

氏名・(本籍)	め ざき たく ま 目 崎 拓 真
学位の種類	博 士 (理 学)
学位記番号	理博第2465号
学位授与年月日	平成21年3月4日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当
研究科, 専攻	東北大学大学院理学研究科 (博士課程後期3年の課程) 地学専攻
学位論文題目	高緯度海域における造礁サンゴ群集の生態学的研究
論文審査委員	(主査) 准教授 中 森 亨 教授 尾 田 太 良 教授 永 広 昌 之 (学術資源研究公開センター) 教授 海 保 邦 夫, 箕 浦 幸 治

## 論 文 目 次

1章 序論	1
2章 高緯度海域における産卵様式と交配実験に基づく種分類	3
2-1. はじめに	3
2-2. 方法	4
a) 調査域	4
b) 試料	7
c) 野外観察	10
d) 交配実験	11
2-3. 結果	16
a) 野外観察	16
b) 交配実験	20
2-4. 考察	24
a) 産卵時期と時刻	24
b) 交配実験	26
2-5. 結論	28
3章 四国における群集の分布と変化	29
3-1. はじめに	29
3-2. 方法	31
a) 調査地点	31
b) 観察方法	33
c) 種の地理的分布と群集	33
d) 四国における群集の変化	35
3-3. 結果	36

a) 四国各海域での種数	36
3-4. 考察	44
a) 四国における造礁サンゴ相	44
b) 日本における地理的分布と群集	45
c) 四国における地理的分布と群集	51
d) 四国における種構成の変化	54
3-5. 結論	60
<b>4章 奈半利町および田野町における群集の維持機構</b>	61
4-1. はじめに	61
4-2. 方法	64
a) 調査海域	64
b) 野外調査	66
i) 種数	66
ii) 加入速度, 死亡率, 成長速度	66
iii) 種と群体の加入速度	66
iv) 幼生定着実験	66
v) 環境指標	67
4-3. 結果	70
a) 種数	70
b) 加入速度, 死亡率, 成長速度	72
c) 種と群体の加入速度	76
d) 稚サンゴの定着速度	78
e) 環境指標	80
4-4. 考察	88
a) 多様性の維持	88
4-5. 結論	93
<b>5章 総括</b>	94
引用文献	95
付録1. 各海域の調査地点と調査地点のサンゴのリスト	100
付録2. サンゴ図鑑	124

## 論 文 内 容 要 旨

近年, 様々な分野で地球温暖化が深刻な社会問題になっている。造礁サンゴもその影響を受け, 低緯度海域では高水温により造礁サンゴの大規模な白化現象が起り, 世界各地でサンゴ群集が壊滅的な被害を受けている。対照的にサンゴ礁が形成されていないような高緯度海域では, 32°C以上の高水温が継続しなかったため, 白化現象によるサンゴの死滅はなかった。しかしながら, 高緯度海域に生息するサンゴ群集における先行研究はほとんど行われておらず, 近年の水温上昇にともなった生態への影響もほとんど解明

されていない。よって本研究の目的は、高緯度海域における造礁サンゴの分布、モニタリングや産卵を調査し、それに基づいて群集の変化や動態、また高緯度に優占する種の違いを明らかにすることである。そのために、以下の3つの課題について2004年から2008年にかけて、四国沿岸を調査海域として研究を行った。1. 高緯度海域における産卵様式の解明と交配実験に基づく種分類 2. 四国南岸における群集の分布とその変化の解明 3. 高知県奈半利町および田野町における群集維持機構の解明

高緯度海域で群集の研究をするためには、まず種名が的確であるかについて検討する必要がある。しかし、従来の骨格のみに基づく分類方法では、形態変異なのか種による違いなのかについて判断できないため、新たな分類方法を試みる必要がある。本研究では、四国でよくみられる、*Acropora solitaryensis* の卓状と枝卓状の2形態を用いて、産卵様式（産卵時期・時刻・卵塊放出）を調べ、合わせて交配実験によって種分類を試みた。産卵様式は2005年から2008年の6月下旬から8月下旬にかけて、夜間に海中で観察を行い、交配実験については2006年に計3回の実験を行った。観察結果より、卓状と枝卓状の産卵時期は共に7月下旬から8月下旬にかけての新月前後で、産卵時刻は卓状の場合おもに21:20~22:10に、枝卓状の場合おもに21:34~22:19に産卵することが分かった。卵塊の放出方法はどちらも放卵放精でサンゴ個体1個から1個の卵塊を放出することが分かった。交配実験では同形態同士の組み合わせでは卓状57.5%、枝卓状が79%の受精率を示し、他形態同士の組み合わせでは受精率0.2-0.4%の範囲になることが分かった。以上の結果より、2つの形態群は、産卵時期や時刻で別種と判定することはできなかったが、交配実験によって生殖隔離している可能性が強く示唆され、この2群は別種であると結論される。

温暖化に起因したと考えられる生物相の変化が報告されているが、局所的な場所で調査されたものが多く、高緯度で広域的に種レベルについて行われた研究例は少ない。特に、温暖化の影響が危惧されるようになった1998年の白化現象以降一度も調査されていないことは大きな問題である。本研究では、四国南岸の38地点を9海域にわけ、造礁サンゴの分布について調査を行った。その結果、15科4属142種のAnthozoa（花虫綱）と1科1属2種のHydrozoa（ヒドロ虫綱）、合計で16科49属144種が生息していることが判明した。この結果を基にクラスター解析を行い、日本の海域を3つの集団にわけた。四国の海域はJ2集団に属することが明らかになり、そこに分布する群集をAcroporidae/Faviidae 均衡群集と呼んだ。また、四国内の海域をS1, S2, S3 集団に区分し、そこに生息する群集をそれぞれ熱帯・温帯型群集、熱帯種優勢型群集、四国型温帯群集と呼んだ。また、1931年、1993年、2008年に記録された四国の群集を比較した結果、種数は現在に向かって増加し、共通種が拡大していることが判明した。この多様性の増加は水温の上昇、特に冬季の水温上昇との関係することが示唆された。

高緯度海域である四国のサンゴ群集の動態とその群集維持機構を解明するため、高知県奈半利町と田野町にある人工構造物上の造礁サンゴを2003年から2004年にかけてモニタリング調査を行った。本研究の結果、サンゴの加入速度（3.1 群体 / m<sup>2</sup> / year）、死亡率（1.9 群体 / m<sup>2</sup> / year）、定着量（34個体 / m<sup>2</sup> / year）が分かった。また、加入群体と死亡群体の数が最も多かった属は*Acropora* 属で、次にPocilloporidaeが多く、Faviidaeなどの塊状や被覆状のサンゴは加入群体数と死亡率がともに低いことが分かった。以上のことより、高緯度の浅海域で優占群集を形成する重要な*Acropora* 属は、高い加入速度によって支えられており、加入の供給源が絶たれるようなことがあれば、群集は一気に失われる可能性が推測される。そのため、高緯度海域の群集維持を考えるうえで、幼生の供給源が重要であることが示唆された。

## 論文審査の結果の要旨

平成20年12月に論文審査委員会と最終試験委員会に提出された目崎拓真の学位論文「高緯度海域における造礁サンゴ群集の生態学的研究」について厳正な審査を行い、最終的に合格の判定に到達したため、ここにその経緯を報告する。

博士課程在籍期間に高知県南岸域に生息する刺胞動物門造礁サンゴ類の生態学的、生殖学的研究を実施し、修士課程の結果とも合わせて以下の3つの重要な成果が得られた。

### 1. 造礁サンゴ *Acropora solitaryensis* 2形態群の生殖学的、遺伝学的研究

高知県大月町西泊海岸に広く生息し、『*Acropora solitaryensis*』と呼ばれているサンゴには異なった4つの形態が存在することが以前より知られていた。この研究では、その中で多産する2つの形態を『卓状』と『枝卓状』命名し、それらが同種なのか、あるいは別種なのかを検討するために、それぞれの産卵時期、時刻、様式について検討した。その結果、産卵時刻には微妙な差異が存在するが、遺伝的隔離が成立するほどではないことが明らかとなった。また、交配実験の結果、2形態内別個体間の交配実験では高い確率で受精するのに対して、2形態間ではほとんど受精しないことが確認された。これらの観察事実より、この2形態群は別種であることが確認された。

### 2. 地球温暖化に伴う高知県沿岸における造礁サンゴ群集の変化

高知県南部の海岸を9つの海域に分け、ダイビングあるいはシュノーケリングでそこに分布する造礁サンゴ類を種レベルで記録した。その結果、そこには合計で16科49属 144種のサンゴが生息していることが判明した。この値は、1995年に同海域で行われた調査の際に判明した多様性よりも高い。これは、地球温暖化が進行したため、平均海水温が約1.5度上昇し、熱帯海域に固有な種がこの海域にも進入し始めたためと考えられる。この調査資料を基に、海域のクラスタリングを行い、温帯サンゴ群集を定量的に定義した。近年の群集分布の変化パターンも、地球温暖化に伴う群集変化があったことを裏付けている。

### 3. 高知県沿岸における造礁サンゴ群集の多様性維持機構

高知県奈半利町と田野町海岸に1975年から2005年にかけてコンクリート製構造物が連続的に作られた。沖側でより浅くなるその形態は偶然サンゴ礁地形に類似していたが、そこにミドリイシ類を中心としたサンゴが建設当初より付着し始め、現在は熱帯海域と同程度の高被覆率の海域となっている。構造物が作られた年代が判明しているため、この海域は群集の遷移過程を観察する上で最高の海域となっている。最も新しい場所で数年間に渡って同じ群集を観察し、サンゴの定着速度、死亡率、成長速度を見積もった。その結果、温帯海域では定着速度が低く、死亡率も低いことが判明した。また、同じ海域で水平および垂直方向の定着板を用いて幼生の加入、定着速度を測定したところ、これらの値は熱帯海域よりも低いことが判明した。すなわち、温帯域では熱帯域と別の原理で群集が成立している可能性が高いことが明らかとなった。

この研究の特色として、野外調査によって得られた多くの基礎資料に基づいて議論されていることを挙げることができる。また、得られた結果は様々な事象と十分に比較検討され、高度な科学的議論が行われている。最終的に得られた結論も科学的なインパクトがあり、高いレベルに到達したものと判断できる。そのため、研究成果は2008年にアメリカで開催された第11回国際サンゴ礁シンポジウムなどの国際会議の席で発表された。今後、博士論文の内容を国際誌に順次投稿していく予定である。以上より、自立して研究活動を行うに必要な高度の研究能力と学識を有することを示している。したがって、目崎拓真提出の博士論文は、博士（理学）の学位論文として合格と認める。