

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 24 日現在

機関番号：82105

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2012～2014

課題番号：24380087

研究課題名(和文) 全国を網羅するサクラ栽培品種の遺伝的識別・系統解析による遺伝資源管理体制の構築

研究課題名(英文) Establishment of genetic resource management system on flowering cherry cultivars over Japan by genetic identification and phylogeny analysis.

研究代表者

吉丸 博志 (Yoshimaru, Hiroshi)

独立行政法人森林総合研究所・多摩森林科学園・園長

研究者番号：20353914

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 12,800,000円

研究成果の概要(和文)：全国の主要なサクラ集植機関で保存されている重要な伝統的栽培品種について、形態解析とDNA解析によって正確な識別と分類を行った。先行研究の3集植機関の栽培品種と一致するものについては正確な名称を確定し、一致しないものについては保存の重要性を指摘した。栽培品種と野生種の遺伝的変異の比較を行い、各栽培品種の成立に關与した野生種を推定する系統解析を行った。多くの栽培品種が複数の野生種による雑種起源と推定された。この成果は多数の伝統的栽培品種を有するわが国のサクラ遺伝資源の管理と利用に役立つ情報である。

研究成果の概要(英文)：Exact identification and classification of important traditional cultivars of Japanese flowering cherries maintained at major official flowering cherry collections over Japan was conducted based on morphological and genetic analyses. Exact cultivar names were given to the individuals which were the same clones as the cultivars in the three cherry collections investigated by the author's former study, and conversely the importance of conservation as unique resource was pointed out on the individuals which were unknown new clones or cultivars. The wild species concerned with the origin of each cultivar were estimated by the comparison of genetic variation between cultivars and wild cherry species. Many cultivars were clarified to be derived from hybrids among several wild species. These findings should be useful information for maintenance and utilization of genetic resources of Japanese flowering cherries with many traditional cultivars.

研究分野：森林集団遺伝学

キーワード：サクラ 伝統的栽培品種 遺伝的識別 系統解析 遺伝資源管理 遺伝マーカー

1. 研究開始当初の背景

国内の野生のサクラは約10種類が知られ、栽培品種はこれらの野生種のいずれかに生じた変異体から、または複数の野生種の交雑から、由来したものであろうと考えられている。

栽培品種はおもに接ぎ木などのクローン増殖技術によって、美しい花などの形質を固定した状態で継代保存されてきた。花などの外部形態の観察から250種類以上の栽培品種が記載されているが(例えば大場ら2007)、形態が非常によく似ており、明確な区別ができない栽培品種も多く記載されている。花や葉などの外部形態の観察のみでは正確な識別は困難であるが、数百種に及ぶ伝統的栽培品種を網羅的に遺伝子解析して、正確な識別と系統を明らかにする研究は、残念ながら非常に遅れていた。植栽地の条件による変動もあるため、形態観察だけでは正確な識別は困難で、遺伝子解析の情報を加えた詳細な解析が期待されていた。

近年の遺伝子マーカー技術の進展に伴い、サクラ栽培品種の遺伝的系統関係を探る研究はいくつか報告されていたが、おもに‘染井吉野’を中心とする10種類程度の栽培品種に限られるものが多く、はるかに多い種類を有するわが国のサクラ栽培品種全体を対象とした研究は皆無であった。

実際に各地で保存されている系統を見ると、長い年月の間には取り違えなども起こったと思われ、同じ名前だが別物ではないか、別の名前だが同じではないか、と疑われる事例がいくつもある。

そこで本課題の担当者らは、関東近辺に位置する主要なサクラ集植機関である多摩森林科学園、国立遺伝学研究所、新宿御苑のコレクションを対象に、核DNAマイクロサテライトマーカーによる遺伝子型解析を行って、伝統的栽培品種の高精度な識別を試みてきた。

その結果、例えば、‘枝垂桜’、‘寒桜’、‘奈良の八重桜’では、一つの栽培品種の中に複数の遺伝子型が含まれていること、逆に、「江戸」「糸括」「大手毬」「八重紅虎の尾」などは、異なる栽培品種名が付いているが、同じ遺伝子型であること、等が明らかになってきた。これらの解析は17座の核DNAマイクロサテライトマーカーを開発して進めており、十分に高い識別能力を持つことが実証されていた。

2. 研究の目的

本研究では、全国の主要なサクラ品種コレクションを網羅した遺伝子解析により、混乱状態にある伝統的栽培品種の遺伝的識別と系統解析を実行し、長い歴史の中で育まれてきた貴重な遺伝資源の管理体制を構築して、新たな利用の促進に寄与することを目的とする。

3. 研究の方法

(A)全国の主要なサクラ栽培品種の集植機関に協力を要請して、普及の基となっている栽培品種個体に関する調査許可を得る。

(B)各調査個体について、花や葉などの外部形態の解析により、従来の品種識別に基づく情報を確定する。

(C)近年の予備的解析で用いてきたDNAマーカーの適用を行い、各調査個体の遺伝子型情報を確定する。

(D)上記のDNA情報と形態情報を統合して、各調査個体に関する高精度な品種識別を行う。

(E)野生のサクラ集団の収集と遺伝子型の解析を行う。

(F)栽培品種と野生種との系統関係や栽培品種間との関係を解明する。

(G)統合的データベースの公開と成果普及により新たな遺伝資源管理体制を構築する。

4. 研究成果

(1)本課題担当者らが開発した核DNAマイクロサテライト法による伝統的栽培品種の高精度な識別技術を用いて、3機関のコレクションを解析した結果を論文投稿したものが、受理公表された(Kato et al 2012)。

多摩森林科学園のサクラ保存林のほか、国立遺伝学研究所や新宿御苑の植栽個体を加えて、計1479個体について、個体の識別能力の高い17座のマイクロサテライトマーカーを用いてDNA解析を行った結果、222クローンに識別され、形態情報を考慮して215栽培品種にまとめられた。

結果の事例をいくつか示すと、1)単一の遺伝子型を示し由来がひとつと考えられる栽培品種(‘染井吉野’‘八重紅枝垂’‘関山’など)、2)複数の遺伝子型を示し由来が複数あると考えられる栽培品種(‘枝垂桜’‘寒桜’‘奈良の八重桜’など)、3)異なる栽培品種とされてきたが遺伝子型も同じで形態も差がなく同じ栽培品種と考えられるもの(‘江戸’=‘糸括’=‘大手毬’=‘八重紅虎の尾’、‘太白’=‘駒繫’=‘車駐’など)、4)遺伝子型は同じだが形態が異なり枝変わりの関係にあると考えられるもの(‘御衣黄’と‘鬱金’、‘染井吉野’と‘染井紅’など)が明らかとなった。

(2)上記の3機関に続いて、重要なサクラ集植機関として選んだのは、北海道松前町松前公園、東大日光植物園、日本花の会結城農場、東大小石川植物園、東京都神代植物園、東京都小金井公園、石川県林業試験場、京都府立植物園、京都御所、京都御苑、植藤造園、大阪市大植物園、福岡市植物園、熊本市監物台樹木園などである(図1)。



図1 調査対象とした主なサクラ集植機関

まず、少ないマーカー数で効率よく識別を行うために、特に多型性の高い9座のマーカーセットを用いることで、同等の精度の識別が可能であることを確認した。

次に、上記の全国のサクラ集植機関で保有している栽培品種のうち約590個体について、9座のマイクロサテライトマーカーを用いた遺伝解析および形態解析を行った結果、最初に調査した3機関（多摩森林科学園、国立遺伝学研究所、新宿御苑）で保存されている栽培品種のクローンと一致するものが約410個体（図2に事例）、3機関にある栽培品種とは異なるものが約180個体（図3に事例）という結果になった。



事例1: 植藤造園の胡蝶は「長州緋桜」と、京都府立植物園の胡蝶は「吾清水」と同じクローンであることが判明した
事例2: 「汀桜」と同じクローンであることが判明した
事例3: 八重咲きタイプも一重咲きタイプも「御室有明」と同じクローンであることが判明した

図2 最初の3機関に保存されているクローンと同じと判明した個体の事例

前者は、地域や機関により様々な名前と呼ばれていたが、今回の解析で正確な栽培品種名が確定できた。後者は、今回調査した機関だけに保存されている栽培品種であることがわかったので、それらの栽培品種を絶やさないよう保存することの重要性をそれぞれの集植機関に指摘することができた。

2014年2月に「サクラ系統保全のための集植機関担当者による情報交換会議」を多摩森林科学園において招集して、本研究課題の意義と進捗状況を中間報告し、成果の活用法に関する意見交換を行った。また、2015年1月にメーリングリストを立ち上げ、本研究課題

で得られた結果を各集植機関のサクラ遺伝資源管理に活用できるように、担当者との間で情報交換を開始した。



事例1: 三好が昭和初期の荒川堤で記載した「虎の尾」の可能性あり
事例2: 富山高岡城址のクローンと異なり、小泉が記載した南砺市城端のクローンの可能性あり
事例3: 三好が昭和初期に記載した「大和桜」と異なり、「御所大和桜」として新たに記載の必要あり
事例4: 香山が昭和初期に記載した「上賀茂神社の御幸の桜」の可能性あり

図3 最初の3機関に保存されているクローンとは別と判明した個体の事例

(3)各栽培品種の起源を推定するため、最初の3機関（多摩森林科学園、国立遺伝学研究所、新宿御苑）の222クローン、215栽培品種を対象として、野生のサクラ10種（変種も考慮して12種）にカラミザクラ（台湾・中国原産）を加えた13種における多数個体（国内野生種については分布範囲全体にわたる）の遺伝子型も調査して、各栽培品種の由来に関与すると考えられる野生種の推定を行った。ここでは、26座の核DNAマイクロサテライトマーカーを用いた。

結果の事例をいくつか示すと、「枝垂桜」（祖先種はエドヒガン）や伊豆桜（祖先種はオオシマザクラ）のように、1種の祖先種から選抜されたものは少なく、多くの栽培品種が種間雑種（自然雑種も含む）に由来していた。「染井吉野」は、これまでの見解どおり、オオシマザクラとエドヒガンの交雑に由来していることが確認されたが、ヤマザクラの関与も示唆され、今後の検討課題である。サトザクラ（多くの栽培品種を含む総称）の間はオオシマザクラが元になったと言われていたが、それ以上のことはこれまでわかっていなかった。今回の解析により、「太白」「上旬」など多くの栽培品種でオオシマザクラに加えてヤマザクラの関与も大きいことが明らかとなった。なかには、「狩衣」のように、オオシマザクラ、ヤマザクラ、マメザクラ・オクチョウジザクラ系統、の3種類が関係していると考えられるものもあった。一方、これまで行われてきた形態による分類の結果を覆す発見もあった。「長州緋桜」は花卉のピンク色が強いことから白いオオシマザクラとピンク色のオオヤマザクラとの交雑起源と言われていたが、オオヤマザクラは関係なく、これまで栽培品種の形成にほとんど貢献していないと思われていたタカネザクラが関与していることが示された。栽培品種の

祖先種としては、他にもオオヤマザクラ、カスミザクラ、チョウジザクラ、カンヒザクラや、台湾・中国原産のカラミザクラが係わっており、栽培品種が多様な野生種から形成されたことを物語っている（図4）。

