

第 80 回分析化学討論会

展望とトピックス

地球と人間の未来をみつめる分析化学



(当初予定)

会期 2020年5月23日(土)～5月24日(日)

会場 北海道教育大学 札幌キャンパス(札幌市)



公益社団法人 日本分析化学会

分析化学は

物質の構造や性質を調べる方法，物質を検出したり分離する方法を研究する化学の学問です。

その成果は，広く社会に貢献しています。化学製品をはじめ，金属，セラミックス，半導体，医薬，食品などの品質や安全性の確保に欠かせません。資源，エネルギー，環境問題においても大きな役割を果たしています。エレクトロニクスやバイオテクノロジー，新素材，高分子材料，医療診断，投薬管理にも分析化学は大きく寄与しています。自然科学の多くの分野が分析化学を基礎にしています。

公益社団法人 日本分析化学会は

分析化学の進歩発展を図り，これを通じて科学，技術，文化を発展させ，人類の福祉に寄与することを目的にしています。

分析化学は，理・工・農・医・歯・薬学などの広い分野にかかわっています。従って，日本分析化学会には，これに関係する研究者・技術者約 5,500 名が会員として参加しています。分析化学関係では，世界最大の学会です。

日本分析化学会は，本部を東京に，支部を北海道，東北，関東，中部，近畿，中国四国，九州に置いています。本部と支部は協力して，分析化学の発展とその成果の普及のためにたゆまない努力を続けています。

この「展望とトピックス」は

日本分析化学会の折々の活動を，広く社会の皆様にご覧いただくために発行しています。

分析化学は，分野が極めて広いのが特徴です。従って，中には専門性が高いため一般の人には理解しにくい部分もあります。この「展望とトピックス」は，分析化学の最近の成果の中から，身近な社会との関わりが特に深いと考えられるものを選んでわかりやすく解説したものです。これを通じて，日本分析化学会の活動を理解していただければ誠に幸いです。

展望とトピックス

(公社)日本分析化学会

第 80 回分析化学討論会

(当初予定) 会期 2020年5月23日(土)～5月24日(日)

会場 北海道教育大学札幌キャンパス (札幌市)

(現地開催は行わず、講演要旨集発行をもって成立)

目 次

第 80 回分析化学討論会によせて

日本分析化学会会長（東京都立大学） 内山 一美..... 1

第 80 回分析化学討論会

実行委員長・日本分析化学会北海道支部長

（北海道教育大学札幌校） 蠣崎 悌司..... 2

展望とトピックス

エネルギー・環境

ナノサイズのカラーボールで環境水中の鉄を現場分析 【I2006】

（長岡技術科学大学） 高橋 由紀子 ほか 4

毛髪 1 本の極微量物質から受動喫煙の実態を解析 【P2047】

（就実大学薬学部） 片岡 洋行 ほか 5

産廃排ガス中の有機物質の発生原因を特定 【Y1120】

（京都工芸繊維大学大学院工芸科学研究科） 布施 泰朗 ほか 6

体内に摂取した医薬品の一部は河川水に流れ出る 【I2008】

（関西学院大学理工学部） 岡林 識起 ほか 7

マイクロプラスチックの個数・サイズを迅速かつ簡便に評価する 【C2004】

（産業技術総合研究所） 宮下 振一 ほか 8

海岸に打ち上げられたプラスチックごみの劣化挙動 【P2053】

（旭化成株式会社） 坂部 輝御 ほか 9

船底の防汚物質が水産物に残留しているかを調査 【P2034】

（北海道立衛生研究所） 藤井 良昭 ほか 10

医療・生命

1 細胞レベルで細菌の存在場所を可視化 【F1009R】

(大阪府立大学大学院工学研究科) 椎木 弘 ほか 11

細胞認識/電子伝達性ペプチドを用いた電気化学的がん細胞検出 【Y1135】

(前橋工科大学工学部) 菅原 一晴 ほか 12

簡便, 迅速, 高感度なウイルス診断デバイス 【B2005】

(北海道大学大学院工学研究院) 渡慶次 学 ほか 13

抗体分泌細胞を識別して回収するマイクロデバイスの開発 【B2004】

(兵庫県立大学理学部) 安川 智之 ほか 14

再生医療用細胞を温度制御だけで精製する技術を開発 【Y1133】

(慶應義塾大学薬学部) 長瀬 健一 ほか 15

光応答ナノ粒子を用いた薬剤投与における投与量制御への道筋 【P2059】

(昭和大学薬学部) 村山 周平 ほか 16

腸内細菌を抗生物質から守るゲル微粒子 【A2007】

(九州大学大学院工学研究院) 森 健 ほか 17

新素材・新技術

多様な「食感」を数値化して判別する 【G2001R】

(東京電機大学理工学部) 武政 誠 ほか 18

金ナノ粒子を利用する画期的な偽造防止技術を考案 【P2044】

(京都大学大学院工学研究科) 福岡 隆夫 ほか 19

ロケットエンジンの内部で固体燃料がどのように燃焼するか 【Y1127】

(千葉工業大学大学院工学研究科) 和田 豊 ほか 20

単一粒子 ICP-MS 法によるマグネタイトナノ粒子の分析 【P2006】

(アジレント・テクノロジー株式会社) 島村 佳典 ほか 21

光ピンセットで DNA 分子間の微弱な引力を検出 【A2002R】	
(信州大学大学院総合医理工学研究科)	金山 直樹 ほか 22
結晶スポンジ法による反応性の高い分子の精密構造解析 【E1014】	
(麒麟ホールディングス株式会社基盤技術研究所)	谷口 慈将 ほか 23
顕微画像から化学種の吸収スペクトルを再現 【Y1015】	
(宇都宮大学工学部)	稲川 有徳 ほか..... 24

「展望とトピックス」小委員会より

本討論会の現地開催取りやめに伴い、内山会長からの経緯説明を含めた挨拶を巻頭に掲載しました。また、蠣崎実行委員長からの挨拶は取りやめ決定前に執筆されたものです。本討論会の開催趣旨等をご理解いただくため、内容は差し替えずにそのまま掲載しました。以上の点、ご了解いただきますようお願いいたします。

第 80 回分析化学討論会によせて

2020 年度日本分析化学会会長 内山 一美
(東京都立大学 教授)



新型コロナウイルス感染拡大をうけ緊急事態宣言がなされました。首都圏では 3 月初めから大規模集会の自粛が要請され、北海道ではさらにそれよりも前の時点で同様の措置が取られていました。

このような状況の下、第 80 回分析化学討論会（実行委員長 蠣崎悌司(北海道教育大学教授)）の開催に関する経緯をご説明いたします。3 月末に学会本部において蠣崎実行委員長、理事会関係者、事務局関係者で本会に関する打合せを行いました。蠣崎先生から現状についてのご説明をいただき、会場の確保や運営に難儀をされていること、運営体制の問題などがあげられました。しかしこれらの問題にもまして会場で実施した場合、「3つの密」を避けて実施することは難しく、参加される会員の安全が第一であるとの認識で一致しました。その結果討論会は、現地開催は行わず、講演要旨集の発行をもって開催することになりました。その際会員の不利益にならないように配慮し、講演要旨集の発行をもって発表実績となることを含めホームページなどで情報提供をはかることとしました。

一方、分析化学討論会に関連する事業については、会自体は成立しているため予定通り実施することにしました。分析化学誌の討論会特集は予定通り掲載すること、本「展望とトピックス」については従来通り発行することにしました。

上記のような経緯を経て第 80 回分析化学討論会の現地開催を中止とすることになりましたが、このようなことは本会が創立以来例のないことです。緊急事態宣言が発令され今後の見通しが明らかでない中のことでもありますので、何卒ご理解いただきますようお願いいたします。

多くの大学では 4 月中大学が封鎖され、在宅勤務が奨励されています。また 5 月以降の再開した場合もオンライン講義などにより講義を実施するところも多いと思います。そこで、分析化学会では分析ビデオシリーズを一定期間無料公開し、在宅勤務をされている会員、オンライン講義のための資料提供をしています。

新型コロナウイルスの感染拡大が一刻も早く収束し、皆様とお会いして研究討論・懇親が深められる日を楽しみにしています。またこのような時期でもあり、どうぞご自愛いただきますようお願い申し上げます。

第 80 回分析化学討論会

実行委員長 北海道支部長
蠣崎 悌司
(北海道教育大学札幌校)



公益社団法人日本分析化学会は、分析に関する情報の交換、並びに分析化学の進歩発展を図り、それを通じて科学、技術、文化の進展、人類の福祉に寄与することを目的として、1952年に設立された68年の歴史のある学術団体です。分析化学は、理・工・農・医・歯・薬学などの広い領域に関連しており、これらの領域の産官学の研究者・技術者が、個人または団体として入会し、会員数は現在約5500名に達しています。本会は、分析化学関連では世界最大の学会であり、広範囲にまたがる分野の会員が、分析化学を共通の基盤に一体となって活発に活動している点は、他学会に見られない大きな特色です。

本部所管の主な事業は、(1)分析化学討論会(春季開催)、年会(秋季開催)における最先端の研究成果の発表と会員相互の交流、(2)会誌「ぶんせき」、邦文誌「分析化学」、英文誌「Analytical Sciences」発行による分析化学分野の情報と研究成果の発信、(3)講演会や講習会による分析化学の普及・啓発活動、(4)書籍の発行や標準物質等の提供による分析化学支援など、多岐に渡ります。中でも、分析化学討論会は各分野の分析化学関連のトピックスを中心にした討論主題を掲げ、最新の研究発表と討論の場として、分析化学の一層の進展をもたらす本会の代表的事業の一つです。

今年第80回分析化学討論会を、5月23日(土)・24日(日)の二日間にわたって北海道教育大学札幌キャンパス(札幌市北区あいの里)で開催する予定であります。これまで北海道支部では、春季開催の討論会は北海道内の地方中心都市(小樽、北見、室蘭、帯広)で開催してきました。北海道教育大学札幌キャンパスは年会の主な開催地と同じ札幌市ではありますが、JR「学園都市線」の「あいの里教育大駅」から徒歩約20分内に位置しております。

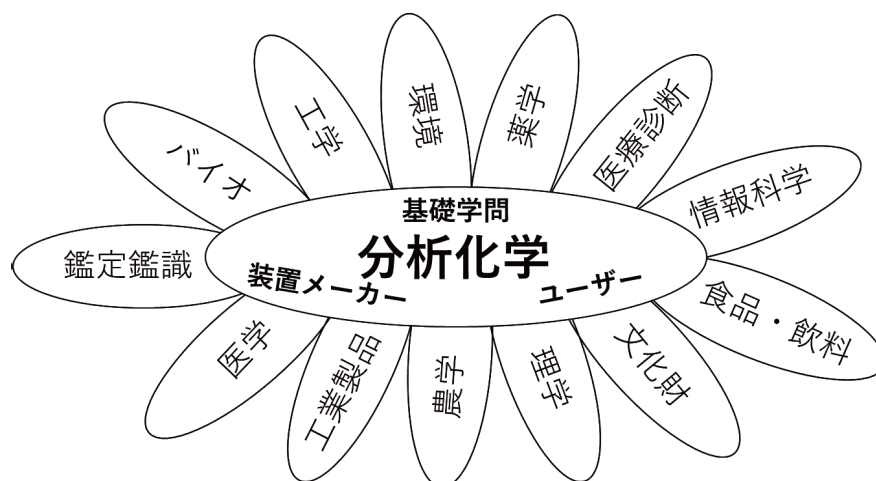
さて、第80回分析化学討論会の討論主題として、「環境をはかる」、「光圧を用いた分析化学研究」、「エクソソームの分離・解析技術の進展」、「新しい「水の分析」」、「単一細胞マッピングを実現する分析技術」、「しなやかなソフトマター分析科学の創成ーしなやかな材料の解析/しなやかさを活用する分離ー」の計6件を取り上げます。本討論会では、それぞれの分野で活躍中の研究者による依頼講演を含む主題討論講演、一般講演(口頭とポスター)、テクノレビュー講演、若手ポスター講演など、374件の最新の研究成果が報告されます。その中には、産学公の交流を目的とした産業界R&D紹介ポスター25件が含まれています。産業界R&D紹介ポスターは参加無料で公開しており、一般の学生や社会の皆様にもぜひご参加頂きたいと考えております。

この産業界 R&D 紹介ポスターについては、学生の就職活動についての相談にも対応して頂けます。他にも協賛企業による分析装置や書籍の展示、パンフレットの配布など分析化学に関する最新の情報が提供されます。

昨年に引き続いて、高校生ポスター発表を行います。北海道旭川東高校から 4 件のポスター発表があります。高校生が分析化学の面白さに触れて将来分析化学の道に進んでくれることを期待しています。一般の方々や高校生に分析化学の面白さを知って頂くために、公開シンポジウム「市民生活と分析化学、北の大地から」を開催します。なお、本討論会への参加者数は約 700 名と見込んでいます。

分析化学は理学，工学，バイオ・生物学，薬学，医学等の基礎学問と関係があり，応用分野として，各種の工業製品の開発研究，工業製品や食品・飲料の製造過程の管理，医療診断，環境分析，文化財の保存修復，鑑定鑑識など，多岐にわたる分野で利用されています。よって，分析装置の製造メーカーと各分野における分析装置のユーザーとの交流は不可欠であり，そこから次世代の分析化学のあり方が見えると言えます。本討論会が様々な分野からの参加者の交流の場として役立ち，今後の分析化学について議論する場として活用されることを期待します。

この冊子は，本討論会で発表される主題講演，一般講演（口頭とポスター）と若手ポスター講演の中から，社会的関心の高いものを分野別を選び，分かりやすく解説したものです。本会の活動の一端をご紹介しますので，この冊子を通して分析化学が社会の様々な場面に関わっていることを実感して頂ければ幸いです。



総講演数 313 件 (4 月 30 日現在参加登録分)

内訳：主題講演 49 件 (依頼 36 件・公募 13 件)，一般講演 143 件 (口頭 92 件・ポスター 51 件)，若手ポスター講演 108 件，産業界 R&D 紹介ポスター 9 件，高校生ポスター 4 件

ナノサイズのカラーボールで環境水中の鉄を現場分析

【講演番号】 I2006 【講演日時】

【講演タイトル】 腐食物質と結合した鉄の定量法

【概要】 鉄は全ての生物の必須元素であり、河川や海洋の環境水中では腐植物質（植物の微生物による分解物）と結合した腐植酸鉄として存在している。腐植酸鉄の動態把握および農業や水産業（海藻の繁殖のための森づくりなど）での利用を目指し、現場分析法を開発した。腐植酸鉄を化学反応させ、ナノサイズのカラーボール（色素ナノ粒子）に鉄イオンが抽出されることによって呈色する原理の試験紙を開発し、現場で目視定量できることを実証した。

【発表者（○：登壇者／下線：連絡担当者）】 長岡技科大¹

○高橋 由紀子¹・丸山 彩¹

新潟県長岡市上富岡町 1603-1, 電話 0258-47-9657, ytaka@vos.nagaokaut.ac.jp

鉄は全ての生物にとって必須元素であり、その取り込みは主に溶存鉄の形態で、例えば磯焼けの藻場再生などに腐植酸鉄が有効である。環境水中の鉄のほとんどがフミン酸、フルボ酸などの腐植物質（植物の微生物による分解物）と Fe(III)が結合した腐植酸鉄の形態であり、その濃度は河川で 50～1000 ppb, 海洋で 1～50 ppt である。腐植酸鉄の動態把握および農業や水産業での利用を目指し、現場分析法（**図 1**）を開発した。腐植酸から鉄を解離させるためにデフェロキサミン（鉄捕捉物質）を用い、ppb レベルが測定可能なナノ薄膜試験紙（色素ナノ粒子の数百 nm の薄膜が特徴）によって検出した。鉄とデフェロキサミンも安定な錯体（複合体）を形成するため、本来は**図 1**のナノ薄膜試験紙では検出はできないが、アスコルビン酸を高濃度加えたことによって、定量可能となった。これは高濃度のアスコルビン酸がデフェロキサミンを分解し同時に Fe(III)を還元し Fe(II)となる一連の反応が定量的に進行したことを示している。腐植酸鉄と Fe(II)イオンとの検量線が一致し、複雑な前処理にも関わらず腐植酸鉄が現場で定量可能であることが実証された。

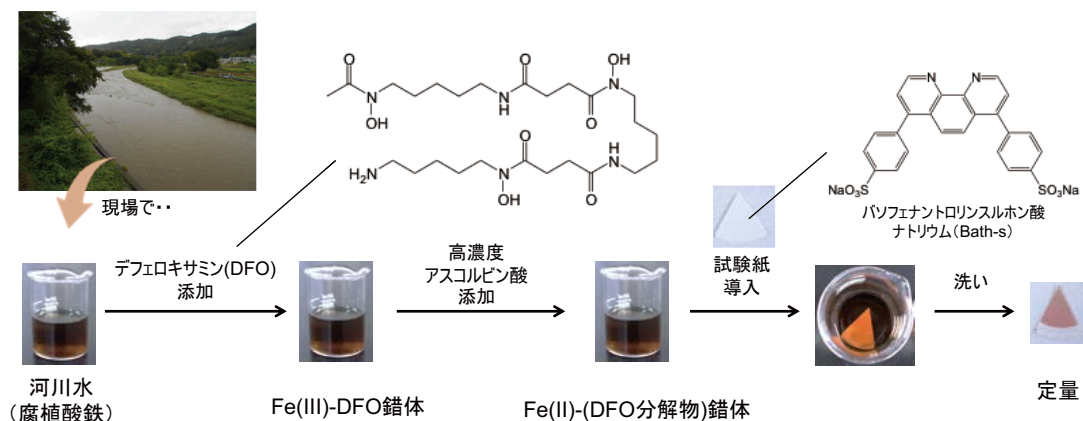


図 1 腐植酸鉄の定量法

毛髪1本の極微量物質から受動喫煙の実態を解析

【講演番号】 P2047 【講演日時】

【講演タイトル】 In-tube SPME/LC-MS/MS 法による受動喫煙バイオマーカーの高感度分析法の開発と生体曝露評価

【概要】 毛髪1本から、タバコ煙由来のニコチンや代謝物コチニンなどの化合物を抽出・濃縮して分析する手法を開発した。本手法は試料の前処理、分析、およびデータ解析まで自動化でき、多数の検体の迅速分析を実現した。喫煙者・非喫煙者の毛髪におけるこれらの物質の含有量を測定し、さらに被験者の生活習慣アンケートと合わせて解析したところ、非喫煙者は喫煙者より含有量が低く、さらに非喫煙者の中でも生活習慣の違いにより、含有量に違いの出ることが示された。これらの知見は、今後、受動喫煙による健康被害防止に役立つことが期待される。

【発表者（○：登壇者／下線：連絡担当者）】 就実大薬

○片岡 洋行・加地 早苗・犬飼 勇仁・百相 真希・石崎 厚
岡山市中区西川原 1-6-1, 電話 086-271-8342, hkataoka@shujitsu.ac.jp

近年、タバコの副流煙や衣服や壁に付着した煙、喫煙者の呼気による受動喫煙が健康被害として問題となっている。受動喫煙による死亡者数は年間約 15,000 人で、受動喫煙のある人はない人に比べて肺がんの発症・死亡リスクが 1.3 倍に高まることも報告されている。そのため、来たる東京オリンピック・パラリンピックに向けて、2020 年 4 月から改正健康増進法が施行され受動喫煙対策が強化された。しかし、加熱式タバコへの転向や施設内禁煙が徹底されたとしても、喫煙自体が全面禁止にならない限りいつどこで受動喫煙を受けるかは分からない。非喫煙者は様々な環境中で長期的に受動喫煙に曝されている可能性があることから、受動喫煙による健康被害を防止するためには、生体曝露の実態を把握することが先決である。そこで本研究では、タバコ煙由来のニコチン及び代謝物コチニン、タバコ特異ニトロソアミン類をバイオマーカーとして、キャピラリーを抽出媒体とするインチューブ固相マイクロ抽出/LC-MS/MS 法によりオンライン高感度分析する方法を開発した。また、喫煙者及び非喫煙者の毛髪中含量測定と生活習慣のアンケート調査結果から、日常的な受動喫煙による長期生体曝露の実態を解析した。

本研究で開発した方法は、試料の抽出濃縮、分析、データ解析までを自動化でき、毛髪1本からでも数 pg/mg レベルのニコチン、コチニン及びタバコ特異ニトロソアミン類の分析が可能であった。非喫煙者の毛髪中含量は喫煙者に比べ少ないが、受動喫煙を感じている人ほどそれらのレベルが有意に高いことが分かった。また、加熱式タバコ喫煙者と濃厚接触している人や受動喫煙の自覚がない人からも検出された。さらに、非喫煙者 110 名の生活習慣アンケートから、毛髪中ニコチン及びコチニン含量は脂肪性食品を多く摂取する人ほど多く、香辛料の摂取が多い人では少ない傾向が認められた。これらの結果は、無意識な受動喫煙があり、タバコ煙曝露を回避するだけでなく食習慣の改善も受動喫煙による健康被害防止に繋がる可能性を示唆している。

産廃排ガス中の有機物質の発生原因を特定

【講演番号】 Y1120 【講演日時】

【講演タイトル】 HS-GC/MS を用いた産業廃棄物焼却処理施設における揮発性有機物質の非意図的反応機構解析

【概要】 産業廃棄物焼却処理施設では高温酸化分解により有機物のほとんどが分解していると考えられてきたが、近年排ガス中には多くの揮発性有機物質が存在し、その一部は中和集塵装置通過後に増加することが見出されていた。本研究で高温条件での分析が可能なヘッドスペースオートサンプラーを用い、装置内の高反応性消石灰と燃焼排ガスが関わる反応を調べたところ、1,4-Dioxane は消石灰の製造過程で添加されたジエチレングリコールから生成し、Aldehyde 類はアルコール類が消石灰表面で触媒的酸化を受けることにより生成していることを明らかにした。

【発表者（○：登壇者／下線：連絡担当者）】 京工織大院工芸¹・島津製作所²・環境科学センター³・

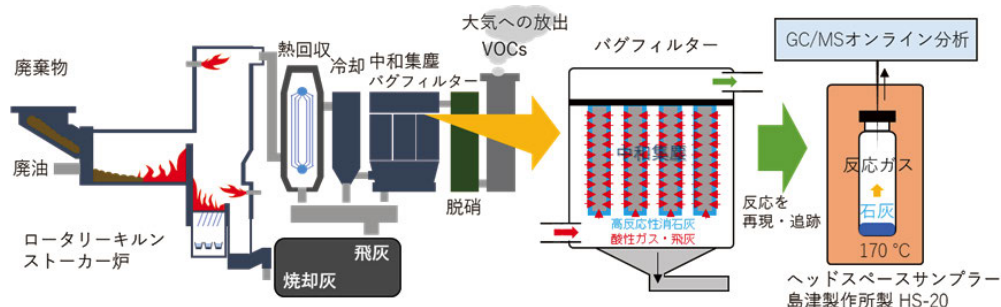
アイザック⁴

○佐々木 貴都¹ 初 雪^{1,2} 布施 泰朗^{1,3} 相澤 一郎⁴

京都府京都市左京区松ヶ崎御所街道町、電話 075-724-7982, fuse@environ.kit.ac.jp

産業廃棄物焼却処理施設では高温酸化分解により有機物のほとんどが分解していると考えられ、排ガス中の有機物質は広く調査されてこなかった。しかし、排ガス中には多くの揮発性有機物質が存在していることが近年の調査で明らかとなった。特に、1,4-Dioxane や Aldehyde 類は、PRTR 制度に基づいた大気中への移動量として登録されている総量に対して、廃棄物焼却処理施設を発生源とする割合が 2 割程度を占める可能性があるため無視することができない。

我々は、1,4-Dioxane 及び Aldehyde 類が廃棄物焼却処理における中和集塵装置であるバグフィルターの通過後に増加していることを見出し、その発生機構について検討した。近年バグフィルターには中和能の向上と埋立飛灰の減容のために開発された比表面積が大きい高反応性消石灰が塗布されるようになり、その有効性ゆえに広く用いられてきた。しかし一方で、高反応性消石灰と燃焼排ガスとの接触による非意図的な反応の進行が推測された。本研究では、高温条件での分析が可能な島津製作所製ヘッドスペースオートサンプラー（HS-20）を用い、バイアル瓶内でバグフィルター上の反応環境を再現した。その結果、1,4-Dioxane は高反応性消石灰の製造で添加されたジエチレングリコールが環化脱水縮合により、Aldehyde 類はアルコール類が高反応性消石灰表面での触媒的酸化によりそれぞれ生成していることを明らかにした。



体内に摂取した医薬品の一部は河川水に流れ出る

【講演番号】 I2008 【講演日時】

【講演タイトル】 HPLC-ICP-MS 法による河川水に含まれるガドリニウムの化学形態分析

【概要】 金属原子の高感度分析が可能な ICP 質量分析計を検出器とした、高速液体クロマトグラフィーによるガドリニウム (Gd) の化学形態分析法を開発した。この手法を MRI 検査に使用される Gd 造影剤に応用したところ、日本で使用されている 6 種すべてを相互に分離することができた。兵庫県内の流れる河川水の分析では、一部の Gd 造影剤そのものの存在が確認された。河川水の Gd の存在形態を分析することにより、医療現場で使用された Gd 造影剤による環境中への影響を明らかにすることができる。

【発表者 (○：登壇者／下線：連絡担当者)】 関学大理工¹・理研 SPring-8 センター²・

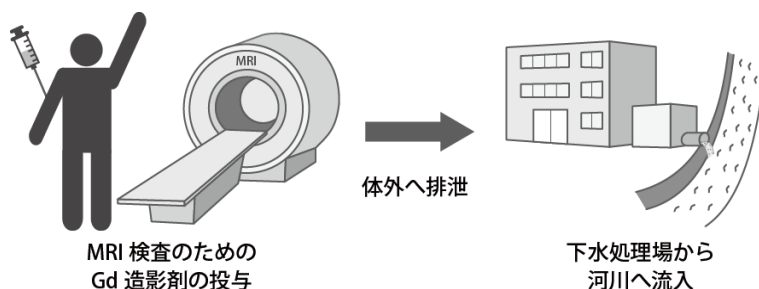
産総研計量標準³

○岡林 識起¹・河根 怜央奈¹・岩井 貴弘²・成川 知弘³・壺井 基裕¹・千葉 光一¹

兵庫県三田市学園 2-1, 電話 079-565-9762, s-okabayashi@kwansei.ac.jp

医療現場で行なわれている MRI 検査では、画像にコントラストを付け診断しやすくするためにガドリニウム (Gd) を含むキレート化合物が造影剤として投与されることがある。近年、都市部を流れる河川水中の Gd 濃度が上昇していることがわかってきた。これは、体外へと排出された Gd 造影剤が、下水処理場を通過して河川へと流入しているためだと考えられている。造影剤として用いられている Gd キレート化合物は安定であり、毒性は極めて低いものと考えられるが、長期的に摂取することによる動植物や人体への影響はわかっていない。また、河川水中に流入した Gd キレート化合物が分解することで、体内蓄積性があり人体にとって有害な Gd イオンが放出される可能性もある。そのため、河川水中に流入した Gd が人体に与える影響を評価するためには、まず、河川水中の Gd がどのような化学形態として存在しているのかを明らかにすることが必要になる。

講演者らは、高速液体クロマトグラフィー (HPLC) と ICP 質量分析計を組み合わせ、Gd の化学形態分析を行なうための高感度な分析手法を開発し、日本で使用されている 6 種の Gd 造影剤をすべて別々に検出することに成功した。兵庫県内を流れる河川に本手法を適用したところ、少なくとも 2 種類の Gd 造影剤が河川水中に流入していることがわかった。本研究の手法を用いて河川水中の Gd 化学形態分析を行なうことにより、河川へと流入した Gd 造影剤がどのような化学形態で河川水中に存在するのかが解明されるものと期待される。



マイクロプラスチックの個数・サイズを迅速かつ簡便に評価する

【講演番号】 C2004 【講演日時】

【講演タイトル】 spICP-MS によるマイクロプラスチックの個数濃度・サイズ測定

【概要】 近年、マイクロプラスチック（MP）による水圏環境の汚染が注目されており、2019年のG20（大阪開催）で採択された海洋プラスチックごみ対策実施枠組においても、MPを含めた海洋ごみ汚染状況のモニタリング体制の強化を推進することが提言されている。Single-particle 誘導結合プラズマ質量分析法（spICP-MS）は、迅速、簡便かつ高感度に液中分散ナノ粒子の濃度、サイズ測定が出来る優れた方法である。本研究では、spICP-MSの分析条件をMP用に最適化することで、粒径1 μm 及び3 μm のMPの検出及び個数濃度・サイズ測定を可能とした。

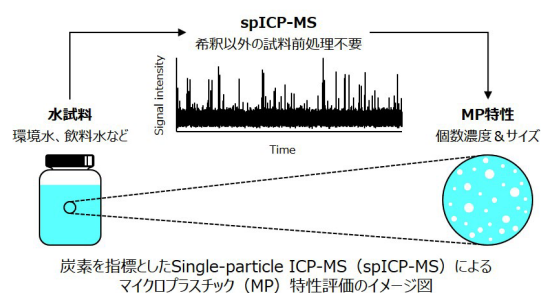
【発表者（○：登壇者／下線：連絡担当者）】 産総研

○宮下 振一・藤井 紳一郎・稲垣 和三

茨城県つくば市梅園 1-1-1 中央第 3-9, 電話 029-861-6889, shinichi-miyashita@aist.go.jp

近年、海洋プラスチック汚染をはじめとした、環境水・飲料水中のマイクロプラスチック問題が注目を集めている。5 mm 以下のプラスチックとして定義されるマイクロプラスチック（MP）は、生態系やヒトへの影響が懸念されているため、MPによる汚染の実態調査や生物影響評価が急務となっており、それらに不可欠な特性評価（個数濃度・サイズ測定など）の手法開発・高度化が活発化している。MPによる汚染の実態調査や生物影響評価には、多くのデータを収集することが必要だが、既存手法は濾過等の煩雑な試料前処理を伴うため、多検体分析やルーチン分析にも対応可能な簡便・迅速な評価手法の確立が期待されている。

無機元素分析に用いられる誘導結合プラズマ質量分析法（ICP-MS）を基本としたナノ粒子分析法である Single-particle ICP-MS（spICP-MS）は、希釈以外の試料前処理なしに液中分散粒子の個数濃度測定及びサイズ測定（密度・真球仮定）が可能な手法であり、液中分散 MP の簡便・迅速評価への応用が期待できる。しかしながら、MPの主成分元素である水素及び炭素は、ICP-MSによる分析が困難な元素として知られている。そこで本研究では、分析諸条件を最適化することで炭素の分析を容易にし、spICP-MSのMP検出及び個数濃度・サイズ測定への応用可能性について検討した。その結果、粒径1 μm 及び3 μm のMPの検出及び個数濃度測定が可能であった。また、炭素量既知のアミノ酸溶液を使って作成した検量線を用いることにより、MPの炭素量測定及びその結果に基づくサイズ測定が可能であった。これらの結果は、炭素を指標としたspICP-MSが、1 μm ～3 μm のMPの検出及び個数濃度・サイズ測定に応用可能であることを示しており、今後、水試料中のMPの簡便・迅速な特性評価（右図）に活用されることが期待される。



海岸に打ち上げられたプラスチックごみの劣化挙動

【講演番号】 P2053 【講演日時】

【講演タイトル】 海洋プラスチックごみの劣化挙動解析

【概要】 近年、海洋プラスチックごみが社会的に大きな関心を集めており、その細片化およびそれらの海洋生物への影響が危惧されている。プラスチックごみの細片化には、紫外線による光酸化反応が深く関係していると考えられている。そこで本研究では、海岸に打ち上げられたプラスチックごみの劣化挙動の解析を試みた。その結果、海岸ごみのプラスチック外表面から酸化による劣化を引き起こすことを示唆する情報が得られた。また表面近傍の分子量が低下していることも判明し、劣化はプラスチックの表面から進行することが確認された。

【発表者（○：登壇者／下線：連絡担当者）】 旭化成¹，阪電通大工²

○坂部 輝御¹，大久保 理恵¹，松永 和美¹，井出 陽一郎¹，森田 成昭²

静岡県富士市鮫島 2-1，電話 0545-62-3674，sakabe.tb@om.asahi-kasei.co.jp

近年、海洋プラスチックごみが社会的に大きな関心を集めており、その細片化（マイクロプラスチック化）およびそれらの海洋生物への影響が危惧されている。また、プラスチックご

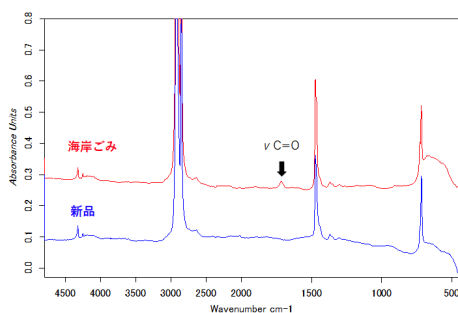


図1 海岸ごみと新品ボトルの外表面のFT-IR スペクトルの比較

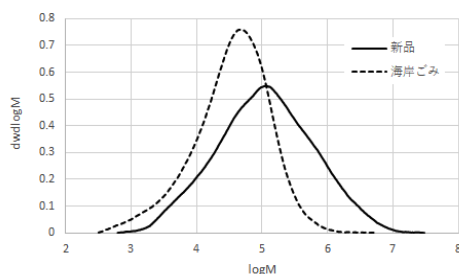


図2 ボトル外表面の分子量分布の比較

みの細片化には紫外線による光酸化反応が深く関係していると考えられている。サステナブルな社会を実現するために、マイクロプラスチックの生成メカニズムへの理解を深めることは重要である。そこで本研究では、茨城県の海岸に打ち上げられたプラスチックごみの劣化挙動を考察した。分析サンプルは、プラスチックボトルを用いた。品目を特定したため、新品を参照試料とし、比較分析を行った。外表面のFT-IRスペクトルを比較すると、新品はポリエチレンに特徴的なスペクトルが得られた。一方、海岸ごみでは酸化劣化の可能性を示唆するカルボニル由来の吸収が確認された(図1)。吸収強度から文献^[1]に準じた方法で劣化度を算出すると、文献の対象である宮古島での暴露時間にして約6ヶ月に相当すると考えられた。GPCを用いて同一サンプルの分子量測定を行ったところ、海岸ごみ表面近傍の分子量は新品と比較して低下していた(図2)。以上のことから、劣化はボトル表面から進んでいることが確認された。

[1] 財団法人 日本ウエザリングテストセンター JWTCS 4002

「ポリエチレンリファレンス試験片を用いたプラスチックの耐候性に関する暴露環境の求め方」

船底の防汚物質が水産物に残留しているかを調査

【講演番号】 P2034 【講演日時】

【講演タイトル】 LC-MS/MS による水産食品中の船底塗料用防汚物質ジウロン及びイルガロールの分析

【概要】 船底の塗料には、水中に溶解して貝類や藻類の付着を防ぐ物質（防汚物質）が含まれている。しかしながら、これらの物質は海水や底質中から検出されており、魚介類中への蓄積が懸念される。そこで本研究では、ジウロン及びイルガロールという 2 種類の防汚物質について、生鮮水産物及び水産加工品の分析を行った。その結果、主に海藻類でこれらの物質が多く検出された。そのうち最も高い濃度を示した乾燥ワカメについて、一生の間毎日食べ続けても健康への悪影響がない量（ADI）を調べたところ、1 日当たりの量でそれぞれ 32 kg 及び 85 kg と見積もられ、通常の食事をする限りは健康への影響を心配しなくてもよいことが分かった。

【発表者（○：登壇者／下線：連絡担当者）】 道衛研

○藤井 良昭・加賀 岳朗・上田 友紀子・西村 一彦

札幌市北区北 19 条西 12 丁目、電話 011-747-2744, yfujii@iph.pref.hokkaido.jp

船舶には、船底への貝類や藻類の付着を防止するため、防汚塗料が使用されている。1990 年頃までは、防汚塗料中の防汚物質として主に有機スズ化合物が使用されていたが、環境汚染や魚介類への蓄積が問題となり、現在は使用が厳しく規制されている。有機スズ化合物に代わる防汚物質には、水中で光や生物により容易に分解し、環境中に蓄積しにくい物質が使用されている。しかし、これら物質のうちジウロンやイルガロール等が海水や底質中から検出されており、生態系への影響や魚介類中への蓄積が懸念される。一方で、魚介類に対するこれらの分析例は少ない。

本研究では、ジウロン及びイルガロールの水産食品中濃度の実態把握に向けて、生鮮水産物及び水産加工品の分析を実施した。分析した 49 種 101 検体の試料中、ジウロンは 7 種 14 検体、イルガロールは 12 種 21 検体から検出された。生鮮水産物では、生ワカメ及びカキからジウロン及びイルガロールの両物質が、シジミからジウロン、ホッキガイからイルガロールが検出された。一方、水産加工品では乾燥海藻類での検出が多く、最大濃度は乾燥ワカメからジウロン 13.3 ng/g、イルガロール 106 ng/g が検出された。環境汚染物質の多くは、食物連鎖の消費者である魚介類に蓄積されるが、ジウロン及びイルガロールは食物連鎖の生産者である海藻類に蓄積していることが確認された。

人の健康への影響は、一生毎日食べ続けても健康への悪影響がない量（ADI）との比較で評価される。ジウロン及びイルガロールの ADI は、それぞれ 0.007 及び 0.15 mg/kg 体重/day が示されており、体重 60 kg の場合、それぞれ 0.42 及び 9.0 mg/day と算定される。本研究での最大値は前述の乾燥ワカメで検出され、その濃度から算定すると、ADI 相当の乾燥ワカメ摂取量はジウロン及びイルガロールで 1 日あたりそれぞれ 32 及び 85 kg に相当する。このことから、通常の食事をする限り、人の健康へ影響を与える恐れは無いと考えられた。

1 細胞レベルで細菌の存在場所を可視化

【講演番号】 F1009R 【講演日時】

【講演タイトル】 金属ナノ粒子を用いた細菌細胞マッピング

【概要】 細菌は環境浄化や有機栽培、機能性食品など、私たちが豊かな生活を営む上で重要な役割を果たしている。一方、細菌の一部は感染症や食中毒の要因になるなど、人体に悪影響を及ぼすため、簡単に細菌を識別できる手法の開発が必要となっている。本研究では、金ナノ粒子で作成したラズベリー状の構造体が強い光散乱を起こすことに着目し、抗 O157 抗体にラズベリー構造体を導入した標識物質を作製した。この標識物質を多くの細菌が含まれる腐肉汁に導入し、暗視野顕微鏡で観察を行うと、大腸菌 O157 を明確に識別することが可能となった。

【発表者（○：登壇者／下線：連絡担当者）】 阪府大院工

○椎木 弘・石木 健吾・孫 術益・松井 響平・田邊 壮

大阪府堺市中区学園町 1-2, 電話 072-254-9875, shii@chem.osakafu-u.ac.jp

細菌は生態系の形成に不可欠な構成要素であり、環境浄化や有機栽培、機能性食品など私たちが豊かな生活を営む上で重要な役割を果たしている。一方、その一部は感染症や食中毒の要因となり、人体に悪影響を及ぼす。したがって、簡単に細菌を識別できる手法の開発が必要である。

本研究では、金属ナノ粒子により細菌を標識することで 1 細胞レベルでの可視化について検討した。種々の金属ナノ粒子を作製し、細菌を標識した。細菌細胞への金属ナノ粒子の結合状態を走査型電子顕微鏡で観察したところ、細菌細胞は一律に暗いコントラスト（絶縁性）で、その上に結合した各金属ナノ粒子が導電性を示す明るいコントラストで観察された。暗視野顕微鏡では、金属種に基づく強い散乱光が観察された。そのうち、金ナノ粒子が集合して形成されるラズベリー構造体は特に強い光散乱を生じた（図）。このことに着目し、細菌細胞の識別を試みた。セラチア菌をはじめとする多くの細菌 (3.0×10^6 cells mL⁻¹) を含む腐肉汁に大腸菌 O157 (1.0×10^5 cells mL⁻¹) を混合して得た細菌分散液に、抗 O157 抗体を導入したラズベリー構造体を添加して暗視野顕微鏡観察を行ったところ、大腸菌 O157 を明確に識別することが可能になった。

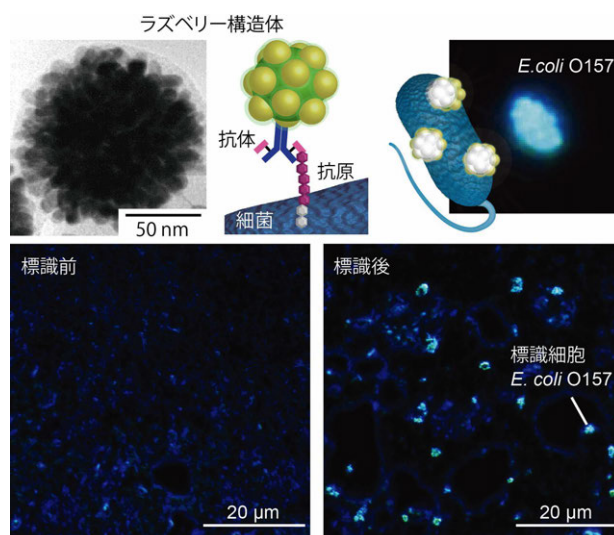


図 標識化の概念. 標識細胞の暗視野像と腐肉汁中の大腸菌 O157 の識別

細胞認識/電子伝達性ペプチドを用いた電気化学的がん細胞検出

【講演番号】 Y1135 【講演日時】

【講演タイトル】 細胞認識-電子伝達性ペプチドを用いたインピーダンス測定によるターゲット細胞の検出

【概要】 安価で簡便ながん細胞検出法を開発する目的で、電気化学的手法を検討した。がん細胞を認識する部位と電子を放出する部位を有するペプチドをコラーゲン被覆電極に固定化すると、ペプチドとヘキサシアノ鉄酸イオンとの間で電子移動が起こる。その電極とヘキサシアノ鉄酸イオン間との抵抗を測定すると、がん細胞の有無により抵抗値が変化し、これによりがん細胞を測定できる。ヒト慢性骨髄性白血病由来細胞(K562 細胞)の場合、500 個/mL までの検出が可能である。本法はがんの早期発見の新たな測定システムになると期待される。

【発表者 (○：登壇者/下線：連絡担当者)】 前橋工科大工¹・富山大院理²○小平 景人¹・石崎 空¹・門屋 利彦¹・倉光 英樹²・菅原 一晴¹

群馬県前橋市上佐鳥町 460-1, 電話 027-265-7392, kzsuga@maebashi-it.ac.jp

近年、世界的にがん患者数が増加傾向にあり、効果的な治療法が急務となっている。その対策の一つとして早期にがんを発見することが非常に有効な取り組みとなる。特に、医療現場では簡便で迅速に診断ができる方法が求められている。それらの手法の中で DNA と酵素を用いた比色法が広く使われている。一方で、電圧や電流、抵抗を測定する電気化学的手法も容易にがん細胞を検出できる方法となり得る。我々の研究グループは、これまでにアミノ酸を連ねたペプチドとがん細胞との結合を利用してターゲットとなる細胞の検出を行っている。アミノ酸の中には酸化される際に電子を放出するものがあり、特定の配列をもつペプチドはターゲット細胞を認識することができる。電子を放出するアミノ酸からなるペプチドと細胞を認識するペプチドを一つのペプチドとするならば、細胞を認識した際にペプチド由来の酸化電流が減少するため細胞が測定された。

本研究では、両機能を有するペプチドをコラーゲン被覆電極に固定化するとヘキサシアノ鉄酸イオンとペプチドの間で電子のやり取りが起こり、細胞を共存させると電極表面の抵抗値が変化することからがん細胞の測定を行った。モデルとした、がん細胞はヒト慢性骨髄性白血病由来細胞(K562 細胞)であり、ペプチドには FRPRIMTPYYYYC を選択した。FRPRIMTP は細胞と結合するペプチドとなり、YYYYC は酸化応答を示すペプチドである。現在、FRPRIMTPYYYYC-固定化電極を用いて K562 細胞を測定した場合、500 個/mL までの検出が達成されている。今回、考案した K562 細胞センサは上記ペプチドを電極に固定化し、ヘキサシアノ鉄酸イオンの電極表面での抵抗値の変化を測定することでがん細胞が検出される。そのため、ターゲットとなる細胞に対してペプチド配列を適宜変更することで低コストながんセンサを構築できる。さらに、測定機器もコンパクトであり、その操作性も簡便であることから医療現場での新たな測定システムとなることが期待される。

簡便, 迅速, 高感度なウイルス診断デバイス

【講演番号】 B2005 【講演日時】

【講演タイトル】 高感度免疫分析デバイスの開発と H5 型鳥インフルエンザウイルス検出への応用

【概要】 新型コロナのパンデミックに言及するまでもなく、感染症を低コストで、正確に、迅速に、その場診断できる技術は、効果的な早期の治療を可能にし、人々の健康、公衆衛生に、延いては保険制度の健全な維持にも多大に貢献する。診断に要するコスト、時間を考慮すると PCR よりも免疫反応を利用したい。発表者らは独自のマイクロ流路技術を駆使して炎症マーカーの高感度分析デバイスを開発した。本デバイスでは、流路中に抗体を固定化し、濃縮、酵素反応によるシグナル増幅を経て蛍光を検出する。本デバイスにより、モデル試料を従来法より 1000 倍高感度で検出することに成功した。鳥インフルエンザウイルスのタンパク質への適用も可能であった。

【発表者 (○: 登壇者/下線: 連絡担当者)】 北大院総化¹・メキシコ国立自治大²・北大院工³・

東大院工⁴・名大院工⁵

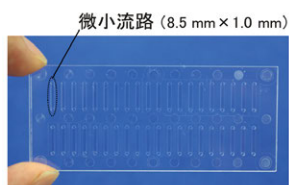
○西山 慶音¹・Kenia Chávez Ramos²・真栄城 正寿³・石田 晃彦³・谷 博文³・

馬場 嘉信⁵・渡慶次 学³

札幌市北区北 13 条西 8 丁目, 電話 011-706-6744, tokeshi@eng.hokudai.ac.jp

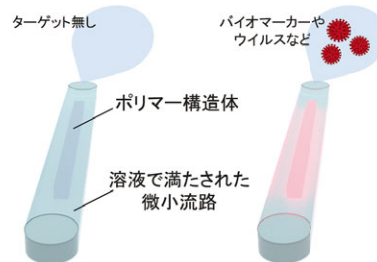
迅速・小型・高感度な現場診断を可能とする微小流体デバイスを開発した。近年、ベッドサイド診断や屋外での即時診断へのニーズが高まっている。特に、鳥インフルエンザウイルスや、現在も感染が拡大している新型コロナウイルス (SARS-CoV-2) などの伝播性の高い病原体には、迅速な現場分析が感染拡大防止に重要な役割を果たす。そこで私たちは、微小流路中に、分析に必要な機能を集積したデバイスを開発した。抗体と抗原の特異的な反応を利用する免疫分析を測定原理に用いている。微小流路中に構築したポリマー構造体に抗体を固定化することで、わずか 1 μL のサンプルで分析が可能となる。分析時間は数十分 (従来法は数時間) であり、現場に持ち運んで分析することが可能である。また、酵素反応と分子濃縮を組み合わせた蛍光シグナル増幅法を開発し、モデル試料 (炎症マーカー: CRP) の測定では、従来法の約 1/1000 の濃度の測定が可能となった。本デバイスの応用例として、高病原性ウイルスである H5N1 型鳥インフルエンザウイルスの表面タンパク質の測定を実施した。その結果、表面タンパク質の定量が可能であることが実証された。今後は、ウイルスを使用した評価を実施する。また、他種類のウイルスにも応用可能か検討していく予定である。

開発した診断デバイス



- ・微小流路を40本集積
- ・少量サンプルで簡単な測定
- ・持ち運び可能なサイズ

光の強さで測定物質を高感度定量



炎症マーカー: CRP を数 fM まで測定可能
(従来装置で測定可能な濃度の約 1/1000)

抗体分泌細胞を識別して回収するマイクロデバイスの開発

【講演番号】 B2004 【講演日時】

【講演タイトル】 超高速細胞配列と細胞表層濃縮法を用いた抗体分泌細胞の識別と回収

【概要】 細胞融合技術を応用すると、均一な抗体を大量に生産することができる。この手法の鍵となるのは、特定の抗体を産生する融合細胞「ハイブリドーマ」を迅速に分離・回収することである。しかし従来の細胞操作では、細胞の自重による沈降などを利用しており、効率が悪かった。今回、誘電泳動により高速で細胞を配列させ（細胞アレイの形成）、その細胞アレイからハイブリドーマ細胞だけを免疫捕捉して回収できるマイクロデバイスを開発した。細胞母集団の中から標的細胞を迅速・簡便に分離回収できる本手法は、今後の再生医療や抗体医薬分野での活用が期待される。

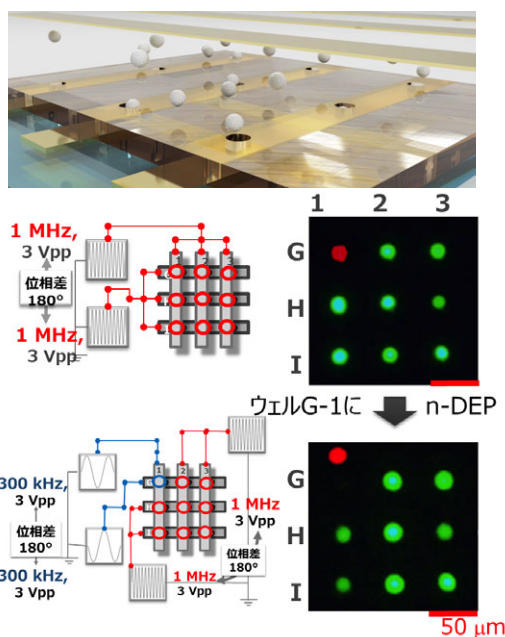
【発表者（○：登壇者／下線：連絡担当者）】 兵庫県大理

○波多 美咲・鈴木 雅登・安川 智之

兵庫県赤穂郡上郡町光都 3-2-1, 電話:0791-58-0173, yasu@sci.u-hyogo.ac.jp

たくさんの細胞が混在する中から、有用な細胞を迅速で簡便に見つけ出し、分離、回収する技術の開発は、再生医療や抗体医薬の分野で切望されている。本研究では、抗体を産生するハイブリドーマをターゲット細胞とし、「正の誘電泳動による細胞アレイの作製」、「アレイ化細胞の中からハイブリドーマを識別」および「負の誘電泳動によるハイブリドーマの回収」の一連の技術開発を行った。ハイブリドーマは、血液中で抗体産生を担う B 細胞と無限の増殖能を有するミエローマ細胞の融合により得られる。しかし、その融合効率は極めて小さく、細胞集団からハイブリドーマを迅速で簡便に見つけ出す手法の開発は意義深い。

マイクロバンドアレイ電極をガラス基板上に作製し 2 枚を直交させた（図上）。下の基板上にマイクロウェルアレイを作製し、バンドアレイの格子点に配置した。緑または赤に蛍光染色した細胞を上下電極基板間に導入し、すべてのバンド電極に交流電圧を印加すると数秒で細胞アレイを作製できた（図下）。バンド電極 G および 1 に交流電圧を印加すると、ウェル G-1 に捕捉されていた赤染色細胞のみをウェル外へと放出できた。また、ウェルまたは細胞表面に抗原を固定化しておくことにより、ハイブリドーマが産生する抗体を免疫捕捉することができ、細胞アレイの中からハイブリドーマを識別できることを示せた。これらを組み合わせることにより、細胞のアレイ化、抗体産生能の識別、選択的回収を可能とするデバイスを開発した。



再生医療用細胞を温度制御だけで精製する技術を開発

【講演番号】 Y1133 【講演日時】

【講演タイトル】 ペプチドリガンドを用いた温度制御による簡便な細胞分離法の開発

【概要】 新たな治療法として注目を集めている再生医療では、治療効果のある細胞を患者の体に移植して病気を治療する。この細胞の精製工程で表面に蛍光色素を修飾して分離しているが、その有害性から移植には望ましくない。本研究では蛍光色素を使わない革新的な方法を開発した。温度変化で構造が変化する高分子と目的の細胞のみを接着するペプチドを組み合わせ、37℃で目的の細胞を吸着させ、20℃にして剥離させて回収する技術を開発した。

【発表者（○：登壇者／下線：連絡担当者）】 慶應大薬¹

○島根 瑠霞¹・志村 昌紀¹・花屋 賢悟¹・山田 創太¹・長瀬 健一¹・金澤 秀子¹
東京都港区芝公園 1-5-30, 電話 03-5400-1378, nagase-kn@pha.keio.ac.jp

細胞を患者の体に移植して病気を治療する再生医療が、新たな治療法として注目を集めている。この治療法では、治療効果のある細胞を他の様々な細胞から分離・精製する必要がある。しかし、既存の代表的な細胞分離法は、細胞表面に蛍光色素などを修飾する必要があり、体内への移植には望ましくない。

そこで本研究では、温度の変化により構造が変化する温度応答性高分子ポリ(N-イソプロピルアクリルアミド)と特定の細胞を認識するペプチドを用いた革新的な細胞の分離方法を開発した(図1)。ガラス基板の表面に温度応答性高分子を修飾し、さらに血管内皮細胞を認識するペプチドを導入した高分子を修飾した。培養温度 37℃の条件で、モデル細胞として血管を構成する3種類の細胞を用いて観察したところ、血管内皮細胞のみがペプチドを修飾した高分子に接着し、他の細胞は接着しなかった。さらに温度を 20℃に下げると、温度応答性高分子が伸長するため、接着していた細胞が剥離し回収することが可能であった。本研究で開発した細胞分離法は、細胞に何も修飾せずに目的の細胞を分離できるため、再生医療への応用が期待できる。

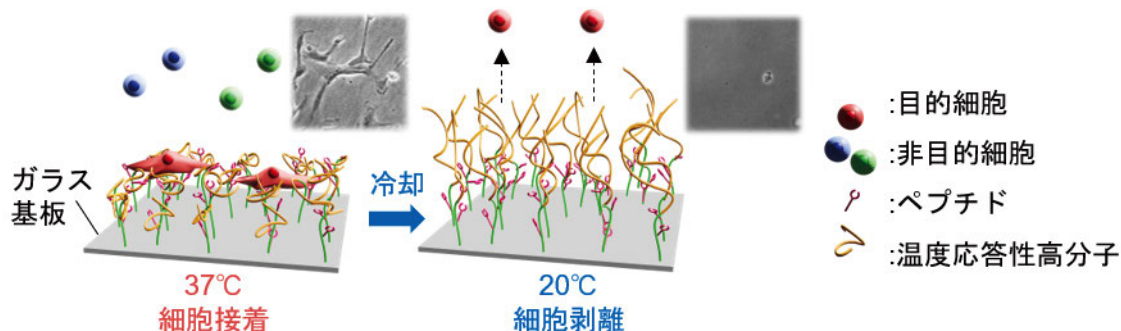


図1 選択的な細胞接着性ペプチドを用いた温度応答性表面による細胞分離

光応答ナノ粒子を用いた薬剤投与における投与量制御への道筋

【講演番号】 P2059 【講演日時】

【講演タイトル】 光応答性ナノ粒子による機能性分子放出量の精密制御法

【概要】 演者らのグループでは、中に閉じ込めた物質を光によって放出するナノ粒子ゲルの開発を行っている。このナノ粒子ゲルは細胞内に取り込まれる性質を持っており、これを用いて細胞の働きを制御できる。本研究では、ナノ粒子ゲルの調製方法を改良することにより、ゲルから放出される酵素の活性を4桁の幅で制御することに成功し、実際に細胞の働きに違いが出ることを示した。今後、閉じ込める物質を変えていくことで、新たな治療法開発や生体機能分析法の開発への展開が期待される。

【発表者（○：登壇者／下線：連絡担当者）】 昭和大薬

○村山 周平・山崎 詩乃・唐沢 浩二・加藤 大

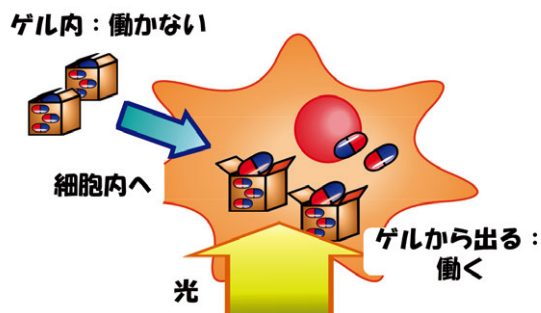
東京都品川区旗の台 1-5-8, 電話 03-3784-8194, s.murayama@pharm.showa-u.ac.jp

細胞内に存在する物質の働きを分析し、詳細に制御するような手法は、新たな治療法の創設や、生命機能の解明にもつながると期待できる。例えば、昨年末以降に武漢から広がった新型コロナウイルスが世界的な脅威となっている。コロナウイルスは細胞に侵入し、細胞内でウイルスの増殖に必要なゲノム RNA やウイルスタンパク質を作らせ、新たなコロナウイルスとなって再び細胞外へ放出される。その複製過程では、細胞内に存在するタンパク質や低分子化合物と言った様々な物質が働いており、その働きをうまく止める事で、ウイルスの増殖を止める事も期待出来る。

我々は、過去の研究において、光により酵素などの様々な機能性分子を制御するナノ粒子ゲル^{*}を開発している。“ゲル”は3次元的な網目構造からなっているゼリーに近い物で、その網目構造の隙間に、酵素などの機能を発揮する物質を、外部から離れた状態で閉じ込めている。閉じ込められた状態では働くことが出来ないが、光を当てることで網目構造が切れてゲルが壊れることで物質がゲルの外部へ出て働くことができる。このナノ粒子ゲルは細胞に取り込まれる性質を持っており、実際に細胞の中で酵素や核酸を出すことで細胞の働きを制御することに成功している。今回の研究では、調製方法を改良することで、ゲルから放出する酵素について1倍～1万倍の活性の差が出るように量をコントロールできた。さらに、細胞内で酵素の量を制御することで、細胞の変化に違いを引き起こすことに成功した。

将来的には酵素以外にもより小さい物質の機能を制御することで新たな治療法としての利用や、生命機能の分析手法としても期待できる。

※ナノ粒子…100～200 nm の大きさの物質＝地球を 1 m の球としたときの、人間の大きさに相当



腸内細菌を抗生物質から守るゲル微粒子

【講演番号】 A2007 【講演日時】

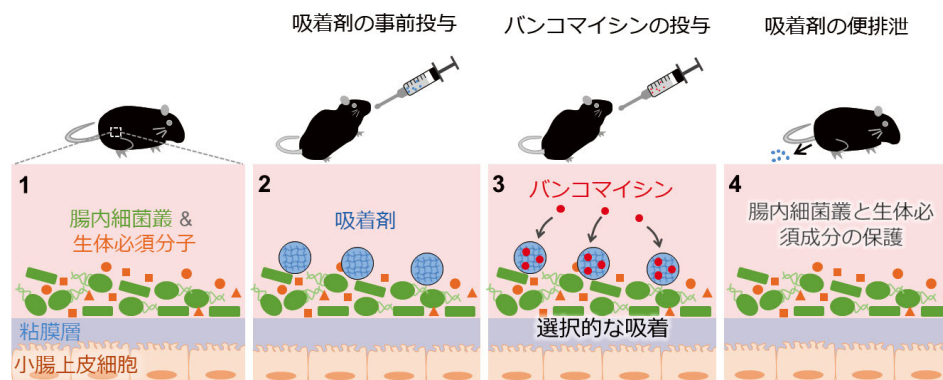
【講演タイトル】 腸内細菌を保護する抗生物質の経口投与を可能にする吸着剤の開発

【概要】 腸は食物を消化するだけではなく、脳などの他の臓器と盛んに情報を交換し生体機能の調節に深く関わっている。そこで中心的な役割を果たしているのが腸内細菌叢である。抗生物質は我々が有害な細菌から身を守るために必須の薬剤であるが、過剰量が大腸に到達すると、腸内細菌叢を致命的に破壊することがあり、重篤な副作用の引き金となる。発表者らは、代表的な抗生物質であるバンコマイシンに着目し、これを選択的に吸着除去できるゲルを開発した。従来の活性炭と比較して、バンコマイシンに対して非常に高い選択性を持ち、かつ結合容量に関しては遜色のないものであった。このゲルは期待どおりモデルマウスを感染症から守ることができた。

【発表者（○：登壇者／下線：連絡担当者）】 九大院工¹・慶大院薬²○森 健¹・杠 和樹¹・矢加部 恭輔²・長井 晴香¹・岸村 顕広¹・長谷 耕二²・金 倫基²・片山 佳樹¹

福岡市西区元岡 744, 電話 092-802-2849, mori.takeshi.880@m.kyushu-u.ac.jp

投与された抗生物質はその残渣が大腸に到達することで、腸内細菌叢を破壊する。これをディスバイオーシスとよび、腸炎や感染症をはじめとして種々の疾患の原因となることが知られている。活性炭によって抗生物質の残渣を吸着除去する方法が最近、報告された。活性炭は非特異的に種々の抗生物質を吸着できるという利点があるが、腸内の生体必須分子（ビタミン K など）を吸着し、予期せぬ副作用を引き起こす可能性がある。そこで、我々は抗生物質のみを選択的に捕捉する吸着剤の開発を目指した。広く用いられる抗生物質であり、ディスバイオーシスの原因となるバンコマイシンを標的として、細菌の細胞壁由来の三量体ペプチドをこれと結合する分子として選択し、これを高密度に固定化したマイクロメートルサイズのゲル粒子を開発した。この粒子は、バンコマイシンに対して選択的に結合する一方で、活性炭に匹敵する高い結合容量を示した。そこで、マウスに対してこの粒子を事前投与し、バンコマイシンを経口投与したところ、バンコマイシンから腸内細菌叢を保護することを確認した。さらに、ディスバイオーシスに伴う院内感染が問題となっている C.ディフィシル感染症のマウスモデルに適用したところ、粒子はマウスを感染症から守った。投与量をヒトに換算すると、現実的な微量の投与量であることから、本粒子は、バンコマイシンから腸内細菌叢を保護する吸着剤として、実用性の高いことが示された。



多様な「食感」を数値化して判別する

【講演番号】 G2001R 【講演日時】

【講演タイトル】 しなやかな食品の食感分析への機械学習応用

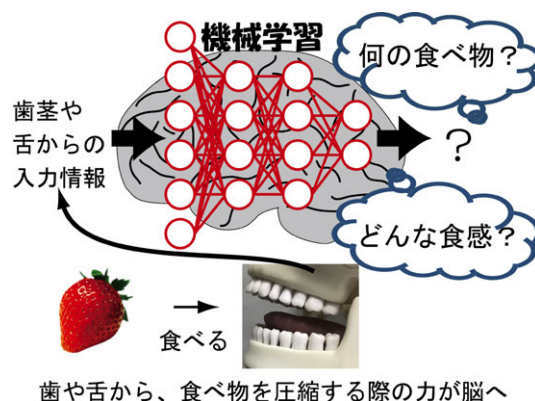
【概要】 機械学習（人工知能，AI の基盤技術）を，2000 回以上の複雑な機器分析データを自動的に分析する手法を作成した。従来「食感」の評価は，感覚の数値化やその評価が困難であったため，実際にヒトが食べて評価する官能試験が中心であった。この手法を機器分析試験による評価に応用したところ，その複雑かつ困難な「食感の判別」に成功した。作成した評価法は，ヒトの主観を排除した機器分析による定量化により評価が可能になると考えられる。今後，高齢者の死亡リスク低減など，安全・安心なおいしい食の実現に貢献できる手法への展開が期待される。

【発表者（○：登壇者／下線：連絡担当者）】 東京電機大理工

吉田 駿介・川田 泰輝・○武政 誠

埼玉県比企郡鳩山町石坂，電話 049-296-5905，takemasa@mail.dendai.ac.jp

食は動物の生命維持に必要な栄養摂取であるが，人間は食を楽しむ文化まで発展させた。おいしさの 6 割超は食感が支配する。新食感を謳う商品が多数販売されまた，パリパリ，もちもちなど食感を表す用語が日本では諸外国の 2～5 倍程度と多く，日本では食感を重視されているとも考えられる。食感評価はヒトが実際に食べて評価する官能試験が従来中心であった。食感，食品を押しつぶす際に必要な力を圧縮距離に対して計測することで，ヒトの主観を排除した機器分析も可能と考えられる。実際には，食品に触れる歯の種類や方向など条件が多めで，圧縮挙動は全く異なり，機器分析の結果から「おいしさの定量化」を行うことは非常に困難であった。かたい鉄などの材料特性評価に対して，やわらかい食品を分析することは，いわば分析手法の限界が立ちだかっていた。一方，食感はおいしさだけでなく，安全性にも強く関与する。近年社会現象ともなっている誤嚥性肺炎による死亡リスク低減などでは，そのリスク評価法確立は社会の急務でもある。前述の分析上の困難は，非常に複雑で，かつ大量の数値データを，自動的に分析する手法の限界に起因している。我々は口腔内から送られる大量の情報を，脳で高度な処理をすることにより，安全性やおいしさを感じている。この方法を，分析手法の手本とするため，今回我々は，機械学習(人工知能，AI の基盤技術)を，食感の機器分析に応用した。学習に必要な大量の計測として，2000 回以上の計測を実施し，人間では困難な食感を判別することに成功した。今後，この手法を発展させることにより，よりおいしく，また安全性の高い食を実現することに貢献できると考えている。



