

令和 4 年 6 月 20 日現在

機関番号：13101

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2019～2021

課題番号：19K04191

研究課題名(和文) 紐状ミセル界面活性剤水溶液の急縮小急拡大流れにおける流動特性と流動誘起構造の解明

研究課題名(英文) Investigation on flow property and flow-induced structure of worm-like micelle surfactant solutions in abrupt contraction and expansion flows

研究代表者

牛田 晃臣 (USHIDA, Akiomi)

新潟大学・自然科学系・准教授

研究者番号：10582976

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,100,000円

研究成果の概要(和文)：種々のミセル溶液の微小サイズのスリットを通過流れ(急縮小急拡大流れ)における流動特性を明らかにした。すなわち、水およびグリセリン水溶液の圧力損失が数値計算による予測値と一致したのに対して、棒状のミセルを形成する界面活性剤水溶液は圧力損失が上昇した。この際、界面活性剤の種類により上昇の形態が異なることも明らかにした。

また、特異流動特性発現のメカニズムを明らかにするため、偏光イメージング解析によるミセルの配向状態に対応する流動誘起構造を測定した。これにより、流動誘起構造が発現したはずみ速度(レイノルズ数・ワイゼンベルク数)において圧力損失が上昇することを関係付けることができた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

流体内部に構造を形成する流体は複雑流体と呼ばれ、代表例の一つとしてミセル溶液がある。このような流体は化粧品や食品の流体モデルともなる。このような流体は作製・塗布過程において単純せん断だけでなく、伸張の効果が付与される。本研究結果は伸張の効果が付与された際のミセル溶液は特徴的な流動特性や流動誘起構造(ミセルの配向状態)が発現することを明らかにした。すなわち、製造過程や塗布形成過程などにおける新たな学術的展開に繋がる知見であり、複雑流体分野における新たな構成方程式(応力と応力以外の物理量を関係付ける方程式)構築に繋がる。

研究成果の概要(英文)：Flow properties of several types of micellar solutions passing through small slits (abrupt contraction and expansion flow) were investigated. The resultant pressure drops of water and glycerol solutions agreed with the numerical predictions, On the other hand, the higher pressure drops of surfactant solutions with rod-like micelles were obtained. It was also clarified that the experimental results were dependence of the type of surfactant. In order to clarify the mechanism of the anomalous flow properties, flow-induced structure (the orientation of the rod-like micelle) was measured by polarized-imaging analysis. The relationship between increase in pressure drop and flow-induced structure was obtained. Moreover, the relationship in characteristic strain rate (Reynolds number and Weissenberg number) exhibited.

研究分野：流体工学

キーワード：ミセル溶液 流動特性 流動誘起構造 急縮小急拡大流れ スリット

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

私たちは、代表長さが 1.0 mm 以下の微小サイズのオリフィスやスリットを通過する水や複雑流体（界面活性剤水溶液、高分子水溶液）の流動特性を詳細に調べ、ユニークな知見を得た。例えば、129 μm のスリット幅を有する流れ場では、紐状のミセル構造を有する界面活性剤水溶液の流動抵抗（圧力損失）が増加することを明らかにした。興味深い点として、ある種の界面活性剤水溶液において、水やグリセリン水溶液と同様の「Newtonian-like 領域」、レイノルズ数に対して「抵抗（無次元化圧力損失）が一定となる領域」、高い抵抗値ながらレイノルズ数に依存し「減少していく領域」に分けられること、また、同種の界面活性剤水溶液においては、水の値と比べ、常に高い値を示すことが挙げられる。すなわち、界面活性剤の種類により、流動挙動が異なるという世界で初めての知見を得た。このような流れ場は、「急縮小急拡大流れ」と呼ばれ、せん断の効用に伸長の効用が追加された流れ場となる。この現象を理解するため、非ニュートン粘性や弾性的性質などを考察してきたが、メカニズムは未解明という大きな課題がある。一方、他の研究に目を向けると、紐状のミセル構造を有する界面活性剤水溶液の「流動誘起構造」（流動に起因しミセル（界面活性剤分子の集合体）が形成する構造）が報告されており、この構造把握が紐状ミセル界面活性剤水溶液の特性理解に対し重要であると認識されている。しかしながら、これらの研究では、クエット流れなどの単純せん断場を使用している場合がほとんどであり、本研究が対象とするスリットのような急縮小急拡大流れにおける流動誘起構造は明らかにされていない。また、流動誘起構造の測定には、偏光観察などの光学的手法が有効とされており、その測定技術も日々開拓されている。例えば、水溶液中の高分子鎖が急縮小により強く配向し、急拡大により壁面に沿って配向する。これは、これまでの研究で明らかにされている高分子水溶液の流動挙動と一致し、圧力損失と対応する。しかしながら、界面活性剤水溶液中の紐状ミセルが急縮小急拡大流れにおいて、どのような流動誘起構造を形成するかは、現在に至るまで未解明であり、かつ、圧力損失と関連付けた例も見られない。以上の知見は、流体工学分野においては、流体輸送などにおける抵抗低減効果のメカニズム解明や急縮小急拡大流れのような伸長の影響を考える必要のある流れ場における非ニュートン流体の特性把握に繋がる。さらに、流体内部に構造を有する化粧品や食品などの分野において、塗布や製造の高効率化などに繋がり、本知見による大きな発展を目指したい。

