

# Aquatic Functional Materials News



June 2021 ▶ No. 6

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

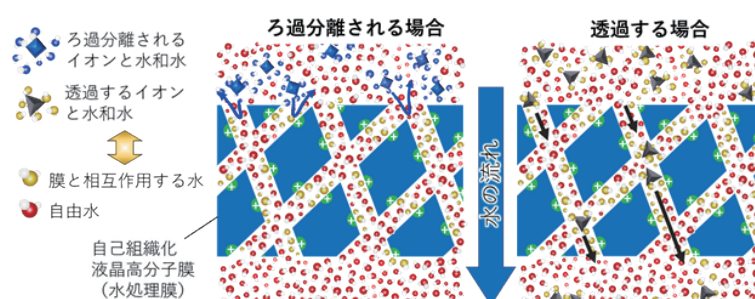
## 水圏機能材料:環境に調和・応答するマテリアル構築学の創成

### 水処理膜の選択的イオン透過機能に水の構造が関与することを発見

液晶ナノ高分子水処理膜は、極めて均一かつナノメートル程度のサイズの孔を持っており、選択的にイオンを分離・透過させる機能があります。この機能は主に孔のサイズと孔の持つ電荷で決まると考えられますが、今後のより精密な選択機能を設計するためにはそのイオン分離・透過機構のさらなる理解が必要です。そこで、軟X線発光分光装置(大型放射光施設SPring-8に敷設)を用いて液晶ナノ高分子水処理膜が取り込む水分子の状態を調べた結果、イオンを取り巻く水の水素結合構造が孔の中でも安定に存在することが、イオンを選択的に通す条件の一つとなることを見出しました。本研究は

Angewandte Chemie International Edition誌に10月20日にオンライン掲載され(Angew. Chem. Int. Ed. 2020, 59, 23461.)、11月10日付でNature Reviews Chemistry誌でも紹介されました(Nat. Rev. Chem. 2020, 4, 636.)。

(東大院工・加藤隆史, 坂本健, 東大物性研・原田慈久)

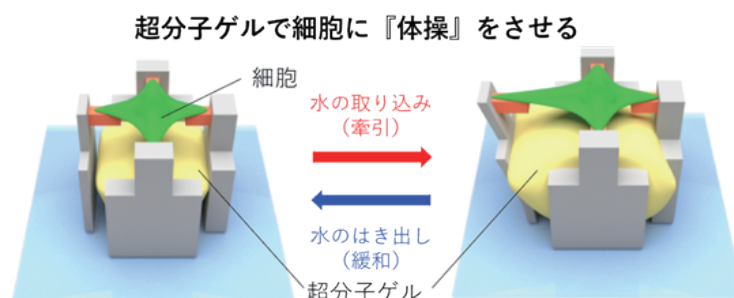


### 水圏超分子ゲルを用いて細胞を精密操作する技術を共同開発

A03田中求・高島グループはドイツ・カールスルーエ工科大学との国際共同研究によって、水圏超分子ゲルと最先端の3Dプリント技術を融合させて、細胞を自在に操作することに成功しました。細胞と同じくらいのサイズ(約10 μm)のジャングルジムのような小さな『足場』を超精密3Dプリンターで作製し、その中に架橋密度を自在に変えられる超分子ゲルを埋め込みます。超分子ゲルが水をとりこんで膨張したり水を吐き出して縮んだりする力を利用すると、細胞を引っ張ったり緩めたりした時の細胞の反応を精密に観察することができます。この新たな複合材料は薬剤効果の評価や幹細胞の分化

の制御といった、幅広い応用が期待できます。この成果は米国の国際学術誌『Science Advances』にオンライン掲載されました。

(京大・ハイデルベルク大・田中求, 阪大高等研・高島義徳)



# 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

## 第2回領域会議 開催報告

開催日：2020年10月23日（金）

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



第1回に引き続き今回もオンラインで開催いたしました。新型コロナウイルス感染症対策のために対面の会議を行う機会を設けるのが引き続き困難であることから、今回の領域会議では、領域代表の提案で、班員同士の議論の場を設け、共同研究の推進を目的とした取り組みを中心に据えることにいたしました。

