

令和 5 年 6 月 28 日現在

機関番号：14301

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2020～2022

課題番号：20H03044

研究課題名(和文) リグニンの多様性と可変性：組換え植物で探る木質の機能と利用へのインパクト

研究課題名(英文) Impacts of lignin structural variations on the functions and properties of lignocellulose as studied with lignin-modified engineered plants

研究代表者

飛松 裕基 (Tobimatsu, Yuki)

京都大学・生存圏研究所・教授

研究者番号：20734221

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,700,000円

研究成果の概要(和文)：複雑多様なリグニンの分子構造は、維管束植物の進化・環境適応と密接に関係する木質の本質的特徴であると同時に、脱炭素社会構築を担う木質バイオマス利用の重要阻害要因でもある。本研究では、多様なリグニンサブストラクチャーの形成に寄与するリグニンモノマーの生合成機構を明らかにするとともに、リグニンの分子構造と木質細胞壁の機能・特性の関係性を明らかにすることを目的とした。イネをモデルとして、リグニン生合成に関与する種々の酵素遺伝子群の同定するとともに、リグニンの量・構造を改変したイネ変異体や組換え体の細胞壁の超分子構造や各種特性を調べ、改変されたリグニンの量・構造との関係性を明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究成果は、維管束植物の進化や環境適応の仕組みの理解に繋がる細胞壁の機能発現におけるリグニンの役割の理解に重要な基盤を与えるものである。同時に、循環型社会構築に向けた木質バイオマス利用におけるリグニンによる阻害機構の理解や代謝工学や分子育種を通じた利用性を向上させたバイオマス生産植物の開発に寄与する知見が得られた。

研究成果の概要(英文)：The structural diversity of lignin in secondary cell walls is closely related to the evolution and environmental adaptation of vascular plants, whereas it also acts as a key inhibitory factor for the utilization of lignocellulosic biomass. The objective of this study was to elucidate the biosynthetic mechanism of lignin monomers that contribute to the formation of diverse lignin substructures. Additionally, we aimed to establish the relationship between the molecular structure of lignin and the functions and properties of lignocellulose. To achieve these goals, we identified several enzyme genes involved in the biosynthesis of the diverse lignin monomers in rice and engineered the identified genes to generate new lignin-modified rice mutant and transgenic lines. Subsequently, we examined the supramolecular structure and biomass properties of lignocellulose from the developed rice mutants and transgenic lines to investigate the impacts of the altered amount and structure of lignin.

研究分野：木質科学

キーワード：Lignin lignocellulose cell wall bioengineering supramolecular structure NMR X-ray genome editing

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

# 様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

## 1. 研究開始当初の背景

維管束植物は、進化の過程で木質細胞壁の主要成分である芳香族高分子リグニンを複雑化・多様化させるとともに、細胞レベルで高度に制御する生体機構を発達させた。とりわけ、細胞壁構造解析技術の発展により、過去数年間に発見された複数の新規構造を含む10種類以上もの天然リグニン構成単位(リグニンモノマー)の存在が確認されており、その組成は、植物種・組織・細胞の種類に依存して、複雑に変動することが明らかにされている。一方、分子育種を通じた木質の利用性向上を目的に、リグニンの総量や天然構成単位組成が緻密に制御された遺伝子組換え植物や変異体、さらには、様々な非天然型構成単位が導入された改変リグニンを細胞壁に蓄積する組換え植物も報告されている。このような従来の概念とは大きく異なるリグニンの分子構造や生成に関する現在の知見の多くは、木質のバイオテクノロジーや構造解析技術の進展により、過去数年程度の間急速に集積されてきた新事実であり、多様なリグニンの分子構造と細胞壁の機能やバイオマスとしての利用特性、さらにその基盤となるリグノセルロース超分子構造(細胞壁中のリグニン及び多糖の存在形態や分子間相互作用)の理解は未だ著しく欠落しているのが現状である。

## 2. 研究の目的

上記の研究背景に基づき、本研究では、イネをモデルとして多様なリグニンサブストラクチャーの形成に寄与するリグニンモノマーの生合成機構を明らかにするとともに、リグニンの量・構造を改変したイネ変異体や組換え体を活用して、多様なリグニンの分子構造と木質細胞壁の機能・特性の関係性を明らかにすることを目的とした。

## 3. 研究の方法

イネのリグニン生合成に関与する酵素遺伝子群を各種バイオインフォマティクス解析及び遺伝子発現解析等により探索し、候補となる遺伝子の機能をゲノム編集により破壊した変異株や過剰発現株を作成した。作出した変異株や過剰発現株から細胞壁試料を調製し、各種化学分析や2D NMR解析によって化学構造の変動を調べ、候補として選定した遺伝子のリグニン生合成における寄与を明らかにした。リグニンが改変されたイネ株については、過去の研究で得られているリグニン改変イネ株と合わせて、細胞壁の酵素糖化性や固体NMR、X線回折、X線散乱などを用いた超分子構造の比較解析を行い、リグニンの量や構造の変動が及ぼす影響を調べた。

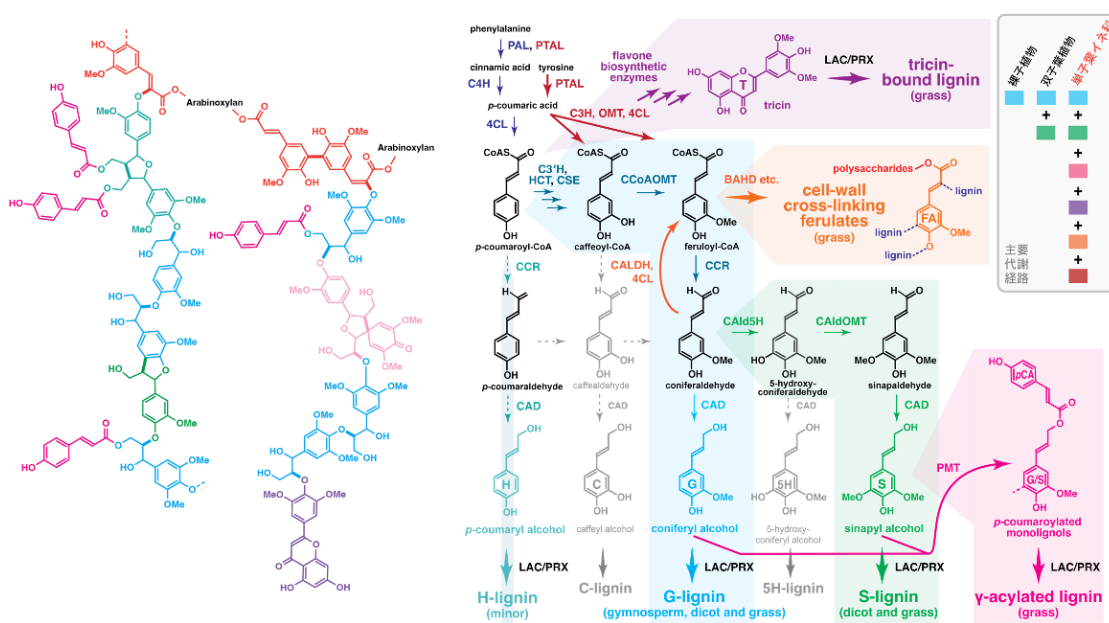


図1. イネリグニンの分子構造(左)とリグニンモノマー生合成代謝経路(右)

#### 4. 研究成果

##### (1) イネのリグニン生合成酵素遺伝子群の同定とリグニン改変イネ株の作出

イネにおけるリグニンモノマー生合成代謝経路の解析を進め、多様なリグニンモノマーの生合成に関与する酵素遺伝子群 (図2) を同定するとともに、それら酵素遺伝子群の機能破壊や過剰発現によって、リグニンの量や構造を様々に改変したリグニン改変植物を得た。本課題の研究期間中には、イネ科特異的なフラボノリグニン (トリシニーリグニン) 生合成に関与するフラボノイド合成遺伝子 (CHS, CHI, CHIL) (文献1)、モノリグノールアシル化酵素 PMT (文献2)、リグニンモノマー生合成に異なる寄与を示す複数の 4CL (文献3)、APX/C3H (文献4)、C4H (文献5) のパラログ、リグニン-多糖間の架橋構造の形成に寄与するフェルラ酸生合成遺伝子 (文献6)、リグニン重合酵素ラッカーゼ (文献7) を各種バイオインフォマティクス解析、遺伝子発現解析、機能破壊株や過剰発現株の細胞壁構造解析などから同定した。同時に、野生株と比較して、細胞壁中のリグニンの量・構造が様々に改変された新規イネ組換え株を得た。得られた成果の一部を取り纏め、論文・学会発表を行なった (文献1-7)。

##### (2) CAD 及び CAldOMT 欠損イネのリグノセルロース超分子構造と細胞壁糖化性

以前の研究によって、リグニンモノマー生合成遺伝子であるシンナミルアルコールデヒドロゲナーゼ (CAD) や 5-ヒドロキシシコニフェルアルデヒド *O*-メチルトランスフェラーゼ (CAldOMT) を抑制すると、リグニンモノマーの組成が大きく変化すると同時に細胞壁の酵素糖化性が向上することがイネを含むモデル植物で示されているが、その機構はよく分かっていなかった。そこで、イネの CAD 及び CAldOMT のシングルノックアウト株及びダブルノックアウト株をゲノム編集等により作出し、特に酵素糖化性の向上に寄与するリグノセルロース超分子構造の変動を固体 NMR や広角 X 線回折 (WAXD) などによって詳しく調べた。特に、CAD 及び CAldOMT の機能破壊により誘起されるリグニンの量及び構造の変動に伴い、リグノセルロース超分子構造に緩み (セルロースの結晶化度の低下や分子運動性の増加) が生じることを実験的に明らかにした (図2)。得られた成果を取り纏め、論文発表を行なった (文献8)。

