

令和 5 年 5 月 31 日現在

機関番号：24405

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2020～2022

課題番号：20H02770

研究課題名(和文) 極限濃度色素液体ナノ粒子の創製と超高感度化学センシングデバイスへの展開

研究課題名(英文) Development of highly-concentrated dye liquid nanoparticles and their application to highly-sensitive chemical sensing devices

研究代表者

久本 秀明 (Hisamoto, Hideaki)

大阪公立大学・大学院工学研究科 教授

研究者番号：00286642

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,800,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では多様な色素液体を開発し、薄膜・ナノ粒子化して各種分析対象に対する応答性能を評価した。また、それらを活用した多様なマイクロ分析デバイスを開発した。その結果、これまで長い応答時間を余儀なくされたヘパリンに対する高速応答、蛍光性色素液体の特徴を生かしたドナー・アクセプター間エネルギー移動に基づく超高感度検出、アニオン応答機構の解明、酵素に対する高感度・高速応答、ナノ粒子化に伴うカチオンの高速応答等を実現した。また、インクジェット技術を活用したデバイス開発ではCRPやアニオン等、当初目的としていた物質の検出に加えて酵素阻害剤アッセイ系への適用など、新たな1ステップ評価系への適用も見出された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、従来固体粉末であることが常識だった色素の液状化で、色素を用いる化学センシングに新たな方法論を多数生み出した点で学術的意義は極めて大きい。また、マイクロ分析デバイス化でもインクジェット技術の利用や試薬固定化の方法論開発、溶解プロセスの詳細検討など、実用的にも重要となる知見を多数生み出した。これらの知見は現在の診断デバイスの改良や、新たなデバイス開発の基礎となる知見であるため、社会的意義も極めて大きいと考える。

研究成果の概要(英文)：In this research, various dye liquids were developed, made into thin films and nanoparticles, and response performance evaluations for various analytes were performed. In addition, we have developed various microanalytical devices using them. As a result, high-speed response to heparin, which had been forced to take a long response time, ultra-high-sensitivity detection based on energy transfer between the donor and acceptor utilizing the characteristics of fluorescent dye liquids, elucidation of the anion response mechanism, fast and high-sensitivity response to enzymes, high-speed response of cations accompanying nanoparticle formation, etc. have been realized. In the development of devices using inkjet technology, in addition to the detection of substances such as CRP and anions, which were originally intended, applications to new one-step evaluation systems such as application to enzyme inhibitor assay systems were also demonstrated.

研究分野：分析化学

キーワード：イオン液体 色素液体 ナノ粒子 マイクロ分析デバイス

## 様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

吸光・蛍光をはじめとする変色色素ベースの化学センシングは長い歴史を持ち、多様な色素分子が使われてきた。中でも、イオン選択性電極(血中電解質自動分析計)で実用に供された可塑化ポリ塩化ビニル膜(可塑化 PVC 液膜)を用いたセンサーは、可塑剤に色素やイオン認識分子を数 wt%溶解させ、PVCと混合したテトラヒドロフラン(THF)溶液を蒸発させるのみの簡便な操作で均質・透明な高分子センサー液膜が得られるため、色素ドーブによるオプティカルセンシング応用が多数発表されてきた。

一方、現在スマートホンやパソコンの画像表示機能・ビデオチャット機能を使い、インターネットを介して医師が行う遠隔診療(オンライン診療)は、医療分野では大きく注目されている。ここでは視認検出できるドライケミストリーフィルム、イムノクロマトグラフィや尿検査試験紙等の簡易診断デバイスから得られた色変化情報を、特殊な検出装置を使わずにスマートホンカメラ・アプリを介して画像情報伝達し、医療機関からの適切なアドバイス受信や、ドローンを用いる物資送達システムによる処方箋医薬品自動配布につなげる構想など、今後の高齢化社会を支える医療システムが多数提案されている。しかしながら現在の簡易診断デバイスは変色コントラストの悪さから擬陽性・擬陰性の割合も高く、信頼性が課題なことはよく知られている。

遠隔診療では、診断デバイスが示す変色コントラスト情報と同時検出する項目数が診断精度・信頼性を決定するため、より変色コントラストのよい安価なマルチ診断デバイス開発が強く望まれている。

