

令和 5 年 6 月 14 日現在

機関番号：16101

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2020～2022

課題番号：20H02767

研究課題名（和文）空間展開された分光円偏光による逐次測定可能な高速円二色性スペクトルメータの開発

研究課題名（英文）Sequential measurement of circular dichroism spectrum based on simultaneous generation of left and right circularly-polarized light

研究代表者

江本 顕雄 (EMOTO, Akira)

徳島大学・ポストLEDフォトリクス研究所・特任准教授

研究者番号：80509662

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 8,400,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、逐次測定可能な高速の円二色性スペクトルメータの構成を提案し、これを実現すると同時に、その逐次測定の対象となる種々の円二色性を示す機能性分子を開発した。従来、時間的に波長と左右の円偏光を展開して測定していた円二色性スペクトルを、複合的な偏光回折素子を用いて、左右の円偏光を波長ごとに空間的に同時に展開し、これを用いて円二色性スペクトルを測定することで、高速化可能であることを示した。更に、円二色性を示す機能性分子の開発を進めることで、高速な円二色性スペクトルメータによるコンフォメーション変化の推定の有効性を検証する下地を構築することができた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、キラル物質のコンフォメーション変化を逐次的に捉えることを目的に、円二色性スペクトルメータにおける、従来の時間展開型のスペクトル測定を、空間展開型のスペクトル測定に転換して、高速化することを提案し、その基本動作を実証した。このような測定技術が将来的に成熟することで、分子のコンフォメーション変化のダイナミクスを追跡可能となると期待される。これにより、例えば、タンパク質の変性が引き起こすコンフォメーション病のメカニズムの解明や治療方法の研究等に役立つと期待される。また、左右の円偏光を波長ごとに空間的に同時に展開する偏光素子を実現しており、更なる偏光応用技術等の発展につながると期待される。

研究成果の概要（英文）：High-speed measurement technique of circular dichroism (CD) spectrum was proposed and demonstrated. Left and right circularly-polarized light was generated simultaneously by wavelengths, using polarization diffractive gratings. As a result, CD spectrum can be measured in a short time, which enables to acquire the temporal changes of molecules. Among these studies, we also developed some functional molecules with chirality changes based on the conformational changes. Thereby, the validity of such kind of spectroscopic analysis approach could be confirmed.

研究分野：応用光学

キーワード：円二色性 キラル物質 円偏光 分光 高速測定

1. 研究開始当初の背景

円二色性スペクトルは物質の左右円偏光に対する吸光度の差の波長分散を測定するもので、深紫外からテラヘルツ領域に至るまでいずれの波長帯においても、物質や分子の構造におけるキラリティや螺旋構造を反映した情報が得られる。即ち、測定対象物の立体的構造を示す光学的特性となる。従って、3次元的な異方性や高次構造が重要となる不斉合成やタンパク質の構造解析および分子の自己組織化等の分野で特に重要な分析技術となっている。

例えば、タンパク質の熱変性や pH 変化に伴う変性において、古くから高次構造の解析が行われてきた。特に2次構造は円二色性スペクトルによって推定可能なため、広く適用されてきた。この中で、変性過程におけるエネルギー地形図の解明に力が注がれており、近年においても、多様な遷移過程を取りうる事が明らかになりつつある。更に近年、円二色性スペクトルに基づく高精度2次構造推定におけるブレイクスルーも報告されている。これらの研究は生命科学の解明に関わる先端の研究であると同時に、医療分野の重要な研究にも位置づけられる。特に、アルツハイマー病やパーキンソン病等のコンフォメーション病と呼ばれるタンパク質変性に基づく神経疾患は治療法の確立が急がれており、当該分野においても円二色性スペクトル測定が必須の分析技術に位置づけられている。

現行の円二色性スペクトルメータは測定精度が高く、定常状態での測定に有効である。一方で、波長毎に順次左右の円偏光を生成して吸光度を測定するため、スペクトル測定時間が長く、変性過程を逐次モニターすることができない。従って、生体内で生じるような現実的な変性過程を逐次連続的に測定可能な、円二色性スペクトルメータは実現されていないと言える。

