

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 5 年 6 月 16 日現在

機関番号：12401

研究種目：新学術領域研究(研究領域提案型)

研究期間：2018～2022

課題番号：18H05495

研究課題名(和文)植物体のしなやかさを生み出す非セルロース性細胞壁成分の構造力学的・化学的特性

研究課題名(英文)Structural and chemical properties of non-cellulosic cell wall polymers contributing to mechanical strength of plants

研究代表者

小竹 敬久(Kotake, Toshihisa)

埼玉大学・理工学研究科・教授

研究者番号：20334146

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 60,400,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、植物の細胞外プロテオグリカンであるアラビノガラクトタン-プロテイン(AGP)と複雑な糖鎖構造をもつペクチンの分子機能に焦点をあてて、非セルロース性細胞壁成分の植物体の優れた物理的性質への寄与を探った。真菌由来の糖鎖分解酵素遺伝子を利用してAGPの糖鎖が生体内で特異的に破壊される植物を作出し、AGPの糖鎖がセルロース合成を介して細胞壁の物性や細胞の形態に関わることを示した。また、ペクチンのラムノガラクトツロナン-1(RG-1)の主鎖合成酵素を発見・同定し、RG-1のアラビナンがRG-IIとともに細胞形態や細胞接着に関わることを示唆する結果を得た。

研究成果の学術的意義や社会的意義

AGPとペクチンは植物細胞壁の多糖類の中で最も複雑な構造をもつ分子であり、生体内でのはたらきはよくわかっていない。AGPの糖鎖主鎖の破壊が起こる植物を作出し、AGPが細胞形態や組織形態の制御に関わることを示した。また、本研究ではペクチンの主要なドメインの一つであるRG-1の主鎖合成酵素を初めて同定した。また、RG-1が少なくとも胚軸では細胞接着などを介して整った組織形態の形成に寄与し、RG-IIとの間に部分的な機能重複が存在することが明らかになった。細胞壁の屋台骨とも言われるセルロースに加えて、これらの非セルロース性成分も植物体の優れた物理的性質に寄与していることが示唆された。

研究成果の概要(英文)：This study focused on the molecular functions of plant extracellular proteoglycans, arabinogalactan-proteins (AGPs) and pectin to clarify how non-cellulosic polysaccharides contribute to mechanical properties of plants. We generated transgenic Arabidopsis expressing fungal glycoside hydrolases specific to the glycan moieties of AGP. The degradation of AGPs changed the mechanical properties of cell walls causing severe dwarf phenotypes in Arabidopsis seedlings. Cell wall analysis suggested that AGPs are required for normal cellulose synthesis. We also identified rhamnogalacturonan (RG)-1 L-rhamnosyltransferases, RRTs, in Arabidopsis. In addition, arabinan side chains of RG-1 was shown to affect mechanical properties of cell wall via cell adhesion and cell shape regulation.

研究分野：植物糖鎖生物学

キーワード：アラビノガラクトタン-プロテイン ペクチン 糖質分解酵素 植物細胞壁 誘導発現系

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

植物体の強固でしなやかな力学特性は、細胞や組織の形態と細胞壁の物理的性質によってもたらされる。本研究では、植物細胞壁の非セルロース性成分の中でも、特にアラビノガラクトサン-プロテイン (AGP) とペクチンに焦点をあて、植物体に優れた力学特性が付与される仕組みの解明を目指した。

AGP は植物特有の細胞外プロテオグリカンであり、植物に普遍的に存在する細胞壁のマイナー成分である。AGP はコアプロテイン部分とタイプ II のアラビノガラクトサン (AG) 糖鎖部分からなり、重量の大半を糖鎖が占めている。AGP は陸上植物に普遍的に見られることから、細胞壁構築に重要な分子と考えられる。タイプ II AG には構造多様性がみられるが、主鎖が β -1,3-ガラクトサンであり側鎖が β -1,6-ガラクトサンであることは共通している。これまで、AGP の機能解析には、 β -1,3-ガラクトサン主鎖に特異的に結合する Yariv 試薬が利用されてきたが (Kitazawa et al., 2013)、Yariv 試薬は胚軸や葉では吸収されず、副次的な効果も指摘されていた。したがって、AGP の分子機能の解析には別のアプローチが必要であった。

ペクチンは細胞壁最外層に多く存在し、ホモガラクトツロナン (HG)、ラムノガラクトツロナン (RG) -I、RG-II の3つの領域から成る多糖である。RG-II 領域は10種類以上の糖から成り、また20種類以上の結合があるなど、ペクチンは植物で最も複雑な糖鎖構造を持つ多糖である。HG の合成酵素はすでに発見され、生化学的によく解析されているが (O'Neill et al., 2001; Mohnen, 2008; Atmodjo et al., 2011; Atmodjo et al., 2013)、RG-I の合成酵素は見つかっていなかった。また、HG はカルシウムイオンを介して、また RG-II はハウ素を介して分子間架橋に関わることなどもわかっているが、RG-I に関してはその合成機構や分子機能はほとんどわかっていなかった。

2. 研究の目的

(1) AG 糖鎖の共通構造の探索

タイプ II AG 糖鎖は L-アラビノース (L-Ara) やグルクロン酸 (GlcA)、L-フコース (L-Fuc) などの末端修飾糖残基に違いがあり、植物種による構造多様性が存在することは知られていたが、糖鎖の骨格構造である β -1,3-ガラクトサン主鎖や β -1,6-ガラクトサン側鎖の構造的特徴はほとんど比較されてこなかった。そこで本研究では、酵素による特異的な断片化を利用して、異なる植物種間でガラクトサン骨格構造を比較し、タイプ II AG 糖鎖を分類することを目的とした。

(2) AG 糖鎖の生理的重要性の解明

タイプ II AG 糖鎖は植物生体内に広く存在するため、細胞壁構築で何か普遍的な役割を持つと予想される。そこで、真菌由来の AG 糖鎖分解酵素遺伝子を利用して、植物生体内で AG 糖鎖が特異的に破壊される実験系を構築し、AG 糖鎖の細胞壁物性や細胞壁構築への寄与や機能に重要な糖鎖構造を明らかにすることを目的とした。

(3) ペクチン RG-I の主鎖合成酵素の探索

ペクチンの RG-I は、ラムノース (L-Rha) とガラクトツロン酸 (GalA) が交互に並ぶ主鎖に、 α -1,3:1,5-アラビナンや β -1,4-ガラクトサンが側鎖として結合する。これらの構造のうち、 β -1,4-ガラクトサン以外は糖鎖合成酵素 (糖転移酵素) が発見されていなかった。そこで本研究では、RG-I 主鎖の合成酵素を探索した。

(4) RG-I と RG-II の機能的重複の解明

ペクチンは HG と RG-I、RG-II の3つのドメインから成るが、特に RG-I の重要性や役割がわかっていなかった。本研究では、特に RG-I のアラビナンの合成異常が茎 (胚軸) の細胞壁物性に与える影響から、RG-II との機能上の関係を整理することを試みた。

3. 研究の方法

(1) AG 糖鎖の共通構造の探索

ホウレンソウ、ブロッコリー、チンゲンサイ、コマツナ、キュウリから AGP を抽出し、 β -1,3-ガラクトサン主鎖に特異的に作用するウスバタケ (*Irpex lacteus*) 由来のエキシノ- β -1,3-ガラクトナーゼ、II3GAL とアカパンカビ (*Neurospora crassa*) 由来のエンド- β -1,3-ガラクトナーゼ、NcEn3GAL を作用させることで、タイプ II AG 糖鎖を断片化した。生じたオリゴ糖を HPLC で分析することで、タイプ II AG 糖鎖の骨格構造を比較した (Tsumuraya et al., 1990; Kotake et al., 2011)。

(2) AG 糖鎖の生理的重要性の解明

本研究では、 β -1,3-ガラクトサン主鎖に作用する酵素、II3GAL や、 β -1,6-ガラクトサン側鎖に作用する酵素、Tv6GAL が発現することで、タイプ II AG 糖鎖が特異的に破壊されるシロイヌナズナを作出した。発現にはデキサメタゾン (Dex) 誘導発現系 (Aoayama and Chua, 1997) を利用した。

植物体の優れた物理的特性は、組織・細胞の形態と細胞壁物性によってもたらされると考えら

れる。そこで、これらの組換え植物について、(i) 暗所育成胚軸の成長、(ii) 植物体の組織・細胞形態、(iii) 細胞壁物性、(iv) 細胞壁成分の化学的特性、について調べた。

(3) ペクチン RG-I の主鎖合成酵素の探索

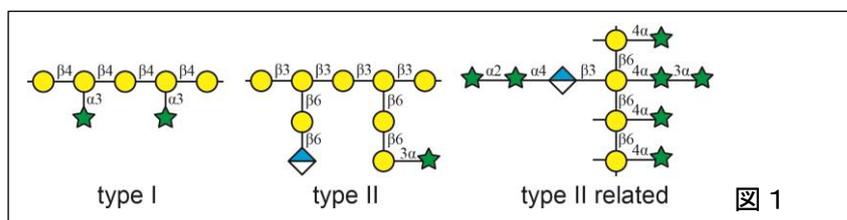
側鎖のないペクチン RG-I はシロイヌナズナでは種子分泌多糖（ムシレージ）に多いことが知られている。そこで、トランスクリプトームデータ・共発現遺伝子データベースを利用して、候補となる糖転移酵素遺伝子の絞り込みを行った。また、候補遺伝子をタバコ BY-2 細胞および HEK293 細胞に遺伝子導入し、RG-I 主鎖の合成に関わる L-Rha 転移酵素および GalA 転移酵素の活性を評価した。なお、この酵素活性のアッセイに必要な RG-I オリゴ糖や UDP-L-ラムノースについては調製方法を確立している（Uehara et al., 2017）。

(4) RG-I と RG-II の機能的重複の解明

ペクチンのドメインのうち RG-II については、GDP-L-フコースの合成が異常な変異体である *mur1* では L-フコースより先の糖鎖構造が欠失し、ホウ素による分子間架橋能が低下することが示唆されている（Zablackis et al., 1996; O'Neill et al., 2001）。一方で、RG-I の側鎖であるアラビナンについては、ARAD1 と ARAD2 と呼ばれる因子が合成に関与することが報告されている（Harholt et al., 2012）。そこで本研究では、シロイヌナズナの *mur1* 変異体と *arad2* 変異体について、暗所育成胚軸の表皮を走査型電子顕微鏡により詳細に観察した。また、*mur1 arad2* 二重変異体についても同様の解析を行った。

4. 研究成果

(1) AG 糖鎖の共通構造の探索



AG は主鎖構造からタイプ I と II に分けられるが、タイプ II の側鎖に相当するタイプ II 関連グループも存在する（図 1）。5 種類の野菜から抽出した AGP についてガラクトサン骨格の構造を比較したところ、いずれの植物のタイプ II AG も側鎖の分岐率は 5 割前後であり、1 残基（Gal）または 2 残基（ β -1,6-Gal₂）の短い側鎖が側鎖の 9 割程度を占めることがわかった（Ito et al., 2020）。野菜などに含まれる AGP のタイプ II AG は gum arabic やカラマツの AG とは性質の異なる性質のタイプ II AG である可能性が高い。そこでこれらを踏まえて、タイプ II AG については、野菜などに一般的に含まれる AGP-subgroup とカラマツの AG など多い gum arabic-subgroup に区別することを提案した（Ito et al., 2020; Ghosh et al., 2023）。

(2) AG 糖鎖の生理的重要性の解明

Dex 誘導で *Il3GAL* が発現するシロイヌナズナ（Dex::*Il3GAL* 植物）では、Dex 存在下で育成すると高い β -1,3-ガラクトサン分解活性が見られ、タイプ II AG の量が激減していた（Yoshimi et al., 2020）。Dex 誘導で *Trichoderma viride* 由来のエンド- β -1,6-ガラクトナーゼ、Tv6GAL が発現するシロイヌナズナ（Dex::*Tv6GAL* 植物）では、生体内で長い β -1,6-ガラクトサンが破壊されていた（Kikuchi et al., 2022）。

