

令和 6 年 6 月 26 日現在

機関番号：32659

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2021～2023

課題番号：21H01968

研究課題名（和文）酸化亜鉛ナノワイヤを基軸とする分離計測技術の開拓

研究課題名（英文）Pioneering Separation and Measurement Technologies Based on Zinc Oxide Nanowires

研究代表者

梅村 知也（Umemura, Tomonari）

東京薬科大学・生命科学部・教授

研究者番号：10312901

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,300,000円

研究成果の概要（和文）：臨床等の現場において実用に供しうる堅牢性に優れた質量分析法の確立を目指して、MALDI-MSのターゲットプレートの高機能化を図った。スライドガラスの表面を金属や金属酸化物のナノ構造体で修飾することにより、導電性を確保できターゲットプレートとしてそのまま利用できるだけでなく、構造体の隙間や表面の化学特性を利用して溶質相互の分離を行えることを、脂質のTLC分離を通して示した。さらに、これらのナノ構造体の光熱変換能を利用すると、有機マトリックス試薬を散布することなくダイレクトにレーザー加熱（脱離）を行え、分離精製から質量分析に至る一連の操作を1枚のプレートで効率よく実施することに成功した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

科学の進歩には革新的な分析法・分析技術の開発が不可欠である。本研究は、酸化亜鉛ナノワイヤの物理的な特性や化学的な特性を駆使して、分離分析と質量分析を1枚のプレート上で融合させようという提案であり、実用性と発展性を兼ね備えたポテンシャルの高い分析法として学術的にも実践的にも意義は大きいと思われる。

研究成果の概要（英文）：In order to establish a mass spectrometry method with excellent robustness for practical use in clinical and other settings, the development of highly functionalized target plates for matrix-assisted laser desorption/ionization mass spectrometry (MALDI-MS) was investigated. By modifying a glass slide surface with metal and metal oxide nanostructures, the modified glass slide with electrical conductivity can not only be utilized as a target plate, but also intermolecular separation was successfully achieved on this plate using the gaps between the structures and their surface chemical properties. Furthermore, photothermal conversion properties of the metal-based nanostructures enabled direct laser heating (desorption) without spraying organic matrix reagents, and a series of chemical operations from separation and purification to mass spectrometry could be successfully and efficiently performed.

研究分野：分析化学

キーワード：ナノワイヤ レーザー脱離イオン化質量分析 超薄層クロマトグラフィー 酸化亜鉛 SALDI UTLC

様式 C - 19、F - 19 - 1 (共通)

1. 研究開始当初の背景

質量分析法 (MS) は特異性 (同定能力) と感度に優れた決定力のある分析法であり、オミックス研究はもとより、昨今では、臨床検査の現場でも質量分析に基づく診断法が取り入れられつつある。そうした質量分析の用途拡大に伴い、試料の複雑さも増しており、簡単な操作で誰にでも精度よく分析できる周辺技術の開発がこれまで以上に重要となっている。マトリックス支援レーザー脱離イオン化質量分析装置 (MALDI-MS) は、堅牢性に優れメンテナンスも容易であることから、今後さらに需要が伸びると予想される。しかし、有機マトリックス試薬を利用したレーザー加熱気化法では、マトリックス由来のシグナルが低分子領域に多数観測され、低分子成分の分析が妨害されるという課題を抱えている。このレーザーによる加熱に関して、金や白金のような無機材料にも光を吸収して熱を放出する光熱変換特性がある。そして、これらの沸点が高い無機材料をマトリックスとして用いれば、バックグラウンドシグナルが生じにくく低分子成分の観測が容易になり、代謝産物や薬剤の分析にも適用できることが報告された。

一方、我々はスライドガラス上に酸化亜鉛製のナノワイヤ (ZnO-NWs) を、低コストで簡便に量産する技術の開発に取り組み、直径 (太さ) や長さ、密度 (単位面積あたりの本数) を制御するノウハウを蓄積してきた。この ZnO-NWs は太陽電池の電極としての利用が期待されていることから分かるように光熱変換能を有しており、無機マトリックスとなり得る。また、ナノワイヤの表面積は非常に大きいので、試料溶液を ZnO-NWs の間隙に通せば、流れていく間に成分相互の分離を行えるのではないかと着想した。ZnO-NWs の間隙を分子の分離に適したサイズに、あるいは細胞やオルガネラの捕捉に適したサイズに設計することにより、MALDI-MS のターゲットプレート上で分離・精製を行える。本研究では、そうした酸化亜鉛ナノワイヤの多彩な機能を活用し、分離から検出に至る一連の操作を革新する MALDI-MS 用オンプレート前処理デバイスの開発に取り組んだ。さらに、本研究を遂行する途中で、質量分析を利用したイメージング技術 (MSI) の注目度が増したため、ZnO-NWs プレートを組織切片等の固体サンプルから試料成分を抽出するデバイスとして活用する研究にも着手した。

2. 研究の目的

本研究では、最先端の分子ナノテクノロジーを駆使して様々な金属ナノ構造体をガラス基板上に創製し、それを 1) レーザー脱離イオン化の光熱変換素子 (metal nanostructures-assisted laser desorption ionization device: metal-NALDI) として、また、2) 分離精製デバイスとして利用することにより、分離と検出 (質量分析) の融合を図り、熟練者でなくとも操作できる真に実用性の高い質量分析技術の開拓を図る。なお、このスライドガラスベースのプレートは、試料を滴下・附着させて保管しておくことができ、また、検体の安全な輸送にも適することから、医療や検査体制の改善に貢献するものと期待している。

