

令和 6 年 6 月 21 日現在

機関番号：14301

研究種目：基盤研究(A)（一般）

研究期間：2021～2023

課題番号：21H04746

研究課題名（和文）不活性溶媒と光技術による微生物迅速培養法の開発

研究課題名（英文）Development of a rapid culturing method for microorganisms using inert solvent and optical technology

研究代表者

小川 雄一（Ogawa, Yuichi）

京都大学・農学研究科・准教授

研究者番号：20373285

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 33,200,000円

研究成果の概要（和文）：微生物の増殖能の向上や培養検査の迅速化を目標に、独自のセンサ技術に基づいた、微生物の増殖能を高感度かつ定量的に評価する技術の開発を目指した。独自センサにより、結核菌の12種類の抗結核薬に対する感受性を迅速診断できる基盤技術を開発した。また、大腸菌液体培養においてFCは従来知られていた酸素リザーバー機能だけでなく、二酸化炭素などの吸着による培養環境の維持メカニズムがあること証明した。さらに、FC添加によって、大腸菌の鉄が関わる代謝が変化したことを示唆しているとの結論を得た。さらに、サブミリ波照射においては、重合反応には周波数依存性が認められることを示した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

微生物は我々の暮らしと密接な関係を有しているが、その分析や利用に際し、古くからの培養法に依存している。本研究では、迅速に微生物増殖をモニタリングできる技術を構築するために、高感度なセンサを用いるだけに留まらず、培養環境そのものを見直すことや、外部から電場で摂動を与えるといった新しい技術の検討を行った。得られた成果は、例えば医学分野では難培養菌である結核菌への薬剤耐性を従来よりはるかに早い段階で評価できることを示したり、フッ素系溶媒の培地への添加が、明らかに微生物増殖に有利に働いていることを示し、さらにはそのよる簡便で扱いやすい方法の特許として検討している点において、社会的意義は大きい。

研究成果の概要（英文）：In order to speed up microbial culture testing, we developed a technology based on our original sensor technology to quantitatively and sensitively evaluate the proliferation ability of microorganisms. We developed a basic technology that can rapidly diagnose the susceptibility of tuberculosis bacteria to 12 types of antituberculosis drugs using our original sensor. We also clarified that when culturing *E. coli*, FC not only functions as an oxygen reservoir but also adsorbs carbon dioxide. Furthermore, we discovered that adding FC to the culture solution changes the metabolism of *E. coli* that involves iron. Furthermore, we showed that the polymerization reaction is frequency-dependent when irradiated with submillimeter waves.

研究分野：生物センシング工学

キーワード：微生物 迅速培養 ウシ結核菌 センサ フッ素系溶媒

## 1. 研究開始当初の背景

『微生物』は、我々の暮らしや生命活動に密接に関わっており、農学的には生態系を支えるミクロな生物としての側面やバイオマスでのエネルギー生産、発酵食品の製造、我々の体内でも共生関係によって体内バランスを整える極めて重要な生物である。その中でも一部の細菌は、食中毒や感染症などの原因としても位置づけられ、工学的にはそれらの早期検出技術の開発自体がひとつの大きな研究として認知されている。このような背景のもと、微生物の分析技術は目覚ましい進歩を遂げ、PCR や MALDI/TOFMS などを用いて迅速な同定を行える技術が誕生している。これらは先端分析ツールであるが、この前処理となる培養は寒天培地に微生物を植え付け、長時間の培養で微生物コロニーを形成させるといった極めてローテクな方法(平板培養法)に依存している。この技術が不可欠な理由は、通常細菌は様々な菌や異物とまじりあった状態で存在し、生菌も死菌も混在しているため、それらと選り分けて所望の生菌のみが生える培地を利用して、精製する必要があるためである。

この結果、菌種の特定や定量が可能になるが、迅速な検査結果が必要な場面では数日を要し、例えば結核菌のような感染症診断の場面では数週間を要することとなり、患者への負担は大きいことが問題となっている。ポストハーベスト分野でも、細菌の迅速な検出は農産物のロス低減や食品加工現場での衛生管理、出荷前の品質検査など食の安全・安心に関わる重要な技術であるが、菌の同定が必要な場面では、やはり培養に時間を要する。また、乳酸菌や真核微生物の酵母のように有益な物質を生産する微生物は資源としても注目され、有用微生物の探索は世界的なビジネスにもなっており、創薬の材料やエネルギー資源としても極めて魅力的な対象物である。しかしこのような探索にも、培養することが基本となるが、寒天培地で増えなかったり、増殖に時間がかかりすぎるなどが理由で『世の中には 99%以上の細菌は培養できない』と言われていたことから、従来の培養作業に代わる新しい培養法や迅速培養技術の提案は、基礎科学だけでなく応用の場面においても極めて重要な技術となる。