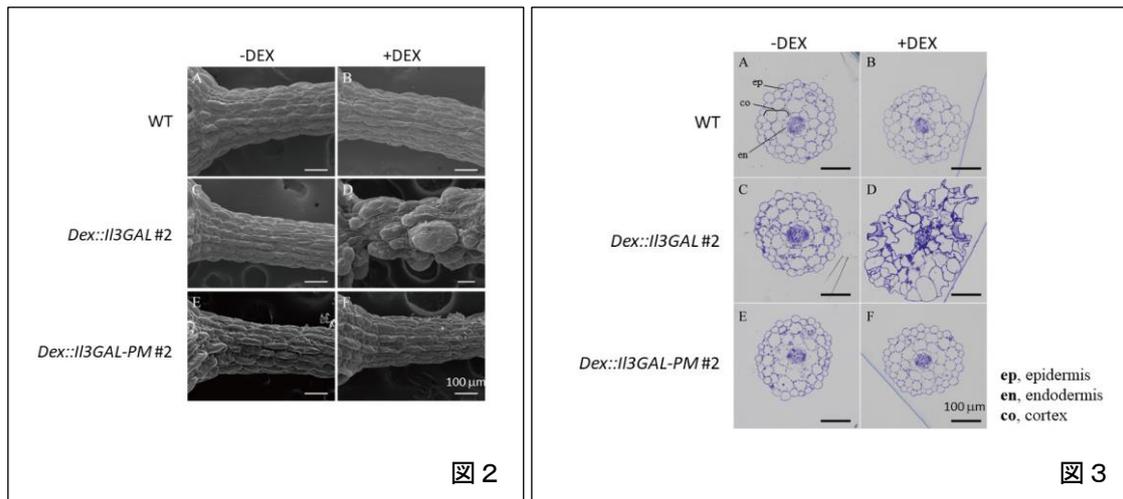
Dex::*Il3GAL* 植物では著しい組織形態の異常が観察された（図 2）。特に胚軸や子葉では、肥大した表皮細胞が見られ、横断切片の観察から内部の組織の形態も大きく乱れていることがわかった（図 3）。AGP の生理的重要性はこれまで Yariv 試薬を用いて調べられてきたが、本研究では、Yariv 試薬とは独立した研究アプローチにより、タイプ II AG の生理的重要性を示すことができた。また、Yariv 試薬が効きにくい胚軸で AGP の機能阻害の影響を調べることができた。

Dex::*Il3GAL* 植物ではタイプ II AG の糖鎖主鎖が破壊されるため、劇的な分解が起こる一方で、機能に重要な糖鎖構造を特定できない。Dex::*Tv6GAL* 植物では、Dex::*Il3GAL* 植物ほどではないものの、成長阻害などの同様の形質が見られ、AGP-subgroup のタイプ II AG に見られる長い β -1,6-ガラクトサンが機能に重要であることが示唆された。

タイプ II AG の植物体の優れた力学特性への関与を調べるために、暗所で育成した植物の胚軸を引張試験に供したところ、Dex::*Il3GAL* 植物と Dex::*Tv6GAL* 植物いずれも、破断強度が低下し、伸展性が増加していることがわかった。また、これらの植物の細胞壁成分を詳細に調べたところ、Dex::*Il3GAL* 植物と Dex::*Tv6GAL* 植物いずれでも、細胞壁のセルロース量が顕著に低下しており、細胞壁物性の変化の少なくとも一部は、セルロース合成の異常によることが示唆された。

関連して、本新学術領域の海外連携機関であるケンブリッジ大学とは、GlcA 残基や MeGlcA 残基の生理的役割に関する共同研究を行った（Lopez-Fernandez et al., 2020）。タイプ II AG の GlcA 残基は、GlcAT14 と呼ばれる一群の GlcA 転移酵素によって付加される。GlcAT14 遺伝子の三重変異体はタイプ II AG の GlcA 残基の 9 割以上を失っており、カルシウム依存的な成長を示した。

これらの結果から、GlcA 残基が細胞外カルシウムの保持に関わると考えられる。



(3) ペクチン RG-I の主鎖合成酵素の探索

シロイヌナズナでペクチン RG-I 主鎖の生合成に関わる L-Rha 転移酵素 RRT の候補遺伝子をトランスクリプトームデータなどから挙げて、これをタバコ培養細胞あるいは HEK293 細胞でその遺伝子がコードするタンパク質を発現させた。このタンパク質に RG-I 主鎖を合成するラムノース転移酵素活性を見出し、RRT1 と名付けた (Takenaka et al., 2018)。その後、相同遺伝子を中心に解析を進め、シロイヌナズナに 10 種類、ゼニゴケに 4 種類 RRT 遺伝子があることを見出した (Wachananawat et al., 2020)。いずれも糖転移酵素ファミリー GT106 に属する遺伝子であった。シロイヌナズナ *rrt8* 欠損変異体は、細胞接着が弱く強度が低かった。ゼニゴケ *rrt* の欠損変異体では仮根や胚状体の形態形成に異常が見られた。このように、RG-I が細胞接着や形態形成に関わることを初めて示した。また RG-I 主鎖生合成に関わるガラクトuron酸転移酵素遺伝子 RGGAT1 がアメリカのグループによって同定されたが (Amos et al., 2022)、同時期に RGGAT2~4 を RG-I ガラクトuron酸転移酵素として同定した。これらの RG-I 生合成に関わる二つの糖転移酵素が共発現していることも明らかにした。

(4) RG-I と RG-II の機能的重複の解明

ペクチンには 3 つのドメインが存在するが、本研究では特に RG-I と RG-II の細胞接着や細胞形態制御における機能上の重複に着目した。まず、急速な細胞成長が起こる暗所胚軸で、RG-I のアラビナン側鎖が異常なシロイヌナズナの *arad2* 変異体と RG-II が異常な *mur1* 変異体の胚軸の細胞壁物性を引張試験により調べたところ、どちらも野生型植物と比べてゆっくり破断されることがわかった。走査型電子顕微鏡で表皮組織を観察したところ、*mur1* 変異体で表皮細胞の剥離や細胞列の乱れなどの異常がみられ、*arad2* 変異体でも程度は弱いものの同様の異常がみられた。これらの結果から、RG-I と RG-II には少なくとも部分的な機能重複があり、細胞接着や細胞形態制御により、胚軸の細胞壁物性に影響していることがわかった。

<引用文献>

Amos R.A., Atmodjo M.A., Huang C., Gao Z., Venkat A., Taujale R., Kannan N., Moremen K.W., Mohnen D. (2022) Polymerization of the backbone of the pectic polysaccharide rhamnogalacturonan I. Nat. Plants 8: 1289-1303. doi: 10.1038/s41477-023-01395-z

Aoyama T., Chua N.H. (1997) A glucocorticoid-mediated transcriptional induction system in transgenic plants. Plant J. 11: 605-612. doi: 10.1046/j.1365-313x.1997.11030605.x.

Atmodjo M.A., Hao Z., Mohnen D. (2013) Evolving views of pectin biosynthesis. Annu. Rev. Plant Biol. 64: 747-779. doi: 10.1146/annurev-arplant-042811-105534.

