

課題名	高山植生による温暖化影響検出のモニタリングに関する研究		
担当研究機関	独立行政法人国立環境研究所		
研究期間	平成16-20年度	合計予算額 (当初予算額ベース)	61,302千円 (うち20年度 10,570千円)
研究体制	高山植生による温暖化影響検出のモニタリングに関する研究 (独立行政法人国立環境研究所、一部東京大学大学院、静岡大学理学部、石川県白山自然保護センター、北海道環境科学研究センターへ研究委託)		
研究概要	<p>1. 序 (研究背景等)</p> <p>気候変動に関する政府間パネル (IPCC) による第4次評価報告書がまとめられ、政策決定者向け要約 (環境省仮訳) も公開されている。そのなかから、本プロジェクトに関連する記述の一例を挙げると、地球規模および大陸規模での20世紀半ば以降に観測された世界平均地上気温の上昇のほとんどは人為起源の温室効果ガスの増加によりもたらされた可能性がかなり高い、と前回の第3次評価報告書に比べ、人為起源の可能性をより強く結論付けている。しかし、一方、大陸規模より小さなスケールの気温変化については、観測結果のシミュレーションや変化の原因を特定することは未だ困難であるとしている。しかし、都市化の影響が比較的少ないと考えられる富士山頂での年平均気温が、世界の地上気温と同様に20世紀後半から上昇している。また、我が国の高山帯において、近年、様々な変化が観察されており、その原因の一つとして地球温暖化の影響が危惧されている。しかし、これまで、我が国高山帯において温暖化影響の検出を目的とした系統だった温暖化影響モニタリング研究は十分に実施されてこなかったというのが実情である。そこで、本研究では、IPCC第3次評価報告書で示された検出手順を参考に、高山植生を活用した温暖化の影響検出・把握についての重点的研究を行った。</p> <p>2. 研究目的</p> <p>まず、温暖化影響の前提となる我が国高山帯での気象要因の長期変化について把握する。次に、地域の特徴を考慮し、我が国の高山帯を大きく3つに分けてアポイ岳 (北海道)、白山 (石川県)、北岳 (山梨県) に定点観測地を設定し (図1)、それぞれの場所で、それぞれヒダカソウ、クロユリ、キタダケソウの開花時期の調査や越年性雪渓である千蛇ヶ池雪渓の越年面積の調査を行う。また、各指標と気象要因との関係を把握し、既存の気象資料をもとにそれぞれの指標の長期変化を推定する。定点重点観測地以外での温暖化影響の指標として、南アルプス荒川三山周辺 (図1) において、高山高茎草原の植生変化や高山を特徴づけるハイマツの確認調査を行う。かつて近田 (1981) が報告したハイマツの生育場所を探索し、ハイマツの有無の確認と植生調査を行う。また、2005年の富士山頂での積雪深の観測中止以後、我が国の高山帯での均質で比較可能な長期の積雪深のデータがほとんど公表されていない現状を踏まえて、衛星データを活用する手法を探索する。そして、それらを総合して、我が国高山帯での地球温暖化の影響について判定するとともに、今後の温暖化影響モニタリングについて提言する。</p> <p>3. 研究の内容・</p> <p>まず、公表されている気象資料などをもとに、我が国高山帯での気温の長期変化を調べた。その結果、富士山頂での年平均気温が、人間活動に伴い排出された温室効果ガスの寄与が強く示唆されている世界の年平均地上気温の上昇とほぼ同様に、1980年以後上昇していることが分かった。ただし、上昇の程度は、100年当たり富士山頂では1.2℃であり、世界の年平均地上気温の0.67℃と比較して大きいことが分かった。また、中部地方から北海道まで (我が国高山帯の分布範囲である) の地上3000mでの年平均気温の長期変化の傾向については、場所による差は小さく、富士山頂でのそれと良く似た傾向を示していた。気温と同様に高山帯での様々な現象に大きな影響を与える雪環境の変化については、富士山頂では春先の積雪深が近年減少傾向であること (ただし、富士山頂での積雪深のデータは2005年以後公表されていない)、乗鞍岳 (長野県と岐阜県) では近年、無降雪期間が長くなる傾向であること、白山山麓では、最大積雪深が減少傾向であることが分かった。しかし、尾瀬 (群馬県)</p>		

では、春先の雪積深に顕著な傾向はみとめられず、場所により、積雪深の変化の傾向が異なっていることが分かった。

次に、我が国高山帯の特徴を考慮し、アポイ岳（北海道）、北岳（山梨県）、白山（石川県）に定点観測地を設定した（図1）。そして、気温上昇に対する反応時間が短く、また、気温との関係が比較的

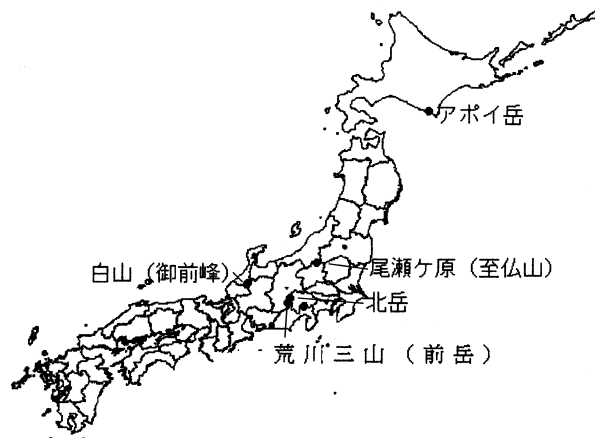


図1 本研究における温暖化影響指標の観察地

明確な開花時期（北岳ではキタダケソウ、白山ではクロユリ、アポイ岳ではヒダカソウ）を指標に選び、モニタリング調査を行った。さらに、白山では、越年性雪渓である千蛇ヶ池雪渓の越年規模のモニタリング調査も行った。また、過去の開花時期に関する資料や越年規模に関する資料を探索・収集した。これらの一例として、図2にキタダケソウの満開日の経年変化を示す。

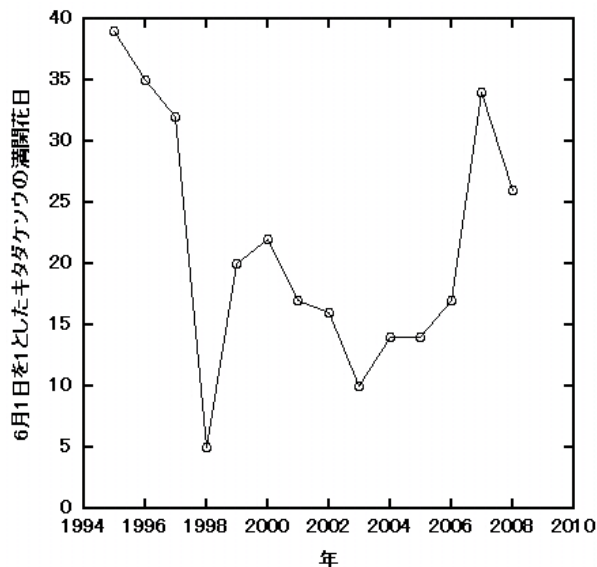


図2 北岳におけるキタダケソウの満開日の経年変化

図2から、1995年以降、徐々に満開日が早まり、6月中旬までになってきていたが、ここ2年ほどは6月下旬になった。この原因として、ここ2年ほど特に4月の気温が例年に比べて低く、例年ならば雨であるものが雪になり、消雪時期が遅れ、その結果として満開日が遅れたと推測した。キタダケソウに関する過去の資料をみると、例えば、1930年には7月中旬から下旬にキタダケソウが開花していたことが記されている。また、開花標本として保存されているキタダケソウの採取年月日を見ると、1930～1950年頃にかけては、7月中旬から下旬となっている。その後、1967年に出版された「南アルプスの植物」では、キタダケソウの開花が通常6月下旬から7月上旬であると記されている。これらから、キタダケソウの開花が近年、徐々に早まってきていることが示唆される。

また、図3に白山の千蛇ヶ池雪渓の越年規模の経年変化を示す。図3に示したように、1981年以後の現地測量から得られた越年面積についての回帰直線の傾きが -0.35 となり、越年面積が減少傾向であることが分かった。また、現地測量のデータに加え、過去の空中写真や福井大学雪氷班の写真など

