

報道関係者各位

国立大学法人筑波大学

日本と台湾の天然ヒノキは 100 万年前に遺伝的に分かれたことを解明

天然の日本のヒノキと台湾のタイワンヒノキは、約 100 万年前の琉球列島の分断により分化したと推定されました。また、日本の集団は拡大傾向、台湾の集団は分断・縮小傾向にあることが推定されました。さらに北限や南限などの集団は特徴的な遺伝的特性を持ち、保全の優先度が高いことが示唆されました。

ヒノキは優良建築材として扱われ、日本でスギに次ぐ造林面積と素材生産量を誇ります。その天然林は、北は福島県、南は屋久島までに点在しています。一方、台湾にはヒノキの変種として位置付けられるタイワンヒノキが分布し、かつて日本の社寺建築材として大径材が輸入されていた歴史があります。本研究は、遺伝資源として保全すべきヒノキ・タイワンヒノキ天然林の分布域を対象に、全ゲノムを網羅した集団遺伝学的解析を実施し、遺伝的多様性や各集団の遺伝的地域性、分化の歴史を明らかにしました。

その結果、日本のヒノキ・台湾のタイワンヒノキは遺伝的に明確に区別され、約 100 万年前（第四紀更新世初期）に分岐したと推定されました。九州の南端から台湾にかけて弓状に連なる島々（琉球弧）はかつて地続き（陸橋）でしたが、それが分断され、両者の地理的隔離が進んだ時期と重なります。さらに、ヒノキは温暖・夏季多雨の環境、タイワンヒノキは寒冷・冬季多雨の環境に適応していることも示唆されました。国内のヒノキ集団は屋久島・本州中部以西・中部以北の 3 地域で遺伝的に異なっており、それぞれの集団サイズは拡大傾向にあると推定されました。福島（北限）および屋久島（南限）の集団は特に独自の遺伝的特性を持つため、保全の優先度が高いと考えられました。台湾内の集団は遺伝的分化の地理的な傾向が明確でなく、集団が分断・縮小傾向にあることが推定されました。

日本では現在、ヒノキの種苗移動は林業種苗法で主に気候条件の違いから 3 区分に分けて管理されていますが、本研究の結果は、遺伝的地域性に基づいて新たに境界の異なる 3 区分に分ける必要性を示しています。局所的な環境に適応した異なる遺伝グループ間の交雑は、環境への適応度を下げる遠交弱勢を招く可能性があるため、種苗移動の適切な管理による天然林（遺伝資源）の保全が必要です。

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 名誉教授

研究の背景

ヒノキ(*Chamaecyparis obtusa*)は通直^{注1)}で木目が美しく、加工性にも優れます。このため、優良建築材として扱われ、日本国内の造林面積・素材生産量はスギに次いで第2位となっています。しかし、その天然林は、北は福島県から南は鹿児島県・屋久島にかけての、主に急峻な山岳地の中腹地・尾根筋に点々と残存するだけで、樹齢1000年を超える巨木はほとんどありません。一方で、ヒノキの変種とされる台湾ヒノキ(*C. obtusa* var. *formosana*)は、台湾の山岳部に広く分布し、樹齢1000年を超える大木が今なお残ります。我が国はかつて、社寺建築材としてその丸太を輸入していました。有用木材の天然林は貴重な遺伝資源であり、有用木材の持続可能な利用を図るうえでも、その適切な保全は極めて重要です。

植物地理学を見ると、ヒノキの仲間は東アジアおよび北米の温暖・湿潤な地域にのみ分布が見られる遺存種^{注2)}あることが示唆されます。東アジアは過去の氷期に大陸氷河に覆われず、当時の種が生き残ったことで高い種の多様性を保持していると指摘されています。このため、現存の遺存種のたどった歴史を推定することで、森林植生の成立過程を明らかにできると考えられます。

研究内容と成果

本研究チームは今回、天然のヒノキ・台湾ヒノキ林の全分布域を対象に、SNP^{注3)}を用いた全ゲノムの網羅的評価を実施し、各地域集団の遺伝的特性および遺伝的多様性、さらには地域ごとに集団がどのように分かれていったのかを、地質学的な時間軸で調べました。

その結果、日本のヒノキと台湾ヒノキは遺伝的に大きく離れ(図1)、系統樹においても、両者は約100万年前(第四紀更新世初期)に分岐したと推定されました。九州の南端から台湾にかけて弓状に連なる島々を琉球弧と呼びます。かつては台湾と地続きになっていましたが、約100万年前に琉球弧は諸島に分断されたと考えられています。このことが要因となり、ヒノキと台湾ヒノキが遺伝的に分化したと推測されました。また、その生物が確認された場所(在データ)と環境データ(地形、植生、気候など)から統計的に推定した潜在的な分布地域の気候条件も両者は異なり、台湾ヒノキはより寒冷で冬季に降水量が多い環境、ヒノキはより温暖で夏季に降水量の多めの環境をより好み、それぞれ異なった環境適応を行っていることが示唆されました。

また、日本国内のヒノキ集団に目を向けると、屋久島・本州中部以西・本州中部以北の大きく三つの地域で遺伝的に区別(図2)できました。これは、日本の平均気温が現在より5~7°Cほど低かった約2万2000年前の最終氷期最寒冷期における分布の違いが反映されていると推定されました。特に北限の福島県の集団、南限の屋久島の集団は遺伝的に特徴的で、保全上の優先順位が高いと言えます。一方で台湾内の集団は遺伝的分化の地理的な傾向が明確でなく、集団が分断・縮小傾向にあることが推定されました。

現在、日本におけるヒノキの種苗移動は林業種苗法により主に気候条件の違いから3区分に分けて管理されています。これに対し本研究は、大きく屋久島・本州中部以西・本州中部以北で遺伝的に区別できることを示しました。気象条件の違いに基づく配布では、それぞれの地域で遠交弱勢^{注4)}を引き起こす可能性があり、本研究が示した3区分に基づいて種苗移動を規制する必要があります。また、北限・南限の集団は特徴的な遺伝子を保持していることが推定され、特に優先した保全が必要であると考えられます。

今後の展開

東アジアにはヒノキと同様に、遺存要素植物群と考えられる植物種が多数存在します。本研究で示したような、それらの種の遺存・集団分化の歴史が分かれば、東アジアや日本列島の森林の多様性の成立過程に迫ることができます。また、日本列島と台湾では100種以上の同じ植物種が分布しており、それらの

