

令和 3 年 6 月 23 日現在

機関番号：16101

研究種目：基盤研究(A) (一般)

研究期間：2016～2019

課題番号：16H01790

研究課題名(和文) 未利用バイオマスからの高植物度機能性化成品創製プロセスの開発

研究課題名(英文) Development of a process for the production of high bio-based content functional materials from un-utilized biomass

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) 31,700,000円

研究成果の概要(和文)：本研究ではリグノセルロース廃棄物の有用資源化のための水蒸気爆発とそれに続く水とアセトンの抽出を使用した環境保全型バイオリファイナリープロセスを開発した。水蒸気爆発されたリグノセルロース廃棄物から得られた各抽出画分(水抽出物、アセトン抽出物およびホロセルロース成分)を原料として、種々の有用エコマテリアルを製造し、それらの機能性を評価した。水抽出物は抗酸化物質原料として利用できることを示した。アセトン抽出物は耐熱性の高い硬化リグニンエポキシ樹脂に変換され、ホロセルロース成分はセルロースナノファイバーの製造に用いられ、得られたCNFはポリ乳酸樹脂に対する高い補強効果を持つことを明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、バイオマス構成成分の特性を損なわない程度の前処理と分離操作を用いて、分離構成成分を高収率、低コストおよび省エネルギーで高植物度機能性化成品に変換するための製造プロセスの開発を目指す。前処理として環境低負荷な高活性水蒸気爆発、構成成分分離のための水・有機溶媒抽出および高植物度化成品の製造技術から成る一連のプロセスにより、バイオマス利用法の新しいステージ(バイオマス構成成分の物理・化学・生物的特性を十分に活かす化成品製造法)が開拓され、低炭素・循環型社会の実現に大きく寄与する。

研究成果の概要(英文)：Lignocellulosic waste are used to produce biofuels and biomaterials. Increased use of these resources would lower environmental impacts such as the emission of greenhouse gases and fossil fuel depletion, helping to create a sustainable environment. This work proposed a new effective and environmentally friendly biorefinery process of lignocellulosic waste using a steam explosion followed by water and acetone extractions. The water extract, acetone extract, and the holocellulose component derived from steam-exploded lignocellulosic waste were converted into useful eco-materials. The water extract from steam-exploded product showed a high antioxidant activity. The acetone extract was converted into a cured lignin epoxy resin with high heat-resisting properties. The holocellulose component was used as the raw material for the CNF, and its reinforcement effect on the PLA resin was demonstrated.

研究分野：バイオマス利活用

キーワード：リグノセルロース廃棄物 セルロースナノファイバー リグニンエポキシ樹脂 水蒸気爆発

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

現在、化石資源依存社会からの脱却を目指して、非可食性バイオマスを原料としたエネルギーおよびマテリアル生産プロセスの開発が世界中で囁望されている。例えば、木材、竹、稲わら等の未利用植物性バイオマスからの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、セルロースの糖化(グルコース化)に必要な酵素(セルラーゼ)が高価であり、活性が非常に低いため、現状での製造コストは経産省の目標価格(40円/L)の数~数十倍である。研究代表者らも水蒸気爆砕スギからエタノールを効率的に生産するために *Ureibacillus thermosphaericus* A1(グルコースを資化しないが、エタノール発酵酵母の増殖阻害物質を分解する微生物)を用いた同時糖化発酵を行った。しかし、酵素活性が低いこと、セルロース以外の成分(特にリグニン、現状では燃焼または廃棄)が低付加価値であることが大きな障害であった。それゆえ、バイオマス構成成分をエネルギー原料まで低分子化するのではなく、マテリアル原料として有効利用することにより、高価なセルラーゼを使用しないでセルロースだけでなく、リグニンも製品化する利益創出型の新規リファイナリープロセスの開発が望まれている。

既往研究の製造プロセスは、酸・アルカリ等の前処理後に分解反応(硫酸法、酵素法や固体金属触媒法等)を行い、セルロースやリグニンをモノマー(グルコースや単量体リグニン)まで完全に低分子化した後、これらを原料としてポリマー化成品を製造する方法である。しかし、この方法は純粋なモノマーとするため目的化成品の分子設計は容易となるが、モノマーの収率が低く、無視できない量の副産物が発生する。そしてモノマーの生成(硫酸やセルラーゼ使用)および生成後の分離精製のためにコストやエネルギーが大きい等の問題点があった。セルロースやリグニン等の構成成分は森林の長期間の生育により生合成されたものである。それゆえ、それらの特性を活かした高付加価値製品の製造・開発に着目した。

