

令和 4 年 9 月 11 日現在

機関番号：32660

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2019～2021

課題番号：19H02958

研究課題名(和文) イネいもち病菌の感染特異的器官の自己細胞壁分解による分化誘導機構の解明

研究課題名(英文) Induction mechanism of infection specific structure of Magnaporthe oryzae via own cell wall generated molecular signal.

研究代表者

鎌倉 高志 (Kamakura, Takashi)

東京理科大学・理工学部応用生物科学科・教授

研究者番号：70177559

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)：イネいもち病菌の主要細胞壁成分であるキチンを脱アセチル化するキチンでアセチラセタンパク質(Cbp1)に着目し、キチンからキトサンへの変換反応時に生じる酢酸が付着器形成を誘導することを見出した。ゲノム編集技術を用いた網羅的な遺伝子機能解析により、酢酸の認識から付着器形成に関与する膜タンパク質、MAPキナーゼ、転写因子ならびに代謝経路を同定した。RNA seq解析結果を踏まえた統合的な解析により、酢酸を介した大規模な代謝スイッチング機構の存在を見出し、イネいもち病菌の付着器形成は階層的・同調的に進行することが示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

これまで動物・植物を含めた真核生物において酢酸が細胞分化に関与するといった報告はなく、本研究では全くの未詳機構であった酢酸の新たな細胞内生理機能やそれに関わる細胞分化機構の一端を明らかにした。本研究結果により、ヒトに感染する病原性真菌を含む病原菌の新たな感染戦略の存在が示唆され、防除のための薬剤ターゲット因子となる可能性がある。また得られた知見は酢酸を介した免疫細胞の分化や腸内細菌との相互作用等に適用できる可能性があり、植物保護科学に留まらず様々な学術的・社会的分野における貢献が期待される。

研究成果の概要(英文)：Our results revealed that acetic acid, one of the products released from the cell wall by chitin deacetylase (CDA) activity (conversion of chitin into chitosan) of chitin-binding protein 1 (Cbp1), promotes infection-specific cell differentiation (appressorium formation) in the rice blast fungus *Pyricularia oryzae*. Using genome editing technology, we identified the genes for the membrane proteins, MAP kinases, transcription factors, and metabolic pathways related to acetic acid-mediated appressorium formation. Integrative analyses including transcriptome analysis suggested that acetic acid stimulates global metabolic switching, and appressorium formation proceeds in a hierarchical and synchronous manner.

研究分野：微生物分子遺伝学

キーワード：イネいもち病菌 細胞分化 付着器形成 酢酸 キチン脱アセチル化酵素 ゲノム編集 酢酸分化誘導

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

宿主-寄生物のような競争関係にある生物間相互作用は、様々な生命機能を生み出して共進化してきたと考えられている。イネとその病原糸状菌であるイネいもち病菌は、真核生物間の競争的な相互作用解析のモデル系といえる。イネは、糸状菌の細胞壁成分であるキチンを特異的に認識することで外部からの微生物の侵入を感知して細胞内の免疫反応（基礎的抵抗性）を誘導する (Plant J. 64:204-14, 2010)。一方のいもち病菌は、感染過程において自身の細胞壁成分を変化させることで、宿主からの認識を逃れるステルス化機能を有していることが報告されている (Mol. Microbiol. 73:553-70, 2009)。

イネいもち病菌は9種類のキチンデアセチラーゼ遺伝子を有しており、これまで Cbp1 (chitin-binding protein1) が細胞壁のキチン変換に対して先導的に主要な役割を担っていることを示した (Mol. Plant-Microbe Interact. 15:437-444, 2002; J. Gen. Appl. Microbiol. 56:437-445, 2010; Sci. Rep. 7:9697, 2017)。いもち病菌は、植物への感染時に付着器という感染特異的な器官を形成して植物体内に侵入する。付着器形成は、外部環境因子の認識から細胞内シグナル伝達、関連遺伝子群の発現および形態形成に至るステップが1細胞内で起こる極めてシンプルかつ同調的な細胞分化系である。付着器の形成は本菌の感染に必須であることから、感染機構の解明および新規薬剤のターゲット探索としての研究が進められており、付着器形成に関わる主要因子やその経路が明らかになりつつある。

