

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年6月5日現在

機関番号：16101  
 研究種目：基盤研究(B)  
 研究期間：2010～2012  
 課題番号：22310048  
 研究課題名(和文) 超高温高压水蒸気爆砕を用いたセルロース系バイオマスの総合的有用製品化  
 研究課題名(英文) Production of useful products from cellulosic biomass using ultra-high temperature and pressure steam explosion  
 研究代表者 中村 嘉利 (NAKAMURA YOSHITOSHI)  
 徳島大学・大学院ソシオテクノサイエンス研究部・教授  
 研究者番号：20172455

**研究成果の概要(和文):** 未利用のタケから有用化学製品を合成するために、前処理として水蒸気爆砕処理を行い、処理物から水とアルコールを用いた抽出分離操作によりセルロースおよびリグニンを分離した。得られたセルロースにセルラーゼを供して酵素糖化し、この糖化液をブタノール生産菌の生育培地に炭素源として添加し、ブタノールを得ることができた。リグニンはエポキシ樹脂の原料として使い、ハンダ耐熱を上回る熱特性を有する樹脂を合成した。

**研究成果の概要(英文):** This study investigated the production of useful chemical products (biofuel and epoxy resin) from unutilized bamboo using steam explosion pretreatment. Cellulose from steam-exploded bamboo was hydrolysed using cellulase and then the hydrolysate was subjected to butanol fermentation substrate. Furthermore, lignin from steam-exploded bamboo was used for the resource of epoxy resin. The lignin-based epoxy resin exceeded the dip-solder resistance (250°C-280°C).

### 交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	10,100,000	3,030,000	13,130,000
2011年度	2,700,000	810,000	3,510,000
2012年度	1,900,000	570,000	2,470,000
総計	14,700,000	4,410,000	19,110,000

研究分野：環境技術・環境材料

科研費の分科・細目：環境学・環境技術・環境材料

キーワード：環境技術、リサイクル、バイオマス

### 1. 研究開始当初の背景

温室効果ガスの排出抑制による地球温暖化防止や、未利用資源の有効利用による循環型社会の構築が求められる中、国産バイオ燃料の大幅な生産拡大を図るため、稲わら等の作物の未利用部分およびスギ、ヒノキ間伐材等のセルロース系バイオマスを低コストで効率的にバイオエタノール等に変換する技術の開発が課題となっている。バイオマス中のセルロースを直接(酵素フリー、すなわち低コストで)グルコースに変換する方法として

は硫酸を用いた蒸煮法が一般的であるが、それは高価な耐酸容器(ハステロイ製容器)の使用や硫酸含有排水の処理等に問題があった。応募者らは水のみを用いる水蒸気爆砕や高温高压水処理(超・亜臨界水処理)について報告してきたが、水蒸気爆砕では直接グルコース変換は困難であり、高温高压水処理では、試料が粉状でないと効果がないこと(ボールミル等で微細化するためのコストが必要)やセルロース成分などの過分解(フルフラールや5-HMF等への分解)によるグルコース生成

量の低下、リグニンからのバニリン等の発酵阻害物質の生成、装置のスケールアップが困難等の欠点があった。

## 2. 研究の目的

本研究では、既往技術の上記課題(背景に記載)を水蒸気爆砕(200~240、2~4 MPa)、分離操作(水とアルコールによる抽出分離)、超高温高压水蒸気爆砕(従来の水蒸気爆砕よりもかなり高い240~300、4~10 MPaの温度・圧力での処理であり、単糖の過分解が起こらない急熱・急冷操作が可能)と種々の変換方法(ブタノール発酵生産およびエポキシ樹脂)からなる一連の資源化操作を用いてブレイクスルーし、バイオマス中の全構成成分の有用化学製品への変換を目指した。