2. 研究の目的

本研究の目的は、「逐次測定可能な高速円二色性スペクトルメータの開発」である。現行の測定器では波長毎に左右円偏光を順次生成し、被測定物に照射して透過強度を測定するため、スペクトルデータの取得に長い時間が必要となり、高速に円二色性スペクトルを測定することができない。即ち、「時間展開された分光円偏光」を用いていることが問題となっている。本研究では、この根本的な問題を解決する「空間展開された分光円偏光生成技術」を確立し、逐次測定可能な高速円二色性スペクトルメータを実現することを目的としている。また、コンフォメーションの変化に基づいて円二色性が変化する機能性材料・分子の開発も同時に行い、このような測定技術の有効性の検証を目指すと同時に、それらの材料開発自体にも有効なフィードバックを行うことを目的としている。

3. 研究の方法

互いに逆回りの円偏光の干渉電界は、大きさの等しい直線偏光の偏光方位角が連続的に回転した周期性を有する。この電界分布に沿って、液晶分子やサブ波長格子が配向したとすると、図1(a)に示す様に、大きさの同じ複屈折の向きが格子ベクトル(k)方向に連続的に回転した回折格子となる。このような回折格子は直交円偏光による偏光ホログラムとして知られている。この回折格子は、入射光に含まれる左右の円偏光成分が、 ± 1 次光にそれぞれ分離して回折される特性(偏光分離特性)を有している。従って、こ

の ± 1 次光を円二色性スペクトルの測定に適用できる。しかしながら、 ± 1 次光は空間的に離れているため、左右円偏光を同一スポット内に得ることはできない。そこで我々は、図1(b)に示す様に、格子ベクトル(k)を対向して配置することを着想した。回折角の波長分散は格子ベクトルに沿って水平方向に生じるため垂直方向には影響を与えず、結果として、分光された左右円偏光を同一スポット内の上下に同時に生成でき、この光を試料に入射し、出射光を後分光することで円二色性スペクトルが得られる。

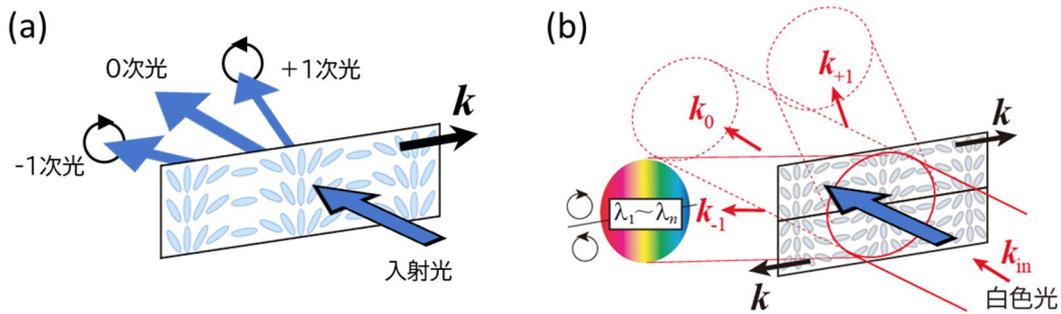


図1 (a)偏光回折格子による円偏光の回折と(b)複合した偏光回折格子による左右円偏光の同時生成

4. 研究成果

前述の複合的な偏光回折格子を用いて、実際に1つの回折光のスポットに分光された円偏光を生成した結果が、図2(a)であり、左右の円偏光を同時に生成することに成功している。これにより、図2(b)に示すような概念に基づく吸光度測定が可能となる。

我々は、この偏光素子を用いて、分子の集団的な配向に基づく円異方性であるカイラルネマチック液晶の選択反射における、温度変化に伴う透過スペクトルの時間変化を逐次連続的に測定できることを実証した。この時、スペクトル(450-600 nm)は300msec程度の周期で更新され、数10秒程度で完了するスペクトル変化を、逐次的に捉えることに成功している。

