

大町市「山岳文化都市宣言」7周年記念

平成21年度

企画展

日本アルプス・富士山  
白山・研究室 発

# 高山の自然は今…

高山の自然は今…  
- そしてその未来は…? -



大町山岳博物館

山岳文化都市宣言7周年記念

平成21年度 企画展

日本アルプス・富士山  
白山・研究室 発



大町山岳博物館

大町市「山岳文化都市宣言」7周年記念

平成21年度 企画展

日本アルプス・富士山・白山・研究室発

# 高山の自然は今… - そしてその未来は…? -

- 主 催 大町市 大町市教育委員会  
■後 援 信濃毎日新聞社 朝日新聞松本支局 中日新聞社  
読売新聞松本支局 毎日新聞松本支局 産経新聞社長野支局  
大糸タイムス株式会社 民友信州 市民タイムス FM長野  
SBC信越放送 NBS長野放送 株式会社テレビ信州  
長野朝日放送株式会社 アルプスケーブルビジョン株式会社  
大町市有線放送電話農業協同組合
- 会 期 平成21年10月10日（土）～12月20日（日）  
（休館日は10月13・19・26日・11月4・9・16・24・30日・12月7・14日）
- 開 館 時 間 午前9時～午後5時（入館は午後4時30分まで）
- 会 場 市立大町山岳博物館 特別展示室・ホール
- 観 覧 料 大人400円 高校生300円 小・中学生200円  
※常設展と共通，30名様以上の団体は各50円割引
- シンポジウム 平成21年10月25日（日）午後零時30分～5時30分  
■会 場 サン・アルプス大町（大町市）

- ・表紙 左上：ライチョウの親子（写真／市立大町山岳博物館）・中央上：積雪断面観測風景（写真／飯田肇）  
右上：気象観測および野外温室効果実験サイト（写真／尾関雅章）  
左下：ニホンジカの調査風景（写真／泉山茂之）中央下：永久凍土調査風景（写真／増沢武弘）  
右下：白山外来植物除去作業参加者集合写真（写真／野上達也）
- ・裏表紙 コマウスユキソウ（写真／尾関雅章）

## も く じ

ごあいさつ .....	4
山岳文化都市宣言 .....	5
北アルプス発 立山における近年の積雪変動（飯田肇） .....	8
富士山発 温暖化が永久凍土と高山植物に及ぼす影響（増沢武弘） .....	18
南アルプス発 ニホンジカはなぜ、「お花畑」を目指すのか（泉山茂之） .....	26
白山発 外来植物・低地性植物が高山帯に現れる（野上達也） .....	36
中央アルプス発 中央アルプス固有の高山植物の動態と気候変動（尾関雅章） .....	48
研究室発 ライチョウの細菌およびウイルス感染症（福士秀人・山口剛士） .....	56

### 凡 例

1. 本書は市立大町山岳博物館において、平成21年10月10日（土）から12月20日（日）まで開催される企画展「日本アルプス・富士山・白山・研究室発 高山の自然は今…ーそしてその未来は…?ー」の展示解説書である。
2. 本書ならびに企画展解説パネルの執筆は、飯田肇氏（立山カルデラ砂防博物館）、泉山茂之氏（信州大学）、尾関雅章氏（長野県環境保全研究所）、野上達也氏（石川県白山自然保護センター）、増沢武弘氏（静岡大学）、福士秀人氏（岐阜大学）、山口剛士氏（鳥取大学）が担当した。
3. 本書の写真および図版に付した番号は展示写真パネルや展示資料の解説プレートの番号と必ずしも共通するものではない。
4. 展示の動画「ニホンジカってどんな動物?」、「ライチョウってどんど鳥?」はそれぞれ泉山氏ならびに宮野典夫（市立大町山岳博物館）が執筆した。
5. 企画展ならびにシンポジウムの企画は学芸員・千葉悟志を中心に、当館館長・柳澤昭夫、副館長・宮野典夫、学芸員・清水博文、清水隆寿、事務吏員・岩田直美による。
6. 本書ならびに解説パネルの編集、動画の制作は千葉が担当した。

## ごあいさつ

---

大町市は、「美しく豊かな自然 文化の風薫る きらり輝くおおまち」をキャッチフレーズに、豊かな観光資源や地域文化と新たな息吹とを融合させ、個性と魅力を内外に向けて発信するとともに、地域への愛着と誇りを持って市民ひとり一人がいきいきと輝くまちをめざしております。

北アルプス山麓の美しく豊かな四季折々の景観、水と緑、温泉などの豊かな自然の恵は、ここに生きる私たちと、訪れる人々に安らぎと潤いをもたらしています。私たちは、この恵まれた自然と豊富な地域資源の恩恵によって産業・歴史・文化を育み、独自の山岳都市を創造してまいりました。

中でも、大町山岳博物館は、日本初の山岳をテーマとした博物館として昭和26年に開館し、以来山岳文化の拠点として北アルプスや山麓の生物・登山史など数多くの調査研究を行うとともに、その情報発信に努めてまいりました。平成14年には、創設50周年を機に、先人たちが守り育ててきた山岳文化を受け継ぎ、美しく豊かな自然を次の世代に伝えていくため、「山岳文化都市宣言」をいたしました。

また、宣言5周年を記念して、平成19年に開催しましたフォトコンテスト「アルプス一万尺―岳都大町をめぐる山々―」では、県内外からすばらしい作品を多数お寄せいただき、写真展は好評を博したところでございます。

7周年を迎えた本年は、山岳、特に高山帯という厳しい環境に焦点をあて、「高山の自然は今…そしてその未来は…？」と題した企画展を開催することになりました。企画展並びにシンポジウムでは、高山における気象・環境変化に伴う動植物への影響など、著名な先生方による最新の研究から、今、高山では何が起こっているのかご教示いただき、私たちにできることは何かを皆さんと一緒に考えてる機会としたいと思います。

結びに企画展の開催にあたりご協力いただきました諸先生方、後援を賜りました皆様方に厚く御礼申し上げます。

# 山岳文化都市宣言

---



私たちの大町市は、雄大な北アルプスのパノラマを代表とする、四季折々の変化に富んだ豊かで美しい大自然に恵まれています。

北アルプスの山麓で生まれ、育ってきた市民は、その長い歴史を通じて、山岳がもたらす豊かな自然環境の恵みを受けながら、自然と人との共生する独自の山岳文化を形成してきました。

私たちは、先人たちが守り育ててきた山岳文化を受け継ぎ、かけがえのない豊かで美しい自然を次の世代に伝えていかなければなりません。

21世紀を迎えた今日、身近な生活環境の改善から地球環境の保全まで、様々な環境問題への取り組みが重視される中で、本市においても、市民、事業者、行政等が協働と連携を図りながら、新しい時代の課題や要求に応える山岳文化の振興が求められています。

本市における山岳文化の拠点である山岳博物館50周年の節目にあたり、山岳博物館創設時の理念に学びながら、「環境の世紀」と言われる21世紀にふさわしい山岳文化の発展と創造をめざして、大町市を自然と人との共生する「山岳文化都市」とすることを宣言します。

平成14年3月15日

大町市





# 高山の自然は今…

---

- そしてその未来は… -

## 立山における近年の積雪変動

飯田 肇（立山カルデラ砂防博物館）

いいだ はじめ

〒930-1406 富山県中新川郡立山町芦峯寺字ブナ坂68

### 1. はじめに

北アルプスでは近年、雪の降り方積もり方が激変している。この原因として温暖化があげられるが、その影響のあらわれ方は平野と高山では大きく異なる。そこで、北アルプス立山で積雪量や積雪内部構造を観測し平野部での結果と比較したので、その概要を紹介する（飯田, 2000）。また、積雪変動により山岳遭難の形態も変化していると考えられるので近年の事例も紹介する。

### 2. 立山の積雪変動

#### (1) 積雪量の変動

図1に、立山室堂平（標高2,450m）と富山市（標高9m）における1976年より2005年までの一冬期間の最大積雪深の経年変化を示す。ここで注目されるのは、1987年以後の平野部での少雪傾向である。19冬期間、最大積雪深が75cm以下の年が続いている。ところが、室堂平の値をみると同様の傾向はみられず、むしろ1989年、1991年、1993年、1996年、2000年、2003年のような最大積雪深が極端に多い年もみうけられる。また、そのような年にはさまれ、1988年のように極端に最大積雪深が小さい年もみうけられ、年々の変動が激しいことも特徴となっている。平野部で豪雪であった1981年（56豪雪）にみられるような、平野部でも山岳地域でも最大積雪深が大きい傾向は、近年ほとんどみられない。

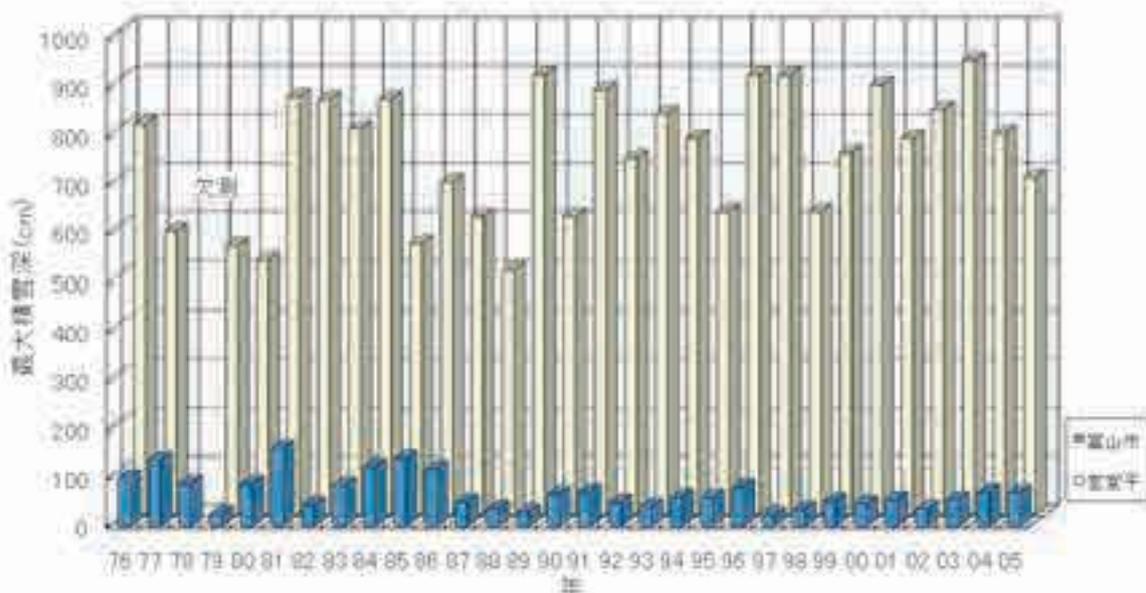


図1 富山と室堂平の最大積雪深

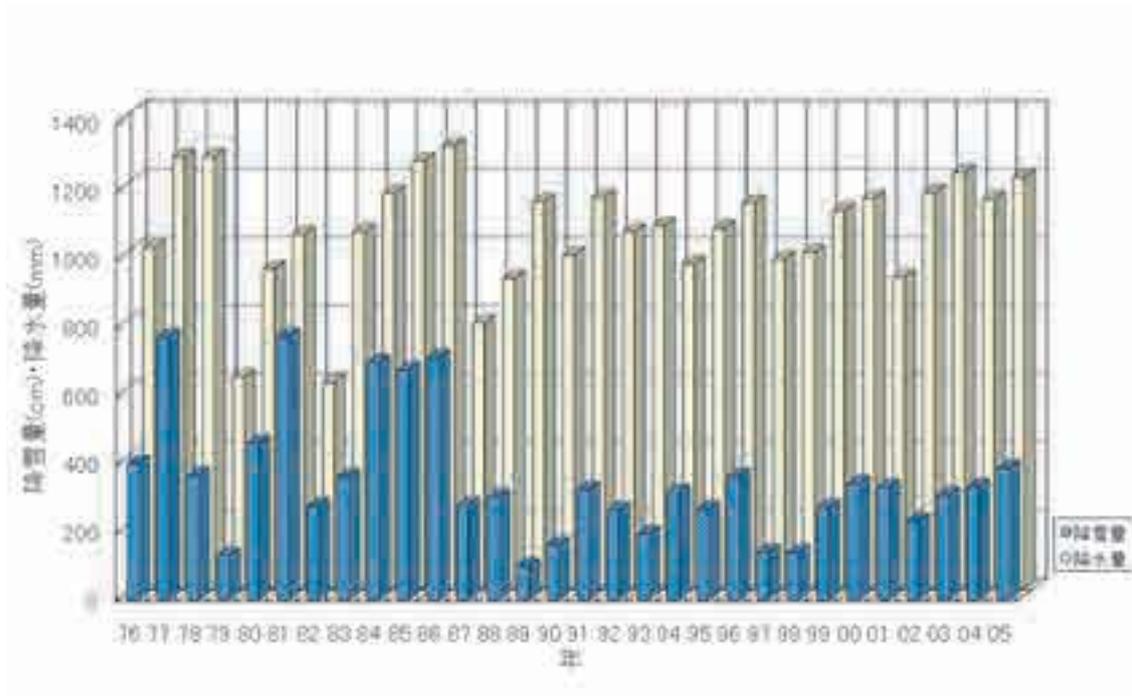


図2 富山の降水量と積雪深

この原因として冬期間の気候の変化が考えられる。図2に、富山地方気象台による富山市における冬期間(11月～3月)の降水量と降雪量(1日間に積もった新雪の深さを冬期間にわたり積算した値)の経年変化を示す。1986年以後の降雪量にみられる顕著な少雪傾向は、降水量変動にはみられない。つまり、降水としては平年並みに降っているのだが、平野部では降水が雪としては降れずに雨になってしまうことが考えられる。これには、冬期間の気温の上昇が関係していると推定される。そこで、山岳地域でも平野部でも雪の多かった1980～81年の冬期と、反対に平野部では極端な少雪だったが山岳地域では多雪だった1988～89年の冬期における融解高度の季節変化の推定を試みたので図3に示す。一般に地上気温が $2^{\circ}\text{C}$ の時に降水が雪となる確率は50%とされているので、富山市での旬平均気温に $0.6^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ の気温減率をかけ、各時期に $2^{\circ}\text{C}$ の気温域がどの標高にあるのかを推定した。

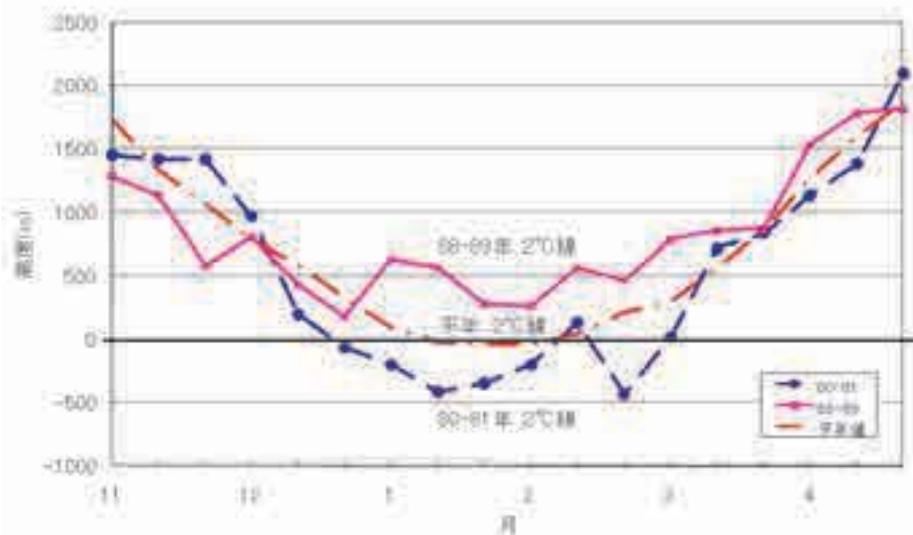


図3 融解高度の季節変化

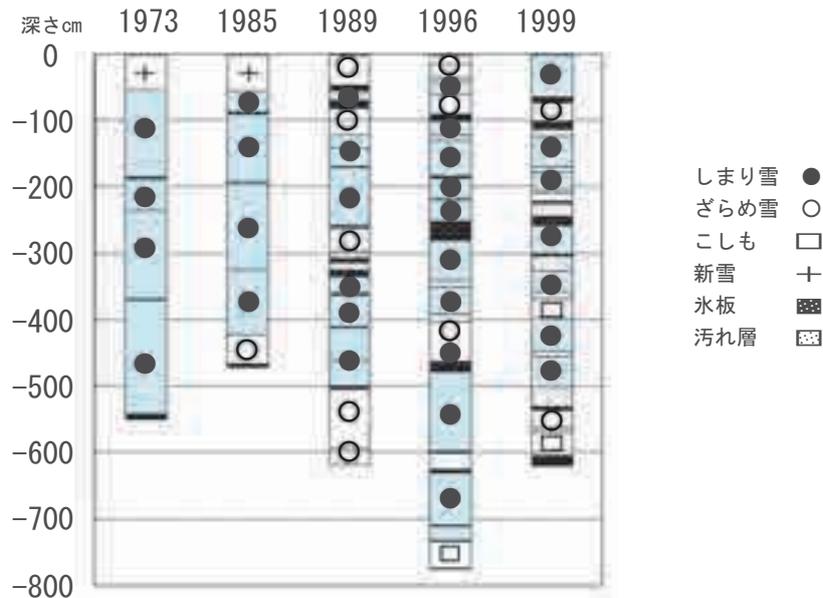


図4 室堂平における積雪内部構造

図中の点線は、旬平均気温の平年値より推定した $2^{\circ}\text{C}$ 線の平年値である。これより豪雪であった1980～81年冬期では、12月中旬～3月上旬まで $2^{\circ}\text{C}$ 線は標高0m以下にあり、平野部でも十分に雪が降れたことがわかる。一方、平野部で暖冬少雪であった1988～89年冬期では、 $2^{\circ}\text{C}$ 線は1～2月の厳冬期でも標高300～600m付近で変動している。これより低い高度では雨が降る確率が高くなっていったと考えられる。しかし、これより高い山岳地域では、気温が上がっても降水は雪として維持され、そのため図1にみられるように最大積雪深が大きな値となったと考えられる。これより、厳冬期の北アルプスでも低標高域では雨に降られる確率が高くなっていること、高い標高の地域ではしっかりと雪が降っていることが予想される。

## (2) 積雪内部構造の変動

図4に、1973年以降の室堂平における積雪内部構造の代表例を示す。積雪断面観測は、最大積雪深に近い時期でしかも融雪前の3月下旬～4月中旬に行った(図5)。



図5 関切断面観測

まず、1973年の層位図をみると、●印で示す層厚100cm以上にもおよぶ顕著なしまり雪層が数層みられる。この層は、顕著な冬型の気圧配置が続き1降雪期(数日間)で形成されたと考えられる層で、均一で融解層を含まない。積雪層位から推定する限り、1973年の冬期は冬型が卓越持続したと考えられる。1985年の層位でも、同様の傾向がみられる。一方、1989年以降の年の層位をみると、顕著なしまり雪層は全積雪層を通して1～2層である。むしろ、○印の融解再凍結を繰り返して形成されるざらめ雪層や、氷板、汚れ層が小刻みに分布している傾向が読みとれる。

このような変化の原因として山岳地域でも冬期間

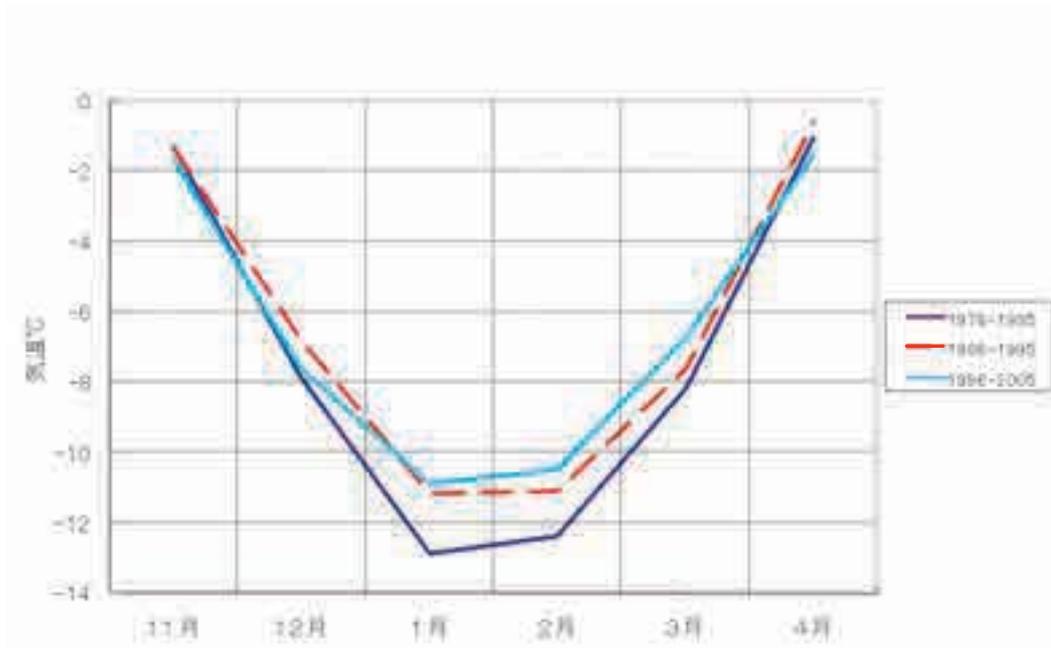


図6 立山室堂平の冬の気温変化（9時）

に気温が上昇していることがあげられる。その一例として、図6に立山室堂平での長期気温観測結果を示す。日最低気温の月平均値の10年毎の平均をみると、特に厳冬の1～2月に2℃程度の顕著な気温上昇が認められる。その背景には、気候型の変化が考えられる。冬期間に降水をもたらす代表的な天気図型である西高東低の冬型と、温帯低気圧型の出現頻度が近年逆転し、冬型による降雪とともに低気圧型の降雪の占める割合が増加していることが指摘されている（横山他、1990；飯田、2000）。冬期でも低気圧型の降水が増すと、気温上昇による雪から雨への変化、融雪による表面雪質の変化、あられの増加、卓越風向の違いによる積雪の吹きだまりの変化等が発生する可能性が増す。これらはどれも、雪崩や雪庇と深い関わりを持つ現象であり注目される。

### 3. 近年の北アルプスの山岳遭難事例

これまで述べてきたように、北アルプスの積雪は、その量、質ともに、近年の気候変動とともに大きく変化している。それに伴い、この山域で発生する山岳遭難の形態にも変化の兆候があらわれている。以下に、いくつかの事例を紹介する。

#### （1）気候変動と弱層形成

近年、立山周辺では、1991年に大日平、1996年に称名滝周辺、1997年に劔岳池ノ谷等で大規模表層雪崩が発生し、人や建物に大きな被害が及んでいる（図7）。中には、樹齢120年を越すブナの大木の幹をのきなみへし折って流下した雪崩もあった。近年の温暖化以前に発生していなかった雪崩である。

大規模乾雪表層雪崩（ハウ雪崩）の発生には、積雪内の弱層が強く関与している。近年の温暖化により、図4にみられるように積雪内部構造が複雑化し、積雪内に氷板やざらめ雪層などの層構造が多くみられるようになった。この中には、しもざらめ雪層、あられ層等の弱層が含まれていることがある。

図8に1973年および1990年の室堂平における積雪層の雪温分布を示す。寒冷であった1973年では1m深付近で-10℃を記録し、それ以深で徐々に上昇して地表面で0℃となって



図7 表層雪崩

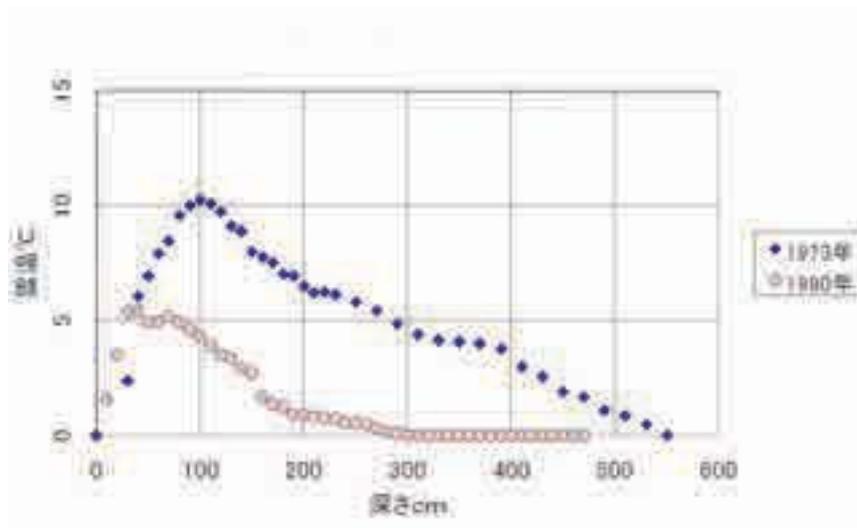


図8 雪温の比較（1973年・1990年）

いる。全層マイナスで積雪は融解を経っていない。ところが1990年では、2m深付近で0°Cに近づきそれ以深では全層0°Cである。層位でもざらめ雪や氷板が多くみられ、冬期間でも融解が頻繁に起きていることが示唆される。積雪表面近くで融解が起きると高温の雪層ができ、放射冷却等の条件が整えば、この上に積もった新雪層中で大きな温度勾配が生じやすくなり、しもざらめ雪層が成長する。

また、冬型の気圧配置が続かず低気圧が頻繁に通過することにより、寒冷前線通過時にあられが降る確率が高くなると予想される。さらに、このような気候型の変化により厳冬の好天日数が増すと、日中の強い日射と夜間の放射冷却により雪面での寒暖の差が大きくなると予想される。これらより、近年の温暖化は弱層形成に有利に働くことになる。

以下に、これらの温暖化の影響が関連したと思われる遭難事故例についてみる。

## （2）大日岳における雪庇崩壊事故

2000年3月5日、北アルプス大日岳山頂付近において、大規模な雪庇崩落が発生し2名が亡くなる悲惨な事故があった。この際崩落した雪庇は、全体として典型的な庇状は呈さずブロック状で、山稜からの長さが40m以上、崩落点の積雪の深さが約20m、崩落した雪の

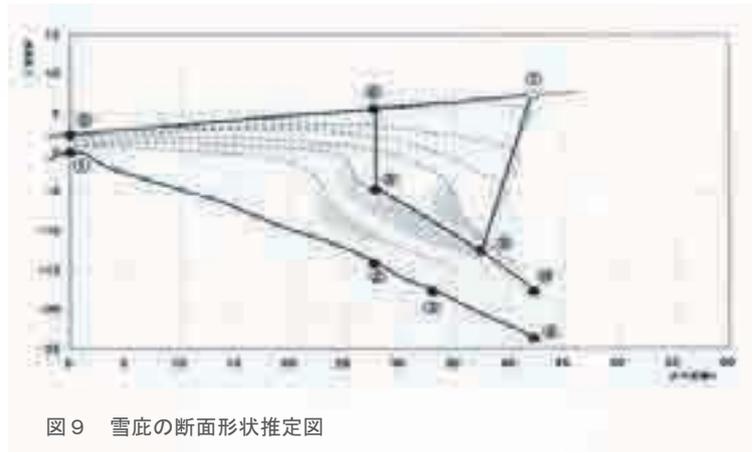


図9 雪庇の断面形状推定図



図10 雪崩直後の雪庇破断面

厚さが約10m、雪庇先端から15m程度尾根側で破壊し、その長さは200m以上というたいへん大規模なものだった（図9および10）。ここで、事故報告書をもとに、2000年冬期の気候変化を通してこの雪庇の形成と崩落について推定する（北アルプス大日岳遭難事故調査委員会、2001）。

### ア. 雪庇の形成と崩落

Seligman（1980）によれば、雪庇の形状は風下側斜面の傾斜によって変化し、大日岳のような30度程度の傾斜の斜面には庇状の大きな張り出しのある雪庇は成長しない。しかし実際には、山稜からの長さが40m以上、崩落点の積雪の深さが約20mにも達する巨大な雪庇が形成され、しかも典型的な庇状ではなかったにも関わらず先端より15mも山稜側から崩落した。以下に、この雪庇の形成過程と崩落の要因を推測する。

図10から崩落直後の雪庇の破断面の状況がわかる。上部はシャープな面となり下部は複雑に割れ雪塊がみられる。これは、上部では引張応力が、下部では圧縮応力が働いたことを示している。雪庇の自重による曲げモーメントにより発生した引っ張り応力が、積雪の引っ張り強度を超えたため、巨大なブロックが破断、崩落したと考えられる。このような崩落が発生するためには、崩落した雪庇下部に脆い層があり崩落ブロック部が片持梁のような状態になったと考えるのが妥当である。もし、雪庇下部も崩落したブロック同様に圧密された積雪であれば、むしろ丈夫な雪庇として融雪期まで長く存在したはずだ。事実、捜索時に、破断面はアイゼンの出歯をきかせなければ下降できないほど硬い積雪だったの



象状況より、この弱層は、12月17日の降雪後、数日にわたり気温が急激に低下し、積雪表面付近に急激な温度勾配が生じて形成されたと推定された。その後も長期間顕著な積雪の増加はみられず、しもぢらめ化が促進された。そして、3月に入ってから多量の降雪により上載積雪が一気に増し、厚さ3mにも及ぶ積雪層が表層雪崩となって崩落したものと考えられた。

この事故の直接の要因は、大日岳の雪庇崩落事故と同じく、冬期前半に降雪が極端に少なく好天期間が続いて形成された弱層上に、冬期後半になって季節はずれの多量の積雪が続き上載積雪の重量が増したことによる。1999～2000年冬期は、特徴的な天候により形成された弱層が北アルプスに広範囲に分布し、複数の遭難事故を招いたことになる。

#### （４）劔岳における雪崩事故

1997年12月31日、北アルプス劔岳早月尾根の標高2,850m付近の稜線にて、東京の岩峯登高会、新潟の三条山岳会のパーティー6名が雪崩にまき込まれ、うち5名が行方不明になる事故が発生した。事故発生時、稜線上から雪が崩れたことより雪庇の踏み抜き事故との報道がなされた。しかし、事故当時の写真をよく見ると、稜線上のトレースを境に雪面が切れ落ち、その延長上に厚さ50cm程度の破断面が顕著にみられ、典型的な面発生表層雪崩の跡と思われた（飯田、1999）。もし、庇状の雪庇を踏み抜き転落し雪崩を誘発したなら、雪崩の破断面は稜線のトレースと連続せずそれよりも下側の斜面になければならない。この事故は雪庇踏み抜き事故ではなく雪崩事故ということになる。発生した雪崩の規模は、流路延長約2,000m、高度差約1,000m、幅約60～100mに及ぶ大規模なものであった。

では、雪崩の要因となった弱層は何だったのだろうか。事故当時劔岳に入山した福岡山の会の島津氏が近隣で積雪断面観測を行い、雪面から20cmほど下部に0.2cmの薄いあられ層を観察している。この層は、弱層テストでは手首で引くと簡単に切れ、今回の事故を誘発した弱層である可能性が高い。あられは、寒冷前線通過時などに発達した積雲から短時間にまとめて降ることが多く、粒の大きさがそろっているため、短時間に層を形成しやすい。また、粒同士の接触点が少なく硬いため圧密が進みにくい。このため長時間弱層として振る舞うことがある。

事故前の天気を見ると、この時期としては珍しく好天が続いていたが、事故直前の30日に南岸低気圧が通過し、久々に40cmのまとまった降雪があった。低気圧の通過後午後から一時的に冬型となるが、翌31日の早朝には好天に向かった。30日の16:20に富山県に雷波浪注意報が発令されているが、低気圧の東進後寒気が流入して大気が不安定となり対流性の積雲が特に発達していたことが予想される。この時間帯の降雪に事故の要因となったあられが含まれていた可能性が高い。

今回の事故では、冬の劔岳を多く経験しているベテランの登山者も雪崩に巻き込まれたため、どうしてこの場所で、という声も多かった。この冬の積雪状況に例年と特に異なる点があったのだろうか。あくまでも推測に過ぎないが、室堂平の気象観測記録を見ると、通常年と比較してこの年の12月の卓越風向が異なっていた可能性がある。通常この地域では冬期、特に西風が卓越する。ところがこの年は、南から東にかけての風向が周期的に出現した。これは、冬型の気圧配置が長続きせず周期的に南岸低気圧等の低気圧が東進してくることが影響したからだ。このような時に降雪を伴っていたら、積雪の吹きだまりや雪庇が形成される場所が例年と変化することは十分に考えられる。特に早月尾根のような

西に延びた尾根では、わずかの卓越風向の差が大きな積雪の変化となりやすい。

この事故にみられるように、最近、厳冬期でも低気圧が通過する頻度が増したことにより、あられの降る頻度が増し、また卓越風向の変化により吹きだまりの形成場所も微妙に変化している可能性が高い。

#### (5) 雪泥流

これまで乾雪表層雪崩や雪庇の崩落について述べてきたが、立山近隣の黒部峡谷では標高が1,000m前後と低いために、前述のように冬期でも雨が降る頻度が増している。このため、本来なら融雪期に発生する融雪地すべりや雪泥流（スラッシュ雪崩）が冬期に発生している。1992年3月1日に黒部峡谷仙人ダム付近で、雪崩のデブリが黒部川を堰き止めて作った雪ダムが決壊して大規模な雪泥流となって流下し、死傷者2名、発電施設破損の大被害をもたらした事故例がみられる。また、1990年2月11日には、長野県栂池スキー場で雪泥流が発生し2名が死亡した事故もみられた。

## 4. おわりに

近年、地球温暖化が叫ばれて久しいが、温暖化の影響は、山岳地域にも多様な形で現れている。北アルプスを例にとると、冬期気温上昇による低標高域での降雨の増加、厳冬期の全層雪崩や湿雪雪崩、雪泥流、融雪地すべりの発生、積雪中の層構造の複雑化、寒暖の差による積雪層中の弱層形成、低気圧の頻繁な通過によるあられの増加、短時間降水量の増加等である。これらの温暖化に対する応答特性は、各山域により大きく異なり、地域毎のモニタリングが重要である。本文の事例でも、立山における冬期積雪モニタリング観測で得られたデータが、これらの現象を解明する重要な手がかりとなっている。しかしながら、その観測の困難性から特に山岳地域の観測データの集積が不足している。そこで、今後の課題として、山の変動を記録する情報ネットワークを構築する必要があるだろう。高山の自然の変化を記録するためにも、多様化する山岳遭難を少しでも減らすためにも、この種のモニタリング観測網が各山岳地域で広がることを期待したい。

## 引用文献

- 横山正紀, 森永由紀, 安成哲三, 飯田 肇, 川田邦夫 (1990) : 立山室堂の降雪の気候学的解析-1988~89年度観測結果報告-, 日本最古の化石氷体 (北アルプス内蔵助沢) の構造と形成に関する研究, 94-107.
- 福沢卓也, 秋田谷英次 (1996) : 雪崩の発生メカニズム, 最新雪崩学入門, 山と溪谷社.
- 飯田 肇, 瀬古勝基, 矢吹裕伯, 長田和雄, 幸島司郎 (1997) : 立山室堂平における近年の積雪変動について, 積雪中の固体不純物の動的な組成, 光学特性変動の研究, 101-113.
- 飯田 肇 (2000) : 立山の近年の積雪変動と雪氷災害, 防災科学技術研究所2000年度第25回雪氷防災研究会梗概集, 1-6.
- 北アルプス大日岳遭難事故調査報告書 (2001) : 北アルプス大日岳遭難事故調査委員会.
3. 27左俣谷雪崩災害調査報告書 (2001) : 社団法人日本雪氷学会.
- 飯田 肇 (1999) : 剣岳早月尾根における雪崩について, 遠い頂-剣岳遭難報告と追悼集, 岩峯登高会.

## 温暖化が永久凍土と高山植物に及ぼす影響

増沢 武弘（静岡大学理学部生物学科）  
ますざわ たけひろ

〒422-8529 静岡県静岡市駿河区大谷836



### 1. 富士山の植物

富士山は北海道の大雪山、北アルプス、南アルプスに比べ、新しい火山である。そのため高山帯の植物の種類は少なく、地表面を占める植物の被度<sup>\*\*1</sup>もきわめて低い。植物区系からみるとフォッサマグナにあたるが、長年にわたり植物分類学において多大な業績を残した杉本（1971）は富士山の植物学的な特徴を次のように示している。

1. 標高3,776mまでの植物の垂直分布をよく観察できること。
2. 高山植物相は近隣の南アルプスや八ヶ岳には劣るが森林帯の植物相は豊富で本州中部地方の代表的な種が多いこと、フォッサマグナ要素<sup>\*\*2</sup>の固有種があること。
3. 第四紀火山<sup>\*\*3</sup>特有の植生があり、降水は地下に浸透し、川がなく、山麓に湧水があること。
4. 富士山を基準産地とする植物が多く、最初に富士山で採集され、研究された植物が多いこと。

渡辺（2002）は植物の垂直分布を気候帯にそって、表1のようにまとめた。富士山は標高が3,776mであるため、他の標高の高い山岳地域と異なり、高山帯の上部に上部高山帯が存在する。これはコケ帯または高山コケ帯と呼ばれているが、この上部高山帯が「帯」として存在するのは日本列島では富士山だけである。

### 2. 富士山頂の植物

山頂の火口周辺に分布する植物のうち、そのほとんどは蘚類<sup>\*\*4</sup>である。火口内縁には12属23種、火口外縁には13属18種の蘚類が確認されている。蘚類の分布は一樣ではなく、集中性が見られる。大きな蘚類群落が存在するのは剣ヶ峰（3,776m）の西斜面と東斜面、及び白山岳の北西斜面、“伊豆岳西面（火口の東側）”近くの火口内縁である。特に、剣ヶ峰直下には11属13種の蘚類が確認されており、出現種数からみても多様なフロラが形成されている上、ギンゴケやヤノウエノアカゴケが巨大な群落を形成している。大きなものでは、平面の直径が5m以上になるものも見られる。

大きな蘚類群落が生育する場所では共通して、岩からの浸透水があることから、その形成には水分が重要な役割を果たしていると考えられる。

山頂周辺には前述のように岩盤からの浸透水によって湿潤な環境になっている所もあるが、多くは乾燥していて、降雨または霧による水分供給しかない場所である。このような場所では、浸透水周辺の生育地とはまったく違う種（Species）が多く見られる。最もよ

表1 富士山の植物帯区分（渡辺 2002 一部改変）

垂直区分 (気候帯)	植物帯名	標高
上部高山帯 (寒帯)	コケ帯 (高山コケ帯)	3000~3776m
高山帯 (亜寒帯・寒帯)	オンタデ帯 (高山草本帯)	(2400)~ 2850~3000m
亜高山帯 (亜寒帯)	シラベ帯 (亜寒帯針葉樹林)	1800~ (2400)~2850m
山地帯 (冷温帯)	ウラジロモミ帯 (冷温帯針広混交林)	1600~1800m
山地帯 (冷温帯)	ブナ帯 (冷温帯落葉樹林)	900~1600m
丘陵帯 (暖温帯)	クリ帯 (暖温帯落葉樹林)	(350)~ 570~900m
平地帯 (暖温帯)	カシ帯 (暖温帯照葉樹林)	0~ (350)~570m

く見られるのは「乾燥した高山帯特有の種」としていわれているヤリギボウシゴケとシモフリゴケである。ヤリギボウシゴケは近種のツリミギボウシゴケが浸透水の近くに多く見られるのに対し、最も乾燥した場所に生育していた。シモフリゴケは山頂だけでなく、富士山全域に分布している。その他、乾燥した場所はハリスギゴケ、キシッポゴケもよく見られるが、前述の2種に比べると岩の窪みや陰など、水分条件がより良いところに多い。

### 3. 富士山頂の永久凍土

富士山頂に永久凍土が存在することは以前から知られていた。1935年に中央気象台の測候所が設置されたときにも、真夏でも富士山頂の土が凍っていると報告されている。

山頂に観測小屋を建てた際、非常に苦労したという「コンクリートのように固い土」は、永久凍土であった。その後は気象庁関係者のあいだで「夏の地下の氷」などと呼ばれていたが、1975年に本格的調査が始まり、富士山頂に永久凍土が存在し、その下限は標高3,100mあたりであることが初めて報告された。

地表面近くの凍土は、高山でなくても真冬にはよく見られる。ふつう地表面が凍って持ち上げられた状態は「霜柱」と呼ぶが、これは春先には溶けて土壌中に氷はなくなってしまふ。一方、永久凍土は、「少なくとも連続した2回の冬と、その間の1回の夏を合わせた

※1 被度（ひど）

植物が地表面を覆っている割り合い。地上のある範囲にどのくらい植物が繁茂しているかの程度を表す。ふつうは百分率（%）か1~5の被度階級を用いる。

※2 フォッサマグナ要素

フォッサマグナ地区（糸魚川ー静岡構造線～関東山地・越後・三国山脈）に特有の植物種、これらの地域において、火山噴出物によって、種の変化や隔離による分化などで生れたもの。

※3 第四紀火山

第四紀に火山活動により生じた火山。現在から約170万年前までの年代である。

※4 蘚類（せんるい）

一般的にコケと言われている仲間。葉と茎でできている茎葉体をもつ植物。高山にはタカネスギゴケ、シモフリゴケ、イワダレゴケ、ミズゴケなどがある。



図1 富士山頂の岩塊地、地下には永久凍土が存在する

期間より長期にわたって、 $0^{\circ}\text{C}$ 以下の凍結状態を保持する土壌または岩石のこと」と定義されている。シベリアやアラスカでは多く見られるが、日本では富士山以外では北海道の大雪山、本州の北アルプスの一部にしか存在しない。

1976年、現国立極地研究所長の藤井理行氏らは富士山頂付近に永久凍土があることをはじめて国内外に発表した。その時の研究調査では標高2,500mから山頂3,776mまでの凍土の垂直分布を調べた。土の表面から深さ50cmの地中の温度を標高別に測定し、永久凍土の下限を推定した。当時富士山の南面では下限の平均値は標高3,100m付近であった。その後、増沢と藤井は1998年に22年前と同様の調査を行った(図1)。その結果、永久凍土の下限の平均値は標高3,200m付近とわかり、下限は標高にしてほぼ100m上昇したことがわかった(図2)。

藤井と増沢は1998年のこの結果から、永久凍土の下限が上昇した理由について、山頂の気象データから近年の温暖化に関連しているのではないかと推定した。

日本列島では永久凍土の存在は大変貴重なものである。その永久凍土の下限が約25年間で標高差にして100mも上方へ動いていたことは、明らかに富士山の永久凍土が減少して

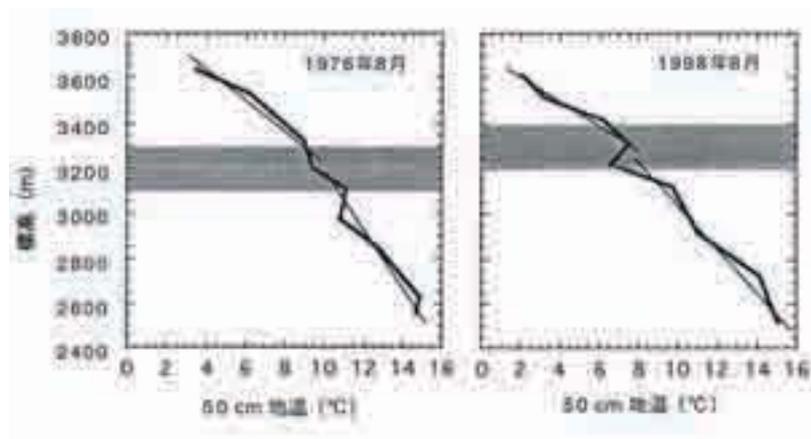


図2 過去22年間の富士山北斜面における永久凍土下限高度の変化

推定下限高度の範囲(網かけ部分)は、過去22年間で100m程度上昇した可能性を示している(藤井・増沢ら 1999)

いることを示している。今後もこの変動について注目し、長期間のモニタリングをすることが必要だろう。近年、富士山頂の平均気温は上昇しつつあるので、温暖化の影響は富士山頂にも出はじめていることが考えられる。

#### 4. 山頂の永久凍土とコケ植物

1990年、富士山で最も標高の高い剣ヶ峰周辺に南極大陸で見られるコケとよく似ているヤノウエノアカゴケ (*Ceratodon purpureus*) が発見された。南極ではこのコケが単独で生育していることは少なく、ほとんどの場合ノストック属 (*Nostoc*) のラン藻類<sup>※5</sup>と共存している。ヤノウエノアカゴケにノストックが住みつくと、その表面は少しずつ紫色になり、やがて黒く変色する。1991年に中坪らにより富士山頂の黒色のコケを調査した結果、この共存状態は、「南極大陸のものと同様のコケの生き方」ではないかと推測された。極限環境といえる南極の露岩地帯



図3 南極・ラングホブデのコケ植物群落

表面が茶褐色になったヤノウエノアカゴケ群落

や富士山頂で、コケ類がラン藻類と共存している状態とその過程は次のようになる。ヤノウエノアカゴケはシュートを伸ばし始めると葉と葉の間にすきまができる。この空間では、強風による極端な乾燥や機械的な作用を避けることができ、シュートの周辺は安定した湿度条件になる。このような環境は、地上で生活するラン藻類にとってはきわめて条件が良いものと思われる。したがってコケの表面のシュートが伸長空間が広がるとラン藻類は個体数を増加させることができる。

藻類の中でもノストックの仲間は空気中の窒素を直接植物体に固定する能力をもっている。この仲間は緑色のコケのシュートの空間に守られて急速に増えていく。その結果、コケの表面は少しずつ茶褐色に変わっていき、さらに繁殖が進むとラン藻類がコケの表面をすっかり覆ってしまうので、表面は黒く変化する。南極の昭和基地周辺に分布する黒色化したコケの状態を図3に示した。

最初はシュートの葉の周辺に付着しているノストックがわずかに見られるだけであるが、褐色から黒色の状態に変化していく過程では、ラン藻類がシュートの間を埋めつくすように繁殖している。最終的には、シュートの表面をすべて覆いつくしてしまうのである。

こうなるとコケは光合成や呼吸の活性が著しく低下し、枯死してしまう。「母屋 (おもや)」を構成しているコケが枯死すると、「軒」を借りていたラン藻類が生活する好的な条件は失われ、いずれはラン藻類も枯死することになる。そうするとコケもラン藻もその場所から絶えてしまうことになる。しかし、写真に見られるような黒く変色したコケのへ

※5 ラン藻類

藻類の仲間、核膜に包まれた内部に核および葉緑体をもたない。シアノバクテリアとも呼ばれ、そのうちのノストック属は空気中の窒素を固定する能力をもっている。

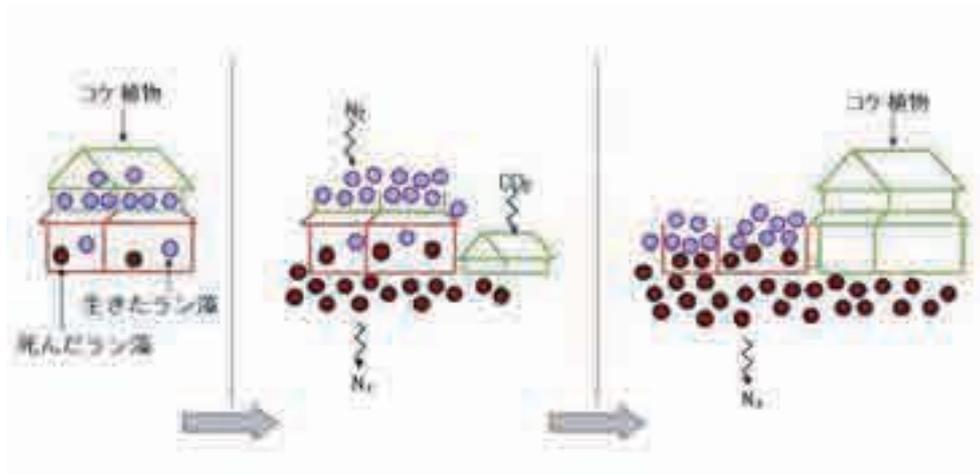


図4 極限環境に生育する藻類の「建増し・建替え遷移」(増沢 2003)

りには、若いコケがどうにか緑色のシュートを伸ばす。この若いコケは、窒素固定をしたラン藻が枯死する時に放出した窒素を吸収し、また新しいシュートを伸ばして群落を拡大していく。こういった全体の流れは「建増し・建替え遷移」として2003年に報告・発表した(図4)。

このような一連の過程が南極のコケの特徴だが、これと同じものが富士山頂でも見つかった。山頂周辺のコケの分布を調べると、コケ類がカーペット状に生育している場所がある(図5)。このような場所は大きな岩や岩盤に接していることが多い。富士山頂の永久凍土は剣ヶ峰の岩場、白山岳の岩場、雷岩などの大きな岩や岩盤を取り囲むように分布している。山頂の永久凍土は、夏期の最も乾燥した高温の時期から初秋にかけて少しずつ融解することにより、岩場の周辺で浸出水をコケ類に供給していると考えられる。この水源によって、ヤノウエノアカゴケとラン藻類は互いに助け合う形で共存しているようだ。

## 5. 富士山の自然と温暖化

富士山は植生帯の垂直分布がはっきり見られる山である。標高2,500m以上は高山帯であるが、標高3,000m以上は「上部高山帯」にあたり、そこに分布する植物はほとんどがコケ類と地衣類である。特に山頂周辺は植物の分布は極めて稀だ。これまでの調査では、永久凍土がある近くにはコケの群落が多く、種子植物の分布はほとんど見られなかった。



図5 富士山頂、標高3,710m、カーペット状にコケ植物が生育している



図6 富士山頂のコケ群落の中に侵入しているコタヌキラン

しかし、最近ではこれまで分布していなかった、高山帯のコタヌキラン、イワノガリヤス、オンタデ、フジハタザオ、イワツメクサの個体が見られるようになってきている（図6）。現在、それらは大きな群落を作るような状況ではないが、実生が生育できるような微環境（safe site）が増加しつつあるように思う。

日本の山岳で唯一「上部高山帯」があり、そこに種子植物の侵入を長い間許さなかった富士山山頂においても、最近では植物や動物、地形の面で変化が見られつつある。

山頂の“凍土と水”についても同じようになっている。富士山頂の“水”については古く1901年、野中到（新田次郎の小説「芙蓉の人」のモデル）の「富士案内」の中に富士山頂の井戸として金明水、銀明水が書かれている。

真夏に富士山頂の「金明水」・「銀明水」の井戸、水が出る理由として、永久凍土が解けることが大きな要素と思われる。しかし、最近はこの井戸の水もずいぶん少なくなってしまった。



図7 富士山亜高山帯の草本植物群落到に侵入しているニホンジカ

ここ10年ほど、富士山の亜高山帯では気候の変動による影響以外に、ニホンジカの被害が大きく出始めている（図7）。ニホンジカは群で移動し、林縁や林内の草本植物を食べる。この食圧と移動するときの踏圧は亜高山帯の森林そのものに大きなストレスを与えている。特に冬期には、樹木の樹皮を食べてしまうため、樹木の通導組織が破壊され立枯れになっている樹木が目立つ。この2～3年は標高2,400mの森林限界付近でもニホンジカを見かけるようになった。初夏には森林限界上部の火山荒原で多年生草本植物の先端が食害にあっている。このまま続けばわずかしかない高山荒原の植物がさらに大きな被害を受けてしまう。近年ニホンジカが富士山だけでなく、いたるところで増えている理由には以下のようなことが考えられる。

1. 1955～65年代日本列島における拡大造林計画によって、森林が広範囲に伐採された。その結果、一次的に草地が拡大し、シカの餌が増えた。
2. 牧草地の放棄により栄養価の高い牧草がシカの餌となった。
3. 放棄農地の増加や造林後の森林放置によるシカの食草が増加した。
4. 道路建設後の法面緑化による牧草は栄養価が高く、シカの餌となった。
5. 食物連鎖の上位の動物が殆んどいなくなった。かつてはオオカミが天敵であった。近年では人間が天敵と同じ役割を果たしている。
6. 全国での猟師はこの30年で約半数以下となった。そのため個体群制御が十分できなくなった。
7. 妊娠率約95%～100%と妊娠率が高く、2歳から出産し、繁殖力が強力である。そのため条件の良い年が数年続くと大量に個体数が増加する。
8. 暖冬および積雪量の減少によって、今まで冬期に死亡率が高かった大型の雄ジカ、子供のシカの死亡率が減少した。
9. 積雪量の減少により生息域が拡大し、3,000mの峠越えなど移動距離が増大した。
10. 積雪量が減少し、冬期に餌となる植物の確保が容易になった。

富士山については、麓から山頂まで全体（垂直方向、水平方向）としての保護、管理を考えなければならない時がきたようだ。

## 6. 富士山の自然の将来

富士山には小学生から高齢者まで多くの人々が登る。山頂へは3本の登山道があり、その間に多くの山小屋がある。登山者にとっては避難場所であり、食堂・売店であり、宿泊施設でもあって、その役割はたいへん大きい。海外からの登山者も多く、頂上への登山の過程で見たり、聞いたり、経験したことは山頂に登りつめた満足感とともに、深く人々の印象に残ることだろう。そして山小屋での対応、トイレや診療所はどうであったかなどについての印象もまた、いつまでも残るものだ。しかし、登山者がたいへん多いにも拘らず、富士山の資料や広報は登山中どこにも見られない。登山道の入口や山頂においても、ビジターセンターや博物館が存在しないため、富士山の自然の紹介、この山について勉強する場所はほとんどないことに気がつく。山頂まで登ってきた子どもたちや若い人たちが日本で一番高い場所の頂上にしばしとどまり、日本のシンボルである富士山について少し学ぶ機会があってもよいのではなかろうか。

富士山頂の剣ヶ峰では1932年に気象観測のための測候所が建設された。さらに1964年には台風の進路を予測するための「富士山レーダー」が設置され、日本の誇るべき山頂観測活動のトレードマークとなった。長年の活躍後、気象庁の観測システム一新の一環として2001年にはドームが撤去され、その後、測候所は無人化されてしまった。

しかし各分野からの要望により、2007年からこの施設は研究・教育・安全確保のために再び利用されることになった。これを機会にこの貴重な施設を新たに生きかえらせて、発展させるというのはどうだろうか。富士山頂に登山者や研究者のための新しい基地が育つことを期待するものである。

## 引用文献

- 高橋建・渡辺麻美（編集）（2009）富士山 信仰と芸術の源. 小学館：255pp
- 増沢武弘（2008）富士山の永久凍土とコケ植物, 国立公園3 (No.661): 20-31
- Takehiro MASUZAWA (2008) Permanent Tundra at Mt.Fuji and Moss Plants, National Parks, 3 (No.661): 20-31
- 増沢武弘、富田美紀、藤井理行、神田啓史（2007）富士山頂における蘚類群落の分布と永久凍土富士学研究. Journal of Fujiology : 14-19
- Masaaki Fujiyoshi, Atsushi Kagawa, Takayuki Nakatsubo, Takehiro Masuzawa (2006) Effects of arbuscular mycorrhizal fungi and soil developmental stages on herbaceous plants growing in the early stage of primary succession on Mount Fuji. Ecol Res. 21: 278-284
- 増沢武弘・木寄暁子・丑丸敬史（2006）富士山の冬を常緑で過ごす草本植物－高山帯で常緑葉をもつフジハタザオ. 科学 2月号: 198-201
- 増沢武弘（2005）高山帯における山岳地形と高山植物の分布－富士山・白馬岳・八ヶ岳・アポイ岳－. Journal of Phytogeography and Taxonomy 53: 131-137
- 増沢武弘（2005）永久凍土が育てる小さな「森」－富士山山頂に生きるコケ－. 山と溪谷7月号増刊: 64-66
- 増沢武弘（2003）コケ群落の生存戦略：建て増し・建て替え論、極地、日本極地研究振興会39(2)：9-15
- 増沢武弘（2002）極限に生きる植物. 中公新書:160pp
- 増沢武弘（2002）富士山頂の自然. 静岡県: 83pp
- 増沢武弘（分担執筆）（2002）「富士山の自然と社会」（富士山に特有な植物群落の分布）. 国土交通省: 111-128
- 増沢武弘・美里直美（1999）富士山の砂礫地に生育する多年生草本植物－砂礫地における攪乱とフジアザミ群落. 日本生態学会誌 49: 307-312
- 「富士山学習」研究会（1999）総合的な学習 富士山学習－知りたい 学びたい 共に生きたい－. 国土社: 197pp
- 増沢武弘（1998）富士山の極限環境に生きる植物. 建設省: 85pp
- 増沢武弘（1997）高山植物の生態学. 東京大学出版会: 220pp
- 杉野孝雄（1994）富士山自然大図鑑. 静岡新聞社: 231pp
- 諏訪彰（1992）富士山－その自然のすべて－. 同文書院: 355pp
- 清水清（1977）富士山の植物. 東海大学出版会: 94pp
- 富士山（1971）富士山総合学術調査報告書. 富士急行株式会社: 1058pp
- 武田久吉（1931）日本地理大系別巻 富士山. 改造社: 271pp
- 早田文蔵（1911）富士山. 丸善株式会社: 125pp





図3 個体2（オス）の年間の行動  
国土地理院発行20万分の1地勢図「甲府」を使用

回収した。GPS装着個体は、推定年齢3才以上、4尖のオス2頭で（個体1；63kg、個体2；67kg）、個体1は、モータリティーセンサー<sup>※1</sup>により2008年2月に死亡を確認したが、個体2は年間を通じた行動追跡ができた（図3）。

個体1は、捕獲地点から野呂川支流北沢沿いに次第に低標高地に移動し、2008年2月8日に死亡したことをモータリティーセンサーにより確認した（図4）。定位位置の標高は、2007年10月、11月、12月と低下し、2007年12月と2008年1月、2月の間には定位位置に標高差はなかった。

個体2は、放獣後の2007年10月、11月は野呂川支流北沢沿いを利用していたが、12月に大きく移動して鋸岳（2,685m）付近を越え、2008年1月から5月までの越冬期から春期までを、山梨県北杜市白州町の日向山周辺で過ごした。しかし、6月に大きく移動し、北沢峠（2,030m）、仙丈ヶ岳（3,034m）の中腹を越え、熊ノ平（2,650m）に達した。6月か

※1 モータリティーセンサー

一定の期間、動物の動きを感知しないと、送信電波の発信感覚が変化するセンサー。

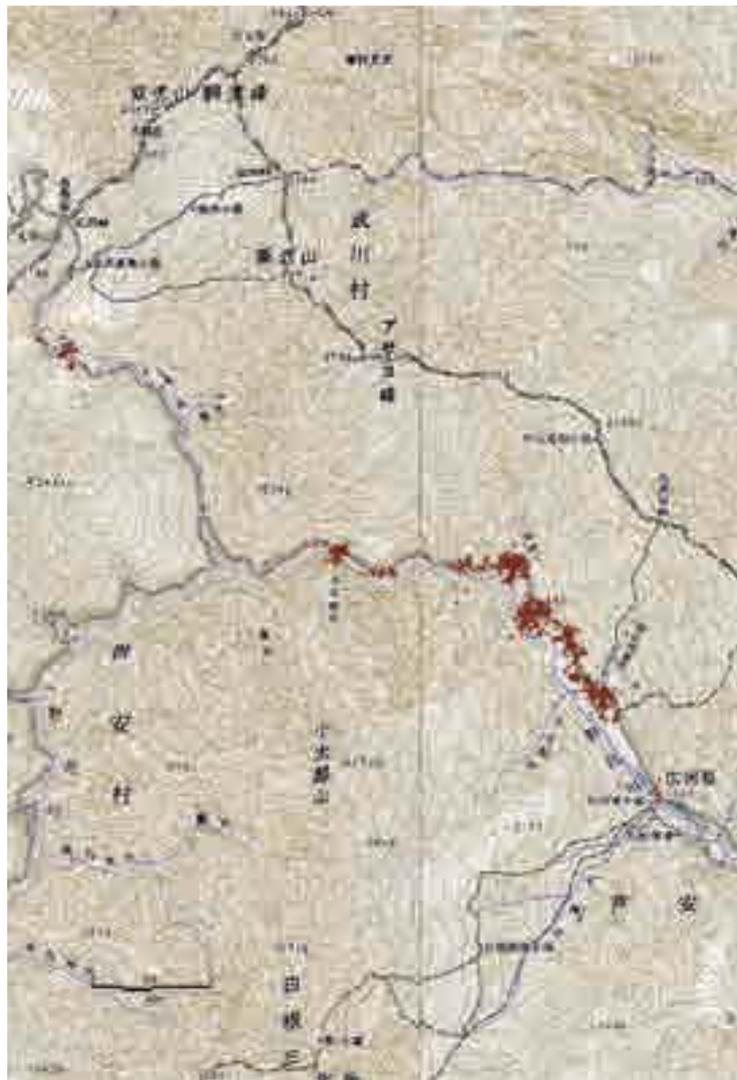


図4 個体1（オス）の定位位置

国土地理院発行2万5千分の1地形図「仙丈ヶ岳」、「鳳凰山」を使用

ら9月にかけては、熊ノ平～北荒川岳（2,698m）～塩見岳（3,047m）間の主稜線で過ごした。しかし、10月に主稜線付近を大きく移動し、北沢峠でGPS発信器をリモートドロップオフ<sup>※2</sup>により個体から脱落させ回収した。各月の定位位置の標高には、2月と3月、4月と5月、7月と8月と9月のそれぞれの間には差はなかったが、他の各月の間には有意差があった。年間の定位位置の標高の平均は2,046m、最低標高は1,251m、最高標高は2,866mであった（図5）。

## 1. ニホンジカの行動からわかったこと

### 1) 林道「のり面」が越冬地であり、移動の中継地になっている

個体1は10月から2008年2月にかけて、個体2は10月から11月にかけて、野呂川支流の北沢から野呂川本流広河原までの南アルプス林道沿いを利用していた。南アルプス林道は開設後30年を経過し、林道沿いの「のり面」<sup>※3</sup>の外来牧草類による緑化工事が進行しており（図6）、個体1の定位位置は、林道のり面に集中し、ここに生えるイネ科牧草類やクローバ類などを採食していたと考えられた。

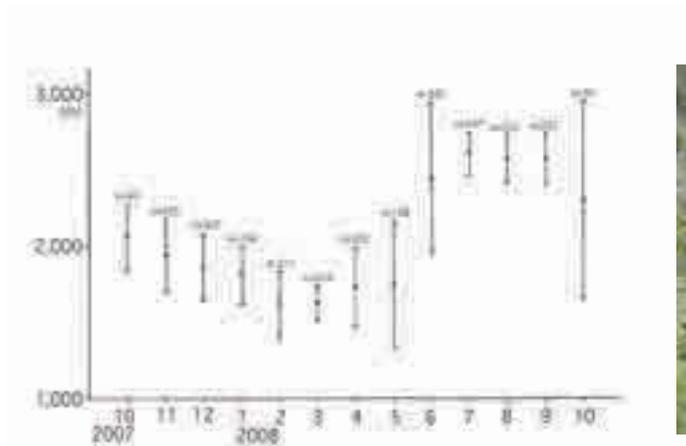


図5 個体2（オス）の定位位置の標高の月別変化



図6 のり面

10月に入り、亜高山帯上部では草本類は枯れ、降雪も重なり、ニホンジカは下部へ向けての秋期の移動が引き起こされたと考えられた。しかし北沢峠（2,030m）を越える南アルプス林道周辺、藪沢源流の治山事業によって造られたのり面には冬期でもすぐには枯れることのないイネ科牧草類やクローバ類などの採食物があり、ニホンジカにとって絶好の採食場所になっていたと考えられる。

このように、南アルプス林道のり面の緑化進行が、ニホンジカの環境利用に深く関わっていたことがわかる。林道開設前の、もとの自然植生にはなかった栄養価の高い飼料として利用される牧草類の利用は、野生のニホンジカの採食条件を著しく改善していると考えられる。

南アルプス林道は、夏期の利用環境と越冬地との移動ルートになっていることに加え、夏期の生息地から越冬地までの移動の中継地にもなっている。このように、南アルプス林道のり面緑化の進行は、ニホンジカの行動は深く関わっていることが明らかになった。

## 2) 有害駆除や狩猟に遭いにくい越冬地

年間を通しての行動追跡ができた個体2は、北沢峠および野呂川支流北沢周辺から、12月には大きく移動し、越冬地の山梨県北杜市白州の日向山周辺に移動していた。

定位位置の標高は、2007年12月から2008年1月にかけては差を見ることができなかったが、2月に入ると低標高地を利用するようになった。2008年1月は、平年よりも温暖で降雪も少なかったも



図7 北荒川岳

※2 リモートドロップオフ

UHFの電波をGPS発信器に送信して、首輪を解放・脱落させるシステム。

※3 のり面

林道建設にあたり、切り取り・盛り土などでできた人工的な斜面のこと。侵食や崩壊を防止するために、コンクリートモルタルの吹付けや、緑化が行われる。緑化にあたっては、イネ科牧草類やクローバ類などの外来種子の混入が行われる。

の、2月に入ると一転して降雪が続  
き、大雪、低温の注意報の発表が続  
いたほどで、2月に入っての低標高地へ  
の移動は、気象条件の悪化によって引  
き起こされたことが示唆された。個体  
1の死亡もこの時期に重なっていた。

越冬地の2月から3月の確認位置の標  
高は1,600m付近で、鳥獣保護区には  
なっていない地域であったが、林道か  
ら離れていて、狩猟者の立ち入りが困  
難な地域であった。越冬地の環境は、  
山地帯上部の落葉広葉樹林で、林床は



図8 ニホンジカの食痕

ササで、主要な採食物はササであると考えられた。移動ルートは急傾斜な岩場などを回避し、鋸岳の北西側、北沢峠など、移動が容易な箇所を選択して通過していることが明らかになった。

### 3) 芽吹きを追いかけ「お花畑」まで登山する

個体2の、越冬地から亜高山帯上部への、夏期の利用環境への移動は6月に認められた。この季節移動は、30日ほどの長期間にわたり、標高差、移動距離とも、きわめて長大な移動であった。この季節移動は、植物の生長が開始する展葉前線の上昇に合わせて引き起こされたと考えられ、これまでに実施してきた17頭の行動追跡結果とも同じ移動パターンであった。

ニホンジカも、高山環境を利用するニホンザルやツキノワグマと同じように、展葉前線の上昇にあわせて亜高山帯上部から高山帯へ移動してゆくことが確認された。

### 4) 夏期の「お花畑」の利用

ニホンジカによる稀少な高山植物群落の過度な採食が認められる箇所は、亜高山帯上部のダケカンバ林や高茎草原（高山植物群落）の草本類である。個体2は、夏期の利用環境である、熊ノ平から北荒川岳（2,698m 図7）を越え塩見岳（3,047m）に至る主稜線に到達した後は、大きな移動は認められず、周辺での高山環境の利用が9月まで続いた。

熊ノ平から北荒川岳、塩見岳に至る主稜線は、長野県側が急傾斜の崩落地、静岡県側が緩斜面となる、非対照山稜になっている。個体の定位位置は静岡県側のダケカンバ林、高茎草原に集中しており、崩落地などの急傾斜地の利用はきわめて少ないことがわかった。

個体2は、おおよそ2,400mから2,700mの標高帯を利用していた。この地域の植生は、高山多年生草本群落（雪田草原、シナノキンバイ - ミヤマキンポウゲ群団）、亜高山帯上部の高茎草本群落（ミドリユキザサ - ダケカンバ群団）であり、消失が危惧される南アルプス有数の稀少な高山植物群落である。個体2の採食物は、これらの草本類であったと考えられる（図8）。

夏期、個体2の利用標高は最低が2,087mで、最高が2,866mであった。南アルプス主稜線では、おおよそ2,600mを越えるとハイマツが出現し、高山帯の高山ハイデ・風衝草原となる。個体2は、ハイマツ帯にまで出現していた（図9）。

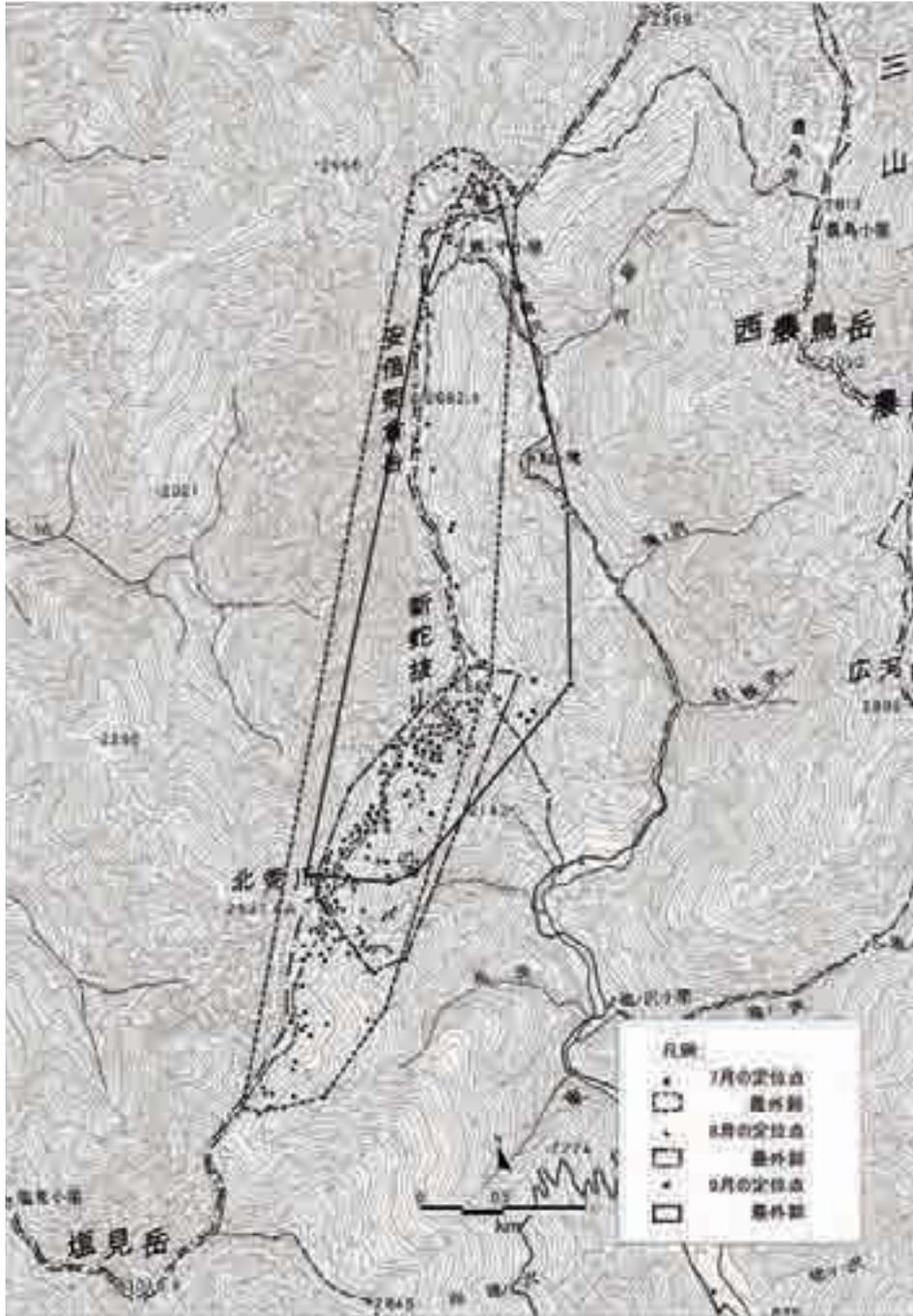


図9 個体2（オス）の夏期の定位位置  
 国土地理院発行2万5千分の1地形図「大河原」を使用

2003年には、北岳での現地調査時に、標高2,900mの主稜線上の砂礫地でニホンジカ成獣の足跡を確認した。キタダケソウ保護区のすぐ傍でのことであった。周辺はライチョウの生息地にもなっている所である。現在はハイマツ帯へのニホンジカの進入は少なく、高山植物への採食は軽微であると考えられるが、今後拡大してゆく可能性があり注視が必要である。

個体2は、10月に入って、夏期の利用環境から一気に動いた。秋期の季節移動は長大であり、直線距離13.5kmをわずか2日間で大きく移動し、北沢峠でGPS発信器を回収した。6月の移動は30日かけゆっくりとした移動であったのとは対照的に、10月は長距離を一気に移動した。

## 5) さまざまな生活様式を持ったシカが混在している

ニホンジカの季節的環境利用の違いから、生活様式を以下の4つに分類することができる。

- A) 越冬地は山麓の里山で、亜高山帯へは夏の終わりに戻る個体で、亜高山帯上部の「お花畑」は利用しない個体。
- B) 越冬地は山麓の里山で、亜高山帯上部の「お花畑」を利用する個体。
- C) 越冬地は山地帯上部の奥山で、亜高山帯上部の「お花畑」を利用する個体。
- D) 越冬地は山地帯上部の奥山で、亜高山帯上部の「お花畑」を利用しない個体。

このように、仙丈ヶ岳周辺の亜高山帯には、さまざまな生活様式を持つシカが混在して生息し、同じニホンジカであっても、それぞれ一頭ずつの生活のスタイルが、個々に異なっていることが明らかになった。

夏期に高山環境を利用する個体は、5月には捕獲地点周辺に戻り、6月から7月には確認標高が順次上昇し、2,000mから2,800mの高山環境を利用していた。亜高山帯上部の「お花畑」を利用する個体は、春季には捕獲地点周辺に戻り、初夏に雪渓・雪田が退行し、植物の生長が開始する展葉前線の上昇に合わせて利用標高が変化したためと考えられる。しかし、ニホンジカによる亜高山帯上部の「お花畑」の利用は、北アルプスでのニホンザルや、ツキノワグマのように継続的ではなく、追跡個体の定位位置の標高は大きく変化することから、個体によって利用の度合いが異なっていることが考えられた。

また、夏の終わりには、捕獲地点に戻る追跡個体が2頭確認された。これらの個体は、亜高山帯上部の「お花畑」を利用しなかった。亜高山帯下部に生息するニホンジカの中には、高山環境を利用しない個体も混在して生息することが明らかになった。

## 6) 越冬地への移動ルートと越冬環境

各個体の行動には大きな個体差があり、南アルプス主稜線を越え、最大で直線距離25kmもの距離を移動するニホンジカの存在を確認した。長野県側で捕獲した19頭のうち、半数を越える12頭が隣接する山梨県まで大きく移動して越冬していることがわかった。その反面、捕獲地点周辺で年間の生活を完結している個体もいることがわかった。

秋期の越冬地までの移動ルートは、各個体の定位位置から、仙水峠(2,264m 図10)や広河原峠(2,330m)などの南アルプス主稜線の最低鞍部を越えており、11月上旬には、越冬地へ向けて移動を開始することが明らかになった(図11)。越冬地は山地帯上部のおおよそ1,800m以下の低標高地であり、甲府盆地に近い山麓の里山の二次林で越冬する個体も確認した。

秋期に亜高山帯下部の2,000m付近で捕獲した追跡個体は、放獣後には山地帯の1,800m以下に移動して越冬した。ニホンジカが季節移動を行う要因としては、積雪を指摘する報告が多いが、降雪および積雪により、おおよそ地表が覆われた12月上旬においても、残留する個体を少数確認した。しかし、積雪50cmを越えた12月下旬には1,800m以上での確認はなかった。積雪が50cmを越えると、ニホンジカの動きは著しく制限されると言われるが、南アルプスにおいても積雪は生息分布を制限する一因になっていると考えられた。しかし、積雪は生息分布を制限する要因であるが、移動の引き金の要因ではないという奥日光での報告もある。南アルプスにおいても、11月に入りニホンジカの移動が始まり、積雪が見ら



図10 仙水峠



図11 捕獲地点から越冬地への移動

れなくても移動を開始する個体がいることを確認した。

## 2. なぜニホンジカは「お花畑」まで登るのか

ニホンジカは、非積雪地帯には「定住型個体群」が分布し、「季節的分散集中移動型」は積雪地帯に分布するとされる（丸山、1981）。ニホンジカは、もともと定住性が強いと考えられ、積雪などの生息環境の質の悪化に対し、季節的移動という手段により対応していると考えられている。

動物の移動の起原については、餌食物をめぐる競争が報告されている。さらに、生息密度の指標を加え、生息環境の質を評価する考え方が、環境密度理論とされる（森下、1952）。そして、この環境密度理論をもとに、動物の分散を理論的に説明した報告がある（重定・寺本、1978）。それによると、定着場所を探している動物の移動は、1）ランダムで等方向的な分散、2）個体間の干渉による個体群圧力、3）より条件の良い地域を進もうとする方向への吸引力、により分散が進むとされる。

長野県下のニホンジカ個体群は、長野県によりマネージメントが実施されている。南アルプス山麓では、特定鳥獣保護管理計画のもとでの生息密度調査が、5年ごとに実施されている。南アルプス山麓での調査結果は、13地点の平均が12.5頭／であり、八ヶ岳や関東山地などの、他の個体群に比べてニホンジカの生息密度が高い状況が続いている（長野県、2006）。南アルプス山麓でのニホンジカの高密度での生息は、周辺地域への分布拡大の圧力として作用していると考えられる。ニホンジカが高密度に生息する地域の中心にはきまって牧場がある。これらの牧場の尾根をまっすぐ登りきると、k嶺見岳などの南アルプスの主稜線にまで達する。現在、ニホンジカの生息分布は、天竜川西側の中央アルプス方向や県北部への拡大を続けており、高標高方向へ拡大したものが、「季節的分散集中移動型」（丸山、1981）として、高山環境にまで進出したことが考えられる。南アルプスのニホンジカは、良質な採食物が得られる高山環境を季節的に利用するという、新たな生活様式を見いだしたものと考えられる。

南アルプスに生息するニホンジカには、季節的環境利用に4つの型が含まれることが明らかになった。栃木県奥日光に夏期生息し、足尾地区に移動して越冬する個体群は「季節的往復移動型」（本間、1995）として、「季節的分散集中移動型」からさらに定着が進んだタイプとして類別された。「季節的往復移動型」が成立した理由としては、分布拡大は市街地や狩猟区が存在により、周辺の別方向への拡大ができなかったためと考えられてい

る(本間、1995)。南アルプスのニホンジカには、どのような移動型があり、どのように変化してゆくのか、今後も調査を続けなくてはならない。

### 3. おわりに

ニホンジカは、もともと人間となじみの深い、里山の野生動物である。石器時代以来の遺跡からは、たくさんの骨が出土する。食料資源であることはもちろん、角や骨を材料とした多くの道具の存在からみても重要な生活の資源であったことが伺える。そして江戸時代には、農業被害を引き起こす、代表的な害獣であった。しかし明治時代になり、近代的な銃器の普及や、急速な山地開発などで、過度な捕殺が続けられた。北海道では年間10万頭を越える捕殺を続け、その肉は缶詰に加工しヨーロッパに輸出され外貨を稼ぎ、日本の近代化に一役買った。しかし当然のことながら過度な捕殺のつけから、ニホンジカの急激な減少と、地域的な絶滅を各地で引き起こした。ニホンジカの個体数が少ない時代は、戦後しばらくの間続いた。そして高度成長の時代が終わり、人と野生動物との関わりは大きく変化した。ニホンジカの個体数は増え、農林業被害が深刻になった。本稿では、その理由を述べるのが主旨ではない。しかし、ニホンジカがいつも人間の傍にいて、たえず攪乱の中で生き抜いてきた事実は、理解いただけたと思う。積雪などの自然現象や、捕殺や開発など的人為的な攪乱の中で、ニホンジカはさまざまな対処をして生き抜いてきたのだ。ニホンジカのなかに、様々な行動様式を持つ個体が混在していることは、ある時ある個体がたおれても、残された一部の個体は生き延びるといふ、ニホンジカの生き方を如実に示していると言えよう。

そして今、里山の野生動物であるニホンジカが、高山にまで行くことを誰が予測できただろうか。しかし、ここでもニホンジカの行動には、人間が深く関わっていることがわかった。いわば、人間が引き起こしたことであると言えよう。この問題を解決するためには、人間が何をするのかに、深くかかっているのだ。

## 引用文献

- 中部森林管理局 (2007) 平成18年度南アルプス保護林におけるシカ被害調査報告書. 109pp  
 中部森林管理局 (2008). 平成19年度南アルプス保護林におけるシカ被害調査報告書. 101pp  
 本間和敬 (1995) 奥日光・足尾地域におけるニホンジカ (*Cervus nippon*) の移動様式とハビタット利用選択の解析, 上越教育大学大学院修士論文, 140pp.  
 Histol, T. and Hjeljord, O. (1993) Winter feeding strategies of migrating and non-migrating Moose. Canadian Journal of Zoology 71:1421-1428.  
 伊藤健雄・高槻成紀 (1987) 五葉山地域におけるニホンジカの分布域と季節移動, 山形大学紀要(自然科学), 11(4) :411-430.  
 Izumiyama, S., T. Mochizuki and T. Shiraishi (2003) Troop size, home range area and seasonal range use of the Japanese macaque in the Northern Japan Alps. Ecological Research, Vol.18, No.5, 465 - 474.  
 Izumiyama, S. and T. Shiraishi (2004) Seasonal changes in elevation and habitat use of the Asiatic black bear (*Ursus thibetanus*) in the Northern Japan Alps. Mammal Study, Vol. 29, No. 1. 1-8.  
 泉山茂之・望月敬史 (2008) 南アルプス北部の亜高山帯に生息するニホンジカ (*Cervus nippon*) の季節的環境利用. AFC報告(6), 25-32.  
 泉山茂之・望月敬史・滝井暁子 (2009) 南アルプス北部の亜高山帯に生息するニホンジカ (*Cervus nippon*) のGPSテレメトリーによる行動追跡, AFC報告(7), 63-71.  
 環境省 (2005) 種の多様性調査(山梨県) 報告書. 98pp  
 環境省 (2007) 南アルプス国立公園ニホンジカ食害調査委託業務報告書. 89pp  
 丸山直樹 (1981) ニホンジカの季節的移動と集合様式に関する研究, 東京農工大学農学部学術報告, 23: 1-85.  
 三浦慎吾 (1974) 丹沢山塊檜洞丸におけるシカ個体群の生息域の季節的变化, 哺乳動物学雑誌, 6(2) : 51-62.  
 森下正明 (1952) 棲息場所選択と環境の評価、アリジゴクの生息密度についての実験的研究 I. 生理生態, 5 :1-6.  
 長野県林務部 (2001) 特定鳥獣保護管理計画策定調査報告書(ニホンジカ調査). 91pp  
 長野県林務部 (2006) 第2期特定鳥獣保護管理計画(ニホンジカ).  
 Russel, C. D. (1932) Seasonal migration of mule deer., Ecol. Mono., 11(1) : 1-46.  
 Sakuragi M., H. Igota, H. Uno, K. Kaji, M. Kaneko, R. Akamatsu and K. Maekawa (2004) Female sika deer fidelity to migration route and seasonal ranges in eastern Hokkaido, Japan. Mammal Study, Vol.29, No.2. 113-118.  
 重定南奈子、寺本英 (1978) 環境密度理論についての一考察, 日本生態学会誌, 28: 1-8.  
 Takatsuki, S. (1992) Foot morphology and distribution of Sika deer in relation to snow depth. Ecological Research, Vol.7, 19 -23.  
 Takatsuki, S., K. Suzuki and H. Higashi (2000) Seasonal elevational movements of sika deer on Mt. Goyo, northern Japan. Mammal Study, Vol. 25, No.2. 107-114.  
 Verme, L. J. (1973) Movements of white-tailed deer in Upper Michigan., J. Wildl. Manage., 37(4) :345-352.  
 White, G. C. and R. A. Garrot (1990) Analysis of wildlife radio-tracking data, Academic press, San Diego., 383pp.

## 外来植物・低地性植物が高山帯に現れる

野上 達也（石川県白山自然保護センター）

のがみ たつや

〒920-2333 石川県白山市木滑ヌ4



本州の中部地方に位置する白山（図1）は、富士山、立山とともに日本三名山の一つとされ、最高峰の御前峰（標高2,702m）・剣ヶ峰（2,656m）、大汝峰（2,684m）を中心とした周辺の山峰の総称である。白山は高山植物の宝庫といわれ、クロユリやハクサンコザクラなど約250種の高山植物が短い夏にいっせいに咲き誇り、登山者の目を楽しませてくれる。高山植物は主に高山帯を中心に生育する植物であるが、白山は高山帯を有する山岳としては日本の最西端に位置するため、高山帯を中心に生育する高山植物のうち100種を超える種類が白山をその分布の西限としている。山岳によって高山帯の標高は変わるが、白山の高山帯は標高2,400mぐらいから上とされ、それより低い標高1,600m～2,400mは亜高山帯とされている。最近、白山の亜高山帯や高山帯で、本来なら低地にしか見られない植物が見られるようになってきた。例えば、オオバコは人里



図1 白山の位置

の道ばたや空き地などに生える植物で、本来、白山など山岳には生育していないはずである。しかし、現在では白山の登山道や山小屋やキャンプ場などの登山施設周辺でオオバコが多く見られる。オオバコの種子は水に濡れると粘着力をもち、人の足について広がる性質がある。そのため、白山で見られるようになったオオバコは、登山者等に付着し運び込まれた種子が発芽し、定着したものと考えられる。白山以外でも宮城県の蔵王刈田岳（山頂 標高1,759m付近）や立山の弥陀ヶ原（道路沿い 標高約2,000m）、乗鞍岳（道路沿い 標高約2,600m）など多くの山岳でオオバコの分布が報告されている。ここでは、白山

の亜高山帯や高山帯に生育する外来植物について、その状況と問題、そしてそれらへの対策について紹介したい。

### 1. 白山におけるオオバコの分布

白山で、いつごろからオオバコが見られるようになったかは明らかではないが、1975・1976年の調査で、すでに標高2,100m付近まで見られることが報告されている。そして、2005年の調査ではじめて室堂（標高2,450m）でもその生育が確認された。白山のほぼ全ての登山道における分布調査の結果からは、山頂部のお池めぐりコース以外のほとんどの登山道で確認でき、白山では広範囲に分布していることが確認され、密度の大きいところが何箇所もあった（図2）。調査で最も高い標高で確認された地点は、室堂の標高2,450mであった。特に避難小屋などの建築物の基礎の部分近くで見られることが多く、その他、登山道の木製の階段や石が敷き詰めてあるような人工構造物のところにも多く見られた。



オオバコ

ハクサンオオバコ

図2 白山におけるオオバコとハクサンオオバコの分布  
 国土地理院発行5万分の1地形図「白峰」「白川村」「越前勝山」  
 「白山」を使用

これらの地点で高頻度にオオバコが見られるのは、多くの登山者が利用することにより、踏み荒らされ、他の植物が侵入できずオオバコの生育に適した環境がつけられたためと考えられる。

白山の登山者の7、8割が利用する砂防新道（別当出合（標高1,260m）～ 室堂（標高2,450m）6.0kmの区間におけるオオバコの分布状況は、登山口である別当出合（標高

1,260m) から甚之助避難小屋のすぐ下の標高約1,900m前後まで、ほぼ連続的に見られた。特に別当出合から別当覗き(標高1,750m)まではその生育密度が高く、上方向が開け、日当たりが良い場所では登山道の両側に生育していた。オオバコの分布標高と密度について、1975・1976年と2008年のデータを比較したところ、分布の最高標高は、1975・1976年が標高2,100mであったのが、2008年では標高2,450mと、約350mに上昇していた。また、その密度についても大きく変化し、標高1,500mから1,700mにかけて1m×1m方形区内で9%以下から75%以上に変化しており、かなり高密度になっていた(図3)。

## 2. オオバコの分布の上限と温暖化による影響

白山におけるオオバコの分布上限は、現在、室堂(標高2,450m)であるが、登山道で連続的に分布しているのは標高約2,000mから2,100mまでで、どの登山道でもほぼ一致していた。登山者の動きから推測すると、これより高標高域までオオバコの種子は運ばれていると考えられるが、個体が見られていないことから温度環境などで発芽や生育が制限されているのかもしれない。事実、弥陀ヶ原(標高2,330m)ではオオバコは発芽するもの

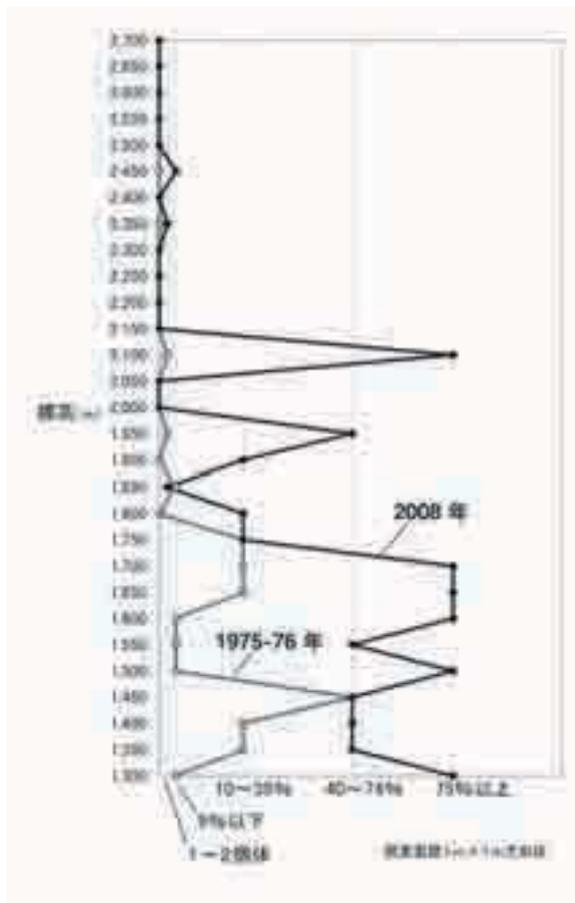


図3 別当出合～御前峰山頂及び南竜ヶ馬場におけるオオバコの密度の変化

の完全に定着できず、発生と消滅を繰り返している。しかしながら今後、温暖化の進行により、これまで分布が連続していない高標高域まで、オオバコが分布を広げる可能性があるのではないかと考え、オオバコの種子発芽特性、特に温度に関する反応について実験室内で発芽試験を行った。2005年の調査で室堂で分布が確認されるまで、白山でオオバコの最も標高が高かった場所は、標高約2,100mであった。当センターでは、南竜ヶ馬場(標高約2,080m)で地表面の温度観測を実施しており、標高約2,100mにおける植物が発芽、生長する7、8月の日平均温度は15℃前後と推定されている。15℃でのオオバコの発芽率は試験開始から30日後で3.2%~20.4%であった。今後の温暖化の予測では、白山では100年後に現在よりも5.6~6.1℃上昇すると予想されている。現在の7、8月の日平均温度15℃よりも約5℃高い20℃でのオオバコの発芽率は24.0%~55.7%となっており、15

℃の発芽率と比べるとかなり高くなる。温度一定条件で行った実験室での発芽率が、必ずしも現地での発芽率と同等ではないかもしれないが、今後、温暖化により気温が上昇することで、これまでより更に高標高域まで分布が広がる可能性や、現在よりも密度が大きくなる可能性があると考えられる。なお、オオバコの発芽率調査は、環境省国立環境研究所の委託研究である白山温暖化適応策研究(2002年~2004年)の一部として行ったものである。

表1 白山の亜高山帯・高山帯に侵入している外来植物

種名	分布が確認された年代		
	1979-76年	1993-94年	2005-08年
スキナ	-	-	2,100m
オノエヤナギ	-	-	2,100m
エゾノギンギン	-	1970m	2,100m
ムラサキツメクサ	-	-	2,100m
シロツメクサ	-	2,100m	2,450m
オオバコ	2,100m	2,100m	2,450m
ノコンギク	-	-	2,100m
フキ	2,100m	2,100m	2,450m
アカミタンポポ	-	-	2,450m
セイヨウタンポポ	-	-	2,100m
カモガヤ	-	-	2,100m
オオアワガエリ	-	2,100m	2,100m
スズメノカタビラ	-	2,450m	2,450m

### 3. オオバコ以外の白山の外来植物の分布状況

ここでいう外来植物は必ずしも外国産を意味するものではなく、本来生育するはずのない低地性の植物ということで、オオバコも含めこれらの植物も白山では外来植物ということになる。これまでの調査で、白山の高山帯や亜高山帯で確認された外来植物は13種類になる(表1)。そのうち2008年、新たに分布が確認された種は、南竜ヶ馬場におけるセイヨウタンポポ、室堂におけるアカミタンポポである(図4)。

フキはオオバコと同様に白山の登山道で広く見られ、分布している標高も標高2,100mぐらいまでであった(図5)。スズメノカタビラもオオバコと同様に道標や避難小屋などの周辺で多く見られ、オオバコと同様に、高山帯にまで入り込んで、標高2,450mの室堂でも確認された(図6)。一方、シロツメクサの分布はかなり限定的で、登山口以外では、室堂、南竜ヶ馬場の南竜山荘及び南竜ヶ馬場ビジターセンター周辺とキャンプ場、砂防新道の中飯場、中宮道のゴマ平避難小屋及びゴマ平休憩園地(旧ゴマ平避難小屋跡地)だけであった(図7)。また、アカミタンポポ以外のその他の種は南竜ヶ馬場周辺のみ、アカミタンポポは室堂のみといった限定的な分布となっていた。

このように白山の外来植物のほとんどの種類の分布が不連続であることから、これらの



図4 白山に侵入した外来タンポポ

A : セイヨウタンポポ (南竜ヶ馬場 2008年9月20日 中山祐一郎 (大阪府立大) 撮影)  
 B : アカミタンポポ (室堂 2008年7月8日撮影)



図5 白山におけるフキの分布  
 国土地理院発行5万分の1地形図「白峰」  
 「白川村」「越前勝山」「白山」を使用

外来植物の侵入はヘリコプターによるものと考えられた。白山では有人の小屋での食料や燃料の輸送、ゴミ処理やし尿処理に、また、その他登山道や道標の整備、避難小屋の建築、補修などにヘリコプターによる資材空輸が行われており、運ばれる資材に外来植物の種子が付着したり、混じりこんだりすることで、亜高山帯や高山帯にヘリポートから直接運ばれたものが定着したのではないかと考えられる。



図6 白山におけるスズメノカタビラの分布  
 国土地理院発行5万分の1地形図「白峰」  
 「白川村」「越前勝山」「白山」を使用

#### 4. 雑草が山に登ると何が問題になるのか？

長野県的美ヶ原や霧ヶ峰では、かつてあったキバナノコマノツメやオオバギボウシの大群落が、すっかりオオバコにとってかわられた場所があるそうだ。せっかく高山植物を見るために苦勞して山に登ったのに、迎えてくれるのが雑草では登った甲斐がないだろう。特にオオバコはキャンプ場などの開けた場所では一面に広がって生育することから景観上



図7 白山におけるシロツメクサの分布  
 国土地理院発行5万分の1地形図「白峰」  
 「白川村」「越前勝山」「白山」を使用



の問題は大きいといえる。

景観上の問題以上に非常に気になる問題が最近明らかにされた。高山植物であるハクサンオオバコと外来種であるオオバコの間で雑種ができることが明らかにされたのである。これまで実験室内での強制的な受粉によって雑種ができることは明らかにされていたが、白山では両種が近接して分布している南竜ヶ馬場でどうなっているかは未解明のままであ



図8 オオバコとハクサンオオバコが近接して生育する南竜ヶ馬場（標高約2,080m）

った（図8）。そこで、2008年までの大阪府立大の中山先生との共同研究の結果、現地でも雑種ができていることが明らかになった。しかも、それらの雑種個体は稔性のある種子をたくさんつけ、またDNA分析の結果からF<sub>1</sub>雑種のみでなく、分離や戻し交雑によって生じた後代と推定される個体も見られた。外来種が在来種と交雑して雑種を形成することは、生物多様性の保全の上で重大な問題を引き起こす。今後、オオバコが増えてハクサンオオバコと交雑する機会が増えると、純粋なハクサンオオバコが減ってしまったり、それまで雑草が侵入できなかった自然植生の場所に雑種が入り込むような問題が起こるかもしれない。交雑はハクサンオオバコとオオバコ以外では、ミヤマタンポポとセイヨウタンポポ（アカミタンポポ）、アイヌソモソモとスズメノカタビラ、ミヤマアワガエリとオオアワガエリ、タカネスイバとエゾノギシギシなどの間でも起こる可能性がある（それぞれ前者が本来生育する高山植物で、後者が外来植物）。

## 5. 白山に侵入した外来植物への対策（外来植物除去作業）

そのような中、尾瀬や上高地、早池峰山などではオオバコなどの低地性植物の除去等が行われている。特に尾瀬における取り組みは早く、1984年には、駆除すべき植物とその駆除法が挙げられ、駆除が開始されている。また、登山口には外部からの種子の持ち込みを防ぐための人工芝のマットが設置されている。一方、上高地では2001年からヒメジョオンやオオアワガエリなどをボランティアが中心となり抜き取っている。

白山では、白山高山帯保全対策調査（2000～2003年度実施）で、白山に本来生育しているはずのないシロツメクサ、オオバコ、フキ、スズメノカタビラの4種類の低地性植物の分布状況についての調査が行われ、調査の結果は白山高山帯保全対策調査報告書としてまとめられた。さらに有識者からなる白山高山帯保全対策検討会（座長：菅沼孝之 元奈良女子大学教授）を開催し、白山高山帯保全対策指針が出された。白山高山帯保全対策指針

を受け、2004年から石川県では「白山外来植物対策事業」を実施することになった。その事業の一環で一般のボランティアの協力を得て実施した外来植物の除去作業を紹介する。

### 白山で初めて行われた外来植物除去

尾瀬や上高地などではすでにオオバコなど外来植物の除去が行われていたが、白山ではこれまでこのような外来植物の除去は行われてこなかった。2004年からの「白山外来植物対策事業」が白山では初めての除去作業となる。その記念すべき最初の除去作業は、室堂において2004年10月2日（土）～3日（日）に実施された。作業は、白山の夏山で自然解説活動を実施している石川県自然解説員研究会の方をお願いをした。当日は天候も悪く、手がかじかむような寒い中での除去作業となったが、参加者は、黙々とスズメノカタビラの除去を行い、15.3kgを除去することができた。そして開催時期や植物除去の用具などについて様々な改善点を指摘していただいた。

翌2005年からは一般の方を対象にボランティアを募集し、本格的に外来植物除去作業を開始した。主な対象地域は室堂と南竜ヶ馬場周辺で、室堂ではスズメノカタビラを中心にオオバコ、フキ、シロツメクサを、南竜ヶ馬場周辺では特にオオバコに重点を置き、そのほかシロツメクサ、スズメノカタビラについて実施してきた。シロツメクサ、フキを除き、オオバコ、スズメノカタビラの除去は土壌保全のため、地上部のみをカマ等で切り取って除去することになっている。根まで掘り返してしまうと、掘り返したところの土が雨水などで流れ出してしまうので、それを防ごうと考えた。オオバコの場合、芽を出す成長点と呼ばれる部分は、地表面のほんのすぐ下のところであるので、その下で切つてしまえば翌年は、芽は出さない。また、スズメノカタビラは芽を出したその年（秋に芽を出した場合は翌年に）に花を咲かせ、実を着け、枯れてしまう1年草で、地上部を切り取つてしまえば、翌年芽を出すことはない。

除去作業時にはゼッケンをして、許可を受けて作業を実施していることが他の登山者にもわかるようにした。白山国立公園内では低地性の植物の除去でも環境省及び土地所有者（白山比咩神社）の許可が必要である。毎回のことであるが、ボランティアの方々は熱心に対象の植物を刈り取っていき、あっという間に除去した植物を入れるゴミ袋がいっぱいになっていく。そして除去した植物が入ったゴミ袋は、その場に放置することなくボランティアによって登山口の別当出合まで運んでもらい、その後、白山自然保護センターで重量を量るなどした後、処分している。

2007年からは石川県だけではなく、環白山保護利用管理協会が主催者となり除去作業を実施している。環白山保護利用管理協会（会長：深田森太郎）は、石川県だけではなく、白山国立公園と周辺地域の4県6市1村の人々が、地域や立場を越えて連携し、協働する新しい組織体で、2007年1月28日に設立された。国や県、市村だけではなく、大学の研究室や民間の会社などの団体が組織に加わっており、自然、景観、文化を保全するとともに、持続可能な地域振興を実現し、美しい白山と元気な白山麓地域を守り育て、後世に受け継いでいこうと活動を行っている。

2004年から2008年までの5年間で、ボランティアによる外来植物除去作業は、9回（室堂5回、南竜ヶ馬場4回）行われ、参加者は、のべ298名になった。何度も参加されるリピーターも多い。除去数量は、室堂ではオオバコ652g、スズメノカタビラ80.8kg、フキ3個体、シロツメクサが509gとなっており、南竜ヶ馬場ではオオバコ323.2kg、スズメノカタビラ



図9 外来植物除去作業の様子

根切を使ったオオバコの除去（左上）とハサミを使ったスズメノカタビラの除去の様子（右上）。どちらも地上部のみを除去し、土を掘り返さないようにしている。左下は南竜ヶペン前での作業の様子。右下は外来植物除去作業参加者の室堂での記念撮影。

0.6kg、シロツメクサ1.3kgと全体では400kgを超える量の外来植物が除去されている。そして2007年からは登山道でのオオバコの花茎の除去、2008年からは登山口の市ノ瀬におけるオオバコ除去作業を開始するなど、ボランティアの数や対象地域を増やしながら外来植物除去作業を実施している（図9）。

## 6. 白山に侵入した外来植物への対策（種子除去マットの効果試験と導入）

尾瀬などでは、登山者による外部からの外来植物の種子の持ち込みを防ぐため、人工芝マットが敷かれている。しかし、その効果について試験はされておらず、どの程度効果があるものかは不明であった。そこで2007年、環境省白山自然保護官事務所が中心となり、当センターや環白山保護利用管理協会、大阪府立大などが協力し、登山口などに泥落とし用の足マット（種子除去マット）を設置し、登山者の靴底に付いた泥を回収し、その泥の中に含まれる種子の分析を行った。その結果、やはり登山者の靴底から回収した泥の中に、多くのオオバコをはじめとする外来植物の種子が確認され（図10）、また、足マットは外来植物の種子の侵入を防ぐ大きな役割を果たす事も確認できたのである。これらの結果を受け、2008年には石川県側の白山登山口では市ノ瀬、別当出合に、岐阜県側では大白川、福井県側の白山山系の赤兎山などの登山口にあたる小原に、そして白山山頂部への侵入を防ぐため、南竜ヶ馬場にと、全部で5か所に足マットが設置された（図11）。その結果、2008年には外来植物の種子が含まれている29.7kgの土砂が回収された。

## 7. 今後の外来植物への対策

一度侵入し、分布が拡大してしまった外来植物を完全に除去することは難しい。それだけに、侵入初期にどれだけ適切な対応をとれるかが鍵となる。そのためには定期的なモニ



図10 種子除去マットで採集された土砂の中に含まれていたオオパコの種子（写真提供：環境省）



図11 市ノ瀬に設置された種子除去マット

ピーク時交通規制時には、登山者は市ノ瀬で車を駐車し、シャトルバスで登山口の別当出合へと向かう。バスへ乗り込む前に登山靴についた泥をマットで落としてもらい。土砂に含まれる外来植物の種子の侵入を防いでいる。

タリングを実施し、外来植物の侵入が確認されしだい、早急に除去作業を実施することが重要であろう。2008年には室堂でアカミタンポポが、南竜ヶ馬場ではセイヨウタンポポが確認された。これらの外来タンポポは、自生種で高山植物のミヤマタンポポの生育地を奪い、雑種を形成する可能性もある。そこで石川県や環白山保護利用管理協会では、2009年からの外来植物除去作業でこれらを徹底的に除去する方針である。

また、外来植物侵入防止のための足マットの設置と管理を継続して行うほか、ヘリコプターによる侵入防止のため、外来種が侵入しにくいヘリポートに荷揚げを集約することを山小屋の関係者などに働きかけるほか、ヘリポートの無雑草化などについても引き続き環境省などと協力して実施に向け、検討していくことにしている。一筋縄ではいかない外来植物への対策であるが、国や県をはじめ、ボランティアが一丸となって今後も継続して対策に当たっていきたいと考えている。

## 7. 謝辞

ここで紹介させていただいた調査のほとんどは、大阪府立大学大学院生命環境科学研究科の中山祐一郎氏と石川県立金沢桜丘高等学校の柳生敦志氏との共同研究の成果です。また、調査の一部は平成16～20年度のいしかわ自然学校プログラム・いしかわエコロジーキャンプ「みんなで白山の植物を調べよう」の行事として行われ、石川県立小松明峰高等学校の木村明教頭、南川文二教諭はじめ白山雑草研究会のスタッフ諸氏ならびにエコロジーキャンプの参加者各位、北陸朝日放送制作スタッフの森哲夫氏に協力していただきました。その他、石川県自然解説員研究会の川本富美子氏、鶴来礼子氏、谷野喜代子氏ほか有志の方々、石川県立白山ろく民俗資料館の山ロー一男館長、白山比咩神社からは低地性植物の侵入についての様々な情報や白山の植生変化について教えていただきました。また、大阪府立大学大学院理学系研究科の西野貴子助教には外来タンポポの同定にご協力いただきました。更に毎年、白山外来植物除去作業に参加されているボランティアの方々にはいつも高山帯での大変な作業をお願いしている。ここに謝意を表します。

なお、種子除去マットの効果試験と導入については、環境省が行っている事業で、環境省白峰自然保護官から許可を得て掲載させていただきました。

## 引用文献

- 石川県白山自然保護センター（1995）白山高等植物インベントリー調査報告書．石川県自然保護センター，200pp.
- 石川県白山自然保護センター（2004）白山高山帯保護対策調査報告書．石川県白山自然保護センター，20-35.
- 石川県環境部環境保全課・石川県白山自然保護センター（1977）5．帰化植物・人里植物の侵入．自然公園地域環境容量設定手法研究報告書－白山地域ケーススタディー，石川県環境部環境保全課・石川県白山自然保護センター，92-93.
- 中山祐一郎（2006）白山での雑草問題を考えるために．はくさん，34-3，7-12.
- 中山祐一郎・野上達也・柳生敦志（2005）白山高山帯・亜高山帯における低地性植物の分布について（4）高山帯および亜高山帯上部で新たに確認されたオオバコの分布．石川県白山自然保護センター研究報告，32，9-15.
- 中山祐一郎・野上達也・柳生敦志（2006）白山高山帯・亜高山帯における低地性植物の分布について（5）南竜ヶ馬場および室堂における雑草性植物の侵入状況．石川県白山自然保護センター研究報告，33，15-23.
- 中山祐一郎・野上達也・柳生敦志（2007）雑草の山岳域への侵入経路の解明と影響評価に関する研究2．オオバコとハクサンオオバコの交雑可能性．雑草研究，52（別），100-101.
- 中山祐一郎・野上達也・柳生敦志（2008）白山高山帯・亜高山帯における低地性植物の分布について（6）'雑種オオバコ'と'外来タンポポ'の分布．石川県白山自然保護センター研究報告，35，17-22.
- 中山祐一郎・田中寛人・野上達也・柳生敦志（2008）雑草の山岳域への侵入経路の解明と影響評価に関する研究3．白山におけるオオバコとハクサンオオバコの自然雑種の分布．雑草研究，53（別），31.
- 日光国立公園管理事務所（1984）駆除すべき外来植物一覧表．日光国立公園尾瀬地域管理計画書，日光国立公園管理事務所，24-25.
- 野上達也（2001）白山高山帯・亜高山帯における低地性植物の分布について．石川県白山自然保護センター研究報告，28，1-6.
- 野上達也（2002）白山高山帯・亜高山帯における低地性植物の分布について（2）．石川県白山自然保護センター研究報告，29，1-6.
- 野上達也（2003）白山高山帯・亜高山帯における低地性植物の分布について（3）．石川県白山自然保護センター研究報告，30，7-13.
- 野上達也（2004a）白山におけるオオバコの分布と変化．植物・地理分類学会2004年度大会講演要旨集，6.
- 野上達也（2004b）山を登る植物－白山のオオバコ－．はくさん，32-1，2-6.
- 野上達也（2005）白山外来植物除去作戦－ボランティアによる「白山外来植物除去作業」－．はくさん，33-3，10-12.
- 沼田 眞・吉沢長人（1971）改訂・日本原色雑草図鑑，全国農村教育協会，312pp.
- 尾関雅章・井田秀行（2001）亜高山帯・高山帯を通過する車道周辺の植物相および植生生態に関する研究．長野県自然保護研究所紀要，4（別冊2），27-39.
- 立教大学観光学部 上高地公園活動学生ボランティアの会（2001）上高地帰化植物除去ボランティア，上高地公園活動事業推進ボランティア協議会，27pp.
- 菅原亀悦・信濃豊子・飯泉茂（1972）蔵王エコーライン沿いの裸地に侵入した植物の生態調査．蔵王山・蒲生干潟の環境破壊による生物群集の動態に関する研究I（吉岡邦二編），34-44.
- Tachibana H. (1968) Weed invasion upon the mountain areas in Mt. Hakkoda. *Ecological Review*, 17(2), 95-101.
- 富山県（1999）植物．立山地区動植物種多様性調査報告書，富山県，5-55
- 鷺谷いづみ・村上興正（2002）日本における外来種問題．外来種ハンドブック（日本生態学会編），地人書館，6-9.
- 柳生敦志（2002）白山におけるオオバコの生息状況について．石川県高等学校生物部会会誌，38，15-17.
- 米山競一（1985）白山を分布の西限もしくは南限とする植物 高等植物．白山高山帯自然史調査報告書，石川県白山自然保護センター，54-66.

## 中央アルプス固有の高山植物の動態と気候変動

尾関 雅章（長野県環境保全研究所自然環境部）  
おぜき まさあき

〒381-0075 長野市北郷 2054-120



### 1 中央アルプスとは

中央アルプス（木曾山脈）は、北アルプス（飛騨山脈）と南アルプス（赤石山脈）、そして木曾谷と伊那谷にはさまれた山脈である。北端部の経ヶ岳（2,296m）から南端部の摺子木山（標高2,169m）・安平路山（標高2,363m）、恵那山（標高2,190m）まで、全長およそ50kmにわたって南北方向につらなっている。

中央アルプスの最高峰は木曾駒ヶ岳（標高2,956m）であるが、伊那谷ではこの駒ヶ岳を西駒、南アルプスの甲斐駒ヶ岳を東駒と呼ぶこともある。木曾駒ヶ岳の東方には、千畳敷カール（図1）と呼ばれるカール地形がみられ、カール内には、高山植物のお花畑が発達している。また、中央アルプスは、木曾駒ヶ岳を含め、ほぼ全域が花崗岩で構成されており、この千畳敷カールをとりかこむ宝剣岳（標高2,931m）や空木岳（標高2,846m）、南木曾岳（1,676m）など花崗岩の岩峰や花崗岩の巨石や白砂を随所にみることができる。

中央アルプスの植生帯は、およそ標高1,700mを境として、ブナやイヌブナ、モミなどの生育する山地帯からシラビソ、オオシラビソやダケカンバが優占する亜高山帯に移行する。そして、さらに上部、標高2,600m以上になると、高木林が形成されず、矮生低木のハイマツやお花畑からなる高山帯に移り変わる。

こうした自然環境の保護のため、中央アルプスは、長野県立自然公園と岐阜県の胞山県立自然公園に指定されているほか、千畳敷カールは長野県の天然記念物に指定されている。

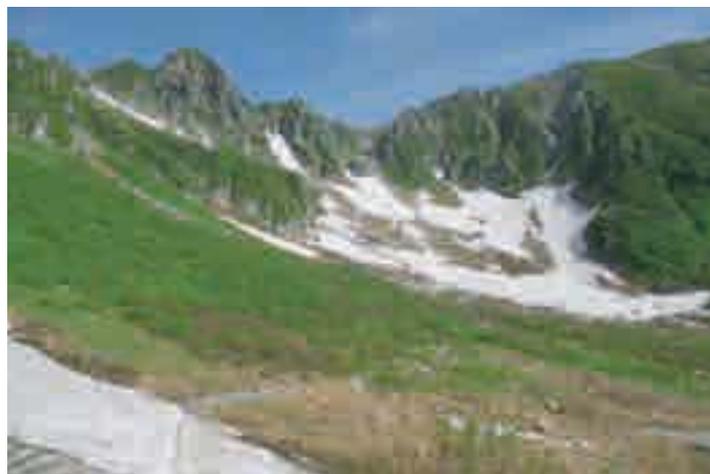


図1 千畳敷カール



図2 宝剣岳の岩峰

## 2 中央アルプスの高山植物

中央アルプスでは、まずその玄関口ともいえるロープウェイの千畳敷駅前のカール内に、シナノキンバイやミヤマキンポウゲ、チングルマなどの咲くお花畑をみることができる。また、花崗岩の山らしく、登山道沿いに多い岩壁や岩の隙間には、岩肌を好むイワヒゲやコメバツガザクラを楽しむことができる。中岳から木曾駒ヶ岳間の鞍部など風当たりの非常に強い風衝地には、背の低いイワウメやオヤマノエンドウなどが地面に貼りつくようにして生活している。

高山植物とはそもそも、亜高山帯から高山帯を、その生活の本拠地としているものの総称であるが、この中央アルプスには一体何種類ぐらいの高山植物が生育しているのだろうか？

横内（2001）・横内（2002）の中央アルプスの高山植物の研究によれば、中央アルプスに産する高山植物の種類数は、243種類とされている。そして、中央アルプス固有、つまり他の山にはなく中央アルプスにしか生育していない高山植物としてはコマウスユキソウ（ヒメウスユキソウ）（図3）とコケコゴメグサ（図4）がある。また、中央アルプスのほかには南アルプス北岳周辺のみ知られるものとして、ハハコヨモギ（図5）がある。こ



図3 中央アルプス固有種のコマウスユキソウ



図4 中央アルプス固有種のコケコゴメグサ



図5 中央アルプスと南アルプスに産するハハコヨモギ

のうちコマウスユキソウは、ヨーロッパアルプスに産し歌でも知られるエーデルワイスの近縁種であるが、日本にあるエーデルワイスの仲間のなかではもっとも小柄で可愛らしく、また名前にも駒ヶ岳から”コマ”とつけられているように、中央アルプスの高山植物を代表する一種ともいえる。

しかし、中央アルプス産の高山植物の種類数は、日本アルプスのなかでは決して多いものではない。北アルプスと比べてみると、中央アルプスの高山植物の種類数は、そのおよそ半分程度にとどまっている。また、固有の高山植物としても、北アルプスや南アルプスにはより多くの固有種が知られている。

その理由としては、中央アルプスに3,000mを越す山岳がなく、高山植物の生育する面積が狭いこと、また、全域が花崗岩からなっており地質・地形の変化に乏しいこと、さらに南方に位置し積雪量も少ないこと、などが考えられている。

また、中央アルプスのなかで高山植物の種類数が最も多いのは、最高峰の駒ヶ岳周辺から千畳敷にかけてとなっており、この地域では中央アルプスに産する高山植物の大部分を観察することができる。

中央アルプスの高山植物にとって、3,000mを越す山岳がないこと、そして現在も最高峰周辺に多くの高山植物が生育している現状から、もし、将来的に気候変動の影響により森林限界が上昇した場合には、高山植物の避難所となりうる生育場所が決して多くはないことが予想される。そのため、中央アルプスは、日本アルプスのなかでも、気候変動による高山植物の絶滅リスクが高い地域であると考えられよう。

### 3 中央アルプスの気候変動と高山植生への影響を探る

では、中央アルプスの高山帯は現在、どのような気温環境下にあるのだろうか。

地理学研究グループGENETと長野県環境保全研究所による通年気象観測が、木曾駒ヶ岳山頂東側の風衝地で、階状構造土が発達する緩斜面で1996年より行われている（浜田、



図6 気象観測および野外温室効果実験サイト

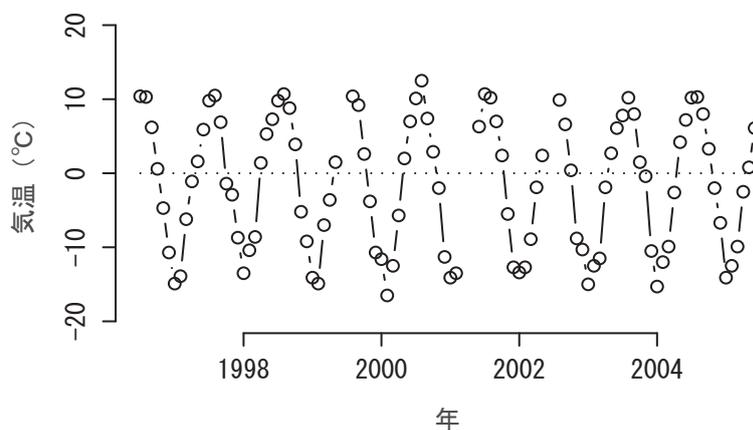


図7 木曽駒ヶ岳山頂東側風衝地の気温の変化

2008) (図6)。その観測結果では、平均気温(1996年7月～2005年6月)は $1.3^{\circ}\text{C}$ 、最寒月(1月)の月平均気温は $15.0^{\circ}\text{C}$ 、最暖月(8月)の月平均気温は $10.2^{\circ}\text{C}$ であった(図7)。これまでの約10年間の観測では、気温の上昇傾向は確認されていないが、こうした観測デ

ータの蓄積によって、今後の中央アルプスでの気候変動の実態を明らかにすることができると考えられる。また、この観測地では、気象観測とあわせて屋外温室効果実験が行われている。この実験は、OTC(オープントップチェンバー)というアクリル板を用いた疑似温室を高山植生にかぶせ、そのフェノロジーや種組成などの変化を調査するというものである(飯島他、1999)。このOTC内では、植物の生育期間に相当する暖候期(6月～10月)の平均で、群落高気温で $+1.9^{\circ}\text{C}$ 、地温で $+1.0^{\circ}\text{C}$ の温度上昇が認められる(飯島他、1999)ほか、アクリル板の防風・防雪効果も加わり、植物の生育環境が総合的に緩和される。

飯島他(1999)・財城他(2003)は、OTCを設置することによって、ガンコウランやウラシマツツジなどの木本植物の生育期間の延長と生長量と高さの増加、越冬芽の開芽率の上昇がみられることから、OTC内の環境緩和が、高山植物にとって、成長量や成長速度を



図8 コマウスユキソウ調査の様子

上昇させていると報告している。また、OTC内での植物の生長量には、ガンコウラン>ウラシマツツジ>ヒメクロマメノキ・ミネズオウ>イワウメといった種間の違いが推定されている。さらに、1996年と2008年のOTC内と対照区の植生調査の結果を比較すると、対照区にたいしてOTC内の植生変化が大きく、ガンコウランやヒメクロマメノキ、ミネズオウなど特定の種類が寡占する傾向を示していた（尾関、未発表）。

こうした調査結果から、現在は風衝環境下で、背丈の低い矮生低木や草本植物が共存している風衝草原でも、今後、気温の上昇を含め環境が緩和した場合には、成長速度の早い特定の高山植物が優占するようになり、他の高山植物は、非常に厳しい光獲得競争にさらされる事態となる可能性が考えられるだろう。

#### 4 コマウスユキソウの個体群動態

コマウスユキソウ（ヒメウスユキソウ）*Leontopodium shinanense* Kitam. は、キク科ウスユキソウ属の多年草で、本州中部山岳の中央アルプス固有種である。同種は、分布が限定的で、個体数が1,000未満と推定されること（環境庁、2000）、また登山者による踏みつけや採取圧が懸念されることなどから、環境省のレッドデータブック（環境庁、2000）では絶滅危惧II類、長野県版レッドデータブック（長野県、2002）では絶滅危惧IA類に指定されている（2007年8月3日に公表された環境省のレッドリスト第2次見直し（環境省、2007）では、準絶滅危惧に変更された）。また、長野県では、2004年に希少野生動植物保護条例により特別指定希少野生動植物に指定し、保護回復に努めることとしている。

今後の環境変動が、この中央アルプス固有の高山植物の生活に一体どのような影響をおよぼすのだろうか。長野県環境保全研究所では、先ほどのOTCサイト付近で、コマウスユキソウの個体群の調査をおこなっている（図8）。

図9は、2008年の調査区内のコマウスユキソウの空間分布を示したものである。

コマウスユキソウの生育地は、ヒメクロマメノキやガンコウランのマット状の植被内や、岩礫の周囲であったが、密な植被内より岩礫縁付近で密度が高い。また、とくに開花していない小型の個体は、植被内よりも岩礫の縁や岩礫と岩礫に挟まれた空間に分布する傾向

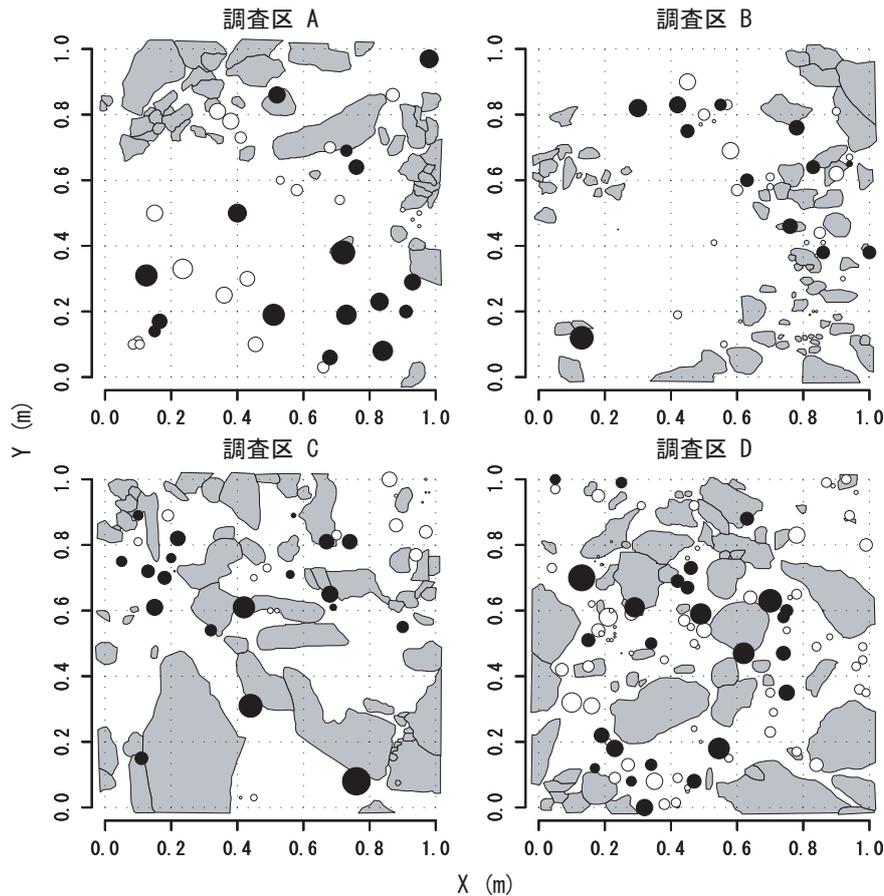


図9 2008年の調査区内のコマウスユキソウの個体分布

○；未開花個体，●；開花個体。

丸の大きさは個体サイズ（ $S \text{ m}^2$ ）に比例する。網掛けの図形は露頭した岩礫。各調査区ともY軸が斜面方位と平行で、図の上部が斜面上側に位置する。

があった。

コマウスユキソウの種子には長さ約3mmの冠毛があり、風によって散布される。コマウスユキソウが岩礫縁付近に分布する要因としては、風力により移動する種子が岩礫の縁や岩礫と岩礫のすき間に集積しやすい可能性が考えられる。また、植被のない砂礫地は乾燥しやすく、冬季の土壌の凍結融解による攪拌作用が大きいことから、岩礫の縁や岩礫間のポケット状の空間が、土壌条件的に実生のセーフサイト（定着適地）となっている可能性も考えられる（尾関・大塚、2008）。

## 5 コマウスユキソウの今後

コマウスユキソウの個体群動態を検討するため、複数年の調査結果から、推移行列モデルを構築した。推移行列モデルは、個体群の構成要素の動態を行列とベクトルの計算で表現するもので、現在の個体群構造の安定性を評価することができる。このモデルにもとづいて、今後のコマウスユキソウの個体数の変化について、シミュレーションを行った（図10）。

その結果、現在の生存率や繁殖率がそのままつづくとする、将来的に、個体数は現在とほぼ同じか微増する結果となり、現在の環境下では、集団が安定的に維持されていることが示された。

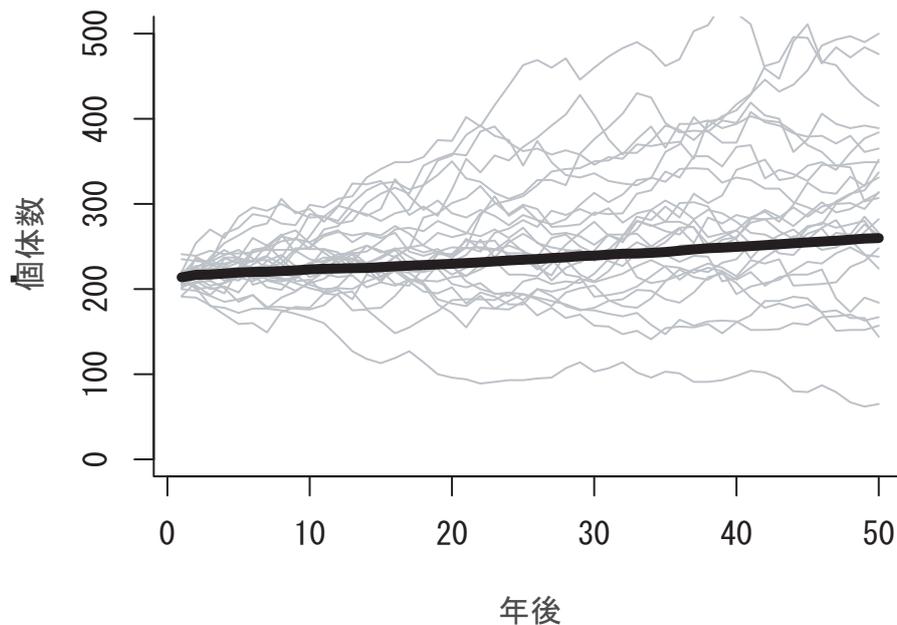


図10 推移行列モデルを用いた調査区のコマウスユキソウの個体数変動のシミュレーション結果  
太実線が1000回の試行の平均値、細線が試行のうち25回分を例示したもの。



図11 コマウスユキソウの実生。周囲はイワウメとガンコウラン

小泉（1993）によると、コマウスユキソウの調査地周辺にみられる階状土は、約3000年前の寒冷期に形成されたもので、その後、階状土上面の裸地と段差部分のコマウスユキソウを含む植被が継続的に維持されてきたものと推測される。しかし、今後の気候変動によって、低温と凍結融解による土壌攪拌作用が軽減された場合には、コマウスユキソウの繁殖期間や新規加入個体の定着状況が変化し、コマウスユキソウの個体数の変動が生じることも考えられる。

また、OTCでの実験で示されたように、温暖化を含む風衝地での環境緩和は、コマウスユキソウの生育地に混生するガンコウランやヒメクロマメノキなどの矮生低木の植物の成長をうながし、他の植物を被陰させる可能性もある。コマウスユキソウの当年生実生や若齢個体は非常に小さく、また開花サイズに達するまでにも数年を要する（図11）。そのた

め、こうした他の植物による被陰が進行した場合には、実生の定着が阻害され、個体群の縮小が生じる可能性も危惧される。

幸い、コマウスユキソウは現在安定的に個体群が維持されているが、今後の環境変動がコマウスユキソウの生活にどのような影響をもたらすのか、依然として不明な点も多い。当調査地での、コマウスユキソウの個体群統計のモニタリングと気象観測を継続することにより、中央アルプス固有の高山植物であるコマウスユキソウの個体群動態に加えて、気候変動が高山植物の生態に及ぼす影響をわせて検討できるものと考えられる。

## 引用文献

- 浜田崇(2008) 山岳地における気象観測. 「長野県環境保全研究所研究プロジェクト成果報告書6 長野県における地球温暖化現象の実態に関する調査研究報告書」, 長野県環境保全研究所21-26.
- 飯島慈裕・福輿聡・木村圭司・浜田崇・尾関雅章・山本聡子・福井幸太郎・栗原緑・増澤直・宮原育子・水野一晴・松本淳(1999) 木曾駒ヶ岳高山地域における環境操作実験による温度環境と、高山植生の応答. 日本気象学会1999 年度秋季大会講演要旨集75: 371.
- 環境庁(2000) 改訂・日本の絶滅のおそれのある野生生物—レッドデータブック— 8 植物I (維管束植物). (財) 自然環境研究センター, 東京.
- 環境省(2007) 哺乳類、汽水・淡水魚類、昆虫類、貝類、植物I 及び植物II のレッドリストの見直しについて. <http://www.env.go.jp/press/press.php?serial=8648>.
- 小泉武栄(1993) 日本の山はなぜ美しい山の自然学への招待. 古今書院, 東京.
- 長野県(2002) 長野県版レッドデータブック～長野県の絶滅のおそれのある野生生物～維管束植物編. 長野県.
- 尾関雅章・大塚孝一(2008) 長野県固有種コマウスユキソウの個体群構造. 長野県環境保全研究所研究報告4: 55-59.
- 横内文人(2001) 日本中央アルプスの高山植物(1). 長野県植物研究会誌34: 49-62.  
(2002) 日本中央アルプスの高山植物(2). 長野県植物研究会誌35: 39-52.
- 財城真寿美・塚田友二・福輿聡・G. E. N. E. T. (2003) 温暖化実験で生じた高山植物分布の変化—中央アルプス木曾駒ヶ岳を例として—. GIS-理論と応用11: 23-31.

## 温暖化とライチョウの感染症

福士 秀人（岐阜大学応用生物学部応用生物学科）  
ふくし ひでと

山口 剛士（鳥取大学農学部附属  
やまぐち つよし 鳥由来人獣共通感染症疫学センター）

〒501-1193 岐阜県岐阜市柳戸1-1

〒680-8550 鳥取県鳥取市湖山町南4-101



ニホンライチョウ（以下、ライチョウ）は標高2,400m以上の高山帯で暮らし、氷河期の生き残りともいわれている。普段、私たちがみることが出来るライチョウたちは自然の中でたくましく生き続けている。一見、病気とは縁がないようにも思われるかもしれない。しかしながら、ライチョウについてはまだまだわからないことも多く、「病気」もその一つといえる。実は、この数年間の研究からライチョウの生息に問題となりかねない病気があることがわかってきた。また、その病気は地球温暖化とも関連しているかもしれないこともわかってきた。ここでは、ライチョウの病気のうち、地球温暖化と関連していると思われる「感染症」について紹介したい。

### 感染症とは？

はじめに「感染症」について簡単な説明をしよう。「感染症」というのは「病原体」により引き起こされる病気である（図1）。「感染症」が発生するには「病原体」とそれによって病気になる動物やヒト、ここではライチョウ、さらに病原体がライチョウにたどり着くための道筋（伝播経路）が必要である。この3つがそろったときに初めて感染症が発生する。とくに大事なのが「伝播経路」である。病原体がいてもライチョウにたどり着くことがなければ、ライチョウは病気にならない。

### ライチョウに病気をもたらすのは？

それでは病原体がライチョウにたどり着くにはどのような伝播経路が考えられているの

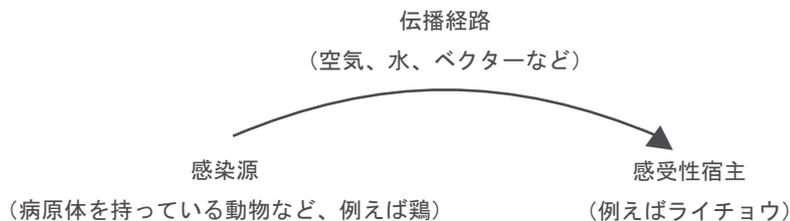


図1 感染症の成立3要因

感染症が発生するには1) 感染源（病原体を保有するものや動物など）、2) 感受性宿主（病気になる可能性のある動物、ライチョウなど）および3) 伝播経路（病原体が運ばれる路。空気、水、ベクターなど）が必要である。この3つがそろってはじめて感染症が発生する。

であろうか。はじめにいろいろな感染症の伝播経路を考えてみよう。ヒトの大きな問題であるインフルエンザも感染症であるが、この場合はヒトからヒトへ空気によって運ばれる。これを空気伝播と呼んでいる。空気伝播はヒトや動物が密集しているときに有効な伝播経路となる。また、食べ物や水が伝播経路になるときもある。食中毒や下痢などがその例だ。この場合には動物やヒトの糞に病原体が含まれ、それが何かの理由で食物や水に入り込み、その食物や水を食べたり、飲むことで病気がおきることから、糞口感染と呼ばれる場合もある。他には、虫が病気を運ぶことも知られている。特に蚊やダニ、その他の血を吸う虫たちが問題となる。ヒトでは日本脳炎やウエストナイル熱が虫によって運ばれる。この病気を運ぶ虫たちを「ベクター」と呼んでいる。ベクターによる病気は熱帯地方に多く知られ、有名な病気にはマラリアがある。さらに、野生動物にとって問題となるのが、実はヒトである。ヒトは様々な病原体を持っている。また、山で排泄することによっても病原体を山岳地帯にまき散らしている。最近、話題になったカエルのツボカビも、実はカエルの研究者や観光客が広げたのではないかと考えている研究者もいる。

このように様々な伝播経路や病気を運ぶ原因のうち、どれがライチョウにとって問題になるのだろうか。本来、ライチョウは氷河期を生き抜いた動物であることから、ライチョウ自体が難しい感染症をもっているとは思えない。そうすると外部からライチョウに病原体が持ち込まれることが問題だろうと考えられる。もっとも問題となりそうなのは、ヒトであろう。ヒトの排泄物が何らかの方法でライチョウの集団に入り込むことで問題を起こしそうである。また、現在はそうでもないが、ベクターも問題になりそうである。これは温暖化とも関連するが、病原体を持っているベクターが山に上ってきたり、ヒトやヒトがつれてくる動物にのって来たりすると、ライチョウに病原体をもたらすことになりかねないのだ。

これ以外にも感染症を発生させる可能性があるのは、ライチョウを集団で人工的に飼育することである。いまは飼育されているライチョウはいなくなってしまったが、将来、種をまもるために、人工飼育が必要となるかもしれない。そのときには感染症について十分な対策をすることが必要となる。その理由については後ほど、書きたい。

## なぜ温暖化とライチョウの感染症が問題になるのだろうか？

上記のように感染症の伝播をもたらすものとしてベクターが考えられた。このベクターは血を吸う虫が大半である。蚊やダニが主なベクターとなる。これらの虫たちは一般に寒い場所は苦手である。ライチョウがすむ山岳地帯は気温が低く、ベクターとなる虫たちにはすみにくい場所であった(図2)。しかし、山小屋などヒトが住み、暮らす場所はベクターが住み着くにはよい場所でもある。さらに、年々、山岳地帯の平均気温も上昇しているようである。そうすると、低地にしかいなかったベクターが山岳地帯にもあがってくるようになると考えられている。また、夏など比較的気温が高くなる時期に登山客などについてベクターが山岳地帯に持ち込まれるということも考えられる。このように温暖化はライチョウの健康においても影響を及ぼす可能性があるのだ。

## これまでのライチョウの病気

ライチョウが自然界で死亡して見つかる場合の多くは、捕食動物よる場合が多いようで

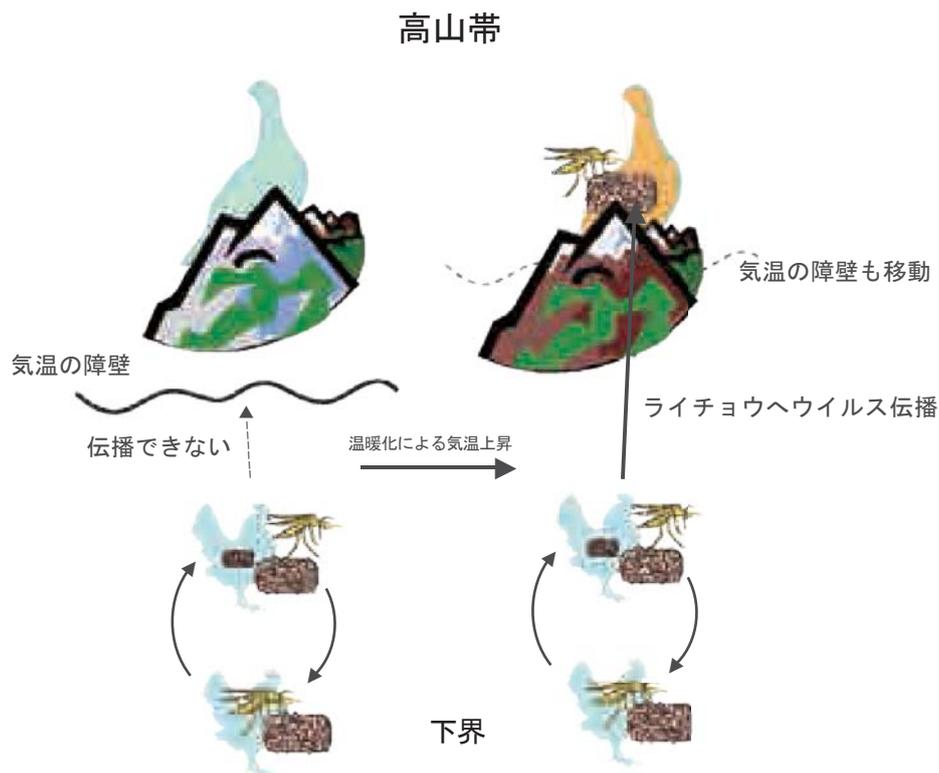


図2 温暖化によるライチョウへの感染症侵入

現在、ライチョウは高山にすんでいる。高山の気温は低く、蚊などのベクターは存在できない。下界では蚊を媒介とした病気が鶏などで蔓延している。温暖化により高山の気温が上昇すると自然の障壁がゆるくなり、蚊が高山にもあらわれる。この時、蚊がウイルスをライチョウにもたらず危険性があり、心配されている。

ある。これまでに自然に生息しているライチョウでは感染症は見つかっていなかった。ところが、生息数調査のうちにライチョウの皮膚病が見つかった。その原因を調べたところ、表皮ブドウ球菌とよばれる細菌が見つかった。この細菌は健康なヒトの皮膚によくすんでいる菌である。なぜ、ライチョウでこの表皮ブドウ球菌による病気が起きたのかはわからない。もともとライチョウの皮膚にもいたのかもしれないが、その後の調査ではライチョウからはみつかっていないようである。この感染症以外には自然界で発生したライチョウの感染症は知られていない。これまでのところ、幸いなことに外部から野生のライチョウへの病原体の持ち込みはないようである。

それでは、安心してよいのだろうか。

実は飼育されたライチョウがいくつかの感染症になっていたことがわかってきた。これは、大町山岳博物館で凍結して保存されていたライチョウを調べることによりわかってきたものである。その一つの例が鶏ポックスウイルス感染症という病気である。この病気はもともとは鶏の病気で、ウイルスによって引き起こされる感染症である。このウイルスが感染すると皮膚にぶつぶつができる。そこにいろいろな細菌が重なって感染し、病気を重くする。また、時にはこの病気で鶏が死んでしまうときもある。この鶏ポックスウイルス感染症がライチョウでも見つかったのだ。飼育されていたライチョウであった。また、アデノウイルスと呼ばれるウイルスによる感染症も経験していた。さらにサルモネラや大腸菌といった細菌による感染症もあったことがわかっている。

これらの感染症はいずれも鶏ではよくみられる病気である。ライチョウも鶏もキジの間であることから、感染症についても共通しているのかもしれない。これはライチョウの健康を考えるとときに問題となる。鶏は集団で飼育され、実は様々な感染症をたくさん持っている。現在はワクチンや飼育方法の工夫で大きな発生はないが、鶏インフルエンザでもわかるように、いったん発生するとその規模はとても大きなものとなる。鶏で発生する病気がライチョウに伝播すると同じような病気になると考えられている。いまは下界の鶏と山岳地帯のライチョウの間に伝播経路はないことから、問題になっていないが、先にも述べたように、温暖化により蚊などのベクターが山岳地帯にも上ってくるようになると、鶏の病気がライチョウに持ち込まれることになる。その場合には、ライチョウはワクチンもうけておらず、感染症には無防備であることから、大きな被害がおきる可能性が大きいと考えられている。

### 飼育ライチョウに発生したウイルス感染症の例

博物館で飼育されていたライチョウでみつかった感染症について、専門的にはなるが、以下で紹介しよう。

ライチョウの飼育を行っていた博物館で長期間冷凍保存されていた数例の死亡個体について、死因を特定する機会があった。1982年に死亡し原因不明のまま冷凍保存されていた飼育個体である。この個体は、病変の特徴から鶏ポックスウイルス感染が疑われた。死亡個体から採取した腫瘍状病変部組織、肺および肝臓について調べたところ、遺伝子増幅法（PCRという）により鶏ポックスウイルスの遺伝子がみつかった。この遺伝子を詳しく調べたところ、この個体は鶏に感染しているウイルスと同じようなウイルスに感染していたことがわかった。

ウイルスにもいろいろな種類がある。鶏ポックスウイルスという名前であっても、必ずしも鶏だけに病気を起こす訳ではない。ただ、病気になる鳥の種類によっては鶏がかかっているウイルスとは異なるウイルスであることがわかっている。つまり、同じ鶏ポックスウイルスという名前がついていても、詳しくみるとそれぞれの鳥に特有のウイルスがいるらしいのだ。今回のライチョウから見つかったウイルスは鶏にかかっているウイルスとほぼ同じであることから、もともとライチョウのウイルスだったものではなく、むしろ鶏に流行していたウイルスがライチョウに伝播したと考える方がよいということがわかった。

博物館では、鶏用の生ワクチンを実施していた。しかしながら、ワクチンは十分な効果を発揮しなかったようである。鶏ポックスウイルスがライチョウにどのような病気を起こすかは不明である。今回の症例からわかったことは、鶏ポックスウイルス感染により引き起こされる病気が鶏とライチョウでは異なるということである。

鶏ポックスウイルスは蚊やブユなどの血を吸う虫により伝播するといわれている。伝播の仕組みを考えると、鶏から蚊などによりライチョウにウイルスが運ばれたと考えられる。このライチョウが飼育されていた当時、博物館の周辺に鶏を飼育する施設はなかった。しかし、施設周辺で鶏ポックスウイルスを運ぶことができる血を吸う虫の一種であるヌカカが目撃されていたことやライチョウの飼育施設が外界と金網で仕切られており吸血昆虫の外部からの侵入が可能な状況にあったことから、鶏ポックスウイルスを保有したヌカカなどの虫が外部から侵入し、飼育個体に伝播したのではないかと考えられている。

このようにライチョウの集団にウイルスを運ぶものとして蚊やブユ、さらにヌカカなど

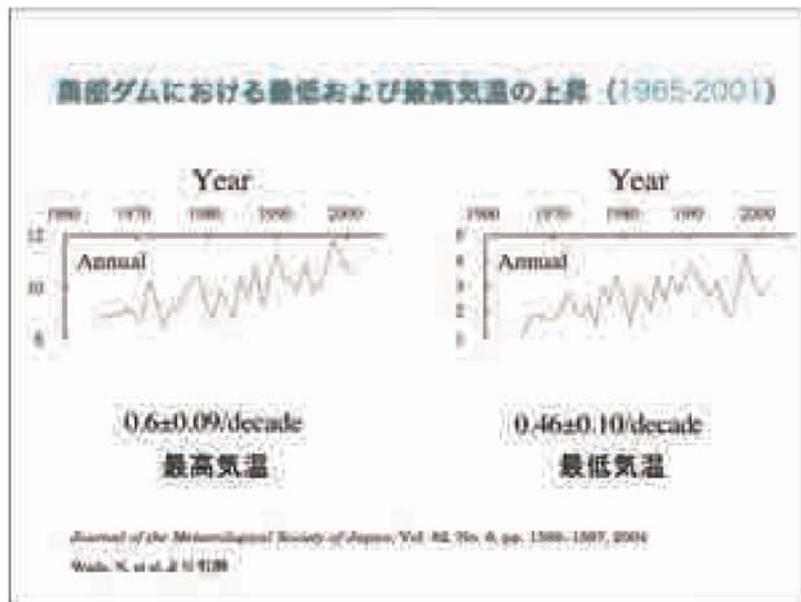


図3 黒部ダムでの気温上昇

研究者の報告（Wadaら、2004）により1965年から2001年の37年間で、標高1,459mに位置する黒部ダムの最高気温が約2℃上昇したことが報告されている。

Wada, N., Kawada, K., Kawamura, R., et al. (2004): J. Meteor. Soc. Japan 82, 1589-1597

があることがわかってきた。これらの虫は普段は山岳地帯にはほとんどいない。しかしながら、先にも書いたように、地球温暖化により気温が上昇すると血を吸う虫が山岳地帯にも現れるようになると考えられている（図2）。

研究者の報告によれば、1965年から2001年の37年間で、標高1,459mに位置する黒部ダムの最高気温が約2℃上昇したとされている（図3）。北アルプスにある黒部ダムはライチョウの生息地より1,000mほど低い場所にあるが、このことはライチョウの生息域でも温暖化が想像を超えた早さで進行していることを示すものかもしれない。このような変化は低地に生息する虫の高山帯への分布域拡大の一因となる。つまり、地球温暖化を背景とし、ウイルスを持った蚊などの虫が高山帯へ侵入することによる将来的な野生ライチョウでの鶏ポックスウイルス感染症の発生が心配される。このような事態を未然に防ぐためには、高山帯における蚊、ブユ、ヌカカなどの虫の分布状況の実態把握と、これに伴う病原体の侵入に対する監視体制の構築が必要である。

### 表皮ブドウ球菌感染症

2001年に、立山の室堂平でライチョウの生態調査を目的として捕獲した個体2羽の皮膚に炎症性の病変が認められた。ライチョウは、冬季には20から30羽程度の群れで生活することが知られている。ヒトが立ち入ることのできない厳冬期に群内での感染拡大を避けるため環境省の許可を得た上で1羽が保護された。病気になった皮膚から表皮ブドウ球菌と呼ばれる細菌がほぼ純粋にみつかった。この細菌は一般に皮膚に常在する菌種として知られており、発病に至る背景となる他の感染症の存在や寒冷によるストレスの影響などが疑われた。その後はみつかっていない。



図4 中部山岳地帯におけるライチョウの糞便採取地

北アルプスおよび南アルプスなどでライチョウの新鮮な便を採取し大腸菌などを調べた。

### 野生個体新鮮糞便からの大腸菌検出とその性状

これまで私たちは、ライチョウがヒトから受ける影響を明らかにしようとしてきた。その一つの方法として、ライチョウ新鮮糞便からの大腸菌検出とその薬剤耐性に関する検索を行っている。薬剤耐性菌とは細菌による感染症の治療に用いられる薬である抗生物質が効かなくなっている細菌のことである。この薬剤耐性を持っているかどうかはヒトによる薬剤使用を反映するため、野生動物とヒトとの接点を細菌という目印を使って知ることができるだろうと考えた。

そこで、2003年5月から2005年10月に北アルプスおよび南アルプスでライチョウの糞便を集めた（図4）。採取した野生ライチョウ新鮮糞便241検体および飼育個体糞便から大腸菌の分離・同定と抗生物質に対する耐性を調べた。

山域により大腸菌の分離率に若干の違いが認められたが、全体では野生ライチョウ由来241検体中、69検体（28.6%）から大腸菌が分離された（図5）。野生個体由来検体から分離された大腸菌に薬剤耐性菌はみつからなかった。一方、飼育個体からはテトラサイクリンに対する薬剤耐性大腸菌が検出された。このことから、ライチョウにおける薬剤耐性菌の検出がヒトとの接点を示す指標となることが示された。

次に、ライチョウから見つかった大腸菌の由来を調べるために遺伝子型別を行った。その結果、南アルプスで分離された一部の株を除き、これまでに解析したほぼ全ての大腸菌が山域とは無関係にB2型という遺伝子型であることが明らかになった。また、同一山域に生息する異なる複数の個体と雌の親鳥およびその親鳥と行動を共にしていたヒナの糞便から検出された大腸菌が同一の遺伝子型であったこともわかった。

山域により大腸菌の検出率に差は認められたが、大腸菌がライチョウの常在菌であるとは考えられない。しかし、遺伝子解析で同一の山域で生息する個体や親鳥とヒナの糞便か

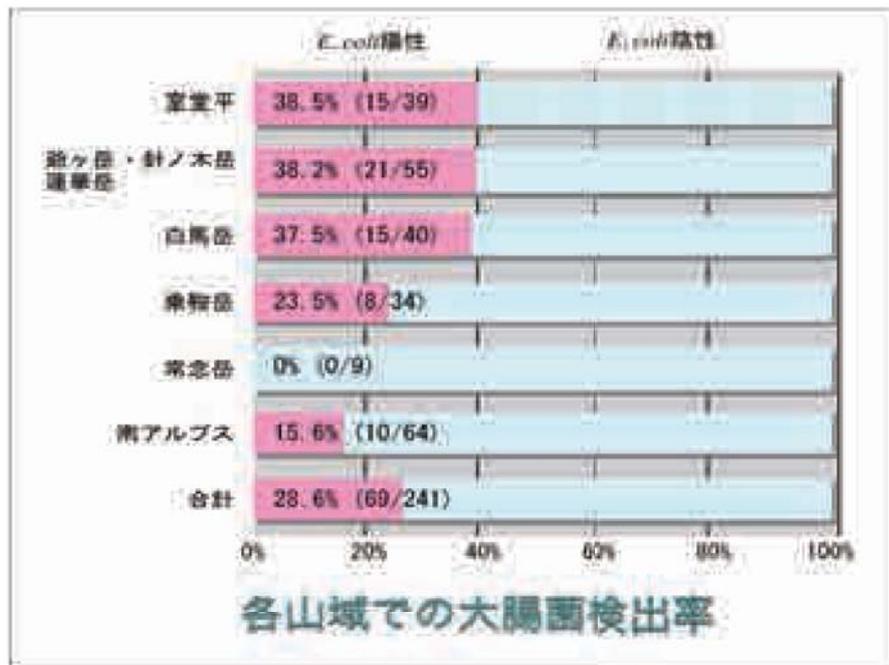


図5 各山域での大腸菌検出率

場所により大腸菌が見つかる割合は異なっていた。人がよく入る場所ほど大腸菌が見つかりやすいことがわかった。

ら同じ遺伝子型の大腸菌が検出され、少なくとも大腸菌の一部はライチョウの腸管内に偶発的に侵入したのではなく、ライチョウ間で伝播・維持されていることがわかった。理由は明らかではないが、ライチョウから検出された大腸菌の起源が各山域で共通している可能性やライチョウの腸管内に定着するために、ある特定の遺伝的背景を有する大腸菌のみが選択されている可能性が考えられている。

今回、ライチョウから検出されたB2型はヒトの尿路病原性大腸菌（UPEC）で大半を占めることが報告されている。厳冬期あるいは換羽期などライチョウがストレス下にある場合やヒナの時期における大腸菌の病原性は不明であり、ライチョウの生息数減少に大腸菌が関与している可能性も否定できない。

## おわりに

ライチョウと温暖化について感染症から見てきた。ライチョウは地理的に限局した高山帯に生息し、想像以上にその生息密度は高いようである。特に冬季には群れで生活をする時期もあり、感染症の発生は希少種であるライチョウに深刻な被害を与える。ライチョウが生息する高山帯の一部では観光化が進み、年間に100万人近いヒトが訪れる山域もある。また、温暖化による吸血昆虫や低地に生息する野生動物の高山への侵入による病原体の新たな持込も危惧されている。

ライチョウにおける感染症の発生を未然に防ぎ、高山環境の象徴的存在であるライチョウを将来にわたって保全するためには、一層の学際的協力体制構築による継続的な監視が必要である。また、感染症予防に限らず希少種保全には生息域内だけでなく、生息域外の研究から収集される情報が極めて有用である。実際、ライチョウにおいても博物館での飼育の過程で得られた多くの情報は、ライチョウの保全に極めて貴重なデータを提供してい

る。今後、ライチョウを第二のトキとしないためにもライチョウの飼育下での研究体制の構築とこれを基礎とした生理および疾病研究の進展が望まれる。皆様のご理解とご協力を切に願いたい。

貴重な野外材料の収集や解析に多大なご協力をいただいた、NPO法人ライチョウ保護研究会、岐阜大学応用生物科学部獣医病理学分野 柳井徳磨教授、九州大学大学院比較社会文化研究院 馬場芳之助手、市立大町山岳博物館、信州大学教育学部生態学研究室 中村浩志教授、中部森林管理局 元島清人技術開発主任官、富山雷鳥研究会、Tromso University Dr. Blix, A. S.、日本大学生物資源科学部野生動物学研究室 村田浩一教授に深謝いたします。また、ここで紹介させていただいた成績の一部は、21世紀COEプログラム「野生動物の生態と病態からみた環境評価」および公益信託増進会自然環境保全研究活動助成により得られました。

## 謝 辞

企画展・シンポジウム開催にあたり下記の個人、企業・団体の皆様から、多大なご協力・ご後援を賜りました。ここにご芳名を記して心より深く感謝の意を表すとともに厚くお礼申しあげます。

### (個人)

鈴木啓助	宮本 太	松本武子	中沢一夫	峯村徳子	仁科光子
松本健雄	藤沢伸稔	新芝久子	荒井泰三	黒岩礼子	高橋さき子
荒井典文	平林信子	菅澤奎子			

(敬称略)

### (企業・団体)

静岡大学 信州大学 岐阜大学 立山カルデラ砂防博物館  
長野県北安曇地方事務所環境課 長野県環境保全研究所  
石川県白山自然保護センター  
信濃毎日新聞社 朝日新聞松本支局 中日新聞社 読売新聞松本支局  
毎日新聞松本支局 産経新聞社長野支局 大糸タイムス株式会社 民友信州  
市民タイムス FM長野 SBC信越放送 NBS長野放送 株式会社テレビ信州  
長野朝日放送株式会社 アルプスケーブルビジョン株式会社  
大町市有線放送電話農業共同組合  
大町民話の里づくり もんぺの会 大町山岳博物館友の会

(敬称略)

日本アルプス・富士山・白山・研究室発  
高山帯の自然は今… –そしてその未来は…?–

- 執 筆 飯田 肇 (立山カルデラ砂防博物館)  
北アルプス発 立山における近年の積雪変動
- 増沢 武弘 (静岡大学)  
富士山発 温暖化が永久凍土と高山植物に及ぼす影響
- 泉山 茂之 (信州大学)  
南アルプス発 ニホンジカはなぜ、「お花畑」をめざすのか
- 野上 達也 (石川県白山自然保護センター)  
白山発 外来植物・低地性植物が高山帯に現れる
- 尾関 雅章 (長野県環境保全研究所)  
中央アルプス発 中央アルプス固有の高山植物の動態と気候変動
- 福士 秀人 (岐阜大学)・山口 剛士 (鳥取大学)  
研究室発 温暖化とライチョウの感染症
- 発行日 2009年10月10日 発行  
発行・編集 市立大町山岳博物館  
〒398-0002 長野県大町市大町8056-1  
TEL/0261-22-0211 FAX/0261-21-2133  
E-mail : sanpaku@city.omachi.nagano.jp  
URL : <http://www.city.omachi.nagano.jp/sanpaku/>
- 印刷・製本 (有)北辰印刷  
〒398-0002 長野県大町市大町3871-1  
TEL/0261-22-3030 FAX/0261-23-2010

