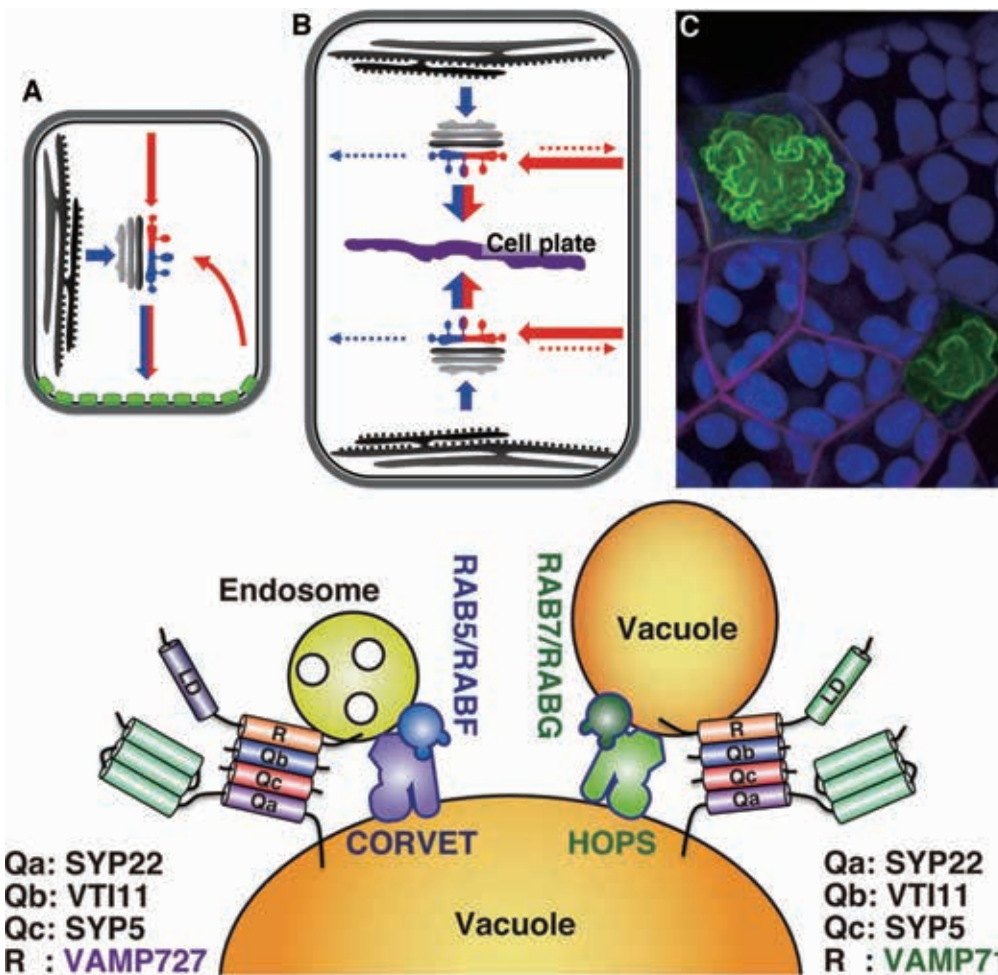


# 植物の膜交通研究から探る

## 細胞内輸送のメカニズムと進化

真核生物の細胞内には、小胞体やゴルジ体など様々なオルガネラがあり、それぞれが独自の機能を果たすことで生命現象が成り立っている。これらのオルガネラ間では小胞や細管を介した膜交通と呼ばれるメカニズムによって物質が運ばれている。膜交通の基本的なメカニズムは真核生物において広く保存されているが、個々の系統に注目すると、進化の洗練を受けてそれぞれが独自の膜交通の仕組みを獲得していることが明らかになりつつある。われわれは、シロイヌナズナとゼニゴケを用いて、植物における膜交通の普遍性と独自性を明らかにするべく研究を行なっている。



### 植物細胞における膜交通経路の多様化

【上図】分泌経路は細胞内から細胞膜および細胞外への輸送経路で、多くの生物にとって特定の輸送シグナルを必要としないデフォルト輸送経路である。一方、陸上植物ではこの経路で機能する分子群に著しい多様化が見られ、それらが極性輸送 (A) や分裂期の細胞に出現する細胞板への輸送 (B) など、植物に特徴的な様々な現象に関与していることが示されている (文献5より改変)。(C) ゼニゴケ葉状体細胞において、分泌経路ではたらく膜融合因子 (SNARE) の一種であるMpSYP13B (マゼンタ) が細胞膜に局在するのに対し、パラログであるMpSYP12B (緑) は油体膜に主に局在する。このことは、分泌経路で機能するSNARE分子の機能が進化の過程で多様化していることを示している。(文献1、5より改変)。

### 【下図】シロイヌナズナの液胞膜で機能する膜融合装置

シロイヌナズナの液胞膜では、VAMP71-SYP22を介した液胞膜同士の融合のほか、植物固有の膜融合因子であるVAMP727とSYP22を介したエンドソーム-液胞間の膜融合があり、そこではRAB5-CORVET複合体が機能する (文献4)。

### Members

教授

上田 貴志

助教

海老根 一生

金澤 建彦

特任助教

南野 尚紀

技術課技術職員

林 晃司

特任研究員

樋渡 琢真

FENG Yihong

法月 拓也

総合研究大学院大学

大学院生

八野田 奨

技術支援員

山本 真由子

義則 有美

田邊 好美

事務支援員

大久保 雅代

## 植物に特徴的なオルガネラと膜交通

真核細胞の中には、小胞体や液胞など、機能の異なる多様なオルガネラが存在する。膜交通は、小胞や細管状の輸送中間体を介したオルガネラ間の物質輸送システムである。そこではRAB GTPaseやSNAREなどの鍵因子が機能しており、それらの多様化がオルガネラの多様化と密接に関連していると考えられている。当部門では、オルガネラ機能の多様化の観点から、植物の膜交通のなりたちと制御機構の研究を進めている。

植物の液胞は動物のリソソームと同様に不要タンパク質の分解に加え、タンパク質の貯蔵や空間充填などの固有の機能を有している。当部門ではその進化と発現機構の解明を目指した研究を進めている（文献4など）。並行して、苔類に特異的なオルガネラである油体についてゼニゴケを用いた進化細胞生物学的な研究を展開し、油体が分泌経路の方向を一時的に細胞内方向へ転換することで形成されること、単一のマスター転写因子によりその形成が制御されること、油体が被食者に対する防御に役立つことなどを明らかにした（文献1）。現在油体形成過程における分泌経路の方向転換機構の解明を進めている。

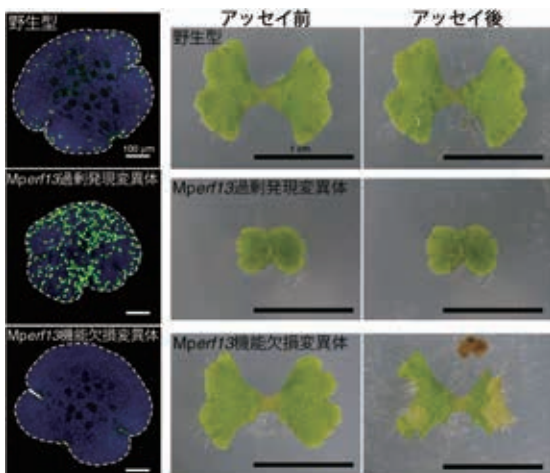


図1. 油体の形成と機能  
油体形成マスター転写因子Mper13の過剰発現変異体では油体が異所的に形成され、機能欠損変異体では油体が全く形成されない。オカダンゴムシを用いた被食アッセイでは、油体を持たない変異体が多く被食される（文献1より改変）。

## 膜交通の多様化は多様な植物機能に関与する

進化の過程における膜交通の多様化は、植物の様々な生理機能の発現と密接に関連している。我々は最近、クラスリン依存的エンドサイトーシスにおいてアダプターとして機能するPICALMのシロイヌナズナにおける機能分化の解析を進め、PICALM1が栄養成長期に（文献2）、PICALM5が生殖過程において（文献3）細胞膜からのタンパク質の回収に関わることを明らかにした。引き続き、シロイヌナズナとゼニゴケを用いて膜交通関連因子群の多様化と植物の進化との関連を明らかにするべく研究を進めている。

能するPICALMのシロイヌナズナにおける機能分化の解析を進め、PICALM1が栄養成長期に（文献2）、PICALM5が生殖過程において（文献3）細胞膜からのタンパク質の回収に関わることを明らかにした。引き続き、シロイヌナズナとゼニゴケを用いて膜交通関連因子群の多様化と植物の進化との関連を明らかにするべく研究を進めている。

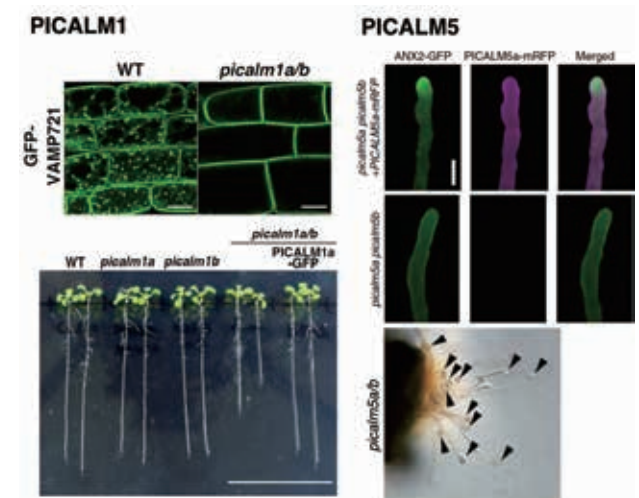


図2. PICALMはシロイヌナズナの多様な発生段階で機能する  
（左図）PICALM1が欠失すると、栄養器官における細胞膜からのタンパク質（VAMP721）の回収がうまくいかず生長が阻害される（文献2より改変）。（右図）PICALM5の変異体では、伸長中の花粉管で特定のタンパク質（ANXUR）を細胞膜から回収できず花粉管が伸長中に破裂する（文献3より改変）。

### 参考文献：

1. Kanazawa, T., Morinaka, H., Ebine, K., Shimada, T.L., Ishida, S., Minamino, N., Yamaguchi, K., Shigenobu, S., Kohchi, T., Nakano, A., and Ueda, T. (2020). The liverwort oil body is formed by redirection of the secretory pathway. *Nat Commun.* 11,6152. \*Selected as a featured article in *Nat Commun.*
2. Fujimoto, M.\*, Ebine, K.\*, Nishimura, K.\*, Tsutsumi, N., and Ueda, T. (2020). Longin R-SNARE is retrieved from the plasma membrane by ANTH domain-containing proteins in *Arabidopsis*. *Proc Natl Acad Sci U S A.* 117, 25150-25158. \*These authors equally contributed to this work.
3. Muro, K., Matsuura-Tokita, K., Tsukamoto, R., Kanaoka, M.M., Ebine, K., Higashiyama, T., Nakano, A. and Ueda, T. (2018) ANTH domain-containing proteins are required for the pollen tube plasma membrane integrity via recycling ANXUR kinases. *Commun. Biol.*, 1, 152
4. Takemoto, K., Ebine, K., Askani, J.C., Krüger, F., Ito, E., Goh, T., Schumacher, K., Nakano, A. and Ueda, T. (2018). Distinct sets of tethering complexes, SNARE complexes, and Rab GTPases mediate membrane fusion at the vacuole in *Arabidopsis*. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA.* 115, E2457-E2466.
5. Kanazawa, T., and Ueda, T., (2017). Exocytic trafficking pathways in plants: why and how they are redirected. *New Phytologist* 215, 952-957.

教授  
上田 貴志

助教  
海老根 一生

助教  
金澤 建彦

特任助教  
南野 尚紀

