

平成22年 6月4日現在

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2007～2009

課題番号：19570024

研究課題名（和文）捕食と競争の相互作用が決める生物群集の構造と生態系機能の関係

研究課題名（英文）Relations between structure of biological communities and ecosystem functions determined by interactions of predation and competition

研究代表者

難波 利幸 (NAMBA TOSHIYUKI)

大阪府立大学・理学系研究科・教授

研究者番号：30146956

研究成果の概要（和文）：数理モデルを用いて、生物多様性、生態系機能と安定性の関係を研究した。その結果、以下のことが明らかになった。植食者のより多くの種数や激しい植物間の競争が植物の多様性を増加させる場合がある。生息地の不均一な空間構造が間接競争を緩和する場合がある。生産者から雑食者にいたるエネルギーの直接経路と間接経路の相対的効率が雑食者を含む食物網の動態を支配する。植食者の爆発的増加の主要な要因は植物間の競争であり捕食者は植食者と植物からなる群集を安定化する。

研究成果の概要（英文）：I studied relations between biodiversity, ecosystem function and stability, employing mathematical models. I have obtained the following results; the higher number of herbivore species and the more intense competition among plants may enhance plant diversity; heterogeneous spatial structure of a habitat may relax indirect competition; relative efficiency between indirect and direct energy paths from the producer to the omnivore controls dynamics of a food web including omnivores; a primary factor of irruptive increase in a herbivore population is competition among plants, and predators stabilize a community composed of herbivores and plants.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	1,700,000円	510,000円	2,210,000円
2008年度	800,000円	240,000円	1,040,000円
2009年度	900,000円	270,000円	1,170,000円
年度			
年度			
総計	3,400,000円	1,020,000円	4,420,000円

研究分野：数理生態学

科研費の分科・細目：基礎生物学・生態・環境

キーワード：相互作用、捕食、競争、生物群集、数理モデル、生態系機能、生物多様性、生産性

1. 研究開始当初の背景

地球温暖化や生息地の破壊にともない生物多様性の減少が心配される状況の下で、生物多様性が生態系機能に及ぼす影響についての研究の必要性が高まっていた。生態系がその機能を保つためには、それを担う生物群集が安定に存続する必要があるから、生物多様性と生物群集の安定性の関係も重要な課題であった。しかし、本課題の申請時には、生態系機能に関する研究は、草原における植物の多様性と生産性の関係に偏り、生物間の相互作用については、植物の種間競争のみを考慮するものがほとんどであった。したがって、生産者と消費者の複数の栄養段階を含む群集で、異なる栄養段階にわたる相互作用である捕食と、同一栄養段階における相互作用である競争がともにはたらくことが生物群集の構造と動態に及ぼす影響を調べ、生物多様性、群集の安定性、生態系機能の三者の関係を明らかにすることが求められていた。

2. 研究の目的

本研究の目的は、複数の栄養段階と複数の種を含む生物群集モデルを用いて、多様性と生産性、多様性と安定性の関係を中心に、生物多様性と生態系機能の関係を明らかにすることである。特に、1種の植食者と多種の植物からなる系の数理モデルで、植物間の種間競争が多様性を促進する場合があるという、従来の常識に反する予備的な成果を踏まえて、捕食と競争の二つの相互作用の存在が、単一の相互作用のみがはたらく場合と比べて、生物群集をどのように変えるかを明らかにしようとする点が特色である。植物と植食者の系のみならず、植物-植食者-肉食者（あるいは雑食者）の3栄養段階の系で、上位の栄養段階の種と下位の栄養段階の種との相互作用が群集動態に及ぼす影響について、雑食を考慮しながら調べる。また、不均一な生息地における捕食と競争の役割についても解明を目指す。

3. 研究の方法

2～4栄養段階にまたがる生物群集における個体群動態を記述するモデルとして、Lotka-Volterra モデルを考える。そして、モデルの平衡状態とその安定性を解析的に調べ、数値的にモデルを解くことによって個体群動態を明らかにする。注目する現象の性質を考慮することによって、捕食と競争にかかわる多くのパラメータを整理し、小数のパラメータに絞って分岐解析などを行う。これにより、捕食と競争が生物多様性、生物群集の

安定性、生態系機能にどのように影響するかを明らかにすることが可能になる。

4. 研究成果

複数の栄養段階にまたがる生物群集において、捕食と競争の相互作用が、生物多様性、生物群集の安定性、生態系機能の关系到及ぼす影響を明らかにすることを目的に研究を行い、以下の成果を得た。

(1) 植食者と多数の植物種からなる2栄養段階生物群集モデルで、植食者の種数の増加や植物間の競争の激化が植物の多様性を増やす場合があり、この現象は見かけの競争の緩和によって説明できることを明らかにした。

(2) 二種類の間接競争である消費型競争と見かけの競争のメタ群集モデルを解析し、ソースシンク構造をもつ不均一な生息地で、競争種の移出による競争緩和により、優位な種の移動率が高いときに2種が共存できることを明らかにした。

(3) 生産者から雑食者へのエネルギーの直接経路と間接経路の相対的効率が、雑食を含む食物網に複雑な動態が現れるか否かを支配し、間接経路のエネルギー流を減らす消費者の導入が系を安定化することを示した。

(4) 植食者と植物からなる系で植食者の爆発的増加を引き起こす主要な要因は植物の種間競争であり、捕食者の導入は植食者と植物からなる不安定な群集を安定化することを示した。

負の効果を及ぼす相互作用である被食と競争が生物多様性に寄与し得ること、どの局所群集においても劣位の競争種がメタ群集では存続できることなど、意外な結果を明らかにした世界的にも先駆的な研究である。複数の相互作用を同時に考慮する理論研究と、その検証を目指す実証研究を刺激し、生物多様性、生物群集の安定性と生態系機能の関係の研究に新たな視点を提供するものである。

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5件)

① Nakazawa Takefumi, Miki Takeshi, Namba Toshiyuki, Influence of predator-specific defense adaptation on intraguild predation, *Oikos*, 査読有, 119 巻, 2010, 418-427

② 難波 利幸, 雑食と食物網の安定性, 京都大学数理解析研究所講究録, 査読無, 1597

号, 2008, 123-129

③ Namba Toshiyuki, Tanabe Kumi, Maeda Naomi, Omnivory and stability of a food web, *Ecological Complexity*, 査読有, 5巻, 2008, 73-85

④ 難波 利幸, 種間相互作用と生物群集の数理モデル, 京都大学数理解析研究所講究録, 1556号, 査読無, 2007, 6-10

⑤ Namba Toshiyuki, Dispersal-mediated coexistence of indirect competitors in source-sink metacommunities, *Japan Journal of Industrial and Applied Mathematics*, 査読有, 24巻, 2007, 39-55

[学会発表] (計 15 件)

① 仲澤 剛史, 三木 健, 難波 利幸, 捕食者特異的な防衛適応がギルド内捕食系に与える影響, 日本生態学会第 57 回大会, 2010 年 3 月 16 日, 東京大学駒場キャンパス(東京都目黒区)

② Namba Toshiyuki, Ohno Aiko, Effects of palatable and unpalatable plants on deer population dynamics, *International Workshop on Quantitative Ecology and 2nd Taiwan-Japan Ecology Workshop*, 2009 年 10 月 10 日, 國立台湾大學 (中華民國・台北市)

③ Namba Toshiyuki, Ohno Aiko, Effects of palatable and unpalatable plants on deer population dynamics, 94th Annual Meeting of the Ecological Society of America, 2009 年 8 月 7 日, アルバカーキコンベンションセンター (アメリカ合衆国・ニューメキシコ州アルバカーキ市)

④ Namba Toshiyuki, Ohno Aiko, Multiple, not stable, but unstable, steady states may explain ungulate population dynamics, *International Conference on Mathematical Biology and Annual Meeting of the Society for Mathematical Biology*, 2009 年 7 月 29 日, ブリティッシュコロロンビア大学 (カナダ・ブリティッシュコロロンビア州バンクーバー市)

⑤ 難波 利幸, 食物網のモジュールの動態: 捕食-被食系から 3 種系へ, 日本生態学会第 56 回大会, 2009 年 3 月 21 日, 岩手県立大学 (岩手県岩手郡滝沢村)

⑥ Namba Toshiyuki, Omnivory and dynamics of ecological communities, *The Second China-Japan Colloquium of Mathematical Biology*, 2008 年 8 月 7 日, 岡山大学 (岡山県岡山市)

⑦ Namba Toshiyuki, Tanabe Kumi, Maeda Naomi, Omnivory and direct and indirect pathways in food webs, *European Conference on Mathematical and Theoretical Biology 2008*, 2008 年 6 月 30 日, エジンバラ大学 (イギリス・エジンバラ市)

⑧ 難波 利幸, ギルド内捕食系の安定性と個体群動態, 日本生態学会第 55 回大会, 2008 年 3 月 16 日, 福岡国際会議場 (福岡県福岡市)

⑨ 難波 利幸, 雑食と食物網の安定性, 研究集会「第 4 回生物数学の理論とその応用」, 2007 年 10 月 31 日, 京都大学数理解析研究所 (京都府京都市)

⑩ Sumiya Natsuko, Namba Toshiyuki, Diversity-stability relationships in a model community of two herbivores and many plant species, 第 23 回個体群生態学会シンポジウム, 2007 年 10 月 19 日, 定山溪ビューホテル (北海道札幌市)

⑪ Ohno Aiko, Namba Toshiyuki, Effects of palatable and unpalatable plant species on deer population dynamics, 23 回個体群生態学会シンポジウム, 2007 年 10 月 19 日, 定山溪ビューホテル (北海道札幌市)

⑫ Namba Toshiyuki, Coexistence of indirectly interacting populations in source-sink metacommunities, 23 回個体群生態学会シンポジウム, 2007 年 10 月 19 日, 定山溪ビューホテル (北海道札幌市)

⑬ Namba Toshiyuki, Persistence of intraguild prey and predators in source-sink meta-communities, *Ecological Society of America/Society for Ecological Restoration Joint Meeting*, 2007 年 8 月 9 日, San Jose McEnery Convention Center (アメリカ合衆国・カリフォルニア州サンノゼ市)

⑭ Namba Toshiyuki, Niwa Ikumi, Yamamura Norio, Diversity and stability in a model community of an herbivore and many plant species, *The Joint Annual Meetings of the Society for Mathematical Biology and the Japanese Society for Mathematical Biology*, 2007 年 8 月 1 日, フェアモントホテル (アメリカ合衆国・カリフォルニア州サンノゼ市)

⑮ Namba Toshiyuki, Coexistence of exploitative and apparent competitors in source-sink metacommunities, *Fourth International Congress on Mathematical Biology*, 2007 年 5 月 30 日, Baodao Convention and Exhibition Center (中華人民共和国・福建省武夷山市)

[図書] (計 2 件)

① 大串 隆之, 近藤 倫生, 難波 利幸 編著, 京都大学学術出版会, シリーズ群集生態学 3 『生物間ネットワークを紐とく』, 2009 年, 総ページ数 328 (pp. 1-60, 245-266 を担当)

② 難波 利幸, パッチ状環境における群集動態モデル, 日本数理生物学会編『『空間』の数理生物学』, 2009 年, 総ページ数 207, (pp. 11-37 を担当)

[その他]

ホームページ等

<http://www.b.s.osakafu-u.ac.jp/~tnamba/nj-index.html>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

難波 利幸 (NAMBA TOSHIYUKI)
大阪府立大学・理学系研究科・教授
研究者番号：30146956

(2) 研究分担者

()

研究者番号：

(3) 連携研究者

()

研究者番号：