



モニタリングサイト1000
Since 2003

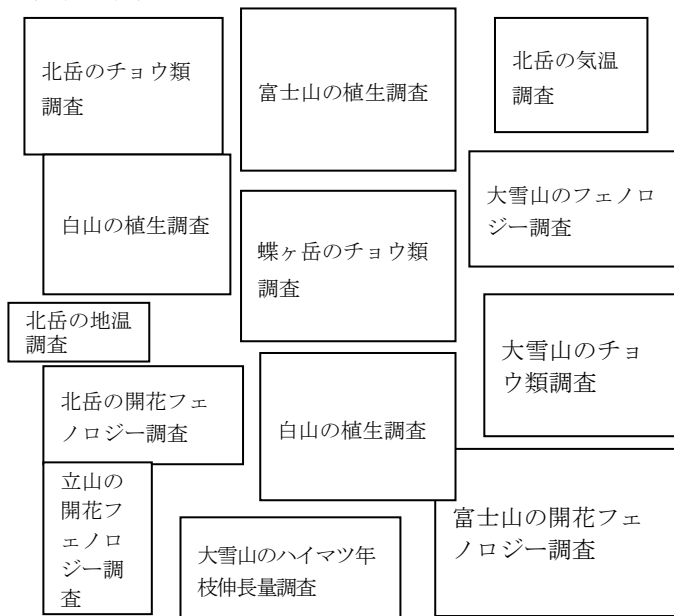
モニタリングサイト 1000 高山帯調査 2008-2022 年度とりまとめ報告書



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



はじめに

「モニタリングサイト 1000（重要生態系監視地域モニタリング推進事業）」は、平成 14（2002）年に策定された生物多様性国家戦略に基づき、平成 15（2003）年度から開始された。その目的は、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で、種の増減、種組成の変化などを検出し、適切な自然環境保全施策に資することである。令和 4（2022）年に開催された生物多様性条約第 15 回締約国会議（COP15）では、2010 年に採択された愛知目標の後継となる「昆明・モントリオール生物多様性枠組」が採択され、各国はそれを踏まえ、生物多様性国家戦略を策定・改定することが求められた。これを受けて我が国では、令和 5（2023）年に生物多様性の保全と持続可能な利用に関する基本的な計画となる「生物多様性国家戦略 2023-2030」が策定された。この戦略の行動目標の中に、「強固な体制に基づく長期的な基礎調査・モニタリング等を実施する」ことが明記され、その具体的な重点施策の一つとしてモニタリングサイト 1000 が位置付けられている。

モニタリングサイト 1000 には、それぞれの生態系の状況を長期的かつ定量的に調査できる調査体制の構築と維持が求められている。そのため研究者や地域の専門家、NPO、市民ボランティアなど、多様な主体の参加により調査が実施されている。調査で得られたデータは、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され、行政の施策をはじめ、現地のさまざまな関係者の保全活動や教育現場にも活用されている。

我が国では、山岳地域が国土の約 7 割を占め、自然景観の中心となっている。山岳地域の中でも森林限界より標高が高い高山帯には、低温や強風といった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種や固有種も含まれている。高山帯は、こうした生物が人為的影響を比較的受けずに残されてきた、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。

地球規模の気候変動により、高山帯では気温の上昇や融雪時期の早期化などによる植生の変化が報告されている。こうした変化は高山帯の動物の生息環境に影響を及ぼすだけでなく、ニホンジカなどが高山帯に分布を広げる要因の一つとなっている。さらに登山道や山小屋の整備が進み、高山帯には中高年や家族連れを含む幅広い登山者が訪れるようになり、植生の踏みつけや、自然分布域外からの動植物の侵入も問題となりつつある。

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、他の生態系の第 2 期にあたる平成 20（2008）年度から開始され、令和 4（2022）年度に第 4 期が終了した。本報告書は、この間に実施されたモニタリングサイト 1000 高山帯調査の成果をとりまとめたものである。

本調査の実施にあたっては、検討会委員をはじめ、各サイトの関係者の皆様に多大なご尽力をいただいた。ここに厚く御礼申し上げる。

令和 6 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 2008 年度から開始され、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）、富士山の調査サイトで、物理環境、植物、昆虫類の調査が行われた。本報告書では、2008～2022 年度に得られた成果をとりまとめた。

I. 高山帯調査の目的と背景では、モニタリングサイト 1000 の概要、日本の高山帯の概要、モニタリングサイト 1000 高山帯調査の実施状況と実施体制についてまとめた（p. 1～p. 12）。

II. ハイライトでは、代表的な調査結果として、年平均気温と 3 月の平均気温、雪解け日と凍結終日、植生の機能型別の変化、ハイマツ年枝伸長量と夏の気温との関係、開花開始日と雪解け日及び地表面温度との関係、チョウ類の個体数の経年変化、調査時の照度で補正したベニヒカゲの個体数の経年変化、地表徘徊性甲虫の種数と個体数の経年変化、セイヨウオオマルハナバチの確認状況、マルハナバチ類の訪花植物の生育環境をとりまとめた（p. 13～p. 17）。

III. 高山帯の気象環境の動向では、年平均気温、月平均気温、暖かさの指数の変動を示した。推定冠雪日、推定雪解日と長期積雪日数の変動は、大雪山と大雪山以外の北アルプス（立山）と白山とで大きく異なった。凍結初日、凍結終日と凍結日数は、富士山森林限界付近と南アルプス（北岳）で変動が大きく、凍結日数の減少傾向がみられた。有効積算温度の上昇開始は風衝地プロットに比べて雪田プロットの方が遅く、年による変動はサイト間で異なった。インターバルカメラの画像から、梅雨があり台風が上陸する本州のサイトでは、悪天候で視界不良の日が多いことが示された（p. 18～p. 35）。

気象庁の観測データから、標高の高い地点は、標高の低い地点に比べて経年的な気温の上昇が緩やかで、季節別では春季と夏季に上昇傾向にあった。モニタリングサイト 1000 高山帯調査の調査サイトでは、年平均気温には上昇傾向がみられたが、季節変動はサイトにより異なっていた（p. 36～p. 46）。

IV. 高山帯の生物（生態系）の植物の応答として、植生、ハイマツ年枝伸長量、開花フェノロジーについてとりまとめた。

植生調査の結果、レッドリスト掲載種に増減傾向はなく、外来植物は確認されなかった。雪田プロットでは増加傾向の種が多く、落葉性低木、常緑性低木と禾本類に加えて、広葉草本も増加していることが特徴的であった。風衝地プロットでも落葉性低木、常緑性低木、禾本類が増加したプロットが多かったが、北アルプス（立山）では広葉草本が減少した。増減した種を分布植生帯からみると、減少した種のほとんどが風衝地プロットで確認された高山帯に分布が限られる広葉草本で、増加した種には高山帯に分布が限られる種と分布植生帯が広い種が含まれた。大雪山、南アルプス（北岳）、富士山ではニホンジカ等による食害や食痕が確認された（p. 47～p. 65）。

ハイマツ年枝伸長量は、過去数十年の間に全てのサイトで増加傾向にあった。各サイトに最

も近い気象観測所の気温データを用い、月別または季節別の平均気温または最高気温との関係を解析した結果、ハイマツ年枝伸長量は前年夏の気温が高いほど増加することが示された (p. 66～p. 83)。

開花フェノロジー調査の結果、雪田プロットの方が風衝地プロットに比べて開花が遅く、雪解け時期に応じて変動した。雪田プロットと風衝地プロットともに、開花の早期化は認められなかった。開花フェノロジーの年による変動は、同じ種であっても北海道のサイトと本州のサイト、風衝地プロットと雪田プロットでは大きく異なった。4種の植物について、地表面温度が上昇すると、生育起点日から開花開始日までの日数が短くなり、日数の短縮は雪田よりも風衝地で大きいことを示す予測式が得られた (p. 84～p. 110)。

高山帯の生物（生態系）の昆虫の応答として、チョウ類、地表徘徊性甲虫、マルハナバチ類についてとりまとめた。

チョウ類は4サイト合わせて60種が確認され、そのうち10種が高山蝶であった。高山蝶の減少または低標高種の増加傾向は認められなかった。プロットごとに、高山チョウ、亜高山帯・高原のチョウ、低標高種、山頂占有・移動性種の4つのグループ別の種数と個体数を取りまとめた。調査時の照度の影響を補正したベニヒカゲの個体数は、比較的安定しているプロットと減少傾向にあるプロットがあった (p. 111～p. 128)。

地表徘徊性甲虫は、白山サイトの4プロット合わせて33種が確認され、そのうちの12種が高山性種であった。高山性種の種数と個体数は減少傾向にあり、新たに確認された種には低標高地に生息する種が含まれた。環境別では、雪田植生群落の標高の低い方のプロットと風衝荒原群落のプロットで高山性種が減少した (p. 129～p. 138)。

マルハナバチ類は、大雪山で6種、北アルプス（蝶ヶ岳～常念岳）で5種が確認され、大雪山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。マルハナバチ類の訪花植物を生育環境別にみたところ、訪花頻度が高かったのは高茎広葉草原（雪潤草原）に生育する種であった (p. 139～p. 149)。

V. 総括では、生物多様性の4つの危機と高山帯の関係についてとりまとめ、第5期に向けた課題と方針の整理を行った。

生物多様性の第3の危機については、セイヨウオオマルハナバチの侵入をとりあげた。第4の危機については、気温の上昇と雪解け日や凍結終日の早期化、動植物の分布の変化、ニホンジカ等の野生鳥獣の生息域の拡大、動植物の生物季節の変動と種間の相互作用への影響についてとりまとめた (p. 150～p. 154)。

第5期に向けた課題と方針では、調査地の配置、調査手法、調査体制、情報の管理や発信、保全施策への活用、国際的枠組みとの連携について、これまでの成果と今後の課題を取りまとめた (p. 155～p. 161)。

Summary

The Monitoring Site 1000 alpine zone survey was started in FY2008, when a survey of the physical environment, vegetation, and insects in the survey areas—Mt. Daisetsu, the Northern Japanese Alps (Tateyama, from Mt. Chogatake to Mt. Jonendake), Mt. Hakusan, the Southern Japanese Alps (Mt. Kitadake) and Mt. Fuji—was carried out. This report summarizes the findings obtained between FY2008 and FY2022.

I. This report describes the aims and background of the alpine zone survey, the outline of the Monitoring Site 1000, a description of Japan's alpine zone and the execution and system for carrying out the Monitoring Site 1000 alpine zone survey.

II. Among the report's highlights, representative findings are changes in yearly average temperatures and average temperatures in March, last snowmelt and freeze days, changes in functional types of vegetation, the relationship between dwarf Siberian pine (*Pinus pumila*) annual shoot elongation and summer temperatures, the relationship between first flowering, snowmelt day and ground surface temperatures, annual trends in the number of butterflies, annual trends in the number of *Erebia neriene*, excluding the effect of light intensity at the time of the survey, annual trends in number and varieties of ground beetles, observation of bumblebees, and the habitat of flowers visited by bumblebees.

III. Regarding climate environment trends in the alpine zone, there were changes in average yearly temperature, average monthly temperature and the warmth index. Changes in the estimated date of snowcap, estimated date of snowmelt and length of long-term snow cover varied greatly between Mt. Daisetsu and the Northern Japanese Alps (Tateyama) and Mt. Hakusan. There were major changes in first and last freeze days and number of freeze days for Mt. Fuji near the treeline and the Southern Japanese Alps (Mt. Kitadake), with the number of freeze days on a downward trend. The rise in effective cumulative temperature started later in snowbed plots than in fellfield plots, and changes differed between sites depending on the year. Visibility of images from interval cameras at sites in Honshu, which experiences a rainy season and typhoons, was often poor due to bad weather.

According to Japan Meteorological Agency observational data, annual trends in temperature rise were less pronounced at high altitude points than at low altitude points; by season, temperatures tended to rise in spring and summer. At Monitoring Site 1000 alpine zone survey sites, annual average temperatures trended upward, but seasonal changes varied depending on the site.

IV. Plant response in the ecosystem of alpine zone organisms concerning vegetation,

dwarf Siberian pine annual shoot elongation and flowering phenology is summarized here.

Results of the vegetation survey showed no changes in species on the Red List, and no alien plants were observed. On snowbed plots, many species increased, such as deciduous shrubs, evergreen shrubs and grasses and also forbs. Many fellfield plots had more deciduous shrubs, evergreen shrubs and grasses, but forbs decreased in the Northern Japanese Alps (Tateyama). Increased and decreased species in terms of distribution vegetation zones, most species that declined were forbs present in the alpine zone in fellfield plots, whereas species that had increased were those found only in the alpine zone and species in wide vegetation distribution zones. Feeding damage and feeding signs due to sika deer (*Cervus nippon*) were observed on Mt. Daisetsu, the Southern Japanese Alps (Mt. Kitadake) and Mt. Fuji.

Over several decades, dwarf Siberian pine annual shoot elongation had been increasing at all sites. Using weather data from weather monitoring stations closest to each site, the relationship between average temperature or maximum temperature of monthly or seasonal was analyzed. This showed that the higher the temperature the previous summer, the more shoot elongation took place.

The flowering phenology survey showed that flowering took place later in snowbed plots than in fellfield plots and varied depending on when snowmelt occurred. In both snowbed and fellfield plots, flowering did not take place earlier. Annual variations in flowering phenology vary markedly, even for the same species, depending on whether the site is in Hokkaido or Honshu, or whether the plot is a fellfield or a snowbed. For four species of plants, when ground surface temperature rises, the period between growth starting date and start of flowering is shorter, and a prediction formula showed that shortening of days is greater in fellfields than snowbeds.

Insect response in the ecosystem of alpine zone organisms is summarized for butterflies, ground beetles and bumblebees.

A total of 60 species of butterflies were observed over four sites, of which 10 species were Alpine butterflies. There was no decrease in Alpine butterfly species or increase in low-altitude species. Number of species and populations were placed into four groups by plot: alpine butterflies; subalpine region/highland butterflies; low-altitude butterflies; and summit-dwelling/migratory butterflies. Excluding the effect of light intensity at the time of the survey, the number of *Erebia neriene* populations was relatively stable in some plots but was declining in others.

A total of 33 species of ground beetles were observed in four plots on the Mt. Hakusan site, of which 12 were alpine species. Both the number of species and populations of alpine species is declining, and newly observed species included species living in low-altitude areas. By environment, alpine species had declined in lower altitude snowbed vegetation plots and fellfield vegetation plots.

Six species of bumblebees were observed on Mt. Daisetsu and five in the Northern Japanese Alps (from Mt. Chogatake to Mt. Jonendake). On Mt. Daisetsu, the large earth bumblebee (*Bombus terrestris*), which has classified as an invasive alien species in Japan by the Ministry of the Environment, was observed. Flowering plants visited by bumblebees by habitat, the species with the highest frequency of flower visits were those growing in tall forb vegetation (snow-meadow vegetation).

V. The Summary covered the relationship between the four dangers to biodiversity and the alpine zone, and observations were made concerning the issues and policies in preparation for the fifth survey period.

Penetration of the large earth bumblebee is a matter of concern regarding the third danger to biodiversity. As for the fourth danger, the following are noted: rising temperatures and earlier snowmelt and last freeze day; changes in animal and plant distribution; expanding habitat of sika deer and other wildlife; and changing animal and plant phenology and its impact on the effects of species interaction.

With regard to issues and policies in preparation for the fifth survey period, the Summary covered actions taken up until now and their outcomes as well as issues going forward, survey site locations, survey methodologies, survey structures, information management and dissemination, utilization of survey findings in conservation programs and coordination with international frameworks.

目 次

I . 高山帯調査の目的と背景	1
1. モニタリングサイト 1000 の概要	1
2. 日本の高山帯の概要	3
(1)高山帯の特徴	
(2)高山帯の現状とモニタリングの役割	
3. 調査内容	6
(1)調査サイト	
(2)調査項目	
(3)実施体制	
(4)調査プロットとこれまでの実施状況	
II . ハイライト	13
1. 気温／地温・地表面温度	13
2. 植生	14
3. ハイマツ年枝伸長量	14
4. 開花フェノロジー	15
5. チョウ類	16
6. 地表徘徊性甲虫	16
7. マルハナバチ類	17
III . 高山帯の気象環境の動向	18
1. 気温／地温・地表面温度	18
(1)調査内容	
(2)調査結果	
(3)まとめ	
2. 標高と季節による気温変動の差異	36
(1)はじめに	
(2)気象観測地点の緯度と年平均気温の平年値の関係	
(3)気象庁による平均気温偏差の変動	
(4)中部山岳地域における標高による気温変動の差異	
(5)モニタリングサイト 1000 高山帯調査の各地点での気温の変動傾向	
(6)まとめ	
IV . 高山帯の生物(生態系)応答	47
1. 植物の応答	47
1-1. 植生	47
(1)調査内容	

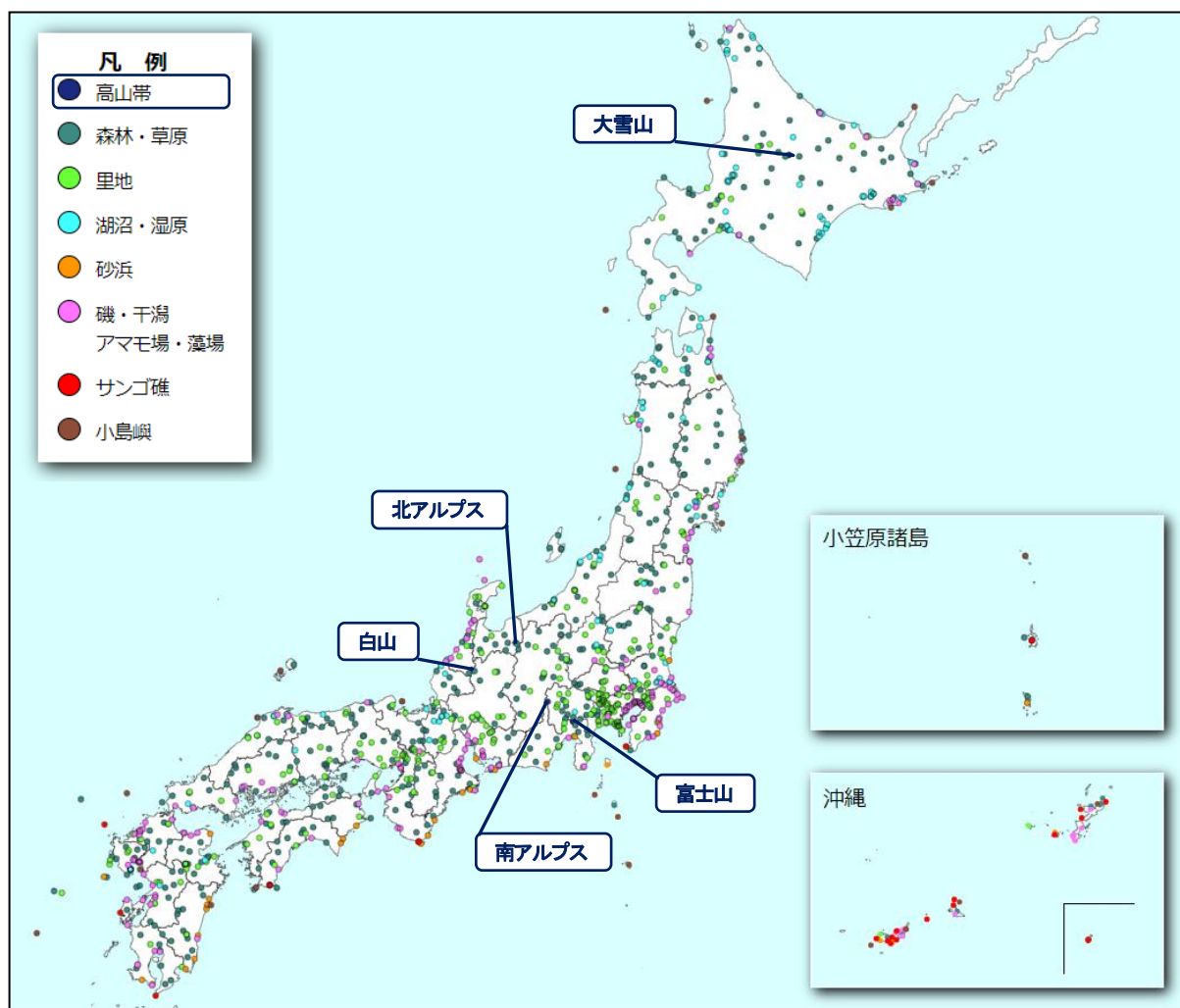
(2) 調査結果	
(3) まとめ	
1-2. ハイマツ年枝伸長量	66
(1) 調査内容	
(2) 調査結果	
(3) まとめ	
1-3. 開花フェノロジー	84
(1) 調査内容	
(2) 調査結果	
(3) まとめ	
2. 昆虫の応答	111
2-1. チョウ類	111
(1) 調査内容	
(2) 調査結果	
(3) まとめ	
2-2. 地表徘徊性甲虫	129
(1) 調査内容	
(2) 調査結果	
(3) まとめ	
2-3. マルハナバチ類	139
(1) 調査内容	
(2) 調査結果	
(3) まとめ	
V. 総括	150
1. 生物多様性の4つの危機に関連したとりまとめ	150
(1) 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)	
2. 第5期に向けた課題と方針	155
(1) サイトやプロットの配置	
(2) 調査手法	
(3) 持続可能な調査体制	
(4) 情報の共有・管理及び発信	
(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	162
巻末資料	169

I. 高山帯調査の目的と背景

1. モニタリングサイト 1000 の概要

「モニタリングサイト 1000（重要生態系監視地域モニタリング推進事業）」は、生物多様性国家戦略に基づき平成 15（2003）年度から開始され、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、種組成の変化などを検出し、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。モニタリングの対象となる生態系は、高山帯、森林・草原、里地、湖沼・湿原、砂浜、沿岸域（磯、干潟、シギ・チドリ、アマモ場、藻場）、サンゴ礁、小島嶼で、全国に約 1,000 か所以上の調査サイトが設置されている（図 I-1-1）。

平成 22（2010）年に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）では、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。我が国では、平成 24（2012）年に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。生物多様性国家戦略 2012-2020 では、我が国の生物多様性の危機の構造は、第 1 の危機（開発など人間活動



出典：地球地図日本を加工して作成

図 I-1-1 全国のモニタリングサイト位置図 高山帯にはサイト名を記載した（生物多様性センターモニタリングサイト 1000(<https://www.biodic.go.jp/moni1000/index.html>)より作成)

による危機)、第2の危機(自然に対する働きかけの縮小による危機)、第3の危機(人間により持ち込まれたものによる危機)、第4の危機(地球環境の変化による危機)の4つに整理されている。またその基本戦略の一つに「科学的基盤を強化し、政策に結びつける」ことが掲げられ、その中の「基礎的データの整備」では、モニタリングサイト1000の実施により、国土の自然環境の継続的な状況把握を引き続き進めることなどが位置付けられている。

モニタリングサイト1000高山帯調査は、我が国の高山生態系の動向を把握するため、他の生態系の第2期にあたる2008年から開始された。初年度の2008年度は、調査サイト、調査対象、調査方法などに関する検討を行った。2009年度には、白山サイトと南アルプス(北岳)サイトで試行調査を行い、調査方法に関する検討や調査マニュアルの作成などを行った。2010年度からは、全てのサイトで調査を開始し、2012年度に第2期が、2017年に第3期が終了し、それぞれとりまとめを行ってきた。今回、2022年に第4期が終了し、とりまとめを行った。

2. 日本の高山帯の概要

(1) 高山帯の特徴

高山帯の定義には諸説あり、欧米では一般的に低木限界以上とされるが、日本では高木からなる森林限界以上とされるため、ハイマツ帯とよばれるハイマツが優占する低木林が含まれる場合が多い。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、土壌は栄養分が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るものが含まれる。

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

高山帯で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、地形による環境の違いから、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、強風で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、冬の間は土壌温度が 0℃ 以下となり、寒冷地では地表の周期的な凍結融解作用で、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。雪の断熱効果で土壌温度は 0℃ 付近に保たれるが、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。高山帯でみられる植生は、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、表 I-2-1 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。特定の植物群集でみられることで、他の植物群集との識別に利用される。

表 I-2-1 植生からみた日本の高山帯の特徴

(環境省自然環境局生物多様性センター、植生調査概要、統一凡例(<http://gis.biodic.go.jp/webgis/sc-016.html>)、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。
風衝矮性低木群落(高山ハイデ)
風衝地に分布する矮性低木群落。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。矮性低木群落では、ツツジ科の常緑低木のコメバツガザクラやミネズオウなどがみられる。
雪田草原
雪田に分布する矮性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、常緑小低木のアオソ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められる。風衝が強く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、亜高山帯植生に含められる場合もある。

(2) 高山帯の現状とモニタリングの役割

生物多様性国家戦略 2023-2030(環境省、2023)によると、今後、高山性のライチョウの生息適域の減少及び消失、ニホンジカ等の多雪地域・高標高域への分布拡大等、高山生態系において更に負の影響が拡大することが予測されており、高山帯・亜高山帯など、環境の変化に対して脆弱な地域を中心に、我が国の生物多様性に深刻な負の影響が生じることは避けられないと考えられている。高山生態系は厳しい環境条件のため、小規模な人間活動に対しても極めて脆弱である。さらに、高山帯・亜高山帯などでは地球温暖化の進行による高山植物群落等への影響が懸念されている(環境省、2023)。

気候変動適応法に基づき 2021 年に変更された「気候変動適応計画(環境省、2021)」では、高山帯・亜高山帯の現在の状況と将来予測される影響は以下とされている。

《現在の状況》

- 気温上昇や融雪時期の早期化等の環境変化に伴い、高山帯・亜高山帯の植生分布、群落タイプ、種構成の変化が報告されている。大規模な植生変化としては、森林帯の標高変化、高山帯におけるハイマツやチシマザサ等の分布拡大、高山帯へのイノシシやニホンジカの侵入、高山湿生植物群落の衰退が報告されている。
- 高山植物群落の開花期の早期化と開花期間の短縮により、花粉媒介昆虫の活動時期と開花時期のずれ(生物季節の変化による相互関係の崩壊)が観測されている。

《将来予測される影響》

- 高山帯・亜高山帯の植物種・植生、及び動物(ライチョウ)について、分布適域の変化や縮小が予測されている。例えば、ハイマツ、コメツガ、及びシラビソは 21 世紀末に分布適域の面

積が現在に比べて減少することが予測されている。

○地域により、融雪時期の早期化による高山植物の地域個体群の消滅が予測されている。

○生育期の気温上昇により高山植物の成長が促進され、植物種間の競合状態が高まることによる種多様性の減少、低木類やチシマザサの分布拡大などの植生変化が進行すると予測されている。

○生育期の気温上昇と融雪時期の早期化により、高山植物群落の開花時期の早期化と開花期間の短縮化が促進され、花を利用する花粉媒介昆虫の発生時期とのミスマッチ（フェノロジカルミスマッチ）のリスクが高まると予測されている。

以上のように、高山帯における長期的なモニタリングは、地球温暖化や気候変動の様々な影響を把握するために重要で、生物多様性の保全や気候変動への対策に資することが求められている。

3. 調査内容

(1) 調査サイト

モニタリングサイト 1000 高山帯調査では、高山生態系の変化を効果的かつ継続的に捉えるため、全国的な地域性や地域環境のバランスに配慮した上で、表 I-3-1 に示した選定基準に基づき、図 I-1-1 に示した 5 か所に調査サイトを設定している。それぞれのサイトの概要を表 I-3-2 に示した。

表 I-3-1 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。

表 I-3-2 モニタリングサイト 1000 高山帯調査の調査サイトの概要

サイト名	サイトの概要
大雪山	・北海道のほぼ中央部の多雪地域にある典型的な高山帯で、火山活動の影響がある。 ・北海道の最高峰である旭岳(2,291m)など、標高 2,000m以上の 20 数座を含む。高山帯となるのは標高 1,600m付近から。 ・大雪山国立公園と特別天然記念物に指定されている。
北アルプス (飛騨山脈)	・中部地方(新潟県、富山県、長野県、岐阜県)の多雪地域にある典型的な高山帯で、火山活動の影響が一部ある。 ・北は白馬岳(2,932m)、剣岳(2,999m)、立山(3,015m)、南は槍ヶ岳(3,180m)、穂高岳(3,190m)、乗鞍岳(3,026m)などが連なる。高山帯となるのは標高 2,400m付近から。 ・中部山岳国立公園に指定されている。
白山	・中部地方(石川県、岐阜県、福井県、富山県)の多雪地域にある典型的な高山帯で、火山活動の影響がある。 ・最高峰は御前峰(2,702m)で、大汝峰(2,684m)、剣ヶ峰(2,677m)が連なる。高山帯となるのは 2,450m付近から。 ・白山国立公園に指定されている。
南アルプス (赤石山脈)	・中部地方(山梨県、長野県、静岡県)の寡雪地域にある典型的な高山帯。 ・北は甲斐駒ヶ岳(2,967m)、仙丈ヶ岳(3,033m)、鳳凰山(2,840m)、北岳(3,193m)、間ノ岳(3,190m)、南は塩見岳(3,047m)、荒川岳(3,141m)、赤石岳(3,121m)、聖岳(3,013m)、光岳(2,592m)などが連なる。高山帯となるのは標高 2,600m 付近から。 ・南アルプス国立公園に指定されている。 ・北岳に生育するキタダケソウは、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ている。
富士山	・中部地方(山梨県、静岡県)にある独立峰で、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。 ・山頂の剣ヶ峰は標高 3,776m。高山帯となるのは標高 2,400～2,500m 付近から。 ・富士箱根伊豆国立公園、特別名勝及び史跡に指定されており、世界文化遺産に登録されている。

(2)調査項目

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、調査方法や作業量、実施に必要な体制などを検討した上で、表 I-3-3 に示した調査項目を設定し、集計・解析を行っている。なお、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」 (<https://www.biodic.go.jp/moni1000/manual/>) を参照されたい。

表 I-3-3 モニタリングサイト 1000 高山帯調査の調査項目と解析内容

調査項目	解析内容
気温	・月平均気温や年平均気温を算出し、気温の変化を把握する。 ・植生の分布と気温との関係を示す「暖かさの指数(℃・月)」を算出し、高山植生の衰退の可能性を把握する。 ・気象庁の観測結果と合わせ、標高の違いに着目した年平均気温、季節平均気温、季節平均暖度、季節平均寒度の変動を把握する。
地温・地表面温度	・風衝地のプロットでは土壌の凍結期間、雪田のプロットでは積雪の長期継続期間を推定し、温暖化や気候変動の影響を把握する。 ・有効積算温度を算出し、動植物の生育や開花などの生物季節の変化の要因を把握する。
植生	・調査プロットごとに、出現種の特徴、レッドリスト掲載種、外来植物、高山蝶の食草と訪花植物、マルハナバチ類の訪花植物の生育状況を把握する。 ・種数、植被率、機能型別の増減から、植生変化を把握する。 ・増減傾向にある種の垂直分布域(植生帯)や生育環境から、植生変化を把握する。 ・ニホンジカの嗜好植物と、ニホンジカ等の食痕や糞粒に関する情報を整理し、動物の生息域の拡大が植生に及ぼす影響を把握する。
ハイマツ年枝伸長量	・ハイマツ年枝伸長量の変動と、月別の平均気温や最高気温との関係を、最寄りの観測所の気象データを用いて把握する。
開花フェノロジー	・調査プロット、植物の種類、年ごとの開花開始日の違いから、高山植物の開花時期の変化を把握する。 ・推定雪解日、土壌の凍結終日、有効積算温度、地表面温度との関係から、気候変動が開花フェノロジーに及ぼす影響を検討する。 ・インターバルカメラの画像から、気象環境の参考情報として視界不良の日と、ニホンジカ等の動物の食害に関する情報をとりまとめる。
チョウ類	・出現種の生態的特徴(分布、生育環境、食草)と希少性(レッドリスト掲載種、天然記念物)から、調査サイト・プロットの特徴をとりまとめる。 ・調査プロットごとの高山蝶と低標高種の年による変動を把握する。 ・群集構造からみた調査サイト・プロットごとの特徴と変動から、気候変動の影響を推定する。 ・天候の影響を除いた特定の種(ベニヒカゲ)の個体数変動を評価する。
地表徘徊性甲虫	・高山性種、モニタリングサイト 1000 森林・草原調査で確認された種、レッドリスト掲載種の生息状況を把握する。 ・雪田植生群落、ハイマツ林、風衝地の出現種について、高山性種に着目し、融雪時期の早期化、植生の変化、温暖化による土壌生態系の変化を推定する。
マルハナバチ類	・出現種の個体数の変化から、温暖化や気候変動の影響を把握する。レッドリスト掲載種の生息状況を把握する。 ・特定外来生物のセイヨウオオマルハナバチの侵入状況を把握する。 ・マルハナバチ類の訪花植物から、餌資源となる植物と生育環境、花粉媒介者としてのマルハナバチ類の重要性を把握する。

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やすいするために、調査サイト、調査プロット、調査項目に表 I-3-4～6 の ID を設定している。

表 I-3-4 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 I-3-5 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一覧表(表 I-3-8～13)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
赤岳銀泉台下	K

表 I-3-6 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
ハイマツ年枝伸長量	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

(3)実施体制

モニタリングサイト 1000 高山帯調査では、それぞれのサイトで調査実績のある研究機関及び民間団体に調査を依頼し、実施している（表 I-3-7）。

表 I-3-7 モニタリングサイト 1000 高山帯調査のこれまでの実施体制

2008 年からのもので、現在は存在しない団体や調査者個人の所属先を含む。

1.大雪山サイト	
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	
d ハイマツ年枝伸長量	
ef 開花フェノロジー	北海道大学地球環境科学研究所、アース・ウィンド
gh チョウ類	北海道昆虫同好会、自然環境研究センター、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、ボランティア調査員
2. 北アルプス(立山)サイト	
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 ハイマツ年枝伸長量	富山大学極東地域研究センター
e 開花フェノロジー	
3. 北アルプス(蝶ヶ岳～常念岳)サイト	
a 気温	信州大学理学部、信州大学山岳科学総合研究所
gh チョウ類	ミヤマシジミ研究会、松本むしの会、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、野生鳥獣対策連携センター、信州大学大学院、京都大学生態学研究センター、京都大学霊長類研究所
4. 白山サイト	
a 気温／b 地温・地表面温度	石川県白山自然保護センター、石川県生活環境部自然環境課、石川県立自然史資料館、石川むしの会、自然公園指導員
c 植生	
d ハイマツ年枝伸長量	
e 開花フェノロジー	
gh チョウ類	石川県白山自然保護センター、石川むしの会
i 地表徘徊性甲虫	
5. 南アルプス(北岳)サイト	
a 気温／b 地温・地表面温度	芦安ファンクラブ、自然環境研究センター、国立環境研究所
c 植生	山梨県植物研究会、自然環境研究センター、芦安ファンクラブ
d ハイマツ年枝伸長量	芦安ファンクラブ、自然環境研究センター、国立環境研究所
e 開花フェノロジー	
gh チョウ類	ミヤマシジミ研究会、松本むしの会、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
6. 富士山サイト	
a 気温／b 地温・地表面温度	静岡大学理学部、静岡自然環境研究会、高山極域環境研究会
c 植生	
e 開花フェノロジー	

(4)調査プロットとこれまでの実施状況

各サイトに設定された調査プロットの標高と調査項目を表 I-3-8～13 に、これまでの調査の実施状況を表 I-3-14 に示した。本報告書では希少種保護などの目的により、調査プロットの詳細な位置は示していない。また一部の調査プロットは、具体的な場所が分からないような名称になっている。調査結果についても、調査サイトや調査項目によって、集計結果のみを示している。

表 I-3-8 大雪山サイトの調査プロット

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)	1,490～1,970	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)	1,520～1,980	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)	1,490～1,970	j マルハナバチ類
I 黒岳石室	1,867～1,900	d ハイマツ年枝伸長量
J 赤岳コマクサ平	1,836～1,848	d ハイマツ年枝伸長量
K チョウ類調査用トランセクト(銀泉台下)(2017 年～)	1,380～1,490	g チョウ類(ライントランセクト)

表 I-3-9 北アルプス(立山)サイトの調査プロット

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	a 気温(2015 年～)、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 ハイマツ年枝伸長量
E 別山	2,869～2,895	d ハイマツ年枝伸長量

表 I-3-10 北アルプス(蝶ヶ岳～常念岳)サイトの調査プロット

プロット名	標高(m)	調査項目
A 常念小屋(～2018 年)	2,447	a 気温
B チョウ類調査用トランセクト	2,480～2,670	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	2,480～2,670	j マルハナバチ類
F 蝶ヶ岳ヒュッテ(2018 年～)	2,654	a 気温

表 I-3-11 白山サイトの調査プロット

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(2010年~))
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 ハイマツ年枝伸長量、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)

表 I-3-12 南アルプス(北岳)サイトの調査プロット

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)(~2015年)	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 ハイマツ年枝伸長量
E 登山道中部	2,860	d ハイマツ年枝伸長量
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(北岳山荘付近)	2,880~3,090	g チョウ類(ライトランセクト)
J 永久方形区(プロットC)(2015年~)	2,990	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)
K 白根御池分岐点(2015年~)	2,751	h チョウ類(定点)
L チョウ類調査用トランセクト(右俣ルート)(2015年~)	2,150~2,845	g チョウ類(ライトランセクト)

表 I-3-13 富士山サイトの調査プロット

プロット名	標高(m)	調査項目
A 永久方形区(山頂付近A)	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C)	3,730	b 地温・地表面温度、c 植生
D 永久方形区(山頂付近D)	3,730	b 地温・地表面温度、c 植生
D 永久方形区(山頂付近E)(~2012年)	3,730	b 地温・地表面温度、c 植生

表 I-3-14 モニタリングサイト 1000 高山帯調査のこれまでの実施状況

		調査 間隔	大雪山	北アルプス（立山） （蝶ヶ岳↗常念岳）	白山 （蝶ヶ岳↗常念岳）	南アルプス（北岳）	富士山	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	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	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	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						
第2期			2008年度				2009年度				2010年度				2011年度				2012年度														
共通調査項目			調査サイト、調査対象、調査方法などに関する検討																														
気温	毎年	—					—	—	○	○	—	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○			
地温・地表面温度	毎年	—					—	—	○	○	—	○	○	—	○	○	○	○	○	—	○	○	○	○	○	○	○	○	—	○	○		
植生*	3-5年	—					—	—	B,C,D	B	—	C,D	—	—	D	C	A,B	A,B	B	—	C,D	—	B,C,D	—	—	—	I,J	—	A	—	B	—	E
ハイマツ年枝伸長量*	5年	—					—	—	B,H	D,E	—	—	D,E	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
開花フェノロジー																																	
（インターバルカメラ）	毎年	—					—	—	○	○	—	○	○	—	○	○	○	○	○	—	○	○	○	○	○	○	○	○	—	○	○	○	
（目視）	毎年	—					—	—	—	—	—	○	—	—	—	—	—	○	—	—	—	—	—	○	—	—	—	—	○	—	—	—	—
チョウ類																																	
（ライントランセクト）	毎年	—	—	—	○	○	—	○	—	○	○	○	—	○	—	○	○	○	—	○	—	○	○	○	—	○	—	○	○	—			
（お花畑定点）	毎年	—	—	—	○	○	—	○	—	○	○	○	—	○	—	○	○	○	—	○	—	○	○	○	—	○	—	○	○	—			
選択調査項目																																	
地表徘徊性甲虫*	毎年	—	—	—	○	—	—	—	—	—	○	—	—	—	—	—	○	—	—	—	—	—	—	—	—	—	○	—	—				
マルハナバチ類	毎年	—	—	—	—	—	—	○	—	○	—	—	—	○	—	○	—	—	○	—	○	—	—	○	—	○	—	—	—				
第3期			2013年度				2014年度				2015年度				2016年度				2017年度														
共通調査項目																																	
気温	毎年	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○					
地温・地表面温度	毎年	○	○	—	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○					
植生*	3-5年	—	—	—	D	—	—	—	—	C	B	—	C,D	—	—	B	J	A,B	A,B	B	—	D	—	C,D	—	A	—	C	—	—			
ハイマツ年枝伸長量*	5年	—	—	—	D,E	—	—	—	—	B,H	—	—	D,E	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	I,J	—	—	—	—	—			
開花フェノロジー																																	
（インターバルカメラ）	毎年	○	○	—	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	—	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○				
（目視）	毎年	○	—	—	—	—	○	—	—	—	—	—	○	—	—	—	—	○	—	—	—	—	—	○	—	—	—	—	—				
チョウ類																																	
（ライントランセクト）	毎年	○	—	○	○	○	—	○	—	○	○	○	—	○	—	○	○	○	○	—	○	—	○	○	○	—	○	—	○	○	—		
（お花畑定点）	毎年	○	—	○	○	○	—	○	—	○	○	○	—	○	—	○	○	○	○	—	○	—	○	○	○	—	○	—	○	○	—		
選択調査項目																																	
地表徘徊性甲虫	毎年	—	—	—	○	—	—	—	—	—	○	—	—	—	—	○	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	○	—	—				
マルハナバチ類	毎年	○	—	○	—	—	—	○	—	○	—	—	○	—	○	—	—	○	—	○	—	—	—	○	—	○	—	—	—	—			
第4期			2018年度				2019年度				2020年度				2021年度				2022年度														
共通調査項目																																	
気温	毎年	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○					
地温・地表面温度	毎年	○	○	—	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	—	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○				
植生*	5年	—	—	—	—	—	—	—	—	—	B	—	C,D	—	—	B	—	B	A,B	B	—	D	—	—	—	A	—	C	J	A,C,D			
ハイマツ年枝伸長量*	5年	(I,J)	—	—	B	D,E	—	—	—	—	H	—	—	D,E	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	I,J	—	—	—	—	—			
開花フェノロジー																																	
（インターバルカメラ）	毎年	○	○	—	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	—	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○				
（目視）	毎年	○	—	—	—	—	○	—	—	—	—	—	○	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	○	—	—	—	—	—				
チョウ類																																	
（ライントランセクト）	毎年	○	—	○	○	○	—	○	—	○	○	○	—	○	—	○	○	○	○	—	○	—	○	○	○	—	○	—	○	○	—		
（お花畑定点）	毎年	○	—	○	○	○	—	○	—	○	○	○	—	○	—	○	○	○	○	—	○	—	○	○	○	—	○	—	○	○	—		
選択調査項目																																	
地表徘徊性甲虫	毎年	—	—	—	○	—	—	—	—	—	○	—	—	—	—	○	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	○	—	—				
マルハナバチ類	毎年	○	—	○	—	—	○	—	○	—	—	—	○	—	—	—	—	○	—	○	—	—	—	○	—	○	—	—	—	—			

*毎年調査を実施しない項目については、当年度に実施するプロットID(A~J)を入れた。

2017年の大雪山のハイマツ年枝伸長量調査については、枝枯れ、枝折れが多かったことと天候不良により、2018年に再調査を行った。

2020、2021年度は新型コロナウイルスの感染拡大の影響で、一部の調査が中止や延期となった。

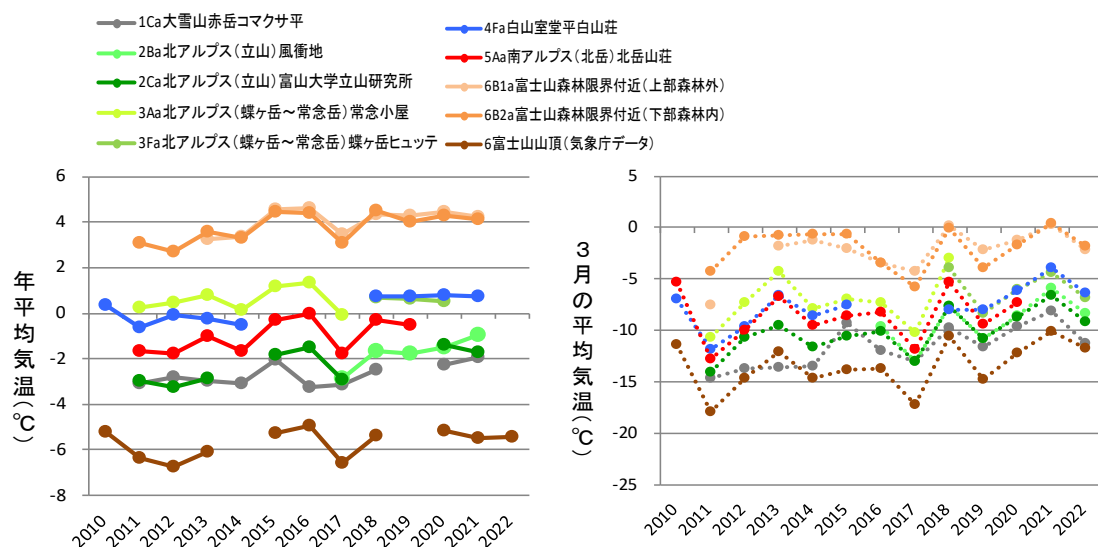
Ⅱ. ハイライト

- 高山帯の気象環境の動向について、年平均気温や雪田の雪解け日の年による変動にはサイト間で違いがみられた。雪解け日に早期化の傾向はなかったが、風衝地の凍結終日は一部のサイトで早期化の傾向があった。
- 植生調査の結果、落葉性低木、常緑性低木、禾本類は一部のプロットで増加傾向が認められたが、広葉草本は増加したプロットと減少したプロットがあった。
- ハイマツ年枝伸長量は、過去数十年の間に全てのサイトで増加傾向にあり、前年夏の気温と正の相関関係にあった。
- 開花フェノロジー調査の結果、雪田プロットの開花は雪解け時期に応じて変動していた。雪田プロットと風衝地プロットともに、地表面温度が上昇すると開花が早まる種があることが予測された。
- チョウ類では、高山蝶の減少または低標高種の増加傾向は認められなかった。
- 地表徘徊性甲虫について、高山性種の種数と個体数が減少傾向にあり、新たに確認された種には低標高地に生息する種が含まれていた。
- マルハナバチ類調査の結果、大雪山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。

これまでに得られた結果の中から、代表的な内容または典型的な例についてとりまとめた。

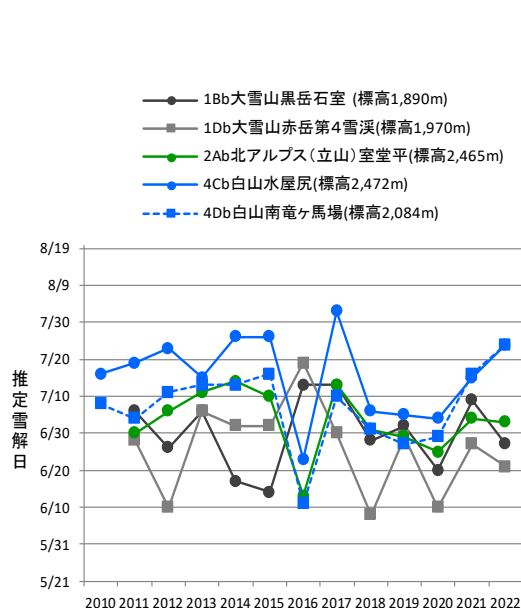
1. 気温／地温・地表面温度

高山帯の基本的な環境変化を把握するため、気温と地温・地表面温度を測定し、地温・地表面温度の変化から、雪田における長期積雪期間と風衝地における凍結期間を算出した。年平均気温はサイト間で同じような変動を示し、2010年、2015年、2016年、2018年は高いサイトが多かったが、大雪山では2016年は低かった。月別の平均気温は3月に変動が大きく、2010年、2013年、2018年、2021年は高いサイトが多かった（図Ⅱ-1-1）（p. 19～p. 21）。雪田の雪解け日に早期化の

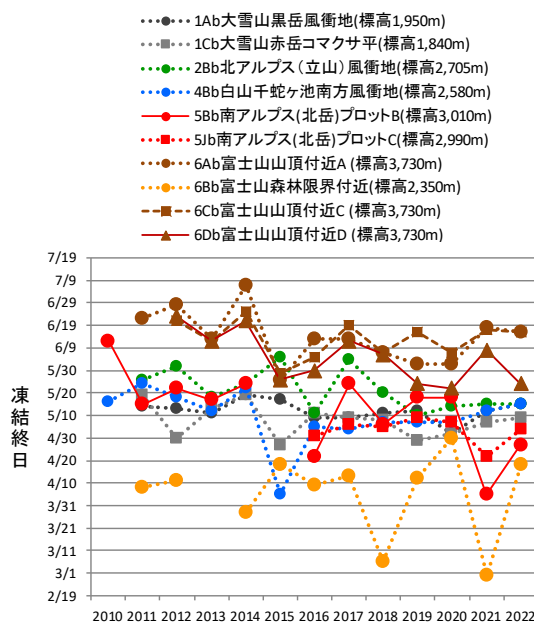


図Ⅱ-1-1 年平均気温(実線)と3月の平均気温(点線)の変化

傾向は無く、サイトにより年変動が異なり、2016 年は北海道では遅かったが本州では早かった（図Ⅱ-1-2）。風衝地の凍結終日は富士山森林限界付近で変動が大きく、富士山山頂付近Dと南アルプス（北岳）Bで早期化の傾向があった（図Ⅱ-1-3）（p. 22～p. 24）。



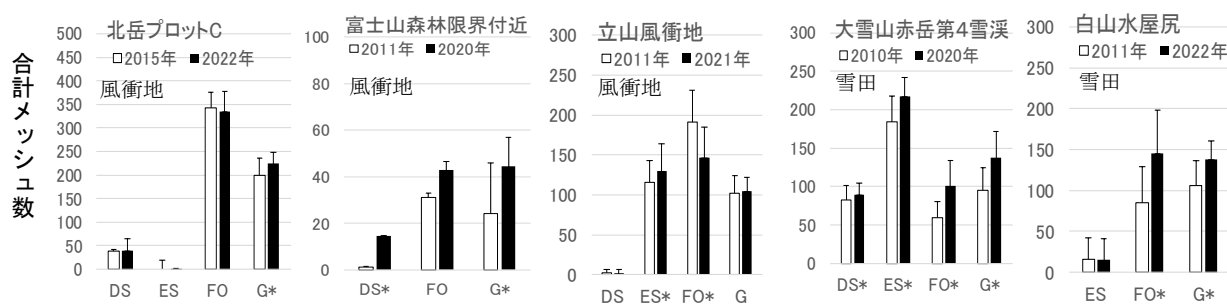
図Ⅱ-1-2 雪田プロットにおける推定雪解け日



図Ⅱ-1-3 風衝地プロットにおける凍結終日

2. 植生

雪田と風衝地の構成種や出現頻度の変化を定量化するため、1 m×10mの永久方形区を設置し、1 m×1 mのサブコドラートごとに出現種の出現メッシュ（10cm×10cm）数を記録した。出現種を落葉性低木、常緑性低木、広葉草本、禾本類（イネ科・カヤツリグサ科・イグサ科）の4つの機能型に分類してメッシュ数を合計し、調査初回と最新回で比較した。風衝地プロットの南アルプス（北岳）プロットCでは禾本類、富士山森林限界付近では落葉性低木と禾本類が増加した。北アルプス（立山）風衝地では常緑性低木が増加したが、広葉草本は減少した。雪田プロットの大雪山赤岳第4雪渓と白山水屋尻では、広葉草本も増加した（図Ⅱ-2-1）（p. 56, p. 58）。

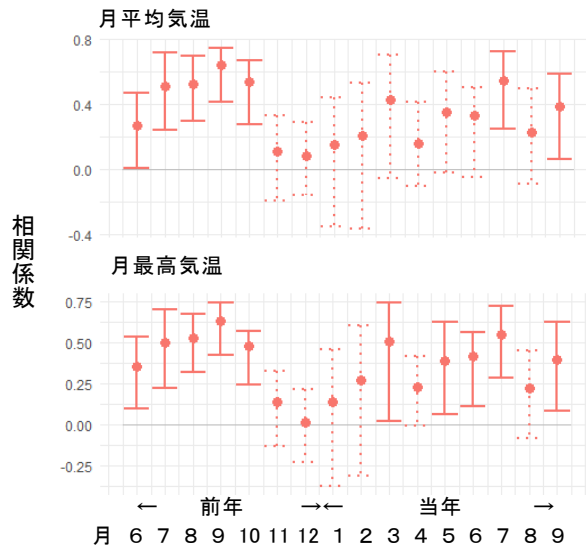
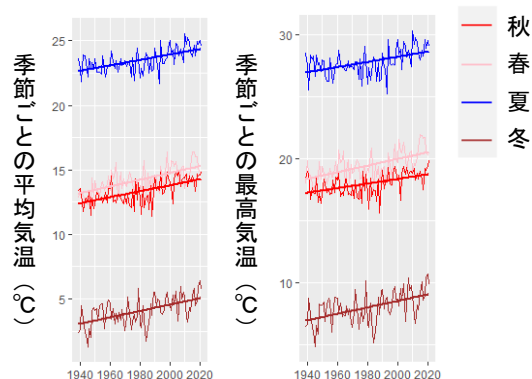
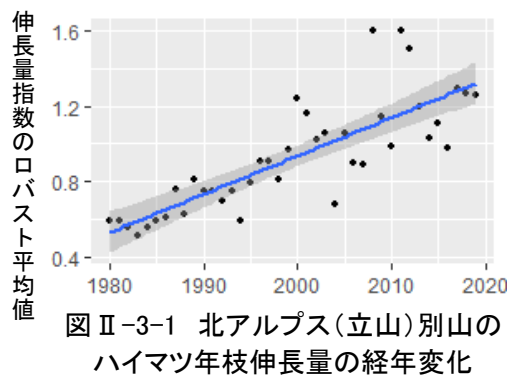


図Ⅱ-2-1 機能型別の合計メッシュ数の経年変化の例

DS: 落葉性低木、ES: 常緑性低木、FO: 広葉草本、G: 禾本類 *は有意に増減があった(t検定、P<0.05)

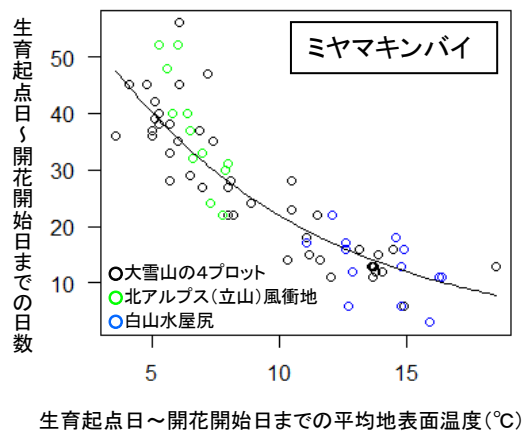
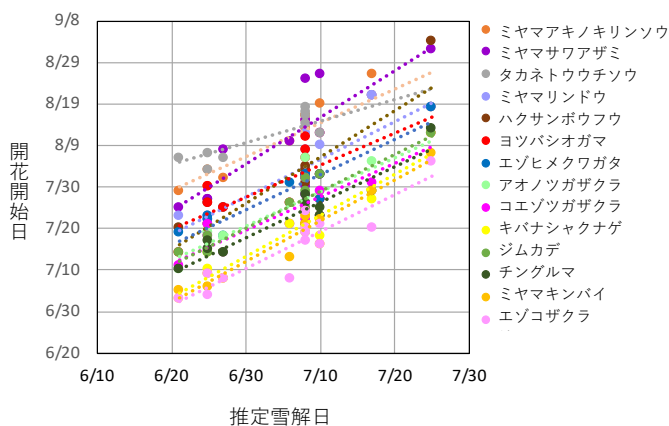
3. ハイマツ年枝伸長量

1プロットあたり 20～30 本のハイマツ個体について、長枝の年枝の長さ（年枝伸長量）を過去 20～40 年程度までさかのぼって計測し、各年次の年枝伸長量とした。ハイマツ年枝伸長量は多くのサイトで増加傾向にあり、近くの気象観測所で得られた月平均気温や月最高気温との相関関係を調べたところ、前年夏の気温などと正の相関関係があった（図Ⅱ-3-1～3）（p. 69～p. 78）。



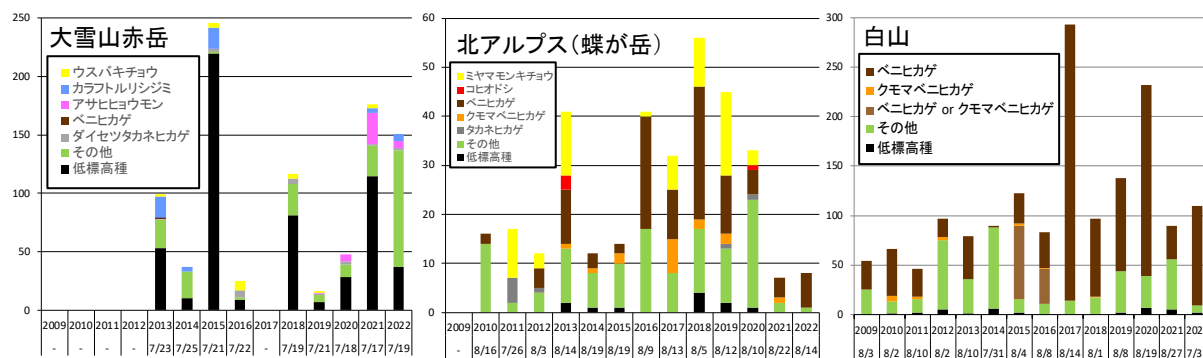
4. 開花フェノロジー

インターバルカメラで連続撮影した写真の判読、または目視により植物の開花時期を記録した。雪田プロットの出現種の開花開始日は雪解け日と連動したが(図 II-4-1)、風衝地プロットの出現種の開花開始日は凍結終日と連動しなかった。両環境ともに開花開始日の早期化はみられなかった(p. 93~p. 96)。ミヤマキンバイなど4種の植物で、生育起点日から開花開始日までの日数は、山域や環境が異なっても、地表面温度が高くなると短くなることが予測された(図 II-4-2)(p. 102~p. 108)。

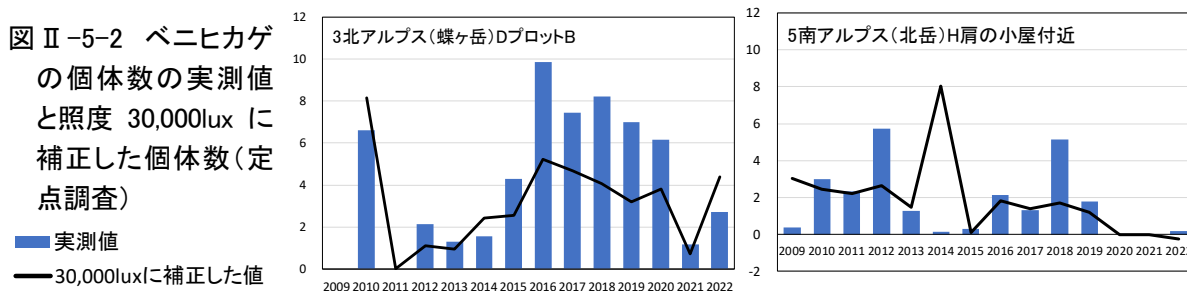


5. チョウ類

一定の範囲を歩き記録するライントランセクト調査および決められた場所で一定時間記録する定点調査により、出現種の個体数を記録した。北海道のサイトでは、本州のサイトよりも低標高地でもみられる種が多い（図Ⅱ-5-1）（p. 121～p. 123）。チョウ類の個体数は調査時の天候などに大きく左右されるため、ベニヒカゲの個体数を調査時の照度により補正したところ、北アルプス蝶ヶ岳では2015年以前より増加して安定、北岳ではやや減少傾向がみられた（図Ⅱ-5-1、2）（p. 126～p. 127）。

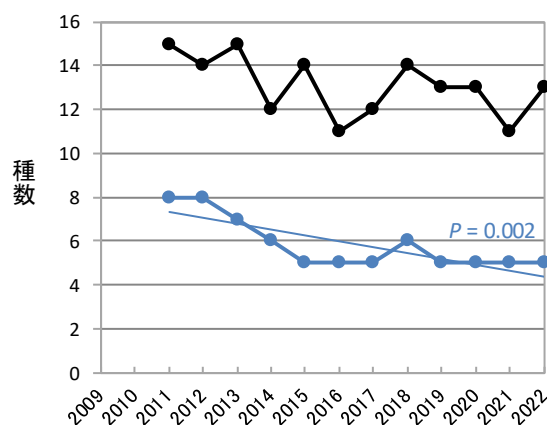


図Ⅱ-5-1 チョウ類の個体数の経年変化(ライントランセクト調査)

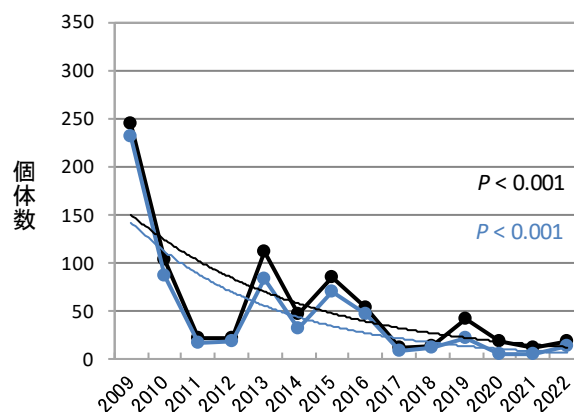


6. 地表徘徊性甲虫

白山の4地点で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。地表徘徊性甲虫では高山性種の種数が減少傾向にあり（図Ⅱ-6-1）（p. 129～p. 132）、特に雪田植生群落の標高の低い調査地で、高山性種や雪田植生に特徴的な種の個体数が減少した（図Ⅱ-6-2）（p. 133～p. 135）。また、クロナガオサムシなど、主に低標高地に生息する種が新たに確認された。



図Ⅱ-6-1 地表徘徊性甲虫の4地点を合計した種数の経年変化 回帰線は $P < 0.05$ の場合



図Ⅱ-6-2 南竜ヶ馬場(標高 2,080m)の地表徘徊性甲虫の個体数の経年変化

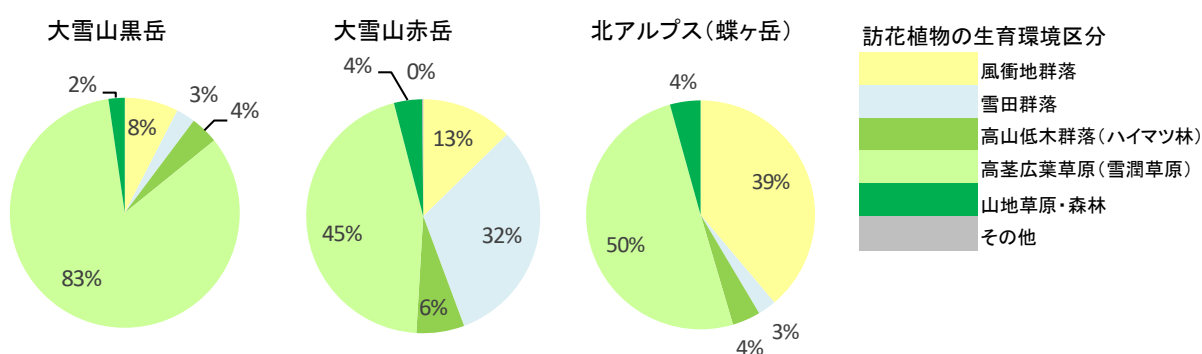
7. マルハナバチ類

一定の範囲を歩き記録するライントランセクト調査により、訪花植物の種ごとにマルハナバチ類の出現種の個体数を記録した。大雪山では特定外来生物のセイヨウオオマルハナバチが女王バチを含めて複数年確認されたが（表Ⅱ-7-1）、北アルプス（蝶ヶ岳）では確認されなかった（p. 142）。

大雪山と北アルプス（蝶ヶ岳）の3プロットともに、マルハナバチ類の訪花頻度が高いのは高茎広葉草原（雪潤湿原）に生育する植物であった。大雪山赤岳では雪田群落、北アルプス（蝶ヶ岳）では風衝地群落に生育する植物への訪花頻度も高かった（図Ⅱ-7-1）（p. 143～p. 145）。

表Ⅱ-7-1 大雪山のセイヨウオオマルハナバチの確認状況
●女王バチ、○働きバチ

確認年	赤岳	黒岳
2012	●	
2013	○	
2015	●	●
2019	○	○
2020		●
2022		●○



図Ⅱ-7-1 マルハナバチ類の訪花植物の生育環境別の訪花頻度

Ⅲ. 高山帯の気象環境の動向

1. 気温／地温・地表面温度

(1) 調査内容

1) 調査目的

高山帯の基本的な環境変化を把握するため、気温と地温・地表面温度を通年で測定し、地温・地表面温度の変化から、長期積雪期間と凍結期間を推定し、有効積算温度を把握する。

2) 調査地

気温は、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）、富士山サイトにおいて、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2～4プロットを設定した。なお、調査プロットの詳細はI. 3. (4)を参照のこと。

3) 調査方法

気温は、計測器（おんどとり Jr TR-52i 株式会社ティアンドデイ社製）等により、1時間おきに計測した。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、地表面と地下10cmで1時間おきに計測した（詳しい調査方法は、「モニタリングサイト1000 高山帯調査マニュアル」を参照のこと）。なお、データの回収は夏に行っているため、本報告書で使用したデータは2022年の夏までとした。

4) 集計・解析方法

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。参考情報として、気象庁が観測している富士山山頂の気温も集計・解析に用いた。

地温・地表面温度については、長期の積雪がみられる雪田プロットでは、地表面温度をもとに石田（2006）に従った方法により、長期積雪（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（長期積雪の取得方法は、毎年発行されているモニタリングサイト1000 高山帯調査報告書を参照）。積雪が定着しない風衝地プロットでは、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。さらに地表面温度から、植物の生長と最も関係が深いとされる有効積算温度²を算出した。なお、植生調査の永久方形枠を雪田の斜面に設置したプロットでは、方形枠の両端（斜面の上下）で地温・地表面温度を測定した場合があるが、本報告書ではより継続的に得られたデータを示した。

気象環境の参考情報として、開花フェノロジー調査のためにインターバルカメラで1時間おきに撮影した写真から、視界不良の日（開花フェノロジーの読み取りが困難または不可能なほど視界の悪い状態が一日中続いた日）を図化した。

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℃³以上の月の平均気温から5℃³を引いて1年間合計した値。0<WI≤15は高山帯、15<WI≤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℃³）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℃：一般的に植物の生長が可能となる最低温度。

(2)調査結果

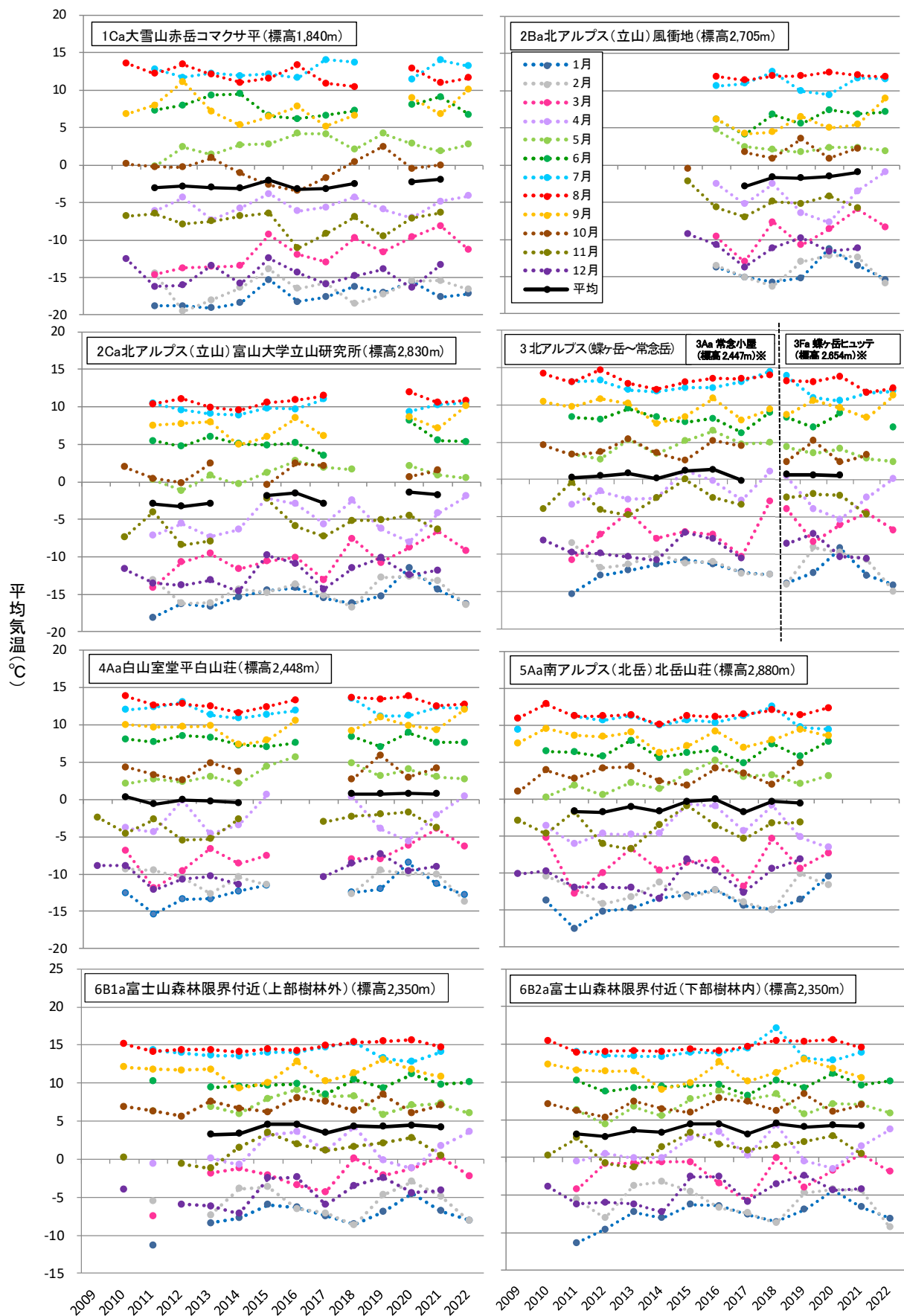
1)平均気温と暖かさの指数

調査プロットごとの平均気温を図Ⅲ-1-1に、全調査プロットを合わせた年平均気温、暖かさの指数、月平均気温を図Ⅲ-1-2に示した。

月平均気温は、全プロットともに7月または8月が最も高かった。月平均気温が最も低かったのは1月が多く、調査年やプロットによっては2月だが、2020年は多くのプロットで12月が最も低かった(図Ⅲ-1-1)。月平均気温のプロット間の違いは1～4月にかけて大きくなり、5～8月にかけて小さくなった後、9～12月に再び大きくなった。11～3月は富士山の森林限界付近の気温が特に高く、5～9月は富士山山頂付近の気温が特に低かった。月平均気温の変動は、プロット間で同様の傾向を示す場合が多く、1～4月は変動が大きく、5～8月にかけて小さくなり、9～12月にかけては再び大きくなった。特に3月に変動が大きく、2010年、2013年、2018年、2021年は高いサイトが多く、2011年、2017年、2019年は低いサイトが多かった(図Ⅲ-1-2)。

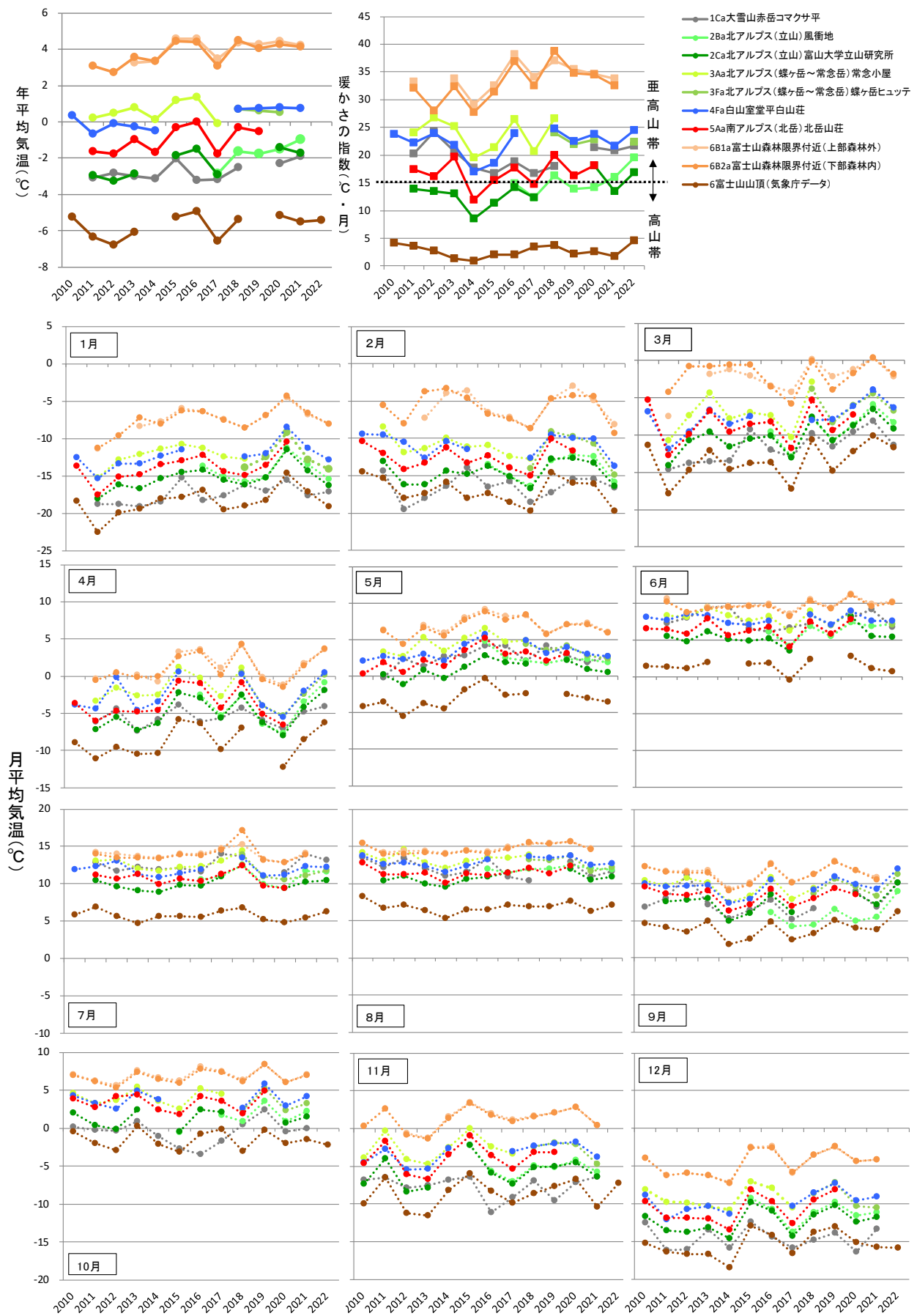
年平均気温は、欠測などでデータが得られた年が異なるが、最も高かったのは富士山森林限界付近、次いで高かったのは北アルプス(蝶ヶ岳～常念岳)常念小屋、白山室堂平、北アルプス(蝶ヶ岳～常念岳)蝶ヶ岳ヒュッテ、南アルプス(北岳)北岳山荘であった。北アルプス(立山)の風衝地と富山大学立山研究所、大雪山赤岳コマクサ平の3プロットの年平均気温は比較的近い値を示した。年平均気温の変動はプロット間で同様の傾向を示し、2010年、2016年、2018年は高く、2012年、2014年、2017年は低いプロットが多かったが、2016年は本州のプロットでは最も高かったのに対し、大雪山では最も低かった(図Ⅲ-1-1)。2016年の月別の平均気温をみると、大雪山では1～4月と10～11月の気温が他のプロットに比べて特に低かった(図Ⅲ-1-2)。

暖かさの指数は、富士山の森林限界付近、北アルプス(蝶ヶ岳～常念岳)、白山、大雪山では亜高山帯域とされる15(℃・月)以上で、南アルプス(北岳)では高山帯域とされる15(℃・月)以下の年もあり、北アルプス(立山)では15(℃・月)以下の年が多かった。年平均気温が高いプロットほど暖かさの指数も高い傾向にあったが、大雪山は年平均気温が富士山山頂に次いで低い年が多かったにもかかわらず、暖かさの指数は北アルプス(立山)や南アルプス(北岳)の方が低い年が多かった。暖かさの指数はプロット間で同様の変動を示したが、2012年は富士山森林限界付近と南アルプス(北岳)では、前後の2011年と2013年より低かったのに対し、北アルプス(蝶ヶ岳～常念岳)、白山、大雪山では高く、北アルプス(立山)と富士山山頂では両年の平均的な値であった(図Ⅲ-1-2)。



図Ⅲ-1-1 調査プロットごとの平均気温

※北アルプス(蝶ヶ岳～常念岳)は2018年に常念岳から蝶ヶ岳にプロットを移設。2018年は両プロットの値を示す。



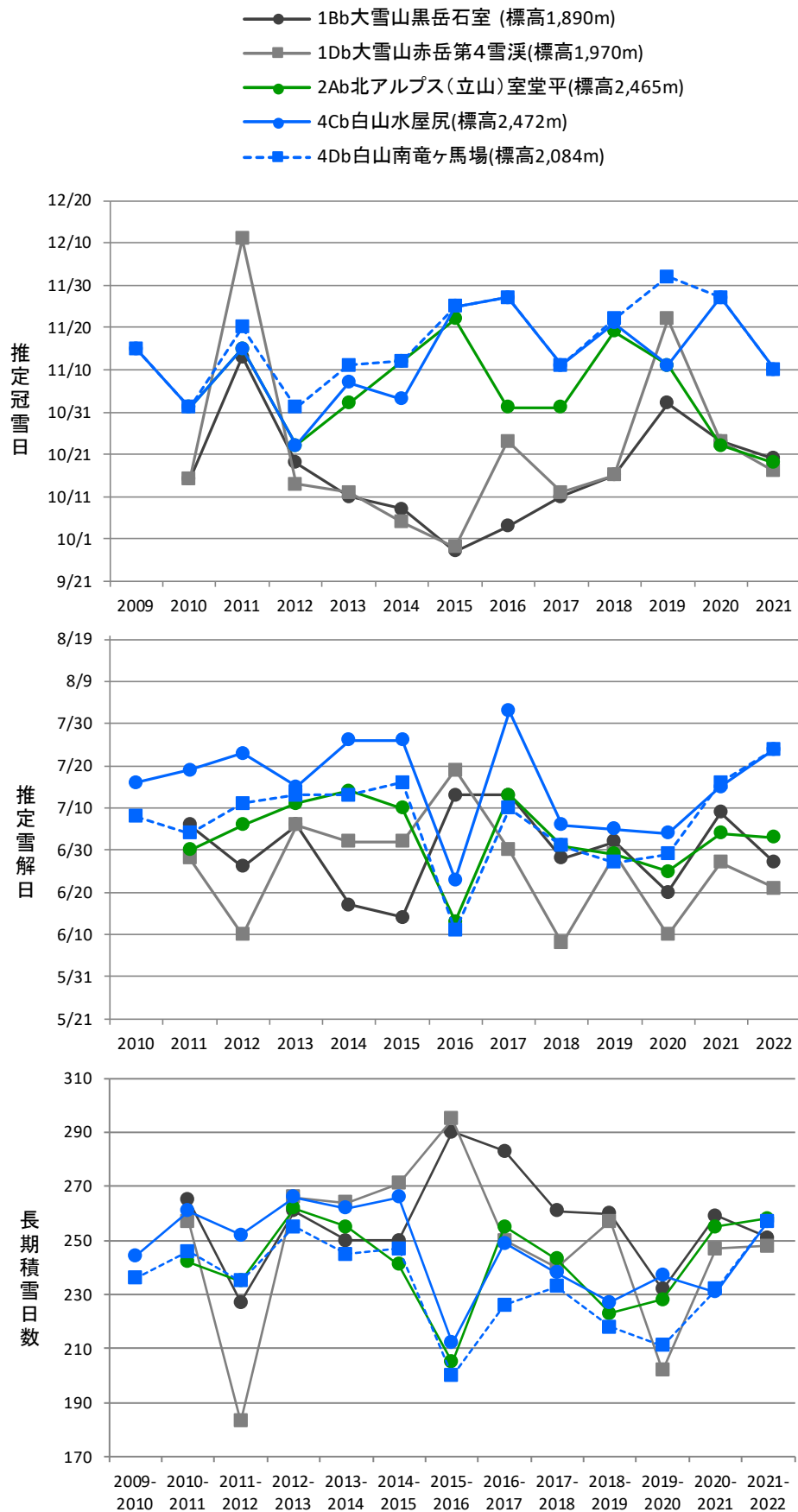
図Ⅲ-1-2 平均気温と暖かさの指数

2) 長期積雪期間と凍結期間

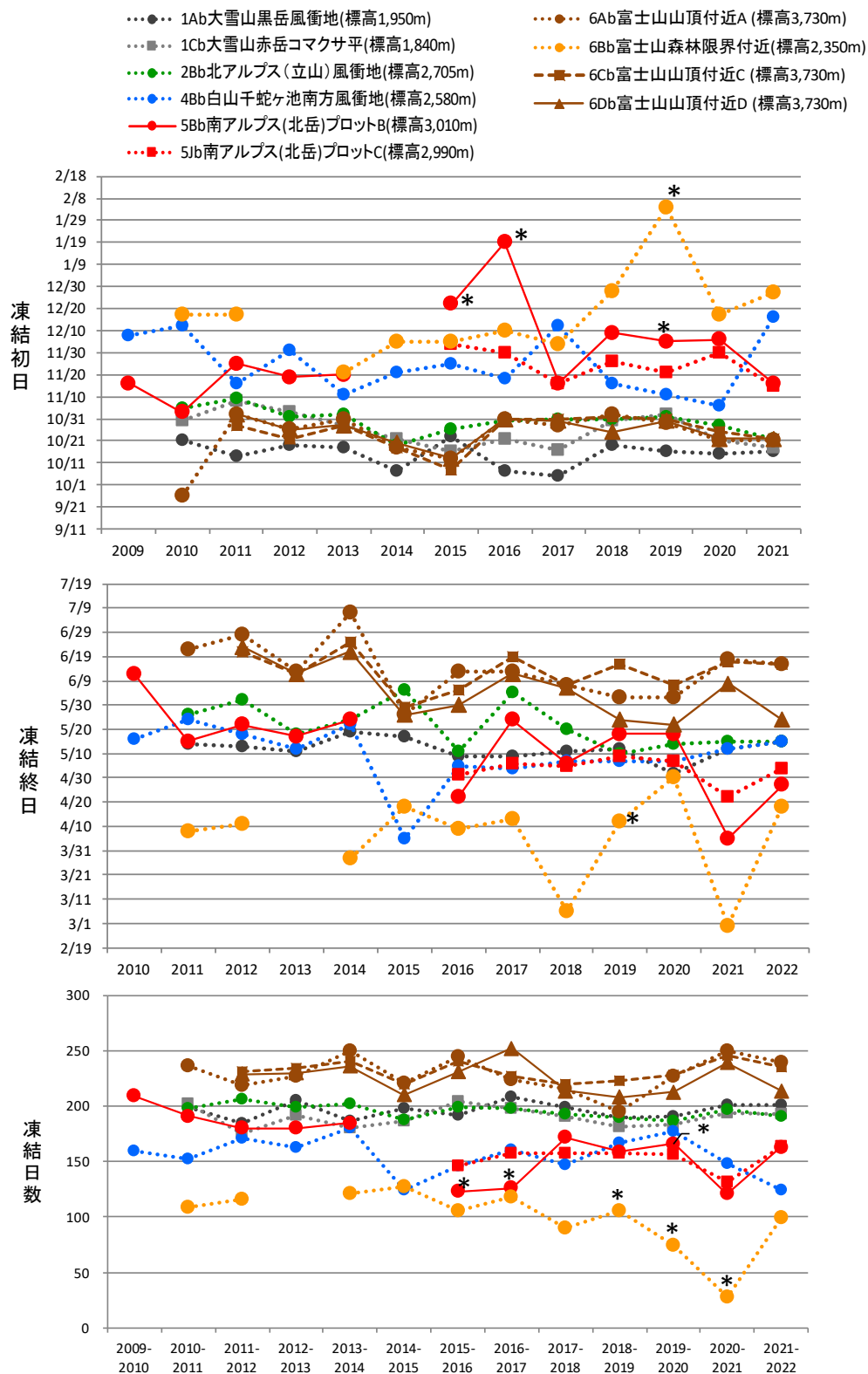
雪田プロットの長期積雪日を図Ⅲ-1-3 に、風衝地プロットの推定凍結日を図Ⅲ-1-4 に示した。

推定冠雪日は、大雪山の赤岳第4雪渓では変動が大きく、2011年は他のプロットも遅かったが、赤岳第4雪渓では12月中旬と特に遅かった。2015年の推定冠雪日は大雪山の黒岳石室と赤岳第4雪渓では9月下旬と最も早かったが、北アルプス（立山）室堂平、白山の水屋尻と南竜ヶ馬場では11月下旬と遅く、サイト間で大きく異なった。推定雪解日については、大雪山の黒岳石室と赤岳第4雪渓では2016年は7月中旬と遅かったが、北アルプス（立山）室堂平、白山の水屋尻と南竜ヶ馬場では6月中下旬と早く、その他の年についても、大雪山と、大雪山以外の北アルプス（立山）と白山の間で異なっていた。長期積雪日数は、大雪山の黒岳石室と赤岳第4雪渓では2015-2016年が約290日と最も長かったのに対し、北アルプス（立山）室堂平、白山の水屋尻と南竜ヶ馬場では2015-2016年は約200日と最も短かった（図Ⅲ-1-3）。

凍結初日は富士山森林限界付近で変動が大きく、最も遅かった2019年は2月上旬、最も早かった2013年は11月下旬であった。南アルプス（北岳）プロットBも変動が大きく、最も遅かった2016年は1月中旬、最も早かった2010年は11月上旬であった。白山千蛇ヶ池南方風衝地では、最も遅かったのは2021年の12月中旬、最も早かったのは2020年の11月上旬であった。その他の大雪山、北アルプス（立山）、富士山山頂付近のプロットでは、凍結初日の変動は比較的小さかった。凍結終日は、特に富士山森林限界付近の2018年以降の変動が大きく、2020年と2021年は約2か月異なっていた。富士山山頂付近Dと南アルプス（北岳）プロットBでは、凍結終日が早くなる傾向がみられた。凍結日数については、富士山森林限界付近、南アルプス（北岳）、白山では年による変動が比較的大きかった。富士山森林限界付近、南アルプス（北岳）プロットBでは、凍結日数の減少傾向がみられた（図Ⅲ-1-4）。



図Ⅲ-1-3 雪田プロットにおける長期積雪日



図Ⅲ-1-4 風衝地プロットにおける推定凍結日

- *積雪の影響で、凍結初日が遅れる、凍結終日が早まる、凍結日数が短くなった可能性がある。
- ・凍結初日以降に凍結しない日があるため、初日と終日の間の日数より凍結日数が少ない場合がある。
 - ・富士山山頂付近 A の 2010-2011 年は、地下 5cm での計測値。
 - ・富士山山頂付近 A の 2011-2013 年と、山頂付近 B,C の 2011-2014 年は 4 時間毎の計測。
 - ・白山千蛇ヶ池南方風衝地の 2015-2016 年は温度ロガーが凍上で地表に露出していたため、4 月中旬から地表温を測定した可能性がある。

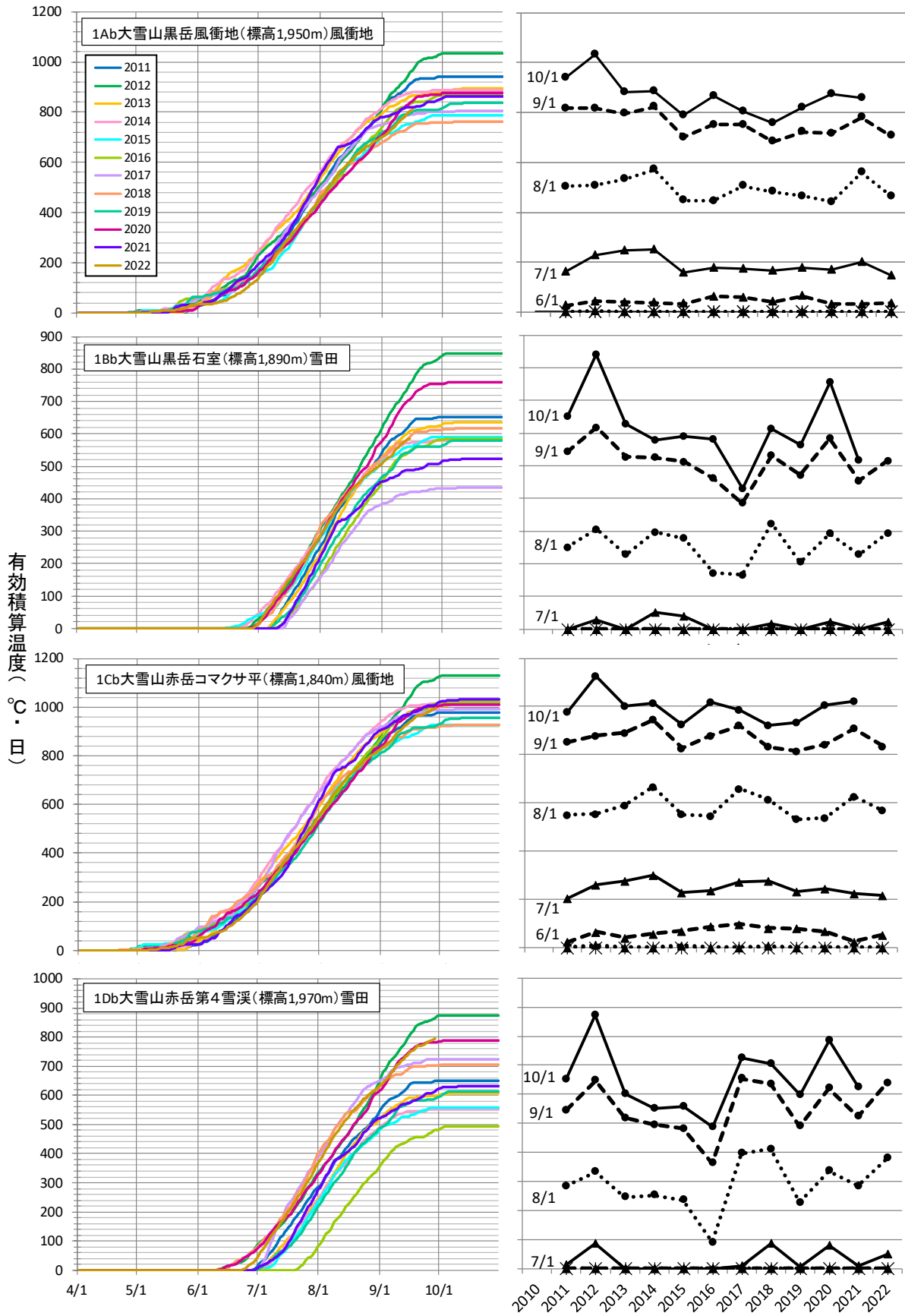
3) 地表面の有効積算温度

地表面の有効積算温度のプロットごとの結果を図Ⅲ-1-5 に、プロット間の比較のために、同じ日の全プロットの有効積算温度を図Ⅲ-1-6 に示した。

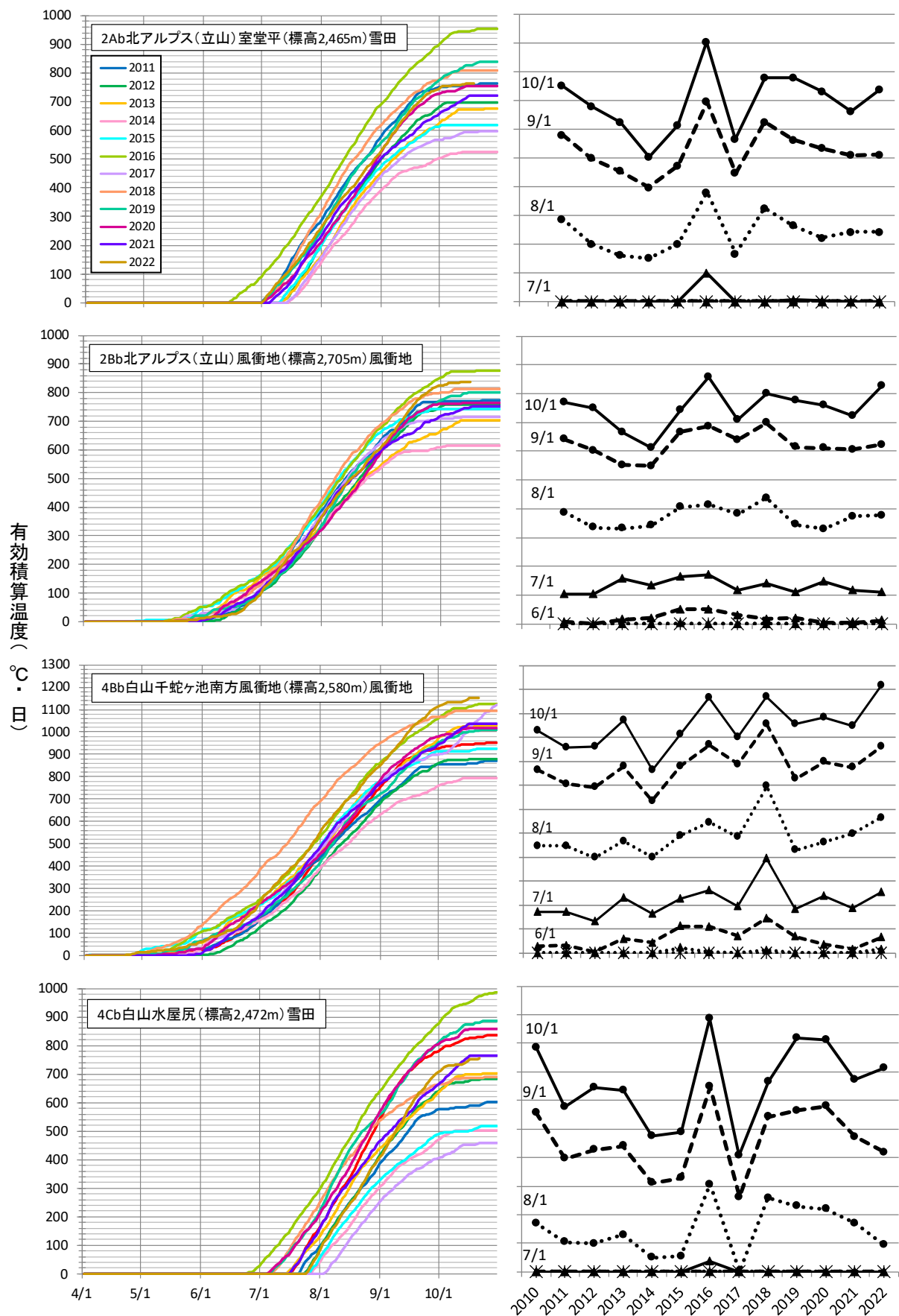
有効積算温度の上昇開始は、風衝地に比べて雪田の方が遅かった。大雪山黒岳の風衝地では有効積算温度は5月中旬から上昇し始める年が多かったが、雪田プロットの石室では6月中旬から7月中旬にかけて上昇し始めた。大雪山赤岳のコマクサ平と第4雪溪でも同じ傾向がみられた。北アルプス（立山）でも風衝地では有効積算温度は5月中旬～6月上旬に上昇し始める年が多かったが室堂平ではほとんどの年で7月に入ってから上昇し始めた。白山でも、千蛇ヶ池南方風衝地では、有効積算温度は早い年には4月末から上昇し始めたが、水屋尻と南竜ヶ馬場では7月に上昇し始める年がほとんどであった。南アルプス（北岳）のプロットB、Cはともに風衝地で、有効積算温度の上昇はほとんどの年で5月下旬～6月上旬に始まった。富士山はいずれのプロットとも風衝地にあり、有効積算温度は森林限界付近では4月中旬～5月上旬に、山頂のプロットでは6月に上昇し始める年が多かった（図Ⅲ-1-5）。

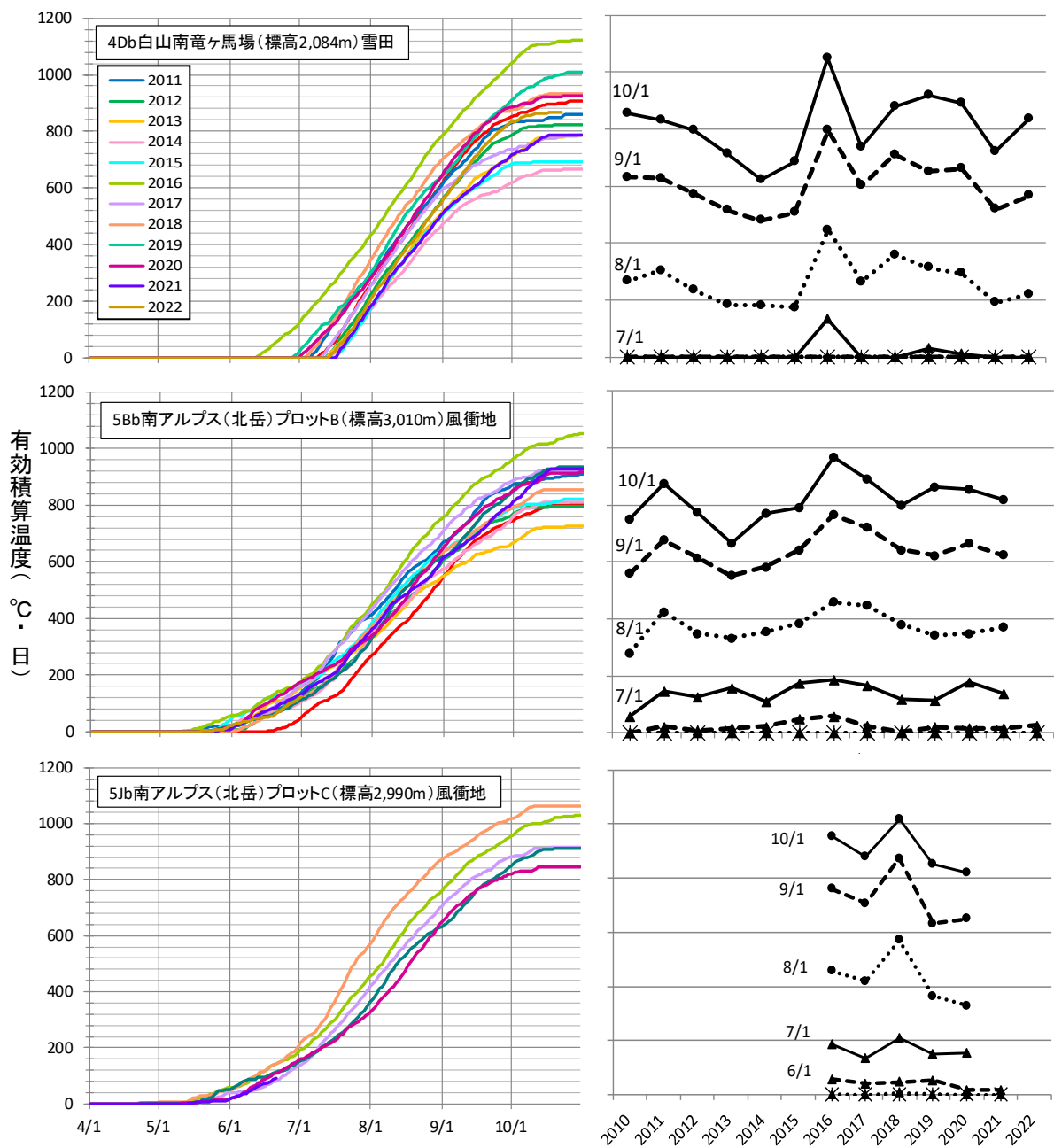
有効積算温度の上昇開始を月ごとにプロット間で比較すると、富士山山頂のプロットを除いて風衝地の方が上昇するのが早く、5月1日には一部の、6月1日にはほとんどの、7月1日には全ての風衝地プロットで有効積算温度の上昇がみられた。一方、雪田プロットでは、7月1日には有効積算温度が上昇していないプロットが数多くあり、白山水屋尻では2017年には8月1日になっても有効積算温度が上昇していなかった（図Ⅲ-1-6）。

有効積算温度の年による変動を月ごとに比較すると、5月1日に有効積算温度が上昇しているプロットは、2012年、2015年、2018年に多かった。8月1日の雪田プロットの有効積算温度をみると、北アルプス（立山）室堂平と、白山の水屋尻と南竜ヶ馬場では2016年が最も高かったが、大雪山の黒岳石室と赤岳第4雪溪では2016年は低かった。富士山山頂付近では、3プロットともに9月1日と10月1日の有効積算温度は2014年が低く、プロットBとCでは2021年も低かった（図Ⅲ-1-5、6）。

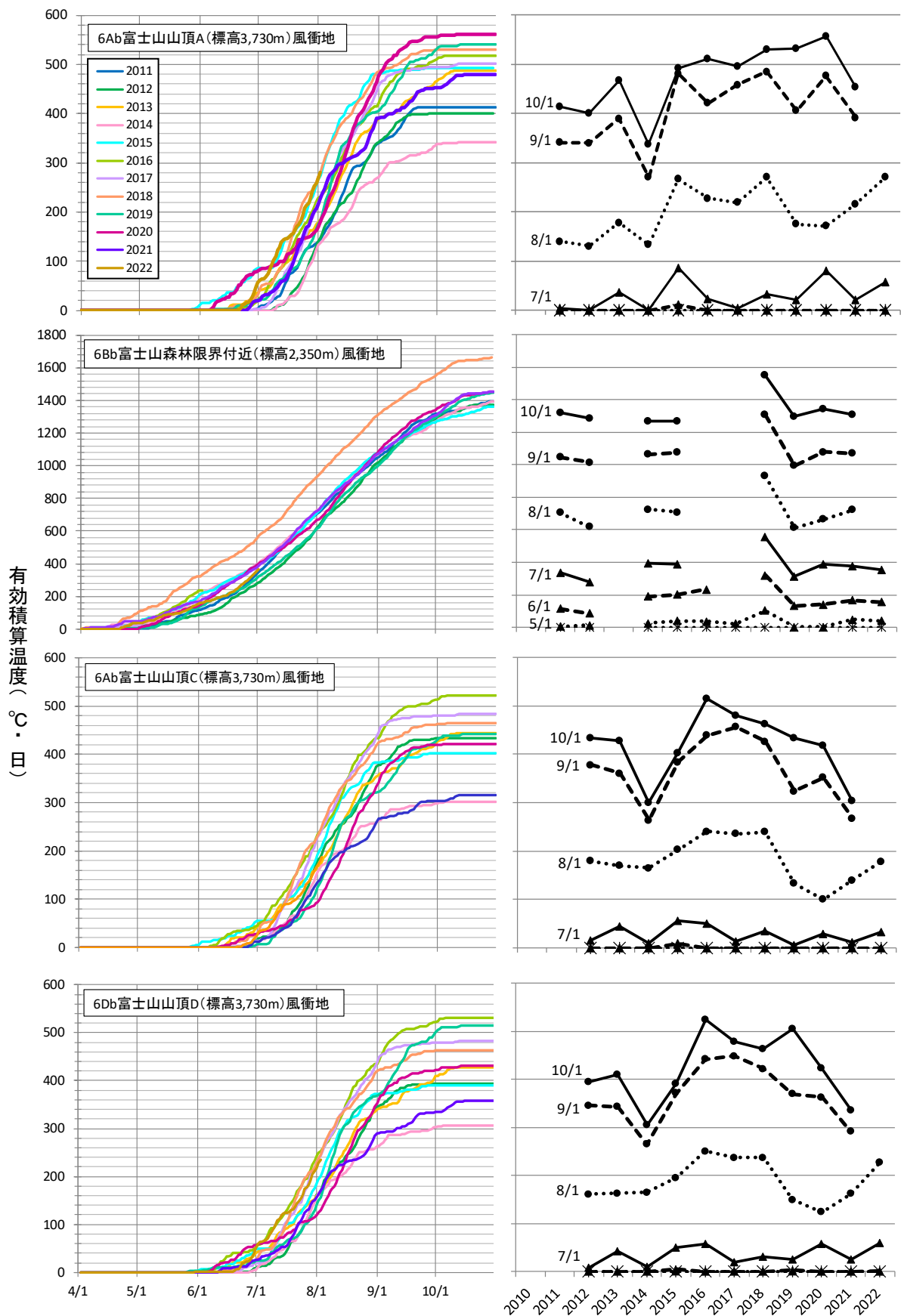


図Ⅲ-1-5 有効積算温度の季節変化(左図)と経年変化(右図)

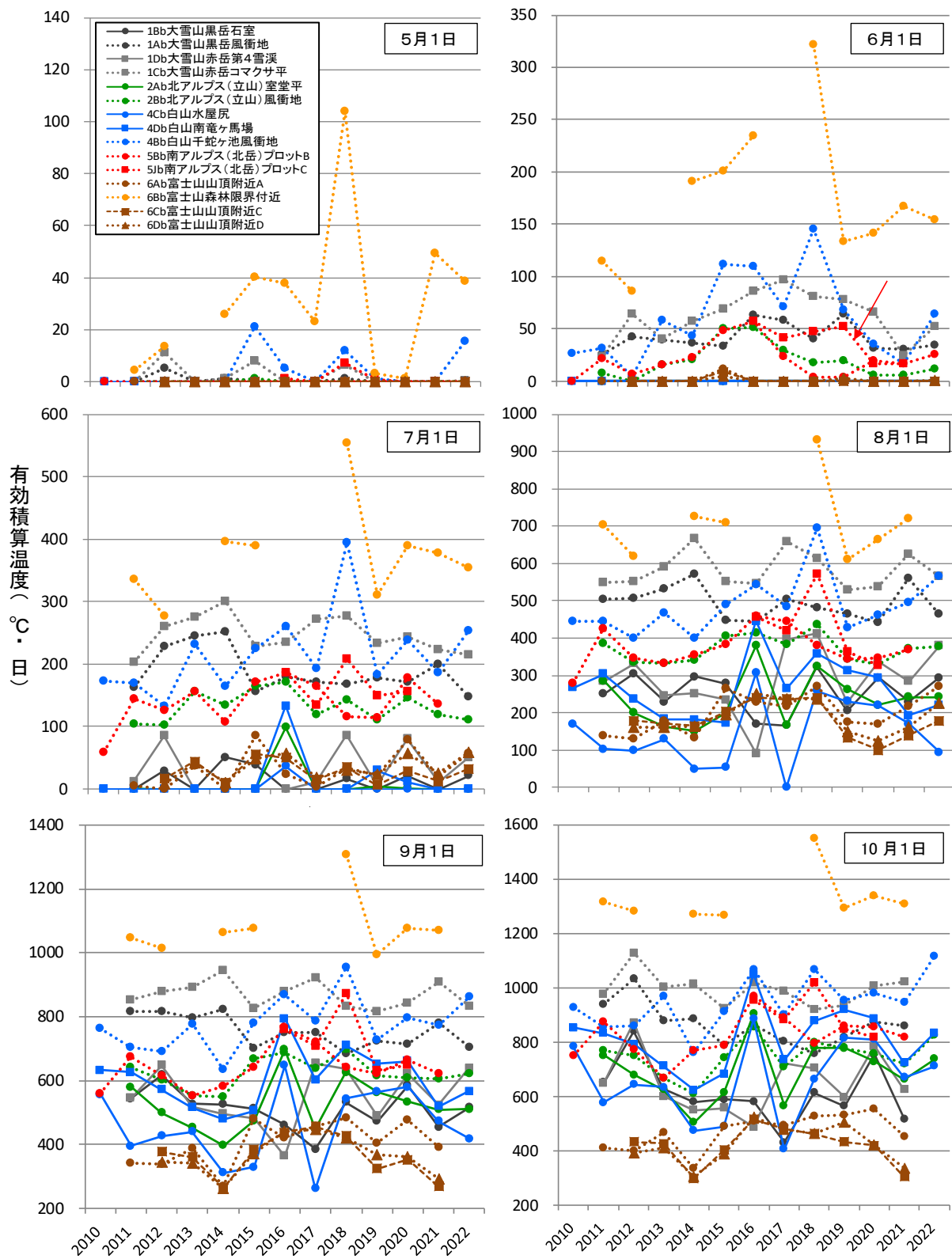




図Ⅲ-1-5 有効積算温度の季節変化(左図)と経年変化(右図) (続き)



図Ⅲ-1-5 有効積算温度の季節変化(左図)と経年変化(右図) (続き)



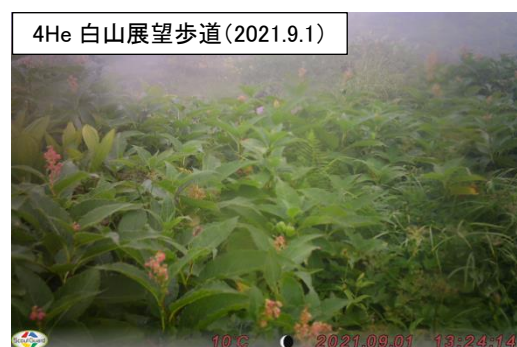
図Ⅲ-1-6 有効積算温度の月別の経年変化

実線は雪田プロット、点線は風衝地プロットを示す。

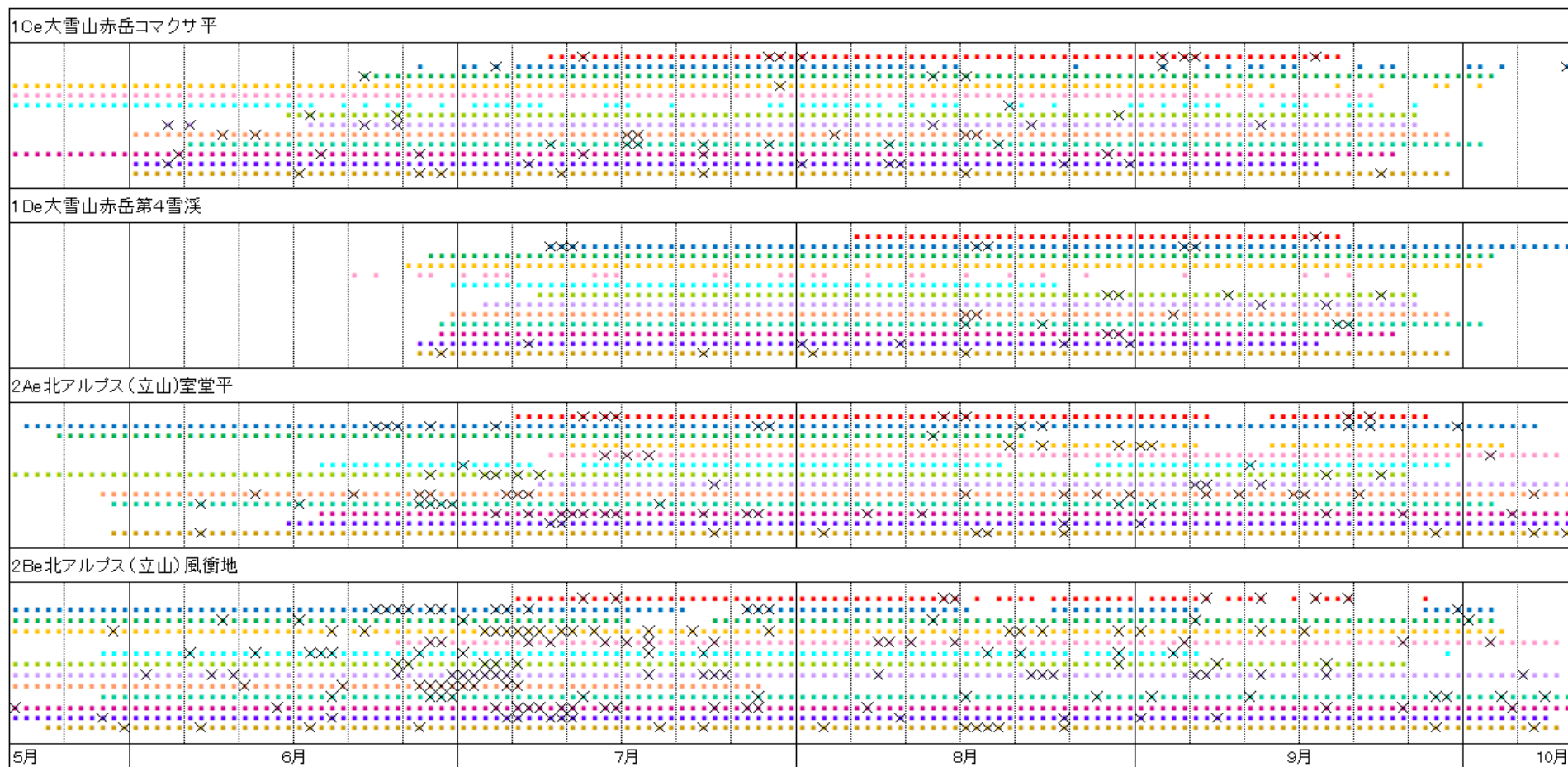
4) インターバルカメラの画像から得られた視界不良の日

開花フェノロジー調査のためにインターバルカメラで撮影した写真のうち、視界不良の日とした写真の例を図Ⅲ-1-7に示した。写真撮影を行った全プロットについて、画像が得られた日と視界不良の日を図Ⅲ-1-8に示した。

プロット間で比較すると、梅雨がなく、台風が上陸することも少ない北海道のサイトである大雪山赤岳では、視界不良の日が少なかった。それに対して梅雨や台風の影響を受ける本州のプロットでは視界不良の日が多く、北アルプス（立山）では6月下旬から7月上旬にかけて視界不良の日が多く、8月から9月にかけても視界不良の日があった。白山の2つのプロットは雪田にあり、雪解け頃から撮影を始めるため画像の取得開始は遅いが、植物の生育期間中の視界不良の日は把握できた。南アルプス（北岳）では、6月下旬から7月上旬に視界不良の日が多く、特にBプロットの2020年の7月には、視界不良が18日間あった。富士山森林限界付近は、データの欠測があるが、7月中旬から9月上旬の視界不良の日は比較的多く把握できた。

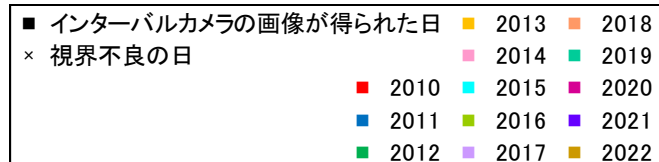


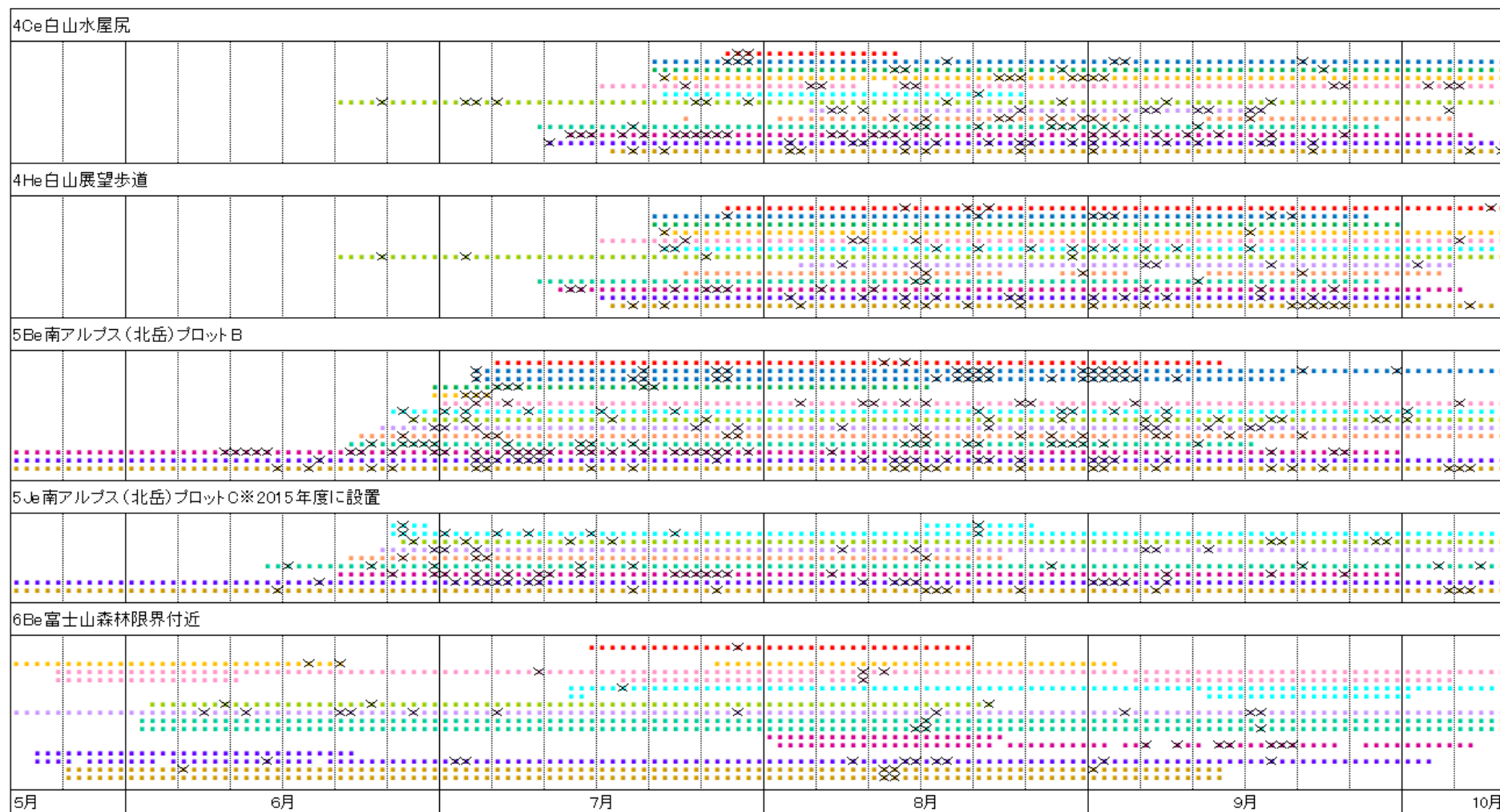
図Ⅲ-1-7 開花フェノロジー調査のために撮影した写真のうち、視界不良の日とした写真の例



図Ⅲ-1-8 インターバルカメラの撮影画像が視界不良だった日

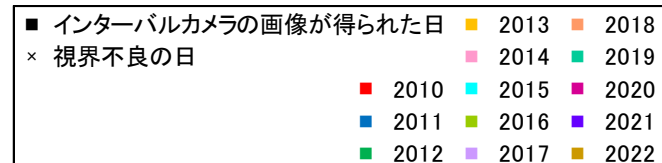
雨や霧により、開花フェノロジーの読み取りが困難または不可能なほど一日中視界が悪かった日を示す
 プロットや年により2台のカメラが設置されている場合がある





図Ⅲ-1-8 インターバルカメラの撮影画像が視界不良だった日(続き)

雨や霧により、開花フェノロジーの読み取りが困難または不可能なほど一日中視界が悪かった日を示す
プロットや年により2台のカメラが設置されている場合がある



(3)まとめ

年平均気温の変動はプロット間で同様の傾向を示し、2010 年、2016 年、2018 年は高く、2012 年、2014 年、2017 年は低いプロットが多かったが、2016 年は本州のプロットでは最も高かったのに対し、大雪山では最も低かった。月平均気温の変動もプロット間で同様の傾向を示し、特に 3 月は年による変動が大きく、2010 年、2013 年、2018 年、2021 年は高く、2011 年、2017 年、2019 年は低いプロットが多かった。

暖かさの指数は、富士山の森林限界付近、北アルプス（蝶ヶ岳～常念岳）、白山、大雪山では亜高山帯域、南アルプス（北岳）では年により高山帯域、北アルプス（立山）では多くの年で高山帯域の値を示した。

推定冠雪日、推定雪解日と長期積雪日数の変動は、大雪山と、大雪山以外の北アルプス（立山）と白山との間で大きく異なり、2015-2016 年は、大雪山では推定冠雪日が早く、雪解日が遅く、長期積雪日数が長かったのに対し、北アルプス（立山）と白山では、推定冠雪日が遅く、雪解日が早く、長期積雪日数が少なかった。凍結初日は富士山の森林限界付近、南アルプス（北岳）プロット B、白山で年による変動が大きく、凍結終日も富士山の森林限界付近では 2018 年以降の変動が大きかった。凍結日数については、富士山の森林限界付近、南アルプス（北岳）プロット B で減少傾向がみられた。

有効積算温度の上昇開始は、いずれのサイトとも風衝地に比べて雪田の方が遅かった。雪田プロットうち、北アルプス（立山）と白山では 2016 年の有効積算温度が高かったが、大雪山では低く、サイトによる違いがみられた。

インターバルカメラで得られた画像から、大雪山赤岳では視界不良の日が少なかったが、梅雨があり、台風が上陸する本州のサイトでは、6 月下旬から 7 月上旬と、8 月から 9 月にかけて視界不良の日が多く、南アルプス（北岳）の B プロットでは 2020 年 7 月は視界不良の日が半数以上を占めた。

本調査は限られた期間ではあるが、複数のサイトで高山帯の基本的な環境要因である気温、積雪または凍結、地表面の有効積算温度、降雨や霧に関するデータが蓄積されつつあり、年による変動、サイトやプロット間の違い、雪田と風衝地の特徴に関する情報が得られた。これらの環境要因は、高山帯の動植物の生育・生息環境を大きく左右することから、より長期的な変化傾向を明らかにするために、今後も調査を継続することが重要である。

2. 標高と季節による気温変動の差異

鈴木啓助（信州大学）

(1)はじめに

気象庁の気象官署における年平均気温とその緯度には相関があり、緯度が低ければ年平均気温は高く、緯度が高ければ年平均気温は低くなる。しかしながら、気象官署が位置する標高が高いと、同じ緯度で標高が低い地点の年平均気温よりも低い値を示す。気象官署は、おもに昔から人が住んでいたところに設置されていることから、海岸に近い標高の低い場所に多くの気象官署が位置している。そのため、標高の低い気象官署における年平均気温と緯度は直線的な関係を示すが、標高が高い気象官署では、この直線的な関係から外れ、相対的に低い年平均気温を示す。これら標高が高い気象官署の年最低気温変動に Mann-Kendall 検定を行った結果、最も標高が低い長野（418m）から軽井沢（999m）までは、年最低気温は有意水準1%以下で有意に上昇傾向にあることがわかった。軽井沢よりも標高が高い阿蘇山（1,142m）では、年最低気温変動が有意水準5%以下で有意に上昇傾向にあるが、日光（1,292m）と富士山（3,775m）での年最低気温変動は、統計的に有意な変動は認められない。富士山では、統計的に有意ではないが、年最低気温が下降傾向にすらある。これらの結果から、相対的に標高が低い地点では年最低気温の上昇傾向が明瞭で、標高が高くなるに従いその傾向が不明瞭になることが示唆された（Suzuki, 2011）。さらに、気象官署の観測データを解析した鈴木（2013）も、標高が高くなるに従い冬季気温の上昇は不明確になると報告している。また、北アルプス上高地における1945年から2012年までの年平均気温・年最高気温・年最低気温は、年々変動はあるが長期的な上昇や下降の傾向は認められず、同期間の上高地梓川の融雪期の流出高は統計的に有意に増加傾向にあることが報告されている（鈴木, 2018）。日本海側の低標高地域では、冬季気温が雪／雨の閾値と同じ程度のため、わずかな気温上昇でも降雪粒子が融けて雨になり降雪量は減少する。しかしながら、高標高地域では数度の気温上昇では降雪粒子が融けて雨になるとは考えられない。地球規模での気温上昇は蒸発量の増加をもたらし、結果的に降雪量は多くなると考えられる。

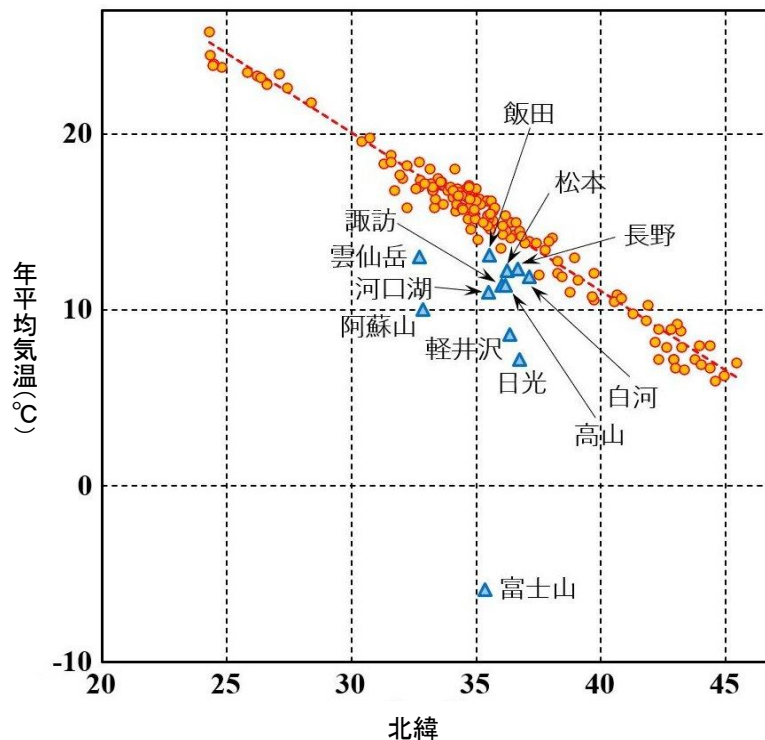
さらに、信州大学鈴木研究室による高標高の13地点での気象観測結果では、2003年から2017年までの15年間では、一部の観測地点では年平均気温の低下傾向が確認されるが、年平均気温の上昇傾向は認められないと報告されている。さらに、中部山岳地域のアメダス観測地点のうち、1,000mを超える標高での8地点でも、2003年から2017年の間では年平均気温の変動傾向は統計的に有意ではないと報告されている（鈴木・佐々木, 2019）。

モニタリングサイト1000高山帯調査による気温観測は、最も早く観測を開始した地点でもようやく10年を超えたところであり、統計的な解析には十分ではない。そこで、気象庁による観測データを用いて、標高によって気温変動の様相がいかに異なるのかを検討する。

(2)気象観測地点の緯度と年平均気温の平年値の関係

気象庁によって公開されている地上気象観測地点（気象台・測候所や特別地域気象観測所：合計156地点）の緯度と年平均気温の平年値（1991～2020年）の関係を図Ⅲ-2-1に示す。

Suzuki（2011）が2010年までの年平均気温の平年値について示したのと同様に、標高が300mを超える観測地点を除くと、緯度が低い地点では年平均気温が高く、緯度が高くなるに従い年平均気温は低くなっている。緯度の高低と年平均気温の高低の関係を示す回帰式によれば、南北に約124km移動することにより年平均気温は1℃変化することになる。一方で、標高による気温低減率を0.65℃/100mとすると、1℃変化するためには154m上下すれば良いことになる。つまり、標高による気温変化は南北への水平移動による気温変化の約800倍感度が良いことになる。



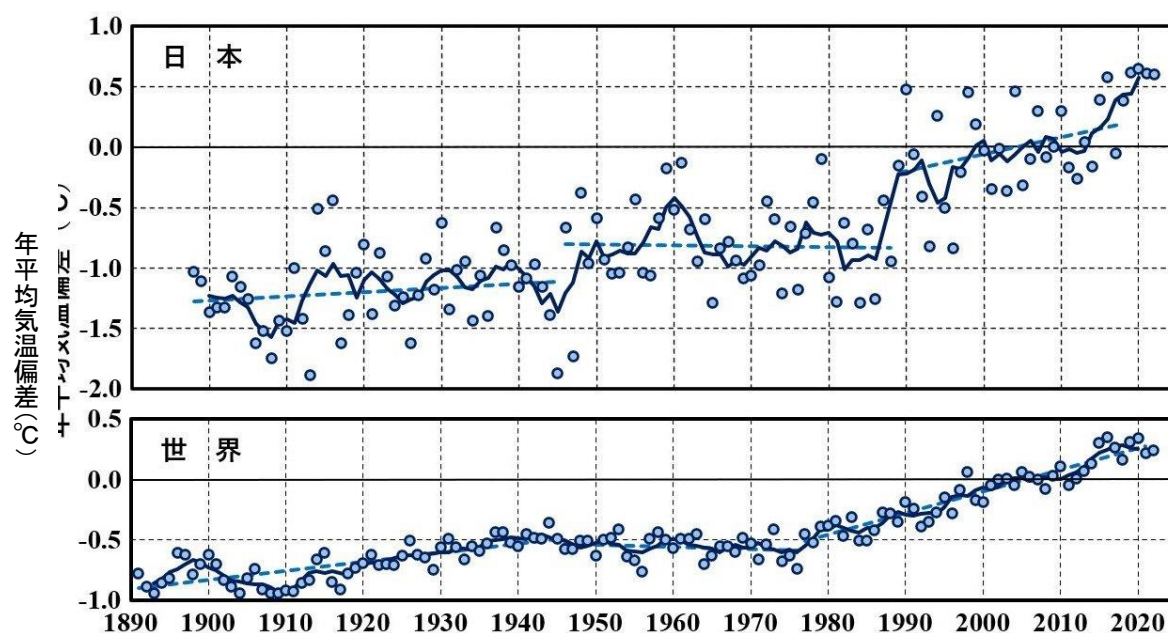
図Ⅲ-2-1 地上気象観測地点の緯度と年平均気温の平年値の関係
地上気象観測地点の標高が 300m を超える地点を「△」で図示する。

(3) 気象庁による平均気温偏差の変動

気象庁による日本の気温の経年変化は、全国 15 地点の気温の平年値（1991～2020 年）からの偏差で検討される。15 地点としては、網走、根室、寿都、山形、石巻、伏木、飯田、銚子、境、浜田、彦根、宮崎、多度津、名瀬、石垣島が選定されている。これらの地点は、1898 年以降観測を継続している気象庁による気象観測所の中から、都市化による影響が小さく、特定の地域に偏らないように選定されている（気象庁，2023）。15 地点の選定には、都市化の影響が小さいことが考慮されているが、100 年以上の継続期間を有する観測地点は、小さいとは言え都市化の影響を受けていることが考えられる。

日本の年平均気温偏差¹の経年変化を図Ⅲ-2-2 に示す。1898 年から 2022 年まで、全体的には 1.3℃/100 年の割合で気温が上昇している。同じ期間の世界の年平均気温偏差の上昇割合は 0.78℃/100 年であり、この期間での日本の気温上昇傾向は、世界の気温上昇傾向よりも 1.7 倍大きいことがわかる。図Ⅲ-2-2 からわかるように、世界の年平均気温偏差の変動傾向は、日本のそれに比べてなめらかである。世界的に見ると、年平均気温は 1977 年頃から現在までの期間では 1.8℃/100 年と大きく上昇している。それ以前は、1891 年から 1945 年までは緩やかに上昇しているが、1946 年から 1976 年までは若干下降気味である。日本の年平均気温偏差もコンスタントに上昇しているわけではなく、経年変化は大まかに 3 つのステージに分けられる。日本の年平均気温偏差の年々変動は世界に比べて大きいですが、5 年移動平均によると、1898 年から 1945 年まで、1946 年から 1988 年まで、そして 1989 年から 2022 年までである。なお、2019 年からの 4 年間は年々変動が小さくなり高止まりの傾向が見られており、新たなステージに入っている可能性がある。日本の年平均気温偏差は、40 年程度の安定期の後にジャンプして次のステージに移行するようであり、長期的な温暖化傾向の議論と数十年単位の気温変化の議論は区別する必要がある。

¹ 各年の平均気温の基準値からの偏差を示す。基準値は 1991～2020 年の 30 年平均値。

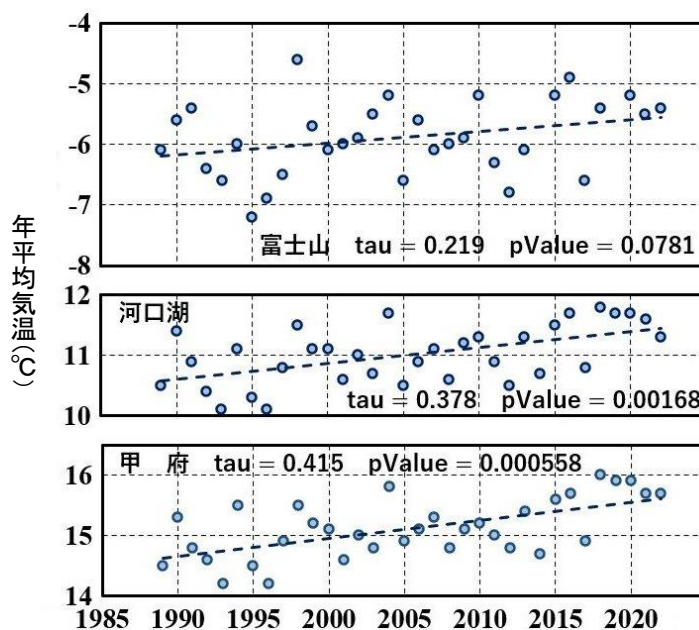
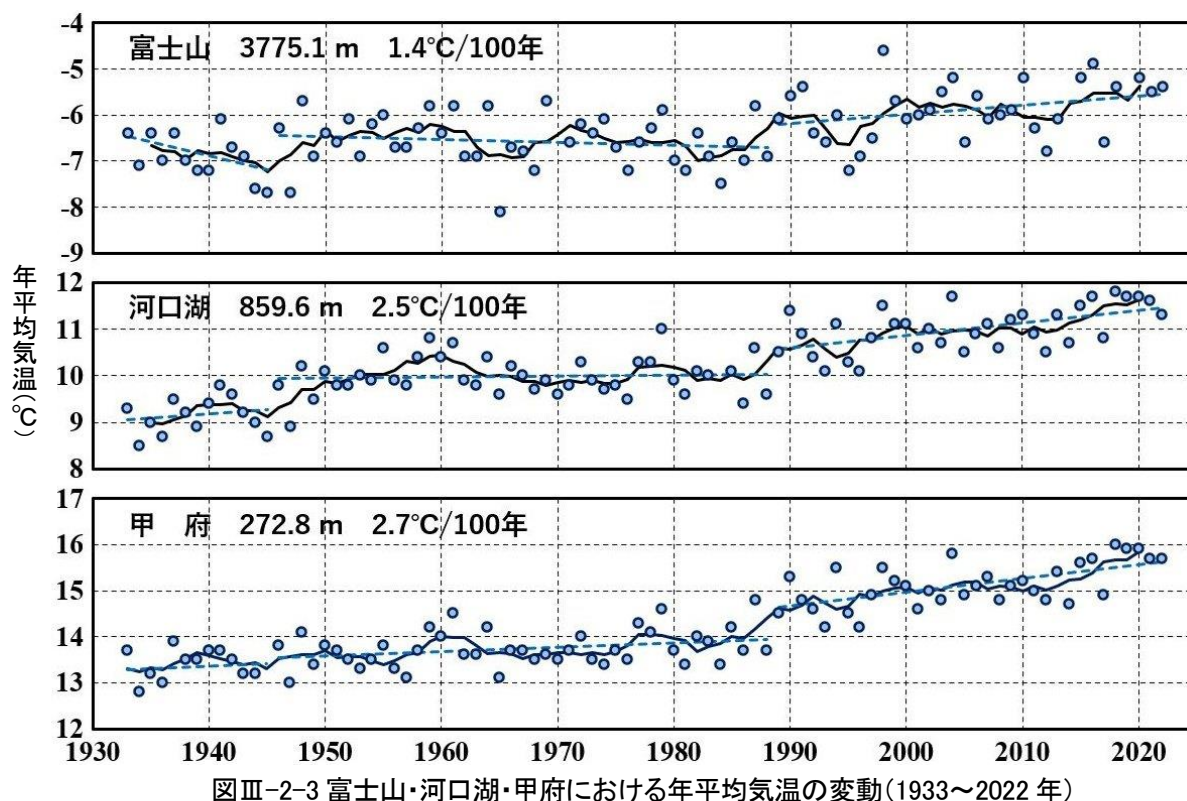


図Ⅲ-2-2 日本と世界の年平均気温偏差の変動
実線は5年移動平均を示す。縦軸の0.0℃は基準値(1991～2020年の30年平均値)を示す。

(4)中部山岳地域における標高による気温変動の差異

1)富士山・河口湖・甲府における年平均気温の変動傾向

気象庁による気温観測地点で最も標高が高いのは富士山であり、近くには気象官署の河口湖と甲府が位置しているので、標高差の大きな地点間での気温変動の差異を検討することができる。甲府では1895年から年平均気温が得られるが、河口湖と富士山では年平均気温が得られるのは1933年からである。そこで、富士山・河口湖・甲府における1933年から2022年までの年平均気温の変動を図Ⅲ-2-3に示す。1933年から2022年までの90年間における各地点の気温上昇割合も図中に示す。甲府では2.7℃/100年、河口湖では2.5℃/100年であるが、富士山では1.4℃/100年と相対的に小さくなっている。過去90年間では、3地点とも気温の上昇傾向が明瞭であるが、前述のような3ステージごとに変動傾向を見ると、単純な漸増ではないことがわかる。1946年から1988年までのステージでは、甲府の年平均気温はわずかに上昇傾向であるが、河口湖では増減が認められず、富士山ではわずかに下降傾向である。1946年から1988年までの43年間では、地点ごとに年平均気温の変動傾向が異なり、近傍の地点間でも同じように増減しているわけではないことがわかる。1989年から2022年までのステージでは、いずれの地点でも上昇傾向にある。富士山・河口湖・甲府における1989年から年平均気温の変動傾向に対するMan-Kendall検定によるtau値とp値も図中に示す。甲府と河口湖では、tau値が大きくp値が小さく、有意水準1%以下で年平均気温が統計的に有意に上昇傾向を示すが、富士山では有意水準5%以下でも年平均気温の上昇傾向が統計的に有意ではないことがわかる。このことから、近年34年間では、標高が低い甲府と河口湖では年平均気温の上昇傾向が明瞭であるが、富士山では年平均気温の上昇傾向が緩やかであることがわかる。富士山は独立峰であり、観測地点の近隣に人間活動がほとんどないことから、標高3,775.1mでの自由大気に近い気温を表していると考えることができる。

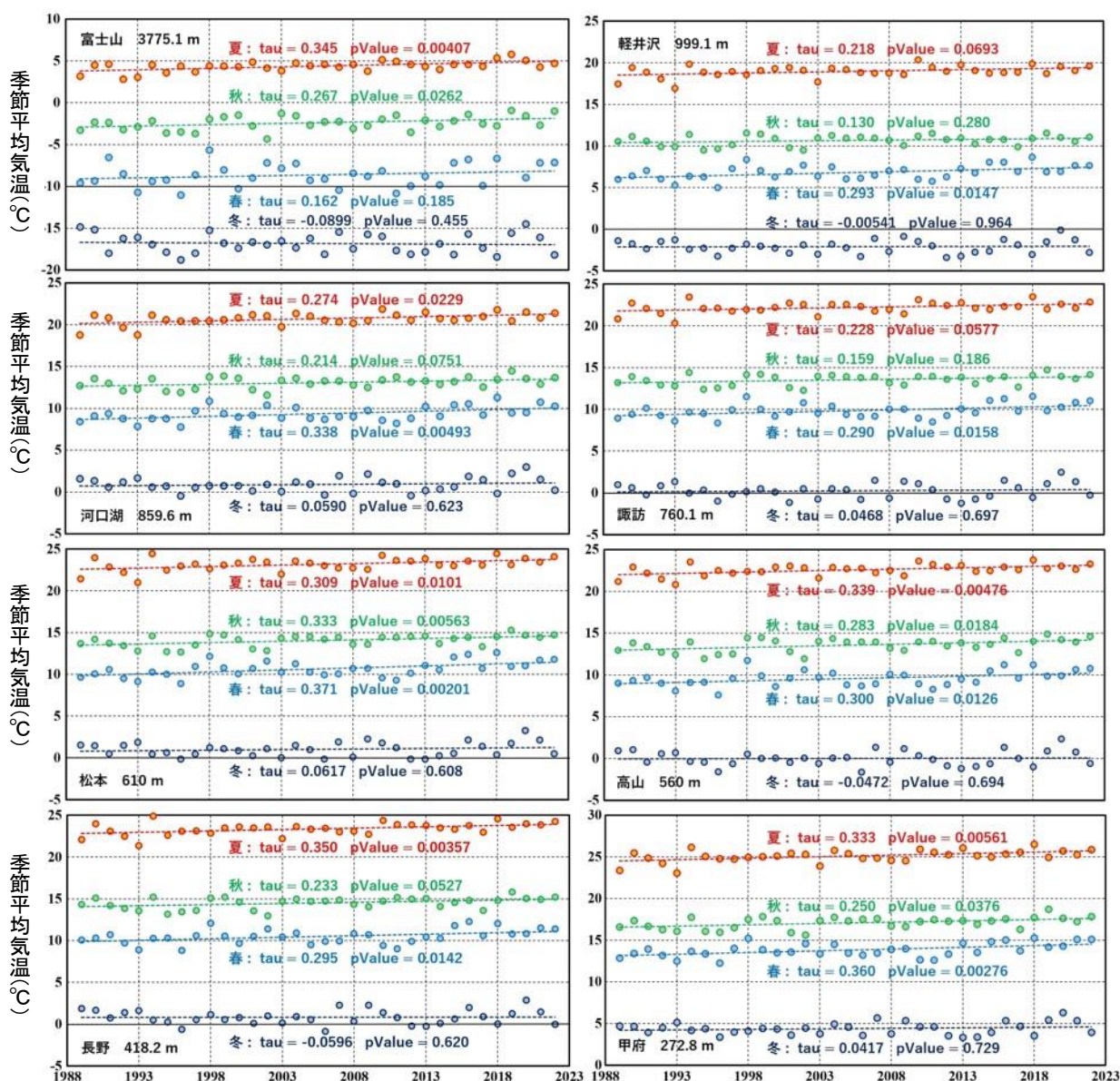


2) 中部山岳地域の気象官署における季節平均気温の変動傾向

次に 1989 年から 2022 年までの中部山岳地域の気象官署における季節平均気温の変動を検討する。ここで対象とするのは、標高順に富士山 (3,775.1m)、軽井沢 (999.1m)、河口湖 (859.6m)、諏訪 (760.1m)、松本 (610m)、高山 (560m)、飯田 (516.4m)、長野 (418.2m)、甲府 (272.8m) の 8 地点である。飯田 (516.4m) も気象官署であるが、対象期間でのデータの連続性が担保されていないため除外する。冬は前年の 12 月から 2 月まで、春は 3 月から 5 月まで、夏は 6 月から 8 月まで、秋は

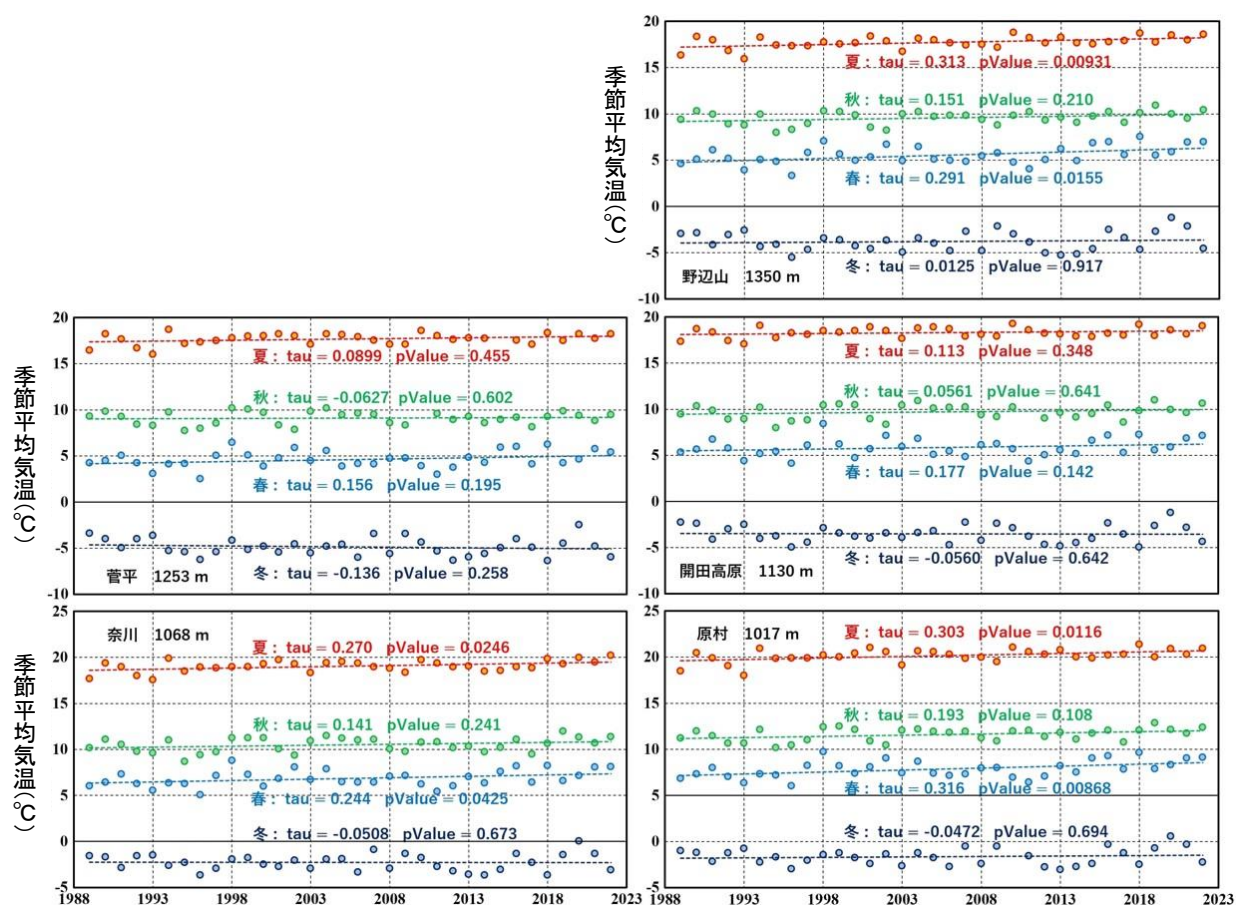
9月から11月までである。各気象官署における季節平均気温の変動を Man-Kendall 検定の結果とともに図Ⅲ-2-5に示す。

冬季平均気温は、富士山、軽井沢、高山、長野の各地点で tau 値がマイナスの値を示しており、1989年から2022年までの34年間では下降傾向であることがわかる。他の4地点では tau 値がプラスの値を示し上昇傾向であるが、いずれの地点でも統計的に有意な変動傾向ではない。一方、春・夏・秋季の平均気温はいずれの地点でも tau 値がプラスである。夏季平均気温の上昇傾向が顕著であり、富士山、高山、長野、甲府の4地点で、有意水準1%以下で統計的に有意に上昇傾向にある。河口湖と松本については、夏季平均気温が有意水準5%以下で有意に上昇傾向である。春季平均気温については、河口湖、松本、甲府の3地点で有意水準1%以下で統計的に有意に上昇傾向にある。軽井沢、諏訪、高山、長野の4地点で春季平均気温が有意水準5%以下で有意に上昇傾向であり、富士山では有意水準10%以下でも統計的に有意な変動傾向を示さない。秋季平均気温については、松本でのみ有意水準1%以下で統計的に有意に上昇傾向にある。富士山、高山、甲府の3地点で秋季平均気温が有意水準5%以下で有意に上昇傾向である。



図Ⅲ-2-5 中部山岳地域の気象官署における季節平均気温の変動(1989~2022 年)

次に 1989 年から 2022 年までの中部山岳地域のアメダス観測地点における季節平均気温の変動を検討する。ここで対象とするのは、標高 1,000m 以上の観測地点で、標高順に野辺山 (1,350m)、菅平 (1,253m)、開田高原 (1,130m)、奈川 (1,068m)、原村 (1,017m) の 5 地点である。各アメダス観測地点における季節平均気温の変動を Man-Kendall 検定の結果とともに図Ⅲ-2-6 に示す。冬季平均気温については、いずれの地点でも統計的に有意な変動傾向は認められず、tau 値は野辺山でのみプラスの値であるが、菅平、開田高原、奈川、原村ではマイナスの値を示す。中部山岳地域の 8 地点の気象官署と標高 1,000m 以上のアメダス観測地点では、冬季気温の上昇傾向は認められないことがわかる。春季平均気温については、5 地点ともに tau 値がプラスの値を示し、そのうち、原村では有意水準 1 % 以下で有意に春季平均気温が上昇傾向を示している。野辺山と奈川では、春季平均気温が有意水準 5 % 以下で有意に上昇傾向にあるが、菅平と開田高原の春季平均気温の上昇傾向は統計的に有意ではない。夏季平均気温も 5 地点で tau 値がプラスの値を示し、野辺山でのみ有意水準 1 % 以下で有意に夏季平均気温が上昇傾向を示している。奈川と原村では、夏季平均気温が有意水準 5 % 以下で有意に上昇傾向である。菅平と開田高原では、春季と同様に夏季平均気温も統計的に有意な上昇傾向を示さない。秋季平均気温の tau 値は、菅平でのみマイナスの値を示し、野辺山、開田高原、奈川、原村ではプラスの値を示すが、いずれの地点でも秋季平均気温は統計的に有意な変動傾向を示さない。中部山岳地域における標高 1,000m 以上のアメダス観測地点の冬季と秋季の平均気温は、いずれの地点でも統計的に有意な変動傾向を示さず、春季と夏季の平均気温は野辺山、奈川、原村では統計的に有意に上昇傾向を示し、菅平と開田高原では上昇傾向が統計的には有意ではない。



図Ⅲ-2-6 中部山岳地域のアメダス観測地点における季節平均気温の変動(1989~2022 年)

中部山岳地域における気象官署と標高 1,000m以上のアメダス観測地点における、季節平均気温の1989年から2022年までの変動に対するMan-Kendall検定の結果と、年平均気温の変動に対するMan-Kendall検定結果をあわせて表Ⅲ-2-1に示す。

表Ⅲ-2-1 中部山岳地域の気象観測地点における年平均気温と季節平均気温の変動に対するMan-Kendall検定結果

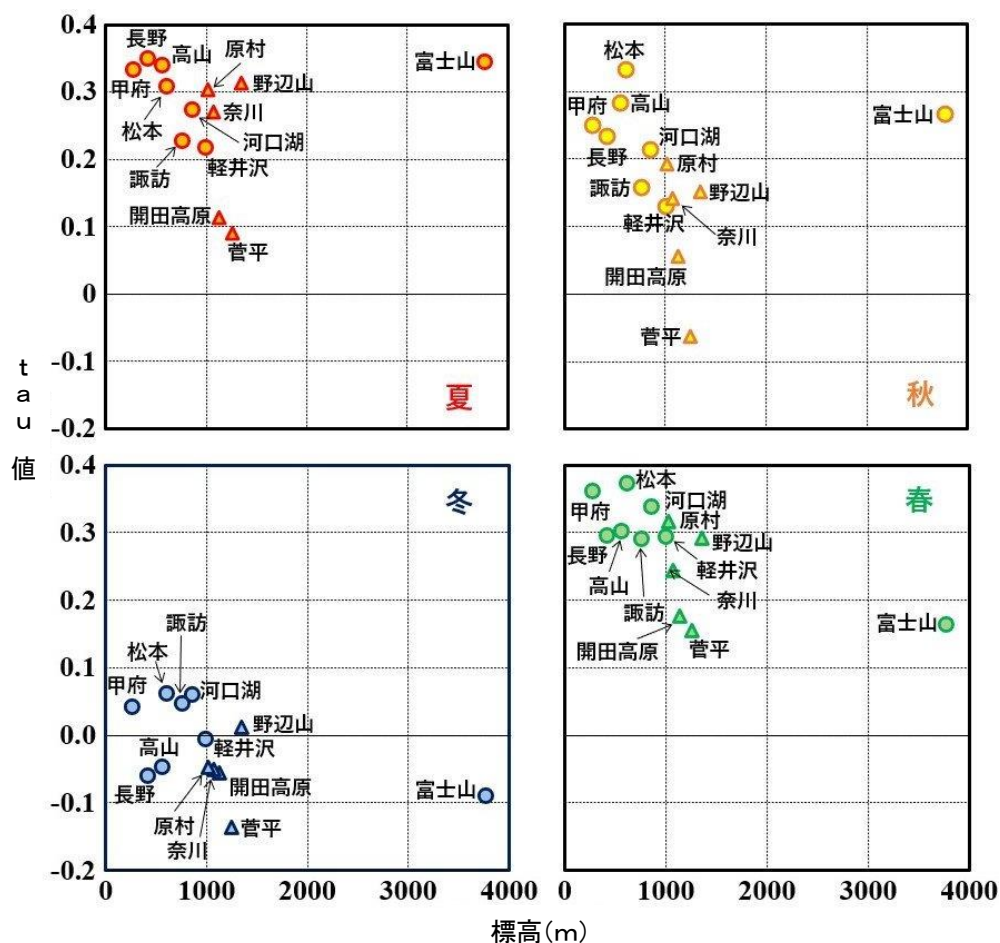
	標高 (m)	年平均気温		冬季平均気温		春季平均気温		夏季平均気温		秋季平均気温	
		tau	pValue	tau	pValue	tau	pValue	tau	pValue	tau	pValue
富士山	3775.1	0.219	0.0781	-0.0899	0.455	0.162	0.185	0.345	0.00407	0.267	0.0262
野辺山	1350	0.292	0.0150	0.0125	0.917	0.291	0.0155	0.313	0.00931	0.151	0.210
菅平	1253	0.0724	0.560	-0.136	0.258	0.156	0.195	0.0899	0.455	-0.0627	0.602
開田高原	1130	0.189	0.122	-0.0560	0.642	0.177	0.142	0.1130	0.350	0.0561	0.641
奈川	1068	0.212	0.0774	-0.0508	0.673	0.244	0.0425	0.270	0.0246	0.141	0.241
原村	1017	0.322	0.00834	-0.0472	0.694	0.316	0.00868	0.303	0.0116	0.193	0.108
軽井沢	999.1	0.319	0.00802	-0.00541	0.964	0.293	0.0147	0.218	0.0693	0.130	0.280
河口湖	859.6	0.378	0.00168	0.0590	0.623	0.338	0.00493	0.274	0.0229	0.214	0.0751
諏訪	760.1	0.317	0.00846	0.0468	0.697	0.290	0.0158	0.228	0.0577	0.159	0.186
松本	610.0	0.411	0.000636	0.0617	0.608	0.371	0.00201	0.309	0.0101	0.333	0.00563
高山	560.0	0.325	0.00684	-0.0472	0.694	0.300	0.0126	0.339	0.00476	0.283	0.0184
長野	418.2	0.307	0.0106	-0.0596	0.620	0.295	0.0142	0.350	0.00357	0.233	0.0527
甲府	272.8	0.415	0.000558	0.0417	0.729	0.360	0.00276	0.333	0.00561	0.250	0.0376

赤字：気温上昇傾向、青地：気温下降傾向 太字：有意水準1%以下で統計的に有意、斜体：有意水準5%以下で統計的に有意

ここでは、アメダス観測地点については標高1,000m以上の地点のみを対象としたが、表Ⅲ-2-1には気象官署の結果とあわせて標高順に並べた。標高順に並べると、アメダス観測地点は富士山と軽井沢の標高間を埋めているが、気象庁の観測地点のみでは、標高1,350mと3,775.1mの間は空白となっており、中部山岳地域の高標高帯での議論には不十分である。

表Ⅲ-2-1の年平均気温の変動に対するMan-Kendall検定結果では、原村の標高1,017mよりも低標高の気象観測地点では、いずれも統計的に有意に年平均気温が上昇傾向を示している。原村よりも標高が高い気象観測地点では、野辺山のみが年平均気温が統計的に有意に上昇傾向である。冬季平均気温については、13地点すべてで統計的に有意な変動傾向を示さず、8地点ではtauの値がマイナスを示す下降傾向である。春季と夏季の平均気温は、多くの地点で上昇傾向を示している。春季平均気温については、比較的標高が高い富士山、菅平、開田高原の3地点で統計的に有意な変動傾向を示さず、夏季平均気温については、菅平、開田高原、軽井沢、諏訪の4地点で統計的に有意な変動傾向を示さない。秋季平均気温については、菅平のみがtau値がマイナスを示し、相対的に標高が低い松本、高山、甲府と富士山でのみ統計的に有意な上昇傾向を示している。

季節平均気温の1989年から2022年までの変動に対するMan-Kendall検定結果のtauの値と気象観測地点の標高関係を図Ⅲ-2-7に示す。tau値を示す軸の数値は四季とも同じである。tauの絶対値が大きいほど、変動が上昇傾向（tau値がプラス）か下降傾向（tau値がマイナス）かを示すことから、冬季平均気温については、いずれの気象観測地点でも上昇傾向を示さないことが明瞭である。逆に、春季と夏季は季節平均気温が上昇傾向を示す地点が多い。菅平では、冬季と秋季にtau値がマイナスを示し、春季と夏季も全体で最も小さいtau値を示すように、四季ともに近年の34年間では気温はほとんど変動していないことがわかる。開田高原においても、四季ともにtauの絶対値が小さいことから気温変動が小さいことがわかる。



図Ⅲ-2-7 季節平均気温の変動傾向に対する Man-Kendall 検定結果の tau 値と気象観測地点の標高との関係 ○は気象官署、△はアメダス観測地点を示す。

(5)モニタリングサイト 1000 高山帯調査の各地点での気温の変動傾向

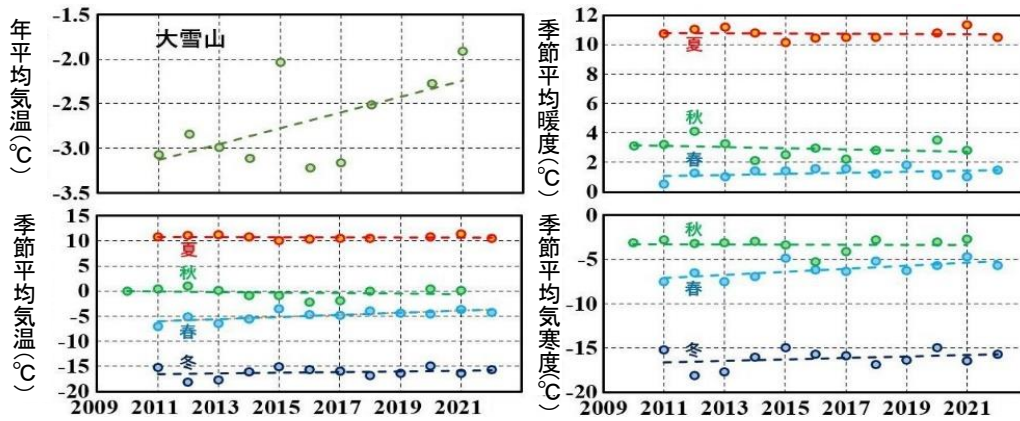
モニタリングサイト 1000 高山帯調査の各地点での気温観測は、10 年程度のデータ蓄積のため変動傾向を統計的に解析するには適さないが、季節的な特徴をまとめておく。気温観測地点は、北から順に大雪山、北アルプス（立山、蝶ヶ岳）、白山、南アルプス（北岳）である。それぞれの地点での年平均気温、季節平均気温、季節平均暖度、季節平均寒度を図Ⅲ-2-8～12 に示す。

ここで、季節平均暖度は各季節でのプラスの日平均気温のみの積算値を日数で除した値を示す。例えば、夏季（6～8 月）に日平均気温が氷点下の日がなければ、夏季平均気温と同じ値になる。季節平均寒度は各季節での氷点下の日平均気温のみの積算値を日数で除した値である。冬季（12～1 月）に日平均気温がプラスの日がなければ、冬季平均気温と同じ値になる。

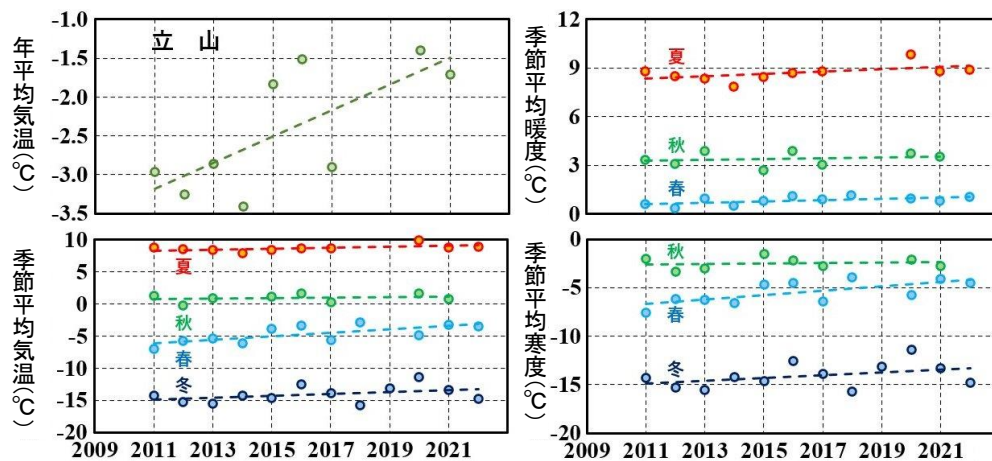
モニタリングサイト 1000 高山帯調査の気温観測地点のいずれも年平均気温が上昇傾向にあるように見える。しかしながら、季節ごとに検討すると、観測地点それぞれの特徴がある。大雪山では、夏季と秋季の季節平均気温、季節平均寒度、季節平均暖度ともに、ほとんど変化していない。特に、秋季の平均暖度は減少傾向にあり、暖かい日が少なくなる傾向のようである。一方で、春季は平均気温が上昇傾向であり、平均寒度も減少傾向である。大雪山では春が暖くなり、秋は涼しくなる傾向にある。

立山では、冬季、春季と夏季については気温の上昇傾向が認められるが、秋季については平均寒度に変化傾向が認められない。蝶ヶ岳では、2022 年冬季（2021 年 12 月～2022 年 2 月）が寒冬である。

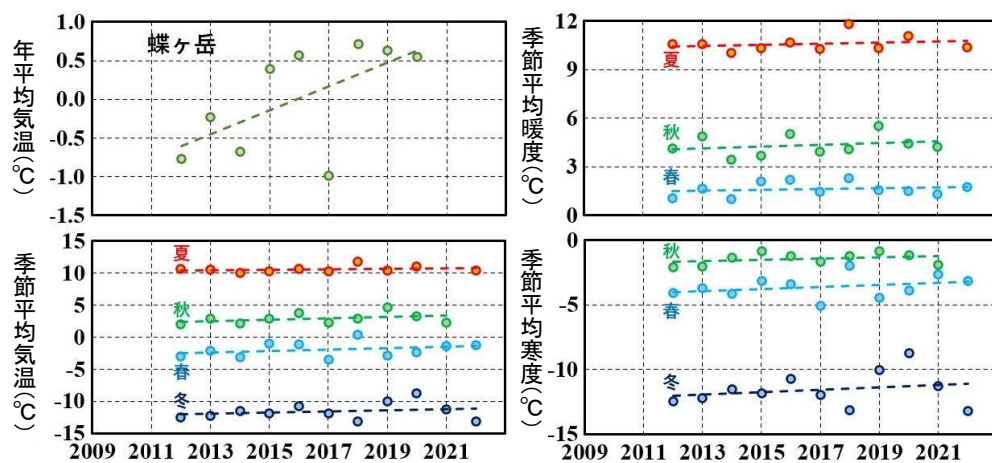
2022 年冬季の寒冬傾向は立山と白山でも同様である。蝶ヶ岳では平均寒度は減少傾向であるが、平均暖度に变化傾向は認められない。白山では、夏季と秋季の気温に変化傾向が認められないが、冬季と春季は寒度と暖度も含めて気温が上昇傾向である。北岳も夏季と秋季の気温に変化傾向がほとんど認められないが、冬季と春季は寒度と暖度も含めて気温が上昇傾向である。



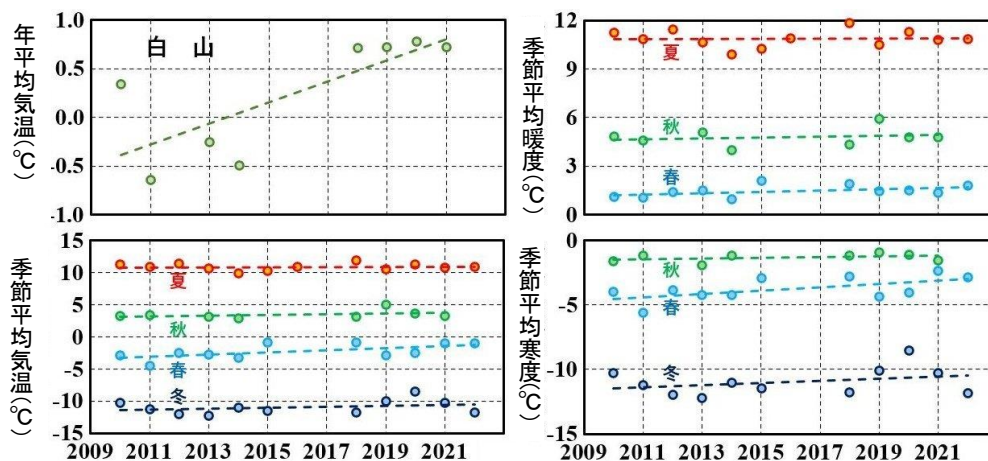
図Ⅲ-2-8 大雪山における年平均気温、季節平均気温、季節平均暖度と季節平均寒度の変動



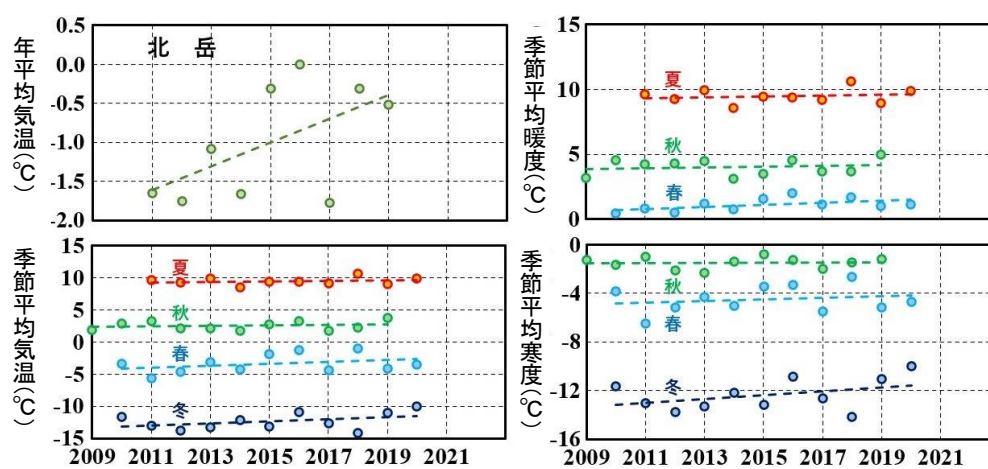
図Ⅲ-2-9 北アルプス(立山)における年平均気温、季節平均気温、季節平均暖度と季節平均寒度の変動



図Ⅲ-2-10 北アルプス(蝶ヶ岳)における年平均気温、季節平均気温、季節平均暖度と季節平均寒度の変動



図Ⅲ-2-11 白山における年平均気温、季節平均気温、季節平均暖度と季節平均寒度の変動



図Ⅲ-2-12 南アルプス(北岳)における年平均気温、季節平均気温、季節平均暖度と季節平均寒度の変動

(6)まとめ

- ・気象庁の観測データを用いた標高と季節による気温変動の差異

地上気象観測地点の緯度と年平均気温は、標高が 300mを超える観測地点を除くと、緯度が低い地点では年平均気温が高く、緯度が高くなるに従い年平均気温は低くなっている。

日本では 1898 年から 2022 年までに、 $1.3^{\circ}\text{C}/100$ 年の割合で気温が上昇しているが、コンスタントに上昇しているわけではなく、40 年程度の安定期の後に上昇して次のステージに移行している。

標高差の大きい富士山、河口湖、甲府では、1933 年から 2022 年までの気温上昇割合は、それぞれ $1.4^{\circ}\text{C}/100$ 年、 $2.5^{\circ}\text{C}/100$ 年、 $2.7^{\circ}\text{C}/100$ 年で、標高の高い富士山では気温上昇割合が小さかった。

中部山岳地域の 13 地点の気象観測地点では、1989～2022 年の年平均気温は全地点で上昇傾向を示し、標高が低い地点では上昇傾向が統計的に有意であった。春季と夏季の平均気温も全地点で上昇傾向を示し、ほとんどの地点で上昇傾向が統計的に有意であった。秋季の平均気温は有意に上昇したのは 4 地点のみで、冬季の平均気温は下降傾向を示す地点も多く統計的に有意な地点はなかった。

- ・モニタリングサイト 1000 高山帯調査の各地点での気温の変動傾向

いずれのサイトとも年平均気温には上昇傾向がみられるが、季節により変動傾向は異なり、大雪山では春季は上昇、秋季は下降、北アルプス（立山）では秋季以外は上昇、北アルプス（蝶ヶ岳）では冬季は上昇、白山と南アルプス（北岳）では冬季と春季は上昇傾向であった。

以上のように、モニタリングサイト 1000 高山帯調査の気温観測地点ごとに、季節的な気温の変動傾向に差異が認められ、季節によっても変動の様相が異なっているようである。しかし、観測期間が短い現状では気温変動に統計的な解析を施すのは適当ではなく、今後とも観測を継続しデータの蓄積を行っていくことが不可欠である。

IV. 高山帯の生物(生態系)応答

1. 植物の応答

1-1. 植生

(1)調査内容

1)調査目的

生態系基盤を形成する植生について、構成種や出現頻度の変化を把握する。

2)調査地

大雪山、北アルプス（立山）、白山、南アルプス（北岳）、富士山サイトにおいて、雪田と風衝地の植生を対象とし、雪溪の周辺など、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2～4プロットを設定した（図IV-1-1、表IV-1-1）。

3)調査方法

1 m×10mの永久方形枠を、1 m×1 m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と糞粒数を記録した。調査頻度は3～5年に1度（詳しい調査方法は、「モニタリングサイト1000 高山帯調査マニュアル」を参照のこと）。

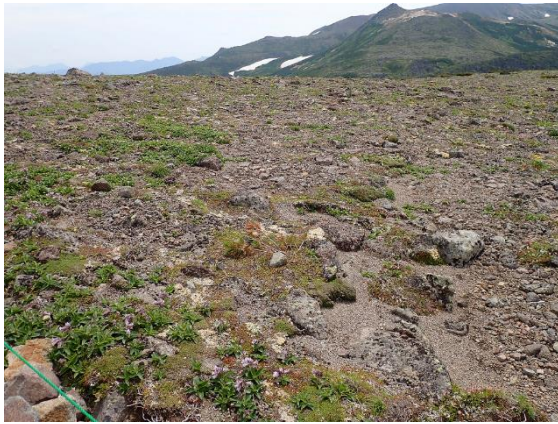
4)集計・解析方法

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出現種数、植被率、岩石・砂礫率、蘚苔類の被度、地衣類の被度の平均値を算出した。

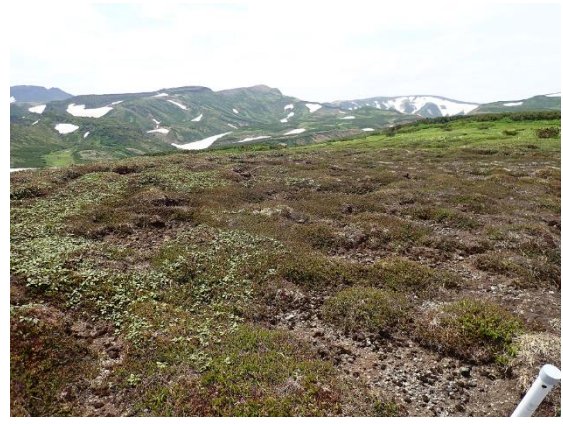
①各種の特性整理

出現種の特性を把握するため、機能型についてはKlinka et al. (1989)、環境省や都道府県のレッドリストの掲載種についてはカテゴリーとともに危険性の要因を整理した（北海道環境生活部環境室自然環境課，2001；石川県絶滅危惧植物調査会，2020；環境省自然環境局野生生物課希少種保全推進室，2015b；2020；静岡県くらし・環境部環境局自然保護課，2020；富山県生活環境部自然保護課，2012；山梨県森林環境部みどり自然課，2018）。その他の出現種の付加情報として、ニホンジカの嗜好性植物（橋本・藤木，2014；環境省自然環境局生物多様性センター）、それぞれの調査対象地域に分布する高山蝶の食草と訪花植物（猪又ら，1986；日本チョウ類保全協会，2019；白水，2006）及びその近縁種、マルハナバチ類の訪花植物（環境省自然環境局生物多様性センター，2019；2020a；2021～2023；木野田ら，2013；工藤・井本，2012；須賀，2001；須賀，2009；須賀ら，2015）及びその近縁種を抽出した。

高山帯に特有の種の減少やより低標高域に出現する種の増加等が生じているかを把握するため、出現種の分布する植生帯を大場・高橋（1999）および大場・永田（2009）により整理した。これらの文献に掲載されていなかった種は宮脇ら（1994）の植生帯記述により次のように整理した（図IV-1-2）。



1A 大雪山黒岳風衝地(2017/7/21)



1B 大雪山黒岳石室(2017/7/21)



1C 大雪山赤岳コマクサ平(2013/8/19)



1D 大雪山赤岳第4雪渓(2017/8/25)



2A 北アルプス(立山)室堂平(2020/10/12)



2B 北アルプス(立山)風衝地(2020/10/12)



4B 白山千蛇ヶ池南方風衝地(2015/8/12)

図IV-1-1 植生調査の調査地



4C 白山水屋尻(2011/8/9)



4D 白山南竜ヶ馬場(2013/8/13)



5B 北アルプス(北岳)プロット B(2014/8/24)



5J 北アルプス(北岳)プロット C(2015/6/26)



6 富士山山頂付近(2012/8/2)



6B 富士山森林限界付近(2012/8/1)

図IV-1-1 植生調査の調査地(続き)

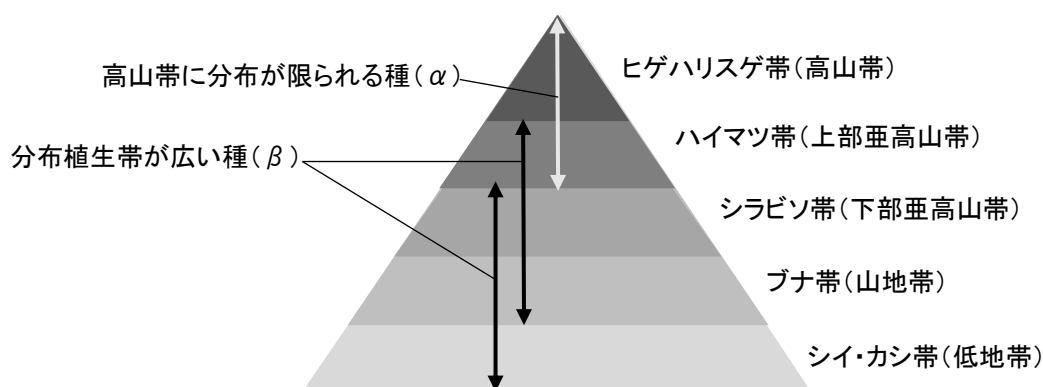
高山帯に分布が限られる種 (α):

- ・分布がヒゲハリスゲ帯またはハイマツ帯に限られる (大場・高橋, 1999 ; 大場・永田, 2009)
- ・分布が高山に限られる (宮脇ら, 1994)

分布植生帯が広い種 (β):

- ・ヒゲハリスゲ帯またはハイマツ帯に分布がなくシラビソ帯、ブナ帯、シイ・カシ帯に分布する (大場・高橋, 1999 ; 大場・永田, 2009)
- ・ヒゲハリスゲ帯またはハイマツ帯に分布するもののブナ帯、シイ・カシ帯まで分布する (大場・高橋, 1999 ; 大場・永田, 2009)
- ・山地まで分布する (宮脇ら, 1994)

以上にあてはまらない種はその他 (γ) とした。



図IV-1-2 植物の植生帯と垂直分布

②経年変化の把握

- ・出現種数、植被率、岩石・砂礫率、蘚苔類の被度、地衣類の被度

種多様性の指標として出現種数、植生変化の指標として植被率、岩石・砂礫率、蘚苔類の被度、地衣類の被度をそれぞれ用い、調査初回（一部のサイトでは1回目の調査が試行調査であったことから、2回目の調査を初回とした）から最新回までの経年変化について、サブコドラート毎の差分を算出した上でプロット毎に平均値を算出して比較した。

- ・機能型

出現種の特徴に応じた種構成の変化を把握するため、機能型の各構成についてサブコドラート毎に集計した上でプロット毎に平均値を算出し、調査初回と最新回を比較した。なお、巻末資料3に、プロット毎の各機能の出現メッシュ数の合計値の経年変化を示した。

- ・各種の増減

各種の増減を把握するため、各プロットのサブコドラートの出現メッシュ数を比較した。種の増減は各プロットにおけるサブコドラートへの出現メッシュ数 (N=10) と調査開始からの経過年数とのピアソンの相関係数を算出することにより把握した。解析には R ver. 4.1.3 を用いた (R Core Team, 2022)。

- ・動物食害の影響

動物食害の影響については、植生調査で得られた食痕と糞粒のデータの他に、開花フェノロジー調査のインターバルカメラで撮影された画像などを取りまとめた。

(2)調査結果

1)調査サイト・プロットごとの出現種の特徴

①調査地の概要

各プロットの集計結果を巻末資料1に、結果の概要を表IV-1-1にまとめた。

大雪山、北アルプス（立山）、白山は多雪地域のサイトで、雪田のプロットは風衝地のプロットに比べて総出現種数が多かった。南アルプス（北岳）は太平洋側の寡雪地域に設定したサイトで、積雪が少ないため風衝地のプロットとしているが、両プロットともに他の全サイトよりも総出現種数は多かった。富士山は太平洋側の寡雪地域にあり、比較的近年までの大規模な火山活動の影響で植物が乏しいサイトで、特に山頂付近のプロットの総出現種数はわずかであった（表IV-1-1）。

②レッドリスト掲載種

レッドリスト掲載種は、大雪山で9種、北アルプス（立山）で2種、白山で4種、南アルプス（北岳）では21種、富士山で1種が確認され、南アルプス（北岳）は希少種が特に多い地域であることが示された（表IV-1-2、図IV-1-3）。レッドリスト掲載種の中で、有意に増減した種はなかった（巻末資料1）。

③外来植物

出現種の中に、外来植物は確認されなかった（巻末資料1）。

④高山蝶の食草と訪花植物、マルハナバチ類の訪花植物

高山蝶の食草は、大雪山の4プロット、北アルプス（立山）室堂平、白山南竜ヶ馬場、南アルプス（北岳）プロットCで確認され、特に、大雪山の赤岳コマクサ平と第4雪渓で、多くの食草が確認された。高山蝶の訪花植物は富士山以外のプロット、マルハナバチ類の訪花植物は富士山山頂以外のプロットで確認された。食草と訪花植物は風衝地と雪田の両方の環境で確認されたが、雪田プロットで確認された種数の方が高い傾向にあった（図IV-1-4、5）。

表Ⅳ-1-1 植生調査結果の概要

巻末資料1より作成。総出現種数は維管束植物のみで、調査開始年から2022年までの最小値～最大値を示す。富士山山頂は蘚苔類も調査対象としている。

サイト名	プロット名	標高 (m)	雪田／ 風衝地	総出現 種数	出現メッシュ数が多かった種
1 大雪山	A 黒岳風衝地	1,950	風衝地	14～15	ミヤマウシノケグサ、エゾツツジ、チシマツガザクラ、タイセツイワスゲ
	B 黒岳石室	1,890	雪田	20～21	コエゾツガザクラ、チングルマ、コメススキ、キンスゲ、ミヤマアキノキリンソウ
	C 赤岳コマクサ平	1,840	風衝地	19～22	クロマメノキ、チシマツガザクラ、コマクサ、イワウメ、コミヤマヌカボ、ウラシマツツジ
	D 赤岳第4雪渓	1,970	雪田	28～31	チングルマ、キバナシャクナゲ、アオノツガザクラ、コメススキ、ミヤマクロスゲ、イワノガリヤス
2 北アルプ ス(立山)	A 室堂平	2,465	雪田	19～20	ショウジョウスゲ、チングルマ、コイワカガミ、イワイチョウ、コシジオウレン、ガンコウラン
	B 風衝地	2,705	風衝地	17～20	コメバツガザクラ、イワスゲ、ムカゴトラノオ、ミヤマキンバイ、タカネツメクサ
4 白山	B 千蛇ヶ池南方風衝地	2,580	風衝地	9～10	ガンコウラン、コケモモ、イワウメ、コメススキ、イワスゲ
	C 水屋尻	2,472	雪田	12～13	ヒロハコメススキ、ミヤマキンバイ、コメススキ、アオノツガザクラ、ハクサンコザクラ
	D 南竜ヶ馬場	2,084	雪田	24～26	ショウジョウスゲ、クロマメノキ、イワカガミ、ミツバオウレン、ハクサンコザクラ、イワイチョウ
5 南アルプ ス(北岳)	B プロットB	3,015	風衝地	43～52	※希少種保護のため非公開
	J プロットC	2,990	風衝地	41～46	※希少種保護のため非公開
6 富士山	A 山頂付近 A	3,730	風衝地	1～3	イワノガリヤス、タカネスナゴケ、ミヤマスナゴケ
	B 森林限界付近	2,350	風衝地	9～12	コタヌキラン、ヤマホタルブクロ、イワオウギ、ミヤマウシノケグサ、カラマツ
	C 山頂付近 C	3,730	風衝地	1～2	イワノガリヤス、タカネスナゴケ、ヤマコスギゴケ、ミヤマスナゴケ
	D 山頂付近 D	3,730	風衝地	1～3	イワノガリヤス、タカネスナゴケ、ヤマコスギゴケ、ミヤマスナゴケ

表Ⅳ-1-2 植生調査の出現種のレッドリスト掲載種と危険性の要因

北海道環境生活部環境室自然環境課, 2001; 石川県絶滅危惧植物調査会, 2020; 環境省自然環境局野生生物課希少種保全推進室, 2015b; 2020; 静岡県くらし・環境部環境局自然保護課, 2020; 富山県生活環境部自然保護課, 2012 より作成。

種名	レッドリストのカテゴリーと危険性の要因
大雪山	
ウスユキトウヒレン	環境省: 絶滅危惧ⅠB類(EN): 産地局限。
ジンヨウキスミレ	環境省: 絶滅危惧ⅠB類(EN)、北海道: 絶滅危急種(Vu)。
チシマツガザクラ	環境省: 絶滅危惧Ⅱ類(VU)。
メアカンキンバイ	環境省: 絶滅危惧Ⅱ類(VU): 登山者の踏みつけ、園芸採取。
ヌイオスゲ	環境省: 絶滅危惧Ⅱ類(VU): 自然遷移、森林伐採、登山者による踏みつけ。
エゾヒメクワガタ	環境省: 絶滅危惧Ⅱ類(VU): 産地局限。
ミヤマミ	環境省: 準絶滅危惧(NT)。
コマクサ	北海道: 希少種(R)。
エゾコザクラ	北海道: 希少種(R)。
北アルプス(立山)	
クモマスズメノヒエ	環境省: 準絶滅危惧(NT)、富山県: 準絶滅危惧。
チシマヒカゲノカズラ	環境省: 絶滅危惧ⅠB類(EN): 踏みつけ、産地局限、富山県: 情報不足。
白山	
イワウメ	石川県: 絶滅危惧Ⅰ類(EN): 踏みつけ、園芸採取、産地局限、岩場の崩壊。
ハクサンオオバコ	石川県: 絶滅危惧Ⅱ類(VU): 踏みつけ、自然遷移、産地局限。場所によっては、チシマザサが周囲から進入し、群落を脅かしている。また、オオバコとの雑種形成による遺伝子汚染の心配もある。
ハクサンコザクラ	石川県: 準絶滅危惧(NT): 園芸採取、自然遷移、産地局限。
キソチドリ	石川県: 準絶滅危惧(NT): 産地局限と踏みつけ、自然遷移など。
南アルプス(北岳)	
希少種保護の観点から出現種は非公開だが、21種のレッドリスト掲載種が確認された。	
富士山	
ムラサキモメンヅル	静岡県: 要注目種(N-II分布上注目種等): 登山者の踏圧が主要因である。砂礫の移動も脅威である。



ジンヨウキスミレ
2013.7.19/大雪山赤岳



クモマスズメノヒエ
2014.7.27/山梨県仙丈ヶ岳



イワウメ
2013.7.19/大雪山赤岳



ハクサンコザクラ
2013.8.18/白山

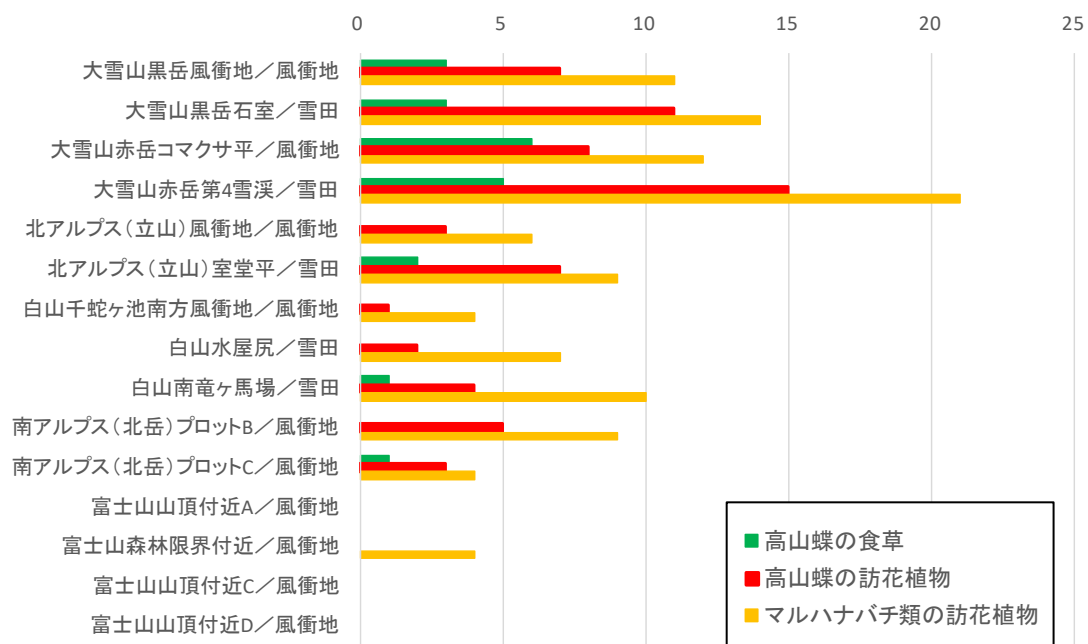


キタダケソウ
2019.6.21/南アルプス(北岳)



ウスユキトウヒレン
2014.8.8/大雪山旭岳

図Ⅳ-1-3 植生調査で確認されたレッドリスト掲載種
調査地以外で撮影されたものを含む参考写真



図IV-1-4 植生調査で確認された高山蝶の食草と訪花植物、マルハナバチ類の訪花植物の種数
高山蝶の食草と訪花植物は文献情報、マルハナバチ類の訪花植物は文献情報と大雪山及び北アルプス(蝶ヶ岳)の調査結果に基づく。



クロマメノキ
アサヒヒヨウモン、カラフトリシジミ、ミヤマモンキチョウの食草



ミヤマクロスゲ
クモマベニヒカゲ、ダイセツタカネヒカゲの食草



コマクサ
ウスバキチョウの食草



クロウスゴ
ミヤマモンキチョウの食草



イワノガリヤス
クモマベニヒカゲ、ベニヒカゲ、ダイセツタカネヒカゲの食草



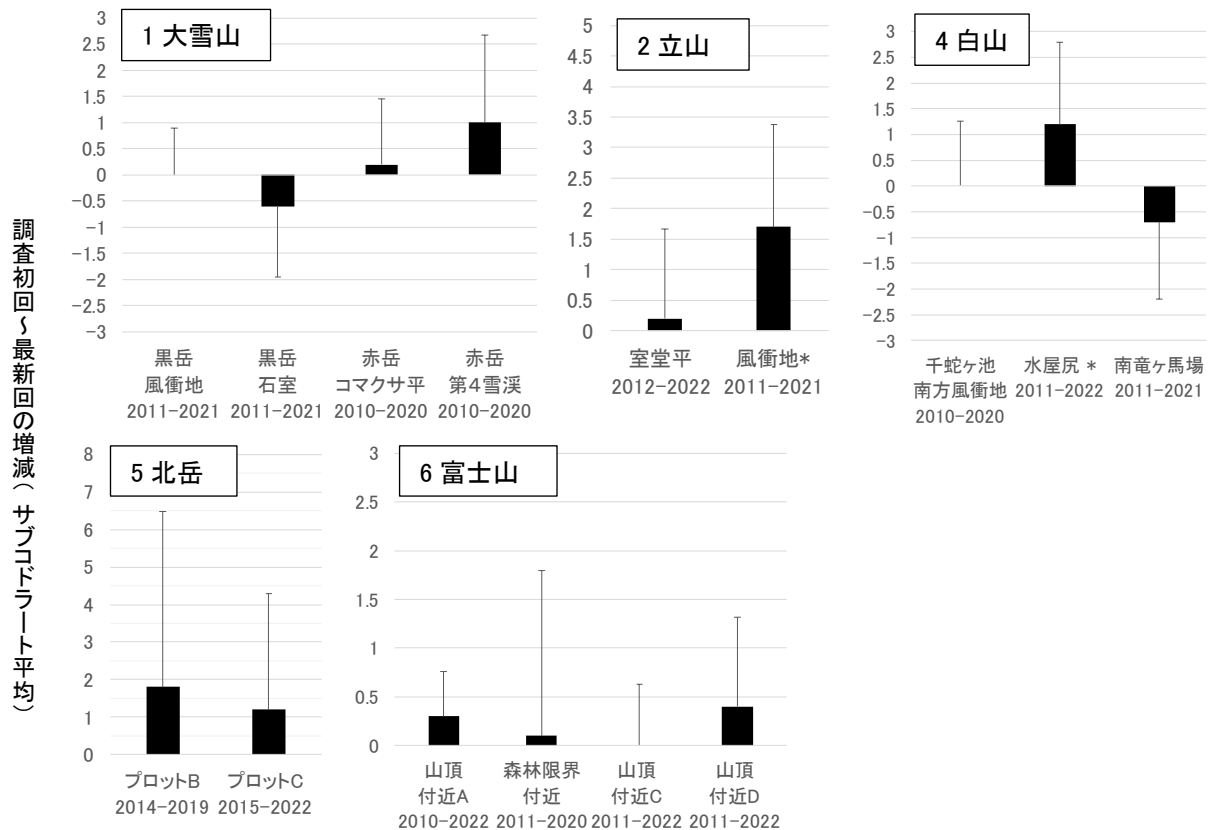
キバナシャクナゲ
アサヒヒヨウモンの食草

図IV-1-5 植生調査で確認された高山蝶の食草
調査地以外で撮影されたものを含む参考写真

2) 種多様性の変化

種多様性の変化の指標として、各プロットの出現種数の経年変化を図IV-1-6に示した。

北アルプス（立山）風衝地では平均約 1.7 種、白山水屋尻では平均約 1.2 種の出現種数の増加傾向が認められた。ただし、北アルプス（立山）風衝地の 2011 年の調査時はミヤマウシノケグサとミヤマコウボウの見逃しの可能性が報告されており、増加は種多様性の変化によるものではない可能性がある。白山水屋尻において各サブコドラートで新規出現したのはミヤマリンドウ、クロユリなどで、これらの種が出現種数の増加に寄与していた。その他のサイト・プロットでは有意な増減は認められなかった。



図IV-1-6 各プロットにおける出現種数の経年変化

調査初回から最終回にかけての出現種数の増減をサブコドラート毎に算出し、プロットの平均値を算出した（上下のバーは標準偏差）。有意差のあったプロットに*印を付した（t 検定、 $p < 0.05$ ）。

3) 植被率の変化

植生変化の指標として、各プロットの植被率、岩石・砂礫率、蘚苔類の被度、地衣類の被度の経年変化を図IV-1-7に示した。

大雪山黒岳風衝地では、蘚苔類が増加傾向にあり（平均約2.4%）、大雪山黒岳石室では岩石・砂礫率および地衣類の減少傾向（それぞれ平均約-2.5%、-19.4%）が確認された。

北アルプス（立山）風衝地では、植被率と蘚苔類が増加傾向（それぞれ平均約3.9%、3.6%）、岩石・砂礫率と地衣類が減少傾向（それぞれ平均約-3.9%、-0.4%）にあった。

白山水屋尻では植被率と蘚苔類の増加傾向（それぞれ平均約7.6%、約5.3%）、白山南竜ヶ馬場では植被率の増加傾向（平均約7.6%）が認められた。

南アルプス（北岳）プロットBでは、岩石・砂礫率と蘚苔類が増加傾向（それぞれ平均約2.4%、約0.2%）、プロットCでは蘚苔類と地衣類が増加傾向（それぞれ平均約0.6%、約2.8%）にあった。

富士山山頂付近Aでは、岩石・砂礫率の減少傾向（平均約-9.1%）と、蘚苔類の増加傾向（平均約5.4%）が確認された。

4) 機能型別の変化

出現種の特徴に応じた種構成の変化を把握するため、機能型¹の各構成の変化を図IV-1-8に示した。なお、それぞれの調査の機能型別の出現メッシュ数合計は、巻末資料3に示した。

大雪山の黒岳風衝地では落葉性低木（DS）と禾本類（G）、黒岳石室では落葉性低木（DS）と常緑性低木（ES）、赤岳コマクサ平では常緑性低木（ES）、禾本類（G）、赤岳第4雪渓ではすべての機能型がそれぞれ増加傾向にあった。

北アルプス（立山）の室堂平では常緑性低木（ES）、広葉草本（F0）、禾本類（G）が増加傾向にあり、風衝地では常緑性低木（ES）が増加傾向、広葉草本（F0）が減少傾向にあった。

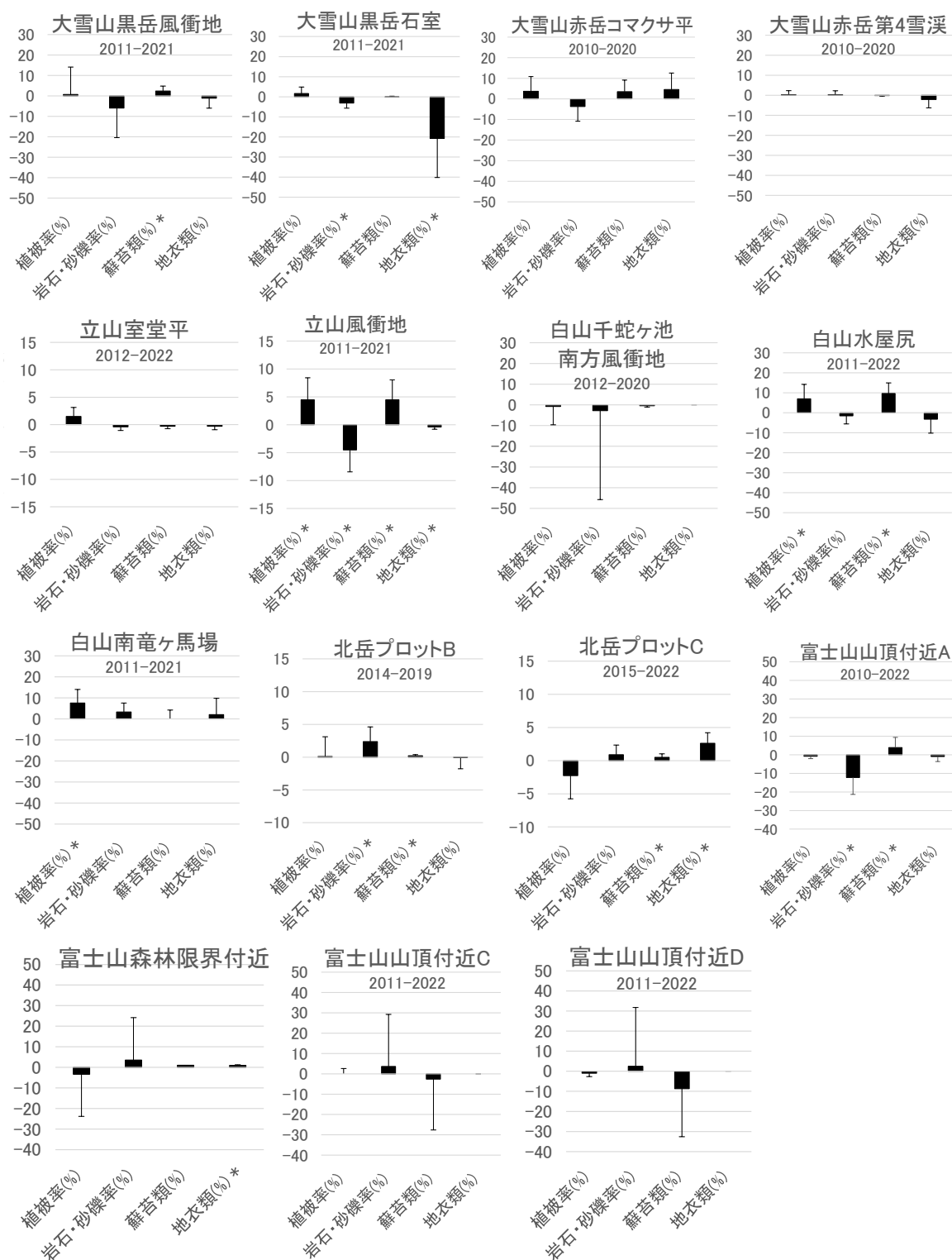
白山の千蛇ヶ池南方風衝地では常緑性低木（ES）が増加傾向、水屋尻では広葉草本（F0）、コマススキなどの禾本類（G）が増加傾向、南竜ヶ馬場では禾本類（G）が増加傾向にあった。

