

機関番号：12601

研究種目：若手研究（B）

研究期間：平成 20 年度～平成 22 年度

課題番号：20770063

研究課題名（和文）日華植物区系における固有科アオキ科の種分化と系統分類

研究課題名（英文） Speciation and taxonomy of the endemic family Aucubaceae in Sino-Japanese floristic region

研究代表者

東馬哲雄（大井哲雄）(TETSUO OHI-TOMA)

東京大学・大学院理学系研究科・助教

研究者番号：10376527

研究成果の概要（和文）：アオキ属は日華植物区系固有のアオキ科の唯一の属で、中国西南部地域を中心に多様化しており約 10 数種が認識されてきた。しかし分類学的には非常に混乱しており、おそらく新種を含めそれ以上の種や雑種があると考えられる。また属内ではアオキのみに複数回起源の 4 倍体が知られているが、他にも倍数体種があり染色体倍数化が属の多様性に関与している可能性がある。本研究では、植物多様性における日華植物区系の重要性を理解するために、これまでの研究を踏まえて、「染色体倍数化の種分化への影響」・「日本列島周辺域でのアオキの種分化の進化的歴史」を明らかにし、「属内の分類学的再検討」を行うことを目的とした。中国周辺地域での植物調査により生植物を採取から抽出した DNA・RNA に基づく系統解析とゲノム比較による倍数性解析を行った。系統関係を踏まえた属内分類の再検討の他、染色体倍数化や雑種形成について研究を進めた結果、アオキ属は大きく 2 つの属に系統分化しており亜属とすること、*A. chinensis* など種の認識に誤解があり分類が混乱していたこと、属内では複数の倍数体種がアオキを含めていくつか異質倍数起源であることが明らかになった。

研究成果の概要（英文）： *Aucuba*, the only genus in the family Aucubaceae, is endemic to the Sino-Japanese floristic region, and is diversified around southwestern China. In the genus 10 to 20 dioecious evergreen shrub or tree species were recognized, but there are taxonomic confusions because of quite variable characters. For the chromosome numbers, it is thought that *A. japonica* was the only polyploid complex in the genus. Our previous study based on chloroplast phylogeny indicated that tetraploidization occurred independently at least three times within *A. japonica*. It is possible that other species in China might include polyploids. In the present study, (1) to evaluate the chromosomal evolution, (2) to understand the speciation process of *A. japonica*, (3) to revise the classification of the genus, we conducted the phylogenetic analysis based on additional sequences of chloroplast DNA noncoding regions and nuclear DNA (ITS region and exon of *GapC* gene) and the flow cytometric analysis for several species obtained from China and its neighboring regions. Our results indicate that 1) the genus is divided into two lineages of shrub having dark purple flowers and tall-species having pale yellow flowers, 2) the traditional recognition of *A. chinensis* has been misinterpreted, and 3) several species were polyploids and most of them, including *A. japonica*, were originated by allopolyploidization.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
平成 20 年度	1,400,000	420,000	1,820,000
平成 21 年度	1,400,000	420,000	1,820,000
平成 22 年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
総計	3,300,000	990,000	4,290,000

研究分野：植物系統分類

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：日華植物区系、アオキ科、アオキ属、系統分類、種分化、染色体倍数化

1. 研究開始当初の背景

日華植物区系は、多くの種があるだけでなく、属や科といった上位分類レベルでの固有植物群が多い地域で、世界的にも植物多様性に富むことは広く認知されている。また日本列島の植物多様性が生み出された進化的要因を探る点で重要な地域でもある。最近の植物進化研究においては種分化・系統地理の重要な知見が得られている一方で、日華植物区系における植物群について、分類群を網羅した近代的な研究は少なく、日華植物区系の多様性創出の要因などの進化的理解はまだ不十分といえる。このような背景において、植物多様性における日華植物区系の重要性を理解するためには、区系を特徴づける固有な植物群を対象とし、分子情報を活用した植物進化多様性研究が望まれる状況にある。また単に固有植物群を選ぶのではなく、種分化のモデル植物群として「適度に分化」している植物群全体を研究対象とすることが重要であると考えられる。

2. 研究の目的

本研究では、植物多様性における日華植物区系の重要性を理解するために、申請者のこれまで研究を踏まえて、日華植物区系固有科であるアオキ科アオキ属 (*Aucuba*) を対象とし、(1) 染色体倍数化による種分化、(2) 日本列島周辺域でのアオキ (*A. japonica*) の種分化の進化的歴史を明らかにし、(3) 属内の分類学的再検討を行うことを目的とした。

3. 研究の方法

(1) 分類学的再検討のため、中国科学院植物北京・華南・昆明各研究所、英国王立キュー植物園、英国王立自然史博物館、英国王立エジンバラ植物園、浙江大学の各標本室において、タイプ標本を含めた標本調査を行いタイプ標本の発掘・確認、実体不明種の問題点整理、中国国内調査候補地の整理を行った。

(2) 国内外での野外調査を行うにあたって、浙江大学 C.X.Fu 教授、華南植物園 H.H. Kon 博士、昆明植物研究所 S.G. Wu 博士、南昌大学 E.X. Li 博士との協力体制を構築し、中国・浙江省西南部、湖北省西部、湖南省南部、広東省北部、雲南省南部、江西省西南部での野外調査を行った。また内貴章世博士などの協力を得て台湾での野外調査を行った。

(3) 採集した試料について系統解析を行うために、これまでの研究を踏まえて、葉緑体

DNA の複数領域と核 DNA の ITS 領域および *GapC* 遺伝子の塩基配列情報を用いた系統学的解析を行うとともに、ゲノムサイズ比較による染色体解析を行った。

(4) アオキ種内の *Rubisco* の適応的分化の検証のため、*rbcL* 遺伝子とその他の葉緑体 DNA 遺伝子の塩基配列を比較した。

4. 研究成果

系統分類（新種記載の必要性、亜属の新設や学名組み換の必要性）についての重要な知見を得ることができた他、また葉緑体 DNA と核 DNA の系統情報（図 1, 2, 3, 4）を用いることで、属内では異質倍数化が複数回起きていることが明らかになった。また種多様性の高い中国西南部や東端の日本での特異な種分化が明らかになった。主な点は以下である。

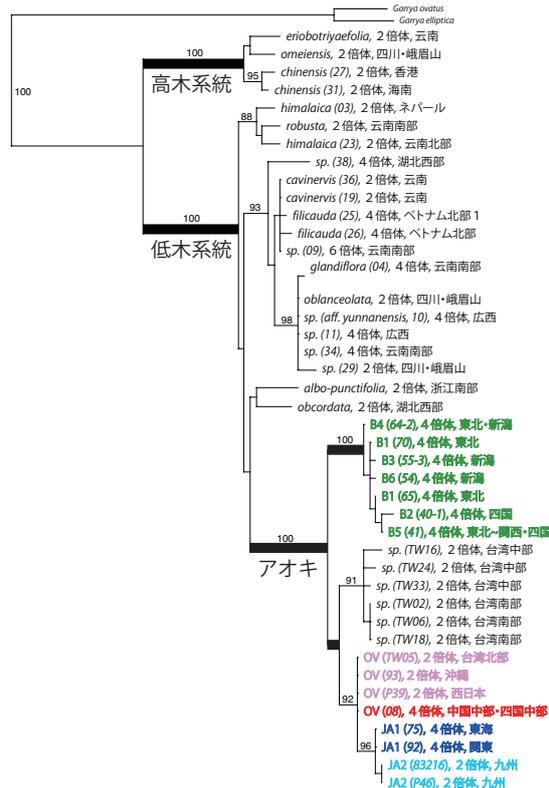


図 1: 葉緑体 DNA 非遺伝子領域による系統樹

(1) アオキ属は大きく 2 つの系統に分化し、中国の限られた地域に稀産する高木種 3 種を含む系統は、淡黄色の花・花序をもち雄花は長い花糸を持つことで特徴付けられる。この系統を別亜属とし新たに記載することを検討している。

(2) 従来は中国大陸に広く分布するとされ

てきた2種 (*A. chinensis* と *A. himalaica*) は、種の認識が誤っており、過去に記載された複数種の他、新分類群の可能性のある実体不明種と思われるものが含まれることが明らかになった。特に、*A. chinensis* は淡黄色の花をもつ高木種であり、明確に区別出来るにも関わらず、紫色の花の低木と混同される。標本では花色・樹形の情報が失われることより誤認識の程度が大きくなったと思われる。

(3) 核 DNA の系統解析からは、複数の倍数体種 (4 倍体、6 倍体がみつかった) が多系統の複数配列をもつことが示され、様々な種の組み合わせでの異質倍数化が推定された。異なる分類群が分布を接するもしくは同所的にある地域 (特に中国西南部) では、異質倍数化が頻繁に起きているため、分類をより困難にしていることがわかった。

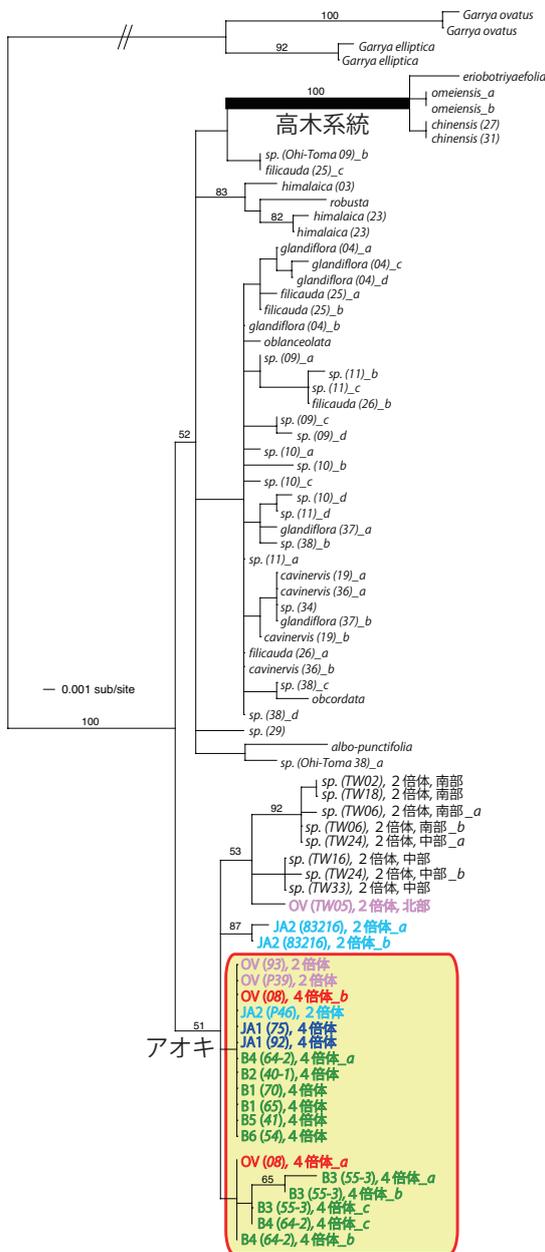


図2:核 DNA ITS 領域による系統樹

(3) 従来 *A. chinensis* とされてきた台湾中南部の植物は、形態と系統関係から *A. japonica* とすることが妥当であることがわかった。台湾最北部のものは遺伝的にも日本のものと区別出来ないが、台湾中南部のものは遺伝的に分化し、台湾・鳳凰山で記載された *A. chinensis* var. *fongfangshanensis* や細葉のものなど葉の形態変異が大きい。

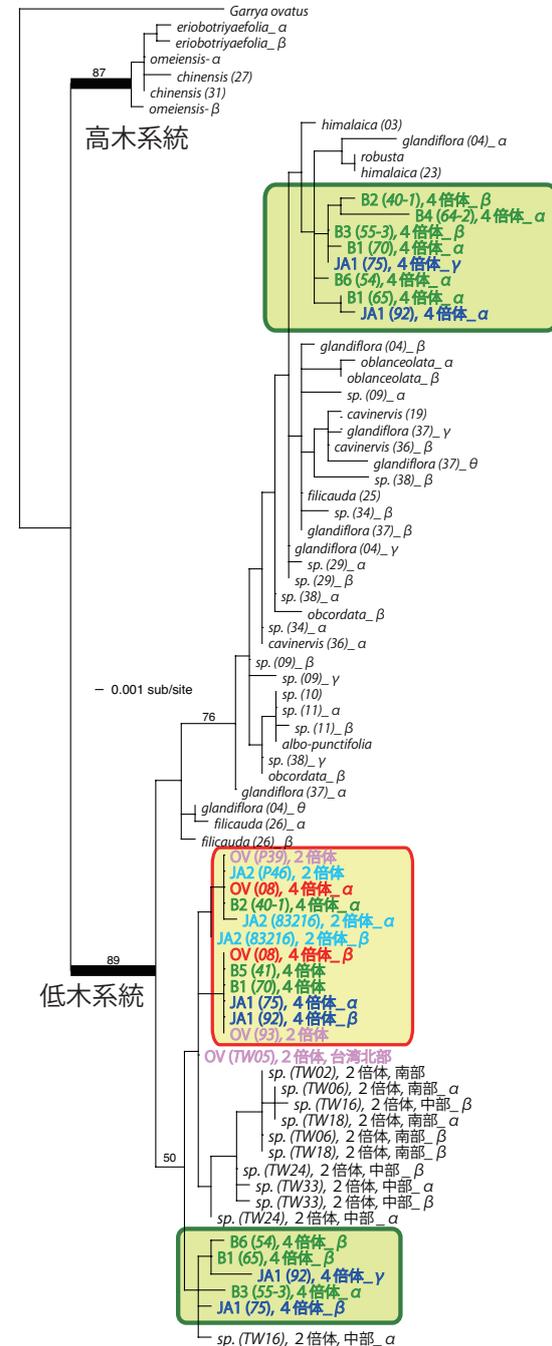


図3:核 DNA *GapC* 遺伝子による系統樹

(4) 日本周辺地域に分布するアオキ *A. japonica* は大きく2系統に分かれること、染色体倍数化が3回生じたことが明らかになっていたが、ITS 領域から推定された系統樹は、

種の単系統性を支持するが2つの系統群は支持しない、また *GapC* 遺伝子エクソン領域から推定された系統樹はアオキの単系統性を支持せず、アオキ4倍体の一部(北日本系統)が大陸産種との交雑(異質倍数化)に由来する可能性が明らかになった。

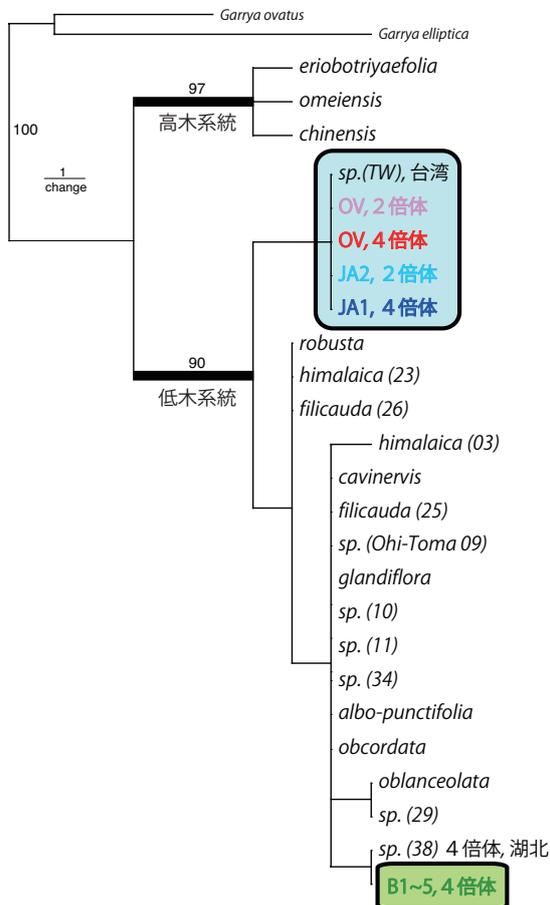


図4:葉緑体 DNA *rbcL* 遺伝子による系統樹

(5) 複数の葉緑体 DNA 遺伝子領域 (*matK*, *ndhF*, *psbA*) や非遺伝子領域に反して、*rbcL* 遺伝子だけが、アオキ種内の2系統群の分化は支持するも、近縁関係ではなく、2系統群間の全ての塩基置換が非同義置換で、被子植物で正の自然選択を受けているとされるサイトと一致し、アオキ種内で光合成に関して適応分化があることが示唆された。

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)

[学会発表] (計2件)

- ① 大井・東馬哲雄、邑田裕子、武素功、邑田仁 (2009) アオキ科アオキ属の系統関係からみたアオキの分化. (社)日本植物学会第73会大会, 山形大学.
- ② T. Ohi-Toma, H. Murata, C. X. Fu, S. G. Wu,

and J Murata. 2009. Molecular phylogeny and chromosomal evolution of the genus *Aucuba* (Aucubaceae). Symposium on East Asian Plant Diversity and Conservation, Beijing, China.

[その他]

東馬哲雄. 2010. 黄色い花のアオキ. 小石川植物園後援会ニュースレター 39: 6-7.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

東馬哲雄 (大井哲雄) (TETSUO OHI-TOMA)
 東京大学・大学院理学系研究科・助教
 研究者番号: 10376527

(2) 研究分担者

()

研究者番号:

(3) 連携研究者

()

研究者番号:

