

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 5月 8日現在

機関番号：17102

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2010～2012

課題番号：22657026

研究課題名（和文）垂直断崖における動物類の生物多様性、適応進化、生態学的機能に関する研究

研究課題名（英文）Animal biodiversity, evolution and ecological functions of vertical cliff

研究代表者

鹿野 雄一 (KANO YUICHI)

九州大学・大学院工学研究院・特任助教

研究者番号：60467876

研究成果の概要（和文）：これまでほとんど知られることのなかった垂直断崖の動物生物多様性と、垂直断崖の持つ生態的・進化的機能を明らかにすることができた。前者においては大台ヶ原にて調査を行い、断崖壁面における動物多様性は周囲森林として比較して有意な差は示されなかった（ただし代表者の別の研究で植物多様性は断崖と周囲森林とで差異があることが示されている）。一方後者においては西表島にて調査を行い、地形侵食により河川に断崖ができ滝が形成され、その結果回遊性淡水魚（クロヨシノボリ）が陸封・隔離され、別の種へと種分化（キバラヨシノボリ）したことが明らかになった。くわえてこのような種分化は各滝上で独立に起きており、遺伝的にもそれぞれの個体群が独立であるのにもかかわらず、同じ形態を示しており「平行進化」の典型的な例と考えられる。各滝上の陸封個体群と回遊個体群の遺伝距離は、滝の高さと比例しており、上記の仮説をさらに強化するものであった。また、遺伝的距離から地形侵食の速度を計算すると、例えば西表島にある沖縄県最大の滝「ピナイサーラの滝」は約8万年かけて形成されたことが推定される。

研究成果の概要（英文）：The animal biodiversity on cliff and ecological/evolutional significance of cliff were elucidated. About the former, the animal diversity on cliff surface was not different from that of surrounding forests, although the plant biodiversity on cliff was different from that of surrounding forest in another study by Y. Kano. About latter, waterfall, a kind of cliff, was elucidated to drive evolution of an amphidromous fish (*Rhinogobius brunneus*: BR) to a landlocked fish (*Rhinogobius* sp. YB: YB). Land erosion forced BR to be landlocked and drove BR to evolve YB. The evolution of BR-YB was occurred independently above each waterfall, while the morphology among YBs were quite similar indicating parallel evolution was caused by waterfalls.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	1,100,000	0	1,100,000
2011年度	1,200,000	360,000	1,560,000
2012年度	600,000	180,000	780,000
年度			
年度			
総計	2,900,000	540,000	3,440,000

研究分野：生物多様性・分類

科研費の分科・細目：群集・生態系多様性

キーワード：アリ類、バッタ類、クロヨシノボリ、キバラヨシノボリ、垂直断崖、滝、平行進化、陸封化

1. 研究開始当初の背景

垂直断崖環境は生物の生息場所として一般には認識されていない上、通常現場へのアクセスが困難であることから、そこにどのような生物多様性があるのかほとんど知られることはなかった。特に動物類についての情報は皆無であり、未知の生物多様性が広がっている。

2. 研究の目的

本研究では「垂直断崖」にどのような動物類の生物多様性があるのか、その特殊な環境に動物類はどう適応進化しているのか、そして断崖はどのような生態学的機能を有しているのか明らかにする。

3. 研究の方法

(1) 断崖壁面の多様性：大台ヶ原において、断崖の壁面における動物生物多様性の調査：断崖の壁面（図1）と周囲森林にペットボトル製のトラップ（中にカルピスとエタノールの混合液を注入）を設置し一定時間設置して、動物類の定量調査を行った。トラップは各断崖・森林に10ずつ夕方に設置し、翌朝回収（12時間）、トラップされた動物類をエタノールで固定した。固定した動物類は研究室に持ち帰り、同定を行った。このような1セットの調査を6つの断崖・森林で行なった。このようにして得たデータから、断崖の動物多様性と森林の動物多様性がどのように違うのかを検証した。



図1. 断崖壁面に設置したトラップ。

(2) 断崖の生態学的機能：西表島は台地上の地形を有しており、多くの滝が散在する。河川性淡水魚の分布を事前調査したところ、滝上には陸封型のキバラヨシノボリが、たき下には回遊型のクロヨシノボリが分布していた。そこで西表島の各河川において、キバラヨシノボリとクロヨシノボリについて捕獲調査を行い、遺伝子解析、形態解析を行った（図2）。



図2. 西表島最大の滝ピナイサーラの滝と、滝上に生息するキバラヨシノボリおよび滝下に生息するクロヨシノボリの写真。

4. 研究成果

(1) 断崖壁面の多様性：トラップにより合計45種の動物類が捕獲された（図3）。多様性を比較したところ、断崖と周囲森林では出現種に差異は見られなかった（図4）。また、種数についても周囲森林の方が断崖よりもやや高かった（図5）。



図3. トラップにより捕獲された動物類。たとえばマダラカマドウマやコオロギ類など。

クラスター分析（ward法）

出現種を0/1データで解析

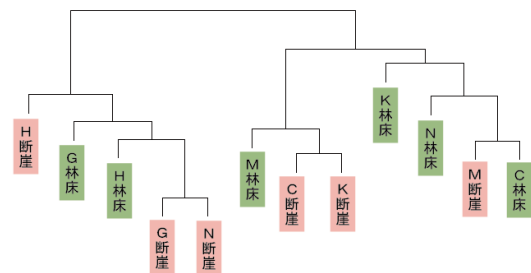


図4. 断崖の動物多様性（赤）と周囲森林の動物多様性（緑）のクラスター分析の結果。断崖と森林で大きく分かれることはなかった。

た。

トラップ数-種数グラフ

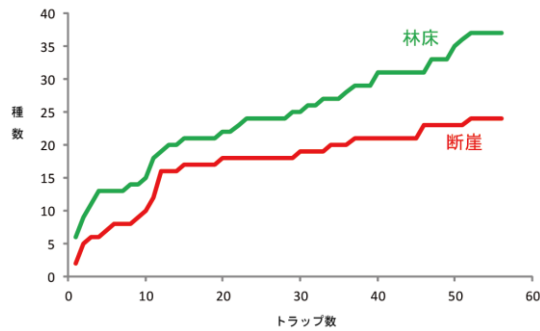


図5. 断崖 (赤) と周囲森林 (緑) の面積-種数グラフ。周囲森林の方が種数は高かった。

これらの結果から、断崖における動物の多様性は周囲森林とほとんど差異がないことが示唆された。代表者の別の研究では、植物においては断崖に固有の種が多いことが示されており、その結果と対照的である。

ただし今回の調査では、トラップによる捕獲だけを行っており、別の方法で評価した場合にはまた違った結果が出るかもしれない。今後の課題とする。

(2) 断崖の生態学的機能：遺伝解析により各滝上のキバラヨシノボリは、それぞれ独立に進化したことが示唆された (図6)。一方、各滝上のキバラヨシノボリはいずれも同一の形態をしており「平行進化」の典型的な例と考えられる。加えてクロヨシノボリと各滝上のキバラヨシノボリとの遺伝的距離は、各滝の高さと比例した (図7)。例えば、沖縄県で最も高い滝とされる「ピナイサーラの滝 (59m)」の上に生息するキバラヨシノボリはクロヨシノボリと遺伝的に遠く離れていますが、低い滝の上に生息するキバラヨシノボリはクロヨシノボリと遺伝的に近いことがわかった。これはキバラヨシノボリがクロヨシノボリから隔離された歴史を物語っていると考えられる。滝は地形の浸食作用を受けて徐々に形成されるため、滝の高さはキバラヨシノボリが隔離された時間 (= 遺伝的距離) を意味すると考えられる。ヨシノボリ類の進化速度は既に知られており、その値をあてはめて逆算すると、西表島は年間 0.67mm ほど地形の浸食作用を受けていると推定される。したがって、たとえばピナイサーラの滝 (59m) は約 8 万年かけて形成されたと考えられる。

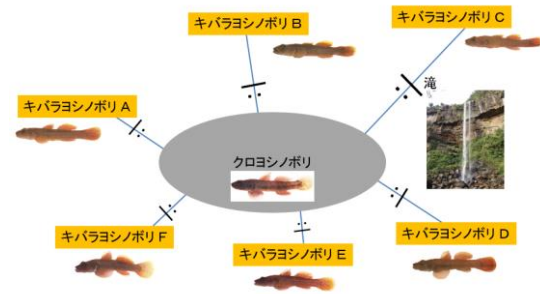


図6. クロヨシノボリからキバラヨシノボリへの平行進化のイメージ。

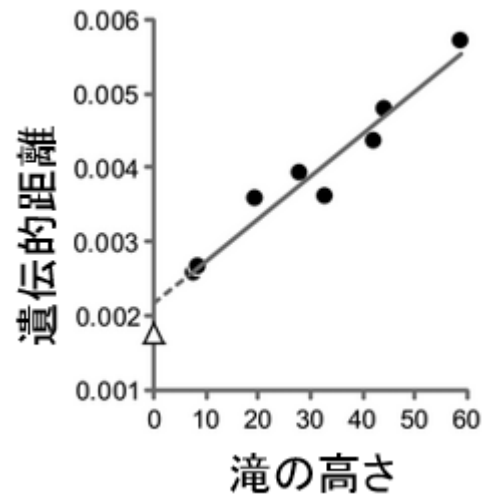


図7. 滝の高さとクロヨシノボリ-各キバラヨシノボリ個体群間における遺伝的距離の関係。強く相関している。△はクロヨシノボリが本来持つ遺伝的な変異で、回帰直線の切片とよく一致する。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 (計 1 件)

Kano Y, Nishida S & Nakajima J. 2012. Waterfalls drive parallel evolution in a freshwater goby. *Ecology and Evolution* 2: 1805-1817

〔学会発表〕 (計 2 件)

鹿野 雄一. 2012. 滝の生態的機能：滝がもたらすキバラヨシノボリの隔離分布と平行進化. 日本生態学会第 59 回大会

鹿野 雄一. 2011. 垂直断崖における無脊椎動物類の多様性. 日本生態学会第 58 回大会

〔その他〕

報道) マイナビニュース :

<http://news.mynavi.jp/news/2012/07/11/138/index.html>

報道) Excite ニュース

http://www.excite.co.jp/News/it_biz/20120711/Cobs_ie_201207_post-370.html

報道)

報道) 共同通信を介した各紙報道 2012 年 8 月 14~17 日 (神戸新聞、四国新聞、千葉日報、ほか多数)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

鹿野 雄一 (KANO YUICHI)

九州大学・大学院工学研究院・特任助教

研究者番号 : 60467876