

令和 6 年 6 月 13 日現在

機関番号：82626

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2021～2023

課題番号：21H02007

研究課題名（和文）リグニン白色化メカニズムの解明と白色リグニンの機能評価

研究課題名（英文）Estimation of mechanism on lignin whitening and functionality of whitened lignin

研究代表者

敷中 一洋（Shikinaka, Kazuhiro）

国立研究開発法人産業技術総合研究所・材料・化学領域・上級主任研究員

研究者番号：00507189

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,500,000円

研究成果の概要（和文）：本研究はリグニン白色化メカニズムの解明と白色リグニンの機能評価および白色化技術に基づくリグニン抽出技術開発を目的とした。第一に白色化反応における白色度と反応条件の関係を評価し反応メカニズムを理解した。第二に白色リグニン合成の高効率化を達成した。第三に白色リグニンの機能評価より電気絶縁性材料や光機能材料としての用途可能性を解明した。更に白色リグニン合成技術に基づく植物や糖化残渣からの白色リグニン組成物の抽出を達成した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

国際連合気候変動枠組条約締結国会議の第21回会議で採択されたパリ協定において、今世紀後半に世界全体でカーボンニュートラルを達成するという目標が定められた。我が国では目標達成に向けパリ協定に基づく成長戦略としての長期戦略が策定された。その中ではバイオマスの機能素材利用が挙げられている。よって植物バイオマス由来のリグニンを原料とした機能素材開発と用途開発は社会・経済インパクトを与える。これまでの関連研究では主に着色した状態でのリグニンが用いられている。本研究で提案する白色化技術に基づくリグニン研究は独自の取り組みであり、目的とする白色リグニンによる高意匠性素材開発に対する社会・産業ニーズは高い。

研究成果の概要（英文）：This study aimed understanding of mechanism of lignin whitening, an estimation of function of whitened lignin, and an extracting lignin via its whitening technique. Firstly, a relationship between whitening degree of lignin and reaction condition was revealed that causes understanding of mechanism of lignin whitening reaction. Secondly, we achieved increasing an efficiency on synthesis of whitened lignin. Thirdly, an application possibility of whitened lignin as electric insulation material and photo-functional material was estimated. Finally, an extraction of whitened lignin derivative from plant and its saccharification residue was achieved in accordance with synthesis technique of whitened lignin.

研究分野：高分子化学

キーワード：植物 バイオマス リグニン 機能性高分子 複合素材

1. 研究開始当初の背景

持続可能な社会の実現に向けたバイオエコノミーの実現は世界的に喫緊の課題である。バイオマス資源は燃料や工業原材料となり得るためその利用は本課題の解決に資する。その中でも植物バイオマスの主成分である多糖類・リグニンはバイオマスプラスチックとしての応用が期待されている。植物多糖類はセルロースとヘミセルロースから成り、近年ではナノファイバーを例とした産業的利活用に向けた取り組みが進められている (例: <http://www.chuetsu-pulp.co.jp/news/9548>)。一方のリグニンは主に三種の芳香環が重合した芳香族高分子であり、フェノール樹脂の代替物や芳香族化合物としての用途が検討されている (梅沢俊明監修, リグニン利活用のための最新技術動向, 2020, シーエムシー出版)。しかし、現状は生産量の9割以上が製紙工場などの熱源として利用されているのみである (Euro. Polym. J., 2017, 93, 618)。

リグニンの用途検討を妨げる大きな原因の一つとして、着色 (木肌色、茶色、黒色) が挙げられる。リグニンは機能性高分子・機能性フィラーとしての用途が期待されるが着色が素材の意匠性を下げるため、その脱色・白色化に資する学術的知見は重要となる。植物中においてリグニンは白色の高分子である多糖類に比して存在量が少ない (約2~3割) にも関わらず植物はリグニンに由来する茶色に呈色している。また植物より単離されたリグニン (以下リグニン誘導体と記す) は樹脂に数重量%複合するのみで全体がリグニン誘導体由来の色に着色する (例; Polymer, 2020, 190, 122254)。リグニンが着色する要因としては電子共役を失ったフェノール性水酸基のパラ位のビニル基による UV 発色団やリグニン主鎖骨格である芳香環の - 相互作用などが想定される (J. Chem. Phys., 2013, 139, 144313) が、リグニンがなぜ着色するかおよびリグニンを微量量複合するだけで母材が着色する理由は理解が進んでいない。

2. 研究の目的

これまでにリグニン誘導体のブタンスルトン化 (Int. J. Biol. Macromol., 2017, 97, 201) などによる減色が報告されているが、完全な脱色 (白色化) には至らず、脱色メカニズムも明らかになっていない。以上の背景から、本研究課題の核心をなす学術的「問い」を、従来着色を免れなかったリグニンは白色化するのか、またリグニン誘導体の脱色はどのようなメカニズムで起こるのか、更に脱色・白色化されたリグニンはどのような機能を発現するのかと設定した。

研究代表者の数中は、以前よりリグニンの機能素材としての利活用に関する研究に取り組んでいる (例: 数中ら, リグニン利活用のための最新技術動向, 2020, シーエムシー出版, pp109; Green Chem., 2016, 18, 5962.)。その取り組みにおいて**市販試薬を例とした各種リグニン誘導体を白色化する技術を見出した (数中ら, 特願 2020-107725)**。本技術を元に当該研究は**リグニン誘導体の白色化反応のメカニズム解明**を第一の目的とした。メカニズムに基づき白色リグニンと植物・樹脂中で着色するリグニンの構造を比較、リグニン白色化をもたらし要因および着色に関わる分子構造を理解する。またメカニズムを参考に**白色リグニン合成工程の効率化およびリグニン抽出技術への拡張**をおこなう。第二の目的として、**意匠性の高い機能性芳香族高分子としての白色リグニンの用途提案**を設定した。ここでは未修飾のリグニン誘導体における検討例を参考に白色リグニンの各種機能を評価し、そのカラーアプリケーションを解明する。

3. 研究の方法

本研究では、第一にリグニン誘導体の白色化メカニズムを解明する。リグニン誘導体の白色化は修飾された炭化水素基がリグニンの着色に関わる構造を包摂することで起こると推察される。しかしこれを直接的に証明する実験結果は得られていない。更に炭化水素基種によりリグニンの白色度が異なるが、その反応条件との関係は分かっていない。これらの背景を受け、本研究では様々な反応条件で合成された白色 (脱色) リグニン誘導体の白色度・構造・反応進行機構などを評価、その相関を体系化する。加えて白色化技術を植物などのリグニン含有物から直接の白色リグニン抽出 + 合成に拡張する。

第二に白色リグニンの機能を評価、機能性芳香族高分子としての用途を見出す。具体的には未修飾リグニン誘導体で検討されている難燃性 (Adv. Sustainable Syst., 2017, 1, 1700073.)・熱安定化能 (ACS Sustainable Chem. Eng., 2016, 4, 2422)などを評価し、白色リグニンのカラーアプリケーションを明らかにする。

これまでリグニン誘導体の脱色・白色化に向けた有機イソシアナートとの反応は50 °C、1気圧、水/エタノール混合溶媒中でおこなっている。本反応を通じてリグニンとウレタン結合を介して修飾された炭化水素基がリグニンの着色に関わる構造を包摂することで脱色ないし白色化が起こると推察する。この推察に従うならば、リグニンないし有機イソシアナート (有機置換基) の溶媒親和性が白色度を左右すると考えられる。以上を受け下記に挙げた研究に取り組む。

第一に反応系における溶媒の極性差の有無および種類とリグニンの白色度の相関を検討する。具体的には水/エタノール混合溶媒で実施していた修飾反応を単一溶媒で実施し、白色化の有無を確認する。更に混合有機溶媒系における修飾反応を通じた白色化可能性を検討する。

第二に白色リグニン合成に用いる有機置換基およびリグニン誘導体と物理特性および白色度

の相関を評価する。白色化反応においてリグニン誘導体に修飾する有機イソシアナートの置換基はアルキル鎖・芳香環などのバリエーションが想定される。更にリグニン誘導体は抽出法によりその構造が異なる (Green Chem., 2016, 18, 1175)。以上を踏まえ各種リグニン誘導体と有機イソシアナートの反応をおこない、白色度とリグニン誘導体の構造 (例: 含有元素、官能基) との相関を解明する。

第三に白色リグニンの構造を評価し、その白色度 (Lab 色空間における L*値より評価) との相関を検討する。具体的には透過型電子顕微鏡を用いた直接観察による構造評価・中性子散乱を用いた形状因子の評価などにより構造を評価する。分子サイズによっては動的光散乱や走査型電子顕微鏡による評価も実施する。更に既報で木質中のリグニンの構造分析に用いられてきた UV 顕微鏡 (例: Tappi, 1957, 40, 225) や紫外可視吸収法 (Methods in Lignin Chemistry, 1992, pp39) などの分光学的な手法などを用いて、白色リグニン中のリグニン成分の定量を試みる。

第四にリグニン白色化反応をモニタリングし、白色リグニン合成メカニズムの解明につなげる。具体的にはフーリエ変換型赤外分光 (FT-IR) や核磁気共鳴スペクトル (NMR) による官能基 (水酸基やアミド基など) 量の経時的な追跡から反応のキネティクスを評価する。同時に残存官能基量とリグニン誘導体白色度を評価し、イソシアナート反応量と白色度の相関を解明する。以上の結果を基に原料仕込み量・反応時間・達成すべき白色度などの制御が成された白色リグニンの合成ルートを設計する。

第五に白色リグニンの各種機能を評価し、素材としてのキラーアプリケーションを見出す。従前のリグニン誘導体で確認されていた難燃性・熱安定化能・分散安定能・キレート能・潤滑能・接着能・抗酸化能を例とした機能を評価する。加えてフィルターとして用いる際に重要となる熱分解特性・熱融解挙動・溶媒親和性などの物性の他、溶融物粘弾性・結晶化特性・表面荷電特性 (ゼータ電位) についても評価する。得られた結果から機能性芳香族高分子としての用途可能性を検討する。

第六にリグニン含有組成物を原料とした白色リグニンの合成を試みる。これまでに、例えばリグニンスルホン酸からの白色リグニンの合成において、ろ物として白色リグニンが、ろ液として茶褐色の溶液がそれぞれ回収される。このことから本反応ではリグニンの白色化と白色化しないリグニン成分の分離が同時に進行していると予想される。本考察を元に植物などのリグニン含有組成物からの白色リグニンの合成 + 抽出がリグニンへの炭化水素修飾反応のみで達成可能かを検討する。本反応においては原材料表面積の増大による反応高効率化を見込み、組成物の解繊と同時の反応も検討する。本検討を通じ植物バイオマスからの直接の白色リグニンの抽出およびその利活用につなげる。白色リグニン合成反応は、前期の通り「50 °C、1 気圧、水/エタノール混合溶液中」という既存のリグニン抽出反応に比して穏やかな条件で進行しかつリグニン水酸基とイソシアナートの反応以外の副反応が想定されないため、変性の少ないリグニン誘導体の調製を可能とする。更に植物を原料とした場合は多糖類の利活用 (例: セルロースナノファイバー・発酵組成物) を含めた植物高分子総利用に向けた研究展開も同時に期待される。

4. 研究成果

2021 年度

第一に合成反応時の溶媒変更を通じた有機修飾リグニンの着色制御を達成した。第二にリグニン誘導体に対し様々な置換基を持つイソシアナートの修飾をおこないリグニン白色度と置換基の関係を熱特性から評価した。第三に各種リグニン誘導体と有機イソシアナートの反応をおこない、白色度とリグニン誘導体の構造との相関を評価した。

具体的には下記項目について達成した。

- (1) 白色リグニン合成反応の溶媒混合系として水/エタノールの組み合わせだけでなく n-ヘキサン/ジメチルホルムアミドが選択可能であることを見出した。さらに単一溶媒で同様の反応を実施しても白色化が起こらないことから極性の異なる二種類の溶媒混合系によりリグニン白色化が達成できることを明らかにした。付随して混合溶媒条件におけるブタンスルトン化によるリグニンへの置換基修飾を実施したが白色化には至らないことを確認した。
- (2) 白色リグニンに修飾する置換基の構造およびイソシアナート基数により白色リグニンの耐熱性が異なることを明らかにした。例えばジイソシアナート修飾による置換基末端消失や修飾置換基のアルキル鎖から芳香環への変化による白色リグニンの耐熱性向上を確認した。
- (3) 同時酵素糖化粉碎由来リグニン誘導体の他、木材パルプ化プロセスの副産物である工業リグニン(リグニンスルホン酸・クラフトリグニン)および木材多糖類糖化プロセスの副産物であるソーダ蒸解由来リグニン誘導体についても白色化が達成できることを明らかとした。本結果より白色リグニン合成の実験系がパルプ製造やバイオエタノール製造プロセスから回収できるリグニン誘導体に適応可能ということを実証し、その汎用性を示した。更にリグニン誘導体の溶媒親和性に応じ白色度が異なることも見出した。

2022 年度

第一にリグニンに対し炭素数の異なるアルキルイソシアナートの修飾をおこないリグニン白色化における置換基構造の影響を系統的に評価した。ここにおいては当初 UV 顕微鏡や紫外可視吸収法により実施を計画していた白色リグニン内のリグニン重量比の定量をメタノール分解に

よるイソシアネート成分のカルバミン酸メチルとしての修飾物抽出・定量からおこなった。第二に白色リグニンを例としたリグニン誘導体のキラアプケーション検討を目指し、有機高分子・黒鉛などの複合化をおこないリグニン誘導体との親和性および複合物の熱的特性や電気化学的特性を評価、機能性芳香族高分子としての用途可能性を検討した。第三にリグニン含有組成物からの白色リグニン組成物の合成 + 抽出を達成した。

具体的には下記項目について達成した。

(1) 修飾アルキル基の炭素数とリグニン修飾物白色度の相関から白色化には修飾置換基に一定の高さが必要であることを明らかとした(図 1)。更に白色リグニン中のリグニン成分量が約 50-60 重量%であることを見出した。

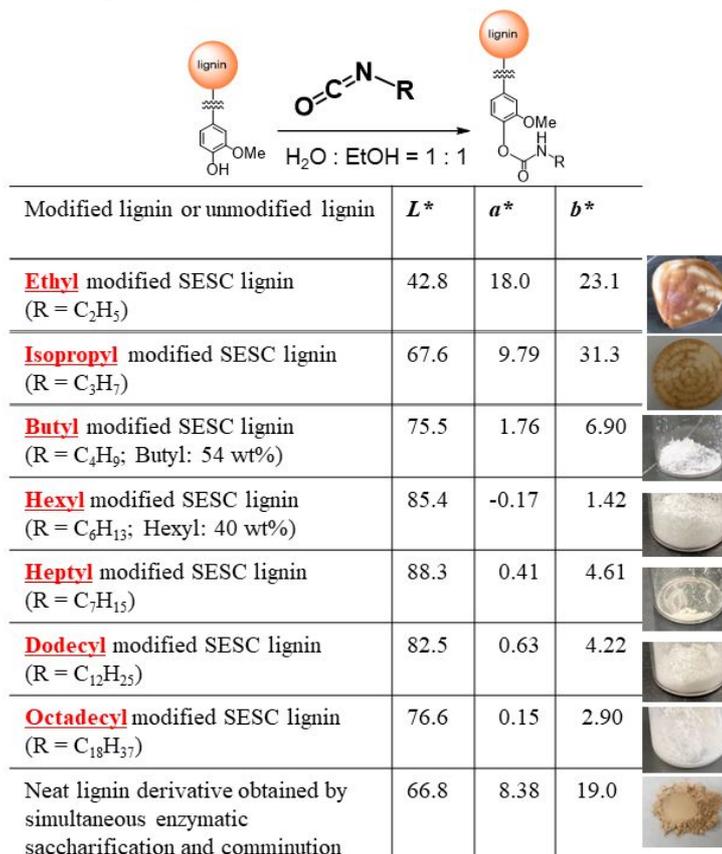


図 1：炭素数が異なるアルキル鎖を修飾したリグニンの Lab 色空間および写真。アルキル鎖の炭素数が 4 以上において白色化($L^* = 75$ 以上)が確認された。

(2) キシリレンジイソシアナートから成る白色リグニンについて高い体積抵抗率を確認し電気絶縁性高分子としての用途可能性を見出した。更に白色リグニンの UV 照射に応じた発光特性を解明し光機能材料としての用途可能性を見出した。

(3) リグニン含有組成物を原料とした白色リグニンの合成を実施した。具体的には植物糖化残渣やおがくずなどからリグニンないし多糖を含有する白色ナノ粒子の合成に成功した。

得られた研究成果について同年度に高分子学会およびトーキン科学技術振興財団より贈賞いただいた。

2023 年度

第一に透過型電子顕微鏡や小角中性子散乱を用いた構造評価を実施した。第二にリグニン白色化反応をモニタリングし、白色リグニン合成メカニズムを考察した。第三に白色リグニンの機能性高分子としての用途検討に向けた素材設計をおこなった。

具体的には下記項目について達成した。

(1) 透過型電子顕微鏡観察よりリグニンの白色化に伴う均質ナノ粒子化を確認し、それに伴う光反射がリグニン白色化に寄与していると考察した(図 2 左)。更に J-PARC における小角中性子散乱より白色化に伴うリグニン高分子鎖の置換基による被覆および修飾置換基による構造次元の違いを明らかにした。

(2) FT-IR 測定よりリグニン白色化における仕込みのイソシアナートと反応した水酸基の量の関係を定性的に評価した。本検討を通じ芳香族系ジイソシアナートによるリグニン修飾反応において直鎖炭素モノイソシアナートに比して 1/10 以下のイソシアナート仕込み量で白色化が達成できることを明らかにした。

(3) 熱溶解性や溶媒分散性を持つ白色リグニンの意匠性を損なわない複合材化と透明塗工膜化を達成した(図 2 右)。複合材においては白色リグニン添加による熱特性・機械特性の向上が確認

された(図3)。更に前年度までに発見した白色リグニンの発光特性について固体マトリックス内で発現する条件を見出した。

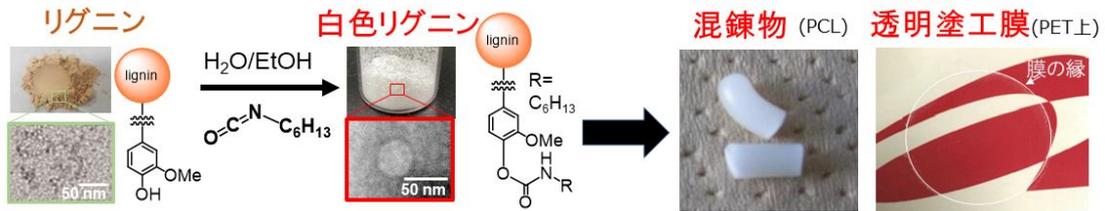


図2：(左)リグニン白色化技術の概要。構造式に従った置換基(図例ではヘキシル基)修飾により、リグニン高分子鎖が置換基に覆われつつ均質粒子となり白色化すると考察される。(右)ヘキシル基修飾白色リグニン5重量%を含有したポリカプロラクタム(PCL)熱混練物(ペレット)および溶媒分散とキャスト乾燥によるヘキシル基修飾白色リグニン透明塗工膜、いずれも未処理のリグニンに見られるような茶～黒の着色は確認されない。

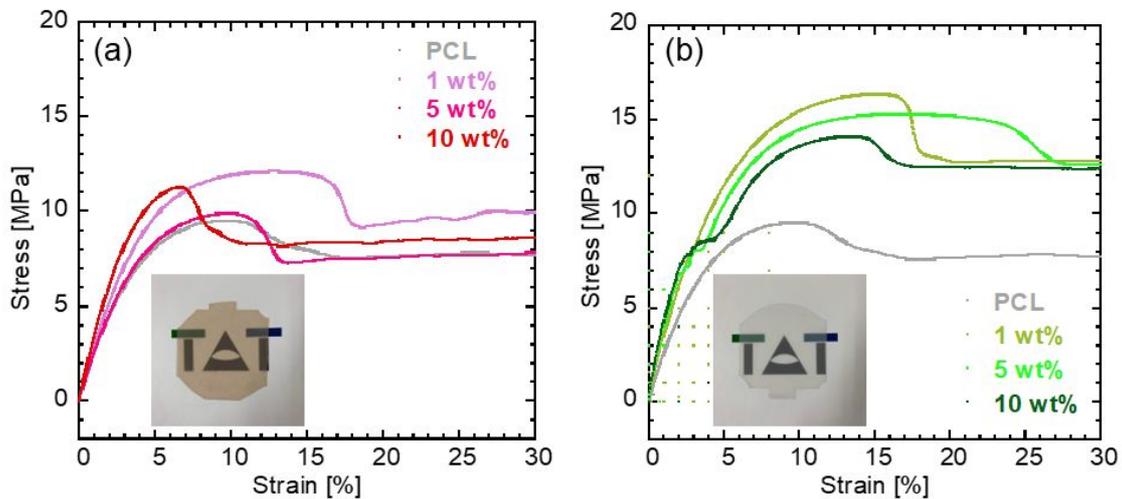


図3：(a)同時酵素糖化粉碎由来リグニン誘導体または(b)同リグニン誘導体白色物を複合したPCL熱混練物フィルムにおける引張応力-歪特性およびフィルム写真。白色リグニンの配合により、意匠性を損なわず未処理の同時酵素糖化粉碎由来リグニン誘導体に比して高いPCLの剛性向上が確認される。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計6件（うち査読付論文 3件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Suzuki Asami、Otsuka Yuichiro、Shikinaka Kazuhiro	4. 巻 10
2. 論文標題 Electrically conducting films prepared from graphite and lignin in pure water	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Frontiers in Bioengineering and Biotechnology	6. 最初と最後の頁 1049123 (9頁)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/fbioe.2022.1049123	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Shikinaka Kazuhiro、Otsuka Yuichiro	4. 巻 24
2. 論文標題 Functional “permanently whitened” lignin synthesized via solvent-controlled encapsulation	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Green Chemistry	6. 最初と最後の頁 3243 ~ 3249
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/d1gc04810d	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 Honda Fumiya、Taira Shogo、Suzuki Shiori、Shikinaka Kazuhiro、Shigetomi Kengo、Uraki Yasumitsu	4. 巻 77
2. 論文標題 Swelling of lignin-based gel in salt-containing organic solvents and its application as gel electrolyte	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Holzforschung	6. 最初と最後の頁 776 ~ 783
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1515/hf-2023-0067	査読の有無 無
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 Karasawa Takumi、Kato Risako、Tsukidate Ai、Tominaga Yoichi、Toyota Koki、Otsuka Yuichiro、Shikinaka Kazuhiro	4. 巻 39
2. 論文標題 Controlling polymer degradation by addition of plant aromatic polymer, lignin	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Materials Today Communications	6. 最初と最後の頁 109074 ~ 109074
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.mtcomm.2024.109074	査読の有無 無
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 Shikinaka Kazuhiro, Suzuki Asami, Otsuka Yuichiro	4. 巻 accept
2. 論文標題 Substituent Effect on Physical Properties of Whitening Lignin	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 ChemistrySelect	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) なし	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 敷中一洋	4. 巻 8(5)
2. 論文標題 同時酵素糖化粉碎と白色化を通じたリグニンの機能素材化	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 アグリバイオ 2024年5月号	6. 最初と最後の頁 424 ~ 426
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
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24件 (うち招待講演 11件 / うち国際学会 4件)

1. 発表者名 敷中一洋, 大塚祐一郎
2. 発表標題 植物芳香族系高分子「リグニン」の白色化
3. 学会等名 第71回高分子学会年次大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Kazuhiro Shikinaka, Yuichiro Otsuka
2. 発表標題 Plant-based UV absorber obtained by simultaneous enzymatic saccharification and comminution
3. 学会等名 RadTech Asia 2022 -The 16th International Conference & Expo on UV/EB Curing in Asia- (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 敷中 一洋, 大塚祐一郎
2. 発表標題 Solvent Controlled Encapsulationにより合成される白色リグニンの構造と機能
3. 学会等名 第71回高分子討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 敷中一洋
2. 発表標題 植物芳香族系高分子リグニンによる機能性低次元材料
3. 学会等名 日本化学会「低次元系光機能材料研究会」第11回サマーセミナー
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 敷中一洋
2. 発表標題 植物由来芳香族高分子「リグニン」を基軸とした複合材料
3. 学会等名 日本セラミックス協会 第35回秋季シンポジウム(招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 敷中 一洋, 大塚祐一郎
2. 発表標題 リグニンによる機能素材創製 ~白色化と複合化~
3. 学会等名 第31回ポリマー材料フォーラム
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 敷中一洋
2. 発表標題 環境適応型プロセスに従った非可食植物バイオマスの有用化成品への変換
3. 学会等名 第6回 SPIRITS生物-無機-有機融合化学セミナー（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 敷中一洋
2. 発表標題 リグニンの機能性高分子としての利用に向けた新技術
3. 学会等名 第70回高分子学会年次大会（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 敷中一洋
2. 発表標題 環境にやさしいプロセス【同時酵素糖化粉碎】による植物高分子の機能素材化
3. 学会等名 第178回東海高分子研究会講演会（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 敷中一洋
2. 発表標題 同時酵素糖化粉碎法による植物高分子の新規用途開発
3. 学会等名 第453回生存圏シンポジウム「第18回 持続的生存圏創成のためのエネルギー循環シンポジウム -マイクロ波高度利用と先端分析化学 第11回先進素材開発解析システム(ADAM)シンポジウム-」（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 敷中一洋
2. 発表標題 湿式粉碎と酵素反応を複合した植物高分子の新しい抽出・利用技術の開発
3. 学会等名 < 第21回バイオマス関連部会・研究会合同交流会 > 「カーボンニュートラルに貢献する木質バイオマスのマテリアル利用」(招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 敷中一洋, 鈴木麻実, 大塚祐一郎
2. 発表標題 官能基による白色リグニンの特性制御
3. 学会等名 第72回高分子学会年次大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 敷中一洋
2. 発表標題 植物高分子リグニンを機能素材化する低環境負荷型技術の開発
3. 学会等名 第12回 JACI/GSCシンポジウム
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 敷中一洋
2. 発表標題 リグニンをきれいに分けて機能素材化する新技術の開発
3. 学会等名 第3回リグニン学会特別セミナー(招待講演)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Kazuhiro Shikinaka, Yuichiro Otsuka
2. 発表標題 Utilization of lignin as functional materials via sustainable extraction process and whitening method
3. 学会等名 The 13th SPSJ International Polymer Conferences (IPC) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Kazuhiro Shikinaka, Yuichiro Otsuka
2. 発表標題 Functional clay-based film consisting of lignin, a plant aromatic polymer
3. 学会等名 EUROCLAY 2023 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 鈴木麻実, 敷中一洋, 大塚 祐一郎
2. 発表標題 各種粘土/有機高分子からなる同時酵素糖化粉碎リグニン含有水蒸気バリア性透明膜の開発
3. 学会等名 第66回粘土科学討論会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Kazuhiro Shikinaka
2. 発表標題 Functional materials consisting of nanoparticulated plant aromatic polymer, lignin, via sustainable extraction process
3. 学会等名 International Conference on Nanotechnology & Materials Science (NANOMAT-2023) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 敷中一洋
2. 発表標題 Solvent Controlled Encapsulationにより合成される白色リグニンの熱特性と光機能
3. 学会等名 第72回高分子討論会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 敷中一洋
2. 発表標題 板状粘土鉱物と植物芳香族高分子リグニンによる機能膜の開発
3. 学会等名 23-1無機高分子研究会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 敷中一洋
2. 発表標題 植物・鉱物由来高分子による機能素材開発
3. 学会等名 ラドテック研究会 第182回講演会（招待講演）
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 敷中一洋
2. 発表標題 低環境負荷で植物芳香族系高分子リグニンを機能素材化する新技術の開発
3. 学会等名 超分子研究会・精密ネットワークポリマー研究会 第7回合同講座（招待講演）
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 敷中一洋
2. 発表標題 植物芳香族系高分子リグニンの白色化を通じた機能素材創製
3. 学会等名 2023年 繊維学会秋季研究発表会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 敷中一洋, 大塚祐一郎
2. 発表標題 リグニンの白色化技術を通じた機能素材化
3. 学会等名 第74回日本木材学会大会
4. 発表年 2023年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 Kazuhiro Shikinaka, Yuichiro Otsuka	4. 発行年 2023年
2. 出版社 The Royal Society of Chemistry	5. 総ページ数 315
3. 書名 Lignin-based Materials: Health Care and Medical Applications	

〔産業財産権〕

〔その他〕

<p>産業技術総合研究所HP > 組織 > 化学プロセス研究部門 > 研究グループ紹介 > 化学反応場設計グループ https://unit.aist.go.jp/cpt/ja/groups/001_cpt-crd.html 代表者に対するトーキン科学技術賞贈与に関するHPアナウンス https://www.tokin.com/wp-content/uploads/%EF%BC%88%E5%88%A5%E7%B4%99%EF%BC%89R4%E5%B9%B4%E5%BA%A6%E8%B4%88%E8%B3%9E%E8%80%85%E4%B8%80%E8%A6%A7.pdf 代表者に対する第31回ポリマー材料フォーラム 広報委員会バブリシティ賞贈与に関するHP https://main.spsj.or.jp/koho/31p.html</p>
--

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	平良 尚悟 (Taira Shogo) (00965072)	国立研究開発法人産業技術総合研究所・材料・化学領域・学振特別研究員 (82626)	2022年度参画
研究分担者	棚池 修 (Tanaike Osamu) (20415706)	国立研究開発法人産業技術総合研究所・材料・化学領域・主任研究員 (82626)	2021年度参画

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