HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	Ecotypic differentiation of northern plant species in mid-latitudes : the mechanisms of population maintenance in two ericaceous alpine species in northern Japan [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	和久井, 彬実
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(環境科学)
Dissertation Number	甲第14332号
Issue Date	2021-03-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/81863
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	Akimi_Wakui_abstract.pdf, 論文内容の要旨

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

学 位 論 文 内 容 の 要 旨

博士（環境科学）　　氏 名 和久井 彬実

学 位 論 文 題 名

Ecotypic differentiation of northern plant species in mid-latitudes:
the mechanisms of population maintenance in two ericaceous alpine species in northern Japan
（中緯度地域における北方植物の生態型変異：
ツツジ科高山植物2種の北日本における個体群維持機構）

北半球における植物種の分布や個体群の遺伝構造は、過去の氷期―間氷期サイクルに伴う分布変遷を反映している。特に北方系植物種の分布南限に位置する個体群は、低緯度地域に局所的に存在するする生育好適地に隔離分布しているため、過去の移動と進化の履歴を残している。日本の高山植物の多くは高緯度ツンドラ帯や北方針葉樹林帯に起源を持ち、日本は分布末端に相当する。近年の系統地理学的な解析により、日本の高山植物種の多くは中部山岳域と北日本に系統が分かれ、中部山岳域の個体群では固有のハプロタイプを有することが示されてきた。一方で、北日本の個体群は高緯度地域と同じ系統であり、北日本と中部の個体群は移入時期が異なると考えられる。

北日本では高山帯だけでなく、山地林、湿原、海岸などの局所環境にも高山植物が生育している。最近の研究では、低標高の個体群が高山個体群とは異なる起源を有する可能性が指摘されているが、その詳細は不明点が多い。東アジアからアラスカにかけての地域は、最終氷期に氷床に覆われなかったと考えられており、これらの地域から日本に多様な系統が移入した可能性がある。また、低標高の生育地では個体群の規模や周辺環境が高山帯と大きく異なるため、各生育環境での局所適応が起こっている可能性もある。本研究では、周北極ツンドラ地域に起源を持つコケモモと、東アジアの針葉樹林帯に起源を持つエゾイソツツジの二種について、高山域と低標高域の個体群の遺伝特性および生態特性を調査し、異なる環境を起源に持つ高山植物が日本にどのように移入し、それぞれの場所で個体群を維持してきたかを解明することを目的とした。

第１章では、異なる標高域に分布するコケモモ個体群の起源と遺伝的分化の程度を推定した。国内30個体群と海外11個体群の倍数性解析と核マイクロサテライト領域の遺伝解析を行った。ほとんどの高山個体群は二倍体であるのに対し、低標高個体群の多くがこれまで報告されていない四倍体であることが判明した。海外個体群では、アラスカから千島列島にかけては二倍体が、東シベリアから樺太にかけては四倍体が分布していた。また、日本の個体群は北日本二倍体集団、北日本四倍体集団、中部地域二倍体集団の3つの遺伝グループに分かれた。北海道では、二倍体よりも四倍体個体群間で遺伝的分化が大きかった。四倍体個体群の中には、数個体のクローンで形成された小個体群も存在したが、遺伝多様度は二倍体個体群よりも四倍体個体群で有意に高かった。以上から、北日本に分布するコケモモは、アラスカから千島列島を通って移入した二倍体集団と、東シベリア

からサハリンを通って移入した四倍体集団が存在すると考えられた。四倍体は局所個体群が相互に隔離されていて生育環境も多様なため、遺伝的隔離効果に加えて局所的分化による遺伝的な変異も生じていると推測された。四倍体個体群では、クローン多様度が低いにも関わらず個体群内の遺伝多様度が大きい傾向が見られ、倍数化による対立遺伝子数の増加によるものと考えられた。

第２章では、異なる環境下でのコケモモ個体群の維持機構を明らかにするために、繁殖活性（花数、結果率、種子数）比較と自殖率の推定を行った。また、５個体群で受粉実験（自然受粉、他家受粉、自家受粉、袋掛け処理）と花粉管伸長の観察を行った。さらに、栄養成長に関わる特性（当年枝伸長量、葉面積、葉面積当たり重量、当年葉生産）の測定も行った。北日本では、四倍体個体群は二倍体個体群よりも高い自殖率を示した。また、中緯度高山地域の二倍体個体群は、北日本の高山二倍体個体群に比べて自殖率が高かった。自家受粉処理や袋掛け処理による結実率は、高山個体群ではほぼゼロだったが、低標高個体群では自殖による結実率が比較的高かった。自家受粉処理を行った花では、高山個体群でも低標高個体群でも花粉管の伸長が観察された。コケモモの低い自家和合性は、初期に作用する近交弱勢によるものとされている。倍数化や小個体群の隔離によって近交弱勢が緩和され、自殖による結実率が増加したと考えられた。栄養成長特性は四倍体個体群、特に森林環境で大型化する傾向があった。これは、環境と倍数化の複合効果によると考えられた。

第３章では、エゾイソツツジを対象に遺伝構造、繁殖システム、栄養成長特性を調べ、日本への移入と個体群の維持機構について考察した。マイクロサテライト領域の遺伝解析、倍数性、自殖率推定、受粉実験、栄養成長特性の測定を行った。エゾイソツツジは、低標高個体群と高山個体群間に遺伝的分化がほとんど見られず、全ての個体群が四倍体であった。個体群内の遺伝多様度、クローン多様度はどの生育地タイプでも高い値を示した。花や果実の生産、繁殖活性は低標高で高かった。高山・低標高に関わらず、すべての個体群で高い自殖能力が認められたが、自然状態での自殖率はどの個体群でも低かった。栄養成長特性は低標高個体群で有意に大きく、特に森林個体群で大型であった。エゾイソツツジは形態的可塑性が大きい種であり、森林に起源を持つ同じ系統が、北日本各地で多様な環境に順応したと考えられた。

日本産高山植物種の多くで移入時期の異なる系統が存在することが示されてきたが、同一種内で移入経路の異なる系統が存在するという報告はほとんどない。コケモモのようにユーラシアから北アメリカの北極圏に広く分布する種については、現在認識されているよりさらに多くの系統が日本に移入してきた可能性がある。北アメリカから千島列島の植生が主にツンドラ荒原、東シベリアから樺太の植生が主に針葉樹林であることを考慮すると、北日本における高山帯と低標高域のコケモモ個体群の分化は、起源となる環境を反映したものと考えられる。一方で、エゾイソツツジは元来森林帯に起源を持つものが移入後に多様な環境に分散したと考えられ、潜在的に生育環境幅が広い種と考えられる。コケモモは低標高や中部日本の隔離個体群で低いクローン多様度と高い自殖率を示したが、エゾイソツツジは自家和合性であるにも関わらず、他殖中心の種子生産を行なっていた。エゾイソツツジは個体群のクローン多様度が高いことに加え、多様なポリネーターに受粉されるため、他家受粉が起こりやすいと考えられた。コケモモの種子は鳥などの動物に散布されるため、長距離散布が起こりやすい。新たに定着した新規個体群や隔離された小個体群ではクローン数が減少しやすく、倍数性にかかわらず自殖特性が進化したと推定された。