製剤と同様に¹⁰⁾、10 mm/s の方が、値が大きい傾向であった。

図 7 に示す「付着性」に関しては、試料や濃度によってばらつきが大きく、ブランジャーの種類や測定速度との関連は認められなかった。寒天 1% では、いずれの測定条件であっても「付着性」のばらつきが大きく、測定値と同じくらいのばらつきが観測された。

図 8 に示す「凝集性」に関しては、ブランジャーの高さによって TPA 曲線に差が見られた試料については、前報の κ -カラギーナン製剤と同様に¹⁰⁾、高さ 25 mm のブランジャーの測定の方が、値が大きくなる傾向が見られた。しかし、TPA 曲線に大きな違いが見られなかった高濃度の増粘剤溶液やゲルでは、測定速度によって、値の大小が逆転していた。寒天と介護食用寒天の「凝集性」の値は、圧縮速度により大きく変わることはなかったが、ゼラチンにおいては、1.1% 以上の試料で、10 mm/s での測定の方が、約 0.2 低いという大きな変化が見られた。

図 9 に、増粘剤溶液に関して、TPA 測定中の写真を示す。(1-a)、(1-b) の写真のように、低濃度の試料の場合は、国の基準にある 8 mm

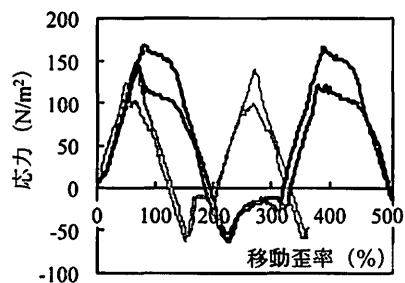
のブランジャーの場合は、ブランジャー上部に試料が乗ってしまい、こうした状況で得られる「付着性」や「凝集性」は、本来の意味とは明らかに異なっている。このように、8 mm のブランジャーにおいて、試料が上に乗るのは、低濃度のゲルについても観察された。一方、図 9 (2-a)、(2-b) に見られるように、高濃度の試料の場合は、試料がブランジャーの上部に乗らなかった。

4. 考察

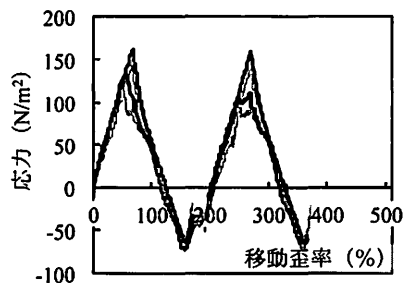
4.1. 機種の違いによるパラメータへの影響

図 1 の左側に示した測定速度 1 mm/s の条件においては、RE-1 と RE-2 の 2 つの機種間に大きな差は見られなかったが、右に示した測定速度 10 mm/s の条件においては、RE-1 により得られた TPA 曲線の横幅が大きいという、顕著な機種間の差が見られた。これは野内ら⁹⁾の報告した機種と同様に、RE-1 の加速性が悪く、測定中のブランジャーの反転時に 10 mm/s まで速度が到達するのに時間がかかるため、余分に測定に時間がかかったためと推測される。本研究で検討した増粘剤溶液では TPA 曲線から求められるパラメータの値(図 2)に大きな差は観測されなかったが、TPA 曲線の形が異なるため、今回用いた試料とは異なる性状の試料で測定を行った場合、得られるパラメータの値が異なってくる可能性は否定できない。野内ら⁹⁾は、市販の 4 つの機種を用いて、TPA 試験における測定速度が測定値に及ぼす影響について検討を行った。その結果、測定速度 10 mm/s においては機種間で測定に様々な違いが現れたが、1 mm/s においては機種による差異は小さかった。本研究でも、図 2、図 6～8 に見られるように、測定速度により「硬さ」、「凝集性」、「付着性」の値に差は見られるものの、それほど顕著ではない。公的に嚥下障害者用の基準を作る上では、測定装置に依存しない測定値が得られる必要がある。よって本研究の結果からも、TPA の測定速度においては、現基準

