

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 7 日現在

機関番号：11201

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2012～2013

課題番号：24650477

研究課題名(和文)嚥下困難者に対応した固体膨化食品の創製に向けての食塊の力学・界面物性の制御

研究課題名(英文)Control of mechanical and interfacial properties of bolus for the creation of puffed solid foods adaptable to dysphagia

研究代表者

三浦 靖 (MIURA, Makoto)

岩手大学・農学部・教授

研究者番号：50261459

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,000,000円、(間接経費) 900,000円

研究成果の概要(和文)：食品の唾液に対する濡れ性，唾液吸収挙動と凝集性・崩壊性，口腔・食道粘膜上での食塊の付着・摩擦・変形・流動を乳化剤により制御して，嚥下困難者が喫食可能な固体膨化食品を創製することを目的にした。乳化剤を対小麦粉0.25，1.00%(w/w)で添加してケーキ・マフィン様の固体膨化モデル食品を調製した。固体膨化モデル食品と，それから調製した人工食塊の理化学的性質を測定した。嚥下しやすい食塊の要件は，適切な付着性，凝集性，柔らかさであった。

研究成果の概要(英文)：The objective of this research was to create a puffed solid food adaptable to dysphagia by adjusting the wetting and absorption behavior for saliva, cohesiveness and collapse characteristics, and adhesion, friction, deformation and flow on oral mucosa by emulsifiers. Cake muffin-like solid puffed model foods were prepared with 0.25 and 1.00% (w/w) on the basis of wheat flour formulation. The physical properties of the model food and artificial bolus prepared from the model food were measured. The requirements of the bolus was easy to be swallowed were the appropriate adhesion, cohesiveness, and softness.

研究分野：複合領域

科研費の分科・細目：生活科学・食生活学

キーワード：膨化食品 食塊 食品と咀嚼性 嚥下 食品物理学 レオロジー トライボロジー 界面科学

1. 研究開始当初の背景

(1) 本研究に関連する国内・国外の研究動向及び位置づけ：食品テクスチャーの知覚機構の解明に向けて、口腔粘膜と液体食品との摩擦と食感との関連性、内視鏡による口腔粘膜-食品相互作用の生体内画像化、ゲル状食品の微細構造と関連した崩壊特性と食品テクスチャー知覚との関連性、舌上へのエマルション油脂の保持などが検討されている。しかし、本研究のように、唾液に対する食品の濡れ性、食品の唾液吸収挙動と凝集性・崩壊性、口腔・食道粘膜上での食塊の付着、摩擦、変形および流動を界面活性食品素材により適正に制御して、嚥下困難者が喫食可能な「固体膨化食品」を調製するという独創的な発想、かつ意外性のある着想に基づく研究は皆無である。

(2) 応募者のこれまでの研究成果を踏まえ着想に至った経緯：固体膨化モデル食品の唾液吸収挙動は、内相空隙への毛細管吸収、気泡壁への吸収、気泡壁の膨潤の順で進行することが分かった。人工食塊の形成性、動的粘弾性および摩擦力は、固体膨化モデル食品の気泡壁の力学強度と相関が見られた。したがって、油脂や乳化剤により固体膨化食品の人工唾液に対する濡れ性を制御することによって、食塊の理化学的特性を制御できる可能性が示唆された〔日本食品科学工学会第56回大会(名城大学, 2009)および同第57回大会(東京農業大学, 2010)〕。そこで、固体膨化食品の誤嚥の原因を、固体膨化食品およびその食塊のレオロジー的、界面化学的、トライボロジー的検討から明らかにすることを着想した。

(3) これまでの研究成果を発展させる場合にはその内容：固体膨化モデル食品としてのマフィン、人工唾液に浸漬すると約10秒間で平衡吸収量に達し、この吸収量を内相空隙への毛細管吸収分と気泡壁への吸収分とに分離して定量化している。また、人工唾液に対する気泡壁の濡れ性を測定している。これを発展させ、固体膨化食品のレオロジー特性および界面化学特性、食塊のレオロジー特性、トライボロジー特性および界面化学特性を検討して固体膨化食品の誤嚥の原因を明らかにする。

