花の咲く時期の違いで新しい植物が生まれる

―初夏に咲くアキノキリンソウの進化学―

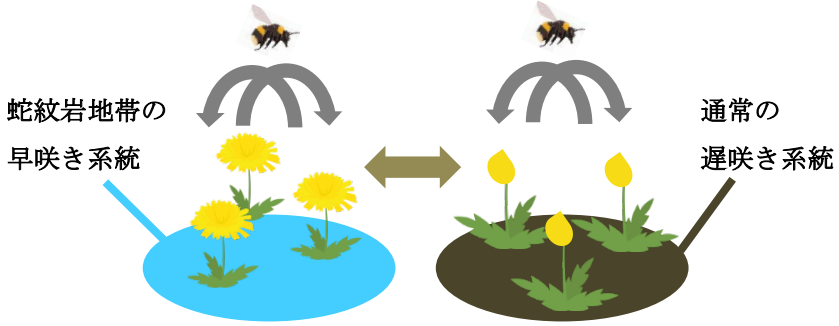
概要

新しい植物が生まれる初期段階では，同じ種が別々の場所に隔離されることが重要な条件です．しかし，同じ種であっても異なる時期に花を咲かせる系統が存在することも知られます．この場合には系統どうしが「時間的に隔離」されることで，地理的隔離がなくても新しい種が進化するのではないかと予想されてきました．

阪口翔太 京都大学人間・環境学研究科助教らは，通常は秋に開花する植物であるアキノキリンソウに着目し，北海道の各地で開花時期を調べました．その結果，(1) 蛇紋岩地帯という特殊な土壌地帯と (2) 高山帯から，初夏に開花する早咲きのアキノキリンソウ系統を発見しました．そこで遺伝学的な分析によって，早咲きと遅咲きの系統の間で遺伝的な違いを調べたところ，蛇紋岩地帯の早咲き系統だけが遺伝的な組成を急速に変化させ，新しい種へと進化していることが分かりました．高山帯にも同じように早咲きの系統がありましたが，こちらについては標高の低い場所のアキノキリンソウと遺伝的な違いはほとんど見られませんでした．

本研究から，開花時期の違いにより時間的に隔離された系統の中から，新しい種が生まれつつあることが実証されました．また，地質の境界のように環境が急激に変化する場合と，標高の違いのように徐々に環境が変わる場合を比べると，前者の条件の方が新しい種が生まれやすいことも分かりました．従来，植物の進化には別々の場所に系統が隔離されることが重要だと考えられてきましたが，本研究の成果からは，開花時期が異なれば近接した場所であっても新しい種が進化することが示されました．これらの成果は，植物の基本的な進化要因の解明に大きく貢献するものです．

論文は 8 月 21 日，英国の植物学雑誌 *New Phytologist* に掲載されました．



（上図）隣り合った場所に生育しているアキノキリンソウにおいて，開花する時期が蛇紋岩地帯で変化し，通常型の遅咲き系統と花粉のやり取りができなくなった状況を模式図で示した．花を訪れる昆虫はそれぞれ同じ系統の中だけでしか花粉を運べないので，早咲きと遅咲きの系統の間で遺伝的な変化が起きていく．

１．背景

地面に根を下ろして生活する植物は自由に動き回ることができません．そのため，生長に適した時期に花をつけて種子を生産することが，生き延びるうえで重要な条件となります．サクラは春に花をつけ，キクは秋に咲くのが私たちの常識となっているように，同じ植物の仲間は決まった時期に開花することがほとんどです．しかし，植物が新しい環境に適応し，その結果として開花する季節が変化したとしたら，どうなるでしょうか？もとの環境に残っている植物とは開花する季節がずれ，互いに花粉をやりとりすることができなくなって，次第に別々の種へと進化する可能性はないでしょうか．これまで，理論上では開花時期の変化が新しい種を生み出す可能性は指摘されていましたが，実際に開花時期が変化した植物においてどのような条件で新しい種が生まれるのかは，十分に調べられていませんでした．