## 3. 研究の方法

### (1) 試料

タケは徳島県三好市から供与され、チップに裁断したもの(縦5 cm×横3 cm×厚さ0.2 cm)を実験に使用した。

### (2) タケチップの水蒸気爆砕による前処理

タケチップの前処理には水蒸気爆砕処理(日本化学機械製造(株))を用いた。水蒸気爆砕処理では、タケチップ200 gを反応器に入れ、内部の空気を水蒸気に置換した後、所定圧力の飽和水蒸気を反応器内に導入し、所定時間蒸煮後、瞬時に大気圧まで減圧し、水蒸気爆砕処理バガスを得た。処理に用いた水蒸気圧力は25, 35および45 atmとし、蒸煮時間は5分とした。

### (3) 成分分析

水蒸気爆砕処理したタケチップは水とアルコールによる抽出操作を用いて成分分析を行った(図1)。タケの粉末、水蒸気爆砕処理後のタケチップをそれぞれ乾燥重量で2.0 gとり、100 mlの蒸留水で室温下にて24時間抽出した。その後、ろ過により残渣とろ液に分離し、ろ液は水可溶性成分とし、硫酸により加水分解し、フェノール硫酸法を用いて全糖を定量した。得られたグルコース量をセルロース量に換算し、全体からこれを差し引いたものをヘミセルロース量とした。また、低分子量リグニンは水可溶性成分から全糖を差し引き求めた。一方、残渣はさらにアルコールで抽出し、残渣はアルコール不溶性成分とし、硫酸加水分解により生成したグルコース量をセルロース量として換算した。硫酸加水分解処理により残渣として残ったものを高分子量リグニンとした。また、ろ液はアルコール可溶性成分とした。

### (4) 酵素による糖化およびその評価

試料(乾燥重量0.3 g)を秤量し、0.05 M 酢酸緩衝液(pH 5.0、10 ml)を加え、メイセラ

ゼ(明治製菓(株))を基質量の1/10になるように添加し、50、140 rpmにて振盪し酵素糖化した。所定の時間(48時間)反応終了後、ろ過により糖化残渣とろ液とに分別した。ろ液は、90の熱水に10分間保持し、酵素を失活させた後、グルコース量の定量に供試した。グルコース量はグルコースオキシターゼを用いる酵素法を用いて定量した。

