

高山の樹木ダケカンバで、祖先的な二倍体の系統を発見

ダケカンバは日本の高山やロシアの寒冷・多雪地に広く分布する樹木です。通常はゲノムを4セット持つ四倍体ですが、四国・紀伊半島の本種はゲノムを2セットしか持たない二倍体で、より祖先的なことが分かりました。厳しい環境に適応した本種の歴史を解く手がかりとなることが期待される成果です。

通常の生物はゲノム（全遺伝情報）を2セット持っており、これを二倍体と呼びます。倍数体は通常より多くのゲノムを持つ生物のことで、ゲノムが増える倍数化は種の多様化の大きな駆動要因です。一般に倍数体はより大きな器官を形成するため、栽培植物（例えばコムギやカキなど）として多く利用されています。また、野生植物の倍数体は乾燥・寒冷条件の地域に多く分布する傾向にあり、倍数化の過程を追うことは、種が厳しい環境にどのように進出したのかを理解する鍵となると考えられます。

ダケカンバ(カバノキ科カバノキ属)はゲノムを4セット持つ四倍体として知られ、日本列島・朝鮮半島・極東ロシアの寒冷・多雪地に広く分布する落葉樹です。日本では、1500m以上の高山に登れば必ずと言っていいほどその姿が見られ、日本や東アジアの山岳地の植生形成過程を語る上で欠かせない存在です。近年の研究でカバノキ属の系統関係が分かってきており、ダケカンバは2種類の二倍体の雑種が起源であることや、未確認の二倍体が近い系統に存在することが示唆されていました。

本研究チームの先行研究から、南限地の紀伊半島に自生するダケカンバは、遺伝的に他集団と大きく異なることが分かっていました。今回、本研究チームは南限の自生地を包括的に調査し、四国の石鎚山と剣山、紀伊半島・釈迦ヶ岳の個体の倍数性と葉・種子の形態を調べました。その結果、これら南限地の個体は二倍体で、葉や種子の形態も本州の系統と区別できることが分かりました。

これらの地域は日本列島に古くに渡ってきたと考えられる固有の植物群が多く分布します。ダケカンバの二倍体系統も祖先的な系統と考えられ、高山や寒冷環境に広く分布を広げた本種の歴史や、日本列島の山岳地の植生形成過程を理解する上で重要な手がかりとなることが期待されます。

研究代表者

筑波大学生命環境系

相原 隆貴 研究員

筑波大学生命環境系

津村 義彦 教授

研究の背景

倍数性^{注1)}は通常の生物が2セット持つゲノムをより多く持つ生物のことであり、倍数化は種の多様化の大きな駆動要因です。一般に倍数体はより大きな器官を形成するため、コムギやカキなどの栽培植物として多く利用されています。一方で野生の植物種では、倍数体は乾燥・寒冷条件の地域に多く分布する傾向にあり、倍数化の過程を追うことは、その種が厳しい環境へどのように進出したのかを理解する鍵を握ると考えられます。

ダケカンバ *Betula ermanii* (カバノキ科カバノキ属) は四倍体として知られ、日本列島・朝鮮半島・極東ロシアの寒冷・多雪地に広く分布する落葉樹です。日本では、1500m以上の高山に登れば必ずと言っていいほどその姿を見ることができ、日本ひいては東アジアの山岳地の植生の形成過程を語る上で欠かせない存在であると考えられます。近年の研究により、カバノキ属の系統関係が分かってきており、ダケカンバは2種類の二倍体の雑種が起源であることや、ダケカンバの祖先である未確認の二倍体が存在することが示唆されていました。

本研究チームの先行研究で、ダケカンバ南限地の紀伊半島の個体群は、遺伝的に他集団と大きく異なることが分かっていました。また、南限地の四国・紀伊半島のダケカンバは、植物学者の中井猛之進によりシコクダケカンバ *Betula shikokiana* (1914) として種区分されていた過去があり、葉の形態などから異なる特性を持つことが示唆されていました。しかし、長い日本の植物研究の歴史の中で南限地域のダケカンバの倍数性の違いまで検証した研究はありませんでした。

