

令和 6 年 6 月 4 日現在

機関番号：22604

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2021～2023

課題番号：21H03578

研究課題名（和文）海底堆積物中の間隙水のpH計測を指向したISFETアレイセンサーの開発

研究課題名（英文）Development of ISFET array sensor for pH measurement of pore water in marine sediment

研究代表者

中嶋 秀（Nakajima, Hizuru）

東京都立大学・都市環境科学研究科・准教授

研究者番号：10432858

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,400,000円

研究成果の概要（和文）：海底堆積物中の間隙水のpHプロファイルを計測できれば、海洋酸性化の進行度と炭酸カルシウムの溶解によるCO₂吸収を評価することができる。しかし、海底堆積物中の間隙水のpHプロファイルを連続的に計測できる分析技術は未だ確立されていない。そこで本研究では、微小な拡張ゲート電極をアレイ化したイオン感応性電界効果トランジスタ（ISFET）センサーを開発し、これを用いて海底堆積物中の間隙水のpHプロファイルを連続的に計測することに成功した。これにより、海水のpHは海底堆積物中の間隙水のpHよりも0.1-0.3程度高いこと、また、夜間の海水のpHは日中よりも0.3程度低くなることが明らかになった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究で開発したISFETアレイセンサーは、海底堆積物中の間隙水のpHプロファイルを高い分解能で連続的に計測することができるセンサーである。したがって、本センサーが実用化されれば、「海底堆積物中の間隙水のpHプロファイルが短期あるいは長期的にどのように変動するか？」という未知の事象が明らかになり、サンゴ礁の砂地に棲息する海洋生物に対する酸性化の影響や、砂地の溶解速度などに関する新たな知見が得られる。したがって、本研究で開発したセンサーは、海洋での計測技術を飛躍的に発展させるとともに、海洋酸性化に関する研究の進歩に大きく貢献する可能性が高いと考えられる。

研究成果の概要（英文）：If the pH profile of porewater in marine sediments can be measured, the progress of ocean acidification and CO₂ absorption by dissolution of calcium carbonate can be evaluated. However, analytical techniques that can continuously measure the pH profile of pore water in marine sediments have not yet been established. In this study, we developed an ion-sensitive field-effect transistor (ISFET) sensor with an array of small extended gate electrodes and succeeded in continuous measurement of the pH profile of pore water in marine sediments using the developed sensor. It was found that the pH of seawater was about 0.1-0.3 higher than that of pore water in marine sediments, and that the pH of seawater during the night was about 0.3 lower than that during the day.

研究分野：分析化学

キーワード：pHセンサー イオン感応性電界効果トランジスタ ISFET 海洋酸性化

1. 研究開始当初の背景

海底堆積物中では、微生物の有機物分解により CO₂ 濃度が上昇することから、石灰質堆積物の溶解が顕著に起こりやすい。そのため、海洋酸性化の影響が顕著である海底堆積物中の間隙水の深度方向の pH を長期的に計測することは、海洋酸性化の進行度と炭酸カルシウム溶解による CO₂ 吸収を評価する上で極めて重要である。現在、海底堆積物中の間隙水の深度方向の pH は、熟練した技術を有するダイバーによるガラス電極を用いた古典的な手法により測定されている¹⁾。しかし、この手法は作業が過酷であるうえ、電極が高価で破損しやすいという問題を抱えている。また、一定時間ごとに電極を堆積物中に数 mm ずつ埋め込んで深度方向の pH を計測する操作を手作業で繰り返しているため、電極の位置を移動させる際に周囲の環境が変化してしまう。そのため、深度方向の真の pH 値を連続的に計測することは原理的に不可能であった。

2. 研究の目的

我々はこれまでに pH とアルカリ度を計測するためのイオン感応性電界効果トランジスタ (ISFET) センサーを用いるフローシステムを開発し、海水の炭酸系パラメータを精密に測定することに成功している。この研究により、堅牢で安価な ISFET センサーが、海水の pH の長期モニタリングに適していることが明らかになった。そこで本研究では、上記の研究背景で示した海底堆積物中の間隙水の pH プロファイルを計測する際の問題点を解決するために、微小な拡張ゲート電極を一直線上に複数個配列させた ISFET アレイセンサーを開発し、この拡張ゲート電極を海底堆積物中に埋め込むことにより、海底堆積物中の間隙水の深度方向の pH 変化を簡便かつ連続的に計測することが可能なマルチチャンネル pH 計測システムを開発することを目的とした。

