

令和 6 年 6 月 7 日現在

機関番号：18001

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2021～2023

課題番号：21K06308

研究課題名(和文) マチン科ホウライカズラ属の環東シナ海地域における種分化と花形態の進化に関する研究

研究課題名(英文) Studies on speciation and evolution of floral morphology in the genus *Gardneria* (Loganiaceae) in the East China Sea rim region

研究代表者

内貴 章世 (Naiki, Akiyo)

琉球大学・熱帯生物圏研究センター・准教授

研究者番号：30393200

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円

研究成果の概要(和文)：マチン科ホウライカズラ属はヒマラヤから東アジアに分布するが、種の分類に異論がある。本研究では葉緑体DNAと核DNAの塩基配列およびMIG-seq解析を用いて系統樹を作成し、形態観察と併せて日本の本属の分類学的再検討を行った。その結果、ホウライカズラ、チトセカズラ、リュウキュウホウライカズラの3群を認識した。リュウキュウホウライカズラはタイプ産地以外の個体が新分類群である可能性が示された。また、ホウライカズラとチトセカズラの交雑個体が中国地方に見られた。訪花昆虫の調査ではアザミウマが多く、ハナバチが少なく、結実の低さからアザミウマは主要な送粉者ではない可能性が示唆され、さらなる観察が必要である。

研究成果の学術的意義や社会的意義

ホウライカズラ属の種分類について、特に分類学的見解の相違が著しい琉球列島や台湾の種について形態を再評価し、本属としては初めてとなる分子系統解析を行うことで新たな分類体系を構築した。特に、これまでリュウキュウホウライカズラとされていた種には複数の種群が含まれていることを明らかにし、今後行政等が保全を行うべき対象を明確にすることもできた。また、予備的な訪花昆虫の調査によって、有効な花粉媒介者の訪花頻度の小ささが結実率の低さに繋がっている可能性を示すことができ、今後の保全策策定の一助となることが期待される。

研究成果の概要(英文)：The genus *Gardneria* (Loganiaceae) is distributed from the Himalayas to East Asia, but there are several different treatments on the taxonomy of the species. In this study, phylogenetic trees were constructed using chloroplast and nuclear DNA sequences and MIG-seq analysis, and together with morphological observations, a taxonomic revision of this genus in Japan was conducted. As a result, we recognized three species: *G. nutans*, *G. multiflora*, and *G. liukuensis*. It was shown that individuals outside the type locality of *G. liukuensis* may be a new species. In addition, a hybrid between *G. nutans* and *G. multiflora* was found in the Chugoku region. A survey of flower-visiting insects showed that thrips were abundant, and bumblebees were scarce. The low fruiting rate suggested that thrips may not be the main pollinator. Further observation of flower visitors is needed.

研究分野：植物分類学

キーワード：植物分類学 分子系統解析 雑種 訪花昆虫

1. 研究開始当初の背景

マチン科ホウライカズラ属(*Gardneria*)は、ヒマラヤ地域から東南・東アジアにかけて5~8種が分布する小さな属であるが、特に東シナ海辺縁域(西日本、琉球列島、台湾、韓国、中国東部)において、種分類について見解の相違が著しい(Hatusima 1977、Yamazaki 1993、Yang & Peng 1994、国府方 2017)。以下の3つが分類学的な問題点であり、生育情報および標本が非常に少ないこと、識別形質に重要な花形態と果実形態の変異を含めた統一的な比較がこれまでなされていなかった。

チトセカズラ(広義)に関する問題(図1)

兵庫~中国地方・宮古島、台湾、中国東部~中南部に隔離分布するチトセカズラ(*G. multiflora*)(広義)のうち、宮古島および台湾北部に隔離分布するタイワンチトセカズラ(**G. shimadae*)は区別できるか?

ホウライカズラ(広義)に関する問題(図2)

本州房総以西・四国・九州・琉球(喜界島・沖永良部島・沖縄本島周辺)、韓国(済州島周辺)、中国東部に分布するホウライカズラ(*G. nutans*)(広義)のうち、(a)琉球産をリュウキュウホウライカズラ(**G. liukuensis*)として、(b)韓国産を**G. insularis*としてそれぞれ区別できるか?

