様　式　Ｃ－１９、Ｆ－１９－１、Ｚ－１９　（共通）

科学研究費助成事業　　研究成果報告書

令和　６ 年　６ 月 ２３ 日現在

機関番号：１２６０１
研究種目：新学術領域研究（研究領域提案型）
研究期間：2019～2023
課題番号：１９Ｈ０５７１４

研究課題名（和文）水圏機能材料の創成に関する総括研究

研究課題名（英文）Project Summarizing Research on Creative Development of Aquatic Functional Materials

研究代表者
加藤　隆史（Kato, Takashi）

東京大学・大学院工学系研究科（工学部）・教授

研究者番号：７０２１４３７７

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費）　124,170,000円

研究成果の概要（和文）：本領域の目的達成のために統括を行い、領域運営するための行事の企画や研究成果の発信、研究推進のための方策決定、計画研究および公募研究の各研究者の協力・共同研究体制の構築と拡大を促進させた。総括班会議は57回開催し、領域運営や共同研究の状況確認やイベントの準備を行った。さらに、領域会議、公開シンポジウム、産学連携フォーラム、ニューズレター、「現代化学」誌での研究紹介、ホームページなどを通して、世界に向けて「水圏機能材料」を発信し、普及することができた。領域内の研究支援において、共通性の高い標準となる計測機器や重水素化試薬を一括購入し、各研究者に配布し、材料と水の相互作用の理解を促進させた。

研究成果の学術的意義や社会的意義
本研究領域は「材料科学」と「水の基礎科学」の融合とそれによる材料創製に焦点をあて、材料と水の新学理を創成した。「水」の存在下において環境と調和・相互作用しながら機能を発揮する材料を「水圏機能材料」と定義し、「水」と「材料」の相互作用を分子レベル・ナノ集合レベルでとらえ、水と物質の構造・機能相関の基礎学理を確立し、材料科学に展開する「水圏機能材料構築学」へ展開した。これらを、論文発表、公開シンポジウムでの成果発表や一般化学誌「現代化学」での成果掲載により、水が存在する環境において機能する材料の設計・構築の方法論・学理を示すことができ、広く社会にこれらの材料の重要性を認識してもらうことができた。

研究成果の概要（英文）：The research project conducted overall management to achieve the research objectives in this research area. To manage the research area, the research project planned events and released research results. We supported researchers in both planned research and publicly researches to establish a suitable cooperative and collaborative research system. Management meetings for the research project were held 57 times. We reviewed the status of the area management and collaborative research and prepared for events. Furthermore, we released some information about "Aquatic Functional Materials" to the world community through public symposiums, industry-academia collaboration forums, newsletters, publication general chemistry magazine in "Gendai Kagaku" (Modern Chemistry), and our website.

研究分野：機能分子化学

キーワード：水圏機能材料　材料科学　水の基礎科学　若手育成　共同研究

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

１．研究開始当初の背景
「水」は、人類の安全・安心のために必須であり、国連の持続可能な開発目標（SDGs）の一つにも「すべての人に対する、持続可能な水源と水と衛生の確保」が掲げられている。改めて水の重要性は理解され、様々な角度から研究対象となっているが、今後の人類の持続的発展のためには、水と調和しながら最大限機能を発揮する材料（水圏機能材料）の構築が喫緊の課題である。本領域では、「水を分子としてとらえる」という独自の視座に基づき、未開拓であった「水環境（水圏）において働く材料の構築学」と「水の基礎物性科学」の融合による水圏機能材料および水圏機能材料構築学を創成することを目的とした。

２．研究の目的
総括班では、領域運営のための行事の企画や研究推進の支援と方針策定を行うことで、領域の円滑な運営を企画・調整することを目的とした。具体的には、領域会議・国際活動、産学連携、若手・女性支援などの人材育成、共同研究マネジメント、広報活動などの領域運営を行った。

３．研究の方法
総括班では、期間全体を通して領域全体の運営方針の立案と策定を管理し、研究成果の取りまとめ、成果の発信について総合的な領域運営を行った。研究項目「A01 分子・材料構築班」、「A02 先端計測・シミュレーション班」、「A03 機能開拓班」のグループを有機的に連携させるため「水圏機能材料戦略会議」を創設した。本戦略会議の設置目的は、本領域の研究を効果的に推進することにある。全体会議および「分子設計」、「機能解明」、「機能開拓」の各フォーラムを設置し、計画研究者だけでなく公募研究者も参画して、幅広い視点から成功点と問題点を再検討することで、本領域のコンセプトである「材料科学」と「水の基礎科学」の相関関係の解明や、領域の目標である機能発現の効果的な創出につなげた。さらにそこからそれぞれの研究者の意見をフィードバックし、より幅広い視点から成功点と問題点を再検討し、効果的な解決法を探索した。
このような戦略により領域内での共同研究の支援に当たって、効果的な会議組織とした。
総括班は加藤（研究代表者）のリーダーシップの下、以下の各研究領域推進担当が運営した。

事務局(田中賢)：　領域内共同研究や共用機器利用の促進、成果発表などの状況を把握し、領域代表者の方針にしたがい領域内の活動全般が円滑に進むように各担当と調整した。
国際活動支援担当(田中求・瀬戸・武田)：　国際共同研究を推進し、卓越した海外の大学や大型施設との国際ネットワーク構築を担当した。
共同研究推進担当(原田・藤井・渡辺)：　領域内の共同研究の推進状況や各研究者が持つ技術を把握し、領域の目的とする「水圏機能材料構築学の創成」のためのマッチメーカーとして機能した。
産学連携推進担当(辻・中畑)：　産業界との定期的な産学連携フォーラムやアウトリーチ活動を通じ、本領域の研究成果を積極的に社会実装した。
知財担当(田中賢・福島)：　本領域内で開拓された基礎的に重要な発見は、応用技術としても重要な基幹技術となるため、積極的に産業知財化を支援した。
若手育成・女性支援担当(牧浦・池本・福島)：　本研究領域から長期的に重厚な研究者層が生まれるよう、若手研究者の育成や女性研究者の支援を推進した。
設備共用担当(高島・松葉)：　領域内に導入された設備を、予約システムを通じて領域メンバーができるように領域内で機器を紹介するなどにより共同利用を促進した。
広報担当(鷲津・菱田)：　領域ホームページ・ニュースレターにて領域活動を公開した。
マテリアルズインフォマティクス担当(鷲津・樋口)：　マテリアルズインフォマティクスを活用して、水圏機能材料の開発・高機能化を促進した。

４．研究成果
（１）　**総括班会議**　　定期的に総括班会議を招集し、領域全体の研究方針の策定と研究の進捗状況を確認した。総括班会議は 57 回を数え、領域の進むべき方向性を確認し、領域研究の格段の発展と飛躍的展開に繋がるように組織運営を行った。

（２）　**領域会議**　　人的交流が大幅に制限される状況下においても、領域内の計画研究者と公募研究者の円滑な研究交流・相互理解を推進し、共同研究を活性化するための工夫を行った。領域会議は合計で 7 回開催した。領域メンバーに加えて、評価委員の先生方、産学連携アドバイザリーボードの皆様、文部科学省学術調査官にもご出席いただき、約 85 名の参加による２日半にわたる会議を行った。新学術領域研究の役割の一つである共同研究の推進、特に分野を超えた共同研究が活発になされたことを如実に示すものとなった、大規模かつきめの細かいグループディスカッションができる工夫を凝らした。領域会議では、研究領域の目標である『「水環境（水圏）において働く材料の構築学」と「水の基礎物性科学」の融合』の達成のための議論ならびに

共同研究の可能性を探索した。その結果、計画研究一公募研究間の共同研究が活性化し、計 657 件（重複無）、計 906 件（重複有）（計画研究　総数 402 件、公募研究　総数 504 件）に至った。

（3）　公開シンポジウム　　本領域に参画している研究者の研究内容を社会に公開する機会として、日本化学会秋季事業 CSJ 化学フェスタの公開企画に申請（講演枠を購入）し、一般向けに無料公開の講演会を 5 年間で 4 回開催した。参加者・会議内容：アカデミア研究者・学生や企業研究者、さらに一般の参加者も含め、毎回 150 名以上の来場となった。本領域にて、中心的な議論の的である、水と材料の切れない関係に基づいた材料機能の創製・発現について成果発表・討議を行い、本領域の研究成果を社会に公開する機会とした。

（4）　産学連携フォーラム　　領域研究シーズ集（印刷体）を参加企業に無料で配布することで、産学共同研究の促進につなげた。第 1 回は 2021 年 2 月 5 日にオンライン開催し、第 2 回は 2022 年 2 月 4 日にオンサイト開催した。産業界アドバイザリーボードから領域内の研究シーズや基礎科学の実装化への助言を受け、「学」の知見と「産」の技術・経験の融合による知財化と社会実装を目指す運営を行った。開催を契機として、企業と一部の研究者との共同研究に向けた議論や公益社団法人新化学技術推進協会から講演依頼を受けた。また花王株式会社とは日本化学会秋季事業 CSJ 化学フェスタにて合同で公開シンポジウムを開催した。第 1 回産学連携フォーラムは、産業界を中心に約 400 名参加し、第 2 回も 150 名の参加を得た。本研究領域の環境低負荷・材料調和社会へ向けた研究および企画に対する産業界の期待の大きさを示している。産学連携の成果として特許が出願され、共著論文が出版された（*ACS Biomater. Sci. Eng.*, **2020**）。

（5）　領域内での発表論文　　総括班による効率的な組織運営のもとで領域研究者が研究に邁進し、査読有国際誌へ計 657 件（重複なし）の論文が発表された。代表的な例のごく一部として、水処理膜の新たな「分子ふるい」の機能の発見 (*Angew. Chem. Int. Ed.* **2020**)、温度によって色が変わる新しい分子性多孔質結晶の開発 (*Commun. Chem.* **2020**)、強靭でリサイクル可能な自己修復性超分子材料の開発 (*Adv. Mater.* **2020**)、自己組織化イオン液晶膜の細孔構造の水処理機能に対する影響の理論的解明 (*Sci. Adv.* **2021**)、水がポリマーの相分離を誘起し血液適合性を制御するメカニズムの解明 （*Langmuir* **2022**)、フラーレン分子超薄膜で水をサンドウィッチした二次元ナノ薄膜の合成と機能の解明 (*Adv. Mater.* **2022**)、水を含む大気下で安定なアンバイポーラ型半導体デバイスの開発 (*J. Am. Chem. Soc.* **2023**)、サブテラヘルツ波による水とタンパク質のミクロ混合の加速 (*Nat. Commun.* **2023**)など、まさに水圏機能材料の目的に沿った、新材料の開発と学理の解明を両輪とする多数の発見が、権威のある国際誌に掲載された。

（6）　領域内共同研究論文　　領域内での研究論文数は前述のように計 657 件（重複なし）であるが、重複を含めるとそののべ数は計画研究 402 件、公募研究 504 件の計 902 件に上り、単純計算ですべての論文を平均して 1 論文あたり 1.4 人の研究者が参画した計算になる。さらにこれは、「平均して領域内の全ての論文の約 4 割が共著論文である」という事実を端的に示しており、総括班の推し進める「水圏機能材料構築学の創成」のための共同研究が活発に行われたことの証左である。共著論文 112 件の内訳としては、A01 内共同研究 12 件（11%）、A02 内共同研究 4 件（4%）、A03 内共同研究 22 件（20%）、A01-A02 共同研究 17 件（15%）、A01-A03 共同研究 13 件（12%）、A02-A03 共同研究 32 件（29%）、A01-A02-A03 班共同研究 12 件（11%）であった。班を横断しての共同研究が過半数を占め、特にすべての班を横断した共同研究が全体の共著論文数の 10%以上を占めることは特筆に値し、総括班の主導による共同研究推進が奏功した。

（7）　領域関係者の受賞　　全期間を通じて、領域関係者の受賞が計 419 件あった（計画班 139 件、公募班 280 件）。特筆すべきものとして、紫綬褒章（表彰機関：内閣府）：加藤（A01 計画）、高分子学会 高分子科学功績賞：加藤（A01 計画）、高分子学会賞：宮田（A03 公募）、文部科学大臣表彰若手科学者賞：武田（A01 計画）・渡辺（A02 計画）・南（A01 公募）・中村（A01 公募）・石割（A01 公募）・桶葭（A03 公募）・杉原（A03 公募）、日本化学会学術賞：辻（A01 計画）・三浦（A01 公募）、Advanced Materials Hall of Fame：加藤（A01 計画）、ChemComm Emerging Investigator 2020：渡辺（A02 計画）、などが挙げられる。

（8）　水圏若手スクール　　本領域では、化学、物理、材料、計測、計算科学など様々な研究分野を専門とする研究者が参画している。若手の育成および若手を主体とした領域の活性化の一環として、学会では顔を合わせる機会が少ない若手研究者や学生が一堂に会して情報交換を行い、異分野の知識の習得や新たなネットワーク構築ができる場として若手スクールを開催した。第 1 回は 2019 年 11 月に合宿形式で開催し、若手研究者 15 名、学生 30 名の計 45 名によるポスター発表・意見交換会を行った。第 2 回は 2020 年 11 月にコロナ禍の影響でオンラインにて開催し計 71 名が参加した。若手研究者による講義および学生ポスター発表 44 件が行われ、博士後期課程学生が司会進行するなど、若手が主体となって進められた。第 3 回は 2022 年 12 月に対面で開催し、計 17 名が参加した。SPring-8 施設見学においては、参加学生からは、「世界最高峰の装置である SPring-8 を肌で感じ、中でどんな測定が行われているかを知ることができた。」「水圏機能材料という枠組みの中で自分の研究の立ち位置がわかった。」などの感想が寄せられ、

異分野の研究者・学生の間の交流が深まる有意義なスクールとなった。3 回の若手スクールを通してのべ 135 名が参加し、多数の博士課程進学希望者を生み出した。

（9） 国際若手フォーラム 海外研究者との情報交換・交流を通じて新しい学問分野を国際的に牽引できる若手研究者を育成し、国際共同研究を加速することを目的として、若手研究者および大学院生を対象に第 1 回国際若手フォーラムを 2019 年 12 月にシンガポール南洋理工大学にて開催した。日本側からは 7 名、シンガポール側から 32 名が参加し、双方から若手を中心とした研究者 14 名が水圏機能材料に関連する研究発表を行い、ディスカッションベースの交流も活発に行われた。互いの国の研究生活の違い、将来展望について知る貴重な機会となった。

（１０） 水圏アカデミアインターンシップ 異分野の研究を実際に経験することにより、広い視点で独創的かつ斬新な研究を立案・推進する次世代の若手を育成することを目的とし、アカデミアインターンシップを計 2 回実施した。アカデミアインターンシップにおいては、合宿形式により分子動力学解析の実習を行い、オンラインにて成果発表を行った。スーパーコンピュータを用いた分子シミュレーションに関する研究会や先端計測に関する研究会を 2 回開催し、大学院生と若手研究者に異分野の研究内容・技術を習得・経験する機会を提供することで、共同研究の効率的促進と若手育成に貢献した。

（１１） 水圏インダストリーインターンシップ 異分野の研究を実際に経験することにより、広い視点で独創的な研究を推進する次世代の若手育成を目指し、水圏機能材料研究のなかでも産業応用が盛んな中性子散乱に対する理解を深めるとともに、共同研究および研究の加速を目的として企画した。全３回開催し、総勢３５名の学生・若手研究者が参加した。大強度陽子加速器施設（J-PARC）にて中性子の原理・応用の解説と産業界での活用実例を学び、分野の垣根を越えた学術的な交流も深めることが出来た。さらに、領域内における大学院生を含む若手研究者の短期派遣を頻繁に実施した。自身の専門とは異なる研究内容・技術を習得する機会となり、成長の手応えを得たとの感想が多数寄せられた。この結果、参加学生の博士後期課程進学と、学位取得後の計画班内での就職、及び新たな共同研究の展開に繋がった。

（１２） 若手主体の特筆すべき活動「先進水圏若手フォーラム」 水圏機能材料創製に向け、若手研究者が主体的に活躍し、新しい分野の形成に貢献できる枠組みや仕掛けを構築することを目的に、総括班の支援のもと、計画研究分担者(若手のみ総勢 10 名)が先進水圏若手フォーラムを立ち上げた。「つかむ・はなつ」を新しいキーワードとして、材料を介した水の吸脱着の学理解明とその制御を目指した研究を推進し、若手研究者の共同研究により、新たな知見(*Commun. Chem.* **2020**, *Langmuir* **2021**, *Macromolecules* **2022**, *Surf. Interfaces* **2023**, *Polymer* **2024**)が得られた。

（１３） 若手・女性研究者支援 領域採択時に指摘があった女性研究者数については、計画研究者２名に加えて公募研究者７名が参画し、領域における研究、特に共同研究の中心的存在としても活躍している。

（１４） 領域ホームページ・ニュースレター・インターネットツール 領域発足に合わせて、ホームページの開設を開設した。ホームページ（https://www.aquatic-functional-materials.org ）における情報公開やニュースレターの刊行によって、本領域の研究活動を社会に広く発信した。
また会議システムである Zoom のアカウントを購入し、新型コロナウイルスの感染拡大の環境下において、領域会議や若手スクール、フォーラム等のオンライン会議開催に活用した。

（１５） 新聞等での報道状況 全期間を通じて、国内メディアでの報道が計 116 件、海外メディアでの報道が計 78 件あり、本領域に対する国内外の関心の高さをうかがわせた。特に A01 加藤と A02 原田による共同研究(*Angew. Chem. Int. Ed.* **2020**)は、日本経済新聞への掲載や *Nature Reviews Chemistry* 誌への Research Highlight としても大々的に取り上げられ、領域の看板的な成果の一つとなった。その他、総括班は水圏機能材料の共同研究を通してしか生まれなかったユニークな成果については論文発表時に積極的にプレスリリースを行うように後押ししてきた。

（１６） 一般化学誌「現代化学」における活動記事掲載 社会への認知を広げるために、令和 3 年５月号から東京化学同人の月刊誌「現代化学」に本領域の研究活動と各研究項目の研究紹介するための記事を連載した。一般化学雑誌への掲載により、高校生も対象に含めたより幅広い研究活動の広報に努めた。

（１７） 共同研究推進担当と設備共用担当の連携 共通性の高い設備（X 線構造評価装置、バイオサンプル対応統合 AFM システム、試料水平型Ｘ線回折装置、水晶振動子マイクロバランス、示査走査熱量測定器、動的粘弾性測定器など）については、総括班の管理とした。利用には領域ホームページから予約システムにより計画研究・公募研究にて共同利用が可能な運用環境を提供し、各装置を有効活用した。共用設備や大型施設ならびに分子シミュレーションの利用を、本領域の大学院生と研究者に促す目的で、水圏アカデミアインターンシップや水圏インダスト

リーインターンシップを開催し、これまで延べ 157 人が受講した。水圏アカデミアインターンシップとの連携により、シミュレーションを活用した数多くの成果が得られた（液晶膜のナノ細孔中の水の自由エネルギー状態の解明(*Sci. Adv.*, 2021)、両親媒性分子周囲の水の水素結合と回転緩和の関係の解明(*Langmuir* 2021)）。