Atmodjo M.A., Sakuragi Y., Zhu X., Burrell A.J., Mohanty S.S., Atwood J.A. 3rd, Orlando R., Scheller H.V., Mohnen D. (2011) Galacturonosyltransferase (GAUT)1 and GAUT7 are the core of a plant cell wall pectin biosynthetic homogalacturonan:galacturonosyltransferase complex. Proc. Natl. Acad. Sci. USA 108: 20225-30. doi: 10.1073/pnas.1112816108.

Ghosh K., Takahashi D., Kotake T. (2023) Plant type II arabinogalactan: Structural features and modification to increase functionality. Carbohydr. Res. 529: 108828. doi: 10.1016/j.carres.2023.108828.

- Harholt J., Jensen J.K., Verhertbruggen Y., Søgaard C., Bernard S., Nafisi M., Poulsen C.P., Geshi N., Sakuragi Y., Driouich A., Knox J.P., Scheller H.V. (2012) ARAD proteins associated with pectic arabinan biosynthesis form complexes when transiently overexpressed in planta. *Planta* 236: 115-128. doi: 10.1007/s00425-012-1592-3.
- Ito K., Fukuoka K., Nishigaki N., Hara K., Yoshimi Y., Kuki H., Takahashi D., Tsumuraya Y., Kotake T. (2020) Structural features conserved in subclass of type II arabinogalactan. *Plant Biotechnol.* 37: 459-463. doi: 10.5511/plantbiotechnology.20.0721a.
- Kikuchi A., Hara K., Yoshimi Y., Soga K., Takahashi D., Kotake T. (2022) *In vivo* structural modification of type II arabinogalactans with fungal endo- β -1, 6-galactanase in Arabidopsis. *Front. Plant Sci.* 13: 1010492. doi: 10.3389/fpls.2022.1010492.
- Kitazawa K., Tryfona T., Yoshimi Y., Hayashi Y., Kawauchi S., Antonov L., Tanaka H., Takahashi T., Kaneko S., Dupree P., Tsumuraya Y., Kotake T. (2013) β -Galactosyl Yariv reagent binds to the β -1,3-galactan of arabinogalactan proteins. *Plant Physiol.* 161: 1117-1126. doi: 10.1104/pp.112.211722.
- Kotake T., Hirata N., Degi Y., Ishiguro M., Kitazawa K., Takata R., Ichinose H., Kaneko S., Igarashi K., Samejima M., Tsumuraya Y. (2011) Endo- β -1,3-galactanase from winter mushroom *Flammulina velutipes*. *J. Biol. Chem.* 286: 27848-27854. doi: 10.1074/jbc.M111.251736.
- Lopez-Hernandez F., Tryfona T., Rizza A., Yu X.L., Harris M.O.B., Webb A.A.R., Kotake T., Dupree P. (2020) Calcium binding by arabinogalactan polysaccharides is important for normal plant development. *Plant Cell* 32: 3346-3369. doi: 10.1105/tpc.20.00027.
- Mohnen D. (2008) Pectin structure and biosynthesis. *Curr. Opin. Plant Biol.* 11: 266-277. doi: 10.1016/j.pbi.2008.03.006.
- O'Neill M.A., Eberhard S., Albersheim P., Darvill A.G. (2001) Requirement of borate cross-linking of cell wall rhamnogalacturonan II for Arabidopsis growth. *Science.* 294: 846-849. doi: 10.1126/science.1062319.
- Takenaka Y., Kato K., Ogawa-Ohnishi M., Tsuruhama K., Kajiura H., Yagy K., Takeda A., Takeda Y., Kunieda T., Hara-Nishimura I., Kuroha T., Nishitani K., Matsubayashi Y., and Ishimizu T. (2018) Pectin RG-I rhamnosyltransferases represent a novel plant-specific glycosyltransferase family. *Nat. Plants* 4: 669-676. doi: 10.1038/s41477-018-0217-7.
- Tsumuraya Y., Mochizuki N., Hashimoto Y., Kovác P. (1990) Purification of an exo- β -(1 \rightarrow 3)-D-galactanase of *Irpex lacteus* (*Polyporus tulipiferae*) and its action on arabinogalactan-proteins. *J. Biol. Chem.* 265: 7207-7215. doi: 10.1016/S0021-9258(19)39100-8
- Uehara Y., Tamura S., Maki Y., Yagy K., Mizoguchi T., Tamiaki H., Imai T., Ishii T., Ohashi T., Fujiyama K., Ishimizu T. (2017) Biochemical characterization of rhamnosyltransferase involved in biosynthesis of pectic rhamnogalacturonan I in plant cell wall. *Biochem. Biophys. Res. Commun.* 486: 130-136. doi: 10.1016/j.bbrc.2017.03.012.
- Yoshimi Y., Hara K., Yoshimura M., Tanaka N., Higaki T., Tsumuraya Y., Kotake T. (2020) Expression of a fungal exo- β -1,3-galactanase in Arabidopsis reveals a role of type II arabinogalactans in the regulation of cell shape. *J. Exp. Bot.* 71: 5414-5424. doi: 10.1093/jxb/eraa236.
- Wachananawat B., Kuroha T., Takenaka Y., Kajiura H., Naramoto S., Yokoyama R., Ishizaki K., Nishitani K., Ishimizu T. (2020) Diversity of pectin rhamnogalacturonan I rhamnosyltransferases in glycosyltransferase family 106. *Front. Plant Sci.* 11: 997. doi: 10.3389/fpls.2020.00997.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計24件（うち査読付論文 23件 / うち国際共著 8件 / うちオープンアクセス 8件）

