

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年 4月 15日現在

機関番号：17102

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2009～2012

課題番号：21770026

研究課題名（和文）群集形成を左右する要因のランダム性と非ランダム性

研究課題名（英文）Randomness and non-randomness in the community organization

研究代表者

新垣 誠司（ARAKAKI SEIJI）

九州大学・大学院理学研究院・助教

研究者番号：10452963

研究成果の概要（和文）：タイドプール魚類をはじめとする潮間帯生物の群集形成を観測するため、潮間帯環境を再現したメソコズム実験水槽を構築した。単独個体から3種系までを実験的に操作し、各階層における個体間相互作用と底質環境の影響を明らかにした。いずれの階層においても直接的な排他的行動は稀であったが、種の組合せによって成長量に正負の影響が見られた。また、群集動態調査をもとに魚類群集の種数などにみられる緯度勾配と群集構造の変化を明らかにした。

研究成果の概要（英文）：Mesocosm aquaria which imitate a set of natural tidepools were established to observe the community organization of tidepool fishes. Several biotic interactions were recognised in both intra- and hetero-specific mixtures under different substrate conditions. There were positive and negative effects on fish growth depending on the species combination, although direct agonistic behaviour was rarely observed. A large-scale survey from southwestern Japan revealed latitudinal gradients in taxonomic richness and regional variation in community structure.

交付決定額

（金額単位：円）

| | 直接経費 | 間接経費 | 合計 |
|--------|-----------|-----------|-----------|
| 2009年度 | 2,300,000 | 690,000 | 2,990,000 |
| 2010年度 | 500,000 | 150,000 | 650,000 |
| 2011年度 | 500,000 | 150,000 | 650,000 |
| 2012年度 | 500,000 | 150,000 | 650,000 |
| 年度 | | | |
| 総計 | 3,800,000 | 1,140,000 | 4,940,000 |

研究分野：生物学

科研費の分科・細目：基礎生物学、生態・環境

キーワード：群集生態、メソコズム実験、個体間相互作用、帰無モデル解析

1. 研究開始当初の背景

近年、複雑系の科学の中でランダム性と規則性の間に見られるスモールワールド(Watts & Strogatz 1998)が注目されている。中間層で構造化と効率化が両立するこの現象は、生物群集（様々な関係をもとにした複雑系の典型）にも働いていると想像される。これにもとづいて種の結びつき（群集構造）

を考えると、群集形成を左右する要因のランダム性や非ランダム性を扱う視点の重要性が見えてくる。

これまでの群集研究でも、ランダム性の強い群集(Caswell 1976, Sale 1977, Hubbell 2001)、非ランダム性の強い群集(Connell 1961, Paine 1966, Diamond 1975)が指摘されてきた。しかし、種間関係や環境条件など、

群集形成の過程で作用する要因のランダム性と非ランダム性およびシステム全体のマクロな反応について、実験をもとに厳密な検討をした研究はこれまでになかった。

また、群集理論に関する実験検証アプローチとしてはマイクロゾウム実験系(Lawler & Morin 1993, Fukami & Morin 2003 など)が、群集形成則の解析アプローチとしては野外データをもとにした帰無モデル解析(Gotelli & Graves 1996)が用いられてきた。

こうした背景のもと、申請者は、野外に人工タイドプールを設置したメソゾウム実験系と帰無モデル解析によって、ハゼ科3種系の空間利用にみられる種間相互作用と種内の個体間相互作用を検出し、メソゾウム実験系と帰無モデル解析の併用が強力なツールとなることを確認した。

そこで、これら野外実験系を室内実験系にすることで規模と操作性を改良し、群集形成過程に影響を与える要因の確定性(非ランダム性)や要因間の相互作用でダイナミックに変化する状況の詳細をとらえた研究が、システムの理解に必要だと考え、本研究の着想に至った。

2. 研究の目的

群集構造の形成・決定メカニズムの包括的な検討のため、(1) 群集理論の実験検証アプローチとしてタイドプール魚類群集をモデルとしたメソゾウム実験系を採用し、(2) 群集形成を左右する要因として空間資源利用を巡る個体間相互作用と環境条件に着目、(3) 要因のランダム性と非ランダム性について個体から群集まで様々なレベルで厳密な検証をおこなう。

また、広域の群集動態調査をもとに地域スケールでの群集構造の変化を明らかにし、それらをメソゾウム実験・帰無モデル解析の結果と組み合わせることで、群集形成則の一般性について考察する。

3. 研究の方法

群集形成への影響が示されている個体間相互作用(生物要因)と環境条件(環境要因)に着目し、両要因をコントロールした“メソゾウム実験”を実施した。そして、“実験データにもとづいた帰無モデル解析”によって群集形成に対する要因個々の影響と組み合わせた時の影響(要因間の相互作用)をそれぞれ検討した。また、“群集動態調査”をもとに「自然の群集パターン」と一連の実験から導き出される「予測群集パターン」を比較し、群集形成機構の一般性(共通性)について検討した。

実験にもとづいた帰無モデル解析の概要：はじめに要素1、要素2、その両方を含む実験をそれぞれおこなう(図1、実線○)。

次に、各要素のみの実測値をランダムに組合せて両要素を含む時の予測値(帰無モデル)を作成する(点線○)。この予測値と実測値の比較から要素1と要素2の間で働く要因の影響を検出し、そのランダム性・非ランダム性について検討する(太矢印)。

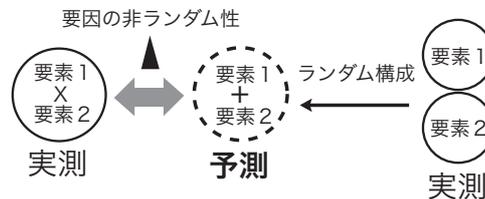


図1 実験にもとづいた帰無モデル解析

メソゾウム実験の概要：オリジナルの実験水槽-大型水槽(2×1×0.4m)内にタイドプールに見立てた小型容器を配置したものを用い、昼夜2回の水位調整でタイドプール環境(減水時(干潮)は小型容器内に水が残る)を再現した。イラストマー蛍光タグで個体識別した魚群を実験水槽へ導入し、減水時の各個体の位置を8日間連続で記録した。また、個体レベルの影響評価のため、一定量のエサ供給をおこなった上で、成長量を測定した。今回は、体サイズの影響を排除するため、同サイズ個体のみを使用した。

群集動態調査の概要：沖縄島および天草下島の定点に、80-90個のタイドプールを定め、出現する魚類群集と水温・塩分を記録した。また、定点に加え毎年2-3地点、計9地点で群集調査をおこなった。1つの調査地につき20-40個のタイドプールで観察をおこなった。

4. 研究成果

潮間帯環境を模したメソゾウム実験水槽を作成し、群集形成を実験操作の下で繰り返し観察できる室内実験システムを構築した(図2)。本実験装置は、組み立て式のため、移動が比較的容易で汎用性の高いシステムである。



図2 メソゾウム実験水槽

構築したメソコズム実験系を用い、野外の干満に合わせた潮汐環境下において、暖温帯域のタイドプールに優占する魚種の個体間相互作用を調べた。単独個体-同種集合-2種混合-3種混合、それぞれの階層において、空間資源利用をめぐる個体間相互作用の影響の検出に成功した。例えば、単一種区において、単独個体時の行動をもとにしたランダムなパターンと異なる顕著な集合を示すことがわかり、複数種区では利用するタイドプールの数を増やし、他種との空間重複を減らす傾向があることがわかった(図3)。このように各階層において検出した相互作用の様式や強弱は多様で、低次ほどパターンははっきりとしていた。高次のパターンは低次の単純合計にはなっておらず、不鮮明なパターンを示し、階層間にランダム性が作用していることが示唆された。

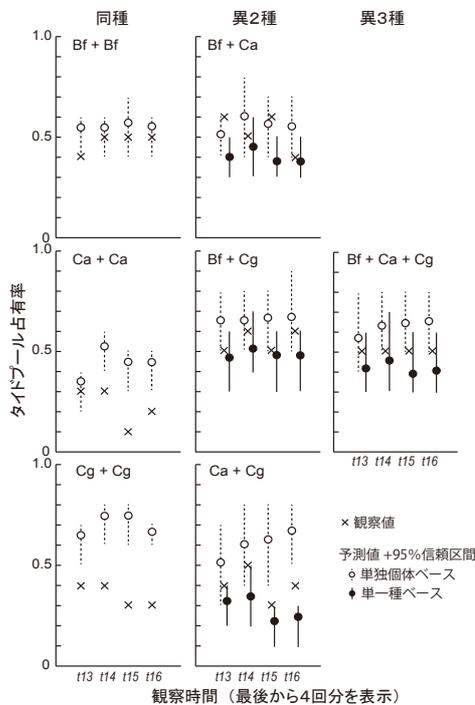


図3 空間占有率に見られる個体間相互作用(予測と実測の差)の一例

また、これら個体間相互作用は、単一環境または複数環境条件下において柔軟に変化することがわかった。複数環境下では、各種とも単一種区において砂利のある環境を好み、空間利用に明らかな偏りが生じた。他個体の存在下ではこれらの利用パターンが相互に影響を受け、空きスペースがあるにも関わらず、異なる環境を利用するといった影響が出るということがわかった。すなわち、相手次第で砂利のないタイドプールへ利用を変化させる場合が観察された。これらの結果は、空間利用をめぐる種内/種間相互作用に環境条件の非ランダム的な影響があることを示している。また、個体間に直接的な強い排他

行動は見られなかったが、個体・種の組合せによって成長に正負の影響が見られた。

群集動態調査をとおして、九州から琉球列島にわたる潮間帯魚類の群集構造や種数の緯度変化を明らかにした。種数や多様度は低緯度ほど高く、そのパターンは底質環境が火成岩か石灰質岩かによって大きく異なり、石灰質の底質環境下では、緯度勾配が緩やかであった(図4)。底質にもとづく環境の変動性が影響しているものと思われ、メソコズム実験と同様にタイドプール内の底質環境が群集構造に大きな影響を与えることが明らかになった。

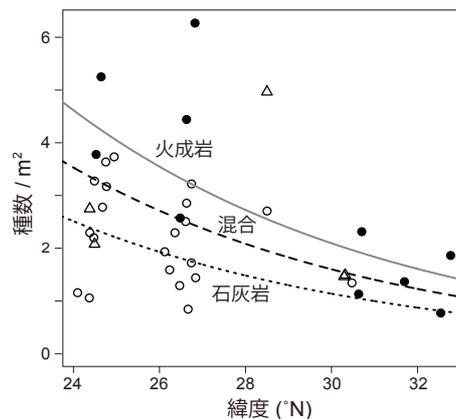


図4 種数と緯度の関係(底質毎に表示)

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 2件)

- ① Arakaki S & Tokeshi M (2012) 査読有
"Species and size matter: An experimental study of microhabitat use under the influence of competitive interactions in intertidal gobiids"
Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 418-419, 59-68
doi:10.1016/j.jembe.2012.03.011

- ② Arakaki S & Tokeshi M (2011) 査読有
"Analysis of spatial niche structure in coexisting tidepool fishes: null models based on multi-scale experiments"
Journal of Animal Ecology 80, 137-147
doi:10.1111/j.1365-2656.2010.01749.x

[学会発表] (計 5件)

- ① Arakaki S & Tokeshi M
"Analysis of spatial niche utilisation in intertidal fishes: null models based on mesocosm experiment"

British Ecological Society, Annual Meeting
18 December 2012
University of Birmingham (UK)

② 新垣誠司
「潮間帯水槽を用いたタイドプール魚類群
集の空間利用解析」
日本生態学会熊本地区例会
2012年11月10日
熊本大学

③ 新垣誠司
「潮間帯性ハゼ類の空間ニッチ利用と種間
相互作用」
日本ベントス学会・日本プランクトン学会
合同大会
2012年10月5日
東邦大学

④ Arakaki S & Tokeshi M
"Spatial niche and biotic interactions:
a mesocosm experiment"
The 5th EAFES International Congress
20 March 2012
Ryukoku University (Japan)

⑤ 新垣誠司
「日本南西部におけるタイドプール魚類群
集の構造パターンと地理的変異」
日本生態学会・企画シンポジウム
2009年3月17日
東京大学駒場キャンパス

6. 研究組織

(1) 研究代表者

新垣 誠司 (ARAKAKI SEIJI)
九州大学・大学院理学研究院・助教
研究者番号：10452963

(2) 研究分担者

()

研究者番号：

(3) 連携研究者

()

研究者番号：