## 2. 研究の目的

微生物は、バイオマスでのエネルギー生産、発酵食品の製造、我々の体内でも共生関係によって体内バランスを整えることに役立っている極めて重要な生物であるが、先述のように培養に長い時間がかかるといった根本的な課題が残されている。そのような中、我々は不活性溶媒のパーフルオロカーボン(PFC)類による細菌や酵母の増殖能向上現象や、テラヘルツ照射による生体分子機能の亢進効果に関する知見を得てきた。そこで本研究では、これらの知見を活用し、微生物の増殖能(分裂速度や最終収量)の向上や、培養検査の迅速化の提案を目指す。具体的には、独自のセンサ技術に基づいた、生きている微生物の増殖能を高感度かつ定量的に評価する計測系を開発する。さらに代謝物のメタボローム解析や出芽酵母変異株ライブラリ利用により、系統的なメカニズム探索型研究を実施し、最終的には難培養性細菌の迅速培養法や培養工学への応用を目指すことで、食品、環境、エネルギー、医療等へ貢献する。

## 3. 研究の方法

### (1) 誘電センサ技術による結核菌検査の迅速化

65GHz アレイセンサで誘電率変化から増殖性や薬剤感受性を経時的に測定可能な測定装置を試作した。液体培地中でウシ型結核菌(BCG)を培養して増殖を確認したのちに、代表的な結核治療薬であるストレプトマイシン、イソニアジド、リファンピシン、エタンブトール、ピラジナミドを液体培地中に加えて、5分間隔、72時間の継続測定を行なった。

### (2) パーフルオロカーボン類が微生物増殖に与える影響

フッ素系不活性溶媒(Fluorocarbon; FC)は高度にフッ素化された構造を持ち、液体培地への添加により微生物や細胞の増殖を促進する。この現象は、FCの高い酸素溶解能に起因すると考えられてきたが、当研究室及び共同研究者によってFCによる未知の増殖促進メカニズムの存在が示唆された。FCによる増殖促進には細胞飽和密度を高める特徴があり、細胞飽和密度の決定には「鉄」が重要な役割を果たすことが知られている。このことは、FCが菌体への鉄の取り込みや鉄に関わる代謝を変化させて増殖促進する可能性を示唆している。本研究ではその検証を目的とし、FC添加時の大腸菌への鉄取り込み量の測定や鉄に関わる代謝経路の解析を行った。LB培地(Fe: 200 μM)を用い、FC添加、非添加の条件で大腸菌(BW25113)を培養し、菌体を回収・風乾したものを測定サンプルとした。これらを九州シンクロトロン光研究センターの蛍光X線分析に供し、大腸菌の元素分析を行った。

### (3) サブミリ波照射による周波数依存性探索

京都大学が中心となってサブミリ波照射による生化学反応の非熱効果に関する研究を実施し、水が電場の影響を受けることでアクチン伸長が促進されるという仮説を調べるため、100, 280, 460 GHzによる周波数依存性等の調査をおこなった。ピレン標識アクチン(BK003, Cytoskeleton)