南アルプス（北岳）のプロットBではシダ植物（FE）の増加傾向、プロットCでは禾本類（G）の増加傾向が認められた。

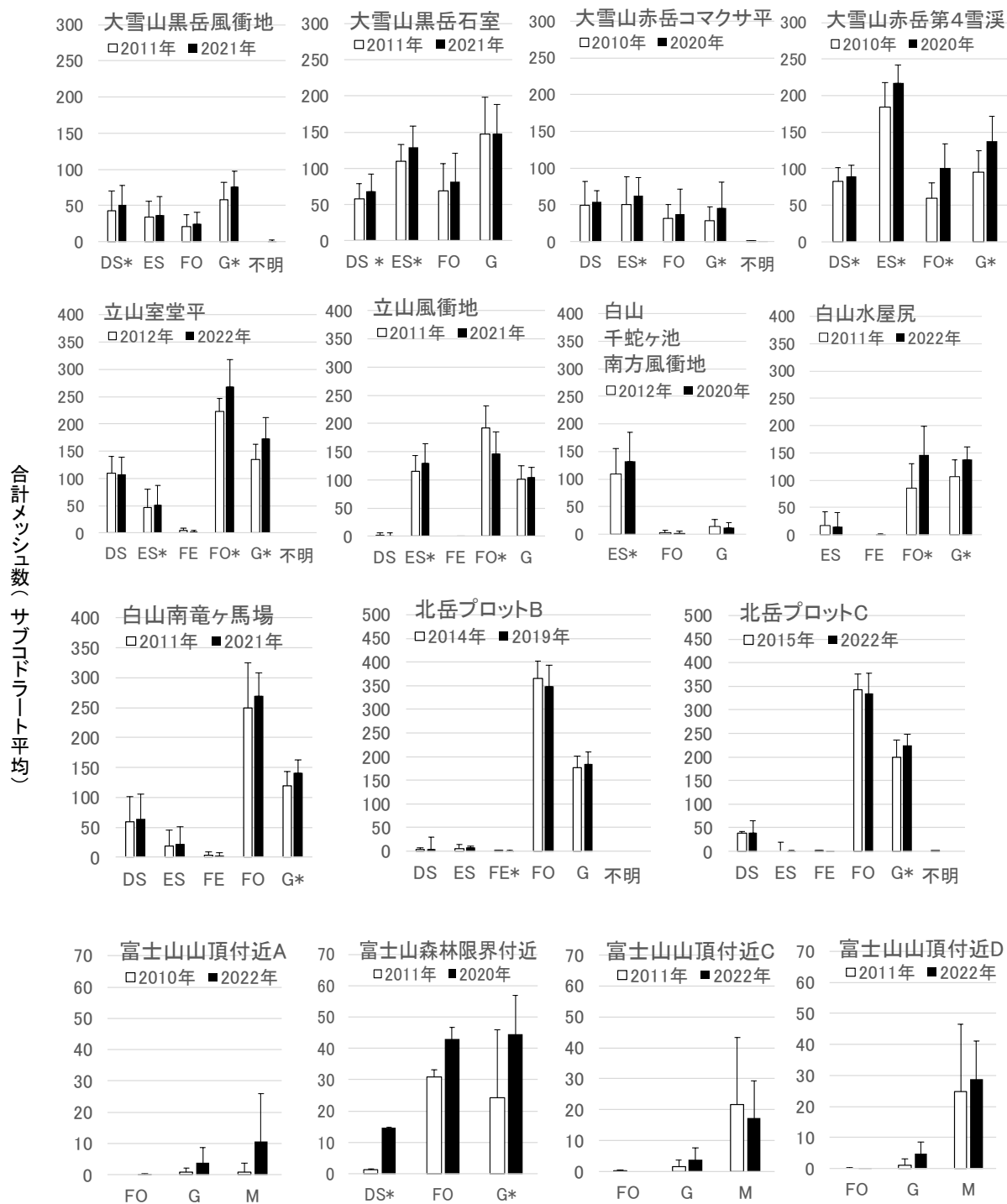
富士山の森林限界付近で落葉性低木（DS）、禾本類（G）の増加傾向が認められた。

¹ 植物を形態や生態から類型的にとらえる生活型の一種で、木本類は常緑と落葉、草本類は葉の形から禾本類（イネ科やカヤツリグサ科など葉の幅が狭い種）と広葉草本（葉の幅が広い種）に分けている（Klinka et al., 1989）。

調査初回から最新回の増減（サブコードラート平均）



図IV-1-7 各プロットにおける植被率、岩石・砂礫率、蘚苔類、地衣類の経年変化
調査初回から最終回にかけての出現種数の増減をサブコードラート毎に算出し、プロットの平均値を算出した（上下のバーは標準偏差）。有意差のあったプロットに*印を付した（t 検定、 $p < 0.05$ ）。



図IV-1-8 各プロットにおける機能型別構成の経年変化

機能型別のメッシュ数をサブプロット毎に算出し、プロットの平均値を算出した(上下のバーは標準偏差)。調査初回と最終回の調査間で有意差のあったプロットに*印を付した(t検定、 $p < 0.05$)。

DS: 落葉性低木、ES: 常緑性低木、FE: シダ植物、FO: 広葉草本、G: 禾本類、M: 蘚苔類(富士山山頂のみ)

5) 低標高域の種の増加

高山帯特有の種の減少や低標高域に出現する種の増加等を把握するため、巻末資料1の集計結果をもとに、サイト・プロットごとの出現種の分布植生帯の特徴を表IV-1-3に、増減傾向が有意であった種を表IV-1-4に示した。

大雪山、北アルプス（立山）、白山、南アルプス（北岳）は高山帯に分布が限られる種（ α ）が多く、分布植生帯が広い種（ β ）は少なかった。富士山は他のサイトとは異なり高山に分布が限られる種（ α ）が1種と極めて少ないにもかかわらず、分布植生帯が広い種（ β ）1～7種が出現する特徴があった。標高が同サイトの他プロットと比較して低い白山南竜ヶ馬場や富士山森林限界付近では分布植生帯が広い種（ β ）がどちらも7種と特に多く出現した（表IV-1-3）。

雪田（大雪山赤岳第4雪渓、白山水屋尻、南竜ヶ馬場）では有意に増加した種が多かった。すなわち大雪山赤岳第4雪渓ではイワノガリヤスなど7種、白山水屋尻ではコメススキとミヤマリンドウ、南竜ヶ馬場ではネバリノギランとミヤマリンドウが増加した。北アルプス（立山）でも雪田の室堂平ではコシジロウレンとコメススキが増加し、減少傾向の種はなかった（表IV-1-4）。

高山帯に分布が限られる種（ α ）は、大雪山と白山では増加傾向の種が多かったが、北アルプス（立山）風衝地では3種、南アルプス（北岳）プロットBで3種、南アルプス（北岳）プロットCは3種に減少傾向が見られた。

分布植生帯が広い種（ β ）は有意に増加した種のみで、減少した種は見られなかった。低木種や高木種は、北アルプス（立山）風衝地のハイマツと富士山森林限界付近のカラマツの増加がみられた（表IV-1-4）。

表Ⅳ-1-3 各サイトの出現種とその分布植生帯

総出現メッシュ数上位の抽出には最終調査年の値を用いた。種数は全調査期間を合わせた値。全出現種の分布植生帯の整理結果と各文献における記述は巻末資料2を参照。

サイト名	プロット名	標高(m)	雪田／ 風衝地	α 高山帯に分布が限られる種		β 分布植生帯が広い種		γ その他	
				種数	総出現メッシュ種数上位3種	種数	総出現メッシュ種数上位3種	種数	総出現メッシュ種数上位3種
1大雪山	A黒岳風衝地	1,950	風衝地	15	ミヤマウシノケグサ、エゾツツジ、チシマツガザクラ				
	B黒岳石室	1,890	雪田	15	チングルマ、キンスゲ、リシリスゲ	1	イワノガリヤス	6	コメススキ、ミヤマアキノキリンソウ、ハクサンボウフウ
	C赤岳コマクサ平	1,840	風衝地	18	クロマメノキ、チシマツガザクラ、コマクサ	1	イワノガリヤス	2	ガンコウラン、コケモモ
	D赤岳第4雪渓	1,970	雪田	21	チングルマ、キバナシャクナゲ、アオノツガザクラ	2	ミヤマヤナギ、ミツバオウレン	9	コメススキ、ミヤマクロスゲ、コケモモ
2北アルプス(立山)	A室堂平	2,465	雪田	8	ショウジョウスゲ、チングルマ、ミヤマリンドウ	4	コイワカガミ、コシジオウレン、ヒゲノガリヤス	8	イワイチョウ、ガンコウラン、マルバウスゴ
	B風衝地	2,705	風衝地	19	コメバツガザクラ、イワスゲ、ミヤマコウボウ			1	コメススキ
4白山	B千蛇ヶ池南方風衝地	2,580	風衝地	7	イワウメ、イワスゲ、ハイマツ			3	ガンコウラン、コケモモ、コメススキ
	C水屋尻	2,472	雪田	4	ヒロハコメススキ、ミヤマキンバイ、アオノツガザクラ	2	アキノキリンソウ、イワカガミ	6	コメススキ、ハクサンコザクラ、コバイケイソウ
	D南竜ヶ馬場	2,084	雪田	9	ショウジョウスゲ、クロマメノキ、アオノツガザクラ	8	イワカガミ、ミツバオウレン、モミジカラマツ	9	ハクサンコザクラ、イワイチョウ、コメススキ
5南アルプス(北岳) ※種名は非公開情報のため科名に変換した。	BプロットB	3,015	風衝地	42	キンボウゲ科sp.、タデ科sp.、カヤツリグサ科sp.	4	イネ科sp.、シソ科sp.、ハナヤスリ科sp.	10	ユリ科sp.、マメ科sp.、カヤツリグサ科sp.
	JプロットC	2,990	風衝地	41	カヤツリグサ科sp.、タデ科sp.、バラ科sp.	3	シソ科sp.、ハナヤスリ科sp.、イネ科sp.	3	マメ科sp.、バラ科sp.、キク科sp.
6富士山	A山頂付近A	3,730	風衝地	1	イワツメクサ	2	イワノガリヤス、コタヌキラン		
	B森林限界付近	2,350	風衝地	1	ミヤマウシノケグサ	7	コタヌキラン、ヤマホタルブクロ、カラマツ	4	イワオウギ、ミヤマオトコヨモギ、ミヤマアキノキリンソウ
	C山頂付近C	3,730	風衝地	1	イワツメクサ	1	イワノガリヤス		
	D山頂付近D	3,730	風衝地	1	イワツメクサ	2	イワノガリヤス、コタヌキラン		

表IV-1-4 各プロットにおいて増減傾向が有意($P<0.05$)であった種

富士山山頂については蘚苔類も集計したが、他のサイトでは維管束植物のみを集計対象とした。蘚苔類の分布植生帯は整理対象としなかった。植生帯の記号は α : 高山帯に分布が限られる種(紫色のセル)、 β : 分布植生帯が広い種(緑色のセル)、 γ : その他(無色のセル)である。全出現種の分布植生帯の整理結果と各文献における記述は巻末資料2を参照。全出現種の増減傾向の集計結果は巻末資料1を参照。

サイト名	プロット名	標高(m)	雪田／ 風衝地	有意に増加 和名	植生帯	機能型	Pearson's r	P値	有意に減少 和名	植生帯	機能型	Pearson's r	P値
1大雪山	A黒岳風衝地	1,950	風衝地	該当種なし*					該当種なし				
	B黒岳石室	1,890	雪田	コエゾツガザクラ	γ	ES	0.436	0.016	コミヤマヌカボ	α	G	-0.486	0.006
				ミヤマリンドウ	α	FO	0.685	0.000	ヨツバシオガマ	γ	FO	-0.454	0.012
	C赤岳コマクサ平	1,840	風衝地	タカネオミナエシ	α	FO	0.445	0.014	該当種なし				
	D赤岳第4雪渓	1,970	雪田	イワノガリヤス	β	G	0.426	0.019	該当種なし*				
				キバナシャクナゲ	α	ES	0.370	0.044					
				キンスゲ	α	G	0.532	0.002					
				シラネニンジン	α	FO	0.393	0.031					
				ミツバオウレン	β	FO	0.442	0.014					
				ミヤマクロスゲ	γ	G	0.401	0.028					
2北アルプス(立山)	A室堂平	2,465	雪田	コシジオウレン(ミツバノ バイカオウレン)	β	FO	0.624	0.000	該当種なし				
				コメススキ	γ	G	0.587	0.001					
	B風衝地	2,705	風衝地	ハイマツ	α	ES	0.594	0.001	タカネツメクサ	α	FO	-0.443	0.014
									チシマアマナ	α	FO	-0.435	0.016
4白山									トウヤクリンドウ	α	FO	-0.361	0.050
	B千蛇ヶ池南方風衝地	2,580	風衝地	該当種なし					該当種なし				
	C水屋尻	2,472	雪田	コメススキ	γ	G	0.421	0.007	該当種なし				
				ミヤマリンドウ	α	FO	0.755	0.000					
	D南竜ヶ馬場	2,084	雪田	ネバリノギラン	β	FO	0.459	0.001	該当種なし				
5南アルプス(北岳) ※種名は非公開情報 のため科名に変換し た。	BプロットB	3,015	風衝地	該当種なし					ユキノシタ科sp.	α	FO	-0.450	0.046
									ゴマノハグサ科sp.	α	FO	-0.455	0.044
									タデ科sp.	α	FO	-0.872	0.000
	JプロットC	2,990	風衝地	カヤツリグサ科sp.	α	G	0.445	0.050	マメ科sp.	α	FO	-0.573	0.008
				アブラナ科sp.	γ	FO	0.481	0.032	ゴマノハグサ科sp.	α	FO	-0.534	0.015
6富士山				ナデシコ科sp.	α	FO	0.459	0.042	タデ科sp.	α	FO	-0.557	0.011
	A山頂付近A	3,730	風衝地	ミヤマスナゴケ			0.476	0.008	該当種なし				
	B森林限界付近	2,350	風衝地	カラマツ	β	DS	0.431	0.017	該当種なし				
	C山頂付近C	3,730	風衝地	該当種なし					該当種なし				
	D山頂付近D	3,730	風衝地	イワノガリヤス	β	G	0.405	0.027	該当種なし				
				ミヤマスナゴケ			0.408	0.025					

* A黒岳風衝地では双子葉実生に有意な増加がみられたが、何の種の実生が不明のため整理対象としなかった。D赤岳第4雪渓ではスゲsp.に有意な減少がみられたが、同様に対象としなかった。

6) 動物による食害の影響

ニホンジカの嗜好植物（高槻，1989）またはその近縁種は、大雪山で2種、北アルプス（立山）で2種、白山で4種、南アルプス（北岳）で1種、富士山で1種が確認された。これらのうち増加傾向がみられたのは、大雪山赤岳第4雪溪のキバナシャクナゲとイワノガリヤス、富士山山頂付近のプロットDのイワノガリヤスであった（巻末資料1）。

植生調査で得られたニホンジカ等の痕跡（巻末資料1）と、開花フェノロジー調査のために設置されたインターバルカメラの画像、他の調査時に得られた動物による食害に関連した情報を表IV-1-5と図IV-1-9にまとめた。

表IV-1-5 植生調査と開花フェノロジー調査用のインターバルカメラ等で得られた動物の確認状況や食害等に関する情報

調査年	サイト名	植生調査やインターバルカメラ等で得られた情報
2014	南アルプス（北岳）	プロットB：ニホンザルを撮影
2015	南アルプス（北岳）	プロットB：ニホンザルを撮影 プロットC：植生調査でニホンジカの食痕を確認
	富士山	森林限界付近：植生調査で食痕を確認
2016	大雪山	黒岳風衝地：植生調査でウサギの糞粒を確認
	南アルプス（北岳）	プロットC：ニホンザルを撮影
2017	南アルプス（北岳）	プロットC：イワオウギの花の消失を撮影
2018	南アルプス（北岳）	プロットC：ヨツバシオガマの花の消失を撮影
2020	大雪山	赤岳コマクサ平：植生調査でウサギの糞粒を確認
	南アルプス（北岳）	プロットC：ニホンザルの食害を撮影、その前後にイワオウギの花の消失を撮影（図IV-1-9）
	富士山	森林限界付近：植生調査でニホンジカの糞粒を確認、ニホンジカの食害を撮影
2021	大雪山	黒岳風衝地と黒岳石室：植生調査でウサギの糞粒を確認 赤岳コマクサ平：エゾユキウサギを撮影（図IV-1-9）、チョウ類調査時にニホンジカの食害を確認
	南アルプス（北岳）	プロットC：ニホンザルの群れを長時間確認、イワオウギの花の消失を撮影
	富士山	森林限界付近：ニホンジカの食害とニホンカモシカを撮影、イワオウギとイタドリの食痕を撮影
2022	大雪山	赤岳コマクサ平：植生の試行調査時にニホンジカの群れと食害を確認 マルハナバチ類と開花フェノロジーの調査者より、赤岳第1花園ではニホンジカにより土が掘り返され、足跡や獣道が確認されるとの情報、黒岳では登山口～山頂まで、食痕、足跡、獣道が多数あり、2～3年前から食痕が目立つとの情報があった
	南アルプス（北岳）	プロットC：ニホンザルを撮影
	富士山	森林限界付近：開花フェノロジー調査の際にニホンジカの食害を確認。インターバルカメラの画像からヤマホタルブクロの花の消失、イワオウギとイタドリの減少を確認

南アルプス（北岳）では2014年からニホンザルが断続的に撮影され、ニホンジカやニホンザルによる植物の消失が確認または撮影されており、特にプロットCでの確認情報が多い。大雪山では2016年からウサギ類の糞粒が確認され、2021年には画像も撮影された。富士山森林限界付近では2015年に食痕が確認され、2020年からはニホンジカの食害等が確認された。



南アルプス(北岳)プロットCのインターバルカメラ画像
2020.8.1 11:26 満開のイワオウギ



南アルプス(北岳)プロットCのインターバルカメラ画像
2020.8.1 12:26 ニホンザルと花が減ったイワオウギ



大雪山赤岳コマクサ平のインターバルカメラ画像
2021.6.18 6:22 エゾユキウサギ



富士山森林限界付近のインターバルカメラ画像
2021.8.1 18:02 カモシカ



富士山森林限界付近のインターバルカメラ画像
2021.9.17 10:52 採食前のイタドリ



富士山森林限界付近のインターバルカメラ画像
2021.9.19 17:49 ニホンジカと採食後のイタドリ

図IV-1-9 インターバルカメラで撮影された動物と植生への影響

(3)まとめ

- ・絶滅危惧種

植生調査の結果、全サイト合わせて 37 種のレッドリスト掲載種が確認され、そのうちの 21 種は南アルプス（北岳）で確認された。掲載種の中で有意に増減傾向にある種はなかった。

- ・外来植物

全サイトともに、外来植物は確認されなかった。

- ・高山蝶の食草と訪花植物

高山蝶の食草と訪花植物は富士山以外の全サイト、マルハナバチ類の訪花植物は富士山山頂以外の全プロットで確認された。同じサイト内では風衝地よりも雪田プロットの方が、食草や訪花植物種数が多い傾向にあった。

- ・大雪山

黒岳風衝地では、機能別のメッシュ数の変化でみると、落葉性低木と禾本類、黒岳石室では落葉性低木と常緑性低木、赤岳コマクサ平では常緑性低木、赤岳第 4 雪渓では全ての機能型の植物が増加傾向にあった。種ごとの増減傾向でも増加している種が多く、赤岳第 4 雪渓では 7 種に増加傾向がみられた。風衝地（黒岳風衝地、赤岳コマクサ平）では禾本類の増加傾向、雪田（黒岳石室、赤岳第 4 雪渓）では常緑性低木と落葉性低木の増加傾向が共通しているが、これらが五色ヶ原で確認されている乾燥化傾向（川合・工藤，2014）を示す結果かどうかは、今後の継続的な観測と雪解日・凍結終日との関連の検討も必要である。

- ・北アルプス（立山）

雪田（室堂平）では常緑性低木、広葉草本、禾本類が増加傾向にあり、種ごとの増減傾向でも広葉草本のコシジオウレンと禾本類のコメススキが増加傾向にあった。風衝地では常緑性低木と蘚苔類が増加傾向、広葉草本が減少傾向にあり、種ごとの増減傾向でも常緑性低木のハイマツが増加傾向、広葉草本のタカネツメクサ、チシマアmana、トウヤクリンドウが減少傾向にあった。これらの広葉草本は、いずれも高山帯に分布が限られる種である。蘚苔類の増加は広葉草本の減少に伴うことが示唆される。

- ・白山

千蛇ヶ池南方風衝地では常緑性低木、雪田（水屋尻）では広葉草本と禾本類、雪田（南竜ヶ馬場）では禾本類が増加傾向にあった。種ごとの増減傾向でも水屋尻では禾本類のコメススキと広葉草本のミヤマリンドウ、南竜ヶ馬場では広葉草本のネバリノギランとミヤマリンドウが増加した。ただし白山では、調査初回よりも最終回の調査時期が一月以上遅く、季節的な違いが影響している可能性がある。

- ・南アルプス（北岳）

風衝地（プロット B）では、岩石・砂礫率と蘚苔類が増加傾向にあり、機能別の出現メッシュ数でもシダ植物が増加傾向にあった。種ごとの増減では高山帯に分布が限られる広葉草本 3 種が減少した。プロット B は傾斜地に位置し、上部からの転石でコドラート内に礫が増加したことが確認されており、その影響を受けた結果と考えられる。プロット C では蘚苔類と地衣類が増加傾向にあり、機能別の出現メッシュ数でも禾本類が増加傾向にあった。種ごとの増減では高山帯に分布が限られる禾本類と広葉草本など 3 種が増加した一方で、高山帯に分布が限られる広葉草本 3 種が減少した。プロット C は調査作業時の踏圧の影響でコドラートの一部で植被が低下し、そこに地衣類が増加した可能性が高い。

- ・富士山

森林限界付近では、落葉性低木（カラマツ）と禾本類の増加傾向が認められた。山頂付近では

山頂付近Aで蘚苔類のミヤマスナゴケ、山頂付近Dでイワノガリヤスとミヤマスナゴケが増加傾向にあり、本事業開始前から指摘されている富士山山頂付近における蘚苔類や維管束植物の増加傾向（増澤ら，2011）を示すものと考えられる。山頂付近では近年まで見られなかったイワノガリヤスの増加について、増沢（2014）は種子が発芽し、その実生が成長できるような微環境が増加しつつあることの影響を指摘している。

- ・雪田の変化

大雪山、北アルプス（立山）、白山サイトで、風衝地よりも雪田で増加傾向の種が多く、融雪時期の早まりなど積雪環境の変化が生じていることの影響が想定できる。しかし、これまでの調査で推定雪解日が早まった傾向はみられず（図Ⅲ-1-4 雪田プロットにおける長期積雪日）、増加傾向への影響要因は不明である。

- ・風衝地の変化

北アルプス（立山）風衝地と南アルプス（北岳）では、高山帯に分布が限られる広葉草本が減少した。北アルプス（立山）風衝地についてはハイマツの増加、南アルプス（北岳）については転石と調査による攪乱について前述したが、北アルプス（立山）風衝地では凍結日数の短縮化、南アルプス（北岳）では凍結終日の早期化と凍結日数の短縮化の傾向がみられる（図Ⅲ-1-5 風衝地プロットにおける推定凍結日）。これらのプロットの植生変化に関しては積雪や凍結等の変化が影響している可能性もあり、今後も慎重に検討する必要がある。

- ・分布植生帯が広い種の増加

分布植生帯が広い種については、サイトやプロットの違いにかかわらず増加した種のみであったことから、こうした種が増加しやすい環境変化が生じている可能性がある。

- ・低木種や高木種の増加

北アルプス（立山）風衝地のハイマツと富士山森林限界付近のカラマツの増加がみられた。これらのプロットでは、凍結日数の短縮化の傾向があり（図Ⅲ-1-5 風衝地プロットにおける推定凍結日）、生育地の安定化や土壌の凍結期間の減少など、樹木の生長に有利な環境変化が生じている可能性がある。

- ・動物による食害の影響からみられる変化

動物による食害の影響について、植生調査の出現種の中にはニホンジカの嗜好植物が含まれ、一部の種には増加傾向がみられるが、他の種に比べて特に増加が著しいとはいえなかった。大雪山と富士山ではニホンジカ、南アルプス（北岳）ではニホンジカやニホンザルの食害が確認されており、今後の植生への影響が懸念される。

- ・低標高域の種の増加に着目した分析の課題

気候変動への応答を評価する際には、気温応答（標高移動）とともに土壌乾燥化（湿性植物の減少）も加えた二つの観点が必要とされている（川合・工藤，2014：Amagai et al. 2018）。今回は標高移動の傾向を抽出する方法として、分布する植生帯の違いに着目した解析を行ったが、この方法では雪田等の湿性環境に出現する種の乾燥に伴う変化は評価に反映されない。気候変動への応答を把握するためには、このような今回対象としなかった種群の変化抽出についても検討する必要がある。

1-2. ハイマツ年枝伸長量

(1)調査内容

1)調査目的

ハイマツの長枝¹の年枝²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る（沖津，1988；尾関ら，2011；Sano et al., 1977；Wada et al., 2005）。そこで、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の年枝伸長量について経年変化、月平均・最高気温が与える影響及びその年代ごとの変化を把握することを目的とした。

2)調査地

大雪山、北アルプス（立山）、白山、南アルプス（北岳）サイトにおいて、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。なお、調査プロットの詳細はI．3．（4）を参照のこと。



図IV-1-10 ハイマツの年枝

写真の⇄間が一年間で伸長した年枝

3)調査方法

1プロットあたり 20～30 本のハイマツ個体について、優勢な幹を対象に長枝の年枝の長さ（年枝伸長量）を過去 20～40 年程度までさかのぼって計測し³、各年次の年枝伸長量とした（図IV-1-10）。調査頻度は5年に1度（詳しい調査方法は、「モニタリングサイト 1000 高山帯調査マニュアル」を参照のこと）。

4)集計・解析方法

2022 年までに測定した長枝のうち 10 年間以上の年枝伸長量が利用可能な長枝を解析の対象とした。また、同じ長枝の同じ年の年枝伸長量を複数回測定した場合は、調査者の技量向上を考慮して新しい測定結果を解析に用いた。可能な限り解析に利用する年枝伸長量の測定期間を延ばすために、各枝の年枝伸長量はさかのぼれた測定期間中の全データを使用した。解析に用いたハイマツの測定枝数、期間、年数を表IV-1-6 に示した。また、年枝伸長量及び後述する SGI のロバスト平均値の経年変化は、散布図で図示し、線形回帰にて傾向を調べた。

①SGI のロバスト平均値の算出

各プロットにおける各枝の年枝伸長量はプロット内で同調性があると仮定し、各枝の年枝伸長量を標準化した伸長量指数（Shoot Growth Index = SGI）を算出し、プロットにおける SGI のロバスト平均値を算出した。求め方は以下のとおりである。

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。

- a. 各枝について、解析に用いた期間中の年枝伸長量の平均値を求める。
- b. 各枝の各年の年枝伸長量を a. で求めた平均値で割る。この値を伸長量指数 (Shoot Growth Index = SGI) と呼ぶ。
- c. プロットごとに各年各枝の SGI の平均値を、極端に成長の良い枝や悪い枝の SGI 値への影響を考慮し、外れ値の影響を受けにくい Tukey' s Biweight Robust Mean 法により算出した。この方法で算出した値をプロットにおける SGI のロバスト平均値と呼ぶ (以降の全ての解析ではこの値を使用した)。計算は、統計ソフト R 環境下で、パッケージ DescTools (Signorell et al., 2020) の TukeyBiweight 関数を利用して行った。

②各サイトに最も近い気象観測所の月平均・最高気温の取得

解析に使用する気象データについて、モニタリングサイト 1000 高山帯調査では 2009 年または 2010 年より気温の測定を行っているが、年枝伸長量と気温の関係を解析するために、より長期の気温データが必要である。そこで、気象庁の各種データ・資料 (<https://www.data.jma.go.jp/gmd/risk/obsdl/index.php>) から、大雪山は旭川地方気象観測所 (標高 119.8m)、北アルプスは富山地方気象台 (標高 8.6m)、白山は白川観測所 (標高 478m)、南アルプスは葦崎観測所 (標高 341m) の気象データを取得し、月平均・最高気温として用いることとした。また、気象観測期間全体における月平均・最高気温を算出し、4、5 月を春、6～9 月を夏、10、11 月を秋、12～3 月を冬と定め、季節ごとの平均気温と最高気温の変動を図示し、線形回帰を行った。

③線形混合モデルによる気候モデルの検証

季節、月の平均気温・最高気温が、ハイマツ年枝伸長量に及ぼす影響を検証するために線形混合モデル解析を行った。SGI のロバスト平均値を応答変数とし、説明変数には前年と当年の 6～9 月のそれぞれの月平均・最高気温、前年夏と当年夏の平均気温、前年 7～8 月の平均・最高気温の計 20 モデルおよびヌルモデルを用いた。年に関するランダム切片と自己相関構造をモデルに追加した。モデルは AIC (赤池情報量規準) で評価し、Akaike Weight で順位付けを行った。計算は Weijers et al. (2018) を参考に、統計ソフト R 環境下でパッケージ nlme (Pinheiro et al., 2023) とパッケージ MuMIn (Bartoń, 2023) を利用して行った。

④SGI のロバスト平均値と月平均・最高気温間の相関関数分析、応答関数分析

Weijers et al. (2018) を参考に、SGI のロバスト平均値と月ごとの気温との関連性の強さ、影響力の強さと方向性を評価するため、測定年を特定しない SGI のロバスト平均値に対して、前年 6 月～当年 9 月までの期間における月平均・最高気温間の相関関数分析と応答関数分析を統計ソフト R 環境下でパッケージ TREECLIM (Zang & Biondi, 2015) を利用して行った。なお、TREECLIM では相関関数と応答関数の算出を行うために、DENDROCLIM2002 (Biondi & Waikul, 2004) に実装されたアルゴリズムを使用して、気象データの主成分回帰モデルからの多変量推定値を用いた。

⑤SGI のロバストと月平均・最高気温間の移動窓相関関数分析と移動窓応答関数分析

SGI のロバスト平均値と月ごとの気温との関連性の強さ、影響力の強さと方向性の経年変化を評価するため、前年 6～9 月と当年 6～9 月の 8 パラメータについて移動窓相関関数分析と移動窓応答関数分析を行った。移動窓の区間は 9～10 年として 1 年ごとに移動した。なお、時間的自己相関を考慮するために、非定常ブートストラップ法を用いた。計算は Weijers et al. (2018) を参考に、統計ソフト R 環境下でパッケージ TREECLIM (Zang & Biondi, 2015) を利用して行った。

表Ⅳ-1-6 サイト別プロット別の解析に用いたハイマツの測定枝数、期間、年数及び年枝伸長量

サイト	プロット	測定枝数	測定期間	年数	年枝伸長量 (cm)		
					平均値	最小値	最大値
大雪山	黒岳石室	15-29	1992-2021	30	4.6	0.7	15.0
	赤岳コマクサ平	26-28	1998-2021	24	5.6	1.4	14.5
北アルプス (立山)	みくりが池	3-20	1977-2019	43	6.0	0.7	11.3
	別山	2-23	1980-2019	40	3.6	1.7	11.8
白山	千蛇ヶ池南方風衝地	1-30	1980-2017	38	3.7	0.5	10.5
	展望歩道	1-30	1980-2018	39	4.5	1.0	10.5
南アルプス (北岳)	登山道下部	10-22	1993-2017	25	4.2	1.1	8.1
	登山道中部	14-23	1993-2017	25	3.8	0.8	7.4

(2)調査結果

1)調査サイト、プロットごとのハイマツ年枝伸長量と SGI のロバスト平均値の経年変化

各プロットの年枝伸長量の経年変化を図IV-1-11、線形回帰の結果を表IV-1-7 に、SGI のロバスト平均値の経年変化を図IV-1-12、線形回帰の結果を表IV-1-8 に示す。年枝伸長量の経年変化では、大雪山黒岳石室以外のプロットで、回帰直線の傾きが有意に上向きであった (P 値<0.05)。一方で、SGI のロバスト平均値は、全プロットにおいて回帰直線の傾きが有意に上向きであり、年々伸長量が増加している傾向があった。

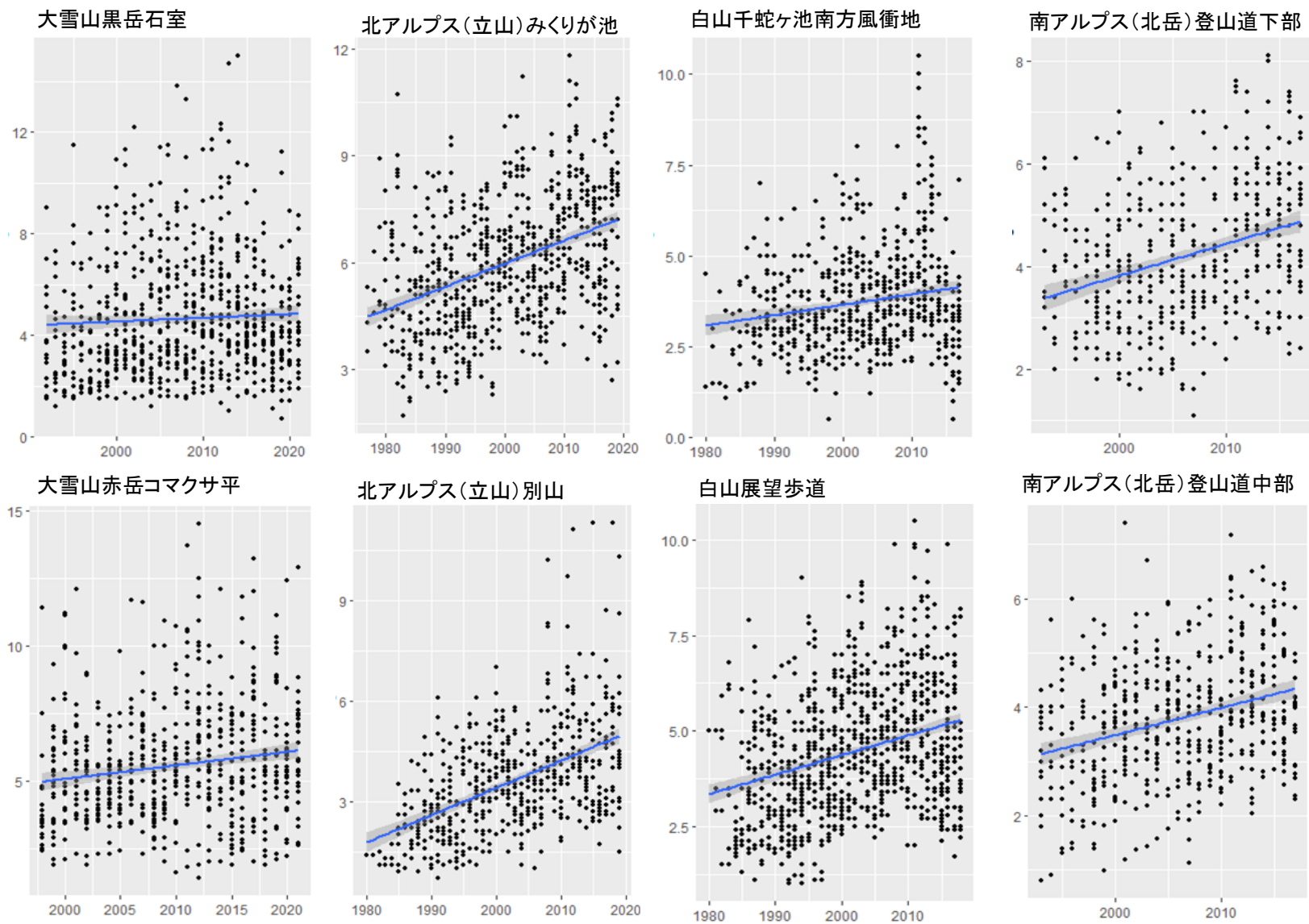
表IV-1-7 各プロットの年枝伸長量の経年変化についての線形回帰の結果(有意水準 P<0.05)

サイト	プロット	パラメータ	推定値	標準誤差	t値	p値
大雪山	黒岳石室	切片	-25.03	21.137	-1.2	0.237
		傾き	0.01	0.011	1.4	0.161
	赤岳コマクサ平	切片	-95.18	24.492	-3.9	<0.001
		傾き	0.05	0.012	4.1	<0.001
北アルプス (立山)	みくりが池	切片	-123.93	10.750	-11.5	<0.001
		傾き	0.06	0.005	12.1	<0.001
	別山	切片	-159.43	12.030	-13.3	<0.001
		傾き	0.08	0.006	13.6	<0.001
白山	千蛇ヶ池南方風衝地	切片	-53.55	11.801	-4.5	<0.001
		傾き	0.03	0.006	4.9	<0.001
	展望歩道	切片	-98.34	10.501	-9.4	<0.001
		傾き	0.05	0.005	9.8	<0.001
南アルプス (北岳)	登山道下部	切片	-120.37	17.214	-7.0	<0.001
		傾き	0.06	0.009	7.2	<0.001
	登山道中部	切片	-96.46	14.045	-6.9	<0.001
		傾き	0.05	0.007	7.1	<0.001

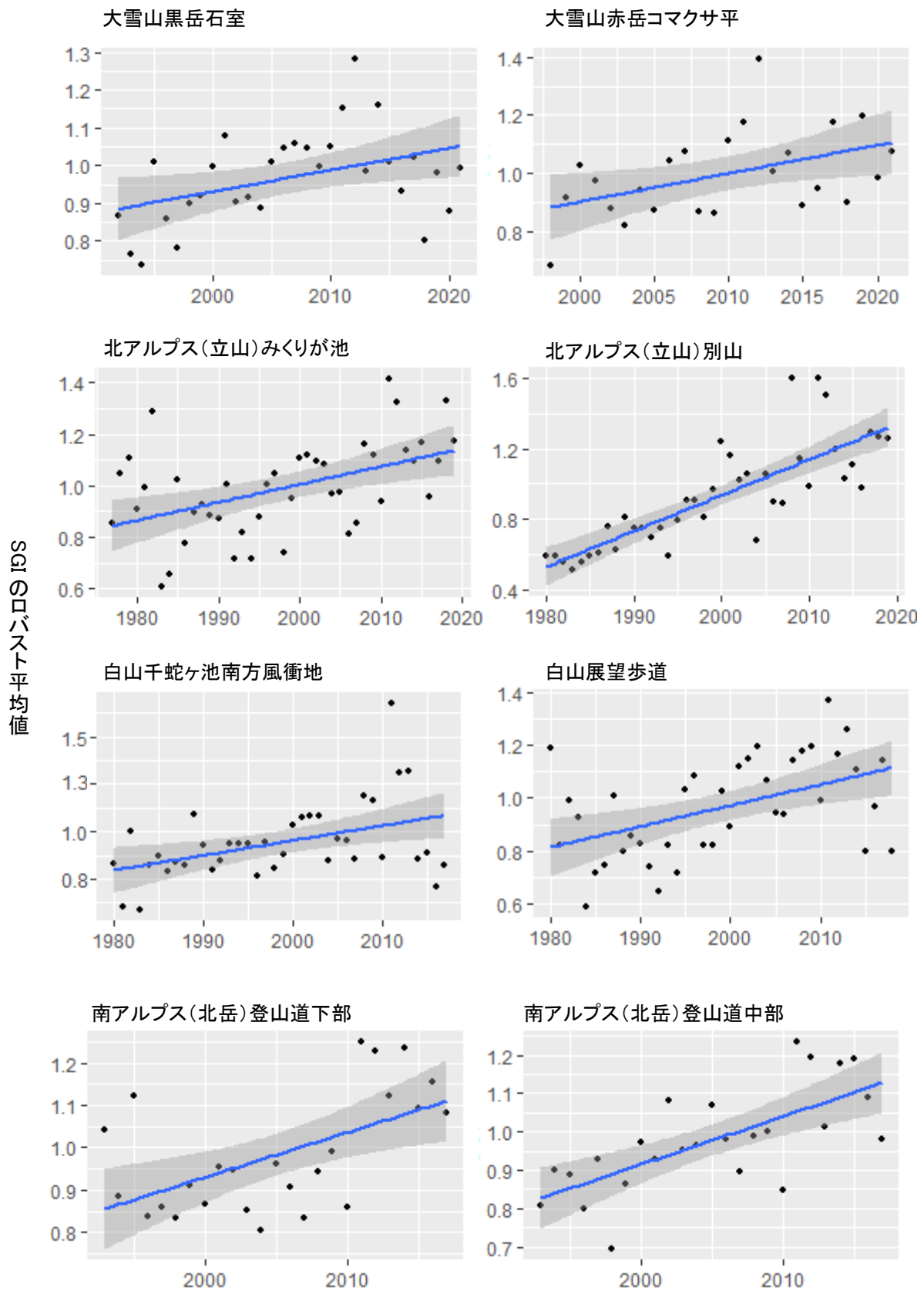
表IV-1-8 各プロットの SGI のロバスト平均値の経年変化についての線形回帰の結果(有意水準 P<0.05)

サイト	プロット	パラメータ	推定値	標準誤差	t値	p値
大雪山	黒岳石室	切片	-10.51	4.760	-2.2	0.036
		傾き	0.01	0.002	2.4	0.023
	赤岳コマクサ平	切片	-18.61	8.152	-2.3	0.033
		傾き	0.01	0.004	2.4	0.025
北アルプス (立山)	みくりが池	切片	-12.98	3.979	-3.3	0.002
		傾き	0.01	0.002	3.5	0.001
	別山	切片	-39.73	4.753	-8.4	<0.001
		傾き	0.02	0.002	8.6	<0.001
白山	千蛇ヶ池南方風衝地	切片	-14.71	5.497	-2.7	0.011
		傾き	0.01	0.003	2.8	0.007
	展望歩道	切片	-14.90	4.777	-3.1	0.004
		傾き	0.01	0.002	3.3	0.002
南アルプス (北岳)	登山道下部	切片	-20.33	6.602	-3.1	0.005
		傾き	0.01	0.003	3.2	0.004
	登山道中部	切片	-24.15	5.511	-4.4	<0.001
		傾き	0.01	0.003	4.6	<0.001

年枝伸長量(cm)



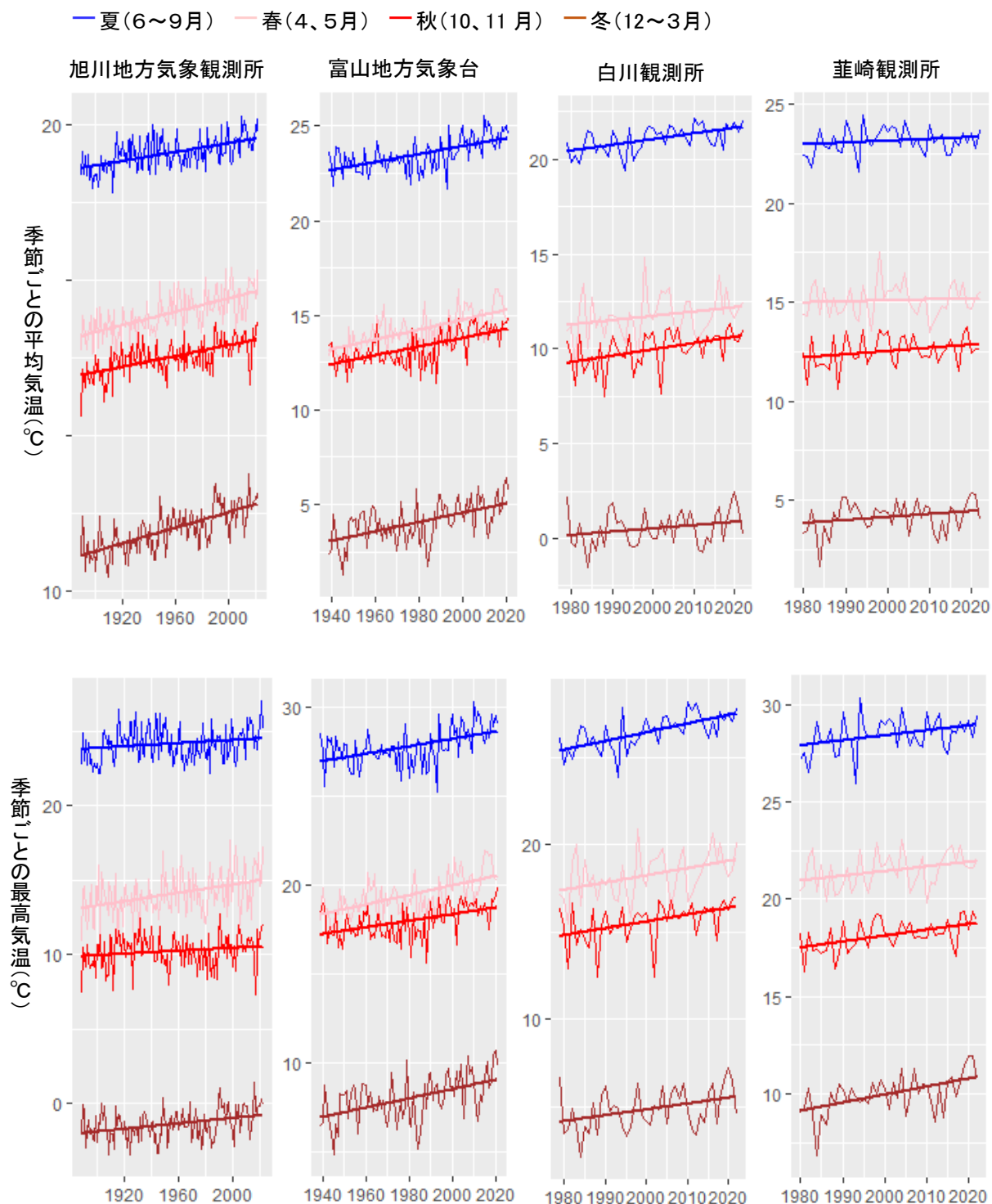
図IV-1-11 各プロットの年枝伸長量の経年変化



図IV-1-12 各プロットのSGIのロバスト平均値の経年変化

2)各サイトに最も近い気象観測所の季節ごとの平均気温と最高気温の経年変化

各サイトに最も近い気象観測所の季節ごとの平均気温と最高気温の経年変化を図IV-1-13に示す。旭川地方気象観測所、富山地方気象台、白川観測所については、夏の平均気温と最高気温が高い年と低い年を繰り返しながら有意に上昇していたが、葦崎観測所の夏の平均気温の変動は有意ではなかった。



図IV-1-13 気象観測所の季節ごとの平均気温と最高気温の経年変化

3) 気候モデルからみたハイマツ年枝伸長量と夏の平均・最高気温との関係

プロットごとにハイマツ年枝伸長量と気温との関係について説明力の高い上位3モデル（ヌルモデル以下のAICの数値が出た上位3モデル）を表IV-1-9に示す。それぞれのプロットで選択されたモデルのうち最も優れたモデルはすべて前年の気温で、前年夏の平均気温、または前年7～8月の平均気温または最高気温のモデルが選択された。南アルプスの2プロットについては今回検討したどのモデルも選択されなかった。

表IV-1-9 各プロットのSGIのロバスト平均値と平均・最高気温との線形混合モデルのうち上位3位の結果

大雪山黒岳石室						
モデル	AIC	係数±SE	P値	R ² m	R ² c	Akaike weight
前年夏平均	-38.29	0.08±0.02	<0.001	0.45	0.93	0.690
前年8月平均	-35.33	0.08±0.02	<0.001	0.40	0.93	0.157
前年8月最高	-34.83	0.08±0.02	<0.001	0.38	0.92	0.123
null	-28.59	0.97±0.02	0	0	0.88	0.005
大雪山赤岳コマクサ平						
モデル	AIC	係数±SE	P値	R ² m	R ² c	Akaike weight
前年8月最高	-13.60	0.09±0.03	0.002	0.36	0.92	0.317
当年夏平均	-12.69	0.09±0.03	0.003	0.33	0.92	0.202
前年8月平均	-12.49	0.09±0.03	0.003	0.33	0.92	0.182
null	-10.45	0.99±0.03	0	0	0.88	0.066
北アルプス(立山)みくりが池						
モデル	AIC	係数±SE	P値	R ² m	R ² c	Akaike weight
前年7月平均	-22.58	0.11±0.02	<0.001	0.35	0.92	0.502
前年7月最高	-21.55	0.11±0.02	<0.001	0.33	0.92	0.301
前年夏平均	-20.13	0.1±0.02	<0.001	0.31	0.91	0.148
null	-11.89	0.99±0.03	0	0	0.88	0.002
北アルプス(立山)別山						
モデル	AIC	係数±SE	P値	R ² m	R ² c	Akaike weight
前年夏平均	7.09	0.21±0.03	<0.001	0.49	0.94	0.869
前年9月平均	12.28	0.19±0.04	<0.001	0.41	0.93	0.065
前年9月最高	12.68	0.19±0.04	<0.001	0.41	0.93	0.053
null	26.62	0.93±0.05	0	0	0.88	<0.001
白山千蛇ヶ池南方風衝地						
モデル	AIC	係数±SE	P値	R ² m	R ² c	Akaike weight
前年夏平均	-8.19	0.11±0.03	<0.001	0.31	0.92	0.554
前年9月最高	-6.05	0.11±0.03	0.001	0.27	0.91	0.190
前年7月平均	-4.24	0.1±0.03	0.002	0.23	0.91	0.077
null	-1.36	0.94±0.03	0	0	0.88	0.018
白山展望歩道						
モデル	AIC	係数±SE	P値	R ² m	R ² c	Akaike weight
前年夏平均	-9.05	0.09±0.03	0.003	0.21	0.90	0.278
前年9月最高	-8.12	0.08±0.03	0.005	0.19	0.90	0.174
前年7月最高	-7.76	0.08±0.03	0.006	0.18	0.90	0.146
null	-7.18	0.96±0.03	0	0	0.88	0.109

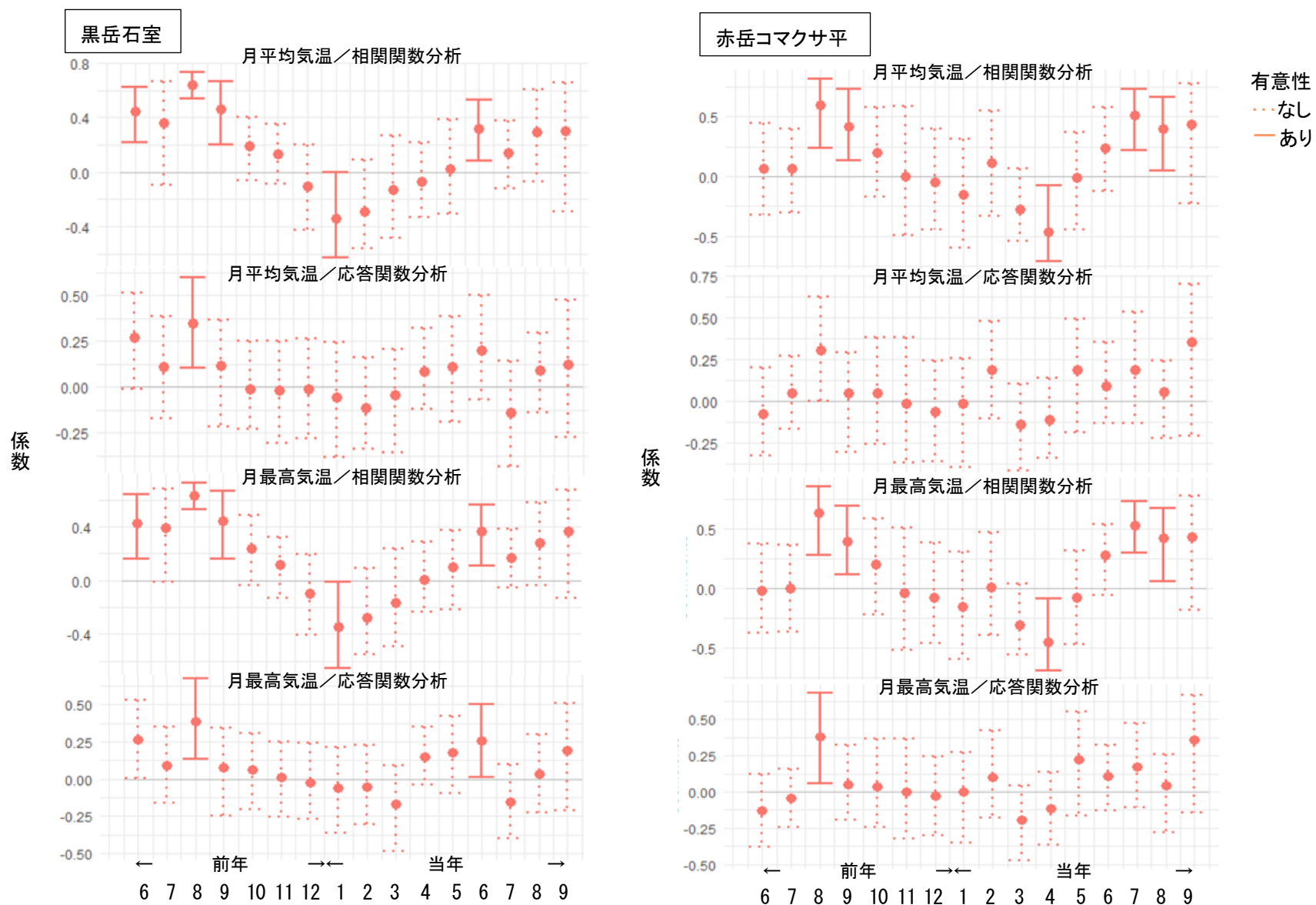
※南アルプス(北岳)登山道下部・中部は該当なし

4) ハイマツ年枝伸長量と月平均・最高気温との関係

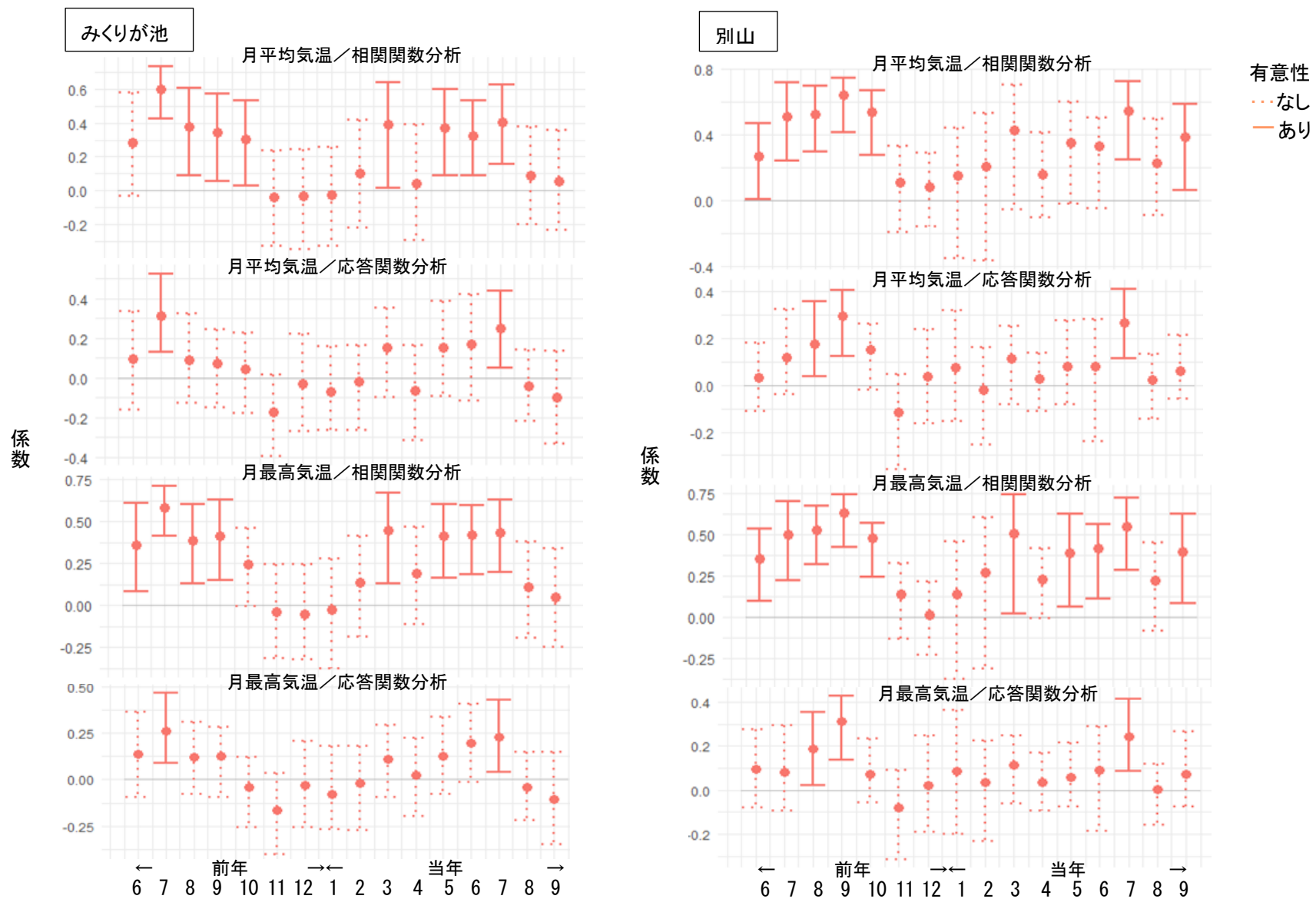
測定年を特定しない SGI のロバスト平均値と月平均・最高気温間の相関関数分析、応答関数分析の結果を図IV-1-14～17に示す。大雪山黒岳石室の相関関数分析では、前年6、8、9月及び当年6月の平均・最高気温で有意な正の相関があり、応答関数分析では前年8月の平均・最高気温、当年6月の最高気温に有意な正の応答を示した。大雪山赤岳コマクサ平では、前年8、9月及び当年7、8月の平均・最高気温で有意な正の相関があり、前年8月の最高気温に有意な正の応答を示した。北アルプス（立山）みくりが池では、前年夏及び当年5～7月の平均・最高気温で有意な正の相関があり、前年7月、当年7月の平均・最高気温に有意な正の応答を示した。北アルプス（立山）別山では、前年夏の平均・最高気温、当年7、9月の平均気温、当年3、5～7、9月の最高気温で有意な正の相関があり、前年8、9月、当年7月の平均・最高気温に有意な正の応答を示した。白山千蛇ヶ池南方風衝地では、前年7～9月の平均気温、前年7、9月の最高気温で有意な正の相関があり、前年9月の平均・最高気温に有意な正の応答を示した。白山展望歩道では、前年7、9、10月の平均・最高気温で有意な正の相関があり、前年10月の最高気温に有意な正の応答を示した。南アルプス登山道下部及び中部では、前年7月の平均・最高気温に有意な正の相関があり、登山道中部では、前年6月の平均・最高気温、前年7月の最高気温に有意な正の相関があった。南アルプス登山道下部及び中部の応答関数分析では有意な正の応答は示さなかった。

5) ハイマツ年枝伸長量と月平均・最高気温の関係の経年変化

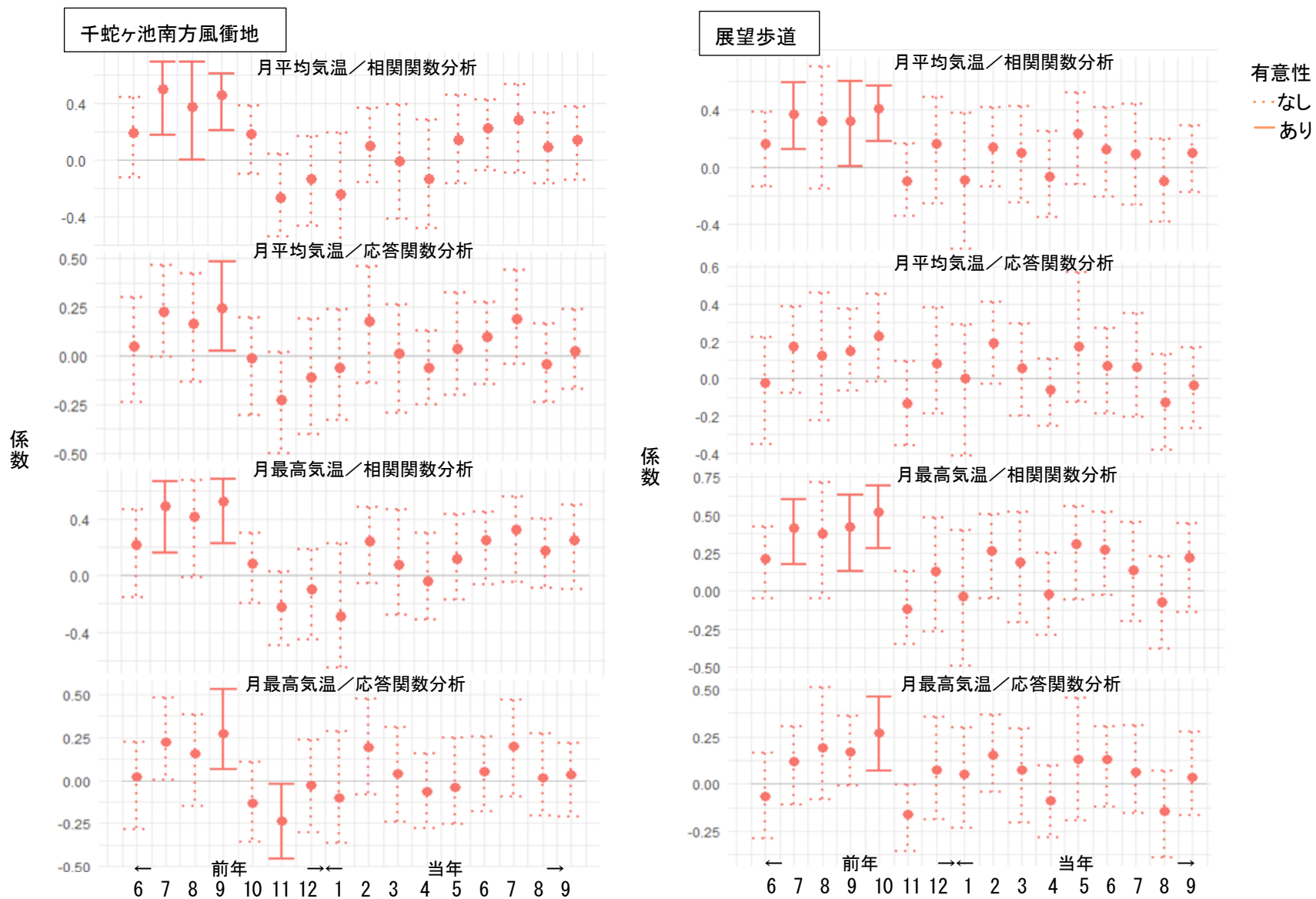
全期間の SGI のロバスト平均値と月平均・最高気温の移動窓相関関数分析と移動窓応答関数分析の結果を図IV-1-18～21に示す。大雪山黒岳石室の移動窓相関関数分析では前年8月の平均・最高気温は全期間を通して有意な正の相関があり、前年6、7、9月の平均・最高気温については1990年代初頭から2003年ほどまでの測定初期のみ有意な正の相関があった。大雪山赤岳コマクサ平では、2000年代の前年8月の平均・最高気温に有意な正の相関と応答を示した。北アルプス（立山）みくりが池では1991～2004年までの当年6月の平均・最高気温に有意な正の相関と応答を示した。北アルプス（立山）別山では2004～2019年までの前年9月の平均・最高気温に有意な正の相関があったが、応答は有意ではなかった。白山千蛇ヶ池南方風衝地では2006～2017年までの前年7～9月に有意な正の相関を示した。また、1995～2007年の間の7、8月の平均気温、7月の最高気温に正の相関と応答を示した。白山展望歩道では2003～2018年の前年8月、2010～2018年の前年7月の平均・最高気温に正の相関と応答を示した。南アルプス（北岳）登山道下部及び中部では2004～2012年の前年7月の平均・最高気温に正の相関と応答を示した。



