

平成 29 年 6 月 15 日現在

機関番号：14301

研究種目：基盤研究(A) (海外学術調査)

研究期間：2012～2016

課題番号：24255007

研究課題名(和文) 東南アジア林冠部植物多様性と地理的生態的な群集分化解明のための広域インベントリー

研究課題名(英文) Large-scale inventory work for the clarification of diversity and biogeographical and ecological community diversification of canopy plants in Southeast Asia

研究代表者

神崎 護 (Kanzaki, Mamoru)

京都大学・農学研究科・教授

研究者番号：70183291

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 34,000,000円

研究成果の概要(和文)：東南アジアの季節性熱帯林から非季節性熱帯林をカバーする広域調査を実施し、林冠部に分布する植物についての包括的インベントリーを実施し、林冠植物群集の多様性と生物地理学的な特性を解明した。これと同時に林冠内部の植物のハビタット解析を行い、ハビタット多様性が種多様性の維持に果たす役割を明らかにした。以上の成果を踏まえ、生物地理的、生態地理的な視点から、東南アジアの着生植物多様性や、生態的特徴について議論した。調査研究に用いた林冠研究サイトは林冠部植物群集の長期モニタリングサイトとして今後の活用を目指している。

研究成果の概要(英文)：Comprehensive inventories of canopy plants were conducted in Southeast Asian Region including the seasonal and aseasonal regions. Through this inventories, diversity of canopy plants and biogeographical pattern were analysed. Simultaneously, the ecological habitat segregation was studied for the canopy plants. Based on these biogeographical and ecogeographical research results, we discussed the diversity and ecological characteristics of canopy plants in the region. The established research sites of canopy plants study is available for the future long-term studies of canopy plants.

研究分野：森林生態学

キーワード：林冠植物 東南アジア 多様性 ドイインタノン 山岳 着生植物 生物地理 ハビタット分割

## 1. 研究開始当初の背景

地球上の維管束植物のうち、10%が着生植物だといわれている。特に熱帯における着生植物の多様さは他の気候帯にくらべて格段に高いので、熱帯林の植物多様性の完全な解明のためには、林冠部分の多様性インベントリーが必須である。しかし、このような林冠植物は、気候変動の影響を最初に受ける可能性が大きい。降水量と空中湿度の減少、あるいは森林劣化にともなう森林構造の単純化は、林冠内植物群集の多様性の維持と存続に致命的な影響を与えることが移植実験などで明らかになっている。このように、林冠植物群集の重要性が指摘できるにも関わらず、中南米における包括的な研究を除外すると、熱帯地域での林冠植物の多様性インベントリーや物質循環やハビタット分割に関する研究は十分行われていない。特に本研究が調査地とする東南アジアでの林冠内植物群集については、植物の開花生態学やポリネーション生態学、炭素・水循環研究では著しい進展を見せているが、包括的な植物多様性インベントリーや着生植物のハビタット解析、あるいは着生植物の生育基質と養分循環に関する研究は十分ではない。

## 2. 研究の目的

東南アジアのモンスーン林域から多雨林域をカバーする広域調査を実施し、林冠部に分布する植物についての包括的インベントリーを実施し、林冠植物群集の多様性と生物地理学的な特性解明にあたる。これと同時に林冠内部の植物のハビタット解析を行い、ハビタット多様性が種多様性の維持に果たす役割を明らかにする。以上の成果を踏まえ、生物地理的、生態地理的な視点から、東南アジアの着生植物を主体とした林冠植物に関する包括的なレビューを作成し、調査研究の空白域となっている東南アジアでの林冠部植物研究を飛躍的に前進させることを目的とする。この調査研究に用いたサイトを林冠部植物群集の長期モニタリングサイトとして利用できるよう整備し、今後の研究インフラストラクチャーとして確立する。

## 3. 研究の方法

本研究では、森林長期生態観察を続けている生態研究者と、東南アジア熱帯のフロラ調査に長年従事してきた系統分類研究者が協力して、東南アジアの着生植物を主体とした林冠植物の多様性とその生態について包括的な研究を実施した。東南アジアのタイ、マレーシア、インドネシアに展開された既存の森林長期生態観察調査区(図1)を利用して、着生植物を主とした林冠部植物の多様性インベントリーと林冠内での分布調査を実施

