

日本バイオロロジー学会誌 (B & R, 電子版) 第25巻 第3号, 2011年10月17日発行 (年3回発行)

Journal of Japanese Society of Biorheology

ONLINE ISSN: 2186-5663

# B & R



日本バイオロロジー学会

<http://www.biorheology.jp>

日バイレオ誌 (B & R, 電子版) 第25巻 第3号

J. Jpn. Soc. Biorheol. 25(3) (2011)

日本バイオロロジ学会誌 (B & R, 電子版)  
第25巻, 第3号, 2011

目次

**παντα ρει**

学会誌の今後の展望

..... 望月 精一 ..... 1 (148)

**解説**

ハイドロコロイドを利用した食品のテクスチャーデザイン

..... 船見 孝博, 石原 清香, 中馬 誠, 武中 壮祐 ..... 2 (149)

**ノート**

虚血小腸の微小循環血流に対する大建中湯の効果

..... 川崎 成郎, 古川 良幸, 鈴木 裕 ..... 13 (160)

**学生会員のページ**

日本バイオロロジ学会学術奨励賞を受賞して

..... 正林 康宏 ..... 15 (162)

日本バイオロロジ学会学術奨励賞を受賞して

..... 前原 鈴子 ..... 17 (164)

**年会開催記**

第34回日本バイオロロジ学会年会を開催して

..... 関 眞佐子 ..... 19 (166)

**総会報告**

..... 谷下 一夫 ..... 21 (168)

**岡小天賞審査報告**

第8回岡小天賞

..... 佐々木 直樹 ..... 26 (173)

**会告・行事予定**

第35回日本バイオロロジ学会年会のご案内

第11回バイオロロジ・リサーチ・フォーラムの御案内

..... 27 (174)

## 学会誌の今後の展望

望月 精一\*

この度、日本バイオレオロジー学会誌が、独立行政法人科学技術振興機構(JST)の Journal@rchive (ジャーナルアーカイブ) に収録して頂けることが決定し、現在、作業を進めております。恐らく会員の皆様も他の学会の論文集などで、まだ電子版にされていなかった頃の論文などをこのサイトからダウンロードされたことがあるかと思います。私自身、今回の作業を通して、本学会の初期のことも知ることができました。1977年に学会が創設されてからしばらくの間は、「日本バイオレオロジー学会会報(1978年～1987年)」と「日本バイオレオロジー学会会報 Biorheology News(1982年～1986年)」が発行されておりました。そして、1987年からは、「日本バイオレオロジー学会誌(B&R誌; 1987年～2008年)」として22年にわたり、研究論文を含む多くの記事が発行されて参りました。2009年からは「Journal of Biorheology」の発刊とともに「日本バイオレオロジー学会誌電子版(電子版 B&R誌)」として現在に至っております。B&R誌から数えて本号が25巻3号となります。電子版については、いつでもお読み頂けますが、それ以前の記事について、取り寄せる必要があったりして、以前のもも電子化してはとのお声を頂いてきております。そこで、この度 Journal@rchive に収録されることにより、自由にお読み頂けることになります。それだけでなく、学会の visibility も向上し、学会活動の活性化にも繋がるものと期待されます。そうしますと「学会員であるメリットは？」というご質問もあろうかと思えます。それについては、最近の記事については、これまで通り ID, PW を使用してのみお読み頂けることにしております。Journal@rchive の作業は時間を要しますので、完成するのは約1年後の予定です。その他、JST から J-STAGE (科学技術情報発信・流通総合システム) への参加も求められており、これによっても学会活動のみならず皆様の業績もさらに広く読んで頂けるようになります。今後も、会員の皆様のお役に立てるようなアイデアを頂きながら、活動を進めていきたいと思っておりますので、ご支援のほどよろしくお願い申し上げます。そして、皆様からのご投稿、ご寄稿もお待ちしております。

---

\*川崎医療福祉大学 医療技術学部 臨床工学科 [〒701-0193 岡山県倉敷市松島 288]

## ハイドロコロイドを利用した食品のテクスチャーデザイン

船見 孝博\*, 石原 清香\*, 中馬 誠\*, 武中 壮祐\*

### Texture Design of Food Products Using Hydrocolloids

Takahiro FUNAMI\*, Sayaka ISHIHARA\*, Makoto NAKAUMA\*,  
Sousuke TAKENAKA\*

\*三栄源エフ・エフ・アイ株式会社 第一事業部 テクスチャーデザイン研究室

[〒561-8588 大阪府豊中市三和町1丁目1-11]

Texture Design Division, San-Ei Gen F.F.I., Inc.

1-1-11, Sanwa-cho, Toyonaka, Osaka 561-8588, JAPAN

[Received: October 12, 2011]

Texture is important in terms of both food palatability and the safety of eating. Recently, the importance of texture has been emphasized for the development of nursing-care foods in recent aged society, where the number of patients with mastication and swallowing difficulties is increasing. Texture design of these food products is now one of the most important tasks in the food industry in Japan. This article reviews the importance of texture as an essential attribute of food development and also the usefulness of hydrocolloids as a texture modifier, which also serves to enhance favorable flavors or to mask unfavorable flavors during oral processing. The article also covers recent trials by our research group on electromyography and *in vivo* acoustic analysis to describe the food texture and to find some objective parameters relating to the mastication and swallowing eases. Finally, some industrial outputs will be introduced as a result of our texture studies, particularly the development of gelling agents for dysphagia diets.

**Key Words:** texture design, food, hydrocolloid

#### 1. 緒言

食品は人の食欲を増進させて食生活を豊かにするとともに健康に貢献しなければならぬ。食品には栄養、嗜好、および生理などの機能が求められる<sup>1)</sup>。食べることによって幸福感、満足感が得られてこそ食品であり、嗜好（おいしさ）を高めることが食開発の変わらぬ課題である。

食品の嗜好性は、フレーバー、テクスチャー、外観、音、および温度などの感覚特性によって決まり、中でもフレーバーとテクスチャーが食品の嗜好性を決定する二大要因である<sup>2)</sup>。フレーバー（味と匂いを含む）は比較的低分子の成分が関与し、化学的な経路によって感覚される特性である。一方、テクスチャーは比較的高分子の成分が関与し、物理的な経路によって感覚される特性である。

テクスチャーとは摂食過程において、口腔相および咽頭相で感覚される食品の力学的および熱的性質の総体である。テクスチャーは、分子、粒子、細胞、および組織

を含む食品構成要素の分散、凝集、および配列状態によって決まる。テクスチャーは食品のおいしさの約30%を占めるといわれており、ご飯、麺、パン、肉などの主食（一回の食事で大量に摂取するもの）に限れば、その割合は更に高い<sup>3)</sup>。

食品のテクスチャーはハイドロコロイドの添加によって調節できる。ハイドロコロイドとは、直径10~100 nmの粒子が、水を連続相に分散している状態<sup>4)</sup>、あるいはそのようなコロイド状態を制御するために使用される多糖類やたんぱく質をさす<sup>5)</sup>。ハイドロコロイドは、増粘、ゲル化、保水、分散、安定、皮膜形成、起包、乳化など、食品中で様々な機能を示し、食品のテクスチャーモディファイヤーとしてマヨネーズ、ドレッシング、デザートゼリー、アイスクリームなどほとんど全ての加工食品に使用されているといっても過言ではない。食品に使用されるハイドロコロイドは全て天然物由来であり、例えば寒天やカラギナンは海藻、グァーガムやローカストビーンガムは植物の種子、ペクチンは柑橘およびリンゴの皮、

キサンタンガムやジェランガムは微生物（発酵）、キチンやキトサンは動物（甲殻類の甲羅など）を起原とする。

近年の超高齢化社会では咀嚼機能や嚥下機能に障害を持つ人が増加しており、食品におけるテクスチャーの重要性が強調されている。食物繊維としての生理効果のみならず、摂食の安全という観点からハイドロコロイドの研究が進められている<sup>6)</sup>。摂食機能が低下した人でも容易に咀嚼、嚥下できるように、レオロジー、コロイド、およびトライボロジーの観点から食品のテクスチャーを最適化しなければならない。例えば、嚥下困難者にはとろみのついた液状食品やプリンなど、食塊の咽頭相通過速度が比較的に遅い食品が提供されている<sup>7)</sup>。

本稿ではハイドロコロイドによる食品のテクスチャーデザインについて当社の取り組みを中心に解説する。具体的には、1. 食品におけるテクスチャーの重要性、2. 生体計測法によるテクスチャーの数値化、3. テクスチャーによる味覚制御、4. 介護食分野におけるテクスチャーの創造について、研究開発の最前線を紹介したい。

## 2. 食品におけるテクスチャーの重要性

テクスチャーの重要性を示す興味深い実験結果がある。29品目の食品をミキサーでペースト化し、パネルに目隠しして飲ませて、その食品が何かを答えさせるというものである<sup>8, 9)</sup>。つまり、パネルは風味でしか食品を推測できない。正答率は平均して約40%であり、正答率の低いものからキャベツ4%、豚肉15%、牛肉41%、にんじん51%であった。食品の認識にテクスチャー的要素が欠かせないということであり、テクスチャーが食品の構成要素としていかに重要であるかがわかる。

液状食品に比べて固体状食品でテクスチャーがより重要である理由として、以下の3つが考えられる。

- 1) 固体状食品は液状食品に比べて、咀嚼・嚥下の過程で力学特性が大きく変化する。
- 2) 固体状食品は液状食品に比べて、口腔内の滞留時間が長い。
- 3) ヒトの感覚は、粘性よりも弾性に対してより敏感である。

咀嚼から嚥下に至る一連のプロセスとして、HutchingsとLillfordの3次元モデルがある（図1）<sup>10)</sup>。x軸は時間で、咀嚼回数とともに増加し、y軸は滑らかさで、咀嚼され唾液と混合されることにより増加する。z軸は構造の度合いで、咀嚼により低下する。構造の度合いがある一定の水準まで低下し、さらに滑らかさがある一定の水準まで増加して、はじめて嚥下できる状態になる。この二つの平面によって区切られた空間がswallowing boxで

ある。このモデルから、固体状食品は液状食品に比べてswallowing boxに入るまで（嚥下できる状態になるまで）の構造変化が大きく、長時間を要することが視覚的にわかる。

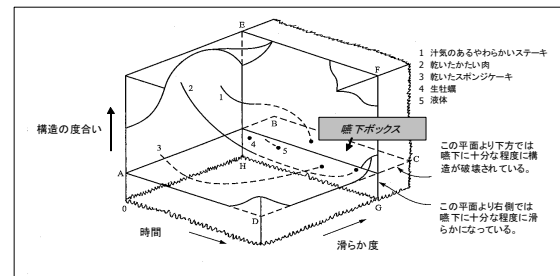


図1 咀嚼から嚥下に至る口腔内摂食モデル  
Hutchings & Lillford (1988), *Journal of Texture Studies*, 19, 103-115 より引用（一部改定）。

ヒトが経験するテクスチャーは多様であり、個人固有の要因（例えば、生まれ育った環境、地域、食習慣など）によっても嗜好が異なる<sup>11)</sup>。また、摂食能力の違い（例えば、若年者と高齢者、健康者と口腔機能に障害を有する人）によってもテクスチャーに対する嗜好は変化すると考えられる。しかし、食品のおいしさの原点はその多様性、複雑性（多くの成分が融和、調和すること）にあり、テクスチャーにしても基本的に同じことが言える。同時に、テクスチャーはフレーバーの放出速度や感覚強度にも影響を与える。摂食過程で起こるテクスチャーの変化およびそれに付随するフレーバーの変化を感覚することがおいしさへとつながる。おいしいと感じる食品ほど摂食行動を惹起するともいわれており、テクスチャーが食開発の基盤であることを改めて認識する必要がある。

## 3. 生体計測法によるテクスチャーの数値化

テクスチャーはヒトの感覚特性であり、感覚評価によってのみ定量化できる。しかし、食品開発の現場でテクスチャーを解析する際、ヒトの感覚評価（官能評価）に代わって機器測定を用いる場合が多い。テクスチャーは食品の構造や力学特性と関係があり、例えばレオロジー特性値はテクスチャーを部分的に表すからである。食品レオロジー測定の実例、製品開発への応用、測定上の注意点や問題点については既報<sup>12)</sup>で解説した。一般的に、機器測定は官能評価に比べて客観性に優れ、測定の再現性が高い。また、官能評価に必要なパネルの教育・訓練などが必要ない（Boume<sup>13)</sup>によれば、テクスチャーで基本特性である「かたさ」でさえも、パネルの評価が一致するのに1週間を要する）などの利点がある一方、ヒトの感覚と直接関係しない場合がある。機器ではヒトの複

雑な摂食行動を再現することができないことが最大の理由である。例えば歯による咀嚼を考えた場合、ヒトの顎運動は三次元的で複雑であるのに対し、機械の動作は二次元的で単調である。また、ヒトの咀嚼速度はダイナミックに変化し、最大で30-100 mm/秒といわれているのに対し、機械の変形速度は等速であり、最大で10 mm/秒程度である<sup>2)</sup>。このほか、咀嚼中の唾液分泌、温度や湿度の変化なども機械的に再現することが難しい。機器測定によってテクスチャーを解析する際は、その有益性と限界を理解しておく必要がある。

摂食過程で器官や筋肉から発せられるシグナルはヒトの感覚と直接関係し、テクスチャーの動的な変化を表す可能性がある。これらのシグナルを計測することが機器測定を補完だけでなく、新たなテクスチャー計測の手法となり得る。このような目的で食品のテクスチャー解析に生体計測を用いることができる。生体計測には筋電位測定<sup>14-17)</sup>、咀嚼圧測定<sup>18-22)</sup>、舌圧測定<sup>23-25)</sup>、および超音波流速測定<sup>26,27)</sup>などがある。嚥下造影検査<sup>28-30)</sup>および嚥下内視鏡検査などの画像解析は、摂食過程における食品の形状変化および生体内輸送を可視化して捉えることができる。ダイナミクスという観点からは、生体計測は機器測定と感覚測定の間位置する。摂食過程における食品の動的な変化を理解し、定量化することがテクスチャー研究の鍵であるといわれており<sup>31)</sup>、生体計測の食品開発への応用が期待されている。当社では食べやすさや飲みやすさを表す客観パラメータを生体計測から見出し、食開発における共通のものさしとすることを目標としている。

