

モニタリングサイト 1000 高山帯調査速報

No.8 (2017年3月発行)

蝶ヶ岳からみた常念岳 (2016. 8. 14 自然環境研究センター小出撮影)

・高山帯でみられる植生（風衝矮生低木群落～高山ハイデ～）

速報 No.6 (2015 年 3 月) では高山帯でみられる植生を、風衝草原、風衝矮生低木群落（高山ハイデ）、雪田草原、高山荒原（崩壊地荒原）、高山低木群落（ハイマツ林）、高茎広葉草原（雪潤草原）の 6 つに分けてご紹介しました。今回はその中の風衝矮生低木群落（高山ハイデ）について少し詳しくご紹介します。

風衝矮生低木群落は、山頂や稜線付近の強風で雪が吹き飛ばされる「風衝地」と呼ばれる場所に見られる矮生低木群落です。ハイデ Heide とはドイツ語でヒースが生えている荒地を意味し、ヒース Heath とは英語で、ヨーロッパでエリカ属 *Erica* などのツツジ科の矮生低木の群落、またはそれらが優占する荒地を指します。小形とはいえ木本植物からなるので、密生した茎や枝がクッション状になって広がるのが特徴です。

＜風衝矮生低木群落（高山ハイデ）でみられる植生の特徴＞

植生区分の中区分・細区分	解説
ミネズオウ群落	高山や高緯度地方の山地の風衝地に成立する矮生低木群落。やや安定した礫原に成立し、ガンコウラン、ミネズオウ、コメバツガザクラ等が優占してカーペット状に広がり、イワウメ、イワヒゲ等を伴う。
コメバツガザクラ－ミネズオウ群集	高山帯からコケモモトウヒクラス域上部にかけて風衝地、岩角地に成立する常緑矮生低木群落。コメバツガザクラ、イワヒゲ、イワウメ等が生育し、下層にムシゴケ、ハナゴケ等の地衣類が多く出現する。礫地、構造土やハイマツ群落の辺縁部に成立する。北海道、本州（東北、関東、北陸、中部）に分布する。
ウラシマツツジ－クロマメノキ群集	高山や高緯度地方の風衝の激しい礫地に成立するウラシマツツジ、クロマメノキ等から成る落葉矮生低木群落。高さ 3cm 程度のカーペット状の群落で、秋にはウラシマツツジが紅葉し目立つ。ミネズオウ、コメバツガザクラ、ガンコウラン、イワウメ等から成る常緑矮生低木群落（コメバツガザクラ－ミネズオウ群集）と同所的にみられることが多いが、より不安定な立地を占め、高標高、高緯度地方で広がる傾向がある。ハイマツの群落の林縁にもみられる。山稜の西側斜面で広く北海道、本州の中部以北に分布する。

出典：自然環境保全基礎調査，植生調査情報提供，統一凡例（植生区分・大区分一覧表），I 高山帯自然植生域，02 高山ハイデ及び風衝草原 <http://gis.biodic.go.jp/webgis/sc-017.html?1st=02>



ミネズオウ



ガンコウラン



コメバツガザクラ



ウラシマツツジ



クロマメノキ

・大雪山サイトのこれまでのチョウ類調査からわかったこと

(1) チョウ類調査の目的

チョウ類調査は、環境変化が高山生態系に及ぼす影響の指標として、チョウ類群集、「指標となる高山蝶（指標種）」の出現数の変化及び低標高性の種の侵入と増減を把握することを目的としています。本調査の「指標種」とは各調査サイトに分布する高山、亜高山域に発生するチョウ類で、大雪山（北海道）サイトでは、ウスバキチョウ、カラフトルリシジミ、アサヒヒョウモン、クモマベニヒカゲ、ダイセツタカネヒカゲの5種と、すべてのサイトに共通して分布し、大雪山では低標高地より分布するものの、他のサイトでは高山蝶として扱われるベニヒカゲを加えた6種を対象としています。



ウラジロナナカマドで吸蜜するタテハチョウ類

◆高山帯調査のチョウ類調査内容

・ライントランセクト調査

チョウ類群集の中から、高山蝶の指標種を中心にその個体数の変動を記録する。

・定点調査

チョウ類全種を対象として、群集について、また低地性種の増加等に注目する。

◆調査対象となる高山蝶（指標種）

一般的に高山蝶とされる以下の14種で、オオイチモンジ、コヒオドシは、北海道では低地より分布するため、大雪山サイトでは対象としない。
ヒメチャマダラセセリ、タカネキマダラセセリ、ウスバキチョウ、クモマツマキチョウ、ミヤマシロチョウ、ミヤマモンキチョウ、カラフトルリシジミ、アサヒヒョウモン、オオイチモンジ、コヒオドシ、ベニヒカゲ、クモマベニヒカゲ、タカネヒカゲ、ダイセツタカネヒカゲ



北海道では低地に分布するコヒオドシ

(2) 大雪山サイトでのチョウ類調査の実施状況

大雪山サイトでは、ライントランセクト調査を赤岳で、お花畑定点調査を赤岳のコマクサ平で実施しています。試行的な調査が2011年に開始され、本格的な調査が実施された2013年から2016年まで4ヶ年の調査を通じて、ライントランセクト調査と定点調査を合わせると、23種（種までの判別ができなかったものを加えると29分類群）のチョウ類が確認されました。このうち指標種として確認されたのはウスバキチョウ、カラフトルリシジミ、クモマベニヒカゲ、ダイセツタカネヒカゲ、ベニヒカゲの5種ですが、各年の確認種数、確認個体数、種構成にばらつきがありました。これは年ごとのチョウ類の発生時期のずれや、調査時の気象条件が大きく影響していると考えられます。現在、蓄積データの評価、解析については検討段階にありますが、今後、定量的な比較や評価を行う際には、これら高山帯特有の気象条件による差やずれの除去が重要と考えられます。



ライントランセクト調査風景

指標種については、アサヒヒョウモンやクモマベニヒカゲのように調査地周辺において分布に関する情報が過去にあるにもかかわらず、高山帯チョウ類調査では確認数が少ない種がありました。日本では大雪山山系にのみ分布するアサヒヒョウモンはもとより、クモマベニヒカゲのように他のサイトにも共通して分布する種は、今後サイト間での比較等を想定すると鍵を握る種であり、これらの種については現地での生息状況を勘案しながら、調査時期、調査範囲について最適化を目指す必要があります。

大雪山サイトにおけるチョウ類調査の指標種の出現状況

調査年	2011年(試行)		2013年	2014年	2015年		2016年		2013~16年 (合算)
調査月	7月	8月	7月	7月	7月	8月	7月	8月	
ウスバキチョウ	○	○	○	○	○		○	○	○
カラフトリシジミ	○	○	○	○	○		○	○	○
アサヒヒョウモン	○								
ベニヒカゲ			○						○
クモマベニヒカゲ		○						○	○
ダイセツタカネヒカゲ	○	○	○	○	○		○	○	○
種数合計※	21	19	19	17	13	3	9	17	29

※種までの判別ができなかったものも含む全種の合計



ウスユキトウヒレンで吸蜜するウスバキチョウ



ダイセツタカネヒカゲ



登山道上で集団吸水するカラフトリシジミ

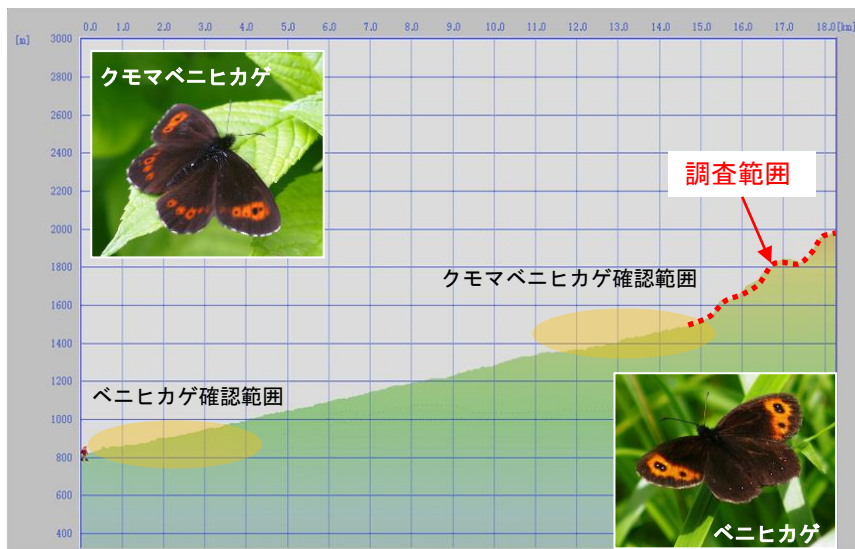
(3) 発生時期や発生地が異なるベニヒカゲとクモマベニヒカゲ

大雪山サイトでは、数ヶ年の調査実施を経て、ウスバキチョウやダイセツタカネヒカゲ、カラフトリシジミ等、大雪山サイトに特徴的な種のデータが得られている一方で、各サイト共通のベニヒカゲとクモマベニヒカゲについては確認例が少なく、データが十分に得られていない状況でした。そこで2015年から7月の調査に加えて8月にも追加調査を行う、調査範囲を拡大する等して、これら2種の生息状況について調べました。その結果、ベニヒカゲとクモマベニヒカゲは現在実施している調査範囲よりも標高が低い地域を中心に、7月よりも8月に成虫が発生していることがわかりました。

現在の調査範囲は銀泉台から第4雪渓手前までの間に設定されており、ウスバキチョウ、ダイセツタカネヒカゲ等の大雪山の特産種の生息域に当たる好適地でしたが、ベニヒカゲおよびクモマベニヒカゲの発生地としては標高が高く、調査範囲で最も標高の低い銀泉台付近でかろうじてクモマベニヒカゲが確認できる状況でした。

調査時期について着目すると、現在調査を実施している7月23日前後はウスバキチョウの発生後期、その他の種の最盛期に当たりますが、8月上旬から発生が始まるベニヒカゲやクモマベニヒカゲには、最早期もしくはやや早い状況でした。

これらの調査対象となるチョウ類の種ごとの生態の違いから生じる調査範囲や時期のずれについては、補足的な調査を行う等の対応策を取り、大雪山に固有な対象種の調査も継続しつつ、サイト間で共通な指標種であるクモマベニヒカゲやベニヒカゲのデータも得られるような調査方法を検討したいと考えています。



補足調査による大雪山サイト周辺のベニヒカゲ類2種の生息状況(標高)

・ 調査サイトから

現地で調査を行って頂いている方々の中から、これまでに登場しなかった方を選んで、調査に関する話題のご紹介をお願いしました。

◆北アルプス（常念岳）サイト

「高山帯」の気候の特徴

信州大学 鈴木 啓助

モニタリングサイト 1000「高山帯」は、他の調査サイトに比べて気温は低く、風が強く、さらに降積雪量も多い。そのため、高山帯特有の生態系が成立する。ここでは、日本の「高山帯」における気候の特徴を考えてみる。

（1）標高差で激変する「高山帯」の気候

気象官署の緯度とそこでの年平均気温の平年値の関係を図 1 に示す。ほとんどの地点では、緯度が高くなれば（北に行けば）年平均気温は低下する。しかしながら、緯度が同じくらいでも年平均気温が相対的に低い地点がある。緯度に比して年平均気温が低い主な地点には地名を示した。この 10 地点はすべて標高が 500 m 以上であり、10 地点以外はすべて標高が 500 m 未満である。図 1 に示すように、これら 10 地点を除けば、緯度と年平均気温は明瞭な直線関係になる。この関係によれば、年平均気温が 1℃ 変化するためには、南北に約 118 km 移動しなければならない。しかし、緯度に比して年平均気温が低い地点は標高の高い地点であることからわかるように、一般には標高が高くなると気温が低下する。気温逓減率を 0.65℃/100 m とすれば、標高差では 154 m あれば気温は 1℃ 異なる。つまり、気温の水平的な変化に対して高度方向の変化が約 770 倍も急激であることになる。このことから、地球規模での気候変動に対して高山帯の環境は敏感に反応することになる。

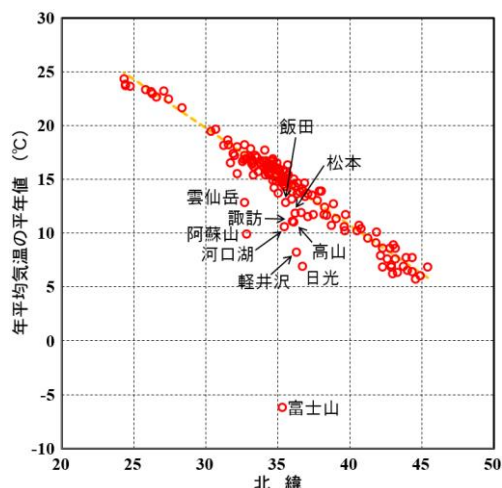


図 1. 日本の気象官署の緯度と年平均気温の平年値

（2）強風と大量の雪に見舞われる「高山帯」の環境

ジェット気流は夏季に比べて冬季に強くなる。冬季のユーラシア大陸上では分かれて吹いている寒帯ジェットと亜熱帯ジェットが、日本付近で合流する。さらに、冬季の西高東低の気圧配置との相乗効果で、日本の冬季の高山帯は強風に見舞われることになる。ちなみに、富士山（観測地点の標高 3,775 m）では 1990 年 9 月 20 日に最大風速（10 分間の平均風速の最大値）56.5 m/s を記録している。瞬間最大風速では 70 m/s 以上が観測されているが、測器の測定範囲を超えているので記録としては残っていない。

日本の高山帯で最も特徴的なのが降積雪深の多さである。そもそも、積雪地域（2 月の最大積雪深の累年平均が 50 cm 以上）に 2,000 万人以上もの人々が生活している所は世界のどこにもない。緯度が比較的低いにもかかわらず、この特異な気候条件を生起させているのが、「シベリア高気圧」、「チベット・ヒマラヤ山塊」、「日本海」、「日本の脊梁山脈」の組み合わせである。

シベリアの大地は、冬季には日射量が極めて小さくなり地表面からの長波（地球）放射による放射冷却が進行する。冷やされた大地上にはシベリア高気圧が形成されることになる。この高気圧は背が低く、寒冷で乾燥した空気塊はチベット・ヒマラヤ山塊に阻まれて南下できないが、偏西風に運ばれる東側には高山があまりないために日本海に吹き込む。その日本海には対馬海流と呼ばれる暖流が流れているが、その上に寒冷で乾燥した気塊が流れ込むのである。暖流の上であるから当然ながら下層の空気は暖かく水蒸気の供給も活発である。わずか 5,000 m の高度差で温度差が 50℃にも達することがある。当然、下層が暖かく上層が冷たいので、対流雲である積雲の発達にとってこの上ない条件である。このようにして次々と作り出された積雲が日本の脊梁山脈にぶつかることにより強制的に上昇させられ対流活動がさ

らに活発化し、脊梁山脈の日本海側に大量の雪を降らせることになる。「シベリア高気圧」、「チベット・ヒマラヤ山塊」、「日本海」、「日本の脊梁山脈」の絶妙な組み合わせが、世界でも稀な豪雪地帯を生み出しているのである。

(3) 季節や湿度によって異なる気温逓減率

さて、標高が 100m 高くなると気温は 0.65°C 低下すると前述したが、これは地表面の影響を受けない大気（自由大気）の平均的な逓減率である。地表面の状態と密接に関わる「高山帯」においては、気温逓減率は自由大気の値よりも小さな $0.5\sim 0.6^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ であるといわれている。しかしながら、この値も平均的なものであり、地域特性や季節によって地表面近くの気温逓減率は大きく変動する。乗鞍高原における月平均気温逓減率の観測例を図2に示す。全体の気温逓減率の平均値は $0.61^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ となるが、 $0.5^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ 以下となる月や $0.8^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ を越える月も見られる。季節的には春先に大きな値を示し、秋には小さな値を示す。気温逓減率と湿度は良い逆相関を示す。つまり湿度が比較的高い秋季には水蒸気の凝結による潜熱の放出の影響で気温逓減率が小さくなるのである。気温の観測がほとんどなされていない高山帯での植生などと気温の関係について議論する際に、低地での観測値から一律の気温逓減率で高山帯の気温を推定することがよくあるが、注意が必要であることを図2は示している。

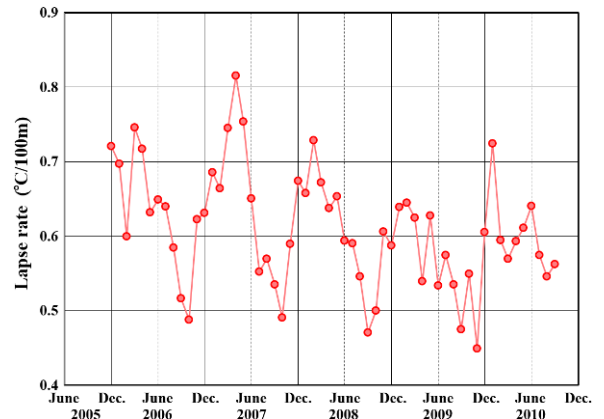


図2. 乗鞍高原における月平均気温逓減率の変動

(4) 気象観測データが乏しい「高山帯」の現状

地球規模での気候変動に対して高山帯の環境は敏感に反応することを前述したが、そもそも、高山帯での気象観測地点は極めて少ないのが現状である。気象庁による高山帯での観測として象徴的であった富士山測候所（標高 3,775 m）が、2004 年 8 月を最後に無人化され、それ以降は、気温・湿度・気圧・日照時間（夏期）のみの観測となった。他の有線ロボット気象計（アメダス）の設置地点としては、標高 1,350 m の野辺山が最高所である。しかしながら野辺山では、積雪深の観測が無く、積雪深も含めた有線ロボット気象計としては、日光の 1,292 m が最高所で、次いで菅平の 1,253 m である。地球規模での気候変動が、高山帯という地域空間スケールでの環境変動に及ぼす影響を評価する上で、当該地域での気象観測データの欠如は、高山帯の生態系や水資源に対する気候変動の影響などを評価する上で、極めて深刻な事態であると言わざるを得ない。

そこで、当研究室では、中部山岳地域の高山帯で気象観測網を整備してきた。観測データが準リアルタイムで大学のサーバに送られてくる地点は、上高地、志賀高原、乗鞍高原（標高の異なる 3 地点）、乗鞍富士見岳、槍ヶ岳、西穂高岳、燕岳、中央アルプス千畳敷、車山、霧ヶ峰高原の 12 ヶ所である（図3）。他に観測データをロガーに蓄積し定期的に回収する地点が、白馬岳（標高 2,740 m）などに 6 ヶ所ある。最高所の槍ヶ岳の肩の 3,125 m から最低所の乗鞍高原の 1,450 m まで展開しており、気象庁による観測標高の空白を埋めている。

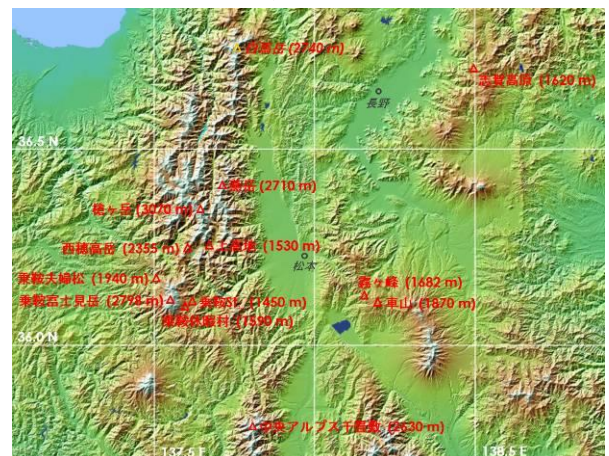


図3. 信州大学鈴木研究室による高山帯での気象観測網

低温で強風の吹き荒れる（冬には猛烈な吹雪になる）極限環境下での気象観測には様々な問題が発生するが、それらを克服しながら、高山帯での気象観測は今後とも継続する必要がある。短期間では必ずしも論文発表などの成果に結びつかない地道なモニタリング観測研究が、成果主義のはびこる我が国では、敬遠される傾向はますます強くなっている。しかし、現場で得られた生のデータなしに、信頼できる将来予測などできるはずがないことを決して忘れてはいけな

・何が起こるか解らない？高山帯調査の調査機材の異変の謎

厳しい気象条件の高山帯の調査では、野外に設置された調査機材に様々な異変が起こります。強風によるカメラの転倒や落下、温度変化によるカメラの結露、雪崩や土壌の凍結による温度計の移動や紛失、動物や人（？）による温度計やカメラの移動や紛失、その他に原因不明のデータの欠損や機材の停止、設定異常等々です。こうした異変によるデータの欠損を防ぐため、転倒や移動しない機材の設置方法の検討、複数（予備）の機材の設置、より安定した場所への調査地点の移動など、これまでに様々な工夫を行ってきました。

気温を測定するための温度計は、専用のシェルターに入れ、山小屋や研究施設等に固定されているため、これまでほとんどトラブルが起こりませんでした。ところが最近になって白山サイトと北アルプス（立山）サイトで相次いで、温度計を入れた通風シェルターが、氷の力により？変形したり破損してしまいました。高山帯で起こる自然の力、恐るべし…といったところでしょうか。



参考：正常な設置状態



白山サイトでは、シェルターを吊り下げる金属板が、独自機材とともに同じように変形してしまいました（2015年）。



モニ 1000 の機材
(シェルターが丸ごと喪失)

他のグループの機材
(無事)

北アルプス（立山）サイトでは、モニ 1000 の機材だけが丸ごと喪失してしまいました。悪天候時に氷体（右下写真）が形成され、その重みで根こそぎ落下したのではないかと推測されています（2016年）。

・北アルプス（立山）でライチョウの写真が撮影されました

モニタリングサイト 1000 高山帯調査では、気温や地温などの環境変化が高山植物の開花フェノロジーに及ぼす影響を知るため、インターバルカメラによる写真撮影を1時間おきに行っています。撮影の対象は植物ですが、北アルプス（立山）では高山帯の代表的な生き物であるライチョウが撮影されました。これまでも、つがいが撮影されたこともありましたが。今回は1羽ですが、比較的明るい時間に撮影できたので、ご紹介します。撮影日は2016年6月6日で、画面の奥には厚い積雪が残り、画面の手前ではハクサンイチゲの開花が始まったばかりです。ライチョウの羽毛も冬毛から夏毛に変化しています。



ScoutGuard

06.06.2016 08:26:57



・モニタリングサイト 1000 高山帯調査の成果の公表

モニタリングサイト 1000 高山帯調査も 9 年目となり、これまでに蓄積された成果が様々なところで公表、活用されるようになってきました。最近のおもな成果の公表をご紹介します。

●特集・モニタリングサイト 1000 のチョウ類調査、大雪山におけるチョウ類のモニタリング。

石塚新 (2016) 昆虫と自然 51(4) : 17-21.

大雪山におけるチョウ類モニタリングとその背景、調査手法、これまでの調査結果、継続的な調査の課題などについて紹介された。

●特集・モニタリングサイト 1000 のチョウ類調査、モニタリングサイト 1000 高山帯調査と南アルプス北岳のチョウ類。

中村寛志 (2016) 昆虫と自然 51(4) : 12-16.

高山帯のチョウ類調査の方法や課題、高山帯の基準となるベニカゲとクモマベニとカゲの特徴、南アルプス (北岳) の調査ポイントや観察されたチョウ、ベニヒカゲの個体数の変化などが紹介された。

●白山のクロユリ生育地における雪どけ時期と開花時期の年変化。

東京管区気象台 (2016) 気候変化レポート 2015—関東甲信・北陸・東海地方— Pp146-147.

雪解けの時期は地表面の温度変化から推定できること、クロユリの開花日は雪どけ推定日と正の相関があることが示された。

今後の予定

2016 年の第 63 回日本生態学会では、2015 年にひきつづきモニタリングサイト 1000 のとりまとめ成果からわかったことを紹介しました。2017 年はモニタリングサイト 1000 高山帯調査の成果のうち、植物群落に関する測定結果と環境の変動との関係について、以下のテーマで紹介する予定です。

●第 64 回日本生態学会企画集会

高山帯における環境変動と高山植物について—モニタリングサイト 1000 高山帯調査—

日時 : 3 月 18 日 9:30-11:30 会場 : 早稲田大学早稲田キャンパス C 会場

日本列島の高山帯における環境の変動に対して、高山生態系を構成する植物と動物を対象に 2008 年度から環境省生物多様性センターによる長期観察が開始された。このモニタリングサイト 1000 高山帯調査では、大雪山、北アルプス、南アルプス、白山、富士山の 5 か所で、地温・気温などの気象データや、植生、ハイマツの成長、開花フェノロジー、昆虫類の分布などの観測を行ってきた。本企画ではこれらのサイトにおいて、5 年間の植物群落に関する測定結果と環境の変動との関係について述べる。

脆弱性を持つ高山植物について (1) 5 から 6 年の短期間に、環境変動による影響を受けているのか、(2) 環境変動とどのような関連性を持っているのか、について話題を提供する。

1. 大雪山 : 気候変動に対する高山植物群落のフェノロジー応答 (工藤岳 : 北海道大学地球環境科学研究院)
2. 北アルプス立山 : 気候変動とハイマツの成長について (和田直也 : 富山大学研究推進機構極東地域研究センター)
3. 白山 : 白山におけるクロユリ (*Fritillaria camtschaticensis*) 生育地の雪どけ時期と開花時期の年変化 (野上達也 : 石川県白山自然保護センター)
4. 南アルプス : キタダケソウの開花は早まっていると言えそうか (名取俊樹 : 国立環境研究所)
5. 富士山 : 富士山頂に低標高の草本植物が分布を拡大 (増澤武弘 : 静岡大学防災総合センター)

モニタリングサイト 1000 高山帯調査 調査速報 No. 8 (2017 年 3 月発行)

発行 : 環境省 自然環境局 生物多様性センター 編集 : (一財) 自然環境研究センター

〒130-8606 東京都墨田区江東橋3-3-7

電話 03-6659-6310 / FAX 03-6659-6320 担当 小出、石塚

モニタリングサイト 1000 Web サイト : <http://www.biodic.go.jp/moni1000/index.html>