

都市環境学部

環境応用化学科

都市環境科学研究科

環境応用化学域

# 2020年度 アニュアルレポート



## 各研究室からの年次報告

川上研究室	.....	1
朝山研究室	.....	6
久保研究室	.....	8
瀬高研究室	.....	10
金村研究室	.....	12
梶原研究室	.....	14
高木研究室	.....	17
内山研究室	.....	21
宍戸研究室	.....	26
首藤研究室	.....	29

特定学術研究	.....	30
--------	-------	----

社会貢献	.....	32
------	-------	----

学位論文	.....	35
------	-------	----

応化コロキウム	.....	37
---------	-------	----

学科・学域プロモーション	.....	38
--------------	-------	----

大学院入試説明会

入学前教育

在籍学生数	.....	40
-------	-------	----

## 先端機能物質分野 川上研究室

教授 川上 浩良 准教授 山登 正文 准教授 佐藤 潔 准教授 田中 学

### ■ 構成員

川上 浩良(かわかみ ひろよし)教授/工学博士  
 高分子化学, 機能性高分子, 高分子電解質膜, ナノファイバー工学, バイオマテリアル, エピジェネティクス工学, フリーラジカル科学  
 9-638号室 TEL:042-677-1111 内線4972  
 kawakami-hiroyoshi@tmu.ac.jp

山登 正文(やまと まさふみ)准教授/博士(工学)  
 高分子科学, 磁気科学, 高分子分離膜  
 9-137 室 TEL: 042-677-1111 内線4837  
 yamato-masafumi@tmu.ac.jp

佐藤 潔(さとう きよし)准教授/博士(工学)  
 有機合成化学, 分子認識化学, 複素環化学, 構造有機化学, バイオマテリアル  
 9-349 室 TEL: 042-677-1111 内線4886  
 sato-kiyoshi@tmu.ac.jp

田中 学(たなか まなぶ)准教授/博士(工学)  
 高分子化学, エネルギー材料, 燃料電池, 二次電池, ナノファイバー, 高分子膜  
 9-639号室 TEL:042-677-1111 内線4586  
 tanaka-manabu@tmu.ac.jp

博士課程 3名  
 修士課程 19名  
 学部 4年 9名

### ■ 研究概要

#### 機能性分離膜に関する研究

川上浩良、山登正文

地球温暖化の原因とされる温室効果ガス等をその発生源で分離回収することは緊急に確立されるべき研究課題である。我々は含フッ素ポリイミドや固有微細孔性高分子(PIM)に表面修飾シリカナノ粒子を添加することで既存膜を上回る優れた二酸化炭素透過性、選択性が達成可能であることを報告してきた。

今年度は PIM で問題となっている経時変化をナノファイバーマットとの複合化により抑制できることを見出した。さらにナノファイバーマットを利用すると粒子分散性が改善し、膜の機械特性の改善にも成功した。

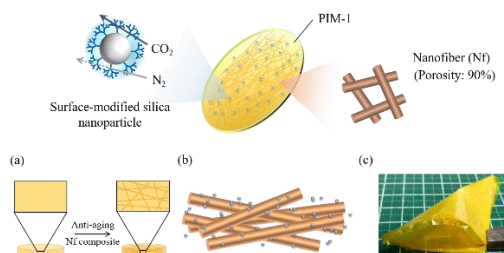


図 1. ナノファイバー/ナノ粒子/PIM-1 複合膜の開発

#### 高分子固体電解質膜に関する研究

川上浩良、田中学

固体高分子形燃料電池はクリーンで再生可能なエネルギーとして期待されており、その実用化・普及には、低コスト化および高温低湿条件での燃料電池作動が求められている。本研究室では、プロトン伝導性ナノファイバーに着目し、次世代型高分子電解質膜の研究を行っている。例えば、酸ドープ型ナノファイバーを基盤とする複合電解質膜は、低湿度での高いプロトン伝導性に加え、優れたガスバリア性と膜安定性を有し、従来材料を上回る優れた燃料電池発電特性を示すことを明らかにしている。

本年度は、スルホン化ポリマーと塩基性ポリマーのブレンドからなるナノファイバーを作製し、さらにホスホン酸基を共存させることでナノファイバー内部に効率的なプロトン伝導経路を構築し、低湿度におけるさらなるプロトン伝導性の向上を達成した。また、100℃以上の温度域でのプロトン伝導性やガスバリア性などを評価し、次世代燃料電池として求められる高温低加湿作動に向けた足掛かりを得た。

そのほか、水素製造を志向したアニオン交換膜を用いた水電解に関する研究にも着手した。

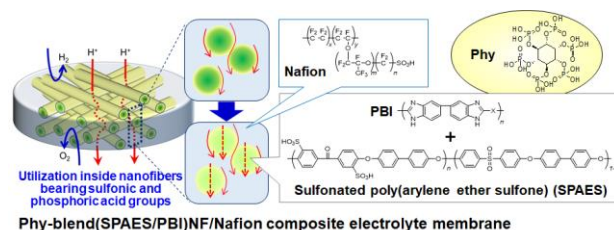


図 2. 新規プロトン伝導性ブレンドナノファイバー複合膜

#### ナノファイバーに関する研究

川上浩良、田中学

ナノファイバーは、ナノオーダーのファイバー径を有し、大きな比表面積とファイバーの配向による優れた機械的強度を示すことが知られている。我々はエレクトロスピニング法を用い、ポリマー種や作製条件の最適化により直径 50nm 以下のファイバーを作製すること、ナノファイバー単体の力学強度やイオン輸送特性を評価することに成功してきた。

本年度は、全固体二次電池応用を志向し、ナノファイバー複合電解質膜の開発に取り組んだ。大きな自発分極を有するポリフッ化ビニリデン-トリフルオロエチレンナノファイバーからなる複合電解質膜を作製した。新規ナノファイバー複合膜は、従来膜と比較して優れたリチウムイオン伝導性を示し、30℃程度の低温においても良好な二次電池特性を達成した。

そのほか、リチウム空気電池に関する研究も実施し、撥水性ナノファイバーを用いた電池特性の向上を明らかにした。

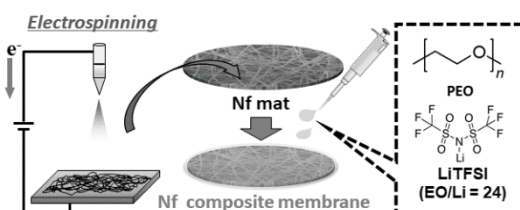


図 3. 全固体二次電池応用を志向したナノファイバー複合電解質膜の作製

## 多電子レドックス触媒に関する研究

川上浩良、佐藤潔

天然の金属酵素は、水中温和な条件下で多彩な化学反応を迅速に引き起こしている。天然の金属酵素の機能を人工的に模倣することは、薬剤応用可能な金属錯体の開発や、環境・エネルギー分野への応用が可能な触媒の開発に繋がる等、様々な分野への応用が期待できる。

本年度は、中心金属の異なる金属ポルフィリンの活性中心近傍に8個のフェノール性水酸基を配置した3種の錯体をプロトン共役型多電子 CO<sub>2</sub> 還元触媒として用い、これらの触媒で修飾した電極を作製して電気化学的 CO<sub>2</sub> 還元の触媒能を比較検討した。得られた修飾電極は、いずれも金属中心とフェノール性水酸基の協同的な還元作用による CO<sub>2</sub> 還元波が観測され、CO への選択的変換を回転リングディスク電極により確認した。環境・エネルギー分野において重要な CO<sub>2</sub> の電気化学的還元用触媒として、触媒活性と生成物選択性のさらなる向上を検討中である。

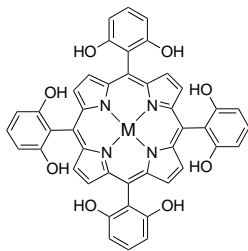


図 4. プロトン共役型多電子 CO<sub>2</sub> 還元触媒

## エピジェネティクス工学と細胞老化抑制に関する研究

川上浩良、佐藤潔

エピジェネティクスは DNA 塩基配列によらずに遺伝子発現を制御でき、その発現プロファイルは一度ゲノム上に書き込まれると安定して細胞分裂後も維持できるという特徴を有している。後天性疾患は、塩基配列の変化を伴わない後天的な遺伝子発現制御であるエピジェネティクス異常が強く関与していると考えられ、エピジェネティクスを人為的に制御できれば新しい治療法となり得る。

本年度は、複数薬剤の共送達による効果的なエピジェネティック制御を可能とするナノキャリアの開発を目指し、3種類のエピジェネティック薬剤を複合化したリポソームナノキャリアを合成して、がん細胞の上皮間葉転換に対する抑制効果を検討した。また、これらと平行して細胞老化の抑制を可能とするマイトファジー誘発リポソームナノキャリアの作用機序についても検討した。これらの新規バイオマテリアルは後天性疾患治療や再生医療への応用が期待される。

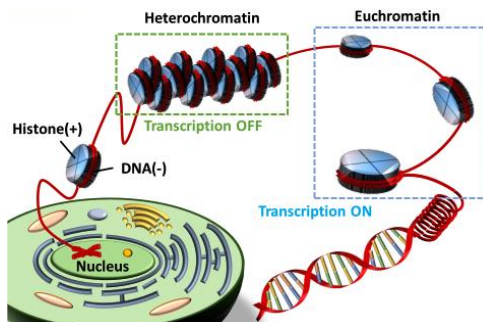


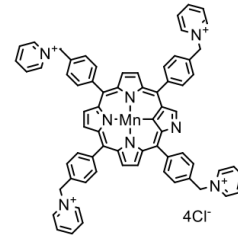
図 5 エピジェネティクスコントロールによる遺伝子発現制御

## 生体内フリーラジカル制御分子に関する研究

川上浩良、佐藤潔

生体内に存在するスーパーオキシドジスムターゼ(SOD)は細胞内で発生した活性酸素(ROS)(特に O<sub>2</sub><sup>-</sup>)を特異的に消去する生体防御系酵素として作用している。我々は SOD ミメティックカチオン性 Mn ポルフィリン錯体が優れた SOD 活性と ONOO<sup>-</sup> 消去活性に起因する高い抗酸化活性を示すことを明らかにしてきた。

本年度は、中心金属の高酸化状態を安定化する N-混乱ポルフィリン骨格を利用して、還元剤非存在下でも触媒的な ONOO<sup>-</sup> の不均化を可能にするカチオン性 N-混乱 Mn ポルフィリン錯体の細胞内 ONOO<sup>-</sup> 消去能を評価した。LPS で刺激したマクロファージ細胞に対して上記の N-混乱 Mn ポルフィリン錯体は、対応する Mn ポルフィリン錯体よりも高い ONOO<sup>-</sup> 消去能が認められた。



Mn N-confused porphyrin (MnNCP)

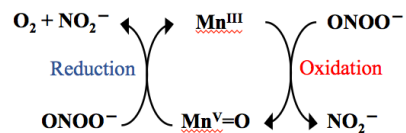


図 6 ONOO<sup>-</sup> 消去活性を有するカチオン性 N-混乱 Mn ポルフィリン

## 反磁性物質の磁気プロセスに関する研究

山登正文

多くの物質が示す反磁性の性質を利用して高次構造を巧みに制御し、材料の特性向上、新規機能発現を目指した研究を行っている。

今年度は磁場配向に利用しているナノシートの磁気特性や吸着特性について磁気複屈折測定や qNMR を用いて明らかにした。また、ナノシートが形成する液晶相をナノコンポジットゲルに固定化する方法について検討を行った。

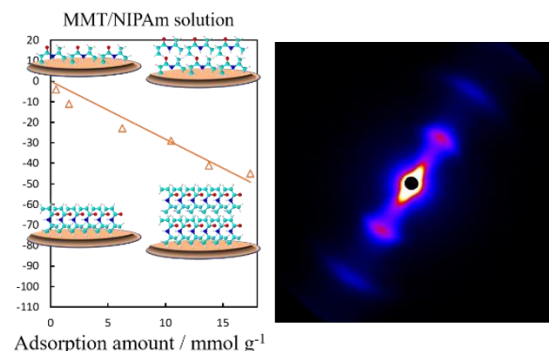


図 7 クレイへの有機分子の吸着の概略図(左)と液晶構造を有する NC ゲルの 2D-SAXS パターン(右)

## 査読付き論文

1. Takeru Wakiya, Manabu Tanaka, Hiroyoshi Kawakami, "Fabrication and electrolyte characterizations of nanofiber framework-based polymer composite membranes with continuous proton conductive pathways",



- Membranes*, **11**, 90, 1–11 (2021).
- Yuki Kudo, Hiroto Mikami, Manabu Tanaka, Tadayuki Isaji, Kazutoshi Odaka, Masafumi Yamato, Hiroyoshi Kawakami, "Mixed matrix membranes comprising a polymer of intrinsic microporosity loaded with surface-modified non-porous pearl-necklace nanoparticles", *Journal of Membrane Science*, **597**, 117627 (2020).
  - Manjit Singh Grewal, Manabu Tanaka, Hiroyoshi Kawakami, "Fabrication and characterizations of soft and flexible Poly(dimethylsiloxane)-incorporated network polymer electrolyte membranes", *Polymer* **186**, 122045 (2020).
  - Hiroto Mikami, Shiori Higashi, Takuya Muramoto, Manabu Tanaka, Masafumi Yamato, Hiroyoshi Kawakami "Gas permeable mixed matrix membranes composed of a polymer of intrinsic microporosity (PIM-1) and surface-modified pearl-necklace silica nanoparticles: Effect of expansion of nano-space on gas permeability", *Journal of Photopolymer Science and Technology*, **33**, 313–320 (2020).
  - Takushi Shimane, Tsukasa Watanabe, Nohara Yokota, Futoshi Matsumoto, Manabu Tanaka, Hiroyoshi Kawakami "Secondary battery performance of solid polymer electrolyte membranes based on lithium ion conductive polyimide nanofibers", *Journal of Photopolymer Science and Technology*, **33**, 321–325 (2020).
  - Masafumi Yamato, Tsunehisa Kimura, "Magnetic processing of diamagnetic materials", *Polymers*, **12**, 1491 (2020).
  - 田中学, 原田大輝, 西澤基貴, 清水萌里, 川上浩良, プロトン伝導性高分子ナノファイバーフレームワークからなる次世代燃料電池向け新規複合電解質膜の作製と評価, 第 69 回高分子学会年次大会(中止、発表成立), 2Pa059, 2020 年 5 月.
  - 田中学, 松田優, 落合美月, 佐々木愛華, 横田のはら, 川上浩良, 高分子ナノファイバーからなる複合電解質膜のリチウムイオン伝導特性と全固体電池応用, 第 69 回高分子学会年次大会(中止、発表成立), 2Pb060, 2020 年 5 月
  - 佐々木愛華, 田中学, 川上浩良 PVDF 共重合体ナノファイバーを複合した高分子電解質膜の全固体二次電池応用 日本膜学会第 42 年会(中止、発表成立), 2020 年 5 月
  - 東しおり, 山登正文, 川上浩良, 乾湿式相転換法を用いた粒子含有高分子膜の作製と気体透過特性, 日本膜学会第 42 年会(中止、発表成立), 2020 年 5 月.
  - 横田のはら, 田中学, 川上浩良, ナノファイバー複合高塩濃度電解質膜のリチウム伝導性評価, 日本膜学会第 42 年会(中止、発表成立), P-408 (2020 年 6 月)
  - 仲尾次隆史, 山登正文, 川上浩良, ナノコンポジットゲルの架橋構造へのクレイサイズ効果, 日本膜学会第 42 年会(中止、発表成立), P-44S (2020 年 5 月)
  - Nohara Yokota, Takushi Shimane, Tsukasa Watanabe, Manabu Tanaka, Hiroyoshi Kawakami, Secondary Battery Performance of Solid Polymer Electrolyte Membranes Based on Lithium Ion Conductive Polyimide Nanofibers, The 37th International Conference of Photopolymer Science and Technology(中止、発表成立), 2020 年 6 月
  - 佐々木愛華, 田中学, 川上浩良 PVDF-TrFE ナノファイバー複合電解質膜の作製と二次電池特性評価, 2020 年繊維学会年次大会(中止、発表成立), 2020 年 6 月
  - 佐々木愛華, 田中学, 川上浩良 高分子電解質膜における PVDF-TrFE ナノファイバー複合化によるイオン伝導性、二次電池特性の向上 2020 年繊維学会年次大会(中止、発表成立), 2020 年 5 月
  - 東しおり, 山登正文, 川上浩良, 表面修飾ナノ粒子含有非対称膜の作製と気体透過特性, 2020 年度繊維学会年次大会(中止、発表成立), 2P219 (2020 年 6 月)
  - 東しおり, 村本卓也, 田中学, 山登正文, 川上浩良, 表面修飾シリカナノ粒子を含有した PIM-1 複合膜の気体透過係数の温度依存性, 2020 年度繊維学会年次大会(中止、発表成立), 3E13 (2020 年 6 月)
  - 横田のはら, 田中学, 川上浩良, 高 Li 塩濃度系ナノファイバー複合電解質膜のイオン伝導特性評価, 2020 年度繊維学会年次大会(中止、発表成立), 3E04 (2020 年 6 月)
  - 横田のはら, 田中学, 川上浩良, Nylon11 ナノファイバー複合電解質膜のリチウムイオン伝導特性, 2020 年度繊維学会年次大会(中止、発表成立), 1P216 (2020 年 6 月)
  - 仲尾次隆史, 山登正文, 川上浩良, ナノコンポジットゲルの力学特性に与えるクレイサイズの影響, 2020 年度繊維学会年次大会(中止、発表成立), 2P266 (2020 年 6 月)
  - 芦葉恵介, 宮下穂乃美, 佐藤潔, 川上浩良, ヒト脂肪由来間葉系幹細胞における機能性ナノキャリアの細胞老化抑制効果, 第 41 回日本炎症・再生医学会(東京), P8-4 (2020 年 7 月)
  - 山登正文, 田中学, 川上浩良, 表面修飾ナノ粒子を含

#### ■学会発表

##### 【招待講演・依頼講演】

- 山登正文, 高分子の熱的・磁氣的性質, 2020 年度若手社員のための高分子基礎講座(オンライン開催), 2020 年 12 月
- 山登正文, 高分子の高次構造解析, 高分子のためのキャラクターゼーションセミナー2020(オンライン開催), 2020 年 12 月
- 田中学, "芳香族系高分子ナノファイバーの燃料電池応用" 第 28 回日本ポリイミド・芳香族系会議(桐生), 2020 年 12 月
- 川上浩良, イオン伝導性ナノファイバーフレームワークからなる固体電解質膜の電池特性, 高分子学会 無機高分子シンポジウム(オンライン開催), (2020 年 11 月)
- 川上浩良, 高分子電解質膜特性の Trade-off を打破れ-プロトンからリチウムイオン輸送まで-, 高分子学会 水素・燃料電池材料研究会(オンライン開催), (2021 年 1 月)
- 川上浩良, 細胞老化を制御するナノキャリア, Cosme Tech 2021 YOKYO (2021 年 1 月)

##### 【国内発表・国際会議】

- 山登正文, 村本卓也, 田中学, 川上浩良, PIM-1 と表面修飾パールネックレスナノ粒子からなる複合膜の気体透過特性, 第 69 回高分子学会年次大会(中止、発表成立), 2020 年 5 月.
- 山登正文, 小峰一将, 宮崎貴大, 仲尾次隆史, 川上浩良, ナノコンポジットゲルの力学特性に与えるクレイの種類および大きさの影響, 第 69 回高分子学会年次大会(中止、発表成立), 2020 年 5 月
- 田中学, 原田大輝, 西澤基貴, 清水萌里, 川上浩良, プロトン伝導性高分子ナノファイバーフレームワークからなる次世代燃料電池向け新規複合電解質膜の作製と評価, 第 69 回高分子学会年次大会(中止、発表成立), 2Pa059, 2020 年 5 月.
- 田中学, 松田優, 落合美月, 佐々木愛華, 横田のはら, 川上浩良, 高分子ナノファイバーからなる複合電解質膜のリチウムイオン伝導特性と全固体電池応用, 第 69 回高分子学会年次大会(中止、発表成立), 2Pb060, 2020 年 5 月
- 佐々木愛華, 田中学, 川上浩良 PVDF 共重合体ナノファイバーを複合した高分子電解質膜の全固体二次電池応用 日本膜学会第 42 年会(中止、発表成立), 2020 年 5 月
- 東しおり, 山登正文, 川上浩良, 乾湿式相転換法を用いた粒子含有高分子膜の作製と気体透過特性, 日本膜学会第 42 年会(中止、発表成立), 2020 年 5 月.
- 横田のはら, 田中学, 川上浩良, ナノファイバー複合高塩濃度電解質膜のリチウム伝導性評価, 日本膜学会第 42 年会(中止、発表成立), P-408 (2020 年 6 月)
- 仲尾次隆史, 山登正文, 川上浩良, ナノコンポジットゲルの架橋構造へのクレイサイズ効果, 日本膜学会第 42 年会(中止、発表成立), P-44S (2020 年 5 月)
- Nohara Yokota, Takushi Shimane, Tsukasa Watanabe, Manabu Tanaka, Hiroyoshi Kawakami, Secondary Battery Performance of Solid Polymer Electrolyte Membranes Based on Lithium Ion Conductive Polyimide Nanofibers, The 37th International Conference of Photopolymer Science and Technology(中止、発表成立), 2020 年 6 月
- 佐々木愛華, 田中学, 川上浩良 PVDF-TrFE ナノファイバー複合電解質膜の作製と二次電池特性評価, 2020 年繊維学会年次大会(中止、発表成立), 2020 年 6 月
- 佐々木愛華, 田中学, 川上浩良 高分子電解質膜における PVDF-TrFE ナノファイバー複合化によるイオン伝導性、二次電池特性の向上 2020 年繊維学会年次大会(中止、発表成立), 2020 年 5 月
- 東しおり, 山登正文, 川上浩良, 表面修飾ナノ粒子含有非対称膜の作製と気体透過特性, 2020 年度繊維学会年次大会(中止、発表成立), 2P219 (2020 年 6 月)
- 東しおり, 村本卓也, 田中学, 山登正文, 川上浩良, 表面修飾シリカナノ粒子を含有した PIM-1 複合膜の気体透過係数の温度依存性, 2020 年度繊維学会年次大会(中止、発表成立), 3E13 (2020 年 6 月)
- 横田のはら, 田中学, 川上浩良, 高 Li 塩濃度系ナノファイバー複合電解質膜のイオン伝導特性評価, 2020 年度繊維学会年次大会(中止、発表成立), 3E04 (2020 年 6 月)
- 横田のはら, 田中学, 川上浩良, Nylon11 ナノファイバー複合電解質膜のリチウムイオン伝導特性, 2020 年度繊維学会年次大会(中止、発表成立), 1P216 (2020 年 6 月)
- 仲尾次隆史, 山登正文, 川上浩良, ナノコンポジットゲルの力学特性に与えるクレイサイズの影響, 2020 年度繊維学会年次大会(中止、発表成立), 2P266 (2020 年 6 月)
- 芦葉恵介, 宮下穂乃美, 佐藤潔, 川上浩良, ヒト脂肪由来間葉系幹細胞における機能性ナノキャリアの細胞老化抑制効果, 第 41 回日本炎症・再生医学会(東京), P8-4 (2020 年 7 月)
- 山登正文, 田中学, 川上浩良, 表面修飾ナノ粒子を含