3. 研究の方法

本研究では、まず、海底堆積物中に埋め込んで使用できる ISFET センサーをアレイ化したマルチチャンネル pH 計測システム(図 1)を開発し、pH 標準液や標準海水を用いてセンサーの pH 応答性、pH 分解能および安定性などの性能評価を行った。次に、この pH 計測システムを沖縄県本部町備瀬海岸の海底に設置し、海洋での実証試験を実施した。

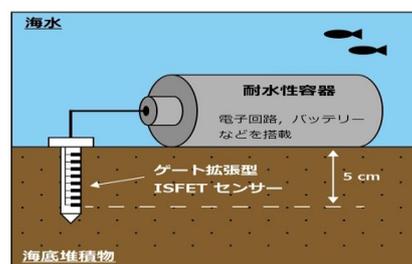


図1 本研究で開発するマルチチャンネル pH計測システムのイメージ

4. 研究成果

(1) 拡張ゲート型 ISFET センサーの作製

ダイシングソーを用いて P 型シリコンウェハを 5mm 角にカットし、電子サイクロトロン共鳴スパッタ装置(ECR)を用いて、シリコンウェハの表面に酸化タンタル(Ta₂O₅)の薄膜(イオン感応膜)を作製した。次に、フレキシブルプリント回路基板の先端に、銀/塩化銀ペーストを用いて、イオン感応膜を形成したシリコンウェハを接続し、シリコンウェハのイオン感応部以外をエポキシ樹脂でモールドした。このフレキシブルプリント回路基板に電界効果トランジスタ(FET)を取り付け、拡張ゲート型 ISFET センサー(図 2)を作製した。



図2 本研究で開発した拡張ゲート型 ISFETセンサー

(2) 拡張ゲート型 ISFET センサーの性能評価

上記で開発した拡張ゲート型 ISFET センサーのイオン感応部、ゲート電位検出部 (Ag/AgCl)、プリアンプ、データロガー、バッテリーおよびコンピュータなどから構成される pH 計測システム(図 3)を構築し、pH 標準液を用いて、開発した ISFET センサーの性能評価を行った。すなわち、開発した ISFET センサーのイオン感応部とゲート電位検出部を一定温度の 3 種類の pH 標準液(pH 4.01, 6.86, 9.18)に順次浸漬し、ゲート電圧の変化を測定した。その結果、開発した ISFET センサーは pH の変化に対して瞬時に応答し、溶液の pH が高くなるとゲート電圧の値も増加す

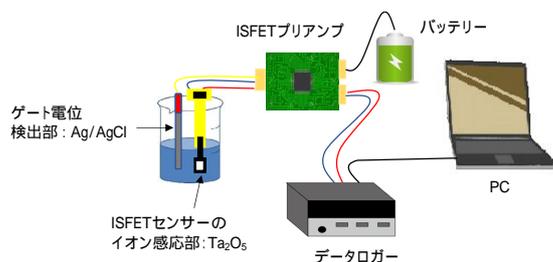


図3 pH計測システムの構成

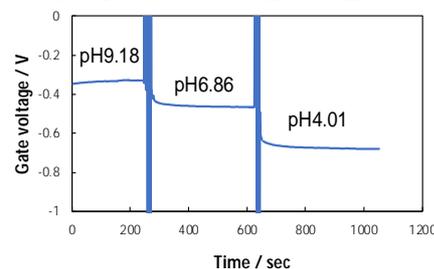


図4 pH標準液にISFETセンサーのイオン感応部を浸漬させたときのセンサー応答

ることがわかった(図 4)。そこで、ゲート電圧値を pH に対してプロットした検量線を作成したところ、相関係数 0.999 の良好な直線性を示す検量線が得られた。このとき、5 回の繰り返し測定における相対標準偏差(RSD)は 0.35~0.71%、10 秒間のノイズの標準偏差の 3 倍と定義したセンサーの pH 分解能は 0.00022 pH と見積もられ、開発した ISFET センサーは市販のガラス電極を用いる pH センサーと同等の性能を有することが確認された。

(3) ISFET アレイセンサーの作製と性能評価

イオン感应部(Ta_2O_5)とゲート電位検出部(Ag/AgCl)を 4 個ずつ有する ISFET アレイセンサー(図 5)を作製し、人工海水[Tris (pH8.15)と AMP (pH6.81)]を用いて、作製した ISFET アレイセンサーの性能を評価した。その結果、いずれのセンサーも pH の変化に対して応答することが確認された。そこで、ISFET 制御用電子回路、データロガーおよびバッテリーを耐水容器に入れ、これを沖縄県本部町備瀬海岸の海底に設置して、海水および海底堆積物中の間隙水の pH を測定した(図 6)。その結果、1 個のセンサーは感应膜の損傷により pH を計測できなかったが、残りの 3 個のセンサーは少なくとも 24 時間連続して pH を計測できることが確認された。しかし、長時間の海水への浸漬により、ゲート電位検出部の Ag/AgCl が劣化することも明らかになった。

