

学位論文題名

Phenotypic variation in germination characteristics and genetic differentiation of *Potentilla matsumurae* (Rosaceae) between alpine fellfield and snowbed populations

(ミヤマキンバイの発芽特性の種内変異と遺伝分化：風衝地と雪田の比較)

学位論文内容の要旨

種子の発芽時期を決定する発芽特性は、後の生存率に多大な影響を与え、植物の適応度を大きく左右する重要な性質である。高山生態系を構成する風衝地と雪田ハビタット(生育場所)は互いに隣接しているにも関わらず、環境条件は大きく異なり、植物の定着を制限する要因も異なる。よって、実生の生存率の高い時期に発芽を限定する特性が、各ハビタットごとに存在すると考えられる。多くの高山植物の分布が局所的な雪どけ時期の違いに大きく規定されている中で、ミヤマキンバイは、風衝地から雪田まで、雪どけ時期の異なる多様な環境に生育することができる。本研究では、ミヤマキンバイを用いて、北海道・大雪山系の隣接する雪田と風衝地で、個体群間の発芽特性の種内変異を明らかにすることを目的に調査を行った。

第1章では、ハビタット間の相互播種実験を通して、ハビタット固有の実生の出現パターンが存在するのか、また、実生の出現時期によって後の生存率がどのように変化するかについて調査を行った。その結果、実生の出現パターンはハビタットによって異なることがわかった。風衝地個体群種子は、雪田個体群種子より発芽開始が早く、生育シーズンを通して発芽が見られた。また、風衝地では2年間の実生の生存率は10%と低く、実生の出現時期によってその後の生存パターンは変化した。生育期前半に発芽した実生は、後半に発芽したものに比べて、当年の生存率は低いけど越冬後の生存率は高かった。風衝地では越冬生存率にサイズ依存性があるため、早く発芽し、より大きな生長量を確保するのが越冬生存率を高めるのに有効である。一方で、生育期前半は霜や乾燥による実生の死亡率が高かった。このため、発芽時期を分散させることが、実生絶滅の危険を減少させることにつながり、適応的であると考えられる。一方雪田では、実生の生存率は出現時期に関わらず60-70%と高かった。越冬するために必要な生長量は風衝地に比べて小さく、8月に発芽しても充分確保できることが示された。風衝地に播種された雪田個体群種子は、発芽時期が遅いために越冬に必要な生長量を確保できず、風衝地では全て死滅した。すなわ

ち、雪田個体群の持つ発芽特性は、風衝地では適応的ではなかった。

第2章では、野外で観察された実生の出現パターンが、どのような発芽特性によってもたらされたのかを、室内における発芽実験により調べた。風衝地個体群種子は、雪田個体群種子よりも全体的に発芽率が高く、変温感受性も異なっていた。風衝地個体群種子は、平均温度が低くても25度以上の高温が組み合わさった変温条件下で発芽可能だったのに対し、雪田個体群種子は、平均温度12度以下では全く発芽できなかった。風衝地個体群種子の変温感受性は、平均気温が低く日変動の激しい生育期初期の発芽開始に貢献していると思われる。風衝地では、1年の生長量が大きい実生の方が越冬生存率が高かったことから、早く発芽するフラクションは全体の適応度を上げるために重要であると考えられる。雪田では、生育期半ばの雪解けと共に土壌温度は急激に上昇するため、雪田個体群種子にとって低温での発芽能力は必要ないのかもしれない。

第3章では、このような発芽特性の種内変異が遺伝的に固定されたものなのかを明らかにするために、集団間の遺伝分化のレベルをアロザイム分析を用いて調べた。LAP遺伝子座にハビタット特異的なバンドパターンが認められ、集団間の分化程度を示すFstは大きな値となった。風衝地と雪田間の選択圧の違いと、花粉や種子散布を介した遺伝子流動の制限により、集団間の遺伝分化がもたらされたと考えられる。

今回の研究により、高山帯の隣接しあうハビタット間で、発芽時期に作用する選択圧が異なり、発芽特性が種内で分化していることが示された。この発芽特性の種内変異は、遺伝的に固定されたものであると考えられた。雪どけ傾度が作り出すマイクロスケールでの生育環境の変化は、種の分布を規定しているだけでなく、同一種内においても遺伝的に分化した様々な集団を生みだし、高山帯に生物多様性をもたらしていることが示された。

学位論文審査の要旨

主査	助教授	工藤	岳
副査	教授	原	登志彦
副査	教授	甲山	隆司
副査	助教授	大原	雅
副査	助教授	露崎	史朗

学位論文題名

Phenotypic variation in germination characteristics and genetic differentiation of *Potentilla matsumurae* (Rosaceae) between alpine fellfield and snowbed populations

