

サンゴにとって共生藻が必要不可欠なわけ
～サンゴの遺伝子発現情報が明かす共生藻が増加するプロセス～

研究成果のポイント

1. サンゴ内に褐虫藻が増加する過程で発現変動する遺伝子を多数検出し、公開しました。
2. サンゴが褐虫藻を獲得する過程では、サンゴの免疫系、消化酵素に関わる遺伝子が大規模に発現低下する一方で、サンゴの糖代謝、アミノ酸代謝、グルタミン酸代謝などの代謝系が発現上昇すること等を明らかにしました。
3. サンゴ内で褐虫藻が増加する過程は、サンゴが白化現象から回復する過程と同じ現象であり、本成果はサンゴ白化現象に対応する方法を探す上でも重要なデータとなります。

国立大学法人筑波大学生命環境系 湯山育子特任助教は、情報・システム研究機構国立遺伝学研究所 池尾一穂准教授、カロリンスカ研究所(スウェーデン) 石川昌和研究員、首都大学東京 野澤昌文助教、島根大学 吉田真明准教授との共同研究により、サンゴ-褐虫藻の共生成立過程に関与する遺伝子発現データを公開しました。

本研究では、褐虫藻が共生していないサンゴを飼育し、そこに培養した褐虫藻を共生させ、褐虫藻がサンゴ内で増加する過程に関わる遺伝子を調べました。その結果、サンゴ-褐虫藻の細胞内共生の成立の際に、サンゴの免疫システムや消化酵素の機能低下が起こることを明らかにしました。また、褐虫藻が共生することで、サンゴの糖代謝、アミノ酸、グルタミン酸代謝が活発化することから、サンゴにとって褐虫藻の存在はこれらの物質を得るために必須であることを示しました。

本研究で報告された、共生藻の増加に伴って見られる遺伝子発現変動は細胞内共生成立過程を知る上でも、サンゴ白化現象からの回復過程を図る上でも重要なデータを含みます。これらのデータには、サンゴ-褐虫藻の細胞内共生関係の解明や、白化現象を解明するヒントがあると考えられます。

本研究の成果は、2018年11月14日付で Scientific Reports誌にて公開されました。

* 本研究は、主にJSPS科研費JP14J40135(研究期間:平成26～28年度)、JP15K18744(研究期間:平成27～29年度)、によって実施されました。

研究の背景

造礁サンゴの細胞内には、褐虫藻という渦鞭毛藻が共生しています。近年話題になっているサンゴの白化現象とは、ストレスを受けたサンゴ内で共生関係が崩れ、サンゴに共生している褐虫藻の数が減少することを意味しています。このサンゴと褐虫藻の共生関係を明らかにすることは、サンゴの白化現象やサンゴ死滅の原因を理解する上で重要です。そこで、サンゴと褐虫藻の共生関係を分子レベルで明らかにすることを目的とし、本研究を行いました。

研究内容と成果

最初の取り組みとして、褐虫藻を持たないサンゴを人為的に作成し、培養した褐虫藻をサンゴに共生させる操作を行うことで、褐虫藻が共生したサンゴと共生していないサンゴを作りました。共生させた褐虫藻のタイプは、clade C¹タイプとclade Dタイプという2種類です。clade Cはすぐにはサンゴに共生しませんが、clade Dは2週間後にはサンゴに高密度に共生できることがわかっていました。

これら2種の褐虫藻それぞれについて、褐虫藻と共生しているサンゴ、共生していないサンゴを用い、遺伝子発現解析を行い、共生に関わる遺伝子の検出を試みました。その結果、clade Dの褐虫藻が共生しているサンゴでは(サンゴ内で安定して褐虫藻が増加した場合)、サンゴの免疫系の一部、消化酵素の一部の発現が低下すると同時に、サンゴの糖代謝、脂質代謝、アミノ酸代謝が増大していることが明らかになりました。つまり、サンゴ-褐虫藻の細胞内共生が成立するにあたっては、サンゴの免疫システムや消化酵素の機能低下が起こっていることとなります。また、褐虫藻が共生することで、サンゴの糖代謝、アミノ酸、グルタミン酸代謝が活発化することから、サンゴにとって褐虫藻は、これらの物質を得るための栄養源になっていることが示唆されます。そのほかにも、褐虫藻がサンゴ細胞内に共生する際に起きている詳細な変化が遺伝子発現データから読み取れました。

