

B & R



日本バイオレオロジー学会
<http://www.biorheology.jp>

日バイレオ誌 (B & R, 電子版) 第31巻 第3号
J. Jpn. Soc. Biorheol. 31(3) (2017)

日本バイオレオロジー学会誌 (B & R, 電子版)
第 31 巻, 第 3 号, 2017

目 次

παντα ρει

教育の意義

・・・・・・・・・・関 眞佐子・・・・・・・・・・ 1 (161)

特別寄稿

日本バイオレオロジー学会の理事長を拝命して

・・・・・・・・・・丸山 徹・・・・・・・・・・ 2 (162)

原著論文

超音波照射による血液凝固時間延長作用

・・柴田拓志, 岡本真悟, 杉山博信, 内貴猛・・ 4 (164)

随想

バイオレオロジーと医用工学

・・・・・・・・・・梶谷 文彦・・・・・・・・・・ 11 (171)

コラーゲン屋・骨屋のレオロジー

・・・・・・・・・・佐々木 直樹・・・・・・・・・・ 15 (175)

学生会員のページ

第 40 回日本バイオレオロジー学会年会優秀ポスター賞を受賞して

・・・・・・・・・・江口 和也・・・・・・・・・・ 18 (178)

第 40 回日本バイオレオロジー学会年会優秀ポスター賞を受賞して

・・・・・・・・・・近藤 美咲・・・・・・・・・・ 20 (180)

書籍紹介

Rheology of Biological Soft Matter: Fundamentals and Applications

・・・・・・・・・・金田 勇・・・・・・・・・・ 22 (182)

年会開催記

第 40 回日本バイオレオロジー学会年会を開催して

・・・・・・・・・・望月 精一・・・・・・・・・・ 23 (183)

総会報告

・・・・・・・・・・関 眞佐子・・・・・・・・・・ 24 (184)

学会開催記

第 53 回日本交通科学学会を主催して

・・・・・・・・・・一杉 正仁・・・・・・・・・・ 31 (191)

岡小天賞審査報告

平成 29 年度岡小天賞審査報告

・・・・・・・・・・安達 泰治・・・・・・・・・・ 32 (192)

会告・行事案内

第 4 1 回日本バイオレオロジー学会年会のご案内

第 3 2 回バイオレオロジー・リサーチ・フォーラムのご案内

協賛学会などの予定

（岡小天基金寄付金納付者）

（新入会員）

（学会入会申込書）

（学会誌投稿規定）

（学会誌投稿票）

..... 33 (193)

教育の意義

関 眞佐子*

本誌の読者には「TED トーク」としておなじみかもしれないが、昨夜久しぶりに NHK で TED を見た。「自動化で人間の仕事はなくなるか?」というタイトルの経済学者デイヴィッド・オートー(David Autor)による講演である。かなり最近まで人間が勝ち続けていた囲碁の世界で、先月人工知能 AlphaGo が天才棋士柯潔(中国)に 3 戦連続で完勝したニュースにかなりの衝撃を受けていたので、興味をもって講演を聞いた。柯潔九段は、現時点で世界ランキング 1 位の世界最強の棋士であり、歴代最強ともいわれている。

オートーはまず、45 年前に ATM が導入されて以来米国で雇用されている銀行窓口係の数は 25 万人から 50 万人に倍増しているという、パラドックスのようなデータを紹介する。現金を扱う機械が導入されたのに、なぜ窓口係の人数は増えたのか。これは銀行窓口に限らない現象で、様々な分野でこれまで人間に代わって仕事をする機械が作られてきたにもかかわらず、米国で仕事に就く成人人口の割合は増え続けている。どうして人間の労働が余計にならないのだろう。それに対しオートーは、テクノロジーが進歩することで人間の専門知識、判断力、創造性がより重要になったこと(これを「O リングの原理(O-ring principle)」と呼んでいるが、その名称の由来は講演を参照していただきたい)と、人間は満ち足りることがないために常に新しい仕事が生み出されること(「足ることなしの原理(never-get-enough principle)」)の 2 つの経済学原理が関わっていると分析している。銀行窓口で言えば、ローンや投資の紹介や相談といった、より能力が必要な新たな窓口業務が生まれてきたというわけである。また、オートーは、O リングとなる人間を作るためには教育という社会的経費が掛かることや良い社会制度を作る努力が必要であることも付け加えている。人間の歴史を振り返るとこれまでこの要件が満たされてずっとうまくいってきたので、将来についても「コンピュータにより人間の仕事はなくなる」という心配をする必要がないという、気持ちが軽くなるような結論であった。

しかし、「非合理が合理に勝った選挙」と言われた米国の大統領選挙、冷静に考えれば起こらないだろうと思われていた Brexit をはじめとして、理性や知性がないがしろにされるような事態が世界中で続いている。日本でも我々に身近な研究費関係において、政府が関与するある研究開発プログラムに対して「仮説段階の研究を表彰」という批判記事が書かれ、一般紙にも取り上げられた。データと論理に基づいて事実を見極めることを徹底するのが科学であり、その科学的な考え方を養うことがオートーのいう O リングの 1 つの基本になると思うが、それを尊重する気風が社会のあちこちで薄れつつあるように思われる。AI の進歩だけでなく、この風潮の加速によってもひょっとしたら近い将来、「O リングの原理」が働かなくなる日が来るかもしれない。オートーの結論に胸をなでおろしつつ、現代における教育の意義を再認識した講演であった。

末筆ながら、私は 5 月の総会で理事長を退任し、丸山徹新理事長に引き継ぐことができた。在任中の会員の皆様のご協力とご支援に心から感謝するとともに、日本バイオレオロジー学会の今後益々の発展を祈念している。

*関西大学システム理工学部 [〒564-8680 大阪府吹田市山手町 3-3-35]

日本バイオレオロジー学会の理事長を拝命して

丸山 徹*

日本バイオレオロジー学会は今年度、創立 40 周年を迎えました。この慶事を全ての学会員の先生方とお慶びしたいと思います。また奇しくもこの時期に関西大学の関眞佐子先生の後任として学会の理事長を拝命しました。責任の重さを痛感するとともにこの場をお借りしまして学会の最近の動向や今後の方向性に関する私なりの抱負を述べさせて頂きたいと思います。

私が本学会に入会させて頂きましたのは、卒後 2 年目の昭和 57 年に愛媛県の松山日赤病院に赴任中の時期でした。当時、一般内科医として多発性骨髄腫の患者さんを受け持っていました。患者さんの血液検体を当時の愛媛大学生理学教室の志賀健先生の研究室に差し上げて血液粘度と連銭形成との関連を検討頂き、本学会で共同演者として一般演題を発表させて頂いた折に迷わず入会させて頂きました。当時は駆け出しの内科医として臨床の現場で多くの症例を受け持つ一方で、何か確固たる学問的な素地を掴み取りたいという気持ちだけで何の先入観もなく日本バイオレオロジー学会に入会させて頂いたのを懐かしく思い出します。

入会して分かったことは、日本バイオレオロジー学会が岡小天先生や深田栄一先生を中心に 1977 年に設立され、現在も私が医学部で講義を担当している循環生理学と深く関係し、医系・理工系・食品系など異なる領域の先生方が対等な目線で情報共有と意見交換ができる大変ユニークで学際的な学会であるということでした。しかしそのユニークさは、当時よりむしろ今日のほうが際立っているかもしれません。と申しますのは昨今どの学問領域もますます専門化・細分化して、領域横断的な学際的研究が重要であるとは知りつつもひとつの学会内部では完結し難くなりつつあるからです。もちろんそれぞれの学問領域が進化または深化するのは決して悪いことはありません。しかし全ての面で予測不能な現代、学問領域でもより専門化する方向性とともに関領域間の融合を図り、学会で学術的な知見を得ると同時に学会を通して関連領域の研究や連携プロセスを学ぶことも重要視されるようになってきました。

日本バイオレオロジー学会は、異なる分野の学会員が同じ目線で近距離から領域間の情報交換が出来る貴重な学会です。今年度の年会中に開催されました 40 周年記念シンポジウムでは、梶谷文彦先生、谷下一夫先生、西成勝好先生というかつて本学会を牽引されてきた重鎮の先生方から貴重なご講演を賜りました。それぞれのご講演が先生方のお人柄を表しており、若い先生方にとっても意義深い記念シンポジウムであったと思います。当日ご講演を頂いたように、イノベーションとはリスクを取って連結し得ない学問領域どうしを敢えて連結させてそこに面白さを見つけることであり、その様な研究を AMED (日本医療研究開発機構) も歓迎しているという梶谷先生のお言葉、医工連携は医系と理工系がそれぞれ特有の「情報の粘着性」を超えて繰り返し丁寧に協同活動を行えば決して難しいことではなく、日本バイオレオロジー学会は設立当初から医工連携の格好のプラットフォームであったという谷下先生のお言葉、バイオレオロジー学会は異分野融合の方向に向かいつつもご自身は食品レオロジーの世界でコップの中の嵐に見舞われているという西成先生の率直なお言葉、いずれもとても印象的なご講演でした。ご講演

*九州大学基幹教育院 [〒816-8580 福岡県春日市春日公園 6-1]

を拝聴しつつシンポジウムでご講演頂いた先生方以外にも本学会をこれまで牽引してこられた数多くの先生方が当日私の頭の中を過りました。そのような多くの先生方にも思いを馳せつつ、今後の本学会のあり方を考えずにはおれません。時代は確実に進んでいるからです。

本学会はめでたく創立 40 周年の節目を迎えましたが、同時にこの 40 年間を振り返っての課題も見えて来つつあります。どこの大学や学術団体も今や法人組織としての独自戦略を練っていますが、本学会の研究領域を見渡すとそれぞれの領域でホットな話題も多々あります。理工系では複雑な流体系のモデル化やシミュレーションに加えて、近年チップ状のマイクロデバイスやナノデバイスを活用して病気の解明や疑似治療に役立てるマイクロ流体アプローチに熱い視線が注がれています。食品や食材の分野では和食（日本人の伝統的な食文化）がユネスコ無形文化遺産に登録されて以降、レオロジーの観点からも和食の機能評価が注目されています。医学・医療の分野ではビッグデータサイエンスに期待が集まる一方で、超高齢化社会を目前にしてフレイルやサルコペニア、褥瘡や嚥下困難などバイオレオロジーとも関連が深い難問への対策を迫られています。本学会は自由度の高い学会ですからそれぞれの領域が異なる方向のベクトルを持つことも重要ですが、各領域・各参加施設が共有するベクトルをうまく統合できれば、面白い研究テーマが生まれ、異分野融合型のサステイナブルなコンソーシアムを提案できそうです。

学会発足後、ちょうど 40 周年を迎えた本学会のお世話をさせて頂くに当たって、その責任の重さを痛感し、身が引き締まる思いです。その責を全うするには多彩な学問領域を包括する本学会の会員の先生方のご協力がなければ不可能です。学会創立 40 周年を機に、本学会の益々の発展のため会員の先生方の更なるご協力を宜しくお願い申し上げます。

平成 29 年 6 月 10 日

原著論文

超音波照射による血液凝固時間延長作用 (ヘパリン濃度依存性の検討)

柴田拓志*, 岡本真悟**, 杉山博信**, 内貴猛***

Extension of blood coagulation time by ultrasonic irradiation (Heparin concentration dependent effect)

Hiroshi SHIBATA*, Shingo OKAMOTO**, Hironobu SUGIYAMA**,
and Takeru NAIKI***

*岡山理科大学大学院 生体医工学専攻 [〒700-0005 岡山県岡山市北区理大町 1-1]

**日機装株式会社 メディカル技術センター

***岡山理科大学 生命医療工学科

*Dept. of Biomedical Engineering, Graduate School of Eng., Okayama University of Science

**Biomedical Engineering Center, Nikkiso Corporation

***Dept. of Biomedical Engineering, Okayama University of Science

[Received: June 12, 2017; Accepted: August 10, 2017]

Blood coagulation occurs when blood comes in contact with artificial materials. Therefore, during extracorporeal circulation in hemodialysis, open heart surgery using artificial cardiopulmonary device, etc., anticoagulant such as heparin is administered to blood to prevent coagulation. However, the risks of side effects increase with excessive dosage of heparin. The risks of side effects of heparin may decrease with the decreasing dose of heparin following ultrasonic wave irradiation. However, it is not clear whether the anticoagulation effect of anticoagulants on blood increases with ultrasonic wave irradiation. Thus, in the present study, the changes in activated coagulation time (ACT) of human blood with ultrasonic wave irradiation were measured and the use of ultrasonic wave irradiation to decrease the dose of heparin was evaluated. The results demonstrated that ACT decreased with 0.33 U/mL heparin, but increased with 1.30, 1.99, 2.49, and 3.13 U/mL heparin, following ultrasonic wave irradiation at 130 kHz and 20 W. However, the ratio of ACT of blood subjected to ultrasonic wave irradiation to that of control blood was constant at heparin concentration of >1.30 U/mL. In addition, hemolysis and ultrasonic wave irradiation to heparin did not induce heparin-concentration-dependent changes in ACT. Taken together, the vibration of heparin and/or heparin-AT III complex by ultrasonic wave irradiation was suggested to be a possible mechanism for the heparin-concentration-dependent changes in ACT.

Key Words: blood coagulation, ultrasonic wave, activated coagulation time, anticoagulant, dialysis, extracorporeal circulation

1. 緒言

血液は人工材料に接触することで凝固反応を引き起こす。そこで、人工心肺装置や人工透析装置等の体外循環時には血液凝固を防ぐために血中に抗凝固剤であるヘパリンを主に投与する。しかし、ヘパリンを過

剰に投与するとヘパリン起因性血小板減少症や皮下出血等の副作用のリスクが高くなる¹⁾。そのため、抗凝固剤の投与量を軽減できるシステムの開発が重要である。我々は超音波を利用することにより、抗凝固剤の投与量を軽減できるのではないかと考えた。血栓溶解

療法では超音波を血管内の血栓に照射することによって血栓溶解剤の血栓中への拡散速度が増加し、血栓溶解効果が促進されることが報告されている²⁾。この治療法と同様に人工心肺装置やダイアライザ内の血液に超音波を照射することによって抗凝固剤の振動が増加し、凝固因子との接触確率が増え、抗凝固作用が促進されるのではないかと考えた。もしそうであれば、少ない量の抗凝固剤でも十分な抗凝固作用が得られることになる。超音波は画像診断装置や血流速度計、結石破碎装置、ハイパーサーミア等に応用され、血液への超音波照射が溶血におよぼす影響については調べられている^{3,4)}。しかし、超音波照射が血液の凝固反応におよぼす影響については検索した限りでは見当たらなかった。

そこで本研究では、血液に超音波を照射することによる活性化凝固時間 (ACT) の変化を調べ、超音波照射により抗凝固剤の使用量を軽減できるかどうかを検討した。

2. 実験試料および方法

2・1 試料 1 人の健康人より採取した血液に 9 通りの濃度のヘパリン (ノボ・ヘパリン 5 千単位/5 mL, 持田製薬株式会社) を投与し, ACT の値が人工心肺中⁵⁾と透析中⁶⁾の目標値の間である 300 s 程度になる 1.99 U/mL を基準濃度とした。さらに、ヘパリン濃度の違いによる超音波の影響を比較するために 0.33, 0.92, 1.30, 1.99, 2.49, 3.13 U/mL のヘパリン濃度についても検討した。それらの濃度になるようにヘパリンを入れたシリンジに 6 人の健康人より血液を採取した。採取した血液をローテータ (MR-3, アズワン) で 5 分間以上 37°C にて攪拌し、ヘパリンを十分に分散してから実験に使用した。

なお、採血を行う本研究は岡山理科大学の人を対象とする研究倫理審査委員会の承認 (受付番号 27-6) を受けた上で、被験者には実験内容について説明を行い、書面にて同意を得て実施した。