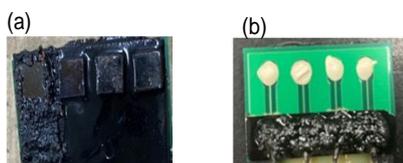


図5 ISFETアレイセンサーの
(a) イオン感应部(Ta_2O_5)と
(b) ゲート電位検出部(Ag/AgCl)



図6 海底に設置したISFETアレイセンサーを用いるマルチチャンネルpH計測システム

(4) カーボンファイバーをゲート電位検出部とする ISFET センサーの作製と性能評価

上記の実海域試験において明らかになったゲート電位検出部の劣化の問題を解決するために、多くの化学物質や夾雑物を含む試料に浸漬しても劣化しない導電性材料として、カーボンファイバーを検討した。すなわち、 Ta_2O_5 をイオン感应部とし、カーボンファイバーをゲート電位検出部とする ISFET センサーを作製し、3 種類の pH 標準液(pH 4.01, 6.86, 9.18)を用いて、作製した ISFET センサーの性能を評価した。その結果、相関係数 0.999 の良好な直線性を示す pH に対する検量線が得られ、感度は 38.7 mV/pH、ヒステリシス誤差は 1.4mV と見積られた。さらに、人工海水(Tris と AMP)を用いてセンサーの校正を行い、備瀬海岸にて採取した実海水の pH を測定したところ、実海水の pH は 8.02 と見積られ、この値は市販のガラス電極を用いる pH センサーで得られた pH 値とよく一致した。これらの結果から、カーボンファイバーをゲート電位検出部に用いることにより、Ag/AgCl よりも長期間安定して海水の pH を計測できることが確認された。

(5) 模擬環境での pH 計測

イオン感应部(Ta_2O_5)とゲート電位検出部(カーボンファイバー)を 4 個ずつ有する ISFET アレイセンサー(図 7)を作製し、これを海砂と海水および海藻を入れた水槽内に設置することにより、模擬環境での海水および海底堆積物中の間隙水の pH 計測を実施した(図 8)。また、ニードル型ガラス製 pH センサーを用いて同様の pH 計測を実施し、従来法との比較検討も行った。その結果、本研究で開発した ISFET アレイセンサーを用いて、海水および堆積物中の鉛直方向の pH プロファイルを連続的に計測できることが確認された。また、海水の pH は堆積物中の間隙水の pH よりも 0.1 程度高いことが明らかになった。

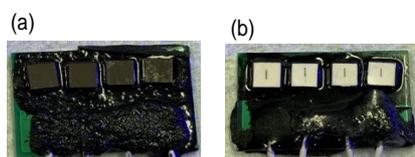


図7 ISFETアレイセンサーの
(a) イオン感应部(Ta_2O_5)と
(b) ゲート電位検出部(カーボンファイバー)

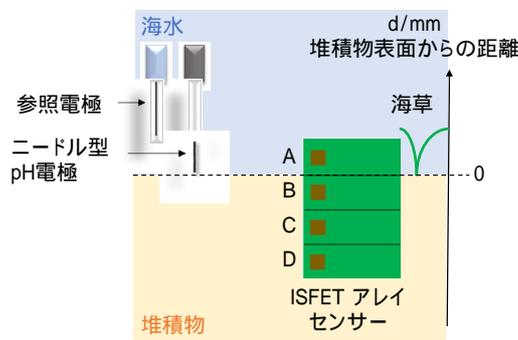


図8 模擬環境での海水および海底堆積物中の間隙水のpH計測方法

(6) 実海域での実証試験

模擬環境での試験により、本研究で開発した ISFET アレイセンサーを用いて深度方向の pH プロファイルを計測できることが確かめられたので、耐水性の密閉容器内に電子回路やバッテリーを入れ、イオン感応部とゲート電位検出部だけが外部に露出したシステムを構築し、このシステムを沖縄県本部町備瀬海岸の海底に設置して、実海域での実証試験を行った(図 9)。その際、ガラス製 pH センサーを用いて同様の pH 計測を実施し、従来法との比較検討も行った。その結果、実海域においても、本センサーを用いて、海水および海底堆積物中の間隙水の鉛直方向の pH プロファイルを連続的に計測できることが確認された(図 10(a))。また、海水の pH は海底堆積物中の間隙水の pH よりも 0.1-0.3 程度高いことが明らかになった(図 10(b))。これは、海底堆積物中では水の循環が少ないため、堆積物中に存在する微生物の呼吸の影響により、二酸化炭素濃度が海中よりも高くなるためと推測される。また、夜間の海水の pH は日中よりも 0.3 程度低くなることも明らかになった(図 10(c))。これは、海草は夜間に光合成を行わないので、夜間は海水中の二酸化炭素濃度が日中よりも高くなるためと推測される。

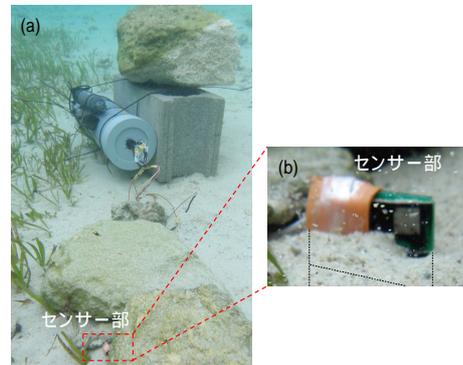


図 9 海底に設置した ISFET アレイセンサーを用いるマルチチャンネル pH 計測システム

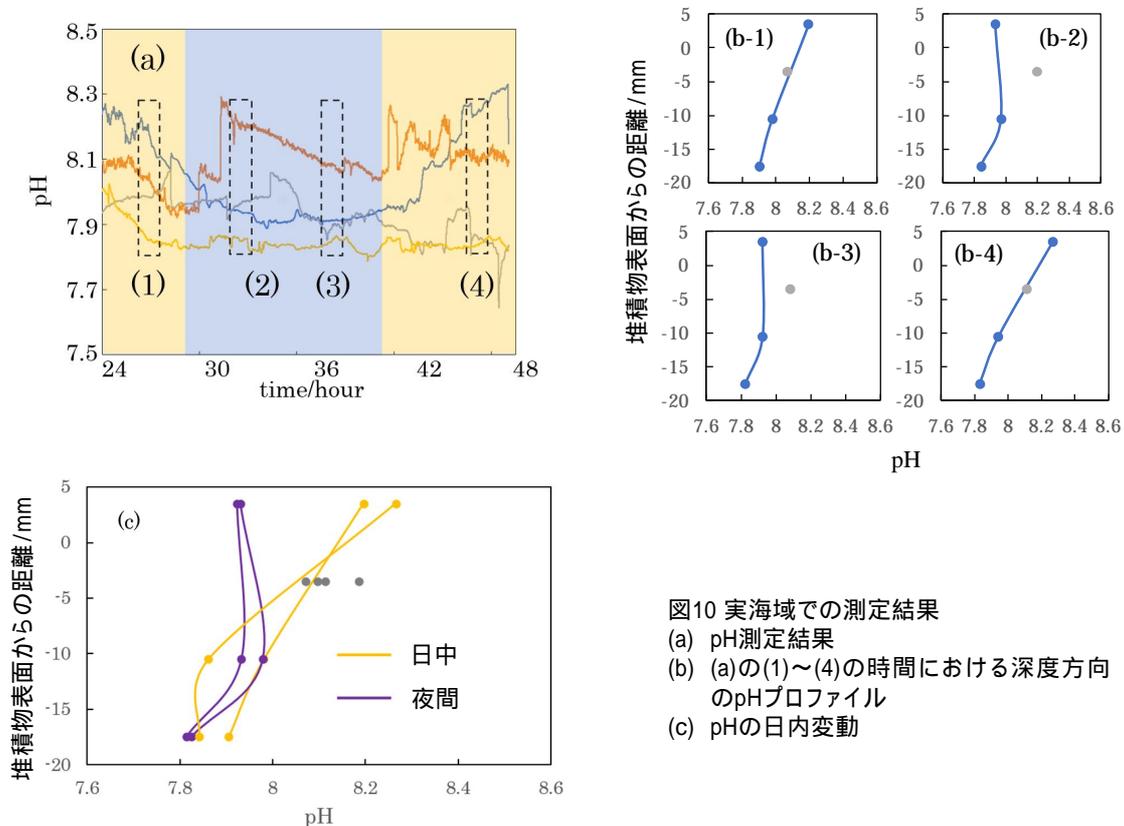


図 10 実海域での測定結果

- (a) pH 測定結果
- (b) (a) の (1)~(4) の時間における深度方向の pH プロファイル
- (c) pH の日内変動

以上のように、本研究では、酸化タンタルをイオン感応膜とし、カーボンファイバーをゲート電位検出部とする ISFET アレイセンサーを開発し、これを用いて、海水および海底堆積物中の間隙水の鉛直方向の pH プロファイルを連続的に計測することに世界で初めて成功した。本研究で開発した ISFET アレイセンサーは、海底堆積物中の間隙水の pH プロファイルを高い分解能で連続的に計測することができるセンサーである。したがって、本センサーが実用化されれば、「海底堆積物中の間隙水の pH プロファイルが短期あるいは長期的にどのように変動するか？」という未知の事象が明らかになり、サンゴ礁の砂地に棲息する海洋生物に対する酸性化の影響や、砂地の溶解速度などに関する新たな知見が得られる。したがって、本研究で開発したセンサーは、海洋での計測技術を飛躍的に発展させるとともに、海洋酸性化に関する研究の進歩に大きく貢献する可能性が高いと考えられる。