3. 研究の方法

(1) ZnO-NWs プレート上での選択的捕捉と溶離および選択的脱離・イオン化法の開拓

NALDI は、一般的に MALDI よりもイオン化効率が低く、タンパク質など高分子成分に対する感度が悪い。しかし、そうした成分が検出されにくいことを逆手に取れば、除タンパク (タンパク質が分析対象ではない場合) をすることなく、血清中の低分子成分を簡便に測定できる可能性が拓ける。また、ナノワイヤの間隙に血球成分を捕捉できれば、血液 (血漿) の分析をさらに簡略化できる。そうした機能を創出するため、具体的に次の技術開発を進めた。

1-1) ガラス基板上での ZnO-NWs の調製

ナノワイヤのサイズ (太さと長さ) や密度 (単位面積あたりの NWs の本数) 、配向秩序性 (生え方) 、さらには材質や形状は分離分析と質量分析 (加熱気化・脱離イオン化) の両方に影響を及ぼす。これまでは原子層堆積法 (ALD 法) に基づく成膜法を採用し、配向性がよく密度の高い ZnO-NWs の作製を中心に検討してきたが、血球の捕捉や流体透過性の改善には、間隙が μm レベルの疎なものや、秩序性の低いランダムな方向を向いた ZnO-NWs が必要とされる。本研究では、ゾルゲル法をベースとしたスピニング技術を利用して、特殊な ZnO-NWs プレートの作製も検討した。試作した ZnO-NWs は走査型電子顕微鏡 (SEM) で観察するとともに、Fiji を用いて直径と長さを見積もった。

1-2) ホスホン酸誘導体による ZnO-NWs 表面の改質

酸化亜鉛ナノワイヤの表層は中性域でわずかに正電荷を帯びており、それ自体が静電的な吸着サイトとして機能する他に、順相系の分離モードを発現することを確認してある。一方、現在の分離分析の主流は逆相モードであり、本プレートの実用化を目指す上で、逆相分離をはじめとする分離バリエーションの拡充が不可欠となる。金属酸化物はホスホン酸を介して化学修飾できるとの報告がある。そこで本研究では、ホスホン酸誘導体を用いて ZnO-NWs 表層にアルキル鎖 (C8, C18) やカルボキシ基、アミノ基の導入を図った。また、最適な導入量についても適宜調査した。

1-3) ZnO-NWs プレートを利用する超薄層クロマトグラフィー (Ultra-TLC: UTLC) の最適化

展開速度や分離能(バンドの広がり)に着目して、まずは UTLC 分離に適した ZnO-NWs プレートの選定を図った。続いて修飾した固定相の分離特性を、視認性に優れた色素(親水/疎水、酸性/中性/塩基性、低分子/高分子など)や脂質抽出液の分離を通して調査した。また、通常の(市販の)粒子状のシリカゲルプレートや C18 シリカゲルプレートでの分離特性と比較した。

1-4) ZnO-NWs の間隙での血球の捕捉

捕捉対象は分子やイオンに限定されない。ZnO-NWs の間隙を血球やがん細胞、あるいはエクソソームのサイズに制御して、それらの捕捉の可能性を検証した。直径が 50 nm から 200 nm の蛍光ビーズを用いて NWs 間隙での粒子の移動を観察するとともに、血液を滴下して血球の挙動を観察した。

(2) ZnO-NWs プレートの SALDI-MS 特性の評価 (Sample loading frames の作製)

本課題は SALDI-MS での検出を前提としており、その最適化も不可欠である。SALDI に最適な ZnO-NWs の長さや密度、また、レーザー光の照射パワーやイオン化助剤の添加の効果など、検出効率の向上につながる実験条件を探索した。分析対象としてはリン脂質やコレステロール、低分子薬剤やアミノ酸、グルコースなどを取り上げ、その検出感度を比較した。なお、ZnO-NWs 表面は濡れ性が高く、試料溶液を滴下すると大きく濡れ広がる。さらにコーヒーリング効果によって溶質成分は周縁部に局在化する。これが感度と再現性を著しく低下させる要因となる。本研究ではこの問題を回避するために、ZnO-NWs プレートの上に物理的な囲い“Sample-Loading Frames (SLFs)”を設け(図 1)、そこに一定量の試料溶液を留め置いて液滴の流れを制御する方法を検討した。なお、SLFs は Kudo 光造形 3D プリンターを用い、プレート上で直接光硬化樹脂を固めて作製した。

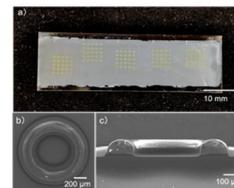


図1. ZnO NWsプレート上に作製した試料溜め (SLFs)の画像
a) プレートの全体画像
b) SLFの上面図の一例
c) SLFの切断面の一例

(3) 質量分析イメージング (MSI) への応用

3-1) ZnO-NWs プレートによる組織切片の MSI

ZnO-NWs プレートに組織切片を貼付し、切片の上からレーザー光を照射して脱離イオン化が可能かをマウス脳切片の MSI 測定を通して評価した。なお、切片自体がレーザー光の透過を妨げることも容易に推測されたため、組織切断面を ZnO-NWs プレートに押しあて、プレートに成分を転写抽出するスタンプ方式での MSI 実験も並行して行った。

3-2) 金属ナノ粒子をスパッタしたガラスプレートを用いる NALDI-MS

研究の後半において、白金や金のナノ粒子を用いた MSI 研究が急速に進展してきた。そこで、スパッタ装置を用いて金属ナノ粒子被覆プレートを作製し、スタンプ方式の MSI に関して、ZnO-NWs プレートと脱離・イオン化能を比較した。

(4) ZnO-NWs 間隙での液滴の採取回収

カタツムリの殻は、その表面の凹凸にトラップした水によって泥を弾いている。ガラス上の NWs はこの凹凸に等しく、ナノワイヤ表層に親水-疎水処理を施すことで、間隙に液滴を集めて回収することが期待される。本研究では、指先からの汗の回収とその SALDI-MS 検出により原理検証を行った。

4. 研究成果

(1) 水熱合成法によるガラス基板上での酸化亜鉛ナノワイヤ (ZnO-NWs) の作製と制御

水熱合成における酸化亜鉛ナノワイヤの成長条件や、その前段のシード層形成の成膜条件を種々変更しながら、様々なサイズ(長さや直径)や密度、配向秩序性を有するナノワイヤを作り分ける条件を見出した。ナノワイヤの太さは 100 nm 前後のものが作りやすく、長さは数 μm から 20 μm を超えるものまで、密度は 1 本/ μm^2 程度の疎なものから 20 本/ μm^2 程度のもので作り分ける技術を確認した。なお、原子層堆積 (ALD) により成膜したガラスプレートでは、プレートに対して垂直方向に生え揃ったブラシ状の ZnO-NWs が形成される。一方、シード層の粗さ(凹凸)を利用すると、ランダムな方向を向いた ZnO-NWs を調製できた。

(2) 薄層クロマトグラフィー (TLC) に適した ZnO-NWs プレートの調査

長さや密度、配向秩序性は展開溶媒の速度に影響を及ぼす。長さは長いほど、密度は疎なほど、そして展開方向に倒れた(展開方向を向いた)NWs が多く存在するほど展開速度が速くなることを確認した(図 2)。

(3) 逆相 ZnO-NWs プレートの作製と制御

オクタデシル (C18) ホスホン酸をメタノールに溶解し、その溶液に ZnO-NWs プレートを浸漬してナノワイヤ表面へのアルキル鎖の導入を図った。未修飾の bare ZnO-NWs プレートでの水の接触角はほぼ 0° (超親水) であったが、1 mM の溶液に数分浸漬するだけで接触角は 150° (超撥水) を超えており (図 3)、極めて疎水性の高い固定相を調製できることが確認された。一方、疎水性が強すぎると溶媒を弾いて (溶媒が濡れずに) 展開できないという問題が生じる。本研究では、アルキル鎖を短く (C4 や C8) したり、反応溶液の濃度や浸漬時間を短縮したりすることで疎水性の程度を抑えた固定相の調製に成功した。また、展開方向に向けて疎水性の程度を徐々に上げた疎水性グラジエント固定相の作製にも成功した。

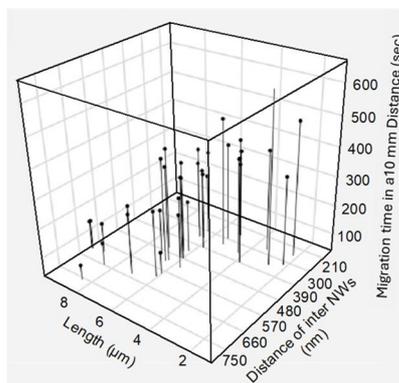


図2. ナノワイヤの長さやナノワイヤ間の距離が展開速度に及ぼす影響

(4) アルキルカルボン酸修飾 ZnO-NWs プレートの作製と評価

ZnO-NWs は中性条件下でわずかに正に帯電しており、負電荷を有する成分を保持する傾向がある。本実験では、カルボキシ基を末端に有するホスホン酸誘導体を ZnO-NWs 表面に修飾することで、正負を逆転させて保持挙動の変化を観察した。なお、実際に導入した官能基はデシルカルボン酸 ($-C_{10}H_{21}COOH$) であり、陰イオン交換作用に加えて疎水性相互作用も働くものと推察される。図 4 に未修飾の bare-ZnO-NWs プレートと $C_{10}H_{21}COOH$ 修飾 ZnO-NWs プレートをを用い、順相モードの展開溶媒 (chloroform : methanol : water = 65 : 25 : 4, v/v/v) で、リン脂質 3 成分 (PI, PE, PC) の分離を行った結果を示す。検出は LDI-MS を用い、イメージングモードで各成分の濃度を色の濃淡で表現している。イオン化助剤として試料には NaI を添加しており、各脂質はナトリウム付加体として主に検出され、それぞれ $[PI-H+2Na]^+ = m/z 855.5$, $[PE-H+2Na]^+ = m/z 680.5$, $[PC+Na]^+ = m/z 700.5$ で画像化した。未修飾の bare-ZnO-NWs プレート (中性域でわずかに正に帯電) では、負電荷を有する PI は強く保持されてほとんど移動しなかったが、 $C_{10}H_{21}COOH$ 修飾 ZnO-NWs プレートでは、カルボキシ基との静電的反発により PI が移動したと推察される。これらの結果は、ZnO-NWs プレート表面の修飾や展開溶媒の選択によって、プレート上で目的の成分を選択的に捕捉したり溶離したりできることを示している。

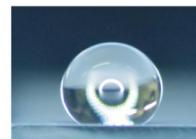


図3. C18修飾ZnO NWsプレートと水の濡れ性

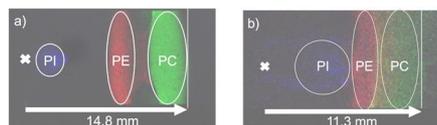


図4. ZnO NWsプレートを用いたリン脂質3成分の分離
a) 未修飾のbare ZnO NWsプレート
b) $C_{10}H_{21}COOH$ 修飾ZnO NWsプレート

