

令和 6 年 6 月 5 日現在

機関番号：15401

研究種目：挑戦的研究（萌芽）

研究期間：2021～2023

課題番号：21K19088

研究課題名（和文）脂質代謝を起点とした転写による小胞輸送制御機構の解明

研究課題名（英文）Transcriptional regulation of vesicular trafficking through lipid metabolism

研究代表者

船戸 耕一（Funato, Koichi）

広島大学・統合生命科学研究科（生）・准教授

研究者番号：30379854

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 5,000,000円

研究成果の概要（和文）：小胞輸送を中心とする細胞内ロジスティクスは細胞の維持に必須なばかりでなく、生体高次機能を支える基本的な仕組みでもあり、その破綻は種々の疾患に直結する。従って、その仕組みの理解は、生命科学としてのみならず医科学的にも重要である。申請者は最近、酵母を用いた解析により、COPII（coat protein complex II）小胞の形成に脂質代謝が関与することを見出した（Curr. Biol., 2018）。しかし、そのメカニズムは不明である。本研究では、COPII小胞の形成が脂質代謝を起点とした転写によって調節されていることに加え、その調節にYIP3遺伝子が深く関わっていることを明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

細胞の増殖、分化、死などの細胞の運命に応じて、細胞内小器官の量や状態は厳密に制御されているはずであるが、細胞小器官の量や状態がどのように調節されているかは不明である。細胞小器官の恒常性の維持に重要な役割を果たしているのが小胞輸送を中心とする細胞内ロジスティクスであり、その異常は神経管閉鎖障害などの先天性疾患と関係性があることが分かってきている。本研究では、小胞輸送の最上流に位置する小胞体から形成されるCOPII小胞の形成が脂質代謝を起点とした転写によって調節されていることを明らかにした。この成果は、小胞輸送が関与する様々な生理現象の理解や疾患の治療応用への展開に貢献すると期待される。

研究成果の概要（英文）：The intracellular logistics involving vesicular trafficking is not only indispensable for cellular maintenance but also serves as a fundamental mechanism supporting the higher-order functions of living organisms, with its disruption being directly linked to various diseases. Therefore, understanding this mechanism is not only crucial from the perspective of life sciences but also from that of medical sciences. We recently discovered, through analysis utilizing yeast, the involvement of lipid metabolism in the formation of COPII (coat protein complex II) vesicles (Curr. Biol., 2018). However, the precise mechanism remains unknown. In this study, we elucidated that the formation of COPII vesicles is regulated by transcription which is caused by changes in lipid metabolism, and that a yeast YIP3 gene is involved in its regulation.

研究分野：応用分子細胞生物学

キーワード：転写 脂質 COPII小胞 酵母 シロイヌナズナ

## 1. 研究開始当初の背景

真核生物の細胞内には小胞体、ゴルジ体や液胞などの細胞小器官(オルガネラ)が存在し、これらのオルガネラ間でのタンパク質や脂質などの積み荷の輸送は直径 50-100 nm の輸送小胞を介した小胞輸送と総称される輸送機構により行われる。Coat protein complex II (COPII) 小胞は小胞輸送の最上流に位置する小胞体から形成される輸送小胞であり、積み荷を小胞体からゴルジ体へ運ぶ。このプロセスはすべての真核生物において必須であり、COPII 小胞の形成不全はカイロミクロン停滞症や頭蓋・水晶体・縫合異形成症などヒト疾患の原因であることが知られている。COPII 小胞を形作るコートタンパク質は、生理学的な栄養変動や発生段階に応じて、あるいは小胞体ストレスにตอบสนองして転写的に発現上昇することから、細胞には COPII 小胞形成を転写レベルで制御する感知システムが存在すると予測されるが、そのシステムの実体は不明である。研究代表者は、これまで出芽酵母を材料として、COPII 小胞の形成が小胞体膜に存在する脂質によって調節されていることを明らかにしてきた(Curr. Biol., 2018)。小胞体膜の脂質はセンサータンパク質によって感知され、その情報を核へ伝え、転写レベルで膜脂質の変化に対応する仕組みを細胞は有していると考えられる。しかしながら、小胞体膜の脂質変化とリンクした COPII 小胞形成のための転写応答メカニズムは明らかにされていない。

上述したように、我々は酵母を用いた解析から、COPII 小胞形成の制御に脂質代謝が関与することを見出した(Curr. Biol., 2018)。これは、COPII 小胞の形成を開始するグアニンヌクレオチド交換因子 Sec12 をコードする遺伝子の酵母変異株 *sec12-4* で観察されるタンパク質の輸送障害がリン脂質を加水分解するホスホリパーゼの過剰発現によって回復する発現に端を発する。酵母のホスホリパーゼは B 型で sn-1 と sn-2 の両方のアシル基を切断することから、その過剰発現はリゾリン脂質の増加のみならず、リン脂質量の減少も引き起こす。面白いことに、リゾリン脂質アシル転移酵素をコードする遺伝子を破壊しホスファチジン酸の量を減少させると、*sec12-4* 変異株の表現型が抑圧された(未発表)。さらに、*sec12-4* 変異株の表現型の抑圧は、ホスファチジン酸の小胞体膜レベルによって活性が調節されている転写因子 Ino2 と Ino4 の二重欠失でも観察されたことから、COPII 小胞の形成はホスファチジン酸・Ino2/Ino4 を介した転写制御によってコントロールされていることが示唆された。続いて、我々は、マイクロアレー解析の結果から、*INO2* と *INO4* の両方の遺伝子を破壊することで発現が 2 倍以上変動する遺伝子 199 種類(うち発現が上昇した遺伝子が 47 種類、発現が減少した遺伝子が 152 種類)を見出し、これらの中に、COPII 小胞形成の調節に関与する遺伝子が含まれていると推察した。

## 2. 研究の目的

【1. 研究開始当初の背景】で述べたように、*sec12-4* 変異株の表現型を抑圧した *INO2* と *INO4* の両方の遺伝子の破壊で、発現が 2 倍以上変動する遺伝子 199 種類を見出したことから、我々は、これらの中に COPII 小胞形成の調節に関与する遺伝子が含まれていると推察した。本研究では、199 の遺伝子を対象に網羅的にスクリーニングし、COPII 小胞形成を調節する因子を同定することを目的とした。また、その中から COPII コートタンパク質と物理的相互作用を示す有力な候補因子については、COPII 小胞形成においてどのような役割を果たしているかを明らかにすることを目指した。

## 3. 研究の方法

### 1) スポット法による酵母細胞の増殖測定

細胞懸濁液の希釈系列を作製、固形培地にスポットし、コントロール株のコロニーが観察されるまで一定温度で数日間培養したのち、細胞の増殖を比較した。

### 2) 積み荷タンパク質の小胞体からゴルジ体への輸送の解析

小胞体内に蓄積している未成熟の積み荷タンパク質とゴルジ体へ運ばれて成熟した積み荷タンパク質の割合をウエスタンブロッティング法で分析し、小胞体からゴルジ体への輸送の効率を解析した。

### 3) COPII 小胞形成に関与するタンパク質の局在解析

COPII 小胞形成に関与するタンパク質に蛍光タンパク質を融合させたコンストラクトを作製し、蛍光融合タンパク質を発現させ、その局在を蛍光顕微鏡により解析した。

### 4) 花粉表面構造の走査型電子顕微鏡(SEM)分析

カーボンテープを張り付け、白金/パラジウムでコーティングした試料台に、開花した花から採取した花粉四分体を乗せて、試料を S-4800 放出型走査電子顕微鏡により観察した。

## 4. 研究成果

*INO2* と *INO4* の両方の遺伝子を破壊することで発現が 2 倍以上減少した 152 種類の遺伝子について、過剰発現用ベクターを野生株に形質転換、過剰発現させて生育が悪化する遺伝子をスクリーニングしたところ、7 種類の遺伝子がヒットした。これらの遺伝子は *Ino2/Ino4* 転写因子によって発現が ON になる遺伝子であるが、過剰発現により生育障害を引き起こすことから、この中には COPII 小胞の形成を負に制御するものが含まれている可能性があると考えられた。そこで、これら 7 種類の遺伝子をそれぞれ破壊した *sec12-4* 変異との二重変異株を作製し、*sec12-4* 変異の表現型が抑圧される遺伝子の絞り込みを行った。その結果、*TRF5* と *YIP3* のふたつの遺伝子の破壊によって *sec12-4* 変異による高温での生育障害が回復されることが示された。*TRF5* は非標準ポリ(A)ポリメラーゼをコードする遺伝子で、その遺伝子産物は RNA 基質の分解を促進することから、Trf5 の欠失による COPII 小胞の形成に関与するタンパク質の発現量の増加が *sec12-4* 変異の抑圧の原因である可能性が考えられる。一方、*YIP3* は COPII 小胞に局在することが知られているタンパク質をコードしており、小胞体とゴルジ体間の小胞輸送に関与することが提唱されているが、その機能は不明である。そこで、*sec12-4* 変異による積み荷タンパク質の小胞体からゴルジ体への輸送障害に *YIP3* の破壊が影響を与えるかどうかウエスタン解析を行った結果、*YIP3* の破壊によって輸送障害が抑圧されることが示された。これは、Yip3 が COPII 小胞を介した小胞輸送を負に制御していることを示唆している。Yip3 はレティキュロンタンパク質 Rtn1 と物理的に相互作用することが知られていることから、Rtn1 をコードする遺伝子 *RTN1* を破壊させた *sec12-4* 変異との二重変異株を作製し解析を行った結果、*RTN1* も破壊すると *sec12-4* 変異の表現型を抑圧したことから、COPII 小胞を介した小胞輸送を負に制御する遺伝子であることが示唆された。

次に、Yip3 の作用機序を探るため、Sec12 により不活性 (GDP 結合) 型から活性 (GTP 結合) 型へ変換される低分子量 GTPase である Sar1 の小胞体膜への結合における Yip3 の関与を調べた。細胞質に局在する GDP 結合型 Sar1 は GTP 結合型へ変換されると、構造変化を起こして N 末端のヘリックス領域を介して小胞体膜に結合する。したがって、*sec12-4* 変異株では制限温度下において Sar1 の小胞体膜への結合性は著しく低下するはずであり、実際我々は、AcGFP を融合された Sar1 を発現する細胞でこの現象を確認した。そこで、この *sec12-4* 変異株における Sar1 の膜結合性の低下が *YIP3* の破壊によって抑圧されるか調べたところ、結合性にほとんど影響を与えず、Yip3 が Sar1 のグアニンヌクレオチド交換反応に関与しないことが示唆された。Sar1 や COPII コートタンパク質全てと相互作用し、小胞体膜上に COPII 小胞形成の足場を作ると考えられている Sec16 の膜への集積についても解析を行った。その結果、興味深いことに、*sec12-4* 変異による Sec16 の小胞体膜への集積の低下が *YIP3* の破壊によって抑圧されることがわかった。また、Yip3 を野生株に過剰発現させると Sec16 の小胞体膜への集積の低下が観察された。Yip3 は Sec16 と完全ではないが一部が共局在することも明らかになった。これらの結果から、Yip3 は Sec16 の小胞体膜への集積を抑えることで、COPII 小胞形成を負に制御していることが示唆された。

*INO2* と *INO4* の両方の遺伝子を破壊することで発現が 2 倍以上増加した 47 種類の遺伝子の中には、COPII 小胞の形成を正に制御する因子が含まれている可能性も考えられた。そこで、*sec12-4* 変異株に過剰発現用ベクターを形質転換し、過剰発現させて表現型が抑圧する多コピーサプレッサーをスクリーニングした結果、メチオニン代謝に係る多数の遺伝子が多コピーサプレッサーとして機能することが明らかとなった。また、それらの遺伝子は *SEC12* 遺伝子以外の COPII 小胞形成に関与する *SEC* の変異による表現型も抑圧したことから、酵母の COPII 小胞形成に深く関わりがあることが示唆された。メチオニン代謝関連遺伝子が COPII 小胞形成にどのように関わっているかについては今後の解決すべき課題である。

YIP3/PRA family と RTN family は酵母から動植物まで広く保存されている。本研究では、植物のモデル生物であるシロイヌナズナの COPII 小胞の形成におけるそれらタンパク質の役割についても解析を行った。シロイヌナズナの *SEC23* 遺伝子を破壊すると花粉のエキシンの網目構造に異常が生じる。そこで、シロイヌナズナの 19 種類の *PRA* 遺伝子と 21 種類の *RTN* 遺伝子の破壊株の花粉を走査型電子顕微鏡で観察したところ、*PRA* 遺伝子のひとつである *AtPRA1.B3* の破壊株でエキシンの構造が著しく異常になっていることが見出された。このことにより、*PRA* 遺伝子が COPII 小胞の形成に関与している可能性が強く示唆された。現在、*SEC* 遺伝子との二重変異株を作製中であり、今後はそれらの株を用いて遺伝子間の機能的関係性など詳細を調べる予定である。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計13件（うち査読付論文 13件 / うち国際共著 7件 / うちオープンアクセス 8件）

1. 著者名 Dutta Amit Kumar, Sultana Mst Momtaz, Tanaka Ai, Suzuki Takamasa, Hachiya Takushi, Nakagawa Tsuyoshi	4. 巻 88
2. 論文標題 Expression analysis of genes encoding extracellular leucine-rich repeat proteins in Arabidopsis thaliana	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry	6. 最初と最後の頁 154 ~ 167
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/bbb/zbad171	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 Sakuragi Keiko, Schlarmann Philipp, Ikeda Atsuko, Funato Kouichi	4. 巻 597
2. 論文標題 Vacuole membrane contact sites regulate liquid ordered domain formation during glucose starvation	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 FEBS Letters	6. 最初と最後の頁 1462 ~ 1468
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/1873-3468.14621	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 Sasaki Saku, Schlarmann Philipp, Hanaoka Kazuki, Nishii Hinako, Moriya Hisao, Muniz Manuel, Funato Kouichi	4. 巻 598
2. 論文標題 Protein sorting upon exit from the endoplasmic reticulum dominates Golgi biogenesis in budding yeast	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 FEBS Letters	6. 最初と最後の頁 548 ~ 555
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/1873-3468.14830	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 該当する
1. 著者名 Hanaoka Kazuki, Nishikawa Kensuke, Ikeda Atsuko, Schlarmann Philipp, Sasaki Saku, Fujii Sotaro, Yamashita Sayumi, Nakaji Aya, Funato Kouichi	4. 巻 12
2. 論文標題 Membrane contact sites regulate vacuolar fission via sphingolipid metabolism	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 eLife	6. 最初と最後の頁 RP89938
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7554/eLife.89938	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 Schlarmann Philipp, Hanaoka Kazuki, Ikeda Atsuko, Muniz Manuel, Funato Kouichi.	4. 巻 715
2. 論文標題 Ceramide sorting into non-vesicular transport is independent of acyl chain length in budding yeast.	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Biochem Biophys Res Commun.	6. 最初と最後の頁 149980
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.bbrc.2024.149980	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 Hossain MF, Dutta AK, Suzuki T, Higashiyama T, Miyamoto C, Ishiguro S, Maruta T, Muto Y, Nishimura K, Ishida H, Aboulela M, Hachiya T, Nakagawa T.	4. 巻 257
2. 論文標題 Targeted expression of bgl23-D, a dominant-negative allele of ATCSLD5, affects cytokinesis of guard mother cells and exine formation of pollen in Arabidopsis thaliana.	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Planta	6. 最初と最後の頁 64-82
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00425-023-04097-0	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 花岡 和樹, 黒川 量雄, 船戸 耕一	4. 巻 95
2. 論文標題 GPI アンカー型タンパク質の選別輸送の品質管理	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 生化学	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) 10.14952/SEIKAGAKU.2023.95	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 Rodriguez-Gallardo S, Sabido-Bozo S, Ikeda A, Araki, M, Okazaki K, Nakano M, Aguilera-Romero A, Cortes-Gomez A, Lopez S, Waga M, Nakano A, Kurokawa K, Muniz M, Funato K.	4. 巻 39
2. 論文標題 Quality-controlled ceramide-based GPI-anchored protein sorting into selective ER exit sites	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Cell Reports	6. 最初と最後の頁 110768
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.celrep.2022.110768	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 該当する

1. 著者名 Flor-Parra I, Sabido-Bozo S, Ikeda A, Hanaoka K, Aguilera-Romero A, Funato K, Muniz M, Lucena R.	4. 巻 23
2. 論文標題 The Ceramide Synthase Subunit Lac1 Regulates Cell Growth and Size in Fission Yeast.	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Int. J. Mol. Sci.	6. 最初と最後の頁 303
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/ijms23010303	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 該当する

1. 著者名 Schlarmann P, Ikeda A, Funato K.	4. 巻 11
2. 論文標題 Membrane Contact Sites in Yeast: Control Hubs of Sphingolipid Homeostasis.	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Membranes (Basel)	6. 最初と最後の頁 971
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/membranes11120971	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 Ikeda A, Hanaoka K, Funato K.	4. 巻 2
2. 論文標題 Protocol for measuring sphingolipid metabolism in budding yeast.	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 STAR Protoc.	6. 最初と最後の頁 100412
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.xpro.2021.100412	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 Nakano M, Sabido-Bozo S, Okazaki K, Aguilera-Romero A, Rodriguez-Gallardo S, Cortes-Gomez A, Lopez S, Ikeda A, Funato K, Muniz M.	4. 巻 16
2. 論文標題 Structural analysis of the GPI glycan.	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 PLoS One	6. 最初と最後の頁 e0257435
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1371/journal.pone.0257435	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 該当する

1. 著者名 Hossain MF, Sultana MM, Tanaka A, Dutta AK, Hachiya T, Nakagawa T.	4. 巻 30
2. 論文標題 Expression analysis of plant intracellular Ras-group related leucine-rich repeat proteins (PIRLs) in Arabidopsis thaliana.	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Biochem. Biophys. Rep.	6. 最初と最後の頁 101241
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.bbrep.2022.101241	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 該当する

[学会発表] 計50件(うち招待講演 0件/うち国際学会 3件)

1. 発表者名 伊藤 菜、後田梨緒、池田敦子、船戸耕一
2. 発表標題 TORC を介したシグナル伝達経路に関する新規キナーゼの探索 と機能解析
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 Philipp Schlarmann, Atsuko Ikeda, ZhiGang Piao, Kouichi Funato
2. 発表標題 Membrane contact sites with lipid droplets stimulate non- vesicular transport of ceramide
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 佐々木咲、池田敦子、Shobhna Kapoor、船戸耕一
2. 発表標題 短鎖スフィンゴ脂質合成株の解析から見えてきた “脂質依存的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 花岡和樹、Philipp Schlarmann、池田敦子、船戸耕一
2. 発表標題 核-液胞接合部(NVJ)を介したスフィンゴ脂質による液胞分裂制御機構
3. 学会等名 学会創立 100 周年記念 日本農芸化学会 2023 年度中四国・西日本支部合同大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 佐々木咲、花岡和樹、池田敦子、船戸耕一
2. 発表標題 スフィンゴ脂質鎖長がオルガネラの形態や量に及ぼす影響
3. 学会等名 学会創立 100 周年記念 日本農芸化学会 2023 年度中四国・西日本支部合同大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Atsuko Ikeda, Kazuki Hanaoka <sup>1</sup> , Kensuke Nishikawa <sup>1</sup> , Philipp Schlarmann, Sayumi Yamashita, Aya Nakaji, Sotaro Fujii, Kouichi Funato
2. 発表標題 Membrane contact sites regulate vacuolar fission via sphingolipid metabolism.
3. 学会等名 Cold Spring Harbor Asia conference on Yeast and Life Sciences (CSHA meeting 『酵母と生命科学』) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Philipp Schlarmann, 櫻木桂子, 池田敦子, 金井 宗良, 船戸耕一
2. 発表標題 グルコース感知とシグナル伝達におけるメンブランコンタクトサイトの役割
3. 学会等名 第40回YEAST WORKSHOP
4. 発表年 2023年



1. 発表者名 櫻木桂子, 池田敦子, 船戸耕一
2. 発表標題 TORC2 はスフィンゴ脂質を介して液胞膜 Lo ドメインの形成を制御する
3. 学会等名 第40回YEAST WORKSHOP
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 花岡和樹, 池田敦子, 船戸耕一
2. 発表標題 GPI アンカー型タンパク質の輸送に関するPBR1 の機能解析
3. 学会等名 第40回YEAST WORKSHOP
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 佐々木 咲, 池田敦子, 船戸耕一
2. 発表標題 オートファジーにおける ‘ ‘ 脂質依存的 ‘ ‘ 制御機構の解明
3. 学会等名 第40回YEAST WORKSHOP
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 伊藤 菜, 後田梨緒, 池田敦子, 船戸耕一
2. 発表標題 TORC を介したシグナル伝達経路に関するFMP48 の機能解析
3. 学会等名 第40回YEAST WORKSHOP
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 楊 舒茵, 伊藤 栞, 池田敦子, 船戸耕一
2. 発表標題 小胞体-ゴルジ体間の双方向輸送を調節する脂質の役割
3. 学会等名 第40回YEAST WORKSHOP
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 楊 宇佳, 花岡和樹, 池田敦子, 船戸耕一
2. 発表標題 GPI リモデリングは Lo ドメイン形成を介してオートファジーを制御する
3. 学会等名 第40回YEAST WORKSHOP
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 堂免朝日, 佐野美咲, 池田敦子, 船戸耕一
2. 発表標題 ER-Golgi 間小胞輸送における TORC1 関連キナーゼ Nnk1 の役割
3. 学会等名 第40回YEAST WORKSHOP
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 井口瑞希, 池間諒子, 池田敦子, 船戸耕一
2. 発表標題 R-Golgi 間小胞輸送におけるYIP3 とレティキュロンの役割
3. 学会等名 第40回YEAST WORKSHOP
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 花岡和樹、池田敦子、船戸耕一
2. 発表標題 GPI（グリコシルホスファチジルイノシトール）リモデリングに関する新規遺伝子の同定
3. 学会等名 日本農芸化学会中四国支部第62回講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 櫻木桂子、池田敦子、船戸耕一
2. 発表標題 遺伝子発現レベルから分析するMCSの機能
3. 学会等名 日本農芸化学会中四国支部第62回講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 花岡和樹、池田敦子、船戸耕一
2. 発表標題 セラミドの炭素鎖長が小胞体からのセラミドの選別輸送に及ぼす影響
3. 学会等名 日本農芸化学会2022年度中四国支部大会（第63回講演会）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 櫻木桂子、關川裕一郎、池田敦子、船戸耕一
2. 発表標題 TORC1活性に必要な液胞膜Loドメインの形成における膜接触部位の役割
3. 学会等名 酵母遺伝学フォーラム第55回研究報告会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 花岡和樹、池田敦子、船戸耕一
2. 発表標題 GPI (グリコシルホスファチジルイノシトール) リモデリングに関与する新規遺伝子の同定と機能解析
3. 学会等名 酵母遺伝学フォーラム第55回研究報告会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 池間諒子、池田敦子、Isabelle Riezman、Howard Riezman、船戸耕一
2. 発表標題 脂質代謝を介したCOP 小胞形成制御機構の解析
3. 学会等名 酵母遺伝学フォーラム第55回研究報告会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 佐野美咲、池田敦子、船戸耕一
2. 発表標題 Nitrogen network kinase Nnk1は小胞輸送を介したスフィンゴ脂質合成に関与する
3. 学会等名 酵母遺伝学フォーラム第55回研究報告会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 池間諒子、池田敦子、Isabelle Riezman、Howard Riezman、船戸耕一
2. 発表標題 脂質組成に制御される COP II 小胞形成段階の解析
3. 学会等名 第39回 YEAST WORKSHOP
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 藤内孝樹、池田敦子、船戸耕一
2. 発表標題 メチオニン関連遺伝子による COP 小胞輸送制御機構の解明
3. 学会等名 第39回 YEAST WORKSHOP
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 伊藤菜、李航慶、楊舒茵、池田敦子、船戸耕一
2. 発表標題 COP 小胞輸送のジアシルグリセロール(DAG)による制御機構
3. 学会等名 第39回 YEAST WORKSHOP
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 後田梨緒、池田拓真、池田敦子、船戸耕一
2. 発表標題 Fmp48 キナーゼが TORC2 シグナリングに関与する可能性の発見
3. 学会等名 第39回 YEAST WORKSHOP
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 佐野美咲、平松友貴、池田敦子、船戸耕一
2. 発表標題 TORC1 関連キナーゼ Nnk1 は小胞輸送を介したスフィンゴ脂質合成に関与する
3. 学会等名 第39回 YEAST WORKSHOP
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 佐々木咲、池田敦子、船戸耕一
2. 発表標題 スフィンゴ脂質鎖長がオルガネラの形態や量に及ぼす影響
3. 学会等名 第39回 YEAST WORKSHOP
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 花岡和樹、池田敦子、船戸耕一
2. 発表標題 GPI (グリコシルホスファチジルイノシトール) リモデリングに関与する新規遺伝子の同定
3. 学会等名 第39回 YEAST WORKSHOP
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 櫻木桂子、Philipp Schlarmann、金井宗良、柴田智子、池田敦子、船戸耕一
2. 発表標題 酵母のストレス耐性における膜接触部位の役割に関する研究
3. 学会等名 第39回 YEAST WORKSHOP
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Philipp Schlarmann、池田敦子、船戸耕一
2. 発表標題 Investigating the formation and function of a threeorganellar ER-Golgi-Lipid droplet contact site in yeast.
3. 学会等名 第39回 YEAST WORKSHOP
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 花岡和樹、池田敦子、船戸 耕一
2. 発表標題 構造依存的なセラミドの選別輸送機構の解明
3. 学会等名 日本農芸化学会2023 年度（令和 5 年度）[ 広島 ] 大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 池田敦子、Philipp Schlarmann、船戸 耕一
2. 発表標題 セラミド非小胞輸送に関するTricalbinの結合脂質解析
3. 学会等名 日本農芸化学会2023 年度（令和 5 年度）[ 広島 ] 大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 中里光希, 加藤萌伊, 金井宗良, 池田敦子, 船戸耕一
2. 発表標題 転写制御因子によるCOP 小胞輸送の制御機構の解明
3. 学会等名 支部創立20周年記念 日本農芸化学会中四国支部会第59回講演会（例会）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Mitsuki Nakazato, Yuga Sono, Atsuko Ikeda, Kouichi Funato
2. 発表標題 Screening for kinase genes regulating COPII vesicle trafficking in <i>Saccharomyces cerevisiae</i>
3. 学会等名 ICY15 meets ICYGB30 ( 国際学会 )
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Kazuki Hanaoka, Kensuke Nishikawa, Sayumi Yamashita, Aya Nakaji, Atsuko Ikeda, Kouichi Funato
2. 発表標題 Membrane contact sites regulate vacuole morphology
3. 学会等名 ICY15 meets ICYGB30 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 中里光希, 池田敦子, 船戸耕一
2. 発表標題 小胞体での脂質代謝変動の核による感知が小胞輸送を調節する
3. 学会等名 日本農芸化学会西日本・中四国・関西支部合同大会 (第60回講演会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 西井日向子, 荒木美彩子, 池田敦子, 船戸耕一
2. 発表標題 オルガネラの構造におけるGPI脂質リモデリングの役割
3. 学会等名 日本農芸化学会西日本・中四国・関西支部合同大会 (第60回講演会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 櫻木桂子, 關川裕一郎, 池田敦子, 船戸耕一
2. 発表標題 セラミドの長さが脂質ドメインを介したTORC1の活性に重要である
3. 学会等名 日本農芸化学会西日本・中四国・関西支部合同大会 (第60回講演会)
4. 発表年 2021年



1. 発表者名 花岡和樹, 池田敦子, 船戸耕一
2. 発表標題 分裂酵母のセラミド合成酵素Lag1とLac1の機能解析
3. 学会等名 第38回 YEAST WORKSHOP
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 後田梨緒, 池田敦子, 船戸耕一
2. 発表標題 TORC2の下流で働く新規キナーゼの探索
3. 学会等名 第38回 YEAST WORKSHOP
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 佐野美咲, 池田敦子, 船戸耕一
2. 発表標題 Nnk1キナーゼは小胞輸送を介したスフィンゴ脂質の合成に関与する
3. 学会等名 第38回 YEAST WORKSHOP
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 西井日向子, 池田敦子, 船戸耕一
2. 発表標題 オルガネラの形態維持におけるGPI脂質リモデリングの役割
3. 学会等名 第38回 YEAST WORKSHOP
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 中里光希, 池田敦子, 船戸耕一
2. 発表標題 小胞体での脂質代謝変動の核による感知が小胞輸送を調節する
3. 学会等名 第38回 YEAST WORKSHOP
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 藤内孝樹, 池田敦子, 船戸耕一
2. 発表標題 メチオニン代謝がCOP 小胞輸送を調節する可能性の発見
3. 学会等名 第38回 YEAST WORKSHOP
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 櫻木桂子, 池田敦子, 船戸耕一
2. 発表標題 液胞膜ドメインの形成におけるスフィンゴ脂質とMCSの役割に関する研究
3. 学会等名 第38回 YEAST WORKSHOP
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 中里光希, 池田敦子, Isabelle Riezman, Howard Riezman, 船戸耕一
2. 発表標題 リピドーム解析から見えてきた小胞輸送の脂質代謝制御
3. 学会等名 支部創立20周年記念日本農芸化学会中四国支部第61回講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 花岡和樹, 池田敦子, 船戸耕一
2. 発表標題 出芽酵母におけるスフィンゴ脂質による液胞の形態制御機構
3. 学会等名 支部創立20周年記念日本農芸化学会中四国支部第61回講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 花岡 和樹, 池田 敦子, 船戸 耕一
2. 発表標題 分裂酵母におけるセラミド合成酵素Lag1とLac1の機能解析
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 中里 光希, 池田 敦子, 船戸 耕一
2. 発表標題 COPII小胞輸送を制御する遺伝子の探索と機能解析
3. 学会等名 日本農芸化学会2022年度大会
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計2件

1. 著者名 三本木至宏 (監修), 中村隼明 (編集), 松崎芽衣 (編集), 坂井陽一 (編集), 妹尾あいら (編集), 平山真 (編集), 藤井創太郎 (編集), 山本祥也 (編集), 若林香織 (編集), 浅岡聡 (執筆), 船戸耕一 (執筆), その他	4. 発行年 2022年
2. 出版社 恒星社厚生閣	5. 総ページ数 129
3. 書名 つくると食べるをつなぐサイエンス: 最先端の生物生産学図鑑	

1. 著者名 三本木 至宏監修・上田 晃弘・杉野 利久・鈴木 卓弥・富山 毅・船戸 耕一編	4. 発行年 2021年
2. 出版社 共立出版	5. 総ページ数 256
3. 書名 SDGsに向けた生物生産学部入門	

〔産業財産権〕

〔その他〕

<p>タンパク質の選別輸送の品質管理 ~糖脂質 ( GPIアンカー ) のリモデリングによる制御 -  <a href="https://www.hiroshima-u.ac.jp/news/70644">https://www.hiroshima-u.ac.jp/news/70644</a></p> <p>細胞の謎解き！オルガネラ膜接触部位が液胞の数を変えるカギとなる！  <a href="https://www.hiroshima-u.ac.jp/news/78259">https://www.hiroshima-u.ac.jp/news/78259</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
研究分担者	中川 強  (NAKAGAWA Tsuyoshi)  (30202211)	島根大学・学術研究院農生命科学系・教授    (15201)	

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			
スペイン	University of Seville			
スイス	University of Geneva			