

氏名	はた 畑	ひろ 啓	き 生
学位の種類	博士 (人間・環境学)		
学位記番号	人博第231号		
学位授与の日付	平成16年3月23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	人間・環境学研究科環境相関研究専攻		
学位論文題目	Algal farms in coral reefs: intensive management by territorial damselfish and the effects on benthic community (サンゴ礁の中の藻園—なわばり性スズメダイによる集約的管理とそれが藻類・ベントス群集に及ぼす影響—)		
論文調査委員	(主査) 教授 加藤 真	教授 松井 正文	助教授 宮下 英明

論 文 内 容 の 要 旨

岩礁海岸には多様な海藻が繁茂する藻類群落が形成されているが、それらの藻類を食べる藻食者の多くは広食性である。しかし、サンゴ礁に生息する藻食性スズメダイ類の中には、高度に発達したなわばり防衛によって、限られた種の藻類の特異的利用を発達させているものがある。その代表例であるクロソラスズメダイ (*Stegastes nigricans*) は、1種の糸状紅藻ハタケイトグサ (*Polysiphonia* sp.) のみによって優占される特徴的な藻園を維持しており、その寄主特異性は極めて高い。本論文は、このクロソラスズメダイによる藻園管理の実態と、それがなわばり内の藻類・ベントス群集に与える影響を明らかにし、クロソラスズメダイと、その藻園を形成するハタケイトグサとの関係を明らかにすることを目的としている。

本論文は7章からなっている。第一章では、先行研究におけるなわばり性スズメダイ類による藻園管理を概観し、他のスズメダイ類が多種の藻類の混作藻園を持つのに対し、クロソラスズメダイの藻園は1種の藻類によってそのほとんどを覆われている点で例外的であることを指摘した。

第二章では、クロソラスズメダイの藻園の構造を明らかにするために、沖縄県瀬底島のサンゴ礁において、藻園内となわばり外とで藻類群落の構造を比較した。藻園内ではハタケイトグサ単作が一年を通して維持されていた。一方なわばり外では、ウニ類や藻食魚類の強い採食圧にさらされ、採食耐性の高い藻類が、極めて低い現存量で生育していた。また、藻園内に設置したスレートの実験プレート上では、ハタケイトグサの現存量が徐々に増加してゆき、プレート設置後44週目には自然状態の藻園と同様の構造を呈するようになった。

第三章では、ラグーン内の岩礁上に成立する底生有孔虫群集の構造を、クロソラスズメダイの藻園内となわばり外とで比較した。藻園内ではハタケイトグサが芝生状構造を形成しており、その藻体の上や、藻体からめ集めた堆積物中にはさまざまな有孔虫類が生息しており、底生有孔虫の種数と個体数はともに藻園内の方がなわばり外よりも高かった。藻園内に設置した実験プレート上でも、藻類群落の構造に対応した住み込みにより有孔虫群集が形成されていることが確かめられた。これらの結果により、なわばり性スズメダイ類が藻園管理により新たな生息場所を作り出すことで、藻園内の底生有孔虫類の多種共存を可能にしていることが示された。

第四章では、単作藻園を維持するクロソラスズメダイの藻園管理行動を明らかにするために、クロソラスズメダイの行動観察を行なった。その結果、クロソラスズメダイは藻園内だけで採餌しており、しばしば、特定の種の藻類を除藻して藻園外に捨てにゆくことがわかった。除藻の選択性を明らかにするために、除藻される藻類と藻園を形成する藻類の種組成を比較した。また、各種藻類の消化率を調べるためにクロソラスズメダイを採集し、胃に含まれる藻類と、腸および糞に含まれる藻類の種組成を比較した。これらの結果、クロソラスズメダイが消化率の低い藻類を選択的に除藻することが明らかになった。

第五章では、クロソラスズメダイの藻園管理を取り除くと、採食圧がかからない条件下でも、単作の藻園が崩壊するかどうかを検証するために、藻園内にクロソラスズメダイ囲い出しケージを、なわばり外に採食者囲い出しケージを設置し、藻

類遷移を追跡した。クロソラスズメダイを囲い出すと、ハタケイトグサは本来除藻されるべき藻類に被覆され、藻園は崩壊した。採食者囲い出しケージ内には、ハタケイトグサが初期にわずかに出現したが、すぐに他の藻類にとってかわられた。これらの実験により、クロソラスズメダイが除藻を伴う藻園管理により藻類遷移を押しとどめ、パイオニア種のハタケイトグサの単作を維持していることが明らかになった。

第六章では、同所的に生息する同属のホシゾラスズメダイ (*Stegastes obreptus*) と、クロソラスズメダイとで、藻園とその管理行動を比較した。その結果、ホシゾラスズメダイが、除藻を伴わない粗放的な管理により、多種の藻類を含む広い混作藻園を維持しているのと対照的に、クロソラスズメダイは、侵入者の迅速な排除と除藻を伴う集約的な藻園管理により、狭いながらも面積当たりの現存量が高い単作藻園を維持していることが明らかになった。

第七章では、クロソラスズメダイとハタケイトグサとの関係が、ヒトと栽培植物の関係に例えられる栽培共生であるという議論を展開している。クロソラスズメダイは藻園内への侵入者の徹底的な排除と除藻を伴う集約的な管理によりハタケイトグサの単作藻園を維持し、餌をほとんどそれのみに依存していた。一方、藻類間の競争や採食に極めて弱いハタケイトグサは、クロソラスズメダイの藻園内のみで繁茂・繁殖することができる。これらの結果は、クロソラスズメダイとハタケイトグサは、防衛という奉仕と同化産物という報酬を提供しあう栽培共生の関係にあることを示唆している。

論文審査の結果の要旨

サンゴ礁は海の生態系の中で生物多様性が最も高い場所として知られているが、多様な藻食性生物の採食によって、海藻群落の発達は著しく制限されている。しかしサンゴ礁の中には、多くの種のスズメダイ類のなわばりが各所に点在しており、そのなわばり内にはしばしば海藻が繁茂している。これらのスズメダイ類の多くは、なわばりを防衛し、その中に生育する藻類を主食としており、そのような藻類群落は藻園と呼ばれてきた。本学位申請論文は、このようなスズメダイ類の1種、クロソラスズメダイに着目し、その藻園管理の実態と、それがなわばり内の藻類・ベントス群集に与える影響、そしてさらにクロソラスズメダイとその藻園内に生育する藻類との生態学的関係を明らかにしようとしたものである。

本論文は7章からなっており、第一章において、先行研究におけるなわばり性スズメダイ類による藻園管理を概観し、他のスズメダイ類が多種の藻類の混作藻園を持つのに対し、クロソラスズメダイの藻園は1種の藻類によってそのほとんどを覆われている点で例外的であることを指摘した。

第二章では、クロソラスズメダイの藻園の構造を明らかにするために、沖縄県瀬底島のサンゴ礁において、藻園内となわばり外とで藻類群落の構造を比較した。その結果、藻園内では糸状紅藻のハタケイトグサ1種が現存量豊かに繁茂していたのに対し、なわばり外では、強い採食圧のもとで、種数は多いものの現存量の極めて低い藻類群落が形成されていることが明らかになった。また藻園内外に実験プレートを設置してその上の藻類群集を見る実験から、藻園内だけでハタケイトグサ群落形成・維持されることが明らかになった。この結果は、クロソラスズメダイの手厚い藻園管理がハタケイトグサの群落を維持することを可能にしていることを示唆している。

第三章では、ラグーン内の岩礁上に成立する底生有孔虫群集の構造を、クロソラスズメダイの藻園内となわばり外とで比較した。その結果、藻園内ではハタケイトグサの群落が存在することによって、多様でしかも現存量の多い底生有孔虫群集が形成されていることが明らかになった。この結果は、サンゴ礁のラグーン内で、クロソラスズメダイの藻園が占める割合が非常に高いことをあわせ考えれば、クロソラスズメダイの藻園管理がサンゴ礁生態系の底生生物群集にも影響を与えていることを示唆するものである。

第四章では、単作藻園を維持するクロソラスズメダイの藻園管理行動を明らかにするために、クロソラスズメダイの行動観察を行なった。その結果、クロソラスズメダイは藻園内だけで採餌しており、しばしば、特定の種の藻類を除藻して藻園外に捨てにゆくことがわかった。これは魚類が行なう除藻の初めての報告である。また、クロソラスズメダイの胃に含まれる藻類と、腸および糞に含まれる藻類の種組成を比較し、クロソラスズメダイが消化率の低い藻類を選択的に除藻していることを明らかにした。クロソラスズメダイが、なわばりに侵入する採食者を攻撃して撃退するだけでなく、選択的除藻も行なっていることは、この藻園管理が高度に発達したものであることを示唆している。

第五章では、クロソラスズメダイの藻園管理の影響を評価するために、クロソラスズメダイの囲い出し実験を行なった。

その結果、クロソラスズメダイの藻園管理を取り除くと、ハタケイトグサは本来除藻されるべき藻類に被覆され、藻園は崩壊することが明らかになった。この結果は、クロソラスズメダイが藻園管理によって、藻類遷移を押しとどめ、本来はパイオニア種であるハタケイトグサの単作を維持していることを示唆している。第二章から第五章までの内容はすでに海洋生態学の国際的学術誌に4本の論文として公表され、高い評価を得ている。

第六章では、同所的に生息する同属のホシゾラスズメダイとクロソラスズメダイとで、藻園の藻類群集とその管理行動を比較した。その結果、ホシゾラスズメダイが除藻を伴わない粗放的な管理によって広い混作藻園を維持しているのと対照的に、クロソラスズメダイは集約的な藻園管理によって狭いながらも面積当たりの現存量が高い単作藻園を維持していることが明らかになった。この結果は、多くの種を含むズメダイ類の多様な藻園を比較する上で重要な視点を提供している。

第七章では、クロソラスズメダイとハタケイトグサとの関係を共生という視点から考察し、クロソラスズメダイとハタケイトグサは、防衛という奉仕と同化産物という報酬を提供しあう栽培共生の関係にあると結論づけている。ヒトと栽培植物との関係は他に類を見ない極めて発達した栽培共生であり、ヒトに極めて近縁な類人猿においてすら植物の栽培は認められないことを考えると、このサンゴ礁生態系で観察された栽培共生がいかに特異なものが理解できる。

以上、本研究は、長時間の忍耐強い潜水観察と、周到に計画された野外実験によって、藻食性魚類とその餌である藻類との間に栽培共生の関係があることを見出した、重厚で独創性の高い研究であると評価できる。

本申請者が所属する環境相関研究専攻生物環境システム論講座の目的の1つは、生態系の中に無数に存在する生物どうしの共生関係の動態とその進化機構を探究することであり、本研究は、この目的に沿ったものと言える。

よって本論文は博士（人間・環境学）の学位論文として価値あるものと認める。また、平成16年1月14日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。