



准教授 中井 正人 (Masato NAKAI)

nakai@protein.osaka-u.ac.jp

URL: <http://www.protein.osaka-u.ac.jp/enzymology/>

動物や植物の体の基本単位は細胞。その細胞の中には、核やミトコンドリア、ペルオキシソーム、葉緑体など、オルガネラと呼ばれる生体膜で囲まれた細胞内小器官があり、様々な代謝を分担しています。では、地球上で最初に誕生した単純な膜構造で囲まれたバクテリア-原核細胞から、どうやって、複雑なオルガネラを持つ真核細胞が生じたのでしょうか。そこには、昔、真核細胞の元となった宿主細胞内に共生したバクテリアがオルガネラ化した長い進化の過程が関わっています。私たちは、植物や藻類の葉緑体を研究対象に、オルガネラ化に伴い確立されてきた蛋白質輸送システムを中心に、その詳細な分子メカニズムと分子進化の解析を通して、真核細胞成立の謎を解き明かします。

細胞内共生から始まった葉緑体進化の不思議

葉緑体は光合成の場であり、地球上の多くの生命を支えています。葉緑体は、シアノバクテリアのような光合成原核生物が、10億年ほど前に核やミトコンドリアを持つ真核生物に細胞内共生することで誕生しました。その後、内共生体遺伝子の多くは宿主の核ゲノムへ移行し、新たに加わったものも含め、2000種類を超える葉緑体蛋白質が核ゲノムにコードされるようになりました。これらの蛋白質の合成は葉緑体の外(サイトゾル)で行なわれるため、葉緑体蛋白質だけを特異的に輸送するシステムが葉緑体を包む膜に確立される必要がありました(図1)。私たちは、葉緑体内包膜の蛋白質輸送装置TICトランスロコンを分子量100万もの超分子複合体のまま精製する事に世界で初めて成功し、その構成因子をすべて同定しました。この発見は、葉緑体蛋白質輸送装置の変化が緑藻や陸上

植物の進化をもたらす一因になったことも示唆する事になりました。なぜ、分子量100万もの巨大な膜透過装置が必要となったのか、どのように成立してきたのか、葉緑体進化の謎に迫ります。

細胞が葉緑体蛋白質のみを葉緑体へと送り込む精巧な仕組み

生体膜を介して蛋白質のような高分子を輸送するためには、膜バリアを保ったまま蛋白質を膜透過させる精巧な分子装置-トランスロコン-が必要です。生命は進化の過程で、幾つかの異なるタイプのトランスロコンを生み出してきました。それらは、働く膜系や出現した進化的背景も違うため、その構成因子も輸送メカニズムも大きく異なっています。上述の葉緑体内包膜のトランスロコンTIC、最近同定したTICと付随して働く分子量200万のATP依存性の新奇輸送モーター複合体、さらには外包膜のトランスロコンである分子量100万のTOCも含め、これらメガコンプレックスが、どのような機能的連携により葉緑体蛋白質の特異的な輸送を行っているのか、植物の遺伝子操作(図2)や構造生物学の手法も取り入れて、精巧な仕組みを明らかにする事で(図3)、生体膜を隔てて蛋白質を運ぶという、生命にとって必須の細胞構築原理の解明に迫ります。

参考文献

- A distinct class of GTP-binding proteins mediates chloroplast protein import in Rhodophyta. PNAS 119:e2208277119 (2022)
- Tic12, a 12-kDa essential component of the translocon at the inner envelope membrane of chloroplasts in Arabidopsis. Plant Cell 34:4569-82 (2022)
- Coexpressed subunits of dual genetic origin define a conserved supercomplex mediating essential protein import into chloroplasts PNAS 117:32739-49 (2020)
- A Ycf2-FtsHi heteromeric AAA-ATPase complex is required for chloroplast protein import. Plant Cell 30:2677-703(2018)
- Uncovering the Protein Translocon at the Chloroplast Inner Envelope Membrane. Science 339:571-4(2013)

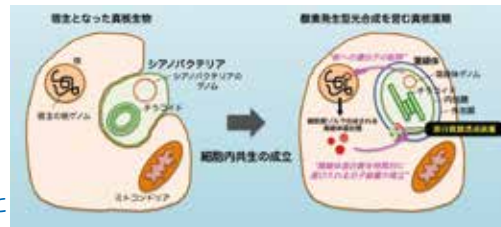


図1. シアノバクテリアの内共生による葉緑体の誕生

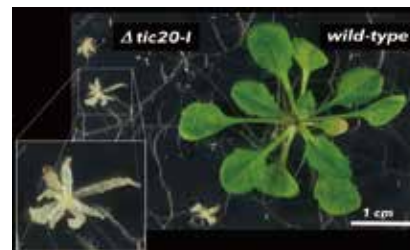


図2. 葉緑体包膜のタンパク質膜透過装置の欠損のシロイヌナズナ変異体が示すアルビノ形質

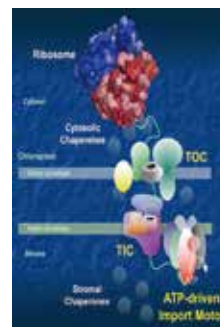


図3. 葉緑体蛋白質輸送に関与するメガコンプレックス

志は高く、世界を相手に、Breakthroughを目指して、一緒に研究を楽しみましょう!!

〒565-0871 大阪府吹田市山田丘3-2
大阪大学 蛋白質研究所
TEL:06-6879-8612
FAX:06-6879-8613

研究室のHPはこちら