1. 著者名 Ohtani Misato, Kotake Toshihisa, Mortimer Jenny C, Demura Taku	4. 巻 62
2. 論文標題 The Mechanics and Biology of Plant Cell Walls: Resilience and Sustainability for Our Future Society	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Plant and Cell Physiology	6. 最初と最後の頁 1787 ~ 1790
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/pcp/pcab168	査読の有無 無
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 Nishigaki Naho, Yoshimi Yoshihisa, Kuki Hiroaki, Kunieda Tadashi, Hara Nishimura Ikuko, Tsumuraya Yoichi, Takahashi Daisuke, Dupree Paul, Kotake Toshihisa	4. 巻 173
2. 論文標題 Galactoglucomannan structure of Arabidopsis seed coat mucilage in GDP mannose synthesis impaired mutants	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Physiologia Plantarum	6. 最初と最後の頁 1244 ~ 1252
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/ppl.13519	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 Tsai Allen Yi-Lun, Iwamoto Yuka, Tsumuraya Yoichi, Oota Morihiro, Konishi Teruko, Ito Shinsaku, Kotake Toshihisa, Ishikawa Hayato, Sawa Shinichiro	4. 巻 7
2. 論文標題 Root-knot nematode chemotaxis is positively regulated by l-galactose sidechains of mucilage carbohydrate rhamnogalacturonan-l	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Science Advances	6. 最初と最後の頁 abh4182
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1126/sciadv.abh4182	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 Kondo Tatsuya, Kichijo Miyu, Nakaya Makoto, Takenaka Shigeo, Arakawa Takatoshi, Kotake Toshihisa, Fushinobu Shinya, Sakamoto Tatsuji	4. 巻 288
2. 論文標題 Biochemical and structural characterization of a novel 4-O-acetylglucuronidase from Fusarium oxysporum	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 The FEBS Journal	6. 最初と最後の頁 4918 ~ 4938
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/febs.15795	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 Yoshimi Yoshihisa, Hara Katsuya, Yoshimura Mami, Tanaka Nobukazu, Higaki Takumi, Tsumuraya Yoichi, Kotake Toshihisa	4. 巻 71
2. 論文標題 Expression of a fungal exo- α -1,3-galactanase in Arabidopsis reveals a role of type II arabinogalactans in the regulation of cell shape	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Experimental Botany	6. 最初と最後の頁 5414 ~ 5424
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/jxb/eraa236	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 Lopez-Hernandez Federico, Tryfona Theodora, Rizza Annalisa, Yu Xiaolan L., Harris Matthew O.B., Webb Alex A.R., Kotake Toshihisa, Dupree Paul	4. 巻 32
2. 論文標題 Calcium Binding by Arabinogalactan Polysaccharides Is Important for Normal Plant Development	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 The Plant Cell	6. 最初と最後の頁 3346 ~ 3369
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1105/tpc.20.00027	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 Wachananawat Bussarin, Kuroha Takeshi, Takenaka Yuto, Kajiura Hiroyuki, Naramoto Satoshi, Yokoyama Ryusuke, Ishizaki Kimitsune, Nishitani Kazuhiko, Ishimizu Takeshi	4. 巻 11
2. 論文標題 Diversity of Pectin Rhamnogalacturonan I Rhamnosyltransferases in Glycosyltransferase Family 106	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Frontiers in Plant Science	6. 最初と最後の頁 997
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/fpls.2020.00997	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 Ito Kengo, Fukuoka Kurumi, Nishigaki Naho, Hara Katsuya, Yoshimi Yoshihisa, Kuki Hiroaki, Takahashi Daisuke, Tsumuraya Yoichi, Kotake Toshihisa	4. 巻 37
2. 論文標題 Structural features conserved in subclass of type II arabinogalactan	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Plant Biotechnology	6. 最初と最後の頁 459 ~ 463
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5511/plantbiotechnology.20.0721a	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 Wakabayashi Kazuyuki, Soga Kouichi, Hoson Takayuki, Kotake Toshihisa, Yamazaki Takashi, Ishioka Noriaki, Shimazu Toru, Kamada Motoshi	4. 巻 20
2. 論文標題 Microgravity Affects the Level of Matrix Polysaccharide 1,3:1,4- β -Glucans in Cell Walls of Rice Shoots by Increasing the Expression Level of a Gene Involved in Their Breakdown	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Astrobiology	6. 最初と最後の頁 820 ~ 829
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1089/ast.2019.2140	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 Matsuyama Kaori, Kishine Naomi, Fujimoto Zui, Sunagawa Naoki, Kotake Toshihisa, Tsumuraya Yoichi, Samejima Masahiro, Igarashi Kiyohiko, Kaneko Satoshi	4. 巻 295
2. 論文標題 Unique active-site and subsite features in the arabinogalactan-degrading GH43 exo- β -1,3-galactanase from <i>Phanerochaete chrysosporium</i>	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Biological Chemistry	6. 最初と最後の頁 18539 ~ 18552
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1074/jbc.RA120.016149	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 Xuan Lingling, Zhang Jie, Lu Weitai, Gluza Pawel, Ebert Berit, Kotake Toshihisa, Lu Mengzhu, Zhang Yuan, Clausen Mads H., Johnson Kim L., Doblin Monika S., Heazlewood Joshua L., Bacic Antony, Song Lili, Zeng Wei	4. 巻 22
2. 論文標題 A Pipeline towards the Biochemical Characterization of the Arabidopsis GT14 Family	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 International Journal of Molecular Sciences	6. 最初と最後の頁 1360 ~ 1360
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/ijms22031360	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 竹中悠人、石水毅	4. 巻 10
2. 論文標題 植物細胞壁ペクチン生合成機構解明への幕開け	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 応用糖質科学	6. 最初と最後の頁 96-102
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 石水毅、竹中悠人	4. 巻 10
2. 論文標題 植物細胞壁ペクチンの構造と機能	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 応用糖質科学	6. 最初と最後の頁 215-221
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 Gundupalli Marttin Paulraj, Kajiura Hiroyuki, Ishimizu Takeshi, Bhattacharyya Debraj	4. 巻 n/a
2. 論文標題 Alkaline hydrolysis of coconut pith: process optimization, enzymatic saccharification, and nitrobenzene oxidation of Kraft lignin	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Biomass Conversion and Biorefinery	6. 最初と最後の頁 n/a
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s13399-020-00890-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 該当する