しかしながら、分子自体が発現する微弱な円二色性を検出するためには、測定における信号対雑音比の改善と、測定波長の短波長化の2種類の課題が改めて顕在化した。この解決に向けては、

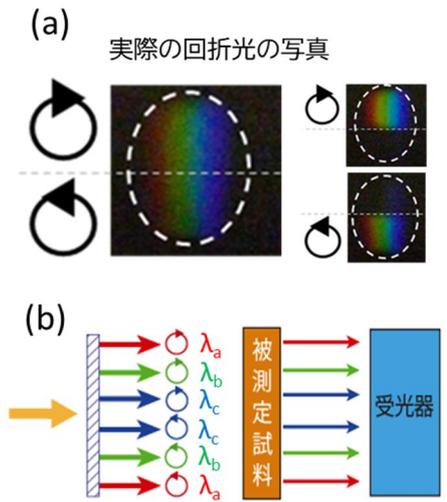


図2 (a)左右円偏光の同時生成と (b)分光測定への応用

受光系の高ダイナミックレンジ化と高諧調化を進めるとともに、短波長領域で高い屈折率を有する材料を微細に加工した際に発現するやはり短波長領域での大きな構造的複屈折を偏光回折格子作製に利用するアプローチが有効と考えられる。このような考えに基づき、候補となる材料として合成石英と窒化ケイ素を見出した。本研究では、より高い屈折率を有する後者において、その微細加工プロセス自体を検討し、最適な条件下で、図3に示すような、高精細な加工が可能となった。これにより、今後更なる検討を進めることで、

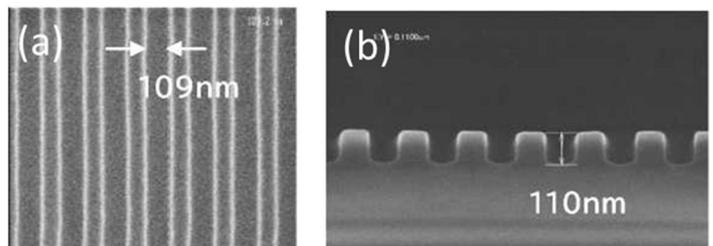


図3 窒化ケイ素の微細加工試料の(a)面内と(b)断面における電子顕微鏡観察の結果

所望の偏光素子を実現する知見が得られると期待される。

また、コンフォメーションの変化に基づいて円二色性(CD)が変化する機能性材料・分子の開発については、より大きな成果を得ることができた。まず、特徴的な高次構造形成・自己組織化挙動を示す人工ペプチドの開発に取り組み、多くの機能性ナノバイオ材料の創成に成功した。ここでは、三重らせん構造を高次構造モチーフに、末端に様々な芳香族環を修飾したコラーゲン様ペプチド(CMP)を化学合成した(図 4)。線維性コラーゲンタンパク質は細胞外マトリックスの主成分として存在し、その高次構造は左巻きのポリプロリン II 型ヘリックスを形成した 3 本のポリペプチド鎖が互いに集合して、右巻きの三重らせん構造をとる。天然コラーゲンは、バイオマテリアルとして研究が精力的に展開されている