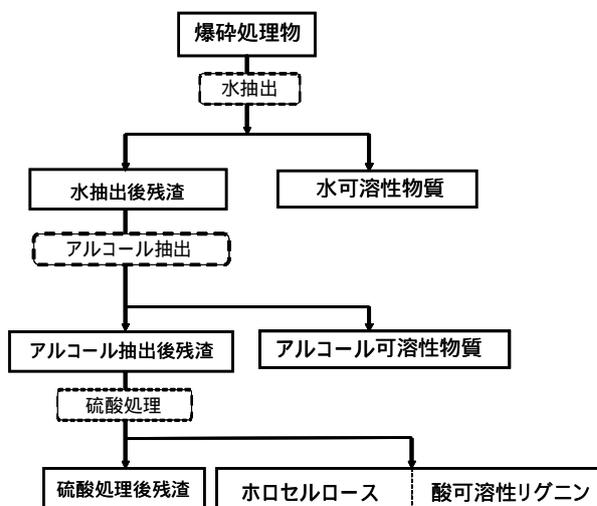


図1 水とアルコールを用いた爆砕物の抽出分離操作

### (5) ブタノールの発酵生産およびその分析

ブタノール発酵菌には *Clostridium acetobutylicum* NBRC 13948 を用いた。 *C. acetobutylicum* NBRC 13948 の前培養には、 *Clostridia reactor media* (CRM) を用いた。 CRM の組成は 5 g/L Yeast extract, 0.75 g/L  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ , 0.75 g/L  $\text{K}_2\text{HPO}_4$ , 2 g/L  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ , 1 g/L NaCl, 0.2 g/L  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ , 0.01 g/L  $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ , 0.01 g/L  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ , 0.5 g/L L-cysteine · HCl で、炭素源として Glucose を 30 g/L 添加した。 Yeast extract,  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ ,  $\text{K}_2\text{HPO}_4$ ,  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ , NaCl は 121、20分オートクレーブし、残りの成分は 0.22 μm pore size filter で濾過することでそれぞれ滅菌した。また、本菌は偏性嫌気性菌であるため、培地を調製後  $\text{N}_2$  ガスで5分間置換した。そして、-80で凍結保存してある菌液を培地に200 μL 添加し、37で24時間培養したものを前培養液として用いた。同時糖化発酵は、水蒸気爆砕処理したタケチップの水およびメタノール抽出残渣を基質濃度50 g/L にグルコースを除く CRM 培地成分を添加したものをを用いた。そして前培養液10% (v/v) と酵素糖化の際に加えた酵素と0.1 M 酢酸ナトリウム(pH 5.0)を加えて、37で96時間培養した。

培地中の残存グルコースはグルコースオキシターゼ法、生産ブタノール濃度は高速液体クロマトグラフィーを用いて分析した。分

析温度は 65 ℃、溶離液および溶出速度はそれぞれ 5.0 mM の硫酸水溶液、0.6 ml/min とし、カラムは Aminex HPX-87H (Bio-Rad) を用いた。

#### (6) エポキシ樹脂の合成

爆砕物から抽出したタケリグニン（水酸基当量 = 121 g/eq）を 10 g を 300 ml 容量の四つ口フラスコに入れ、そこにテトラブチルアンモニウムブロミド（Tetra butyl Ammonium Bromide : TBAB）をタケリグニンの水酸基当量に対し 1/4 当量、エピクロルヒドリンを 20 当量、蒸留水を 1/20 当量分を常温下で加えた。四つ口フラスコは攪拌棒、50 ml 容量のビュレット、窒素ガス流入、流出口を接続しており、また窒素ガス流出口には途中、冷却管を接続し、流出口最終部は三角フラスコ中に満たした流動パラフィンに浸かるように設置した。この状態で反応系内部を窒素雰囲気下にするために、攪拌棒で攪拌（300 rpm）しながら、常温下で 10 分間程度窒素を流入した。その後、窒素を流入しながらオイルバスを用いて反応系を 80 ± 5 ℃ に保ち、4 時間反応を行って、クロルヒドリン体を得た。

続いて、流動パラフィンの逆流に留意しながらオイルバスを氷浴に置き換えて、反応系内を 10 ℃ 以下にまで冷却した。接続していた流動パラフィン流入、流出口を取り外し、代わりに密栓と温度計を接続して、反応系内の温度が 10 ℃ 以下であることを確認してから 5 ml のジメチルスルホキシドを接続しているビュレットを通して加え、その後、5 当量分の 50wt% 水酸化ナトリウム水溶液を同じくビュレットから加えた。この時、反応系内の温度は常に 10 ℃ 以下にし、できる限り低温で溶液の添加を終えた。添加後、温度を 10 ℃ 以下に保ったまま 10~12 時間攪拌し続け、エポキシ環の開環反応を行った。最後に、反応系内温度を 10 ℃ 以下に保ったまま、余剰の水酸化ナトリウム水溶液を中和するために 5 当量からメタノール可溶性リグニンの水酸基当量を差し引いた分量の 50wt% 酢酸溶液をビュレットからゆっくりと滴下し、エポキシ樹脂合成反応を終了した。反応によって得られた溶液は塩化メチレン 100 ml、蒸留水 50 ml と共に 300 ml 分液ポートに移し、有機層と水層に分離させた。分離後、エポキシ樹脂などが溶解している有機層だけを取り出し、再び 300 ml 分液ポートに入れ、蒸留水 50 ml で洗浄、分離させた。この操作を 5 回繰り返して十分に有機層中の塩などを取り除いた後、有機層を 300 ml 三角フラスコに移し、適量の無水硫酸マグネシウムを加えて 2 時間攪拌しながら水分を除去した。無水硫酸マグネシウムはろ過によって取り除き、ろ液は 300 ml ナスフラスコに回収した。そして、回収した溶液の溶媒成分は任意の時間、45 ℃ で減圧乾燥を

行って除去した。前述のエポキシ樹脂合成反応で得られた生成物はエポキシ樹脂ではあるがエポキシ環開環反応が不十分である構造等の副生成物を多く含む可能性があるため、2-Propanol 中での樹脂の再沈殿によって精製を行った。

#### 4. 研究成果

##### (1) 水蒸気爆砕処理の効果

タケチップを水蒸気圧力 2.5、3.5、4.5 MPa、蒸煮時間 5 分で水蒸気爆砕処理を行った。未処理タケチップとそれぞれの水蒸気爆砕処理したタケに含まれる成分を表 1 にまとめた。これらの成分は水とアルコールを用いた抽出分離操作(図 1)により得られたものであり、水可溶性物質、アルコール可溶性物質、ホロセルロース(セルロースとヘミセルロースが混ざったもの、すなわち多糖類)、酸可溶性リグニンおよび硫酸処理後残渣に分離した。未処理タケチップと 2.5 MPa で水蒸気爆砕処理したタケを比較すると、水可溶性物質とアルコール可溶性物質の増大が見られる。水可溶性物質には、オートヒドロシスにより加水分解されたヘミセルロース由来の単糖(ヘミセルロースはセルロースに比べて温和な条件下で加水分解される)や、さらに単糖が過分解したフラン化合物(フルフラールや 5-ヒドロキシメチルフルフラール)が含まれる。また、アルコール可溶性物質には、フラン化合物の一部とリグニンが分子量 1000~1400 ほどに低分子化した比較的分子量のリグニンが含まれる。このアルコール可溶性物質は水蒸気圧力の増大とともに増加が見られる。一方、ホロセルロース成分は、一部加水分解し、水可溶性物質が生成されるため、水蒸気圧力の増大とともに減少が見られる。さらに、硫酸処理後残渣は水蒸気圧力 2.5 MPa では未処理タケチップと比較して減少が見られたが、水蒸気圧力を上げててもそれほどの減少は見られない。これは、一度低分子量化したリグニンがリグニン同士あるいはその他加水分解して遊離した糖類と再重合するものによるものであり、見かけは高分子量のリグニンが残存しているように見える。このように水蒸気爆砕処理と水-アルコールを用いた抽出操作を組み合わせて分離して得たホロセ

表 1 水蒸気爆砕処理したタケの成分分析

成分	タケチップ	水蒸気圧力 (MPa) [蒸煮温度 ( ℃ )]		
		2.5 [224 ]	3.5 [234 ]	4.5 [248 ]
水可溶性物質	6.5	12.1	10.0	9.6
糖類	3.0	3.3	3.4	3.9
リグニン類	3.5	8.8	6.6	5.7
アルコール可溶性物質	1.8	19.2	27.5	29.8
ホロセルロース	64.1	46.3	41.0	39.8
酸可溶性リグニン	1.4	0.5	0.4	0.3
硫酸処理後残渣	26.2	21.8	21.1	20.4
合計	100	100	100	100

