

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 5 年 6 月 2 日現在

機関番号：13901

研究種目：基盤研究(A) (一般)

研究期間：2018～2022

課題番号：18H03959

研究課題名(和文) リグニン前駆物質の輸送・貯蔵に関わる細胞間ネットワークの解明

研究課題名(英文) Intercellular network for transportation and storage mechanisms of lignin precursors

研究代表者

福島 和彦 (Fukushima, Kazuhiko)

名古屋大学・生命農学研究科・教授

研究者番号：80222256

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 33,300,000円

研究成果の概要(和文)：これまで木化との関係性が明確でなかったリグニン前駆体の配糖体について、その貯蔵・消費タイミングが細胞壁の形成・木化段階と相関関係にあることを示した。各種のリグニン前駆体および人工リグニンの合成、植物から分離したリグニンの構造解析を行った。また、部位特異的に同位体標識したリグニン前駆体の投与実験によって得られた部位標識リグニンをを用いた分析も行った。これらの成果により、リグニンの形成過程および構造に関する多くの知見が得られた。また、新規イメージング分析手法の開発により、リグナン、アジサイ青色色素錯体、アルカロイド類、根からの滲出成分、そして中性脂質などについて、それぞれ新たな知見が得られた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

近年、生体分子が植物内を縦横に輸送され、様々な機能発現・制御に関わっていることが明らかになりつつある。しかしながら、生きた植物内においてどのような化合物がどこからどこへ移動しているのかを可視化することは難しく、標識可能あるいは多量に存在して検出が容易な一部化合物を対象として研究が進められてきた。本研究では、そのような可視化の困難な各種生体成分の分布を凍結技術によって明らかにした。化学から生物を考える基盤的技術としてその学術的意義は大きく、生体内メカニズムに関する多くの知見を得た。また、木材利用に不可欠な化学処理プロセスへの応用力があり、バイオマス活用に向けた社会的意義も示した。

研究成果の概要(英文)：For lignin precursor (monolignol) glucosides, which have not been clearly related to lignification, we have shown that the timing of their storage and consumption is correlated with the stages of cell wall formation and lignification. We synthesized various lignin precursors and artificial lignins of dehydrogenative polymers (DHP), and analyzed the structures of lignins obtained from plants. We also analyzed the lignin samples labelled by isotopes at the specific positions, which is obtained by site-specific isotope-labelled lignin precursor administration experiments. These results provided many insights into the formation process and structure of lignin. In addition, the development of new imaging techniques has provided new insights into lignans, hydrangea blue complexes, alkaloids, root exudates, and neutral lipids, wood preserving agents, etc.

研究分野：木質科学

キーワード：TOF-SIMS 前駆物質 リグニン 貯蔵 定量分析 イメージング

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

近年、植物ホルモンや他の生体分子が植物内を縦横に輸送され、様々な機能発現・制御に関わっていることが明らかになりつつある。しかしながら、生きた植物内において、どのような化合物がどこからどこへ移動しているのかを可視化することは非常に難しく、標識可能あるいは多量に存在して検出が容易な一部化合物を対象として研究が進められてきた。また輸送ルートの研究についても様々な課題が残っている。例えば細胞内における液胞の役割については多岐にわたる研究がなされてきたが、細胞外(アポプラスト)水溶液の役割については未だ不明な点が多く、代謝中間物質や老廃物などの蓄積・輸送に関してもほとんど解明されていない。

植物細胞壁にリグニンが沈着する過程は木化と呼ばれ、陸上植物における最重要イベントの一つである。リグニンは細胞壁の増強、疎水性付与による水分通導の制御、そして微生物等への抵抗といった役割を有し、木質という性質そのものを作り出している。木化はある細胞が単独で開始してそのまま細胞死に至るというわけではなく、他細胞・組織との間における共同的な制御機構の存在が予測されている。このような考え方は培養細胞(ヒヤクニチソウ管状要素)を用いた研究により支持されている。しかしながら植物体中においては、どの細胞が木化中であるか、という程度の情報しか現時点では得られていない。

これまでに代表者は、生体組織内の成分分布について、放射性同位体トレーサー法、顕微分光法、そして飛行時間型二次イオン質量分析(time of flight secondary ion mass spectrometry, TOF-SIMS)を用いて様々な成果を発表してきた。特に、高い検出感度で多種成分の同時マッピングが可能なTOF-SIMSについて、独自設計による低温凍結技術との融合を実現し、世界初の完全密閉型分析システムを開発した。当該システムではTOF-SIMS・走査電子顕微鏡(SEM)ならびにマイクロトーム・グローブボックスがすべて低温環境で連結されており、凍結試料の表面切削、cryo-TOF-SIMS分析、cryo-SEM観察を連続的に行うことが可能である。当該cryo-TOF-SIMS/SEMシステムを用いることで、生体組織あるいは含水反応系を凍結したまま分析することが可能となった。

2. 研究の目的

本研究の目的は生体成分の輸送・貯蔵に関わる細胞間ネットワークを解明することである。多くの細胞・組織が関わる木化というイベントにおいて、異種細胞間でのやり取りを分析するためには、生きた植物内の様々な化合物の分布を一挙に可視化する必要があり、特にリグニン前駆物質の挙動解明を目指した。

さらに、生体試料内には様々な微量有機成分ならびに高分子成分が含まれているが、従来のTOF-SIMS法では検出されなかったり、分解してしまっただけでしか得

られなかったりと、可視化の難しい化合物も多い。そこで“凍結水和”という特殊な試料状態に着目し、従来法では分析困難であった成分を対象とした新規イメージング法開発を検討した。

3. 研究の方法

植物中における各種成分の挙動を解明するため、TOF-SIMS 分析による分布可視化と各種クロマトグラフィー分析による定量分析を行った。また分化段階ごとの状態を重ね合わせて、植物内の物質輸送を理解するため、各種の顕微鏡観察によって組織状態、細胞壁形成段階の確認を行った。最終生産物である細胞壁の特性を評価するため、特にリグニンの化学構造解析を行った。

TOF-SIMS 分析は化合物ごとのイオン化挙動、周囲化合物との相互作用などによる影響が極めて大きい。これを改善し、より多くの化合物を可視化できる手法とするため、試料のサンプリングならびに保管手法、最表面の状態制御、そして分析条件を検討した。

4. 研究成果

4.1 リグニン前駆体ならびに細胞壁リグニン化学構造の制御

シナピルアルコール(モノリグノールのひとつ)の配糖体であるシリンギンは、ライラック (*Syringa vulgaris*) から多量に検出される。しかしながらその貯蔵量は、成長期よりもむしろ秋・冬に増加傾向があり、かつ、樹皮に大量に貯蔵されていることがわかっていった。そのため、リグニン前駆体であるモノリグノールの配糖体ではあっても、リグニンの沈着、すなわち木化には関与していないのではないかと考えられていた。このシリンギンの高解像度かつ凍結状態での分布を cryo-TOF-SIMS 分析によって可視化したところ、分化中木部においては細胞壁の木化段階に応じた貯蔵および消失挙動を示すことが明らかになった。このことから、当研究グループでこれまでに報告したコニフェリン(コニフェリルアルコールの配糖体)のイチョウ中の挙動と同様に、リグニンの前駆体として働くものと考えられる (Aoki et al. 2019 Plant Direct)。一方で、シリンギンが樹皮に大量に貯蔵されていることもまた事実であり、リグニン以外への用途としても、シリンギンが活用されている可能性は高い。

裸子植物において姿勢制御のために形成される特殊な木部である“あて材”のリグニンは、維管束植物に共通の構造単位であるグアイアシル核に加えて、特有の構造単位として *p*-ヒドロキシフェニル核を有する。その前駆体となる *p*-クマリルアルコールの配糖体である *p*-グルコクマリルアルコールについて、cryo-TOF-SIMS 分析による可視化を、イチョウ・クロマツのあて材を対象に試みた。裸子植物において、あて材の細胞壁は特有の層構造を形成する。それらの形成段階に応じた *p*-グルコクマリルアルコールの挙動はコニフェリンのものとは多少異なっており、コニフェリンと *p*-グルコクマリルアルコールとが、個別に制御されている可能性が示唆された (Aoki et al. 2019 ILS 他)。こ

れは、あて材の細胞壁に求められる特性を実現するために、植物が精緻な生合成制御メカニズムを有している可能性を示している。

樹木細胞壁リグニンの化学構造は、樹種、組織、あるいは細胞壁内の部位ごとに異なっており、必要とされる特性に応じた構造制御がなされているものと考えられている。細胞壁リグニンの形成過程について各種の前駆体合成、人口リグニンの合成、植物から分離したリグニンの構造解析を行った。また、部位特異的標識したリグニン前駆体の投与実験によって得られた部位標識リグニンをを用いた分析も行った。これらの成果により、リグニンの構造に関する多くの知見が得られた (Matsushita et al. 2019 J. Wood Sci., 2019 Royal Soc. Open Sci., 2020 J. Wood Sci., 2021ab Holzforschung; Aoki et al. 2019 Holzforschung 他)

4.2 生体成分の分布可視化

低分子化合物の生体内における分布をそのまま可視化することは難しい。本研究では凍結水和状態の試料を用いることで、そのような化合物の本来の分布状況の可視化に取り組んだ。重要な植物成分の一群を成すリグナン (Yu et al. 2021 Phytochemistry)、アジサイの青色色素錯体 (Ito et al. 2019 Sci. Rep.)、強い薬理効果を有するアルカロイド類 (Gong et al. 2023 Front. Plant Sci.)、根からの滲出成分 (Oota et al. 2020 Mol. Plant)、カテキン (Jyske et al. 2020 Molecules) などについて、新たな知見が得られた。

また、植物中の中性脂質について、これまで二次木部で広い範囲分布すると考えられていた脂質が、実際は伐採後に拡散した結果であり、生きている樹木中では局在していることを示した (Yamagishi et al. 2021 IAWA J.他)。この結果は、新規分析法開発によってさらなる発展があり、学会発表済みである (藤安ら 2021 木材学会、第 71 回日本木材学会年次大会 学生優秀口頭発表賞受賞)。

4.3 木材利用に関わる物質の可視化

木材利用において重要な薬品として防腐・防蟻材がある。しかしながら、木材の外から含侵させた薬剤が、どこまで、どのように浸透しているのかを知るすべは限られており、これまでは添加された呈色反応試薬である亜鉛を用いた可視化が行われてきた。本研究では薬品ごとの分布可視化によって、木材内部への薬剤浸透挙動に関して新たなモデルを提案した (青木ら 2020 木材保存)。さらに、浸透挙動をより明らかにするため、cryo-TOF-SIMS 分析を行った結果についても、既に学会発表済みである (神谷ら 2022 日本木材保存協会年次大会)。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計19件（うち査読付論文 19件／うち国際共著 3件／うちオープンアクセス 4件）

1. 著者名 M. Yu, D. Aoki, T. Akita, S. Fujiyasu, S. Takada, Y. Matsushita, M. Yoshida, K. Fukushima	4. 巻 196
2. 論文標題 Distribution of lignans and lignan mono/diglucosides within Ginkgo biloba L. stem	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Phytochemistry	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） 10.1016/j.phytochem.2022.113102	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 D. Aoki, Y. Matsushita, K. Fukushima	4. 巻 -
2. 論文標題 Cryo secondary ion mass spectrometry for wood component visualization: a mini review	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Holzforschung	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） 10.1515/hf-2021-0142	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 S. Yamagishi, K. Shigetomi, S. Fujiyasu, D. Aoki, T. Uno, K. Fukushima, and Y. Sano	4. 巻 -
2. 論文標題 Artifactual lipid coatings on intervessel pit membranes in dried xylem tissues of some angiosperms	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 IAWA Journal	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） 10.1163/22941932-bja10060	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 M. Oota, A. Yi-Lun Tsai, D. Aoki, Y. Matsushita, K. Fukushima, K. Saeki, K. Toda, L. Perfus-Barbeoch, B. Favery, H. Ishikawa, and S. Sawa	4. 巻 13
2. 論文標題 Identification of naturally-occurring polyamines as nematode <i>Meloidogyne incognita</i> attractants	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Molecular Plant	6. 最初と最後の頁 658-665
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.molp.2019.12.010	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 T. Jyske, K. Kuroda, S. Keri, A. Pranovich, R. Linnakoski, N. Hayashi, D. Aoki and K. Fukushima	4. 巻 25
2. 論文標題 Localization of (+)-Catechin in Picea abies Phloem: Responses to Wounding and Fungal Inoculation	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Molecules	6. 最初と最後の頁 2952
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/molecules25122952	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 Y. Matsushita, S. Yagami, A. Kato, H. Mitsuda, D. Aoki, and K. Fukushima	4. 巻 68
2. 論文標題 Combinations of the Aromatic Rings in β -1 Structure Formation of Lignin Based on Quantitative Analysis by Thioacidolysis	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Agricultural and Food Chemistry	6. 最初と最後の頁 9245-9251
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.jafc.0c03206	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 K. Shimizu, Y. Matsushita, D. Aoki, H. Mitsuda and K. Fukushima	4. 巻 -
2. 論文標題 Reactivity of a benzylic lignin-carbohydrate model compound during enzymatic dehydrogenative polymerisation of coniferyl alcohol	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Holzforschung	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) 10.1515/hf-2020-0216	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 Y. Matsushita, T. Fukumura, D. Aoki, and K. Fukushima	4. 巻 -
2. 論文標題 Characterisation of compound middle lamella isolated by a combination of wet-beating, sedimentation, and methanol dialysis	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Holzforschung	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) 10.1515/hf-2020-0208	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 青木弾、松下泰幸、福島和	4. 巻 57
2. 論文標題 凍結試料のイメージング質量分析	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 化学と生物	6. 最初と最後の頁 743-748
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 青木 弾, 岡田 真広, 茂山 知己, 須貝 与志明, 福島 和彦	4. 巻 46
2. 論文標題 深浸潤処理木材中における亜鉛および有効成分の飛行時間形二次イオン質量分析による分布可視化 Distribution of Zn and active ingredients in deep penetration treated wood samples as observed by time-of-flight secondary ion mass spectrometry	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 木材保存	6. 最初と最後の頁 30-39
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5990/jwpa.46.30	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 D. Aoki, W. Okumura, T. Akita, Y. Matsushita, M. Yoshida, Y. Sano, and K. Fukushima	4. 巻 3
2. 論文標題 Microscopic distribution of syringin in freeze-fixed <i>Syringa vulgaris</i> stems	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Plant Direct	6. 最初と最後の頁 1-8
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/pld3.155	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 Y. Matsushita, Y. Oyabu, D. Aoki, K. Fukushima	4. 巻 6
2. 論文標題 Unexpected polymerization mechanism of dilignol in the lignin growing	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Royal Society Open Science	6. 最初と最後の頁 190445
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1098/rsos.190445	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 D. Aoki, K. Nomura, M. Hashiura, Y. Imamura, S. Miyata, N. Terashima, Y. Matsushita, H. Nishimura, T. Watanabe, M. Katahira, K. Fukushima	4. 巻 73
2. 論文標題 Evaluation of ring-5 structures of guaiacyl lignin in Ginkgo biloba L. using solid- and liquid-state ¹³ C NMR difference spectroscopy	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Holzforschung	6. 最初と最後の頁 1083-1092
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1515/hf-2019-0011	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 Y. Matsushita, D. Baba, D. Aoki, K. Fukushima	4. 巻 65
2. 論文標題 Difference in enzymatic dehydrogenative polymerization of dilignols using horseradish peroxidase and crude enzyme obtained from Japanese cypress (<i>Chamaecyparis obtusa</i>)	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Wood Science	6. 最初と最後の頁 29
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1186/s10086-019-1809-1	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 T. Ito, D. Aoki, K. Fukushima, K. Yoshida	4. 巻 9
2. 論文標題 Direct mapping of hydrangea blue-complex in sepal tissues of <i>Hydrangea macrophylla</i>	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 5450
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-019-41968-7	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 S. MIYATA, D. AOKI, Y. MATSUSHITA, M. TAKEUCHI, K. FUKUSHIMA	4. 巻 -
2. 論文標題 Evaluation of guaiacyl lignin aromatic structures using ¹³ C ₀₂ administered Ginkgo biloba L. xylem by quantitative solid- and liquid-state ¹³ C NMR	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Holzforschung	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) 10.1515/hf-2022-0141	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 T. Jyske, J. Liimatainen, J. Tienaho, H. Brannstrom, D. Aoki, K. Kuroda, D. Reshamwala, S. Kunnas, E. Halmemies, E. Nakayama, P. Kilpelainen, A. Ora, J. Kaseva, J. Hellstrom, V. S. Marjomaki, M. Karonen, K. Fukushima	4. 巻 -
2. 論文標題 Inspired by nature: Fiber networks functionalized with tannic acid and condensed tannin-rich extracts of Norway spruce bark show antimicrobial efficacy	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Frontiers in Bioengineering and Biotechnology	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) 10.3389/fbioe.2023.1171908	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 Q. Gong, D. Aoki, Y. Matsushita, M. Yoshida, T. Taniguchi, K. Endoh, K. Fukushima	4. 巻 -
2. 論文標題 Microscopic Distribution of Alkaloids in Freeze-fixed Stems of Phellodendron amurense	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Frontiers in Plant Science	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) 10.3389/fpls.2023.1203768	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 N. Terashima, Y. Matsushita, S. Yagami, H. Nishimura, M. Yoshida, K. Fukushima	4. 巻 -
2. 論文標題 Role of monolignol glucosides in supramolecular assembly of cell wall components in ginkgo xylem formation	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Holzforschung	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) 10.1515/hf-2022-0163	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40件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 5件)

1. 発表者名 井戸大也、松下泰幸、青木弾、福島和彦
2. 発表標題 -5構造のフェノール性末端からの伸長反応の解析
3. 学会等名 第65回リグニン討論会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Min Yu, Takuya Akita, Syunya Fujiyasu, Shunsuke Takada, Dan Aoki, Yasuyuki Matsushita, Masato Yoshida, and Kazuhiko Fukushima
2. 発表標題 Distribution of lignans and lignan mono/di glucosides in freeze-fixed stem of Ginkgo biloba L. by cryo-TOFSIMS/SEM
3. 学会等名 ICP2020 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 松下泰幸、八神祐絵、加藤綾乃、光田隼、青木弾、福島和彦
2. 発表標題 チオアシドリシスによるリグニン中の β -1構造の定量分析
3. 学会等名 第88回紙パルプ研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 松下泰幸、清水公暁、光田隼、青木弾、福島和彦
2. 発表標題 安定同位体標識法とチオアシドリシスを組み合わせたリグニン伸長過程の解析
3. 学会等名 第88回紙パルプ研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 青木弾、藤安隼也、山岸松平、松下泰幸、吉田正人、佐野雄三、福島和彦
2. 発表標題 Cryo-MetA-SIMS法によるクロマツ樹幹中のトリグリセリドの分布可視化
3. 学会等名 第88回紙パルプ研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 柏木学、戸田康介、徳川勝洋、青木弾、松下泰幸、三木恒久、関雅子、松尾美幸、福島和彦
2. 発表標題 バニリンを出発としたフェノリックポリマーの合成と特性評価
3. 学会等名 第87回紙パルプ研究発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 清水公暁、松下泰幸、青木弾、福島和彦
2. 発表標題 モデル化合物を用いた酵素的脱水素重合におけるリグニン炭水化物複合体(LCC)の挙動解析
3. 学会等名 第87回紙パルプ研究発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 高木杏華、松下泰幸、青木 弾、福島和彦
2. 発表標題 リグニンフェノール性末端の選択的同位体標識
3. 学会等名 第87回紙パルプ研究発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 福村太一、松下泰幸、青木弾、福島和彦
2. 発表標題 樹木の複合細胞間層の単離とそのキャラクタリゼーション
3. 学会等名 第87回紙パルプ研究発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 藤安隼也、前田直樹、青木弾、松下泰幸、吉田正人、福島和彦
2. 発表標題 マトリクス増感二次イオン質量分析による樹木中のトリグリセリドのイメージング
3. 学会等名 第87回紙パルプ研究発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 池田章浩、青木 弾、松下泰幸、福島和彦
2. 発表標題 多変量TOF-SIMSデータのケモメトリクス解析による未知メタボローム変数の探索
3. 学会等名 2020年度日本木材学会中部支部大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 高田駿介、青木 弾、松下泰幸、福島和彦
2. 発表標題 細胞壁形成に関わる化合物の貯蔵量および分布の時間的変動
3. 学会等名 2020年度日本木材学会中部支部大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 清水公暁、松下泰幸、青木弾、福島和彦
2. 発表標題 モデル化合物を用いた酵素的脱水素重合におけるベンジルエーテル型リグニン炭水化物複合体(LCC)の挙動解析
3. 学会等名 第65回リグニン討論会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 高木杏華、松下泰幸、青木弾、福島和彦
2. 発表標題 同位体標識法によるリグニンフェノール性末端からの伸長反応の解析
3. 学会等名 第65回リグニン討論会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 柏木学、戸田康介、青木弾、松下泰幸、竹中千里、福島和彦
2. 発表標題 バニリンを出発としたフェノリックポリマーの合成と機能開拓
3. 学会等名 第71回日本木材学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 高田駿介、青木弾、松下泰幸、吉田正人、竹中千里、福島和彦
2. 発表標題 植物細胞壁形成に関わる化合物の貯蔵量および分布の日周期
3. 学会等名 第71回日本木材学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Qinyue Gong, Dan Aoki, Yasuyuki Matsushita, Masato Yoshida, Toru Taniguchi, Keita Endoh, Kazuhiko Fukushima
2. 発表標題 Distribution of berberine and palmatine in freeze-fixed stems of <i>Phellodendron amurense</i>
3. 学会等名 第71回日本木材学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Min Yu, Takuya Akita, Syunya Fujiyasu, Shunsuke Takada, Dan Aoki, Yasuyuki Matsushita, Masato Yoshida, and Kazuhiko Fukushima
2. 発表標題 Distribution of lignans and lignan mono/di glucosides in freeze-fixed stem of Ginkgo biloba L. by cryo-TOF-SIMS/SEM
3. 学会等名 第71回日本木材学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 藤安隼也、青木弾、松下泰幸、吉田正人、福島和彦、小谷政弘
2. 発表標題 DIUTHAME/TOF-SIMSによる植物移動性成分の検出と可視化
3. 学会等名 第71回日本木材学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 藤安隼也、青木弾、松下泰幸、吉田正人、福島和彦、山岸松平、重富顕吾、佐野雄三
2. 発表標題 金属支援クライオ二次イオン質量分析法を用いた植物生体分子の高感度イメージング
3. 学会等名 第71回日本木材学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 樋口 晴一、吉田 正人、青木 弾、松下 泰幸、福島 和彦
2. 発表標題 イチヨウ “Basal Chichi ” の構造とprotoxylem
3. 学会等名 第70回日本木材学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 清水 公暁, 松下 泰幸, 青木 弾, 福島 和彦
2. 発表標題 酵素的脱水素重合におけるリグニン炭水化物複合体 (LCC) の挙動解析
3. 学会等名 第70回日本木材学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 戸田 康介, 徳川 勝洋, 青木 弾, 松下 泰幸, 三木 恒久, 関 雅子, 松尾 美幸, 福島 和彦
2. 発表標題 芳香族アルデヒドを出発としたビニルポリマーの合成と物性評価
3. 学会等名 第70回日本木材学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 高田 駿介, 青木 弾, 松下 泰幸, 福島 和彦
2. 発表標題 植物細胞壁形成に関わる化合物の日周期
3. 学会等名 第70回日本木材学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 藤安隼也、青木弾、松下泰幸、吉田正人、福島和彦、小谷政弘
2. 発表標題 粘着フィルムを用いた凍結切片作製ならびに貫通孔ポーラスアルミナ薄膜による垂直抽出を利用した植物生体成分の二次イオン質量分析
3. 学会等名 2019年度木材学会中部支部大会
4. 発表年 2019年

1 . 発表者名 Q. Liu, T. Kawai, Y. Matsushita, Y Inukai, D. Aoki, K. Fukushima
2 . 発表標題 Conversion of byproduct lignin generated during bioethanol generation from woody biomass into plant growth promotor
3 . 学会等名 The 1st International Lignin Symposium (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 D. Aoki, N. Maeda, Y. Matsushita, M. Yoshida, K. Fukushima
2 . 発表標題 Distribution of Monolignol Glucosides in Pinus thunbergii Compression and Opposite woods
3 . 学会等名 The 1st International Lignin Symposium (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 Y. Matsushita, C. Ko, M. Okayama, D. Baba, Y. Oyabu, D. Aoki, K. Fukushima
2 . 発表標題 Fascinated reaction of dilignol during enzymatic dehydrogenative polymerization -Radical transfer system and new reaction site of -5 dilignol-
3 . 学会等名 The 20th International Symposium on Wood, Fiber, and Pulping Chemistry (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 D. Aoki, Y. Hanaya, W. Okumura, N. Maeda, T. Akita, Y. Matsushita, M. Yoshida, Y. Sano, K. Kuroda, K. Fukushima
2 . 発表標題 Microscopic distribution of monolignol glucosides in plants as observed by cryo-time-of-flight secondary ion mass spectrometry
3 . 学会等名 The 20th International Symposium on Wood, Fiber, and Pulping Chemistry (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1. 発表者名 Bill Mangindaan, 松下泰幸, 青木弾, 福島和彦
2. 発表標題 アルカリ蒸解におけるピノレジノール類の挙動
3. 学会等名 第86回紙パルプ研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 前田直樹、青木弾、松下泰幸、吉田正人、福島和彦
2. 発表標題 クロマツあて材におけるモノリグノール類の分布とリグニンの構造に関する研究
3. 学会等名 第86回紙パルプ研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 青木弾, 岡田真広, 茂山知己, 須貝与志明, 福島和彦
2. 発表標題 深浸潤処理木材中における垂鉛化合物および有効成分の浸透・拡散評価
3. 学会等名 日本木材保存協会 第35回年次大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 前田 直樹, 青木 弾, 松下 泰幸, 吉田 正人, 福島 和彦
2. 発表標題 クロマツあて材におけるモノリグノール類の分布とリグニン構造の相関に関する研究
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 齋藤優依、青木弾、松下泰幸、吉田正人、福島和彦
2. 発表標題 13C02投与によるクロマツ圧縮あて材リグニンの構造解析
3. 学会等名 第72回日本木材学会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 神谷隼、青木弾、桃原郁夫、福島和彦
2. 発表標題 Cryo-TOF-SIMSによる木材防腐剤の沈着・拡散挙動評価
3. 学会等名 日本木材保存協会 第37回年次大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 今村勝利、細川雅貴、松下泰幸、青木弾、福島和彦、片平正人
2. 発表標題 芳香環1位標識コニフェリンの投与によるイチョウ木部リグニン中におけるスピロジエノン型構造の定量
3. 学会等名 第67回リグニン討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Q. GONG, D. AOKI, Y. MATSUSHITA, M. YOSHIDA, T. TANIGUCHI, K. ENDOH, K. FUKUSHIMA
2. 発表標題 Microscopic Distribution of Eight Alkaloids in Freeze-fixed Stems of Phellodendron amurense
3. 学会等名 6th International Symposium of the Kyoto Biomolecular Mass Spectrometry Society (KBMS) / International Symposium on mass spectrometry imaging
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Q. Gong, D. Aoki, Y. Matsushita, M. Yoshida, T. Taniguchi, K. Endoh, K. Fukushima
2. 発表標題 Alkaloid Distribution in the Freeze-fixed Stems of Phellodendron amurense
3. 学会等名 第73回日本木材学会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 井戸大也、松下泰幸、青木弾、福島和彦
2. 発表標題 -5 型モデル化合物を用いたリグニンの伸長反応の解析
3. 学会等名 第73回日本木材学会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 熊田朱里、青木弾、吉田正人、福島和彦
2. 発表標題 イチヨウ樹幹中における細胞壁および細胞内容物の傾斜刺激応答
3. 学会等名 第73回日本木材学会
4. 発表年 2023年

〔図書〕 計4件

1. 著者名 D. Aoki, Y. Matsushita, and K. Fukushima	4. 発行年 2018年
2. 出版社 American Chemical Society	5. 総ページ数 437
3. 書名 ACS Symposium Series "Advances in Plant Phenolics: From Chemistry to Human Health"	

1. 著者名 福島和彦	4. 発行年 2022年
2. 出版社 朝倉書店	5. 総ページ数 648
3. 書名 リグニン、「高分子材料の辞典」G天然由来材料1 - 52、高分子学会編集	

1. 著者名 福島和彦	4. 発行年 2020年
2. 出版社 シーエムシー出版	5. 総ページ数 227
3. 書名 第2章 リグニン分布と構造解析 In: リグニン利活用のための最新技術動向	

1. 著者名 松下泰幸	4. 発行年 2020年
2. 出版社 シーエムシー出版	5. 総ページ数 227
3. 書名 8 リグニン由来の難燃性樹脂 In: 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〕

名古屋大学 森林化学研究室
<http://forestchem.sakura.ne.jp/>

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	松下 泰幸 (Matsushita Yasuyuki) (60335015)	東京農工大学・(連合)農学研究科(研究院)・教授 (12605)	
研究分担者	青木 弾 (Aoki Dan) (80595702)	名古屋大学・生命農学研究科・講師 (13901)	

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