(5) Sample loading frames (SLFs) の作製と SALDI-MS 検出の再現性の向上

酸化亜鉛は表面自由エネルギーが大きく濡れ性が高い。したがって試料液滴を ZnO-NWs プレートに滴下すると、ほとんどの溶媒は濡れ広がる。さらにナノワイヤの間隔が濡れ性を増加させる (Wenzel の法則)。図 5 に 10 nL のメチレンブルー (MB) 水溶液を滴下した様子を示すが、わずか 10 nL であっても染みの直径は 3 mm に達し、さらにコーヒーリング効果によって周縁部に溶質成分が局在していることが分かる。一方、SLF を設けることで、その内側部分 (内径 $450 \mu m$) に均一に MB を分布させることに成功した (図 5 b)。SLF という物理的な囲いによって、どこにレーザー光を照射しても感度よく再現性のよい信号強度を得られるようになる。この結果は、わずか 10 nL の試料量で SALDI-MS で定量的な議論が可能になることを示すデータでもある。

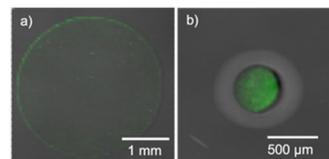


図5. ZnO NWsプレートに滴下した10 nLの1 mM MB水溶液の分布の様子
a) SLFなし
b) SLF(内径 $450 \mu m$)あり

(6) 円形展開 TLC の開発と評価

展開方向に対して垂直に生えた NWs が作り出す毛細管力では展開方向への駆動力は乏しく、分離の高速化は困難である。とくに展開長が 1 cm を超えたあたりから展開速度は著しく低下し、分子拡散に起因するバンドの拡がりが無視できなくなる。この問題を解消するために、展開溶媒を中央からポンプで供給して外周方向へと展開させる円形展開 TLC の適用可能性を探索した。

この円形展開法では、展開溶媒をポンプで強制的に供給できることに加えて、ナノワイヤの生えている向きから溶媒が供給されるため、毛細管力を無駄なく溶媒展開の駆動力として利用できる。また、我々はこの円形展開を密閉系で行わず、あえて開放系の蒸発条件下で行っている。溶媒の蒸発は周縁部で起こりやすいため、この蒸発力も溶媒の展開に一役買っていると考えている。こうした利点を積み重ねることにより、色素2成分をわずか5 mmの空間で数秒で分離することに成功した(図6)。

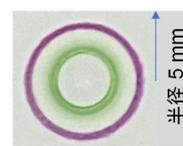


図6. 色素2成分の円形TLC展開分離 (展開長 5 mm以下)

(7) 指先サイズのスペースでの脂質3成分の二次元TLC分離とNALDI-MSによる直接検出

bare-ZnO-NWs プレートでリン脂質3成分を二次元展開後、SALDI-MSで直接検出した結果を図7に示す。膜厚わずか5 μm (NWsの長さ)、展開長は1 cm角の狭小空間で、3成分の分離が実現している。この実験は試料負荷量が1 μLとかなり過剰量で行っているが、今後、試料負荷量を削減して、適切な試料量で実験を行うことで、ピーク形状はさらに改善され、1 cm角のスペースで十数成分の分離検出が可能になると期待している。

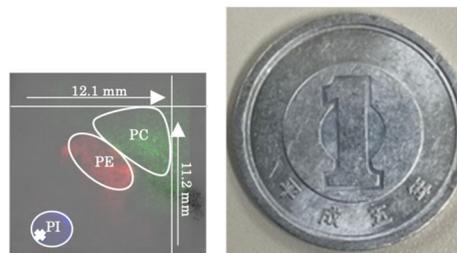


図7. 二次元TLC展開分離とSALDI-MS検出

(8) 血中薬剤の分析への応用 (コントロール血清中の carbamazepine の検出)

血中薬剤の多くはアルブミンに結合して存在しており、遊離型のものが一般に薬効を示すことが知られており、これらを分別定量することが求められる。ZnO-NWs プレートはタンパク質の測定には適しておらず、タンパク質結合体の検出は困難であるが、タンパク質から薬剤を解離(溶離)して測定することは可能と考えられる。本研究では抗てんかん薬として知られる carbamazepine を例にアルブミンから溶離させることができるかを検証した。メタノールを展開溶媒として用いると、アルブミンは移動しないが carbamazepine はアルブミンから解離して移動し、その移動先でレーザー光を照射してLDI-MSにより検出できることを確認した。

(9) ナノ空間での微量液滴の捕集と指先から捕集した汗の SALDI-MS 分析への応用

濡れ性がよい金属や金属酸化物の特性を利用すれば、汗などを瞬時に吸収・捕集できると期待される。そこで、試作した金属ナノ構造体プレートに指先を押しあてて汗の捕集を試みたところ、軽く触れるだけでも明瞭な汗染みが観察され、微量液滴の捕集に有効であることが確認できた。実際に汗染みの見られた箇所にレーザー光を照射して SALDI-MS 測定を行ったところ、尿素や乳酸など汗に含まれる多くの成分が検出できた。また、プレートには皮脂も吸着しており、皮脂の部分にレーザー光を照射すると、スクアレンやトリグリセリドなど皮脂特有の脂質成分を検出できた。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計22件（うち査読付論文 22件 / うち国際共著 6件 / うちオープンアクセス 8件）

