

# 高山植物と気候変動

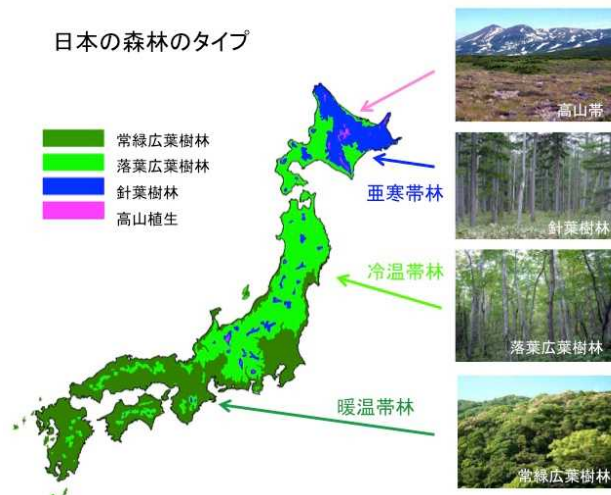
工藤 岳

## 1. はじめに

地球温暖化が自然生態系に及ぼす影響は、高山・極地生態系で最も顕著で深刻だと考えられています。これらの生態系は、寒冷環境に適応進化してきた生物群集から成り立っているからです。高山生態系には多くの固有種が生息しており、その多くは気候温暖化に対して大変脆弱です。高山生態系の占める割合は、地球上の陸地面積の3%で、そこには維管束植物の約4%が生育しています。割合から見るとさほど大きくはありませんが、高山生態系は地球環境変化を検出するセンサー機能として重要であり、近年多くの研究が行われています。この講座では、高山生態系の気候帯としての位置づけと高山植物の起源、高山生態系に特有の構造、そして気候変動が高山生態系に及ぼす影響について紹介します。

## 2. 高山帯の位置づけと高山植物の起源

温暖湿潤気候にある日本は、潜在的に森林植生が発達します。森林のタイプは南から北にかけて、常緑広葉樹林（暖温帯林）、落葉広葉樹林（冷温帯林）、針葉樹林（亜寒帯林）へと変化します。同様の植生変化は標高に沿っても見ることができます。標高が100m上昇すると気温は約0.5°C低下します。気温が低いために森林が成立できなくなる標高を森林限界といいます。森林限界は、本州中部山岳域では約2500mですが、緯度の高い北海道では1400~1600mくらいです。森林限界より上部に高山帯が現れ、そこには矮生灌木や草本植生が発達します。これらの植物は寒冷・乾燥・強風・強紫外線・短い生育期間に適応した性質を有しており、高山植物と総称されています。



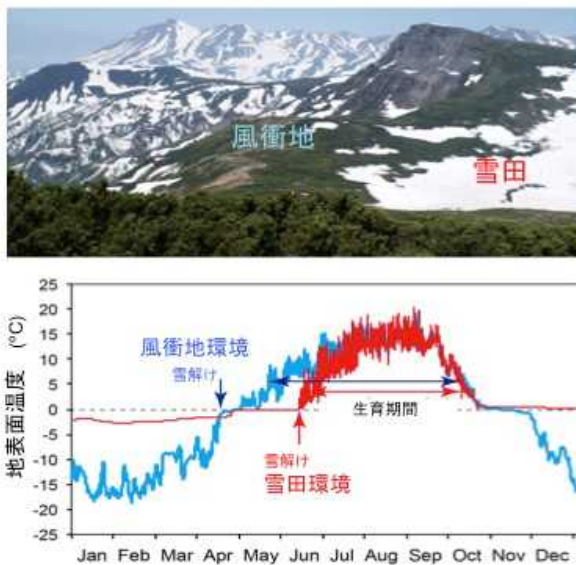
高山植物の起源は、第三紀中期の造山運動による地表の隆起に始まると考えられています。寒冷・強紫外線環境に適応した植物は、その後の地球寒冷化（200万年前）と第四紀更新世（100万年前）における度重なる氷期と間氷期に移動を繰り返し、現在の高山植物相が形成されたと推測されています。

### 3. 高山生態系の仕組み

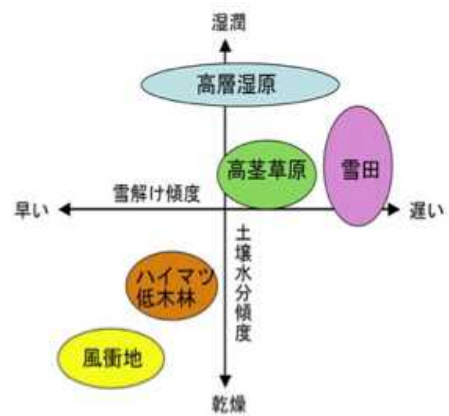
世界有数の多雪環境にある日本の高山植生タイプは、積雪環境と大変良く対応しています。積雪は冬期の低温と乾燥から植物を保護し、生育期には融雪水を供給するというプラスの作用がある一方で、雪解けの遅れは植物の生育期間を制限するマイナス面もあります。地形の複雑な山岳域では、わずかな地形の違いが積雪分布に大きく影響し、雪解け時期の違いを作り出します。山岳域での積雪深は時に 20 m 以上にもなり、場所によっては万年雪となります。

高山生態系の構成要素は、「風衝地」と「雪田」と呼ばれる環境です。風衝地は吹きさらしの稜線付近に形成され、冬期にほとんど雪が積もらないために土壌は深くまで凍結します。土壌は一般に未発達で、夏には乾燥しやすく、植物にとって大変厳しい環境です。一方で、雪田は季節風の風下にあたる南東向き斜面や窪地に現れます。ここでは雪の吹き溜まりが形成され、積雪の断熱効果のために土壌凍結は起こりません。植物は温暖な環境で越冬できますが、雪解けが遅いために生育期間は大変短く、雪田植物は短期間で成長と繁殖を終わらせる必要があります。

高山生態系の構成要素: 雪田と風衝地



主要な高山植物群落の立地環境



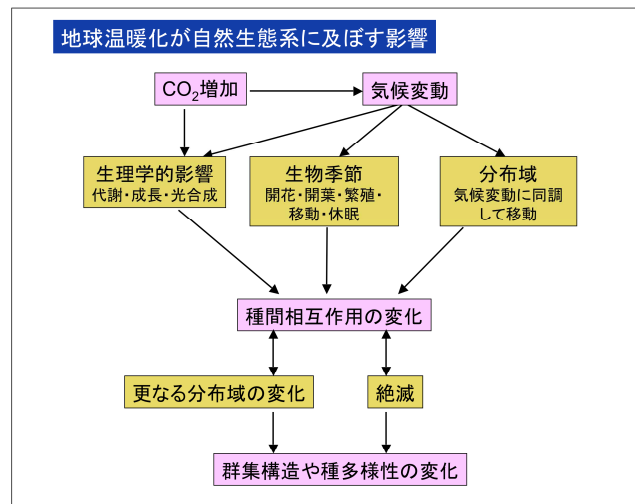
多くの高山植物は、風衝地—雪田連続体の中でそれぞれ適した環境に分布域を持ち、植物群落を形成しています。すなわち、積雪環境の違いが高山植生の多様性を生み出しています。日本で一般的な高山植物群落は、風衝地群落、ハイマツ群落、高茎植物群落（雪潤群落）、高層湿原群落、雪田群落に分類されます。これら典型的な植物群落は、雪解け時期の違いと生育期の土壌水分状態の違いによって分布が決まります。

雪解け時期の場所による変動は、植物の開花時期に作用します。同じ植物種であっても、生育環境によって開花時期は大きく異なります。高山植物の開花は、それぞれの種に特有の温度要求性によって決まり、局所的な雪解けのタイミングと雪解け後の温度環境によって説明できます。地域内で雪解けがゆっくり進むと、植物群落全体の開花期間は長くなり、複雑で多様な開花パターンが作られます。一方で、雪解けが一気に進むと開花シーズンは短く、種間の開花の重複が高まります。このような開花構造の変動は、花を資源として利用する昆虫群集にも大きな影響を及ぼします。また、同種個体群間の開花時期の違いは花粉散布を介した遺伝子流動に作用し、時間的な生殖隔離とそれ

に伴う局所的な遺伝構造の違い（メタ個体群構造）が起こることもあります。さらに、局所的な種分化を生み出す可能性もあります。すなわち、雪解け時期の違いは高山植物種の分布のみならず、遺伝的多様性にも影響しているのです。