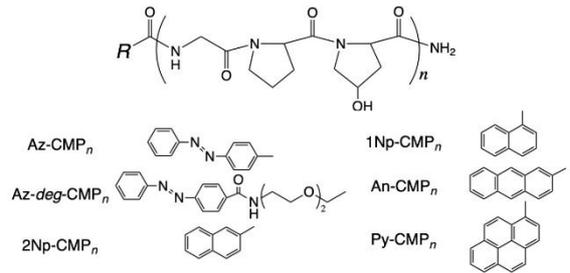


図 4 末端に種々の芳香族環を有するコラーゲン様ペプチド(CMP)の分子構造

一方で、動物由来の場合は、未知ウイルスの混入や免疫原性などの潜在的な問題が懸念される。そのため、人工的に化学合成した CMP の開発およびその高次構造制御/評価は重要である。各種 CMP の二次構造特性を CD スペクトルにより評価したところ、いずれの場合も末端に導入した疎水性の芳香族環が水中でテンプレートとして働くことで、比較的短い鎖長であっても三重らせん構造を形成できること、またその熱可逆的な三重らせん \leftrightarrow ランダムコイル転移現象を明らかにした(図 5)。三重らせん構造の融点は、ペプチド鎖長や芳香族環の種類に依存して系統的に変化し、ペプチド鎖長の増大または末端の芳香族環の π - π 相互作用が強くなるに従って高くなる傾向を示した。分子構造の微細チューニングにより、三重らせん構造の熱安定性の異なるフォルダマーの自在設計に成功した。

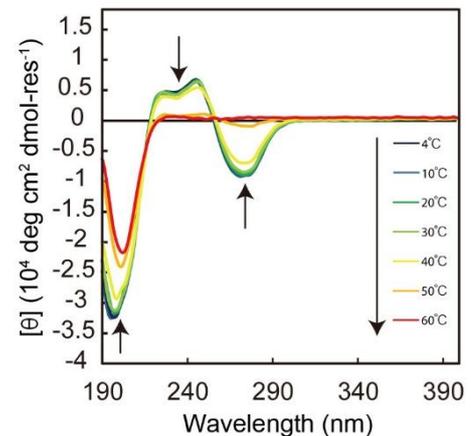


図 5 An-CMP($n=6$)の CD スペクトルの温度依存性

興味深いことに、

CD スペクトルから評価したペプチド鎖のフォールディング過程と芳香族環に起因するスペクトルの時間依存性から、これらの系では、まず三重らせん構造の形成により自己集合可能な前駆体(三量体)となり、その構造を反映して、さらに自己集合が進行する階層的な自己組織化が生じることがわかった。透過型電子顕微鏡や原子間力顕微鏡を用いてモルフォロジーを評価した結果、親水-疎水性バランスに基づいて、天然コラーゲン線維に類似のフィブリル構造やひも状ミセル構造、ベシクル構造など様々な形態のナノ構造体に自己組織化することもわかった(図 6)。尚、これらのナノ構造体はいずれも温度変化によるコンフォメーション変化で崩壊することから、薬物送達システム(DDS)のスマートキャリアなどへの応用が期待される。いずれのペプチド材料においても、

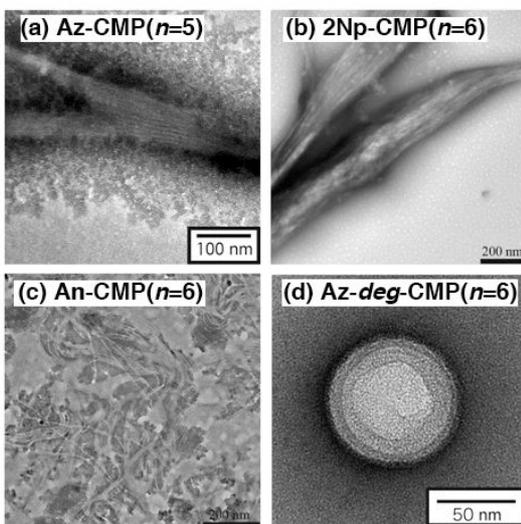


図 6 各種 CMP が形成するフィブリル (a, b)、ひも状ミセル(c)、ベシクル構造 (d)の TEM 像

CD スペクトルに基づくコンフォメーション及びその変化の推定が有効であり、本研究課題の趣旨と合致した多くの進展を得ることができた。工学～医学の幅広い分野で有用な機能性ナノバイオ材料設計に関する重要な知見である。

同時に、発光材料や熱相転移型のキラル分子の開発にも取り組み、多くの機能性分子を実現した。例えば、4配位ホウ素化合物の合成においては、非対称型な三座

のイミダゾ[1,5-a]ピリジン配位子と直交したホウ素原子上のフェニル基に基づく不斉中心が生じ、光学分割を行うことにより、それぞれのエナンチオマーからは対称な正負の円二色性シグナルが観測された(図7(a))。TD-DFT 計算から算出したECD スペクトルは実測のスペクトルと良い一致を示し、それぞれの絶対構造を推定することもできた(図7(b))。本分子は発光性を示すことから、キロプティカル材料への展開が期待できる。一方、このホウ素錯体は過去に報告した類縁体と比較し、蛍光量子収率が低いものであった。過渡吸収スペクトル測定の結果、分子内のCT 性変化が示唆され、蛍光寿命より長寿命な過渡種を三重項励起状態であると帰属した。この結果より、光線力学療法における光増感剤として機能するのではないかと考え検討を行なったところ、光照射に伴うミトコンドリア膜の脱分極と細胞生存率の低下が観測され、ミトコンドリアに選択的に局在する重原子フリーな PDT 薬剤候補物質として機能することを見出した。また、キラルなゲル化剤にアキラルな色素を担持させた分子系に

においては、測定温度変化に伴うゲル化と、水素結合を介した高次キラル構造形成に起因した色素吸収帯における円二色性シグナルの発現と増強が確認された。これらの分子のキャラクタリゼーションにも、円二色性スペクトル評価が有効であり、やはり本研究課題の趣旨と合致した多くの進展を得ることができた。

この他にも、関連するスペクトル測定用の新たな偏光素子の開発や、測定対象物をハンドリングするためのマイクロ流路デバイスの作製技術において、より利便性の高いアプローチを提案するなど、種々の検討を行い、重要な成果を得ることができた。

以上の様に、当該研究期間において、偏光素子の研究開発および測定光学系の構築、更には関連する機能性材料の研究に取り組み、多くの成果を得ることができた。今後、更に研究が進展すれば、冒頭に述べたタンパク質などの機能性分子の変性過程を時間的に追従して捉えることが可能となり、関連する研究分野に多くの知見をもたらすことができると期待される。