2・2 超音波照射方法 周波数 26, 78, 130 kHz, 出力 1~50 W の超音波を照射できる小型超音波洗浄機 (QUAVA mini low frequency type, 株式会社カイジョー) の上に水槽を設置し, 37.0°C の水を満たし, 血液を入れたプラスチック製試験管を水に浸し, 下方から超音波を 10 分間血液に照射した。その際に、超音波の照射による水温の上昇を抑えて恒温槽内の水温を 37.0°C に保つため、槽内に冷却恒温槽内の水を循環した。

超音波を照射した際に、試験管内へ照射される超音波の強度を試験管内の水の温度上昇を試験管の断面積で割ることによって求めた⁷⁾。その結果、試験管内の超音波強度は超音波出力に比例し、回帰直線 (超音波強度 $[W/cm^2] = 7.1 \times 10^{-3} \times$ 超音波出力 $[W]$) で近似できることがわかった (図 1)。

2・3 ACT 測定原理と方法 ACT の測定には臨床で使用されているヘモクロン 401 (Soma Tech. Inc., Bloomfield, USA) を使用した。ヘモクロン 401 では血液を入れたテストチューブを鉛直軸から 60° 傾けた状態で 37°C に保ちながらゆっくりとテストチューブの中心軸まわりに回転させる。テストチューブの中には磁石と凝固活性剤としてセライト粉末が予め入っている。血液が凝固していないときには重力により磁石と血液が常に下方にあるが、血液が凝固すると血液と磁石がテストチューブと一緒に回転し、上方に移動する。ホールセンサによりこの磁石の移動を検出し、血液が凝固したことを判定している。

実際の ACT の測定ではヘモクロン 401 の説明書に記載されているとおりの操作を実施した。すなわち、超音波を照射した 2 mL の血液をテストチューブに入れ、激しく 10 回程度振り、チューブ内のセライトと血液を十分に混合した。テストチューブをヘモクロン 401 に挿入し、手で 2 回時計回りに回転させ、テストチューブのふたを指で軽くたたいた。血液が凝固したことをヘモクロン 401 が検出したらテストチューブを取り出し、チューブ内の血液が確実に凝固していることを確認した。血液をテストチューブに入れてから凝固を検出するまでの時間 (s) を ACT とした。

2・4 ACT 測定手順 超音波を照射した血液と照射しない血液の ACT を測定することで血液凝固能に

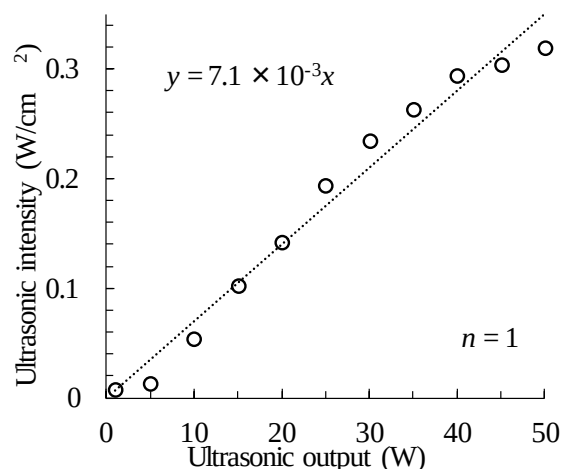


Fig. 1 Relationship between ultrasonic wave intensity in sample tube and output from ultrasonic generator.

およぼす超音波照射の影響を検討した。0.33, 0.92, 1.30, 1.99, 2.49, 3.13 U/mL の濃度のヘパリンを添加した各 5 mL の血液を 2 等分し、その片方に周波数 130 kHz の超音波を 20 W の出力で 10 分間照射し、その後に ACT を測定した。2 分割したもう片方の血液には超音波を照射せずに ACT を測定し、比較対象（コントロール）とした。ヘモクロン 401 が 1 台しかなかったため、超音波を照射した血液と照射しない血液の ACT を同時に測定することができなかった。さらに、採血してからの時間が経つほど ACT が短縮する影響を考慮するために、超音波を照射した血液の ACT を測定する直前（10 分前）に、超音波を照射していない同じヘパリン濃度の血液の ACT を測定した。そして、超音波を照射した血液と照射しない血液の ACT から式（1）により ACT 比を求めた。ACT 比が 1 以上の時には超音波照射によって ACT が延長し、1 以下の時には ACT が短縮したことになる。

$$\text{ACT 比} = \frac{\text{超音波を照射した血液の ACT}}{\text{超音波を照射しない血液の ACT}} \quad (1)$$

次に、予め超音波を照射したヘパリンを添加した血液と超音波を照射していないヘパリンを添加した血液の ACT を測定することでヘパリンの抗凝固能におよぼす超音波照射の影響を検討した。血中の最終濃度が 1.99 U/mL になるようにヘパリンを希釈した生理食塩液（ヘパリン濃度 200 U/mL）を 20 μ L ずつ 2 本の採血管に入れ、片方には 37°C で周波数 130 kHz の超音波を 20 W の出力で 10 分間照射し、もう片方は単に 37°C でインキュベートした。その後、採取した 2 mL の血液をそれぞれのヘパリン溶液に混合し、ACT を測定した。

2・5 溶血率測定方法 血液に強い超音波を照射すると赤血球が破壊されて溶血が発生する^{3,4)}。溶血量が多ければ凝固因子が活性化されて ACT は短縮することが予想される⁸⁾。ACT が短縮した場合に、その短縮が超音波照射による影響か溶血による影響かを判断するために、超音波を照射した血液と照射していない血液の溶血率を「薬食機発 0301 第 20 号」⁹⁾に規定されている方法にそって測定した。すなわち、10 mL の生理食塩液に 200 μ L の血液を加え、750 $\times$ g で 5 分間遠心分離した。その後、上清（試験液）の 576 nm における吸光度を測定した。10 mL の純水に 200 μ L の血液を添加して完全に溶血させた溶液の上清の吸光度についても同様に測定し、その値をポジティブコントロ

ールとした。そして式（2）により、溶血率 H を算出した。

$$H(\%) = \frac{T}{P} \times 100 \quad (2)$$

T : 試験液の吸光度

P : ポジティブコントロールの吸光度

さらに超音波を照射していない血液と超音波を照射した血液の溶血率の差（超音波照射による溶血の増加量）と ACT 比との相関関係を調べた。

2・6 統計学的検定 6 人の血液を使用して測定したデータを平均値と標準偏差により表した。そして、超音波照射した血液の ACT の平均値と照射していない血液の ACT の平均値の間の有意差の検定には対応ありの t 検定を使用した。ヘパリン濃度と ACT の関係を回帰直線で近似し、超音波を照射した血液の回帰直線の傾きの平均値と超音波を照射していない血液の回帰直線の傾きの平均値の間の有意差の検定にも対応ありの t 検定を使用した。ACT 比の平均値間の有意差の検定には対応ありの 1 元配置分散分析と Tukey 法（多重比較）を使用した。予め超音波を照射したヘパリンと超音波を照射していないヘパリンを使用した血液の ACT の平均値の間の検定には対応ありの t 検定を使用した。溶血率におよぼすヘパリン濃度と超音波照射の影響の有意性の検定には対応ありの 2 元配置分散分析を使用した。ACT 比と溶血率の相関関係の検定には無相関の検定を使用した。いずれの検定でも有意水準を 0.05 とし、エクセル統計 2010（社会情報サービス）を使用した。

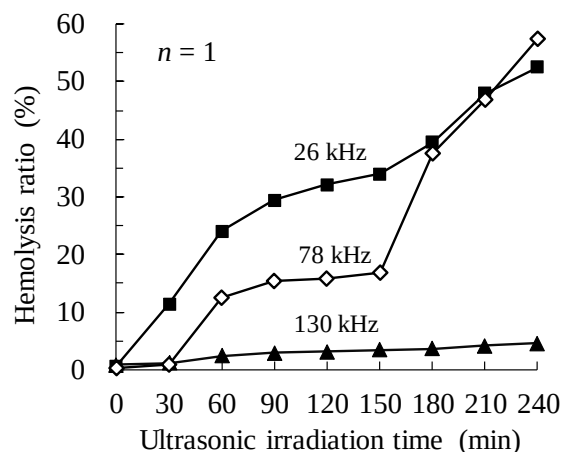


Fig. 2 Temporal changes in hemolysis ratio following ultrasonic wave irradiation.

3. 結果

3・1 超音波周波数の選定 小型超音波発生装置で設定できる周波数 26, 78, 130 kHz, 出力 5 W の超音波を 4 時間血液に照射することによる溶血率の推移を測定した結果, 周波数 130 kHz の超音波を照射した血液の溶血率が最も低かった (図 2). そこで, 溶血により血液凝固が促進される影響をできるだけ少なくするため, 溶血の発生が最も少なかった 130 kHz の超音波を本研究では使用することにした.

3・2 ACT 0.42 U/mL のヘパリンを添加した血液を 6 分割して周波数 130 kHz の超音波を 5, 10, 20, 30, 40, 50 W の出力で 10 分間それぞれの血液に照射した後に ACT を測定した結果, いずれの出力の超音波を照射した場合でも ACT 比は 1 より小さくなり, ACT が短縮した (図 3). 一方, 3.12 U/mL のヘパリン

を添加した血液の場合には 20, 30, 40 W の出力の超音波を照射したときに ACT は延長した. これらの結果から, 超音波照射が ACT におよぼす影響はヘパリン濃度に依存して変化することがわかった. そして, それらの ACT の変化は 20 W の超音波を照射したときに最も大きかった.

そこで次に, 出力を 20 W に固定して 6 通りの濃度のヘパリンを添加した血液の ACT におよぼす超音波照射の影響を詳細に検討した. その結果, 一般的に知られているように ACT はヘパリン濃度に比例し, 両者の間には有意な相関 ($p < 0.01$) があった (図 4). なお, 図 4 ではデータが重なって判別できなくなるのを避けるために超音波照射した血液のデータを 0.1 U/mL 右にずらして表示した. この相関関係は超音波を照射した血液でも超音波を照射していない血液でも存在していた. しかし, 超音波を照射した血液の ACT

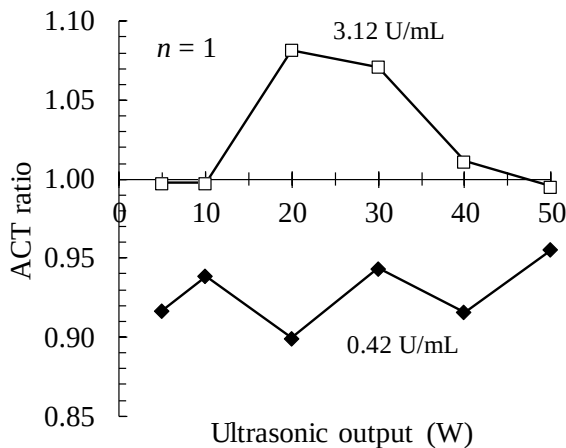


Fig. 3 Relationship between ultrasonic output and ACT ratio of blood containing 0.42 or 3.12 U/mL of heparin.

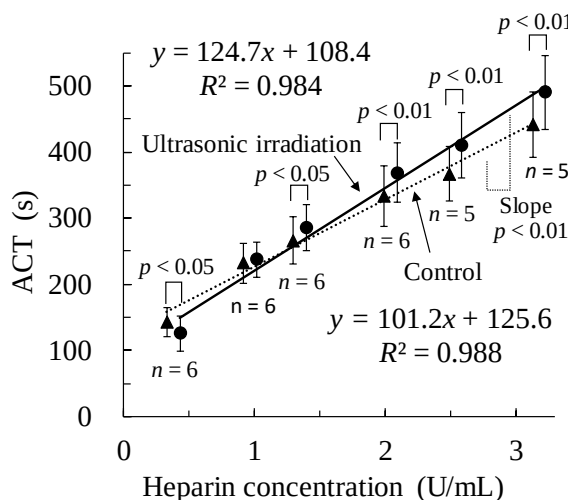


Fig. 4 ACT of blood following ultrasonic wave irradiation and control containing 6 different concentrations of heparin.

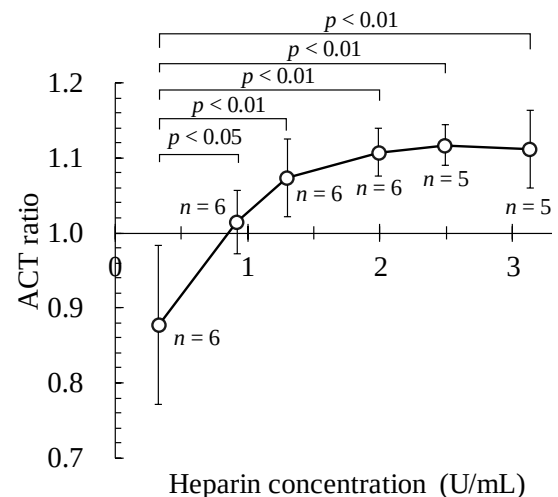


Fig. 5 Relationship between heparin concentration and ACT ratio.

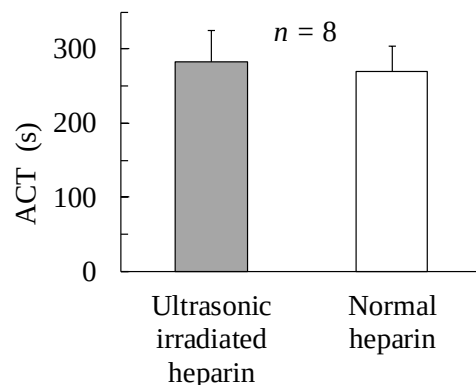


Fig. 6 ACT of blood containing 1.99 U/mL of heparin following ultrasonic wave irradiation and normal (no ultrasonic wave irradiation) heparin.

の回帰直線の傾き ($124.7 \pm 24.0 \text{ s} \cdot \text{mL/U}$) は超音波を照射していない血液（コントロール）の回帰直線の傾き ($101.2 \pm 18.8 \text{ s} \cdot \text{mL/U}$) より有意に大きかった ($p < 0.01$)。さらに、 0.92 U/mL のヘパリン濃度以外の血液の場合には超音波を照射していない血液の ACT の平均値と照射した血液の平均値の間には有意な差 ($p < 0.05$ あるいは $p < 0.01$) があった。

そこで、超音波照射による ACT の変化をさらに詳しく調べるため、超音波を照射した血液と照射していない血液の ACT の比を算出して比較した結果、 0.33 U/mL のヘパリン濃度の血液では超音波を照射することによって ACT が短縮し、 1.30 U/mL 以上のヘパリン濃度の血液では超音波を照射することによって ACT が延長した（図 5）。さらに、 0.33 U/mL のヘパリン濃度の ACT 比はその他のヘパリン濃度の ACT 比より有意に低く ($p < 0.05$ あるいは $p < 0.01$)、 1.30 U/mL 以下のヘパリン濃度ではヘパリン濃度が高いほど ACT 比が増加した。しかし、それ以外の ACT 比間には有意差はなく、 1.30 U/mL 以上のヘパリン濃度の ACT 比は同程度の値（約 1.1）になっていた。

予め超音波を照射したヘパリンと超音波を照射していないヘパリンを使用した血液の ACT を測定した結果、両者の間に有意な差はなかった（図 6）。

3・3 溶血率 血液の溶血率を測定した結果、超音波照射によって溶血率が増加した（図 7）。図 7 においても図 4 と同様に超音波照射した血液のデータを右にずらして表示した。超音波照射とヘパリン濃度が溶血率におよぼす影響の有意性を 2 元配置分散分析で検定した結果、超音波照射は有意に溶血率を増加させる ($p < 0.01$) が、溶血率はヘパリン濃度には依存しないことがわかった。また、コントロール（超音波を照

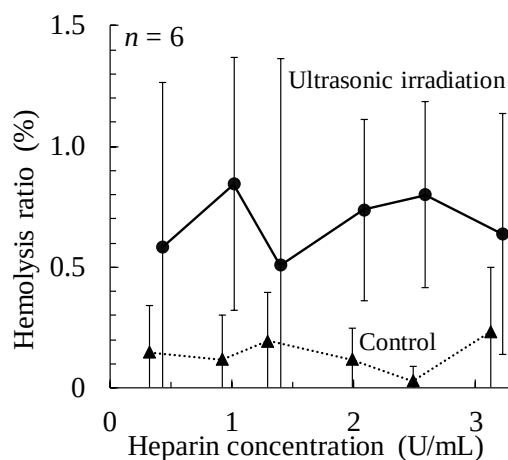


Fig. 7 Hemolysis ratio of blood following ultrasonic irradiation and control blood.

