

令和 2 年 6 月 30 日現在

機関番号：14301

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2016～2019

課題番号：16K18779

研究課題名(和文)簡易抽出カラムと金属メッシュセンサを用いた簡便な細菌計測技術の開発

研究課題名(英文)Development of simple techniques of bacterial measurement by using the extraction column and the metallic mesh sensor

研究代表者

鈴木 哲仁 (Suzuki, Tetsuhito)

京都大学・農学研究科・助教

研究者番号：00723115

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円

研究成果の概要(和文)：細菌検査の前処理ツールとして高性能な分離・反応担体として知られるポリマーモノリスを用いた簡易抽出カラムの製作を行った。試薬操作に一般的にもちいられるピペットチップをカラム材として用い、製造条件を最適化することで、操作性の高い抽出カラムを作製することができた。また、抗体を固定して選択的に細菌を抽出できることを確かめた。

また、簡易検出ツールとして金属メッシュによる細菌検出能の評価を行った。細菌数に応じて高感度かつ定量的な周波数特性のシフトが確認できた。また、ポリマーモノリス一体型の金属メッシュを作製したところ、従来の方法よりも感度を8.5倍向上させることに成功した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

食品中のサルモネラ菌、大腸菌などの細菌は、国内での食中毒の大きな要因となっている。そのため厚生労働省は食中細菌数の基準とその計測のための公定法を定めているが、多くは培地により数日間の培養を要する。公定法の他にも、DNAを増幅する方法や蛍光標識を添加して検出する方法等が開発され、高精度に定量することが可能になってきているものの、前処理が煩雑であったり、計測に時間や熟練を要することが知られている。そのため、検査プロセス全体を迅速かつ簡便に実施できる技術が切望されている。本研究は、前処理にポリマーモノリス、検出に金属メッシュを用い、各プロセスを簡便かつ迅速に行えるツールの開発を目指したものである。

研究成果の概要(英文)：A simple extraction column was manufactured by using a polymer monolith, known as a high-performance separation/reaction material as a pretreatment tool for bacterial tests.

Use of pipette tip, which is generally used for reagent manipulation, for a column material and optimization of the manufacturing conditions achieved easy operation of the extraction column. In addition, it was confirmed that bacteria could be selectively extracted by immobilizing the antibody.

Second, ability of bacteria detection by using metallic mesh was evaluated as a simple detection tool. A highly sensitive and quantitative shift of the frequency property could be confirmed depending on the number of bacteria. Moreover, when a metallic mesh was integrated with a polymer monolith, the sensitivity was successfully improved 8.5 times as compared with the conventional method.

研究分野：バイオセンシング

キーワード：細菌検査 簡易抽出 多孔質高分子 金属メッシュセンサ

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

食品中のサルモネラ菌、大腸菌などの細菌は、口から取り込まれて腸管内で増殖して下痢・嘔吐を引き起こし、毒性の強いものであれば死に至る例も報告されている。そのため厚生労働省は食中細菌数の基準とその計測のための公定法を定めているが、多くは培地により数日間培養を要する。また公定法の他にも、DNAを増幅する方法や蛍光標識を添加して検出する方法等が開発され、高精度に定量することが可能になってきているものの、手間や熟練を要するという問題がある。また、「検出」のみならず食品などの検体から目的の物質を分離する「前処理」も、遠心分離や濾過などを繰り返すことから多大な労力と時間を要する。そのため、「前処理」ならびに「検出」をそれぞれ簡便かつ迅速に実現する技術が求められている。

これまでに、様々な微量物質を簡便かつ迅速に検出できる新しいセンサとして、金属薄膜に周期的に開口をならべた「金属メッシュ」を用いたセンサ開発として用いる研究が進められてきた。このセンサは、金属の周期構造のサイズと同程度の波長の電磁波を入射した際に、共鳴が生じて金属表面や開口部に電場が局在する現象を利用したものであり、この部分に誘電体が付着すると敏感に透過スペクトルが変化するため、非標識センサとして利用できる。従来、同様の共鳴現象を用いた表面プラズモン共鳴 (SPR) センサが実用化されているが、使える光の波長が可視域に限定され、電場の局在領域が狭くタンパク質程度の大きさの物質しか検出できない。しかし、金属メッシュを用いた方法では、原理的に周期構造のサイズによって共鳴のスケールや波長をシームレスに制御することができる。そのため筆者らはこれまで、局在電場のサイズスケールと対象物の大きさを合わせることでタンパク質や花粉などを高感度に検出することができることを明らかにしてきた。

一方で、従来、細菌検査のフローでは「検出」のみならず、食品などの検体から目的の物質を分離する「前処理」にも多大な労力と時間を要することが課題であった。筆者は、夾雑物を含まれた混合液から目的の微量物質を抽出するツールとして、モノリスと呼ばれる三次元的に連通した空孔を有する多孔体ポリマーの利用可能性を検証してきた。モノリスは本来、多孔質ポリマーとして HPLC カラムに充填する担体として用いられており、一般的な粒子充填型のカラムと比べて流体透過性と物質移動効率に優れており、高速かつ高性能な分離・反応を実現できるため、近年注目を集めている。また骨格部に Pd 粒子を固定化させ、フロー系有機合成リアクターとして実用化されている。筆者は骨格部に同様の化学修飾を施して抗体等を固定することで、物質選択性を付与することができている。またこのモノリスを、金属メッシュの中で特に電場が集中して感度が高い開口部に充填することで、対象物を固定する足場として機能し、感度の向上も可能である。

2. 研究の目的

本研究では、これまで手間や時間を要してきた細菌の前処理と計測を簡便に実施する手法の構築を目指し、(1) ポリマーモノリスと呼ばれる三次元的に連通した空孔を有する多孔体ポリマーを担体として用いた簡易抽出カラムの開発、ならびに(2) 金属メッシュの透過特性を用いた細菌計測センサの開発を行った。さらに、遠赤外領域でポリマーモノリスの透過性が高いことが確認できたため、金属メッシュの中で特に電場が局在する開口部にポリマーモノリスを充填して対象物を固定する足場として利用し、センサの高感度化の方策を検証した。

3. 研究の方法

本研究は以下の2つの項目についてそれぞれ実施した。

(1) ポリマーモノリスを用いた細菌の簡易抽出カラムの開発

エポキシ系主成分、溶媒、反応促進剤、硬化剤の試薬をスターラーで攪拌しながら順に混合し、超音波洗浄機で10分間脱気処理をした。また120 μL ずつ1000 μL のピペットチップに注入し、80°Cに設定したドライオーブンで48時間加熱・乾燥させることで液体のモノリスを固体化させた。プロトコル上の濃度や温度は、操作性の高い抽出カラムを実現するために、溶媒や細菌に対し適度な透過性をもつように最適な条件を検証した。

続いて、ポリマーモノリス充填カラムに選択的な着脱機能を付与するために、ポリマー骨格へ抗大腸菌抗体を化学的に修飾し、目的細菌を特異的に捕捉する機能を付与した。具体的には、モノリスの骨格部に抗体の足場となるリンカー (パラジウム粒子、チオールピオチン、アビジン)、ピオチン標識抗体の順で反応させ順に固定化した。検出対象である細菌懸濁液を投入して抗体で補足したのち、溶媒で洗浄し、市販の剥離剤 (ストリッピングバッファー) で抗体と細菌の結合を外して、抽出液として回収した。実験はモデルサンプルとして大腸菌 (*Escherichia coli* W3110) を用いて抽出を行い、顕微鏡観察や培養法により菌数を計測して抽出効率を評価した。また食品中夾雑物の影響を評価するために、カゼイン混合溶液での回収率評価を行った。最後に、実際に牛肉を用い、セルスプレッダーを用いて大腸菌を肉表面に播種し、既存法でも用いられるふき取り用スワブで回収した大腸菌をポリマーモノリスカラムに通し、週出効率の評価を行った。

(2) 金属メッシュを用いた細菌計測実験

①金属メッシュを用いた細菌の定量評価

金属メッシュ表面に付着した細菌の定量評価を行うため、濃度の異なる大腸菌懸濁液各 5 mL を調製して直径 13 mm の親水性ポリテトラフルオロエチレン (PTFE) 製メンブレンフィルタで濾過し、金属メッシュ表面に密着させて透過測定を行った。金属メッシュは事前に電磁界解析により、センサの感度領域 (局在電場領域) と対象物のサイズが対応するように検証し、開口間隔 26 μm 、開口サイズ 18 μm 、厚み 6 μm のものを用いた。測定はフーリエ変換型遠赤外分光光度計 FT-FIR (FARIS-1S, 日本分光) により周波数分解能 60 GHz、積算回数 50 回として測定を行った。

②多孔質ポリマー充填型金属メッシュによる感度増強策の検討

以下のように、ポリマーモノリスを開口内部に充填した一体型の金属メッシュを作成し、感度の高い部位に細菌を固定することで高感度化する手法を検討した。まず、開口部のモノリス自体がもつ吸収スペクトルから、十分な電磁波透過性が得られる周波数帯で動作する金属メッシュを選定した。ポリマーモノリス担体に、ここにビオチンを修飾して反応層を形成し、ビオチン-ストレプトアビジンの特異的結合の定量を行った。さらに、オボアルブミン抗体を固定して、抗原の定量性を検証した。

4. 研究成果

(1) ポリマーモノリスを用いた細菌の簡易抽出カラムの開発

図 1 に作成したポリマーモノリスカラムの外観と、カラム内部の電子顕微鏡画像を示す。試薬操作に一般的にもちいられるピペットチップをカラム材として用いることで、操作性の高い抽出カラムを作製することができた。また、ポリマー形成のプロトコルを検証した結果、ポリマー形成時の温度が低いほどモノリス内部の空洞が大きくなり、60 $^{\circ}\text{C}$ で加熱した場合 5~10 μm 程度、100 $^{\circ}\text{C}$ では 5 μm 以下のサイズの貫通孔が形成されることが確認できた。また硬化剤の割合を減らすと、空隙部分の割合が減少した。大腸菌のサイズが 2~3 μm であることを考慮し、最適なプロトコルを選定すれば、対象物の大きさに適したポリマーの形成が可能であることが確かめられた。モノリスの厚みならびに直径を変えたときに、回収率と透水速度に及ぼす影響をそれぞれ図 2、図 3 に示す。カラムのポリマーの厚みが薄く直径が大きいほど、回収率と透水速度ともに増加し、細菌の詰まりが少なく溶媒の抵抗も低く流すことができることが確かめられた。

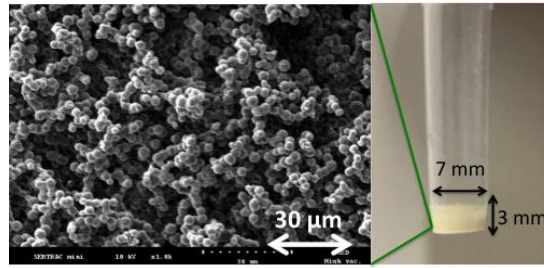


図 1 モノリスの内部構造と外観

図 2 と図 3 は、ポリマー厚みと回収率・透水速度の関係、および直径と回収率・透水速度の関係をそれぞれ示すグラフである。

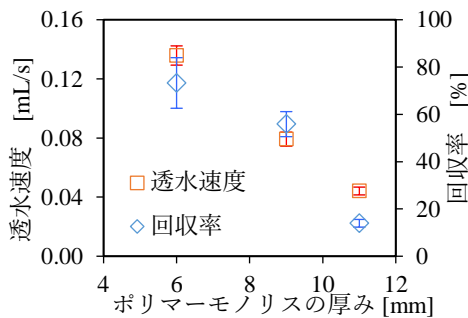


図 2 ポリマー厚と回収率・透水速度の関係

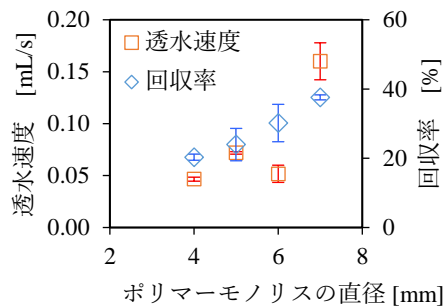


図 3 直径と回収率・透水速度の関係

次に、抗体固定した抽出カラムに大腸菌懸濁液 (10^4 , 10^5 , 10^6 cell/mL) 0.1 mL を注入し、抽出を行った結果を図 4 に示す。ここで、懸濁液を注入して抗体固定されずに流れ出た大腸菌を濾液 A 中の菌数、後に剥離剤により抗体から剥がして回収した大腸菌を濾液 B 中の菌数として計測し、懸濁液中の菌数 (投入数) に対する割合を算出した。まず菌濃度が 10^4 cell/mL 以下であれば、カラム内へのロス (詰まり) なく回収できることが確認できた。抗体により特異的に回収できる菌数は、全体の 16.3% となり、剥離剤により死滅した菌がいたことを考えても菌数としては十分に確認できたが、菌数が増えるほど回収率が下がる結果となった。未回収の細菌の位置を確認するため、大腸菌を蛍光染色してモノリスの断面

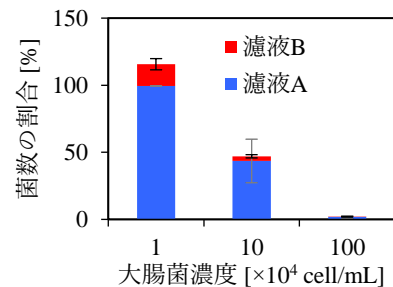


図 4 大腸菌濃度と濾液内菌数

を顕微鏡観察したところ、上流側、壁面近くに多く残留しており、菌数が多いと洗浄やストリッピングでも除去しきれない菌が残りやすいことが明らかになった。次に食品中夾雑物の影響を評価するために、カゼインを0.3%加えた結果、回収率が26%から2.2%に減少した。カゼインはブロッキング剤としても利用されており、抗体反応などに影響した可能性が考えられる。牛肉表面から回収した場合も回収率が下がる結果となったため、検体の夾雑物をなるべく少なく抑えることで、回収率を上げられることが示唆された。

(2) 金属メッシュを用いた細菌計測実験

① 金属メッシュを用いた細菌の定量評価

金属メッシュを用いて得られた透過スペクトル、ならびに1 mm²あたりの大腸菌数と周波数シフト量の関係を図5に示す。大腸菌数が増えるとともに周波数シフトも増加する傾向が確認できた。一般に大腸菌1体の重量は1 pgと見積られることから今回の検出限界を概算すると、最小検出菌数は 1.5×10^5 cells/mm²、乾燥重量で45 ng/mm²と算出された。一方で、フィルタ上に濾過されたの菌は金属メッシュ無しで透過測定しても有意な差は見られなかった。すなわち、金属メッシュをセンサとして利用することで、波長が数十μmの電磁波でも、数百ngもの微量かつ微小な対象物を高感度に測定できたことを意味する。細菌固定に用いたメンブレンフィルタはろ過用途のほか、ウェスタンブロットなどの分析の基材にも広く用いられており、これらを非標識で簡便かつ迅速に検出できる可能性も見出された。

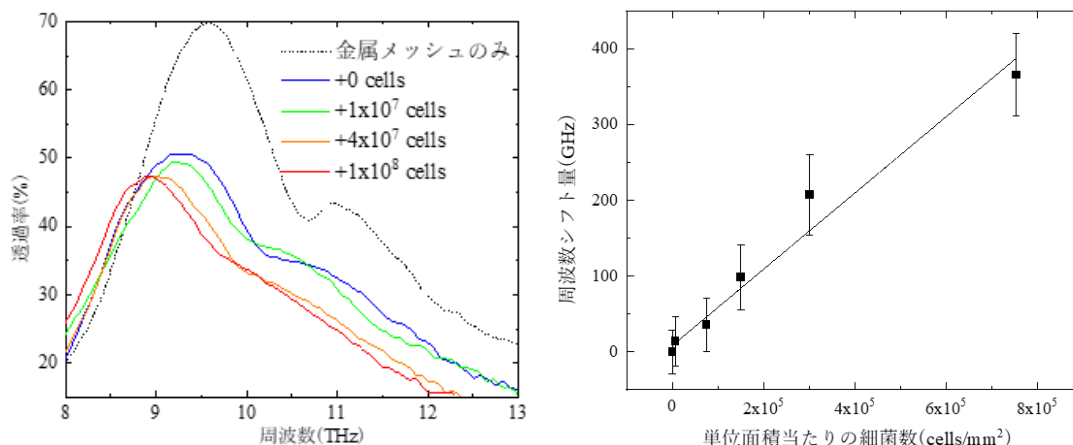


図5 大腸菌数に応じた金属メッシュの周波数シフト(左:透過スペクトル、右:周波数シフト量)

② 多孔質ポリマー充填型金属メッシュによる感度増強策の検討

細菌抽出カラムに用いたモノリスポリマー自体の透過特性を測定したところ、テラヘルツ帯で吸収と屈折率がともに小さいことが確認できた。そこでそのため、予め金属メッシュの開口内部にポリマーモノリスを充填し、表面修飾して反応層を設け、ビオチン-ストレプトアビジン結合の定量を行った。作成したポリマーモノリス一体型金属メッシュの顕微鏡画像と、計測結果を図6に示す。金属メッシュ表面に直接、反応層を設けて直接固定する従来の方法と比べ、周波数シフト量は8.5倍となり、感度向上が認められた。また、実際に抗体を固定してオボアルブミンの定量評価を行ったところ、既存のELISA法よりも感度は劣るもののダイナミックレンジの広い検出ができ、選択的な細菌検出への応用可能性が示された。

