

環太平洋熱帯・亜熱帯沿岸系における種共存と環境多様性保全 に関する国際総合研究

An international integrative study on species coexistence and biodiversity conservation in coastal marine environments of the tropical/subtropical Pacific

渡慶次 睦範

Mutsunori TOKESHI

九州大学大学院理学研究院
Faculty of Sciences, Kyushu University

Shallow marine environments in tropical-subtropical regions have been increasingly threatened by various forms of socioeconomic pressures and large-scale environmental disturbances such as global warming and El Niño Southern Oscillation. As an attempt to gather the basic ecological information on coastal marine ecosystems of the tropical/subtropical Pacific, an international research programme has been carried out since 1999 with the support of the Nissan Science Foundation. The biological information gathered to date includes data on the abundances and distributions of stony and soft corals, reef-associated sponges and echinoderms, reef fishes, mangrove plants and associated insects, and sessile and mobile invertebrates of rocky shores. Research in Sulawesi, Indonesia, revealed that shallow water ecosystems encompassing coral reefs and mangrove systems harbour a high biodiversity of reef-forming and reef-associated organisms which are considered vulnerable to anthropogenic and environmental disturbances. In particular, reef front-back reef areas are heavily used by associated fish species. While taxonomy remains problematic, particularly with coral species, the data show patchy, mosaic distributions of different species of scleractinian corals and gorgonian octocorals. Preliminary time-series data on the coastal ecosystems of eastern Pacific (western coasts of South America) revealed variable influences of El Niño events on different members of rocky shore assemblages. Based on the experiences of this project, possibilities of future avenues of research are considered and needs for more ecological information are emphasised.

1. 研究目的

本研究は、地球規模の環境変動下にある太平洋熱帯・亜熱帯沿岸系における多種共存系の現状を把握し、生物および環境の多様性を保護維持するための基本的なデータ収集とその解析、資料作りを行うことを目的として行われた。

広い意味での沿岸生態系は陸域と水域のはざまとしてきわめてバラエティーに富んだ環境構造を形作っており、多様な生物相が存在する場である。それと同時に沿岸生態系には人間による様々な圧力が集中しがちで、特に破壊ないし悪影響を受けやすい環境であると言える。本研究ではこのような生物生産機構と人間活動の利害が錯綜する場としての沿岸生態系を、人類が存続するための基本的な環境条件とその損失状況を示唆する重要なメルクマールとして捉える。そこで、特に近年エルニーニョから大規模な環境変動の影響を受けている太平洋東部熱帯亜熱

帯域(主としてペルー沿岸)と西部熱帯亜熱帯域(インドネシアから南西諸島)の沿岸生態系を対象としてベースラインとしての環境・生物ハビタット多様性評価を行い、環太平洋熱帯・亜熱帯の沿岸生態系を保護するための基盤作りを行った。エルニーニョの起点と終点である太平洋東部と西部の熱帯・亜熱帯沿岸系の多種系に焦点を当てて地理生態学的に多様性比較を試みた研究は、これまでに例がなく、学問的に意義が大きい。また環太平洋生態系は未だに環境査定はおろか分類群リストも不完全な場合が多く、早急な対応が強く望まれているとの観点から本研究を実施した。

2. 研究経過

2.1 野外調査の概要

環太平洋熱帯亜熱帯沿岸生態系の動態に関するデータを得るため、太平洋西岸の天草下島・屋久島

およびインドネシア・スラウェジ島、太平洋東岸の南米ペルー沿岸にて調査を行った。このうち、日産科学振興財団からの研究助成金は主としてインドネシアにおける調査費用として使った他、南米における調査の一部および天草と屋久島からのデータ整理等に使用した。比較的限られた調査時間を有効に使うためにスラウェジおよび南米の調査では現地アシスタント(生態学・海洋生物学専攻の学生および若手研究者)の協力を得て、インテンシブなデータ収集を行った。

2.2 スラウェジ調査の概要

マングローブの発達したリクバンおよびブナケン地域において2-3箇所の調査区を設定し、景観およびハビタットの物理的特質・変異性を記録するとともに、マングローブ林の分布調査を行った。またマングローブに依存する動物群集(節足動物)の定性サンプリングを行った。特に、マングローブ帯における動物-植物関係を見るためライトトラップによる昆虫類の採集を行った。また、マングローブ帯の底泥に依存する貝類の個体群に関するデータを得た。

