

奥村組特定研究報告

No.38

ゲノム情報を活用した効率的な希少植物種の保全研究

2026.3

筑波大学 博士(農学) 白石 祐彰

HIROAKI SHIRAISHI

Ph. D. in Agricultural Science. University of Tsukuba

この「奥村組特定研究報告」は著者が
筑波大学へ提出した学位論文を再編、
収録し、掲載するものである。

ゲノム情報を活用した効率的な希少植物種の保全研究

論文の要旨

本研究は、建設事業に伴う土地利用改変と生物多様性保全の両立を目的として、希少植物の保全にゲノム情報を活用する方法を検討した。対象は、環境省レッドリストにおいて絶滅危惧 II 類に分類される、湿地性希少植物であるタチスミレ、ハナムグラ、クロホシクサで、渡良瀬遊水地、菅生沼、小貝川河川敷、つくば市内湿地等において採取した個体を用いた。解析には、ゲノム全体に分布する一塩基多型を効率的に検出できる MIG-seq 法を用い、集団間の遺伝的多様性および遺伝構造を明らかにした。さらに、タチスミレとクロホシクサでは RNA-seq 法を用い、有害変異の蓄積量や重複遺伝子の割合を評価することで、環境変化に対する脆弱性および頑健性を検討した。

建設業は、道路、河川、造成、建築等を通じて社会資本を整備し、安全で快適な社会生活を支える一方、湿地、草地、里山、土壌などの改変を伴うため、希少植物の生息地を消失または分断させる場面がある。近年は、ネイチャーポジティブの実現や生物多様性への配慮が企業活動に強く求められており、建設事業においても、計画段階から希少種の有無を把握し、回避、低減、代償の各措置を合理的に組み合わせることが重要である。特に植物では、同じ種であっても地域集団ごとに異なる進化史や環境適応を有する場合があります。遠隔地の個体や種子を安易に混合すると、地域固有の遺伝的特徴を消失させる遺伝的攪乱が生じる。本研究では、保全対象を過度に細分化して管理コストを増大させることなく、科学的根拠に基づいて適切な保全単位を設定するための知見を示した。

タチスミレでは、近縁普通種であるツボスミレ等と比較して塩基多様度およびヘテロ接合度が低かったことから、遺伝的多様性が小さいことが推定された。RNA-seq 解析でも、同義 SNV（一塩基変異）数がツボスミレより少なく、機能に悪影響を及ぼす可能性がある非同義 SNV の割合が高かったことから、希少化や集団分断に伴う有害変異の蓄積が示唆された。一方、重複遺伝子割合には大きな差がなく、環境変化に対する一定の頑健性は保持している可能性が示された。集団構造では、渡良瀬遊水地・菅生沼系と小貝川河川敷系に遺伝的差異が認められ、移植や種子利用に際しては流域や地点ごとの管理単位を考慮する必要性が示唆された。また、野焼き、刈取り、落葉除去等により地表の光環境を改善し、実生更新と交配機会を維持することが有効と考えられた。

ハナムグラでは、菅生沼、小貝川河川敷、渡良瀬遊水地の集団間で明瞭な遺伝的分化は確認されなかった。地下茎が水流で移動して新たな場所で生息する栄養繁殖と、種子繁殖の双方により、河川氾濫を介した遺伝的交流が継続してきたことが推測できた。そのため、これらの集団は大きく一つの保全単位として扱えると考えられた。また、一部では同一遺伝子型の個体が確認されたことから、地下茎がちぎれて流され、流された箇所でも生育したクローンである可能性が示された。保全上は、湿潤環境を維持するだけでなく、湿地の攪乱環境を確保し、多様な個体が交配できる状態を保つことが重要である。

クロホシクサでは、つくば市学園の森にある湿地集団と高エネルギー加速器研究機構内の湿地集団

が遺伝的に明瞭に分化したことから、それぞれを別の保全単位として扱う必要が明らかとなった。開発予定地に生息するクロホシクサを保全する場合、個体移植のみではなく、種子を含む表層土壌や土壌シードバンクを移設し、湿地条件を再現した場所で発芽と更新を促すことも有効である。RNA-seq 解析では、クロホシクサは有害変異の蓄積が少なく、重複遺伝子割合も比較的高かったことから、遺伝的健全性と環境変化への適応力を比較的保持していると評価された。したがって、適切な湿地環境を生息域外に確保できれば、保全および増殖できる可能性は高いことが示された。

以上の結果から、湿地性希少植物の保全では、生育地面積や確認個体数だけでなく、遺伝的多様性、集団間分化、繁殖様式、生息地の履歴を総合して評価することが重要である。タチスミレのように見かけ上は同一流域に分布する種でも、遺伝的には複数のまとまりに分かれる場合があり、移植や種子採取では地域性への配慮が求められる。一方、ハナムグラのように水系を介した交流が推定される種では、過度な分割管理を避けることが費用面や労力面で合理的である。クロホシクサのように開発予定地と周辺湿地で遺伝的分化が明瞭な場合には、移設先の選定や表土利用の範囲を慎重に設定することが望ましい。

本研究の成果は、建設事業における希少植物保全を検討する際、現場調査、保全単位の設定、移植・表土移設、維持管理、モニタリングを科学的に組み立てるための基盤とすることができる。MIG-seq 法は、事前のゲノム情報が少ない非モデル植物にも適用しやすく、保全単位の判断に有効である。RNA-seq 法は、有害変異や環境適応力を評価でき、保全の優先順位や難易度を判断する情報となる。遺伝解析を導入することは、混合してよい範囲や重点管理すべき範囲を明確化し、不要な移植や過剰な管理を避ける効果が期待できる。これらの知見は、環境影響評価や施工計画の段階で保全措置を説明する際の根拠となり、発注者、行政、地域社会に対する説明性の向上に寄与する。