

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 29 年 6 月 20 日現在

機関番号：32660

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2015～2016

課題番号：15K14681

研究課題名(和文)オートファジーによるイネのシンク・ソース脂質リサイクル機構の解明と生殖・登熟制御

研究課題名(英文) Autophagy-mediated regulation of reproduction, endosperm development and metabolism in rice.

研究代表者

朽津 和幸 (Kuchitsu, Kazuyuki)

東京理科大学・理工学部応用生物科学科・教授

研究者番号：50211884

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,000,000円

研究成果の概要(和文)：イネオートファジー欠損株の栄養期・生殖成長期葉を通じた生活環全般におけるホルモン・脂質の網羅的解析の結果、脂質由来の植物ホルモンであるジャスモン酸(JA)含量が低下し、JAの前駆体である-リノレン酸は、欠損株の生殖期葉において顕著に減少していた。一方、欠損株の雄性不稔形質を部分的に乗り越え、稔実種子を得る方法を確立し解析した結果、品質の低下した白濁米であり、電子顕微鏡解析から、原因の一部は、胚乳周縁部の澱粉粒の微細化に起因することを見出した。糖・澱粉組成等の網羅的比較解析から、欠損株の胚乳内で、糖・澱粉代謝異常が見られ、澱粉分解酵素アミラーゼの活性亢進の可能性も示唆された。

研究成果の概要(英文)：Autophagy, one of the major catabolic pathways in eukaryotic cells, plays critical roles in recycling of proteins and metabolites including lipids, and is involved in many physiological processes including abiotic and biotic stress responses, maintenance of cellular homeostasis, efficient nutrient remobilization at the whole-plant level and biomass production in plants. However, its roles in reproductive development had remained poorly understood. Rice autophagy-deficient mutants showed sporophytic male sterility, failed to accumulate lipidic and starch components in pollen grains at the flowering stage, showed reduced pollen germination activity, and had limited anther dehiscence. We showed that sugar and starch metabolism during seed maturation is also affected in the autophagy-deficient mutant of rice. Phenotypic, microscopic and proteomic analyses revealed critical roles of autophagy in seed development and quality of grains in rice.

研究分野：植物分子生理学

キーワード：オートファジー イネ 脂質 登熟 リサイクル 病虫害抵抗性 胚乳 タペート細胞

## 1. 研究開始当初の背景

オートファジーは、真核生物が普遍的に備えている細胞内の大規模分解システムであり、哺乳動物においては、飢餓時における自己分解を介した栄養源の確保や、変性タンパク質や傷害オルガネラ、侵入病原体の分解・排除、プログラム細胞死等の多様な生理応答に関与する。シロイヌナズナの解析により、植物オートファジーが栄養飢餓や老化等の多様な生理現象に関与することが判明している。一方、酵母、線虫、ショウジョウバエやマウス等の多様なモデル生物等と異なり、発生、生殖、変態や分化に伴う組織再編性への直接的な機能はシロイヌナズナの変異体を用いた遺伝学的解析からは明らかになっていなかった。植物は、細胞の大部分を分解/栄養貯蔵器官である液胞が占め、葉緑体も保持していることから、動物や酵母とは異なる脂質代謝経路を有する。実際、オートファジーの分解基質として、葉緑体等は既に報告されているが、lipid autophagy (lipophagy)の存在や生理的役割は未解明だった。

研究代表者・研究分担者のグループの研究により、食用であるイネ栽培品種におけるオートファジー欠損株(*Osatg7-1*)の多角的な解析から、脂質代謝異常に伴うシビアな花粉発達不全とともに、花粉への栄養供給を担うタペート細胞におけるオートファジーが重要な機能を担っている可能性が示唆されている。しかしながら、イネの生活環を通じた、脂質代謝とオートファジーの関連性、また種子登熟過程における生理機能、シンク[種子]とソース[葉]における脂質代謝や、植物ホルモンへの影響等も未解析だった。

## 2. 研究の目的

これまで植物で全く未解明だったオートファジーを介した代謝制御の実態を、ソースシンク両者の組織において解析し、組織再編成に伴う大規模な細胞内構造変化における代謝制御とその生理的意義の解明を試みた。さらにこうした知見に基づき、穀物の生殖、登熟を制御する新たな指針を得ることを目的として、以下を進めた。

(1) イネのシンクとソースの脂質代謝や植物ホルモン制御におけるオートファジーの生理的役割の解明

(2) イネの種子登熟過程におけるオートファジーの生理的役割の解明

## 3. 研究の方法

(1) *Osatg7-1* を利用し、生活環(栄養成長・生殖成長期)を通じた、脂質・ホルモン等のオミクス解析により、オートファジーの生理機能を検証した。

(2) *Osatg7-1* は、ほぼ完全不稔に近い表現型を示し、受精後の種子登熟過程におけるオートファジー機能の解析が困難であるため、不稔原因となる花粉発達、受精ステップの障壁を回避した解析ツールを作出した。また、電子顕微鏡法を用いた微細構造解析、脂質・ホルモン・糖/澱粉成分等のオミクス解析により、オートファジーの生理機能を検証した。

## 4. 研究成果

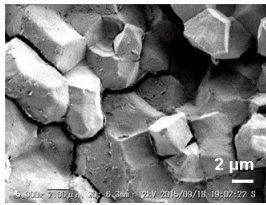
(1) 栄養期および生殖期葉におけるホルモン成分の網羅的分析の結果、*Osatg7-1* の葉では、脂質由来の植物ホルモンであるジャスモン酸(JA)含量が低下していた。*Osatg7-1* の葎では不飽和脂肪酸を骨格とする脂質含量が減少していた。そこで、栄養期および生殖期葉の脂質成分の網羅的解析を行った結果、*Osatg7-1* では、トリアシルグリセロールが減少する一方、ジアシルグリセロール、リン脂質、糖脂質は、逆に蓄積していた。また、脂質成分の差は、不飽和脂肪酸を骨格とする脂質において顕著であった。JAの前駆体である $\alpha$ -リノレン酸は、生殖期葉の*Osatg7-1* において、顕著に減少していた。

一般的に、オートファジーは細胞小器官(葉緑体、小胞体等)の品質管理に寄与しており、*Osatg7-1* ではオートファジー機能の欠損により、JA生合成・脂質代謝を行う葉緑体、小胞体などの細胞小器官に異常が生じている可能性も考えられる。葉緑体、小胞体を含めた細胞小器官の形態観察等により脂質代謝、JA生合成におけるイネオートファジーの役割を解析することは今後の重要な課題である。

(2) *Osatg7-1* は重篤な不稔形質を示すため、受精後の種子登熟過程におけるオートファジー機能の解析が困難であった。そのため、不稔原因となる花粉発達、受精ステップ障壁の回避を目指し、タペート特異的プロモーターや誘導性プロモーターを用いて、変異体葎で一時的に*OsATG7* 遺伝子(ゲノム領域)を発現させる形質転換体を作成した。期待通り、稔実が野生型と同程度まで回復したが、発現組織を詳細に検証した結果、タペート以外の組織や、非誘導時においても低レベルではあるが、*OsATG7* 遺伝子の発現が確認されており、当初の目的であった、組織特異的なオートファジー機能の回復には至らなかった。一方、稔性回復に関しては上記とは異なるアプローチとして、開花期の延長を含めた栽培条件の検討を進めた。その結果、稔実率は低いものの、恒常的に稔実種子を得ることに成功した。

稔実種子は、商品価値のない白濁米であり、電子顕微鏡解析から、原因の一端は、澱粉粒の微細化に起因することが判明した(図1)。

野生型  
(X 5,000)



オートファジー欠損体  
(X 5,000)



図 1 : イネ胚乳内の澱粉粒構造

また、糖・澱粉組成等の比較解析から、変異体の種子胚乳内で、糖・澱粉代謝異常が見られ、プロテオーム解析の結果、澱粉分解酵素アミラーゼの活性亢進の可能性も示唆された。今後、種子登熟過程におけるオートファジー機構の役割を、ホルモン・脂質・糖代謝を含め多角的に解析を進める予定であり、本研究はその重要な基礎となった。

## 5 . 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 14 件)

Yamato KT, Kuchitsu K、 “Fusion” in Fertilization: Interdisciplinary Collaboration among Plant and Animal Scientists.、 Journal of Plant Research、 査読有、 130: 419-421、 2017

Kurusu T、 Kuchitsu K、 Autophagy, programmed cell death and reactive oxygen species in sexual reproduction in plants.、 Journal of Plant Research、 査読有、 130:491-499、 2017

Hyodo K, Hashimoto K, Kuchitsu K, Suzuki N, Okuno T、 Harnessing host ROS-generating machinery for the robust genome replication of a plant RNA virus.、 Proceedings of the National Academy of Science, U.S.A.、 査読有、 114 巻、 2017、 E1282-E1290

Endo C, Yamamoto N, Kobayashi M, Nakamura Y, Yokoyama K, Kurusu T, Tada Y、 Development of simple sequence repeat markers in the halophytic turf grass *Sporobolus virginicus* and transferable genotyping across multiple grass genera/species/genotypes.、 Euphytica、 査読有、 213 巻、 2017、 1-12

Kurusu T、 Hanamata S, Kuchitsu K、 Quantitative live cell imaging of autophagic flux and roles of autophagy in reproductive development in plants.、 Bioimages、 査読有、 24 巻、 2016、 P1-11

Ishikawa M, Ide H, Yamazaki H, Murakawa H, Kuchitsu K, Price WS, Arata Y.、 Freezing behaviours in wintering *Cornus florida* flower bud tissues revisited using MRI.、

Plant Cell and Environment、 査読有、 39 巻、 2016、 2663-2675

Puli MR, Rajsheel P, Aswani V, Agurla S, Kuchitsu K, Raghavendra AS、 Stomatal closure induced by phytosphingosine-1-phosphate and sphingosine-1-phosphate depends on nitric oxide and pH of guard cells in *Pisum sativum*.、 Planta、 査読有、 244 巻、 2016、 P831-841

Yanagawa Y, Yoda H, Osaki K, Amano Y, Aono M, Seo S, Kuchitsu K, Mitsuhashi I, Mitogen-activated protein kinase 4-like carrying an MEY motif instead of a TXY motif is involved in ozone tolerance and regulation of stomatal closure.、 Journal of Experimental Botany、 査読有、 67 巻、 2016、 P3471-3479

Klionsky D, ..., Kuchitsu K, ...Zughaier SM, Guidelines for the use and interpretation of assays for monitoring autophagy (3rd edition).、 Autophagy、 査読有、 12 巻、 2016、 P1-222  
Kurusu T, Kuchitsu K, Tada Y, Plant signaling networks involving  $Ca^{2+}$  and Rboh/Nox-mediated ROS production under salinity stress.、 Frontiers in Plant Science、 査読有、 6 巻、 2015、 P427、 10.3389/fpls.2015.00427

Wada S, Hayashida Y, Izumi M, Kurusu T, Hanamata S, Kanno K, Kojima S, Yamaya T, Kuchitsu K, Makino A, Ishida H, Autophagy supports biomass production and nitrogen use efficiency at the vegetative stage in rice.、 Plant Physiology、 査読有、 168 巻、 2015、 P60-73  
来須孝光、小谷野智子、花俣繁、朽津和幸、イネの生殖器官発達におけるオートファジーの新たな役割、バイオイメージング、査読有、 24 巻、 2015、 P7-11

Izumi M, Hidema J, Wada S, Kondo E, Kurusu T, Kuchitsu K, Makino A, Ishida H, Establishment of monitoring methods for autophagy in rice reveals autophagic recycling of chloroplasts and root plastids during energy limitation.、 Plant Physiology、 査読有、 167 巻、 2015、 P1307-1320

Yamamoto N, Takano T, Tanaka K, Ishige T, Terashima S, Endo C, Kurusu T, Yajima S, Yano K, Tada Y、 Comprehensive analysis of transcriptome response to salinity stress in the halophytic turf grass *Sporobolus virginicus*.、 Frontiers in Plant Science、 査読有、 6 巻、 2015、 e241

[学会発表](計 43 件)

朽津和幸、瀬良ゆり、澤田隼平、陶文紀、小野聖二郎、花俣繁、坂本真吾、光田展隆、三ツ井敏明、野々村賢一、来須孝光、イネの生殖・プログラム細胞死・代謝制

御におけるオートファジーの役割、第 58 回日本植物生理学会、2017 年 3 月 17 日、鹿児島大学（鹿児島県・鹿児島市）

Kuchitsu K、Critical roles of autophagy in the regulation of reproductive development, programmed cell death and metabolism in rice poster、Cold Spring Harbor Asia Conferences: Latest Advances in Plant Development and Environmental Response、2016 年 11 月 29 日～2016 年 12 月 03 日、淡路島夢舞台国際会議場（兵庫県・淡路島市）

瀬良ゆり、朽津和幸、イネの種子登熟におけるオートファジーの役割、第 10 回オートファジー研究会、2016 年 11 月 13 日～2016 年 11 月 15 日、NASPA ニューオータニ（新潟県・越後湯沢市）

朽津和幸、イネの生殖・免疫・代謝制御におけるオートファジーの役割、第 10 回オートファジー研究会、2016 年 11 月 13 日～2016 年 11 月 15 日、NASPA ニューオータニ（新潟県・越後湯沢市）

澤田隼平、朽津和幸、イネの花粉形成における葯タペート細胞のオートファジーの制御機構、第 10 回オートファジー研究会、2016 年 11 月 13 日～2016 年 11 月 15 日、NASPA ニューオータニ（新潟県・越後湯沢市）

Kuchitsu K、Reactive Oxygen Species, Programmed Cell Death and Autophagy as Double-Edged Swords in Plant Life: Roles in Morphogenesis and Adaptation.、QBIC Workshop 2016、2016 年 10 月 12 日～2016 年 10 月 14 日、東京理科大学（千葉県・野田市）

Sera Y, Kurusu T, Hanamata S, Sakamoto S, Ono S, Kitahata N, Mitsui T, Nonomura K, Mitsuda N, Kuchitsu K、Roles of autophagy in rice seed development.、QBIC Workshop 2016、2016 年 10 月 12 日～2016 年 10 月 14 日、東京理科大学（千葉県・野田市）  
瀬良ゆり、陶文紀、花俣繁、坂本真吾、小野聖二郎、岡咲洋三、北畑信隆、小嶋美紀子、榊原均、斉藤和季、野々村賢一、光田展隆、来須孝光、朽津和幸、イネの花粉成熟・種子登熟におけるオートファジーの役割、日本植物学会第 80 回大会日本植物学会第 80 回大会、2016 年 09 月 16 日～2016 年 09 月 18 日、沖縄コンベンションセンター（沖縄県・宜野湾市）

来須孝光、高林宏樹、中村早希、市田佳菜絵、花俣 繁、藤原すみれ、朽津和幸、光田展隆、高木優、多田雄一、転写因子キメラリプレッサー過剰発現シロイヌナズナ系統における植物免疫応答性の解析、日本植物学会第 80 回大会、2016 年 09 月 16 日

～2016 年 09 月 18 日、沖縄コンベンションセンター（沖縄県・宜野湾市）

Kuchitsu K、Regulation of plant development and defense responses by the ROS-Ca<sup>2+</sup> signaling network and autophagy.、Viikki Plant Science Seminar、2016 年 09 月 13 日、ヘルシンキ（フィンランド）

Kuchitsu K、Regulation of plant development and defense responses by the ROS-Ca<sup>2+</sup> signaling network and autophagy.、Centre of Excellence in Integrative Photosynthesis and Bioactive Compound Research at Systems Biology Level Seminar、2016 年 09 月 12 日、トゥルク（フィンランド）

Kuchitsu K、Regulation of plant development and defense responses by the ROS-Ca<sup>2+</sup> signaling network.、Finnish-Japanese symposium 2016 “Integration of photosynthesis with cellular metabolism: towards sustainable bioeconomy”、2016 年 09 月 09 日、サーリセルカ（フィンランド）

来須孝光、瀬良ゆり、陶 文紀、澤田隼平、花俣 繁、坂本真吾、小野聖二郎、岡咲洋三、徳永京也、小嶋美紀子、榊原均、斉藤和季、野々村賢一、小関泰之、光田展隆、多田雄一、朽津和幸、イネのオートファジーのイメージングと発生・代謝制御における役割の解析、日本バイオイメージング学会、2016 年 09 月 05 日～2016 年 09 月 06 日、名古屋市立大学薬学部（愛知県・名古屋市）

来須 孝光、瀬良 ゆり、陶 文紀、花俣 繁、澤田 隼平、坂本 真吾、小野 聖二郎、岡咲 洋三、小嶋 美紀子、榊原 均、斉藤 和季、野々村 賢一、光田 展隆、多田 雄一、朽津 和幸、イネの花粉成熟・種子登熟におけるオートファジーの役割、日本植物細胞分子生物学会、2016 年 09 月 01 日～2016 年 09 月 03 日、信州大学繊維学部（長野県・上田市）

来須孝光、瀬良ゆり、陶文紀、澤田隼平、花俣繁、坂本真吾、小野聖二郎、岡咲洋三、小嶋美紀子、榊原均、斉藤和季、野々村賢一、光田展隆、多田雄一、朽津和幸、イネの生活環および代謝制御におけるオートファジーの役割、イネ遺伝学・分子生物学ワークショップ 2016、2016 年 07 月 04 日～2016 年 07 月 05 日、名古屋大学内野依記念学術交流館（愛知県・名古屋市）

瀬良ゆり、陶文紀、花俣繁、坂本真吾、小野聖二郎、北畑信隆、野々村賢一、光田展隆、来須孝光、朽津和幸、イネの花粉成熟・種子登熟におけるオートファジーの役割、イネ遺伝学・分子生物学ワークショップ 2016、2016 年 07 月 04 日～2016

- 年 07 月 05 日、名古屋大学内野依記念学術交流館 1F (愛知県・名古屋市)
- Kuchitsu K、Regulation of Plant Development and Stress Responses by the ROS-Ca<sup>2+</sup> Signaling Network and Autophagy. The 2nd Symposium on Plant Environmental Sensing, 2016 年 05 月 11 日、杭州市 (中国)
- 来須 孝光, 陶 文紀, 瀬良 ゆり, 坂本 真吾, 花俣 繁, 小野 聖二郎, 岡咲 洋三, 二平 耕太郎, 北 畑 信隆, 小嶋 美紀子, 榊原 均, 斉藤 和季, 野々村 賢一, 光田 展隆, 多田 雄一, 朽津 和幸、イネの花粉・種子形成および代謝制御におけるオートファジーの役割、第 57 回日本植物生理学会年会、2016 年 03 月 18 日~2016 年 03 月 20 日、岩手大学上田キャンパス (岩手県盛岡市)
- 陶文紀, 花俣繁, 来須孝光, 朽津和幸、「イネ葯の花粉形成過程におけるタペート細胞のオートファジー動態とプログラム細胞死における役割の解析」、イメージングフロンティアシンポジウム 2015、2015 年 12 月 25 日、東京理科大学野田キャンパス (千葉県野田市)
- 二平 耕太郎, 花俣繁, 来須孝光, 朽津和幸、イネの感染防御応答におけるオートファジーの役割の解析、イメージングフロンティアシンポジウム 2015、2015 年 12 月 25 日、東京理科大学野田キャンパス (千葉県野田市)
- 21 Kuchitsu K、Regulation of plant stress responses and development by the ROS-Ca<sup>2+</sup> signaling network.、International Plant Physiology Congress 2015、2015 年 12 月 10 日~2015 年 12 月 14 日、New Delhi, India
- 22 朽津 和幸、NADPH oxidase による活性酸素種の積極的生成と動物・植物・菌類の高次生命機能、第 38 回日本分子生物学会・第 88 回日本生化学会大会合同大会 (BMB2015)、2015 年 12 月 01 日~2015 年 12 月 04 日、神戸国際会議場 (兵庫県神戸市)
- 23 朽津和幸、橋本研志、船木洋一、木村貴史、杉浦誠、藪田涉二、植物 NADPH oxidase/Rboh の Ca<sup>2+</sup>・リン酸化を介した活性制御機構と発生・生殖・ストレス応答における生理的役割、第 38 回日本分子生物学会・第 88 回日本生化学会大会合同大会 (BMB2015)、2015 年 12 月 01 日~2015 年 12 月 04 日、神戸国際会議場 (兵庫県神戸市)
- 24 朽津 和幸、「NADPH oxidase による活性酸素種の積極的生成と動物・植物・菌類の高次生命機能」、第 38 回日本分子生物学会・第 88 回日本生化学会大会合同大会 (BMB2015)、2015 年 12 月 01 日~2015 年 12 月 04 日、神戸国際会議場 (兵庫県神戸市)
- 25 朽津和幸、生物の歴史性と多様性：植物の生き方と情報処理、自然科学研究機構・大学共同利用機関法人コロキウム (NINS/IURIC Colloquium) 2015「学術研究の未来」、2015 年 12 月 01 日~2015 年 12 月 03 日、ヤマハリゾートつま恋 (静岡県掛川市)
- 26 朽津 和幸、植物はオートファジーをどのように活用しているか?: イネの生殖・種子形成、代謝制御におけるオートファジーの役割、第 9 回オートファジー研究会、2015 年 11 月 16 日~2015 年 11 月 17 日、淡路夢舞台国際会議場 (兵庫県淡路市)
- 27 Kuchitsu K、Regulation of stress responses and development by the ROS-Ca<sup>2+</sup> signaling network and autophagy in plants. International Symposium on Dynamics and Regulation of Photosynthesis.、2015 年 10 月 29 日~2015 年 10 月 31 日、奈良春日野国際フォーラム 薨~I・RA・KA~ (奈良県奈良市)
- 28 Kuchitsu K、Signaling Network in Plants.、International QBIC Workshop 2015、2015 年 10 月 17 日~2015 年 10 月 19 日、東京理科大学野田キャンパス (千葉県野田市)
- 29 Toh B, Kurusu T, Okazaki Y, Nihira K, Hanamata S, Koyano T, Kitahata N, Nagata N, Saito K, Kuchitsu K、Roles of autophagy during male reproductive development in rice.、International QBIC Workshop 2015、2015 年 10 月 17 日~2015 年 10 月 19 日、東京理科大学野田キャンパス (千葉県野田市)
- 30 来須 孝光, 陶 文紀, 花俣 繁, 岡咲 洋三, 二平 耕太郎, 小嶋 美紀子, 徳永京也, 北畑 信隆, 榊原 均, 斉藤 和季, 多田 雄一, 小関 泰之, 朽津 和幸、イネの花粉・種子形成および代謝制御におけるオートファジーの役割、第 24 回日本バイオイメージング学会学術集会、2015 年 09 月 27 日~2015 年 09 月 28 日、東京理科大学 葛飾キャンパス (東京都葛飾区)
- 31 来須 孝光, 陶 文紀, 花俣 繁, 岡咲 洋三, 二平 耕太郎, 小嶋 美紀子, 徳永京也, 北畑 信隆, 榊原 均, 斉藤 和季, 多田 雄一, 小関 泰之, 朽津 和幸、イネの花粉・種子形成および代謝制御におけるオートファジーの役割、第 24 回日本バイオイメージング学会学術集会、2015 年 09 月 28 日、東京理科大学 葛飾キャンパス (東京都葛飾区)

- 32 Kurusu T, Toh B, Hanamata S, Kubo T, Okazaki Y, Ohnishi T, Nagata N, Saito K, Kinoshita T, Kurata N, Tada Y, Kuchitsu K, Roles of autophagy during male reproductive development and sexual reproduction in rice, 日本植物学会第 79 回大会、2015 年 09 月 06 日~2015 年 09 月 08 日、朱鷺メッセ 新潟コンベンションセンター (新潟県新潟市)
- 33 来須 孝光、陶 文紀、花俣 繁、岡咲 洋三、二平 耕太郎、北畑 信隆、小嶋 美紀子、榊原 均、斉藤 和季、多田 雄一、朽津 和幸、イネの花粉・種子形成および代謝制御におけるオートファジーの役割、日本植物細胞分子生物学会、2015 年 08 月 10 日~2015 年 08 月 12 日、東京大学農学部キャンパス (東京都文京区)
- 34 花俣繁、来須孝光、陶文紀、二平耕太郎、岡咲洋三、北畑信隆、木下哲、小嶋美紀子、榊原均、斉藤和季、朽津和幸、イネの生殖器官発達と種子登熟におけるオートファジーの役割の解析とその応用、公開シンポジウム「アグリバイオへの理工学的なアプローチを目指して」、2015 年 07 月 17 日、東京理科大学葛飾キャンパス (東京都葛飾区)
- 35 Kuchitsu K, Comparative comprehensive analyses of calcium-mediated regulation, localization and functions of ROS-producing NADPH oxidases.、12th International Conference on Reactive Oxygen and Nitrogen Species in Plants: from model systems to field、2015 年 06 月 24 日~2015 年 06 月 26 日、Verona (Italy)
- 36 朽津 和幸、「活性酸素-Ca<sup>2+</sup>シグナルネットワーク、オートファジーによる植物の免疫・発生・生殖の制御」、京都産業大学総合生命科学部 バイオフォーラム 2015、2015 年 06 月 03 日、京都産業大学 15 号館 (京都府京都市)
- 37 来須孝光、陶文紀、花俣繁、岡咲洋三、北畑信隆、小嶋美紀子、榊原均、斉藤和季、朽津和幸、多田 雄一、イネの生殖器官発達におけるオートファジーの役割~オートファジー制御によるイネ低温障害打破を目指して~、第 60 回低温生物工学会大会、2015 年 05 月 30 日~2015 年 05 月 31 日、東京工科大学 (八王子キャンパス) 東京都八王子市
- 38 Kuchitsu K, Regulation of plant immunity, development and reproduction by the ROS-Ca<sup>2+</sup> signaling network and autophagy、中国科学院上海生命科学研究院現代生物学系列講座、2015 年 05 月 25 日、上海市 (中国)
- 39 Kuchitsu K, "Regulation of Plant Immunity, Development and Reproduction by ROS-Ca<sup>2+</sup> Signaling Network and Autophagy"、International Symposium on Plant Environmental Sensing、2015 年 05 月 24 日、杭州市 (中国)
- 40 Kuchitsu K, Regulation of plant immunity, stress responses, development and reproduction by ROS-Ca<sup>2+</sup> signaling networks and autophagy.、Invited Plant Seminar、2015 年 05 月 13 日、Helsinki (Finland)
- 41 Kuchitsu K, Regulation of plant immunity, development and reproduction by the ROS-Ca<sup>2+</sup> signaling network and autophagy、Bioproduction Research Institute Seminar、2015 年 04 月 28 日、産業技術総合研究所 (茨城県つくば市)
- 〔図書〕(計 4 件)
- L. テイツ、E. ザイガー、I. M. モーラー、A. マーフィー編 西谷和彦/島崎研一郎監訳 朽津和幸他訳、講談社、テイツ/ザイガー植物生理学・発生学 原著第 6 版、2017、832  
浅見忠男、柿本辰男編著 朽津和幸他著、講談社、植物ホルモンの科学第 3 版、2016、192  
日本植物学会編 日本育種学会編集協力 朽津和幸他著、丸善出版、植物学の百科事典、2016、802  
Kurusu T, Higaki T, Kuchitsu K, Springer, Plant Programmed Cell Death、2015、306
6. 研究組織
- (1)研究代表者  
朽津 和幸 (KUCHITSU, Kazuyuki)  
東京理科大学・理工学部・教授  
研究者番号：50211884
- (2)研究分担者  
来須 孝光 (KURUSU, Takamitsu)  
東京工科大学・応用生物学部・助教  
研究者番号：50422499