- 有した高気体透過分離膜の開発とその評価, 第 69 回高分子討論会 (オンライン開催), 2020 年 9 月.
19. 田中学, 西澤基貴, 松田優, 落合美月, 川上浩良, 水素エネルギーの利用拡大に寄与するイオン伝導性高分子ナノファイバーの電池応用, 第 69 回高分子討論会 (オンライン開催), 2M05, 2020 年 9 月
  20. 山登正文, 田中学, 川上浩良, 表面修飾ナノ粒子を含有した高分子複合膜の気体透過特性: 気体透過機構についての考察, 化学工学会第 51 回秋季大会 (オンライン開催), 2020 年 9 月
  21. 東しおり, 山登正文, 川上浩良, 粒子含有気体分離非対称膜の作製: 乾湿式相転換法におけるスキン層での粒子凝集抑制, 化学工学会第 51 回秋季大会 (オンライン開催), PA344 (2020 年 9 月)
  22. 久保田浩, 川下宜郎, 和田真, 川上浩良, 燃費向上を可能とする超高透過性ガス分離膜を用いた N<sub>2</sub> 富化リーン燃焼エンジンシステムの研究, 化学工学会第 51 回秋季大会 (オンライン開催), (2020 年 9 月)
  23. 三浦颯真, 南有志, 三橋理紗, 窪田陸, 佐藤潔, 川上浩良, カチオン性 Mn N-混乱ポルフィリンの細胞内抗酸化能評価, 錯体化学会第 70 回討論会 (オンライン開催), 3PF-01 (2020 年 9 月)
  24. 仲尾次隆史, 宮崎貴大, 山登正文, 川上浩良, ナノコンポジットヒドロゲルの力学特性および磁気複屈折に与えるクレイサイズ効果, 第 81 回応用物理学会秋季学術講演会 (オンライン開催), 8a-Z10-7 (2020 年 9 月)
  25. 今井綾乃, 山登正文, 川上浩良, 表面修飾シリカナノ粒子及びナノファイバーを導入した三元高分子複合膜の作製, 膜シンポジウム 2020 (オンライン開催), E-105, (2020 年 11 月)
  26. 落合美月, 田中学, 川上浩良, 高分子ナノファイバー複合電解質膜を用いたリチウムイオン二次電池のデンドライト成長抑制効果および電池特性評価, 膜シンポジウム 2020 (オンライン開催) 2020 年 11 月
  27. 西澤基貴, 田中学, 川上浩良, ポリビニルホスホン酸含有ナノファイバー複合膜の作製と燃料電池特性評価, 膜シンポジウム 2020 (オンライン開催), E-207 (2020 年 11 月)
  28. 松田優, 田中学, 川上浩良, 極性基を有するナノファイバーを複合化した高分子電解質膜のイオン伝導特性膜シンポジウム 2020 (オンライン開催) 2020 年 11 月
  29. 宮下穂乃美, 芦葉恵介, 佐藤潔, 川上浩良, 機能性ナノキャリアによるヒト脂肪由来間葉系幹細胞の老化抑制, 第 58 回日本人工臓器学会 (高知), P186 (2020 年 11 月)
  30. Kazuma Komine, Masafumi Yamato, Hiroyoshi Kawakami, and Noriyuki Hirota, Mechanical properties of clay-polymer network gel prepared in magnetic fields., 3rd G'Lowing Polymer Symposium in KANTO (GPS-K 2020), (Online), B01, November 2020.
  31. Takeru Yamazaki, Kohei Arima, Riku Kubota, Kiyoshi Sato, Hiroyoshi Kawakami, a novel application of polymer-lipid nanoparticles to inhibition of cancer epithelial-to-mesenchymal transition, 3rd G'Lowing Polymer Symposium in KANTO (On-line), C22, (November, 2020)
  32. 佐々木愛華, 落合美月, 田中学, 川上浩良, リチウム塩添加高分子ナノファイバー複合電解質膜のイオン伝導性と二次電池特性評価 3F14 第 61 回電池討論会 (オンライン開催) 2020 年 11 月
  33. 小峰一将, 山登正文, 川上浩良, 廣田憲之, 磁場内調製 NC ゲルの網目構造解析, 応用物理学会 磁気科学研究会 第 9 回講演会, (オンライン開催), P-8A, (2020 年 12 月)
  34. 仲尾次隆史, 山登正文, 川上浩良, 異種無機ナノシート混合による液晶構造制御とナノコンポジットゲルへの応用, 応用物理学会 磁気科学研究会 第 9 回講演会 2020 (オンライン開催), P3-A (2020 年 12 月)
  35. 藤井暖陽, 山登正文, 川上浩良, 有機-無機複合膜における無機ナノ粒子の配向制御, 応用物理学会 磁気科学研究会 第 9 回講演会 (2020 年 12 月)
  36. 大城戸優衣, 山崎健, 宮下穂乃美, 西村春香, 芦葉恵介, 美野晃輝, 佐藤潔, 川上浩良, マイトファジーの誘導による老化細胞の老化抑制, 第 43 回日本分子生物学会 (オンライン開催) (2020 年 12 月)
  37. 芦葉恵介, 大城戸優衣, 西村春香, 美野晃輝, 山崎健, 宮下穂乃美, 佐藤潔, 川上浩良, 加齢関連疾患抑制を目指したマイトファジー誘導ナノキャリアの細胞老化抑制効果, 第 20 回日本再生医療学会総会 (オンライン開催), a90042 (2021 年 3 月)
  38. 芦葉恵介, 山崎健, 宮下穂乃美, 佐藤潔, 川上浩良, マイトファジー誘導ナノキャリアによる幹細胞老化抑制効果, 第 20 回日本再生医療学会総会 (オンライン開催), a90043 (2021 年 3 月)
  39. 横田のはら, 田中学, 川上浩良, Nylon11 ナノファイバーを基盤とした高塩濃度固体高分子電解質のリチウム伝導特性, 電気化学会第 88 回大会, 2H04 (2021 年 3 月)
  40. 小峰一将, 山登正文, 川上浩良, 廣田憲之, 異なる網目構造を有するクレイ/高分子ネットワークゲルの作製, 第 68 回応用物理学会春季学術講演会 (オンライン開催), 16a-Z19-6 (2021 年 3 月)
- 特許
1. 特開 2020-76024, 2次電池用の電解質, 川上浩良, 田中学, マンジット シン グレワル (2020. 5. 21 公開)
  2. 特開 2020-82002, 多電子酸化還元触媒, 川上浩良, 窪田陸, 青山友和 (2020. 6. 4 公開)
- 著書・総説・解説・報告書
1. 山登正文, 川上浩良, フロンティア機能高分子金属錯体 (5章3節高分子錯体を基盤とする分離膜), 三共出版, 490-508 (2020).
  2. 田中学, 川上浩良 “水素エネルギー社会の実現に貢献する化学” 化学と教育, 68, 384-387 (2020).
  3. 川上浩良, 大学入試研究の動向, シーエムシー出版, 大学入試センター, 179-191 (2020).
  4. 川上浩良, エレクトロスプレー/スピニング法とその応用, シーエムシー出版, 210-217 (2020).
- 受賞
1. 日本磁気科学会 2020 年優秀学術賞, 山登正文, “磁気プロセスを用いた高分子材料制御に関する研究“
- 国内外の大学・行政機関との連携を行った教育
1. 国立成育医療研究センター(派遣学生)1名
  2. 東京大学(派遣学生)1名
- 先端的・学際的な研究の推進
- 研究概要で記載した 7 テーマは全て先端的研究にあたり、高分子材料に関する新しい基礎的知見の発見と、その知見

を基にした実デバイスや医療材料への応用を目指して研究を進めている。分離膜研究、電池材料デバイス研究においては、各種企業、東京大学(杵淵研)、都立大(金村研)などと共同研究を進めており、実用化を視野に入れ研究を推進している。一方、医用系材料では国立成育医療研究センター、京都府立大学、大阪市立大学医学部、日本バイオセラピー研究所などと共同研究を実施しており、本学では実験が困難であるヒト幹細胞、ヒト免疫細胞、動物実験等を進めている。

先端機能物質分野 朝山研究室

准教授 朝山 章一郎

■構成員

朝山 章一郎(あさやま しょういちろう)准教授/博士(工学)  
 生体材料化学(バイオマテリアル), ドラッグデリバリーシステム, 医用高分子, 生体分子工学, 生化学  
 9-651号室 TEL:042-677-1111 内線4976  
 asayama-shoichiro@tmu.ac.jp

修士課程 8名  
 学部 4年 3名

■研究概要

人類の健康を維持し生活の質(QOL)を向上させるバイオマテリアル(生体機能材料)を創製している。バイオマテリアル研究の中で、主に、先端かつ均質医療を実現するドラッグデリバリーシステム(DDS)の確立を目指す研究を推進している。具体的な研究内容を以下に記す。

1. 核酸(pDNA, 各種 RNA)デリバリーシステム

朝山章一郎

水溶性(液相系)のバイオマテリアルである DDS 材料として、広義の医薬である核酸を、未だ治療法の無い疾患に適應させ、治療を実現する新規キャリア材料を合成してきた。近年、遺伝子としてのプラスミド DNA(pDNA)を、微小に凝縮させ、生体個体内の未到達空間への送達を目指し、独自概念のモノイオンコンプレックス(MIC)(図1)を実現してきた。

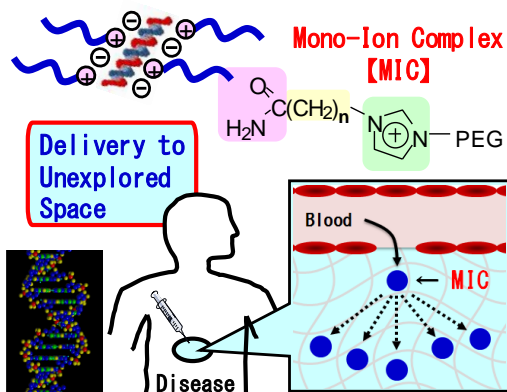


図1 微小遺伝子凝縮体による生体個体内未到達空間へのデリバリー

本年度は、pDNA のリン酸ジエステル結合と塩橋を形成すると考えられる Guanidinium 末端修飾 PEG (Gu-PEG) を合成し、MIC を形成させた。その際、MIC 形成の更なる効率化を目指し、加熱処理を施した。その結果、約 20nm 程度の微小粒子径の MIC (hMIC) が得られると共に、生理塩濃度、および血清中での MIC の安定性を向上させることに成功した。得られた hMIC は、マウス骨格筋 (*in vivo*) 局所投与での遺伝子発現能を保っていたため、静脈投与系での乏血管難治がん治療への展開が期待できる。

2. 生理活性物質(Zn<sup>2+</sup>, タンパク質)デリバリーシステム:

朝山章一郎

DDS キャリアである高分子自体に根治治療効果を付与するべく、外部刺激に応答してその構造や機能を変化させるインテリジェント材料として、pH 応答性ポリビニルイミダゾール (PVIIm) 誘導体を合成してきた。近年、PVIIm 誘導体を用いて、生理活性亜鉛 (Zn<sup>2+</sup>) を肝臓へ送達することによる血糖降下ホルモンの遠隔操作を目指してきた(図2)。

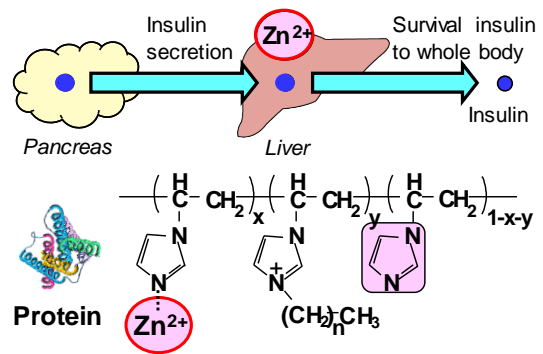


図2 血統降下ホルモン血中濃度の遠隔操作

本年度は、Zn<sup>2+</sup> と pDNA の肝臓への特異的共送達を目指し、肝細胞認識性糖鎖(β-ガラクトース)修飾 PVIIm (PVIIm-Pr-Lac) と Zn<sup>2+</sup>、および、pDNA との複合体を調製した。得られた Zn<sup>2+</sup>/PVIIm-Pr-Lac/pDNA 複合体は、β-ガラクトースを認識するアシアロ糖タンパク質レセプターを有するヒト肝臓由来細胞株 (HepG2) 特異的に、Zn<sup>2+</sup> と pDNA を送達させ、HepG2 細胞表面上のインスリンレセプターの内在化を抑制することに成功した。

3. 機能性表面を有するバイオマテリアル

朝山章一郎

非水溶性(固相系)バイオマテリアルとして、体内埋め込み型や体外循環型の医療機器への適應を念頭に、近年、生体適合性 DDS キャリア材料であるコレステロール末端修飾ポリエチレングリコール (Chol-PEG) を固相表面修飾へ展開してきた(図3)。

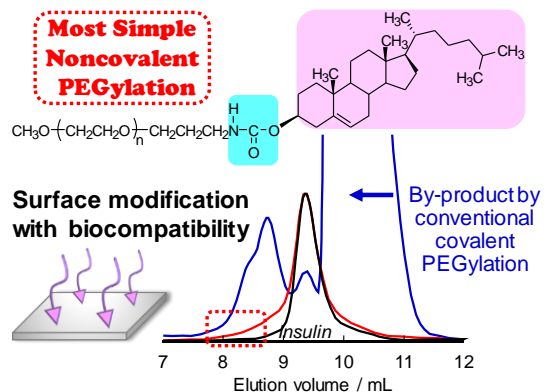


図3 Chol-PEG を用いた新奇な生体機能の開拓



本年度は、Chol-PEG を参考に、生体適合性バイオマテリアルの新たな分子設計を試み、カルボキシメチル化ポリビニルイミダゾール(CM-PVIm)に部分的にコレステロール残基を導入(CM-PVIm-Chol)し、ポリプロピレン(PP)表面との疎水性相互作用により、バイオイナート表面の構築を試みた。導入する疎水基としてオクチル基や、PP 表面へのコーティング濃度を検討した結果、高濃度の CM-PVIm-Chol 溶液を用いた場合、洗浄によるコーティング安定、および、免疫に係るタンパク質であるグロブリンの吸着抑制、を明らかにし、生体適合性を有するバイオイナート表面の構築に成功した。

#### ■査読付き論文

1. Yuya Sone, Masayuki Nogawa, Shoichiro Asayama, Designing a bioinert surface y simple coating with cholesterol end-modified poly(ethylene glycol), *Langmuir*, 36, 12045–12052 (2020).
2. Amika Mori, Yuki Kobayashi, Kei Nirasawa, Yoichi Negishi, Shoichiro Asayama, Structure-activity relationship of mono-ion complexes for plasmid DNA delivery by muscular injection, *Pharmaceutics*, 13,78–88 (2021).
3. Yuki Kobayashi, Kei Nirasawa, Yoichi Negishi, Shoichiro Asayama,, Noncorrelative relation between *in vitro* and *in vivo* for plasmid DNA transfection by succinylated polyethylene-imine muscular injection, *Journal of Biomaterials Science, Polymer Edition*, 32, 405–416 (2021).

#### ■学会発表

1. 曾根祐哉, 朝山章一郎, コレステロール末端修飾 PEG コーティングによるバイオイナート表面構築, 第 69 回高分子学会年次大会(学会中止:発表成立), *Polymer Preprints, Japan* Vol. 69, No. 1, 3G16 (2020 年 5 月)
2. 森愛美香, 小林祐貴, 葦沢 慧, 根岸洋一, 朝山章一郎, モノ/ジカチオン性 PEG の合成と *in vivo* pDNA デリバリーにおける構造活性相関, 第 49 回医用高分子シンポジウム(発表申込後要旨提出前中止:発表不成立:参考記載), (2020 年 5 月 1 日中止決定)
3. 横山正真, 朝山章一郎, インスリン肝分解抑制を目指した肝実質細胞認識性糖鎖修飾 Zn ポルフィリン錯体による Zn<sup>2+</sup> 送達, 第 36 回日本 DDS 学会学術集会(オンライン&神戸学院大学), プログラム予稿集, p.135 (2020 年 8 月)
4. 森愛美香, 小林祐貴, 葦沢 慧, 根岸洋一, 朝山章一郎, モノ/ジカチオン性 PEG による *in vivo* 局所 pDNA 発現向上, 第 36 回日本 DDS 学会学術集会(オンライン&神戸学院大学), プログラム予稿集, p.146 (2020 年 8 月)
5. 小林祐貴, 葦沢 慧, 根岸洋一, 朝山章一郎, マウス筋注における pDNA 複合体の形状と送達効率との相関解析, 第 36 回日本 DDS 学会学術集会(オンライン&神戸学院大学), プログラム予稿集, p.193 (2020 年 8 月)
6. 朝山章一郎, 曾根祐哉, 分子量の異なるコレステロール末端修飾 PEG コーティングによるバイオイナート表面構築, 第 69 回高分子討論会(オンライン), *Polymer Preprints, Japan*, Vol. 69, No.2, 1S16 (2020 年 9 月)(依頼発表)
7. 朝山章一郎, 森愛美香, 葦沢 慧, 小林祐貴, 根岸洋一, モノ/ジカチオン性 PEG による高密度凝縮 pDNA の調製と *in vivo* デリバリー, 第 69 回高分子討論会(オンライン), *Polymer Preprints, Japan*, Vol. 69, No.2, 3U10 (2020 年 9 月)(依頼発表)

#### ■著書・総説・解説、報告書

1. 朝山章一郎, 次世代高機能材料の動向(6)~バイオ機能材料~, *Yano E plus*, pp.31–34, 2020 年 8 月号(No.149), 株式会社 矢野経済研究所 発行

#### ■国内外の大学・行政機関との連携を行った教育

1. 東京薬科大学薬学部薬物送達学教室(派遣学生)2 名
2. 慶應義塾大学医学部・日本赤十字社(派遣院生)1 名
3. 公益財団法人国際科学振興財団再生医工学バイオマテリアル研究所(連携学生)1 名

#### ■先端的・学際的な研究の推進

研究概要で記載した人類の QOL を向上させるバイオマテリアルの 3 テーマは、DDS をはじめ、全て先端的研究にあたり、生化学、有機化学、高分子化学、分子細胞生物学、薬学、医学を融合した学際研究である。東京薬科大学薬学部とは動物実験、慶應義塾大学医学部(日本赤十字社)とは実血液サンプル、再生医工学バイオマテリアル研究所とは細胞認識性バイオマテリアルに関する共同研究を実施している。

先端物質デザイン分野 久保研究室

教授 久保由治 助教 西藪隆平(途中退職)

■構成員

久保由治 (くぼゆうじ) 教授 / 工学博士  
有機合成化学, 超分子化学, 機能性色素  
9-448 室 TEL:042-677-3134 yujik@tmu.ac.jp

西藪隆平 (にしやぶりゆうへい) 助教 / 工学博士  
超分子化学, 有機合成化学, 材料化学

博士前期課程: 14 名  
学部 4 年 3 名

■研究概要

1. 光エネルギーを用いて水から水素を製造するための色素増感型光触媒の合成 久保由治

低炭素社会の実現にむけた取り組みのひとつとして、太陽光エネルギーを用いて水から水素を製造するための色素増感型光触媒の合成をおこなっている。特に、資源の枯渇が懸念される貴金属に頼らないメタルフリー色素の合成に取り組んでおり、優れた光吸収特性および安定性を持つジピロメテンホウ素錯体(BODIPY)を基本骨格に採用した色素増感剤を組み込んだ水素発生型光触媒を開発・評価した。



図 1. 光エネルギーを用いて水から水素を製造するための色素増感型光触媒。

2. 太陽光の高効率利用を指向したフォトンアップコンバージョンの構築 久保由治

三重項-三重項消滅に基づくフォトンアップコンバージョン (TTA-UC) は低強度で非コヒーレントな励起光でも達成されることから、既存の太陽電池や光触媒の高効率化を可能にする技術として期待されている。本研究では、TTA-UC 系における三重項光増感剤として機能する一連の含セレンウム BOPHY 誘導体を合成し、化合物の構造および光化学特性と増感特性との相関を明らかにした。

Arylselanyl-substituted triplet sensitizers

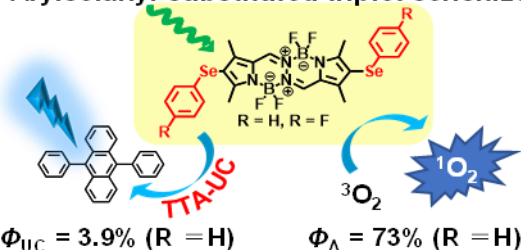


図 2. BOPHY 型増感色素の合成と TTA-UC への応用。

3. 光電変換素子用色素の開発 久保由治

近赤外線吸収色素は、光エレクトロニクスやバイオプローブなどへの適用が期待されている。われわれは、化学安定性に優れた BODIPY に着目し、分子内 B,O 架橋に基づく長波長化を通じて有機エレクトロニクス分野への応用を検討している。今回、非対称型 BODIPY 類を新規に合成して、その構造と光物理特性を評価し、デバイス化をおこなった。

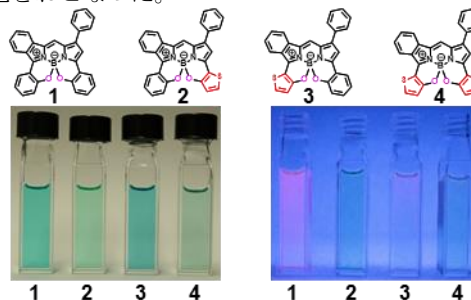


図 3. 種々の非対称型 BODIPY 色素。

4. 有機室温燐光材料の開発 久保由治

残光現象など、蛍光にはない特性を有する燐光材料は非表示材料としてのユニークな性質が期待される。しかしながら、その開発は容易ではない。本研究では、ボロン酸の動的共有結合性を勘案して、チオフェンボロン酸誘導体をポリビニルアルコール にドープしたところ、室温燐光を発現した。さらに相補発光をもつ燐光色素を協働させ、多色残光をとり出すことに成功した。

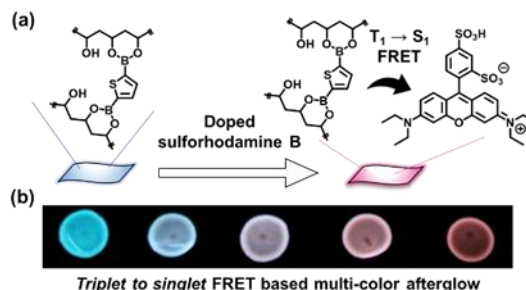
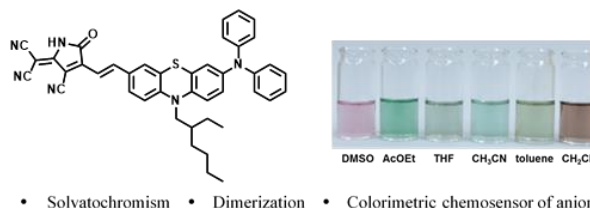


図 4. T<sub>1</sub> → S<sub>1</sub> FRET 型マルチカラー残光の発現。

5. 環境応答型色素の合成 久保由治

分子内電荷移動型の π 共役分子は、マイクロ環境場の変化や化学刺激に敏感に反応して光学特性が変化する。本研究では、化学刺激応答性トリシアピロリン (TCP) 部位をもつ色素を新規に合成し、比色アニオン化学センサーなどの機能を明らかにした。



• Solvatochromism • Dimerization • Colorimetric chemosensor of anion

図 5. TCP 誘導型色素とその溶媒応答性。

## ■査読付き論文

1. R. Hasegawa, S. Iwakiri, and Y. Kubo, Synthesis and triplet sensitization of bis(arylselanyl)BOPHYs; potential application in triplet-triplet annihilation upconversion, *New J. Chem.*, 2021, accepted, DOI: 10.1039/D1NJ00721A
2. M. Kanakubo, Y. Yamamoto, and Y. Kubo, Room-temperature phosphorescence of thiophene boronate ester-cross linked polyvinyl alcohol; a triplet-to-singlet FRET-induced multi-color afterglow luminescence with Sulforhodamine B, *Bull. Chem. Soc. Jpn.*, accepted, DOI:10.1246/bcsj.20210004
3. Y. Kubo, T. Nozawa, K. Maeda, and Y. Hashimoto, Asymmetrical benzo[*a*]-fused  $N_2O_2$ -boron-chelated BODIPYs as red to near-infrared absorbing chromophores: Synthesis, characteristics and device applications for optoelectronics, *Mater. Adv.*, **2021**, 2, 1059-1071. DOI: 10.1039/D0MA00910E
4. T. Arai and Y. Kubo, Chemical stimulus-responsive tricyanopyrroline-based ICT chromophore as a potential environment-sensitive probe, *Dyes Pigm.*, **2021**, 108927. DOI: 10.1016/j.dyepig.2020.108927
5. Y. Sasaki, S. Kojima, V. Hamedpour, R. Kubota, S. Takizawa, I. Yoshikawa, H. Houjou, Y. Kubo, and T. Minami, Accurate chiral pattern recognition for amines, albeit a single chemosensor. *Chem. Sci.*, **2020**, 11, 3790-3796 DOI: 10.1039/D0SC00194E

## ■学会発表

### 【国内発表】

1. 室温燐光特性をもつチオフェンボロネート類の機能化、O-03、金久保仁志・久保由治、第 47 回有機典型元素化学討論会(オンライン)、2020 年 12 月 3 日。
2. FRET 型残光特性をもつボロネート超分子、P-12、古賀歩実・久保由治、第 47 回有機典型元素化学討論会(オンライン)、2020 年 12 月 4 日。
3. 室温燐光特性をもつチオフェンボロネート架橋型ポリビニルアルコールの機能化、A09-1vn-01、山本 雄葵、金久保仁志、久保 由治、日本化学会第 101 春季年会(2021) (オンライン)、2021 年 3 月 19 日。
4. 非対称ベンゾ[*a*]縮環型  $N_2O_2$ -BODIPY の合成と物性、A18-2pm-15、高村 悠、野澤 俊樹、久保 由治、前田 健太郎、橋本 雄太、日本化学会第 101 春季年会(2021) (オンライン)、2021 年 3 月 20 日。
5. 水素発生型光触媒用増感剤としてのベンゾフラン縮環型 BODIPY、A18-3am-01、井 拓朗、牧野 航、久保 由治、日本化学会第 101 春季年会(2021) (オンライン)、2021 年 3 月 21 日。
6. ボロン酸含有シアノステルベン類の合成と可視化不斉認識、A09-3vn-08、茂呂 采奈、小島 奏也、久保 由治、日

本化学会第 101 春季年会(2021) (オンライン)、2021 年 3 月 21 日。

7. 三重項-三重項消滅型アップコンバージョン増感剤としてのアリアルセラニル置換 BOPHY、A17-4am-11、日本化学会第 101 春季年会(2021) (オンライン)、2021 年 3 月 22 日。
8. ローダミン担持ボロネート粒子の FRET 型残光特性、A09-4pm-02、古賀 歩実、久保 由治、日本化学会第 101 春季年会(2021) (オンライン)、2021 年 3 月 22 日。

## 【国際会議】

1. Emissive boronate supramolecules; preparation and functionalization, Yuji Kubo, Keynote Speaker, International Conference on Chemistry and Science Education (ICChSE 2020), cancelled.