今後の展開

野生のサンゴは飼育が難しく、多くの生物が体内に潜んでいることもあり、サンゴと褐虫藻の共生関係を調べることは難しい状況にあります。本研究では、生まれて一ヶ月目のサンゴを褐虫藻を共生させない状態で飼育し、実験室内で褐虫藻を共生させることで、褐虫藻が共生する過程の詳細なデータを捉えることに成功しました。褐虫藻自体がサンゴの栄養源を提供しているため、サンゴと褐虫藻の共生関係はサンゴにとって命綱とも言える関係です。サンゴ-褐虫藻の細胞内共生の仕組みについて、このように明らかにすることで、将来的には、ストレス環境下でもサンゴが生存できる条件や白化の後に褐虫藻を再度増加させる方法を検討できるようになることが期待されます。

参考図

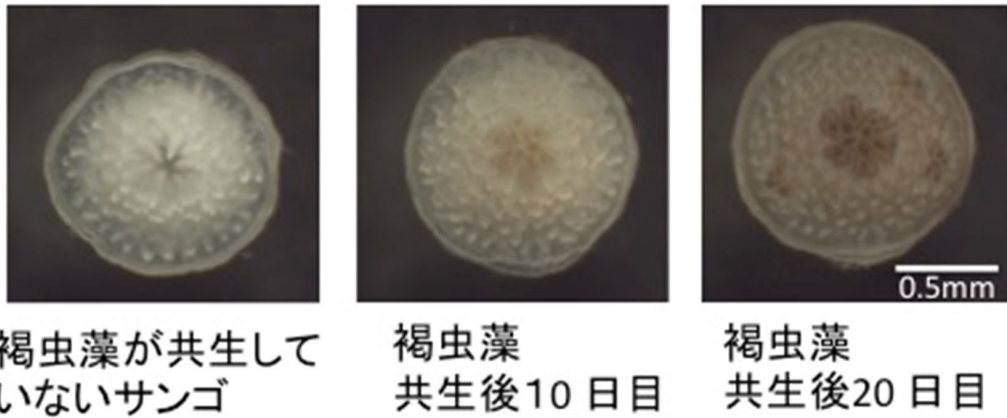


図1. 実験に使用したサンゴ(ウスエダミドリイシ)の顕微鏡写真。褐虫藻を共生させて、10日目、20日目のサンゴを遺伝子発現解析に使用した。褐虫藻が共生していない状態と比べて発現量が大きく変化する遺伝子を細胞内共生に関連する遺伝子として同定した。