（１８） 国際シンポジウム・国際若手フォーラム・国際活動支援　海外とのつながりの強化に貢献している。アドバイザリーボードメンバーの Zhao 教授（シンガポール・南洋理工大学）との国際合同シンポジウムを開催した。また、ドイツ・エクセレンスクラスター『3D Matter Made to Order』とのシンポジウムは、新型コロナウイルス感染症拡大の影響で紙上開催となったが、この実施を契機に、田中求、中畑（A03-1）、高島（A03-3）とカールスルーエ工大のグループとの共同研究へと発展し、水圏メカノ材料を用いた細胞操作の研究成果として国際共著論文の発表として結実した（*Sci. Adv.*, 2020)。オーストラリアの原子炉実験施設 ANSTO での高分子/水系の中性子散乱実験（リモート実施）、インドの実験施設 BARC の研究者を招聘した国際研究集会（オンライン）など、中性子散乱をツールとした国際ネットワークの構築にもつなげた。

（１９） 大型施設・分子シミュレーションの利用促進　分子シミュレーションを専門とする研究者が材料近傍の水分子の振動状態や材料と水の界面における水素結合ネットワークの状態解析を支援した。総括班にて導入したファイルサーバや計算機を用いた大型分子シミュレーションのスクールを開催した。並列プログラミングの概要や手法の基礎、大規模な並列計算が実施できるように A02 と共同で進めた。分子シミュレーションの実施件数を増し、マテリアルズインフォマティクスのためのデータベースを構築した。

SPring-8 や J-PARC などの大型施設で高い経験値を持った研究者が領域内で活躍し、総括班が主導して水の基礎物性解明のための大型施設の利用促進に努めた。特に異分野の研究を実際に経験することにより、広い視点で独創的な研究を推進する研究者育成も含めて、産業応用が盛んな中性子散乱に対する「インダストリーインターンシップ」を企画した。施設見学や実験データを用いたデータ解析演習を行った。

（２０） 社会還元と産学連携　広く企業に声をかけ、成果を「産学連携フォーラム」で発表し、領域内の研究成果の社会還元と産学連携を推進した。企業の材料・製品開発の課題解決のために、領域内の計測技術や新材料の提供を積極的に行った。基礎的な水の学理が産業利用にも重要であることを示す知見の共有や材料設計コンセプトの提案を通じて、新製品開発寄与のための枠組みを構築し、これを通じて社会実装に繋げた。

（２１） 領域内分子シミュレーション研究のデータ管理　領域内での水圏機能材料に関するシミュレーション研究を強化し、情報の蓄積・一元管理により水圏機能材料に関するマテリアルズインフォマティクスへ展開するため、令和 2 年度に総括班経費でファイルサーバを購入し、共通機器としての運用を開始した。2021 年 3 月に導入された兵庫県立大学のスーパーコンピュータ（346 TFlops）および富岳をはじめとするスーパーコンピュータ群と本サーバを連携させ、大規模分子集合体のシミュレーションを多くの領域メンバーが利用可能になる環境を整備した。

（２２） 材料の水和構造解明のための重水素化物購入　水圏環境と材料の相互作用を計測する際に、環境水を重水へ置換したり、軽水と重水素化材料を組み合わせることにより、水環境と材料の状態・動態を独立に評価することが可能である。この際、重水素化率等の質を一定とした「標準物質」を用いることで、赤外分光や核磁気共鳴（NMR）、中性子散乱などの異なる複数の実験データの整合性の向上をめざした。この目的で利用する重水やポリマーの重水素化物を領域内研究の「標準物質」として総括班経費で購入した。

（２３） アウトリーチ（計 270 件）　領域発足時から令和 6 年 6 月までに、計 270 件のアウトリーチ活動が行われた。例として A03 計画・松葉（山形大学）は、一般向け講演会や国内・海外での小中高生向け授業・実験など、令和 6 年 6 月までに計 31 件のアウトリーチ活動を行い、累計 3,000 名以上の参加者に水圏機能材料の魅力を発信した。また領域代表　加藤（東京大学）は朝日新聞の『（明日へのＬｅｓｓｏｎ）第４週：キャンパス　液晶の面白さ、出張授業で伝える』にて、長年、行なってきた研究の楽しさを伝える教育・研究活動が紹介された。

（２４） 共通機器・共同研究マネジメント　効率的な総括班運営のために、博士研究員を雇用して、領域共通の機器の維持管理運営を行った。また水を含む材料の解析を促進するために、領域で使う重溶媒（重水等）を購入し、公募研究者も含め、領域内に配布した。

（２５） 国際アドバイザリーボード評価委員会　令和 6 年 1 月 9－11 日（東京）にて、国際アドバイザリーボードである Yanli Zhao 先生（Nanyang Technological University, Singapore）、Stefan Hecht 先生（Humboldt Universität zu Berlin, Germany）の参加のもと、国際アドバイザリーボード評価委員会を行った。本委員会を通して、「水圏機能材料」のコンセプトを深く理解いただき、高く評価していただいた。

5．主な発表論文等

〔雑誌論文〕　計29件（うち査読付論文　17件／うち国際共著　2件／うちオープンアクセス　10件）

1．著者名 Takahiro Mikami, Riki Kato, Yoshihiro Hosokawa, Nobuyoshi Miyamoto, and Takashi Kato	4．巻 8
2．論文標題 Nanostructure Control in Zinc Oxide Films and Microfibers through Bioinspired Synthesis of Liquid‐Crystalline Zinc Hydroxide Carbonate; Formation of Free‐Standing Materials in Centimeter‐Level Lengths	5．発行年 2024年
3．雑誌名 Small Methods	6．最初と最後の頁 2300353
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1002/smtd.202300353	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 －

1．著者名 Takeshi Sakamoto, Kazuhiro Asakura, Naru Kang, Riki Kato, Miaomiao Liu, Tsuyoshi Hayashi, Hiroyuki Katayama, and Takashi Kato	4．巻 11
2．論文標題 Development of Liquid-Crystalline Smectic Nanoporous Membranes for the Removal of SARS-CoV-2 and Waterborne Viruses	5．発行年 2023年
3．雑誌名 J. Mater. Chem. A	6．最初と最後の頁 22178-22186
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1039/D3TA02705H	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 －

1．著者名 Junya Uchida, Anna Niwa, Mina Hasome, Rie Makiura, Nicholas L. Abbott, and Takashi Kato	4．巻 15
2．論文標題 Self-Assembly of Peptide-Conjugated Forklike Mesogens at Aqueous/Liquid Crystalline Interfaces: Molecular Design for Ordering Transition Induced by Specific Binding of Biomolecules	5．発行年 2023年
3．雑誌名 ACS Appl. Mater. Interfaces	6．最初と最後の頁 36657-36666
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1021/acsami.3c04289	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 該当する

1．著者名 Junya Uchida, Ryuta Kiguchi, Riki Kato, and Takashi Kato	4．巻 106
2．論文標題 Thermotropic Colloidal Liquid-Crystalline Hydroxyapatite Nanorod Hybrids Containing a Forklike Mesogen	5．発行年 2023年
3．雑誌名 Helv. Chim. Acta	6．最初と最後の頁 e202300053
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1002/hlca.202300053	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 －

1．著者名 Hayato Tsuji, Masaki Nakahata, Mafumi Hishida, Hideki Seto, Ryuhei Motokawa, Takeru Inoue, and Yasunobu Egawa	4．巻 14
2．論文標題 Water Fraction Dependence of the Aggregation Behavior of Hydrophobic Fluorescent Solutes in Water?Tetrahydrofuran	5．発行年 2023年
3．雑誌名 J. Phys. Chem. Lett.	6．最初と最後の頁 11235-11241
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1021/acs.jpclett.3c02882	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 －

1．著者名 Dasari Venkatakrishnarao, Shunya Hasebe, Yasunobu Egawa, Jinal Tapar, Ram?n Paniagua-Dom?nguez, Chit Siong Lau, Hiroshi Yamagishi, Hayato Tsuji, and Yohei Yamamoto	4．巻 4
2．論文標題 Solvent-Dependent Growth of Rigid Styrylstilbene Dicarboxylic Acid Microcrystals as Bent Waveguides and Microlasers	5．発行年 2023年
3．雑誌名 Adv. Photonics Res.	6．最初と最後の頁 2200357
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1002/adpr.202200357	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 該当する

1．著者名 T. Enjou, S. Goto, Q. Liu, F. Ishiwari, A. Saeki, T. Uematsu, Y. Ikemoto, S. Watanabe, G. Matsuba, K. Ishibashi, G. Watanabe, S. Minakata, Y. Sagara, Y. Takeda	4．巻 60
2．論文標題 Water-dispersible donor-acceptor-donor π-conjugated bolaamphiphiles enabling a humidity-responsive luminescence color change	5．発行年 2024年
3．雑誌名 Chem. Commun.	6．最初と最後の頁 3653-3656
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1039/D3CC05749F	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 －

1．著者名 Koichi Shirokawa, Shoki Tanaka, Izuru Kawamura, Toshiki Sawada, and Takeshi Serizawa	4．巻 39
2．論文標題 Synthetic Nanocelluloses Fluorescently Responsible to Enzymatic Degradation	5．発行年 2023年
3．雑誌名 Langmuir	6．最初と最後の頁 8494-8502
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1021/acs.langmuir.3c00770	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 －

1．著者名 Takuya Matsumoto, Miyabi Yorifuji, Ryohei Hori, Mitsuo Hara, Norifumi L. Yamada, Hideki Seto, and Takashi Nishino	4．巻 55
2．論文標題 Selective Acetylation of Amorphous Region of Poly(vinyl alcohol) in Supercritical Carbon Dioxide	5．発行年 2023年
3．雑誌名 Polym. J.	6．最初と最後の頁 1287-1293
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1038/s41428-023-00832-2	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 －