1. 著者名 Tsumuraya Yoichi, Ozeki Eri, Ooki Yoriko, Yoshimi Yoshihisa, Hashizume Kohjiro, Kotake Toshihisa	4. 巻 485
2. 論文標題 Properties of arabinogalactan-proteins in European pear (<i>Pyrus communis</i> L.) fruits	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Carbohydrate Research	6. 最初と最後の頁 107816 ~ 107816
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.carres.2019.107816	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 Fujimori Tae, Matsuda Ryoko, Suzuki Mami, Takenaka Yuto, Kajiura Hiroyuki, Takeda Yoichi, Ishimizu Takeshi	4. 巻 477
2. 論文標題 Practical preparation of UDP-apiose and its applications for studying apiosyltransferase	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Carbohydrate Research	6. 最初と最後の頁 20 ~ 25
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.carres.2019.03.011	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 Matsumoto Naoki, Takenaka Yuto, Wachananawat Bussarin, Kajiura Hiroyuki, Imai Tomoya, Ishimizu Takeshi	4. 巻 142
2. 論文標題 Rhamnogalacturonan I galactosyltransferase: Detection of enzyme activity and its hyperactivation	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Plant Physiology and Biochemistry	6. 最初と最後の頁 173 ~ 178
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.plaphy.2019.07.008	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 Sato Kazuki, Hara Katsuya, Yoshimi Yoshihisa, Kitazawa Kiminari, Ito Haruka, Tsumuraya Yoichi, Kotake Toshihisa	4. 巻 467
2. 論文標題 Yariv reactivity of type II arabinogalactan from larch wood	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Carbohydrate Research	6. 最初と最後の頁 8 ~ 13
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.carres.2018.07.004	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 Yu Li, Lyczakowski Jan J., Pereira Caroline S., Kotake Toshihisa, Yu Xiaolan, Li An, Mogelsvang Soren, Skaf Munir S., Dupree Paul	4. 巻 178
2. 論文標題 The Patterned Structure of Galactoglucomannan Suggests It May Bind to Cellulose in Seed Mucilage	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Plant Physiology	6. 最初と最後の頁 1011 ~ 1026
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1104/pp.18.00709	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 Fujita Kiyotaka, Sakamoto Ayami, Kaneko Satoshi, Kotake Toshihisa, Tsumuraya Yoichi, Kitahara Kanefumi	4. 巻 103
2. 論文標題 Degradative enzymes for type II arabinogalactan side chains in Bifidobacterium longum subsp. longum	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Applied Microbiology and Biotechnology	6. 最初と最後の頁 1299 ~ 1310
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00253-018-9566-4	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 Rahman Md. Ziaur, Tsujimori Yuta, Maeda Megumi, Hossain Md. Anowar, Ishimizu Takeshi, Kimura Yoshinobu	4. 巻 164
2. 論文標題 Molecular characterization of second tomato 1,3/4-fucosidase (-Fuc' ase SI-2), a member of glycosyl hydrolase family 29 active toward the core 1,3-fucosyl residue in plant N-glycans	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 The Journal of Biochemistry	6. 最初と最後の頁 53 ~ 63
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/jb/mvy029	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 Takenaka Yuto, Kato Kohei, Ogawa-Ohnishi Mari, Tsuruhama Kana, Kajiura Hiroyuki, Yagyu Kenta, Takeda Atsushi, Takeda Yoichi, Kunieda Tadashi, Hara-Nishimura Ikuko, Kuroha Takeshi, Nishitani Kazuhiko, Matsubayashi Yoshikatsu, Ishimizu Takeshi	4. 巻 4
2. 論文標題 Pectin RG-I rhamnosyltransferases represent a novel plant-specific glycosyltransferase family	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Nature Plants	6. 最初と最後の頁 669 ~ 676
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41477-018-0217-7	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 竹中悠人、梶浦裕之、石水毅	4. 巻 57
2. 論文標題 植物細胞壁多糖の生合成 新規ペクチン生合成号転移酵素の発見と今後の展望	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 化学と生物	6. 最初と最後の頁 88-94
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 Ghosh Kanika, Takahashi Daisuke, Kotake Toshihisa	4. 巻 529
2. 論文標題 Plant type II arabinogalactan: Structural features and modification to increase functionality	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Carbohydrate Research	6. 最初と最後の頁 108828
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.carres.2023.108828	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