2. 研究の目的

私たちの行った予備的な急縮小急拡大流れにおける圧力損失測定において、紐状ミセル界面活性剤水溶液の特異流動特性が明らかにされた。これら一連の現象を詳細に理解するために、流動におけるミセル構造（流動誘起構造）の把握が非常に重要である。私たちは、代表長さ 1.0 mm 以下のサイズを有する急縮小急拡大の流れ場を使用することにより、紐状ミセル界面活性剤水溶液の流動特性と流動誘起構造の関係を解明し、ミセル構造の発現メカニズムを明らかにしたい。これまでに、同様の界面活性剤水溶液を用いた流動誘起構造の研究は多数行われている。しかしながら、クエット流れなどの単純せん断場を用いた場合が多い。これらの知見は、流動誘起構造の把握には重要であるが、流動特性との関係を議論するために必要な圧力損失が測定できないなどの課題があった（クエット流れの圧力こう配はゼロ）。これまでの研究と比べ、本研究の独創性として、スリット流れなどの急縮小急拡大流れを用いる点、特異流動特性解明のために光学測定を行う点、流動特性と流動誘起構造との関係を明らかにする点がある。また、創造性として、急縮小急拡大流れにおける紐状ミセル界面活性剤水溶液微の流動特性が詳細に解明されミセル構造の把握が可能となる点、波及効果として、流体輸送などにおける抵抗低減効果のメカニズム解明や急縮小急拡大流れにおける非ニュートン流体の特性把握や流体内部に構造を有する化粧品や食品などの「複雑流体」が関係する分野の発展への大きな寄与が挙げられる。

3. 研究の方法

本研究では、微小サイズの急縮小急拡大流れにおける紐状ミセル界面活性剤水溶液の流動特性と流動誘起構造の関係を示した実験結果が見当たらない現状に鑑み、まず、代表長さが 1.0 mm 以下のスリットを通過する紐状ミセル界面活性剤水溶液の圧力損失測定を精密に行う。具体的には、スリット部を設けたスペーサーをガラス平板で挟み込むことにより、急縮小急拡大流路を作製し、このスリットを通過する際の流量と圧力損失を測定する。流動はシリンジポンプで行い、流量はシリンジポンプの目盛により確定する。圧力損失は差圧型デジタル圧力計により測定する。シリンジポンプ、および、圧力計の校正は予め重点的に行っておく。

次に、偏光高速度カメラを用いた光学測定を行う。具体的には、顕微鏡を改良して設置した偏光高速度カメラを用いた光学測定を行う。本実験手法のオリジナリティとしては、ガラス流路を用いているため、圧力損失測定と光学測定を同期させての測定が可能となる点がある。これにより、流動特性と流動誘起構造の関係の解明、および、同じ時間軸を持つ測定データの関係性により、流動誘起構造の発生メカニズムの解明（例えば、スタートアップ挙動などの動的現象観察など）

を行うことができる。

4. 研究成果

スリット幅 $B = 129 \mu\text{m}$ (等価直径 $D_h = 256 \mu\text{m}$) の圧力損失測定結果を図1に示す。縦軸は、測定した圧力損失 Δp をスリット通過時の平均流速 V の動圧で除した無次元化圧力損失 K であり、横軸はレイノルズ数 Re である。なお、非ニュートン粘性の場合は、一般化レイノルズ数 Re^* を用いた。また、比較のために、予測値も示す。水、および、グリセリン水溶液の K は、予測値と一致した。一方、棒状ミセル溶液 (図中に A/N と表記) の K は、 $Re^* > 4.0 \times 10^0$ の範囲において、予測値よりも上昇した。なお、この特異流動は、 $B = 222 \mu\text{m}$ ($D_h = 439 \mu\text{m}$) の場合も確認することができた。

上記の特異流動特性を考察するため、偏光高速カメラ (CRYSTA PI-1P, Photoron Limited) を用いた偏光観察実験を行った。測定結果を図2に示す。また、色軸のスケールを示していないが、青色は位相差が小さく、赤色は位相差が大きくなる。紙面の都合上示していないが、水、および、グリセリン水溶液の実験結果とほぼ一致した領域に対応するひずみ速度 SR_{app} ($= V/D_h$) の場合、位相差がほとんど確認できなかった。また、 K が Re^* に対してほぼ一定となる領域に対応する図2(a)を見ると、スリット内部に位相差を確認することができた。すなわち、圧力損失が上昇する程度のみセル構造がスリット内部に発現したためと考えられる。さらに、 K が Re^* に依存して減少していく領域に対応する図2(a)を見ると、スリット上流域において、特徴的な位相差が生じている。さらに、スリット下流においては、流路中心線上付近において、大きな位相差が生じている。以上のように、スリットを通過する流れのような急縮小急拡大流れにおいて、特徴的なミセル構造が生じることが分かった。

また、本研究において、使用した界面活性剤水溶液のモル濃度は、 $C_s = 1.0 \times 10^{-1} \text{ mol/L}$ (Lipoquad), $C_s = 1.2 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$ (Lipothoquad) である。モル濃度は界面活性剤分子の数であり、ミセル構造の数と言い換えることもできる。すなわち、モル濃度を変更することにより、先述した特徴的な位相差分布に対するミセル構造の数の影響について考察を加える。先述の 1/10 倍および 10 倍の濃度の試験流体を使用して行った実験結果を行った。また、二種類の界面活性剤水溶液を統一的に評価するため、任意の体積内のモル濃度を表す空間的拘束度 $C_{\text{spatial}} = C_s \times V_{\text{channel}}$ を定義した。ここでは、任意体積として、スリット部およびスリット上流域の体積とした。Lipoquad の場合、 $C_{\text{spatial}} = 5.05 \times 10^{-5} \text{ mol}$ (基準濃度), $5.05 \times 10^{-6} \text{ mol}$ (1/10 倍), $5.05 \times 10^{-4} \text{ mol}$ (10 倍) となった。Lipothoquad の場合、 $C_{\text{spatial}} = 6.06 \times 10^{-6} \text{ mol}$ (基準濃度), $6.06 \times 10^{-7} \text{ mol}$ (1/10 倍), $6.06 \times 10^{-5} \text{ mol}$ (10 倍) と

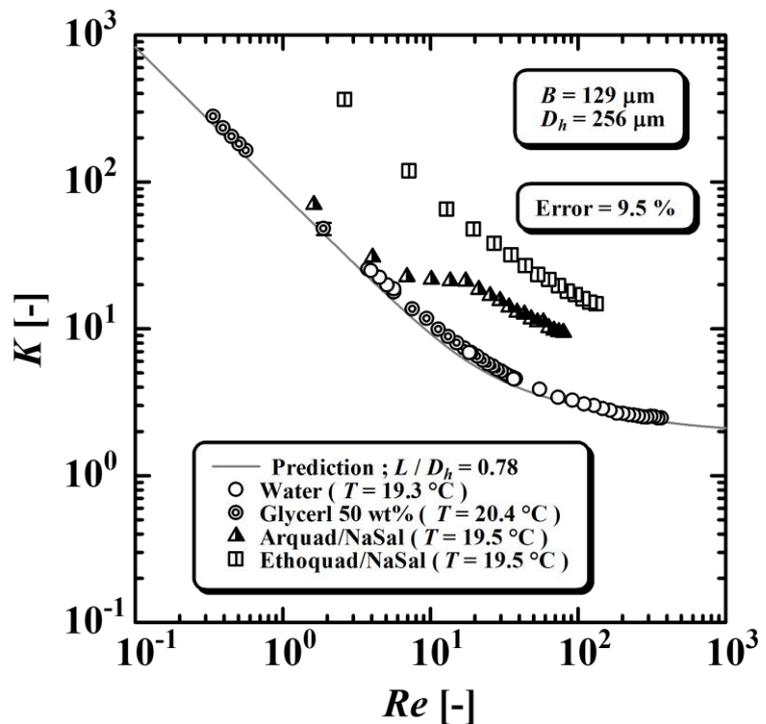


図1 スリット幅 129 μm の圧力損失測定結果

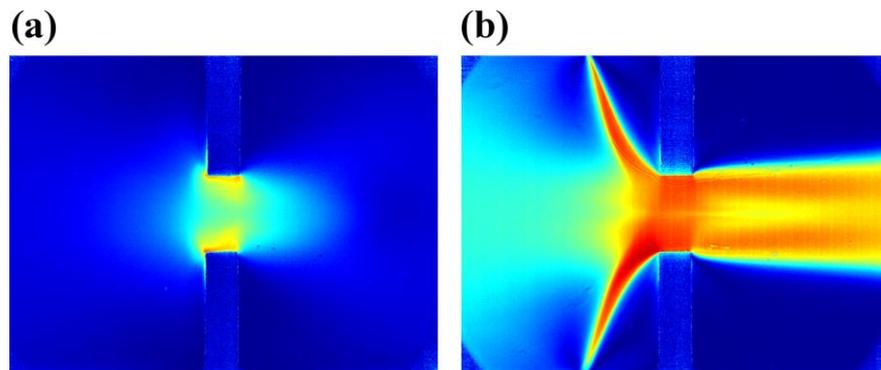
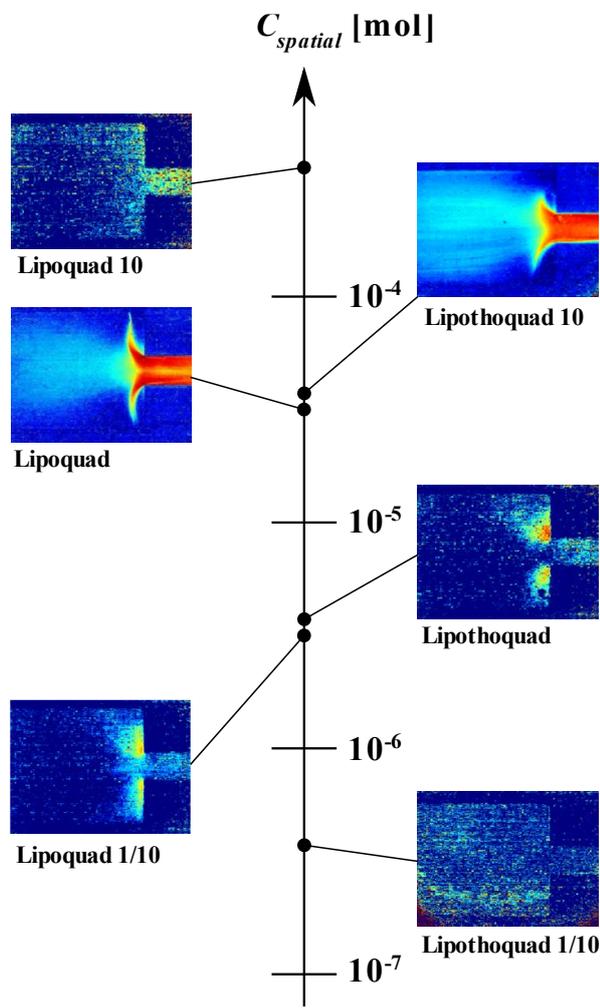


図2 棒状ミセル溶液の偏光イメージング解析

なった. これを一軸上に整理した結果を図3に示す. これを見ると, Lipoquad および Lipothoquad の場合は, $C_{spatial}$ が 10^{-5} mol のオーダーの場合にのみ, 特徴的な位相差分布が発現していることが分かる. すなわち, 本実験結果で示した特徴的な位相差分布から推察できる流動誘起構造には, ある程度の空間的な制約 (自由) 条件において発現すると考えられる.