よく知られたランベルトベール則に基づく変色色素含有膜センサーの感度向上では、当然のことながら膜中色素濃度、あるいは膜厚の増加が有効である。しかし、可塑剤への色素溶解度の限界による析出あるいは膜厚増加に伴う応答時間の指数関数的な延長が問題となるため、可塑化 PVC 膜センサーの高感度化には新たなブレイクスルーが必要不可欠であった。

### 2. 研究の目的

以上の背景を踏まえ、本研究では高密度に色素分子を含む液体である「色素液体」を多種開発して各種分析対象の高感度検出を検討し、これらのナノ粒子化・デバイス化までを目的とした。

以下2点を具体的な目的とする。

① 「イオン・酵素応答性色素液体ナノ粒子」の創製と基礎変色特性評価

② 疎水性色素液体ナノ粒子に基づく高感度量産型1ステップマルチ診断デバイスの開発

上記①では、各種疎水性色素液体合成・ナノ粒子化・性能評価から、基礎検討を実施する。②では安価なマルチ診断デバイス開発を実施する。

### 3. 研究の方法

① 「イオン・酵素応答性色素液体ナノ粒子」の創製と基礎変色特性評価

本項目では、各種イオン・酵素応答性色素液体を合成し、各種検出対象の応答評価を実施した。疎水性の側鎖を導入したフルオレセイン系・クマリン系のアニオン性色素またはピレンにアニオン性官能基を導入した色素を疎水性ホスホニウムカチオン(P66614 カチオン)と化学量論的にイオン交換し、色素液体化した。

次に、上記色素液体のナノ粒子化を実施した。色素液体と界面活性剤(F-127)の THF 溶液を一定流量で、高速攪拌下の水溶液に分散させ、色素液体ナノ粒子を得た。ここでは動的光散乱装置(DLS)でナノ粒子サイズ・分散度を確認した。また、比較のため、従来型色素含有可塑化 PVC 製ナノ粒子、可塑化 PVC 膜等のデータも取得した。

② 疎水性色素液体ナノ粒子に基づく高感度量産型1ステップマルチ診断デバイスの開発

本項目では多種同時検出のため、開発したナノ粒子等の分析試薬をインクジェットプリント技術で流路内の両サイドにスポッティング固定したデバイスを試作した。いずれの流路も試料溶液導入と同時に固定した試薬が再溶解・反応、あるいはナノ粒子内包ゲルの場合には試料分子の浸透で変色応答する。ここでは電解質検出および CRP 検出用デバイスの試作・評価を行った。

### 4. 研究成果

各検討項目での成果を以下に示す。

① 「イオン・酵素応答性色素液体ナノ粒子」の創製と基礎変色特性評価

#### 1) アニオン応答性色素液体

ここではアルキル化フルオレセインアニオンと疎水性4級ホスホニウムカチオン(P66614)からなる色素液体を合成した。色素側のアルキル鎖長が可逆応答性に及ぼす影響を系統的に検討するために異なる鎖長の分子を合成し、可塑化 PVC 薄膜化して、その応答可逆性を評価した。その結果、アルキル鎖長が10-12以上の分子を用いた場合には、数十回の可逆応答が確認されたのに対し、鎖長が8以下では測定ごとに色素が溶出し、可逆性が悪化することが明らかとなった。そこで、これ以降はアルキル鎖長が12の分子で検討を進めた。各種アニオンへの応答を検討したところ、その選択性は予想通り、ホフマイスター順列に従うことが確認された。ここではこの薄膜のヘパリンセンサーへの応用を検討した。過去に報告された可塑化 PVC 膜型ヘパリンセンサーは、高分子のヘパリンの拡散が遅いために応答時間が極めて長く、応答後10分程度で反応を打ち切り、過渡的な応答を評価に使わざるを得なかったのに対し、本研究で開発した色素液体薄膜センサーでは0.2-20 U程度のヘパリンに対し、1分以内で平

