

( 続紙 1 )

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                     |    |       |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|-------|
| 京都大学                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 博士（農学）                                                                                                                                                                                                                              | 氏名 | 阪口 翔太 |
| 論文題目                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Phylogeography of widespread tree species: reconstructing the spatiotemporal changes of historical environments and tree population responses in East Asia and Australia<br>（広域分布性樹木の系統地理学的研究：東アジアおよびオーストラリアにおける過去の環境変動に対する樹木集団の応答） |    |       |
| （論文内容の要旨）                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                     |    |       |
| <p>森林生態系に対する環境変動の影響は、そこで優占する樹木の応答に大きく依存する。したがって、将来の森林生態系の変化を予測し管理する上で、樹木集団が過去の環境変動に対してどのように応答してきたのかを知ることが重要な課題となっている。これまで、主に花粉分析によって過去の植生変遷が明らかにされてきたが、分析可能な地点数や時間年代に限られるほか、種同定の不正確性の問題などがあり、個々の樹木集団の歴史を広域で詳しく解明することは困難であった。</p> <p>本論文では、系統地理学的解析、集団遺伝学的解析、そして生態ニッチモデリング解析を組み合わせることで、東アジアとオーストラリアにそれぞれ広域分布する樹木の過去の分布変遷と集団の歴史を明らかにした。そして、得られた知見を過去の環境変動記録と照合することによって、地域集団の動態に影響した環境要因を検証している。本論文は、東アジアにおけるハリギリの系統地理学研究と、オーストラリアにおけるヒノキ科樹木集団の環境変動への応答史から構成される。</p> <p>1. 東アジアにおけるハリギリの系統地理学研究（第2章～第5章）</p> <p>第四紀後期に振幅を増した気候変動サイクルは、東アジア地域の植物の分布を分断化させることで、系統の分化を促してきたと考えられている。しかし、こうした環境変動は地域内で一様であったわけではなく、どのような地域が温帯性植物にとって長期的に安定した分布域となってきたのか、どのような地域で大きな分布変化が起こったのかは十分に理解されていない。そこで本論文では、東アジアの温帯林の分布を代表するウコギ科ハリギリ <i>Kalopanax septemlobus</i> に着目し、系統地理学的な観点から研究を進めた。</p> <p>ハリギリの分布全域から2,200個体のサンプルを収集し、核と葉緑体の遺伝子座を解析した。その結果、中国には主要な系統が全て分布していること、集団の遺伝的多様性や空間遺伝構造は極めて高いことが明らかになった。これらの結果から、ハリギリにとって中国の山地帯は特に安定した分布域となってきたこと、そしてその安定は地域固有のハプロタイプや対立遺伝子を固定させ、強い遺伝構造を生み出すほど長く続いてきたことが示された。それに対して、日本列島や朝鮮半島では空間遺伝構造が弱く、また北日本や朝鮮半島北部では遺伝的多様性が北方の集団ほど低くなるクラインが検出された。こうした地域は、生態ニッチモデリングの予測からも最終氷期に分布が消失・縮小したことが示されており、第四紀後期の気候変動に呼応して本種の分布が大きく変化してきたことが遺伝的にも支持された。</p> |                                                                                                                                                                                                                                     |    |       |

## 2. オーストラリアにおけるヒノキ科樹木集団の環境変動への応答史（第6章）

乾燥大陸であるオーストラリアでは、降水量と火災が植物の分布に影響する重要な要因として知られている。これらの環境要因は大陸内で空間的な変異があるだけでなく、時間的にも変動してきた。とくに、最終氷期にオーストラリア大陸に人類が到来して以来、人類による火災レジームの改変が大陸の生物相や生態系に影響してきた可能性が指摘されている。しかし、大陸の大部分を占める乾燥地域では花粉化石や大型化石が残りにくいいため、そうした環境変動が植物集団にどのように影響したのかは未解明の課題となっている。

