

2017. 6

特集号



(題字：脇口宏学長)

国立大学法人
高知大学学報

高知大学学位授与記録第八十八号

総務課広報係発行

本学は、次の者に博士（学術）の学位を授与したので、高知大学学位規則第14条に基づきその論文の内容の要旨及び論文審査の結果の要旨を公表する。

 *
 *
 *
 *
 *
 *

高知大学学報

本学は、次の者に博士（学術）の学位を授与したので、学位規則（昭和28年文部省令第9号）第8条の規定に基づき、その論文の内容の要旨及び論文審査の結果の要旨を公表する。

目 次

学位記番号	氏名	学位論文の題目	ページ
甲総黒博第19号	Alex Pulvinar Camaya	Growth, cell division and dysfunction of coral tissues and symbiotic zooxanthellae in the scleractinian <i>Pocillopora damicornis</i> (Linnaeus) revealed by light and electron microscopy. ハナヤサイサンゴ（イシサンゴ目）におけるサンゴ組織と共生褐虫藻の成長、細胞分裂および機能不全に関する光学および電子顕微鏡による研究	1

<p>ふりがな 氏名（本籍） 学位の種類 学位記番号 学位授与の要件 学位授与年月日 学位論文題目</p> <p>発 表 誌 名</p>	<p>アレックス プルビナル カマヤ Alex Pulvinar Camaya (フィリピン) 博士 (学術) 甲総黒博第 19 号 学位規則第 4 条第 1 項該当 平成 29 年 3 月 23 日 Growth, cell division and dysfunction of coral tissues and symbiotic zooxanthellae in the scleractinian <i>Pocillopora damicornis</i> (Linnaeus) revealed by light and electron microscopy (ハナヤサイサンゴ (イシサンゴ目) におけるサンゴ組織と共生褐虫藻の成長、細胞分裂および機能不全に関する光学および電子顕微鏡による研究)</p> <p>Camaya AP, Sekida S, Okuda K (2016) Changes in the ultrastructures of the coral <i>Pocillopora damicornis</i> after exposure to high temperature, and ultraviolet and far-red radiation. <i>Cytologia</i> 81 (4): 465–470.</p> <p style="text-align: center;">審査委員 主査 教 授 奥田 一雄 副査 准 教 授 田口 尚弘 副査 准 教 授 関田 諭子 副査 外部審査員 諸岡 慶昇</p>
	論文の内容の要旨
	<p><i>Pocillopora damicornis</i> Linnaeus belongs to the order Scleractinia and is one of hermatypic coral species that is responsible for the deposition of hard calcareous structures in reef ecosystem. Since the coral bodies of <i>P. damicornis</i> exhibit polymorphism with less verrucae branches in the wide range of coastal habitat, the Japanese name for this species is ‘hana-yasai sango’ (meaning ‘cauliflower corals’). The coral species is distributed widely from warm tropical to sub-tropic waters including regions influenced by the ‘Kuroshio Current’. In this research, colonies of <i>P. damicornis</i> were collected off Yokonami Peninsula facing Tosa Bay in Kochi Prefecture, Japan and used as model imperforate species to perform coral fragmentation <i>in vitro</i>. The primary intention is to provide clone samples for live growth experiments and histological examination dealing with growth, reproduction (cell division) and dysfunction of coral and its symbiotic zooxanthellae. Considering the importance of coral tissue regeneration as the key output of the present culture method, this served as the baseline product in order to demonstrate the aims of this dissertation.</p> <p>The profound linkages among studies come from the association of the physiological properties of symbioses <i>vis-a-vis</i> growth–reproduction–dysfunction, in which the sustainability of</p>

the relationship of host animal to its co-existing algae were being regulated. The vital findings obtained from researches in this dissertation are as follows (1) tissue fragment of imperforate corals were capable of growing from typical *in vitro* system where distinct modes of tissue regenerations were first observed from controlled environment; (2) the changes in the growth of coral tissues along with densities of *in situ* zooxanthellae cells were evident upon receiving radiations from monochromatic light spectra, as blue light further promote growth whereas ultraviolet-A and far-red rays significantly suppressed their proliferation; (3) the cell division of the *in situ* zooxanthellae was followed by the division of coral cells where the successive invaginations of the symbiont membrane structures pose dynamics to cell shape regulation, while the novel role of coral nucleus in pre-cytokinetic mechanism in host animal was first reported among cnidarians; (4) pathomorphologies such as autophagosomes and electron-dense lysosomes were the plausible causes of the collapse host-zooxanthellae organization in the coral ultrastructure as they induced necrosis and autolytic digestions of the cytoplasm leading to release of various gastrodermal entities.

This dissertation aims to contribute knowledge to further understand the underlying mechanisms towards the persistence of coral-algal symbioses. Our results could be a useful tool to address coral resiliency concern, mainly to provide inputs for future studies *i.e.* mass coral production to restore damaged reef due to unprecedented effect of natural and human perturbations.

論文審査の結果の要旨

造礁サンゴは光合成を行う褐虫藻という単細胞藻類と細胞内共生しており、熱帯から温帯の沿岸生態系における重要な一次生産者として位置づけられる。造礁サンゴと褐虫藻との共生関係には3つの相がある。1つはサンゴ細胞が褐虫藻を獲得する相（共生の成立）であり、2つ目に、サンゴ細胞が褐虫藻と共生しながら、細胞分裂して成長する相（共生の維持）がある。3つ目には、サンゴ細胞が褐虫藻を細胞外へ放出して白化し、しばしば死滅に至る相（共生の破綻）があげられる。申請者は、土佐湾に生育するハナヤサイサンゴ (*Pocillopora damicornis*) を用い、上記の3つの共生関係の相のうち、2つ目の共生の維持と3つ目の共生の破綻に注目し、主に光学および電子顕微鏡を使って微細形態学的な研究を行っている。

学位論文の中心的な新知見の1点目は、人為的に与えた種々の環境ストレスにより、サンゴと褐虫藻との共生関係が破綻し、サンゴ組織の崩壊を誘導する構造変化を明らかにしたことである。この研究内容の一部は以下の日本メンデル協会が刊行する細胞生物学に関する国際誌に投稿され、すでに論文として掲載されている：

Camaya AP, Sekida S, Okuda K (2016) Changes in the ultrastructures of the coral *Pocillopora damicornis* after exposure to high temperature, and ultraviolet and far-red radiation. *Cytologia* 81 (4): 465–470.

中心的な新知見の2点目は、サンゴ細胞内で共生している褐虫藻の細胞分裂と、その細胞分裂によって生じた2つの褐虫藻の娘細胞を、サンゴ細胞の細胞分裂によってサンゴ細胞の娘細胞へ分配する過程を明らかにしたことである。

学位論文は全体が6つの章で組み立てられており、第1章の緒言と第6章の総合考察・結論を除く第2章から第5章が主な研究成果となっている。なお、申請者が参考論文としている学会誌等掲載論文の内容は第5章に記載されている。第1章から第5章のそれぞれの内容は概略以下の通りである。

緒言（第1章）では、研究の背景、造礁サンゴと褐虫藻との共生、研究目的、何をどこまで明らかにするかについて、用いる手法を含めて解説している。

第2章では、サンゴ断片からの再生組織の誘導と培養という題目を立て、野外で採集したサンゴを実験室内で維持し、安定した実験材料として供給するための培養条件の設定、およびその間に誘導される組織再生の2つのタイプの様式について記載している。これら組織再生の条件設定に関連し、引き続いて第3章で、再生組織の成長に及ぼす光の波長効果を調べている。LEDを用いた各種の単色光の中で、470 nmの青色光がサンゴの成長をもっとも促進したという結果を出している。

第4章はサンゴ細胞と褐虫藻との共生が維持される機構に関する研究である。褐虫藻細胞はサンゴ細胞内で共生膜という「袋」に包まれて共生しているが、その「袋」はサンゴ細胞から由来する。申請者は、褐虫藻が細胞分裂するとき、自分のものではないその「袋」も含めてくびれ、二分裂することを初めて明らかにしている。その結果、2つの褐虫藻細胞がそれぞれの共生膜の「袋」に包まれて1つのサンゴ細胞内に存在するようになる。その後、そのサンゴ細胞の核が2つの褐虫藻細胞の間のスペースに移動して核分裂し、続いてサンゴ細胞が分裂することで、分裂した2つのサンゴ細胞のそれぞれへ1つずつ褐虫藻が分配される。このように、申請者は、褐虫藻との共生関係を維持しながら、サンゴが成長する細胞構造上のしくみを明らかにしている。

昨今、サンゴ細胞から褐虫藻が出て行って造礁サンゴが白化する現象が野外で頻発しているが、その原因の1つは海水温の上昇を含む沿岸環境の変化であると考えられている。第5章では、培養中のサンゴに実験的に高温条件、UV-A（長波長の紫外線）および遠赤色光（短波長の赤外

線)による環境ストレスを与え、細胞構造に及ぼす影響を明らかにしている。環境ストレスを受けると、まず胃層のサンゴ細胞中のオートファゴソーム(自食作用を示す細胞小器官)とライソソーム(消化酵素を含む細胞小器官)の数が増加し、その結果、褐虫藻を含まないサンゴ細胞の細胞小器官と細胞質が消化・破壊された。それにより、サンゴ細胞同士の連結が弱まって胃層組織が崩壊し、褐虫藻を含むサンゴ細胞が胃腔へ遊離したという結果を得ている。また、ストレス環境は種別にかかわらず同じ影響をもたらしたことから、サンゴには複数のストレス因子を受容し、褐虫藻を含まない胃層細胞を選択的に消化するメカニズムが存在すると推察している。

本学位論文は、造礁サンゴを含む沿岸生態系を研究の範疇とする黒潮圏科学にも密接に関連する内容を含むと考えられる。