

令和 3 年 5 月 27 日現在

機関番号：10101

研究種目：基盤研究(A) (一般)

研究期間：2018～2020

課題番号：18H03954

研究課題名(和文)細胞壁ミメティクス中で形成するリグニンの構造解析とその関連因子の解明

研究課題名(英文) Investigation of lignin formed in the mimetics of wood cell wall and clarification of lignification-related compounds

研究代表者

浦木 康光 (Uraki, Yasumitsu)

北海道大学・農学研究院・教授

研究者番号：90193961

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 35,200,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、セルロースにヘミセルロースを吸着させた人工多糖類マトリックスを複製し、このマトリックス中でのリグニンの形成を検討した。その結果、キシランはリグニンの形成と、リグニンの主要単位間結合である8-0-4'結合を寄与するが、グルコマンナンはリグニンの形成を阻害することが分かった。さらに、一次細胞壁に特有のキシログルカンには5-5'結合を誘導することが分かり、ヘミセルロースがリグニンの形成に大きな影響を与えることが明らかとなった。

また、単離リグニンの溶液構造解析より、5-5'結合の増加は大きな分子量を持つリグニン画分をよりコンパクトな構造にし、低い粘性発現に関与することも明らかとなった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

リグニンの形成とヘミセルロースとの関係について、これまで種々の仮説が提案されてきたが、本研究により、主要な細胞壁ヘミセルロースであるキシランとグルコマンナンの機能の違いが明確になった。さらに、現象論的には分かっていたが、直接的な関与が不明であったキシログルカンと一次壁リグニンとの相関も明示された。加えて、単離リグニンが低粘度である理由も、リグニンの縮合構造に起因することが示された。

これらの知見は、細胞壁構成成分の合目的機能を解明するという学術的意義に加え、単離リグニンを工業的に利用するための基本的情報の付与にも繋がり、資源持続型社会の構築にも貢献する社会的意義が見出せる研究となった。

研究成果の概要(英文)：This study clearly demonstrated the effect of hemicelluloses on lignification through lignin formation in the artificial polysaccharide matrices; xylan contributed to lignin formation and generation of 8-0-4' interunitary linkage, which was a major linkage in native lignin, while glucomannan inhibited lignin formation. In addition, xyloglucan, which located only at primary wall of tree, was found to enhance the frequency of 5-5' interunitary linkage.

From the analysis of solution structure for isolated lignins by using size-exclusion chromatograph equipped with multi-angle laser light scattering detector, 5-5' linkage was found to be closely related to the denser structure, especially much compact structure of lignin fraction with larger molar mass compared to that with small molar mass.

研究分野：木材化学

キーワード：人工多糖類マトリックス リグニンの形成 ヘミセルロース QCM-D SEC-MALLS

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

植物細胞と動物細胞の大きな違いは細胞壁の有無であり、植物の生理や組織の機能を理解するためにも、細胞壁の形成機構を解明することは重要な課題である。本研究の主要対象物となる“リグニン”は、陸上植物の主要な細胞壁成分であり、木本植物では、リグニンの形成を“木化”と呼ぶように、リグニンの形成過程を解明することが、細胞壁形成を理解する上で、最も重要かつ緊喫の課題と言える。なかでも、細胞壁を構成する多糖類（セルロースとヘミセルロース）がリグニン形成に影響を与えているか否かについては、長年議論されてきた。本研究の代表者浦木は、針葉樹にも存在するが広葉樹の代表的なヘミセルロースであるキシランが、モノリグノールからのリグニンの形成（重合）を促し、リグニンの主要な単位間結合である 8-O-4'結合の出現頻度を高めることを、人工細胞壁の創製を通して明らかにしたが¹⁾、他のヘミセルロースの影響については、明確な知見が得られていなかった。

2. 研究の目的

本研究では、これまでに提案され定説化されつつある樹木細胞壁の形成過程を人為的に再現した“細胞壁模倣材料（ミメティックス）”の創製を通して、細胞壁の多糖類成分（セルロースとヘミセルロース）、モノリグノール（リグニンのモノマー）およびリグニン合成（重合）酵素という三成分間の相互関係を精査することで、時間的および空間的観点からリグニンの形成機構を解明することを目的とした。さらに、リグニンの構造解明を目的として、溶液中におけるリグニンの挙動を検証した。

3. 研究の方法

(1) 細胞壁構成成分の調製：完全に精製されたセルロースとして、酢酸菌（ATCC53582）を用いて生成させたバクテリアセルロース（BC）を調製するとともに、後述する相互作用解析のために、北越製紙から提供されたセルロースナノファイバー（CNF）をセルロース材料として準備した。

ヘミセルロースとして、ブナのキシランを FUJIFILM 和光純薬から購入し、水に高い溶解性を示す画分を取り出し、これを亜塩素酸塩で脱リグニンして、以下の実験に供した。グルコマンナンは、エゾマツの木粉から 121 の熱水で抽出し、亜塩素酸塩による脱リグニン、イオン交換樹脂によるキシランの除去を経て、精製グルコマンナン（GM）を得た。タマリンドの種由来のキシログルカン（Megazyme 社製；XG）は、購入したものを供試試料として用いた。

リグニン重合酵素（正確には、モノリグノール酸化酵素）は、市販の西洋わさびペルオキシダーゼ（HRP）とウルシ由来のラッカーゼ（Lac）に加え、樹木（ポプラ）由来の CWPO-C を準備した。CWPO-C の調製と生成は次の手順で行った。CWPO-C 発現ベクターを導入した大腸菌をアンピシリンとカナマイシン入りの LB 培地で一晩前培養したのち、4 時間本培養し、IPTG を添加してタンパク発現を誘導したのち菌体を回収した。菌体から封入体を回収・洗浄後、変性剤により封入体を可溶化させ、リフォールディング効率を向上させるため、TAPS-sulfonate によるタンパク質のカチオン化を行った。TAPS 化 CWPO-C のリフォールディングの際は、毎回小スケールにて 5 つの異なるタンパク終濃度でリフォールディングを試し、酵素活性が最も高くなる濃度を確認し、その濃度で行った。透析、限外濾過濃縮を経た後に陽イオン交換カラムを用いて活性型 CWPO-C を精製した。

(2) 細胞壁構成成分間の相互作用解析：BC と 3 種のヘミセルロースとの等温吸着実験を行い、その結果を Langmuir の理論に適用して、結合定数を求めた。また、速度論的解析を目的に、本研究費で購入した quartz crystal microbalance with dissipation (QCM-D)を用いた吸着実験を行った。この測定では、まず、CNF を 3-aminopropyltrimethoxysilane (APTS)で処理した SiO₂ のセンサーに固定化し、その後、ヘミセルロースの水溶液をセンサーに流入して、水晶の振動数の変化から吸着過程を追跡した。

(3) 細胞壁ミメティックスの作製と生成したリグニンの解析：BC にヘミセルロースを吸着させ、これらが存在する懸濁液に HRP を加え、さらに、モノリグノールであるコニフェリルアルコール（CA）のリン酸緩衝液と過酸化水素のリン酸緩衝液をそれぞれ滴下した。この滴下は 20 時間かけて行い、さらに、反応系を 16 時間放置して、脱水素重合物（DHP）を生成させた。その後、BC フィルムを取り出し、少量のジオキサンで洗浄した。洗浄前後の BC フィルムを、アセチルプロミド法およびアルカリ性ニトロベンゼン酸化に供し、BC フィルムに吸着した DHP の量とアリアルエーテル結合量を見積もった。

(4) 単離リグニンの溶液構造解析：代表的な工業リグニンである広葉樹および針葉樹クラフトリグニン（それぞれ HKL、SKL）を供試試料として用い、対照試料として 8-O-4'結合のみからリグニンモデル高分子を合成して使用した。これらリグニン試料をアセチル化後、分子量と流体力学半径との関係を光散乱検出器付きサイズ排除クロマトグラフより、また、溶液中の形

状を X 線小角散乱から推定した。さらに、HKL の部分比容を、本研究費で購入した密度計 (Anton Paar 社製 DMA5000M) 用いて測定した。

4. 研究成果

(1) 細胞壁構成成分間の相互作用解析：図 1 に、BC とヘミセルロースの平衡吸着を示す等温吸着線を示す。さらに、表 1 に、等温吸着線の結果を Langmuir の理論に適用して得られた最大吸着量と結合定数を示す。この表より、最大吸着量はほぼ同じでも、結合定数から XG が最もセルロースに高い親和性を示すことが明らかとなった。

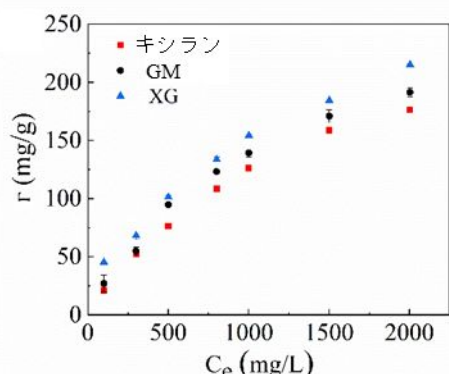


図1. ヘミセルロースのBCに対する等温吸着線。

表1. 等温吸着実験より求めた Langmuir理論における結合定数.

ヘミセルロース	Γ_m	α	R^2
キシラン	303.0	0.71	0.99
GM	300.3	0.87	0.97
XG	294.1	1.17	0.94

Γ_m は最大吸着量で、単位はmg/g。
 α は結合定数で、単位はL/mg。
 R^2 はLangmuirの理論にフィッティングした時の決定係数。

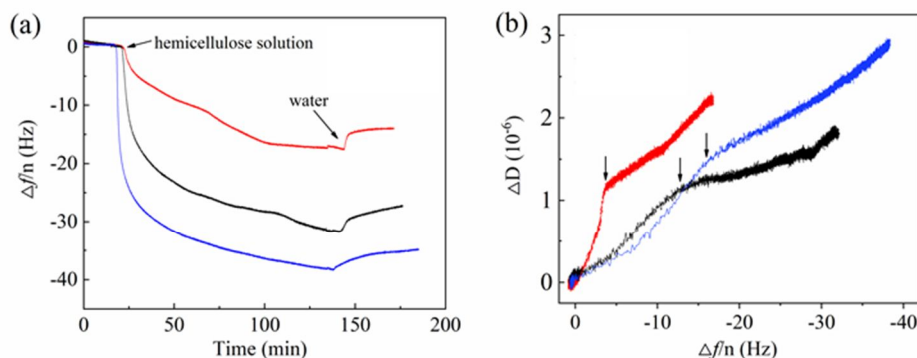


図2. QCM-DによるヘミセルロースのCNFに対する吸着挙動。
 a), 吸着量を示す水晶の振動周波数変化。 b), Dissipationの変化量。
 赤線はキシラン、黒線がGM、青線はXGを示す。

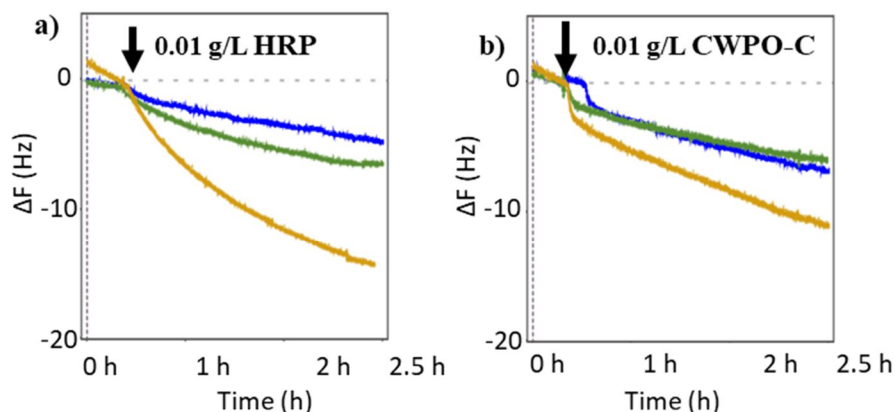


図3. QCM-Dによるモノリグノール酸化酵素の多糖類への吸着。
 a), HRP; b), CWPO-C. 青線はキシラン、緑線がGM、橙線はCNFを示す。

図 2 には、木材由来のセルロースである CNF へのヘミセルロース吸着を、QCM-D を用いてモニターしたプロフィールを示す。図 2-a) では、 D_f が小さければ小さいほど、ヘミセルロースが多量吸着したことを示し、この図からも XG がセルロースに多量吸着し、親和性が高いことが確認できた。また、図 2-b) の dissipation (振動の消散) から、ヘミセルロースの吸着により、セルロース表面が吸着初期は柔らかくなり、その後、硬化することが示され、強固な複合体が

形成されたことが示唆された。

本研究では、さらに、多糖類とモノリグノール酸化酵素との相互作用も QCM-D を用いて検討した (図 3)。この測定により、HRP、CWPO-C とともに、ヘミセルロースよりセルロースに対し、高い親和性を示すことが明らかとなった。

以上、本研究の実験から、セルロース、ヘミセルロースおよびモノリグノール酸化酵素の三成分間の相互関係が、世界で初めて明らかとなった。

(2) リグニン重合酵素の酸化能と DHP 形成能：市販の HRP と Lac のモノリグノール酸化能を比較すると、どちらも同程度にシナピルアルコール (SA) を酸化するのにに対し、HRP は CA を SA の 6 倍酸化した。しかし、Lac は 1.5 倍と基質特異性の違いが確認できた。さらに興味深いことに、HRP は分子量の大きな人工基質である syringaldazine に対しては SA の約半分の酸化能しか有しなかったが、Lac は約 4 倍の酸化能を示した。この酸化能の違いは DHP の形成能にも表れた。HRP で DHP を生成させるには、Lac の約 1000 倍程度の活性が必要であることが分かった。また、CWPO-C も HRP の 1/10 以下の量で DHP を生成することを、QCM-D のセンサー上での CA の酸化実験から確認された。

(3) 人工多糖類マトリックス存在下で生成した DHP の特徴：HRP は DHP 形成能が乏しいことが示されたが、酵素の多量使用が可能なことから、当初の計画通り、多糖類マトリックス中における DHP の形成実験に用いた。図 4 に、ジオキサン洗浄前後の DHP の生成量を示す。洗浄後の DHP 量は、多糖類と共有結合などで強固に結びついたリグニン 多糖類複合体 (LCC) の量を反映していると推測される。既に報告されているように¹⁾、BC にキシランが吸着すると、DHP 量は増加した。しかし、GM では生成量が減少し、GM がモノリグノールの酸化および重合を阻害することが明らかとなった。一方、セルロースと高い親和性を示した XG は、DHP の生成も促進することが示された。

図 5-a)には、生成した DHP をニトロベンゼン酸化に供したときの収率を示し、また、図 5-b)には、ニトロベンゼン酸化物中の 5-5'結合を¹H NMR で定量した結果を示す。

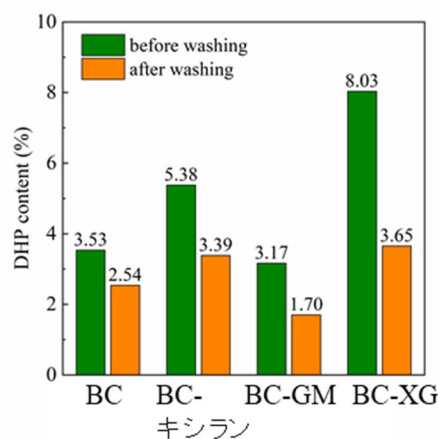


図4. アセチルブロミド法で定量した多糖類存在下で生成したDHP量。緑色はジオキサンでの洗浄前、橙は洗浄後。

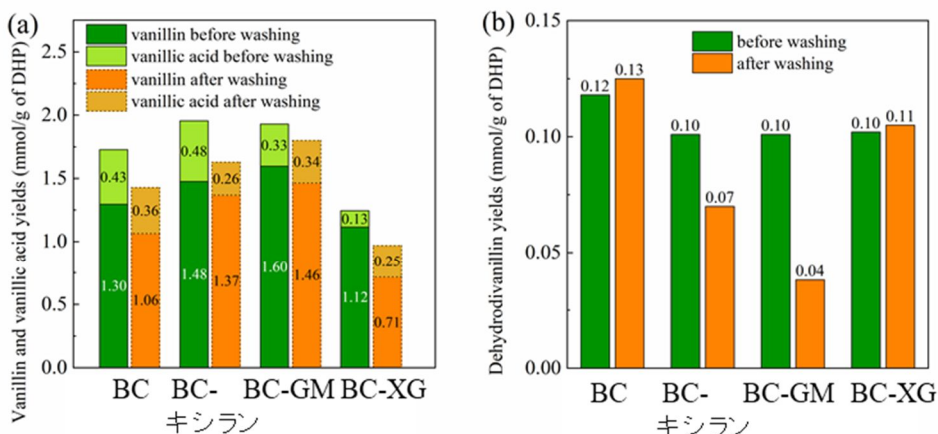


図5. 多糖類存在下で生成したDHPのニトロベンゼン酸化収率 (a)と、¹H NMRで定量した5-5'結合量の指標となるデヒドロジバニリンの収量 (b)。

ニトロベンゼン酸化生成物 (バニリンとバニリン酸) の収率は、8-O-4'結合に代表されるアリールエーテル結合量の指標となる。図 5-a)から明らかなように、XG が吸着した BC 中で生成した DHP は、酸化生成物量が少なく、アリールエーテル結合より、縮合構造に富むことが示唆された。そこで、リグニンの縮合構造の一つである 5-5'結合量を、その酸化生成物であるデヒドロジバニリンの収量を²⁾、¹H NMR で測定して見積もった。その結果、やはり、5-5'の縮合構造は、BC-XG 中で多いことが確認できた。さらに、5-5'結合の多量形成は、本研究課題で作製した 5-5'結合を認識する抗体を用いた、免疫蛍光標識実験からも支持された。以上、本研究で得られた結果は、木材細胞壁の 1 次壁のリグニンが縮合構造に富むという従来からの知

見とよく一致する。したがって、本研究は、XG がリグニンの構造に直接影響を及ぼしていることを *in vitro* の実験で証明したと言える。

(4)リグニンの溶液構造：図 6 に、SEC における溶出時間と、MALLS で求めた絶対分子量との関係を示す。アセチル化クラフトリグニン (Ac-HKL と Ac-SKL) のプロットは、ほぼ同じ位置にあり、分子量マーカーとして使用されるポリスチレン (PS) より、どの流出時間においても大きな分子量を示している。SEC の溶出時間は試料の流体力学半径の尺度であることより、木材より抽出されたクラフトリグニンは、PS より非常にコンパクト (密) な溶液構造であることが明示された。一方、8-O-4' 結合のみから成るリグニンのモデル高分子は線状高分子であり、そのアセチル化物 (Ac-M-804') の溶出時間毎の分子量はクラフトリグニンより小さく、PS に近かった。これは、このモデル高分子は PS と類似した溶液挙動、言い換えれば、溶液中における膨潤度を示しており、クラフトリグニンの枝分かれ構造が溶液中の膨潤度に大きな影響を与えていることが示唆された。よって、これまで報告されてきた単離リグニンの低粘性は、このコンパクトな構造に起因することが明確となった。

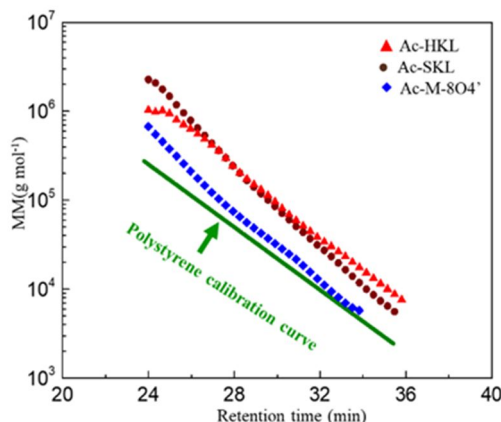


図6. SEC-MALLS測定より得られたSECの流出時間と分子量との関係。

さらに、HKL を溶媒分画により、小分子量画分 (SEC-MALLS による M_n は 7.3×10^3) と中分子量画分 (同 M_n は 13.1×10^3) に分け、これらにアセチル化後、テトラヒドロフラン (THF) 溶液を調製して、部分比容測定および小角 X 線散乱測定を行った。Ac-HKL 画分は、 $0.59-0.63 \text{ cm}^3/\text{g}$ の部分比容を示した。直鎖ポリスチレンの THF 溶液の値が $0.92 \text{ cm}^3/\text{g}$ 、四鎖分岐ポリスチレンでは $0.66 \text{ cm}^3/\text{g}$ と報告されていることから、この測定からも Ac-HKL が分岐ポリマーのように非常にコンパクトに分子が纏った溶液構造であることが示された。

図 7 に、小角 X 線散乱の Kratky プロットを示す。Ac-HKL の中分子量画分のプロットでは、当初 q 値の増大とともに Y 軸の値も増大したが、 q 値が 1 を超えると若干の減少を示し、粒状の溶液構造が示唆された。一方、リグニンモデル高分子では、単調に Y 軸の値が増加したため、線状高分子特有の Kratky プロットになった。これらの結果も、SEC-MALLS から推定された溶液中の分子構造を支持するもので、リグニンの分枝構造が溶液中のコンパクトな構造を発現させる重要な因子となっていることを明示している。

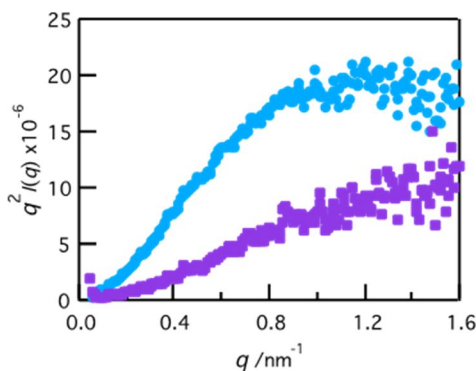


図7.小角 X 線散乱のKratkyプロット。水色丸と紫四角は、それぞれAc-HKLの中分子量画分とリグニンモデル高分子 (Ac-M-804') を示す。

SEC-MALLS と小角 X 線散乱を同時に行い類似の結果を得た研究例は乏しく、本研究により、リグニンの溶液構造を分析する手法が確立できたと言える。また、細胞壁形成に關与する成分間の相互作用、さらに、個々のヘミセルロースの細胞壁形成の關与も本研究で明らかとなり、細胞壁形成、特に、リグニンの形成過程がより明確になったと考えている。

引用文献

- 1) Q. Li, K. Koda, A. Yoshinaga, K. Takabe, M. Shimomura, Y. Hirai, Y. Tamai, Y. Uraki, Dehydrogenative polymerization of coniferyl alcohol in artificial polysaccharides matrices: Effects of xylan on the polymerization. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **63**, 4613-4620 (2015)
- 2) R. Katahira, F. Nakatsubo, Determination of nitrobenzene oxidation products by GC and $^1\text{H-NMR}$ spectroscopy using 5-iodovanillin as a new internal standard. *Journal of Wood Science*, **47**, 378-382 (2001)

5. 主な発表論文等

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

1. 著者名 L. Wang, Y. Uraki, K. Koda, Aori Gele, X. Zhou and F. Chen	4. 巻 73
2. 論文標題 Determination of absolute molar mass of acetylated eucalyptus kraft lignin by two types of size-exclusion chromatography combined with multi-angle laser light-scattering detectors.	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Holzforschung	6. 最初と最後の頁 363-369
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1515/hf-2018-0119	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 S. Afrida, T. Watanabe and Y. Tamai	4. 巻 53
2. 論文標題 Comparison of the Ability of Several White-Rot Fungi to Biobleach Acacia Oxygen-delignified Kraft Pulp	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Asian Journal of Biotechnology and Bioresource Technology	6. 最初と最後の頁 1-10
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.9734/ajb2t/2019/v5i330061	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 該当する
1. 著者名 L. Wang, K. Shigetomi, K. Koda, A. Gele and Y. Uraki	4. 巻 74
2. 論文標題 A brached structure provides kraft lignins a denser morphology and a high molar mass for a given hydrodynamic radius.	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Holzforschung	6. 最初と最後の頁 551-556
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1515/hf-2019-0292	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 T. Matsumoto, K. Koda, K. Shigetomi, M. Kumar and Y. Uraki	4. 巻 1
2. 論文標題 Comparison of Dehydrogenation Polymers by Commercial Enzymes, Laccase from Rhus vernicifera and Horseradish Peroxidase.	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Lignin	6. 最初と最後の頁 20-28
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 Higaki Ayano, Kadowaki Yui, Yoshinaga Arata, Takabe Keiji	4. 巻 75
2. 論文標題 Xylan deposition and lignification in differentiating tension wood fibers in <i>Mallotus japonicus</i> (Euphorbiaceae) with multi-layered structure	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Holzforschung	6. 最初と最後の頁 1~12
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1515/hf-2020-0001	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 Taira Shogo, Tsuruhara Masataka, Saito Ryo, Koda Keiichi, Uraki Yasumitsu, Konno Haruo, Shimamoto Shu	4. 巻 27
2. 論文標題 Cellulose acetate with CTA I polymorph can be defibrated into nanofibers to produce a highly transparent nanopaper	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Cellulose	6. 最初と最後の頁 4991~5001
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10570-020-03156-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 -

〔学会発表〕 計17件 (うち招待講演 1件 / うち国際学会 6件)

1. 発表者名 Y. Uraki, L. Wang, K. Koda, K. Shigetomi
2. 発表標題 Relationship Between Solution Structure of Technical Lignin and its Molar Mass.
3. 学会等名 The 7th International Conference on Bio-based Polymers (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 W. Linping, K. Shigetomi, K. Koda, Aori Gele
2. 発表標題 Comparison of molar mass obtained by size-exclusion chromatography combined with multi-angle laser light scattering detectors between technical lignins and 8-0-4' type of polymeric lignin models under two solvent systems.
3. 学会等名 1st International Lignin Symposium. (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 伊藤 梓、吉永 新、岸本崇生、浦木康光、高部圭司
2. 発表標題 木材細胞壁におけるリグニン中の5-5'型構造の免疫局在モノクローナル抗体の作製と特異性の検討
3. 学会等名 第70回日本木材学会大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 井尻和雅、松尾朱美、松本達也、重富顕吾、浦木康光
2. 発表標題 水晶振動子マイクロバランス法を用いた多糖類とモノリグノール重合酵素の相互作用解析
3. 学会等名 第70回日本木材学会大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 L. Wang, Y. Uraki, K. Shigetomi, K. Koda
2. 発表標題 Influence of branched structure in kraft lignins on molar mass measurement with SEC-MALS
3. 学会等名 第70回日本木材学会大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 足立 旭、吉永 新、粟野達也、高部圭司
2. 発表標題 エノキ引張あて材木部繊維の壁層構造と、リグニン、非セルロース性多糖類およびAGPの分布
3. 学会等名 第70回日本木材学会大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 A. Yoshinaga, T. Awano, K. Koda, Y. Tamai, Y. Uraki, K. Takabe
2. 発表標題 Immunolocalization of lignin substructures, non-cellulosic polysaccharides and arabinogalactan protein in G-layers of S1+G type tension wood fibers in several Japanese hardwoods.
3. 学会等名 1st International Lignin Symposium (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 中村雄太、吉永 新、粟野達也、高部圭司
2. 発表標題 ブナ科3樹種の正常材と引張あて材細胞壁におけるリグニン及びヘミセルロースの分布
3. 学会等名 第69回日本木材学会大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 吉永 新、粟野達也、幸田圭一、玉井 裕、浦木康光、高部圭司
2. 発表標題 S1+G型の引張あて材木部繊維におけるリグニンと非セルロース性多糖類、AGPの分布
3. 学会等名 第69回日本木材学会大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 松本明日香、吉永 新、粟野達也、高部圭司
2. 発表標題 アカメガシワとイヌビワ引張あて材木部繊維におけるリグニン及びヘミセルロースの分布
3. 学会等名 第69回日本木材学会大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Linping Wang, Yasumitsu Uraki, Keiichi Koda, Aori Gele, Xuesong Zhou, Fangeng Chen
2. 発表標題 Determination of absolute molar mass of acetylated kraft lignins by size-exclusion chromatography with a multi-angle laser light-scattering detector.
3. 学会等名 The 5th International Conference on Pulping, Papermaking and Biotechnology (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 王 林萍、重富顕吾、幸田圭一、浦木康光
2. 発表標題 SEC-MALLS を用いたクラフトリグニンおよび関連化合物の分子量測定.
3. 学会等名 第63回リグニン討論会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 松本達也、幸田圭一、浦木康光
2. 発表標題 ウルシのラッカーゼを用いたモノリグノールの脱水素重合体の調製
3. 学会等名 第69回日本木材学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yasumitsu Uraki, Linping Wang, Keiichi Koda, Kengo Shigetomi
2. 発表標題 Comparison of molar mass between technical lignins and 8-0-4' type of polymeric lignin models
3. 学会等名 257th ACS National Meeting & Exposition (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小松原 風汰, 吉永 新, 阿二 凜太郎, 重富 顕吾, 浦木 康光, 杉山 淳司
2. 発表標題 モノクローナル抗体を用いた木材細胞壁におけるリグニン中の 5-5' 型結合の免疫局在
3. 学会等名 第71回日本木材学会大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 A. Higaki, A. Yoshinaga, K.Takabe
2. 発表標題 Heterogeneous distribution of xylan and lignin in tension wood G-layers of the S1+G type in several Japanese hardwoods
3. 学会等名 The 9th International Plant Biomechanics Conference (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 松本達也、重富顕吾、浦木康光、堤裕司
2. 発表標題 QCM-Dを用いた木化に関する成分の相互作用解析
3. 学会等名 第71回日本木材学会
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔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	重富 顕吾 (Shigetomi Kengo) (20547202)	北海道大学・農学研究院・講師 (10101)	

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	堤 祐司 (Tsutsumi Yuji) (30236921)	九州大学・農学研究院・教授 (17102)	
研究分担者	玉井 裕 (Tamai Yutaka) (50281796)	北海道大学・農学研究院・教授 (10101)	
研究分担者	吉永 新 (Yoshinaga Arata) (60273489)	京都大学・農学研究科・准教授 (14301)	
研究分担者	高部 圭司 (Takabe Keiji) (70183449)	京都大学・農学研究科・教授 (14301)	
研究分担者	綿岡 勲 (Wataoka Isao) (70314276)	京都工芸繊維大学・繊維学系・准教授 (14303)	
研究分担者	幸田 圭一 (Koda Keiichi) (80322840)	北海道大学・農学研究院・准教授 (10101)	

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