2. 研究の目的

パンやマフィンに代表される固体膨化食品は、嚥下することが困難な人達にとっては窒息や誤嚥の可能性が高いために忌避すべき食品である。ところが、逆にその人達もそれらを食べたいと切望している。本研究では、嚥下困難者が安全に食べることが出来るような固体膨化食品の新製造法を開発することを目標にしている。唾液に対する食品の濡れ性、唾液吸収挙動と凝集性・崩壊性、口腔・食道粘膜上での食塊の付着、摩擦、変形および流動に着目し、固体膨化食品の誤嚥の原因を明らかにすることが本研究の目的である。

3. 研究の方法

(1) 固体膨化モデル食品の理化学的特性

試料：ケーキ・マフィン様膨化食品には薄力小麦粉、ショ糖、ショートニング、凍結液卵、ベーキングパウダーおよび脱塩水を用いた。乳化剤には、グリセリンステアリン酸モノエステル(GMS)、デカグリセリンステアリン酸エステル(POGES14,POGES10,POGES9、末尾数値はHLB値)を用いた。

固体膨化モデル食品の調製：シュガーバター法によりケーキ・マフィン様膨化食品を調製した(表1)。接触角測定用試料の場合には、ベーキングパウダーを除いた原材料を用いて調製した。

表1 固体膨化モデル食品の配合

Ingredient	Flour basis [% (w/w)]	
	Control	Emulsifier-added
Soft wheat flour	100.0	100.0
Sucrose	100.0	100.0
Shortening	100.0	100.0
Egg plup	100.0	100.0
Baking powder	2.0	2.0
Emulsifier	0	0.25/1.0
Water	10.5	10.5

固体膨化モデル食品の理化学的特性の測定：水分含量(赤外線水分計)、水分活性(水分活性恒温測定装置)、比容積(AACC標準法72-10)、内相の見掛け密度、内相の硬さ(単軸圧縮・引張型レオメータ、AACC標準法74-0914、調製日と20貯蔵1,3,5日後)、気孔構造(デジタル画像解析、図形特徴量：気孔数、気孔面積率、最大フェレ径、ラフネス)、固体膨化モデル食品内相の気泡壁表面(ハイスピードマイクロスコープ、倍率250~2,500倍)、人工唾液(表2)に対する濡れ性(自動接触角計：液滴法による静的接触角、拡張・収縮法による動的接触角)、人工唾液の吸収挙動(固体比重測定装置、37の人工唾液の吸収量)、人工唾液中での膨潤挙動(単軸圧縮・引張型レオメータ、クリープ試験モード：定荷重9.8mN、37の人工唾液を注入、変形時間曲線から膨潤率を算出)を測定した。

表2 人工唾液の組成

Component	Concentration [mg/100ml]
Sodium chloride	0.844
Potassium chloride	1.200
Calcium chloride	0.146
Potassium phosphate dibasic	0.340
70%(w/w) sorbitol aqueous solution	60.000
Methyl paraben	2.000
Hydroxyethyl cellulose	3.500

( IBM SPSS Statistics 19 ) で Tukey の多重比較法により有意水準 5% で検定した。

(2) 固体膨化モデル食品から調製した人工食塊の理化学的特性

人工食塊の調製：単軸圧縮・引張型レオメータを用い、テクスチャー試験モードで圧縮速度  $1.0\text{mm}\cdot\text{s}^{-1}$ 、圧縮ひずみ 0.95、繰り返し数 20 回で単軸等速圧縮を繰り返して人工食塊を得た。

人工唾液に浸漬した固体膨化モデル食品の崩壊性の測定：力-ひずみ曲線の第 1 正力ピークから崩壊力と崩壊エネルギーを求めた。

人工食塊の動的粘弾性の測定：動的粘弾性測定・解析装置を用い、平行平板、試料温度  $37^\circ\text{C}$ 、底ひずみ ( 対照試料と親水性乳化剤添加試料では 0.042、親油性乳化剤添加試料では 0.052 )、周波数  $10^{-2} \sim 4\text{ Hz}$  で  $G'$ 、損失弾性率 ( $G''$ )、動的粘性率 ( $\eta'$ ) および力学的損失正接 ( $\tan \delta = G'' / G'$ ) を測定した。

人工食塊の硬さと付着力の測定：単軸圧縮・引張型レオメータを用い、圧縮速度  $0.5\text{mm}\cdot\text{s}^{-1}$ 、最大ひずみ 0.15 に設定したテクスチャー試験モードにより繰り返し数 1 回で人工食塊を単軸等速圧縮・反転した際の力-変形曲線を得た。力-ひずみ曲線の第 1 正力ピークから硬さと圧縮エネルギー、第 1 負力ピークから付着力と付着エネルギーを求めた。

人工食塊の摩擦力の測定：2 軸応力制御型レオメータを用い、垂直荷重  $0.02\text{ N}$ 、垂直荷重応答速度  $1\text{mm}\cdot\text{s}^{-1}$ 、サンプリング周波数 100 Hz、摺動距離 12mm、摺動速度  $1\text{mm}\cdot\text{s}^{-1}$ 、摺動タイムラグ 0 s で動摩擦係数を測定した。

統計処理・解析：統計解析ソフトウェアで Tukey の多重比較法により有意水準 5% で検定した。

(3) 固体膨化モデル食品の嚥下特性と、人工食塊の理化学的特性との相関関係

試料：固体膨化モデル食品、ミネラル水、ヨーグルトを試料とした。嚥下性の官能評価では、乳化剤無添加の固体膨化モデル食品を含んだ 5 種類の固体膨化モデル食品を試料とした。

喉頭・咽頭部の食塊移動速度の測定

リニアプローブ ( 周波数帯域  $3.5 \sim 12.0\text{MHz}$  ) を装着した超音波診断装置を用い、超音波パルスドップラ法 ( $5.0\text{MHz}$ ) により、咽頭部での食塊流速を測定した ( 図 1 )。被験者の喉頭蓋を通過する直前の食塊の流速を測定するためにプローブの接触点を顎下とし、超音波の進行方向を水平に対して上向き  $60^\circ$  の角度に固定した ( 図 2 )。被験者は、咀嚼・嚥下機能に異常が無い健常女性 ( 21 歳 ) であり、自然な状態で姿勢を保ちながら繰り返し咀嚼・嚥下できるように、背もたれのある椅子に腰かけ、背筋を伸ばした上で椅子の背もたれに背を付けた状態で試料を咀嚼・嚥下した。

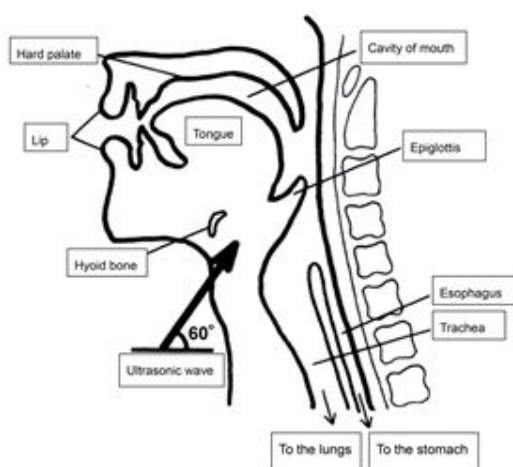


図 1 咽頭・後頭部の食塊移動速度の測定

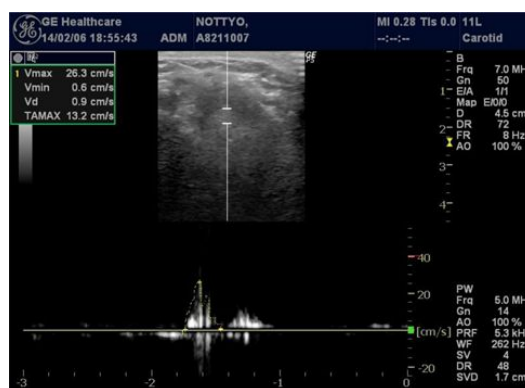


図 2 固体膨化食品を嚥下した際の流速分布

固体膨化モデル食品の唾液吸収性、崩壊性、軟らかさ、および嚥下容易性の官能評価：21 歳の女性 5 人、21 歳の男性 1 人および 55 歳の男性 1 人をパネルとし、3 点比較法、順位法 ( 軟らかさ、口中での崩壊容易性、口中での唾液吸収性、嚥下時の抵抗を、5 水準順位尺度で官能評価した。試料を口に含む量や噛み方などの味わい方はパネルの自由に任せた。また、口濯ぎ用の水も用意し、自由に飲めるようにした。

統計処理・解析：統計解析ソフトウェアを用いて Tukey の多重比較法による有意水準 5% での検定を行った。3 点比較法の検定には 2 項分布を、順位法の検定にはクレーマーの順位合計の検定表を用いた。

#### 4. 研究成果

##### (1) 研究の主な成果

固体膨化モデル食品の理化学的特性

1% (w/w) POGES10 添加試料と 1% (w/w) GMS 添加試料の水分含量は、対照試料より有意に多かった。したがって、POGES10 および GMS は水分保持機能を持つと思われる、対照試料とその他の試料間では水分含量に有意差が見られなかった。対照試料と乳化剤添加試料との間に水分活性の有意差が見られなかった。0.25% (w/w) POGES10 添加試料、1% (w/w) POGES10 添加試料および 0.25% (w/w) GMS 添加試料の比容積が対照試料より有意に小さく、

0.25% (w/w) POGES10 添加試料, 1% (w/w) GMS 添加試料は対照試料よりも見掛け密度が小さいことがわかった。これはショートニングの起泡性に起因すると考えられる。焼成直後から焼成 1 日後, 3 日後, 5 日後と時間の経過に伴いいずれの試料においても固体膨化食品の内相が硬くなっており, 焼成 3 日後では, 全ての乳化剤添加試料が対照試料より有意に軟らかかった。焼成 5 日後では, 0.25% (w/w) POGES10 添加試料, 1% (w/w) POGES10 添加試料, 0.25% (w/w) GMS 添加試料が有意に軟らかかった。これは各乳化剤がデンプン鎖に吸着して再結化(老化)を抑制したためだと考えられた。固体膨化モデル食品の横断面には円形の, 縦断面では縦長の気孔が多く見られた(図 3)。横断面における気孔構造のいずれの画像特徴量でも対照試料と乳化剤添加試料との間に有意差が見られなかったが, 縦断面においては 0.25% (w/w) POGES10 添加試料, 1% (w/w) POGES10 添加試料, 0.25% (w/w) POGES9 添加試料, 1% (w/w) POGES9 添加試料および 1% (w/w) GMS 添加試料が対照試料よりも気孔数が有意に多かった。

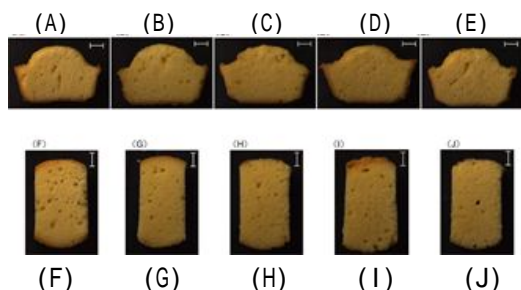


図 3 固体膨化モデル食品の縦断面(上段)と横断面(下段)

