



# HOKKAIDO UNIVERSITY

|                     |                                                                                                                                                                                  |
|---------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Title               | Patterns and processes of shaping sex allocation in simultaneously hermaphroditic barnacles                                                                                      |
| Author(s)           | 為近（松野），昌美                                                                                                                                                                        |
| Description         | この博士論文の全文は利用可能日以降に公開されます。利用可能日以前の閲覧方法は <a href="https://www.lib.hokudai.ac.jp/dissertations/copy-guides/">https://www.lib.hokudai.ac.jp/dissertations/copy-guides/</a> をご参照ください。 |
| Degree Grantor      | 北海道大学                                                                                                                                                                            |
| Degree Name         | 博士(水産科学)                                                                                                                                                                         |
| Dissertation Number | 甲第16705号                                                                                                                                                                         |
| Issue Date          | 2026-03-25                                                                                                                                                                       |
| DOI                 | <a href="https://doi.org/10.14943/doctoral.k16705">https://doi.org/10.14943/doctoral.k16705</a>                                                                                  |
| Doc URL             | <a href="https://hdl.handle.net/2115/99550">https://hdl.handle.net/2115/99550</a>                                                                                                |
| Type                | doctoral thesis                                                                                                                                                                  |
| File Information    | Tamechika_Masami_summary.pdf, 全文の要約                                                                                                                                              |



# 主論文の要約

博士の専攻分野の名称：博士（水産科学）

氏名：為近（松野） 昌美

## 学 位 論 文 題 目

Patterns and processes of shaping sex allocation in simultaneously hermaphroditic barnacles  
(雌雄同体のフジツボ類における性配分決定要因)

1 個体が雌雄両方の繁殖能力を持つ同時的雌雄同体の生物にとって、雌雄機能へどのように資源を配分するのかという「性配分」は、個体の繁殖成功度を規定する重要な要因である。雌雄同体の生物では、体サイズや配偶相手の数などのさまざまな要因に対して性配分を変化させることが知られている。性配分理論では、雌雄機能への投資とそこから得られる繁殖成功度との関係を定式化することによって、それらの要因が最適な性配分の変化に与える影響を予測してきた。一方で、従来の理論的枠組みは、主に個体の形質や、種内関係のうち配偶相手の数のみを扱うなど、考慮する要因を単純化していたことから、対象とする生態学的現象は限定的であった。そのため、これまで考慮されてこなかった配偶様式の違いや、種間関係などの高次の生態学的要因の影響を理論的に予測することが難しかった。しかし、個体の形態や生活史など、生物のさまざまな形質にこれらの要因が影響を及ぼすことは広く知られている。このことから、これらの要因を性配分理論へ取り込むことは、生物の性や繁殖に関わる多くの現象の理解を深めるうえで不可欠である。

本研究では、底生性の海洋無脊椎動物のいくつかの主要分類群で普遍的にみられる雌雄同体を対象とする。雌雄同体の性配分は繁殖期という限られた期間であっても可塑的に変化するため、性配分を決定する要因とその影響の検証を容易に行える。本研究では、性配分研究のモデル生物であり、その研究の歴史が長いフジツボ類を対象とし、これまで性配分研究の中で見過ごされてきた配偶様式の違いや種間関係が同時的雌雄同体の性配分およびその帰結である繁殖成功度に及ぼす影響を検証した。

第1章では、雌雄同体における性配分研究の歴史を概観し、性配分理論の基本的枠組みと、本研究で対象としたフジツボ類の基礎生態および性配分研究の知見を紹介した。

「潜在的な配偶相手の数」は、その高い予測力から、性配分理論の発展に最も貢献してきた要因である。従来、この要因は雌雄機能で等しいと仮定されてきた。しかし、片側交尾を行う生物では、一度の交尾で雌雄いずれか一方の性役割しか行わないため、雌雄機能間で配偶相手の数が異なる可能性がある。そこで、第2章では片側交尾を行う雌雄同体の

ミネフジツボを対象に、雌雄機能間における配偶相手の数の違いと、それらが性配分に及ぼす影響を検証した。サンプルは、対象種の非繁殖期である5月に、青森県でホタテの殻上に付着した状態で養殖されていた個体を使用した。購入後、ホタテ殻間で交尾が起こらないように各殻の間隔をあけてロープに固定し、本種の繁殖期の直前にあたる9月下旬まで函館市白尻町沖に静置した。採集後は解剖を行い、生殖腺（メス：卵巣、オス：精巣と貯精嚢）と体サイズの乾燥重量、および交接器の長さを記録した。記録した交接器の長さをもとに、雌雄それぞれの配偶相手の数を推定し、雌雄機能それぞれへの繁殖投資量および性配分に対してそれらが与える影響を評価した。その結果、配偶相手の数は雌雄機能それぞれで異なる場合があることがわかった。また、オスとしての配偶相手の数はオス投資の割合を、メスとしての配偶相手の数はメス投資の割合をそれぞれ増加させ、結果として性配分に異なる影響を与えることが明らかになった。

第3章では、種間関係のうち寄生による性配分への影響を岩礁潮間帯の普通種イワフジツボで検証した。イワフジツボは、殻内にフクロムシという寄生虫がつくことが知られている。寄生虫による資源の強奪や、その存在による殻内の空間制限は、宿主の繁殖に利用できる資源量を減少させ、性配分に影響を及ぼす可能性がある。採集は、対象種の繁殖期かつ寄生率の高い5月に和歌山県白浜町の岩礁潮間帯で実施した。採集後は解剖と組織切片の作成を行い、寄生の有無、宿主の生殖腺の体積（メス：卵、オス：精巣と貯精嚢）、体サイズの乾燥重量、および交接器の長さを記録した。結果として、寄生された個体は性配分が通常よりもオスに偏ることがわかり、寄生による性配分の変化を動物で初めて明らかにした。本章で見られた性配分の変化は、資源制限下で一般的に見られる変化と同一である可能性があった。しかし、資源制限によって生じる性配分変化の理論予測とは、オス投資の減少を伴う点で異なることがわかった。本章では、この原因を寄生による交接器の短縮に伴った潜在的な配偶相手の数の減少と関連づけて考察し、種間関係が性配分に特有の影響を与え、その影響の説明には既存理論の改訂が不可欠であることを示した。

オスとしての繁殖成功度は性配分を規定する重要な要因である一方で、子の父親を特定するための手法の開発を要するため、ほとんど評価されてこなかった。そこで第4章では、雌雄同体のイワフジツボを対象に、低コストで効率的に父性判定を行うことが可能なマイクロサテライトマーカーの開発を行った。対象種から抽出したDNAを用いてショットガンライブラリーを構築し、得られた塩基配列データからマイクロサテライト領域を探索した。PCRプライマーが設計できたマーカー候補領域に対し、PCR増幅の有無および多型性とハーディー・ワインベルグ平衡の確認を行った。結果として、11領域については中～高程度の多型性が認められ、マーカーの父性判定への利用性が示された。それらの領域のプライマーについて、1回のPCRで複数の領域を同時に増やすマルチプレックスPCRの可否を検討したところ、11マーカーのうち9マーカーで、その構築に成功した。

本章で低コストかつ効率的な評価手法を確立したことで、オスの繁殖成功度を評価することが可能となった。

第5章では、雌雄同体のイワフジツボを対象に、第4章で開発したマイクロサテライトマーカーによる父性判定を行い、オスとしての繁殖成功度を規定する要因を明らかにすることを目的とした。サンプルの採集は、第3章と同時期かつ同地点で行った。個体の位置関係を写真で記録した後に解剖を行い、個体間の距離、各個体の抱卵と寄生の有無、卵数、交接器の長さ、体サイズの乾燥重量を計測した。軟体部からDNA情報を取得し、抱卵個体の胚に対して父性判定を行うことで、各個体のオスとしての繁殖成功度を評価した。その結果、交接器が長いほどオスとしての繁殖機会が多く、オスとしての繁殖成功度は、配偶相手までの距離が遠い、あるいは寄生により低下することが明らかになった。また、すべての卵塊が複数の父性をもつ乱婚型であり、獲得した繁殖成功度は保有精子量の少ない寄生個体で低かった。このことから、本種における精子間競争は、授精率がオスとして振る舞う個体がメスとして振る舞う個体に送った精子数に応じて決まる「くじ引き型」であることが示唆された。これらの結果は、性配分理論の重要な前提である配偶相手の数と精子間競争の度合いとの間に正の相関が存在することを明確にし、本研究全体における性配分理論を用いた考察の妥当性を裏付けるものであった。

本研究では一貫して、従来の性配分研究において十分に考慮されてこなかった交接器への投資が性配分に影響を及ぼすことを示すとともに、性配分がこれまで想定されてきた以上に配偶様式による潜在的な配偶者の数の違いや寄生といった種間関係などの高次の生態学的要因の影響を受けることを示唆した。第6章の総合討論では、交接器への投資が性配分に影響を及ぼす過程を定式化することで、その影響を理論的枠組みに統合した。また、性配分の決定過程を二段階からなるプロセスとして整理することで、今後の性配分研究においてさまざまな生態学的要因の影響を統一的に評価する枠組みを提案した。これらの成果は、実証研究で得られる結果の解釈の枠組みを明確にし、性配分理論の発展に貢献するとともに、雌雄同体の性配分およびその生活史の理解にも新たな視点を提供するだろう。