

絶滅危惧種の自生地復元のための 注意ポイント

—レブンアツモリソウの研究を例に—



Sea of Okhotsk



Rebun island

Wakkanai city

Hokkaido

Rishiri island

Sea of Japan

目 次

◆ チェックリスト	1
◆ 絶滅危惧植物を守る	3
◆ 保全モデルとしてのレブンアツモリソウ	6
◆ 個体群動態の把握	8
◆ 自生地復元に資する培養苗育成方法と注意点	10
◆ 共生菌の調査	12
◆ 遺伝的多様性と分化状況の確認	14
◆ 復元地への植栽	15
◆ 復元地の管理	17
◆ 自生地での植生管理	19
◆ セーフサイトの探索と確保	20
◆ 有性繁殖プロセスの重要性	21
◆ 自生地生育環境改善	25
◆ 経済評価の方法	27
◆ 保全組織体制のあり方	28

絶滅危惧植物保全のために 行うべきことのチェックリスト

基盤情報

- ・ 個体群動態
 - 個体の増減の把握
 - 実生の有無、更新適地（セーフサイト）の同定
 - 死亡要因、劣化要因の把握
 - 絶滅危険度の評価
- ・ 植生・環境
 - 生育地の植生及びその変化の把握
 - 生育環境（光強度、土質、土壤水分、土壤 pH、積雪量、斜度など）の把握
- ・ 繁殖動態
 - 交配様式の把握
 - 訪花昆虫相（虫媒花の場合）の把握
 - 訪花昆虫が利用する植物群や営巣環境の把握
 - 結実率の把握
 - 繁殖器官への加害度及び要因の把握
- ・ 遺伝
 - 遺伝的多様性の把握
 - 集団間の遺伝的分化程度の把握
 - 遺伝子流動状況の把握
- ・ 増殖手法の確立
 - 種子からの培養・増殖方法の確立
 - 親株からのクローン培養・増殖方法の確立

保全策の実行

- ・ 現地保全
 - 経過観察を行うのか、それとも、積極的な補助作業を行うのか
 - 補植の場合の材料は集団内や遺伝的に近いものを用いているか
 - 補植にあたり外部からウィルス病や外来動植物の持ち込みがないか
 - 土地改変を行う場合の他の生物相への影響の確認
 - 定期的モニタリングを行っているか

- ・ 自生地復元

- 復元候補地は自生地の環境に類似しているか

- ラン類の場合共生菌の有無の確認

- 植え戻し個体の来歴の確認

- 植え戻し個体の遺伝的多様性は十分か

- 植え戻し個体に付いて、病気や外来動植物種の持ち込みはないか

- 訪花昆虫はいるか、またそれを維持する環境は十分か

- セーフサイトはあるか

- ・ 現地外保全

- 保全株の維持管理技術の確立

- 用いる株の産地、個体の遺伝的プロフィール確認

- 補植用ストックとして十分な遺伝的多様性は確保されているか

- ・ 保全体制の確保

- 保全体制はできているか

- 保全にかかわる参加者は十分か

- 保全の資金は検討されているか

絶滅危惧植物を守る

絶滅危惧種の現状

我が国の維管束植物約7,000種のうち1,779種(約25.4%)について絶滅の可能性が示唆されています(環境省第4次レッドリスト、2012、表)。絶滅危惧の要因として、園芸用採取、森林開発、湿地開発などがあげられます。また、自然遷移もあげられていますが、火山活動など真に自然環境のみから影響を受けたものは少なく、土木工事による攪乱機会の減少や人為の影響が強いと考えられる地球規模の環境変動など間接的に人間活動の影響を受けています。

このように、多くの種類の植物に絶滅の恐れがあるのですが、大部分の絶滅危惧植物は、経過観察にとどまっており、具体的な保全のための研究や事業が行われている植物は多くありません。いくつかの種では、成長、個体群動態、繁殖、立地、群落構造などの生態調査や、遺伝的多様性、ジーンフロー、クローン構造などの遺伝的調査が行われてきましたが、個別の研究が多く、全体を通じた研究はさらに限られています。

今後実際の対策が必要になっていく絶滅危惧種が増えていくと考えられますので、先行実践事例を多く積み重ねておくことが重要です。

絶滅危惧種を保全していくにあたっては、その種を保全するだけでは十分でないことは以前から概念的にはわかっており、種の保存法も種の保護から生息地全体の保護へ向けられた法律でした。そのためには、種とそれを取り巻く生態系の様々な知識が必要となります。しかし、個別の研究では、種とその生息環境や生態系を結びつけながら総合的に理解するのは難しいところがありました。

表. 日本の絶滅危惧種の現状

評価対象 種数	絶滅 EX	野生 絶滅 EW	絶滅危惧			准絶滅 危惧 NT	情報 不足 DD	合計
			IA 類 CR	IB 類 EN	II 類 VU			
約7,000	32	10	519	519	741	297	37	2,155

第4次環境省レッドデータリストより抜粋

絶滅危惧種の保全方法

●現地外保全

絶滅危惧植物を本来の生息地と違う場所で保持する方法です。本来、絶滅危惧植物は、現地内保全をすることが望ましいのですが、以下の理由で、現地外保全が必要なことがあります。

- ① 生息地が公共工事などの理由で失われ、退避先として確保される場合

- ② 生息地が絶滅危惧植物にとって不適となりつつあり、生息地での保存に問題がある場合
- ③ 生息地内の絶滅危惧植物に、絶滅の危険があり、個体数が減った場合の補植用として育成する場合
- ④ 遺伝資源として確実に維持確保しておく必要がある場合

国内植物園などの連携により、現地外保全が進められていますが、その種数や個体数はまだ十分な状態ではありません。株の維持や種子の保存、発芽育苗方法などの管理に関する知見を増やしていく必要があります。

●現地内保全

現地内保全を行っていくには、生態、遺伝に関する多くの知識が必要です。植物がどのような生活史をもっているのかを把握し、各生活史段階での生態、遺伝に関わる事象を肉付けしていく必要があります。たとえば、種子は休眠能力があるのか、種子の発芽条件はなにか、稚苗の成長に必要な光要求量、枯死要因、花粉の散布形態、虫媒花であれば訪花昆虫相や訪花頻度、花粉の散布距離、交配様式(自殖 vs 他殖)、結実率、種子の散布距離、集団や地域における遺伝的分化の程度、倍数性レベルなどに目を向ける必要があります。

現地内保全においてはモニタリングにより対象種の個体数の変化を把握しておくことが重要です。減少化が示唆されるようであれば保全対策を立てていく必要があります。減少化の要因がわかれば対策は比較的立てやすいのですが、原因がはっきりと特定できない場合や、地球規模の環境変化についてはその原因を緩和するのに困難な場合も多くあります。

絶滅危惧植物にはどのような策を講じるべきか、関係者間で認識を共有し、PACD サイクルにより、検証しながら順応的な対応を行っていきます。

●自生地復元

絶滅危惧植物の保護増殖のより積極的な方法として失われた自生地の復元があげられます。多くの絶滅危惧植物で、局所個体群が消失しており、当該種全体を考えた時に、現存の自生地を維持するだけでは、減少した個体数を回復するのは大変困難です。また、少数の自生地に集中することは、土砂崩れや病虫害の蔓延など大きな障害が生じた時に、一気に絶滅してしまう危険をはらんでいます。

ランのように発芽に共生菌を必要とする植物は、すでに一度集団が失われたところでは種子を播種して増殖することは難しいと考えられます。その場合には人工培養で育成した株の利用が求められます。培養苗は植物ホルモン処理すると突然変異の誘発率が上がる (Larkin and Scowcroft 1981) ことが指摘されていることから、復元地へ植え戻す再導入株は自然の発芽法と同じ共生菌発芽による培養株の利用や、ホルモン処理していない培養法によるものが望まれます。また、植え戻しの際、病虫害を持ち込まないよう十分な配慮が必要です。

復元した自生地では、再生産を通じて自律的に集団が維持できるようにすることが最終目標です。そのためには、復元地に、健全な交配を行えるための訪花昆虫相 (虫媒花の場合) はあるのか、絶滅危惧種の生育を妨げず環境形成や訪花昆虫相の維持に寄与する植生があるのか、遺伝的多様性を維持するために他の集団と交配を通じて遺伝子交換が可能か、結実が確実に行われ周辺に更新適地 (セーフサイト) があるか、などモニタリングを通じて現状を把握します。必要に応じて、訪花昆虫を誘導したり、維持するために、他の蜜源植物の補植やセーフサイト

