

(2) 高山生態系の脆弱性と指標性の評価

独立行政法人 国立環境研究所

生物圏環境研究領域	生態系機構研究室	名取俊樹
東京大学大学院	農学生命科学研究科	清水 庸・大政謙次
静岡大学理学部	生物地球環境科学	増沢武弘
石川県白山自然保護センター		東野外志男・野崎英吉・小川弘司・ 野上達也・林 哲（現石川県自然保護課）

平成11年度～13年度合計予算額 38,804千円

（うち、平成13年度予算額 12,131千円）

[要旨]

我が国高山帯の温暖化に対する脆弱性を考える際に必要な温暖化影響予測は、従来、気温の上昇のみを考慮し、その上昇が緯度や季節に係わらず一律に変化するとして行われていた。そこで、気温の上昇以外にも、我が国高山帯の特徴である冬季豪雪に係わる雪要因も考慮し、さらに、これらの要因が緯度や経度、季節によって変化するとして影響予測を行うため、GCM（大気大循環モデル）をもとにした温暖化共通シナリオ（約10Kmメッシュの気象データ）を用い、我が国高山帯の脆弱な地域を明らかにすることを目的とした。そのため、まず我が国全国レベルでの視点から高山帯植生の変化予測を行った。次いで、各地域毎に、南アルプス北岳でのキタダケソウ及び群馬県尾瀬のミズバショウ、石川県白山での雪田植生、周氷河地形の影響予測を行い、それぞれ温暖化影響リスク図として示し、温暖化に対する脆弱性や指標性を検討した。また、北海道アポイ岳でのハイマツの生育高度の上昇、白山でのオコジョの分布については、野外調査や既存資料をもとに温暖化に対する脆弱性あるいは指標性を検討した。その結果、検討した何れの地域・項目についても、我が国高山帯の温暖化に対する脆弱性が高いことが示された。例えば、①北海道に比べて本州の方が温暖化に対する脆弱性が高く、また、北海道においては地域差が見られるものの、2070年以後では高山帯植生と判別されたメッシュは存在しない。②キタダケソウの満開日あるいはミズバショウの開花日とも徐々に早まり、2040年代のキタダケソウの満開日は、1998年と同じ程度に早まる可能性がある。③今後10～20年の間で白山では、多くの周氷河地形の化石化や多くの雪田植生が消滅する可能性がある。④アポイ岳でのハイマツの上昇速度は年間0.4～2mの間と推定され、推定した最も早い速度でハイマツが上昇した場合、アポイ岳南東面ではおおよそ30年で高山草原が消滅すると計算された。

[キーワード] 地球温暖化、温暖化シナリオ、影響予測、高山帯植生、周氷河地形

1. はじめに

1988年にIPCCが設立されて以後、第1次から第3次までの評価報告書がまとめられた。最新の第3次評価報告書¹⁾の中から我が国の高山生態系にも関連すると考えられる注目すべき知見を幾つか

挙げると、①過去100年の気候再現シミュレーション結果によると自然起源の温暖化に係わる因子（太陽放射と火山噴火）と人為起源の因子（温室効果ガスと硫酸エアロゾル）との両方の因子を考慮した際に、観測された気温変化が良く再現できる②1990年代はこの1000年間で最も暖かい10年間であり、さらに、1998年は最も暖かい年であった可能性が高い③主に20年またはそれ以上の長期にわたる、地域的な気温変化と相互に関係する生物・物理システムの観測された変化の例として、動物生息域の高々度への移動、樹木の開花などが挙げられている。そして、人為起源の因子による温暖化の影響が顕在化しているとした。

また、同時に、温暖化に対する脆弱性は地域などで異なることも述べられている。ところで、我が国は南北に長いことから気温は各地域により大きく異なる。さらに、我が国高山帯の特徴の一つとして冬季の豪雪が指摘されており、大きく日本海側と太平洋側では雪環境は非常に異なる。そこで、地域の自然環境の違いを考慮した我が国高山生態系の脆弱性の評価が必要となる。

2. 研究目的

本サブテーマでは、我が国高山生態系の脆弱性を地域別に明らかにし、温暖化の指標となる具体例を示すことを目的とした。そこで、まず、我が国全国レベルでの視点から、GCM（大気大循環モデル）をもとにした温暖化共通シナリオ（以下、共通シナリオ）を用いて高山帯植生の変化予測を行い、温暖化影響リスク図（以下、影響リスク図）として示し、脆弱性が高い地域を抽出した。次いで、北海道、本州の太平洋側、本州の日本海側の3つの各地域から、北海道ではアポイ岳、本州の太平洋側では南アルプスの北岳及び群馬県尾瀬、本州の日本海側では石川県白山を選び、それぞれの場所において共通シナリオを用いて温暖化影響予測を行い影響リスク図を示し、温暖化に対する脆弱性あるいは指標性を検討した。

3. 我が国全国レベルでの高山帯植生の脆弱性の検討

3.1. はじめに

IPCCの報告書に呼応して我が国への影響がまとめられている。その中で、気温の上昇のみを考慮し、その上昇が緯度や季節に係わらず一律に変化したとして求めた結果から、我が国の高山帯は温暖化の影響を受け易い場所の一つと指摘されている。そこで、まず、気温の上昇以外に雪要因も考慮し、これらの要因が緯度や経度、季節によって変化するとして、全国レベルの視点から我が国高山帯の脆弱な地域を明らかにすることを目的とした。そのため、植生と気候データを基に、(1)高山帯植生の分布と気候条件との統計的関連性を分析し、(2)得られた統計的関連性を基に、共通シナリオを用いて、高山帯植生の分布の変化を予測し、影響リスク図として示した。

3.2. データおよび解析手法

我が国高山帯植生の脆弱性を明らかにするためには、それに隣接する亜高山帯の挙動についても同時に考える必要がある。そこで、まず、2つの植生帯と気候データとの関連性を度数分布によりあらかじめ把握した。気候データのうち気温条件を示すものとして、温量指数と夏季(5月～8月)積算最高気温、そして最寒月最低気温を用い、降水量条件としては年間降水量と夏季(5月～8月)降水量を、積雪深条件としては最深積雪深を用いた。各データの出典を以下に示すと、植生データは、環境省がまとめた第3回自然環境保全基礎調査の植生メッシュデータを用い、植生区分

のうち、寒帯・高山帯自然植生と亜寒帯・亜高山帯自然植生に分類されているものを、それぞれ高山帯植生、亜高山帯植生とした。また気候データについては、植生データと同じメッシュシステムを採用しているメッシュ統計値を使用した。その際、北海道と本州とでは、年間降水量や最深積雪深と植生帯との度数分布において地域差が見られたため、別々に分析を進めた。こらら複数の気候データを説明変数として、植生帯の分布を区別する判別分析を行い、2つの係数と定数項により示される線形判別関数を求めた。

その後、共通シナリオ（CCSRモデルの結果を統計的に補完し、約10kmの2次メッシュデータとして提供されたもの）で示されるメッシュデータを線形判別関数に代入し、共通シナリオの各メッシュが高山帯植生かあるいは亜高山帯植生に相当するかを予測し、その結果を影響リスク図として示した。

3.3 研究結果及び考察

3.3.a. 北海道の場合

高山帯植生654メッシュ、亜高山帯植生11,072メッシュを対象として分析を行った。判別分析の結果を表3.1に示す。年間降水量と夏季降水量は植生間で差が見られなかったため分析に用いていない。分析1から分析3において、高山帯植生は線形判別関数により計算される値が負の値であり、亜高山帯植生が正の値である。分析1において温量指数と夏季積算最高気温の係数はともに正の値であるため、両データの値が大きくなるほど、線形判別関数から算出される値は大きくなり、亜高山帯植生と判別される確率が高くなる。したがって、亜高山帯植生は高山帯植生と比較して、より暖かい地域に分布する傾向にあることが分かる。また2つの標準化係数（解析に用いた気候データの単位の影響を除いた係数）の絶対値の比較から、高山帯植生と亜高山帯植生の判別において夏季積算最高気温の方が影響は大きい。高山帯植生、亜高山帯植生のそれぞれの判別率は87%と88%である。分析2において、標準化係数の絶対値の比較から、植生帯を判別する際夏季積算最高気温で示される暖かさの指標の方が、最寒月最低気温で示される寒さの指標と比較して大きな影響を及ぼしている。高山帯植生、亜高山帯植生の判別率はそれぞれ86%と89%である。分析3では、最寒月最低気温と最深積雪深を採択した。係数の符号から判断して、寒冷でかつ積雪の多い地域に、高山帯植生が分布することが分かる。標準化係数の比較では、他の分析に比べ絶対値に大きな差はないものの、最深積雪深の方が最寒月最低気温より植生帯の判別に寄与していることが示された。判別率は高山帯植生と亜高山帯植生においてそれぞれ72%と77%であり、暖かさの指標を分析に用いた場合に比べて低くなった。

共通シナリオを用いて予測を行う際、我が国高山帯の特徴の一つである豪雪を考慮するため、最寒月最低気温と最深積雪深とによる線形判別関数（分析3）を用いた。その結果を影響リスク図として図3.1に示す。現在高山帯植生であるメッシュが、予測年次が進むにつれて、亜高山帯植生と判別されるメッシュが増加しており、温暖化に対する高山帯植生の脆弱性の高さを示す結果となった。2070年以後（2080年、2090年）、北海道においては、高山帯植生と判別されたメッシュは存在しなかった。また、北海道内においても地域差が見られ、例えば、北海道の東南部に位置するアポイ岳周辺などは脆弱性が高い場所であった。

3.3.b 本州の場合

高山帯植生442メッシュ、亜高山帯植生4,398メッシュを対象とした判別分析の結果を表3.2に示す。分析1は、夏季積算最高気温と最寒月最低気温、分析2は最寒月最低気温と最深積雪深を気候

表3.1 北海道地域における高山帯・亜高山帯植生の分布と気候条件間の判別分析結果

(上段に線形判別関数の係数，下段に標準化係数の絶対値を示す。判別率は上段に高山帯植生を下段に亜高山帯植生の結果を示す)

上段：線形判別関数の係数，下段：標準化係数の絶対値						
分析No.	温量指数 (°C)	夏季積算最高気温 (°C)	最寒月最低気温 (°C)	最深積雪深 (cm)	定数項	判別率
分析 1	0.012	0.142	---	---	-9.683	87%
	(0.120)	(0.914)				88%
分析 2	---	0.145	0.073	---	-8.158	86%
	---	(0.932)	(0.216)	---		89%
分析 3	---	---	0.187	-0.016	6.163	72%
	---	---	(0.554)	(0.700)		77%

表3.2 本州における高山帯・亜高山帯植生の分布と気候条件間の判別分析結果

(上段に線形判別関数の係数，下段に標準化係数の絶対値を示す。判別率は上段に高山帯植生を下段に亜高山帯植生の結果を示す)

上段：線形判別関数の係数，下段：標準化係数の絶対値					
分析No	夏季積算最高気温 (°C)	最寒月最低気温 (°C)	最深積雪深 (cm)	定数項	判別率
分析1	0.050	0.362	---	1.626	73%
	(0.362)	(0.700)	---		77%
分析2	---	0.446	-0.003	6.80	74%
	---	(0.862)	(0.335)		77%

データとして選んだ。分析1において、標準化係数の比較から、最寒月最低気温は、暖かさの指標となる夏季積算最高気温よりも判別に大きく影響し、また分析2においては、最深積雪深よりも、最寒月最低気温の影響が大きいことが分かる。北海道での分析結果と異なり、植生帯の判別においては、寒さの条件の影響が大きいことが示された。判別率は、両分析において大きな違いはなく、高山帯植生が約73%、亜高山帯植生が77%であった。

共通シナリオを用いた温暖化影響予測を行う際、北海道での場合と同様に、我が国高山帯の特徴の一つである豪雪を考慮するため、最寒月最低気温と最深積雪深とによる線形判別関数（分析2）を用いた。本州における予測では、2010年の共通シナリオを適用した時点で、すでに、高山帯植生と判別されたメッシュは存在せず、また2030年から2090年まで適用した結果も同様であった（図3.2）。

温量指数と植生帯の関連性に基づき、温暖化時の予測を行った野上(1994)²⁾の結果は、気温2度上昇時において、北海道以外のハイマツ低木林の大半が消滅することを示している。共通シナリオによる最寒月最低気温と最深積雪深を用いた本研究においても、本州における高山帯植生の温暖化に対する脆弱性は、北海道のそれと比較して高いことが示された。

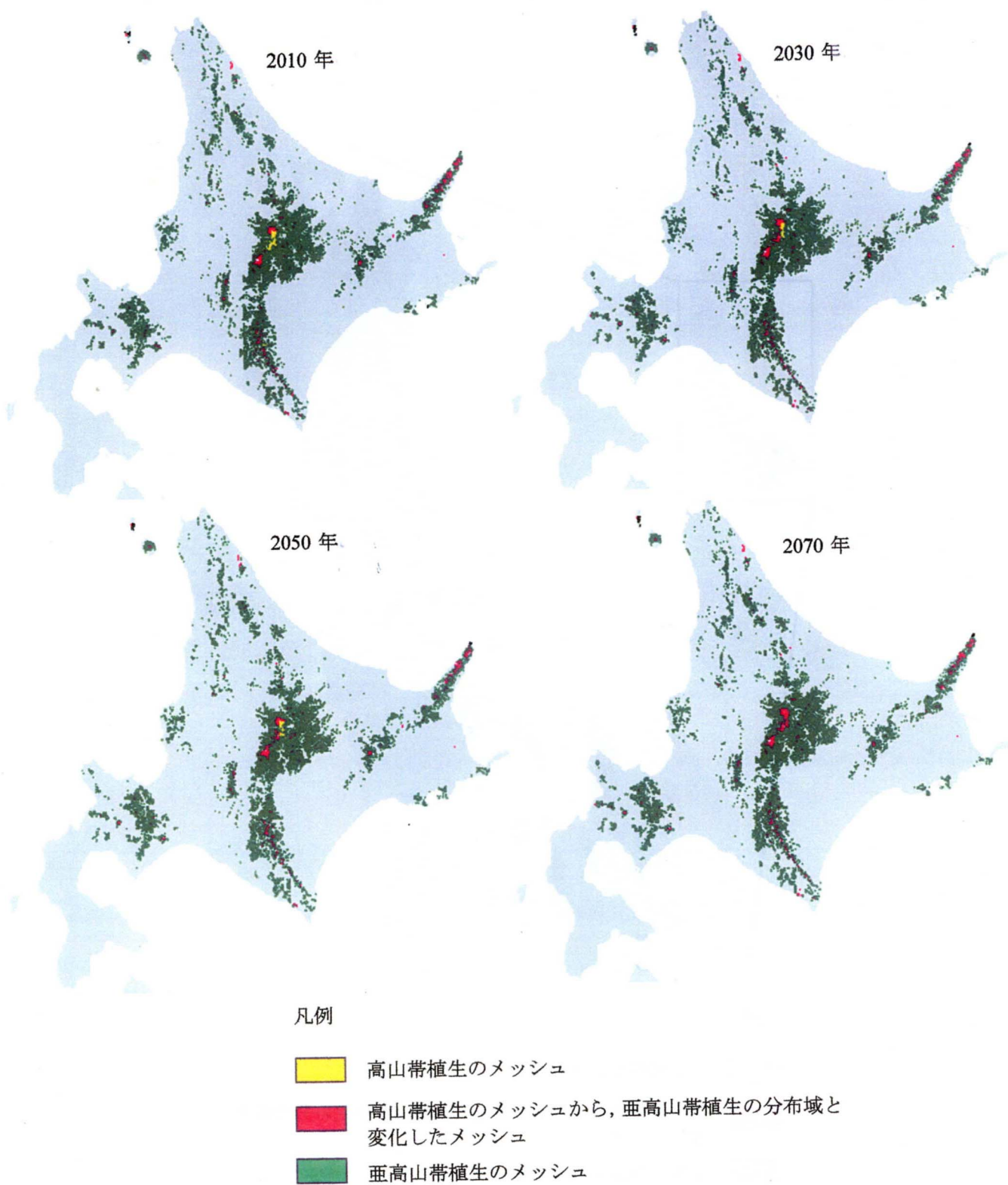
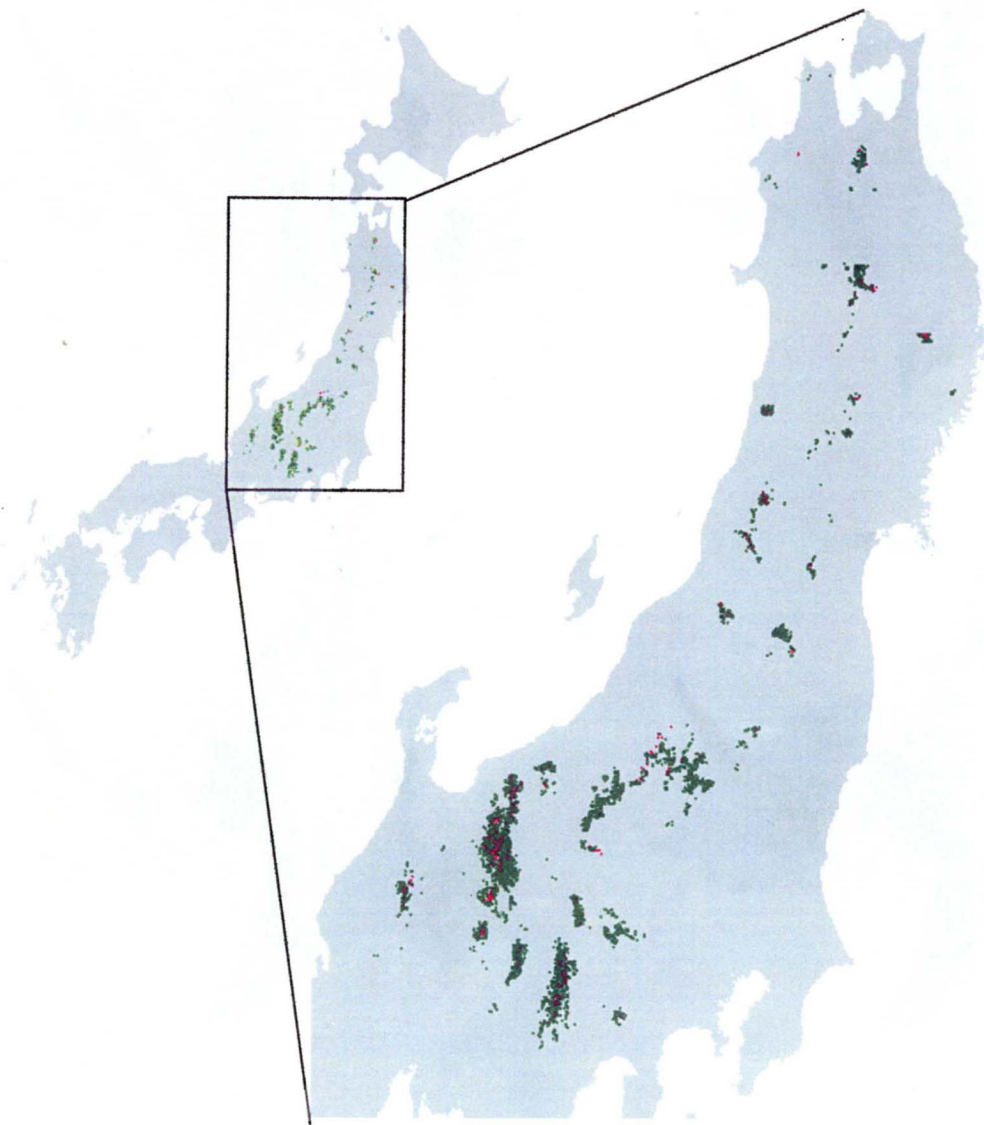


図3.1 CCSRを基にした共通シナリオを用いた北海道の高山帯植生の温暖化影響リスク図



凡例

- 高山帯植生のメッシュ
- 高山帯植生のメッシュから、亜高山帯植生の分布域と変化したメッシュ
- 亜高山帯植生のメッシュ

図3.2 CCSRを基にした共通シナリオを用いた本州の高山帯植生の温暖化影響リスク図 (2010年)

3.4 本研究により得られた成果

本分析は現時点で入手可能な最新の知見に基づいて行われたものである。しかし、高山帯の脆弱性の検討を行う際必要な知見ではあっても現時点では未知である知見は考慮してない。例えば、本分析は現在の植生帯と気候条件の関連性に基づいて予測したものであり、温暖に伴う植生帯の変化速度や植生帯と気象条件との関連性の変化などは考慮されていない。また、温暖化時の予測に使用した共通シナリオの空間解像度（本分析では約10kmメッシュ）の制約から、たとえその2次メッシュ内の一部に標高が高い場所などがあり、実際には高山植生が残るであろうメッシュではあっても、その2次メッシュとしては高山帯植生が残らないと予測されてしまうメッシュも有り得る。しかし、上記のような問題点が指摘されるとしても、温暖化影響予測に関して今まで行われてものに比べて大幅な改良、例えば、GCMに基づいた空間解像度約10kmの共通シナリオの導入、我が国の自然環境の特徴の一つである雪要因の導入、を加えた。その結果、北海道に比べて本州の方が温暖化に対する脆弱性が高いことが示された。また、北海道においては地域差が見られるものの、2070年以後では、高山帯植生と判別されたメッシュは存在せず、高い脆弱性が示された。

4. 北海道アポイ岳におけるハイマツの生育高度の上昇現象

4.1はじめに

アポイ岳は北海道南部の日高山脈南端に位置し、810.6mという低い標高にも係わらず、上部では森林が成立せず高山草原となり高山植物が生育している。この理由として、アポイ岳は海岸に近いこと、特に夏季濃霧が発生やすく、それによって日射量が少なく気温が低いこと。また、この山の母岩は超塩基性岩であるカンラン岩であることから、この母岩に由来する土壌の化学的、物理的な性質により森林の成立が阻害されるとともに、そのような場所に生育できる植物群は限られることが指摘されている。しかし、約50年前と比べると、ハイマツあるいはキタゴヨウマツを先駆植物とする木本植物の侵入によって高山植物の生育範囲が狭められている^(渡邊他、私伝：3)。そこで、本研究では、高山草原への木本植物侵入の先駆植物の一つであるハイマツに着目し、アポイ岳七合目上部の「馬の背」及び、七合目付近のかつて参道として使われていた区域で調査を行い、その侵入時期及び上昇速度を明らかにし、さらに、得られた知見をもとにアポイ岳の高山草原の脆弱性を検討した。

4.2 研究方法

アポイ岳南東斜面にある「馬の背」から下方に向かって5m×5mの方形区を連続的に8個設定し、各方形区内の出来る限り全てのハイマツの樹齢を調べた。その際、アポイ岳は特別天然記念物でありかつ国定公園に指定されているため、調査木すべてのハイマツを伐採して年輪を調べることはできない。そこで、ハイマツの樹齢は、伐採せずに樹齢が測定できる年枝法を改良して推定した。ハイマツは一年に一回分枝するため、主幹の分枝数を数えることによってその樹齢を推定することができる。しかし、ハイマツは地をはうような生育形態を持つため枝の脱落等により、樹齢測定に用いる主幹の分枝数をすべて数えることは困難である。そこで、まず、主幹の先端から可能なところまで分枝数を数えると共にその長さも測定し、分枝数でその長さを割ることによって平均の年枝長、つまり平均年枝伸長量を求めた。次に、主幹の残りの部分の長さを平均年枝伸長量で割り、残りの部分の樹齢を推定した。分枝数により推定した樹齢に残りの部分の推定樹

齢を加えたものをその主幹の樹齢とした。この改良年枝法（以下、年枝法）による樹齢を確かめるため、許可を得たハイマツについて、年枝法による樹齢と年輪数から求めた年輪法による樹齢との比較を行なった。そして、両者の間で直線関係を得た。この直線から、年枝法による樹齢は年輪法による樹齢と概ね同じであることが分かったが、特に若い個体では、年輪法より樹齢を低く推定する傾向が見られた。そこで、年枝法によるハイマツの樹齢を補正直線により補正し、そのハイマツの樹齢とし、さらに、各方形区毎に調査時より以前5年毎に樹齢をまとめ、解析の基礎データとした。その際、補正直線を求める際に用いた試料の樹齢範囲及び各コードラート内の全幼樹を見つけ出す困難さを考慮し、樹齢10年に達していないデータは除いた。

4.3 結果及び考察

図4.1に各方形区内でのハイマツの樹齢を示す。方形区の番号は大きいものほど下であることを示す。白丸は各方形区のハイマツの平均樹齢を示し、バーは各方形区の最高樹齢と最低樹齢を結んだものである。方形区1~3と方形区4~8において、方形区番号と平均樹齢との間でそれぞれ直線関係がみられ、方形区3と4の間に変曲点があることが予想される。

方形区番号の軸は距離の軸と置き換えることができるから、平均樹齢から求めた直線の傾き（樹齢(年)/5(m)）はハイマツの上昇速度の逆数と見なすことができる。従って、方形区1~3の方が方形区4~7よりもハイマツの上昇速度が速くなっていることになる。方形区1~3の平均樹齢から求めた傾きは2.95年/5mであるから、逆数を取ると1.7m/年となり、ハイマツの上昇速度は年間およそ2mと推定される。しかし、この平均寿命から求めた上昇速度は、各方形区での平均的な樹齢であるから方形区内でのハイマツの樹齢構成の影響を受ける。そこで、傾きが同じ直線関係と認められる方形区1~6で得られた最高樹齢を用いて、同様に直線の傾きを求め、その傾きからハイマツの上昇速度を推定すると年間0.4mとなった。しかし、この値は、1個体の値である最高樹齢を用いているので、平均樹齢から求めたものに比べて偶然性の影響を強く受ける。従って、現在のところ、ハイマツの年間当たりの上昇速度は、0.4mから2mの間と推定した。

図4.2に、調査区域（40m×80m）をまとめて樹齢5年毎のハイマツの本数を示した。横軸の値は樹齢を5年毎にまとめた中央値であるため、例えば、27.5は25年から30年を示す。調査区域では約30年前からハイマツの個体数が急激に増加したことが分かった。