1. 著者名 TANAKA Anna, OCHIAI Haruka, KUMATA Hidetoshi, ENOMOTO Takeshi, UMEMURA Tomonari	4. 巻 72
2. 論文標題 GC/EI-MS Analysis of Amino Acids Derivatized with Pentafluorobenzyl Bromide	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 BUNSEKI KAGAKU	6. 最初と最後の頁 407 ~ 416
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2116/bunsekikagaku.72.407	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 Chattrairat Kunanon, Yasui Takao, Suzuki Shunsuke, Natsume Atsushi, Nagashima Kazuki, Iida Mikiko, Zhang Min, Shimada Taisuke, Kato Akira, Aoki Kosuke, Ohka Fumiharu, Yamazaki Shintaro, Yanagida Takeshi, Baba Yoshinobu	4. 巻 17
2. 論文標題 All-in-One Nanowire Assay System for Capture and Analysis of Extracellular Vesicles from an <i>ex Vivo</i> Brain Tumor Model	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 ACS Nano	6. 最初と最後の頁 2235 ~ 2244
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsnano.2c08526	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 Qu Kuizhi, Morioka Kazuhiro, Nakamura Konoka, Yamamoto Shoji, Hemmi Akihide, Shoji Atsushi, Nakajima Hizuru	4. 巻 191
2. 論文標題 Development of a C-reactive protein quantification method based on flow rate measurement of an ink solution pushed out by oxygen gas generated by catalase reaction	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Microchimica Acta	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) 10.1007/s00604-023-06108-z	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 Murakami Hiroya, Iida Keisuke, Oda Yuki, Umemura Tomonari, Nakajima Hizuru, Esaka Yukihiro, Inoue Yoshinori, Teshima Norio	4. 巻 39
2. 論文標題 Hydrophilic interaction chromatography-type sorbent prepared by the modification of methacrylate-base resin with polyethyleneimine for solid-phase extraction of polar compounds	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Analytical Sciences	6. 最初と最後の頁 375-381
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s44211-022-00250-z	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 Kagawa Masakazu, Morioka Kazuhiro, Osashima Moeko, Henmi Akihideo, Yamamoto Shoji, Shoji Atsushi, Uchiyama Katsumi, Nakajima Hizuru	4. 巻 256
2. 論文標題 Development of small-sized fluorescence detector for pipette tip-based biosensor for on-site diagnosis	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Talanta	6. 最初と最後の頁 124311 ~ 124311
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.talanta.2023.124311	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 Lin Haifeng, Kasai Nahoko, Xu Ning, Nakajima Hizuru, Kato Shungo, Zeng Hulie, Lin Jin-Ming, Mao Sifeng, Uchiyama Katsumi	4. 巻 218
2. 論文標題 Localized hydrodynamic flow confinement assisted nanowire sensor for ultrasensitive protein detection	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Biosensors and Bioelectronics	6. 最初と最後の頁 114788 ~ 114788
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.bios.2022.114788	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 該当する

1. 著者名 Nishitani Yuki, Kasai Nahoko, Nakajima Hizuru, Kato Shungo, Mao Sifeng, Uchiyama Katsumi	4. 巻 58
2. 論文標題 Regioselective fabrication of gold nanowires using open-space laminar flow for attomolar protein detection	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Chemical Communications	6. 最初と最後の頁 4308 ~ 4311
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/d2cc00507g	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 Miki Yuta, Murakami Hiroya, Gotoh Marin, Umemura Tomonari, Esaka Yukihiro, Inoue Yoshinori, Teshima Norio	4. 巻 39
2. 論文標題 Novel chemically cross-linked self-molding particulate sorbents as solid-phase extraction media	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Analytical Sciences	6. 最初と最後の頁 749 ~ 754
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s44211-022-00179-3	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 Ishii Ryo, Morioka Kazuhiro, Mizumoto Takuya, Yamasaki Natsumi, Hemmi Akihide, Shoji Atsushi, Murakami Hiroya, Teshima Norio, Umemura Tomonari, Uchiyama Katsumi, Nakajima Hizuru	4. 巻 34
2. 論文標題 Development of Portable Fluorescence Microplate Reader Equipped with Indium Tin Oxide Glass Heater for Loop-mediated Isothermal Amplification	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Sensors and Materials	6. 最初と最後の頁 971 ~ 971
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.18494/SAM.2022.3618	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 Shoji Atsushi, Nakajima Miyu, Morioka Kazuhiro, Fujimori Eiji, Umemura Tomonari, Yanagida Akio, Hemmi Akihide, Uchiyama Katsumi, Nakajima Hizuru	4. 巻 240
2. 論文標題 Development of a surface plasmon resonance sensor using an optical fiber prepared by electroless displacement gold plating and its application to immunoassay	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Talanta	6. 最初と最後の頁 123162 ~ 123162
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.talanta.2021.123162	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 Morioka Kazuhiro, Osashima Moeko, Azuma Nao, Qu Kuizhi, Hemmi Akihide, Shoji Atsushi, Murakami Hiroya, Teshima Norio, Umemura Tomonari, Uchiyama Katsumi, Nakajima Hizuru	4. 巻 238
2. 論文標題 Development of a fluorescence microplate reader using an organic photodiode array with a large light receiving area	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Talanta	6. 最初と最後の頁 122994 ~ 122994
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.talanta.2021.122994	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 Miki Yuta, Murakami Hiroya, Iida Keisuke, Umemura Tomonari, Esaka Yukihiro, Inoue Yoshinori, Teshima Norio	4. 巻 38
2. 論文標題 Preparation and evaluation of molding-type solid-phase extraction media binding with commercially available adhesives	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Analytical Sciences	6. 最初と最後の頁 307 ~ 315
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2116/analsci.21P265	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 Gissawong Netsirin, Srijaranai Supalax, Nanan Suwat, Mukdasai Kanit, Uppachai Pikaned, Teshima Norio, Mukdasai Siriboon	4. 巻 189
2. 論文標題 Electrochemical detection of methyl parathion using calix[6]arene/bismuth ferrite/multiwall carbon nanotube-modified fluorine-doped tin oxide electrode	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Microchimica Acta	6. 最初と最後の頁 461 ~ 461
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00604-022-05562-5	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 該当する