の創出などを行います。

ランやツツジのように盗掘される可能性のある植物では十分な監視体制をつくることも必要です。監視カメラの設置も盗掘抑止の効果があります。

●保全体制の整備

絶滅危惧植物の保全に当たっては、地域の住民とともに、国民に広く関心をもってもらうことが必要です。そのためには、盗掘には配慮しながら適宜絶滅危惧植物の情報を公開し、保全の在り方について議論を深め、合意しながら施策を実行していくことが求められます。地域の住民に関心を持ってもらうことで、郷土の植物として愛着を深め、また、盗掘防止のための監視にも協力してもらえ体制を構築できます。

一方、絶滅危惧植物の保全のための資金的裏付けが十分でないことはしばしばあります。その希少性から観光資源として利用できる絶滅危惧種も多くあります。このような植物では、保全を中心に据えながらも、観光資源として利用することで経済的価値を生み出せることが期待できます。経済的価値が生じれば地域住民にもますます「地元の大切な資源」として持続的利用していこうという意識が生まれるでしょう。また、観光客からの入場料や募金を保全のための資金に充てる仕組みづくりができれば、保全活動を維持できることでしょう。実際に礼文町ではレブンアツモリソウなど高山植物保護のための募金活動（礼文島リボンプロジェクト）により保全活動のための資金を得つつあります。

（河原）

文献

環境省(2012)第4次環境省第4次レッドリスト(2012)掲載種数表

http://www.env.go.jp/press/file_view.php?serial=20547&hou_id=15619

Larkin, PL, Scowcroft, WR (1981) Somaclonal variation—a novel source variability from cell cultures for plant improvement. Theoretical Applied Genetics 60: 197-214.

保全モデルとしてのレブンアツモリソウ

レブンアツモリソウはラン科の多年草で、環境省の第4次レッドリストでは絶滅危惧IB類にリストアップされています。レブンアツモリソウは種の保存法に基づいて特定国内希少野生動植物種に指定されています。環境省の中でレブンアツモリソウ保護増殖分科会が設置され、施策的にも絶滅危惧種の保全対策を推進していく代表的な植物となっています。

我が国だけでなく、世界的にもラン類は多くが絶滅危惧植物となっています。その大きな希少化の要因は園芸用採取とされていますが、森林伐採などの生息環境破壊も大きな要因になっています。ラン科植物は、ラン菌と呼ばれるカビと共生して、自然状態での発芽に不可欠となっています。特定の昆虫に授粉されるよう花の構造を特殊化させたランもあり、虫を介した生態系のつながりが強いという特徴を持っています。ランは絶滅危惧種の保全を考える際に、他の絶滅危惧種と共通の課題を抱えており、ラン科の保全研究を得られた知見は、他の絶滅危惧種の保全を検討する際の大きなヒントを与えることでしょう。

レブンアツモリソウの保全のための調査は、環境省公害防止等試験研究「レブンアツモリソウをモデルとした特定国内野生希少動植物種の保全に関する研究（平成17年度～20年度）」「レブンアツモリソウをモデルとした人を含む在来生態系と共生できる絶滅危惧種自生地の復元技術の研究（平成21年度～25年度）」の中で精力的に行われてきました。この中で、個体群動態、培養、植生、繁殖動態、遺伝、社会学、経済学など様々な視点から調査研究がされ、自生地復元の試験が行われています。レブンアツモリソウの研究、自生地復元実践事例が他の絶滅危惧植物の保全に応用する際に大いに役立つと考えられます。

レブンアツモリソウ *Cypripedium macranthos* Sw. var. *rebunense* Tatew. はわが国では礼文島固有変種として通常扱われていますが、基変種のアツモリソウと分類学的に区別しない見解（Cribb 1997）もあります。礼文島では北部の鉄府に林野庁・環境省所管の最も大きな保護区があり、同じく北部の船泊に環境省所管の保護区があります。南部には桃岩や礼文林道に小集団が散在しています。

レブンアツモリソウの種子は非常に小さく風で散布されます。種子はカビの1種である *Tsulasnella* 属の種が感染して発芽（共生菌発芽）し、プロトコームというカルス様状態を経て、芽や根を分化させます。地中でしばらくすごしたのち、地上に葉をつけ、少しずつ葉を増やしながらか大きくなります。観察の結果では自然状態では地上に顔を出したのち、少なくとも花が咲くようになるまで12年以上かかるよう

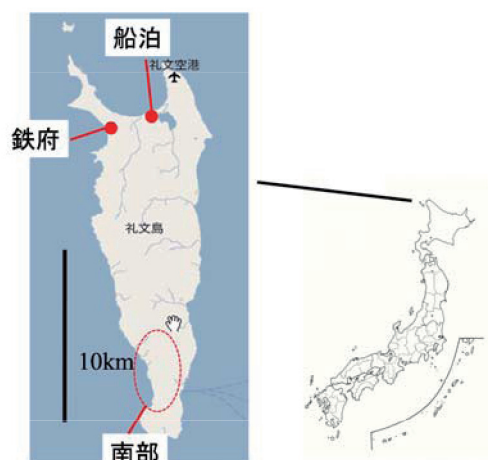


図1. レブンアツモリソウの分布

です。培養した場合では5年ほどで早いものは開花に至ります。葉が8-10cmになると花をつけるようになる個体が増えます。花は5月末から6月中旬にかけて咲きます。10月頃果実が成熟し、種子を果実の割れ目から順次放出します(図2)。

レブンアツモリソウは草原の遷移の途中過程で出現してくること(図3)がわかってきました。すなわち、地滑りや沢の氾濫、凍結融解による斜面の剥落

などで攪乱されて裸地ができたのち、丈の低い草本が侵入して定着する頃、レブンアツモリソウも出現するようになります。時間の経過とともにススキやササの高茎植物が侵入し、レブンアツモリソウを被陰するようになるとだんだんと地上から消失していくという過程が推測されます。

(河原)

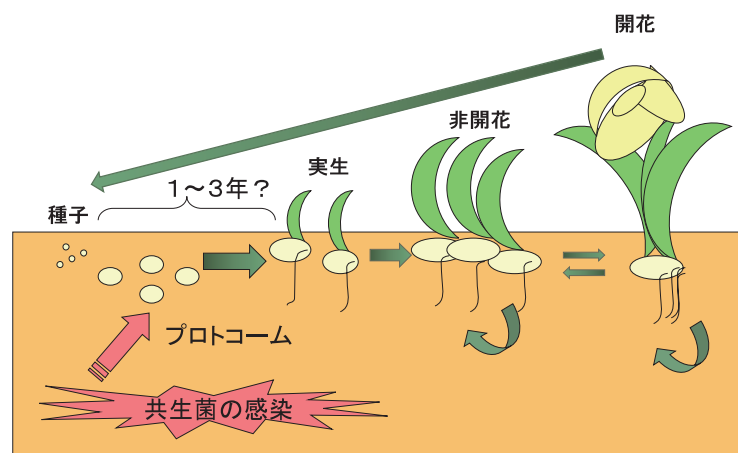


図2. レブンアツモリソウの生活史

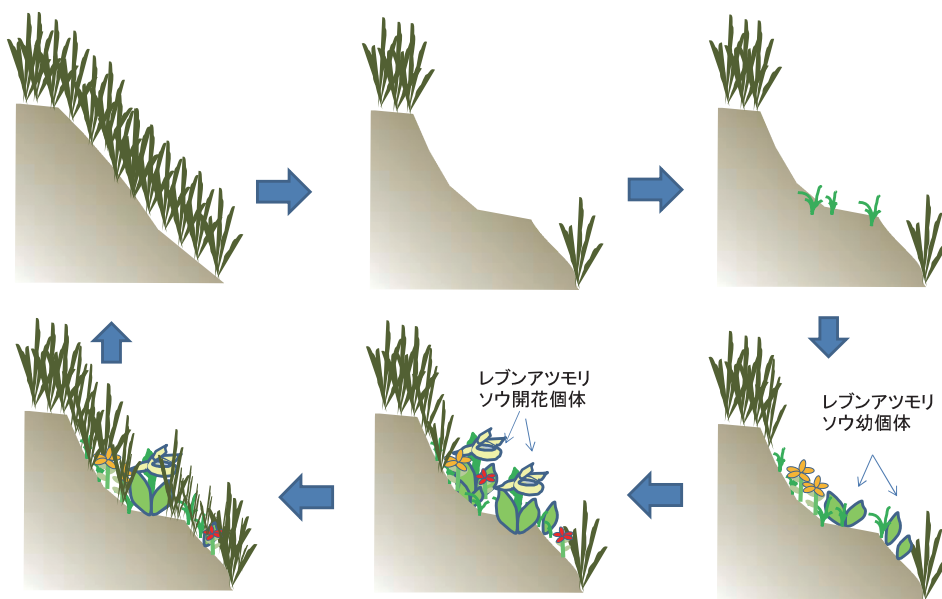


図3. レブンアツモリソウの植生遷移の中での出現・消失モデル

個体群動態の把握

1. 絶滅危惧種が増えているのか減っているのかを丁寧に調べます
2. 個体のマーキングによる追跡は個体群の将来に役立ちます。
3. 特に次世代を担う実生の発生状況に注意しましょう。