**3.1 筋電位測定** 摂食時の筋肉（群）の活動量や活動時間からテクスチャーを解析する試みがなされており、多くの食品が検討されている<sup>14-17)</sup>。本稿では米飯（酢飯）の筋電位測定について紹介する。

閉口筋である咬筋と開口筋である舌骨上筋群を対象筋とした。なお、舌骨上筋群は舌運動にも関与しており、口腔相から咽頭相への食塊の送り込みや嚥下の際にも活動する。一対の電極を皮膚表面に貼り付け、電極間の電位差を検出することで筋電図を導出した（図2）。試料として用いた酢飯は、別途炊飯した白飯100部に調合酢15%を添加して調製した。調合酢中に米飯用の品質改良剤であるビストップ® D-4023を1%添加する場合と添加しない場合で筋電図を比較した。同時に酢飯の力学特性の相違についても検討した。

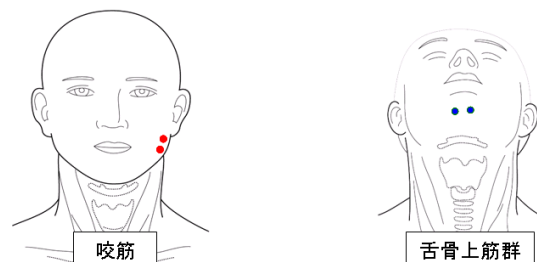


図2 筋電位電極の貼り付け位置

まず、筋電図に及ぼすビストップ® D-4023の効果について検討した。健康有歯顎者（30歳、女性）を被験者とし、酢飯15gを自然摂食（食べ方に制限を与えず摂食）させた。被験者にボタン押してもらうことで摂食開始点を決定し、筋電位信号がベースラインに回復した時点を摂食終了点とした。筋電図の比較から、ビストップ® D-4023添加区は無添加区に比べて摂食開始から終了までの時間が短くなるとともに、咬筋、舌骨上筋群ともにバースト数が減少し、振幅が小さくなった（図3）。ビストップ® D-4023の添加により、摂食中の咀嚼筋および舌の運動が小さくなることを示している。

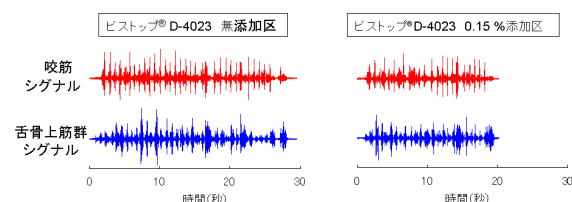


図3 酢飯摂食時の筋電図

次に酢飯の力学特性に及ぼすビストップ® D-4023の効果について検討した。一定形状（直径55mm、高さ30mmの円柱形）に整形した酢飯（5℃で16時間保存後、室温に戻したもの）を直径50mmの円柱型プランジャーを用いて荷重30Nまで圧縮（圧縮速度2mm/秒）し、その状態で10秒間静置後、除重（除重速度10mm/秒）した。距離-荷重曲線を求めるとともに、除重後の外観を観察した。ビストップ® D-4023添加区は荷重30Nに達するまで、無添加区に比べて約1.3倍の圧縮が必要であるとともに、距離-荷重曲線において降伏点（圧縮距離約8mm付近）がみられた（図4）。また、除重後の外観は米飯同士が結着することなく、ほぐれた状態であった（図4）。

以上の結果から、ビストップ® D-4023は米飯同士の結着を抑制し、ほぐれを改善させることで、摂食を容易にする（食べやすくする）ことが示唆された。

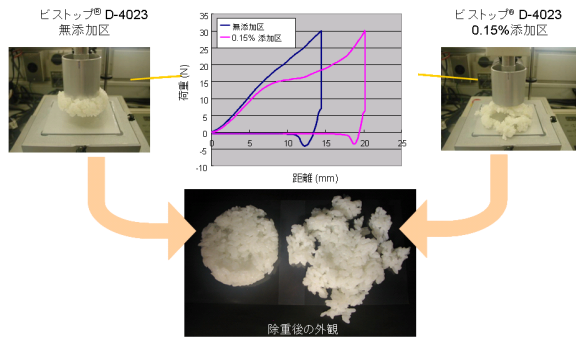


図4 酢飯の力学特性（距離—荷重曲線と除重後の外観）

**3.2 嚥下音解析** 嚥下音によるテクスチャーの解析は、例えばビールの喉越しの評価などに用いられている<sup>32)</sup>。本稿では嚥下困難者用食品を想定したゼリー状食品の嚥下音解析について紹介する。ゲル化剤としてサンサポート® G-1014 とサンサポート® K-S(F)を用い、ゼリー試料のかたさ（67%圧縮時の応力）を 1000 および 4000 Pa に調整した。7 名（平均年齢約 35 歳、男性 5 名、女性 2 名）の健常有歯顎者パネルを用い、嚥下音解析から生理学的な嚥下特性を、官能評価から感覚特性を評価した。嚥下音解析は、ゼリー試料 7.5 g をパネルに与え、舌と硬口蓋で食塊を形成後、全量を 1 回で飲み込むよう指示した。ゼリー試料の温度は 20℃とした。比較として同量の水および 0.9%キサンタンガム水溶液を用いた。喉頭蓋の位置に固定した振動センサーにリニアレコーダーを接続して嚥下音を録音し、音響解析装置を用いて波形を解析した（図 5）。感覚特性は咽頭通過時の食塊の付着性とまとまりやすさ、および飲み込みやすさを 5 段階のカテゴリー尺度によって評価した。嚥下音解析と同様、7.5 g のゼリー試料をパネルに与え、舌と硬口蓋で食塊を形成後、全量を 1 回で飲み込むよう指示した。一方、咀嚼シミュレーターを用いて食塊を機械的に調製し、動的粘弾性測定によりレオロジー特性を評価した。



図5 嚥下音解析の様子

水の嚥下音プロフィールを図 6 に示す。既報<sup>33)</sup>から、 $t_1$ は喉頭蓋の閉鎖音、 $t_2$ は食塊の咽頭相通過音、 $t_3$ は喉頭蓋の開放音に帰属できる。嚥下音解析から、サンサポート® G-1014 はサンサポート® K-S(F)に比べ、食塊の咽頭相通過に要する時間 ( $t_2$ ) が短いこと（図 7）、サンサポート® G-1014 は 0.9%キサンタンガム水溶液に、サンサポート® K-S(F)は水に嚥下音の音圧比（音響バランス）が近いことがわかった（図 8）。

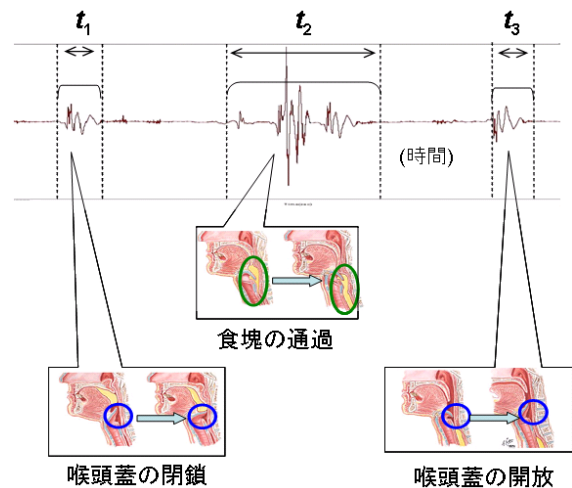


図6 水の嚥下音プロフィール

$t_1$ は喉頭蓋の閉鎖音、 $t_2$ は食塊の咽頭相通過音、 $t_3$ は喉頭蓋の開放音に帰属される。

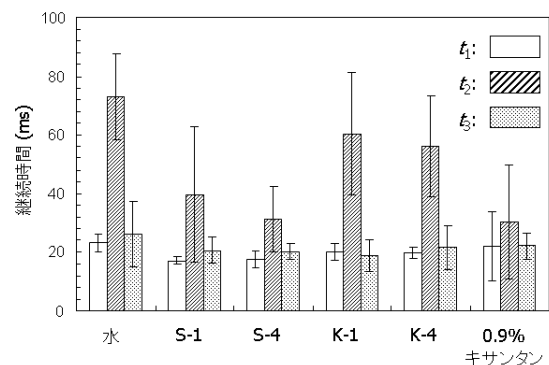


図7 ゼリー状食品の嚥下音解析（継続時間）

試料名 S: サンサポート® G-1014, K: サンサポート® K-S(F) -1 はゲル強度 1000 Pa, -4 はゲル強度 4000 Pa を示す。

また、官能評価から、サンサポート® G-1014 はサンサポート® K-S(F)に比べ口腔内でまとまりやすい（食塊形成性が高い）と評価された（図 9）。嚥下音解析で得られた  $t_2$  とまとまり感の感覚強度には相関が認められ、 $t_2$  が短いほど感覚的なまとまり感が高いと評価されることが示された。

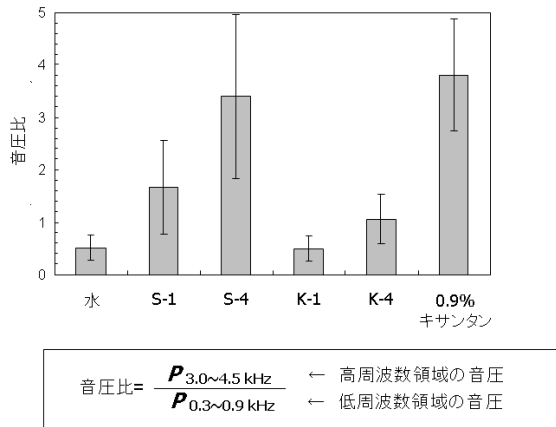


図8 ゼリー状食品の嚥下音解析 (音圧比)  
試料名S:サンサポート®G-1014, K:サンサポート®K-S(F)  
-1はゲル強度 1000 Pa, -4はゲル強度 4000 Paを示す。

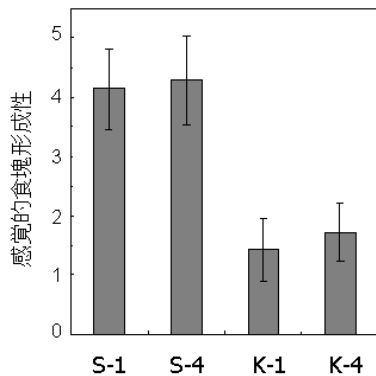


図9 ゼリー状食品の感覚評価(食塊形成性—まとも感)  
試料名S:サンサポート®G-1014, K:サンサポート®K-S(F)  
-1はゲル強度 1000 Pa, -4はゲル強度 4000 Paを示す。

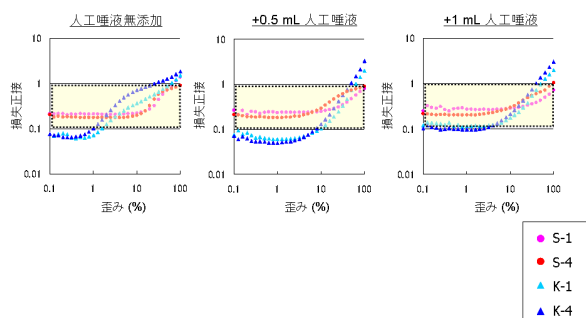


図10 ゼリー状食品の食塊レオロジー (損失正接の歪み依存性)  
試料名S:サンサポート®G-1014, K:サンサポート®K-S(F)  
-1はゲル強度 1000 Pa, -4はゲル強度 4000 Paを示す。

食塊のレオロジー測定から、サンサポート®G-1014はレオロジー的に弱いゲル(構造化した液体)の挙動を示し、サンサポート®K-S(F)に比べて構造的均一性が高かった(図10)。また、サンサポート®G-1014はサンサポー

ト®K-S(F)に比べ人工唾液の添加量によるレオロジー特性の変化が小さかった。

以上の結果から、サンサポート®G-1014が口腔内の生理状態に依存せずすぐに飲み込める状態となり、均一な塊となって(ばらばらにならずに)咽頭相を通過することを示しており、サンサポート®G-1014のもつ弱いゲルの性質が飲み込みやすさと関係していると考えられる。

#### 4. テクスチャーによる味覚制御

口腔内における味覚強度は食品の粘度あるいはゲル強度の増加により減少することが実験的に確かめられている。砂糖、塩化ナトリウム、カフェインあるいは酒石酸の感覚閾値は水<泡くゲルの順に高くなる<sup>34)</sup>。

##### 4.1 ゲル状食品における味覚制御

ゲル状食品では、甘味の感覚強度は多糖類ゲル(ジェランガム、κカラギナン、アルギン酸カルシウム、およびキサンタンガム/ローカストビーンガム併用ゲル)の破断歪みが減少するに従って増加する<sup>35)</sup>。破断歪みが小さく、脆いテクスチャーのゲルは摂食過程の初期段階で容易に崩壊し、食塊の表面積が増加することにより口腔内で唾液と接触しやすくなる。唾液中への甘味物質の溶出が促進され、甘味を強く感じやすくなると考えられる。実際、食塊の平均粒子径は食品の力学特性によって異なることが報告されており、かたくて脆い食品(例えば、ピーナッツ)で小さく、壊れにくい食品(例えば、ジャーキー)ほど大きくなる<sup>36)</sup>。つまり、食塊におけるゲル粒子のサイズは、唾液との相互作用という点で味覚強度に影響を及ぼす。別の実験では、甘味と酸味を合わせた総合的な味覚強度が、多糖類ゲルの破断応力の増加によって直線的に減少することが示されている<sup>37)</sup>。しかしながら、ゼラチンのゲルは回帰直線よりも上方に、ジェランガム(低アシル型)/キサンタンガム/ローカストビーンガム併用のゲルは回帰直線よりも下方に味覚強度が位置する。ゼラチンゲルは口腔内で融解することで味覚強度が増強される。併用ゲルで味覚強度が低くなる理由は、併用ゲルの変形しやすく、壊れにくいテクスチャーによるものである。味覚成分がゲルの中に閉じ込められるとともに、食塊の唾液との接触面積が減少することで、唾液への溶出が抑制されることによる。匂いの感覚強度が、鼻腔中の香氣成分濃度や放出速度よりもテクスチャーによって影響を受けることが示されている<sup>38)</sup>。