## ■特許

1. 特願 2020-131624、組成物及びその製造方法、西藪隆平、久保由治。
2. 特願 2020-007212、ホウ素キレート化合物、近赤外光吸収材料、薄膜及び有機エレクトロニクスデバイス、久保 由治、前田 健太郎、橋本 雄太、貞光 雄一。

## ■著書・総説・解説、報告書

1. 機能性色素に基づく超分子センサーの開発、久保由治、未来を拓く多彩な色素材料(CSJ カレントレビュー)、分担執筆。
2. 2020 年を振り返る、久保由治、公益財団法人 山田科学振興財団「財団ニュース」。

## ■受賞

1. 古賀歩実、第 47 回有機典型元素化学討論会ポスター賞、2020 年 12 月 5 日。

## ■国内外の大学・行政機関との連携を行った教育

- 久保由治
1. エーゲ大学太陽エネルギー研究所(トルコ共和国)との部局間国際交流協定

## ■先端的・学際的な研究の推進

- 久保由治
1. エーゲ大学太陽エネルギー研究所(トルコ共和国)との共同研究
2. ボーリンググリーン州立大学(米国)の共同研究
3. 東京大学生産技術研究所との共同研究(東京大学生産技術研究所リサーチフェロー)

先端物質デザイン分野 瀬高研究室

教授 瀬高 渉 助教 稲垣 佑亮

■ 構成員

瀬高 渉 (せたか わたる) 教授 / 博士(理学)  
 物理有機化学、機能分子化学  
 9-542 室 TEL: 042-677-1111 内線 4955  
 wsetaka@tmu.ac.jp

稲垣 佑亮 (いながき ゆうすけ) 助教 / 博士(理学)  
 有機典型元素化学、機能分子化学  
 9-545 室 TEL: 042-677-1111 内線 4957  
 yinagaki@tmu.ac.jp

博士前期課程 7 名  
 学部 4 年生 6 名

■ 研究概要

環境負荷が小さいケイ素を組み込んだ新規な分子の設計、合成、および機能性評価についての実験研究を通して、持続可能な低炭素社会を実現する新しいファインケミカルの開発原理の確立を目指す研究を進めている。

1. 分子機械としての  $\pi$ 電子系が回転する分子ジャイロコマ

瀬高 渉、稲垣 佑亮

分子のメカニカルな運動を機能利用する研究が分子機械研究として注目されている。当研究室では、カゴ型分子骨格の内部に有機  $\pi$ 電子系が架橋した分子を、構造の類似性から分子ジャイロコマとして設計した。実際に合成し、 $\pi$ 電子系の溶液および固体中における回転運動の観察とこれに伴う複屈折性や誘電性など機能性を研究している。

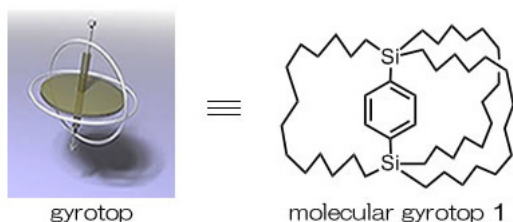


図 1. 分子ジャイロコマの分子構造

本年度は、以下の系について論文発表した。

1,2-ジフルオロベンゼンを回転子とした分子ジャイロコマを双極子ローターを持つ結晶性分子ジャイロコマとして合成した(図2)。結晶中におけるジフルオロベンゼン環の回転運動は、重水素標識した化合物の固体重水素 NMR と誘電緩和スペクトルにより観察した。その結果、かごを構成する3つのアルキル鎖が C14 で囲まれた化合物は、2つの安定配向サイトの間をベンゼン環が高速に運動している様子が観察されたが、C18 鎖からなる化合物は、結晶状態ではベンゼン環の回転ダイナミクスが観察されなかった。対応する母体ベンゼン架橋体は、どちらの鎖でも容易な回転運動を示すため、フッ素置換体における分子運動の違いは顕著である。このことについて、フッ素と水素の立体障害の点から考察した。(論文#1)。

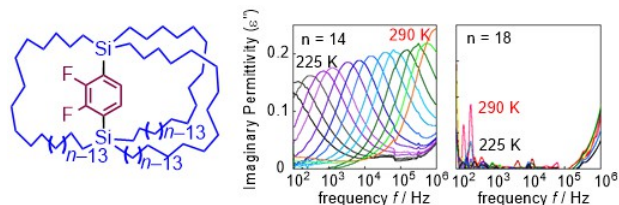


図 2. ジフルオロフェニレンを回転子とする分子ジャイロコマの構造式とその粉末サンプルの誘電緩和スペクトル

また、先にベンゼン環が架橋したかご型化合物(1、図3)をジャイロスコップ様の分子として合成し、結晶内部のベンゼン環の分子運動を固体  $^{13}\text{C}$  NMR CP/MAS-pdp スペクトルで明らかにしていた。しかしながらこの測定法では、ベンゼン環の運動速度や回転メカニズムの考察が困難であった。そこで今回、ベンゼン環を重水素標識した化合物を新たに合成し、固体重水素 NMR により、分子運動を考察した。その結果、室温で線幅の狭いシグナルが観察され、ベンゼン環は回転軸周りに  $120^\circ$  ごと3か所存在する安定配座の間を 1 MHz の高速に交換(回転)していることが明らかになった(論文#2)。

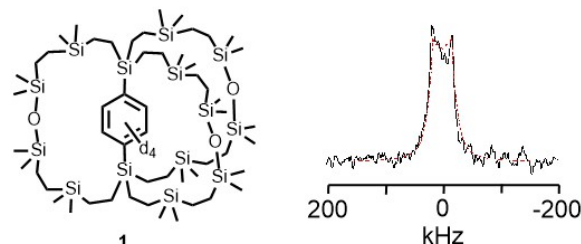


図 3. ジャイロスコップ様分子の構造式と 300 K における固体重水素 NMR スペクトル

フラン-2,5-ジイルを有する新規分子ジャイロコマを合成した(図4)。フラン環ローターは、溶液中においてはかご骨格内で回転を示した。ただし固体状態においては、対応するチオフェン誘導体が同じ条件で回転を示したのに対し、フランローターについてはダイナミクスが観察されなかった。この原因は、2つの Si-C(芳香族)結合間の小さな交差角度によって引き起こされたかごの構造変形に起因することを明らかにした(論文#3)。

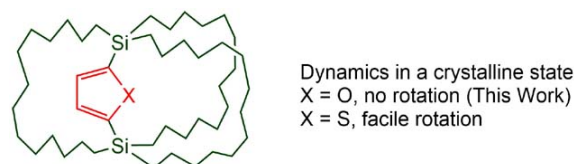


図 4. ヘテロ環を回転子とする分子ジャイロコマの構造式

2. トリプテセンを歯車とする新規な分子ギア

瀬高 渉、稲垣 佑亮

トリプテセンは3つのベンゼン環が歯車のように配列した有機分子である。これを橋頭位で連結すると歯車が互いに噛み合う分子ギアとしての性質が発現することが知られている。当研究室では、連結部位を修飾することにより、ギア回転の制御と機能利用について研究している。



レゾルシル基を導入したトリプチセンを設計・合成し、結晶内におけるトリプチセン同士のギアかみ合いの実現を検討した。(図5)。その結果、レゾルシル基間の水素結合ネットワークによるギアかみ合い構造を実現したが、空隙に水分子が入り込み、ギア回転を観察することはできなかった。この化合物の無水結晶も作成したが、無水結晶では水素結合ネットワークも崩れてしまうことを明らかにした(論文#4)。

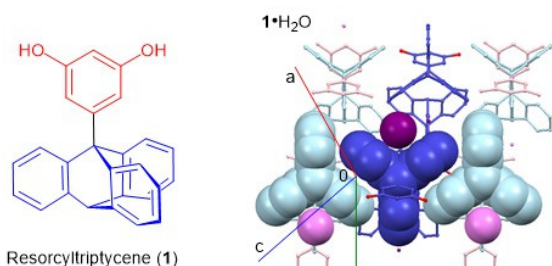


図5 レゾルシルトリプチセン1水和物の結晶構造

#### ■査読付き論文

- Structure and Dynamics of Crystalline Molecular Gyrotops with a Difluorophenylene Rotor, Taro Tsuchiya, Yusuke Inagaki, Kentaro Yamaguchi, and Wataru Setaka\*, *J. Org. Chem.* **2021**, *86*(3), 2423–2430.  
DOI: 10.1021/acs.joc.0c02571N
- Solid-State  $^2\text{H}$  NMR Study for Deuterated Phenylene Dynamics in a Crystalline Gyroscope-Like Molecule, Wataru Setaka\*, Kentaro Yamaguchi, Mitsuo Kira, *Chemistry* **2021**, *25*(1), 49, 39–44. (A Special Issue in Honor of Professor J. Michl)  
DOI: 10.3390/chemistry3010004
- A Furan-2,5-diyl Bridged Macrocage as a Highly Distorted Molecular Gyrotop, Y. Inagaki, S. Ueda, K. Yamaguchi, and W. Setaka\*, *Chem. Lett.* **2020**, *49*, 1291–1293.  
DOI: 10.1246/cl.200533
- Gear Alignments due to Hydrogen-Bonded Networks in a Crystal Structure of Resorcyliptycene Hydrate and its Transformation to a non-Gearing Anhydrate Crystal by Heating, N. Tanaka, Y. Inagaki, K. Yamaguchi, and W. Setaka\*, *Cryst. Growth Des.* **2020**, *20*(2), 1097–1102.  
DOI: 10.1021/acs.cgd.9b01424

#### ■学会発表

(国内)

- 塗 雨暘・稲垣 祐介・瀬高 渉、ジヒドロキシベンゼン架橋大環状ジシラルカンの合成、第 101 回日本化学会春季年会、オンライン開催、2021.3.19–22. (oral)
- 稲見 葉月・稲垣 祐介・瀬高 渉、フェニルトリプチセン誘導体におけるフェニルの制限回転の観察、第 101 回日本化学会春季年会、オンライン開催、2021.3.19–22. (oral)
- 池田 悠人・稲垣 祐介・瀬高 渉、かご型シロキサンを前駆体とする大環状ジシラビシクロアルカンの合成、第 101 回日本化学会春季年会、オンライン開催、2021.3.19–22. (oral)
- 大山 宗土・稲垣 祐亮・瀬高 渉、固体分子ギアを指向したジ(レゾルシルエチニル)トリプチセンの合成と結晶構造、第 101 回日本化学会春季年会、オンライン開催、2021.3.19–22. (oral)

- 栗本 大地・稲垣 祐介・瀬高 渉、フェロセン置換スピロシラビフルオレンの酸化特性、第 101 回日本化学会春季年会、オンライン開催、2021.3.19–22. (poster)
- 延原 圭太・稲垣祐亮・瀬高 渉、ベンゾ[b]チオフェン-1,1-ジオキソ架橋かご型化合物の合成と電荷移動蛍光特性、第 47 回有機型元素化学討論会、オンライン開催、2020.12.3–5. (oral)
- 延原 圭太・稲垣祐亮・瀬高 渉、シリル置換ベンゾ[b]チオフェンジオキソの蛍光特性に及ぼすシリル基の効果、第 24 回ケイ素化学協会シンポジウム、オンライン開催、2020.11.6. (oral)
- 小松原 和樹・稲垣祐亮・瀬高 渉、シリル置換アセジンの簡便合成と構造、第 24 回ケイ素化学協会シンポジウム、オンライン開催、2020.11.6. (oral)
- 大山 宗土・稲垣 祐亮・瀬高 渉、結晶内分子ギアを指向したイソフタルトリプチセンの結晶構造、第 10 回 CSJ 化学フェスタ 2020、オンライン開催、2019.10.20–22. (poster)
- 池田 悠人・稲垣 祐介・瀬高 渉、巨大なかご型化合物であるジシラジメチルビシクロ[14.14.14]アルカンの合成、第 10 回 CSJ 化学フェスタ 2020、オンライン開催、2019.10.20–22. (poster)
- 稲見 葉月・稲垣 祐介・瀬高 渉、置換フェニルトリプチセンの構造に及ぼす置換基効果、第 10 回 CSJ 化学フェスタ 2020、オンライン開催、2019.10.20–22. (poster)
- 塗 雨暘・稲垣 祐介・瀬高 渉、シリル置換ジエチルベンゼンの多量化による大環状ジエチレンフェニレンの合成、第 10 回 CSJ 化学フェスタ 2020、オンライン開催、2019.10.20–22. (poster)
- 栗本 大地・稲垣 祐介・瀬高 渉、含ケイ素スピロリンカーの酸化還元特性、第 10 回 CSJ 化学フェスタ 2020、オンライン開催、2019.10.20–22. (poster)
- 延原 圭太・稲垣祐亮・瀬高 渉、ベンゾ[b]チオフェン-1,1-ジオキソ架橋かご型化合物の合成と蛍光特性、第 10 回 CSJ 化学フェスタ 2020、オンライン開催、2019.10.20–22. (poster)

#### ■受賞

- 稲垣 祐亮、東京都立大学大学院都市環境科学研究科リーディングサイエンティスト、2021.01.

#### ■国内外の大学・行政機関との連携を行った教育

- 有機化合物の構造解析 共同研究  
有機化合物の構造や物性解析において、本学に設置されていない大型分析装置による共同研究実験を行った。  
[連携機関] 徳島文理大学香川薬学部  
[研究成果] 査読付き論文 #1、#2、#3、#4



## エネルギーデバイス分野 金村研究室

教授 金村 聖志 助教 棟方 裕一

### ■ 構成員

金村 聖志 (かなむらきよし) 教授/工学博士  
工業無機化学, エネルギー化学, 電気化学  
9-247号室 TEL: 042-677-2828 kanamura@tmu.ac.jp

棟方 裕一 (むなかたひろかず) 助教/博士(工学)  
電気化学, 無機材料化学, 蓄電池・燃料電池  
9-246号室 TEL: 042-677-2826 munakata@tmu.ac.jp

博士後期課程 x3 名 (うち社会人 2 名)  
修士課程 x13 名  
学部 4 年 x 6 名

### ■ 研究概要

#### 次世代二次電池に関する研究

金村 聖志, 棟方 裕一

エネルギー密度のさらなる向上を目的に金属リチウムを負極に用いたリチウム二次電池の開発を進めた。金属リチウムは現行のリチウム二次電池で用いられている黒鉛負極の約 10 倍の重量容量密度を有する。しかし、充放電を繰り返すと形状が針状へと変化してセパレータを貫通し、電池が短絡することが問題となっている。この問題の解決へ向け、電解液やセパレータの最適化に取り組んだ。三次元的に規則配列した孔を有するセパレータとリチウム塩の濃度を高めた電解液を併用して金属リチウム負極の溶解析出反応の可逆性を大幅に向上させることに成功した。高容量の正極材料を組み合わせ試作した金属リチウム二次電池においても、その有効性を確認している(図 1)。

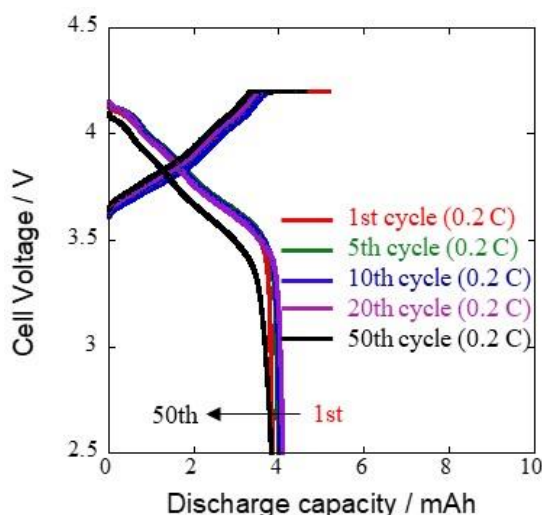


図 1 試作した金属リチウム二次電池の充放電特性。

負極に金属リチウム、正極に安価な硫黄を用いたリチウム硫黄電池の開発にも取り組んだ。本電池では充放電時に正極で生成するリチウム-硫黄化合物が電解液に溶解して負極へ到達し、自己放電が起こることが問題となっている。この問題を解決するため固体電解質の適用を検討した。さらに、固

体電解質に適した硫黄正極の開発にも取り組み、二次電池としての可逆性、安定性を高めることに成功した(図 2)。

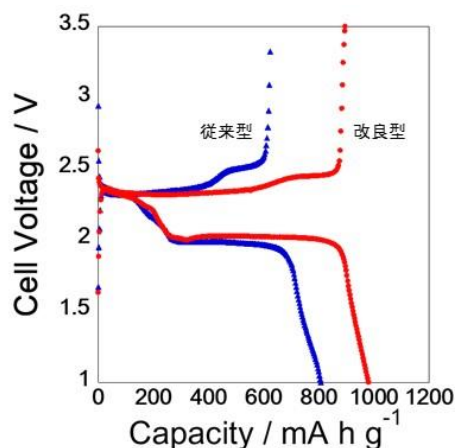


図 2 固体電解質を適用したリチウム硫黄電池の充放電特性 (固体電解質の利用へ向けた硫黄正極の改良)。

#### 新規燃料電池に関する研究

金村 聖志, 棟方 裕一

発電効率の向上や排熱の有効利用を実現するためには、燃料電池の作動温度を 200 °C 程度の中温域へ高める必要がある。我々はこれまでの検討で、リン酸とイオン液体の混合物が中温域で安定な電解質として機能することを報告してきた。本年度は、本電解液中における燃料電池触媒の活性と耐久性に着目し、その評価と特性向上へ向けたリン酸とイオン液体の混合比の最適化に取り組んだ。また、新たな燃料電池の可能性を探索すべく、水酸化物イオン伝導性を有するイオン液体の開発に取り組み、アルカリ型燃料電池についても中温域での動作を実現できる見込みを得た。また、本イオン液体中でグラッシーカーボン電極が白金電極より優れた酸素還元活性を有することを見だし、貴金属を使用しない燃料電池を実現できる可能性も明らかにした(図 3)。

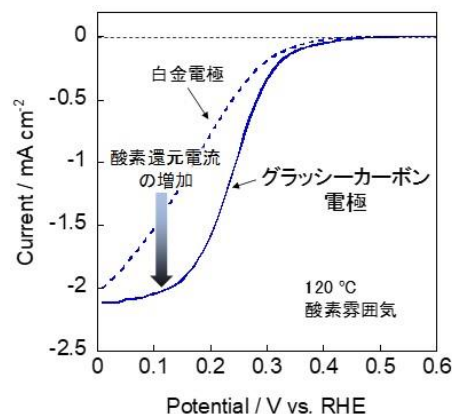


図 3 水酸化物イオン伝導性イオン液体中における酸素還元反応の評価。

## ■査読付き論文

1. Yosuke Goto, Shota Nakanishi, Yusuke Nakai, Takeshi Mito, Akira Miura, Chikako Moriyoshi, Yoshihiro Kuroiwa, Hidetomo Usui, Tatsuma D. Matsuda, Yuji Aoki, Yoshifumi Nakacho, Yuto Yamada, Kiyoshi Kanamura and Yoshikazu Mizuguchi, The crystal structure and electrical/thermal transport properties of  $\text{Li}_{1-x}\text{Sn}_{2+x}\text{P}_2$  and its performance as a Li-ion battery anode material, *Journal of Materials Chemistry A* (2021) DOI: 10.1039/d0ta11045k.
2. Zengqi Zhang, Beibei Zhao, Shu Zhang Jianjun Zhang, Pengxian Han, Xiaogang Wang, Furui Ma, Deye Sun, Yongcheng Jin, Kiyoshi Kanamura, Ganglei Cui, A mixed electron/ion conducting interlayer enabling ultra-stable cycle performance for solid state lithium sulfur batteries, *Journal of Power Sources*, 487 (2021) 229428.
3. Ryosuke Nakazato, Yoki Kou, Daisuke Yamamoto, Tetsuya Shimada, Tamao Ishida, Shinsuke Takagi, Hirokazu Munakata, Kiyoshi Kanamura, Hiroshi Tachibana, and Haruo Inoue, Effect of Li ions Doping into p-type Semiconductor NiO as a Hole Injection/Transfer Medium in the  $\text{CO}_2$  Reduction Sensitized/Catalyzed by Zn-porphyrin/Re-complex upon Visible Light Irradiation, *Research on Chemical Intermediates*, 47 (2021) 269–285.
4. Feilure Tuerxun, Kentaro Yamamoto, Toshihiko Mandai, Yoshitaka Tateyama, Koji Nakanishi, Tomoki Uchiyama, Toshiki Watanabe, Yusuke Tamenori, Kiyoshi Kanamura, Yoshiharu Uchimoto, Effect of Interaction among Magnesium Ions, Anion and Solvent on Kinetics of Magnesium Deposition Process, *J. Phys. Chem. C*, 124 (2020) 28510–28519.
5. Kohei Shimokawa, Taruto Atsumi, Norihiko L. Okamoto, Tomoya Kawaguchi, Susumu Imashuku, Kazuaki Wagatsuma, Masanobu Nakayama, Kiyoshi Kanamura, Tetsu Ichitsubo, Structure Design of Long-Life Spinel-Oxide Cathode Materials for Magnesium Rechargeable Batteries, *Adv. Mater.* (2020) 2007539.
6. Koichi KAJIHARA, Keiichi HIRUTA and Kiyoshi KANAMURA, Cosolvent-free sol-gel dip-coating of silica films from tetraalkoxysilane/water binary systems: precursor solutions of long pot life and their characterization by nuclear magnetic resonance spectroscopy, *Journal of the Ceramic Society of Japan*, 128 (2020) pp.772–782.
7. Koichi Kajihara, Hirohiko Kato, Ryo Takahashi, Kiyoshi Kanamura, Hiroshi Mizoguchi, Yukiko Namatame, Hiroyasu Sato, Twinning by Merohedry and Thermal Expansion of Zeolitic Clathrasil Deca-dodecasil 3R, *Inorganic Chemistry*, 59 (2020) pp.5600–5609.