4.4 本研究により得られた成果

アポイ岳はカンラン岩の風化からなる土壌の特殊性と霧による気象条件が複合的に作用し、特殊な高山草原を維持してきた。約50年前と比べると、ハイマツあるいはキタゴヨウマツを先駆植物とする木本植物の侵入によって高山植物の生育範囲が狭められたことが指摘されていた^(渡邊他、私稿：3)。この様な木本植物の上昇に伴う高山草原の減少は、今までに報告された我が国の温暖化影響に関する幾つかの文献の中で、温暖化に伴ない起こり得る現象の一つと予想されている。しかし、現在までのところ、一地域の一現象のみを取り上げ、その現象が温暖化によるものかどうかを科学的に判定する方法は提出されていない。しかし、現在我が国で実際に起こっている現象を詳しく解析し、まず科学的知見を蓄積していくことが重要と考えられる。本研究により、ハイマツの上昇現象の年変化を解析した結果、急激な個体数の増加は約30年前に始まったことが分かった。この30年より若い個体が標高が高い方形区で得られていることを考え合わせるとハイマツの上昇は約30年前から顕著になったと考えられる。そこで、その上昇速度を推定したところ、そ

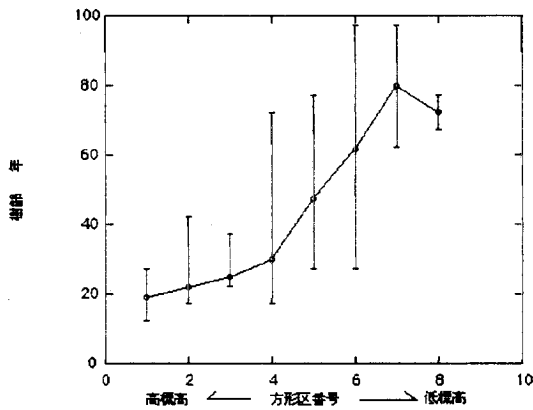


図4.1 アポイ岳南東面で標高別に設置した各方形区内でのハイマツの樹齢

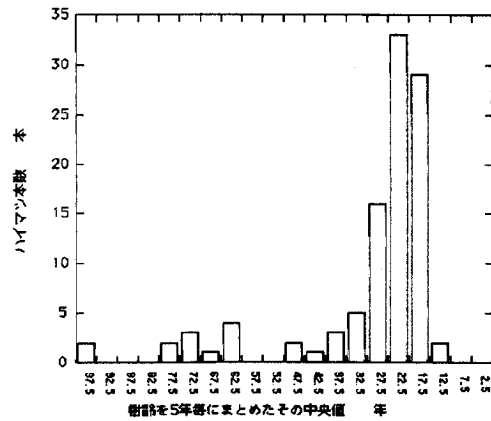


図4.2 全方形区内で得られたハイマツ樹齢5年毎の本数

の推定方法により異なるが、年間0.4mから2mの間と推定された。この調査地を含むアポイ岳南東面では、高山草原の下部から稜線上までの距離は、場所により異なるが40~60mである。本研究で行った標高別に設置した方形区内の樹齢から推定したハイマツの上昇速度を別な方法（例えば、今後の実際のハイマツの上昇速度を観察すること）により確かめる必要はあるが、本研究で推定した最も早い速度でハイマツが上昇した場合、およそ30年で高山草原が消滅すると計算され、アポイ岳の高山草原は極めて脆弱な場所であることが分かった。

5. 南アルプス北岳のキタダケソウ及び群馬県尾瀬のミズバショウの開花

5.1 はじめに

IPCCの最新の第3次評価報告書の中では、生物システムの観測された温暖化に伴う変化の例の一つとして樹木の開花が挙げられている。我が国でも、気象庁が「植物季節」・「動物季節」として、植物で33種、動物で27種の生物季節、例えばサクラの開花日・満開日、を各地で長期間観測している⁴⁾。従って、温暖化に対する指標としては貴重な資料である。しかし、長期間観測を続けていくうちに観測場所の中には、観測場所周囲の環境変化、例えば都市化の影響などは避けられない問題として指摘されている。そこで、人間の影響を比較的受け難い高山帯での生物季節の資料が重要となる。しかし、我が国高山帯で生物季節を長期に渡り観測し、そのデータを公表している例はほとんど知られていない。そこで、今までに観測された高山帯での生物季節の既存資料の収集を行った。そして、観測された生物現象と気象要因との統計的関係を求め、4つの共通シナリオ（CCCM、CSIR、CCSR、MPKI）を用いて影響予測を行い、影響リスク図として示した。

5.2 研究方法

様々な手段で我が国高山帯で今までに観測された生物季節に関する情報を収集したところ、本来の目的が温暖化に関する調査資料ではないものの、有力な資料として、一連の「北岳キタダケ

ソウ生育地保護区管理業務報告書」⁵⁾及び「尾瀬の自然保護」⁶⁾を得た。そして、それら資料に記載されている植物種の中から観察期間が比較的長い植物として、キタダケソウとミズバショウを選んだ。そして、キタダケソウについては、さらに現地調査を行い、キタダケソウの満開日を調べた。

キタダケソウの満開日、ミズバショウの開花日と気象要因との統計的関係を解析するため、キタダケソウについては富士山頂の気象データを収集した。ミズバショウについては開花日と同時に掲載されている気象データを用いた。そして、両種について満開日あるいは開花日と気象要因との統計的関係を求めた。さらに、4つの共通シナリオを基にした2次メッシュの気象データを用いてキタダケソウの満開日及びミズバショウの開花日を予測し、影響リスク図を作成した。その際、キタダケソウについては、共通シナリオの富士山頂が含まれる2次メッシュデータの平均標高と富士山頂との間の標高差を補正して、気象データを得た。ミズバショウについては、共通シナリオのミズバショウ観察地が含まれる2次メッシュの平均標高とミズバショウ観察地の標高がほぼ同じであったため、特に標高の補正はしなかった。

5.3 研究結果及び考察

キタダケソウの満開日と気象要因との統計的関係を求めたところ、満開日と富士山頂での消雪日とがおおよそ同じであることが分かった。そこで、富士山頂での消雪日を推定するため、共通シナリオで与えられる気象データを考慮し、既存のデータから富士山頂での寒候期最深積雪深と5月の平均気温を用いた重回帰式を求めた。共通シナリオから求めた富士山頂での寒候期最深積雪深と5月の平均気温及び既存のデータから求めた重回帰式から富士山頂の消雪日を予測し、キタダケソウ満開日の影響リスク図とした(図5.1)。縦軸は6月1日を1としたキタダケソウの満開日を表す。白丸は4つのシナリオから予測された平均値を示し、上方のバーは最も開花日が遅くなるシナリオの値、下方のバーは最も早くなるシナリオの値を示す。シナリオにより多少異なるもののキタダケソウの満開日は徐々に早まり、2040年では、平均値で満開日は6月始めに早まると予測された。この満開日が6月始めであるという現象は、1998年とほぼ同程度であった。

ミズバショウの開花日と気象要因との統計的関係を求めたところ、開花日と4月の平均気温との間で比較的良い回帰直線が得られた。そこで、この回帰直線と共通シナリオのミズバショウの調査地が含まれる2次メッシュの4月の平均気温とから、ミズバショウの開花日を予測し影響リスク図とした(図5.2)。縦軸は5月1日を1としたミズバショウの開花日を表す。白丸は4つのシナリオから予測された平均値を示し、上方のバーは最も開花日が遅くなるシナリオの値、下方のバーは最も早くなるシナリオの値を示す。キタダケソウの場合と同様に、シナリオにより多少異なるもののミズバショウの開花日も徐々に早まり、2040年では、4つのシナリオの平均値で5月初旬頃が開花日になることが予測された。

5.4 本研究により得られた成果

我が国高山帯で生物季節を長期に渡り観測し、そのデータを公表している例はほとんど知られていなかったが、本研究の結果、現在でも観測を継続している貴重な資料として、一連の「北岳キタダケソウ生育地保護区管理業務報告書」及び「尾瀬の自然保護」を得た。観測数が少ないキタダケソウについては、さらに、分類標本として開花個体が保存されている試料などからも1950

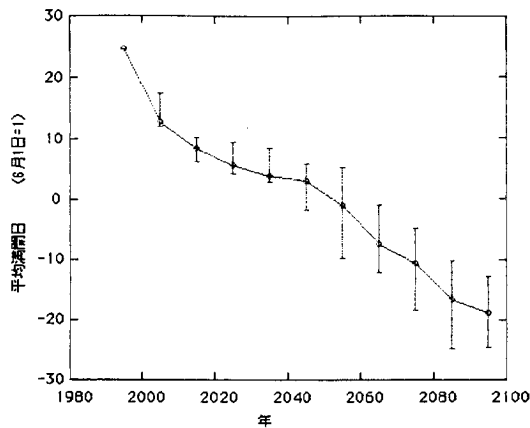


図5.1 キタダケソウ満開日の温暖化影響
リスク図

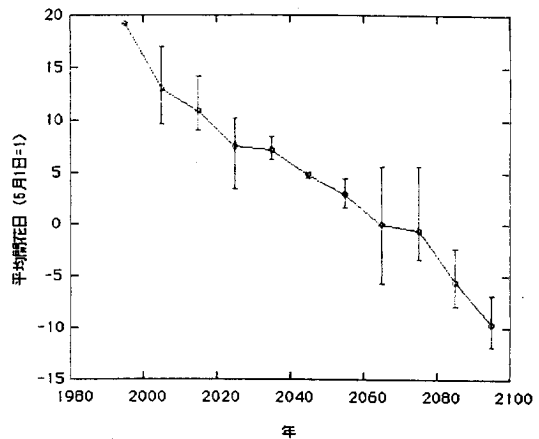


図5.2 ミズバショウ開花日の温暖化
影響リスク図

年代の開花日のデータも得られた。また、これら植物の開花が温暖化の影響を受けやすいことが示された。また、2040年代のキタダケソウ満開日と1998年での満開日がほぼ同じであることから、2040年代の平均的な南アルプス北岳周辺の気候は、キタダケソウ満開日の調査を始めてから最も早かった1998年と同じような気候である可能性が示唆される。また、これら植物の開花日あるいは満開日の変化は、分布変化などに比べて年毎の気温変化にすばやく反応することから、今後各地域でこのような高山帯に生育する植物の長期間の開花データが充実すれば、我が国高山帯での温暖化影響の検出のための有力な指標の一つとなろう。

6. 石川県白山における脆弱性

6.1 白山の周氷河地形

6.1.1 はじめに

寒冷な高山帯を特徴づける地形のひとつに周氷河地形の存在があげられる。白山では、1982年の夏に周氷河地形が見つかり、主として階状土であることが報告された⁷⁾。この地形について簡単に述べれば、この地形は地表面あるいは地中の凍結・融解に伴う凍結・破碎作用により岩石が細分され、それによって岩屑がゆっくり移動して作り出される。従って、この地形の分布は、斜面の角度、土壌特性、植物の有無、雪、風などの様々な影響を受けるが、基本的には温度の影響を強く受ける。そのため、温暖化による影響を受けやすいと考えられる。本研究では、階状土に加えて周氷河地形の一種であるロープ（舌状に長くのびた周氷河地形）についても、温暖化共通シナリオを用いて白山の周氷河地形の変化予測を行い影響リスク図を作成した。

6.1.2 研究方法

(a) 白山における周氷河地形の分布

温暖化影響予測を行う際、まず、その基礎となる現在の白山における階状土・ロープの分布と

気候要因との関係を明らかにする必要がある。

白山での周氷河地形の分布について、今井（1984）⁸⁾は、白山山頂部の緩斜面上を中心に17か所の階状土の分布地点を明らかにした。小川・山本（1998）⁹⁾は、白山で21か所の階状土・ロープの分布地点を明らかにした。これらの知見を踏まえ、まず、階状土・ロープの分布について現地調査を行い、5,000分の1の縮尺の地図上に記載した。さらに、空中写真の判読により補足した。そして、階状土・ロープの分布図をデジタル化し、GIS（ESRI社製Arc/Info、Arc View）上で25mメッシュの標高値との重ね合わせを行い、確認した33か所の周氷河地形を約400の標高値を持つ25mメッシュに細分して周氷河地形の最小基本単位とした。その際、活動中のものと化石化したものを厳密に区分することも極めて難しい。そこで、本研究では化石化したものも含めている。

次に周氷河地形と気候要因との関係を求めた。従来の調査研究^{10) 11)}などから周氷河地形分布と年平均気温とが良く対応することが知られている。そこで、気象庁監修（1996）¹²⁾によるメッシュ統計値および国土地理院作成の国土数値情報3次メッシュ（約1kmメッシュ）の平均標高を用いて、周氷河地形の最小基本単位が含まれる2次メッシュ（約10kmメッシュ）内の100個の3次メッシュの標高と年平均気温との関係を2次メッシュ毎に求め、その関係式により各最小基本単位の年平均気温を推定した。

6.1.3 結果及び考察

白山において33か所の階状土・ロープの分布地点を確認した。分布には大きな偏りがあり、2400～2500m未満に全体の約55%が集中していた。また、周氷河地形が分布していた年平均気温の範囲は0.6℃～2.6℃であった。

そこで、得られた年平均気温2.6℃を白山の階状土・ロープの活動分布限界温度として、4つの共通シナリオの年平均気温を用いて、白山での周氷河地形の影響リスク図を作成した。その結果、予測に用いたシナリオによる違いが認められるが、ここ数十年の間に白山の階状土・ロープがほぼ化石化してしまうことが予測された。早いもので2010年（CSIR）、遅いもので2040年（CCSR）にすべての階状土・ロープが化石化する結果になった。特に今後10～20年の間での変化が激しい（図6.1）。CSIRやMPKIでは今後10年間で約90%近くが化石化するとの結果になった。いずれにしても、限られた標高範囲に分布する白山の階状土・ロープは、温暖化に対して脆弱性が極めて高いことが示された。

6.2. 白山の動物

6.2.1 はじめに

最近まとめられたIPCCの第3次報告書では、温暖化による動物生息域の高々度への移動の事例が報告され始めており、緊急に我が国高山帯動物相の温暖化に対する脆弱性を検討する必要がある。そこで、高山帯・亜高山帯での動物に関する知見が比較的多く蓄積されている石川県白山の高山帯地域において、寒冷な気候と関連して分布しているオコジョ¹³⁾とオコジョの捕食者であり、またオコジョの餌となるネズミ類・モグラ類などの小哺乳類も食べるホンドキツネ（以下、キツネ）、ホンドテン（以下、テン）、また、オコジョの餌となるネズミ類・モグラ類の中からそれぞれ高地性の種と低地性の種を選び、既存資料や野外調査によりそれらの生息状況変化を調べるとともに、温暖化に対する脆弱性を検討した。

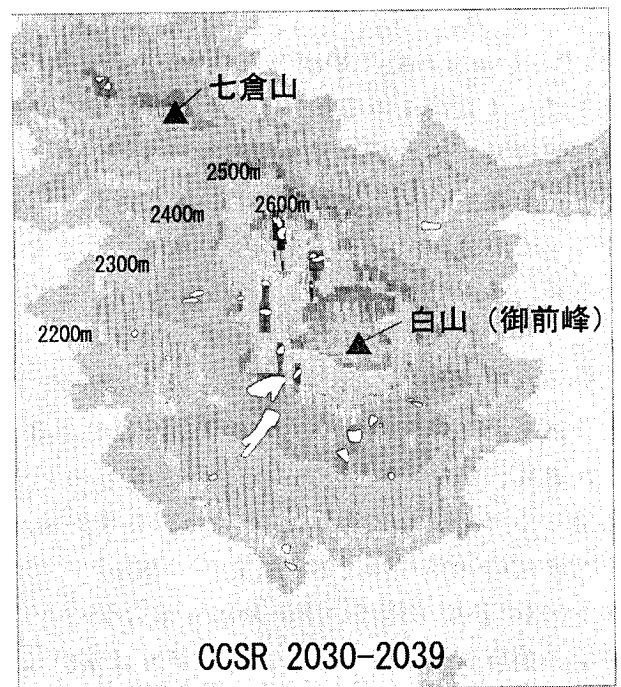
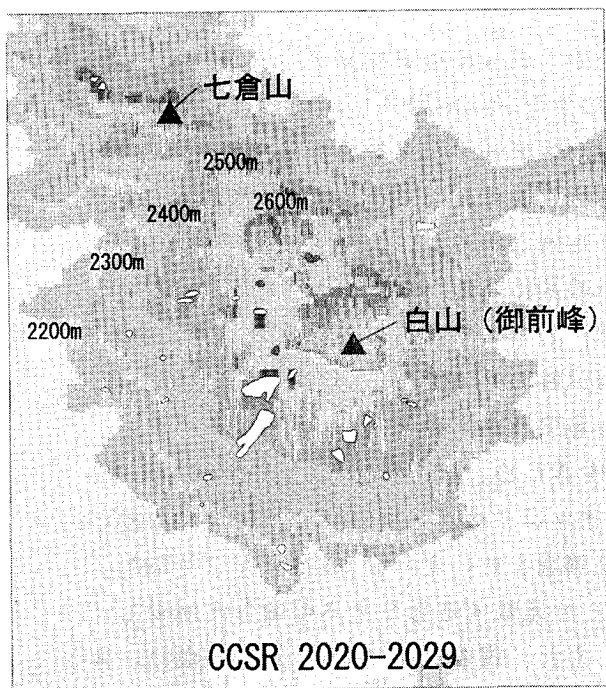
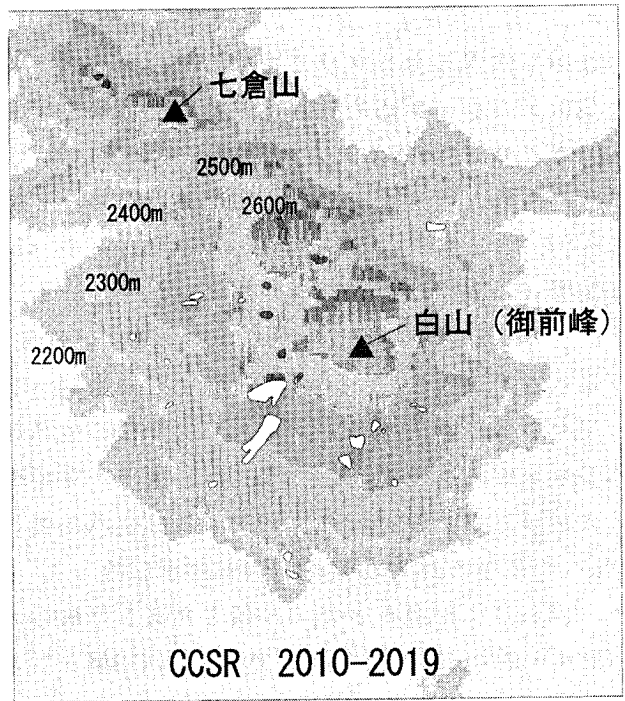
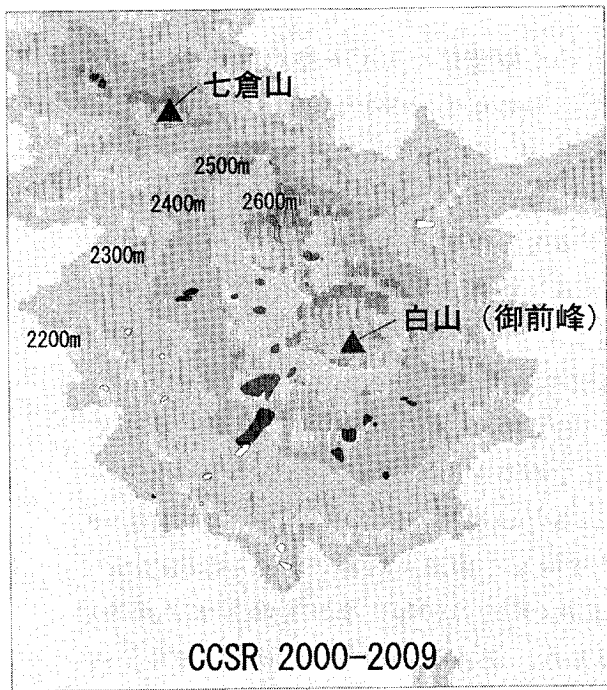


図6.1 白山における周氷河地形の温暖化影響リスク図

6.2.2 調査方法および調査地

白山自然保護センターで把握した白山地域でのオコジョの目撃情報などや水野(1994)¹⁴⁾の報告を基にオコジョが認められた年及び標高を整理した。また、1999年と2000年は標高約2000m以上、2001年には1000m以上の白山地域で登山道に沿ってオコジョ、キツネ、テンの糞の調査を行い、糞が認められた標高を記録した。調査を行った日時及びコースは次のとおりである。1999年9月6日～9月8日、10月12日～14日の6日間9ルート(別山道、平瀬道、中宮道、頂上池めぐりコース、砂防新道、展望歩道、エコーラインコース、トンビ岩コース、南竜水平道)で延べ34km、2000年8月21日～24日、10月3日～6日の8日間には岩間道、別山道などの登山道を中心に延べ32kmの調査を行った。また、2001年にも同様に登山道延べ40km(標高2000m以上で)について調査を行った。

オコジョの餌となるネズミ、モグラ類の生息状況を調べるために、白山では高地性のモグラであるヒメヒミズと低地性のヒミズ、また、高地性のネズミであるヤチネズミ、低地性のハタネズミに注目し調査を行った。1999年には亜高山帯の南竜が馬場と山地帯の市ノ瀬周辺(標高700～950m)で罠をそれぞれ848個と280個を設置した。2000年には同じく南竜ヶ馬場で延べ1483個設置した。2001年には白山北部の小桜平避難小屋周辺(標高約1950～2100m)及び白峰村市ノ瀬周辺(700～1050m)において、それぞれ419個と773個を設置した。調査は1999年9月26日～29日、10月31日～11月2日の8日間、2000年8月2日～5日、10月14日～17日の8日間、2001年9月29日～10月1日、11月22日～25日の7日間に実施した。

6.2.3 結果と考察

オコジョについての既存資料や野外調査により146件のオコジョの分布標高データが得られた。そこで、オコジョの分布の年変化を把握するため、図6.2にオコジョが認められた年別にその標高(目撃情報、オコジョ標本の採取データ、糞データ、死体回収データなどを含む)を示す。目撃情報や糞調査などその方法の違いにより年別に認められる事例数は異なるが、この約30年の間でオコジョが分布する標高範囲には概して大きな変化は認められなかった。また、約1000m以下という低い場所でもオコジョが認められた。この個体が、一時的に高地から低地へ移動したものであるのか、あるいは、恒常的に低地に住みついている個体群のものであるのか、現時点では議論の分かれるところであるが、もし低地に住みついている個体群の一部であるとすると、温暖化により様々な影響を受けやすい低地個体群は温暖化に対する脆弱性が高いと言えるであろう

次に、3年間の糞調査の結果を、既存のデータと比較するため、標高2000m以上の地域のものに限って再整理し、糞の比率(3年間の平均値)として、オコジョ8%、キツネ48%、テン44%を得た。約25年前の1975～1977年に、花井(1978)¹⁵⁾はほぼ同様な調査を行いオコジョ12%、キツネ58%、テン30%の結果を得ている。約25年前の結果と今回の調査とを比較するとキツネの割合が減少し、テンの割合が大巾に増加し、オコジョは僅かに減少した。また、調査距離1km当たりの糞数は、オコジョは0.5から0.3に、キツネは2.5から2.0に、テンは1.3から1.8に変化した。同じ種の糞数の比較であっても、厳密に言えば、糞数はその場所の個体数の指標とはならないが、大まかに言えば、おおよそその個体数を反映していると考えられる。従って、約25年の間に、白山の2000m以上の地域では、オコジョが微減し、キツネは大幅に減少、テンは大幅に増えていることが示唆される。次に、白山地域でのそれぞれの種の標高別の分布を把握するため、低標高地から高標高地まで調査を行った2001年の結果を基に、オコジョ、キツネ、テンの標高別の糞数を図6.3に示す。オコ

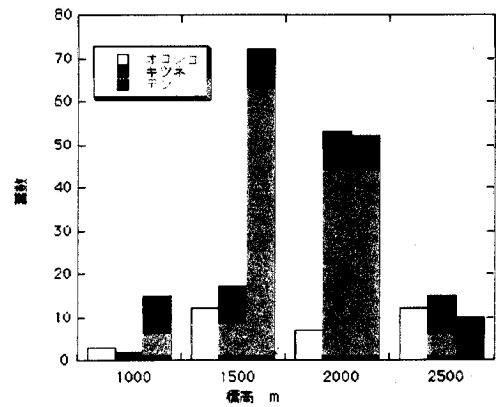
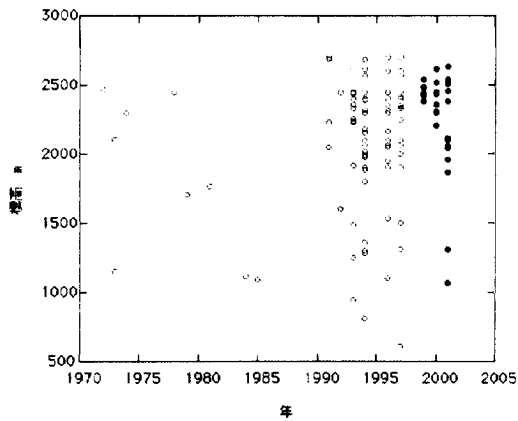


図6.2 白山でのオコジョの分布標高変化

図6.3 白山でのオコジョ、キツネ、テンの標高別糞数

ジョ、キツネ、テンの糞が最も多く認められた標高は、オコジョが2500m以上、キツネが2000～2500m、テンが1500～2000mであり、種により異なっていた。また、オコジョを捕食することが確認されているキツネの糞が最も多い標高で、オコジョの糞の数が少ないことが分かる。この結果は、オコジョの分布にはオコジョの捕食者であるキツネなどの分布が影響することを示している。

オコジョの餌となる小哺乳類の中からヤチネズミ、ハタネズミ、ヒメヒミズ、ヒミズに注目した。1999～2001年の捕獲調査から、白山の標高2000m付近で高地性のヒメヒミズ8個体と低地性のヒミズ1個体が捕獲された。ここで興味深いのは低地性のヒミズである。水野・八神(1985)¹⁶⁾は、それまでの標本と文献から白山地域でのヒミズの分布は低地から標高約1500mまでとした。子安・林(1997)¹⁷⁾は、1996年と1997年の2年間に室堂平を中心に調査を行い、万才谷源流部(標高2450～2500m)などでヒミズ4個体を採集し、ヒミズの分布が白山の亜高山帯・高山帯に拡大している可能性を示唆した。今回の調査でも、標高2000m付近でヒミズが採取され、低地性のヒミズが高地に侵入してきていることが確認された。

また、標高2000m付近でヤチネズミが12個体、ハタネズミが21個体捕獲された。1000m付近では、ヤチネズミ、ハタネズミとも捕獲されなかった。ここで、興味深いのは高地性ヤチネズミの低地での採取である。まず、氷河期の遺存種と言われるヤチネズミの低地での過去の採取例をみると、花岡・大杉(1948)¹⁸⁾は1946年、1947年に白峰村市ノ瀬(標高1000m)の低地で捕獲したことを報告している。しかし、それ以後、子安らによる1990年と1991年に市ノ瀬で行われた調査(未発表)では、ヤチネズミは捕獲されていない。また、今回の調査でも捕獲されなかった。従って、おおよそ50年の間に高地性のヤチネズミは低地での個体数が極めて減少した(あるいは、いなくなった)ことが分かる。次ぎに高地での低地性ハタネズミについてみると、花井(1978)¹⁵⁾は、1975～1977年の調査で標高2000m以上の地域でハタネズミを確認していないが、その当時、他の研究者により確認されたことを引用している。従って、おおよそ25年前、低地性のハタネズミが20

00m以上に分布していたとしても、その数はそれほど多くなかったと考えられる。その後、信太（1983）¹⁹⁾は、標高1350mと2000m、2350mではハタネズミを確認している。1996年、1997年に子安・林（1997）¹⁷⁾が室堂平周辺の標高2350～2550mの範囲で実施した調査では、ハタネズミが確認された。これらの結果からネズミ類、モグラ類4種の分布変化を整理すると、高地性のヒメヒミズ、ヤチネズミのうち、ヤチネズミは、おおよそ50年間の間に低地での個体数が極めて減少した（あるいは、居なくなった）。また、低地性のヒミズ、ハタネズミが高地に分布を拡大した可能性が高い。

6.3 白山の雪田植生

6.3.1 はじめに

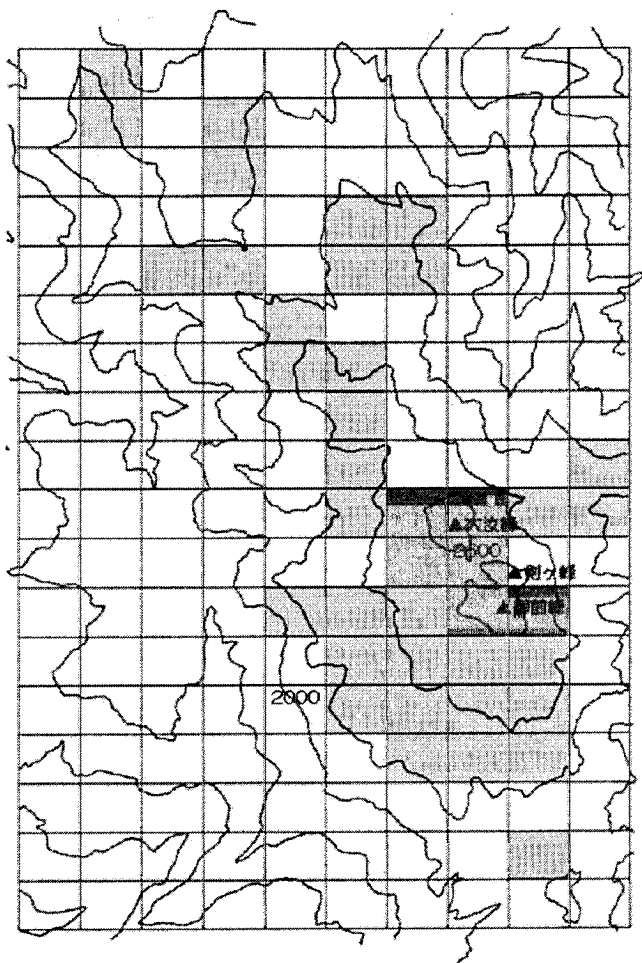
我が国高山帯の特徴の一つとして冬季の豪雪が指摘されている。この豪雪の影響を強く受ける高山植生の一つが雪田植生である。雪田植生は、雪が遅くまで残る雪渓周辺の比較的湿潤な環境に成立する植生であり、冬季積雪のため厳しい低温にさらされることはないが、春雪解けが遅く生長可能な期間が短く厳しい環境下にあると言える。雪解け時期は、大まかにみると、積雪深と融雪期の気温から推定できることが知られているから、雪田植生は温暖化の影響を受けやすい植生の一つと考えられる。そこで、豪雪地帯の一つである石川県白山にある雪田植生を対象に温暖化に対する雪田植生の脆弱性を検討した。

そのため、白山地域を対象に、共通シナリオで与えられる気象データを考慮しながら、既存の植生データと気象データから雪田植生の分布と気象要因との関係を調べた。そして、得られた雪田植生と気象要因との関係と共通シナリオから、雪田植生の分布変化を予測し、温暖化影響リスク図として示し、脆弱性を検討した。

6.3.2 研究方法

石川県白山自然保護センター（1995）²⁰⁾編集・発行の白山地域植生図を基に高山・亜高山500mメッシュ図を作成した。少しでもそのメッシュに雪田植生が分布する場合は、雪田植生が分布するメッシュ（雪田メッシュ）とした。そして、各500mメッシュの平均標高を国土地理院発行の数値地図50mメッシュ（標高）から計算した。さらにその値から、2次メッシュの平均標高との差、傾斜角、起伏1（最高標高-最低標高）、起伏2（最高標高-平均標高）の4つの地形因子を計算した。

次に、雪田植生と気候要因との関係を調べた。解析に用いた気象データは、気象庁観測平年値メッシュデータである。まず、雪田メッシュ（500mメッシュ）が含まれる2次メッシュ（約10kmメッシュ）内にある100個の3次メッシュ（約1kmメッシュ）について、そのメッシュの各月の平均気温（実際計算に用いたものは2次メッシュの平均気温との差）と平均標高（2次メッシュの平均標高との差）との回帰式を作成した。そして、その回帰式に各500mメッシュの平均標高（2次メッシュの平均標高との差）を代入し、月平均気温を算出した。そして、従来法により暖かさの指数を求めた。雪要因としては寒候期最深積雪深を選び、2次メッシュに含まれる100個の3次メッシュから、寒候期最深積雪深（2次メッシュの寒候期最深積雪深との比）と上記4つの地形要因に、さらに標高、緯度、経度を加えた7つの地形因子との重回帰を行い重回帰式を得た。その重回帰式に各500mメッシュの地形因子データを代入して、各メッシュ毎の寒候期最深積雪深を得た。得ら



図中の各マスは500mメッシュを示す。薄い灰色のメッシュは、温暖化に伴ない雪田植生が消滅すると予測されたメッシュ、濃い灰色のメッシュは、雪田植生が残ると予測されたメッシュを示す。

図6.4 白山での雪田植生の温暖化影響リスク図
(CCSR;2010年～2020年)

れた500mメッシュの暖かさの指数と寒候期最深積雪深の値を用いて、500mメッシュについて雪田メッシュとそれ以外を判別する判別分析を行い、判別式を得た。

4つの共通シナリオにより与えられる月平均気温、寒候期最深積雪深（2次メッシュデータ）及び上記の判別式から、500mメッシュ毎に雪田メッシュかそれ以外かを2100年まで予測し、温暖化影響リスク図として示した。

6.3.3 研究結果及び考察

その結果、4つのシナリオによる予測結果はシナリオにより多少異なるが、共通した傾向として2030年までに雪田が存在するメッシュが急速に減少し、2070年までに雪田が存在するメッシュが無くなってしまった。その結果の一例であるCCSRの例を図6.4に示す。CCSRの例では、現在と比べて、すでに2000～2020年の20年間で雪田植生が分布するメッシュの数が40から6に急速に減少し、また、分布標高は、現在のおおよそ標高2000m以上から2400m以上へと変化した。これらの結果、

白山地域での雪田植生は温暖化に対して極めて脆弱であることが示された。

6.4. 本研究により得られた成果

白山は、日本海側に位置することから、冬季の季節風の影響を強く受け有数の豪雪地帯である。白山の高山帯では地表面での凍結融解作用が卓越し、階状土やローブといった周氷河地形が発達している。階状土やローブを詳細にみると、急崖部と平坦部とからなっている。急崖部は上部からの岩屑の移動がさまたげられ急な崖状となったものであり、ある種植物の重要な生育場所となっている。急崖部の背後には移動した岩屑がたまった平坦な面（上面）ができ、この部分は、凍結融解作用が活発で凍上や表層物質が移動・攪拌するため、植物の生育が妨げられ裸地化した状態が維持されている。本研究により、年平均気温 2.6°C が白山での階状土・ローブの活動分布限界温度として求められた。また、2020年までにおいても化石化する周氷河地形が増加すると予測されたことから、極めて脆弱性が高いことが示された。さらに、周氷河地形はある種植物の重要な生育場所であることから、化石化に伴う表層物質の移動・攪拌の停止は様々な植物の分布にも影響を及ぼすと考えられる。白山のこれまでの調査においても、完全に化石化した階状土が観察され、一部は、すでにハイマツに被われてしまっている。

雪と関係が深い雪田植生の白山での分布は、雪が遅くまで残る雪渓周辺の湿潤な環境で、しかも遅くまで雪が残らずある程度生育期間が確保される区域に限られている。そこで、代表的な温度因子でもありかつ植物の成長期間の指数となる暖かさの指数、雪因子として寒候期最深積雪深を選び、白山地域での雪田植生の分布との関係を調べたところ、この2つの因子でおおまかに雪田植生の分布が把握できた。温暖化共通シナリオに基づいて温暖化影響リスク図を求めたところ、2010年までにおいても雪田植生が消滅するメッシュが多く、極めて脆弱性が高いことが示された。また、2070年までには雪田植生が無くなるほどであった。そこで、現在、水屋尻雪渓付近の雪田植生付近で消雪時期の変化を継続して調べているところであるが、1994～2000年までの5年間で消雪時期が最も早かったのが1998年で5月17日、平均6月21日であり、今後の変化が注目される。また、早くから雪が消えることは、その後雪解けによる水補給が絶たれ、土壌が乾燥化することを意味する。土壌の乾燥化は、雪田植生への周辺部からの他種の侵入をまねく。実際現在すでに、比較的乾燥に強いササの侵入が観察されている。

このような植生の変化は、ここに生活する高山性のオコジョにも少なからぬ影響を与える。白山の高山性のオコジョが分布する標高はここ30年ほどは大きな変化はしていないと思われる。しかし、標高2000m以上での個体数は僅かに減少していることが示唆された。また、キツネ、テンの分布変化、さらに、小型哺乳類のなかで低地性の種の高地への進出傾向が示唆された。今後、寒地を主な生息地とするオコジョの分布や個体数への温暖化の影響は当然危惧されており、今後とも注目していく必要がある。その際、オコジョばかりでなく、オコジョと関連する他種への影響も同時に把握する必要がある。また、特にキツネでは、今までに行われた糞分析の結果から、人間が破棄した残飯に由来する輪ゴムなどが認められており、温暖化影響に加え、直接的な人間活動の影響も考慮する必要がある。

参考文献

1. 環境省地球環境局 監修(2001)
「気候変化2001 IPCC地球温暖化第3次評価報告書-政策決定者向け要約-」
2. 野上道男：地学雑誌103(7):886-897 (1994)
「森林植生帯分布の温度条件と潜在分布の推定」
3. 西川洋子・宮木雅美・堀繁久：北海道環境科学センター所報 20：89-95 (1993)
「アポイ岳におけるお花畑の縮小とそれに伴う高山植物相の変化」
4. 中村繁、北村幸房：丸善株式会社 (1994)
「理化年表読本 気象データマニュアル 第5刷」
5. 環境自然保護局 南関東地区国立公園・野生生物事務所 (1996~2001)
「平成7年度~平成12年度北岳キタダケソウ生育地保護区管理業務報告書」
6. 群馬県 (1979~2000)
「尾瀬の自然保護-群馬県特殊植物等保全事業調査報告書- 第2号~第23号」
7. 山本憲志郎・今井典子・守屋以智雄・東野外志男：日本地理学会予稿集, 58-59 (1983)
「白山の現成階状土」
8. 今井典子：石川県白山自然保護センター研究報告, 10, 1-13. (1984)
「白山山頂の階状土」
9. 小川弘司・山本憲志郎：平成9年度環境庁委託生態系多様性地域調査(白山地区)報告書、113-119. (1998)
「白山山頂部の階状土及びロープ」
10. WILLIAMS, P. J. : Geogr. Ann. , 43, 339-347 (1961)
"Climatic Factors controlling the distribution of certain frozen ground phenomena."
11. 小疇 尚・野上道男・岩田修二：第四紀研究, 12-4, 177-191. (1974)
「ひがし北海道の化石周氷河現象とその古気候学的意義」
12. 気象庁監修：(財)気象業務支援センター (1996)
「気象庁観測平年値」
13. 川道武男：温暖化に追われる生き物たち p.350-361. 築地書館p.413. (1997)
「ナキウサギは温暖化に耐えられるか」
14. 水野昭憲：石川県白山自然保護センター研究報告集 21、21-26 (1994)
「白山山系のオコジョの分布」
15. 花井正光：石川県白山自然保護センター研究報告4、83-82 (1978)
「白山高山帯の哺乳類相」
16. 水野昭憲・八神徳彦：白山高山帯自然誌調査報告書、107-111、石川県白山自然保護センター。(1985)
「Ⅲ白山高山帯の動物4ほ乳類」
17. 子安和弘・林哲：石川県白山自然保護センター研究報告24、23-32. (1997)
「白山高山帯における野生小哺乳類」
18. 花岡利昌・大杉 忠：採集と飼育10：140-145. (1948)
「トウホクヤチネズミの新産地」
19. 信太照夫：石川県白山自然保護センター研究報告9、57-65(1983)

「白山北稜の小哺乳類相」

20. 石川県白山自然保護センター（編）：石川県白山自然保護センター，82p+植生図2葉（1995）
「白山地域植生図及び同説明書」

[国際共同研究等の状況]

当初、国際ツンドラ計画（ITEX）の一環として実施する予定であったが、ITEX計画の調査方法や調査場所をそのまま本プロジェクトで採用することはできなかった。しかし、情報交換などを行った。

[研究成果の発表状況]

(1). 誌上発表

- ①名取俊樹：日本生態学会誌、49、301-305（1999）
「南アルプス北岳に遺存するキタダケソウの現状と将来」
- ②小川弘司：石川県研究職協議会1999年度会報、19-20（1999）
「白山の周氷河地形」
- ③野上達也：石川県研究職協議会1999年度会報、21-22（1999）
「1998年の白山の積雪とクロユリの開花」
- ④林哲：いしかわ人は自然人、13、4、19-22（2000）
「分布北上中　ーカモシカやサルが分布が変わった」
- ⑤林哲・子安和宏：石川県白山自然保護センター研究報告第27集　29-33（2000）
「石川県におけるヒミズ類の分布」
- ⑥林哲・子安和宏：白山28、2、11-13（2000）
「白山のヒミズ」
- ⑦Shimizu Y., Natori T. & Omasa K. : Proc. LUCC Symposium 2001. (2001)
"Predicting the distribution of alpine vegetation in Japan under climate change"
- ⑧名取俊樹・林哲：地球温暖化問題検討委員会影響評価ワーキンググループ、2-4~2-10、(2001)
「2.2高山生態系への影響　地球温暖化の日本への影響2001　第2章陸上生態系への影響」
- ⑨清水庸・池亀泰央・名取俊樹・大政謙次：日本生態学会誌、52、25-34（2002）
「高山帯・亜高山帯植生と気候条件の統計的関連性」

(2) 口頭発表

- ①名取俊樹：第46回日本生態学会（1999）
「南アルプス北岳の自然植生の現状と将来について」
- ②増沢武弘・光田隼・美里直美・田中正人・渡辺定元：日本植物学会第63回（秋田）大会（1999）
「北海道アポイ岳における高山植物群落の遷移」
- ③林哲：平成11年度白山自然講座（1999）
「白山高山帯の小動物　ーハイマツ帯にすむけものたち」
- ④清水庸・池亀泰央・名取俊樹・後藤英治・大政謙次：平成12年度CELLS学会（2000）
「高山帯・亜高山帯と環境因子の関連性の把握」
- ⑤Shimizu Y., Ikegami Y., Natori T., Goto E. & Omasa K. : The XIV Memorial CIGR Woeld

Congress 2000. (2000)

"Factors affecting the distributin of alpine-subalpine vegetation"

⑥名取俊：第48回日本生態学会（2001）

「温暖化に伴なうキタダケソウの開花日の変化の予測」

⑦名取俊樹：第49回日本生態学会（2002）

「南アルプス北岳に生育するキタダケソウの生育地環境について」

(3) 出願特許 特になし

(4) 受賞等 特になし

(5) 一般への公表・報道等 特になし

(6) その他成果の普及、政策的寄与・貢献について

①台湾で行われた第6回日台国立公園セミナー（2001）に参加し、国立公園を今後、管理・運営上で地球温暖化を考慮する必要があることを講演した。

②2001年に行われた「キタダケソウ保存研究会」に参加し、稀少植物であるキタダケソウを保存していく上で地球温暖化を考慮する必要があることを述べた。