

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 27 年 6 月 20 日現在

機関番号：12601

研究種目：基盤研究(A)

研究期間：2011～2014

課題番号：23255005

研究課題名(和文) 汎ヒマラヤ地域の植物相に関する遺伝的多様性と種多様性にもとづく系統分類学的解析

研究課題名(英文) Systematic analyses for the Pan-Himalayan flora based on genetical and species diversities

研究代表者

池田 博 (IKEDA, Hiroshi)

東京大学・総合研究博物館・准教授

研究者番号：30299177

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 32,500,000円

研究成果の概要(和文)：2011年から2014年にかけて、ミャンマー、ネパール、中国西南部において、1) インベントリ調査により、標本番号で約3,300番(重複標本を含め約12,000点)の押し葉標本を収集し、それらは分類学的再検討およびネパール植物誌(Flora of Nepal)の基礎資料として用いられた。2) 収集されたDNAサンプルおよび染色体観察用サンプルを用いて系統地理学的解析、細胞遺伝学的解析がなされた。さらに、繁殖生態学的解析および生理生態学的解析も進められた。3) 収集されたDNAサンプルは、「ヒマラヤ植物DNAバンク」として整備が進められた。

研究成果の概要(英文)：Botanical field researches were carried out in Myanmar, Nepal, and Southwest China between 2011 and 2014. About 12,000 herbarium specimens (ca. 3,300 serial numbers) were collected, and some taxonomical studies and editorial works for the "Flora of Nepal" were done with these specimens. Some phylogeographical and cytogenetical studies were made with the samples collected in the field. Moreover, some scientific papers on reproductive ecology and physiological ecology were published by the field observation and the samples collected in the field. "DNA bank of the Himalayan plants" project was progressed based on the dried materials collected during the researches.

研究分野：生物学

キーワード：ヒマラヤ 系統分類 遺伝的多様性 種多様性 植物相

## 1. 研究開始当初の背景

ヒマラヤおよびその周辺地域は、地球上で最も生物多様性の高い地域の一つと考えられ、「ヒマラヤ・ホットスポット」と呼ばれる。この地域の植物に関しては19世紀以降、主に乾燥標本をもとにした記載分類学的研究が進められてきた。植物の多様性を認識する基礎として、そこに生育するすべての種を網羅した植物誌(フロラ)が必要であるが、ヒマラヤ地域の中核となるネパールの植物誌はいまだなく、現在、日本、ネパール、イギリス、アメリカの間で、「ネパール植物誌 (Flora of Nepal)」の出版計画が進められている。また最近になって、ヒマラヤのみではなく、周辺地域も含めた「汎ヒマラヤ植物誌 (Flora of Pan-Himalaya)」の作成計画が進められている。これはヒマラヤのみならず、チベット、中国西南部(横断山脈)および周辺山岳地帯を含めた一帯(汎ヒマラヤ地域)を対象とした広域フロラをまとめようというもので、両計画ともに、現地調査、編集・出版の面で日本の貢献が期待されている。植物誌作成のためには、多様化が著しい属や種群に関するモノグラフ的研究も必要である。

植物の進化に関して、近年はDNAを用いた系統生物地理学的研究が進んできており、過去の地理的・気候的変遷に伴う種分化や分布の拡大・縮小についての詳細な研究が可能となっている。ヒマラヤの植物に関しても、2000年代以降、申請者らのグループによって、解析が進められている。その結果、ヒマラヤ高山帯の植物相はユーラシア温帯植物相から派生し、地域固有化したこと、その分散・分断の過程において、第三紀後期から第四紀において繰り返される気候の周期的変動ならびにゴンドワナ大陸衝突後のチベット高原の上昇という2つの地球史上のイベントが、個別的な植物群を超えて、植物相単位での分断と種分化に深く係っていることが示唆さ