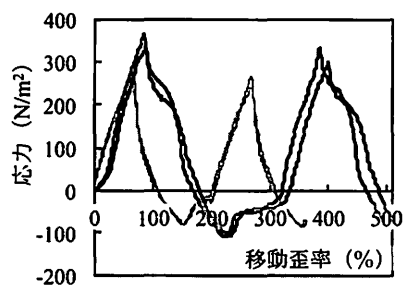
増粘剤 0.5% RE-1



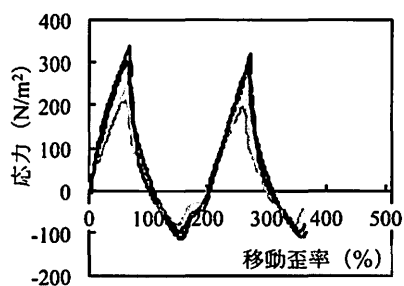
増粘剤 0.5% RE-2



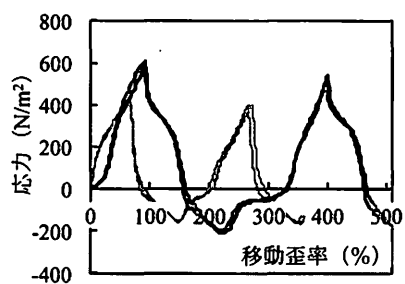
増粘剤 2% RE-1



増粘剤 2% RE-2



増粘剤 4% RE-1



増粘剤 4% RE-2

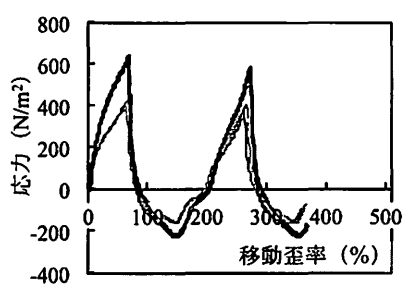


図 1 増粘剤溶液の TPA 曲線

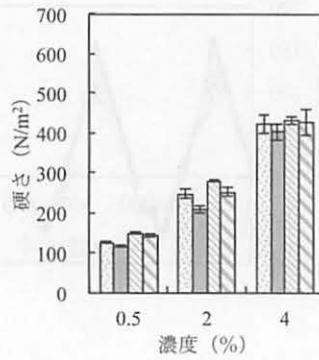
測定速度, プランジャー高さ: —, 1 mm/s, 8 mm; - -, 1 mm/s, 25 mm;
——, 10 mm/s, 8 mm; - - -, 10 mm/s, 25 mm

における測定速度 10 mm/s より 1 mm/s の方が望ましいと考えられる。

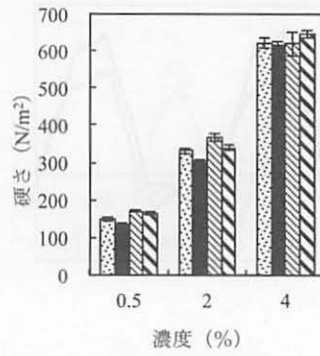
4. 2. 測定条件のパラメータへの影響

図 3 ~ 図 5 の上部に示した低濃度のゼラチン 0.1%、寒天 0.05%、介護食用寒天 0.1%の

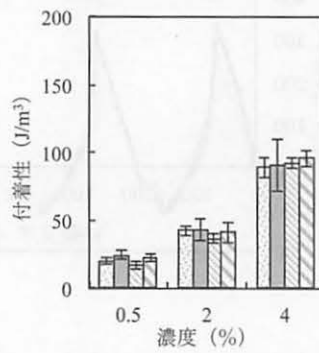
「硬さ」 (a)



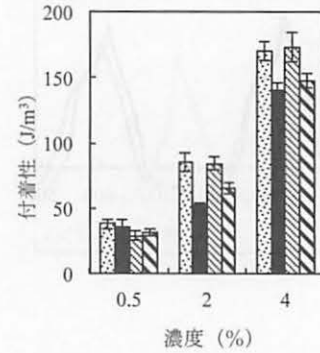
「硬さ」 (b)



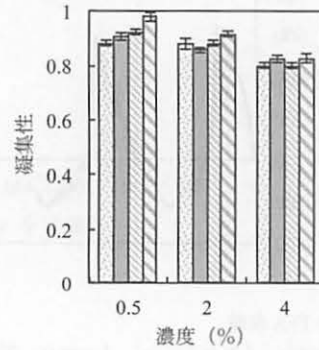
「付着性」 (a)



「付着性」 (b)



「凝集性」 (a)



「凝集性」 (b)

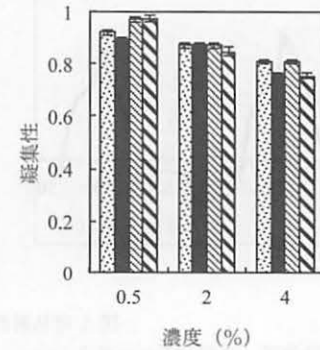
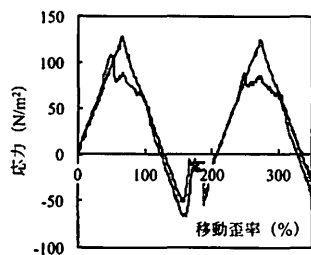


図 2 増粘剤溶液のパラメータ

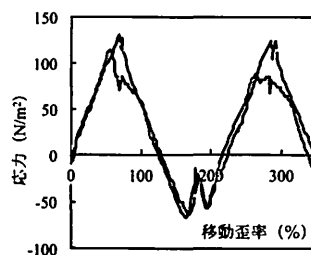
- (a) 1 mm/s : □ RE-1 · 8 mm, ■ RE-2 · 8 mm,
 ▨ RE-1 · 25 mm, ▩ RE-2 · 25 mm
 (b) 10 mm/s : ▤ RE-1 · 8 mm, ▥ RE-2 · 8 mm,
 ▦ RE-1 · 25 mm, ▧ RE-2 · 25 mm

嚥下困難者用介護食の許可基準における TPA 試験法に関する考察—その 2—

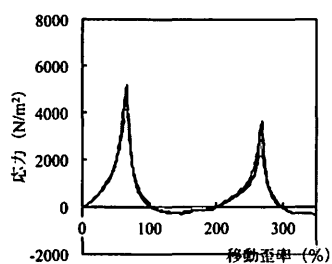
ゼラチン 0.1% (a)



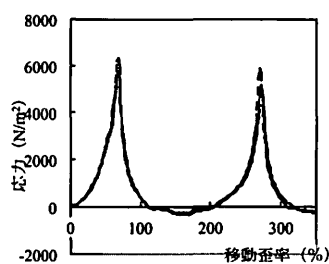
ゼラチン 0.1% (b)



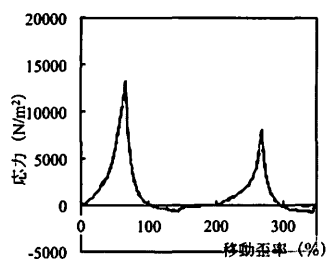
ゼラチン 1.1% (a)



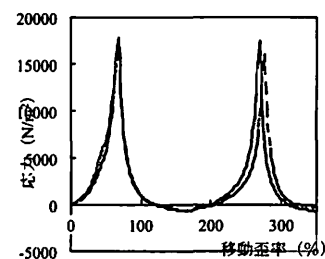
ゼラチン 1.1% (b)



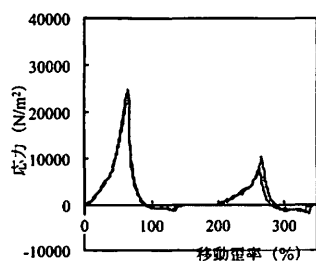
ゼラチン 1.5% (a)



ゼラチン 1.5% (b)



ゼラチン 2% (a)



ゼラチン 2% (b)

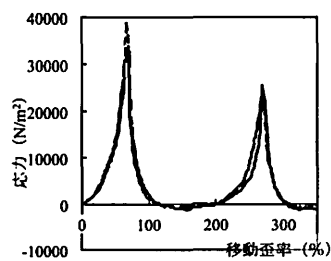


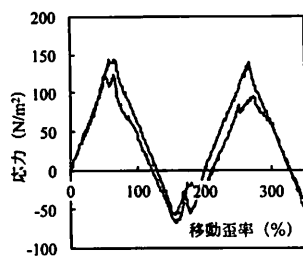
図 3 ゼラチンの TPA 曲線

レオメータ: RE-2

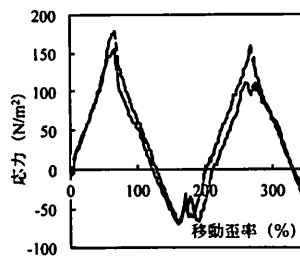
(a) 1 mm/s : — 8 mm, - - 25 mm

(b) 10 mm/s : — 8 mm, - - 25 mm

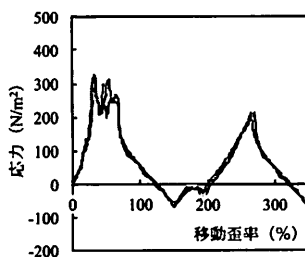
寒天 0.05% (a)