実際の個体数と一見したときの個体数には大きく違いがあることがよくあります（芹沢2003）。特に、花が咲いていないと、その存在になかなか気が付かないものです。よく調べてみると、周囲に花がつく前の若い個体が多数あることもあれば、まるで若い個体がなく老齢でより深刻な状況にある場合もあります。個体ごとに発生や生死、開花、結実の状況を調べることによって、より正確に絶滅への危険度を評価できるようになります。

レブンアツモリソウの鉄府保護区で、2002年から1 m 四方の方形区12個（2005年から30個）を設け、毎年の生死や成長を調べ、その中のレブンアツモリソウすべての状況を毎年記録しました。毎年発生する実生の数を数え、非開花、開花のステージにそれぞれ移行する割合を求め、推移確率行列モデルを使って、個体群の将来を予想しました。レブンアツモリソウは2002年に調査を始めた時には1 m²当たり35株ほど記録されていたものが、2013年には10株余りとなっており、明らかに減少しています（図1）。2012年から2013年の推移確率の例を図2に示しました。ここでは同じ推移状況が続いた場合に、個体数が増加するのか減少するのかを個体群増殖率（ λ ）という指標で評価することができます。この値が1より小さければ個体数の減少を意味しますが、個体群増殖率は0.602～0.980（平均0.824）で、いずれも個体数の減少を示唆しています。

個体群の大きさの分布を調べてみると、2005年に比べ、小型の個体、特に実生が著しく少なくなり、全体の分布の山の高さも低くなっていることがわかりました。



写真1. ラベルをつけて個体の動向を調査

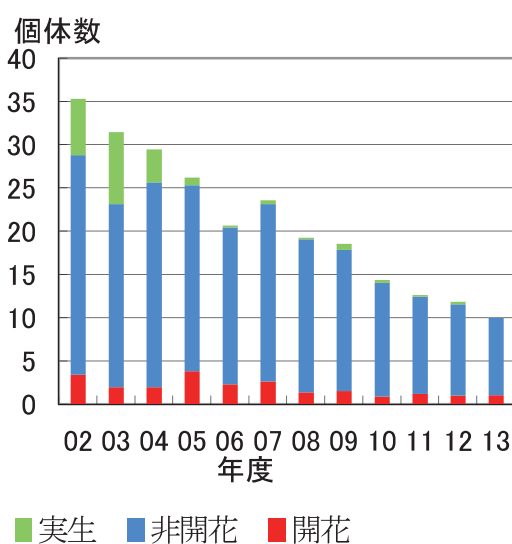


図1. レブンアツモリソウ鉄府保護区における個体数の変動（1 m²あたり）

この13年の間にレブンアツモリソウ自生地は遷移に伴い、ススキやササなど高茎草本の侵入が目立つようになりました。土地の乾燥傾向や攪乱減少の低下は遷移を促進していると考えられます。加えて、2008年以降しばしば発生する遅霜が特に小型の個体や実生に致命的なダメージを与えています。

レブンアツモリソウは、園芸用の採取が希少化の大きな要因と考えられてきましたが、このように園芸用の盗掘がほぼ収まった現在でも個体群の減少は続いているのです。コドラート以外の場所での実生も探索していますがほとんど見つかりません。もし、同じペースで個体群の減少が続く場合には25年ほどで個体数が1を割り、絶滅してしまうことが危惧されます。

(河原・北村)

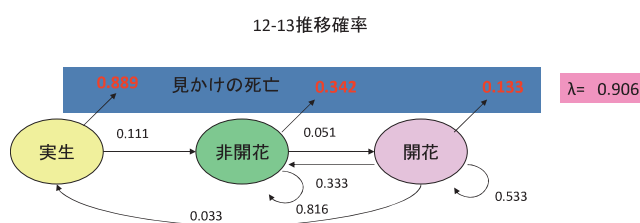


図2. 推移確率モデルによる個体群増殖率の推定
λは個体群増殖率で、1より大きければ増加、小さければ減少を示す

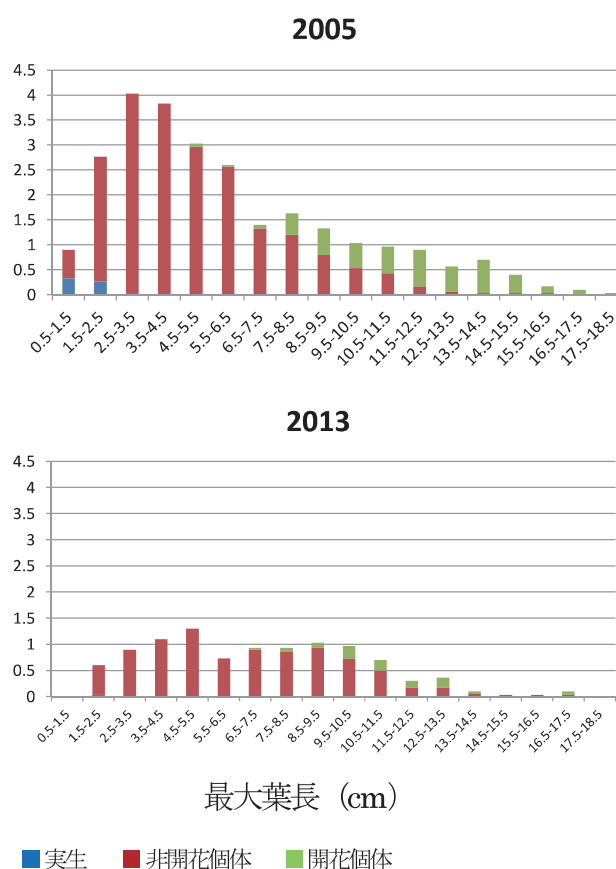


図3. 個体サイズ分布の変化

文献

芹沢俊介(2003)維管束植物レッドデータブックの課題(1) 環境庁2000年版レッドデータブックの意義と問題点. 分類 3(2) :141-148.

自生地復元に資する培養苗育成方法と注意点

1. 自生地復元へ用いる培養苗は共生培養法で育成します。
2. レブンアツモリソウを共生発芽させることができる共生菌（ラン菌根菌）が必要です。

- ① レブンアツモリソウの完熟種子を次亜塩素酸ナトリウム水溶液（実効塩素濃度0.4%、展着剤として Tween20を数滴添加）で30分間表面殺菌し、滅菌水で十分にすすいだ後、発芽用培地（0.2%オートミール培地）に播種します。種子はナイロンメッシュ（開口部50～100mm程度）の小袋に200～300粒（約1mg）をいれて、袋ごと殺菌処理をします。小袋は滅菌したハサミを用いて開き、滅菌したピンセットで袋から種子を取りだし培地に播種します。
- ② 播種後、9～12週間、低温処理（4℃）により種子の休眠打破を行います。
- ③ あらかじめ平板培地で伸長させておいた共生菌を接種してレブンアツモリソウ種子に感染させます。菌糸を含む寒天片をコルクボーラーでくりぬき、培地中央におきます。寒天片を置いてから約1週間後に菌糸が発芽用培地のほうへ伸長しているのを確認します。菌糸の伸長が見られない場合は再接種が必要です。
- ④ 菌の接種（寒天片の置床）から10週間ほどでプロトコームの形成が目視で確認できます。