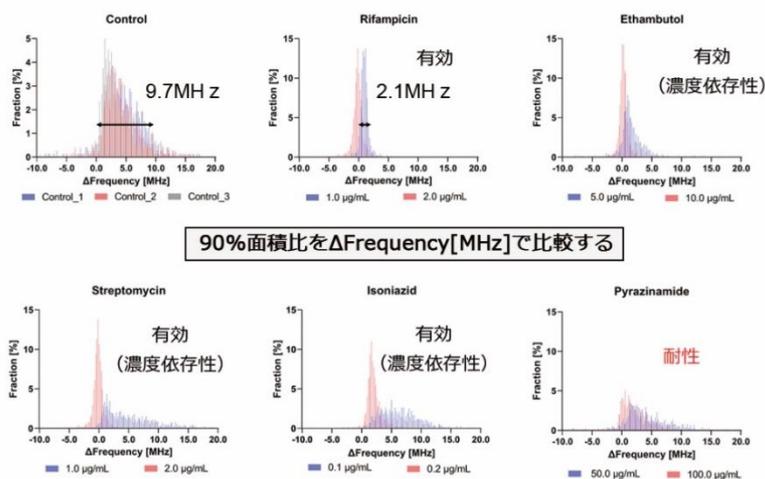
を付属マニュアルに則り 2.4  $\mu\text{M}$  アクチン水溶液 200  $\mu\text{L}$  に調製し、3 サンプルずつ供与した。460 GHz の高周波ジャイロトロンを用いて繰り返し周波数 1 Hz とし、パルス幅調節実験では出力 10 W として、パルス幅 10 ms, 5 ms, 0.5 ms の 3 条件で行った。また、出力調節実験では、パルス幅 10 ms として、出力 10 W, 5 W, 0.5 W の 3 条件で行った。アクチンの伸長評価について、ルミノメータ (Glomax 20/20, Promega) を用いて初期蛍光強度を測定した後、照射を行った。その後 5 分おきに蛍光測定を行い、30 分後まで追跡した。100GHz, 280GHz は、インパットダイオードを光源とし、それぞれ連続波で照射し、同様に蛍光強度で重合度を評価した。

#### 4. 研究成果

##### (1) 誘電センサ技術による結核菌検査の迅速化

抗結核薬投与後 16 時間で菌体を認めた IC 素子 (750~1,200 個) における共振周波数変化をヒストグラムに示す。Control (薬剤投与なし) に比べて、リファンピシンでは 2 濃度で抗菌作用を認めた。エタンブトール, ストレプトマイシン, イソニアジドでは濃度依存性抗菌作用を認めたが、BCG が自然耐性を持つピラジナミドでは濃度に関わらず耐性であった。これらの結果から、難培養菌の培養条件の最適化と 65GHz センサの測定技術の組み合わせが、迅速かつ適切な治療薬選択を実現して、薬剤耐性菌の制御と治療成績の改善につながる可能性が示唆された。

##### 【BCG に対して抗結核薬投与後 16 時間で薬効を判断可能である】

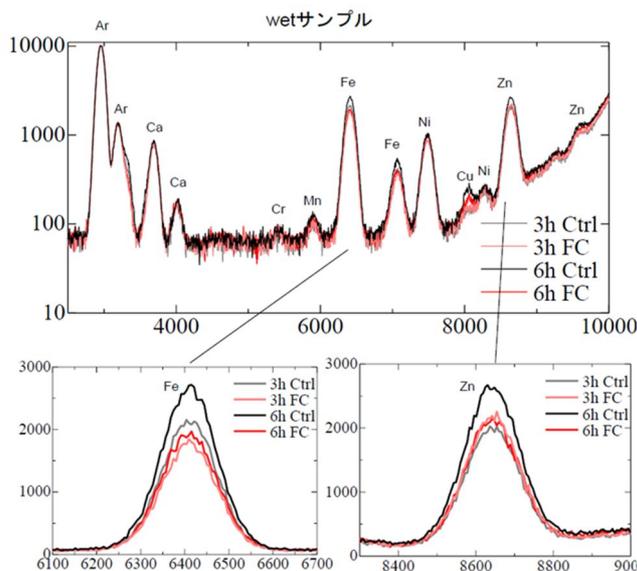


※評価素子 (750~1,200 個) の周波数変化量をヒストグラムで示す。  
BCG は Pyrazinamide に対する自然耐性あり。

##### (2) パーフフルオロカーボン類が微生物増殖に与える影響

九州シンクロトロン光研究センターの蛍光 X 線分析に供し、大腸菌の元素分析を行った。その結果、FC 添加により大腸菌中の鉄、亜鉛など複数種の金属元素量が減少していた。そこでまずは鉄の取込み低下に着目し、鉄が関わる代謝経路が変化した可能性を考え、FC 添加、非添加の条件で M9 培地 ( $\text{Fe}: 10 \mu\text{M}$ ) で培養した大腸菌における遺伝子発現量解析を行った。その結果、鉄存在時に発現量の変化が報告されている遺伝子の発現変化が観察された。

