

令和 6 年 6 月 19 日現在

機関番号：10106

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2021～2023

課題番号：21K04088

研究課題名（和文）分子刺激応答性ゲルの形状変化機能に基づいた新規センシングシステムの開拓

研究課題名（英文）Novel sensing system based on morphological change in molecule-responsive gel

研究代表者

兼清 泰正（Kanekiyo, Yasumasa）

北見工業大学・工学部・准教授

研究者番号：40435748

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,200,000円

研究成果の概要（和文）：層間にアルミホイルを挟み込んだ導電性二層構造ゲルを作製することに成功した。このゲルを種々の濃度のエタノール水に浸漬したところ、エタノール濃度に応じた顕著な湾曲度変化が生じた。そこで、この導電性二層構造ゲルをスイッチとして用いた電気回路を作製し、エタノールに応答した作動状況を確認した。その結果、エタノール濃度に依存した回路のON-OFFが生じ、ランプの点灯により濃度測定ができるセンサデバイスとして機能することが明らかになった。さらに、モノマー組成の変更により二層構造ゲルのタフネスの大幅な向上を達成し、これを用いたスイッチングデバイスの耐久性向上への道筋を明らかにすることができた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

層間に金属箔を挟み込むことにより導電性二層構造ゲルを作製する手法は、従来知られていない新規の方法論であり、作製の簡便さ、モノマーや金属の種類を選択肢の多様さなど、種々の利点を有することから、その学術的意義は大きい。本研究で開発したセンサは、感染症対策として一般に広く使用されているエタノール消毒液の濃度測定に最適な応答特性を有している。また、他の化学物質や温度・光などの物理的的刺激にもターゲットを拡張し得る手法である。よって、人類の福祉向上につながる新技術としての社会的意義も大きい。

研究成果の概要（英文）：We succeeded in fabricating a conductive bilayer gel with aluminum foil sandwiched between the layers. When the gel was immersed in aqueous ethanol solutions, a remarkable change in the degree of curvature was observed in response to the ethanol concentration. We then fabricated an electric circuit using the conductive bilayer gel as a switch and confirmed its operation in response to ethanol. As a result, it was clarified that the circuit turns on and off depending on the ethanol concentration and functions as a sensor device that can measure the concentration by lighting a lamp. Furthermore, we achieved a significant improvement in the toughness of the bilayer gel by changing the monomer composition, and were able to clarify the path to improving the durability of the switching device using this gel.

研究分野：分子認識化学

キーワード：ゲル 刺激応答 分子機械 導電性 スイッチ エタノール センサ

様式 C - 19、F - 19 - 1 (共通)

1. 研究開始当初の背景

近年、IoT や AI 技術の発展と共に、複数のセンサから得られる情報を統合的に処理して高度の認識機能を発現するウェアラブルデバイスが注目を集めている。例えば、ヘルスケアの分野で応用可能なウェアラブルデバイスを実現するには、我々の健康に関わる化学物質を選択的かつ高感度に連続モニタリングできるセンサがキーテクノロジーとなる。そこでもし、安価で持ち運びのできる分析装置により高感度かつ高選択的に化学物質を計測できる手法を開発できれば、日常生活で使用できる装置への応用を通じて、人類の生活の質的向上に貢献できるであろう。

目下、人類は感染症の脅威に直面している。我々科学者は、人間社会を混乱に陥れる重大問題に対し、科学的なアプローチによる解決策を示すことが期待されており、全力を挙げてこれに取り組む責務を負っている。感染症対策の第一歩は、罹患者をできるだけ発生させないよう予防に努めることであり、最も効果的な予防策は、感染源であるウイルスや細菌の排除を徹底して行うことである。生活環境の消毒には、次亜塩素酸が広く用いられているが、安価で大量生産可能なことや、幅広いウイルス・細菌に対し有効であることなどから、その需要は飛躍的に高まっている。しかし、次亜塩素酸は保存中に分解し易い欠点があり、温度上昇や紫外線を浴びる、あるいは有機物が混入するなどの要因により有効濃度が低下していき、やがて消毒能力を失う。そのため、次亜塩素酸の消毒能力を担保するには、有効塩素濃度を継続的に測定して確認しておくことが重要である。現在市販されている次亜塩素酸濃度測定用のセンサや試験紙は、酵素反応に依存するため耐久性・再現性が低かったり、特殊な色素を用いるため色調変化が単調で変化に乏しく毒性の懸念があったりするなど、従来型のセンサに共通の問題を抱えている。