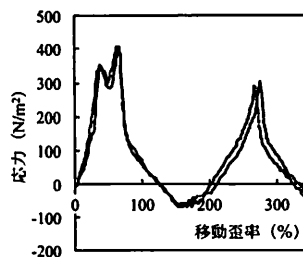
寒天 0.05% (b)



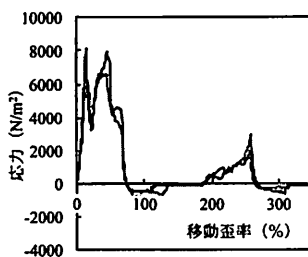
寒天 0.1% (a)



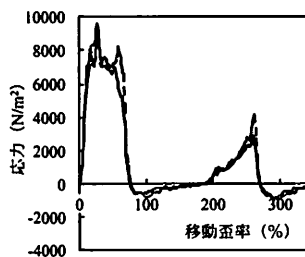
寒天 0.1% (b)



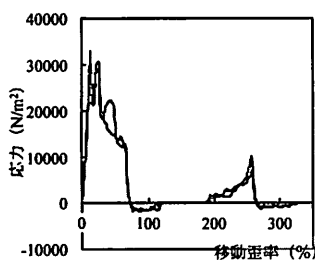
寒天 0.5% (a)



寒天 0.5% (b)



寒天 1% (a)



寒天 1% (b)

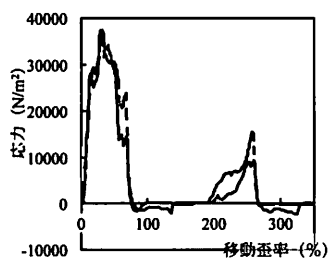


図 4 寒天の TPA 曲線

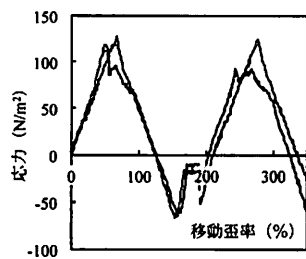
レオメータ：RE-2

(a) 1 mm/s：——8 mm, - - -25 mm

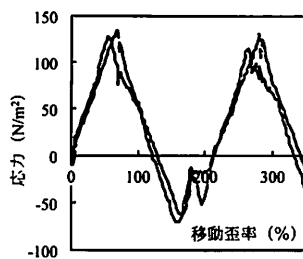
(b) 10 mm/s：——8 mm, - - -25 mm

嚥下困難者用介護食の許可基準における TPA 試験法に関する考察 —その 2—

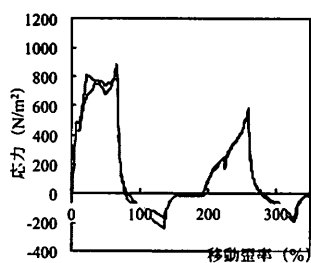
介護食用寒天 0.1% (a)



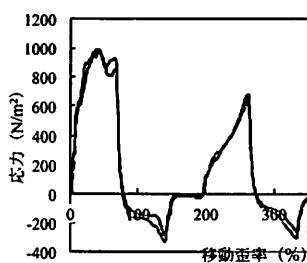
介護食用寒天 0.1% (b)



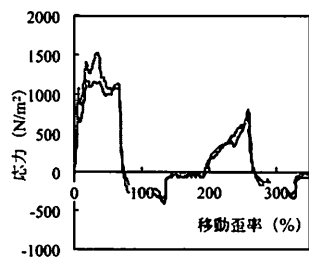
介護食用寒天 0.8% (a)



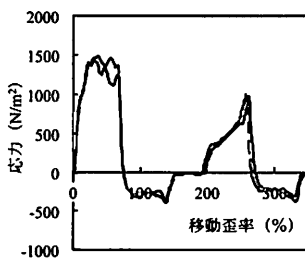
介護食用寒天 0.8% (b)



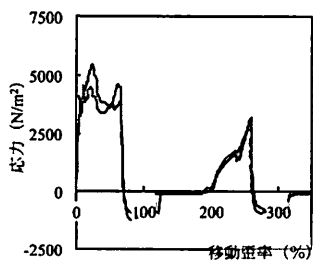
介護食用寒天 1% (a)



介護食用寒天 1% (b)



介護食用寒天 2% (a)



介護食用寒天 2% (b)