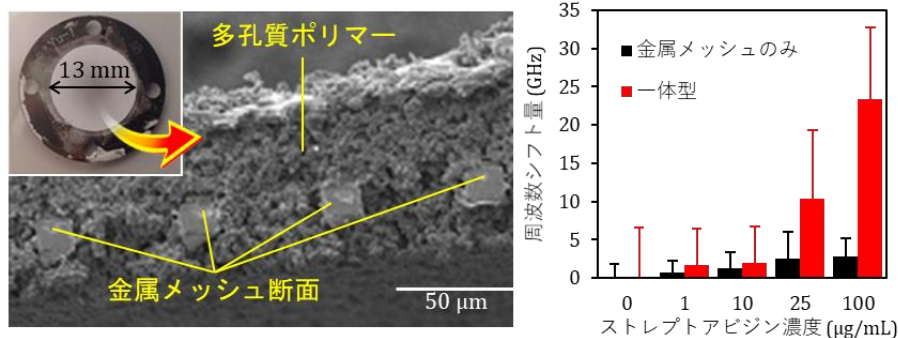


図6 ポリマーモノリス一体型金属メッシュ(左:顕微鏡画像、右:定量実験結果)

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計22件（うち査読付論文 3件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 東健喜, 鈴木哲仁, 白神慧一郎, 小川雄一, 近藤直	4. 巻 128
2. 論文標題 免疫磁気ビーズ法を用いた細菌抽出効率の検証	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 関西農業食料工学会会報	6. 最初と最後の頁 -
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 無
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 鈴木哲仁	4. 巻 82
2. 論文標題 光を用いた微生物検査技術の展望	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 農業食料工学会誌	6. 最初と最後の頁 -
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 無
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 本田侑也, 小川雄一, 近藤直, 鈴木哲仁	4. 巻 126
2. 論文標題 遠心分離と磁気ビーズを用いた牛乳中細菌の抽出	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 農業食料工学会関西支部報	6. 最初と最後の頁 58
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 無
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 河崎貴哉, GaoYuan, 小川雄一, 近藤直, 満仲健, 鈴木哲仁	4. 巻 126
2. 論文標題 サブテラヘルツ近接センサを用いた粒子測定における感度分布の評価	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 農業食料工学会関西支部報	6. 最初と最後の頁 60
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 無
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 鈴木哲仁, 小川雄一, 近藤直	4. 巻 -
2. 論文標題 ポリマーモノリスカラムを用いた大腸菌の簡易抽出	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 2019農食施設CIGR IV国際大会講演要旨	6. 最初と最後の頁 160
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 無
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 Hiroki Fukuda, Tetsuhito Suzuki, Naoshi Kondo, Yuichi Ogawa	4. 巻 -
2. 論文標題 Efficient Filtering of Live Escherichia coli by Using 60 GHz CMOS Sensor	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proceedings of the 2019 International Joint Conference on JSAM and SASJ, and 13th CIGR VI Technical Symposium joining FWFNWG and FSWG Workshops	6. 最初と最後の頁 4-1015-C-02
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 無
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 鈴木哲仁, 小川雄一	4. 巻 -
2. 論文標題 テラヘルツ帯近接センサを用いた生体試料センシング	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 レーザー学会学術講演会第 38 回年次大会講演予稿集	6. 最初と最後の頁 F525p 01
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 無
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 鈴木哲仁	4. 巻 -
2. 論文標題 テラヘルツ波の波長と透過性を利用した簡便なセンサの開発	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 京都バイオ計測センター研究交流発表会 2018 ~ バイオ計測によるネットワーク形成を目指して ~ 講演要旨集	6. 最初と最後の頁 3
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 無
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 Suzuki Tetsuhito, Ogawa Yuichi	4. 巻 10756
2. 論文標題 Near field sub-THz array sensor for cell detection	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Proceedings of SPIE	6. 最初と最後の頁 1-6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1117/12.2322133	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 鈴木哲仁, 小川雄一, 近藤直	4. 巻 -
2. 論文標題 金属周期構造を用いた簡便な濡れ性評価技術の提案	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 農業環境工学関連学会2018年合同大会講演要旨集	6. 最初と最後の頁 GS23-4