研究内容と成果

本研究チームは今回、南限のダケカンバ自生地を包括的に調査し、四国の石鎚山と剣山、紀伊半島の釈迦ヶ岳の個体の倍数性と葉・種子の形態を北海道・本州の個体と比較しました。

フローサイトメトリー^{注2)}による解析の結果、南限地のダケカンバは二倍体であることが分かりました(図1)。また、葉や種子の形態でも本州の系統と区別でき、南限地のものは葉の鋸歯が大きく荒め、葉の基部の湾入が深く(図2)、種子の翼が比較的長めであることが分かりました(図3)。

カバノキ属においてはこれまで、複数の倍数性を持つ種がいくつか報告されていますが、二倍体のダケカンバは本研究が初報告となります。また、南限地の集団が二倍体で、そこから北方で四倍体が広がるというパターンはあまり事例がなく、日本列島でダケカンバの倍数化が生じ、北方や大陸へ広がっていったというシナリオも考えられました。一方で、四国の低標高側の数個体は四倍体であることが分かり、その四国への侵入経路、二倍体と四倍体間の交雑の有無などが興味深い研究課題として考えられました。

今後の展開

ダケカンバの二倍体系統が分布していた四国・紀伊半島は、日本列島に古くに渡ってきたと考えられる固有の植物群が多く分布します。今回その存在が明らかになったダケカンバの二倍体も祖先的な系統と考えられます。本州以北の四倍体ダケカンバへの倍数化の歴史や、日本列島の山岳地の植生形成過程を理解する上で重要な手がかりとなることが期待できます。今後、大陸のカバノキ属も含め、二倍体ダケカンバの系統的立ち位置を検証していくことで、本州以北の四倍体ダケカンバへの倍数化の歴史などが明らかにできると考えています。