ルコースと低分子量化したリグニンの有効利用を進めた。

### (2) セルロース成分の利用

タケチップを水蒸気爆砕処理(水蒸気圧力 25、35、45 atm、蒸煮時間 5 分)により処理し、水 アルコール抽出操作により得たアルコール抽出後残渣を酵素(メイセルラーゼ)により加水分解し、グルコースを主に含む糖液を得た。この酵素糖化により、それぞれの爆砕条件(25、35、45 atm)から乾燥した水 アルコール抽出残渣 1g あたり 670、650 および 580 mg のグルコースが得られることがわかった。これは糖化率(グルコース生成量/乾燥した水 アルコール抽出残渣に含まれるセルロース量×100)に換算すると水蒸気圧力 25 と 35 atm では 95%、45 atm では 88%と高い収量が見られることがわかった。以上の結果から、タケ由来セルロースからセルラーゼを用いてグルコース糖液を得るためには、水蒸気圧力 25 atm の比較的温和な条件が適していることが示された。図 2 には、種々の水蒸気爆砕処理条件により処理したタケの水およびメタノール抽出残渣を基質(基質濃度 50 g/L)としたブタノール発酵生産実験の結果を示す。培養後およそ 16 時間から、ブタノールの生産が見られ、最大のブタノール生産濃度を示したのは、水蒸気圧力 35 atm で処理したものであり、96 時間で 6.9 g/L であった。一方で、基質として、水蒸気爆砕処理したもの(すなわち抽出操作を行っていないもの)、水のみで抽出した残渣も同じく基質として用い、ブタノール発酵を行ったが、グルコース濃度の減少は見られず、ブタノールの生産も行われなかった。これは、水とメタノールで抽出した抽出液中には、発酵を阻害する物質、すなわち単糖が高温高压条件下で過分解したフラン化合物や多糖由来の有機酸、また、リグニンが分解して産生されたポ

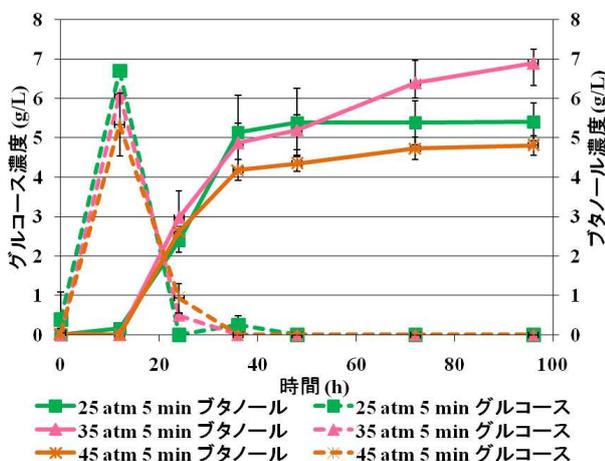


図 2 水蒸気爆砕処理したタケの水とアルコール抽出残渣を基質としたブタノール発酵生産

リフェノール類が存在し、発酵を阻害したと考えられる。

### (3) リグニン成分の利用

水蒸気爆砕処理により得られる低分子量化したリグニンは、リグニン分子中の主要な結合様式である $\alpha$ -および $\beta$ -エーテル結合の解裂により生成され、フェノール性水酸基の多い反応性に富むものであることがわかっている。このような理由から、この低分子量化したリグニンをエポキシ樹脂の原料として利用することを試みた。

エポキシ樹脂の合成に用いたタケ由来リグニンは水蒸気圧力 3.5 MPa、蒸煮時間 5 分の条件で得られたリグニンを用いた。一般的なエポキシ化剤であるエピクロロヒドリンを用いて、タケ由来リグニンをエポキシ化し、未硬化のタケ由来リグニンエポキシ樹脂を合成した後、1-シアノエチル-2-エチル-4-メチルイミダゾール(2E4MZ-CN)またはタケ由来リグニンを硬化剤として用いてタケ由来リグニンエポキシ硬化樹脂を得た。また、石油由来の原料のみから合成されたものを比較対照とするために、ビスフェノール A を原料としたエポキシ硬化樹脂を合成し(図 3)、これら 4 種類のエポキシ硬化樹脂の熱的特性(熱分解温度:  $T_{d5}$ , 重量が 5%減少するときの温度)と機械的特性(曲げ試験)を検討した。ビスフェノール A 由来エポキシ硬化樹脂(図 5A、原料は石油由来)の  $T_{d5}$  は 380 であるのに対し、タケ由来リグニンエポキシ硬化樹脂(図 3D、原料はタケ由来)は 299 と劣っていたが、電子基板材に求められるハンダ耐熱(250 ~ 280 )は上回る事ができた。また、曲げ強度においてもタケ由来リグニンエポキシ硬化樹脂はビスフェノール A 由来エポキシ硬化樹脂の約 70%であった。結果としてタケ由来リグニンエポキシ硬化樹脂は電子基板材料としての実用化の可能性があると示唆された。

	硬化剤	
	2E4MZ-CN	タケリグニン
ビスフェノールA由来エポキシ樹脂	A.	B.
タケリグニン由来エポキシ樹脂	C.	D.

図 3 タケリグニンを使用したエポキシ樹脂

### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 13 件)

Chikako Asada, Chizuru Sasaki, Yoshihiro Uto, Jun Sakafuji, Yoshitoshi Nakamura, Effect of steam explosion pretreatment with ultra-high temperature

and pressure on effective utilization of softwood biomass, *Biochemical Engineering Journal*, 査読有, 60, 2012, 25-29

DOI: 10.1016/j.bej.2011.09.013

Chizuru Sasaki, Keisuke Sumimoto, Chikako Asada, Yoshitoshi Nakamura, Direct hydrolysis of cellulose to glucose using ultra-high temperature and pressure steam explosion, *Carbohydrate Polymers*, 査読有, 89(1), 2012, 298-301

DOI: 10.1016/j.carbpol.2012.02.040

Chizuru Sasaki, Saki Hashimoto, Chikako Asada and Yoshitoshi Nakamura, Evaluation of buckwheat and barely tea wastes as ethanol fermentation substrates, *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 査読有, 14(3), 2012, 206-211

DOI: 10.1007/s10163-012-0059-8

Chizuru Sasaki, Ryosuke Okumura, Ai Asakawa, Chikako Asada and Yoshitoshi Nakamura, Effects of washing with water on enzymatic saccharification and D-lactic acid production from steam exploded sugarcane bagasse, *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 査読有, 14(3), 2012, 234-240

DOI: 10.1007/s10163-012-0064-y

Chikako Asada, Azusa Kita, Chizuru Sasaki and Yoshitoshi Nakamura Ethanol production from disposable aspen chopsticks using delignification pretreatments, *Carbohydrate Polymers*, 査読有, 85, 2011, 196-200

DOI: 10.1016/j.carbpol.2012.02.020

岡部義昭、香川博之、中村嘉利、佐々木千鶴, バイオマス由来エポキシ樹脂組成物の成形材料への適用, ネットワークポリマー, 査読有, 32(3), 2011, 130-134

Chizuru Sasaki, Rie Takada, Takahito Watanabe, Yoichi Honda, Shuichi Karita, Yoshitoshi Nakamura and Takashi Watanabe, Surface carbohydrate analysis and bioethanol production of sugarcane bagasse pretreated with the white rot fungus, *Ceriporiopsis subvermispora* and microwave hydrothermolysis, *Bioresource Technology*, 査読有, 102(21), 2011, 9942-9946

DOI: 10.1016/j.biortech.2011.07.027

Chikako Asada, Ai Asakawa, Chizuru Sasaki and Yoshitoshi Nakamura, Characterization of the steam-exploded spent Shiitake mushroom medium and its efficient conversion to ethanol, *Bioresource Technology*, 査読有, 102(21), 2011,

10052-10056

DOI: 10.1016/j.biortech.2011.08.020

Yuya Yamashita, Megumi Shono, Chizuru Sasaki and Yoshitoshi Nakamura, Alkaline peroxide pretreatment for efficient enzymatic saccharification of bamboo, *Carbohydrate Polymers*, 査読有, 79, 2010, 914-920