1．著者名 Ryohei Ikura, Kota Kajimoto, Junsu Park, Shunsuke Murayama, Yusei Fujiwara, Motofumi Osaki, Tomohiro Suzuki, Hidenori Shirakawa, Yujiro Kitamura, Hiroaki Takahashi, Yasumasa Ohashi, Seiji Obata, Akira Harada, Yuka Ikemoto, Yuta Nishina, Yasutomo Uetsuji, Go Matsuba, and Yoshinori Takashima	4．巻 3
2．論文標題 Highly Stretchable Stress-Strain Sensor from Elastomer Nanocomposites with Movable Cross-links and Ketjenblack	5．発行年 2023年
3．雑誌名 ACS Polymers Au	6．最初と最後の頁 394-405
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1021/acspolymersau.3c00010	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 －

1．著者名 Junsu Park, Yui Sasaki, Yoshiki Ishii, Shunsuke Murayama, Kohei Ohshiro, Kengo Nishiura, Ryohei Ikura, Hiroyasu Yamaguchi, Akira Harada, Go Matsuba, Hitoshi Washizu, Tsuyoshi Minami, and Yoshinori Takashima	4．巻 15
2．論文標題 Leaf-Inspired Host-Guest Complexation-Dictating Supramolecular Gas Sensors	5．発行年 2023年
3．雑誌名 ACS Appl. Mater. Interfaces	6．最初と最後の頁 39777-39785
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1021/acsami.3c04395	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 －

1．著者名 Yuji Higaki, Honoka Toyama, Takumi Masuda, Shingo Kobayashi, and Masaru Tanaka	4．巻 55
2．論文標題 Microphase Separation of Double-Hydrophilic Poly(carboxybetaine acrylate)-Poly(2-methoxyethyl acrylate) Block Copolymers in Water	5．発行年 2023年
3．雑誌名 Polym. J.	6．最初と最後の頁 1357-1365
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1038/s41428-023-00831-3	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 －

1．著者名 Yuji Higaki, Takumi Masuda, Mai Nakamura, and Masaya Takahashi	4．巻 56
2．論文標題 Cononsolvency-Induced Microphase Separation of Double Hydrophilic Poly(2-ethyl-2-oxazoline)?Polycarboxybetaine Diblock Copolymers in Water?Ethanol Mixtures	5．発行年 2023年
3．雑誌名 Macromolecules	6．最初と最後の頁 6208-6216
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1021/acs.macromol.3c00696	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 －

1．著者名 Nanako Dei, Kazuhiko Ishihara, Akikazu Matsumoto, and Chie Kojima	4．巻 16
2．論文標題 Preparation and Characterization of Acrylic and Methacrylic Phospholipid-Mimetic Polymer Hydrogels and Their Application to Optical Tissue Clearing	5．発行年 2024年
3．雑誌名 Polymers	6．最初と最後の頁 241
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3390/polym16020241	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 －

1．著者名 Yunpeng Qian, Ryohei Ikura, Yusaku Kawai, Junsu Park, Kenji Yamaoka, Yoshinori Takashima	4．巻 16
2．論文標題 Improvement in Cohesive Properties of Adhesion Systems Using Movable Cross-Linked Materials with Stress Relaxation Properties	5．発行年 2024年
3．雑誌名 ACS Appl. Mater. Interfaces	6．最初と最後の頁 3935-3943
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1021/acsami.3c13342	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 －

1．著者名 Takuma Wada, Junsu Park, Kenji Yamaoka, Yuki Asaki, Akihide Sugawara, Ryohei Ikura, Yuya Takahashi, Naomi Takenaka, Yasutomo Uetsuji, Hiroshi Uyama, Yoshinori Takashima	4．巻 5
2．論文標題 Material Design of Citric Acid-Modified Cellulose Composite Polymeric Materials with Both Tough and Sustainable Enhancement by Multiple Noncovalent Bonds	5．発行年 2023年
3．雑誌名 ACS Appl. Polym. Mater.	6．最初と最後の頁 10334-10341
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1021/acsapm.3c02107	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 －

1．著者名 Xin Zhou, Ryohei Ikura, Changming Jin, Kenji Yamaoka, Junsu Park, Yoshinori Takashima	4．巻 5
2．論文標題 Supramolecular photoresponsive polyurethane with movable crosslinks based on photoisomerization of azobenzene	5．発行年 2024年
3．雑誌名 Aggregate	6．最初と最後の頁 e457
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1002/agt2.457	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 ―

1．著者名 「水圏機能材料」総括班	4．巻 621
2．論文標題 水圏機能材料シリーズ第9回	5．発行年 2022年
3．雑誌名 現代化学	6．最初と最後の頁 52-53
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 ―

1．著者名 水圏機能材料総括班	4．巻 622
2．論文標題 水圏機能材料シリーズ第10回	5．発行年 2023年
3．雑誌名 現代化学	6．最初と最後の頁 54-55
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 ―

1．著者名 水圏機能材料総括班	4．巻 623
2．論文標題 水圏機能材料シリーズ第11回	5．発行年 2023年
3．雑誌名 現代化学	6．最初と最後の頁 28-29
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 ―