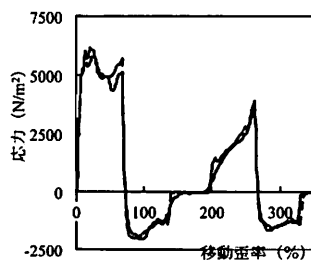


図 5 介護食用寒天の TPA 曲線

レオメータ：RE-2

(a) 1 mm/s：—— 8 mm, - - -25 mm

(b) 10 mm/s：—— 8 mm, - - -25 mm

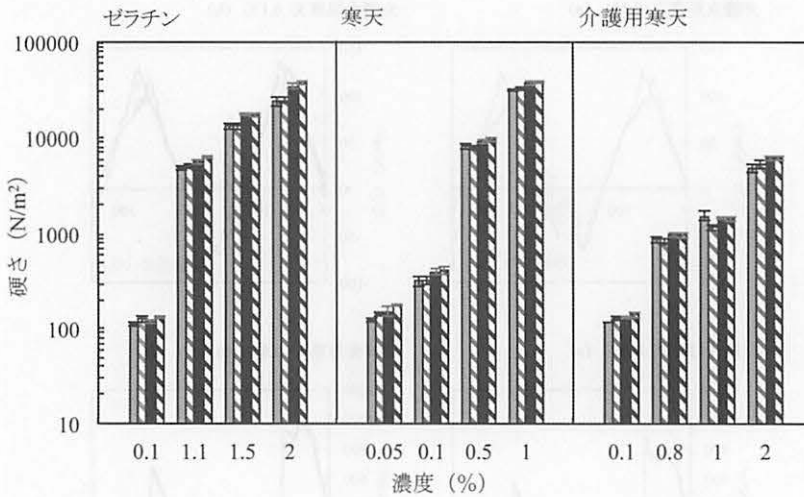


図 6 ゼラチン、寒天、介護用寒天の TPA 試験から求められた「硬さ」
レオメータ：RE-2
■ RE-2 8mm, □ RE-2 25mm, ■ RE-2 8mm, ▨ RE-2 25mm

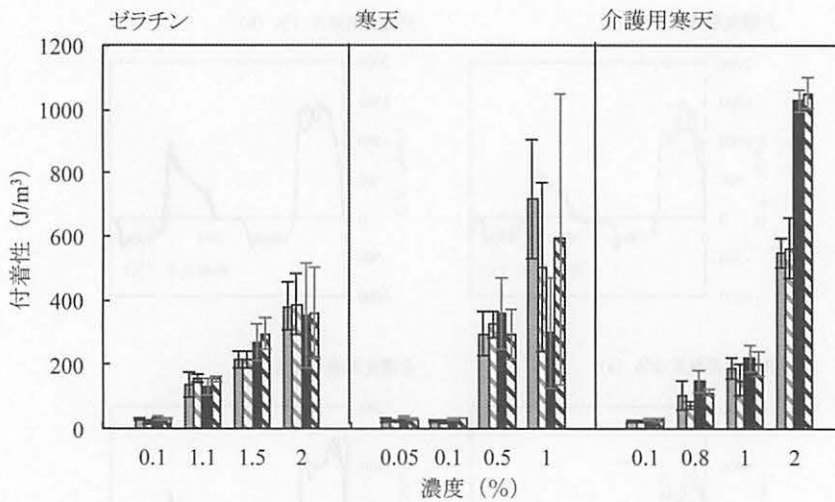


図 7 ゼラチン、寒天、介護用寒天の TPA 試験から求められた「付着性」
レオメータ：RE-2
■ 1 mm/s · 8 mm, □ 1 mm/s · 25 mm, ■ 10 mm/s · 8 mm, ▨ 10 mm/s · 25 mm

TPA 曲線においては、前回の報告と同様に¹⁰⁾、8 mm のプランジャーと 25 mm のプランジャーでは、8 mm のプランジャーの測定において波形に乱れが生じた。図 9 (1-a)、(1-b) の写真

に見られるように、低濃度の試料の場合、8 mm のプランジャーでは、プランジャー上部に試料が乗ってしまうため、上にのった試料の影響により、波形が乱れると考えられる。一方、

