

サンゴの白化絶滅を防ぐ新物質を発見

—海洋資源保護をめざした最新のバイオテクノロジーの成果—

概要

京都大学大学院農学研究科応用生命科学専攻 植田充美 教授、青木航 助教、元根啓佑 博士課程学生（日本学術振興会特別研究員）、東京大学大気海洋研究所 高木俊幸 助教（前日本学術振興会特別研究員）は、東京大学大気海洋研究所、早稲田大学、筑波大学、沖縄科学技術大学院大学、京都市産業技術研究所・京都バイオ計測センターとの共同研究で、サンゴが地球温暖化によって白化絶滅する原因を、ビッグデータに基づく最新のトランスオミクス解析によって、分子レベルで明らかにしました。さらに、サンゴの白化防止に効果のある化学物質を発見し、その機能についても解明しました。

本研究は、2018年4月28日に国際学術誌「Marine Biotechnology」にオンライン掲載されました。



画像：西表島の健康なサンゴ礁（提供：写真 AC）

1. 背景

サンゴ礁は海洋面積のわずか 0.2% を占めるに過ぎませんが、全海洋生物種の約 25% が生息する、地球上で最も生物多様性の豊かな環境のひとつです（図 1）。サンゴ礁を構成するサンゴは刺胞動物に分類され、プラナラと呼ばれる幼生の時期を経て、親サンゴへと成長します。サンゴはその細胞内で、光合成を行う微細藻類（渦鞭毛藻）の褐虫藻（Symbiodinium）をはじめとする様々な微生物と共生関係を築き、サンゴ共生体を形成しています（図 2）。しかし近年、地球温暖化に伴う海水温上昇などの影響でサンゴが死滅する観察例が世界中で多数報告され、世界のサンゴの種の約 3 分の 1 が絶滅の危機に瀕していると言われています。海水温の上昇は、サンゴ幼生の死滅や親サンゴの白化を引き起こし、サンゴの崩壊や、サンゴ礁に生息する多種多様な生物の消滅につながっています。そのため、サンゴの白化現象を分子レベルで解析し、白化を防ぐ保護技術の開発が強く求められています。

2. 研究手法・成果

本研究では、サンゴの死滅や白化は、温暖化による高温ストレスのために異常に発生された活性酸素種により引き起こされると推測しました。そこで、高温条件下で研究室で飼育に成功したサンゴ幼生（プラヌラ）の生存率を向上させることを目的として、活性酸素種を除去するために設計されたレドックスナノ粒子（Redox nanoparticle : RNP）の活用を検討しました（図 3）。RNP は、中分子量ポリマーに抗活性酸素剤であるニトロキシドラジカルが共有結合した構造をとっており、正常細胞の電子伝達系などに障害を与えず、過剰に発生した活性酸素種のみを選択的に除去することができます（図 4）。我々が開発してきたモノリスカラムを用いたプロテオーム解析により、RNP を投与されたサンゴ幼生では、活性酸素種の発生に反応する酵素群の生産が減少していることが明らかになりました（表 1）。さらに、33 度の高温条件下で飼育したウスエダミドリイシ（*Acropora tenuis*）の幼生に対して RNP を投与したところ、生存率の向上が認められました（図 5）。これらの結果から、RNP が過剰な活性酸素種を除去することで、高温ストレス下におけるサンゴ幼生の生存率の向上（白化防止）に寄与していることが明らかになりました。RNP は活性酸素種を効果的に除去できることから、サンゴの保護にも活用できることが期待されます。

3. 波及効果、今後の予定

2016 年には、世界最大のサンゴ礁、オーストラリアのグレートバリアリーフにおいて、約 50%のサンゴが死滅するという史上最悪の白化現象が起きました。今やサンゴは、地球規模で絶滅の危機に瀕しています。本研究は、最新のバイオテクノロジーとデータサイエンスを融合した研究によって、白化現象の防止に効果のある化学物質 RNP を発見し、その機能を明らかにしました。今後は、海洋散布でき、生態に悪影響を与えない高分子などに代替した研究と実地実験を進め、海洋資源の保護に貢献したいと考えています。

4. 研究プロジェクトについて

本研究は、京都大学大学院農学研究科応用生命科学専攻、東京大学大気海洋研究所、早稲田大学、筑波大学、沖縄科学技術大学院大学、京都市産業技術研究所・京都バイオ計測センターとの共同研究の成果です。

<論文タイトルと著者>

論文名 : Protection of coral larvae from thermally induced oxidative stress by redox nanoparticles

著者 : Keisuke Motone, Toshiyuki Takagi, Syunsuke Aburaya, Wataru Aoki, Natsuko Miura, Hiroyoshi Minakuchi, Haruko Takeyama, Yukio Nagasaki, Chuya Shinzato, Mitsuyoshi Ueda

掲載誌 : Marine Biotechnology DOI: 10.1007/s10126-018-9825-5

<お問い合わせ先>

植田充美（うへだ・みつよし）

京都大学大学院農学研究科 応用生命科学専攻 応用生化学講座 生体高分子化学分野 教授

Tel : 075-753-6110 Fax : 075-753-6112

E-mail : miueda@kais.kyoto-u.ac.jp

サンゴ礁の白化絶滅(図1)



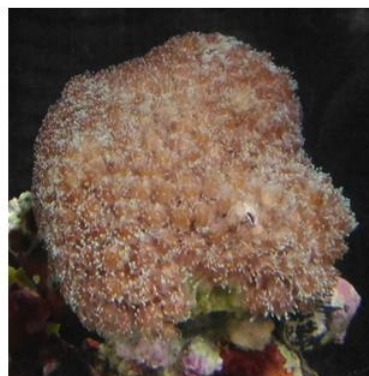
全海洋生物種の約4分の1がサンゴ礁に生息する。

画像(上) 西表島の健康なサンゴ礁(クレジット: 写真AC)

画像(下) 白化した豪グレートバリアリーフのサンゴ礁(クレジット: J. Roff、ライセンス: CC BY-SA 3.0)

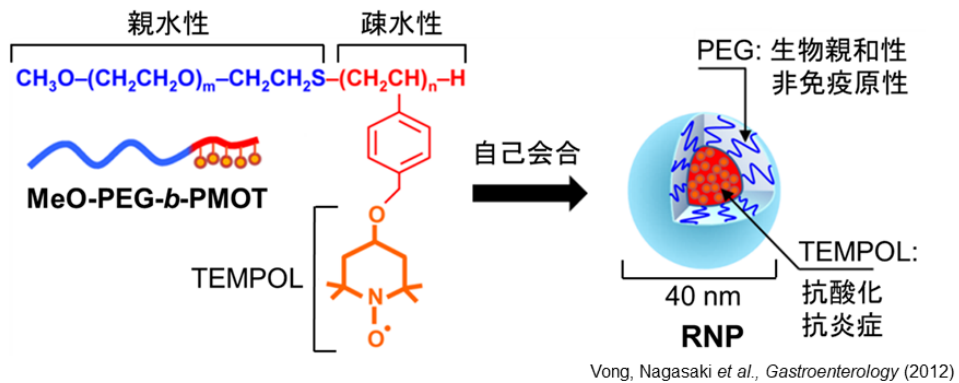
<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/>

研究室で飼育できたサンゴと褐虫藻共生体(図2)



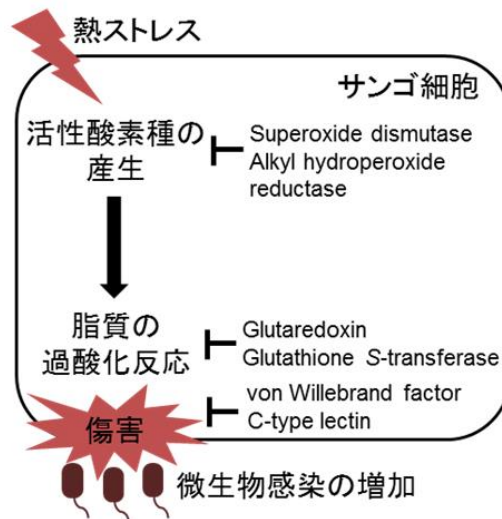
Galaxea fascicularis (アザミサンゴ)と
褐虫藻の共生体

Redox nanoparticle (RNP) (図3)

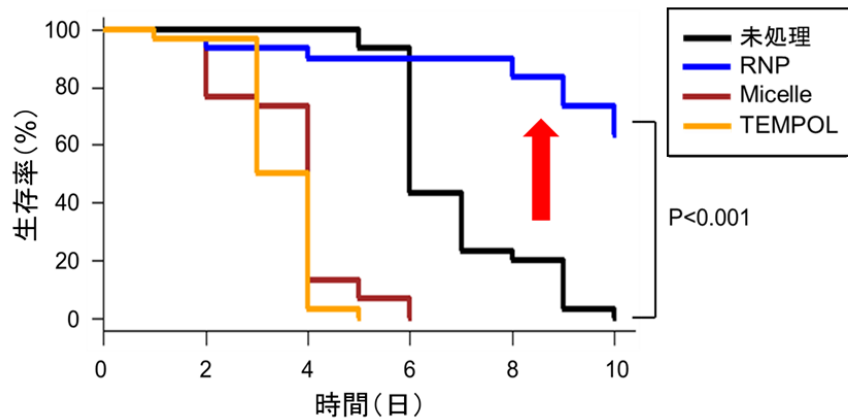


- RNPは活性酸素種を消去する能力がある。
- 比較的大きな粒子径(40 nm)を持つことから、細胞膜やミトコンドリア膜を透過せず、細胞内の正常なレドックス反応を阻害しない。

推定された白化絶滅機構と防御(図4)



サンゴ幼生の生存率(図5)



RNP処理によりサンゴ幼生の生存率が向上した。

プロテオーム解析により サンゴ幼生特異的に同定された 高温誘導酸化ストレス関連タンパク質(表1)

タンパク質ID	アノテーション	GO term
Isotig12364	Alkyl hydroperoxide reductase (peroxiredoxin)	Peroxioredoxin activity
Isotig15105	Cu ²⁺ /Zn ²⁺ superoxide dismutase SOD1	Reactive oxygen species metabolic process
isotig22723	Glutaredoxin and related proteins	Response to oxidative stress
Isotig05536	Glutathione S-transferase	Glutathione transferase activity
Isotig14976	Glutathione S-transferase	Glutathione transferase activity
isotig27950	Glutathione S-transferase	Glutathione transferase activity
isotig06224	von Willebrand factor and related coagulation proteins	Response to wounding
isotig16491	von Willebrand factor and related coagulation proteins	Response to wounding
isotig16664	von Willebrand factor and related coagulation proteins	Response to wounding
isotig04133	C-type lectin	Immune response
isotig10261	C-type lectin	Immune response
isotig12368	C-type lectin	Immune response