

# Aquatic Functional Materials News



August 2021 ▶ No. 8

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

### 領域代表あいさつ

皆様、こんにちは。文部科学省科学研究費新学術領域研究には、公募研究というカテゴリがあります。領域立ち上げ後、応募・採択された研究です。領域立ち上げ時からの計画研究のメンバーと一緒に研究活動を行っております。本領域の第一期の公募研究は令和2年から3年までの2年間で、37件が現在活動を行っております。新型コロナウイルスの影響の中でも、工夫して活発に盛り上げていただいております。本号は、公募研究 37 件の中から 12 件を紹介いたします。あわせて、No.5 から No.7 もご覧いただければ幸いです。今後ともよろしく願いいたします。



領域代表  
加藤 隆史 東京大学  
大学院工学系研究科・教授

## 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・教授

高分子の孤立鎖、結晶、超分子構造等を分子鎖レベルで原子間力顕微鏡 (AFM) を用いて直接観察する研究を行っています。基板上に載せた高分子孤立鎖の運動を様々な湿度下で観察すると、基板には湿度に応じたサブナノメートル厚の吸着水層があるため、高分子鎖と水との相互作用を直接分子レベルで観察することが可能になります。

本研究では、ブロック共重合体や、親水性の官能基を特定の位置に付けた高分子鎖の吸着水中での運動を観察し、高分子鎖の運動を分子鎖の化学構造で制御することを目指します。



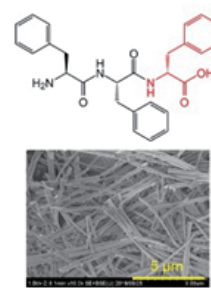
### ペプチド分子集合体からなる水圏機能材料の固体 NMR による構造解析



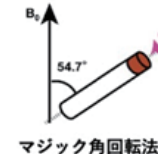
川村 出  
横浜国立大学・准教授

水の滴下がトリガーとなって形成されるペプチド分子集合体の構造を制御するために、固体 NMR 分光法を駆使した構造解析を行っています。本研究では、青色蛍光性のアクリドン側鎖にもつジペプチドやトリペプチドを設計・合成し、

水環境でペプチド同士の自己集合によってハイドロゲルを形成させます。超分子を形成したペプチド集合における水分子の役割について、ペプチド-水分子間の相互作用、水分子の結合状態 (自由水、結合水)、などに注目した固体 NMR 測定によって解明します。



Solid-state NMR

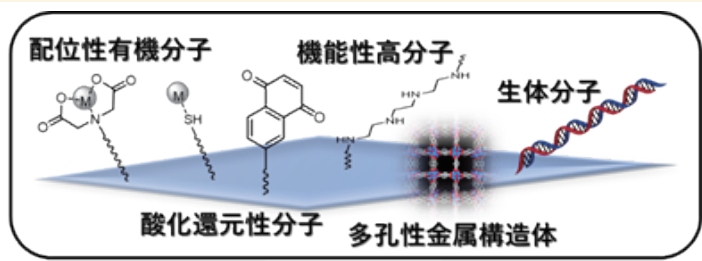


## 水中の分子・イオンと選択的に相互作用する機能性炭素材料の開発



仁科 勇太  
岡山大学・教授

ナノ炭素材料は高比表面積で高強度など、優れた特性を有しています。親水基を付与することにより炭素と水との相互作用を高めることができるため、本研究では、酸素官能基を炭素材料に導入することを試みます。0次元～3次元の多様な炭素材料の酸素官能基を制御するとともに、機能性部位を導入し、様々な化学反応性や物性を有する炭素材料のラインナップを増やします。作製した炭素材料を用いて他班と協力し、水中に含まれる重金属・生体分子・ウイルス等の吸着または除去を検討します。

