

平成 30 年 6 月 19 日現在

機関番号：32692

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2017

課題番号：26420537

研究課題名(和文) 酵母による分解と超音波霧化技術を併用した木質系廃棄バイオマスの高度有効活用

研究課題名(英文) Degradation of the woody biomass using the microbe and development of ultrasonic atomization technology for antimicrobial coatings.

研究代表者

志水 美文(下村美文)(SHIMIZU, Mifumi, (SHIMOMURA, Mifumi))

東京工科大学・医療保健学部・講師

研究者番号：30396759

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：本研究の目的は未利用な木質系バイオマスのうち、有機成分は微生物の栄養源とし、抗菌成分は超音波霧化技術により、マスク等に塗布して総合的に活用することである。

まず、現状では未利用な木質系バイオマスから抗菌活性成分を抽出、分離した。その後、超音波霧化技術を用いて抗菌活性成分含有溶液を塗布し、塗布状態の観察、抗菌活性を確認した。青森ヒバ精油のままでも抗菌活性が確認できればヒノキチオールを精製せずに利用できるため、酸性油であるヒバ精油の乳化法と乳化溶液の抗菌活性を検討した。一方、抗菌活性成分を取り除いた木質系バイオマスの酵母菌による分解を行い、さらに難分解性有機物質の酵母菌への生育阻害も確認した。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this study is to develop hinokitiol and its application using ultrasonic atomization. Content of Hinokitiol has many woody biomass, I was elected Hiba bark. We investigated the antibacterial activity of a solution to conduct a high-temperature and high-pressure process, and extracted. In order to confirm the usefulness of hinokitiol extract solution was extracted first, this study was to investigate the presence or absence of antimicrobial activity of hinokitiol extraction solution.

Another purpose of this study is to use the microbe and to make a woody biomass a useful resource. Then, this research conducted decomposition and assimilation experiment of the biomass by the yeast for the purpose of effective use of the unutilized biomass. The yeast were inoculated to the mineral salt liquid medium which added the biomass as the only carbon source, and long-term culture were performed. This research result contributes to the new method of biomass effective utilization.

研究分野：工学

キーワード：廃棄物再資源化 微生物 木質系バイオマス 超音波

1. 研究開始当初の背景

(1) バイオマスは再生可能な、生物由来の有機性資源であり、いわゆるカーボンニュートラルな特長がある。しかしながら、間伐材、林地残材等の木質系バイオマスは特に未利用な割合が多く、再利用が進んでいない。平成 21 年 6 月に「バイオマス活用推進基本法」が成立し、平成 22 年 12 月には同法に基づく「バイオマス活用推進基本計画」が閣議決定された。この基本計画により平成 22 年にはほぼ 0%の林地残材の利用率を、平成 32 年度には約 30%以上とすることを目指している。

木質系バイオマスはバイオ燃料の原料に使用される穀物系バイオマスと比べ、はるかに多く存在している。穀物系バイオマスは食糧と競合し、価格の高騰や耕地の増大のために森林伐採をもたらすのに対し、木質系バイオマスは廃材や間伐材等の廃棄処理が必要なものを利用できるため、原料が安価で、森林破壊にも影響は少ないと考えられる。

しかしながら木質系バイオマスにはリグニン、セルロース、タンニン酸等の難分解性有機物質が多く含まれ、現状では処理困難な廃棄物となってしまっている。そこでこのような木質系バイオマスを微生物の栄養源として有効に利用することができれば、貴重な有機性資源として循環活用することが可能となる。また、ヒノキや青森ヒバ等に含まれるヒノキチオールには防腐剤として利用されるように強力な抗菌活性がある。このため、微生物によって木質系バイオマスを分解する際には障害となるが、ヒノキ等からあらかじめ分離することによってこのような抗菌活性成分も有効活用できる。

(2) 研究代表者らは、これまでに木質系バイオマス由来の難分解性有機物質の分解を目的として微生物を数多く単離している。なかでも有用資源化、取り扱い易さを考慮して酵母菌をターゲットとして検索を行う過程で、非常に興味深い特徴を有する酵母菌が存在することが判明し、この酵母菌が産業に有効利用できないかと考えた。

さらに、木質系バイオマスの総合的利用を目指すために、これまで酵母菌でヒノキ等を分解する際に障害になる抗菌活性成分も超音波霧化技術によって活用することを考えた。抗菌活性成分のヒノキチオールはヒノキや青森ヒバに多く含まれているが、1 トンの青森ヒバおがくずから 100 g 程度しか抽出できない。そこでヒノキチオールの塗布には超音波を用いて液体を霧化する技術である超音波霧化を利用する。この塗布法の特長は従来の浸漬による方法と比較して、使用する薬剤量を非常に少なくできることである。さらに塗布後の水洗いが不要であることや、薬剤の堅ろう性が優れているというメリットがある。したがって非常に少ない溶液量でマスクや衛生キャップ等の生地への抗菌活性の付加を効率的に行うことが可能となり、ヒノ

キチオールの塗布に有効であると考えた。

2. 研究の目的

(1) 本研究の全体構想は未利用な木質系バイオマスのうち有機成分は微生物の栄養源として利用し、抗菌活性成分は超音波霧化技術によりマスク等に塗布して総合的に活用することである。

(2) 本研究ではまず、これまで未利用な木質系バイオマスから抗菌活性の高いヒノキチオールを抽出して分離する。マスク等の生地に超音波霧化技術によってこの抗菌活性成分を塗布し、衛生用品として有効利用する。一方、抗菌活性成分が除かれた実際の木質系バイオマスを用いた長期分解試験を行い、有機物質は酵母菌の栄養源として利用し、最終的には有用物質を生産する。このように超音波霧化技術と酵母菌による分解を併用することで高度有効活用を目指した。

3. 研究の方法

(1) 木質系バイオマスからの抗菌活性成分の抽出

木質系バイオマスには、乾燥したヒノキの樹皮および乾燥した青森ヒバ樹皮を使用した。抽出方法は水蒸気蒸留法を用いた。この方法では、植物体等に水蒸気を吹き込むと、細胞や組織から分離した精油分と水分が得られる。抽出は、水酸化ナトリウムを添加した純水と純水のみと 2 種類で行った。アルカリ処理（水酸化ナトリウムを添加）は木質系バイオマスからの抗菌活性成分の抽出効率の向上を目的としている。抽出溶液に含まれるヒノキチオール等の成分分析は、高速液体クロマトグラフィー（HPLC）により測定した。

(2) 超音波霧化技術を用いた抗菌活性成分含有溶液の塗布と塗布状態の観察

抗菌活性成分含有溶液の塗布には超音波を用いて液体を霧化する技術である超音波霧化を利用した。超音波霧化装置は、連続的に霧を発生させる装置で、加湿器や吸入器等として広く利用されている。水槽の底に超音波トランスデューサを設置し、これに高周波の交流電圧を加えると、発生した超音波の振動エネルギーは水面に伝わり、液柱から液滴

（霧）が発生する。この塗布法の特長は従来の浸漬による方法と比較して、使用する薬剤量を非常に少なくできることである。(1) で作製した木質系バイオマスからの抽出溶液は超音波霧化装置を用いて栄養寒天培地に塗布した。アルカリ処理した抽出溶液は、強塩基であり、(3) で行う抗菌活性の確認で生育できる空中落下菌が限られてしまうため、抽出溶液の中和操作を行ったもの、さらに比較対照として市販のヒノキチオール溶液の全 9 種類（表 1）の溶液を塗布した。

塗布状態の観察はハイパースペクトルカメラを用いた。ハイパースペクトルとは、数

表1 塗布溶液の調製

	NaOH		中和
	+	-	
純水		①	-
ヒノキチオール 25		②	-
[μ g/mL] 50		③	-
青森ヒバ樹皮	④		○
[55g/750mL]	⑤		-
		⑥	-
ヒノキ樹皮	⑦		○
[55g/750mL]	⑧		-
		⑨	-

