

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 3 年 6 月 21 日現在

機関番号：13101

研究種目：若手研究

研究期間：2018～2020

課題番号：18K14377

研究課題名(和文) コエンザイムQ10の生合成に関わる新規因子の解析とその応用

研究課題名(英文) Functional analyses and applications of novel factors involved in the biosynthesis of Coenzyme Q10

研究代表者

西田 郁久(Nishida, Ikuhisa)

新潟大学・日本酒学センター・特任助教

研究者番号：20784531

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では主に分裂酵母を用い、コエンザイムQ(CoQ)の生合成に關与する未解明の経路や生合成の制御因子(遺伝子や化合物)の同定・解析を試みた。その結果、p-ヒドロキシ安息香酸(PHB)やキノン骨格部分の生合成に関わる新規因子であるCoq12を同定した。また、分裂酵母におけるCoQのキノン骨格部分の原料となる物質を探索したところ、既知のPHBだけではなくp-アミノ安息香酸(PABA)も用いることが明らかとなった。さらに、安息香酸が分裂酵母のCoQ10生合成を顕著に阻害することを見いだした。加えて、炭素源、増殖のフェーズ、cAMP/PKA経路がCoQの生産性に重要な役割を担うことも明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では分裂酵母におけるCoQの代謝調節に関わる新規因子を多数明らかにした。CoQ生合成は生物界に広く保存されているため、本研究の成果は分裂酵母に留まらず多種生物におけるCoQを介したエネルギー産生・抗酸化能の付与などに関する全貌解明への一助となる。また、CoQの欠乏と関連が深いミトコンドリア病、パーキンソン病、心臓病、高血圧、線維筋痛症等の疾患の治療や予防に繋がられる可能性が考えられる。さらに、本研究で同定した因子の活用により、実用酵母を用いたCoQ10の発酵生産性の更なる向上に期待できる。加えて、CoQの新たな代謝調節機構を活用することで、新規な物質生産・発酵生産系の構築にも期待できる。

研究成果の概要(英文)：Coenzyme Q (CoQ) is an essential component of the electron transport system that produces ATP in nearly all living cells. In this study, we tried to identify novel CoQ biosynthetic pathways, and the biosynthetic regulators (genes and compounds) in *Schizosaccharomyces pombe*. First, it was revealed that Coq12 is a novel factor involved in the biosynthesis of p-hydroxybenzoate (PHB) and quinone frame of CoQ. Next, we focused on upstream of CoQ biosynthesis and showed that *S. pombe* utilizes p-aminobenzoate (PABA) in addition to PHB as a precursor for CoQ10 synthesis. We explored compounds that affect the synthesis of CoQ10 and found that benzoic acid at a concentration of 5 µg/mL or higher significantly inhibited CoQ biosynthesis without accumulation of apparent CoQ intermediates. Third, we tried to find novel regulators for CoQ production, and demonstrated that carbon source, growth phase, and the cAMP-signaling pathway are important factors in CoQ10 production in *S. pombe*.

研究分野：応用微生物学

キーワード：コエンザイムQ ユビキノン 安息香酸 タンパク質キナーゼA 炭素源 分裂酵母 p-アミノ安息香酸(PABA) p-ヒドロキシ安息香酸(PHB)

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。

## 1. 研究開始当初の背景

コエンザイム Q (CoQ、ユビキノン) は、ほぼ全ての生物に存在し、ミトコンドリアの呼吸鎖電子伝達系における必須成分として ATP 合成に寄与し、優れた抗酸化能を有する。これらの機能から、CoQ は心臓病等の治療薬として使用されてきたほか、疲労回復・抗老化のサプリメントとしての需要も増加している。CoQ

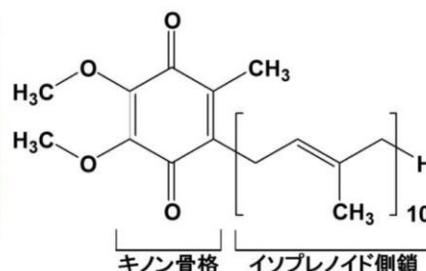


図1. コエンザイム Q<sub>10</sub> の粉末とその化学構造

はキノン骨格とイソプレノイド側鎖から構成され、分裂酵母 *Schizosaccharomyces pombe* やヒトではその側鎖長が 10 である CoQ<sub>10</sub> を生合成する (図 1)。還元型の CoQ<sub>10</sub> は抗酸化作用を持ち、ヒトが生体内で生合成できる唯一の脂溶性抗酸化物質である。また、CoQ<sub>10</sub> は加齢とともに細胞内の量が減少するため、サプリメントとしての摂取が効果的である。これまでに、酵母を用いた遺伝学的解析により、CoQ の生合成やミトコンドリア局在安定化に関わるタンパク質の同定・解明が進んできた。しかしながら、CoQ の生合成には未知の代謝経路や代謝制御機構が多数存在する。本研究では分裂酵母 *S. pombe* を使い、申請者らが独自に同定した CoQ 生合成に関する新規因子の酵素学的性質や生理機能の解明を目指す。また、分裂酵母を用いた本研究の知見に基づき、ヒトやシロイヌナズナ、原核生物等の多種生物における普遍的な機構解明も試みる。

## 2. 研究の目的

CoQ は多種生物で普遍的に存在しており、CoQ の代謝調節に関わる酵素群も概ね広く保存されている。実際、分裂酵母において、ヒトやシロイヌナズナ、大腸菌等の CoQ 生合成酵素や結合タンパク質の多くは機能相補することが知られている (*PLoS One*, 9, e99038, 2014; *FEBS J.*, 276, 748-59, 2009)。しかしながら、CoQ 生合成酵素の中には生理機能や細胞内局在、酵素学的性質が不明なものがあり、特定の生物のみに認められる CoQ 生合成酵素も存在する。そこで、本研究では、申請者らが *S. pombe* で独自に同定した Coq12 を始めとする CoQ 生合成の初期段階の反応経路やその相互作用機構の解明を目的に研究を進める。また、Coq12 等の CoQ 生合成の初期段階に関わる新規因子について、他生物とゲノム塩基配列を比較することで、生物がどのような酵素を用いて CoQ を生合成してきたか、進化の道筋を理解する。さらに、*S. pombe* を使い CoQ の生合成 (生産性) の調節に関わる情報伝達経路や、化合物の同定も行う。このように、本研究から、これまで *S. pombe* や生物界全体で未知であった CoQ 代謝調節機構に関する体系的理解を促進させる。加えて、本研究は生物界における CoQ を介したエネルギー産生や抗酸化能付与に関する全貌解明の一助となると考えられ、CoQ の欠乏と関連が深い疾患 (ミトコンドリア病、パーキンソン病、心臓病、高血圧、線維筋痛症等) の治療や予防への応用にも繋げていきたい。

## 3. 研究の方法

本研究ではモデル生物である分裂酵母 *S. pombe* を使い、CoQ の代謝調節に関与する新規因子の同定・機能解析を行い、他の生物への保存性を解析する。CoQ 生合成の初期段階に位置する PHB の生合成には様々な酵素が関与していると考えられるが、この経路の全体は解明されていない。これまでに申請者は、遺伝学的及び細胞生物学的解析を行い、Coq12 が PHB のアルコール体である *p*-hydroxybenzyl alcohol を *p*-hydroxybenzaldehyde に酸化する反応を触媒する新規なミトコンドリアの酵素である可能性を提唱している。そこで、精製した Coq12 タンパク質を用いて NADH の生成反応や、*p*-hydroxybenzyl alcohol 等の推定基質に対する酸化還元反応を分光光度計や LC/MS 解析等で検出する。また、*coq12* 遺伝子の破壊株から PHB やその関連化合物を含む画分を抽出し、蓄積される代謝中間体を LC/MS 解析を用いて網羅的に同定し、*coq12* の欠損によってもたらされる代謝物の変動についても詳細に解析する。さらに、精製した Coq12 を使い、相互作用するタンパク質の同定を行う。加えて、Coq12 の解析と並行し、新たな CoQ 生合成を調節する因子 (培養条件、細胞内情報伝達系関連因子、阻害剤等) の同定と解析も試みる。これらの分裂酵母で得た知見を活用し、ヒトやシロイヌナズナなど他種生物の研究にも波及させる。

## 4. 研究成果

本研究では、以下に示すように、CoQ 生合成に関わる複数の因子等を同定することに成功した。

### (1) 分裂酵母の CoQ<sub>10</sub> 生合成に関わる新規遺伝子 *coq12* の解析

本研究ではまず *S. pombe* のミトコンドリアに局在するタンパク質をコードする遺伝子 (400 個) の破壊株における CoQ<sub>10</sub> 含量を網羅的に定量した。その結果、明確に CoQ<sub>10</sub> 含量が減少する遺伝

子破壊株が得られ、CoQ 生合成に関与する新しい遺伝子を複数見いだした。その中で CoQ 生合成に関与する機能未知な新しい遺伝子を *coq12* と命名した。次に、CoQ のキノン骨格部分の形成に関わる *p*-hydroxybenzoate (PHB) やその推定前駆体の添加時における影響を評価した。*p*-hydroxybenzyl alcohol、*p*-hydroxybenzaldehyde、PHB 等の単独添加培地において *coq12* 破壊株を生育させたところ、*p*-hydroxybenzaldehyde や PHB の添加時に CoQ<sub>10</sub> の生産性や最少培地での生育遅延が回復した。一方、*p*-hydroxybenzyl alcohol の添加では *coq12* 破壊株の表現型は変化しなかった。さらに、細胞内の局在解析を行うために Coq12 の C 末端に GFP を付加したタンパク質を *S. pombe* で発現させたところ、ミトコンドリアにおける蛍光が観察された。これらのことから、Coq12 がミトコンドリアにおいて *p*-hydroxybenzyl alcohol 等のキノン骨格前駆体の代謝経路に関与する新規因子であると考え、解析を進めている (図 2)。

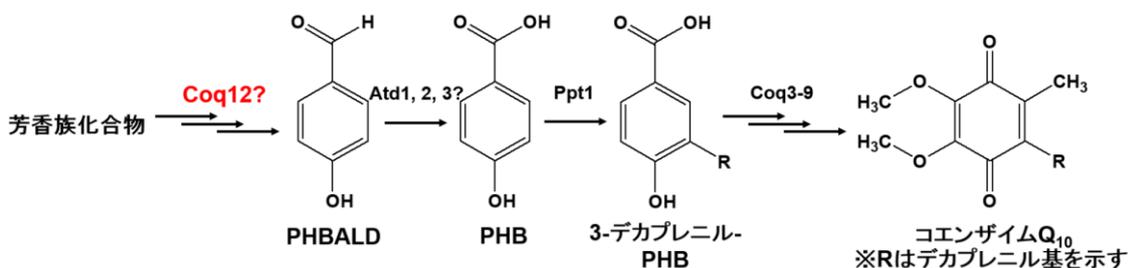


図 2. PHB の代謝に関わる Coq12 と CoQ<sub>10</sub> の生合成経路 ※PHBALD: *p*-hydroxybenzaldehyde

また、C 末端に His タグを付加した Coq12 を *S. pombe* から精製し、NAD<sup>+</sup> を補酵素として野生型株や *coq12* 破壊株由来のエタノール抽出物と反応させたところ、*coq12* 破壊株由来の抽出物との反応時に顕著な NADH の生成がみられた。このことから、*coq12* 破壊株には Coq12 の基質となる化合物が蓄積していると考えられた。しかしながら、*p*-hydroxybenzyl alcohol を *p*-hydroxybenzaldehyde に酸化する反応は検出されなかった。さらに、*S. pombe* の全細胞やミトコンドリア画分より His タグ精製した Coq12 を用いたプロテオミクス解析により、Coq12 と相互作用タンパク質の絞り込みをすることができた (メディカルプロテオスコープ MPS プロテオミクス研究助成にもご助力いただいた)。現在、Coq12 の基質や相互作用因子の特定を進めている。

### (2)安息香酸は分裂酵母の CoQ<sub>10</sub> 生合成を顕著に阻害する

本研究では、*S. pombe* が CoQ<sub>10</sub> の前駆物質として PHB だけではなく *p*-aminobenzoate (PABA) も利用することをまず明らかにした。次に、CoQ<sub>10</sub> の生産性に影響を与える化合物を探索したところ、5 μg/mL 以上の安息香酸 (Bz) 添加により CoQ<sub>10</sub> 生合成が顕著に阻害されることを見いだした (図 3)。この阻害は、Bz よりも 10 倍低濃度の PABA もしくは PHB の同時添加により抑圧された。