金ナノ粒子を利用する画期的な偽造防止技術を考案

【講演番号】 P2044 【講演日時】

【講演タイトル】 金ナノ粒子自己集合体を封入したアクセサリーチャームの試作と偽造防止および商品管理デバイスとしての有用性検討

【概要】 世界貿易において偽造品による被害が深刻であり、これを見分ける実用的な技術の開発が強く望まれている。本研究では、「目に見えない」金ナノ粒子の集合体が表面増強ラマン散乱 (SERS) 活性を示す性質を利用して、ステルス性を有する複製困難な偽造防止ナノタグを考案した。金粒子の表面に吸着させた分子の種類のコムセにより、商品情報を管理することが可能となる。この SERS ナノタグを市販の紫外線硬化樹脂に封入したアクセサリーチャームを試作し、レーザーを 0.2 秒照射するだけで商品が見分けられることを確かめた。

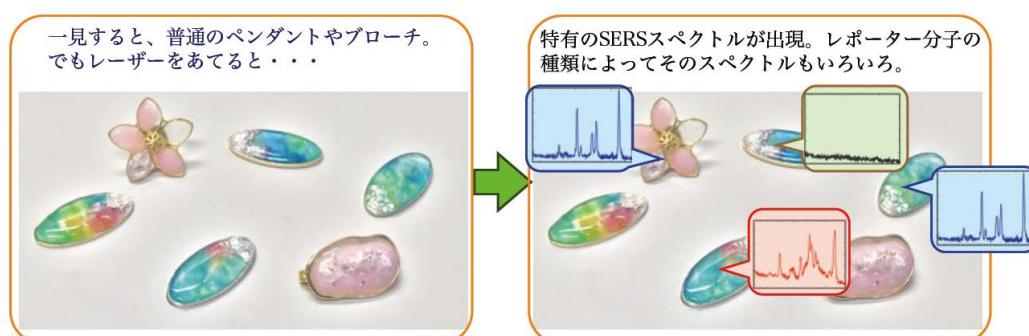
【発表者 (○：登壇者/下線：連絡担当者)】 京大院工¹・アーカイラス²

○福岡 隆夫¹・福岡 真芳慈²・中西 博²

京都市西京区京都大学桂, 電話 075-383-3696, tak_f@mpe.me.kyoto-u.ac.jp

世界貿易における偽造品は流通量の 10%を占めるとされ、多大な被害が生じている。近年、国際的な偽造品の流通防止を目的に、原料や製品の輸出入から納入までの過程をリアルタイムで追跡する流通基準が導入されるようになった。そのためには商品情報を表すタグを製品などにラベル化する必要があり、画像認証などの高度な偽造防止手段が研究されている。しかし、従来の「目に見える」手法では逆解析され、原理が解明されると模倣される恐れがあった。

そこで、金ナノ粒子 (AuNP) のサブミクロンサイズ自己集合体が優れた表面増強ラマン散乱 (SERS) 活性を示す性質を利用し、ステルス性を備え複製困難な偽造防止ナノタグを考案した。SERS ナノタグは、レポーター分子を含む極微量の金ナノ構造体であり「目に見えない」ので逆解析と模倣がきわめて困難である。実社会におけるステルス性を試験するために、この SERS ナノタグをセルロース系高分子に担持して市販の紫外線硬化樹脂 (UV レジン) に封入したアクセサリーチャームを試作した。このアクセサリーチャームに近赤外レーザーを照射すると、0.2 秒でレポーター分子に由来する特徴的な SERS スペクトルが観察された。異なる種類のレポーター分子からは異なるパターンの SERS スペクトルが現れるので、その組合せを商品情報に紐付けて管理できる。一見しただけではその機能を見抜けないアクセサリーチャームは、高いステルス性を備えた偽造防止および商品管理デバイスとして多様な商品の流通に安全と安心を与えるであろう。



ロケットエンジンの内部で固体燃料がどのように燃焼するか

【講演番号】 Y1127 【講演日時】

【講演タイトル】 ロケット燃料の燃焼場：瞬間熱分解反応ガスのリアルタイム計測システム研究

【概要】 高頻度な打上げを要する観測ロケットや高度な安全性が求められる有人飛行ロケットへの応用に向けて、高分子材料を固体燃料としたハイブリッドロケットの開発が進められているが、2000℃以上の火炎が形成されるロケットエンジンの内部で固体燃料がどのように燃焼するかを分析する方法が求められていた。本研究では、反応炉と質量分析計を接続し、イオン付着イオン化法による質量分析を行うことで、ロケット固体燃料の熱分解ガスの瞬時測定に成功した。これにより、ロケット固体燃料の温度と熱分解ガスの発生傾向との関係が明らかになった。

【発表者（○：登壇者／下線：連絡担当者）】 千葉工大院工¹・神戸工業試験場²・産総研³・型善⁴・

ISAS/JAXA⁵

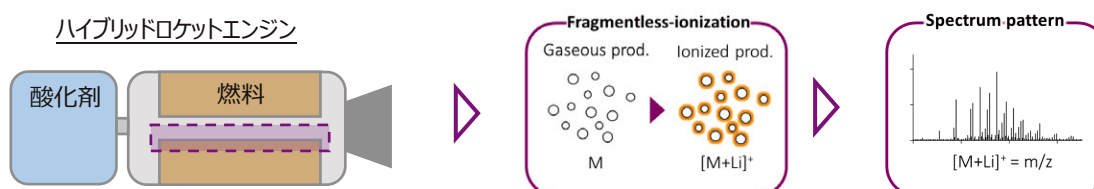
○坂野 文菜¹・和田 豊¹・三島 有二²・津越 敬寿³・加藤 信治⁴・堀 恵一⁵・長瀬 亮¹

千葉県習志野市津田沼 2-17-1, 電話 047-478-0513, yutaka.wada@p.chibakoudai.jp

近年の宇宙輸送分野では、高性能な打ち上げ能力を有する固体ロケットや液体ロケットが実用化に至っている。一方で、環境負荷の低減、コストの削減、そして大規模な爆発を防ぐ本質的安全性への配慮から、次世代型ロケットエンジンとしてハイブリッドロケットの開発が進められている。

ハイブリッドロケットの固体燃料には、ワックスのような一般的な高分子材料が使用される。推進剤の入手性の良さ、構造の簡素さ、安全性などの長所を備えた当該エンジンは、高頻度な打上げを要する観測ロケットや高度な安全性が求められる有人飛行ロケットの推進系に期待される。近年の課題は、実運用に耐えうる十分な燃焼速度（≒推進力）の獲得と設計指針の確立である。従って本研究では、「2000℃以上の火炎が形成されるロケットエンジンの内部で固体燃料がどのように燃焼するか」を解明するため、固体燃料の表面を反応炉で急速に加熱し、そこから発生する熱分解ガスを質量分析計で測定している。

ロケットエンジン内部の燃焼環境を模擬した分析の特徴は、生成ガスの変性を抑えたりリアルタイム測定が求められる点にある。そこで本研究では、反応炉と質量分析計の接続にスキマーインターフェース型を採用、さらに質量分析の要となる測定ガスのイオン化にイオン付着イオン化法を採用したことで、熱分解ガスを壊すことなく瞬時に測定することに成功した。結果として、ロケット固体燃料の内部温度に対応する各加熱温度域と熱分解ガスの発生傾向の関係を取得することで、固体燃料の燃焼機構の解明にひとつ近づいた。



単一粒子 ICP-MS 法によるマグネタイトナノ粒子の分析

【講演番号】 P2006 【講演日時】

【講演タイトル】 spICP-MS による Fe_3O_4 15 nm 粒子の分析

【概要】自動運転 AI 技術や第 5 世代移動通信システム(5G)に必要な最先端デバイスの製造工程では、使用される超純水やフッ化水素酸などの薬液中の不純物粒子が素子の欠陥を生じさせ、生産歩留まりを低下させる。そのために品質管理上不純物粒子分析法の開発が急務となっている。本研究では、必須管理元素の鉄について単一粒子 ICP-MS 法を適用し、マグネタイト(Fe_3O_4)粒子の粒子個数濃度(0.01 ng/kg)および粒径分布(15 nm)の分析に初めて成功した。

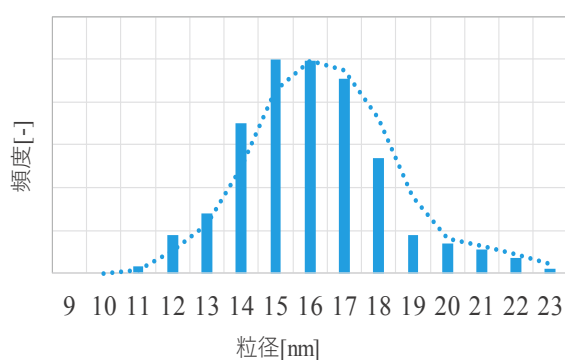
【発表者 (○: 登壇者/下線: 連絡担当者)】 アジレント・テクノロジー¹

アジレント・テクノロジー・インターナショナル²

○島村 佳典¹, 溝淵 勝男¹, 山中 理子², 板垣 隆之²

東京都八王子市高倉町 9-1, 電話 042-660-4215, yoshinori_shimamura@agilent.com

自動運転 AI 技術や第 5 世代移動通信システム (5G) の実用化に向けて様々な半導体関連製品が研究開発されている。最先端の半導体製品は 7 nm プロセスにより量産され、年々デバイスの大容量化と小型化が進められている。1 桁 nm スケールの微細な加工技術を用いて製品を量産する場合、製造工程で使用される薬液 (超純水, フォトレジスト, 現像液, フッ化水素酸など) 中の不純物が歩留まりを低下させることから、さらに厳しい不純物濃度管理が要求されている。現在、薬液中の不純物金属を定量分析するために、高感度分析, 迅速分析, 多元素一斉分析が可能な ICP-MS (誘導結合プラズマ質量分析装置) が広く用いられている。また薬液中の不純物粒子が素子の欠陥を生じさせ、製品の歩留まりを低下させる原因となる。そこで著者らは、ICP-MS による金属粒子の極微量分析に注目した。検出された粒子の元素情報と粒子個数濃度および粒径の情報を得られることから、粒子濃度の管理や粒子汚染の工程の推定に応用されることが考えられる。近年の分析装置では、従来の定量分析と全く同じ装置構成で金属粒子のデータ採取を行えるため、品質管理の分析現場に展開することが容易である。



spICP-MS法による酸化鉄15nmの粒径分布結果

本稿では半導体製造プロセスにおいて重要な管理元素の一つである鉄に着目し、従来法では困難であった酸化鉄 15 nm 粒子 0.01 ng/kg の検出に成功し、その分析値の妥当性を確認した。近い将来、本分析手法が半導体製造プロセスを管理する上で大きな役割を果たすことが期待できる。

