

令和 2 年 6 月 18 日現在

機関番号：11301
研究種目：基盤研究(B) (一般)
研究期間：2016～2018
課題番号：16H04894
研究課題名(和文) 転写因子の機能解析から探るアスペルギルス属カビのアミラーゼ生産制御機構の多様性

研究課題名(英文) Diversity of the regulation mechanisms for amylase production in *Aspergillus* fungi investigated by functional analysis of transcription factors

研究代表者
五味 勝也 (Gomi, Katsuya)

東北大学・農学研究科・教授

研究者番号：60302197
交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,400,000円

研究成果の概要(和文)：麹菌ではマルトースが細胞内に取り込まれた後に変換されたイソマルトースがAmyR活性化に關与するが、黒麹菌と*Aspergillus nidulans*では細胞外でイソマルトースに変換されてAmyR活性化が起こるといふ制御機構の違いがあることが明らかとなった。黒麹菌では耐酸性 α -アミラーゼはAmyR制御下にあるがF1bCの制御を受けないこと、麹菌 α -アミラーゼのオーソログである非耐酸性 α -アミラーゼは構成的に生産されAmyRとは異なる制御を受けていることが分かった。転写因子F1bCが結合するシスエレメントをゲルシフトアッセイにより同定することができた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

アミラーゼの生産制御に關与する転写因子AmyRの活性化機構や固体培養特異的な発現を制御する転写因子F1bCの解析から、同じアスペルギルスに属する糸状菌でもアミラーゼ生産制御機構に似たところはあるものの、異なる分子機構を有していることが明らかになってきた。本研究成果により、学術モデルから産業利用されるアスペルギルスまでをカバーしたアミラーゼ生産制御機構の全容が明らかになるだけでなく、他の糸状菌における有用分解酵素の生産制御機構解明への道を開くことにつながることを期待される。

研究成果の概要(英文)：In *Aspergillus oryzae*, isomaltose that is converted from maltose incorporated into the cell, is involved in the activation of the transcription factor AmyR, while in *Aspergillus luchuensis* and *Aspergillus nidulans*, isomaltose extracellularly converted from maltose is involved in AmyR activation, indicating that regulation mechanism for AmyR activation is different among these three *Aspergillus* fungi. In *A. luchuensis*, the acid-stable α -amylase is under the control of AmyR but not under the control of F1bC. The acid-unstable α -amylase, Taka-amylase ortholog, is constitutively produced, suggesting the existence of a different regulation from AmyR. The cis-element bound by the transcription factor F1bC could be identified by gel shift assay.

研究分野：応用微生物学

キーワード：遺伝子発現制御 コウジカビ アミラーゼ生産 転写因子 固体培養 シスエレメント

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

わが国の醸造産業上必須な産業微生物である麹菌 *Aspergillus oryzae* が生産するアミラーゼ (α -アミラーゼ、グルコアミラーゼ、 α -グルコシダーゼ) は、デンプンやその分解産物であるマルトースの存在により誘導生産されることは古くから知られていたが、最近の分子遺伝学的な研究の結果、アミラーゼ生産を直接制御する転写因子 AmyR が同定され、さらに AmyR の転写活性化にはマルトースの細胞内取込みが必要であり、これに関与するマルトース資化 (MAL) クラスターに含まれる転写因子 MalR 及びマルトーストランスポーター MalP が重要であることが明らかになった。加えて、MAL クラスターに存在するマルターゼ MalT がマルトースを資化利用するだけでなく、アミラーゼ生産にも必須であることも明らかになった。一方、モデルカビである *Aspergillus nidulans* においては、AmyR の活性化の直接の基質はマルトースが菌体外 α -グルコシダーゼ AgdB により糖転移反応を受けたイソマルトースであることが報告されているが、麹菌では細胞内に輸送されたマルトースが MalT によりイソマルトースに変換され AmyR を活性化しているものと考えられる。興味深いことに、麹菌ではイソマルトースはほとんど細胞内に取込まれないにもかかわらず AmyR 活性化とアミラーゼ生産が速やかに起こってくることから、細胞内で変換されたイソマルトースによる AmyR 活性化とは別に細胞膜上のイソマルトースセンサーを介したシグナル伝達による活性化機構の存在が予想された。また *A. nidulans* の MAL クラスターに存在するマルターゼ MalT (AgdF) は AmyR 支配であり、麹菌とは異なる制御機構を有していることが推定される。一方、麹菌と同様産業上重要なアスペルギルスに焼酎麹菌 *Aspergillus luchuensis* や *Aspergillus niger* が知られているが、これらのいわゆる黒麹菌類もアミラーゼを高生産するものの、その生産制御機構はほとんど明らかになっておらず、ゲノム解析の結果、AmyR オートログは存在するが、麹菌や *A. nidulans* に存在する MAL クラスターは見出されない。このように同じアスペルギルスに属する菌でもアミラーゼ生産制御機構に似たところはあるものの、異なる分子機構を有していることが考えられる。さらに、麹菌や焼酎麹菌では清酒や焼酎製造に必須なグルコアミラーゼ (GlaB) や耐酸性 α -アミラーゼ (AamA) が固体培養特異的に生産されることが知られており、これらのアミラーゼ生産には AmyR の他に別の転写因子が必要ことが予想されていたが、最近新規転写因子 F1bC が GlaB 生産に必須であることが見出された。以上の研究成果をもとに、産業上重要なアスペルギルスのアミラーゼ生産制御機構の全容を明らかにするために、これらの菌種による制御機構の違い (= 多様性) や新たに見出された転写因子の機能を解明することが必要と考えられた。