##### 4.2 液状およびペースト状食品における味覚制御

液状およびペースト状食品では、多糖類(アルギン酸、カルボキシメチルセルロース、およびグアーガム)添加による粘度増加によってフレーバー(味と匂い)の感覚強度が減少する<sup>35)</sup>。フレーバーの感覚強度は粘度の増加

によって単調に減少するわけではない。一定濃度までは感覚強度は変化しないが、コイル重なり合い濃度である  $G'$  を越えると急激に減少し、これは多糖類の種類によらず同じである。言い換えると、多糖類が無秩序なランダムコイル構造をとる限り、フレーバーの感覚強度に及ぼす多糖類の影響は  $G'$  で規格化されるということである。粘度の増加によりフレーバー成分の拡散や揮発が抑制され、感覚強度が低下するものと考えられる。フレーバーの感覚強度に及ぼす多糖類の影響は味-匂い相互作用の観点からも説明できる。ハイドロキシプロピルメチルセルロースおよび入-カラギナンの添加により、鼻腔内の香气成分濃度は変化しないにもかかわらず、塩味およびガーリックフレーバーの感覚強度がともに減少することが示されている<sup>39)</sup>。

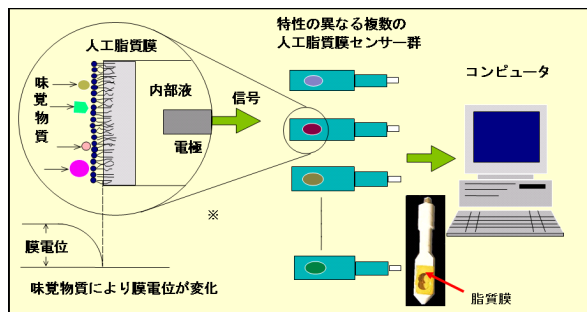


図11 味覚センサーの模式図

キサンタンガムはフレーバーリリースのよい増粘剤であるといわれている<sup>40)</sup>。これを確認する目的で以下の実験を行った。甘味物質として砂糖（5%）、塩味物質として食塩（0.3%）、酸味物質としてクエン酸（0.1%）を用い、それぞれの水溶液を調製した。得られた水溶液にキサンタンガム（0.7%）あるいはローカストビーンガム（0.8%）を添加し、ずり速度  $10\text{ s}^{-1}$  のときの粘度を約  $1500\text{ mPa}\cdot\text{s}$  に調整した。ここでずり速度  $10\text{ s}^{-1}$  は、比較的高粘度の液状あるいはペースト状食品について、ヒトが粘さを感じられるときの口腔内状態を再現するものである<sup>41)</sup>。各味覚成分を含む水溶液（増粘剤無添加）を対照として、機器（味覚センサー）による味覚強度（物質濃度）と官能評価による味覚強度（感覚強度）を測定した。味覚センサーとは、味覚毎（塩味、酸味、苦味、渋味、旨味のセンサー。甘味のセンサーはない）に調製された人工脂質膜を試料に30秒間浸漬し（ほぼ平衡状態とみなせる）、味覚成分の吸着によって生じる膜電位の変化から、物質濃度に相当する味覚強度を求めるものである（図11）。官能評価は7名の健常有歯顎者パネル（平均年齢約32歳、男性4名、女性3名）により、甘味、塩味、酸味の味覚強度を測定した。評価にはVAS（Visual Analogue Scale）

法を用い、対照（増粘剤無添加）を基準（±0）としたときの味覚強度を±100mmのライン上に回答させた。

味覚センサーの結果から、塩味（0.3%食塩）および酸味（0.1%クエン酸）とも、キサンタンガムの添加によって抑制されるが、ローカストビーンガムの添加によってほとんど影響を受けないことがわかった（図12）。塩味および酸味ともにキサンタンガムはローカストビーンガムに比べて保持効果が高いことを示しており、これはキサンタンガムの超分子構造（図13）に味覚成分が包摂されることによるものと考えられる。キサンタンガムの分

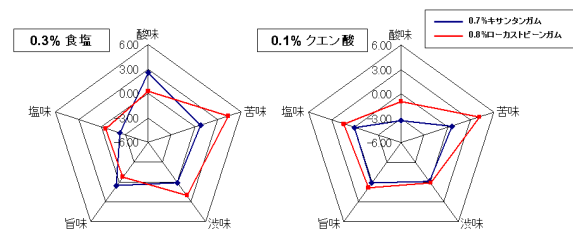


図12 味覚センサーによる味覚強度の評価  
この場合の味覚強度は平衡状態における物質濃度に相当する。各項目とも対照（増粘剤無添加）を基準（±0）としたときの値

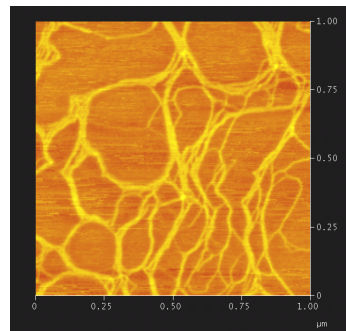


図13 キサンタンガムの超分子構造（分子会合体構造）  
原子間力顕微鏡による観察  
剪開したマイカ表面にキサンタンガム水溶液（1 µg/ml）を2 µl 滴下し、風乾後、タッピングモードで形状を観察。

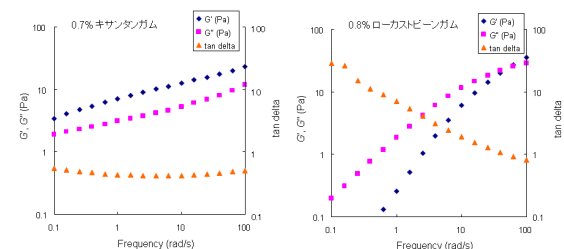
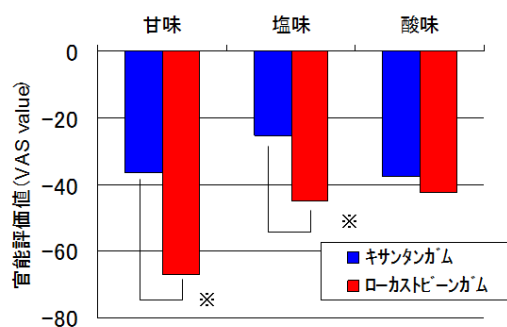


図14 多糖類溶液の動的粘弾性の周波数依存性  
歪み：10%，プランジャー形状：直径 50 mm 円錐一平板型、測定温度：20℃

子は比較的剛直で伸びており、溶液中でも規則的な会合体を形成する。キサンタンガムの分子会合体構造は溶液に固体的なレオロジー的性質を付与する（図14）。

官能評価の結果から、甘味、塩味ともキサンタンガム添加区の方がローカストビーンガム添加区よりも強く感じることがわかった（図15）。塩味の味覚強度について、前述の味覚センサーの結果と必ずしも一致していない。これは平衡状態における味覚成分の物質濃度だけではヒトの感覚強度を表せないことを表している。ヒトの感覚強度は静的な物質濃度よりも動的な物質濃度変化と関係していると考えられる<sup>42)</sup>。酸味も甘味や塩味と同様の傾向があるが、統計的な有意差はみられなかった。酸味によって唾液の分泌が惹起されるが、唾液の緩衝作用（炭酸水素イオンによる水素イオンの緩衝作用）によって酸味に対する感覚強度が低下するためと考えられる<sup>43)</sup>。



※ クレーマーの順位検定に於いて、有意水準5%で有意差あり

図15 味覚強度の感覚評価

キサンタンガムはとろみ調整食品の基剤となる増粘剤である<sup>44)</sup>。キサンタンガムは弱いゲルのレオロジー挙動を示し、咽頭相をまとまって（短時間で）通過するため飲みやすいとされる<sup>45)</sup>。一方、フレーバーによって嚥下行動が誘発される可能性が指摘されており<sup>46)</sup>、テクスチャーだけでなくフレーバーリリースの面からも、とろみ調整食品としてのキサンタンガムの有効性を説明できる。

以上のように、固体状および液状食品のいずれにおいても、食品のテクスチャーを調整することにより、フレーバーの感覚強度をコントロールできる。テクスチャーによって好ましいフレーバーを増強する（エンハンス効果）し、好ましくないフレーバーを抑制する（マスキング効果）できるということであり、おいしい食開発に利用できる。

## 5. 介護食分野におけるテクスチャーの創造

加齢や疾病などにより咀嚼や嚥下機能が低下する場合がある。特に嚥下機能の低下は、誤嚥性肺炎や脱水などの原因となる。誤嚥を回避するため、栄養摂取の方法を

経口から経管あるいは経静脈に一時的に変えることがあるが、食べる楽しみの喪失という面で QOL (Quality of Life) の低下は避けられない。

このような状況の下、咀嚼・嚥下困難者用食品として多くの製品が開発・上市されている。咀嚼・嚥下困難者用食品は、「水分補給型食品」、「栄養補給型食品」、「濃厚流動食」、および「補助食品」に大別することができる。本稿ではこれらの食品を総称して介護食と呼ぶ。

介護食は咀嚼・嚥下困難者や高齢者の方だけではなく、歯の治療などで一時的に食事が不自由な健常者にも適応できることから、2002年4月に設立された日本介護食品協議会はその名称をユニバーサルデザインフード（以下UDF）とし、一般消費者への普及を目指している。UDFでは、食品を「かたさ」や「粘度」に応じて4区分に分類し、かむ力や飲み込む力の目安を示している。また、食品に添加することで食感を調節し、摂食しやすい状態にするための食品（補助的な位置づけ）として、「とろみ調整食品」を加えている（表1）<sup>47)</sup>。

表1 ユニバーサルデザインフードの区分（日本介護食品協議会）

| 分類      | 区分形状                                                    | かむ力の目安              | 飲み込む力の目安            | 物性規格                                                 |                    | 性状等                                                 |
|---------|---------------------------------------------------------|---------------------|---------------------|------------------------------------------------------|--------------------|-----------------------------------------------------|
|         |                                                         |                     |                     | かたさ<br>上限値<br>N/m <sup>2</sup>                       | 粘度<br>下限値<br>mPa・s |                                                     |
| 区分1     | 容易にかめる                                                  | かたいものや大きいものはやや食べづらい | 普通に飲み込める            | 5×10 <sup>5</sup>                                    |                    |                                                     |
| 区分2     | 歯ぐきでつぶせる                                                | かたいものや大きいものは食べづらい   | ものによっては飲み込みづらいことがある | 5×10 <sup>4</sup>                                    |                    |                                                     |
| 区分3     | 舌でつぶせる                                                  | 細かくてやわらかければ食べられる    | 水やお茶が飲み込みづらいことがある   | ゾル:<br>1×10 <sup>4</sup><br>ゲル:<br>2×10 <sup>4</sup> | ゾル:<br>1500        | ゲルについては著しい離水がないこと。固形物を含む場合は、その固形物は舌でつぶせる程度にやわらかいこと。 |
| 区分4     | かまなくてよい                                                 | 固形物は小さくても食べやすい      | 水やお茶が飲み込みやすい        | ゾル:<br>3×10 <sup>3</sup><br>ゲル:<br>5×10 <sup>3</sup> | ゾル:<br>1500        | ゲルについては著しい離水がないこと。固形物を含まない均質な状態であること。               |
| とろみ調整食品 | 水、飲み物、食物に添加することで適切な物性を付与し、摂食しやすい状態に物性を調整できる食品又は食品添加物をいう |                     |                     |                                                      |                    |                                                     |

一方、国が定める制度として特別用途食品制度がある。従来、特別用途食品制度では「高齢者用食品」の分類の中に「そしゃく困難者用食品」（※ひらがな表記）と「そしゃく・えん下困難者用食品」（※ひらがな表記）が定められていたが、2009年4月の制度改定後、「高齢者用食品」が削除され、新たに「えん下困難者用食品」が設定された。「えん下困難者用食品」において、力学特性に関する許可基準は3つのパラメータによって規定されている。（表2）<sup>48)</sup>。

表2 えん下困難者用食品の許可基準（消費者庁）

| 規格 ※1                                      | 許可基準Ⅰ ※2                               | 許可基準Ⅱ ※3                               | 許可基準Ⅲ ※4                             |
|--------------------------------------------|----------------------------------------|----------------------------------------|--------------------------------------|
| 硬さ<br>(一定速度で圧縮したときの抵抗) (N/m <sup>2</sup> ) | 2.5×10 <sup>3</sup> ～1×10 <sup>4</sup> | 1×10 <sup>3</sup> ～1.5×10 <sup>4</sup> | 3×10 <sup>2</sup> ～2×10 <sup>4</sup> |
| 付着性 (J/m <sup>2</sup> )                    | 4×10 <sup>2</sup> 以下                   | 1×10 <sup>3</sup> 以下                   | 1.5×10 <sup>3</sup> 以下               |
| 凝集性                                        | 0.2～0.6                                | 0.2～0.9                                | —                                    |

※1 常温及び喫食の目安となる温度のいずれの条件であっても規格基準の範囲内であること。

※2 均質なものの（例えば、ゼリー状の食品）。

※3 均質なものの（例えば、ゼリー状又はムース状等の食品）。ただし、許可基準Ⅰを満たすものを除く。

※4 不均質なものも含む（例えば、まとまりのよいおかゆ、やわらかいペースト状又はゼリー寄せ等の食品）。ただし、許可基準Ⅰ又は許可基準Ⅱを満たすものを除く。

介護食の開発においては、通常の加工食品に比べ、力学特性の設定がより重要になる。食品の力学特性は口腔、咽頭での感覚（すなわち、テクスチャー）に直接的に関与する。高齢者や咀嚼・嚥下困難者にとって、食品が「かみ砕けるかたさかどうか」、「口の中でまとまりやすいかどうか」、「のみこみやすいかどうか」が重要であり、従って、介護食の力学特性は、高齢者や咀嚼・嚥下困難者の感覚特性に配慮したものでなければならない。一方で、特に日本人は「目で食べる」と言われるほど外観を重要視する。例えば懷石料理のように美しく並べられた一品一品を、いくら噛みやすい、飲みやすいからといって全部ミキサーにかけてどろどろのペースト状にしてしまったら、はたして食欲はわくであろうか。食べるよろこびを与えることが食開発の使命であり、介護食でもおいしさにこだわるのが重要であると考えられる。

本稿では「全ての人に食べるよろこびを」というコンセプトにより開発した当社のゲル化剤製剤とその食品応用について紹介する。

**5.1 おかゆゼリー（レトルタイプ）** 米飯（ご飯やおかゆ）は日本人の主食であり、米飯のおいしさに及ぼすテクスチャーの影響は大きい。咀嚼・嚥下困難者や高齢者の方々には、かたすぎたり、口の中でばらばらになるようなご飯は食べにくい場合がある。おかゆは、ご飯よりもやわらかく咀嚼が容易であるが、一般に粘りが強く、また口の中で飯と水が分離し、誤嚥を誘発する場合もある。

そこで、おかゆをゼリーにすることにより、舌で潰せる程度にやわらかく、粘りを抑え、離水が少なく、まとまり感のあるレトルトおかゆゼリーを開発した。レトルトおかゆゼリーの調製には、サンサポート® G-1023 とビストップ® D-4023 の併用が有効である。

サンサポート® G-1023 は寒天を主剤とし、ローカストビーンガム、グァーガムを併用した製剤である。寒天のゲルは一般的に脆い食感で、まとまり感が低く、離水が多い傾向にある。寒天にローカストビーンガムやグァーガムなどを併用することにより、寒天のもろい食感を軽

減し、まとまり感を付与し、離水を低減することができる。一方、ビストップ® D-4023 はアラビアガムとプルランを併用した製剤である（筋電位の実験でも使用）。ビストップ® D-4023 が米粒をコーティングすることにより、米粒同士の結着を抑制し、付着性を低減することができる。

表3 レトルトおかゆゼリー（七部防ゆ）の処方および調製法

|                  | ブランク (g) | 添加区 (g) |
|------------------|----------|---------|
| 1 生米（粉砕済み）       | 12.5     | 12.5    |
| 2 サンサポート® G-1023 | -        | 1.2 *   |
| 3 ビストップ® D-4023  | -        | 0.1 *   |
| 4 水              | 87.5     | 86.2    |
| 合計               | 100.0    | 100.0   |

\* は三栄源エフ・エフ・アイ株式会社の製品です。

1) 80℃の水に2と3を添加し、10 分間搅拌溶解します。

2) 1を添加し、3 分間搅拌します。

3) 水分補正後、カップに充填します。

4) 121℃、20 分間レトルト加熱殺菌します。

5) 8℃で1 時間冷却します。

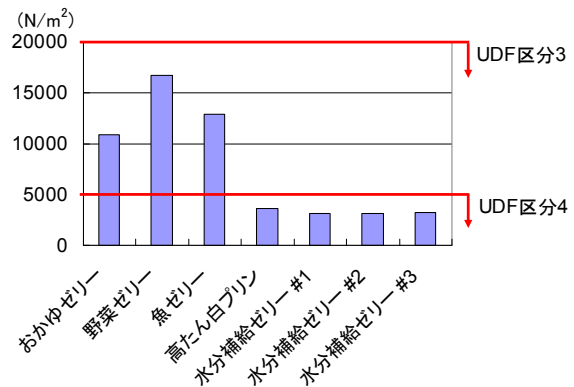


図16 20℃における「かたさ」とUDF区分での位置付け

サンサポート® G-1023 とビストップ® D-4023 を使用したレトルトおかゆゼリー（七部防ゆ）の処方と調製法を表3に示す。米の食感を残し、なおかつ咀嚼・嚥下困難者や高齢者の方にも食べやすいように、生米（無洗米）を予めミキサー処理し、米粒を約2 mm程度の大きさに細粒化している。このように調製したレトルトおかゆゼリーは、付着性がほとんどなく、やわらかく咀嚼が容易であり、まとまり感があって嚥下しやすい食感である。また、カップの縁におかゆが付着することなく、ゼリーの形状を保持したまま容器から取り出すことができる。このレトルトおかゆゼリーの「かたさ」は、UDFの区分3（舌でつぶせる）に相当する（図16）。

**5.2 高栄養プリン（レトルタイプ）** 咀嚼・嚥下困難者や高齢者の方は健康者に比べて一般的に一回の

食事量が少なく、食事を通じて必要な栄養を摂取するためには栄養成分含量を高めた食品が必要となる。

三大栄養素の一つであるたん白質に着目し、たん白含量を 13 %にまで高めたレトルトプリンを開発した。レトルトタイプの高たん白プリンの調製には、サンサポート® G-1020P の使用が有効である。

プリンをレトルト殺菌すると通常、たん白質の凝集により荒れが生じ、ざらつきのある食感になる。サンサポート® G-1020P は、寒天とカラギナンを主剤(ゲル化目的)とし、たん白質の安定化目的で発酵セルロースを併用した製剤である。寒天、カラギナン、発酵セルロースの配合を最適化することにより、レトルト殺菌後でもたん白質が凝集することなく、やわらかくなめらかな食感のプリンを調製することができる。なめらかさは食感の快につながる重要な要素である<sup>11)</sup>。

サンサポート® G-1020P を使用したレトルト高たん白プリンの処方と調製法を表4に示す。このレトルト高たん白プリンの「かたさ」は、UDF の区分4 (かまなくてよい) に相当する (図16)。

表4 レトルト高たん白プリンの処方

|                                  | (g)   |    |
|----------------------------------|-------|----|
| 1 シンプレス 100                      | 14.2  | ** |
| 2 カゼインナトリウム                      | 6.1   |    |
| 3 ヤシ油                            | 3.0   |    |
| 4 サンサポート® G-1020P                | 0.8   | *  |
| 5 アズキ フレーバー No.68901 (P)         | 0.5   | *  |
| 6 サンレッド® No.2384                 | 0.1   | *  |
| 7 ネオサンマルク® AG                    | 0.1   | *  |
| 8 サンスイート® SA-8020                | 0.08  | *  |
| 9 ミルク モディファイヤー ベース No.100 (P)    | 0.05  | *  |
| 10 フラボスタビル® フレーバー No.2900 (N)(P) | 0.05  | *  |
| 11 水                             | 74.97 |    |
| 合計                               | 100.0 |    |

\* は三栄源エフ・エフ・アイ株式会社の製品です。

\*\* は CP Kelco 社の製品です。

1) 80℃の水に1~4、7、8、11を添加し、10分間攪拌溶解します。

2) 5、6、9、10を添加します。

3) 水分補正後、ホモゲナイザーで均質化(15 MPa)し、カップに充填します。

4) 121℃、20分間レトルト加熱殺菌します。

5) 8℃で1時間冷却します。

### 5.3 惣菜ゼリー (レトルトタイプ) 咀嚼・嚥下

困難者の方に対し、野菜、魚、肉などの惣菜類はきざみ食、あるいはきざみ食にとろみをつけて提供される場合が多い。惣菜をきざみ食とした場合、まとまり感がなく、口腔内に残渣が残りやすい食感になる傾向がある。均質化した食材を固形化して惣菜ゼリーとすることで、これらの課題を解決することができる。

舌でつぶせる程度にやわらかく、付着性が小さく、離水が少なく、まとまり感のある食感を有するレトルトタイプの惣菜ゼリーの調製には、サンサポート® G-1023 の使用が有効である。

サンサポート® G-1023 を使用したレトルト野菜ゼリー (にんじん) とレトルト魚ゼリー (さば) の処方と調製法を表5に示す。いずれの惣菜ゼリーもやわらかく容易に咀嚼でき、付着性がほとんどなく、まとまり感のある食感である。また、カップから取り出したときに形状を保持することができる。これらの惣菜ゼリーの「かたさ」は、UDF の区分3に相当する (図16)。

表5 レトルト惣菜ゼリーの処方

|    |                | 野菜 (g) | 魚 (g) |
|----|----------------|--------|-------|
| 1  | にんじんペースト       | 80.0   | -     |
| 2  | さばペースト         | -      | 66.7  |
| 3  | サンサポート® G-1023 | 1.2    | 1.2 * |
| 4  | 水              | 18.8   | 32.1  |
| 合計 |                | 100.0  | 100.0 |

\* は三栄源エフ・エフ・アイ株式会社の製品です。

1) 20℃の水に3を添加し、3分間攪拌します。

2) 1、2を添加し、3分間攪拌します。

3) カップに充填します。

4) 121℃、20分間レトルト加熱殺菌します。

5) 8℃で1時間冷却します。

口腔内プロセスによって生じる食感の変化、フレーバーの変化を味わい、感じながら、一方で食塊を容易に形成できる(飲み込める状態に容易に変化する)食品作りが介護食開発の目指すべき方向であると考えられる。これら一見相反する性質をバランスすることが、まさにテクスチャーデザインの真髄といえる。

## 6. 結言

テクスチャーはおいしさの基盤であり、テクスチャーを制するものが食開発を制するといっても過言ではない。テクスチャーは物理的な味だけでなく、化学的な味にも影響を与えるからである。食品のテクスチャーデザインのためには、テクスチャーの数値化、定量化が重要な課題であり、生体計測が有効なアプローチになる。「テクスチャーデザインから全ての人に食べるよろこびを」を目標に、革新的な食開発、食提案を続けていきたい。

## 文 献

- 1) Nishinari, K.: Polysaccharide rheology and in-mouth perception, In Food polysaccharides and their applications, 2nd ed., A. M. Stephen, G. O. Phillips and P. A. Williams (Eds.), CRC Press, Boca Raton, FL, 2006, pp. 541-588.
- 2) 神山かおる: 食感創造ハンドブック, 「テクスチャー特性」, 西成勝好, 大越ひろ, 神山かおる, 山本隆編, サイエンスフォーラム, 2005, pp. 185-191.
- 3) 西成勝好: 食品の新しいテクスチャーモディファイヤー 異種食品ハイドロコロイド間相互作用とその利用可能性, 化学と生物, 34, 197-204, 1996.