(A)(F): 対照試料, (B)(G): POGES14 添加試料, (C)(H): POGES10 添加試料, (D)(I): POGES9 添加試料, (E)(J): GMS 添加試料  
スケールバーは 10  $\mu$ m

固体膨化食品の軟らかさ維持のために気孔数を減少させることなく, 気泡壁が唾液を吸収した際に容易に崩壊するような性質を持った固体膨化食品が嚥下困難者に対して理想的であると考えられる。また, 固体膨化モデル食品の気泡壁で試料間による表面状態の違いは見られなかった。対照試料と各乳化剤添加試料間に静的接触角の有意差が見られなかった。一方, 前進角・後進角のいずれも, 対照試料よりも乳化剤添加試料の接触角が小さかった。固体膨化食品の唾液に対する濡れ性を議論する場合には, 測定中の試料表面の変化などの分子構造に着目すべきであると思われた。固体膨化モデル食品の人工唾液の吸収量が最も多かったのは, 乳化剤を 0.25% 添加時と 1% 添加時のいずれにも共通して POGES14 添加試料, 次いで POGES10 添加試料であった(図 4)。乳化剤を添加することで人工唾液吸収量が若干増加し, これは乳化剤の添加により固体膨化モデル食品生地の起

泡性が高まり, 人工唾液吸収量が増加したためであると思われる。

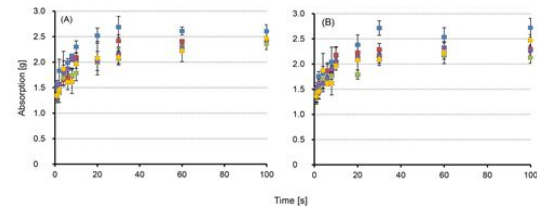


図 4 固体膨化モデル食品の人工唾液吸収  
左側: 0.25% (w/w) 添加, 右側: 1% (w/w) 添加  
●, 対照; ●, POGES14; ●, POGES10; ●, POGES9; ●, GMS

固体膨化モデル食品の人工唾液中での膨潤挙動では, 対照試料と乳化剤添加試料間には有意差が見られなかった(図 5)。したがって, 固体膨化モデル食品が最も膨潤する時期は咀嚼をしている間であり, 嚥下時にはほとんど食塊の膨張は見られないと考えられる。

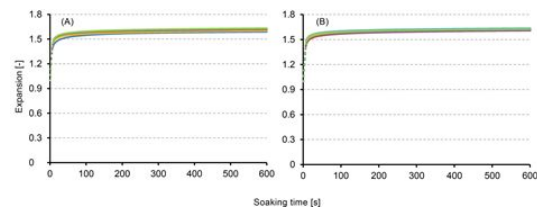


図 5 固体膨化モデル食品の人工唾液中での膨潤挙動

左側: 0.25% (w/w) 添加, 右側: 1% (w/w) 添加  
●, 対照; ●, POGES14; ●, POGES10; ●, POGES9; ●, GMS

固体膨化モデル食品から調製した人工食塊の理化学的特性

人工唾液に浸漬した固体膨化モデル食品の崩壊性では, 崩壊力が, POGES10 0.25% 添加試料で有意に低下したが他の試料では有意差がなく, 崩壊エネルギーには試料間で有意差が見られなかった。したがって, ケーキ・マフィンの気泡壁の力学的強度は乳化剤の添加によってあまり変化しないと思われた。人工食塊の動的粘弾性から, POGES10 を添加したマフィンより調製した人工食塊は対照試料に比較してより粘性的になることが分かり, 対照試料より乳化剤添加試料の各値が高くなったことから, 乳化剤添加によって人工食塊の特性を制御できる可能性があると考えられた(図 6)。Ferry によると, 特定の角周波数帯 ( $10^{-10} \sim 10^5 \text{ rad} \cdot \text{s}^{-1}$ ) における  $G'$ ,  $G''$  および  $\tan \delta$  のパターンから, 高分子物質は 7 種類に大別できるとされており, 試料は非晶性鎖状高分子の挙動に近いものとなった。さらに, 船見によるとゾル・ゲル状食品において, ゾルの成分あるいはゲルの成分のいずれが全体の粘弾性を支配しているかを 4 種類に分類しており, 本研究で用いた食塊は弱いゲル型もしくは真のゲル型を示したが,  $\tan \delta$  はいずれの周波数においても  $1 > \tan$