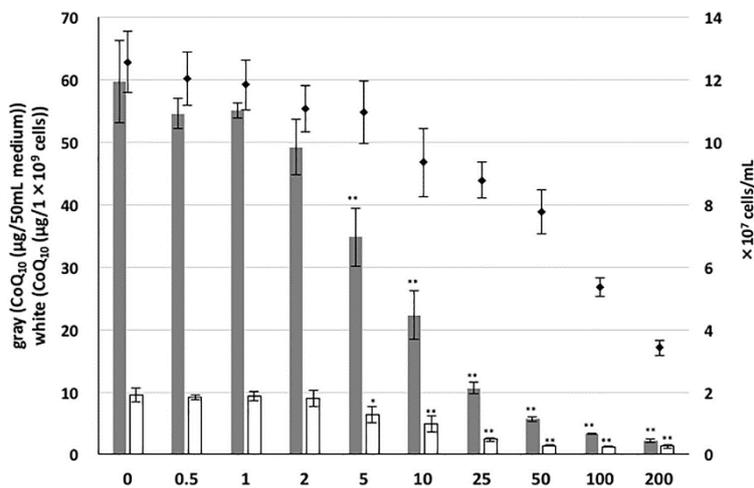


図 3. 様々な濃度で安息香酸を添加した際における CoQ<sub>10</sub> 生産量の変動 ※灰色棒グラフは培養液当たりの CoQ 量、白色棒グラフは細胞数当たりの CoQ 量、ひし形 (◆) は細胞数をそれぞれ示す (Nishida et al. PLOS ONE. 15:e0242616, 2020 より引用)。

また、PHB-ポリプレニル基転移酵素をコードする *ppt1* (*coq2*) の過剰発現株において Bz による CoQ 生合成の阻害が緩和された。さらに、ヒトの *COQ2* を過剰発現する *S. pombe* の *ppt1* (*coq2*) 破壊株においても Bz は CoQ<sub>10</sub> 生合成を阻害し、またこの菌株でも PABA が CoQ<sub>10</sub> の前駆物質として利用されることを見いだした。このため、Bz は Coq2 によって触媒される PHB や PABA へのプレニル化反応を阻害することが示唆された。加えて、Coq4 の発現解析より、Bz が CoQ 生合成複合体を不安定化させることも推察された。今後、Bz による詳細な CoQ 生合成の阻害機構の詳細な生化学的解析が必要である。

### (3)グルコース濃度及び cAMP/PKA 経路が分裂酵母における CoQ<sub>10</sub> 生産性に与える影響

本研究では、*S. pombe* の CoQ<sub>10</sub> の生産性に影響を及ぼす因子の探索や培養条件の検討を行った。まず、増殖過程における CoQ<sub>10</sub> の生産性を評価したところ、対数増殖期と比較して、定常期や死滅期において CoQ<sub>10</sub> 量が増加した。また、低濃度のグルコースを含む培地では増殖の停止が早まり、それに伴い細胞内の CoQ<sub>10</sub> 量が増加した。一方、高濃度のグルコースを含む培地では、CoQ<sub>10</sub>

量が減少した。また、マルトース培地やグリセロール・エタノールを炭素源とする培地での CoQ<sub>10</sub> 含量も増加した。*S. pombe* における CoQ<sub>10</sub> の生合成はグルコース応答により制御されていることが示唆されたため、その主要経路である cAMP/PKA 経路に着目した。3%のグルコースを含む

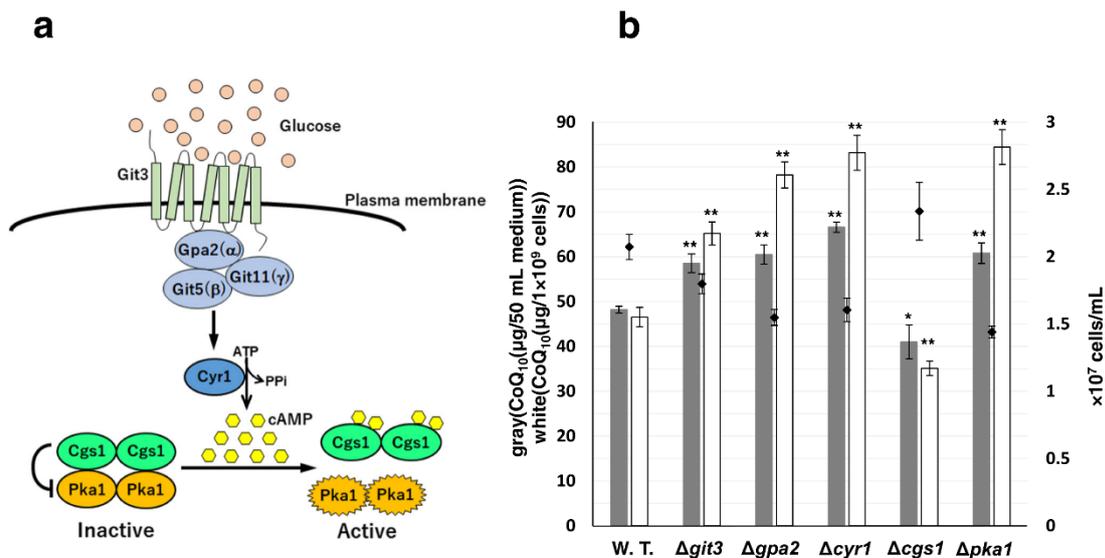


図 4. PKA に関連する遺伝子の破壊の CoQ<sub>10</sub> 生産性に対する効果 ※a は *S. pombe* における cAMP/PKA 経路を示す。b の灰色棒グラフは培養液当たりの CoQ 量、白色棒グラフは細胞数当たりの CoQ 量、ひし形 (◆) は細胞数、W. T. は野生型株をそれぞれ示す (Nishida et al. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* **103**:4899-4915, 2019 より引用)。

YES 完全培地で  $\Delta cgs1$ 、 $\Delta cyr1$ 、 $\Delta git3$ 、 $\Delta gpa2$ 、 $\Delta pka1$  の各遺伝子単独破壊株の CoQ<sub>10</sub> 量を測定したところ、 $\Delta cyr1$ 、 $\Delta git3$ 、 $\Delta gpa2$ 、 $\Delta pka1$  の各菌株の CoQ<sub>10</sub> 量は野生型株の約 1.5~2 倍に増加した。一方、 $\Delta cgs1$  株では、野生型株の約 0.7 倍に CoQ<sub>10</sub> 量が減少した (図 4a, b)。

この結果はグルコース濃度依存的に CoQ<sub>10</sub> 量が増加する結果と一致する。また、*pka1* を破壊すると、グリセロール・エタノールを炭素源とする非発酵性炭素源培地において生育が向上し、野生型株と比較して CoQ<sub>10</sub> 量も増加した。分裂酵母において CoQ<sub>10</sub> の生合成やグリセロール代謝は PKA 経路によって負に制御されていることを示唆している。今後これらの経路を標的とした CoQ<sub>10</sub> 生産菌の育種にも応用展開できると期待できる。

#### (4) その他の研究成果

「島根県の特徴ある食品素材中における機能性成分の分析」(島根大学にもご助力いただいた) や、「コエンザイム Q<sub>10</sub> を高生産する酵母の解析と発酵食品への応用」(三島海雲記念財団、酒類総合研究所、新潟大学、島根大学にもご助力いただいた) においては、野生酵母や食品素材中における CoQ<sub>10</sub> 等の有用物質の分析や利用を行い、学内誌や報告書、学会発表等を通じて発表し、地域産業の発展を促進した。国内外での共同研究にも参画し、*S. cerevisiae* の CoQ とホスホリパーゼ A<sub>1</sub> の代謝系との関連性や、*S. pombe* のミトコンドリア局在 GFP とラマン散乱の同時観測に関してそれぞれ学術論文で成果を公表した。

また、(1)~(4)の成果を新潟大学日本酒学センターにおける取組みにも活かすことができている。

#### <引用文献>

1. I. Nishida, R. Yanai, Y. Matsuo, T. Kaino, M. Kawamukai. Benzoic acid inhibits Coenzyme Q biosynthesis in *Schizosaccharomyces pombe*. *PLoS ONE* **15** e0242616 (2020)
2. N. Wattanavichean, I. Nishida, M. Ando, M. Kawamukai, T. Yamamoto, H. Hamaguchi. Organelle specific simultaneous Raman/GFP microspectroscopy toward living cell physiochemistry studies. *J. Biophotonics*. **13** e201960163 1-6 (2020)
3. I. Nishida, K. Yokomi, K. Hosono, K. Hayashi, Y. Matsuo, T. Kaino, M. Kawamukai. CoQ<sub>10</sub> production in *Schizosaccharomyces pombe* is increased by reduction of glucose levels or deletion of *pka1*. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* **103** 4899-4915 (2019)
4. S. Morisada, I. Nishida, M. Kawamukai, H. Horiuchi, R. Fukuda. Suppression of respiratory growth defect of mutant deficient in mitochondrial phospholipase A<sub>1</sub> by overexpression of genes involved in coenzyme Q synthesis in *Saccharomyces cerevisiae*. *Biosci. Biotechnol. Biochem.* **82** 1633-1639 (2018)

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計6件（うち査読付論文 4件/うち国際共著 1件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Ikuhisa Nishida, Ryota Yanai, Yasuhiro Matsuo, Tomohiro Kaino, Makoto Kawamukai	4. 巻 15
2. 論文標題 Benzoic acid inhibits Coenzyme Q biosynthesis in Schizosaccharomyces pombe	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 PLOS ONE	6. 最初と最後の頁 e0242616, 1-21
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1371/journal.pone.0242616	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 Nungnit Wattanavichean, Ikuhisa Nishida, Masahiro Ando, Makoto Kawamukai, Tatsuyuki Yamamoto, Hiro-O Hamaguchi	4. 巻 13
2. 論文標題 Organelle specific simultaneous Raman/green fluorescence protein microspectroscopy for living cell physicochemical studies	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 J. Biophotonics	6. 最初と最後の頁 e201960163, 1-6
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1002/jbio.201960163	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 西田郁久	4. 巻 4
2. 論文標題 コエンザイムQ10を高生産する酵母の解析と発酵食品への応用	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 公益財団法人三島海雲記念財団年次報告書	6. 最初と最後の頁 1-6
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 Ikuhisa Nishida, Kazumasa Yokomi, Kouji Hosono, Kazuhiro Hayashi, Yasuhiro Matsuo, Tomohiro Kaino, Makoto Kawamukai	4. 巻 103
2. 論文標題 CoQ10 production in Schizosaccharomyces pombe is increased by reduction of glucose levels or deletion of pka1	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Appl. Microbiol. Biotechnol.	6. 最初と最後の頁 4899-4915
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/s00253-019-09843-7	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 Shiho Morisada, Ikuhisa Nishida, Makoto Kawamukai, Hiroyuki Horiuchi, Ryouichi Fukuda	4. 巻 82
2. 論文標題 Suppression of respiratory growth defect of mutant deficient in mitochondrial phospholipase A1 by overexpression of genes involved in coenzyme Q synthesis in <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Biosci. Biotechnol. Biochem.	6. 最初と最後の頁 1633-1639
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/09168451.2018.1476124	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 西田郁久、戒能智宏	4. 巻 -
2. 論文標題 鳥根県の特徴ある水産物素材中における機能性成分の解析	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 鳥根大学生物資源科学部平成30年度戦略的機能強化推進経費成果報告書「特産食品機能強化プロジェクト」	6. 最初と最後の頁 15
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 -

〔学会発表〕 計35件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 7件)

1. 発表者名 西田郁久, 柳井良太, 松尾安浩, 戒能智宏, 川向誠
2. 発表標題 安息香酸は分裂酵母のコエンザイムQ生合成を顕著に阻害する
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 西原昇瑚, 西田郁久, 柳井良太, 松尾安浩, 戒能智宏, 川向誠
2. 発表標題 分裂酵母および出芽酵母のPos5がCoQ生合成に影響する
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 西田郁久
2. 発表標題 清酒酵母とその周辺について ~これまでの研究と日本酒学への展開~
3. 学会等名 第2回日本酒学セミナー
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Nungnit Wattanavichean, Ikuhisa Nishida, Masahiro Ando, Makoto Kawamukai, Tatsuyuki Yamamoto, Hiro-O Hamaguchi
2. 発表標題 Mitochondria Specific Raman Microspectroscopy of Fission Yeast Cells with Simultaneous Raman/GFP Observation
3. 学会等名 The 7th Asian Spectroscopy Conference (ASC 2020) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 西田郁久
2. 発表標題 酵母研究について ~これまでの研究と日本酒学への展開~
3. 学会等名 第3回日本酒学シンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 西田郁久, 平田大, 鈴木一史, 岸保行
2. 発表標題 新潟大学日本酒学センターの取り組みについて
3. 学会等名 第12回日本醸造学会 若手シンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 西田郁久, 柳井良太, 松尾安浩, 戒能智宏, 川向誠
2. 発表標題 安息香酸は分裂酵母のCoQ10生合成を顕著に阻害する
3. 学会等名 第30回イソプレノイド研究会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 西田郁久, 戒能智宏, 松尾安浩, 川向誠
2. 発表標題 安息香酸は分裂酵母のCoQ生合成を顕著に阻害する
3. 学会等名 日本農芸化学会2020年度大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 西原昇瑚, 西田郁久, 柳井良太, 戒能智宏, 川向 誠
2. 発表標題 分裂酵母 <i>Schizosaccharomyces pombe</i> のCoQ生合成に関するPos5の解析
3. 学会等名 日本農芸化学会2020年度大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 戒能智宏, 檜原拓之, 渡子開, 西田郁久, 川向誠
2. 発表標題 CoQ量が極微量である分裂酵母 <i>S. japonicus</i> の完全CoQ欠損株が示す表現型の特徴
3. 学会等名 日本コエンザイムQ協会 第17回研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 戒能智宏、渡子開、榎原拓之、西田郁久、川向誠
2. 発表標題 Schizosaccharomyces japonicusにおけるコエンザイムQ合成と役割
3. 学会等名 第42回日本分子生物学会年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Wattanavichean Nungrit, Ikuhisa Nishida, Masahiro Ando, Makoto Kawamukai, Tatsuyuki Yamamoto, Hiro-o Hamaguchi
2. 発表標題 Mitochondria specific Raman microspectroscopy of fission yeast cells with simultaneous Raman/GFP observation
3. 学会等名 Asian Spectroscopy Conference 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 榎原拓之、渡子開、西田郁久、戒能智宏、川向誠
2. 発表標題 分裂酵母S. japonicusの CoQ欠損株は、最少培地でも生育し、硫化水素を発生しない
3. 学会等名 日本農芸化学会 2019年度 西日本・中四国支部合同沖縄大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 戒能智宏、榎原拓之、渡子開、西田郁久、川向誠
2. 発表標題 分裂酵母 S. japonicusの CoQ合成と完全 CoQ欠損株の表現型の解析
3. 学会等名 第 29 回 イソプレノイド研究会例会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 西田郁久、大森夕貴、柳井良太、松尾安浩、戒能 智宏、川向誠
2. 発表標題 分裂酵母のCoQ10生合成に関わる新規遺伝子coq12の解析
3. 学会等名 第37回 イーストワークショップ
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 西原昇瑚、西田郁久、柳井良太、戒能智宏、川向 誠
2. 発表標題 分裂酵母のPos5がCoQ生合成に与える影響の解析
3. 学会等名 酵母遺伝学フォーラム第52回研究報告会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 西田郁久、戒能智宏、 Jumpathong Jomkwan、松尾安浩、川向誠
2. 発表標題 機能性成分の分析を通じた益田市および鳥根県の生物資源の活用
3. 学会等名 超異分野学会 益田フォーラム2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ikuhisa Nishida, Kazumasa Yokomi, Kouji Hosono, Kazuhiro Hayashi, Yasuhiro Matsuo, Tomohiro Kaino, Makoto Kawamukai
2. 発表標題 Coenzyme Q10 production in Schizosaccharomyces pombe is increased by reduction of glucose levels or deletion of pka1
3. 学会等名 10th International Fission Yeast Meeting POMBE 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Makoto Kawamukai, Kai Tonoko, Takuyuki Narahara, Ikuhisa Nishida, Tomohiro Kaino
2. 発表標題 Biosynthesis of Coenzyme Q and its role in <i>S. pombe</i> and <i>S. japonicus</i>
3. 学会等名 10th International Fission Yeast Meeting POMBE 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Wattanavichean Nungnit, Ikuhisa Nishida, Makoto Kawamukai, Tatsuyuki Yamamoto, Hiro-o Hamaguchi
2. 発表標題 Structural variation of fission yeast mitochondria as revealed by simultaneous GFP-Raman spectroscopy.
3. 学会等名 Seventh Taiwan International Symposium on Raman Spectroscopy (TISRS 2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 榎原拓之、渡子開、西田郁久、戒能智宏、川向誠
2. 発表標題 分裂酵母 <i>S. japonicus</i> と <i>S. pombe</i> の CoQ 欠損株を用いた表現型の比較
3. 学会等名 日本農芸化学会中四国支部第54回講演会 (例会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 西田 郁久、横見 和誠、細野 耕司、林 和弘、松尾 安浩、戒能 智宏、川向 誠
2. 発表標題 グルコース濃度及びcAMP/PKA経路が分裂酵母におけるコエンザイムQ10の生産性に与える影響
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 西田 郁久、大森 夕貴、柳井 良太、松尾 安浩、戒能 智宏、川向 誠
2. 発表標題 分裂酵母のCoQ10生合成に関わる新規遺伝子の解析
3. 学会等名 日本コエンザイムQ協会 第16回研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 西田 郁久、横見 和誠、細野 耕司、林 和弘、松尾 安浩、戒能 智宏、川向 誠
2. 発表標題 低グルコース及びcAMP/PKA経路が分裂酵母のコエンザイムQ10の生産性に与える影響
3. 学会等名 日本生物工学会第4回 西日本支部講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 西田 郁久、戒能 智宏、川向 誠
2. 発表標題 分裂酵母のCoQ生合成に関わる新規遺伝子
3. 学会等名 第41回日本分子生物学会年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 西田 郁久、横見 和誠、細野 耕司、林 和弘、松尾 安浩、戒能 智宏、川向 誠
2. 発表標題 低グルコース及びcAMP/PKA経路が分裂酵母におけるCoQ10生産性に与える影響
3. 学会等名 第36回 イーストワークショップ
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 西原 昇瑚、角 陽香、松浦 啓太、柳井 良太、西田 郁久、戒能 智宏、川向 誠
2. 発表標題 分裂酵母のCoQ10生合成とPos5との関連性
3. 学会等名 第36回 イーストワークショップ
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 檜原 拓之、渡子 開、西田 郁久、戒能 智宏、川向 誠
2. 発表標題 分裂酵母 <i>S. japonicus</i> の完全CoQ欠損株が示す表現型の解析
3. 学会等名 第36回 イーストワークショップ
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Jomkwan Jumpathong, Ikuhisa Nishida, Kohei Nishino, Yasuhiro Matsuo, Tomohiro Kaino, Makoto Kawamukai
2. 発表標題 Analysis of coenzyme Q species from naturally isolated yeasts and the gene responsible for the isoprenoid side chain modification in <i>Aureobasidium pullulans</i>
3. 学会等名 日本農芸化学会2018年度 中四国支部大会（第52回講演会）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 西田 郁久、横見 和誠、細野 耕司、林 和弘、松尾 安浩、戒能 智宏、川向 誠
2. 発表標題 低グルコース及びProtein kinase Aが分裂酵母のCoQ10の生産に与える影響
3. 学会等名 酵母遺伝学フォーラム第51回研究報告会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Wattanavichean Nungrit, Ikuhisa Nishida, Makoto Kawamukai, Tatsuyuki Yamamoto, Hiro-o Hamaguchi
2. 発表標題 Structural variation of fission yeast mitochondria as revealed by time- and space-resolved Raman spectroscopy
3. 学会等名 The 26th International Conference on Raman Spectroscopy (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Jomkwan Jumpathong, 西田 郁久、松尾 安浩、戒能 智宏、川向 誠
2. 発表標題 コエンザイムQ のイソプレノイド鎖を修飾する酵素遺伝子の探索
3. 学会等名 第28回 イソプレノイド研究会例会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Jomkwan Jumpathong, Ikuhisa Nishida, Kohei Nishino, Yasuhiro Matsuo, Tomohiro Kaino, Makoto Kawamukai
2. 発表標題 ANALYSIS OF COENZYME Q SPECIES FROM VARIOUS NATURALLY ISOLATED YEASTS AND GENES RESPONSIBLE FOR SIDE CHAIN MODIFICATION
3. 学会等名 The 9th Conference of the International Coenzyme Q10 Association (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Jomkwan Jumpathong, Ikuhisa Nishida, Kohei Nishino, Yasuhiro Matsuo, Tomohiro Kaino, Makoto Kawamukai
2. 発表標題 Analysis of modified coenzyme Q10 from fungi and investigation of its responsible gene
3. 学会等名 第59回日本生化学会中国・四国支部例会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 西田 郁久、大森 夕貴、柳井 良太、松尾 安浩、戒能 智宏、川向 誠
2. 発表標題 コエンザイムQ10の生合成に関与する新しい遺伝子の発見と機能解析
3. 学会等名 第59回日本生化学会中国・四国支部例会
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

<p>島根大学生命科学科応用微生物学研究室  <a href="http://yoshiki.life.shimane-u.ac.jp/">http://yoshiki.life.shimane-u.ac.jp/</a></p> <p>第86・87回島根大学サイエンスカフェを開催しました  <a href="https://www.shimane-u.ac.jp/docs/2019080800057/">https://www.shimane-u.ac.jp/docs/2019080800057/</a></p> <p>島根大学生命科学科応用微生物学研究室  <a href="http://yoshiki.life.shimane-u.ac.jp/">http://yoshiki.life.shimane-u.ac.jp/</a></p> <p>生物資源科学部の教員、研究員8名が学長へ受賞報告を行いました  <a href="https://www.shimane-u.ac.jp/docs/2018060800025/">https://www.shimane-u.ac.jp/docs/2018060800025/</a></p> <p>新潟大学日本酒学センター  <a href="https://sake.niigata-u.ac.jp/">https://sake.niigata-u.ac.jp/</a></p> <p>アウトリーチ活動等は、Researchmapに詳細を記載した。  <a href="https://researchmap.jp/i-nishida">https://researchmap.jp/i-nishida</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

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		
その他の国・地域(中華民国)	臺灣國立交通大學理學院講座		