衡応答を得ることができることを明らかにした。これは通常遅い応答を余儀なくされる高分子アニオンに対する極めて高速な応答であり、高速な分析が期待できる。

また、ここではフルオレセイン系分子に加えて炭素数 12 のアルキル鎖を付与したクマリン系の色素液体も合成した。ここではアニオンイオノフォアである Chloride ionophore IV を用いてナノ粒子化し、イオノフォアの有無によるアニオン応答性を評価した。その結果、イオノフォアがない場合には色素のプロトン化に伴うバックグラウンド信号の上昇が見られたのに対し、イオノフォアを用いた実験系ではそのバックグラウンドがほとんどない信号を得られることを見出した。この現象を明らかにするためにプロトン NMR 測定を試みた。色素液体単独で得られる NMR スペクトルと、アニオン認識能のないと思われるイオノフォア類似分子を混合した場合には、それぞれの分子単独で測定した場合と同一のスペクトルが得られるのに対し、色素液体分子とイオノフォア分子を混合した NMR スペクトルでは、色素プロトンおよびイオノフォアプロトンの大きなシフトが見られた。これは色素分子とイオノフォア分子の分子間相互作用が極めて強いことを示している。また、緩衝溶液の濃度を変化させてもバックグラウンド信号強度は変わらなかったことと合わせて考えると、イオノフォアがない場合には色素分子が油水面でプロトン化してしまうのに対し、イオノフォアがある場合には色素のフェノール部位に錯形成し、プロトン化が抑制されるためにバックグラウンドの上昇もなく、理想的な応答を得られることが明らかになった。

## **2) 酵素応答性色素液体**

酵素応答性色素液体としては上記のアルキル化クマリン誘導体にリン酸基を持つ蛍光基質分子を合成し、P<sub>6614</sub> を 2 分子もつ色素液体を合成した。ここではこれをナノ粒子化し、アルカリフォスファターゼに対する応答性を評価した。その結果、通常量の基質を含むナノ粒子と比較して検量線の傾きが約 3.8 倍となり、高感度な応答を示すことを明らかにした。また、薄膜状の場合と比較して、ナノ粒子状の場合には応答時間も約 80 分から約 30 分まで短縮され、比表面積向上に伴う高速化が達成された。ここではナノ粒子に含まれる蛍光基質分子の反応率も吸光度測定から評価し、薄膜状では基質消費率が低いのに対し、ナノ粒子状では 9 割以上の基質が消費される効率の良い反応系となっていることを明らかにした。

## **3) 色素液体 FRET (フェルスター共鳴エネルギー移動) に基づく高感度アニオンセンシング**

ここでは色素液体を FRET ドナーとして用い、FRET アクセプターとなる分子を添加したセンシング系を設計し、その基礎検討を行った。ピレンにアニオン性のスルホン酸基を導入した分子を合成し、P<sub>6614</sub> とイオン交換したところ、ピレン二量体の形成に基づくエキシマ蛍光を示す色素液体を得ることに成功した。ここではドナー・アクセプターの組成比を検討したところ、最適条件ではアクセプターを直接励起して得られる蛍光強度よりも、ドナーを励起してアクセプターにエネルギー移動させた場合の方が約 20 倍高感度な応答を示すことを初めて見出した。この成果は色素液体という特殊な環境を生かした高感度センシングの方法論を示す先駆的な成果である。ここではアニオンイオノフォアを用いることによるイオン選択性の改善も確認された。

## **4) 銀イオン応答性色素液体**

カチオンに反応する色素液体開発の一環として銀イオン応答性色素液体を開発した。ここでは疎水性チオール誘導体にアニオン性のスルホン酸基を導入した分子を合成し、プロトン化に伴ってカチオンとなる疎水性メロシアン色素誘導体とのイオン対を合成したところ、液状になることを見出した。ここではこの新規材料をナノ粒子化し、銀イオン応答性を評価した結果、水銀イオン、銅イオンなどと比較して高い選択性で銀イオンに反応することが明らかとなった。また、比較のために電氣的にちゅせいな類似構造を持つイオノフォア分子も合成し、イオノフォア分子にアニオン性官能基を導入した効果を検討した結果、アニオン性官能基を持つ分子を用いた方が、より低濃度域から銀イオンに反応することがわかり、アニオン性官能基の導入が高感度検出に有利であることを明らかにした。

## **② 疎水性色素液体ナノ粒子に基づく高感度量産型 1 ステップマルチ診断デバイスの開発**

### **1) インクジェットプリント技術に基づくデバイス開発の基礎検討**

ここでは幅・深さ 500 ミクロンのマイクロ流路を多数持つポリジメチルシロキサン (PDMS) マイクロ流路アレイへの試薬固定を検討した。試薬スポットをマイクロ流路中央部に印刷した場合には、PDMS の疎水性によって試薬溶液が動いてしまい、壁面と接触して固着してしまう現象が見られた。そこでその性質を逆手に取り、試薬スポットを流路底面の壁面付近に印刷すると、極めて再現性良く試薬スポットを固定できることを明らかにした。

### **2) CRP 検出デバイスの試作**

ここでは 1 ステップ CRP 検出の予備検討として、抗 CRP 抗体を固定した酸化グラフェンおよび、蛍光標識 CRP を PDMS 流路の底面左右にそれぞれスポットしたデバイスを試作した。試料溶液導入すると両者が溶解し、CRP がいない場合にはそれぞれの試薬同士の結合に伴う蛍光消光が起こるのに対し、CRP 存在下では抗体固定酸化グラフェンへの競争結合反応が起こるため、濃度に応じて蛍光強度が上昇する。ここでは今回検討したインクジェットプリント技術で 1 ステップ CRP 検出できることを明らかにした。

### **3) アニオンセンシングデバイスの試作**

ここではアニオン応答性色素液体ナノ粒子をポリアクリルアミドハイドロゲルに包含した状態でガラス基板上にインクジェットプリントし、PDMS 流路をかぶせる形のデバイスを試作した。その結果、試料溶液導入に伴う簡便な 1 ステップ測定をできることが明らかとなった。

研究項目②では上記以外にも酵素阻害剤アッセイ、ビオチンアッセイ等、多様な 1 ステップ検出デバイス開発にも成功した。詳細は成果論文を参照されたい。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計9件（うち査読付論文 9件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 Yuko Kawai, Kotaro Idegami, Kenji Sueyoshi, Tatsuro Endo, Hideaki Hisamoto	4. 巻 37
2. 論文標題 Single-step trypsin inhibitor assay on a microchannel array device immobilizing enzymes and fluorescent substrates by inkjet printing	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Analytical Sciences	6. 最初と最後の頁 1473-1476
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.2116/analsci.21N011	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 Ryoutarou Oishi, Kaho Maki, Tatsumi Mizuta, Kenji Sueyoshi, Tatsuro Endo, Hideaki Hisamoto	4. 巻 146
2. 論文標題 Enzyme-responsive fluorescent nanoemulsion based on lipophilic dye liquid	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Analyst	6. 最初と最後の頁 4121-4124
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1039/D1AN00447F	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 Kaho Maki, Ryoutarou Oishi, Tatsumi Mizuta, Kenji Sueyoshi, Tatsuro Endo and Hideaki Hisamoto	4. 巻 147
2. 論文標題 Chloride ion-selective dye liquid nanoemulsion: improved sensor performance due to intermolecular interactions between dye and ionophore	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Analyst	6. 最初と最後の頁 1529 - 1533
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1039/D2AN00115B	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 Tatsumi Mizuta, Shu Takai, Toshiki Nishihata, Kenji Sueyoshi, Tatsuro Endo and Hideaki Hisamoto	4. 巻 145
2. 論文標題 A lipophilic ionic liquid-based dye for anion optodes: importance of dye lipophilicity and application to heparin measurement	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Analyst	6. 最初と最後の頁 5430-5437
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1039/D0AN00335B	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 Daiki Kawasaki, Ryoutarou Oishi, Nao Kobayashi, Tatsumi Mizuta, Kenji Sueyoshi, Hideaki Hisamoto, Tatsuro Endo	4. 巻 10
2. 論文標題 Highly sensitive optical ion sensor with ionic liquid-based colorimetric membrane/photonic crystal hybrid structure	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 16739
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-020-73858-8	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 Tatsumi Mizuta, Kenji Sueyoshi, Tatsuro Endo, and Hideaki Hisamoto	4. 巻 93
2. 論文標題 Lipophilic Fluorescent Dye Liquids: Forster Resonance Energy Transfer-Based Fluorescence Amplification for Ion Selective Optical Sensors Based on a Solvent Polymeric Membrane	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Analytical Chemistry	6. 最初と最後の頁 4143-4148
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.analchem.0c05007	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 Yuko Kawai, Akihiro Shirai, Masaya Kakuta, Koutarou Idegami, Kenji Sueyoshi, Tatsuro Endo, Hideaki Hisamoto	4. 巻 8
2. 論文標題 Inkjet Printing-Based Immobilization Method for a Single-Step and Homogeneous Competitive Immunoassay in Microchannel Arrays	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Frontiers in Chemistry	6. 最初と最後の頁 612132
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/fchem.2020.612132	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 Yuko KAWAI, Akihiro SHIRAI, Masaya KAKUTA, Kotaro IDEGAMI, Kenji SUEYOSHI, Tatsuro ENDO, Hideaki HISAMOTO	4. 巻 70
2. 論文標題 Development of the Single-step Bioassay Microdevice using Reagent Immobilization Method based on Inkjet Printing	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 BUNSEKI KAGAKU	6. 最初と最後の頁 125-131
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2116/bunsekikagaku.70.125	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 Shuto Oka, Kenji Sueyoshi, Tatsuro Endo & Hideaki Hisamoto	4. 巻 in press
2. 論文標題 Nanoemulsion-based silver ion-selective optode based on colorimetrically silver ion-responsive ionic liquid-based dye	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Analytical Sciences	6. 最初と最後の頁 in press
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s44211-023-00337-1	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22件 (うち招待講演 5件 / うち国際学会 3件)

1. 発表者名 Kaho Maki, Kenji Sueyoshi, Tatsuro Endo, Hideaki Hisamoto
2. 発表標題 Ionic liquid-based dye (IL-Dye) nanoemulsion (NE) as a high-sensitivity ion sensing component of micro analytical devices
3. 学会等名 The 25th International Conference on Miniaturized Systems for Chemistry and Life Sciences (MicroTAS 2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Shuto Oka, Kenji Sueyoshi, Tatsuro Endo, Hideaki Hisamoto
2. 発表標題 Development of highly sensitive and selective plasticized PVC membrane optical sensor based on silver-responsive ionic liquid based-dye
3. 学会等名 RSC Tokyo International Conference 2021: Spectroscopic imaging and sensing (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Kosuke Nishiumi, Tatsumi Mizuta, Kenji Sueyoshi, Tatsuro Endo, Hideaki Hisamoto
2. 発表標題 Highly-sensitive cation sensing optodes based on FRET-enhanced fluorescence using fluorescent dyed plasticizer
3. 学会等名 RSC Tokyo International Conference 2021: Spectroscopic imaging and sensing (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 西海豪祐, 水田巽, 末吉健志, 遠藤達郎, 久本秀明
2. 発表標題 FRET機構を利用した超高感度カチオンセンシング用蛍光色素液体薄膜の開発
3. 学会等名 日本分析化学会 第81回分析化学討論会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 岡高人, 末吉健志, 遠藤達郎, 久本秀明
2. 発表標題 銀イオン応答性色素液体の開発と高感度・高選択的オプティカルセンサーへの応用
3. 学会等名 日本分析化学会第70年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 小泉有右, 水田巽, 末吉健志, 遠藤達郎, 久本秀明
2. 発表標題 FRET型蛍光色素液体ナノエマルジョンの応答機構の基礎検討
3. 学会等名 日本分析化学会第70年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 牧佳穂, 末吉健志, 遠藤達郎, 久本秀明
2. 発表標題 高感度イオン検出を志向した色素液体ナノエマルジョンの開発とマイクロ分析デバイスへの応用
3. 学会等名 化学とマイクロ・ナノシステム学会 第44回研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 久本秀明
2. 発表標題 疎水性極限濃度色素液体材料の開発と 高性能化学センシング系・デバイスへの展開
3. 学会等名 第98回 化学センサー研究会 (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 牧佳穂, 大石綾太郎, 水田巽, 末吉健志, 遠藤達郎, 久本秀明
2. 発表標題 色素液体ナノエマルジョンの創製と高感度イオンセンシングの基礎検討
3. 学会等名 日本分析化学会 第80回分析化学討論会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 岡嵩人, 水田巽, 末吉健志, 遠藤達郎, 久本秀明
2. 発表標題 液状イオノフォアと固体色素に基づく高感度アンモニウムイオンセンシング液体開発の基礎検討
3. 学会等名 日本分析化学会 第80回分析化学討論会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 水田巽, 末吉健志, 遠藤達郎, 久本秀明
2. 発表標題 蛍光性色素液体を用いた超高感度FRET検出型PVC膜オプトードの開発
3. 学会等名 日本分析化学会 第80回分析化学討論会
4. 発表年 2020年



1. 発表者名 牧佳穂, 大石綾太郎, 水田巽, 水田巽, 末吉健志, 遠藤達郎, 久本秀明
2. 発表標題 高感度イオンセンシングを志向した色素液体ナノエマルジョンの創製
3. 学会等名 日本分析化学会第69年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 水田巽, 末吉健志, 遠藤達郎, 久本秀明
2. 発表標題 蛍光性色素液体を用いたFRET検出型PVC膜オプトードの開発と超高感度イオンセンシングへの応用
3. 学会等名 日本分析化学会第69年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 岡嵩人, 水田巽, 末吉健志, 遠藤達郎, 久本秀明
2. 発表標題 液状イオノフォアに基づく高感度・高選択的アンモニウムイオンセンシングを志向した可塑化PVC膜センサーの基礎検討
3. 学会等名 第10回CSJ化学フェスタ2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 久本秀明
2. 発表標題 疎水性極限濃度色素液体材料に基づく高性能 化学センシング系の設計
3. 学会等名 日本化学会 第101春季年会 (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 牧佳穂, 大石綾太郎, 水田巽, 末吉健志, 遠藤達郎, 久本秀明
2. 発表標題 アニオン選択性色素液体ナノエマルションの開発: エマルション内色素 - イオノフォア間相互作用による応答性能向上
3. 学会等名 日本分析化学会 第82回分析化学討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 和田奈由子, 末吉健志, 遠藤達郎, 久本秀明
2. 発表標題 酵素基質・色素液体に基づく酵素応答性オプトードの基礎検討
3. 学会等名 日本分析化学会 第82回分析化学討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 西海豪祐, 水田巽, 末吉健志, 遠藤達郎, 久本秀明
2. 発表標題 蛍光性膜溶媒 / 蛍光色素間のFRET機構を利用した高感度カチオンセンシング用蛍光色素液体薄膜の開発
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 河相優子, 白井亮洋, 角田正也, 井手上公太郎, 末吉健志, 遠藤達郎, 久本秀明
2. 発表標題 インクジェットプリンティングによる試薬固定化法を利用する1ステップバイオアッセイマイクロデバイスの開発
3. 学会等名 日本分析化学会第71年会 (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 久本秀明
2. 発表標題 高機能センシング材料・多機能集積マイクロ分析デバイスの基盤技術開発研究
3. 学会等名 日本分析化学会第71年会（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 小泉有右, 末吉健志, 遠藤達郎, 久本秀明
2. 発表標題 イオン選択性色素液体ナノエマルジョン含有ゲルの開発と1ステップ分析デバイスへの応用
3. 学会等名 化学とマイクロ・ナノシステム学会 第46回研究会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 久本秀明
2. 発表標題 極限濃度色素液体材料の創製と 高性能化学センシングへの展開
3. 学会等名 センサ&IoTコンソーシアム 公開シンポジウム2022（招待講演）
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

<p>大阪公立大学研究者情報  <a href="https://kyoiku-kenkyudb.omu.ac.jp/html/100001842_ja.html?k=%E4%B9%85%E6%9C%AC">https://kyoiku-kenkyudb.omu.ac.jp/html/100001842_ja.html?k=%E4%B9%85%E6%9C%AC</a>          大阪府立大学 大学院工学研究科 応用化学分野 分析化学研究グループ  <a href="http://www2.chem.osakafu-u.ac.jp/ohka/ohka1/index.html">http://www2.chem.osakafu-u.ac.jp/ohka/ohka1/index.html</a>          Research map  <a href="https://researchmap.jp/hhisamoto">https://researchmap.jp/hhisamoto</a></p>
--

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

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