2. 研究の目的

本研究では、麹菌と *A. nidulans* および黒麹菌を対象として、転写因子 AmyR の活性化機構ならびに新たに見出した F1bC の機能解析を併せて行うことにより、産業上重要なアスペルギルスのアミラーゼ生産制御機構の全容を明らかにすることを目的に、以下の目標を達成することを目指した。(1) AmyR 活性化基質のイソマルトースのセンシングに関わるセンサーまたはイソマルトースの細胞内輸送に関わるトランスポーターを特定し、遺伝子破壊やアミノ酸置換変異などによりその機能を明らかにする。(2) 麹菌と *A. nidulans* の amyR 破壊株を用いて AmyR スワッピング株と AmyR キメラ導入株を作製することにより両株における AmyR 活性化機構の違いを明らかにする。(3) 新規転写因子 F1bC が結合するシスエレメントを同定し、glaB 遺伝子発現における AmyR との協調的発現制御機構を明らかにする。(4) 黒麹菌において AmyR、F1bC、カーボンカタボライト抑制制御因子 CreA のアミラーゼ生産への関与を解析するとことにより、麹菌、*A. nidulans*、黒麹菌のアミラーゼ生産制御機構との相違の有無 (= 多様性) を明らかにする。

3. 研究の方法

(1) ゲノム情報と変異株スクリーニングにより、イソマルトースのセンシングに関わるセンサーまたはイソマルトースの細胞内輸送に関わるトランスポーターを探索する。(2) 麹菌と *A. nidulans* の amyR 破壊株を用いて、AmyR 交換株と AmyR キメラ導入株を作製し、マルトースなどの誘導基質特異的な核移行を観察する。(3) 新規転写因子 F1bC が結合するシスエレメントをゲルシフトアッセイなどにより同定する。(4) 黒麹菌において AmyR と F1bC、およびカーボンカタボライト抑制因子 CreA の遺伝子破壊株を作製し、アミラーゼ生産への影響を解析する。(5) 麹菌と黒麹菌において AmyR、MalR、F1bC、CreA の転写制御に関わる機能を解析する。

4. 研究成果

(1) イソマルトーストランスポーターまたはセンサー候補遺伝子の探索

麹菌と *A. nidulans* において HPLC を用いてマルトースおよびイソマルトースの細胞内取込みについて調べたところ、麹菌ではマルトースはマルトース輸送体 MalP により細胞内に速やかに取り込まれるが、イソマルトースはほとんど菌体内に取り込まれないことが再確認できた。一方、*A. nidulans* では細胞外のマルトースとイソマルトースも培養時間の経過に伴い減少したが、 α -グルコシダーゼ阻害剤であるカスチノスペルミン存在下ではいずれもほとんど減少が見られなくなり、マルトースもイソマルトースもともに細胞内にほとんど取り込まれないことが分かった (図 1)。黒麹菌でも同様の実験を行ったところ、*A. nidulans* と同じように黒麹菌でもマルトースもイソマルトースもほとんど細胞内に取り込まれないことが示された。このように、麹菌では

マルトースが細胞内に速やかに取り込まれるのに対し、黒麹菌と *A. nidulans* ではマルトースは細胞内に取り込まれないという違いがあることが明らかとなった。また、イソマルトースはいずれの菌種も細胞内に取り込まれないと考えられたが、AmyR 活性化は起こることから、イソマルトース輸送能がきわめて低いかまたは輸送能を示さないセンサー様膜タンパク質が存在することが示唆された。そこで、センサー様膜タンパク質の同定を目的に、酵母グルコースセンサー Rgt2・Snf3 やアミノ酸センサー Ssy1 が N 末端または C 末端領域に長い細胞質内ドメインを持っていることから、麹菌ゲノム情報からこのような特徴を持つトランスポーター様タンパク質の探索を試みた。170 個の膜タンパク質候補を抽出し、その N 末端または C 末端領域の細胞質内ドメインを調べたが、 α -グルコシドがリガンドとなる可能性のある候補は見いだせていない。一方、MalP と相同性が高く α -グルコシドのトランスポーターと予想される遺伝子を選択して、その破壊株を作製してイソマルトース存在下における α -アミラーゼ生産を調べた。麹菌には MalP に相同性が高い輸送体様タンパク質として AO090103000130 と AO090011000538 の 2 種類が存在する。いずれもそのオーソログが *A. nidulans* にも存在し、前者の遺伝子はいずれの種でもほとんど発現が認められない一方で、後者の遺伝子は比較的高い発現が認められていることから、AO090011000538 を標的として遺伝子破壊株を作製した。しかし、破壊株ではイソマルトース存在下においても α -アミラーゼ生産が認められ、目的とする遺伝子であるとは言えなかった。そこで、高発現により生育不良を引き起こす遺伝子を α -アミラーゼ遺伝子 *amyB* プロモーターに連結した融合遺伝子を導入し、イソマルトース存在下で生育可能となる突然変異株の取得を試みたところ、目的とする遺伝子を見出すことが期待できる有望な結果を得ることができた。

(2) 麹菌と *A. nidulans* における AmyR 活性化機構解析

麹菌と *A. nidulans* の AmyR は、N 末領域に存在する DNA 結合に關与する Zn₂Cys₆ タイプのジンクフィンガーモチーフの相同性は 100% であり、それを含むタンパク質前半部分の相同性はきわめて高いが、後半部分の相同性はやや低く、特に C 末端領域は麹菌 AmyR では 60 アミノ酸ほど短い。後半領域には転写活性化や抑制に關わるドメインが存在することが予測されているため、このような構造的な特性が両株におけるイソマルトースに対する応答性の違いを生んでいる可能性がある。そこで、麹菌と *A. nidulans* の *amyR* 破壊株に互いの GFP 融合 AmyR を導入することにより、イソマルトースとマルトース添加によるアミラーゼ生産と AmyR の核内移行に及ぼす影響を調べた。誘導基質非存在下および存在下での AmyR の局在を顕微鏡で観察した結果、いずれの株でも AmyR は誘導基質非存在下では細胞質に存在しており、マルトース添加時よりもイソマルトース添加時の方が早く核移行が認められた。低濃度のグルコース存在下ではいずれの株も 0.3 mM で部分的な核移行、3 mM で完全な核移行が認められたが、核移行に要する反応時間にはそれぞれ違いが見られ、*A. nidulans* に麹菌の AmyR を導入した株ではグルコース添加後 15 分で核移行が見られたのに対し、麹菌に *A. nidulans* の AmyR を導入した株ではグルコース添加後 45 分経過しないと核移行が認められなかった。一方、グルコースアナログである 6-デオキシグルコースを加えた条件でも同じように *A. nidulans* では AmyR の由来にかかわらず核移行が観察されたのに対し、麹菌では核移行は認められなかった。これらの結果は自身の AmyR を発現させた株と同様であったことから、AmyR の核移行に要する時間、すなわち AmyR の活性化、には AmyR 自身のアミノ酸配列は影響せず、AmyR が発現する細胞に由来する何らかの要素が大きく関わっていることが示唆された。

(3) F1bC の制御に關わる MAP キナーゼと推定結合シスエレメント領域の同定

麹菌 GlaB の生産に必須な転写因子として見出した F1bC は C₂H₂ タイプの転写因子であり、*A. nidulans* において分生子形成に關与していることが報告されており、麹菌においても *flbC* 破壊株は分生子形成に影響が認められている。しかし、分生子形成には F1bC 以外にも F1bA, F1bD, F1bE などの同様の転写因子が関わっているとされているが、それらの破壊株では GlaB 生産に影響は見られない。このことから、F1bC は他の転写因子とは異なる機能を有していると考えられ、その機能の一つが固体培養特異的な発現を示す *glaB* などの制御であると予想される。F1bC は固体培養の *glaB* の発現条件である低水分活性と菌糸成長阻害ストレス環境をミミックしたプレート培養法によるスクリーニングで見出されたため、この 2 つの環境要因のいずれかまたは両方に関与するかどうか調べたところ、低水分活性と菌糸成長阻害ストレスの両方の条件が揃わないと高い発現量が認められないことが分かった。また、低水分活性は高浸透圧ストレスとも関わることから、浸透圧ストレス応答に關与する MAP キナーゼ破壊株における GlaB 生産を調べた結果、*mpkA* または *mpkC* を破壊することで微弱の浸透圧ストレスにより GlaB が生産された。また *flbC* と *mpkC* の二重破壊株で GlaB 生産が認められなくなったことから MpkC が F1bC を負に

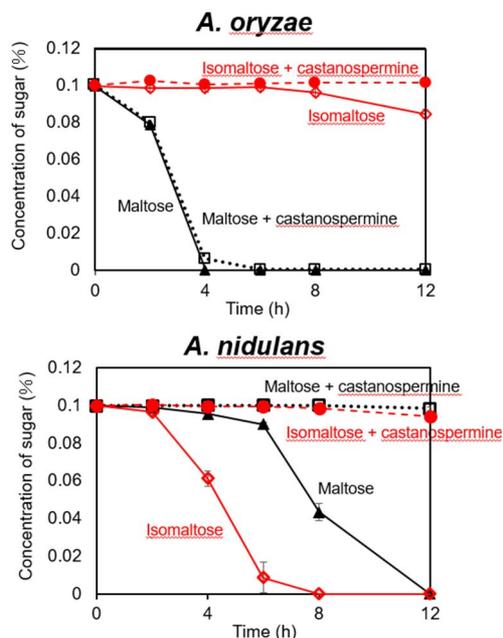


図1 細胞外マルトースとイソマルトース量の変化 (＝マルトースとイソマルトース細胞内取込み)

制御していることが示唆された。一方、すでに *glaB* のプロモーター解析により、発現に必須なシスエレメントを含む DNA 領域として AmyR が結合する配列 (Region III) の 60 bp ほど上流に存在する 15 bp の GC リッチな配列 [CGGNNAGNNGTCGGG] が報告されていた。これとは別に *A. nidulans* では MEME 解析により TGACGA[T/A] が FibC の結合配列であると推定されている。しかし、この配列に FibC が結合するかは不明であり、また *glaB* プロモーター領域にこの配列は見出されないため、FibC の結合配列を特定するため、*glaB* プロモーターの GC リッチ配列を含む DNA 断片と、大腸菌で発現させた FibC を用いてゲルシフトアッセイを行ったが、結合する結果は得られなかった。そこで、*glaB* プロモーター領域をいくつかの断片に分けて再度ゲルシフトアッセイを行ったところ、Region III と TATA ボックスの間に存在する領域に結合する可能性を認められた (図 2)。つい最近 *Neurospora crassa* の FibC オーソログの結合配列として GATC_{ggc} という配列が提唱されており、今回得られた結合 DNA 断片にもこの配列が含まれている

ことから、GATCGGC がシスエレメントとして機能していることが予想された。

(4) 黒麹菌における AmyR、FibC、CreA のアミラーゼ生産制御への関与

黒麹菌 *A. luchuensis* では耐酸性 α -アミラーゼ (AamA) はデンプンを含む固体培養で特異的に生産される一方で、麹菌 α -アミラーゼと相同性の高い非耐酸性 α -アミラーゼ (AmyA) はグルコースやグリセロール存在下でも生産されることが報告されている。そこで、*A. luchuensis* のアミラーゼ生産における AmyR の役割について、*amyR* オーソログおよび *creA* 破壊株を作製して、アミラーゼ生産性を調べた。*amyR*、*creA* の破壊株において小麦ふすまを基質とした固体培養条件下で培養し、アミラーゼ活性を測定した結果、AamA の活性は *amyR* 破壊株において活性が著しく減少し、*creA* 破壊株では活性が増加した。一方で AmyA の活性はどちらの破壊株においても大きな影響は見られなかった。さらに同条件下より抽出した mRNA を用いてノーザンブロット解析を行った結果、活性測定と同様の傾向を示したことから、AmyA は AmyR とは別の未知の転写因子によって制御されていることが示唆された (図 3)。また、種々の炭素源を用いた液体培養では AmyA を主体とするアミラーゼが構成的に生産されていることが分かった。一方、*flbC* オーソログ破壊株における AamA 生産量および *aamA* 遺伝子発現量は野生株とほとんど変化がなく、黒麹菌の AamA 生産に FibC は関与しないことが明らかとなった。

黒麹菌の AmyR に GFP を結合し黒麹菌に発現させたところ、AmyR は非誘導条件であるカザミノ酸培地でも核に局在していた。GFP を結合させた麹菌の AmyR を黒麹菌で発現させた場合、同じ条件下では細胞質に局在しており、黒麹菌の AmyR はアミノ酸配列依存的に核に局在することが示唆された。黒麹菌の AmyR の C 末端領域を麹菌の C 末端領域に置換したキメラタンパク質に GFP を結合し黒麹菌で発現させた結果、カザミノ酸培地でキメラ AmyR は核に局在し、黒麹菌の AmyR の構成的な核局在性は C 末端領域によるものではないことが示唆された。

(5) 麹菌の CreA の機能に及ぼす核局在機構の解明

A. nidulans における研究によれば、カーボンカタボライト抑制 (CCR) に関わる転写因子 CreA はユビキチン化・脱ユビキチン化により機能制御されていることが示唆されていた。そこで、麹菌の CreA について *A. nidulans* で予想されているユビキチン化因子 CreD 及び脱ユビキチン化因子 CreB/CreC 複合体の遺伝子破壊株を作製し、CCR に及ぼす影響を調べたところ、CreA は直接ユビキチン化によって機能制御されているわけではないことが示唆された。また、麹菌においては CreA はグルコース存在下では安定であるが、マルトースやキシロースなどの分泌酵素生産の誘導基質存在下で不安定化することが示された。さらに、CCR 条件下では CreA は核内に局在しているものの、脱 CCR 条件下では核から細胞質に移行することが認められた。CreA に存在する推定核外移行シグナルの変異により、CreA は核内に保持され大幅に安定化したことから、脱 CCR 条件下では CreA は核から細胞質に移行し急速に分解されることが示唆された。CreA の安定化に関わる領域を調べるために C 末端領域の欠失変異体を作製したところ、CreA の 390 から 409 の間に位置する 20 アミノ酸領域が CreA の分解に重要な役割を果たしていることが示された。

