

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 11 日現在

機関番号：32692

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2013

課題番号：23560653

研究課題名(和文)低栄養生育酵母による木質系廃棄バイオマスの分解と高効率な有用資源化への応用

研究課題名(英文) Degradation and effective utilization of the woody biomass using the microbe which can be grown under low-nutrition.

## 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) 4,100,000円、(間接経費) 1,230,000円

研究成果の概要(和文)：本研究の目的は低栄養で生育する酵母を用いてこれまで未利用な木質系バイオマスを分解して高効率に有用資源へと転換することである。難分解性有機物質を唯一の炭素源として生育する酵母を単離し、実際の木質系バイオマスを用いた長期分解試験を行った。その結果、試薬を用いた難分解性有機物質の分解より時間はかかるが、セルロース、リグニンおよびタンニン酸等の難分解性有機物質が相互作用をしているような、実際の木質系バイオマスでも3株の酵母菌が分解していることが確認できた。ソフトバイオマスであるワラはハードバイオマスよりも分解・資化しやすく、固形より粉末加工した方が資化されやすいことも明らかとなった。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this study is to use the microbe that grows under low-nutrition and to make a woody biomass a useful resource. A number of yeast were isolated that used woody biomass as the only carbon source. 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 grown yeast is reused as the sources of nutrient, such as vitamin and a mineral. This research result contributes to the new method of biomass effective utilization.

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. It was clear that the powder type of the straw was more easily degradable than the solid type of that. The powder type of the straw was cultured for long term. These results point out the possibility that the yeast which can be grown under low-nutrition can transform woody biomass into effective resource.

研究分野：工学

科研費の分科・細目：土木工学・土木環境システム

キーワード：廃棄物再資源化 微生物 木質系バイオマス 難分解性有機物質 酵母菌

## 1. 研究開始当初の背景

(1) バイオマスは動植物から生まれたカーボンニュートラルで再生可能な有機性資源である。しかしながら、未利用なものが多く、日本では(2005年)、バイオマスの年間発生量約2.5億トンのうち、35%は利用されていない。このうち間伐材等の木質(リグノセロース)系バイオマスは未利用な割合が高く、再利用が進んでいない。木質系バイオマスにはセルロース、リグニン、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う。しかし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。

(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水再生センターの最終好気処理槽の活性汚泥から微生物を数多く単離している。特に有用資源化、取り扱い易さを考慮して酵母をターゲットとして検索した結果、セルロース、リグニン、タンニン酸のみをそれぞれ単一炭素源とした培地で活発に増殖した数十株の酵母の取得に成功した。これらの菌株は培養時に存在する炭素源がリグニン等の難分解性有機物質のみであることから、炭素源として難分解性有機物質を資化していると考えられる。またこれらの候補菌株は、酵母エキスを添加しない低栄養下で増殖が早かったことから、エネルギーの転換効率が極めて高い酵母である可能性があり、非常に魅力的である。

そこで、これまで未利用であった木質系バイオマスを利用して本酵母を効率良く培養することで、低栄養下で菌体成分からタンパク質、ビタミン、ミネラル等の有用物質を大量に抽出でき、最終的には木質系バイオマスの高効率有用資源化を行うことを目指した。

## 2. 研究の目的

(1) 本研究の全体構想は低栄養で生育する酵母を用いてこれまで未利用な木質系バイオマスを分解して高効率に有用資源へと転換することである。

(2) 未利用バイオマスの中でも難分解性有機物質を含むために廃棄物となっていた間伐材、剪定枝等の木質系バイオマスを栄養源として酵母を効率良く培養することを目的とした。試薬を用いたモデル実験だけではなく、実際の木質系バイオマスから最終的には低栄養下で菌体成分から有用物質を大量に抽出し、木質系バイオマスの高効率有用資源化を行うことを目指した。

