

令和 2 年 5 月 25 日現在

機関番号：17102

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17H03966

研究課題名(和文)ピルビン酸含有酸性糖鎖の生物界における分布および生合成と生理的役割の解明

研究課題名(英文) Diversity and biological roles of pyruvic acid-containing oligosaccharides

研究代表者

竹川 薫 (Takegawa, Kaoru)

九州大学・農学研究院・教授

研究者番号：50197282

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、ピルビン酸含有糖鎖の生物界における分布とその構造の特徴、さらに本酸性糖鎖の生理的役割について明らかにすることを目的としている。申請者は、分裂酵母糖鎖へのピルビン酸を転移する酵素Pvg1の立体構造および酵素化学的特性を明らかにしてきた。そこで分裂酵母Pvg1と相同性の高い遺伝子をデータベースから検索したところ、分裂酵母4種だけでなく、糸状菌や海洋生物などに広く存在することがわかった。ホモログ遺伝子の活性について、分裂酵母を用いて解析を行ったところ、分裂酵母4種全てに活性は認められたが、他のホモログ遺伝子では基質特異性やピルビン酸の付加様式が異なっていることが強く示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

生物の細胞表面は糖鎖で覆われており、その糖鎖構造が細胞間の認識や細胞形態の維持に重要である。分裂酵母の細胞表面糖鎖には、酸性糖鎖としてピルビン酸化ガラクトース(PvGal)が存在する。PvGalは原核生物では普遍的に存在するが真核生物ではほとんど解析が行われていない。分裂酵母は最も研究が行われている Schizosaccharomyces pombe 以外に3種知られている。分裂酵母4種の糖鎖構造を比較した結果、特徴的な構造の違いはあるがPvGal含有糖鎖の構造は保存されていることがわかった。さらに糸状菌などの遺伝子比較から PvGal含有糖鎖は予想以上に広く真核生物に存在する可能性が示唆された。

研究成果の概要(英文)：Negatively-charged glycans, which are formed by the addition of negatively charged groups at the non-reducing terminus of the extracellular glycans, are known to play critical roles in cell-cell communication through negative charges and structural specificities. In the fission yeast *S. pombe*, pyruvylated 1,3-linked Gal (PvGal) caps are found to be attached at the terminal 1,2-linked Gal residues. A BLAST search of gene databases in *Schizosaccharomyces* identified genes homologous to *pvg1* encoding pyruvyltransferase of *S. pombe*. These genes, when expressed in an *S. pombe* *pvg1*Δ strains, led to the pyruvylation of non-reducing terminal -linked Gal, indicating the biosynthetic pathway of PvGal-containing oligosaccharides is highly conserved in fission yeasts.

研究分野：応用微生物学

キーワード：分裂酵母 ピルビン酸 酸性糖鎖 ピルビン酸転移酵素

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

分裂酵母 *Schizosaccharomyces pombe* は、他の酵母と同様に主に多糖からなる細胞壁に覆われている。分裂酵母の細胞壁構成成分としてガラクトピラノースが存在することは古くから知られていたが、機能については全く不明であった。そこで我々は、分裂酵母のガラクトース鎖がどのような機能を果たしているかを明らかにするため、ガラクトース欠損変異株の取得を試みた。その結果、*gms1* 変異株というガラクトースを完全に欠失した変異株の取得に成功した(BBRC, 232, 121-125, 1997)。分裂酵母 *gms1* 遺伝子はゴルジ体にガラクトース転移酵素の基質である UDP-ガラクトースを供給する新奇糖ヌクレオチド輸送体をコードしており、本遺伝子の欠損により細胞形態の異常や細胞表層糖鎖の厚みが減少することを見いだした。分裂酵母のガラクトース欠損 *gms1* 株は細胞形態異常や胞子形成欠損など、様々な表現型を示したが生育には必須ではないことがわかった(Yeast, 18, 903-914, 2001)。さらに我々は、細胞が構成的に凝集する変異株(*gsf1*)を取得し、その凝集はガラクトースで阻害されることから、分裂酵母の非性的凝集はガラクトースを介して行われていることを明らかにした(J. Bacteriol. 181, 1356-1359, 1999)。このように分裂酵母は細胞間のコミュニケーションにガラクトースを利用していることがわかり、分裂酵母が他の酵母の糖鎖成分には存在しないガラクトースを持つ優位性を明らかにすることができた。分裂酵母ゲノム中には他にも複数のガラクトース転移酵素遺伝子が存在しており、さらに申請者らは、分裂酵母ゲノムから糖転移酵素遺伝子を網羅的に検索して、3つの α 1,3-ガラクトース転移酵素遺伝子を新たに同定することができた(Ohashi et al. J. Biol. Chem. 287, 38866-38875, 2012)。以上のように我々は、分裂酵母のガラクトース鎖の生合成機構と役割については明らかにすることができた。

出芽酵母の細胞表層糖鎖には、マンノースがリン酸化されたマンノース 6-リン酸が存在して、細胞表層に負電荷を与えている。一方、分裂酵母 *S. pombe* の細胞表層糖鎖には、ガラクトースにピルビン酸が付加したピルビン酸化ガラクトース(PvGal)が存在する。しかし *S. pombe* における糖鎖へのピルビン酸化の役割などは不明であった。そこで *S. pombe* の推定ピルビン酸転移酵素である *pvg1* 遺伝子を大腸菌で発現・精製して、酵素反応を行ったところ、単独のタンパク質でピルビン酸転移活性を示すことを初めて明らかにした(Yoritsune et al. FEBS Lett. 587, 917-921, 2013)。さらに出芽酵母の凝集素 *FLO1* と相同性の高い遺伝子が分裂酵母ゲノムに見いだせなかったことから、分裂酵母の細胞間認識に重要である、細胞表層に局在するガラクトース認識レクチン様遺伝子の同定も全く行われていなかった。そこで我々は、凝集株で特異的に発現している遺伝子についてマイクロアレイ解析により検索を行い、*gsf2* 遺伝子産物が分裂酵母の非性的凝集素であることを明らかにした(Matsuzawa et al. Mol. Microbiol. 82, 1531-1544, 2011)。以上のように、*S. pombe* におけるピルビン酸化付加機構と PvGal の生理的役割の一部を明らかにすることができた。

2. 研究の目的

本研究は、これまで全く明らかにされていない、ピルビン酸含有糖鎖の生物界における分布とその構造の特徴、さらに本酸性糖鎖の生理的役割について明らかにすることを目的としている。我々は、分裂酵母糖タンパク質糖鎖へのピルビン酸を転移する酵素 *Pvg1* の立体構造と酵素化学的特性を明らかにしてきた(Higuchi et al. Sci. Rep. 6:26349, 2016)。本研究を通して、分裂酵母はピルビン酸含有糖鎖を細胞間認識などに利用していることがわかってきた。そこで糖鎖へのピルビン酸付加の鍵酵素であるピルビン酸転移酵素の配列比較解析と、細胞表層多糖および糖鎖の構造解析や結合タンパク質の同定などを組み合わせることで、バクテリアから高等生物までのピルビン酸含有糖鎖の生物界における分布を明らかにすることを試みた。

3. 研究の方法

本申請研究では、分裂酵母野生株に ARC039 株(h-ura4-C190T leu1-32)および ARC001 株 (h-leu1-32)を用いた。分裂酵母の培養には栄養培地として YES 培地、最小培地として MM 培地を用いた。分裂酵母の形質添加は簡易形質転換法(Morita and Takegawa, Yeast, 21, 613-617, 2004)で行った。分裂酵母遺伝子の破壊は *ura4* カセットマーカーを用いて相同組換えにより行った。

4. 研究成果

(1) 分裂酵母のピルビン酸化ガラクトース含有糖鎖を分解する酵素の同定と構造解析
分裂酵母 *Schizosaccharomyces pombe* の N-結合型糖鎖には、酸性糖鎖として非還元末端のガラクトースにピルビン酸が付加されたピルビン酸化ガラクトース(PvGal)が存在する。分裂酵母において PvGal の生合成に関与する遺伝子については報告されているが、分裂酵母の PvGal 代謝機構や、PvGal 含有糖鎖を分解する酵素に関する報告はこれまで全くない。そこで本研究では、土壌細菌の中から分裂酵母の PvGal 含有糖鎖を分解する酵素の探索を行い、その諸性質について解析を行った。酵素検索性の基質として、pNP- β -Gal から分裂酵母のピルビン酸転移酵素 *Pvg1p* により pNP- β -PvGal を合成した。各地から採取した土壌サンプルの培養液を粗酵素液として pNP- β -PvGal と反応させたところ、最終的にグラム陽性 1 細菌の菌体破砕液に pNP- β -PvGal から pNP を遊離する酵素活性を確認した。16S rRNA 配列解析の結果、本菌は *Bacillus cereus* と近縁であることがわかった。この菌体破砕液を用いて諸性質を調べたところ、本菌の粗酵素液は pNP- β -PvGal 分解活性を示すが、微弱な pNP- β -Gal 分解活性も有していた。次に、酵素反応液を薄層ク

ロマトグラフィーで解析したところ、本菌の酵素は pNP-β-PvGal を pNP と PvGal とに分解する新奇な酵素であることが強く示唆された。さらに、本菌の全ゲノム配列の解読を試みた。全推定 ORF の中から、糖質加水分解酵素と推定される遺伝子について、大腸菌で発現させて pNP-β-PvGal 分解酵素遺伝子を同定することができた。

本酵素は GH (Glycoside Hydrolase)2 ファミリーに属する酵素で、至適 pH は 7.5 であった。また pNP-β-PvGal 以外に、pNP-β-D-Glc や pNP-β-D-Xyl などでも分解することがわかった。さらに本精製酵素は pNP-β-PvGal だけでなく、分裂酵母の生菌体からも PvGal を遊離することを明らかにした。次に本酵素の特異性をさらに解析するため、X 線構造解析を試みた。その結果、2.45Å の解像度で構造決定をすることができた。さらに基質である pNP-β-PvGal との再結晶解析および点変異体の活性測定解析の結果、PvGal 遊離活性に重要な複数のアミノ酸残基を同定することができた(図 1)。本酵素と相同性の高い遺伝子は、複数のバクテリアのゲノムに存在することがわかったが、分裂酵母ゲノムには存在せず、分裂酵母が PvGal 含有糖鎖をどのように代謝するのかについては、明らかにすることができなかった。



図 1 *Bacillus* 属細菌由来 PvGal 遊離酵素の立体構造

(2) フコース含有 N-結合型糖鎖を遊離する新規エンドグリコシダーゼの同定と構造解析
糖鎖の中で N-結合型糖鎖はタンパク質の Asn (アスパラギン) 残基に結合した糖鎖である。我々は、分裂酵母のピルビン酸転移酵素である Pvg1 タンパクに変異を与え、これまで合成されたことのない、N-結合型糖鎖にピルビン酸が付加された糖鎖を合成することに成功した(Higuchi et al. *Sci. Rep.* 6:26349, 2016)。そこで、ピルビン酸含有 N-結合型糖鎖の応用として、バイオ医薬品にこの糖鎖を付加して、その生物活性などがシアル酸含有 N-結合型糖鎖とどのように異なっているか解析することにした。その糖鎖付加にエンド-β-N-アセチルグルコサミニダーゼ(ENGase)による糖鎖変換技術を利用することを考えた。ENGase はコア部分のキトビオース(GlcNAc-β1,4-GlcNAc)の結合を切断して N-結合型糖鎖のエンド型に遊離する酵素である。ENGase は糖鎖を切り離すだけでなく、糖転移活性を付与した変異体と活性化した修飾糖鎖を用いることにより高い収率で糖鎖を「すげかえる」ことができるため、抗体などの糖タンパク質の糖鎖を均一化することができるため注目されている。バイオ医薬品は現在、CHO 細胞などの高等動物由来の細胞で主に生産されている。しかし、哺乳動物においてはしばしばそのコア部分にフコースが結合しており、これまで報告されている ENGase では、フコース含有 N-結合型糖鎖を遊離することが困難である。そこで我々はフコース含有 N-結合型糖鎖を遊離可能な新たな基質特異性を有する ENGase の検索を行った。その結果、土壌から分離された *Sphingobacterium* 属グラム陰性細菌が ENGase 酵素活性を有していることを見出した(Endo-SB)。基質特異性解析の結果、本酵素はこれまで報告されている ENGase と比較して、特異的にフコース含有糖鎖の遊離活性が高いことがわかった。データベースを検索したところ、Endo-SB と相同性の高い酵素は冬虫夏草の 1 種であるサナギタケ(*Cordyceps militaris*)ゲノムにも存在することがわかった(Endo-CoM)。そこでさらに基質特異性の解析を行うために、Endo-CoM の結晶構造解析を行った。アボ状態 (分解能 1.75 Å)、

