

令和 2 年 5 月 7 日現在

機関番号：16101
 研究種目：基盤研究(C) (一般)
 研究期間：2017～2019
 課題番号：17K05903
 研究課題名(和文) グラフェンの水溶液内分散とミセル動電クロマトグラフィーによる化学的評価法の開発

研究課題名(英文) Dispersion of graphene in an Aqueous Solution and its Chemical Characterization by Micellar Electrokinetic Chromatography

研究代表者

高柳 俊夫 (TAKAYANAGI, Toshio)

徳島大学・大学院社会産業理工学研究部(理工学域)・教授

研究者番号：50263554

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、界面活性剤と水溶性高分子を用いて、疎水性・凝集性が高い炭素材料であるグラフェン及びカーボンナノチューブ(CNT)を水溶液内に均一に分散させることを目的とした。ドデシルベンゼンスルホン酸ナトリウムとポリエチレングリコールを用いた場合にエレクトロフェログラム上でショットシグナルは少なく、グラフェンの分散性は良好であった。一方、CNTの分散ではドデシル硫酸ナトリウムが効果的であった。陰イオン性高分子であるポリスチレンスルホン酸イオンもグラフェンを水中に分散し、不可逆な吸着特性が認められた。本手法は、ナノ粒子であるカーボンナノドット、金ナノ粒子の分散性評価にも適用可能であった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、新しい炭素材料であるグラフェンを水中に凝集することなく分散させる手法及びその評価手法を提案した。グラフェンは不定形でありサイズや形状がある程度の幅を有しているが、その分散状態を評価する手法としてエレクトロフェログラム上のピーク形状を判断材料とする手法はこれまでに報告例がなく、学術的な意義がある。分散性の評価や分散安定性の評価にCZE, MEKCを用いることは、水溶性カーボンナノドット、金ナノ粒子でも成功しており、ナノクラスターの新規開発に際して新しいキャラクタリゼーションの手法として有効であり、効率的な材料開発の観点から社会的意義がある。

研究成果の概要(英文)：This study aimed at the dispersion of hydrophobic graphene/carbon nanotube in an aqueous solution with surfactants and/or water-soluble polymers. When an anionic surfactant of sodium dodecylbenzenesulfonate and a nonionic polymer of poly(ethylene glycol) were used, less shot signals of graphene were detected in the electropherograms, and graphene was effectively dispersed in an aqueous solution. On the other hand, sodium dodecyl sulfate was useful for the dispersion of carbon nanotube. Anionic polymer of poly(sodium 4-styrenesulfonate) can also dispersed graphene in an aqueous solution through irreversible adsorption. The proposed characterization technique is applicable to the of the dispersion of carbon nanodots and gold nanoparticles.

研究分野：分析化学

キーワード：キャピラリー電気泳動 ミセル動電クロマトグラフィー グラフェン カーボンナノチューブ 水溶性カーボンナノドット 可溶化 ドデシルベンゼンスルホン酸ナトリウム ポリスチレンスルホン酸イオン

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。

1. 研究開始当初の背景

グラフェンは2次元の平面構造を有する炭素化合物であり、0次元のフラーレン、1次元のカーボンナノチューブに続く、有望な炭素材料としての注目を集めている。グラフェンは π 平面間の相互作用に基づくファンデルワールス力により積層・凝集しやすく、グラファイトとの異同識別が必要である。一般的なグラフェンの物性分析法として、これまでにラマン分光法、原子間力顕微鏡、電子顕微鏡などの物理的な測定が主なものであった。化学的なグラフェンの評価法としてキャピラリー電気泳動法が用いられ、低い塩濃度の泳動液が溶液内でのグラフェンの凝集を低減できることが報告された。また、酸化グラフェンの積層度の差に基づいて電気泳動の泳動方向が変わることが報告されている。これまでに、界面活性剤としてドデシルベンゼンスルホン酸ナトリウム(SDBS)を用いるミセル動電クロマトグラフィー(MEKC)の手法を開発し、水溶液系でグラフェンをミセル溶液に単分子分散させ、グラフェンと酸化グラフェンを分離することに成功している。グラフェンの水溶液内での分散、分離分析については、本研究を含めて活発な研究が展開している。

本研究の研究代表者はキャピラリー電気泳動法に関する分析化学研究を長年続けており、その一環としてMEKCによるグラフェンの分離分析を検討した。分離分析の手法として充填カラムを用いる高速液体クロマトグラフィーが一般的であるが、粒子径が数 μm に達するグラフェンを粒径の小さなカラム充填剤に保持することはできないことから、分離場として中空キャピラリーを用いるMEKCに着目して研究を開始した。ドデシルベンゼンスルホン酸(DBS)ミセルを用いるMEKCにおいて、溶液中に分散したグラフェンに帰属されるブロードピークを得ることに成功したが、ブロードピークが得られるDBSの濃度範囲が狭く、また完全にショットシグナルを除けないことから、グラフェンの可溶性の向上を目的としてPEGの添加を試みたところ、ショットシグナルを低減させることに成功した。PEGの添加はまた、ブロードピークの理論段数の増加、電気泳動移動度の減少を引き起こしたことから、ミセルを形成するDBSをPEGが競争的に置換するなどの単なる可溶性現象とは異なる現象が想定され、界面活性剤と水溶性高分子との組み合わせによるグラフェンの水溶液系での可溶性/分散性の向上を目的とする本研究を着想した。

2. 研究の目的

界面活性剤ミセルと水溶性高分子を用いて、疎水性・凝集性が高い炭素材料であるグラフェンを水溶液内に均一に分散させることを研究目的とする。均質なグラフェン薄膜の作製に際して、均一分散溶液の調製は不可欠である。また、溶液内でのグラフェンの分散状態の評価法として、MEKCに基づく化学的な新しい評価法を開発する。MEKCにおいては、凝集グラフェンは沈殿物のショットシグナルとして、分散グラフェンは広いサイズ分布に基づくブロードピークとしてそれぞれ観測されるが、グラフェンの凝集/分散に関する定量的な情報を得る手法にすることを目的とした。

3. 研究の方法

イオン性、非イオン性の各種界面活性剤、ならびにイオン性、非イオン性の各種水溶性高分子を組み合わせるにより、水系溶媒中でグラフェンを単分散させて可溶性化する。また、ミセル動電クロマトグラフィーの手法を用いて、水系溶媒中での単分散の程度を定量的に評価する方法を開発する。さらに、本研究で開発するグラフェンの分散の手法を、カーボンナノドット、金ナノ粒子の水系溶媒への分散に適用する。

(1) SDBS と水溶性高分子の組み合わせによる可溶性の検討

キャピラリーを用いる電場下での分離分析において、ミセルへの分配を活用するMEKCは水系溶液に分散したグラフェンを水溶液のまま分析することが可能である。SDBSをミセル固定相とするMEKCにおいて、各種水溶性高分子を添加剤として試みた。水溶性高分子として、非イオン性のポリエチレングリコールの知見を基本として、非イオン性のメチルセルロース、ポリビニルピロリドン、陰イオン性のカルボキシメチルセルロースを検討した。各水溶性高分子は、様々な分子量のものを検討した。解析手法としては、MEKCのクロマトグラム上で凝集体に由来するショットシグナルが検出されない条件を探索した。

(2) 陰イオン性水溶性高分子によるグラフェンの可溶性

グラフェンの水溶液内の可溶性に関して、陰イオン性界面活性剤と非イオン性高分子の性質を併せ持つ、陰イオン性高分子であるポリスチレンスルホン酸(PSS)を検討した。PSSは、様々な分子量のものについて検討した。

(3) カーボンナノドットのCZE, MEKC

ナノ粒子の物性分析の例として、MEKCによるPEGで被覆したシリカナノ粒子の分離例が

報告されている。本研究では、炭素材料のひとつであるカーボンナノドット(CND)について、キャピラリーゾーン電気泳動法(CZE)による分析法開発を進めた。マイクロ波照射法によりアミノ酸とホウ酸から合成されるCNDは、電荷を有することから水溶性を示す。CNDは不定形でありサイズ分布や分子量分布を有するが、その精製法としては透析膜による限外ろ過が、その評価法としては光散乱法が用いられているに過ぎない。本研究では質量/電荷比に基づく電気泳動分離からCNDのキャラクタリゼーションを行う新しい手法を開発した。また、CNDをはじめとするナノ粒子は一般的な分子とは異なり様々なサイズや形状の集合体であることから、CZEにおける電気泳動移動度などは連続・分散した値をとる。疎水性相互作用などの分子間相互作用により、サイズや形状などの分散性がさらに広がったり反対に均一化したりすることが予想されるので、相互作用試薬を添加したアフィニティーCZEを検討した。

(4) 金ナノ粒子のCZE, MEKC

ナノ粒子の水系溶媒分散に関連する研究として、CZEによる金ナノ粒子のキャラクタリゼーションへと展開した。金ナノ粒子は様々な合成法があり、様々な金ナノ粒子が入手可能である。本研究では、液相プラズマにより生成される金ナノ粒子、クエン酸により安定化したナノ粒子等をCZEによる分離分析を通して電荷/質量比等のキャラクタリゼーションを行った。

4. 研究成果

(1) SDBSと水溶性高分子の組み合わせによる可溶化の検討

陰イオン性界面活性剤のSDS, SDBSによるカーボンナノチューブ(CNT)とグラフェンの水溶液内での分散において、分散性をさらに高める目的で水溶性高分子の添加効果を検討した。非イオン性の水溶性高分子として、分子量の異なるポリエチレングリコール(PEG), ポリビニルアルコール(PVA), ポリビニルピロリドン(PVP)を添加したところ、分子量6,000程度のポリエチレングリコールを用いた場合に、エレクトロフェログラム上でショットシグナルの少ないブロードピークが得られた(図1)。ブロードピークの電気泳動移動度は水溶性高分子の添加量増加に伴って減少したことから、陰イオン性の界面活性剤が非イオン性の水溶性高分子に置換されていることが示唆された。また、水溶性高分子を添加することによりブロードピークのピーク形状はシャープになり理論段数は増加した。

また、CNTの分散では陰イオン性界面活性剤としてSDSが有効であり、グラフェンの分散ではSDBSが有効であった(図2)。CNT表面は平面でなく曲率があるためにSDSが吸着・水中分散に有効であると考えられる。

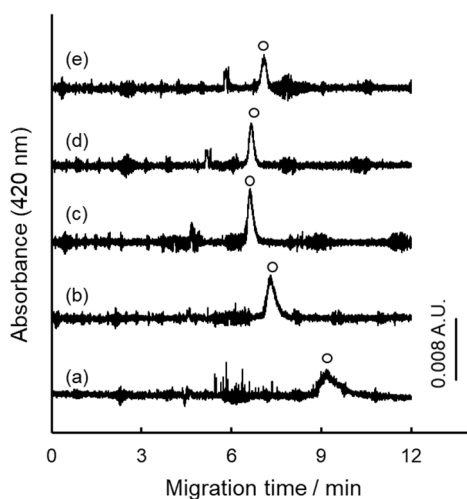


図1 SDBSとPEGを用いた場合のグラフェンのエレクトロフェログラム。PEG6,000濃度, %(w/v): (a), none; (b), 1.0; (c), 2.0; (d), 4.0; (e), 6.0.

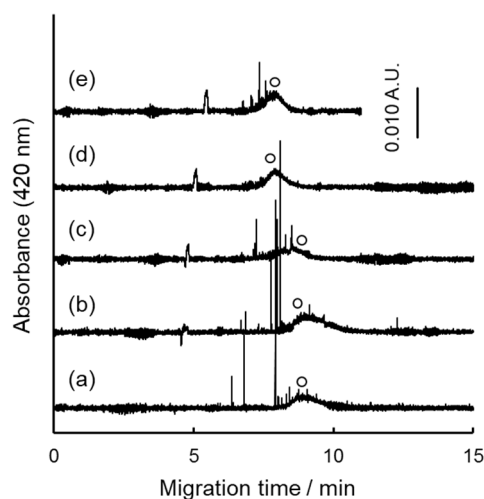


図2 SDSとPVPを用いた場合のSWCNTのエレクトロフェログラム。PVP8,000濃度, %(w/v): (a), none; (b), 1.0; (c), 2.0; (d), 4.0; (e), 6.0.

(2) 陰イオン性水溶性高分子によるグラフェンの可溶化

陰イオン性界面活性剤と非イオン性高分子の性質を併せ持つ陰イオン性高分子であるポリスチレンスルホン酸(PSS)を水中への分散剤として検討した(図3)。また、PSSをグラフェンの分散剤に用いる検討も進めた。平均分子量70,000と1,000,000のPSSを検討したところ、平均分子量1,000,000のPSSでグラフェンの有効電気泳動移動度が大きいことから、長鎖のPSSはグラフェン吸着部分以外に溶液中に伸長した部分もあり、電荷/質量比が大きくなると思われる。また、泳動液にPSSを添加しない場合でもグラフェンが見かけ上陰イオンとして電気泳動していることから、PSS鎖がグラフェン表面と多点相互作用することにより、グラフェン

に吸着した PSS が脱着しない不可逆反応あるいは非常に遅い脱着反応であると考えられる。不可逆な吸着現象は、電気泳動分離により PSS が吸着したグラフェンを余剰の PSS から分離できることを示唆しており、水分散グラフェンの新しい分離精製法としての可能性が示唆された。

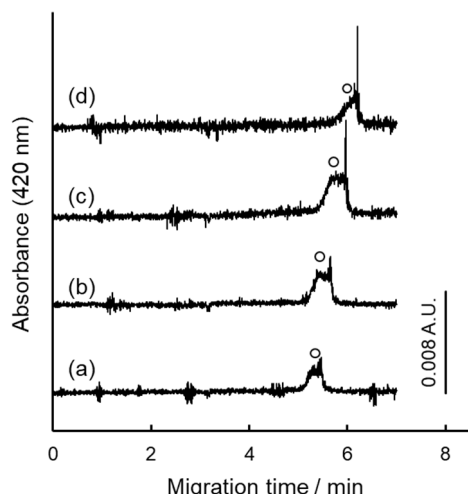


図3 PSS 70,000を用いた場合のグラフェンのエレクトロフェログラム。PSS 70,000濃度, %(w/v): (a), 0.01; (b), 0.02; (c), 0.05; (d), 0.1.

(3) カーボンナノドットの CZE, MEKC

炭素クラスターのひとつであるカーボンナノドット (CND) について、キャピラリーゾーン電気泳動法 (CZE) による分析法開発を進めた。グルタミン酸とホウ酸から合成された CND、グルタミン酸から構成された CND について CZE 測定したところ、エレクトロフェログラム上に大きな 1 つのピークが主成分として観測され、比較的均一な電荷 / 質量比を有する陰イオン性 CND であることが分かった (図 4)。中性～弱塩基性 pH でほぼ一定の電気泳動移動度を有することから、表面にカルボン酸基を多数有することが示された。また、微量成分として電荷を有さない CND も検出されたのでミセル動電クロマトグラフィーによる測定を行った。無電荷の CND はミセルへの保持が弱いことから親水性が高い CND であることが示された。

また、電気炉により電気炉により合成した CND はマイクロウェーブ合成の CND と同様に、表面にカルボキシ基を多数有する陰イオン CND を多く含むことが示された。また、出発原料が同じグルタミン酸であっても、得られた CND は電荷を有さない水溶性の CND を多く含むこと、陰イオン性 CND、無電荷の CND とともに、マイクロウェーブ合成の CND と比較して疎水性が低く親水性が高い CND であることが示された。

以上のように、本研究の主題である CZE による水系溶媒への分散性評価は、同じ炭素ナノ材料であるカーボンナノチューブやカーボンナノドット等にも適用できており、研究を拡げることができた。電気泳動移動度を測定することで、CND の電荷密度を知ることも可能であり、分離分析を組み合わせた CND の新しい物性評価法としての進展が期待される。

(4) 金ナノ粒子の CZE, MEKC

AuNP の CZE によるキャラクタリゼーションでは、クエン酸等の安定剤を含まなくても 20 週以上にわたり凝集体に由来するショットシグナルは観測されず、高い分散安定性が示された。一方、塩である NaCl や有機溶媒であるエタノールの添加により凝集が促進される点は、一般的な AuNP と似通った性質を示した。

本研究により、グラフェンに加えて CZE, MEKC がナノクラスターのキャラクタリゼーションに有効な手法であることが示唆された。

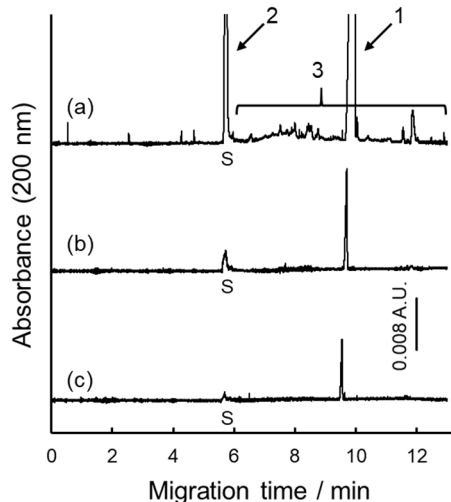


図4 ホウ酸とグルタミン酸から合成されたCNDのエレクトロフェログラム。希釈倍率: (a), 10倍; (b), 100倍; (c), 200倍。シグナル: 1, 主成分としての陰イオン性CND; 2, 準主成分としての非イオン性CND; 3, 微量の陰イオン性CND。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計7件（うち査読付論文 7件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 7件）

1. 著者名 TAKAYANAGI Toshio, IWASAKI Sota, BECCHAKU Yuta, YABE Shun, MORITA Kotaro, MIZUGUCHI Hitoshi, HIRAYAMA Naoki	4. 巻 36
2. 論文標題 Capillary Electrophoretic Characterization of Water-Soluble Carbon Nanodots Formed from Glutamic Acid and Boric Acid under Microwave Irradiation	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Analytical Sciences	6. 最初と最後の頁 印刷中
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.2116/analsci.19P484	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 TAKAYANAGI Toshio, MINE Masanori, MIZUGUCHI Hitoshi	4. 巻 36
2. 論文標題 Capillary Electrophoresis/Dynamic Frontal Analysis for the Enzyme Assay of 4-Nitrophenyl Phosphate with Alkaline Phosphatase	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Analytical Sciences	6. 最初と最後の頁 印刷中
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.2116/analsci.19P471	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 ITO H Daichi, MIZUGUCHI Hitoshi, TAKAYANAGI Toshio	4. 巻 68
2. 論文標題 Determination of Acid Dissociation Constants of Degradable Catecholamines by CZE	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 BUNSEKI KAGAKU	6. 最初と最後の頁 871～876
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.2116/bunsekikagaku.68.871	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 TAKAYANAGI Toshio, MIZUTA Yuto, BECCHAKU Yuta, MIZUGUCHI Hitoshi	4. 巻 40
2. 論文標題 Dispersion of Graphene in an Aqueous Solution with Poly(sodium 4-styrenesulfonate) Monitored by Capillary Electrophoresis	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 CHROMATOGRAPHY	6. 最初と最後の頁 121～126
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.15583/jpchrom.2019.016	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 T. Takayanagi, Y. Becchaku, Y. Tomiyama, M. Kurashina, and H. Mizuguchi	4. 巻 35
2. 論文標題 Polyethylene Glycols for the Dispersion Development of Graphene in an Aqueous Surfactant Solution Studied by Affinity Capillary Electrophoresis	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Analytical Sciences	6. 最初と最後の頁 307-313
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2116/analsci.18P433	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 高柳俊夫, 磯田昌志, 伊藤大地, 水口仁志	4. 巻 66(7)
2. 論文標題 CZEによる電気泳動移動度測定に基づくヒドロクロロチアジドとその分解生成物の酸解離定数の決定	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 分析化学	6. 最初と最後の頁 509-514
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2116/bunsekikagaku.66.509	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 T. Takayanagi, K. Ikeuchi, H. Mizuguchi	4. 巻 38(3)
2. 論文標題 Migration Behavior of Carbon Nanotube in Capillary Electrophoresis with Sodium Dodecyl Sulfate and Water-Soluble Nonionic Polymer	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Chromatography	6. 最初と最後の頁 101-106
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.15583/jpchrom.2017.013	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20件 (うち招待講演 2件 / うち国際学会 1件)

1. 発表者名 谷上裕紀, 田上拓磨, 荒川幸弘, 水口仁志, 高柳俊夫
2. 発表標題 圧力支援キャピラリー電気泳動法による易分解性フラビン誘導体の酸解離定数の決定
3. 学会等名 2019年日本化学会中国四国支部大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 岩崎颯太, 森田耕太郎, 平山直紀, 水口仁志, 高柳俊夫
2. 発表標題 キャピラリー電気泳動法による電気炉加熱分解法により合成されたCNDの物性評価
3. 学会等名 2019年日本化学会中国四国支部大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 峯大典, 水口仁志, 高柳俊夫
2. 発表標題 動的インキャピラリー反応によるアルカリフォスファターゼの阻害測定
3. 学会等名 2019年日本化学会中国四国支部大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 松本直也, 峯大典, 水口仁志, 高柳俊夫
2. 発表標題 圧力支援キャピラリー電気泳動/動的前端分析によるカルボキシルエステラーゼの酵素反応解析
3. 学会等名 第39回キャピラリー電気泳動シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 峯大典, 水口仁志, 高柳俊夫
2. 発表標題 キャピラリー電気泳動/動的前端分析による -D-ガラクトシダーゼの酵素反応解析
3. 学会等名 第39回キャピラリー電気泳動シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 高柳俊夫, 峯大典
2. 発表標題 キャピラリー電気泳動 / ダイナミックフロントアルアナリシスによる酵素反応の解析
3. 学会等名 第39回キャピラリー電気泳動シンポジウム (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 岩崎颯太, 矢部 駿, 森田耕太郎, 平山直紀, 水口仁志, 高柳俊夫
2. 発表標題 キャピラリー電気泳動法によるグルタミン酸から合成した水溶性カーボンナノドットの親水性 / 疎水性の評価
3. 学会等名 第26回クロマトグラフィーシンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 谷上裕紀, 田上拓磨, 荒川幸弘, 水口仁志, 高柳俊夫
2. 発表標題 キャピラリーゾーン電気泳動法による易分解性フラビン誘導体の酸解離平衡の解析
3. 学会等名 第26回クロマトグラフィーシンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 岩崎颯太, 矢部 駿, 森田耕太郎, 平山直紀, 水口仁志, 高柳俊夫
2. 発表標題 キャピラリー電気泳動法によるグルタミン酸から合成した水溶性カーボンナノドットのキャラクタリゼーション
3. 学会等名 第79回分析化学討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 谷上裕紀, 田上拓磨, 荒川幸弘, 水口仁志, 高柳俊夫
2. 発表標題 キャピラリーゾーン電気泳動法を用いた易分解性フラビン誘導体の酸解離平衡解析
3. 学会等名 第79回分析化学討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 高柳俊夫, 別役優太, 水田悠斗, 水口仁志
2. 発表標題 ポリスチレンスルホン酸イオンを分散剤として用いるグラフェンのキャピラリー電気泳動
3. 学会等名 第38回キャピラリー電気泳動シンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 高柳俊夫, 峯大典, 水口仁志
2. 発表標題 キャピラリー電気泳動 / 動的前端分析による酵素反応の速度論解析
3. 学会等名 第29回クロマトグラフィー科学会議
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 別役優太, 矢部 駿, 森田耕太郎, 平山直樹, 水口仁志, 高柳俊夫
2. 発表標題 マイクロ波照射法で合成した水溶性カーボンナノドットのキャピラリー電気泳動法によるキャラクタリゼーション
3. 学会等名 第78回分析化学討論会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 D. Ito, T. Takayanagi
2. 発表標題 Analysis of Acid - Base Equilibrium of Bupropion under Degradation Conditions by Capillary Zone Electrophoresis
3. 学会等名 RSC Tokyo International Conference 2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 別役優太, 水口仁志, 高柳俊夫
2. 発表標題 ミセル動電クロマトグラフィーの容量比からみたグラフェンのミセル分配
3. 学会等名 日本分析化学会第66年会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 高柳俊夫, 磯田昌志, 伊藤大地, 水口仁志
2. 発表標題 キャピラリーゾーン電気泳動法によるヒドロクロロチアジドとその分解生成物の酸解離平衡の解析
3. 学会等名 日本分析化学会第66年会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 高柳俊夫, 池内伽奈子, 別役優太, 水口仁志
2. 発表標題 SDSを用いたカーボンナノチューブのミセル動電クロマトグラフィー
3. 学会等名 日本分析化学会第66年会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 伊藤大地, 水口仁志, 高柳俊夫
2. 発表標題 キャピラリーゾーン電気泳動法を用いた易分解性プロトカテク酸の酸解離定数の決定
3. 学会等名 日本化学会中国四国支部大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 伊藤大地, 水口仁志, 高柳俊夫
2. 発表標題 キャピラリーゾーン電気泳動法による酸化分解性プロトカテク酸の酸解離平衡反応の解析
3. 学会等名 第28回クロマトグラフィー科学会議
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 高柳俊夫
2. 発表標題 CZEの分離機能を活用する反応活性物質の平衡反応解析
3. 学会等名 第37回キャピラリー電気泳動シンポジウム (招待講演)
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 T. Takayanagi and S. Motomizu	4. 発行年 2018年
2. 出版社 Nova Science Publishers	5. 総ページ数 401
3. 書名 Flow and Capillary Electrophoretic Analysis	

〔産業財産権〕

〔その他〕

徳島大学大学院 先端技術科学教育部 物質生命システム工学専攻 分析・環境化学 B-1講座ホームページ
<http://www.chem.tokushima-u.ac.jp/B1/index.html>

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