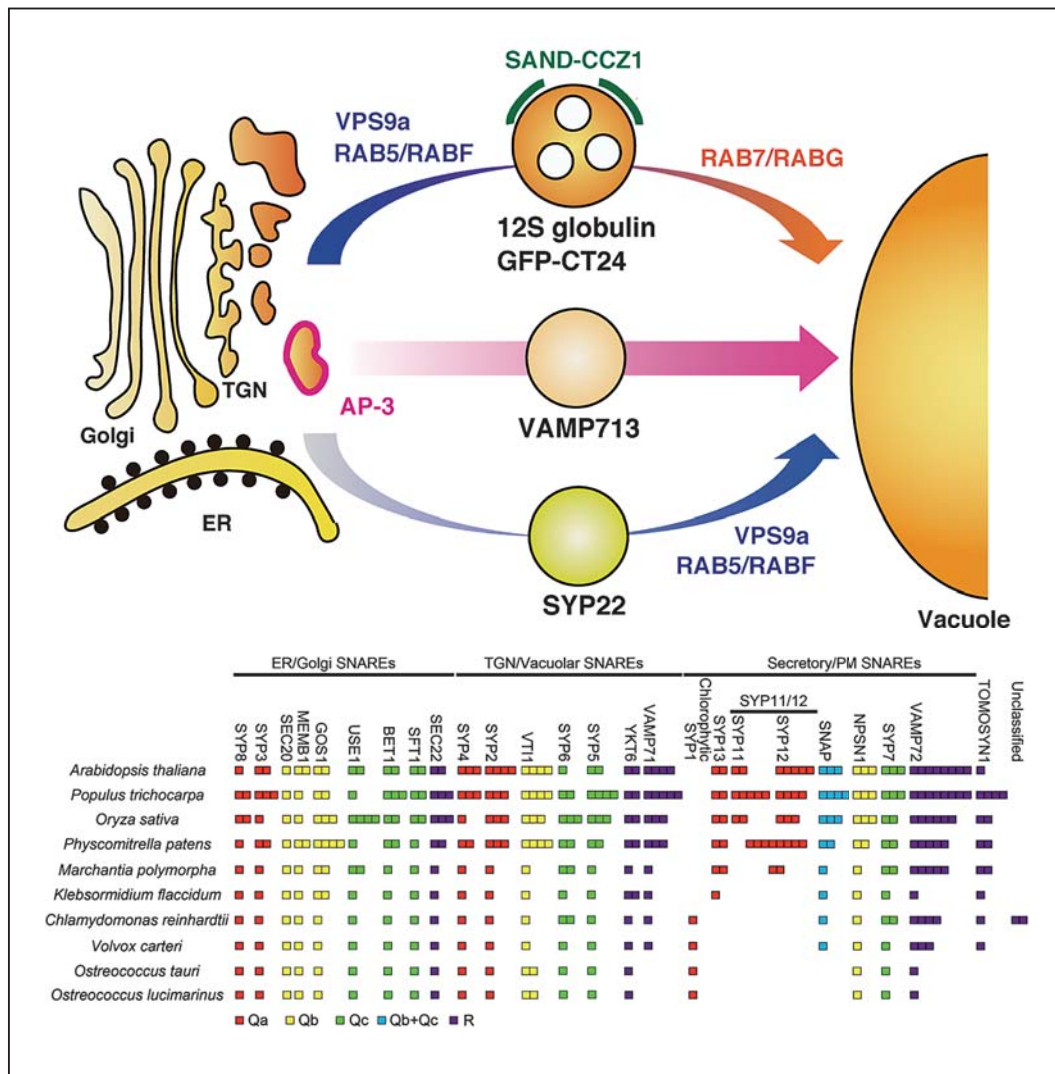


植物の膜交通研究から探る

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ます。こ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ます。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ますが、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ります。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っています。



Members

教授
上田 貴志

助教
海老根 一生

特任研究員
筒井 友和
島田 貴士

特別共同利用研究員
金澤 建彦
竹元 廣大
南野 尚紀
法月 拓也

事務支援員
大久保 雅代

(上図) 植物の液胞輸送経路の模式図。動物では、後期エンドソームを経てリソソームへタンパク質を運ぶ経路は一種類しか知られていないが、植物では液胞へタンパク質を運ぶ経路が少なくとも3つ存在することが明らかとなった。これらの輸送経路は、それぞれ異なる制御因子により制御されており、それぞれの輸送経路を介して異なるタンパク質が輸送されている (Ebine *et al.*, *Curr. Biol.* 2014)。

(下図) 様々な植物のゲノムに存在する SNARE 遺伝子の数の比較。SNARE は、膜交通において輸送小胞と目的地のオルガネラの膜との膜融合を実行する分子である。この分子の数が多いほど、その生物において膜交通経路が複雑化しているものと考えられる。我々は、ゼニゴケゲノムの SNARE を網羅的に探索し、ゼニゴケの膜交通システムの概要を明らかにした (Kanazawa *et al.*, *Plant Cell Phys.*, 2016)。

植物に特徴的なオルガネラと膜交通

- 液胞輸送経路の多様化 -

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。ここでは RAB GTPase や SNARE などの鍵因子が機能しており、これらの因子の多様化が、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。我々の部門では、膜交通とオルガネラ機能の多様化の観点から、植物の膜交通の制御機構の研究を行っている。

液胞は、植物の細胞体積の9割以上を占める巨大なオルガネラで、動物のリソソームと同様に、不要タンパク質の分解を担っている。これに加え、植物の液胞は、タンパク質の貯蔵や膨圧の発生など、植物に特有の機能も有している。このような多様な液胞機能の発現には、液胞ではたらくタンパク質や液胞に貯蔵されるタンパク質を、正確かつ大量に液胞に輸送する仕組みが必要である。動物のリソソームへの輸送では、RAB5 と RAB7 が連続してはたらくことによりタンパク質が輸送されているが、シロイヌナズナの液胞輸送経路の解析を行ったところ、動物と共通の経路の他に、RAB5 のみ依存する輸送経路と RAB5 にも RAB7 にも依存しない輸送経路が存在することが明らかになった (図 1)。これらの結果から、植物には少なくとも3つの液胞輸送経路があることが分かった。現在、これらの液胞輸送経路の分子メカニズムをより詳細に研究している。また、植物に特徴的な細胞構造である細胞壁と膜交通の関連に注目した研究も進めている。

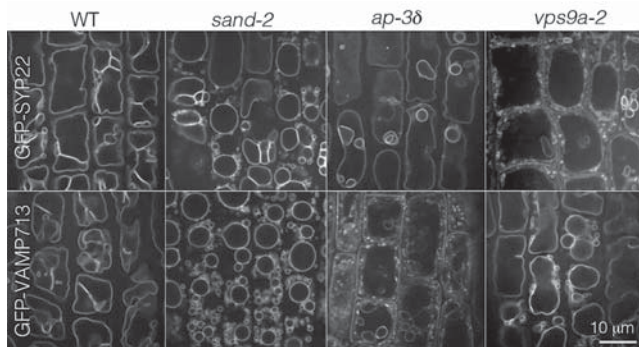


図 1. 液胞輸送制御因子の変異体における液胞膜タンパク質の局在
野生型と RAB7 の活性化に異常がある変異体 (*sand-2*) では SYP22 と VAMP713 が共に液胞膜上に局在するが、*ap-3* 変異体では VAMP713 が、RAB5 の機能に異常を持つ変異体 (*vps9a-2*) では SYP22 が細胞膜に誤輸送される。このことから、VAMP713 と SYP22 が異なる輸送経路で液胞に運ばれていることがわかる。

植物膜交通の進化と多様化

陸上植物は、多細胞化や陸上化という進化上の大きなイベントを経て、現在の姿となっている。その過程に、どのようなオルガネラ機能の多様化や膜交通経路の進化が介在したのかを、基部陸上植物ゼニゴケとシロイヌナズナの膜交通経路の比較解析を通して明らかにするべく研究を行っている。

緑色植物の SNARE 遺伝子の数を比較した結果、陸上化もしくは多細胞化に伴い、分泌経路で機能する SNARE (特に SYP1 のメンバー) の遺伝子数が増加していることが分かった。また、ゼニゴケの細胞内では、4つの SYP1 メンバーのうち3つが細胞膜に局在し、残る1つはタイ類独自のオルガネラである油体を取り囲む膜に局在した (図 2)。この局在の違いは、陸上化や多細胞化に伴う SYP1 遺伝子数の増加が、その機能の多様化を反映していることを示唆している。現在、油体への物質輸送の仕組みと油体細胞の分化機構に注目し、さらに研究を進めている。この他にも、ゼニゴケの精子の形成や運動に膜交通がどのように関わっているのかについても研究を行っている。

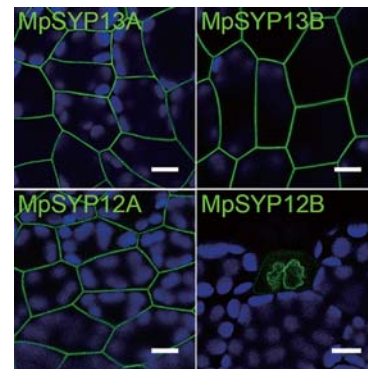


図 2. ゼニゴケ葉状体細胞における SYP1 メンバーの局在
黄色蛍光タンパク質を融合した MpSYP13A、MpSYP13B、MpSYP12A は細胞膜に局在したのに対し、MpSYP12B は油体膜を強く標識した。このことは、分泌経路で機能する SNARE 分子の機能が、進化の過程で多様化していることを示唆している。

参考文献

1. 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
2. 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

教授
上田 貴志



助教
海老根 一生

