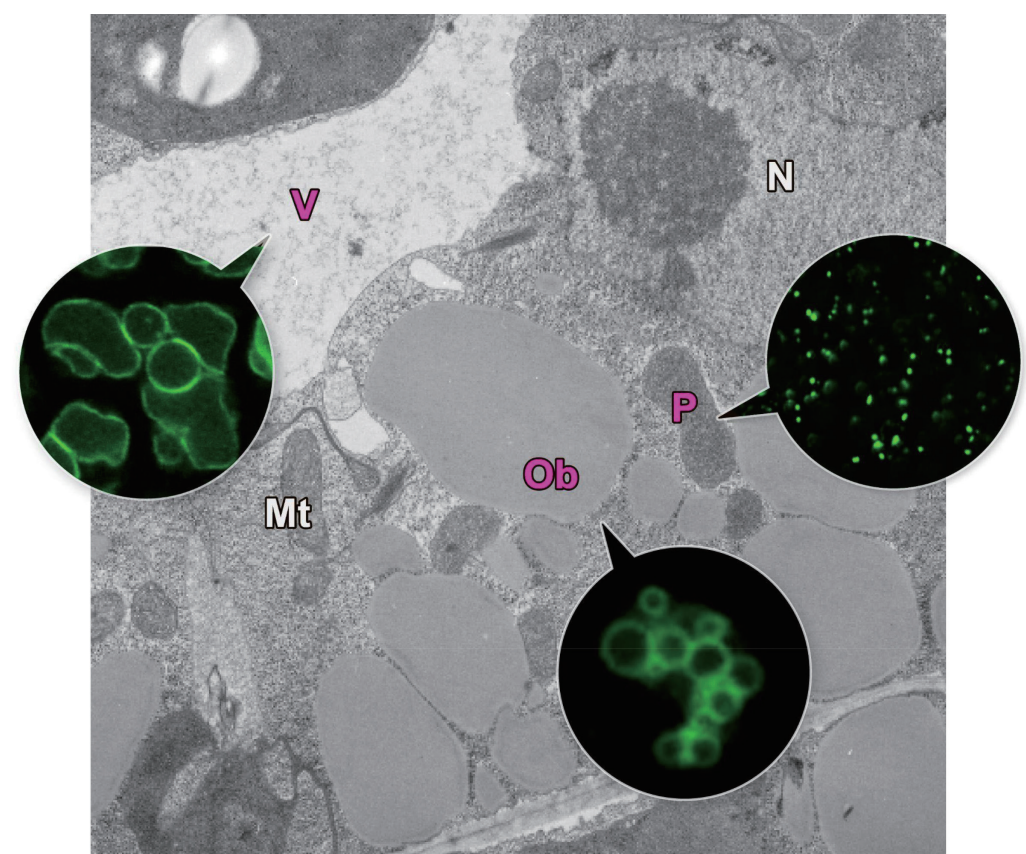


# 植物の高次機能を支えるオルガネラ形成と 機能発現の仕組み

種子が発芽して成長し、再び種子を残して枯れるという植物の営みには、オルガネラ（細胞小器官）の機能と形態の変動が伴っています。オルガネラは、細胞の成長や分化だけでなく、植物の生育環境に応答して、機能や数、形、大きさを変化させます。こうした柔軟なオルガネラの動的変動が、環境と一体化して生きている植物の高次機能を支えています。私たちは、分子から細胞、植物個体に至る様々な階層での解析から、オルガネラ形成や機能発現がどのように制御され、それが植物の高次機能をどのように支えているのかに興味をもって研究を行っています。



Staff

特任教授  
真野 昌二

特任助教  
後藤 志野

発芽後のシロイヌナズナ子葉の電子顕微鏡写真

挿入図は、蛍光タンパク質にペルオキシソーム輸送シグナル、オイルボディ膜タンパク質オレオシン、あるいは液泡膜局在タンパク質 VAM3 をそれぞれ融合することで可視化された、ペルオキシソーム (P)、オイルボディ (Ob)、および液泡 (V)。N: 核、Mt: ミトコンドリア。

## 植物ペルオキシソームの形成機構と機能発現

ペルオキシソームは、植物や動物、酵母など真核細胞に存在するオルガネラで、植物では脂肪酸代謝や光呼吸、ジャスモン酸の生合成、活性酸素種の除去など様々な機能をもつ。これらの機能が低下すると種子の発芽不全、植物個体の矮性化、配偶体の認識異常などを引き起こすことから、ペルオキシソームの機能が、植物の生活環を通じて不可欠であることがわかる。私たちはこれまで、ペルオキシソーム形成と機能発現に関わる因子の同定やその制御機構、それらが破綻した際の植物への影響を解析してきた。これまでの研究から、ペルオキシソームが正常な機能を発揮するには、遺伝子発現や、ペルオキシソームへのタンパク質輸送、他のオルガネラ

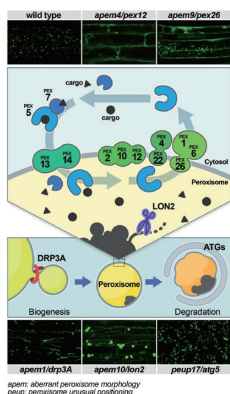


図 1. 植物ペルオキシソームの動態制御に関わる分子機構

との相互作用に加え、内部でのタンパク質分解やオートファジーによるペルオキシソーム自体の分解といった品質管理など、様々な制御が必要であることがわかりつつある (図 1、文献 1,4,5)。現在私たちは、これらペルオキシソームの一生に関わる制御機構の全容を、モデル植物のシロイヌナズナやゼニゴケを主な研究材料として明らかにしようとしている。

## 種子における貯蔵物質の集積機構

種子は、多量の脂質やタンパク質、糖質を蓄積する。このうち、脂質は小胞体由来のオルガネラであるオイルボディに、タンパク質は液胞由来のオルガネラであるプロテインボディに蓄積する。植物は、これらの貯蔵物質を分解して、発芽や発芽直後の生長のエネルギーとして利用する。貯蔵物質の蓄積量や組成は植物の種類によって異なり、その生合成の制御機構も異なっている。私たちは、様々な植物における貯蔵物質の合成と蓄積、および分解機構の解明に取り組んでいる (図 2、文献 2,3)。

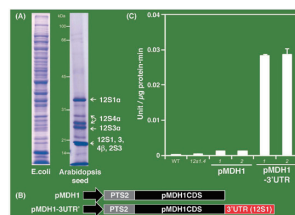


図 2. 種子貯蔵タンパク質の 3'UTR を利用した外来タンパク質の蓄積

大腸菌には様々なタンパク質が存在するのに対し、シロイヌナズナ種子には主に 12S グロブリンと 2S アルブミンが蓄積している。これら貯蔵タンパク質遺伝子の 3'UTR に遺伝子発現を促進する機能がある。種子では本来発現していないペルオキシソームタンパク質のリンゴ酸脱水素酵素 (MDH) に 12S1 遺伝子由来の 3'UTR を繋げるとその蓄積を著しく増加させることが可能となった。

## 植物用 Gateway vector の開発

Gateway 技術を利用した植物研究に有用な Destination vector を開発し、国内外の植物研究者に利用してもらっている (文献 6)。

## 植物オルガネラ画像データベースの構築

植物オルガネラ研究の基盤整備として、The Plant Organelles Database 3 (PODB3) を運営している。PODB3 には、全国の植物研究者から提供された植物オルガネラの静止画や動画、電子顕微鏡写真、実験プロトコールが収集されている。さらに、一般の方向けのサイト「植物オルガネラワールド」も公開している。

### 参考文献:

- Mano, S., Hikino, K., and Kanai, M. (2024). Ubiquitination on the peroxisomal membrane for protein transport in plants. In *Modifications in Biomacromolecules* - Edited by Zhan, X., and Jabbari, A. IntechOpen pp.27-49.
- Kanai, M., Sugiyama, M., Kondo, M., Yamada, K., Nishimura, M., and Mano, S. (2023). Fusing the 3'UTR of seed storage protein genes leads to massive recombinant protein accumulation in seeds. *Sci. Rep.* 13, 12217.
- Kanai, M., Hikino, K., and Mano, S. (2023). Cloning and functional verification of endogenous U6 promoters for the establishment of efficient CRISPR/Cas9-based genome editing in Castor (*Ricinus communis*). *Genes* 14, 1327.
- Mano, S., Hayashi, Y., Hikino, K., Otomo, M., Kanai, M., and Nishimura, M. (2022). Ubiquitin-conjugating activity by PEX4 is required for efficient protein transport to peroxisomes in *Arabidopsis thaliana*. *J. Biol. Chem.* 298,102038.
- Goto-Yamada, S., Oikawa, K., Yamato, T.K., Kanai, M., Hikino, K., Nishimura, M., and Mano, S. (2022). Image-based analysis revealing the molecular mechanism of peroxisome dynamics in plants. *Front. Cell Dev. Biol.* 10, 883491.
- Mano, S., Nishihama, R., Ishida, S., Hikino, K., Kondo, M., Nishimura, M., Yamato, T.K., Kohchi, K., and Nakagawa, T. (2018). Novel gateway binary vectors for rapid tripartite DNA assembly and promoter analysis with various reporters and tags in the liverwort *Marchantia polymorpha*. *PLOS ONE* 13, e0204964.

特任教授  
真野 昌二

特任助教  
後藤 志野

