

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 2 日現在

機関番号：63904

研究種目：新学術領域研究（研究領域提案型）

研究期間：2012～2016

課題番号：24114003

研究課題名（和文）細胞壁の構築と生理機能発現における膜交通の役割と分子機構の解析

研究課題名（英文）Functions and molecular mechanisms of membrane trafficking in biogenesis and functions of cell wall

研究代表者

上田 貴志（UEDA, Takashi）

基礎生物学研究所・細胞動態研究部門・教授

研究者番号：10311333

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 36,300,000円

研究成果の概要（和文）：細胞壁の構築と機能発現に膜交通がいかに関わるのかを、様々な側面から調べた。セルロース合成酵素複合体（CSC）の動態を超解像顕微鏡を用いて観察し、CSCのダイナミン依存的エンドサイトーシスを可視化した。さらに、PI3KおよびPI4KがCSCの輸送の異なる過程に関与することを明らかにした。植物微生物間相互作用については、フラジェリン受容体FLS2の動態解析で成果があった。さらに、液胞輸送経路の損傷により細胞壁が影響を受けること、植物の液胞輸送経路が他の生物と異なる仕組みにより制御されていることを突き止めた。ゼニコケを用いた進化細胞生物学的解析では、膜交通の多様化の歴史の再構築が進行中である。

研究成果の概要（英文）： We analyzed mechanisms of cell wall construction and cell wall functions with various techniques, including super-resolution microscopy, biochemistry, and genetics. We succeeded in fine-resolution imaging of transport of the cellulose synthase complex, which is distinctly dependent on PI3K and PI4K. We also analyzed RABA/RAB11 functions in endocytosis of FLS2 to demonstrate functional diversification of RABA/RAB11 members. Furthermore, we demonstrated that the plant vacuolar transport pathway is distinctly regulated from yeasts and animals, which plays a pivotal role in cell wall integrity. Evolutionary cell biological analyses of the membrane trafficking system using the liverwort, *Marchantia polymorpha*, is also currently underway.

研究分野：植物分子細胞生物学

キーワード：膜交通 細胞壁 セルロース合成酵素複合体 イノシトールリン脂質 エンドサイトーシス 液胞 Rab GTPase

1. 研究開始当初の背景

真核細胞内の単膜系オルガネラ間の物質輸送システムは、道路や乗り物を介した交通システムになぞらえ“膜交通”(メンブントラフィック)と呼ばれる。植物特有の細胞外情報処理システムを構成する細胞壁の新規構築や刺激に応じた再構築においては、様々なオルガネラや膜交通が高度に協調してはたらく必要があり、そこでは植物が進化の過程で独自に獲得したオルガネラのはたらかや膜交通の仕組みが機能していると推測されていた。また、植物特異的膜交通経路を含む膜交通の損傷が細胞壁の構造や細胞接着に大きな影響を与えることが、申請者らを含む複数のグループにより見いだされていた。しかしながら、細胞壁の構築や再編成における膜交通の役割とその分子機構の大部分は未解明であった。例えば、セルロース合成装置複合体が、どのような仕組みにより輸送されているのかについては、ほとんど明らかにされていなかった。

2. 研究の目的

本研究課題では、植物の細胞外情報処理システムである細胞壁の新規構築や再構築、さらにその機能発現に必要な因子群の正しい時空間的配置と膜交通との関連を、世界最高水準の技術とノウハウを有するイメージングを駆使して解明することを目的とした。そこでまず、細胞壁成分の合成酵素の動態を詳細に明らかにするとともに、それらの輸送に関わる膜交通関連因子の挙動を詳細に観察することとした。特にセルロース合成装置複合体については、その集合過程や輸送過程を観察するとともに、細胞膜からのエンドサイトーシスによる回収がどのような仕組みによっておこり、そこにいかなる制御機構が介在するのかを明らかにすることを目指した。