１．著者名 水圏機能材料総括班	４．巻 624
２．論文標題 水圏機能材料シリーズ第12回	５．発行年 2023年
３．雑誌名 現代化学	６．最初と最後の頁 28-29
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 －

１．著者名 水圏機能材料総括班	４．巻 602
２．論文標題 水圏機能材料シリーズ第1回	５．発行年 2021年
３．雑誌名 現代化学	６．最初と最後の頁 46-47
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 －

１．著者名 水圏機能材料総括班	４．巻 603
２．論文標題 水圏機能材料シリーズ第2回	５．発行年 2021年
３．雑誌名 現代化学	６．最初と最後の頁 52-53
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 －

１．著者名 水圏機能材料総括班	４．巻 604
２．論文標題 水圏機能材料シリーズ第3回	５．発行年 2021年
３．雑誌名 現代化学	６．最初と最後の頁 34-35
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 －

1．著者名 水圏機能材料総括班	4．巻 605
2．論文標題 水圏機能材料シリーズ第4回	5．発行年 2021年
3．雑誌名 現代化学	6．最初と最後の頁 48-49
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 －

1．著者名 水圏機能材料総括班	4．巻 606
2．論文標題 水圏機能材料シリーズ第5回	5．発行年 2021年
3．雑誌名 現代化学	6．最初と最後の頁 34-35
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 －

1．著者名 水圏機能材料総括班	4．巻 607
2．論文標題 水圏機能材料シリーズ第6回	5．発行年 2021年
3．雑誌名 現代化学	6．最初と最後の頁 26-27
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 －

1．著者名 水圏機能材料総括班	4．巻 608
2．論文標題 水圏機能材料シリーズ第7回	5．発行年 2021年
3．雑誌名 現代化学	6．最初と最後の頁 32-33
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 －

１．著者名 水圏機能材料総括班	４．巻 609
２．論文標題 水圏機能材料シリーズ第8回	５．発行年 2021年
３．雑誌名 現代化学	６．最初と最後の頁 20-21
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 －

〔学会発表〕　計5件（うち招待講演　1件／うち国際学会　1件）

１．発表者名 加藤隆史
２．発表標題 文部科学省科研費新学術領域研究「水圏機能材料」特別企画(1)：材料に調和する水を使う・観る 開会挨拶
３．学会等名 第11回CSJ化学フェスタ2021
４．発表年 2021年

１．発表者名 田中賢
２．発表標題 文部科学省科研費新学術領域研究「水圏機能材料」特別企画(2)：水との調和により創造される材料機能 閉会挨拶
３．学会等名 第11回CSJ化学フェスタ2021
４．発表年 2021年

１．発表者名 加藤隆史
２．発表標題 文部科学省科研費新学術領域研究「水圏機能材料」特別企画(1)：水の科学と材料科学の融合 開会挨拶
３．学会等名 第12回CSJ化学フェスタ2022
４．発表年 2022年

１．発表者名 高島義徳
２．発表標題 文部科学省科研費新学術領域研究「水圏機能材料」特別企画(2)：水の理解による材料機能の創製 閉会挨拶
３．学会等名 第12回CSJ化学フェスタ2022
４．発表年 2022年

１．発表者名 Takashi Kato
２．発表標題 Aquatic Functional Materials
３．学会等名 German-Japanese Workshop "Aquatic Materials Made to Order"（招待講演）（国際学会）
４．発表年 2020年

〔図書〕　計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

水圏機能材料ホームページ https://www.aquatic-functional-materials.org/ 水圏機能材料ホームページ https://www.aquatic-functional-materials.org/ 水圏機能材料ホームページ https://www.aquatic-functional-materials.org/ 水圏機能材料ホームページ https://www.aquatic-functional-materials.org

６．研究組織

	氏名 （ローマ字氏名） （研究者番号）	所属研究機関・部局・職 （機関番号）	備考
研究分担者	田中　賢 (Tanaka Masaru) (00322850)	九州大学・先導物質化学研究所・教授 (17102)	

６．研究組織（つづき）

	氏名 （ローマ字氏名） （研究者番号）	所属研究機関・部局・職 （機関番号）	備考
研究分担者	鷲津　仁志 (Washizu Hitoshi) (00394883)	兵庫県立大学・情報科学研究科・教授 (24506)	
研究分担者	田中　求 (Tanaka Motomu) (00706814)	京都大学・高等研究院・特任教授 (14301)	
研究分担者	辻　勇人 (Tsuji Hayato) (20346050)	神奈川大学・理学部・教授 (32702)	
研究分担者	高島　義徳 (Yoshinori Takashima) (40379277)	大阪大学・大学院理学研究科・教授 (14401)	
研究分担者	原田　慈久 (Harada Yoshihisa) (70333317)	東京大学・物性研究所・教授 (12601)	

７．科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕　計2件

国際研究集会	開催年
German-Japanese Workshop "Aquatic Materials Made to Order"	2020年～2020年

国際研究集会	開催年
The 1st International Young Researcher Forum of Aquatic Functional Materials	2019年～2019年

８．本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関