

「藻類・水圏微生物の機能解明と制御によるバイオエネルギー創成のための基盤技術の創出」

H26 年度
実績報告書

平成23年度採択研究代表者

太田啓之

東京工業大学大学院生命理工学研究科
教授

植物栄養細胞をモデルとした藻類脂質生産系の戦略的構築

§ 1. 研究実施体制

(1) 「太田」グループ (東京工業大学)

- ① 研究代表者: 太田 啓之 (東京工業大学大学院生命理工学研究科、教授)
- ② 研究項目
 - ・植物葉での栄養飢餓による脂質蓄積機構解明
 - ・藻類での栄養飢餓による脂質蓄積機構解明
 - ・モデル藻類共発現情報の取得
 - ・マスター制御因子の同定
 - ・有用藻類共発現情報の取得
 - ・有用脂肪酸高生産系構築
 - ・バイオディーゼル生産技術基盤構築

(2) 「西田」グループ (埼玉大学)

- ① 主たる共同研究者: 西田 生郎 (埼玉大学大学院理工学研究科、教授)
- ② 研究項目
 - ・藻類小胞体膜脂質合成と貯蔵脂質合成の分配機構解明
 - ・藻類における貯蔵脂質蓄積機構の解明と制御
 - ・小胞体脂質合成の改変に基づく有用藻類貯蔵脂質の高生産化
 - ・*Synechocystis* 細胞内での TAG 高生産系の構築 (日原サブグループ担当)

(3)「和田」グループ(東京大学)

① 主たる共同研究者:和田 元 (東京大学大学院総合文化研究科、教授)

② 研究項目

- ・モデル藻類脂肪酸合成機構の解明
- ・特殊脂肪酸合成藻類の脂肪酸合成機構解明
- ・有用脂肪酸高生産系構築
- ・バイオディーゼル生産技術基盤構築

(4)「黒川」グループ(東京工業大学)

① 主たる共同研究者:黒川 顕 (東京工業大学地球生命研究所、教授)

② 研究項目

- ・有用藻類の網羅的ゲノム解読
- ・藻類比較ゲノムデータベース(Algaenome)の構築

(5)「大林」グループ(東北大学)

① 主たる共同研究者:大林 武 (東北大学大学院情報科学研究科、准教授)

② 研究項目

- ・モデル藻類共発現データ作成法の開発
- ・植物-モデル藻類比較共発現データベースの構築
- ・藻類比較共発現データベースの構築

(6)「佐藤」グループ(東京大学)

① 主たる共同研究者:佐藤 直樹 (東京大学大学院総合文化研究科、教授)

② 研究項目

- ・モデル藻類脂質代謝フローの解析
- ・モデル代謝情報データベース構築
- ・有用藻類脂質代謝フローの解析と代謝情報データベース構築

(7)「尾崎」グループ(花王株式会社)

① 主たる共同研究者:尾崎 克也 (花王株式会社・生物科学研究所・プロジェクトリーダー)

② 研究項目

- ・有用脂肪酸高生産藻類の探索・選定
- ・各種脂肪酸合成遺伝子の同定
- ・有用脂肪酸高生産系構築

§ 2. 研究実施の概要

本研究課題では、これまでの太田、西田、和田らによる植物脂質代謝研究の最先端の知見を黒川、大林、佐藤らの最先端ゲノムインフォマティクス研究と融合することで、藻類の脂質生産機構を解明する。また植物栄養細胞のこれまでの知見を基に、TAGを高生産する *Nannochloropsis* と、モデル藻類として用いる *Chlamydomonas*、*Klebsormidium* をゲノム規模で網羅的に比較解析し、TAG生産との相関性から、TAGの高生産を担う主要因子を網羅的に同定する。さらに、申請者らが新たに同定したペラゴ藻や黄金色藻などの特殊脂肪酸を高生産する新規有用藻類とモデル藻類との比較ゲノム解析から、超多価不飽和脂肪酸や中鎖脂肪酸などの特殊脂肪酸高生産に関わる因子の同定を行う。これらの結果から得られたTAG高生産、特殊脂肪酸の合成、増産に関わる因子を統合することで、尾崎、太田を中心として、化学原材料やバイオ燃料として有用な種々の脂肪酸をTAGとして高生産するスーパー脂肪酸産生藻類を戦略的に創出することを目指している。特に研究計画の全体の前半ではモデル藻類での基盤情報整備、代謝機能解明を重点的に行い、それらの知見を、有用藻類の基盤情報整備、有用藻類での生産系構築に活用して、計画全体を推進するよう研究計画を設定している。

基盤情報の整備として、平成26年度初めに、モデル藻類 *Klebsormidium flaccidum* のゲノム情報を取りまとめ、論文として発表した (Hori et al. *Nat. Commun* 2014)。また黒川らを中心にこれまで進めてきた藻類ゲノム情報データベース *Algaenome* の構築をさらに推進し、先の *Klebsormidium flaccidum* のゲノム情報を含めすでに公開されている28種の藻類ゲノム情報を収録するとともに比較ゲノム解析、RNAseq情報の閲覧などによる各種解析機能の充実化を進めた。

大林 G を中心とした共発現解析については、藻類比較共発現データベース *ALCOdb* (<http://alcodb.jp>) の一般公開を開始し、*C. reinhardtii* と紅藻 *Cyanidioschyzon merolae* においてリスト形式・ネットワーク形式での共発現情報の閲覧・解析が可能になった。

脂質生産系の構築に関して、太田らは、*C. reinhardtii* で、リン欠乏条件でのTAG高生産系を構築し、その成果を論文にまとめた (Iwai et al *Plant Biotech. J* 2014)。また、*Chlamydomonas* においては、これまで植物での主要なTAG合成前駆体であるホスファチジルコリン(PC)が存在しないといわれていたが、佐藤らは、種々の *Chlamydomonas* の中からPCが存在する種を見出し、それらの結果を論文として公表した (Sakurai et al *J. Plant Res.* 2014)。一方、尾崎 G では自然界より特殊脂肪酸を生産する藻類株を見出しており、複数種の特殊脂肪酸を生産する単離株とその類縁株の生産脂肪酸種等の比較解析をもとに特殊脂肪酸生産藻に関する特許2件を出願した。

【主要論文】

- Hori, K., Maruyama, F., Fujisawa, T., Togashi, T., Yamamoto, N., Seo, M., Sato, S., Yamada, T., Mori, H., Tajima, N., Moriyama, T., Ikeuchi, M., Watanabe, M., Wada,

H., Kobayashi, K., Saito, M., Masuda, T., Sasaki-Sekimoto, Y., Mashiguchi, K., Awai, K., Shimojima, M., Masuda, S., Iwai, M., Nobusawa, T., Narise, T., Kondo, S., Saito, H., Sato, R., Murakawa, M., Ihara, Y., Oshima, Y., Ohtaka, K., Satoh, M., Sonobe, K., Ishii, M., Ohtani, R., Kanamori, M., Honoki, R., Miyazaki, D., Mochizuki, H., Umetsu, J., Higashi, K., Shibata, D., Kamiya, Y., Sato, N., Nakamura, Y., Tabata, S., Ida, S., Kurokawa, K. and Ohta, H. “*Klebsormidium flaccidum* genome reveals primary factors for plant terrestrial adaptation.” **Nature Communications** 2014 (DOI: 10.1038/ncomms4978).

- Iwai, M., Ikeda, K., Shimojima, M., Ohta, H. Enhancement of extraplastidic oil synthesis in *Chlamydomonas reinhardtii* using a type-2 diacylglycerol acyltransferase with a phosphorus starvation–inducible promoter ***Plant Biotech. J.*** 2014 12(6) 808-819 (DOI: 10.1111/pbi.12210).
- Sakurai K, Mori N and Sato N. “Detection and characterization of phosphatidylcholine in various strains of the genus *Chlamydomonas* (Volvocales, Chlorophyceae)”, ***J. Plant Res.***, vol. 127, pp. 641-650, 2014 (DOI: 10.1007/s10265-014-0644-0)