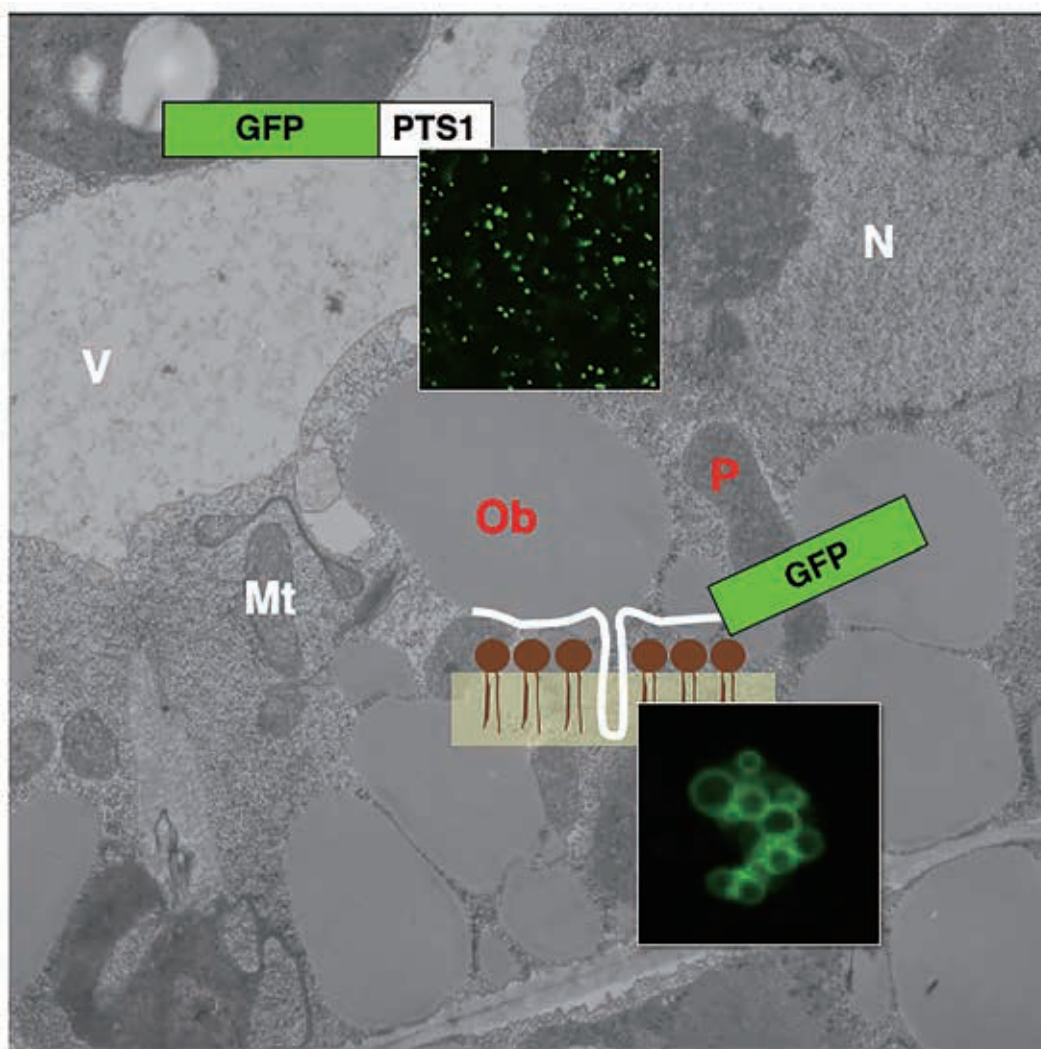


植物の高次機能を支えるオルガネラ形成と

機能発現の仕組み

種子が発芽して成長し、次世代のために再び種子を残してやが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る。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、大きさを変化させる。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る。私たちは、分子から細胞、植物個体に至る幅広い視点から、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、その分子機構の解明を目指している。



Members

准教授
真野 昌二

特任助教
金井 雅武

特別訪問研究員
神垣 あかね

技術支援員
曳野 和美
永田 恭子

事務支援員
上田 千弦
浅井 さな恵
星 理絵

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 GFP にペルオキシソーム輸送シグナル (PTS1: Peroxisome targeting signal 1) を融合させて可視化させたペルオキシソームと、オイルボディ膜のタンパク質であるオレオシンを GFP に融合させて可視化させたオイルボディ。Mt; ミトコンドリア、N; 核、Ob; オイルボディ、P; ペルオキシソーム、V; 液胞。

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。それらの機能が低下すると、種子の発芽不全、植物体の矮性化、配偶子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、植物の一生を通じて必要であることが明らかとなっている。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、他のオルガネラとの相互作用、ペルオキシソーム内部でのタンパク質分解およびペルオキシソーム自身の分解による品質管理機構が必要である(図1、文献1、6)。しかしながら、

その分子機構は解明されていない。私たちは、ペルオキシソーム形成と機能発現に関わる因子の同定と、それらの制御機構について研究している。

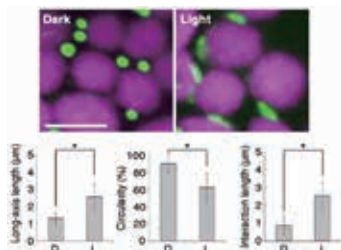


図1. シロイヌナズナのペルオキシソームと葉緑体の相互作用

GFPによってペルオキシソームが可視化された形質転換シロイヌナズナを用いて、暗所(左)と明所(右)における、ペルオキシソーム(緑)と葉緑体(マゼンタ)の相互作用を観察した。暗所ではペルオキシソームは球形となり葉緑体と接着する部位が小さい。一方、明所ではペルオキシソームは長くなり葉緑体との接着する部位が大きくなる。グラフは左から、ペルオキシソームの長さの長さ、円形度、葉緑体との接着する部位の長さ。D: 暗所、L: 明所。写真のバーは10 µm。

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、植物によって異なっており、その生合成の制御機構も異なっている。私たちは、様々な植物の種子を用いて、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、5)。

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3、4)。

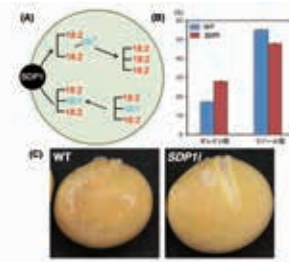


図2. 種子特異的リパーゼの機能を低下させたダイズ種子

種子の登熟期に発現するリパーゼ SUGAR-DEPENDENT 1 (SDP1) は、オイルボディ膜に局在する(A)。SDP1 の遺伝子発現を RNAi 法で抑制した種子 (SDP1i) では、野生型 (WT) に比べ、脂肪酸組成が変化 (ダイズ油の主要な脂肪酸であるリノール酸 (18:2) が減少し、オレイン酸 (18:1) が増加) するだけでなく (B)、種皮が裂けるほどに肥大化することが明らかとなった (C)。

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:

1. Kozuka, T., Sawada, Y., Imai, H., Kanai, M., Yokota-Hirai, M., Mano, S., Uemura, M., Nishimura, M., Kusaba, M., and Nagatani, A. (2020). Regulation of sugar and storage oil metabolism by phytochrome during de-etioliation. *Plant Physiol.* 182, 1114-1129.
2. Kanai, M., Yamada, T., Hayashi, M., Mano, S., and Nishimura, M. (2019). Soybean (*Glycine max* L.) triacylglycerol lipase GmSDP1 regulates the quality and quantity of seed oil. *Sci. Rep.* 9, 8924.
3. 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.
4. Kamigaki, A., Nito, K., Hikino, K., Goto-Yamada, S., Nishimura, M., Nakagawa, T., and Mano, S. (2016). Gateway vectors for simultaneous detection of multiple protein-protein interactions in plant cells using bimolecular fluorescence complementation. *PLOS ONE* 11, e0160717.
5. Kanai, M., Mano, S., Kondo, M., Hayashi, M., and Nishimura, M. (2016). Extension of oil biosynthesis during the mid-phase of seed development enhances oil content in Arabidopsis seeds. *Plant Biotechnol. J.* 14, 1241-1250.
6. Oikawa, K., Matsunaga, S., Mano, S., Kondo, M., Yamada, K., Hayashi, M., Kagawa, T., Kadota, A., Sakamoto, W., Higashi, S., Watanabe, M., Mitsui, T., Shigemasa, A., Iino, T., Hosokawa, Y., and Nishimura, M. (2015). Physical interaction between peroxisomes and chloroplasts elucidated by *in situ* laser analysis. *Nature Plants* 1, 15035.

准教授
真野 昌二

特任助教
金井 雅武