## ■学会発表

### 【国内発表】

1. 梶原浩一, 蛭田圭一, 金村聖志, 無共溶媒ゾル-ゲル法による長可使時間シリカ成膜溶液の開発と薄膜合成, 第81回応用物理学会秋季学術講演会, 2020年9月, オンライン開催.
2. 棟方裕一, 長堀大和, 金村聖志,  $\mu$ キャパシティ集電体を用いたリチウムイオン電池用正極活物質の電気化学特性評価, 電気化学会第88回大会, 2020年3月, オンライン開催.
3. 高宮洋飛, 棟方裕一, 金村聖志, 金属リチウムの溶解

- 析出制御を目的とした銅集電体の被膜設計, 電気化学会第88回大会, 2020年3月, オンライン開催.
4. 大賀慎之輔, 武吉潤也, 棟方裕一, 金村聖志, 金属リチウムの溶解析出の可逆性に及ぼすポリイミドセパレータの厚みの影響, 電気化学会第88回大会, 2020年3月, オンライン開催.
5. 齋藤 誠, 中林志達, 張 榮, 金村聖志, ポリイミドセパレータを用いた金属マグネシウムの溶解析出反応の解明, 電気化学会第88回大会, 2020年3月, オンライン開催.
6. 土屋俊貴, 福田祐子, 金村聖志, 梶原浩一, 透明低屈折率ポリ(フルオロアルキルシルセスキオキサン)樹脂の無共溶媒合成, 2021年年会日本セラミックス協会, 2021年3月, オンライン開催.
7. 齋藤真優, 有馬秀哉, 庄司真雄, 棟方裕一, 金村聖志, 梶原浩一,  $\text{Li}_4\text{B}_4\text{Al}_3\text{O}_{12}\text{Cl}$ 系結晶化ガラス電解質を用いた固体リチウム二次電池, 2021年年会日本セラミックス協会, 2021年3月, オンライン開催.
8. 高橋大輔, 梶原浩一, 金村聖志, 万代俊彦, 小林弘明, 今井宏明, マグネシウム二次電池用多孔質  $\text{MgMn}_2\text{O}_4$  のフェニルホスホン酸修飾と塗工正極, 2021年年会日本セラミックス協会, 2021年3月, オンライン開催.
9. 梶原浩一, 蛭田圭一, 金村聖志, 無共溶媒ゾル-ゲル法による長可使時間シリカ成膜溶液の液体 NMR による評価, 2021年年会日本セラミックス協会, 2021年3月, オンライン開催.
10. 梶原浩一, 蛭田圭一, 金村聖志, 無共溶媒ゾル-ゲル法による長可使時間シリカ成膜溶液の開発と薄膜作製, 2021年年会日本セラミックス協会, 2021年3月, オンライン開催.

### 【招待講演】

1. 金村聖志, 全固体リチウム電池の夢、みらい, 第10回CSJ化学フェスタ2020, 2020年10月, WEB講演.
2. 金村聖志, 次世代蓄電池に関する NIMS および ALCA-SPRING における研究状況と将来展望, 航空機電動化(ECLAIR)コンソーシアム第3回オープンフォーラム, 2020年10月, オンライン開催.
3. Kiyoshi kanamura, Next Generation Batteries of EVs for  $\text{CO}_2$  Reduction, The 2nd Japan-China Forum on Power Batteries for New Energy Vehicles, 2020年10月, WEB講演.

### 【依頼講演】

1. 棟方裕一, イオン液体を用いた中温作動燃料電池の開発, 燃料電池研究会第147回セミナー, 2020年6月, 日本弘道会ビル(WEB講演).
2. 棟方裕一, 長堀大和, 金村聖志, リチウムイオン電池材料の評価へ向けた  $\mu$ キャパシティ集電体の開発, COMSOL Conference 2020 Tokyo, 2020年12月, オンライン開催.

## ■著書・総説・解説・報告書

1. 金村聖志, 第2章第1節全固体電池の開発と空飛ぶクルマ向け電池開発の現状, 空飛ぶクルマ, NTS, 2020年10月.
2. 金村聖志, 全固体電池の入門書, 科学情報出版, 2020年8月.
3. 金村聖志, 全固体電池の進展, *Journal of the Society of Inorganic Materials Japan*, 27 (2020) 280–283.
4. 金村聖志, リチウム二次電池の正極へのリン酸塩の活用およびその固体電解質としての新展開, *CERAMICS JAPAN*, Vol.56, (2021) pp.142–146.
5. 棟方裕一, マイクロ集電体を用いた電池活物質の評価技術開発, *計算工学*, No.4 (2020) 27–30.

エネルギーデバイス分野 梶原研究室

教授 梶原浩一 准教授 武井 孝

准教授 柳下 崇

■ 構成員

梶原 浩一 (かじはらこういち) 教授/博士(エネルギー化学)  
無機化学, 機能物質化学, 無機材料・物性  
9-336号室 TEL:042-677-2827 内線4874  
kkaji@tmu.ac.jp

武井 孝 (たけい たかし) 准教授/博士(工学)  
表面化学, 界面・コロイド科学  
9-142号室 TEL:042-677-2822 内線4933  
takei-takashi@tmu.ac.jp

柳下 崇 (やなぎした たかし) 准教授/博士(工学)  
材料化学  
9-140号室 TEL:042-677-1111 内線4931  
yanagish@tmu.ac.jp

修士課程 10 名  
学部 4 年 7 名

■ 研究概要

無機材料化学・エネルギーデバイス化学に関する研究  
梶原浩一

シリカは資源豊富な材料であり、その有効利用は環境に調和した材料開発の方向性と合致する。

シリカゼオライト deca-dodecasil 3R(DDR)の菱面体型結晶粒子は、外見は単結晶であるが双晶である欠面性双晶であることを見出し、その構造解析に成功した(図 1)。双晶ではあるが、構造中の細孔の連続性は阻害されていないため、分子の吸脱着が可能であることが判明した。

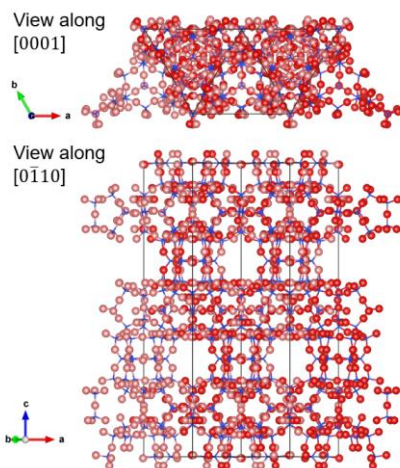


図 1 欠面双晶化したシリカゼオライト DDR の結晶構造

本研究室では、ケイ素アルコキシドと水のみからシリカ系材料の合成を行うため環境負荷の低い無共溶媒法の開発を進めている。反応溶液の NMR 解析を行い、水/アルコキシド比が 2 以下で作製した溶液中には水がほとんど残存しないこと、ケイ素アルコキシドとしてテトラエトキシシラン(TEOS)を用いた場合は反応性の低い SiOH 基が多量に存在することが判明した(図 7)。水/TEOS 比が 1.7 で作製した溶液は、室温

30 日間保存後も粘度がほとんど変化しない、可使用時間の長いシリカ成膜溶液となることを見出した。また、無共溶媒ゾルゲル法によって作製したシリカ-(Tb,Ce)PO<sub>4</sub>透明結晶化ガラス緑色蛍光体の合成条件の最適化によって、希土類イオンが高濃度(1.45×10<sup>22</sup> cm<sup>-3</sup>)に凝集しているにもかかわらず、内部量子効率がほぼ 1 である無濃度消光蛍光体を実現した。

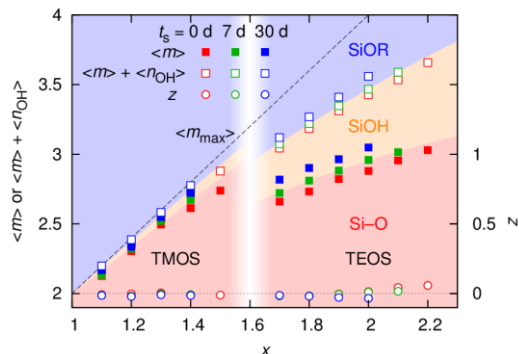


図 2 種々の水/アルコキシド比で無共溶媒加水分解・重縮合を行ったシリカオリゴマーの結合状態と系内残留水分量

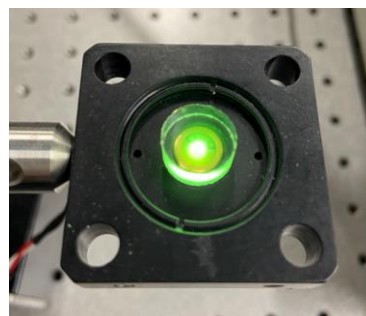


図 3 波長 290nm の紫外 LED で励起したシリカ-(Tb,Ce)PO<sub>4</sub>透明結晶化ガラス無濃度消光緑色蛍光体

等球粒子充填構造多孔体を用いた各種細孔径分布測定法の検証に関する研究

武井 孝

シリカの等球粒子の充填により形成する最密充填構造多孔体を作製し、水銀圧入法、窒素吸着法、サーモポロメトリーによる細孔径分布測定を行い、各測定法の細孔径分布の比較から各測定法の特徴や細孔形状による適用の妥当性について検証した。

電気化学プロセスにもとづくナノフィルターの作製に関する研究

柳下 崇

アルミニウムを酸性電解液中で陽極酸化することにより得られる高規則性ポーラスアルミナの作製と構造制御, 更には環境浄化に寄与する無機系ナノフィルターの作製を目的に, 前年度に引き続き検討を行った。本手法によって得られるフィルターメンブレンは, 細孔径の精密制御が可能であることから, 様々な環境汚染物質を除去するためのフィルターメンブレンや, ガス分離を行うためのメンブレンとして有効である。

## ナノインプリントプロセスにもとづく機能性表面の形成に関する研究

柳下 崇

ナノスケールの細孔が規則的に配列した陽極酸化ポーラスアルミナ、または、それを鋳型として作製した Ni 製ネガ型をナノインプリント用モールドに適用し、ポリマーや無機材料からなる規則表面の形成と構造制御について検討を行った。得られた表面の反射防止特性や撥水・撥油特性についても合わせて検討した。また、マイクロ構造とナノ構造を組み合わせた階層構造の作製において、ライン状の階層パターン形成を行うと、異方的な濡れ性を示す表面形成が可能となった。このようにして得られる機能性表面は、例えば太陽電池の高効率化、ディスプレイ等の表示素子の省エネルギー化に貢献することができる。

### ■特許

1. 出願 1 件 梶原浩一
2. 出願 1 件 柳下 崇

### ■著書・総説・解説、報告書

1. 梶原浩一, シリカガラスにおける格子間化学種の拡散と反応, NEW GLASS, 35(3), 17-22 (2020)
2. 梶原浩一, 9 章 透光性材料とガラス, 辰巳砂昌弘, 今中 信人編, ベーシック無機材料科学, 化学同人
3. 武井 孝, 新・基礎粉体講座 固体触媒, 粉体工学会誌, 58, 73-78 (2021)
4. 柳下 崇(分担執筆), ナノインプリントプロセスによるナノ・マイクロ階層構造の形成と撥水特性評価 撥水・撥油・親水性材料の開発動向, シーエムシー出版 (2021)

### ■受賞

1. 浅見玲那, ARS2020 研究発表会, 優秀講演賞・黒田孝一記念賞

### ■国内外の大学・行政機関との連携を行った教育

1. 環境応用化学域金村研究室との電池および無機系材料に関する研究の共同指導

### ■先端的・学際的な研究の推進

梶原浩一

1. Latvia 大学(ラトビア)および Paris Saclay 大学(フランス)との非晶質および結晶性シリカの電子線・放射線照射耐性に関する共同研究、共著論文・学会発表
2. 東京工業大学フロンティア材料研究所とのシリカ系材料に関する共同研究
3. 東北大学、慶応義塾大学、東京理科大学との電池正極材料に関する共同研究
4. 環境応用化学域金村研究室との各種材料に関する共同研究、共著論文・学会発表

柳下 崇

1. Erlangen-Nuremberg 大学(ドイツ)とのチタニアメンブレンの作製に関する共同研究、共著論文発表
2. Vrije Universiteit Brussel(ベルギー)との Al 合金の表面腐食に関する共同研究
3. 東京大学生産研究所との Al 材・樹脂の表面接着に関する共同研究と共著論文発表

### ■査読付き論文

1. R. Iwasaki, K. Kajihara, Negligible concentration quenching in photoluminescent nanocrystals with high photoactive rare-earth concentrations: silica-(Tb,Ce)PO<sub>4</sub> transparent glass-ceramic green phosphors, J. Mater. Chem. C, published online, DOI: 10.1039/d0tc06043g
2. K. Kajihara, K. Hiruta, K. Kanamura, Cosolvent-free sol-gel dip-coating of silica films from tetraalkoxysilane-water binary systems: precursor solutions of long pot life and their characterization by nuclear magnetic resonance spectroscopy, J. Ceram. Soc. Jpn. 128, 772-782 (2020).
3. L. Skuja, N. Ollier, K. Kajihara, Luminescence of non-bridging oxygen hole centers as a marker of particle irradiation of  $\alpha$ -quartz, Radiat. Meas. 135, 106373 (2020).
4. K. Kajihara, H. Kato, R. Takahashi, K. Kanamura, H. Mizoguchi, Y. Namatame, H. Sato, Twinning by merohedry and thermal expansion of zeolitic clathrasil deca-dodecasil 3R. Inorg. Chem. 59, 5600-5609 (2020).
5. T. Yanagishita, R. Asami, H. Masuda, Monodisperse albumin particles fabricated by membrane emulsification using anodic porous alumina Mater. Res. Express, 8, 025003 (2021).
6. T. Kondo, T. Tamura, T. Yanagishita, H. Masuda. Formation of Ideally Ordered Anodic Porous Zirconia by Anodization of Vacuum-Deposited Zr on Molds. J. Vacuum. Sci. Technol. B, in press
7. T. Yanagishita, R. Moriyasu, T. Ishii, H. Masuda, Self-Ordered Anodic Porous Alumina with Inter-Hole Spacing Over 1.5  $\mu$ m. RSC Adv., 11, 3777 (2021). [2021 RSC Advances HOT Article]
8. T. Yanagishita, A. Kato, T. Nakamura, H. Masuda. Highly Ordered Alumina Through-Hole Membranes Having Reduced Hole Intervals: 30-50 nm. ECS J. Solid State Sci. Technol., 10, 013007 (2021)
9. T. Yanagishita, T. Masuda, T. Kondo, H. Masuda, Highly ordered anodic porous oxide of transition metals fabricated by anodization combined with pretexturing process. Electrochem. Commun., 123, 106916 (2021).
10. T. Yanagishita, T. Hayakawa, T. Kondo, H. Masuda. Preparation of Ni Micropillar Arrays with High Aspect Ratios Using Anodic Porous Alumina Template and Their Application to Molds for Imprinting. RSC Adv., 11, 2096 (2021).
11. T. Kondo, H. Miyazaki, T. Yanagishita, H. Masuda. Fabrication of Metal Nanorod Arrays Using Anodic Porous Alumina Mask with Elliptical Apertures Prepared by Lattice Conversion Process. Jpn. J. Appl. Phys., 60, 010907 (2021).
12. T. Yanagishita, H. Takai, T. Kondo, and H. Masuda. SnO<sub>2</sub> Nanofibers Prepared by Wet Spinning Using an Ordered Porous Alumina Spinneret. Nanotechnology, 32, 145603 (2021).
13. S. Kadoya, F. Kimura, T. Yanagishita, T. Kajihara, Structure size effect on polymer infiltration in injection mold direct joining. Precision Engineering, 67, 100 (2021).
14. T. Yanagishita, M. Ozaki, R. Kawato, A. Kato, T. Kondo, H. Masuda, Preparation of ordered porous alumina through-hole membranes with large hole periods by two-layer anodization. J. Electrochem. Soc., 167, 163502 (2020).
15. T. Yanagishita, H. Hirose, T. Kondo, P. Schmuki, H. Masuda. Fabrication of ideally ordered TiO<sub>2</sub> through-hole membranes by two-layer anodization. RSC Adv., 10, 37657



(2020).

16. T. Yanagishita, R. Sato, T. Kondo, H. Masuda, Preparation of multilayered porous alumina hollow spheres by anodization of Al particles. *Electrochem. Commun.*, 120, 106848 (2020).
17. T. Yanagishita, A. Kato, H. Masuda, Preparation of freestanding tubular alumina through-hole membranes by two-layer anodization. *Jpn. J. Appl. Phys.*, 59, 038002 (2020).

#### ■学会発表

##### 【国際会議】

1. T. Yanagishita, H. Masuda. Semiconductor Through-Hole Membranes with Controlled Geometrical Structures by Anodization Processes. 237<sup>th</sup> Meeting of the Electrochemical Society, 2020年5月, オンライン(依頼講演)
2. T. Yanagishita, H. Masuda. Preparation of Ordered Through-hole membranes with controlled geometrical structures by two-layer, anodization process. PRIME2020, 2020年10月, オンライン(依頼講演)
3. K. Kajihara, R. Seto, K. Kanamura, S. Yoshida. Poly(phenyl-co-n-alkylsilsesquioxane) and poly(phenyl-covinylsilsesquioxane) glasses with low melting temperatures prepared by cosolvent-free hydrolytic polycondensation of organotrimethoxysilanes. GLASS MEETING 2020, 2020年12月, オンライン

##### 【国内発表】

1. 梶原浩一, 蛭田圭一, 金村聖志. 無共溶媒ゾル-ゲル法による長可使時間シリカ成膜溶液の開発と薄膜合成. 第81回応用物理学会秋季学術講演会, 2020年9月, オンライン
2. 小崎真美, 柳下 崇, 益田秀樹. 二層陽極酸化による大周期理想配列ポーラスアルミナの高スルーパット形成. 表面技術協会第142回講演大会, 2020年9月, オンライン
3. 西岡佑城, 薦田康夫, 柳下 崇. 二層電解液を用いた電析プロセスによるSnナノワイヤーの形成. 表面技術協会第142回講演大会, 2020年9月, オンライン
4. 増田啄哉, 柳下 崇, 益田秀樹. テクスチャリングプロセスを用いた高規則性半導体ナノホールアレーの形成. 表面技術協会第142回講演大会, 2020年9月, オンライン
5. 武井 孝, 宮坂亮佑, 柳下 崇, 益田秀樹. 固液の相転移を利用したマクロ細孔径評価. 第71回コロイドおよび界面化学討論会, 2020年9月, オンライン
6. 浅見玲那, 柳下 崇. 陽極酸化ポーラスアルミナを用いた膜乳化による単分散アルブミン粒子の形成. 第71回コロイドおよび界面化学討論会, 2020年9月, オンライン
7. 佐藤碧美, 柳下 崇. ポーラスアルミナを用いたナノインプリントによる階層構造の形成と濡れ性制御. 第71回コロイドおよび界面化学討論会. 2020年9月, オンライン
8. 浅見玲那, 柳下 崇. 膜乳化法による単分散アルブミン粒子の形成とサイズ制御. 第10回CSJ化学フェスタ2020, 2020年10月, オンライン, ポスター
9. 西岡佑城, 柳下 崇, 薦田康夫. 二層電解液を用いたSnナノワイヤーの電析. 第10回CSJ化学フェスタ2020, 2020年10月, オンライン, ポスター
10. 増田啄哉, 柳下 崇, 益田秀樹. テクスチャリングプロセスを用いた高規則性ナノホールアレーの作製. 第10回

CSJ化学フェスタ2020, 2020年10月, オンライン, ポスター

11. 西岡佑城, 薦田康夫, 柳下 崇. 二層電析法による金属ナノワイヤーの形成と評価. 表面技術協会ARS2020研究発表会, 2021年11月, オンライン
12. 増田啄哉, 益田秀樹, 柳下 崇. 高規則性半導体ナノホールアレーの形成と構造制御. 表面技術協会ARS2020研究発表会, 2021年11月, オンライン
13. 浅見玲那, 益田秀樹, 柳下 崇. 膜乳化プロセスによる単分散タンパク質微粒子の作製とサイズ制御. 表面技術協会ARS2020研究発表会, 2021年11月, オンライン
14. 柳下 崇. 高規則性ポーラスアルミナの形成と機能的応用. 表面技術協会第143回講演大会, 2021年3月, オンライン(依頼講演)
15. 柳下 崇, 小崎真実, 宇都聖剛, 益田秀樹. ALDによる高規則性ポーラスアルミナへのTiO<sub>2</sub>の成膜. 表面技術協会第143回講演大会, 2021年3月, オンライン
16. 増田啄哉, 益田秀樹, 柳下 崇. 遷移金属の陽極酸化による高規則性ナノホールアレーの形成. 表面技術協会第143回講演大会, 2021年3月, オンライン
17. 加藤賢也, 白野直斗, 益田秀樹, 柳下 崇. PDMSスタンプを用いた高規則性ポーラスアルミナの作製. 表面技術協会第143回講演大会, 2021年3月, オンライン
18. 岩崎玲奈, 梶原浩一. シリカ-(Tb,Ce)PO<sub>4</sub>透明結晶化ガラスにおける無濃度消光緑色発光. 第68回応用物理学会春季学術講演会, 2021年3月, オンライン
19. 西岡佑城, 薦田康夫, 柳下 崇. 二層電解液を用いたメタルナノワイヤーの電析. 電気化学会第88回大会, 2021年3月, オンライン
20. 浅見玲那, 柳下 崇. 陽極酸化ポーラスアルミナを用いた膜乳化法による単分散ナノ粒子形成とサイズ制御. 電気化学会第88回大会, 2021年3月, オンライン
21. 増田啄哉, 益田秀樹, 柳下 崇. テクスチャリングプロセスを適用したタングステン陽極酸化挙動. 電気化学会第88回大会, 2021年3月, オンライン
22. 梶原浩一, 蛭田圭一, 金村聖志. 無共溶媒ゾル-ゲル法による長可使時間シリカ成膜溶液の開発と薄膜作製. 日本セラミックス協会2021年年会, 2021年3月, オンライン
23. 梶原浩一, 蛭田圭一, 金村聖志. 無共溶媒ゾル-ゲル法による長可使時間シリカ成膜溶液の液体NMRによる評価. 日本セラミックス協会2021年年会, 2021年3月, オンライン
24. 後藤美桜子, 梶原浩一. エステル交換によるゾル-ゲル法合成したシリカガラスのSiOH基濃度低減. 日本セラミックス協会2021年年会, 2021年3月, オンライン
25. 高橋大輔, 梶原浩一, 金村聖志, 万代俊彦, 小林弘明, 今井宏明. マグネシウム二次電池用多孔質MgMn<sub>2</sub>O<sub>4</sub>のフェニルホスホン酸修飾と塗工正極. 日本セラミックス協会2021年年会, 2021年3月, オンライン
26. 土屋俊貴, 福田祐子, 金村聖志, 梶原浩一. 透明低屈折率ポリ(フルオロアルキルシルセスキオキサン)樹脂の無共溶媒合成. 日本セラミックス協会2021年年会, 2021年3月, オンライン
27. 齋藤真優, 有馬秀哉, 庄司真雄, 棟方裕一, 金村聖志, 梶原浩一. Li<sub>4</sub>B<sub>4</sub>Al<sub>3</sub>O<sub>12</sub>Cl系結晶化ガラス電解質を用いた固体リチウム二次電池. 日本セラミックス協会2021年年会, 2021年3月, オンライン



## 環境分子化学分野 高木研究室

教授 高木慎介

准教授 石田玉青

助教 嶋田哲也

### ■ 構成員

高木 慎介 (たかぎ しんすけ) 教授/博士(工学)  
光化学、光機能材料化学、粘土科学  
9-446号室 TEL:042-677-2839  
takagi-shinsuke@tmu.ac.jp

石田 玉青 (いしだ たまお) 准教授/博士(工学)  
触媒化学  
9-447号室 TEL:042-677-2845 内線4938  
tamao@tmu.ac.jp

嶋田 哲也 (しまだ てつや) 助教/博士(工学)  
物理化学、分光計測  
9-445号室 TEL:042-677-1111 内線4897  
shimada-tetsuya@tmu.ac.jp

客員教員・研究員 4名  
博士課程 5名  
修士課程 10名  
学部4年 8名

### ■ 研究概要

植物による光合成においては、精緻な分子配置が高度な化学反応の実現において重要な役割を果たしている。分子を並べることは究極のナノテクノロジーの一つであり、これまでの化学では不可能だったナノ材料の開発や、精緻な化学反応系の構築が可能となる。独自に見出した分子配列技術を用いて、固体表面・界面上に光機能性分子や触媒を並べることにより、反応場の特性を活かした新規な化学過程について研究を進めた。化学過程として、光反応、触媒反応などを扱っている。また、有機合成を基盤とした機能性色素材料の開発や、人工光合成モデルの研究を行っている。光合成反応は分子配列を巧みに利用している理想的なエネルギー変換反応であり、人工光合成を実現できれば、環境問題、エネルギー問題に大きく貢献することができる。一方、極短パルスレーザーを用いた超高速時間分解分光測定、導波路分光測定などにより学理を追求し、科学の発展につながる新たな法則、原理の発見を目指している。さらに進んではナノ構造化学と光化学研究を結びつけることにより新たな学問領域の創成に向けて研究を進めている。このような研究方針のもと、本年度は下記の研究を進展させた。