２．研究手法・成果

本研究では北海道に分布しているキク科の草本植物であるアキノキリンソウに着目しました．この植物は名前の通り，多くの地域で秋に開花しますが，北海道の特殊土壌地帯（蛇紋岩地帯）と高山帯では，6－7 月にかけて開花する早咲き系統が分布することが知られています．またこうした早咲き系統のすぐそばには，秋に開花する通常型の系統が取り囲むように分布しています．そのため，通常型の系統と 2 つの早咲き系統は「地理的な隔離」はありませんが，開花時期の違いによって「時間的に隔離」されている可能性が考えられました．実際に北海道各地（49 か所）で野生のアキノキリンソウの開花時期を調べたところ，通常型の系統に比べ蛇紋岩地帯の系統は約 40 日も早く咲き，標高が 1000m高くなると開花が約 22 日早まることが分かりました．

進化学において，「種」とはお互いに自由に繁殖して遺伝子のやり取りをしている個体の集まり，として定義できます．よって，新しい種が進化しつつあるかどうかは，異なる系統の間で遺伝子がやり取りされてきたかどうかを，遺伝学的な分析で調べることで検証できます．そこで，本研究では北海道のアキノキリンソウを 150 株採取して，ゲノムの中の約 3400 か所の遺伝的変異を調べました．その結果，通常型の系統と比較して，蛇紋岩地帯に分布する早咲き系統の遺伝的組成が大きく変化していることが分かりました．さらに蛇紋岩地帯の早咲き系統には，6 月・7 月・8 月に咲くものがありますが，より早く開花する個体ほど遺伝的な変化が大きい傾向が見られました．この結果から，理論から予想されていた通り，開花時期が変化したアキノキリンソウの中から新しい種が進化しつつあることが示されました．

その一方で，同じように早く咲く高山帯のアキノキリンソウは，周辺に分布する低地のアキノキリンソウとほとんど遺伝的組成が同じで，頻繁に遺伝的な交流があることが分かりました．この発見については，山岳地帯では標高が上がるにつれてアキノキリンソウの開花時期が徐々に変化するため，山の頂上と麓で大きく開花時期が違う系統の間で遺伝的な交流が続いているのが原因だと考えられました．このように，たとえ開花時期に違いがあったとしても，地質変化のように環境が急激に変化するか，山の標高のように緩やかに変化するかという条件によって，異なる開花時期をもつ系統間で「時間的な隔離」が働いて新しい種が進化するかが決まっているようです．

３．波及効果、今後の予定

本研究では，開花時期に大きな変異がある北海道のアキノキリンソウについて遺伝分析を行うことで，「時間的な隔離」によって新しい種が進化しうることを示しました．さらに，その隔離の効果の出やすさは，環境が地理的に変化する速度に依存することを指摘しました．従来，植物の進化には別々の場所に系統が「空間的に隔離」されることが重要だと考えられてきましたが，本研究の成果から，開花する時期が異なれば近接した場所であっても新しい種が進化しうることが示されました．

今後の研究としては，そもそもどうして蛇紋岩地帯や高山帯という環境においてアキノキリンソウが早く開花するようになったのかを明らかにする必要があります．さらに，分子進化という観点からは，アキノキリンソウの種分化に関わっている遺伝子を特定することで，DNA 分子のレベルから植物の進化メカニズムを解明したいと考えています．

４．研究プロジェクトについて

本研究は，JSPS 科学研究費補助金（課題番号：16H04827 および 25291085）と JST SICORP プログラム（課題番号：4-1403）の支援を受けました．

<論文タイトルと著者>

タイトル：Simultaneous evaluation of the effects of geographic, environmental and temporal isolation in ecotypic populations of *Solidago virgaurea*

著者：**Shota Sakaguchi**, Kenji Horie, Naoko Ishikawa, Atsushi J. Nagano, Masaki Yasugi; Hiroshi Kudoh, Motomi Ito

掲載誌: *New Phytologist*

DOI: 10.1111/nph.14744