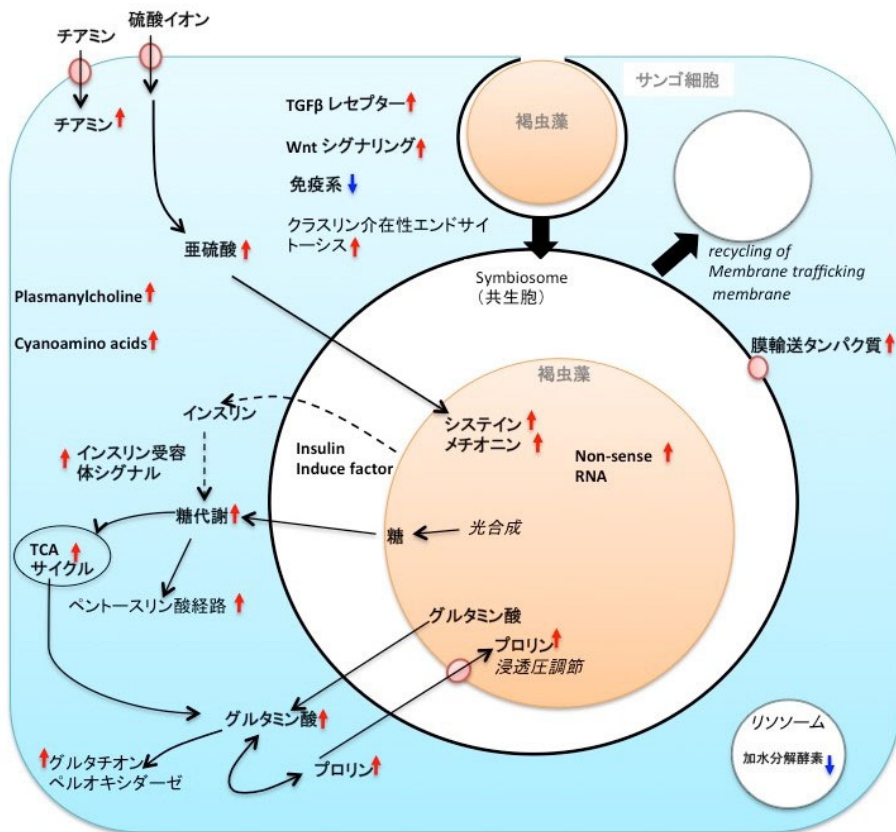


図2 次世代シーケンサーによる遺伝子発現解析から推測された、サンゴ-褐虫藻細胞内共生成立に伴う変化。今回は主にサンゴ側の変化(遺伝子発現変動)を調べた。

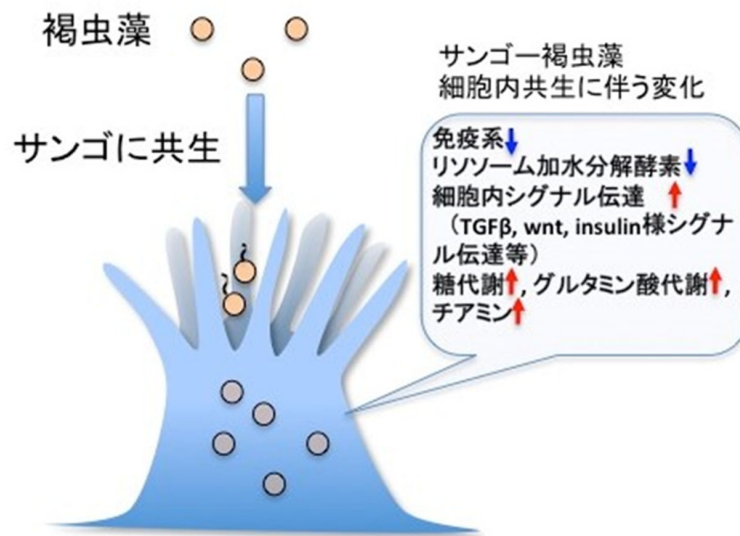


図3 サンゴ-褐虫藻細胞内共生成立に伴うサンゴ側の変化。共生する褐虫藻が増加するにつれ、サンゴの免疫系と消化酵素(リソソーム)に関する遺伝子発現は減る。その一方で、栄養摂取に関わる代謝系(糖代謝,アミノ酸代謝、グルタミン酸代謝)の遺伝子発現が高まる。

用語解説

注1) clade : 造礁性サンゴに共生する褐虫藻には、幾つかの遺伝的タイプが含まれます。最近まで、褐虫藻は *Symbiodinium* 属という1つの属として認識され、それぞれの遺伝的タイプを clade A, B, C, D, E, F, G, H, I として9つのタイプに分けて認識していました。現在では、それぞれの clade は異なる属として分けて分類されています。本研究で扱っている clade C は *Cladocopium* 属, clade D は *Durusdinium* 属として別属として分類されています (LaJeunesse et al., 2018)。

掲載論文

【題名】 Transcriptomic changes with increasing algal symbiont reveal the detailed process underlying establishment of coral-algal symbiosis

(共生褐虫藻の増加に伴う遺伝子発現変化は、サンゴ-褐虫類共生成立に関わる詳細なプロセスを明らかにする)

【著者名】Ikuko Yuyama, Masakazu Ishikawa, Masafumi Nozawa, Masa-aki Yoshida, Kazuho Ikeo

【掲載誌】 Scientific Reports

DOI: 10.1038/s41598-018-34575-5

問い合わせ先

湯山 育子 (ゆやま いくこ)

筑波大学 生命環境系 特任助教

〒305-8572 茨城県つくば市天王台 1-1-1