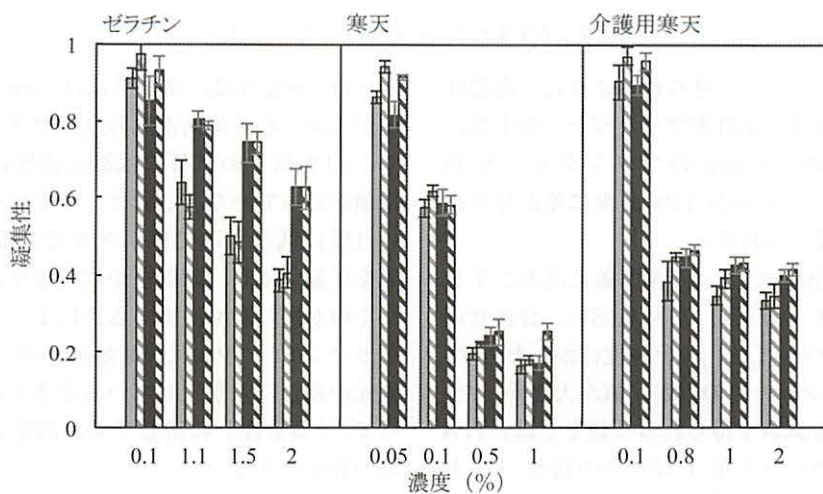


図 8 ゼラチン、寒天、介護用寒天の TPA 試験から求められた「凝集性」

レオメータ：RE-2

■ 1 mm/s · 8 mm, □ 1 mm/s · 25 mm, ■ 10 mm/s · 8 mm, ▨ 10 mm/s · 25 mm

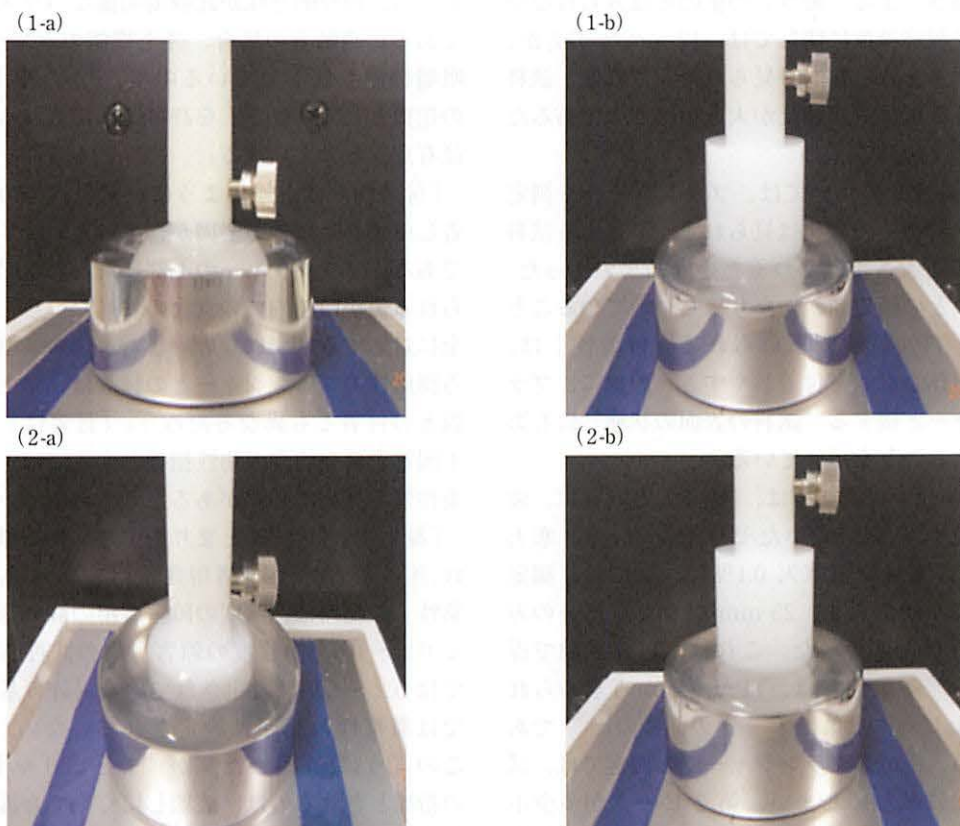


図 9 TPA 試験測定中の写真 (増粘剤)

(1-a) 増粘剤 0.5%, 1 mm/s · 8 mm

(1-b) 増粘剤 0.5%, 1 mm/s · 25 mm

(2-a) 増粘剤 2%, 1 mm/s · 8 mm

(2-b) 増粘剤 2%, 1 mm/s · 25 mm

図 9 (2-a)、(2-b) に見られるように、高濃度の試料の場合は、試料がプランジャーの上部に乗らないため、8 mm のプランジャーと 25 mm のプランジャーの TPA 曲線に差が見られなかったと考えられる。