〔学会発表〕 計53件（うち招待講演 4件 / うち国際学会 14件）

1. 発表者名 西垣南歩、Yeh Chuan-Ming、Tsai Wen-Chieh、円谷陽一、高橋大輔、小竹敬久
2. 発表標題 グルコマンナンの修飾に関わるランの遺伝子の機能解析
3. 学会等名 日本植物学会第85回大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 宮川萌、高橋大輔、小竹敬久
2. 発表標題 KONJAC1はVTC1の分解を抑制することでL-アスコルビン酸含量に影響する
3. 学会等名 日本植物学会第85回大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 原 克弥、吉見圭永、菊池 愛菜、円谷陽一、高橋 大輔、小竹 敬久
2. 発表標題 AGPの -1,6-ガラクトタン側鎖のin vivo分解
3. 学会等名 日本植物学会第85回大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 沼尾悠太、円谷陽一、小竹敬久、高橋大輔
2. 発表標題 膜結合型及び遊離型AGPの構造と低温応答性
3. 学会等名 日本植物学会第85回大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Lopez-Hernandez F., Tryfina T., Rizza A., Yu X.L., Harris M.O.B., Webb A.A.R., Kotake T., Dupree P.
2. 発表標題 Calcium binding by arabinogalactan polysaccharides is important for normal plant development and intracellular calcium signalling
3. 学会等名 The 7th International Conference on Plant Cell Wall Biology (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Teh O.-K., Ren J., Kotake T., Fujita T.
2. 発表標題 Arabinogalactan proteins and C-type auxin response factors (ARF) function together to dampen cell wall loosening
3. 学会等名 The 7th International Conference on Plant Cell Wall Biology (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Yoshimi Y., Yu L., Lyczalowski J.L., Guo L., Kotake T., Dupree P.
2. 発表標題 Substrate specificity of mannan alpha-galactosyltransferase changes galactosylation of galactoglucomannan
3. 学会等名 The 7th International Conference on Plant Cell Wall Biology (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Takahashi D., Johnson K., Soga K., Sampathkumar A., Bacic A., Zuther E., Kotake T.
2. 発表標題 The role of pectin side chains in cold acclimation and their relationship to freezing adaptation in plants
3. 学会等名 The 7th International Conference on Plant Cell Wall Biology (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Hara K., Yoshimi Y., Kikuchi A., Tsumuraya Y., Takahashi D., Kotake T.
2. 発表標題 Specific degradation of beta-1,6-galactan side chains of type II arabinogalactan in Arabidopsis
3. 学会等名 The 7th International Conference on Plant Cell Wall Biology (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Liu L., Tsumuraya Y., Takahashi D., Kotake T.
2. 発表標題 Preparation of AMOR using glycolytic enzymes
3. 学会等名 The 7th International Conference on Plant Cell Wall Biology (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Wachananawat B., Kuroha T., Takenaka Y., Nishitani K., Ishimizu T.
2. 発表標題 Diversity of pectin phannogalacturonan I rhamnosyltransferases in glycosyltransferase family 106
3. 学会等名 The 7th International Conference on Plant Cell Wall Biology (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 石水 毅
2. 発表標題 植物フラボノイド配糖体アピインの生合成
3. 学会等名 第62回日本生化学会中国・四国支部例会 (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 石水 毅
2. 発表標題 逆生化学的手法による植物糖転移酵素の機能同定
3. 学会等名 第18回糖鎖科学コンソーシアムシンポジウム（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 山下真穂、藤森多恵、竹中悠人、梶浦裕之、小林優、小埜栄一郎、石水毅
2. 発表標題 セロリ由来フラボノイド配糖体アピニン生合成アピオース転移酵素の同定とその性質
3. 学会等名 第70回日本応用糖質科学会2021年度大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 長野稔、小宮山梨菜、安井碧、松浦智哉、石川寿樹、竹中悠人、石水毅、川合真紀、深尾陽一
2. 発表標題 スフィンゴ脂質は低ホウ素条件下におけるシロイヌナズナの生長に關与する
3. 学会等名 第33回植物脂質シンポジウム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 小林美稀、柿木優佑、石水毅、大橋貴生
2. 発表標題 大腸菌を用いたアピゲニン-7-0-グルコシドの生産
3. 学会等名 日本農芸化学会2022年度大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 井口翔、徳永達也、竹中悠人、渡辺正夫、石水毅
2. 発表標題 低光強度下トマト根の伸長における希土類元素の影響
3. 学会等名 日本農芸化学会2022年度大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 大山菜緒、森井裕子、石水毅
2. 発表標題 植物細胞壁ペクチンRG-I:アラビノース転移酵素の活性検出
3. 学会等名 日本農芸化学会2022年度大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 山下真穂、藤森多恵、An Song、竹中悠人、小林優、石水毅
2. 発表標題 セロリ由来フラボノイド配糖体アピイン生合成アピオース転移酵素の同定と基質認識
3. 学会等名 日本農芸化学会2022年度大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 長野稔、小宮山梨菜、安井碧、松浦智哉、石川寿樹、竹中悠人、石水毅、川合真紀、深尾陽一朗
2. 発表標題 グルコシルセラミドは低ホウ素条件下における植物の生育に重要である
3. 学会等名 第63回日本植物生理学会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 小竹敬久、菊池馨、角田帆乃花、九鬼寛明、金子哲、澤進一郎、円谷陽一、高橋大輔
2. 発表標題 植物の細胞壁プロテオグリカンの機能発現に関わる新奇因子の探索
3. 学会等名 日本遺伝学会第92回大会（招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 九鬼寛明、曾我康一、西垣南歩、竹中悠人、山口雅利、石水毅、高橋大輔、小竹敬久
2. 発表標題 シロイヌナズナmur1-1胚軸をモデルとした細胞壁の化学/物理学的特性の解析
3. 学会等名 日本植物学会第84回大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 豊田秀斗、大田守浩、西垣南歩、石川勇人、小竹敬久、澤進一郎
2. 発表標題 サツマイモネコブセンチュウに対する誘引物質の探索
3. 学会等名 日本植物学会第84回大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 松山佳織、石田卓也、岸根尚美、藤本 瑞、砂川直輝、小竹敬久、円谷陽一、鮫島正浩、五十嵐圭日子、金子 哲
2. 発表標題 白色腐朽菌 <i>Phanerochaete chrysosporium</i> 由来 GH ファミリー43 エキソ-ガラクターナーゼの構造解析
3. 学会等名 日本応用糖質科学会 2020 年度大会（第 69 回）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Bussarin Wachananawat、黒羽剛、竹中悠人、梶浦裕之、榎元悟史、横山隆亮、石崎公庸、石水毅
2. 発表標題 植物細胞壁ペクチン成分ラムノガラクトソロナン ラムノース転移酵素遺伝子の糖転移酵素ファミリー106における多様性
3. 学会等名 日本応用糖質科学会 2020 年度大会 (第 69 回)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 梅澤輝、中澤小夏、伏信進矢、西垣南歩、円谷陽一、高橋大輔、小竹敬久
2. 発表標題 シロイヌナズナにおける二つ目のUDP-L-アラビノース合成経路
3. 学会等名 第62回日本植物生理学会年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 石水毅
2. 発表標題 植物糖鎖生合成に関わる新規糖転移酵素
3. 学会等名 第93回日本生化学会大会 (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 梅澤輝、松村理奈、曳田優、高橋大輔、円谷陽一、小竹敬久
2. 発表標題 二機能性UDP-グルコース4-エピメラーゼの性状と生理的役割
3. 学会等名 第61回日本植物生理学会年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 山本怜見、李克、中田真太郎、神谷岳洋、阿部桃太、梅澤輝、小竹敬久、三輪京子、藤原徹
2. 発表標題 低ホウ素状態で主根がよく伸長するシロイヌナズ変異株の解析
3. 学会等名 日本土壌肥料学会2019年度静岡大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 榊原 恵子, 川井 絢子, 小竹 敬久, 西山 智明