した。林冠での作業のためには、ロープシステムを構築しツリーライミングの手法で作業を行い、さらにランビル国立公園では林冠ウォークウェイを利用した調査も並行して行った。

生態研究者を主体とした高所作業班によるホスト木の三次元マッピングを行い、これをもとに標本試料の採取、植物の林冠内の分布調査を実施し、得られた標本類は系統分類班による多様性インベントリーに利用した。



図 1

## 4. 研究成果

### (1) 着生植物の多様性解明

維管束着生植物のチェックリストをドイインタノン調査区で作成し110種を確認した。さらに本プロジェクト以外で採取されている標本を加えると、200種程度の維管束着生植物の存在が予想されている。

同調査区では蘚苔類のチェックリストも作成し、計210種がすでに記録されていたが、この中には新種6種が含まれ、蘚苔類の多様性としては世界的にも極めて高いことが明らかとなった。また、29属35種はタイでの新たな分布記録となり、6属6種についてはドイインタノンでの新分布記録となった。このような高い多様性は、インド、中国、東南アジアのフロラが重なり合うために生じていると考えられる。また東アジア熱帯から温帯にかけての分布研究から、蘚苔類は熱帯から温帯南部にかけて隔離的にしかし広域分布に分布すると言われてきたが、分子系統的な比較研究により、これら同一種と考えられていたものの多くが、新属、新種として分割すべきことが今回の研究を契機に解明され、蘚苔類の地理分布に対する概念を大きく変える必要が明らかとなった。

一方低地熱帯多雨林のランビルでの維管束着生植物の調査からは、短期間のサンプリングにもかかわらず、ラン科35種を含む90種が記録され、着生植物の重量は少ないものの、低地熱帯林におけるきわめて高い着生植物多様性が明らかとなった。その一方で、蘚苔類の多様性は季節性・非季節性低地熱帯林では低かった。

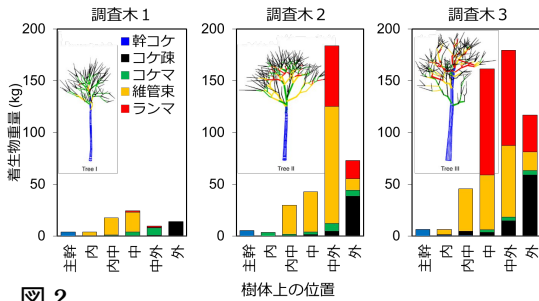


図 2

### (2) 維管束着生植物の生態分布の解明

ドイインタノン調査区で実施した詳細な維管束着生植物調査の結果、着生植物を含めた着生物重量や種多様性は、樹高 40m を超える超出木できわめて高く、特に多様性が高いのは図 2 で示したラン植物がマット状に生育する部位 (赤色部分) であった。着生植物の多様性の維持には、超出木層の樹木の存在が重要である。

また、着生植物の分布を林分単位で精査した結果、ホストの樹木サイズと地形、森林内での相対高、基質の直径、傾きなど用いた要因すべてが着生植物の森林内での分布を規定していた (図 3)。これらの要因に対して、着生植物は常落性あるいはシダ、草本、木本の 3 つの生育形態を変化させて、それぞれ異なるハビタットを占有しており、葉の機能形質と光と栄養塩類の利用可能性という観点からみても整合的な結果が得られた。

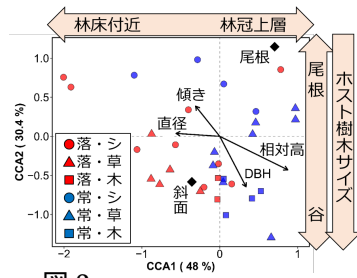


図 3

### (3) 着生植物の地理的分布

東南アジア全域の山岳で行った 500 m<sup>2</sup> を単位とした維管束植物を対象とした網羅的な植物調査により、ドイインタノンを含む季節性熱帯では標高 1000 m から 2000 m に種数のピークが存在することが明らかで、非季節性の熱帯での標高に伴う種数の単調減少とは全く異なる反応を示すことが明らかとなった (図 4)。しかし着生植物だけを取り出した場合、このような標高に伴う明確な種数の反応

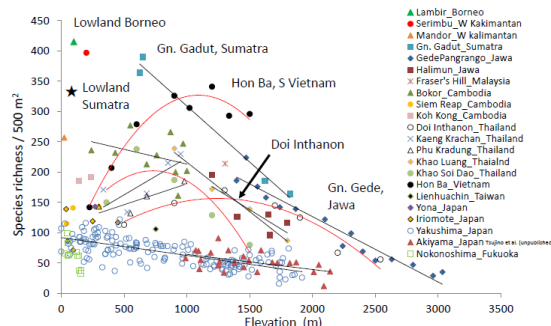


図 4

はみられず、より局所的な要因、地形や森林の発達段階などが強く種数を規定することが明らかとなった。

千葉県立博物館標本庫、京都大学博物館標本庫、LIPI 生物学研究センターの標本館、タイ国立公園局標本館などの熱帯産の着生植物を含む大量の標本について同定作業と採取地情報の収集作業を行い、東南アジアから東アジアにかけてのフロラとその地理分布についての整理を行った。

### (4) 葉面付着菌類

熱帯の森林・林冠における葉圏菌類群集の多様性と分布パターンを解明するために、サケラート (タイ) の季節常緑林に設置されている林冠タワーを用いて、19 階層の高さから 26 種の植物の葉サンプルを 144 個採取した。各サンプルから抽出した DNA を対象に菌類の ITS1 領域を PCR 増幅し、次世代シーケンサーを用いたメタゲノム解析を行った。得られた 14,992,501 配列から、1524 個の菌類 OTU が認識された。各階層で見出された菌類 OTU 数は、林床から林冠へと高度が増すにつれて減少し、葉圏菌類の多様性は林床部において高いことが示された (図 5)。

また、上層部ほど子囊菌門 (特にクロイボタケ綱) の相対的比率が高くなった。統計解析の結果、水平方向のサンプル間距離は説明

変数として採択されなかった一方で、垂直方向のサンプル間距離および宿主植物種の系統的距離が説明変数として採択された。菌類群集組成には、森林の垂直方向に見られる環境勾配と、植物系統間に見られる形質の差異が強く関係している可能性が示唆された。

図 5

### (6) 栄養塩類循環における機能

キナバル山で測定された 10 年間分の着生植物由来のリター降水量とその栄養塩類濃度をもとに、リターを介した栄養塩類循環における着生植物の貢献と長期のリター量の変動について検討した。高標高へいくほど総リター量は減少するが、着生リター量は風衝群落を除くと標高に伴い増加 (図 6)、総リター中の最大 2.6% を占めていた。また、エルニーニョ年におけるリター降水量の増加の傾向も、他のリターとともに、顕著であった。

これらリター降下に伴う栄養塩類の地表面への供給に関しては、着生植物リターの P 濃度、N 濃度が地上生樹木のリターよりもかなり高いため、リター重量の変化以上に栄養塩類循環に貢献していることが明らかとなった。



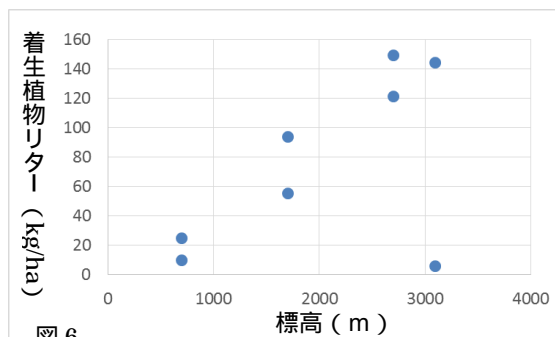


図 6

### (7) 東南アジア着生植物群集

今回の調査範囲は、まだ東南アジア全域をカバーしたとは言えないが、当該地域の着生植物群集の多様性はきわめて高いこと、特に蘚苔類の多様性の高さは今回の一連の調査の成果の一つといえる。また季節性熱帯と、非季節性熱帯における山岳地域での標高傾度にもなう多様性の変化に対して、着生植物の多様性はよりサイト固有の条件、おそらく森林の階層構造の発達程度などが重要で、とくに超出木の存在は、着生植物群集の多様性を維持するのに、きわめて重要だと考えられる。

着生植物の個々のサイトでのチェックリストの作成は、今後のさらなる着生植物の生態地理の解明のために不可欠であり、今後の継続したデータの取得が望まれる。今回使用した研究サイトは、いずれも林冠部植物多様性とその動態のための、研究拠点として整備したので、長期の研究サイトに積極的に活用していくことが望ましい。

### 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 18 件)

Shevock, J.R., W.Z. Ma, H. Akiyama, Diversity of the rheophytic condition in bryophytes: Field observations from multiple continents, *Bryophyte Diversity and Evolution*, 査読有, 39, 2017, (In press)

Izuno, Ayako, Mamoru Kanzaki, Taksin Artchawakom, Chongrak Wachrinrat, Yuji Isagi, Vertical Structure of Phyllosphere Fungal Communities in a Tropical Forest in Thailand Uncovered by High-Throughput Sequencing, *PLoS ONE*, 査読有, 11(11), 2016, e0166669.

Nakanishi, Akira, Witchaphart Sungpalee, Kriangsak Sri-ngernyuang, Mamoru Kanzaki, Large variations in composition and spatial distribution of epiphyte biomass on large trees in a tropical montane forest

of northern Thailand. *Plant Ecology*, 査読有, 217(9), 2016, 1157-1169  
DOI 10.1007/s11258-016-0640-7

Muller F., H. Akiyama, The taxonomic position of *Aptychella chilensis* based on molecular and morphological characteristics, *Cryptogamie, Bryologie* 査読有, 3, 2016, 251-258

Akiyama, H. J. Enroth, Sporophytes newly found for *Taiwanobryum guangdongense* (Neckeraceae, Bryophyta) from Taiwan, *Bryophyte Diversity and Evolution*, 査読有, 38(1) 2016, 23-26  
<http://dx.doi.org/10.11646/bde.38.1.2>

Akiyama H, Re-examination of the identities of *Forstroemia japonica* and *Pseudopterobryum tenuispes* (Neckeraceae, Musci) based on molecular and morphological data, *Bryological Research*, 査読有, 11, 2016, 157-166

Mueller, F. & H. Akiyama, *Aptychella chilensis* belongs to the Ptychomniaceae and not Pylaisiadelphaceae based on DNA and morphological analyses. *Cryptogamie, Bryologie*, 査読有, 37(3), 2016, 251-258  
<https://doi.org/10.7872/cryb/v37.iss3.2016.251>.

Akiyama, H. & M. Suleiman, A new species, *Bryobrothera tambuyukonensis* (Daltoniaceae, Musci), from Sabah, Borneo Island. *Phytotaxa* 192(1), 査読有, 2015, 13-23  
DOI:<http://dx.doi.org/10.11646/phytotaxa.192.1.2>

Suleiman, M. & H. Akiyama (2015). Malesian Chaetomitrium (Symphyodontaceae, Musci): Type illustrations, taxonomical notes and key to the species. *Humans and Nature*, 査読有, 28, 2015, 1-62

Akiyama, H., Two new species of *Aptychella* (Pylaisiadelphaceae, Musci) closely related to *A. brevinervis* with singly costate leaves. *Bryological Research*, 査読有, 11(3), 2014, 70-77

Akiyama, H., Sporophytes newly found in *Clastobryopsis brevinervis* (Pylaisiadelphaceae, Musci), *Bryological Research*, 査読有, 11(1), 2014, 1-5

<sup>12</sup>Akiyama, H., Newly found sporophytes and male plants of *Yakushimabryum longissimum* (Pylaisiadelphaceae, Musci) and a

significant extension of its distribution. *Bryological Research*, 査読有, 11(3), 2014, 64-69

<sup>13</sup> Tokumoto, Y., Sakai, S., Matsushita, M., Ohkubo, T. and Nakagawa, M., Spatiotemporal Variability in the Reproductive Success of the Continually Flowering Shrub *Dillenia suffruticosa* in Borneo, *Biotropica*, 査読有, 46(5), 2014, 583-590

<sup>14</sup> Kishimoto-Yamada, K., Kamiya, K., Meleng, P., Diway, P., Kaliang, H., Chong, L., Itioka, T., Sakai, S., Ito, M., Wide host ranges of herbivorous beetles? : Insights from DNA barcoding. *PLoS ONE*, 査読有, 8, 2013, e74426

<sup>15</sup> Nakanishi Akira, Witchaphart Sungpalee, Kriangsak Sri-ngernyuang and Mamoru Kanzaki, Determination of epiphyte biomass composition and distribution with a three-dimensional mapping method in a tropical montane forest in northern Thailand, *Tropics*, 査読有, 22, 2013, 27-37

<sup>16</sup> Narin Printarakul, Benito C. Tan, Kanya Santanachote & Hiroyuki Akiyama, New and noteworthy mosses from Doi (Mt.) Inthanon, Chiang Mai, Chom Tong District, Northern Thailand, *Polish Botanical Journal*, 査読有, 58 巻 2013, 245-257  
<https://doi.org/10.2478/pbj-2013-0025>.

<sup>17</sup> Yahara T., Javadi F, Onoda Y, de Queiroz LP, Faith DP, Prado D, Akasaka M, Kadoya T, Ishihama F, Davies S, Slik JWF, Yi T, Ma K, Bin C, Darnaedi D, Pennington T, Tuda M, Shimada M, Ito M, Egan AN, Buerki S, Raes N, Kajita T, Vatanparast MM, Mimura M, Tachida T, Iwasa Y, Smith GF, Victor JE, Tandiwe Nkonki, 2013. Global legume diversity assessment: Concepts, key indicators and strategies. *Taxon*, 査読有, 62 巻 2013, 249-266

<sup>18</sup> Toyama H, Tagane S, Chhang P, Kajisa T, Ichihashi R, Samreth V, Ma V, Sokh H, Katayama A, Itadani H, Tateishi M, Tachiki Y, Mase K, Onoda Y, Mizoue N, Tachida H, Yahara T. 2013. Inventory of woody flora in permanent plots of Kampong Thom and Kampong Chhnang Provinces, Cambodia. *Acta Phytotaxonomica & Geobotanica*, 査読有, 64 (2), 2013, 45-105  
<http://doi.org/10.18942/apg.KJ000088774>  
22

〔学会発表〕(計 7 件)

Sakai S. and T. Itioka, Long-term monitoring of plant reproductive phenology and observation of general flowering in Lambir Hills, *Frontier in Tropical Forest Research: Progress in Joint Projects between the Forest Department Sarawak and the Japan Research Consortium for Tropical Forests in Sarawak*, 21-22 September 2015, Imperial Hotel, Kuching, Sarawak, Malaysia

Ohkubo, T., Fragmentation and the resilience of degraded forests adjacent to protected area in Bornean tropics-A case in Sarawak, Malaysia-JSPS 中国同窓会広西支部、2015年9月14日、広西大学、南寧・広西自治区、中国、招待講演

濱田稔史, 名波哲, 山倉拓夫, 伊東明, 上谷浩一, 市榮智明, 田中憲蔵, Lucy Chong, 巨大高木リュウノウジュ属における種間雑種の生育段階ごとの割合, 第25回日本熱帯生態学会年次大会, 査読無, 2015年6月19日~21日, 京都大学, 京都市

Suzuki E., Susanti R., Tropical rainforest vegetation in Tangkahan area, Mt. Leuser National Park, North Sumatra, 第62回日本生態学会大会、査読なし T11-4, 鹿児島大学, 鹿児島, 2015年3月

原正利, 大久保達弘, Rantai Jawa, Paul Chai, マレーシア・サラワク州におけるブナ科植物の垂直分布 - 特に低海拔地における種の多様性について - , 植生学会第18回大会, 査読なし, 2013年10月12日-14日, 仙台市戦災復興記念館, 仙台市

大久保達弘・原正利・福沢朋子・望月寛子・Rantai Jawa・Paul Chai P.K., マレーシア・サラワク州グヌン・ムル(Gunung Mulu)のブナ科植物の分布について(予報), 第23回日本熱帯生態学会年次大会, 査読なし, 2013年6月14日~16日 九州大学箱崎キャンパス, 福岡市

Eizi Suzuki, Dian Rosleine, Kawasaki Masatatsu, Vegetation and its changes in Pangandaran Nature Reserve, West Java, Indonesia. 9th Flora Malesiana Symposium, 査読なし, August 27-31, 2013, IPB International Convention Center, Bogor, Indonesia

〔図書〕(計 2 件)

Yahara T, Akasaka M, Hirayama H, Ichihashi R, Tagane S, Toyama H, Tsujino R, Strategies to observe and assess

changes of terrestrial biodiversity in the Asia-Pacific Regions. In Nakano et al. eds., The Biodiversity Observation Network in the Asia-Pacific Region, Toward Further Development of Monitoring, Springer, 2012, pp. 3-19

Toyama H, Tagane S, Kajisa T, Chhnang P, Ichihashi R, Yahara T, A pictured guide of forest trees in Cambodia I Kampong Chhnang. Published by Center for Asian Conservation Ecology, Kyushu University, April 2012. 109

〔産業財産権〕

出願状況(計 0件)

取得状況(計 0件)

## 6. 研究組織

### (1)研究代表者

神崎 護 (KANZAKI, Mamoru)  
京都大学・大学院農学研究科・教授  
研究者番号：70183291

### (2)研究分担者

井鷲 裕司 (ISAGI, Yuji)  
京都大学・大学院農学研究科・教授  
研究者番号：50325130

北島 薫 (KITAJIMA, Kaoru)  
京都大学・大学院農学研究科・教授  
研究者番号：40721379

北山 兼弘 (KITAYAMA, Kanehiro)  
京都大学・大学院農学研究科・教授  
研究者番号：20324684

酒井 章子 (SAKAI Shoko)  
京都大学・生態学研究センター・准教授  
研究者番号：30361306

永益 英敏 (NAGAMASU Hidetoshi)  
京都大学, 総合博物館, 教授  
研究者番号：90218024

矢原 徹一 (YAHARA Tetsukazu)  
九州大学, 理学研究院, 教授  
研究者番号：90158048

鈴木 英治 (SUZUKI Eiji)  
鹿児島大学, 理工学研究科, 教授  
研究者番号：10128431

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

大久保 達弘 (OKUBO Tatsuhiro)  
宇都宮大学, 農学部, 教授  
研究者番号：10176844

原 正利 (HARA Masatoshi)  
千葉県立中央博物館, 生態・環境研究部,  
主席研究員  
研究者番号：20250144

田中 伸幸 (TANAKA Nobuyuki)  
独立行政法人国立科学博物館, 植物研究部,  
研究員  
研究者番号：40393433

名波 哲 (NANAMI Satoshi)  
大阪市立大学, 大学院理学研究科, 准教授  
研究者番号：70326247

(3)連携研究者  
なし

### (4)研究協力者

中西 晃 (NAKANISHI Akira)  
京都大学大学院, 農学研究科, 大学院生  
研究者番号：

伊津野 彩子 (IZUNO Ayako)  
京都大学大学院, 農学研究科, 大学院生  
研究者番号：

Kriangsak Sri-ngernyuang  
Maejo University, Faculty of  
Architecture and Landscape Design,  
Associate  
Professor

Wichaphart Sangpalee  
Maejo University, Faculty of  
Agricultural Production, Assistant  
Professor

Chongrak Wachranrit  
Kasetsart University, President

Taksin Artchawakom  
Thailand Institute of Scientific and  
Technological Research, Sakaerat  
Environmental Research Station, Chief