また、我々がこれまでに単離した植物特異的膜交通経路の変異体を含む様々な膜交通関連変異シロイヌナズナにおいて、細胞壁関連分子群の動態観察や細胞壁成分の生化学的解析を行い、膜交通と細胞壁の関連を新たに探り出すことを目指した。また、細胞外情報処理における変異の影響を、病原菌との相互作用などを指標にして明らかにすることも試みた。一方、膜交通の進化と細胞壁の進化がどのように関連しているのかを調べるため、基部陸上植物(ゼニゴケ)のゲノム情報をもとに膜交通の多様化の歴史を再構築することを試みた。

3. 研究の方法

(1) セルロース合成装置複合体の動態解析

巨大複合体であるセルロース合成酵素複合体が、どのような局在化制御を受けているのかについてはほとんど明らかになっていなかった。そこで、蛍光タンパク質で可視化したセルロース合成酵素複合体の局在化機構を、共焦点顕微鏡および超解像顕微鏡を用

いて精査した。続いて、他の輸送関連因子との多重蛍光観察や、薬理学的処理によるイノシトールリン脂質の関与などを調べた。さらに、複合体に含まれる二つのサブユニットを異なる蛍光タンパク質で標識し、超解像顕微鏡による観察も行った。

(2) 膜交通に損傷を持つ変異体における細胞壁の異常の解析

膜交通に損傷を持つ変異体における細胞壁の異常の解析を行った。VPS9aの変異体は、細胞接着が異常となる。そこで、*vps9a-2* 変異体の細胞壁の糖組成を、筑波大学の佐藤・岩井グループとの共同研究により解析した。また、VPS9aが制御する液胞輸送経路の仕組みを明らかにするべく、液胞輸送経路で機能する分子の単離と解析を、特にRAB GTPaseに注目して進めた。変異体の解析、蛍光タンパク質との融合産物を用いた局在解析、生化学的手法を用いたタンパク質の活性測定などを行った。さらに、細胞膜における膜融合の実行因子である SYP132 についても、その変異体でカロースが異常蓄積することを見いだした。そこで、SYP132 の可視化ラインを用いたカロース蓄積との関連の解析を、共焦点顕微鏡を用いたイメージング解析を中心に進めた。様々な分泌関連分子との二重可視化により、カロース合成と分泌経路の関連を探った。

(3) 細胞壁を介した生物間相互作用の解析

細胞壁を介した生物間相互作用の仕組みを明らかにするため、flagellin レセプターである FLS2 の flagellin 感受後の動態を、タバコの葉における一過的発現系を用いて解析した。さらに、FLS2 の輸送に植物特異的な多様化を果たした RABA/RAB11 のファミリーがどのように関わるのかを、優性阻害型変異を導入した RABA/RAB11 を共発現させることにより調べた。また、うどんこ病菌やべと病菌感染時に、植物と病原菌とのインターフェイスとして機能する吸器嚢膜の性質を明らかにするべく、各種オルガネラマーカーの吸器嚢膜の局在を調べるとともに、吸器嚢膜に局在することが分かった RAB5 については、その優性阻害型または恒常活性型変異タンパク質の発現が、病原菌の増殖にどのように影響するかを接種実験により解析した。

(4) 細胞壁構築と膜交通の進化細胞生物学的解析

膜交通の進化と細胞壁の進化がどのように関連しているのかを明らかにする基盤とするため、基部陸上植物ゼニゴケの RAB GTPase と SNARE をコードする遺伝子を網羅的に単離し、蛍光タンパク質との融合タンパク質を発現する形質転換植物を作成した。続いて、それらの植物を共焦点顕微鏡で観察し、RAB GTPase と SNARE の局在を網羅的に解析した。一部の遺伝子については、ゲノム配

