



モニタリングサイト1000
Since 2003

モニタリングサイト 1000 高山帯調査

- 重要生態系監視地域モニタリング推進事業 -

2008～2012 年度とりまとめ報告書



環境省 自然環境局

生物多様性センター
Biodiversity Center of Japan

表紙写真

ミヤマキン パイ	ハイマツ	コマクサ	カラフトワ シジミ
マルハバ チとチシマ ツガザクラ	チシマギキョ ウ	ウスバキチヨ ウとコキバト トウヒレン	ナキウサギ
ハクサンイチゲ	エシマリス	チングレマ	イワウメ

はじめに

重要生態系監視地域モニタリング推進事業（以下、「モニタリングサイト 1000」という）は、平成 14 年 3 月に閣議決定された生物多様性国家戦略に基づき平成 15 年度から開始した事業で、我が国の代表的な生態系の状態を長期的かつ定量的にモニタリングすることにより、種の増減、種組成の変化等を検出し、適切な自然環境保全施策に資することを目的としている。平成 22 年には愛知県名古屋市で開催された生物多様性条約第 10 回締約国会議（COP10）において、生物多様性に関する世界目標となる愛知目標が採択され、各国はその達成に向けた国別目標を設定し、生物多様性国家戦略に反映することが求められた。そして、平成 24 年 9 月は愛知目標のロードマップとなる「生物多様性国家戦略 2012-2020」が策定された。このロードマップにおける重点施策の基本戦略の中には新たに【科学的基盤を強化し政策に結びつける】ことが加えられ、モニタリングサイト 1000 の重要性があげられている。

モニタリングサイト 1000 では、各生態系の状況を定量的にかつ長期にわたり調査できるような調査体制を構築することが重要である。調査にあたっては、研究者や地域の専門家、NPO、市民ボランティアなど、多様な主体の参加を得ている。このことは、本事業の継続性を強化するとともに、迅速かつ精度の高い情報の収集および利用を可能としている。収集された情報はモニタリングサイト 1000 のウェブサイトなどを通じて広く一般に公開することにより、行政の施策はもちろん、現地の調査主体へフィードバックを行い、さらには学校などの教育現場においても活用できるようにしている。

モニタリングサイト 1000 高山帯調査は、他の生態系の第 2 期にあたる 2008 年より、日本の高山生態系の動向を把握するために開始された。

わが国の国土の約 7 割を占める山岳地は、日本の自然景観の中心をなす重要な場所であり、とくに富士山に代表される高山は、古来より絵画や物語などの題材にとりあげられ、美的・文化的な面からも重要な場所である。日本では一般的に、森林限界より標高が高い場所が高山帯とされている。高山帯は気候が寒冷で、日当たりや風当たりが強く、土壌は栄養分に乏しいため森林が成立できない。こうした場所には、厳しい自然環境に適応した高山植物、高山蝶、ライチョウなどの特有な動植物が生育・生息しており、その中には、氷河期の遺存・固有種も多く含まれている。高山帯は、このような生物の生育・生息地が人為的な影響を比較的受けずに残された我が国の生物多様性にとって非常に重要な生態系である。

しかし、二酸化炭素などの温室効果ガスの増加による地球温暖化は、高山帯の気温の上昇をもたらし、積雪量の減少、雪田や雪渓の縮小などを引き起こす可能性がある。こうした自然環境の変化は、高山帯に生育・生息している動植物の分布、種構成、生活史などに影響を及ぼすことが予測される。中でも近年各地で分布範囲を拡大しているシカ（ニホンジカ）が、高山帯にまで分布を広げつつあることは大きな問題といえる。

また、登山道や山小屋の整備が進むにつれて、家族連れや中高年、山ガールと呼ばれる若い女性などを含む、幅広い登山者が訪れる場所となった高山帯では、登山者の増加による植生の踏みつけや高山植物の盗掘、ゴミの投棄や排泄物の増加などが、これまで大きな問題とされてきた。近年は、低地性植物の増加や、自然分布域外からの動植物の持ち込みや侵入といった国内外来種も問題となっている。

モニタリングサイト 1000 高山帯調査は、こうした影響を含む日本の高山生態系の動向を把握するため、第 2 期にあたる 2008 年から開始され、2012 年に 1 サイクルが終了した。本報告書は、この間に実施されたモニタリングサイト 1000 高山帯調査の初めてのとりまとめ報告書である。

本調査の実施にあたっては、検討会委員及びオブザーバーの皆様にご多大なご尽力をいただいた。ここに厚く御礼申し上げます。

平成 26 年 環境省自然環境局生物多様性センター

要 約

モニタリングサイト 1000 高山帯調査は、他の生態系の第 2 期にあたる 2008 年から開始され、2012 年で 5 年目を迎えた。本報告書では、この 5 年間で得られた成果をとりまとめた。

・高山帯調査の概要では、日本の高山帯の特徴と、それらを踏まえた調査サイトの選定、それぞれのサイトで実施する調査項目の選定、調査項目ごとの目的、方法、実施状況などについて整理した。

・大雪山サイトでは、黒岳と赤岳の風衝地環境と雪田環境に調査プロットを設定し、気温、地温・地表面温度、植生、ハイマツの年枝伸長、開花フェノロジー、チョウ類、マルハナバチ類に関する調査を実施した。気温と地温・地表面温度の調査結果から、月平均気温の推移と有効積算温度の推移が算出され、土壌の凍結や積雪に関する情報を得られた。植生調査の結果から、風衝地環境と雪田環境の特徴が示された。ハイマツの年枝伸長の調査結果では、経年的な増加傾向が示された。開花フェノロジー調査の結果から、風衝地環境と雪田環境の違いなどが示された。チョウ類調査では、高山蝶が確認された。マルハナバチ類調査では、特定外来生物のセイヨウオオマルハナバチが確認された。

・北アルプス（立山）サイトでは、室堂平を中心に調査プロットを設定し、気温、地温・地表面温度、植生、ハイマツの年枝伸長、開花フェノロジーに関する調査を実施した。気温と地温・地表面温度の調査結果から、月平均気温の推移と有効積算温度の推移が算出され、土壌の凍結や積雪に関する情報が得られた。植生調査の結果から、風衝地環境と雪田環境の特徴が示された。ハイマツの年枝伸長の調査結果では、経年的な増加傾向が示された。開花フェノロジー調査の結果から、植物の種類や年ごとの違いなどが示された。

・北アルプス（蝶ヶ岳～常念岳）では、蝶ヶ岳や常念岳に調査プロットを設定し、気温、チョウ類、マルハナバチ類に関する調査を実施した。気温に関する調査結果から、月平均気温の推移と有効積算温度の推移が算出された。チョウ類調査では、高山蝶が確認された。マルハナバチ類調査では、訪花植物に関する情報が得られた。

・白山サイトでは、室堂平と南竜ヶ馬場を中心に調査プロットを設定し、気温、地温・地表面温度、植生、ハイマツの年枝伸長、開花フェノロジー、チョウ類、地表徘徊性甲虫に関する調査を実施した。気温と地温・地表面温度の調査結果から、月平均気温の推移と有効積算温度の推移が算出され、土壌の凍結や積雪に関する情報を得られた。植生調査の結果から、風衝地環境と雪田環境の特徴が示された。ハイマツの年枝伸長の調査結果では、経年的な増加傾向が示された。開花フェノロジー調査の結果から、調査プロットや調査年による違いなどが示された。チョウ類調査では、高山蝶が確認された。地表徘徊性甲虫の調査では、オサムシ科などの甲虫が確認された。

・南アルプス（北岳）サイトでは、肩の小屋と北岳山荘を中心に調査プロットを設定し、気温、地温・地表面温度、植生、ハイマツの年枝伸長、開花フェノロジー、チョウ類

に関する調査を実施した。気温と地温・地表面温度の調査結果から、月平均気温の推移と有効積算温度の推移が算出され、土壌の凍結や積雪に関する情報を得られた。植生調査の結果から、多くの種類の植物が確認されるとともに、ニホンジカの食痕が確認された。ハイマツの年枝伸長の調査結果では、経年的な増加傾向はみられなかった。開花フェノロジー調査の結果から、年による違いなどが示された。チョウ類調査では、高山蝶が確認された。

・富士山サイトでは、山頂付近に4か所と宝永火山に近い南斜面の森林限界付近に調査プロットを設定し、気温、地温・地表面温度、植生、開花フェノロジーに関する調査を実施した。気温と地温・地表面温度の調査結果から、月平均気温の推移と有効積算温度の推移が算出され、土壌の凍結に関する情報が得られた。植生調査の結果から、森林限界付近と山頂との違いなどが示された。開花フェノロジー調査の結果は、機材の不具合などにより、ほとんど得られなかった。

・トピックスとしては、モニタリングサイト1000高山帯調査を実施している各地の研究機関や民間団体の皆様により、市民活動によるフェノロジー調査、ハイマツの生態と枝の伸長、チョウ類のモニタリング調査、白山のクロユリの開花時期と雪解け時期、北岳の高山植物の多様性、富士山頂への植物の侵入について、ご紹介頂いた。

・総括では、まず初めにそれぞれの調査項目ごとの考察を行った。気温と地温・地表面温度の調査結果については、年平均気温、土壌の凍結や積雪に関する情報を整理した。植生調査の結果については、風衝地環境と雪田環境について、種数と植被率の結果を整理した。ハイマツの年枝伸長の調査結果については、経年変化と、サイトやプロット間の同調性について示した。開花フェノロジー調査の結果については、風衝地環境と雪田環境の違いなどについて述べた。チョウ類調査の結果については、サイトごとの出現種数、高山蝶の種数、指標種の確認状況をまとめた。地表徘徊性甲虫の調査では、出現種数や個体数について考察した。マルハナバチ類調査では、出現種数と訪花植物についてまとめた。生物多様性国家戦略の中の4つの危機に関連して、登山者の増加がもたらす問題、ニホンジカの影響、外来生物の侵入、地球の温暖化について考察した。事業全体のレビューとしては、サイト配置、調査手法、持続可能な調査体制、情報の共有・管理および発信、調査結果の保全施策への活用、国際的枠組みとの連携について、これまで行ってきた取り組みとその成果、及びに課題についてとりまとめた。

Summary

The Monitoring-Site 1000 alpine zone survey was started in 2008, which was the second survey period for other ecosystems, and entered its fifth year in 2012. This report presents a summary of the findings that were obtained in those five years.

I. In the overview of the alpine zone survey, we sorted out a range of subjects, including characteristics of the alpine zones in Japan, the selection of survey sites in keeping with those characteristics, the selection of items to be surveyed in the respective sites and the purpose, method, progress, etc. of each survey item.

II. In the Mt. Daisetsu site, survey plots were established in the windswept environment and the snowfield environment of Mt. Kurodake and Mt. Akadake, where surveys were then conducted on atmospheric temperature, ground and surface temperatures, vegetation, annual shoot elongation in dwarf Siberian pine (*Pinus pumila*), flowering phenology, butterflies and bumblebees. Using the findings from the atmospheric temperature and ground and surface temperature surveys, changes in mean monthly temperature and changes in effective cumulative temperature were calculated, which provided information on freezing of the soil and snow accumulation. The findings from the vegetation survey revealed characteristics of the windswept environment and the snowfield environment. The findings from the survey on annual shoot elongation in dwarf Siberian pine showed a pattern of increase over years. The findings from the flowering phenology survey highlighted, among other things, differences between the windswept environment and the snowfield environment. The butterfly survey led to the spotting of alpine butterflies. The bumblebee survey led to the spotting of the large earth bumblebee, which is an invasive alien species.

III. In the Northern Japanese Alps (Tateyama) site, survey plots were established mainly in Murododaira, where surveys were then conducted on atmospheric temperature, ground and surface temperatures, vegetation, annual shoot elongation in dwarf Siberian pine, and flowering phenology. Using the findings from the atmospheric temperature and ground and surface temperature surveys, changes in mean monthly temperature and changes in effective cumulative temperature were calculated, which provided information on freezing of the soil and snow accumulation. The findings from the vegetation survey revealed characteristics of the windswept environment and the snowfield environment. The findings from the survey on annual shoot elongation in dwarf Siberian pine showed a pattern of increase over years. The findings from the flowering phenology survey highlighted, among other things, types of plants and differences depending on the year.

IV. In the Northern Japanese Alps (Mt. Chogatake to Mt. Jonendake), survey plots were established mainly in Mt. Chogatake and Mt. Jonendake, where surveys were then conducted on atmospheric temperature and on butterflies and bumblebees. Using the findings from the atmospheric temperature survey, changes in mean monthly temperature and changes in effective cumulative temperature were calculated. The butterfly survey led to the spotting of alpine butterflies. The bumblebee survey provided information on their flower use pattern.

V. In the Mt. Hakusan site, survey plots were established mainly in Murododaira and Minami Ryugabanba, where surveys were then conducted on atmospheric temperature, ground and surface temperatures, vegetation, annual shoot elongation in dwarf Siberian pine, flowering phenology, butterflies and ground beetles. Using the findings from the atmospheric temperature and ground and surface temperature survey, changes in mean monthly temperature and changes in effective cumulative temperature were calculated, which provided information on freezing of the soil and snow accumulation. The findings from the vegetation survey revealed characteristics of the windswept environment and the snowfield environment. The findings from the survey on annual shoot elongation in dwarf Siberian pine showed a pattern of increase over years. The findings from the flowering phenology survey highlighted, among other things, differences depending on the survey plot and on the survey year. The butterfly survey led to the spotting of alpine butterflies. The ground beetle survey led to the spotting of carabids and other beetles.

VI. In the Southern Japanese Alps (Mt. Kitadake) site, survey plots were established mainly around Katanokoya and Kitadake-Sanso, where surveys were then conducted on atmospheric temperature, ground and surface temperatures, vegetation, annual shoot elongation in dwarf Siberian pine, flowering phenology and butterflies. Using the findings from the atmospheric temperature and ground and surface temperature surveys, changes in mean monthly temperature and changes in effective cumulative temperature were calculated, which provided information on freezing of the soil and snow accumulation. The findings from the vegetation survey led to the spotting of a large number of plant types, as well as the spotting of feeding marks left by sika deer. The findings from the survey on annual shoot elongation in dwarf Siberian pine showed no pattern of increase over years. The findings from the flowering phenology survey highlighted, among other things, differences depending on the year. The butterfly survey led to the spotting of alpine butterflies.

VII. In the Mt. Fuji site, four survey plots were established in the vicinity of the mountain peak, as well as one in the vicinity of the timberline on the southern slope

near the Mt. Hiei, where surveys were then conducted on atmospheric temperature, ground and surface temperatures, vegetation and flowering phenology. Using the findings from the atmospheric temperature and ground and surface temperature surveys, changes in mean monthly temperature and changes in effective cumulative temperature were calculated, which provided information on freezing of the soil. The findings from the vegetation survey revealed, among other things, differences between the vicinity of the timberline and the mountain peak. Virtually no findings were obtained from the flowering phenology survey for reasons including device malfunction.

VIII. The Topics includes presentations contributed by research institutes and private organizations from various regions that engage in the Monitoring-Site 1000 alpine zone survey: grassroots-based phenology surveys; the ecology of and shoot elongation in dwarf Siberian pine; monitoring surveys on butterflies; the timing of chocolate lily (*Fritillaria camtschaticensis*) flowering and snow melting season in Mt. Hakusan; diversity of alpine plants in Mt. Kitadake and; invasion of plants into the peak of Mt. Fuji.

IX. The Summary begins with observations of the survey on an item-by-item basis. For the findings from the atmospheric temperature and ground and surface temperature surveys, information on mean annual temperature and on freezing of the soil and snow accumulation is sorted out. For the vegetation surveys, findings on the number of species and rate of vegetation cover are summed up in relation to the windswept environment and to the snowfield environment. For the findings from the surveys on annual shoot elongation in dwarf Siberian pine, changes over years and any synchronization between sites or between plots are presented. For the flowering phenology survey findings, differences between the windswept environment and the snowfield environment are described, among other points. For the butterfly survey findings, a summary of what has been spotted is given in terms of the number of species observed, the number of alpine butterfly species and the indicator species in each site. An observation of the survey on ground beetles covers the number of species observed and their populations. The bumblebee survey is summarized as to the number of species observed and their flower use pattern. In connection with the four dangers as referred to in the National Biodiversity Strategy, observations are given on a series of subjects: problems generated by increasing mountain climbers; impacts of sika deer; invasion of alien species and; global warming. The review of the whole project presents a summary of the actions taken up until now and their outcomes, as well as issues, in terms of the site location, survey methodologies, sustainable survey structures, information sharing, management and dissemination, utilization of survey findings in conservation programs

and coordination with international frameworks.

目次

高山帯調査の概要	1
1. 日本の高山帯の特徴	1
2. 調査サイトの選定	3
3. 調査項目の選定	4
4. 各サイトの調査項目と実施状況	8
大雪山サイト	12
1. サイトの特徴	12
2. 調査体制	13
3. 調査結果	13
(1) 気温 / 地温・地表面温度	
(2) 植生	
(3) ハイマツの年枝伸長	
(4) 開花フェノロジー	
(5) チョウ類	
(6) マルハナバチ類	
4. 大雪山サイトのまとめ	18
北アルプス(立山)サイト	19
1. サイトの特徴	19
2. 調査体制	20
3. 調査結果	20
(1) 気温 / 地温・地表面温度	
(2) 植生	
(3) ハイマツの年枝伸長	
(4) 開花フェノロジー	
4. 北アルプス(立山)サイトのまとめ	23
北アルプス(蝶ヶ岳～常念岳)サイト	24
1. サイトの特徴	24
2. 調査体制	24
3. 調査結果	24
(1) 気温 / 地温・地表面温度	
(2) チョウ類	

(3) マルハナバチ類	
4. 北アルプス(蝶ヶ岳～常念岳)サイトのまとめ	26
. 白山サイト	27
1. サイトの特徴	27
2. 調査体制	28
3. 調査結果	28
(1) 気温/地温・地表面温度	
(2) 植生	
(3) ハイマツの年枝伸長	
(4) 開花フェノロジー	
(5) チョウ類	
(6) 地表徘徊性甲虫	
4. 白山サイトのまとめ	32
. 南アルプス(北岳)サイト	34
1. サイトの特徴	34
2. 調査体制	35
3. 調査結果	35
(1) 気温/地温・地表面温度	
(2) 植生	
(3) ハイマツの年枝伸長	
(4) 開花フェノロジー	
(5) チョウ類	
4. 南アルプス(北岳)サイトのまとめ	38
. 富士山サイト	39
1. サイトの特徴	39
2. 調査体制	40
3. 調査結果	40
(1) 気温/地温・地表面温度	
(2) 植生	
(3) 開花フェノロジー	
4. 富士山サイトのまとめ	42
. トピックス	43

1. 市民活動によるフェノロジー調査 / 横須賀邦子	43
2. ハイマツの生態と枝の伸長 / 和田直也	46
3. チョウ類のモニタリング調査 - アルプスの稜線とお花畑の蝶 - / 中村寛志	48
4. 白山のクロユリ <i>Fritillaria camtschatcensis</i> 生育地における雪解け時期と開花時期の 年変化のモニタリング / 野上達也	50
5. 自然のなかの“正倉院”北岳 / 名取俊樹	52
6. 近年進む富士山頂への植物の侵入 / 増沢武弘	54
総括	56
1. 調査項目ごとの考察	56
(1) 気温 / 地温・地表面温度	
(2) 植生	
(3) ハイマツの年枝伸長	
(4) 開花フェノロジー	
(5) チョウ類	
(6) 地表徘徊性甲虫	
(7) マルハナバチ類	
2. 生物多様性国家戦略の中の4つの危機	60
(1) 第1の危機 (開発など人間活動による危機)	
(2) 第2の危機 (自然に対する働きかけの縮小による危機)	
(3) 第3の危機 (人間により持ち込まれたものによる危機)	
(4) 第4の危機 (地球環境の変化による危機)	
3. 事業全体のレビュー	62
(1) サイト配置	
(2) 調査手法	
(3) 持続可能な調査体制	
(4) 情報の共有・管理および発信	
(5) 調査結果の保全施策への活用	
(6) 国際的枠組みとの連携	
参考情報	65

高山帯調査の概要

1. 日本の高山帯の特徴

高山帯の定義については諸説があるが、欧米では一般的に低木限界以上が高山帯とされる。それに対して日本では一般的に、高木からなる森林限界以上が高山帯とされ、ハイマツ帯とよばれるハイマツなどからなる低木林が含まれる。ハイマツ帯は、北海道では標高 1,200m 付近から、本州中部では標高 2,500m 付近から上でみられる。

高山帯は一般に気候が寒冷で、日射や風当たりが強く、土壌は栄養分に乏しいために森林が成立できない環境である。日本の高山帯を植生からみると、日本海側の気候の特徴である多雪、火山活動、蛇紋岩のような独特の地質、北海道の島嶼部でみられる夏の霧の影響といった特殊な環境条件により、比較的標高が低い場所でみられものが含まれる(図 -1)。

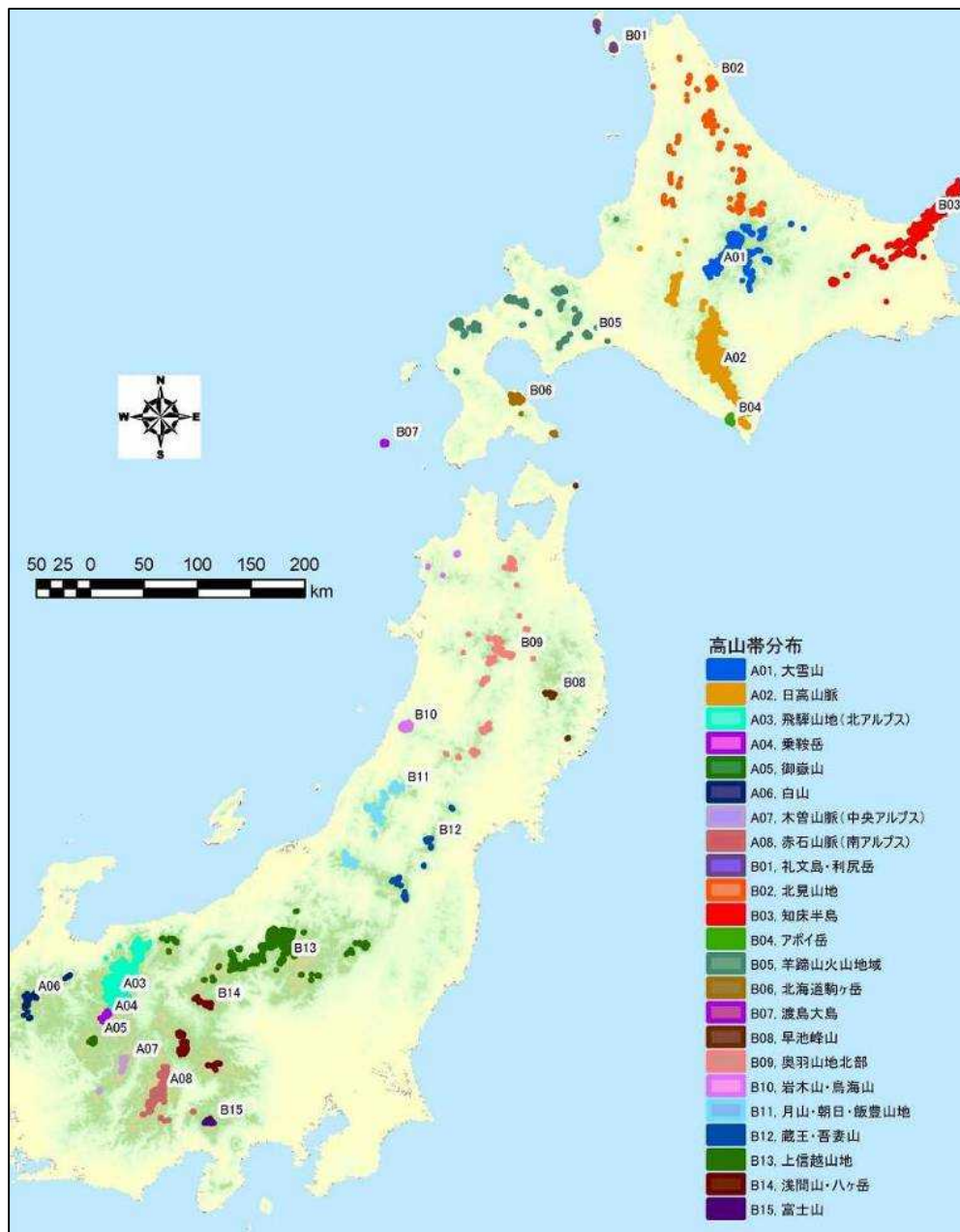


図 -1 日本の高山帯植生の分布 A典型的な高山帯、B地質や気候が特殊な高山帯
第5回自然環境保全基礎調査(自然環境情報 GIS)植生図データより作成

日本の高山帯の特徴は以下のようにまとめられる。

- 日本の高山帯は、世界的にも低標高・低緯度で成立しているという特異な存在
- 高山生態系は、氷河期の遺存・固有種の生育・生息地として、生物多様性の面から重要
- 高山特有の厳しい環境に適応している高山生態系を構成する生物は、より好条件での他種との競争に弱く、その結果、高山生態系は脆弱である
- 高山生態系は日本を代表する山岳景観の中心をなし、美的・文化的な面からも重要

高山帯の中には微地形や微気候などに応じて、様々な植生がモザイク状にみられるが、風衝地と雪田の大きく2つに分けることができる。

風衝地とは、山頂や稜線付近など、強風のために冬季の雪が吹き飛ばされて積雪がない場所である。植物は雪解けを待たずに春早くから生長を開始できるが、冬の間は土壌が0℃を下回り、寒冷地では、地表の周期的な凍結融解作用によって、周氷河現象と呼ばれる岩石の破碎、地表を構成する物質の移動、地層の変形などが起こる。

雪田とは、冬に風があたりにくい南東向き斜面や窪地に大量の雪が積もった場所である。雪の断熱効果により土壌は0℃付近で一定に保たれるが、植物は雪解けを待って生長を開始するため、生育期間が短くなる。

高山帯では、このような環境に適応した植物が、独特の植生環境を形成している。高山帯で見られる植生は、相観¹⁾、優占種²⁾、標徴種や識別種(区分種)³⁾といった植物社会学的な特徴から、大きく表-1のように分けられる。

- 1)相観：植物群落の外観を全体的にとらえる見方で、植物群落の高さ(高木林・低木林・草原)、優占種²⁾の季節変化(常緑樹・落葉樹)や葉の形(針葉樹・広葉樹)などで分けられる。
- 2)優占種：植物群落の上部で広い面積を占めている代表的な種類。
- 3)標徴種・識別種(区分種)：植物社会学的な基本単位である植物群集を特徴づける種類。特定の植物群集で見られることで、他の植物群集との識別に利用される。

表-1 植生からみた日本の高山帯の特徴

(第5回自然環境保全基礎調査(自然環境情報GIS)、宮脇・奥田(1990)、奥田(1997)を参考に作成)

風衝草原
風衝地に分布する草原。ヒゲハリスゲ、イワオウギ、タイツリオウギ、エゾマメヤナギ、オヤマノエンドウ、エゾオヤマノエンドウなどがみられる。
風衝矮生低木群落(高山ハイデ)
風衝地に分布する矮生低木群落。高山ハイデとは、ツツジ科の植物を主とした高山風衝低木群落の海外での呼び名に由来する。矮生低木群落では、ツツジ科の常緑低木のコマバツガザクラやミネズオウなどがみられる。
雪田草原
雪田に分布する矮生低木群落および草原。雪解け後に乾燥しやすい場所や岩礫の多い場所では、常緑小低木のアオノツガザクラや落葉小低木のチングルマなど、雪解け後も水分が多い場所では、イワイチョウ、ショウジョウスゲ、エゾコザクラなどがみられる。
高山荒原(崩壊地荒原)
風衝草原に含まれることもあるが、特に土壌の移動が激しい周氷河土、火山、風衝砂礫地、崩壊地、雪田底等に成立する荒原草本群落をさす。コマクサ、イワブクロ、イワツメクサなどが生育する。フジハタザオやオンタデは、富士山の火山灰地、砂礫不安定地に成立する火山荒原植物群落である。
高山低木群落(ハイマツ林)
常緑針葉樹のハイマツや、落葉広葉樹のミネヤナギなどからなる低木林。亜高山帯の上部に位置付けられる場合もあるが、景観上は他の亜高山帯植生と区別できるため高山帯に含まれる。風衝が強積雪量が少ない尾根部では、常緑針葉樹のハイマツが広く分布する。谷部では落葉広葉樹のミヤマハンノキ、ダケカンバ等が小面積でモザイク状に生育する。火山等の風衝地や岩礫地には、ミネヤナギ(ミヤマヤナギ)がみられる。
高茎広葉草原(雪潤草原)
雪田に分布する草原で、比較的標高の低い場所に生育するハクサンボウフウ、ミヤマキンボウゲ、トカチフウロなどの背の高い草本類からなる草原で、亜高山帯植生に含まれる場合もある。

2. 調査サイトの選定

モニタリングサイト 1000 高山帯調査では、全国的な地域性や地域環境のバランスに配慮し、高山帯環境の変化を捉えるために効果的なモニタリングが行えるよう、サイトの選定基準を検討した(表 -2)。

表 -2 モニタリングサイト 1000 高山帯調査の調査サイトの選定基準

- 1.日本の高山帯環境の指標となりうる、代表的・典型的な高山景観である。
- 2.特殊岩地などの特殊な条件に出現する高山帯のうち、重要な高山景観である。
- 3.典型的な高山帯については全国的な地域性・地域環境のバランスに配慮する。
- 4.日本の高山帯の主な景観要素を含む。
- 5.日本の高山帯を特徴づける固有種・遺存種・生態系を持つ。
- 6.過去からの調査実績・調査記録がある。
- 7.実施体制・協力体制があり、アクセス性に優れ、調査が可能な自然環境である。

調査サイトの選定にあたり、図 -1 に示した高山帯について情報収集を行い、表 -2 に示した選定基準により検討した結果、大雪山、北アルプス、白山、南アルプス(北岳)及び富士山に設定することとした(図 -2、表 -3)。

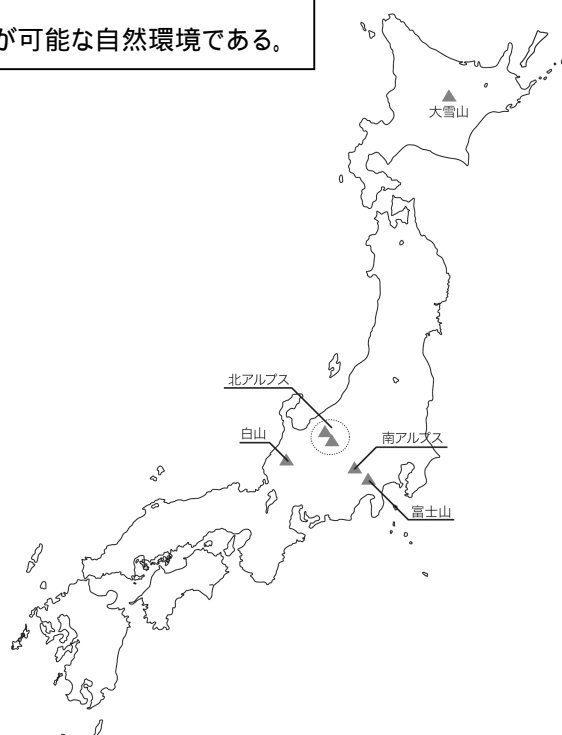


図 1-2 モニタリングサイト 1000 高山帯調査の調査サイト

表 -3 モニタリングサイト 1000 高山帯調査の調査サイト

サイト名	サイトの特徴
大雪山	<ul style="list-style-type: none"> ・典型的な高山帯で、北海道の多雪地域にあり、火山活動の影響がある ・アクセスはロープウェイと車道 ・研究者による気候観測や継続的な調査がある
北アルプス	<ul style="list-style-type: none"> ・典型的な高山帯で、中部地方の多雪地域にあり、火山活動の影響が一部ある ・アクセスはロープウェイと車道 ・観測所による気候観測と、研究者により継続的な調査がある
白山	<ul style="list-style-type: none"> ・典型的な高山帯で、中部地方の多雪地域にあり、火山活動の影響がある ・自治体による継続的な調査がある
南アルプス	<ul style="list-style-type: none"> ・典型的な高山帯で、中部地方の寡雪地域にある ・研究者による継続的な調査がある
富士山	<ul style="list-style-type: none"> ・新しい火山活動により植生の分布や範囲が影響を強く受ける特殊な条件に出現する高山帯で、中部地方にある独立峰 ・アクセスは車道 ・観測所による気候観測と、研究者による継続的な調査がある

3. 調査項目の選定

モニタリングサイト 1000 高山帯調査では、高山生態系への様々な影響を検出できるよう、調査対象及び調査方法の選定基準を検討した（表 -4）

表 -4 モニタリングサイト1000 高山帯調査の調査項目の選定基準

<p>. 調査対象(指標生物群)の選定基準</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.高山帯における環境変動の影響を検出できる、生態系機能の指標性が高い生物群である。 2.長期的なモニタリングを実施するため、低コスト、低メンテナンスで調査が実施できる。 3.調査実施者が確保できる、識別の比較的容易な生物群である。 4.現地の状況に合わせた調査内容が設定できるよう、共通調査項目と選択調査項目を設定する。 <p>. 調査手法の選定基準</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.選定された調査対象に対する影響が把握できる。 2 調査手法の統一によって定量的なデータの比較ができる。 <p>モニタリングサイト 1000 の他の生態系調査、国内外の他のモニタリング調査、過去の調査</p> <ol style="list-style-type: none"> 3.調査による環境への影響軽減を図る。 <p>長期的なモニタリングを実施するため、調査圧による植生変化などの影響を配慮する。</p> <ol style="list-style-type: none"> 4.継続可能な調査方法である。 <p>低コスト(作業負担、費用)、低メンテナンスで継続可能な調査方法である。</p> <ol style="list-style-type: none"> 5.影響が把握できる調査間隔、調査回数、調査期間を調査項目ごとに適切に設定する。 6.専門家以外に、地元ボランティア団体などにも協力可能な簡易な調査手法を併用する。
--

調査対象生物群の選定にあたり、高山生態系の主要な生物群の特徴や生態系機能を整理するとともに、調査方法や作業量、実施に必要な体制などを整理した。それらについて、表 -4 に示した選定基準により検討した結果、調査項目としては、気温、地温・地表面温度、植生、ハイマツの年枝伸長、開花フェノロジー、チョウ類、地表徘徊性甲虫、マルハナバチ類を設定した。

各調査項目の概要を表 -5 示す。調査方法の詳細は「モニタリングサイト 1000 高山帯調査マニュアル」を、集計・解析方法については「平成 24 年度モニタリングサイト 1000 高山帯調査報告書（環境省，2013）」も参照されたい。

表 -5 モニタリングサイト1000高山帯調査の調査項目

<p>a 気温 / b 地温・地表面温度</p> <p>【目的】 基本的な環境変化を把握するため、通年でデータを得る。地温・地表面温度の変化からは、積雪日数などを推定する。</p> <p>【調査地】 気温は、植生調査地点の近くで環境や管理面から望ましい場所に、各サイト 1 ~ 2 プロットを設定した。地温・地表面温度は、植生調査の永久方形枠と同じ場所に、各サイト 2 ~ 5 プロットを設定した。</p> <p>【方法】 気温は、計測器（おんどとり Jr TR-52S 株式会社ティアンドデイ社製）により、連続的に計測した。地温・地表面温度は、温度ロガー（Tidbit v2 Temp Logger Onset Computer Corporation 社製）により、地表面、地下 5 cm、地下 10cm で連続的に計測した。</p> <p>【集計・解析】 気温については月別の平均気温を算出し、その値をもとに暖かさの指数¹⁾を算出した。地温・地表面温度については、植物の生長と最も関係が深いと思われる地表面温度から有効積算温度²⁾を算出した。積雪が定着しない風衝地のプロットについては、地下 10cm の日平均地温が 0 以下の日を推定凍結日とし、その日数を取得した。長期の積雪がみられる雪渓のプロットについては、地表面温度をもとに石田（2006）に従った方法により、長期</p>

積雪（いわゆる根雪）の終わり（推定雪解日）と始まり（推定冠雪日）を求めた（詳しくは調査報告書を参照）。

1)暖かさの指数（WI:warmth index）：植生の分布と気温との関係を表す指数。平均気温 5°C 以上の月の平均気温から 5°C 引いて1年間合計した値。 $0 < \text{WI} \leq 15$ は高山帯、 $15 < \text{WI} \leq 45$ は亜高山帯である（吉良，1948）。

2)有効積算温度：ある期間の日平均温度のうち、一定の基準値（ここでは 5°C ）を差し引いた値を毎日加算したもの。植物の生長や開花に必要な、温度の要求性の目安とされる。

3) 5°C ：一般的に植物の生長が可能となる最低温度。

c 植生

【目的】生態系基盤を形成する植生の構成種（出現頻度）の変化を把握する。

【調査地】雪田植生、風衝低木群落、風衝草原、荒原植生を対象とし、雪渓の周辺など、環境変化の影響を受けやすいと考えられる場所を選び、各サイト2～5プロットを設定した。

【方法】1m×10mの永久方形枠を、1m×1mの10個のサブコドラートに分け、それぞれのサブコドラートを10cm×10cmの100のメッシュに区切り、メッシュごとの出現種の有無を記録した。サブコドラートごとに、植被率、岩石・砂礫率、蘚苔類、地衣類、草食動物の食痕の有無を記録した。調査頻度は3～5年に1度。

【集計・解析】永久方形枠全体での総出現種数、種ごとの出現メッシュ数とその合計を集計した。また、10個のサブコドラートの植被率、岩石・砂礫率、蘚苔類、地衣類の割合の平均値を算出した。出現種は出現プロット数が多く、出現メッシュ数が多いものから順に一覧にし、それぞれについて、主な生育環境と生活型（機能型）を示した。出現種数や植被率の集計などは維管束植物を対象とし、蘚苔類や地衣類は含めなかった。生育環境は表-1に従い、植物社会学的な植生単位である植物群集の標徴種や識別種（区分種）になっている種類については群集の生育環境に、それ以外の種類については植生単位との結びつきを考慮して区分した。ただし出現種の中にはミヤマキンバイ、シラネニンジン、キバナシャクナゲ、ミツバオウレンなどのように、様々な植生単位に生育する種類がある。

d ハイマツの年枝伸長

【目的】長期的な環境変化が植物の生育に及ぼす影響の指標として、夏の気温との相関が高いハイマツの長枝¹⁾の伸長量について経年変化を把握する。

【調査地】典型的な広がりをもつハイマツ群落を対象とし、風衝地や雪田など、環境が異なる場所を選び、各サイトに2プロットを設定した。

【方法】ハイマツ個体の中の優勢な幹を対象に長枝の年枝²⁾の長さ（年枝伸長量）を過去20年程度までさかのぼって計測し³⁾、各年次の年枝伸長量を推定した。調査頻度は5年に1度。

【集計・解析】各プロットの年枝伸長量の平均値を求め、プロット間の同調性及び経年変化を解析した。ハイマツの年枝伸長量には、前年の気温が影響を及ぼすとされている（沖津，1988；Sanoら，1977；Wadaら，2005）。そこで、それぞれの長枝の年枝伸長量と、過去の気象データから得られた前年の5～10月の月平均気温との相関関係を調べた（詳しくは「平成23年度モニタリングサイト1000高山帯調査報告書」を参照）。

1)長枝と短枝：ハイマツを含むマツ属（またはマツ亜科）の枝条（木の枝）は、普通葉を持ちほとんど伸長しない短枝と、普通葉を持たず十分な伸長成長を行う長枝から成る。

2)年枝：一年間に成長した枝。

3)ハイマツの長枝は一般に枝先の頂芽から生じ、主に夏の生育期間内に伸長する。この期間の後半には新しい頂芽を形成し始め、その基部には芽鱗（芽を保護する機能をもつ鱗片状の葉の集合体）の痕跡を形成する。この芽鱗痕に挟まれた長さを一年間に伸長した長さとし、過去

にさかのぼってある年の年枝伸長量を計測することができる。	
e 開花フェノロジー(インターバルカメラ)、f.開花フェノロジー(目視)	
<p>【目的】環境変化が生物季節(フェノロジー)に及ぼす影響の指標として、高山植物の開花時期の変化を把握する。</p> <p>【調査地】植生調査地点の近くで、インターバルカメラによる調査は各サイト2プロット、目視による調査は大雪山サイトのみで4プロットを設定した。</p> <p>【方法】インターバルカメラにより連続撮影した写真から、開花ステージを判読した。目視による調査では、開花ステージを数日~1週間間隔で現地記録した。</p> <p>開花ステージ：</p> <p>A - 咲き始め(蕾がたくさんある。1~5分咲き)</p> <p>B - 満開(蕾はあまり残っていない)</p> <p>C - 開花後期(しおれた花が多く見られる)</p> <p>D - 終了(ちらほらと花が残っている程度)</p> <p>【集計・解析】写真の判読では開花ステージが確認できる種を対象とし、目視については基本的に全種を対象として開花ステージを集計、図化し、植物の種類、調査プロット、年による違いを比較した。</p>	
g チョウ類(ライトランセクト)、h チョウ類(定点)	
<p>【目的】環境変化が高山生態系に及ぼす影響の指標として、高山蝶の出現数の変化と低標高性の種の侵入と増減を把握する。</p> <p>【調査地】ライトランセクトは、植生調査地点近くの登山道上に各サイト1プロット、定点は周囲を見渡すことのできるお花畑を選び、各サイト1~2プロットを設定した。</p> <p>【方法】ライトランセクト調査または定点調査により、出現種の個体数を記録した。ライトランセクト調査では、高山蝶の中でも広域に分布するベニヒカゲとクモマベニヒカゲを指標種とし、これらを中心に個体数を記録した。定点調査では、チョウ類全種を対象とし、群集について、また低地性種の増加などに着目して調査を行った。</p> <p>【集計・解析】調査項目およびプロットごとに集計を行い、種構成及び個体数の経年変化を解析した。</p>	
i 地表徘徊性甲虫	
<p>【目的】環境変化が土壌生態系に及ぼす影響の指標として、地表徘徊性甲虫の種構成の変化を把握する。</p> <p>【調査地】植生調査地点の近くで、白山サイトのみで3プロット4地点を設定した。</p> <p>【方法】プラスチックカップを用いたピットフォールトラップ調査により、回収された甲虫類を記録した。調査地点ごとのトラップの個数は20個とし、誘引餌としては、すし粉とサナギ粉をそれぞれ10個のトラップに用いた。</p> <p>【集計・解析】プロットごとに同定、個体数カウントを行い、種構成及び個体数の経年変化を解析した。</p>	
j マルハナバチ類	
<p>【目的】外来種のセイヨウオオマルハナバチの侵入の早期発見と、花粉媒介性昆虫であるマルハナバチ類の種構成の変化を把握する。</p> <p>【調査地】植生調査地点の近くで、多様な植生タイプを含む場所に、大雪山サイトに2プロット、北アルプス(蝶ヶ岳~常念岳)サイトに1プロットを設定した。</p> <p>【方法】ライトランセクト調査により、訪花植物の種ごとに出現種の個体数を記録した。</p> <p>【集計・解析】プロットごとに集計を行い、種構成及び個体数の経年変化を解析した。</p>	

モニタリングサイト 1000 高山帯調査では、調査データの管理をし易くするために、調査サイト、調査プロット、調査項目に以下の ID を設定した。

表 -6 調査サイト ID

サイト	サイト ID
大雪山	1
北アルプス(立山)	2
北アルプス(蝶ヶ岳～常念岳)	3
白山	4
南アルプス(北岳)	5
富士山	6

表 -7 調査プロット ID 以下は大雪山サイトの例。その他はサイトごとの記述と一覧表を参照。

調査プロット名	サイト ID
永久方形区(黒岳風衝地)	A
永久方形区(黒岳石室)	B
永久方形区(赤岳コマクサ平)	C
永久方形区(赤岳第4雪渓)	D
チョウ類調査用トランセクト(赤岳)	F
マルハナバチ類調査用トランセクト(黒岳)	G
マルハナバチ類調査用トランセクト(赤岳)	H
黒岳石室	I
赤岳コマクサ平	J

表 -8 調査項目 ID

調査項目	調査項目 ID
気温	a
地温・地表面温度	b
植生	c
ハイマツの年枝伸長	d
開花フェノロジー[インターバルカメラ]	e
開花フェノロジー[目視]	f
チョウ類ライントランセクト	g
チョウ類お花畑定点	h
地表徘徊性甲虫[ピットフォールトラップ]	i
マルハナバチ類	j

表 -11 b 地温・地表面温度調査の実施状況

サイトID	サイト名	調査プロットID	プロット名	データ取得日
1	大雪山	1Ab	永久方形区(黒岳風衝地)	2010/7/10～2013/10/5
		1Bb	永久方形区(黒岳石室)	2010/7/10～2013/10/5
		1Cb	永久方形区(赤岳コマクサ平)	2010/7/10～2013/10/2
		1Db	永久方形区(赤岳第4雪渓)	2010/8/10～2013/10/2
2	北アルプス(立山)	2Ab	永久方形区(室堂平)	2010/8/11～2013/10/4
		2Bb	永久方形区(風衝地)	2010/7/6～2013/10/4
4	白山	4Bb	永久方形区(千蛇ヶ池南方風衝地)	2009/7/31～2013/10/15
		4Cb	永久方形区(水屋尻)	2009/7/23～2013/10/15
		4Db	永久方形区(南竜ヶ馬場)	2009/7/31～2013/10/15
5	南アルプス(北岳)	5Bb	永久方形区(プロットB)	2009/6/24～2013/10/20
		5Cb	永久方形区(プロットA)	2009/10/13～2013/10/20
6	富士山	6Ab	永久方形区(山頂付近)	2010/9/2～2013/8/31
		6Bb	永久方形区(森林限界付近)	2010/7/20～2013/11/2
		6Cb	永久方形区(山頂付近)	2011/8/27～2012/8/2
		6Db	永久方形区(山頂付近)	2011/8/27～2012/8/2

表 -12 c 植生調査の実施状況

サイトID	サイト名	調査プロットID	プロット名	データ取得日
1	大雪山	1Ac	永久方形区(黒岳風衝地)	2011/7/7
		1Bc	永久方形区(黒岳石室)	2011/8/9
		1Cc	永久方形区(赤岳コマクサ平)	2010/7/9
		1Dc	永久方形区(赤岳第4雪渓)	2010/8/6
2	北アルプス(立山)	2Ac	永久方形区(室堂平)	2012/8/21
		2Bc	永久方形区(風衝地)	2011/8/2・8/5
4	白山	4Bc	永久方形区(千蛇ヶ池南方風衝地)	2012/8/9
		4Cc	永久方形区(水屋尻)	2011/8/9
		4Dc	永久方形区(南竜ヶ馬場)	2010/8/11、2011/8/10
5	南アルプス(北岳)	5Bc	永久方形区(プロットB)	2009/8/25
		5Cc	永久方形区(プロットA)	2010/8/26
6	富士山	6Ac	永久方形区(山頂付近)	2010/9/1
		6Bc	永久方形区(森林限界付近)	2010/8/3、2011/8/6
		6Cc	永久方形区(山頂付近)	2011/8/27
		6Dc	永久方形区(山頂付近)	2011/8/27
		6Ec	永久方形区(山頂付近)	2012/8/1・8/2

表 -13 d ハイマツの年枝伸長調査の実施状況

サイトID	サイト名	調査プロットID	プロット名	データ取得日	データ取得枝数	データの取得期間
1	大雪山	1Id	黒岳石室	2012/9/21	30枝	1992～2012年
		1Jd	赤岳コマクサ平	2012/9/5	30枝	1992～2012年
2	北アルプス(立山)	2Dd	みくりが池	2010/9/13・9/15	20枝	1991～2010年
		2Ed	別山	2010/9/14	20枝	1991～2010年
4	白山	4Bd	永久方形区(千蛇ヶ池南方風衝地)	2009/10/中旬	30枝	1994(1980)～2009年
		4Hd	展望歩道	2009/10/中旬	30枝	1994(1978)～2009年
5	南アルプス(北岳)	5Dd	登山道下部	2009/8下旬	19枝	1996～2008年
		5Ed	登山道中部	2009/8下旬	21枝	1996～2008年

()内は最も長い期間測定できた枝のデータ

表 -14 e 開花フェノロジー(インターバルカメラ)調査の実施状況

サイトID	サイト名	調査プロットID	プロット名	データ取得日
1	大雪山	1Ce	永久方形区(赤岳コマクサ平)	2010/7/9～9/19、2011/6/27～10/12、2012/6/7～10/3
		1De	永久方形区(赤岳第4雪渓)	2010/8/6～9/19、2011/7/9～10/12、2012/6/28～10/3
2	北アルプス(立山)	2Ae	永久方形区(室堂平)	2010/7/6～9/27、2011/5/20～10/7、2012/5/25～8/21
		2Be	永久方形区(風衝地)	2010/7/6～9/27、2011/5/16～6/23、2012/5/19～10/3(7/6～7/24は現地調査主体提供の参考データ)
4	白山	4Ce	永久方形区(水屋尻)	(2009/7/23～8/14)、2010/7/28～8/13、2011/7/21～10/12、2012/7/21～10/11
		4He	展望歩道	(2009/7/23～10/7)、2010/7/28～10/15、2011/7/21～10/12、2012/7/21～10/11
5	南アルプス(北岳)	5Be	永久方形区(プロットB)	(2009/8/4～10/7)、2010/7/6～9/13、2011/7/4～10/24、2012/6/30～8/16
		5Ce	永久方形区(プロットA)	(2009/6/28～10/14)、2010/8/5～9/26、2011/7/3～9/30(7/4～8/2は欠測)、2012/6/30～7/4
6	富士山	6Be1	永久方形区(森林限界付近)	2010/7/14～7/28
		6Be2	永久方形区(森林限界付近)	2010/10/8～11/12

()内は試行調査

表 -15 f 開花フェノロジー(目視)調査の実施状況

サイトID	サイト名	調査プロットID	プロット名	データ取得日
1	大雪山	1Ai	永久方形区(黒岳風衝地)	2010/5/23～9/1、2011/5/26～9/15、2012/5/24～9/17
		1Bi	永久方形区(黒岳石室)	2010/7/13～9/11、2011/6/22～9/15、2012/6/19～9/17
		1Ci	永久方形区(赤岳コマクサ平)	2010/6/8～9/15、2011/6/1～9/21、2012/5/31～9/17
		1Di	永久方形区(赤岳第4雪渓)	2010/6/8～9/15、2011/7/2～9/24、2012/6/22～9/17

表 -16 g チョウ類(ライントランセク)ト調査の実施状況

サイトID	サイト名	調査プロットID	プロット名	データ取得日
1	大雪山	1Fg	チョウ類調査用トランセクト(赤岳)	2011/7/7・7/17・7/21・7/22・7/29・8/7・8/9・8/19
3	北アルプス (蝶ヶ岳～常念岳)	3Bg	チョウ類調査用トランセクト	2010/7/19・8/15・8/16、2011/7/26・9/13、2012/8/3
4	白山	4Jg	チョウ類調査用トランセクト	2009/8/3、2010/8/2、2011/8/10、2012/8/2
5	南アルプス (北岳)	5lg	チョウ類調査用トランセクト	2009/8/28・8/29、2010/8/24、2011/8/27、2012/8/21

表 -17 h チョウ類(定点)調査の実施状況

サイトID	サイト名	調査プロットID	プロット名	データ取得日
1	大雪山	1Ch	チョウ類定点調査(赤岳コマクサ平)	2011/7/17・7/21・7/22・7/29・8/7・8/9・8/19
3	北アルプス (蝶ヶ岳～常念岳)	3Ch	チョウ類定点調査(プロットA)	2010/7/19・8/16、2011/7/26・8/18、2012/8/17
		3Dh	チョウ類定点調査(プロットB)	2010/7/19・8/16、2011/7/26・8/18・9/6・9/13、2012/8/9
4	白山	4lh	観光新道馬の背付近	2009/8/4、2010/8/6、2011/8/9、2012/8/1
5	南アルプス (北岳)	5Hh	肩の小屋付近	2009/8/28・8/29、2010/8/24、2011/8/26、2012/8/21

表 -18 i 地表徘徊性甲虫調査の実施状況

サイトID	サイト	調査プロットID	プロット名	データ取得日
4	白山	4Bi	永久方形区(千蛇ヶ池南方風衝地)	2009/7/23・7/24・8/7・8/8、2010/7/27・7/28・8/26・8/27、2011/7/31・8/1、2012/8/1・8/2
		4Ci1	永久方形区(水屋尻雪渓)	2009/7/23・7/24・8/7・8/8、2010/7/27・7/28・8/26・8/27、2011/7/31・8/1、2012/8/1・8/2
		4Ci2	永久方形区(水屋尻ハイマツ)	2010/7/27・7/28・8/26・8/27、2011/7/31・8/1、2012/8/1・8/2
		4Di	永久方形区(南竜ヶ馬場)	2009/7/23・7/24・8/7・8/8、2010/7/27・7/28・8/26・8/27、2011/7/31・8/1、2012/8/1・8/2

表 -19 j マルハナバチ類調査の実施状況

サイトID	サイト名	調査プロットID	プロット名	データ取得日
1	大雪山	1Gj	マルハナバチ類調査用トランセクト(黒岳)	2010/7/26、2011/8/6、2012/7/27・8/12・8/19
		1Hj	マルハナバチ類調査用トランセクト(赤岳)	2010/6/12・6/19・6/27・7/8・7/17・8/6、2011/8/6・8/14・8/20、2012/7/28・8/12・8/26
3	北アルプス (蝶ヶ岳～常念岳)	3Ej	マルハナバチ類調査	2010/7/19・8/16、2011/8/18、2012/7/24・7/31

大雪山サイト



残雪が見える赤岳コマクサ平(2010.7.16)
<インターバルカメラにより撮影>



チングルマが満開の赤岳第4雪渓(2012.7.15)
<インターバルカメラにより撮影>

1. サイトの特徴

大雪山は、北海道のほぼ中央に位置している。約 100～70 万年前頃のおもに第四紀前期更新世以降の火山活動で形成された成層火山や溶岩ドームからなる火山群で、安山岩類、デイサイトなどから構成されており、北海道の最高峰である旭岳(2,291m)を始め、標高 2,000m を超える 20 数座を含む北海道で最も標高の高い山岳域である。大雪山で高山帯となるのは標高 1,600m 付近からで、植生図からみた高山帯の面積は 23,513ha と日本最大で、高山ハイデ及び風衝草原が 2,431ha、高山荒原が 83ha、雪田草原が 5,404ha、高山低木群落が 15,595ha を占める(第 5 回自然環境保全基礎調査(自然環境情報 GIS))。

大雪山及びその周辺は、1934 年に大雪山国立公園に指定されており、その面積は日本の国立公園の中で最も広い 226,764ha である。大雪山の山岳域は、文化財保護法に基づき、天然保護区域として 1971 年に天然記念物に、1977 年には特別天然記念物に指定されている。

黒岳(1,984m)と赤岳(2,078m)は大雪山の北部にあり、黒岳は山麓の層雲峡から 7 合目(1,510m)までロープウェイとリフトが整備され、赤岳は登山口(1,480m)まで観光道路が通っている。

大雪山サイトでは、黒岳と赤岳に以下のプロットを設定して調査を実施した。

プロット名	標高(m)	調査項目
A 永久方形区(黒岳風衝地)	1,950	b 地温・地表面温度、c 植生、f 開花フェノロジー(目視)
B 永久方形区(黒岳石室)	1,890	b 地温・地表面温度、c 植生、f 開花フェノロジー(目視)
C 永久方形区(赤岳コマクサ平)	1,840	a 気温、b 地温・地表面温度、c 植生、e 開花フェノロジー(インターバルカメラ)、f 開花フェノロジー(目視)、h チョウ類(定点)
D 永久方形区(赤岳第4雪渓)	1,970	b 地温・地表面温度、c 植生、e 開花フェノロジー(インターバルカメラ)、f 開花フェノロジー(目視)
F チョウ類調査用トランセクト(赤岳)	1,490	g チョウ類(ライントランセクト)
G マルハナバチ類調査用トランセクト(黒岳)	1,520	j マルハナバチ類
H マルハナバチ類調査用トランセクト(赤岳)	1,490	j マルハナバチ類
I 黒岳石室	1,867～1,900	d ハイマツの年枝伸長
J 赤岳コマクサ平	1,836～1,848	d ハイマツの年枝伸長

2. 調査体制

これまでに大雪山での調査実績がある下記の研究機関及び民間団体により実施した。

調査項目	調査体制
a 気温 / b 地温・地表面温度	北海道大学地球環境科学研究所
c 植生	北海道大学地球環境科学研究所
d ハイマツの年枝伸長	北海道大学地球環境科学研究所
ef 開花フェノロジー	北海道大学地球環境科学研究所、NPO 法人アース・ウィンド
gh チョウ類	NPO 法人アース・ウィンド*
j マルハナバチ類	北海道大学地球環境科学研究所

* 2013 年度からは自然環境研究センターが実施している。

3. 調査結果

(1) 気温 / 地温・地表面温度

赤岳コマクサ平における 2011 年と 2012 年の気温の平均値は、年平均気温が -3.0、最暖月の月平均気温は 8 月の 12.8、最寒月のそれは 1 月の -18.8 であった。月平均気温が 5 以上になるのは 6 月から 9 月までの 4 カ月間で、暖かさの指数は 22.2 ・月と一般に 15 ・月以下とされる高山帯としては高かった。2012 年は 2011 年と比べて 2 月の気温が低く、4 月から 9 月までの期間は、7 月を除いてやや気温が高かった (図 -1)。

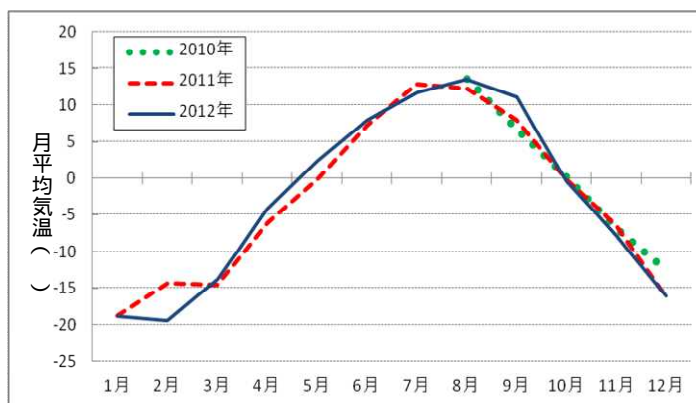


図 -1 赤岳コマクサ平における月平均気温の推移

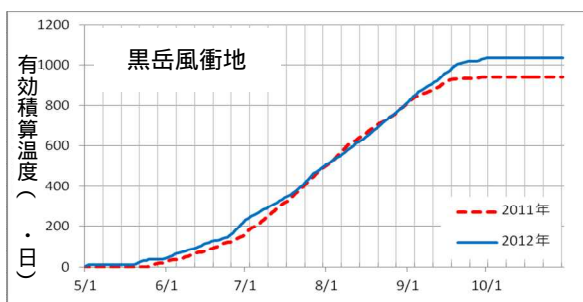


表 -1 黒岳風衝地における有効積算温度の到達日

調査年	土壌凍結 終日	有効積算温度(・日)						土壌凍結 初日
		>0	200	400	600	800	1000	
2011年	5/14	5/25	7/5	7/24	8/9	8/31	-	10/14
2012年	5/13	4/25	6/29	7/23	8/12	8/31	9/20	10/19

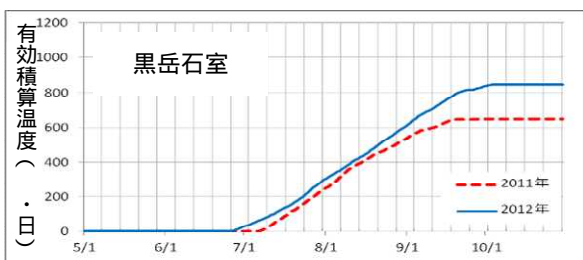


表 -2 黒岳石室における雪解日と冠雪日及び有効積算温度の到達日

調査年	推定 雪解日	有効積算温度(・日)					推定 冠雪日
		200	400	600	800		
2010年	-	-	-	-	-	10/15	
2011年	7/7	7/28	8/15	9/11	-	11/13	
2012年	6/27	7/24	8/11	8/31	9/20	10/19	

図 -2 黒岳における有効積算温度の推移

黒岳風衝地では、土壌の凍結終日は2011年は5/14、2012年は5/13で、有効積算温度は5月下旬から上昇し、9月中旬にはほぼ最高値に達した。土壌が凍結していない期間は2011年は153日、2012年は159日であった(表 -1、図 -2)。

雪田にある黒岳石室では推定雪解日が2011年は7/7、2012年は6/27で、有効積算温度は推定雪解日以降に上昇し、9月中旬にはほぼ最高値となった。推定雪解日と推定冠雪日から求めた長期積雪のない期間は、2011年が129日間、2012年が114日間であった(表 -2、図 -2)。

黒岳風衝地では有効積算温度が上昇し始める時期は2011年より2012年の方が早かったが、7月中旬以降は両年の差はほとんど無くなった。黒岳石室では2011年よりも2012年の推定雪解日が10日早く、有効積算温度の上昇も2012年の方が早かった。両年の差は7月下旬にはやや小さくなったが、8月下旬以降は再び大きくなった(図 -2)。

(2) 植生

風衝地環境の黒岳風衝地と赤岳コマクサ平では、総出現種数は14種と22種、植被率は39.0%と49.8%であったのに対し、雪渓・雪田環境の黒岳石室と赤岳第4雪渓の総出現種は21種と28種、植被率は95.7%と98.5%であり、風衝地環境のプロットでは総出現種数、植被率ともに雪田環境に比べて低かった(表 -3)。

構成種としては、黒岳風衝地や赤岳コマクサ平ではハイマツのほか、ツツジ科の矮生低木であるチシマツガザクラ、クロマメノキ、イワウメ、風衝草原に生育するタイセツイワスゲやウスユキトウヒレン、崩壊地や荒原に生育するコマクサやイワブクロが特徴的

表 -3 大雪山サイトの植生調査結果

プロット名			黒岳風衝地	黒岳石室	赤岳コマクサ平	赤岳第4雪渓
調査日			2011/7/7	2011/8/9	2010/7/9	2010/8/6
総出現種数			14	21	22	28
出現種数			8.4	13.4	11.4	15.0
平均(10サブコードラート)						
植被率(%)			39.0	95.7	49.8	98.5
岩石率(%)			61.0	3.9	50.2	1.0
地衣類(%)			7.9	26.1	4.9	4.3
蘚苔類(%)			0	0.1	0.2	0.1
食害情報			無	無	無	無
科名	種名	生活型	出現メッシュ数(全1000メッシュ中)			
バラ	ミヤマキンバイ	FO	59	50	15	38
ツツジ	ミネズオウ	ES	14	71	44	27
セリ	シラネニンジン	FO	12	3	9	55
イネ	ミヤマウシノケグサ	G	372	561	110	
マツ	ハイマツ	ES	4	1	35	
ツツジ	チシマツガザクラ	ES	303		189	
カヤツリグサ	タイセツイワスゲ	G	207		65	
ツツジ	クロマメノキ	DS	81		384	
キク	ウスユキトウヒレン	FO	53		95	
オミナエシ	タカネオミナエシ	FO	22		40	
イワウメ	イワウメ	ES	20		137	
バラ	チングルマ	DS		581		823
キク	ミヤマアキノキリンソウ	FO		366		32
セリ	ハクサンボウフウ	FO		165		6
ツツジ	キバナシャクナゲ	ES		143		815
イネ	コミヤマヌカバ	G		131	89	
リンドウ	ミヤマリンドウ	FO		79		144
イグサ	タカネスズメノヒエ	G		57		1
ツツジ	コマバツガザクラ	ES		14		2
サクラソウ	エゾゴザクラ	FO		5		7
キキョウ	イワギキョウ	FO		4		36
ツツジ	ジムカデ	ES		3		2
イネ	イワノガリヤス	G			7	389
ツツジ	コケモモ	ES			1	270
ツツジ	エゾツツジ	DS	348			
ゴマノハグサ	イワブクロ	FO	53			
バラ	メアカンキンバイ	FO	6			
ツツジ	コエゾノツガザクラ	ES		861		
カヤツリグサ	キンスゲ	G		410		
カヤツリグサ	リシリスゲ	G		235		
イグサ	ミヤマイ	G		83		
ゴマノハグサ	ヨツバシオガマ	FO		19		
ケシ	コマクサ	FO			152	
ツツジ	ウラシマツツジ	DS			104	
ガンコウラン	ガンコウラン	ES			99	
カヤツリグサ	ヌイオスゲ	G			11	
バラ	エゾノマルバシモツケ	DS			5	
	双葉実生sp.	0			3	
イネ	ミヤマコウボウ	G			2	
リンドウ	クモイリンドウ	FO			1	
ツツジ	アオノツガザクラ	ES				753
イネ	コメスキ	G				534
カヤツリグサ	ミヤマクロスゲ	G				405
バラ	タカネトウチソウ	FO				214
バラ	コガネイチゴ	FO				130
ヤナギ	ミネヤナギ	DS				92
キンボウゲ	ミツバオウレン	FO				85
キク	ミヤマサワアザミ	FO				36
カヤツリグサ	イトキンスゲ	G				23
ゴマノハグサ	エゾヒメクワガタ	FO				22
スマレ	ジンヨウキスミレ	FO				7
カヤツリグサ	スゲsp.	G				6
バラ	マルバシモツケ	DS				3

主な生育環境	生活型(機能型)
風衝草原	DS: 落葉性低木(deciduous shrub)
風衝矮生低木群落(高山ハイデ)	ES: 常緑性低木(evergreen shrub)
雪田草原	FO: 広葉草本(forb)
高山荒原(崩壊地荒原)	G: 禾本類(graminoid)
高山低木群落(ハイマツ林)	FE: シダ類(fern)
高茎広葉草原(雪潤草原)	M: 蘚苔類(moss)
岩隙・岩棚	L: 地衣類(lichen)

にみられた。それに対し黒岳石室や赤岳第4雪渓では、雪田の指標種であるチングルマ、ミヤマリンドウ、コエゾツガザクラや、雪潤草原の構成種のハクサンボウフウやイワノガリヤスなどが特徴的にみられた(表 -3)。

(3) ハイマツの年枝伸長

黒岳石室と赤岳コマクサ平で測定された1992年から2012年までのハイマツの年枝伸長量の平均値は、それぞれ43mmと49mmであった。両プロットの年枝伸長量は大きい年と小さい年を繰り返し、経年的には有意に増加していた(両方とも $P < 0.001$)。その増加速度は各々0.86mm/年及び1.1mm/年と推定された。各年の年枝伸長量は両プロット間でよく同調しており($p < 0.001$)、同時に立山サイトと白山サイトとも同調している場合があった(図 -3)。

2011年度の調査(環境省, 2012)では、それぞれの枝の各年の年枝伸長量と、気象庁の旭川観測所(標高119.8m)で得られた前年(1991~2011年)7~9月の月平均気温との相関関係を詳しく解析した。その結果、黒岳石室では測定された30本のうち9本の枝で、赤岳コマクサ平では測定された30本のうち15本の枝で、各年の年枝伸長量と前年の7~9月の月平均気温の平均値との間に有意な正の相関があり、夏の気温が高い年の翌年には伸長成長が良くなる枝があることが示された。

(4) 開花フェノロジー

図 -4に、比較的まとまったデータが得られた黒岳の目視による調査結果を示した。これらの結果から、植物の種類ごとの開花フェノロジーの違いが示された。黒岳風衝地に比べて黒岳石室の方が、開花が始まるのが遅く、開花している期間も短く、3.で示された積雪と有効積算温度の上昇する時期が遅いことが影響していると考えられた。どちらのプロットとも2010年や2011年に比べて2012年は開花が始まるのが早く、3.で示された2012年の3月以降の平均気温が高かったことや、有効積算温度の上昇の早さが関係していることが考えられた。なお、図 -4に示した以外の調査結果については、2012年度の調査報告書を参照されたい。また2006年から実施されている目視の結果は工藤・横須賀(2012)にまとめられている。

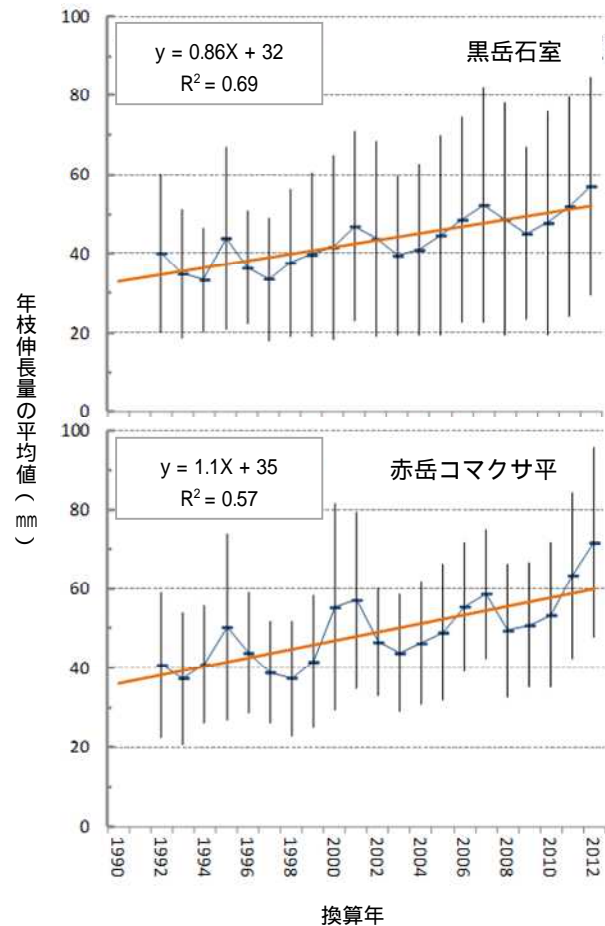


図 -3 大雪山サイトのハイマツの年枝伸長量の平均値の経年変化

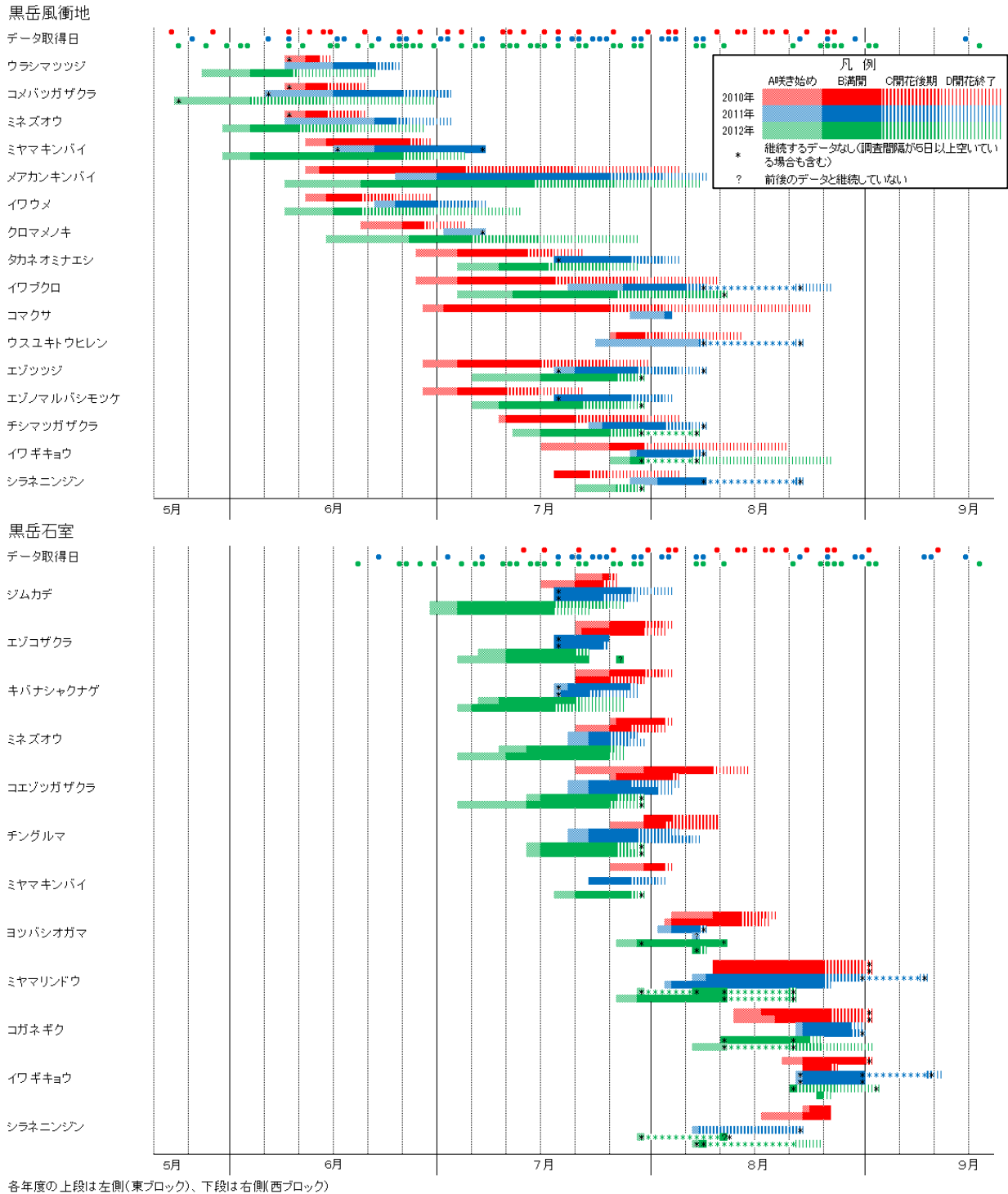


図 -4 大雪山サイトの開花フェノロジー調査の結果(黒岳の目視による調査の例)

(5)チョウ類

2011年に実施された赤岳コマクサ平の定点調査と、赤岳のライトランセクト調査で、28種のチョウ類が記録された(表 -4)。この中には各サイト共通の指標種であるクモマベニヒカゲをはじめ、アサヒヒョウモン、ウスバキチョウ、カラフトルリシジミ、ダイセツタカネヒカゲの5種の高山蝶が含まれた。なお、本州では一般に高山蝶として扱われるオオイチモンジとコヒオドシも記録されているが、北海道では低地から分布するため、大雪山サイトでは高山蝶として扱わな

かった。

大雪山サイトは他のサイトに比べ、確認種に占める高山蝶の割合が大きい重要なサイトであり、今後の調査の継続によるデータの蓄積と、経年変化や種組成の変化に関する解析が期待される。

表 -4 大雪山サイトのチョウ類の出現種と個体数

調査プロット (調査項目)	赤岳コマクサ平 (定点)	赤岳 (ライトランセクト)
調査年	2011	2011
種名	個体数	
1 ウスバキチョウ(高山蝶)	120以上	66
2 キアゲハ	10以上	35以上
3 カラスアゲハ		2
4 ミヤマカラスアゲハ		1
5 エゾスジグロシロチョウ	10以上	25
6 モンキチョウ		3
7 アカシジミ	4	
8 カラスシジミ		1
9 ルリシジミ		13
10 カラフトルリシジミ(高山蝶)	23	4
11 サカハチチョウ	5	
12 アカタテハ		8
13 シータテハ		9
14 エルタテハ	12	13
15 キベリタテハ		1
16 コビオドシ	34以上	39以上
17 クジャクチョウ	60以上	87以上
18 アサヒヒョウモン(高山蝶)	5	4
19 ミドリヒョウモン	4	45以上
20 フタスジチョウ		1
21 イチモンジチョウ	1	
22 オオイチモンジ	1	
23 コムラサキ	2	2
24 コモベニヒカゲ(高山蝶)	4	
25 ダイセツカネヒカゲ(高山蝶)	30	13
26 クロヒカゲ	2	10
27 ヒメキマダラヒカゲ		34
28 ヤマキマダラヒカゲ		4
個体数合計	186以上	420以上
種数合計	17	23

(6) マルハナバチ類

2010～2012年に黒岳と赤岳で実施されたライトランセクト調査で、6種のマルハナバチ類が確認された(表-5)。比較可能なデータが揃っている赤岳の2011年と2012年をみると、調査日や調査年ごとに種構成や個体数などの出現傾向にばらつきがあり、今のところ一定の傾向は把握されていない(図-5)。赤岳では2012年に、特定外来生物であるセイヨウオオマルハナバチの侵入が確認された(表-5)。今後は、モニタリングを継続的に行い、大雪山サイトにおけるマルハナバチ類の発生時期や訪花植物に関するデータを蓄積するとともに、大雪山地域におけるセイヨウオオマルハナバチの侵入について、偶産、定着などの侵入段階も含めてより注意深く監視する必要がある。

なお、大雪山のマルハナバチ類の動向については、工藤・井本(2012)で詳しく解析されている。

表 -5 大雪山サイトのマルハナバチ類の出現種

種名	調査年	出現状況	
		黒岳	赤岳
1 アカマルハナバチ	2010年		
	2011年		
	2012年		
2 エゾオオマルハナバチ	2010年		
	2011年		
	2012年		
3 エゾトラマルハナバチ	2010年		
	2011年		
	2012年		
4 エゾナガマルハナバチ	2010年		
	2011年		
	2012年		
5 エゾヒメマルハナバチ	2010年		
	2011年		
	2012年		
6 セイヨウオオマルハナバチ	2010年		
	2011年		
	2012年		

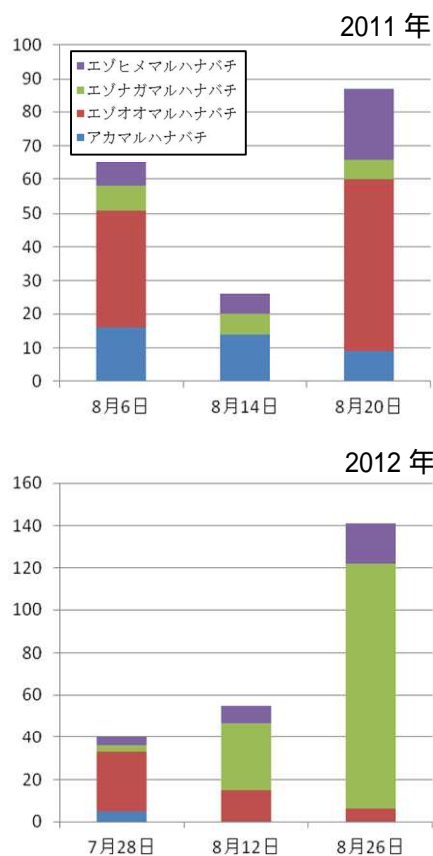


図 -5 赤岳のマルハナバチ類の調査日別個体数変動

4. 大雪山サイトのまとめ

大雪山は、北海道の中央にある火山群からなる山岳域で、日本で最大面積の高山帯がみられる。大雪山サイトでは、黒岳と赤岳の風衝地環境と雪田環境に調査プロットを設定し、気温、地温・地表面温度、植生、ハイマツの年枝伸長、開花フェノロジー、チョウ類、マルハナバチ類の調査を実施した。

赤岳コマクサ平(1,840m)で2011年と2012年の気温の平均値は、年平均気温が-3.0、最暖月の月平均気温は8月の12.8、最寒月のそれは1月の-18.8であった。黒岳では、風衝地(1,950m)の有効積算温度は5月下旬から上昇し、土壤が凍結していない期間の日数は2011年は153日、2012年は159日であった。雪田環境である石室(1,890m)では、推定雪解日は2011年は7/7、2012年は6/27で、長期積雪のない期間はそれぞれ129日間と114日間と推定された。

黒岳と赤岳の風衝地環境では、植物の総出現種数は14種と22種、植被率は39.0%と39.8%であったのに対し、雪田環境では総出現種数は21種と28種、植被率は95.7%と98.5%で、風衝地環境の方が植物が少なかった。風衝地環境では、ハイマツやツツジ科の矮生低木、崩壊地や荒原に特徴的な植物がみられた。雪田環境では、雪田の指標種や雪潤草原の構成種がみられた。

黒岳石室と赤岳コマクサ平のハイマツの年枝伸長量は大きい年と小さい年を繰り返しつつ、経年的には0.86~1.1mm/年ずつ増加していた。各年の年枝伸長量は、前年の7~9月の気温が高いと良くなる傾向がみられた。

黒岳の開花フェノロジーは、雪田環境の方が風衝地環境に比べて開花が始まるのが遅く、開花期間も短く、有効積算温度の上昇する時期が遅いことが影響していると考えられた。

チョウ類は28種が確認され、そのうちの5種は高山蝶であった。マルハナバチ類は6種が確認され、その中には外来生物のセイヨウオオマルハナバチが含まれた。

北アルプス(立山)サイト



ミクリガ池に映る立山連峰(2012.9.8)



雪解けとともに咲くハクサンイチゲ(2011.7.6)
 <インターバルカメラにより撮影>

1. サイトの特徴

北アルプス(飛騨山脈)は、新潟県、富山県、長野県、岐阜県の県境に位置している。北には白馬岳、剣岳、立山など、南には槍ヶ岳、穂高岳、乗鞍岳などの標高 3,000m前後の山々が連なる日本を代表する高山地域の一つである。北アルプスは、約 250 万年前に始まった主に第四紀前期更新世の隆起運動により形成されており、白亜紀末期～古第三紀の花崗岩類が広く分布するほか、安山岩類、堆積岩類、安山岩質の火山噴出物などがみられる。気候的には世界有数の多雪地帯にあるのが特徴で、特に日本海に近い北部では雪が多く、立山の雄山の御前沢雪渓は、剣岳の三の窓雪渓とともに、2012 年に日本で初めて氷河として認められた。北アルプスで高山帯となるのは標高 2,400m 付近からで、植生図からみた高山帯の面積は 17,254ha あり、高山ハイデ及び風衝草原が 4,589ha、高山荒原が 1,459ha、雪田草原が 1,756ha、高山低木群落が 9,450ha を占める(第 5 回自然環境保全基礎調査(自然環境情報 GIS))。北アルプスは、1934 年に中部山岳国立公園に指定されており、その面積は 174,323ha である。

立山は、北アルプス北部の富山県の東側にあり、雄山(3,003 m)、浄土山(2,830 m)、別山(2,880 m)からなる立山三山を中心に、室堂平から弥陀ヶ原などの活火山を含む。立山は富士山や白山とともに、日本三霊山として古くから山岳信仰の対象とされている。立山とその周辺にある立山自然保護センター、富山大学立山研究所、立山カルデラ砂防博物館などは、自然保護活動や立山の自然に関する調査、研究の拠点となっている。室堂平(2,450m)は、富山県から長野県までを様々な交通機関で結ぶ立山黒部アルペンルートの中継点として、登山や観光の拠点となっている。

北アルプス(立山)サイトでは、室堂平を中心として、龍王岳にある富山大学立山研究所などに以下のプロットを設定して調査を実施した。

プロット名	標高(m)	調査項目
A 永久方形区(室堂平)	2,465	b 地温・地表面温度、c 植生、e 開花フェノロジー(インターバルカメラ)
B 永久方形区(風衝地)	2,705	b 地温・地表面温度、c 植生、e 開花フェノロジー(インターバルカメラ)
C 富山大学立山研究所	2,850	a 気温
D みくりが池	2,430 ~ 2,433	d ハイマツの年枝伸長
E 別山	2,869 ~ 2,895	d ハイマツの年枝伸長

2. 調査体制

これまでに立山での調査実績がある下記の研究機関により実施した。

調査項目	調査体制
a 気温 / b 地温・地表面温度	富山大学極東地域研究センター
c 植生	富山大学極東地域研究センター、富山県中央植物園
d ハイマツの年枝伸長	富山大学極東地域研究センター
e 開花フェノロジー	富山大学極東地域研究センター

3. 調査結果

(1) 気温 / 地温・地表面温度

富山大学立山研究所で、2011年と2012年の気温の平均値は年平均気温は-3.1、最暖月の月平均気温は7月の10.0、最寒月のそれは1月の-17.2であった。月平均気温が5以上になるのは6月から9月までの4カ月間で、暖かさの指数は13.6・月であった。2012年は2011年と比べて2月の気温が低く、3月と4月の気温はやや高かった(図-1)。

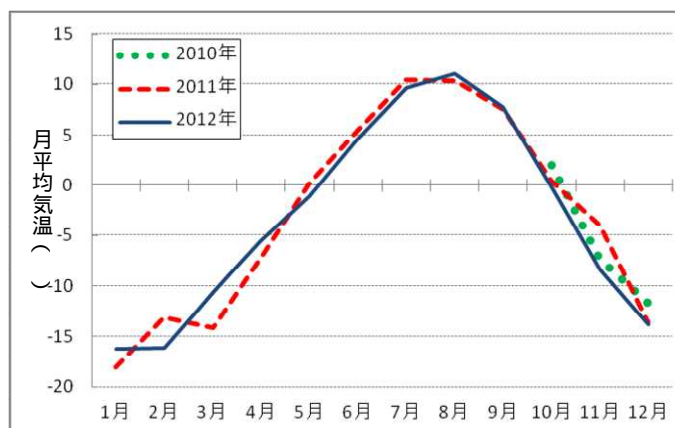


図 -1 富山大学研究所における月平均気温の推移

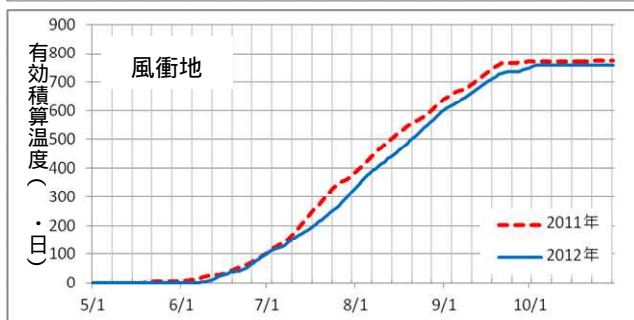
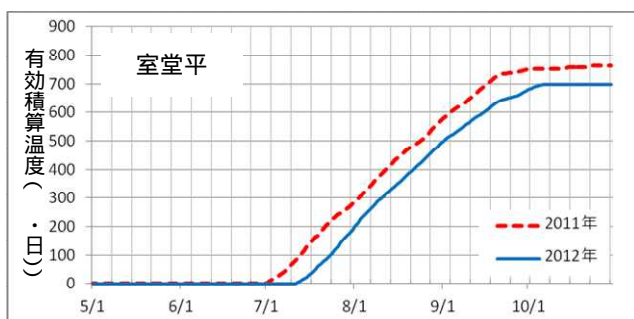


図 -2 立山サイトにおける有効積算温度の推移

雪田にある室堂平では、推定雪解日は2011年は7/1、2012年は7/7で、有効積算温度は推定雪解日以降に上昇し、9月下旬または10月初旬には最高値に近い値となった。推定雪解日と推定冠雪日から求めた長期積雪のない期間は2011年が137日、2012年が108日であった(表-1、図-2)。

表 -1 室堂平における雪解日と冠雪日及び有効積算温度の到達日

調査年	推定雪解日	有効積算温度(・日)			推定冠雪日
		200	400	600	
2010年	-	-	-	-	11/1
2011年	7/1	7/22	8/12	9/4	11/15
2012年	7/7	8/1	8/22	9/16	10/23

表 -2 風衝地における有効積算温度の到達日

調査年	土壌凍結終日	有効積算温度(・日)				土壌凍結初日
		>0	200	400	600	
2011年	5/26	5/12	7/13	8/3	8/28	11/9
2012年	6/1	6/4	7/18	8/9	9/1	11/1

風衝地では、凍結終日は2011年は5/26、2012年は6/1で、有効積算温度が明確に上昇するのは6月上旬以降で、9月中旬にほぼ最高値に達した。2011年の有効積算温度の最高値は770日であった。土壌が凍結していない期間は2011年は167日、2012年は153日であった(表-2、図-2)。

2011年と2012年で比較すると、室堂平の有効積算温度は2011年の方が10日程早く上昇しており、雪解けが早かった影響が秋季まで続いたと考えられる。風衝地の有効積算温度は7月中旬以降は2011年の方が5日程早く上昇したが、兩年の有効積算温度の最大値にほとんど差がなかった(図-2)。

(2) 植生

雪田環境にある室堂平では、総出現種数は20種、植被率は98.5%であったのに対し、風衝地では総出現種数は17種、植被率は72.1%で、雪田環境のプロットの方が、総出現種数、植被率ともに風衝地よりも高い傾向にあった(表-3)。

構成種としては、室堂平では雪田を指標するチングルマ、コイワカガミ、アオノツガザクラ、雪潤地に生育するヒゲノガリヤス、雪田近くの砂礫地に生えるガンコウランなどが特徴的であった。それに対し風衝地では、崩壊地や荒原に生育するイワスゲ、タカネツメクサ、ツツジ科の矮生低木であるコメバツガザクラ、ミネズオウ、イワウメ、風衝草原の構成種であるチシマアマナや、チシマギキョウが特徴的にみられたほか、蘚苔類のシモフリゴケも多く確認された(表-3)。

(3) ハイマツの年枝伸長

みくりが池と別山で測定された1991年から2010年までのハイマツの年枝伸長量の平均値は、それぞれ61mmと37mmであった。両プロットでの年枝伸長量は経年的に有意に増加しており(みくりが池 $p < 0.05$ 、別山 $p < 0.01$)、その増加速度は0.72mm及び0.74mm/年と推定された。各年の年枝伸長量は両プロット間で同調する傾向があり($p < 0.01$)、同時に大雪山、

表 -3 立山サイトの植生調査結果

プロット名		室堂平	風衝地	
調査日		2012/8/21	2011/8/2, 2011/8/5	
平均(10サブ コードラート)	総出現種数	20	17	
	出現種数	16.0	12.8	
	植被率(%)	98.5	72.1	
	岩石率(%)	0.4	27.9	
	地衣類(%)	0.7	1.0	
	蘚苔類(%)	0.5	7.9	
食害情報		無	無	
科名	種名	生活型	出現メッシュ数 (全1000メッシュ中)	
イネ	コメススキ	G	192	211
カヤツリグサ	ショウジョウスゲ	G	892	
バラ	チングルマ	DS	804	
イワウメ	コイワカガミ	FO	748	
ミツガシワ	イワイチョウ	FO	464	
キンボウゲ	ミツバノバイカオウレン	FO	440	
ガンコウラン	ガンコウラン	ES	406	
ツツジ	クロウスゴ	DS	288	
イネ	ヒゲノガリヤス	G	266	
リンドウ	ミヤマリンドウ	FO	195	
キンボウゲ	ハクサンイチゲ	FO	152	
セリ	シラネニンジン	FO	74	
ユリ	ヒメイワショウブ	FO	67	
ツツジ	アオノツガザクラ	ES	62	
セリ	キレハノハクサンボウフ	FO	47	
ヒカゲノカズラ	ミヤマヒカゲノカズラ	FE	43	
キク	ウサギギク	FO	18	
キク	ミヤマアキノキリンソウ	FO	15	
ユリ	コバイケイソウ	FO	8	
ツツジ	シラタマノキ	ES	4	
ツツジ	コメバツガザクラ	ES		894
カヤツリグサ	イワスゲ	G		663
タデ	ムカゴトラノオ	FO		457
バラ	ミヤマキンバイ	FO		455
ナデシコ	タカネツメクサ	FO		397
キキョウ	チシマギキョウ	FO		211
ツツジ	ミネズオウ	ES		185
ユリ	チシマアマナ	FO		182
イネ	ヒロハコメススキ	G		136
バラ	ミヤマダイコンソウ	FO		118
イワウメ	イワウメ	ES		72
リンドウ	トウヤクリンドウ	FO		57
セリ	ミヤマウイキョウ	FO		39
	sp.1			21
マツ	ハイマツ	ES		7
イグサ	クモマスズメノヒエ	G		7
地衣類	ハナゴケ	L	13	72
地衣類	ハナゴケ類	L	20	
地衣類	地衣類	L	3	
地衣類	イオウゴケ	L		15
地衣類	チズゴケ/イオウゴケ	L		1
蘚苔類	コケ類	M	34	
蘚苔類	シモフリゴケ	M		316
地衣類・蘚苔類の種数			4	5

主な生育環境

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)
岩隙・岩棚

生活型(機能型)

DS: 落葉性低木(deciduous shrub)
ES: 常緑性低木(evergreen shrub)
FO: 広葉草本(forb)
G: 禾本類(graminoid)
FE: シダ類(fern)
M: 蘚苔類(moss)
L: 地衣類(lichen)

白山及び南アルプスサイトとも同調する場合があった(図 -3)。

2011年度の調査(環境省, 2012)では、それぞれの枝の各年の年枝伸長量と、気象庁の富山観測所(標高8.6m)で得られた前年(1990~2009年)7~9月の月平均気温との相関関係を詳しく解析した。その結果、みくりが池では測定された20本のうち6本の枝で、別山では20本中9本の枝で、各年の年枝伸長量と前年の7~9月の月平均気温の平均値との間に有意な正の相関があり、夏の気温が高いと翌年の伸長成長が良くなる枝があることが示された。

(4)開花フェノロジー

図 -4に、比較的まとまったデータが得られた種類に関する調査結果を示した。これらの結果から、植物の種類ごとの開花フェノロジーの違いが示された。6月下旬から7月上旬にかけて開花する室堂平のハクサンイチゲやコイワカガミについては、2010年に比べて2011年や2012年は開花が早い傾向にあった。同じ種類の植物であっても、室堂平のチングルマのように、雪解けが早い写真の手前に比べ、雪解けが遅い写真の奥は、咲き始めの日や満開の日が2週間程度遅かった。

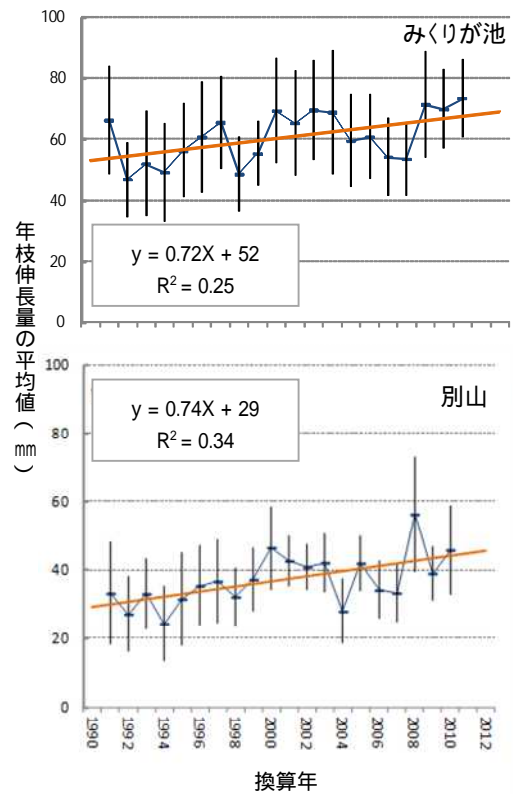


図 -3 立山サイトのハイマツの年枝伸長量の平均値の経年変化

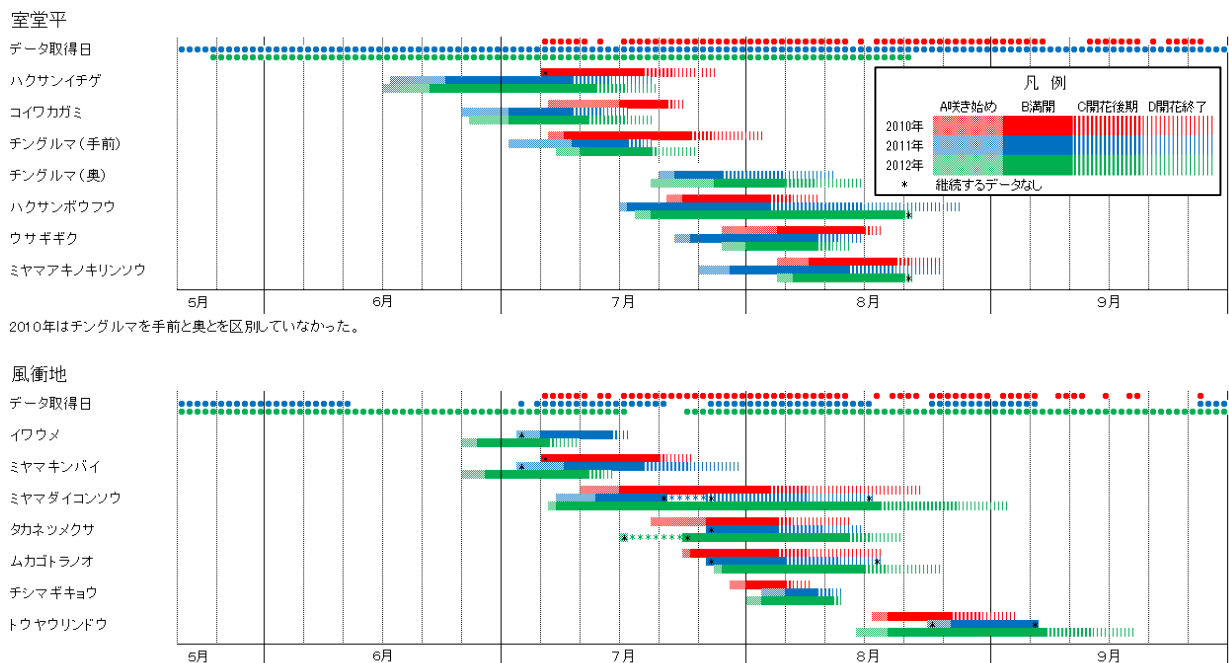


図 -4 立山サイトの開花フェノロジー調査の結果

4. 北アルプス(立山)サイトのまとめ

北アルプスは、新潟県、富山県、長野県、岐阜県の県境にあり、世界有数の多雪地域にある。立山は、北アルプス北部の富山県の東側にある。立山サイトでは、室堂平を中心に調査プロットを設定し、気温、地温・地表面温度、植生、ハイマツの年枝伸長、開花フェノロジーの調査を実施した。

富山大学立山研究所(2,840m)で2011年と2012年の気温の平均値は、年平均気温が -3.1 、最暖月の月平均気温は7月の 10.0 、最寒月のそれは1月の -17.2 であった。雪田環境である室堂平(2,465m)では、推定雪解日は2011年は7/1、2012年は7/7で、長期積雪のない期間はそれぞれ137日と108日と推定された。風衝地(2,705m)では、有効積算温度が明確に上昇するのは6月上旬以降で、土壌の凍結していない期間は2011年は167日、2012年は153日であった。

風衝地では、植物の総出現種数は17種、植被率は72.1%であったのに対し、雪田環境である室堂平では総出現種数は20種、植被率は98.5%で、雪田環境は風衝地に比べて植物が多い傾向にあった。雪田環境では、雪田の指標種や雪潤地の構成種がみられた。風衝地では、崩壊地や荒原に特徴的な植物や、ツツジ科の矮生低木、風衝草原の構成種がみられた。

みくりが池と別山のハイマツの年枝伸長量は大きい年と小さい年を繰り返しつつ、経年的には $0.72 \sim 0.74\text{mm}$ /年ずつ増加していた。各年の年枝伸長量は、前年の7～9月の気温が高いと良くなる傾向がみられた。

雪田環境の室堂平と風衝地で、植物の種類や年ごとの開花フェノロジーの違いが示された。室堂平の一部の種類については、2010年に比べて2011年や2012年は開花が早い傾向にあった。チングルマは、一つの調査プロットの中でも雪解けが遅い場所は、早い場所に比べて、2週間程度開花時期が遅かった。

北アルプス(蝶ヶ岳～常念岳)サイト



蝶ヶ岳チョウ類観測定点からみた蝶ヶ山頂とその
後ろの常念岳(中村寛志氏撮影)



蝶ヶ岳のお花畑からみた常念岳(2013.7.27)

1. サイトの特徴

北アルプス全体に関する特徴は、北アルプス(立山)を参照されたい。蝶ヶ岳や常念岳がある北アルプスの南部は、富山県、長野県、岐阜県の県境に位置している。北部に比べると積雪が少ないため、森林限界が比較的高く、亜高山帯の針葉樹林が発達している。

蝶ヶ岳(2,677m)は、北アルプスの中では比較的アクセスが容易で、標高1,500mの上高地から約13km北東にある。二重山稜を持つ比較的なだらかな山で、山頂付近には蝶ヶ岳、妖精ノ池などの湖沼が点在する。常念岳(2,857m)は、蝶ヶ岳より約5km北にあり、北アルプス南部主稜線の東側に位置する常念山脈の主峰として有名なピラミッド型の山である。それぞれの山頂の近くには、有人の宿泊施設である蝶ヶ岳ヒュッテと常念小屋がある。

北アルプス(蝶ヶ岳～常念岳)サイトでは、以下のプロットを設定して調査を実施した。

プロット名	標高(m)	調査項目
A 常念小屋	2,447	a 気温
B チョウ類調査用トランセクト	2,470	g チョウ類(ライントランセクト)
C チョウ類定点調査(プロットA)	2,664	h チョウ類(定点)
D チョウ類定点調査(プロットB)	2,520	h チョウ類(定点)
E マルハナバチ類調査用トランセクト	2,588	j マルハナバチ類

2. 調査体制

これまでに蝶ヶ岳や常念岳での調査実績がある下記の研究機関により実施した。

調査項目	調査体制
a 気温	信州大学山岳科学総合研究所*
gh チョウ類	信州大学農学部附属アルプス圏フィールド科学教育研究センター**
j マルハナバチ類	長野県環境保全研究所

* 2014年度からは信州大学理学部が実施している。

** 2014年度からはミヤマシジミ研究会が実施している。

3. 調査結果

(1) 気温

常念小屋での2011年と2012年の気温の平均値は、年平均気温は0.4、最暖月の月平均気温は7月の13.1、最寒月のそれは1月の-14.0であった。月平均気温が5以上になるのは6月から9月までの4カ月間で、暖かさの指数は25.4・月と高山帯としては高かった。2011年と比べて2012年は2月の気温が低く、3月と4月及び8月と9月の気温はやや高かった(図-1)。

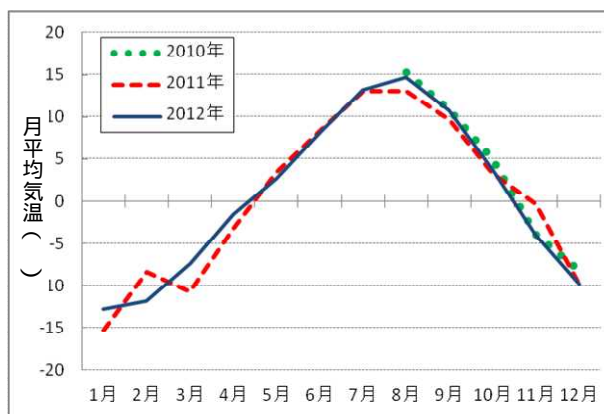


図-1 常念小屋における月平均気温の推移

(2) チョウ類

2010～2012年に実施されたライトランセクト調査と定点調査(プロットA、B)で約15種のチョウ類が記録された。この中には、各サイト共通の指標種であるクモマベニヒカゲとベニヒカゲの他に、ミヤマモンキチョウとタカネヒカゲの合わせて4種の高山蝶が含まれた(表-1)。

北アルプスサイトのこれまでの調査で、ベニヒカゲがライトランセクト、定点の各調査ともに安定的に記録され、ミヤマモンキチョウは、ライトランセクト調査において安定的に記録された。クモマベニヒカゲとタカネヒカゲについては、調査年によって記録にばらつきがみられた。これら記録のばらつきについては、今後の調査の継続によって、天候などの影響による偶発的なものか、周期的な変動によるものなのかが明らかになってゆくと考えられる。

表-1 北アルプス(蝶ヶ岳～常念岳)サイトのチョウ類の出現種と個体数

調査プロット (調査項目)	トランセクト (ライトランセクト)			プロットA (定点)			プロットB (定点)		
	調査年	2010	2011	2012	2010	2011	2012	2010	2011
種名	出現状況								
1 キアゲハ									
2 ミヤマカラスアゲハ									
3 ヤマトスジグロシロチョウ									
4 ミヤマモンキチョウ(高山蝶)									
5 ヒメアカタテハ									
6 ヒオドシチョウ									
7 キベリタテハ									
8 クジャクチョウ									
9 ミドリヒョウモン									
10 ヒョウモンチョウsp.									
11 ベニヒカゲ(高山蝶)									
12 クモマベニヒカゲ(高山蝶)									
13 タカネヒカゲ(高山蝶)									
14 アサギマダラ									
15 イチモンジセセリ									
合計個体数	57	23	12	23	8	9	21	3	42
合計種数	11	約7種	5	約5種	3	4	4	2	約9種

(3) マルハナバチ類

2010～2012年に実施されたライントランセクト調査で、2種のマルハナバチ類が確認されたが、2011年は天候不良のため予備調査のみで、蓄積データが少なく、年ごとの個体数などの出現傾向は把握されていない。外来種のセイヨウオオマルハナバチは確認されなかった(表-2)。訪花植物については、ツツジ科やキンポウゲ科などの14種の植物が利用されていた(表-3)。今後も、モニタリングを継続することで、マルハナバチ類の発生時期や訪花植物に関するデータを蓄積するとともに、セイヨウオオマルハナバチの侵入を監視する必要がある。

表-2 北アルプス(蝶ヶ岳～常念岳)サイトのマルハナバチ類の出現種

種名		調査年	出現状況
1	オオマルハナバチ	2010年	
		2011年	
		2012年	
2	ヒメマルハナバチ	2010年	
		2011年	
		2012年	

表-3 北アルプス(蝶ヶ岳～常念岳)サイトのマルハナバチ類の訪花植物

調査年		2010		2012	
訪花植物		ヒメマルハナバチ	オオマルハナバチ	ヒメマルハナバチ	オオマルハナバチ
1	タデ科	オヤマソバ			
2	キンポウゲ科	トリカブト類			
3	キンポウゲ科	ミヤマキンポウゲ			
4	キンポウゲ科	シナノキンバイ			
5	バラ科	ベニバナイチゴ			
6	フウロソウ科	ハクサンフウロ			
7	ツツジ科	アオノツガザクラ			
8	ツツジ科	オオバスノキ			
9	ツツジ科	コバノクロマメノキ			
10	ツツジ科	コケモモ			
11	ゴマノハグサ科	エゾシオガマ			
12	サクラソウ科	オオサクラソウ			
13	スイカズラ科	オオヒョウタンボク			
14	キキョウ科	チシマギキョウ			

不明種(ヒメマルハナバチの可能性が高い)が利用

4. 北アルプス(蝶ヶ岳～常念岳)サイトのまとめ

蝶ヶ岳や常念岳は北アルプスの南部にあるため、北部に比べて積雪が少ない。北アルプス(蝶ヶ岳～常念岳)サイトでは、蝶ヶ岳や常念岳に調査プロットを設定し、気温、チョウ類、マルハナバチ類を実施した。

常念小屋(2,447m)の2011年と2012年の気温の平均値は、年平均気温が0.4、最暖月の月平均気温は7月の13.1、最寒月のそれは1月の-14.0であった。

チョウ類は約15種が確認され、そのうちの4種は高山蝶であった。マルハナバチ類は2種が確認され、訪花植物として14種の植物が利用されていた。

白山サイト



白山比咩神社祈禱殿と御前峰 (2013.8.17)



雪溪の横で咲くハクサンコザクラとミヤマキンバイ (2012.8.5) <インターバルカメラにより撮影>

1. サイトの特徴

白山の最高峰である御前峰 (2,702m) をはじめ、大汝峰 (2,684m)、剣ヶ峰 (2,677) を中心とした山頂部は石川県と岐阜県の県境にあるが、東西南北に連なる山系全体は福井県や富山県にまでおよぶ。白山は日本の高山帯の中では最も西に位置しているため、100 種を超える高山植物の日本における西限となっている。白山は2億年を越える歴史を有し、変成岩類、堆積岩類、流紋岩類や安山岩類からなる。現在の山頂部とその周辺は、3、4万年前からの火山活動によって形成され、山頂部にはかつての火口であった場所に水がたまってできた火山湖が多くみられる。白山は日本海側の多雪地域にある高山帯であることから、夏でも雪渓が多くみられる。白山で高山帯となるのは標高 2,450m 付近からで、植生図からみた高山帯の面積は 1,397ha、高山ハイデ及び風衝草原が 289ha、雪田草原が 488ha、高山低木群落が 620ha を占める (第5回自然環境保全基礎調査 (自然環境情報 GIS))。

白山は 1961 年に白山国立公園に指定され、その面積は 49,900ha (2013 年現在) である。白山は立山や富士山とともに、日本三霊山として山岳信仰の対象とされ、山頂には白山比咩神社の奥宮が祀られている。白山では、石川県白山自然保護センターなどが、白山地域の調査研究と保護活動を行っている。白山の山頂下の宿泊施設である室堂 (2,445m) までは、石川県側の登山口の別当出合からは約 6km、岐阜県側の登山口の大白川からは約 6km の道のりである。

白山サイトでは、室堂平周辺とそれより約 2km 南東にある南竜ヶ馬場に以下のプロットを設定して調査を実施した。

プロット名	標高 (m)	調査項目
A 室堂平白山荘	2,448	a 気温
B 永久方形区 (千蛇ヶ池南方風衝地)	2,570 ~ 2,585	b 地温・地表面温度、c 植生、d ハイマツの年枝伸長、i 地表徘徊性甲虫
C 永久方形区 (水屋尻)	2,450 ~ 2,472	b 地温・地表面温度、c 植生、e 開花フェノロジー (インターバルカメラ)、i 地表徘徊性甲虫 (雪渓・ハイマツ)
D 永久方形区 (南竜ヶ馬場)	2,070 ~ 2,084	b 地温・地表面温度、c 植生、i 地表徘徊性甲虫
H 展望歩道	2,450	d ハイマツの年枝伸長、e 開花フェノロジー (インターバルカメラ)
I 観光新道馬の背付近	2,160	h チョウ類 (定点)
J チョウ類調査用トランセクト	2,050 ~ 2,450	g チョウ類 (ライトランセクト)

2. 調査体制

これまでに白山での調査実績がある下記の研究機関及び民間団体により実施した。

調査項目	調査体制
a 気温 / b 地温・地表面温度	石川県白山自然保護センター
c 植生	石川県白山自然保護センター
d ハイマツの年枝伸長	石川県白山自然保護センター
e 開花フェノロジー	石川県白山自然保護センター
gh チョウ類	石川むしの会
i 地表徘徊性甲虫	石川むしの会

3. 調査結果

(1) 気温 / 地温・地表面温度

室堂平白山荘で、2010年と2011年の気温の平均値は、年平均気温は-0.2、最暖月の月平均気温は8月の13.2、最寒月のそれは1月の-14.0であった。月平均気温が5以上になるのは6月から9月までの4カ月間で、暖かさの指数は23.0・月と高山帯としては高かった。その他の月と比較して3月と4月は年による差が大きかった(図-1)。

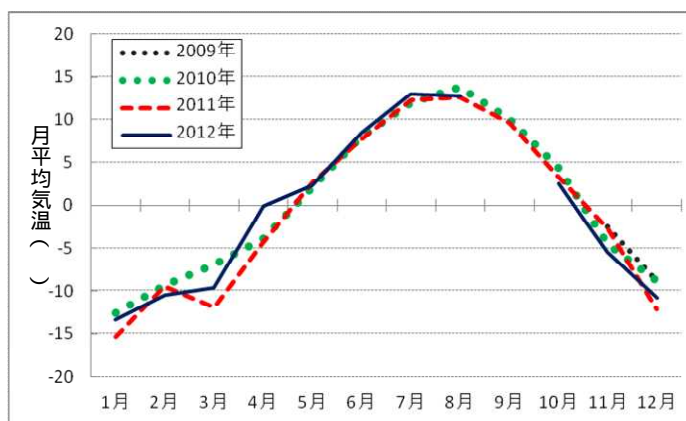


図 -1 室堂平白山荘における月平均気温の推移

千蛇ヶ池南方風衝地では、土壌の凍結終日は5/16～5/24で、有効積算温度は5月下旬または6月上旬から上昇し始め、10月上旬にほぼ最高値に達した。2010年は、2011年と2012年に比べ、8月中旬以降に有効積算温度の上昇する時期が10日ほど早く、その最高値は約950・日で、2011年と2012年よりも70・日ほど大きかった(図-2、表-1)。土壌が凍結していない期間は2010年は210日、2011年は176日、2012年は197日であった。

雪田にある水屋尻の推定雪解日は7/17～7/24で、その後有効積算温度が上昇し、10月上旬にほぼ最高値に達した。2010年は推定雪解日が早く、有効積算温度の最高値も高く、逆に2011年は推定雪解日が遅く、有効積算温度も低かった。2012年は推定雪解日が遅かったが、有効積算温度の最高値は2010年と2011年のほぼ中間であった。推定雪解日と推定冠雪日から求めた長期積雪のない期間は91～118日間であった(図-2、表-2)。

南竜ヶ馬場は水屋尻と同じく雪田環境にあり、その推定雪解日は7/5～7/12であった。有効積算温度は推定雪解日以降に上昇し、10月中旬にほぼ最高値となった。有効積算温度の最高値は823～907・日で2010年が最も高く、2012年が最も低かった。推定雪解日と推定冠雪日から求めた長期積雪のない期間は112～138日間であり、2011年が最も長かった(表-3、図-2)。南竜ヶ馬場は同じ雪田にある水屋尻よりも、標高が低く積雪期間が2週間ほど短く、かつ地表面温度が高いプロットといえる。

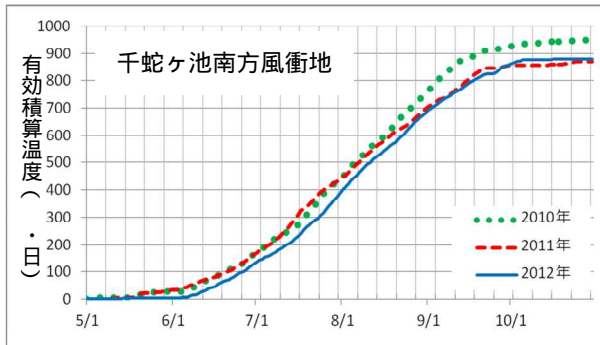


表 -1 千蛇ヶ池南方風衝地有効積算温度の到達日

調査年	土壌凍結終日	有効積算温度(・日)					土壌凍結初日
		>0	200	400	600	800	
2010年	5/16	5/4	7/5	7/27	8/17	9/5	12/12
2011年	5/24	5/10	7/6	7/26	8/19	9/16	11/16
2012年	5/18	5/3	7/12	8/2	8/23	9/18	12/1

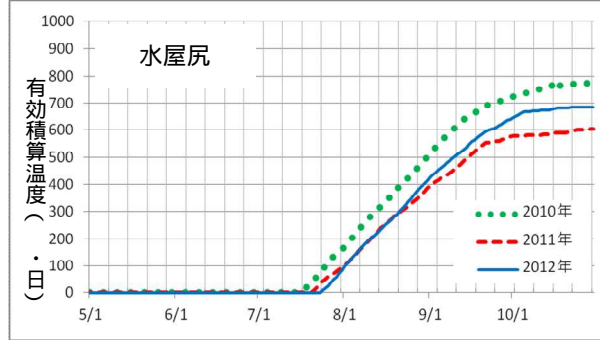


表 -2 水屋尻における雪解日と冠雪日及び有効積算温度の到達日

調査年	推定雪解日	有効積算温度(・日)			推定冠雪日
		200	400	600	
2010年	7/17	8/4	8/22	9/9	11/1
2011年	7/20	8/11	9/2	10/24	11/15
2012年	7/24	8/11	8/30	9/23	10/23

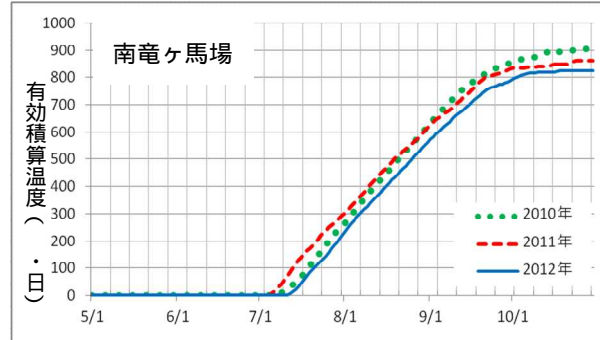


表 -3 南竜ヶ馬場における雪解日と冠雪日及び有効積算温度の到達日

調査年	推定雪解日	有効積算温度(・日)				推定冠雪日
		200	400	600	800	
2010年	7/9	7/26	8/12	8/30	9/20	11/1
2011年	7/5	7/22	8/10	8/30	9/22	11/20
2012年	7/12	7/30	8/16	9/4	10/3	11/1

図 -2 白山サイトにおける有効積算温度の推移

(2) 植生

千蛇ヶ池南方風衝地の植被率は58.4%、雪田環境の水屋尻や南竜ヶ馬場ではそれぞれ81.5%と83.8%であり、風衝地環境のプロットより雪田環境のほうが高い傾向にあった。また、総出現種数をみると、千蛇ヶ池南方風衝地は10種、水屋尻は12種、南竜ヶ馬場は26種であり、サブコードあたりでの平均出現種数では千蛇ヶ池南方風衝地は5.7種、水屋尻は7.7種、南竜ヶ馬場は14.9種であり、出現種の数も風衝地環境より雪田環境のプロットのほうが高い傾向にあった(表-4)。

構成種としては、千蛇ヶ池南方風衝地では、矮生低木のガンコウラン、イワウメ、コケモモや、風衝草原や荒原に生育するイワスゲやイワツメクサが特徴的にみられた。それに対し雪田環境の水屋尻と南竜ヶ馬場では、雪田の指標種であるアオノツガザクラ、ハクサンコザクラ、ミヤマリンドウや、雪潤草原の構成種であるハクサンボウフウやクロユリが共通してみられた。そのほか水屋尻ではミヤマキンバイ、コバイケイソウ、南竜ヶ馬場ではショウジョウスゲ、イワイチョウ、モミジカラマツといった雪田や雪潤地に生育する種がそれぞれ特徴的であった(表-4)。

(3) ハイマツの年枝伸長

千蛇ヶ池南方風衝地と展望歩道で測定された1990年から2009年までのハイマツの年枝伸長量の平均値は、それぞれ34mmと43mmであった。展望歩道では、年による変動が大きいものの、経年的には有意に増加しており($p < 0.001$)、その増加速度は1.0mm/年と推定された。一方、千

蛇ヶ池南方風衝地では、こうした傾向は見られなかった。各年の年枝伸長量は、両プロット間では同調する傾向はなかったが、展望歩道の年枝伸長量の平均値は、大雪山サイト及び立山サイトと同調する傾向があり (p<0.05)、国内の異なる地域の山岳間でハイマツの年枝伸長量が同調する可能性が考えられた (図 -3)。

2011年度の調査(環境省, 2012)では、それぞれの枝の各年の年枝伸長量と、気象庁の白川観測所(標高478m)で得られた前年(1989~2008年)7~9月の月平均気温との相関関係を詳しく解析した。その結果、展望歩道では26本中14本の枝で、各年の年枝伸長量と前年の8月の月平均気温との間に有意な正の相関があり、夏の気温が高いと翌年の伸長成長が良くなる枝があることが示された。一方、千蛇ヶ池南方風衝地についてはこうした相関関係はほとんどみられなかった。

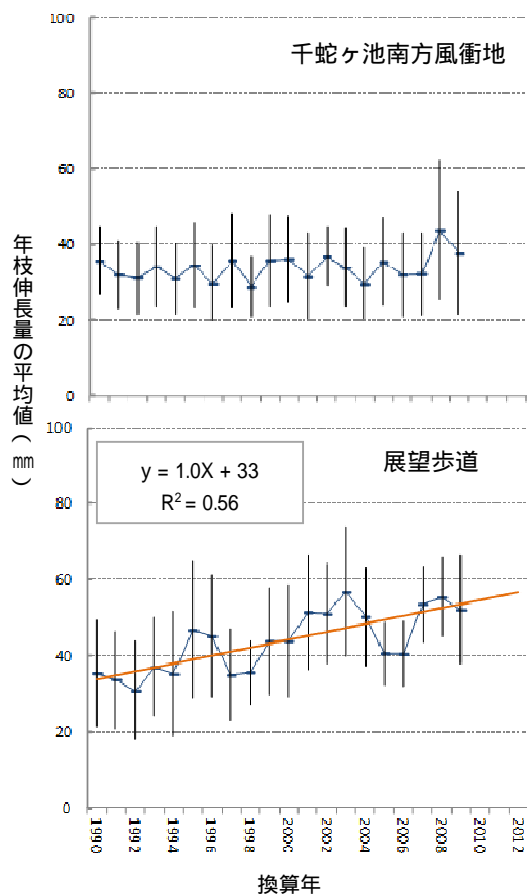


図 -3 白山サイトのハイマツの年枝伸長量の平均値の経年変化

表 -4 白山サイトの植生調査結果

プロット名	千蛇ヶ池南方風衝地	水屋尻	南竜ヶ馬場	
調査日	2012/8/9	2011/8/9	2011/8/10	
総出現種数	10	12	26	
出現種数	5.7	7.7	14.9	
平均(10サブコードラート)				
植被率(%)	58.4	81.5	83.8	
岩石率(%)	14.1	12.4	5.3	
地衣類(%)	0	5.9	6.9	
蘚苔類(%)	0.6	0	-	
食害情報	無	無	無	
科名	種名	生活型		
イネ	コムススキ	G	78	334
イネ	ヒロハコムススキ	G		731
ツツジ	アオノツガザクラ	ES		163
サクラソウ	ハクサンコザクラ	FO		159
オトギリソウ	シナノオトギリ	FO		47
リンドウ	ミヤマリンドウ	FO		29
セリ	ハクサンボウフウ	FO		29
ユリ	クロユリ	FO		4
イワウメ	コイワカガミ	FO		3
イネ	オオヒゲノガリヤス	G		58
ガンコウラン	ガンコウラン	ES	649	
ツツジ	コケモモ	ES	298	
イワウメ	イワウメ	ES	119	
カヤツリグサ	イワスゲ	G	60	
マツ	ハイマツ	ES	21	
ナデシコ	イワツメクサ	FO	20	
セリ	シラネニンジン	FO	5	
ツツジ	コマバツガザクラ	ES	3	
アブラナ	ミヤマタネツクバナ	FO	3	
ツツジ	クロマメノキ	DS		563
バラ	チングルマ	DS		11
バラ	ミヤマキンバイ	FO		420
ユリ	コバイケイソウ	FO		152
キク	アキノキリンソウ	FO		8
カヤツリグサ	ショウジョウスゲ	G		625
キンボウゲ	ミツバオウレン	FO		381
ミツガシワ	イワイチョウ	FO		298
キンボウゲ	モミジカラマツ	FO		251
ユリ	ネバリノギラン	FO		145
ユキノシタ	ミヤマダイモンジソウ	FO		87
イネ	オオヒゲノガリヤス	G		58
オトギリソウ	オトギリソウsp	FO		39
ヒカゲノカズラ	タカネヒカゲノカズラ	FE		21
イネ	チシマザサ	G		7
キク	ミヤマコウソリナ	FO		4
オシダ	ヘビノネゴザ	FE		3
ユリ	ショウジョウバカマ	FO		1
ラン	キソチドリ	FO		1
セリ	セリ科sp	FO		1
蘚苔類	コケ類	M		77
				74

主な生育環境	生活型(機能型)
風衝草原	DS: 落葉性低木(deciduous shrub)
風衝矮生低木群落(高山ハイデ)	ES: 常緑性低木(evergreen shrub)
雪田草原	FO: 広葉草本(forb)
高山荒原(崩壊地荒原)	G: 禾本類(graminoid)
高山低木群落(ハイマツ林)	FE: シダ類(fern)
高茎広葉草原(雪潤草原)	M: 蘚苔類(moss)
岩除・岩棚	L: 地衣類(lichen)

(4) 開花フェノロジー

図 -4 に、比較的まとまったデータが得られた種類に関する調査結果を示した。これらの結果から、植物の種類ごとの開花フェノロジーの違いが示された。同じ種類の植物であっても、ミヤマキンバイやハクサンボウフウのように、雪の多い水屋尻に比べて展望歩道の方が、満開の期間

が1～2週間程度早かった。3年間のデータが比較的そろっている展望歩道についてみると、2011年は、2010年や2012年に比べて、開花の始まりや終わりが早い傾向にあった。

(5) チョウ類

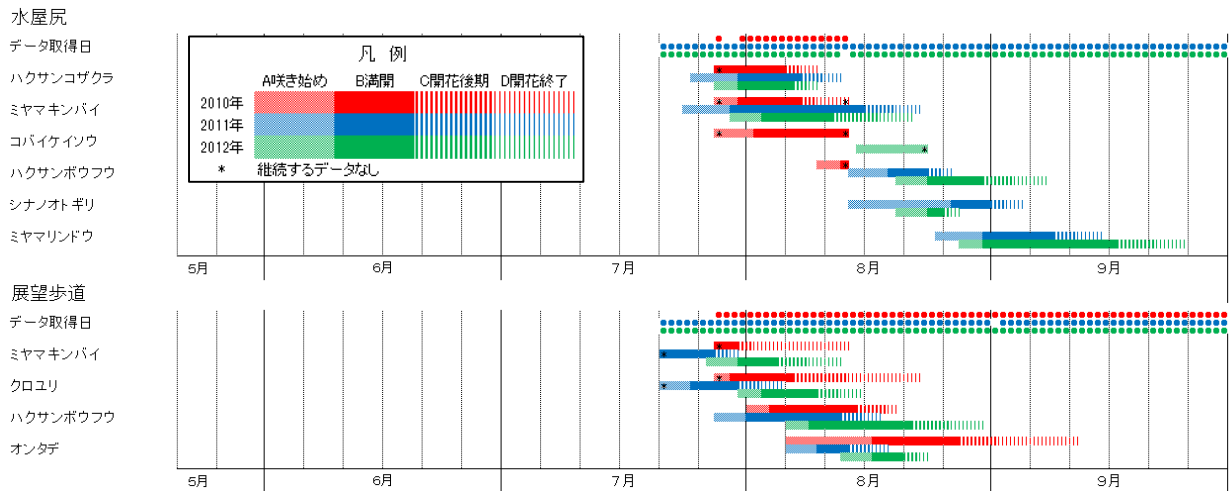


図 -4 白山サイトの開花フェノロジー調査の結果

9	シートタテハ								
10	エルタテハ								3
11	キベリタテハ	1		1				3	
12	クジャクチョウ				4				3
13	ウラギンヒョウモン				3				4
14	ヒヨウモンチョウsp.	8				1			
15	タテハチョウsp.	1				2			
16	ベニヒカゲ(高山蝶)	29	47	28	19	63	80	115	90
17	クモマベニヒカゲ(高山蝶)		6	2	3	7	10	3	4
18	ヒメキマダラヒカゲ		6	7	6	1	1	14	3
19	ヤマキマダラヒカゲ				2				
20	アサギマダラ	15	5	3	52	3	26	7	97
	個体数合計	54	66	46	97	79	123	148	215
	種数合計	約5種	6	9	約11種	約8種	7	約8種	9

2009～2012年に実施された観光新道馬の背付近の定点調査と、ライトランセクト調査で、約20種のチョウ類が記録された。この中には各サイト共通の指標種であるクモマベニヒカゲとベニヒカゲの2種の高山蝶が含まれた(表-5)。

白山サイトはこれまでの調査で、クモマベニヒカゲとベニヒカゲの2種が定点、ライトランセクトの各調査ともに安定的に記録されている。今後の調査の継続によりデータの蓄積が充実することで、これらの種の発生量及び発生時期の経年変動や、高山蝶であるこれら種を含めたサイト全体の種組成の変化に関する把握が期待される。

(6) 地表徘徊性甲虫

2009～2012年に実施した千蛇ヶ池南方風衝地、水屋尻(雪溪)、水屋尻(ハイマツ)、南竜ヶ馬場の3プロット4地点のピットフォールトラップ調査で、合計4科22種の甲虫類が記録された。このうちオサムシ科が16種と最も種数が多く、次いでハネカクシ科の4種、シテムシ科およびコメツキムシ科は1種であった(表-6)。

これまでの調査結果を見るとミズギワゴミムシ類について、年ごとの増減が目立っていた。水屋尻（雪渓）では、2009年と2011年では種構成が似た傾向を示すものの、ミズギワゴミムシ属の一種が2009年に突出して確認されており、この点では2012年度の結果に類似していた。南竜ヶ馬場においても2009年には多くの個体が記録された。このグループの個体数の増減が、気候条件の違いや雪解け時期の前後による発生期及び、生息適地（ミズギワゴミムシ類に好適な湿潤土壌など）の変動などによるものなのか、特有の周期的な個体数変動によるものなのか、データを蓄積し注目する必要がある。

表 -6 白山サイトの地表徘徊性甲虫の出現種と個体数

プロット名			千蛇ヶ池南方風衝地				水屋尻雪渓							
科名	和名	学名	2009		2010		2009		2010		2011		2012	
			7/23	8/7	7/27	8/26	7/31	8/1	7/23	8/7	7/27	8/26	7/31	8/1
1	オサムシ科	コクロナガオサムシ	6	-	2	2	5	6	1					
2		アオキノカワゴミムシ			1									
3		チビマルクビゴミムシ	7		3	9	2	2						
4		チビゴミムシ属の一種			2	11	2	1	1				1	1
5		オンタケナガチビゴミムシ												
6		シロウマミズギワゴミムシ		63					35			5	4	3
7		ミズギワゴミムシ属の一種	11		11	4	5	4	122	3	59		9	136
8		キンイロオオゴミムシ				2					1			
9		ホシナガゴミムシ							1	1	2		1	1
10		ヤノナガゴミムシ												
11		ヒメヒラタゴミムシ属の一種							5		16	1	1	31
12		キタノヒラタゴミムシ	2		8	4	1							
13		ツヤモリヒラタゴミムシ	4		30	15	17	14						
14		ホソヒラタゴミムシ												
15		タケウチツヤヒラタゴミムシ												
16		ミヤマゴモクシ	1		3									
17	シデムシ科	ビロウドヒラタシデムシ												
18	ハネカクシ科	ヒメハネカクシ属の一種												
19		ヒゲトハネカクシ亜科の一種												
20		Platydome属の一種			2		1	9						
21		コガシラハネカクシ属の一種											1	1
22	コメツキムシ科	ミヤマヒサゴメツキ							25		12		3	14
合計種数			6	1	9	7	7	6	7	2	5	2	8	6
合計個体数			31	63	62	47	33	36	190	4	90	6	21	187

プロット名			水屋尻ハイマツ				南竜ヶ馬場					
科名	和名	学名	2010		2009		2010		2011		2012	
			8/26	7/31	7/23	8/7	7/27	8/26	7/31	8/1		
1	オサムシ科	コクロナガオサムシ										
2		アオキノカワゴミムシ										
3		チビマルクビゴミムシ										
4		チビゴミムシ属の一種										
5		オンタケナガチビゴミムシ					1					
6		シロウマミズギワゴミムシ										
7		ミズギワゴミムシ属の一種				112	1	27	1	9	13	
8		キンイロオオゴミムシ										
9		ホシナガゴミムシ										
10		ヤノナガゴミムシ		9	1							
11		ヒメヒラタゴミムシ属の一種				119		55	1	6	3	
12		キタノヒラタゴミムシ										
13		ツヤモリヒラタゴミムシ										
14		ホソヒラタゴミムシ										
15		タケウチツヤヒラタゴミムシ										
16		ミヤマゴモクシ										
17	シデムシ科	ビロウドヒラタシデムシ				1	4					
18	ハネカクシ科	ヒメハネカクシ属の一種										
19		ヒゲトハネカクシ亜科の一種										
20		Platydome属の一種										
21		コガシラハネカクシ属の一種										
22	コメツキムシ科	ミヤマヒサゴメツキ				3		5		3		
合計種数			2	3	3	7	3	5	7	4	7	4
合計個体数			3	12	4	244	3	104	4	22	21	

4. 白山サイトのまとめ

白山は、石川県と岐阜県の県境にあり、日本の高山帯の中では最も西に位置している。白山は日本海側の多雪地域にあり、夏でも雪渓が多くみられる。白山サイトでは、室堂平と南竜ヶ馬場を中心に調査プロットを設定し、気温、地温・地表面温度、植生、ハイマツの年枝伸長、開花フェノロジー、チョウ類、地表徘徊性甲虫の調査を実施した。

室堂平白山荘（2,448m）で2010年と2011年の気温の平均値は、年平均気温が-0.2、最暖月の月平均気温は8月の13.2、最寒月のそれは1月の-14.0であった。千蛇ヶ池南風衝地（2,580m）では、有効積算温度は5月下旬または6月上旬から上昇し始めた。土壌が凍結していない期間の日数は、176~210日であった。雪田環境である水屋尻（2,472m）の推定雪解日は7月中旬または下旬で、長期積雪のない期間は91~118日間であった。同じく雪田環境である南竜

ヶ馬場（2,084m）の推定雪解日は7月上・中旬であった。長期積雪のない期間は112～138日間であった。

風衝地の植物の総出現種数は10種、植被率は58.4%であったのに対し、雪田環境では総出現種数は10種と24種、植被率は81.5%と87.7%で、風衝地の方が雪田環境に比べて植物が少ない傾向にあった。風衝地では、ツツジ科の矮生低木や、風衝草原や荒原の構成種がみられた。雪田環境では、雪田の指標種や雪潤地の構成種がみられた。

展望歩道のハイマツの年枝伸長量は大きい年と小さい年を繰り返しつつ、経年的には1.0mm/年ずつ増加していた。各年の年枝伸長量は、前年の8月の気温が高いと良くなる傾向がみられた。千蛇ヶ池南方風衝地のハイマツについてはこれらの傾向はみられなかった。

開花フェノロジーは、同じ種類の植物であっても雪解けが遅い調査プロットの方が遅い傾向にあった。2011年は2010年や2012年に比べて開花フェノロジーが早い傾向にあった。

チョウ類は約20種が確認され、そのうちの2種は高山蝶であった。地表徘徊性甲虫は22種が確認され、オサムシ科が16種と最も多かった。

南アルプス(北岳)サイト



残雪がみられる北岳(2009.6.29)



保護区下部 2,750m付近から名取俊樹氏撮影

1. サイトの特徴

南アルプス(赤石山脈)は、山梨県、長野県、静岡県の県境に位置している。北には甲斐駒ヶ岳、仙丈ヶ岳、鳳凰三山、北岳など、南には塩見岳、荒川岳、赤石岳、聖岳、光岳などの山々が連なり、長さ約120km、幅約40kmにわたる。南アルプスは、約100万年前の第四紀の前期更新世以降の隆起運動により形成され、緑色岩・チャート・泥岩・砂岩などの堆積岩類が広く分布し、北岳山頂付近には石灰岩もある。南アルプスで高山帯となるのは標高2,600m付近からで、植生図からみた高山帯の面積は4,565haで、高山ハイデ及び風衝草原が633ha、高山荒原が616ha、雪田草原が94ha、高山低木群落が3,222haを占める(第5回自然環境保全基礎調査(自然環境情報GIS))。南アルプスは、1964年に南アルプス国立公園に指定され、面積は35,752haである。

北岳は、南アルプス北部の山梨県の西側にあり、標高3,193mと富士山に次いで高い。北岳では、固有種を含む数多くの高山植物がみられる。北岳に特産するキタダケソウは、1994年に種の保存法(絶滅のおそれのある野生動植物の種の保存に関する法律)により国内希少野生動植物種に指定され、北岳の南東斜面は「北岳キタダケソウ生育地保護区」が設定されて登山者の立ち入りが厳しく制限されている。北岳を中心とした山梨県の高山植物は、1985年に制定された山梨県高山植物保護条例(山梨県高山植物の保護に関する条例)により保護され、地元での保護活動も行われている。北岳は南アルプスの中では交通の便やアプローチが良く、標高1,520mの広河原のバス停から約5kmの道のりである。山頂より約1km南に北岳山荘がある。

南アルプス(北岳)サイトでは、登山道の途中にある肩の小屋と北岳山荘をベースとして、以下のプロットを設定して調査を実施した。

プロット名	標高(m)	調査項目
A 北岳山荘	2,880	a 気温
B 永久方形区(プロットB)	3,015	b 地温・地表面温度、c 植生、e 開花フェノロジー(インターバルカメラ)
C 永久方形区(プロットA)	2,930	b 地温・地表面温度、c 植生、e 開花フェノロジー(インターバルカメラ)
D 登山道下部	2,830	d ハイマツの年枝伸長
E 登山道中部	2,860	d ハイマツの年枝伸長
H 肩の小屋付近	3,010	h チョウ類(定点)
I チョウ類調査用トランセクト	2,880~3,100	g チョウ類(ライントランセクト)

2. 調査体制

これまでに北岳での調査実績がある下記の研究機関及び民間団体により実施した。

調査項目	調査体制
a 気温 / b 地温・地表面温度	NPO法人芦安ファンクラブ*
c 植生	自然環境研究センター
d ハイマツの年枝伸長	NPO法人芦安ファンクラブ*、自然環境研究センター
e 開花フェノロジー	NPO法人芦安ファンクラブ*
gh チョウ類	信州大学農学部附属アルプス圏フィールド科学教育研究センター

* 2011 年度までは国立環境研究所が実施していた。

3. 調査結果

(1) 気温 / 地温・地表面温度

北岳山荘における 2011 年と 2012 年の気温の平均値は、年平均気温が-1.7、最暖月の平均気温は 8 月の 11.2、最寒月の平均気温は 1 月の -16.3 であった。また月平均気温が 5 以上になるのは 6 月から 9 月までの 4 カ月間で、暖かさの指数は 17.0 ・月であった。3 月は他の月と比べて年による気温差が大きく、2011 年は 2010 年より 7 以上気温が低かった (図 -1)。

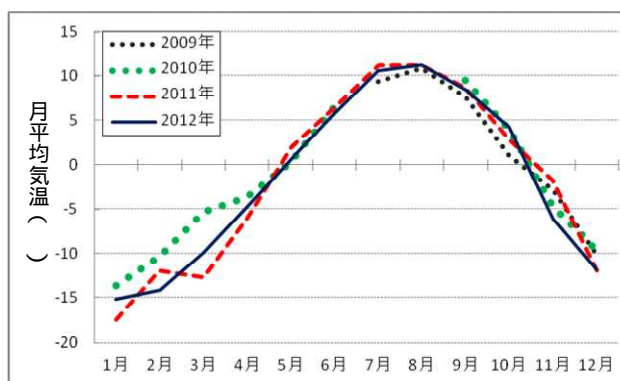


図 -1 北岳山荘における月平均気温の推移

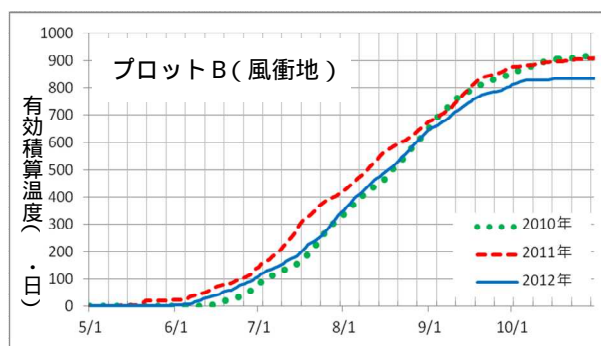


表 -1 プロット B(風衝地)における有効積算温度の到達日

調査年	土壌凍結 終日	有効積算温度(・日)					土壌凍結 初日
		>0	200	400	600	800	
2010年	6/12	6/12	7/20	8/8	8/28	9/18	11/3
2011年	5/15	5/12	7/9	7/29	8/22	9/16	11/25
2012年	5/22	5/24	7/15	8/6	8/30	10/16	11/19

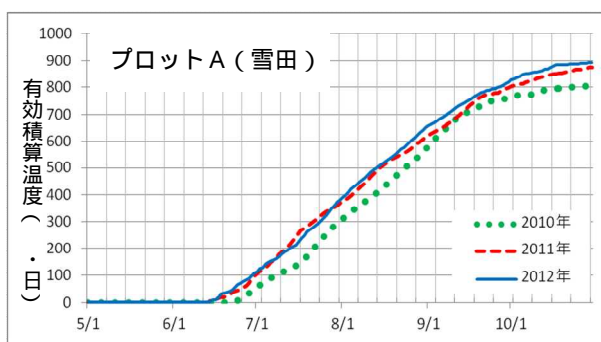


表 -2 プロットA(雪田)における雪解日と冠雪日及び有効積算温度の到達日

調査年	推定 雪解日	有効積算温度(・日)				推定 冠雪日
		200	400	600	800	
2010年	6/23	7/22	8/13	9/3	10/24	11/28
2011年	6/14	7/12	8/5	8/30	10/1	11/24
2012年	6/13	7/13	8/3	8/26	9/27	11/14

図 -2 北岳における有効積算温度の推移

風衝地にあるプロット B では、土壌の凍結終日は 5/15 ~ 6/12 で、6 月の初旬から中旬にかけて有効積算温度が明確に上昇し始め、10 月中旬にほぼ最高値に達した。2010 年と 2011 年に比べ

2012 年は有効積算温度が低く推移し、その最高値は他の年より 80 ・日程度低かった。2010 年は 7 月下旬に、2011 年は 7 月上・中旬に温度が高い日が続いたため、有効積算温度が高くなった。土壌が凍結していない期間の日数は 2010 年は 144 日、2011 年は 194 日、2012 年は 181 日であった(図 -2、表 -1)。

雪田にあるプロット A の有効積算温度は 6 月中旬から下旬までの推定雪解日後に上昇し、10 月中旬にほぼ最高値に達した。2010 年の推定雪解日は 2011 年と 2012 年と比べて 10 日ほど遅く、有効積算温度の最高値も 2011 年と 2012 年が 880 ・日前後であるのに対して、2010 年は 803 ・日と小さかった。推定雪解日と推定冠雪日から求めた長期積雪のない期間は 154 ~ 163 日で、2011 年が最も長かった(図 -2、表 -2)。

(2) 植生

北岳の植生調査結果を総出現種数で見ると、風衝草原に位置するプロット B で 43 種、ハイマツ林が分布する雪潤草原に位置するプロット A で 52 種、平均出現種数でも各 25 種以上の種が記録され、ほかのサイトと比較して非常に多様性が高い結果であった。しかしプロット A では、ほかのサイトも含め、唯一ニホンジカの食痕がテガタドリなどに確認されており、植生への影響が懸念される。なお、北岳の植生調査データの詳細については、絶滅危惧種の保護上の観点から、現在のところ非公開となっている。トピックスで名取氏により、地史的な観点や世界的な視点からみた北岳の高山植物の特徴などについて、ご紹介頂いている。

(3) ハイマツの年枝伸長

登山道下部と登山道中部で測定された 1996 年から 2008 年までのハイマツの年枝伸長量の平均値は、それぞれ 36mm と 34mm であった。両プロットの年枝伸長量に有意な変化の傾向は認められなかった。各年の年枝伸長量は両プロット間で同調する傾向が見られた ($p < 0.05$) ほか、登山道下部プロットの年枝伸長量は、立山サイト及び白山サイトと同調する場合があります ($p < 0.05$) 本州中部の山岳間でハイマツの年枝伸長量が同調して変化している場合があると考えられた(図 -3)。

2011 年度の調査(環境省, 2012)では、それぞれの枝の各年の年枝伸長量と、気象庁の葦崎観測所(標高 341m)で得られた前年(1995 ~ 2007 年)7 ~ 9 月の月平均気温との相関関係を詳しく解析した。その結果、登山道中部では 21 本中 5 本の枝で、各年の年枝伸長量と前年の 7 月の月平均気温との間に有意な正の相関があり、夏の気温が高いと翌年の伸長成長が良くなる枝があることが示唆された。一方、登山道下部についてはこうした相関関係はほとんどみられなかった。

(4) 開花フェノロジー

図 -4 に、比較的まとまったデータが得られたプロット B の一部の種類に関する調査結果を示

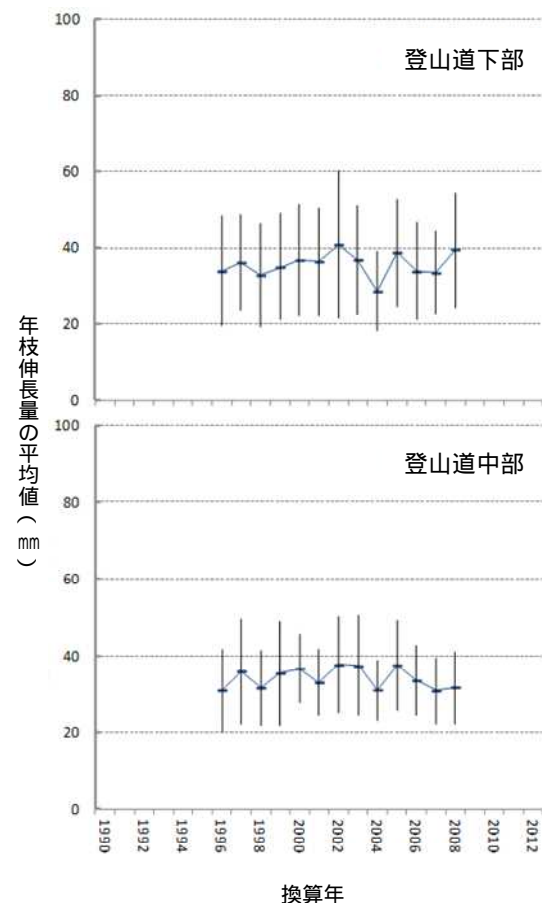


図 -3 北岳のハイマツの年枝伸長量の平均値の経年変化

した。これらの結果から、植物の種類ごとの開花フェノロジーの違いが示された。3年間の結果を比較すると、2010年のキタダケソウの開花が遅い傾向にあり、3.(1)で示された有効積算温度の上昇する時期が遅いことが影響していると考えられた。また、2台のカメラを設置した2011年の結果からは、同じ種類の植物であっても、カメラの画角が異なると、微地形などの影響により最大10日程度の開花時期のずれが生じることが示された。なお、北岳のキタダケソウの満開日の経年変化については、1995年以降は野外調査などにより得られたデータが、1974～1994年については富士山頂の積雪深を用いた推定値が示されており、長期的には早まる傾向が示唆さ

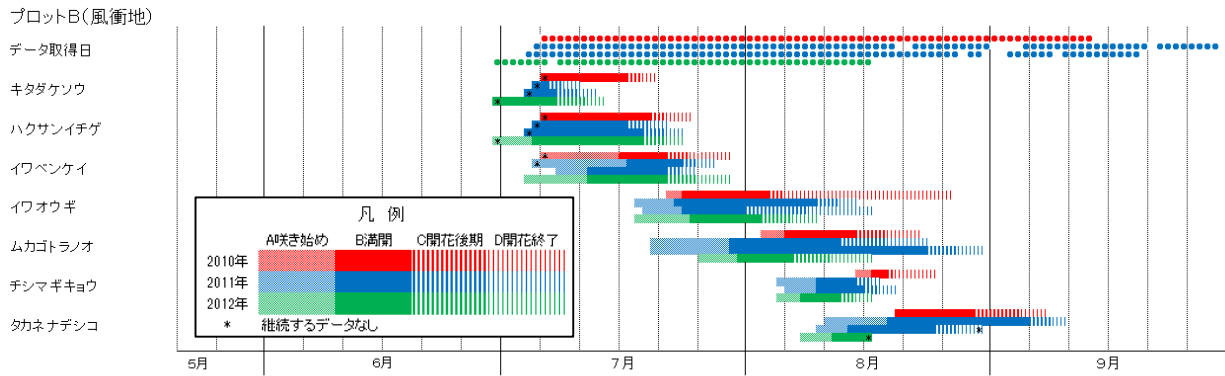


図 -4 北岳の開花フェノロジー調査の結果

れている(名取, 2008)

(5)チョウ類

2009～2012年に実施した肩の小屋付近の定点調査とライトランセクト調査で、約15種のチョウ類が記録された。この中には、各サイト共通の指標種であるクモマベニヒカゲとベニヒカゲの2種の高山蝶が含まれた(表-3)。

南アルプスサイトのこれまでの調査では、クモマベニヒカゲは年によって記録にばらつきがあるものの、ベニヒカゲについては定点、ライトランセクトの各調査ともに比較的安定的に記録されている。今後の調査の継続によりデータの蓄積が充実する事で、本種の発生量及び発生時期の経年変動や、高山蝶である本種を含めたサイト全体の種組成の変化に関する把握が期待される。

表 -3 北岳のチョウ類の出現種と個体数

調査月日	2009	2010	2011	2012	2009	2010	2011	2012
種名	個体数				個体数			
1 キアゲハ								
2 カラスアゲハ								
3 ミヤマカラスアゲハ								
4 エゾスジグロシロチョウ								
5 モンキチョウ								
6 アカタテハ								
7 エルタテハ								
8 ヒオドシチョウ								
9 キベリタテハ								
10 クジャクチョウ								
11 ルリタテハ								
12 ヒョウモンチョウsp.								
13 ベニヒカゲ(高山蝶)								
14 クモマベニヒカゲ(高山蝶)								
15 イチモンジセセリ								
個体数合計	94	33	31	75	158	173	94	126
種数合計	8	4	3	6	3	9	4	約4種

4. 南アルプス(北岳)サイトのまとめ

南アルプスは、山梨県、長野県、静岡県の県境にある。北岳は南アルプス北部の山梨県の西側にあり、富士山に次いで標高が高い。北岳に特産するキタダケソウを初め、北岳の高山植物に対しては法規制や保護活動が行われている。南アルプス(北岳)サイトでは、肩の小屋と北岳山荘を中心に調査プロットを設定し、気温、地温・地表面温度、植生、ハイマツの年枝伸長、開花フェノロジー、チョウ類の調査を実施した。

北岳山荘(2,880m)における2011年と2012年の気温の平均値は、年平均気温が-1.7、最暖月の月平均気温は7月の11.2、最寒月のそれは1月の-16.3であった。風衝地(3,015m)では、6月の初旬から中旬にかけて有効積算温度が明確に上昇し始め、土壌が凍結していない期間の日数は144~194日であった。雪田環境(2,930m)では、推定雪解け日は、6月中・下旬で、長期積雪のない期間は154~163日であった。

風衝地と雪田環境の植物の総出現種数は43種と52種で、他のサイトに比べて多かった。風衝地ではニホンジカの食痕が確認された。

登山道下部と登山道中部のハイマツの年枝伸長量は同調する傾向があったが、経年的な増加はみられなかった。登山道中部の各年の年枝伸長量は、前年の7月の気温が高いと良くなる傾向がみられたが、登山道下部についてはこうした傾向はみられなかった。

2010年の開花フェノロジーは、他の年に比べて遅い傾向にあり、有効積算温度の上昇する時期が遅かったことが影響していると考えられた。画角が異なる2台のカメラで開花フェノロジーに違いがあったことから、微地形などが影響していると考えられた。

チョウ類は約15種が確認され、そのうちの2種は高山蝶であった。

富士山サイト



宝永第一火口と富士山頂(富士宮ルート)(2013.8.24)



低木状のカラマツ(吉田ルート)(2012.7.24)

1. サイトの特徴

富士山は山梨県と静岡県との境にあり、山頂にある剣ヶ峰は標高 3,776m と日本で最も高い。南東側の五合目に宝永山(2,693m)があるが、周辺に高い山のない独立峰である。富士山は約 10 万年前の第四紀後期更新世以降に開始された火山活動による成層火山で、玄武岩、安山岩、デイサイトからなり、火山噴出物に厚く覆われている。北麓には火山活動によってできた富士五湖(山中湖、河口湖、西湖、精進湖、本栖湖)がある。富士山の森林限界は標高 2,400~2,500m 付近で、植生図からみた高山帯の面積は 846ha、すべて高山荒原である(第 5 回自然環境保全基礎調査(自然環境情報 GIS))。富士山は、比較的最近まで繰り返していた噴火(最後の噴火は 1707(宝永 4)年)の影響で森林限界が低くなっており、現在の森林限界は徐々に上昇しつつある。また噴火の影響で高山植物が乏しく、日本の高山帯に特徴的なハイマツ林やお花畑の代わりに、低木状のカラマツや火山荒原が広がっている。

富士山は、1936 年に箱根とともに富士箱根国立公園に指定された。1955 年には伊豆地域が編入されて富士箱根伊豆国立公園に名称が変更され、1964 年には伊豆七島が編入され、面積 121,695ha、東京都、神奈川県、山梨県、静岡県にまたがる国立公園となった。富士山は、文化財保護法に基づき、1952 年に自然的名勝(山岳)に指定され、同年には特別名勝に指定された。2013 年には、三保松原を含めて世界文化遺産に登録された。富士山は、白山や立山とともに日本三霊山として山岳信仰の対象とされている。富士山の八合目以上は、富士山頂上浅間大社奥宮境内地で、その面積は約 400ha である。

富士山の静岡県側では、富士宮口五合目(2,380m)、御殿場口新五合目(1,440m)、須走口五合目(1,970m)まで、山梨県側では富士スバルライン五合目(河口湖五合目)(2,305m)までバスが運行されており、最短の富士宮口から頂上までは、標高差約 1,400m である。

富士山サイトでは、山頂付近に 4 か所と、宝永火山に近い南斜面の森林限界付近に以下のプロットを設定して調査を実施した。

プロット名	標高(m)	調査項目
A 永久方形区(山頂付近)	3,730	b 地温・地表面温度、c 植生
B 永久方形区(森林限界付近)	2,350	a 気温、b 地温・地表面温度、c 植生、e 開花フェノロジー(インターバルカメラ)
C 永久方形区(山頂付近)	3,730	b 地温・地表面温度、c 植生
D 永久方形区(山頂付近)	3,730	b 地温・地表面温度、c 植生
E 永久方形区(山頂付近)	3,750	b 地温・地表面温度、c 植生

2. 調査体制

これまでに富士山での調査実績がある下記の研究機関により実施した。

調査項目	調査体制
a 気温 / b 地温・地表面温度	高山極域環境研究会
c 植生	高山極域環境研究会
e 開花フェノロジー	高山極域環境研究会

3. 調査結果

(1) 気温 / 地温・地表面温度

森林限界付近での、2011年と2012年の気温の平均値は、年平均気温は2.9、最暖月の平均気温は7月の13.8、最寒月のそれは1月の-10.4であった。月平均気温が5以上になるのは5月から11月までの7カ月間で、暖かさの指数は30.1・月となり、暖かさの指数からみると亜高山帯の気候である。参考までに、富士山山頂(3,775m)の気象データ(気象庁)では、年平均気温は-6.6、最暖月の平均気温は7月の6.3、最寒月のそれは1月の-21.2であった。月平均気温が5を上回るのは7月と8月のみで、暖かさの指数は3.2であった。富士山山頂の年平均気温は森林限界付近と比べて9.5低かった。また、2010年8月以降の各年の月平均気温をみると、11月から3月までの気温差が比較的大きくなる傾向が見られた(図-1)。

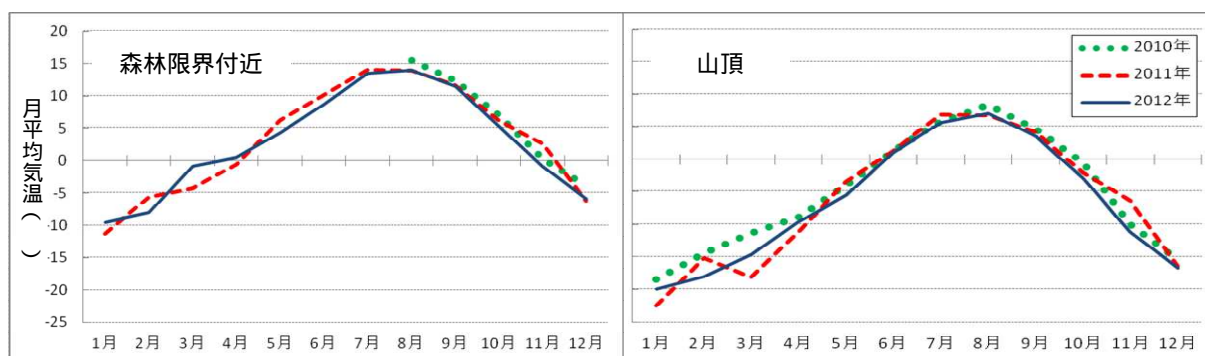


図 -1 富士山サイトにおける月平均気温の推移

山頂の気象データは気象庁 HP (<http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php>) から引用

森林限界付近では、4月中・下旬から有効積算温度が上昇し始め、特に7月から8月にかけて大きく上昇し、11月上旬に最高となった。2011年の有効積算温度の最高値は1,423・日であった。2012年の有効積算温度は6月以降に2011年よりも3~10日間ほど遅れて上昇しており、最高値も若干低かったと推測された(図-2、表-1)。土壌の凍結日数は2011/12/17~2012/4/11の116日と推定された。

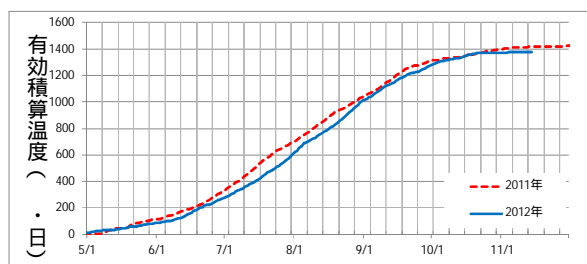


図 -2 森林限界付近における有効積算温度の推移

表 -1 森林限界付近における有効積算温度の到達日

調査年	土壌凍結終日	有効積算温度(・日)								土壌凍結初日
		>0	200	400	600	800	1,000	1,200	1,400	
2011年	4/14	6/17	7/7	7/22	8/10	8/28	9/16	11/1	12/17	
2012年	4/11	4/27	6/21	7/15	7/31	8/17	8/31	9/20	-	

山頂付近 C と山頂付近 D では 2011 年 9 月から 2012 年 7 月までの地温・地表面温度が得られている。2012 年に地表面の日平均温度が初めて 5 以上となったのは両プロットとも 6 月 25 日であった。土壌の凍結日数は、山頂付近 C では 2011/10/28 ~ 2012/6/22 のうちの 231 日、山頂付近 D では 2011/11/2 ~ 2012/6/23 のうちの 229 日と推定された。

(2) 植生

森林限界付近のプロットでは維管束植物の植被率は 31.5%であったのに対し、山頂付近の 4 つのプロットでは、いずれも 5%以下と極めて低く、山頂付近 E では 0%であった。代わりに山頂付近 C、D、E のプロットでは蘚苔類が多く、山頂付近 E ではその割合は 53.3%に達していた。

また、岩石・砂礫率は山頂付近 A で 98.3%と最も高く、維管束植物や蘚苔類の生育は極わずかであった(表 -2)。

構成種としては、森林限界付近では崩壊地の指標種であるミヤマオトコヨモギ、ミヤマウシノケグサや、富士山の火山荒原に適応したイタドリ、フジハタザオ、コタヌキランが特徴的にみられたほか、森林限界上部ではハイマツの様に矮生の樹形となるカラマツも確認された。山頂付近 C ではヤマコスギゴケ、ミヤマスナゴケ、山頂付近 D ではこれらに加えハリスギゴケといった主に高地の蘚苔類が特徴的であった。山頂付近 E では、低地から広域的に分布するギンゴケ、ヤノウエノアカゴケのみが確認された(表 -2)。

(3) 開花フェノロジー

富士山では、機材の取り扱いや許認可の問題で、データが得られたのは森林限界付近に 2 台設置したカメラのうちの 2010 年の一台である(図 -3)。富士山はもともと高山植物が少なく、カメラ 1 ではコタヌキラン、イワオウギ、ミヤマオトコヨモギが、カメラ 2 では、カラマツ、ミヤマヤナギ、ミヤマアキノキリンソウ、イワオウギなどが撮影されたが、開花フェノロジーが確認できたのは、カメラ 1 のミヤマオトコヨモギとイワオウギの 2 種類であった。

表 -2 富士山サイトの植生調査結果

プロット名	山頂付近A	森林限界付近	山頂付近C	山頂付近D	山頂付近E
調査日	2010/9/1	2010/8/3	2011/8/27	2011/8/27	2012/9/1 ~ 9/2
総出現種数	1	8	3	2	0
出現種数	0.4	5.7	0.7	0.4	0
植被率(%)	0.8	31.5	1.7	1.0	0
岩石率(%)	98.3	68.5	80.4	80.3	46.7
地衣類(%)	0.9	0	0	0	0
蘚苔類(%)	-	-	17.9	18.7	53.3
食害情報	無	無	無	無	無
科名	種名	生活型	出現メッシュ数(全1000メッシュ中)		
カヤツリグサ	コタヌキラン	G	8	221	14
イネ	イワノガリヤス	G			2
キキョウ	ヤマホタルブクロ	FO		302	9
キク	ミヤマオトコヨモギ	FO		149	
イネ	ミヤマウシノケグサ	FG		144	
マメ	イワオウギ	FO		132	
タデ	イタドリ	FO		51	
アブラナ	フジハタザオ	FO		20	
マツ	カラマツ	DS		6	
ナデシコ	イワツメクサ	FO			1
蘚苔類	タカネスギゴケ	M	9		2
蘚苔類	ヤマコスギゴケ	M		112	30
蘚苔類	ミヤマスナゴケ	M		51	31
蘚苔類	コケsp1	M		42	5
蘚苔類	ヘチマゴケ	M		8	22
蘚苔類	コケsp3(シッポゴケ科)	M		2	1
蘚苔類	ギンゴケ	M			10
蘚苔類	ヤノウエノアカゴケ	M			1
蘚苔類	コケsp2	M		1	
蘚苔類	ハリスギゴケ	M			144
蘚苔類	シモフリゴケ	M			2
蘚苔類の種数			1	6	10

主な生育環境	生活型(機能型)
風衝草原	DS: 落葉性低木(deciduous shrub)
風衝矮生低木群落(高山ハイデ)	ES: 常緑性低木(evergreen shrub)
雪田草原	FO: 広葉草本(forb)
高山荒原(崩壊地荒原)	G: 禾本類(graminoid)
高山低木群落(ハイマツ林)	FE: シダ類(fern)
高茎広葉草原(雪潤草原)	M: 蘚苔類(moss)
岩隙・岩棚	L: 地衣類(lichen)

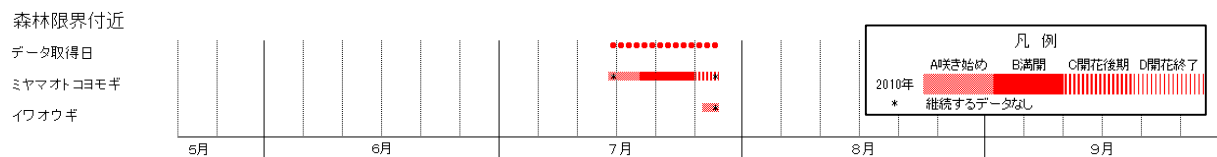


図 -3 森林限界付近の開花フェノロジー調査の結果

4. 富士山サイトのまとめ

富士山は、山梨県と静岡県の間境にある日本で最も標高が高い独立峰である。富士山は比較的最近まで噴火を繰り返していたため植生に乏しく、ハイマツ林やお花畑の代わりに低木状のカラマツや火山荒原が広がっている。富士山サイトでは、山頂付近に4か所と宝永火山に近い南斜面の森林限界付近に調査プロットを設定し、気温、地温・地表面温度、植生、開花フェノロジーの調査を実施した。

森林限界付近(2,350m)で2011年と2012年の気温の平均値は、年平均気温が2.9、最暖月の月平均気温は7月の13.8、最寒月のそれは1月の-10.4であった。参考までに山頂(3,775m)の気象庁のデータでは、-6.6、最暖月の月平均気温は7月の6.3、最寒月のそれは1月の-21.2であった。森林限界付近(2,350m)では、4月中・下旬から有効積算温度が上昇し始め、土壌の凍結日数は116日と推定された。山頂付近(3,730m)では、土壌の凍結日数は229~231日で、地表面の日平均温度が5以上となったのは2012年では6月25日以降であった。

森林限界付近では、植物の総出現種数は8種、植被率は31.5%であったのに対し、山頂付近では、植物の総出現種数は0~3種、植被率は0~1.7%であった。森林限界付近では、崩壊地の指標種である維管束植物がわずかにみられたが、山頂付近では維管束植物はほとんどみられず、蘚苔類が多くみられた。

森林限界付近の開花フェノロジーとして、2010年にミヤマオトコヨモギとイワオウギの開花が確認された。

1. 市民活動によるフェノロジー調査

NPO法人アース・ウィンド 横須賀邦子

(1) ボランティア調査の背景

NPO 法人アース・ウィンドは定款「野生生物の情報収集と発信」の項目に基づく「登山者を生かした調査」を何に絞るか探っていました。テーマが高山植物と温暖化に決まり、高山植物フェノロジー調査を行う事になりましたが、次に調査活動の許可を文化庁からとるのに四苦八苦、学術調査に市民が参入するのは初めてとばかり 1 回目は丁重に断られ 3 回説明に行きやっご理解戴けました。モニタリングサイト 1000 高山帯調査に登録後、許可申請の煩雑な作業が減ったのは重荷をひとつ下した感じです。

調査員の参加条件

初期は登山初心者が懇親登山と勘違いする申し込みが多く、参加条件を設定しました。

- ・ 単独で登山ができる
- ・ 植物名で判別できる
- ・ ベテラン登山者であること

枯れ花も見分けできればいいのですが「難しい」という声が多く聞かれます、これはガイドとして皆さんを秋の登山研修に誘うイベントが必要で 2014 年度は実施予定です。

継続している調査員の参加動機

- ・ 花が好き、山が好き
- ・ 花の生態を知りたい
- ・ 地球に役立つことをしたい
- ・ 温暖化の実情を調べたい

毎年報告会を開きますが、調査員は毎年聞いて成果を感じています。

自分が調べた調査の積み重ねで結果を聞ける。地球環境温暖化の基礎データに自分の力が生かされている！

大学の先生の専門的な話を聞く機会に恵まれている。

調査手法の改良

植物名を自ら書き込む初期の調査票は種名をあらかじめ表記しました。調査地は調査員が日帰りできる 3 時間以内のアクセスしやすい場所を選定しなおし、確定したのち調査票に位置図を入れました。

調査期間

5 月下旬から 8 月下旬までを、10 年を経て 9 月まで延長しました。残雪期間の 5 月下旬から 6 月初旬は登山ベテランの調査票が貴重ですが、これができるのは限られた人になり、その継承が課題です。

支援依頼による各機関のご協力

赤岳登山口に至る道々は 6 月 17 日まで閉ざされますが、道路事業所の協力でゲートを早めに行ける許可が与えられています。調査日程を伝えると、雪割り、除雪は何月何日、通行できるのはその 1 週間後など電話でお知らせ頂けます。ご協力は嬉しいです。

ロープウェイとリフトを使用する黒岳の調査地は、身分証明付きの無料パスをご協力頂いています、大雪山に通い続け調査目的をご理解頂きご協力を頂きました。感謝します。

研修を兼ねた作業

種の見分けに自信が無い人は図鑑を作る作業に参加するなど長い目で人材育成し、今では見分けができ単独で調査に赴くように変化しました。「登り」が苦手な人は集約係を担当、文章作りが得意な人はニュースレター係へと分担しました。今までなんぼ言っても皆さんは係を引き受けませんでした、10年経って自信がついたようです。

各機関への文書報告

申請報告の体裁を作成保存した原文を「年度活動数を入れ替えたのち送付はK氏」の尽力がありました。彼はワープロから練習を始め、分厚い報告書を送る作業を7年間継続しました。この活動は各種文書を作成し各機関への報告をすることにより、地元を受け入れられ実績を積むことができました。

会計の明確化

調査員のひとりを法人理事へ迎え年度報告をしています。

会員への事務連絡

メーリングリストを立ち上げ、登録の方法、返信などを研修するパソコン教室を12回ほど開催し、それでも不足の向きには事務所に来てもらいマンツーマンの指導を3年。今では全員が添付ファイルを見てダイレクトメッセージでの通信もこなします。電話や郵便で連絡を望まれる方への対応は、経済的、時間的な関係でやりません。

(2)モニタリングサイト1000高山帯調査への登録後の変化

登録前の第1回目の調査登山研修は新聞トップに掲載され76名の応募、登山経験者以外は電話で丁重にお断りし、56名まで減らして実施しました。1週間後10名ほどの調査員が生まれ、調査活動が本格的に開始できたのは2003年。年毎に新人が参入してもデータの結果が毎年劇的な変化があるものではなく、調査員が増えては消えていく数年がありました。

モニタリングサイト1000高山帯調査に登録され調査のプライドが確保された後は、報告会への参加者が増え、道内、東京と各地の開催へと拡大しています。何より過去の実績が担保された感が強く、調査を継続してきたことに成果を感じることができました。調査員への応募は、モニタリングサイト1000高山帯調査に登録後は、純粋に調査数を増やす目的でボランティア参加される方が一人、また一人と定着するようになりました。趣旨を理解して参加して頂けるのは事務局として嬉しい限りです。

(3)将来に向けて

課題1：調査地の場所をどう伝えるか

写真を双方向から撮影し、調査地の全体図を登山道のどちらから見ても分るように手書き図面と4枚の写真で案内するのですが、「調査地が見つからない」と電話が多数あります。話で分るものではないと、山に同行し調査地を覚えてもらうサポートをするのに午前3時に札幌を発ち1日2か所案内し、日帰り往復420kmの大雪山まで通いました。

(さてわたし、本来の自然環境保全活動を東京の実家にいた頃10代の娘時代から継続していますが、現在は暮らしと活動を成り立たせている資金源が山岳ガイド業です。ガイドツアーとツアーの合間に1日から2日身体を休め資料準備の余裕をとりま



フェノロジー調査の場所を示すための杭とラベル(2013.7.19 自然研撮影)

すが、この日程を使って調査地まで同行していると1ヶ月30日3ヶ月間登り続けるのが8年続きました。年をとった今は無理ができず、担当を交代してもらいホッとしているところです。)

調査地の場所をどう伝えるか、GPSを貸与しましたが僅かな差で調査地を見つけることができないと報告を受けます。現地標識をカメラに反応する仕組みや、バーコード読み取りなど様々に取り組んでみましたがパツとしません。これを解決するのが一番の課題です。

課題2：開花ステージの判断

調査地の開花ステージを間違いなく判断するテキストとして「ビデオ作成」にとりかかりました。完成までまだ数年かかりそうですが、作成する人にスポットライトをあてて応援する算段です。

課題3：調査員の組織化

一人のベテラン調査者が生まれると、内容に詳しく書き損じのないデータを得られます。しかし一人の成果に頼るあまり、人材開発が手抜きになりがちです。人材が継続して生まれるようグループ内で知識を交換したり懇談する機会が必要で、これを研修登山と会員懇親会に振り替えています。

スポットライト

記事にされやすい活動であることから、TVやラジオ、新聞などから取材依頼が絶えませんし、こちらから取材をしてもらうことも多く、機会あるごとに各人に登場してもらい、改めて調査の意味について理解をすすめ周囲にアピールする効果があります。わたしの役目は参加者にライトを当てて目立っていただき満足した活動にして頂く。相互の繋がりのおかげに拡大し継続させる手法作りが役目であると認識しています。

平均年齢65歳、調査員の殆どは男性ですが、花に興味がある方ばかりです、心優しき登山者のご縁ができたことを本当に心から感謝しています。

付記

活動経費は過去10年助成金とガイド料で賄ってきました。助成金の殆どは「学術調査は市民が関わらないものとして助成しない」「事務局経費は認めない」ものばかり、助成の資格要件を変えていただく仕掛けを作り出す活動と、クラウドファンディング*研修中です。

*不特定多数の人がインターネットなどを經由して、他の人々や組織に対し、比較的少額の財源の提供や協力などを行うこと。

2. ハイマツの生態と枝の伸長

富山大学極東地域研究センター 和田直也

ハイマツの生態

山頂を目指して斜面を登って行きましょう。冷温帯域における森林は、その優占種が落葉広葉樹から常緑針葉樹に変化し、やがて高木の密度が疎になり高さも低くなっていきます。森林的な景観が終わり、植生の垂直構造が単純化した、丈が低くより開放的な植生帯に移り変わっていきます。森林限界を越え、高山帯に入りました。そこは、地面を這いながら一面を濃緑の針葉で覆っているハイマツが優占する空間です（写真1）。

ハイマツは、五葉松類の一種であり、五本で一束の針葉を枝に付けています。この葉は常緑であり、3～5年ほどの寿命を持っています。ハイマツは、北東アジアの寒冷地植生を代表する種の一つであり、極東ロシアの海洋性亜寒帯地方や山岳地を中心に分布しています。本州中部の山脈に分布するハイマツは、その水平分布から見ると、世界分布の南端に相当します。

ハイマツの学名は、*Pinus pumila* です。小型のマツという意味の学名が示すとおり、ハイマツは丈を高くすることよりも、地面を這うような形で生きることを選択した木本植物です。地面を這うような枝を持つことは、日本の高山帯のような多雪環境では特に重要です。冬季にはしなやかな枝が雪に埋まり、折れることはありません。微細な雪氷片が吹き荒れる冬季季節風に葉や枝が曝されることなく、冬を越すことができます。雪が解け、春が訪れると、積雪に押されていた枝はしなやかに元の形に戻り、その常緑の葉ですばやく光合成を行うことができます。森林を構成する樹木のように高くなることはないハイマツですが、その生産力は森林樹木に匹敵することが分かっています。高い生産力を支えているのは針葉です。大量の針葉は、水平方向に伸びた枝によって支えられています。枝を水平方向に伸ばし、空間を針葉で埋めることは、ハイマツにとってとても重要であると言えます。



写真1 新しい枝を伸ばしているハイマツ。新葉はまだ成熟しておらず、五葉が一束になって伸長中である(2011.7.12 立山ミクリガ池周辺)

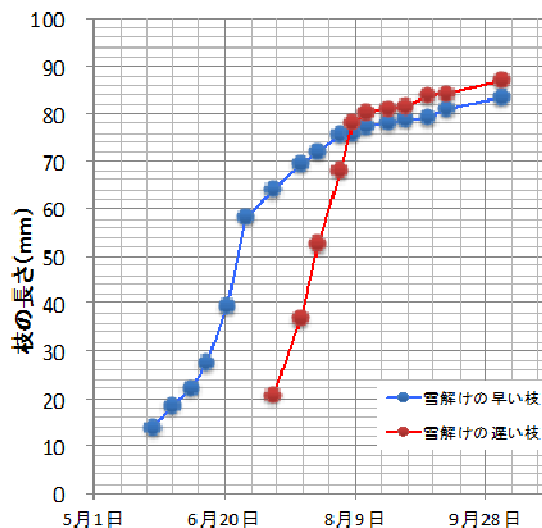


図1 ハイマツの当年生長枝の伸長成長。頂芽の基部から先端までの長さを毎回測定した

ハイマツの枝の伸長成長

ハイマツの枝は、短枝と長枝から成っています。針葉の基部をよく観察してみると、針葉は短い枝の上に付いていることが分かります。これが短枝であり、ほとんど伸びることはありません。

一方、複数の短枝の基部に相当する長枝は、一生育期間に十分な伸長成長を行いません。長枝は、伸長成長を行いながら、伸長成長期後半から頂芽を形成し始め、頂芽基部には芽鱗痕が形成されます。この芽鱗痕を目印に、一生育期間すなわちある年の夏に伸長した長枝の長さを計測することができます。

ハイマツの枝が一夏にどのように伸長しているのか、時間を追って見ていきましょう。富山県東部に位置する中部山岳国立公園立山では、早い場所では5月に、遅い場所では2ヶ月も遅れて7月に雪が解け、ハイマツの枝葉が現れます。消雪からしばらくすると越冬した頂芽の伸長が始まります。やがて芽鱗が剥がれ落ち、針葉の原基も生長を開始します。急激に長枝が伸びていき、はじめはつづつづしていた針葉も少し遅れて伸びていきます。2013年にハイマツの枝に標識を付け、同じ枝の長さを繰り返し計測してみました(図1)。雪解けの早い場所では、ハイマツは5月22日に雪から開放され、先端の頂芽が約一週間後には14mmから19mmに達しました。消雪から65日目に相当する7月26日、5月1日から数えて87日目には、その長さは72mmに達し、この年に伸びた長さの実に85%も伸びていることが分かりました。それ以降、枝の伸びはわずかな増加を示しましたが、これは先端に形成された頂芽の生長のためで、枝の伸長はほぼ完了しています。雪解けの遅い場所ではどうでしょうか。7月7日に雪から開放された枝は、10日間後には21mmから37mmと急激に伸びていました。消雪から32日目にすぎない8月8日、5月1日から数えて100日目には、その長さは78mmに達し、この年に伸びた長さの実に94%も伸びていました。雪解け日では46日もの差があったにもかかわらず、二つの枝はいずれも7月末までに伸長成長を9割近く完了させていました。なぜ同じ時期に伸長成長が完了するのでしょうか？

マツ属の植物は、日長によって枝の伸長を調節していることが知られており、日長の減少が頂芽の形成を促すとともに、伸長成長を終了に導きます。従って、雪解けの早い場所でも遅い場所でも、伸長成長の完了時期がそろってくるようです。伸長成長をほぼ終えた枝は、最も気温が高くなる8月の日差しを浴び、その針葉で光合成を行います。光合成により生産された有機物は、肥大生長に使われ、また新たな頂芽の形成や翌年の生長のための貯蔵に回されます。頂芽の中には、翌年に出現する枝や針葉の原基がすでに備わっています。8月下旬を過ぎると、気温は急激に低下していき、秋が早足でやってきます。高山帯の短い夏で生長を行うためには、前年に針葉や枝の原基をしっかりと用意していくことが重要です。気温が最も高くなる8月にはすでに枝の伸びを終えているのは、翌年の生長のためだったのです。

ハイマツの枝の伸長量と気候変動

ハイマツの長枝の伸長量は、前年の夏の気温と正の相関を示すことが、いくつかの調査により明らかにされています。伸長成長を終えた後の気象条件が良いと、より大きな頂芽が形成されます。大きな頂芽の中には翌年の針葉や枝の原基があり、針葉の数も決定されているようです。伸長成長が前年の夏の気象による影響を受けるのは、このためだと考えられます。モニタリングサイト1000高山帯調査では、ハイマツのこのような性質を利用し、過去20年前から現在にかけての伸長成長量の変動を記録し、気候変動との関係を考察していきます。気温の上昇は、ハイマツの伸長期間を長くする効果と、伸長終了後の期間も長くし、光合成量を増やす効果があるかもしれません。生産力の高いハイマツがさらに生長量を増加させると、ハイマツが占有する空間がさらに増え、ハイマツよりも丈の低い多くの高山植物の分布に、大きな影響を与える可能性があります。地球温暖化による影響を早期に検出するためにも、ハイマツの生長変動に注目して行きましょう。

高山帯でみられたチョウ類の種数

モニタリングサイト 1000 高山帯調査でのチョウ類のモニタリングは、大雪山、北アルプス（蝶ヶ岳～常念岳）、白山、南アルプス（北岳）で行われている。ここでは私が調査している北岳と蝶ヶ岳のサイトで観察したチョウ類について報告する。2009 年から始まった調査でこの 2 つのサイトで確認したチョウ類の種数は約 25 種である。正確に種名が確認できたのが 23 種、あとの 2 種はモンシロチョウだろうと思われる個体と、種名を確認できなかったヒョウモンチョウである。

日本に生息するチョウ類は約 240 種で、私が勤務している信州大学農学部構内ではそのうち 61 種が確認されている。この数値と比較すると、アルプスの稜線とお花畑で見られたチョウ類の種数は少ないと言わざるを得ない。ましてや卵の時期から成虫になるまで北岳と蝶ヶ岳の稜線やお花畑ですずっと生活しているのは、ベニヒカゲ、クモマベニヒカゲ、タカネヒカゲ、ミヤマモンキチョウのいわゆる高山蝶と言われる 4 種にすぎないのである。田淵行男が北アルプス蝶ヶ岳～常念岳に生息する高山蝶の生態を克明に調査して著した名著「高山蝶」の中で、雪の中で縮こまって冬越しをする高山蝶の幼虫の写真は印象的であった。それほど高山帯の環境はチョウたちにとって厳しいといえる。

優占種は高山蝶

高山帯ではどんな種類のチョウ類が多く見られたか、調査記録から紹介しよう。2010 年 7 月の蝶ヶ岳稜線のハイマツ帯とお花畑の調査では、タカネヒカゲとミヤマモンキチョウが優占種であった。詳しく見るとライントランセクト調査では、キアゲハ、ミヤマモンキチョウ、ヤマトスジグロシロチョウ、アサギマダラ、ミドリヒョウモン、キベリタテハ、タカネヒカゲが観察された。そのうち 69% がタカネヒカゲであった。定点調査では、キアゲハ、ミヤマモンキチョウ、ヒョウモンチョウ類、タカネヒカゲ、イチモンジセセリが観察された。そのうち 64% がタカネヒカゲで、18% がミヤマモンキチョウであった。この 2 種は生活環をすべて高山帯で完結しており、7 月の北アルプス高山帯生態系をモニタリングするには極めて重要な種である。

モニタリングサイト 1000 高山帯調査のチョウ類調査では、大雪山、北アルプス（蝶ヶ岳～常念岳）、南アルプス（北岳）、白山の 4 つのサイトに共通に生息している高山蝶のベニヒカゲとクモマベニヒカゲを指標種にして、その発生時期を狙って調査を行っている。蝶ヶ岳も北岳も 8 月になるとお花畑はベニヒカゲとクモマベニヒカゲが優占する。

2009 年 8 月 28 日の北岳での調査結果はこの特徴をよく示している。ライントランセクトのルートは、北岳山頂から南へ少し下った吊り尾根分岐から北岳山荘に至るお花畑を横切るトラバース道である。この時は私とチョウ類に詳しい大学院生 2 人がカウンターを持って、ゆっくり歩きながら見渡せる範囲のチョウ類を数えた。さらに広く見渡せるところ 2 か所では、1 分間立ち止まって念入りに数えた。この日は朝 7 時 42 分に調査開始、北岳山荘に到着したのが 9 時 38 分、結果は 1,357m の距離でベニヒカ



北岳のライントランセクト調査のルート。キタダケソウが生育しているお花畑を通るトラバース道

ゲ 154 個体を確認できた。そのうちお花畑の中はわずか 508m であったのに 149 個体のベニヒカゲを数えた。それ以外はキアゲハが 1 個体、イチモンジセセリが 3 個体のみであった。天気は晴れ時々曇りで、気温は 16.5 ~ 20 、照度は 6 万 ~ 9 万 lux であった。

ベニヒカゲとクモマベニヒカゲ

ここでチョウ類調査が高山の指標種としているベニヒカゲ *Erebia nipponica* とクモマベニヒカゲ *Erebia ligea* を紹介する。2 種ともジャノメチョウ科 *Erebia* 属に属するチョウ類で、国内では北海道、本州に産し、ベニヒカゲは北海道では低山地にも生息する。本州では中部地方以北の高山地にのみみられ、高山蝶として知られている。海外ではアルタイ・アムール地方、中国東北部、サハリンおよびカムチャツカに分布する。

翅の開張はベニヒカゲで 4 ~ 4.8 mm、クモマベニヒカゲはそれよりやや大きい。2 種ともに前翅には暗褐色の地色に橙赤色の斑紋のあるのがその特徴である。クモマベニヒカゲでは、後翅の裏に白い帯状の斑紋が特徴でベニヒカゲと区別できる。両種ともに年 1 回の発生で、7 ~ 8 月に出現し、高地草原の草花に集まる。幼虫の食草は、おもにヒメノガリヤスなどイネ科の植物やカヤツリグサ科のスゲ類を食べる。ベニヒカゲは幼虫の状態を冬を越し、翌年の夏に成虫が出現するが、クモマベニヒカゲは 1 世代の完了に足掛け 3 年を要するもので、1 年目の冬は卵で、2 年目の冬は 4 齢幼虫で過ごす。

属名の *Erebia* は、ギリシア神話に登場する「地下世界」を意味する「エレボス」という神の名前に由来する。ちなみに韓国では *Erebia* 属のチョウは「 (ジオンナビ)」とよばれている。「 」とは地獄、「 」はチョウで、地獄チョウとは学名の *Erebia* からきたのであろうか。地下世界の地獄のチョウは、日本では天国に一番近いアルプスの稜線やお花畑で乱舞しているのである。



ベニヒカゲが集団で岩をなめている。ミネラル成分を摂取していると思われる (2011.8.28 北岳)



クモマベニヒカゲの交尾 (2005.8.29 北岳にて斎藤雄太氏撮影)

山岳域のチョウ類相調査の課題

2009 年からの調査で北岳と蝶ヶ岳のチョウ類相が把握できたが、いずれも多様性の低い極めて特徴的なチョウ類相であることがわかった。この調査を通してまず第一に高山帯生態系への地球温暖化の影響をモニタリングするために、このデータをいかに数量化するかという研究課題が明確になった。これは、高山帯に生息する小さなチョウ類が我々に教えてくれる環境変化の警鐘を我々人間の耳で聞き取れる解析手法を確立できるかどうかという大きな課題といえる。もう 1 つ高山という厳しい自然条件の中でいかに継続して定量的モニタリングを行うかがモニタリングサイト 1000 高山帯調査の大きな課題であることをあらためて認識した。

4. 白山のクロユリ *Fritillaria camtschatcensis* 生育地における雪解け時期と開花時期の年変化のモニタリング

石川県白山自然保護センター 野上達也

雪解けと植物の開花時期

1998年は異常な年で、白山（標高 2,702m）では雪解けが例年に比べ1か月半ほど早まっていた。それに伴いクロユリ *Fritillaria camtschatcensis* も例年なら7月下旬ごろが開花時期であるが、1998年は例年より約1か月早い6月下旬に開花した。

地球温暖化によって高山帯の雪解けや高山植物の開花時期がどのように変化するのは、大変興味深い事柄であるが、はっきりとわかっていることはほとんどない。近年、平地での降雪量の減少やウメの開花日が早まるなど温暖化の影響と思われる現象が報告されてきているが、高山帯での雪解け時期や高山植物の開花時期が近年、どのように変化してきているかの報告例は限られている。これまで高山帯での調査はその重要性はあるものの、低温や長い積雪期間、また、調査地までのアクセスの困難さなどから、十分な調査が行なわれているとはいえない状況であった。観測機器の小型化や信頼性の向上など、最近になり高山帯での調査が進められるようになってきた。石川県白山自然保護センターでは、比較的早い時期からこれまで白山の亜高山帯から高山帯にかけてのクロユリの生育地（雪田植生）において、雪解け時期及びクロユリの開花時期についての調査を実施してきた。ここで、その結果の一部について紹介したいと思う。

温度センサーによる雪解け時期と自動撮影カメラによるクロユリの開花時期の調査

調査は温度センサーと自動撮影カメラを用いて実施した（図1、写真1）。まず、雪解け時期については、地表面に温度センサーを設置し、地表面の温度変化について調査することで推定できる。すなわち積雪時には地表面温度はほぼ0で安定しているが、積雪がなくなると急激な温度変化が見られるようになる（図2）。この温度変化が現れた日を雪解け日として推定した。一方、クロユリの開花時期については展望歩道

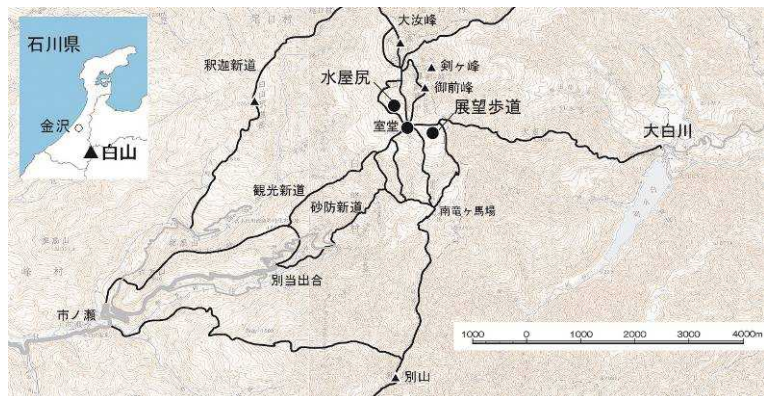


図1 調査地
(国土地理院発行5万分の1地形図「越前勝山」 「白山」を使用)



写真1 温度センサー(左下の白い円筒形のもの)と自動撮影カメラ(右)

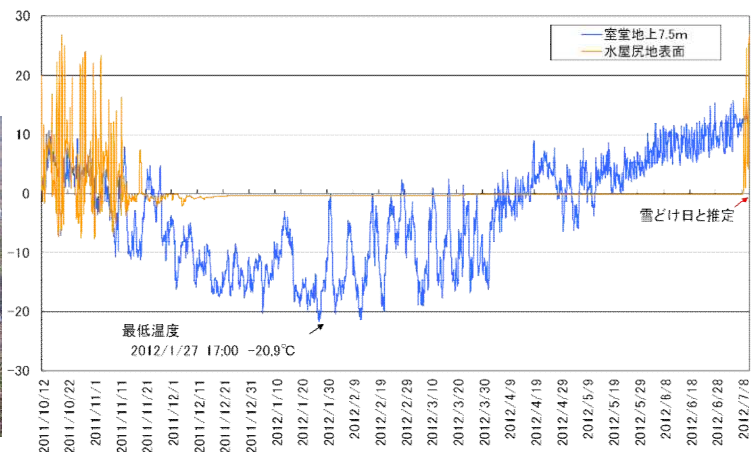


図2 室堂白山荘屋根と水屋尻の温度変化

調査地（標高 2,440m）で、現地調査を行うとともに、自動撮影カメラを用い、特定した。自動撮影カメラの撮影データを解析し、判別できる花のうち 90%以上が開花した日を開花日とした（写真 2）。



写真 2 クロユリの開花状況の判別
 ピンク:開花 黄色:つぼみ 白色:判別不能

これまでの調査の結果では、水屋尻調査地（標高 2,450m）では、機器の故障により欠測の年もあるが、1994～2012 年のデータがあり、その結果をみると、雪解けが異常に早かった 1998 年は、5 月 17 日であるが、それ以外の年は 6 月下旬～7 月上旬で大きな変化はなく、近年、雪解けが急激に早まっているということはなかった（図 3）。

また、クロユリの開花は、水屋尻調査地で雪解けが約 1 か月早かった 1998 年は、展望歩道調査地では雪解け日は不明であるが、クロユリの開花は 6 月 29 日で、その他の年に比べ約 1 か月早かった。それ以外の年のクロユリの開花は、雪解けから約 1 か月後の 7 月下旬～8 月上旬で大きな変化はなく、近年、急激に早まっているということとはなかった（図 3）。

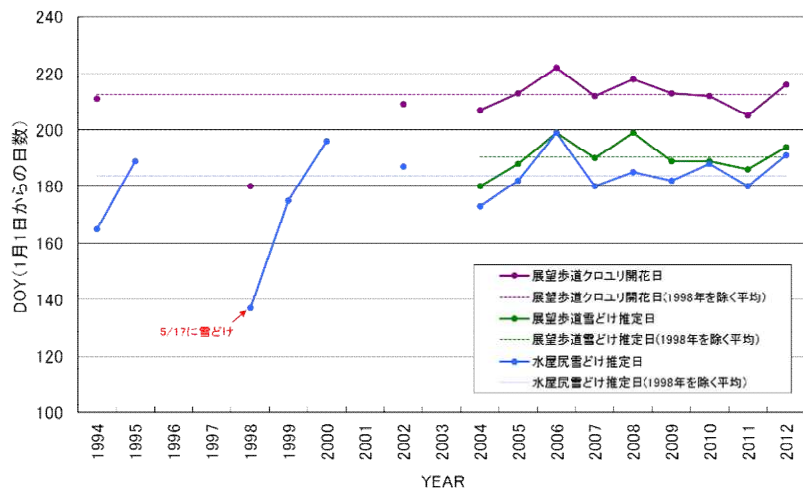


図 3 水屋尻及び展望歩道の雪どけ推定日とクロユリ開花日の変化

継続的な調査の必要性

これまでのところ、白山では雪解け時期やクロユリの開花時期について、大きな変化は見られないが、地球温暖化の進行により、高山帯の積雪環境や高山植物の開花フェノロジーがどのように変化していくかは不明なことも多い。これまで見られなかった 1998 年のような異常な年が、頻繁におこるようになるのかどうか、今後も継続して調査を行っていくことが必要である。クロユリは石川県の郷土の花として広く親しまれている高山植物である。高い山に生育する、あまり身近ではない高山植物の開花に、人間活動の影響である地球温暖化が、影響を及ぼす可能性について広く知ってもらい、地球温暖化を食い止めるための活動がより積極的に行なわれるようになればと思う。

データの出典

今回発表のデータのうち 1994 年のクロユリの開花データは Yashima ら(1997)のデータから、その他のデータは、モニタリングサイト 1000 高山帯調査の一環で得たもののほか、白山山系における高山植物の多様性の解明と遺伝子資源の保全法の確立に関する研究（科学技術庁委託研究 1993～1995 年度）、高山生態系の脆弱性と指標性の検討研究（国立環境研究所委託 1999～2001 年度）、温暖化影響検出のモニタリング調査（国立環境研究所委託 2004～2008 年度）で得た。

参考文献

Yashima, T., Kinoshita, E. & Shimizu, T. (1997) Flowering Phenology and Self-incompatibility in *Fritillaria camtschatcensis* (L.) Ker-Gawl. *Journal of Phytogeography and axonomy* 45:129-133.

固有種の豊富な北岳

モニタリングサイト1000高山帯の調査地の一つである北岳は、山梨県の西部に位置し、標高は3,193mでわが国では富士山に次いで2番目に高い。また、高山植物の種数が多いことや固有種が多いことでも知られている。固有種については、わが国の山岳のなかで北岳は、北海道の夕張岳に次いで2番目に多いホットスポットとされている(加藤・海老, 2011)。北岳の高山植物を象徴する植物としてキタダケソウは特に有名であり、キタダケソウが開花する6月中旬から7月初めには、キタダケソウの花を目当てに多くの登山者が訪れる。



キタダケソウ(白っぼい
葉はキタダケヨモギ)
(2009.6.25 自然研撮影)

北岳の地史

このように北岳で高山植物が花を咲かせるようになるまでにはどのような歴史があったのであろうか。今までに報告されている知見からまずまとめてみたい。日本列島に高山植物(の祖先)が渡ってきたことには氷期(あるいは氷河期)が大きな役割を果たしたとされている。氷期には雪や氷が融けずに陸上に残り、陸から海へ流れこむ水が減少した。すると海面が下がり、大陸と地続きではなかった日本列島も陸橋により大陸と地続きとなった。約1万年前に終わったとされている最終氷期の最盛期には、気温は現在よりおおよそ7℃、海面は100m以上も低下し、北海道はサハリンを経由して大陸とつながったとされている(小泉, 2009)。このほかにもここ約200万年の間に氷期は何回か訪れており、ある時期には、朝鮮半島や中国ともつながったとされている。このような複数の時期に複数のルートで大陸から日本列島に植物が渡ってきた。氷期が終わり気温が上昇すると、一部の植物は気温が低い山岳地で生き残った。

生物地理要素からみた高山植物

清水(1982)は、わが国の高山帯に特有な植物ばかりでなく高山帯に高頻度で生育する亜高山帯の植物についても、その種や近縁種の分布などからグループ分けし、アジア大陸に限って分布するアジア要素、北半球の北部地域に広く分布する周北極要素、近縁種などが見当たらない純日本固有要素、太平洋周辺地域に分布する太平洋要素、日本または東アジアの低山に分布する低山要素、南北両半球の極地方および高山帯に広く分布する汎世界要素の6つに分けた。そこで、モニタリングサイト1000の北岳での植生調査で認められた種子植物について、清水(1982)の文献に照らし生物地理要素をまとめた(表1)。なお、植生調査は、自然環境研究センター(所属は当時)の畠瀬さん、河野さん、三村さんが行った。また、清水³⁾の文献に出ていなかった植物種の生物地理要素の決定や最新の固有・準固有の知見は三村さんに協力していただいた。

わずかな標高差で異なる構成種

まず、3,010mの方形区および2,930mの方形区とも、アジア要素が最も多く、次いで周北極要素であり、両要素を合わせると70%程度にもなった。一方、2,930mの方形区では、3,010mの方形区に比べて、標高が80mほど低いだけではあっても、種数・割合とも純日本固有要素や低山要素の南方系要素が多かった。

外国の高山植物と日本の高山植物

増沢(2008)は北半球の極地を訪れ、そこに生育する植物と南アルプスに生育する植物を比較しその印象を記している。例えば、北極点に近いスバル諸島で見られるムカゴユキノシタ

は日本の高山で見られるものと分類学上は同一であり、また見た目も非常に似ているとしている。ところで、北岳に生育するキタダケソウは北岳のみに生育する固有種であるが、その近縁種は、北海道に加え東アジアにも分布している。このように、北岳に生育する植物は、極地方や大陸に分布するものと分類学上も形態的にも同じものから、近縁種が大陸に分布するもののわが国にしか分布しない固有種に分化したものなども生育している。固有種あるいは千島やサハリンなど日本の近辺にも分布している準固有種を合わせた割合はおおよそ40%となっていた。



ムカゴユキノシタ
(2012.8.25 自然研撮影)

表1 北岳の植生調査で認められた種子植物の生物地理要素

標高 3,010m と 2,930m の 2 か所の調査地に 1m × 10m の方形区を設定し、方形区内で認められた種子植物について、清水¹⁾に照らし各生物地理要素にまとめた。

調査地 3,010m	種数	%	調査地 2,930m	種数	%
アジア要素	22	51.2	アジア要素	20	38.5
周北極要素	13	30.2	周北極要素	15	28.8
純日本固有要素	0	0.0	純日本固有要素	3	5.8
太平洋要素	2	4.7	太平洋要素	3	5.8
低山要素	4	9.3	低山要素	7	13.5
汎世界要素	2	4.7	汎世界要素	4	7.7
計	43	100.0	計	52	100.1
固有・準固有	16	37.2	固有・準固有	22	42.3



キタダケトリカブト
(2012.8.25 自然研撮影)

世界の宝物の高山植物

このように、両極地方や大陸の山岳に分布している種あるいはその近縁種(の祖先)が1万年以上前に大陸の東端に位置するわが国に渡ってきて、それ以後、あるものは姿を変えずに、また、あるものは固有種などに分化し、わが国高山帯の南限域に近い北岳で生き残り、我々に可憐な花を見せてくれる。正倉院にはシルクロードを經由した貴重な千年以上前の宝物・遺物が保存され現在にまで伝えられている。そこで、北岳に生き残っている植物たちは、正倉院の宝物・遺物に比較できるほど貴重なものとは考えられないのであろうか。



キタダケヨモギ(2012.8.25 自然研撮影)

参考文献

加藤雅啓・海老原淳(2011)日本の固有植物。東海大学出版会。

小泉武栄(2009)最終氷期以降の高山・亜高山植生の分布の変遷と現在の高山環境(増沢武弘編著,高山植物学)pp.17-33。共立出版。

清水建美(1982)原色新日本高山植物図鑑()。保育社。

増沢武弘(2008)南アルプス お花畑と氷河地形。静岡新聞社。

富士山は新しい山である

富士山頂の噴火が終息し、噴火口の周辺や側面には現在では植生が発達して、コケ・地衣類群落、火山荒原、草原、森林をみることができる(写真1)。標高3,000m以上の斜面では裸地が広がり、溶岩や火山灰層を直接見ることができる。この裸地であった場所にも標高の低いところから上って来た、新たな侵入植物が面積を拡大している。まさに、植物群落の遷移が進んでいる場所でもある(写真2)。

近年、富士山頂付近においても同様に多くの植物の侵入が見られる。モニタリングサイト1000高山帯調査では、このような山頂の条件下に、維管束植物の侵入などの変化をとらえるための3プロットと、コケ類の変化をみるための1プロットの計4プロットを設置した。

富士山頂の維管束植物

富士山では植生帯の垂直分布がはっきり見られる。標高2,500m以上は高山帯であるが、標高3,500m以上は「上部高山帯」に属し、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。特に山頂火口周辺は種子植物の分布は極めて稀であった(写真3)。1990年頃までの調査では、永久凍土が存在する近辺にはコケの群落が発達するが、種子植物の分布はほとんど見られなかった。しかし、最近ではこれまでに分布していなかった、高山帯のコタヌキラン、オンタデ、フジハタザオ、イワツメクサ、イワノガリヤスが生育するようになってきている。特にイワノガリヤスは顕著な存在である(写真4)。

近年の維管束植物の増加は、富士山頂周辺において種子が発芽し、その実生が成長できるような微環境(safe site)が増加しつつあるのではないかと想像できる。設置した3つのプロットにはその状況があらわれつつある。

富士山頂のコケ類

垂直分布で上部高山帯をもつ山は日本国内では富士山だけである。標高にして3,500mから3,700mでは維管束植物は少なく、山頂付近になるとほとんどがコケ類と地衣類である(写真5)。山頂の植物で特に注目したいのはコケ類とラン藻類が共存しているヤノウエノアカゴケ群落であ



写真1 富士山南西斜面の植生帯の垂直分布

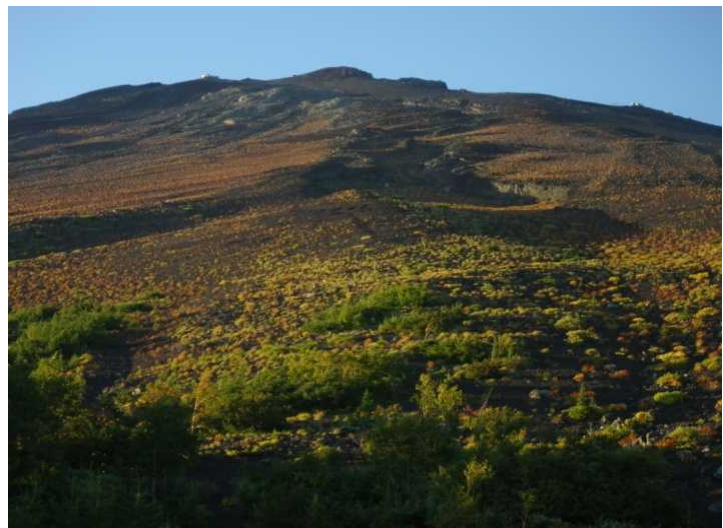


写真2 富士山の高山帯から山頂までの植物の分布

る。山頂の最も環境の厳しい場所に生育している黒色のヤノウエノアカゴケでは南極で見られるようなラン藻（ノストック）が表面に共存している。また、夏期の乾燥期に永久凍土や季節凍土が解け出す付近には多くのコケ類が生育し、緑色のカーペット状になっている。

山頂北面付近の黒色のヤノウエノアカゴケは南極のものと類似しているため、きわめて特徴的であった。しかしここ数年このタイプの黒いコケは急速に減少している。山頂の環境が変化しつつあることと関係しているものと思われる。



写真3 維管束植物がほとんど見られない富士山頂火口周辺



写真4 調査プロットの周辺に侵入したイワノガリヤス



写真5 富士山頂のヤノウエノアカゴケ

総括

1. 調査項目ごとの考察

モニタリングサイト 1000 高山帯調査により、大雪山、北アルプス（立山、蝶ヶ岳～常念岳）、白山、南アルプス（北岳）富士山において、気温/地温・地表面温度、植生、ハイマツの年枝伸長、開花フェノロジー（インターバルカメラ、目視）、チョウ類（ライトランセクト、定点）、地表徘徊性甲虫、マルハナバチ類に関するデータが得られた（表 -10～19）。これらのデータをもとに解析した結果のまとめと考察を調査項目ごとに以下に述べる。

(1) 気温/地温・地表面温度

大雪山、北アルプス（立山、蝶ヶ岳～常念岳）、白山、南アルプス（北岳）富士山に設定した調査プロット（1,840～2,880m）で得られた年平均気温は-3.1～2.9 で、最暖月である7～8月の月平均気温は10.0～13.8、最寒月である1月のそれは-18.8～-10.4 であった（表 -1）。

表 -1 年平均気温、最暖月と最寒月の月平均気温、暖かさの指数

サイト名	プロット名	標高(m)	年平均気温()	最暖月の月平均気温()	最寒月の月平均気温()	暖かさの指数(・月)
大雪山	赤岳コマクサ平	1,840	-3.0	12.8	-18.8	22.2
立山	富山大学立山研究所	2,840	-3.1	10.0	-17.2	13.6
北アルプス (蝶ヶ岳～常念岳)	常念小屋	2,447	0.4	13.1	-14.0	25.4
白山	室堂平白山荘	2,448	-0.2	13.2	-14.0	23.0
南アルプス (北岳)	北岳山荘	2,880	-1.7	11.2	-16.3	17.0
富士山	山頂(参考:気象庁データ)	3,775	-6.6	6.3	-21.2	3.2
	森林限界付近	2,350	2.9	13.8	-10.4	30.1

大雪山、北アルプス（立山）、白山、南アルプス（北岳）の風衝地に設定した調査プロット（1,950～3,015m）で推定された土壌の凍結終日は5/13～6/12で、凍結初日は10/14～12/12で、凍結していない日数は、144～210日であった。調査プロットを森林限界付近（2,350m）と山頂付近（3,750m）の2か所に設定した富士山では、土壌の凍結終日は森林限界付近では4/11であったのに対し、山頂付近では6/22と6/23であった。また凍結初日は森林限界付近では12/17であったのに対し、山頂付近は10/28と11/2であった（表 -2）。

表 -2 地下10cmの地温から推定した土壌の凍結日と凍結日数

サイト名	プロット名	標高(m)	凍結終日	凍結初日	凍結していない期間
大雪山	黒岳風衝地	1,950	2011/5/14	2011/10/14	153
			2012/5/13	2012/10/19	159
立山	風衝地	2,705	2011/5/26	2011/11/9	167
			2012/6/1	2012/11/1	153
白山	千蛇ヶ池風衝地	2,580	2010/5/16	2010/12/12	210
			2011/5/24	2011/11/16	176
			2012/5/18	2012/12/1	197
南アルプス (北岳)	プロットB(風衝地)	3,015	2010/6/12	2010/11/3	144
			2011/5/15	2011/11/25	194
			2012/5/22	2012/11/19	181
富士山	山頂付近C	3,730	2012/6/22	2011/10/28	238(231)*
	山頂付近D	3,730	2012/6/23	2011/11/2	234(229)*
	森林限界付近	2,350	2012/4/11	2011/12/17	116(116)*

* 富士山は凍結していない期間の連続データがないため凍結期間を示している。()内はそのうちの0以下だった凍結日数。

表 -3 地表面温度から推定した雪解日、冠雪日と長期積雪のない期間

サイト名	プロット名	標高(m)	推定雪解日	推定冠雪日	長期積雪のない期間
大雪山	黒岳石室	1,890	2011/7/7	2011/11/13	129
			2012/6/27	2012/10/19	114
立山	室堂平	2,465	2011/7/1	2011/11/15	137
			2012/7/7	2012/10/23	108
白山	水屋尻	2,472	2010/7/17	2010/11/1	107
			2011/7/20	2011/11/15	118
			2012/7/24	2012/10/23	91
	南竜ヶ馬場	2,084	2010/7/9	2010/11/1	98
			2011/7/5	2011/11/20	121
			2012/7/12	2012/11/1	94
南アルプス (北岳)	プロットA(雪田)	2,930	2010/6/23	2010/11/28	158
			2011/6/14	2011/11/24	163
			2012/6/13	2012/11/14	154

多雪地域にある大雪山、北アルプス(立山)、白山の雪田環境に設定した調査プロット(1,890~2,472m)の推定雪解日は、6/27~7/24、推定冠雪日は10/19~11/20で、長期積雪のない期間は94~137日であった。比較的積雪が少ない太平洋側にある南アルプス(北岳)(2,930m)の推定雪解日は、6/13~6/23、推定冠雪日は11/14~11/28で、長期積雪のない期間は154~163日であった(表-3)。

雪田環境では、積雪によって冬季の地表面温度は0 近くに保たれていることが、2010年度から2012年度に行われたこれまでの調査で示されている(環境省, 2011:2012:2013)。しかし雪田環境では春先の残雪の影響で、風衝地に比べて有効積算温度が上昇し始めるのが遅いことが示された。このように調査サイトや調査プロットに違いはあるものの、高山生態系は気温が低く、土壌の凍結期間または積雪期間が長く、生物にとって過酷な環境であることが示された。

(2)植生

大雪山、北アルプス(立山)、白山、南アルプス(北岳)、富士山の風衝地と雪田環境の出現種の種数や植被率、構成種の特徴のデータが得られた。

いずれのサイトにおいても、雪田環境は風衝地に比べて総出現種数、植被率とも高く、植物が多い環境であることが示された(表-4)。これは積雪による冬季の乾燥からの保護、雪解け傾度、土壌や水分条件などを反映した傾向と考えられる。風衝地では、強風や乾燥、砂礫の移動に適応したハイマツやツツジ科の矮生低木、崩壊地や荒原に特徴的な植物が多くみられるのに対し、

表 -4 植生調査結果の概要

サイト名	プロット名	環境区分	調査日	総合出現種数	植被率(%)
大雪山	黒岳風衝地	風衝地	2011/7/7	14	39.0
	黒岳石室	雪田	2011/8/9	21	95.7
	赤岳コマクサ平	風衝地	2010/7/9	22	49.8
	赤岳第4雪渓	雪田	2010/8/6	28	98.5
立山	室堂平	雪田	2012/8/21	20	98.5
	風衝地	風衝地	2011/8/2, 8/5	17	72.1
白山	千蛇ヶ池南方風衝地	風衝地	2012/8/9	10	58.4
	水屋尻	雪田	2011/8/9	10	81.5
	南竜ヶ馬場	雪田	2011/8/10	24	87.7
南アルプス(北岳)	永久方形区(プロットB)	風衝地	2009/8/25	43	90.6
	永久方形区(プロットA)	雪田	2010/8/29	52	85.0
富士山	山頂付近A	風衝地	2010/9/1	1	0.8
	森林限界付近	風衝地	2010/8/3	8	31.5
	山頂付近C	風衝地	2011/8/27	3	1.7
	山頂付近D	風衝地	2011/8/27	2	1.0
	山頂付近E	風衝地	2012/9/1, 9/2	0	0.0

雪田環境では雪田の指標種や雪潤草原の構成種が多くみられた。

大雪山、北アルプス(立山)、白山の総出現種数は10~28種であったのに対し、南アルプス(北岳)の総出現種数は43~52種と多く、多様性の高い地域であることが示された。それに対して富士山の森林限界付近では総出現種数は8種で、山頂付近では維管束植物はほとんどみられず、蘚苔類が多くみられた(表-4)。

なお北岳の高山植物についてはトピックスにおいて、地史的な観点や世界的な視点からみた特徴などについて、名取氏によりご紹介頂いている。

(3) ハイマツの年枝伸長

大雪山、北アルプス(立山)、白山、南アルプス(北岳)において、過去20年程度のハイマツの年枝伸長量のデータが得られた。

大雪山、北アルプス(立山)、白山では、ハイマツの年枝伸長量は年変動がみられるものの、経年的には0.72~1.1mm/年ずつ増加していた(表-5、図-1)。2011年度に解析した結果からは、ほとんどの調査プロットで、各年の年枝伸長量と前年の7~9月の気温との間に正の相関関係があり、夏の気温が高いと翌年の伸長成長が良くなることが示されている(環境省, 2012)。これらの結果から過去20年間で夏の気温が上昇している可能性が考えられた。

ハイマツの年枝伸長量は国内の異なる地域にある山岳間で同調する場合があることが過去の研究で報告されている(Sanoら, 1977; 沖津, 1988; Wadaら, 2005)。2011年度の調査(環境省, 2013)においても、同じサイト内のプロット間だけでなく、北アルプス(立山)と白山のように比較的近い地域にある場合や、大雪山と白山、北アルプス(立山)と南アルプス(北岳)のように全く異なる地域間でもハイマツの年枝伸長量が同調する場合のあることが確認されている(表-6)。

表-5 ハイマツの年枝伸長量の平均値の経年変化の一覧

サイト	プロット	回帰直線	bの有意性	相関係数(r)	rの有意性
大雪山	黒岳石室	$y = 0.86x + 33$	$P < 0.001$	0.83	$P < 0.001$
	赤岳コマクサ平	$y = 1.1x + 36$	$P < 0.001$	0.75	$P < 0.001$
立山	みくりが池	$y = 0.72x + 53$	$P < 0.05$	0.50	$P < 0.05$
	別山	$y = 0.74x + 29$	$P < 0.01$	0.58	$P < 0.01$
白山	千蛇ヶ池南方風衝地	$y = 0.21x + 32$	なし	0.35	なし
	展望歩道	$y = 1.0x + 34$	$P < 0.001$	0.75	$P < 0.001$
北岳	登山道下部	$y = 0.11x + 34.3$	なし	0.13	なし
	登山道中部	$y = -0.078x + 35.0$	なし	0.11	なし

表-6 ハイマツの年枝伸長量の平均値のプロット間での相関係数

サイト	プロット	大雪山		立山		白山		北岳	
		黒岳石室	赤岳コマクサ平	みくりが池	別山	千蛇ヶ池南方風衝地	展望歩道	登山道下部	登山道中部
大雪山	黒岳石室	-	-	-	-	-	-	-	-
	赤岳コマクサ平	0.91 ***	-	-	-	-	-	-	-
立山	みくりが池	0.33	0.41	-	-	-	-	-	-
	別山	0.46 *	0.41	0.79 **	-	-	-	-	-
白山	千蛇ヶ池南方風衝地	0.31	0.17	0.62 **	0.78 ***	-	-	-	-
	展望歩道	0.60 **	0.57 *	0.58 *	0.55 *	0.35	-	-	-
北岳	登山道下部	0.17	0.08	0.67 *	0.80 **	0.76 **	0.18	-	-
	登山道中部	-0.22	-0.13	0.47	0.32	0.39	-0.12	0.64 *	-

*: $P < 0.05$, **: $P < 0.01$, ***: $P < 0.001$

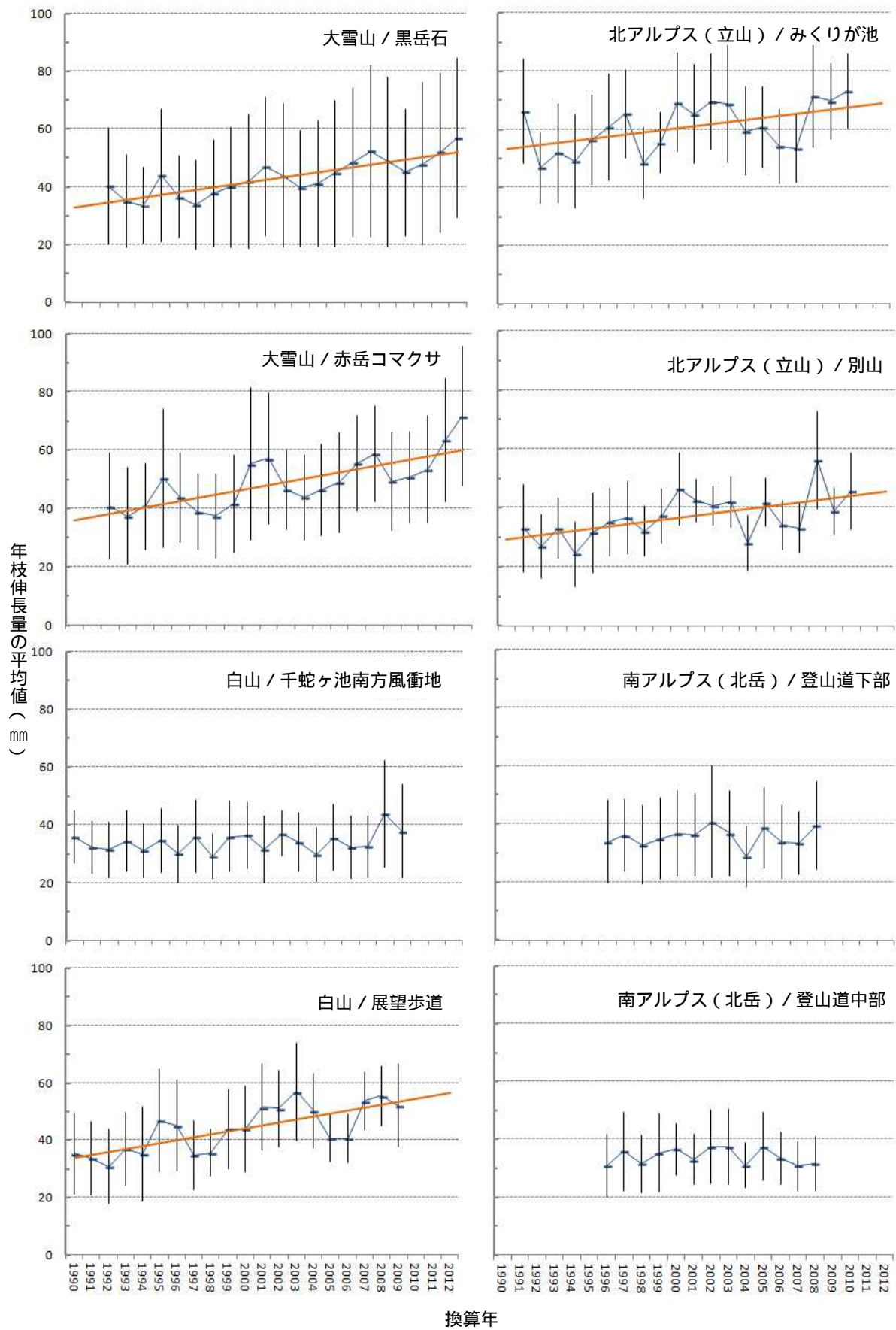


図 -1 ハイマツの年枝伸長量の平均値の経年変化

(4)開花フェノロジー

大雪山、北アルプス（立山）、白山、南アルプス（北岳）、富士山サイトの風衝地と雪田環境において、様々な種類の植物の開花フェノロジーが把握された。

同じサイト内でみると、雪田環境の方が風衝地に比べて開花が始まるのが遅い傾向にあり、このことは雪田環境の方が有効積算温度の上昇が遅いことが影響していると考えられた。一つのプロット内でみても、雪解けの遅い場所は開花が始まるのが遅い傾向にあることが観察された。

(5)チョウ類

大雪山、北アルプス（蝶ヶ岳～常念岳）、白山、南アルプス（北岳）において、それぞれ28種、約15種、約20種、約15種のチョウ類が確認された。これらのうち高山蝶はそれぞれ5種、4種、2種、2種で、指標種であるベニヒカゲは北アルプス（蝶ヶ岳～常念岳）、白山、南アルプス（北岳）クモマベニヒカゲは大雪山、北アルプス（蝶ヶ岳～常念岳）、白山、南アルプス（北岳）で確認された。

各サイトの指標種の発生状況の年次変動の追跡、把握は、調査時の気象条件や、成虫発生の年ごとのずれなど様々な要因が影響するため、継続的なデータの蓄積が必要である。

トピックスでは中村氏に、高山蝶の特徴や現地調査の様子、指標種の生態、調査の課題などについてご紹介頂いた。

(6)地表徘徊性甲虫

白山の3プロット4地点の調査により、これまで合計4科22種の地表徘徊性甲虫が確認された。このうちオサムシ科が16種と最も種数が多く、次いでハネカクシ科の4種、シテムシ科およびコメツキムシ科は1種であった。年ごとの個体数の増減が目立つのはミズギワゴミムシ類で、その要因については気候条件の違い、雪解け時期の前後による発生期及び生息適地（湿潤土壌）の変動、特有の周期的な個体数変動が考えられるため、継続的なデータの蓄積が必要である。

(7)マルハナバチ類

大雪山と北アルプス（蝶ヶ岳～常念岳）において、それぞれ6種、2種のマルハナバチ類が確認された。大雪山では、2012年に赤岳において外来生物のセイヨウオオマルハナバチが確認された。北アルプス（蝶ヶ岳～常念岳）で訪花植物を調べたところ、14種の植物が利用されていた。なお、2012年度の調査（環境省，2013）では、大雪山の黒岳や赤岳の調査では33種の植物の利用が確認されている。

マルハナバチ類の出現種の種構成や個体数、利用する訪花植物については、調査日や調査年ごとにばらつきがあるため、継続的なデータの蓄積が必要である。

2. 生物多様性国家戦略の中の4つの危機

生物多様性国家戦略では、わが国の生物多様性の危機として4つの危機があげられている。これらの危機と高山帯との関係について以下に述べる。

(1)第1の危機(開発など人間活動による危機)

高山帯は他の生態系に比べると、開発による影響を受けにくい場所にある。モニタリングサイト1000高山帯調査においても、これまでのところ人為的な影響に関する直接的なデータは特に得られていない。

古い時代に山岳信仰を目的として始まった登山は、登山道や山小屋をはじめ、ロープウェイやリフトなどの設備や交通網の整備、携帯電話の普及などが進むにつれて、その目的や形態が大きく変化している。かつては山岳会の会員や大学の山岳部が登山者の中心であったが、家族連れや中高年、山ガールと呼ばれる若い女性を含む幅広い登山者が多く含まれるように

なった。特に日本社会の高齢化とともに進む中高年登山者の増加は、遭難の増加の一因としても問題とされている。登山の目的や形態も、日本百名山（深田、1964）の刊行にともなう百名山巡り、観光登山や温泉登山、旅行代理店の企画によるツアー登山など、多くの人により気軽に参加できるものになってきている。

2013年に世界遺産に登録された富士山の例では、環境省による調査が開始された2005年には年間20万人であった登山者数が、2008年以降は年間30万人にのぼっている。特に、7月から8月にかけての週末と、8月中旬のお盆の時期に登山者が集中しており、一日の登山者数が1万人を超える日もある（関東地方環境事務所富士箱根伊豆国立公園）。

このように増加する登山者数に対応した道路、登山道、建築物の建設は、動植物の生育生息環境の損失や劣化をもたらす。また登山者数の増加による高山帯のオーバーユースは、高山植物などへの踏みつけの影響、ゴミの投棄、大量の排泄物による環境汚染、外来生物の持ち込みなどの問題を引き起こす。

絶滅危惧種を脅かす要因である盗掘や乱獲は、高山植物や高山蝶に代表される高山帯の動植物にも大きな脅威となっている。モニタリングサイト1000高山帯調査においても、こうした動植物の生育生息状況に関する情報については、慎重な取り扱いを求められており、一部については非公開とせざるを得ない状況である。

以上のように高山帯に脅威を及ぼす要因は数多く、今後もこれらの影響を把握することが重要である。

(2) 第2の危機(自然に対する働きかけの縮小による危機)

高山帯は、里地里山などとは異なり、人の手が加えられることにより維持される環境ではない。しかし高山帯の利用の拠点となっている山小屋の関係者は、日常的な登山道の維持管理を行うなど、高山帯の適切な利用にとって重要な役割を担うとともに、高山帯の気候条件や動植物の生息生育状況を長年にわたって熟知している人も含まれる。高山帯の調査研究を行う上で、拠点となるこうした施設が維持され続けることの意義は大きい。また高山帯を熟知した関係者と連携することについては、高山帯を保護するための普及啓発に果たす役割も期待される。

近年、森林生態系においてニホンジカの密度増加にともない、シカが嗜好する樹種や草本が食害により減少・消失するなどの影響が現れている。シカの密度増加の要因の一つとして、林業従事者の減少や高齢化により森林整備が行き届かなくなっていることや狩猟者の減少や高齢化によって、狩猟圧が低下したことが考えられる。

モニタリングサイト1000高山帯調査でもニホンジカの影響と思われる事例が確認されている。2010年度に北岳で実施した植生調査において、標高2,930mのところにある永久方形区（プロットA）でテガタチドリなどにニホンジカのものと思われる食痕が確認された（環境省，2011）。2011年8月にも、標高2,750m以上のキタダケソウ生育地保護区内の草原が、ニホンジカの採食と踏みつけにより荒れていることが確認されている（自然環境研究センター，2012）。白山でも、2013年に標高2,000m以上の高標高地域で初めてニホンジカ確認された。

これらのことから、自然に対する働きかけの減少はニホンジカの個体数や分布域の拡大を通じて高山生態系に影響を及ぼしており、今後も注意深く監視する必要がある。

(3) 第3の危機(人間により持ち込まれたものによる危機)

植物相については植生と開花フェノロジー、動物相についてはチョウ類、地表徘徊性甲虫、マルハナバチ類調査により把握されている。

植物については、いずれのサイトにおいても外来種は確認されなかった。しかし白山では、標高2,000m以上の場所で、元々は低地に生育しているオオバコやスズメノカタビラや、外国産の

シロツメクサやセイヨウタンポポが確認されている。これらの外来植物は、南竜ヶ馬場の植生調査を行った永久方形区から 100mも離れていないところにまで侵入している。そのため白山では、石川県白山自然保護センターが環白山保護利用管理協会などとボランティアを募り、外来植物の除去作業や、種子除去マット及び種子除去ブラシの設置などの外来植物対策を実施している（野上・吉本，2013）。

白山と同じように、低地性の植物であるオオバコや、外国産の植物であるセイヨウタンポポ、フランスギク、エゾノギシギシ、シロツメクサなどの侵入は立山でも起こっており、地域の関係者による除去作業が実施されている（環境省・富山県）。

高山植物の女王ともされるコマクサだが、白山には元々は分布していなかった植物で、植栽された外来植物であることが確認され、除去作業の対象となっている（中部地方環境事務所 2011）。コマクサについては同じような問題が、支笏洞爺国立公園の樽前山や羊蹄山（北海道地方環境事務所）、日光国立公園の日光白根山（関東地方環境事務所日光国立公園）、北海道の天塩岳道立自然公園の前天塩岳でも起こっている。

動物については、2012 年の大雪山の赤岳において、特定外来生物であるセイヨウオオマルハナバチが確認された。

高山帯は、他の生態系に比べてこれまで外来生物が比較的少ない環境であった。しかし、人や物資の移動、地球温暖化のような環境の変化、周辺地域からの侵入などにより、外来生物が増加する可能性がある。そのため外来生物の動向については、今後も注意深く監視する必要がある。

(4) 第4の危機(地球環境の変化による危機)

高山帯は地球温暖化の影響が最も現れやすい環境といえる。予想される環境変化としては、気温上昇、永久凍土下限高度の上昇、冬季積雪量の減少または増加、雪田、雪渓などの縮小、融解の早期化、夏期の気温上昇や霧の減少とそれとともに乾燥化などがあげられる。こうした環境の変化は、動植物の種組成、生育量や生息数、開花時期や発生時期などに影響を及ぼすことが考えられる。第2の危機のところで述べた、ニホンジカやニホンザルの高山帯地域への分布の拡大や個体数の増加には、自然に対する働きかけの縮小とともに、地球温暖化の影響が関与している可能性がある。

高山帯の気候の変化を直接的に示す、気温や地温・地表面温度に関するデータは、現在蓄積されつつある。一方、ハイマツの年枝伸長量から推定される過去 20 年分のデータからは、年変動はみられるものの、長期的には気温が上昇している可能性が考えられた。またトピックスで紹介されたように、富士山頂ではこれまでみられなかった種子植物がみられるようになった一方で、永久凍土の影響を受けているコケ類は減少している。

気温や地温・地表面温度で示される気候の変化と、動植物への影響を長期的に把握するためには、今後も継続してモニタリングを実施することが重要である。

3. 事業全体のレビュー

(1) サイト配置

モニタリングサイト 1000 高山帯調査では、表 1-2 に示したように、自然環境に関する基準に加え、これまでの調査実績や今後の実施体制、アクセスのし易さを考慮して、6つの調査サイトを選定した。

北海道では、多雪地域にある大雪山に調査サイトを設定した。その他に高山帯植生がみられるのは、比較的雪が少ない地域にある日高山脈のほか、海洋性気候である礼文島・利尻島や知床半島、蛇紋岩地質が特徴のアポイ岳、火山活動の影響が大きい羊蹄山などである。

東北地方には、これまで調査サイトを設定していない。東北地方には、標高よりも多雪の影響が大きい偽高山帯が多く、奥羽山地、岩木山・鳥海山、月山・朝日・飯豊山地などがこれにあたる。その他に高山帯植生がみられるのは、火山活動の影響が大きい蔵王・吾妻山や、蛇紋岩地質が特徴の早池峰山などである。

中部地方では、多雪地域にある北アルプス（飛騨山脈）と白山、比較的雪の少ない地域にある南アルプス（赤石山脈）、火山活動の影響が大きい富士山に調査サイトを設定した。これらの他に高山帯植生がみられるのは、多雪地域にある上越山地、比較的雪が少ない地域にある乗鞍岳、御嵩山、中央アルプス（木曾山脈）、火山活動の影響が大きい浅間山・八ヶ岳などである。

調査サイトの配置は、全国的な地域性・地域環境のバランスにも配慮して行っているが、調査サイトが設定されていない高山帯の中には、地質などの自然環境の特殊性、アクセスの困難性、継続的な調査の実績や今後の調査体制などに課題がある場所が含まれる。今後、新たなサイトを設定する場合には、対象地域の特殊性を考慮するとともに、こうした課題に取り組む必要がある。

(2)調査手法

モニタリングサイト 1000 高山帯調査では、2008 年に調査対象や調査方法の検討を行い、2009 年に白山サイトと南アルプス（北岳）サイトで試行調査を実施し、それらの結果をもとに調査マニュアルを作成した。調査マニュアルは、その後の全サイトで得られた結果や課題を基に、検討会やメーリングリストによる検討を通じて改定を重ね、概ね確定するに至っている。

高山帯の調査で使用する機材は、強風や低温といった過酷な環境の中で、動物による掘り返しなども受けるが、アプローチに時間がかかるため、頻繁に維持管理を行うことは難しい。また、調査地域が国立公園の特別保護地区や天然記念物などに指定されているため、調査の許可を得るには、自然環境への影響を特に配慮することが求められる。具体的には、景観に配慮した色や形の機材を使用し、その種類や個数を予め示すことなどが求められる。そのためモニタリングサイト 1000 高山帯調査では、機材の設置を強固に行うとともに、故障に備えて予備機を準備し、同じ機材が入手できない場合に備えてハウジング（機材を入れるための一定の色や形の箱）を作成するといった工夫を行っている。

調査項目のうち、気温、地温・地表面温度、開花フェノロジー（インターバルカメラ）については、機材が正しく設置されて故障しない限りは、継続的なデータが安定して得られる。また植生やハイマツの年枝伸長は、調査が実施できる限りは天候の影響を受けにくい。一方、チョウ類、マルハナバチ類、地表徘徊性甲虫、開花フェノロジー（目視）調査は、調査日の天候の影響を受け易い。そのためこうした項目について安定したデータを得るには、調査回数や調査日の増加が望ましいが、調査結果の解析をより長期的な視点で行うことも必要である。

(3)持続可能な調査体制

モニタリングサイト 1000 高山帯調査では、調査サイトの選定にあたり、過去からの調査実績があること、実施体制・協力体制があり、アクセス性に優れていることも基準とした。調査団体としては、大学、国や地方自治体の研究機関、NPO法人、民間の研究団体の関係者の方々にご協力頂いている。トピックスで横須賀氏にご紹介頂いた大雪山での目視による開花フェノロジー調査は、現地に行く回数が多いため、ボランティアの力なくしては成り立たない調査である。

調査サイトとしては、交通網や登山道、宿泊施設が整備されているところを選んでいるが、調査者には一定の体力と登山技術、時間的な余裕があることが必要とされる。また、高山帯は貴重な生物が特に多い環境であり、それらの調査には生物の同定能力があるだけでなく、貴重な環境を壊さない、信頼できる調査者の確保が必要である。また先に述べたように、高山帯の調査には許認可手続きが必要であるため、調査に先立ち調査者を確定しておくことが求められる。

現在の調査者の高齢化に伴い、こうした条件を満たした調査者を継続して確保していくことが求められる。

(4)情報の共有・管理および発信

これまでに作成された「モニタリングサイト 1000 高山帯調査マニュアル」に基づき、一定の調査方法で得られたデータが毎年蓄積されつつある。それらをまとめた調査結果は、調査報告書、速報、ニュースレターとして公表され、一部の調査結果については調査関係者により論文として発表され、調査関係者間での情報共有や、一般市民への情報発信を担ってきた。

これらの元となっている原データは、高山帯という特殊な環境に関する貴重な基礎データであり、高山帯に関する調査、研究を促進することが期待される。すなわち他の調査、研究例との比較検討や、より多くの研究者による専門的な解析を通じ、高山帯の環境や生物の長期的な変化を把握、予測し、その要因の解明に資するものである。

しかしながら高山帯では高山植物や高山蝶といった貴重な生物がみられ、そうした生物の盗掘や捕獲が、これまでも大きな問題となってきた。そのため、こうした生物に関する情報の取り扱いには、特別な注意が必要である。高山帯調査の公開用の報告書には、それぞれのサイトに設定したプロットの位置情報は掲載されておらず、一部のプロットについては場所を特定できないような名称を用いている。また一部の調査結果については、加工または削除されて掲載されている。

モニタリングサイト 1000 高山帯調査では、これまでに他の生態系で進められている原データの公開について、非公開とするべき情報を、サイトやプロットごと、調査項目や生物の種類ごとに慎重に検討し、整理を行った。現在はサイトやプロット、調査項目や調査年度間で、データの記入欄や表示形式などを統一し、公開に向けた準備を進めている。

(5)調査結果の保全施策への活用

高山帯がある山岳地域は、国立公園や天然記念物などとして保護されるとともに、古くから信仰の対象とされ、さらに娯楽やスポーツを目的とした登山の場として多くの人に利用されている。このように高山帯は、国や地方自治体、研究者、自然保護活動に取り組む団体のほかに、山小屋や山岳会、観光業、神社や寺といった様々な団体や、個人で登山を楽しむ人々にも関わりがある場所である。

モニタリングサイト 1000 高山帯調査により、高山帯の環境や生物に関するデータが蓄積されることで、国立公園の中核部分の自然環境に関する情報が得られる。こうした情報は、国立公園のより適切な保護や利用のための公園計画に資すると考えられる。

高山帯の現状や課題、人為的な影響が示されることで、希少種の保護などに関する国や地方自治体による組織的な取り組み、研究者による専門的な要因の解析、自然保護団体などによる保全活動が促進されることが期待される。こうした問題について、高山帯の利用者である山小屋や観光業などの地元関係者や登山者に向けて、より広く普及啓発することは、高山帯の持続可能な利用に協力を得るための手段の一つとなる。

(6)国際的枠組みとの連携

モニタリングサイト 1000 高山帯調査では、調査サイトの設定や植生調査の手法の検討にあたり、世界各国で共通したマニュアルのもとで高山植生のモニタリングを行っている GLORIA (Global Observation Research Initiative in Alpine Environments) を参考にした。

本調査で得られたデータは、将来的には地球規模生物多様性情報機構 (GBIF: Global Biodiversity Information Facility) といった国際的なデータベースに登録していくことが望まれる。そのためには、まずは生物多様性センターのウェブサイトを通じて国内でデータを公開し、公開にあたっての課題を整理することが必要である。

参考情報

< モンタリングサイト 1000 高山帯調査に関わる成果 >

- ・モンタリングサイト 1000 ウェブサイト
<http://www.biodic.go.jp/moni1000/index.html>
- ・モンタリングサイト1000 高山帯調査マニュアル
<http://www.biodic.go.jp/moni1000/manual/index.html>
- ・環境省自然環境局生物多様性センター（2009）平成 20 年度重要生態系監視地域モニタリング推進事業（モニタリングサイト 1000）高山帯調査業務報告書．
- ・環境省自然環境局生物多様性センター（2010）平成 21 年度重要生態系監視地域モニタリング推進事業（モニタリングサイト 1000）高山帯調査業務報告書．
- ・環境省自然環境局生物多様性センター（2011）平成 22 年度モニタリングサイト 1000 高山帯調査報告書．
- ・環境省自然環境局生物多様性センター（2012）平成 23 年度モニタリングサイト 1000 高山帯調査報告書．
- ・環境省自然環境局生物多様性センター（2013）平成 24 年度モニタリングサイト 1000 高山帯調査報告書．
- ・自然環境研究センター（2010）モニタリングサイト 1000 高山帯調査調査速報 No.1．環境省自然環境局生物多様性センター
- ・自然環境研究センター（2011）モニタリングサイト 1000 高山帯調査調査速報 No.2．環境省自然環境局生物多様性センター
- ・自然環境研究センター（2012）モニタリングサイト 1000 高山帯調査調査速報 No.3．環境省自然環境局生物多様性センター
- ・自然環境研究センター（2013）モニタリングサイト 1000 高山帯調査調査速報 No.4．環境省自然環境局生物多様性センター

< 参考文献 >

- ・中部地方環境事務所報道発表資料（2011）白山国立公園におけるコマクサの調査結果及び除去作業の実施について http://chubu.env.go.jp/pre_2011/0926a.html
- ・深田久弥（1964）日本百名山．新潮社．
- ・GLORIA（Global Observation Research Initiative in Alpine Environments）
<http://www.gloria.ac.at/?a=20>
- ・北海道環境地方事務所、支笏洞爺国立公園におけるグリーンワーカ事業一覧．
http://hokkaido.env.go.jp/nature/mat/data/m_1_3/1m_1_20.pdf
- ・石田仁（2006）富山県の森林帯における年間積雪期間の標高傾度 - 林床地表面温度からの推定 - ．雪氷，68（5）：489-496．
- ・環境省生物多様性情報システム、第5回自然環境保全基礎調査（自然環境情報GIS）植生調査
<http://www.biodic.go.jp/J-IBIS.html>
- ・環境省・富山県，立山黒部アルペンルート、外来植物除去のしおり．
- ・関東地方環境事務所富士箱根伊豆国立公園，富士山登山者数調査結果
http://www.env.go.jp/park/fujihakone/data/fuji_tozansha.html
- ・関東地方環境事務所日光国立公園，奥日光地域の外来植物

<http://www.env.go.jp/park/nikko/topics/data/130307aa.pdf>

- ・吉良龍夫 (1948) 温量指数による垂直的な気候帯のわかちかたについて 日本の高冷地の合理的利用のために - . 寒地農学 2 (2): 47-77 .
- ・国立公園協会・自然公園財団 (2012) 自然公園への招待, 国立公園・国定公園ガイド .
- ・工藤岳・井本哲雄 (2012) 大雪山国立公園高山帯におけるマルハナバチ相のモニタリング調査 . 保全生態学研究 17 : 263-269 .
- ・工藤岳・横須賀邦子 (2012) 高山植物群落の開花フェノロジー構造の場所間変動と年変動: 市民ボランティアによる高山生態系長期モニタリング調査 . 保全生態学研究 17:49-62 .
- ・宮脇昭・奥田重俊 (1990) 日本植物群落図説 . 至文堂 .
- ・名取俊樹 (2008) 南アルプス北岳のキタダケソウの生育に及ぼす地球温暖化の影響 . 日本生態学会誌 58 : 183-189 .
- ・野上達也・吉本敦子 (2013) 白山の自然誌 33、白山の外来植物 . 石川県白山自然保護センター
- ・沖津進 (1988) ハイマツ年枝生長の地理変異 . 日本生態学会誌 38 : 177-183.
- ・奥田重俊 (1997) 生育環境別日本野生植物館 . 小学館 .
- ・Sano, T., T. Matano & A. Ujihara (1977) Growth of *Pinus pumila* and climate fluctuation in Japan. *Nature* 266. : 159-161 .
- ・Wada, N., Kwatanuki, K. Narita, S. Suzuki, G. Kudo. & A. Kume (2005) Climate change and shoot elongation of alpine dwarf pine (*Pinus pumila* Regal): Comparisons between six Japanese Mountains. *Phyton* 45(4): 253-260.

< 検討委員会 >

検討委員

小熊 宏之 国立環境研究所 環境計測研究センター

工藤 岳 北海道大学 地球環境科学研究所

鈴木 啓助 信州大学山岳科学総合研究所*

* 2014 年度からは信州大学理学部

中村 寛志 信州大学 農学部附属アルプス圏フィールド科学教育研究センター*

* 2014 年度からはミヤマシジミ研究会

座長 増澤 武弘 静岡大学 理学部

和田 直也 富山大学 極東地域研究センター

サイト代表者

須賀 丈 長野県環境保全研究所

富沢 章* 石川むしの会

* 2013 年度からは平松 進一

名取 俊樹 芦安ファンクラブ*

* 2011 年度までは国立環境研究所

野上 達也 石川県白山自然保護センター

横須賀 邦子 NPO 法人アース・ウィンド

(敬称略・五十音順)

モニタリングサイト 1000 高山帯調査
- 重要生態系監視地域モニタリング推進事業 -
2008～2012 年度とりまとめ報告書

平成 26 (2014) 年 7 月
環境省自然環境局 生物多様性センター
〒403-0005 山梨県富士吉田市上吉田剣丸尾 5597-1
電話 : 0555-72-6033 FAX : 0555-72-6035

業務名 重要生態系監視地域モニタリング推進事業
(モニタリングサイト 1000) 高山帯調査
第 2 期とりまとめ
請負者 一般財団法人 自然環境研究センター
〒130-8606 東京都墨田区江東橋 3-3-7

本報告書は、古紙パルプ配合率 100%、白色度 70%の再生紙を使用しています。

リサイクル適性の表示：印刷用の紙にリサイクルできます

本報告書は、グリーン購入法に基づく基本方針における「印刷」に係る判断の基準にしたがい、印刷用の紙へのリサイクルに適した材料 [A ランク] のみを用いて作製しています。