研究代表者は、従来型のセンサが抱える上記の欠点を克服するため、酵素反応に依存せず、特殊な色素を用いない新規の色調変化型センサの研究に取り組んできた。その結果、糖、ホルムアルデヒド、活性酸素種、タンパク質など、生体・環境関連の多様な化合物に応答して明瞭かつ多彩な色調変化を示すセンサの作製に成功している。一方、これらのセンサは、色素の吸脱着プロセスを伴う測定原理上、基本的には1回限りの使い捨て使用となり、連続的な測定用途には不向きである。そのため、連続モニタリング可能なセンサを得るには、化学情報を継続的にシグナルとして取り出すための新たな応答原理の導入が必要である。

2. 研究の目的

本研究は、分子刺激応答性ゲルの形状変化を、光および電気シグナルに変換して連続測定できる計測システムの構築を目指した。現在のところ、特定の分子に応答するゲルの報告例は少なく、その多くも酵素や抗体のような生体物質を利用した系であるため、安定性・耐久性に欠け、安価な製造も困難である。また、刺激応答性ゲルをセンシング素子として活用した研究例も限られている。研究代表者はこれまでに、様々な化学物質に応答して形状変化を示すヒドロゲルの作製に成功している。本研究では、このような分子刺激応答性ゲルを用いたセンサの創製を行ったが、これらは生体物質を一切用いず合成分子のみにより構成されるため、従来のセンサと比べて耐久性、安定性、再現性に優れ、低コストに作製可能となる。また、ゲルの可逆的な応答を用いるため、連続測定も可能である。よって、高温多湿の過酷な条件でも使用できるなど、幅広い場面への応用展開が期待される。

3. 研究の方法

(1) 二層構造ゲルの作製

各層のモノマー組成を表1に示す。最初に NIPAAm ゲル層を作製するため、20 mL スクリュー管に必要な試薬を量り取り、溶解させた後、窒素ガスを15分間バブリングして溶存酸素を除去した。これに過硫酸アンモニウムとテトラメチルエチレンジアミンを加えた後、40×40×1 mm の内部空間を有するモールドに注入し、25℃で1.5 h 静置した。次に AAm ゲル層を作製するため、同様の操作によりモノマー溶液を用意し、一層目に重ねて組み立てた二層目用のモールド(30×20×1 mm)に注入した。これを25℃で1.5 h 静置した後、生成したゲルを取り出して2 mm 幅に切断し、両端部は適宜切り揃えた。

(2) 導電性二層構造ゲルの作製

上述の操作により一層目のゲルを作製し、幅1 mm、間隔3 mmの格子状に切断した金属箔を挟み込んだ状態で二層目のモールドを組み立てた後、同じく上述の操作により二層目のゲルを作製した。生成したゲルを取り出し、金属箔が中央になる位置で2 mm 幅に切断し、両端部を適宜切り揃えた。

表1 . モノマー組成 (単位 : mM)

	NIPAAm	AAm	Bis	APS	TEMED
NIPAAm ゲル (従来組成)	1000	0	40	2	12
AAm ゲル (従来組成)	0	1000	20	2	12
NIPAAm ゲル (タフ組成)	1500	0	5	2	16
AAm ゲル (タフ組成)	0	1500	2.5	2	16

NIPAAm: N-イソプロピルアクリルアミド、AAm: アクリルアミド、Bis: N,N'-メチレンビス(アクリルアミド)、APS: 過硫酸アンモニウム、TEMED: テトラメチルエチレンジアミン