十バンド（種類）以上に分光されたスペクトルのことである。ハイパースペクトル情報を取得することで、人間の目や既存のRGBカメラでは捉えられなかった対象の特性や情報を捉えられるようになる。ハイパースペクトルカメラは、この情報を画像1ピクセルごとに取得し、二次元の空間情報+ハイパースペクトル情報を同時に取得できるカメラである。350 nm（近紫外）～1100 nm（近赤外）の波長を5 nm 間隔で分光し、ハイパースペクトル情報を取得し、均一に塗布されているか塗布状態を観察した。超音波霧化法、浸漬法およびスプレー散布とで比較を行った。

(3) 塗布した培地の抗菌活性の確認

(2) で作製した抽出溶液を塗布した培地の抗菌活性を確認するために本研究では JIS B 9918-1「クリーンルーム及び関連制御環境-微生物汚染制御-」を参考に抗菌試験を行った。本研究ではこの方法に準じて木質系バイオマスからの抽出溶液を塗布した培地の抗菌活性を落下菌測定法で評価した。まず一般細菌が生育する栄養寒天培地を用い、抽出溶液（表1）を塗布した。その後、栄養寒天培地のふたを1時間開放して空中落下菌を付着させて培養後、コロニー数（生菌数）のカウントを行った。コロニー数が増加しないこと、つまり細菌の生育が抑制されることから抽出溶液の抗菌活性を判定した。

(4) ヒバ精油の乳化法と乳化溶液の抗菌活性の検討

抗菌活性の高いヒノキチオールは青森ヒバ廃材から抽出される青森ヒバ精油をさらに抽出して製造されるもので、青森ヒバ廃材に対して約0.01%と非常に希少である。そこで青森ヒバ精油のままでも抗菌活性が確認できればヒノキチオールを抽出、精製せずに利用できると考え、青森ヒバ精油を使用することとした。青森ヒバ精油の主な成分を表2に示す。酸性油である青森ヒバ精油を乳化することで、応用範囲が広がられると考えた。乳化溶液を塗布した生地の抗菌活性は JIS L 1902「繊維製品の抗菌性試験及び抗菌効果」に基づいたハロー法で定性的に判断した。

まず、大腸菌に対する生地周辺のハロー

表2 青森ヒバ精油の主な成分

成分	化合物名	含有量[%]	備考	
中性油	ツヨブセン	50~80	芳香成分	
	セドロール	5~10		
酸性油	トロンボン類	ヒノキチオール	1~2	抗菌成分
		β -ドアラリン	1~2	
	シトロネン酸	1~2		
パラサイメン、ジヒドロサイメン、ワイドロール、その他		24~42	主にセスキテルペン化合物	

(細菌の増殖の阻止された部分)の有無によって抗菌活性を評価した。青森ヒバ精油に適した乳化方法の検討を行った。攪拌装置3種類、乳化時間(0.5, 1, 2 min)、乳化剤3種類の、全9条件で乳化を行った。乳化状態と乳化安定性を評価するため、光学顕微鏡画像を用いた画像処理式粒子径測定法で乳化粒子径を継時的に測定した。画像解析には画像処理ソフト ImageJ を使用した。

乳化剤は乳化溶液の生成および安定性を決める要因であり、親水基と親油基をもつ両親媒性化合物である。今回は親水基と親油基のバランスを示す Hydrophile Lipophile Balance 値 (HLB 値) を参考に選定した。ポリソルベート類のなかで最も親水性の高い、つまり HLB 値が高い Polysorbate20 を選定した。また、青森ヒバ精油の乳化に最も適した乳化剤を検証するために HLB 値の異なる Polysorbate60、80 を比較対象とした。

(5) 抗菌活性成分を取り除いた木質系バイオマスの酵母菌による分解

研究代表者が、これまで難分解性有機物質の分解を目的として単離した酵母菌を使用した。(1) で抗菌活性成分が除かれたヒノキや青森ヒバを単一炭素源とする無機塩培地での酵母菌の増殖能力の確認を液体培地、寒天培地で検討した。液体振とう培養中の酵母菌の増殖は一定期間ごとに、寒天培地を用いたコロニーカウント法から生菌数の増加で評価した。乾燥ヒノキ樹皮、ヒノキ（アルカリ処理後）、ヒノキ（脱ヒノキチオール）、乾燥ヒバ樹皮、青森ヒバ（アルカリ処理後）、ヒバ（脱ヒノキチオール）を含む無機塩液体培地に酵母菌を植菌した。植菌する際には前培養の培地からの持ち込みの栄養源を取り除くために菌体を PBS で洗浄した。その後、振とう培養機で5週間目まで培養した。

(6) 酵母菌の生育阻害

木質系バイオマスに含まれる難分解性有機物質が酵母菌の生育に与える影響を調べた。生育阻害は、酵母菌を培養した寒天培地に難分解性物質を滴下し、ハローの形成の有無によって判定した。難分解性有機物質はリグニン、セルロース、タンニン酸を使用した。

4. 研究成果

(1) 木質系バイオマスからの抗菌活性成分の抽出

高温・高圧条件下で乾燥したヒノキの樹皮および乾燥した青森ヒバ樹皮から抗菌活性

成分の抽出、分離を行った。HPLCの結果から、ヒノキの抽出溶液には 50.27 mg/L、青森ヒバの抽出溶液には 47.72 mg/L ヒノキチオールが含まれていることが明らかとなった。

水蒸気蒸留法は原理が簡単で、装置が安価である等の利点があるが、温度による熱変性により天然物中の存在状態から物質が変化する可能性がある。したがって今後は熱を加えない超音波抽出等も検討する必要がある。

さらに木質系バイオマスの抗菌活性成分の抽出効率の向上を目的としてアルカリ処理を行った。アルカリ法は脱リグニンで用いられる方法であり、ヘミセルロースの可溶化も可能なため数多く研究されている。しかし薬品コストが高く、微生物処理へ繋げるには中和操作が必要となってくるため、今後はアルカリ処理を用いずに効果的に抽出する方法も検討する必要がある。

(2) 超音波霧化技術を用いた抗菌活性成分含有溶液の塗布と塗布状態の観察

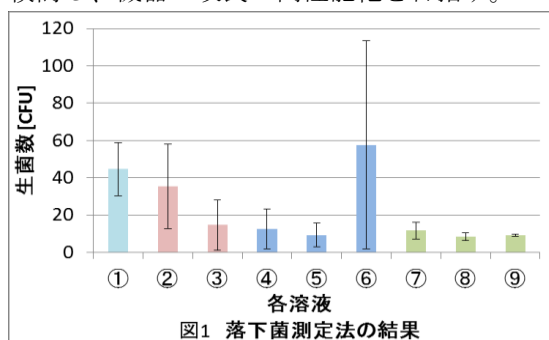
本研究で塗布を行った 9 種類の溶液では、霧化効率に差が出た。このことから超音波霧化条件（超音波トランスデューサの出力、塗布回数、塗布溶液の濃度等）を変化させて、より効率の良い塗布を行う必要がある。

抽出溶液は茶褐色なので、寒天培地上に一樣に塗布できているかまず、目視で観察した。さらに均一に塗布できているかをハイパースペクトルカメラで観察を行った。しかし、超音波霧化法、浸漬法およびスプレー散布との塗布状態の差は明らかにできなかった。

(3) 塗布した培地の抗菌活性の確認

上述の表 1 の各溶液に対する空中落下菌の生菌数を図 1 に示す。抽出溶液での生菌数は溶液③より抑制された。つまり、抽出溶液は 50 μ g/mL ヒノキチオールを超える抗菌活性を示した。青森ヒバの抽出溶液では、アルカリ処理をした溶液④、⑤とアルカリ処理をしなかった溶液⑥とに生菌数の差が生じたが、ヒノキ樹皮の抽出溶液では、アルカリ処理の有無は影響がなかった。また、中和操作を行った溶液④、⑦と中和操作をしなかった溶液⑤、⑧とでは、わずかながら中和操作を行った溶液の方が生菌数の増加がみられた。

今後はマスクなどの不織布、綿等への塗布を行い、塗布状態、抗菌活性の持続性の確認を行いつつ、超音波霧化器の最適霧化条件を検討し、機器の改良・高性能化を目指す。



(4) ヒバ精油の乳化法と乳化溶液の抗菌活性の検討

解析法の概略を図 2 に示す。乳化状態が最も良い、つまり乳化粒子径が最も小さく分布していた条件は、回転速度が最も早いミルサー (2×10^4 rpm)、最も長い乳化時間 (2 min)、最も親水性の高い乳化剤 (Polysorbate20) であると結論付けた。乳化状態および乳化安定性の評価には、データの信頼性向上のため画像処理式を採用したが、正確な画像処理を行うためには使用する顕微鏡や撮影条件が大きく影響することが明らかになった。また乳化粒子径を用いた判定のみでは乳化状態の評価は不十分であると考えられる。

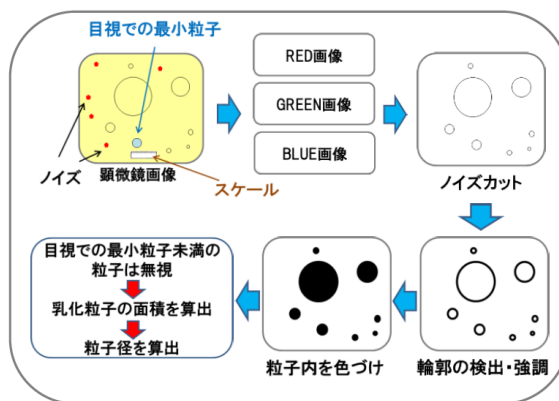


図 2 解析法の概略

一方、乳化により希釈した青森ヒバ精油もハローが形成されたことから、青森ヒバ精油は乳化を行った場合でも抗菌活性が得られることが分かった。また、青森ヒバ精油が含まれない乳化溶液ではハローが形成されなかったことから、乳化剤のみでは大腸菌に対する抗菌活性がないことがわかった。さらに、市販のヒノキチオールと抗菌活性を比較したところ、青森ヒバ精油の抗菌活性は主にヒノキチオールによるものと考えられた。

(5) 抗菌活性成分を取り除いたハードバイオマスの酵母菌による分解

長期培養の結果から、酵母菌はヒノキチオールを取り除いたヒノキ、青森ヒバを分解・資化できることがわかった。乾燥ヒノキ樹皮は未処理のため最も生菌数が少なくなると予想していたが、最も生菌数が小さくなったのはアルカリ処理したヒノキ樹皮となった。これは水酸化ナトリウムが生育に影響を及ぼしたのではないかと考えられる。しかし、ヒノキチオールを取り除いたヒノキ、青森ヒバで酵母菌の増殖が確認できたことから大量に発生する木質系バイオマスの新しい有効利用技術に貢献ができたと考えられる。今後はさらに酵母菌の馴致を行うことにより、分解・資化能力向上を目指す。

(6) 酵母菌の生育阻害

タンニン酸溶液の 20 %および 2 %からハローが確認された。これより、タンニン酸には

酵母菌の生育を阻害する作用があることが確認された。したがって、タンニン酸含有量の多い木質系バイオマスは本酵母菌による有効活用は難しいと考えられる。また、濃度の低いタンニン酸溶液ではハローが確認されなかったことから、タンニン酸含有量が少ない木質系バイオマスでは生育阻害作用はあらわれにくいことが考えられる。