>0.1 の範囲内であったため、弱いゲル型にあると言え、固体膨化モデル食品は、唾液を十分に吸収して食塊を形成し弱いゲル型を示すことがわかった。

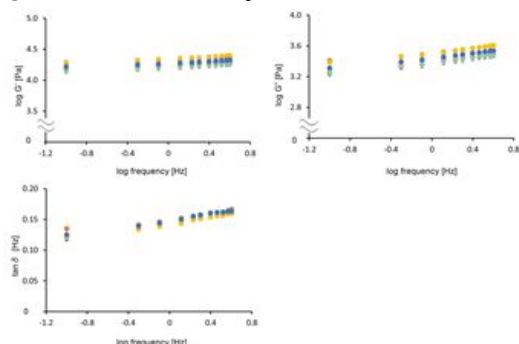


図 6 固体膨化モデル食品から調製した人工食塊の動的粘弾性  
 左上：G'，右上：G''，左下：tan δ  
 ○，対照； □，POGES14； △，POGES10； ◇，POGES9； ●，GMS

人工食塊の硬さと付着力は乳化剤の配合により有意に小さくなるものが多かった。特に、POGES10 または POGES9 が人工食塊の硬さ、圧縮エネルギーおよび付着力の制御に有効であった。今後は、人工食塊を調製する時の環境を生体に近付けるため、ムチンやアミラーゼを添加した人工唾液を用いた人工食塊の硬さや付着性を検討する必要がある。人工食塊の動摩擦係数は対照試料と乳化剤添加試料との間に有意差が見られなかった。これは、本実験で調製した人工食塊の表面には食塊より滲出した人工唾液と油脂の被膜が存在し、これらがプランジャーと食塊の間で潤滑油の役割を果たしたことから、固体膨化モデル食品を十分な量の人工唾液に 30 分間浸漬し調製した人工食塊であったため、乳化剤のデンプンの老化抑制効果が目立ったことに起因すると思われる。

固体膨化モデル食品の嚥下特性と、人工食塊の理化学的特性との相関関係  
 固体膨化モデル食品を咀嚼・嚥下した際の嚥下の状態または挙動を実際に観察し、咽頭部での食塊移動速度を測定した。固体膨化モデル食品、ミネラル水およびヨーグルトを試料にし、嚥下時の超音波画像をカラードプラ法により取得した。ミネラル水およびヨーグルトは同量を嚥下したにも関わらず、得られた超音波画像は大きく異なっており、水の嚥下時は画像中央部で赤色領域（超音波進行方向に対して対向する対象物の動きを表す）や青色領域（超音波進行方向に対して離れていく動きを表す）が多く見られたのに対し、ヨーグルトの嚥下時はミネラル水よりも赤色や青色になる領域が少なかった。したがって、ミネラル水は分散して、ヨーグルトはまとまって咽頭部を通過すると思われる。咽頭部での食塊移動速度をパルスドプラ法により計測し、食塊の最大流速は、ミネラル水 > ヨーグルト > 固体膨化モデル食品となり、その中

