

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 27 日現在

機関番号：14301
研究種目：特別推進研究
研究期間：2010～2014
課題番号：22000014
研究課題名（和文） 植物の生存戦略としての細胞内膜系の分化機構の解明
研究課題名（英文）
Differentiation of Endomembrane System for Defense Strategy in Higher Plants

研究代表者

西村 いくこ (HARA-NISHIMURA, Ikuko)

京都大学・理学研究科・教授

研究者番号：00241232

交付決定額（研究期間全体）（直接経費）：424,700,000 円

研究成果の概要（和文）：

植物は、病原体の感染や外環境変化に対処するために細胞内膜系を巧みに使い分けている。本研究では、細胞内膜系動態から植物の生存戦略の理解を深めることを目指した。虫害応答研究では、小胞体由来のオルガネラ ER ボディを使った新規の防御系の実態を解明した。一方、外環境応答研究では、小胞体流動を駆動する Actin-Myosin XI 細胞骨格系が器官屈曲のブレーキとして働いていることを見だし、「植物の器官が真直ぐに伸びる」という基本的な成長原理に関わる仕組みの存在を明らかにした。

研究成果の概要（英文）：

Plants have evolved endomembrane-mediated strategies in response to pathogen infections and environmental stresses. These strategies have been investigated by focusing on the endomembrane, especially endoplasmic reticulum (ER). We show that *A. thaliana* has developed a subcellular type of chemical defence, which involves the ER-derived organelles, designated as ER bodies. The ER moves in an actin-myosin-XI-cytoskeleton-dependent manner, which might cause cytosol hauling traditionally defined as cytoplasmic streaming. We discovered that the actin-myosin-XI-cytoskeleton regulates organ straightening to adjust plant posture.

研究分野：科研費の分科・細目：基礎生物学・植物分子生物・生理学

キーワード：植物細胞内膜系・小胞体・細胞骨格・環境応答・生体防御

1. 研究開始当初の背景

植物の感染防御や環境ストレス応答の研究は植物病理学や植物生理学の分野で多くの知見が集積されてきたが、細胞内膜系の動態からこれらの課題に迫ろうとする研究はなかった。私達は、植物は細胞内膜系を分化させることによって環境や感染のストレスに対処しているという概念を提唱してきた。本研究課題では、植物の病原体感染・虫害応答研究と外環境応答研究の2つを取り上げた。それぞれの研究の端緒となった独自の研究成果は下記の通りである。

(1) 植物は病原体の種類に応じて、液胞を使い分けていることを示してきた。例えば、ウイルス感染時には液胞膜を崩壊させることで直接ウイルスを攻撃し (*Science*, 2004),

細菌の感染時には液胞膜と細胞膜という異なる膜同士を融合させることにより液胞内抗菌物質を細胞外に放出して細菌を攻撃する (*Gene Dev*, 2009)。また、虫害の際には、小胞体から特殊なオルガネラ (ER ボディと命名) を誘導形成することを見出した (*Plant Cell*, 2008)。これらのしくみは、免疫細胞をもたない植物が獲得した技と言える。

(2) 代表的な細胞内膜系である小胞体が細胞内で活発に運動していることを見だし、小胞体と植物型ミオシン XI と細胞骨格アクチンの三者相互作用による positive feedback 運動モデルを提唱した (*Proc Natl Acad Sci*, 2010)。この小胞体ネットワークの運動が、240 年来の謎である原形質流動の原動力となる可能性が浮上してきた。

2. 研究の目的

植物は、全身の細胞が外敵に対する防御機構を備えている必要がある。私達の研究から、植物はコストをかけずに外敵から身を守るために全ての細胞が備えている液胞（分解酵素と抗菌タンパク質を大量に含む）や小胞体を利用しているという概念が生まれてきた。本研究では、細胞内膜系の動態という視点から植物の生存戦略を解明することを目的とした。外環境ストレスや外敵の種類に応じて使い分けられる細胞内膜系の動態・分化の機構の解明は、植物の優れた環境適応能力の理解につながるものである。

3. 研究の方法

本研究は、細胞内膜系動態に注目して、病原体感染・虫害応答研究と外環境応答研究の2つの課題を柱とした。

＜課題1＞細胞内膜系動態と病原体感染・虫害応答：小胞体ネットワークの *in vitro* 再構成系を確立し、その動態を解析した。細菌感染では、独自に確立した小胞輸送不全変異体 *gfs* のプールから *P. syringae* DC3000 (*avrRPM1*) の感染に対して応答異常を示す変異体を選抜し、感染応答における小胞輸送装置や液胞膜の関与を解析した。カビ感染では炭素病菌 *C. higginsianum* を用いた。ER ボディについては内部に集積している酵素 β -glucosidase の解析から防御様式を調べた。ミロシン細胞の維管束沿いの分化を遺伝学的手法で解析した。

＜課題2＞細胞内膜系動態と外環境応答：小胞体流動の駆動力となる Myosin XI のメンバーに焦点をあて、相互作用因子の同定や逆遺伝学的解析から、細胞核の形態形成と運動の分子機構の解明と環境応答時の高次機能解明を行った。全般を通して、主にモデル植物シロイヌナズナの正・逆分子遺伝学や形質転換体を用いた *in vivo* 解析、電子顕微鏡とライブセルイメージングによる解析、プロテオーム解析を実施した。

4. 研究成果

＜課題1＞小胞体ネットワークの形成機構を解明するために、小胞体形態異常変異体 *er morphology (ermo)* を複数単離・解析した。また、小胞体膜局在の RHD3 が小胞体の形態形成と運動に関わることを発見した(図1, 2)。RHD3 は C 末端 tail 部分のリン酸化により、GTP 依存的に小胞体膜融合を促進することが分かった。小胞体流動は植物の原形質流動の駆動力であるという仮説を提唱した。原形質流動には、Myosin XI-K や RHD3 のほか、ABC19/PGP19 が関与することも示した。原形質流動の生理学的意義は不明のままであるが、それに迫る成果も得た(下記参照)。

小胞輸送装置 AP2 や液胞型 SNARE が菌感染に対する抵抗性付与に関与することを明

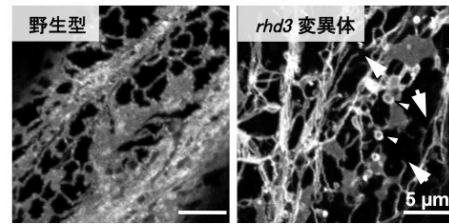


図1. *rhd3*変異体は小胞体ネットワーク形成不全と原形質流動不全を示す。

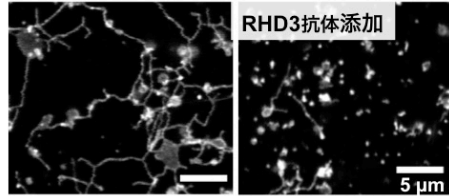


図2. 小胞体ネットワークの *in vitro* 構築. 小胞体型 GFP を発現する培養細胞から単離したマイクロソームに α -actin と ATP と GTP を加えることにより小胞体ネットワークが再構築された(左). RHD抗体はネットワーク形成を阻害する(右).

らかにした。特に、感染時の液胞膜と細胞膜の融合に関与する因子 GFS4 に加えて、植物の全身獲得抵抗性に関与する因子 GFS11 を同定することができた(論文準備中)。一方、カビ感染に対しては、小胞体からのオイルボディを誘導すること、オイルボディが抗菌物質 2-HOT を生産する細胞内工場として機能することを証明した。

小胞体由来の ER ボディの β -glucosidase が glucosinolates を基質とすることが分かった(図3)。この結果は、ER ボディが新規の化学防御機構を担っていることを示している。既知の glucosinolate-myrosinase 系では、酵素と基質が別々の細胞に集積されている。これに対して、ER ボディ系は、同じ細胞内で ER ボディに酵素を、液胞に基質を集積する subcellular type の防御系とみなすことができる。ER ボディ系は、幼植物と根の表皮細胞に分布している点でも既知の化学防御系とは異なる。ER ボディをもたない成熟葉は、食害を受けてから ER ボディを形成誘導する。ER ボディは感染傷害によって形成されるオルガネラとしても興味深い。

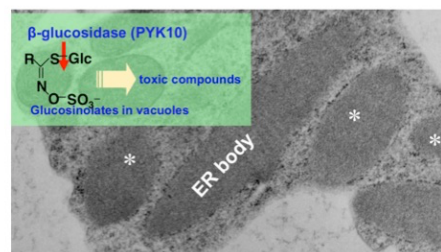


図3. 小胞体由来オルガネラERボディは子葉と根の表皮細胞に分布し、新規の虫害防御系を担う。ERボディは β -glucosidase を集積し、食害時に glucosinolates を分解し忌避物質を生産する。

既知の glucosinolate-myrosinase 防御系を担うミロシン細胞については、その維管束沿いの特徴的な分化には植物ホルモン・オーキシンが関わっていることを示し、さらに、ミロシン細胞の分化マスター遺伝子として *FAMA*

を同定した(図4). *FAMA* は、気孔の分化マスター遺伝子として知られていることから、ミロシン細胞と気孔孔辺細胞は存在部位も機能も全く異なるが、両者の分化に共通の経路が存在することが初めて明らかになった。

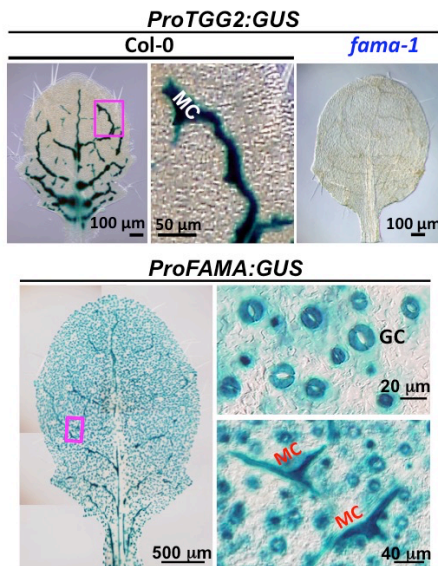


図4. カラシ油爆弾と呼ばれる虫害防御系を担うミロシン細胞(MC)は、葉の維管束に沿って分布する。ミロシン細胞分化のマスター遺伝子FAMAは、気孔(GC)の分化のマスター遺伝子としても知られている。TGG2はミロシン細胞マーカー。

<課題2>「1. 研究開始当初の背景」で述べた通り、私達は、植物特異的 Myosin XI が小胞体流動を駆動していることを示した。シロイヌナズナの Myosin XI class には 13 メンバーが存在する。多重欠損変異体の表現型解析から、植物の基本的な成長原理に迫る発見があった。

植物が光や重力等の環境刺激に応答して屈性反応を起こすことは良く知られている。屈性は器官屈曲を伴うが、Myosin XI はこの屈曲を抑制することが分かった。擬似微重力環境下で、野生型植物は屈曲をキャンセルしてまっすぐに伸びる(図5, 右)。一方、Myosin XI 欠損変異体は、一旦屈曲を始めると曲がり続ける。変異体はその姿勢をまっすぐに保つこともできない(図5, 左)。植物の器官の Straightening の実体を初めて示すことができた。

花茎の Straightening の司令塔細胞は伸長しつつある繊維細胞であった。繊維細胞は 1mm に達する長さを持ち、内部には発達した Actin 束が存在していた(図6)。Acin-Myosin XI 依存的な調節機構により、植物体は自らの姿勢をまっすぐに維持できる。この Straightening 機構と原形質流動の関係を明らかにすることで、これまで不明であった原形質流動の生理学的意義にも迫ることができると考える。この成果は、*Nature Plants* 誌の当該号の表紙を飾り、本誌のウェブサイトのトップページで「Reach for the Sky」のタイトルで紹介された。

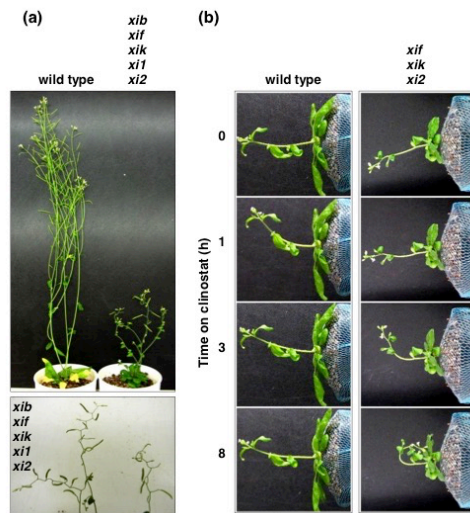


図5. Myosin XIメンバーは植物の器官のStraighteningを制御している。Myosin XIメンバーの多重欠損変異体の器官はまっすぐに伸びることができない(左)。植物を倒して45分重力刺激を与えた後、暗所でクリノスタット実験に供した。微重力環境下では、野生型植物はまっすぐに伸びるが、変異体の花茎は曲がり続ける(右)。

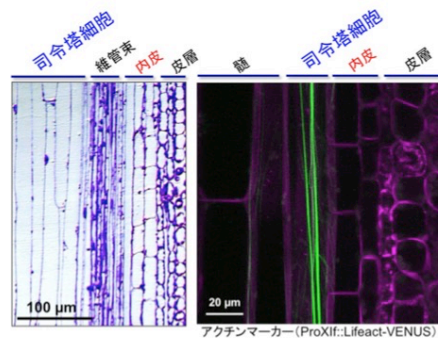


図6. 花茎のStraighteningの司令塔細胞は、未成熟で伸長しつつある繊維細胞であり、重力感知細胞である内皮細胞とは異なる(左)。この司令塔細胞は1mmに達する長い細胞で、内部には発達したactin束がみられる(右)。

Myosin XI-I が新規の核-細胞質リンカーとして核の運動を制御していることを見いだした(図7)。植物の核は、紫外線による傷害を避けるために Myosin XI 依存的に運動することを証明した。光環境変化に速やかに応答するために、植物は生物界最速のモーター Myosin XI による運動装置を獲得したと考えられる。一方、核膜孔複合体構成成分の網羅的同定と機能解析、および核ラミナ構造の構成成分の同定を行った。これらの成果は、動物の核運動やラミナ構成成分との相違点を浮き彫りにした。

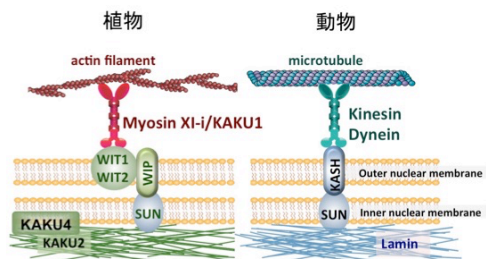
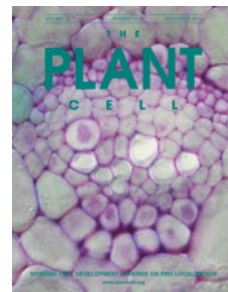
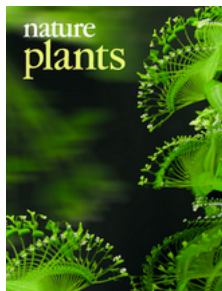


図7. 植物と動物の核-細胞質リンカー。植物の核は、Myosin XI-i/KAKU1によって暗定位運動する。植物の核ラミナはKAKU4とKAKU2によって構成されている。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 65 件) 全て査読あり

1. Iwabuchi, K., Hidema, J., Tamura, K., Takagi, S., and Hara-Nishimura, I. (2016) Plant nuclei move to escape ultraviolet-induced DNA damage and cell death. *Plant Physiol.* 170, 678-685.
2. Ueda, H., Yokota, E., Kuwata, K., Kutsuna, N., Mano, S., Shimada, T., Tamura, K., Stefano, G., Fukao, Y., Brandizzi, F., Shimmen T, Nishimura, M., and Hara-Nishimura, I. (2016) Phosphorylation of the C terminus of RHD3 has a critical role in homotypic ER membrane fusion in Arabidopsis. *Plant Physiol.* 170, 867-880.
3. Tamura, K., Kawabayashi, T., Shikanai, T., and Hara-Nishimura, I. (2016) Decreased expression of a gene caused by a T-DNA insertion in an adjacent gene in Arabidopsis. *PLoS One* 11, e0147911. doi: 10.1371/journal.pone.0147911
4. Fuji, K., Shirakawa, M., Shimono, Y., Kunieda, T., Fukao, Y., Koumoto, Y., Takahashi, H., Hara-Nishimura, I.*, and Shimada, T.*. (2016) * co-corresponding authors. The adaptor complex AP-4 regulates vacuolar protein sorting at the trans-Golgi network by interacting with VACUOLAR SORTING RECEPTOR 1. *Plant Physiol.* 170, 211-219.
5. Okamoto, K., Ueda, H., Shimada, T., Tamura, K., Kato, T., Tasaka, M., Morita, M.T., and Hara-Nishimura, I. (2015) Regulation of organ straightening and plant posture by an actin-myosin XI cytoskeleton. *Nature Plant*, doi: 10.1038/NPLANTS.2015.1031.
6. Kawase, T., S.S.Sugano, T. Shimada, and I. Hara-Nishimura (2015) A direction-selective local-thresholding method, DSLT, in combination with a dye-based method for automated 3D segmentation of cells and airspaces in developing leaves. *Plant J.* 81, 357-366.
7. The, O.-K., N. Hatsugai, K. Tamura, K. Fuji, R. Tabata, K. Yamaguchi, S. Shingenobu, M. Yamada, M. Hasebe, S. Sawa, T. Shimada, and I. Hara-Nishimura (2015) BEACH-domain proteins act together in a cascade to mediate vacuolar protein trafficking and disease resistance in Arabidopsis. *Mol. Plant* 8, 389-398.
8. Munch, D., Teh, O.-K., Malinovsky, F.G., Liub, Q., Vetukuri, R.R., Kasmi, F.E., Brodersen, P., Hara-Nishimura, I., Dangl, J.L., Petersen, M., Mundy, J., and Hofius, D. (2015) Retromer contributes to immunity associated cell death in Arabidopsis. *Plant Cell* 27, 463-479.
9. Larcher, L., Hara-Nishimura, I., and Sternberg, L. (2015) Effects of stomatal density and leaf water content on the ¹⁸O enrichment of leaf water. *New Phytol.* 206, 141-151.
10. Ueda, H., Tamura, K., and Hara-Nishimura, I. (2015) Functions of plant-specific myosin XI: from intracellular motility to plant postures. *Curr Opin Plant Biol.* 28, 30-38.
11. Tamura, K., Goto, C., and Hara-Nishimura, I. (2015) Recent advances in understanding plant nuclear envelope proteins involved in nuclear morphology. *J. Exp. Bot.* 66, 1641-1647.
12. Shimada, T.L., and Hara-Nishimura, I. (2015) Leaf oil bodies are subcellular factories producing antifungal oxylipins. *Curr. Opinon Plant Biol.* 25, 145-150.
13. Hatsugai, N., Yamada, K., Goto-Yamada, S., and Hara-Nishimura, I. (2015) Vacuolar processing enzyme in plant programmed cell death. *Front. Plant Sci.* 6, 234. doi: 10.3389/fpls.2015.00234
14. Shirakawa, M., Ueda, H., Shimada, T., Kohchi, T., and Hara-Nishimura, I. (2014) Myosin cell development is regulated by endocytosis machinery and PIN1 polarity in leaf primordia of Arabidopsis thaliana. *Plant Cell* 26, 4448-4461.
15. Shirakawa, M., Ueda, H., Nagano, A.J., Shimada, T., Kohchi, T., and Hara-Nishimura, I. (2014) FAMA is an essential component for the differentiation of two distinct cell types, myosin cells and guard cells, in Arabidopsis. *Plant Cell* 26, 4039-4052.
16. Goto, C., Tamura, K., Fukao, Y., Shimada, T., and Hara-Nishimura, I. (2014) The novel nuclear envelope protein KAKU4 modulates nuclear morphology in Arabidopsis. *Plant Cell* 26, 2143-2155.
17. Shimada, T.L., Takano, Y., Shimada, T., Fujiwara, M., Fukao, Y., Mori, M., Okazaki, Y., Saito, K., Sasaki, R., Aoki, K., and Hara-Nishimura, I. (2014) Leaf oil body functions as a subcellular factory for the production of a phytoalexin in Arabidopsis. *Plant Physiol.* 164, 105-118.
18. Hamada, T., Ueda, H., Kawase, T., and Hara-Nishimura, I. (2014) Microtubules contribute to tubule elongation and anchoring of endoplasmic reticulum, resulting in high network complexity in Arabidopsis thaliana. *Plant Physiol.* 166, 1869-1876.
19. Ichino, T., Fuji, K., Ueda, H., Takahashi, H., Koumoto, Y., Takagi, J., Tamura, K., Sasaki, R., Aoki, K., Shimada, T., Hara-Nishimura, I. (2014) GFS9/TT9 contributes to intracellular membrane trafficking and flavonoid accumulation in Arabidopsis thaliana. *Plant J.* 80, 410-423.
20. Sugano, S.S., Shirakawa, M., Takagi, J., Matsuda, Y., Shimada, T., Hara-Nishimura, I.*, Kohchi, T. * (2014) *co-corresponding authors. CRISPR/Cas9-mediated targeted



- mutagenesis in the liverwort *Marchantia polymorpha* L. *Plant Cell Physiol.* 55, 475-481.
21. Shirakawa, M., Ueda, H., Koumoto, Y., Fuji, K., Nishiyama, C., Kohchi, T., Hara-Nishimura, I.*, Shimada, T.* (2014) *co-corresponding authors. CONTINUOUS VASCULAR RING (COV1) is a trans-Golgi network-localized membrane protein required for Golgi morphology and vacuolar protein sorting. *Plant Cell Physiol.* 55, 764-772
 22. Yamaoka, S., and Hara-Nishimura, I. (2014) The mitochondrial Ras-related GTPase Miro: views from inside and outside the metazoan kingdom. *Front. Plant Sci.*, 5, 350. doi: 10.3389/fpls.2014.00350
 23. Tamura, K., and Hara-Nishimura, I. (2014) Functional insights of nucleocytoplasmic transport in plants. *Front. Plant Sci.* 5, 118. doi: 10.3389/fpls.2014.00118
 24. Nakano, R.T., Yamada, K., Bednarek, P., Nishimura, M., Hara-Nishimura, I. (2014) ER bodies in plants of the Brassicales order: biogenesis and association with innate immunity. *Front. Plant Sci.* 5, 73. doi: 10.3389/fpls.2014.00073
 25. Tamura, K., Iwabuchi, K., Fukao, Y., Kondo, M., Okamoto, K., Ueda, H., Nishimura, M., and Hara-Nishimura, I. (2013) Myosin XI-i links the nuclear membrane to the cytoskeleton to control nuclear movement and shape in Arabidopsis. *Curr. Biol.* 23, 1776-1781.
 26. Yamaoka, S., Shimono, Y., Shirakawa, M., Fukao, Y., Kawase, T., Hatsuga, i.N., Tamura, K., Shimada, T., and Hara-Nishimura, I. (2013) Identification and dynamics of Arabidopsis adaptor protein-2 complex and its involvement in floral organ development. *Plant Cell* 25, 2958-2969.
 27. Takagi, J., Renna, L., Takahashi, H., Koumoto, Y., Tamura, K., Stefano, G., Fukao, Y., Kondo, M., Nishimura, M., Shimada, T., Brandizzi, F., and Hara-Nishimura, I. (2013) MAIGO5 functions in protein export from Golgi-associated endoplasmic reticulum exit sites in Arabidopsis. *Plant Cell* 25, 4658-4675.
 28. Kunieda, T., Shimada, T., Kondo, M., Nishimura, M., Nishitani, K., and Hara-Nishimura, I. (2013) Spatiotemporal secretion of PEROXIDASE36 is required for seed coat mucilage extrusion in *Arabidopsis thaliana*. *Plant Cell* 25, 1355-1367.
 29. Li, L., Shimada, T., Takahashi, H., Koumoto, Y., Shirakawa, M., Takagi, J., Zhao, X., Tu, B., Jin, H., Shen, Z., Han, B., Jia, M., Kondo, M., Nishimura, M., Hara-Nishimura, I. (2013) MAG2 and three MAG2-INTERACTING PROTEINs form an ER-localized complex to facilitate storage protein transport in *Arabidopsis thaliana*. *Plant J.* 76, 781-791.
 30. Yamada, K., Nagano, A.J., Nishina, M., Hara-Nishimura, I., and Nishimura, M. (2013) Identification of two novel endoplasmic reticulum body-specific integral membrane proteins. *Plant Physiol.* 161, 108-120.
 31. Tanaka, Y., Sugano, S.S., Shimada, T., and Hara-Nishimura, I. (2013) Enhancement of leaf photosynthetic capacity through increased stomatal density in Arabidopsis. *New Phytol.* 198, 757-764.
 32. Teh, O.K., Shimono, Y., Shirakawa, M., Fukao, Y., Tamura, K., Shimada, T., and Hara-Nishimura, I. (2013) The AP-1 μ adaptin is required for KNOLLE localization at the cell plate to mediate cytokinesis in Arabidopsis. *Plant Cell Physiol.* 54, 838-847.
 33. Tamura, K., and Hara-Nishimura, I. (2013) The molecular architecture of the plant nuclear pore complex. *J. Exp. Bot.* 64, 823-832.
 34. Shimada, T., Sugano, S.S., and Hara-Nishimura, I. (2013) Stomagen/EPFL9. *Handbook of Biologically Active Peptides, 2nd edition*, 67-70.
 35. Nakano, R.T., Matsushima, R., Nagano, A.J., Fukao, Y., Fujiwara, M., Kondo, M., Nishimura, M., and Hara-Nishimura, I. (2012) ERMO3/MVPI/GOLD36 is involved in a cell type-specific mechanism for maintaining ER morphology in *Arabidopsis thaliana*. *PLoS One* 7, e49103. doi: 10.1371/journal.pone.0049103
 36. Kang, H., Kim, S.Y., Song, K., Sohn, E.J., Lee, Y., Lee, D.W., Hara-Nishimura, I., Hwang, I. (2012) Trafficking of vacuolar proteins: the crucial role of Arabidopsis vacuolar protein sorting 29 in recycling vacuolar sorting receptor. *Plant Cell* 12, 5058-5073.
 37. Hara-Nishimura, I. (2012) Plant legumain, Asparaginyl endopeptidase, Vacuolar processing enzyme. *Handbook of Proteolytic Enzymes, 3rd edition.*, 2314-2320.
 38. Yokota, E., Ueda, H., Hashimoto, K., Orii, H., Shimada, T., Hara-Nishimura, I., and Shimmen, T. (2011) Myosin XI-dependent formation of tubular structures from endoplasmic reticulum isolated from tobacco cultured BY-2 cells. *Plant Physiol* 156, 129-143.
 39. Yamada, K., Hara-Nishimura, I., and Nishimura, M. (2011) Unique defense strategy by the endoplasmic reticulum body in plants. *Plant Cell Physiol.* 52, 2039-2049.
 40. Tamura, K., and Hara-Nishimura, I. (2011) Involvement of the nuclear pore complex in morphology of the plant nucleus. *Nucleus* 2, 168-172.
 41. Shimada, T., Sugano, S.S., and Hara-Nishimura, I. (2011) Positive and negative peptide signals control stomatal density. *Cell Mol Life Sci.* 68, 2081-2088.
 42. Hara-Nishimura, I., and Hatsugai, N. (2011) The role of vacuole in plant cell death. *Cell Death Differ.* 18, 1298-1304.
 43. Tamura, K., Fukao, Y., Iwamoto, M., Haraguchi, T., and Hara-Nishimura, I. (2010) Identification and characterization of nuclear pore complex components in *Arabidopsis thaliana*. *Plant Cell* 22, 4084-4097.

〔学会発表〕招待講演（計 16 件）

1. Hara-Nishimura, I. Chemical defense systems in Brassicaceae plants. *The 57th Annual Meeting of JSPS Symposium "Challenge to the outdoor environment by the experimental plant physiology"*. Morioka, March 18, 2016.
2. Hara-Nishimura, I. An actin-myosin XI cytoskeleton regulates organ straightening to adjust plant posture. *11th International Congress of Plant Molecular Biology*. Foz do Iguacu, Brazil, Oct. 27, 2015.
3. Tamura, K. Molecular relationships between the plant-specific nuclear envelope proteins. *International Plant Nucleus Consortium Meeting 2015*. Olomouc, Czech Republic. July 4, 2015
4. Hara-Nishimura, I. Endomembrane-Mediated Plant Defense Strategies against Pathogens and Herbivore. *The 38th Naito Conference on Molecule-based Biological Systems*. Sapporo, Oct. 9, 2014.
5. Hara-Nishimura, I. Endomembrane-mediated plant strategies against pathogens and herbivores. Plenary lecture, *Bristol-Kyoto Workshop on Plant Environmental Signalling*. Bristol, UK. Sept. 23, 2014.
6. Hara-Nishimura, I. Endomembrane dynamics and its role of plant defense. *Swiss-Kyoto Symposium 2013*. Nov. 22, 2013.
7. Hara-Nishimura, I. Endomembrane Systems Responsible for Defense Strategies of Plants. *International Workshop "The death of plant cells: Control mechanisms and field applications"*. Barcelona, Spain, Oct. 3, 2013.
8. Hara-Nishimura, I. Intracellular Machineries for Movement of Endoplasmic Reticulum and Nucleus in *A. thaliana*. *Plant Biology of the Next Generation*. Munich, Germany, Sept. 19, 2013.
9. Hara-Nishimura, I. Endomembrane systems responsible for plant immunity. *The 4th NIBB-MPIPZ-TLL Symposium "Arabidopsis and Emerging Model Systems"*. Okazaki, Nov. 21, 2012.
10. Hara-Nishimura, I. Vesicle Trafficking Machinery and Its Role in Plant Immunity. *10th International Plant Molecular Biology*. Jeju, Korea, Oct. 24, 2012.
11. Hara-Nishimura, I. Cell Biological Aspect of Plant Immunity: Two Vacuole-Mediated Defense Strategies. *XVIII International Botanical Congress. Symposium "Programmed cell death in plant development and defense"*. Melbourne, Australia, July 25, 2011.
12. Hara-Nishimura, I. Cell Biological Aspects of Plant Immunity: Two Vacuolar Ways against Pathogens. In *The 2011 Cold Spring Harbor Asia Conference on Plant Cell and Developmental Biology*. Suzhou, China, June 2, 2011.
13. Hara-Nishimura, I. Plants use two types of vacuole-mediated plant immunity: Proteasome-dependent membrane fusion and VPE-dependent vacuolar collapse. *The 2010 Cold Spring Harbor Asia Conference on Plant Biology to Crop Biotechnology*. Suzhou, China, Oct. 26, 2010.

14. Hara-Nishimura, I. Two Types of Vacuole-Mediated Plant Immunity: Proteasome-Dependent Membrane Fusion and VPE-Dependent Vacuolar Collapse. In *Frontiers in Developmental Cell Biology – Plants & Beyond*. Lausanne, Switzerland, Sept. 8, 2010.
15. Hara-Nishimura, I. A Novel Membrane Fusion-Mediated Plant Immunity against Bacterial Pathogens. *The 2010 International Symposium: Development and Defense*. Seoul, Korea, Aug. 20, 2010.
16. Hara-Nishimura, I. A membrane fusion-mediated plant defense strategy against bacterial pathogens. *21st International Conference on Arabidopsis Research 2010*. Yokohama, June 7, 2010.

〔産業財産権〕取得した特許のみ（計 5 件）

名称：気孔増加剤、ポリペプチド、植物における気孔の数および／または密度の増加方法ならびに植物の収量の増加方法

発明者：西村いくこ、嶋田知生、菅野茂夫

権利者：国立大学法人京都大学

番号：特許第 582557 号

取得年月日：平成 27 年 10 月 23 日

国内外の別：国内

名称，発明者，権利者：同上

中国特許登録番号：ZL201080055371.X

取得年月日：平成 26 年 12 月 24 日

国内外の別：国外（中国）

名称，発明者，権利者：同上

US 特許登録番号：13/514215

取得年月日：平成 24 年 5 月 14 日

国内外の別：国外（米国）

名称：新規選択マーカー遺伝子およびその利用

発明者：西村いくこ、嶋田知生、島田貴士

権利者：国立大学法人京都大学

豪州登録番号：2009252377

取得年月日：平成 26 年 5 月 15 日

国内外の別：国外（豪州）

名称，発明者，権利者：同上

番号：特許第 5499408 号

取得年月日：平成 26 年 3 月 20 日

国内外の別：国内

〔その他〕

ホームページ：

<http://www.bot.kyoto-u.ac.jp/j/index.html>

新聞報道：4 件

6. 研究組織

(1) 研究代表者

西村 いくこ (HARA-NISHIMURA Ikuko)

京都大学・大学院理学研究科・教授

研究者番号：00241232

(2) 研究分担者

嶋田 知生 (SHIMADA Tomoo)

京都大学・大学院理学研究科・講師

研究者番号：20281587

田村 謙太郎 (TAMURA Kentaro)

京都大学・大学院理学研究科・助教

研究者番号：40378609

山田 健志 (YAMADA Kenji)

自然科学研究機構・基礎生物学研究所・助教

研究者番号：40378609

(3) 連携研究者 なし