

令和 6 年 6 月 21 日現在

機関番号：14301

研究種目：新学術領域研究（研究領域提案型）

研究期間：2019～2023

課題番号：19H05709

研究課題名（和文）ミクロオートファジーの作動・制御機構

研究課題名（英文）Mechanisms of operation and regulation of microautophagy

研究代表者

阪井 康能（Sakai, Yasuyoshi）

京都大学・農学研究科・教授

研究者番号：60202082

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 66,400,000円

研究成果の概要（和文）：ミクロオートファジーは多様なオートファジー経路のひとつでリソソームやエンドソーム膜が変形し細胞質成分を分解しますが未解明な点が多いものです。ある成分の分解にミクロオートファジーか別のマクロオートファジーを用いるかの選択の仕組みも多くは謎のままです。この研究課題ではミクロオートファジー特異的に機能するESCRTタンパク質を発見し、ペルオキシソーム選択的オートファジーを負に制御するMAPキナーゼ経路の働きや脂肪滴特異的ミクロオートファジー機能するユビキチンリガーゼも発見しました。またメタノール資化性酵母においてマクロ、ミクロオートファジーの両方に機能するタンパク質の新規同定にも成功しました。

研究成果の学術的意義や社会的意義

マルチモード・オートファジーの中でミクロオートファジーはマクロオートファジーと分解対象物や分子機構において共通する部分を持ちます。ゆえにミクロオートファジーの特性理解には、マクロオートファジーとの共通分子機構と非共通分子機構とを峻別する必要があります。今回の研究課題ではミクロオートファジーに固有の分子機構（ESCRT）と、マクロオートファジーと共通する分子機構（Atg）の両方を見いだすことができ、ミクロオートファジーの特性理解を深めることに成功しました。また、近年産業応用がすすむメタノール資化性酵母の代謝調節機構も見いだしており、この知見は本酵母での物質生産能向上に資する可能性を持っています。

研究成果の概要（英文）：Microautophagy is a pathway in which lysosomal or endosomal membranes are directly deformed to engulf cytoplasmic components for degradation. It constitutes one of the diverse autophagy pathways, and still has many unexplored aspects. The choice of whether to use microautophagy or another macroautophagy to degrade intracellular components may be controlled by the cell depending on environmental conditions, but the mechanism remains largely unknown. In this research project, we discovered a group of ESCRT proteins as factors that function specifically in microautophagy, and also revealed the function of the MAP kinase pathway that negatively regulates peroxisome-selective autophagy, and that of a ubiquitin ligase in lipid droplet-specific microautophagy. We also succeeded in identifying an Atg protein that functions in both macroautophagy and microautophagy in a methanol-utilizing yeast.

研究分野：応用微生物学

キーワード：オートファジー 液胞 ミクロオートファジー リソソーム

様式 C - 19、F - 19 - 1 (共通)

1. 研究開始当初の背景

オートファジーは細胞質成分のリソソーム(液胞)への輸送を伴う分解機構の総称であり、多くの経路が存在する。その中で、リソソーム膜が直接変形して分解対象をその内部に運び込むマイクロオートファジーは、古くからその現象は見いだされていたものの、分子機構については不明な点が多く残っていた。2010年代に入ると、リソソーム膜だけでなく、エンドソーム膜の変形もマイクロオートファジーとしての機能を果たすことが分かり、マイクロオートファジーの膜動態の多様性があらわになった。本課題研究代表者は2018年に、このマイクロオートファジーの多様性について膜形態を指標とした分類を提唱していたが、それぞれのマイクロオートファジー膜形態を支える分子機構の詳細については未解明な点を多く残していた。

2. 研究の目的

本研究では、新学術領域研究の特徴である他の研究グループとの緊密な連携を糧として、多くの経路で構成されるオートファジー(マルチモード・オートファジー)の1つとしてのマイクロオートファジーの生理機能の解明を目的の一つとした。具体的には、細胞質成分分解のための多量のオートファジー経路のうち、特にマクロオートファジーとマイクロオートファジーとの分子基盤の共通性と差異を明らかにし、細胞がこの2つの経路をどのように使い分けているのか知見を得ることを目指した。このために、同一分解対象(ペルオキシソーム)に対してマクロオートファジーとマイクロオートファジーの両方の経路を誘導しうるメタノール資化性酵母 *Komagataella phaffii* (*syn. Pichia pastoris*) を研究の対象とした。さらに、本酵母のペルオキシソーム特異的オートファジー(ペキシファジー)を制御するシグナル伝達経路についても研究を進めることを目的とした。

本研究のもう一つの目的はマイクロオートファジー膜動態研究における未解明の分子機構のうち、特に分解対象の認識や、リソソーム(液胞)-分解対象物の界面(インターフェイス)形成について明らかにすることである。この分子機構はマイクロオートファジーにおけるリソソーム(液胞)膜変形の分子機構と密接に関連しており、かつ未解明な点が多く残されている分子機構である。この研究のためには上記 *K. phaffii* のほか、すでに多数の遺伝子破壊株が蓄積している出芽酵母 *Saccharomyces cerevisiae* も研究対象とした。

3. 研究の方法

(1) メタノール資化性酵母 *K. phaffii* のペキシファジーに機能するシグナル伝達因子群の同定と解析

K. phaffii が生育環境中のメタノール濃度を検知する鍵因子として本研究代表者らが見出した Wsc1 タンパク質は、MAP kinase 経路を通じたシグナル伝達を行う。このシグナル伝達経路がペキシファジーに与える影響を調べるため、まず、野生株および Wsc1 欠損株を対象にペルオキシソームタンパク質 Pex11 と蛍光タンパク質 YFP との融合タンパク質 Pex11-YFP を発現させ、その YFP 部分の切断を指標にペキシファジー活性を比較した。

ペキシファジー誘導時には、Atg30 タンパク質がリン酸化されることが知られていたため、上記 Wsc1 タンパク質欠損株、および Wsc1 の変異体発現株、そして Wsc1 と連関する MAP kinase 経路上のタンパク質の欠損株を作成し、それらにおける Atg30 のリン酸化状態を、HA tag を付加した Atg30 (Atg30-3xHA) 発現させてそのイミュノプロットにより調べた。

(2) *K. phaffii* マクロペキシファジー-新奇スクリーニング法の構築とそれを利用した因子同定

ペキシファジーにおけるマクロ/マイクロオートファジーの使い分けの分子機構を探るため、これまで行われてこなかったマクロオートファジー様式でのペキシファジーを誘導する条件での新奇機能因子のスクリーニングを行った。具体的には上記 Pex11 に蛍光タンパク質 pHluorin を融合させた Pex11-pHluorin 発現株に対して抗生物質 (Zeocin) 耐性遺伝子カセットをゲノム中にランダムに挿入した。得られた Zeocin 耐性株の中で、マクロオートファジー様式でのペキシファジーを誘導する条件で高い Pex11-pHluorin 蛍光を示す株(ペキシファジーが阻害され蛍光強度が低下しない株)を BD 社製 FACS Aria Cell Sorter を用いて分取した。

分取した株ゲノム中の Zeocin 耐性株遺伝子カセットの周辺遺伝子配列を解析することで、ペキシファジー阻害を引き起こす変異責任遺伝子を同定した。

(3) *K. phaffii* におけるペルオキシソーム特異的マイクロオートファジー(マイクロペキシファジー)機能因子の解析

予備的実験から、マイクロペキシファジー誘導時の液胞膜変形の阻害が確認された ESCRT タンパク質変異株について、ペルオキシソーム標的配列を付加した蛍光タンパク質および液胞膜染色試薬 FM 4-64 の両方で標識し、蛍光顕微鏡観察に供した。解析には ESCRT0 複合体または ESCRTIII 複合体の構成タンパク質の欠損株を用いた。また、ESCRT0 複合体構成タンパク質については、その N 末端側に蛍光タンパク質を付加した融合タンパク質を発現させ、マイクロペ

キソファジー誘導時の局在変化を蛍光顕微鏡観察により調べた。

(4) 出芽酵母 *S. cerevisiae* における脂肪滴特異的マイクロオートファジー基質認識機構の解析

マイクロオートファジー過程で液胞内部に取り込まれる分解対象として脂肪滴を解析した。脂肪滴マーカータンパク質 (Erg6) と液胞膜貫通タンパク質 (Pho8) の両方にそれぞれ異なる蛍光タンパク質 (mCherry, EGFP) を付加して発現させ、液胞内部での蛍光タンパク質部分の切断を利用したマイクロオートファジーアッセイ系を構築した。構築したマイクロオートファジーアッセイ系を用いて、脂肪滴の液胞内取り込みは阻害されているが、液胞膜貫通タンパク質は取り込まれる (つまり膜変形は正常だが分解対象の認識のみ阻害されている) 変異株を探索した。

4. 研究成果

(1) メタノール資化性酵母 *K. phaffii* のペキシファジーに機能するシグナル伝達因子群の同定と解析

Pex11-YFP の切断アッセイの結果、Wsc1 欠損株では野生株と比較して早い段階 (メタノールが培地中に残存する段階) でもペキシファジー活性が亢進していることが分かった。この結果と相応して、Wsc1 欠損株ではペキシファジー誘導に機能する Atg30 のリン酸化も亢進していた。Wsc1 の機能として、メタノール濃度に応じたメタノール代謝酵素群の転写誘導と、熱ストレスに対する応答機能があり、それぞれ一方の機能が不全となる Wsc1 変異も見いだしていた。興味深いことに、Wsc1 がメタノール存在条件でペキシファジーを抑制する機能は、熱ストレス応答できない Wsc1 変異体において失われていた。このことから、ペキシファジー抑制と熱ストレス応答との分子機構の共通性が明らかとなった。

Wsc1 は Mpk1 を中心とする MAP kinase 経路にシグナルを伝える。Wsc1 欠損と同様に Mpk1 欠損でも、ペキシファジーの亢進と Atg30 のリン酸化亢進がみられた。さらにこのシグナル伝達経路の下流に位置する転写因子のうち Rlm1 の欠損株、および Rlm1 が転写誘導する脱リン酸化酵素のうちで Msg5 と PTP2A の欠損株で Atg30 のリン酸化の亢進が見られたことから、Wsc1 がメタノール存在条件でペキシファジーを抑制するシグナル伝達経路を詳細に明らかにすることができた。

(2) *K. phaffii* マクロペキシファジー新奇スクリーニング法の構築とそれを利用した因子同定

ペキシファジーが阻害される結果 Pex11-pHluorin の蛍光強度が高いまま維持される変異株として多数の変異株を取得し、そのゲノム中の Zeocin 耐性遺伝子挿入位置を特定した結果、これまでマイクロオートファジー (マイクロペキシファジー) 誘導条件で取得した多数の ATG 遺伝子変異株を取得した。このことはマクロオートファジーとマイクロペキシファジーとで、Atg タンパク質群という共通の分子機構を使用しているこれまでの研究結果と一致していた。

特定された変異遺伝子の中で、これまでのスクリーニングでは取得されていなかった遺伝子についてさらなる解析を進めた結果、この遺伝子が Phosphatidylinositol 3'-kinase の複合体構成因子であることを見いだした。この因子の欠損はマクロペキシファジーのみならず、マイクロペキシファジーや窒素源飢餓誘導性の細胞質成分分解 (マクロオートファジー) も阻害していることがわかった。また本因子の欠損が他の Atg タンパク質の挙動に影響を与えることも見出した。

(3) *K. phaffii* におけるペルオキシソーム特異的マイクロオートファジー (マイクロペキシファジー) 機能因子の解析

蛍光顕微鏡観察の結果、ESCRT0 複合体タンパク質の欠損も、ESCRTIII 複合体タンパク質の欠損も、マイクロペキシファジー誘導時の液胞膜の変形を阻害することを見いだした。この条件ではペルオキシソームは液胞膜にとり囲まれない代わりに、オートファゴゾーム様膜構造 (マクロペキシファゴゾーム) により液胞内へと輸送されるマクロペキシファジーが観察された。ESCRT0 構成タンパク質と蛍光タンパク質との融合タンパク質の局在解析から、このタンパク質はマイクロペキシファジー誘導時にペルオキシソームと液胞膜との相互作用面に局在を変化させることが明らかとなった。

(4) 出芽酵母 *S. cerevisiae* における脂肪滴特異的マイクロオートファジー基質認識機構の解析

脂肪滴に対するマイクロオートファジーに ESCRT タンパク質が必要であることを以前に見いだしていた。ESCRT タンパク質はユビキチン鎖のうち、K63 残基を介して形成された K63 ユビキチン鎖に対して強い親和性を持つことから、これまで出芽酵母において K63 ユビキチン鎖形成に機能することが報告されている様々なユビキチンリガーゼの変異株において、脂肪滴マーカーと液胞膜貫通タンパク質の両方の液胞内への取り込みを上記のマイクロオートファジーアッセイ系で解析したところ、あるユビキチンリガーゼの変異株において液胞膜貫通タンパク質の取り込みは正常に起こるが、脂肪滴マーカータンパク質の液胞内輸送は阻害されていることを見いだした。このことから、当該ユビキチンリガーゼが脂肪滴の認識のステップに機能して、液胞膜陥入の膜動態と協調した働きをもつことが強く示唆された。

次に ESCRT タンパク質が脂肪滴に接触して局在するかどうかを、Erg6 と ESCRT 複合体 I

の構成タンパク質 Vps23 に対する局在蛍光顕微鏡解析で調べたところ、脂肪滴に対するマイクロオートファジー誘導時に両者が接触する様子が観察された、この接触は上記のユビキチンリガーゼの変異株において減弱していたことから、ユビキチンリガーゼが脂肪滴と ESCRT タンパク質との接触に必要であることが明らかとなった。この結果からエンドサイトーシスにおけるユビキチンリガーゼの作用(変形膜上に存在するタンパク質に対するユビキチン化)とは異なる、マイクロオートファジーに特徴的なユビキチン化作用(液胞膜以外の分解対象に対するユビキチン化)が存在することを強く示唆された。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計10件（うち査読付論文 7件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 Sakai Yasuyoshi, Oku Masahide	4. 巻 598
2. 論文標題 <sc>ATG</sc> and <sc>ESCRT</sc> control multiple modes of microautophagy	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 FEBS Letters	6. 最初と最後の頁 48 ~ 58
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/1873-3468.14760	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 Shin Ohsawa, Masahide Oku, Hiroya Yurimoto, and Yasuyoshi Sakai	4. 巻 10
2. 論文標題 Regulation of Peroxisome Homeostasis by Post-Translational Modification in the Methylophilic Yeast <i>Komagataella phaffii</i>	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Frontiers in Cell and Developmental Biology	6. 最初と最後の頁 887806
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/fcell.2022.887806	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 Koichi Inoue, Shin Ohsawa, Shinji Ito, Hiroya Yurimoto, and Yasuyoshi Sakai.	4. 巻 118
2. 論文標題 Phosphoregulation of the transcription factor Mxr1 plays a crucial role in the concentration-regulated methanol induction in <i>Komagataella phaffii</i>	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Molecular Microbiology	6. 最初と最後の頁 683-697
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/mmi.14994	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 Yurimoto Hiroya, Shiraishi Kosuke, Sakai Yasuyoshi	4. 巻 9
2. 論文標題 Physiology of Methylophilic Living in the Phyllosphere	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Microorganisms	6. 最初と最後の頁 809
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/microorganisms9040809	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 Shiraishi Kosuke, Sakai Yasuyoshi	4. 巻 13
2. 論文標題 Autophagy as a Survival Strategy for Eukaryotic Microbes Living in the Phyllosphere	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Frontiers in Plant Science	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) 10.3389/fpls.2022.867486	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 白石 晃将, 阪井 康能	4. 巻 60
2. 論文標題 オートファジーからひも解く植物葉面微生物の生存戦略 植物のライフサイクルに伴う棲息環境の変化へ 適応するために	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 化学と生物	6. 最初と最後の頁 2-4
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 Ohsawa Shin, Inoue Koichi, Isoda Takahiro, Oku Masahide, Yurimoto Hiroya, Sakai Yasuyoshi	4. 巻 -
2. 論文標題 Methanol sensor Wsc1 and MAP kinase suppress degradation of methanol-induced peroxisomes in methylotrophic yeast	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Cell Science	6. 最初と最後の頁 jcs.254714
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1242/jcs.254714	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 阪井康能	4. 巻 91
2. 論文標題 ようやく明らかになりつつあるマイクロオートファジーの多様な分子機構	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 生化学	6. 最初と最後の頁 635-642
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.14952/SEIKAGAKU.2019.910634	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 奥 公秀、阪井康能	4. 巻 272
2. 論文標題 マイクロオートファジー研究の課題	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 医学のあゆみ	6. 最初と最後の頁 856-860
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 Abe Y, Honsho M, Kawaguchi R, Matsuzaki T, Ichiki Y, Fujitani M, Fujiwara K, Hirokane M, Oku M, Sakai Y, Yamashita T, Fujiki Y	4. 巻 295
2. 論文標題 A peroxisome deficiency-induced reductive cytosol state up-regulates the brain-derived neurotrophic factor pathway.	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 The Journal of Biological Chemistry	6. 最初と最後の頁 5321-5334
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1074/jbc.RA119.011989	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 5件 / うち国際学会 6件)

1. 発表者名 光部 雅俊、中辻 拓実、齋藤 敬、奥 公秀、白石 晃将、阪井 康能
2. 発表標題 メタノール酵母Komagataella phaffiiのAtg12のリン酸化を介したオートファジー制御機構
3. 学会等名 日本農芸化学会2024年度大会
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 中辻 拓実、白石 晃将、奥 公秀、阪井 康能
2. 発表標題 出芽酵母Saccharomyces cerevisiae の液胞膜ミクロドメイン形成におけるマイクロリポファジーの役割
3. 学会等名 日本農芸化学会2024年度大会
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 有馬 ゆみ、中村 元春、中辻 拓実、奥 公秀、白石 晃將、阪井 康能
2. 発表標題 新規因子KpATG14はメタノール資化性酵母Komagataella phaffiiのペキシファジーに必要である
3. 学会等名 日本農芸化学会2024年度大会
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 石垣颯斗、白石晃將、光部雅俊、奥公秀、阪井康能
2. 発表標題 ESCRTはメタノール酵母Komagataella phaffiiのマイクロペキシファジーに必要である
3. 学会等名 日本農芸化学会2024年度大会
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 石垣颯斗、白石晃將、光部雅俊、奥公秀、阪井康能
2. 発表標題 メタノール資化性酵母Komagataella phaffiiのマイクロペキシファジーにおけるESCRTの役割
3. 学会等名 酵母遺伝学フォーラム第56回研究報告会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 光部 雅俊、中辻 拓実、齋藤 敬、奥 公秀、白石 晃將、阪井 康能
2. 発表標題 メタノール酵母Komagataella phaffiiにおける非共有結合性Atg12-Atg5複合体のオートファジー制御機構
3. 学会等名 酵母遺伝学フォーラム第56回研究報告会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 石垣颯斗、白石晃将、光部雅俊、奥公秀、阪井康能
2. 発表標題 ESCRT分子群はメタノール資化性酵母 <i>Komagataella phaffii</i> のマイクロペキシソファジーに必要である
3. 学会等名 第15回オートファジー研究会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 光部 雅俊、中辻 拓実、齋藤 敬、奥 公秀、白石 晃将、阪井 康能
2. 発表標題 メタノール酵母 <i>Komagataella phaffii</i> におけるAtg12のリン酸化を介したオートファジー制御機構
3. 学会等名 第15回オートファジー研究会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 有馬 ゆみ、中村 元春、中辻 拓実、奥 公秀、白石 晃将、阪井 康能
2. 発表標題 メタノール資化性酵母 <i>Komagataella phaffii</i> におけるペキシソファジー関連因子KpATG14の機能解析
3. 学会等名 第15回オートファジー研究会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 中辻 拓実、白石 晃将、奥 公秀、阪井 康能
2. 発表標題 <i>Saccharomyces cerevisiae</i> の液胞膜マイクロドメイン形成におけるマイクロリポファジーの役割
3. 学会等名 第15回オートファジー研究会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 阪井康能、片山志織、白石晃将、奥 公秀
2. 発表標題 マイクロオートファジーの分子機構と生理機能
3. 学会等名 第15回オートファジー研究会および第5回新学術領域研究「マルチモードオートファジー」班会議
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Yasuyoshi Sakai, Kosuke Shiraishi, Hiroya Yurimoto
2. 発表標題 Distribution and survival strategy of methylotrophs in the phyllosphere
3. 学会等名 Phyllosphere 2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Yasuyoshi Sakai
2. 発表標題 Molecular mechanism and physiological significance of diurnal regulation of pexophagy in methylotrophic yeasts for survival in the phyllosphere
3. 学会等名 The 10th International Symposium on Autophagy (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Masahide Oku, Shoya Araki, Yasuyoshi Sakai
2. 発表標題 Molecular dissection of yeast microlipophagy
3. 学会等名 The 10th International Symposium on Autophagy (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 阪井康能
2. 発表標題 C1 微生物の生存戦略における分子・細胞基盤の解明と機能開発
3. 学会等名 日本農芸化学会 関西支部大会 第522回講演会 受賞記念講演 (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 光部 雅俊、中辻 拓実、齋藤 敬、奥 公秀、白石 晃将、阪井 康能
2. 発表標題 メタノール酵母Komagataella phaffiiにおける非共有結合性複合体Atg12-Atg5のオートファジー制御機構
3. 学会等名 日本農芸化学会 2023年度大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 有馬 ゆみ、中村 元春、中辻 拓実、奥 公秀、白石 晃将、阪井 康能
2. 発表標題 メタノール資化性酵母Komagataella phaffiiにおけるペキソファジー関連遺伝子KpATG14の解析
3. 学会等名 日本農芸化学会 2023年度大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Kosuke Shiraiishi, Masahide Oku, Hiroya Yurimoto, Yasuyoshi Sakai
2. 発表標題 Role of Autophagy in Adaptation to the Phyllosphere Environment in the Methanol-Utilizing Yeast <i>Candida boidinii</i>
3. 学会等名 Phyllosphere Fortnight 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Koichi Inoue, Shin Ohsawa, Hiroya Yurimoto, Yasuyoshi Sakai
2. 発表標題 Wsc1 and MAP kinase proteins suppress pexophagy in the methylotrophic yeast <i>Komagataella phaffii</i>
3. 学会等名 International Congress on Yeasts (ICY15) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 阪井康能
2. 発表標題 温室効果ガスの炭素循環を担うC1 微生物はどのようにして葉面で生きていくのか
3. 学会等名 大隅基礎科学創成財団第5期第1回創発セミナー (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 阪井康能
2. 発表標題 農芸化学会賞受賞講演「C1微生物の生存戦略における分子・細胞基盤の解明と機能開発」
3. 学会等名 日本農芸化学会2022年度大会 (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 光部雅俊、中辻拓実、白石晃将、奥 公秀、阪井康能
2. 発表標題 メタノール酵母 <i>Komagataella phaffii</i> Atg12-Atg5複合体によるオートファジーの制御
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 Sakai Yasuyoshi
2. 発表標題 Methanol-induced gene expression: molecular mechanism and application
3. 学会等名 Pichia 2021 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 Masahide Oku, Yasuyoshi Sakai.	4. 発行年 2019年
2. 出版社 Springer	5. 総ページ数 279
3. 書名 Peroxisomes: Biogenesis, Function, and Role in Human Disease	

〔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	奥 公秀 (Oku Masahide) (10511230)	京都先端科学大学・バイオ環境学部・准教授 (34303)	

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