参考図

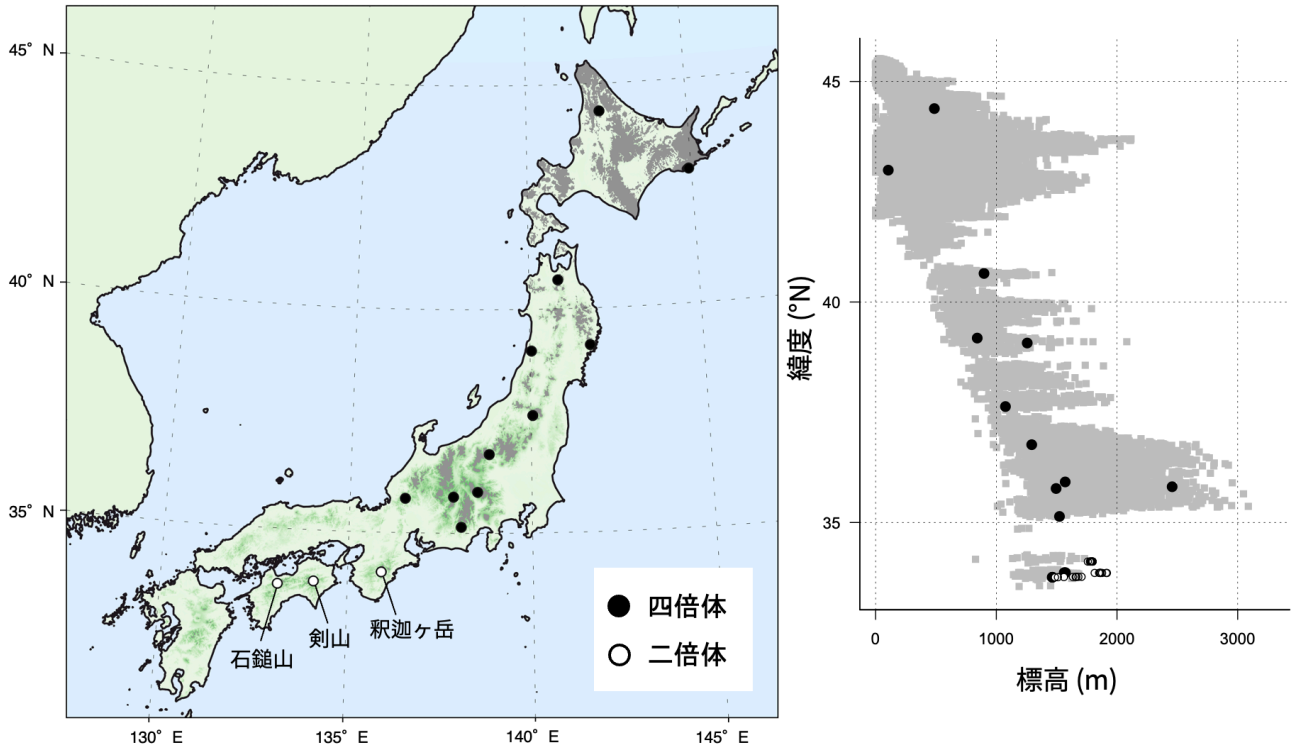


図1 本研究の調査地とそれぞれの倍数性 本研究では四国の石鎚山・剣山と紀伊半島・釈迦ヶ岳の南限地3集団と、北海道・本州の11集団の倍数性および葉・種子の形態を比較した。左図のグレーはモデルを用いて気候値から推定したダケカンバの生育適域を示す。

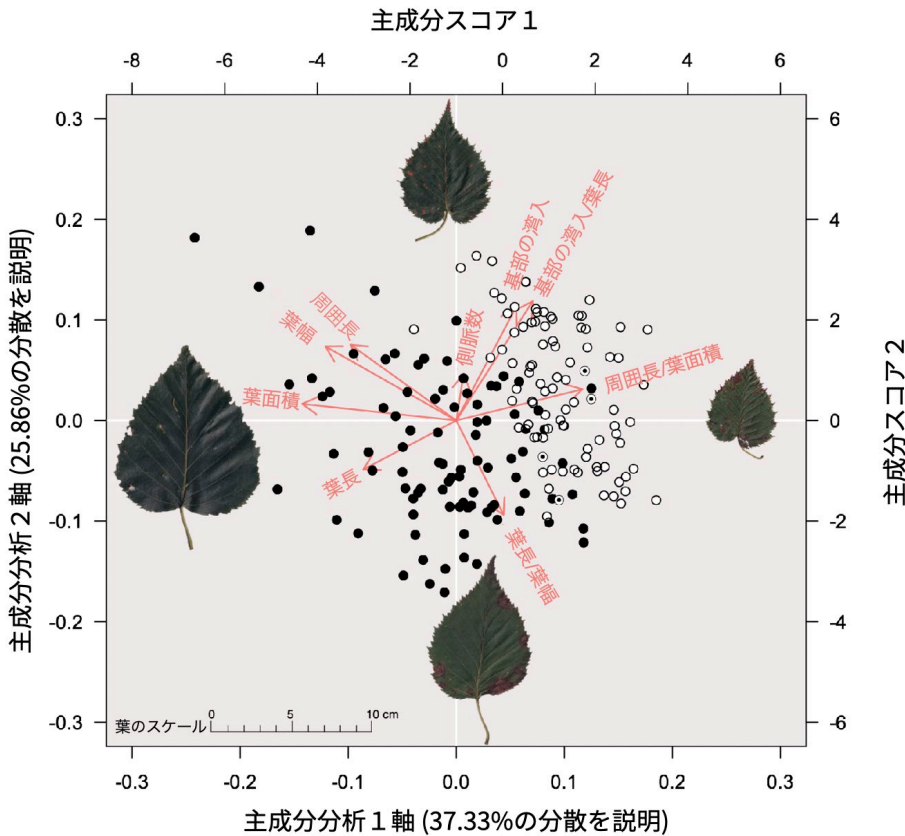


図2 ダケカンバの葉の九つの形態的特性による主成分分析の結果

黒丸は四倍体、白丸は二倍体の値を示し、黒抜きの白丸は四国に分布する四倍体の値を示す。それぞれの葉のイメージは、各軸での極値を示した個体のもの。

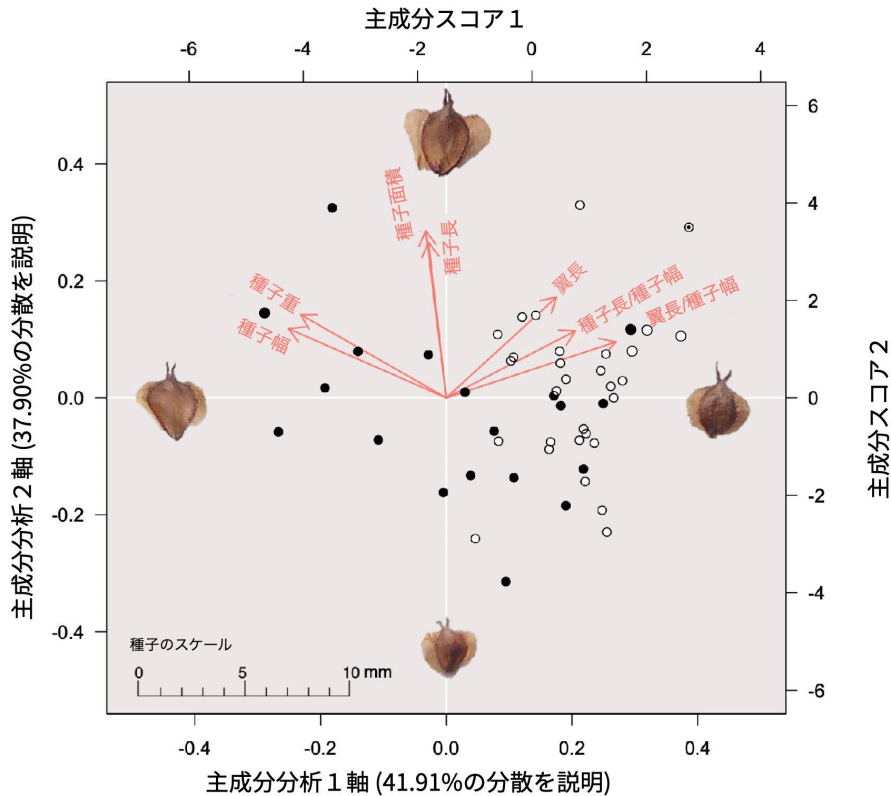


図3 ダケカンバの種子の七つの形態的特性による主成分分析の結果

黒丸は四倍体、白丸は二倍体の値を示し、黒抜きの白丸は四国に分布する四倍体の値を示す。それぞれの葉のイメージは、各軸での極値を示した個体のもの。

用語解説

注1) 倍数性

同じ属や種内で生物が持つゲノムのセットが何倍かに増えている性質のこと。また、ゲノムのセットが増えることを倍数化という。多くの生物は通常、ゲノムを2セット持つ2倍体であるが、4倍体、6倍体などが存在し、まれに2倍体と4倍体の交雑で3倍体が生じることもある。

注2) フローサイトメトリー

流動する液体に懸濁した細胞を一列に並べてレーザー光の照射口前を通過させ、その性質を調べる手法。今回は、細胞内のDNAに蛍光物質を標識しておき、その量を調べることでダケカンバが二倍体か四倍体かを判定した。

研究資金

本研究は、科研費（基盤A・基盤S）による研究プロジェクト（21H04732, 24H12345）およびJST次世代研究者挑戦的研究プログラム（JPMJSP2124）の助成を受けて実施されました。

掲載論文

【題名】 Cryptic diploid lineage of *Betula ermanii* at its southern boundary populations in Japan.

（日本の分布南限地におけるダケカンバの二倍体系統）

【著者名】 相原隆貴（筑波大学生命環境系）、荒木響子（筑波大学生命地球科学研究群、現宮内庁庭園部）、津村義彦（筑波大学生命環境系）

【掲載誌】 PLoS ONE

【掲載日】 2024年7月18日

【DOI】 <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0307023>

問合わせ先

【研究に関すること】

津村 義彦 (つむら よしひこ)

筑波大学生命環境系 教授

【取材・報道に関すること】

筑波大学広報局

TEL: 029-853-2040

E-mail: kohositu@un.tsukuba.ac.jp