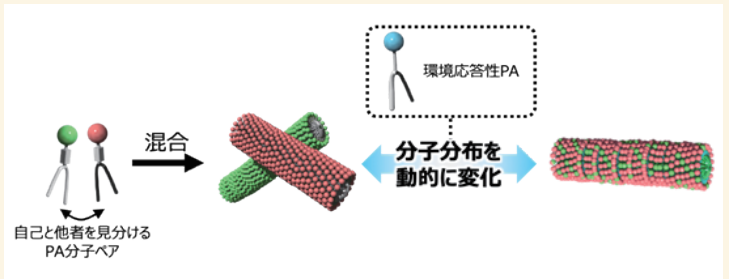


## 環境応答型の分子分布を持つ水圏機能ペプチド材料の創製



若林 里衣  
九州大学・助教

両親媒性ペプチド (peptide amphiphile, PA) を構造ユニットとした繊維状の自己組織化材料の創製に取り組んでいます。本研究では、複数種類の PA 分子が共存する共集合材料における、PA 分子の分布の制御に取り組んでいます。そのために、分子が自己と他者を見分ける能力に着目しました。この能力を持つ PA 分子ペアに対し、環境に応じて能力を変化させる新たな PA 分子を導入することで、材料内の分子分布を動的に変化可能な水圏機能ペプチド材料の開発に取り組みます。

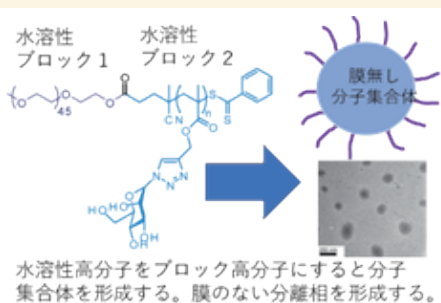


## 水溶性ブロック高分子による水圏分子集合体の創製と機能材料への展開



三浦 佳子  
九州大学・教授

水圏には多くの分子集合体が報告されていますが、多くの場合、両親媒性が駆動力となっています。我々は、多数の水酸基を有する糖鎖高分子とポリエチレングリコールを結合させた、水溶性ブロック高分子が、分子間相互作用や高分子の相分離によって、水溶液中でも容易に集合体を形成することを発見しました。この分子集合体は、膜がないものの他と分離された空間を形成する特異な性質を有しています。生体内でもタンパク質が、膜なし集合体を形成することがわかってきています。本研究では形成機構とこの材料の応用について検討します。



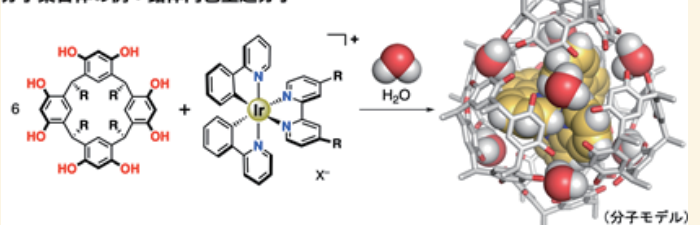
## 有機無機超分子複合体を用いた水圏光機能材料の創出



堀内 新之介  
長崎大学・助教

可逆な結合形成や分子間相互作用の協奏効果を利用して、新しいタイプの分子集合体を創出し、その機能解明を行なっています。この手法の特徴は、分子集合体が形成する過程で強弱様々な相互作用が影響しあうため、初期条件によって得られる集合体の構造や性質をコントロールできる点にあります。本研究では水分子のはたらきを変えることで得られる分子集合体の集合構造を制御し、その集合構造に由来した光機能を明らかにします。また、得られた分子集合体に含まれる水の性質も先端計測や計算科学によって明らかにします。

分子集合体の例：錯体内包型超分子



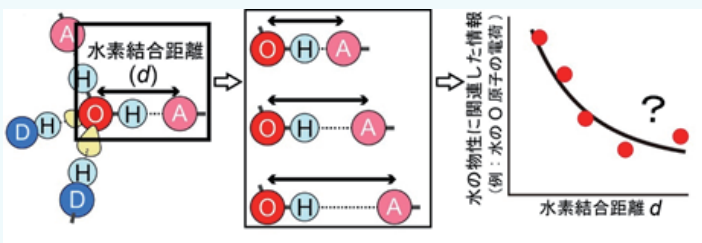
### タンパク質による水分子の配位状態制御



竹田 一旗  
京都大学・准教授

水分子はタンパク質の表面のみならず内部にも結合し、機能発現において重要な働きを担っています。しかしながら、タンパク質内部では水素結合の相手が必ずしも正確な正四面体構造をとっているわけではなく、バルク中の水分子とは異なる構造や状態を有していることも考え

