

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 24 年 5 月 15 日現在

機関番号：82617

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2009～2011

課題番号：21570105

研究課題名（和文）種分化の初期段階にあると推定されるチダケサシ属の多様性分析と分類学的位置づけ

研究課題名（英文）Diversity and taxonomic revision of *Astilbe* (Saxifragaceae)

研究代表者

秋山 忍 (AKIYAMA SHINOBU)

国立科学博物館・植物研究部・研究主幹

研究者番号：50196515

研究成果の概要（和文）：野生集団からサンプリングを行い、おし葉標本・液浸標本等とした。国立科学博物館筑波実験植物園等にて継続栽培し系統保存を行い、今後の観察にそなえた。採集資料から DNA を抽出し塩基配列を明らかにした。形態的な変異性を調べ形態の安定性および多様性について明らかにした。染色体の観察を行い細胞遺伝学的な多様性を明らかにした。標本館において収蔵標本を検討し分布を調べた。得られた成果の一部を学術専門誌に発表した。

研究成果の概要（英文）：

Materials are collected in field and herbarium specimens and liquid specimens were made. DNA was extracted and analyzed. Morphological and chromosomal variation were studied. Distribution of each taxa was studied based on herbarium specimens in various herbaria. A part of the results was published.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2009 年度	1,500,000	450,000	1,950,000
2010 年度	1,300,000	390,000	1,690,000
2011 年度	800,000	240,000	1,040,000
年度			
年度			
総計	3,600,000	1,080,000	4,680,000

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：自然史

1. 研究開始当初の背景

ユキノシタ科（広義）は多様な被子植物の系統進化の中核に位置すると推量され、Engler、Hutchinson、Schulze-Menz、Thorne、Cronquist、Dahlgren et al. などにより、様々な分類体系が提唱されてきた。それらの分類体系は、単にユキノシタ科の定義だけでなく被子植物全体の分類体系にも影響を及ぼすものであったため、DNA分子を用いた系統解析が可能となったときユキノシタ科は真っ先に上げられた分類群のひとつとなった (Morgan & Soltis 1993)。

葉緑体遺伝子 *rbcL* の塩基配列の解析は、植物分類学において特に有用な情報をもたらしたが、*rbcL* の解析だけでは解決できないレベルの系統関係の推察のために、*atpβ*、*matK*、*ndhF* などの系統解析上の有用性もさまざまな分類群における解析で実証されている。なかでも葉緑体ゲノム中の *matK* は、最も進化速度の速いもののひとつであり、Johnson & Soltis (1994) は、750 bp の *matK* の塩基配列解析によってユキノシタ科（狭義）の系統解析を行い、種間での系統関係の解決に利用できることを示した。

チダケサシ属 *Astilbe* Buch.-Ham. ex D. Don は、Engler (1930)により、ユキノシタ亜科ユキノシタ連チダケサシ亜連にヤグルマソウ属、*Astilboides* 属とともに分類された。Soltis et al. (1996) は *rbcL* を用いて作成したユキノシタ科 (狭義) の厳密合意樹を示し、チダケサシ属 *Astilbe* が *Saxifragopsis* と 68% のブートストラップ値で姉妹群となることを示した。また、彼らは、*matK* 領域においても、95% のブートストラップ値で両属が姉妹群となると示した。ただ彼らの研究ではチダケサシ属は1種を用いているだけであり、それが属全体を代表しえるかどうか問題は残る。

Mabberley (1997) によればチダケサシ属は14種からなり、2種のみが北アメリカパラチア山地に分布するが、他は東アジアからヒマラヤに分布する、代表的な北アメリカ-東アジア型の隔離分布型の植物である。

本属の構成については、形態学形質の評価によって、Engler (1930) は2節、すなわちヒトツバシヨウマからなる単型のヒトツバシヨウマ節 (sect. *Simplicifoliae*) と、他の全種を含むチダケサシ節 (sect. *Compositae*)、に下位区分した。Hara (1939) は、節より下位の列 (series) のレベルで Engler の分類群を区分し、加えてモミジバシヨウマからなる単型のモミジバシヨウマ列 (ser. *Platyphyllae*) を提唱した。さらに Ohba (2001) は、Hara (1939) と同じく列のレベルで下位区分を行い、単型のモミジバシヨウマ列とその他の全種を含むチダケサシ列 (ser. *Astilbe*) とに分類した。これらのチダケサシ属の下位区分は、本属に含まれる種の形態的多様性の幅が、個体の雌雄性と葉の単葉性・複葉性の2形質を除くと著しく狭く、提唱された分類体系の相違はこの2つの形質の評価のちがいでよっているといえる。

葉緑体遺伝子 *rbcL* の塩基配列の解析は、植物分類学において特に有用な情報をもたらしたが、*rbcL* の解析だけでは解決できないレベルの系統関係の推察のために、*atpβ*、*matK*、*ndhF* などの系統解析上の有用性もさまざまな分類群における解析で実証されている。なかでも葉緑体ゲノム中の *matK* は、最も進化速度の速いもののひとつであり、Johnson & Soltis (1994) は、750 bp の *matK* の塩基配列解析によってユキノシタ科 (狭義) の系統解析を行い、種間での系統関係の

解決に利用できることを示した。

日本に広く分布する広義のアカシヨウマとトリアシヨウマは、全体としては形態学的な形質での顕著な差異はみられない。その差異の軽微さ、地理分布などから、少なくともトリアシヨウマを含む広義のアカシヨウマは、後氷期以降の太平洋型・日本海型気候の分化の顕在化以降に分布を拡大し、地域間で特異な変異を生じた分類群であると仮定することができる。同種とすべきか異種または種内変異として扱うべきか、種々の見解があるが、現段階では、それを議論する根拠は不十分である。

一方、火山岩や石灰岩、凝灰岩地域などの岩礫地を中心に見かけ上変わった形態を示す集団があり、ハチジョウシヨウマ (伊豆諸島)、ミカワシヨウマ (愛知県鳳来寺周辺)、フジアカシヨウマ (富士山・伊豆半島)、ヒメアカシヨウマ (四国)、テリハアカシヨウマ (九州) などとして、分類学上、別種またはアカシヨウマあるいはトリアシヨウマの種内変異として区分されてきたが、これらについてもアカシヨウマあるいはトリアシヨウマとの変異性の異同や関連は明らかにはされていない。

さらに申請者のこれまでの予備調査により、他地域の個体とは大きさや葉の切れ込みで異なる傾向をもつトリアシヨウマは本州の日本海側を中心に広範囲に分布していることが指摘され、主に本州の太平洋側を中心に広域に分布すると考えられてきたアカシヨウマとは対照的な分布を示すのではないかと推測された。このアカシヨウマとトリアシヨウマという、現段階では明瞭には区分できない広域分布集団と上記の特定地域に生じる特異な変異集団の存在は、現象のあり様からその変異が環境の影響を受けた表現型レベルのものでなく、遺伝子レベルでの多型現象によっている可能性を示唆するものである。

さらに予備的に調査した多数の地点において、従来の分類ではアカシヨウマあるいはトリアシヨウマに含められるであろう、形態的差異が軽微な複数の酷似集団が同所のおよび異所的に存在している。A 地域にある形態的差異が軽微な酷似集団 A1, A2, A3 と、B 地域でこれらに対応する酷似集団 B1, B2, B3 あるいは C 地域の C1, C2, C3 などの集団を分類体系上どのように位置づけるのが適

切であるかを検討する。比較的最近になって著しい種分化を遂げていると推測されるアザミ属やテンナンショウ属などでも、これに類した分化とそれを分類学的にどのように扱うべきかの検討がなされているが、未だ明快な分類学的認識は得られていない。チダケサシ属に関しては、これまでこのような問題が存在することが指摘されてきてはいる