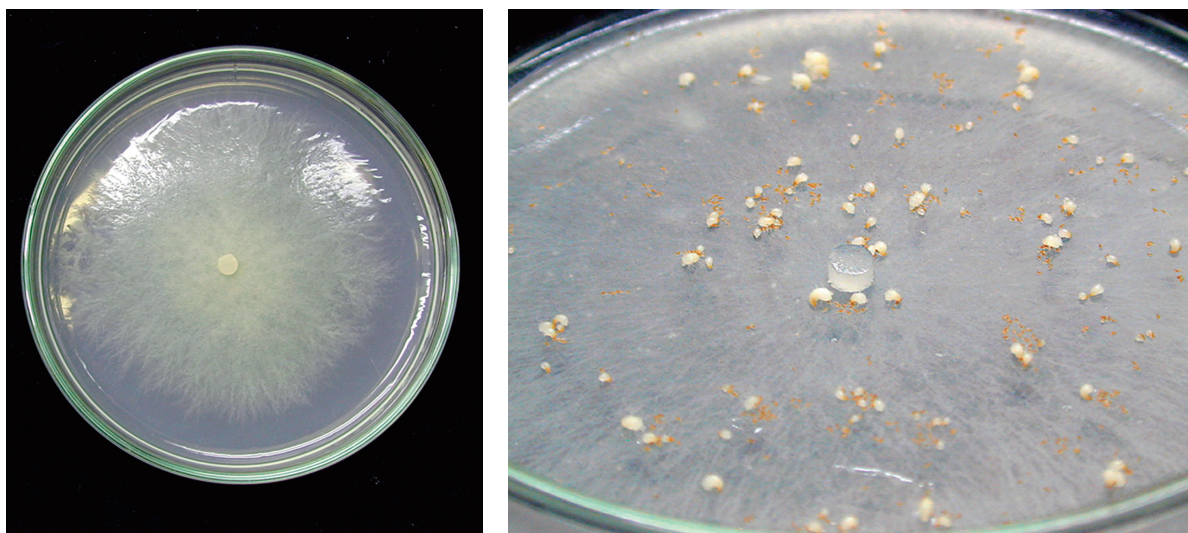


写真1. 左：レブンアツモリソウの共生菌 WO97菌株
右：共生発芽して得られたプロトコーム。菌接種から約14週間後。
培地中央の寒天片から放射状に菌糸が伸長している。

- ⑤ 菌の接種から14～16週目くらいの時期にプロトコームを生育促進培地（殺菌剤としてベンレート[®]を10mg/Lで添加）へ移植します。移植せず、発芽用培地に長期間おいておくと、プロトコームは次第に褐変して枯死します。
- ⑥ 約3ヶ月おきに新しい生育促進培地へ移植を行い、古くなった根やシュートを取り除き、株を育成させます。

（志村・幸田）

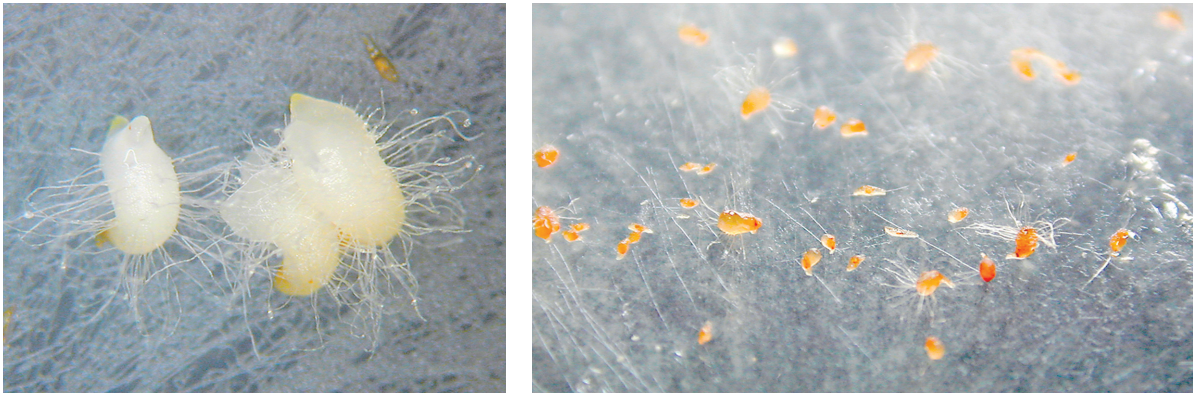


写真2. 左：共生発芽後、順調に生育しているプロトコーム
 右：移植をせずに培養し続け、褐変したプロトコーム。移植をしたとしても、プロトコームが褐変枯死することもある。



写真3. 生育促進培地へ移植すると、プロトコームの生育が活発化し、根やシュートの生育が促進される。

共生菌の調査

1. レブンアツモリソウも含め、すべてのラン科植物は種子発芽の時に菌根菌の感染を必要とします。そのため、種子繁殖による新しい群落の出現にはそれを支える共生菌類の存在が必須です。
 2. レブンアツモリソウを共生発芽させる菌はレブンアツモリソウの根に存在します。また、レブンアツモリソウのいない場所にも共生菌となる菌類は存在しています。どこに共生菌が存在するのかを明らかにすることは、レブンアツモリソウの生育適地を把握することにつながり、レブンアツモリソウの植え戻し計画や保全のためにも重要です。
- ① レブンアツモリソウの根に形成されている菌根構造から、菌を分離することが可能です。分離された菌類を用いて種子発芽試験を行い、レブンアツモリソウへの共生発芽能が示されれば、その菌はレブンアツモリソウの共生菌となります。
 - ② ランによっては、人工培養できないような菌類が共生菌であることがよくあります。その場合は、菌を分離することが困難なので、菌の存在を PCR（Polymerase Chain Reaction）によって調べることができます。PCR は、DNA の複製に関与する酵素ポリメラーゼを用いて微量な菌のゲノム DNA も大量に増殖し検出できる方法です。PCR によって増幅された菌の DNA 情報を解析することでどのような菌なのかを調べることができます。

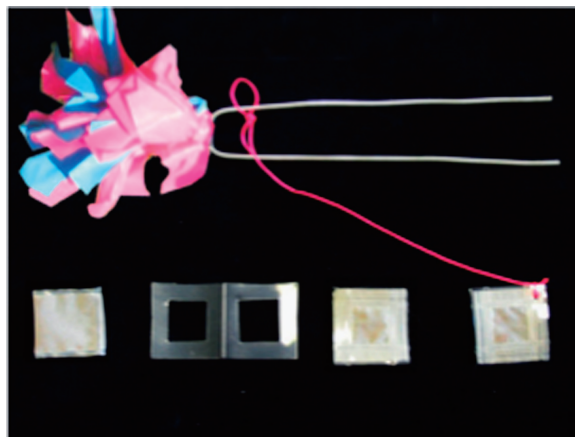


写真1. 菌根菌分布調査に用いる種子ポケット
ナイロンメッシュの袋にレブンアツモリソウの
種子が約200粒入っている。
設置場所の目印としてカラーテープをつけた針
金も一緒に設置する。

- ③ 自生地にあるレブンアツモリソウの群落の分布は、株がある程度大きくなれば目で確認することができます。しかし、レブンアツモリソウの共生菌の分布は目で確認することはできません。そこで共生菌の分布を調べる一つ的手段として、種子ポケット設置調査があります。これは、レブンアツモリソウの完熟種子をいれた小袋（種子ポケット）を土壌中に埋めて、およそ1年間後に種子ポケットを回収して中の種子が発芽したかを観察する方法です。
- ④ 回収したポケット内にプロトコームの形成が確認された場合には、そのプロトコームを用いて菌を分離したり、PCRによって共生菌のゲノム情報を解析したりすることができます。
- ⑤ 種子ポケットの調査により、共生菌の分布をある程度予測することができます。例えば、レブンアツモリソウの近くに種子ポケットを設置すると、多くの種子が発芽してプロトコームを形成したという結果があります。しかし、レブンアツモリソウの近くに設置した種子ポケットでも全く発芽しない場合もあり、必ずしも親株のすぐそばに共生菌が分布しているわけではないということも示唆されています。また、レブンアツモリソウが生息していないような場所でも種子発芽が起こりうることも分かっています。例として、ハイネズという低灌木類の株元に設置した種子ポケット内でプロトコームの形成が起こることが確認されています。この結果から、ハイネズがレブンアツモリソウ共生菌の第二の宿主植物である可能性が示唆されています。

(志村・幸田)