植物種ごとの分岐年代を高精度に推定していくことで、琉球列島の成立過程が植物地理学の観点から明らかになっていくと考えられます。

参考図

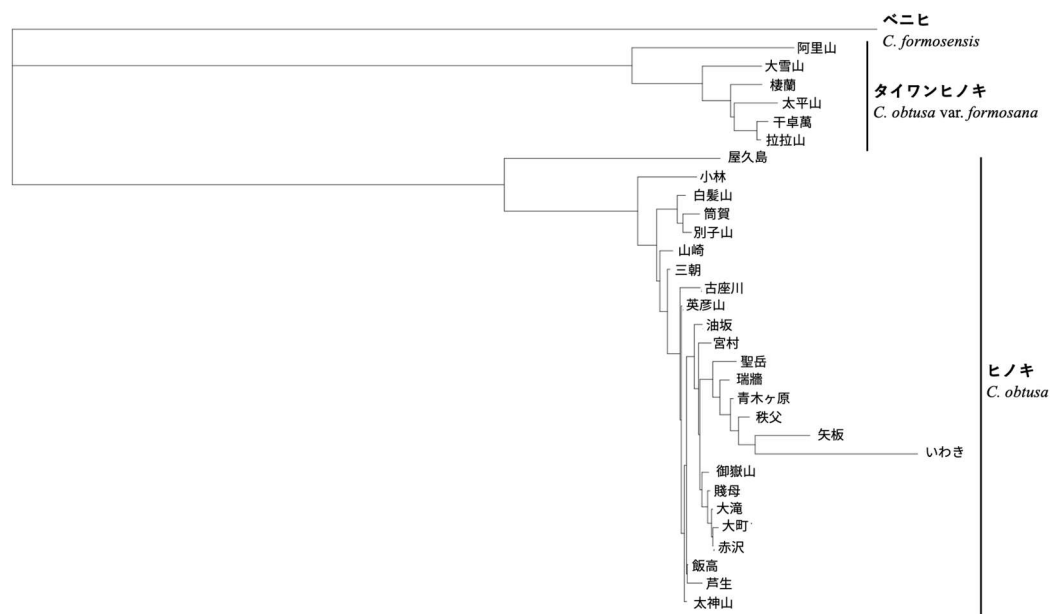


図1 日本のヒノキ 25 集団・台湾のタイワンヒノキ 6 集団の系統樹
系統樹は集団間の遺伝的な違いの指標を用いて近隣結合法により推定した。

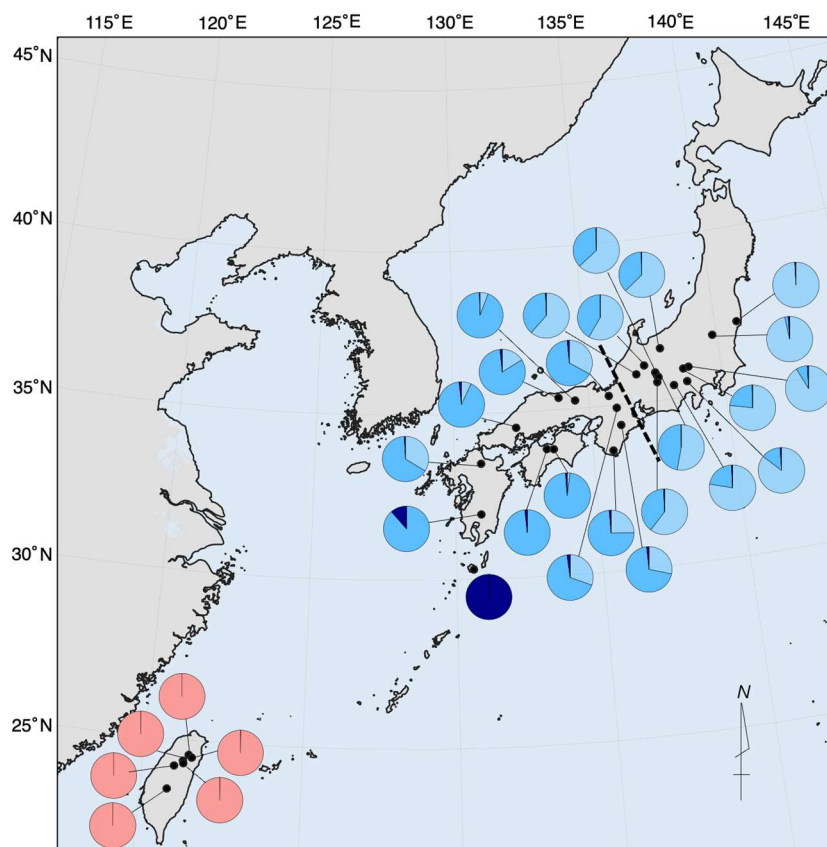


図2 本研究の調査地(黒丸)と推定された遺伝構造
本研究では日本の 25 集団と台湾の 6 集団を対象とした。円グラフの各色は遺伝的な違いを示し、本研究では最適な分割数として 4 分割が示唆された。本州の点線は、本研究で提案する本州内での遺伝的境界

界を示す。

用語解説

注 1) 通直

木材の木目（木理）がまっすぐ軸方向に並行に通っている状態を指す

注 2) 遺存種

過去に繁栄し広く分布していたが、現在ではわずかに残存している生物種

注 3) SNP（一塩基多型、Single Nucleotide Polymorphism）

DNA 配列の中の一つの塩基が他の塩基に置き換わり、個体間で異なっている部位を指す。遺伝的研究においては、ゲノム中の SNP 領域を利用して遺伝的多様性や遺伝構造などを推定することが多い。

注 4) 遠交弱勢

局所的な環境に適応した異なる遺伝グループ間の交雑は、局所環境に適応した遺伝子群が組み替えなどによって崩壊し、環境への適応度を下げることがを示す

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（23H00337, 24H00055）の助成を受けて実施されました。

掲載論文

【題 名】 The historical biogeography of divergence in the relict cypress *Chamaecyparis obtusa*, and the implications for conservation and management in East Asia.

（ヒノキの集団分化・遺存の生物地理史と東アジアにおける保全・管理への示唆）

【著者名】 相原隆貴（筑波大学生命環境系）、Chih-Hsin Cheng（国立台湾大学）、Chiou-Pin Chen（国立台湾大学）、Chieh-Ting Wang（国立台湾大学）、内山憲太郎（森林総合研究所樹木分子遺伝研究領域）、高橋大樹（九州大学大学院農学研究院）、陶山佳久（東北大学大学院農学研究科）、津村義彦（筑波大学生命環境系）

【掲載誌】 Ecology and Evolution

【掲載日】 2025 年 10 月 1 日

【DOI】 DOI: 10.1002/ece3.72240

問い合わせ先

【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 名誉教授

【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