

東京工業大学生命理工学院

光合成科学研究グループシンポジウム

1月28日（火）東工大すずかけ台キャンパス

元素戦略研究センター（S8棟） レクチャーホール

- 13:25-13:30 はじめに
- 13:30-14:00 若林憲一（東工大・化生研）緑藻類の運動から応用展開を探る
- 14:00-14:45 中原剣（ちとせ研究所）事業視点から見た光合成のポテンシャル
- 休憩
- 15:00-15:30 増田真二（東工大・バイオセンター）緊縮応答の強化による植物バイオマスの増産
- 15:30-16:00 廣岡俊亮（国立遺伝学研究所）単細胞紅藻シアニジウム類の産業利用に向けた基礎研究
- 16:00-16:45 廣田隆一（広島大学・院・統合生命科学研究科）合成リン代謝経路の構築による生物学的封じ込め ～バイオセーフティー技術と組換え微生物第一種使用～
- 休憩
- 17:00-17:30 太田啓之（東工大・生命理工学院）油脂高生産藻を用いた有用脂質生産プラットフォームの確立に向けて）
- 17:30-18:15 梅基直行（理研・環境資源科学研究センター）毒をつくらぬジャガイモなど面白かった話から
- 18:30- 交流会（モトテカ）

主催 東京工業大学・生命理工学院 LiHub 光合成科学研究グループ

協賛 東京工業大学・科学技術創成研究院・化学生命科学研究所

担当（連絡先）： 田中 寛 (kntanaka@res.titech.ac.jp)、
小林勇氣 (ykobayashi@res.titech.ac.jp)

緑藻類の運動から応用展開を探る

Application of motility and behavior in Volvocales green algae

若林 憲一

東京工業大学 科学技術創成研究院 化学生命科学研究所

E-mail: wakaba@res.titech.ac.jp]

緑藻綱ボルボックス目に属す生物群は、クラミドモナス型の祖先単細胞生物の多細胞化によって進化した。この目には、単細胞性のモデル生物クラミドモナスから最大約 5,000 細胞から成る多細胞性のボルボックスまで、さまざまな細胞数の生物が現存している。各生物の各細胞はクラミドモナスそっくりで、眼点で光を受容し、2本の鞭毛を動かすことで、細胞（個体）は生存に最適な光環境を求めて泳ぐ。私達のグループは、これらの生物を用いて、鞭毛の運動制御、特に光刺激に応答して鞭毛運動が変化するときの制御機構について基礎的な研究を行っている。これまでに、クラミドモナスの走光性の正と負が切り替わるしくみや、ボルボックスが細胞間連絡なしに個体として走光性を示すしくみなどを明らかにしてきた。本講演では、このような基礎的な成果がどのような応用展開に向かっているのか、いくつかの「最初の一歩」の可能性を探る。

参考文献

- [1] Wakabayashi et al. (2011) Proc. Acad. Natl. Sci. USA 108:11280-4
- [2] Ueki, Ide et al. (2016) Proc. Acad. Natl. Sci. USA 113:5299-304
- [3] Ide et al. (2016) Biochem. Biophys. Rep. 7:379-385
- [4] Ueki and Wakabayashi (2018) Proc. Natl. Acad. Sci. USA 115:E1061-E1068.
- [5] Sugiura et al. (2018) Biochem. Biophys. Res. Commun. 503: 2083-2088

略歴

2001 博士（理学）、東京大学

2001-2002 基礎生物学研究所細胞情報研究部門 非常勤研究員

2002-2005 Postdoctoral Fellow, Univ. Connecticut Health Center

2005-2012 東京大学大学院理学系研究科生物科学専攻 助手（助教）

2012-現在 東京工業大学資源化学研究所（科学技術創成研究院化学生命科学研究所） 准教授



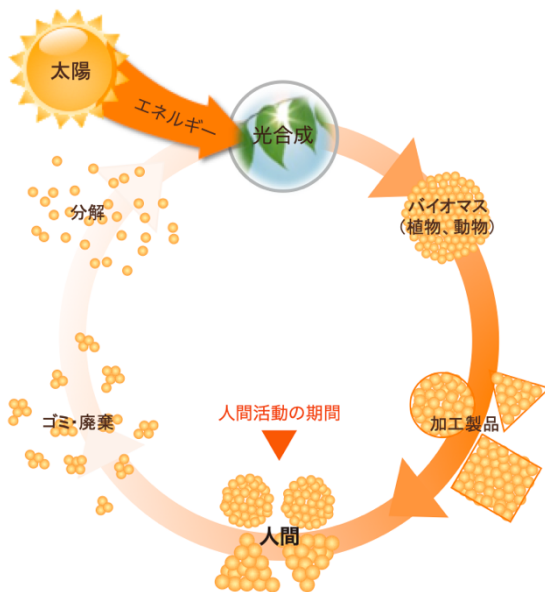
『事業視点から見た光合成のポテンシャル』

ちとせ研究所 取締役 最高光合成責任者 中原 剣

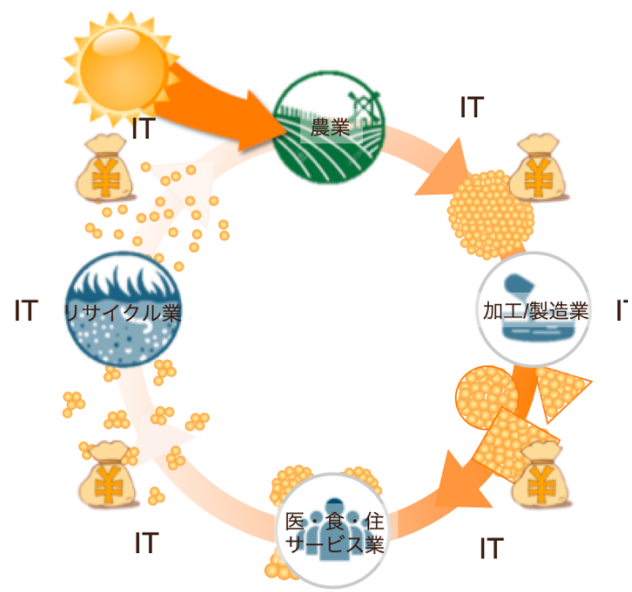
昨今のSDGs (Sustainable Development Goals (持続可能な開発目標)) という言葉の広がりによって代表されるように、現代社会は世界をあげて持続可能な社会の構築に向けて動いている。持続可能な社会の構築という掛け声を我々の生活に例えれば、化石資源という過去の貯金を切り崩して豪遊していた生活から、収入ベースで身の丈にあった生活に変えていきましょう、という呼びかけと言えよう。我々にとっての収入とは太陽エネルギーであり、それをいかに上手に使って豊かで持続可能な生活を作り上げていくか。そこが新時代におけるビジネスチャンスの源泉となり、最も知恵と工夫が求められる部分となる。

このような時代の背景において、太陽エネルギーを物質化する『光合成』が、今後の持続可能な社会構築の中核反応となることは疑いようがない。本発表では、いち早く光合成の事業ポテンシャルに着目し、光合成を起点とする物質循環を利用しながら事業構築を進めてきた我々の取り組みについて、具体的な事例を交えながらお伝えしたい。

(a) 物質循環の流れ



(b) 物質循環の視点から見た産業構造



略歴：

2003年に奈良先端科学技術大学院大学で博士号を取得。光合成を活用した産業を立ち上げるべく、ワイナリー立ち上げや宮大工などの経験を経て、2006年にネオ・モルガン研究所（現ちとせ研究所）に入社。

藻類や植物を利用した光合成関連プロジェクトの立ち上げを先頭に立って牽引し、2013年より現職。自然の持つ循環力を最大限に利用した、しなやかな社会の構築を目指す。夢は光合成をベースとした物質循環型コミュニティを創ること。



緊縮応答の強化による植物バイオマスの増産

増田 真二（東京工業大学バイオ研究基盤支援総合センター）

shmasuda@bio.titech.ac.jp

葉緑体は、光合成、アミノ酸合成、核酸合成、脂質合成など植物の成長に必須の役割を果たすオルガネラである。最近の研究により、緊縮応答[1]と呼ばれる細菌に普遍的に保存されている遺伝子発現制御・代謝調節に関与する酵素の遺伝子が植物のゲノムに保存されており[2]、それらは、葉緑体の機能制御を通じて植物の成長を統括的にコントロールしていることがわかってきた[3]。本発表では、シアノバクテリアの細胞内共生時に植物細胞に導入されたと考えられる葉緑体型緊縮応答の機能について紹介すると共に、その機能強化による植物バイオマスの増産に向けた応用研究について触れる。

参考文献

[1] Cashel M, Gentry DR, Hernandez VJ, Vinella D (1996) The stringent response. In: Frederick CN, Roy C (eds) *Escherichia coli Salmonella* Cell Mol Biol, 2nd edn. ASM Press, Washington, pp 1458–1496

[2] Masuda S (2013) The Stringent Response in Phototrophs. In: Dr Mohammad N (ed) *Adv Photosynth - Fundam Asp In Tech*, Rijeka, pp 487–500

[3] Maekawa, M., Honoki, R., Ihara, Y., Sato, R., Oikawa, A., Kanno, Y., Ohta, H., Seo, M., Saito, K., and Masuda, S. (2015) Impact of the plastidial stringent response in plant growth and stress responses. *Nature Plants* 1: 15167.

略歴

2000 博士（理学）、東京都立大学

2000-2003 学術振興会特別研究員（PD）

2003-2004 理化学研究所基礎科学特別研究員

2004-2008 東京工業大学生命理工学研究科 助手/助教

2008- 東京工業大学バイオセンター 准教授



単細胞紅藻シアニジウム類の産業利用に向けた基礎研究

廣岡 俊亮 (国立遺伝学研究所 宮城島研究室)

E-mail: shirooka@nig.ac.jp

シアニジウム類は紅藻の基部で分岐した単細胞紅藻であり、草津、箱根など世界中の高温・強酸性温泉に生息している。形態学的特徴から *Cyanidioschyzon* (シゾン), *Cyanidium* (シアニジウム), *Galdieria* (ガルデリア) の3属に分類されており、これまでに2属3種でゲノム解読が完了し、十数~数十 Mb というコンパクトなゲノムを有していることが明らかになっている。中でも、シゾンはゲノムサイズが小さく、細胞小器官構成が単純な為、オルガネラ分裂をはじめとする細胞生物学的研究に使われ、形質転換系等の基盤技術が整備されてきた。一方で、シアニジウム、ガルデリアは強固な細胞壁を持ち、分子生物学的解析ツールが整備されておらず、その研究は比較的進んでいなかった。最近、我々は国内の硫酸酸性温泉で採取したシアニジウムを用いて研究を行う過程で、これまでに単細胞紅藻では存在が明らかになっていなかった有性生殖過程を発見するに至った。さらに、この株のゲノム情報の解読、形質転換系といった基盤技術の開発を進めている。本発表では、主にシアニジウム類の基礎研究について紹介し、それらの成果を基に着手している産業利用に向けての取り組みを紹介する。

略歴

- 2012 博士 (理学)、千葉大学
- 2012-2017 国立遺伝学研究所 JST-CREST 特任研究員
- 2017-現在 国立遺伝学研究所 JST-MIRAI 特任研究員



合成リン代謝経路の構築による生物学的封じ込め

～バイオセーフティ技術と組換え微生物第一種使用～

The biological containment strategy by using a synthetic phosphorus metabolic pathway –
Biosafety strategy and Type I use of genetically engineered microorganisms on Cartagena
protocol-

廣田 隆一

広島大学大学院統合生命科学研究科 生物工学プログラム

微細藻類の商業規模での培養は、コストの観点からオープンポンドのような屋外培養槽での大量培養が望まれる。しかし、組換え藻類の屋外開放系での培養は、カルタヘナ法による第一種使用に該当し、組換え体利用の承認を得ることが困難である。生物学的封じ込めは、宿主細胞が限定された環境のみで生育するような性質を遺伝的に付与し、培養系外への拡散リスクに備える方法論である。この概念は1970年代から存在したが、効果が弱いことから実用的な利用には不向きであった。近年、遺伝子工学や合成生物学の発展を背景に、組換え体の安全性を高めるための生物学的封じ込めが再び注目されるようになってきている。我々は、バクテリアの還元型リン化合物の代謝機能を利用し、リンの代謝経路を改変することによって生育を完全に亜リン酸 (HPO_3^{2-}) に依存する性質を作り出すことに成功した。亜リン酸は安価に得られる一方で、環境中にはほとんど存在しないため、本手法は強固でかつ実用的なバイオセーフティ技術として利用できる可能性がある。本シンポジウムでは、将来的に様々な微細藻類に本手法を適用することを想定し、大腸菌と藍藻において行った開発研究と今後の展開について紹介させていただきたい。

参考文献

1. Hirota R. et al. (2017) *Sci. Rep.* 7. 44748.
2. Motomura K. et al. (2018) *ACS Synth. Biol.* 7, 2189-98.

経歴

- 2002 博士（工学）、広島大学
- 2007 広島大学大学院先端物質科学研究科 助教
- 2013-14 イリノイ大学アーバナシャンペーン校 客員研究員
- 2017- 広島大学大学院先端物質科学研究科 准教授



油脂高生産藻を用いた有用脂質生産プラットフォームの確立に向けて

Toward establishment of the platform for useful oil production
with oleaginous alga *Nannochloropsis*

太田 啓之 (東京工業大学 生命理工学院 教授)
Ohta.h.ab@m.titech.ac.jp

いま世界的に藻類オイル（油脂）の活用を目指した研究が進められている。藻類のオイル生産能は植物の十倍から数十倍に及ぶといわれ、オイル生産の高いポテンシャルを持つといわれている。また植物と異なり、藻類には ω 3脂肪酸といわれるエイコサペンタエン酸（EPA）やドコサヘキサエン酸（DHA）など我々ヒトに不可欠な脂肪酸を多く含むものが多種存在し、その利用が注目されている。我々の研究室では、海洋性の油脂高生産藻として知られる *Nannochloropsis oceanica* に着目し、その脂質代謝系や制御機構の解明を進めるとともに、藻類バイオエネルギー生産を目指したオイル高生産系の構築や、*Nannochloropsis* 類に多く含まれる EPA を活用した有用脂質生産系の構築に取り組んでいる。本シンポジウムではその研究の一端に関して紹介し、今後の展望に関して議論したい。

参考文献

- [1] 信澤岳, 太田啓之, 微細藻類ナンノクロロプシスを用いたバイオ燃料生産技術とその可能性, 車載テクノロジー, 技術情報協会, 4月号, 2018
- [2] 信澤岳, 太田啓之, 大量の油脂を生産する微細藻類ナンノクロロプシス, バイオサイエンスとインダストリー, JBA, Vol76, No.1, pp. 26-29, 2018
- [3] 岩井 雅子, 太田啓之, リン欠乏応答性プロモーターを利用したナンノクロロプシス油脂合成の改変(特集 微細藻類が生み出すオイル/成分の産業展望), Bio industry = バイオインダストリー, 2016

略歴

1987 京都大学大学院農学研究科博士後期課程修了 農学博士
1987 京都大学食糧科学研究所 研修員
1988~1989 三井植物バイオ研究所研究員
1989~1991 国立基礎生物研究所協力研究員
1991~1996 東京工業大学生命理工学部助手
1997~2000 東京工業大学大学院生命理工学部助教授
2000~2007 東京工業大学大学院生命理工学研究科助教授
2007 東京工業大学大学院生命理工学研究科准教授
2007.6~2014.9 東京工業大学バイオ研究基盤支援総合センター教授
2014.10~2016.3 東京工業大学大学院生命理工学研究科教授
2016.4~ 東京工業大学生命理工学院教授
現在 生命理工学院副院長, バイオ研究基盤支援総合センター長, 技術部バイオ部門長



毒をつくらないジャガイモなど面白かった話から Breeding of Glycoalkaloid-less Potatoes by Genome Editing

梅基 直行

理化学研究所 環境資源科学研究センター

E-mail: naoyuki.umemoto@riken.jp

ジャガイモによる中毒に関する国立医薬品食品衛生研究所の調査では、1989-2015年では02年と08年を除く毎年発生している。昨年2019年も7月に兵庫県宝塚市の小学校で13名が食中毒症状で救急搬送される事件が報道されている。ジャガイモを安全に食べることができるのは収穫後の貯蔵・輸送・販売や調理・加工の過程でコストをかけて管理をされているためである。毒成分であるポテトグリコアルカロイド(PGA)をなくすことでコスト削減や育種への効果が期待できる。PGAは身近な毒成分であるが、我々の研究以前には生合成経路に関する報告はほとんどなく、日本のグループが先だって研究を進めてきた。現在までに少なくとも7つの遺伝子がコードする酵素で逐次的に生合成が進むことがわかった。植物ステロイドとの分岐に関わるコレステロール合成酵素をコードする遺伝子 *SSR2* をゲノム編集することでPGAが大幅に減少したジャガイモが得られた。このジャガイモは元品種と比べ温室で生育や収量に違いは認められず、PGA自体はジャガイモの生産とは直接関係のないことを示している。この研究とゲノム編集による品種の開発状況をお伝えする。時間の許すところで、ナス科植物をめぐる「二匹目のどじょう」とビール原料植物のホップでの「学会で間違った発表を聞いた話」もご紹介したい。

参考文献

- [1] Sawai, S., Ohyama, K. et al. (2014). *Plant Cell*, 26, 3763-3774.
- [2] Yasumoto S et al. (2019) *Plant Biotechnol.* 36:167-173.
- [3] Knoch, E. et al. (2018) *Proc Natl Acad Sci USA* 115: E8096-E8103.
- [4] 門馬 孝之, 梅基 直行 (2016) 特許 6050234

略歴

1991 薬学博士、東京大学
1991-2015 キリンビール 基盤研、植物開発研など
2015- 理化学研究所 環境資源科学研究センター
上級研究員