射していない血液）と超音波を照射した血液の溶血率の差（溶血率の増加量）と ACT 比との相関関係を調べた結果、両者の間に相関はなかった（図 8）。

4. 考察

ACT におよぼす超音波照射の影響を検討した結果、超音波照射によって 0.33 U/mL のヘパリンを添加した血液の場合には ACT が有意に短縮し、 1.30 U/mL 以上のヘパリンを添加した血液の場合には ACT が有意に延長することがわかった（図 5）。そして、 1.30 U/mL 以上のヘパリン濃度ではその効果（ACT 比）はヘパリン濃度によらずにほぼ一定であったが、 1.30 U/mL 以下のヘパリン濃度ではヘパリン濃度が高いほど増大していた。これらの結果から、超音波照射によってヘパリン濃度に依存して血液凝固速度が変化する現象には以下のメカニズムが関わっているのではないかと考えた。

- (1) 超音波照射による溶血によってヘモグロビンが血球外に溶出し凝固因子を活性化し、同時にヘパリンとの相互作用により凝固因子の活性化を抑制した。
- (2) 超音波照射によってヘパリン構造が変化し、ヘパリンの抗凝固能が増加した。
- (3) 超音波照射によりヘパリンが振動して凝固因子に接触する確率が高くなった。

ヘパリン濃度に依存した超音波照射による ACT の変化が溶血によって引き起こされるかどうかを検討するために、溶血率差と ACT 比の相関関係を調べた結果、溶血率差と ACT 比の間に相関関係はなく（図 8）、超音波照射によって発生した溶血によってヘパリン濃度に依存して ACT が変化したのではないことがわかった。しかし、超音波照射により発生した溶血により、

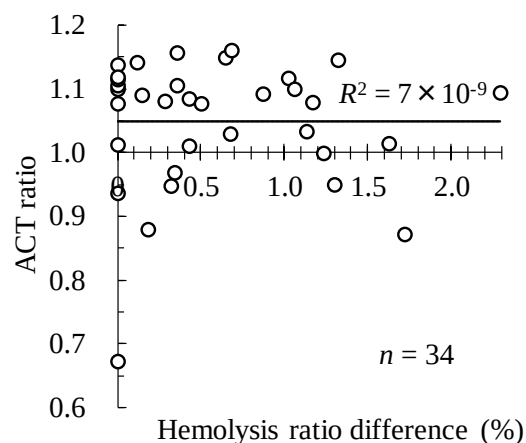


Fig. 8 Correlation between difference in hemolysis ratio and ACT ratio.

ヘパリン濃度には関係なく、血液凝固が促進している可能性は考えられる⁸⁾。このことから、図9のように溶血によってACTが短縮する現象とヘパリン濃度に依存してACTが延長する2つの現象の重ね合わせによってヘパリン濃度が低いときには超音波照射によりACTが短縮し、濃度が高いときにはACTが延長したのではないかと考えられる。

予め超音波を照射したヘパリンと超音波を照射していないヘパリンを添加した血液のACTを比較することで、超音波照射がヘパリンの構造等を変化させ、その結果として抗凝固能を促進あるいは抑制しているかどうかを検討した。その結果、超音波を照射したヘパリンと超音波を照射していないヘパリンを添加した血液のACTの間には有意な差はなく(図6)、超音波照射によりヘパリンの構造等が変化して抗凝固能が変化したわけではないことがわかった。

以上の検討の結果、残る可能性は(3)の超音波照射によるヘパリンの振動によりヘパリン濃度に依存したACTの変化が発生したことである。ヘパリンは血中のATⅢ(アンチトロンビンⅢ)と結合して凝固因子であるXa因子とⅡa因子(トロンビン)に作用して血液の凝固を抑制する。一般的にヘパリンの濃度が高ければ、ATⅢと結合するヘパリンの割合は高くなり、XaとⅡa因子を抑制する割合も高くなり、血液凝固を遅らせる。そのため、超音波照射によりヘパリン分子が振動することにより、ATⅢと接触する確率が増え、ATⅢと結合するヘパリンの割合がヘパリン濃度に依存して増加する可能性が十分に考えられる。また、ATⅢとヘパ

リンの複合体が超音波照射により振動することにより、XaとⅡa因子を抑制する割合が増加することも十分に考えられ、これもやはりヘパリン濃度に依存する。しかし、これらのメカニズムにより血液のACTが延長することを直接証明することは現時点では難しく、今後解決しなければならない課題であると考えている。

人工透析中のACTの目標値は150s~200s⁶⁾であり、本研究で使用した0.33 U/mLのヘパリンを添加した血液のACT値に近く、その血液に超音波を照射するとACTが短縮してしまうことがわかった。したがって、人工透析中の血液に130 kHz, 20 Wの超音波を照射すると、ヘパリンの投与量を増やさなければならないことになってしまう。しかし、溶血による血液凝固促進をさらに抑えることができる超音波照射条件を見つかることができれば、人工透析中においてもヘパリンの投与量を減らすことができる可能性がある。一方、人工心肺中のACTの目標値は400s⁵⁾程度であり、本研究では2.49 U/mLのヘパリンを添加した血液のACT値に近く、その血液に超音波を照射するとACTが延長することがわかった。したがって、人工心肺中の血液については本研究で使用した条件の超音波でもヘパリンの投与量を減らすことができると考えられる。図4の回帰直線からACTを400sにするために必要なヘパリン濃度を算出すると、超音波を10分間照射する場合には2.44 U/mLであり、超音波を照射しない場合には2.71 U/mLより0.27 U/mL、すなわち10%程度少ないヘパリン濃度にすれば良いことがわかる。このように、添加するヘパリンの量が多い場合には超音波照射により同程度のACT値を保ちながらヘパリンの投与量を減らすことができる可能性が本研究により明らかになった。このことから超音波照射機能を備えた体外循環装置を使用して、ヘパリンの投与量を少なくすることが期待される。しかし、実際に臨床に使用するためには、材料表面に付着した血栓が超音波照射によって剥がれ落ちる等の危険性や均一な超音波を人工心肺装置に照射する方法、より良い超音波照射条件(周波数, 出力, 照射時間)等を検討しなければならない。

5. 結言

6通りの濃度のヘパリンを混入した血液に10分間130 kHz, 20 Wの超音波を照射した後にACTを測定し、超音波を照射していない血液のACTと比較した結果、超音波を照射することによってACTが変化し、血中のヘパリン濃度が0.33 U/mLの場合にはACTが

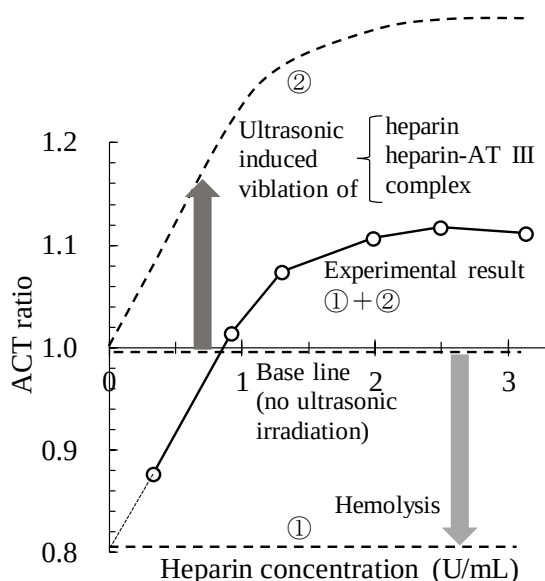


Fig. 9 Concept of heparin concentration dependent changes in ACT following ultrasonic wave irradiation.

短縮し、ヘパリン濃度が 1.30, 1.99, 2.49, 3.13 U/mL の場合には ACT が延長することがわかった。そして、1.30 U/mL 以上のヘパリン濃度では超音波を照射した血液の ACT と超音波を照射していない血液の ACT との比はヘパリン濃度によらずにほぼ一定であったが、1.30 U/mL 以下のヘパリン濃度ではヘパリン濃度が高いほど増大することがわかった。また、超音波を照射することによって溶血率が増加したが、溶血率の増加量（溶血率差）と ACT 比の間には相関関係はなく、超音波照射によって発生した溶血によってヘパリン濃度に依存して ACT が変化したのではないことがわかった。さらに超音波を照射したヘパリンと超音波を照射していないヘパリンを添加した血液の ACT の間には有意な差はなく、ヘパリンに超音波を照射しても抗凝固能が変化しないことがわかった。以上の検討の結果、超音波照射によりヘパリンあるいはヘパリン-ATⅢ複合体が振動したことがヘパリン濃度に依存して ACT を延長させた可能性が高いことが示唆された。しかし、ヘパリンあるいはヘパリン-ATⅢ複合体の振動により ACT が変化することを直接証明することはできなかった。そのため、ヘパリン濃度に依存して ACT が変化した原因がそれ以外にある可能性が残されている。超音波照射によりヘパリン濃度に依存して血液凝固時間が変化するメカニズムを解明することは今後の課題である。

利益相反

本研究において開示すべき利益相反はない。

文 献

- 1) 日本循環器学会：循環器疾患における抗凝固・抗血小板療法に関するガイドライン（2009 年改訂）
http://www.j-circ.or.jp/guideline/pdf/JCS2009_hori_h.pdf [accessed September 23, 2016]
- 2) 銭谷平, 南沢亨, 古幡博：霊長類全血血栓を用いた超音波血栓溶解療法における最小有効音響強度の検証, 慈恵医大誌, **128**, 35-40, 2013.
- 3) Tani K., Imura M., Koyama D., Watanabe Y.: Quantitative evaluation of hemolysis in bovine red blood cells caused by acoustic cavitation under pulsed ultrasound. *Acoust. Sci. & Tech.*, **38** (3), 161-164, 2017.
- 4) Dalecki D., Raeman C. H., Child S. Z., Cox C., Francis C. W., Meltzer, R. S., Carstensen, E. L.: Hemolysis in vivo from exposure to pulsed ultrasound. *Ultrasound Med. Biol.*, **23** (2), 307-313, 1997.
- 5) 池崎弘之, 米谷聡：心臓血管外科領域における凝固モニタリングー心臓手術中の止血困難に対してどう対処するかについての実践的アプローチ. 日臨麻会誌, **33** (2), 279-285, 2013.
- 6) 立原敬一, 石田等, 大塚徹, 諏訪邦夫：血液浄化療法に用いられる抗凝固薬の種類. 帝京短期大学紀要, **16**, 141-144, 2010.
- 7) 菊池恒男, 内田武吉：水を発熱体とするカロリーメトリ法による強力水中超音波パワー標準の構築, 信学技報, **109**, 21-26, 2009.
- 8) Laga A. C., Cheves T. A., Sweeney J. D.: The effect of specimen hemolysis on coagulation test results. *Am. J. Clin. Pathol.*, **126**, 748-755, 2006.
- 9) 厚生労働省：医療機器の製造販売承認申請等に必要となる生物学的安全性評価の基本的考え方について, 薬食機発 0301 第 20 号, 2012.

バイオレオロジーと医用工学 (基礎研究から医療イノベーション)

梶谷 文彦*

1. はじめに

日本バイオレオロジー学会は今年創立40周年を迎えたが、この間にバイオレオロジーの守備範囲である医療に対する考え方は大きく変化している。すなわち、従来の対症療法的医療から未病、予防、先制医療へ、侵襲医療から低侵襲、無侵襲医療へ、平均值的医療から個別化、精密医療へ、そして患者参加型へとパラダイムシフトした。

本学会の創始者であり中心的指導者であった岡小天先生¹⁾はバイオレオロジー創刊号(1987年)で「研究の基礎と応用は関連する諸学問分野の知識を総合的、多面的に総動員しなければならない。バイオレオロジーは境界学問であり、その内容は生き物のように時代と共に変わり得る」と述べられている。科学が進歩することで新しい技術が発展し、技術の貢献が人や社会へと浸透し、それによって新しい科学が展開するサイクリックな進展の重要性を物理学者の岡先生が長期的視点で示唆されたものと拝察している。このようなサイクリックな関係を推進する車の両輪として、医用工学とバイオレオロジーが機能して来たと言えよう。私達のグループは心筋を栄養する冠循環について「バイオレオロジー的な視野」で可視化を目指して実現した経験がある。この機会にそれにも触れさせていただくことにする。

2. 医療技術の進歩とバイオレオロジー

医療技術が大きく発展したのは20世紀後半である。坂本捷房東大工学部長(当時)をはじめ多くのパイオニアの努力で日本エムイー学会(現:生体医工学会)が発足したのは1962年で、数年前

に50周年を祝った。

米国生体医工学会(American Institute for Medical Biological Engineering: AIMBE)は1991年に創立された。1950年中頃より世界各国の様々な分野で生体医工学の研究開発が盛んになり、その後の医療の大きな推進力となってきたので、それらを統合して産官学で纏まって大きな力とし、米国だけではない世界的規模の組織を創って医学や医療を推進しようとするものであった。中心的な推進者のジョージア工科大学のRobert Nerem教授は日本との関係も深い。1982年に倉敷で開いた第5回日本バイオレオロジー学会では特別講演で来日いただき以後も親しく交流が続いている。AIMBEの大きな成果の一つはクリントン大統領の理解を得て、2000年にNIHの中に「The National Institute of Biomedical Imaging and Bioengineering: NIBIB」を設立したことである。NIBIBの活発な活動内容は広く知られているが、米国を中心とした世界の産学官から選ばれた約1500名のFellowから構成されていることに特徴がある。ちなみに日本からも20名程度のFellowが選出されている。AIMBEの幅広い活発な具体的活動内容についてはNIHのホームページで参照されたい²⁾。その広報活動の一つとして20世紀から現在までに開発され医療の現場で役立っている約30の医療技術を選んで“殿堂入り(Hall of Fame→Milestones of Innovation)”を発表している(図1)^{2,3)}。私もその選出に関与した経験があるが、これらのリストを見ると現在の医療になくてはならないものばかりであり、医療についての医療技術の重要性が良く理解できる。併せて、人工心臓、血液透析装置、人工血管、バ

*川崎医科大学名誉教授[〒796-0088 愛媛県八幡浜市34番地]

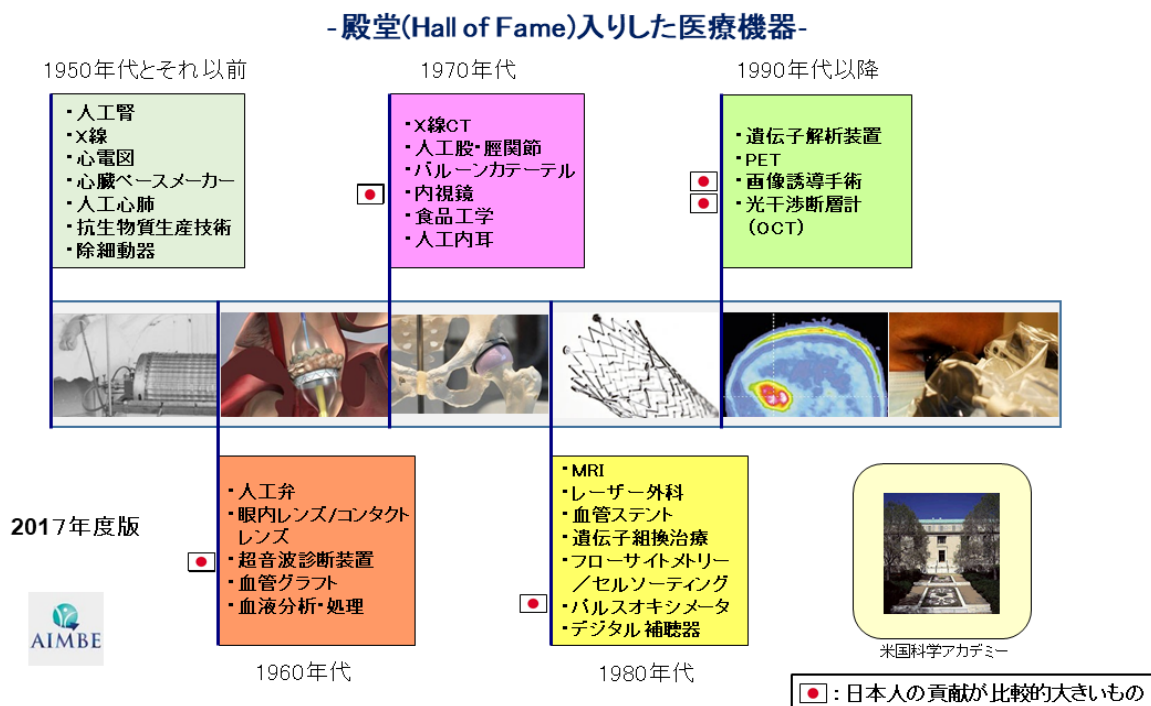


図 1 米国生体医工学会が選定した Milestones of Innovation.

ルーンカテーテル，血管ステント，フローサイトメトリー／セルソーティング，OCT など技術的にもバイオレオロジーが広く関与していることが分かる．図中の日の丸印は日本の貢献が比較的大きいと私が独断で判断した医療技術であるが，再生医療，AI，遺伝子工学などの新しい技術との連携を含めて，今後も日本の貢献が大きく期待されると思われる．

3. 冠循環とバイオレオロジー

冠循環に関する歴史は古く，冠動脈 (Coronary Arteries) の名付け親はローマ時代から中世に至る医学を集大成した Galen (129 年頃~200 年頃) である⁴⁾．古代ギリシャ競技の優勝者に冠として授与されたアポロンの霊木の月桂樹の輪から由来していると言われている (図 2 左)．その後 10 数世紀を経て，血液循環の確立で有名な William Harvey (1578- 1657)⁴⁾が冠血管には心筋内の血行路があり，それが心筋を栄養することを的確に指摘している (図 2 右)．

冠循環生理の父と呼ばれているのはイタリアの Baptista Scaramucci であり，1695 年に心筋収縮/弛緩と冠循環動態の関係について次のように正確な仮説を立てている「The deeper coronary vessels are

squeezed by the contraction of the muscle fibers around them. Which displaces the intramyocardial blood into coronary veins, and the vessels are refilled from the aorta during diastole」(Porter の英訳による⁵⁾)．心筋収縮/弛緩と心筋内冠血管，冠血流についての見通しの良いバイオレオロジー的見解と言える．

Scaramucci の仮説を実証するためには，拍動流を計測する必要があったが，冠動脈の拍動流が正確に計測できるようになったのは電磁流量計の導入 (前世紀中頃) 以来と言える．とくに Gregg は今日の冠循環生理の基礎を築き，彼の名著「Coronary Circulation in Health and Disease」(1950)

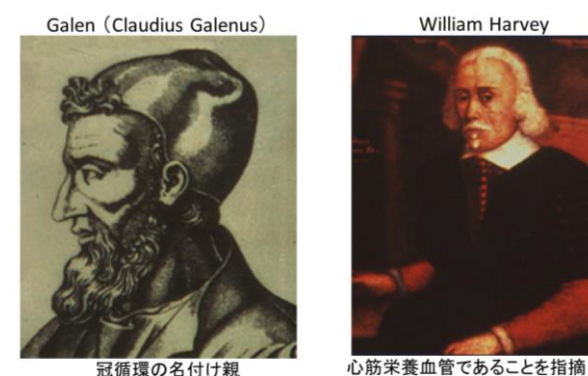


図 2 冠循環と関係が深い Galen と Harvey.

はこの分野に新しい‘standard’を作ったと言われている。これらの業績に対し Kennedy 元大統領より「The President Award for Distinguished Federal Civilian Service」を受けている。その後、50 歳前に惜しくも早世した Marcus が 1983 年に Gregg と同名の著書を出版し、Gregg より後の冠循環生理と臨床的知見をまとめ、今日の冠循環の礎を作った。まさに冠循環の歴史的 2 大名著と言えよう。

Scaramucci が 300 年以上も前に予見した深い心筋内の冠循環微小血管を是非とも可視化したいと願い、日本光電と私達のグループの共同研究でニードル型 CCD 生体顕微鏡を開発し、心内膜側冠血管と血流の可視化を行った^{6~10)}。図 3 はその一例であるが、Scaramucci の予見通り深い冠微小動脈血流は心拡張期のみに流入し、心収縮期には絞り出しによる逆流が見られた。血管径も収縮期には細くなり、拡張期に太くなることを確認した。

現在行われている冠循環系の診断技術は、図 1 で選出されている X 線イメージ、超音波、X 線 CT、MRI、OCT、PET などが不可欠であり、治療においてもバイパスグラフト、バルーンカテーテル、血管ステントなどの重要性が広く認識されている。

冠循環におけるバイオレオロジー的研究の重要性は現在も変わっておらず、最近の文献レビュー

を見ても「冠微小循環」のバイオレオロジー的な基礎的、臨床的知見が大きく不足していることが指摘され、例えば、2015 年ヨーロッパ心臓病学会で Harvey Basic Science Lecture を行ったベルリンの Axel R Pries 教授らも「Can we afford it to remain a black box?」と問いかけている¹¹⁾。

4. 産官学連携による医療イノベーションにおけるバイオレオロジーへ

基礎研究からイノベーションへと至る道には「魔の川」、「死の谷」、「ダーウインの海」など、険しい関所があることが良く知られている。これらの関所を越えるためには基礎研究における「知の創造」から医学、社会・経済的な「価値の創造」に繋ぐ産官学の異分野融合による「共創の場」が鍵である。文科省が推進してきた 10 年プロジェクトの“先端融合領域イノベーション創出拠点形成プログラム”は本分野の推進に寄与した好例として評価される。AMED のプロジェクトの中にも医用工学およびバイオレオロジー関係の研究開発も進んでいる。今後の医療イノベーションにおけるバイオレオロジーに対する期待は大きい。

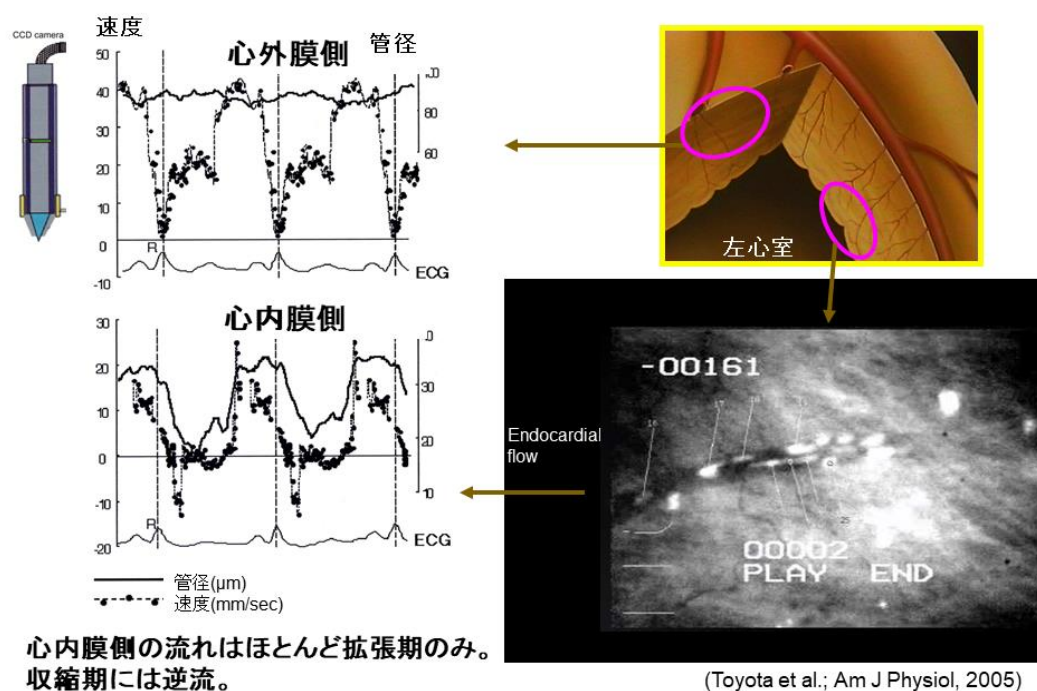


図 3 心周期における心内膜側と心外膜側細動脈血流速度と血管径変化。

参考文献と引用ホームページ

- 1) 岡小天：学会誌発刊に寄せて，日本バイオレオロジー学会誌，**1**, 2-3, 1987.
- 2) <http://www.aimbe.org/milestones-of-innovation/>
- 3) 梶谷文彦：医療機器の先端医療への貢献，医療機器センター25周年記念会誌，23-25, 2011.
- 4) Gregg, D. E. and Fisher, L. C.: Blood supply to the heart. In Handbook of Physiology, 2 Circulation (II, chapt. 44), 1517-1532, 1963.
- 5) Porter, W. T.: The influence of heart-beat on the flow through the wall of the heart. Am. J. Physiol., **1**, 145-163, 1898. 注：Scaramucci の仮説の年次が 1689 年と記載されているが，原本を参照して年次を変えている.
- 6) Kajiya, F., Yada, T., Kimura, A., Hiramatsu, O., Goto, M., Ogasawara, Y. and Tsujioka, K.: Endocardial coronary microcirculation of the beating heart. Adv. Exp. Med. Biol., **346**, 173-180, 1993.
- 7) Yada, T., Hiramatsu, O., Kimura, A., Goto, M., Ogasawara, Y., Tsujioka, K., Yamamori, S., Ohno, K., Hosaka, H. and Kajiya, F.: In vivo observation of subendocardial microvessels of the beating porcine heart using a needle-probe videomicroscope with a CCD camera. Circ. Res., **72**(5), 939-946, 1993.
- 8) Hiramatsu, O., Goto, M., Yada, T., Kimura, A., Chiba, Y., Tachibana, H., Ogasawara, Y., Tsujioka, K. and Kajiya, F.: In vivo observation of the intramural arterioles and venules in beating canine hearts. J. Physiol., **509**(Pt. 2), 619-628, 1998.
- 9) Toyota, E., Ogasawara, Y., Hiramatsu, O., Tachibana, H., Kajiya, F., Yamamori, S. and Chilian, W. M.: Dynamics of flow velocities in endocardial and epicardial coronary arterioles. Am. J. Physiol. Heart Circ. Physiol. **288**(4), H1598-H1603, 2005.
- 10) Kajiya, F., Yada, T., Hiramatsu, O., Ogasawara, Y., Inai, Y. and Kajiya, M.: Coronary microcirculation in the beating heart. Medical & Biological Eng. & Computing, **46**(5), 411-419, 2008.
- 11) Pries, A. R. and Reglin, B.: Coronary microcirculatory pathophysiology: can we afford it to remain a black box? Eur. Heart J., **38**(7), 478-488, 2017.

コラーゲン屋・骨屋のレオロジー

佐々木 直樹*

本年度の年会で、大変栄誉のある岡小天賞をいただきました。この賞は、研究についていえば人生の一時期を私と同じ研究室で過ごした学生諸君と同僚、そして学会との関わりについていえば、同じ時期に理事または編集委員会のメンバーとして議論を重ねてきた先生方と共同でいただいたものと思っております。

私が、この学会に入会し最初に発表させていたのは、峰下雄先生が年会長をされた奈良公会堂での1990年第13回年会でしたので、岡小天先生とはお話する機会を得ることができませんでした。それでも、私は研究のスタートラインに着いた時から、岡先生にはご著書を通して深く影響されて来ました。

「固体誘電体論」

1975年の卒業研究から学位論文まで、指導教官の引地邦男教授からいただいたテーマは「ポリアミノ酸」固体の物性を調べるというもので、手法は主として誘電緩和でした。当時勉強した教科書は、フレリッヒの「誘電体論」と岡先生の「固体誘電体論」でした。卒業研究をスタートしたばかりの頃、研究室のセミナーで発表した時、「周波数スイープすると何故誘電分散のピークが現れるのか？」という教育的質問にうまく答えられず立ち往生したことがありました。セミナー終了後、見兼ねた引地先生が持ってきてくださったのが、「固体誘電体論」でした。第4章で展開されていた線形応答理論に目の覚める思いでした。その意味で、私のレオロジーは岡先生の「固体誘電体論」から始まったのだと思っています。

ポリアミノ酸は合成高分子ですが、学位を取得してから「生もの」を扱うようになり、力学測定

を始める時も、アドミッタンスをインピーダンスに読み替えるなど岡先生の著書で学んだことがそのまま生かされたので、電気測定から力学測定への測定手法の移行はスムーズでした。

レオロジーでは固体・液体という概念がデボラ数を介して相対化され、「流れる固体」や「弾む液体」という言い回しにもなるわけですが、ここでは流れる固体としての結合組織のレオロジーについて垣間見たことを書かせていただきます。

結合組織

私と結合組織との出会いは学生時代です。研究室として「ポリアミノ酸」の仕事に一区切りついた頃、研究室会議があり、次のテーマについて学生も含めたメンバーで話し合いました。1970年ごろのオイルショックや公害問題とも相まって、世は生物ファーストの時代が始まっていました。ポリアミノ酸研究で培った技術や知識を活かせる生物の領域ということで、こわごわ踏み出したのが当時線維タンパク質と呼ばれていた、コラーゲンやケラチン、また、そうしたタンパク質から成る組織でした。私自身のテーマとしてまず定めたのは、吸着水量で変化するこれらの組織の物性変化を構造変化と対応させるというものでした。ドクター2年の夏休みは、午前中は研究室の仲間とコラーゲンの勉強、午後は恒温・恒湿での誘電測定用の試料ホルダー・電極の設計・工作、さらにコラーゲン線維からなる組織のX線回折実験に明け暮れました。発表できるようなデーターが出始めたのは翌年の夏以降だったと思います。私の学位論文の主となる部分は「ポリアミノ酸」でしたが、コラーゲンに関する結果を一つの章にまとめ、タイトルにも「collagen」を入れることができました。

*北海道大学 名誉教授

た。

本稿のタイトルで、「コラーゲン屋」という表現を用いましたが、研究対象に必要以上に愛着を感じている人、今風に言えばオタクの意味を込めました。学生時代のこのような経験から、私は自称コラーゲン屋になりました。

バイオメカニクス、バイオレオロジー

1980 年に学位をいただき、室蘭工業大学に新しくできたばかりの応用物性学科に教員として職を得ることができました。研究室は塑性物理学講座で、西田登教授、山村秀美助教授とのスタートでした。西田先生からサジェストして頂いたテーマは、「エラストマーの大変形挙動」で、動的粘弾性装置を使い本格的なレオロジーに一步を踏み入れました。そんな時、学生時代の先輩がウシ大腿骨片と *Nature* の記事¹⁾のコピーを持ってきて、「これ、こちらの研究室にある装置で測定できないだろうか？」と議論したのがバイオメカニクス、バイオレオロジーとの遭遇でした。その装置、「X 線極点図解析装置」でミネラルの配向を始めとする骨の詳細な構造を突き止め、骨の力学特性との関係を調べる研究を開始しました。*Journal of Biomechanics* への投稿論文に、若気の至りで「ミネラルの配向分布を考慮して骨の力学的異方性を考察した最初の論文である」と書きレフェリーにたしなめられたこともあり²⁾。ここから自称「骨屋」として歩き出しました。