(以下、上記の*印の各種名は種として扱うことができたものとして記述する)

学名の命名やタイプ標本の選定に関する問題

チトセカズラ(*G. multiflora*)にはレクトタイプの指定がされておらず、リュウキュウホウライカズラの学名とされる *G. liukuensis* は正式発表されていない(nom. inval.)。これらは、命名規約に沿ったタイプ標本の正式選定、学名の正式発表が必要である。



図1: チトセカズラ *G. multiflora* (広義)の分布域。

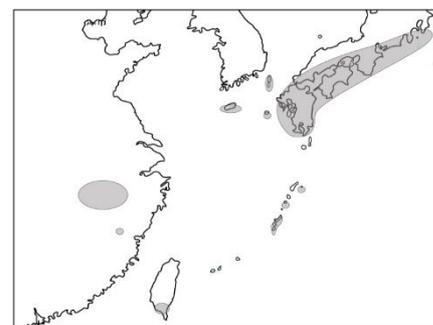


図2: ホウライカズラ *G. nutans* (広義)の分布域。

2. 研究の目的

ホウライカズラ属について、ほぼ全種を用いた分子系統学的解析を踏まえて、特にタイワンチトセカズラ(*Gardneria shimadae*)とリュウキュウホウライカズラ(*G. liukuensis*)が形態的・系統的に識別できる分類群であるかを検討することを主な目的とした。また、台湾・琉球列島・対馬・済州島に至る東シナ海辺縁の島嶼における特異な地理的分化を評価し、保全すべき実体を明確にすることで、遺伝的多様性情報に加えて、生育環境・繁殖様式に関する情報など、絶滅危惧種の保全に必要な基礎データをまとめ、その保全施策に貢献することを目指した。(なお、*G. insularis* とされるものは研究期間中に入手できなかったため解析対象から外した。)

3. 研究の方法

- (1) ホウライカズラ属の生育環境や形態を明らかにするために標本館(東京大学、東京都立大学、国立科学博物館、京都大学、倉敷市自然史博物館、鹿児島大学、琉球大学)での標本調査を行うとともに、日本各地で野外調査によって標本・試料を採集した。
- (2) ホウライカズラ属6種54サンプルを用いて核DNAのITS領域および葉緑体DNAの非遺伝子領域(4領域)の塩基配列に基づく系統樹に加え、MIG-seq解析による予備的な系統樹を作成し、形態的観察とあわせて分類学的再検討を行った。
- (3) ホウライカズラ(*G. nutans*)とチトセカズラ(*G. multiflora*)の訪花昆虫の観察を行い、繁殖様式考察の一助とした。

4. 研究成果

- (1) ホウライカズラ属の新たな分類体系

図3にホウライカズラ属の核DNAのITS領域および葉緑体DNAの非遺伝子領域(4領域)の塩基配列に基づく系統樹を示す。ホウライカズラ(*G. nutans*)の葉緑体DNAには種内変異がみられたが、ITSには種内変異がなかった。チトセカズラ(*G. multiflora*)はITS、葉緑体DNAともに分布域が狭い割には変異が大きく単系統性ははっきりとしなかったが、MIG-seq解析による系統樹では単系統性が示された。また、台湾産のタイワンチトセカズラ(*G. shimadae*)とされていたものはチトセカズラに含まれた。

リュウキュウホウライカズラ(*G. liukuensis*)とされてきたものについては、タイプ産地の1つ

である渡名喜島のものはハウライカズラと区別できなかった。また、沖永良部・沖縄本島最北端部・宮古島のものは別の系統群となった(図3の *G. sp.nov.*)。後者の個体は、形態的にも系統的未記載分類群と考えられ、正式発表の準備を進めている。

表1に日本に分布する本属の本研究以前の分類体系および本研究における上記の結果を踏まえた本属の新しい分類体系の比較を示す。形態比較と系統関係に基づく、日本のハウライカズラ属はハウライカズラ(*G. nutans*)、チトセカズラ(*G. multiflora*)に加えて、タイプ産地以外の「リュウキュウハウライカズラ」(*G. liukuensis*, [nom. inval.]; 図3の *G. sp.nov.*)の3群を認識するのが妥当という結論に達した。

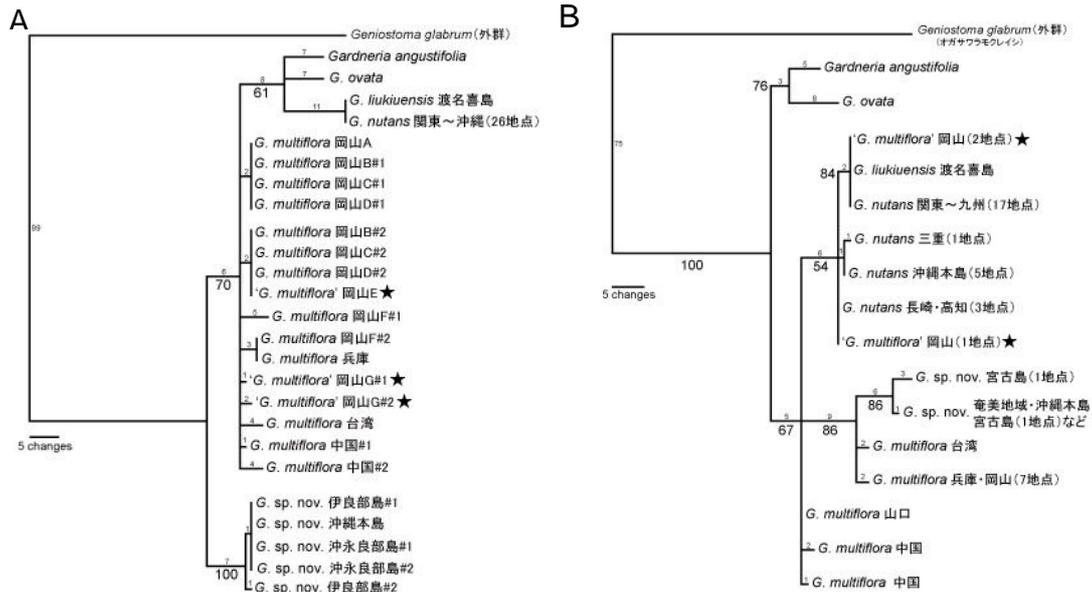


図3. A. ハウライカズラ属の核 DNA の ITS 領域塩基配列(約 700bp)に基づく 21 個の最節約系統樹の厳密合意樹。B. ハウライカズラ属の葉緑体 DNA の非遺伝子 4 領域の塩基配列(計約 2700bp)に基づく 7 個の最節約系統樹の厳密合意樹。ITS 配列の地名の後ろにある #1, #2 は、同一個体からの TA クローニングによって得られた異なる ITS 配列を反映したもの。枝下の数値はブートストラップ確率(1000 回試行)。枝上の数字は形質再配置後の枝長(塩基置換または挿入/欠失)は交雑個体。

表1: 日本に分布するハウライカズラ属の分類体系の比較。

| Hatusima (1977) | Yamazaki (1993) | 國府方 (2017) | 本研究の結論 | 分布 |
|---|----------------------|----------------------|--------------------------------|------------------------------|
| <i>G. nutans</i> Siebold et Zucc. ハウライカズラ | | | <i>G. nutans</i> | 関東～九州 / 韓国南部, 中国東部, 台湾 (未解析) |
| <i>G. liukuensis</i> Hatus., nom. Inval. リュウキュウハウライカズラ | <i>G. nutans</i> | | <i>G. nutans</i> ハウライカズラ | 沖縄本島 [非石灰岩地] |
| | | <i>G. liukuensis</i> | | 渡名喜島 [石灰岩地, タイプ産地の1つ] |
| <i>G. shimadae</i> Hayata タイワンチトセカズラ | | | <i>G. sp. nov.</i> | 沖永良部島, 沖縄本島 [石灰岩地] |
| | <i>G. multiflora</i> | <i>G. multiflora</i> | | 宮古島 [石灰岩地] |
| <i>G. multiflora</i> Makino チトセカズラ | | | <i>G. multiflora</i> チトセカズラ | 台湾 |
| | | | | 兵庫・岡山・山口 / 中国中南部 |

(2) 雑種形成

ハウライカズラとチトセカズラは同所的には生育しないが、分布が近接する中国地方の一部において、形態的にはチトセカズラであるが遺伝的には両種間の浸透性交雑に由来する個体が見られた(図3A, Bの印)。これらは正常な種子を含む果実を付けていなかった。

(3) 訪花昆虫

本属は開花個体が少なく、結実の頻度も非常に低い。関東～沖縄の5地点においてハウライカズラおよびチトセカズラの訪花昆虫調査を直接観察およびビデオ撮影によって実施し、アザミウマ類が高頻度で、ハナバチ類や小型の甲虫類が低頻度であるが訪花しているのを確認した。結実の低さからアザミウマ類が有効な送粉者である可能性が低いことは示唆されたが、今後実証実験が必要であると考えられる。

(4) レクトタイプ選定

チトセカズラ(*Gardneria multiflora*)は1901年に発表されたが、その際標本が4点引用され、

これらはシタイプとなる (Makino 1901)。本研究ではこの中から 1 点の標本をレクトタイプとして選定するために、国内の標本館で標本調査を行った。この結果 3 点の標本が現存することが確認され、その中でチトセカズラの特徴を示す花が付いた標本をレクトタイプ指定して論文として発表した (大井-東馬ほか 2023)。

<引用文献>

- Hatusima, S. 1977. Japanese species of *Gardneria*. The Journal of Geobotany 24: 76-78.
- Makino, T. 1901. Observations on the flora of Japan. Botanical Magazine, Tokyo 20: 102-105.
- Yamazaki, T. 1993. Loganiaceae. Flora of Japan IIIa. pp. 136-138. Kodansha, Tokyo.
- Yang, S.-Z. & Peng, C.-I. 1993. *Gardneria* (Loganiaceae) in Taiwan. Botanical Bulletin of Academia Sinica 223-227.
- 大井-東馬哲雄, 田中伸幸, 田中伸幸. 2023. チトセカズラのレクトタイプ選定. 植物研究雑誌 98(2): 77-81.
- 國府方吾郎. 2017. マチン科. 改定新版日本の野生植物 4. pp. 305-307, pls.240-241. 平凡社, 東京.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 0件）

| | |
|--|---------------------|
| 1. 著者名 大井・東馬 哲雄、田中 伸幸、内貴 章世 | 4. 巻 98 |
| 2. 論文標題 チトセカズラ（マチン科）のレク トタイプ選定 | 5. 発行年 2023年 |
| 3. 雑誌名 植物研究雑誌 | 6. 最初と最後の頁 77～81 |
| 掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.51033/jjapbot.ID0114 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 - |

〔学会発表〕 計1件（うち招待講演 0件/うち国際学会 0件）

| |
|--|
| 1. 発表者名 内貴章世、天野正晴、齋藤由紀子、和智仲是、阿部篤志、大井-東馬哲雄 |
| 2. 発表標題 南西諸島を中心としたホウライカズラ属の分類学的再検討 |
| 3. 学会等名 日本植物分類学会第23回大会（東北大学） |
| 4. 発表年 2024年 |

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

| | 氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号) | 所属研究機関・部局・職 (機関番号) | 備考 |
|-------|--|---|----|
| 研究分担者 | 東馬 哲雄（大井哲雄） (Ohi-Toma Tetsuo) (10376527) | 岡山理科大学・自然フィールドワークセンター・准教授 (35302) | |
| 研究分担者 | 齋藤 由紀子 (Saito Yukiko) (30626106) | 琉球大学・教育学部・准教授 (18001) | |
| 研究分担者 | 天野 正晴 (Amano Masaharu) (60897164) | 一般財団法人沖縄美ら島財団（総合研究センター）・総合研究センター 植物研究室・主任研究員 (88003) | |

6. 研究組織（つづき）

| | 氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号) | 所属研究機関・部局・職 (機関番号) | 備考 |
|-------|-------------------------------|-----------------------|----|
| 研究協力者 | 阿部 篤志 (Abe Atsushi) | | |
| 研究協力者 | 和智 仲是 (Wachi Nakatada) | | |

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

| 共同研究相手国 | 相手方研究機関 |
|---------|---------|
| | |