

[別紙 2]

論文審査の結果の要旨

申請者氏名 下野 綾子

高山帯・亜高山帯においては、今後、温暖化が種・個体群や植生への影響を介して生物多様性に大きな影響を与えることが予想されており、適切な監視システムの構築が求められている。山岳環境を代表する生物種を取り上げ、個体群動態を物理的環境の変化とあわせて定期的に把握・評価することは、そのための有効なアプローチの一つとなるであろう。監視の対象種として特に適していると考えられるのは、ロゼット型の草本植物のうち、現在でもまだ多くの山塊に普通種として残されている種である。

申請者は、そのような観点から、サクラソウ科サクラソウ属の多年生植物ユキワリソウを取り上げ、監視の基礎となる個体群動態を経験的なデータにもとづいて詳細に検討し、そのモデル化に向け、これまで植物一般についても十分な知見がなかった「地下の個体群」ともいべき土壌シードバンクの動態、ならびに地上個体群との相互作用の時空間的変動を含めた定量的把握を試みた。すなわち、現地における生活史各段階におけるパフォーマンスとそれに及ぼす環境要因の定量的な把握、発芽実験、最新の DNA 解析技術を用いた種子の空間構造の解析など、多様な研究手法を駆使し、種子生産から実生の定着にいたる種子の時空間的動態を明らかにした。

調査は長野県浅間山の亜高山帯の火山性草原で行われた。対照的な生育環境で特徴づけられる2つの生育場所－①平坦で植被のまばらな湿地草原（湿地）および②南西斜面に面する植被の高い高茎草原（草地）－を調査地として選び、4年間にわたる野外調査によって生活史、環境、個体群動態に関する詳細なデータを取得した。また、現地から採集した土壌や種子を用い、その動態や過程に係わる量的特性を実験により把握した。

申請者はまず、土壌シードバンクへの加入（シードレイン）の時空間的パターンを把握するために、種子生産の年変動およびそれに及ぼす内的（個体サイズ）ならびに外的要因（ポリネーター、気候条件、食害、病害など）を調査した。ここでの種子生産に対する外的要因の効果は小さく、種子生産には目立った年変動は認められなかった。種子生産は花数を介して開花個体のサイズに強く依存しており、シードレインは、開花個体のサイズとその空間分布にもとづいて予測が可能なが判明した。また、開花個体サイズや空間分布の年変動も小さく、湿地および草地の直下の土壌シードバンクへの毎年の種子加入はそれぞれ 2000-6000 m⁻² および 5000-10000 m⁻² と安定していること、また種子は特別の分散機構をもたないためシードレインは開花個体の位置に依存したパッチ構造をもつことが推測された。

次に、環境因子の時空間変動パターンを反映した種子の動態および発芽を通じた地上個体群への加入を支配する内的要因として、生理的な休眠・発芽特性を発芽試験によって把握した。同時に現地における実生出現の時空間的パターンを調査し、実際の発芽季節や発芽セーフサイト、さらには発芽・実生定着に及ぼす親個体やリターの効果などについて検討した。種子は強

い光要求性をもち、冷湿処理により発芽率、発芽速度ともに高まることから、春にリターギャップで発芽するように適応していることが示され、現地でもそれに相応した実生出現パターンが観察された。なお、2年間の出現実生数は、湿地では200-400 m²、草地では10-30 m²であり、シードレインが同等であるにも関わらず出現実生数には大きな違いが見られた。

さらに申請者は、季節ごとに採集した土壌に含まれる種子を実生出現法によって量的に把握し、シードレインの見積もりとも合わせて、土壌シードバンクと地上個体群との間の1年間のフロー（土壌シードバンクのうち実生として出現する割合、永続的シードバンクとして翌年に持ち越される割合、生産種子のうち土壌シードバンク中に取り込まれる割合）を見積もった。2002年の4月に採取した土壌には湿地では約2700 m²、草地では約1300 m²の生存種子が含まれていた。湿地では生産種子のほとんどが土壌中にとりこまれ、そのうちの約28%が永続的シードバンクに、約13%が翌春実生として発生するものと推定された。それに対して草地では生産種子の20%のみが土壌中にとりこまれ、そのうちの66%が永続的シードバンクにとどまり、わずか0.2%が実生になると推定されることから、水流などで種子が系外に移出してしまふ効果が大きいことが推測された。

以降、比較的定常的な動態が認められた湿原のみを対象として、土壌シードバンクと地上個体群との遺伝的空間的関連を分析した。分析に必要な多型性の高い遺伝マーカーであるマイクロサテライトマーカーも申請者自らが開発した。土壌の深さ別に採集した土壌シードバンクと開花個体を対象にマイクロサテライトマーカー10座の遺伝子型を決定し、個体間距離に応じた遺伝子頻度の相関の強さの指数としてMoran's *I*を算出した。表層0-1cmから採集した土壌シードバンク（SSB）と開花個体との間には、近傍での正の相関で特徴づけられる空間的遺伝構造が認められたのに対して、深層1-5cmから採集した土壌シードバンク（DSB）と開花個体との間には明瞭な空間的遺伝構造は認められなかった。SSBは前年の散布種子が多くを占める一時的シードバンクを反映し、DSBは複数世代の散布種子を蓄積した永続的要素を反映するものであることが示唆された。出現実生は開花個体の近傍20cmに集中分布しており、その生残の過程で出現時よりもいっそう集中度が増す傾向が認められた。これは、定着セーフサイトの空間的不均一性に起因するものであり、地上個体群における開花個体のパッチ状分布を促す。一時的土壌シードバンクの空間的遺伝構造の形成にはシードレインを介してこれらの過程が寄与し、種子が土壌中にとどまるうちにその構造が弱められ、永続的土壌シードバンクは明瞭な構造をもたなくなるものと考えられる。

本研究は、多様な研究手法を組み合わせることで地上および地下個体群を統合した植物個体群動態モデルの構築への道を開いた。それは、今後の高山環境変化の監視と影響予測という実践的課題に大きく貢献するだけでなく、個体群動態におけるその重要性にもかかわらず、これまで十分に研究がなされなかった土壌シードバンク動態および地上個体群との相互作用の分析手法の確立に大きく寄与するものである。この論文で提案されたアプローチは、今後、空間的及び遺伝的な事象も考慮した植物個体群動態のモデル化のための手法として広く用いられ、植物生態学のさまざまな研究領域の発展に寄与するものと思われる。したがって、本研究は、学術面、応用面の両面できわめて大きな成果をあげたといえる。よって審査委員一同は、本論文が博士（農学）の学位論文として価値のあるものと認めた。