## 3. 研究の方法

本研究では、候補菌株の基本的な増殖・分解能力の検討、分解の至適条件の検討を行い、実際の木質系バイオマスをを用いた長期分解試験を行った。以下に具体的な方法を示す。

### (1) 候補菌株の増殖特性

これまで単離している K-41、H-15 および K-78 の3株の候補菌株の増殖特性の確認を行った。実験は YMC 液体培地で酵母菌を培養して増殖能の比較を行った。YMC 培地には、酵母エキス、麦芽エキス、ポリペプトン、D(+)-グルコース、クロラムフェニコールが含まれている。供試菌体は植菌する前日に試験管中で前培養として、30℃で1日、振とう培養を行った。この菌体を三角フラスコの YMC 液体培地に植え継ぎ、培養条件温度を 20-40℃、pH を 3-10 に変化させてそれぞれ振とう培養を行った。1時間ごとに吸光度測定(660nm)を行い、増殖曲線を作成して倍加時間を算出した。

### (2) 木質系バイオマスの長期分解試験

木材の産生する環境、樹種により水分量や成分組成、成分間の相互作用に大きな差異がある。つまり単一の難分解性有機物質について市販の試薬を用いた分解モデル実験だけでなく、実際の木質系バイオマスをを用いた長期分解試験を行う必要がある。そこで候補菌を3株選出し、木質系バイオマスをを用いて分解試験を行った。実験の流れを図1に示す。

木質系バイオマスとして約5mm角(5mg)の固体のワラおよびワラ、スギ、ヒノキの微細粉末を使用した。ワラ等の比較的リグニン含量の低いソフトバイオマスと呼ばれる草木系植物やスギやヒノキのようなリグニンが多く分解しにくいハードバイオマスで分解能を比較した。酵母エキスのような炭素源は全く添加せず、各木質系バイオマスのみを単一炭素源とした液体培地に  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 、 $\text{K}_2\text{HPO}_4$ 、 $\text{NH}_4\text{HCO}_3$ 、 $\text{MgSO}_4$  の無機塩類を添加した。室温で振とう培養を行い、生菌数の計測を行った。生菌数の測定には YMC 寒天培地を使用したコロニーカウント法を用いた。

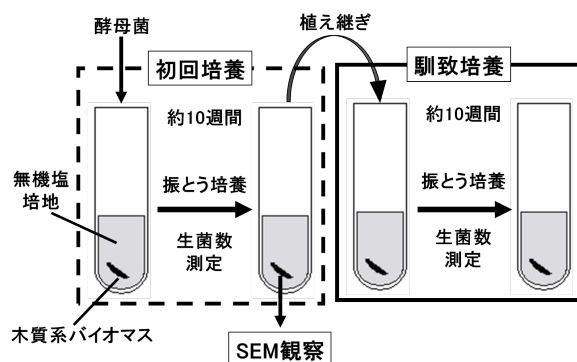


図1 木質系バイオマスの分解実験の流れ

初回培養は 10 週間行い、この長期培養で得られた菌体を新たな同組成の培地にそれぞれ植え継ぎ再び 10 週間振とう培養し、これを馴致培養とした。

### (3) 表面構造の観察

固体、粉末等の形状による分解能への影響を明らかにすることを目的として、走査電子顕微鏡 (SEM)、マイクロハイスコープを用いて固形のワラと粉末のワラの長期分解前後の表面構造の状態変化を観察した。

### (4) 難分解性有機物質の分解

市販の試薬の難分解性有機物質、セルロース、リグニン、タンニン酸を用いて、(2)と同様に無機塩液体培地に単一炭素源になるよう添加して、長期分解実験を行った。

## 4. 研究成果

### (1) 候補菌株の増殖特性

酵母菌 K-41、H-15 および K-78 の難分解性有機物質に対する分解能力を、最大限に発揮できる至適生育条件を明らかにするために、温度と pH がこれら 3 株の酵母菌の増殖に与える影響を検討した。倍加時間が短いほど増殖能が高いことを表している。酵母菌 K-41、H-15 および K-78 の各温度における倍加時間を図 2 に、各 pH における倍加時間を図 3 に示した。これらの結果から、温度と pH の至適生育条件はそれぞれ、酵母菌 K-41 では 35、pH6、酵母菌 H-15 では 30、pH7-9、酵母菌 K-78 では 30、pH4-5 であることが明らかとなった。

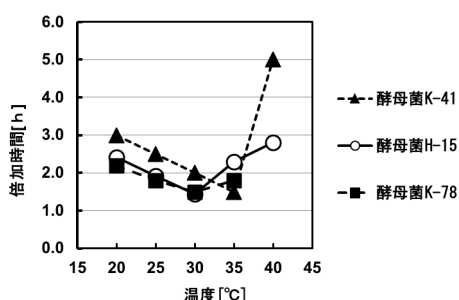


図 2 各温度での倍加時間

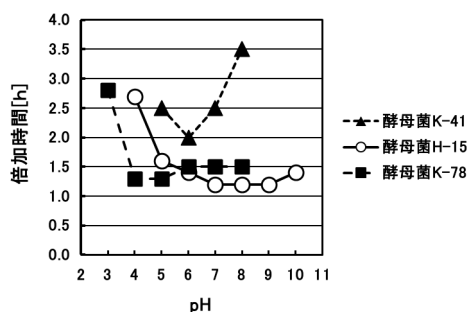


図 3 各 pH での倍加時間

今後さらにこれらの菌株の基本的な増殖特性 (振とう速度や通気の影響等) の検討を行い、また菌株増殖時における炭素源以外の窒素やリン、金属 (Na, Mg, K, Fe, Ca 等)、ビタミン等の栄養要求性の確認を行う必要がある。

### (2) 木質系バイオマスの長期分解試験

(1)の至適生育条件で、酵母菌 K-41、H-15 および K-78 を用いて木質系廃棄バイオマスに対する長期分解・資化実験を行った。各木質系バイオマスのみを単一炭素源とした液体培地で振とう培養を行い、一定期間ごとに生菌数の計測を行った。その結果、酵母菌 K-41、H-15 および K-78 の 3 株いずれも各木質系バイオマスのみを単一の炭素源として増殖していた。試薬を用いた難分解性有機物質の分解より時間はかかるが、セルロース、リグニンおよびタンニン酸等の難分解性有機物質が相互作用をしているような、実際の木質系バイオマスでも 3 株の酵母菌が分解している可能性が示唆された。スギやヒノキのようなハードバイオマスでは増殖速度は遅いものの、他の炭素源が全くない状態で酵母菌が生育していることが確認できた。

### (3) 形状およびバイオマスの種類による分解能への影響

固形のワラと粉末のワラでは同じワラでも粉末のワラの方が、培養 10 週目の生菌数では約 2 倍と差が見られた。またソフトバイオマスであるワラとハードバイオマスであるスギやヒノキ (粉末) を比較すると、ハードバイオマスでは固形のワラと同程度の生菌数であった。つまり、ソフトバイオマスでは粉末処理が有効であるが、ハードバイオマスではあまり効果が得られないことが分かった。

今後、その他の木質系廃棄バイオマスを用いた分解試験を行い、チップや粉末等形状を変化させたときの増殖の違いを、さらに粒径の違いを考慮に入れて検討する必要がある。

### (4) 表面構造の観察

約 10 週間の初回培養前後のサンプル表面の状態を観察したところ、見た目およびマイクロハイスコープでは木質系バイオマスの変化が見られなかった。しかし SEM では酵母菌の添加による表面構造の破損が観察された。

### (5) 馴致の効果

初回培養は約 10 週間行い、この長期培養で得られた菌体を新たな同組成の培地にそれぞれ植え継ぎ、再び約 10 週間振とう培養し、これを馴致培養とした。一例として酵母

菌 K-41 を用いた木質系廃棄バイオマスの長期分解実験の初回培養の結果を図4に、馴致培養2回目の結果を図5に示す。

K-41 では初回培養と馴致培養2回目では固形のワラと粉末ワラともに生菌数が約 50-60 倍に増加し、馴致による効果がみられた。しかしワラ粉末の粒径による差はみられなかった。