そこで本論文では、大陸内の複数のバイオームをまたいで広域分布する樹木、ヒノキ科*Callitris columellaris*複合種に着目し、大陸スケールで地域集団のデモグラフィを再現することで、この課題に取り組んできた。本複合種は集団の存続・更新に一定の降水を必要とすること、また火災に対して極めて脆弱であるという特徴をもつことから、歴史的な環境変動の指標種として利用できると考えられた。本複合種について開発した30座のEST-SSRマーカーを用いて、大陸全域から採取した1,400個体のサンプルを解析した。得られたデータに基づいてコアレセントシミュレーションを行い、最終氷期以降の集団デモグラフィを推定したところ、大陸内陸部の数多くの集団で最終氷期最盛期にあたる時期に集団ボトルネックが検出された。

以上の結果は、当時の内陸部で乾燥化が進んだことで、本複合種の分布が縮小・分断化されたことを物語っている。その一方で、最も人類の到達時期が早く、火災頻度が高い北部の熱帯サバンナ地域では集団サイズは安定していたことが分かった。この結果は、本種の分布域・集団サイズの存続にとって、最終氷期に起きた火災レジームの改変よりも、気候乾燥化の影響のほうが強かったことを示すものである。

注)論文内容の要旨と論文審査の結果の要旨は1頁を38字×36行で作成し、合わせて、3,000字を標準とすること。

論文内容の要旨を英語で記入する場合は、400～1,100 wordsで作成し  
審査結果の要旨は日本語500～2,000字程度で作成すること。

(論文審査の結果の要旨)

過去の環境変動が森林樹木集団に及ぼした影響の解明は、森林生態系の動態や頑健性を理解する上で欠かすことのできない極めて重要な課題である。本論文では、系統地理学・集団遺伝学・生態ニッチモデリングなどの複合的アプローチを導入することで、多様な環境要因の組み合わせにさらされてきたと考えられる広域分布樹木集団の動態を明らかにした上で、そうした動態を生み出した要因を検証した。本論文の成果として評価すべき点は以下の3点に大別できる。

(1) 広域分布樹木の集団動態を推定するために、東アジア及びオーストラリアの多地点で集団サンプルを採取し、それらを複数の遺伝マーカーを用いて解析を行った。このような大量の集団サンプルに基づく系統地理学的・集団遺伝学的研究はそれぞれの対象地域では前例の無い成果であり、地域の自然史の解明に大きく貢献した。

(2) 過去の樹木集団動態の推定においては、個々の解析手法において不確実性が伴うため、本論文では独立したデータソースに基づく解析を取り入れた。遺伝解析では、異なる遺伝様式の核と葉緑体遺伝マーカーを複数用いることで、精度良く集団動態を再現することに成功した。また、化石記録に乏しい樹木の古分布を再現するために、在分布記録と気候要因に基づいて分布予測モデルを構築し、異なる時間断面における古分布を推定した。このようにして得られた解析結果を相互検証することにより、歴史動態シナリオの信頼性を評価することが可能になった。

(3) 東アジアとオーストラリアという2地域に分布する広域分布樹木の系統地理学的解析から、両方の系で地域特異的な集団動態が検出された。そうした動態は、東アジアのウコギ科ハリギリでは氷期―間氷期サイクルにおける気温変化に、オーストラリアのヒノキ科 *Callitris columellaris* 複合種では降水量の変化にそれぞれ対応して引き起こされたことを特定した。また、分布が比較的安定的に維持されてきた地域と、劇的な分布変化を経験した地域を比較することで、樹木集団の逃避地の形成条件について詳細な解析を行った。

以上のように本論文は、東アジアおよびオーストラリアにおける広域分布樹木を対象に、過去の環境変動に対する樹木集団の応答を集団遺伝学、系統地理学、生態ニッチモデリング等の見地から多面的に解析したものであり、森林生物学、森林生態学、系統地理学、生物保全学の発展に寄与することが大きい。

よって、本論文は博士（農学）の学位論文として価値あるものと認める。なお、平成25年2月14日、論文並びにそれに関連した分野にわたり試問した結果、博士（農学）の学位を授与される学力が十分あるものと認めた。

注)Webでの即日公開を希望しない場合は、以下に公開可能とする日付を記入すること。

要旨公開可能日： 年 月 日以降