られます。そこで、水素原子や価電子を可視化して精密な構造および性質を決定することが可能な超高分解能電荷密度解析を人工設計タンパク質に適用することで、タンパク質内部結合水の学理解明および水分子の状態を人為的に制御する方法の確立をめざします。



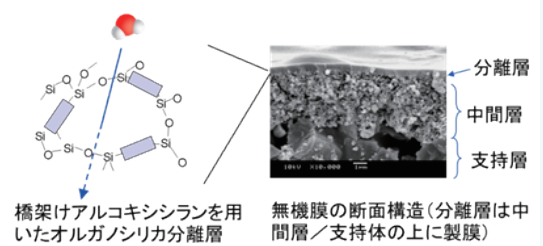
### サブナノ多孔膜における気相～液相系水分子の透過性評価と高機能化



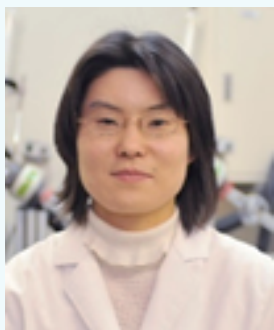
都留 稔了  
広島大学・教授

河川などの淡水のみならず海水などの液相から、膜分離法による水製造プロセスの実用化が進んでいます。今後は、気相中に存在する水蒸気についても、水資源やエネルギー資源として回収する新技術を開発する必要があります。本研究では、より効率的に“水をつくる”ことを最終目標として、細孔径 1nm 以下の多孔質膜をシリカ系材料を用いて開発し、気相や液相にわたる広い範囲で透過性を測定することでサブナノ細孔内での水分子の動的挙動を明らかにするとともに、より高選択性・高透過性な水分離膜の開発指針を得ます。

河川などの淡水のみならず海水などの液相から、膜分離法による水製造プロセスの実用化が進んでいます。今後は、気相中に存在する水蒸気についても、水資源やエネルギー資源として回収する新技術を開発する必要があります。本研究では、より効率的に“水をつくる”ことを最終目標として、細孔径 1nm 以下の多孔質膜をシリカ系材料を用いて開発し、気相や液相にわたる広い範囲で透過性を測定することでサブナノ細孔内での水分子の動的挙動を明らかにするとともに、より高選択性・高透過性な水分離膜の開発指針を得ます。

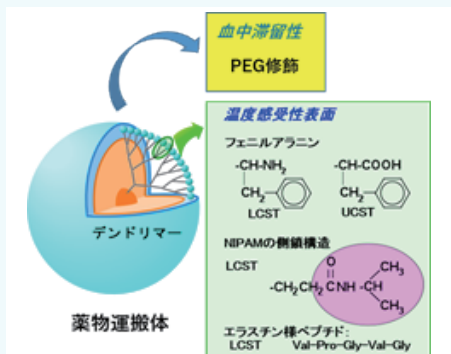


### 血中滞留性・温度応答性を示す dendriマーの水和挙動と機能との相関



児島 千恵  
大阪府立大学・准教授

樹状高分子である dendriマーは、内部空間や末端に薬物を担持できるため、ドラッグデリバリーシステム (DDS) への応用が期待されています。私は、DDS のためのナノキャリアとしてポリエチレングリコール (PEG) や熱応答性部位で修飾した dendriマーを作製し、その血中滞留性や細胞との相互作用の温度による制御について研究してきました。細胞の約 70% は水ですので、DDS ナノキャリアと水との相互作用の理解は極めて重要です。本研究課題では、上記の dendriマーナノ粒子の水和状態を調べ、ナノ粒子の機能との相関について明らかにします。



