

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 15 日現在

機関番号：32692

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2015～2016

課題番号：15K21450

研究課題名(和文) タペート層のオートファジー制御によるイネ冷温障害打破の試み

研究課題名(英文) Improving cold stress tolerance of plants by spatiotemporal modulation of tapetal autophagy

研究代表者

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

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,900,000円

研究成果の概要(和文)：複数の組織特異的プロモーターとオートファジー可視化マーカーを併用することにより、イネの葯の発達ステージ全体を通じたタペート細胞におけるオートファジーの活性評価系を確立した。葯におけるホルモン成分の網羅的分析の結果、イネオートファジー欠損株では、花粉成熟に必要な植物ホルモンであるジベレリン(GA)の低下が観察され、葯のGA制御におけるオートファジーの重要性を明らかにした。併せて、タペート細胞のプログラム細胞死(PCD)誘導過程をモデルに、EAT1転写因子を中心とした転写ネットワークによる、活性酸素シグナルとオートファジー制御の可能性を示し、新たな植物PCD制御モデルの可能性が示唆された。

研究成果の概要(英文)：We established an in vivo imaging system to analyze the dynamics of autophagic flux in rice tapetum cells by expressing a marker of autophagosomes (GFP-ATG8) under the control of multiple tapetum-specific promoters, and revealed the dynamics of autophagy during pollen maturation. We comprehensively analyzed the effect of autophagy disruption on phytohormone contents in rice anthers at the flowering stage, and found that endogenous levels of active-forms of gibberellins (GAs) were significantly lower in the autophagy-defective mutant than in the wild type, indicating that autophagy affects metabolism and endogenous levels of GAs in rice anthers. We also suggested the possible involvement of reactive oxygen species (ROS)-mediated signaling and the EAT1 transcriptional network in the regulation of autophagy and the proper timing of tapetal programmed cell death during anther development.

研究分野：植物栄養生理学

キーワード：オートファジー イネ タペート細胞 花粉 温度ストレス 転写制御 プログラム細胞死

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、シロイヌナズナの研究より、オートファジーが、栄養飢餓や老化、塩や酸化ストレス等の非生物学的ストレス、そして病害応答を含めた多様な生理現象で誘導され、ストレス適応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・分化に伴う組織再編性への植物オートファジーの直接的な影響は不明であった。

イネ出穂期冷害の主要原因は、代謝能低下に伴う花粉発達不全であり、出穂しても受精に至らず、稔性が著しく低下する。これまでの形態学的な解析や、掛け合わせにより冷害に強い品種が作出されて来たが、冷害の詳しい発生メカニズムは不明な部分が多い。また、冷温を含めた温度障害は世界各地で発生しており、近年の異常気象と併せて、早急な対応が求められている。

代表者の研究により、イネの花粉成熟過程において葯タペート細胞においてオートファジーが誘導され、イネオートファジー欠損株(*Osatg7-1*)の解析から、プログラム細胞死(PCD)により消失するタペート細胞の残存も確認され、タペート細胞分解を介した花粉への栄養供給・葯開裂過程におけるオートファジーの重要性が示唆されている。しかしながら、現状ではタペート細胞のPCD進行過程におけるオートファジーの生理的役割、及び制御機構は未解明であった。

2. 研究の目的

(1) イネ出穂期の冷温を含めた温度ストレスにおけるオートファジーの生理機能に着目し、タペート時期特異的オートファジー制御の基盤技術の確立と、オートファジー制御によるイネの温度障害緩和の検証。

(2) 植物プログラム細胞死(PCD)の代表であるタペート層分解をモデルに、組織再編成におけるPCDとオートファジー機構の関連性を検証。併せて、動物や酵母に比べて圧倒的に遅れている、植物オートファジーの制御機構の解明。

3. 研究の方法

(1) オートファジー機能が全て欠損している *Osatg7-1* を利用し、タペート細胞を中心とした葯における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多面的に検証

(2) 人為的なオートファジー制御の基盤技術確立のため、タペート細胞の時期特異的発現プロモーターの選定・改変、形質転換イネの作出およびストレス耐性評価。

(3) タペート分解制御の中心と想定され

ている bHLH 型転写因子変異体(*eat1*)を利用し、タペート細胞内のPCD進行過程における、EAT1 を核とする転写ネットワークを介したオートファジー誘導能の検証や、転写ネットワークによるオートファジー活性制御の検証。

4. 研究成果

(1) イネのタペート細胞におけるオートファジー制御基盤技術に関して、オートファジー可視化マーカー(GFP-ATG8a)を *Osag6B* や *CYP* を含めた複数のタペート特異的プロモーター制御下で発現させることにより、イネ葯の発達ステージ全体を通したタペート細胞におけるオートファジー活性の評価が可能になった。

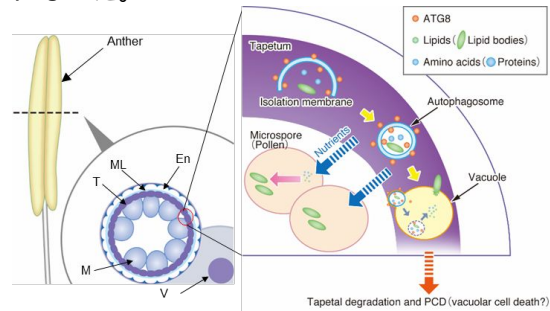


図1：イネタペート細胞内のオートファジーの生理機能(論文より引用)

葯におけるホルモン成分の網羅的分析の結果、*Osatg7-1*では、花粉成熟に必須な植物ホルモンであるジベレリン(GA)の低下が観察された。GAの低下は、GA₁やGA₄の活性化型だけではなく、前駆体となるGA₁₂においても観察された。そこで、*Osatg7-1*における花粉発達不良の原因としてGA含量の低下を想定し、活性型GA添加による花粉成熟能の回復検定を行った結果、澱粉蓄積は野生型程度に回復し、発芽能も部分的に相補された。一方、葯の開裂不全への影響は見られなかった。今後は、GA生合成経路における葉緑体の関与を含め、イネオートファジーの葯発達過程における生理的役割の解析を進める予定である。

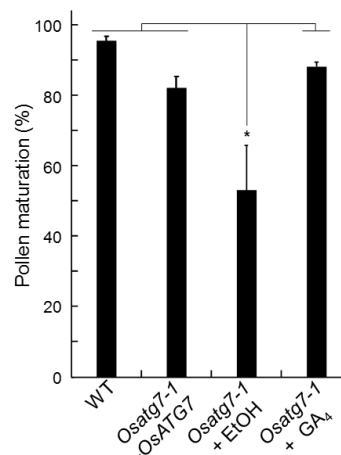


図2：GAによる花粉成熟能の回復

(2) タペート細胞の時期特異的オートファジー制御によるイネの冷温障害緩和の検証に関して、当初の想定よりも計画が遅れてしまった。オートファジー活性化は、植物で唯一実績のある mTOR キナーゼ(mTOR)の発現抑制に依存している。しかしながら、植物 mTOR は生活環に必須な因子であり、シロイヌナズナ欠損株は致死性を示す。更に mTOR はオートファジー以外にも飢餓やアミノ酸ストレスを含め、多様な情報伝達に関与することから、mTOR の長期的な発現抑制は、発生/生長への影響が懸念される。実際、イネの mTOR の恒常的発現抑制株を作出したところ、カルスからの再分化過程で大部分致死となった。そのため、mTOR 抑制をタペート細胞に限定することにより、植物全体への二次影響の排除を想定しているが、タペート自身への影響は不明であった。そこで、本研究結果から得られた、複数のタペート特異的プロモーター制御下で mTOR を抑制させたイネ形質転換株を作出した。形質転換株では、稔性を含め、植物全体への二次影響は、可視的な範囲では観察されていない。現在、作出した形質転換イネを用いて、冷温を含めた温度ストレスに対する耐性評価を進めている。今後サンプルが大量に準備出来次第、研究を継続し、温度ストレス応答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る。

(3) タペート細胞をモデルとしたオートファジーと転写ネットワークによる PCD 相互関連性の検証に関しては、予想以上の進展が見られた。過去の遺伝学的解析から、『イネのタペート細胞分解は、bHLH 型転写因子 EAT1(ETERNAL TAPETUM 1)を中心とした転写ネットワーク制御』であることが判明している。一方、近年 PCD 誘導における活性酸素種(ROS)生成の重要性も明らかにされつつあるが、そのタペート内における生理的機能は不明な部分が多い。

そこで本研究では、植物 PCD モデルの1つであるタペート細胞分解を端緒に、PCD 誘導における、EAT1 を中心とした転写ネットワーク、ROS 生成/分解、オートファジー誘導の3者の相互関連性を検証し、タペート細胞における転写ネットワークを介した ROS-オートファジー制御機構の解明を進め、花粉成熟におけるオートファジーの生理的意義の解明を進めた。eat1 変異体による電子顕微鏡や ROS 染色を中心としたイメージング解析の結果、EAT1 がタペート細胞内のオートファジーの制御、および葯内の ROS 生成の制御に関与している可能性が示唆された。併せて、葯特異的発現誘導を示す ROS 生成酵素のゲノム編集による遺伝子欠損変異イネを用い、生殖過程を中心とした表現型解析を行った。その結果、ROS 生成酵素欠損イネでは、*Osatg7-1* と同様に、花粉形成不良に伴う、シビアな雄性不稔形質を示すことが判明した。

今後は、ROS 生成酵素欠損による、オートファジー動態への影響を含め、タペート細胞内の PCD 進行過程における、EAT1 を核とする転写ネットワークを介したオートファジー誘導や ROS 産生制御機構の解明を進める予定である。

タペート細胞におけるオートファジー制御機構の解明は、人為的なオートファジー制御手法開発への重要な基礎的知見となるだけでなく、将来的な農業上重要な花粉成熟・稔性制御技術の基盤になり得るだけでなく、導管やイネ科根の通気組織、発芽時のアリューロン層消失を含め、植物の多様な PCD 制御過程の基礎的知見となり、植物学分野における学術的価値も極めて高いと期待される。

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10件)

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 巻、2017、491-499

Doi:10.1007/s10265-017-0934-4.

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

Doi:10.1007/s10681-017-1846-z

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、1-11

Doi:10.11169/bioimages.24.1

北畑 信隆、羽山 大介、吉川 岳史、筒井 友和、吉田 亜佑美、末次 真悠、大滝 幹、来須 孝光、平塚 和之、海老根 一生、上田 貴志、浅見 忠男、朽津 和幸、新規植物免疫活性化剤候補化合物の作用機構の解析、*Japanese Journal of Phytopathology*, 査読有、82 巻、2016、281-282

朽津 和幸、大滝 幹、羽山 大介、北畑 信隆、花俣 繁、来須 孝光、上田 貴志、植物の感染防御応答の制御と細胞内膜動態、バイオイメージング、査読有、25 巻、2016、31

<https://drive.google.com/file/d/0B5WilyX00P3Kd0VpdIZDMi1UaFk/view>

来須 孝光、花俣 繁、小谷野 智子、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、7-11
Kurusu T., Kuchitsu K., Tada Y., Plant signaling networks involving Ca²⁺ and Rboh/Nox-mediated ROS production under salinity stress., *Frontiers in Plant Science*, 査読有、6巻、2015、e247
Doi: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、60-73
Doi:10.1104/pp.15.00242.
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
Doi:10.3389/fpls.2015.00241.
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、1307-1320
Doi:10.1104/pp.114.254078.

[学会発表](計34件)

Kurusu T., Sawada J., Sera Y., Hanamata S., Ono S., Kitahata N., Nonomura K., Kuchitsu K., Critical roles of autophagy in the regulation of reproductive development and programmed cell death in rice, 8th International Symposium on Autophagy, 2017年5月29日~6月1日、奈良市奈良春日野国際フォーラム 薨~I・RA・KA~(奈良県・奈良市)
Kuchitsu K., Sera Y., Kurusu T., Hanamata S., Sakamoto S., Mitsuda N., Kaneko K., Mitsui T., Saji H., Ono S., Nonomura K., Roles of autophagy in seed development in rice, 8th International Symposium on Autophagy, 2017年5月29日~6月1日、奈良市奈良春日野国際フォーラム 薨~I・RA・KA~(奈良県・奈良市)
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年会、2017年3月16日~3月18日、鹿児島大学(鹿児島県・鹿児島市)
来須 孝光、イネのオートファジー動態のイメージングと生存戦略における重要性、2016年イメージングフロンティアセンターシンポジウム、2016年12月10日、東京理科大学(千葉県・野田市)
Kuchitsu K., Kurusu T., Sera Y., Toh B., Hanamata S., Sawada J., Sakamoto S., Ono S., Okazaki Y., Kojima M., Sakakibara H., Saito K., Nonomura K., Mitsuda N., Critical roles of autophagy in the regulation of reproductive development, programmed cell death and metabolism in rice, COLD SPRING HARBOR ASIA CONFERENCE: LATEST ADVANCES IN PLANT DEVELOPMENT AND ENVIRONMENTAL RESPONSE, 2016年11月29日~12月3日、淡路夢舞台国際会議場(兵庫県・淡路市)
澤田 隼平、陶 文紀、花俣 繁、小野 聖二郎、北畑 信隆、野々村 賢一、来須 孝光、朽津 和幸、イネの花粉形成におけるオートファジーの機能解析、第10回オートファジー研究会、2016年11月14日~11月15日、NASPA ニューオータニ(新潟県・越後湯沢市)
瀬良 ゆり、花俣 繁、坂本 真吾、小野 聖二郎、三井 悠大、金古 堅太郎、北畑 信隆、三ツ井 敏明、野々村 賢一、光田 展隆、来須 孝光、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の解析、第10回オートファジー研究会、2016年11月14日~11月15日、NASPA ニューオータニ(新潟県・越後湯沢市)
瀬良 ゆり、花俣 繁、坂本 真吾、小野 聖二郎、三井 悠大、金古 堅太郎、北畑 信隆、三ツ井 敏明、野々村 賢一、光田 展隆、来須 孝光、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の解析、第10回オートファジー研究会若手セミナー、2016年11月14日~11月15日、NASPA ニューオータニ(新潟県・越後湯沢市)
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, International Quantum Bioinformatics (QBIC) Workshop 2016, 2016年10月12日~10月14日、東京理科大学(千葉県・野田市)
羽山 大介、大滝 幹、筒井 友和、海老根 一生、北畑 信隆、花俣 繁、来須 孝光、上田 貴志、朽津 和幸、エンドソーム-液胞融合経路を介したシロイヌナズナの感染防御応答制御機構の解析、日本植物学会第80回大会、2016年9月16日~9月18日、沖縄コンベンションセンター(沖縄県・宜野湾市)

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、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、2016 年 9 月 16 日~9 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、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、第 25 回日本バイオイメージング学会学術集会、2016 年 9 月 5 日~9 月 6 日、名古屋国立大学(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、第 34 回日本植物細胞分子生物学会(上田)大会、2016 年 9 月 1 日~9 月 3 日、信州大学(長野県・上田市)

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 7 月 4 日~7 月 5 日、名古屋大学(愛知県・名古屋市)

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 7 月 4 日~7 月 5 日、名古屋大学(愛知県・名古屋市)

Kurusu T., Toh B., Sera Y., Sakamoto S., Hanamata S., Ono S., Okazaki Y., Nihira K., Kitahata N., Kojima M., Sakakibara H., Saito K., Nonomura K., Mitsuda N., Tada Y., Kuchitsu K., Physiological roles of autophagy in the regulation of development and metabolism in rice、第 57 回日本植物生理学会年会、2016 年 3 月 20 日、岩手大学(岩手県・盛岡市)

Kurusu T., Toh B., Sera Y., Sakamoto S., Hanamata S., Ono S., Okazaki Y., Nihira K., Kitahata N., Kojima M., Sakakibara H., Saito K., Nonomura K., Mitsuda N., Tada Y., Kuchitsu K., Physiological roles of autophagy in the regulation of

development and metabolism in rice、TUS International symposium 2016、2016 年 3 月 17 日、東京理科大学(千葉県・野田市)

来須 孝光、瀬良 ゆり、坂本 真吾、陶 文紀、花俣 繁、岡咲 洋三、二平 耕太郎、小嶋 美紀子、北畑 信隆、榊原 均、斉藤 和季、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 1 回イメージングフロンティアセンターシンポジウム、2015 年 12 月 25 日、東京理科大学(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、第 1 回イメージングフロンティアセンターシンポジウム、2015 年 12 月 25 日、東京理科大学(千葉県・野田市)

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ベ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、第 1 回イメージングフロンティアセンターシンポジウム、2015 年 12 月 25 日、東京理科大学(千葉県・野田市)

21 羽山 大介、大滝 幹、北畑 信隆、花俣 繁、来須 孝光、海老根 一生、筒井 友和、上田 貴志、朽津 和幸、エンドサイトーシスを介したシロイヌナズナの感染防御応答の制御機構のイメージング解析、第 1 回イメージングフロンティアセンターシンポジウム、2015 年 12 月 25 日、東京理科大学(千葉県・野田市)

22 花俣 繁、来須 孝光、朽津 和幸、タバコ培養細胞 BY-2 におけるオートファジーの細胞周期に依存した制御、第 1 回イメージングフロンティアセンターシンポジウム、2015 年 12 月 25 日、東京理科大学(千葉県・野田市)

23 花俣 繁、来須 孝光、陶 文紀、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、イネの花粉形成過程のオートファジー・脂質動態の解析、第 9 回オートファジー研究会、2015 年 11 月 17 日、淡路夢舞台国際会議場(兵庫県・淡路市)

24 朽津 和幸、来須 孝光、花俣 繁、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 17 日、淡路夢舞台国際会議場(兵庫県・淡路市)

25 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 Quantum Bioinformatics (QBIC)

- Workshop 2015、2015年10月17日、東京理科大学(千葉県・野田市)
- 26 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9月28日、東京理科大学(東京都・葛飾区)
- 27 羽山 大介、大滝 幹、北畑 信隆、花俣 繁、来須 孝光、海老根 一生、筒井 友和、上田 貴志、朽津 和幸、エンドサイトーシスを介したシロイヌナズナの感染防御応答の制御機構のイメージング解析、第24回日本バイオイメージング学会学術集会、2015年9月27日、東京理科大学(東京都・葛飾区)
- 28 花俣 繁、来須 孝光、朽津 和幸、タバコ培養細胞 BY-2 におけるオートファジーの細胞周期に依存した制御、第24回日本バイオイメージング学会学術集会、2015年9月27日、東京理科大学(東京都・葛飾区)
- 29 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, The 79th Annual Meeting of the Botanical Society of Japan, 2015年9月7日、朱鷺メッセ(新潟県・新潟市)
- 30 花俣 繁、来須 孝光、陶 文紀、岡咲 洋三、二平 耕太郎、北畑 信隆、小嶋 美紀子、永田 典子、榊原 均、斉藤 和季、多田 雄一、朽津 和幸、イネの生殖・種子登熟におけるオートファジーの役割、第1回植物栄養研究会、2015年9月4日、東京大学弥生講堂(東京都・文京区)
- 31 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、第33回日本植物細胞分子生物学会大会、2015年8月12日、東京大学(東京都・文京区)
- 32 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、東京理科大学研究推進機構総合研究院 アグリ・バイオ工学研究部門 公開シンポジウム、2015年7月17日、東京理科大学(千葉県・野田市)
- 33 羽山 大介、大滝 幹、河村 康希、北畑 信隆、花俣 繁、来須 孝光、海老根 一生、上田 貴志、朽津 和幸、細胞内膜交通系

- を介したシロイヌナズナの感染防御応答の制御機構の解析、東京理科大学研究推進機構総合研究院 アグリ・バイオ工学研究部門 公開シンポジウム、2015年7月17日、東京理科大学(千葉県・野田市)
- 34 来須 孝光、陶 文紀、岡咲 洋三、花俣 繁、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2015大会、2015年5月31日、東京工科大学(東京都・八王子市)

〔図書〕(計1件)

Kurusu T., Higaki T., Kuchitsu K., Springer International Publishing, Programmed cell death in plant immunity: Cellular reorganization, signaling and cell cycle dependence in cultured cells as a model system. In: *Plant Programmed Cell Death*. (Edited by Gunawardena, A., McCabe, P.), 2015, 77-96
Doi:10.1007/978-3-319-21033-9_4

〔その他〕

平成28年9月5日~6日に、名古屋市立大学で開催された、第25回日本バイオイメージング学会学術集会(学会発表12)において、ベストイメージ・オリンパス賞<ポスター賞>を受賞。

6. 研究組織

(1) 研究代表者

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