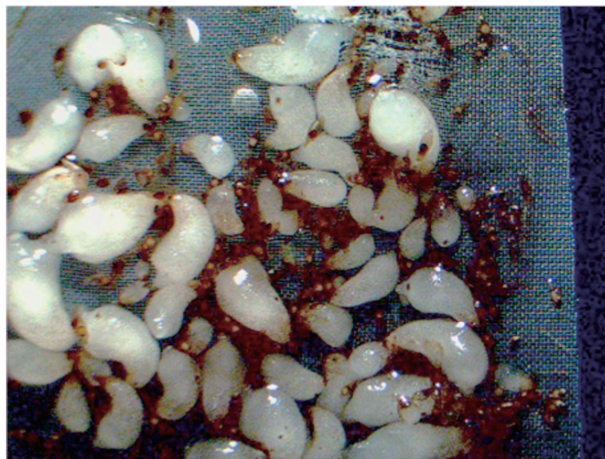


写真2. 種子ポケット内で形成されたプロトコーム
この種子ポケットはレブンアツモリソウの株元に設置したもの。

遺伝的多様性と分化状況の確認

1. 遺伝解析を通じて、各集団のもつ遺伝的多様性の程度を明らかにします。
2. 集団間の遺伝的分化の状況を明らかにし、移植が必要な場合の判断材料とします。

絶滅危惧植物の遺伝的背景を明らかにするのは手間がかかりますが、持続的に保護増殖を行っていくために不可欠です。遺伝的多様性が低下すると、さまざまな環境変動への適応性や病虫害への耐性が低下する可能性が危惧されます。自家不和合性がある種では、異なる遺伝子型の間での外交配が必須になるので、遺伝的多様性の低下は不稔をもたらすことになり、次世代の更新に深刻な影響を与えることになります。

各集団の遺伝的多様性の程度を明らかにすることで、保護すべき集団の優先順位をつけることができます。遺伝的多様性が低い集団では低下を抑えることが必要です。人工交配や組織培養などで増殖を行う場合には、異なる遺伝子型のものが維持されるように気を付けます。

増殖用の個体は基本的に同じ集団から材料をとるのが基本です。しかし、非常に個体数が少なくなり、集団内の個体を使った増殖が難しい場合は、遺伝的にできるだけ近縁な集団から材料を選ぶ必要があります。そのためには、遺伝解析によって集団間の遺伝子の違いを明らかにする必要があります。近年、遺伝解析技術の進展によって、形態では区別されていなかったものの間に遺伝的分化が生じており、場合によっては隠蔽種として認識されるほど、遺伝的に異なっている場合があることがわかってきました。

レブンアツモリソウでは酵素多型を使って遺伝解析が行われています。その結果、レブンアツモリソウの遺伝的多様性の程度はこれまで知られている地域の固有種と同程度であり、特別の劣化が起こっているわけでないことがあきらかになりました (Izawa et al. 2007)。また、北部の集団に比べ、南部の集団では多少遺伝的な劣化が始まっており、南部の集団への対策の優先度が高いことが示唆されました。北部と南部の間では遺伝的な分化の程度は小さく、南部の集団の遺伝子構成は、北部のそれから一部低頻度でしか見られない対立遺伝子を除いたものでした。このことは、必要な場合には北部のものを南部に移植しても遺伝的攪乱の影響は少ないと考えられます。

(河原・高橋)

文献

Izawa, T. Kawahara T. Takahashi T (2007) Genetic diversity of an endangered plant, *Cypripedium macranthos* var. *rebunense* (Orchidaceae): background genetic research for future conservation. Conservation genetics 8(6): 1369-1376.

復元地への植栽

1. 培養苗を自生地へ植え戻す際には、自生地へ外来微生物が持ち込まれないように注意する必要があります。
2. 培養苗の移植後、水やりや日照管理などが苗の活着のために必要です。

- ① シュートの大きさが1 cm以上の大きさとなり、根も数本でているような状態まで生育した株は馴化処理をして外環境で育てることができます。馴化処理は、まず水洗いをして根の隙間に入り込んだ培地をきれいに取り除きます。その後、湿らせたバーミキュライト内に株を埋め、4℃で9週間低温処理を行い、芽の休眠を打破させた後に自生地に定植する、もしくは鉢上げをして鉢で管理します。
- ② 自生地への植え戻しは雪解け頃の春に行う場合と、雪の降り始める前の秋に行う場合があります。春植えの場合は、培養苗はあらかじめ低温処理をしますが、秋植えの場合は低温処理を行いません。秋植えの場合は自然条件下で低温期間を経験させます。
- ③ これまでの植え戻し試験において、フラスコ内で育成してきた培養苗をすぐに自生地に植え戻すよりも、1～数年間、鉢で栽培管理をしてから植え戻すほうが定植後の生育が良好であるという結果が得られています（下表）。培養苗がうまく活着するために、植え戻し後の水やりや光環境の最適化など人為的な管理が必要となるため、管理の簡単な鉢栽培で培養苗をしばらく外環境に慣れさせることは有効な手段です。しかし、自生地への外来微生物の持ち込みを防ぐために、自生地以外で培養物を鉢上げした場合には、その培養苗を植え戻しに用いるのは避けるべきです。その場合には、培養苗をフラスコから直接外環境へ出すことになります。植え戻し後の生育が順調な場合は、早くて定植から2年後の春に開花する株もあります。



写真1. 左：鉢上げ株による植え戻し（開花が認められた）、4年後の様子
右：フラスコ株による植え戻し

表. 植え戻し後の培養苗の生育（2009年4月定植）

観察年月		萌芽株数／移植株数	開花株数／移植株数
2010年6月	鉢管理株	16／16(100%)	0／16(0%)
	フラスコ出し株	11／14(79%)	0／14(0%)
2011年6月	鉢管理株	15／16(94%)	3／16(19%)
	フラスコ出し株	9／14(64%)	0／14(0%)
2012年6月	鉢管理株	15／16(94%)	8／16(50%)
	フラスコ出し株	9／14(64%)	0／14(0%)

鉢管理した株では定植から2年後に約2割の株が開花した。



写真2. 15ヶ月経過のフラスコ苗（左）を植え戻したが、2，3年目は地上部への出現が見られなかった。移植個体が小さすぎた、土壌が乾きすぎだったことが原因



写真3. 左：植え戻し株 根がよく張ったものは定着がよい
右：前回の反省からウォーターキープ（保水剤）を土壌中に混ぜた

（志村・幸田）

復元地の管理

1. 在来自生地の環境を見本にする。
2. 復元地の定期的なモニタリング調査を行い、管理の指標とする。

最終目標

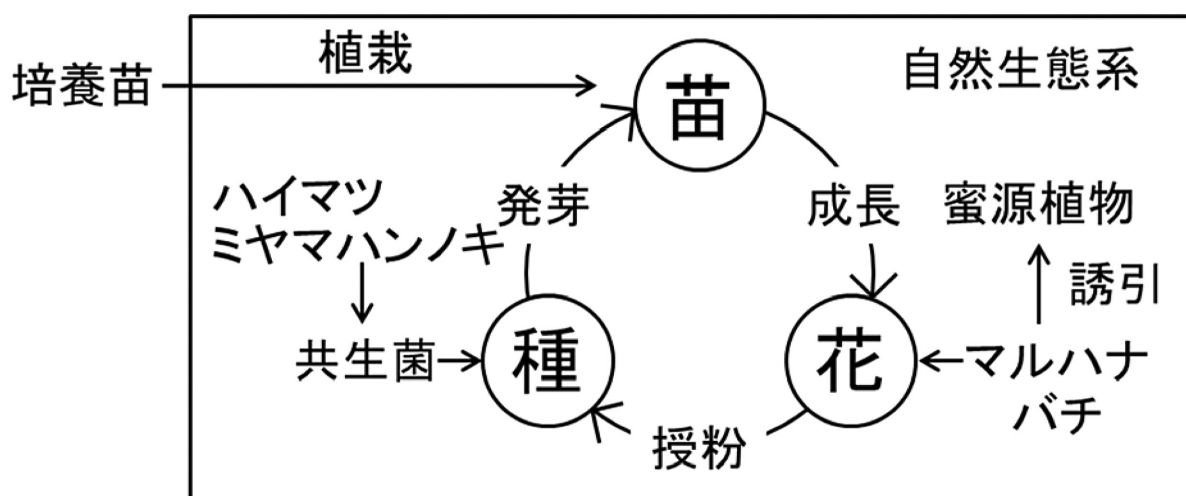
培養苗の植栽によるレブンアツモリソウの自生地復元の最終目標は、培養苗が大きく成長し、開花、結実を経て、次世代が繁殖するというライフサイクルが人の手を離れた全くの自然環境下において営まれることです。

生態系としての管理

レブンアツモリソウだけでなく、レブンアツモリソウを含む生態系全体に目を向け、在来自生地環境を見本に管理を行います。レブンアツモリソウのみに特化した栽培管理では、次世代の繁殖が期待できず、培養苗の植栽が短期的な個体導入に終わってしまいます。