サンゴ礁の発達形状に照らし合わせ、リーフエッジから陸に向かう20-50mのトランゼクトをのべ50本ほど設け、ダイビングによる調査を行った。また、これと平行して、連続したパッチの分布形状を捉えるために1×1mの隣接コードラートを使った調査とランダムコードラートによる調査を実施した。コードラート調査ではマイクロハビタットの物理的特質とその変異性を記載し、底生生物のうちとくにサンゴ等固着性生物に着目し、空間利用度としての被度測定を行った。リーフ壁を中心にカイメン類およびウミシダ類の映像データを得た。さらに、サンゴ礁性魚類群集の詳細な観察を行い定量的なデータを得た。

2.3 南米調査の概要

研究代表者および共同研究者であるペルー国立サンマルコス大のロメロ氏を中心として、ペルー中部太平洋岸の沿岸生態系の調査を1999年から2001年にかけて行った。これは主として温度変化らの影響を受けやすいと考えられる岩礁群集構成種の分布およびアバンダンスについてのデータを得ることを目標とした。またロメロ氏はバラカスおよびアンコン地域の継続調査を担当した。南半球の夏である2000年1月-2月と2000年12月-2001年1月には研究代表者を中心として集中的な調査をおこなった。また、2000年2月-3月と2001年2月-3月にはロメロ氏が九大天草臨海実験所に滞在し、研究代表者と共に過去の研究からのデータ抽出と解析の作業を行った。

2.4 屋久島・天草調査の概要

サンゴ礁群集および転石潮間帯群集に関する調査を行った。屋久島の調査ではスラウェジとの比較を

行うためにサンゴ礁魚類群集をも含めた。また、屋久島・天草の両者で転石潮間帯群集を対象としてコードラートサンプリングを行った。

3. 研究成果

本研究の成果は多岐に亘るため、ここでは項目毎に概要を記すに留める。

3.1 西部太平洋熱帯・亜熱帯

マングローブ系データ

スラウェジでは生育環境の違いに応じてマングローブの組成が異なる状況が見られたが、ブナケン島で集中的な観察を行ったほか、本島北部のリクバン域でも一部のデータを得ることができた。ブナケンでは *Sonneratia alba* が卓越するマングローブ林が潮間帯前縁部に広がり(図1)、その中にときおり *Rhizophora apiculata* がパッチを形成していた。



図1. 潮間帯前縁部の *Sonneratia alba* 林

1000-2500m²の区画内で、*Sonneratia* を中心とする詳細な分布マップを作成し、隣木間距離のデータを得た。また、昆虫による *Sonneratia* の果実の利用状況を調べるため、木毎に果実を採集した。その結果、蛾およびハチ類の一種がかなり普通に果実に寄生していることが明らかになった。マングローブ林内でのライトトラップによる昆虫類の収集は、*Sonneratia* に共生すると見られる樹上棲アリのコントロールが難しく、サンプリングが困難を極めたが、2箇所で3時間毎のデータを得ることができた。傾向としては日没後の時間帯(18時-21時)に個体数が多く、0時以後は減少した。予想に反して種類数はそれほど少なくないようであり、現在形態種として分類作業を進めている。

サンゴ礁系環境・群集データ

ブナケンではマングローブ帯の外縁に海草藻場が広がり、その沖のサンゴ帯へと連続的に続く場所と、水深20m強の礁湖をはさんでリーフフラットに至る場所とが隣接していた。リーフフラットの陸寄り(バ

ツグリーフ)ではサンゴの被度が低く種類も限られていたが、リーフフロントでは *Favites* 属および *Favia* 属の種数が多くなる傾向があった。特にリーフエッジ近辺では狭い範囲内で複数種が共存している状況が普通であった。群集の組成としては、*Acropora* などの樹枝状あるいはテーブル状の種類はそれほど優勢ではなく、サイズの比較的小さい塊状サンゴ種がモザイク状のPATCHを形成しており、ローカルなスケールにおいて、イシサンゴ同士あるいはイシサンゴとソフトコラル類とで空間競争が多く見られた(図2)。



図2. サンゴ間の空間競争

サンゴの加入実験では、幼コロニー加入量が親コロニー現存量と相関を示す傾向が托卵種群で顕著に見られ、放卵種群と対照をなしていた。分類が困難であるため種レベルでの解析は今後の課題であるが、*Porites lutea* などの優先種のコロニーサイズ組成およびリーフフラットでの分布パターンの解析は十分可能である。コロニーごとに写真データを集めたので、今後分類作業を進めることによってデータベースとしての整理を行う。2001年に懸念された白化現象は見られなかったが、礁原上のサンゴは一部の場所で死亡群体が目立った。また、同年初めて、オニヒトデによるサンゴの捕食が観察されたが、その被害は大きくなかった。

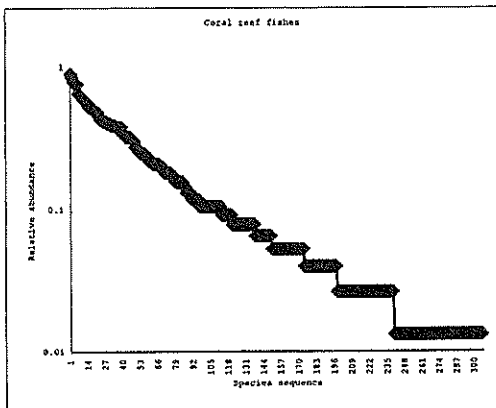


図3. サンゴ礁魚類群集の種個体数関係

サンゴ類に加え、サンゴ礁に依存する群集としての魚類群集に関して定量データが得られた。まだ全種を網羅しているとは言えないまでも、既に総数300種以上が記録され、同じ調査を実施した亜熱帯域の屋久島(約160種)をはるかに上回っており、多様性の高い群集によく見られるフラットなアバンダンスカーブが得られた(図3)。

転石海岸系データ

屋久島および天草下島の転石潮間帯では貝類の優占するベントス群集が見られた。しかしながら両者で群集組成は大きく異なり、屋久島では *Nerita* 属が他の種群に比し数量的に圧倒的に優位に立っていたのに対し、天草では特定種が優位に立つ傾向は弱く、多様性の高い平衡的な群集構造が見られた。これについては群集構成種の形態生物学的な解析を行い、特に殻の比較形態上の種間変異性に関し興味深い結果が得られた(図4)。さらにスラウエジの転石潮間帯では種数がより少ない傾向があったが、その反面マングローブの潮間帯に *Nerita* 属を含めた貝類が多く見られ、沿岸環境の空間スケールを考慮した上での比較を行う必要が示唆された。

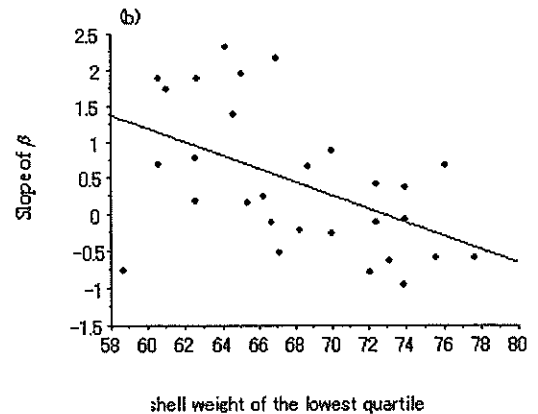


図4. 貝類群集における殻重比の種間変異性解析

多様性保全の観点から見て、各調査地に共通な生活廃棄物による汚染は無視できない問題である。ブナケンなどのマリンパーク指定水域でもプラスチックからのゴミが水中に多く漂い、視界の悪い日がかかりあった。また、天草など亜熱帯域でも潮流の関係でプラスチックごみが沿岸域に集まる傾向があり、環境保全の観点から何らかの対応が必要と考えられる。

3.2 東部太平洋熱帯・亜熱帯岩礁系群集データ

東部太平洋熱帯・亜熱帯岩礁系では寒流であるペルー海流(フンボルト海流)に依存した群集がエルニーニョの挙動と最も関係が深いと考えられたが、データはより複雑な様相を呈した。

まず、岩礁群集系の主要な上位捕食者である 2

種のヒトデにつき、個体群変動に関する基本的なデータをとりまとめ、探索的な初期解析 (exploratory analysis) をおこなった。2種によって年変動および季節変動のパターンが違っていることが明らかにされた。特に *Heliaster helianthus* のほうはエルニーニョの年を含めて 10 年にわたり密度の減少傾向を示していることがわかった。これに対し、*Stichaster striatus* は増加傾向を示しており、秋から冬にかけて季節的なピークがおこることが確認された。

空間占有者としての二枚貝類(イガイ類)は、捕食者であるヒトデ類とは異なった変動パターンを示すことがデータの一部から視えた。イガイ類の被度の増加は、ある程度エルニーニョ現象と関連していることが示唆された。さらにイガイ層をハビタットとする多毛類群集に関する解析をおこなった。

ペルー中部地方の水温に関する長期データをアメリカ海洋大気局より入手し、海洋動物の動態解析に組み込むためのデータを作成した。また、*G. grapsus* の個体群動態および捕食生態に関する知見を得たほか、西部太平洋熱帯との比較のためペルー北部沿岸域の *Rhizophora mangle* (図5)を中心とするマングローブ帯の定性的データを得た。



図5. *Rhizophora mangle*

4. 今後の課題と発展

環太平洋沿岸系、特に南米西岸とインドネシア諸島は今もなおエルニーニョ・ラニーニャ現象の影響を受けており、系の時間的動態(インパクトからの時間的ずれ、回復過程およびストカスティックな揺れ)を考慮に入れてその多様性パターンを評価する必要がある。そのため継続的な調査が重要であり、本研究もこれを足がかりとして発展させる方針である。

本研究の応用面で一つ重要なのは、水産業との関連においてであるが、これに関しては科学研究費補助金による新たな研究が本年度(H14)より実施される予定である。これにより、群集生態学的な情報と

環太平洋熱帯におけるローカルな水産活動の関連性を検討することができると期待している。

また、今回の研究成果の活用として計画しているのが太平洋熱帯性多種系群集の景観および各構成種に関する生態映像資料である。熱帯研究を困難にしている一大要因は写真などの映像資料の欠如であり、動植物種の同定を容易にするためには高品質の写真資料を多数整えることが肝要である。これはまた熱帯・亜熱帯研究自体の啓蒙という意味でも非常に重要である。たとえば、サンゴ類のデータと共にインドネシア熱帯沿岸系でこれまで研究例の非常に少ないカイメン類およびウミシダ類に関しての相当数の貴重な映像データが得られた(図6)ことは、今後の調査にきわめて有効であろうと思われる。したがって本研究の将来的展開の一つとして、啓蒙的な目的を兼ねた写真資料文献の作成を検討している。

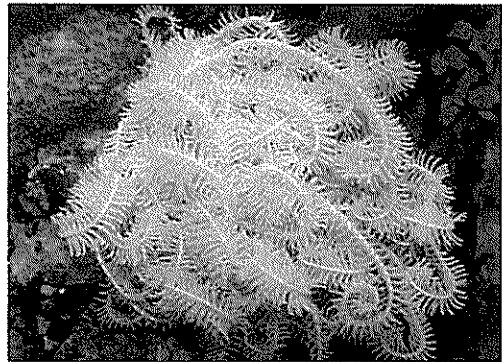


図6. 熱帯浅海性ウミシダの一種

系の大空間的問題は3年程度で分かり尽くすということはありません、さらに研究を発展・継続させる必要がある。多数種系を扱うにあたって特に懸念の事項は、その「安定性」である。しかしながら、安定性を評価するためには基本データとして長期データを取る以外に手段がない。熱帯/亜熱帯系ではその点温帯系研究との差が大きく、系に負荷が加わった場合に信頼性のある予測が立てられない状況にある。これらを鑑みると本研究のうちでも基本的なデータ収集は10年を目処に継続されるべきであり、今後最低7年は科学研究費補助金による援助を中心として研究調査を行う予定である。

5. 発表論文リスト

Tokeshi, M., Ota, N. & Kawai, T. (2000). A comparative study of morphometry in shell-bearing mollusks. *Journal of Zoology*, 251,31-38.

Tokeshi, M. & Romero, L. (2000). Spatial distribution and overlap in a polychaete assemblage on a subtropical rocky shore. *PSZN Marine Ecology*, 21, 247-261.