(3) 二層構造ゲルの湾曲度測定

種々の濃度のエタノールを含有する水溶液を調製し、攪拌子を入れたスクリー管に 10 mL ずつ注入した。この溶液に二層構造ゲルを浸漬して穏やかに攪拌し、所定の時間経過後、ゲルをガラス皿上に取り出して写真撮影を行った。このゲルをスクリー管に戻し、攪拌を再開して所定の時間経過後写真撮影を行う操作を繰り返した。ゲルの湾曲度は、図1に示すように角度 θ を定義し、撮影した画像を解析して算出した。

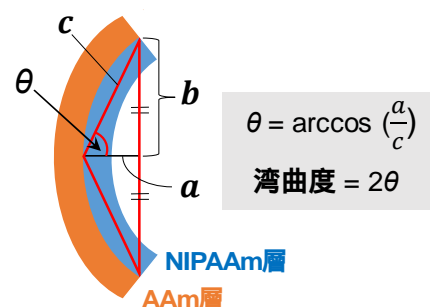


図1 . 二層構造ゲルの湾曲角の定義

(4) エタノールセンサの作製と測定

導電性二層構造ゲルと二色のランプを組み合わせて、図2に示す電気回路を作製した。種々の濃度のエタノール水と攪拌子を加えたガラス皿に電気回路のゲル部を浸漬し、電球が点灯するまでの様子を観測した。

(5) 二層構造ゲルの力学的強度測定

水中に長時間浸漬して平衡化させた二層構造ゲルを 6 mm 幅に切断した。このゲルを、IMADA MX2-500N 卓上型引張圧縮試験機 (フォースゲージ: IMADA ZTA-5N) に特注の専用ジグを用いて固定し、室温にて引張速度 45 mm min^{-1} で測定測定を行った。

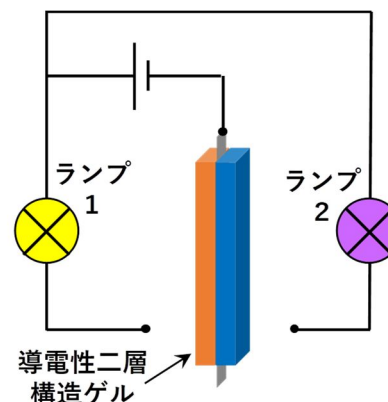


図2 . エタノールセンサの回路図

4 . 研究成果

(1) 二層構造ゲルのエタノール応答

両層とも従来組成のモノマー溶液を用いて作製した二層構造ゲルを種々の濃度のエタノール水に浸漬し、湾曲度の経時変化を計測した。その結果を図3に示す。濃度 25 vol% のエタノール水に浸漬したゲルは、時間とともに NIPAAm (右) 側へ湾曲していき、180 分後にはリング形状となった。一方、エタノール濃度 50 vol% の場合は、わずかな形状変化しか見られなかった。反対に 75 および 100 vol% では、AAm (左) 側への湾曲が生じた。以上のような二層構造ゲルの湾曲応答は、両層でエタノールに対する膨潤・収縮挙動が異なることに由来すると考えられる。研究代表者らが以前行った単一ゲルのエタノール応答測定の結果から、AAm ゲルはエタノール濃度の増大とともに単調に収縮していくのに対し、NIPAAm ゲルはエタノール濃度が増大するにつれて収縮していき、25 vol% 前後で収縮度が最大となり、それより高濃度になると逆に膨潤していく挙動を示すことが分かっている。このような知見を踏まえると、エタノール濃度 25 vol% の場合は NIPAAm 層の方がより大きく収縮して右側に湾曲したのに対し、75 vol% 以上では AAm 層の方がより高い収縮度を示すため、左側に湾曲していったものと解釈できる。

(2) 導電性二層構造ゲルのエタノール応答

層間に厚さ 17 μm のアルミホイルを挟み込んだ二層構造ゲル (両層とも従来組成のモノマー溶液から作製) を種々の濃度のエタノール水に浸漬して、湾曲度の経時変化を計測した結果を図

