

論文審査の結果の要旨

申請者氏名 沈 海 花

地球規模でも地域においても急激な生態系の変化が起こりつつある現在、環境要因の人為的变化、とくに地球温暖化が他の要因と輻輳して及ぼす影響を的確に把握するための生態モニタリングは、生物多様性の保全と生態系の健全性維持のための重要課題となっている。現在、国際規模での組織化が進められつつある「地球観測」においても、生物多様性・生態系の観測は、重要な領域の一つとして位置づけられている。申請者の研究は、ユーラシア大陸を中心とする北半球における生態モニタリングの指標種の候補である *Primula nutans* Georgi (中国名：天山報春、サクラソウ属) の基本的な生態学的特性を明らかにすることを目的にしたものである。

P. nutans は、アラスカからシベリア、チベット高原までの湿地草原に広く分布し、局所個体群密度が高い。早春植物であり、同属の他の種と同様、温暖化に敏感に応答する可能性が大きい。*P. nutans* の主要な分布域の一つであるチベット高原は、地球上最も標高の高い生態系として、温暖化の生態影響の早期検出および予測において重視すべき「指標生態系」でもある。本種の代表的な生育場所は高山湿原であるが、そこには、微小なスケールで起伏する特有な地形が発達し、それに伴って植物にとっての環境と資源は空間的に不均一に分布する。*P. nutans* の物質生産と成長にこのような微小スケールでの不均一性がどのように影響しているかを理解することは、より高次のスケールでの本種の環境応答を把握するための前提となる。申請者の研究は、そのような目的で実施されたものであり、生理生態学的アプローチによって微小スケールでの環境の不均一性とそれに対する本種の生態的応答を明らかにしたものである。

調査地においては数十センチから数メートルの間隔で標高差数センチから十数センチの起伏が認められ、それにもない微小スケールにおいて、光、温度、水分環境が変動していることが観測された。とりわけ、光利用性（相対光合成光量子密度、PPFD）は微地形の標高差に強く依存し、生育中期の微凸地の日平均 PPFD が $30 \text{ mol m}^{-2} \text{ day}^{-1}$ であるのに対して、微凹地ではその 60% に満たないことが判明した。また、変動係数 (CVs) で環境要因の不均一性をみると、微凸地に比べて微凹地で有意に大きかった。一見均一に見える湿原でも、微小な起伏の存在によって、植物の生育環境は空間的に極めて不均一であることが明らかにされた。

P. nutans は、南・西向きの斜面、微凸地の上部において分布密度が高く、重回帰分析および主成分分析の結果からは、光利用性が高いマイクロサイトほど分布密度が高いことが示された。このことから、比較的明るいマイクロサイトが *P. nutans* にとっての好適なマイクロサイトと判断された。また、マイクロサイトの環境の好適性は、相対的な分布密度である「安全度」指標によって把握することが妥当なことが示された。そのような指標および評価手法は、生態モニタリングにおける定量的評価手法の基礎となるものである。

マイクロスケールにおける環境不均一性に対し本種の形態可塑性・物質分配の応答を、微凸地と微

凹地のそれぞれから生育期を通じて定期的に開花ラメット 20 個体を採集して、形態パラメータおよび器官ごとの乾質量を測定したところ、葉面積、葉柄の長さ、花柄の高さは、いずれも微凹地のラメットで有意に大きく、*P. nutans* は、比較的大きな形態的可塑性によって環境の空間的不均一性に対処していることが判明した。また、このような形態的可塑性は、光エネルギーが不足しがちな微環境における本種の物質生産に少なからず寄与していることが示唆された。

本種の光と温度に対する生態生理的応答反応を、自生地および人工的な制御環境下で測定したところ、測定温度 15°C 前後で最大光合成速度は最大となり、その値は、微凹地のラメットでは $8.6 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 、微凸地のラメットでは $10.8 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ であり、両者の間に有意差が認められた。実験室の光と温度を制御した環境下で栽培したラメットの光合成と呼吸の光・温度依存性を測定したところ、光合成と呼吸速度に及ぼす温度の影響は有意に異なり、同じ温度条件下では、弱光下で栽培したラメットに比べて強光下で栽培したラメットの光合成・呼吸速度が高く、光環境に対する明らかな生理的馴化が認められた。現地の異なるマイクロサイトにおける光・温度の長期測定データおよびここで得られた光合成データを用いてシミュレーション計算をした結果、ラメットの純生産はマイクロサイトの光条件と温度条件に高い依存性を示し、日平均気温が 10°C 前後のマイクロサイトで最も高いこと、日総 PPFd が $10 \text{mol m}^{-2} \text{day}^{-1}$ 程度の環境においても正の純生産を示すことが示唆された。これらの結果から、本種はある程度の馴化能力を示すものの、ミクロスケールでの光環境と温度環境の変動は物質生産に大きな影響をもたらすことが示唆された。

以上のように、本研究では、青海・チベット高原に広く分布する *P. nutans* を、当該「指標生態系」における生態モニタリングの指標種候補として、その基礎的な生態生理学的特性の把握がなされた。本種は、高い形態的可塑性と生理的馴化によって微小スケールで起伏する地形に応じた環境不均一性に対処するが、相対的に明るいマイクロサイトおよび日平均気温が 10°C 以下の冷涼なマイクロサイトでとりわけ良好な物質生産が認められることなど、「温暖化」にかかわる生態モニタリングに必要な基礎的知見が得られた。

本研究は、学術分野でも国際的な組織化が進みつつある「地球観測」において、必要性の認識が高まりつつある生物多様性・生態系のモニタリング、すなわち、指標種を用いた生態モニタリングに具体的に寄与する学術面ならびに実践面での成果をあげた。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。