「硬さ」に関しては、TPA 曲線に乱れが生じていたゼラチン 0.1%、寒天 0.05%、介護食用寒天 0.1%については、測定速度にかかわらず、25 mm プランジャーの方が、値が大きかった。これは、TPA 試験で得られる「硬さ」は、TPA 曲線から求められる第 1 ピークの高さ⁵⁶⁾であるため、試料が上に乗り TPA 曲線が乱れる 8 mm プランジャーを用いた測定においては値が小さくなったと考えられる。一方、TPA 曲線に乱れが生じない試料に関しては、プランジャーの高さによる「硬さ」の値の差はみられなかった。測定速度に関しては、10 mm/s の方が、値が大きくなる傾向が見られた。これは、試料の粘性抵抗は測定速度が大きいほど大であるためと考えられる¹¹⁾。

「付着性」については、プランジャーや測定速度による値の変化は見られず、測定する試料によって大きくばらつくという結果であった。条件ごとの測定値がかなりばらついていることから、TPA 試験で求められる「付着性」は、試料自体がもつ「付着しやすさ」の他に、プランジャーと接する“試料の表面の状態”にも影響されることを示している。

「凝集性」に関しては、「硬さ」と同様に、波形に乱れが生じていたゼラチン 0.1%、寒天 0.05%、介護食用寒天 0.1%については、測定速度にかかわらず、25 mm プランジャーの方が、値が大きかった。これは、TPA 試験で得られる「凝集性」は、TPA 曲線から求められる第 1 ピークと第 2 ピークの面積の比⁵⁶⁾であるため、8 mm プランジャーでの測定では、試料が上に載ってしまい、第 2 ピークが多少小さくなってしまいうためと考えられる。TPA 曲線に乱れが生じない試料に関しては、プランジャーの違いによる測定値の差の傾向はみられな

かった。測定速度に関しては、10 mm/s の方が、値が大きくなる傾向が見られ、ゼラチンに関して、1.1%以上の試料では測定速度により極端に値が違っていた。これは、やや破壊されにくい（特に低ひずみでは）ゲルである¹²⁾ゼラチンを圧縮する際、時間をかけて徐々に圧縮していくのか短時間で圧縮するかにより、圧縮後のゼラチンの、TPA 試験開始前のゼラチンへの復元の度合に差が生じていると考えられる。よって、「凝集性」に関しても、測定条件の再検討の必要がある。

4. 3. TPA 試験から得られるパラメータと嚥下困難者用介護食の特性に関する考察

「硬さ」は、測定速度の影響を多少は受けるものの、物理的意味が比較的明確なパラメータである。高齢者の場合、嚥下機能のみでなく、咀嚼機能も低下しているので、“かみやすさ”の指標として「硬さ」を許可基準に入れることは有意義と考えられる。

「付着性」は上述のように、試料自体の“付着しやすさ”以外の要因が含まれるパラメータである。プランジャーの上部に乗った状態で得られる値が口腔内での食物の“べたつき”と完全に対応するはずはない。また、国の基準にある樹脂性のプランジャーとの付着は、ヒトの粘膜との付着とも異なるだろう。「付着性」を嚥下困難者用介護食の物性指標とするには、測定条件等を見直す必要があると考えられる。

「凝集性」は、“まとまりやすさ”の指標とされ、国の「えん下困難者用食品」においても、「凝集性」の範囲は、重度の障害者用の許可基準Ⅰで 0.2～0.6、中程度の障害者用の許可基準Ⅱでは 0.2～0.9 に設定されている（許可基準Ⅲでは凝集性の範囲は設定されていない⁷⁴⁾）。このように、「凝集性」が“まとまりやすさ”の指標とされるのは、破壊しにくくて介護食の素材として多く用いられているゼラチンでは「凝集性」値が大きく、破壊しやすく介護食には不向きとされる寒天ゲルでは値が小さいこと