(Hara 1939, Ohba 2001) が、具体的な研究はまったく行われておらず未検討の課題である。

アカショウマとトリアシショウマという、現段階では明瞭には区分できない広域分布集団と上記の特定地域に生じる特異な変異集団の存在は、現象のあり様からその変異が環境の影響を受けた表現型レベルのものでなく、遺伝子レベルでの多型現象によっている可能性を示唆するものである。

さらに予備的に調査した多数の地点において、従来の分類ではアカショウマあるいはトリアシショウマに含められるであろう、形態的差異が軽微な複数の酷似集団が同所的に存在している。比較的最近になって著しい種分化を遂げていると推測されるアザミ属やテンナンショウ属などでも、これに類した分化とそれを分類学的にどのように扱うべきかの検討がなされているが、チダケサシ属に関しては、これまでこの問題の所在すら指摘されておらず、まったく未検討の課題であった。

つまり、チダケサシ属は全体としては形態学的な形質での顕著な差異はみられず、同種とすべきか異種または種内変異として扱うべきか、種々の見解があるが、現段階では、それを議論する根拠は不十分である。

2. 研究の目的

(1) 日本産チダケサシ属の全分類群について、多数の集団を対象に集団レベルでの分子系統学的解析を行い、系統関係を解く。

(2) 遺伝子レベルでの多型性を明らかにするとともに、形態学上の形質の変異性との相関、細胞遺伝学的多様性との相関、およびそれらの地理的分布との関連について考察する。

(3) 上記の解析にもとづいて、日本において限られた地域に分布する分類群の起原を明らかにし、広域に分布する分類群との関係を明らかにし、それらの分類学的位置を確定

する。

3. 研究の方法

チダケサシ属の各種・変種の野生集団から解析材料の収集を行い、DNA を抽出し、塩基配列を明らかにし、系統関係を明らかにする。形態学的形質については、外部形態について調べる。さらに、各標本室に収蔵される標本により、形態学的形質を解析する。細胞遺伝学的多様性については、採集個体にもとづき染色体を調べる。地理分布については、各標本室に収蔵される標本および収集した材料にもとづき調べる。得られた結果を総合して考察を行う。

具体的には以下のとおである。

(1) 野生集団からの解析材料のサンプリング

a) すでに収集を進めている野生集団からのサンプリングを進める。特に広域に分布するチダケサシ属の種としてアカショウマとトリアシショウマおよび**チダケサシ**、**アワモリショウマ**を中心に分布域の全域からおおむね 50 集団を目標に材料収集を行う。

同時に表現型の解析に用いるためのおし葉標本・液浸標本等の作成を行い、染色体観察のための材料の採取を行う。

b) 自生地が限定されている種・変種での解析材料のサンプリング

すでに収集を進めているハチジョウショウマ、ミカワショウマ、ハナチダケサシ、フジアカショウマ、バンダイショウマ、ツクシアカショウマ、ヤクシマショウマ、コヤクシマショウマ、ヒトツバショウマ、モミジバショウマ、オオチダケサシの野生集団のサンプリングのうち、希少植物であるために、これまで十分にはサンプルが得られなかったバンダイショウマ、ツクシアカショウマ、オオチダケサシについて、各自生地に通曉している専門家とコンタクトをとり、材料の発見に努め、逐次材料のサンプリングを行う。

可能な限り集団の一部を採取し、国立科学博物館筑波実験植物園等に移植し、特に希少植物に関しては、系統保存を行うとともに、今後の観察にそなえる。

(2) DNA の抽出と塩基配列

各集団から採取した乾燥葉から DNA を採取し、塩基配列を明らかにする。解析する領域としては ETS と *matK* を優先する。

(3) 採集個体にもとづき染色体の観察を行

い、細胞遺伝学的な多様性を調べる。

(4) 成果の公表

得られた結果を随時まとめ、考察を行い、その結果を学会発表する。

得られた DNA 塩基配列の結果にもとづき、厳密合意樹を作成する。その結果、形成されるであろう姉妹群ごとに表現型に共通する形質を見出し、細胞遺伝学的多様性とあわせて考察を行う。また地理分布との関連についても考察を行う。

チダケサシ属の分類の改定を植物学の専門学術誌に発表する。

4. 研究成果

(1) ユキノシタ科(狭義)では、DNA 領域を用いての種間レベルでの系統解析の研究は遅れている。これは、解析に有効な領域が見出されていないためである。本研究では、予備的ではあるが、ETS 領域の解析の有効性を得た。この成果は、チダケサシ属のみならず、今後のユキノシタ科の分子系統学的研究に貢献すると期待される。

(2) チダケサシ属は、多くの分類群で形態学的形質での差異は軽微であり、仮に遺伝子レベルでの多様性が見い出され、分類群をどのように規定すべきかについて検討するうえで有益なデータを提供できる。

(3) 九州に分布が限定されているチダケサシ属について、形態学的形質(特に花の各部の形態および小葉の形態)を詳細に解析した。

その結果、九州の固有変種とされているツクシアカショウマは、花に花弁がなく、チダケサシ属のなかでも特異な形態をしていることが判明した。

また、地理分布を調査し、九州に分布するアカショウマの変種であるテリハアカショウマとの比較を行った。ツクシアカショウマは、テリハアカショウマよりも比較的標高の高い地点に分布することが明らかとなった。

従来は、本州に分布するアカショウマの変種として認識されてきているが、このような特異な形質を有していることにより、アカショウマの変種ではなく、独立種として認めることが適切であることが判明した。この結果にもとづき、新組合の学名 *Astilbe longipedicellata* S. Akiyama & Kadota を専門誌に発表した。これは、九州の固有種である。近縁種との関係については、今後さらに解析をすすめる予定である。

(4) フォッサマグナ地域に分布するチダケサシ属について、その分布と形態学的形質(特に花の各部の形態および小葉の形態)について解析した。

その結果、それぞれの分類群は、それぞれ固有の分布域を有することが判明した。

フォッサマグナ地域には、ヒトツバショウマ、ハナチダケサシ、フジアカショウマ、ハチジョウショウマ、トリアシショウマ、ミカワショウマ、アカショウマ、チダケサシ、アワモリショウマが分布していることが明らかになった。

特に分布が限られるミカワショウマについて詳細に検討した。

ミカワショウマの葉形は、他のチダケサシ属植物の多くとは異なり、2回(または1回)三出複葉であり、この形は、ネオテニーであると認められた。

ミカワショウマは、このような特異な形質を有していること、また、その生育地が非常に限られて地域であり、なおかつ生育環境も特異であることから、これまで独立種として認められてきた固有種である。また、ミカワショウマは、これまで、その葉形にもとづき、ヒトツバショウマとの近縁性が考えられてきた。

しかし、解析の結果、ミカワショウマは独立種ではなくトリアシショウマの変種として認めるのが適切であることが判明した。この結果にもとづき、新組合の学名 *Astilbe odontophylla* Miq. var. *okuyamae* S. Akiyama を専門誌に発表した。

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2件)

① Shinobu Akiyama and Yuichi Kadota, *Astilbe longipedicellata* (Saxifragaceae), a new combination and new status for *Astilbe thunbergii* (Siebold & Zucc.) Miq. var. *longipedicellata* Hatus. from Kyushu, western Japan. Bulletin of the National Museum of Nature and Science, ser. B, 査読有, 37巻, 2011, pp. 181-191.

② Shinobu Akiyama. Geographical Variation of *Astilbe* (Saxifragaceae) species distributed in Fossa Magna and the adjacent region. Memoir of the National Museum of Nature and Science, 査読有, 47号, 2011, pp. 417-434

〔学会発表〕（計0件）

〔図書〕（計0件）

〔産業財産権〕

○出願状況（計0件）

名称：

発明者：

権利者：

種類：

番号：

出願年月日：

国内外の別：

○取得状況（計0件）

名称：

発明者：

権利者：

種類：

番号：

取得年月日：

国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

秋山 忍 (AKIYAMA SHINOBU)

国立科学博物館・植物研究部・研究主幹

研究者番号：50196515

(2) 研究分担者

()

研究者番号：

(3) 連携研究者

()

研究者番号：