さらに、培養した際に添加した FC を GC-MS で分析した結果、 $\text{CO}_2$  を吸収していることが分かった。つまり FC は、代謝生成物を吸着し、微生物にとって適した環境を作り出すことに貢献している可能性を示唆する結果を得た。



##### (3) サブミリ波照射による周波数依存性探索

周波数依存性について調査した結果、同程度の平均パワーの照射では、 $\tan \delta$  の値が大きい方が、核形成期を加速し、伸長効果が大きくなる傾向が確認された。この結果は、照射影響を効率的に生じさせるには最適な周波数があることを示唆している。一方、460 GHz の照射影響の閾値出力を調べた結果、460 GHz による伸長作用は平均パワーが閾値を超えると有意となり、その値は 5~50 mW の間にあるとの結論を得た。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計11件（うち査読付論文 10件 / うち国際共著 1件 / うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Chen Siyao, Yamashige Yoshihisa, Mitsunaka Takeshi, Kondo Naoshi, Shiraga Keiichiro, Ogawa Yuichi	4. 巻 354
2. 論文標題 Dielectrophoresis-assisted 65-GHz LC-oscillator array CMOS chips for label-free and sensitive detection of microorganism cells	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Sensors and Actuators A: Physical	6. 最初と最後の頁 114286 ~ 114286
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.sna.2023.114286	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 Shojiro Kikuchi, Yoshihisa Yamashige, Ryosuke Hosoki, Masahiko Harata, Yuichi Ogawa	4. 巻 13
2. 論文標題 Near-field sensor array with 65-GHz CMOS oscillators can rapidly and comprehensively evaluate drug susceptibility of Mycobacterium	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 3825
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-023-30873	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 Negishi T, Kitagawa S, Horii N, Tanaka Y, Haruta N, Sugimoto A, Sawa H, Hayashi KI, Harata M, Kanemaki MT	4. 巻 220
2. 論文標題 The auxin-inducible degron 2 (AID2) system enables controlled protein knockdown during embryogenesis and development in Caenorhabditis elegans	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Genetics	6. 最初と最後の頁 iyab218
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/genetics/iyab218	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 原田 昌彦, 高田 昌樹, 村松 淳司	4. 巻 22
2. 論文標題 次世代放射光施設の特徴と利活用に向けた取り組み	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 オレオサイエンス	6. 最初と最後の頁 55-60
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5650/oleoscience.22.55	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 日高將文、原田昌彦	4. 巻 60
2. 論文標題 食品研究における放射光のポテンシャル：次世代放射光施設活用に向けた取り組み	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 化学と生物	6. 最初と最後の頁 499-501
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1271/kagakutoseibutsu.60.499	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 Kikuchi S, Yamashige Y, Hosoki R, Harata M, Ogawa Y.	4. 巻 13
2. 論文標題 PIP2-Effector Near-field sensor array with 65-GHz CMOS oscillators can rapidly and comprehensively evaluate drug susceptibility of Mycobacterium	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 3825
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-023-30873-9.	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 Yamashige S, Kikuchi S, Hosoki R, Kawada K, Izawa K, Harata M, Ogawa Y.	4. 巻 219
2. 論文標題 Fluorine materials scavenge excess carbon dioxide and promote Escherichia coli growth	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 J Microbiol Methods	6. 最初と最後の頁 106898
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.mimet.2024.106898	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 原田昌彦, 高山裕貴, 日高將文	4. 巻 41
2. 論文標題 食・農領域での次世代放射光利活用の推進	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Microoptics News	6. 最初と最後の頁 23 28
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 Han Guo, Panintorn Prempre, Siyao Chen, Yoshihisa Yamashige, Naoshi Kondo, Yuichi Ogawa	4. 巻 146
2. 論文標題 Crystallinity determination of amylose-fatty acid complex in gelatinized rice starch-fatty acid mixtures using Terahertz spectroscopy	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Food Hydrocolloids	6. 最初と最後の頁 109279
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.foodhyd.2023.109279	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 Han Guo, Keiichiro Shiraga, Naoshi Kondo, Siyao Chen, Yoshihisa Yamashige, Yuichi Ogawa	4. 巻 425
2. 論文標題 Determining changes in crystallinity of rice starch after heat-moisture treatment using terahertz spectroscopy	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Food Chemistry	6. 最初と最後の頁 136237
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.foodchem.2023.136237	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 Han Guo, Yidi Cai, Yukiharu Ogawa, Keiichiro Shiraga, Naoshi Kondo, Yuichi Ogawa	4. 巻 186
2. 論文標題 Quantification of resistant starch content in rice after hydrothermal treatments using terahertz spectroscopy	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Food Research International	6. 最初と最後の頁 114400
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.foodres.2024.114400	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29件 (うち招待講演 9件 / うち国際学会 6件)

1. 発表者名 安原晃弘、岩井理路、山重貴久、近藤直、白神慧一郎、鈴木哲仁、小川雄一
2. 発表標題 ミリ波照射によるアクチン伸長効果の機序解明に向けた評価系の検討
3. 学会等名 関西農業食料工学会 第148回例会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Yuichi Ogawa
2. 発表標題 Near-field dielectric sensor array with 65-GHz CMOS oscillators sensitive to the amount of bulk water
3. 学会等名 SENSORS-eCon 2022 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Shota Yamazaki, Yuya Ueno, Yuichi Ogawa, Masahiko Harata, and Hiromichi Hoshina
2. 発表標題 THz irradiation effects on morphology of actin protein and cell function
3. 学会等名 The Third International Symposium on Frontiers in THz Technology (FTT 2022) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 小川雄一
2. 発表標題 テラヘルツ分光法による細胞計測とその応用展開
3. 学会等名 電子セラミック・プロセス研究会 (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 原田昌彦、高山裕貴、日高將文
2. 発表標題 農領域での次世代放射光利活用の推進
3. 学会等名 第166回 微小光学研究会 (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 原田昌彦
2. 発表標題 東北大学農学研究科における放射光利用への取り組み
3. 学会等名 北海道大学 - 東北大学連携による食・農領域放射光利用シンポジウム (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Masahiko Harata
2. 発表標題 Crosstalks between actin and actin-related proteins in nuclear organization and functions
3. 学会等名 16th International Congress of Histochemistry and Cytochemistry (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 岩井理路、山重貴久、Siyao Chen、小川雄一、近藤直
2. 発表標題 100 GHzの電磁波照射がアクチンの重合反応に与える影響
3. 学会等名 関西農業食料工学会 第147回例会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 山重貴久、Siyao Chen、小川雄一、近藤直、菊池正二郎、原田昌彦
2. 発表標題 ミリ波誘電アレイセンサを用いた微生物の増殖モニタリング
3. 学会等名 関西農業食料工学会 第147回例会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Yoshihisa Yamashige、Siyao Chen、Shojiro Kikuchi、Naoshi Kondo、Yuichi Ogawa
2. 発表標題 Monitoring Microbial Growth by Using CMOS Near-field Array Sensor for Rapid Food Inspection
3. 学会等名 CIGR 2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Siyao Chen, Yoshihisa Yamashige, Naoshi Kondo, Yuichi Ogawa
2. 発表標題 Bacteria detection in food sample using Dielectrophoresis-assisted 65 GHz LC-oscillator array CMOS-chip
3. 学会等名 ISMAB2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Guo Han , Kondo Naoshi , Shiraga Keiichiro , Ogawa Yuichi , Ogawa Yukiharu
2. 発表標題 Determining Changes in Crystallinity of Amylose-lipid Complex in Rice Starch After Heat-moisture Treatment Using Fourier-transform Terahertz Spectroscopy
3. 学会等名 関西農業食料工学会 第147回例会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 川野貴史、菊池正二郎、山重貴久、小川雄一、吉田志緒美、伊藤 功朗、露口一成
2. 発表標題 半導体バイオセンサを用いたヒト結核菌に対する迅速薬剤感受性検査法の開発
3. 学会等名 第70回 日本臨床検査医学会学術集会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 川野貴史、菊池正二郎、山重貴久、小川雄一、吉田志緒美、伊藤 功朗
2. 発表標題 半導体バイオセンサによる多剤耐性結核菌に対する迅速薬剤感受性検査法
3. 学会等名 第35回 日本臨床微生物学会総会・学術集会
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 Hosoki R., Kawada K., Yamashige Y., Izawa K., Kikuchi S., Ogawa Y., Harata M.
2. 発表標題 Fluorocarbon solvents enhance growth and reduce oxidative stress in liquid culture of bacteria/yeast
3. 学会等名 27th Wilhelm Bernhard Workshop (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 井澤克秋、細木亮輔、山重貴久、川田晃士、日高將文、尾間由佳子、菊池正二郎、小川雄一、瀬戸山寛之、廣沢一郎、原田昌彦
2. 発表標題 フッ素系不活性溶媒添加による微生物・細胞増殖促進メカニズム解析
3. 学会等名 日本農芸化学会 東北支部第158回大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 細木亮輔、川田晃士、山重貴久、井澤克秋、菊池正二郎、小川 雄一、原田昌彦
2. 発表標題 フッ化炭素溶媒は大腸菌・出芽酵母の酸化ストレスを抑制し増殖を促進する
3. 学会等名 第46回日本分子生物学会年会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 細木 亮輔、井澤 克秋、山重 貴久、川田 晃士、日高 將文、尾間 由佳子、菊池 正二郎、瀬戸山 寛之、廣沢 一郎、原田 昌彦
2. 発表標題 フッ素系不活性溶媒による大腸菌の鉄取込み亢進と増殖促進
3. 学会等名 日本農芸化学会2024年度大会
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 原田昌彦
2. 発表標題 食・農領域における放射光のポテンシャル：ナノテラス利活用に向けた東北大学農学研究科の取組
3. 学会等名 岩手大学放射光利用セミナー（招待講演）
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 原田昌彦
2. 発表標題 次世代放射光施設NanoTerasuの概要と、食・農領域での活用に向けた取り組み
3. 学会等名 6大学共催フォーラム第13回（招待講演）
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 原田昌彦
2. 発表標題 農学・生命科学領域でのナノテラス活用に向けた取り組み
3. 学会等名 有機・高分子材料研究会（招待講演）
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 安原晃弘, 門脇遥香, 山重貴久, 山口裕資, 白神慧一郎, 近藤直, 小川雄一
2. 発表標題 460 GHz 照射がアクチン伸長作用を与える照射条件の検討
3. 学会等名 テラヘルツ科学の最先端X
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 門脇遥香, 安原晃弘, 山重貴久, 山口裕資, 白神慧一郎, 近藤直, 小川雄一
2. 発表標題 生物へのテラヘルツ波照射影響を定量的に評価する技術の開発
3. 学会等名 関西農業食料工学会 第151回例会
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 岩崎光起, 山重貴久, Chen Siyao, 安原晃弘, 白神慧一郎, 近藤直, 小川雄一
2. 発表標題 ミリ波近接アレイセンサを用いたカビ増殖を迅速に検出する技術の開発
3. 学会等名 関西農業食料工学会 第151回例会
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 山重貴久, 菊池正二郎, 陳思遥, 細木亮輔, 原田昌彦, 小川雄一
2. 発表標題 65-GHz帯での水の誘電応答を利用した迅速細菌検査法の開発
3. 学会等名 日本微生物生態学会第36回大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 山重貴久、菊池正二郎、井澤克秋、原田昌彦、小川雄一
2. 発表標題 フッ素系不活性溶媒による微生物増殖促進メカニズムの解析
3. 学会等名 農業環境工学関連学会 2023年合同大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 安原晃弘、山重貴久、門脇遥香、白神慧一郎、近藤直、小川雄一
2. 発表標題 ミリ波照射によるアクチン伸長効果の機序解明に向けた溶媒選択性の検討
3. 学会等名 農業環境工学関連学会 2023年合同大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Han Guo、Panintorn Prempee、Siyao Chen、Yoshihisa Yamashige、Naoshi Kondo、Yuichi Ogawa
2. 発表標題 Determining the crystallinity of amylose-fatty acid mixture using Fourier-transform terahertz spectroscopy
3. 学会等名 農業環境工学関連学会 2023年合同大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 小川雄一
2. 発表標題 テラヘルツ波からミリ波の電磁波は生物資源利用や食品加工等に応用できるか？
3. 学会等名 第6回農業食料工学会 食料・食品工学部会シンポジウム（招待講演）
4. 発表年 2023年

〔図書〕 計0件

〔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 分担者	原田 昌彦  (Harata Masahiko)  (70218642)	東北大学・農学研究科・教授   (11301)	
研究 分担者	菊池 正二郎  (Kikuchi Shojiro)  (70381960)	兵庫医科大学・医学部・准教授   (34519)	

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
---------	---------