一連の圧力損失測定および変更イメージング解析を通して, 特異的流動特性および特徴的な流動誘起構造の発現を確認し, 圧力損失と流動誘起構造の関係を明らかにした. さらに, 流動誘起構造の発現条件に空間的な拘束性が存在する可能性を明らかにした.



$$SR_{ann} = 3.0 \times 10^3 \text{ s}^{-1}$$

図3 空間的拘束度による整理

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計8件（うち査読付論文 8件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 6件）

1. 著者名 Takaki Kobayashi, Akiomi Ushida, Itaru Kourakata, Kouichi Seto, Tadashi Hiwatashi, Taisuke Sato, and Takatsune Narumi	4. 巻 34
2. 論文標題 Washing effect of microbubble mixture on the soiled model attached on a metal surface	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Japanese Journal Multiphase Flow	6. 最初と最後の頁 254 ~ 263
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3811/jjmf.2020.001	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Tomiichi Hasegawa, Yasushi Ono, Akiomi Ushida, and Masaki Goda	4. 巻 6
2. 論文標題 Continuous organic synthesis in water around micro-orifices after flows	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Heliyon	6. 最初と最後の頁 e03630
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.heliyon.2020.e03630	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Akiomi Ushida, Taisuke Sato, Takatsune Narumi, Tsutomu Takahashi, Takashi Onuma, Masatoshi Ito, and Tomiichi Hasegawa	4. 巻 280
2. 論文標題 Flow properties of surfactant solutions of rod-like micelles passing through a small slit	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Non-Newtonian Fluid Mechanics	6. 最初と最後の頁 104296
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jnnfm.2020.104296	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Akiomi Ushida, Ryosuke Chiba, Hikaru Iwasaki, Taisuke Sato, Takatsune Narumi, Tsutomu Takahashi, Keita Saito, and Tomiichi Hasegawa	4. 巻 49
2. 論文標題 Effect of molar concentration on the flow behavior of micellar solutions passing through small slits	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Nihon Reoroji Gakkaishi	6. 最初と最後の頁 15 ~ 27
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1678/rheology.49.15	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Ushida Akiomi, Sato Taisuke, Narumi Takatsune, Hasegawa Tomiichi	4. 巻 49
2. 論文標題 Relationship between flow properties and elastic stresses of dilute and ultra-dilute polymer solutions passing through small apertures	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Nihon Reoroji Gakkaishi	6. 最初と最後の頁 29 ~ 39
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1678/rheology.49.29	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Takaki Kobayashi, Akiomi Ushida, and Taisuke Sato	4. 巻 13
2. 論文標題 Pseudo-laminarization of mixed microbubble water and complex fluids in capillary flows	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Symmetry	6. 最初と最後の頁 1141
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/sym13071141	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Akiomi Ushida, Takaki Kobayashi, Yoshinori Nakamoto, and Taisuke Sato	4. 巻 33
2. 論文標題 Effect of ultrafine bubble mixtures on the flow properties of worm-like micellar solutions passing through micro-slits	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Multiphase Science and Technology	6. 最初と最後の頁 1 ~ 16
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1615/MultScienTechn.2021040021	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Akiomi Ushida, Terumitsu Sugiyama, Taisuke Sato, Ryuichi Kayaba, Takatsune Narumi, and Tomiichi Hasegawa	4. 巻 49
2. 論文標題 Effect of molar concentration ratio on the flow properties of rod-like micellar solutions passing through small orifices	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Nihon Reoroji Gakkaishi	6. 最初と最後の頁 303 ~ 317
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1678/rheology.49.303	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

〔学会発表〕 計28件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 2件）

1. 発表者名 Takaki Kobayashi, Akiomi Ushida, Itaru Kourakata, Koichi Seto, Tadashi Hiwatashi, Taisuke Sato, and Takatsune Narumi
2. 発表標題 High stability of existence of ultra-fine bubble in a range of relatively high temperatures
3. 学会等名 The International Conference on Advanced Technology in Experimental Mechanics 2019 (ATEM'19) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Akiomi Ushida, Taisuke Sato, Takatsune Narumi, and Tomiichi Hasegawa
2. 発表標題 Anomalous phenomena of rod-like micelle surfactant solutions passing through small orifices
3. 学会等名 The International Conference on Advanced Technology in Experimental Mechanics 2019 (ATEM'19) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 牛田晃臣, 岩崎光, 佐藤大祐, 鳴海敬倫, 高橋勉, 斎藤啓太, 長谷川富市
2. 発表標題 微小サイズのスリットを通過する界面活性剤水溶液のスタートアップ挙動に関する偏光イメージング解析
3. 学会等名 日本レオロジー学会 第46年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 牛田晃臣, 岩崎光, 佐藤大祐, 鳴海敬倫, 高橋勉, 斎藤啓太, 長谷川富市
2. 発表標題 急縮小急拡大流れにおける界面活性剤水溶液の特異挙動に関する空間的拘束条件の検討
3. 学会等名 日本機械学会 2019年度年次大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小林嵩季, 牛田晃臣, 瀬戸光一, 樋渡忠, 鳴海敬倫
2. 発表標題 ファインバブル混合液の各種物性値の測定および洗浄効果の検討
3. 学会等名 日本機械学会 2019年度年次大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 牛田晃臣, 佐藤大祐, 鳴海敬倫, 長谷川富市
2. 発表標題 急縮小急拡大流れにおける界面活性剤水溶液の流動特性および流動誘起構造
3. 学会等名 日本流体力学会 年会2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 山田隼也, 牛田晃臣, 佐藤大祐, 鳴海敬倫
2. 発表標題 キャビティ部を有する矩形流路を通過する種々の界面活性剤水溶液の流動挙動に関する偏光イメージング解析
3. 学会等名 第67回レオロジー討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 杉山輝充, 牛田晃臣, 鳴海敬倫, 佐藤大祐
2. 発表標題 マイクロオリフィスを通過する界面活性剤水溶液の流動特性
3. 学会等名 第67回レオロジー討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 牛田晃臣, 鳴海敬倫, 佐藤大祐, 長谷川富市
2. 発表標題 微小サイズのスリットを通過する界面活性剤水溶液の特異流動特性
3. 学会等名 第67回レオロジー討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 牛田晃臣, 鳴海敬倫, 佐藤大祐, 長谷川富市
2. 発表標題 微小サイズのスリットを通過する希薄高分子水溶液の流動特性および平均弾性応力の測定
3. 学会等名 日本機械学会 第97期流体工学部門講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 牛田晃臣, 小浦方格, 中本義範, 鳴海敬倫, 佐藤大祐, 長谷川富市
2. 発表標題 交番流式洗濯洗浄におけるウルトラファインバブル混合液の洗浄率に対する洗浄時間の効果
3. 学会等名 第51回洗浄に関するシンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小林嵩季, 牛田晃臣, 小浦方格, 瀬戸光一, 樋渡忠, 佐藤大祐, 鳴海敬倫
2. 発表標題 低温環境下におけるウルトラファインバブルの保存性および洗浄効果の検討
3. 学会等名 第51回洗浄に関するシンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 牛田晃臣, 藤村優汰, 中本義範, 鳴海敬倫, 佐藤大祐, 長谷川富市
2. 発表標題 電解水を用いた有機物分解に対するウルトラファインバブル混合の効果
3. 学会等名 第51回洗浄に関するシンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 牛田晃臣, 小浦方格, 中本義範, 鳴海敬倫, 佐藤大祐, 長谷川富市
