

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 16 日現在

機関番号：24506

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2012～2014

課題番号：24570108

研究課題名(和文) 広域分布する蘚苔類における地域集団間分化の解明

研究課題名(英文) Diversification among populations in widely distributed bryophytes

研究代表者

秋山 弘之 (AKIYAMA, HIROYUKI)

兵庫県立大学・自然・環境科学研究所・准教授

研究者番号：70211696

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,100,000円

研究成果の概要(和文)：rbcL, trnL-F, rps4, ITS1&2ならびにrpl16の塩基配列情報に基づき解析を行った結果、以下のことが判明した。(1)ウニゴケ*Symphyodon perrottetii*(蘚類, ウニゴケ科)は国内に少なくとも3つの系統が独自の形態的特徴と分布域をもって存在していることが判明した。(2)オオタマコモチイトゴケ属2種(蘚類, コモチイトゴケ科)では地域間の遺伝的分化が大きく、さらに中米・南米に分布する*Aptychella*属と同属であることが判明した。(3)ヤクシマコモチイトゴケ属(蘚類, コモチイトゴケ科)では地理的に離れた集団でも遺伝的な差異はほとんど見出されなかった。

研究成果の概要(英文)：Phylogenetic analyses using rbcL, trnL-F, rps4, rpl16 (chloroplast), nad5 (mitochondria), and ITS1&2 (nuclear) reveal the following points: (1) *Symphyodon perrottetii* (Musci, Symphyodontaceae), formerly thought to be a single species, is really composed of no less than 3 clades (species), each with distinct morphological features and distribution areas; (2) Two species of Asian genus *Clastobryopsis* (Musci, Pylaisiadelphaceae), *C. robusta* and *C. brevinervis*, have infrageneric variations that should be treated as different species, and *Clastobryopsis* should be treated as a synonym of *Aptychella* reported only from Central and South America; (3) both of *Yakushimabryum longissimum* and *Gammella tonkinensis* (Musci, Pylaisiadelphaceae) show least genetic variations among geographically distant population, which suggest heavily dependence to asexual reproduction.

研究分野：植物分類学

キーワード：蘚類 地理的分化 塩基配列 コモチイトゴケ科 ウニゴケ科 分子系統

1. 研究開始当初の背景

蘚苔類は地理的に遠く隔たった場所に、時には複数の大陸にまたがって、形態からは同種と見なされる種が分布する事例が数多く知られている(極端な例としては、日本と中米に知られる苔類イシバゴケなど)。さらに、広い分布域に一面に見いだされる場合ばかりではなく、隔離的に広域分布する場合も少なくない。現在の分布のあり様は、種の分化と分布域の拡大・縮小という歴史を反映しているが、隔離分布が遺存的に生じているのか、あるいは今現在分布を広げつつある最前線を見ているのかを明らかにすることも、広域分布の正体に迫る有効な1つの手段となる。

もう1つの問題として、体が小さな植物に特有の生物学的側面がある。蘚苔類は一般に植物体が小さく、種の識別に用いることができる形態的特徴が少ない。このことから、実際は複数の種からなる複合体であっても、形態によって種を識別する場合、誤って広域に分布する単一種であるとみなされている可能性がある。実際に広分布種では、地域集団間において、多少なりとも形態の変異が見られることが通例であり、これまでは同種内の地理的な変異としてあまり注目されることはなかった。問題は、これまで単なる変異として扱われてきた形態の違いが、どのような生物学的背景を反映しているのかである。

分子マーカーを利用して、集団間の遺伝的分化を知ることはひろく利用されている手法である。蘚苔類においても、地域集団間で rbcL 等の塩基配列データを比較した場合、小さな相違が見いだされている研究例も多い(例:葉状苔類のケゼニゴケ、蘚類ツルゴケあるいは同じく蘚類イトヒキフデノホゴケでは、集団間において7~11塩基の違いが検出されている)。その一方で、地理的に離れた地域集団間で形態・塩基配列においてほとんど差が見られない事例も、蘚類ナンジャモンジャゴケや同じく蘚類の *Dixonia orientalis* (日本未産種)などで報告されている。

広域に一面に分布する場合と、隔離的に分布する場合、これら両者において、地域集団間における形態ならびに分子マーカーの変異を比較・解析し、さらに繁殖様式の違いを組み合わせた事例での解析を合わせることで、蘚苔類における種の分布と分化に実証的に迫る、有効なアプローチの仕方であると考えられる。

このような研究事例は維管束植物ではこれまで多数知られている。あえて蘚苔類を材料として研究を行うことのメリットは、陸上植物の中で唯一蘚苔類のみが持つ生物学的特性を存分に活かすことができる点にある。つまり、(1)生活史に優占するのが配偶体(半数体)であり、胞子体(2倍体)である高等植物とは違った集団内・集団間の遺伝的構造を持つと推測されること、(2)種子に比べて

遙かに小さく、遠い距離を飛散する可能性をもつ胞子によって分布を広げるだけでなく、微小で運ばれやすい無性芽などの無性的繁殖手段を有すること、である。このような特質を有する蘚苔類において地域集団間における分化についての知見を深めることは、単に蘚苔類だけの問題ではなく、広く陸上植物における分布と分化という古くて新しい問題について、新たな視点から貢献をもたらすことができる。

2. 研究の目的

広域分布する蘚苔類の分布域内における地域集団間分化の有様を、形態・分子マーカーを使って推定すること、具体的には対象種群を西南日本から東・東南アジアにかけて分布する種群から複数の群を選択し解析対象とする。フロラという全体としての漠然としたまとまりではなく、個別の種群において解析を進めることで、より実証的なデータを着実に積み上げることには力点を置いている。対象をこのように設定することで、さらには日本西南部の蘚苔類相の由来の一端を明らかにすることも可能となる。

これらの目的達成のため、国内では南西日本を中心に分布する、生育環境、着生基物、繁殖様式が異なる以下の種群を対象として、関連する別個のテーマを設定して調査を実施する。

(1) 風衝地の樹幹着生種：ハシボソゴケ科 コモチトゴケ亜科

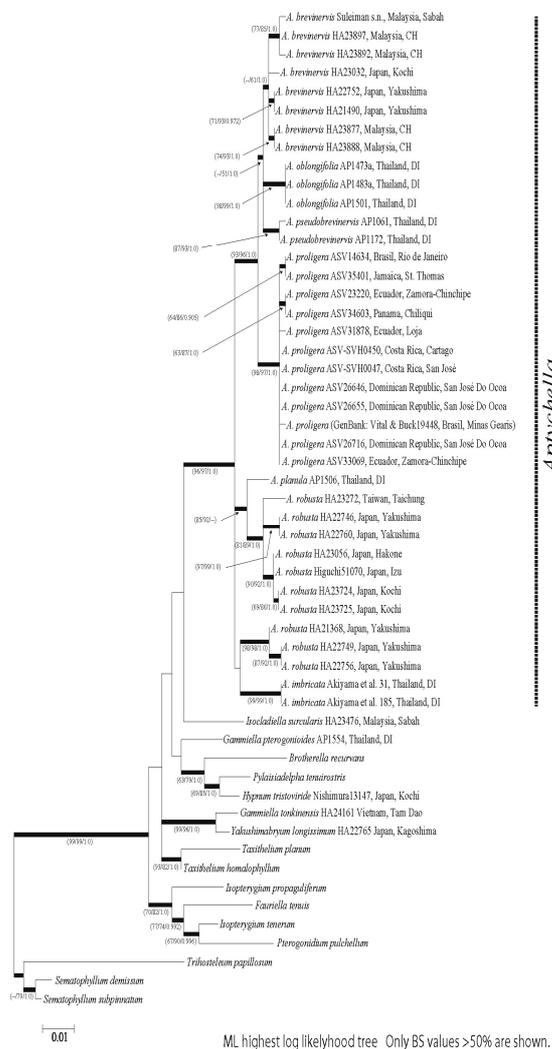
この仲間は山岳部の林縁の樹幹や灌木の枝に着生し、胞子嚢の位置は地上から高い位置にあり、胞子の直径は10 μ m以下と小さい。同時にいくつかの種では無性芽(大きいために胞子に較べると分散力が劣る)による繁殖も知られている。標本にもとづく予備的調査から、この種群では、1)広い分布域内のどこにでも普通に産する種と、2)分布域自体は広いが、各地域では小集団しか見いだされない稀産種という、二つの傾向が認められる。本研究では、繁殖様式と分布様式について、対照的なグループを比較検討することで「広域分布種」のあり方の多様性を明らかにする。具体的材料として、オオタマコモチトゴケ属 *Aptychella*、ヤクシマコモチトゴケ属 *Ykushimabryum* を用いる。

(2) 林内の樹幹・崖壁面着生：シダレウニゴケ *Symphiodon perrottetii*

ウニゴケ属は東・東南アジアを分布の中心とする蘚類であり、本属の中でシダレウニゴケ1種のみが日本西南部~関東(埼玉)まで隔離的に分布する。典型的な広域隔離分布種である。深い森の中の灌木の枝からたれ下がり、あるいは崖壁面に着生して生育するが、無性芽は知られておらず、予備的調査では日本の集団はきわめて稀(これまでに一例

ナガスジコモチイトゴケ *C. brevinervis*, ならびに国外に分布する他の種について, *rbdL*, *trnL-F*, *rps4*, *nad5* 塩基配列情報と形態情報を用い, 種間・集団間の系統関係を再構築した. その結果, これまで1種とされていたオオタマコモチイトゴケは少なくとも2種から, ナガスジコモチイトゴケは3種からなりたつことが判明した. 後者については新種2種をすでに記載・発表し(Akiyama 2014), 前者については解析サンプルを増やしてさらなる検討を行っている.

またこれまでアジアを中心に分布するオオタマコモチイトゴケ属(約10種が知られている)と中米・南米にのみ分布する *Aptychella* 属(胞子体が知られていない *A. prolifera* のみを含む単型属)について両属の関係を調べたところ, 前者は後者に含まれることが明らかになった. 属名としては *Aptychella* が採用される. このことから, 長距離散布の結果アジアから中米・北米へと新たに分布域を拡大した1種が, 無性繁殖によって急速に分布域を広げたことが推定される. この成果については論文投稿中である. 図2 広義 *Aptychella* 属の系統樹: 枝の数字は MLBS/MPBS/PP を示す)

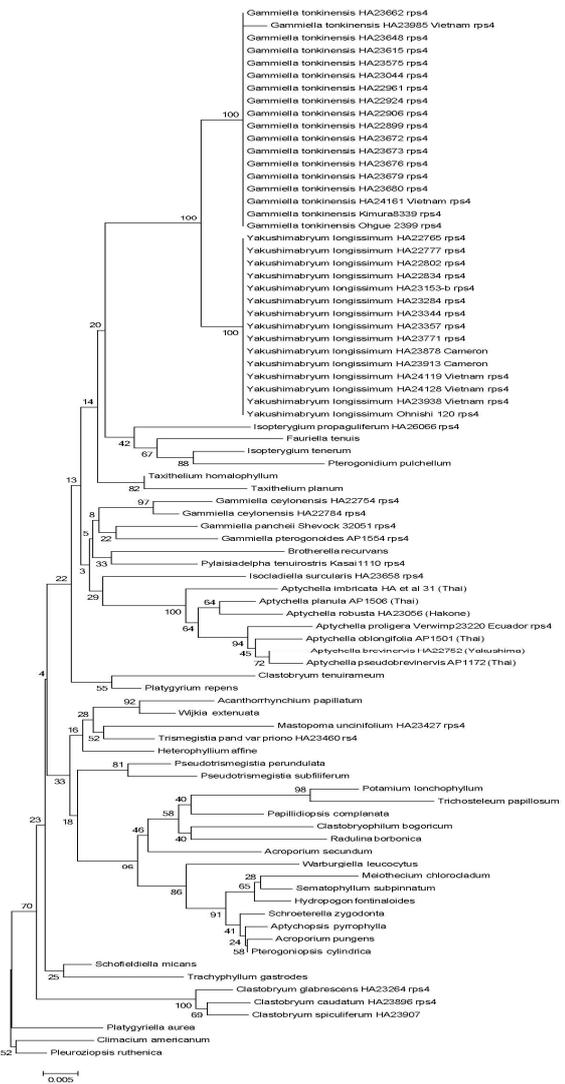


ML highest log likelihood tree. Only BS values >50% are shown.

(3). 屋久島から新属新種として記載されたヤクシマコモチイトゴケ属 *Yakushimabryum* についての再検討

ヤクシマコモチイトゴケ *Y. longissimum* の胞子体ならびに雄植物を発見した(Akiyama 2014). さらに, 屋久島固有と考えられてきた本種が, ベトナム, マレー半島, 北琉球, 大隅半島ならびに八丈島に分布することを明らかにした. これまでに判明した産地で採集されたサンプルについて, *rbdL*, *trnL-F*, *rps4*, *nad5* を用いて検討したところ, 集団間に遺伝的分化がほとんど見られないことが分かった. これはアジア産オオタマコモチイトゴケ属の事例と対照的であり, 無性繁殖による分布の拡大あるいは集団間における遺伝的交流の存在を示唆している. また, 形態的に類似して混同されることも多かったタマコモチイトゴケ *Gammiella tonkinensis* (= *Aptychella tonkinensis*) は, ヤクシマコモチイトゴケとは別種であるが, 同じ属に含まれることがわかった. この結果については, 現在論文を準備中である.

図3 ヤクシマコモチイトゴケとタマコモチイトゴケのNJ法による系統樹: 枝の数字は NJBS)



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 11 件)

1. Akiyama, H. (2014). Two new species of *Aptychella* (Pylaisiadelphaceae, Musci) closely related to *A. brevinervis* with singly costate leaves. 査読有り *Bryological Research* 11(3): 70-77.
<http://ci.nii.ac.jp/naid/110009907983/en>
2. Akiyama, H. (2014). Sporophytes newly found in *Clastobryopsis brevinervis* (Pylaisiadelphaceae, Musci). 査読有り *Bryological Research* 11(1): 1-5.
<http://ci.nii.ac.jp/naid/110009807042/en>
3. Akiyama, H. (2014). Newly found sporophytes and male plants of *Yakushimabryum longissimum* (Pylaisiadelphaceae, Musci) and a significant extension of its distribution. 査読有り *Bryological Research* 11(3): 63-69.
<http://ci.nii.ac.jp/naid/110009907982/en>
4. Akiyama, H. & M. Suleiman. (2014). A new species, *Bryobrothera tambuykonensis* (Daltoniaceae, Bryopsida), from Sabah, Borneo Island. 査読有り *Phytotaxa* 192(1): 13-23.
DOI:
<http://dx.doi.org/10.11646/phytotaxa.192.1.2>
5. M. Suleiman & H. Akiyama (2014). Malaysian *Chaetomitrium* (Symphyodontaceae, Musci): Type illustrations, taxonomical notes and key to the species. 査読有り *Humans and Nature* 26: 1-62.
http://www.hitohaku.jp/publication/r-bulletin/No25_01.pdf
6. Akiyama, H. & B. C. Tan (2013). The new synonymy of *Horikawaea* with *Cryptogonium* and a proposal of *Pseudocryptogonium*, gen. nov. (Musci, Pterobryaceae). 査読有り *Phytotaxa* 98(1): 16-22.
DOI:
<http://dx.doi.org/10.11646/phytotaxa.98.1.2>
7. Printarakul, N., B. C. Tan, K. Santanachote & H. Akiyama (2013). New and noteworthy records of mosses from Doi (Mt.) Inthanon, Chiang Mai, Chom Togn District, Northern Thailand. *Polish Botanical Journal* 査読有り 58(1): 245-257.
DOI: 10.2478/pbj-2013-0025
8. 秋山弘之 (2013). アジア産蘚苔類の分類・生態ノート 27. フウチョウゴケは形態が酷似する *M. submacrocarpum* と生育環境が異なる. 査読有り *蘚苔類研究* 10(10): 347-351.
<http://ci.nii.ac.jp/naid/110009657567/en>
9. 秋山弘之 (2013). 四国から初報告となるナガスジコモチイトゴケとタマコモチイトゴケ (蘚類, コモチイトゴケ科). 査読有り *蘚苔類研究* 10(12): 411-412.

10. 林田信明・小原比呂志・秋山弘之 (2013). 屋久島から新たに発見されたフウチョウゴケ (イワダレゴケ科, 蘚類) の群落. 査読有り *蘚苔類研究* 10(12): 407-410.
<http://ci.nii.ac.jp/naid/110009687938/en>
11. Akiyama, H., T. Matsuoka & T. Yamaguchi. (2012). Biosystematic studies of the *Dumortiera hirsuta* complex (Dumortieraceae, Hepaticae), 2. Monoploid and diploid diversification in the Hawaiian Islands. 査読有り *Polish Botanical Journal* 57(1): 81-93.
http://bomax.botany.pl/pubs/data/article_pdf?id=3565

[学会発表](計 4 件)

1. 秋山弘之・Benito C. Tan. (2012.08). 中国産 *Horikawaea dubia* (蘚類ヒムロゴケ科) で新たに見いだされた孢子体とその意義. 日本蘚苔類学会第 41 回北海道大会 (斜里町立知床博物館)
2. Akiyama, H. (2013.10). Habitat differentiation in bryophytes: two examples from Doi Inthanon (Thailand) and Isl. Yakushima (Japan). 2013 International Symposium of Bryophyte and Lichen Diversity. Thungshai University, Taichung, Taiwan
3. 秋山弘之 (2014.03) 秩父地方石灰岩に生育するシダレウニゴケ (蘚類ウニゴケ科) 類似植物の正体. 日本植物分類学会第 13 回熊本大会 (熊本大学)
4. 秋山弘之 (2014.08) 蘚類コモチイトゴケ科の分類学的検討. 日本蘚苔類学会第 43 回青森大会 (奥入瀬溪流館).

[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]

<http://www.hitohaku.jp/researchers/akiyama.html>

6. 研究組織

- (1) 研究代表者 秋山弘之
(兵庫県立大学 自然・環境科学研究所)
研究者番号: 70211696