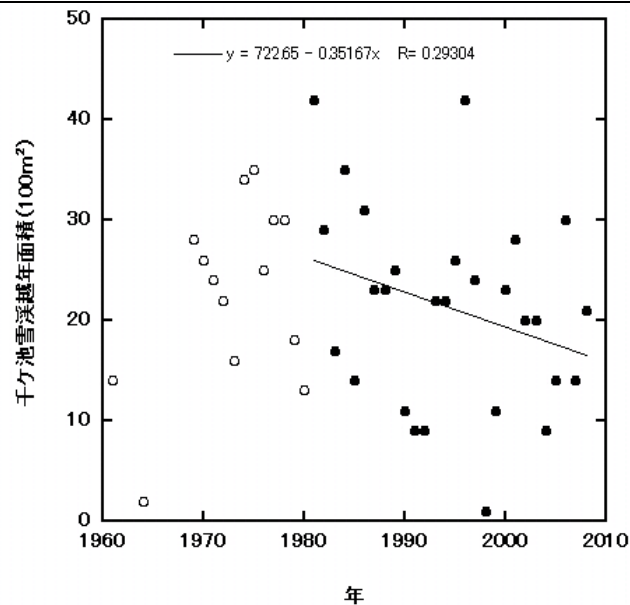


図3 千蛇ヶ池雪渓の越年面積の経年変化

図中の黒丸は現地調査による測量で求めた越年面積を示し、白丸は、過去の空中写真や福井大学雪氷班の写真などから推定した越年面積を示す、また、実線は現地測量で得られた越年面積についての回帰直線を示す。

から推定した越年面積のデータを加えて回帰直線を求めると、傾きが-0.099となり、解析統計期間により、直線の傾きは異なるものの、いずれも千蛇ヶ池雪渓の越年規模が減少傾向であることが分かった。定点観測地での白山のクロユリ、アポイ岳のヒダカソウの開花時期については、両者とも開花日が早まっていることが示唆された。

定点重点観測地以外の場所である荒川三山周辺において、高山高茎草原の植生変化の調査やハイマツ南限域でのハイマツが生育確認調査を行った。その結果、約30年前に比べて高山高茎草原の種組成が大きく変化している場所が認められた。この主な原因として、近年、高山帯へ侵入してきているシカの食害である結論した。シカの個体数の増加や分布域の拡大には、近年の暖冬や積雪深の減少が一因となっていることが報告されている。また、過去の文献にハイマツの生育が記録されている最南限域の場所で、今回の調査ではハイマツの生育が確認できず、ハイマツの南限が北上したことが示唆された。しかし、収集した一連の「尾瀬の自然保護」に記されていた、尾瀬山の鼻での植物7種の開花時期の経年変化には、顕著な傾向は認められなかった。この傾向は、開花時期と関係が深い5月1日の積雪深（消雪時期の代わりにデータ数が多い5月1日の積雪深を用いた）の傾向と対応していた。

空間解像度と時間解像度の両方を考慮して選んだMODIS衛星画像を活用した積雪期間や消雪時期の把握については、MODIS画像の空間解像度が比較的荒いため、春先など、画像を構成する1ピクセルが一様な積雪状態で占められることは少なく、積雪以外の土地被覆の影響を受けると考えられる。そこで、1ピクセル中の積雪比率を推定する方法を確立し、この方法を北海道中央部に適応し、2003～2008年の間の3月下旬の積雪比率分布画像を作成することができた。

4. 考察

まず、我が国の高山帯での気温は、人間活動に伴い排出された温室効果ガスの寄与が強く示唆されている世界の年平均地上気温の上昇とほぼ同様に、1980年以後上昇してきているが分かった。また、無降雪期間も長くなってきているが示唆される。しかし、春先の積雪深は、場所により変化の傾向は異なっていたが、高山帯の山頂や稜線付近では、強風や微地形により積雪深が制限されることから、気温上昇の影響を受け易いと考えた。次に、定点重点観測地でのキタダケソウやクロユリ、ヒダカソウの開花が近年の早まりが示唆されることなど、また、南アルプス荒川三山周辺での高山高茎草原での植生変化やハイマツ南限の北上が示唆されることなどの知見が本研究で得られた。本研究で得たこれらの知見を総合し、我が国高山帯での気温上昇の原因を特定することは現時点では困難であるされ

ているものの（IPCC 第 4 次評価報告書）、我が国高山帯の山頂や稜線付近の風が強く積雪深が微地形により制限される場所では、近年、地球温暖化の影響が表れ始めていることが強く示唆されると結論した。さらに、今後の温暖化影響モニタリングの方法としては、温暖化シナリオに基づく我が国高山帯での温暖化影響指標の予測と現場での指標の変化との比較・検討する方法が有効であると提言できる。そのためには、環境条件が厳しく、また、人里から離れた高山帯で精度よくかつ効率的に積雪深や温暖化影響指標の観測する手法の改良・開発が不可欠である、また、温暖化影響指標を精度良く予測するためには、気温の上昇とそれ起因する事柄も含めて、気温上昇と指標との関係のさらなる解明が不可欠である。