でも 1%(w/w)POGES10 添加試料は、誤嚥しにくいとされているヨーグルトの流速に近い値となった。しかし、嚥下する量によっても咽頭部での食塊の流速は変化するため、今後は固体膨化モデル食品をはじめとして様々な量の試料について流速を検討する必要がある。提示した 2 種類の試料に有意差があるかどうか判定するため、3 点比較法を行った。1%(w/w)POGES10 添加試料と 1%(w/w)POGES9 添加試料間のみ有意差が見られたが、いずれの組み合わせでも 1 人は 2 種類の試料間の差を判別できた。このことから、乳化剤を固体膨化モデル食品に添加することにより、対照試料と差を生じさせることができると考えられた。また、対照試料、1%POGES14 添加試料、1%(w/w)POGES10 添加試料、1%(w/w)POGES9 添加試料、1%(w/w)GMS 添加試料の 5 種類の試料について、軟らかさ、口中での崩壊しやすさ、唾液吸収の少なさ、嚥下時の抵抗の少なさの 4 項目に差があるかどうか検討するため、6 名のパネルに順位をつけさせ順位合計を得た。4 項目で有意差が見られる固体膨化食品はなかったが、軟らかさでは、1%(w/w)GMS 添加試料が軟らかい傾向にあり、1%(w/w)POGES9 添加試料および 1%(w/w)GMS 添加試料が崩壊しやすいと評価された。唾液吸収の少なさでは、試料間に差がほとんど見られなかった。1%(w/w)GMS 添加試料で嚥下時の抵抗がやや少ないと評価された。官能評価により、1%(w/w)GMS 添加試料が軟らかく、口中で崩壊しやすく、嚥下時の抵抗が少ないことが示され、食塊の最大流速も固体膨化モデル食品の中で最も速かった。これは、GMS 添加による気孔数の増加、動的接触角の低下などに起因すると考えられた。今後は、耐老化性デンプンや架橋デンプンなどの、加工デンプンと、人工食塊の制御に効果的であると判断された親油性乳化剤を併用することにより、理想的な食塊を形成し嚥下しやすい固体膨化食品を調製できると考えられる。

(2) 得られた成果の国内外における位置づけとインパクト

厚生労働省が所轄する特別用途食品制度は、乳児、幼児、妊産婦、病者などの発育・健康の保持・回復などに適するという特別の用途について表示するものである。そして、特別用途食品として食品を販売するには、その表示について国の許可を受ける必要がある。この特別用途食品は、病者用食品、妊産婦・授乳婦用粉乳、乳児用調製粉乳および嚥下困難者用食品という 4 種類に区分される。本研究で対象にしている嚥下困難者用食品は、2014 年 4 月 21 日現在で 12 品目が表示許可されているが、その規格基準がゲル状あるいはゾル状を前提にしており、圧縮破断試験で測定した硬さ、付着性および凝集性のみで規定されている。一方、日本介護食品協議会（2014 年 3 月現在で加盟 58 社）では、嚙む力、飲み込む力ならびに食品形態から 4 区分、さらに、とろみ調整を加えた 5 区分に分類したユ

ユニバーサルデザインフードを提唱している。2014年3月末現在での製品登録件数は1,195品目である。2012年におけるユニバーサルデザインフードの生産数量は9,237トン、生産金額は10,825百万円であり、両者の対前年比は、生産数量で116.8%、生産金額で116.0%というように需要が急増している。しかし、これもゲル状食品あるいはゾル状食品を前提にしている。したがって、現状での高齢者食品では本研究の対象食品である固体膨化食品を考慮に入れていない。これは、嚥下困難者が固体膨化食品を食べたいと切望している実態を無視していることになる。そこで、本研究では、固体膨化食品が嚥下困難者に対する忌避食品と認識されている根拠である窒息や誤嚥の原因を、口腔・食道粘膜への食塊の付着などの界面挙動、口腔・食道粘膜に対する食塊の摩擦などのトライボロジー的挙動、口腔・食道粘膜上での食塊の変形と流動などのレオロジー的挙動から明らかにする。すなわち、これまで検討されてこなかった観点から口腔・食道粘膜と食塊との本質的な関係を明確にするという斬新なアイデアで、これら挙動を適正に制御することにより咀嚼・嚥下困難者が喫食可能にすることに取り組んでいる。