4に示す。エタノール濃度 25 および 50 vol% の場合は時間とともに NIPAAm (右) 側へ湾曲していったが、100 vol% の場合は AAm (左) 側への湾曲が生じた。また、75 vol% では形状にほとんど変形が見られなかった。このような湾曲応答を、アルミホイルを含まない非導電性ゲルの場合と比較すると、導電性二層構造ゲルは全体的に湾曲の度合いが低下し、エタノール濃度依存性も多少異なるものの、エタノール濃度に依存した湾曲度変化が確かに生じることが明らかになった。

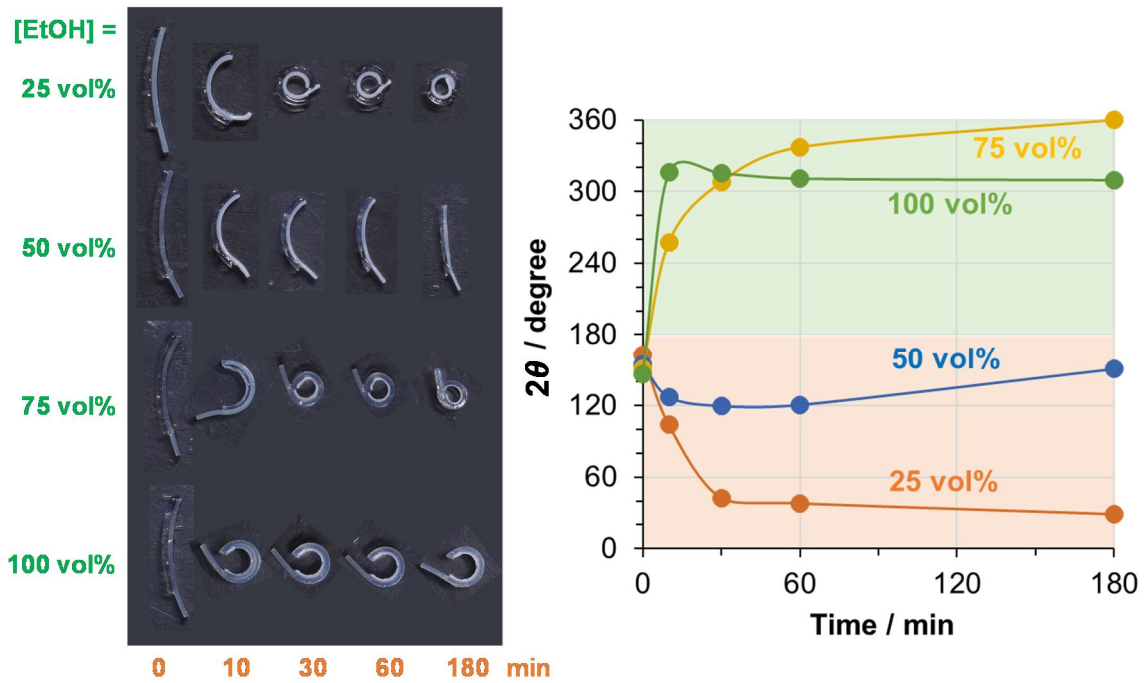


図3．二層構造ゲル（非導電性）のエタノールに応答した変形挙動

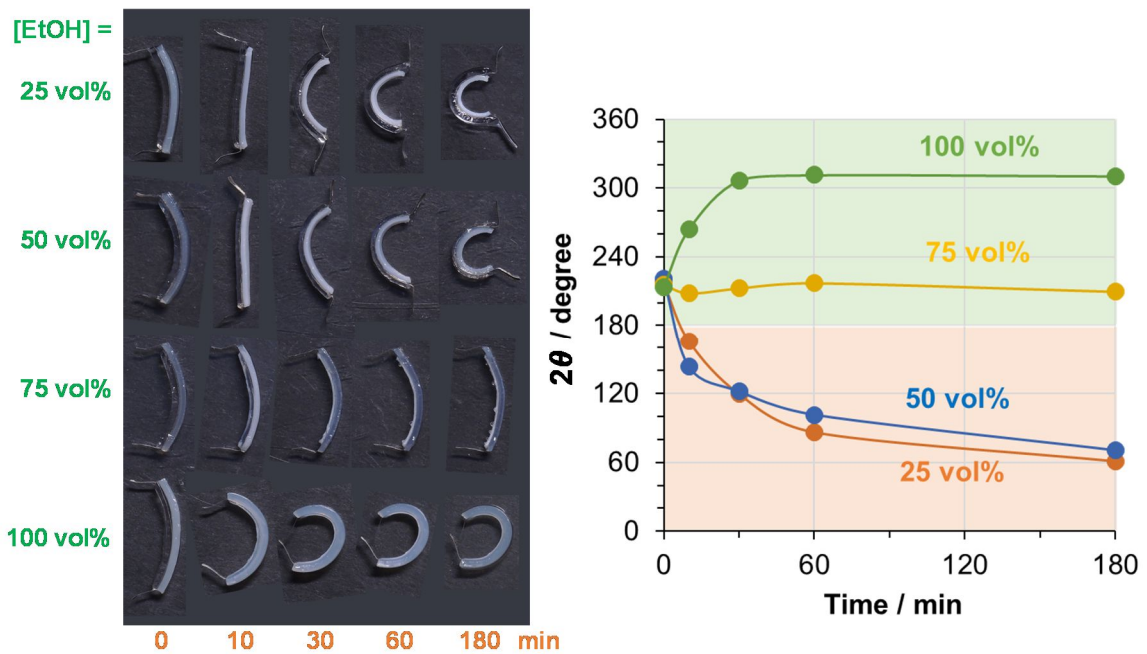


図4．導電性二層構造ゲルのエタノールに応答した変形挙動

(3) 導電性二層構造ゲルをスイッチング素子としたエタノールセンサの応答

両層とも従来組成のモノマー溶液から作製した導電性二層構造ゲルと二色のランプを組み込んだ電気回路を作製し、そのゲル部をエタノール水に浸漬して作動状況を確認した(図5)。エタノール濃度 75 vol% の場合は、ゲルはゆるやかに湾曲した状態にあり、どちらの接点とも接触しないため回路が成立しておらず、何れのランプも消灯状態であった。エタノール濃度を 50

vol%にすると、ゲルが湾曲して右側の接点と接触し、紫色のランプが点灯した。エタノール濃度 100 vol%の場合、ゲルは反対方向に湾曲して左側の接点と接触し、黄色のランプが点灯した。以上の結果から、このセンサはランプの ON-OFF によりエタノール濃度を計測可能であることが示された。このようなセンサの応用例としては、エタノール消毒液の濃度が適正值（75 vol%前後）を外れた場合にランプが点灯し、異常を報知するという使用法が想定される。