復元地ではレブンアツモリソウと多種の植物を共存させます。こうした植物は土壌の乾燥を防ぎ、時には受粉に必要なマルハナバチの蜜源植物になります。ただし、被陰して成長や授粉の妨げになりうる背の高い植物は取り除くこともあります。

レブンアツモリソウ種子の発芽に必要な共生菌の供給元となるハイネズやミヤマハンノキを維持し、次世代の繁殖を促します。



レブンアツモリソウのライフサイクルとそれを取り巻く自然環境

巡視活動と盗掘防止策

培養苗の植栽後は、復元地に異常がないか定期的に巡視活動を行います。巡視活動では、植栽した苗の生育状況の観察や、植えつけ当初は土壌の乾燥状況をチェックし、状況に応じて水やりなども行います。また、復元地への人の立ち入りによる苗の踏み付けや、あるいはレブンアツモリソウのような植物では苗が盗掘される恐れがあります。巡視活動では、こういった人の立ち入りや盗掘の監視も行います。こうした巡視活動は、一人では行わず常に2人以上の複数人で行います。

人による巡視活動のみで、復元地への人の立ち入りや盗掘を防ぐには限界があります。そこで、巡視活動を補うために監視カメラを設置します。設置する監視カメラは、太陽光発電によって必要な電気をバッテリーに蓄え、赤外線センサーにより動く物体を感知して写真を自動的に撮影することができます。また、夜間には赤外線フラッシュによる暗視撮影が可能のため、24時間体制で復元地への人の立ち入りを監視することができます。このような監視カメラの設置は、一見、物々しく思えますが、人の立ち入りや盗掘に対する抑止力になります。



赤外線センサーにより自動写真撮影が可能な監視カメラ及び設置イメージ

復元地のモニタリング

復元地の管理方針を決定するために、復元地の状態について定期的なモニタリング調査を行います。モニタリング調査では、植栽したレブンアツモリソウ苗の成長度をはじめ、復元地の植生や土壌状態等を調査します。モニタリング調査の結果は専門の研究者間で協議し、管理方針を決定します。なお、復元地の管理は、関係各位の協力のもと、地元である礼文町が主体となって行います。

(村山)

自生地での植生管理

成熟個体を長生きさせるため植生遷移をコントロールすることが必要です。

レブンアツモリソウの成熟個体は、丈のやや低い広葉草本からなる亜高山草原に生えていることが多いです。開花頃までは十分に光が当たり、その後は半日陰になるような日照条件と、適湿で水はけのよい土壌を好みます。しかし、このような草原は以下のような植物の侵入により段々と植生遷移していきます。これらの侵入植物により日当たりが極端に悪くなったり、花粉媒介昆虫が来なくなったりすることで、レブンアツモリソウの成熟個体は段々と消失していくようです。このため以下のような植生遷移をくい止め、レブンアツモリソウの成熟個体が生育できるような亜高山草原を維持する植生管理が必要です。

- ① 大型のセリ科草本やオオイタドリ、ヨブスマソウ、オニシモツケなどの侵入（高茎広葉草原化）
 - ② ササ類の侵入（ササ草原化）
 - ③ アキグミ、ヤマグワ、エゾイタヤ、トドマツなど木本の侵入（低木林化、森林化）
- （高橋）



写真. 左：木本と高茎草本の侵入でほとんどレブンアツモリソウが見られなくなった調査区
右：高茎草原化により被圧されて花をつけなくなったレブンアツモリソウ個体（人為的に高茎草本を除いた）

セーフサイトの探索と確保

種子発芽や幼個体が生育できるセーフサイトの確保が重要です。

レブンアツモリソウの自生地では、種子発芽や幼個体の定着がスムーズに進む安全な場所「セーフサイト」の確保が重要です。幼個体が順調に追加されなければ個体群は絶滅してしまいます。現地での植生調査からは、以下に例示するような、種子が地表面に到達・定着しやすく、地表面が適度に保温・保湿され、幼苗が十分に日照を得られる、といった条件のそろった場所が「セーフサイト」になっているようです。

- ① 小型～中型で狭葉をもつイネ科やスゲ属草本、小低木のイブキジャコウソウなどがマット状に地表面を覆う場所（イネ科でも大型のススキやハマニンニクのための密生は逆効果）
- ② コケ植物がマット状に覆い湿度が十分に確保された場所
- ③ 共生菌と関連していると考えられるハイネズが近くに生えている場所（ただし密生は逆効果）

レブンアツモリソウの保護区内にこのような「セーフサイト」が点在するような環境を確保することが重要です。将来はこのようなセーフサイトに現地で採取した種子を播種することも実行してみる価値があるでしょう。

（高橋）



写真 左：レブンアツモリソウの幼苗が見られるセーフサイトの調査区
右：レブンアツモリソウの幼苗2個体が見られるセーフサイト

有性繁殖プロセスの重要性

1. 植え戻した株の生残だけでなく、開花・受粉・稔実といった有性繁殖のプロセスが順調に推移するかどうかを見とどけます。
2. 有性繁殖プロセスの妨げとなる害虫の駆除が必要な場合には、保全対象生物を含む生物間の相互関係をよく把握したうえで、駆除の効果を見極めながら慎重にすすめます。
3. マルハナバチ類の訪花が期待できない場所に自生地を復元する場合には、ハチの餌源植物等を植栽して植生自体の復元をめざします。

レブンアツモリソウ保護区を訪れてみると、多数の株が生えているのを目にします。しかし進化の歴史からすれば、目の前にある株はほんの一時だけ存在するに過ぎません。したがって復元すべきは、個々の株というより、むしろそれらが次の世代を残し、環境に適応しながら生を受け継いでいくという「プロセス」です（矢原，2010）。自生地を復元するにあたってはこのことを肝に銘じ、人の手で植え戻された株が新しい環境下で花を咲かせ、実（蒴果）を稔らせて、次世代を担う種子をきちんと残すことができる、つまり生活史をまっとうできるようにすることが求められます（写真1）。

一般に植物では「種子生産」から「実生の定着」へと至る段階が最も環境要求性が厳しいとされ（西廣，2010）、レブンアツモリソウでも同様と考えられます。レブンアツモリソウは虫媒花なので、花から花へと花粉を運ぶ昆虫（主にニセハイイロマルハナバチの女王バチ）の手助けがないと稔実して種子を残すことができません（写真2）。図1に示したように、ニセハイイロマルハナバチ女王の発生量と結果率には正の相関関係があります。

レブンアツモリソウは花蜜がないので、ハチは頻繁に花を訪れてはくれません。そのため、自生地を復元する場合にはハチによる花粉媒介によって種子生産が保証されるような気配りが特に求められます。ここでは、2009年4月に船泊保護区（1.7ha、環境省所管地）内に試験植栽された共生菌培養株の開花・稔実に関する調査（2011～2013年）を通じて判明した知見や課題について述べます。



写真1. レブンアツモリソウの花と蒴果。
蒴果は昨年のもので、すでに種子を散布し終えている。自生地復元の成功の鍵をにぎるのは、こういった有性繁殖のプロセスが順調に推移するかどうかにかかっています。

開花・稔実状況のモニタリング

植栽株の着花総数は、2011年が4花（初認）、以後10花、9花と順調に推移しました。それらの開花時期は自生株と同じでした。咲いた花のうちで蒴果を稔らせたものの割合、すなわち稔実率は2012年が70%（7/10）、2013年が22.2%（2/9）となりました。わずか2年間の値の推移なので明言もできませんが、稔実率の著しい年変動はレブンアツモリソウ自生株でも普通にみられる現象です。また、22.2%という数値も決して低いわけではありません。蒴果の大きさは2012年、2013年とも自生株と同等でした。このように自生株と同等の稔実成功を達成できた背景には、各株が適切な大きさの花（唇弁）を咲かせたことがあります。アツモリソウ属では袋状をした唇弁（しんべん）と呼ばれる花卉の中に昆虫を一時的に閉じ込め、そこから虫が脱出する間に花粉の授受が行われます。したがって、唇弁の大きさは稔実成功を左右する重要な特徴なのですが、2012年と2013年の唇弁の大きさはいずれも自生株のそれと大差ありませんでした。

以上のことから、共生菌培養によって作出された株は自然下でも正常な大きさの花を咲かせ、ハチの訪花を受けて稔実する能力を有すると考えられます。したがって、共生菌培養株を用いれば、レブンアツモリソウが絶滅してしまった場所に再びその有性繁殖のプロセスを復活させることも可能でしょう。なお、今回の調査では植栽した株数が少なかったため、開花株の配置や株数による違いがハチの訪花頻度や稔実率に及ぼす影響を検討することはできませんでした。この点については今後の課題です。