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 無
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 鈴木哲仁, 小川雄一, 満仲健, 山之上雅文, 菊池正二郎	4. 巻 -
2. 論文標題 60GHzで動作するCMOS 発振器アレイ センサによる小型で迅速な大腸菌検出	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 日本分析化学会第67年会 講演要旨集	6. 最初と最後の頁 238
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 無
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 澤昂志, 近藤直, 小川雄一, 鈴木哲仁	4. 巻 -
2. 論文標題 ポリマーモノリス充填カラムによる大腸菌抽出能の評価	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 日本分析化学会第67年会 講演要旨集	6. 最初と最後の頁 264
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 無
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 鈴木哲仁	4. 巻 -
2. 論文標題 サブテラヘルツCMOS発振器アレイによる迅速・小型なバイオセンサの開発	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 日本分析化学会近畿支部創設65周年記念講演会 異分野に広がり次世代につながる分析化学 寄稿・講演要旨集	6. 最初と最後の頁 69
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 無
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 鈴木哲仁	4. 巻 -
2. 論文標題 農畜水産物の蛍光特性と品質評価への可能性	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 農業食料工学会シンポジウム第23回テクノフェスタ~新たなスタイルの農業機械開発に向けた取り組み~ ポストハーベスト分科会講演要旨集	6. 最初と最後の頁 115-118
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 無
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 鈴木 哲仁, 小川 雄一, 近藤 直, 近藤 孝志, 神波 誠治, 菜嶋 茂喜	4. 巻 39
2. 論文標題 多孔質膜一体型金属メッシュを用いた非標識検出法の高感度化	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 日本レーザー医学会誌	6. 最初と最後の頁 335-340
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2530/jslsm.jslsm-39_0027	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 鈴木哲仁、小川雄一、満仲健、山之上雅文、菊池正二郎	4. 巻 -
2. 論文標題 60GHzで動作するCMOS発振器アレイセンサによる小型で迅速な大腸菌検出	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 日本分析化学会第67年会「展望とトピックス」	6. 最初と最後の頁 21
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 オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 澤昂志, 小川雄一, 近藤直, 鈴木哲仁	4. 巻 122
2. 論文標題 カラム型ポリマーモノリスによる大腸菌捕集能の評価	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 農業食料工学会関西支部報	6. 最初と最後の頁 47
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 無
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 Y. Ogawa, T. Suzuki	4. 巻 -
2. 論文標題 CMOS Biosensor Using Picosecond Dynamics of Water Molecule	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Proceedings of Advanced Laser Technologies 2017	6. 最初と最後の頁 FB-1-2
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 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 鈴木哲仁	4. 巻 -
2. 論文標題 テラヘルツ技術を用いた農産物・食品検査への可能性	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 日本食品科学工学会講演要旨集	6. 最初と最後の頁 C2-2
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 無
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 安村怜仁朱, 竇来昂平, 鈴木哲仁, 小川雄一, 近藤直	4. 巻 120
2. 論文標題 金属メッシュセンサによる微量物質検出のためのポリマーモノリスの評価	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 農業食料工学会関西支部報	6. 最初と最後の頁 54
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 無
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 -

〔学会発表〕 計19件（うち招待講演 5件 / うち国際学会 5件）

1. 発表者名 本田侑也, 小川雄一, 近藤直, 鈴木哲仁
2. 発表標題 遠心分離と磁気ビーズを用いた牛乳中細菌の抽出
3. 学会等名 農業食料工学会関西支部第141回例会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 河崎貴哉, GaoYuan, 小川雄一, 近藤直, 満仲健, 鈴木哲仁
2. 発表標題 サブテラヘルツ近接センサを用いた粒子測定における感度分布の評価
3. 学会等名 農業食料工学会関西支部第141回例会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 鈴木哲仁, 小川雄一, 近藤直
2. 発表標題 ポリマーモノリスカラムを用いた大腸菌の簡易抽出
3. 学会等名 農業食料工学会・農業施設学会・国際農業工学会第6部会国際合同大会（国際学会）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hiroki Fukuda, Tetsuhito Suzuki, Naoshi Kondo, Yuichi Ogawa
2. 発表標題 Efficient Filtering of Live Escherichia coli by Using 60 GHz CMOS Sensor
3. 学会等名 農業食料工学会・農業施設学会・国際農業工学会第6部会国際合同大会（国際学会）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 東健喜, 鈴木哲仁, 白神慧一郎, 小川雄一, 近藤直
2. 発表標題 免疫磁気ビーズ法を用いた細菌抽出効率の検証
3. 学会等名 関西農業食料工学会第143回例会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 上田隼平, 鈴木哲仁, Afzal Rahman, 櫻森亜由子, 白神慧一郎, 小川雄一, 近藤直
2. 発表標題 部位別蛍光特性に基づいたPseudomonas fluorescens 汚染鶏卵の評価
3. 学会等名 関西農業食料工学会第143回例会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 鈴木哲仁
2. 発表標題 テラヘルツ波の波長と透過性を利用した簡便なセンサの開発
3. 学会等名 京都バイオ計測センター研究交流発表会 2018 「バイオ計測によるネットワーク形成を目指して」(招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 T. Suzuki
2. 発表標題 Near field sub-THz array sensor for cell detection
3. 学会等名 SPIE Optical Engineering + Applications (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 鈴木哲仁, 小川雄一, 近藤直
2. 発表標題 金属周期構造を用いた簡便な濡れ性評価技術の提案
3. 学会等名 農業環境工学関連学会2018年合同大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 鈴木哲仁, 小川雄一, 満仲健, 山之上雅文, 菊池正二郎
2. 発表標題 60GHzで動作するCMOS 発振器アレイ センサによる小型で迅速な大腸菌検出
3. 学会等名 日本分析化学会第67年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 澤昂志, 近藤直, 小川雄一, 鈴木哲仁
2. 発表標題 ポリマーモノリス充填カラムによる大腸菌抽出能の評価
3. 学会等名 日本分析化学会第67年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 鈴木哲仁
2. 発表標題 サブテラヘルツCMOS発振器アレイによる迅速・小型なバイオセンサの開発
3. 学会等名 日本分析化学会近畿支部創設65周年記念講演会 異分野に広がり次世代につながる分析化学
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 鈴木哲仁
2. 発表標題 農畜水産物の蛍光特性と品質評価への可能性
3. 学会等名 農業食料工学会シンポジウム第23回テクノフェスタ～新たなスタイルの農業機械開発に向けた取り組み～（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Y. Ogawa, T. Suzuki
2. 発表標題 CMOS Biosensor Using Picosecond Dynamics of Water Molecule
3. 学会等名 The 25th International Conference on Advanced Laser Technologies (ALT ' 17)（招待講演）（国際学会）
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 鈴木哲仁
2. 発表標題 テラヘルツ技術を用いた農産物・食品検査への可能性
3. 学会等名 日本食品科学工学会第64回大会（招待講演）
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 鈴木哲仁，小川雄一，近藤直，近藤孝志，神波誠治
2. 発表標題 金属メッシュセンサを用いた生乳中の大腸菌検出
3. 学会等名 第75回農業食料工学会年次大会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 安村怜仁朱, Gao Tianqi, 鈴木哲仁, 小川雄一, 近藤直
2. 発表標題 構造の異なる金属メッシュにおける水を載せた場合の反射特性評価
3. 学会等名 農業食料工学会関西支部第136回例会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 澤昂志, 小川雄一, 近藤直, 鈴木哲仁
2. 発表標題 カラム型ポリマーモノリスによる大腸菌捕集能の評価
3. 学会等名 農業食料工学会関西支部第137回例会
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 近藤直, 小川雄一, 鈴木哲仁, 西津貴久, 椎木友朗	4. 発行年 2016年
2. 出版社 コロナ社	5. 総ページ数 193
3. 書名 生物センシング工学 光と音による生物計測	

〔産業財産権〕

〔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
研究協力者	澤 昂志 (Sawa Takayuki)	京都大学・農学研究科・学生 (14301)	

6. 研究組織（つづき）

	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	安村 怜仁朱 (Yasumura Renia)	京都大学・農学研究科・学生 (14301)	
研究協力者	本田 侑也 (Honda Yuya)	京都大学・農学部・学生 (14301)	
研究協力者	河崎 貴哉 (Kawasaki Takaya)	京都大学・農学部・学生 (14301)	
研究協力者	上田 隼平 (Ueda Junpei)	京都大学・農学部・学生 (14301)	
研究協力者	東 健喜 (Higashi Kenki)	京都大学・農学部・学生 (14301)	