列に蛍光タンパク質の cDNA を挿入し、発現パターンについても同時に解析した。

4. 研究成果

(1) セルロース合成装置複合体の動態解析
セルロース合成酵素複合体 (CSC) の動態を顕微鏡を用いて観察し、CSC がダイナミン依存的にエンドサイトーシスされる様子の可視化に成功した(投稿中)。さらに、二種のフォスファチジルイノシトールキナーゼ (PI3K および PI4K) の阻害剤が CSC の輸送の異なる過程に影響することを明らかにし、複数のイノシトールリン脂質による CSC の輸送制御の仕組みの一端が明らかとなった (Fujimoto *et al.*, 2015)。続いて、CESA3 と CESA6 を異なる蛍光タンパク質で標識し、同時可視化を行うことにより、両者が必ずしも同じ CSC に含まれていない可能性を示した (未発表)。

(2) 膜交通に損傷を持つ変異体における細胞壁の異常の解析

VPS9a の機能が低下した変異体 (*vps9a-2*) は細胞接着に異常を示すことから、VPS9a 変異体が機能する液胞輸送経路が、細胞壁の健全性の維持に関わっている可能性が示唆された。そこで変異体の細胞壁の解析を行ったが、糖の組成に大きな変化は見られなかった。そこで、液胞輸送経路の分子機構をさらに明らかにするため、VPS9a の基質である RAB5 とそのエフェクター分子の解析を進めた。その結果、植物の液胞輸送経路では、動物には無いユニークな RAB5 のエフェクター分子が機能することが明らかとなった (Sakurai *et al.*, 2016)。また、植物の液胞輸送には複数の輸送経路が存在していること、それぞれの輸送経路で異なるタンパク質が輸送されていることも示した (Ebine *et al.*, 2014)。

また、*syp132* 変異体においてカロースの異常蓄積が見られることを見いだした。さらに、SYP132 が浸透圧の変化に応じて細胞膜から粒状の構造へと局在を変化させること、この粒状の構造には、分泌経路で機能する膜交通関連分子が一部共局在していることも明らかにした (未発表)。これらのことから、カロースの蓄積には、SYP132 が機能する特異的な分泌経路が関与することが示唆された。

(3) 細胞壁を介した生物間相互作用の解析

細胞壁及び細胞膜を介した植物—微生物間相互作用に注目し、フラジェリン受容体 FLS2 の動態とその分子機構の解析を進めた。植物で多様化している RAB11 の各サブグループが、FLS2 の輸送の異なるステップを制御していることを示すとともに、FLS2 のエンドサイトーシス経路とそこで機能する分子群を明らかにした (Choi *et al.*, 2013; Mbengue *et al.*, 2016)。

うどんこ病菌、べと病菌の感染時におけるオルガネラや細胞構造の変化の解析も行

った。その結果、これらの病原菌が植物から栄養を収奪するための装置である吸器を取り囲む吸器嚢膜に、RAB5 を始めとする一部のエンドソームタンパク質が局在していることを見いだした (Inada *et al.*, 2016)。吸器嚢膜には RAB5 の活性化因子である VPS9a は局在しないことから、吸器嚢膜がエンドソームと類似しながらも通常は存在しない特殊な状態に維持されていることが示唆された。また、植物特異的 RAB5 の活性化が、うどんこ病菌の増殖を抑制することも明らかにした (投稿中)。

(4) 細胞壁構築と膜交通の進化細胞生物学的解析

陸上植物における細胞壁と膜交通との進化的関連を探るため、ゼニゴケの膜交通経路網の全体像を捉えることとした。ゼニゴケゲノムにコードされる RAB GTPase と SNARE を網羅的に単離し、その細胞内局在を解析した。その結果、いずれのグループについても、陸上植物に共通して含まれる基本的な遺伝子セットがゼニゴケに存在するものの、その冗長性は著しく低いことが明らかとなった。一方で、ゼニゴケには存在するがシロイヌナズナには存在しない RAB GTPase や、苔類のみに特異的に存在するオルガネラに局在する SNARE が見いだされ、ゼニゴケの膜交通経路が独自の多様化を果たしていることが明らかになった (Kanazawa *et al.*, 2016; Bowman *et al.*, 投稿中)。

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 39 件) 全て査読有

- 1) Ito, Y., Toyooka, K., Fujimoto, M., Ueda, T., Uemura, T. and Nakano A. (2017) The *trans*-Golgi network and the Golgi stacks behave independently during regeneration after Brefeldin A treatment in tobacco BY-2 cells. *Plant Cell Phys.*, in press, doi: <https://doi.org/10.1093/pcp/px028>
- 2) Minamino, N., Kanazawa, T., Nishihama, R., Yamato, T.K., Ishizaki, K., Kohchi, T., Nakano, A. and Ueda, T. (2017) Dynamic reorganization of the endomembrane system during spermatogenesis in *Marchantia polymorpha*. *J. Plant Res.*, in press, doi: 10.1007/s10265-017-0909-5
- 3) Cui, Y., Zhao, Q., Xie, H.T., Wong, W.S., Gao, C., Ding, Y., Tan, Y., Ueda, T., Zhang, Y. and Jiang, L. (2017) MONENSIN SENSITIVITY 1 (MON1)/CALCIUM CAFFEINE ZINC SENSITIVITY 1 (CCZ1)-mediated Rab7 activation regulates tapetal programmed cell death and pollen development. *Plant Physiol.* 173: 206-218, doi: <http://dx.doi.org/10.1104/pp.16.00988>

- 4) Mbengue, M., Bourdais, G., Gervasi, F., Beck, M., Zhou, J., Spallek, T., Bartels, S., Boller, T., Ueda, T., Kuhn, H. and Robatzek, S. (2016) Clathrin-dependent endocytosis is required for immunity mediated by pattern recognition receptor kinases. *Proc Natl Acad Sci USA*, 113: 11034-11039, doi: 10.1073/pnas.1606004113
- 5) Yoshinari, A., Fujimoto, M., Ueda, T., Inada, N., Naito, S. and Takano, J. (2016) DRP1-dependent Endocytosis Is Essential for Polar Localization and Boron-induced Degradation of the Borate Transporter BOR1 in *Arabidopsis thaliana*. *Plant Cell Phys.*, 57: 1985-2000, doi: 10.1093/pcp/pcw121
- 6) Sakurai, H., Inoue, T., Nakano, A. and Ueda, T. (2016) ENDOSOMAL RAB EFFECTOR WITH PX-DOMAIN, an Interacting Partner of RAB5 GTPases, Regulates Membrane Trafficking to Protein Storage Vacuoles in *Arabidopsis*. *Plant Cell*, 26: 1490-0503, doi: 10.1105/tpc.16.00326
- 7) Inada, N., Betsuyaku, S., Shimada, T., Ebine, K., Ito, E., Kutsuna, N., Hasezawa, S., Takano, Y., Fukuda, H., Nakano, A., and Ueda, T. (2016) Modulation of plant RAB GTPase-mediated membrane trafficking pathway at the interface between plants and obligate biotrophic pathogens. *Plant Cell Phys.*, 57: 1854-1864, doi: 10.1093/pcp/pcw107
- 8) Ito, E., Uemura, T., Ueda, T. (corresponding author), and Nakano, A. (2016) Distribution of RAB5-positive multivesicular endosomes and the *trans*-Golgi network in root meristematic cells of *Arabidopsis thaliana*. *Plant Biotech.* 33: 281-286, doi: 10.5511/plantbiotechnology.16.0218a
- 9) Sunada, M., Goh, T., Ueda, T. (corresponding author) and Nakano, A. (2016) Functional analyses of the plant-specific C-terminal region of VPS9a: the activating factor for RAB5 in *Arabidopsis thaliana*. *J. Plant Res.*, 129: 93-102, doi: 10.1007/s10265-015-0760-5
- 10) Kanazawa, T., Era, A., Minamino, N., Shikano, Y., Fujimoto, M., Uemura, T., Nishihama, R., Yamato, K.T., Ishizaki, K., Nishiyama, T., Kohchi, T., Nakano, A. and Ueda, T. (2016) SNARE Molecules in *Marchantia polymorpha*: Unique and Conserved Features of the Membrane Fusion Machinery. *Plant Cell Phys.*, 57: 307-324, doi: 10.1093/pcp/pcv076
- 11) Bowman, J. L., Araki, T., Arteaga-Vazquez, M. A., Berger, F., Dolan, L., Haseloff, J., Ishizaki, K., Kyozuka, J., Lin, S., Nagasaki, H., Nakagami, H., Nakajima, K., Nakamura, Y., Ohashi-Ito, K., Sawa, S., Shimamura, M., Solano, R., Tsukaya, H., Ueda, T., Watanabe, Y., Yamato, K. T., Zachgo, S. and Kohchi, T. (2016) The naming of names: guidelines for gene nomenclature in *Marchantia*. *Plant Cell Phys.*, 57: 257-261, DOI: 10.1093/pcp/pcv193
- 12) Chanoca, A., Kovinich, N., Burkel, B., Stecha, S., Bohorquez-Restrepo, A., Ueda, T., Eliceiri, K.W., Grotewold, E. and Otegui, M.S. (2015) Anthocyanin Vacuolar Inclusions Form by a Microautophagy Mechanism. *Plant Cell*, 27: 2545-2559, doi: http://dx.doi.org/10.1105/tpc.15.00589
- 13) Wen, L., Fukuda, M., Sunada, M., Ishino, S., Ishino, Y., Okita, W.T., Ogawa, M., Ueda, T. and Kumamaru, T. (2015) Guanine nucleotide exchange factor 2 for Rab5 proteins coordinated with GLUP6/GEF regulates the intracellular transport of the proglutelin from the Golgi apparatus to the protein storage vacuole in rice endosperm. *J. Exp. Bot.*, 66: 6137-6147, doi: 10.1093/jxb/erv325
- 14) Tsutsui, T., Nakano, A. and Ueda, T. (2015) The plant-specific RAB5 GTPase ARA6 is required for starch and sugar homeostasis in *Arabidopsis thaliana*. *Plant Cell Phys.* 56: 1073-1083, doi: 10.1093/pcp/pcv029
- 15) Hoepflinger, M.C., Geretschlaeger, A., Sommer, A., Hoeflberger, M., Tenhaken, R., Ueda, T., and Foissner, I. (2015) Molecular analysis and localization of CaARA7 a conventional RAB5 GTPase homolog from characean algae. *Traffic*, 16: 534-554, doi: 10.1111/tra.12267
- 16) Fujimoto, M., Suda, Y., Vernhettes, S., Nakano, A. and Ueda, T. (2015) Phosphoinositides have distinct roles in intracellular trafficking of the cellulose synthase complex in *Arabidopsis thaliana*. *Plant Cell Phys.*, 56: 287-298, doi:10.1093/pcp/pcu195 (selected as Editor-in-Chief's Choice)
- 17) Ebine, K., and Ueda, T. (2015) Roles of membrane trafficking in plant cell wall dynamics. *Front. Plant Sci.*, 6: 878, doi: 10.3389/fpls.2015.00878
- 18) Ebine, K., Inoue, T., Ito, J., Ito, E., Uemura T., Goh, T., Abe, A., Sato, K., Nakano, A., and Ueda, T. (2014) Plant vacuolar trafficking occurs through distinctly regulated pathways. *Curr. Biol.*, 24: 1375-1382, doi: 10.1016/j.cub.2014.05.004
- 19) Cui, Y., Zhao, Q., Gao, C., Ding Y., Zeng, Y., Ueda, T., Nakano, A., and Jiang, L. (2014) Rab7 activation by the MON1-CCZ1 complex is essential for PVC-to-vacuole trafficking and plant growth in *Arabidopsis*, *Plant Cell.*, 26: 2080-2097, doi: http://dx.doi.org/10.1105/tpc.114.123141
- 20) Fujiwara, M., Uemura, T., Ebine, K., Nishimori, Y., Ueda, T., Nakano, A., Sato, M.H. and Fukao, Y. (2014) Interactomics of Qa-SNARE in *Arabidopsis thaliana*. *Plant*

- Cell Phys.* 55: 781-789, doi: 10.1093/pcp/pcu038
- 21) Hashiguchi, Y., Yano, D., Nagafusa, K., Kato, T., Saito, C., Uemura, T., Ueda, T., Nakano, A., Tasaka, M. and Morita, MT (2014) A unique HEAT repeat-containing protein SHOOT GRAVITROPISM 6 is involved in vacuolar membrane dynamics in gravity sensing cells of Arabidopsis inflorescence stem. *Plant Cell Phys.* 55, 811-822, doi: 10.1093/pcp/pcu020
- 22) Uemura, T., Suda, Y., Ueda, T. and Nakano, A. (2014) Dynamic behavior of the trans-Golgi network in root tissues of Arabidopsis revealed by super-resolution live imaging. *Plant Cell Phys.* 55, 694-703, doi: 10.1093/pcp/pcu010
- 23) Uemura, T. and Ueda, T. (2014) Plant vacuolar trafficking driven by RAB and SNARE proteins. *Curr. Opin. Plant Biol.* 22: 116-121, DOI: 10.1016/j.pbi.2014.10.002
- 24) Ueda, T. (2014) Cellulase in Cellulose Synthase: A Cat among the Pigeons? *Plant Physiol.*, 165: 1397-1398. DOI: <http://dx.doi.org/10.1104/pp.114.245753>
- 25) Inada, N. and Ueda, T. (2014) Membrane Trafficking Pathways and their Roles in Plant-Microbe Interactions. *Plant Cell Phys.* 55: 672-686, DOI: 10.1093/pcp/pcu046
- 26) Nakamura, H., Xue, Y., Miyakawa, T., Hou, F., Qin, H., Fukui, K., Shi, X., Ito, E., Park, S., Miyauchi, Y., Asano, A., Totsuka, N., Ueda, T., Tanokura, M., and Asami, T. (2013) Molecular mechanism of strigolactone perception by DWARF14. *Nat. Commun.* 4: 2613 doi: 10.1038/ncomms3613
- 27) Inoue, T., Kondo, Y., Naramoto, S., Nakano, A., and Ueda, T. (2013) RAB5 activation is required for multiple steps in *Arabidopsis thaliana* root development. *Plant Cell Phys.* 54, 1648-1659, doi: 10.1093/pcp/pct109
- 28) Fukuda, M., Wen, L., Satoh-Cruz, M., Kawagoe, Y., Nagamura, Y., Okita, TW., Washida, H., Sugino, A., Ishino, S., Ishino, Y., Ogawa, M., Sunada, M., Ueda, T., and Kumamaru, T. (2013) A guanine nucleotide exchange factor for Rab5 proteins is essential for intracellular transport of the proglutelin from the Golgi apparatus to the protein storage vacuole in rice endosperm. *Plant Phys.* 162: 663-674, doi: [http:// dx. doi. org/ 10. 1104/ pp. 113](http://dx.doi.org/10.1104/pp.113)
- 29) Choi, S., Tamaki, T., Ebine, K., Uemura, T., Ueda, T. (corresponding author), and Nakano, A. (2013) RABA members act in distinct steps of subcellular trafficking of the FLAGELLIN SENSING 2 receptor. *Plant Cell*, 25; 1174-1187, doi: <http://dx.doi.org/10.1105/tpc.112.108803>
- 30) Uejima, T., Ihara, K., Sunada, M., Kawasaki, M., Ueda, T., Kato, R., Nakano, A., and Wakatsuki, S. (2013) Direct metal recognition by guanine nucleotide exchange factor in the initial step of exchange reaction. *Acta Cryst. D.* 69: 345-351, doi:10.1107/S0907444912047294
- 31) Asaoka, R., Uemura, T., Ito, J., Fujimoto, M., Ito, E., Ueda, T., and Nakano, A. (2013) RABA1 GTPases are involved in transport between the *trans*-Golgi network and the plasma membrane, and are required for salinity stress tolerance. *Plant J.* 73:240-249, DOI: 10.1111/tj.12023
- 32) Era, A., Kutsuna, N., Higaki, T., Hasezawa S., Nakano, A., and Ueda, T. (2013) Microtubule stability affects the unique motility of F-actin in *Marchantia polymorpha*. *J. Plant Res.*, 126, 113-119, DOI: 10.1007/s10265-012-0496-4
- 33) Ebine, K., Uemura, T., Nakano, A., and Ueda, T. (2012) Flowering time modulation by a vacuolar SNARE via *FLOWERING LOCUS C* in *Arabidopsis thaliana*. *PLoS ONE*, 7 (7): e442239, DOI: 10.1371/journal.pone.0042239
- 34) Ito, Y., Uemura, T., Shoda, K., Fujimoto, M., Ueda, T., and Nakano, A. (2012) *cis*-Golgi proteins accumulate near the ER exit sites and act as the scaffold for Golgi regeneration after brefeldin A treatment in tobacco BY-2 cells. *Mol. Biol. Cell*, 23: 3203-3214, DOI: 10.1091/mbc.E12-01-0034
- 35) Nielsen, ME., Feechan, A., Böhlenius, H., Ueda, T., and Christensen, HT. (2012) The Arabidopsis ARF-GEF, GNOM, mediates transport required for innate immunity and focal accumulation of PEN1. *Proc Natl Acad Sci USA.*, 109: 11443-11448, DOI: 10.1073/pnas.1117596109
- 36) Higaki, T., Kutsuna, N., Hosokawa, Y., Akita, K., Ebine, K., Ueda, T., Kondo, N., and Hasezawa, S. (2012) Statistical organelle dissection of Arabidopsis guard cells using image database LIPS. *Sci. Rep.*, 2: 405, DOI: 10.1038/srep00405
- 37) Uemura, T., Kim, H., Saito, C., Ebine, K., Ueda, T., Schulze-Lefert, P., and Nakano, A. (2012) Qa-SNAREs localised to the *trans*-Golgi network regulate multiple transport pathways and extracellular disease resistance in plants. *Proc Natl Acad Sci USA.*, 109: 1784-1789, DOI: 10.1073/pnas.1115146109
- 38) Ito, E., Fujimoto, M., Ebine, K., Uemura, T., Ueda, T. (corresponding author) and Nakano A. (2012) Dynamic behavior of clathrin in *Arabidopsis thaliana* unveiled by live imaging. *Plant J.*, 69: 204-216, DOI: 10.1111/j.1365-313X.2011.04782.x
- 39) Fujimoto, M. and Ueda, T. (2012) Conserved and plant-unique mechanisms regulating plant post-Golgi traffic. *Front. Plant Sci.*, 3: 197. DOI: 10.3389/fpls.2012.00197

〔学会発表〕(計 22 件, 研究代表者が発表者のもののみ)

- 1) Takashi Ueda (invited speaker) Twins or Convergence? ~two plant-unique cellular structures acquired during evolution~. International Symposium "Front Lines of Plant Cell Wall Research and Beyond" 5th October, 2016, KKR Atami, Atami, Shizuoka, Japan
- 2) Takashi Ueda (invited speaker) Diversification of membrane trafficking pathways ~lessons from the liverwort~. EMBO workshop "New model systems for early land plant evolution" 22nd June, 2016, Vienna, Austria
- 3) Takashi Ueda (invited speaker) Diversification of membrane trafficking pathways during land plant evolution. 1st CRC 1101 symposium, Molecular Encoding of Specificity in Plant Processes 5th April, 2016, Tübingen, Germany
- 4) Takashi Ueda (invited speaker) Diversification of membrane trafficking pathways during land plant evolution. Front Lines of Plant Cell Wall Research. 21st March, 2015, Todaiji temple Culture Center, Nara, Nara, Japan
- 5) Takashi Ueda (invited speaker) Conserved and unique aspects of membrane trafficking in *Marchantia polymorpha*. Marchantia workshop 2014. 9th December, 2014, Kobe University, Kobe, Hyogo, Japan
- 6) Takashi Ueda (invited speaker) Diversification of membrane trafficking pathways ~lessons from plants~. The first International Conference on Organelle Biogenesis and Function in Hong Kong. 5th December, 2014, Chinese University of Hong Kong, Hong Kong, China
- 7) Takashi Ueda (selected speaker) Diversification of membrane trafficking pathways ~lessons from plants~. The 38th NAITO Conference on Molecule-based biological systems. 9th October, 2014, Chateraise Gateaux Kingdom Sapporo, Sapporo, Hokkaido, Japan
- 8) Takashi Ueda (invited speaker) Expected and unexpected roles of membrane traffic in stress response. Gordon Research Conference on Salt & Water Stress in Plants. 5th August, 2014, Newry, USA
- 9) Takashi Ueda (invited speaker) Diversification of membrane trafficking pathways ~lessons from plants~. UK-Japan joint meeting on Plant Cell Biology. 16 July, 2013. Hopkins building, Department of Biochemistry, University of Cambridge, Cambridge, UK
- 10) Takashi Ueda (invited speaker) Mechanism and function of plant-unique membrane trafficking pathways. International Workshop on Plant Membrane Biology XVI, 27th March, 2013, Kurashiki Geibunkan, Kurashiki,

Okayama, Japan

他国内招待講演 12 件

〔図書〕(計 4 件)

- 1) 植物と植物細胞の構造 テイツノザイガ - 植物生理学・発生学 原著第 6 版 (上田貴志 第 1 章翻訳) 西谷和彦 島崎研一郎 監訳, 2017 年 講談社, 831 ページ
- 2) 植物を用いたメンブレントラフィック研究 DOJIN BIOSCIENCE シリーズ メンブレントラフィック 福田光則, 吉森保編 (上田貴志他, 分担執筆), 2016 年 化学同人, 262 ページ
- 3) 植物細胞壁実験法 石井忠, 石水毅, 梅澤俊明, 加藤陽治, 岸本崇生, 小西照子, 松永俊朗編 (上田貴志他, 分担執筆), 2016 年 弘前大学出版会, 403 ページ
- 4) 植物細胞壁 -基礎と応用- 西谷和彦, 梅澤俊明編 (上田貴志他, 分担執筆), 2013 年 講談社, 349 ページ

〔産業財産権〕

出願状況 (計 0 件)
取得状況 (計 0 件)

〔その他〕

ホームページ等

<http://www.nibb.ac.jp/cellular/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

上田 貴志 (UEDA, Takashi)
基礎生物学研究所・細胞動態研究部門・教授
研究者番号: 10311333

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

植村 知博 (UEMURA, Tomohiro)
東京大学・大学院理学系研究科・助教
研究者番号: 90415092
藤本 優 (FUJIMOTO, Masaru)
東京大学・大学院農学生命研究科・准教授
研究者番号: 60554475
海老根 一生 (EBINE, Kazuo)
基礎生物学研究所・細胞動態研究部門・助教
研究者番号: 90590399

(4) 研究協力者

なし