骨の力学特性の測定には、その硬さから、エラストマーで用いていた動的粘弾性測定装置は使えないので、応力緩和装置を組み立てました。このころの装置が、私の応力緩和装置としては第一世代ということになります。数年前まで使用していた装置は、この時から数えて第 5 世代くらいになるのではないかと思います。

高分子物質の緩和現象では緩和時間分布があり、その分布が高分子の物性を特徴づけることが知られています。高分子が示す巨視的な現象を分子の熱運動で説明しようとする場合、緩和時間分布をどう表すかがポイントとなります。緩和時間分布の表現には大別して二つの方法があります。一つは分布をありのままに受け入れる緩和スペクトルによる表現、もう一つは、実験・理論を通して少

数のパラメータを含む数式で表す手法です。前者は得られた結果に忠実な反面、定性的な議論展開となってしまうがちです。一方、後者は定量的な議論が期待できますが、各パラメータの物理的意味を知ることが前提となります。

結合組織の緩和にも、著しい緩和時間分布があることが知られています。1979 年に Lakes と Katz は、ウシ大腿骨の応力緩和を緩和スペクトル表示により解析しています³⁾。それに基づいた骨の緩和機構については、多少拡大解釈し過ぎの感があります。私たちは、骨やコラーゲンの応力緩和に対して 6 個のパラメータと拡張指数関数を含む簡単な実験式を提案しました^{4,5)}。様々に制御された状態の試料について、実験式を見ていくことで、式中のパラメータについても物に即した意味を見つけることができました。

応力緩和実験では、パートバージョンとしての変形に対する応力応答の時間変化を観測します。応力の変化（減衰）は、試料中の分子の安定な状態への再配列（運動）によるもので、この運動が構成分子の特徴的熱運動と結びついています。コラーゲンの応力緩和過程で起こっている分子の再配列とはどんなものか？これを調べるため、応力緩和過程の X 線回折を行いました。コラーゲン自体は独特の線維構造をとっているため、分子の再配列がどのように行われるのか予想しづらい所がありました。強い光源を求めてつくば市の高エネ研・放射光実験施設（現高エネルギー加速器研究機構, KEK）に応力緩和装置を持ち込み、秒単位の時間分解能でコラーゲン線維構造のクリープをも測定しました。この実験から明らかになったのは、コラーゲン線維は多数の分子から成るブロックとして存在していますが、それらブロック同士の相対運動、更に、各ブロック内では隣接する分子同士も同時に滑りあっているということでした^{6,7)}。腱コラーゲンや、骨コラーゲンの応力緩和を考えるとこのような動きが緩和の素過程になっていると考えればいいことが分かりました。

骨の力学特性にとり重要なのは、ミネラルか？コラーゲンか？

現在、我が国の骨粗鬆症診断基準として、1994 年の WHO の定義に基づいて、骨密度が広く定量

されています。しかし、2000年のNIHコンセンサス会議では、骨強度を支配する要因として骨密度以外に骨質という概念が導入されました。骨質は骨密度以外の骨強度因子と定義されていますが、骨密度ほど明快な定義とは言えません。これが、臨床で骨密度重視が継続している理由かもしれません。私は、骨質の定義・定量を目指し、次のような設問を考えてみました:「骨の力学特性にとり重要なのは、ミネラルか? コラーゲンか?」

このため、骨試料から、ミネラルだけ、コラーゲンだけをそれぞれ選択的に減少させたときに応力緩和がどのように変化するかを調べてみました。コラーゲンはそのまま、ミネラル量だけを変化させた場合、変化量に応じて弾性率および緩和時間が変化するか観測されました。一方、コラーゲンだけを選択的に分解したとき、弾性率は指数関数的に減少し、また、緩和時間分布はほんのわずかのコラーゲンの分解で全くの別物のそれに変化してしまいました。実験に用いたのは、定常的にリモデリングが繰り返されていると考えられる成牛の骨でした。リモデリングは、組織中で発生している応力を閉じ込めたまま（残留応力）組織を作り変える巧妙な仕組みです。わずかのコラーゲンの分解で観測された弾性率や緩和時間分布の劇的な変化は、残留応力の急激な解放を暗示するものです。

この結果は、骨組織が残留応力を内蔵したまま骨としての構造・物性を保っているのは、コラーゲン線維が、収縮したバネ（残留応力を内蔵した組織）を抑えている可能性を強く示唆するものです。したがって、上記設問に対する回答とし

ては、ミネラルよりもコラーゲンが重要ということになります。一方、ミネラルが骨強度を担っていることも事実です。結局、「骨密度も大事だが、同時に、コラーゲン線維の状態にも注意しなければならない」というNIHの提言を物質科学的に裏付けたものになるのだろーと思います。それでは「臨床的にコラーゲンの状態をどう調べるか?」というのが次の大きな課題になるかと思いますが、これについては、本学会の次世代を担う会員の皆様に期待したいと思います。

文 献

- 1) Nightingale, J. P. and Lewis, D.: Pole Figures of the orientation of apatite in bones. *Nature* **232**, 334-335 (1971).
- 2) Sasaki, N., Matushima, N., Ikawa, T., Yamamura, H., and Fukuda, A.: Orientation of bone mineral and its role in the anisotropic mechanical properties of bone.---Transverse anisotropy. *J. Biomech.* **22**, 157-164 (1989).
- 3) Lakes, R. and Katz, J. L.: Viscoelastic properties of wet cortical bone. 2. Relaxation mechanisms. *J. Biomech.* **12**, 679-687 (1979).
- 4) Sasaki, N., Nakayama, Y., Yoshikawa, M., and Enyo, A.: Stress relaxation function of bone and bone collagen. *J. Biomech.* **26**, 1369-1376 (1993).
- 5) Iyo, T., Sasaki, N., Maki, Y., and Nakata, M.: Mathematical description of stress relaxation of bovine femoral cortical bone. *Biorheology* **43**, 117-132 (2006).
- 6) Sasaki, N. and Odajima, S.: Elongation mechanism of collagen fibrils and force-strain relations of tendon at each level of structural hierarchy. *J. Biomech.* **29**, 1131-1136 (1996).
- 7) Sasaki, N., Shukunami, N., Matsushima, N., and Izumi, Y.: Time-resolved X-ray diffraction from tendon collagen during creep using synchrotron radiation. *J. Biomech.* **32**, 285-292 (1999).

第 40 回日本バイオレオロジー学会年会優秀ポスター賞を受賞して

江口 和也*

1. はじめに

このたびは、第 40 回日本バイオレオロジー学会年会にて、優秀ポスター賞を頂くことができ大変光栄に感じております。今回、「温度勾配を駆動力としたアスピリン/シクロデキストリン包接錯体の分子輸送現象」という題目で発表させて頂いたため、本記事でご紹介させていただきます。

2. 研究内容

本研究は生体内や水溶液中において熱力学的に非平衡な状態で、物質の濃度や分子挙動がどのように変化していくのかを解明する研究である。温度勾配を駆動力とした分子輸送現象をルードビッヒ・ソレー効果(ソレー効果)と呼び、この現象により形成される濃度勾配形成メカニズムの主要因子として、分子サイズや分子量、さらには水素結合などの分子間相互作用の寄与が知られている。そこでソレー効果の分子論的メカニズムを調べるためにシクロデキストリン (CyD) 水溶液に着目した。

CyD は、6~8 個のグルコースが環状構造を形成している糖の一種であり、内側の疎水部分に分子を包接する機能を有することが知られている。CyD を用いることで、ゲスト分子を包接させることにより、分子サイズを変化させずに見かけ上の分子量を変化させる系とみなすことができ、これまでにないシステムティックな研究が可能となる。本研究では、CyD にアセチルサリチル酸(アスピリン)を包接させた際の分子拡散現象を調べた。包接/徐放の挙動やそれに依存した拡散現象を理解することで、新規ドラッグデリバリーシステムの構築に貢献できると考えられる。

図 1 は α -, β -, γ -, methyl- β -, di-methyl- β -CyD 水溶液 (白抜き) およびアスピリンを包接させた場合 (塗りつぶし) の濃度勾配形成現象を調べた一例であり、温度勾配を駆動力とする溶質の拡散を特徴づけるソレー係数 S_T の温度依存性である。 α -, β -, γ -CyD の低温側では負の値となり、液中で温度の高い側へ拡散することを意味する。メチル化度の異なる β -CyD を比較するとメチル化度が増加するにしたがってソレー係数の値が増加する。これはメチル化によってプロトン供与体である水酸基数が減少したためであると考えられる。またアスピリンを包接した際のソレー係数の値はすべての CyD の場合において増加する。これは包接錯体においてプロトン受容体であるエーテル数が増加したためである。以上の結果より水溶液における熱泳動現象は、着目する溶質分子のプロトン供与体数の減少またはプロトン受容

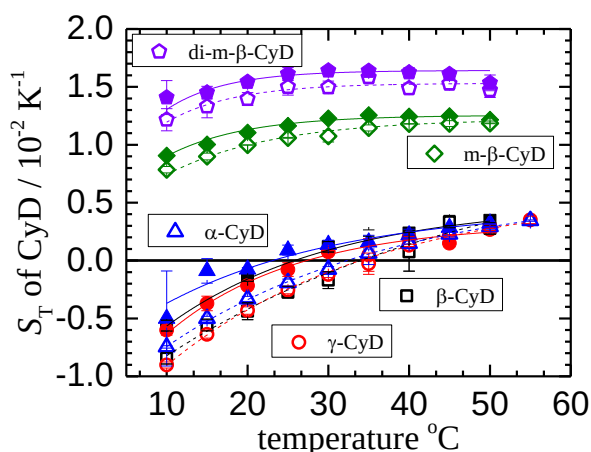


Fig. 1. Soret coefficient S_T for α -, β -, γ -, methyl- β -, di-methyl- β -CyD as a function of temperature. (full and empty symbols indicates with and without aspirin respectively).

* 東海大学大学院総合理工学研究科総合理工学専攻 [〒259-1292 神奈川県平塚市北金目 4-4-1]

体数の増加によってソレー係数が増加し、一方で、プロトン供与体数の増加またはプロトン受容体数の減少によりソレー係数の値が減少することが分かった。また包接錯体の熱泳動現象においては、図2のようにCyDとアスピリンが包接錯体を形成することにより錯体のプロトン受容体数が増加してソレー係数の値も増加した。したがって水素結合がルードビッヒ・ソレー効果に重要な役割を果たしていることが分かり²⁾、熱力学的な非平衡状態における水溶液中の複雑な分子挙動の解明に一步近づいた。

今後はCyDに包接させる物質や置換基を変えるなどして水素結合が温度勾配を駆動力とした分子輸送現象に与える効果を明らかにしていくと共に、新たなドラッグデリバリーシステムの開発や新たな物質輸送の制御方法の構築を目指している。

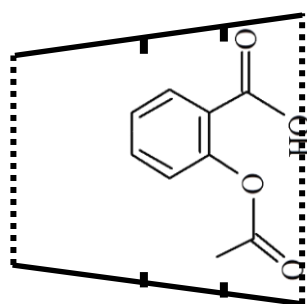


Fig. 2. Possible inclusion complex structure between β -CyD and aspirin confirmed by ROESY and $^1\text{H-NMR}$ ²⁾.

3. ポスター賞を受賞して

CyDを用いたソレー効果の研究は私が学部生の時に引き継いだ研究ですが、先輩や先生方の指導を受けて研究を進めていくうちにシクロデキストリンの包接挙動の複雑さゆえに実験結果の解釈や解析に困っていました。そんな折、Prof. Simone Wiegandが私の研究グループを訪れる機会があり、私の研究の現状について紹介したところ数多くのアドバイスや意見を頂きました。さらにProf. Simoneの所属するドイツのヘルムホルツ協会ユーリッヒ研究センターへの研究留学にも誘っていただき、普段の大学生活とは違った環境の研究所にて研究活動を行わせて頂きました。この間には他分野やいろんな国籍の人とディスカッションを行い研究者として大変良い経験をさせていただきました。帰国後も研究所で学んだこと生かし

て自分自身の初めての論文投稿に有り付くこともできました。

このように多くの困難に直面しながらも研究者として成長しながら多くの方から多大なサポートを受けて研究を進めていき、その集大成として今回の研究成果が日本バイオレオロジー学会年会という場で皆様方に評価していただいたことを非常に光栄に感じております。

水溶液中の物質の挙動については、まだまだ分からないことが多いのが現状なので、熱拡散現象を少しでも理解するために日々の研究活動を精進してまいります。

4. おわりに

本研究を進めるにあたり、指導教員である東海大学理学部物理学科の喜多理王教授に日頃よりご指導ご支援をしていただき心より御礼申し上げます。また、同研究グループの新屋敷直木教授、八木原晋教授には数多くの意見や研究者としてのご指導を頂き深く感謝申し上げます。そして、ドイツにおける研究活動の機会を与えてくださったドイツのユーリッヒ研究所のProf. Simone Wiegandに心より御礼申し上げます。また、日ごろの研究活動にて数多くの助言をくださった研究室の同期や川口氏をはじめとする先輩方にも深く感謝申し上げます。

最後になりますが、本研究をこのような名誉ある賞にご推薦くださいました日本バイオレオロジー学会年会の審査員の皆様方にこの場をお借りして深く御礼申し上げます。

文献

- 1) K. Eguchi, D. Niether, S. Wiegand, and R. Kita, *European Physical Journal E*, **39** (2016) 16086.
- 2) D. Niether, T. Kawaguchi, J. Hovancova, K. Eguchi, J. K. G. Dhont, R. Kita, and S. Wiegand, *Langmuir*, **33** (2017) 8483.

第40回日本バイオレオロジー学会年会優秀ポスター賞を受賞して

近藤 美咲*

1. はじめに

この度は、第40回日本バイオレオロジー学会年会におきまして、優秀ポスター賞を受賞する荣誉に預かり、大変光栄に感じております。

この度の受賞に際しまして、本紙面をお借りして我々研究グループの概要および研究内容につきましてご紹介させていただきます。私の所属しております佐賀大学大学院工学系研究科循環物質化学専攻の有機材料化学講座（大石・成田研究室）では、高分子化学、物理化学を軸として様々な研究を遂行しております。その中で私は成田准教授の下で研究に励んでおり、成田グループではコロイド界面化学を中心に高次機能の発現と構造制御を目標として、生物にしかない特性や機能を発現またはこの機能を応用できることを念頭に研究を進めています。

2. 研究内容

一般的に人工的に造り出せる加工品のほとんどは鋳型を用いて形付けられています。一方、生物は自分自身を造り上げる機械であり、その巨視的構造は外力の干渉によって押し付けられたものではなく、内的な相互作用によって自律的に形付けられたものです¹⁾。生物の自律的な形態形成は一種の自己組織化です。生物の形態及び組織はその機能を最大限に発揮できるように非常に機能性に優れた形状を自発的に形成しています。組織、器官までの特徴的な形態、つまり空間的配置は、細胞の増殖、分化、接着、移動による組織化により、胚発生の中に組織化されて決定されます。これらの形態がほぼ同じ形に形成されるのは遺伝的な「プログラム」のためで、環境要因により変えら

れるものであります。また、一方で形態形成を支持しているのは細胞だけではなく細胞外マトリックス（ECM）も関与していることがわかってきています。ECMは、細胞と細胞を接着させる役割、細胞を正しい位置に配列させる役割、細胞の増殖や分化の制御、器官の形成に強く関わっています。このECMの機能を細胞ではなく研究者側が操作できる手段が見つけることができたならば、3次元的な細胞の配列技術などの細胞組織工学に応用が可能となり、生体内での細胞組織、器官の再構築技術へ発展する可能性を秘めています。そして、再生医療の分野に大きく貢献できるのではないかと考えています。