2. 研究の目的

本研究では、バイオマス構成成分の特性を損なわない程度の前処理と分離操作を用いて、分離構成成分を高収率、低コストおよび省エネルギーで高植物度機能性化成品に変換するための製造プロセスの開発を目指す。前処理として環境低負荷な高活性水蒸気爆砕、構成成分分離のための水・有機溶媒抽出および高植物度化成品の製造技術から成る一連のプロセスにより、バイオマス利用法の新しいステージ(バイオマス構成成分の物理・化学・生物的特性を十分に活かす化成品製造法)が開拓され、低炭素・循環型社会の実現に大きく寄与する。

3. 研究の方法

バイオマス試料としてホワイトボプラの木材チップを用いた。水蒸気爆砕装置(日本化学機械製造株式会社製 NK-2L 型、反応器容積 2L、最高使用温度 285℃、最高使用圧力 70 atm)を用いて、広葉樹アスペンを 25 atm (225℃)、30 atm (235℃)、35 atm (243℃) で 5 min 処理した。その後、図 1 に示す抽出分離プロセスを用いてサンプル(爆砕物)中の水可溶性成分、アセトン可溶性成分(低分子量リグニン)、亜塩素酸可溶性成分と亜塩素酸不溶性成分(ホロセルロース)に分離した。亜塩素酸処理には亜塩素酸ナトリウムと酢酸を用いて残存リグニンの分解除去を行った。次に、分離した画分を機能性食品、エポキシ樹脂や樹脂補強材の原料として利用可能かどうかを検討した。



図 1 抽出分離プロセス

4. 研究成果

図 2 は爆砕生成物の乾燥重量に対する各抽出画分の重量百分率を示す。亜塩素酸不溶性成分(セルロースナノファイバーの原料として利用可能)は 25 atm の時に最大値 56.6% に達した。

高圧水蒸気下ではセルロースやヘミセルロースは糖に分解された後、フラン誘導体や有機酸まで低分子化される。Kurosumi ら(*Process Biochem*, 42(10), 1449-1453, 2007)は水蒸気爆砕(39 atm, 1 min)したササの水可溶性成分にはリグニン分解に由来するフェノール化合物が含まれ、抗酸化活性を示すことを報告している。爆砕生成物(25 atm, 5 min)の水可溶性成分中のフェノール化合物量を Folin-Ciocalteu 法で測定したところ、76 mg-カテキン当量/g-乾燥爆砕物であったことから、抗酸化活性を持つと思われる。アセトン可溶性成分は低分子量のリグニンを含んでおり、エポキシ樹脂を合成するための原料と成り得る。アセトン可溶性成分は 35 atm で最大値 36.7 % になった。これは水蒸気圧力の増加により、リグニンの解重合反応が促進されたことを意味する。

アセトン可溶性成分をエポキシ樹脂(エポキシ化リグニン)および樹脂硬化物として使用した。水蒸気圧力 25 atm, 蒸煮時間 5 min で得られたアセトン可溶性成分のリグニン純度は 99 % であり、高純度の低分子量(アセトンに可溶)リグニンが得られたことがわかった。数平均分子量、重量平均分子量と水酸基当量は、それぞれ 1200, 5100 と 130 g/equiv. であった。エポキシ化リグニン(アセトン可溶性成分から合成されたエポキシ樹脂)は硬化剤としてアセトン可溶性成分を用いて架橋され、リグニンエポキシ樹脂硬化物が得られた。リグニンエポキシ樹脂硬化物の熱特性を熱重量示差熱分析装置(セイコーインスツル株式会社製 TG/DTA, SII EXSTAR 6300)を用いて窒素雰囲気中で測定した(図 3)。5 % 重量減少温度(T_{d5}), 10 % 重量減少温度(T_{d10}) および 30 % 重量減少温度(T_{d30}) は、それぞれ 260, 294 と 358 °C であった。Benyahya ら(*Ind Crops Products*, 53, 296-307, 2014)は緑茶抽出物(イソホロンジアミンを含むカテキン)を原料としたカテキン樹脂硬化物の T_{d30} は 299 °C であることを報告している。この値はリグニン樹脂硬化物の値より低かったため、低分子量リグニンはカテキンよりも耐熱性エポキシ樹脂硬化物の合成に適した原料といえる。また、リグニンエポキシ樹脂硬化物の引張試験機(島津製作所製 AG-100kNX plus)を用いて測定した結果、リグニンエポキシ樹脂硬化物の引張強度は 30 MPa であり、現在市販されている化石資源由来エポキシ樹脂硬化物の引張強度 27~80 MPa (プラスチック協会編, プラスチック読本, プラスチック・エージ)の範囲内であった。また、製造したリグニンエポキシ樹脂硬化物のリグニン含有率は約 90 % (残りはエポキシ化のために使用したエピクロロヒドリン)であり、高バイオマス度のエポキシ樹脂硬化物を作製することができることがわかった。さらに、エピクロロヒドリンも植物性バイオマスから製造できることが Dibenedetto ら(*Tetrahedron*, 67(6), 1308-1313, 2011)によって報告されているので、全バイオマス由来のエポキシ樹脂硬化物を製造できると期待される。

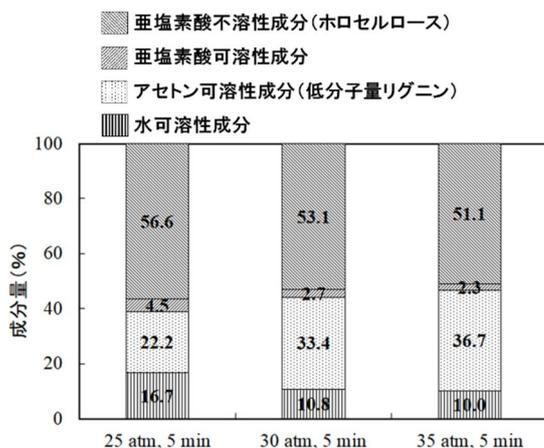


図 2 爆砕物の抽出画の成分量

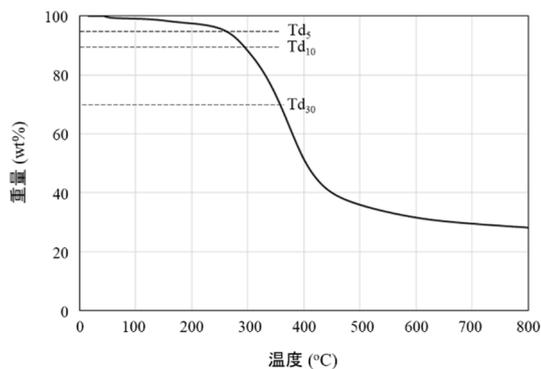


図 3 エポキシ樹脂硬化物の熱分解特性

亜塩素酸不溶性成分(ホロセルロース)の重合度は銅エチレンジアミン法により測定された(図 4)。水蒸気圧力の増加とともに重合度は急激に減少した。これは高圧水蒸気によるセルロースの加水分解だけでなく、瞬間的減圧時におけるセルロース繊維の切断が起きたためと考えられる。25 atm の重合度は市販の BiNF-i-s WMa-10002 (株式会社スギノマシン製セルロースナノファイバー)と比較して低かったが、比較的高い重合度 500 が得られたため、補強材としてのセルロースナノファイバー製造に適していると思われる。

亜塩素酸不溶性成分からのセルロースナノファイバー(CNF)製造にはスーパーマスコロイダー(増幸産業株式会社製 MKCA6-2)を用いた。また、CNF/PLA コンポジットの製造は以下のように行った。CNF 濃度が 1.5 wt% になるように蒸留水を加え、11,000rpm で 20 s ホモジナイズ処理を行い、CNF 懸濁液を調製した。CNF 懸濁液に 40 g のポリ乳酸樹脂分散体 PLA (ミヨシ油脂株式会社製 LANDY PL-2000)を加え、真空脱泡スターラー(アズワン VDS-1)で 3 h 攪拌させながら真空脱泡させた。完全に脱泡したら型に流し入れ、50 °C の乾燥機で 3 d 乾燥させた。その後、型から取り出し 100 mm × 100 mm に切り取り、2 枚を重ねてテフロンシートで挟み 105 °C の乾燥機で 1 h 予備加熱した。樹脂漏れを防ぐためにアルミホイルで淵を 1~2 cm 覆い、100 mm × 100 mm の金型に入れ、ホットプレス機(株式会社山本鉄工所製 A-50-1W)を用いて CNF/PLA コンポジットを成型した。成型温度は 180 °C, 成型圧力は 1.0 MPa, 保持時間は 10 min で行った。次に、CNF/PLA コンポジットの機械的および熱的特性に対する CNF の補強効果を 2.5 MPa,

5 min で処理された爆砕物から得られた CNF を使用して評価した。図 5 は種々の CNF/PLA コンポジットの引張強度とヤング率を示す。なお、CNF の添加率は 5 wt% である。CNF/PLA の引張強度とヤング率は PLA 単体と比較して著しく増加したことから、CNF による補強効果が確認された。水蒸気圧力の増加とともに引張強度とヤング率は低下したが、これは図 4 に示したように重合度（CNF の繊維長）の低下によるものと思われる。水蒸気爆砕 CNF の補強効果は市販の BiNFi-s を添加した場合に比べて低下したが、25 atm の CNF の場合には市販の約 90 % に相当する補強効果が得られた。さらに、補強効果を高めるためには水蒸気圧力を下げる必要（セルロースの重合度を高めるため）があるが、水蒸気圧力を下げると脱リグニンが妨げられて補強効果のある CNF を得ることができないと思われる。今後の課題としては瞬間的減圧操作（セルロース繊維の破断による重合度低下が懸念される）を伴わない高温高压水あるいは水蒸気と粉碎処理等を併用した何らかのハイブリッド前処理操作の検討が必要と思われる。図 6 は PLA 単体、2.5 MPa、5 min で処理された水蒸気爆砕アスペンからの CNF を用いた CNF/PLA コンポジットと市販 CNF を用いた BiNFi-s/PLA コンポジットの TG/DTA プロフィールを示す。試料にかかわらず、同様な熱分解プロフィールを示し、 T_{d5} もほとんど同じ値（245 °C）であった。このことから、PLA への 5 wt% 程度の CNF の添加は PLA の熱特性に全く影響を与えないことがわかった。

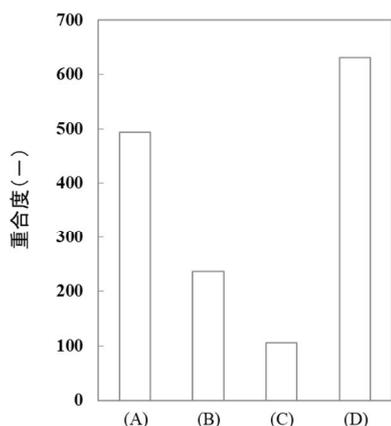


図 4 亜塩素酸不溶性成分の重合度
(A) 25 atm, 5 min, (B) 30 atm, 5 min,
(C) 35 atm, 5 min, (D) BiNFi-s (control)

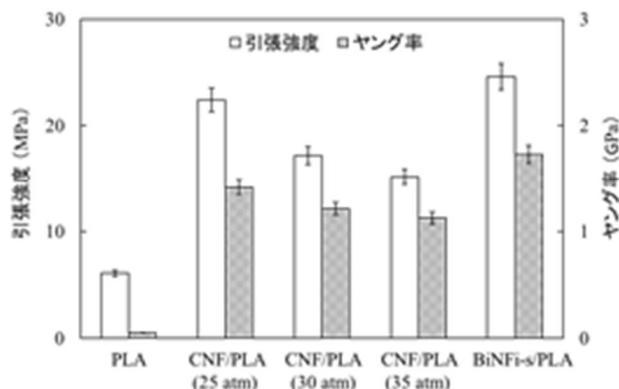


図 5 CNF/PLA コンポジットの機械的特性

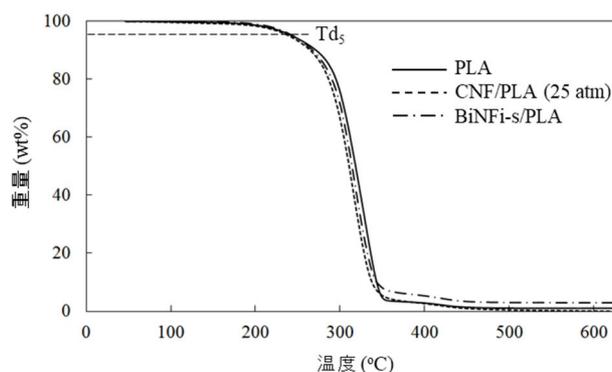


図 6 CNF/PLA コンポジットの熱分解特性

本研究では水蒸気爆発、水とアセトンの抽出分離および各分離画分の有用製品化から成る一連の変換操作を用いる環境保全型バイオリファイナーリープロセスを開発した。リグノセルロース廃棄物（ホワイトボプラ）の構成成分であるセルロースからは CNF を製造して生分解性プラスチック（ポリ乳酸）の補強材、リグニンからは電子基板材料と成り得るエポキシ樹脂硬化物を創製した。それらの熱・機械的特性を評価した結果、石油由来の市販製品とほぼ同等の機能性を持つ製品を得ることができた。セルロースやリグニンが環境中に長期間蓄積された例は報告されていないが、今後は得られたバイオマス由来化成品の生分解性を検討し、石油由来化成品の代替品として環境負荷の軽減に貢献することを明らかにする予定である。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計11件（うち査読付論文 11件／うち国際共著 1件／うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Sasaki Chizuru, Sumitomo Yuka, Odashima Kai, Asada Chikako, Nakamura Yoshitoshi	4. 巻 -
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 -
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, Nakamura Yoshitoshi, Asada Chikako	4. 巻 -
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 -
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 該当する
1. 著者名 Asada Chikako, Sasaki Chizuru, Oka Chihiro, Nakamura Yoshitoshi	4. 巻 11
2. 論文標題 Ethanol Production from Sugarcane Bagasse Using Pressurized Microwave Treatment with Inorganic Salts and Salt-Tolerant Yeast	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Waste and Biomass Valorization	6. 最初と最後の頁 2001-2007
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/s12649-018-0527-z	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 Noda Yuko, Asada Chikako, Sasaki Chizuru, Nakamura Yoshitoshi	4. 巻 10
2. 論文標題 Effects of Hydrothermal Methods such as Steam Explosion and Microwave Irradiation on Extraction of Water Soluble Antioxidant Materials from Garlic Husk	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Waste and Biomass Valorization	6. 最初と最後の頁 3397-3402
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/s12649-018-0353-3	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, Negoro Haruka, Asada Chikako, Nakamura Yoshitoshi	4. 巻 21
2. 論文標題 Microwave-assisted glucose production from bode (Styrax tonkinensis) woody biomass for bioethanol production	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Material Cycles and Waste Management	6. 最初と最後の頁 201-204
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10163-018-0783-9	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 Sasaki Chizuru, Tamura Satoshi, Tohse Riho, Fujita Saki, Kikuchi Miyu, Asada Chikako, Nakamura Yoshitoshi	4. 巻 77
2. 論文標題 Isolation and identification of an angiotensin I-converting enzyme inhibitory peptide from pearl oyster (Pinctada fucata) shell protein hydrolysate	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Process Biochemistry	6. 最初と最後の頁 137-142
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.procbio.2018.11.017	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 Suzuki Akihiro, Sasaki Chizuru, Asada Chikako, Nakamura Yoshitoshi	4. 巻 194
2. 論文標題 Production of cellulose nanofibers from Aspen and Bode chopsticks using a high temperature and high pressure steam treatment combined with milling	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Carbohydrate Polymers	6. 最初と最後の頁 303-310
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.carbpol.2018.04.047	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 Akihiro Suzuki, Chizuru Sasaki, Chikako Asada, Yoshitoshi Nakamura	4. 巻 12
2. 論文標題 Characterization of cellulose nanofiber from steam exploded Japanese cedar	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 BioResources	6. 最初と最後の頁 7628-7641
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.15376/biores.12.4.7628-7641	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, Kiyokawa Ami, Asada Chikako, Nakamura Yoshitoshi	4. 巻 10
2. 論文標題 Glucose and Valuable Chemicals Production from Cotton Waste Using Hydrothermal Method	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Waste and Biomass Valorization	6. 最初と最後の頁 599-607
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s12649-017-0084-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 Asada Chikako, Sasaki Chizuru, Nakamura Yoshitoshi	4. 巻 10
2. 論文標題 High Concentration Ethanol Production from Mixed Softwood Sawdust Waste	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Waste and Biomass Valorization	6. 最初と最後の頁 433-439
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s12649-017-0073-0	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 C., Sasaki C., Suzuki A., Nakamura Y.	4. 巻 9
2. 論文標題 Total Biorefinery Process of Lignocellulosic Waste Using Steam Explosion Followed by Water and Acetone Extractions	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Waste and Biomass Valorization	6. 最初と最後の頁 2423-2432
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s12649-017-0157-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 -

〔学会発表〕 計14件 (うち招待講演 3件 / うち国際学会 6件)