2. 発表標題 PpWOX13LAB遺伝子は細胞壁成分の調節 を介して幹細胞形成を制御する
3. 学会等名 日本植物学会第83回大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 九鬼 寛明, 横山 隆亮, 黒羽 剛, 小竹 敬久, 西谷 和彦
2. 発表標題 細胞壁構築時におけるキシログルカンの機能解析
3. 学会等名 日本植物学会第83回大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 阿部 桃太, 山梨 優貴子, 西垣 南歩, 空屋 公介, 円谷 陽一, 小竹 敬久
2. 発表標題 GDP-マンノース合成におけるKONJACタンパク質の役割
3. 学会等名 日本植物学会第83回大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kotake Toshihisa, Yoshimi Yoshihisa, Hara Katsuya, Tanaka Nobukazu, Higaki Takumi, Tsumuraya Yoichi
2. 発表標題 Fungal glycoside hydrolases as tools for functional analysis of type II AGs
3. 学会等名 The 15th Cell Wall Meeting (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Fujimori Tae, Matsuda Ryoko, Suzuki Mami, Takenaka Yuto, Kajiura Hiroyuki, Takeda Yoichi, Ishimizu Takeshi
2. 発表標題 Preparation of UDP-apiose, a substrate of the apiosyltransferase involved in pectin rhamnogalacturonan II biosynthesis.
3. 学会等名 The 15th Cell Wall Meeting (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Takenaka Yuto, Matsumoto Naoki, Imai Tomoya, Kajiura Hiroyuki, Ishimizu Takeshi
2. 発表標題 Biochemical characterization of pectinrhamnogalacturonan I galactosyltransferase.
3. 学会等名 The 15th Cell Wall Meeting (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 石水毅, 竹中悠人, Bussarin Wachananawat, 梶浦裕之
2. 発表標題 植物細胞壁ペクチン生合成機構解明への幕開け
3. 学会等名 第68回日本応用糖質科学会大会応用糖質科学シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 藤森多恵、松田諒子、鈴木真未、竹中悠人、梶浦裕之、武田陽一、石水毅
2. 発表標題 UDP-アピオースの調製法とアピインアピオース転移酵素の活性検出
3. 学会等名 第20回関西グライコサイエンスフォーラム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小竹敬久、原克弥、佐藤一樹、吉見圭永、北澤仁成、円谷陽一
2. 発表標題 カラマツのアラビノガラクトンのヤリブ試薬反応性
3. 学会等名 日本植物学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 原克弥、澤田鉄兵、吉見圭永、円谷陽一、小竹敬久
2. 発表標題 シロイヌナズナAGP4単一分子種の糖鎖構造
3. 学会等名 日本植物学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 菊池馨、澤進一郎、円谷陽一、小竹敬久
2. 発表標題 AGPによる細胞成長制御に関する未知因子の探索
3. 学会等名 日本植物学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kotake T.
2. 発表標題 Disorganization of tissues caused by type II AG degradation
3. 学会等名 VIII. Cell Wall Research Conference (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Takenaka Y., Kato K., Ogawa-Ohnishi M., Tsuruhama K., Kajiura H., Yagyū K., Takeda A., Takeda Y., Kunieda T., Hara-Nishimura, I., Kuroha T., Nishitani K., Matsubayashi Y., and Ishimizu T.
2. 発表標題 Pectin RG-I rhamnosyltransferases represent a novel plant-specific glycosyltransferase family, GT106
3. 学会等名 VIII. Cell Wall Research Conference (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Fujimori T., Matsuda R., Suzuki M., Takenaka T., Kajiura H., Takeda Y., and Ishimizu T
2. 発表標題 Preparation of UDP-apiose, a donor substrate of a glycosyltransferase involved in pectin biosynthesis
3. 学会等名 VIII. Cell Wall Research Conference (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Takenaka Y., Kato K., Ogawa-Ohnishi M., Tsuruhama K., Kajiura H., Yagyū K., Takeda A., Takeda Y., Kunieda T., Hara-Nishimura, I., Kuroha T., Nishitani K., Matsubayashi Y., and Ishimizu T.
2. 発表標題 RRT1, a pectin RG-I: rhamnosyltransferase, plays a role for seed mucilage production.
3. 学会等名 VIII. Cell Wall Research Conference (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 竹中悠人、加藤耕平、小川(大西)真里、鶴浜加奈、梶浦裕之、柳生健太、竹田篤史、武田陽一、國枝正、西村いくこ、黒羽剛、西谷和彦、松林嘉克、石水毅
2. 発表標題 新規糖転移酵素ファミリーGT106を構成するペクチン生成酵素の機能解析
3. 学会等名 第19回関西グライコサイエンスフォーラム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 竹中悠人、加藤耕平、小川(大西)真里、鶴浜加奈、梶浦裕之、柳生健太、竹田篤史、武田陽一、國枝正、西村いくこ、黒羽剛、西谷和彦、松林嘉克、石水毅
2. 発表標題 新規糖転移酵素ファミリーに属する植物細胞壁ペクチンラムノース転移酵素の同定と機能解析
3. 学会等名 第37回日本糖質学会年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 藤森多恵、松田諒子、鈴木真未、竹中悠人、梶浦裕之、武田陽一、石水毅
2. 発表標題 植物細胞壁ペクチンRG-IIの生合成に必要なUDP-アピオース単離法の開発
3. 学会等名 第37回日本糖質学会年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 大橋貴生、光吉祐太郎、間平由梨佳、三崎亮、石水毅、藤山和仁
2. 発表標題 糸状菌Aspergillus aculeatus由来ラムノガラクトツロナーゼの酵素特性解析
3. 学会等名 第37回日本糖質学会年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 東篤志、鈴木史朗、坂直樹、山村正臣、石水毅、三上文三、梅澤俊明
2. 発表標題 アスパラガスcis-ヒノキレジノール合成酵素 サブユニットのX線結晶構造解析
3. 学会等名 第36回植物細胞分子生物学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 竹中悠人、Bussarin Wachananawat、加藤耕平、梶浦裕之、石水毅
2. 発表標題 植物細胞壁ペクチンラムノガラクトツロナンIの生合成に関わるラムノース転移酵素
3. 学会等名 第67回日本応用糖質科学学会大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 竹中悠人、Bussarin Wachananawat、梶浦裕之、石水毅
2. 発表標題 新規GT106ファミリーに属するペクチンRG-I:ラムノース転移酵素の研究
3. 学会等名 第91回日本生化学会大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 藤森多恵、松田諒子、鈴木真未、豊田智優、竹中悠人、梶浦裕之、武田陽一、石水毅
2. 発表標題 植物細胞壁ペクチンRG-IIの生合成に必要なUDP-アピオース単離法の開発
3. 学会等名 日本応用糖質科学学会第44回近畿支部会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 豊田智優、藤森多恵、梶浦裕之、竹中悠人、三輪京子、石水毅
2. 発表標題 ペクチンラムノガラクトツロナンIIの生合成に関するアピオース転移酵素の活性検出
3. 学会等名 日本農芸化学会大会2019年度大会
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 白木 賢太郎（部分執筆：石水毅）	4. 発行年 2020年
2. 出版社 東京化学同人	5. 総ページ数 4
3. 書名 相分離生物学の全貌（現代化学増刊46）	

〔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	石水 毅 (Ishimizu Takeshi) (30314355)	立命館大学・生命科学部・教授 (34315)	

	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 協力者	高橋 大輔 (Daisuke Takahashi) (20784961)	埼玉大学・大学院理工学研究科・准教授 (12401)	
研究 協力者	曾我 康一 (Soga Kouichi) (00336760)	大阪公立大学・大学院理学研究科・教授 (24405)	

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
研究協力者	山口 雅利 (Yamaguchi Masatoshi) (20373376)	埼玉大学・大学院理工学研究科・准教授 (12401)	

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1件

国際研究集会 The 7th International Conference on Plant Cell Wall Biology	開催年 2021年～2021年
---	--------------------

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