

研究種目：基盤研究（B）

研究期間：2007 年度～2009 年度

課題番号：19405012

研究課題名（和文） Gondwana 植物・ナンキョクブナ属をめぐる共生・寄生系の進化史の解析

研究課題名（英文）

Study on symbiotic systems with *Nothofagus* species in southern hemisphere.

研究代表者

伊藤 元己 (ITO MOTOMI)

東京大学・大学院総合文化研究科・教授

研究者番号：00193524

研究成果の概要（和文）：

本研究では、南半球に隔離分布するナンキョクブナ属植物について、それを利用する昆虫類の系統関係を比較した。その結果、1) ナンキョクブナを利用するゾウムシ類は、南米大陸とオセアニアのそれぞれの地域で、またオセアニアではオーストラリアとニュージーランドで独立に利用する群が生じてきたと考えられる。また両群の多様性に関しては、南米では、オセアニアに比べて種の多様性が低かった。2) チョウ目昆虫では、オセアニア地域と南米で近縁なナンキョクブナ属植物では、同属の蛾類が利用しており、大陸間の移動が起こっていると推定された。

研究成果の概要（英文）：

In this study, I examined phylogenetic relations of some herbivorous insects and its host plants, genus *Nothofagus* species, which distribute in the Southern Hemisphere. The results of this study are as follows; 1) In weevils, the species using *Nothofagus* could be originated independently in Oceania and South America, also. In addition, diversity of both groups were high in Oceania than in South America, 2) In Lepidoptera, closely related species of *Nothofagus* are used species belongs to same genus in both Oceania and South America, and it is suggested that intercontinental migration had occurred in those moths.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007 年度	4,500,000	1,350,000	5,850,000
2008 年度	3,800,000	1,140,000	4,940,000
2009 年度	3,500,000	1,050,000	4,550,000
年度			
年度			
総計	11,800,000	3,540,000	15,340,000

研究分野：多様性生物学、進化生物学

科研費の分科・細目：基礎生物学、生物多様性・分類

キーワード：生物間相互作用, Gondwana, ナンキョクブナ, 進化

1. 研究開始当初の背景

植物に関連する生物間の相互作用ネットワークは、陸上生態系における生物多様性の創出と維持に非常に重要な役割を果たしている。また、近年では、他者を介した間接作用ネットワークの重要性も明らかになりつつある。したがって、ある生物群の進化を理解するためには、対象群だけでなく、その背景にある生物間相互作用ネットワークを考慮する必要がある。

生物間相互作用ネットワークは、生物の適応度に直接関与するため、生物種の進化動態に大きな影響を与えると考えられる（ここでは、ある種を中心として捉えた生物間相互作用ネットワークを共存系と呼ぶ）。このような共存系における生物間相互作用に関しては、互いの種がどのような影響を与えあっているかについては、生態学者による解析例がある。しかし、数万年から数千万年におよぶ、生物の種分化を伴う長い進化過程の中で、実際にどのように進化に影響を与えているについてはほとんどわかっていない。そのため、今日見られる共存系の成り立ちを進化的スケールで捉えるため、植物をめぐる共存系が、植物の進化に伴いどのように進化したのか、その際、共存系の構成要素が他の構成要素の進化に対してどのような影響を与えてきたのか、という問いに答える必要がある。

2. 研究の目的

ナンキョクブナ属 *Nothofagus* は、南半球の温帯地域を代表する木本植物であり、オセアニア（オーストラリア、ニュージーランド、ニューカレドニア）やニューギニア、南米に隔離分布する（図1）。ナンキョクブナ属は、常緑性あるいは落葉性の35種を含み、多くの種が極相種として大規模な森林を形成する。この性質やその形態的類似性から北半球のブナ属と対比されることが多いが、最近の分子系統学的研究によってブナ属とはそれほど近

縁でないことが明らかになり、現在では独立科 *Nothofagaceae* として扱われている。

ナンキョクブナ属植物は、その分布パターンから Gondwana 大陸に起源した植物群—すなわち Gondwana 植物と考えられてきた。その理由として、南極大陸を含む Gondwana 大陸から分離した多くの陸塊から化石が見つかったことや、種子が大型で耐塩性を持たないため、海を越えての分散が期待できないことが挙げられる。しかし、分子系統学的解析を含むこれまでの研究結果からは、ナンキョクブナ属の現生種は決して遺存的なものではなく、Gondwana 大陸が成立していた年代よりも後に生じたことが明らかになっている。また、その種分化パターンに関しても、それぞれの大陸・地域の種群で単系統にならず、大陸・地域間での移動が複数回起こったことが明らかになっている。

我々がこれまでに行った文献調査や現地での予備調査により、ナンキョクブナ属植物は、多様な生物と共存系を形成していることが示唆されている。特に、植食性昆虫や菌類、地衣類、被子植物をはじめとする様々な生物群による寄主としての利用が多く見られる。さらに、1種のナンキョクブナ属植物を、互いに近縁な複数の生物種が利用している場合もあり、複雑な共存系を形成していると推測される。したがって、このような特徴を持つナンキョクブナ属は、共存系の進化史を解析する上で非常に興味深い対象と言える。本研究では、南半球に隔離分布するナンキョクブナ属植物をめぐる複数の共存系を対象に、1) それぞれの共存系を構成する主要な生物種群の系統・進化の過程を明らかにした上で、2) 各生物種群の進化における生物間相互作用の影響を解析することによって 3) 多様な生物が織り成す共存系の進化史解明を目指した。

3. 研究の方法

ナンキョクブナ属植物の分布する南米、オ

セアニア地域で共存系の現地調査および試料の収集を行った。

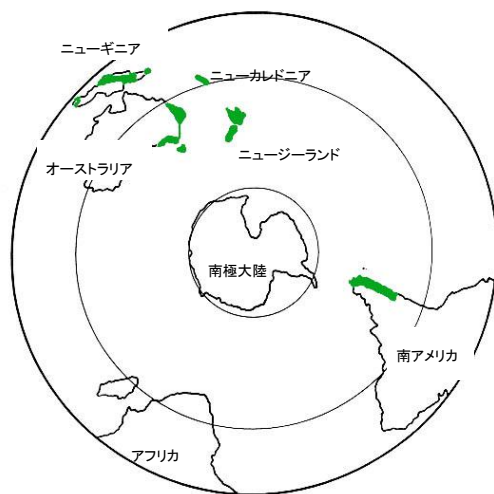


図1. 現在のナンキョクブナ属の分布
(緑色の地域が分布域)

調査・研究は以下のような方法で進めた。

(1) 現地調査

- ① ナンキョクブナ共存体に属する生物種
の特定 ナンキョクブナ属各種の分布
域において、10m x 10mのプロットを約
5個設定し、各プロットにおいて、ナン
キョクブナに寄生、共生する生物相
を調査した。各生物種は、正確な同定
のため標本を作製するとともに、それ
ぞれの生物群での系統関係を解明する
ためのDNAサンプルの採取を行った。
- ② ナンキョクブナに寄生、共生する生物
の生物間相互作用の調査・評価 各生
物間の相互作用を評価するため、各種
の分布量、利用部位などを調査した。

(2) 各生物群の系統解析

- ① ナンキョクブナ属およびそれを利用し
ている各生物種群について、系統関係
を解析するため、対象生物種からDNA
の抽出を行った。植物については葉の
シリカゲル乾燥試料をCTAB法により、

昆虫については、乾燥標本あるいはアル
コール標本を使ってDNA抽出キット
を用いて行った。

- ② それぞれの種について、昆虫ではCOI
全長 (DNAバーコーディング領域を含
む) を、菌類と被子植物では核rDNAの
ITS (Internal Transcribed Spacer) 領域を
増幅し、塩基配列を決定した。また、
形態で同定の困難な種はこのDNA配列
により同定を試みた。

(3) 各生物種群の系統進化の比較

- ① 対象種群について、決定したDNA塩基
配列に基づき、系統関係を推定した。
各種群の塩基配列をClustalXを用いて
配列アライメントを行い、その後微調
整した。この配列を用いて近隣接合法、
最節約法、最尤法にて系統樹を作成し
た。
- ② 寄主植物のナンキョクブナの系統樹と
それぞれの利用昆虫の系統樹を比較し
て、各群における生物地理学的な進化
関係の考察を行った。

4. 研究成果

南米、オセアニアにおけるナンキョクブナ
属と共生している生物種の調査を行った結
果、十分なサンプル数が得られた、2群の昆
虫類、甲虫目のゾウムシ類とチョウ目の蛾類
に絞って系統解析を行うことを決定した。

今回、ナンキョクブナ属植物から採集した
ゾウムシ類と蛾類について、まだすべての標
本の同定は終了していないが、ゾウムシ類は
約80種、蛾類は約40種が得られた。

オセアニアと南米の種について両群で系
統解析を行い、ナンキョクブナの系統樹と比
較した結果、以下のことが明らかになった。

1) ナンキョクブナを利用するゾウムシ類は、
南米大陸とオセアニアのそれぞれの地域で、
またオセアニアではニュージーランドで独
立に利用する群が生じてきたと考えられる。
また両群の多様性に関しては、南米では、オ
セアニア、特にニュージーランドに比べて種

の多様性が著しく低かった。2) チョウ目昆虫では、ニュージーランドとオーストラリアなどのオセアニア地域との比較で、近縁なナンキョクブナ属植物では、同属の蛾類が利用しており、大陸間の移動が起こっていると推定される。この結果は蛾類の COI 遺伝子の配列に基づいた系統樹とナンキョクブナ属植物の分子系統樹の比較解析でもサポートされた。

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 7 件)

① Fujita, T., Sakaguchi, H., Hiwatashi, Y., Wagstaff, S.J., Ito, M., Deguchi, H., Sato, T., and Hasebe, M. 2008. Convergent evolution of shoots in land plants: lack of auxin polar transport in moss shoots. *Evol. Develop.* 10:2, 176-186, 査読有

② Yoshitake, H., Kato, T., Jinbo, U. and Ito, M. 2008. A new *Wagnerinus* (Coleoptera: Curculionidae) from northern Japan: Description including a DNA barcode. *Zootaxa* 1740: 15-27, 査読有

③ Huang, H., Yoshitake, H., R. Zhang, and Ito, M. 2008. Two new species of Hainokisaruzo Yoshitake & Colonnelli from China, with a checklist of the species of the genus (Coleoptera: Curculionidae: Ceutorhynchinae). *Zootaxa*, 1776: 59-68, 査読有

④ Huang, J., Yoshitake, H., Zhang, R. and Ito, M. 2008. A new species of *Augustinus* *Korotyaev* from China, with a key to the species groups of the genus (Coleoptera: Curculionidae: Ceutorhynchinae). *Zootaxa* 1871: 63-68, 査読有

⑤ Ebihara, A., Farrar, D.R., and Ito, M. 2008. The sporophyte-less filmy fern of eastern North America *Trichomanes intricatum* (Hymenophyllaceae) has the chloroplast genome of an Asian species. *Amer. J. Bot.* 95: 1645-1651, 査読有

⑥ Ebihara, A., Matsumoto, S. and Ito, M. 2009. Hybridization Involving Independent Gametophytes in the *Vandenboschia radicans* complex (Hymenophyllaceae): A New Perspective on the Distribution of Fern Hybrids. *Molecular Ecology* 18: 4904 - 4911, 査読有

⑦ Ebihara, A., Matsumoto, S., Ito, M. 2009. Taxonomy of the Reticulate *Vandenboschia radicans* Complex (Hymenophyllaceae) in Japan. *APG Acta Phytotaxonomica et Geobotanica* 60(1): 26-40, 査読有

[学会発表] (計 1 件)

① Ito, M. Importance of genetic data in comprehensive assessments of biodiversity, *DIVERSITAS OSC2*, Cape Town, 2009 年 11 月, 招待講演.

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]
○出願状況 (計 0 件)

○取得状況 (計 0 件)

[その他]
ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

伊藤 元己 (ITO MOTOMI)
東京大学・大学院総合文化研究科・教授
研究者番号: 00193524

(2) 研究分担者

吉武 啓 (YOSHITAKE HIRAKU)
(独) 農業環境技術研究所・農業環境イン
ベントリーセンター・研究員
研究者番号: 50517662

坂山 俊英 (SAKAYAMA TOSHIHIDE)
神戸大学・大学院理学研究科・講師
(H19→H21: 連携研究者)
研究者番号: 60391108

: