

平成 22 年 4 月 27 日現在

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2007～2009

課題番号：19570091

研究課題名（和文） 南西諸島におけるカンアオイ属植物の多様性と分化

研究課題名（英文） Species diversity and differentiation of *Asarum* in the Ryukyu Islands

研究代表者

菅原 敬（SUGAWARA TAKASHI）

首都大学東京・大学院理工学研究科・准教授

研究者番号：10226425

研究成果の概要（和文）：

九州以南の南西諸島に分布するカンアオイ属植物の多様性とその分化の道筋を解明するために、形態比較や染色体の比較、分子系統解析を進めた。その結果、既存の分類群とは異なる新たな分類群が奄美大島に生育することを確認した。また、最も種分化の著しい奄美群島域では、形態的特徴や地理的分布パターンより少なくとも3系統の存在が想定され、その一つは島内で異所的に多様に分化した可能性が高い。しかし、今回着目した ITS 領域の分子系統解析結果からはこれを支持する成果を得ることができなかった。

研究成果の概要（英文）：

Floral and cytological characteristics, distributional pattern, and molecular phylogeny were examined to clarify the species diversity and the process of species differentiation of *Asarum* (Aristolochiaceae) distributed in the Ryukyu Islands. Throughout the present investigation, we found a new taxon distributed restrictedly on the Amami-Oshima Island. Based on the morphological characteristics and the distributional pattern, it appears likely that there are three lineages among the species occurring in the Amami-Oshima Island groups. The sequences from ITS region were invariable among the examined species and thus we could not have any information available for the phylogenetic relationships among the species of *Asarum* in the Ryukyu Islands.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
平成 19 年度	1,500,000	450,000	1,950,000
平成 20 年度	1,100,000	330,000	1,430,000
平成 21 年度	800,000	240,000	1,040,000
年度			
年度			
総計	3,400,000	1,020,000	4,420,000

研究分野：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：分類，系統，

科学研究費補助金研究成果報告書

1. 研究開始当初の背景

九州南部から南の南西諸島域におけるカンアオイ属植物の種の分化については、過去に前川 (1980) により部分的な解析が試みられ、花形態や染色体の核型に基づいてその分化の道筋が論じられたこともある。しかし、その後新たな分類群が数多く発見され、それらを含めた総合的な比較研究はほとんど行われていなかった。なかでも最も分化の著しい奄美群島域に分布する種については、種間の形態比較や分子系統学的視点からの比較研究がほとんど行われていなかった。南西諸島におけるカンアオイ属の種多様性の実態とその分化の道筋を解明するためには、形態解析や分子系統学的解析、地理的分布パターンの比較が必要と考えた。

2. 研究の目的

九州以南の南西諸島域には20種ほどの固有カンアオイ属植物が知られている。これらの種は、南方から北への分布拡大の過程で、それぞれの島で独自に分化したと考えられている。しかし、形態面での分化は複雑で、葉形態や花形態にみられる差異を考慮すると単純に単一系統のカンアオイ類が分布拡大の過程で分化したとは考えられず、複数の系統が絡んで現在の地理的分布を形成してきた可能性がある。一方で、いまだに分類学的課題を含んだカンアオイ類や地域も見られる。そこで、本研究では、九州南部から台湾にかけての南西諸島の島々に分布するカンアオイ属植物を対象にして、形態形質の比較に分子系統学的解析手法を取り入れながら、(1) 分類学的課題が残る種についてはその課題を解明するとともに、(2) 南西諸島産カンアオイ属諸種の種間の系統関係を明らかにする。そして、(3) その結果に基づいて南西諸島域におけるカンアオイ属の分化と地理的分布との関連について考察することを目的とした。

3. 研究の方法

(1) 研究試料の収集と個々の種の地理的分布域の調査:

形態学的解析、核形態学的解析、そして分子系統学的解析に使用するカンアオイ属植物の試料を採集する。カンアオイ属は一般に葉形態だけでは個々の種の識別が難しいため、開花期を狙って花や葉のサンプルを採集、一部は生材料を採集し、形態比較や核形態の比較、そして分子系統解析用試料とした。特にサンプル数が少なく、また分類学的課題の多い奄美群島域については、何度も調査に訪れ、分布域の把握を含めた詳細な調査を進めた。

(2) 花形態、核形態の比較検討:

現地で作成した液浸標本を使って、花形態、特に萼筒内壁の壁の発達パターンや萼裂片上面の腺毛微細形態をSEMで観察し比較した。また圃場に移植した植物を使って染色体の核形態を解析し比較した。

(3) 核DNAのITS領域の塩基配列の解析に基づく分子系統樹の構築:

現地でシリカゲル乾燥した葉のサンプルより、CTAB法で全DNAを抽出し、PCR法で増幅した後、DNAオートシーケンサーを用いて核DNAのITS領域の塩基配列決定を行う。この領域はKelly (1998) による北米、ヨーロッパ産種についての研究で、カンアオイ属系統解析に有効と見なされた領域でもある。得られた塩基配列情報に基づいて系統樹を作成する。

4. 研究成果

(1) 新分類群の確認と既存分類群の評価

南西諸島域に分布する既存分類群個々の形態的特徴や変異性を再確認することができたが、一方で新たな分類群の存在も確認することができた。

奄美大島中部朝戸川流域の低山帯において、これまで知られていない新たな分類群が確認された。形態的特徴においては、湯湾岳や金作原に生育するミヤビカンアオイに最も類似するが、萼筒が俵状で、萼筒や萼裂片のサイズがより大きく、舷部が平坦である点などで区別できる。地理的分布域は朝戸川流域に限定され、既存のミヤビカンアオイとは分布域も明らかに異なる。

また、同じ奄美大島に知られる未記載種オオフジノカンアオイとヤンマカンアオイについては、開花期のずれが多少みられるものの、形態的にはフジノカンアオイの範疇に含まれることが判明した。いずれにしても同種と判断しうる種でも分布する島ごとに微妙な形態差や開花期のずれが生じていることが確認された。

(2) 地理的分布パターン

種分化の実態を把握するために、それぞれの島における既存種の地理的分布パターンを調査した。とりわけ分化の著しい奄美群島域については詳しく調査した(下図参照)。その結果、奄美大島では既存種の新たな分布域が確認された。また、それぞれの種相互の地理的分布パターンを比較すると、形態的に類似する種の間では分布域の重なりは認められず、互いに異所的に分布することが判明した。この事実は、

それらの種が異所的に分化してきた可能性が高いことを示唆している.このような手法でそれぞれの島ごとに地理的分布パターンを比較していくと,奄美群島域では少なくとも複数の系統(3系統?)の存在が推定されたが,それ以外の島では1系統の可能性が高い.

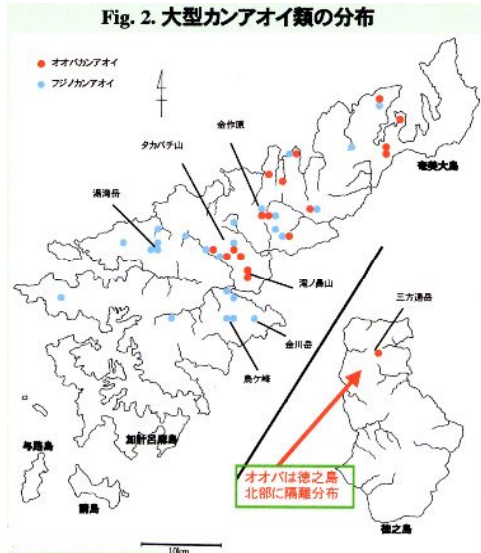
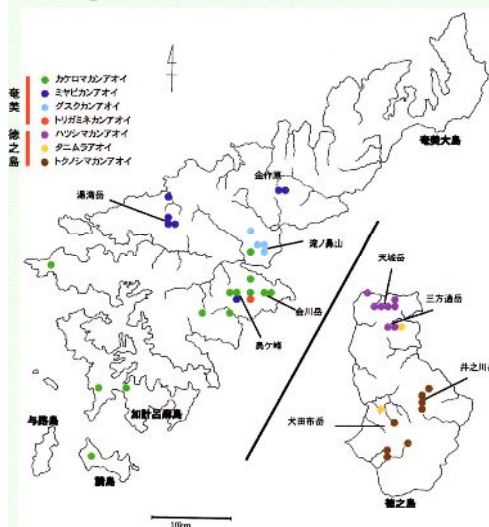
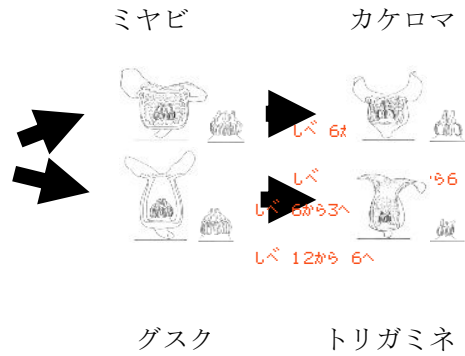


Fig. 4. 小型カンアオイ類の分布



(3) 花形態における並行進化

花の附属器官である雄蕊,雌蕊の数に着目すると,雄蕊が12個から6個へ,雌蕊が6個から3個へと半減する現象が複数の近縁種間で確認された.例えば,奄美大島に分布するグスクカンアオイとトリガミネカンアオイ,2種の萼筒形態はよく似るがトリガミネカンアオイでは,雄蕊・雌蕊の数が完全に半減している.このような現象が複数種で,しかも他の島でも確認されるということは,南西諸島の島々で並行的に半減化が起こったことを示唆している(下図参照).



(4) 染色体の核形態

南西諸島産種の染色体数と核形態は,先行研究で一部の種について報告され,系統を推定するための形質としても重要視されてきた.今回これまで解析が行われていない種を含めて再検討したところ,いずれの種においても,2n=24の染色体数が確認され,本土や中国大陸で知られるような倍数体の存在は認められなかった.従って,倍数化を伴わない,2倍体レベルでの分化が進んできたことが推定される.一方,核型においてもほとんどの種が類似し,先行研究で指摘されるような核型の変異は確認できなかった.従って,染色体の構造的な変化がこの地域のカンアオイの分化に関与した可能性は極めて低い.

(5) 分子系統

先行研究において有効と考えられた核DNAのITS領域に特に着目して,南西諸島産種についても分子系統解析を試みた.分子系統解析を進めることで,各島のカンアオイが共通の起源をもつのか,それとも多数回起源か,また地理的分布パターンとの関連も考察できるのではないかと考えた.しかし,実際に調べてみるとこれらの領域に変異が少なく,系統樹を描いてみると多分岐になることが多く,それぞれの種の系統関係をはっきり解明することはできず,十分な成果を得ることはできなかった.したがって,今後は他の領域に着目するか,あるいはより進化速度の速い領域に着目した解析を模索していくことが必要であろう.

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 Sugawara, T. (2009) *Asarum* investigated also by Dr. Tomitaro Makino: its

- peculiar flower and reproduction. *Bunrui* 9 (1): 19-26. 査読有.
- ② 若松昭秀・釜谷美則・菅原 敬 (2009) 加住南丘陵におけるカンアオイ属の分布と植生. 工学院大学研究報告第 107 号: 9-16. 査読有.
- ③ Tanaka, N. and T. Sugawara (2009) Typification of Dr. Tomitaro Makino's botanical name (5). *Journal of Japanese Botany* 84: 283-293. 査読有.
- ④ Nishide, M., K. Saito, H. Kato and T. Sugawara (2009) Functional androdioecy in *Morinda umbellata* subsp. *boninensis* (Rubiaceae), endemic to the Bonin (Ogasawara) Islands. *Acta Phytotaxonomica et Geobotanica* 60: 61-70. 査読有.
- ⑤ Ono, A., I. Dohzono and T. Sugawara (2008) Bumblebee pollination and reproductive biology of *Rhododendron semibarbatum* (Ericaceae). *Journal of Plant Research* 121: 319-327. 査読有.
- ⑥ 若松昭秀・高橋 聡・菅原 敬 (2008) 加住南丘陵谷野地区におけるタマノカンアオイの発見と維管束植物の目録. 工学院大学研究報告第 105 号:43-50. 査読有.
- ⑦ Kondo, Y., M. Nishide, K. Watanabe and T. Sugawara (2007) Floral dimorphism in *Psychotria boninensis* Nakai (Rubiaceae) endemic to the Bonin (Ogasawara) Islands. *Journal of Japanese Botany* 82: 251-258. 査読有.

[学会発表] (計 8 件)

- ① 菅原 敬 (2010) カンアオイ属, その多様性と分化. 岐阜植物研究会 (岐阜)
2010 年 1 月 10 日
- ② 菅原 敬・渡邊謙太・湯本真由美・常木静河 (2010) 日本産ボチョウジ属 (アカネ科) 植物における繁殖様式の多様化. 日本植物分類学会第 9 回大会 (名古屋)
2010 年 3 月 25 日~3 月 28 日
- ③ 中路真嘉・菅原 敬 (2010) 日本産スイカズラ属植物の花形態と送粉昆虫との関連性. 日本植物分類学会第 9 回大会 (名古屋).
2010 年 3 月 25 日~3 月 28 日
- ④ 中路真嘉・菅原 敬 (2009) 日本産スイカズラ属植物の分子系統解析. 日本植物分類学会第 8 回大会 (仙台).
2009 年 3 月 12 日~3 月 15 日
- ⑤ 菅原 敬・小早川三輪・西出真人・清水晃 (2009) ハナガサノキ (アカネ科) 2 亜種の性表現と送粉様式の比較. 日本植物学会第 73 回大会 (山形).
2009 年 9 月 18 日~9 月 20 日
- ⑥ 菅原 敬 (2008) 牧野博士も研究したカン

アオイ類ーその奇妙な花と繁殖ー. 日本植物分類学会第 7 回大会 (八王子)

2008 年 3 月 21 日~3 月 23 日

- ⑦ 小早川三輪・西出真人・安田恵子・菅原 敬 (2008) ハナガサノキの性表現: 小笠原諸島集団と南西諸島集団とにおける性型の違いの意味. 日本植物分類学会第 7 回大会 (八王子)
2008 年 3 月 21 日~3 月 23 日
- ⑧ 菅原 敬・渡邊 謙太・近藤 よし美 (2008) 小笠原諸島固有植物と近縁種の性表現の比較, 特にオオシラタマカズラとシラタマカズラ (アカネ科) について. 日本植物学会第 72 回大会 (高知)
2008 年 9 月 25 日~9 月 27 日

6. 研究組織

(1) 研究代表者

菅原 敬 (SUGAWARA TAKASHI)

首都大学東京・大学院理工学研究科・准教授

研究者番号: 10226425

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

藤井紀行 (FUJII NORIYUKI)

熊本大学・自然科学研究科・准教授

研究者番号: 40305412