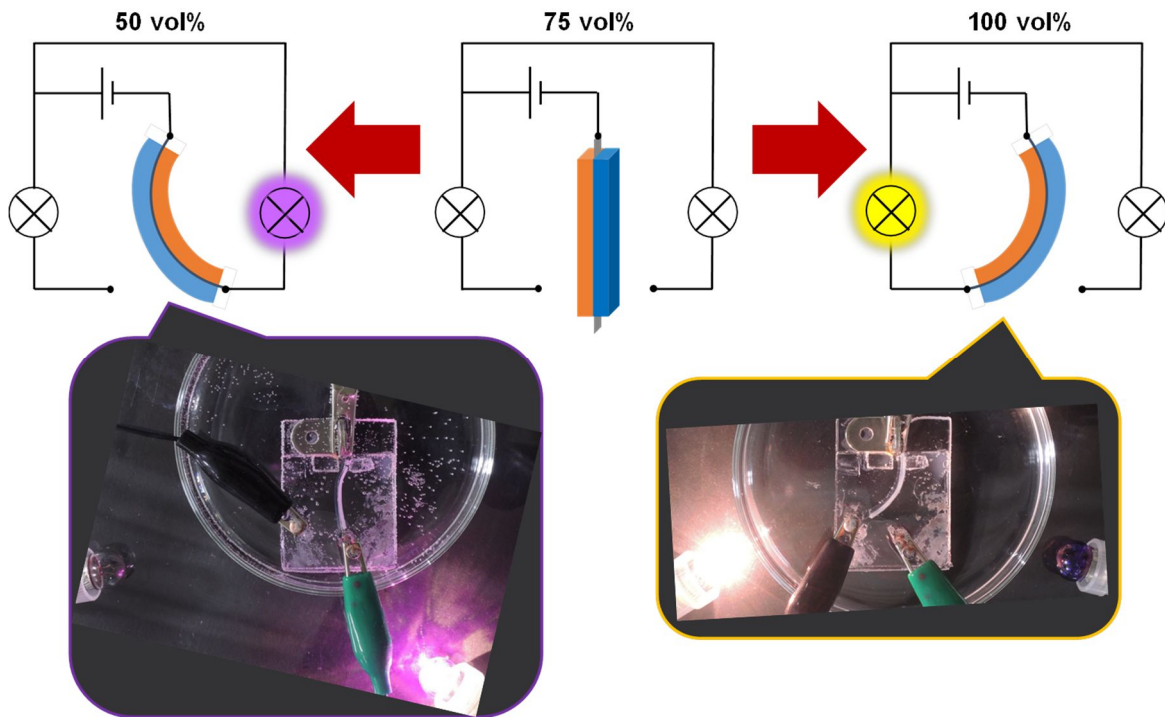


図5 . エタノールセンサの作動状況

(4) 二層構造ゲルの機械的強度向上

水中で平衡化させた二層構造ゲルを 6 mm 幅に切断し、引張試験を行った際の応力ひずみ曲線を図 6 に示す。タフ組成のモノマー溶液から作製したゲルは、サンプルごとのバラつきが見られたものの、どれも従来組成のゲルと比較して顕著に大きな破断ひずみを示した。その平均値を比較すると、従来ゲルが 0.54 であったのに対し、タフゲルは 2.10 とおよそ 4 倍の破断ひずみを示すことがわかった。ゲルの破壊に要するエネルギーを比較するため、応力-ひずみ曲線を積分することによりタフネス値を求めた結果、タフゲルは従来ゲルよりも約 2.7 倍大きい値をとることがわかった。以上の結果から、モノマー組成の変更により二層構造ゲルの機械的強度を大幅に増加させ、耐久性を飛躍的に向上させることができ、スイッチングデバイスへの応用可能性を大いに高めることに成功した。

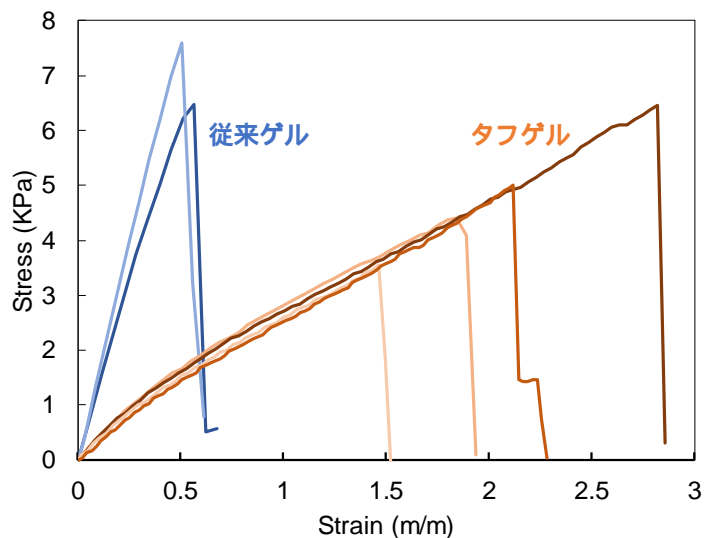


図6 . 二層構造ゲルの応力ひずみ線図

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計12件（うち査読付論文 12件／うち国際共著 1件／うちオープンアクセス 8件）

1. 著者名 兼清泰正	4. 巻 44
2. 論文標題 汗中の乳酸に反応して図柄が変化するスポーツウェアの開発	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 デサントスポーツ科学	6. 最初と最後の頁 16-27
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.57488/descente.44.0_16	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 H. Aoki	4. 巻 22
2. 論文標題 Material-Specific Determination Based on Microscopic Observation of Single Microplastic Particles Stained with Fluorescent Dyes	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Sensors	6. 最初と最後の頁 3390
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3390/s22093390	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 Aoki, Hiroshi	4. 巻 33
2. 論文標題 Label-free ratiometric electrochemical dna sensing based on α -cyclodextrin-modified probe immobilized on ferrocene monolayers	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Sensors and Materials	6. 最初と最後の頁 2857 - 2865
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.18494/SAM.2021.3450	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 Aoki, Hiroshi	4. 巻 37
2. 論文標題 Sensors with Highly Ordered Nucleotides	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Analytical Sciences	6. 最初と最後の頁 1191 - 1192
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.2116/analsci.highlights2109	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 Aoki, Hiroshi; Torimura, Masaki; Habe, Hiroshi	4. 巻 37
2. 論文標題 Spectroscopic Investigation of Increased Fluorescent Intensity of Fluorescent Dyes When Adsorbed onto Polystyrene Microparticles	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Analytical Sciences	6. 最初と最後の頁 773 - 779
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2116/analsci.20SCP22	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 Aoki, Hiroshi	4. 巻 22
2. 論文標題 Material-Specific Determination Based on Microscopic Observation of Single Microplastic Particles Stained with Fluorescent Dyes	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Sensors	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/s22093390	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 Nakahashi Hitoshi, Takeshima Kan, Matsubara Shizuka, Kanekiyo Yasumasa	4. 巻 218
2. 論文標題 Distinct color changes in hydrogen peroxide-responsive thin films consisting of boronic acid-containing polymers	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Dyes and Pigments	6. 最初と最後の頁 111450 ~ 111450
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.dyepig.2023.111450	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 Izumi Hiroshi, Aoki Hiroshi, Nafie Laurence A., Dukor Rina K.	4. 巻 8
2. 論文標題 Effect of Conformational Variability on Seasonable Thermal Stability and Cell Entry of Omicron Variants	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 ACS Omega	6. 最初と最後の頁 7111 ~ 7118
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsomega.2c08075	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 該当する

