

AIST

Water Project

2021

+ マイクロプラスチック



国立研究開発法人 産業技術総合研究所

ご挨拶

水不足は21世紀の世界が直面する最大の問題の一つであり、水問題に関係する持続可能な開発目標（SDGs）の達成に向けた行動がますます重要になってきています。一方、世界の多くの国では今後の水市場の拡大を見越して水ビジネスを国家戦略として育成しており、水資源の管理・運営に優れた水メジャーと呼ばれる海外企業に加え、新規企業の参入等、国際競争が激しくなっています。このような状況に対処するためには、産学官の連携を深めるとともに、ニーズに適合した技術開発を強化することが重要です。

産総研では、水質評価技術と水処理技術とを情報技術によって融合して、安全でかつ効率的な水資源の管理（いわゆるスマートウォーター）に関する技術開発を実施しています。具体的には、水質評価では、TOCや重金属、内分泌攪乱物質とその生物影響、微生物などを対象として、「メンテナンスフリー」、「ポータブル」、「リアルタイム」をキーワードとする技術開発を行っています。水処理としては、MBR関係では微生物群集の変遷、バイオフィアリングのメカニズム解析と対策技術などの基盤的研究を行っています。また、光触媒や吸着剤との複合材料を利用した滅菌、医薬品や化成品等（PPCPs）の吸着分解効率の体系的評価を進めています。この他に、マクロな水利用の視点から、ウォーターフットプリント評価や海洋環境影響評価についても研究を進めています。また、水中廃棄物をリサイクルしてエネルギーを生み出す技術や、水中マイクロプラスチックの先端分析技術など、新たな取り組みにもチャレンジを始めています。

産総研はわが国の代表的な研究機関として、海外の国立研究所、大学等と人的交流および共同研究を実施していきます。主な協力機関としては、ベトナム VAST（ベトナム科学技術アカデミー）、タイ NSTDA（国立科学技術開発庁）、TISTR（科学技術研究所）、中国清華大学などがあげられます。

これらの海外の研究機関、国内外の大学、企業、地方自治体とのネットワークを強化し、研究成果を国際標準化並びに処理設備の管理・運転も含めたビジネスモデルの実現に結びつけ、国際的な水問題の解決と水市場における日本企業のシェア向上に貢献することを目指します。

プロジェクトリーダー 鳥村 政基

SDGs に向けた水技術

水の安全確保と水質の計測・改善・情報処理の技術開発

メンテナンスフリー型の次世代水質計測技術の開発

生物水処理技術の高度情報化戦略

水処理技術のアジア適合を目指す国内外連携

常時管理によるスマート水技術戦略



各要素技術の紹介

無試薬光反応を利用した元素分析の メンテナンスフリー化・高感度化

研究のポイント

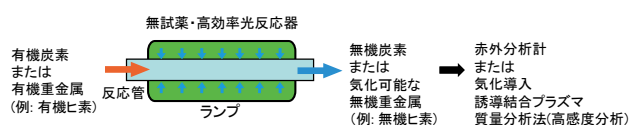
- 紫外線ランプ光を効率良く水に当て、酸化力のある活性成分を生成
- この活性成分を用いて、わずか1分以内に河川水中有機物や有機金属を迅速分解
- 高価・有害な酸・酸化剤を使わず全有機炭素測定やヒ素などの高感度分析が可能

研究のねらい

産業発展や生活品質の向上に伴い、清浄で安全な水が不足しています。その解決には水管理の効率化が必要で、水中の全有機炭素などの水質汚濁指標の監視や、微量ながら高毒性の高いヒ素など重金属の高感度分析が必要です。しかし、既存の測定法は白金触媒や過酸化剤など高価・有害な試薬を用いるため、コスト、保守、操作、および安全管理の負担が大きく、また、試薬の使用が高感度化の妨げとなる場合もあり、効率的な水管理が行えませんでした。本研究は、試薬を使わない光反応を利用することで、上記の負担や妨害を低減した元素分析技術を開発しています。

研究内容

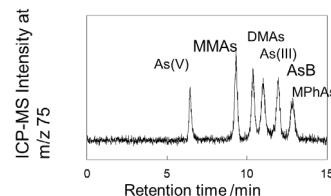
反応管を紫外線ランプに貫通させることで、反応管内に導入した試料水にランプの光を効率良く照射し、試料水中に必ず存在する水分子から高酸化力の水酸化ラジカルを高効率に生成できます。このラジカルを用いることで、試薬を用いずに河川水の溶存有機物、および純水中の有機態ヒ素・セレン化合物も迅速分解可能です(例:溶存有機物は30秒、有機態ヒ素化合物は4秒)。これらの分解生成物の無機炭素や無機態金属を、赤外吸収分析計や気化質量分析計などにより検出することで、有害・高価な酸・酸化剤を使わない全有機炭素量の監視装置やヒ素・セレンの高感度分析ができる技術を開発するなど、元素分析のメンテナンスフリー化・高感度化を進めています。



無試薬光反応を利用した全有機炭素測定および
有機ヒ素高感度分析装置

Methods	TOC /mg C L ⁻¹ (n=3)
本研究 (無試薬光反応法)	1.85±0.05
既存法 (高温触媒酸化法)	1.88±0.05

澗沼川中溶存有機物のTOC測定
既存法(高温触媒酸化法)と良い一致



液体クロマトグラフ/無試薬光酸化/水素化/誘導結合質量分析法:
ヒ素化合物の化学形態分析

連携可能な技術・知財

- 液体・固体中の元素に関する計測技術、環境及び生体試料中の元素分析
- 特許第4538604号(2010/07/02)、「光反応管内蔵型光反応装置及びこれを用いる水質モニタリング装置」

- 研究担当：中里哲也
tet.nakazato@aist.go.jp
- 環境創生研究部門 環境計測技術研究グループ

sp²/sp³混合カーボン電極を用いた電気化学的な重金属イオン計測

研究のポイント

- 河川や工場排水中に存在する重金属イオンのオンサイト検出
- 検出試薬を用いない電気化学検出・小型化可能
- ppbレベルの高感度検出と高耐久性のカーボン電極の開発

研究のねらい

カドミウムや鉛などの重金属イオン計測はUV-VISやICP-MS等、様々な分析装置によって計測されている。本研究では、オンサイト計測が可能な小型装置での重金属イオン計測を目的として、電気化学測定に注目している。従来、水銀電極によるアノードストリッピング法により検出されてきたが、水銀電極はその高い毒性から使用が制限されている。そこで水銀を用いない高感度かつ耐久性に優れた新規カーボン電極の開発と、その電極を用いた重金属イオン計測を行う。

研究内容

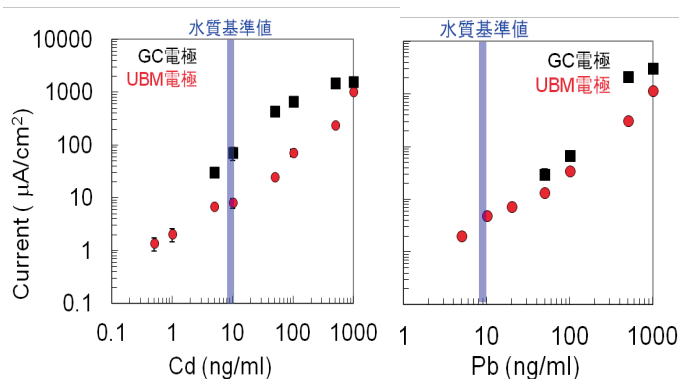
新規カーボン薄膜電極は、アンバランストマグネトロンスパッタ装置によりシリコン基板上に成膜した。本カーボン電極を用いて、アノードストリッピング法によりカドミウムと鉛を検出した際の重金属濃度と検出電流値の関係を右上に示す。新規カーボン電極(UBM電極)では従来カーボン電極(GC電極)に比べ、より検出下限濃度が向上した。特に、鉛の検出においてはUBM電極を用いるとGC電極では測定が困難であった水質基準値以下の測定が可能であった。

右下図に、カーボン電極表面への鉛の吸着・濃縮状態を示す。我々のUBM電極では均一に鉛が堆積している。これに対し、GC電極ではカドミウムの堆積は不均一であり、全く鉛が堆積していない箇所も多く見られた。これらは、我々の電極は電気化学的に均一であることを示している。この電極表面の均一性により、S/Nが向上し水質基準値以下の測定が実現されたと考えている。

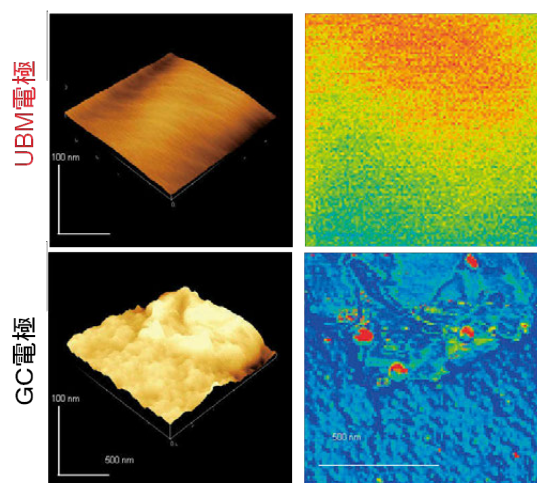
現在、本カーボン電極を用いた実環境下での測定に向けた検討を行っている。

連携可能な技術・知財

- sp²/sp³混合カーボン薄膜電極
- USBスティック型の小型電気化学測定器 (ポテンシostat)
- 研究担当：栗田僚二／加藤大
r.kurita@aist.go.jp
- 健康医工学研究部門 ナノバイオデバイス研究グループ



新規カーボン電極(UBM 電極)と従来カーボン電極 Glassy Carbon (GC) でのカドミウムと鉛の金属濃度と検出電流値の関係



AFM像 KFM像
電極表面での鉛堆積の様子の違い
AFMおよびKFMの観察結果

水中に含まれる微生物の検出・特定のための 画像認識技術を融合させた光ディスク型センサ

研究のポイント

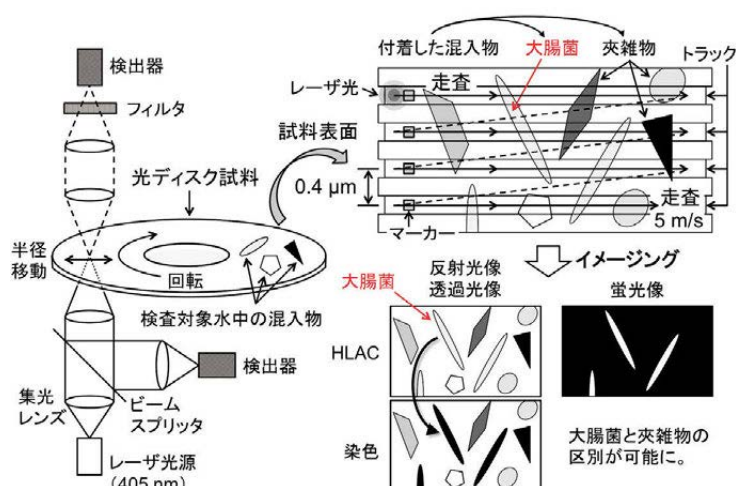
- 培養せずに光ディスクに付着した微生物群(種)を特定することで、早期検出を実現
- 光ディスクをベースとすることで、高速走査と低コストを確保
- 画像認識技術との融合による微生物群(種)の検出・特定方法

研究のねらい

飲料水や環境水に含まれる病原性大腸菌等は、人に重大な健康被害をもたらすため、早期に検出することが重要である。通常、微生物種の特特定は培養に基づいて行われ、数日を要する。本プロジェクトでは、産総研オリジナルの画像認識技術（HLAC）をはじめ、保有する複数の技術を駆使し、数時間内で病原微生物の検出・特定を目指す。

研究内容

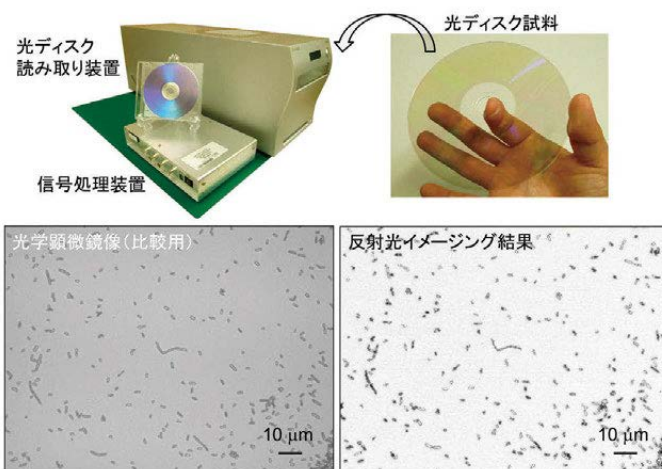
検査対象水を光ディスク試料上に滴下後乾燥し、大腸菌等の混入物を光ディスクのピットに見立てて測定する。複数トラックを走査後、基板に設けたマーカを基準に走査信号を再構成し、混入物の形状像を得る。形状像を高次局所自己相関（HLAC: Higher-order Local AutoCorrelation）特徴に基づく機械学習で解析し、混入物の種類と量を推定する。



測定系の概略及びイメージング方法

- 光センシング及びイメージング技術
- 光ディスク技術
- 画像認識技術
- 特許第5791045号
「気体中微粒子検出装置」
- 特許第6120310号
「微小構造物検出装置及び方法並びに検出用ディスク」
- 特許第6761217号
「微小構造物検出装置及び微小構造物検出方法」
- ソフトウェア：H23PRO-1290
「画像識別ライブラリ」

謝辞：本研究の一部は、科研費（基盤研究(A)・25246033）の助成を受けた。



分散した大腸菌の高精細イメージング

- 研究担当：島隆之／藤巻真／栗津浩一
t-shima@aist.go.jp
- センシングシステム研究センター、電子光基礎技術研究部門

セレン (IV) イオンの簡易目視検出法

研究のポイント

- フィルターの変色を目視で判定するだけでサブppmレベルのSe(IV)イオンを検知
- 共存元素の妨害が少なく、予備分離等の複雑な操作が不要
- 特殊な機器を必要とせず、工場排水管理、環境測定等の現場で幅広く使える

研究のねらい

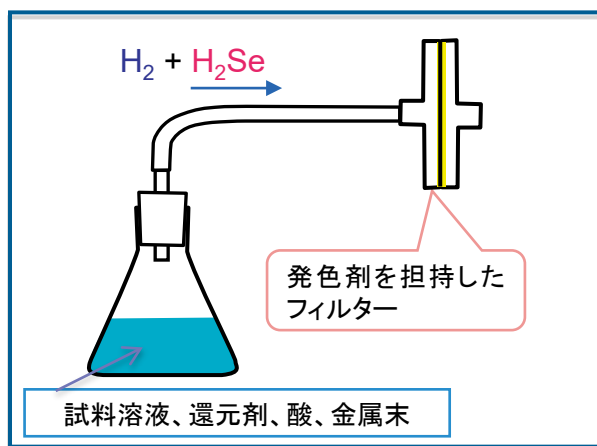
有害物質であるセレンは厳重な排出濃度管理が求められている。分析装置を用いた精密測定が必要である一方で、現場で迅速に、特殊な装置なしに半定量分析が可能な手法が有用である。

【従来の技術】 3,3'-ジアミノベンジジンを使用した吸光度法は高感度な分析法であるが、試薬が不安定で操作も熟練を要し、普及した方法とはなっていない。

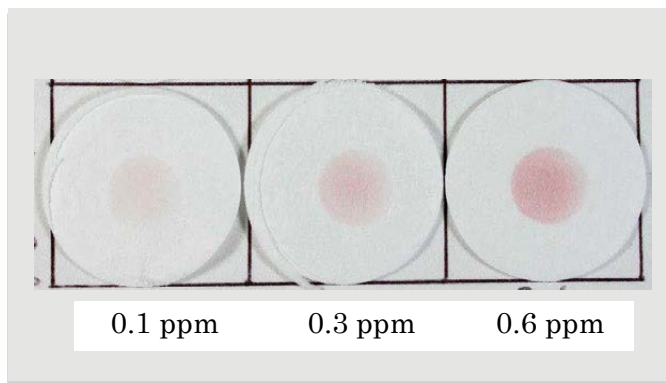
【本法の特徴】 反応容器から発生させたセレン化水素を膜上の発色試薬と反応させ、セレン(IV)イオンの目視による検出を実現する。

研究内容

試料溶液に酸、還元剤及び金属粉末を添加することでセレン化水素を生成し、同時に発生する水素をキャリアとして自発的にフィルターホルダーに移送される。室温で安定な発色試薬をフィルターに担持して発色膜として使用し、セレン化水素との接触で白色の膜は赤桃色に変色する。事前に既知濃度のセレン溶液を用いた発色見本を作成しておくことで、高感度な目視半定量を実現した。この際ほとんどの共存金属は揮発することがないので発色を妨害しない。試薬、容器、発色膜をセットにした分析キットの作成を目指す。



フィルター発色法の概略図



試料溶液 50 ml を用いた発色試験結果
(中央部にΦ10 mmのマスクを使用)

連携可能な技術・知財

- 水中の微量元素の計測技術、分離技術
- 特許出願済
- 研究担当：和久井喜人
y-wakui@aist.go.jp
- 化学プロセス研究部門 機能素材プロセッシンググループ

水銀排出管理のための 水中アルキル水銀の簡便・ロバスト定量分析法

研究のポイント

- 高毒性のアルキル水銀を2ステップの操作で定量分析可能
- 工場排水や海水など共存物質が多く含まれる試料にも対応できるロバスト性有り
- 今後、ISO/TC147の国際標準規格化を目指す

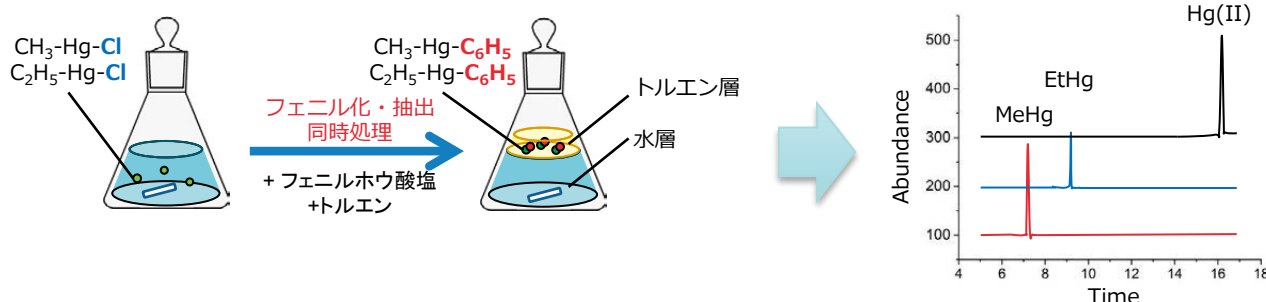
研究のねらい

水銀に関する水俣条約が2016年に発効され、水環境中への水銀の排出対策のため、水中の水銀分析法の整備が求められています。水俣病の原因物質でもあるアルキル水銀（メチル水銀、エチル水銀）は無機水銀と比べて高毒性であり、水銀の化学形態別に定量する必要があります。しかし、従来法では、3段階の抽出処理など煩雑な前処理操作が必要で、かつ水銀の水環境排出に関わる海水や工場排水は共存物質を多く含むため適用性が不十分でした。本研究では、これらの海水や工場排水にも対応したロバストでかつ簡便な分析法の開発を行っています。

研究内容

アルキル水銀の環境基準は0.5 µg/Lと非常に低く、分析するには水中から抽出・濃縮し、かつ共存から分離する必要があります。JIS K0102(2016)などの従来法は、高毒のヘキサンと水を用いた煩雑な多段階抽出や、高価で不安定な試薬を使う誘導体化処理が必要でした。

本研究法は、水中アルキル水銀を安価で安定な誘導体化試薬を用いたフェニル化とトルエン抽出を同時処理した後、ガスクロマトグラフ質量分析法 (GC-MS) により検出することで、簡便な分析を可能にしました。また、本法は海水、無機・有機工場廃水試料に適用可能なロバスト性を有しています。今後は、ISO/TC147にて国際標準規格化を目指して検討を進めてまいります。



Step 1. 前処理(フェニル化・トルエン抽出同時処理)

Step 2. GC-MS測定

連携可能な技術・知財

- 水中の元素の化学形態別分析
- K. SHIGETA, H. TAO, K. NAKAGAWA, T. KONDO, and T. NAKAZATO, Analytical Sciences, 2018, 34(2), 227.

- 研究担当：重田香織、中里哲也
kaori.shigeta@aist.go.jp
- 環境創生研究部門 環境計測技術研究グループ

外力支援近接場照明バイオセンサー

研究のポイント

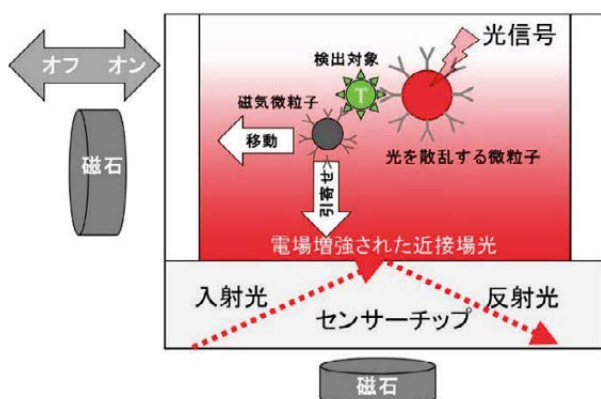
- EFA-NIバイオセンサーは、対象物を「動く光点」として検出
- 下水2次処理水中に含まれるごく微量のウイルス検出も可能
- 不純物除去を要しない高感度なバイオセンサーを実現

研究のねらい

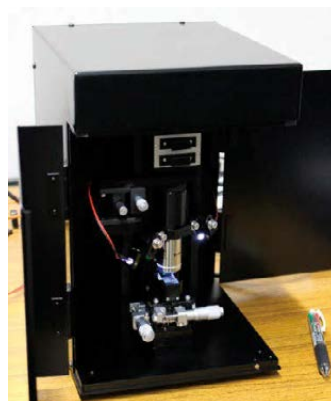
抗原抗体反応をベースとした生体物質センサー（イムノセンサー）は、様々な分野で広く使用されている。より高い感度を得るために、電気的、機械的、或いは光学的な様々なイムノセンサーが考案されているが、これらのセンサーは根本的に重大な問題を抱えている。それは、夾雑物の非特異吸着である。非特異吸着は、センサーの検出原理に依らず、その感度及び選択性を著しく劣化させることから、非特異吸着抑制のために様々な処理方法が考案されてきた。しかし、未だに完璧な非特異吸着の抑制は達成されていない。極低濃度の生体物質検出を実現するために、我々は夾雑物の影響を受けにくい特徴を有するEFA-NIバイオセンサーを開発した。

研究内容

外力支援近接場照明バイオセンサーは、検出対象のバイオ物質に磁気微粒子と光を散乱する微粒子を付着させて、磁石と近接場光により「動く光点」を作って検出を行う。電場増強された近接場光により微粒子を照明することにより、光点の動きを動画で正確に観察できる特徴を持つ。この手法を用い、都市下水の二次処理水200 μL にノロウイルス様粒子約80個を混入させた試料中からのウイルス様粒子検出に成功し、洗浄工程を省略しても従来法より数桁高い感度で検出できることを実証した。従来法には無い「動き」を用いた識別方法により、夾雑物を含む試料中に含まれるごく微量のバイオ物質を簡便に検出でき、医療やヘルスケア、環境測定への貢献が期待される。



EFA-NIバイオセンサーの基本原理図



EFA-NIバイオセンサー試作機

連携可能な技術・知財

- 国際公開番号WO2017/187744「光学的検出方法及び光学的検出装置」

- 研究担当：藤巻真／安浦雅人／芦葉裕樹／仲屋友喜／島隆之
m-fujimaki@aist.go.jp
- センシングシステム研究センター

現場環境計測における スマートセンサネットワークシステムの開発

研究のポイント

- クラウドを活用した水資源監視・制御用スマートセンサネットワークシステム
- ソーシャルサービス利用による平易な計測とクラウドによる大規模分析の両方に対応
- 水資源の監視用途以外にも、電力消費量管理、ホームセキュリティ等、多方面に応用可能

研究のねらい

水資源は重要な社会インフラの一つであり、高品質な水資源管理は豊かな社会生活維持に欠かすことができない。将来にわたって持続的発展可能な社会の実現には、情報通信技術の導入によるさらなる高信頼化、低コスト化、保守軽減化が必須です。高品質かつ低コストな水資源管理技術は、水資源確保に課題を抱えるアジア諸国を初めとする世界各地域への導入を容易にし、日本の新たな輸出産業に成長する可能性もあります。本研究テーマでは、こうした次世代水資源管理・制御システム実現の基盤となる要素技術の開発を目指す。

研究内容

水資源管理は広範囲に分散した水資源を観測・制御する大規模分散システムであり、情報通信技術の導入による高信頼化・低コスト化等を実現する鍵はクラウドの活用にあります。本研究テーマでは、目標とする水資源監視・制御用スマートセンサネットワークシステム実現の要素技術として、各種センサとクラウドシステムを結びつけるハードウェア・ソフトウェア開発を行い、ソーシャルネットワークサービス（Twitter®等）を利用した平易なデータの集積・観測や、Google®のクラウド（Google App Engine®）を利用した本格的なデータ収集と分析を可能にした。

連携可能な技術・知財

- センシングデータ自動ツイートシステムの構築および活用に関する技術（スマートホーム、スマートシティ、福祉・食品・社会応用）
 - 特許 第5170704号「密閉空間に配置されるガス計測装置」（H25/01/11登録）
 - 「アップロード装置」、試作品あり、開示可能
 - 「ツイート収集ソフトウェア」、「データ可視化ソフトウェア」、「アップロードソフトウェア」、無償開示可能
- （® のついた名称は各社の登録商標です）



- 研究担当：野田和俊
kazu-noda@aist.go.jp
- 環境創生研究部門 環境計測技術研究グループ

膜分離活性汚泥法（MBR: membrane bioreactor）の 高活性維持管理技術の開発

研究のポイント

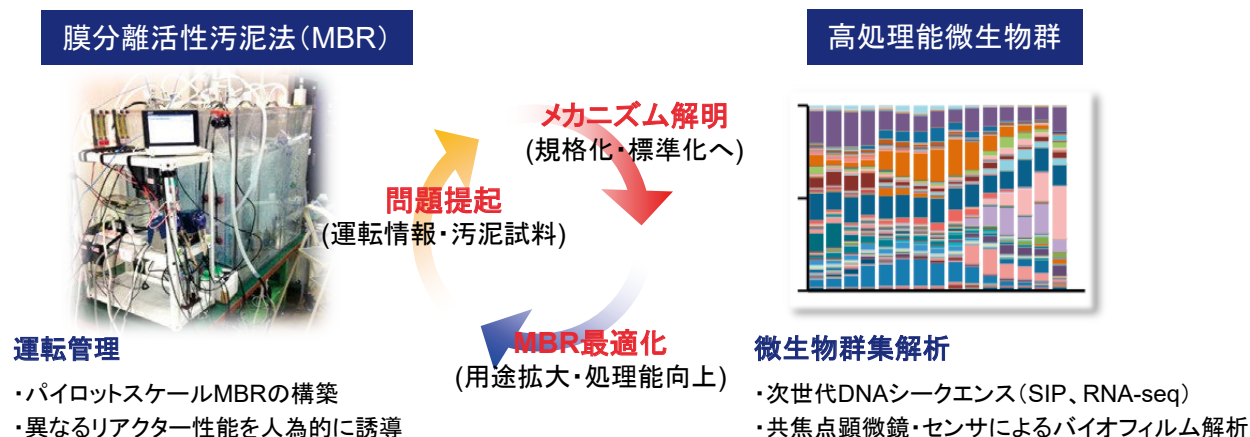
- 微生物群集、機能性分離膜、廃水処理特性の関係解明によるMBRの高活性維持管理技術
- 次世代DNAシーケンスとStable Isotope Probing(SIP) の融合による中核微生物群の同定
- 網羅的遺伝子発現解析（RNA-seq）とタンパク質解析による微生物機能解明
- 共焦点顕微鏡・センサによるバイオフィーム形成機構の解析

研究のねらい

膜分離活性汚泥法（MBR: membrane bioreactor）は、水処理再生の中核的技術のひとつである。しかしながら、そのプロセスの安定性、機能低下、機能回復のメカニズムは明らかにされていない。本研究では、微生物群集、機能性分離膜、水処理特性の相互関係の理解から、MBRの高活性維持管理技術を開発するとともに、膜閉塞の機構解明および迅速検出法の確立を試みる。

研究内容

本研究の目的は、MBRにおいて高濃度廃水の処理・再生に関わる中核微生物群を同定し、それらの動態および空間的局在を制御することで、水処理再生プロセスの高活性維持管理技術を確立することである。所内に構築したパイロットスケールMBR内の有機物負荷を段階的に上げていくことにより、異なる水処理性能（安定、機能低下、回復過程）を人為的に誘導し、それらに対する微生物群集の応答を明らかにする。高処理能微生物群の同定には、安定同位体追跡法（SIP）と次世代DNAシーケンサーの融合技術を用いる。また網羅的遺伝子発現解析（RNA-seq）やタンパク質解析により微生物群集の機能を遺伝子レベルで解明する。さらに共焦点顕微鏡やセンサ技術を用いて、MBR処理で最大の問題となっている膜閉塞のメカニズム解明および迅速検出を可能にする。これら環境微生物および膜観察・センシングに関する知見を統合することで、MBRの高活性維持管理技術を開発する。



高処理能微生物群の同定および制御によるMBRの高活性維持管理技術の確立

連携可能な技術・知財

- 次世代シーケンスによる微生物群集解析（微生物種の大規模同定、Stable Isotope Probing [SIP]、網羅的遺伝子発現解析 [RNA-seq]）および共焦点顕微鏡・センサによるバイオフィーム解析

■ 研究担当：堀知行／佐藤由也／青柳智／稲葉知大／愛澤秀信／羽部浩
hori-tomo@aist.go.jp

■ 環境創生研究部門 環境機能活用研究グループ、環境生理生態研究グループ

水処理膜上に形成される微生物群集の ライブイメージングのための顕微鏡観察技術

研究のポイント

- 共焦点反射顕微鏡法を応用した、非破壊的かつ連続的な顕微鏡観察技術
- 処理膜および微生物群集の包括的な可視化による立体構造解析
- 膜閉塞を誘引する微生物生態の解明による新たな膜閉塞制御法の探索

研究のねらい

種々の膜を利用した水処理再生は水資源の持続的利用のために非常に重要な技術である。しかしながら、ろ過プロセスの特性上、膜の閉塞は避けられない。その主原因は微生物の膜表面への定着（バイオフィーム形成）であるとされるが、その微生物学的機構については明らかにされていない。本研究では膜閉塞制御のため、膜上バイオフィームの非破壊的観察から膜閉塞機構を解明する。

研究内容

本研究は、水処理膜上のバイオフィームを観察し、その生態を理解することから膜閉塞の機構を解明することで、新たな膜閉塞制御技術の開発を目指すものである。水処理再生の中核的技術である膜分離活性汚泥法（MBR: membrane bioreactor）をモデルに、その運転期間内で運転条件を任意に変更することにより、膜閉塞を人為的に誘導する。その過程において処理膜を顕微鏡観察し、処理膜上でのバイオフィームの形成過程を非破壊的に観察する。観察には非破壊観察用にカスタムした共焦点顕微鏡を用い、特殊な測定技術により処理膜およびバイオフィームを包括的に可視化する。さらに次世代DNAシーケンサーによる微生物種の同定により、膜閉塞の指標となる微生物種を活性汚泥中およびバイオフィームから特定する。こうした微生物生態学的な知見から膜閉塞機構を解明し、膜閉塞制御法の確立を目指す。

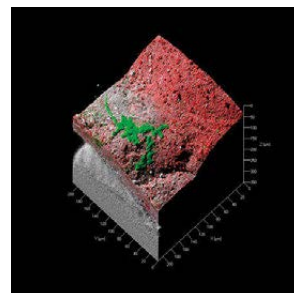
共焦点反射顕微鏡



連続最適化共焦点反射顕微鏡法

- ・非破壊的なバイオフィーム観察同時可視化技術
- ・非生物材料（水処理膜）の同時可視化

水処理膜上のバイオフィーム



立体構造および成分情報

- ・内部構造を含む三次元構造情報を取得
- ・蛍光標識の併用による成分分析

可視化

バイオフィームの高解像度可視化および同定による膜閉塞機構の解明

連携可能な技術・知財

- 顕微鏡観察技術（共焦点反射顕微鏡および蛍光顕微鏡観察）
- 研究担当：稲葉知大／愛澤秀信／青柳智／堀知行／佐藤由也／羽部浩
tomohiro.inaba@aist.go.jp
- 環境創生研究部門 環境生理生態研究グループ

太陽光による水質浄化

研究のポイント

- 途上国インフラ未整備地域における飲料水の浄化
- 現場環境に合わせた光触媒ソーラーリアクター開発に資する研究
- 国際共同研究の推進

研究のねらい

東南アジア諸国では、地方を中心にインフラ未整備地域が多く、安全な飲料水が得られない環境下に置かれている。本研究では光触媒励起反応を用い、飲料水中の病原菌や農薬などの太陽光による直接分解を実現するために必要な反応機構解明や反応阻害因子の抽出並びにその対処技術の開発、ソーラーリアクター開発に必須となる現場環境の調査を行う。また、本研究を国際共同で実施することで当事国の環境改善に対する意識を高める。

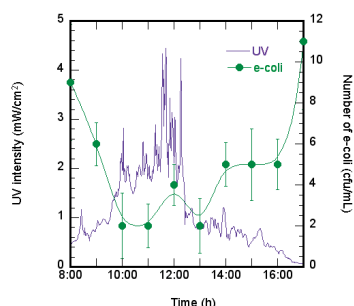
研究内容

太陽光による水中汚染物質の除去が安全に行われることを示すことが本研究の最大の目的である。このため、各種農薬類の光触媒処理を行い、有害な副生成物の有無並びに完全分解に要する光強度、初期濃度、流速などの因子を抽出し、安全な飲料水が供給出来ることを示す。また、途上国では農薬以上に問題となっているのが細菌汚染であり、光触媒で単位体積当たりどの程度の細菌が処理出来るのか数値として求める。

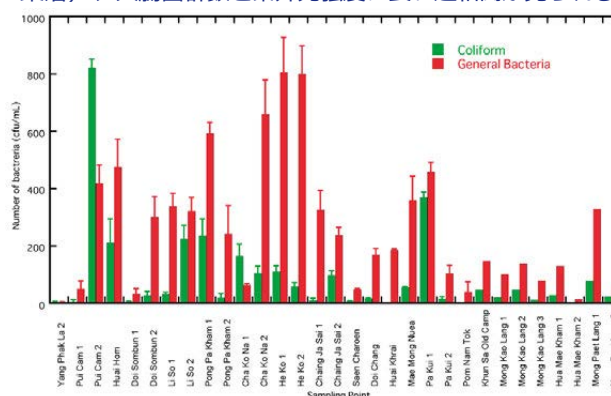
タイ北部における現地調査の結果、ほぼ全てのサンプリングポイントにおける水中から大腸菌並びに一般細菌が認められ、飲用不可レベルの水を飲用に用いている現状を確認した。一方、光触媒能を阻害するとされる無機イオンの影響評価はまだ始まったばかりであり、その研究成果が揃うのを待つ必要がある。いずれにせよ、このようなデータを元に現地環境に合わせた安全な水の供給が可能なソーラーリアクターの性能評価を含むシステム設計を行っている。

連携可能な技術・知財

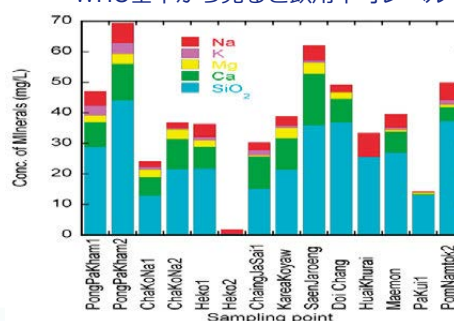
- 光触媒性能評価（標準化技術）
- 途上国との技術連携
- 研究担当：根岸信彰
n-negishi@aist.go.jp
- 環境創生研究部門 反応場設計研究グループ



光触媒による飲料水浄化試験（タイ・チェンライ県アカ族集落）、大腸菌群数と紫外光強度に良い逆相関が見られる



飲料水並びに生活用水中の大腸菌並びに一般細菌群 WHO基準から見ると飲用不可レベル



飲料水中のミネラル成分分布。Ca²⁺は少なくSiO₃²⁻が主要成分→SiO₃²⁻の光触媒能に与える影響を調べる必要がある

グラフェンナノコンポジットの構造制御と環境リスク削減への応用

研究のポイント

- 炭素ナノシート(1~10数枚グラフェン層)と金属・酸化物ナノ粒子の複合化技術
- チタニアナノ粒子との複合化による吸着濃縮・光分解作用の促進増幅効果を実現
- 垂直ポア配列シリカ膜化による新しい分子篩型センシング技術の開発

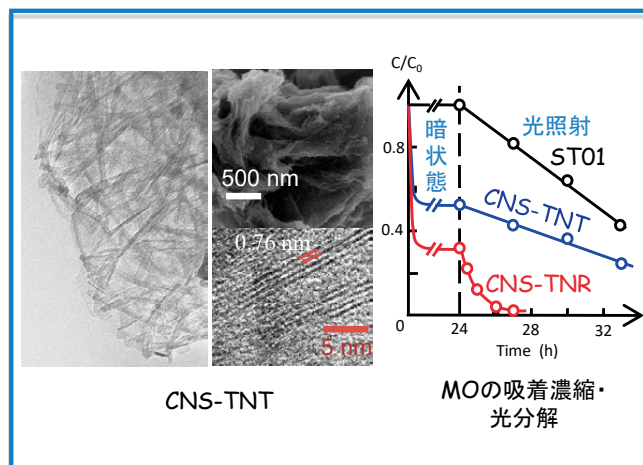
研究のねらい

生活・作業環境下で微量でも人体・生体に危害を加える揮発性・残留性有機汚染物質 (VOC, POPs) などを除去・監視するためグラフェンの高機能性、表面化学の制御しやすさを活用したナノ複合化技術を開発している。チタニアナノ粒子とグラフェンとの複合構造の両方を制御することで微量な有機汚染物を高効率的に分解する吸着濃縮促進複合型光触媒や、還元グラフェン酸化物の両側・片側に垂直ポアを配列した規則性メソポーラスシリカ膜を付与する新型分子篩センシング材料を開発した。

研究内容

インタカレーション法・水熱処理法を合わせることで、炭素ナノシート(CNS)を1D形態のチタニアナノチューブ(TNT)/ナノロッド(TNR)を2D方向で沈着するためのテンプレートとして利用する方法を開発した。底質材CNSによる吸着濃縮作用を働かせることでピュアなチタニアと比べ数倍以上大きい光分解速度を実現できた。

グラフェン、有機シリカ源、界面活性剤の三元系自己組織化法を開発し、グラフェンの性質を活用しやすい、垂直ポア配列規則メソポーラスシリカ(PMS)-還元グラフェン(rGO)-PMS サンドイッチナノ複合構造を創出している。



炭素ナノシート・チタニアナノチューブ複合体

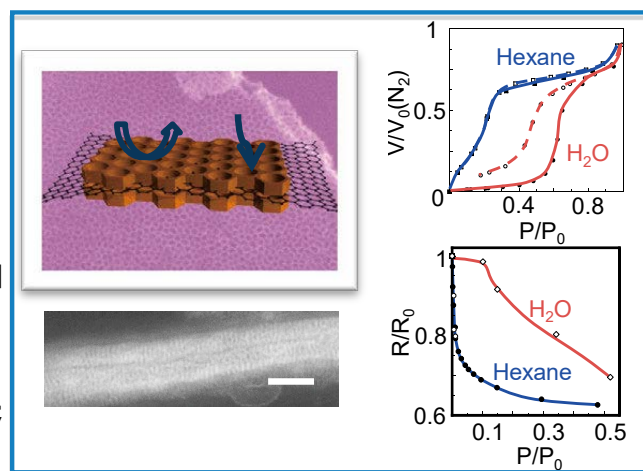
連携可能な技術・知財

- 湿式法によるグラフェン膜・複合体の合成と構造解析
- グラフェン複合体の吸着特性・触媒性能の評価
- 特願2007-203515 (H19/08/03)
「炭素ナノシート・チタネートナノチューブ複合体」
特許4863290 (H23/11/18)、
858988(H23/11/11)
- 論文: Peng W. Q., et al. *Chem. Commun.*, 2008, 4348. *J Mater. Chem.*, 2010, 20, 2424.; Wang Z. -M., et al. *ACS Nano*, 2010, 4(12), 7437.

■ 研究担当: 王 正明

zm-wang@aist.go.jp

■ 環境創生研究部門 反応場設計研究グループ



垂直ポア配列規則性メソポーラスシリカ-グラフェンサンドイッチナノ複合体

層状複水酸化物を用いた水処理技術

研究のポイント

- 排水規制対象となっている陰イオン種の高効率な除去
- リン資源としてのリン酸イオンの高効率回収
- ハンドリング性を向上させた新規陰イオン吸着剤の開発

研究のねらい

層状複水酸化物(LDH: Layered Double Hydroxide)は、無機の陰イオン交換体として様々な検討がなされてきた。例えば、H13年の水質汚濁防止法改正によって対象となったフッ化物イオンなどの吸着除去剤として、また、リン資源回収のため、下水等からのリン酸イオン吸着などが検討されている。本研究では、容易に合成できるという特長を持つLDHを用い、LDHの形態を制御したり他の材料との複合化によって、ハンドリング性・吸着性向上を図った水処理に資する新規なタイプの吸着剤開発を行う。

研究内容

層状複水酸化物(LDH)は、巨視的には通常、粉体の形態で合成される。しかし、ミクロ的には合成法の違いによって、大きさやその凝集状態が異なることが分かっている。例えば、20-30 μm になる六角形の自形を持ったLDH粒子(図1)や、サブミクロンレベルの大きさの粒子が凝集した形態のLDHを合成することができる(図2)。また、LDHは層状構造を持つ化合物であるが、本研究室をはじめとして近年は溶媒中で層を剥離させ、ナノレベルの厚さを持ったナノシートあるいはナノプレート状LDHとする技術も開発された。

一方、LDHを用いた3次元構造体として、ビーズを充填させた隙間でのLDH合成や、紙や布上でのLDH合成などが報告されている。本研究ではLDH形態制御に関する本研究室でのポテンシャルを応用して、被処理水との接触を向上、あるいはハンドリング性を向上させることを目的として、LDHを用いた3次元構造体の作製を検討している。(例えば、図3に示すようなポリウレタンにアガロースゲルを含浸させ、さらにこのアガロースゲル中でLDHを合成させた複合体)

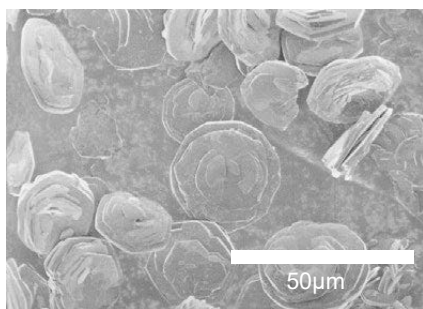


図1 高結晶LDH

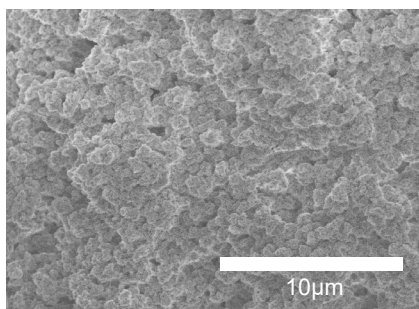


図2 細粒LDHの凝集体



図3 ポリウレタン-アガロースゲル-LDH複合体

連携可能な技術・知財

- 硝酸イオンの除去技術
- 層状複水酸化物-ゲル複合体(3次元構造体)を用いた水処理(固液分離性の向上)

- 研究担当：日比野俊行
tsyk-hibino@aist.go.jp
- 環境創生研究部門 界面化学応用研究グループ

無機陰イオン交換体を用いた浄水技術

研究のポイント

- 有害陰イオンを選択的に削減する無機イオン交換体を開発
- 必須ミネラルは、そのままに、有害陰イオンのみを除去
- 単純で簡単な除去プロセス

研究のねらい

- ・少量でもヒトの健康に影響する有害な陰イオンを削減する技術の開発。
- ・飲料水の水質基準を達成できる処理材の開発。
- ・安価で安全な無機イオン交換体の開発。

研究内容

各種有害陰イオン除去剤と抗菌剤を開発。

- **硝酸イオン**：層状複水酸化物(LDH)の層間隔を制御 (図1)。
- **リン**：LDHにジルコニウムイオンを組み合わせることで結晶状態を制御 (図2)。
- **ホウ酸イオン**：グルカミン型キレート吸着剤よりも非常に安価に製造できる低結晶性複合水酸化物。
- **ヒ素**：地下水の様な還元性環境に存在するAs(III)とAs(V)有効なアモルファス型Fe-Mn系水酸化物。
- **臭素酸イオン**：メカニズムの異なる4つの削減技術
(①臭化物イオンに還元、②非選択的吸着、③イオン交換、④キレート吸着)。
- **抗菌剤**：塩水中でも抗菌性を示すアミノ酸-銀錯体を徐放する無機イオン交換体。

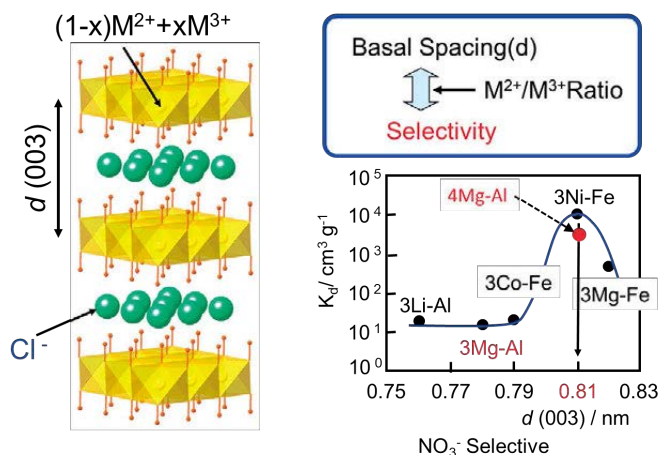


図1 層状複水酸化物 (LDH) の結晶モデル図
金属イオンの組み合わせで選択性を制御

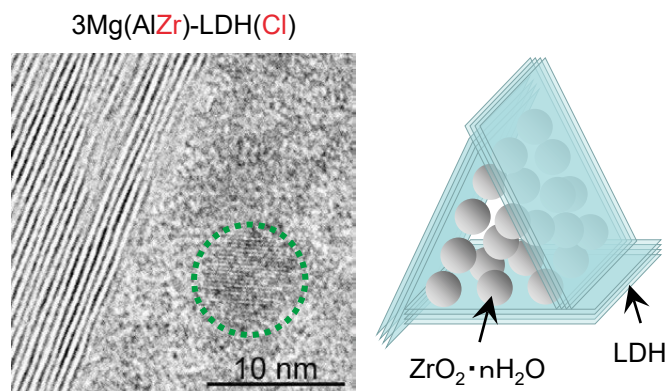


図2 脱リン剤のTEM断面観察イメージ
LDH結晶の隙間に、ジルコニアのナノ粒子

連携可能な技術・知財

- 硝酸イオン、リン、ヒ素、ホウ素、臭素酸イオンの選択的除去技術
- 徐放性抗菌剤
- 特許第5540283号 (H26/05/16)「臭素酸イオン除去剤」

- 研究担当：苑田晃成／槇田洋二
a.sonoda@aist.go.jp, y-makita@aist.go.jp
- 健康医工学研究部門 暮らし工学研究グループ

下水からのアンモニウムイオンの吸着回収 窒素循環型社会に向けて

研究のポイント

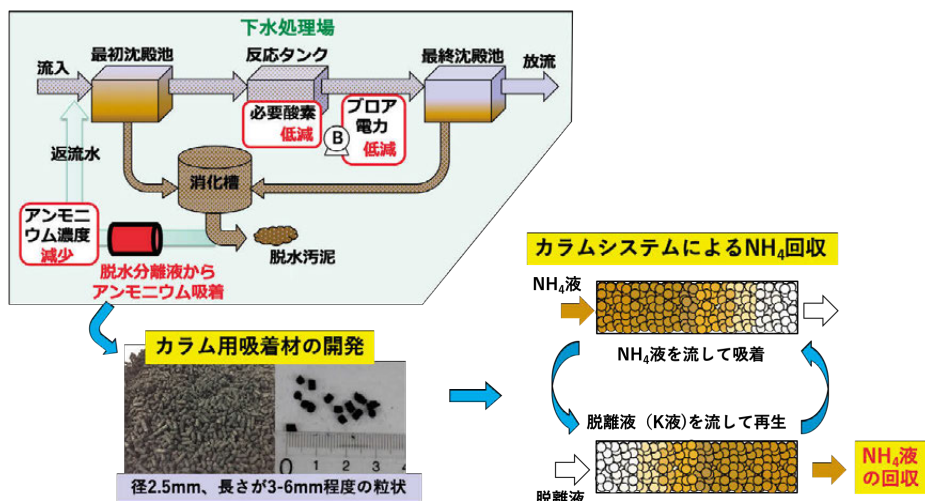
- 下水汚泥の分解処理時に阻害成分となるアンモニア／アンモニウムイオンは、コストのかかる硝化脱窒等による分解・除去処理が必要
- このアンモニウムイオンを、カラム型の吸着システムで効率的に分離吸着・回収することで、硝化にかかるコストを低減し、アンモニウムイオンを資源として有効利用

研究のねらい

来るべき窒素循環型社会を視野に、現状では利用されていないアンモニウムイオンの有効利用を目指して、液中からのアンモニウムイオン回収に関する研究を進めている。本研究では下水汚泥を分解処理する過程で生成するアンモニウムイオンを、カラム方式で効率的に回収することにより、硝化脱窒に必要なエネルギーを低減できると同時に、回収したアンモニウムの再利用、肥料化などをを目指す。

研究内容

雑多な夾雑物を含む下水からのアンモニウムイオンの吸着体としては、アンモニウム選択性の高いヘキサシアノ鉄酸銅錯体(KCuHCF)を使用した。これをカラム吸着材用に造粒成型したものをカラムに充填し、汚泥処理水を通水してアンモニウムイオンを吸着した。カラムの飽和後、今度は脱離液を通水することによりアンモニウムを脱離回収した。これにより吸着材は繰り返しの利用が可能である。また脱離条件を最適化することで、数wt%程度の高濃度アンモニウム液を回収することに成功している。またサイクル耐久性も100回以上安定であることを確認した。さらに、カラム実験をシミュレーションで再現することに成功した。これにより時間のかかるカラム実験の濃度依存や通水速度依存等の各種条件をシミュレーションにより予測することが可能となった。



下水からのアンモニウムイオン吸着による窒素負荷の低減、
およびアンモニウムイオンの回収/再利用

連携可能な技術・知財

- 本技術と並行して進めている「気相中のアンモニア回収」を組み合わせた、工場、農場等のアンモニア発生源からの総合的なアンモニア/アンモニウムイオン回収技術
- 研究担当：田中寿／南公隆／Durga Parajuli／高橋顕／川本徹
hisashi.tanaka@aist.go.jp, tohru.kawamoto@aist.go.jp
- ナノ材料研究部門 ナノ粒子機能設計グループ

ヒトiPS細胞を用いた次世代型水環境診断システムの開発

研究のポイント

- ヒトiPS細胞を用いた水環境診断システムの基盤技術を確立
- ノンコーディングRNAの分解速度を指標とした新規有害性評価システムを確立
- セルベースアッセイの迅速化・高感度化に期待

研究のねらい

化学物質生体影響評価における動物実験低減の国際的動向を受けて、細胞を用いた化学物質の有害性試験手法の開発が急速に活発化しています。特に、ヒト細胞を用いたバイオアッセイ技術は、複数の化学物質による複合的影響を総合的に評価することが可能であることから、水の安全性評価などの環境診断分野において大変注目を集めている。

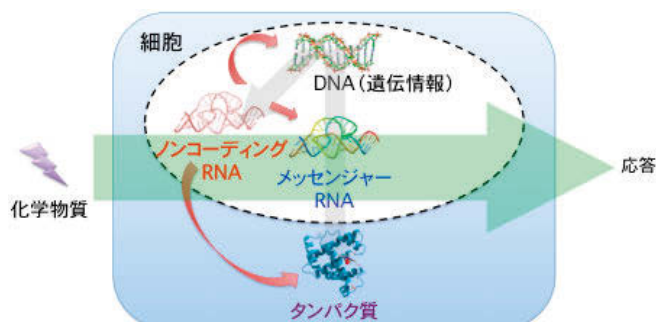
本研究では「ヒトiPS細胞」、及び、細胞内に存在する「ノンコーディングRNA」に着目することで、水環境中の化学物質の有害性を迅速かつ高感度に評価できる次世代型水環境診断システムの基盤技術の確立に成功した。

研究内容

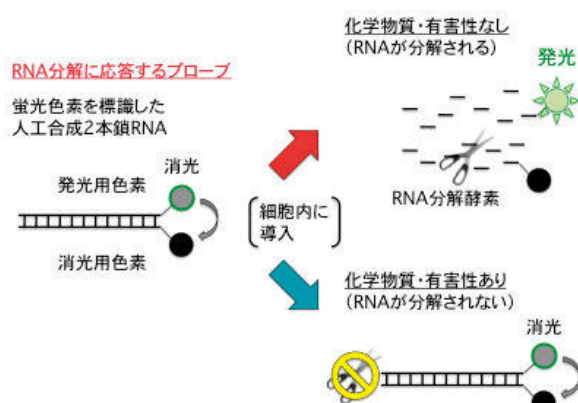
ノンコーディングRNAはタンパク質に翻訳されないRNAの総称であり、細胞内の遺伝子発現をダイナミックに制御する分子として、近年大変注目を集めている。

そこで我々は、ノンコーディングRNAが環境ストレスに鋭敏に応答するのではないかと仮説をたて、研究を進めた結果、ノンコーディングRNAはメッセンジャーRNAよりも環境ストレスに対して鋭敏に発現量が増加し、その増加メカニズムはRNA分解速度の減少によることを発見した。

本現象を活用し、細胞内RNA分解に応答するプローブを構築することで、RNA分解を指標とした有害性評価システムの確立に成功している。



ノンコーディングRNA：タンパク質に翻訳されないRNA
細胞内におけるノンコーディングRNAの重要性



RNA分解速度を指標とした有害性評価システム

連携可能な技術・知財

- ヒトiPS細胞を含む、各種ヒト及びマウス細胞株のハンドリング技術
- ノンコーディングRNAに関する取り扱いおよび計測技術
- 水環境診断からヘルスケア診断までの各種セルベースアッセイ技術
- PCT/JP2016/070036（2016/07/06）「細胞内RNA分解酵素のin vivo阻害測定方法」

■ 研究担当：谷英典
h.tani@aist.go.jp

■ 環境創生研究部門 環境機能活用研究グループ

製鋼スラグと浚渫土を利用したアマモ場創生技術の評価 沿岸海域の水質浄化に向けて

研究のポイント

- アマモ場・干潟など浅海生態系創生による沿岸海域の水質浄化能の向上
- 産業副成物（製鋼スラグ・航路浚渫土）の有効利用技術
- 技術の効果と海洋環境への影響に関する評価

研究のねらい

製鋼スラグと航路浚渫土を基盤材料とした沿岸浅場生態系の創生・再生により、産業副成物の有効利用と海域の水質浄化・生態系保全を両立させる技術を検証する。長期間のメソコスム実験（汲み上げ海水を用いた擬似現場実験）により、製鋼スラグと浚渫土の混合土壌中でのアマモの生育やアマモ場での物質循環過程を明らかにすることで、技術の効果や海洋環境への副次的な影響について評価を行なう。

研究内容

室内実験・化学分析

- 主要および微量成分分析 (XRF, ICP-MS)
- リンの形態分別
- 溶出試験

擬似現場実験（阿賀臨海実験場、図1）

脱リンスラグ（または天然砂）と浚渫土を4段階の比率で混合

評価項目

- アマモの成長（図2）、移入生物（図1）
- 間隙水のpHおよび栄養塩濃度
- 海水への栄養塩溶出速度
- 微生物群集組成（メタゲノム解析）

製鋼スラグ+浚渫土造成アマモ場における物質循環（図3）

- スラグ添加による土壌強度の向上（侵食の低減により造成地形を維持）
- 顕著な栄養塩溶出を引き起こすことのない長期的なアマモへの施肥効果（沿岸生態系の持続的な生産性向上）
- アマモの順調な生育と粒子状有機物の効率的なトラップ（水質浄化機能+ブルーカーボンとしてのCO₂吸収効果）
- スラグ材料による顕著な特性の違い（擬似現場実験による長期的評価の重要性）



図1 産総研阿賀臨海実験場、アマモ水槽、水槽移入生物

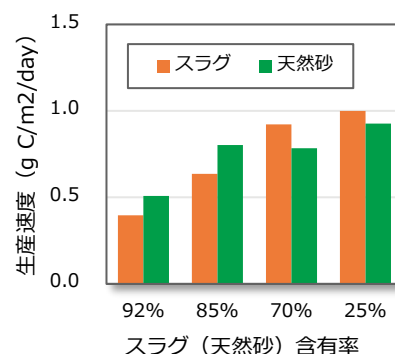


図2 スラグ-浚渫土混合土壌中でのアマモの生産速度（天然砂を対照区として実施）

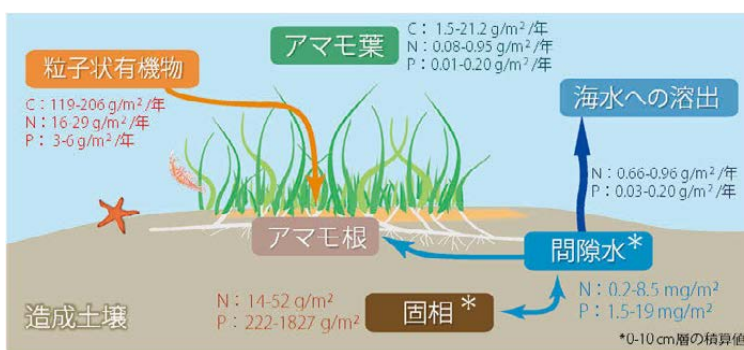


図3 アマモ場における物質循環

連携可能な技術・知財

- 海洋環境に対する産業副成物の利用技術
- 海洋環境影響評価およびモニタリング技術
- 研究担当：鈴木昌弘
m.suzumura@aist.go.jp
- 環境創生研究部門 環境生理生態研究グループ

サプライチェーンに潜む水利用に関わる ビジネスリスクの分析

研究のポイント

- 自社のサプライチェーンに隠れた水資源利用を把握
- 隠れた水消費による環境影響を評価・管理
- 水資源不足、競合性、時間的変動など事業の安定性に関わるポイントを発見

研究のねらい

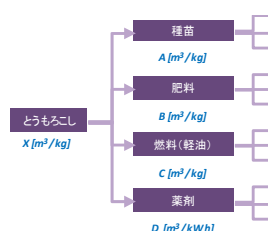
世界の様々な地域で水資源の不足が問題視されておりサプライチェーンが世界に広がる中で自社の製品・サービスや事業活動が気づかない形で水利用に関与している可能性があります。機関投資家に向けた情報開示として水利用・管理の状況の開示を求めるCDPウォーターなど、社会的な関心・ニーズも高まっています。こうした要請に対応できるサプライチェーンに隠れた水利用を定量的に把握し、水利用の観点から事業の安定的な継続に関わる危機を分析・評価できるツールを提供することを目指しています。

研究内容

サプライチェーン全体での水資源消費量の算定には、自社での直接的な水消費量に加えて調達する材料、部品等の生産に関わる間接的な水消費量の算定が必要です。しかし、使用するあらゆる材料や部品などが消費する水の量を把握するのは容易ではありません。

そこで、我が国で生産されるあらゆる財やサービスに付随する**水消費量算定用データベース**を開発しています。

また、こうした水消費による各地域での環境影響や事業の安定的継続性（資源量、競合性、時間的変動等）を評価できるモデルを構築しています。これらを組み合わせることで、サプライチェーン全体での水消費とそれに関わる環境影響、**事業の継続性への影響を評価**できます。



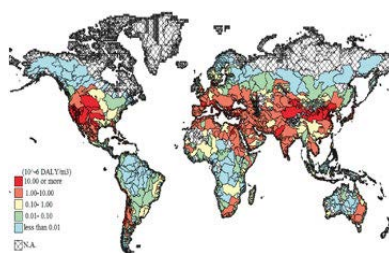
国際産業連関表

	Country A			Country B		
	Wheat	Rice	Maize	Wheat	Rice	Maize
Country A						
Country B						
Country C						

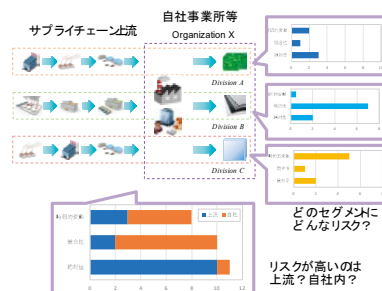
どの産業がどこから(産業・国)、どれだけのものを購入しているかを集計。

すべての国産・輸入財に関するサプライチェーンでの水利用量の推定が可能。

財やサービスのサプライチェーンにおける水消費量の推定イメージ



世界各地における1m³の水消費
による環境影響



事業の安定的継続性に関する
分析のイメージ

連携可能な技術・知財

- 各種材料、部品、製品、サービス開発技術、組織の評価
- 造水・節水技術の性能評価
- ISO14046ウォーターフットプリント評価

本研究はJSPS科研費15H05342、18KK0303の助成を受けたものです。

- 研究担当：本下晶晴
m-motoshita@aist.go.jp
- 安全科学研究部門 持続可能システム評価研究グループ

標的核酸の迅速検出に基づく 水環境診断用センサアレイチップ

研究のポイント

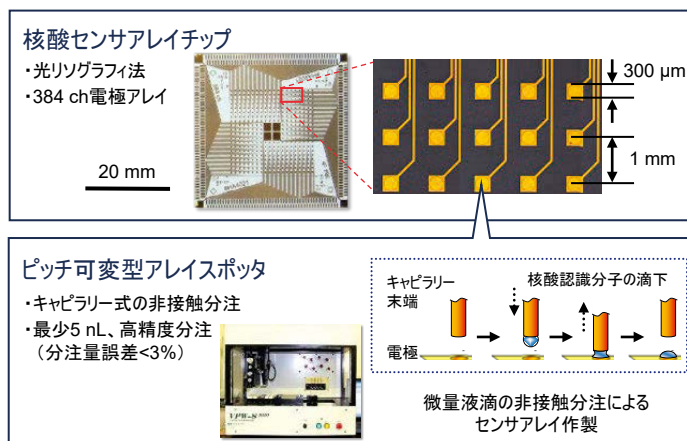
- 標的核酸を標識化不要で簡便・迅速に検出する核酸センサアレイ技術を開発
- 細胞由来の核酸を対象とすることで、細胞応答を通じての環境化学物質の毒性評価
- 環境化学物質等に起因する疾病の核酸マーカー配列検出で、バイオ診断応用も検証

研究のねらい

環境化学物質の有害性評価やがん診断などのヘルスケア管理では、近年、DNAやRNAを診断マーカーとした新たな手法が開発されています。環境・バイオ診断を「現場で」活用するためには、対象とする診断マーカーを簡便・迅速に検出するセンサデバイスが求められますが、従来手法の多くは、核酸の蛍光標識に基づくシーケンサーを駆使した網羅的解析でした。今回我々は、診断マーカーとしての標的核酸の標識化工程を必要としない核酸センサアレイチップを開発しました。環境・バイオ診断を「誰もが使える」技術としてより身近に活用できると考えています。

研究内容

簡便・迅速な検出法開発に有利な電気化学的手法に基づき、核酸の標識化工程が不要で標識化試薬を使用しない、目的の核酸を配列選択的に識別可能な核酸センサを開発しました。このセンサを多数配列させてデバイス化するため、複数の微量試料を無駄なく精密分注することができるアレイスポッタも併せて開発しました。これらの技術を用いて384チャンネルの核酸センサアレイを作製し、環境ホルモン応答遺伝子配列や肺がんマーカー配列を複数同時識別しました。現在、外部からの化学物質刺激に対してより鋭敏に応答する診断マーカーの探索を遂行しており、本手法をより身近な技術として確立します。



開発した高集積アレイ作製技術

連携可能な技術・知財

- 多様な環境・バイオマーカー観測技術。
- 生体試料などの高粘性材料の精密分注技術。
- 特許第8,454,820号(米国2013/06/04)、特許第5,334,136号(日本2013/08/09)
- 特許第8,663,577号(米国2014/03/04)、特許第9,120,071号(同2015/09/01)、特許第4,686,769号(日本2011/02/25)、特許第5,552,623号(同2014/06/06)
- *Sens. Mater.*, **32**, 1079-1090 (2020).
- *Biosens. Bioelectron.*, **136**, 76 (2019).
- *Chem. Asian J.*, **10**, 2560-2573 (2015).

- 研究担当：青木 寛
aoki-h@aist.go.jp
- 環境創生研究部門 環境機能活用研究グループ

環境ホルモン刺激応答性RNAマーカー配列

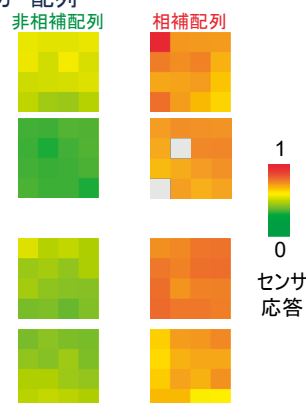
(1) Trefoil factor family 1 (TFF1, XM_009779)

(2) Early growth receptor 3 (EGR3, X63741)

肺がん診断用RNAマーカー配列

(3) hsa-miR-17 (biomarker for lung cancer)

(4) hsa-miR-223 (biomarker for lung cancer)



開発した核酸センサアレイでの検出例

ホルモン様化学物質の活性診断技術の開発

研究のポイント

- 工場廃水中の化学物質や医薬品中間体のホルモン様活性を簡便に定量可視化する
- 生体分子を模擬した高い選択性と感度で化学物質のホルモン様活性を可視化する
- 水中環境分析に資する高輝度・人工発光材料の開発と応用

研究のねらい

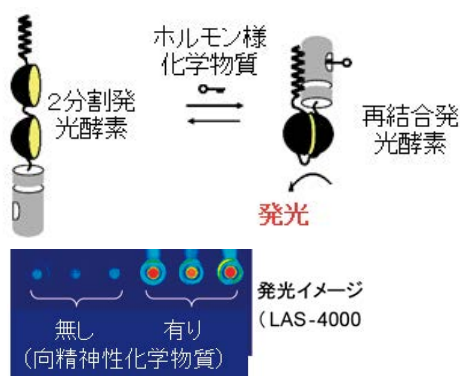
工業廃水中のホルモン様化学物質は、生体における内分泌攪乱作用が疑われている。その評価には、従来の破壊分析（機器分析など）では対応困難であるため、適切な生理活性評価法が必要である。本研究発表では、化学物質による性ホルモン様活性やストレスホルモン様活性、毒性等の簡易診断が可能な発光評価法を紹介する。本手法は、生体分子の作用を模擬してホルモン様活性を定量可視化する特徴がある。本手法により未来の健康リスクを未然に防ぎ、社会が払うべき社会保障費用の削減に貢献する。

研究内容

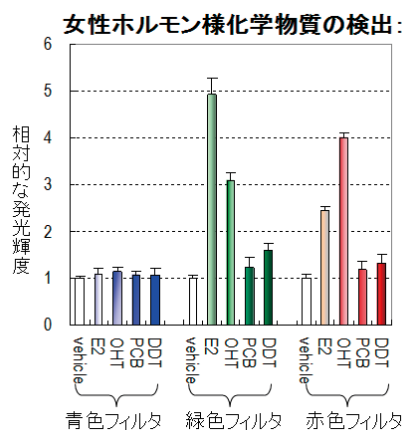
より生体環境に近い条件で、ホルモンや化学物質の生理作用を計測するニーズは、医療・薬学分野・環境リスク評価分野の長年の課題であった。

近年、当研究室では、ホルモン受容体を骨格に一分子型生物発光プローブを創生し、化学物質のホルモン様活性の計測に応用してきた。

例えば、化学物質による性ホルモン様活性やストレスホルモン様活性の簡易診断ができる発光プローブの開発に成功した。試験工程が単純で、検体試料とプローブ溶液との混合のみで発光可能であるため、診断キットの開発や生体実験代替手法としての応用が期待される。

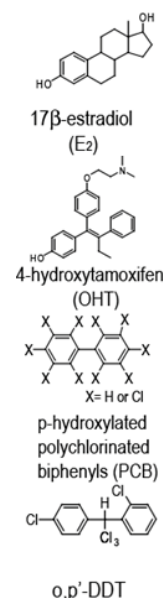


一分子型プローブの発光原理と発光イメージ



女性ホルモン様化学物質の活性評価

緑色と赤色はそれぞれアゴニストと
アンタゴニスト活性を示す



連携可能な技術・知財

- PCT/JP2013/075202 「人工生物発光酵素」
- 日本特許5110573 「多色生物発光可視化プローブセット」

- 研究担当：金誠培
kimu-sb@aist.go.jp
- 環境創生研究部門 環境計測技術研究グループ

水素製造および排水処理用光触媒

扱いやすく多機能・高活性な顆粒状光触媒

研究のポイント

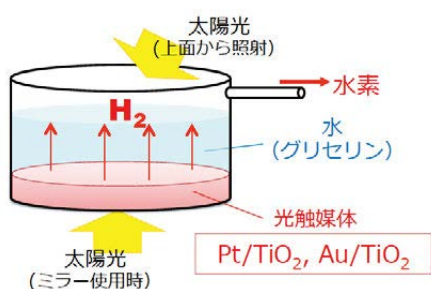
- 顆粒状光触媒を用い廃棄物系バイオマス（グリセリン）を添加した水から水素を高選択的に生成
- 溶存酸素除去不要、反応系の攪拌不要で従来法の微粉末懸濁脱気条件と同等性能
- 水中の有機物（酢酸等）を溶存酸素存在下で効果的に分解

研究のねらい

光触媒による実現を目指し50年来研究が進められていますが、光触媒による水分解の場合、太陽光水素エネルギー変換効率は未だ最高1.1%です。水にメタノール等の有機物を加えると高効率で水素が生成することは古くから知られていましたが、空気中の酸素が溶け込んだ水からは生成せず実用的ではありませんでした。本研究では廃棄物を加えたソーラー水素製造を実現しています。さらに中の有機物（酢酸等）を効果的に分解できることも見出し、排水処理への応用展開も視野に入れています。

研究内容

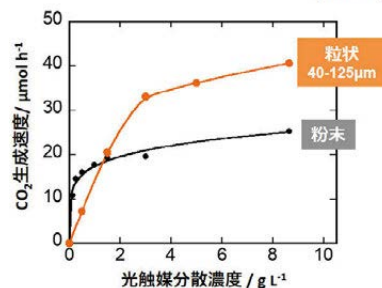
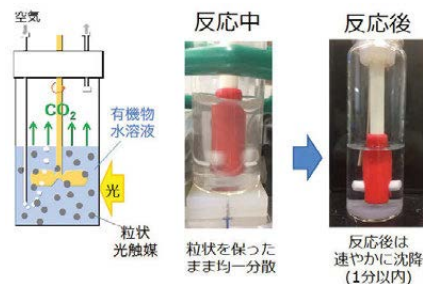
- ・ 水と有機物から高い効率で水素を生成する取り扱い容易な酸化チタン系光触媒を開発
- ・ 純水分解用の光触媒と比して安価であり、顆粒状で沈降させて使用するため、パネル化により大面積での使用が容易
- ・ バイオディーゼル燃料の製造時に副生し用途がなく廃棄されていたグリセリンを水に加えて利用
- ・ 酢酸等の有機物を水中で効果的に分解。排水処理用光触媒としても利用可



廃棄物添加水中における
光触媒による水素生成



擬似太陽光による
水素生成の様子



（上図）顆粒状光触媒を用いた有機物分解の概略図と光触媒の沈降の様子

（下図）顆粒状および粉末状光触媒の分散濃度に対する酢酸分解速度

連携可能な技術・知財

- 光触媒による水素製造方法 WO 2017/159853 A1
- 光触媒を担持した触媒体
- 太陽光エネルギー変換デバイス
- 有害物質酸化除去用光触媒
- 化学品合成用光触媒

■ 研究担当：神 哲郎／櫻井 宏昭
tetsu-jin@aist.go.jp, h-sakurai@aist.go.jp
■ ナノ材料研究部門 高機能ガラスグループ

計算科学による水処理機構の解析

水処理膜中の水分子・イオンの挙動

研究のポイント

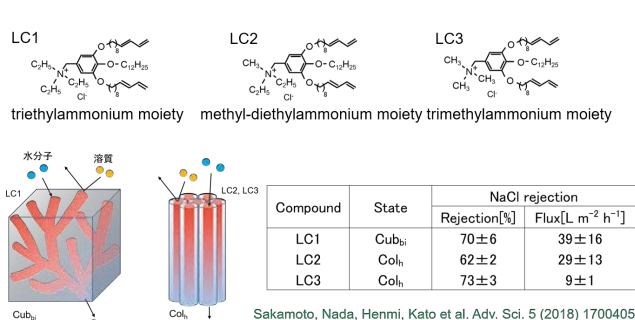
- 水処理機構を計算科学シミュレーション手法により原子・分子レベルで解析
- 自己組織化液晶高分子膜サブナノチャネル中のイオン・水分子の挙動を解明
- 高性能水処理膜開発のための基盤的知見の確立

研究のねらい

高純度な水を低消費エネルギー且つ低コストで得る技術は我々の生活や産業にとって極めて重要で、そのために分離膜を用いた水処理技術の研究開発が進められています。高性能な水処理膜を得るためには分子レベルでの水処理機構の知見が必要です。しかしその知見を実験的手法により得ることは困難です。本研究では、水処理膜中における水分子やイオンの挙動などを計算科学手法により解析し、高性能水処理膜の開発に必要な知見を得ています。

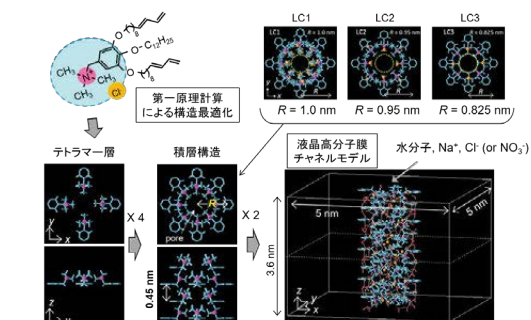
研究内容

分子動力学法は凝集系の分子一つ一つの運動を計算することにより構造や動的性質を分子レベルで解析する計算科学シミュレーション法であり、水処理膜中での水分子やイオンの詳しい挙動の解析に適しています。この方法を用いて、自己組織化液晶高分子膜のサブナノチャネル中における水分子や塩イオンの挙動などを調べています。チャネル中では水分子の方が塩イオンより運動性が高いこと、水分子や塩イオンの挙動はチャネルサイズに強く依存すること、輸送機構は水分子と塩イオンとで全く異なることなどが判ってきました。

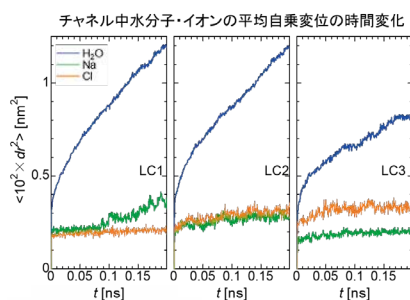


自己組織化液晶高分子膜*の水処理性能

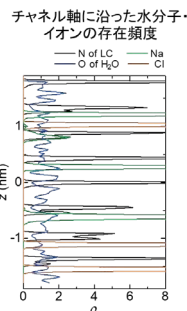
*東大・東レによる開発



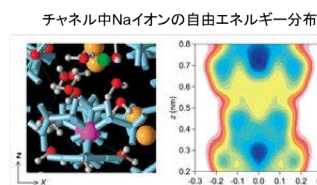
膜チャネル内水溶液の分子動力学シミュレーション



水分子とイオンの運動性解析



水分子とイオンの輸送機構解析



Nada et al. Environ. Sci.: Water Res. Technol., 6 (2020) 604-611.

- 研究担当：灘浩樹
hiroki.nada@aist.go.jp
- 環境創生研究部門 反応場設計研究グループ

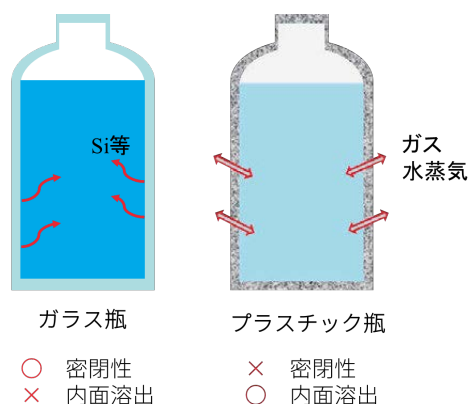
海水の精密分析に適した内面コーティングガラスバイアルの開発

研究のポイント

- 密閉性・低溶出性を兼ね備えた内面コーティングガラスバイアルを開発
- ガラスからのケイ素成分の溶出を長期間抑制することに成功
- 各種試薬・製剤の保存容器としての用途開発も期待

研究のねらい

環境水の精密分析において、試料の保存に適した容器を選定することは重要です。海水の密度やpHは海洋循環や二酸化炭素の動態解明に不可欠なパラメータであり、高精度な測定が求められます。その測定試料の保管には水蒸気や気体の逃散・溶入を防ぐために密閉性が必要になると同時に、容器からの溶出成分による試料の変化も抑えなければなりません。ガラス容器は密閉性に優れますが、容器からの溶出が問題になります。そこで、ガラスバイアルの内面をコーティングし、溶出を抑制する技術を開発しました。



研究内容

コーティング方法と材料を検討し、海水に対するコーティングの耐久性を既存製品よりも大幅に高めることに成功しました。加速試験として40℃で2年間海水を保管し、ガラスからの溶出に起因するケイ素成分の濃度増加が0.1 ppm以下であることを確認できました。

ガラスバイアルは各種試薬や製剤の保管にも多く使用されますが、近年デラミネーション（ガラス剥離微粒子の発生）やタンパク質のガラス面への吸着が問題視されています。本研究で開発した内面コーティング技術でこのような問題も改善されるため、各種試薬・製剤の保存容器としての用途開発も期待できます。



開発した内面コーティングバイアル試作品

連携可能な技術・知財

- 内面コーティングバイアルに関する試験・評価
- 海洋二酸化炭素関連パラメータの高精度分析および計測手法の高度化

- 研究担当：鶴島修夫
tsurushima-n@aist.go.jp
- 環境創生研究部門 環境生理生態研究グループ

水のマイクロプラスチック先端計測

研究のポイント

- 水中のマイクロプラスチックを高速に計測する新技術を開発
- 既存手法では難しかったマイクロからナノのサイズの計測技術に着手
- 生体影響が懸念されるナノサイズのプラスチックの影響評価にも着手

研究のねらい

様々な要因で生じたマイクロプラスチックが環境及び人体へ与える影響について世界中で活発な調査、議論が行われています。特に数マイクロメートル以下の小さなサイズのマイクロプラスチックの量やサイズを迅速かつ正確に把握する手段が現状存在せず、これがマイクロプラスチックの全貌を把握する上で大きな壁となっています。また、小さいサイズのマイクロプラスチックの生体影響が十分わかっていません。オール産総研で、これらの課題に取り組むプロジェクトを開始したところです。

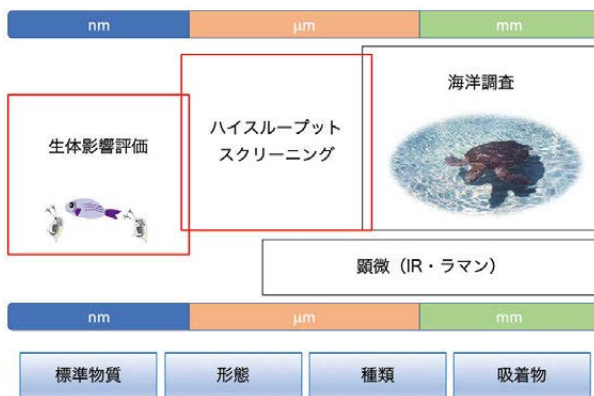
研究内容

マイクロプラスチックの計測には、対象となるプラスチックの形態や種類の特特定まで求められる場合と、プラスチック粒子か他の素材粒子か判別できれば良い場合とに分かれます。

また、プラスチックには種々の化学物質が吸着している場合も多く、これらの評価が求められる場合もあります。

本プロジェクトでは、新たに開発するマイクロプラスチック計測のターゲット粒子サイズを考慮しながら、同時に計測手法の妥当性評価に用いることができる標準粒子の開発にも着手しております。

また、生体影響が懸念されるnmオーダーのプラスチック粒子についても、生物や細胞レベルでの評価手法の構築を進めています。



AISTマイクロプラスチック先端計測プロジェクトのターゲット（赤枠）

連携可能な技術・知財

- 水中のマイクロプラスチックに関する計測、及びその生体影響評価
- マイクロプラスチックの既存の評価法から先端分析法に至るまで幅広くコンサルティング

- 研究担当：鳥村政基
torimura-masaki@aist.go.jp
- 環境創生研究部門

新規マイクロプラスチック分析法の研究開発

研究のポイント

- 水中のマイクロプラスチックを高速に計測する新技術を開発
- 既存手法では難しかったマイクロからナノサイズの広いサイズ帯に対応
- 異物が混在していても、前処理なく計測が可能に

研究のねらい

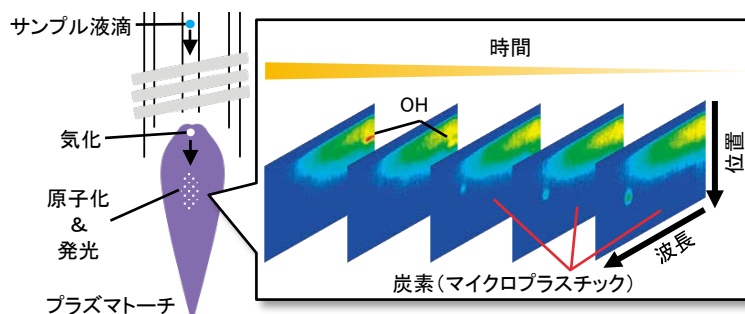
海洋・飲料水中に存在するマイクロプラスチックの量やサイズを迅速かつ正確に計測することは、マイクロプラスチック問題解決へ向けて非常に重要なポイントとなります。しかし、海水などの混入物が多い液中において、マイクロプラスチックの量やサイズを迅速かつ正確に把握する手段が現在存在せず、これがマイクロプラスチック問題の全貌を把握する上で大きな壁となっています。本研究では水中に異物が混在していても、前処理なくサブマイクロサイズまでのマイクロプラスチックに対し連続的に分析が行える技術の確立を目指し、研究に取り組んでいます。

研究内容

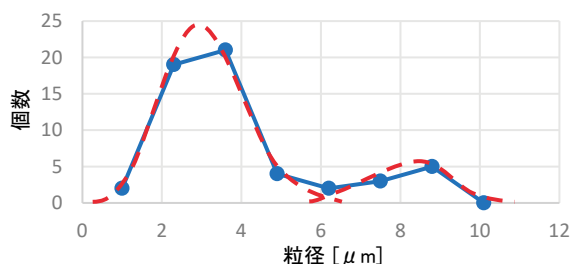
一般的な誘導結合プラズマ発光分光装置（ICP-OES）は霧状にした溶液サンプルをプラズマに導入し、その発光スペクトルからサンプルの同定・定量評価を行います。

本研究ではこの発光過程に着目し、高い時間・空間分解で観測することで、粒度分布計測・構造分析といった従来では行えなかった粒子分析可能なICP-OES装置の開発に取り組んでいます。

現在までに、溶液中に異物が混在していても、前処理なくサブマイクロサイズまでのマイクロプラスチックに対し連続的に分析が行えることを確認しており、マイクロプラスチック計測における新たな選択肢として期待されます。



ICP中における疑似マイクロプラスチックの様子



2種粒径疑似マイクロプラスチック含有溶液の計測例

連携可能な技術・知財

- 高時間・空間分解誘導結合プラズマ発光分光装置に関する技術・知財
- 特開2020-118467号 誘導結合プラズマ分析システム及び誘導結合プラズマ分析方法

- 研究担当：寺本慶之
yoshiyuki-teramoto@aist.go.jp
- 環境創生研究部門 界面化学応用研究グループ

水溶液中のマイクロ・ナノプラスチック等を直接観察可能な新技術の開発

研究のポイント

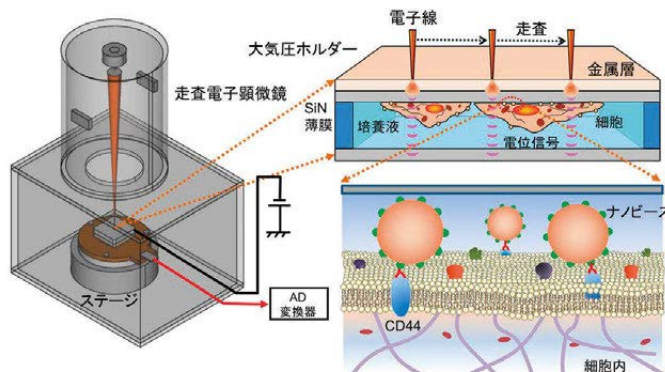
- 水中のマイクロプラスチックをナノレベルで観察可能な新技術を開発
- 極めて少量のサンプルでナノプラスチックを直接観察し分析可能
- 観察用ホルダーと走査電子顕微鏡を少し改良するだけで対応可能

研究のねらい

水溶液中のナノレベルのプラスチック粒子は、生体や生物機能への影響が示唆されています。しかし、水溶液中のナノプラスチックを直接観察することは困難であるため、その影響を解析することが難しい状況となっております。本研究では、水溶液中のナノプラスチックを直接観察することが可能な新たな技術を開発しました。この方法では、水溶液中のナノプラスチックやその他のナノ粒子をそのままの状態を観察することが可能となります。さらに、細胞やバクテリア等の生物試料も直接観察することができるため、ナノ粒子の細胞機能への影響解明に応用されることが期待されています。

研究内容

本研究で開発した走査電子誘電率顕微鏡では、汎用の走査電子顕微鏡に簡便な検出システムと大気圧ホルダーを取り付けるだけで、水溶液中のナノプラスチックや生物試料等をそのままの状態に直接観察が可能となります。液中の試料をホルダー内に封入し、走査電顕内に設置します。ホルダー上部には重金属膜が形成されており、ここに電子線を照射することで電位変化が生じ、この電位信号より誘電率画像を検出します。



走査電子誘電率顕微鏡の概要

溶液中のナノプラスチックと細胞を電子線ダメージが少なく、極めて高いコントラストで直接観察することが可能

連携可能な技術・知財

- 水溶液中のマイクロ・ナノプラスチックの観察、及び細胞機能への影響評価
- 溶液中のナノ粒子全般に関する直接観察と分析

- 研究担当：小椋俊彦
t-ogura@aist.go.jp
- 健康医工学研究部門