これらの解析結果は、Kato et al (2014) により論文公表された。

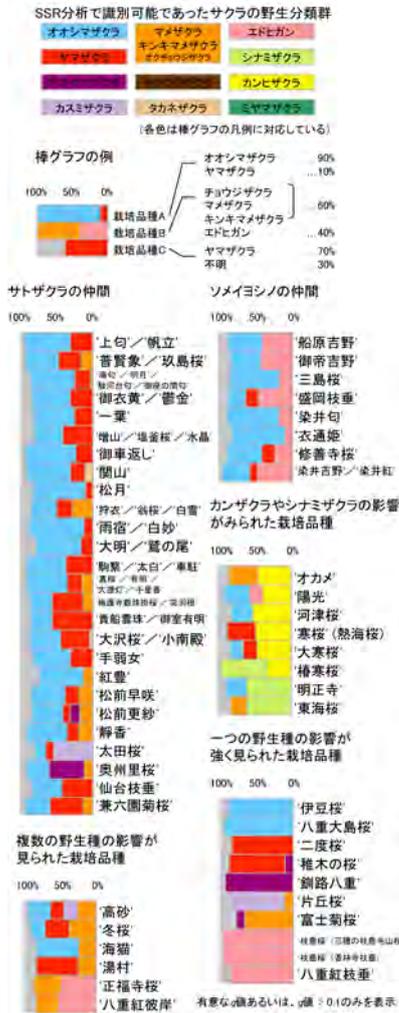


図4 栽培品種の成立に関わった野生種の推定
野生種と栽培品種のマикроサテライト(SSR)分析の結果を比較することで各栽培品種のDNAの組成を推定した。

(4) 多摩森林科学園のサクラ保存林の個体データについては、収集時（1967-69年など）および現在の個体データをもとに、714栽培系統にまとめられた。これらの栽培系統のうちDNAを分析することができた552栽培系統について、遺伝解析の結果を検討し、学名などを再編した。また、分類情報データについては、およそ13,000件を226分類群に対応させた。

これらの情報はデータベース化して、ホームページで一般公開している（図5）（<http://db1.ffpri-tmk.affrc.go.jp/sakura/home.php>）。



図5 多摩森林科学園サクラ保存林で保存されている系統のデータベース
(<http://db1.ffpri-tmk.affrc.go.jp/sakura/home.php>)

(5) 本研究課題で得られたサクラ栽培品種の識別、再分類、祖先種に関する新しい知見については、専門の学術雑誌に公表するとともに、一般書店で購入できる図書の作成（「サクラ保存林ガイド-DNA・形質・履歴による系統保存」2014）や、通年一般公開されている多摩森林科学園サクラ保存林における各栽培品種の解説板の作成（図6）を通じて、成果の普及広報に努めた。



図6 本研究課題による知見を取り入れたサクラ栽培品種の解説板

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕（計8件）

(1) 吉丸博志、日本産サクラ栽培品種の系統管理に関する研究の推進、森林遺伝育種、査読無、4巻、2015、52-54

http://fgtb.ac.affrc.go.jp/publish/FGTB_ISSN_2187-350X/Vol.4/FGTB_Vol.4_No.2/FGTB_V4N2_paper2.pdf

(2) 吉丸博志、日本の春を彩る桜の科学、化学、査読無、70巻、2015、42-45

(3) 加藤珠理、今井淳、西岡絵里、向井譲、DNAマーカーを用いた日本のサクラの遺伝的特性の解明、森林遺伝育種、査読無、3巻、2014、63-65

http://fgtb.ac.affrc.go.jp/publish/FGTB_ISSN_2187-350X/Vol.3/FGTB_Vol.3_No.2/FGTB_V3N2_paper2.pdf

(4) Kato S, Matsumoto A, Yoshimura K, Katsuki T, Iwamoto K, Kawahara T, Mukai Y, Tsuda Y, Ishio S, Nakamura K, Moriwaki K, Shiroishi T, Gojobori T, Yoshimaru H, Origins of Japanese flowering cherry (Prunus subgenus Cerasus) cultivars revealed using nuclear SSR markers, *Tree Genetics & Genomes*, 査読有、10 巻、2014、477-487
DOI 10.1007/s11295-014-0697-1

(5) Allen JM, Terres MA, Katsuki T, Iwamoto K, Kobori H, Higuchi H, Primack RB, Wilson AM, Gelfand A, Silander JA, Modeling daily flowering probabilities: expected impact of climate change on Japanese cherry phenology, *Global Change Biology*, 査読有、20 巻、2014、1251-1263
DOI:10.1111/gcb.12364

(6) 勝木俊雄, 岩本宏二郎, サクラの系統保全のこれまでの経緯と現状, *森林科学*, 査読無、70 巻、2014、8-11
<http://www.forestry.jp/publish/ForSci/ForSci-index/ForSci70.html>

(7) 加藤珠理, 松本麻子, DNA から見た桜の栽培品種の再分類, *森林科学*, 査読無、70 巻、2014、12-16
<http://www.forestry.jp/publish/ForSci/ForSci-index/ForSci70.html>

(8) Kato S, Matsumoto A, Yoshimura K, Katsuki T, Iwamoto K, Tsuda Y, Ishio S, Nakamura K, Moriwaki K, Shiroishi T, Gojobori T, Yoshimaru H, Clone identification in Japanese flowering cherry (Prunus subgenus Cerasus) cultivars using nuclear SSR markers, *Breeding Science*, 査読有、62 巻、2012、248-255
DOI:10.1270/jsbbs.62.248

[学会発表] (計 14 件)

(1) 加藤珠理, 勝木俊雄, 岩本宏二郎, 松本麻子, 吉丸博志, 全国の植物園などで保存されているサクラの栽培品種の DNA 分析による実態解明, *日本森林学会大会*, 2015 年 3 月 27 日、北海道大学 (北海道札幌市)

(2) 加藤珠理, 勝木俊雄, 岩本宏二郎, 松本麻子, 吉丸博志, 沿岸地域に自生するサクラの遺伝的特性の評価, *森林遺伝育種学会*, 2014 年 11 月 7 日、東京大学 (東京都文京区)

(3) 勝木俊雄, 岩本宏二郎, 加藤珠理, 荒川堤のサクラは現在に受け継がれているか?, *森林遺伝育種学会*, 2014 年 11 月 7 日、東京大学 (東京都文京区)

(4) 勝木俊雄, 岩本宏二郎, 島田和則, 九島

宏道, 本州海岸林における国内外来種オオシマザクラの野生化の実態, *日本森林学会大会*, 2014 年 3 月 27 日、大宮ソニックシティ (埼玉県さいたま市)

(5) 加藤珠理, 松本麻子, 勝木俊雄, 岩本宏二郎, 中村健太郎, 石尾将吾, 向井謙, 吉丸博志, 枝垂桜と野生種エドヒガンの遺伝的関係, *日本森林学会大会*, 2014 年 3 月 27 日、大宮ソニックシティ (埼玉県さいたま市)

(6) 勝木俊雄, 多摩森林科学園と遺伝研におけるサクラの系統保全の実態, *日本植物分類学会大会*, 2014 年 3 月 20 日、熊本大学 (熊本県熊本市)

(7) 吉丸博志, 加藤珠理, 勝木俊雄, 岩本宏二郎, 松本麻子, サクラ栽培品種の DNA 解析に基づく再分類の現状, *日本櫻学会研究発表会*, 2013 年 12 月 7 日、玉川大学 (東京都町田市)

(8) 加藤珠理, 松本麻子, 吉村研介, 勝木俊雄, 岩本宏二郎, 河原孝行, 向井謙, 津田吉晃, 石尾将吾, 中村健太郎, 森脇和郎, 城石俊彦, 五條堀孝, 吉丸博志, サクラの栽培品種の遺伝的起源の推定, *森林遺伝育種学会*, 2013 年 11 月 8 日、東京大学 (東京都文京区)

(9) 勝木俊雄, 岩本宏二郎, 吉丸博志, 植物園におけるサクラ栽培品種の名称表示について, *日本植物園協会研究発表会*, 2013 年 5 月 30 日、筑波植物園 (茨城県つくば市)