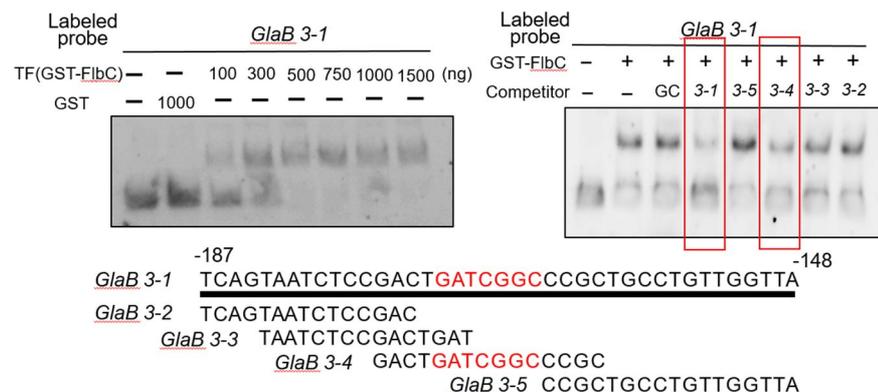


図2 *glaB* 遺伝子プロモーター領域の DNA 断片を用いた FibC のゲルシフトアッセイ

図3 黒麹菌のアミラーゼ遺伝子の発現プロファイル解析

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計5件（うち査読付論文 4件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Mizuki Tanaka, Sakurako Ichinose, Takahiro Shintani, Katsuya Gomi	4. 巻 110
2. 論文標題 Nuclear export-dependent degradation of the carbon catabolite repressor CreA is regulated by a region located near the C-terminus in <i>Aspergillus oryzae</i>	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Molecular Microbiology	6. 最初と最後の頁 176-190
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/mmi.14072	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 Katsuya Gomi	4. 巻 83
2. 論文標題 Regulatory mechanisms for amylolytic gene expression in the koji mold <i>Aspergillus oryzae</i>	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry	6. 最初と最後の頁 1385-1401
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/09168451.2019.1625265	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 五味勝也	4. 巻 45
2. 論文標題 日本酒や醤油醸造で必要とされる麹菌酵素の生産制御機構の謎に迫る	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 醤油の研究と技術	6. 最初と最後の頁 5-12
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 Yui Konno, Kuta Suzuki, Mizuki Tanaka, Takahiro Shintani, Katsuya Gomi	4. 巻 82
2. 論文標題 Chaperone complex formation of the transcription factor MaIR involved in maltose utilization and amylolytic enzyme production in <i>Aspergillus oryzae</i>	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry	6. 最初と最後の頁 827 - 835
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/09168451.2018.1447359	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23件（うち招待講演 7件 / うち国際学会 10件）