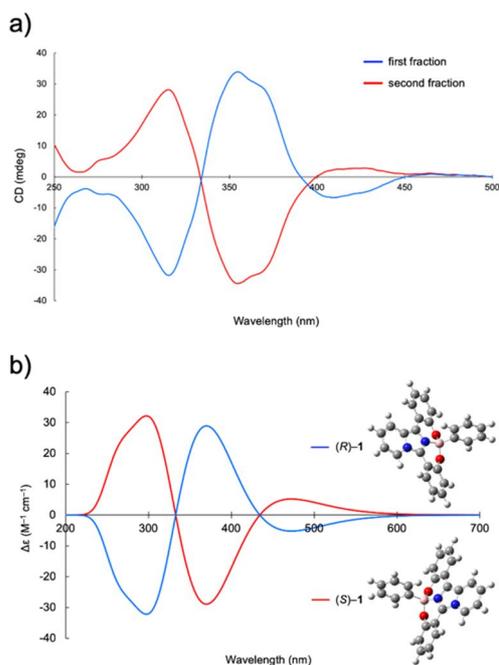


図7 a)実測およびb)TD-DFT 計算より算出した円二色性スペクトル

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 0件 / うちオープンアクセス 5件）

1. 著者名 T. Koga, Y. Oatari, H. Motoda, S. Nishimura, Y. Sasaki, Y. Okamoto, D. Yamamoto, A. Shioi, N. Higashi	4. 巻 23
2. 論文標題 Star-shaped Peptide-Polymer Hybrids as Fast pH-Responsive Supramolecular Hydrogels	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Biomacromolecules	6. 最初と最後の頁 2941-2950
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.biomac.2c00411	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 古賀 智之	4. 巻 96
2. 論文標題 末端に芳香族環を有する人工ペプチドからなる自己組織化ナノ材料	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of the Japan Society of Colour Material	6. 最初と最後の頁 53-57
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.4011/shikizai.96.53	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 Hidenari Suzuki, Akira Emoto, Nobuyoshi Furuso, Daisuke Koyama, Masashi Ishikawa	4. 巻 4
2. 論文標題 Polarization information landscapes expanded from single-shot images of ring-like diffraction patterns	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 OSA Continuum	6. 最初と最後の頁 2796-2804
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1364/OSAC.441838	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 Tomoyuki Koga, Aika Ikejiri, Nobuyuki Higashi	4. 巻 38
2. 論文標題 Narcissistic Self-sorting of Amphiphilic Collagen-inspired Peptides in Supramolecular Vesicular Assemblies	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Langmuir	6. 最初と最後の頁 2294-2300
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.langmuir.1c02978	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 Tomoyuki Koga, Tomotaka Morishita, Yushi Harumoto, Shin-nosuke Nishimura, Nobuyuki Higashi	4. 巻 2
2. 論文標題 Spider Silk-inspired Peptide Multiblock Hybrid Copolymers for Self-healable Thin Film Materials	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Materials Advances	6. 最初と最後の頁 7851-7860
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/d1ma00823d	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 Tomoyuki Koga, Tomoo Matsuoka, Yusuke Morita, Nobuyuki Higashi	4. 巻 2
2. 論文標題 Injectable Hydrogels Self-assembled from Oligopeptide-Poly(2-methacryloyloxyethyl phosphorylcholine) Hybrid Graft Copolymers for Cell Scaffolds and Controlled Release Applications	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Materials Advances	6. 最初と最後の頁 4068-4074
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/d1ma00347j	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 Tomoyuki Koga, Shinya Kingetsu, Nobuyuki Higashi	4. 巻 22
2. 論文標題 Supramolecular Nanofibers from Collagen-mimetic Peptides Bearing Various Aromatic Groups at N-Termini via Hierarchical Self-assembly	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 International Journal of Molecular Sciences	6. 最初と最後の頁 4533(1-11)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/ijms22094533	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 Fumitoshi Yagishita, Keita Hoshi, Shoma Mukai, Takashi Kinouchi, Tetsuro Katayama, Yasushi Yoshida, Keiji Minagawa, Akihiro Furube, Yasushi Imada	4. 巻 -
2. 論文標題 Effect of Phenolic Substituent Position in Boron Complexes of Imidazo[1,5-a]pyridine	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Asian Journal of Organic Chemistry	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) 10.1002/ajoc.202200040	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 Keita Hoshi, Masashi Yasuda, Takumi Nakamura, Yasushi Yoshida, Shoko Ueta, Keiji Minagawa, Yasuhiko Kawamura, Yasushi Imada, Fumitoshi Yagishita	4. 巻 19
2. 論文標題 Unexpected formation of poly-functionalized fulvenes by reaction of a tetraaryl[5]cumulene with iodine	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Organic & Biomolecular Chemistry	6. 最初と最後の頁 7594-7597
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D10B01270C	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 Keita Hoshi, Kazuma Kusumoto, Airi Matsumoto, Atsushi Tabata, Hideaki Nagamune, Eiji Hase, Takeo Minamikawa, Takeshi Yasui, Yasushi Yoshida, Keiji Minagawa, Yasushi Imada, Fumitoshi Yagishita	4. 巻 50
2. 論文標題 Synthesis of D- -A type benzothizole-pyridinium salt composite and its application as photo-degradation agent for amyloid fibrils	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Bioorganic & Medicinal Chemistry Letters	6. 最初と最後の頁 128324(1-4)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/j.bmcl.2021.128324	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 Keita Hoshi, Masami Itaya, Koki Tahara, Airi Matsumoto, Atsushi Tabata, Hideaki Nagamune, Yasushi Yoshida, Eiji Hase, Takeo Minamikawa, Takeshi Yasui, Tetsuro Katayama, Akihiro Furube, Keiji Minagawa, Yasushi Imada, Fumitoshi Yagishita	4. 巻 11
2. 論文標題 Two-photon excitable boron complex based on tridentate imidazo[1,5-a]pyridine ligand for heavy-atom-free mitochondria-targeted photodynamic therapy	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 RSC Advances	6. 最初と最後の頁 26403-26407
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D1RA05059A	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 Takumi Kimoto, Kou Suzuki, Takashi Fukuda, Akira Emoto	4. 巻 14
2. 論文標題 An on-demand bench-top fabrication process for fluidic chips based on cross-diffusion through photopolymerization	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Biomicrofluidics	6. 最初と最後の頁 044104-1-9
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/5.0014956	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 -