を根拠にしていると見受けられる^{5, 13-14)}。破壊されやすい試料においては、TPA 試験における第 2 のピーク面積 A2 が第 1 ピークの値 A1 に比べて小さくなるので、「凝集性」の値は小さくなる。こうした破壊しやすいものを“まとまりにくい”食品として「凝集性」の値から評価することは妥当そうである。しかし、破壊しない試料でも TPA 試験における最初の圧縮後に形が復元するまでの時間が短いほど、A2 の値は大きく、「凝集性」の値も大きくなる。例えば、水や図 8 における低濃度の試料の「凝集性」の値は 1 に近く（1 よりやや小さいのは、ブランジャーの上や側面に水が付着したためである）、他のゲル化剤の値より大きい、つまり“まとまりやすい”ことになる。ゼラチンと寒天との差についても、高濃度の試料では、ゼラチンの「凝集性」の方が寒天より大きい、低濃度ではいずれも 1 に近い。つまり、「凝集性」は、「口腔内での食塊形成能」という誤嚥のしやすさに関わる“まとまりやすさ”ではなく、圧縮などの変形において「変形後の形の回復のしやすさ」という意味でのまとまりやすさと考える方が自然である。西成らは¹⁵⁾、固体状試料も液状試料を一律に側壁のある円筒状の容器に入れて測った「凝集性」をまとまりやすさの指標とすることを批判している。西成らによれば、水などの液体は、側壁がない容器に入れた場合、形を保つことができないので、“まとまりやすい”ともいえない（側壁がなければ、水の「凝集性」の値はほぼ 0 になる）。以上から、「凝集性」を“まとまりやすさ”の指標として嚥下困難者用介護食の物性基準に用いることには問題があると考えられる。

5. まとめ

本研究では、介護食に広く用いられているゼラチンや寒天などの試料を用いて、厚生労働省が設定した「えん下困難者用食品」の基準に準拠した TPA 試験を行い、機種間の差や、測定

条件の問題点について検討を行った。その結果、以下のような結論が得られた。

(1) 「硬さ」、「付着性」、「凝集性」は、試料に固有の物性値ではなく、複数の要因が関与するパラメータであるが、現行の国の基準にある測定法ではより多くの要因が関与しやすい。よって、測定に用いるブランジャーの高さなどについては、試料の性状を考慮して再検討する必要があると考えられた。

(2) 市販の測定装置を活用して汎用的に運用する評価値を得るためには、現基準における測定速度 10 mm/s より 1 mm/s の方が望ましいと考えられた。

(3) 「凝集性」を“まとまりやすさ”の指標として嚥下困難者用介護食の物性基準に用いることには問題があると考えられた。

引用文献

- 1) 厚生労働省、人口動態統計月報年計（確定数）平成 23 年版
- 2) 金谷節子、嚥下ピラミッド, tabedas, 18, 27-52 (2006)
- 3) 江頭文江、栢下淳編著、「嚥下食ピラミッドによる嚥下食レシピ 125」第 1 版、(医歯薬出版、東京)、(2007)
- 4) 金谷節子、嚥下障害食の条件、「嚥下障害食のつくりかた」、第二版、藤谷順子、金谷節子、林静子編、(日本医療企画、東京)、17-19 (2002)
- 5) Rosenthal, A.J., Texture profile analysis – How important are the parameters?, J. Texture Stud., 41, 672-684 (2010)
- 6) Pons, M. and Fiszman, S.M., Instrumental texture profile analysis with particular reference to gelled systems., J. Texture Stud., 27, 597-624 (2010)
- 7) 厚生省生活衛生局新開発食物保健対策室、高齢者用食物の表示許可基準の策定について (1994)

- 8) 厚生労働省医薬食品局食品安全部長通知
：特別用途食品の表示許可等について
(2009)
- 9) 野内義之, 安食雄介, 飛塚幸喜, 佐々木
朋子, 神山かおる, 2 バイトテクスチ
ャー試験における測定条件の検討, 日本
食品科学工学会誌, 59, 96-103 (2012)
- 10) 秋間彩香, 塚部春香, 稲葉由唯, 谷米 (長
谷川) 温子, 熊谷仁, 嚥下困難者用介護
食の許可基準における TPA 試験法に関
しての考察, 共立女子大学家政学部紀要,
第 60 号, 81-90 (2014))
- 11) 船見孝博, 食品のレオロジー測定, 日本
バイオレオロジー学会誌 (B&R), 21 (1),
16-26 (2007)
- 12) 盛田明子, 咀嚼・嚥下時における口蓋圧
測定による食品のテクスチャ解析, 共立
女子大学大学院博士論文 (博乙第 15 号)
(2008)
- 13) 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 (3), 239-248
(2006)
- 14) 栢下淳, 山縣登志江, 嚥下困難者用食品
の物性, 臨床栄養, 119 (4), 364-367 (2011)
- 15) K. Nishinari, K. Kohyama, H. Kumagai,
T. Funami, and M. C. Bourne, "On the
Parameters of Texture Profile Analysis",
Food Science and Technology, Research,
19, 519-521 (2013)