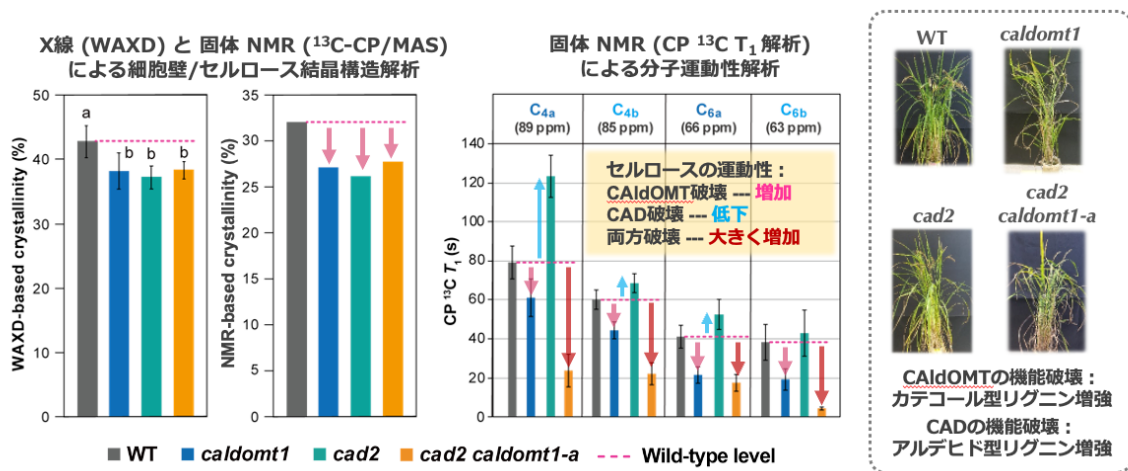


図2. CAD 及び CAldOMT 欠損イネのリグノセルロース超分子構造解析

[文献8. (Martin et al. Lignocellulose molecular assembly and deconstruction properties of lignin-altered rice mutants. *Plant Physiology* 191: 70-86 (2023) The American Society of Plant Biologists.) から一部改訂して転載]

##### (3) リグニン芳香核組成とフェルラ酸架橋構造を改変したイネ株の細胞壁超分子構造

植物の系統関係や細胞の種類に依存して変動するリグニンの芳香核組成とフェルラ酸架橋構造の存在量が細胞壁超分子構造に及ぼす影響を調べるため、リグニンの芳香核組成とフェルラ酸架橋構造を改変したイネ組換え株のリグノセルロース超分子構造を固体 NMR 及び X 線を用いて調べた。固体 NMR (CP-MS スペクトル解析) 及び広角 X 線回折 (WAXD) を用いた分子スケールの解析からは、リグニンの芳香核組成の改変やフェルラ酸架橋構造の減少が細胞壁及び

セルロースの結晶化度の低下に寄与することが分かった。さらに、小角 X 線散乱 (SAXS) を用いたナノメソスケールの解析から、一部のイネ組換え株において、セルロースマイクロフィブリルの配向や分布にも顕著な変化が起こっていることが分かった。リグニンやフェルラ酸架橋構造の改変が、リグニン-ヘミセルロース間の結合を弱め、ヘミセルロース-セルロース間の結合・相互作用を介して、セルロース分子のパッキングやマイクロフィブリルの規則性に乱れを誘起していると考えている。現在、更なる固体 NMR 及び X 線を用いたリグノセルロース超分子構造解析を進めている。得られた成果の一部を取り纏め、学会発表を行なった (文献 9)。

#### (4) リグニンの生合成、代謝工学、生分解に関する共同研究

国内外の研究グループと共同して、種々の植物種におけるリグニンの構造解明、生合成及び生分解の機構の解明、代謝工学によるバイオマス利用性向上などに関する種々の共同研究を行なった。特に化学分析及び NMR によるリグニンの構造解析や蛍光プローブを用いたリグニンのイメージング解析において貢献した。得られた成果を取り纏め、上記の論文・学会発表に加えて、15 件の論文発表を行なった (「5. 主な発表論文等」を参照)。

#### <引用文献 (主要な論文・学会発表) >

1. Lam et al. Deficiency in flavonoid biosynthesis genes *CHS*, *CHI*, and *CHIL* alters rice flavonoid and lignin profiles. *Plant Physiology* 188: 1993–2011 (2022)
2. Lam et al. In-depth lignin analyses of rice mutants deficient in p-coumaroyl-CoA:monolignol transferases. 第 66 回リグニン討論会/リグニン学会第 3 回年次大会 (2021) 他 (論文投稿中)
3. Afifi et al. Genome-edited rice deficient in two *4-COUMARATE:COENZYME A LIGASE* genes displays diverse lignin alterations. *Plant Physiology* 190: 2155–2172 (2022)
4. Afifi et al. The role of cytosolic ascorbate peroxidase (APX) in lignin biosynthesis in rice. 第 66 回リグニン討論会/リグニン学会第 3 回年次大会 (2021) 他 (論文投稿準備中)
5. Supatmi et al. Roles of CINNAMATE 4-HYDROXYLASE in grass lignin biosynthesis investigated through characterizations of genome-edited rice mutants. 第 38 回日本植物バイオテクノロジー学会 (つくば) 大会 (2021) 他 (論文投稿準備中)
6. Yamamoto et al. Role of aldehyde dehydrogenases in cell-wall feruloylation in grasses. The 7th International Conference on Plant Cell Wall Biology (2021) 他 (論文投稿準備中)
7. 寺野ら、イネの木化に関わるラッカーゼの探索：候補遺伝子の選定とゲノム編集. 第 67 回リグニン討論会/リグニン学会第 4 回年次大会 (2022)
8. Martin et al. Lignocellulose molecular assembly and deconstruction properties of lignin-altered rice mutants. *Plant Physiology* 191: 70–86 (2023)
9. 山本ら、リグニン芳香核組成及びフェルラ酸架橋構造を改変した組換えイネ株のリグノセルロース超分子構造解析. 第 72 回日本木材学会大会 (2023) 他

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計18件（うち査読付論文 18件 / うち国際共著 10件 / うちオープンアクセス 9件）

1. 著者名 Miyagawa Yasuyuki, Tobimatsu Yuki, Lam Pui Ying, Mizukami Takahito, Sakurai Sayaka, Kamitakahara Hiroshi, Takano Toshiyuki	4. 巻 104
2. 論文標題 Possible mechanisms for the generation of phenyl glycoside type lignin-carbohydrate linkages in lignification with monolignol glucosides	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 The Plant Journal	6. 最初と最後の頁 156 ~ 170
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/tpj.14913	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 Kim Seu Ha, Lam Pui Ying, Lee Myoung-Hoon, Jeon Hwi Seong, Tobimatsu Yuki, Park Ohkmae K.	4. 巻 11
2. 論文標題 The Arabidopsis R2R3 MYB transcription factor MYB15 is a key regulator of lignin biosynthesis in effector-triggered immunity	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Frontiers in Plant Science	6. 最初と最後の頁 583153
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/fpls.2020.583153	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 Hori Chiaki, Takata Naoki, Lam Pui Ying, Tobimatsu Yuki, Nagano Soichiro, Mortimer Jenny C., Cullen Dan	4. 巻 10
2. 論文標題 Identifying transcription factors that reduce wood recalcitrance and improve enzymatic degradation of xylem cell wall in Populus	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 22043
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-020-78781-6	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 Miyamoto Takuji, Tobimatsu Yuki, Umezawa Toshiaki	4. 巻 24
2. 論文標題 MYB-mediated regulation of lignin biosynthesis in grasses	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Current Plant Biology	6. 最初と最後の頁 100174 ~ 100174
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.cpb.2020.100174	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 Toshiaki Umezawa, Yuki Tobimatsu, Masaomi Yamamura, Takuji Miyamoto, Yuri Takeda, Taichi Koshiba, Rie Takada, Pui Ying Lam, Shiro Suzuki, Masahiro Sakamoto	4. 巻 1
2. 論文標題 Lignin metabolic engineering in grasses for primary lignin valorization	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Lignin	6. 最初と最後の頁 30 ~ 41
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 オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Dumont Louison, Lam Pui Ying, van Erven Gijs, Kabel Mirjam, Mounet Fabien, Grima-Pettenati Jacqueline, Tobimatsu Yuki, Hernandez-Raquet Guillermina	4. 巻 9
2. 論文標題 Termite gut microbiota contribution to wheat straw delignification in anaerobic bioreactors	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 ACS Sustainable Chemistry & Engineering	6. 最初と最後の頁 2191 ~ 2202
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acssuschemeng.0c07817	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 Hiraide Hideto, Tobimatsu Yuki, Yoshinaga Arata, Lam Pui Ying, Kobayashi Masaru, Matsushita Yasuyuki, Fukushima Kazuhiko, Takabe Keiji	4. 巻 230
2. 論文標題 Localised laccase activity modulates distribution of lignin polymers in gymnosperm compression wood	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 New Phytologist	6. 最初と最後の頁 2186 ~ 2199
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/nph.17264	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 Lam Pui Ying, Lui Andy C. W., Wang Lanxiang, Liu Hongjia, Umezawa Toshiaki, Tobimatsu Yuki, Lo Clive	4. 巻 12
2. 論文標題 Tricin Biosynthesis and Bioengineering	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Frontiers in Plant Science	6. 最初と最後の頁 733198
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/fpls.2021.733198	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 Zhao Yunjun, Yu Xiaohong, Lam Pui-Ying, Zhang Kewei, Tobimatsu Yuki, Liu Chang-Jun	4. 巻 7
2. 論文標題 Monolignol acyltransferase for lignin p-hydroxybenzoylation in Populus	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Nature Plants	6. 最初と最後の頁 1288 ~ 1300
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41477-021-00975-1	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 該当する

1. 著者名 Rencoret Jorge, Gutierrez Ana, Marques Gisela, del Rio Jose C., Tobimatsu Yuki, Lam Pui Ying, Perez-Boada Marta, Ruiz-Duenas Francisco Javier, Barrasa Jose M., Martinez Angel T.	4. 巻 12
2. 論文標題 New Insights on Structures Forming the Lignin-Like Fractions of Ancestral Plants	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Frontiers in Plant Science	6. 最初と最後の頁 740923
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/fpls.2021.740923	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 Lam Pui Ying, Wang Lanxiang, Lui Andy C W, Liu Hongjia, Takeda-Kimura Yuri, Chen Mo-Xian, Zhu Fu-Yuan, Zhang Jianhua, Umezawa Toshiaki, Tobimatsu Yuki, Lo Clive	4. 巻 188
2. 論文標題 Deficiency in flavonoid biosynthesis genes CHS, CHI, and CHIL alters rice flavonoid and lignin profiles	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Plant Physiology	6. 最初と最後の頁 1993 ~ 2011
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/plphys/kiab606	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 Krishanti Ni Putu Ratna Ayu, Tobimatsu Yuki, Miyamoto Takuji, Fujimoto Izumi, Kartika Titik, Umezawa Toshiaki, Hata Toshimitsu, Yoshimura Tsuyoshi	4. 巻 68
2. 論文標題 Structural basis of lignocellulose deconstruction by the wood-feeding anobiid beetle <i>Nicobium hirtum</i>	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Wood Science	6. 最初と最後の頁 10
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1186/s10086-022-02017-6	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 Kishimoto Takao, Hiyama Ayumi, Yamashita Ayana, Takano Toshiyuki, Tobimatsu Yuki, Urabe Daisuke	4. 巻 10
2. 論文標題 Existence of Syringyl -Carbonyl-Type Tetrahydrofuran - Structure in Hardwood Lignins	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 ACS Sustainable Chemistry & Engineering	6. 最初と最後の頁 12394 ~ 12401
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acssuschemeng.2c03861	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 Afifi Osama Ahmed, Tobimatsu Yuki, Lam Pui Ying, Martin Andri Fadillah, Miyamoto Takuji, Osakabe Yuriko, Osakabe Keishi, Umezawa Toshiaki	4. 巻 190
2. 論文標題 Genome-edited rice deficient in two 4-COUMARATE:COENZYME A LIGASE genes displays diverse lignin alterations	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Plant Physiology	6. 最初と最後の頁 2155 ~ 2172
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/plphys/kiac450	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 Jeon Hwi Seong, Jang Eunjeong, Kim Jinwoo, Kim Seu Ha, Lee Myoung-Hoon, Nam Myung Hee, Tobimatsu Yuki, Park Ohkmae K.	4. 巻 19
2. 論文標題 Pathogen-induced autophagy regulates monolignol transport and lignin formation in plant immunity	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Autophagy	6. 最初と最後の頁 597 ~ 615
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/15548627.2022.2085496	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 Krishanti Ni Putu Ratna Ayu, Tobimatsu Yuki, Afifi Osama Ahmed, Tarmadi Didi, Himmi Setiawan Khoirul, Umezawa Toshiaki, Ohmura Wakako, Yoshimura Tsuyoshi	4. 巻 69
2. 論文標題 Effects of dietary variation on lignocellulose degradation and physiological properties of <i>Nicobium hirtum</i> larvae	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of Wood Science	6. 最初と最後の頁 2
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1186/s10086-022-02074-x	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 Martin Andri Fadillah, Tobimatsu Yuki, Lam Pui Ying, Matsumoto Naoyuki, Tanaka Takuto, Suzuki Shiro, Kusumi Ryosuke, Miyamoto Takuji, Takeda-Kimura Yuri, Yamamura Masaomi, Koshiba Taichi, Osakabe Keishi, Osakabe Yuriko, Sakamoto Masahiro, Umezawa Toshiaki	4. 巻 191
2. 論文標題 Lignocellulose molecular assembly and deconstruction properties of lignin-altered rice mutants	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Plant Physiology	6. 最初と最後の頁 70 ~ 86
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/plphys/kiac432	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 濱嶋洋輔、宮島吉範、鈴木保宜、北澤春樹、飛松裕基、梅澤俊明、田森航也、犬童優樹、疋田千枝、冷牟田修一	4. 巻 805
2. 論文標題 CNSL(カシューナッツ殻油)給与の乳牛へ及ぼす効果	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 畜産技術	6. 最初と最後の頁 21 ~ 26
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 -

〔学会発表〕 計36件 (うち招待講演 7件 / うち国際学会 10件)

1. 発表者名 Supatni, Yuki Tobimatsu, Pui Ying Lam, Yuriko Osakabe, Keishi Osakabe, Toshiaki Umezawa
2. 発表標題 Generation and characterization of genome-edited rice mutants deficient in CINNAMATE 4-HYDROXYLASE
3. 学会等名 第65回リグニン討論会
4. 発表年 2020年 ~ 2021年

1. 発表者名 Osama A. Afifi, Yuki Tobimatsu, Pui Ying Lam, Andri F. Martin, Takuji Miyamoto, Yuriko Osakabe, Keishi Osakabe, Toshiaki Umezawa
2. 発表標題 Distinct alterations of lignin biosynthesis in genome-edited rice mutants deficient in two 4-COUMARATE: COENZYME A LIGASE genes
3. 学会等名 第65回リグニン討論会
4. 発表年 2020年 ~ 2021年

1. 発表者名 山本千莉、飛松裕基、Lam Pui Ying、武田ゆり、刑部祐里子、刑部敬史、Laura E. Bartley、梅澤俊明
2. 発表標題 イネ科植物におけるフェルラ酸エステルの生合成に関するアルデヒドデヒドロゲナーゼ遺伝子の探索
3. 学会等名 第65回リグニン討論会
4. 発表年 2020年～2021年

1. 発表者名 飛松裕基
2. 発表標題 多様なリグニンモノマー ～リグニンの多様性・複雑性の源～
3. 学会等名 第65回リグニン討論会 特別企画 「リグニンの真の姿に迫る」(招待講演)
4. 発表年 2020年～2021年

1. 発表者名 Supatmi, Yuki Tobimatsu, Pui Ying Lam, Yuriko Osakabe, Keishi Osakabe, Toshiaki Umezawa
2. 発表標題 Characterization of genome-edited rice mutants deficient in CINNAMATE 4- HYDROXYLASE genes toward understanding lignin biosynthesis in grasses
3. 学会等名 5th SATREPS conference (国際学会)
4. 発表年 2020年～2021年

1. 発表者名 Takuji Miyamoto, Rie Takada, Yuri Takeda, Masaomi Yamamura, Yuki Tobimatsu, Shiro Suzuki, Wahyuni, Vincentia Esti Windiastri, Dwi Widyajayanti, Satya Nugroho, Masahiro Sakamoto, Toshiaki Umezawa
2. 発表標題 Upregulation of rice lignification with CRISPR/Cas9-mediated targeted mutagenesis
3. 学会等名 5th SATREPS conference (国際学会)
4. 発表年 2020年～2021年

1. 発表者名 Pui Ying Lam, Yuki Tobimatsu, Shiro Suzuki, Takuto Tanaka, Yuri Takeda, Yuriko Osakabe, Keishi Osakabe, Laura E. Bartley, Toshiaki Umezawa
2. 発表標題 BAHD acyltransferases responsible for lignin p-coumaroylation in rice cell walls
3. 学会等名 第62回日本植物生理学会年会
4. 発表年 2020年～2021年

1. 発表者名 高田直樹, 粟野達也, Pui Ying Lam, 鈴木史朗, 飛松裕基, 光田展隆, 朽名夏磨, 山 岸祐介, 谷口亨
2. 発表標題 二次壁S2層形成に関与する転写因子の同定
3. 学会等名 第62回日本植物生理学会年会
4. 発表年 2020年～2021年

1. 発表者名 Songkui Cui, Yuri Takeda, Toshiaki Umezawa, Yuki Tobimatsu, Satoko Yoshida
2. 発表標題 Cellular and subcellular localization of haustorium inducing signals in the haustorium of the parasitic plant <i>Striga hermonthica</i>
3. 学会等名 第62回日本植物生理学会年会
4. 発表年 2020年～2021年

1. 発表者名 Pui Ying Lam, Yuki Tobimatsu, Shiro Suzuki, Takuto Tanaka, Yuri Takeda, Yuriko Osakabe, Keishi Osakabe, Laura E. Bartley, Toshiaki Umezawa
2. 発表標題 BAHD acyltransferases responsible for lignin p-coumaroylation in rice cell walls
3. 学会等名 第71回日本木材学会大会
4. 発表年 2020年～2021年

1. 発表者名 山本千莉, 飛松裕基, プイインラム, 武田ゆり, 刑部祐里子, 刑部敬史, ローラパートレイ, 梅澤俊明
2. 発表標題 フェルラ酸生成に關与するアルデヒドデヒドロゲナーゼ欠損変異イネの細胞壁性状解析
3. 学会等名 第71回日本木材学会大会
4. 発表年 2020年～2021年

1. 発表者名 高田直樹, 粟野達也, Pui Ying Lam, 鈴木史朗, 飛松裕基, 光田展隆, 朽名夏磨, 山岸祐介, 谷口亨
2. 発表標題 S2層形成を制御する転写因子の探索と機能解析
3. 学会等名 第71回日本木材学会大会
4. 発表年 2020年～2021年

1. 発表者名 Yuki Tobimatsu
2. 発表標題 Lignin complexity and flexibility: how and why do grasses produce lignins different from woods?
3. 学会等名 2022 World Wood Day Online Symposium and The Fourth IUFRO Forest Products Culture Colloquium (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年～2022年

1. 発表者名 Pui Ying Lam, Yuki Tobimatsu, Andy C. W. Lui, Lanxiang Wang, Toshiaki Umezawa, Clive Lo
2. 発表標題 Biosynthesis and bioengineering of triclin-lignin in grass cell walls
3. 学会等名 The 7th International Conference on Plant Cell Wall Biology (国際学会)
4. 発表年 2021年～2022年

1. 発表者名 Osama Ahmed Afifi, Yuki Tobimatsu, Pui Ying Lam, Andri Fadillah Martin, Takuji Miyamoto, Yuriko Osakabe, Keishi Osakabe, Toshiaki Umezawa
2. 発表標題 Distinct alterations of lignin biosynthesis in genome-edited rice mutants deficient in two 4-COUMARATE:COENZYME A LIGASE genes
3. 学会等名 The 7th International Conference on Plant Cell Wall Biology (国際学会)
4. 発表年 2021年～2022年

1. 発表者名 Senri Yamamoto, Yuki Tobimatsu, Pui Ying Lam, Yuri Takeda-Kimura, Yuriko Osakabe, Keishi Osakabe, Laura E. Bartley, Toshiaki Umezawa
2. 発表標題 Role of aldehyde dehydrogenases in cell-wall feruloylation in grasses
3. 学会等名 The 7th International Conference on Plant Cell Wall Biology (国際学会)
4. 発表年 2021年～2022年

1. 発表者名 Nidhi Dwivedi, Senri Yamamoto, Yunjun Zhao, Yuki Tobimatsu, Chang-Jun Liu
2. 発表標題 Engineering grass cell walls with severe reduction of hydroxycinnamates and lignin for evaluating their structural and physiological roles
3. 学会等名 The 7th International Conference on Plant Cell Wall Biology (国際学会)
4. 発表年 2021年～2022年

1. 発表者名 山本 千莉, 飛松 裕基, プイイン ラム, 木村(武田) ゆり, 刑部 祐里子, 刑部 敬史, パートレイ ローラ, 梅澤 俊明
2. 発表標題 イネにおける細胞壁のフェルラ酸架橋構造形成に寄与するアルデヒドデヒドロゲナーゼの同定
3. 学会等名 第38回日本植物バイオテクノロジー学会(つくば)大会
4. 発表年 2021年～2022年

1. 発表者名 Supatmi, Tobimatsu Yuki, Lam Pui Ying, Afifi Osama, Osakabe Yuriko, Osakabe Keishi, Umezawa Toshiaki
2. 発表標題 Roles of CINNAMATE 4-HYDROXYLASE in grass lignin biosynthesis investigated through characterizations of genome-edited rice mutants
3. 学会等名 第38回日本植物バイオテクノロジー学会(つくば)大会
4. 発表年 2021年～2022年

1. 発表者名 Osama A. Afifi, Yuki Tobimatsu, Yuri Takeda-Kimura, Pui Ying Lam, Yuriko Osakabe, Keishi Osakabe, Toshiaki Umezawa
2. 発表標題 The role of cytosolic ascorbate peroxidase (APX) in lignin biosynthesis in rice
3. 学会等名 第66回リグニン討論会(リグニン学会第3回年次大会)
4. 発表年 2021年～2022年

1. 発表者名 Supatmi, Tobimatsu Yuki, Lam Pui Ying, Afifi Osama, Osakabe Yuriko, Osakabe Keishi, Umezawa Toshiaki
2. 発表標題 Roles of CINNAMATE 4-HYDROXYLASE in grass lignin biosynthesis as studied with genome-edited rice mutants
3. 学会等名 第66回リグニン討論会(リグニン学会第3回年次大会)
4. 発表年 2021年～2022年

1. 発表者名 Pui Ying Lam, Yuki Tobimatsu, Laura E. Bartley, Toshiaki Umezawa
2. 発表標題 In-depth lignin analyses of rice mutants deficient in p-coumaroyl-CoA:monolignol transferases
3. 学会等名 第66回リグニン討論会(リグニン学会第3回年次大会)
4. 発表年 2021年～2022年

1. 発表者名 山本千莉、飛松裕基、Osama A. Afifi、Pui Ying Lam、梅澤俊明
2. 発表標題 細胞壁結合型フェルラ酸の形成を抑制したイネALDH変異体のリグノセルロース性状解析
3. 学会等名 第72回日本木材学会大会（名古屋/岐阜・オンライン）
4. 発表年 2021年～2022年

1. 発表者名 Yuki Tobimatsu
2. 発表標題 How do grasses produce lignin differently from woods: case studies with rice
3. 学会等名 The 20th IUFRO Tree Biotech and the 2nd Forest Tree Molecular Biology and Biotechnology (FTMB) Conferenc（招待講演）（国際学会）
4. 発表年 2022年～2023年

1. 発表者名 Yuki Tobimatsu
2. 発表標題 Tools and Methods for the Analysis, Visualization and Structural Elucidation of Lignin
3. 学会等名 2022 Lignin Gordon Research Conference（招待講演）（国際学会）
4. 発表年 2022年～2023年

1. 発表者名 Yuki Tobimatsu
2. 発表標題 How do grasses produce lignin differently from woods: case studies with rice
3. 学会等名 2022 Lignin Gordon Research Conference（招待講演）（国際学会）
4. 発表年 2022年～2023年

1. 発表者名 飛松裕基
2. 発表標題 リグニンの多様性と可変性：組換え植物で探る木質の機能と利用へのインパクト
3. 学会等名 第1回リグニン学会特別セミナー「リグニン科学の最前線」（招待講演）
4. 発表年 2022年～2023年