具体的には、計画班研究分担者を中心とする成果報告6件（合計約1時間）に加えて、グループディスカッション

による今後の共同研究の探索を今回の会議のメインといたしました。本領域で扱う材料・計測・シミュレーション・応用に関連する9つのテーマ別にブレイクアウトルームを設け、各ルーム10名以下とし、60分のディスカッションを参加メンバーを替えて2回ずつ行いました。公募班および計画班若手研究者にもディスカッションリーダーとして進行を担っていただくことで円滑かつ活発な議論が交わされました。閉会后、任意参加のオンライン交流会でもブレイクアウトルームを準備し、各部屋で少人数での活発な議論が引き続き行われました。新学術領域研究の最も重要な使命である共同研究を推進するための機会となったと考えています。また、対面での会議が難しい状況が今後しばらく続くと予測される状況で、今回の試みはオンラインツールを用いた研究者同士の交流をより効果的なものとし、班員同士のつながりをさらに強固にすることができたと考えられます。  
(神奈川大理・辻勇人)

## 水圏機能材料：注目の研究

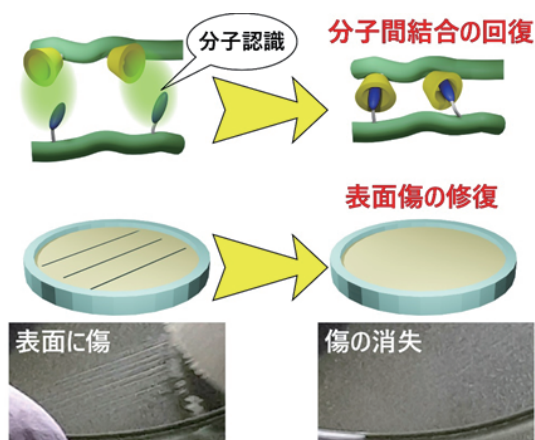
### 「遊星型ボールミルによる超迅速な自己修復とリサイクル可能な強靱な超分子材料の作製」

本研究では、非共有結合としてのホスト - ゲスト相互作用を用いた超分子材料に対して、遊星型ボールミル処理によってフィルムを作製することで、従来法より機械的特性が高く、強靱・柔軟・透明な材料を作製することに成功しました。さらに、このようなボールミル処理を繰り返しても機械的強度は維持されます。また、破断した材料の破片は10分以内ならば再接着し、表面の傷は60℃において数秒の熱処理で自己修復しました。この材料は、迅速な自己修復かつリサイクル可能な超分子材料です。このような優れた特性の要因を種々の測定手法を用いて評価し、ボールミル処理のような物理的な手法により、ホスト分子およびゲスト分子がナノレベルで混合しているためであることを明らかにしました。

上記の研究内容は A03-3 の高島（研究代表者、大阪大学高等共創研究院・大学院理学研究科）が持つ超分子科学に関する技術と松葉（研究分担者、山形大学大学院有機材料システム研究科）の界面物性の先端計測技術を組み合わせ

ることで達成しました。現在、このような超分子材料と水との間に働く相互作用を制御することで、強靱で柔軟、しかもリサイクル可能な水圏機能材料の作製を目指し、さらなる研究を推進しています。

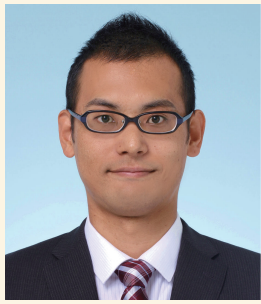
(山形大院有機・松葉豪、阪大高等研・高島義徳)



J. Park, S. Murayama, M. Osaki, H. Yamaguchi, A. Harada, G. Matsuba, Y. Takashima, *Adv. Mater.* **2020**, 32, 2002008. (DOI: 10.1002/adma.202002008)