1. 発表者名 C. Asada, C. Sasaki, Y. Nakamura
2. 発表標題 Renewable Resource-Based Material Synthesized from Lignocellulosic Biomass
3. 学会等名 12th World Congress on Biofuels and Bioenergy & 13th Global Summit and Expo on Biomass and Bioenergy, Zurich (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 高田弥生、浅田元子、佐々木千鶴、中村嘉利
2. 発表標題 バイオマスへの応用を考慮した耐熱性セルラーゼ利用のための酵素カクテルの相乗効果検討,
3. 学会等名 第9回日本醸造学会 若手シンポジウム, 東京
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 妹尾政都、浅田元子、佐々木千鶴、中村嘉利
2. 発表標題 ファルカタを原料としたバイオエタノール製造のための水蒸気爆砕前処理の最適条件の検討
3. 学会等名 第9回日本醸造学会 若手シンポジウム, 東京
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 藤井萌、浅田元子、佐々木千鶴、中村嘉利
2. 発表標題 バイオエタノール残渣となるモデルリグニンを用いたエポキシ樹脂合成の抽出溶媒検討
3. 学会等名 第9回日本醸造学会 若手シンポジウム, 東京
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Chizuru Sasaki, Chikako Asada, Yoshitoshi Nakamura
2. 発表標題 Glucose production from cotton-waste using hydrothermal methods
3. 学会等名 The 4th International Cellulose Conference (ICC 2017), Fukuoka (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Akihiro Suzuki, Chikako Asada, Chizuru Sasaki, Yoshitoshi Nakamura
2. 発表標題 Synthesis of ecomaterial from plant biomass and its physical properties
3. 学会等名 13th International Conference on Ecomaterials, Bangkok (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Yuta Danura, Chikako Asada, Chizuru Sasaki, Yoshitoshi Nakamura
2. 発表標題 Comparison of steam explosion and steaming followed by milling treatment for bioethanol production from woody biomass
3. 学会等名 13th International Conference on Ecomaterials, Bangkok (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Takuya Yamamoto, Chikako Asada, Chizuru Sasaki, Yoshitoshi Nakamura
2. 発表標題 Organosolv lignin extracted from hydrolyzed residue of steam exploded hardwood: a potential candidate for epoxy resin
3. 学会等名 13th International Conference on Ecomaterials, Bangkok (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 浅田元子
2. 発表標題 徳島県産間伐材を有効利用するための総合プロセス開発
3. 学会等名 日本生物工学会生物資源を活用した地域創生研究部会シンポジウム(大阪大学吹田キャンパス)(招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 浅田元子
2. 発表標題 木材構成成分の分離回収と有効利用
3. 学会等名 化学工学会第82年会（芝浦工業大学豊洲キャンパス）（招待講演）
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 中村嘉利
2. 発表標題 バイオマスの総合的有效利用プロセス
3. 学会等名 化学工学会第48回秋季大会（招待講演）
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 山本拓也，入江 翼，鈴木昭浩，佐々木千鶴，浅田元子，中村嘉利
2. 発表標題 広葉樹アスペン廃材の総合利用プロセスの構築
3. 学会等名 第3回日本生物工学会西日本支部講演会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 浅田元子，佐々木千鶴，鈴木昭浩，中村嘉利
2. 発表標題 木質バイオマスからの高植物度機能性化成品の製造
3. 学会等名 第12回バイオマス科学会議
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Hitoshi Takagi, Antonio Norio Nakagaito and Yuya Sakaguchi
2. 発表標題 Fiber orientation control in cellulose nanofiber-reinforced green nanocomposites
3. 学会等名 Fiber Society 2016 Fall Meeting and Technical Conference (国際学会)
4. 発表年 2016年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 梅澤俊明, 福島和彦, 高部圭司, 飛松裕基, 山村正臣, 梶田真也, 岸本崇生, 河本晴雄, 南英治, 宮藤久士, 横山朝哉, 高野俊幸, 浅田元子, 中村嘉利, 敷中一洋, 大塚祐一郎, 宮西孝則, 山田竜彦, 渡辺隆司, 浦木康光, 中村雅哉, 上村直史, 政井英司, 片山義博, 大山俊幸, 木村肇, 香川博之	4. 発行年 2020年
2. 出版社 シーエムシー出版	5. 総ページ数 225
3. 書名 リグニン利活用のための最新技術動向	

〔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	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)・准教授 (16101)	
研究分担者	高木 均 (TAKAGI Hitoshi) (20171423)	徳島大学・大学院社会産業理工学研究部(理工学域)・教授 (16101)	
研究分担者	佐々木 千鶴 (SASAKI Chizuru) (50452652)	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)・准教授 (16101)	

6. 研究組織（つづき）

	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	渡邊 隆司 (WATANABE Takashi) (80201200)	京都大学・生存圏研究所・教授 (14301)	

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