

序文：特集「山岳生態系の生物多様性と気候変動」発刊にあたり

工藤 岳

(北海道大学地球環境科学研究院)

昨年9月に公表されたIPCC(Intergovernmental Panel on Climate Change)の第5次評価報告書第1作業部会報告書(2013)では、「気候システムの温暖化には疑う余地がなく、それが人為的影響によるものである可能性が極めて高い」と断定された。高緯度地域の温暖化の影響はますます加速し、低緯度においても局所的な豪雨や干ばつなどの異常気象が頻発する可能性が指摘されている。地球温暖化の影響は、高山生態系において特に顕著かつ深刻であることはIPCCの第3次評価報告書(2001)でも指摘されたことである。それは、高山生態系が山岳地帯の上部に隔離的に点在していることから容易に想像できる。高山生態系に生育している多くの動植物は、急速な気候変動に対して逃げ場がなく、同じ気候環境を維持するための移動は困難である場合が多い。森林帯の上昇により高山帯の面積は減少し、より低地性の生物が侵入し、高山生態系に固有の生物相は絶滅の危険性が高まりつつあることは、多くの山岳地域で報告されている。

地球上の陸域面積において高山生態系が占める割合は3%足らずであるが、そこには多くの固有種が生育しており、独特の生態系を構成している。日本列島は山国であるがその大部分は森林に覆われており、森林限界を超える高山生態系のほとんどは本州中部山岳地域と北海道に限られている。その他の山岳地域においては、高山帯は山頂部と稜線付近に部分的に現れるに過ぎない。多くの人にとって高山生態系は生活領域から遠く離れた存在であり、もしそこに生育している生物が絶滅したとしても、実際の人間生活に不利益になる状況はなかなか思い浮かばないのではないだろうか。しかし、人為的影響を受けていない原生自然生態系の多くはすでに山岳地域にしか残されておらず、高山生態系は生物学的に見ても貴重な存在である。そこには多くの希少種や固有種が生育し、特定の山域に分布が限られる植物も数多く知られる生物多様性のホットスポットでもある。そのため、ほとんどの高山生態系は国立公園や国定公園などの保全地域に登録されている。近年の登山ブームにより高山帯を訪れる登山者は増加し、踏圧による植生へのダメージ、土壌浸食、ゴミや尿尿による汚染など、環境保全の必要性が高まって久しい。さらに近年では、人為的影響を直接受けていないはずの地域で急速な植生変化が進行し、シカなどの低地性動物の侵入による食害の影響が深刻となっている。その原因の一つとして、気候変動の影響があげられる。

高山生態系は独自の生物群集からなるユニークな生態系であるだけでなく、地球環境変動の影響を感知するセンサー機能としての重要性が目立ってきている。気候帯の末端部に成立しているために気候変動の影響を感知しやすく、人の居住地域から遠く離れているために環境ノイズとして的人為的影響を排除しやすく、また、独特の生物相から生態系が構成されているので生態系や生物多様性の変化を抽出しやすいなどの理由による。これらの利点を生かして、世界各地の高山地域に生態系監視網の構築が進んでいる。我が国においても、環境省生物多様性センターによる「生態系モニタリングサイト1000高山帯」のモニタリングが2010年に始まった。

さて、それでは気候変動の程度が分かれば生態系への影響は予測可能であろうか？例えば気温が1℃上昇したとき、現在の生物群集の標高分布が約200m上部にそのまま平行移動すると考えて良いだろうか？当然ながらそうではないはずだ。環境変化に対する生物の応答は、種あるいは個体群によって異なるので、現在の群集組成がそのまま緯度や標高に沿って平行移動することはない。敏感に応答する生物もあれば、それほど変化しない生物もあり、生物間相互作用は現在とは違った方向へ変化するはずである。さらに、気候変化の影響の受け方も地域や生育環境によって異なるだろう。では、気候変動の生態系への影響を予測するにはどうしたら良いだろうか？高山生態系の構造をよく理解することが必要である。寒冷多雪な冬と温暖湿潤な夏に特徴づけられる我が国の高山生態系は、積雪分布の偏りによって生物多様性が維持されている。また、微地形の違いによって生じる環境のモザイク構造も多様性の重要な環境要素である。しかし、気候変動が生態系に影響を及ぼすスケールは景観レベルから局所個体群レベルまで多様であり、それらをどのように統合して評価したら良いのかについての指針はほとんどないのが現状である。

本特集は、環境省環境研究総合推進費「気候変動に対する森林帯-高山帯エコトーンの多様性消失の実態とメカニズムの解明(D-0904,平成21~23年度)」の一連の研究成果を中心に概説したものである。この課題研究は、森林帯上部から高山帯にかけての「山岳生態系」を対象に、北海道大学、酪農学園大学、東北大学、信州大学の各サブグループがそれぞれのテーマで行った研究を統合し、気候変動に対する高山生態系の脆弱性を総合的な見地から評価することを目指した研究プロジェクトである。気候変動に伴う環境変化が植

物の生理機能を変化させ、急速な植生変化と生物多様性の消失を引き起こしている実態を明らかにし、そのメカニズムを解明することにより、気候変動下における山岳生態系の保全・管理指針づくりへの貢献を目的としている。北海道大学グループは、気候変動に対する植物群集スケールの応答を北海道の山岳地域を対象に行った。酪農学園大学グループは、大雪山系をモデル地域として、リモートセンシングと地理情報システム(GIS: Geographic Information System)を用いた景観スケールの植生変化と立地環境変化の解析手法について担当した。東北大学グループは、八甲田山域を対象として高層湿原と亜高山帯林の動態について生理機能に着目した研究を行った。信州大学グループは、山岳植物の遺伝構造に着目し、遺伝的多様性の形成過程やその生態学的背景について主に中部山岳域を対象に研究を行った。さらに、プロジェクトメンバーには直接入っていないが、国立環境研究所のグループには、高山植生の季節性のモニタリング手法の開発について情報提供をして頂いた。すなわち、本プロジェクト研究では、遺伝子から景観スケールに及ぶ山岳生態系の気候変動に対する応答についてのレベル横断的な研究と、野外モニタリング構築とモニタリング手法の開発という実践的な研究を統合したアウトプットを目指した。

本特集では、まず工藤(北海道大学)が山岳生態系のモニタリングの重要性とその方向性について解説し、本特集の導入とした。次に、金子ら(酪農学園大学)はGISとリモートセンシング技術を用いた景観スケールの植生変動と広域環境モニタリング手法を紹介し、その有効性について大雪山系での事例を示しながら解説した。続いて川合・工藤(北海道大学)は大雪山系で進行している植生変動メカニズムについて紹介し、植生管理手法としてのササ刈取りの有効性を検討した。彦坂ら(東北大学)は八甲田山域の高層湿原をモデル地域として、植物の群集構造を生理生態学の観点から理解する試みを解説した。続いて田中ら(東北大学)は亜高山帯林の動態の現状と将来予測について解析し、保全地域選定の際に重視すべきことを提言した。宮田ら(北海道大学)も気候変動に対する森林動態を北海道の山岳域で調べたが、従来の年輪解析に加えて材の炭素安定同位体比の解析から水分ストレスによる生理的応答の解析を行う手法を紹介した。続いて信州大学グループによる植物群集の遺伝構造解析についての解説であり、平尾は中部山岳域の高山植生の遺伝的脆弱性について地理学的スケールの解析研究を紹介した。市野らは標高傾度に沿った種内レベルの遺伝的分化について紹介し、遺伝的多様性の形成機構と局所的な生物間相互作用の重要性について解説した。最後に小熊・井手(国立環境研究所)は自動撮影カメラを用いた高山植生の生物季節(フェノロジー)計測について立山での解析例を提示し、これまで困難とされてきた山岳地域でのフェノロジーの長期モニタリングに関する新たな手法を紹介した。

このように、本特集では景観から遺伝子スケールに及ぶ山岳生態系の気候変動応答のさまざまな具体例とモニタリング手法を紹介した。全体を通して植物を中心とした研究から構成されているが、陸域生態系の構造を作り出している植生の総合的な理解は、動物群集の多様性維持や保全政策にも深く関わってくるはずである。本特集が山岳生態系の構造と脆弱性についての理解をより深めるのに役立ち、生態系管理・保全指針の策定と実施に貢献できることを期待したい。

最後に、本特集にあたりご執筆頂いた皆様、ならびに編集にご尽力頂いた皆様に感謝申し上げます。