れている。

## 2. 研究の目的

ヒマラヤおよびその周辺地域に生育する植物の研究に関しては、多様性認識の基礎となる植物誌をつくるための調査(インベントリー調査)が必要となる地域が広く残る一方、特定の分類群に関する解析的研究も進められつつある。本研究は、ヒマラヤとその周辺地域の植物に関して、1) インベントリー調査による植物相の解明と分類学(モノグラフ)的研究を進めると同時に、2) ヒマラヤで多様化した分類群の系統地理分化の解明を進めることを主な目的とする。さらに、3) インベントリー調査により収集された標本に対応する「ヒマラヤ植物DNAバンク」を創設し、世界の研究者にDNAサンプルを提供し解析してもらうことにより、植物系統分類学分野への広い貢献も目指す。

## 3. 研究の方法

ヒマラヤおよび周辺地域において、以下の各項目についての材料収集、分析、考察を行った。

- 1) インベントリー調査により、調査地内で見出された維管束植物を採集し、押し葉標本を作製するとともに、それぞれの標本から「ヒマラヤ植物DNAバンク」のためのDNAサンプルを採取する。採集した標本は整理・同定し、調査地のフロラリストを作成する。また、収集したDNAサンプルは、登録・保管・管理し、研究者からの要請に応じて利用・解析に供す。
- 2) ヒマラヤで多様化した分類群について、系統解析および細胞遺伝学的解析のための材料を証拠標本とともに収集する。その後、以下の解析を行なう
  - a. 系統解析用の材料を用い、DNAを用いた系統解析を行ない、系統樹を完成さ

せる。

- b. 細胞遺伝学的解析用の材料を用い、染色体数、核型を明らかにする。
- c. 証拠標本および各地の標本室に収蔵されている押し葉標本を用い、形態学的解析を行なう。
- d. 以上を総合し、ヒマラヤやチベット高原の上昇が植物の種分化にどのように関与したのかを考察し、ヒマラヤ地域における植物進化の実像を探る。

#### 4. 研究成果

(1) 研究期間中に、ミャンマー(1回)、ネパール(3回)、中国(3回)において現地調査を行った。その結果、標本番号で約 3,300 番、重複標本を含め約 12,000 点の押し葉標本が収集された。これらの標本は第 1 セットが東京大学植物標本室 (TI) に、第 2 セットはそれぞれの調査実施国の植物標本庫(ハーバリウム)に収められ、残った重複標本はヨーロッパやアメリカのハーバリウムに送られることになっている(Fujikawa et al. 2012, Ikeda et al. 2015 参照)。これら標本は、各ハーバリウムの充実に寄与すると考えられる。

(2) 収集された標本は同定に供され、分類学的検討に用いられた(カヤツリグサ科: Yano et al. 2013, 2015, Jin et al. 2015; ユリ科: Tamura et al. 2014 など)。また、同定された標本は現在編集中の "Flora of Nepal" ("ネパール植物誌")の基礎資料となる。「ネパール植物誌」は全 10 巻の発刊が予定され、2011 年に第 4 巻(モクレン科~バラ科)が発行された(Watson et al. 2011)。残りの 9 巻について、現在第 3 巻を日本側が、第 7 巻をイギリス側が、第 10 巻をネパール側が責任編集となり、編集作業が進められている。

(3) 収集した標本とともに、DNA 解析用に葉をシリカゲルで乾燥させたサンプルを収

集した。標本番号 1 番につき、3 点のサンプルを収集した結果、約 10,000 点の DNA 解析用サンプルが収集された。採集されたサンプルは、「ヒマラヤ植物 DNA バンク」として、解析を希望する研究者に供与するべく準備を進めている。すでにこれらサンプルを用いた系統地理学的解析が行われている(カヤツリグサ科 *Erioscirpus* 属: Yano et al. 2012, ユリ科ホウチャクソウ属: Tamura et al. 2013 など)。

(4) ヒマラヤを特徴づける分類群に関して、染色体観察用のサンプルを収集した。研究期間中におよそ 550 点のサンプルを収集し、解析に供された。現在、観察を進めているところであるが、得られた結果は逐次論文あるいは学会等で発表を行っている(カヤツリグサ科ヒゲハリスゲ属: Yano et al. 2011, オミナエシ科: Kawashima et al. 2014 など)。

(5) 現地での観察に基づく繁殖生態学的研究を実施し、その結果を公表した(カヤツリグサ科: Yano et al. 2013, 2015, Yano & Ikeda 2015, キク科トウヒレン属: 中路ほか 2012 など)。

(6) 現地で収集したサンプルを用いて、花卉の表面構造に関する生理生態学的解析を行った(Taneda et al. 2015)。高山帯に生育する植物の花弁の表面構造は、低いところのものよりも水をはじきやすい構造をもっていた。これは雨の多い湿潤モンスーン気候に適応したものと考えられた。

(7) ヒマラヤの植物の面白さを一般に伝えるために、講演会および解説書を書いた(池田 2014a, 2014b)。

#### 5. 主な発表論文等

##### 【雑誌論文】(計 60 件)

Jin, X.-F., Ikeda, H., Yano, O., Chen, W.-J. & Zhou, Y.-Y. 2015. *Carex staintonii* (C. sect. *Trachychlaenae*), a new species of Cyperaceae from Nepal. *J. Jpn. Bot.*

- 90**(2): 109-114. 査読有
- Taneda, H., Watanabe-Taneda, A., Chhetry, R. and Ikeda, H. 2015. A theoretical approach to the relationship between wettability and surface microstructures of epidermal cells & structured cuticles of flower petals. *Ann. Bot.* 査読有
- (Doi: 10.1093/aob/mcv024.available online at [www.aob.oxfordjournals.org](http://www.aob.oxfordjournals.org))
- Yano, O., Katsuyama, T., Ikeda, H., Pendry, C. A. and Rajbhandari, K. R. 2015. A new record of *Eleocharis uniglumis* (Link) Schult. (Cyperaceae) from Nepal. *J. Jpn. Bot.* **90**(1): 58-60. 査読有
- Tamura, M. N., Fuse, S., Li, H., Yang, Y.-P., Meng, Y. & Ikeda, H. 2014. *Polydolichocarpum* (Asparagaceae), a new species from Yunnan, China. *Acta Phytotax. Geobot.* **65**(3): 157-159. 査読有
- Kawashima, Y., Ishida, K., Yamamoto, No., Ikeda, H. & Iwatsubo, Y. 2014. Polyploidy of *Patrinia villosa* (Valerian.). *Chrom. Science* **16**(3 & 4): 69. 査読有
- Yano, O., Katsuyama, T., Ikeda, H., Watson, M. F. & Rajbhandari, K. R. 2014. Author citation for *Carex henryi* (Cyperaceae) revisited. *J. Jpn. Bot.* **89**(4): 262-265. 査読有
- 池田 博 2014a. ヒマラヤの花：極限の環境に生きる植物たち（2）. 遺伝 **68**: 285-288. 査読無
- 池田 博 2014b. ヒマラヤの花：極限の環境に生きる植物たち（1）. 遺伝 **68**: 162-166. 査読無
- Yonekura, K., Ikeda, H., Akiyama, S. & Ohba, H. 2013. Announcement of the literature on Himalayan botany XXIX. *Newslett. Him. Bot.* (47): 24-29. 査読無
- Shakya, L. R., Jin, X.-H., Rajbhandari, K. R. and Ikeda, H. 2013. *Robiquetia succisa* (Lindl.) Seidenfaden & Garay (Orchidaceae)-- a new record from Nepal. *J. Jpn. Bot.* **88**(3): 191-193. 査読有
- Devkota, M. P. and Ikeda, H. 2013. A new record of *Tolypanthus involucratus* (Roxb.) vanTieg. (Loranthaceae) from Nepal. *J. Jpn. Bot.* **88**: 199-190. 査読有
- Yano, O., Ikeda, H., Pendry, C. A. & Bhatta, G. D. 2013. Insect pollination in snow white sedge, *Cyperus niveus* Retz. (Cyperaceae), from Far West Nepal. *J. Jpn. Bot.* **88**(2): 119-120. 査読有
- Yano, O., Katsuyama, T., Ikeda, H., Watson, M. F. and Rajbhandari, K. R. 2013. Nomenclature and lectotypification of *Carex henryi* (Cyperaceae) --a new record for Nepal. *Acta Phytotax. Geobot.* **63**(3): 143-148. 査読有
- 矢野興一・池田 博. 2012. ネパールにおける植物調査で採集されたカヤツリグサ科植物 I. マナスル・ヒマラヤ地域. 莎草研究 (17) : 19-33. 査読有
- Fujikawa, K., Hamaguchi, M., Yamamoto, N., Ikeda, H., Srisanga, P. & Tin Mya Soe 2012. Botanical expedition to Natma Taung (Mt. Victoria) National Park, Chin State, west-central Myanmar in 2012. *Newslett. Himal. Bot.* (46): 1-12. 査読無
- Ikeda, H., Amano, M., Yamamoto, N., Pendry, C. A. & Bhattarai, A. P. 2012. *Korthalsella japonica* (Thunb.) Engl. (Santalaceae), a new locality in western Nepal. *Newslett. Himal. Bot.* (46): 13-15. 査読無
- Yano, O., Ikeda, H., Watson, M. F., Rajbhandari, K. R., Jin, X.-F., Hoshino,

T., Muasya, A. M. and Ohba, H. 2012. Phylogenetic position of the Himalayan genus *Erioscirpus* (Cyperaceae) inferred from DNA sequence data. Bot. J. Linn. Soc. **170**: 1-11. 査読有

Yonekura, K., Ikeda, H., Akiyama, S. and Ohba, H. 2012. Announcement of the literature on Himalayan botany XXVIII. Newslett. Him. Bot. (45): 23-30. 査読無

Yano, O., Ikeda, H., Watson, M. F. & Rajbhandari, K. R. 2011. Cytological studies of four species of genus *Kobresia* (Cyperaceae) collected from Nepal Himal. Cytologia **76**(2): 137-141. 査読有

Yano, O., Ikeda, H., Watson, M. F. & Rajbhandari, K. R. 2011. Dauciform roots in *Carex atrofusca* Schk. ssp. *minor* (Boott) T. Koyama (Cyperaceae) from the Manaslu Himalaya, Central Nepal. J. Jpn. Bot. **86**(2): 120-123. 査読有

**【学会発表】(計44件)**

種子田春彦・Dhan Raj Kanel・池田 博 . 2015.03.19. ネパール東部に生育するシャクナゲの葉の通水コンダクタンスと生育標高の関係 . 第 62 回日本生態学会鹿児島大会( 鹿児島大学:鹿児島県鹿児島市) .

池田 博 2014.11.9. ヒマラヤの花 . 軽井沢町植物園 2014 年秋講演会( 軽井沢町植物園 : 長野県軽井沢町) . ( 招待講演 )

Vatanparast, M. & Ikeda, H. 2013.12.07. Phylogeny of the Potentilleae (Rosaceae) in the Himalaya and adjacent regions. The 59th Annual Meeting of the Society of Himalayan Botany (東京大学総合研究博物館 : 東京都文京区) .

高山浩司・池田 博 2013.12.07. 雌雄異株の東ヒマラヤ産単型属 キンボウゲ科 *Paroxygraphis* 属の系統的位置 . 第 59 回ヒマラヤ植物研究会( 東京大学総合研究博

物館 : 東京都文京区) .

種子田春彦・池田 博・Dhan R. Kanel. 2013.03.26. ヒマラヤ産シャクナゲ5種における生育標高と葉の通水コンダクタンス . 第 124 回日本森林学会大会 ( 岩手大学 : 岩手県盛岡市) .

中路真嘉・池田 博・Rita Chhetry・菅原敬. 2012.12.08. ヒマラヤ高山帯に適応したセータ植物 *Saussurea laminamaensis* Kitam.(キク科)の送粉生態学的調査 . 第 44 回種生物シンポジウム ( 奥琵琶湖マキノパークホテル&セミナーハウス : 滋賀県奥高島市) .

池田 博 2012.11.17. ヒマラヤの花 "多様な環境に生きる植物たち" . 社団法人日本植物友の会「花のサロン」(ルーテル市ヶ谷センター:東京都千代田区)( 招待講演 )

池田 博 2012.11.10. ヒマラヤの花 - 極限環境に生きる植物たち . 公益財団法人藤原ナチュラルヒストリー振興財団 第 4 回シンポジウム「極限の世界の生き物たち」( 国立科学博物館 : 東京都台東区) .

池田 博 2011.11.19. ヒマラヤの自然と植物 . HORTUS - 植物と文化を考える会 第 39 回講演会 ( 丸井錦糸町店 : 東京都墨田区) . 招待講演

池田 博 2011.10.29. ヒマラヤの自然と植物 . 特別講演「ヒマラヤの自然と文化」 . 第 33 回 日本アーユルヴェーダ学会 ( 金沢大学 : 石川県金沢市) . 招待講演

Yano, O. & Ikeda, H. 2011.07.25. Molecular phylogeny of the Himalayan genus *Erioscirpus* (Cyperaceae). XVIII International Botanical Congress (Melbourne, Australia).

**【図書】(計7件)**

池田 博 ( 監修 ) 2013. ポプラディア大図鑑 WONDA 植物 . 215 pp. ポプラ社 , 東京 .

Watson, M. F., Akiyama, S., Ikeda, H., Pendry, C. A., Rajbhandari, K. R. &

Shrestha, K. K. (eds.) 2011. Flora of Nepal, vol. 3. 425 pp. Royal Botanic Garden Edinburgh, Scotland.

### 【その他】

ホームページ等

<http://umdb.um.u-tokyo.ac.jp/DShokubu/TShokubu.htm>

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

池田 博 (IKEDA, Hiroshi)

東京大学・総合研究博物館・准教授

研究者番号：30299177

### (2) 研究分担者

大場 秀章 (OHBA, Hideaki)

東京大学・総合研究博物館・名誉教授

研究者番号：20004450

小山 鐵夫 (KOYAMA, Tetsuo)

公益財団法人高知県牧野記念財団・牧野植物園・園長

研究者番号：00203335

藤川 和美 (FUJIKAWA, Kazumi)

公益財団法人高知県牧野記念財団・牧野植物園・研究員

研究者番号：60373536

高山 浩司 (TAKAYAMA, Koji)

東京大学・総合研究博物館・助教

研究者番号：60647478

### (3) 連携研究者

邑田 仁 (MURATA, Jin)

東京大学・理学系研究科(研究院)・教授

研究者番号：90134452

塚谷 裕一 (TSUKAYA, Hirokazu)

東京大学・理学系研究科(研究院)・教授

研究者番号：90260512

能城 修一 (NOSHIRO, Shuichi)

独立行政法人森林総合研究所・木材特性研究領域・チーム長

研究者番号：30343792

秋山 忍 (AKIYAMA, Shinobu)

独立行政法人国立科学博物館・主任研究官

研究者番号：50196515

岩坪 美兼 (IWATSUBO, Yoshikane)

富山大学・理工学研究部(理学)・教授

研究者番号：10201344

東馬 哲雄(大井 哲雄) (TOHMA (OHI), Tetsuo)

東京大学・理学系研究科(研究院)・助教

研究者番号：10376527

矢野 興一 (YANO, Okihito)

岡山理科大学・生物地球学部・助教

研究者番号：60582757

### (4) 研究協力者

種子田 春彦 (TANEDA, Haruhiko)

東京大学・理学系研究科(研究院)・助教

山本 伸子 (YAMAMOTO, Nobuko)

千葉県立中央博物館・生態・環境研究部・研究員

藤木 利之 (FUJIKI, Toshiyuki)

岡山理科大学・理学部・助教

赤井 賢成 (AKAI, Kensei)

福井県立大学・生物資源学部・研究員

田村 実 (TAMURA, Minoru)

京都大学・理学部・教授

布施(山崎) 静香 (FUSE, Shizuka)

京都大学・理学部・助教

米倉 浩司 (YONEKURA, Koji)

東北大学・植物園・助教

矢後 勝也 (YAGO, Masaya)

東京大学・総合研究博物館・助教

宮田 一範 (MIYATA, Kazunori)

東京大学・理学系研究科・大学院学生

中路 真嘉 (NAKAJI, Masayoshi)

首都大学東京・牧野標本館・大学院学生

内山 寛 (UCHIYAMA, Hiroshi)

日本大学・生物資源科学部・准教授

田中 孝尚 (TANAKA, Takahisa)

東北大学・生命科学研究・教育研究支援者

掛澤 明弘 (KAKEZAWA, Akihiro)

京都大学・理学研究科・大学院学生