

令和 6 年 6 月 11 日現在

機関番号：16101

研究種目：基盤研究(A) (一般)

研究期間：2020～2023

課題番号：20H00644

研究課題名(和文) 短時間高活性水熱前処理を用いた利益創出・エコ型バイオマス全成分有効利用法の開発

研究課題名(英文) Development of cost-effective and environmentally friendly method for effective utilization of all components of biomass by short-time, high-activity hydrothermal pretreatment

研究代表者

中村 嘉利 (NAKAMURA, Yoshitoshi)

徳島大学・大学院社会産業理工学研究部(生物資源産業学域)・教授

研究者番号：20172455

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 35,000,000円

研究成果の概要(和文)：国内で大量に発生する未利用植物性バイオマス(スギ、タケ、藁等)を原料として、短時間高活性水熱前処理を用いた高付加価値バイオマス由来化成品(抗酸化物質、電子基板材料用エポキシ硬化樹脂、薬剤用DDS担体セルロースナノファイバーや高強度ポリ乳酸コンポジットなど)の創製と機能性評価を行う。本研究では、既往バイオリファイナリー研究の課題であった製造コストの削減と実用化のために、廃棄物や廃液の削減、全構成成分の有効利用法の開発、高付加価値製品(安全安心な高植物度高機能性化成品)への変換、製造を行うことでブレイクスルーする。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究は環境低負荷で低コストかつ酸・アルカリなどの腐食性物質フリーの前処理操作である短時間高活性水熱前処理を用いて、未利用植物性バイオマスの全構成成分を高付加価値バイオマス由来化成品に効率的に変換するための利益創出型システムの創製を目指す。バイオマス構成成分であるセルロースやリグニンが環境中に長期間蓄積されたという報告は皆無であり、それらの生分解性は高いと同時にある程度の期間は形状維持が可能であるので、代替化成品原料として期待できる。

研究成果の概要(英文)：To create and evaluate the functionality of high-value-added biomass-derived chemical products (e.g. antioxidants, epoxy-curing resins for electronic substrate materials, cellulose nanofibers as DDS carriers for drugs, and high-strength polylactic acid composites) using unutilized plant biomass, i.e. cedar, bamboo, straw, etc. generated in large volumes in Japan as raw material, using short-time high-activity hydrothermal pretreatment. In this research, breakthroughs will be achieved by (i) reducing waste and effluents, (ii) developing effective utilization methods for all components contained in biomass, and (iii) converting and manufacturing high value-added products in order to reduce manufacturing costs and practical applications, which have been issues in existing biorefinery research.

研究分野：バイオマス有効利用

キーワード：バイオリファイナリー

## 様式 C - 19、F - 19 - 1 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

未利用植物性バイオマスからのバイオエタノール生産に関しては国内外で多く研究されてきたが、セルロース(バイオエタノール生産の原料物質)以外の構成成分(特にリグニン)が廃棄(一部は燃焼エネルギーとして利用)されており利益を創出しないことが木質バイオマス利用実用化のための大きな障害である(エタノールの低価格により製造コストを賄えない)。それゆえ、バイオマスの全構成成分を有効利用することで利益創出型とする。また、再生可能エネルギー源としてはバイオマス以外にも太陽光、風力や水力などがあるが、石油に依存しているのはエネルギーのみではない。石油由来製品代替物を製造できる再生可能資源はバイオマスのみである。そのため、高付加価値バイオマス由来化成品の製造に挑戦する。近年、石油資源由来ポリマー(マイクロプラスチック)が大気、土壌や海洋の環境汚染を引き起こしているだけでなく、家畜や魚類などに蓄積されて深刻な食料汚染を引き起こす可能性が指摘されている。また、土壌中のマイクロプラスチックは海洋中の約 20 倍であることが報告されており、安全安心な生分解性ポリマーを環境低負荷に製造することが喫緊の課題となっている。バイオマス構成成分であるセルロースやリグニンが環境中に長期間蓄積されたという報告は皆無であり、それらの生分解性は高いと同時にある程度の期間は形状維持が可能であるので、代替化成品原料として期待できる。

### 2. 研究の目的

本研究の目的は、環境低負荷で低コストかつ酸・アルカリなどの腐食性物質フリーの前処理操作である短時間高活性水熱前処理を用いて、未利用植物性バイオマスの全構成成分を高付加価値バイオマス由来化成品に効率的に変換するための利益創出型システム創製である。

### 3. 研究の方法

試料としてスギ、タケおよび麦わらを用いた。短時間高活性水熱前処理は日本化学機械製造製 NK-2L 型を用いて行い、種々の水蒸気圧力で 5 min 蒸煮した後、蒸煮処理物を大阪ケミカル製ワンドークラッシュミル D3V-10 で 10 s 粉碎した。また、水蒸気爆砕(水蒸気蒸煮と瞬間的破砕作用を持つ前処理)も行い、その処理特性についても検討した。粉碎物(5 g)に 100 mL の蒸留水に加え、室温で 24 h の抽出を行った。固体物質と液体物質を濾過により分離した。液体物質(水抽出物)は抗酸化活性の測定に用いた。固体物質(水抽出残渣物)は 150 mL のアセトンを用いて室温で 24 h 抽出し、固体物質と液体物質を濾過により分離した。液状物質(アセトン抽出物)を濃縮乾燥することにより得られたアセトン可溶性リグニン(低分子量リグニン)はエポキシ樹脂原料として用いた。固体物質(アセトン抽出残渣物:セルロース画分)はセルロースナノファイバーの原料として用いた。

水抽出物の抗酸化活性は DPPH(1,1-ジフェニル-2-ピクリルヒドラジル)ラジカルを除去する原理に基づく方法に従って決定した。DPPH を水抽出物で調製した溶液に添加し、攪拌後、混合物を暗所に 30 min 保持し、517 nm で吸光度を測定した。水抽出物の総ポリフェノール含有量は、Folin-Ciocalteu 法によって測定した。水抽出物画分の NMR と FTIR 分析は、それぞれ核磁気共鳴分光装置(ECX-400; JEOL, USA)と FTIR 分光光度計(FTIR 420; JASCO Co.)を用いて行った。

リグノ-p-クレゾールの合成はアセトン可溶性リグニンと p-クレゾールを用いて次のように行った。10 g のアセトン可溶性リグニン、20 g の p-クレゾールおよび 0.15 g (81.5  $\mu$ L) の H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> を 1 L のフラスコに入れ、窒素雰囲気下、130°C、180 rpm のオイルバスで 2 h 完全混合した。反応終了後、オイルバス中の混合物の温度が 100 °C 以下になるまで冷却し、40 wt% NaOH 溶液を添加して中和した。混合物の真空蒸留を行い、未反応の p-クレゾールを除去した。残留物を 45 °C の真空乾燥器で一晩乾燥させ、リグノ-p-クレゾールを得た。

アセトン抽出残渣物(セルロース画分)からのセルロースナノファイバー(CNF)懸濁液の調製は、増幸産業製超微粒摩砕機 tyou スーパーマスコロイザー MKCA6-2 を用いて行った。500 mL の蒸留水を 2L ビーカー内のアセトン抽出残渣物 5g(乾燥重量)に加え、マグネチックスターラーを用いて攪拌した。懸濁液をマスコロイダーに注ぎ、適量の蒸留水を添加しながら 1500rpm で 2 回摩砕して、CNF 懸濁液を得た。

### 4. 研究成果

図 1 に水蒸気処理した後に粉碎処理したタケから得られた水抽出液の抗酸化活性を示す。水蒸気圧力は 10~40 atm、蒸煮時間は 5 min、粉碎時間は 10 s であった。ラジカルを 50% 除去できる水抽出物濃度は EC<sub>50</sub> として示されている。したがって、EC<sub>50</sub> 値が小さいほど、水抽出物の抗酸化活性が高くなる。未処理タケからの水抽出物の場合には EC<sub>50</sub> は 0.529 であったが、水蒸気圧力の増加に伴って著しく減少し、水蒸気圧力 25 atm で 0.140 に達し、その後ほぼ同じ値となった。また、最大総ポリフェノール含有量、35.7 mg-カテキン当量/g-乾燥タケを含む水抽出物は 25atm で得られ、未処理タケと比較して、67 倍高かった。高速液体クロマトグラフィー(HPLC)により分別した水抽出物中に最も高い抗酸化活性を示す画分 A の構造を決定したところ、反応性の高いフェノール性水酸基を 2 基有する構造を有することがわかった(図 2, 3)。

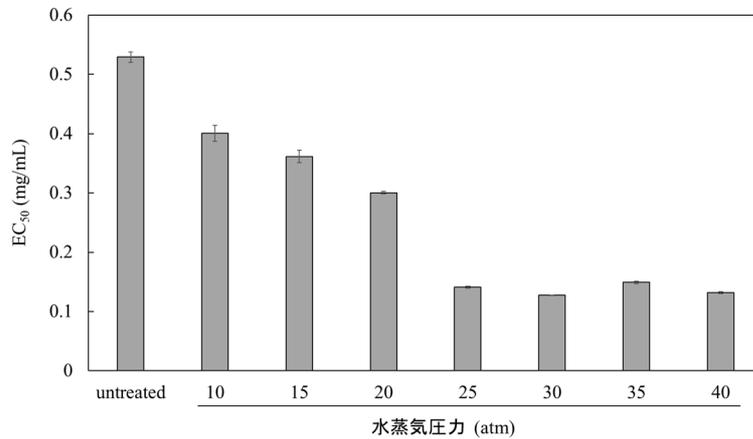


図1 水抽出物の抗酸化活性

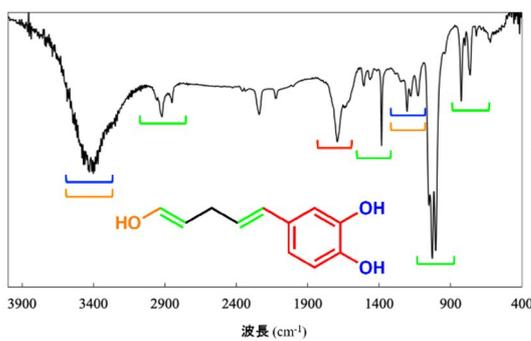


図2 水抽出物画分 A の FTIR

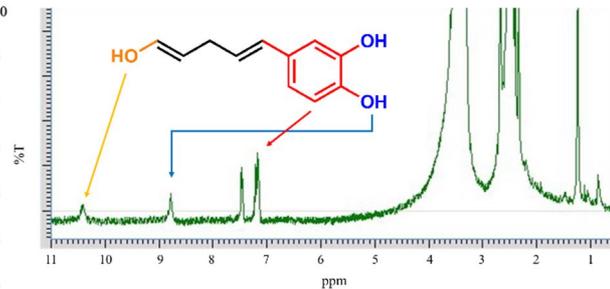


図3 水抽出物画分 A の <sup>1</sup>H NMR

図4は水蒸気爆砕麦わらから抽出したアセトン可溶性リグニンおよびアセトン可溶性リグニンとp-クレゾールから合成したリグノ-p-クレゾールの<sup>1</sup>H NMRスペクトルを示す。リグノ-p-クレゾールについては、(a) 6.8 ppmに芳香環の増加、(h) 2.2 ppmにp-クレゾール由来のメチル基が観察されたことから、リグニンへのp-クレゾールの導入が確認された。図中のリグノ-p-クレゾールの構造はリグノ-p-クレゾールをモノマーとしたモデル構造で表している。表1はアセトン可溶性リグニンとリグノ-p-クレゾールの水酸基当量、数平均分子量( $M_N$ )、重量平均分子量( $M_W$ )およびエポキシ樹脂のエポキシ当量などの特性を示す。リグノ-p-クレゾールの数平均分子量および重量平均分子量はアセトン可溶性リグニンより大きく、水酸基当量はアセトン可溶性リグニンより小さかった。これはp-クレゾールがアセトン可溶性リグニンにうまく導入されたことを意味する。一般に試料中の水酸基当量が小さいほど、試料重量あたりの水酸基量が多いので、エポキシ樹脂原料として適している。さらに、リグノ-p-クレゾールから合成されたエポキシ樹脂のエポキシ当量は、アセトン可溶性リグニンから合成されたエポキシ樹脂のエポキシ当量よりも小さいため、リグノ-p-クレゾールから合成されたエポキシ樹脂は、硬化剤によりより容易に硬化し、硬化エポキシ樹脂を得ることができると思われる。