当研究室では、藻の代表的なECMであるアルギン酸をカルシウム水溶液でゲル化すると、特徴的な巨視的パターンを持つアルギン酸カルシウムゲルを形成することを見出しました。このアルギン酸カルシウムゲルは、毛細管の内径とカルシウム水溶液の濃度により、螺旋状、セル状、チューブ状、筒状の4つのパターンを形成します。しかし、ゲル化する際に用いられる高濃度のカルシウムは細胞毒性があるため、医療への応用が難しいという問題が上がりました。私たちは、他のECMでもアルギン酸カルシウムゲルの調製条件とゾル-ゲル変化の性質が似ているならば、アルギン酸カルシウムゲルに生まれた自己形態形成のように、自発的に何らかの形態を形成するのではないかと着想いたしました。そこで、動物の代表的なECMであり、細胞組織工学にも用いられているコラーゲンに焦点を当てました。ウシコラーゲン水溶液は中性のリン酸緩衝液に浸漬させると、コラーゲン線維の配向構造と巨視的なマルチチャンネル構造

*佐賀大学大学院工学系研究科循環物質化学専攻 [〒840-8502 佐賀県佐賀市本庄 1]

をもつコラーゲングルが形成されることが確認されています²⁾。コラーゲンは pH, 温度をはじめとする様々な因子によって形態が変化する性質を持つことが知られています。もし、パターン化する能力が見出されるのであれば、アルギン酸、コラーゲン等の ECM が元来、細胞を含んでいなくとも何らかの形態を自発的に形成する能力のある材料であることを示す証拠と成り得るので、このゲル化の際に形成される特徴的なパターン化が組織や器官の形成に関与している可能性を拓きます。さらに、その形態形成の解明は、細胞配置のコントロール手段への発展に期待できます。

本研究では、実際にコラーゲングルのパターンを発現させるために、様々な条件下で実験を行いました。実験はアルギン酸のパターン発現と同じ方法で行いました。コラーゲンは、各パラメータによって性質が変化するため、pH とキャピラリーの内径、温度をパラメータとして変化させパターン発現に導きました。実験結果より、コラーゲングルは緩衝溶液の侵入方向に垂直な縞状パターンを形成することを確認しました(Fig. 1)。このコラーゲンパターンの形態は Liesegang パターンと非常に類似しています。Liesegang パターンとは、ゲル内に反応物が拡散し、化学反応が不連続的に起こり、沈殿物が縞模様を描いて現れるバンド形態のことです。Liesegang パターンとコラーゲンパターンの類似性を比較するため、縞パターンに関して数値的解析を行ったところ、Liesegang パターンの性質を表す式 $x = P\Delta x$ で表せることが分かりました (x : 縞パターン形成箇所からの距離, Δx : 縞間隔, P : 縞間隔の広がり度合)。しかし、Liesegang パターンとコラーゲンパターンでは Liesegang パターンの方が P 及び周期の間隔サイズがはるかに大きいことが分かりました。また一方で、コラーゲン分子は、30 nm 程の繰り返し周期を有する線維に本来自発的に会合します。得られたコラーゲングルに自発的に現れるパターン周期は 100 μm 程度なので、この自発的に形成された形態は今まで知られていなかった未知の繰り返し構造が、拡散によるゲル化という容易な方法によって形成されること新たに示したことになります。今後の方針としては、この Liesegang とのスケールの違いの解明、さらに再生医療への応用へ向けて実際にコ

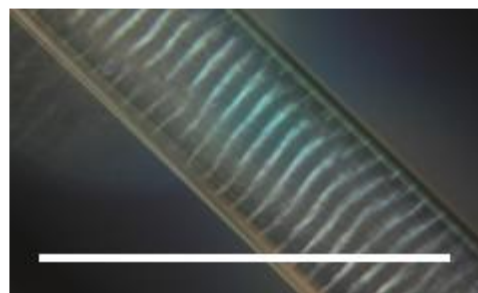


Fig.1 クロスニコル下で見られるコラーゲングルの縞パターン (スケールバー: 1 mm)

ラーゲンパターンゲルに細胞を入れた際の細胞とコラーゲングルとの相互作用について研究を実施する予定です。

3. おわりに

本研究を進めるにあたり、日頃より全面的にご指導ご支援していただきました佐賀大学大学院工学系研究科成田貴行准教授、北海道大学先端生命科学研究院の古澤和也助教授に心より感謝申し上げます。また、本研究において大変有益なお言葉を賜りました同講座の大石祐司教授に厚く恩連申し上げます。さらに、日頃から研究活動の時間を共有し多くの助言をくださいました研究室の先輩諸氏や同期・後輩にも深く感謝申し上げます。

この度は、研究の成果を皆様方に評価していただけたことを非常に嬉しく思うと同時に、今後の研究さらなる発展のために、知識の習得や思考の訓練を重ねていかなければと強く感じております。

最後に、私共の研究をこのような名誉ある賞にご推薦くださいました日本バイオレオロジー学会年会の審査員の皆様にこの場を借りて深く御礼申し上げます。

文 献

- 1) 松下貢(編): 非線形・非平衡現象の数理 2, 東京大学出版会, 2005, pp. 111-121.
- 2) F. Kazuya, et al.: *Biomacromolecules*, **13**(1), 29-39, 2011.

書籍紹介

Rheology of Biological Soft Matter: Fundamentals and Applications

金田 勇*

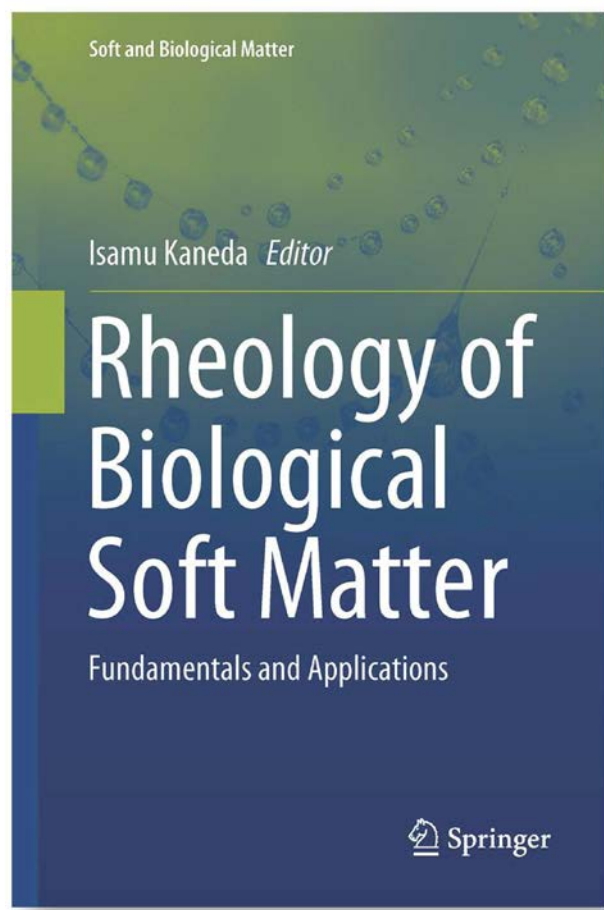
本学会では出版事業としてこれまで Springer 社より二冊の単行本を出版してきたが、本書は第三弾である。編集は編集担当理事である金田が中心になって企画を立案して Springer 社に提案したところ、Springer 社から出版されている *Soft and Biological Matter* というシリーズの一つとして出版される運びとなり、2017 年に出版された。

書名の通り、取り上げられているテーマは、生体関連物質のレオロジーに関する基礎からアプリケーションまでの広範囲にわたる。具体的には、Part I では生体高分子の基礎的な研究に関する 3 つの chapter が掲載されている。Part II は食品分野の応用研究に関する 7 つの chapter が掲載されている。この部分が本書の大きな特徴であり、咀嚼・嚥下に関するレオロジストと口腔外科医との共同研究、日本のローカルな食品であるごま豆腐の物性研究、異種タンパク混合ゲルに関する研究など、ユニークな研究が紹介されている。Part III では化粧品・生活用品のレオロジーに関する 2 つの chapter が掲載されているが、従来この分野の学術的な chapter はあまりみられていないため注目を集めている。Part IV では人工関節に関連する材料開発および生体組織（ブタ硝子体）の物理的特性に関する研究が掲載されている。

本書は大学の研究者・大学院生のみならず食品および化粧品・生活用品のメーカーの技術者に是非手にとって頂きたい一冊である。

学会として Springer 社からの書籍出版については多くのノウハウが蓄積している。今後も本学会の編集出版事業としてバイオレオロジー関連の専門書籍の出版を推進して行きたいと考えている。もし興味ある企画があれば理事会に積極的にご提

案頂きたい。



*酪農学園大学 農食環境学群 食と健康学類 [〒069-8501 北海道江別市文京台緑町 582]

年会開催記

第40回日本バイオレオロジー学会年会を開催して

年会長 望月 精一*

まずは、会員の皆様のお陰を持ちまして、第40回年会を無事に終えられましたことを心よりお礼申し上げます。平成29年5月27日（土）・28日（日）の2日間にわたり、川崎祐宣記念講堂（岡山県倉敷市）にて開催させて頂きました。今回は、学会創立40周年にあたりましたので、メインテーマも「40年を振り返り、そして未来に向けて」とさせて頂きました。このような記念すべき年会を仰せつかり、当初は大変不安でしたが、諸先生方のご指導とご協力を頂きまして、無事に終えることができました。2日間で131名にご参加頂きました。重ねてお礼申し上げます。

今回は従来のオーガナイズド・セッション、ポスター・セッションに加えて、創立40周年記念シンポジウムを同時開催致しました。シンポジウムは「これからのバイオレオロジーへの期待 ～40年を振り返り、未来を見通す～」をメインテーマとし、いずれも学会名誉顧問の3名の先生方にご講演頂きました。梶谷文彦先生（川崎医科大学名誉教授、川崎医療福祉大学客員教授、日本医療研究開発機構（AMED）プログラムスーパーバイザー）が「バイオレオロジーと医用工学 ―基礎研究から医療イノベーション―」、谷下一夫先生（早稲田大学ナノ・ライフ創新研究機構招聘研究員、慶應義塾大学名誉教授）が「医療ニーズに基づく医療機器開発の道筋」、西成勝好先生（中国・湖北工業大学特別招聘教授、大阪市立大学名誉教授）が「食のバイオレオロジー」について、ご講演くださいました。これまでのご研究を拝聴させて頂いた上に、バイオレオロジーの更なる発展に大きな期待を寄せられていることが実感されました。

オーガナイズド・セッションでは、若手の方々の発表が増え、活発な議論をして頂いていたようでした。そして、私が教育に関わっております臨床工学技士の業務に関連する研究の発表も頂くため「臨床工学分野のレオロジー」セッションも設けさせて頂きました。関連性のある人工臓器系や

血液物性関係の先生方と有意義な意見交換もして頂いたのではないかと思います。今後の年会でも参加・発表して頂けますようお願い致します。

受賞関係では、岡小天賞の佐々木直樹先生（北海道大学）による「『流れる固体』と骨組織のレオロジー」についてのご講演、論文賞の槇靖幸先生（群馬大学）による「拡散によって誘起されるカードランゲルの異方的・多層構造」についてのご講演がございました。学会奨励賞は、後藤信一氏（慶應義塾大学）、優秀ポスター賞は、近藤美咲氏（佐賀大学大学院）と江口和也氏（東海大学大学院）が受賞されました。今後も本学会をさらに盛り立てて頂ければと思います。

ランチョンセミナーは、1日目に「卵料理のレオロジー」について金田勇先生、2日目に「ステイプ・ジョブズに学ぶ 就寝前の過ごし方 心地よく眠りに就くために」について保野孝弘先生（川崎医療福祉大学臨床心理学科教授・学科長）にお話頂きました。いずれもご参加の皆様には、大変ご興味を持って頂いたようでした。

懇親会は、観光地として有名な倉敷美観地区近くの倉敷ロイヤルアートホテルで開催致しました。瀬戸内地方の食材を使った料理はいかがでしたでしょうか。これを機にまたゆつくりと倉敷、岡山を訪れて頂ければと思います。

今回は、学会創立40周年記念の年会でしたが、第5回年会を梶谷文彦先生、第23回年会を辻岡克彦先生が、倉敷で開催されてきましたので、偉大な先生方の後に続いて、倉敷の地で本年会を開催させて頂けたことは、望外の喜びでございました。

最後に本年会の開催にあたり、準備の段階からご協力、ご支援頂きました関眞佐子先生はじめ役員の先生方、そして川崎医療福祉大学・医療技術学部・臨床工学科のスタッフとお手伝い頂いた学生の皆様にお礼申し上げます。また、協賛・後援・寄付・助成金など、ご協力頂きました関係学会・機関とご関係の皆様にお礼申し上げます。

*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]

総会報告



特定非営利活動法人日本バイオエロロジー学会

平成29年度総会議事録

関 眞佐子*

日時：平成29年5月28日（日） 13:30～14:00

場所：川崎祐宣記念講堂 多目的ホール

出席者：出席 48名、委任状 57名 計105名（正会員過半数 102名）

議長として関眞佐子理事長を選出した。

議事録署名人として、金田勇副理事長を選任した。

会員の動向（平成28年5月1日～29年4月30日）について報告があった。

会員：正会員202名、学生会員19名、入会33名、退会17名

（昨年度：正会員186名、学生会員19名、入会18名、退会30名）

役員：名誉会員4名、名誉顧問17名、理事29名

監事2名、評議員20名（計72名）

議題

1. 平成28年度（H28.5.1～H29.4.30）事業報告

1) 第39回年会開催：H28.6.18-6.19 東海大学校友会館（東京都）年会長：後藤信哉

2) バイオエロロジー・リサーチ・フォーラム開催

・第28回バイオエロロジー・リサーチ・フォーラム開催：H28.6.18

東海大学校友会館、「細胞膜のメカノバイオロジー」担当：山本希美子

・第29回バイオエロロジー・リサーチ・フォーラム開催：H28.10.28

大阪大学豊中キャンパス、「超高速バイオアセンブラ」担当：古澤和也

・第30回バイオエロロジー・リサーチ・フォーラム開催：H29.3.6

東京大学本郷キャンパス、「マゴットセラピー」担当：一杉正仁

3) 第64回レオロジー討論会、第18回レオロジー・フォーラム開催（日本レオロジー学会との共同主催）H28.10.28-30 大阪大学豊中キャンパス

*関西大学システム理工学部 [〒564-8680 大阪府吹田市山手町 3-3-35]

- 4) The 17th International Congress on Rheology 開催（日本レオロジー学会との共同主催）
H28. 8. 8-13, 京都テルサ (Kyoto)
- 5) 岡小天賞：該当者なし、論文賞：該当者なし
学会奨励賞：森脇健司（国立循環器病研究センター）
- 6) 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 30 巻 第 2 号発行 第 39 回年会抄録集
 - ・第 30 巻 第 3 号発行 創刊 30 周年特集号
 - ・第 31 巻 第 1 号発行 日本バイオレオロジー学会の最近 20 年の歩み
- 7) 英文誌 Journal of Biorheology
Vol. 30, No. 1, 2016 発行
- 8) 出版
「Rheology of Biological Soft Matter—Fundamentals and Applications」Kaneda, Isamu
(Ed.)
2017, Springer
- 9) 理事会、委員会の開催
理事会 3 回開催（理事会・評議員会合同会議 1 回を含む）
JBR 編集委員会 1 回開催
B&R 編集委員会 1 回開催
バイオレオロジー・リサーチ・フォーラム運営委員会 1 回開催
- 10) 協賛・後援
 - ・食品ハイドロコロイドセミナー2016 H28. 5. 12
 - ・第 27 回食品ハイドロコロイドシンポジウム H28. 5. 13
 - ・講話「レオロジー・クラシック」2016 H28. 6. 17
 - ・講習会 第 15 回技術としての分散系レオロジー -関西地区- H28. 7. 8
 - ・日本混相流学会混相流シンポジウム 2016 H28. 8. 8-10
 - ・日本流体力学会年会 2016 H28. 9. 26-28
 - ・第 50 回化学工学の進歩講習会 気液固分散系現象の基礎と応用 H28. 11. 9-10
 - ・第 36 回レオロジー講座 H28. 12. 1-2
 - ・講習会 第 15 回技術としての分散系レオロジー - 関東地区 - H28. 12. 16

以上、提案通り承認された。

2. 平成28年度決算報告

平成28年度決算報告(案) (平成28年5月1日～平成29年4月30日)				
収 入	H28年度予算	H28年度決算	増減	摘 要
先年度(H27年度)からの繰越金	¥372,105	¥372,105		
会員会費	¥1,505,000	¥1,707,000	¥202,000	正会員(のべ)×210名 学生会員×9名
J-STAGE JBR投稿料	¥540,000	¥330,000	¥-210,000	JBR投稿料11編(第29巻1号×8, 第30巻1号×3)
協賛金・寄付	¥200,000	¥50,000	¥-150,000	第39回年会
著作権料他	¥1,500	¥3,078	¥1,578	
40周年記念寄付・USBメモリ代	¥0	¥421,000	¥421,000	
預金利子	¥0	¥33	¥33	
その他	¥315,500	¥564,960	¥249,460	第40回年会会場予約金(解約返金), 第39回年会補助金返金
合計	¥2,934,105	¥3,448,176	¥514,071	
支 出	H28年度予算	H28年度決算	増減	摘 要
J-STAGE費用	¥376,200	¥182,520	¥-193,680	J-STAGE投稿審査システム使用料¥16,200, 中西印刷㈱ JBR第30巻1号¥108,000, B&R29巻1～3号¥58,320
その他送料	¥40,000	¥50,125	¥10,125	切手・郵送代金(¥27,415+¥22,710)
事務費	¥720,000	¥720,000	¥0	給与
HP作成管理維持費	¥240,000	¥235,440	¥-4,560	HPメンテナンス
雑費	¥20,000	¥35,035	¥15,035	銀行振込手数料(福岡銀行¥5,940), 文具代金(¥8,095), 学会年会費過払い返金¥16,000, 図書カード¥5,000
年会補助金	¥250,000	¥250,000	¥0	第40回年会補助金
リサーチ・フォーラム補助費	¥60,000	¥23,760	¥-36,240	第30回バイオレオロジー・リサーチ・フォーラム講師交通費
会合費	¥60,000	¥15,552	¥-44,448	H28年度第2回理事会時 昼食代
NPO法人提出書類作成経費	¥30,000	¥2,334	¥-27,666	書類送付代金
予備費	¥100,000	¥32,400	¥-67,600	中西印刷㈱ JBRリーフレット印刷代
合計	¥1,896,200	¥1,547,166	¥-349,034	
繰越金	¥1,037,905	¥1,901,010	¥863,105	

岡小天基金 平成28年度決算報告 (平成28年5月1日～平成29年4月30日)

収 入		支 出	
先年度(H27年度)からの繰越金	¥1,718,903	メダル作成費	¥0
利息	¥0	送金手数料	¥0
岡小天基金寄付(H28.5.1-H29.4.30)	¥220,000		
収入合計	¥1,938,903	支出計	¥0
		繰越金	¥1,938,903
平成28年度貸借対照表			
借 方		貸 方	
科 目	金 額	科 目	金 額
現金	¥4,097	学会繰り越し金	¥1,901,010
郵便振込口座	¥1,304,000	未払い金*1	¥0
福岡銀行	¥2,531,816	岡小天基金繰越金	¥1,938,903
合計	¥3,839,913		¥3,839,913

監査報告書

平成28年5月1日から平成29年4月30日までの平成28年度の決算書
及び添付明細書を監査した結果、諸件の執行が本会会則に照らして適切であり、
関係提出書類の記載が正確であることを認めます。

平成29年 5 月 15 日

特定非営利活動法人
日本バイオレオロジー学会

監事 外山 吉 浩 

監査報告書

平成28年5月1日から平成29年4月30日までの平成28年度の決算書
及び添付明細書を監査した結果、諸件の執行が本会会則に照らして適切であり、
関係提出書類の記載が正確であることを認めます。

平成29年 5 月 / / 日

特定非営利活動法人
日本バイオレオロジー学会

監事 市川 寿 

以上、提案通り承認された。

3. 平成 29 年度事業計画 (H29. 5. 1~H30. 4. 30)

- 1) 第 40 回年会開催 : H29. 5. 27~5. 28 川崎祐宣記念講堂 (倉敷市) 年会長 : 望月精一
- 2) 学会創立 40 周年記念事業 担当 : 金田勇
- 3) バイオレオロジー・リサーチ・フォーラム開催 3 回
第 31 回 40 周年記念シンポジウムとして開催 H29. 5. 27 川崎祐宣記念講堂 (倉敷市)
担当 : 金田勇、工藤奨、望月精一
第 32 回 バイオレオロジー・リサーチ・フォーラム H29. 10. 17 (予定) 朱鷺メッセ (新潟市)
担当 : 佐藤恵美子
第 33 回 バイオレオロジー・リサーチ・フォーラム H30. 3. 未定
- 4) 第 65 回 レオロジー討論会開催、第 19 回 レオロジー・フォーラム開催 (日本レオロジー学会との共同主催) H29. 10. 17~19 朱鷺メッセ (新潟市)
- 5) 学会賞 (岡小天賞、論文賞、学会奨励賞)
- 6) 電子版学会誌 (日本バイオレオロジー学会誌 B&R 電子版) 発行
第 31 巻 2 号 H29 年 5 月発刊 第 40 回年会抄録集
第 31 巻 3 号 H29 年 10 月発刊予定
第 32 巻 1 号 H30 年 4 月発刊予定
- 7) 英文誌 Journal of Biorheology
Vol. 31, No. 1 2017 年春~夏頃発行予定
Special Issue on Structural Formation and Function of Biomaterial (Guest Editor: 喜多理王 (東海大学) + 一般号
Vol. 31, No. 2 2017 年末発行予定 第 40 回年会特集号
Vol. 32, No. 1 2018 年発行予定
- 8) 理事会、委員会の開催
理事会 3 回開催予定 (理事会・評議員会合同会議 1 回を含む)
JBR 編集委員会 1 回開催予定
B&R 編集委員会 1 回開催予定
バイオレオロジー・リサーチ・フォーラム運営委員会 1 回開催予定
- 9) 協賛・後援
・第 28 回食品ハイドロコロイドシンポジウム H29. 5. 16
・食品ハイドロコロイドセミナー2017 H29. 5. 17
・講話「レオロジー・クラシック」2017 H29. 6. 30
・日本混相流学会混相流シンポジウム 2017 H29. 8. 19~21
・日本流体力学会年会 2017 H29. 8. 30~9. 1
・第 37 回レオロジー講座 H29. 12. 7~8

以上、提案通り承認された。

4. 平成 29 年度予算案 (H29. 5. 1～H30. 4. 30)

平成29年度予算案 (平成29年5月1日～平成30年4月30日)		
収 入	H29年度予算	摘 要
先年度(H28年度)からの繰越金	¥1,901,010	
会員会費	¥1,641,000	正会員(名誉会員を除く)×198名 学生会員×19名
J-STAGE JBR投稿料	¥300,000	JBR投稿料10編
協賛金・寄付	¥200,000	
著作権料他	¥1,500	
40周年記念寄付・USBメモリ代	¥50,000	
合計	¥4,093,510	
支 出	H29年度予算	摘 要
J-STAGE費用	¥376,200	B&R年3号発行≒¥60,000、JBR(年間10編)≒¥300,000J-STAGE投稿審査システム使用料¥16,200
その他送料	¥40,000	
事務費	¥720,000	給与
HP作成管理維持費	¥240,000	HPメンテナンス
雑費	¥20,000	銀行振込手数料、文具代金
年会補助金	¥250,000	第41回年会補助金
40周年記念事業費	¥250,000	
リサーチ・フォーラム補助費	¥60,000	
会合費	¥60,000	
NPO法人提出書類作成経費	¥30,000	
予備費	¥100,000	
合計	¥2,146,200	
繰越金	¥1,947,310	

提案通り承認された。

5. 役員について

(1) 新役員

- ・名誉会員 磯貝 行秀
- ・名誉顧問 谷下 一夫、佐々木 直樹、佐藤 恵美子
- ・理事 高橋智子、中村 匡徳
- ・評議員 坂元 尚哉、筒井 和美、太田 信、片岡 則之

(2) H29-H30 年度役員体制

- ・理事長 丸山 徹
- ・副理事長 金田 勇、後藤 信哉
- ・JBR 編集委員会委員長 大橋 俊朗
- ・B&R 編集委員会委員長 山田 宏
- ・バイオレオロジー・リサーチ・フォーラム運営委員会委員長 山本 希美子
- ・企画委員会委員長 工藤 奨

以上、提案通り承認された。なお、空き定員については、理事会に一任することとなった。

6. 休会制度の導入と申し合せ

提案通り承認された。

7. H29 年度学会賞について

選考結果が次の通り報告された。

- ・岡小天賞：佐々木 直樹（北海道大学）
- ・論文賞：榎 靖幸（群馬大学）
- ・学会奨励賞：後藤 信一（慶應義塾大学）

8. 運営委員会の設置について

運営委員会の設置が報告された。

9. 学会創立 40 周年記念事業および年会について

学会創立 40 周年記念事業として、記念 USB メモリの販売、記念寄付を行っていることが案内された。

次年度以降の年会について、次の通り案内があった。

- ・第 41 回年会 年会長：松本健郎（名古屋大学）H30 年 6 月 16 日（土），17 日（日），
名古屋大学工学部
- ・第 42 回年会 年会長：山田宏（九州工業大学）

10. その他

- ・学会の口座がゆうちょ銀行に開設されたことが報告された。
- ・Journal of Biorheology の年会特集号への原稿募集が案内された。

第 53 回日本交通科学学会を主催して

一杉 正仁*

さる 2017 年 6 月 1 日から 2 日にかけて、滋賀県大津市において、第 53 回日本交通科学学会学術講演会を主催させて頂いた。日本交通科学学会は、交通事故に関する医療に携わる者・工学・心理学・社会学など幅広い学術領域の技術者や研究者、交通安全に関わる教育や実務などの専門家によって構成されており、研究成果等の啓発・広報活動を通して、わが国の医療の発展や交通事故予防に貢献している。第 53 回大会は、「オールジャパンで交通事故死傷者低減を！」というテーマのもと、様々な研究成果が発表された。

特別講演では、警察庁の佐野裕子参事官より、自動運転をめぐる最近の動向と警察庁の取組が紹介された。また、国土交通省の平井隆志課長からはバス・トラックなどの事業用自動車の事故防止対策について紹介された。今後の事故防止対策を発展させるうえでも、運転者である人間の生理状態や行動を加味した装置の発展が求められる。医療機器が医療技術の向上に大きく貢献したように、自動車においてもレーダやカメラ等のセンシング技術や車載コンピューターの情報処理能力等の飛躍的な向上に伴い、多くの先進安全技術が実用化されてきた。

さて、シンポジウムや一般演題においては、有限要素法を用いた車両や人体シミュレーションによる損傷の分析、衝突試験用ダミーを用いた挙動や外力の解析なども散見された。外傷の発生メカニズムを考えるうえでは、レオロジーの知見は欠かせない。特に胸部耐性を検討するうえでは胸部の粘弾性が話題になる。大血管の損傷では **water hammer effect** といって、血流の影響が加味される。また、妊婦にみられる胎盤剥離では羊水によるせ

ん断応力などが研究されている。さらに、高齢化に伴って顕在化してきた運転中の体調変化による事故についての研究発表もあった。運転中の心血管・脳血管疾患の発症予防を考えるうえでは、血圧や血液流動性に注目する必要がある。このように、バイオレオロジー学会の会員諸氏が専門としている内容に関連した研究も見られる。

近年、人の健康や安全に関する研究がシームレスな時代になっていると考える。すなわち、あることを目的とした研究成果が、思わぬことで異なった問題の解決に役立つことがある。自動運転が手の届く時代になっているが、機械と人とが一体となった安全対策を考えることになり、上記のようなバイオレオロジーに関する研究成果も一層利用されるように、バイオレオロジー学会をベースに活動されている会員諸氏の成果は、交通科学学会だけでなく、他の領域で必要とされているに違いない。著者は社会医学を専門としている故、社会のニーズに則った仕事に従事している。会員諸氏におかれては、時に関連学会にご出席され、社会のニーズを再確認されることをお勧めさせて頂く。



*滋賀医科大学社会医学講座法医学部門 [〒520-2192 滋賀県大津市瀬田月輪町]

平成 29 年度 岡小天賞審査報告

選考委員会委員長 安達 泰治*

平成 29 年度岡小天賞候補者推薦の募集を致しましたところ、1 名の推薦がありました。学会規程に基づき、選考委員会（委員 10 名）を構成し、各委員による投票を行いました。その結果、北海道大学名誉教授佐々木直樹先生が、受賞者としてふさわしいとの結論に至りました。この選考結果は、平成 29 年 5 月 27 日の理事会にて承認されました。

佐々木直樹先生は、1988 年 12 月に本学会に入会され、第 13 回日本バイオレオロジー学会年会から現在に至るまで、本学会年会やレオロジー討論会において活発な研究発表を続けておられます。1995 年には、本学会会誌である B&R の編集委員となられ、さらに、2003 年から同誌が電子版のみの出版となるまで編集長を務めてこられました。また、本学会の長年の夢でありました Journal of Biorheology 誌の初代 Editor-in-Chief を 2009 年から 2011 年まで担当され、現在は、Editor-in-Chief Emeritus を務めておられます。2002 年より監事、その後、理事に就任されるなど、学会運営にも大きく貢献され、さらに、2007 年には第 30 回日本バイオレオロジー学会年会（札幌）の年会長を務められ、本学会の主要行事の開催に多大な貢献をされました。

佐々木先生は、北海道大学大学院理学研究科において、合成ポリアミノ酸やコラーゲンなどの生体関連高分子の誘電特性について研究を進められ、1980年に理学博士の学位を授与されました。その後もコラーゲンを主成分とする骨や腱などの生体組織のレオロジーをテーマとした研究に取り組み、数多くの研究を発表されております。特に、腱の力学特性をコラーゲン分子の変形と結びつけることに成功された Sasaki & Odajima の論文 (J Biomech 1996) は、コラーゲンを主成分とする生体組織のバイオメカニクスの研究領域においてインパクトの高い研究成果となっております。また、骨の応力緩和にみられる二つの緩和現象が、コラーゲン基質の変形とオステオンの滑りの二つの変形過程により説明できることを示され (Biorheol 2006)、この成果を基に、骨の応力緩和挙動の異方性 (J Biomech 2004) や、コラーゲン基質の役割についても解明されました (J Biomech 2013)。このように、佐々木先生は、腱や骨など生体組織のバイオレオロジー研究領域を牽引する役割を果たしてこられました。

一方で、佐々木先生は、1987年より1988年までの間、Bristol大学Andrew Keller教授の研究室において伸長流動場における高分子鎖の特性解析手法を修得されました。この研究手法を用いて、DNAやアミロイド線維など生体関連物質の伸長流動場における流動特性の解明に成功されました。近年では、グロビュール状態の高分子鎖からなる高分子固体の創製とその特性解析の研究など、独創性の高い研究成果も発表されており、高分子物理学の分野においても学術的な貢献は極めて大きいと認められます。

以上のように、佐々木先生は、本学会の運営に大きく貢献され、また、生体組織や生体高分子のバイオレオロジーの研究領域を大きく発展させてこられました。以上のような数々のご実績とご貢献により、佐々木直樹先生が、日本バイオレオロジー学会岡小天賞に相応しいとの高い評価を受けました。

*京都大学ウイルス・再生医科学研究所 [〒606-8507 京都府京都市左京区聖護院川原町 53]

行事予定

第 41 回日本バイオレオロジー学会年会のご案内

日本バイオレオロジー学会会員の皆様

皆様方におかれましては、益々ご清祥のこととお慶び申し上げます。

この度、第 41 回日本バイオレオロジー学会年会を 2018 年 6 月 16 日（土）・17 日（日）の 2 日間、名古屋大学大学院工学研究科（愛知県名古屋市）にて下記の要領で開催させて頂くことになりました。