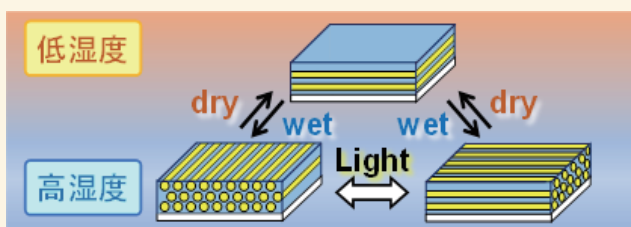
## 潮解により創成される水圏ナノ周期構造の光配向制御法の開発



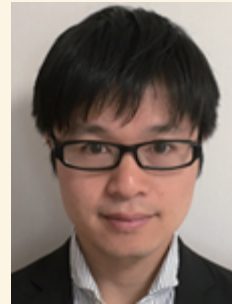
原 光生  
名古屋大学・助教

本研究では、潮解性ポリマーと光配向性ポリマーがそれぞれ共有結合したブロック共重合体を設計します。このブロック共重合体が形成するマイクロ相分離構造は湿度に応答すると考えられます。すなわち、加湿によって数十ナノメートル周期の水圏

(以下、ナノ水圏)が創成され、ナノ水圏のサイズを湿度にて制御できると期待されます。さらに、ラメラやシリンダーなどのマイクロ相分離モルフォロジーを湿度で制御したり、シリンダー状ナノ水圏の向きを光操作したりと、潮解現象を活用した新規ナノ水圏機能材料を開拓します。



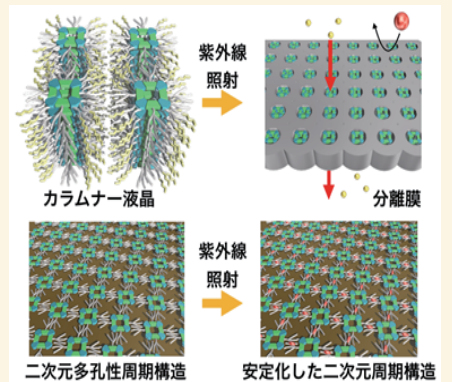
## 大環状化合物の特異的ナノ空間を利用する物質輸送と分離膜構築に関する研究



河野 慎一郎  
名古屋大学・講師

サイズと形状が均一な微小空間(ナノ空間)をもつ大環状化合物の自己組織化に関する研究を行っています。剛直かつ平面性の高い大環状化合物とその環構造の周囲に導入した炭化水素鎖との空間的バランスによって、一次元に分子集積したカラムナー液晶や平滑な原子層上での二次元多孔性周期構造

を構築しています。本研究では、炭化水素鎖の末端に光重合性の置換基を導入し、ナノ空間をもつ自己組織化構造を安定化させることで、水中からイオンや有害な有機物を選択的に分離する膜や自己組織構造を利用する水圏機能材料の開拓を目指します。

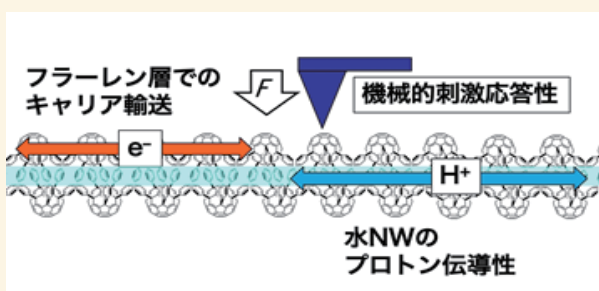


## フラーレン分子超薄膜の二次元水圏電子・イオン材料としての応用



原野 幸治  
東京大学・特任准教授

構造化された水分子のネットワークは、バルクの水や氷とは異なる電荷、イオン、物質輸送特性や相転移挙動などの特異な基礎物性に興味もたれています。本研究では、我々が独自開発した自己集合型水圏機能材料である両親媒性フラーレン分子超薄膜を用いて、その内部に二次元水分子ネットワークを構築し、その材料としてのポテンシャルを探ります。具体的には、各種分析手段を駆使してナノレベルでの水ネットワークの構造を解明し、高速イオン輸送などの物性開拓を目指します。