< 引用文献 >

1. S. Yamamoto et al., *Limnol. Oceanogr.*, **60**, 229-241, (2015).

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計22件（うち査読付論文 22件 / うち国際共著 5件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Hiroya Murakami, Keisuke Iida, Yuki Oda, Tomonari Umemura, Hizuru Nakajima, Yukihiro Esaka, Yoshinori Inoue, Norio Teshima	4. 巻 39
2. 論文標題 Hydrophilic interaction chromatography-type sorbent prepared by the modification of methacrylate-base resin with polyethyleneimine for solid-phase extraction of polar compounds	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Analytical Sciences	6. 最初と最後の頁 375-381
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/s44211-022-00250-	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Haifeng Lin, Nahoko Kasai, Ning Xu, Hizuru Nakajima, Shungo Kato, Hulie Zeng, Jin-Ming Lin, Sifeng Mao, Katsumi Uchiyama	4. 巻 218
2. 論文標題 Localized hydrodynamic flow confinement assisted nanowire sensor for ultrasensitive protein detection	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Biosensors and Bioelectronics	6. 最初と最後の頁 114788
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.bios.2022.114788	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する
1. 著者名 Shuhui Si, Tsuguhiro Kaneko, Lingrui Xu, Huan Luo, Hizuru Nakajima, Nahoko Kasai, Katsumi Uchiyama, Danhong Wu, Hulie Zeng	4. 巻 218
2. 論文標題 Microsphere amplified fluorescence and its application in sensing	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Biosensors and Bioelectronics	6. 最初と最後の頁 114791
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.bios.2022.114791	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する
1. 著者名 Yuki Nishitani, Nahoko Kasai, Hizuru Nakajima, Shungo Kato, Sifeng Mao, Katsumi Uchiyama	4. 巻 58
2. 論文標題 Regioselective fabrication of gold nanowires using open-space laminar flow for attomolar protein detection	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Chemical Communications	6. 最初と最後の頁 4308-4311
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1039/d2cc00507g	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Atsushi Shoji, Miyu Nakajima, Kazuhiro Morioka, Eiji Fujimori, Tomonari Umemura, Akio Yanagida, Akihide Hemmi, Katsumi Uchiyama, Hizuru Nakajima	4. 巻 240
2. 論文標題 Development of a surface plasmon resonance sensor using an optical fiber prepared by electroless displacement gold plating and its application to immunoassay	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Talanta	6. 最初と最後の頁 123162
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.talanta.2021.1231	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Yukiko Moriiwa, Natsu Oyama, Ryo Otsuka, Kazuhiro Morioka, Atsushi Shoji, Akio Yanagida	4. 巻 252
2. 論文標題 Development of a colorimetric assay for quantification of favipiravir in human serum using ferrihydrite	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Talanta	6. 最初と最後の頁 123827
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.talanta.2022.1238	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Hajime Kayanne, Takeshi Hara, Nobuaki Arai, Hiroya Yamano, Hiroyuki Matsuda	4. 巻 12
2. 論文標題 Trajectory to local extinction of an isolated dugong population near Okinawa Island, Japan	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 SCIENTIFIC REPORTS	6. 最初と最後の頁 6151
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-022-09992-2	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 茅根創, 山本将史, 朝海敏昭	4. 巻 70
2. 論文標題 海洋における炭酸系計測	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 分析化学	6. 最初と最後の頁 301-308
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2116/bunseki.kagaku.70.301	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 S. Yamamoto, H. Kayanne, N. Fujita, Y. Sato, H. Kurihara, S. Harii, A. Hemmi, A.G. Dickson	4. 巻 221
2. 論文標題 Development of an automated transportable continuous system to measure the total alkalinity of seawater	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Talanta	6. 最初と最後の頁 121666
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.talanta.2020.121666	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 K. Morita, K. Morioka, H. Nakajima, K. Uchiyama, A. Yanagida, A. Shoji	4. 巻 37
2. 論文標題 Film-thickness-controllable system for preparing silver nanofilms through absorbance monitoring of the thickness during a silver-mirror reaction	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Analytical Sciences	6. 最初と最後の頁 625-631
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2116/analsci.20p400	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 森岡和夫, 中嶋秀	4. 巻 557