#### 人工光合成系の開発に関する研究

高木慎介、嶋田哲也

無機ナノシート上に配列させた色素集合体を用いて、異種色素間での光エネルギー移動反応において高効率な系を見出してきた。本年度は、用いる色素の種類や、色素の混合比率などを調整することにより、ほぼ100%の効率でのエネルギー移動反応を実現した。さらには、光捕集系と物質変換系を連結することにより、人工光合成モデルを構築した。特に、本年は、エネルギー化学に密接に関連した、水素発生、過酸化水素発生反応に取り組んだ。

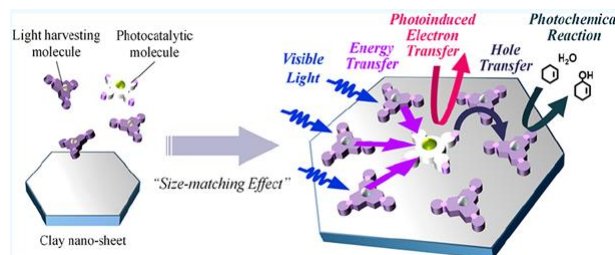


図1. ナノシート上で光捕集系と物質変換系を連結した人工光合成モデル

また、時間分解蛍光測定により、エネルギー移動反応のメカニズムを詳細に検討し、ナノシート上における色素分子の吸着分布に関して詳細に検討した。最近では半導体ナノシートであるチタニアナノシート上においても色素の吸着構造を制御可能であることを見出した。

#### 無機ナノシート上における分子配列技術に関する研究

高木慎介、嶋田哲也

これまでに、独自の無機ナノシート上における分子配列技術を見出してきたが、無機ナノシート上の負電荷間距離と、ゲスト色素分子内正電荷間距離の一致が重要である事(Size-Matching Effect: SME)を明らかとしてきた。本研究では、負電荷間距離の異なるナノシート材料を合成することにより、ゲスト色素であるポルフィリン分子の精密な分子間距離制御を試みた。特に、無機ナノシート骨格の異なる位置で電荷を発生させた際のゲスト吸着挙動への影響について明らかとした。また、末端修飾粘土の利用により、エネルギー移動反応をプローブとした色素の吸着構造の直接的観測を行った。その結果、色素の種類により吸着分布が異なることを見出した。また、全く新規な吸着種として中性分子を用いたところ、中性分子であっても、十分に複合体形成が可能であり、興味深い光化学的性質を示すことを明らかとした。さらには、ゲストの拡張として、蛋白質の吸着挙動についても検討し、ナノシート上では蛋白質の構造に興味深い変化が現れることを見出した(図3)。ホストの拡張としてはシリカガラスを用いることでの分子配列に挑戦した。

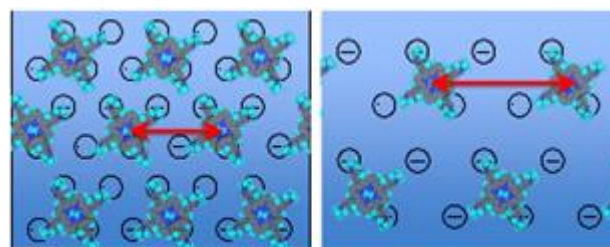


図2. 精密に設計に基づき合成した異なる負電荷間距離を持つ粘土シートにより、分子間隔を自在にコントロール

#### 無機ナノシート上における蛋白質の挙動に関する研究

高木慎介、嶋田哲也

蛋白質は、水環境下で独自の高次構造をとり特異な性質を発現する。例えば、酵素はその高次構造に基づいて極めて高い基質選択性を有する。Horseradish peroxidase (HRP)は

過酸化水素と選択的に反応することが知られている。この HRP を粘土ナノシート上に吸着させると、その構造が変化し酵素活性が変化することが分かった。水中では反応し得ない立体的にかさ高い過酸化水素と反応可能になる。また、ナノシート上では HRP の熱耐性も大幅に向上することが見出された。

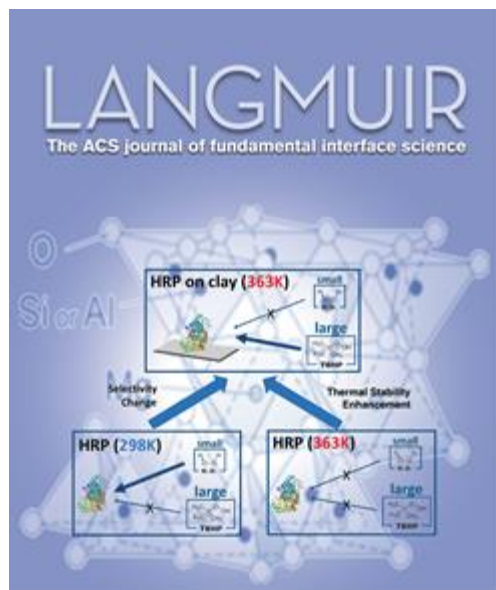


図 3. ナノシート上での HRP による過酸化水素との反応 (Langmuir 2020, 36, 29, 8384–8388)

## 表面固定誘起発光増強の発見

高木慎介、嶋田哲也

通常色素は、その分子構造に基づく特徴により発光強度が定まっている。一方、本研究では、発光が極めて弱い色素であっても、ナノシート上に無会合状態で吸着させることにより、多くの場合に発光増強が観察され、光機能性材料の開発に有益な技術である。本年は、発光増強が、蛍光のみならず燐光でも実現可能であることを見出した。

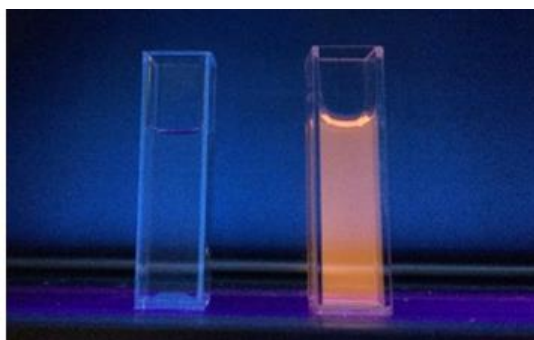


図 4. スチルバゾウリウムの発光現象、左: ナノシートなし、右: ナノシート共存下

## 半導体ナノシート-色素複合体の作成に関する研究

高木慎介、嶋田哲也

粘土鉱物は絶縁体であるために、それ自体は電子移動活性を有しない。そこで、新規に半導体ナノシートを設計、合成し、色素との複合体形成挙動を検討した。その結果、粘土鉱物ナノシートと同様に、色素の高密度、無会合吸着構造を実現できることを明らかとした。このことにより、太陽電池、人工光合成系の構築に向け、新たな知見を得た。

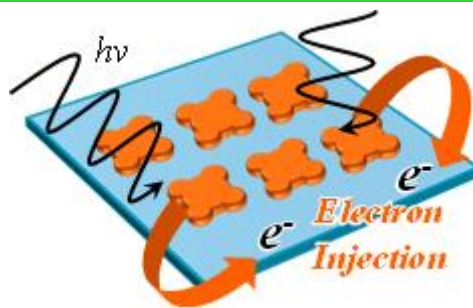


図 5. チタニアナノシート上における吸着構造制御と、光電子注入

## 担持金触媒を用いた有機反応に関する研究

石田玉青

酸化物や粘土鉱物などのナノシートは剥離することで、高い比表面積、表面に規則的に配列した負電荷を利用することができ、金属ナノ粒子の担体としても魅力的な材料である。そこで、剥離した粘土ナノシート(Sumecton SA, SSA)に金ナノ粒子を担持した。Au(en)<sub>2</sub>Cl<sub>3</sub> (en: ethylenediamine)を前駆体として析出還元法並びにコロイド固定化法を用いて金ナノ粒子を担持した。透過型電子顕微鏡観察の結果、SSA 上ではそれぞれ平均粒子径 6.7、2.1 nm の金ナノ粒子が固定化できた。得られた触媒を用いて 4-ヒドロキシベンジルアルコールの酸素酸化を行った。4-ヒドロキシベンズアルデヒドが主生成物として得られ、金担持段階で一部 SSA 積層体を含む場合は、金平均粒子径は同じであっても、剥離した Au/SSA の方が高い触媒活性を示した。SSA 積層体を含む場合、剥離体のみの場合に比べて、反応途中から SSA の凝集が著しく起こるため、失活していくことが明らかとなった。得られた知見を今後のナノシート材料を用いた金ナノ粒子触媒設計に活かす。

ハイドロキシアパタイト(HAP)に担持した金ナノ粒子触媒は、酸化的雰囲気中で熱処理すると HAP の薄い層が金ナノ粒子表面を覆う(逆 SMSI 効果)現象を示すことを、共同研究先である中国の J. Wang 教授らが報告している。この状態では、HAP との界面に存在する金はよりカチオン性になることが見出されており、今年度は、Au/HAP をアルケンの異性化反応に適用した。それぞれ酸化的雰囲気、還元的雰囲気で調製した Au/HAP<sub>O<sub>2</sub></sub> (SMSI あり)と Au/HAP<sub>H<sub>2</sub></sub> (SMSI なし)では前者の方が高い活性を示した。この二つの触媒の金粒子径はどちらも約 2 nm であることから、Au/HAP<sub>O<sub>2</sub></sub> は SMSI による HAP の薄い層との電子的な相互作用によって金のカチオン性が向上したと言える。

## ■ 査読付き論文

1. Adsorption Behavior of Mono-Cationic Pyridinium Salts on the Clay Surface, T. Takigawa, Y. Yoshida, T. Fujimura, T. Ishida, T. Shimada, S. Takagi, *Bull. Chem. Soc. Jpn.*, **93**, 1046–1049 (2020).
2. Unique Enzyme Activity of Peroxidase on the Clay-Nanosheet, T. Arai, M. Tabuchi, Y. Sato, T. Ishida, T. Shimada, S. Takagi, *Langmuir*, **36**, 8384–8388 (2020).
3. Thermodynamic Study of the Adsorption of Acridinium Derivatives on the Clay Surface, Y. Yoshida, T. Shimada, T. Ishida, S. Takagi, *RSC Adv.*, **10**, 21360–21368 (2020).
4. Anisotropic Energy Transfer in the Clay-Porphyrin Layered System with Environment-Responsiveness, H. Nishina, S. Hoshino, Y. Ohtani, T. Ishida, T. Shimada, S. Takagi, *Phys. Chem. Chem. Phys.*, **22**, 14261–14267 (2020).
5. Two-Electron Oxidation of Water to Form Hydrogen Peroxide Initiated by One-Electron Oxidation of Tin (IV)-Porphyrins, Y. Ohsaki, A. Thomas, F. Kuttassery, S. Mathew, S. Remello, T. Shimada, T. Ishida, S. Takagi, H.



- Tachibana, H. Inoue, *J. Photoch. Photobio. A*, **401**, 112732–112740 (2020).
- Optically Transparent Colloidal Dispersion of TiO<sub>2</sub> Nanoparticles Storable for Longer Than One Year Prepared by Sol / Gel Progressive Hydrolysis / Condensation, K. Sano, F. Kuttassery, T. Shimada, T. Ishida, S. Takagi, B. Ohtani, A. Yamakata, T. Honma, H. Tachibana, H. Inoue, *ACS Appl. Mater. Interfaces*, **12**, 44743–44753 (2020).
  - Adsorption Orientation Control of Di-Cationic Porphyrin on Titania-Nanosheet, S. Tominaga, K. Sano, Y. Hirade, T. Shimada, T. Ishida, S. Takagi, *Tetrahedron Lett.*, **61**, 152494–152497 (2020).
  - Elucidation of Active Sites of Gold Nanoparticles on Acidic Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub> Supports for CO Oxidation, M. Lin, C. Mochizuki, B. An, Y. Inomata, T. Ishida, M. Haruta, T. Murayama, *ACS Catal.*, **10**, 9328–9335(2020).
  - Oxidation of β-Nicotinamide Adenine Dinucleotide (NADH) by Au Cluster and Nanoparticle Catalysts Aiming for Coenzyme Regeneration in Enzymatic Glucose Oxidation, J. Nishigaki, T. Ishida, T. Honma, M. Haruta, *ACS Sustainable Chem. Eng.*, **8**, 10413–10422(2020).
  - Ligand Effect of Gold Colloid in the Preparation of Au/Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub> for CO Oxidation, M. Lin, C. Mochizuki, B. An, T. Honma, M. Haruta, T. Ishida, T. Murayama, *J. Catal.*, **389**, 9–18(2020).
  - Features of Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub> as a Metal Oxide Support of Pt and Pd Catalysts for Selective Catalytic Oxidation of NH<sub>3</sub> with High N<sub>2</sub> Selectivity, M. Lin, B. An, T. Takei, T. Shishido, T. Ishida, M. Haruta, T. Murayama, *J. Catal.*, **389**, 366–374(2020).
  - Influence of the Support in Aqueous Phase Oxidation of Ethanol on Gold/Metal Oxide Catalysts Studied by ATR-IR Spectroscopy Under Working Conditions, A. Waheed, X. Wang, N. Maeda, D. M. Meier, T. Ishida, T. Murayama, M. Haruta, A. Baiker, *Catal. Commun.*, **148**, 106183(2021).
- 学会発表
- 【国際会議】
- Adsorption behavior and photochemical properties of tetravalent porphyrins on clay and titania-nanosheet, Y. Hirade, T. Shimada, T. Ishida, S. Takagi, The 4th Asian Clay Conference (ACC-2020), Online (Thailand), June, 2020.
  - Effects of clay surface on the aldehyde-diol equilibrium, K. Arakawa, T. Shimada, T. Ishida, S. Takagi, The 4th Asian Clay Conference (ACC-2020), Online (Thailand), June, 2020.
- 【国内発表】
- Adsorption behavior and fluorescent properties of cationic porphyrins on anionic nanosheets, HIRADE Yugo・SHIMADA Tetsuya・ISHIDA Tamao・TAKAGI Shinsuke, 2020 光化学討論会, Online, 2020年9月.
  - CO<sub>2</sub>-reduction photocathode with nickel(II) oxide film adsorbing Zn-porphyrin and Re-bipyridine complex, NAKAZATO Ryosuke・YAMAMOTO Daisuke・SHIMADA Tetsuya・MUNAKATA Hirokazu・ISHIDA Tamao・KANAMURA Kiyoshi・TACHIBANA Hiroshi・TAKAGI Shinsuke・INOUE Haruo, 2020 光化学討論会, Online, 2020年9月.
  - Effect of clay surface on aldehyde-diol equilibrium, KYOSUKE Arakawa・TETSUYA Shimada・TAMAIO Ishida・SHINSUKE Takagi, 2020 光化学討論会, Online, 2020年9月.
  - ポルフィリン色素/Rhドープチタニアナノシート複合体を用いた光物質変換系の構築, 鈴木美樹・原純平・大西涼太・大崎穰・嶋田哲也・石田玉青・高木慎介, 2020 光化学討論会, Online, 2020年9月.
  - 溶媒効果による表面固定誘起発光のスイッチング, 大熊龍斗・中里亮介・嶋田哲也・石田玉青・高木慎介, 2020 光化学討論会, Online, 2020年9月.
  - 光誘起電子移動反応における色素配向依存性の検討, 富永将太・佐野奎斗・嶋田哲也・石田玉青・高木慎介, 2020 光化学討論会, Online, 2020年9月.
  - Optically transparent dispersion of titanium and tin oxide nanoparticle, SANO Keito・FAZALURAHMAN Kuttassery・OHTANI Bunsho・YAMAKATA Akira・SHIMADA Tetsuya・ISHIDA Tamao・TACHIBANA Hiroshi・INOUE Haruo・TAKAGI Shinsuke, 2020 光化学討論会, Online, 2020年9月.
  - Two-electron water oxidation behavior by titanium porphyrin, OHSAKI Yutaka・SHIMADA Tetsuya・ISHIDA Tamao・TAKAGI Shinsuke・TACHIBANA Hiroshi・INOUE Haruo, 2020 光化学討論会, Online, 2020年9月.
  - 粘土ナノシート上における一価カチオン性アクリジニウム誘導体の吸着挙動に分子構造が与える影響, 吉田雄麻・嶋田哲也・石田玉青・高木慎介, 第71回コロイドおよび界面化学討論会, Online, 2020年9月.
  - 粘土ナノシート表面がアルデヒド-ジオール平衡に及ぼす影響, 荒川京介・嶋田哲也・石田玉青・高木慎介, 第71回コロイドおよび界面化学討論会, Online, 2020年9月.
  - 置換ハイドロキシアパタイト担持金触媒による3,4-diacetoxybut-1-eneの異性化反応—強い金属—担体相互作用(SMSI)効果—, 中山晶皓・袖永竜生・Y. Gangarajura・竹歳絢子・村山徹・本間徹生・坂口紀史・嶋田哲也・高木慎介・春田正毅・J. Wang・石田玉青, 第126回触媒討論会, Online, 2020年9月.
  - 金クラスター触媒を用いたNADH酸化反応における金粒子のサイズと担体の効果, 西垣潤一・石田玉青・本間徹生・春田正毅, 第126回触媒討論会, Online, 2020年9月.
  - 可視域で透明な酸化チタン・酸化スズナノ粒子分散液の調製と光触媒材料への応用, 佐野奎斗・Kuttassery Fazalurahman・石田玉青・嶋田哲也・立花宏・高木慎介・井上晴夫, 第10回CSJ化学フェスタ2020, Online, 2020年10月.
  - 置換ハイドロキシアパタイト担持金ナノ粒子触媒による3,4-diacetoxybut-1-eneの異性化反応—強い金属—担体相互作用(SMSI)効果と置換イオンの効果—, 中山晶皓・袖永竜生・Y. Gangarajura・竹歳絢子・村山徹・本間徹生・坂口紀史・嶋田哲也・高木慎介・春田正毅・J. Wang・石田玉青, 第10回CSJ化学フェスタ2020, Online, 2020年10月.
  - 析出還元法及び光析出法で合成したPt/TNSのH+光還元能の比較, 瀧本宝生・平出有吾・嶋田哲也・石田玉青・高木慎介, 第10回CSJ化学フェスタ2020, Online, 2020年10月.
  - 有機カチオン性シリカの正電荷密度制御とその表面における色素の吸着挙動の観測, 飯倉健介・荒川京介・石田玉青・嶋田哲也・高木慎介, 第10回CSJ化学フェスタ2020, Online, 2020年10月.
  - 粒径が異なるナノシート上における分子の吸着分布の推定, 長岡駿輔・大崎穰・立花宏・嶋田哲也・石田玉青・高木慎介, 第39回固体・表面光化学討論会, Online,

2020年11月.

18. ペロブスカイト型ニオブアノシート単層膜に対するカチオン性ポルフィリンの吸着挙動評価, 大島百々香・佐野奎斗・平出有吾・富永将太・嶋田哲也・石田玉青・高木慎介, 日本化学会第101春季年会, Online, 2021年3月.
19. Zn-ポルフィリン/Re-錯体/NiO複合電極の可視光CO<sub>2</sub>還元効率に及ぼすNiOへのLiイオンドープの効果, 中里亮介・山本大亮・棟方裕一・金村聖志・嶋田哲也・石田玉青・立花宏・高木慎介・井上晴夫, 日本化学会第101春季年会, Online, 2021年3月.
20. 負電荷密度の異なる粘土ナノシート上でのタンパク質の吸着挙動と酵素活性の評価反応, 佐藤勝哉・追分悠太・荒川京介・嶋田哲也・石田玉青・高木慎介, 日本化学会第101春季年会, Online, 2021年3月.

## ■特許

## ■著書・総説・解説、報告書

## ■受賞

1. 日本粘土学会学術振興基金賞, 荒川京介 (D1), 2020年9月.
2. 第71回コロイドおよび界面化学討論会オンライン学生講演賞, 荒川京介 (D1), 2020年9月.
3. 第10回CSJ化学フェスタ2020優秀ポスター発表賞, 中山晶皓 (M1), 2020年10月.

## ■国内外の大学・行政機関との連携を行った教育

1. 高木慎介、東京理科大学非常勤講師
2. 高木慎介、宮崎大学非常勤講師
3. 高木慎介、文部科学省卓越大学院プログラム教員
4. 石田玉青、東京工科大学非常勤講師

## ■先端的・学際的な研究の推進

1. 北海道大学触媒科学研究所との共同研究(研究代表者高木慎介)「金属ポルフィリン/酸化チタン複合体による人工光合成モデルの構築」
2. タカラベルモント社との共同研究「毛髪などの着色に関わる研究」
3. 日立化成との共同研究「量子ドットおよび量子ドットフィルムに関する研究」
4. 国立研究開発法人物質・材料研究機構(NIMS)との「色素鋳型を用いたソーコナイト合成におけるアニオン配列制御の検討」に関する共同研究.
5. 中国科学院大連化学物理研究所 Junhu Wang 教授のグループとの「置換ハイドロキシアパタイト担持金触媒を用いた有機反応開発」に関する共同研究.
6. 九州大学理学研究院 徳永信教授、村山美乃准教授、高輝度光科学研究センター 本間徹生研究員との「担持金触媒のXAFSを用いた触媒構造解析」に関する共同研究
7. フランス国立保健医学研究機構 (INSERM) Sophie Lanone 教授、Jorge Boczkowski 教授との「酸化物担持金ナノ粒子触媒の細胞における抗炎症作用」に関する共同研究.