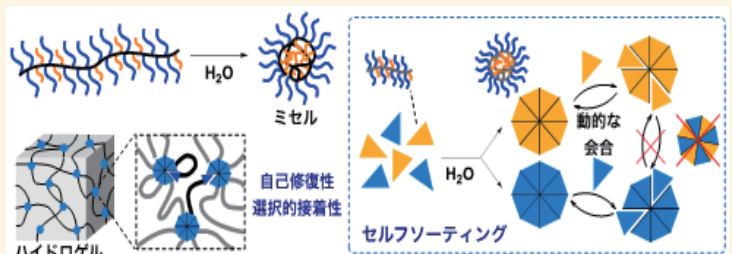


## セルフソーティング高分子ミセルによる水圏機能材料の創出



寺島 崇矢  
京都大学・准教授

親水性と疎水性の側鎖をもつ両親媒性ランダム共重合体は、水中で疎水性側鎖が会合して主鎖が折り畳まれ、10 nm 程度のコンパクトなミセルを形成します。さらに、この共重合体は、水中で高分子を識別でき、異なる高分子が共存しても同じ構造の高分子同士で動的に会合するセルフソーティング挙動を示します。本研究では、両親媒性ランダム共重合体が水中でセルフソーティング会合挙動を示す起源を解明するとともに、セルフソーティングミセルを利用した自己修復性と選択的接着性を併せ持つハイドロゲルなどの水圏機能材料を創出します。



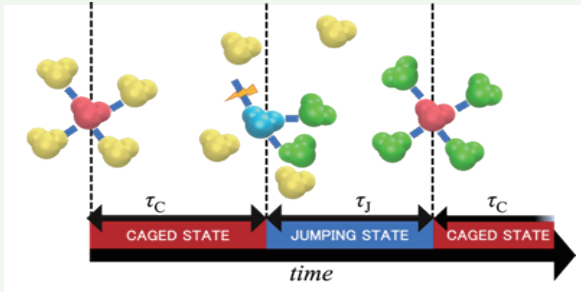
### 凍らない水において多数の水分子が協奏して引き起こされる水素結合ダイナミクス



金 鋼  
大阪大学・准教授

「水圏機能材料」において高分子と強く相互作用し凍らない水として機能する水分子の運動性が重要となります。そこで、多数の水分子が協奏することでいかに水素結合が破断・結合するかを正確に理解することが鍵となります。本研究では、分子動力学シミュレーションを用いて水素結合ネットワークを通じた

水圏機能材料の学理深化を目指します。特に、マルコフ状態モデルにより水素結合破断の遷移過程を抽出し、水分子の協調的運動を特徴付ける理論的技術を確立します。



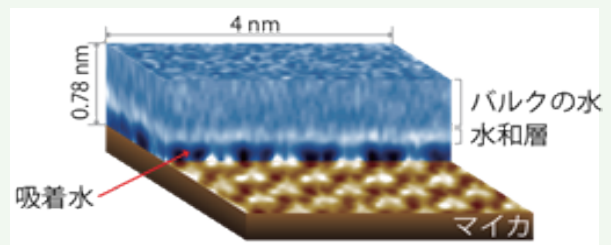
### 高速広域三次元走査型力顕微鏡による固液界面構造・現象の原子・分子スケール計測



宮田 一輝  
金沢大学・助教

近年、周波数変調原子間力顕微鏡 (FM-AFM) や三次元走査型力顕微鏡 (3D-SFM) 技術の発展により、固液界面構造の原子・分子スケール計測が可能になりました。一方で、従来の計測例は原子・分子レベルで平坦かつ安定な表面が多く、表面や界面構造が動的に変化する様子や不均一な試料などの解析はほとんど達成されてい

ません。本研究では、これらの技術を幅広い材料/水界面の二次元・三次元サブナノスケール解析へ用いるための技術開発及び応用研究に取り組み、原子・分子スケール固液界面計測技術の確立を目指します。



## 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6号(2021年6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情報科学研究科 鷺津研究室内