DOI: 10.1016/j.carbpol.2009.10.017

Yuya Yamashita, Chizuru Sasaki and Yoshitoshi Nakamura, Effective enzyme saccharification and ethanol production from Japanese cedar using various pretreatment method, *Journal of Bioscience and Bioengineering*, 査読有, 110(1), 2010, 79-86

DOI: 10.1016/j.jbiosc.2009.12.009

Yuya Yamashita, Chizuru Sasaki and Yoshitoshi Nakamura, Development of efficient system for ethanol production from paper sludge pretreatment by ballmilling and phosphoric acid, *Carbohydrate polymers*, 査読有, 79, 2010, 250-254

DOI: 10.1016/j.carbpol.2009.07.054

Chikako Asada, Yui Kondo, Chizuru Sasaki and Yoshitoshi Nakamura, Bioconversion of Soy Sauce Residue Treated with Steam Explosion into Ethanol by Meicelase and *Mucor indicus*, *Journal of Food Technology*, 査読有, 8(4), 2010, 187-190

DOI: 10.3923/jftech.2010.187.190

Rabab M. Abou El-Magd, Chizuru Sasaki, Tomoya Kawazoe, Salah M. El-sayed, Kazuko Yorita, Yuji Shishido, Takashi Sakai, Yoshitoshi Nakamura and Kiyoshi Fukui, Bioprocess development of the production of the mutant P-219-L human D-amino acid oxidase for high soluble fraction expression in recombinant *Escherichia coli*, *Biochemical Engineering Journal*, 査読有, 52, 2-3, 2010, 236-274

DOI: 10.1016/j.bej.2010.08.016

〔学会発表〕(計 20 件)

櫛木陽平, 佐々木千鶴, 浅田元子, 中村嘉利, 未利用デンプン質系バイオマスをを用いたアセトン・ブタノール発酵, 第 64 回日本生物工学会, 2012.10.24, 神戸国際会議場(神戸市)

炭本慶介, 佐々木千鶴, 浅田元子, 中村嘉利, 超高温高压水蒸気爆砕を用いたセルロース物質の接糖化, 第 64 回日本生物工学会, 2012.10.24, 神戸国際会議場(神戸市)

西條貴至, 佐々木千鶴, 浅田元子, 中村嘉利, 針葉樹バイオマスの前処理と効率的エタ

ノール生産, 第 64 回日本生物工学会, 2012.10.24, 神戸国際会議場(神戸市)

香川博之, 岡部義昭, 中村嘉利, 佐々木千鶴, リグニン性状とリグニン硬化エポキシ樹脂特性の相関, 第 57 回リグニン討論会, 2012.10.17, アクロス福岡(福岡市)

岡部義昭, 中村嘉利, 佐々木千鶴, 香川博之, リグニン硬化エポキシ成形材料の水蒸気爆砕条件依存性, 第 61 回高分子討論会, 2012.9.19, 名古屋工業大学(名古屋市)

香川博之, 岡部義昭, 佐々木千鶴, 中村嘉利, 木質リグニン由来エポキシ樹脂の電気機器への応用展開, 第一回 JACI/GSC シンポジウム, 2012.6.12, ベルサール神田(東京)

佐々木千鶴, 奥村亮祐, 浅川愛, 浅田元子, 中村嘉利, 農業系廃棄物からの D-乳酸の生産, 2011 年日本化学会西日本大会, 2011.11.10, 徳島大学(徳島市)

岡部義昭, 中村嘉利, 佐々木千鶴, 香川博之, 杉リグニンの水蒸気爆砕条件依存性, 第 61 回ネットワークポリマー講演討論会, 2011.10.12, 関西大学(大阪市)

青山直弘, 佐々木千鶴, 浅田元子, 中村嘉利, リグニンエポキシ樹脂合成に関する基礎的研究, 平成 23 年度繊維学会秋季研究発表会, 2011.9.4, 徳島文理大学(高松市)