受粉プロセスの妨げとなる害虫の駆除

どんな生物も、他のさまざまな生物との関わりのなかで暮らしています。そのため、手厚い保護のもとで栽培されていたレブンアツモリソウ株も自然下に置かれれば、他生物による被害を免れることはできません。複数年にわたる自生地での調査から、陸産貝類（ホンブレイキマイマイとオカモノアラガイ）、コマチグモの1種、そしてテングハマキ幼虫が毎年、花の機能を無効化してしまう主要害虫であることが判明しました。陸産貝類は唇弁に穴をあけたり、花粉を食べたりします。また、ハチが唇弁内から出るための穴を塞いでしまうこともあります（写



写真2. レブンアツモリソウの花の花粉粘液中につけたニセハイロマルハナバチ。虫媒花なので、ハチによる花粉媒介が不可欠です。

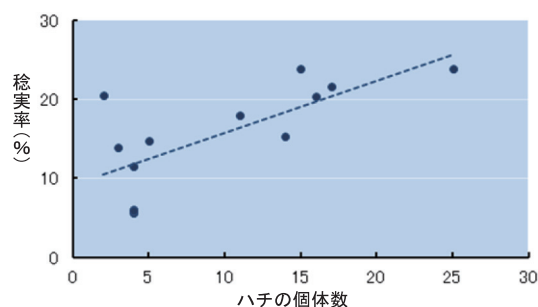


図1. ニセハイロマルハナバチの発生量（各年のセンサス調査で記録したハチの最大個体数）とレブンアツモリソウ稔実率との関連性（2001～2013年；鉄府保護区）。「ハチの発生量が多い年ほど、たくさんの蒴果が稔る」という傾向がみてとれます（ $r = 0.713$, $N = 13$, $P < 0.01$ ）。

真3)。コマチグモの1種は入口穴の上に背がく片をたぐり寄せて糸でつづり、その穴を塞いでしまいます。テングハマキの幼虫は花の繁殖器官を加害するだけでなく、若い蒴果の中身を食べてしまうこともあります。

幸いなことに今回は、植栽株が深刻な被害をこうむることはありませんでした。そのため、特に加害生物の捕殺等はいりませんでした。状況によっては有性繁殖のプロセスを守るため、そういった措置も必要となるでしょう。その場合、駆除作業は保全対象の生物と他生物との間に結ばれた相互関係をよく検討したうえで実施すべきです。そうしないと、予想に反した事態（たとえば、害虫を駆除したら別の害虫が大発生してしまい、かえって被害が大きくなる等）を招きかねません。また、駆除後もその効果を見極めながら、それ以降の実施計画を適宜、修正していくべきです（＝順応的管理）。



写真3. 出口穴で身動きできなくなったホンブレキマイマイの幼虫。

出口穴が塞がれてしまうと、せっかくハチが訪花しても正常な花粉媒介行動がとれません。

受粉プロセス補完のための環境整備に向けて

今回の試験植栽はレブンアツモリソウ自生地の中で実施されたので、ハチによる花粉媒介サービスが支障なく受けられた可能性があります。しかしレブンアツモリソウが全く生えていない場所（かつての自生地）でその復元作業を行う際には、ササの繁茂する原野等を切り開き、そこにレブンアツモリソウ株を植えこむことになるかもしれません。その場合、マルハナバチが好んで訪花する植物もあわせて植栽する、繁茂した外来植物を除去する等の人的な環境整備が必要になってくるでしょう。そういった事態を見越して、私たちはレブンアツモリソウ自生地やその近辺に生えているニセハイイロマルハナバチの主要な餌源植物3種（ヒロハクサフジ、センダイハギ、ハマエンドウ）について、自然下での稔実状況と種子の発芽率を調査し、野外採取した種子を用いた実生苗供給の可能性を検討してみました（写真4）。その結果、ヒロハクサフジとセンダイハギでは稔実率が高く大量の種子が容易に入手できること、さらに適切な処理を施せば種子の発芽率も良好なことが判明しました。したがって実生苗の植栽が必要になっても十分に対処できると考えられます。一方、ハマエンドウについては、クロマメゾウムシ幼虫による食害によって健全な種子がほとんど生産されて



写真4. 蜜を求めてセンダイハギの花を訪れたニセハイイロマルハナバチ。

マルハナバチ類はレブンアツモリソウが咲く初夏だけでなく、秋までずっと活動を続けます。そのためハチが生活史を完結するには、長期間にわたって次から次へと様々な花が咲き続けるような環境が必要です。

おらず、何らかの対策を講じないかぎり野外から大量の種子を入手することは難しいと思われました。なお、レブンアツモリソウは有蜜花を咲かせるネムロシオガマに花色擬態している可能性が指摘されています。そのため、ネムロシオガマの実生苗供給についても検討すべきでしたが、残念なことにシオガマギク類は半寄生植物であるため、種子を蒔いても実生苗を育成するのがほぼ不可能と判断し、断念しました。

これまでのところ、礼文島のニセハイイロマルハナバチがどんな場所に巣を造っているのか全く情報はありませんが、巣造りのための場所探しをしている女王バチの目撃記録から推測すると、本種はススキやスゲ等の株元に堆積した枯葉中に造巣すると考えられます。したがって、餌源となる植物と同様、それら植物の存在もハチによる受粉プロセスの維持を考えるうえで配慮すべき重要事項のひとつと考えられます。

(杉浦)

文献

矢原徹一 (2010) 自然再生事業の対象. (1)「種」に着目した目標設定. 日本生態学会(編) 自然再生ハンドブック. 地人書館, pp. 21-22.

西廣淳 (2010) 順応的管理の指針. 日本生態学会(編) 自然再生ハンドブック. 地人書館, pp. 42-46.

自生地生育環境改善

1. 絶滅危惧種の生育に影響を与える要因を同定・推定します。
2. 阻害要因を取り除く際の問題点を専門家の間で十分協議します。
3. 阻害要因への処理を行いながら調査モニタリングを行い、効果・影響を確認します。

絶滅危惧種の減少が明らかになったら、どのような対策をとるべきか専門家を交えて検討します。もっとも基礎的な対策は現存の自生地における個体が保全できるようにすることです。そのため、自生個体に影響を与えている要因を同定し、それを取り除く方法やそれを実施した場合の影響を考慮しておく必要があります。自生地環境の改善処理の実施後は、その効果をモニタリングしながら影響について評価します。

レブンアツモリソウは個体群動態調査の結果、個体数が減少していることが明らかになりました。レブンアツモリソウは草原遷移の中間段階で生じていることがわかってきました。治山治水の人為行為などにより更新適地を生み出すための攪乱機会が減少していることが推測される一方、気候変動により乾燥化が進み、以前よりササ・ススキなどの高茎で高密度に生育する植物の侵入の速度が速まっているように考えられます。人為的影響を受けてレブンアツモリソウの絶滅への危機が高まっていることから、それを緩和するために人手をかけることが必要です。

そこで、ススキの侵入が著しいところで、ススキの一部を刈取り、自生地環境改善のための試験を行いました。環境の急変を防ぐため、

1 m×1 mの調査区で6月と9月に1/3または2/3の刈込を行いました。その結果、ススキの成長が抑制され、植生高は低くなりました。レブンアツモリソウの開花数が1-2年で増加し、開花の誘導に効果が認められました。総個体数では処理間の差はなく、今回のススキの刈取処理によってレブンアツモリソウに害が及ぶことはありませんでした。

また、ススキの刈取処理により、出現種数が増加しました。このように、高茎となり被陰することでレブンアツモリソウの生育に大きな影響を与えていたススキを刈り込むことにより、生育地の光環境を改善できたことが、レブンアツモリソウの花芽形成を促進したと考えられます。また、ススキは根株が大きく



写真1. ススキの刈取りによる自生地環境改善試験

1 m×1 mの中のススキを2/3刈り取っている試験区。周囲に比べ、ササの被度が少なく、他の植物が目立つ。矢印のところにレブンアツモリソウ。

なり、その場所を独占して、他種を排斥する傾向にあります。その勢いを減ずることで、多くの植物種の共存を促し、その結果多様性に富んだ環境が作られるようになりました。ただし、この効果が表れるためには1-2年の刈取り処理では不十分であり、5年程度は連続して処理していく必要があります。

一方で、ススキ刈取り処理だけでは新たな実生の発生を誘導することはできませんでした。ススキ根株からの排除や種子の地面への到達を妨げる積もったススキの枯葉（リター）の除去が必要かもしれません。