以上の項目を検討することで、超音波霧化技術と酵母菌による分解を併用して、これまで未利用な木質系バイオマスの高度有効活用に向けた成果が得られた。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計19件)

- ① M. Ishikawa, Y. Uchida, N. Kosuge, T. Shiraishi, M. Tabaru, H. Funakubo, M. Kurosawa, Characteristics of high intensity and high frequency ultrasonic transducers using hydrothermal epitaxial piezoelectric films, 2017 International Congress on Ultrasonics Abstract book, 4, 査読あり, 107, (2017).
- ② M. Ishikawa, Y. Uchida, N. Kosuge, T. Shiraishi, M. Tabaru, H. Funakubo, Characteristics of high frequency and high intensity ultrasonic transducers using thickness vibration mode of epitaxial piezoelectric films, International Conference on Advanced Electromaterials 2017 Abstract book, 査読あり, SI-3365, (2017).
- ③ 下村美文, 瓜生貴紀, 新垣エリカ, 小矢夏幹, 未利用バイオマスの資化および含有抗菌性物質の活用, 第28回廃棄物資源循環学会発表会予稿集, 査読なし, 245-246, (2017).
- ④ 石河陸生, 内田庸助, 白石貴久, 田原麻梨江, 黒澤実, 舟窪浩, 水熱合成エピタキシャル KNbO₃ 厚膜を用いた高出力超音波トランスデューサ, 第34回強誘電体応用会議講演予稿集, 査読なし, 131-132, (2017).
- ⑤ 新垣エリカ, 寒郡ちなみ, 下村美文, ショウガに含まれる抗菌性物質の活用, 第27回廃棄物資源循環学会発表会予稿集, 査読なし, 267-268, (2016).
- ⑥ 瓜生貴紀, 谷沙柄里, 菰田直八, 下村美文, 酵母菌による木質バイオマスの長期分解・資化, 第27回廃棄物資源循環学会発表会予稿集, 査読なし, 271-272, (2016).
- ⑦ 小矢夏幹, 密岡綾乃, 山田陸, 下村美文, 青森ヒバ精油の乳化状態の評価および抗菌活性の確認, 第27回廃棄物資源循環学会発表会予稿集, 査読なし, 273-274, (2016).
- ⑧ 密岡綾乃, 福島君枝, 山田陸, 下村美文, 青森ヒバ製油の乳化状態の評価および抗菌活性の確認, 第50回日本水環境学会年会講演集, 査読なし, 128, (2016).
- ⑨ 下村美文, 寒郡ちなみ, 松村祐吾, 宮寺明日香, 小川俊介, 食品廃棄物性バイオマス中に含まれる抗菌性物質の活用, 第50回日本水環境学会年会講演集, 査読なし, 557, (2016).
- ⑩ M. Ishikawa, Y. Uchida, M. Tabaru, M. Kurosawa, N. Kosuge, H. Sugiyama, High frequency and high intensity ultrasonic transducers for medical applications using oriented piezoelectric thick films by hydrothermal method, The Journal of the Acoustical Society of America, 査読あり, 140(4), 3374, (2016).
- ⑪ 深山樹里, 亀山大輔, 田原麻梨江, 石河陸生, VHF 帯超音波トランスデューサ用エピタキシャル PbTiO₃/KNbO₃ 結晶膜の製膜と評価, 2016年日本音響学会春季研究発表会講演論文集, 査読なし, 1-Q-11, (2016).
- ⑫ 小菅信章, 内田庸助, 黒澤実, 石河陸生, エピタキシャル KNbO₃ 膜の厚膜化と強力超音波トランスデューサへの応用, 2016年日本音響学会春季研究発表会講演論文集, 査読なし, 1-Q-12, (2016).
- ⑬ 戸邊智之, 深山樹里, 田原麻梨江, 石河陸生, エピタキシャル PbTiO₃ 膜の製膜と圧電性評価, 2016年日本音響学会春季研究発表会講演論文集, 査読なし, 1-Q-13, (2016).
- ⑭ 市井諒, 小菅信章, 倉橋匠, 黒澤実, 石河陸生, 金属基板上への KNbO₃ 圧電結晶膜の製膜と圧電性評価, 2016年日本音響学会春季研究発表会講演論文集, 査読なし, 1-Q-15, (2016).
- ⑮ M. Ishikawa, Y. Uchida, M. Shibuya, N. Kosuge, M. Kurosawa, H. Funakubo, High power piezoelectric characteristics of KNbO₃ thick films by hydrothermal method, 2015 IEEE International Ultrasonics Symposium Abstract Book, 査読あり, 1-3, (2015).
- ⑯ 山田陸, 小川俊介, 下村美文, ヒバ油の抗菌性と乳化状態の評価, 日本農芸化学会2015年度大会講演要旨集, 査読なし, 3B33p14, (2015).
- ⑰ 小川俊介, 山田陸, 下村美文, 茶葉から抽出したカテキン溶液による抗菌性試験, 日本農芸化学会2015年度大会講演要旨集, 査読なし, 3B33p15, (2015).
- ⑱ 海老原芳孝, 谷沙柄里, 佐藤弘, 齋木博, 下村美文, 酵母菌による木質バイオマスの分解・資化, 第25回廃棄物資源循環学会発表会予稿集, 査読なし, B10-4, (2014).
- ⑲ 谷沙柄里, 海老原芳孝, 佐藤弘, 長谷川みゆき, 菰田直八, 齋木博, 下村美文, 木質バイオマスの難分解性有機物質の長

期分解・資化, 第 25 回廃棄物資源循環学会発表会予稿集, 査読なし, B10-10, (2014).

[学会発表] (計 18 件)

- ① M. Ishikawa, Y. Uchida, N. Kosuge, T. Shiraishi, M. Tabaru, H. Funakubo, M. Kurosawa, Characteristics of high intensity and high frequency ultrasonic transducers using hydrothermal epitaxial piezoelectric films, 2017 International Congress on Ultrasonics, 2017.12.18, ホノルル (ハワイコンベンションセンター) .
- ② M. Ishikawa, Y. Uchida, N. Kosuge, T. Shiraishi, M. Tabaru, H. Funakubo, Characteristics of High Frequency and High Intensity Ultrasonic Transducers using Thickness Vibration Mode of Epitaxial Piezoelectric Films, International Conference on Advanced Electromaterials 2017, 2017.11.21, 韓国 (ラマダプラザ済州ホテル) .
- ③ 下村美文, 瓜生貴紀, 新垣エリカ, 小矢夏幹, 未利用バイオマスの資化および含有抗菌性物質の活用, 第 28 回廃棄物資源循環学会発表会, 2017.9.6, 東京 (東京工業大) .
- ④ 石河睦生, 内田庸助, 白石貴久, 田原麻梨江, 黒澤実, 舟窪浩, 水熱合成エピタキシャル KNbO₃ 厚膜を用いた高出力超音波トランスデューサ, 第 34 回強誘電体応用会議, 2017.5.31, 京都 (コープイン京都) .
- ⑤ 新垣エリカ, 寒郡ちなみ, 下村美文, ショウガに含まれる抗菌性物質の活用, 第 27 回廃棄物資源循環学会発表会, 2016.9.27, 和歌山 (和歌山大) .
- ⑥ 瓜生貴紀, 谷沙柄里, 菰田直八, 下村美文, 酵母菌による木質バイオマスの長期分解・資化, 第 27 回廃棄物資源循環学会発表会, 2016.9.27, 和歌山 (和歌山大) .
- ⑦ 小矢夏幹, 密岡綾乃, 山田陸, 下村美文, 青森ヒバ精油の乳化状態の評価および抗菌活性の確認, 第 27 回廃棄物資源循環学会発表会, 2016.9.27, 和歌山 (和歌山大) .
- ⑧ 密岡綾乃, 福島君枝, 山田陸, 下村美文, 青森ヒバ製油の乳化状態の評価および抗菌活性の確認, 第 50 回日本水環境学会年会, 2016.3.16, 徳島 (アクティとくしま) .
- ⑨ 下村美文, 寒郡ちなみ, 松村祐吾, 宮寺明日香, 小川俊介, 食品廃棄物性バイオマス中に含まれる抗菌性物質の活用, 第 50 回日本水環境学会年会, 2016.3.16, 徳島 (アクティとくしま) .
- ⑩ 深山樹里, 亀山大輔, 田原麻梨江, 石河睦生, VHF 帯超音波トランスデューサ用エピタキシャル PbTiO₃/KNbO₃ 結晶膜の製膜と評価, 2016 年日本音響学会春季研究発表会, 2016.3.9, 神奈川 (桐蔭横浜大) .
- ⑪ 小菅信章, 内田庸助, 黒澤実, 石河睦生, エピタキシャル KNbO₃ 膜の厚膜化と強力超

音波トランスデューサへの応用, 2016 年日本音響学会春季研究発表会, 2016.3.9, 神奈川 (桐蔭横浜大) .

- ⑫ 戸邊智之, 深山樹里, 田原麻梨江, 石河睦生, エピタキシャル PbTiO₃ 膜の製膜と圧電性評価, 2016 年日本音響学会春季研究発表会, 2016.3.9, 神奈川 (桐蔭横浜大) .
- ⑬ 市井諒, 小菅信章, 倉橋匠, 黒澤実, 石河睦生, 金属基板上への KNbO₃ 圧電結晶膜の製膜と圧電性評価, 2016 年日本音響学会春季研究発表会, 2016.3.9, 神奈川 (桐蔭横浜大) .
- ⑭ M. Ishikawa, Y. Uchida, M. Shibuya, N. Kosuge, M. Kurosawa, H. Funakubo, High power piezoelectric characteristics of KNbO₃ thick films by hydrothermal method, 2015 IEEE International Ultrasonics Symposium, 2015.10.21, 台湾 (台北インターナショナルコンベンションセンター) .
- ⑮ 山田陸, 小川俊介, 下村美文, ヒバ油の抗菌性と乳化状態の評価, 日本農芸化学会 2015 年度大会, 2015.3.26, 岡山 (岡山大) .
- ⑯ 小川俊介, 山田陸, 下村美文, 茶葉から抽出したカテキン溶液による抗菌性試験, 日本農芸化学会 2015 年度大会, 2015.3.26, 岡山 (岡山大) .
- ⑰ 海老原芳孝, 谷沙柄里, 佐藤弘, 齋木博, 下村美文, 酵母菌による木質バイオマスの分解・資化, 第 25 回廃棄物資源循環学会発表会, 2014.9.15, 広島 (広島工業大) .
- ⑱ 谷沙柄里, 海老原芳孝, 佐藤弘, 長谷川みゆき, 菰田直八, 齋木博, 下村美文, 木質バイオマスの難分解性有機物質の長期分解・資化, 第 25 回廃棄物資源循環学会発表会, 2014.9.15, 広島 (広島工業大) .

6. 研究組織

(1) 研究代表者

志水 美文 (下村 美文)
(SHIMIZU, Mifumi (SHIMOMURA, Mifumi))
東京工科大学・医療保健学部・講師
研究者番号: 30396759

(2) 研究分担者

齋木 博 (SAIKI, Hiroshi)
東京工科大学・応用生物学部・教授
研究者番号: 30371503
(平成 27 年度より研究協力者)

石河 睦生 (ISHIKAWA, Mutsuo)
桐蔭横浜大学・医用工学部・講師
研究者番号: 90451864

(3) 連携研究者

軽部 征夫 (KARUBE, Isao)
東京工科大学・片柳研究所・教授
研究者番号: 50089827