和中未魚, 佐々木千鶴, 浅田元子, 中村嘉利, 竹リグニンを原料として用いたエポキシ樹脂の合成, 平成 23 年度繊維学会秋季研究発表会, 2011.9.4, 徳島文理大学(高松市)

和中未魚, 佐々木千鶴, 浅田元子, 中村嘉利, 竹爆砕物由来のメタノール可溶性リグニンを用いたエポキシ樹脂合成, 第 62 回日本生物工学会, 2010.10.27, 宮崎シーガイア(宮崎市)

近藤唯, 佐々木千鶴, 浅田元子, 中村嘉利, 杉水蒸気爆砕物からの効率的エタノール生産, 第 62 回日本生物工学会, 2010.10.27, 宮崎シーガイア(宮崎市)

喜多あずさ, 佐々木千鶴, 浅田元子, 中村嘉利, 割り箸の総合的有効利用を目指した効率的有用物質生産, 第 62 回日本生物工学会, 2010.10.27, 宮崎シーガイア(宮崎市)

青山直弘, 佐々木千鶴, 浅田元子, 中村嘉利, リグニンエポキシ樹脂に関するモデル反応の確立, 第 62 回日本生物工学会, 2010.10.27, 宮崎シーガイア(宮崎市)

酒藤潤, 佐々木千鶴, 浅田元子, 中村嘉利, 針葉樹リグニンのエポキシ樹脂化と化学的特性, 第 62 回日本生物工学会, 2010.10.27, 宮崎シーガイア(宮崎市)

浅川愛, 佐々木千鶴, 浅田元子, 中村嘉利, キノコ廃菌床の発酵基質としての評価とバイオエタノール生産, 第 62 回日本生物工学会, 2010.10.27, 宮崎シーガイア(宮崎市)

浅田元子, 近藤唯, 酒藤潤, 佐々木千鶴, 中村嘉利, スギ C 材チップの前処理と有用製

品化プロセスの開発, 第 3 回化学工学 3 支部合同徳島大会, 2010.10.23, 徳島大学(徳島市)

香川博之, 岡部義昭, 中村嘉利, 佐々木千鶴, リグニンのエポキシ成形材料への応用検討, 第 55 回リグニン討論会, 2010.10.20, 京都大学(京都市)

岡部義昭, 香川博之, 佐々木千鶴, 中村嘉利, リグニンを硬化剤に用いたエポキシ成形材料, 第 59 回高分子討論会, 2010.9.11 北海道大学(札幌市)

岡部義昭, 香川博之, 佐々木千鶴, 中村嘉利, バイオマス由来エポキシ樹脂を用いた成形材料の検討, 第 59 回高分子学会年次大会, 2010.5.26, パシフィコ横浜(横浜市)

〔産業財産権〕

出願状況(計 2 件)

名称: 水溶性糖類の製造方法

発明者: 中村嘉利

権利者: 徳島大学

種類: 特許

番号: 特願 2011-151465

出願年月日: 2011 年 7 月 8 日

国内外の別: 国内

名称: 水溶性糖類の製造方法

発明者: 中村嘉利

権利者: 徳島大学

種類: 特許

番号: PCT/JP2012/067130

出願年月日: 2012 年 7 月 4 日

国内外の別: 国外

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

中村 嘉利 (NAKAMURA YOSHITOSHI)

徳島大学・大学院ソシオテクノサイエンス

研究部・教授

研究者番号: 20172455

### (2) 研究分担者

辻 明彦 (TSUJI AKIHIKO)

徳島大学・大学院ソシオテクノサイエンス

研究部・教授

研究者番号: 20155360

小林 史尚 (KOBAYASHI FUMIHISA)

金沢大学・自然システム学系・准教授

研究者番号: 60293370

佐々木 千鶴 (SASAKI CHIZURU)

徳島大学・大学院ソシオテクノサイエンス

研究部・助教

研究者番号: 50452652

### (3) 連携研究者

( )

研究者番号: