

氏名・(本籍)	おく だ なつ き 奥 田 夏 樹
学位の種類	博 士 (理 学)
学位記番号	理博第1982号
学位授与年月日	平成15年1月22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)生物学専攻
学位論文題目	西表島におけるアマオブネガイ類の生息場所利用様式に関する研究
論文審査委員	(主査) 教授 西 平 守 孝 教授 菊 地 永 祐 助教授 千 葉 聡

論 文 目 次

第1章 序 論

1.1 背景と本研究の目的	1
1.2 アマオブネガイ類の概要	3
1.3 研究調査地西表島の概要	4

第2章 西表島におけるアマオブネガイ類の生態分布およびassemblage構造

2.1 海岸におけるアマオブネガイ類の生態分布およびassemblage構造	
2.1.1 はじめに	7
2.1.2 材料と方法	8
2.1.3 結 果	9
2.1.4 考 察	16
2.1.5 本節のまとめ	24
2.2 マングローブ湿地におけるアマオブネガイ類の生態分布およびassemblage構造	
2.2.1 はじめに	25
2.2.2 材料と方法	25
2.2.3 結 果	28
2.2.4 考 察	31
2.2.5 本節のまとめ	35
2.3 河川におけるアマオブネガイ類の生態分布およびassemblage構造	
2.3.1 はじめに	36
2.3.2 材料と方法	36
2.3.3 結 果	40
2.3.4 考 察	42
2.3.5 本節のまとめ	47

第3章 アマオブネガイ類の基盤付着力	
3.1 はじめに	81
3.2 材料と方法	81
3.3 結果	83
3.4 考察	85
3.5 本章のまとめ	89
第4章 異なる湿度条件下におけるアマオブネガイ類の干出耐性	
4.1 はじめに	110
4.2 材料と方法	110
4.3 結果	112
4.4 考察	116
4.5 本章のまとめ	120
第5章 総合討論	
5.1 アマオブネガイ類の生息場所の多様性	147
5.2 今後の課題	152
謝辞	155
参考文献	156
Plates	165
図一覧	176
表一覧	178
Plate一覧	180

論文内容要旨

第1章 序論

アマオブネガイ類（腹足綱：原始腹足目：アマオブネガイ科）は熱帯～暖温帯に汎世界的に分布する微小藻類食のグレーザーで、日本では8属50種が報告されている。大部分の種の貝殻は球状であるが、*Septaria*属の種はカサガイ状である。雌雄異体で、1～1,500卵を含む卵塊を産む。*Nerita japonica*は直達発生するが、他の種では浮游幼生（veliger）期がみられ、河川性の種は両側回遊性である。アマオブネガイ類の生息環境は、海岸域（岩礁～干潟の亜潮間帯上縁部～飛沫帯）からマングローブ湿地、河川（感潮域～淡水域上流）におよび、生息場所を著しく分化させている。そのため、異なる環境への多様な適応様式が期待される。しかし、このような多様な生息場所利用の実態と、それぞれの生息場所の環境特性に対して個々の種が示す適応的形質の包括的研究はこれまで充分になされていなかった。

本研究では、まず各種の生態分布を把握し、assemblage構造を明らかにすることによって生息場所の分割利用様式を解明する（第2章）。生息場所の水流の強さの相違に伴って、基盤への付着力が種間で異なることが期待される。多くの種が潮間帯や飛沫帯に生息し、海岸およびマングローブ湿地に生息する種では干出時に、河川性の種では主として回遊行動に伴う移動時に空気中に露出すると考えられるが、干出耐性も生息場所の異なる種間で異なることが期待される。そこで基盤への付着力（第3章）および空気中への干出耐性（第4章）を生息場所が異なる種間で比較し、アマオブネガイ類の多種共存機構について議論する。

野外調査は琉球列島の西表島(24°20'N, 123°50'E)で行なった。西表島には日本産アマオブネガイ類の大部分が分布し、人為的改変も少ないため研究場所に適しているといえる。

第2章 西表島におけるアマオブネガイ類の生態分布およびAssemblage構造

アマオブネガイ類の分布に強く影響する環境要因は生息地域によって異なると思われるため、海岸、マングローブ湿地および河川域において多様な環境で生態分布調査を行なった。Assemblage構造については2種類の多変量解析(TWINSPANおよびCCA)を行なった。海岸域では、波浪に対する開放度が異なる14地点、亜潮間帯上縁部～飛沫帯にかけて行なった定量調査で18種、他に4種の生息が確認された。多変量解析の結果は、潮位が最も強く分布に影響していることを示した。*Ritena*亜属(*Nerita plicata*, *N. helicoides*, *N. striata*, *N. striata* ssp. 2, *N. costata*, および *N. undulata*)はMHW(平均高潮位, 181.7 cm)周辺の高潮位に特徴的で、一方、*Theliostyla*亜属(*N. squamulata*および*N. albicilla*)、*Puperita*亜属(*N. bensoni*)、*Neritina crepidularia*および*Clithon*属(*Clithon corona*, *C. faba*, *C. oualaniensis*および*C. chlorostoma*)は、MSL(平均海面, 100 cm)周辺で高頻度に出現した。これら2つの種群の潮位分布には重複が少なく、140 cm付近に境界線が存在した。波浪に対する開放度および塩分も分布に影響しており、それらの効果は潮位の影響とは独立であった。底質も重要な環境要因で、他の3要因と中程度の相関がみられた。

西表島北部海岸に開口する由珍(ユチン)川河口域のマングローブ湿地で、隣接する海岸、マングローブ湿地内および由珍川の支流に設けた8地点で行なった定量調査で14種、他に2種が確認された。*Neritina turrita* および *Ne. violacea* は特に広い範囲に高密度で出現した。これら2種はマングローブ湿地内で同所的に出現したが、*Ne. turrita* は小流に、*Ne. violacea* は水溜まりにと、異なる水環境に選好性を示した。また上記2種と*Nerita squamulata* および *Clithon faba* は成長に伴うHabitat shiftを示した。さらに、マングローブ湿地では塩分および干出時の水環境が各種の分布に特に強く影響していることが示唆された。

河川域における生態分布調査は由珍川で行なった。流程に偏りがないように8地点を設けて行なった定量調査で9種、他に6種が確認された。種特異的な流程分布がみられ、感潮域に*Neritina violacea*、下流域に*Ne. pulligera*、*Ne. sp. 1*、*Neritilia rubida* および *Clithon corona*、中流域に*C. retropectus*、*Septaria porcellana* および *S. cumingiana*、上流域には*Ne. sp. 2*が高頻度に出現した。*Ne. violacea* および *Ne. sp. 1*以外の種では、上流の調査地点ほど体サイズが大きい傾向があり、両側回遊性との関連が示唆された。生息場所選好性は、*S. cumingiana*(流速が速い生息場所)、*Ne. pulligera*および*Ni. rubida*(水深が深い生息場所)の3種で示唆されたが、他の種では不明瞭であった。

上記3地域におけるアマオブネガイ類の生息場所分割の程度は調査地域間で異なり、海岸性のアマオブネガイ類で最も顕著であった。それは、海岸では波浪に対する開放度および塩分などが地点間で大きく変動し、潮汐が強く生物の分布に影響するためであると考えられた。マングローブ湿地は遮蔽的な汽水域に出現する海岸環境で平坦なプロファイルを持つため、生息場所分割の程度が小さいとも推測されたが、マングローブ林内では海側林縁からの距離や微地形によって、塩分や底質の水分保持力などが異なる多様な環境があり、実際には他の海岸と同程度かそれ以上の種が出現していた。河川では、流速、水深および底質が異なる多様な環境が認識されたが、明瞭な生息場所選好性を示す種は少なく、一方、流程分布に種特異性がみられた。これらの分布特性から、両側回遊性に伴う遡上行動時に適当な流程に至る過程で、常に特定の環境を通過することは恐らく不可能であるため、河川性の種では特定の生息場所選好性は進化しにくかったと考えられた。

第3章 アマオブネガイ類の基盤付着力

基盤付着力を測定した22種の付着基盤には、西表島の大部分を占める砂岩に肌理や吸水性に近いセラミック板を用いたが、5種はセラミック板への付着を忌避したためガラス板を用い、2種については両基盤を用いた。上部潮間帯～飛沫帯に生息する種では、飛沫帯に出現する*Nerita helicoides*および*N.*

*insculpta*の付着力は、低い潮位に出現する*N. plicata*, *N. incerta*および*N. ocellata*よりも小さい傾向があった。下部潮間帯～中部潮間帯に生息する種間では、生息場所に対応した付着力の差違は不明瞭で、採餌および捕食回避などの行動様式との関連が示唆された。マングローブ湿地性の種では、波浪の影響を受ける河口の海岸域でも高頻度で出現する*N. undulata*の付着力が、マングローブ湿地に限定された*N. planospira*および*Ne. turrita*の付着力より大きい傾向がみられた。河川性の種では、生息場所で受ける水流の強さと付着力の間に強い関連がみられ、特にカサガイ状の貝殻形態を持ち、最も水流の強い環境に生息する*Septaria porcellana*および*S. cumingiana*は、全調査種中最大の付着力を示した。一方、水流の弱い環境に生息する*Ne. pulligera*および*Ne. variegata*は河川性種中、最小の付着力を示した。

第4章 異なる湿度条件下におけるアマオブネガイ類の干出耐性

出現潮位が異なる海岸性8種 (*N. insculpta*, *N. helicoides*, *N. plicata*, *N. striata* ssp. 1, *N. rumphii*, *N. albicilla*, *N. squamulata*および*C. faba*)、マングローブ湿地性1種 (*Ne. turrita*) および河川性1種 (*C. corona*)を対象として、異なる湿度条件(相対湿度0, 40および100%)下で生存率、最長生存期間および生存個体の湿重量減少率をサイズクラスごとに測定し、各種の干出耐性を評価した。全ての種で湿度の低下およびサイズクラスの減少に伴う生存率および実験終了時の湿重/実験開始時の湿重値の減少傾向が認められた。種間比較からは、海岸性の8種間で、高い潮位に高頻度で出現種ほど強い干出耐性を持つ傾向がみられ、干出耐性は乾燥ストレスに対する適応的な生理的形質であることが示唆された。下部潮間帯に典型的に出現する*N. albicilla*, *N. squamulata*および*C. faba*の3種間では、広塩性種である*N. squamulata*の干出耐性が最も強かった。また、低塩分域に生息する狭塩性種である*C. faba*に比較して、高塩分域に生息する狭塩性種である*N. albicilla*の干出耐性が強く、この関係は低塩分域に生息する*C. faba*では乾燥ストレスに加えて浸透圧調節のためのコストが*N. albicilla*と比べ多くかかることによって生じたと推測された。

*Ne. turrita*が上部潮間帯性のアマオブネガイ類に次いで大きな干出耐性を持つことは、マングローブ湿地では単位時間当たりの乾燥ストレスは海岸域よりも弱いものの、生息場所が長期間干出することによる累積乾燥ストレスは大きいと推測されることと関連があると思われる。河川性の*C. corona*の干出耐性は、下部潮間帯性の*C. faba*および*N. albicilla*に次いで小さかったが、河川環境での干出頻度の低さや高い移動力により干出を回避していると考えられた。

以上のように干出耐性は種間で大きく異なり、その相違は各種が典型的な生息場所でさらされる干出ストレスの違いと強く関連している傾向が明らかになった。

第5章 総合討論

本研究により、西表島という限定された地域にみられる多様な生息場所における各種の出現パターンから、島におけるアマオブネガイ類の生息場所利用と多種共存の実態を明らかにすることができた。生息場所利用における著しい放散は、異なる環境に出現する種の生理、形態および行動などの差異を伴う多様な様式で起こっており、それぞれの生息場所にたくみに適応していることが示唆され、付着力および露出耐性を調べることによって、その一端をうかがい知ることができた。アマオブネガイ類の生態分布は系統進化に伴い海岸域から淡水域に拡大したと考えられており、塩分耐性パターンの解明も多種共存機構の発達を論じる上で重要であるが、本研究で触れることはできなかった。また、堅牢な貝殻、餌をめぐる競争圧を受けにくいことおよび浮游幼生期の保持なども、種分化に伴う生息場所の拡大を説明しうる重要な要因と考えられた。本研究の成果は、系統分類学的研究の結果と総合することによって、アマオブネガイ類の種分化に伴う形質の進化パターンの解明において有効な示唆を与えることが期待できる。

論文審査の結果の要旨

アマオブネガイ類は熱帯～暖温帯に広く分布する微小藻類食の巻貝で、日本では8属51種が報告されている。これらは海岸域から河川に出現し、生息場所利用を著しく分化させているため、異なる環境への多様な適応様式が期待されるが、種の生息場所利用の実態と生息場所の環境特性に個々の種が示す適応的形質の包括的研究は、これまで充分いはなされていなかった。

この論文は、沖縄県西表島の海岸域、マングローブ湿地および河川における広範かつ詳細な定量調査に基づいて、アマオブネガイ類の生態分布とassemblage構造を明らかにし、実験によって生息基盤への付着力および干出耐性を評価して、これらの形質と生息場所との関連について議論し、生息場所分割を明らかにした。海岸域で見られた23種の分布に対して、潮位、塩分、波浪への開放度および底質の粒度の順で影響が強いことを明らかにし、マングローブ湿地および周辺域で見られた16種の生態分布に強い影響を与える要因として塩分および干出時の水環境を検出した。河川域では15種が確認され、成員の流程分布は種間で異なること、各種の流程分布に影響する要因として塩分および河川の傾度の重要性を示唆した。いずれの種も上流に向かって体サイズが大きくなる傾向がみられ、*Septaria cumingiana*および*Neritina pulligera*など数種は、流程内の特定の生息場所で高頻度になる傾向がみられた。さらに、海岸性種およびマングローブ湿地性種では、生息場所が受ける波浪の影響の大きさと基盤への付着力の間に関連が認められた。河川性種は付着力の種間差が最も大きく、強い水流にさらされる生息場所に典型的に出現する種ほど、大きな付着力を示す傾向がみられた。干出耐性については、海岸性の種間で生息場所が被る乾燥のストレスに対応した相違がみられた。また、マングローブ湿地性の*Neritina turrata*は海岸性種で干出耐性が最も大きな種に次ぐ耐性を示し、河川性の*Clithon corona*は比較した種のなかで最も干出耐性が小さな部類に属していた。

この研究は、アマオブネガイ類の生息場所利用の著しい放散が、生理、形態および行動などの種間差を伴う多様な様式で起こっており、各種がそれぞれの生息場所に巧みに適応して島が提供する多様な環境に生息場所を分化させ、多種共存していることを示した。

これらの研究成果は、本人が自立して研究活動を行なうに必要な高度の研究能力と学識を有していることを示している。したがって、奥田夏樹提出の論文は、博士（理学）の学位論文として合格と認める。