我々は Cbp1 のキチンデアセチラーゼ活性が自身の細胞壁の変換だけでなく、付着器形成誘導に関与することを明らかにした (Sci. Rep. 7:9697, 2017)。キチンデアセチラーゼの反応により細胞壁のキチンはキトサンに変換されるが、我々はもう一方の反応産物である酢酸に着目し、極めて微量 (1 fM) な酢酸の添加によって *CBP1* 欠損変異株にみられる付着器形成の遅延が回復することを見出した (図1)。これまでに植物・動物を含めた真核生物において酢酸が細胞分化に関与するという報告はなく、全く新しい酢酸の細胞内生理機能やそれに関わる細胞分化機構が存在することが推測された。

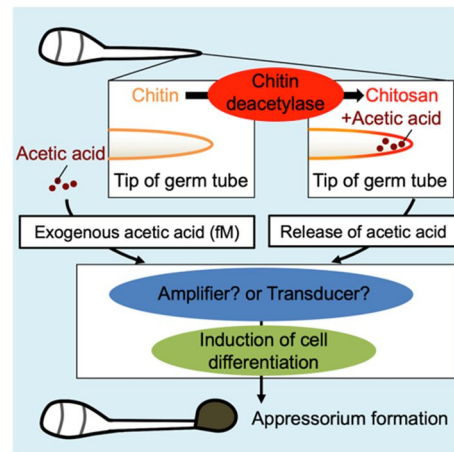


図1 酢酸による付着器形成誘導
(Kuroki et al., 2020 より)

2. 研究の目的

「酢酸を介した細胞分化」という新しい生命現象がどのような分子メカニズムによって成り立っているのかを詳細かつ包括的に理解することで、酢酸の新たな細胞内生理機能とそれに関わる細胞分化機構を解明・提案することを目的とした。

3. 研究の方法

Cbp1 の CDA 活性により酢酸が細胞壁から放出されているかを調査するため、pHusion system を用いた細胞表面の pH 変化を観察した。また酢酸以外に付着器形成に関与する酸の探索を行い、特定の酸が有する細胞内生理機能や細胞分化への関与について推測した。これらの知見を基にゲノム編集技術を用いたハイスループット遺伝子破壊法により「酢酸を介した細胞分化機構」への関与が推測された。1. 酢酸の認識とその後のシグナル伝達機構に関わる遺伝子群、2. 同化代謝経路および酢酸合成経路に関わる遺伝子群、3. ヒストン修飾に関わる遺伝子群、4. 脂肪酸代謝およびペルオキシソーム形成に関わる遺伝子群、5. RNA seq 解析により発現変動がみられた推定関連遺伝子群について単一遺伝子破壊株ならびに *CBP1* との二重遺伝子破壊株を作出した。これらの破壊株に対し、酢酸添加時の付着器形成能の低下（酢酸を介した分化誘導に関与）と増加（酢酸を介した分化誘導を抑制）を指標とした表現型スクリーニングを行ない、関連因子を抽出した。また RNA seq 解析により得られた知見に基づいて、新たな遺伝子破壊株、過剰発現株またはノックダウン株を作出し、「酢酸を介した細胞分化機構」について統合的な理解を試みた。

4. 研究成果

<2019 年度>

まずキチンの脱アセチル化によって酢酸が細胞壁から放出されるかを調査するために、Cbp1 の局在部位である発芽管先端部において細胞表面の pH 変化が生じているかを検証した。野生株では、発芽管先端部において顕著な酸性化が生じることが確認されたのに対し、Cbp1 欠損変異株では発芽管先端部における pH 変化は認められなかった (図2)。このことから、キチン脱アセチル化反応により酢酸が放出され、放出された酢酸が細胞表面 pH を変化させること、pH 変化または放出された酢酸自体が付着器形成を直接的にまたは間接的に誘導していることが考えられ

た。また、酢酸と同様に超微量 (fM) のプロピオン酸およびソルビン酸の添加によっても Cbp1 欠損変異株の付着器形成率の回復がみられたことから、特殊化された同化代謝経路であるグリオキシル酸回路およびメチルクエン酸回路への関与が示唆された。ゲノム編集技術を用いた遺伝子機能解析により、酢酸、プロピオン酸、ソルビン酸がグリオキシル酸回路およびメチルクエン酸回路の活性化に関与していることを示した (図 3)。

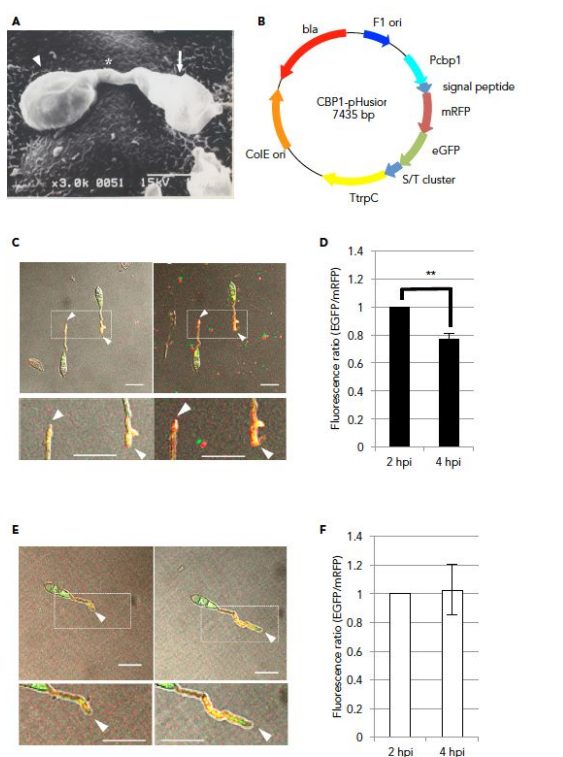


図 2 発芽管先端の pH 変化 (Kuroki et al., 2020 より)

<2020 年度>

昨年度の結果を踏まえ、酢酸がグリオキシル酸回路の活性化がどのように関与しているかを調査した。酢酸の認識から付着器形成に直接的または間接的に関与することが推測された既知の付着器形成関連遺伝子の網羅的な遺伝子機能解析を実施し、膜タンパク質 (Sho1), MAP キナーゼ (Pmk1), 転写因子 (Far2), 酢酸合成経路 (Pdc1) ならびにペルオキシソーム形成 (Pex6) 関連因子が「酢酸による細胞分化」に関与していることを見出した。また Cbp1 により生成される酢酸が細胞外に放出される可能性を視野にいれ、いもち病菌のクオラムセンシングへの関与を調査した。その結果、Cbp1 活性を介した新たなクオラムセンシング機構が存在し、他の分生子の付着器形成を促進するような細胞外分泌物質の存在が示唆された。

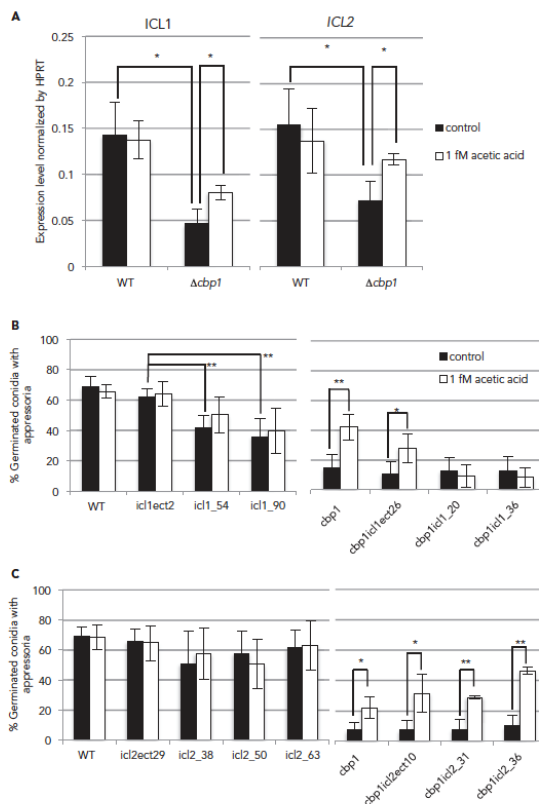


図 3 グリオキシル酸回路関連遺伝子 ICL1 の破壊と酢酸による付着器形成誘導 (Kuroki et al., 2020 より)

<2021 年度>

「酢酸を介した細胞分化機構」をより包括的に理解するために RNA seq 解析を実施した。RNA seq 解析の結果から、付着器形成過程において大規模な代謝経路のスイッチングが生じること、酢酸がその引き金となること、スイッチングを制御するエピジェネティック因子が存在することを明らかにした。得られた知見と既知の知見との統合により、1. Msb 2 や Pth11 といった疎水性表面や硬度といった外部環境の認識により Cbp1 が活性化され 2. 発芽管先端部における Cbp1 のキチン脱アセチル化反応により酢酸が放出される。3. 放出された酢酸が膜タンパク質である Sho1 と相互作用することで Pmk1 等の主要 MAPK シグナル伝達・変換が活性化され、4. 各種エピジェネティック因子の発現変動による解糖系の抑制および Far2 を含む代謝経路スイッチング関連転写因子の活性化が生じる。5. Pdc1 等の酢酸生成経路の活性化ならびに Pex6 等によるペルオキシソーム形成により 酸化が促進されることで同化代謝経路（グリオキシル酸回路およびメチルクエン酸回路）の活性化が生じ、これら一連の細胞応答反応が階層的・同調的に進行することでいもち病菌の付着器が形成されることが考えられた。またコミュニケーション因子を介した多段階での付着器形成制御機構の存在を見出し、今後のさらなる研究により新たな細胞分化モデルを提案できるものと考えられる（図 4）。

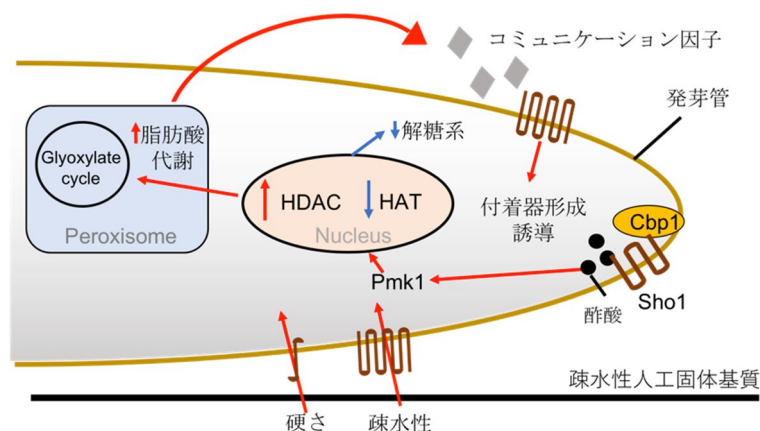


図 4 酢酸による付着器形成誘導モデル

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計11件（うち査読付論文 8件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 4件）

1. 著者名 Furuyama Yuuki, Motoyama Takayuki, Nogawa Toshihiko, Hayashi Toshiaki, Hirota Hiroshi, Kiyota Hiromasa, Kamakura Takashi, Osada Hiroyuki	4. 巻 85
2. 論文標題 Controlling the production of phytotoxin pyriculol in <i>Pyricularia oryzae</i> by aldehyde reductase	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry	6. 最初と最後の頁 126 ~ 133
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/bbb/zbaa035	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 Furuyama Yuuki, Motoyama Takayuki, Nogawa Toshihiko, Hayashi Toshiaki, Hirota Hiroshi, Kiyota Hiromasa, Kamakura Takashi, Osada Hiroyuki	4. 巻 85
2. 論文標題 Controlling the production of phytotoxin pyriculol in <i>Pyricularia oryzae</i> by aldehyde reductase	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry	6. 最初と最後の頁 126 ~ 133
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/bbb/zbaa035	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 Arazoe, T., Kuroki, M., Kamakura, T.	4. 巻 10
2. 論文標題 Cell wall-derived acetic acid may serve as an important messenger for metabolic switching-mediated infection-specific cell differentiation in the rice blast fungus	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Fungal Genomics and Biology	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) 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 Kato Sho, Motoyama Takayuki, Uramoto Masakazu, Nogawa Toshihiko, Kamakura Takashi, Osada Hiroyuki	4. 巻 73
2. 論文標題 Induction of secondary metabolite production by hygromycin B and identification of the 1233A biosynthetic gene cluster with a self-resistance gene	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 The Journal of Antibiotics	6. 最初と最後の頁 475 ~ 479
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41429-020-0295-4	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 Kanda Yasukazu, Nishizawa Yoko, Kamakura Takashi, Mori Masaki	4. 巻 21
2. 論文標題 Overexpressed BSR1-Mediated Enhancement of Disease Resistance Depends on the MAMP-Recognition System	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 International Journal of Molecular Sciences	6. 最初と最後の頁 5397 ~ 5397
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/ijms21155397	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 荒添貴之	4. 巻 86
2. 論文標題 植物病原糸状菌ゲノム編集技術の開発	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 日本植物病理学会報	6. 最初と最後の頁 264 ~ 264
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3186/jjphytopath.86.264	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 Van Vu Ba, Nguyen Quyet, Kondo-Takeoka Yuki, Murata Toshiki, Kadotani Naoki, Thi Nguyen Giang, Arazoe Takayuki, Ohsato Shuichi, Nakayashiki Hitoshi	4. 巻 4
2. 論文標題 Copy number-dependent DNA methylation of the Pyricularia oryzae MAGGY retrotransposon is triggered by DNA damage	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Communications Biology	6. 最初と最後の頁 351-
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s42003-021-01836-5	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 Arazoe Takayuki	4. 巻 86
2. 論文標題 Development of genome-editing technologies for plant pathogenic fungi	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of General Plant Pathology	6. 最初と最後の頁 523 ~ 525
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10327-020-00956-w	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 Kuroki Misa, Shiga Yuriko, Narukawa-Nara Megumi, Arazoe Takayuki, Kamakura Takashi	4. 巻 23
2. 論文標題 Extremely Low Concentrations of Acetic Acid Stimulate Cell Differentiation in Rice Blast Fungus	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 iScience	6. 最初と最後の頁 100786 ~ 100786
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.isci.2019.100786	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 Yamato Tohru, Handa Ai, Arazoe Takayuki, Kuroki Misa, Nozaka Akihito, Kamakura Takashi, Ohsato Shuichi, Arie Tsutomu, Kuwata Shigeru	4. 巻 9
2. 論文標題 Single crossover-mediated targeted nucleotide substitution and knock-in strategies with CRISPR/Cas9 system in the rice blast fungus	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Scientific Reports	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) 10.1038/s41598-019-43913-0	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 Nozaka Akihito, Nishiwaki Ayaka, Nagashima Yuka, Endo Shogo, Kuroki Misa, Nakajima Masahiro, Narukawa Megumi, Kamisuki Shinji, Arazoe Takayuki, Taguchi Hayao, Sugawara Fumio, Kamakura Takashi	4. 巻 9
2. 論文標題 Chloramphenicol inhibits eukaryotic Ser/Thr phosphatase and infection-specific cell differentiation in the rice blast fungus	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Scientific Reports	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) 10.1038/s41598-019-41039-x	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 -

〔学会発表〕 計24件（うち招待講演 2件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 荒添貴之
2. 発表標題 微生物でのゲノム編集-細菌・真菌・微細藻類
3. 学会等名 日本ゲノム編集学会第6回大会（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 國場遼、金光龍浩、大畑貴聖、蒲池史卓、荒添貴之、鎌倉高志
2. 発表標題 低侵襲インジェクションユニットSU10を用いたヒト細胞核への選択的CRISPR/Cas9デリバリーとゲノム編集
3. 学会等名 日本ゲノム編集学会第6回大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 喜多光徹、内田百岳、寺岡徹、有江力、荒添貴之、鎌倉高志
2. 発表標題 イネいもち病菌 (<i>Pyricularia oryzae</i>) における交配関連遺伝子の発現解析
3. 学会等名 第20回糸状菌分子生物学コンファレンス
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 佐藤大元、黒木美沙、荒添貴之、鎌倉高志
2. 発表標題 イネいもち病菌における超低濃度酢酸による代謝スイッチングと感染特異的細胞分化機構
3. 学会等名 第20回糸状菌分子生物学コンファレンス
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 内田百岳、吉田咲希、喜多光徹、有江力、寺岡徹、荒添貴之、鎌倉高志
2. 発表標題 イネいもち病菌における雌性不稔性遺伝子としてのPro1の同定
3. 学会等名 令和4年度日本植物病理学会大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 山崎真也、新門想太、浅井秀太、有江力、荒添貴之、鎌倉高志
2. 発表標題 ホウレンソウ萎凋病菌およびダイコン萎黄病菌におけるゲノム編集手法の確立
3. 学会等名 令和4年度日本植物病理学会大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 荒添貴之
2. 発表標題 植物病原糸状菌ゲノム編集技術の開発
3. 学会等名 令和3年度日本植物病理学会大会（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 内田百岳、喜多光徹、有江力、寺岡徹、荒添貴之、鎌倉高志
2. 発表標題 イネいもち病菌における雌性不稔性の原因遺伝子の探索
3. 学会等名 糸状菌分子生物学研究会若手の会第8回ワークショップ
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 喜多光徹、内田百岳、寺岡徹、有江力、荒添貴之、鎌倉高志
2. 発表標題 粘性イネいもち病菌 (<i>Pyricularia oryzae</i>) における雌性不稔性への不可逆的進化
3. 学会等名 糸状菌分子生物学研究会若手の会第8回ワークショップ
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 國場遼、荒添貴之、鎌倉高志
2. 発表標題 イネいもち病菌における菌糸融合並びに擬似有性生殖機構の解析
3. 学会等名 糸状菌分子生物学研究会若手の会第8回ワークショップ
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 佐藤大元、黒木美沙、荒添貴之、鎌倉高志
2. 発表標題 超低濃度脂肪酸によって誘導されるイネいもち病菌の付着器形成誘導機構の解析
3. 学会等名 糸状菌分子生物学研究会若手の会第8回ワークショップ
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 喜多光徹、内田百岳、有江力、寺岡徹、森昌樹、神田恭和、荒添貴之、鎌倉高志
2. 発表標題 イネいもち病菌 (<i>Pyricularia oryzae</i>) における交配関連遺伝子の機能解析
3. 学会等名 令和3年度日本植物病理学会大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 平岡大輝、村井俊子、荒添貴之、曾根輝雄、土佐幸雄、中馬いづみ
2. 発表標題 イネいもち病菌非病原力遺伝子の欠失規模を決める要因
3. 学会等名 平成33年度日本植物病理学会大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 神田恭和、井上晴彦、西澤洋子、鎌倉高志、森昌樹
2. 発表標題 イネプロテインキナーゼBSR1の過剰発現が付与する複合病害抵抗性はMAMP受容体を介している
3. 学会等名 平成3年度日本植物病理学会大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 神田恭和、西澤洋子、鎌倉高志、森昌樹
2. 発表標題 BSR1高発現により生じる病害抵抗性の増強にOsCERK1が必要である
3. 学会等名 日本農芸化学会2021年度大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 S. Saito, M. Kuroki, T. Arazoe, T. Kamakura
2. 発表標題 Chitin-deacetylase activity has important roles in inducing appressorium formation.
3. 学会等名 IS-MPMI XVIII Congress (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 T. Arazoe, D.Hiraoka, S. Murochi, K. Kiguchi, T. Tanaka, T. Yamamoto, T. Arie, T. Kuwata, I. Chuma, S. Ohsato, Y. Tosa, T. Kamakura
2. 発表標題 DNA double-strand breaks-mediated ectopic recombination between solo-long terminal repeats triggered pathogenic changes and genome rearrangement in the rice blast fungus.
3. 学会等名 IS-MPMI XVIII Congress
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 喜多光徹、内田百岳、藤ヶ崎礼夏、小西高裕、寺岡徹、有江力、荒添貴之、鎌倉高志
2. 発表標題 イネいもち病菌 (Pyricularia oryzae) における交配型決定領域の機能解析
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 樋口絵莉香、野坂亮仁、田代綾子、荒添貴之、鎌倉高志
2. 発表標題 イネいもち病菌におけるクロラムフェニコールの新規作用点の探索
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 M. Uchida, K. Kita, A. Fujigasaki, T. Konishi, T. Arie, T. Teraoka, T. Arazoe, T. Kamakura
2. 発表標題 Exploration of the genetic cause of female sterility in the rice blast fungus.
3. 学会等名 15th European Conference on Fungal Genetics
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 T. Arazoe, S. Murochi, D. Hiraoka, K. Kiguchi, T. Tanaka, T. Sakuma, T. Yamamoto, T. Arie, S. Kuwata, I. Chuma, S. Ohsato, Y. Tosa, T. Kamakura
2. 発表標題 Ectopic recombination between solo-long terminal repeats triggered pathogenic changes and genome rearrangement in the rice blast fungus.
3. 学会等名 15th European Conference on fungal Genetics
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 前村知佳、黒木美沙、荒添貴之、鎌倉高志
2. 発表標題 イネいもち病菌のキチン脱アセチル化酵素タンパク質Cbp1のGPIアンカー化検証
3. 学会等名 令和2年度日本植物病理学会大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 佐藤大元、齋藤翔太、黒木美沙、荒添貴之、鎌倉高志
2. 発表標題 超低濃度脂肪酸によって誘導されるイネいもち病菌の付着器形成誘導機構の解析
3. 学会等名 令和2年度日本植物病理学会大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 山内優季、平岡輪子、林平、内田百岳、荒添貴之、鎌倉高志
2. 発表標題 イネいもち病菌における推定カルシウムチャンネルおよびその構成因子の機能解析
3. 学会等名 日本農芸化学会2020年度大会
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計4件

1. 著者名 Takayuki Arazoe	4. 発行年 2021年
2. 出版社 Springer Nature	5. 総ページ数 12
3. 書名 Methods Mol. Biol.	

1. 著者名 荒添貴之 / 山本卓編	4. 発行年 2021年
2. 出版社 シーエムシー出版	5. 総ページ数 240
3. 書名 最新のゲノム編集技術と用途展開	

1. 著者名 荒添貴之 / 執筆者:96名、技術情報協会	4. 発行年 2021年
2. 出版社 技術情報協会	5. 総ページ数 602
3. 書名 ゲノム編集技術を応用した製品開発とその実用化	

1. 著者名 Arazoe, T.	4. 発行年 2021年
2. 出版社 Elsevier	5. 総ページ数 242
3. 書名 Progress in Molecular Biology and Translational Science	

〔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	荒添 貴之 (Arazoe Takayuki) (40749975)	東京理科大学・理工学部応用生物科学科・講師 (32660)	

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