フコース(Fuc)結合状態 (分解能 1.80 Å)、Fuc-GlcNAc 結合状態 (分解能 2.10 Å)、Fuc-GlcNAc-Asn 結合状態 (分解能 2.35 Å) の立体構造を決定することに成功した(図 2)。立体構造解析の結果、Endo-CoM がコアフコースを特異的に認識して切断する分子機構の詳細が明らかになった。ENGase により糖鎖が均一化された抗体は機能向上することが認められているため、本研究により明らかになった ENGase のコアフコース認識機構は、バイオ医薬品の品質管理に向けた、今後のタンパク質工学による機能向上の基盤になると期待される。

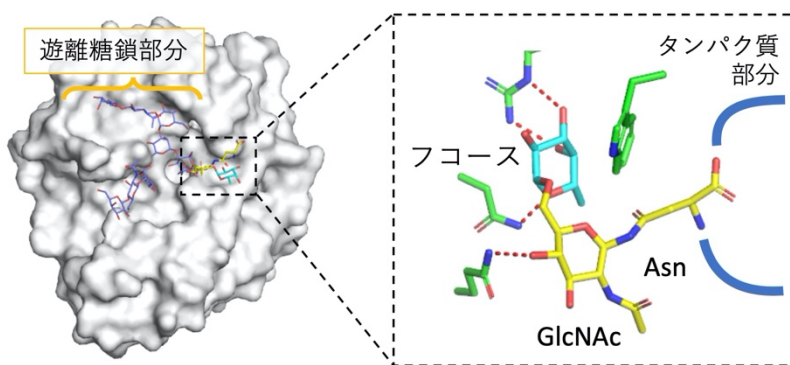


図 2 冬虫夏草由来 Endo-CoM の全体の立体構造 (左) と糖鎖糖鎖のフコース残基がどのように配置しているかを拡大した (右)