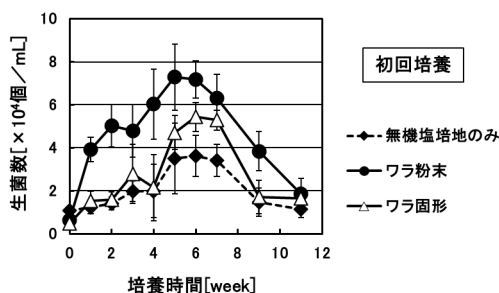


図4 ワラの分解実験（初回培養）

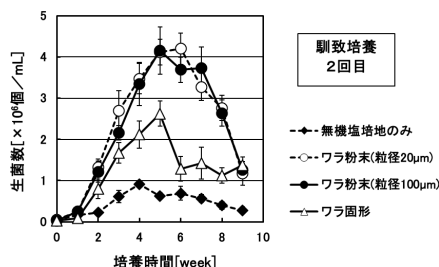


図5 ワラの分解実験（馴致培養）

#### (6) 木質系バイオマスの前処理

(2) に示したように、ソフトバイオマスに比べ、ハードバイオマスでは、増殖速度が遅かった。そこで、未処理のままの乾燥ヒノキ、NaOH でアルカリ処理したヒノキ、水蒸気蒸留法でヒノキチオールを抽出したヒノキ、未処理のままの乾燥ヒバ、NaOH でアルカリ処理したヒバ、水蒸気蒸留法でヒノキチオールを抽出したヒバの6種類のバイオマスサンプルを使用し、(2) と同様な長期分解実験を行った。

ハードバイオマスであるヒノキチオールを抽出したヒノキ、ヒバは分解・資化できることがわかった。乾燥ヒノキ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、最も生菌数が少なくなったのはアルカリ処理したヒノキとなった。これは NaOH のアルカリ成分が生育に影響を及ぼしたのではないかと考えられる。

#### (7) 難分解性有機物質の分解

市販の試薬の難分解性有機物質、セルロース、リグニン、タンニン酸を用いて、(2) と同様に単一炭素源になるよう添加して、長期

分解実験を行ったところ、酵母菌 K-41 はリグニンに対する資化能力を持っていることがわかった。このことからリグニンを分解する酵素であるリグニンペルオキシダーゼ、マンガンペルオキシダーゼ、ラッカーゼのどれかの酵素を分泌していることが考えられる。リグニンを分解する酵母菌は珍しく、バイオマス前処理技術やリグニンを含む実際のバイオマス利用に期待ができる。

#### (8) 清酒酵母との比較

木質系バイオマスを分解・資化する能力が廃水処理施設の最終活性污泥から採取した候補菌3株にだけ存在するものなのか、一般的な酵母菌が持っているのかを判定するために私たちの身近な一般的な酵母菌として清酒酵母を使用して比較した。ワラ粉末を用いて、(2) と同様な長期分解実験を行った。

無機塩液体培地のみでは清酒酵母の増殖はほとんどなかった。このことから一般的な酵母菌では低栄養下では増殖はできず、候補菌株でないと低栄養下で増殖することができないことが確認できた。またワラ粉末を加えた培地でも候補菌株では増殖するのに対して、清酒酵母の増殖はほとんどなかった。このことから清酒酵母のような一般的な酵母菌では木質バイオマスを分解・資化できないことがわかった。よって候補菌株は酵母菌の中でも特殊にバイオマスの分解・資化する能力を保持することがわかった。

本研究では保有菌株の馴致を行い、木質系バイオマスの分解能の向上を目指し、分解能力を最大限に発揮できる至適増殖条件の決定を行った。そしてこれらの候補菌株が木質系バイオマスの分解に現実に利用可能か判断するために、木質系バイオマスが単一炭素源として含まれる培地での増殖能力の確認を行った。これらの結果から、難分解性有機物質を物理的・化学的前処理することなく直接、常温で微生物により木質系バイオマスを分解処理できると期待される。

本研究により、超低栄養条件下で生育する木質系バイオマス由来の難分解性有機物質を分解する酵母菌株が確認できた。これらの菌株を活用し、木質系バイオマスを中心とする未利用バイオマスから効率良くタンパク質、ビタミン、ミネラル等の有用資源を微生物菌体のかたちで生産する技術の実用化に向けた大変意義のある成果を得ることができた。

今後は、酵母菌を1株のみで使用するだけでなく、2株以上の酵母菌を混合して分解試験を行う等高効率化につながる研究開発を進める必要があると考えている。

## 5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計22件)

- 1) 齋木博, 下村美文(他8名, 10番目), 超音波霧化技術による木質バイオマスの有効利用, 日本農芸化学会 2014 年度大会講演要旨集, 査読なし, 3A01p03, (2014).
- 2) 下村美文, 工藤孝, 齋木博, 石河睦生(他6名, 1番目), 廃棄系木質バイオマスの高度有効利用, 第48回日本水環境学会年会講演集, 査読なし, 589, (2014).
- 3) 下村(志水)美文, 齋木博, 川島徳道, 石河睦生, 木質系廃棄バイオマスの微生物による分解と超音波霧化技術による有効利用, ケミカルエンジニアリング, 査読なし, 58(1), 15-22, (2013).
- 4) 袴田淑篤, 齋木博, 下村美文(他4名, 6番目), ハロー法によるヒノキチオール抗菌性試験, 第24回廃棄物資源循環学会発表会予稿集, 査読なし, B11-2, (2013).
- 5) 齋木博, 下村美文(他5名, 7番目), 微生物によるセルロース系バイオマスの分解・資化, 第24回廃棄物資源循環学会発表会予稿集, 査読なし, B11-3, (2013).
- 6) 佐藤弘, 齋木博, 下村美文(他5名, 8番目), 酵母菌による木質バイオマスの分解, 第24回廃棄物資源循環学会発表会予稿集, 査読なし, B11-8, (2013).
- 7) H.Saiki, M.Ishikawa, M.Shimomura(他6名, 9番目), The effective use of the woody biomass, *TOIN 8th International Symposium on Biomedical Engineering Abstract Book*, 査読なし, 60-61, (2013).
- 8) M.Shimomura, M.Ishikawa(他6名, 7番目), Development of ultrasonic atomization technology for antimicrobial coating with hinokitiol, *TOIN 8th International Symposium on Biomedical Engineering Abstract Book*, 査読なし, 68-69, (2013).
- 9) 菅野匠, 工藤孝, 下村美文, 石河睦生(他5名, 7番目), 薬剤塗布を目的とした気相染色法の開発, 2012年度色材研究発表会講演要旨集, 査読なし, P-42, (2013).
- 10) 下村美文(他7名, 7番目), 気相染色法を利用したヒノキチオールの塗布とその抗菌活性の検討, 日本農芸化学会2013年度大会講演要旨集, 査読なし, 119, (2013).
- 11) 石河睦生, 齋木博, 下村美文(他5名, 6番目), 酵母菌によるハードバイオマスの有効利用, 日本農芸化学会2013年度大会講演要旨集, 査読なし, 120, (2013).
- 12) 坂間雄一郎, 鈴木義規, 齋木博, 下村美文, 軽部征夫, 八王子市における木質バイオマスの有効利用に関する研究, 日本農芸化学会2013年度大会講演要旨集, 査読なし, 121, (2013).
- 13) 小林聖人, 菰田直八, 齋木博, 鈴木義規, 下村美文, 微生物によるハードバイオマス残渣の有効利用, 第47回日本水環境学会年会講演集, 査読なし, 181, (2013).
- 14) 菰田直八, 小林聖人, 齋木博, 鈴木義規, 下村美文, 酵母菌による未利用バイオマスの有効利用, 第47回日本水環境学会年会講演集, 査読なし, 687, (2013).
- 15) 小林聖人, 下村美文, 石河睦生(他5名, 7番目), ヒノキチオールの抽出と超音波霧化の有効利用, 2012材料技術研究協会討論会予稿集, 査読なし, P60, (2012).
- 16) T.Kanno, M.Shimomura, M.Ishikawa(他4名, 6番目), Study of ultrasonic atomization for coating of extracted hinokitiol, *TOIN 7th International Symposium on Biomedical Engineering Abstract Book*, 査読なし, 56, (2012).
- 17) 小林聖人, 齋木博, 鈴木義規, 下村美文, 微生物によるセルロース系バイオマスの分解・資化, 第23回廃棄物資源循環学会発表会予稿集, 査読なし, B10-1, (2012).
- 18) 菰田直八, 齋木博, 下村美文(他3名, 5番目), 酵母菌による木質バイオマスの分解・資化, 第23回廃棄物資源循環学会発表会予稿集, 査読なし, B10-9, (2012).
- 19) 下村美文(他7名, 7番目), ヒノキチオールの抽出と超音波霧化技術による有効利用, 第23回廃棄物資源循環学会発表会予稿集, 査読なし, B10-11, (2012).
- 20) 齋木博, 下村美文, 軽部征夫(他2名, 4番目), FTS反応による木質バイオマス資源の有効利用, 第23回廃棄物資源循環学会発表会予稿集, 査読なし, B13-5, (2012).
- 21) 菅野匠, 小林聖人, 下村美文, 石河睦生(他4名, 7番目), 気相染色法を用いたヒノキチオール塗布とその抗菌効果に関する基礎検討, 2012年度色材研究発表会講演要旨集, 査読なし, 152-153, (2012).
- 22) 小林聖人, 齋木博, 下村美文(他2名, 5番目), 酵母菌による木質バイオマスの分解・資化, 第22回廃棄物資源循環学会発表会予稿集, 査読なし, B7-1, (2011).

[学会発表](計24件)

- 1) 齋木博, 石河睦生, 下村美文(他7名, 10番目), 超音波霧化技術による木質バイオマスの有効利用, 日本農芸化学会 2014 年度大会, 2014.3.28, 神奈川(明治大).
- 2) 下村美文, 工藤孝, 袴田淑篤, 齋木博, 石河睦生(他5名, 1番目), 廃棄系木質バイオマスの高度有効利用, 第48回日本水環境学会年会, 2014.3.17, 仙台(東北大).
- 3) 袴田淑篤, 齋木博, 下村美文(他3名, 6番目), ハロー法によるヒノキチオールの抗菌性試験, 第24回廃棄物資源循環学会発

- 表会, 2013.11.2, 北海道(北海道大).
- 4) 齋木博, 下村美文(他 5 名, 7 番目), 微生物によるセルロース系バイオマスの分解・資化, 第 24 回廃棄物資源循環学会発表会, 2013.11.2, 北海道(北海道大).
  - 5) 佐藤弘, 長谷川みゆき, 齋木博, 下村美文(他 4 名, 8 番目), 酵母菌による木質バイオマスの分解, 第 24 回廃棄物資源循環学会発表会, 2013.11.2, 北海道(北海道大).
  - 6) H.Saiki, M.Shimomura(他 7 名, 9 番目), The effective use of the woody biomass, *TOIN 8th International Symposium on Biomedical Engineering*, 2013.10.26, Kanagawa(TOIN university of Yokohama).
  - 7) T.Kudou, M.Shimomura, M.Ishikawa(他 5 名, 7 番目), Development of ultrasonic atomization technology for antimicrobial coating with hinokitiol, *TOIN 8th International Symposium on Biomedical Engineering*, 2013.10.26, Kanagawa(TOIN university of Yokohama).
  - 8) 菅野匠, 工藤孝, 下村美文, 石河睦生(他 4 名, 7 番目), 薬剤塗布を目的とした気相染色法の開発, 2013 年度色材研究発表会, 2013.10.24, 東京(タワーホール船堀).
  - 9) 下村美文, 工藤孝, バイオマスの有効利用, 第 1 回 IPU・みなとみらいシンポジウム, 2013.8.1, 神奈川(IPU・環太平洋大).
  - 10) 工藤孝, 齋木博, 下村美文, 酵母菌を使用した木質バイオマスの有効活用, 第 1 回 IPU・みなとみらいシンポジウム, 2013.8.1, 神奈川(IPU・環太平洋大).
  - 11) 下村美文(他 7 名, 7 番目), 気相染色法を利用したヒノキチオール塗布とその抗菌活性の検討, 日本農芸化学会 2013 年度大会, 2013.3.25, 仙台(東北大).
  - 12) 小林聖人, 菅野匠, 石河睦生, 鈴木義規, 齋木博, 下村美文, 酵母菌によるハードバイオマスの有効利用, 日本農芸化学会 2013 年度大会, 2013.3.25, 仙台(東北大).
  - 13) 坂間雄一郎, 鈴木義規, 齋木博, 下村美文, 軽部征夫, 八王子市における木質バイオマスの有効利用に関する研究, 日本農芸化学会 2013 年度大会, 2013.3.25, 仙台(東北大).
  - 14) 小林聖人, 菰田直八, 齋木博, 鈴木義規, 下村美文, 微生物によるハードバイオマス残渣の有効利用, 第 47 回日本水環境学会年会, 2013.3.11, 大阪(大阪工業大).
  - 15) 菰田直八, 小林聖人, 齋木博, 鈴木義規, 下村美文, 酵母菌による未利用バイオマスの有効利用, 第 47 回日本水環境学会年会, 2013.3.11, 大阪(大阪工業大).
  - 16) 小林聖人, 下村美文, 石河睦生(他 5 名, 7 番目), ヒノキチオールの抽出と超音波霧化の有効利用, 2012 材料技術研究協会討論会, 2012.12.7, 千葉(東京理科大).
  - 17) M.Shimomura, M.Ishikawa(他 5 名, 6 番目), Study of ultrasonic atomization for coating of extracted hinokitiol, *TOIN 7th International Symposium on Biomedical Engineering*, 2012.11.10, Kanagawa(TOIN university of Yokohama).
  - 18) 小林聖人, 齋木博, 鈴木義規, 下村美文, 微生物によるセルロース系バイオマスの分解・資化, 第 23 回廃棄物資源循環学会発表会, 2012.10.22, 仙台(仙台国際センター).
  - 19) 齋木博, 下村美文(他 3 名, 5 番目), 酵母菌による木質バイオマスの分解・資化, 第 23 回廃棄物資源循環学会発表会, 2012.10.22, 仙台(仙台国際センター).
  - 20) 下村美文(他 7 名, 7 番目), ヒノキチオールの抽出と超音波霧化技術による有効利用, 第 23 回廃棄物資源循環学会発表会, 2012.10.22, 仙台(仙台国際センター).
  - 21) 坂間雄一郎, 鈴木義規, 齋木博, 下村美文, 軽部征夫, FTS 反応による木質バイオマス資源の有効利用, 第 23 回廃棄物資源循環学会発表会, 2012.10.22, 仙台(仙台国際センター).
  - 22) 下村美文, 小林聖人, 齋木博, 石河睦生(他 9 名, 1 番目), 微生物による木質系廃棄バイオマスの分解と高効率な有機資源化の研究, 第 2 回おおた研究・開発フェア, 2012.10.4, 東京(大田区産業プラザ P10).
  - 23) 下村美文(他 7 名, 7 番目), 気相染色法を用いたヒノキチオール塗布とその抗菌効果に関する基礎検討, 2012 年度色材研究発表会, 2012.9.20, 大阪(大阪府立大).
  - 24) 小林聖人, 田中麻奈美, 鈴木義規, 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 22 回廃棄物資源循環学会発表会, 2011.11.3, 東京(東洋大).
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
  - (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