## 分子計測化学分野 内山研究室

教授 内山 一美 准教授 中嶋 秀 准教授 加藤 俊吾  
 助教 毛 思鋒 助教 乗富 秀富  
 学生実験担当 香川 末雄 学生実験担当 宮本 治子

### ■ 構成員

内山 一美(うちやま かつみ) 教授/博士(薬学)  
 分析化学, ナノ・マイクロ化学造形, 微小液滴  
 9-339 室 TEL:042-677-1111 内線 4877  
 uchiyama-katsumi@tmu.ac.jp

中嶋 秀(なかじま ひずる) 准教授/博士(工学)  
 分析化学, マイクロ化学分析システム, クロマトグラフィー,  
 電気泳動, 化学センサー, バイオセンサ  
 9-343 室 TEL:042-677-1111 内線 4882  
 nakajima-hizuru@tmu.ac.jp

加藤 俊吾(かとう しゅんご) 准教授/博士(工学)  
 大気化学, 分析化学, 地球化学  
 9-338 室 TEL:042-677-1111 内線 4875  
 shungo@tmu.ac.jp

毛 思鋒(まお すーふおん) 助教/博士(工学)  
 分析化学, マイクロ化学分析システム  
 9-344 室 TEL:042-677-1111 内 4883  
 maosifeng@tmu.ac.jp

乗富 秀富(のりとも ひでたか) 助教/博士(工学)  
 酵素工学, 化学工学, コロイド化学  
 9-148 室 TEL:042-677-1111 内線 4838  
 noritomi@tmu.ac.jp

香川 末男(かがわ すえお) 学生実験担当  
 9-290 室 TEL:042-677-1111 内線 4872  
 kagawa@tmu.ac.jp

宮本 治子(みやもと はるこ) 学生実験担当  
 9-291 室 TEL:042-677-1111 内線 4873  
 miyamoto-haruko@jtm.tmu.ac.jp

博士後期課程: 3 名  
 博士前期課程: 12 名  
 学部 4 年: 8 名  
 研究生: 1 名  
 JSPS 論文博士支援生: 1 名(清華大学)

### ■ 研究概要

#### (1) ナノ/マイクロケミカルペンの開発と応用

##### 内山一美, 毛 思鋒

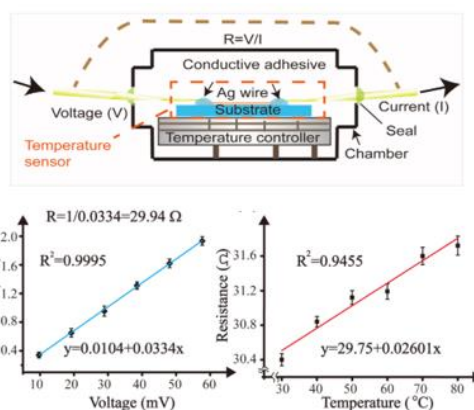
任意の材料表面の任意の位置に, 微小化学修飾を可能とする独自技術であるマイクロケミカルペンの開発およびその応用を進めた。マイクロケミカルペンは, 溶媒中で複数の試薬を送液することで, 数 10 ナノ~数マイクロメートルの反応領域を形成する。さらに材料表面で走査することにより微小な化学修飾パターンが形成される。これまで基板表面に 100 nm

以下の線幅の銀ナノワイヤーを形成することに成功していた。本年はこれをセンサーとして応用し超高感度なセンシングを実現した。さらに幅広い応用を可能とするため, ナノワイヤーを安定して作製できる技術の開発に成功した。今後ケミカルペンによる分子機械の創出及びその機能発現場の形成, マイクロマシンの高機能化, マイクロ化学分析の高度化など多くの応用が期待される。

#### (1)-1 ナノワイヤーの温度センサーへの応用

##### 内山一美, 毛 思鋒

マイクロケミカルペンを用いることで, 微小の拡散混合反応領域を形成し, 固体表面上に導電性ナノワイヤーを選択的に作製することができる。安定したナノワイヤーの作製のため, 蛍光色素を使用してナノスケールの拡散混合反応領域を可視化し, 溶液の粘度やその他のパラメーターを最適化することにより, 高アスペクト比(=1800)が得られ, 均一な幅, 勾配幅, 複雑なパターンを備えた銀ナノワイヤーアレイの製造に成功した。さらにこのナノワイヤーセンサーの温度抵抗係数(TCR)は  $0.0261 \Omega / ^\circ\text{C}$  という値であることが確認され, 銀の TCR の理論値  $0.0038 \Omega / ^\circ\text{C}$  の 7 倍, という非常に高い温度センシング能の実現に成功した。

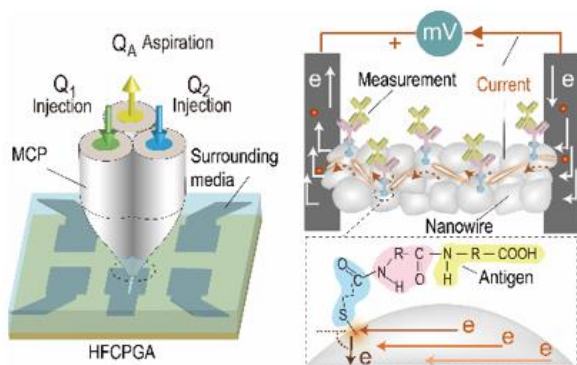


#### (1)-2 ナノワイヤーセンサーによる超高感度タンパク質検出

##### 内山一美, 毛 思鋒

本研究では, ナノワイヤーセンサーによるラベルフリーの超高感度タンパク質検出に成功した。ナノワイヤーは, マイクロケミカルペンを用いて流体力学的に流れを制御することで, 銀粒子の成長を高精度に制御しながらパターンを形成するシステムを開発した。2 つの独立した酸化インジウムスズ(ITO)電極間に, 100~700nm の幅で銀ナノワイヤーセンサーを作製した。さらに化学修飾を行い, IgA および IgG 測定を行ったところ, 検出限界(LOD)はそれぞれ  $0.089 \text{ fg} / \text{mL}$  および  $0.93 \text{ fg} / \text{mL}$  であり, 超高感度であることが示された。また広範囲の濃度( $100 \text{ ag} / \text{mL} \sim 100 \mu\text{g} / \text{mL}$ )で定量できることが確認された。さらに, ナノワイヤーが複数のランダムな銀の単結晶から成る構造を有することが確認され, ナノワイヤーによる超高感度センシングの原理を提案した。

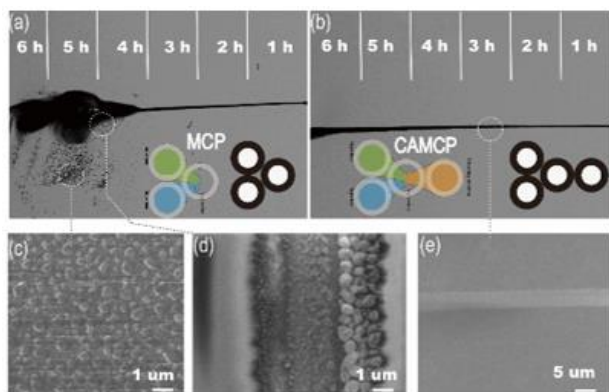




## (1)-3 長いナノワイヤーの作製技術の開発

内山一美, 毛 思鋒

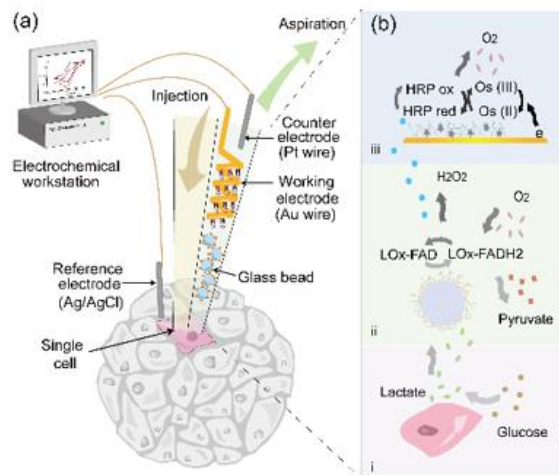
3本のノズルを使ったマイクロケミカルペン（MCP）はアスペクト比の大きい（長い）ナノワイヤーの作製が可能であるが、実際は反応生成物によるノズルの詰まりによる溶液制御阻害のため、安定してナノワイヤーを作製できる時間には限界があった。本研究では、クリーンな反応を促すため4本のノズルを用いたマイクロケミカルペンを提案した。4本目のノズルから硝酸を流入することにより反応生成物を除去することが可能となった。そのためクリーンな反応領域を長時間保持することに成功し、より長いナノワイヤー作製が可能となった。同時に、マイクロケミカルペンによるナノワイヤー作製の再現性を高めるため、新規なテンプレート支援アセンブリ法が開発された。



## (2) プッシュプルノズルシステムによる単一細胞から放出される乳酸検出

内山一美, 毛 思鋒

細胞のガン化は多くの場合、極少数の細胞の異常から始まりそれが分裂することで数を増やし腫瘍化につながる。つまり単一細胞レベルでの異常の発見は極早期診断を可能とする。本研究では、プッシュプル型の溶液制御システムを用いて単一細胞の応答をリアルタイムに検出する新規手法開発に成功した。プッシュノズルを用いることで単一細胞のみをグルコースにより刺激し、プルノズルを用いることでその細胞のみから分泌される乳酸の応答を検出することが可能となった。分泌された乳酸は、レイヤーバイレイヤー酵素アセンブリ技術によりノズル中で電気化学的に高感度、高特異的、および高い時空間分解能に検出できた。本研究は、非侵襲的に単一細胞からの乳酸反応を検出するという新しい手法を提供し、ガンの極早期診断と治療、および細胞検査によるテーラーメイド医療への展開が期待される。



## (3) 流体制御法による単一細胞操作

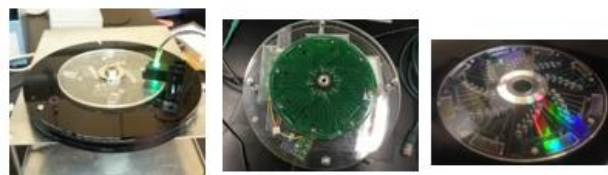
内山一美, 毛 思鋒

単一細胞を計測することは、細胞の挙動や細胞の不均一的な構造のメカニズムを明らかにするために極めて重要である。これまで細胞アレイや単一細胞液滴等を用いて、蛍光分析、電気泳動および質量分析が行われてきたが、ほとんどは、多数の細胞の懸濁液中での単一細胞測定であり、細胞外環境の変化による細胞への影響が無視できない。本研究では、細胞内小器官の輸送や、細胞損傷の修復メカニズムを理解するために、単一細胞を操作できる新しい手法の開発に取り組んでいる。ナノ・マイクロケミカルペンの原理を利用して、細胞の局所的な操作を実現するものであり、細胞のキャラクターゼーション、細胞内液の抽出・測定、刺激応答などの一連の操作を1細胞毎に行う。単一細胞操作と細胞内操作の新しいツールになると期待される。

## (4) コンパクトディスク型マイクロチップを用いるマイクロ化学分析システムの開発

中嶋秀

マイクロチップを用いて多成分同時測定や多検体同時測定を行う場合、多数のポンプとバルブが必要となるので、システム全体が大型化する問題がある。そこで、コンパクトディスク（CD）上に、多数の溶液溜めと微細流路（マイクロチャネル）を作製し、CDの回転による遠心力を利用してマイクロチャネル内に試薬及び試料を導入する送液法を考案した。これを小型の蛍光検出システム、電気化学検出システムおよび表面プラズモン共鳴（SPR）センサと組み合わせ、ポンプレス、バルプレスな小型分析システムを開発した。



## (5) ピペットチップを用いる携帯型 ELISA システムの開発

中嶋秀

酵素免疫測定法（ELISA）は抗原抗体反応と酵素反応を組み合わせた極めて選択性・特異性の高い高感度なタンパク質定量法の一つである。しかし、測定に長時間を要する、試料・試薬の使用量が多い、検出器が大型かつ高価であるなどの問題を抱えているため、ELISAによる測定をオンサイトで実施することは極めて困難である。そこで、ピペットチップの内壁を反応場とする ELISA 法を考案し、LED と無機フォトダイオード

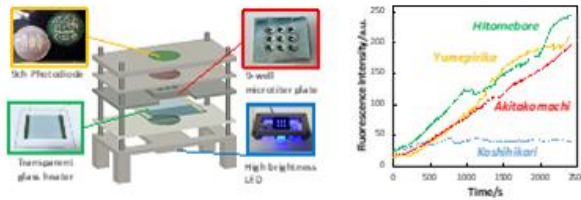
# 研究室年次報告

を用いる手のひらサイズの PT-ELISA 用蛍光検出器を開発した。これを用いて唾液中に含まれる IgA の定量に成功した。



## (6) LAMP 法に基づく携帯型遺伝子検査システムの開発 中嶋秀

ポリメラーゼ連鎖反応(PCR)法は遺伝子検査に広く用いられているが、サーマルサイクラー、電気泳動装置、吸光/蛍光検出器等の大型かつ高価な専用装置が必要なため、PCR に基づく遺伝子検査を現場で実施することは極めて困難である。そこで、等温での遺伝子増幅が可能な LAMP 法に着目し、LED、無機フォトダイオード、透明ガラスフィルムヒーター等を用いる手のひらサイズの LAMP 法に基づく遺伝子検査システムを開発した。これを用いてコメの品種識別に成功した。



## (7) 海底堆積物中の間隙水の pH 測定を指向したマルチチャンネル ISFET センサーの開発 中嶋秀

大気中に排出される二酸化炭素の増加に伴い、海洋の酸性化が進行している。海洋の酸性化は、サンゴや貝類などの炭酸カルシウムを骨格とする海洋生物の骨格生成を妨害するだけでなく、サンゴ礁の砂地の溶解も引き起こす可能性があるため、そこに棲息する海洋生物への影響が懸念されている。そのため、海底堆積物中の間隙水の pH 分布を測定することは、海洋酸性化による生態系への影響評価に極めて重要である。海底堆積物中の間隙水の pH 分布は、一般的にダイバーによるガラス電極を用いた pH メーターにより測定されているが、作業が過酷である、電極が高価で破損しやすい、同一時間での pH 分布を測定できないなどの問題を抱えている。そこで、海底堆積物中に設置するだけで間隙水の pH 分布をリアルタイムに測定できるマルチチャンネル ISFET センサーを開発し、多チャンネルでの同時 pH 測定に成功した。



## (8) 都市域の揮発性有機化合物の動態に関する研究 加藤俊吾

郊外域(南大沢・江東区・京都府)において揮発性有機化合物の個別濃度測定を行い、郊外域における発生源ごとの

光化学オキシダント生成への寄与を推定し、対策について検討した。

## (9) リモート地域での大気微量成分の濃度変動に関する研究 加藤俊吾

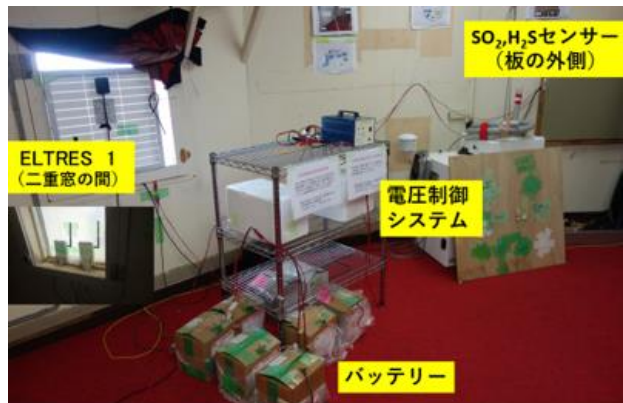
近傍の発生源の影響を受けない沖縄県辺戸岬、石川県珠洲において、大気中の一酸化炭素、オゾン、揮発性有機化合物、水素の観測を行い、長距離越境汚染輸送の影響について検討を行った。

## (10) 山岳地域での大気汚染物質濃度変動に関する研究 加藤俊吾

富士山麓に位置する太郎坊観測サイトにおいて、一酸化炭素、オゾンおよび二酸化硫黄の濃度測定を行った。明確な日変動が観測され、大気接地境界層の高度方向の日内変動により、太郎坊において都市汚染大気と清浄な自由対流圏の空気を測定できることがわかった。二酸化硫黄が高濃度になる事例が頻繁に観測され、大涌谷または富士山からの火山性ガスが検出されていると予想された。

## (11) 小型ガスセンサーによる大気測定 加藤俊吾

小型小電力のガスセンサーにより、都市郊外域や清浄な富士山頂で大気測定を行った。富士山頂は商用電源が利用できないが、火山性ガスを小電力のガスセンサーおよび省電力通信技術の ELTRES (SONY) を寒冷地用バッテリーで駆動し、観測したデータをリアルタイムでインターネット上に公開した。2019 年夏からの通年越冬観測測定に成功した。また、箱根大涌谷において、乾電池で小型センサーを駆動する小型システムを携帯しながら火山性ガスを測定し、濃度マップの作製をおこなった。これらにより、防災の観点からも有用な情報が得られることが分かった。

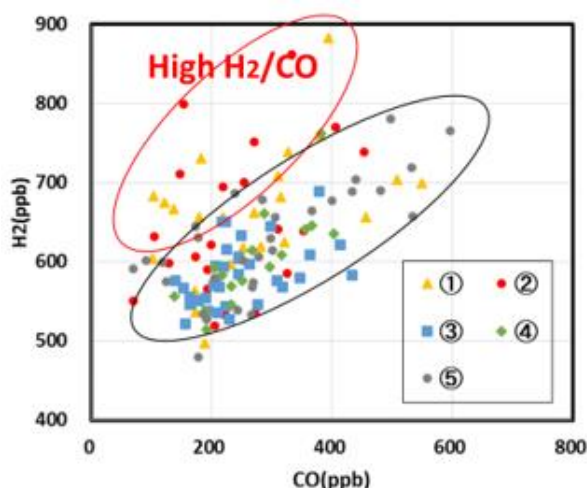


富士山測候所に設置した越冬観測システム

## (12) 環境大気中の水素濃度測定 加藤俊吾

水素社会が本格的に始まる前の状況での一般環境大気中での水素濃度を把握するため、大気中の微量な水素濃度をガスクロマトグラフィー/還元性ガス検出器のシステムにより測定した。都市郊外域(南大沢)、都市域(江東区)およびリモート地点(沖縄県辺戸岬、石川県珠洲)での大気中水素濃度の測定を行った。江東区の観測より現状の水素の発生源として自動車排ガスだけでなく工業地域からの排出が多いことがわかった。





江東区の水素・一酸化炭素比による排ガス・工業起源の差

### (13) バイオ炭の酵素のストレス耐性への応用に関する研究 乗富秀富

温室効果ガス排出削減を目指して、カーボンニュートラルな林地残材などを原料としたバイオ炭を調製し、バイオ炭の酵素担体としての機能について検討を行った。その結果、バイオ炭は、酵素の熱や有機溶媒ストレスに対する脆弱性を著しく改善できることを見出した。この成果は、バイオリクターやバイオセンサ、バイオ燃料電池などバイオプロセスへの応用が可能である。

#### ■査読付き論文

1. K. Morioka, H. Sato, K. Morita, A. Hemmi, H. Nakajima, A. Shoji, A. Yanagida  
Development of an on-chip sample injection system with a 6-port valve incorporated in a microchip  
Royal Society of Chemistry (RSC), Vol.10, No.59,  
pp.35848–35855
2. 森岡和夫, 柏木寿実, 中嶋秀, 柳田顕郎, 東海林敦  
楔形微小空間を利用する微粒子の粒径計測  
分析化学, Vol. 69, No. 4・5, pp.167–172
3. J. Li, T. Fujii, K. Matsuoka, M. Takemura, J. Zhou, Y. Sakamoto, N. Kohno, M. Nakagawa, K. Murano, Y. Sadanaga, Y. Nakashima, K. Sato, A. Takami, A. Yoshino, T. Nakayama, S. Kato, Y. Kajii,  
Total hydroxyl radical reactivity measurements in a suburban area during AQUAS-Tsukuba campaign in summer 2017  
Science of the Total Environment, 740 139897, 2020.
4. 山脇拓実, 大河内博, 山本修司, 山之越恵理, 島田幸治郎, 緒方裕子, 勝見尚也, 皆巳幸也, 加藤俊吾, 三浦和彦, 戸田敬, 和田龍一, 竹内政樹, 小林拓, 土器屋由紀子, 畠山史郎  
富士山体を用いた夏季自由対流圏における雲水中揮発性有機化合物の観測  
大気環境学会誌, 55, No5, 2020
5. H. Noritomi, S. Kurihara, N. Endo, S. Kato, K. Uchiyama  
Enhancement of lytic activity of HEWL adsorbed on biochar by the optimization of adsorption conditions  
International Journal of Chemistry, Vol.12, No.2, pp.45–53
6. Y. Noritomi, T. Kuboki, H. Noritomi  
Estimation of immobilized horseradish peroxidase in a low salt concentration for an irreversible electrochemical system

Results in Chemistry, Vol.2, pp.1–7

7. Z. Wu, S. Mao, Y. Zheng, L. Lin, S. Mao, Z. Li, J. M. Lin, Controllable Synthesis of Multicompartmental Particles Using 3D Microfluidics, *Angewandte Chemie-International Edition*, 2020, 59, 2225–2229.
8. N. Xu, H. Li, S. Lin, W. Zhang, S. Han, H. Nakajima, S. Mao, J. M. Lin, A fluidic isolation-assisted homogeneous-flow-pressure chip-solid phase extraction-mass spectrometry system for online dynamic monitoring of 25-hydroxyvitamin d3 biotransformation in cells, *Analytical Chemistry*, 2021, 93, 2273–2280.
9. Q. Zhang, S. Mao, W. W. Li, Q. S. Huang, S. Feng, Z. Y. Hong, J. M. Lin, Microfluidic adhesion analysis of single glioma cells for evaluating the effect of drugs, *Science China-Chemistry*, 2020, 63, 862–870.
10. Q. S. Huang, S. F. Mao, M. Khan, W. W. Li, Q. Zhang, J. M. Lin, Single-cell identification by microfluidic-based in situ extracting and online mass spectrometric analysis of phospholipids expression. *Chemical Science*, 2020, 11, 253–256.
11. J. X. Dou, S. Mao, H. F. Li, J. M. Lin, Combination stiffness gradient with chemical stimulation directs glioma cell migration on a microfluidic chip, *Analytical Chemistry*, 2020, 92, 892–898.
12. T. Z. Xie, N. Li, S. Mao, Q. Zhang, J. M. Lin, Cell heterogeneity revealed by on-chip angiogenic endothelial cell migration, *Acs Omega*, 2020, 5, 3857–3862.

#### ■学会発表

1. 岡本 梓, Zhou, Lin, Mao, Sifeng, 河西 奈保子, 内山 一美  
ノズルシステムを用いたがん細胞からの乳酸塩の電気化学的検出  
日本分析化学会第 69 年会,  
2020/9/16–9/18 オンライン開催, E3003
2. 乗富秀富, 栗原駿一, 遠藤信行, 加藤 寛, 内山一美  
バイオ炭に吸着された酵素の活性に対する吸着条件の影響  
第71回コロイドおよび界面化学討論会,  
2020/9/14–9/16 オンライン開催, F13
3. 辰巳紘奨, 千島峻, 高橋智樹, 加藤俊吾  
ポータブル測定器による実大気中での大気汚染物質の観測  
第 61 回大気環境学会, 2020/9/14–紙面開催
4. 橋間美弥, 加藤俊吾, 小谷野真司, 齊藤伸治, 鶴丸央,  
東京都江東区での大気中水素濃度変動要因の検討  
第 25 回大気化学討論会, 2020/11/11–13 オンライン開催
5. 高橋智樹, 加藤俊吾, 三浦和彦, 大河内博, 鴨川仁, 土器屋由紀子, 荒島謙治, 西出葵嘉, 尾花文一  
富士山頂での火山性ガス越冬モニタリングシステムの構築  
第 25 回大気化学討論会, 2020/11/11–13 オンライン開催
6. 辰巳紘奨, 加藤俊吾  
郊外とトンネル内における大気中揮発性有機化合物の比較  
第 25 回大気化学討論会, 2020/11/11–13 オンライン開催
7. 矢田茂久, Hon-Lam-Hong Sandra, 加藤俊吾, 定永靖宗, 松本篤  
能登半島珠洲での VOC 長期測定  
第 25 回大気化学討論会, 2020/11/11–13 オンライン開催
8. Sifeng Mao, Haifeng Lin, Nahoka Kasai, Shungo Kato, Hizuru Nakajima, Local Fabrication of Nanowires with High

Aspect-Ratios using a Diffusion Mixing Reaction System for Temperature Sensing, 2021 年第 68 回 応用物理学会春季学術講演会, 2021/3/16-19

## ■特許

## ■著書・総説・解説、報告書

### 1.Hidetaka Noritomi

Experiments on the formation and solubilization property of water-in-oil microemulsions of alkyl glucosides, Emerging Trends in Engineering Research and Technology Vol. 9, Ed by Suraya Hani Bt Adnan, Book Publisher International, London, United Kingdom, Chapter 2, 10-17 (2020)

### 2.Hidetaka Noritomi

Experimental study on adsorption of  $\alpha$ -chymotrypsin on plant biomass charcoal, Emerging Trends in Engineering Research and Technology Vol. 9, Ed by Suraya Hani Bt Adnan, Book Publisher International, London, United Kingdom, Chapter 3, 18-27 (2020)

### 3.Hidetaka Noritomi

Study on efficient protein refolding using surfactants at high final protein concentration, Emerging Trends in Engineering Research and Technology Vol. 9, Ed by Suraya Hani Bt Adnan, Book Publisher International, London, United Kingdom, Chapter 4, 28-36 (2020)

### 4.Hidetaka Noritomi

Experimental study on preparation of highly concentrated silver nanoparticles in reverse micelles of sucrose fatty acid esters through solid-liquid extraction method, Emerging Trends in Engineering Research and Technology Vol. 9, Ed by Suraya Hani Bt Adnan, Book Publisher International, London, United Kingdom, Chapter 5, 37-45 (2020)

### 5.Hidetaka Noritomi

Effect of solvent on catalysis of protease adsorbed on biochar in organic media, New Advances in Materials Science and Engineering Vol.2, Ed by Yong X. Gan, Book Publisher International, London, United Kingdom, Chapter 10, 124-132 (2020)

### 6. Hidetaka Noritomi

Thermal stabilization of HEWL by adsorption on biochar, New Advances in Materials Science and Engineering Vol.2, Ed by Yong X. Gan, Book Publisher International, London, United Kingdom, Chapter 11, 133-141 (2020)

## ■受賞

### 1. 日本分析化学会「分析化学」若手論文賞

自律送液が可能なマイクロチップと有機フォトダイオード検出器を用いる化学発光分析システムの開発

曲奎智, 森岡和大, 東奈穂, 長嶋萌子, 辺見彰秀, 東海林敦, 村上博哉, 手嶋紀雄, 梅村知也, 加藤俊吾, 河西奈保子, 内山一美, 中嶋秀

## ■国内外の大学・行政機関との連携を行った教育

### 1. 日本学術振興会論文博士支援事業

Xu Ning(清華大学) 2018~2020 年度

## ■先端的・学際的な研究の推進

### 1. 加藤俊吾

公益財団法人東京都環境公社東京都環境科学研究所との共同研究「東京都での大気中水素濃度変動に関する研究」



環境調和化学分野 宍戸研究室

教授 宍戸 哲也 助教 三浦 大樹

■構成員

宍戸 哲也(ししど てつや)教授/博士(工学)  
触媒化学、表面化学、固体酸塩基、選択酸化、その場分析  
9-551 号室 TEL : 042-677-2850 内線 4963 shishido-tetsuya@tmu.ac.jp