(ミヤマキンバイの発芽特性の種内変異と遺伝分化：風衝地と雪田の比較)

発芽直後の実生期は、多くの植物の生活史の中で最もストレスに弱い時期である。よって、実生の生存率の高い時期に発芽を限定するメカニズムが、各ハビタットごとに存在すると考えられる。高山生態系を構成する風衝地と雪田ハビタットは、互いに隣接しているにも関わらず環境条件は大きく異なり、植物の定着を制限する要因も異なると考えられる。多くの高山植物の分布が局所的な雪どけ時期の違いに大きく規定されている中で、ミヤマキンバイ（バラ科キジムシロ属）は、風衝地から雪田まで、雪どけ時期の異なる多様な環境に生育することができる。そこで、ミヤマキンバイを用いて、北海道・大雪山系の隣接する雪田と風衝地で、個体群間の発芽特性の種内変異を明らかにすることを目的に調査を行った。

第1章では、ハビタット間の相互播種実験を通して、ハビタット固有の実生の出現パターンが存在するのか、また、実生の出現時期によって後の生存率がどのように変化するのかについて調査を行った。その結果、実生の出現パターン、生存パターンともにハビタットによって異なることがわかった。風衝地個体群種子は、雪田個体群種子より発芽開始が早く、生育シーズンを通して発芽が見られた。また、風衝地では2年間の実生の生存率は10%と低く、実生の出現時期によってその後の生存パターンは変化した。霜や乾燥による環境ストレスの強い生育期前半に出現した実生は、年内の生存率は低いが、越冬後の生存率は高かった。一方、降水量の多くなる生育期後半に出現した実生は、年内の生存率は高いが、生育期間が短いため十分な成長量を確保できず、越冬後の生存率は低かった。このため風衝地では、発芽時期を分散させることが実生絶滅

の危険を減少させることにつながり、適応的であると考えられる。一方雪田では、実生の生存率は出現時期に関わらず 60-70%と高かった。風衝地に播種された雪田個体群種子の実生は、風衝地では全て死滅した。発芽時期が遅いために、越冬に必要な成長量を確保できなかったものと考えられる。すなわち、雪田個体群の持つ発芽特性は、風衝地では適応的ではなかった。一方、雪田に播種された風衝地個体群種子の実生は、雪田個体群種子の実生と同程度の高い生存率を示したが、2年間で獲得したバイオマスは有意に少なく、長期的には競争によって雪田から排除されていく可能性がある。

第2章では、野外で観察された実生出現パターンが、どのような発芽特性によってもたらされたのかを、室内発芽実験により調べた。風衝地個体群種子は、雪田個体群種子よりも全体的に発芽率が高く、変温に対する感受性が異なっていた。風衝地個体群種子は、平均温度が低くても 25 度以上の高温が組み合わさった変温条件下で発芽可能だったのに対し、雪田個体群種子は、平均温度 12 度以下ではほとんど発芽できなかった。風衝地個体群種子の変温感受性は、平均温度が低く温度の日変動が大きな生育期初期の発芽開始に貢献していると思われる。一方、雪田個体群種子の発芽開始時期は、平均温度が一定値以上に上昇することによって決まると考えられる。雪田では、生育期半ばの雪解けと共に土壤温度が急激に上昇するため、低温での発芽能力は重要ではないと考えられる。

第3章では、このような発芽特性の種内変異が、遺伝的に固定されたものなのかを明らかにするために、個体群間の遺伝的分化程度をアロザイム分析により調べた。LAP 遺伝子座にハビタット特異的なバンドパターンが認められ、ハビタットの異なる個体群間は遺伝的に分化していることが明らかとなった。同じハビタット内の個体群間の分化程度は小さいことから、ハビタット間の選択圧の違いが遺伝的分化に大きく貢献していると考えられる。また、開花時期の分離や種子の散布距離が小さいことによる遺伝子流動の阻害も、この高い分化程度を維持するのに貢献しているのではないかと予想される。

以上の研究により、高山帯の隣接しあうハビタット間で、発芽時期に作用する選択圧が異なり、発芽特性が種内で分化していることが示された。この発芽特性の種内変異は、遺伝的に固定されている可能性が高いと考えられた。雪どけ傾度が作り出すミクロスケールでの生育環境の変化は、様々な種の生育場所を提供しているだけでなく、同一種内においても遺伝的に分化した様々な個体群を生みだし、高山帯に生物多様性をもたらしていることが示された。

申請者は、野外実験と室内実験を組み合わせ、精力的かつ合理的に研究を遂行し、生態学的に大変興味深い現象を明らかにした。従って、審査員一同は申請者が博士（地球環境科学）の学位に相当する資格を有するものと判定した。