(10) 加藤珠理, 松本麻子, 吉村研介, 勝木俊雄, 岩本宏二郎, 河原孝行, 向井謙, 津田吉晃, 石尾将吾, 中村健太郎, 森脇和郎, 城石俊彦, 五條堀孝, 吉丸博志, 染井吉野およびその関連品種の系統関係に関する研究, *日本森林学会大会*, 2013 年 3 月 26 日、岩手大学 (岩手県盛岡市)

(11) 長谷川絵里, 秋庭満輝, 岩本宏二郎, 勝木俊雄, 太田祐子, 高畑義啓, 石原誠, 佐橋憲生, 窪野高德, 多摩森林科学園における幼果菌核病発生のサクラ系統間の差違, *日本森林学会大会*, 2013 年 3 月 26 日、岩手大学 (岩手県盛岡市)

(12) 勝木俊雄, 加藤珠理, 松本麻子, 吉丸博志, 津田吉晃, 向井謙, ツクシヤマザクラの遺伝的変異と雑種個体の識別について, *日本植物分類学会大会*, 2013 年 3 月 14 日、千葉大学 (千葉県千葉市)

(13) 勝木俊雄, 吉丸博志, 加藤珠理, 松本麻子, 水戸喜平, 静岡地方気象台のサクラ開花標本木に対する DNA を用いたクローン識別と同定, *森林遺伝育種学会*, 2012 年 11 月 8 日、東京大学 (東京都文京区)

(14) 勝木俊雄、岩本宏二郎、吉丸博志、棗悠記、荒川堤に由来するサクラ栽培品種の分類体系の再検討、関東森林学会大会、2012 年 10 月 26 日、新潟大学大学（新潟県新潟市）

〔図書〕（計 5 件）

(1) 勝木俊雄、岩波書店、桜（岩波新書）、2015、228pp

(2) 吉丸博志・勝木俊雄・岩本宏二郎・加藤珠理・松本麻子・長谷川絵里・秋庭満輝・佐橋憲生・高畑義啓・石原誠・阿部恭久、森林総合研究所多摩森林科学園、サクラ保存林ガイド-DNA・形質・履歴による系統保存-、2014、111pp

ISBN978-4-905304-23-4

(3) 勝木俊雄、学研、生き物出会い図鑑 日本の桜、2013、175pp

ISBN978-4-05-800189-9

(4) 勝木俊雄、書苑新社、Flowering cherries in Shinjuku Gyoen National Garden、2013、48pp

ISBN978-4-88375-164-8

(5) 吉丸博志・勝木俊雄・岩本宏二郎・加藤珠理・松本麻子・長谷川絵里・秋庭満輝・佐橋憲生・高畑義啓・石原誠・阿部恭久、独立行政法人森林総合研究所多摩森林科学園、森林総合研究所第 3 期中期計画成果 5 育種・生物機能-2 桜の新しい系統保全-形質・遺伝子・病害研究に基づく取組-、2013、41pp

ISBN978-4-905304-19-7

〔その他〕

ホームページ等

多摩森林科学園サクラデータベース

<http://db1.ffpri-tmk.affrc.go.jp/sakura/home.php>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

吉丸 博志 (YOSHIMARU, Hiroshi)

独立行政法人森林総合研究所・多摩森林科学園・園長

研究者番号：20353914

(2) 研究分担者

勝木 俊雄 (KATSUKI, Toshio)

独立行政法人森林総合研究所・多摩森林科学園・主任研究員

研究者番号：10353640

岩本 宏二郎 (IWAMOTO, Koujirou)

独立行政法人森林総合研究所・多摩森林科学園・主任研究員

研究者番号：70353597

松本 麻子 (MATSUMOTO, Asako)

独立行政法人森林総合研究所・森林遺伝研究領域・室長

研究者番号：90353862

加藤 珠理 (KATO, Shuri)

独立行政法人森林総合研究所・多摩森林科学園・主任研究員

研究者番号：90467217