1. 著者名 Ponhong Kraingkrai, Siriangkawut Watsaka, Lee Chang Young, Teshima Norio, Grudpan Kate, Supharoek Sam-ang	4. 巻 12
2. 論文標題 Dual determination of nitrite and iron by a single greener sequential injection spectrophotometric system employing a simple single aqueous extract from <i>Areca catechu</i> Linn. serving as a natural reagent	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 RSC Advances	6. 最初と最後の頁 20110 ~ 20121
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D2RA03870F	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 該当する

1. 著者名 Si Shuhui, Kaneko Tsuguhiro, Xu Lingrui, Luo Huan, Nakajima Hizuru, Kasai Nahoko, Uchiyama Katsumi, Wu Danhong, Zeng Hulin	4. 巻 218
2. 論文標題 Microsphere amplified fluorescence and its application in sensing	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Biosensors and Bioelectronics	6. 最初と最後の頁 114791 ~ 114791
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.bios.2022.114791	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 該当する

1. 著者名 Yasui Takao, Paisrisarn Piyawan, Yanagida Takeshi, Konakade Yuki, Nakamura Yuta, Nagashima Kazuki, Musa Marina, Thiodorus Ivan Adiyasa, Takahashi Hiromi, Naganawa Tsuyoshi, Shimada Taisuke, Kaji Noritada, Ochiya Takahiro, Kawai Tomoji, Baba Yoshinobu	4. 巻 194
2. 論文標題 Molecular profiling of extracellular vesicles via charge-based capture using oxide nanowire microfluidics	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Biosensors and Bioelectronics	6. 最初と最後の頁 113589 ~ 113589
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.bios.2021.113589	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 MUSA Marina, YASUI Takao, ZHU Zetao, NAGASHIMA Kazuki, ONO Miki, LIU Quanli, TAKAHASHI Hiromi, SHIMADA Taisuke, ARIMA Akihide, YANAGIDA Takeshi, BABA Yoshinobu	4. 巻 37
2. 論文標題 Oxide Nanowire Microfluidic Devices for Capturing Single-stranded DNAs	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Analytical Sciences	6. 最初と最後の頁 1139 ~ 1145
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2116/analsci.20P421	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 Shoji Atsushi, Nakajima Miyu, Morioka Kazuhiro, Fujimori Eiji, Umemura Tomonari, Yanagida Akio, Hemmi Akihide, Uchiyama Katsumi, Nakajima Hizuru	4. 巻 240
2. 論文標題 Development of a surface plasmon resonance sensor using an optical fiber prepared by electroless displacement gold plating and its application to immunoassay	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Talanta	6. 最初と最後の頁 123162 ~ 123162
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.talanta.2021.123162	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 Sabarudin Akhmad, Shu Shin, Yamamoto Kazuhiro, Umemura Tomonari	4. 巻 26
2. 論文標題 Preparation of Metal-Immobilized Methacrylate-Based Monolithic Columns for Flow-Through Cross-Coupling Reactions	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Molecules	6. 最初と最後の頁 7346 ~ 7346
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/molecules26237346	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 Wakana Yuichi, Hayashi Kaito, Nemoto Takumi, Watanabe Chiaki, Taoka Masato, Angulo-Capel Jessica, Garcia-Parajo Maria F., Kumata Hidetoshi, Umemura Tomonari, Inoue Hiroki, Arasaki Kohei, Campelo Felix, Tagaya Mitsuo	4. 巻 220
2. 論文標題 The ER cholesterol sensor SCAP promotes CARTS biogenesis at ER?Golgi membrane contact sites	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Cell Biology	6. 最初と最後の頁 e202002150
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1083/jcb.202002150	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 Miyachi Hiroki, Harada Kohei, Suzuki Yoshino, Okada Katsuhiko, Aoki Motohide, Umemura Tomonari, Fujiwara Shoko, Tsuzuki Mikio	4. 巻 58
2. 論文標題 Development of an algal cell-attached solid surface culture system for simultaneous wastewater treatment and biomass production	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Algal Research	6. 最初と最後の頁 102394 ~ 102394
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.algal.2021.102394	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 Zhou Lin, Kasai Nahoko, Nakajima Hizuru, Kato Shungo, Mao Sifeng, Uchiyama Katsumi	4. 巻 93
2. 論文標題 <i>In Situ</i> Single-Cell Stimulation and Real-Time Electrochemical Detection of Lactate Response Using a Microfluidic Probe	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Analytical Chemistry	6. 最初と最後の頁 8680 ~ 8686
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.analchem.1c01054	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 該当する

〔学会発表〕 計37件 (うち招待講演 15件 / うち国際学会 6件)

1. 発表者名 梅村 知也
2. 発表標題 酸化亜鉛ナノワイヤ被覆ガラスプレートを用いる超薄層クロマトグラフィーの開発
3. 学会等名 第30回クロマトグラフィーシンポジウム (招待講演) (招待講演)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 梅村 知也
2. 発表標題 酸化亜鉛ナノワイヤが拓く新たな分離計測の扉
3. 学会等名 東薬大創薬エコシステム・第1回シンポジウム (招待講演)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 梅村 知也
2. 発表標題 生物の元素戦略 - 生体を構成する元素の分析を通して夢想する -
3. 学会等名 第1回神奈川大学サイエンスフォーラム(招待講演)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Taiga Uchikoshi, Chiaki Ishida, Akane Takahashi, Kazuhiro Morioka, Atsushi Shoji, Akitoshi Okino, Tomonari Umemura
2. 発表標題 Construction of Sample Loading Frames on a Target Plate Coated with ZnO Nanowires for Reproducible Measurement in SALDI-MS detection
3. 学会等名 Royal Society of Chemistry Tokyo International Conference 2023 (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Shunsuke Arita, Miho Watanabe, Moeko Ohara, Takao Yasui, Tomonari Umemura
2. 発表標題 Preparation of Zinc Oxide Nanowires on a Glass Slide and Its Application to Ultra-Thin Layer Chromatography
3. 学会等名 Royal Society of Chemistry Tokyo International Conference 2023 (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 打越 大雅, 有田 俊輔, 青木 元秀, 梅村知也
2. 発表標題 酸化亜鉛ナノワイヤアレイプレートを用いる閉鎖系エレクトロ薄層クロマトグラフィー装置の試作と評価
3. 学会等名 第43回キャピラリー電気泳動シンポジウム
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 梅村 知也
2. 発表標題 分離と検出を一枚のプレートで実現する酸化亜鉛ナノワイヤの魅力
3. 学会等名 第53回中部化学関係学協会支部連合秋季大会 (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 梅村 知也
2. 発表標題 金属及び金属酸化物のナノ構造基板の作製とレーザー脱離イオン化質量分析イメージングへの応用
3. 学会等名 第2回生体分子ナノ解析・イメージング研究会 (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Norio Teshima, Hiroya Murakami, Yoshinori Inoue
2. 発表標題 Solid-phase extractants with hydrophilic groups useful for flow analysis
3. 学会等名 Flow Analysis XV (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Norio Teshima, Hiroya Murakami, Yoshinori Inoue
2. 発表標題 Synthesis of sorbents for solid-phase extraction and its application to flow analysis
3. 学会等名 Pure and Applied Chemistry International Conference 2023 (PACCON 2023) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 安井隆雄
2. 発表標題 ナノデバイスを使った細胞外小胞の解析によるリキッドバイオブシーへの展開
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 安井隆雄
2. 発表標題 ナノデバイスによる細胞外小胞の包括的解析
3. 学会等名 第9回日本細胞外小胞学会（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 安井隆雄
2. 発表標題 細胞外小胞の網羅的捕捉と機械的解析による miRNA 分泌経路の解明
3. 学会等名 第45回日本分子生物学会年会（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 有田 俊輔、渡邊 未峰、石田 千晶、近藤 啓太、内田 達也、安井 隆雄、梅村 知也
2. 発表標題 ホスホン酸誘導体を化学修飾した酸化亜鉛ナノワイヤプレートの超薄層クロマトグラフィーへの応用
3. 学会等名 第四回 生体膜デザインコンファレンス
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 西原雅史、石田 千晶、渡邊 未峰、森岡 和大、内田 達也、東海林 敦、梅村 知也
2. 発表標題 白金スパッタスライドガラスを用いた表面支援レーザー脱離イオン化質量分析による二層構造の成分分析の可能性
3. 学会等名 第四回 生体膜デザインコンファレンス
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 打越 大雅、石田 千晶、渡邊 未峰、内田 達也、東海林 敦、安井 隆雄、梅村 知也
2. 発表標題 酸化亜鉛ナノワイヤを基軸としたレーザー脱離イオン化質量分析における再現性の獲得と直径が及ぼすイオン化効率の影響の調査
3. 学会等名 第四回 生体膜デザインコンファレンス
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 石田 千晶、渡邊 未峰、森岡 和大、東海林 敦、嶋田 泰佑、安井 隆雄、梅村 知也
2. 発表標題 再現性の高いレーザー脱離イオン化質量分析を実現するための酸化亜鉛ナノワイヤプレートの開発
3. 学会等名 令和4年度 日本分析化学会関東支部若手交流会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 有田 俊輔、渡邊 未峰、石田 千晶、近藤 啓太、内田 達也、安井 隆雄、梅村 知也
2. 発表標題 ホスホン酸誘導体を用いた酸化亜鉛ナノワイヤの化学修飾と超薄層クロマトグラフィーへの応用
3. 学会等名 プラズマ分光分析研究会 第117回講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 西原雅史、石田 千晶、渡邊 未峰、森岡 和大、内田 達也、東海林 敦、梅村 知也
2. 発表標題 白金蒸着スライドガラスを用いた表面支援型レーザー脱離イオン化質量分析による指紋分析の可能性
3. 学会等名 プラズマ分光分析研究会 第117回講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 打越 大雅、渡邊 未峰、石田 千晶、内田 達也、東海林 敦、森岡 和大、嶋田 泰佑、安井 隆雄、梅村 知也