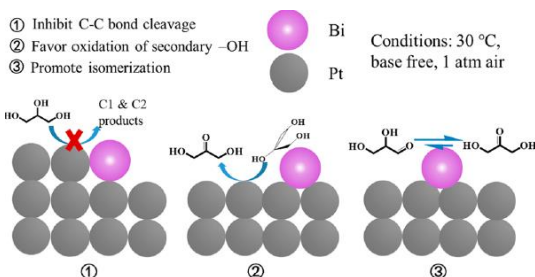
三浦 大樹(みうら ひろき)助教/博士(工学)  
触媒化学、固体酸塩基、有機合成化学、有機金属化学  
9-550 号室 TEL : 042-677-2851 内線 4962 miura-hiroki@tmu.ac.jp

博士研究員 2名  
博士後期課程 2名  
修士課程 12名  
学部 4年 7名

■研究概要

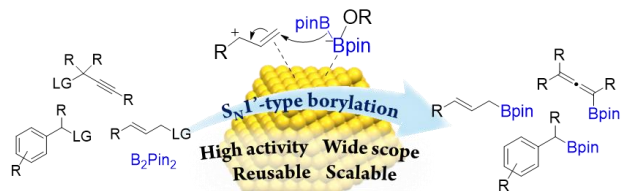
**Pt ナノ粒子—ビスマス触媒系によるグリセロール選択酸化に関する研究**

バイオマス由来物質を高付加価値な化合物へと変換することはカーボンニュートラルの観点から非常に重要である。バイオディーゼル製造時に副生成物として生成するグリセロールをジヒドロキシアセトンへと選択的に変換するためには、その2級アルコールを高度に識別し酸化する必要がある。本研究では、グリセロールからのジヒドロキシアセトンの選択酸化に対する担持 Pt 触媒への Bi 添加効果をから検討したところ、Bi の添加により2級アルコールの選択酸化が優先的となることがわかった。また理論計算から Bi への1級アルコールの配位が2級アルコールの選択的な酸化を誘発するとともに、Bi によりグリセラルデヒドからヒドロキシアセトンへの異性が促進されることを明らかにした。



**担持 Au 触媒による sp<sup>3</sup>C-O 結合の高効率ポリル化に関する研究**

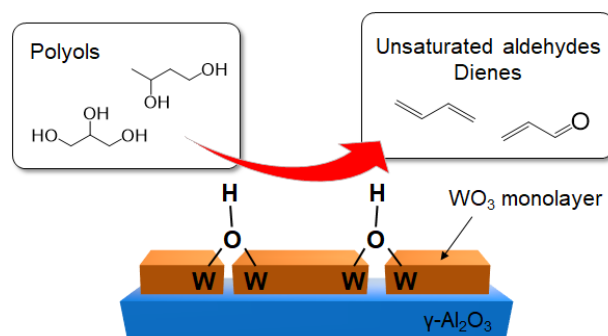
遷移金属触媒を用いる sp<sup>3</sup>C-O 結合のポリル化は、医薬品や農薬の有用な合成中間体である有機ホウ素化合物を合成するために有用な手法である。これまでに種々の均一系触媒の有効性が報告されているが、環境調和性の高い不均一系触媒の適用はこれまで報告されていなかった。本研究では担持 Au 触媒を用いることによりアリルエステルなどに含まれる sp<sup>3</sup>C-O 結合のポリル化が極めて効率的に進行することを



明らかにした。本触媒系はアリルエステルだけでなくベンジルエステルやプロパルギルエステルにも適用可能で、対応する有機ホウ素化合物がそれぞれ良好な収率で得られた。詳細な速度論的反應機構解析をおこなった結果、Au ナノ粒子上でのカルボカチオンの形成が反応が効率的に進行するカギとなっていることを明らかにした。

**グリセロール脱水によるアクロレイン生成に有効な金属酸化物触媒に関する研究**

アクロレインは医薬品など、様々な化成品合成に利用される重要な合成中間体であり、近年その需要が高まっている。グリセロールはバイオディーゼル製造時に副生成物として生成するため供給過剰となっており、脱水反応によりアクロレインに選択的に変換できれば、そのメリットは大きい。本研究では、グリセロールからのアクロレイン合成を検討したところ、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>にWO<sub>3</sub>を担持した触媒(WO<sub>3</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)が特に有効であることを明らかにした。WO<sub>3</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>触媒はグリセロールの脱水に対して、同じ固体酸触媒であるゼオライトなどと比べて高い活性と耐久性を示した。また様々なポリオール脱水に有効であることも明らかにした。



■査読付き論文

1. "Concerted Catalysis of Pd and Au on Alloy Nanoparticles for Efficient Heterogeneous Molecular Transformations" Miura, H.; Shishido, T. *Chem. Lett.* **2021**, *50*, 346–352. **(Highlight Review)**
2. "Practical Synthesis of Allyl, Allenyl and Benzyl Boronates through S<sub>N</sub>1'-Type Borylation under Heterogeneous Gold Catalysis" Miura, H.; Hachiya, Y.; Nishio, Y. Fukuta, T. Toyomasu, H.; Kobayashi, K.; Masaki, Y.; Shishido, T. *ACS Catal.* **2021**, *11*, 758–766. **[Featured as a Supplementary Cover]**
3. "Diels-Alder Conversion of Acrylic Acid and 2,5-Dimethylfuran to para-Xylene Over Heterogeneous Bi-BTC Metal-Organic Framework Catalysts Under Mild Conditions", Yeh, J. Y.; Chen, S. S.; Li, S.-C.; Chen, C. H.; Shishido, T.; Tsang, D. C. W.; Yamauchi, Y.; Li, Y.-P.; Wu, Kevin C.-W. *Angew. Chem. Int. Ed.*, **2021**, *60*, 624-629. **[Featured as a Supplementary Cover]**
4. "Selective Dehydration of Glycerol to Acrolein over Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-supported WO<sub>3</sub> catalysts" Aihara, T.; Asazuma, K.; Miura, H.; Shishido, T. *RSC Adv.* **2020**, *10*, 37538–37544.
5. "Behavior of active species on Pt-Sn/SiO<sub>2</sub> catalyst during the dehydrogenation of propane and regeneration", Lidan, D.; Zhou, Z.; Shishido, T., *Appl. Catal. A: General*, **2020**, *606*, 117826.

6. "Features of Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub> as a Metal Oxide Support of Pt and Pd Catalysts for Selective Catalytic Oxidation of NH<sub>3</sub> with High N<sub>2</sub> Selectivity", Lin, M.; An, B.; Takei, T.; Shishido, T.; Ishida, T.; Haruta, M., Murayama, T., *J. Catal.*, **2020**, 389, 366-374.
7. "Experimental and theoretical investigation of the role of bismuth in promoting the selective oxidation of glycerol over supported Pt-Bi catalyst under mild conditions" Feng, S.; Yi, J.; Miura, H.; Nakatani, N.; Hada, M.; Shishido, T. *ACS Catal.* **2020**, 10, 6071-6083.
8. "Silylation of Aryl Chlorides by Bimetallic Catalysis of Palladium and Gold on Alloy Nanoparticles" Miura, H.; Masaki, Y.; Fukuta, Y.; Shishido, T. *Adv. Synth. Catal.* **2020**, 362, 2642-2650 **[Selected as a Very Important Publication]**
9. "Brønsted Acid Property of Alumina-Based Mixed Oxides Supported Tungsten Oxide" Saito, M.; Aihara, T.; Miura, H.; Shishido, T. *Catal. Today* **2020**, in press.
10. "Importance of the Pd and Surrounding Sites in Hydrosilylation of Internal Alkynes by Palladium-Gold Alloy Catalyst" Sadhukhan, T.; Junkaew, A.; Zhao, P.; Miura, H.; Shishido, T.; Ehara, M. *Organometallics* **2020**, 39, 528-537. **[Featured as a Supplementary Cover]**
11. "Investigation of the mechanism of the selective hydrogenolysis of C-O bonds over a Pt/WO<sub>3</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> catalyst" Aihara, T.; Miura, H.; Shishido, T. *Catal. Today* **2020**, 352, 73-79.
12. "One-pot synthesis of lactic acid from glycerol over Pt/L-Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub> catalyst under base-free conditions" Shixiang, F.; Takahashi, K.; Miura, H.; Shishido, T. *Fuel Process. Technol.* **2020**, 197, 106202
13. "Reductive Cycloisomerization of Diynes by Supported Palladium Catalysts and Subsequent [4+2] Cycloaddition Leading to Cyclohexene Derivatives" Miura, H.; Tanaka, Y.; Nakahara, K.; Shishido, T. *ChemCatChem* **2020**, 12, 455-458.

## ■学会発表

### 【国内発表】

1. Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 担持 WO<sub>3</sub> 触媒を用いたグリセロール脱水反応  
相原健司・浅妻克也・三浦大樹・宍戸哲也, 第 9 回 JACI/GSC シンポジウム 2020 年 6 月 10 日(水)~11 日(木) オンライン
2. Pt/L-Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 触媒とフロロリアクタによるグリセロールからの乳酸連続合成  
加納絵梨沙・相原健司・三浦大樹・宍戸哲也, 第 9 回 JACI/GSC シンポジウム 2020 年 6 月 10 日(水)~11 日(木) オンライン
3. 複合クラスター形成を利用した担持 Ru-V 触媒の調製: アミンの N-アルキル化反応への応用  
林峻・宍戸哲也, 第 126 回触媒討論会 2020 年 9 月 16 日(水)~18 日(金) オンライン(静岡大学)
4. 水存在下における WO<sub>3</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 触媒上の酸性質変化に関する検討  
相原健司・三浦大樹・宍戸哲也, 第 126 回触媒討論会 2020 年 9 月 16 日(水)~18 日(金) オンライン(静岡大学)
5. Effect of the Ag particle size on selective catalytic oxidation of NH<sub>3</sub> to N<sub>2</sub> over Ag/MnO<sub>2</sub> catalysts at low temperatures  
Haifeng Wang, Mingyue Lin, Hiroto Mogi, Yoko Fukui, Yohei Jikihara, Tsuruo Nakayama, Sadao Yasui, Masatake Haruta, Toru Murayama, Hiroki Miura, Tetsuya Shishido, 第 126 回触媒討論会, 2020 年 9 月 16 日(水)~18 日(金) オンライン(静岡大学)
6. スルホ基を有するシロキサンゲル表面の疎水性官能基修飾が酸触媒活性に与える影響  
加藤玄・三浦大樹・宍戸哲也, 第 126 回触媒討論会 2020 年 9 月 16 日(水)~18 日(金) オンライン(静岡大学)
7. 担持 Au 触媒を用いる芳香族 C-H 結合シリル化とその反応機構解析  
豊増智也・平田竜士・三浦大樹・宍戸哲也, 第 126 回触媒討論会 2020 年 9 月 16 日(水)~18 日(金) オンライン(静岡大学)
8. Ru/TiO<sub>2</sub> 触媒によるグリセリン酸からアラニンへの転換反応  
齋藤嗣朗・Feng Shixiang・三浦大樹・宍戸哲也, 第 126 回触媒討論会 2020 年 9 月 16 日(水)~18 日(金) オンライン(静岡大学)
9. 金属リン酸塩担持 Au 触媒の調製における pH 調整剤の影響  
西尾英倫・三浦大樹・宍戸哲也, 第 126 回触媒討論会 2020 年 9 月 16 日(水)~18 日(金) オンライン(静岡大学)
10. 層状酸化ニオブ担持白金触媒によるグリセロールからの乳酸連続合成  
加納絵梨沙・相原健司・三浦大樹・宍戸哲也, 第 126 回触媒討論会 2020 年 9 月 16 日(水)~18 日(金) オンライン(静岡大学)
11. ヒドロキシアパタイト担持 Rh 触媒による NO の選択的還元  
土井隼・三浦大樹・宍戸哲也, 第 50 回石油・石油化学討論会 2020 年 11 月 12 日(木)~13 日(金) 熊本城ホール
12. Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 触媒によるグルコースからの乳酸一段合成とその反応経路  
畑大地・相原健司・三浦大樹・宍戸哲也, 第 50 回石油・石油化学討論会 2020 年 11 月 12 日(木)~13 日(金) 熊本城ホール
13. 担持 Au 触媒を用いた芳香族 sp<sup>2</sup> C-H 結合のシリル化  
平田竜士・豊増智也・三浦大樹・宍戸哲也, 第 50 回石油・石油化学討論会 2020 年 11 月 12 日(木)~13 日(金) 熊本城ホール
14. 金属酸化物修飾が担持 Au 触媒の sp<sup>3</sup> C-O 結合ポリル化に対する活性に与える影響  
福田要平・蜂屋祐香・三浦大樹・宍戸哲也, 第 50 回石油・石油化学討論会 2020 年 11 月 12 日(木)~13 日(金) 熊本城ホール
15. オレフィンの酸化的ジアセトキシル化に有効な担持 Pd-Te 触媒の構造解析  
保前勇太・三浦大樹・宍戸哲也, 第 50 回石油・石油化学討論会 2020 年 11 月 12 日(木)~13 日(金) 熊本城ホール
16. 担持 Ru 触媒を用いた尿素からの水素生成  
野本賢俊・三浦大樹・宍戸哲也, 第 40 回水素エネルギー協会大会 2020 年 12 月 2 日(水)~3 日(木) オンライン(タワーホール船堀)
17. 析出沈殿法により調製した金属リン酸塩担持 Au ナノ粒子の触媒機能  
西尾英倫・三浦大樹・宍戸哲也, 第 126 回触媒討論会 2021 年 3 月 16 日(火)~17 日(水) オンライン(千葉大学)
18. High-density formation of metal/oxide interfacial

- active sites on a supported Ru-V catalyst prepared through hybrid clustering  
S. Hayashi, T. Shishido, The 101st CSJ Annual Meeting March 19-22, 2021, Online
19. 担持金触媒を用いるアリルリン酸エステルのチオエーテル化  
豊増智也・三浦大樹・宍戸哲也, 第 101 回日本化学会春季年会 2021 年 3 月 19 日(金)~22 日(月) オンライン
  20. 析出沈殿法により調製した金属リン酸塩担持 Au ナノ粒子の触媒機能  
西尾英倫・三浦大樹・宍戸哲也, 第 101 回触媒討論会 2020 年 3 月 19 日(金)~22 日(月) オンライン
1. 第 1 回 ICAT Young Lectureship Azuma Award “Organic Transformations by Concerted Catalysis of Pd and Au on Alloy Nanoparticles”  
三浦大樹
  2. 学生ポスター発表賞 “スルホ基を有するシロキサンゲル表面の疎水性官能基修飾が酸触媒活性に与える影響”  
加藤玄・三浦大樹・宍戸哲也, 第 126 回触媒討論会 2020 年 9 月 16 日(水)~18 日(金) オンライン
  3. 学生ポスター発表賞 “Ru/TiO<sub>2</sub> 触媒によるグリセリン酸からアラニンへの転換反応”  
齋藤嗣朗・Feng Shixiang・三浦大樹・宍戸哲也, 第 126 回触媒討論会 2020 年 9 月 16 日(水)~18 日(金) オンライン

## 【依頼講演】

1. 「PdAu 合金ナノ粒子表面での異種元素の協奏的触媒作用による有機分子変換」三浦大樹, 第 126 回触媒討論会 2020 年 9 月 16 日(水)~18 日(金) オンライン(静岡大学)(受賞講演)
2. 「Supported palladium-gold alloy catalysts for highly efficient hydrogen storage system」, T. Shishido, 2nd Japan-China Forum on Power Batteries for New Energy Vehicles (zoom) Oct 28, 2020. (Invited Lecture)
3. 「水素を作る・運ぶ・使う 水素エネルギーの現状と将来」宍戸 哲也, 令和2年度 第2回 都民を対象としたテーマ別環境学習講座「水素エネルギーから見る未来」2020 年 11 月 20 日(金) オンライン(スイソミル)
4. 「PdAu 合金ナノ粒子表面での異種元素の協奏的触媒作用による有機分子変換」三浦大樹, 2020 年度触媒学会・触媒工業協会交流サロン 2020 年 12 月 11 日(金) オンライン
5. 「Identification, quantitative analysis, and design of active sites on solid acid catalysts for selective conversion of polyols」 T. Shishido, T. Aihara, H. Miura, The 7<sup>th</sup> seminar series in Bioenergy and Catalysis (zoom, Thammasat University), Dec 8, 2020. (Invited Lecture).
6. 「金ナノ粒子-他元素協働による高効率不均一系分子変換」三浦大樹, 第 126 回フロンティア材料研究所学術講演会『有機・錯体・無機材料の構造と機能』2020 年 12 月 16 日(水) オンライン(依頼講演)
7. 「モノレイヤー状酸化物に生成する酸点について」宍戸哲也, 第 1 回 固体酸塩基点の作用と設計研究会セミナー / GSC セミナー, 2020 年 12 月 23 日(水) オンライン(依頼講演)
8. 「担持合金触媒による選択的物質変換」宍戸 哲也, 高難度選択酸化反応研究会シンポジウム, 2021 年 1 月 22 日(金) オンライン(依頼講演)
9. 「Supported palladium-gold alloy catalysts for highly efficient hydrogen storage system」 T. Shishido, The 1st International Conference (Virtual) of Sustainable Energy and Catalysis 2021 (ICSEC, 2021) (zoom) Feb 16-17, 2021. (Keynote Lecture)
10. 「高効率な水素貯蔵・発生を目指した合金ナノ粒子触媒の設計」宍戸哲也, 日本化学会第 101 回春季年会, 2021 年 3 月 19 日(金)~22 日(月) オンライン(依頼講演)

## ■受賞

## 環境調和化学分野 首藤研究室

教授 首藤 登志夫

### ■構成員

首藤 登志夫(しゅどう としお) 教授/博士(工学)  
エネルギー工学, 熱工学, 自動車工学, 水素エネルギー  
9-455号室 TEL:042-677-2715 内線4134  
shudot@tmu.ac.jp

### ■学際的な研究の推進

研究室において応用化学出身の学生と機械工学出身の学生が協働してエネルギー関連研究を実施。

博士後期課程 2名

修士課程 3名

学部4年 3名

### ■研究概要

#### 固体高分子型燃料電池の発電性能向上に関する研究

固体高分子型燃料電池は内燃機関に比べて理論効率の点で有利であるが発電出力の点で劣ることから、固体高分子型燃料電池の発電出力を向上させることを目的として、主に反応物供給流路の改良により拡散分極を低減する研究を実施。

#### 直接メタノール燃料電池の発電性能向上に関する研究

直接メタノール燃料電池は燃料のエネルギー密度の高さが利点であるが、固体高分子型燃料電池に比べて発電出力の点で劣ることから、直接メタノール燃料電池の発電出力を向上させることを目的として、主にアノード流路の改良により拡散分極を低減する研究を実施。

#### 予混合圧縮自己着火燃焼の着火制御に関する研究

内燃機関は固体高分子型燃料電池に比べて発電出力や耐久性などの点で有利であるが、熱効率の向上が課題である。本研究では、内燃機関の高効率化のための新たな燃焼方式として期待される予混合圧縮着火燃焼の着火時期制御に関する研究を実施。

### ■著書

1. 首藤登志夫, 書籍「次世代自動車の熱マネジメント」(分担執筆), 技術情報協会, 2020年12月。

### ■依頼講演

1. 首藤登志夫, 燃料改質式のHCCIエンジンについて, 自動車技術会 燃料潤滑油部門委員会, 2020年12月。

### ■学会発表

1. 高橋巧, 山神僚太郎, 首藤登志夫, 炭素繊維布を反応物流路に用いた固体高分子型燃料電池の発電性能に関する研究, 第40回水素エネルギー協会大会, 7P19, 2020年12月。  
2. 臼井拓海, 首藤登志夫, エタノール改質による水素, エチレンおよびジエチルエーテルを用いた予混合圧縮着火燃焼に関する研究, 第40回水素エネルギー協会大会, 7P17, 2020年12月。

### ■受賞

1. 高橋巧, 第40回水素エネルギー協会大会 学生優秀発表賞, “炭素繊維布を反応物流路に用いた固体高分子型燃料電池の発電性能に関する研究”, 2020年12月。



# 特定学術研究

## ■川上研

産学共同研究費による研究	9件
受託研究	1件
提案公募型研究費による研究	1件
1) 新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO) 燃料電池等利用の飛躍的拡大に向けた共通課題解決型産学官連携研究開発事業	
研究代表者 川上 浩良	
「機能性ナノファイバーフレームワークを基本骨格とする低コスト・高耐久性電解質複合膜の研究開発」	
文部科学省科学研究費による研究	1件
1) 文部科学省科学研究費 基盤研究(B)	
研究代表者 川上 浩良	
二酸化炭素排出量の絶対的削減に向けた超高二酸化炭素透過分離膜の創製	

## ■朝山研

寄付金による研究	1件
産学共同研究費による研究	1件

## ■久保研

産学共同研究費による研究	1件
提案公募型研究費による研究	2件
1) 公益財団法人 池谷科学技術進行財団(研究代表者 久保由治)「マルチカラー型残光センサー」	
2) 公益財団法人 住友電工グループ社会貢献基金(研究代表者 久保由治)「酸化チタンフリー水分散性光触媒による水素製造」	
文部科学省科学研究費による研究	2件
1) 基盤研究(B), (研究代表者 久保由治)「ボロン酸超分子による燐光マニピュレーション」	
2) 基盤研究(C)(一般), (研究代表者 西藪隆平)「機能をマテリアル化できる分子インクの開発」	

## ■瀬高研

提案公募型研究費による研究	1件
1) R2-R3 年度 村田科学技術財団研究助成(研究代表者 瀬高 渉)「2軸性有機極性分子ローターの合成と固体誘電機能開発」	
文部科学省科学研究費による研究	1件
1) 基盤研究(C), (研究代表者 瀬高 渉)「固体分子ローターの複合機能化と分子トポロジー化学への展開」	

## ■金村研

寄付金による研究	1件
学術相談による研究	4件
産学共同研究費による研究	10件
提案公募型研究費による研究	2件
1) 先端的低炭素化技術開発事業(ALCA)特別重点技術領域(研究代表者 金村聖志)「新原理に基づく金属負極を有する高性能新電池の創製」	
2) 戦略的国際共同研究プログラム 日本-中国「国際共同研究イノベーション拠点」(研究代表者 金村聖志)「コンポジット電解質膜の創製に基づく全固体リチウム硫黄電池の実用化技術開発」	
文部科学省科学研究費による研究	2件
1) 基盤研究(B)(一般)(研究代表者 棟方裕一)「単粒子計測技術を用いた多孔質電極の速度論的解析と設計」	
2) 挑戦的研究(萌芽)(研究代表者 棟方裕一)「水酸化物イオン伝導性イオン液体の創製に基づく新しい電気化学の開拓」	

## ■梶原研

学術相談による研究	2件
産学共同研究費による研究	7件
提案公募型研究費による研究	4件
1) 先端的低炭素化技術開発事業(ALCA)特別重点技術領域(研究代表者 梶原浩一)「正極活物質への酸化物コーティングとG4系電解液を用いた特性評価」	
2) 東京応化科学技術振興財団研究助成(研究代表者 柳下 崇)	
3) 精密測定技術振興財団研究助成(研究代表者 柳下 崇)	
4) 軽金属奨学会研究補助金(研究代表者 柳下 崇)	
文部科学省科学研究費による研究	3件
1) 基盤研究(B)(研究代表者 梶原浩一)「光活性中心が高濃度凝集した高効率発光性シリカガラスの開発」	
2) 基盤研究(A)(研究分担者 梶原浩一)「Na 伝導性ポリアニオン化合物のシナジー設計による革新的イオニクス・デバイス創製」	
3) 基盤研究(C)(研究代表者 柳下 崇)「高規則性ナノスルーホールメンブレンの作製と機能化」	

## ■高木研

産学共同研究費による研究	2件
提案公募型研究費による研究	3件
1) 北海道大学触媒科学研究所共同利用・共同研究(研究代表者 高木慎介)「金属ポルフィリン/酸化チタン複合体による人工光合成モデルの構築」	
2) 日本学術振興会 国際共同研究事業 中国との国際共同研究プログラム(研究代表者 石田玉青)「持続可能な社会実現のための環境調和型化学プロセスの開発」	
3) 公益財団法人 JKA(自転車等機械振興事業補助金)(研究代表者 石田玉青) 金属ナノ粒子-多孔体-層状化合物複合機能触媒の開発」	
文部科学省科学研究費による研究	2件
1) 基盤研究(C)(研究代表者 石田玉青)「カチオン性金サイトを付したナノ粒子触媒の構築と有用化合物変換反応への展開」	
2) 日本学術振興会 特別研究員研究費 DC2(研究代表者 佐野奎斗)「ケイ素ポルフィリン/酸化チタン複合光触媒による可視光水分解」	

## ■内山研

提案公募型研究費による研究	1件
論文博士支援事業費(研究代表者 内山一美)「チップ電気泳動-質量分析を用いる子宮頸がんスクリーニングとHPVの同定」	
文部科学省科学研究費による研究	6件
1) 基盤研究(C)(研究分担者 内山一美, 毛思鋒)「プッシュプルシステムを用いたナノ薬物刺激による神経細胞の機能創出」	
2) 基盤研究(B)(研究分担者 中嶋秀)「呼気凝集液(EBC)分析法の開発と呼吸器疾患の診断への応用」	
3) 基盤研究(B)(研究分担者 中嶋秀)「ナノワイヤデバイスが切り拓く次世代二次元 TLC/ナノ構造支援 LDI-MS」	
4) 基盤研究(C)(研究分担者 加藤俊吾)「オゾン反応性計測に基づく植物由来揮発性有機化合物の放出特性把握」	
5) 科研費助成事業「研究活動スタート支援」(研究代表者 毛思鋒)「Control of Laminar flow in open space for subcellular operation」	
6) 基盤研究(C)(研究代表者 内山一美)「ナノ化学描画法によるバイオセンシングデバイス」	

## ■ 宍戸研

- |               |     |
|---------------|-----|
| 寄付金による研究      | 2 件 |
| 産学共同研究費による研究  | 3 件 |
| 提案公募型研究費による研究 | 3 件 |
- 1) 多様な天然炭素資源の活用に資する革新的触媒と創出技術 (JST-CREST) (研究分担者 宍戸哲也)「酸素原子シヤトルによるメタン選択酸化反応プロセス開発」
  - 2) 京都大学 実験と理論計算科学のインタープレイによる触媒・電池の元素戦略研究拠点 (研究分担者 宍戸哲也)
  - 3) NEDO先導研究プログラム/未踏チャレンジ2050 (研究分担者 三浦大樹)「二酸化炭素のリサイクル・資源化 のための新しい触媒プロセス開発」
- |                 |     |
|-----------------|-----|
| 文部科学省科学研究費による研究 | 3 件 |
|-----------------|-----|
- 1) 基盤(B) (一般), (研究代表者, 宍戸哲也、研究分担者, 三浦大樹)「階層構造を制御した担持合金ナノクラスター触媒の創成と選択的分子変換への展開」
  - 2) 新学術領域(研究領域提案型), (研究代表者, 宍戸哲也、研究分担者, 三浦大樹)「合金クラスター無機固体ハイブリッド触媒系による高選択的分子変換」
  - 3) 若手研究(研究代表者 三浦大樹)「金属ナノ粒子表面への異種元素導入とその協奏的触媒作用による高効率有機分子変換」

## ■ 首藤研

- |              |     |
|--------------|-----|
| 産学共同研究費による研究 | 1 件 |
|--------------|-----|

## ■川上 浩良

1. 海外学術誌の Associate Editor : Applied Membrane Science & Technology
2. 高分子学会燃料電池研究会 運営委員会委員
3. 高分子分子学会武蔵野地区 運営委員会委員
4. 日本人工臓器学会 評議委員
5. 日本酸化ストレス学会 評議委員
6. 日本膜学会 理事
7. 日本バイオマテリアル学会 評議委員
8. 国内学会、国際学会の企画、主催(約 10 件)など
9. NEDO CCUS 研究開発・実証関連事業 評価委員
10. 東京都 労働産業局 先端医療機器アクセラレーションプロジェクト 委員
11. 公立大学協会 第 2 委員会 WG 委員
12. 文部科学省「卓越大学院プログラム」パワー・エネルギープロフェッショナル育成プログラム プログラム担当者
13. 文部科学省「科学技術イノベーション創出に向けた大学フェローシップ創設事業」主任メンター
14. 大学入試センター 大学入学共通テスト企画委員会委員
15. 新化学技術推進協会 委員

## ■山登正文

1. 高分子学会 武蔵野地区懇話会運営委員
2. 応用物理学会 磁気科学研究会 代表
3. 日本磁気学会 強磁場応用専門部会委員長
4. 日本磁気学会 第 44 回学術講演会実行委員
5. 日本磁気学会 企画運営委員
6. 電気学会 強磁界下での材料プロセッシングと生体効果調査専門委員会 委員

## ■佐藤 潔

1. 日本化学会 代表正会員
2. 文部科学省「卓越大学院プログラム」パワー・エネルギープロフェッショナル育成プログラム プログラム実施者
3. ホスト・ゲスト・超分子化学シンポジウム実行委員

## ■田中 学

1. 繊維学会 2020 年次大会 実行委員
2. 繊維学会 2021 年次大会 実行委員
3. 第 69 回高分子討論会 セッションオーガナイザー
4. 東京都中小企業振興公社助成事業 審査委員
5. 博士論文外部審査委員(シンガポール南洋理工大学)

## ■朝山章一郎

1. 日本バイオマテリアル学会 評議委員
2. 高分子学会代議員
3. 高分子学会医用高分子研究会 運営委員
4. 高分子学会関東支部武蔵野地区懇話会 幹事
5. ALA-Porphyrin Science 編集委員
6. 都立富士高等学校・都立富士高等学校附属中学校 理数アカデミー運営委員
7. 学術論文審査・学会座長

## ■久保由治

1. 企業との共同研究
2. 国際学術誌「Supramolecular Chemistry」の編集委員会メンバー(Editorial Board Member)
3. 学会での優秀講演賞審査委員
4. 学術論文審査
5. 2023 年ホスト・ゲスト・超分子シンポジウム実行委員長

6. 東京薬科大学後援会理事
7. センサ&IoT コンソーシアム学術会員

## ■西藪隆平

### ■瀬高 涉

1. 学術論文審査
2. 学会講演賞審査

### ■稲垣佑亮

1. 日本化学会 CSJ フェスタ ポスター審査員

### ■金村聖志

1. 国立研究開発法人科学技術振興機構 ALCA-Spring 研究統括
2. 国立研究開発法人科学技術振興機構 A-STEP プログラムオフィサー

### ■棟方裕一

1. 日本無機リン化学会 編集委員
2. 燃料電池開発情報センター 編集委員
3. 日本化学会 化学電池材料研究会 幹事
4. Organizing committee, PRiME2020
5. 第 62 回電池討論会 実行委員

### ■梶原浩一

1. 日本セラミックス協会 Journal of Asian Ceramic Societies, Associate Editor
2. 日本化学会関東支部幹事
3. International Year of Glass 2022(国際ガラス年 2022) 日本実行委員会 実行委員
4. 企業との共同研究
5. 学術論文審査、学会での座長・講演賞審査等

### ■武井 孝

1. 日本化学会 コロイドおよび界面化学部会 事業企画委員
2. 日本粉体工業技術協会 造粒分科会副コーディネーター
3. 日本セラミックス協会 関東支部代議員  
学術論文審査

### ■柳下 崇

1. 電気化学会評議員
2. 電気化学会編集委員
3. 電気化学会普及委員
4. 電気化学会関東支部監事
5. 表面技術協会編集委員
6. 表面技術協会アカデミー実行委員会委員
7. 表面技術協会金属のアノード酸化皮膜の機能化部会幹事
8. 表面技術協会第 143 回大会実行委員

### ■高木慎介

1. 光化学協会 常任理事  
日本粘土学会 理事
2. Asian and Oceanian Photochemistry Association (アジア光化学協会) Councilor
3. Clay Science 誌 Editor
4. 日本化学会 低次元系光機能材料研究会 運営委員
5. J. Photochem. Photobiol. C 誌 Editor
6. 大阪府立大学客員教授
7. カーボン・エネルギーコントロール社会協議会:フォーラム
8. 人工光合成ネットワーク副代表

9. 固体表面光化学討論会 世話人
10. 文部科学省卓越大学院プログラム教員
11. 東京理科大学非常勤講師

## ■石田玉青

- 第10回CSJ化学フェスタ 実行委員
1. 日本学術振興会 創造機能化学第116委員会 第2分科会幹事委員
  2. 文部科学省 科学技術・学術政策研究所 科学技術予測センター 専門調査員
  3. 東京工科大学非常勤講師
  4. 日本化学会関東支部第38回化学クラブ研究発表会委員

## ■嶋田哲也

1. 東京都次世代イノベーション創出プロジェクト評価委員

## ■内山 一美

1. 日本分析化学会 会長 2019.4~2020.8
2. 日本分析機器工業会 高校生のための最先端分析機器体験講座(JAIMA-サマーサイエンススクール SSS) 発起人 委員 2012.4.1~2020.8
3. Editorial Board Member of 'Journal of Pharmaceutical Analysis' 2011.2.1~2020.8
4. Editorial Board Member of "Chinese Chemistry Letters", 2015~2020.8
5. 独立行政法人 日本学術振興会 創造機能化学第116委員会 幹事委員 2011.4.1~2020.8
6. China-Japan-Korea Symposium on Analytical Chemistry International Advisory Board 2010~2020.8
7. IUPAC: International Conference on Analytical Chemistry, International advisory board. 2016~2020.8
8. ASIANALYSIS-XV International advisory board. 2018~2020.8

## ■中嶋 秀

1. 日本分析化学会論文誌「分析化学」編集幹事 2011.04~現在
2. 学術論文審査
3. 学会での座長

## ■加藤 俊吾

1. 認定 NPO「富士山測候所を活用する会」理事 2016.7.1~現在
2. 大妻女子大学非常勤講師
3. 学術論文審査
4. 学会での座長
5. 東京都立大学オープンユニバーシティ 講師

## ■乗富秀富

1. Editorial Board Member of 'Journal of Engineering' 2012.07~現在
2. Editorial/Reviewer Board Member of 'International Journal of GEOMATE' 2019.04~現在
3. 分離技術会企画・出版委員会委員 2019.04~現在
4. 第10回CSJ化学フェスタ ポスター発表審査委員 2020.10
5. 青山学院大学非常勤講師(化学工学通論) 1997.10~現在
6. 学術論文審査

## ■毛 思鋒

1. 中国分析化学会会員 2018.01~現在

2. 清華大学との共同研究
3. 清華大学附属高校高度研究発表審査委員 2020.07
4. 学術論文審査

## ■宍戸哲也

1. 日本学術振興会書面審査員
2. 利用研究課題審査委員会XAFS分科会委員
3. Royal Society of Chemistry フェロー
4. Royal Society of Chemistry Catalysis Science and Technology 誌 Associate Editor
5. C&FC2021 International Advisory Board, 組織委員長
6. Pacificchem2020 セッションオーガナイザー
7. 企業との共同研究
8. 学術論文審査
9. 東京都中小企業振興公社「次世代イノベーション創出プロジェクト2020助成事業」書面審査委員
10. 触媒学会総務担当理事
11. 触媒学会東日本地区幹事
12. 触媒学会広報委員会委員長
13. 水素エネルギー協会 評議員
14. 学会でのポスター賞や講演賞の審査委員

## ■三浦大樹

1. 学術論文審査
2. 学会での座長や講演賞の審査委員
3. 石油学会 ジュニアソサイエティ委員
4. 触媒学会 出版実行委員会委員
5. 企業との共同研究

## ■首藤 登志夫

1. Academic Reputation Survey 協力(工学分野), Times Higher Education 世界大学ランキング・Editorial Board Member, "Energies"
2. Editorial Board Member, "International Journal of Technology"
3. 東京オリンピック・パラリンピック競技大会組織委員会 経済テクノロジー委員
4. 東京都 功労者表彰 技術振興功労 選考委員
5. 経済産業省 資源エネルギー庁「エネルギー構造高度化・転換理解促進事業」外部審査委員会 委員
6. 国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 NEDO 技術委員
7. 国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 NEDO 先導研究プログラム「エネルギー・環境新技術先導研究プログラム」先導研究案件検討委員
8. 国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 NEDO 環境部「エネルギー消費の効率化等に資する我が国技術の国際実証事業」事業化評価委員会 委員
9. 国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 NEDO 省エネルギー部「戦略的省エネルギー技術革新プログラム」採択審査委員会 委員
10. 国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 NEDO 省エネルギー部「戦略的省エネルギー技術革新プログラム」中間評価委員会 委員
11. 国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 NEDO 省エネルギー部「戦略的省エネルギー技術革新プログラム」ステージゲート審査委員会 委員
12. 国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 NEDO 省エネルギー部「戦略的省エネルギー技術革新プログラム」事後評価委員会 委員
13. 国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機



## 社会貢献

構 NEDO 省エネルギー部「戦略的省エネルギー技術革新プログラム」書面審査員

14. 国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 NEDO 省エネルギー部「未利用熱エネルギーの革新的活用技術研究開発」中間評価分科会 委員

15. 国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 NEDO イノベーション推進部「官民による若手研究者発掘事業」書面評価者

16. 自動車技術会 フェロー

17. 自動車技術会 燃料電池部門委員会 委員

18. 自動車技術会 ガス燃料エンジン部門委員会 委員

19. 自動車技術会 燃料潤滑油部門委員会 委員

20. 自動車技術会 伝熱技術部門委員会 委員

21. 日本機械学会 高効率エンジン燃焼技術の高度化研究会 委員

22. 日本機械学会 先進内燃機関セミナー研究会 委員

23. 日本機械学会 動力エネルギー技術シンポジウム セッションオーガナイザー「水素・燃料電池」

24. 学術論文の審査

25. 学会でのポスター審査員

26. 企業との共同研究

学位論文リスト

修士論文

岩崎 玲奈	無共溶媒ゾル-ゲル法によるテルビウム-セリウム共ドーピングシリカガラスの合成と発光特性
小松原 和樹	シリル基の性質を利用した [2]アセジンの合成と分光学的性質
佐藤 碧美	陽極酸化ポーラスアルミナにおける濡れ性制御と油水分離膜への応用
富永 将太	光誘起電子移動反応における色素配向依存性の検討
高橋 智樹	富士山頂での火山性ガスの越冬モニタリングシステムの構築
山崎 健	ナノキャリアによる幹細胞の老化制御とその機能化
金久保 仁志	室温燐光特性をもつチオフェンボロネート類の機能化
延原 圭太	ベンゾ[b]チオフェンジオキソイド架橋がご型シクロファン合成と電荷移動蛍光特性
河合 南実	マイトファジー誘導 Mn ポルフィリン錯体の合成とその細胞内挙動の解析
長堀 大和	マイクロキャビティ電極を用いたリチウム二次電池用電極活物質の電気化学特性評価
宮崎 貴大	磁気複屈折測定と qNMR を用いた無機ナノシート上の有機物の吸着に関する研究
大熊 龍斗	溶媒効果による表面固定誘起発光のスイッチング
権守 将二	室温燐光特性をもつジヒドロキシボリルベンズアミド類
落合 美月	高分子ナノファイバー複合電解質膜用 LiFePO <sub>4</sub> 正極の作製とその電池評価
加藤 玄	スルホ基を有するシロキサンゲル表面の疎水性官能基修飾が酸触媒活性に与える影響
於保 声香	リチウム金属硫黄二次電池のための正極および電解質の最適化
牧野 航	ベンゾフラン縮環 BODIPY 型増感剤の合成と水素発生光触媒への適用
山崎 夏実	オンサイト測定を指向したマイクロチップフローインジェクション分析システムの開発
武吉 潤也	高濃度エチレンカーボネート電解液を用いたチウム金属二次電池に関する研究
平田 竜士	担持 Au 触媒を用いた芳香族 sp <sup>2</sup> C-H 結合のシリル化
長岡 駿輔	粒径が異なる無機ナノシート上における分子の吸着分布
小林 祐貴	骨格筋内 Zn <sup>2+</sup> /pDNA 共送達キャリアの分子設計および筋細胞分化誘導への応用
新堀 雄麻	短絡防止用セパレータを用いた難燃性リチウム金属二次電池に関する研究
今井 綾乃	ナノファイバーフレームワークに表面修飾シリカナノ粒子を導入した新規 MMM の作製とその気体透過特性
長谷川 椋平	三重項-三重項消滅型フォトンアップコンバージョン増感剤としての含セレンウム BOPHY
土井 隼	ヒドロキシアパタイト担持 Rh 触媒による NO 選択還元
野澤 俊樹	非対称ベンゾ[a]縮環 N <sub>2</sub> O <sub>2</sub> 型 BODIPY 類の合成、物性、およびオプトエレクトロニクス用デバイスへの応用
平出 有吾	層状チタン酸化物の剥離手法の検討とカチオン性色素の吸着挙動評価
喬 海波	Functional Evaluation of pDNA Mono-Ion Complexes after Thermal Treatments
小崎 真実	ALD によるアルミナメンブレンへの TiO <sub>2</sub> 成膜と特性評価
屋葺 太郎	固体型ケモセンサーの作製を志向したジボロン酸とポリビニルアルコールからなるボロネートインク
祁 新明	ネットワーク構造を有する高分子電解質膜の作製とリチウムイオン伝導性評価
福田 要平	担持 Au 触媒による sp <sup>3</sup> C-O 結合シリル化の反応機構
東 奈穂	角形ピペットチップを用いる化学発光酵素免疫測定法の開発

# 学位論文

松田 優	水蒸気透過性を制御するナノファイバー複合電解質膜からなるリチウム空気電池の電池特性
遠藤 暁人	肝細胞特異的 Zn <sup>2+</sup> /pDNA 共送達システムの構築
西澤 基貴	幅広い温度範囲で作動可能なプロトン伝導性ブレンドナノファイバー複合膜の作製とその電解質膜特性評価
齋藤 真優	二次電池および関連固体酸化物材料の開発と電気化学特性評価
近藤 桃佳	リアルタイム測定が可能なコンパクトディスク型電気化学分析システムの開発
畑 大地	Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 触媒によるグルコースからの乳酸一段合成
小島 奏也	可視化不斉認識を示すボロン酸含有シアノスチルベン類の合成
鈴木 拳太	海底堆積物中の間隙水の pH 測定を指向した 拡張ゲート型マルチチャンネルイオン感応性電界効果トランジスタセンサーの開発
田嶋 彩花	リン酸/イオン液体混合電解質中における白金触媒の酸素還元反応活性および耐久性
大山 宗土	イソフタル基またはレゾルシル基を有するトリプチセンの合成と結晶構造解析
保前 勇太	オレフィンの酸化的ジアセトキシル化に有効な担持 Pd-Te 触媒の構造解析
三橋 理紗	エピジェネティクスコントロールキャリアによる大腸癌細胞への老化誘導
沓間 礼華	マグネシウム金属二次電池正極欠陥スピネル ZnMnO <sub>3</sub> の水熱法による合成と電気化学的特性評価
新井 智之	環境感受性プローブとして機能するトリシアノピロリン型 ICT 発色系
川島 直也	剥離した層状化合物担持金ナノ粒子の調製とその触媒活性

## 博士論文

林 聖賢

「The research on the improvement of electrochemical properties of lithium vanadium oxide anode active materials for lithium secondary batteries (リチウム二次電池用リチウムバナジウム酸化物負極活物質の電気化学特性の改善に関する研究)」

LIN HAIFENG

「Development of Nanowire Sensor Fabricated by Micro Chemical Pen (マイクロケミカルペンで作製したナノワイヤーセンサーの開発)」

相原健司

「Identification, quantitative analysis, and design of active sites on solid acid catalysts for selective conversion of polyols (多価アルコールの選択的変換に有効な固体酸触媒の活性点の定性・定量分析および設計に関する研究)」

橋本勉

「大型蓄電システム用リチウムイオン電池の寿命予測技術に関する研究」

竹本嵩清

「酸化物系固体電解質を用いたリチウム硫黄電池の高性能化に関する研究 (Study on improvement of performance for Lithium-Sulfur battery employing an oxide solid electrolyte)」

NING XU

「Development of microfluidic chip-mass spectrometry system for cell metabolism analysis (細胞代謝解析のためのマイクロチップ質量分析システムの開発)」

第 392 回

2020/12/18

羽田 政明 (名古屋工業大学)

「貴金属の複合化による自動車排ガス浄化触媒の高機能化」



## 大学院入試説明会（外部対象）

2020年度は、大学院入試説明会(外部対象)を下記の通り、1度開催した。

・6月13日(土)13:30～ オンライン実施（参加者:21名）

☆環境応用化学域の沿革:

東京都立大学開学時から、現在の首都大学東京に至るまで、環境応用化学域の沿革を説明した。

☆環境応用化学域の構成:

都市環境科学研究科としての環境応用化学域の研究対象および研究室構成を紹介した。

☆研究室紹介:

各研究室主宰教員の作成したスライドを用いて、研究室毎に研究内容を紹介した。

☆入学試験に関する説明:

事務的な説明を行った。また、学外受験者の筆記試験免除制度に関する手続きについても説明を行った。

☆研究室の見学:

説明会参加申し込み時に希望した研究室の個別説明会(オンライン)に参加して、指導予定教員からの直接の説明を受けた。

## 入学前教育

多様な選抜合格者（一般・指定校推薦・化学グランプリ入試・グローバル人材育成入試・研究室探検入試）合格者の入学前教育を行っている。推薦入試では、11月下旬から12月上旬までに合格が決定される。

12月上旬から3月にわたって、全5回にわたる入学前教育プログラムを組み、入学までの学習をサポートしている。毎年、ガイダンス・模擬講義、大学入試共通テスト受験、プレゼンテーション、特別研究発表会見学、TOEIC 受験などのプログラムを実施している。これらのプログラムを通じて、推薦合格者がスムーズに大学での学習に適應できるよう配慮している。（注：2020 年度は新型コロナウイルス感染予防の為、全てオンラインでの実施）

### 実施概要（2020 年度）

#### <第1回>

学科別ガイダンスと学科長による模擬講義を受講する。学科長の専門の最先端の環境応用化学の研究内容をわかりやすく解説する。その後、茶話会にて、入学予定者同士の親睦を深めている。また、後日、模擬講義の内容に関連した課題を提出する。

#### <第2回>

基礎知識の定着を図る目的で、大学入試共通テストを受験する。

#### <第3回>

「4年生の卒業研究（特別研究）で行いたい研究」に関するショートプレゼンテーションを行う。環境やエネルギーなどに関する世界情勢や環境応用化学科の研究への理解を深めると共に、課題発見能力や課題解決案の発想力および他人に分かりやすく説明するプレゼンテーション能力などを身に付ける。

#### <第4回>

大学4年生が卒業論文を執筆するために1年間遂行した特別研究の成果発表会を見学する。4年後の将来像を確認し、入学後に受講する講義に臨む意識を高める。また、高校生と大学生の違いを認識し、生徒から学生への意識改革を行う。（注：2020 年度は新型コロナウイルス対策のため発表会の見学は中止し、入学後の環境応用化学基礎ゼミナールで優秀発表者の発表を聴講する形に変更）

#### <第5回>

第3回のプレゼンテーションにおける質疑応答を踏まえた再調査を行い、レポートにまとめて提出することでレポート作成能力を身に付ける。

この他、化学英語や科学英語に関する演習課題および1年生の必修科目である実践英語のクラス分けテストや環境応用化学基礎ゼミナールの単位取得要件の一つである TOEIC の模擬テストを e-ラーニング上で受験して、大学入学後における英語の重要性を認識する。

## 在籍学生数

博士後期課程： 20 名(分子応用化学域 3 名、環境応用化学域 17 名)

博士前期課程： 108 名(環境応用化学域)

学部4年生 : 69 名(分子応用化学コース)

学部3年生 : 60 名(環境応用化学科)

学部2年生 : 63 名(分子応用化学コース 1 名、環境応用化学科 63 名)

学部1年生 : 62 名(環境応用化学科)

(2020.4.1 現在)



2020 年度 アニュアルレポート

東京都立大学 都市環境学部 環境応用化学科 編集・発行

2021 年 4 月 1 日発行

(首都大学東京は 2020 年 4 月 1 日に大学名称を東京都立大学に変更しました。)