環境省ではササの刈り払い試験を行っており、こちらでもこれまで地上からは消えていたレブンアツモリソウの復活株が複数確認されています。

今後は、レブンアツモリソウや共存する植物への被害を少なくしながら、ススキやササなど高茎草本の大面積での刈り払いを行うための技術の検討が必要です。

(河原・北村)

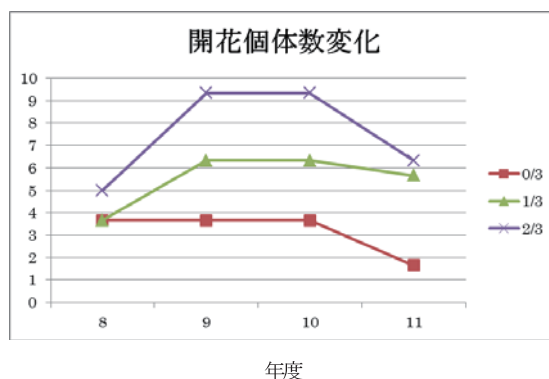


図1. ススキ刈取り処理による開花個体数の変化
0/3：刈取りなし（対照）、1/3区：1/3を刈取り、
2/3区：2/3を刈取り

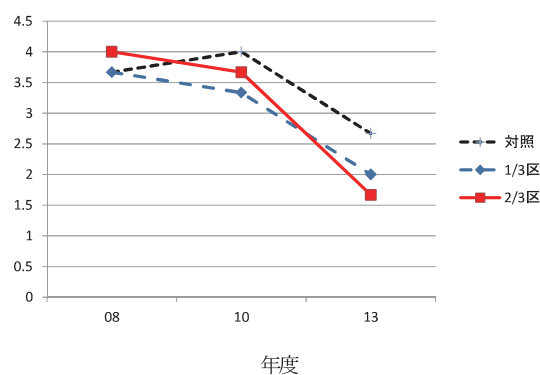


図2. ススキ刈取り処理によるススキの被度の変化
1/3区、2/3区とも被度は対象区より減少幅が大きい

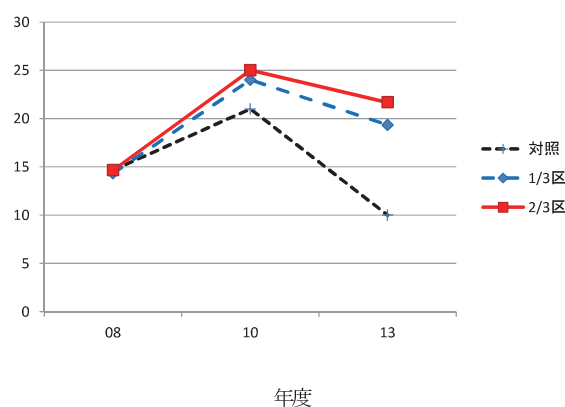


図3. ススキ刈取り処理による出現種数の年変化

経済評価の方法

1. 自生地復元がもたらす影響を整理します。
2. 今後発生する影響を評価します。
3. 実際に生じた影響を評価します。
4. 観光資源が地域にもたらす影響を検討します。

1. 自生地復元がもたらす影響を整理する

自生地復元が人々にもたらすメリットは様々な形で生じています。自生地復元で生まれる新しい観光資源は、地域の人々に目に見える形で金銭的なメリットをもたらします（利用価値）。一方で、絶滅の回避は目に見える形で金銭的なメリットはもたらしませんが、都市住民を含む幅広い人々の満足度を高めます（非利用価値）。自生地復元による経済評価を行うには、まず利用価値と非利用価値という視点から、自生地復元がもたらす影響を整理する必要があります。

2. 今後発生する影響を評価する

自生地復元が行われていない状況で、それを行う必要があるのか、あるいはどのような形で行うべきかを考えるには、仮想評価法や選択型実験と呼ばれる手法を適用することができます。「仮に自生地復元が行われるとしたら金銭的な負担をするか?」「仮に自生地復元によって新しい観光資源が生まれるとしたら訪問するか?」などを人々にたずねて、評価を行うことができます。

3. 実際に生じた影響を評価する

すでに自生地復元が行われている状況では、観光収入の増加（訪問者数の増加、訪問時間の延長）から、トラベルコスト法と呼ばれる手法によって、自生地復元の効果を実際に検証することができます。ただしトラベルコスト法では、非利用価値として生じているメリットを評価できないことに注意が必要です。非利用価値として生じているメリットを評価するには、前述の仮想評価法や選択型実験を適用します。

4. 観光資源が地域にもたらす影響を検討する

自生地復元が観光資源を生み出すことが予想される場合には、それが地域社会に必要とされているのか、必要とされているならば、どのような形で提供されるのが望ましいのかも同時に考える必要があります。観光資源は金銭的なメリットだけでなく、訪問者による自生地や地域社会へのデメリットももたらします（例えば、復元された自生地の周辺にたくさんの訪問者が来るようになれば、これまでの生活環境は大きく変わるかもしれません）。経済評価の結果も参考にしつつ、観光資源のあり方について、地域社会と合意を図る必要があります。

保全組織体制のあり方

1. 保全活動の将来目標を関係者の共同作業で設定するとともに、その共有をはかります。
2. 目標達成へ向けて取り組みの進め方について、具体的な工程表（ロードマップ）を作成します。
3. 保全活動には科学的な専門知識が不可欠です。このような知識や情報を関係者間で共有できるようにします。
4. 保全活動を将来目標へ向けて導いていくためのリーダーシップが必要です。活動全体を統括するリーダーはもちろんですが、活動内容ごとのリーダー的役割を果たす人の存在も重要です。
5. 関係者間の相互理解を図ることが重要です。そのためには、関係づくりのための良いしかけを考えましょう。会議ばかりではなく、共同での現地検討会やワークショップの開催なども効果的です。
6. 活動に対する市民の理解や協力を得るために、可能な範囲での地域や市民への情報提供を進めましょう。

絶滅危惧種の保全活動は、国や都道府県、市町村といった行政のほか、監視員、地元住民、市民、NPO、ボランティア、観光関係者、大学や研究所の研究者など、多様な所属、分野の人々による協働によって進められています。したがって、立場が異なれば、保全に対する考え方が異なっていることも当然あります。保全活動を効果的に推進していくためには、下記の点に配慮しながら、しっかりとした連携、協力体制づくりを図っていくことが重要です。

(八巻)



写真 関係者による現地検討会



ワークショップの開催

執筆者

河原孝行	森林総合研究所 四国支所 産学官連携推進調整監
北村系子	森林総合研究所 北海道支所 チーム長
八巻一成	森林総合研究所 北海道支所 北方林管理グループ長
志村華子	北海道大学大学院 農学研究院生物資源生産学部門
幸田泰則	(元)北海道大学大学院 農学研究院生物資源生産学部門
庄子 康	北海道大学大学院 農学研究院環境資源学部門
高橋英樹	北海道大学 総合博物館
杉浦直人	熊本大学大学院 自然科学研究科
村山誠治	礼文町高山植物培養センター

本パンフレットは、環境省公害防止等試験研究費「レブンアツモリソウをモデルとした人を含む在来生態系と共生できる絶滅危惧種自生地への復元技術の研究」(平成21年度～平成25年度)の成果に基づき、作成しました。

発 行 森林総合研究所
茨城県つくば市松の里 1
ISBN 978-4-905304-33-3
第 3 期中期計画成果番号14 森林機能発揮 8
発行日 平成26年 2 月10日
印刷所 西村謄写堂



絶滅危惧種の自生地復元のための 注意ポイント

—レブンアツモリソウの研究を例に—

平成26年2月10日

第3期中期計画成果番号14 森林機能発揮8



発行

独立行政法人 森林総合研究所

Forestry and Forest Products Research Institute

〒305-8687 茨城県つくば市松の里1

電話: 029-873-3211

<http://www.ffpri.affrc.go.jp/>

お問い合わせ先

独立行政法人 森林総合研究所 北海道支所 連絡調整室

〒062-8516 北海道札幌市豊平区羊ヶ丘7

電話: 011-590-5503

e-mail: www-ffpri-hkd@gp.affrc.go.jp

独立行政法人 森林総合研究所 四国支所 連絡調整室

〒780-8077 高知県高知市朝倉西町2-915

電話: 088-844-1121

e-mail: koho-ffpri-skk@gp.affrc.go.jp

ISBN 978-4-905304-33-3