- 4) van Olphen, H. and Mysels, K.: J. International Union of Pure and Applied Chemistry. Commission I.6: Colloid and Surface Chemistry, La Jolla, C. A., 1975.
- 5) Williams, P. A. and Phillips, G. O.: Introduction to food hydrocolloids, In Handbook of hydrocolloids, G. O. Phillips and P. A. Williams (Eds.), Woodhead Publishing Ltd., Cambridge, 2000, pp. 1-19.
- 6) Nishinari, K.: Texture and rheology in food and health. Food Sci. Technol. Res., 15, 99-106, 2009.
- 7) Quinchia, L. A., Valencia, C., Partal, P., Franco, J. M., Brito-de Fuente, E. and Gallegos, C.: Linear and non-linear viscoelasticity of puddings for nutritional management of dysphagia. Food Hydrocolloids, 25, 586-593, 2011.
- 8) Schiffman, S.: Food recognition by the elderly. J. Gerontol., 32, 586-592, 1977.
- 9) Schiffman, S., Musante, G. and Conger, J.: Application of multidimensional scaling to ratings of foods for obese and normal weight individuals. Physiol. Behav., 21, 417-422, 1978.
- 10) Hutchings, J. B. and Lillford, P. J.: The perception of food texture - the philosophy of the breakdown path, J. Texture Stud., 19, 103-115, 1988.
- 11) 山口静子：食感創造ハンドブック，「食感とたべるよろこび」，西成勝好，大越ひろ，神山かおる，山本隆編サイエンスフォーラム，2005，pp. 31-39.
- 12) 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)，21，16-26，2007.
- 13) Boume, M. C.: Sensory methods of texture and viscosity measurement, In Food texture and viscosity, concept and measurement 2nd Ed., M. C. Boume (ed.), Academic Press, San Diego, CA, 2002, pp. 257-291.
- 14) Kohyama, K., Nakayama, Y., Watanabe, H. and Sasaki, T.: Electromyography of eating apples. Influence of cooking, cutting, and peeling. J. Food Sci., 70, S257-S261, 2005.
- 15) Kohyama, K., Ohtsubo, K., Toyoshima, H. and Shiozawa, K.: Electromyographic study on cooked rice with different amylose contents. J. Texture Stud., 29, 101-113, 1988.
- 16) Kohyama, K., Sawada, H., Nonaka, M., Kabori, C., Hayakawa, F. and Sasaki, T.: Textural evaluation of rice cake by chewing and swallowing measurements on human subjects. Biosci. Biotechnol. Biochem., 71, 358-365, 2007.
- 17) Kohyama, K., Yamaguchi, M., Kabori, C., Nakayama, Y., Hayakawa, F. and Sasaki, T.: Mastication effort estimated by electromyography for cooked rice of differing water content. Biosci. Biotechnol. Biochem., 69, 1669-1676, 2005.
- 18) Kohyama, K., Hatakeyama, E., Dan, H. and Sasaki, T.: Effects of sample thickness on bite force for raw carrots and fish gels. J. Texture Stud., 36, 157-173, 2005.
- 19) Kohyama, K. and Nishi, M.: Direct measurement of biting pressures for crackers using a multiple-point sheet sensor. J. Texture Stud., 28, 605-617, 1997.
- 20) Kohyama, K., Nishi, M. and Suzuki, T.: Measuring texture of crackers with a multiple-point sheet sensor. J. Food Sci., 62, 922-925, 1997.
- 21) Kohyama, K., Sakai, T., Azuma, T., Mizuguchi, T. and Kimura, I.: Pressure distribution measurement in biting surimi gels with molars using a multiple-point sheet sensor. Biosci. Biotechnol. Biochem., 65, 2597-2603, 2001.
- 22) Kohyama, K., Sasaki, T. and Dan, H.: Active stress during compression testing of various foods measured by a multiple-point sheet sensor. Biosci., Biotechnol., Biochem., 67, 1492-1498, 2003.
- 23) Nakazawa, F. and Togashi, M.: Evaluation of food texture by mastication and palatal pressure, jaw movement and electromyography, In Hydrocolloids part 2 fundamentals and applications in food, biology, and medicine, K. Nishinari (Ed.), Elsevier, Amsterdam, 2000, pp. 473-483.
- 24) Takahashi, J. and Nakazawa, F.: Palatal pressure patterns of gelatin gels in the mouth, J. Texture Stud., 22, 1-11, 1991.
- 25) Takahashi, J. and Nakazawa, F.: Effects of dimensions of agar and gelatin gels on palatal pressure patterns. J. Texture Stud., 23, 139-152, 1992.
- 26) Kumagai, H., Tashiro, A., Hasegawa, A., Kohyama, K. and Kumagai, H.: Relationship between flow properties of thickener solutions and their velocity through the pharynx measured by the ultrasonic pulse Doppler method. Food Sci. Technol. Res., 15, 203-210, 2009.
- 27) Nakazawa, F., Ohno, M., Morita, A. and Takahashi, J.: Ultrasonic measurement of the velocity through the pharynx of swallowed rice boiled with differing water content. Journal of Home Economics of Japan, 51, 1067-1071, 2000.
- 28) Clave, P., De Kraa, M., Arreola, V., Girvent, M., Farre, R., Palomera, E. and Serra-Prat, M.: The effect of bolus viscosity on swallowing function in neurogenic dysphagia. Aliment. Pharm. Ther., 24, 1385-1394, 2006.
- 29) Okazawa, M., Konishi, H., Yoshida, T., Katsumata, A., Iida, Y. and Fujishita, M.: Properties of rice porridge (gruel) as a meal for patients with swallowing disorder. The Journal of Gifu Dental Society, 35, 7-12, 2008.
- 30) Saitoh, E., Shibata, S., Matsuo, K., Baba, M., Fujii, W. and Palmer, J. B.: Chewing and food consistency: effects on bolus transport and swallow initiation. Dysphagia, 22, 100-107, 2007.
- 31) Chen, J.: Food oral processing- A review. Food Hydrocolloids, 23, 1-25, 2009.
- 32) Kojima, H., Kaneda, H., Watari, J., Nakamura, Y. and Hayashi, T.: Development of a biometric system for the

- measurement of swallowing motion while drinking beer. J. Am. Soc. Brew. Chem., 67, 1-7, 2009.
- 33) Hamlet S. L., Patterson R. L., Fleming S. M. and Jones L. A.: Sounds of swallowing following total laryngectomy. *Dysphagia* 7, 160-165, 1992.
  - 34) Mackey, A., & Valassi, K. The discernment of primary tastes in the presence of different food textures, *Food Technol. -Chicago*, 10, 238-240, 1956.
  - 35) Morris, E. R.: Rheological and organoleptic properties of food hydrocolloids, In *Food Hydrocolloids, Structures, Properties, and Functions*, K. Nishinari and E. Doi (Eds.), Plenum Press, New York, 1993, pp. 201-210.
  - 36) Jalabert-Malbos, M. L., Mishellany-Dutour, A., Woda, A., & Peyron, M. A. Particle size distribution in the food bolus after mastication of natural foods. *Food Qual. Prefer.*, 18, 803-812, 2007.
  - 37) Clark, R.: Influence of hydrocolloids on flavour release and sensory-instrumental correlations, In *Gums and Stabilisers for the Food Industry 11*, G. O. Phillips and P. A. Williams (Eds.), Royal Society of Chemistry, Cambridge, 2002, pp. 217-224.
  - 38) Weel, K. G. C., Boelrijk, A. E. M., Alting, A. C., van Mil, P. J. J. M., Burger, J. J., Gruppen, H., Voragen, A. G. J. and Smit, G.: Flavor release and perception of flavored whey protein gels. Perception is determined by texture rather than by release. *J. Agric. Food Chem.*, 50, 5149-5155, 2002.
  - 39) Cook, D. J., Linforth, R. S. T. and Taylor, A.: Effects of hydrocolloid thickeners on the perception of savory flavors. *J. Agric. Food Chem.*, 51, 3067-3072, 2003.
  - 40) 西成勝好：食品ハイドロコロイドの開発と応用, 「序論—ハイドロコロイドとは」, 西成勝好監修, シーエムシー出版, 2007, pp. 1-20.
  - 41) Sharma, F. and Sherman, P.: Identification of stimuli controlling the sensory evaluation of viscosity II. Oral methods. *J. Texture Stud.*, 4, 111-118, 1973.
  - 42) Bylaite, E., Ilgūnaitė, Z., Meyer, A. S. and Adler-Nissen, J.: Influence of  $\lambda$ -carrageenan on the release of systematic series of volatile flavor compounds from viscous food model systems. *J. Agric. Food Chem.*, 52, 3542-3549, 2004.
  - 43) 松尾龍二：食感創造ハンドブック, 「睡眠」, 西成勝好, 大越ひろ, 神山かおる, 山本隆編, サイエンスフォーラム, 2005, pp. 57-63.
  - 44) 船見孝博, 堤之達也, 岸本一宏：とろみ調整食品や介護食品に使用されている増粘剤およびゲル化剤, *日本調理科学会誌*, 39, 233-239, 2006.
  - 45) Nakauma, M., Ishihara, S., Funami, T. and Nishinari, K.: Swallowing profiles of food polysaccharide solutions with different flow behaviors, *Food Hydrocolloids*, 25, 1165-1173, 2011.
  - 46) 山田好秋, 高辻華子, 北川純一, 山村健介：嚥下誘発と味覚・うま味の関連, *日本味と匂学会誌*, 17, 127-132, 2010.
  - 47) 日本介護食品協議会：ユニバーサルデザインフード 自主規格 第2版, 2011.
  - 48) 消費者庁食品表示課長：特別用途商品の表示許可等について 別紙1 第5 えん下困難者用食品たる表示の許可基準, 2011.

## 虚血小腸の微小循環血流に対する大建中湯の効果

川崎 成郎\*, 古川 良幸\*\*, 鈴木 裕\*

### Effect of Dai-kenchu-to on Intestinal Micro Blood Flow

Naruo KAWASAKI\*, Yoshiyuki FURUKAWA\*\* and Yutaka SUZUKI\*

\*国際医療福祉大学病院 外科 [〒329-2763 栃木県那須塩原市井口 537-3]

\*\*柏たなか病院 外科 [〒277-0871 千葉県柏市若柴 110]

\*Dept. of Surgery, International University Health and Welfare Hospital

\*\*Dept. of Surgery, Kashiwa Tanaka Hospital

[Received: September 3, 2011; Accepted: October 6, 2011]

Many of the patients administered Dai-kenchu-to reported that they felt warm in their four limbs and trunk. We examined the effects of Dai-kenchu-to on blood flow in the gastrointestinal tract to ascertain whether it had any peripheral circulation-improving activity. Mature beagle dogs were treated with general anesthesia. After laparotomy, ischemic intestine was made in the jejunum, and a silicon tube was inserted into the body of the stomach for drug administration. At the ischemic intestine, marked decreases of mean blood velocity and volume were observed; however, they were significantly improved with administration of Dai-kenchu-to. Dai-kenchu-to was given to the dogs and the peripheral circulation-improving activity was confirmed.

**Key Words:** dai-kenchu-to, blood flow

#### 1. 緒言

大建中湯は、山椒、人参、乾姜を主成分とする漢方製剤であり、消化管運動促進剤として広く臨床的に用いられている。特に開腹手術後の癒着性イレウスの保存的治療に用いられることが多く、臨床の場において大きな効果を挙げている。本剤を服用することで消化管運動の改善だけでなく、四肢や体幹に温感やほてりなどの症状を自覚するとの訴えがしばしばみられる。これより大建中湯は消化管に対する運動効果だけではなく、末梢循環を改善する作用も有するのではないかと考えられた。これまで大建中湯が消化管運動に与える効果に関する研究は多くなされているが、消化管の血流量に及ぼす影響についての報告はほとんどみられない<sup>1)</sup>。今回われわれは実験的に作成した虚血小腸に対する大建中湯の効果について検討した。

#### 2. 実験モデルの作成

ビーグル犬（体重 10～13 kg）8 頭を用いて実験犬を作成した。24 時間の絶食後にペントバルビタール（25 mg/kg）静脈麻酔下に仰臥位で気管内挿管した。人工換気（tidal volume: 250 ml ;

respiratory rate: 14 /min）とし、右前肢より静脈ルート確保を行い、イソフルランによる吸入麻酔下に腹部正中切開にて開腹した。開腹後、薬剤投与のための胃瘻（外径 2.5 mm, 内径 1.5 mm ; 富士システムズ, 東京）を胃体部に挿入した。

#### 3. 血流の測定と解析

健常時の血流を評価するため、レーザードップラー血流計（ALF21N ; 株式会社アドバンス, 東京）を用いて空腸の血球速度と血流量を測定した。健常時の血流を測定した部分の空腸に対し、虚血腸管を作成するため、空腸壁に沿って腸間膜を 5 cm 切離した。切離操作の影響を避けるため、腸間膜付着部の対側の血流を研究対象とした。

虚血状態を作成した 30 分後から、レーザードップラー血流計を用いて消化管の収縮が無い状態の血流を測定した。続いて大建中湯エキスを原末 0.1 g/kg（生食 15 ml に混和）を胃瘻から緩徐に注入し、注入後 30 分の血球速度と血流量を測定した。

大建中湯の注入前と注入後 30 分間の血球速度と血流量を比較した。血球速度と血流量は平均値

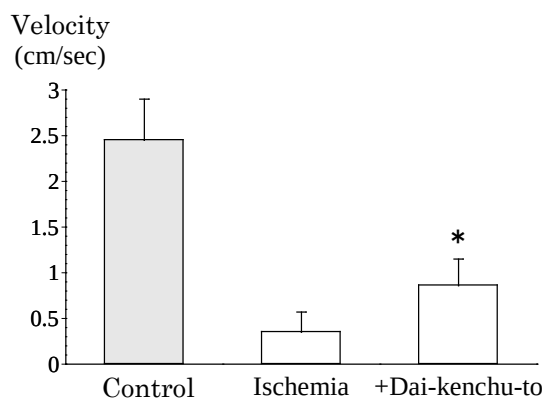
±標準偏差で表した。統計学的解析は、paired t-test を用いた。

なお、本研究は、動物実験に関する指針 (日本動物実験学会) に則して行われた。

#### 4. 大建中湯が血流に与える影響

##### ・血球速度

健常時は  $2.45 \pm 0.45$  cm/sec だった。虚血腸管では  $0.35 \pm 0.22$  cm/sec で、大建中湯投与によって  $0.86 \pm 0.22$  cm/sec と改善した ( $P < 0.05$ ; 図 1)。



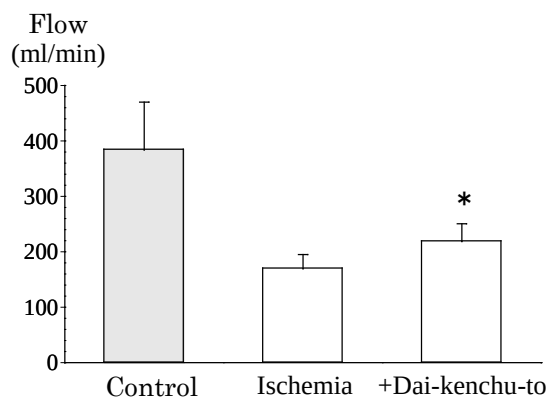
Mean ± SD

\*  $P < 0.05$ : Ischemia vs +Dai-kenchu-to

図 1. 大建中湯が血球速度に与える影響

##### ・血流量

健常時は  $383.9 \pm 86.2$  cm/sec だった。虚血腸管では  $169.6 \pm 25.4$  cm/sec で、大建中湯投与によって  $218.7 \pm 31.9$  cm/sec と改善した ( $P < 0.05$ ; 図 2)。



Mean ± SD

\*  $P < 0.05$ : Ischemia vs +Dai-kenchu-to

図 2. 大建中湯が血流量に与える影響

大建中湯は、山椒、人参、乾姜を 2:3:5 の割合で含有する漢方製剤であり、消化管運動促進作用をもつことが知られている<sup>2)</sup>。空腹時の消化管運動の促進作用が知られており、開腹術後の消化管の癒着を原因とする腸閉塞の治療薬としての有効性が報告されている<sup>3)</sup>。

辺縁血管を切離することで、健常時と比較して血球速度、血流量ともに低下した。小腸に大建中湯を投与することで血流の改善が確認された。腸管粘膜から吸収された大建中湯の成分によって、構成成分である乾姜に含まれる(6)-Shogaol は、呼吸、血圧、心拍数に対してカプサイシン様の作用を有することから、カルシトニン遺伝子関連ペプチドに作用することで血流を増加させると考えられている<sup>1)</sup>。また、人参は一酸化窒素 (NO) の産生に関与して血管平滑筋を弛緩させることが知られており、血流を増加させる作用があると考えられる<sup>4)</sup>。

血流が減少した消化管は運動や分泌をはじめとした機能障害に陥る。大建中湯の血流増加作用は虚血状態にある消化管においても壁内の血流を増加させる作用があることが明らかとなった。小腸壁内の血管は互いに微小な循環ネットワークを形成しており、一部が虚血に陥っても他の部位から血流が補充される。大建中湯は小腸の微小循環を改善しうる可能性を有すると考えられた。

#### 5. 結言

大建中湯は、消化管の血流を増加させる薬剤である可能性が示唆された。

#### 文 献

- 1) Kono T, Koseki T, and Chiba S.: Colonic vascular conductance increased by Daikenchuto via calcitonin gene-related peptide and receptor-activity modifying protein 1. *J Surg Res.* 150, 78-84, 2008.
- 2) Kawasaki N, Nakada K, and Nakayoshi T.: Effect of Dai-kenchu-to on gastrointestinal motility based on differences in the site and timing of administration. *Dig Dis Sci.* 52, 2684-2894, 2007.
- 3) Furukawa Y, Shiga Y, and Hanyu N.: Effect of Chinese Herbal Medicine on Gastrointestinal Motility and Bowel Obstruction. *Japanese Journal of Gastroenterological Surgery* 28, 956-960, 1995 (in Japanese).
- 4) Chen X and Lee TJ.: Ginsenosides-induced nitric oxide-mediated relaxation of the rabbit corpus cavernosum *Br J Pharmacol.* 115, 15-18, 1995.

## 日本バイオレオロジー学会学術奨励賞を受賞して

正林 康宏\*

### 1. はじめに

この度は第 34 回日本バイオレオロジー学会学術奨励賞を頂きまして誠に光栄に存じます。2012 年 3 月に博士課程修了を控えた時期にこのような名誉ある賞を受賞できたことは、今後も研究生活を続けていく私にとって大変貴重な財産となりました。この度の受賞に際しまして本紙面をお借りして私共の研究および受賞対象となった内容に関しまして御紹介させていただきます。

私が所属している慶應義塾大学の生体工学研究室（谷下研究室）では脳動脈瘤の血管内治療器具であるステントに関する生体力学的研究を行っています。脳動脈瘤とは頭蓋内の血管壁が瘤状に変形に発生する血管病であり、これが破裂することによりクモ膜下出血などの脳内出血を引き起こします。現在ではこの重篤な血管病を治療するため、ステントと呼ばれる網状金属円筒の脳血管内治療器具の応用が期待されています。脳動脈瘤の治療ではこのステントを動脈瘤の親血管に留置することで、その表面の網状構造により瘤内に流れこむ血流を減速させ血栓化を促し、瘤を閉塞させます。ステントを複雑で繊細な性質を持つ頭蓋内血管に適合するためには、その力学的柔軟性だけでなく、同時にステントによる脳動脈瘤内の血流の制御や阻害に関しても検討する必要があります。本研究室では脳動脈瘤治療に有効なステントデザインに関して様々な観点から研究を行っています。

従来血管内ステントは従来冠動脈の動脈硬化症など、狭窄血管の治療に対してはかなり普及していますが、脳血管治療への応用は近年始まったばかりであり、脳血管治療に適合するステントデザインやその力学的特性、さらには臨床の現場にお

ける治療効果など、今後の研究の発展が期待されています。

### 2. 研究内容

このたび受賞対象となりました研究は、高柔軟性脳血管ステントによる血管壁応力負荷の軽減に関する内容です。脳動脈瘤のステント治療は近年最も注目される血管内治療技術ですが、頭蓋内の血管組織は細く柔らかく、また複雑に展開しているため、ステント留置による血管の変形や損傷が懸念されています<sup>1)</sup>。これらはステントの構造とその力学的柔軟性に依存するため、ステントによる過度な応力集中や血管変形を回避出来るステントデザインを設計することが脳血管治療において非常に重要とされています。従って脳血管壁への応力負荷を軽減するステントデザインが求められますが、これまで脳血管ステント治療に関してステント構造と血管壁への応力負荷の関係に関する研究は報告されていません。そこで本研究では有限要素法による数値解析を用いて表面構造の異なるステントを血管内腔に留置し、その際に血管内部に発生する応力を調べ評価することで、血管壁への負荷を軽減するステントデザインを提案しました。

本研究では、ステントによる脳血管壁への応力負荷を評価するため、ステントにより生じた血管壁内部の最大応力値と応力分布を調べました。ステントモデルには本研究室で開発された柔軟性の高い脳動脈瘤治療用の closed-cell 構造のステントを使用し<sup>2)</sup>、このステント形状を基に様々な構造のステントモデルを作成し、有限要素法により血管壁とステントとの接触解析を行うことで血管壁応力や応力分布を調べ、評価しました。これよりステントの表面構造により血管壁

\*慶應義塾大学大学院 理工学研究科 総合デザイン工学専攻 [〒223-8522 横浜市港北区日吉 3-14-1]

の応力分布が異なることが分かり、またその表面を構成しているセルの幾何形状が円周方向に長い形状になると、血管壁内の最大応力を軽減、応力を分散させることが確認できました。このため脳血管内治療においては、ステント表面を構成する幾何形状が円周方向に長いステントモデルが、血管壁への負担を軽減するデザインとして望ましいことが示唆されました。

### 3. 学術奨励賞を受賞して

私は2006年まで学部時代、本大学機械工学科の構造・破壊力学系の研究室に所属しており、その当時は、自動車・原子力開発に応用するための金属学的基礎研究に従事しておりましたが、卒業と同時に学部時代に学んできた材料力学や構造力学などの学問がステントなど血管内治療器具の研究開発に応用できることを知り、2007年以来この研究テーマに取り組んできました。その当時はまだステントに関して殆ど何も知らない状況であり、研究もほぼゼロからスタートでしたが、沢山の方々に支えて頂いたおかげでここまで研究を続けることが出来ました。奨励賞への挑戦は今回が初めてでしたが、これまでの努力を胸に全力で取り組みました。そしてこれまでの地道な研究の積み重ねがこの栄誉ある賞の受賞へと最高の形で実を結んだことを本当に嬉しく思います。

### 4. おわりに

本研究は著者が慶應義塾大学大学院、理工学研究科、谷下研究室に在籍中、谷下一夫教授の下で行ったものであり、同教授より賜りました御指導に対し厚く御礼申し上げます。また、本研究遂行にあたり米国における脳血管ステント治療及び開発の最前線などや貴重な御助言を下された Ronald Reagan UCLA Medical Center の立嶋智准教授に深く御礼申し上げます。

最後に私共の研究をこのような名誉ある賞に御推薦下さいました日本バイオレオロジー学会学術奨励賞審査員の皆様、また、私の様な駆け出しの若手研究者に対してこのような素晴らしい機会を企画、与えて下さったバイオレオロジー学会の関係者の皆様にもこの場をお借りして深く御礼申し上げます。

### 文 献

- 1) Turk, A.S., et al., Influence of patient age and stenosis location on wingspan in-stent restenosis, *Am J Neuroradiol*, **29**, 23-27, 2008.
- 2) Shobayashi, Y., et al., Mechanical design of an intracranial stent for treating cerebral aneurysms. *Med Eng Phys*, **32**, 1015-1024, 2010.

## 日本バイオレオロジー学会学術奨励賞を受賞して

前原 鈴子\*

### 1. はじめに

この度は、第34回日本バイオレオロジー学会年会学術奨励賞を頂き、大変光栄に存じます。この栄誉ある賞を頂きましたのは、ご指導くださいました先生方や日々切磋琢磨し合った研究室の仲間のおかげであり、私をサポートしてくださった全ての方々に深く感謝しております。

私は2008年4月、学部4年生の時に現在の所属研究室である大阪大学・基礎工学部・荒木研究室に配属され、熱心な先生方と、学ぶときは学び遊ぶときは遊ぶという素晴らしい仲間達に囲まれて研究を行ってまいりました。荒木研究室では光を用いた生体計測手法についての研究をしており、私が用いている第二高調波発生（SHG: second harmonic generation）顕微鏡のほか、CARS（coherent anti-Stokes Raman scattering）顕微鏡やTHzレーザーの開発、改良などを行っています。また、試料として生体組織を用いており、細胞培養も行っています。学部では機械工学を学んでいた私にとって光学も生物学も未知の分野であり、配属当初は知らないことばかりで大変戸惑いました。しかしその一方で、新しい知識を吸収することの楽しさ、そして何より自分の手で実験を行い新しい何かをすることの楽しさを体感することができました。これは研究室の先生方や先輩方、仲間のおかげであり、本当に恵まれた環境で研究をさせていただいていることに大変感謝しております。

### 2. 研究内容

組織工学に基づく再生医療は、細胞の機能を利用して欠損もしくは機能不全に陥った組織や臓器を治療することを目的としており、従来の医療に代わる有望な新医療として注目されています。組織工学において、細胞培養の足場として最も多く用いられている材料は、生体内の主な細胞外基質であるコラーゲンです。

コラーゲンは酸性溶液中でゾル状であり、中性化・加熱すると分子が凝集して線維構造を形成しゲル状になるという特徴があります。そして、ゲル化過程におけるpHや温度などの条件は、完成したコラーゲン線維の線維径や長さ、密度に大きく寄与します。細胞培養の足場としてコラーゲンをを用いる際には、コラーゲンの微細構造が細胞の遊走や接着等の機能に直結する重要なファクターとなるため、細胞培養に適した構造をもつコラーゲン足場の開発が望まれています。そのためには、コラーゲン分子がどのような条件のもとでどのように線維構造を形成していくのかを明らかにする必要があります。

私の研究では、コラーゲン構造を観察する手法として、第二高調波発生（SHG）顕微鏡を用いております。SHGは、超短パルスレーザーを非中心対称性の物質に入射したときに、入射光の2倍の周波数の光（SHG光）が発生するという非線形光学現象です。SHG光はその発生原理上、物質の結晶もしくは分子構造の非中心対称性に強く依存しま

\*大阪大学大学院 基礎工学研究科 機能創成専攻 [〒560-8531 大阪府豊中市待兼山町1-3]

す。コラーゲン線維は、非中心対称性を有する 3 重らせんのコラーゲン分子が入射光波長のオーダーまで配列した構造をとるため、生体組織のなかでは極めて高強度な SHG 光を発生することが知られています。染色や固定等の処理が必要な従来の組織学的手法と異なり、SHG 顕微鏡には、非侵襲、非接触で、コラーゲンを選択的に観察することができますというメリットがあります。また、SHG 光は焦点近傍のみで発生するため、高い 3 次元空間分解能で観察することができます。そのため、バイオ分野において、SHG 顕微鏡は生体中の線維様構造を可視化するツールとして注目されています。

今回受賞対象となりました「コラーゲン自己組織化における構造変化の観測」の発表では、ゾル状のコラーゲン酸性溶液を SHG 顕微鏡のステージ上で中性化・加熱し、コラーゲンが線維化していく過程を経時的に観察した結果について報告させていただきました。従来研究においてコラーゲン微細構造の観察には主に電子顕微鏡が用いられてきましたが、試料の固定や乾燥といった処理が必要なため、時々刻々と変化していく同一試料の観察は困難でした。また、反射共焦点顕微鏡などの光学顕微鏡を用いた場合は試料の処理が不必要であり同一試料の経時観察が可能です。光の回折限界のために空間分解能が制限されるという弱点があります。もちろん SHG 顕微鏡にも回折限界による空間分解能の制限がありますが、SHG 光強度は焦点内の分子密度や分子配向を反映するために、従来の光学顕微鏡で観察されてきた構造よりも、より微細な構造を推定することができます。今回の研究では、コラーゲン溶液の中性化・加熱を始めてから 60 分間の SHG 光の変化を観察いたしました。その結果、画像上で線維として認識できない

場所でも SHG 光強度が増加していることがわかりました。このような場所では画像として認識できるような太く長い線維はまだ形成されていないものの、サブピクセルスケールでは分子の凝集が始まっているという状態を示唆していると考えられます。今後はさらに研究を続け、線維が形成される過程を詳細に探っていきたいと考えております。

### 3. 学術奨励賞を受賞して

学術奨励賞への応募は昨年度に続き 2 回目であり、今回賞を頂けたことを大変光栄に思っております。大学院の同期生のほとんどが企業に就職していった中で博士課程に進学して 2 か月、やや孤独を感じ始めていた時期の受賞は私にとって大きな励みになりました。また、これまでは培養組織を研究対象にしており、コラーゲン自体を試料とする研究を始めたのはつい最近のことでしたので、本学会で研究を評価していただけたことは大きな喜びであり自信を持つことができました。これからも皆様に評価していただけるような成果をあげられるよう精進してまいりますので、ご指導の程よろしくお願い申し上げます。

### 4. 謝辞

学術奨励賞をいただきましたのは、荒木勉教授、紀ノ岡正博教授、福島修一郎助教のご指導、ご助言によるものであり、深く感謝致します。また、試料作成では Masrina Nadzir 氏 (大阪大学・基礎工学研究科) に、電子顕微鏡観察では川嶋将夫氏 (同) にご協力いただきましたこと、心からお礼申し上げます。最後に、私共の研究を学術奨励賞にご推薦頂いた日本バイオレオロジー学会関係者の皆様に深く感謝致します。

### 第34回日本バイオレオロジー学会年会を開催して

年会長 関 眞佐子\*

平成 23 年 6 月 3 日, 4 日の両日, 関西大学 100 周年記念会館で第 34 回日本バイオレオロジー学会年会を開催させていただき無事終了することができました. 本年会の開催に当たりましてご支援, ご協力をいただきました関係各位に厚くお礼を申し上げます.

本年の 3 月には東日本大震災が起こり, 多くの研究者に参加していただけるかどうか心配しておりましたが, 会員非会員合わせて 202 名の参加がありました. 被災された東北や北関東からも多数ご参加いただき, 感謝しております. 演題は, 学会賞講演 2 件, 特別講演 1 件, ポスター発表 22 件を含めて計 105 件あり, 2 日間終日にわたり 2 会場でパラレル・セッションとする盛会となりました. また年会前日に同会場で開かれたバイオレオロジー・リサーチ・フォーラムにも 70 名の参加者があり, 活発な議論が行なわれました. 3 日間にわたり, 若い研究者から年配の先生方まで活気あふれる研究発表がなされ, とても明るい雰囲気 of 年会であったことをうれしく思います. 皆様のご協力の賜物と感謝いたします.

本年会の実施に当たり, 以下のようないくつかの新しい試みを行ないました.

1. 学会の企画小委員会の分野にあわせて演題を募集する.
2. 講演予稿集を電子版 B&R の第 25 巻第 2 号として発行する.
3. ポスターセッションの充実をはかる.

1 については, 企画小委員会の主査の先生方から各分野のオーガナイザーの推薦やシンポジウムの企画をしていただきました. 8 つのオーガナイズド・セッション (OS1: 血管内治療, OS2: 循環器系ダイナミクスと疾患, OS3: 血液レオロジーと微小循環, OS4: 細胞・分子のメカノバイオロジー, OS5: ティッシュエンジニアリング・人工臓器, OS6: 生体物質の構造形成と機能発現・制

御, OS7: ヘルスケア食品レオロジー, OS8: バイオレオロジー全般) と 4 つのシンポジウム (S1: 脳動脈瘤の CFD による解析, S2: 臓器微小循環の可視化とバイオレオロジー, S3: デバイス技術による細胞解析・制御の最前線, S4: 誤嚥症状判定用溶液の作成による嚥下困難者の食の QOL 向上) が開催されました. 各セッションとも最新の研究成果の発表と活発な議論がなされ, 極めて有益であったと思います. 各オーガナイザーの先生方には大変お世話になりました. ご協力とご尽力に感謝いたします.

2 については, 電子版 B&R の編集委員長の望月精一先生に講演予稿原稿のためのフォーマットを作成していただき, 講演者の方々にはそのフォーマットに従っての原稿作成をお願いしました. 従来の方式と大きく変わりましたので, 戸惑われた方も多いのではないかと思います. 提出後に, 年会実行委員会からフォーマットの修正をお願いした原稿も何件かありました. お忙しい中, 対応していただきまして有難うございました. お陰で, 体裁の整った読み易い抄録集になったのではないかと思います. また, 以前は学会員宛に抄録集冊子の郵送が行なわれていましたが, これに代わり, 今年は年会の開催前に学会ホームページに電子版 B&R 第 25 巻第 2 号として抄録集をアップしてもらいました. 事前に興味ある講演の抄録を読めることは, 学会員宛での重要なサービスであると思いますので, このサービスが維持できたことに安堵いたしました.

3 については, ポスターセッション内にコアタイムを設定して, 座長の司会のもとで著者にポスター前での発表をしてもらいました. 22 件のポスター発表があり, 緊張した雰囲気のなかで若い研究者の新鮮な発表が多かったように思います. 今年の年会では, 12 人の審査委員にベストポスター賞選考のための審査をお願いしました. 質疑の時

\*関西大学システム理工学部物理・応用物理学科 [〒564-8680 大阪府吹田市山手町 3-3-35]

間を含めて一件当たりの発表時間が7分でしたので、審査委員の先生方は忙しい思いをされたのではないかと申し訳なく思います。

なお、年会の特別講演は、機械工学の立場から生体内外の流れに関係した幅広い研究を長年精力的にされてきた関西大学の大場謙吉先生にお願いしました。「循環・呼吸の力学とバイオレオロジー」という演題で、生体の研究における力学的な基礎の重要性について教育的な講演をしていただきました。

学会会期中に行なわれる学会賞の表彰式では、日本バイオレオロジー学会の創設時から長年にわたり学会に多大な貢献をされた、帝塚山大学の峰下雄先生に岡小天賞が授与されました。論文賞には生体内の物質輸送に関する理論的な解析をまとめられた秋永剛氏（関西大学）に論文賞が授与されました。

年会における学術奨励賞応募者講演には6件

の応募があり、正林康宏氏（慶応大）と前原鈴子氏（大阪大学）の2名に学術奨励賞が授与されました。また、ベストポスター賞には、大塚富裕氏（関西大学）、保井一仁氏（関西大学）、後藤大智氏（大阪大学）の3名が選ばれ、総会において表彰されました。審査委員の先生方からは、いずれの発表も優れた内容であったとの講評をいただきました。

最後に、年会を実行するにあたり、講演予稿集の校正や年会運営上の様々な仕事をきめ細かに、終始中心となって果たして下さった田地川勉先生（関西大学）はじめ、年会実行委員の方々に心より感謝いたします。

次回は新潟において佐藤恵美子先生を年会長として行なわれることが決まっており、今年以上の盛会となるものと思います。来年の6月にまたお会いできることを楽しみにしております。



写真1 第一会場

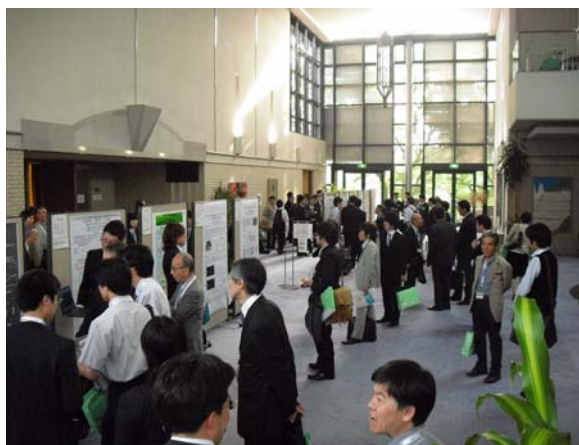


写真2 ポスター会場



# 特定非営利活動法人日本バイオエロロジー学会

## 平成23年度総会議事録

谷下 一夫\*

日時：平成23年6月4日（木） 11:40～12:15

場所：関西大学100周年記念会館 ホール2

出席者：出席45名，委任状71名，計116名（過半数113名）で総会成立を確認した。

議長を選定：谷下一夫会長が議長に選定され，総会が開催された。

会員の動向（平成22年5月1日～平成23年4月30日）

会員：正会員225名，学生会員37名，入会23名，退会21名

（昨年度：正会員213名，学生会員48名，入会10名，退会11名）

役員：理事（うち名誉会員）67名（6名），監事2名

★入会者が目立つと同時に退会者も多い。ただし，正会員数は増加。

### 1. 平成22年度（H22.5.1～H23.4.30）事業報告

1）第33回バイオエロロジー学会年会の開催，H22.6.3-6.4 理化学研究所（埼玉県和光市）

2）バイオエロロジーリサーチフォーラム開催

・第6回：H22.9.9 東京医科歯科大学医科新棟 16F 第一ゼミナール室（東京都文京区），食品のレオロジー特性とテクスチャーコントロール

・第7回バイオエロロジーリサーチフォーラム開催：H22.12.2 東京大学大学院医学系研究科教育研究棟 13階第6セミナー室（東京都文京区），細胞の挙動をレオロジー

・第8回バイオエロロジーリサーチフォーラム開催：H23.3.8 東京大学大学院医学系研究科教育研究棟 2階 第一セミナー室（東京都文京区），血液レオロジーと臨床医学への応用

3）第58回レオロジー討論会 H22.10.4-10.6. 仙台市国際センター（宮城県仙台市）

4）協賛・後援

・日本医工ものづくりコモンズシンポジウム H22.11.3 九州大学百年講堂大ホール（福岡県福岡市）

・第23回バイオエンジニアリング講演会 H23.1.8～1.9 熊本大学（熊本県熊本市）

5）電子版学会誌（日本バイオエロロジー学会誌 B&R 電子版）

第24巻 第2号発行

第25巻 第1号発行

---

\*慶応義塾大学 理工学部 システムデザイン工学科 [〒223-8522 横浜市港北区日吉 3-14-1]

## 6) Journal of Biorheology

Vol.24, No.1, 2010 発行

Vol.24, No.2, 2010 発行

## 7) 理事会4回開催

## 2. 平成22年度決算報告（NPO法人）

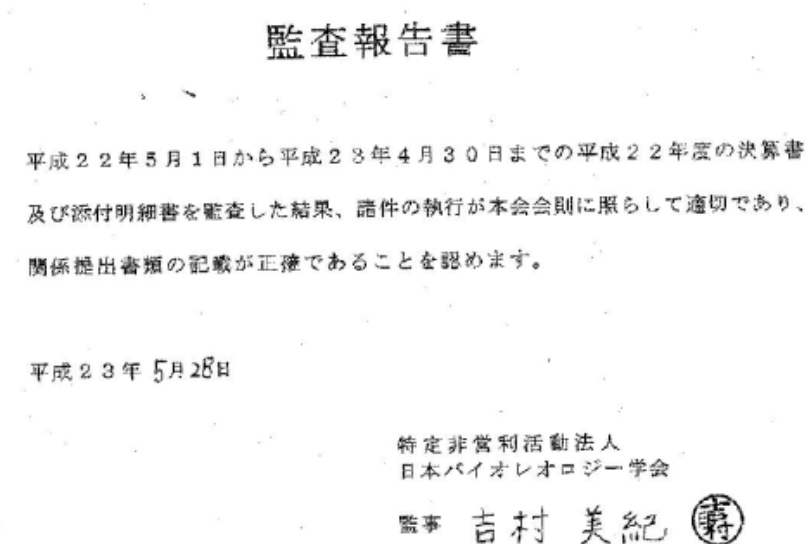
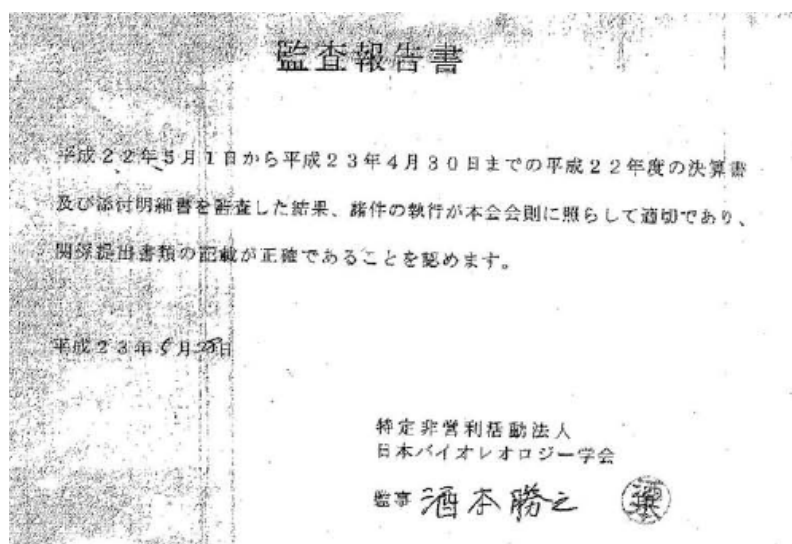
| 平成22年度決算報告（平成22年5/1～平成23年4月30日） |            |            |           |                     |
|---------------------------------|------------|------------|-----------|---------------------|
| 収入                              | 平成22年度予算   | 平成22年度決算   | 増 減       | 適 用                 |
| 先年度からの繰越金                       | ¥702,944   | ¥702,944   |           |                     |
| 会員会費                            | ¥952,000   | ¥1,423,000 | ¥471,000  | 正会員×164名 学生会員×37名   |
| 賛助会費                            | ¥50,000    | ¥0         | ¥-50,000  |                     |
| 協賛金・寄付                          | ¥200,000   | ¥200,000   | ¥0        |                     |
| JBR出版補助                         | ¥3,000,000 | ¥2,300,000 | ¥-700,000 |                     |
| 論文別刷り代                          | ¥0         | ¥0         | ¥0        |                     |
| 会誌売上                            | ¥0         | ¥5,100     | ¥5,100    |                     |
| 預金利子                            | ¥1,000     | ¥379       | ¥-621     |                     |
| 著作権料                            | ¥0         | ¥5,668     | ¥5,668    |                     |
| ロイヤリティ                          | ¥0         | ¥15,500    | ¥15,500   |                     |
| その他                             | ¥100,000   | ¥0         | ¥-100,000 |                     |
| 合計                              | ¥5,005,944 | ¥4,652,591 | ¥-353,353 |                     |
|                                 |            |            |           |                     |
| 支出                              | 平成22年度予算   | 平成22年度決算   | 増減        | 適用                  |
| 会誌印刷費・送料                        | ¥3,360,000 | ¥3,472,573 | ¥112,573  |                     |
| その他印刷費                          | ¥0         | ¥0         | ¥0        |                     |
| その他送料                           | ¥100,000   | ¥82,028    | ¥-17,972  | 切手、宅急便              |
| 会誌原稿料                           | ¥0         | ¥0         | ¥0        |                     |
| 事務費                             | ¥720,000   | ¥674,369   | ¥-45,631  | 給与                  |
| HP作成管理維持費                       | ¥120,000   | ¥396,900   | ¥276,900  | HPメンテナンス            |
| 雑費                              | ¥100,000   | ¥33,964    | ¥-66,036  | 銀行振込送金料、文具代金、会議室使用料 |
| JBR編集費                          | ¥100,000   | ¥0         | ¥-100,000 |                     |
| 年会補助金                           | ¥0         | ¥300,000   | ¥300,000  |                     |
| 会合費                             | ¥200,000   | ¥184,120   | ¥-15,880  |                     |
| 学会費                             | ¥0         | ¥0         | ¥0        |                     |
| NPO法人化経費                        | ¥100,000   | ¥231,000   | ¥131,000  |                     |
| 国税                              | ¥0         | ¥5,311     | ¥5,311    |                     |
| 予備費                             | ¥100,000   | ¥0         | ¥-100,000 |                     |
| 合計                              | ¥4,900,000 | ¥5,380,265 | ¥480,265  |                     |
| 繰越金                             | ¥105,944   | ¥-727,674  |           |                     |

| 平成22年度貸借対照表 |            |        |            |
|-------------|------------|--------|------------|
| 借方          |            | 貸方     |            |
| 科目          | 金額         | 科目     | 金額         |
| 現金          | ¥8,205     | 繰り越し金  | ¥-727,674  |
| 郵便振込口座      | ¥831,000   | 未払い金*1 | ¥0         |
| スルガ銀行       | ¥725,615   | 前受け金*2 | ¥0         |
| 東和銀行        | ¥634,832   |        |            |
|             |            | 岡小天基金  | ¥2,927,326 |
| 合計          | ¥2,199,652 |        | ¥2,199,652 |

## 岡小天基金 平成22年度決算報告（平成22年5/1～平成23年4月30日）

| 収 入       |            | 支 出    |            |
|-----------|------------|--------|------------|
| 先年度からの繰越金 | ¥3,163,734 | メダル作成費 | ¥235,778   |
| 利息        | ¥0         | 送金手数料  | ¥630       |
|           |            | 計      | ¥236,408   |
| 合計        | ¥3,163,734 | 繰越金    | ¥2,927,326 |

## 総会報告



## 3. 平成23年度事業計画 (H23.5.1~H24.4.30)

- 1) 第34回年会の開催：H23.6.3-6.4 関西大学100周年記念会館（大阪府吹田市）
- 2) 第9回バイオレオロジーフォーラム，H23.6.2 関西大学100周年記念会館（大阪府吹田市）
- 3) 第59回レオロジー討論会，第13回レオロジーフォーラム開催：H23.10.6-10.7 桐生市市民文化会館（群馬県桐生市）  
会長：土橋敏明 群馬大学教授，
- 4) 電子版学会誌（日本バイオレオロジー学会誌 B&R 電子版）  
第25巻2号 第34回年会抄録集の発行  
第25巻3号の発行が予定されている。

## 5) 英文誌 Journal of Biorheology Vol.25, No.1, 2 (2011)

修正中6編 (5編 original article, 1編 brief com)

査読中8編 (6編 original article, 2編 brief com)

アクセプト6編で、多くの論文が投稿されており、本学会の英文ジャーナルが次第に広く知られるようになってきた。

## 6) 協賛・後援

・第24回バイオエンジニアリング講演会 H24.1.7～1.8 大阪大学豊中キャンパス（大阪府豊中市）

・第30回混相流シンポジウム H23.8.6～8.8 京都工芸繊維大学松ヶ崎キャンパス（京都府京都市）

## 7) 理事会：4回開催予定，JBR編集委員会1回開催予定

## 8) その他：とくに無し。

## 4. 平成23年度予算案（H23.5.1. - H24.4.30）

| 平成23年度予算案①（平成23年5/1日～平成24年4月30日） |            |                            |
|----------------------------------|------------|----------------------------|
|                                  |            |                            |
| 収入                               | 平成23年度予算   | 適用                         |
| 先年度からの繰越金                        | ¥-727,674  |                            |
| 会費会費                             | ¥1,828,000 | 正会員（名誉会員を除く）×221名 学生会員×19名 |
| 賛助会費                             | ¥50,000    |                            |
| 協賛金・寄付                           | ¥200,000   |                            |
| 広告                               | ¥3,000,000 |                            |
| ロイヤリティ、会誌売り上げ                    | ¥20,000    |                            |
| 合計                               | ¥4,370,326 |                            |
|                                  |            |                            |
|                                  |            |                            |
| 支出                               | 平成23年度予算   | 適用                         |
| 会誌印刷費・送料                         | ¥2,373,400 | 年間140ページを100ページに削減         |
| その他送料                            | ¥100,000   | 切手、宅急便                     |
| 事務費                              | ¥720,000   | 給与                         |
| HP作成管理維持費                        | ¥220,000   | HPメンテナンス                   |
| 雑費                               | ¥100,000   | 銀行振込送金料、文具代金、会議室使用料        |
| JBR編集費                           | ¥100,000   |                            |
| 年会補助金                            | ¥300,000   |                            |
| リサーチ・フォーラム補助費                    | ¥100,000   |                            |
| 会合費                              | ¥200,000   |                            |
| NPO法人化経費                         | ¥120,000   |                            |
| 予備費                              | ¥100,000   |                            |
| 合計                               | ¥4,433,400 |                            |
| 繰越金                              | ¥-63,074   |                            |

## 5. 協議事項

## 1) JBR 投稿料の有料化について

案) 会員：30,000円，非会員：50,000円，オーバーページ：10,000円／頁が承認された。  
執筆要項の改定が必要。

## 総会報告

2) 会員増強に向けて：本学会が取り組むテーマに関心を持っている若い研究者に会員各位が入会を勧誘する事とした。

3) 次回（平成 24 年度）、次々会（平成 25 年度）の年会開催に関する件

次回（平成 24 年度）の第 35 回年会は、平成 24 年 6 に佐藤恵美子教授（新潟県立大学）を年会長として準備が進んでいる。また、次々回年会（平成 25 年度）の年会長は未定である。

4) その他：特に無し。

## 6. 報告事項

1) 学会賞は厳正な選考の結果、以下の方々が受賞された。

岡小天賞： 峰下雄（帝塚山大学名誉教授）

論文賞： 秋永 剛（関西大学）

学術奨励賞： 正林康宏（慶應義塾大学）

前原鈴子（大阪大学）

ベストポスター賞：

大塚富裕（関西大学）

保井一仁（関西大学）

後藤大智（大阪大学）

## 7. その他：特に無し。

## 審査報告

## 岡小天賞審査報告

## 第8回岡小天賞

選考委員会委員長 佐々木 直樹\*

第8回岡小天賞受賞者選考について報告いたします。2010年10月下旬から12月末まで推薦の公募を行い、今回は2名の推薦をいただきました。これを受け、1月下旬から2月にかけて、10人のメンバーからなる選考委員会を立ち上げ、選考に入りました。日本バイオレオロジー学会岡小天賞選考規定に従い、時間をかけ慎重に審議した結果、帝塚山大学名誉教授の峰下雄先生が岡小天賞に相応しいとの結論に至りました。この選考結果は、学会長に報告の後理事会に提案され承認されました。

峰下雄先生は、長い間、食品レオロジー、生物レオロジーおよび高分子溶液のレオロジーなどの研究を続けてこられました。食品レオロジーに関した分野では、特にわが国において食品分野にレオロジーを導入し、その手法を普及してこられた功績は大変大きなものがあるといえます。乳汁や血液をはじめとする多くの生体分散系溶液が毛細血管中を流動する際に管壁に及ぼす影響、コンニャクの成分であるグルコマンナンの流動特性、乳汁中のリボフラビン抗酸化作用や光分解機構、生体分散系溶液が毛細管を流動するときの凝集構造の変化、各種高分子溶液の非ニュートン流動挙動の研究、赤血球の沈降と変形能の相関と疾病の関連、赤血球凝集機構など広範な領域の研究を精力的に展開されました。近年は、昆虫や蚕の血液の流動特性について独創的な研究をされました。特に、蚕の成長過程とその血液の流動特性の変化、蚕の飼料と流動特性、蚕血液の流動特性と血液の微細構造の関連について総合的に研究され、その成果として蚕が健康食品として優れていることを発見したことは高い評価を受けています。

これらの学問的業績に加え、峰下先生は1977年に本学会が設立された当初から理事に就任され、理事会幹事、B&R編集委員を務められました。1990年に奈良で開催された年会会長、わが国で開催された2度の国際バイオレオロジー会議では運営委員、募金委員、プログラム委員を務められるなど、本学会の発展に貢献されました。また、食品レオロジー分野の国内外の学会の要職を務められ食品レオロジーとバイオレオロジーの間の橋渡しに努力されました。

以上のような数々の功績が、日本バイオレオロジー学会岡小天賞に相応しいとの評価を受けました。

---

\*北海道大学先端生命科学研究院 [〒060-0810 北海道札幌市北区北10条西8丁目]

|      |
|------|
| 行事予定 |
|------|

## 第 35 回日本バイオレオロジー学会年会のお知らせ

日本バイオレオロジー学会会員の皆様

皆様におかれましては、ますますご健勝にてご活躍のこととお慶び申し上げます。

来年、新潟市におきまして第 35 回日本バイオレオロジー学会年会を下記の要項で開催致します。詳細につきましては、日本バイオレオロジー学会のホームページ (<http://www.biorheology.jp/>) でご案内する予定です。

また、35 回年会事務局専用のアドレスは、br2012@unii.ac.jp です。皆さんの参加をお待ち申し上げます。

第 35 回日本バイオレオロジー学会年会

会長 佐藤 恵美子

新潟県立大学 人間生活学部 健康栄養学科

Tel: 025-270-1139

E-mail: emi-sato@unii.ac.jp

### 記

会 期：平成 24 年 6 月 1 日（金），2 日（土）

会 場：朱鷺メッセ：新潟コンベンションセンター (<http://www.tokimesse.com/>)

〒950-0078 新潟県新潟市中央区万代島 6 番 1 号

連絡先：第 35 回日本バイオレオロジー学会 実行委員会

〒950-8680 新潟県新潟市東区海老ヶ瀬 471

新潟県立大学 人間生活学部 健康栄養学科

実行委員長 筒井和美

Tel: 025-270-0394

E-mail: tsutsui@unii.ac.jp

〒940-2188 新潟県長岡市上富岡町 1603-1

長岡技術科学大学 物質・材料系

副実行委員長 藤井修治

Tel: 0258-47-1611 (内 8832)

E-mail: sfujii@mst.nagaokaut.ac.jp

|      |
|------|
| 行事予定 |
|------|

## 第 11 回バイオレオロジー・リサーチ・フォーラムの御案内

日本バイオレオロジー学会会員の皆様

第 11 回バイオレオロジー・リサーチ・フォーラムを下記のとおり開催します。  
今回のテーマは「分子集合とバイオレオロジー」と題して、超巨大タンパク質集合体とレオロジーについて、講演 1 では血液凝固の本質を担うフィブリン重合とゲル化のメカニズム、講演 2 では巨大蛋白質集合体細菌べん毛繊維の形態変化について、分かりやすく解説して頂きます。多数の皆様のご参加をお待ちしております。

主 催：日本バイオレオロジー学会

日 時：平成23年12月2日（金） 16：00~18：00

場 所：東京大学 本郷キャンパス 医学部教育研究棟 2階 第4セミナー室

テーマ：分子集合とバイオレオロジー

司 会：外山 吉治（群馬大学工学研究科）

講 演：

1. フィブリン重合とゲル

窪田 健二 （群馬大学工学研究科）

2. 細菌べん毛繊維とレオロジー

林 史夫 （群馬大学工学研究科）

参加費：無料 （事前参加登録は必要ありません。）

学会員で無い方の参加も歓迎します。

問い合わせ先：バイオレオロジー・リサーチフォーラム事務局

東京大学 大学院医学系研究科 システム生理学 山本希美子

E-mail: bme@m.u-tokyo.ac.jp

## 新入会員

以下、平成23年4月～平成23年9月までに新たに会員になられた方々のお名前です。

荒木 貞夫

太田 信

石橋 敏寛

岩崎 清隆

長谷部 光泉

川村 公人

(計6名)

## 編集後記

相次ぐ台風の上陸と節電により不便を強いられた今年の夏がようやく終わりました。会員の皆さまにおかれましては、ご研究にますますご清栄のことと存じます。電子版B & R誌25巻3号をここにお届けできますこと、執筆された先生方に対し、まず厚くお礼申し上げます。さて、編集後記に似つかない内容ですが、自己紹介をしたいと思います。私は、現在、膜を製造する会社に勤務しておりますが、編集長の望月先生と大学の同級であったことからお付き合いを続けさせて戴いております。透析患者血漿粘度の温度依存性を卒論に取り上げたことから、1985年頃に本学会に入会しました。年会が愛媛県の松山で開催された折、学生の方で報告をさせていただきましたが、その後の懇親会や道後温泉訪問は、今でも楽しい思い出です。レオロジーとは直接接点がなくなった就職後も、そのまま会員を継続しておりましたところ、望月先生から企業の立場から会誌作成を手伝って欲しいと編集委員の就任を依頼されました。何もできませんがとの理を入れてお引き受けしたものの、本当にこれまで何もできず申し訳なく思っております。

今年6月に応募したJST電子アーカイブは、事務局の先生方の献身的なご努力により晴れて登録が決定しました。とっくの昔に手元から離れてしまった、私が入会当時の学会誌と、これにより再開できることを楽しみにしております。その頃は、赤血球の変形能測定がブームでした。そしてまた、皆様が何年か経ってから今年の記事を読んだときに、大災害の経験や記憶が甦ってくるものと思います。アーカイブに載るのは1年くらい先になるそうですが、会員の皆さまと一緒に、その日を心待ちにしております。

(櫻井秀彦)

---

### 編集委員会

編集委員長 望月 精一

編集委員 市川 寿 喜多 理王 工藤 奨 坂元 尚哉  
櫻井 秀彦 一杉 正仁 山田 宏 山本 徳則

---

---

## 日本バイオレオロジー学会誌 (B & R, 電子版) 第25巻 第3号

2011年10月17日発行

編集者 望月精一

発行者 谷下一夫

特定非営利活動法人 日本バイオレオロジー学会・事務局

〒376-8515 群馬県桐生市天神町1丁目5番1号

群馬大学大学院 工学研究科 応用化学・生物化学専攻 高分子物理化学研究室内

TEL/FAX 0277-30-1427

E-MAIL office@biorheology.jp