バイオレオロジーに関連する生命科学、臨床医学、食品科学、生体医工学など多方面からのご発表とご討論を頂き、バイオレオロジーの更なる発展に繋がる有意義な機会となることを切望しております。また、例年通り優秀な演題の表彰を行う予定です。実りある年会になるよう準備を進めて参りたいと存じますので、ご支援とご協力のほど宜しくお願い申し上げます。

皆様方のご参加を心よりお待ちしております。

第 41 回日本バイオレオロジー学会年会

会長 松本 健郎

（名古屋大学 大学院工学研究科 機械システム工学専攻）

記

会 期 2018 年 6 月 16 日（土）・17 日（日）

会 場 名古屋大学 大学院工学研究科 IB 電子情報館（〒464-8603 名古屋市千種区不老町）

<http://www.engg.nagoya-u.ac.jp/access/campusmap.html>

年会HP 未定（2017 年 12 月頃公開予定）

アクセス 名古屋市営地下鉄名城線・名古屋大学駅 3 番出口直結（名古屋駅から地下鉄約 25 分）

<http://www.nagoya-u.ac.jp/access/index.html>

連絡先 名古屋大学 大学院工学研究科 機械システム工学専攻 バイオメカニクス研究室

第 41 回日本バイオレオロジー学会事務局

〒464-8603 名古屋市千種区不老町

Tel: 052-789-2695

E-mail: BRNagoya18@lab-ml.web.nitech.ac.jp

行事予定

第 32 回バイオレオロジー・リサーチ・フォーラムのご案内

第32回バイオレオロジー・リサーチ・フォーラムを下記の通り開催いたします。今回のテーマは「人間と食品テクスチャー・レオロジーとのかかわり」についてです。OS7セッションは人間と食品を含めた生体関連ソフトマターのレオロジーとのかかわりについて、咀嚼挙動、人間の動作挙動とのかかわりなども含まれる広い分野です。今回は、人間と食品のテクスチャー、レオロジーとのかかわりについて、タンパク質性食品（シカ肉、大豆タンパク、コラーゲンペプチドなど）、でん粉性食品（団子モデル、多糖ゲルのゴマ豆腐など）について議論したいと思います。多数の皆さま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29年10月17日（火） 13：20～15：00

場 所：新潟市 朱鷺メッセ 3F B会場（301B）

<https://www.tokimesse.com/>

〒950-0078 新潟県新潟市中央区万代島6-1

テーマ：人間と食品テクスチャー・レオロジーとのかかわり

講演1：13:20～14:10 座長 中村邦男先生(元酪農学園大学)

「タンパク質性食品の機能性とレオロジー」

吉村美紀先生（兵庫県立大学環境人間学部）

講演2：14:10～15:00 座長 土橋敏明先生(群馬大学大学院理工学府)

「でん粉性食品の調理科学とレオロジー」

佐藤恵美子先生（新潟県立大学名誉教授）

オーガナイザー：佐藤恵美子

お問い合わせ先：東京大学医学系研究科システム生理学

bme@m.u-tokyo.ac.jp

<http://www.biorheology.jp/index.html>

行事予定

協賛学会などの予定

以下、協賛しています学会・シンポジウムなどの予定をお知らせ致します。

(1) コロイド先端技術講座2017 ソフトマター・バイオ界面の力学とその計測

主 催：公益社団法人 日本化学会 コロイドおよび界面化学部会

日 時：平成29年10月13日(金)

場 所：化学会館 7Fホール (東京都千代田区)

ホームページ：<https://colloid.csj.jp/201706/2017hitech/>

(2) 第51回化学工学の進歩講習会「化学プロセス強化(PI)の最新技術」

主 催：公益社団法人 化学工学東海支部

日 時：平成29年11月28日(火)～29日(水)

場 所：名古屋市工業研究所 第一会議室 (名古屋市熱田区)

ホームページ：<http://scej-tokai.org/2543/>

(3) 第30回バイオエンジニアリング講演会

主 催：一般社団法人 日本機械学会

日 時：平成29年12月14日(木)～15日(金)

場 所：京都大学 百周年時計台記念館 (京都市左京区)

ホームページ：<https://www.jsme.or.jp/event/2017-24513/>

岡小天基金 寄付金納付者

以下、平成29年4月～9月に岡小天基金へご寄付頂きました方々のお名前です。この場を借りまして、厚くお礼申し上げます。

浅田 祐士郎

大野 宏策

貝原 真

貝原 学

株式会社レオロジー機能食品研究所

神谷 瞭

川本 義貴

工藤 奨

佐々木 直樹

佐藤 恵美子

佐藤 正明

志賀 健

島野 健仁郎

関 眞佐子

高橋 智子

武居 昌宏

谷下 一夫

田村 朝子

平尾 和子

丸山 徹

吉村 美紀

渡辺 剛也

(敬称略)

新入会員

以下，平成29年4月～9月に新たに会員になられた方々のお名前です．

小林 祥子	佐藤 かな子	山川 義和	柴立 郁美
杉山 さつき	江口 和也	志村 大智	布川 岳人
光武 祐希	澁谷 慎	伊藤 誠	近藤 美咲
細田 捺希	武政 誠	中山 耕史朗	青木 琢也
早川 結樹	正本 和人	小野澤 天紀	瀧ノ内 希陸

(計 20 名)

FAX : 0463-93-6679

会員No. _____

E-mail : office@biorheology.jp

S 事務局記入

特定非営利活動法人 日本バイオレオロジー学会 入会申込書

申込み日 年 月 日

会員種別 (○印)	正会員・学生会員・賛助会員 (*の欄のみご記入下さい)	希望入会年度	年度
-----------	-----------------------------	--------	----

※会費年額 : ¥8,000 (正会員)、¥3,000 (学生会員)、1口¥50,000 (賛助会員)

※入会金 : 不要

氏名 または * 団体名	フリガナ		生年月日(西暦)	
			年 月 日	
	ローマ字			
E-mail (必須)				
勤務先 および * 所在地	勤務先名 (在学先名)			職名
	(〒 -)			
	TEL		内線 :	FAX
自宅 住所	(〒 -)			
	TEL		FAX	
最終学歴			西暦	年 卒業
			学位	
希望連絡先 (○印を付ける)	勤務先 自宅			
現在ご関心のあるバイオレオロジーのテーマに○を付けてください (複数可)	1.血管内治療 2.循環器系ダイナミクスと疾患 3.血液レオロジーと微小循環 4.細胞・分子のメカノバイオロジー 5.ティッシュエンジニアリング・人工臓器 6.生体物質の構造形成と機能発現・制御 7.食品およびソフトマターのレオロジー 8.その他()			
* 団体代表者 および担当者氏名・役職	(役職)		* 申込 口数	計 万円

※学生会員として申し込む方は、在学証明書と指導教員の情報を必ずご記入ください。

在学証明書 学生証のコピーを直接お貼りください。	所属研究室名	
	指導教員	
特定非営利活動法人 日本バイオレオロジー学会事務局 〒259-1193 神奈川県伊勢原市下糟屋 143 東海大学医学部内科学系循環器内科学 後藤教授室内 TEL : 0463-93-1121 FAX : 0463-93-6679 E-mail : office@biorheology.jp		

日本バイオレオロジー学会誌（B & R, 電子版）投稿規定

（平成 21 年 10 月制定，平成 27 年 7 月改定，平成 27 年 9 月改定，平成 28 年 3 月改定）

1. 投稿資格

本誌への投稿責任者（連名の場合は，1 名以上）は，日本バイオレオロジー学会会員でなければならない。ただし，依頼原稿の場合はこの限りではない。

2. 投稿原稿の種類

投稿できる原稿は，「総説」，「解説」，「原著論文」，「ノート」および「その他」とする。英語の論文（Original articles, Brief communications, Review articles）については，日本バイオレオロジー学会英文誌の Journal of Biorheology（URL: <http://www.biorheology.jp/jb.html>）への投稿を勧める。

2. 1. 総説

「総説」は，バイオレオロジーとそれに関連した分野における特定の研究や主題について，資料や文献を付して総括的に論述するものである。「総説」の長さは，仕上がりで 10 ページ以内とする。表題頁の左上には「総説」と明示する。

2. 2. 解説

「解説」は，バイオレオロジーとそれに関連した分野における諸課題や最近の進歩，有用な概念・手法などについて解説するものである。「解説」の長さは，仕上がりで 10 ページ以内とする。表題頁の左上には「解説」と明示する。

2. 3. 原著論文

「原著論文」は，バイオレオロジーとそれに関連した分野における独創的研究で，他誌に未発表の論文とする。「原著論文」の長さは，仕上がりで 10 ページ以内とする。英文要旨は 200 words 以内とする。表題頁の左上には「原著論文」と明示する。

2. 4. ノート

「ノート」は，前項の「原著論文」とするほどまとまった形ではないが，バイオレオロジーとそれに関連した分野における独創性，有用性，速報性のいずれ

かを有する研究で、研究方法に関するユニークなアイデア、実験で得られた興味深いデータ、臨床的に貴重な症例などを対象とする。「ノート」の長さは、仕上がりで4ページ以内とする。英文要旨は100 words 以内とする。表題頁の左上には「ノート」と明示する。

2. 5. その他

「掲載原稿に対する意見」、「書評」、「研究（室）紹介」、「各種行事（国内外学会など）の予告」などは、編集委員会が会員に役立つと認めた時に掲載される。

3. 執筆要領

「原稿テンプレート」のフォーマットに従って和文で作成し、フォーマットは変更しない。本誌は電子版であるため、最終原稿がそのまま PDF ファイルとして掲載される。

4. 倫理規定

ヒトを対象とした研究データが含まれる場合は、ヘルシンキ宣言に準拠して被験者の人権やプライバシーに十分配慮すること。動物を対象とする実験においても、動物福祉の面に十分配慮が求められる。原稿中には、倫理規定に準拠し、所属施設の倫理委員会あるいはこれに準ずる機関の承認を得て行った研究であることを明記すること。

5. 利益相反

「原著論文」と「ノート」については、著者全員を対象として本文末に利益相反の有無を明記すること。利益相反のある場合には、利害関係のある企業等との関係を記載すること。

6. 投稿原稿の採否

投稿原稿の採否は、編集委員会が委嘱する複数の査読者の審査に基づき、編集委員会が決定する。再投稿の期限は、返送の日より6ヶ月以内とする。なお、総説については、明確な観点から会員にわかり易く記述されているか、解説については、明確な論理で会員にわかり易く解説されているか、それぞれ査読する。

7. 著者校正

掲載前にフォーマットなどの再確認が必要な場合のみ、編集委員会から連絡する。

8. 掲載料

掲載料は、「原著論文」では2万円、「ノート」では1万円、「総説」と「解説」では無料とする。

9. 別刷り

本誌は電子版（PDF）であるため、別刷りは取り扱わない。

10. 掲載号の公開

掲載号は、まず学会ホームページに掲載し、次年度に J-STAGE のバイオレオロジー学会誌欄 (<https://www.jstage.jst.go.jp/browse/jpnbr/-char/ja/>) にも掲載する。掲載号の公開は、会員には発行と同時にパスワードを設けて行い、一般には発行日の1年後に行う。

11. 著作権

掲載された記事（「総説」、「解説」、「原著論文」、「ノート」および「その他」）についての著作権は、日本バイオレオロジー学会に属する。また、年会で投稿された抄録の著作権については、記事と同じ規定を適用する。

著者は、他者（個人、団体）が著作権を有する文章および図表を記事に利用する場合、投稿に先立って著作権者から利用許諾を得ておかなければならない。

著者は、第三者からの掲載記事の利用許諾の要請に対し、これを本学会が認めれば著者も同じく認めることにつき、記事の投稿の時点で同意したものとする。

著者は、著作権法第30条の範囲内で私的使用する場合、もしくは私的使用以外で非営利目的である場合は、本学会へ許諾申請することなく、記事の全文または一部の複製、翻案、翻訳を行うことができる。ただし、掲載記事の全文を複製して他の著作物に利用する場合、出所を明示しなければならない。

12. 原稿の提出先

本誌は電子版であるため，基本的に電子メールによる．原稿は，投稿票と一緒に，日本バイオレオロジー学会誌（B & R，電子版）編集委員長 山田宏宛にメールに添付して送信する．必ず，メールの **Subject**（件名）欄に「日本バイオレオロジー学会誌原稿」と記入する．なお，ファイルのサイズが大きすぎると送受信できない場合があるので，ファイルを添付せずに投稿した旨を知らせるメールも送信する．また，休日を除いて7日以内に受信の連絡がなければ，問い合わせること．

〒808-0196 福岡県北九州市若松区ひびきの 2-4

九州工業大学 大学院生命体工学研究科 生体機能応用工学専攻

山田 宏

E-mail: yamada@life.kyutech.ac.jp

日本バイオレオロジー学会誌投稿票

(投稿規程に従い原稿を作成し、本票にご記入の上、一緒に提出してください)

1. 表題

(和文) _____

(英文) _____

2. 著者全員の氏名 (漢字及びローマ字で書き、会員番号も併記する。非会員は000と記入)

(会員番号 _____)

(会員番号 _____)

(会員番号 _____)

(会員番号 _____)

(必要に応じて行を追加して下さい)

3. 投稿責任者の連絡先 (郵便番号、住所、氏名、電話番号、Fax 番号、e-mail アドレス)

4. 原稿区分

☐ 総説

☐ 解説

☐ 原著論文

☐ ノート

☐ その他 (_____)

※その他には、掲載原稿に対する意見、書評、研究(室)紹介、各種行事(国内外学会など)の予告、学生会員のページ欄などが該当します。

5. 本原稿は、全体で (_____) ページ

6. 編集委員会への連絡事項

※原稿の作成には、編集委員会が作成したテンプレートを使用してください。

編集後記

本号では、理事長に就任された丸山徹先生の特別寄稿のご挨拶の中で、第40回年会で開催された40周年記念シンポジウムでの各先生方からのご講演内容と共にこれまでの学会40年の歴史を振り返りながら、医系・理工系・食品系など異なる領域の学会員が対等に情報共有や意見交換ができるこのユニークな学会のあり方・学会の持つ可能性についてお話し頂きました。また、関眞佐子前理事長からのパンタレイ、本学会名誉顧問の梶谷文彦先生と本年度の岡小天賞を受賞された佐々木直樹先生からの随想、1報の原著論文、2名の学生の方々からの「第40回日本バイオレオロジー学会年会優秀ポスター賞を受賞して」と題する寄稿に加え、書籍紹介など、非常に多くの記事を掲載させて頂きました。ご協力頂きました皆様に感謝すると共に、今後も会員の皆様から様々な記事をご寄稿いただくことで、丸山先生が述べられた様な学会の新たな姿のきっかけとなれと思います。引き続き情報のご提供とご寄稿をお願い申し上げます。

さて、会員の皆様はご存じの通り、2017年8月より学会事務局が東海大学（後藤信哉副理事長）に移動になりました。前事務局（九州大学 丸山先生）でご担当頂きました吉村よし子様には大変お世話になりました。特に学会HPへのイベント情報の掲載など、的確・迅速にご対応頂きました。この場を借りて、お礼申し上げます。

（田地川 勉）

編集委員会

編集委員長	山田 宏			
編集委員	市川 寿	喜多 理王	坂元 尚哉	庄島 正明
	田地川 勉	西田 正浩	一杉 正仁	望月 精一

日本バイオレオロジー学会誌（B & R, 電子版）第31巻 第3号

2017年10月10日発行

編集者 山田 宏

発行者 丸山 徹

特定非営利活動法人 日本バイオレオロジー学会・事務局

〒259-1193 神奈川県伊勢原市下糟屋 143

東海大学医学部内科学系循環器内科学 後藤教授室内

TEL 0463-93-1121 (内線 2227)

FAX 0463-93-6679

E-MAIL office@biorheology.jp

© copyrighted 2017, by Japanese Society of Biorheology