〔学会発表〕 計23件（うち招待講演 5件 / うち国際学会 4件）

1. 発表者名 阿部 壮太, 關 優奈, 藤原 誠哉, 寺岡 智紗希, 野口 直樹, 岡村 英一, 南川 慶二, 今田 泰嗣, 八木下 史敏
2. 発表標題 ピエゾクロミック発光を示すイミダゾ[1,5-a]ピリジニウム塩の合成
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 伊藤 翼, 南川 慶二, 今田 泰嗣, 八木下 史敏
2. 発表標題 テトラアリアル[4]クムレンと求電子剤との反応
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 八木下 史敏
2. 発表標題 電子系化合物の反応開発と光機能開拓
3. 学会等名 第36回若手化学者のための化学道場（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Fumitoshi Yagishita, Kazuma Kusumoto, Shoma Mukai, Atsushi Tabata, Hideaki Nagamune, Keiji Minagawa, Yasushi Imada
2. 発表標題 A Donor-Acceptor Type Benzothiazole Derivative for a Potential Cancer Therapy Agent under Blue LED Irradiation Conditions
3. 学会等名 次世代光フォーラム 2023 in 徳島
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 古賀 智之
2. 発表標題 アミノ酸系高分子を基盤とする機能性ソフトマテリアルの開発
3. 学会等名 化学工学会第53回秋季大会 (Web会議) (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 古賀 智之、澤本 篤、東 信行
2. 発表標題 アミノ酸を基盤とする温度応答性高分子の精密設計
3. 学会等名 第51回医用高分子シンポジウム
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 古賀 智之、金月 慎也、池尻 愛佳、西村 慎之介、東 信行
2. 発表標題 自己組織性コラーゲンペプチドによるナノ材料設計
3. 学会等名 第71回高分子討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 江本顕雄
2. 発表標題 光重合反応下での拡散を利用したオンデマンドのマイクロ流路デバイス作製技術における解像性能および流路断面形状の改良
3. 学会等名 第70回応用物理学会春季学術講演会 (Web会議)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 江本 顕雄
2. 発表標題 偏光素子による左右円偏光同時発生と分光計測応用
3. 学会等名 第70回応用物理学会春季学術講演会 (Web会議)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Kei Maruyama, Yu Tokizane, Akira Emoto
2. 発表標題 Optical birefringence arrangements using molecular diffusions under photopolymerization
3. 学会等名 13 th International Conference on Optics-photonics Design & Fabrication (Web会議) (国際学会) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 H. Suzuki, A. Emoto, N. Furuso, D. Koyama, M. Ishikawa
2. 発表標題 Ring-type gratings formed by periodic molecular alignments targeted for spectroscopic polarization measurements
3. 学会等名 12th International Conference on Optics-Photonics Design & Fabrication (ODF20) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 江本 顕雄
2. 発表標題 フォトポリマーの重合時交差拡散を利用したオンデマンドのマイクロ流路デバイス作製技術
3. 学会等名 第172回ラドテック研究会講演会 (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 丸山 慧, 江本 顕雄
2. 発表標題 フォトポリマーの重合時交差拡散に伴う分子配向拡散様式の調査
3. 学会等名 レーザー学会学術講演会第42回年次大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 江本 顕雄
2. 発表標題 屈折率異方性の空間的変調によって形成されたリング状回折格子を用いた近赤外領域の光学定数測定方法の提案
3. 学会等名 レーザー学会学術講演会第42回年次大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 T. Koga, T. Matsuoka, H. Motoda, Y. Morita, N. Higashi
2. 発表標題 Biomedical Applications of Injectable Hydrogels Self-assembled from Oligopeptide-Vinyl Polymer Hybrid Graft Copolymers
3. 学会等名 Materials Research Meeting (MRM) 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 古賀智之
2. 発表標題 アミノ酸やペプチドを基盤とするスマート高分子材料の開発
3. 学会等名 第70回高分子学会年次大会 (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 八木下 史敏, 星 恵太, 南川 慶二, 今田 泰嗣
2. 発表標題 累積二重結合のヨード環化反応を鍵としたフルベン骨格の構築
3. 学会等名 第37回有機合成化学セミナー
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 田原 晃生, 板家 將海, 田端 厚之, 長宗 秀明, 片山 哲郎, 古部 昭広, 南川 慶二, 今田 泰嗣, 八木下 史敏
2. 発表標題 イミダゾ[1,5-a]ピリジン三座配位子-ホウ素錯体の合成および構造と光物性評価
3. 学会等名 2021年光化学討論会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 星 恵太, 片山 哲郎, 古部 昭広, 南川 慶二, 今田 泰嗣, 八木下 史敏
2. 発表標題 テトラアリアル[3]クムレンの光二量体合成と発光特性評価
3. 学会等名 2021年光化学討論会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 江本顕雄、福田隆史
2. 発表標題 フォトポリマーの重合時交差拡散を利用したオンデマンドのマイクロ流路デバイス作製技術
3. 学会等名 第29回 ポリマー材料フォーラム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 鈴木 秀成、江本 顕雄、古荘 信義、小山 大介、石川 真志
2. 発表標題 分光と偏光を同時測定可能なリング型回折格子
3. 学会等名 第68回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 古賀 智之、元田 秀樹、東 信行
2. 発表標題 グラフト型ペプチド-ポリマー・ハイブリッドからなる形状記憶性ハイドロゲル
3. 学会等名 第69回高分子学会年次大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Tomoyuki Koga, Kotoha Tomimori, Hideki Motoda, Nobuyuki Higashi
2. 発表標題 Shape Memory Hydrogels from Thermo-responsive Amino Acid-derived Vinyl Polymers
3. 学会等名 30th Annual Meeting of MRS-J (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 江本顕雄, 福田隆史 (2章1節分担執筆)	4. 発行年 2022年
2. 出版社 オプトロニクス社	5. 総ページ数 400
3. 書名 超スマート社会ビジネスを拓く!光&イメージング・センサ技術資料集	

〔出願〕 計3件

産業財産権の名称 円二色性分光測定装置およびこれに用いる偏光素子	発明者 江本顕雄, 前川優貴, 木本匠	権利者 徳島大学
産業財産権の種類、番号 特許、特願2021-097787	出願年 2021年	国内・外国の別 国内

産業財産権の名称 偏光回折素子および偏光解析装置	発明者 江本顕雄, 鈴木秀成, 古荘信義	権利者 徳島大学, 林テレンプ(株)
産業財産権の種類、番号 特許、特願2022-002431	出願年 2022年	国内・外国の別 国内

産業財産権の名称 流路デバイス製造方法および流路パターン作成方法	発明者 江本顕雄, 鈴木滉, 木本匠	権利者 徳島大学
産業財産権の種類、番号 特許、特願2021-097786	出願年 2021年	国内・外国の別 国内

〔取得〕 計0件

〔その他〕

<p>偏光を利用した画像計測技術および偏光機能性素子の開発 (1) http://sensait.jp/19262/ 偏光を利用した画像計測技術および偏光機能性素子の開発 (2) http://sensait.jp/19264/</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	古賀 智之 (KOGA Tomoyuki) (10388043)	同志社大学・理工学部・教授 (34310)	
研究分担者	八木下 史敏 (YAGISHITA Fumitoshi) (80644624)	徳島大学・大学院社会産業理工学研究部(理工学域)・准教授 (16101)	

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