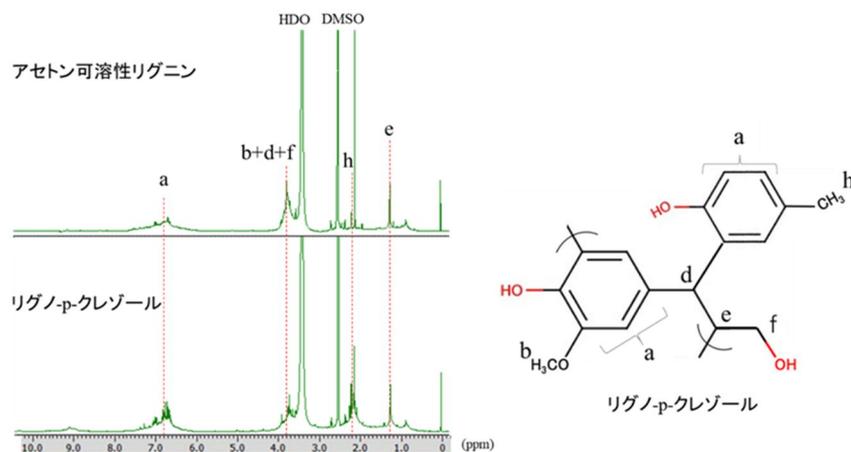


図4 アセトン可溶性リグニンおよびリグノ-p-クレゾールの<sup>1</sup>H NMRスペクトル

表1 リグノ-p-クレゾールの化学的特性

試料	水酸基当量 (g/eqiv.)	数平均分子量 $M_n$ (-)	重量平均分子量 $M_w$ (-)	エポキシ当量 (g/eqiv.)
アセトン可溶性リグニン	141	790	2700	415
リグノ-p-クレゾール	115	904	3043	328

表2はアセトン可溶性リグニンを原料として合成した種々の硬化エポキシ樹脂の熱分解特性を示す。試料の熱分解特性は熱重量分析装置(セイコーインスツルメンツ社製TG/DTA SII EXSTAR6300)を用いて測定した。硬化エポキシ樹脂中のリグニン含有率の減少に伴い、5%重量減少温度( $T_{d5}$ )および10%重量減少温度( $T_{d10}$ )の熱分解温度が上昇した。これは、市販化石資源由来エポキシ樹脂および硬化剤の代替原料としてリグニンを使用することにより、リグニン構造の不均一性のために硬化エポキシ樹脂の熱分解温度が低下したことを意味する。しかしながら、リグニンから合成された硬化エポキシ樹脂は、いずれも電子基板材料分野で要求されるハンダ耐熱 250 °C を超えていることから、アセトン可溶性リグニンから合成されたエポキシ樹脂硬化物は、電子基板材料として使用可能であると思われる。リグノ-p-クレゾールを原料として合成したエポキシ樹脂硬化物の耐熱性は、アセトン可溶性リグニンを原料として合成したエポキシ樹脂硬化物に比べて向上した。チャー収率および限界酸素指数(LOI)は硬化エポキシ樹脂中のリグニン含量の増加とともに増加した。LOIとは、重合体の燃焼に必要な酸素の最小濃度をパーセンテージで表したものであり、酸素と窒素の混合物を燃焼中の試料に通し、臨界レベルに達するまで酸素濃度を下げることにより測定される。一般的に、ポリマーおよびポリマー複合材料のLOI値は、火災でチャーを生成する能力とともに増加する。これは、チャー形成が可燃性揮発分を犠牲にして起こるためであり、その結果、燃焼を維持するのに必要な酸素レベルが上昇する。このことは、リグニン含有率が高いほど、硬化エポキシ樹脂の不燃性が高くなることを示唆している。

表2 種々の硬化エポキシ樹脂の熱分解特性

試料コード	エポキシ樹脂	硬化剤	$T_{d5}$ (°C)	$T_{d10}$ (°C)	チャー収率 (%)	LOI (%)	リグニン含有率 (%)
(1)	リグニンエポキシ樹脂	アセトン可溶性リグニン	254	285	36	31	90
(2)	リグニンエポキシ樹脂	リグノ-p-クレゾール	250	284	35	30	88
(3)	リグニンエポキシ樹脂	TD2131	254	286	39	31	65
(4)	リグノ-p-クレゾールエポキシ樹脂	TD2131	280	320	33	29	63
(5)	EP828	アセトン可溶性リグニン	310	338	25	27	36
(6)	EP828	リグノ-p-クレゾール	334	359	21	25	32
コントロール	EP828	TD2131	376	388	20	24	0

