

# Aquatic Functional Materials News



May 2020 ▶ No. 2

文部科学省科学研究費補助金 新学術領域研究 (研究領域提案型) (No. 6104) 令和元年-5年度

## 水圏機能材料:環境に調和・応答するマテリアル構築学の創成

### 「水圏機能材料」2年度目を迎えて



領域代表

加藤 隆史 東京大学  
大学院工学系研究科・教授

皆様、こんにちは。令和と共にスタートした本領域も2年度目を迎えて、公募研究にも参画していただきました。人類の持続的な発展にとって重要な、水と材料に関する領域を、さらに共に盛り上げて行き、学問の発展と社会に貢献すべく頑張っている所存です。新たに加わったのは、A01分子・材料構築班が16件、A02先端計測・シミュレーション班が8件、A03機能開拓班が13件の合計37件です。水圏機能材料の設計・合成・集合体設計から精密計測・シミュレーション、さらに機能化まで幅広い分野の研究者が北から南まで結集していただきました。現在の新型コロナウイルスにおける状況下でも、皆様と協力して、できる事はしっかり進めていきたいと考えています。安全や安心にも貢献できる材料も目指します。

残念ながら、6月中旬に予定していた第一回公開シンポジウムは延期といたしました。次回の予定は、あらためてご報告いたします。今後、領域のホームページ、ニューズレター、論文、各研究室のホームページなども十分に活用して成果を発信していきたいと考えています。今後ともよろしく願いいたします。

### 先端計測・シミュレーション班の目指すところ



A02 研究計画 研究代表者  
原田 慈久 東京大学  
物性研究所・教授

水圏機能材料は、材料と水の相互作用を通じて新しい機能を獲得するため、材料と水の両方が水圏機能材料の構成要素となります。特に「水分子がどのように構成要素としてふるまうか」を知ることが、我々の主たるテーマです。A02先端計測・シミュレーション班では、水圏機能材料が機能を発現する環境下で、放射光や中性子を用いた先端計測、様々な波長域の分光、原子レベルの実空間観測を行っています。幅広い空間・エネルギー・時間スケールで得られた、材料と水の構造・化学・運動状態の観測データを、機能まで見通したシミュレーションと照合し、機能発現に本質的な役割を果たす相互作用を見極めます。すでにいくつかの生体親和性材料やイオン機能材料、接着材料などで、今まで知られていなかった水の役割が明らかになりつつあります。今後は機械学習も積極的に援用し、有用な分析手法があれば躊躇なく取り入れて情報を補完することによって、材料設計・合成にフィードバックし、水圏でより高い機能を発現する材料を創製するための“水圏機能材料構築学”の創成に貢献します。

## 水圏機能材料:環境に調和・応答するマテリアル構築学の創成

### The 100th Anniversary of the Birth of Professor Teiji Tsuruta

ーバイオ界面における水分子の役割の解明と材料設計指針の創成・製品化へー

日時:2020年1月7日(土) 13:00-17:30

会場:九州大学伊都地区稲盛記念会館稲盛ホール(福岡県福岡市)

後援:新学術領域研究「水圏機能材料:環境に調和・応答するマテリアル構築学の創成」総括班



2020年1月7日(火)に、九州大学稲盛会館にて、高分子合成化学分野の世界的権威である鶴田禎二先生(東京大学名誉教授、元日本化学会および高分子学会会長)のご生誕100周年を記念して、特別講演会を開催いたしました。医療、医薬、バイオ、ヘルスケア、化粧品、食品、化学、材料、電気、機械、情報、環境、エネルギー、農業など多様な業界の企業、官、学から多数の事前申し込みをいただき、157名に参加いただきました。

本講演会は、高分子バイオマテリアルサイエンス学を構築された鶴田先生を囲み、界面水の役割を徹底的に追究する勉強会(鶴田フォーラム)の幹事メンバーが主催しました。鶴田フォーラムは、材料の生体親和性に強く影響する因子である中間水の本質を明らかにして材料設計論を確立するために、15年以上にわたって開催されてきました。

鶴田先生のご生誕100周年という節目の年に多くの参加者が集い、化学を通じて人類の福祉への貢献を目指されていた鶴田先生の意志および鶴田フォーラムの根本理念を若手の世代へ伝承すべく、産官学から界面水に関する13件の講演に対して活発な討論が行われました。材料と水の相互作用、バイオ界面水制御に関する最先端の研究への理解が深まるとともに、次の100年へ向けて生命の根源に迫る大きな一歩が踏み出されました。

本講演会および意見交換会で繰り広げられた様々な情報交換の中で、企業における材料・製品開発の課題解決においても材料表面と水の関わりに着目し、解析して理解を深め、制御する必要があることやその手法に関して多くの相談を受けました。今後、新しいコンセプトの発信地となる水圏機能材料研究の役割はますます大きくなると信じています。

本講演会で話題提供いただいた講師の先生方および議論を



盛り上げてくださった参加者の皆様に深くお礼申し上げます。今後、本領域主催の産学連携フォーラムの企画につなげたいと考えております。

(九大先導研・田中 賢)

## 第1回先進水圏若手フォーラム(オンライン会議) 開催

日時:2020年3月21日(土)

主催:新学術領域研究「水圏機能材料:環境に調和・応答するマテリアル構築学の創成」総括班



2020年3月21日(土)、Web会議システムを利用して、第1回先進水圏若手フォーラムを開催しました。当初は東京地区にてワークショップ形式での開催を予定しておりましたが、新型コロナウイルス感染拡大防止の対策としてweb会議形式での開催に変更しました。先進水圏若手フォーラムは、「新しい水圏機能材料創製に貢献:若手研究者が主体的に活躍し、より深く新しい分野の形成に貢献できるような枠組や仕掛けを構築する。」ことを目的としています。

第1回目となる今回は、計画研究の研究分担者を中心に、

研究協力者数名を加えた12名の若手研究者が、水と材料に関して設定した特定のテーマについて議論を行いました。フォーラムの前半には、「水と材料に関する研究の最新情報」について情報交換が行われ、様々なバックグラウンドを持つ各研究者の視点から見た「面白い」を共有することができました。その後、本領域のコンセプトのもと、どのような新しい水圏機能材料の創製が目指せるのか、取り組んでみたいか、について自由討論を行い、様々な提案が挙がりました。この提案を具体的な共同研究へと発展させ、「若手発」水圏機能材料の実現を目指したいと思います。

当初の1日企画から午後みの半日イベントに変更しましたが、予定より1時間遅れて終了するほど議論は白熱する結果となり、盛会のうちに終わることができました。今後の若手活動にもご期待ください。(東大院工・福島和樹)

# 水圏機能材料：注目の研究 「リン脂質に水和する水に金属イオンが与える影響」

ヒポクラテスが「貧血には鉄が薬になる」と語ったと言われているように、金属と生命・病気との関係は非常に古くから認識されてきました。現代では鉄のみならず亜鉛やマグネシウムなど、生体内にわずかに存在するさまざまな金属元素（生体内金属）が、すべての生物の生命維持活動に必須であることが分かっています。

一方、生体内ではタンパク質や糖脂質など様々な分子がそれぞれの機能を果たして

いますが、それらのほとんどは水の中で働いています。従って生体分子と水との関係を明らかにすることは、自然科学において重要な課題の一つです。

本研究では、リン脂質中の水素原子を重水素に置換した「重水素化リン脂質」を軽水と混合した試料を用意し、中性子準弾性散乱により水の運動状態を明らかにしようと試みました。

(KEK 物構研 瀬戸秀紀)



瀬戸 秀紀(A02-1分担)

2019年に行った領域のアウトリーチ活動の様子

「MLF サイエンスラボ：

よ〜く伸びるスライムをつくろう！」

## 強結合水と弱結合水

実験は J-PARC MLF に設置されたダイナミクス解析装置 DNA を用いて行いました。その結果、リン脂質膜に水和している水分子は、リン脂質分子と一緒に動いている「強結合水」と、それよりも 10 倍速く動いている「弱結合水」、そしてさらにそれよりも 10 倍速く液体の水とほぼ同じ速さで動く「自由水」の 3 種類に分類できることが分かりました (図 1)。

次にこの「重水素化リン脂質+軽水」の系に、CaCl<sub>2</sub>、MgCl<sub>2</sub>、FeCl<sub>2</sub>をそれぞれ加えた試料を作成して、3 種類の水と水の分子数がどのように変化するかを調べました。その結果、カルシウムを加えた場合には 3 種類の水の数ほとんど変わらないのに対して、マグネシウムと鉄を加えた場合は「強結合水」の数が 2 倍程度に増加する一方で、「弱結合水」の数は変わらないことも分かりました。

## イオンはどこに付く？

カルシウムイオンはリン脂質の水から遠い部分に付くのにに対して、マグネシウムイオンと鉄イオンは水の近くに付くことが知られていました。つまりイオンが水から遠い部分に付く場合は「強結合水」にも「弱結

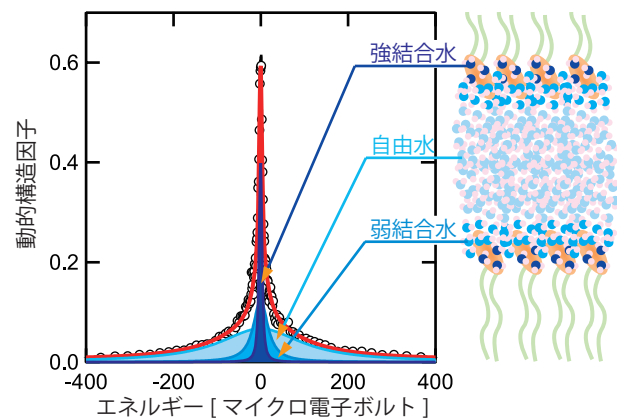


図 1 中性子準弾性散乱で得られる動的構造因子とその解析

合水」にも影響を及ぼさないのに対し、水の近くに付く場合は「強結合水」には影響を及ぼす一方、「弱結合水」には影響しないことが分かったのです (図 2)。

## 生体親和性と水

人工心肺などに使われる医用材料の表面には、血栓の形成を防ぐため「生体親和性高分子」がコーティングされています。この高分子表面に水和している水はリン脂質における「弱結合水」と同じような状態にあると考えられていますが、その理由や制御方法などはほとんど分かっていません。今回の実験から「弱結合水」の数は金属イオンには関係なく、リン脂質の親水

基の性質で決まっていることが示唆されます。本研究の成果により生体親和性の原理が解明され、医用材料の開発につながっていくことが期待されます。

本研究は Applied Physics Letters<sup>1)</sup> より 3 月 30 日に出版し、J-PARC からプレスリリースされました。

1) H. Seto and T. Yamada, *Appl. Phys. Lett.*, **116**, 133701 (2020).

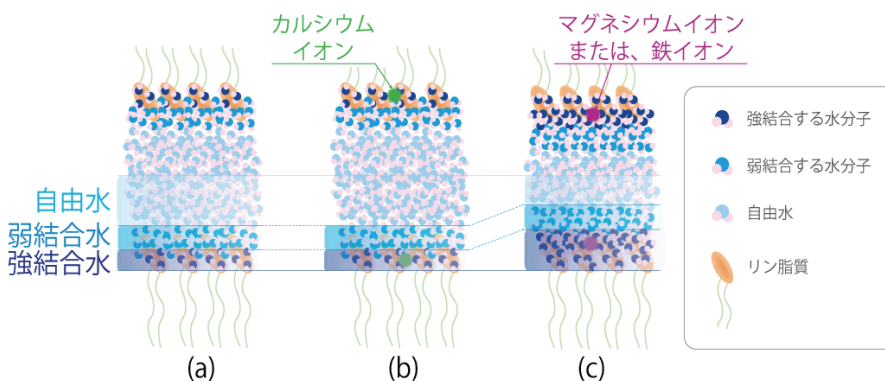


図 2 金属イオンが付着する位置と水和水の関係

※「強結合水」「弱結合水」「自由水」は様々な言い方が各分野で使われており本領域で現在整理中

# 水圏機能材料:環境に調和・応答するマテリアル構築学の創成

## 公募研究一覧

### 研究項目 A01 分子・材料構築班

- 「水圏環境における発光性希土類分子会合体の形成と光機能」  
長谷川 靖哉 (北海道大学 大学院工学研究院・教授)
- 「水圏機能材料のプラットフォームとしての多細胞型膜組織の構築」  
今井 正幸 (東北大学 理学研究科・教授)
- 「水素結合による分子認識を水圏で実現する機能性超分子ユニットの開発」  
中村 貴志 (筑波大学 数理物質系 化学域・助教)
- 「フラーレン分子超薄膜の二次元水圏電子・イオン材料としての応用」  
原野 幸治 (東京大学 大学院理学系研究科・特任准教授)
- 「極性分子の水表面での配向分極を利用した次世代型O F E T用中間層の開発」  
藤野 智子 (東京大学 物性研究所・助教)
- 「水ゲート有機トランジスタによるオキソアニオン類の認識とインバータ回路制御への応用」  
南 豪 (東京大学 生産技術研究所・准教授)
- 「セルロース系分子集合体の水和構造解析と水圏バイオ機能材料への展開」  
芹澤 武 (東京工業大学 物質理工学院・教授)
- 「大環状化合物の特異的ナノ空間を利用する物質輸送と分離膜構築に関する研究」  
河野 慎一郎 (名古屋大学 大学院理学研究科・講師)
- 「潮解により創成される水圏ナノ周期構造の光配向制御法の開発」  
原 光生 (名古屋大学 大学院工学研究科・助教)
- 「水酸基の3次元精密配列に基づく高次集積構造の構築」  
橋川 祥史 (京都大学 化学研究所・助教)
- 「セルフソーティング高分子ミセルによる水圏機能材料の創出」  
寺島 崇矢 (京都大学 大学院工学研究科高分子化学専攻・准教授)
- 「過酷な環境に調和するN-ビニルアミドを用いた高強度保水材の開発」  
網代 広治 (奈良先端科学技術大学院大学 先端科学研究科・教授)
- 「水中の分子・イオンと選択的に相互作用する機能性炭素材料の開発」  
仁科 勇太 (岡山大学 異分野融合先端研究コア・研究教授)
- 「環境応答型の分子分布を持つ水圏機能ペプチド材料の創製」  
若林 里衣 (九州大学 工学研究院・助教)
- 「水溶性ブロック高分子による水圏分子集合体の創製と機能材料への展開」  
三浦 佳子 (九州大学 大学院工学研究院・教授)
- 「有機無機超分子複合体を用いた水圏光機能材料の創出」  
堀内 新之介 (長崎大学 工学研究科・助教)

### 研究項目 A02 先端計測・シミュレーション班

- 「ブロック共重合体等を用いた高分子孤立鎖の高湿度下での運動制御」  
熊木 治郎 (山形大学 大学院有機材料システム研究科・教授)
- 「原子レベルで制御されたモデル有機材料の化学構造-水和構造-界面現象の包括的研究」  
林 智広 (東京工業大学 物質理工学院・准教授)

- 「ペプチド分子集合体からなる水圏機能材料の固体NMRによる構造解析」  
川村 出 (横浜国立大学 大学院工学研究院・准教授)
- 「高速広域3次元走査型力顕微鏡による固液界面構造・現象の原子・分子スケール計測」  
宮田 一輝 (金沢大学 ナノ生命科学研究所・助教)
- 「超空間デザイン無機結晶の固液界面でのイオン交換挙動の理解と応用」  
手嶋 勝弥 (信州大学先鋭材料研究所/工学部物質化学科・所長/教授)
- 「電子密度変化の統計的解析に基づく水素結合系の静電分極モデルの生成法開発と応用」  
鳥居 肇 (静岡大学 工学部化学バイオ工学科・教授)
- 「凍らない水において多数の水分子が協奏して引き起こされる水素結合ダイナミクス」  
金 鋼 (大阪大学 基礎工学研究科・准教授)
- 「流れと接したバイオマテリアルの水和構造分析」  
森田 成昭 (大阪電気通信大学 工学部・教授)

### 研究項目 A03 機能開拓班

- 「レシオ型の蛍光変化を示す超分子メカノフォアの創製と水圏機能材料への応用」  
相良 剛光 (東京工業大学 物質理工学院・准教授)
- 「氷表面の化学的機能を利用した氷マイクロフレイクスの分離計測化学への展開」  
稲川 有徳 (宇都宮大学 大学院地域創生科学研究科・助教)
- 「一軸配向多糖膜を用いた水蒸気駆動型エネルギー変換素子の設計」  
桶葎 興資 (北陸先端科学技術大学院大学 先端科学技術研究科 環境エネルギー領域・准教授)
- 「タンパク質による水分子の配位状態制御」  
竹田 一旗 (京都大学 大学院理学研究科・准教授)
- 「側鎖のカルボキシ基の高密度化による高分子表面の着氷特性および不凍効果への影響」  
松本 拓也 (神戸大学 工学研究科・助教)
- 「チタン/生体組織相互作用における水和相の役割理解と応用」  
松本 卓也 (岡山大学 大学院医歯薬学総合研究科 生体材料学分野・教授)
- 「サブナノ多孔膜における気相～液相系水分子の透過性評価と高機能化」  
都留 稔了 (広島大学 先進理工系科学研究科・教授)
- 「血中滞留性・温度応答性を示す dendrimer の水和挙動と機能との相関」  
児島 千恵 (大阪府立大学 大学院工学研究科・准教授)
- 「生体分子・細胞との相互作用を制御する革新的水圏機能材料の創製」  
長瀬 健一 (慶應義塾大学 薬学部・准教授)
- 「水圏材料の励起状態制御」  
羽會部 卓 (慶應義塾大学 理工学部・教授)
- 「エントロピー抑制による動的分子結合能を有するスマート水圏機能材料の設計」  
宮田 隆志 (関西大学 化学生命工学部・教授)
- 「98%以上が水からなるフォトニック高分子ゲルの開発と機能開拓」  
楽 優鳳 (産業技術総合研究所 電子光基礎技術研究部門・主任研究員)
- 「水圏環境下でイオン・分子認識機能を発現するグラフェン機能材料の開拓」  
上野 祐子 (中央大学 理工学部応用化学科・教授)



## Aquatic Functional Materials

文部科学省科学研究費補助金 新学術領域研究 (研究領域提案型)(No. 6104) 令和元年-5年度

「水圏機能材料:環境に調和・応答するマテリアル構築学の創成」

ニュースレター第2号(2020年5月発行)

■編集・発行 「水圏機能材料」総括班

〒113-8656 東京都文京区本郷 7-3-1

〒650-0047 神戸市中央区港島南町 7-1-28

<https://www.aquatic-functional-materials.org>

東京大学大学院工学系研究科 加藤研究室内

兵庫県立大学大学院シミュレーション学研究科 鷲津研究室内