1. 著者名 Aoki Hiroshi, Miyazaki Risa, Ohama Miho, Murata Michio, Asai Kai, Ogata Genki, Einaga Yasuaki	4. 巻 148
2. 論文標題 Urine protein quantification in human urine on boron-doped diamond electrodes based on the electrochemical reaction of Coomassie brilliant blue	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 The Analyst	6. 最初と最後の頁 4396 ~ 4405
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/d3an01000g	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 Kawaguchi Mai, Aoki Hiroshi, Kamo Hiroki, Miura Kazuki, Hiruta Yuki, Simizu Siro, Citterio Daniel	4. 巻 40
2. 論文標題 Simplified capture, extraction, and amplification of cellular DNA from water samples	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Analytical Sciences	6. 最初と最後の頁 501 ~ 510
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s44211-023-00482-7	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 Sato Yuya, Hasemi Kentaro, Machikawa Kazunori, Kinjo Hisato, Yashiro Naohisa, Iimura Yosuke, Aoki Hiroshi, Habe Hiroshi	4. 巻 402
2. 論文標題 Assessing microbial stability and predicting biogas production in full-scale thermophilic dry methane fermentation of municipal solid waste	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Bioresource Technology	6. 最初と最後の頁 130766 ~ 130766
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.biortech.2024.130766	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 Aoki Hiroshi	4. 巻 22
2. 論文標題 Material-Specific Determination Based on Microscopic Observation of Single Microplastic Particles Stained with Fluorescent Dyes	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Sensors	6. 最初と最後の頁 3390 ~ 3390
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/s22093390	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17件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 兼清泰正、佐藤里咲
2. 発表標題 乳酸に反応して図柄が変化する布地の作製と応答特性解析
3. 学会等名 第83回分析化学討論会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 兼清泰正、佐藤里咲
2. 発表標題 乳酸に反応して図柄が変化する布地の作製と特性解析
3. 学会等名 2023年繊維学会年次大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Yasumasa Kanekiyo, Keisuke Nampo, Hayato Inamura
2. 発表標題 Deformation Behavior of Ethanol-Responsive Bilayer Hydrogels Combined with Electric Conductors
3. 学会等名 The 7th International Soft Matter Conference (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 兼清泰正、松原静香、大内一敏
2. 発表標題 次亜塩素酸濃度を表示形状変化により測定できる分析チップの簡便・迅速応答化
3. 学会等名 日本分析化学会第72年会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 石井洋己、山本彩羽、吉田裕、兼清泰正
2. 発表標題 高強度NIPAAmゲルの生産に向けた液中引張試験治具の開発
3. 学会等名 日本設計工学会2023年度秋季研究発表講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 兼清泰正、南保圭祐、山岸遼平
2. 発表標題 導電性二層構造ゲルの湾曲挙動を利用したエタノールセンシング
3. 学会等名 第82回分析化学討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 兼清泰正、松原静香、藤村祐大、茂垣寿美麗
2. 発表標題 汗中の乳酸に応答して図柄が変化する衣類の開発
3. 学会等名 2022年繊維学会年次大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 中山翔太、兼清泰正、石井洋己、吉田裕
2. 発表標題 PVAダブルネットワークヒドロゲルの機械特性
3. 学会等名 日本機械学会M&M2022材料力学カンファレンス
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 兼清泰正、松原静香、大内一敏
2. 発表標題 次亜塩素酸の濃度を表示形状変化により測定できる試験紙の開発
3. 学会等名 日本分析化学会第71年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 稲村颯人、兼清泰正
2. 発表標題 エタノール応答性二層構造ゲルの強靱化
3. 学会等名 化学系学協会北海道支部2023年冬季研究発表会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 佐藤里咲、兼清泰正
2. 発表標題 乳酸を感知して模様が変化する布地の応答特性解析
3. 学会等名 化学系学協会北海道支部2023年冬季研究発表会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 兼清泰正、佐藤里咲
2. 発表標題 Pattern changes in cotton fabrics conjugated with lactate-responsive polymers
3. 学会等名 日本化学会第103春季年会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 兼清泰正、加藤匠、及川勝太、三谷裕、三島木葉月
2. 発表標題 次亜塩素酸消毒液の濃度を色調および表示形状の変化により測定できるセンサーの開発
3. 学会等名 第81回分析化学討論会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 兼清泰正、藤村祐大、加藤匠、三谷裕
2. 発表標題 乳酸に反応して図柄の変化する木綿布の作製
3. 学会等名 2021年繊維学会年次大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 松原静香、茂垣寿美麗、兼清泰正
2. 発表標題 乳酸に反応して模様が変化する布地の作製
3. 学会等名 化学系学協会北海道支部2022年冬季研究発表会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 南保圭佑、山岸遼平、兼清泰正
2. 発表標題 導電体と複合化した二層構造ゲルの作製
3. 学会等名 化学系学協会北海道支部2023年冬季研究発表会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 兼清泰正、南保圭佑、山岸遼平
2. 発表標題 導電体と複合化した二層構造ゲルの変形挙動
3. 学会等名 日本化学会第102春季年会
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計0件

〔出願〕 計2件

産業財産権の名称 濃度判定部材，濃度判定キット，および次亜塩素酸濃度の判定方法	発明者 大内一敏、兼清泰正	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特願2021-215106	出願年 2021年	国内・外国の別 国内

産業財産権の名称 濃度判定部材，および次亜塩素酸濃度の判定方法	発明者 大内一敏、兼清泰正	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特願2023-121787	出願年 2023年	国内・外国の別 国内

〔取得〕 計0件

〔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	青木 寛 (Aoki Hiroshi) (00392580)	国立研究開発法人産業技術総合研究所・エネルギー・環境領域・研究グループ長 (82626)	
研究分担者	吉田 裕 (Yoshida Yutaka) (30626122)	北見工業大学・工学部・教授 (10106)	

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
---------	---------