本研究では、咀嚼・嚥下での口腔・食道粘膜と食塊との界面挙動、トライボロジー的挙動およびレオロジー的挙動から咀嚼・嚥下困難者の窒息や誤嚥の原因を明らかにするという斬新な着想で、嚥下困難者用食品を理論的に製造するための界面化学・トライボロジー・レオロジー的特性の目標値を明らかにし、これらを界面活性食品素材（乳化油脂、デンプン-加水分解油脂複合体など）で適正に制御する手法を食品産業に提案する。したがって、この手法が確立した場合には、これまでは忌避食品であった固体膨化食品を嚥下困難者に提供できる。すなわち、超高齢社会の食生活で問題になっている窒息や誤嚥を回避する手段を手にすることができるので、咀嚼・嚥下の観点から安全な食生活が実現できると期待される。

### (3) 今後の展開

本研究では、固体膨化食品が嚥下困難者に対する忌避食品と認識されている原因を、口腔・食道粘膜への食塊の付着などの界面挙動、口腔・食道粘膜に対する食塊の摩擦などのトライボロジー的挙動、口腔・食道粘膜上での食塊の変形と流動などのレオロジー的挙動から明らかにし、乳化剤などでこれらの挙動を制御することを最終目標としたが、それを明らかにするまでには至らなかった。咀嚼しやすい固体膨化食品には、内相の軟らかさを保持するため気孔数を多くすること、唾液を吸収した際に気泡壁が容易に崩壊する性質が必要となるが、これを実現するために、固体膨化食品生地に加工デンプンを配合することが考えられる。また、嚥下しやすい食塊には、ある程度の付着性を持つこと、凝集性

を持つこと、複雑な構造を持つ咽頭部を通過しやすくするために食塊に適度な軟らかさがあることが重要であり、乳化剤や多糖類などの効果を検討すべきである。したがって、加工デンプン、多糖類および人工食塊の制御に効果的であると判断した乳化剤を併用することでより理想的な食塊を形成し嚥下しやすい固体膨化食品を調製できると考えられる。また、官能検査のパネルには幅広い年代の男女を選別して実施するなどの工夫が今後の課題である。

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[学会発表](計3件)

大浪美早紀、小笠原友美、三浦 靖、固体膨化食品の理化学的特性と嚥下性に及ぼすショ糖ステアリン酸エステルの影響、第61回レオロジー討論会、2013.9.27、山形大学工学部(米沢市)

小笠原友美、高瀬奈央、三浦 靖、嚥下困難者対応に向けた固体膨化食品およびその人工食塊のレオロジー的性質に及ぼす食品用乳化剤の影響、第60回レオロジー討論会、2012.9.26、名古屋大学(名古屋市)

高瀬奈央、三浦 靖、デンプン-酒石酸-水混合物の過熱水蒸気処理物を配合した固体膨化食品のレオロジー的性質、日本レオロジー学会第39年会、2012.5.11、東京大学生産技術研究所(東京都)

[その他]

講習会講師

三浦 靖、乳化剤による高齢者食の理化学的特性の制御と評価、(株)テックデザイン講習会：嚥下調整食の標準化傾向と乳化剤・増粘剤による高齢者食の制御と評価、2013.6.27、オームビル B1 ゼミルーム(東京都)

三浦 靖、講義 6 レオロジーの基礎 3 液体・半固体・固体の粘弾性、日本レオロジー学会 第 11 回食品レオロジー講習会、2012.11.2、東京大学生産技術研究所(東京都)

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

三浦 靖 (MIURA, Makoto)

岩手大学・農学部・教授

研究者番号：50261459