2. 発表標題 交番流式洗濯洗浄における界面活性剤水溶液の洗浄率に対するウルトラファインバブル混合の効果：洗浄時間の検討
3. 学会等名 日本機械学会 北陸信越支部 第57期総会・講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 千葉瞭介, 牛田晃臣, 佐藤大祐, 高橋勉, 斎藤啓太, 鳴海敬倫
2. 発表標題 急縮小急拡大流れにおける界面活性剤水溶液の流動誘起構造
3. 学会等名 日本機械学会 北陸信越支部 第57期総会・講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 牛田晃臣, 山田隼也, 佐藤大祐, 鳴海敬倫, 高橋勉, 斎藤啓太, 長谷川富市
2. 発表標題 キャビティ流れにおける界面活性剤水溶液の流動誘起構造に対する回復時間の検討
3. 学会等名 日本レオロジー学会 第47年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 牛田晃臣, 佐藤大祐, 鳴海敬倫, 高橋勉, 斎藤啓太, 長谷川富市
2. 発表標題 キャビティ流れにおける界面活性剤水溶液の流動誘起構造
3. 学会等名 日本機械学会 2020年度年次大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 牛田晃臣, 佐藤大祐, 鳴海敬倫, 高橋勉, 斎藤啓太, 長谷川富市
2. 発表標題 キャビティ流れにおける棒状ミセル溶液の流動誘起構造に対する回復時間の算定
3. 学会等名 第68回レオロジー討論会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 菱沼優, 牛田晃臣, 佐藤大祐, 高橋勉, 斎藤啓太, 鳴海敬倫
2. 発表標題 キャビティ流れにおけるひも状ミセル溶液の流動誘起構造に対するモル濃度の効果
3. 学会等名 日本レオロジー学会 第48年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 菱沼優, 牛田晃臣, 佐藤大祐, 高橋勉, 斎藤啓太, 鳴海敬倫
2. 発表標題 キャビティ流れにおけるひも状ミセル溶液の弾性不安定性
3. 学会等名 日本機械学会 2021年度年次大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 菱沼優, 牛田晃臣, 佐藤大祐, 高橋勉, 斎藤啓太, 鳴海敬倫
2. 発表標題 キャビティ部を有する矩形流路を通過するCTAB/NaSal溶液の流動特性
3. 学会等名 第69回レオロジー討論会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 小林高季, 牛田晃臣, 土門久哲, 安部隆, 瀬戸光一, 樋渡忠, 小浦方格, 寺尾豊
2. 発表標題 口腔内細菌に対するオゾンウルトラファインバブルの殺菌効果
3. 学会等名 第53回洗浄に関するシンポジウム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 秋中竜士, 牛田晃臣, 小浦方格, 中本義範, 佐藤大祐
2. 発表標題 電解水と界面活性剤を併用した布洗浄へのウルトラファインバブル混合の効果
3. 学会等名 第53回洗浄に関するシンポジウム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 武井美佳, 菱沼優, 佐藤大祐, 牛田晃臣
2. 発表標題 キャビティ部を有する矩形流路を通過するミセル溶液の流動誘起構造変化
3. 学会等名 日本機械学会 北陸信越支部 2022年合同講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 関根悠斗, 小林嵩季, 佐藤大祐, 牛田晃臣
2. 発表標題 ウルトラファインバブルを混合したクーラント液の特性評価
3. 学会等名 日本機械学会 北陸信越支部 2022年合同講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 平井高入, 牛田晃臣, 佐藤大祐, 土門久哲, 寺尾豊
2. 発表標題 酸素ウルトラファインバブルによる有用菌の培養技術
3. 学会等名 日本機械学会 北陸信越支部 2022年合同講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 牛田晃臣, 小林嵩季, 中本義範, 佐藤大祐
2. 発表標題 マイクロスリットを通過するひも状ミセル溶液の流動特性に対するウルトラファインバブル混合の効果
3. 学会等名 日本機械学会 北陸信越支部 2022年合同講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 武井美佳, 佐藤大祐, 牛田晃臣
2. 発表標題 キャピティ流れにおける種々のミセル溶液の流動誘起構造
3. 学会等名 日本レオロジー学会 第49年会
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	佐藤 大祐 (SATO Taisuke) (70778703)	新潟大学・研究推進機構・助教 (13101)	

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究協力者	小林 高季 (KOBAYASHI Takaki)		
研究協力者	菱沼 優 (HISHINUMA Yu)		
研究協力者	武井 美佳 (TAKEI Mika)		

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------