2. 論文標題 マイクロ化学分析システム (μTAS)	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 ぶんせき	6. 最初と最後の頁 208-214
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 森岡和夫, 中嶋秀	4. 巻 69
2. 論文標題 オンラインでの定量分析を指向した小型分析装置	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 化学と教育	6. 最初と最後の頁 210-213
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 L. Zhou, N. Kasai, H. Nakajima, S. Kato, S. Mao, K. Uchiyama	4. 巻 93
2. 論文標題 In situ single-cell stimulation and real-time electrochemical detection of lactate response using a microfluidic probe	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Analytical Chemistry	6. 最初と最後の頁 8680-8686
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.analchem.1c01054	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 X. He, T. Kaneko, H. Luo, H. Cong, H. Nakajima, H. Zeng	4. 巻 343
2. 論文標題 A simple and efficient approach to sensitize the fluorescence detection to microwell plate	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Sensors and Actuators B	6. 最初と最後の頁 130070
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.snb.2021.130070	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 K. Morioka, M. Osashima, N. Azuma, K. Qu, A. Hemmi, A. Shoji, H. Murakami, N. Teshima, T. Umemura, K. Uchiyama, H. Nakajima	4. 巻 238
2. 論文標題 Development of a fluorescence microplate reader using an organic photodiode array with a large light receiving area	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Talanta	6. 最初と最後の頁 122994
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.talanta.2021.122994	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 R. Ishii, K. Morioka, T. Mizumoto, N. Yamasaki, A. Hemmi, A. Shoji, H. Murakami, N. Teshima, T. Umemura, K. Uchiyama, H. Nakajima	4. 巻 34
2. 論文標題 Development of portable fluorescence microplate reader equipped with indium tin oxide glass heater for loopmediated isothermal amplification	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Sensors and Materials	6. 最初と最後の頁 971-985
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.18494/SAM.2022.3618	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 熊谷直也, 森岡和夫, 中村好花, 千明大悟, 北谷菜津美, 加藤祐史, 東海林敦	4. 巻 70
2. 論文標題 ジャングルジム型構造体を抗体固定化媒体とする簡易ELISAシステムの開発	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 分析化学	6. 最初と最後の頁 721-728
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2116/bunsekikagaku.70.721	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 守岩友紀子, 木村ももこ, 小田彩夏, 森岡和夫, 東海林敦, 柳田顕郎	4. 巻 71
2. 論文標題 イオン選択性電極を用いる薬物-金属間相互作用の迅速スクリーニング法の開発	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 分析化学	6. 最初と最後の頁 69-75
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2116/bunsekikagaku.71.69	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 A. Shoji, H. Miki, M. Kikkawa, M. Yamamoto, Y. Moriwa, K. Morioka, A. Yanagida	4. 巻 34
2. 論文標題 A Measurement Method for Cytochrome P450 3A4 (CYP3A4)-mediated Oxidation of Cholesterol in Lipid Membranes	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Sensors and Materials	6. 最初と最後の頁 951-960
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.18494/SAM3598	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Qu Kuizhi, Morioka Kazuhiro, Nakamura Konoka, Yamamoto Shoji, Hemmi Akihito, Shoji Atsushi, Nakajima Hizuru	4. 巻 191
2. 論文標題 Development of a C-reactive protein quantification method based on flow rate measurement of an ink solution pushed out by oxygen gas generated by catalase reaction	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Microchimica Acta	6. 最初と最後の頁 24 ~ 24
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00604-023-06108-z	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Ryo Ishii, Sota Hirose, Shoji Yamamoto, Kazuhiro Morioka, Akihide Hemmi, Hizuru Nakajima	4. 巻 in press
2. 論文標題 Development of Portable Multi-fluorescence Detection System Using Indium Tin Oxide Heater for Loop-mediated Isothermal Amplification	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Sensors and Materials	6. 最初と最後の頁 in press
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 He Xinning, Weng Beilu, Benma Lamu, Zou Yan, Nakajima Hizuru, Zeng Hulie	4. 巻 in press
2. 論文標題 Highly precise digital polymerase chain reaction based on inkjet printer	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Microchemical Journal	6. 最初と最後の頁 110825 ~ 110825
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.microc.2024.110825	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

〔学会発表〕 計28件 (うち招待講演 1件 / うち国際学会 3件)