本申請期間内には実施できなかったが、ピルビン酸含有 N-結合型糖鎖を付加したバイオ医薬品糖タンパク質の生物活性の解析を現在進めている。

(3) 分裂酵母 4 種の細胞表層糖鎖の構造比較解析

分裂酵母 *Schizosaccharomyces pombe* の細胞表層糖鎖に存在するガラクトースは、*S. pombe* の細胞間認識機構に重要な役割を果たしている。*S. pombe* 糖鎖のガラクトース残基には、酸性基としてピルビン酸が付加しており、糖鎖末端のピルビン酸がガラクトースを介した非性的凝集を抑制することで、細胞間の認識に重要な役割を果たすことを当研究室にて明らかにしている。ピルビン酸含有糖鎖は原核生物に普遍的に見られるが、真核生物においてはほとんど報告がなく、海洋性海綿動物 (*Microciona prolifera*) の PvGal 残基が、同種細胞間の凝集過程に重要であるという報告がなされているのみである。そこで本申請研究では、真核生物界におけるピルビン酸含有糖鎖の分布、および生合成機構の解明、さらに本酸性糖鎖の生理的意義の解明を目指した。分裂酵母 *S. pombe* において、細胞表層にピルビン酸が付加されない変異株が Trimble らにより取得され、4 つの *pvg* 遺伝子が同定された(1)。その中で、Pvg1 はゴルジ体においてホスホエノールピルビン酸を基質とするピルビン酸転移酵素であることを我々は明らかにした(Yoritsune et al. FEBS Lett. 587, 917-921, 2013)。また、Pvg2, 3, 5 は Pv 転移反応に必要な、 β 1,3 結合でのガラクトース付加に関与することが構造解析から報告されているが、詳しい生合成機構については明らかになっていない。Pvg2 と Pvg5 に関しては、既知のタンパク質との高い相同性は見られなかったものの、*S. pombe* 以外の 3 つの *Schizosaccharomyces* 属酵母ゲノムにもホモログ遺伝子が存在することがわかった。そこで、これら 4 つの遺伝子の発現を RT-PCR により確認したところ、いずれの種においても構成的な発現が確認された。この結果から *Schizosaccharomyces* 属内で Pv 含有糖鎖の生合成機構が保存されていることが予想されたため、N-結合型糖鎖を抽出し、構造解析を行った。NMR 解析他の結果から、*Schizosaccharomyces* 属 4 種の細胞表層糖鎖には全てピルビン酸が付加されていることが明らかになった。さらに、*S. pombe* 以外の *Schizosaccharomyces* 属酵母が持つ Pvg1 ホモログを *S. pombe*Δ*pvg1* で発現させた結果、ピルビン酸化レベルが回復した。以上の結果から、*S. pombe* 以外の *Schizosaccharomyces* 属酵母についても、Pvg1 ホモログは糖鎖末端のガラクトース残基への付加反応に関与することがわかった。HPLC を用いたさらに詳細な構造解析から、分裂酵母 4 種の糖鎖構造は全体的には類似した構造を有しているが、ピルビン酸が付加するための還元末端付近は明確な相違点があることを明らかにできた(図 3)。今後、これらの糖鎖構造の違いが、分裂酵母同士の細胞間認識機構に影響を与えるのか解析を行っていく予定である。