図5に種々の硬化エポキシ樹脂の引張強さを示す。試料の引張強さは引張試験機(島津株式会社製AG-100kNXplus)を用いて測定した。すべての硬化エポキシ樹脂の引張強さは、市販の化石資源由来硬化エポキシ樹脂の引張強さ(27-89 MPa)の範囲内であった。アセトン可溶性リグニンへのp-クレゾールの添加(2), (4)による引張強さの向上は観察されなかった。しかしながら、EP828とリグノ-p-クレゾールから合成された硬化エポキシ樹脂(6)は、EP828とアセトン可溶性リグニンから合成された樹脂(5)と比較して、引張強さが10%増加した。また、EP828とTD2131から合成した化石資源由来硬化エポキシ樹脂(コントロール)とほぼ同等の引張強さを示した。硬化エポキシ樹脂を電子基板材料として使用する場合、高い引張強度は不必要と思われるため、リグニンエポキシ樹脂とアセトン可溶性リグニン、リグニンエポキシ樹脂とリグノ-p-クレゾール、リグニンエポキシ樹脂とTD2131またはリグノ-p-クレゾールエポキシ樹脂とTD2131の硬化エポキシ樹脂(引張強さ約27 MPa)で十分である。しかしながら、電子基板材料ではなく、高い引張強度が要求される場合(モーターの固定子等)には、EP828とアセトン可溶性リグニンあるいはEP828とリグノ-p-クレゾールの硬化エポキシ樹脂の使用が必要である。表2に示すようにリグニン含有率については、p-クレゾールの添加により若干の低下が認められたが、有意差は認められなかった。さらに、エポキシ当量と水酸基当量からエポキシ樹脂と硬化剤を1:1の割合で混合し、その当量によってリグニン含有率を変化させた。その結果、リグニン由来原料と石油由来原料を併用した場合、リグニン含有率が大きく変化した。しかしながら、いずれの硬化エポキシ樹脂もリグニン含有率(バイオマス含有率)が25%以上(バイオプラスチックの基準)、高い $T_{d5}$ 値(250 °C以上)、高い引張強さ(27 MPa以上)であったことから、水蒸気爆砕麦わらから得られるアセトン可溶性リグニンまたはリグノ-p-クレゾールを用いれば、環境負荷が少なく、電子基板材料として有用な硬化エポキシ樹脂が合成できると思われる。

次に、アセトン抽出残渣物(セルロース画分)によって得られたCNFの配合比によってコンポジットの強度や耐熱性がどのように変化するかを検討した。コンポジットの総重量に対する

混合された CNF の割合は重量パーセントで表され、10 wt% の場合には CNF と PLA の割合は 1:9 である。図 6 は種々の配合比の CNF と PLA によるコンポジットの比引張強度と熱分解特性を示す。最も高い比引張強度が 50 wt% コンポジットで観察された。強度は 10 wt% と 50 wt% では約 2 倍であった。CNF の強度は繊維同士の接触状態、セルロース分子間の分子間力および水素結合の強さに起因すると思われる。熱重量分解温度の低下はセルロース成分の増加、すなわち、熱分解されやすい成分の増加に起因するといえる。強度と耐熱性の関係はコンポジットの用途を選択する上の重要な要素であるが、CNF の配合比は用途に応じて選択できる。ただし、PLA の主な用途は、製品のパッケージやデバイスの外装であり、電子基板材料のような高温に耐える必要はないので、30 wt% 以上の CNF 配合が適していると思われる。

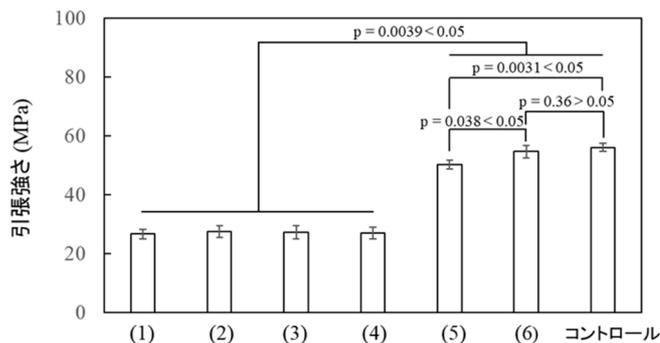


図 5 硬化エポキシ樹脂の引張強さ

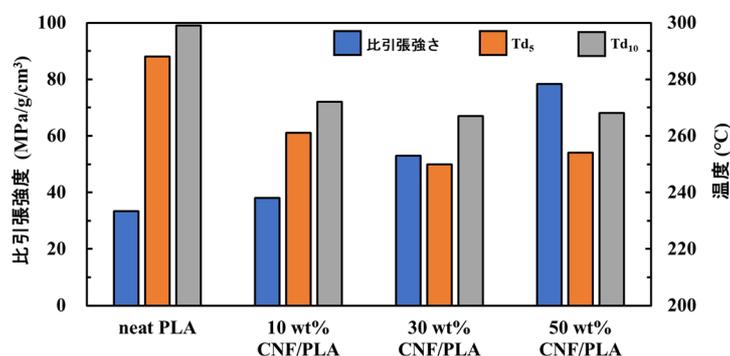


図 6 CNF/PLA コンポジットの比引張強度と熱分解特性

CNF の薬剤用薬物送達システム (DDS) 担体としての利用可能性について検討した。スギ CNF を基材として、抗がん剤パクリタキセル (PTX) の放出制御型製剤 (PTX/スギ CNF) の調製を試みた。PTX を EtOH に溶解させた溶液は透明であったが、そこにスギ CNF を加えると白濁化した懸濁液となった。これを凍結乾燥することで EtOH を除去し、再度生理食塩水で再懸濁したところ均一な白濁溶液を得た。PTX/スギ CNF の PTX 包埋率を HPLC にて測定したところ、ほぼ 100% の包埋率を示した。この理由として、杉 CNF は製造の過程で木材をナノサイズまでほぐして調製しており、繊維幅が数十 nm かつ高アスペクト比であることから、PTX がゲル中で CNF に絡まり、捕捉されているためであると考えられる。PTX/スギ CNF からの PTX の放出 (放出率) を評価したところ、PTX/スギ CNF は徐々に PTX を放出し、72 時間後に 14.3% の PTX を放出した。スギ CNF は杉からトップダウン的に処理されて製造されるため、セルロース繊維以外にも一部ペクチン、リグニン、ヘミセルロースを含む。そのため、CNF ネットワークとしてはセルロースが疎になる部分があり、これらの部分から PTX が放出しやすくなっていると考えられる。細胞障害性評価として、MKN45 ヒト胃がん細胞に対するスギ CNF の細胞毒性を評価したところ、Control と比較して細胞毒性を示さなかった。前述したように、木材からトップダウン的に製造される CNF では、リグニンを完全に除くことは難しく、そのリグニンが毒性を示すことがある。しかし、今回の濃度 (2.0 w/v%) では細胞の生存に悪影響を与えないことが分かった。MKN45 細胞をヌードマウス腹腔内に移植することで胃がん腹膜播種モデルを作成した。胃がん腹膜播種モデルマウスに対し、PTX/スギ CNF を腹腔内投与 (5 mg PTX/kg/day、1 週間に 1 回投与、合計 6 回投与) し、マウスの生存期間延長を評価したところ、医薬品であるタキソール投与群と比較して、PTX/スギ CNF 投与群での生存期間が延長する傾向が見られた。これは、PTX がスギ CNF に包埋されているため、PTX の腹腔内滞留時間が延長したことが原因と考えられる。また、体重減少を評価したところ、Control 群と比較して有意な体重減少は見られなかった。以上より、スギ CNF を基材として新たに調製した PTX/スギ CNF は、腹腔内での PTX 滞留時間を延長させ、さらに徐放性を付与することで播種がんへの暴露時間を伸ばすことで、腹膜播種がんに対して高い治療効果を発揮することを示した。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計8件（うち査読付論文 8件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Moriwaki-Takano Maki, Asada Chikako, Nakamura Yoshitosi	4. 巻 8
2. 論文標題 Production of spiculispore acid by Talaromyces trachyspermus in fed-batch bioreactor culture	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Bioresources and Bioprocessing	6. 最初と最後の頁 59 ~ 59
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1186/s40643-021-00414-1	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 Sholahuddin Sholahuddin, Nakamura Yoshitoshi, Asada Chikako	4. 巻 12
2. 論文標題 Effect of Activated Cow Dung as Inoculum on Methane Production of Steam-Exploded Rice Husks	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Waste and Biomass Valorization	6. 最初と最後の頁 5019 ~ 5028
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s12649-021-01365-6	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 Asada Chikako, Seno Masato, Nakamura Yoshitoshi	4. 巻 12
2. 論文標題 Preparation of Biopolymer Composite Using Cedar Derived Cellulose Nanofibers	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Waste and Biomass Valorization	6. 最初と最後の頁 6245 ~ 6254
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s12649-021-01436-8	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 Asada Chikako, Honjo Koki, Nakamura Yoshitoshi	4. 巻 12
2. 論文標題 Utilization of Steam-Treated and Milling-Treated Lignin from Moso Bamboo as Curing Agent of Epoxy Resin	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Waste and Biomass Valorization	6. 最初と最後の頁 6261 ~ 6272
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s12649-021-01444-8	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 Zainul Kamal Syazni, Ngoc Minh Tran Quyen, Koyama Mitsuhiro, Mimoto Hiroshi, Asada Chikako, Nakamura Yoshitoshi, Nakasaki Kiyohiko	4. 巻 133
2. 論文標題 Effect of hydrothermal treatment on organic matter degradation, phytotoxicity, and microbial communities in model food waste composting	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Bioscience and Bioengineering	6. 最初と最後の頁 382 ~ 389
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jbiosc.2022.01.004	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 Sasaki Chizuru, Sumitomo Yuka, Odashima Kai, Asada Chikako, Nakamura Yoshitoshi	4. 巻 12
2. 論文標題 Microwave-Assisted Hydrolysis of Cellulose in Towel and Wheat Straw Using Freeze-Thawing with NaOH	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Waste and Biomass Valorization	6. 最初と最後の頁 3331 ~ 3339
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s12649-020-01219-7	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 Sholahuddin Sholahuddin, Arinawati Dian Yosi, Nathan Vinod Kumar, Asada Chikako, Nakamura Yoshitoshi	4. 巻 11
2. 論文標題 Antioxidant and antimicrobial activities of lignin-derived products from all steam-exploded palm oil mill lignocellulosic biomass waste	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Chemical and Biological Technologies in Agriculture	6. 最初と最後の頁 5-5
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1186/s40538-023-00529-x	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 Okumura Ryosuke, Nakamura Yoshitoshi, Asada Chikako	4. 巻 14
2. 論文標題 Efficiency of $\alpha$ -glucan production by <i>Sparassis crispa</i> depends on mycelium shape	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Biomass Conversion and Biorefinery	6. 最初と最後の頁 1939 ~ 1947
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s13399-022-02555-5	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 -

〔学会発表〕 計19件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 5件）

1. 発表者名 Chikako Asada, Sholahuddin, Yoshitoshi Nakamura
2. 発表標題 Cured lignin epoxy resin made from lignocellulosic waste using steam treatment followed by milling treatment
3. 学会等名 8th International Conference on Engineering for Waste and Biomass Valorisation (Web会議) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Chikako Asada, Yoshitoshi Nakamura
2. 発表標題 Deep eutectic solvent pretreatment for conversion of lignocellulosic biomass into useful materials
3. 学会等名 International Conference on Challenges in Environmental Science and Engineering CESE 2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 渡邊 有美, 浅田 元子, 中村 嘉利
2. 発表標題 バイオマス由来リグニンの化学修飾によるエポキシ樹脂機能性付与とその評価
3. 学会等名 日本農芸化学会2022年度中国四国支部大会(第63回講演会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Sholahuddin, 浅田 元子, 中村 嘉利
2. 発表標題 Low-molecular-weight lignin production from palm oil kernel shell
3. 学会等名 日本農芸化学会2022年度中国四国支部大会(第63回講演会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 六車 知晃, 中村 嘉利, 浅田 元子
2. 発表標題 農産廃棄物(稲わら)を原料とした CNF の製造
3. 学会等名 日本農芸化学会2020年度中四国支部大会(第57回講演会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 吉田 優, 浅田 元子, 中村 嘉利
2. 発表標題 リグノセルロース系バイオマス利用のための深共晶溶媒処理の検討
3. 学会等名 日本農芸化学会2020年度中四国支部大会(第57回講演会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 YILAMU DILIMULATI, 浅田 元子, 中村 嘉利
2. 発表標題 農業廃棄物(コズの皮)を原料とした CNF の生産と分析
3. 学会等名 日本農芸化学会2020年度中四国支部大会(第57回講演会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 岡部 聖, 浅田 元子, 中村 嘉利
2. 発表標題 リグニンエポキシ樹脂硬化物の物性に及ぼす無機質フィラー添加効果の検討
3. 学会等名 日本生物工学会西日本支部大会2020(第5回講演会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Nilofar, Kenshiro Katsura, Yoshitoshi Nakamura and Koji Kishimoto
2. 発表標題 Antioxidant activity of polyphenolic fraction of <i>Shibataea kumasasa</i> leaves
3. 学会等名 2020 Sakura-Bio Meeting (On Line) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 榎谷 侑太郎, 浅田 元子, 中村 嘉利
2. 発表標題 <i>Saccharomyces cerevisiae</i> BA11を利用した効率的バイオエタノール生産
3. 学会等名 日本農芸化学会中四国支部第67回講演会
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 榎谷 侑太郎, 浅田 元子, 中村 嘉利
2. 発表標題 水蒸気蒸着前処理条件がバイオマス酵素糖化に及ぼす影響
3. 学会等名 日本化学会中国四国支部大会山口大会化学教育研究発表会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 高田 正希, 安藤 英紀, 田島 健次, 松島 得雄, 草野 貴友, 浅田 元子, 中村 嘉利, 石田 竜弘
2. 発表標題 物性の異なるナノセルロースを用いて調製したパクリタキセル包埋CNFの調製
3. 学会等名 第62回日本薬学会・日本薬剤師会・日本病院薬剤師会中国四国支部学術大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 西村 健太郎, 浅田 元子, 中村 嘉利, 植木 智之, 源 貴志
2. 発表標題 クヌギからのOne-Pot酸化法を用いたCNC製造と評価
3. 学会等名 日本農芸化学会2023年度中四国・西日本支部合同大会講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 中杉 昌太, 鈴木 昭浩, 浅田 元子, 中村 嘉利, 白井 昭博
2. 発表標題 水蒸気爆砕による稲わら由来のリグニン分解物を利用した光殺菌の検討
3. 学会等名 日本防菌防黴学会第50回年次大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 榎谷 侑太郎, DINH GIA TIHEN, 浅田 元子, 中村 嘉利
2. 発表標題 植物性バイオマス含有糖有効利用のための水蒸気蒸煮前処理効果検討
3. 学会等名 日本農芸化学会中四国支部第65回講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Yutaro Kashitani, Yoshitoshi Nakamura and Chikako Asada
2. 発表標題 Pressurized microwave-assisted hydrothermal treatment with various salts for efficient bioethanol production from plant biomass
3. 学会等名 16th Annual International Conference on the Challenges in Environmental Science & Engineering (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Chikako Asada, Kashitani Yutaroh and Yoshitoshi Nakamura
2. 発表標題 Utilization of steam and milling treated bamboo lignin as antioxidant polyphenol and epoxy resin curing agent
3. 学会等名 XXXI International Conference on Polyphenols (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 永井 孝典, 浅田 元子, 中村 嘉利
2. 発表標題 バイオマス前処理としての深共晶溶媒利用法の検討
3. 学会等名 日本農芸化学会2022年度中国四国支部大会(第63回講演会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 榎谷 侑太郎, 浅田 元子, Prihardi Kahar, 荻野 千秋, 中村 嘉利
2. 発表標題 S. cerevisiae BA11の耐性評価とキシロース資化性付与
3. 学会等名 日本農芸化学会2023年度中四国・西日本支部合同大会
4. 発表年 2023年

〔図書〕 計2件

1. 著者名 浅田元子、中村嘉利、今井昭夫、稲垣勝美、永島田貴之、越部 茂、下村 修、吉川信一郎、宮本充彦、橋本裕輝、熊野 岳、軍司康弘、原口和敏、戸倉一樹、御田村紘志、高橋宏明、高須昭則、高村真澄、高島義徳、他56名	4. 発行年 2021年
2. 出版社 技術情報協会	5. 総ページ数 611
3. 書名 重合開始剤,硬化剤,架橋剤の選び方、使い方とその事例	

1. 著者名 浅田元子、石井淑夫、岩田忠久、内田圭一、内野佳仁、宇山浩、榎牧子、小川玲奈、粕谷健一、加藤千明、紙野圭、亀山豊、岸村小太郎、木村聡、権正行、佐藤駿佑、鈴木美和、高橋幹男、橘熊野、田中一生、他7名	4. 発行年 2021年
2. 出版社 テクノシステム	5. 総ページ数 348
3. 書名 最新の海洋生分解性プラスチックの研究開発動向	

〔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	森脇 真希 (高野)  (MORIWAKI Maki)  (10444192)	富山大学・学術研究部工学系・助教   (13201)	
研究分担者	浅田 元子  (ASADA Chikako)  (10580954)	徳島大学・大学院社会産業理工学研究部(生物資源産業学域)・教授   (16101)	
研究分担者	石田 竜弘  (ISHIDA Tatsuhiro)  (50325271)	徳島大学・大学院医歯薬学研究部(薬学域)・教授   (16101)	
研究分担者	中崎 清彦  (NAKASAKI Kiyohiko)  (70180263)	創価大学・ブランクトン工学研究所・教授   (32690)	

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