光ピンセットで DNA 分子間の微弱な引力を検出

【講演番号】 A2002R 【講演日時】

【講演タイトル】 光ピンセットを用いた DNA 末端間スタッキングのピコ力学解析

【概要】 光の力を利用して、微小物を自在に捕捉・操作することを可能にした技術が「光ピンセット」(2018 年ノーベル物理学賞)である。この技術は、細胞やウイルス、さらにはコロイド分散系などデリケートな試料の「ありのままの姿」の解析に威力を発揮する。本研究では、2 つの DNA コロイド粒子を 2 本の赤外レーザーでそれぞれ捕捉し、片側の粒子を他方の粒子に対し一定速度で接近・接触させた場合、二重らせん構造の維持に重要な、DNA 分子間の重なり合いによって引き起こされる極めて微弱な引力の検出に成功した。

【発表者 (○: 登壇者/下線: 連絡担当者)】 信州大院総合医理工¹・理研²

○金山 直樹¹・中内 宙弥¹・前田 瑞夫^{1,2}

長野県長野市若里 4-17-1, 電話 026-269-5785, nkanayama@shinshu-u.ac.jp

身のまわりに溢れる光は、それが照らす対象物に対して常に物理的な力(光圧)を及ぼしている。我々が日常的に接する光の力は極めて弱く、その作用を実感できないが、例えばレーザー光をレンズで集めた強い光では、水中に漂う微小物の捕捉に十分な強さの力を生じる。この光の力を巧みに利用して、あたかもピンセットで物体を摘んでいるかのように、顕微鏡下で微小物を自在に捕捉・操作することを可能にした技術が、2018 年に A. Ashkin 博士(米国)がノーベル物理学賞を受賞する理由となった「光ピンセット」である。対象物との物理的な接触なしに非侵襲的な捕捉・操作が可能な光ピンセット技術は、生細胞やウイルスなどの生物系試料、さらにはコロイド分散系などのデリケートな試料の「ありのままの姿」の解析に威力を発揮する。例えば、光ピンセットで捕捉した微小物の揺らぎ(変位)を高分解能で追跡可能な四分円光検出器と組み合わせると、系内で分散している微小物に作用するピコ(1兆分の1)ニュートン(pN: 10^{-12} N)オーダーの微弱な力をリアルタイムで直接計測できる。

本研究では、発表者らが開発してきた DNA コロイド粒子を対象に、光ピンセットによる粒子間力計測を実施した。概略を図 1 に示す。2 つの DNA コロイド粒子を、2 本の赤外レーザーでそれぞれ捕捉し(バネ定数: k)、片側の粒子を他方の粒子に対し一定速度で接近・接触させるものである。この過程で生じる捕捉粒子の変位(x)を、粒子間力($F=k \cdot x$)に変換した。種々の DNA コロイド粒子について検討する中で、DNA 末端間スタッキング現象(図 2)に起因する pN レベルの特徴的な引力の検出に成功した。

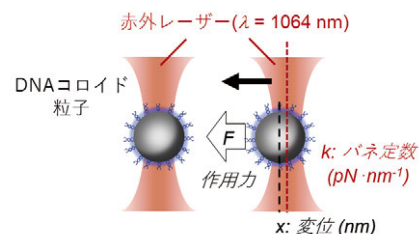


図 1 光ピンセットによる DNA コロイド粒子間力計測の概略

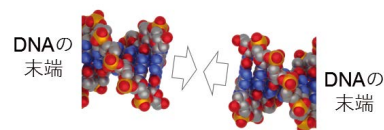


図 2 DNA 末端間スタッキング現象

結晶スポンジ法による反応性の高い分子の精密構造解析

【講演番号】 E1014 【講演日時】

【講演タイトル】 結晶スポンジ法における塩基性化合物の効果的構造解析方法の開発

【概要】 物質の構造を正しく知ることは、新素材，創薬，機能性食品など幅広い研究開発現場で必要不可欠である。規則正しい細孔を有する“結晶スポンジ”に分析対象物質を吸蔵させる方法は、非常に少ない試料量でX線回折構造解析を可能とする画期的な方法である。ただ、結晶スポンジ法では、その原理上結晶スポンジそのものを破壊する反応性の高い試料への適用が困難であった。本研究では、反応性の高い塩基性化合物（構造が未知の分析対象物質）に構造が既知な酸性化合物を添加することで、結晶スポンジを壊すことなく構造解析を可能とする方法の開発に成功した。

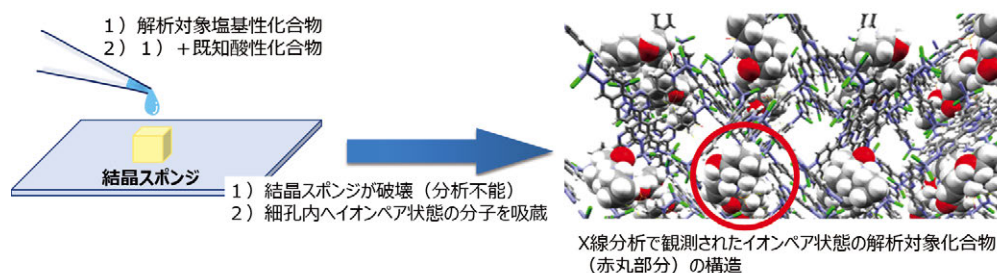
【発表者（○：登壇者／下線：連絡担当者）】 キリン HD 基盤研

○谷口 慈将・松本 理恵・門田 智之

神奈川県横浜市金沢区福浦 1-13-5, 電話 080-2198-1021, Yoshimasa_Taniguchi@kirin.co.jp

創薬や健康機能性食品開発などにおいて、研究開発対象となる分子の構造を知ることは必須である。結晶スポンジ法は、マイクログラムオーダーのサンプル量で分子構造を決定する革新的手法として2013年に発表されて以来、様々な化合物の構造解析でその有用性が示され、産業界でも導入、活用されている。その原理は、結晶スポンジと呼ばれる規則正しい細孔を有する単結晶に解析対象分子溶液を添加し、分子を細孔内に吸蔵させ、周期配列を形成させることでX線回折法により分子構造を観測するものである。そのため結晶スポンジを壊してしまうような反応性の高い化合物は解析できない。これまでに結晶スポンジ自体の改良により結晶スポンジ法適用可能化合物範囲が拡大されてきたが、我々は求核性あるいは塩基性が強い化合物の分析は未だ困難であることを課題として見出すとともに、その解決手法を開発した。

具体的には、解析対象となる塩基性化合物を結晶スポンジに添加する際に、既知酸性化合物を同時添加することで塩基性化合物を中和し、「塩基性化合物－酸性化合物」のイオンペアを形成させる。これにより塩基性化合物の反応性をマスクし、結晶スポンジを壊すことなくイオンペア状態で細孔内へ吸蔵でき、その構造を観測することに成功した。開発手法は極めて簡便に結晶スポンジ法適用可能化合物範囲を拡大するものである。医薬品等の機能性化合物は塩基性官能基を有するものが多く、開発手法を活用することで研究開発が加速すると期待される。



顕微画像から化学種の吸収スペクトルを再現

【講演番号】 Y1015 【講演日時】

【講演タイトル】 透過顕微画像の RGB 値を用いた微小空間における吸収スペクトルの再現

【概要】 波長ごとに光の強度が記録された「スペクトル」は、化学種の量や形態などの情報を与える。近年では、単一分子や細胞内での化学現象をとらえるため、顕微鏡下でスペクトルを取得する顕微分光法が広く用いられている。しかし、波長ごとの光を計測するために時間を有し、微小空間において刻々と変化するスペクトルを取得するのは困難であった。本研究では、カメラなどにより瞬時に保存される色情報である RGB 値から微小空間中に存在する化学種の吸収スペクトルを再現する方法を確立した。スマートフォンなどのデバイスにアプリとして組み込むことで、より簡便でかつ精緻な化学検出への展開が期待される。

【発表者（○：登壇者／下線：連絡担当者）】 宇都宮大工

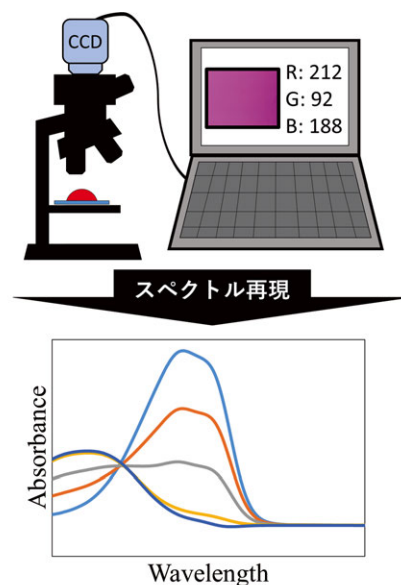
○佐々木 明日香・上原 伸夫・稲川 有徳

栃木県宇都宮市陽東 7-1-2, 電話 028-689-6165, ainagawa@cc.utsunomiya-u.ac.jp

波長ごとに光の強度が記録された「スペクトル」は、化学種の量や形態などの情報を与えてくれる。近年では、単一分子や細胞内での化学現象をとらえるため、顕微鏡下でスペクトルを取得する顕微分光法が広く用いられている。従来の顕微分光法では、回折格子を用いて広範囲な波長領域をスキャンしながら波長ごとの光を計測する。このため、スペクトルを取得するには時間を要し、微小空間において刻々と変化するスペクトルを取得するのは困難であった。この課題に挑戦するために、発表者らはカメラなどにより瞬時に保存される色情報である RGB 値に着目し、これを用いた精確かつ迅速なスペクトルの再現法を着想した。

本研究では、透過顕微画像の RGB 値から微小空間中に存在する化学種の吸収スペクトルを再現する方法を確立した。発表者らは、まずスペクトルの構成要素となるローディングスペクトルを主成分分析によって求めた。そして、再現したいスペクトルにおける各ローディングスペクトルの割合を RGB 値から計算して、その割合でローディングスペクトルを重ね合わせることにより吸収スペクトルを再現した。発表者らは pH 指示薬の吸収スペクトルをその透過顕微画像の RGB 値から再現し、その一致度が高いことを確認した。

波長スキャンを必要としない本手法は、微小空間におけるスペクトルの「スナップショット」を取得するのに有効である。また、本手法をスマートフォンなどのデバイスにアプリとして組み込むことで、より簡便でかつ精緻な化学検出への展開が期待される。



展望とトピックス小委員会

委員長 平山 直紀 (東邦大学理学部)

副委員長 荒井 健介 (日本薬科大学薬学科)

保倉 明子 (東京電機大学工学部)

委員 井原 敏博 (熊本大学大学院先端科学研究部)

鈴木 仁 (東京都健康安全研究センター)

林 英男 (東京都立産業技術研究センター)

藪谷 智規 (愛媛大学社会連携推進機構)

山本 政宏 (TOTO総合研究所)

横井 邦彦 (大阪教育大学教育学部)

横山 拓史 (九州大学)

吉田 裕美 (京都工芸繊維大学分子化学系)

日本分析化学会 第80回分析化学討論会「展望とトピックス」

2020年5月15日発行 限定配布物

編集・発行 公益社団法人 日本分析化学会 展望とトピックス小委員会

〒141-0031 東京都品川区西五反田 1-26-2 五反田サンハイツ 304号

電話 : 03-3490-3351 FAX : 03-3490-3572

URL : <http://www.jsac.jp/>