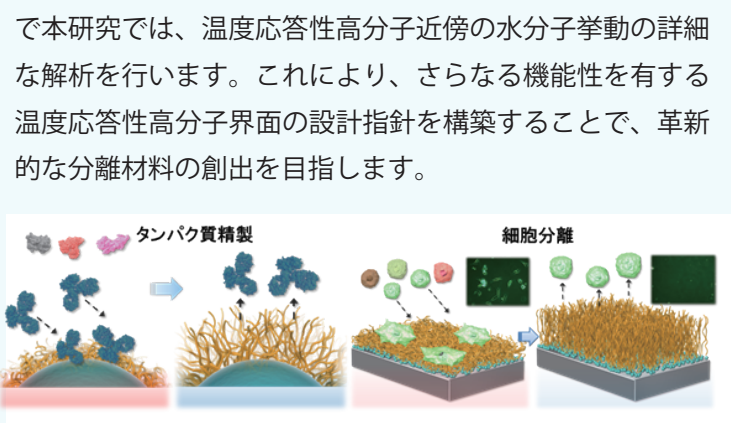
血中滞留性  
PEG 修飾  
温度感受性表面  
フェニルアラニン  
-CH<sub>2</sub>NH<sub>2</sub>    -CH<sub>2</sub>COOH  
CH<sub>2</sub>    CH<sub>2</sub>  
LCST    LCST  
NIPAM の側鎖構造  
LCST  
-CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>C(=O)NH-CH(CH<sub>3</sub>)  
エラスチン様ペプチド:  
LCST  
Val-Pro-Gly-Val-Gly

### 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・准教授

温度変化により水和・脱水を起す温度応答性高分子を修飾した材料は、界面の親水性・疎水性の変化により、タンパク質・細胞との相互作用を制御することができるため、分離材料としての検討が行われています。しかし現段階では、温度応答性高分子の分離材料としての十分な性能を引き出せていない可能性があります。そこで本研究では、温度応答性高分子近傍の水分子挙動の詳細な解析を行います。これにより、さらなる機能性を有する温度応答性高分子界面の設計指針を構築することで、革新的な分離材料の創出を目指します。

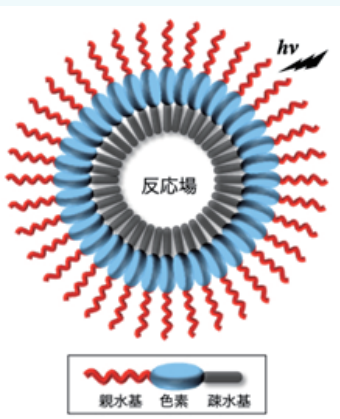


## 水圏材料の励起状態制御

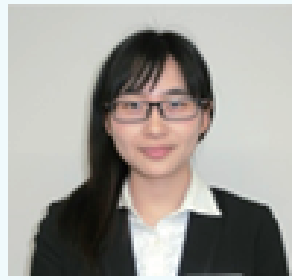


羽會部 卓  
慶應義塾大学・教授

水中での分子集合体に関する研究は環境・エネルギーから薬剤・生体の各分野まで様々な領域を網羅しています。他の溶媒と異なり、水は反応場形成のための媒体やその運び手、エネルギー変換における電子源など複数の役割を同時に担える特異な溶媒と言えます。本研究では水中での凝集状態を制御することで水と光エネルギーが共生可能な機能を開拓します。

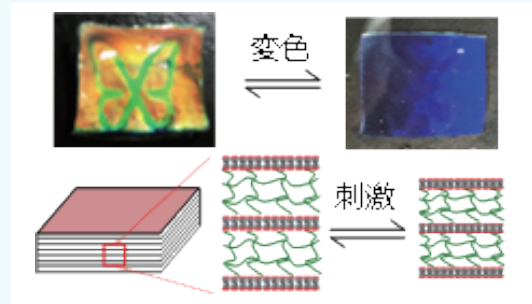


## 98%以上が水からなるフォトニック高分子ゲルの開発と機能開拓



榮 優鳳  
産業技術総合研究所・主任研究員

液晶モノマーをハイドロゲルに導入することで、孔雀の羽の様な構造色を示す「フォトニックゲル」の研究を行っています。様々な物理・化学的刺激によって、積層構造の周期が変化すると、回折波長のシフトとして光学的に色の変化が表れます。本研究では、一次元周期構造を持つ 98% 以上が水からなる電解質フォトニックハイドロゲルを作製してその性質を明らかにするとともに、電場等に応答する新たな機能を開拓します。



## 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8号(2021年8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