1. 発表者名 荒井 啓, 田中 瑞己, 吉村 緑, 新谷 尚弘, 五味 勝也
2. 発表標題 麹菌における環境ストレス応答性MAP キナーゼ経路のglaB 遺伝子発現への関与
3. 学会等名 第70回 日本生物工学会大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 橋本 渉, 荒井 啓, 水谷 治, 山田 修, 新谷 尚弘, 五味 勝也
2. 発表標題 黒麹菌 <i>Aspergillus luchuensis</i> におけるアミラーゼ遺伝子の発現制御機構解析
3. 学会等名 第70回 日本生物工学会大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 荒井 啓, 田中 瑞己, 吉村 緑, 新谷 尚弘, 五味 勝也
2. 発表標題 麹菌の転写因子 FibC の細胞内局在と翻訳後修飾における解析
3. 学会等名 第18回糸状菌分子生物学コンファレンス
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 橋本 渉, 荒井 啓, 水谷 治, 山田 修, 新谷 尚弘, 五味 勝也
2. 発表標題 黒麹菌 <i>Aspergillus luchuensis</i> における2種類の -アミラーゼの発現制御機構解析
3. 学会等名 第18回糸状菌分子生物学コンファレンス
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 荒井 啓, 田中 瑞己, 吉村 緑, 新谷 尚弘, 五味 勝也
2. 発表標題 麹菌の固体培養特異的発現を示す遺伝子の転写制御に関与する転写因子FlbCの細胞内局在と翻訳後修飾
3. 学会等名 2019 年度日本農芸化学会大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 橋本 渉, 渡部 昭, 水谷 治, 山田 修, 新谷 尚弘, 五味 勝也
2. 発表標題 黒麹菌 <i>Aspergillus luchuensis</i> における転写因子AmyRの活性化機構の解析
3. 学会等名 第19回糸状菌分子生物学コンファレンス
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Mizuki Tanaka, Sakurako Ichinose, Yasumasa Kawarasaki, Takahiro Shintani, Katsuya Gomi
2. 発表標題 The 20 amino acid region located near the C-terminus of carbon catabolite regulator CreA is critical for rapid degradation of CreA in <i>Aspergillus oryzae</i>
3. 学会等名 30th Fungal Genetics Conference (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 橋本 渉, 渡部 昭, 水谷 治, 山田 修, 五味 勝也
2. 発表標題 黒麹菌 <i>Aspergillus luchuensis</i> における転写因子AmyRの活性化機構の解析
3. 学会等名 2020 年度日本農芸化学会大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 大沼 司, 荒井 啓, 藤田 翔貴, 新谷 尚弘, 五味 勝也
2. 発表標題 固体培養特異的発現に関する転写因子F1bCの麹菌バイオマス分解酵素遺伝子発現への影響
3. 学会等名 2020 年度日本農芸化学会大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Katsuya Gomi
2. 発表標題 How the koji mold <i>Aspergillus oryzae</i> produces amylolytic enzymes?
3. 学会等名 17th International Aspergillus Meeting (Asperfest17) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Wataru Hashimoto, Hiraku Arai, Osamu Mizutani, Osamu Yamada, Takahiro Shintani, Katsuya Gomi
2. 発表標題 Expression profiles of amylolytic genes in the black koji-mold <i>Aspergillus luchuensis</i>
3. 学会等名 15th European Conference on Fungal Genetics (ECFG15) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 荒井 啓, 田中 瑞己, 吉村 緑, 新谷 尚弘, 五味 勝也
2. 発表標題 麹菌の固体培養における転写因子F1bCのプロテアーゼ遺伝子の発現制御への関与
3. 学会等名 第69回 (2017年度) 日本生物工学会大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 荒井 啓, 田中 瑞己, 吉村 緑, 新谷 尚弘, 五味 勝也
2. 発表標題 麹菌における環境ストレス応答性MAPキナーゼのglbB遺伝子発現への関与
3. 学会等名 第17回糸状菌分子生物学コンファレンス
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 五味 勝也
2. 発表標題 麹菌のアミラーゼ生産制御機構～日本酒造りに必須なデンプン分解酵素を麹菌はどのように生産するのか？～
3. 学会等名 日本応用糖質科学会東北支部会（招待講演）
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Hiraku Arai, Mizuki Tanaka, Midori Yoshimura, Takahiro Shintani, Katsuya Gomi
2. 発表標題 The transcription factor, FlbC, responsible for the transcriptional regulation of <i>Aspergillus oryzae</i> glucoamylase and protease genes specifically expressed in solid-state culture
3. 学会等名 IUMS2017（招待講演）（国際学会）
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Mizuki Tanaka, Midori Yoshimura, Masahiro Ogawa, Yasuji Koyama, Takahiro Shintani, Katsuya Gomi
2. 発表標題 FlbC is involved in transcriptional regulation of <i>Aspergillus oryzae</i> glucoamylase and protease genes specifically expressed in solid-state culture
3. 学会等名 13th European Conference on Fungal Genetics (ECFG13)（国際学会）
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 五味勝也
2. 発表標題 The transcription factor, FlbC, responsible for the transcriptional regulation of <i>Aspergillus oryzae</i> glucoamylase and protease genes specifically expressed in solid-state culture
3. 学会等名 2016 International Symposium on Current Issues in Food Chemistry and Biotechnology (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 今野 友維、鈴木 空太、田中 瑞己、新谷 尚弘、五味 勝也
2. 発表標題 麹菌のアミラーゼ生産に関与する転写因子MaIRの核局在シグナル変異体の機能解析
3. 学会等名 第68回 日本生物工学会大会
4. 発表年 2016年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

<ul style="list-style-type: none"> ・五味 勝也：日本酒や醤油などの製造に必須な麹菌酵素の生産制御メカニズム、長崎県バイオ技術研究会（2016年9月16日） ・五味 勝也：日本酒や醤油づくりに必要な酵素はどのようにして生産されるのか？、日本醤油技術センター 醤油研究発表会（2017年11月8日） ・五味 勝也：麹菌は日本酒や醤油醸造に必要な酵素をどのようにして生産するのか？、宮城県食品産業協議会 平成30年度記念講演会（2018年5月30日） ・五味 勝也：麹菌の酵素生産はどのように制御されているか、第30回清酒酵母・麹研究会（2018年10月9日） ・五味 勝也：お酒や醤油造りに必要なこうじ菌の酵素はどのように生産されるのか？、Visionary農芸化学100シンポジウム（2018年12月15日）
--

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
連携研究者	水谷 治 (Mizutani Osamu) (10443996)	琉球大学・農学部・准教授 (18001)	

6. 研究組織（つづき）

	氏名 (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
連携 研究者	新谷 尚弘 (Shintani Takahiro) (70374973)	東北大学・大学院農学研究科・准教授 (11301)	