1. 発表者名 伊藤真奈, 東海林敦, 森岡和大, 辺見彰秀, 山本将史, 中嶋秀
2. 発表標題 エクソソーム膜タンパク質計測のための人工生体膜チップの作製方法の検討
3. 学会等名 第3回生体膜デザインコンファレンス
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 伊藤真奈, 東海林敦, 森岡和大, 辺見彰秀, 山本将史, 中嶋秀
2. 発表標題 脂質二分子膜に包埋させたグラミシジンのマルチチャネル活性評価
3. 学会等名 日本分析化学会第71年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 遠山万理乃, 河西奈保子, 中嶋秀, 加藤俊吾, 毛思鋒, 内山一美
2. 発表標題 4 - ノズル化学ペンを用いる単一細胞分化法の開発
3. 学会等名 日本分析化学会第71年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 小川良太, 中嶋秀, 山本将史, 鈴木拳太, 森岡和大, 茅根創, 武田智子, 辺見彰秀
2. 発表標題 マルチチャンネル型 ISFET pHセンサーの開発及び砂地堆積物での鉛直方向pH分布の観測結果
3. 学会等名 日本サンゴ礁学会第25回大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 廣瀬颯太, 石井領, 森岡和大, 山本将史, 中嶋秀
2. 発表標題 LAMP法を用いる手のひらサイズの遺伝子検査装置の開発
3. 学会等名 令和4年度日本分析化学会関東支部若手交流会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 村野唯人, 森岡和大, 山本将史, 中嶋秀
2. 発表標題 CD型電気化学分析システムの開発とmiRNA分析への応用
3. 学会等名 令和4年度日本分析化学会関東支部若手交流会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 小山大輝, 伊藤真奈, 東海林敦, 森岡和大, 辺見彰秀, 山本将史, 中嶋秀
2. 発表標題 2次元SPRセンサーを用いるエクソソーム分析法の開発
3. 学会等名 第4回 生体膜デザインコンファレンス
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 香川雅和, 長嶋萌子, 東奈穂, 森岡和大, 東海林敦, 辺見彰秀, 村上博哉, 手嶋紀雄, 梅村知也, 内山一美, 中嶋秀
2. 発表標題 ビベットチップを用いる酵素免疫測定法の開発
3. 学会等名 第57回フローインジェクション分析講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 山中俊介, 中島美優, 森岡和大, 東海林敦, 辺見彰秀, 村上博哉, 手嶋紀雄, 梅村知也, 内山一美, 中嶋秀
2. 発表標題 キャピラリーを用いる表面プラズモン共鳴センサーの開発
3. 学会等名 第57回フローインジェクション分析講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 伊藤真奈, 森岡和大, 辺見彰秀, 村上博哉, 手嶋紀雄, 梅村知也, 内山一美, 中嶋秀, 東海林敦
2. 発表標題 脂質二分子膜に包埋させたグラミシジンのマルチチャネル活性評価
3. 学会等名 第57回フローインジェクション分析講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 曲奎智, 森岡和大, 東海林敦, 辺見彰秀, 村上博哉, 手嶋紀雄, 梅村知也, 内山一美, 中嶋秀
2. 発表標題 オンチップ流量計測に基づく新規定量分析法の開発
3. 学会等名 第57回フローインジェクション分析講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 吉田貴裕, 森岡和大, 辺見彰秀, 東海林敦, 村上博哉, 手嶋紀雄, 梅村知也, 内山一美, 中嶋秀
2. 発表標題 CD型マイクロチップを用いる遺伝子検査のための温度制御方法の検討
3. 学会等名 第57回フローインジェクション分析講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 石井領, 森岡和, 水本拓哉, 山崎夏実, 辺見彰秀, 東海林敦, 村上博哉, 手嶋紀雄, 梅村知也, 内山一美, 中嶋秀
2. 発表標題 ITOガラスヒーターを用いる携帯型遺伝子検査装置の開発
3. 学会等名 第57回フローインジェクション分析講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 石井領, 香川雅和, 伊藤真奈, 山中俊介, 吉田貴裕, 曲奎智, 中嶋秀
2. 発表標題 オンサイト測定を指向したポータブル分析装置の開発
3. 学会等名 令和3年度分析イノベーション交流会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 森岡和大
2. 発表標題 3D プリンティングを基軸とする分析技術・装置の開発
3. 学会等名 令和3年度分析イノベーション交流会（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 K. Morioka, H. Sato, K. Morita, A. Hemmi, H. Nakajima, A. Shoji, A. Yanagida
2. 発表標題 On-chip sample injection system with a small-sized 6-port valve for micro-flow-injection analysis
3. 学会等名 The International Chemical Congress of Pacific Basin Societies (Pacifichem 2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Mao Sifeng, Hu Xiaohon, Kasai Nahoko, Kato Shungo, Nakajima Hizuru, Uchiyama Katsumi
2. 発表標題 Inclined push-pull device for single cell stimulation
3. 学会等名 第83回分析化学討論会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Chenhan Peng, Nahoko Kasai, Hizuru Nakajima, Shungo Kato, Katsumi Uchiyama, Sifeng Mao
2. 発表標題 Development of chip-type Au nanowire sensor based on micro-chemical pen technology
3. 学会等名 第83回分析化学討論会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 羅歆, 河西奈保子, 中嶋秀, 加藤俊吾, 内山一美, 毛思鋒
2. 発表標題 Local pH control by using hydrodynamically confined flow
3. 学会等名 第83回分析化学討論会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 小山大輝, 東海敦, 森岡和大, 山本将史, 中嶋秀
2. 発表標題 SPRセンサーによるエクソソームと人工生体膜の膜融合の観測
3. 学会等名 令和5年度東日本分析化学若手交流会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Mao Sifeng, Zhou Lin, Kasai Nahoko, Nakajima Hizuru, Kato Shungo, Uchiyama Katsumi
2. 発表標題 Development of microchemical pen technology for single cell analysis
3. 学会等名 日本分析化学会第72年会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 羅歆, 河西奈保子, 中嶋秀, 加藤俊吾, 毛思峰, 内山一美
2. 発表標題 Localized lipid membrane fusion controlled by a chemical pen system
3. 学会等名 日本分析化学会第72年会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Peng Chenhan , Kasai Nahoko , Nakajima Hizuru , Kato Shungo , Mao Sifeng , Katsumi Uchiyama
2. 発表標題 Gold nanowires fabrication with a sandwiched laminar flow system for bio-sensing
3. 学会等名 日本分析化学会第72年会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 小川良太 , 山本将史 , 鈴木拳太 , 森岡和大 , 辺見彰秀 , 武田智子 , 茅根創 , 中嶋秀
2. 発表標題 マルチチャンネル型 ISFET-pHセンサーを用いる海底堆積物中の間隙水のpH測定
3. 学会等名 日本分析化学会第72年会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 廣瀬颯太 , 石井領 , 森岡和大 , 山本将史 , 辺見彰秀 , 中嶋秀
2. 発表標題 LAMP法を用いる携帯型遺伝子検査装置の開発
3. 学会等名 日本分析化学会第72年会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 村野唯人 , 森岡和大 , 山本将史 , 辺見彰秀 , 中嶋秀
2. 発表標題 CD型電気化学分析システムの開発とピロリン酸検出への応用
3. 学会等名 日本分析化学会第72年会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Kazuhiro Morioka, Toshimasa Miyawaki, Kenta Suzuki, Nori Fujita, Shoji Yamamoto, Hizuru Nakajima, Akihide Hemmi, Hajime Kayanne
2. 発表標題 Microfluidic-Based ISFET Sensor Using Carbon Fiber Tape for Monitoring of Seawater pH
3. 学会等名 PITTCON2024 (国際学会)
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 Sota Hirose, Ryo Ishii, Shoji Yamamoto, Kazuhiro Morioka, Akihide Hemmi, Hizuru Nakajima
2. 発表標題 Development of a portable genetic testing device based on fluorescence detection using the LAMP method
3. 学会等名 PITTCON2024 (国際学会)
4. 発表年 2024年

〔図書〕 計0件

〔出願〕 計4件

産業財産権の名称 固体半導体イオンセンサー	発明者 茅根創, 辺見彰秀	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特願2021-144727	出願年 2021年	国内・外国の別 国内

産業財産権の名称 マイクロノズル装置	発明者 内山一美, 毛思鋒, 河西奈保子, 周琳, 中嶋秀, 加藤俊吾	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特願2021-103735	出願年 2021年	国内・外国の別 国内

産業財産権の名称 マイクロノズル装置	発明者 内山一美, 毛思鋒, 河西奈保子, 林海 鋒, 中嶋秀, 加藤俊	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特願2021-137979	出願年 2021年	国内・外国の別 国内

産業財産権の名称 マイクロノズル装置	発明者 内山一美, 毛思鋒, 河西奈保子, 羅歆, 中嶋秀, 加藤俊吾	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特願2023-137073	出願年 2023年	国内・外国の別 国内

〔取得〕 計0件

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	茅根 創 (Kayanne Hajime) (60192548)	東京大学・大学院理学系研究科(理学部)・教授 (12601)	
研究分担者	森岡 和大 (Morioka Kazuhiro) (70794056)	東京薬科大学・薬学部・助教 (32659)	

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究協力者	山本 将史 (Yamamoto Shoji)	東京都立大学・都市環境科学研究科・特任教授	
研究協力者	辺見 彰秀 (Hemmi Akihide)	(有)メビウスアドバンステクノロジー・代表取締役社長	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関