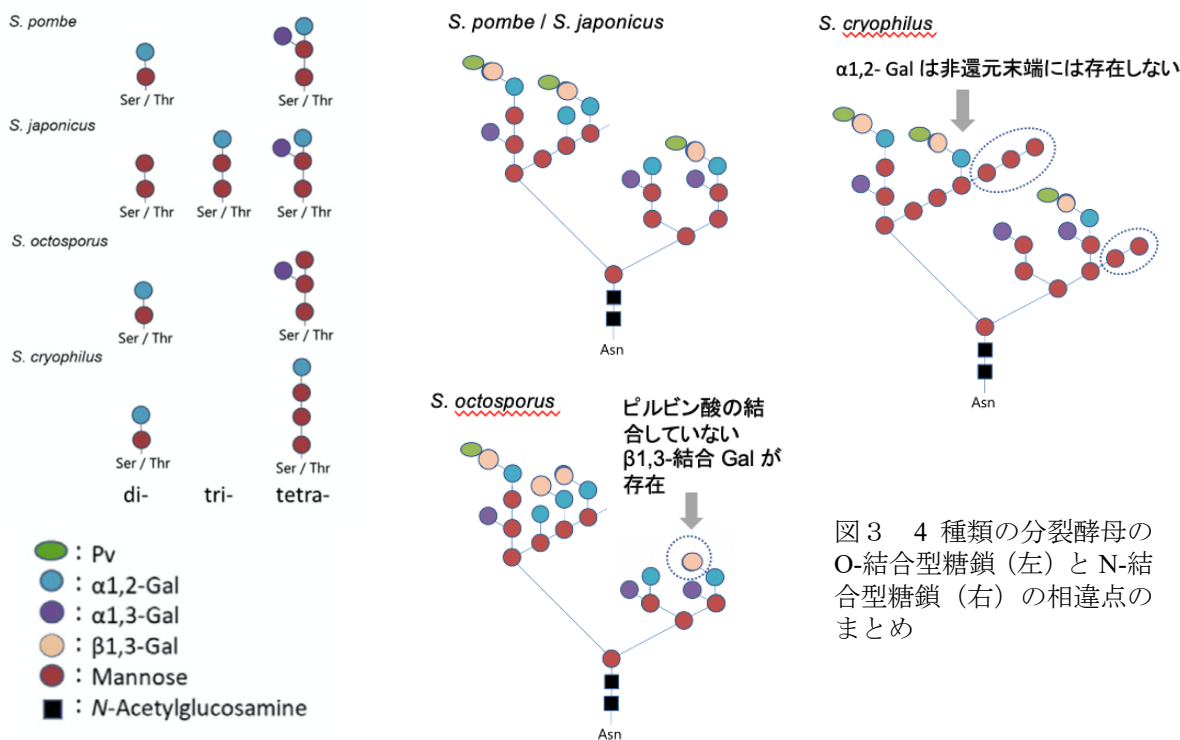


図 3 4 種類の分裂酵母の O-結合型糖鎖 (左) と N-結合型糖鎖 (右) の相違点のまとめ

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計7件（うち査読付論文 6件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 5件）

1. 著者名 Higuchi Y, Matsufuji H, Mori K, Matsunaga E, Tashiro K, Takegawa K	4. 巻 7
2. 論文標題 Draft genome sequence of <i>Bacillus</i> sp. HMA207, a strain that exhibits α -D-galactosidase activity to release pyruvylated galactose	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Microbiol Resour Announc	6. 最初と最後の頁 e01169-18, 1-2
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1128/MRA.01169-18	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 Higuchi Y, Matsufuji H, Tanuma M, Arakawa T, Mori K, Yamada C, Shofia R, Matsunaga E, Tashiro K, Fushinobu S, Takegawa K	4. 巻 8
2. 論文標題 Identification and characterization of a novel α -D-galactosidase that releases pyruvylated galactose.	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 12013, 1-13
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1038/s41598-018-30508-4	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 竹川 薫、樋口裕次郎	4. 巻 55
2. 論文標題 ビルビン酸含有酸性糖鎖の生物における分布と役割	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 化学と生物	6. 最初と最後の頁 738-742
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 -
1. 著者名 Huang Y, Higuchi Y, Kinoshita T, Mitani A, Eshima Y, Takegawa K	4. 巻 8
2. 論文標題 Characterization of novel endo- α -N-acetylglucosaminidases from <i>Sphingobacterium</i> species, <i>Beauveria bassiana</i> and <i>Cordyceps militaris</i> that specifically hydrolyze fucose-containing oligosaccharides and human IgG.	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 246
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1038/s41598-017-17467-y.	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 Huang Y, Higuchi Y, Mori K, Yamashita R, Okino N, Tashiro K, Takegawa K	4. 巻 6
2. 論文標題 Draft Genome Sequence of <i>Spingobacterium</i> sp. Strain HMA12, Which Encodes Endo- α -N-Acetylglucosaminidases and Can Specifically Hydrolyze Fucose-Containing Oligosaccharides.	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Genome Announcements	6. 最初と最後の頁 e01525-17
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1128/genomeA.01525-17.	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 Seki H, Huang Y, Arakawa T, Yamada C, Kinoshita T, Iwamoto S, Higuchi Y, Takegawa K, Fushinobu S	4. 巻 295
2. 論文標題 Structural basis for specific cleavage of core-fucosylated N-glycans by endo- α -N-acetylglucosaminidase from <i>Cordyceps militaris</i> .	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Biological Chemistry	6. 最初と最後の頁 17143-17154
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1074/jbc.RA119.010842	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 Fukunaga T, Tanaka N, Furumoto T, Nakakita S, Ohashi T, Higuchi Y, Maekawa H, Takegawa K	4. 巻 130
2. 論文標題 Characterization of N- and O-linked galactosylated oligosaccharides from fission yeast species	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Bioscience and Bioengineering	6. 最初と最後の頁 in press
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jbiosc.2020.03.008	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 -

〔学会発表〕 計16件 (うち招待講演 5件 / うち国際学会 2件)

1. 発表者名 Shofia R, Fukunaga T, Higuchi Y, Maekawa H, Takegawa
2. 発表標題 Functional characterization of pyruvyltransferase Pvg1 in fission yeast species.
3. 学会等名 第55回化学関連支部合同九州大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Fukunaga T, Higuchi Y, Maekawa H, Takegawa K
2. 発表標題 Analysis of proteins involved in the biosynthesis of pyruvylated oligosaccharides in fis-sion yeasts.
3. 学会等名 JSBBA West 1st Student Forum
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 藤野友輔, 樋口裕次郎, 竹川 薫
2. 発表標題 非性的凝集素Gsf2を介した分裂酵母の細胞間認識機構の解析
3. 学会等名 第25回日本生物工学会九州支部鹿児島大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 藤野友輔, 陶山明子, 樋口裕次郎, 竹川 薫
2. 発表標題 分裂酵母における非性的凝集素Gsf2のガラクトース鎖認識部位の探索
3. 学会等名 第54回化学関連支部合同九州大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 吉田武史, 樋口裕次郎, 竹川 薫
2. 発表標題 分裂酵母ゲノム上に存在するガラクトース転移酵素の機能解析
3. 学会等名 第54回化学関連支部合同九州大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Huang Y, Higuchi Y, Kinoshita T, Mitani A, Eshima Y, Takegawa K.
2. 発表標題 Identification and characterization of novel fucose-containing oligosaccharides-specific endo- α -N-acetylglucosaminidases from <i>Sphingobacterium</i> species
3. 学会等名 日本農芸化学会関西・中四国・西日本支部2017年度合同大阪大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 竹川 薫
2. 発表標題 ビルビン酸化糖鎖の微生物における生合成と役割
3. 学会等名 第15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 2017年

1. 発表者名 Huang Y, Higuchi Y, Kinoshita T, Mitani A, Eshima Y, Takegawa K
2. 発表標題 Endo-SBs, novel endo- α -N- acetylglucosaminidases from <i>Sphingobacterium</i> species with fucose-containing oligosaccharides-specific endoglycosidase activity
3. 学会等名 AFELiSA 2017（国際学会）
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 竹川 薫
2. 発表標題 新しい基質特異性を持ったエンドグリコシダーゼの探索とその応用
3. 学会等名 第8回グライコバイオロジクス研究会（招待講演）
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 竹川 薫
2. 発表標題 微生物に特有な細胞表層糖鎖の合成と分解に関わる酵素の利用
3. 学会等名 かがわ糖質バイオフォーラム、複合糖質・糖鎖研究会（招待講演）
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 竹川 薫
2. 発表標題 糖類や糖鎖を介した微生物と高等動物の相互作用
3. 学会等名 日本農芸化学会2018年度大会（招待講演）
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 野田滉陽，黄 一博，樋口裕次郎，竹川 薫
2. 発表標題 昆虫病原糸状菌 <i>Beauveria bassiana</i> ゲノムに存在するGH18ファミリーエンドグリコシダーゼの諸性質の解析
3. 学会等名 第25回日本生物工学会九州支部鹿児島大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 福永高大、樋口裕次郎、前川裕美、田中直孝、竹川 薫
2. 発表標題 <i>Schizosaccharomyces</i> 属におけるピルビン酸含有糖鎖の構造解析
3. 学会等名 日本農芸化学会2019年度大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Takegawa K, Huang Y, Kinoshita T, Mitani A, Eshima Y, Higuchi Y
2. 発表標題 Production of heterologous glycoproteins in fission yeast and transglycosylation of complex-type oligosaccharides using microbial endoglycosidases
3. 学会等名 Joint International Symposium of Korean Society of Life Science and Interdisciplinary Society of Genetic & Genomic Medicine (招待講演)(国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 福永嵩大、樋口裕次郎、前川裕美、田中直孝、竹川 薫
2. 発表標題 Schizosaccharomyces pombeにおけるピルビン酸含有糖鎖生成経路の解析
3. 学会等名 第52回酵母遺伝学フォーラム研究報告会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 福永嵩大、田中直孝、中北慎一、樋口裕次郎、前川裕美、竹川 薫
2. 発表標題 Schizosaccharomyces属における細胞表層糖鎖の構造解析
3. 学会等名 日本農芸化学会2020年度福岡大会
4. 発表年 2019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	樋口 裕次郎 (Higuchi Yujiro) (50732765)	九州大学・農学研究院・助教 (17102)	