1. 発表者名 飛松裕基
2. 発表標題 NMR法を活用した木質バイオマスの構造・形成・利用研究
3. 学会等名 第22回若手NMR研究会（招待講演）
4. 発表年 2022年～2023年

1. 発表者名 Senri Yamamoto, Yuki Tobimatsu, Osama A. Afifi, Pui Ying Lam, Yuri Takeda-Kimura, Yuriko Osakabe, Keishi Osakabe, Laura E. Bartley, Toshiaki Umezawa
2. 発表標題 Lignocellulose characterization of rice mutants deficient in aldehyde dehydrogenases involved in the biosynthesis of cell wall cross-linking ferulates
3. 学会等名 IX Cell Wall Research Conference
4. 発表年 2022年～2023年

1. 発表者名 Osama Ahmed Afifi, Yuki Tobimatsu, Pui Ying Lam, Andri Fadillah Martin, Takuji Miyamoto, Yuriko Osakabe, Keishi Osakabe, Toshiaki Umezawa
2. 発表標題 Distinct alterations of lignin biosynthesis in genome-edited rice mutants deficient in two 4-COUMARATE:COENZYME A LIGASE genes
3. 学会等名 第39回日本植物バイオテクノロジー学会（堺）大会
4. 発表年 2022年～2023年



1. 発表者名 山本千莉, 飛松裕基, Pui Ying Lam, Osama A. Afifi, 木村ゆり, 刑部祐里子, 刑部敬史, Laura E. Bartley, 梅澤俊明
2. 発表標題 細胞壁結合型フェルラ酸の形成を抑制した イネ ALDH 変異株のリグノセルロース構造解析
3. 学会等名 第39回日本植物バイオテクノロジー学会(堺)大会
4. 発表年 2022年~2023年

1. 発表者名 Pui Ying Lam, Lanxiang Wang, Andy Lui, Toshiaki Umezawa, Yuki Tobimatsu, Clive Lo
2. 発表標題 Altered flavonoid profile and lignin structure in rice mutants deficient in chalcone synthase (CHS), chalcone isomerase (CHI) and chalcone isomerase-like (CHIL)
3. 学会等名 第39回日本植物バイオテクノロジー学会(堺)大会
4. 発表年 2022年~2023年

1. 発表者名 山本千莉, Osama A. Afifi, 久住亮介, 小林加代子, 梅澤俊明, 飛松裕基
2. 発表標題 フェルラ酸架橋構造及びリグニン芳香核組成を改変したイネ組換え株の細胞壁超分子構造解析
3. 学会等名 細胞壁研究者ネットワーク・第16回定例研究会
4. 発表年 2022年~2023年

1. 発表者名 Ji Pingping, Osama A. Afifi, 山本千莉, 刑部祐里子, 刑部敬史, 梅澤俊明, 飛松裕基
2. 発表標題 Structural Features of Guaiacyl-enriched Lignin Polymers Produced in Rice and Arabidopsis Mutants Deficient in Syringyl Lignin Biosynthesis
3. 学会等名 第67回リグニン討論会/リグニン学会第4回年次大会
4. 発表年 2022年~2023年

1. 発表者名 寺野真季, 山本千莉, 刑部祐里子, 刑部敬史, 梅澤俊明, 飛松裕基
2. 発表標題 イネの木化に関わるラッカーゼの探索: 候補遺伝子の選定とゲノム編集
3. 学会等名 第67回リグニン討論会/リグニン学会第4回年次大会
4. 発表年 2022年~2023年

1. 発表者名 山本千莉, Osama A. Afifi, 今井友也, 久住亮介, 小林加代子, 梅澤俊明, 飛松裕基
2. 発表標題 リグニン芳香核組成及びフェルラ酸架橋構造を改変した組換えイネ株のリグノセルロース超分子構造解析
3. 学会等名 第72回日本木材学会大会
4. 発表年 2022年~2023年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

<p>京都大学森林代謝機能化学分野研究室ウェブサイト  <a href="https://www.rish.kyoto-u.ac.jp/lmsfpm/index.html">https://www.rish.kyoto-u.ac.jp/lmsfpm/index.html</a></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	堀 千明  (Hori Chiaki)  (50722948)	北海道大学・工学研究院・助教    (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	久住 亮介  (Ryosuke Kusumi)  (70546530)	京都大学・農学研究科・助教    (14301)	
研究分担者	今井 友也  (Tomoya Imai)  (90509142)	京都大学・生存圏研究所・教授    (14301)	
研究分担者	梅澤 俊明  (Toshiaki Umezawa)  (80151926)	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			
米国	ウィスコンシン大学	ワシントン州立大学	ブルックヘブン国立研究所	
韓国	高麗大学校			
フランス	フランス国立農学研究所 INRA	トーゥルーズ生物工学研究所 TBI		
オランダ	ワージェニンゲン大学			
スペイン	高等科学研究院 (CSIC)			
中国	香港大学			