2. 発表標題 酸化亜鉛ナノワイヤ被覆ガラスプレートの作製とその表面支援型レーザー脱離イオン化特性の評価
3. 学会等名 プラズマ分光分析研究会 第117回講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 石田千晶、渡邊 未峰、内田 達也、森岡 和大、東海林 敦、嶋田 泰佑、安井 隆雄、梅村 知也
2. 発表標題 酸化亜鉛ナノワイヤプレートを用いたレーザー脱離イオン化質量分析における試料負荷方法の検討
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 渡邊 未峰、石田 千晶、内田 達也、東海林 敦、森岡 和大、嶋田 泰佑、安井 隆雄、梅村 知也
2. 発表標題 様々な結晶形状を持つ超薄層酸化亜鉛プレートの分離特性評価
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 打越 大雅、渡邊 未峰、石田 千晶、近藤 啓太、内田 達也、小川 覚之、嶋田 泰佑、安井 隆雄、梅村 知也
2. 発表標題 酸化亜鉛ナノワイヤプレートを用いた表面支援レーザー脱離イオン化質量分析
3. 学会等名 プラズマ分光分析研究会2022つくばセミナー
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 渡邊未峰、石田千晶、近藤啓太、東海林敦、森岡和大、小川覚之、嶋田泰佑、安井隆雄、梅村知也
2. 発表標題 酸化亜鉛ナノワイヤを分離場とする超薄層クロマトグラフィーにおける展開速度の改善
3. 学会等名 第29回クロマトグラフィーシンポジウム
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 石田 千晶、渡邊 未峰、近藤 啓太、内田 達也、嶋田 泰佑、安井 隆雄、梅村 知也
2. 発表標題 レーザー脱離イオン化質量分析における酸化亜鉛ナノワイヤプレートのレーザー脱離およびイオン化特性の評価
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 渡邊 未峰、石田 千晶、近藤 啓太、内田 達也、嶋田 泰佑、安井 隆雄、梅村 知也
2. 発表標題 酸化亜鉛製のナノワイヤを分離場とするTLCの分離特性の評価
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 梅村 知也, 安井 隆雄
2. 発表標題 酸化亜鉛ナノワイヤプレートを用いる超薄層クロマトグラフィー/表面支援LDI-MSシステムの開発
3. 学会等名 第29回クロマトグラフィーシンポジウム (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 T. Yasui
2. 発表標題 Urine potential for cancer detection and localization
3. 学会等名 The 2021 International Chemical Congress of Pacific Basin Societies (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 石田 千晶, 渡邊 未峰, 近藤 啓太, 青木 元秀, 熊田 英峰, 内田 達也, 嶋田 泰佑, 安井 隆雄, 梅村 知也
2. 発表標題 酸化亜鉛ナノワイヤのサイズ制御とSALDI-MSにおける脱離イオン化特性の評価
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 渡邊 未峰, 石田 千晶, 近藤 啓太, 青木 元秀, 熊田 英峰, 内田 達也, 嶋田 泰佑, 安井 隆雄, 梅村 知也
2. 発表標題 ランダムな方向性を有する酸化亜鉛ナノワイヤプレートの創製と超薄層クロマトグラフィーにおける展開速度の改善
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 石田 千晶, 渡邊 未峰, 近藤 啓太, 青木 元秀, 熊田 英峰, 内田 達也, 嶋田 泰佑, 安井 隆雄, 梅村 知也
2. 発表標題 酸化亜鉛ナノワイヤプレートを用いた超薄層クロマトグラフィーと表面支援レーザー脱離イオン化質量分析
3. 学会等名 プラズマ分光分析研究会2021つくばセミナー
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 石田 千晶, 渡邊 未峰, 近藤 啓太, 青木 元秀, 熊田 英峰, 内田 達也, 嶋田 泰佑, 安井 隆雄, 梅村 知也
2. 発表標題 酸化亜鉛ナノワイヤを用いた表面支援レーザー脱離イオン化質量分析における検出特性の調査
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 近藤 啓太, 石田 千晶, 渡邊 未峰, 青木 元秀, 熊田 英峰, 内田 達也, 嶋田 泰佑, 安井 隆雄, 梅村 知也
2. 発表標題 ホスホン酸誘導体化試薬による酸化亜鉛ナノワイヤプレート表面の化学修飾が及ぼす脱離・イオン化能への影響の調査
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 渡邊 未峰, 近藤 啓太, 石田 千晶, 青木 元秀, 熊田 英峰, 内田 達也, 嶋田 泰佑, 安井 隆雄, 梅村 知也
2. 発表標題 超薄層クロマトグラフィーに最適な酸化亜鉛ナノワイヤプレートの検討
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 T. Yasui
2. 発表標題 Nanowire-integrated microfluidic devices to identify urinary microRNA groups for cancer detection
3. 学会等名 The 16th IEEE International Conference on Nano/Micro Engineered & Molecular Systems (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 安井隆雄
2. 発表標題 尿リキッドバイオプシーにむけたナノデバイスの開発
3. 学会等名 電気学会令和3年度E部門総合研究会 (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 安井 隆雄
2. 発表標題 細胞外小胞のリキッドバイオプシーへの展開
3. 学会等名 第44回日本分子生物学会年会 (招待講演)
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計2件

1. 著者名 日本分析化学会、梅村 知也、北川 慎也、久保 拓也、轟木 堅一郎	4. 発行年 2022年
2. 出版社 共立出版	5. 総ページ数 162
3. 書名 液体クロマトグラフィー	

1. 著者名 日本分析化学会	4. 発行年 2021年
2. 出版社 丸善出版	5. 総ページ数 260
3. 書名 改訂6版 分析化学データブック	

〔産業財産権〕

〔その他〕

<p>東京薬科大学 生命分析化学研究室 https://www.ls.toyaku.ac.jp/~bioanalchem/</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
研究分担者	安井 隆雄 (Yasui Takao) (00630584)	東京工業大学・生命理工学院・教授 (12608)	
研究分担者	中嶋 秀 (Nakajima Hizuru) (10432858)	東京都立大学・都市環境科学研究科・准教授 (22604)	
研究分担者	手嶋 紀雄 (Teshima Norio) (30292501)	愛知工業大学・工学部・教授 (33903)	

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