#### 4. 気候変動が高山生態系に及ぼす影響

気候変動は平均気温の上昇のみならず、降水量や積雪量、積雪期間、土壤水分環境の変化などを引き起こし、高山生態系に強い影響を及ぼします。気候変動がもたらす短期的影響として、個体群構造の変化として現れる個体レベルの反応があります。環境変化に敏感な種ほど、温暖化に対する反応が顕著です。その後生じる中期的影響は、群落の種組成の変化です。群落組成は、環境変化に脆弱な種の衰退、新たな環境に適応した種の拡大、新たな種の侵入により変化していきます（種間相互作用の変化）。そして長期的には植生帯の変化や地域全体の種多様性の変化が起こります。



温暖化に伴う森林限界の上昇は、世界各地の山岳域で報告されています。森林帯の上昇により高山生態系は縮小します。また、雪解けの早期化は生育期間の延長と土壤乾燥化を引き起こし、湿生植物の減少と乾燥耐性のある植物の増大を助長します。大雪山系の高山帯では、チシマザサとハイマツの分布拡大や、湿生植物群落の衰退が報告されています。特に草丈が高く密生群落を形成するチシマザサの拡大は、他の高山植物の生育を阻害し、高山植物群落の種多様性を減少させると危惧されています。

#### 湿生お花畑衰退のメカニズム

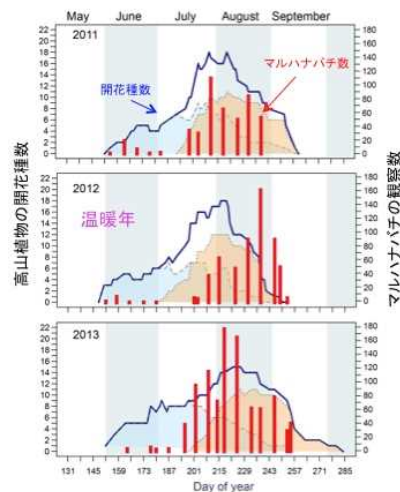
大雪山五色が原では、17年間で湿生お花畑が消失した



雪解けの早期化に伴う土壤乾燥化 → 乾燥ストレスによる成長阻害と繁殖力の衰退 → 実生リクルートの制限による個体群衰退と消失

温暖化や雪解け時期の早期化は、開葉・落葉時期、開花・結実時期、耐寒性・耐凍性の発現期間など生物季節（フェノロジー）を変化させます。春の温暖化は、高山植物の開花や開葉時期を早め、霜害の危険性を高めることが知られています。開花が短期間で一斉に進行すると、地域全体の開花期間は短縮し、花を利用する昆虫群集にとって、資源の枯渇を招きかねません。また、訪花性昆虫の活動期と高山植物の開花期の同調性が崩れてしまう「フェノロジカルミスマッチ」が起こる危険性も指摘されています。

高山植物の開花期とマルハナバチの活動期のミスマッチ



温暖年に開花期は早まるが、ハチの活動期は早まらない  
→ 活動期のミスマッチが起きる！

ハチと高山植物の関係は、気候変動に対して脆弱

## 5. おわりに

環境変化に脆弱な高山生態系の特性に着目し、気候変動に対する生態系の応答を定量化する研究が世界的に広がりつつあります。野外温暖化実験や長期生態系モニタリングプロジェクトも各地の高山・極地生態系で行われ始めました。比較的コンパクトでユニークな群集構造を持った高山生態系をモデル生態系として利用する試みは、今後ますます増えていくでしょう。一方で、生物群集構造や生物多様性への影響を予測するには、高山生態系に特有な環境特性や生物群集の空間構造について留意することが必要です。我が国のほとんどの高山生態系は、国立公園や保全地域に指定されています。しかし気候変動の影響は、確実に高山生態系に現れ始めています。多くの固有種や希少種が生育する高山生態系をどのように保全していくのかについて、生態系管理指針の策定が早急に望まれます。

## 参考文献

- 1) 生物圏の科学—生物集団と地球環境— 松本忠夫（編著） 放送大学教材 2012.
- 2) 高山植物の自然誌—お花畑の生態学— 工藤岳（編著） 北海道大学図書刊行会 2000.
- 3) 高山植物学—高山環境と植物の総合科学— 増沢武弘（編著） 共立出版 2009.