

令和 5 年 10 月 24 日現在

機関番号：17102

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2018～2022

課題番号：18K06384

研究課題名(和文) 群集形成の緯度変異性：「バイオマス補償」がもたらす生物多様性

研究課題名(英文) Variation in community organization along with latitude: focusing on biomass compensation

研究代表者

新垣 誠司 (Arakaki, Seiji)

九州大学・理学研究院・准教授

研究者番号：10452963

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：研究期間を通して、北海道東部から台湾南部まで南北約2,400km、11地域43地点で野外調査を実施、広域データを取得した。また、天草と沖縄で10年以上継続している長期観測を継続実施し、長期データを追加した。これら広域データおよび長期データをもとに、生物多様性の緯度クラインの背景にあると考えられるバイオマス補償の広域性・一般性の検証、バイオマス補償の成立する条件の検討をおこなった。結果の一部を2編の論文として国際誌に発表したほか、一部を国際共同研究に発展させて、現在も研究・解析を継続中である。

研究成果の学術的意義や社会的意義

生物多様性の広域パターンに見られるバイオマス補償という現象を論文として公開し、学会等でも発表したことは、多様性研究の新たな足がかりを作った点で意義がある。また解析中の面も多いが、今回収集したデータをもとにバイオマス補償の一般性と成立条件を検証することにより、生物多様性の創出プロセスへの理解がより深まることが期待できる。サンプルも含め、今回収集したデータセットは、日本および台湾の東部沿岸域におけるタイドプール魚類の分布と群集特性の基礎情報として、広域および局所的な群集形成を明らかにし、沿岸生態系の保全を検討する上で役立つものである。

研究成果の概要(英文)：Our study highlight biomass compensation can be part of processes involved in generating gradients of species richness even without an apparent energy/resource gradient (Arakaki & Tokeshi 2019). To examine further details of the phenomenon, such as generally and required condition, we have conducted wide-ranged field observation at 43 sites that were located within approximately 2,400 km (North-South), in the range from eastern Hokkaido to southern Taiwan. In addition, tidepool fish assemblages were regularly observed at both Okinawa and Amakusa. Part of this study has been published in the scientific journals. We expanded our research as international collaboration work and are continuing analyses based on the data set obtained.

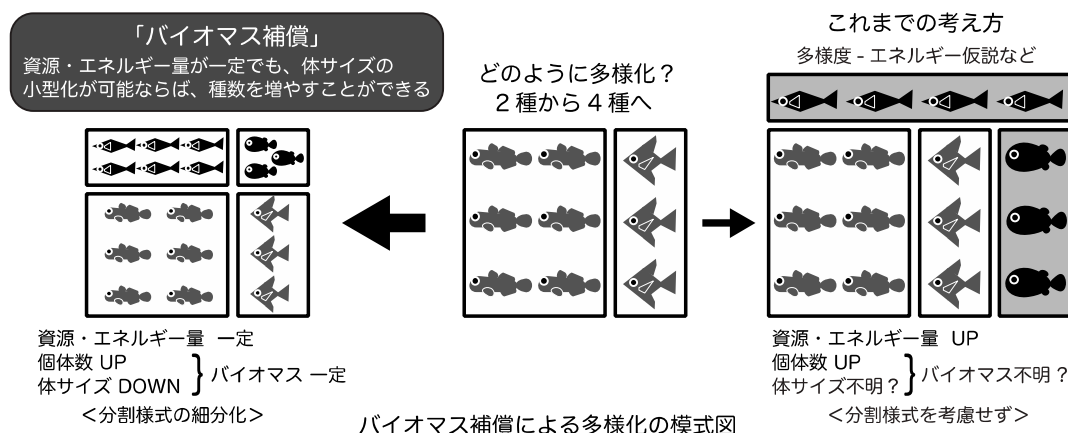
研究分野：群集生態学

キーワード：生物多様性 緯度勾配 バイオマス補償 群集形成 タイドプール 魚類群集 潮間帯

### 1. 研究開始当初の背景

ホットスポットと呼ばれる生物の宝庫がある一方で、生物がほとんど見られない不毛の土地がある。地球上における生物多様性の広がり是不均一であり、その分布パターンと要因の解明は生態学の主要テーマのひとつである。なかでも緯度クライン(低緯度ほど種が豊富)は、広く知られた一般性の高い現象(Brown 1981; Rosenzawig 1995; Gaston 2000 など)であるが、その要因については未だ多くの議論が続いている。本課題は、生物多様性の緯度クラインをもたらず要因は何か?という問いに対して、局所スケールの群集形成プロセスの視点からアプローチする。

従来の仮説の多くが資源・エネルギー量の増加と種数の増加を関連づけていた。一方、近年我々は、岩礁性タイドプール魚類群集を対象とした南日本の広域データ解析から、種数と個体数に負の緯度クライン、体サイズに正の緯度クラインがみられ、バイオマスは緯度に関してほぼ一定であるとする結果を得た。これは、多様性の緯度クラインの背景として、「少数の大型個体からなる北の群集」と「多数の小型個体からなる南の群集」という補償関係の存在を示唆するものである。言い換えるなら、資源の分割様式:群集形成プロセスに緯度変異性があることが示唆された。また、多様性の緯度勾配パターンが岩質によって異なることも明らかにした(Arakaki, Tsuchiya & Tokeshi 2014)。これらの結果は、タイドプール魚類群集に見られた多様性の緯度クラインが歴史的背景や種の移動分散能力といった地域スケールの要因だけでなく、局所スケールで働く群集形成プロセスの影響を強く受けている可能性を示している。つまり、多様性の緯度クラインを解く鍵は、“バイオマス補償”とその背景にある局所的な群集形成プロセスにあると考えた。



### 2. 研究の目的

本課題は、次の2点を明らかにすることを目的とする。

(1) バイオマス補償は広域的に見られる一般性の高い現象か?

先に南日本のタイドプール魚類群集で示されたバイオマス補償について、北日本から台湾におよぶ詳細な野外調査をもとに、現象の広域性と一般性を検証する。

(2) バイオマス補償はどのような条件下で成立するのか?

高解像度の広域データをもとに、群集特性(種数、個体数、バイオマス、種組成、体サイズ組成、年齢構成、相対優占度)と環境・空間特性(温度、利用できるハビタット数、空間配置、岩質、異質性など)の緯度変異性とそれらの交互作用について、帰無モデル解析の手法を用いて複合的に検討し、バイオマス補償の成立条件を明らかにする。

### 3. 研究の方法

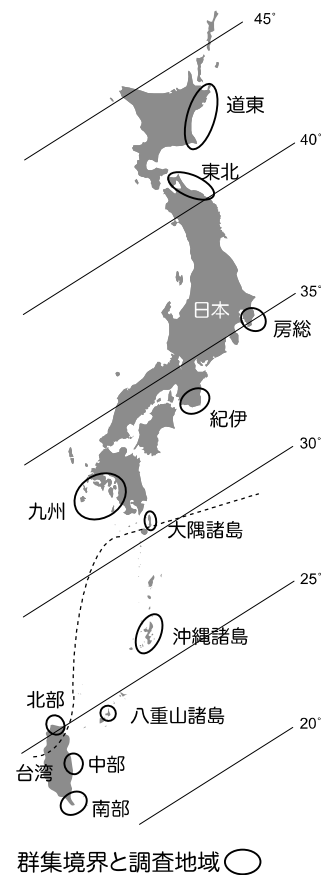
(1) 調査: 東アジア地域の生物地理特性に着目した高解像度の広域群集データの収集

先行研究で大隅諸島付近を境に南北で種組成が大きく異なることを示した(Arakaki, Tsuchiya & Tokeshi 2014)。一般に、緯度に応じて種組成も変化していくことから、両者を分離して多様性のクラインを評価することは難しい。しかし、この点において東アジア地域の生物地理特性は注目し得る。先島諸島とほぼ同緯度に位置する台湾は、北部が九州と南部が先島諸島と近い海洋生物相を示すことで知られる。台湾を調査域に加えることで、種組成と緯度自体の効果を分離して検討することが可能となる。また、局所スケールの群集形成プロセスには空間資源とそれをめぐる個体間相互作用が重要な働きを持つ(Arakaki & Tokeshi 2011, 2012)。先にメタ解析の問題点を指摘したように、一定品質・高解像度の広域データはオープンソースから得ることが難しいため、今回は、一定区画内のタイドプールを網羅した調査方法を採用し、局所的な環境・空間特性を考慮した解析に対応できるデータを得た。

調査は、課題採択前を含めた 2017 年から 2022 年の夏季の 3 ヶ月間（6 月下旬～9 月上旬）に実施した。北海道から台湾におよぶ 11 地域（右図）において、各 3～6 地点の計 43 地点で調査を実施した。大潮日中の干潮時に各調査地の高中潮位に 7×1m 幅の調査区画を最大 5 つ設け、区画内にある全タイドプール中にある魚類を全て採集した。採集した魚類は、タイドプールごとに容器に入れて 70% エタノールで固定して研究室に持ち帰った。持ち帰ったサンプルは、種同定とサイズ（体長、湿重量）測定をおこなったのち、耳石を取り出し、年齢構成の推定に用いた。なお、採集できなかった個体は、現場で目視による種同定とサイズ推定をおこない記録した（全体の数%程度）。魚類を採集したのち、各タイドプールの環境・空間特性（表面積、深さ、凹凸、海藻被度、位置座標、潮位、海・礁池からの距離、水温、塩分）を現場測定または写真により記録した。

また、天草と沖縄本島で 3 ヶ月に一度、タイドプール 90 個を定点に出現魚種とその体サイズ、水温と塩分、各タイドプールの俯瞰写真を記録した。群集構成種の出現状況、成長、加入時期、加入量をもとめ、南北の定性的な群集特性を明らかにし、バイオマス補償との関連を検討した。観測地点はこれまでに長期モニタリングを実施してきた場所を利用した。これにより、天草は 1997 年以降、沖縄は 2007 年以降のデータがそれぞれ利用可能である。

（2）解析：帰無モデル解析による要因効果の抽出・比較  
 様々な要素による影響を分離して検討するのに有効なのが、帰無モデル解析である。注目する要素に応じた基準で抽出・標準化したデータから得られる広域パターンを比較検討することで、各要素の影響を評価することができる。また、個々の要素単体だけでなく組み合わせで抽出・標準化することでバイオマス補償の背景にある様々な局所的要素の影響を多角的に検討する。



#### 4. 研究成果

研究期間をとおして、北海道東部から台湾南部にかけての南北約 2,400km、11 地域 43 地点で野外調査を実施し、のべ 5,180 個あまりのタイドプールからデータを取得して整備した。まず、本研究の理論的背景を確立させるため、先行研究を中心に収集した広域データをもとに、資源・エネルギー量が一定でも体サイズが小型化することで種数が増加する現象：『バイオマス補償』が多様性の緯度クラインの背景にあるとする論文を発表した（Arakaki & Tokeshi 2019）。次に、九州西岸・男女群島におけるタイドプール魚類群集の長期的な変遷について、1970 年代と比較して近年の群集組成はやや南方寄りにシフトしていることを示した（Arakaki & Tokeshi 2022）。本課題の一部を多様性および個体成長の緯度クラインに関する国際共同研究として発表させ、研究を継続中である。

#### < 引用文献 >

- ・ Arakaki S, Tokeshi M (2022) Assessment of decadal changes in the tidepool fish assemblage of Danjo Islands in the northern East China Sea. *Marine Biodiversity* 52:25 DOI:10.1007/s12526-022-01265-5
- ・ Arakaki S, Tokeshi M (2019) Biomass compensation: Behind the diversity gradients of tidepool fishes. *Population Ecology* 61:396-405 DOI:10.1002/1438-390X.12007
- ・ Arakaki S, Tsuchiya M, Tokeshi M (2014) Testing latitudinal patterns of tidepool fish assemblages: local substrate characteristics affect regional-scale trends. *Hydrobiologia* 733:45-62
- ・ Arakaki S, Tokeshi M (2012) 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
- ・ Arakaki S, Tokeshi M (2011) Analysis of spatial niche structure in coexisting tidepool fishes: null models based on multi-scale experiments. *Journal of Animal Ecology* 80:137-147
- ・ Brown JH (1981) Two decades of homage to Santa Rosalia: Toward a general theory of diversity. *American Zoologist* 21:877-888.
- ・ Gaston KJ (2000) Global patterns in biodiversity. *Nature* 405:220-227.
- ・ Rosenzweig ML (1995) Species diversity in space and time. Cambridge, England; Cambridge University Press.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Seiji Arakaki, Mutsunori Tokeshi	4. 巻 52
2. 論文標題 Assessment of decadal changes in the tidepool fish assemblage of Danjo Islands in the northern East China Sea	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Marine Biodiversity	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/s12526-022-01265-5	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 S Arakaki, M Tokeshi	4. 巻 61
2. 論文標題 Biomass compensation: Behind the diversity gradients of tidepool fishes	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Population Ecology	6. 最初と最後の頁 396-405
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1002/1438-390X.12007	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計2件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 2件）

1. 発表者名 Arakaki S, Tokeshi M
2. 発表標題 Biomass compensation: the diversity gradients of tidepool fish community structure
3. 学会等名 British Ecological Society Annual Meeting（国際学会）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Arakaki S, Araki H
2. 発表標題 The current status and temporal changes of tide pool fish assemblage on Danjo Island, Southern Japan
3. 学会等名 SCESAP Biodiversity Symposium 2019（国際学会）
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究協力者	野澤 洋耕 (Nozawa Yoko)	中央研究院	
研究協力者	山平 寿智 (Yamahira Kazunori) (20322589)	琉球大学・熱帯生物圏研究センター・教授 (18001)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------