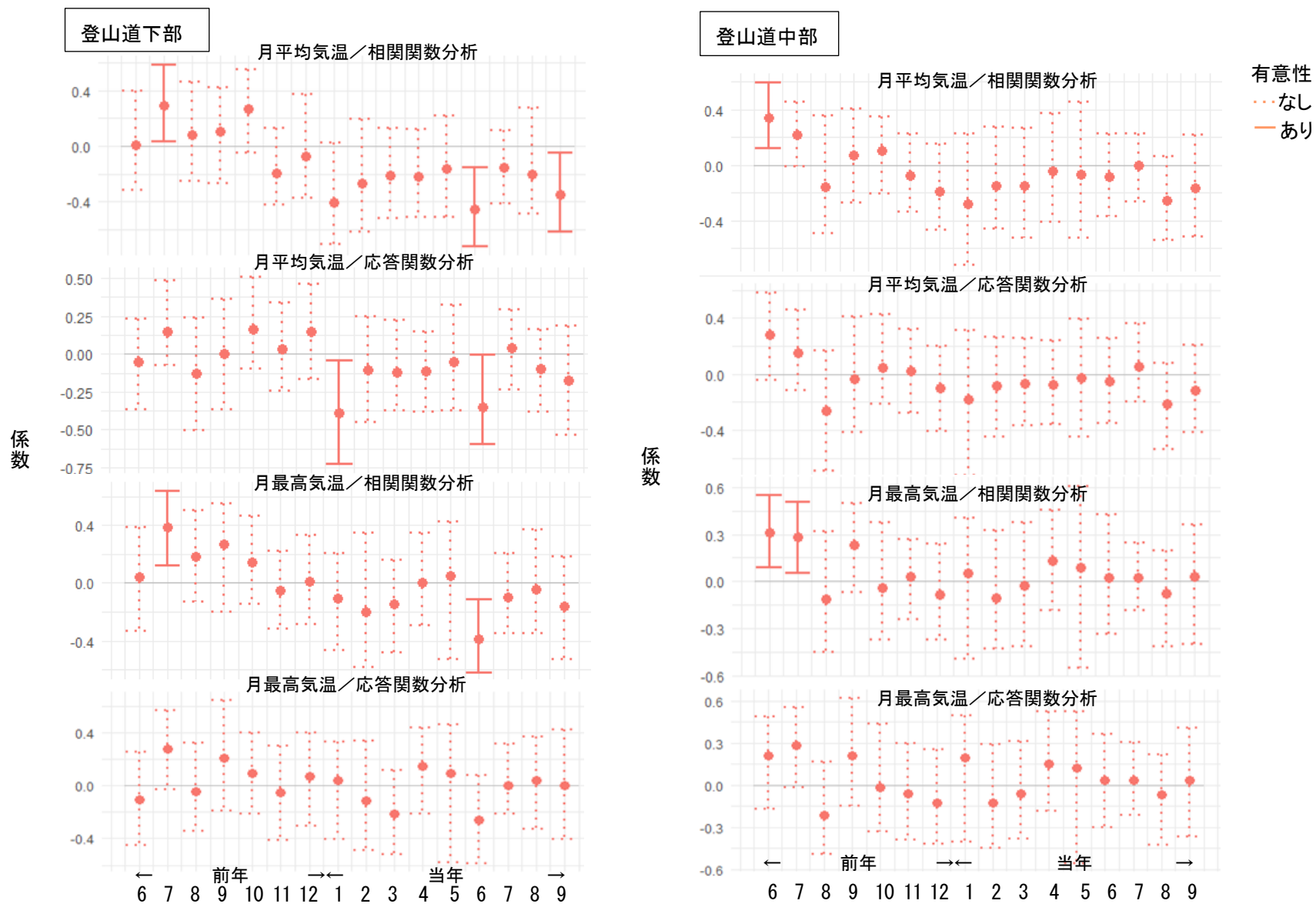
図IV-1-14 大雪山における月平均気温及び月最高気温の相関関数分析と応答関数分析の結果 バーは95%信頼区間、実線は有意な係数($P < 0.05$)を示す。



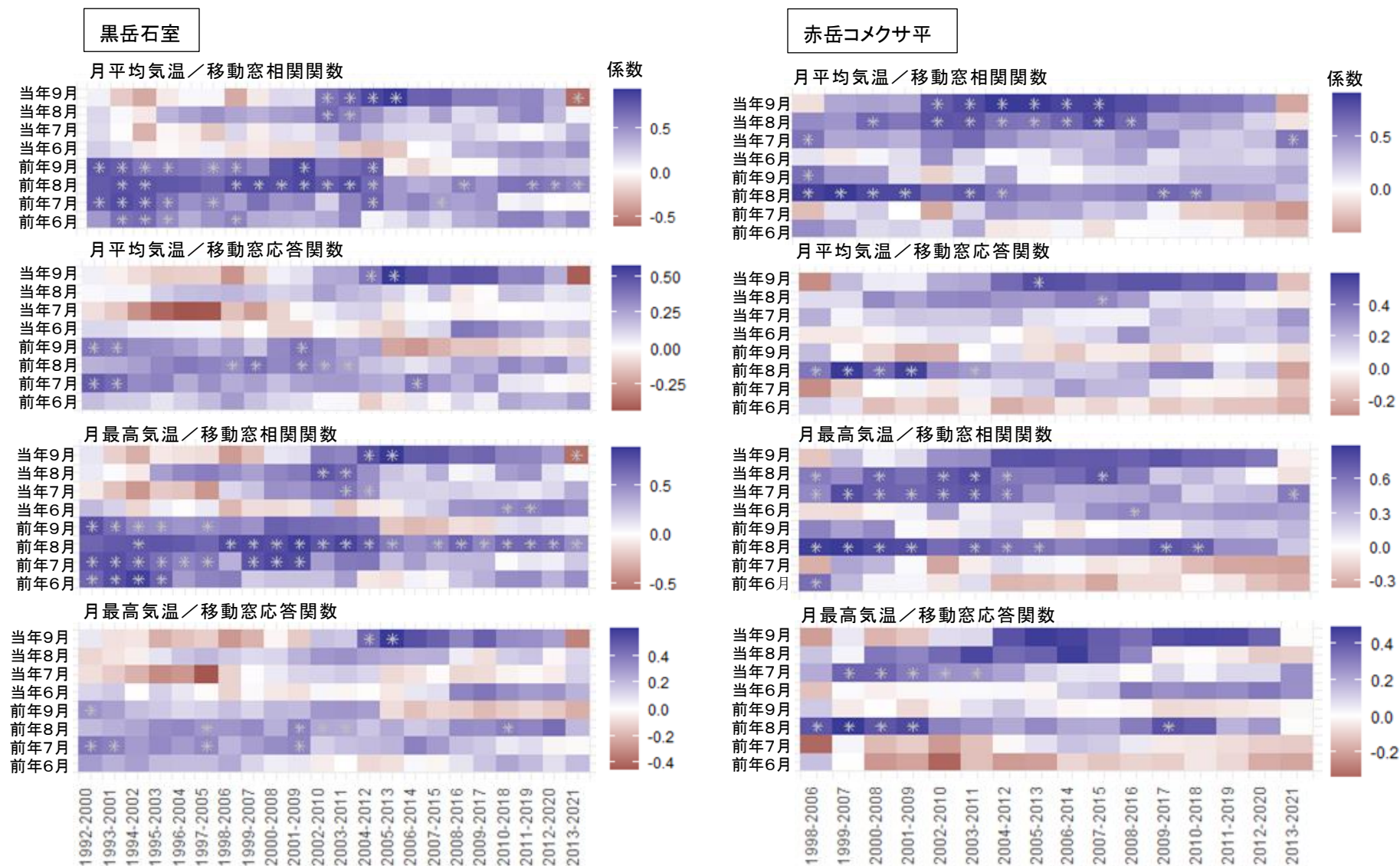
図IV-1-15 北アルプス(立山)における月平均気温及び月最高気温の相関関数分析と応答関数分析の結果 バーは95%信頼区間、実線は有意な係数($P < 0.05$)を示す。

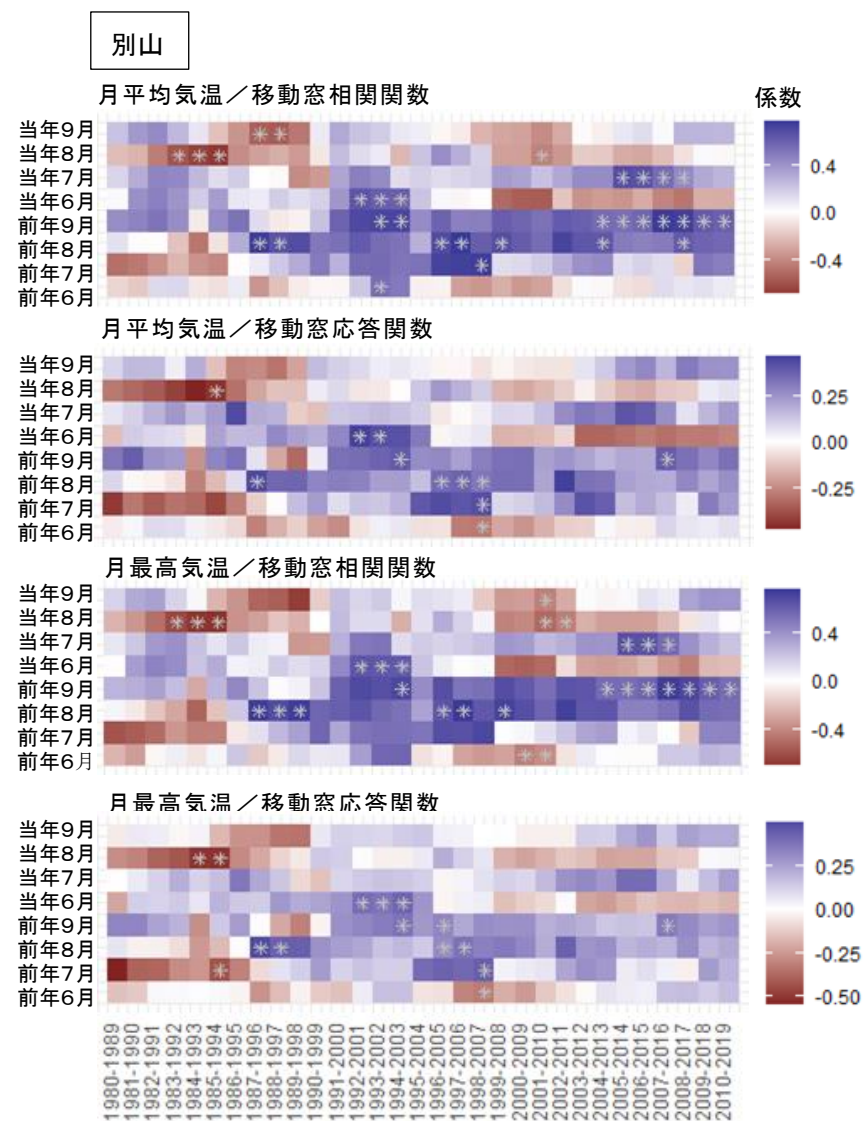
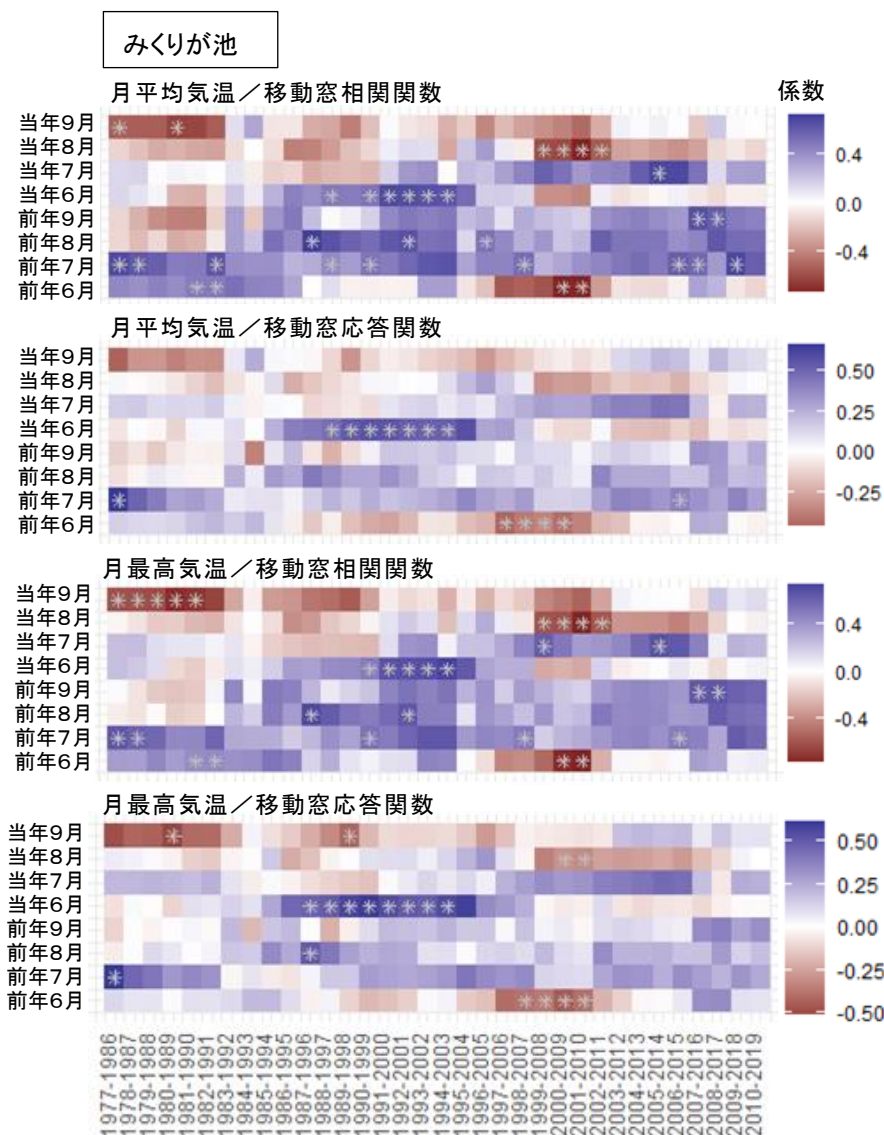


図IV-1-16 白山における月平均気温及び月最高気温の相関関数分析と応答関数分析の結果 バーは95%信頼区間、実線は有意な係数($P < 0.05$)を示す。

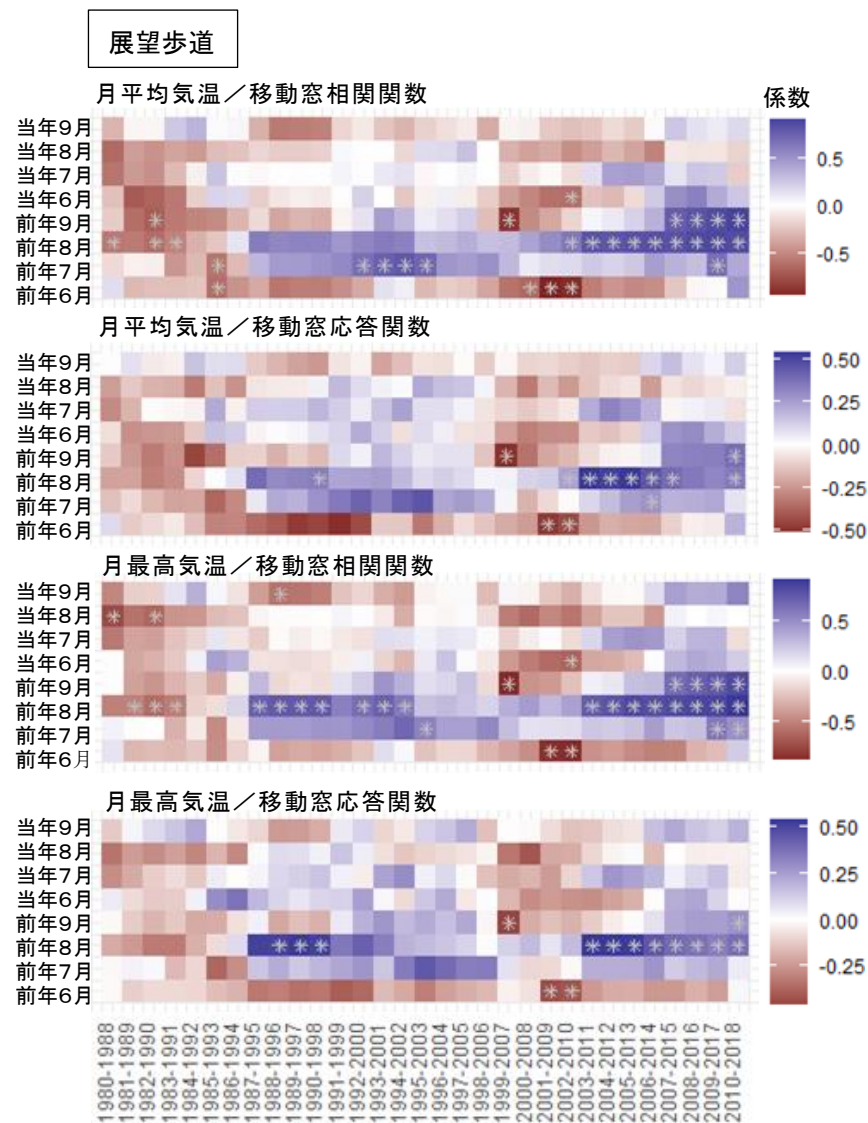
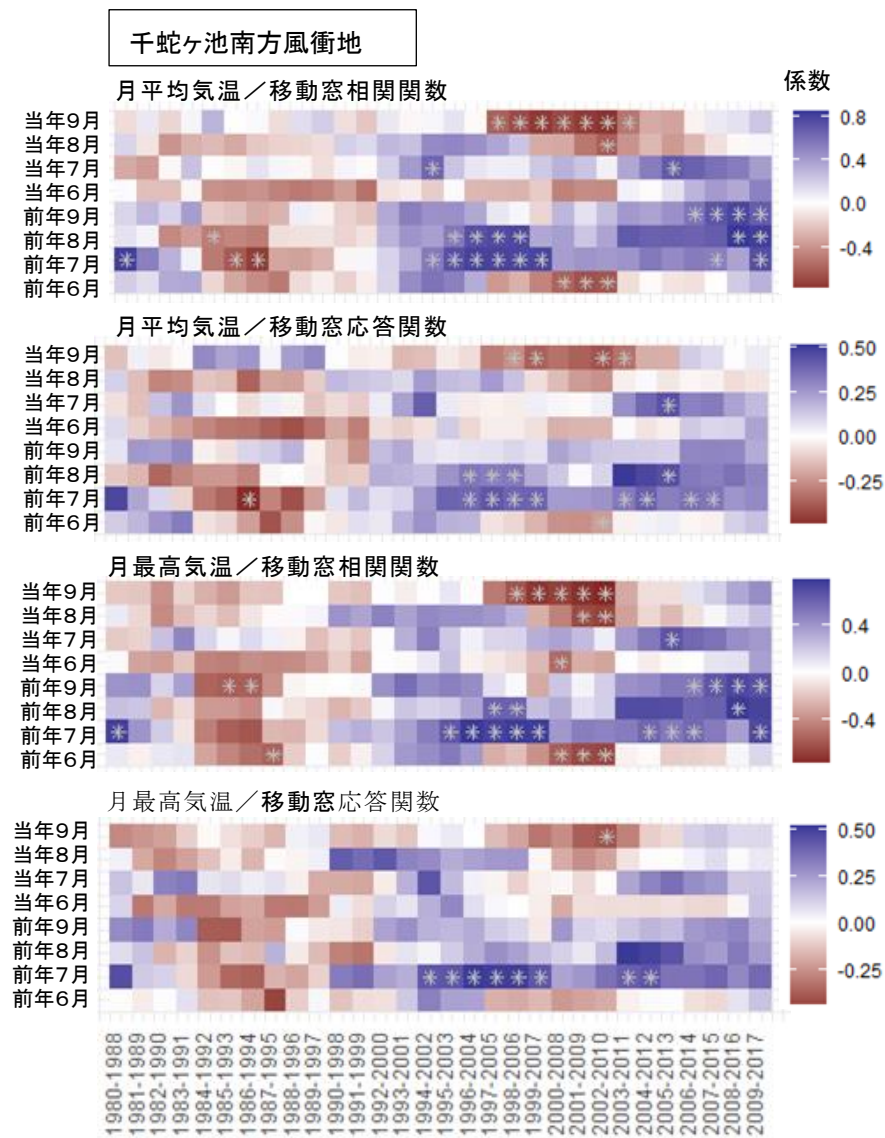


図IV-1-17 南アルプス(北岳)における月平均気温及び月最高気温の相関関数分析と応答関数分析の結果 バーは95%信頼区間、実線は有意な係数($P < 0.05$)を示す。



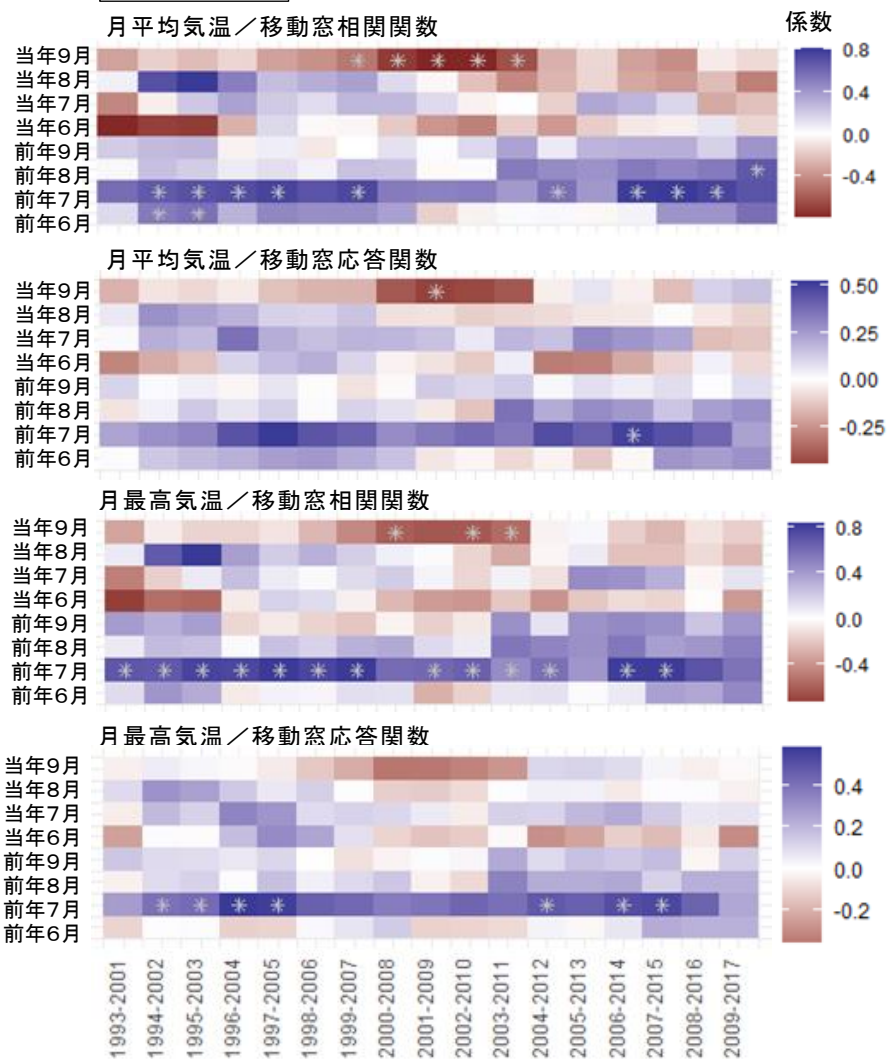


図IV-1-19 北アルプス(立山)における月平均気温及び月最高気温の移動窓相関関数分析と移動窓応答関数分析 「*」は有意な係数(P<0.05)を示す。

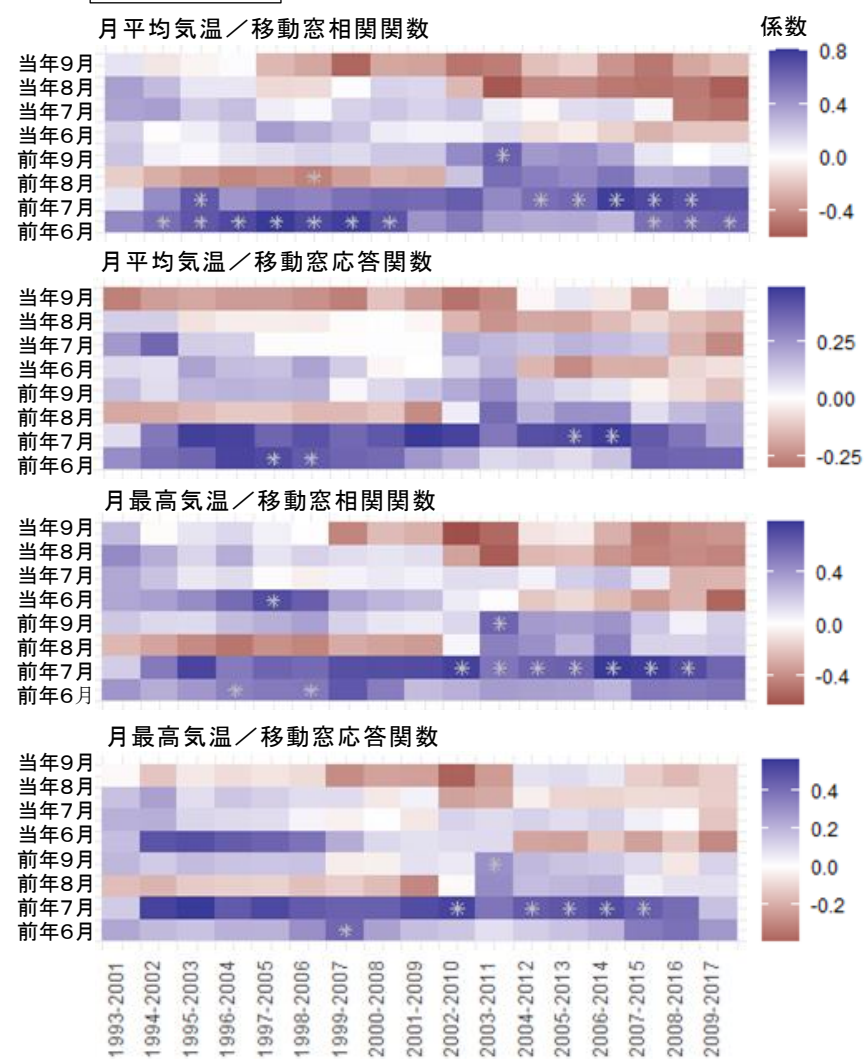


図IV-1-20 白山における月平均気温及び月最高気温の移動窓相関関数分析と移動窓応答関数分析 「*」は有意な係数 ($P < 0.05$) を示す。

登山道下部



登山道中部



図Ⅳ-1-21 南アルプス(北岳)における月平均気温及び月最高気温の移動窓相関関数分析と移動窓応答関数分析 「*」は有意な係数($P < 0.05$)を示す。

(3)まとめ

ハイマツ年枝伸長量は、大雪山、北アルプス（立山）、白山、南アルプス（北岳）のいずれのサイトにおいても増加傾向にあった。それぞれのサイトに最も近い気象観測所の平均・最高気温は年々上昇傾向にあることがわかった。気象観測所のデータを用いた気候モデルの検証結果によって、大雪山、北アルプス（立山）、白山では、既存研究と同様にハイマツ年枝伸長量は前年夏の気温によって説明されることが明らかになった。一方で、南アルプス（北岳）については、前年夏の気温では年枝伸長量の説明はできなかった。これは、葦崎観測所と南アルプス（北岳）では環境が盆地と高山で異なり、夏の気温も盆地特有の猛暑の影響で南アルプス（北岳）の気温動態と乖離があった可能性が考えられる。

マツ属の植物は、短日が頂芽内部の葉原基形成を促すとともに伸長成長を抑制することが知られている。ハイマツでは雪解けから7月頃までに当年枝の伸長を終わらせ、日が短くなり始める8月、9月頃には新たな頂芽の形成と生長のための貯蔵を行っている（和田：<http://www.sci.u-toyama.ac.jp/topics/env/201403.html>）。このため前年の8月、9月の気温モデルが年枝伸長量を良く説明したのは、ハイマツのこうした生態的特徴によるものと考えられる。前年7月の気温モデルが最も年枝伸長量を説明していた北アルプス（立山）みくりが池については、7月にはすでに頂芽形成が始まっている可能性があるが、要因は不明である。

測定年を指定しないSGIのロバスト平均値と月平均・最高気温間の相関関数分析と応答関数分析では、おおむね平均気温と最高気温が同様のパターンを示した。さらに、相関関数分析と応答関数分析が同様のパターンを示したのは大雪山黒岳石室の前年8月の平均・最高気温、当年6月の最高気温、大雪山赤岳コマクサ平の前年8月の最高気温、北アルプス（立山）みくりが池の前年及び当年7月の平均・最高気温、北アルプス（立山）別山の前年8、9月の平均・最高気温、当年7月の平均・最高気温、白山千蛇ヶ池南方風衝地の前年9月の平均・最高気温、白山展望歩道の前年10月の最高気温であった。これらのプロットと月については、前年の気温の変化と年枝伸長量が深く関連し、前年の気温が高いほど、伸長量も増加する傾向があることが示唆された。また、前年だけではなく、当年の夏の気温も有意な正の相関、応答を示すこともあり、重要なファクターとなる可能性が考えられた。

全期間のSGIのロバスト平均値と月平均・最高気温間の移動窓相関関数分析と移動窓応答関数分析では、プロットごとに強く相関・応答する期間はあるものの、年々の気温上昇に伴って正の相関、応答が高まる明確な傾向はみられなかった。これは、2022年までのモニタリングによるハイマツの測定期間が、長期的な変動を検出するのに十分ではなく、今後もモニタリングを継続し、再評価していく必要性が示唆された。

1-3. 開花フェノロジー

(1) 調査内容

1) 調査目的

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。

2) 調査地

大雪山、北アルプス（立山）、白山、南アルプス（北岳）、富士山サイトにおいて、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（ただし、富士山森林限界付近については、1プロットに画角を遠目と近目に設定した2台のカメラを設置した）、目視による調査は大雪山サイトに4プロットを設定した。なお、調査プロットの詳細はI. 3. (4)を参照のこと。

3) 調査方法

インターバルカメラで連続撮影した写真（図IV-1-22）から、識別可能な種を対象として、以下の開花ステージを判読した。目視による調査では、基本的に禾本類を除く全種を対象として開花ステージを数日～1週間間隔で現地にて記録した（詳しい調査方法は、「モニタリングサイト1000高山帯調査マニュアル」を参照のこと）。

開花ステージ：

- A－咲き始め（つぼみがまだ多く、1～5分咲き）
- B－満開（つぼみはあまり残っていない）
- C－開花後期（しおれた花が多く見られる）
- D－終了（ほとんど開花は終了して、ちらほらと残花が見られる）

4) 集計・解析方法

写真の判読結果と、目視による調査結果をもとに、プロットごとの対象種のA～Dのそれぞれの開花ステージの期間を図化した。インターバルカメラでは1プロットあたり8～25種、目視による調査では16～20種、全プロットで合計92種の開花ステージのデータが得られた。大雪山の赤岳コマクサ平と赤岳第4雪渓では、インターバルカメラと目視の調査を実施したが、集計・解析には、より多くの種のデータが得られた目視の調査結果を用いた。全プロットについて、データが得られた日と全種の開花ステージを示した図は、毎年発行されているモニタリングサイト1000高山帯調査報告書に掲載されている。

これまでに得られたデータのうち、開花量が多く、複数年の継続的なデータが得られた種を対象に、開花フェノロジーの指標として重要な開花開始日（開花ステージ：A－咲き始めの初日）を図化し、調査プロット、植物種、年による違いを比較した。なお、開花開始日のデータが無い場合も、満開日のデータから開花開始日を推定できる場合は、推定した日付を用いた。

気候変動が開花フェノロジーに及ぼす影響を把握するため、Ⅲ. でとりまとめたデータを用い、風衝地環境に設置したプロットについては凍結終日、雪田環境に設置したプロットについては推定雪解日と、開花開始日との関係を解析した。また、それぞれの種について、開花に必要な温度要求性を把握するため、Ⅲ. で算出した地表面温度が5℃を超える有効積算温度を用い、開花開始日までの有効日積算温度（℃・日）をとりまとめた。

気候変動が個々の種の開花フェノロジーに及ぼす影響を検討するため、複数のプロットで継続

的なデータが得られた6種（ミヤマキンバイ、イワウメ、ミネズオウ、シラネニンジン、ハクサンボウフウ、ミヤマアキノキリンソウ）について、以下の解析を行った。①開花開始日のサイト・プロット間の違い、②風衝地プロットについては凍結終日、雪田プロットについては推定雪解日と開花開始日との関係、③生育可能となった起点日（地表面日平均温度が5℃を超えた日）から開花開始日までの地表面温度と日数との関係、④主要開花期間（開花ステージ：A－咲き始めの初日～C－開花後期の終日）の地表面温度と日数との関係。

③と④についてはさらに、一般化線形混合モデル（GLMM）または一般化線形モデル（GLM）を用いた推定を統計ソフトR環境下で行った。モデルは開花開始日までの日数（③）および主要開花期間の日数（④）を予測するものとし、種ごとにAIC（赤池情報量指数）を比較して説明力の高いモデルを選択した。分布にはガンマ分布（対数リンク）を使用した。GLMではステップワイズ法によるモデル選択を行った。GLMMの解析にはR ver. 4.1.3のlme4パッケージを使用した（R Core Team, 2022）。GLMMにより作成したモデルの選択はR ver. 1.46.0のMuMInパッケージにより行い、すべての可能なモデルをAICにより比較、選択した（Bartoń, 2022）。GLMMのランダム効果はプロットとした。

③開花開始日までの日数の予測式はミヤマキンバイではプロットをランダム効果としたGLMM： $\text{Date} \sim \text{Temp} * \text{Site} + (1|\text{plot})$ 、シラネニンジンではGLM： $\text{Date} \sim \text{Temp} * \text{Plot}$ 、ミヤマアキノキリンソウは年数が他より少ない富士山のデータを除外したうえでGLM： $\text{Date} \sim \text{Temp} * \text{Plot}$ 、ミネズオウは大雪山の3プロットのためのGLM： $\text{Date} \sim \text{Temp} * \text{Plot}$ 、ハクサンボウフウは白山、立山、大雪山に各1プロットしかないのでGLM： $\text{Date} \sim \text{Temp} * \text{Site}$ 、イワウメは大雪山に2プロット、立山に1プロットのためのGLM： $\text{Date} \sim \text{Temp} * \text{Plot}$ とした（ただし、Date：開花開始日までの日数、Temp：地表面温度、Site：サイト、Plot：プロット）。④主要開花期間の日数はDate：主要開花期間の日数として同様の予測式とした。

なお、大雪山赤岳第4雪渓では、開花フェノロジーの調査地に比べて雪解けの早い場所で地温・地表面温度が測定されているため、工藤・横須賀（2012）の方法に準じ、推定雪解日ではなく開花フェノロジーの調査票に記入された雪解日を用い、有効積算温度も調査票から得られた雪解日を起点として算出した。生育起点日についても、調査票から得られた雪解日を用いた。



1Ce 大雪山赤岳コマクサ平(2021/6/18)



1De 大雪山赤岳第4雪渓(2021/7/16)

図IV-1-22 インターバルカメラによる撮影画像の例



2Ae 北アルプス(立山)室堂平(2021/8/2)



2Be 北アルプス(立山)風衝地(2022/7/17)



4Ce 白山水屋尻(2022/8/8)



4He 白山展望歩道(2022/8/2)



5Be 南アルプス(北岳)プロット B(2022/7/1)



5Je 南アルプス(北岳)プロット C(2022/6/30)



6Be1 富士山森林限界付近(近目)(2021/6/9)



6Be2 富士山森林限界付近(遠目)(2021/7/31)

図IV-1-22 インターバルカメラによる撮影画像の例(続き)

(2)調査結果

1)調査プロットごとの開花開始日の年変動

主要植物種の開花開始日の年変動と、風衝地プロットでは凍結終日、雪田プロットでは推定雪解日を図IV-1-23、24に示した。なお、全プロットの凍結終日と推定雪解日の変動については、Ⅲ. 1. でとりまとめた。

全体的な傾向として、開花開始日は風衝地よりも雪田の方が遅かった。風衝地プロットの凍結終日から開花開始日までの日数に比べ、雪田プロットの雪解日から開花開始日までの日数の方が短かった。開花開始日の年変動は風衝地よりも雪田で大きく、雪田プロットでは雪解日と連動したが、風衝地プロットでは凍結終日との関連性はなかった。風衝地、雪田ともに開花開始日が年々早期化する傾向はみられなかった。

大雪山黒岳風衝地では、2012年にはコメバツガザクラ、ウラシマツツジ、ミネズオウなどの早咲き種の開花が早く起こり、2010年にはチシマツガザクラ、イワブクロ、エゾツツジなどの遅咲き種の開花が早く起こった。2011年と2016年は多くの種で開花が遅かったが、年変動パターンは種により異なっていた。黒岳石室雪田では、開花日の年変動が種間で同調する傾向が強く、2012、2015、2020年で早く、2016、2017、2021年で遅かった。

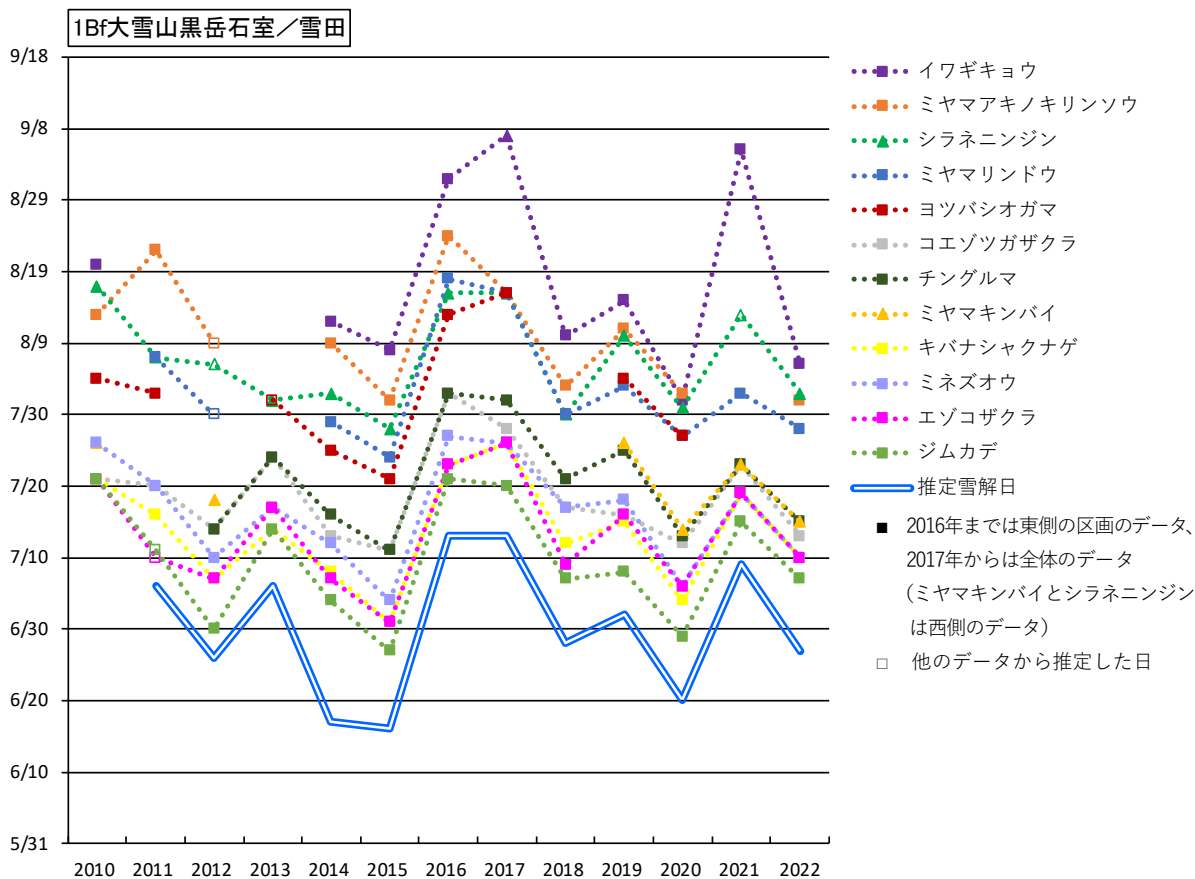
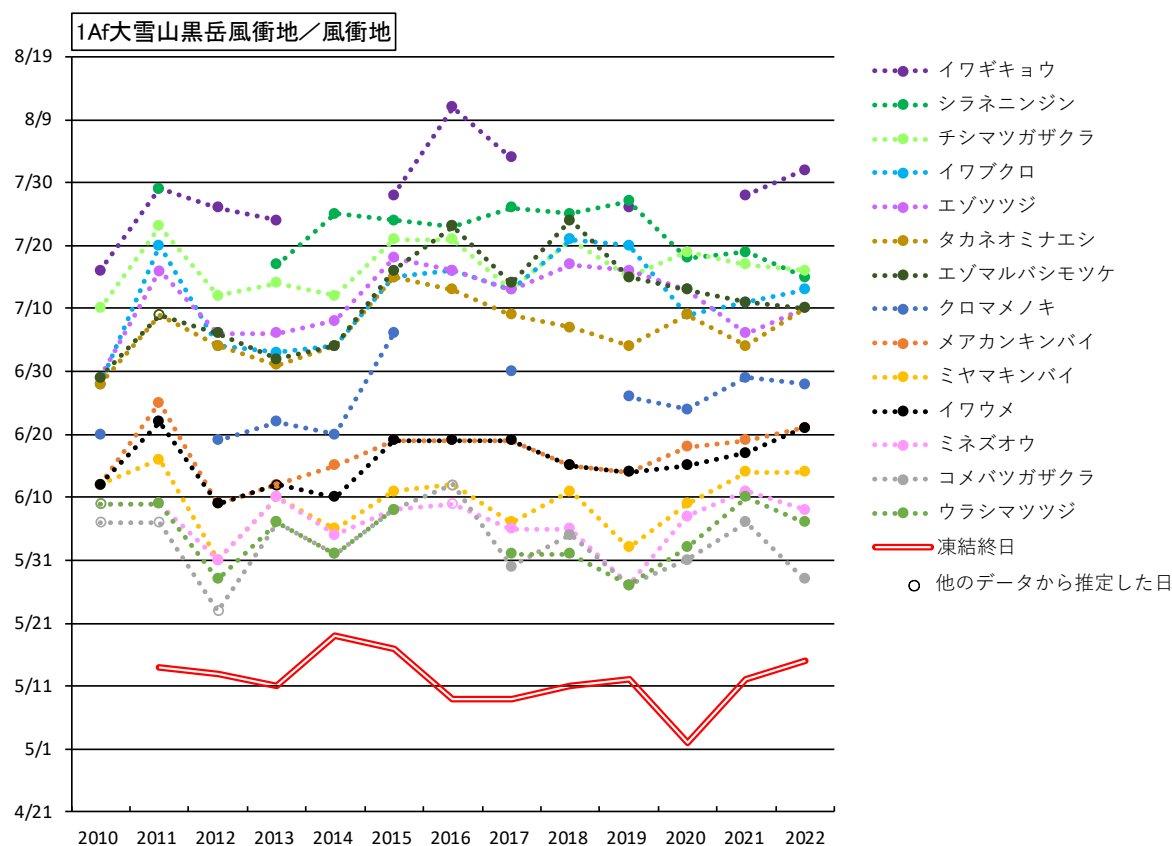
大雪山赤岳コマクサ平風衝地では、2014、2019、2022年は早咲き種のミネズオウとウラシマツツジの開花が早く、2011年と2022年は遅咲き種のクモイリンドウの開花が遅かったが、年変動パターンは種により異なっていた。赤岳第4雪渓雪田では、開花日の年変動が種間で同調する傾向が強く、2012、2018、2020、2022年で早く、2013年と2016年で遅かった。

北アルプス（立山）室堂平雪田では、いずれの種も開花開始日が年により1か月以上変動し、2016年と2022年はハクサンイチゲとチングルマの開花開始日が早く、2013、2014、2017、2021年は開花が遅い種が多かった。北アルプス（立山）風衝地では、早咲き種のミヤマキンバイとイワウメは、ほぼ同じ年変動パターンを示した。コメバツガザクラは年により開花が確認されず、変動が大きかったが、開花が確認された年の中では2015年と2016年の開花開始日が特に早かった。開花が最も遅いトウヤクリンドウは、確認された年の中では2015年の開花開始日が早く、2011年と2017年の開花は遅かった。

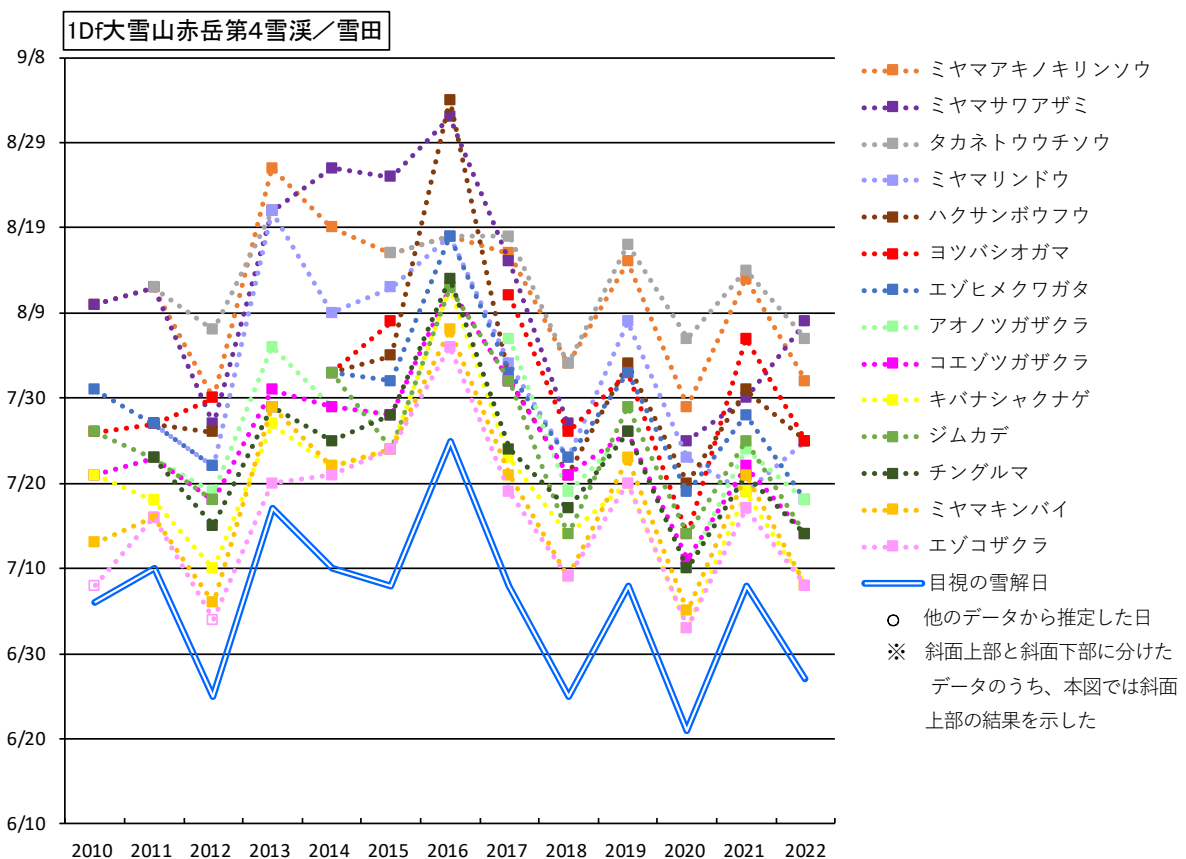
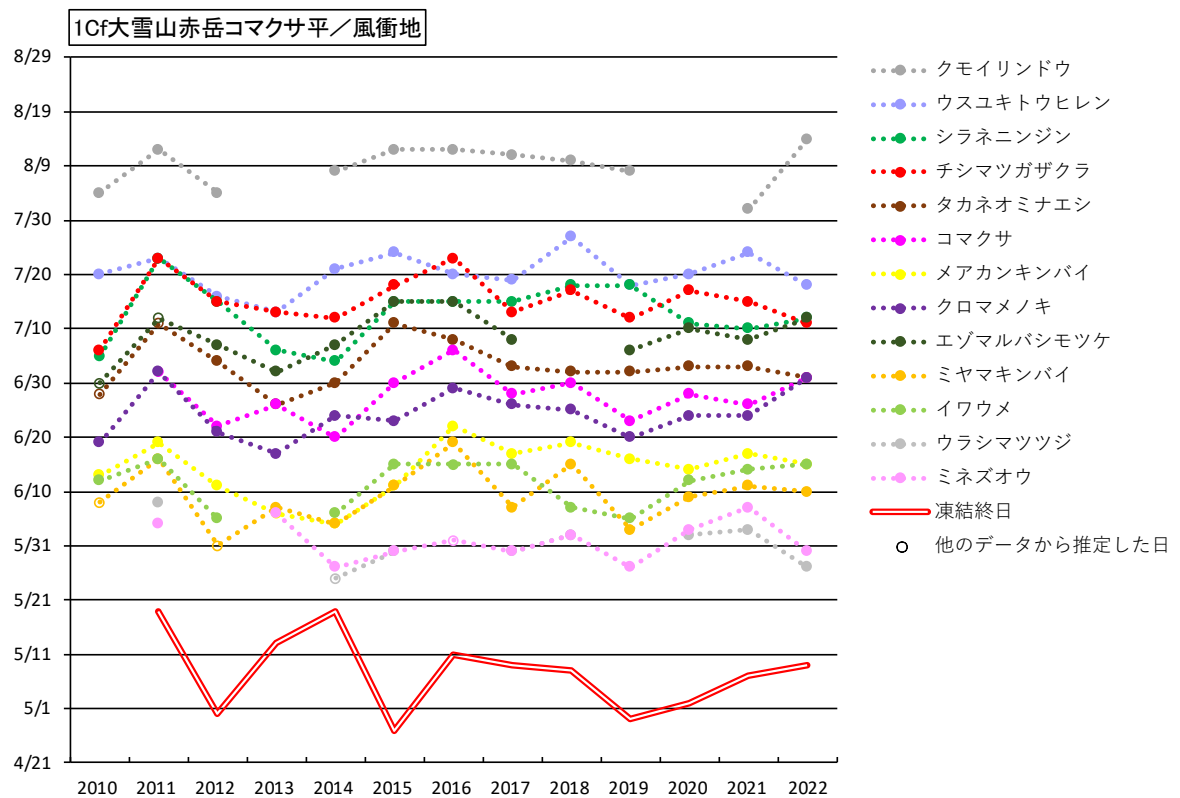
白山の水屋尻と展望歩道はいずれも雪田環境で共通種が多かった。開花が最も早かったのは両プロットともに2016年のハクサンコザクラで、前後の2015年と2017年は開花が遅い種が多く、年変動はプロット間で同調していた。

南アルプス（北岳）の2つのプロットはいずれも風衝地環境で、プロットBでは2020年、プロットCでは2021年から越冬カメラの画像も得られ、早咲き種のキタダケソウ、オヤマノエンドウ、ハクサンイチゲの開花開始日のデータが得られた。両プロットともに2018年は開花が早い種が多く、プロットBでは2014年に遅い種が多かったが、年変動パターンは種により異なっていた。

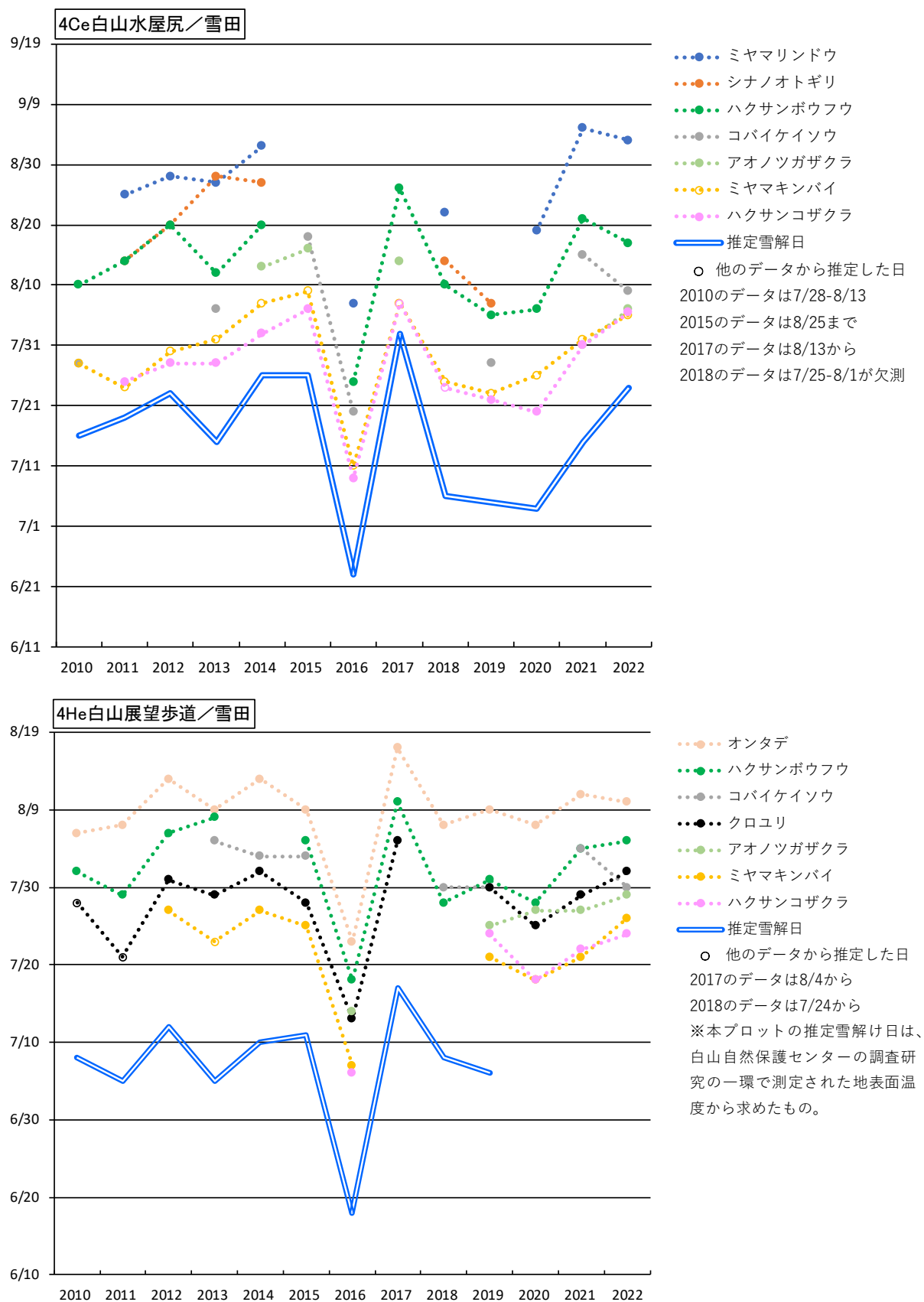
富士山森林限界付近は風衝地環境で、植生が乏しく、強風による機材の転倒などもあり、得られたデータは限られるが、早咲き種としてコタヌキランとフジハタザオ、遅咲き種としてミヤマアキノキリンソウ、ヤマホタルブクロ、イワオウギの開花が確認された。



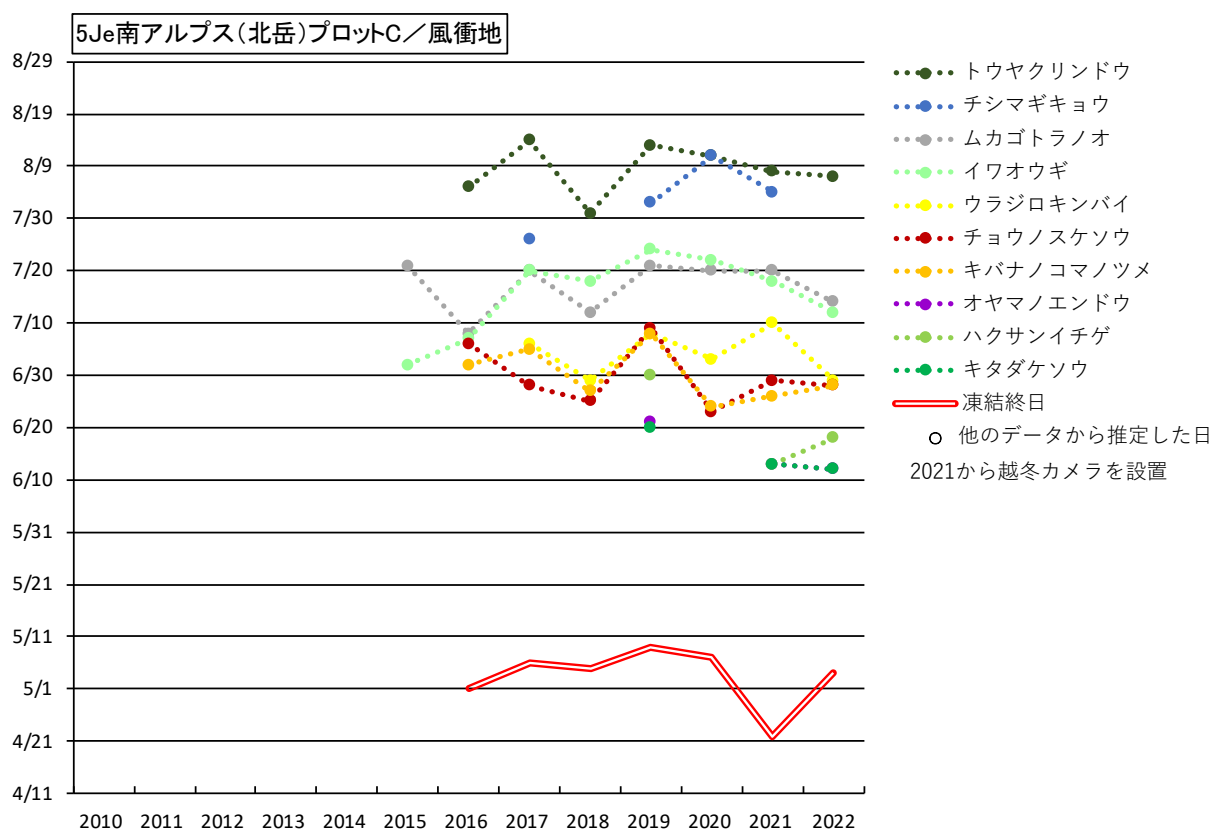
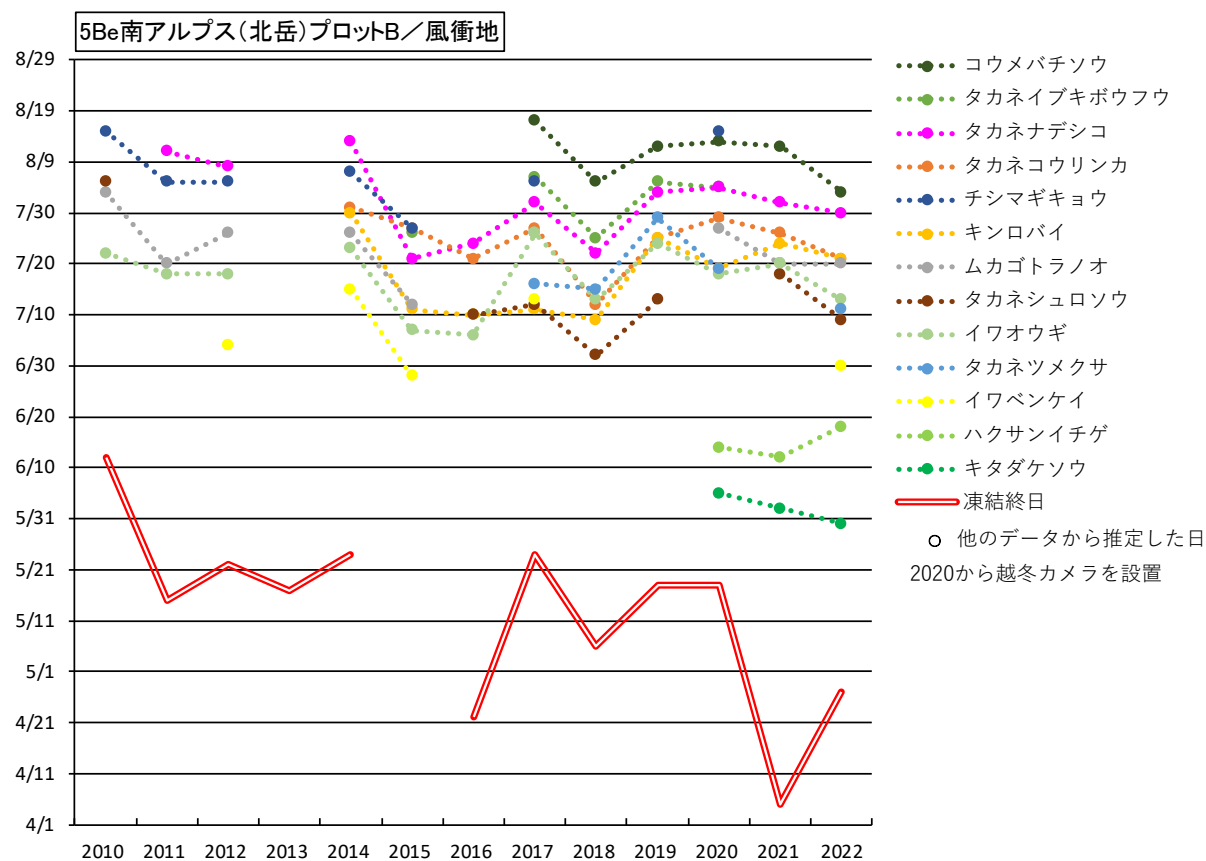
図IV-1-23 目視調査で得られた各プロットの主要植物種の開花開始日の年変動
風衝地プロットでは凍結終日、雪田プロットでは推定雪解日を併記した。



図IV-1-23 目視調査で得られた各プロットの主要植物種の開花開始日の年変動(続き)
風衝地プロットでは凍結終日、雪田プロットでは目視による雪解日を併記した。



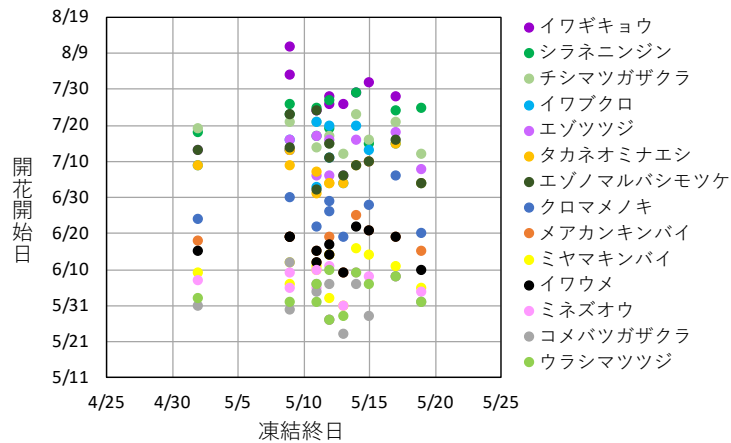
図IV-1-24 インターバルカメラで得られた各プロットの主要植物種の開花開始日の年変動(続き)
 風衝地プロットでは凍結終日、雪田プロットでは推定雪解日を併記した。



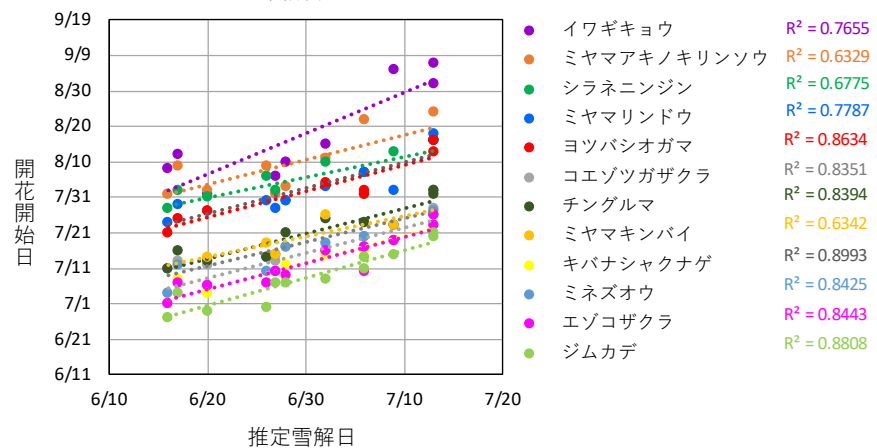
図IV-1-24 インターバルカメラで得られた各プロットの主要植物種の開花開始日の年変動(続き)

風衝地プロットでは凍結終日、雪田プロットでは推定雪解日を併記した。

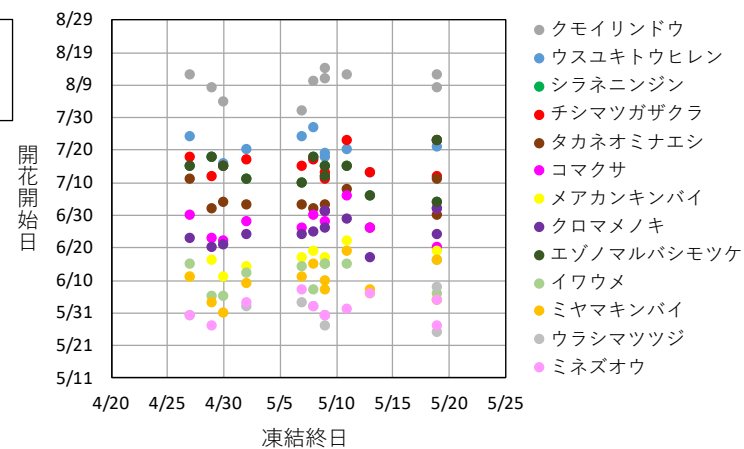
1Af 大雪山黒岳風衝地
／風衝地



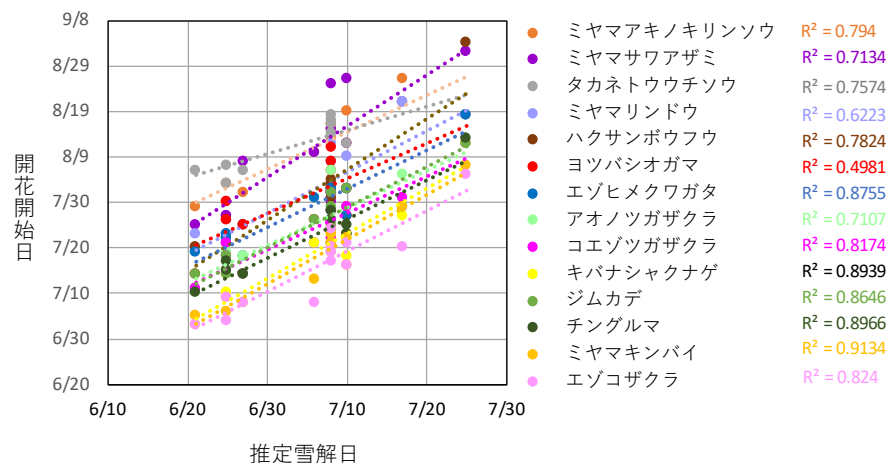
1Bf 大雪山黒岳石室
／雪田



1Cf 大雪山赤岳コマクサ平
／風衝地

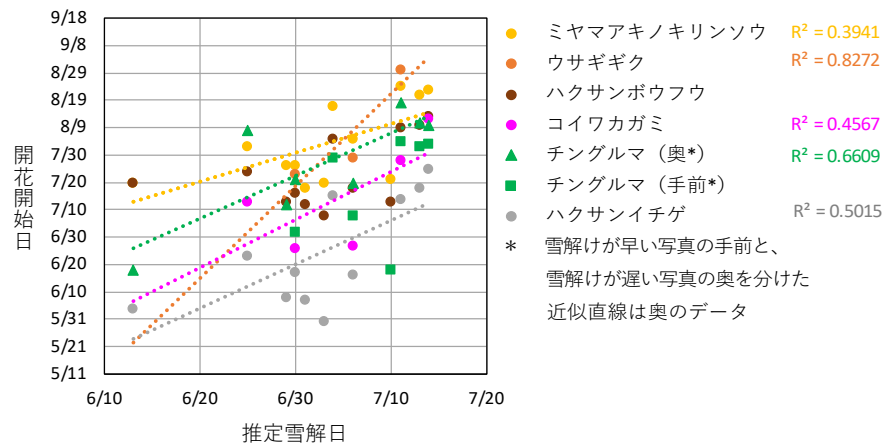


1Df 大雪山赤岳第4雪渓
／雪田

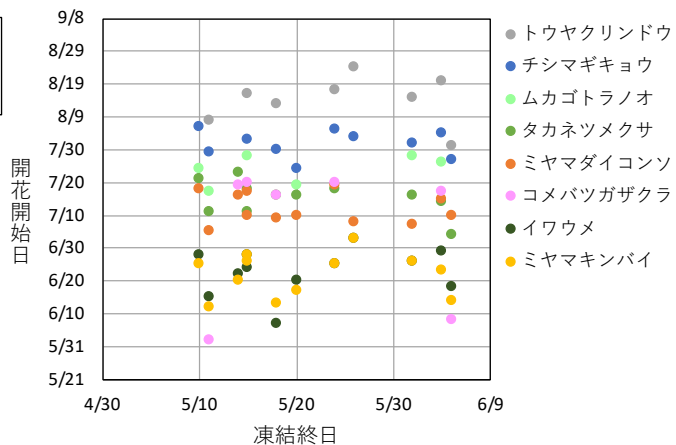


図IV-1-25 調査プロットごとの開花開始日と凍結終日(風衝地)または推定雪解日(雪田)との関係
t検定で有意な相関関係が認められた場合($P < 0.05$)に回帰直線と説明変数 R^2 を示した。

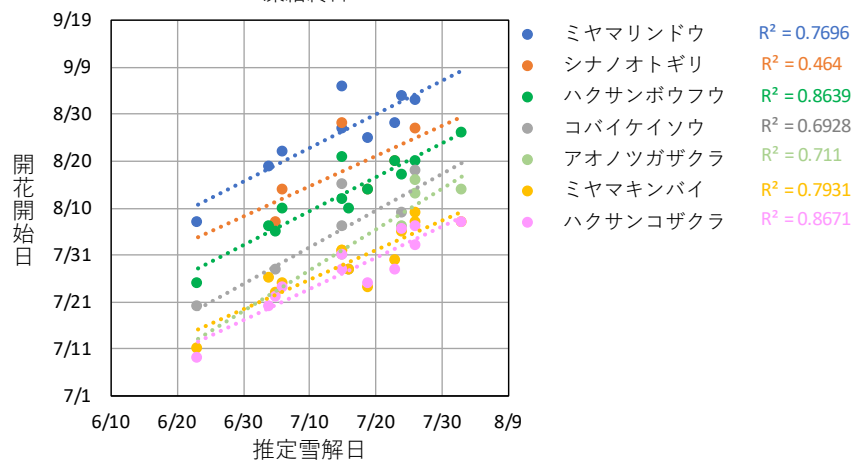
2Ae 北アルプス(立山)
室堂平／雪田



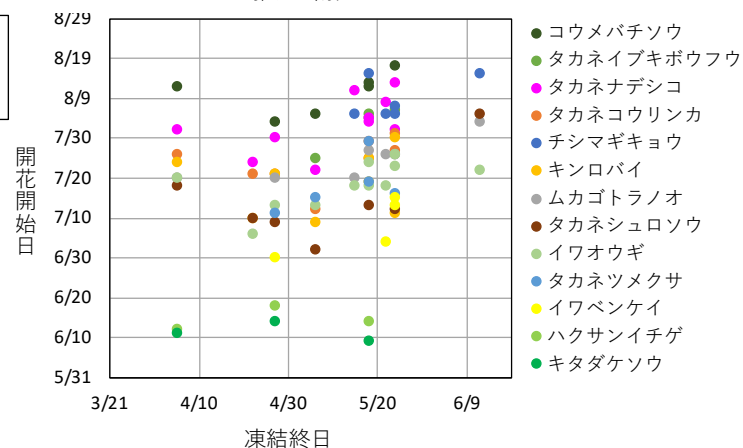
2Be 北アルプス(立山)
風衝地／風衝地



4Ce 白山水屋尻
／雪田

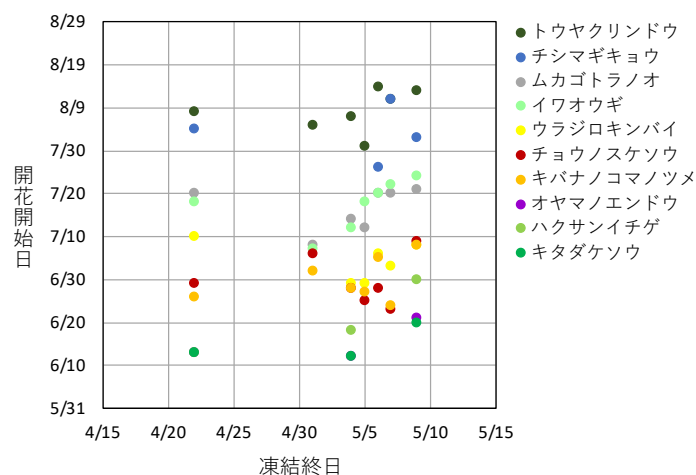


5Be 南アルプス(北岳)
プロットB／風衝地

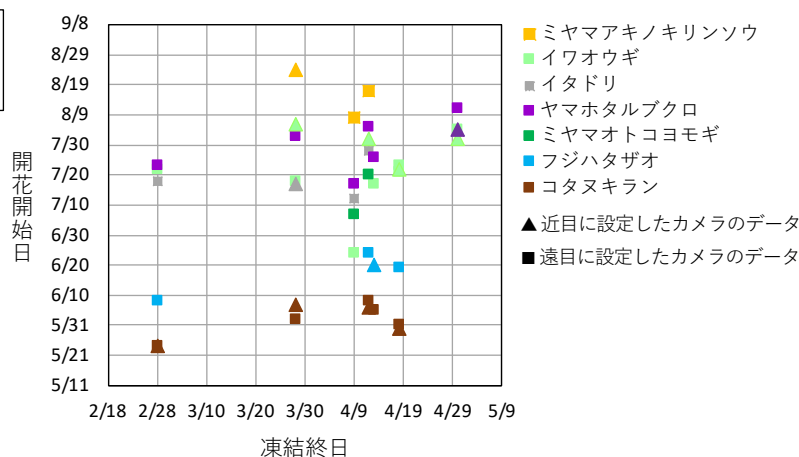


図IV-1-25 調査プロットごとの開花開始日と凍結終日(風衝地)または推定雪解日(雪田)との関係(続き)
 t 検定で有意な相関関係が認められた場合($P < 0.05$)に回帰直線と説明変数 R^2 を示した

5Je 南アルプス(北岳)
プロットC／風衝地



6Be 富士山森林限界付近
／風衝地



図IV-1-25 調査プロットごとの開花開始日と凍結終日(風衝地)または推定雪解日(雪田)との関係(続き)
t検定で有意な相関関係が認められた場合($P < 0.05$)に回帰直線と説明変数 R^2 を示した

3) 主要植物種の開花に要する有効積算温度

高山植物の開花の温度要求性を把握するため、各プロットで5年以上のデータが得られた種について、開花開始日までの有効積算温度を算出した(表IV-1-10)。有効積算温度が低いのは、ハクサンイチゲの $18^{\circ}\text{C} \cdot \text{日}$ 、ウラシマツツジの $46 \sim 58^{\circ}\text{C} \cdot \text{日}$ 、ミネズオウの $60 \sim 96^{\circ}\text{C} \cdot \text{日}$ などで、有効積算温度が高いのは、クモイリンドウの $678^{\circ}\text{C} \cdot \text{日}$ 、トウヤクリンドウの $481 \sim 505^{\circ}\text{C} \cdot \text{日}$ 、コウメバチソウの $487^{\circ}\text{C} \cdot \text{日}$ などであった。

表Ⅳ-1-10 主要植物種の開花に要する有効積算温度(°C・日)

各プロットで5年以上のデータが得られた種を、有効積算温度が低い順に示した。3つの数値は全調査年の平均値±標準偏差(データが得られた年数)、白抜きは風衝地プロット、網掛けは雪田プロット。

種名	1Af大雪山 黒岳風衝地	1Bf大雪山 黒岳石室	1Cf大雪山 赤岳コマクサ 平	1Df大雪山 赤岳第4雪渓	2Ae北アルプス (立山)室堂平	2Be北アルプス (立山)風衝 地	4Ce白山 水屋尻	5Be南アルプス (北岳)ブ ロットB	5Je南アルプス (北岳)ブ ロットC	6Be富士山 森林限界付 近
ハクサンイチゲ					18 ± 30 (11)					
ウラシマツツジ	46 ± 11 (11)		58 ± 24 (8)							
ミネズオウ	60 ± 17 (12)	96 ± 30 (12)	62 ± 21 (11)							
エゾコザクラ		73 ± 26 (12)		86 ± 35 (12)						
コイワカガミ					87 ± 100 (5)					
キバナシヤクナゲ		77 ± 26 (12)		112 ± 40 (12)						
ハクサンコザクラ							101 ± 44 (12)			
イワウメ	100 ± 14 (12)		115 ± 20 (11)			92 ± 24 (12)				
ミヤマキンバイ	70 ± 20 (12)	132 ± 20 (5)	100 ± 34 (12)	107 ± 29 (12)		86 ± 16 (12)	120 ± 45 (13)			
ジムカデ		45 ± 24 (12)		169 ± 46 (11)						
メアカンキンバイ	104 ± 18 (12)		126 ± 39 (12)							
コメバツガザクラ	47 ± 18 (12)					191 ± 92 (7)				
チングルマ		140 ± 35 (10)		147 ± 30 (12)	108 ± 100 (7)					
コエゾツガザクラ		122 ± 33 (12)		165 ± 49 (12)						
チョウノスケソウ									161 ± 44 (5)	
アオノツガザクラ				179 ± 61 (11)			151 ± 33 (5)			
キバナノコマノツメ									166 ± 29 (5)	
クロマメノキ	153 ± 24 (9)		195 ± 30 (12)							
イワベンケイ								179 ± 57 (5)		
コバイケイソウ							201 ± 58 (7)			
ミヤマダイコンソウ						202 ± 35 (12)				
エゾヒメクワガタ				213 ± 36 (11)						
ハクサンボウフウ				240 ± 50 (11)	156 ± 99 (12)		273 ± 51 (12)			
タカネツメクサ						228 ± 29 (11)				
タカネシュロソウ								228 ± 67 (6)		
タカネオミナエシ	244 ± 25 (12)									
イワヒゲ	247 ± 28 (5)									
ヨツバシオガマ		245 ± 44 (8)		257 ± 77 (10)						
キンロバイ								255 ± 53 (8)		
エゾツツジ	286 ± 28 (12)									
エゾノマルバシモツケ	287 ± 42 (12)									
ムカゴトラノオ						300 ± 26 (6)		299 ± 50 (8)	269 ± 29 (5)	
イワブクロ	291 ± 40 (12)									
エゾノハクサンイチゲ				294 ± 26 (5)						
コマクサ	371 ± 145 (5)		216 ± 34 (12)							
ミヤマリンドウ		271 ± 44 (11)		245 ± 73 (12)			404 ± 60 (9)			
ミヤマアキノキリンソウ		343 ± 58 (10)		339 ± 61 (12)	254 ± 100 (12)					
タカネコウリンカ								317 ± 65 (8)		
シナノオトギリ							321 ± 69 (6)			
ミヤマサワアザミ				337 ± 81 (11)						
シラネニンジン	389 ± 64 (11)	300 ± 37 (12)	371 ± 53 (12)							
タカネトウチソウ				356 ± 62 (11)						
チシマツガザクラ	335 ± 29 (12)		394 ± 44 (12)							
イワオウギ								249 ± 62 (11)	294 ± 60 (5)	586 ± 77 (5)
タカネイキボウフウ								382 ± 71 (5)		
タカネナデシコ								389 ± 71 (10)		
チシマギキョウ						374 ± 32 (10)		422 ± 55 7		
イワギキョウ	469 ± 51 (9)	384 ± 57 (9)								
ウスユキトウヒレン			449 ± 59 (12)							
コウメバチソウ								487 ± 68 (5)		
トウヤウルンドウ						481 ± 63 (8)			505 ± 56 (5)	
クモイリンドウ			678 ± 58 (10)							

4)開花開始日のサイト・プロット間の違い

複数のプロットで継続的なデータが得られたミヤマキンバイ、イワウメ、ミネズオウ、シラネニンジン、ハクサンボウフウ、ミヤマアキノキリンソウの6種(図IV-1-26)について、種ごとの開花開始日の年変動を図IV-1-27に、プロットごとの開花開始日の平均値を表IV-1-11に示した。

風衝地と雪田の両環境に生育する種について比較すると、早咲き種のミヤマキンバイは風衝地プロットの平均開花開始日は6月9～21日であったのに対し、雪田プロットでは7月18～29日で、雪田の方が1か月以上遅かった。ミネズオウについても風衝地プロットの平均開花開始日は6月1～6日であったのに対し、雪田プロットでは7月16日で、1か月以上遅かった。一方、遅咲き種のシラネニンジンは、風衝地プロットの平均開花開始日は7月12～22日、雪田プロットでは8月6日で、開花開始日の違いは2～3週間となり、開花が最も遅いミヤマアキノキリンソウでは、環境間の違いはほとんどなかった(表IV-1-11)。

風衝地プロット間で開花開始日を比較すると、大雪山の黒岳風衝地(標高1960m)と赤岳コマクサ平(標高1840m)では、ミヤマキンバイ、イワウメ、ミネズオウ、シラネニンジンともに、似通った年変動を示したが、イワウメ、ミネズオウ、シラネニンジンの開花開始日は、標高が低い赤岳コマクサ平でそれぞれ4日、5日、10日早かった。ミヤマキンバイとイワウメについて、大雪山の2プロットと北アルプス(立山)風衝地を比べると、北アルプス(立山)風衝地の方が大雪山の2プロットよりも開花開始日が遅く、年変動パターンは異なっていた。

雪田プロット間で比較すると、大雪山の黒岳石室と赤岳第4雪渓では、ミヤマキンバイ(2019～2022年)とミヤマアキノキリンソウ(2010～2012年、2018～2020年)の開花開始日はほぼ同じ傾向を示した。白山の水屋尻と展望歩道では、ミヤマキンバイとハクサンボウフウともに展望歩道の開花開始日の方が早かったが、両プロットで年変動パターンは同調傾向を示した。ミヤマキンバイの開花開始日を大雪山と白山で比較すると、2016年に大雪山では開花が最も遅く、白山では最も早いなど、サイト間で大きく異なっていた。ハクサンボウフウとミヤマアキノキリンソウの開花開始日も大きな年変動を示したが、その傾向はプロット間で異なっていた。

5)開花開始日と凍結終日・雪解日との関係

凍結終日や雪解日が各種の開花フェノロジーに及ぼす影響を検討するため、風衝地プロットでは凍結終日と開花開始日との関係、雪田プロットでは推定雪解日と開花開始日との関係を図IV-1-28に示した。

風衝地と雪田の両環境に生育する種について比較すると、ミヤマキンバイが生育する風衝地プロットの凍結終日は4月下旬～6月上旬、雪田プロットの雪解日は6月下旬～7月下旬で、凍結終日の方が1か月以上早く、開花開始日も風衝地では5月下旬～7月上旬、雪田では7月上旬～8月上旬で1か月以上の違いがあった。ミネズオウの開花開始日も風衝地の方が雪田よりも1か月以上早かった。一方で、シラネニンジンの開花開始日は風衝地では7月上～下旬、雪田では7月下旬～8月中旬で、両環境の違いは1か月以内であった。ミヤマアキノキリンソウでは、風衝地プロットの凍結終日は雪田プロットの雪解日より約3か月早かったが、開花開始日は両環境でほとんど違いがなかった。

プロットごとに開花開始日の年変動と凍結終日または雪解日との関係をみると、図IV-1-25でも示したように、雪田プロットに生育する多くの種で開花開始日と雪解日に相関がみられたが、風衝地プロットに生育する種では、開花開始日と凍結終日には有意な相関はなかった。両環境に生育する種についても、雪田プロットでは雪解日と有意な相関があるが、風衝地プロットでは有意な相関がなかった。すなわち風衝地環境では、土壌凍結終日が高山植物の開花フェノロジーへ及ぼす影響は希薄であることが示された。



ミヤマキンバイ



イワウメ



ミネズオウ



シラネニンジン

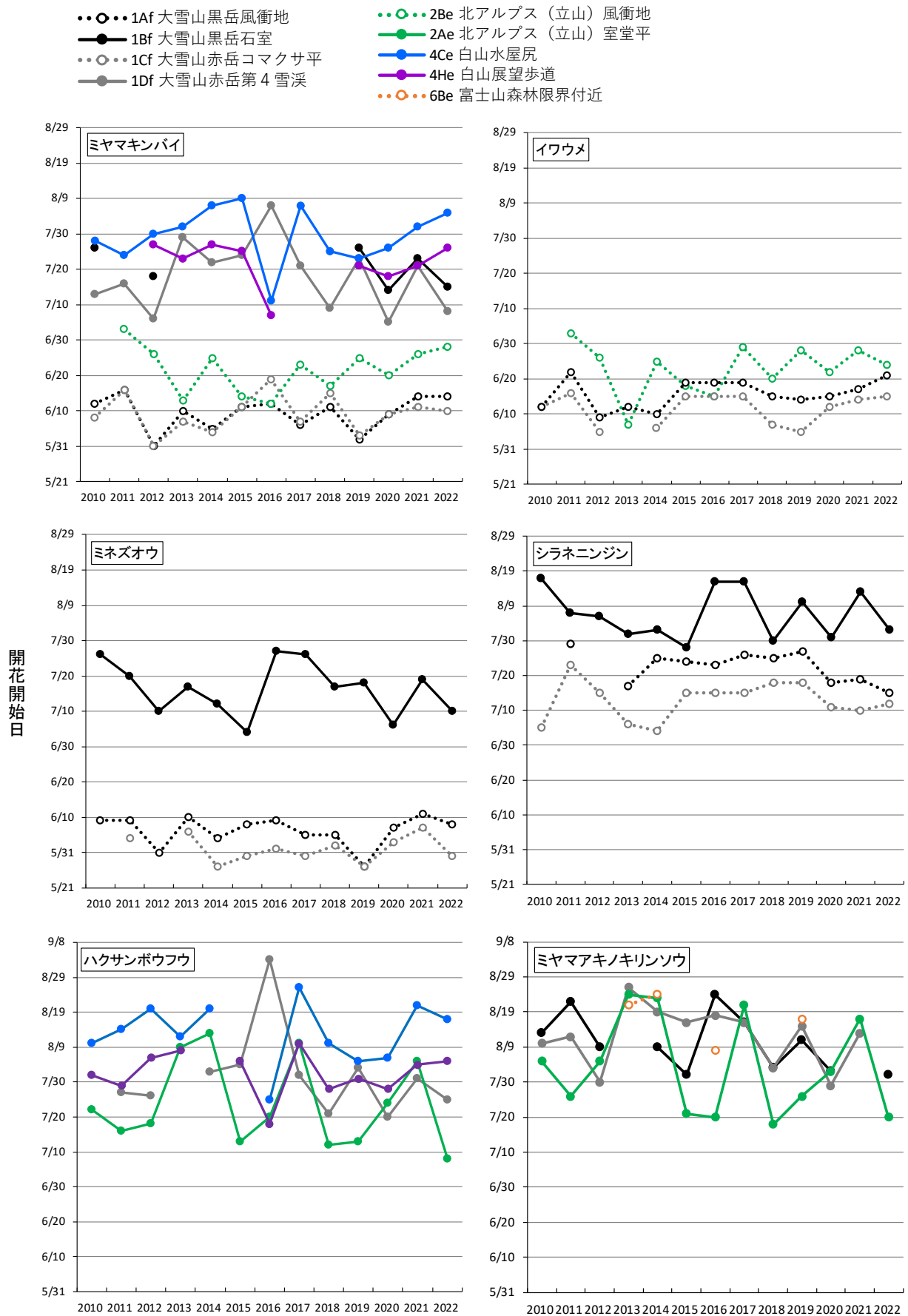


ハクサンボウフウ



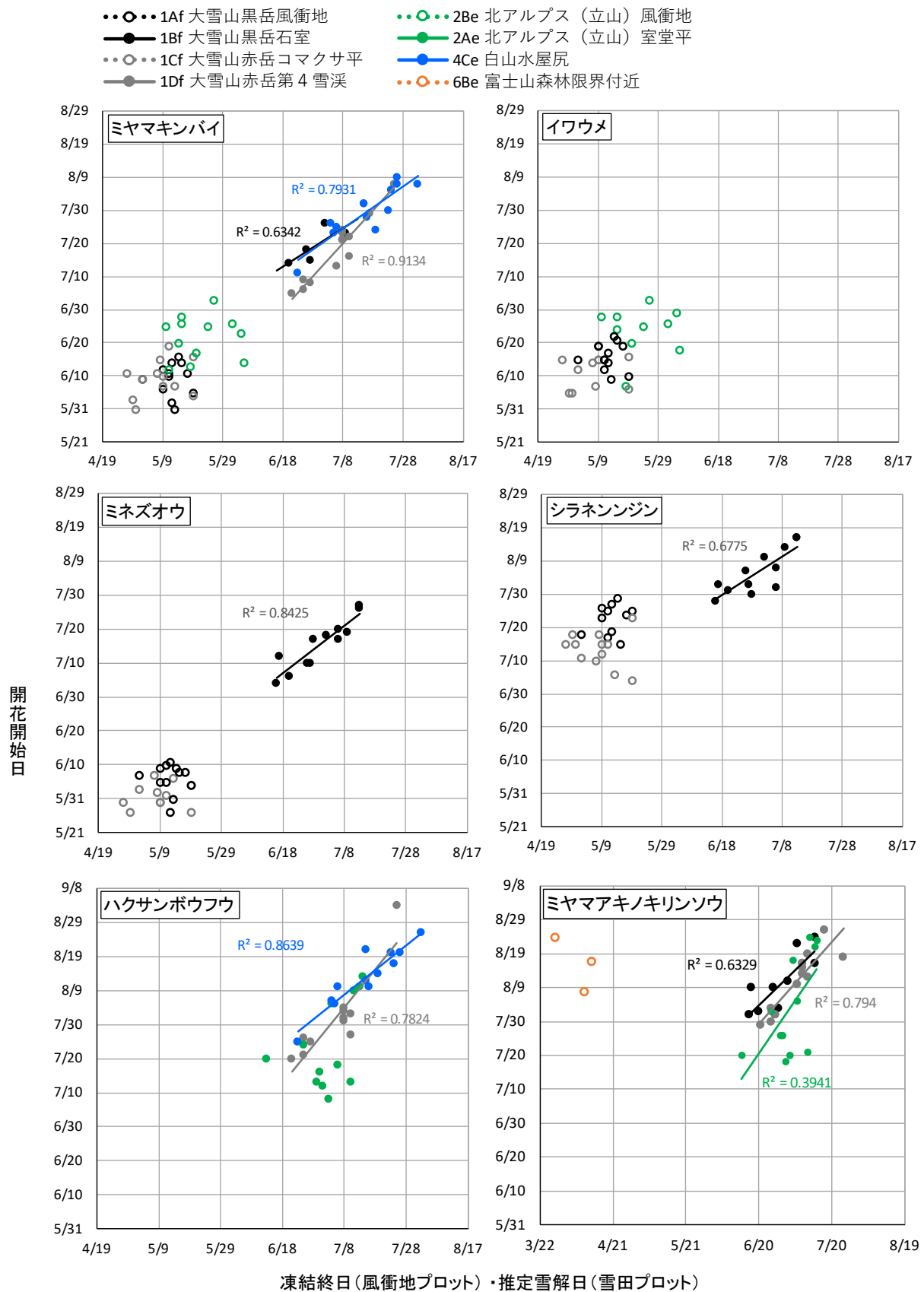
ミヤマアキノキリンソウ

図IV-1-26 種ごとの解析を行った植物



図IV-1-27 開花開始日のサイト・プロット間の違い

白抜き点線は風衝地プロット、中塗り実線は雪田プロットを示す。



図IV-1-28 開花開始日と凍結終日（風衝地プロット）・推定雪解日（雪田プロット）との関係

白抜き点線は風衝地プロット、中塗り実線は雪田プロットを示す。 t 検定で有意な相関関係が認められた場合 ($P < 0.05$) に回帰直線と説明変数 R^2 を示した。

6) 生育起点日から開花開始日までの地表面温度と日数との関係

温度環境が開花開始に及ぼす影響を検討するため、地表の日平均温度が5℃を超えた日を生育の起点とし、生育起点日から開花開始日までの平均地表面温度と日数との関係を図IV-1-29、プロットごとの平均値を表IV-1-11に示した。

風衝地と雪田の両環境に生育する種について比較すると、ミヤマキンバイの風衝地プロットでは生育起点日～開花開始日までの日数は35～37日、雪田プロットは12～13日で雪田環境の方が短く、この間の平均地表面温度は風衝地プロットで5.6～6.7℃、雪田プロットで11.7～14.0℃で雪田環境の方が高かった。ミネズオウについても風衝地プロットの生育起点日～開花開始日までの日数は30～32日、地表面温度は5.3～5.9℃、雪田プロットの日数は15日、平均地表面温度は11.4℃で、雪田環境の方が生育起点日～開花開始日までの日数が短く、その間の地表面温度は高かった。シラネニンジンでは風衝地プロットの生育起点日～開花開始日までの日数は71～78日、地表面温度は9.2～9.6℃、雪田プロットの日数は36日、平均地表面温度は13.4℃で、開花開始日までの日数には大きな違いがみられたが、地表面温度の違いはミヤマキンバイやミネズオウに比べて小さかった。ハクサンボウフウとミヤマアキノキリンソウについては、開花開始日までの日数はサイト間、年度間で大きく変動したが、地表面温度の変動は小さく、温度と開花開始との明瞭な関係は認められなかった。

風衝地プロットで地表面温度が低く、開花開始日までの日数が長いのにに対し、雪田プロットで地表面温度が高く、開花開始日までの日数が短い傾向は多くの種で共通しており、図IV-1-29では雪田か風衝地かによらず地表面温度と開花開始日までの日数には一定の関係が見られた。そこで、開花開始日までの平均地表面温度と日数との関係を一般化線形モデル（GLM）および一般化線形混合モデル（GLMM）を用いて推定した結果（図IV-1-30）、全6種について開花開始日までの日数を示す予測式を作成することができたが、地表面温度との明瞭な関係があるのはミヤマキンバイ、ミネズオウ、イワウメ、シラネニンジンの4種で、いずれも地表面温度と開花開始日までの日数には負の関係があり、地表面温度が上昇すると開花開始日までの日数が短くなると推定された。一方、ハクサンボウフウの温度応答はプロット間で異なっていた。ミヤマアキノキリンソウでは、温度の影響は検出されなかった。

予測式では開花開始日までの地表面温度の上昇によって開花開始日までの日数が短縮される影響は、概ね、地表面温度の平均が低い風衝地よりも、平均が高い雪田のほうで小さいと予測された。例えばミヤマキンバイでは大雪山の風衝地（黒岳風衝地、赤岳コマクサ平）および北アルプス（立山）風衝地の開花開始日までの地表面温度は平均5.6℃、6.7℃、6.7℃で、1℃上昇すると開花開始日までの日数は4.2日、3.7日、3.7日短縮されると予測された。一方、雪田（黒岳石室、大雪山赤岳第4雪渓、白山水屋尻）の地表面温度は平均11.7℃、13.4℃、14.0℃で、1℃上昇すると2.0日、1.7日、1.5日の短縮と、風衝地に比べて少し短くなった。

同様に、ミネズオウでも風衝地（大雪山黒岳風衝地、赤岳コマクサ平）の開花開始日までの地表面温度は平均5.3℃、5.9℃で、1℃上昇の場合は3.5日、3.3日短縮の予測だが、雪田（大雪山黒岳石室）は平均11.4℃で1℃上昇の場合は1.7日の短縮とやや短い予測となった。

シラネニンジンも同様に風衝地（大雪山黒岳風衝地、赤岳コマクサ平）の開花開始日までの地表面温度は平均9.2℃、9.6℃で、1℃上昇の場合は5.9日、5.4日短縮の予測だが、雪田（黒岳石室）は平均13.3℃で、1℃上昇の場合は2.7日短縮とより短い予測となった。

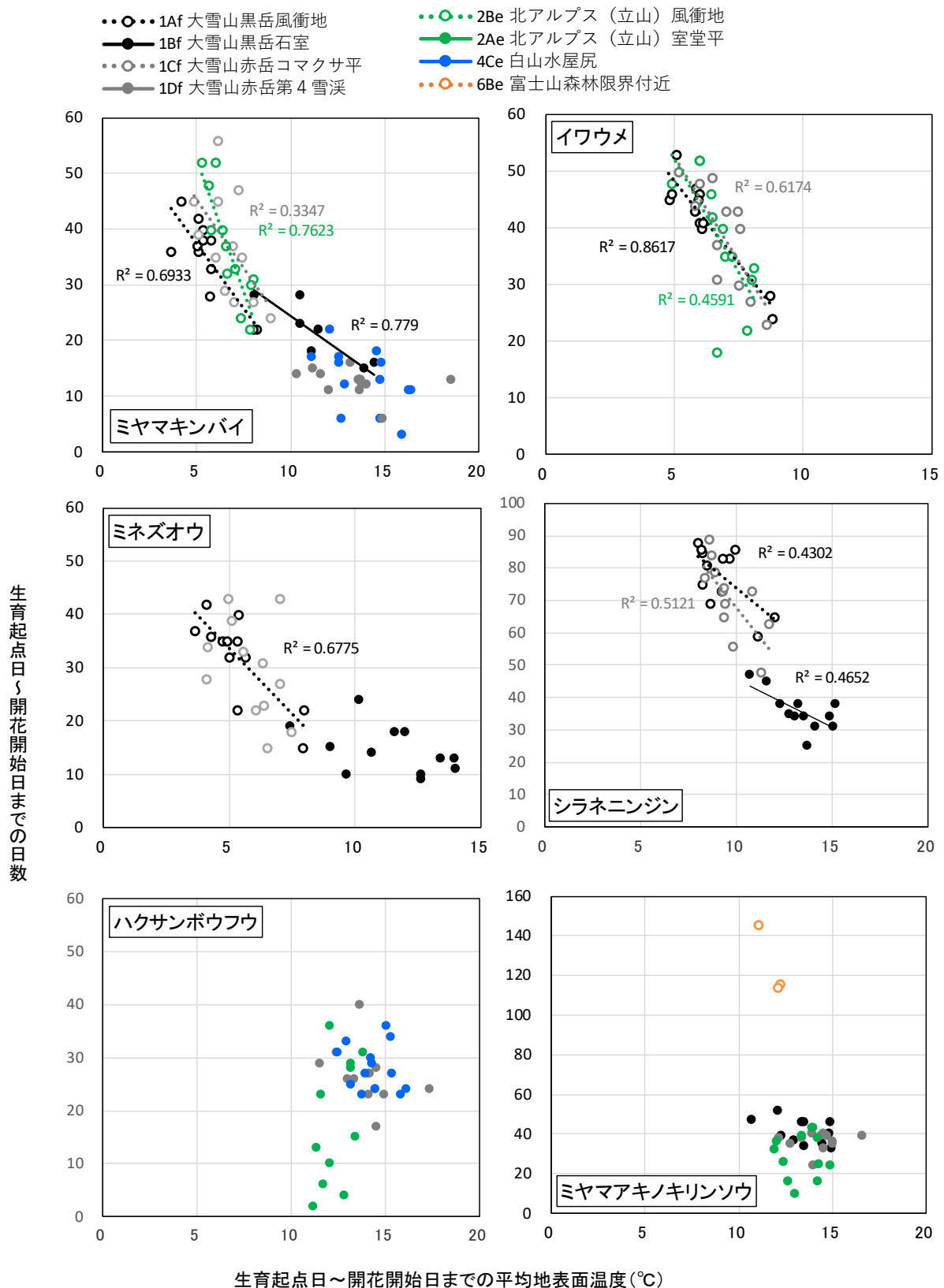
イワウメはすべて風衝地（大雪山黒岳風衝地、赤岳コマクサ平、北アルプス（立山）風衝地）で開花開始日までの地表面温度は平均6.2℃、6.9℃、6.8℃で、1℃上昇の場合は6.8日、6.1日、6.1日の短縮と予測された。

7) 主要開花期間の地表面温度と日数との関係

温度環境が開花期間に及ぼす影響を検討するため、主要開花期間（開花ステージ：A－咲き始めの初日～C－開花後期の終日）の平均地表面温度と日数との関係を図IV-1-31、プロットごとの平均値を表IV-1-11 に示した。

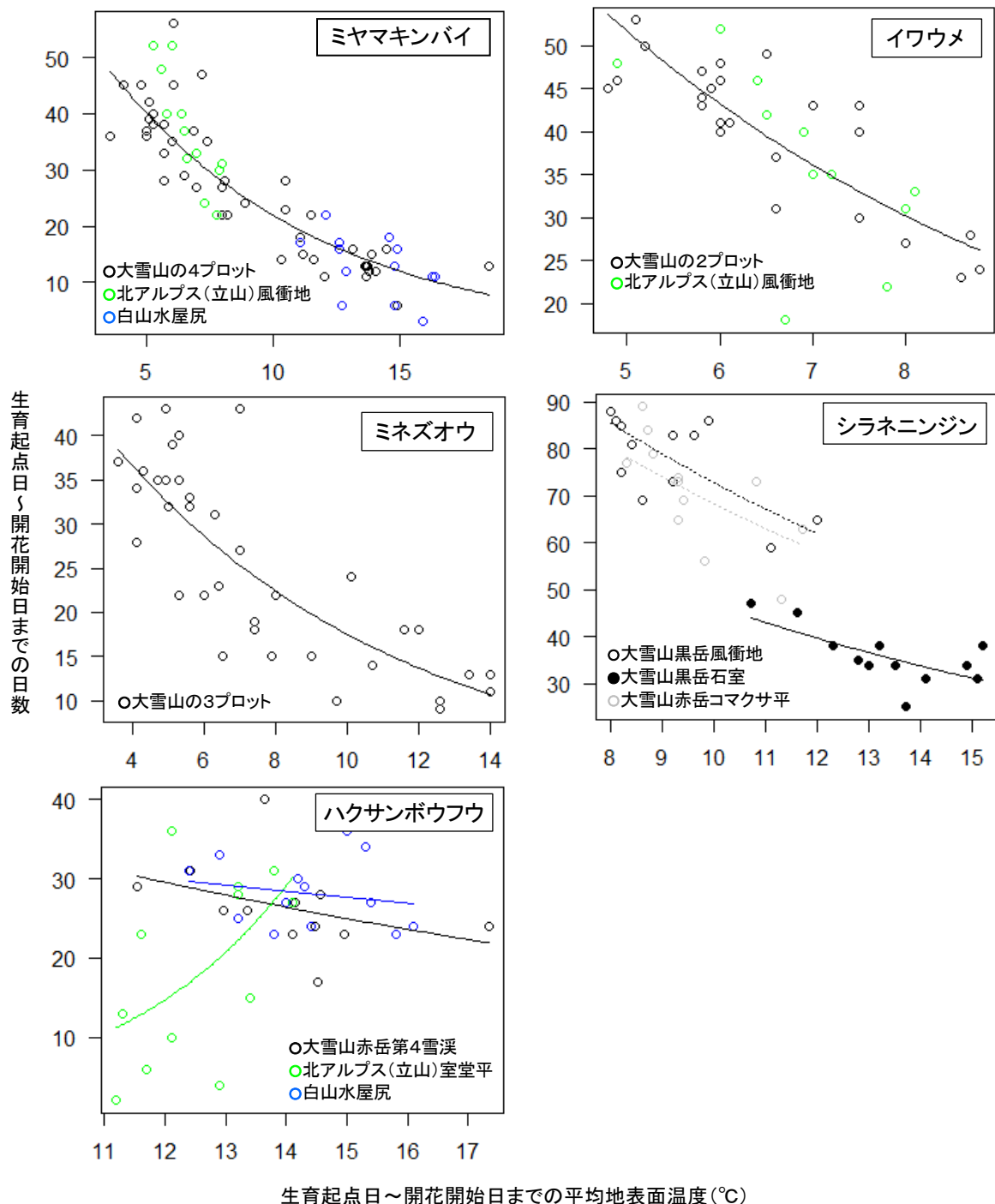
風衝地と雪田の両環境に生育する種について比較すると、ミヤマキンバイの主要開花期間の地表面温度は、風衝地プロットの 10.7～11.9℃に比べ、雪田プロットの 14.7～15.0℃の方がやや高かったが、主要開花期間は風衝地プロットでは 24～28 日、雪田環境では 8～28 日で、環境間の違いよりも雪田プロット間の違いの方が大きかった。ミネズオウでは風衝地プロットの地表面温度は 9.5～10.6℃で、雪田プロットの 14.2℃の方が高く、主要開花期間は風衝地プロット(18～19 日)に比べ、雪田プロット(12 日)で短かった。シラネニンジンでは逆に、風衝地プロットの地表面温度は 15.8～16.2℃で、雪田プロットの 13.8℃の方が低かったが、主要開花期間は風衝地プロットで 16～32 日で、雪田プロット(15 日)との違いよりも、赤岳と黒岳のプロット間の違いの方が大きかった。ミヤマアキノキリンソウについては環境間で地表面温度と日数の違いはなかったが、雪田プロット間で主要開花期間が 15～31 日と大きな違いがあった。

主要開花期間の地表面温度と日数の関係は、明瞭ではない種もあったが一部の種では雪田か風衝地かによらず一定の関係が見られた（図IV-1-31）。そこで、平均地表面温度と日数との関係を一般化線形モデル（GLM）および一般化線形混合モデル（GLMM）を用いて推定した結果、全 6 種について主要開花期間の日数を示すモデルを作成できたが、温度との関係が検出できたのはミヤマキンバイ、ミネズオウ、シラネニンジンのみであった（図IV-1-32）。これらの種においても、温度の影響はミネズオウを除いて顕著ではなかった。プロットの開花期間は、花密度によっても影響が異なると考えられるので、地表面温度との関係の解析結果は、参考程度と捉えるべきと考えられた。



図IV-1-29 生育起点日～開花開始日までの地表面温度と日数との関係

生育起点日は地表の日平均温度が5°Cを超えた日、大雪山赤岳第4雪渓は目視で記録した斜面上部の雪解け開始日。白抜き点線は風衝地プロット、中塗り実線は雪田プロットを示す。 t 検定で有意な相関関係が認められた場合($P < 0.05$)に回帰直線と説明変数 R^2 を示した。



図IV-1-30 生育起点日～開花開始日までの地表面温度と日数の関係の予測モデル

開花開始までの日数と地表面温度との関係を示す予測式を作成できた種についてグラフを示す。回帰線は各サイトで観測された温度幅内で示した。

ミヤマキンバイ: 式 $Date \sim Temp: y = EXP(4.29617 - 0.12071 * Temp)$ AIC= 456.3。モデルは収束しなかったが、観測値へのあてはまりが最もよかった。

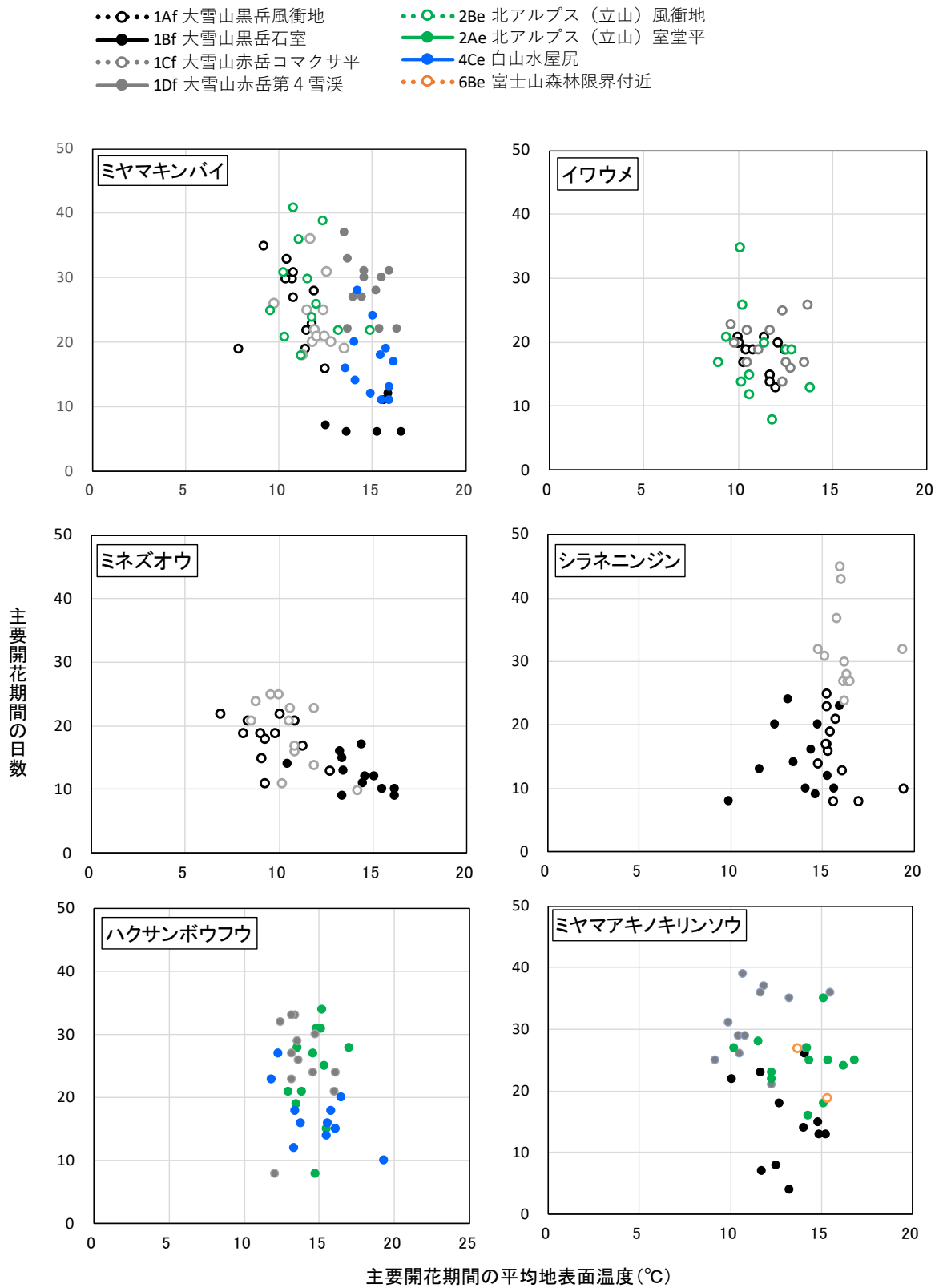
イワウメ: 式 $Date \sim Temp: y = EXP(4.84160 - 0.17921 * Temp)$ AIC=243.64

ミネズオウ: 式 $Date \sim Temp: y = EXP(4.08932 - 0.12260 * Temp)$ AIC=234.9

シラネニンジン: 式 $Date \sim Temp + Plot: 黒岳風衝地 y = EXP(5.09168 - 0.08049 * Temp)$ 黒岳石室 $y = EXP(5.09168 - 0.44423 - 0.08049 * Temp)$ 赤岳コマクサ平 $y = EXP(5.09168 - 0.06398 - 0.08049 * Temp)$ AIC=246.88、ただし赤岳コマクサ平の係数-0.06398は有意でない。

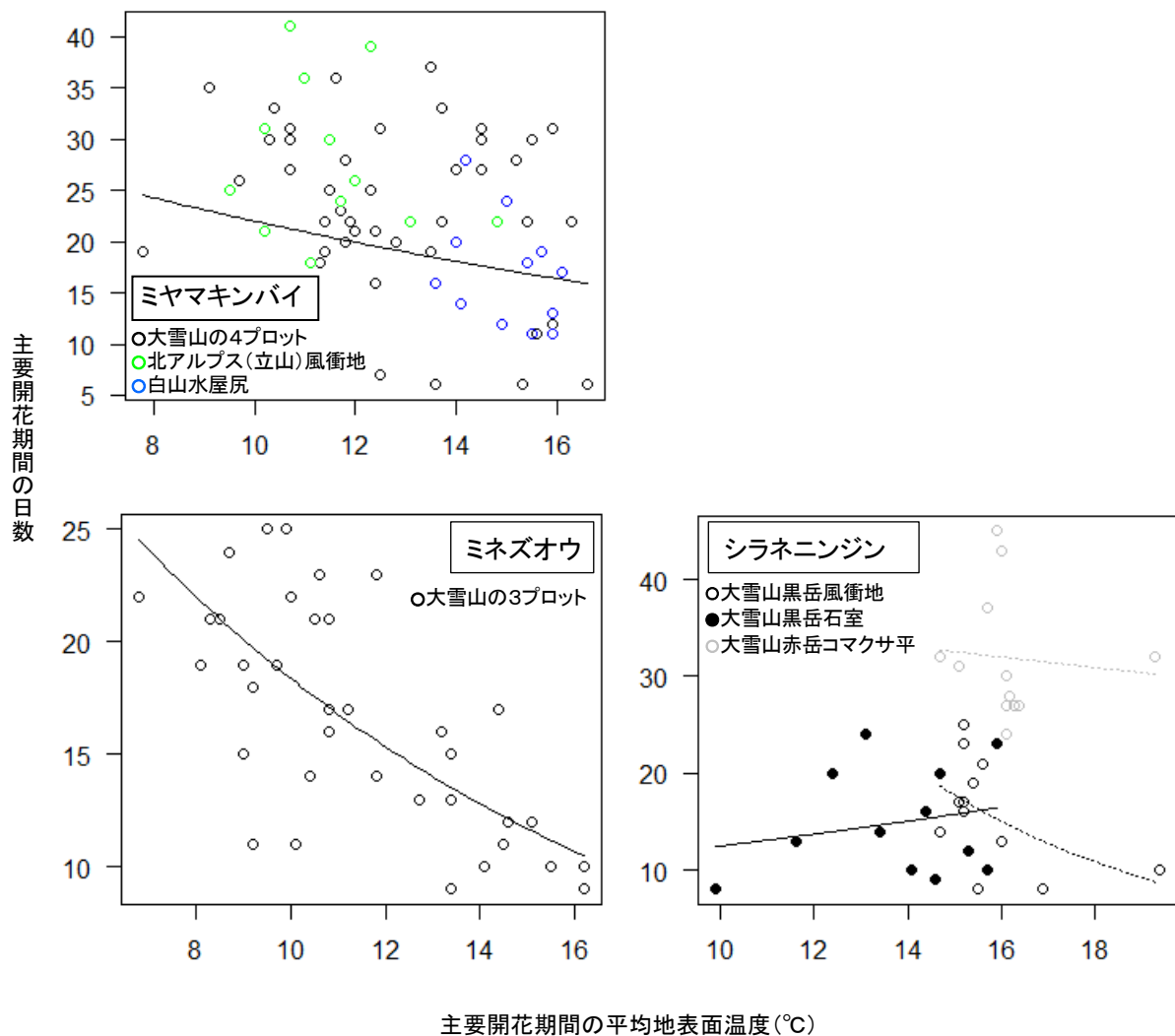
ハクサンボウフウ: 式 $Date \sim Temp * Site: 大雪山 y = EXP(4.05860 - 0.05602 * Temp)$ 、立山 $y = EXP(4.05860 - 5.46930 - 0.05602 * Temp + 0.39767 * Temp)$ 、白山 $y = EXP(4.05860 - 0.33360 - 0.05602 * Temp + 0.02904 * Temp)$ AIC=283.73 ただし温度-0.05602 および白山-0.33360、温度と白山の交互作用の係数 0.02904 は有意でない。温度との関係はプロットによって異なり、立山の傾向が特に違う点については開花の画像判定の正確性や地温データ測定地点と画像範囲のずれの影響について検討する必要があると考えられた。

ミヤマキンバイ: プロットのみを変数としたモデル $Date \sim Plot$ (AIC=268.26)となり、温度の影響が検出されなかった。



図Ⅳ-1-31 主要開花期間の地表面温度と日数との関係

主要開花期間は開花ステージ:Aー咲き初めの初日～Cー開花後期の終日。白抜き点線は風衝地環境、中塗り実線は雪田環境を示す。 t 検定で有意な相関関係が認められなかった($P < 0.05$)。



図IV-1-32 主要開花期間の地表面温度と日数の関係の予測モデル

主要開花期間の日数と地表面温度との関係を示す予測式を作成できた種についてグラフを示す。回帰線は各サイトで観測された温度幅内で示した。

ミヤマキンバイ: 式 $Date \sim Temp: y = EXP(3.58143 - 0.04905 * Temp)$ AIC=427.8 地表面温度は弱い負の相関($p = 0.81$)
 イワウメ: プロットと温度ともに変数から除外されたモデル $Date \sim 1$ (AIC=216.86) が選択され、主要開花期間の日数が温度やプロットの違いの影響を受けずに一定(主要開花期間は 18-20 日)と予想され、主要開花期間への温度の影響は極めて小さいことが示唆された。

ミネズオウ: 式 $Date \sim Temp: y = EXP(3.81163 - 0.09013 * Temp)$ AIC=196.39

シラネニンジン: 式 $Date \sim Temp * Plot: \text{黒岳風衝地 } y = \exp(5.31999 - 0.16288 * Temp) \quad \text{黒岳石室 } y = \exp(5.31999 - 3.25701 - 0.16288 * Temp + 0.20917 * Temp) \quad \text{赤岳コマクサ平 } y = \exp(5.31999 - 1.58031 - 0.16288 * Temp + 0.14575 * Temp)$ AIC=238.19 ただし赤岳コマクサ平-1.58031 および赤岳コマクサ平と地表面温度の交互作用の係数 0.14575 は有意でない。

ハクサンボウフウは温度との関係はなく、サイト間の違いのみを考慮したモデル $Date \sim Site$ (AIC=240.88) が選択された。

ミヤマアキノキリンソウはプロットを変数とした $Date \sim Plot$ (AIC=243.32) が選択され、温度との関係がなかった。開花期間の平均値は黒岳風衝地が 15 日、赤岳コマクサ平が 31 日、立山室堂平が 26 日であったが、開花期間はプロット内の花序密度と相関すると推測される。

表Ⅳ-1-11 開花開始日、凍結終日または推定雪解日、生育起点日～開花開始日また主要開花期間の
地表面温度と日数のプロットごとの平均

白抜きは風衝地環境、網掛けは雪田環境。風衝地環境は凍結終日、雪田環境は推定雪解日。生育起点
日は地表面温度の日平均値が5℃以上になった日。開花開始日は、開花ステージ A の初日。地表面温度
と日数は平均値(±標準偏差)。大雪山赤岳第4雪溪の推定雪解日と生育起点日は目視で記録した斜面
上部の雪解け開始日。

プロット名	開花開始日	凍結終日／ 推定雪解日	生育起点日	生育起点日～開花開始日		主要開花期間	
				地表面温度(℃)	日数	地表面温度(℃)	日数
ミヤマキンバイ							
1Af大雪山黒岳風衝地	6/9	5/12	5/5	5.6 (± 1.3)	34.8 (± 7.3)	10.7 (± 1.3)	26.1 (± 6.1)
1Bf大雪山黒岳石室	7/20	6/30	6/28	11.7 (± 2.2)	11.7 (± 5.8)	14.9 (± 1.5)	8.0 (± 2.8)
1Cf大雪山赤岳コマクサ平	6/9	5/7	4/26	6.7 (± 1.2)	37.2 (± 9.7)	11.9 (± 0.9)	23.7 (± 5.3)
1Df大雪山赤岳第4雪渓*	7/18	7/6	7/6	13.4 (± 2.1)	12.5 (± 2.5)	14.7 (± 0.9)	28.3 (± 4.7)
2Be北アルプス(立山)風衝地	6/21	5/21	5/16	6.7 (± 0.9)	36.8 (± 10.0)	11.5 (± 1.4)	27.9 (± 7.5)
4Ce白山水屋尻	7/29	7/15	7/16	14.0 (± 1.7)	12.9 (± 5.5)	15.0 (± 0.9)	16.9 (± 5.3)
4He白山展望歩道	7/21	—	—	—	—	—	—
イワウメ							
1Af大雪山黒岳風衝地	6/15	5/12	5/5	6.2 (± 1.3)	41.6 (± 8.1)	11.0 (± 0.9)	18.2 (± 2.8)
1Cf大雪山赤岳コマクサ平	6/11	5/7	4/26	6.9 (± 1.0)	38.8 (± 9.1)	11.7 (± 1.4)	19.8 (± 3.8)
2Be北アルプス(立山)風衝地	6/22	5/21	5/16	6.8 (± 0.9)	37.8 (± 11.0)	11.0 (± 1.5)	18.3 (± 7.1)
ミネズオウ							
1Af大雪山黒岳風衝地	6/6	5/12	5/5	5.3 (± 1.4)	31.9 (± 8.1)	9.5 (± 1.5)	18.1 (± 3.5)
1Bf大雪山黒岳石室	7/16	6/30	6/28	11.4 (± 2.1)	14.5 (± 4.5)	14.2 (± 1.6)	12.3 (± 2.7)
1Cf大雪山赤岳コマクサ平	6/1	5/7	4/26	5.9 (± 1.1)	29.7 (± 9.2)	10.6 (± 1.5)	19.2 (± 5.4)
シラネニンジン							
1Af大雪山黒岳風衝地	7/22	5/12	5/5	9.2 (± 1.3)	77.8 (± 9.4)	15.8 (± 1.3)	15.9 (± 5.6)
1Bf大雪山黒岳石室	8/6	6/30	6/28	13.3 (± 1.4)	35.8 (± 6.0)	13.8 (± 1.8)	14.9 (± 5.6)
1Cf大雪山赤岳コマクサ平	7/12	5/7	4/26	9.6 (± 1.1)	70.8 (± 11.6)	16.2 (± 1.1)	31.9 (± 6.6)
ハクサンボウフウ							
1Df大雪山赤岳第4雪渓*	7/31	7/6	7/6	14.0 (± 1.4)	26.5 (± 5.6)	13.8 (± 1.3)	25.8 (± 6.9)
2Ae北アルプス(立山)室堂平	7/23	7/3	7/5	12.5 (± 1.0)	18.7 (± 11.7)	14.7 (± 1.1)	24.0 (± 7.5)
4Ce白山水屋尻	8/12	7/15	7/16	14.4 (± 1.1)	28.2 (± 4.4)	14.9 (± 2.2)	17.2 (± 4.9)
4He白山展望歩道	8/1	—	—	—	—	—	—
ミヤマアキノキリンソウ							
1Bf大雪山黒岳石室	8/10	6/30	6/28	13.4 (± 1.4)	41.4 (± 6.3)	13.2 (± 1.6)	14.8 (± 7.0)
1Df大雪山赤岳第4雪渓*	8/11	7/6	7/6	14.3 (± 1.2)	36.3 (± 4.5)	11.7 (± 1.9)	30.9 (± 5.6)
2Ae北アルプス(立山)室堂平	8/3	7/3	7/5	13.4 (± 1.0)	29.0 (± 11.2)	14.0 (± 2.0)	24.6 (± 4.9)
6Be富士山森林限界付近	8/17	4/5	4/15	11.8 (± 0.6)	125.3 (± 17.9)	14.5 (± 1.1)	23.0 (± 5.7)

(3)まとめ

風衝地環境と雪田環境で開花フェノロジー調査を行った結果、雪田プロットでは一般に高山植物の開花開始日が遅く、ほとんどの植物種の開花開始日とその年の雪解け時期に応じて変動していることが示された。すなわち、雪田植物群落の開花フェノロジーは、雪解け時期によって強く規定されていることが明らかとなった。一方で、風衝地プロットでは開花開始日の変動パターンは種によって異なり、冬に凍結した土壌の融解時期（凍結終日）は、風衝地群落の開花時期には直接影響していないことが示された。また、今回の解析では、風衝地環境と雪田環境ともに、開花開始日が早期化している傾向は認められなかった。しかし、今回解析に用いたデータは10年程度と短いため、進行中の変化の兆しが捉えられていない可能性も十分考えられる。引き続きモニタリングを続け、長期的な動向を注視していく必要がある。

開花開始日の有効積算温度は種によって大きく異なり、高山植物の温度要求性が種ごとに特有であることが示された。しかし開花にいたる温度要求性は、同種植物であってもプロット間やサイト間で違いがみられ、それぞれの種の変動幅は大きかった。この違いが測定誤差によるものか、個体群間の変異を反映したものかについて、更なる検討が必要である。

複数のサイト・プロットに生育する種の開花開始日を比較したところ、大雪山の赤岳と黒岳の風衝地プロット間と、白山の雪田プロット間では、それぞれ開花開始日の年変動パターンが類似していた。一方で、大雪山の風衝地プロットと雪田プロット、大雪山の雪田プロットと本州サイトの雪田プロット、大雪山の風衝地プロットと本州サイトの風衝地プロットなど、立地環境や山域が異なるプロット間では、開花開始日の年変動パターンは異なっていた。これは、気候変動に対する開花フェノロジー応答が山域間や山域内の環境間で異なる可能性を示唆しており、気候変動に対する高山植物のフェノロジー応答の予測に際して、地域性を考慮することの重要性を示唆するものである。

高山植物の開花に直接影響を及ぼす要因は、積雪の有無、雪解日、地表面温度であるが、植物種や生育環境（風衝地・雪田）によって影響の大きさが異なっていた。雪田植物群落の開花フェノロジーは、雪解日に強く依存している。雪田環境では植物の生育開始時期は融雪時期によって規定されるが、雪解け後に地表面温度は急激に上昇するので、多くの雪田植物は雪解け後比較的短期間で開花に至っていた。これは、山域全体で雪解けが一斉に進行する場合、雪田植物群落の開花期間が短縮される可能性を示唆するものである。雪田植物群落の開花時期は、マルハナバチなど主要なポリネーターの活動ピーク期と一致する。雪田植物群落の開花期間の短縮は、高山生態系に深刻な影響を及ぼす可能性がある（Kudo, 2014）。

風衝地植物群落では、土壌融解はまだ気温の低いシーズン初期に起こるので、植物の生育開始期は低温による制約を受け、同じ温度要求性を持った植物であっても開花までに長期間を要することになる。今回の解析で風衝地の凍結終日と開花開始日に明瞭な関係がみられなかったのは、シーズン初期の低温環境が関与していると考えられる。風衝地では植物の生育シーズンが長く、季節の進行に伴って温度は上昇していく。そのため、開花に至る温度要求性は種によって多様である。開花が遅い種については、積雪の有無や温度以外の要因、例えば日長などが開花時期に関与している可能性がある。開花に影響する要因が種によって異なるのであれば、気候変動に対するフェノロジー応答は、同じ群落の構成種間で異なることになる。

ただし、生育起点日（地表面日平均気温が5℃を超えた日）～開花開始日までの日数と地表面温度との関係には山域や雪田か風衝地かの環境の違いによらず一定の関係が見られた。開花開始日までの平均地表面温度と日数との関係を一般化線形モデル（GLM）および一般化線形混合モデル（GLMM）を用いてミヤマキンバイとミネズオウ、イワウメ、シラネニンジンについて予測するこ

とが可能であった。いずれも地表面温度と開花開始日までの日数には負の関係があり、地表面温度が上昇すると開花開始日までの日数が短くなると推定された。予測式では開花開始日までの地表面温度の上昇によって開花開始日までの日数が短縮される影響は、概ね、地表面温度の平均が低い風衝地よりも、地表面温度の平均が高い雪田のほうで小さいと予測された。

主要開花期間の地表面温度と日数の関係は、一部の種類では雪田か風衝地かによらず地表面温度と日数に一定の関係が見られ、平均地表面温度と日数との関係を一般化線形モデル (GLM) および一般化線形混合モデル (GLMM) を用いて推定したところ、主要開花期間の地表面温度との関係が検出できたのはミヤマキンバイ、ミネズオウ、シラネニンジンのみであった。これらの種においても、温度の影響はミネズオウを除いて顕著ではなかった。

大雪山の目視調査で得られた開花フェノロジーデータから、群集レベルの開花期間の変動を予測した研究では、風衝地植物は気温の影響を強く受け、1℃の気温上昇により開花期間は約4日短縮され、雪田植物は気温よりも雪解け時期の影響を受けることが報告された。更に温暖化によって1℃の気温上昇と10日間の雪解けの早期化が起こった場合、高山植物の開花期間が約5日間短縮されると予測された (Kudo, 2019)。種ごとの開花期間にはプロットごとの開花量 (個体数) や密度の違いが関係している可能性が高い (例えば、プロット内の開花個体数が少ないほど開花期間は短くなる)。また、雪田プロットでは、プロット内で雪解けが進む速さも関係すると考えられる。さらにインターバルカメラで得られた画像から、悪天候で開花が終了することが度々確認されており、降雨、気温変動、強風が実際の開花期間に影響している可能性がある。より詳細なフェノロジー応答の解明には、開花量の定量化や詳細な気象要因を考慮したモニタリングと解析方法の検討が望まれる。

2. 昆虫の応答

2-1. チョウ類

(1) 調査内容

1) 調査目的

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。

2) 調査地

大雪山、北アルプス（蝶ヶ岳～常念岳）、白山、南アルプス（北岳）サイトにおいて、ライントランセクトは、植生調査地点近くの登山道上に各サイト1～2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。なお、調査プロットの詳細はI. 3. (4)を参照のこと。

3) 調査方法

ライン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。ライン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、低地性種の増加などに着目するためチョウ類全種を対象として種名と個体数を記録した（詳しい調査方法は、「モニタリングサイト1000 高山帯調査マニュアル（調査マニュアル）」を参照のこと）。

4) 集計・解析方法

① 平均確認個体数の算出

全サイトのチョウ類の出現状況を把握するため、サイト別、プロット別の1年当たりの平均確認個体数を算出した。まず初めに、各プロットの平均確認個体数として、各年の確認個体数の合計を調査年数で割った値を算出した。次に、サイト別の平均確認個体数として、各プロットの平均確認個体数の合計を、プロット数で割った値を算出した。なお、平均確認個体数の算出には以下のように条件をそろえたデータを用いた。(f) 調査日：一年間に複数回の調査を行っている場合には、調査時期が揃う日のデータを用いた。(i) ライントランセクト調査：同日に往復の調査を実施している場合には、往路または復路のうち種数や個体数が多い方のデータを用いた。(u) 定点調査：マニュアルに定められた8:00～14:00のデータのみを用いた。1時間に2回ずつ調査を実施している場合には、2回のうち種数や個体数が多い方のデータを用いた。

② 確認種の生態的特性と希少性のとりまとめ

平均確認個体数の算出に用いなかったデータも含め、確認種の日本国内での分布、地理的分布、生息環境、食草について既存文献から整理した（松本，2006；日本チョウ類保全協会，2019；日本昆虫目録編集委員会，2013）。

確認種の希少性として、国及び確認された都道府県のレッドリストのカテゴリーと危険性の要因、天然記念物と指定希少野生動植物種への指定の有無をとりまとめた（北海道環境生活部環境局生物多様性保全課，2016；北海道環境生活部環境室自然環境課，2001；石川県野生動物保護対策調査会，2020；環境省自然環境局野生生物課希少種保全推進室，2015a；2020；長野県環境部自

然保護課・長野県環境保全研究所自然環境部，2015；長野県生物多様性研究会・長野県自然保護研究所・長野県生活環境部環境自然保護課，2004；山梨県森林環境部みどり自然課，2018）。

特定の1種を指標種にするのではなく、出現種の群集全体の構造変化を把握するため、中村（2020）に準じて以下のグループ分けを行った。グループ分けの評価にあたっては、北海道のサイトで確認された種については永盛ら（2020）、本州のサイトで確認された種については栗田（1996）を参考とした。そのためコヒオドシのように、本州では高山チョウだが、北海道は低標高種とするなど、種によっては北海道と本州とで異なるグループに分けられた。

グループA（高山チョウ）

- ・調査マニュアルにある対象（指標種）の高山蝶

グループB（亜高山帯・高原のチョウ）

- ・地理的分布型の分類ではシベリア型に属するクジャクチョウ、キベリタテハ、エルタテハは長野県では標高1,000m以上の高原に生息しており、標高2,500mを超える高山のお花畑にまで吸蜜に来る飛翔力の強い種。またオニシモツケを食草とするコヒョウモンやイブキトラノオを食草とするギンボシヒョウモン、さらに亜高山の樹林帯のササ類を食草とするヒメキマダラヒカゲなどの種は高山帯に生息するチョウではないが、高山帯調査では比較的よく確認される。これらのチョウをまとめて亜高山帯・高原のチョウグループとした。

グループC（低標高種）

- ・生息域は平地または低山地で、高山帯調査では稀に記録されるグループ。

グループD（山頂占有・移動性種）

- ・キアゲハのようにヒルトップ種といわれている山頂で占有行動を示す種と飛翔力が強く高山を超えていくアサギマダラやミヤマカラスアゲハ、また移動する性質があるイチモンジセリとヒメアカタテハを含むグループ。

③グループ別 RI 指数法

高山帯のチョウ類の調査データは、調査時の天候、チョウ類の発生時期のずれ、調査日の違い等で大きな変動幅が出てくる。またそこから算出された年あたり平均個体数もばらつきが大きい。そこでデータのばらつきをマスクするため、年あたりの平均個体数を表IV-2-1にしたがってランク値に変換してから多様度を計算するRI指数法（中村・豊嶋，1999）を用いて、各サイトとプロットのチョウ類群集の構造の把握を試みた。

RI指数は個体数をランク値に変換したデータから得られる種の多様性と個体数の豊かさを包括して表す相対的な指数で、 $RI = \sum Ri / S / (M - 1)$ （ $\sum Ri$ ：ランク値の合計、 S ：調査対象種数、 M ：ランクの階級数）の式で計算される。RI指数の値は0～1の範囲の値をとり、1に近いほど種数・個体数ともに多いことを表す。

チョウ類をA～Dの4グループごとにRI指数を求め、レーダーチャートを作成した。

表IV-2-1 RI 指数算出のための順位変数

ランク値	平均個体数の範囲
0	0
1	$0 < M < 0.3$
2	$0.3 \leq M < 1$
3	$1 \leq M < 2$
4	$2 \leq M < 10$
5	$10 \leq M < 50$
6	$50 \leq M < 100$
7	$100 \leq M$

④ベニヒカゲの調査個体数の年次変動

高山蝶の中でも広域に分布するベニヒカゲについて、定点プロットにおける出現数の年次変動を分析した。ベニヒカゲの活動はその日の天候に大きく影響を受け、特に照度と強い正の相関があることが知られている（有本・中村，2007）。また成虫は年1回の発生で7月下旬から8月が最

盛期となるが、地域や標高によって発生のパークは異なることが報告されている(福田ら, 1984)。したがって実測データには調査時の天候や調査日による影響を受けている可能性がある。そこで調査日の照度の影響を除外してベニヒカゲ個体数の年次変動の傾向を把握するため、定点調査データから求めた 30 分あたりのベニヒカゲの平均個体数と、調査期間の平均照度の間の相関関係が高かったプロットについてその回帰式から、一定照度 (30, 000lux) に換算したベニヒカゲの推定個体数を算出した。推定個体数の算出にあたり、中村 (2020) ではロジスティック回帰を用いたが、今回は回帰係数の高かった対数近似式を用いた。

(2)調査結果

1)調査サイトごとの種組成と確認種の特徴

大雪山、北アルプス（蝶ヶ岳）、白山、南アルプス（北岳）の4つのサイトで、ライントランセクト調査または定点調査を実施した12プロットの出現種は、種まで同定できなかったものを含めて60種であった。サイト別では、大雪山40種、北アルプス（蝶ヶ岳）27種、白山32種、南アルプス（北岳）22種であった（表IV-2-2）。1年当たりの平均確認個体数の合計は、大雪山145.1個体、北アルプス（蝶ヶ岳）34.0個体、白山185.8個体、南アルプス（北岳）82.9個体で、サイトにより大きく異なった（表IV-2-2）。

大雪山で最も多く確認されたのはコヒオドシの55.9個体で全体の4割近くを占め、次いで多いのはスジグロシロチョウ類の24.0個体であった。高山蝶では、カラフトルリシジミが11.0個体、ダイセツタカネヒカゲが5.6個体、ウスバキチョウが3.0個体、アサヒヒョウモンが1.8個体であった。北アルプス（蝶ヶ岳）で最も多く確認されたのは、高山蝶のベニヒカゲの16.0個体で全体の約半分を占め、次に多いのも高山蝶のミヤマモンキチョウで6.0個体であった。高山蝶ではその他にコヒオドシ、クモマベニヒカゲ、タカネヒカゲが確認された。白山で最も多く確認されたのは高山蝶のベニヒカゲの141.4個体で全体の76%を占めた。次に多いのはアサギマダラの19.3個体で、高山蝶のクモマベニヒカゲは1.8個体と少なかった。南アルプス（北岳）で最も多く確認されたのは、高山蝶のベニヒカゲの73.9個体で全体の9割近くを占め、次に多いのは高山蝶のクモマベニヒカゲの2.2個体であった（表IV-2-2）。

大雪山、北アルプス（蝶ヶ岳）、白山、南アルプス（北岳）の4つのサイトで、種まで同定できた出現種は58種で、セセリチョウ科3種、アゲハチョウ科6種、シロチョウ科9種、シジミチョウ科9種、タテハチョウ科30種であった。日本国内の分布では、北海道のみに分布するのはウスバキチョウなどの8種、本州のみに分布するのはミヤマモンキチョウとタカネヒカゲの2種、北海道と本州に分布するのは14種で、その他は四国や九州にも分布する種類であった。松本(2006)による地理的分布では、シベリア型が26種、ウスリー型が9種、中華型が8種、日本型が3種、ヒマラヤ型2種、マレー型2種、汎熱帯型が1種、所属未定が4種であった。生息環境と食草については、指標種（高山蝶）のほとんどが高山に生息し、食草は高山植物であるが、北海道では指標種としていないオオイチモンジとコヒオドシは北海道では低地にも生息し、食草も高山植物以外の種類であった（表IV-2-3）。なお、これまでの調査ではすべてのサイトで外来種は記録されていない。

出現種のうち、レッドリストの掲載種や天然記念物等に指定されている希少種は、高山蝶全種の10種（11亜種）であった。レッドデータブックに記載された危険性の要因としては、気候変動による影響、観光開発や道路工事など各種開発による生息地の減少、登山者の増加による登山道整備や植生の踏みつけ、ストックによる歩道沿いの崩壊、愛好家による採集圧、ササの侵入やシカの食害による植生の変化があげられていた（表IV-2-4）。

表Ⅳ-2-2 チョウ類の1年当たりの平均確認個体数

サイトの平均確認個体数＝Σプロットの平均確認個体数／プロット数、プロットの平均確認個体数＝Σ各年の確認個体数／調査年数。網掛けは指標種(高山蝶)で北海道と本州では異なる(表Ⅳ-2-3 を参照)。
※は合計種数に含まない。

科名	種名	1大雪山	3北アルプス(蝶ヶ岳)	4白山	5南アルプス(北岳)	1大雪山			3北アルプス(蝶ヶ岳)			4白山		5南アルプス(北岳)				
						トランセクト		定点	トランセクト	定点		トランセクト	定点	トランセクト		定点		
						F赤岳	K銀泉台下	C赤岳コマクサ平	Bトランセクト	CプロットA	DプロットB	Jトランセクト	I観光新道馬の背付近	I北岳山荘付近	L右俣ルート	H肩の小屋付近	K白根御池分岐点	
調査回数(調査年数)						9	6	10	13	12	13	14	13	11	8	12	7	
セセリチョウ科	コキマダラセセリ	0.1					0.2											
	オオチャバネセセリ	0.2					0.5											
	イチモンジセセリ		1.3	0.0	0.3				1.2	0.2	2.5		0.1	0.5	1.1	4.3	1.0	
アゲハチョウ科	ウスバキチョウ	3.0				2.4		6.6										
	カラスアゲハ		0.1	0.2	0.1						0.2	0.2	0.2			0.3		
	カラスアゲハ類			0.2								0.1	0.3					
	ミヤマカラスアゲハ	1.5	0.9	0.5	0.1	0.7	2.0	1.8	2.2	0.5	0.1	0.4	0.5	0.2	0.3	0.1		
	キアゲハ	1.1	3.4	2.8	0.4	0.9	1.0	1.3	1.8	6.6	1.8	1.5	4.1	0.2	0.6	0.7		
	オナガアゲハ		0.1						0.1		0.2							
	シロチョウ科																	
シロチョウ科	キタキチョウ(キチョウ)	0.0		0.1				0.1					0.2					
	モンキチョウ	0.5	0.2	0.0	0.1		1.3	0.3	0.2	0.1	0.4	0.1			0.1	0.1		
	ミヤマモンキチョウ		6.0						4.9	11.2	1.8							
	オオモンシロチョウ	0.0						0.1										
	エゾスジグロシロチョウ				0.1											0.5		
	スジグロシロチョウ			0.8								0.6	0.9					
	ヤマトスジグロシロチョウ		0.2		1.3				0.2	0.2	0.3				4.0		1.3	
	モンシロチョウ	0.1		0.2		0.2						0.1	0.2					
	スジグロシロチョウ類	24.0		0.6		6.3	25.7	39.9				0.6	0.6					
	エゾシロチョウ	3.3				2.8	6.0	1.0										
	シロチョウ科の1種	0.1	0.1	0.1		0.2		0.2		0.3		0.1						
	シジミチョウ科	ウラギンシジミ			0.0								0.1					
		ウスイロオナガシジミ	0.1				0.1		0.1									
アカシジミ		0.5				0.6		0.8										
アイノミドリシジミ		0.1					0.2											
カラスシジミ		0.1				0.3												
ベニシジミ			0.0	0.0					0.1			0.1						
カラフトルリシジミ		11.0				5.6		27.3										
シジミチョウ科の1種		0.3		0.0		0.3		0.5				0.1						
タテハチョウ科		アサギマダラ		0.6	19.3	0.2				1.0	0.4	0.5	18.5	20.1	0.2	0.4	0.1	0.3
		アサヒヒョウモン	1.8				4.4		0.9									
	ホソバヒョウモン	0.1				0.1	0.2											
	コヒョウモン		0.2						0.2		0.5							
	ミドリヒョウモン			0.1	0.0							0.1					0.1	
	ウラギンヒョウモン	0.1	0.0	0.3		0.1		0.2	0.1			0.4	0.3					
	ギンボシヒョウモン		0.1		0.6						0.2				1.3	0.1	1.1	
	ヒョウモンチョウ類	8.6	0.2	1.4	1.0	5.2	8.3	12.3	0.2		0.5	1.5	1.3	0.7	1.3	0.1	2.0	
	イチモンジチョウ	0.3				0.2	0.7											
	オオイチモンジ	0.0						0.1										
	ミスジチョウ	0.1				0.2	0.2											
	フタスジチョウ	0.3	0.0			0.8					0.1							
	サカハチチョウ	0.5		0.0			1.3	0.1				0.1						
	シータテハ	0.1		0.1				0.3				0.2	0.1					
	キベリタテハ		0.1	0.5	0.1				0.1		0.2	0.5	0.5	0.5				
	エルタテハ	3.6	0.2	0.4	0.2	10.0		0.9	0.5		0.2	0.4	0.4	0.3		0.1	0.4	
	ヒオドシチョウ	0.2	0.1	0.2	0.0	0.6			0.1	0.2	0.1	0.1	0.3	0.2				
	ルリタテハ			0.1	0.0								0.2	0.1				
	クジャクチョウ	5.4	0.4	0.7	1.8	1.1	3.8	11.3	0.4	0.2	0.8	0.8	0.7	3.7		3.1	0.4	
	コヒオドシ	55.9	0.1			45.6	27.7	94.6	0.3									
	ヒメアカタテハ		0.1	0.8	0.0						0.2	0.4	1.2	0.2				
	アカタテハ			0.7	0.1							0.5	0.8	0.2		0.1		
	クモマベニヒカゲ	1.0	1.9	1.8	2.6		3.0		1.2	0.3	4.2	1.1	2.5	0.5	2.5	6.0	1.6	
	ベニヒカゲ	0.0	16.0	141.4	73.7	0.1			8.5	7.3	32.2	72.5	210.2	55.2	127.0	14.8	98.0	
	ベニヒカゲ or クモマベニヒカゲ※			7.4									7.8	7.0				
	ダイセツタカネヒカゲ	5.6					2.4		14.5									
	タカネヒカゲ		0.3							0.6	0.4							
	ツマジロウラジャノメ				0.0											0.1		
	クロヒカゲ	1.1	0.1				0.3	2.3	0.7	0.1	0.1	0.1						
	ヒメキマダラヒカゲ	5.7	1.1	4.3			0.3	16.8		1.8	0.67	0.8	4.6	4.0				
	ヤマキマダラヒカゲ	6.9		0.1			9.3	2.2	9.2				0.1	0.1				
	ジャノメチョウ類	0.1						0.2										
	タテハチョウ科の1種	1.8		0.7	0.3	0.3		5.0					0.6	0.8	0.1			
合計種数		40	27	32	22	29	20	26	22	15	22	29	25	15	11	14	10	
合計個体数		145.1	34.0	185.8	83.3	101.7	103.5	230.1	25.7	28.6	47.6	114.1	257.5	62.6	138.6	30.2	106.3	

表Ⅳ-2-3 チョウ類調査の確認種の生態的特性と希少性(続き) 平均確認個体数の算出に用いなかったデータの確認種も含む。

科名	種名	1大雪山	3北アルプス(蝶ヶ岳)	4白山	5南アルプス(北岳)	分布				地理的分布	生息環境	食草	希少性	グループ評価	
						北海道	本州	四国	九州					北海道	本州
シジミチョウ科	ウラギンシジミ			○			○	○	○	ヒマラヤ型	森林・疎林・草原・農地、平地～低山地	クズ、フジ、クララ、タイワンクズ、ハリエンジュなど(マメ科)		-	C
	ウスイロオナガシジミ	○				○	○			ウスリー型	森林、低山地～山地	ミズナラ、カシワ、ナラガシワ、コナラなど(ブナ科)		C	B
	アカシジミ	○				○	○	○	○	中華型	森林・疎林・海岸、低山地～山地	コナラ、ミズナラ、ナラガシワ、カシワ、クヌギ、アベマキ、アラカシ、ウラギログシなど(ブナ科)		C	C
	アイノミドリシジミ	○				○	○	○	○	ウスリー型	森林、丘陵地～山地	ミズナラ、コナラ、カシワ、クヌギ、アラカシ、ウラジログシなど(ブナ科)		C	B
	オオミドリシジミ	○				○	○	○	○	ウスリー型	森林、平地～山地	コナラ、ミズナラ、カシワなど(ブナ科)		C	C
	カラスシジミ	○				○	○	○	○	シベリア型	森林、低山地～山地	ハルニレ、オヒョウ(ニレ科)、スモモ、サクラ類、ウメ(バラ科)、ハンノキ(カバノキ科)など		C	B
	ベニシジミ		○	○		○	○	○	○	シベリア型	草原・農地・公園・人家・河川、平地～山地	スイバ、ギシギシ、ヒメスイバなど(タデ科)		C	C
	ルリシジミ	○				○	○	○	○	シベリア型	森林・林縁・草原・農地・公園・河川	ヤマハギ、フジ、クララ、クズ(マメ科)、ミズキ(ミズキ科)、イタドリ、オオイタドリ(タデ科)の他、バラ科、シソ科など		C	C
	カラフトルリシジミ	○				○				シベリア型	高山・湿地、高山帯	ガンコウラン、クロマメノキ、コケモモなど(ツツジ科)	○	A	-
	シジミチョウ科の1種	○		○											
タテハチョウ科	アサギマダラ		○	○	○	○	○	○	○	マレー型	森林・疎林・林縁、海岸～山地	キジョラン、イケマ、オオカモメヅルなど(キョウチクトウ科)		D	D
	アサヒヒョウモン	○				○				シベリア型	高山	ガンコウラン、コケモモ、キバナシャクナゲ、クロマメノキ(ツツジ科)	○	A	-
	ホソバヒョウモン	○				○				シベリア型	森林・林縁、低山地～山地	ミヤマスマレ、アイヌタチツボスミレ、オオタチツボスミレなど(スミレ科)		B	-
	コヒョウモン		○			○	○			シベリア型	林縁・草原、低山地～山地	オニシモツケ、エゾシモツケソウなど(バラ科)		C	B
	ミドリヒョウモン			○	○	○	○	○	○	シベリア型	森林・林縁、平地～山地	タチツボスミレ、オオタチツボスミレなどの各種スミレ科植物		C	C
	ウラギンヒョウモン	○	○	○		○	○	○	○	-	草原・河川、平地～山地	スミレ、タチツボスミレなどの各種スミレ科植物		C	C
	ギンボシヒョウモン		○		○	○	○			シベリア型	草原、北海道では平地～山地、本州では山地	イブキトラノオ、クリンユキフデ(タデ科)、ニオイスマレ、タチツボスミレなどの各種スミレ科植物		C	B
	ヒョウモンチョウ類	○	○	○	○					-					
	イチモンジチョウ	○				○	○	○	○	シベリア型	森林・林縁、平地～山地	スイカズラ、キンギンボク、タニウツギ、ニシキウツギ、ヤブウツギなど(スイカズラ科)		C	C
	オオイチモンジ	○				○	○			シベリア型	森林・林縁・河川(上流部)、北海道では平地～山地、本州では山地	ドロノキ、ヤマナラシ(ヤナギ科)	○	B	A
	ミスジチョウ	○				○	○	○	○	中華型	森林・林縁、平地～山地	イロハモミジ、オオモミジ、ヤマモミジ、コハウチワカエデなど(ムクロジ科)		C	B
	フタスジチョウ	○	○			○	○			シベリア型	林縁・草原・湿地・露岩地、北海道では平地～山地、本州では山地	ホザキシモツケ、シモツケ、アイヅシモツケ、ユキヤナギなど(バラ科)		C	B
	サカハチチョウ	○		○		○	○	○	○	ウスリー型	林縁、低山地～山地	コアカソ、クサコアカソ、エゾイラクサ、ホソバイラクサなど(イラクサ科)		C	C

表Ⅳ-2-3 チョウ類調査の確認種の生態的特性と希少性(続き) 平均確認個体数の算出に用いなかったデータの確認種も含む。

科名	種名	1大雪山	3北アルプス(蝶ヶ岳)	4白山	5南アルプス(北岳)	分布				地理的分布	生息環境	食草	希少性	グループ評価	
						北海道	本州	四国	九州					北海道	本州
タテハチョウ科	シータテハ	○		○		○	○	○	○	シベリア型	森林・林縁、北海道では平地～山地、本州以南では低山地～山地	ハルニレ、アキニレ(ニレ科)、エノキ(アサ科)、コアカソ(イラクサ科)、カラハナソウ(クワ科)など		C	C
	キベリタテハ		○	○	○	○	○			シベリア型	森林・林縁・河川(上流部)、北海道では平地～山地、本州では山地～亜高山帯	ダケカンバが主で、シラカバなど(カバノキ科)、ドロノキ、オオバヤナギなど(ヤナギ科)		B	B
	エルタテハ	○	○	○	○	○	○			シベリア型	森林、北海道では平地～山地、本州では山地	ハルニレ(ニレ科)、シラカンバ、ウダイカンバ(カバノキ科)など		D	B
	ヒオドシチョウ	○	○	○	○	○	○	○	○	所属未定	森林・河川、丘陵地～河川	エノキ(アサ科)、ハルニレ(ニレ科)、エゾヤナギ、シロヤナギ、シダレヤナギ(ヤナギ科)など		C	C
	ルリタテハ			○	○	○	○	○	○	マレー型	森林・林縁・公園・人家、平地～山地	サルトリイバラ、ホトギス、オニユリ、ヤマユリ、サツマサンクライなど(ユリ科)		C	C
	クジャクチョウ	○	○	○	○	○	○			シベリア型	疎林・林縁・農地・草原、北海道では平地～山地、本州では低山地～山地	カラハナソウ、ホップ(栽培種)(クワ科)、ホソバイラクサ、エゾイラクサ(イラクサ科)		C	B
	コヒオドシ	○	○			○	○			シベリア型	林縁・高山・草原、北海道では低山地～山地、本州では山地～高山帯	ホソバイラクサ、ミヤマイラクサ、エゾイラクサなど(イラクサ科)	○	C	A
	ヒメアカタテハ		○	○	○	○	○	○	○	汎熱帯型	草原・農地・公園・人家・河川、平地～山地	ハハコグサ、ヨモギ、ゴボウ(キク科)、カラムシ(イラクサ科)など		D	D
	アカタテハ		○	○	○	○	○	○	○	所属未定	林縁・草原・農地・公園・河川、平地～山地	カラムシ、イラクサ、ホソバイラクサ、ナンバンカラムシなど(イラクサ科)		C	C
	コムラサキ	○				○	○	○	○	シベリア型	森林・林縁・河川・公園、平地～山地	ネコヤナギ、オノエヤナギ、カワヤナギ、バッコヤナギ、シダレヤナギ、ドロノキなど(ヤナギ科)		C	C
	クモマベニヒカゲ	○	○	○	○	○	○			シベリア型	高山	イワノガリヤス、ヒメノガリヤス(イネ科)、カワラスゲ、ミヤマクロスゲ(カヤツリグサ科)など	○	B	A
	ベニヒカゲ	○	○	○	○	○	○			ウスリー型	高山	ヒメノガリヤス、オニノガリヤス(イネ科)、ホンモンジスゲ、ミヤマカンスゲ、ヒメカンスゲ(カヤツリグサ科)など	○	B	A
	ベニヒカゲ or クモマベニヒカゲ			○						—				B	A
	ダイセツタカネヒカゲ	○				○				シベリア型	高山	タイセツイワスゲ、ミヤマクロスゲなど(カヤツリグサ科)	○	A	—
	タカネヒカゲ		○				○			シベリア型	高山	ヒメスゲ、イワスゲ(カヤツリグサ科)、ヒナガリヤス(イネ科)など	○	—	A
	ツマジロウラジャノメ				○	○	○	○		ウスリー型	露岩地、低山地～山地	ヒメノガリヤス、タカネノガリヤスなど(イネ科)		C	B
	クロヒカゲ	○	○			○	○	○	○	中華型	森林・林縁、平地～山地	メダケ、アズマネザサ、ヤダケ、クマザサ、ミヤコザサなど(イネ科)		C	C
	ヒメキマダラヒカゲ	○	○	○		○	○	○	○	日本型	森林・林縁・疎林、北海道では平地～山地、本州では低山地～山地	チシマザサ、シナノザサ、ミヤコザサ、スズタケなど(イネ科)		B	B
	ヤマキマダラヒカゲ	○		○		○	○	○	○	日本型	森林・林縁・公園、平地～山地	マダケ、アズマネザサ、メダケ、ミヤコザサ、チシマザサ、クマザサなどのタケ・ササ類の各種(イネ科)		C	B
	ジャノメチョウ類	○								—					
	タテハチョウ科の1種	○		○	○					—					

表Ⅳ-2-4 チョウ類調査の出現種のレッドリスト掲載種と危険性の要因及び採取の規制状況

北海道環境生活部環境局生物多様性保全課, 2016; 北海道環境生活部環境室自然環境課, 2001; 石川県野生動物保護対策調査会, 2020; 環境省自然環境局野生生物課希少種保全推進室, 2015a; 2020; 長野県環境部自然保護課・長野県環境保全研究所自然環境部, 2015; 長野県生物多様性研究会・長野県自然保護研究所・長野県生活環境部環境自然保護課, 2004; 山梨県森林環境部みどり自然課, 2018 の他、各自治体の関連の HP より作成

種名	レッドリストのカテゴリーと危険性の要因・採取の規制	
ウスバキチョウ (キイロウスバアゲハ)	環境省	準絶滅危惧 (NT) : 人為的な環境の変化が及びにくい場所であるが、分布域が狭いため、気候変動による影響が懸念され、本種の出現期が以前と比較して早くなっている。
	文化庁	天然記念物。
	都道府県	北海道の留意種 (N)、北海道の指定希少野生動植物種。
ミヤマモンキチョウ (北アルプス亜種)	環境省	準絶滅危惧 (NT)。
	都道府県	長野県の準絶滅危惧 (NT) : 個体数は安定しているが、分布は高山帯の狭い区域に極限される。一部の愛好家による採集圧が懸念される。長野県と富山県の天然記念物。
カラフトリシジミ	環境省	準絶滅危惧 (NT) : 低標高地での生息地では、観光開発など各種開発によって生息地が減少している。
	文化庁	天然記念物。
	都道府県	北海道の留意種 (N)、北海道の指定希少野生動植物種。
アサヒヒョウモン	環境省	準絶滅危惧 (NT) : 人為的な環境の変化が及びにくい場所であるが、分布域が狭いため、気候変動による影響が懸念される。
	文化庁	天然記念物。
	都道府県	北海道の留意種 (N)、北海道の指定希少野生動植物種。
オオイチモンジ	環境省	絶滅危惧Ⅱ類 (VU) : 森林伐採および植林による生息地の消失のほか、河川環境の安定化による植生遷移があげられる。福島では台風による出水で食樹が流出したことも原因とされる。
	都道府県	長野県と群馬県の天然記念物、長野県と山梨県の指定希少野生動植物種。
コヒオドシ	都道府県	長野県の準絶滅危惧 (NT) : 北アルプスでは、比較的安定しているものと思われる。南アルプス等の他の生息地では、見かけることは少ない。長野県の天然記念物、山梨県の指定希少野生動植物種。
ベニヒカゲ (本州亜種)	環境省	準絶滅危惧 (NT) : 生息地では、道路工事や観光開発などの他、登山者の増加による登山道整備や植生の踏みつけ、ササの侵入による植生変化等による悪影響がみられる。
	都道府県	長野県の留意種 (N) : 生息地の一部は、国立公園等の特別保護地区内であり、採集は禁止されている。本県の生息地は、日本における分布域の南限付近に位置する。生息地の大部分は国立公園内であり、生息環境が保全されているため、分布域や個体数に目立った変化はないものと思われる。長野県の天然記念物。 山梨県の絶滅危惧Ⅱ類 (VU) : 南アルプス、ハケ岳の産地では、シカの食害による影響は多少あるものの、生息地ではまとまった数の個体が飛翔する姿が観察できる。 群馬県の天然記念物。
クモマベニヒカゲ (北海道亜種)	環境省	準絶滅危惧 (NT)。
	都道府県	北海道の留意種 (N)。
クモマベニヒカゲ (本州亜種)	環境省	準絶滅危惧 (NT) : 生息地では、道路工事や観光開発などの他、登山者の増加による登山道整備や植生の踏みつけ、ササの侵入による植生変化等による悪影響がみられるほか、気候変動による影響も懸念されている。
	都道府県	長野県の留意種 (N) : 生息地の多くは国立公園等の特別保護地区内であり、採集は禁止されている。本県の生息地は、日本における分布域の南限付近に位置する。本種 (本亜種) は本県を中心とした高山帯等の狭い範囲にのみ分布する。分布域や個体数に目立った変化はないものと思われる。長野県の天然記念物。 石川県の準絶滅危惧 (NT) : 生息地は、全て白山国立公園の特別保護地区に包含されているが、近年のストックを使った登山によって、歩道沿いはこれまで以上に崩れやすくなっている。 山梨県の絶滅危惧ⅠB類 (EN) : 南アルプスの北岳のように、高茎草本類の多い環境では個体数も少なくないが、南アルプスでもシカの強い食害をうけ、アザミ類やマルバダケブキが優占する単純な草原に変化した場所では、かろうじてマルバダケブキに訪花する姿が観察される程度である。
タカネヒカゲ (飛騨山脈亜種／北アルプス亜種)	環境省	準絶滅危惧 (NT) : 個体数は一部で減少傾向にあり、生息地では、登山者の増加による植生の踏みつけ等による悪影響が見られるとともに、気候変動による植生の変化等の悪影響が懸念される。
	都道府県	長野県の準絶滅危惧 (NT) : 個体数は比較的安定している。 長野県と富山県の天然記念物、長野県の指定希少野生動植物種。
ダイセツタカネヒカゲ	環境省	準絶滅危惧 (NT) : 生息地は人為的な環境の変化が及びにくい場所であるが、個体数は減少傾向にある。天然記念物。
	都道府県	北海道の留意種 (N)、北海道の指定希少野生動植物種。



ウスバキチョウ
最盛期は6月中旬～下旬
2022.7.27／大雪山赤岳
戸苅春香氏撮影



カラフトリシジミ
7月上旬～下旬
2022.7.19／大雪山赤岳
戸苅哲郎氏撮影



アサヒヒウモン
6月下旬～8月中旬、最盛期は6月末～7月中旬
2021.7.17／大雪山赤岳
戸苅哲郎氏撮影



ダイセツタカネヒカゲ
7～8月、最盛期は7月中～下旬
2022.7.7／大雪山赤岳
戸苅春香氏撮影



クモマベニヒカゲ(北海道亜種)
7～8月、最盛期は7月下旬～8月上旬
2020.8.1／大雪山赤岳
戸苅哲郎氏撮影



ベニヒカゲ(北海道亜種)
最盛期は7月下旬～8月中旬
2016.8.5／大雪山赤岳
自然環境研究センター撮影



ミヤマモンキチョウ(北アルプス亜種)
7～8月、最盛期は7月中～下旬
2021.8.8／蝶ヶ岳
齊藤雄太氏撮影



タカネヒカゲ(飛騨山脈亜種)
7～8月、最盛期は7月下旬
2019.8.12／蝶ヶ岳
福本匡志氏撮影



コヒオドシ
7月下旬からみられ、8月に多い
2019.8.12／蝶ヶ岳
福本匡志氏撮影



クモマベニヒカゲ(本州亜種)
7～8月、最盛期は7月下旬～8月上旬
2021.8.22／蝶ヶ岳
福本匡志氏撮影



ベニヒカゲ(本州亜種)
最盛期は7月下旬～8月中旬
2020.8.17／蝶ヶ岳
宮田紀英氏撮影

図IV-2-1 チョウ類調査で確認された高山蝶
月の記載は白水(2006)による発生の時期

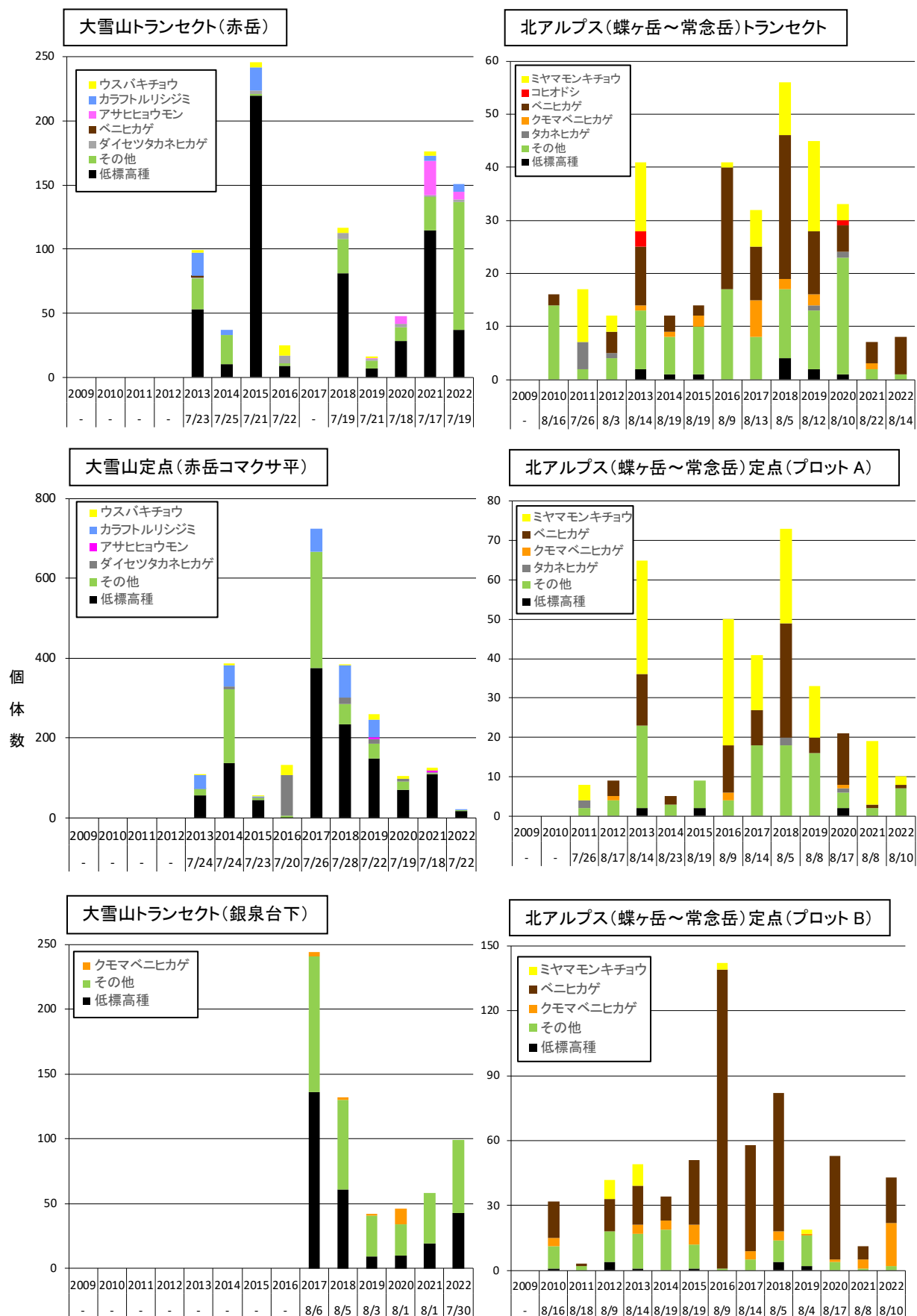
2)調査サイト・プロットごとの高山蝶と低標高種の年による変動

大雪山のトランセクト（赤岳）で高山蝶の確認個体数が多かったのは、ウスバキチョウとダイセツタカネヒカゲが2016年、カラフトルリシジミが2013年と2015年、アサヒヒョウモンが2021年で、ベニヒカゲは2013年にわずかに確認されたのみであった。低標高種のほとんどはコヒオドシとヤマキマダラヒカゲで、2015年は高山蝶以外のほとんどを占めたが、2022年は少なかった。定点（赤岳コマクサ平）で高山蝶の確認個体数が多かったのは、ウスバキチョウとダイセツタカネヒカゲが2016年、カラフトルリシジミが2013年、2014年、2017～2019年であった。低標高種は2016年には少なかった。標高の低いプロットであるトランセクト（銀泉台下）で高山蝶の確認個体数が多かったのは、2020年のクモマベニヒカゲで、ベニヒカゲは確認されなかった。低標高種の変動は、その他の種と同じ傾向を示した（図IV-2-1、2）。

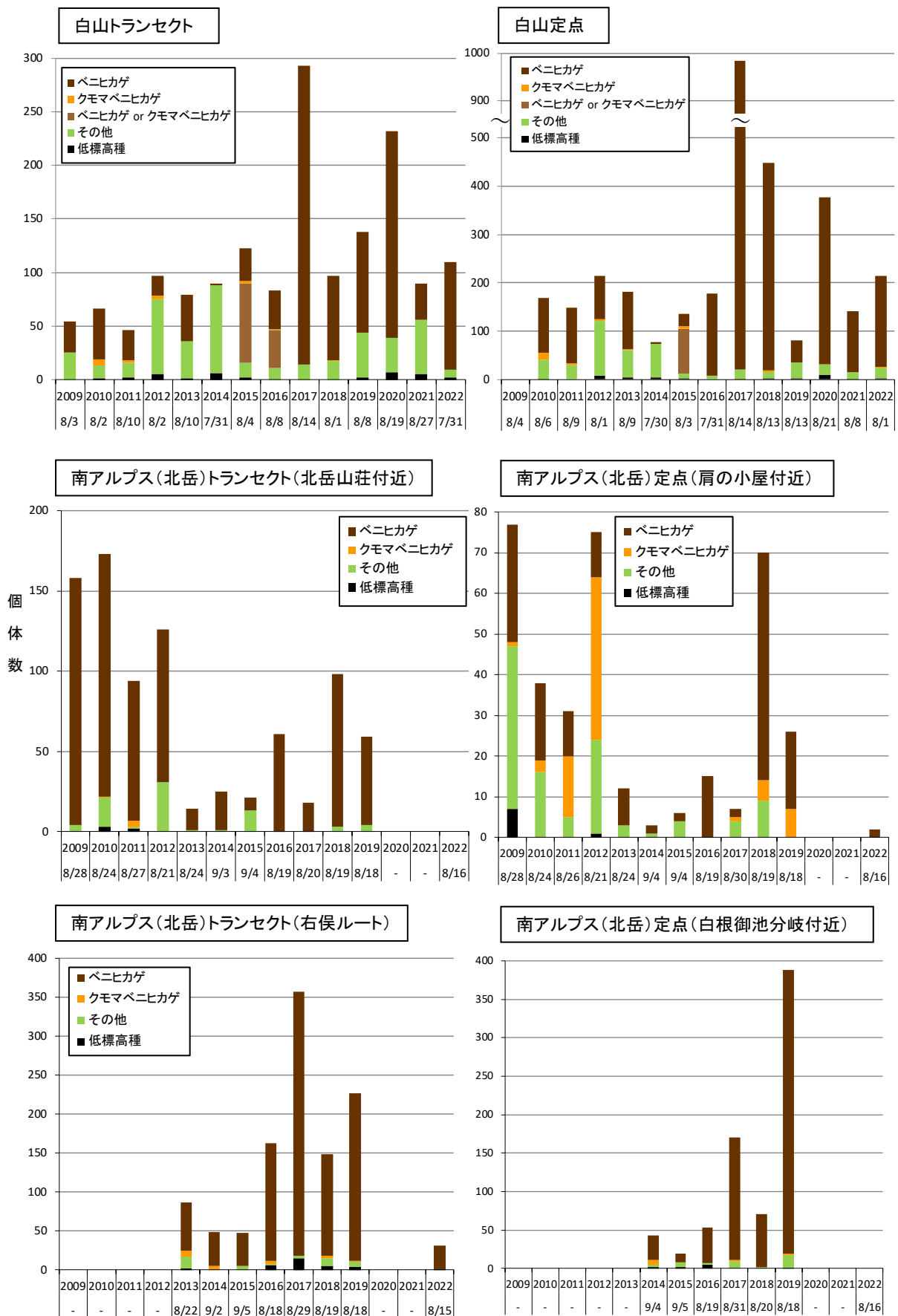
北アルプス（蝶ヶ岳～常念岳）のトランセクトでは、ミヤマモンキチョウ、ベニヒカゲ、クモマベニヒカゲが多くの人にみられ、コヒオドシは2013年、タカネヒカゲは2011年、2012年、2019年、2020年に確認された。低標高種は2018年にやや多く確認された。定点（プロットA）では、ミヤマモンキチョウとベニヒカゲは安定して確認されたが、クモマベニヒカゲは2012年と2016年、タカネヒカゲは2011年、2018年と2020年に確認されたのみであった。低標高種は2013年、2015年、2020年に2個体が確認された。定点（プロットB）では、ベニヒカゲはほとんど毎年確認個体数が多く、クモマベニヒカゲも多くの人に確認された。ミヤマモンキチョウは2012年と2013年に確認個体数が多かった。低標高種は2012年、2018年に、やや多く確認された（図IV-2-1、2）。

白山では、トランセクトと定点ともにベニヒカゲは毎年確認されたが、2014年は確認個体数が少なかった。クモマベニヒカゲは確認個体数が少なく、年により確認されなかった。低標高種はトランセクトでは2014年と2020年、定点では2020年にやや多く確認された（図IV-2-1、2）。

南アルプス（北岳）では、トランセクトと定点ともにベニヒカゲは毎年確認され、トランセクト（北岳山荘付近）では2009～2012年と2018年、定点（肩の小屋付近）では2018年、トランセクト（右俣ルート）では2017年、定点（白根御池分岐付近）では2019年が特に多く確認された。クモマベニヒカゲは確認個体数が少なく、確認されない年もあったが、定点（肩の小屋付近）では2011年と2012年に確認個体数が多かった。低標高種はトランセクト（北岳山荘付近）では2010年と2011年、定点（肩の小屋付近）では2009年、トランセクト（右俣ルート）と定点（白根御池分岐付近）では複数年に確認された（図IV-2-1、2）。



図IV-2-2 チョウ類の個体数の経年変化
低標高種は生息範囲が低地～低山地に限定される種類



図IV-2-2 チョウ類の調査結果(続き)

低標高種は生息範囲が低地～低山地に限定される種類

3) 群集構造からみた調査サイト・プロットの特徴

① グループ別の種数割合からみたサイト・プロットの特徴

全サイト・プロットの確認種をA高山チョウ、B亜高山帯・高原のチョウ、C低標高種、D山頂占有・移動性種の4グループに分け(表IV-2-3)、サイト・プロットごとにグループ別種数とその割合を表IV-2-5に、またその円グラフを図IV-2-3に示した。

サイト別の特徴としては、A高山チョウは大雪山ではウスバキチョウやカラフトヒョウモン、北アルプス(蝶ヶ岳)ではミヤマモンキチョウやタカネヒカゲなどの高山蝶が生息しており、種数、割合ともに比較的多いが、白山と南アルプス(北岳)はベニヒカゲとクモマベニヒカゲの2種のみと少なかった。B亜高山帯・高原のチョウは、北アルプス(蝶ヶ岳)では7種で、他のサイトの5種に比べて多かった。C低標高種は、特に大雪山で種数、割合ともに高く、これは本州サイトではB亜高山帯・高原のチョウに分類されるが、大雪山ではC低標高種に分類される種が多いことによる。本州サイトの中では白山でC低標高種の割合が高く、50%を占めた。D山頂占有・移動性種としてはキアゲハが代表的で、本州の北アルプス(蝶ヶ岳)、白山、南アルプス(北岳)サイトでは23~30%を占めたが、大雪山では9%と少なかった。

プロット別の特徴としては、大雪山の銀泉台下は指標種であるベニヒカゲやクモマベニヒカゲの個体数を把握するため標高の低いところに設定したプロットで、A高山チョウは確認されなかった。赤岳コマクサ平は、B亜高山帯・高原のチョウが少なかった。北アルプス(蝶ヶ岳)のプロットBは他のプロットに比べてA高山チョウが少なく、B亜高山帯・高原のチョウが多かった。白山では、観光新道馬の背付近の方が、C低標高種が少なく、他のグループが多かった。南アルプス(北岳)の右俣ルートと白根御池分岐点はより天候が安定した標高が低い場所に設定したプロットだが、他のプロットに比べてA高山チョウが少なくC低標高種が多いといった傾向はみられなかった。

② グループ別 RI 指数法からみたサイト・プロットの特徴

種数とともに確認個体数を反映したグループ別 RI 指数のレーダーチャートを図IV-2-4に示した。

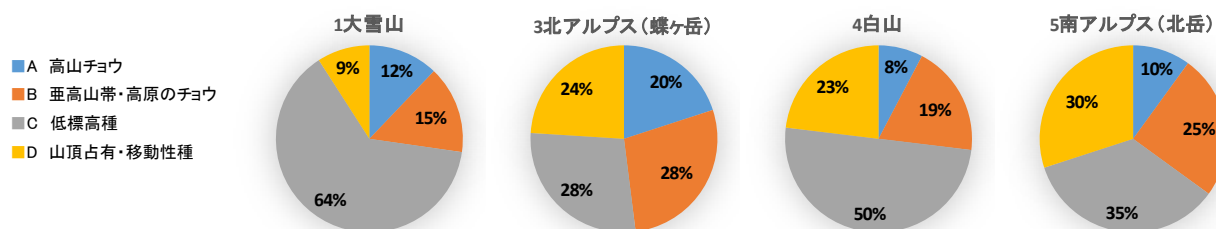
サイト別の特徴としては、A高山チョウは、いずれのサイトともに種数では他のグループの方が多かったが、RI指数でみると、いずれのサイトともに最も高い値を示した。B亜高山帯・高原のチョウは、種数ではサイト間で違いがみられたが、RI指数ではサイト間の違いは小さかった。C低標高種は、いずれのサイトともに種数では最も多かったが、RI指数はいずれのサイトともに最も低い値を示した。D山頂占有・移動性種は、本州のサイトではA高山チョウよりも種数が多かったが、RI指数は高山チョウよりも低い値を示した。

プロット別の特徴としては、大雪山の銀泉台下はA高山チョウを含まないプロットであった。北アルプス(蝶ヶ岳)のトランセクトは、D山頂占有・移動性種のRI指数が高かった、白山は2つのプロットで大きな違いがなかった。南アルプス(北岳)では、北岳山荘付近はB亜高山帯・高原のチョウのRI指数が他のプロットよりも高かった。

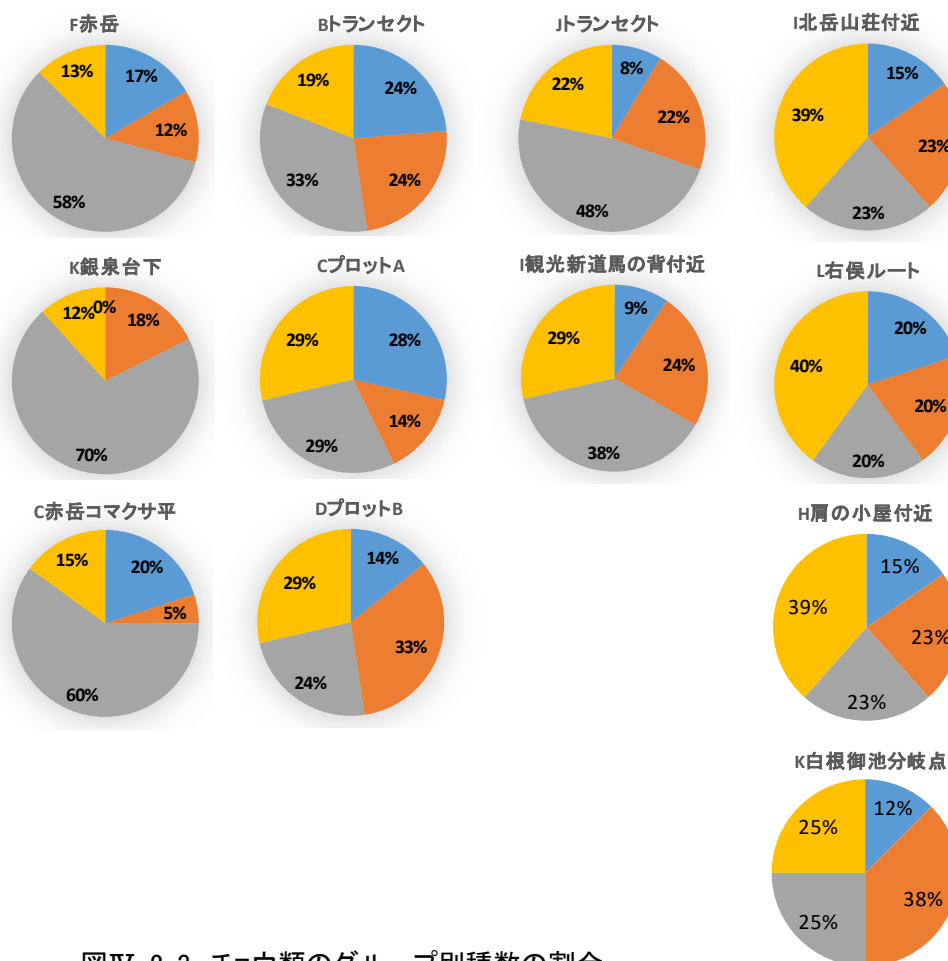
表Ⅳ-2-5 チョウ類のグループ別種数とその割合

グループ名	サイト集計				1大雪山			3北アルプス(蝶ヶ岳)			4白山		5南アルプス(北岳)			
	1大雪山	3北アルプス(蝶ヶ岳)	4白山	5南アルプス(北岳)	トランセクト		定点	トランセクト	定点		トランセクト	定点	トランセクト		定点	
					F赤岳	K銀泉台下	C赤岳コマクサ平	Bトランセクト	CプロットA	DプロットB	Jトランセクト	I観光新道馬の背付近	I北岳山荘付近	L右俣ルート	H肩の小屋付近	K白根御池分岐点
グループ別の種数																
A 高山チョウ	4	5	2	2	4	0	4	5	4	3	2	2	2	2	2	1
B 亜高山帯・高原のチョウ	5	7	5	5	3	3	1	5	2	7	5	5	3	2	3	3
C 低標高種	21	7	13	7	14	12	12	7	4	5	11	8	3	2	3	2
D 山頂占有・移動性種	3	6	6	6	3	2	3	4	4	6	5	6	5	4	5	2
計	33	25	26	20	24	17	20	21	14	21	23	21	13	10	13	8
グループ別の種数の割合(%)																
A 高山チョウ	12	20	8	10	17	0	20	24	29	14	9	10	15	20	15	13
B 亜高山帯・高原のチョウ	15	28	19	25	13	18	5	24	14	33	22	24	23	20	23	38
C 低標高種	64	28	50	35	58	71	60	33	29	24	48	38	23	20	23	25
D 山頂占有・移動性種	9	24	23	30	13	12	15	19	29	29	22	29	38	40	38	25
計	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

サイト別

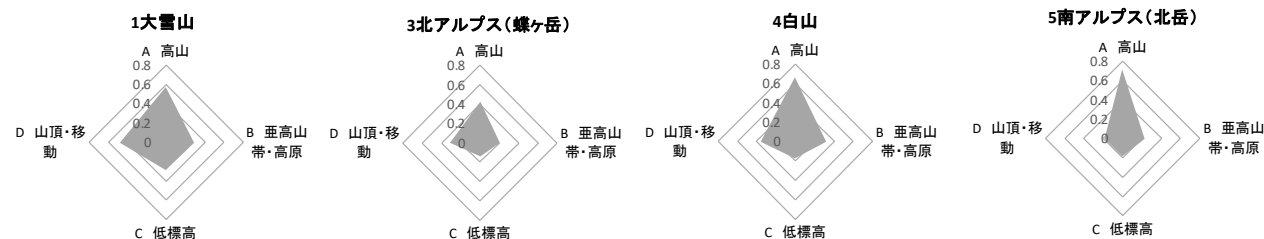


プロット別



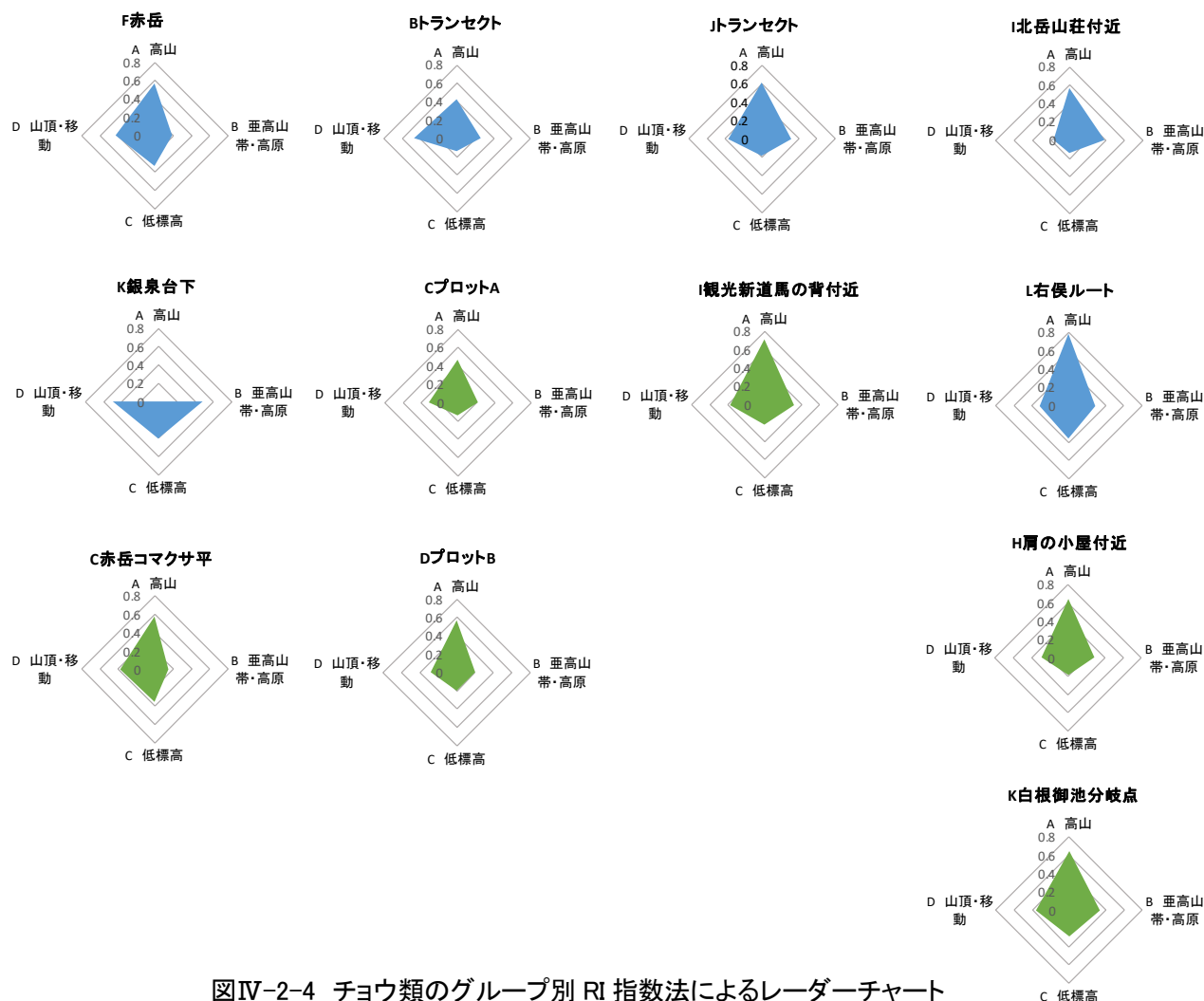
図Ⅳ-2-3 チョウ類のグループ別種数の割合

サイト別



プロット別

■トランセクト、■定点



図IV-2-4 チョウ類のグループ別 RI 指数法によるレーダーチャート

4)ベニヒカゲの個体数の年次変動

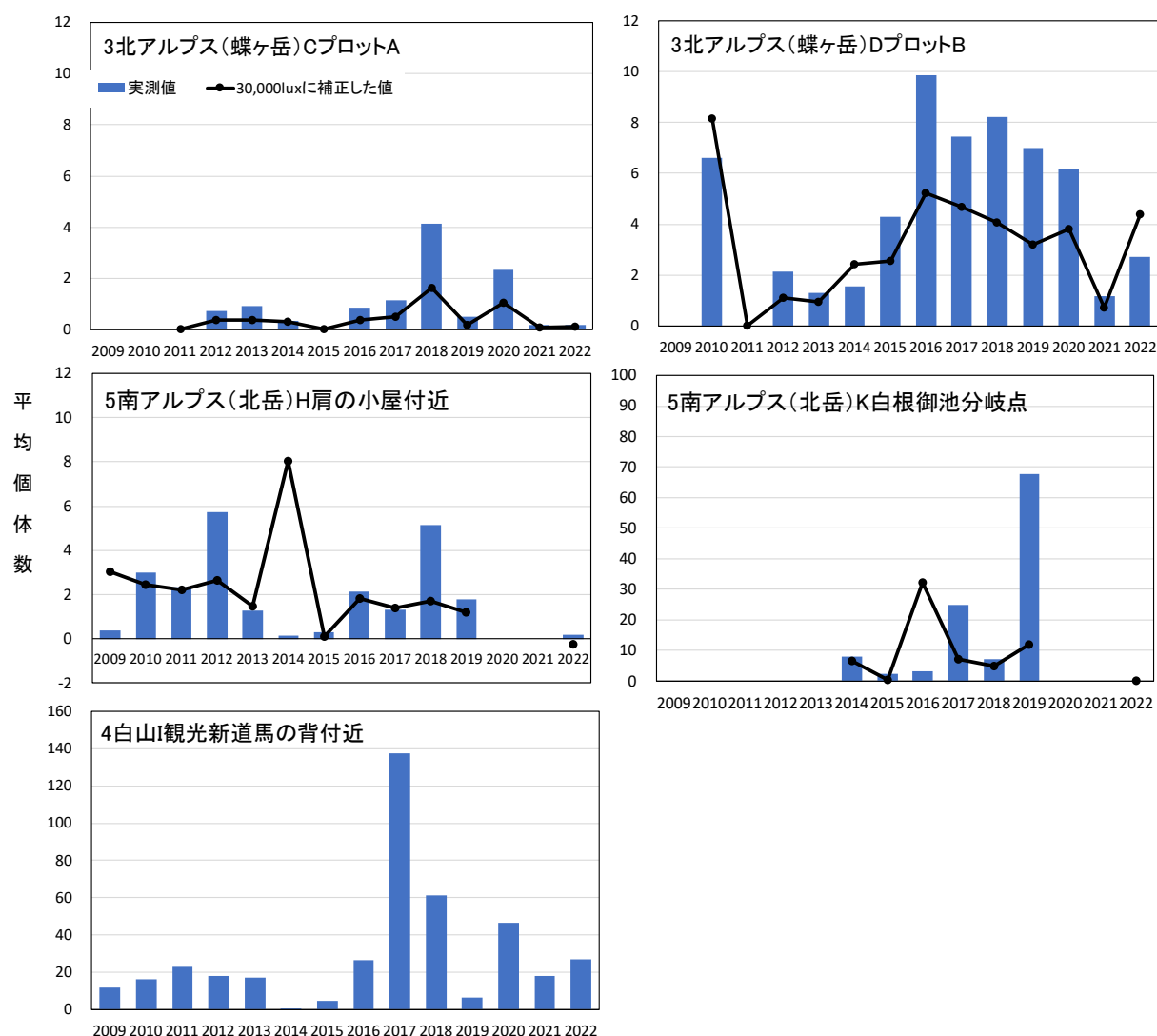
各プロットのベニヒカゲの個体数の実測値は、調査年により大きく変動した。南アルプス（北岳）白根御池分岐点の2019年と、白山の2017年は、突出して多くの個体数が確認された（図IV-2-5）。

解析に用いた5つのプロットのうち、調査時のデータセットから求めた平均照度とベニヒカゲの平均個体数の相関関係が高く、回帰近似式が求めることができた北アルプス（蝶ヶ岳）のプロットAとプロットB、南アルプス（北岳）の肩の小屋付近と白根御池分岐点の4つのプロットについて照度の影響の補正を試みた。プロットごとの回帰近似式から得られたベニヒカゲの個体数と実測値の残差から、すべての調査年について一定照度（ここでは30,000luxとした）にした時

の推定個体数を求めた。

北アルプス（蝶ヶ岳）プロットAは、吸蜜植物は少ないが尾根筋を横切っていく個体が観察される調査地点で、個体数は年によって少し変動はあるが同じレベルを保っているといえる。北アルプス（蝶ヶ岳）プロットBは登山道横のお花畑で、補正值からベニヒカゲの個体数は2015年以前より増加してその後は安定している傾向と推測される（図IV-2-5）。

南アルプス（北岳）の肩の小屋付近のプロットで2014年の補正值が異常に高くなっているのは照度がベニヒカゲの活動限界の近くにもかかわらず、わずかな雲の切れ目の間に数個体が観察されたため、これを除外するとベニヒカゲの個体数はやや減少傾向であることがうかがえる。白根御池分岐点は防鹿柵で囲われているお花畑で、縦軸の目盛を比較するとわかるように、個体数が多く毎年一定しているといえる。2016年の補正值が高いのはベニヒカゲの活動限界以下の照度であるにもかかわらず数個体が観察されたためである（図IV-2-5）。



図IV-2-5 ベニヒカゲの個体数の実測値と照度 30,000lux に補正した個体数

白山では照度と個体数との間に相関関係がみられなかったため、補正值の算出は行わなかった。

(3)まとめ

大雪山、北アルプス（蝶ヶ岳）、白山、南アルプス（北岳）の4つのサイトの出現種は、種まで同定できなかったものを含めて60種で、大雪山40種、北アルプス（蝶ヶ岳）27種、白山32種、南アルプス（北岳）22種であった。1年当たりの平均確認個体数の合計は、大雪山145個体、北アルプス（蝶ヶ岳）34個体、白山186個体、南アルプス（北岳）83個体であった。種まで同定できた出現種は58種で、セセリチョウ科3種、アゲハチョウ科6種、シロチョウ科9種、シジミチョウ科9種、タテハチョウ科30種であった。出現種のうち、レッドリストの掲載種や天然記念物等に指定されている希少種は、高山蝶全種の10種（11亜種）であった。

調査サイト・プロットごとの高山蝶と低標高種の年による個体数の変動は、調査時の天候の影響などで大きく、高山蝶の減少または低標高種の増加傾向は認められなかった。

全サイト・プロットの確認種をA高山チョウ、B亜高山帯・高原のチョウ、C低標高種、D山頂占有・移動性種の4グループに分け、グループ別の種数を比較した。A高山チョウは大雪山と北アルプス（蝶ヶ岳）では比較的多いが、白山と南アルプス（北岳）は2種のみと少なかった。B亜高山帯・高原のチョウは、北アルプス（蝶ヶ岳）でやや多かった。C低標高種は、大雪山と白山で多かった。D山頂占有・移動性種は大雪山では少なかった。

種数とともに確認個体数を反映したグループ別RI指数でみると、A高山チョウは、いずれのサイトともに最も高く、C低標高種はいずれのサイトともに最も低かった。

ベニヒカゲの個体数は、調査年により大きく変動し、南アルプス（北岳）白根御池分岐点の2019年と、白山の2017年は突出して多かった。照度の影響を補正した推定個体数では、北アルプス（蝶ヶ岳）プロットAは、年により変動はあるが同じレベルを保っており、プロットBは2015年以前より増加した後は安定していた。南アルプス（北岳）の肩の小屋付近ではやや減少傾向がみられ、白根御池分岐点は個体数が多く毎年一定していた。

グループ別割合やグループ別RI指数は、調査サイトとプロットのチョウ類群集の構造をこれまでの調査データを集約して把握した「ものさし」といえ、将来のデータと比較することによって、地球温暖化による高山蝶の生息状況の変化や低地性種の侵入を測る一つの指標とすることができる。

ベニヒカゲの個体数の年次変動を、照度の影響を除いて評価する試みでは一定の成果が得られたが、サイトによっては他の影響が大きく、照度による個体数の補正ができなかった。年次変動を把握するには、照度以外の調査時の気象要因や季節変動を考慮した解析が必要である。

2-2. 地表徘徊性甲虫

(1) 調査内容

1) 調査目的

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。

2) 調査地

白山サイトの植生調査地点の近くで、植生や標高が異なる3プロット4地点に設定した。雪田植生群落としては低標高の南竜ヶ馬場(標高約2,080m)と高標高の水屋尻雪溪(標高約2,460m)の2地点、ハイマツ林としては水屋尻ハイマツ林(標高約2,460m)、風衝荒原群落としては千蛇ヶ池南方風衝地(標高約2,580m)にて調査を行った。

3) 調査方法

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。毎年1回(2009、2010年は2回)7~8月に、各調査地点に20個のトラップを設置し、1日後にトラップ内の甲虫類を回収した(図IV-2-6)。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(詳しい調査方法は、「モニタリングサイト1000高山帯調査マニュアル」を参照のこと)。

4) 集計・解析方法

4つの調査地点ごとに集計し、種構成や個体数の経年変化を解析した。高山地域に特有の種の変動を示すため、石川県でこれまでに亜高山帯上部(高茎草本群落や雪田の出現するおよそ2,100m以上)からのみ記録された種(平松, 2000a; 2000b; 2015; 石川県野生動物保護対策調査会, 2020)を「高山性種」とし、種数や個体数を示した。レッドリスト掲載種については、石川県野生動物保護対策調査会(2020)より危険性の要因を整理した。

和名や学名は、基本的に「モニタリングサイト1000森林・草原調査」で採用されているものを用いたが、別和名や別学名も併記した(詳しくは、公開されているデータファイルに添付の「地表徘徊性甲虫データの概要と利用上の注意点」を参照のこと)。調査地点ごとの出現種の個体数は、毎年発行されているモニタリングサイト1000高山帯調査報告書に掲載されている。

(2) 調査結果

1) サイト全体の地表徘徊性甲虫の確認状況

これまでの4地点の調査で確認された地表徘徊性甲虫は合計6科33種3,206個体で、高山性種は12種、レッドリスト掲載種は4種であった。確認された地表徘徊性甲虫の中では、オサムシ科が種数、個体数ともに最も多かった。特に高山性種であるコイケミズギワゴミムシが1,584個体、オンタケヒメヒラタゴミムシが415個体確認され、この2種で6割以上を占めた(表IV-2-6、図IV-2-7)。なお、これまでの調査で外来種は確認されていない。

出現種の経年変化をみると、種数については高山性種に減少傾向がみられた(図IV-2-8)。過去に多く記録されていたが、近年確認されなくなってきたのは、チビマルクビゴミムシ、シロウマミズギワゴミムシ、キタノヒラタゴミムシ、コガシラハネカクシ属の一種など、ほとんどが高山性種であった。一方、一般的には低標高地に生息するクロナガオサムシやマルガタゴミムシが2020年に確認された(表IV-2-6)。個体数については、高山性種がほとんどを占め、年による変動が大きいものの、全種及び高山性種に減少傾向がみられた(図IV-2-8)。

石川県レッドリスト掲載種では、オンタケナガチビゴミムシ、ミヤマゴモクムシ、ダイセツマルトゲムシ、ヒメアオツヤハダゴミムシの4種が確認された（表Ⅳ-2-6、7）。いずれも県内の分布が白山の高山帯周辺に限られる高山性種で、生息を脅かす要因として温暖化による生息環境の変化が最も危惧されている。

表Ⅳ-2-6 地表徘徊性甲虫の出現種と個体数

▲高山性種、▽モニタリングサイト 1000 森林・草原調査の確認種、+レッドリストの掲載種

※未記載種の可能性あり(過去の報告書では「チビゴミムシ属の一種」、「ミズギワゴミムシ属の一種」、「*Agonum* 属の一種」と表記)

個体数は全調査地点の合計。ただし 2009 年と 2010 年は水屋尻ハイマツ林以外の3地点の調査2回分の合計。

合計種数は種まで分類できなかった分類群も含む。日付はトラップの回収日で全地点共通。

科名	和名(別和名)	学名(別学名)	2009 7/24、 8/8	2010 7/28、 8/27	2011 8/1	2012 8/2	2013 8/3	2014 7/25	2015 8/4	2016 7/6	2017 8/2	2018 8/2	2019 8/1	2020 8/4	2021 8/1	2022 8/1	合計
オサムシ科	コクロナガオサムシ(キタクロナガオサムシ)▽	<i>Carabus arboreus</i> (<i>Leptocarabus arboreus hakusanus</i>)	7	4	8	6	13	21	1	14	1	12	6	2	2	8	105
	クロナガオサムシ▽	<i>Carabus procerulus</i> (<i>Leptocarabus procerulus</i>)												1		1	2
	アオキノカワゴミムシ▽	<i>Leistus subaeneus</i>		2					1								3
	チビマルクビゴミムシ▲	<i>Nippononebria pusilla</i>	7	12	2	2	4	1				1					29
	オンタケチビゴミムシ▲※	<i>Trechus vicarius</i>	2	13	3	2		7		3	1	1		1			33
	オンタケナガチビゴミムシ▲†	<i>Trechiana lewisi</i>	1														1
	シロウマミズギワゴミムシ▲	<i>Bembidion fujiiyamai</i>	98	5	4	3											110
	コイケミズギワゴミムシ▲※	<i>Bembidion koikei</i>	249	102	23	153	275	107	59	85	113	41	80	221	36	40	1584
	アカガネオオゴミムシ(キンイロオオゴミムシ)▽	<i>Myas cuprescens</i> (<i>Trigonognatha aurescens</i>)		3			3	1	2	1				1	1		12
	ホシナガゴミムシ	<i>Pterostichus oblongopunctatus</i> (<i>P. honshuensis</i>)	6	12	1	4	16	12	12	10	2	2	18	10	7	3	115
	ヤノナガゴミムシ▽	<i>Pterostichus janoi</i>			10	1	13	15	5	8	3	6	12	6		3	82
	オンタケヒメヒラタゴミムシ▲※	<i>Agonum charillus</i>	124	73	7	34	30	27	46	8	3	7	25	13	5	13	415
	キタノヒラタゴミムシ▲	<i>Agonum kitanoi</i> (<i>Platynus kitanoi</i>)	2	12	1	2	32	3	3	1		7					63
	ツヤモリヒラタゴミムシ▽	<i>Xestagonum xestum</i> (<i>Colpodes xestus</i>)	4	45	18	14	12	21	13	7	11	15	7	1	5	12	185
	ホソヒラタゴミムシ▽	<i>Pristosia aeneola</i>			1												1
	タケウチツヤヒラタゴミムシ▽	<i>Synuchus takeuchii</i>		3												6	9
	ミヤマゴモクムシ▲†	<i>Harpalus solitarius</i> (<i>Harpalus fuliginosus</i>)	1	3			2						1				7
	マルガタゴミムシ	<i>Amara chalcites</i>												1			1
シデムシ科	ヒロオビモンシデムシ▽	<i>Nicrophorus investigator</i>										2					2
	ヒメモンシデムシ▽	<i>Nicrophorus montivagus</i>					1					2	1				4
	ツノグロモンシデムシ▽	<i>Nicrophorus vespilloides</i>										2	3				5
	ビロウドヒラタシデムシ	<i>Oiceoptoma thoracicum</i>	4	1	1	1	3										10
ハネカクシ科	ナカアカヒゲトハネカクシ	<i>Aleochara curtula</i>														1	1
	ヒメハネカクシ属の一種	<i>Atheta</i> sp.		1							1	2	3		1		8
	ヒゲトハネカクシ亜科の一種	<i>Aleocharinae</i> Gen. sp.	1						1								2
	ハクサンドウガネナガハネカクシ▲	<i>Platydomene hakusana</i>		2	1	9	2		1						4	6	25
	コガシラハネカクシ属の一種	<i>Philonthus</i> sp.	3	5	4	1	10	4	3	2	1						33
	ツヤムネハネカクシ属の一種	<i>Quedius</i> sp.														1	1
マルトゲムシ科	ダイセツマルトゲムシ▲†	<i>Byrrhus fasciatus</i>												2	1	1	4
コメツキムシ科	ミヤマヒサゴメツキ▲	<i>Homotechnes motschulskyi</i> (<i>Hypolithus motschulskyi</i>)	26	18	4	16	118	14	10	3	20	37	33	12	24	9	344
	ヒメアオツヤハダコメツキ▲†	<i>Mucromorphus miwai</i>									2		1				3
	コメツキムシ科の一種	<i>Elateridae</i> Gen. sp.							2		2		1				5
ゾウムシ科	クワヒョウタンゾウムシ	<i>Scepticus konoii</i>												1	1		2
合計種数			15	16	15	14	15	12	14	11	12	14	13	13	11	13	33
合計個体数			535	316	88	248	534	233	159	142	160	137	191	272	87	104	3206



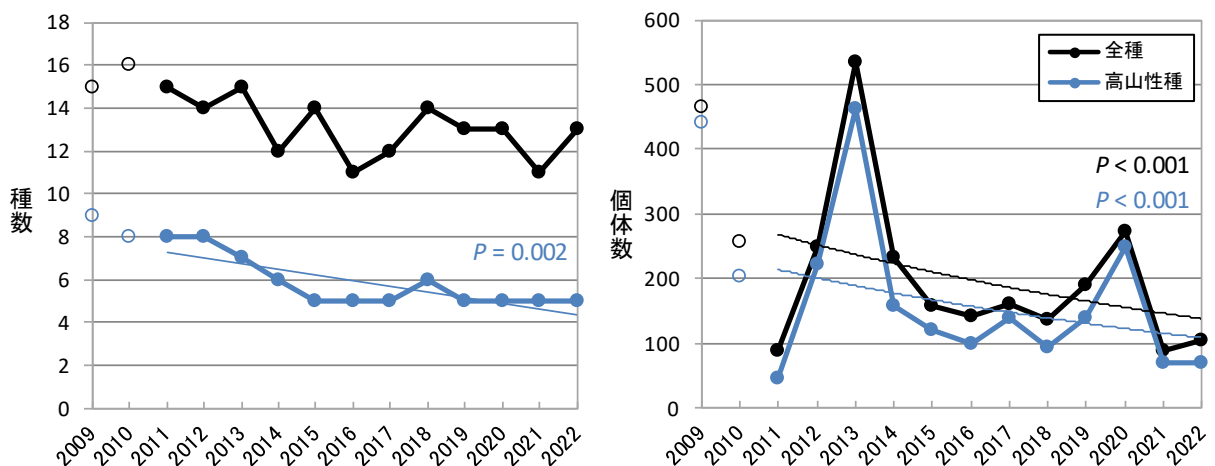
図Ⅳ-2-6 風衝地に設置されたトラップ
2009.8.7／平松新一氏撮影



図Ⅳ-2-7 コイケミズギワゴミムシ(左)とオンタケヒメヒラタゴミムシ(右)
平松新一氏撮影。未記載種の可能性あり。

表Ⅳ-2-7 地表徘徊性甲虫の出現種のレッドリスト掲載種と危険性の要因
石川県野生動物保護対策調査会(2020)より作成。

種名	レッドリストのカテゴリーと危険性の要因
オンタケナガチゴミムシ	石川県: 情報不足(DD): 生息地が白山高山地域であるために、現時点では生息地環境が悪化することはない。しかし、高山の湿潤な生息地に分布が限定しているため、温暖化や河川流路の変化などにより生息環境が悪化する。
ミヤマゴモクムシ	石川県: 準絶滅危惧種: 生息地が白山の高標高地であるために、現時点では生息地環境が悪化することはない。温暖化等により生息環境が変化すれば、分布範囲が限られているだけに、たやすく絶滅するおそれがある。
ダイセツマルトゲムシ	石川県: 情報不足(DD): 白山高山帯に分布しており、現時点では生息地環境が悪化することはない。しかし、分布域が局限されているので、温暖化によって生息地環境に変化が生じ、生存が危うくなる可能性がある。
ヒメアオツヤハダコメツキ	石川県: 情報不足(DD): 白山の高標高域に分布しているため、現時点では生息環境が悪化することはない。しかし、温暖化等による影響が危惧される。



図Ⅳ-2-8 地表徘徊性甲虫の種数と個体数の経年変化
2009年と2010年(白抜き)は、水屋尻ハイマツ林を除く合計。2回の調査のうち1回目(7月)の値を示す。
回帰線は、 $P < 0.05$ の場合のみ示す(種数: 直線回帰、個体数: ポアソン回帰)。
高山性種については表Ⅳ-2-6を参照。

2) 生息環境による地表徘徊性甲虫の種組成の違いとその変化

①雪田植生群落（南竜ヶ馬場、水屋尻雪溪）

地表徘徊性甲虫の種数は、ハイマツ林や風衝荒原群落と大きな違いはなかったが、個体数が多く、そのほとんどをコイケミズギワゴミムシ、オンタケヒメヒラタゴミムシ、ミヤマヒサゴコメツキなどの高山性種が占めていた（図IV-2-9、10）。

標高が低い南竜ヶ馬場では、高山性種の種数と個体数はともに減少傾向がみられ、特に個体数については最優占種であったコイケミズギワゴミムシとオンタケヒメヒラタゴミムシの減少傾向が続き、2019年～2021年は亜高山帯林にも多く生息するホシナガゴミムシ（平松，2000a, b；片桐ら，2019；Martin，1992；緒勝・塘，2018；Suttiprapan et al. 2006）が最優占種となった（図IV-2-10）。また、ほぼ毎年確認されていたコガシラハネカクシ属の一種は2018年以降、ミヤマヒサゴコメツキは2020年以降確認されなくなった。これまでの研究で、雪田の地表徘徊性甲虫の個体数は消雪の時期と関連性があり、雪解け直後には多いが、その後急減することが報告されている（平松，2011；Hiramatsu & Nisikawa，2018）。そこで、それぞれの年における甲虫の個体数と、III. 1. で求めた推定雪解日から調査日までの日数の関係を示したところ、推定雪解日から日数が離れるほど個体数が減少する傾向がみられた（図IV-2-11）。しかし、2021年と2022年はこの傾向から大きく外れ、推定雪解日の1～2週間後に調査したにも関わらず個体数が非常に少なかった。この結果から、全体的な個体数の減少傾向には雪溪の消雪時期の早期化に伴う甲虫の活動盛期の早期化が影響していることが示唆される一方、近年の個体数の少なさをフェノロジーの変化だけで説明することは難しく、生息密度や活動性が低下している可能性が示唆された。

さらに、南竜ヶ馬場では、白山では低山地から亜高山帯に分布するクロナガオサムシ（平松，2000b；平松ら，1999）が、2020年と2022年に確認された。また、主に亜高山帯林や高山帯のハイマツ林に分布するヤノナガゴミムシ（平松，2000a, b；Hiramatsu & Nisikawa，2018；上村ら，1962）が、2019年以降頻繁に確認されている。

標高が高い水屋尻雪溪では、優占種は南竜ヶ馬場とほぼ同じだが、高山性種の個体数の減少傾向はより弱く不明瞭であり（図IV-2-9）、個体数と推定雪解日との関係もみられなかった。ただし、2009年に多数確認された高山性種のシロウマミズギワゴミムシが、2013年以降は確認されなくなっている（図IV-2-10）。

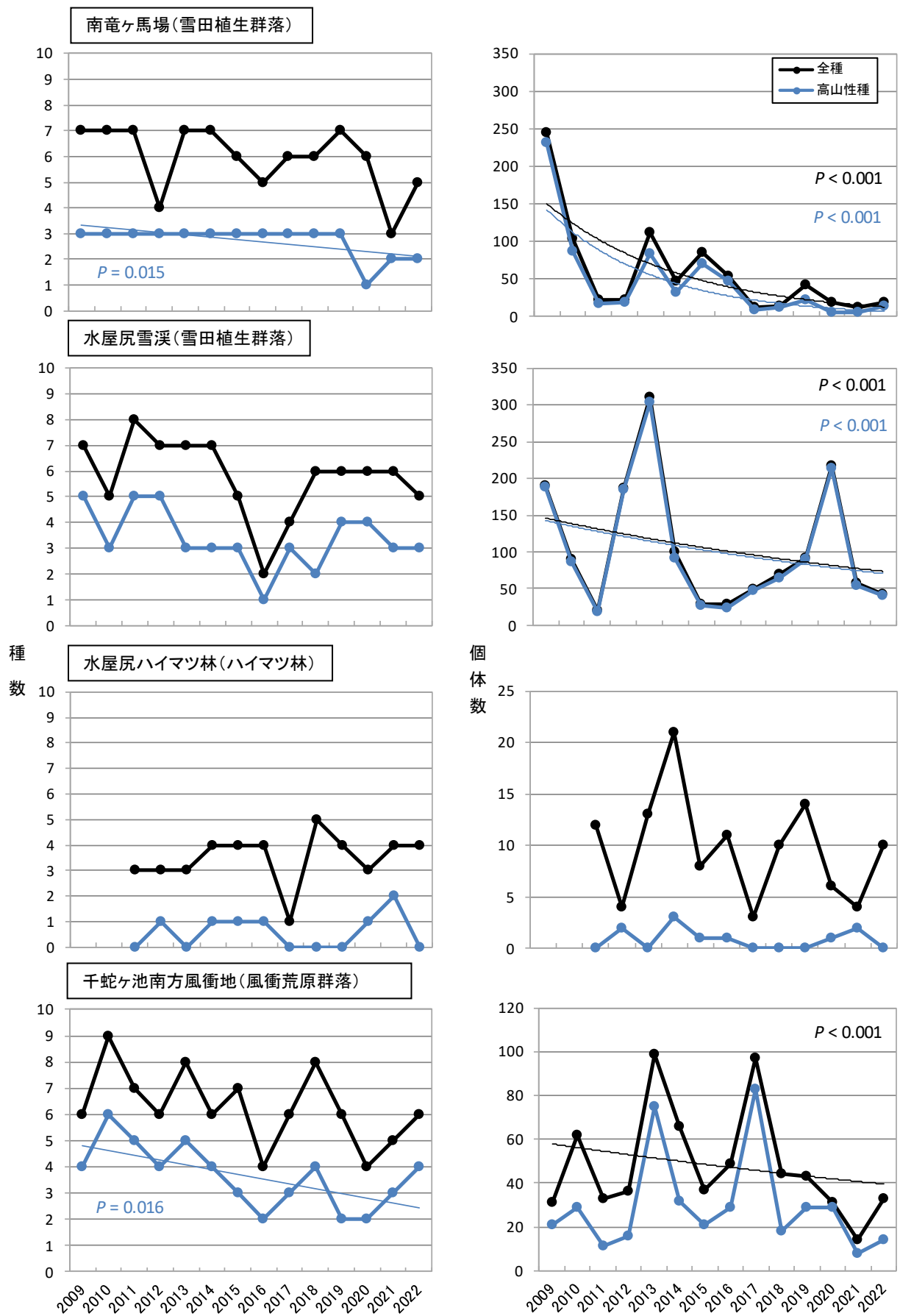
②ハイマツ林（水屋尻ハイマツ林）

他の調査地点に比べて地表徘徊性甲虫の個体数が少なく、キタノヒラタゴミムシなどの高山性種が占める割合も低かった。一方、コクロナガオサムシ、ヤノナガゴミムシ、ツヤモリヒラタゴミムシ、タケウチツヤヒラタゴミムシといった亜高山帯林にも多く生息する種（平松，2000a, b；上村ら，1962；片桐ら，2019；Martin，1992；緒勝・塘，2018；Suttiprapan et al. 2006）の割合が高かった。全種または高山性種の種数や個体数に、長期的な増減傾向はみられなかった（図IV-2-9、10）。

③風衝荒原群落（千蛇ヶ池南方風衝地）

地表徘徊性甲虫の個体数は、雪田植生群落とハイマツ林の中間程度で、最優占種は雪田植生群落と同じくコイケミズギワゴミムシであったが、その他にもハイマツ林でもみられているキタノヒラタゴミムシ、風衝荒原に特異的に出現するチビマルクビゴミムシなどの高山性種が多くみられた（図IV-2-9、10）。一方、コクロナガオサムシやツヤモリヒラタゴミムシといった亜高山帯林にも多く生息する種の個体数も多く、これらも水屋尻ハイマツ林と共通の種であった。全種の個

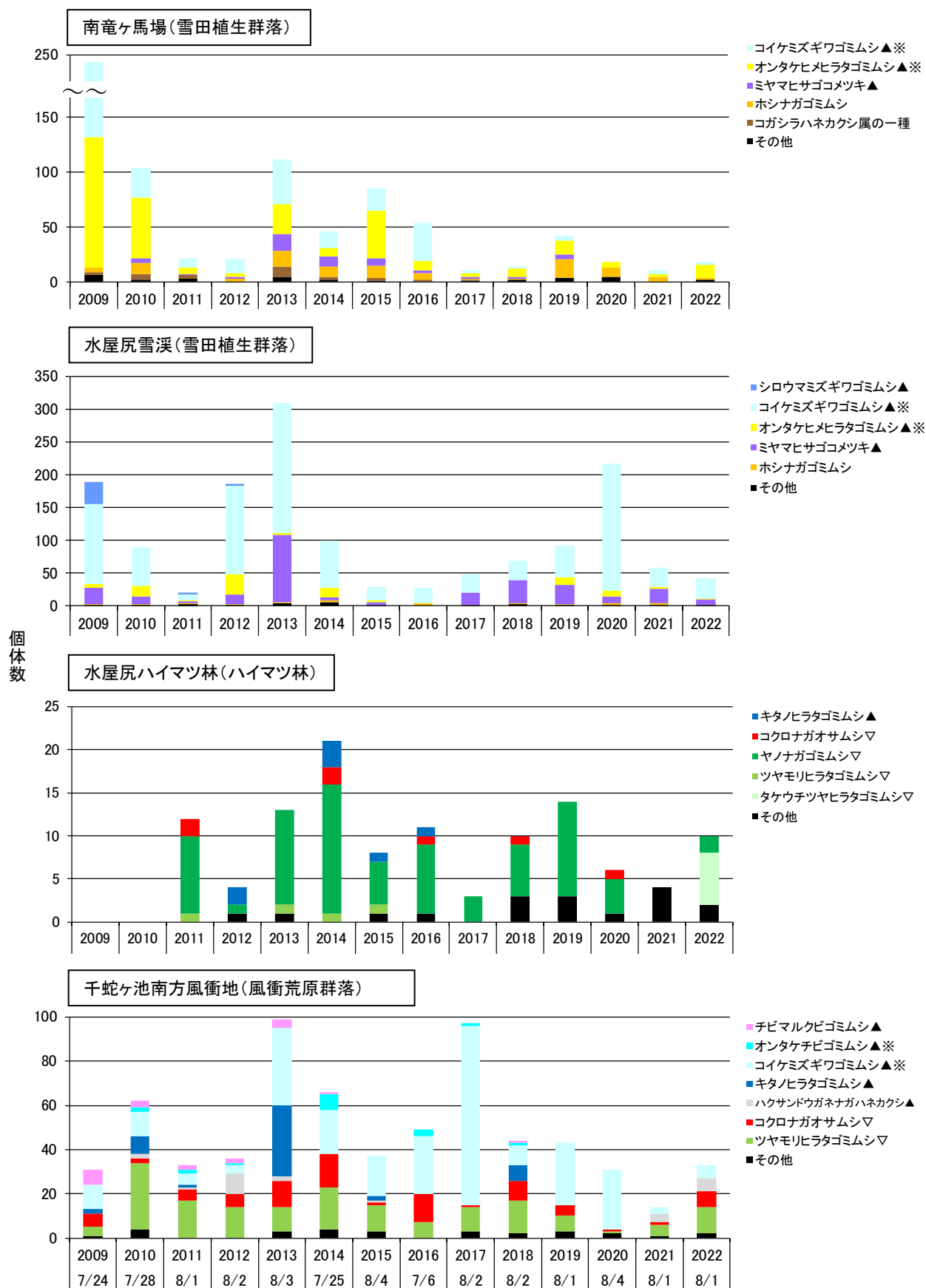
体数と高山性種の種数に減少傾向がみられ、特に本プロットのみで確認され、強い減少傾向のみられるチビマルクビゴミムシや、キタノヒラタゴミムシ、オンタケチビゴミムシといった高山性種が、2019 年以降確認されなくなっている（図IV-2-9、10）。



図Ⅳ-2-9 地表徘徊性甲虫の地点別の種数と個体数の経年変化

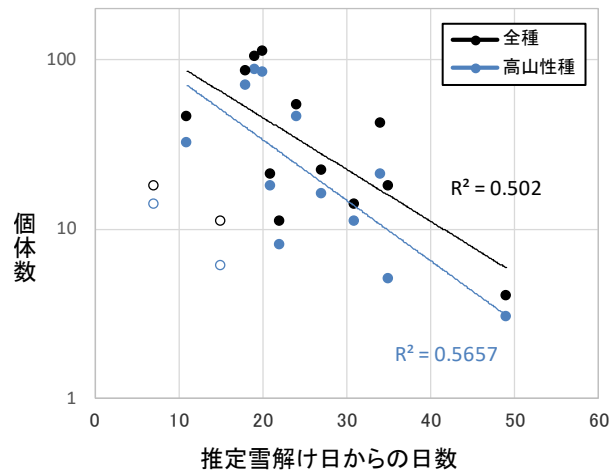
2009年と2010年は、2回の調査のうち1回目(7月)の値を示す。

回帰線は、 $P < 0.05$ の場合のみ示す(種数: 直線回帰、個体数: ポアソン回帰)。



図Ⅳ-2-10 地表排性甲虫の種別の個体数の経年変化

▲高山性種、▽モニタリングサイト1000 森林・草原調査の確認種、※未記載種の可能性あり。
日付はトラップの回収日で全地点共通、2009 年と 2010 年は、2 回の調査のうち 1 回目(7 月)の値を示す。



図IV-2-11 南竜ヶ馬場における地表徘徊性甲虫の個体数と推定雪解日からの日数の関係
2021年と2022年(白抜き)は、回帰に含めていない。推定雪解日は図Ⅲ-1-3に示した日付。

(3)まとめ

これまでの調査で、合計6科33種3,206個体の地表徘徊性甲虫が確認され、そのうち高山性種は12種、レッドリスト掲載種は4種であった。サイト全体の高山性種の種数、個体数は減少傾向にあり、近年確認されなくなった種の多くは高山性種で、新たに確認された種には低標高地に生息する種が含まれていた。

雪田植生群落では、個体数が多く、そのほとんどを高山性種が占めていたが、2か所の調査地点ともに個体数の減少傾向がみられた。特に標高が低い南竜ヶ馬場では、高山性種や雪田植生に特徴的な優占種の一部が顕著に減少しており、その要因として雪解けの早期化に伴う活動盛期の早期化が考えられた。ただし、近年の個体数の少なさやフェノロジーの変化だけでは説明が難しく、無積雪期間の長期化による土壌水分の減少などの変化が、湿潤環境を好む優占種の減少を引き起こしている可能性も考えられる。さらに南竜ヶ馬場では、低標高性の種や、ハイマツ林に特徴的な種が、近年度々確認されるようになってきている。

ハイマツ林では、個体数が少なく、高山性種が占める割合が低く、種数や個体数に長期的な増減傾向はみられなかった。ハイマツ林は高山帯の中では林内や林床が安定した環境にあり、より低標高の場所に生息している種が生息できると考えられる。

風衝荒原群落では、個体数は雪田植生群落とハイマツ林の中間程度で、これらの植生と共通の種も確認されたが、風衝荒原に特徴的な種を含む高山性種の種数が減少傾向にあった。また全体的な個体数の減少傾向も認められた。風衝荒原は、植生の被覆が乏しく、土壌が乾燥し、地表面温度の変動が大きい厳しい環境であるが、矮性植物からなるパッチ植生が地表徘徊性甲虫の居住環境や避難場所となり、チビマルクビゴミムシやミヤマゴモクムシのように特異的に出現する種もある重要な生息環境の一つである(Hiramatsu & Nisikawa, 2018; Hiramatsu & Nisikawa, 2021)。千蛇ヶ池南方風衝地では、常緑性低木の合計メッシュ数の増加傾向(図IV-1-8)がみられており、そのような環境の変化が地表徘徊性甲虫の生息密度や活動性に影響を及ぼしている可能性がある。

地表徘徊性甲虫の出現種の中には、オンタケチビゴミムシ、シロウマミズギワゴミムシ、ミヤマゴモクムシのように、白山では高山帯だけで記録されている種や、オンタケナガチビゴミムシのように亜高山帯以上の湿潤な場所のみで記録がある種が含まれる(平松, 2000b; 平松, 2008; 高羽, 1998)。白山の高山帯では、1955~2000年の間に雪田植生などの減少と、ナナカマド類・ハ

イマツ林やササ群落などの増加が確認されており（古池・白井，2014；古池ら，2015）、積雪量の減少や土壌の乾燥化が進み、ハイマツが侵入して地表を覆うようになれば、地表徘徊性甲虫の中でも雪田植生に生息する種が減少し、ハイマツ林に生息する種が増加する可能性がある。ヤノナガゴミムシは高山帯ではハイマツ林を中心に分布しており（Hiramatsu & Nisikawa, 2018）、本調査でもほとんどがハイマツ林で記録されている。その一方、低標高の雪田植生群落である南竜ヶ馬場でも近年よく確認されるようになっており、今後の雪田の乾燥化や低木の進入等により、継続的に記録されたり、個体数が増加したりする可能性がある。

温暖化による低地性種の高所への移動や定着も注目すべき問題である。低標高の南竜ヶ馬場で近年確認されているクロナガオサムシは、白山では低山地～亜高山帯まで分布する種（平松，2000b；平松ら，1999）であるが、今後の温暖化により高山帯まで分布が広がれば、近縁種で白山では主に亜高山帯上部～高山帯に生息するコクロナガオサムシのような種に影響を及ぼす可能性がある。

このように高山帯に特有の環境である雪田植生群落や風衝荒原群落を中心に、特に標高の低い地点において、温暖化の影響と考えられる変化が地表徘徊性甲虫にも生じ始めていることが確認された。また、本調査で確認されたレッドリスト掲載種の生息を脅かす要因としても、温暖化が重要視されている。地表徘徊性甲虫は生息地特異性が高いことから、高山帯の特に土壌環境の変化がもたらす生物群集の異変を把握するため、生息環境と関連付けながらモニタリングを継続することが重要である。

2-3. マルハナバチ類

(1) 調査内容

1) 調査目的

特定外来生物¹に指定されている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及び個体数の変化を把握する。

2) 調査地

植生調査地点を含む多様な植生タイプから成る場所に、大雪山サイトの黒岳では約2 km（標高1,520～1,980m）、赤岳では約3 km（標高1,490～1,970m）、北アルプス（蝶ヶ岳～常念岳）サイトでは長さ約2 km（標高2,480～2,670m）の調査用トランセクトを設定した。

3) 調査方法

ライントランセクト調査により、訪花植物の種ごとにマルハナバチ類の出現種の個体数を記録した（詳しい調査方法は、「モニタリングサイト1000 高山帯調査マニュアル」を参照のこと）。

4) 集計・解析方法

トランセクトごとに集計を行い、マルハナバチ類の種構成、個体数、及び訪花植物の年による変化を解析した。参考情報として、マルハナバチ類の垂直分布（工藤・井本，2012；木野田ら，2013）と、調査地の標高との関係を整理した。セイヨウオオマルハナバチについては、マルハナバチ類の調査時以外の確認情報も含めてとりまとめた。マルハナバチ類の訪花植物の主な生育環境を、宮脇ら（1994）や宮脇（1985；1988）などに基づき、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、集計を行った。環境省や都道府県のレッドリストの掲載種については、危険性の要因を整理した（環境省自然環境局野生生物課希少種保全推進室，2015a；2020；長野県環境部自然保護課・長野県環境保全研究所自然環境部，2015；長野県生物多様性研究会・長野県自然保護研究所・長野県生活環境部環境自然保護課，2004）。

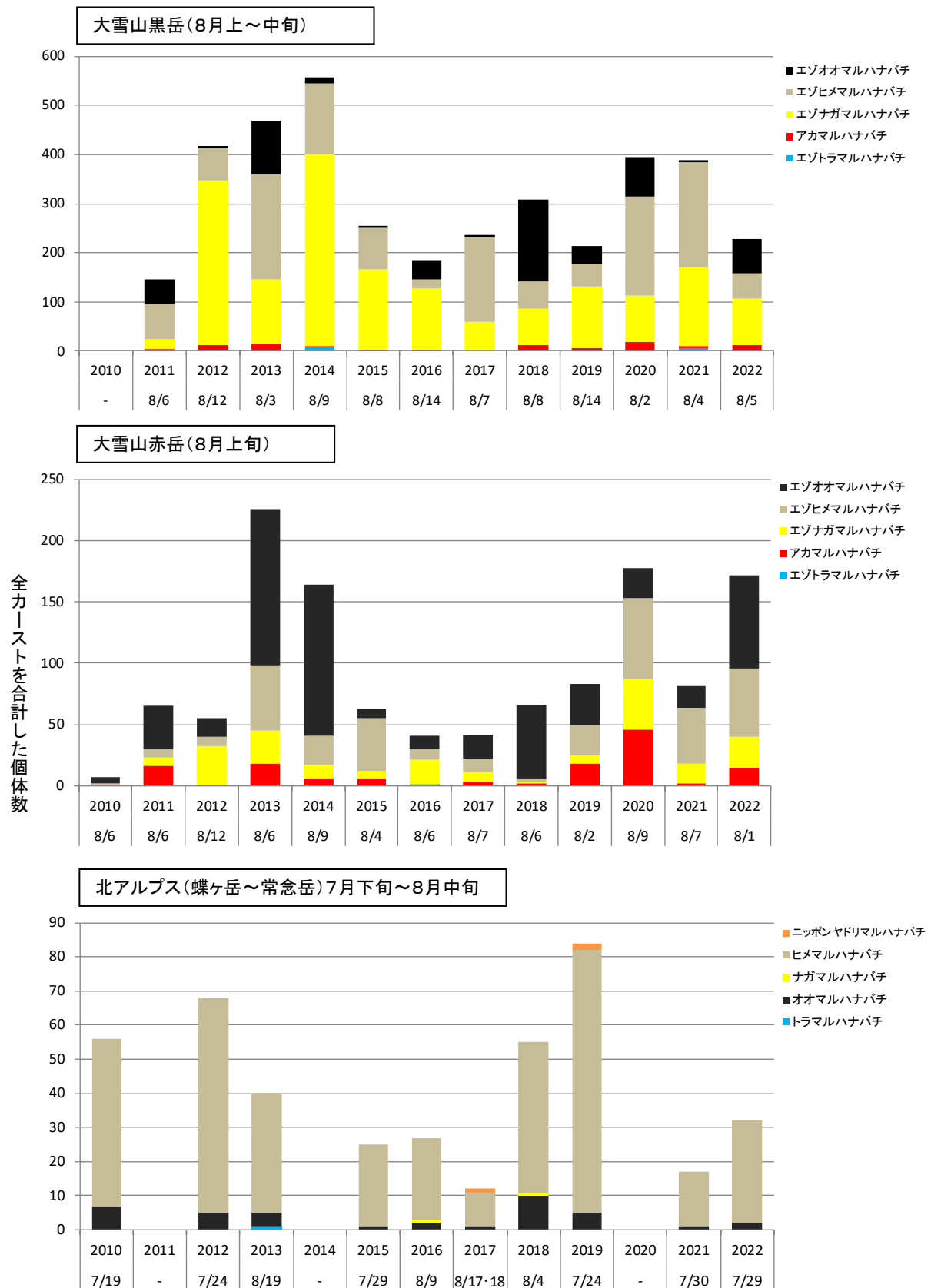
(2) 調査結果

1) マルハナバチ類の種構成の変化

大雪山黒岳の8月上～中旬の調査では、最も高標高まで分布するエゾオオマルハナバチとエゾヒメマルハナバチは毎年確認され、年による個体数の変動はあったが減少傾向はなかった。次いで高標高に分布するエゾナガマルハナバチも毎年確認され、2012年と2014年の個体数が特に多かった。アカマルハナバチも毎年確認されたが、個体数は少なかった。標高がより低い場所に分布するエゾトラマルハナバチは個体数が少なく、確認されない年もあった（図IV-2-12、13、15）。

大雪山赤岳の8月上旬の調査では、最も高標高まで分布するエゾオオマルハナバチとエゾヒメマルハナバチは毎年確認され、エゾオオマルハナバチは2013年と2014年に個体数が特に多かったが、両種共に減少傾向はなかった。次いで高標高に分布するエゾナガマルハナバチとアカマルハナバチもほとんどの年で確認され、年による変動はあったが減少傾向はなかった。標高がよ

¹ 外来生物法（特定外来生物による生態系等に係る被害の防止に関する法律）で、生態系、人の生命・身体、農林水産業へ被害を及ぼすとして、飼養、栽培、保管、運搬、輸入などが規制されている外来生物。



図IV-2-12 マルハナバチ類の個体数の変化

大雪山黒岳は8月上～中旬、大雪山赤岳は8月上旬の調査のうち、個体数の多い日のデータを示した。北アルプス(蝶ヶ岳～常念岳)は7月と8月の調査のうち、個体数の多い日のデータを示したが、2017 年は個体数はやや少ないが種数が多い8月のデータを示した。

り低い場所に分布するエゾトラマルハナバチは、2016年に1個体が確認されたのみであった（図IV-2-12、13、15）。

北アルプス（蝶ヶ岳～常念岳）で、最も高標高まで分布するのはニッポンヤドリマルハナバチとヒメマルハナバチで、レッドリスト掲載種のニッポンヤドリマルハナバチは個体数が少なく、2017年と2019年に確認された。一方、ヒメマルハナバチは全ての年で確認され、年による変動はあったものの減少傾向はなかった。次いで高標高まで分布するのはナガマルハナバチとオオマルハナバチで、レッドリスト掲載種のナガマルハナバチは2016年と2018年に確認された。オオマルハナバチは毎年確認された。標高がより低い場所に生息するトラマルハナバチは、2013年に1個体が確認された（図IV-2-12、14、15、表IV-2-8）。

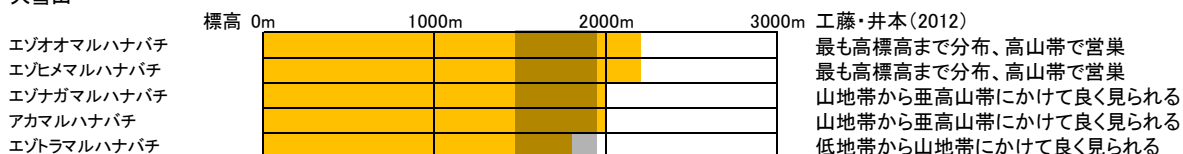


図IV-2-13 ミヤマサワアザミに訪花しているエゾオオマルハナバチ(大雪山／工藤岳氏撮影)



図IV-2-14 チシマギキョウに訪花しているヒメマルハナバチ(北アルプス(蝶ヶ岳)／須賀丈氏撮影)

大雪山



北アルプス(蝶ヶ岳～常念岳)



■ 木野田ら(2013)に記載された垂直分布、■ 調査プロットの標高の範囲

図IV-2-15 マルハナバチ類の出現種の垂直分布 木野田ら(2013)と工藤・井本(2012)から作成

表IV-2-8 マルハナバチ類調査の出現種のレッドリスト掲載種と危険性の要因

環境省自然環境局野生生物課希少種保全推進室(2015a, 2020)、長野県環境部自然保護課・長野県環境保全研究所自然環境部(2015)と長野県生物多様性研究会・長野県自然保護研究所・長野県生活環境部環境自然保護課(2004)より作成

種名	レッドリストのカテゴリーと危険性の要因
ナガマルハナバチ	環境省: 情報不足(DD): 福井県で減少。高山地の樹木の伐採や、登山道の整備等の生息環境の改変により減少が危惧される。また、温暖化の影響で、分布の南限個体群の孤立化絶滅も危惧される。長野県: 情報不足(DD): 生息域が狭いが、減少傾向の有無は不明。
ニッポンヤドリマルハナバチ	長野県: 情報不足(DD): 生息域が狭いが、減少傾向の有無は不明。

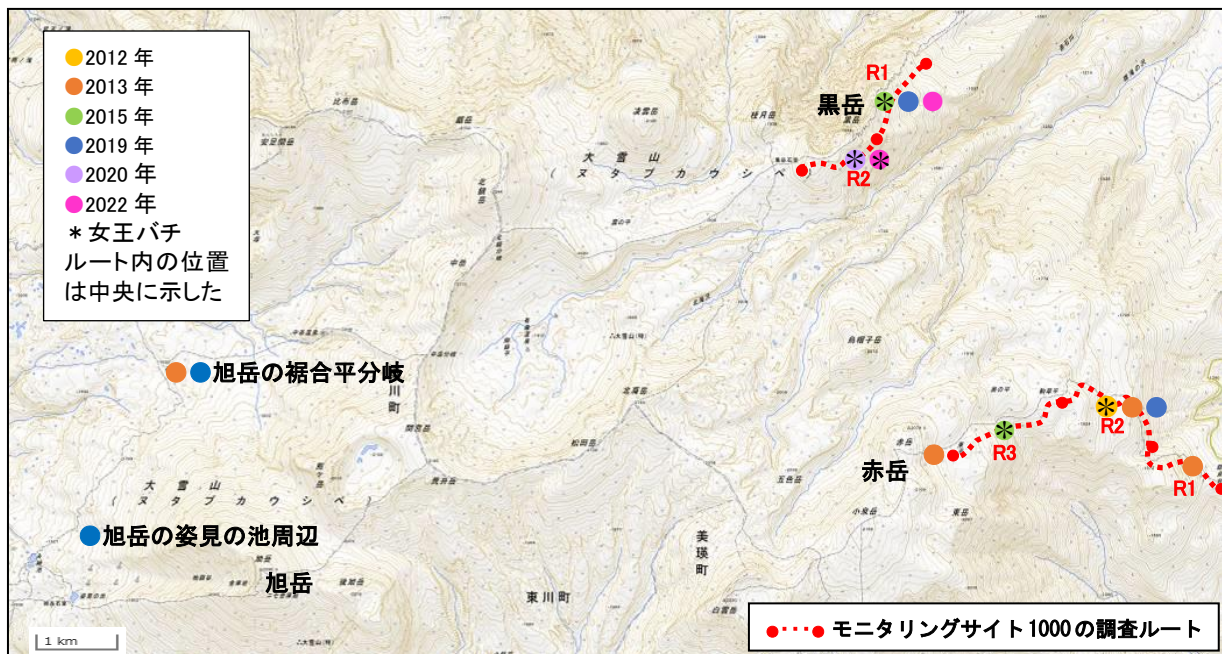
2) 特定外来生物セイヨウオオマルハナバチの確認状況

大雪山では、マルハナバチ類の調査時以外や調査ルート外も含め、赤岳、黒岳ともにセイヨウオオマルハナバチが過去6年間に確認されており、その中には女王バチも含まれていた（表IV-2-9、図IV-2-16、17）。一方、北アルプス（蝶ヶ岳～常念岳）では、セイヨウオオマルハナバチは確認されなかった。

表IV-2-9 大雪山でセイヨウオオマルハナバチが確認された地点

モニタリングサイト 1000 高山帯調査以外の結果を含む（自然環境研究センター，2020；2023）

確認年	プロット名	確認状況
2012	マルハナバチ類調査用トランセクト（赤岳）	8/26にルート2で女王バチ1個体
2013	マルハナバチ類調査用トランセクト（赤岳）	8/6、8/21、9/2、9/11の調査時以外の4日間に、ルート1、ルート2で各1個体、ルート3～山頂間で4個体の合計6個体
	旭岳（サイト外）	裾合平分岐で10個体を捕獲
2015	マルハナバチ類調査用トランセクト（黒岳）	8/21にルート1で女王バチ1個体
	マルハナバチ類調査用トランセクト（赤岳）	9/1の調査時以外にルート3で女王バチ1個体
2019	マルハナバチ類調査用トランセクト（黒岳）	8/27の開花フェノロジー調査時にルート1の8合目
	マルハナバチ類調査用トランセクト（赤岳）	8/7の調査時以外にルート2
	旭岳（サイト外）	8/28に姿見の池周辺、7月下旬に裾合平分岐
2020	マルハナバチ類調査用トランセクト（黒岳）	7/29の調査時以外にルート2で女王バチ1個体
2022	マルハナバチ類調査用トランセクト（黒岳）	7/8にルート2で女王バチ1個体、7/21にルート1で働きバチ1個体



図IV-2-16 大雪山でセイヨウオオマルハナバチが確認された地点

モニタリングサイト 1000 高山帯調査以外の結果を含む（自然環境研究センター，2020；2023）。
国土地理院の電子国土 web システムを使用。

図IV-2-17 大雪山黒岳ルート2でキバナシャクナゲに訪花しているセイヨウオオマルハナバチの女王
2022.7.8 井本哲雄氏撮影



3) マルハナバチ類の訪花植物

大雪山黒岳では、これまでの調査で 49 種の訪花植物が確認された。生育環境別で種数が最も多かったのは、高茎広葉草原（雪潤草原）に生育する 20 種で、次いで風衝地群落と山地草原・森林に生育する種類が多かった。訪花頻度が 83% と最も高いのも高茎広葉草原（雪潤草原）に生育する種類で、訪花頻度が毎年高いチシマアザミと、同じくアザミ類のナガバキタアザミなどが含まれる。その他に 2013 年には風衝地群落に生育するチシマツガザクラ、2018 年には高山低木群落（ハイマツ林）に生育するマルバシモツケへの訪花頻度が高かった（表Ⅳ-2-10、図Ⅳ-2-18、19）。

大雪山赤岳では、これまでの調査で 59 種の訪花植物が確認された。生育環境別の種数が最も多かったのは、黒岳と同じく高茎広葉草原（雪潤草原）に生育する 16 種で、次いで風衝地群落、雪田群落、高山低木群落（ハイマツ林）に生育する種類が多かった。訪花頻度が 45% と高いのも高茎広葉草原（雪潤草原）に生育する種類で、ミヤマサワアザミ、ウコンウツギ、ハクサンボウフウ、タカネトウウチソウなどが多かった。赤岳では黒岳に比べて雪田群落に生育する種類の訪花頻度も高く、アオノツガザラ等のツガザクラ類と、チングルマがそのほとんどを占めた。高山低木群落（ハイマツ林）に生育する種類で訪花頻度が高かったのはマルバシモツケ、風衝地群落に生育する種類で訪花頻度が高かったのはチシマツガザクラで、チシマツガザクラは 2017 年の比較的早い時期に多く利用されていた。2017 年の同じ時期には、同じく風衝地群落に生育するイワブクロへの訪花頻度も高かった（表Ⅳ-2-10、図Ⅳ-2-18、20）。

北アルプス（蝶ヶ岳～常念岳）では、これまでの調査で 32 種の訪花植物が確認された。生育環境別の種数が最も多かったのは、大雪山と同じく高茎広葉草原（雪潤草原）に生育する 19 種で、次に多いのは高山低木群落（ハイマツ林）に生育する種類であった。訪花頻度が 50% と最も高かったのは高茎広葉草原（雪潤草原）に生育する種類で、ハクサンフウロ、シナノオトギリ、エゾシオガマ、ベニバナイチゴなどが含まれる。次いで訪花頻度が高かったのは風衝地群落で、そのほとんどをコバノクロマメノキが占め、2010 年、2012 年、2019 年の比較的早い時期に訪花頻度が高かった。山地草原・森林に生育する種類で利用されていたのはオオバスノキで、2019 年 7 月の訪花頻度が高かった（表Ⅳ-2-10、図Ⅳ-2-18、21）。

表Ⅳ-2-10 マルハナバチ類の訪花植物と訪花頻度

個体数は、これまでの調査で訪花が確認されたマルハナバチ類全種の全カーストの個体数の合計。植物の生育環境区分は表Ⅰ-2-1 に準じたが、風衝草原、風衝矮生低木群落(高山ハイデ)、高山荒原(崩壊地荒原)は風衝地群落としてまとめた。雪田草原は矮性低木群落が多く生育しているため雪田群落とした。高山帯以外の植生については、山地草原・森林としてまとめた。

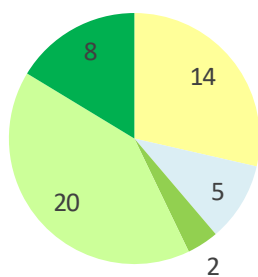
大雪山黒岳			大雪山赤岳			北アルプス(蝶ヶ岳～常念岳)		
科名	和名	個体数	科名	和名	個体数	科名	和名	個体数
ツツジ	チシマツガザクラ	527	ツツジ	チシマツガザクラ	310	ツツジ	コバノクロマメノキ	200
オオバコ	イワブクロ(タルマイソウ)	297	オオバコ	イワブクロ	213	キキョウ	チシマギキョウ	22
ツツジ	エゾツツジ	114	バラ	エゾノマルバシモツケ	84	タデ	オヤマソバ	3
キク	ウスユキトウヒレン	27	ケシ	コマクサ	60	ツツジ	アオノツガザクラ	9
キキョウ	イワギキョウ	26	キク	ウスユキトウヒレン	58	イワウメ	コイワカガミ	5
イワウメ	イワウメ	20	ツツジ	クロマメノキ	33	バラ	チングルマ	1
バラ	エゾノマルバシモツケ	12	キキョウ	イワギキョウ	15	ツツジ	コケモモ	11
ツツジ	クロマメノキ	3	ツツジ	ウラシマツツジ	13	ツツジ	ハクサンシャクナゲ	8
ツツジ	イワヒゲ	2	ツツジ	エゾツツジ	11	バラ	ゴヨウイチゴ	1
オミナエシ	チシマキンレイカ	2	イワウメ	イワウメ	10	バラ	タカネナナカマド	1
キク	シロサマニヨモギ	1	ツツジ	ミネスオウ	6	ツツジ	キバナシャクナゲ	1
ツツジ	コメバツガザクラ	1	ツツジ	コメバツガザクラ	3	ツツジ	ミヤマホツツジ	1
ツツジ	ミネスオウ	1	リンドウ	クモイリンドウ(トウヤクリンドウ)	1	フウロソウ	ハクサンフウロ	85
ナデシコ	エゾイワツメクサ	1	オミナエシ	チシマキンレイカ(タカネオミナエシ)	1	オトギリソウ	シナノオトギリ	62
ツツジ	ツガザクラ類 ¹⁾	280	ツツジ	ツガザクラ類 ¹⁾	1649	ハマウツボ	エゾシオガマ	45
ツツジ	キバナシャクナゲ ²⁾	44	バラ	チングルマ	271	バラ	ベニバナイチゴ	30
バラ	チングルマ	33	ツツジ	キバナシャクナゲ ²⁾	48	キンボウゲ	ヤチトリカブト	17
カヤツリグサ	ミヤマクロスゲ ²⁾	9	カヤツリグサ	ミヤマクロスゲ ²⁾	30	スイカズラ	オオヒヨウタンボク	13
リンドウ	ミヤマリンドウ	1	サクラソウ	エゾサクラ	13	オトギリソウ	イワオトギリ	10
バラ	マルバシモツケ	537	ツツジ	ミヤマエゾクロウスゴ	13	ハマウツボ	トモエシオガマ	5
バラ	ウラジロナナカマド	2	オオバコ	エゾヒメクワガタ	3	キク	クロトウヒレン	5
キク	チシマアザミ	8788	セリ	シラネニンジン	3	シュロソウ	コバイケイソウ	2
キク	ナガバキタアザミ	1494	リンドウ	ミヤマリンドウ	3	ハマウツボ	ヨツバシオガマ	6
キンボウゲ	ダイセツトリカブト	314	ツツジ	ジムカデ	2	キンボウゲ	ミヤマキンボウゲ	2
スイカズラ	ウコンウツギ	296	バラ	ミヤマキンバイ	1	キンボウゲ	シナノキンバイ	2
オトギリソウ	ハイオトギリ	220	ニシキギ	エゾウメバチソウ	1	キンボウゲ	トリカブトsp.	2
キンボウゲ	チシマノキンバイソウ	105	バラ	マルバシモツケ	323	キンボウゲ	カラマツソウ	1
スイカズラ	チシマヒョウタンボク	99	ツツジ	コケモモ	46	キク	ウサギギク	1
キク	ミヤマアキノキリンソウ(コガネギク)	40	バラ	ウラジロナナカマド	21	リンドウ	オヤマリンドウ	1
キンボウゲ	エゾノレイジンソウ	23	ツツジ	クロウスゴ	18	セリ	ハクサンボウフウ	1
フウロソウ	チシマフウロ	11	ツツジ	エゾイソツツジ	18	サクラソウ	オオサクラソウ	1
バラ	タカネトウウチソウ	9	キク	ミヤマサワアザミ	1306	ツツジ	オオバスのノキ	25
セリ	ミヤマセンキュウ	9	スイカズラ	ウコンウツギ	516	合計		579
キンボウゲ	カラマツソウ	7	セリ	ハクサンボウフウ	203			
ハマウツボ	ヨツバシオガマ	6	バラ	タカネトウウチソウ	198			
キク	エゾウサギギク	2	キク	ナガバキタアザミ	149			
セリ	オオカサモチ	3	キンボウゲ	エゾノレイジンソウ	142			
セリ	ハクサンボウフウ	2	ヤナギ	ミヤマヤナギ等	175			
ヤナギ	ミヤマヤナギ	1	ハマウツボ	ヨツバシオガマ	51			
キンボウゲ	ミヤマキンボウゲ	1	スイカズラ	チシマヒョウタンボク	39			
キンボウゲ	モミジカラマツ	1	キク	ミヤマアキノキリンソウ(コガネギク)	38			
バラ	オニシモツケ	223	オトリギリソウ	ハイオトギリ	28			
セリ	エゾニュウ	43	キンボウゲ	カラマツソウ	24			
キク	コモチミミコウモリ	14	キク	エゾウサギギク	19			
バラ	ヤマブキショウマ	11	キク	チシマアザミ	10			
ムクロジ	オガラバナ	10	ラン	ハクサンチドリ	1			
キク	ヤマハハコ	6	キンボウゲ	ミヤマキンボウゲ	1			
ツツジ	ミヤマホツツジ	4	ヤナギ	エゾノバツコヤナギ	143			
ツツジ	コヨウラクツツジ	1	キク	コモチミミコウモリ	38			
合計		13682	キク	アキタブキ	27			
			ツツジ	コヨウラクツツジ	20			
			ツツジ	ハナヒリノキ	11			
			ツツジ	ミヤマホツツジ	6			
			キク	シロバナニガナ	2			
			ハエドクソウ	ホソバミゾホオズキ	1			
			ニシキギ	ウメバチソウ	1			
			イチヤクソウ	コバノイチヤクソウ	1			
			ツツジ	オオバスのノキ	1			
			カヤツリグサ	スゲ類	9			
			合計		6442			

訪花植物の生育環境区分

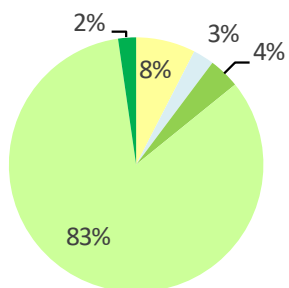
	風衝地群落
	雪田群落
	高山低木群落(ハイマツ林)
	高茎広葉草原(雪潤草原)
	山地草原・森林
	その他

- 1) エゾノツガザクラ、コエゾツガザラ、アオノツガザクラ及びこれらの交雑種を含む。
- 2) 雪田群落以外の多様な環境に生育する。

大雪山黒岳

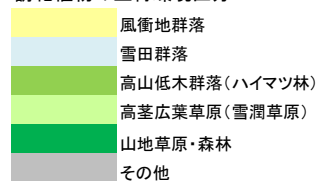


訪花植物の種数

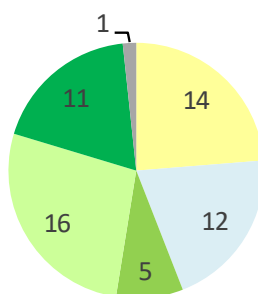


マルハナバチ類の訪花頻度

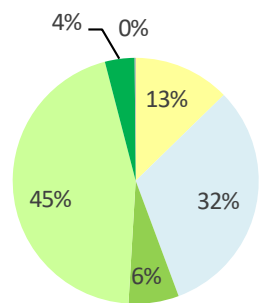
訪花植物の生育環境区分



大雪山赤岳

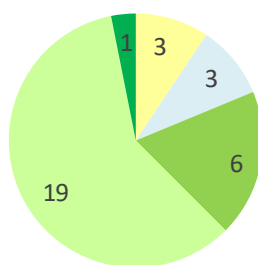


訪花植物の種数

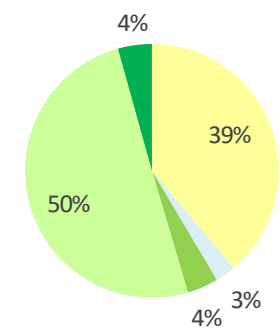


マルハナバチ類の訪花頻度

北アルプス (蝶ヶ岳～常念岳)

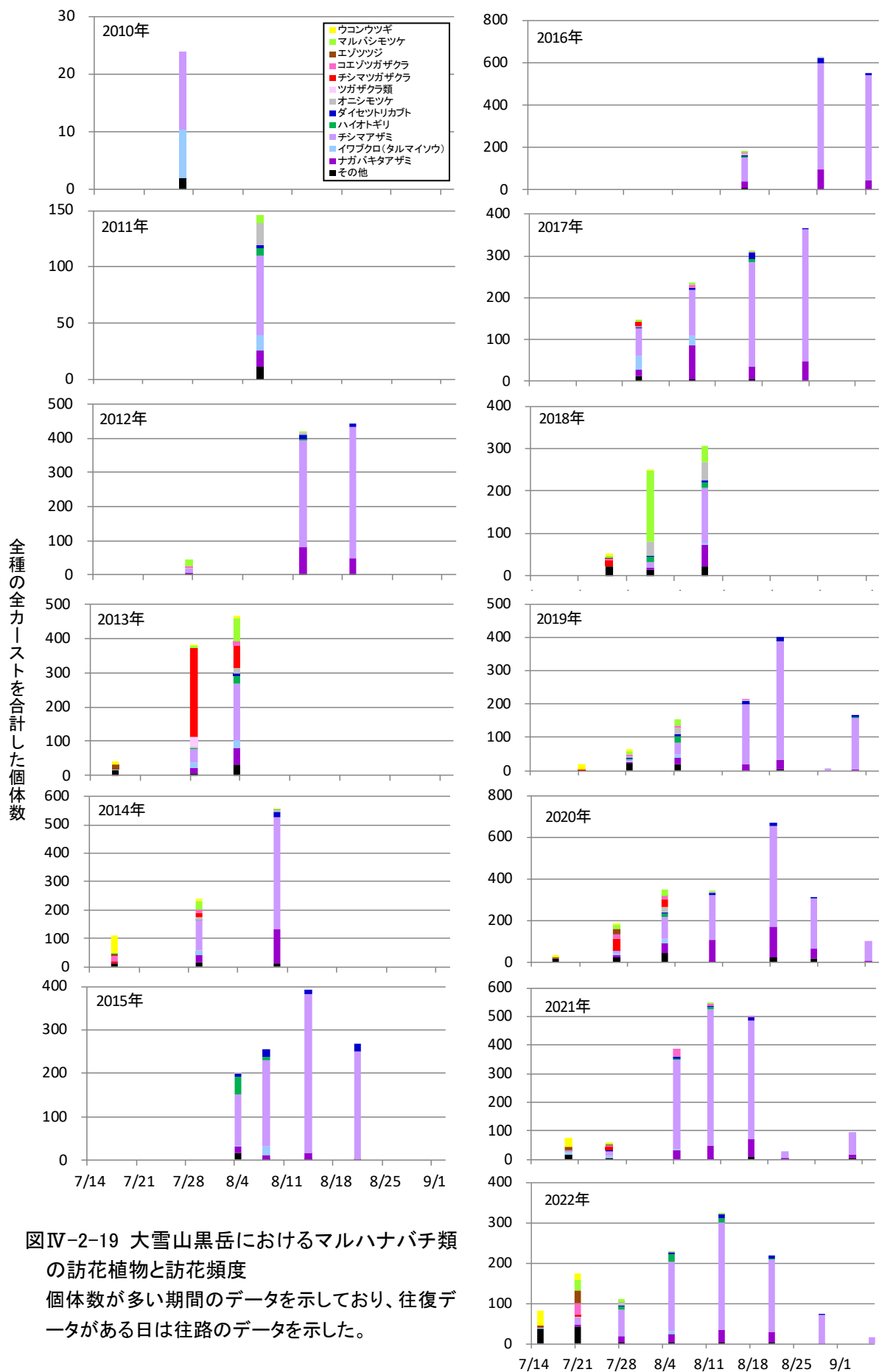


訪花植物の種数

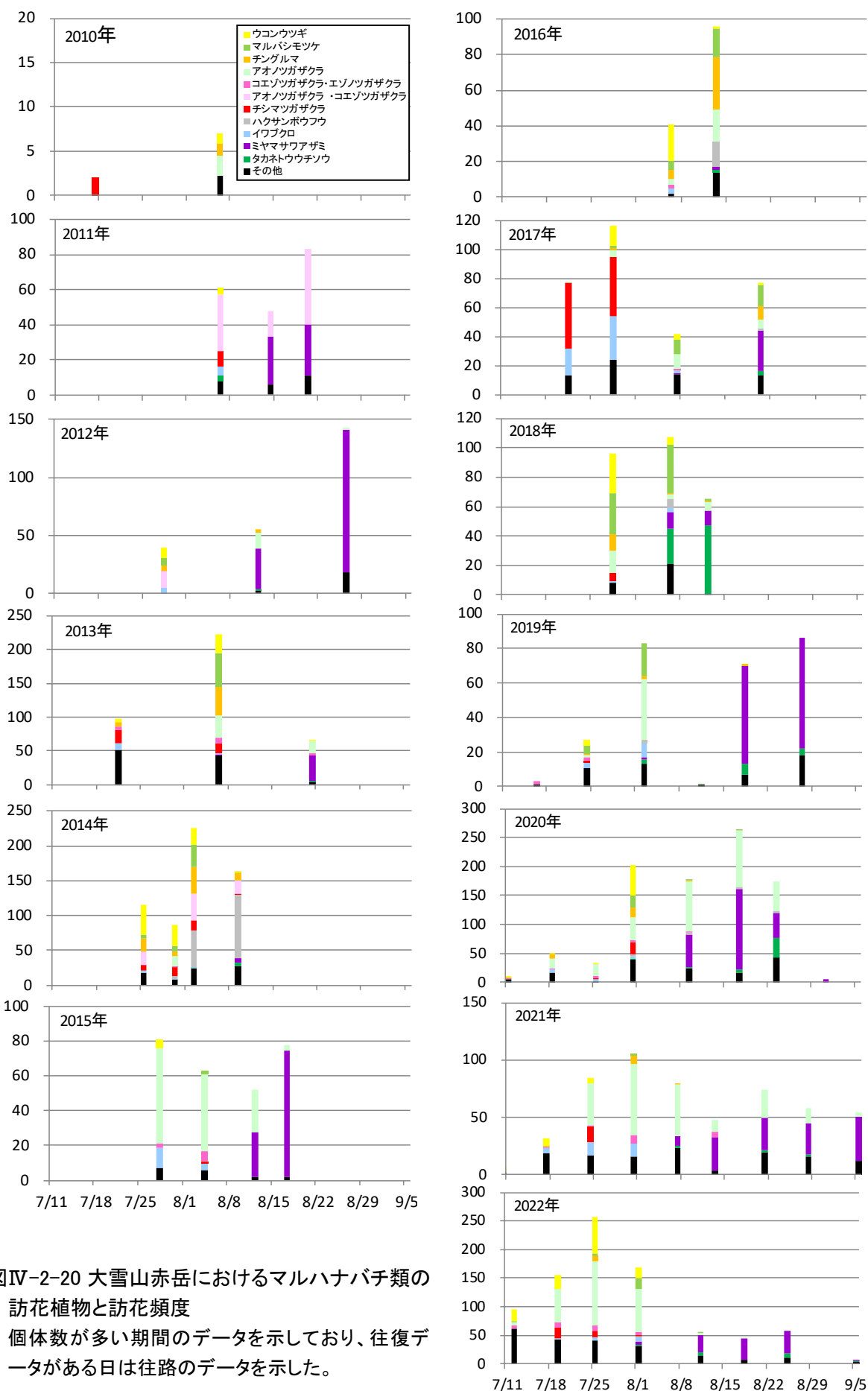


マルハナバチ類の訪花頻度

図Ⅳ-2-18 マルハナバチ類の訪花植物の生育環境別の種数と訪花頻度
植物の生育環境の区分については表Ⅳ-2-10を参照。



全種の全カーストを合計した個体数



図IV-2-20 大雪山赤岳におけるマルハナバチ類の訪花植物と訪花頻度
個体数が多い期間のデータを示しており、往復データがある日は往路のデータを示した。

(3)まとめ

大雪山黒岳の8月上～中旬の調査と赤岳の8月上旬の調査では、エゾオオマルハナバチ、エゾヒメマルハナバチ、エゾナガマルハナバチ、アカマルハナバチ、エゾトラマルハナバチ、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）の7月と8月の調査では、ニッポンヤドリマルハナバチ、ヒメマルハナバチ、ナガマルハナバチ、オオマルハナバチ、トラマルハナバチが確認された。年により確認されない種類があり、個体数の変動はあったが、高標高域に分布する種の減少、または低標高域に分布する種の増加の傾向はなかった。北アルプス（蝶ヶ岳～常念岳）で確認されたナガマルハナバチとニッポンヤドリマルハナバチは、レッドリスト掲載種であり生息環境の改変や温暖化の影響が存続を脅かす要因とされているが、本調査での確認数は少なく、減少傾向の有無は不明である。

特定外来生物のセイヨウオオマルハナバチは、大雪山では女王バチを含めて複数年確認されたが、北アルプス（蝶ヶ岳～常念岳）ではこれまでの調査では確認されていない。北海道の高山帯では2006年以降、旭岳姿見周辺を中心にセイヨウオオマルハナバチの散発的な確認が続き、2012～2013年は、まとまった数が確認されたことから、高山帯での営巣や越冬の可能性が指摘されている（北海道地方環境事務所，2018）。中部山岳域ではセイヨウオオマルハナバチの定着・拡大は確認されていないが、長野県の低～高標高域で確認されている（須賀，2006）。そのため、両サイトともに引き続きモニタリングを実施し、セイヨウオオマルハナバチの侵入・定着前に早期発見することが重要である。

大雪山黒岳と赤岳、北アルプス（蝶ヶ岳～常念岳）で、これまでにそれぞれ49種、59種、32種の訪花植物が確認された。訪花植物を生育環境区分別にみると、3プロットともに種数が多く、訪花頻度が高ったのは高茎広葉草原（雪潤草原）に生育する種類で、大雪山赤岳ではその他に雪田群落、北アルプス（蝶ヶ岳～常念岳）では風衝地群落に生育する種類が多く利用され、それぞれの地域の植生の特徴に応じた種類がマルハナバチ類に利用されていると考えられる。訪花頻度が高い種類としてはアザミ類、ツガザクラ類などがあげられるが、季節や年により様々な植物が利用されており、マルハナバチ類は高山植物の開花状況に合わせた訪花活動をしていると考えられる。

マルハナバチ類の活動と、高山植物の開花フェノロジーには年による変動があり、雪解けの時期が大きく変動して両者が一致しなくなると、マルハナバチ類の餌不足や、高山植物の受粉と種子生産の低下が起こる可能性があると考えられる（工藤・井本，2020）。これまでの本調査において開花フェノロジーの変動と、マルハナバチ類の訪花植物の変動との関係は明らかではないが（Kudo, 2014）、マルハナバチ類と高山植物の相互関係を把握するには、開花フェノロジーとマルハナバチ類の訪花植物に関する長期的なモニタリングを継続することが必要である。

V. 総括

1. 生物多様性の4つの危機に関連したとりまとめ

(1) 第1の危機(開発など人間活動による危機)

高山帯の多くは、国立公園の特別保護地区に指定されており、その利用は徒歩による登山が中心で、他の生態系に比べて開発等の人間活動による影響は受けにくい。しかし、高山帯に分布する動植物の中には国や自治体のレッドリスト掲載種が数多く含まれ、その危険性の要因の中には、開発などの影響の他に、盗掘や乱獲、高山帯特有の影響として登山者による高山植物の踏みつけなどが挙げられている。高山植物の危険性の要因のうち、第1の危機に関連したものとしては、森林伐採、園芸採取、登山者による踏みつけ、チョウ類の危険性の要因としては、道路工事、観光開発など各種開発、愛好家による採集圧、登山者の増加による登山道整備や植生の踏みつけ、ストックの使用による歩道沿いの崩れ、マルハナバチ類の危険性の要因としては、樹木の伐採や、登山道の整備等の生息環境の改変があげられている（表Ⅳ-1-2、表Ⅳ-2-4、表Ⅳ-2-8）。

本調査では、登山者などの影響を受け難い場所に調査区を設置していることもあり、開発など人間活動による影響は認められなかった。

(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で維持される環境ではないため、本報告書では、第2の危機に沿ったとりまとめは行っていない。

(3) 第3の危機(人間により持ち込まれたものによる危機)

高山帯は、他の生態系に比べて外来種が少ない環境で、植生、チョウ類、地表徘徊性甲虫類の調査ではこれまで外来種は記録されていない。しかし、第1の危機（開発など人間活動による危機）で述べたように、高山帯には多くの登山者が訪れ、様々な物資が持ち込まれることや、温暖化や乾燥化といった環境の変化、既に定着している周辺地域からの分布拡大により、外来種が侵入・定着する可能性もある。

本調査で第3の危機に関連した結果としては、セイヨウオオマルハナバチが大雪山の赤岳と黒岳で2012～2022年にかけて確認され、その中には女王バチが確認された調査が複数回含まれていた（表Ⅳ-2-9、図Ⅳ-2-16）。

セイヨウオオマルハナバチ（図Ⅴ-1-1）は特定外来生物に指定されており、類似した営巣場所要求性をもつ在来マルハナバチ類、特にエゾオオマルハナバチとの競争が危惧されている。また、セイヨウオオマルハナバチは短舌であり、花の横に穴を開けて吸蜜する「盗蜜」を頻繁に行うため、その花では受粉が行われない結果、野生植物の種子生産を阻害するとされる。さらに、オオマルハナバチやエゾオオマルハナバチと交雑するため、日本のマルハナバチ類の遺伝的攪乱も危惧される。平成21年度まで



図Ⅴ-1-1 大雪山黒岳でチシマツガザクラに訪花しているセイヨウオオマルハナバチの女王(2020.7.29 永瀬大悦氏撮影)

に、北海道のほとんどの市区町村で確認されている（環境省自然環境局野生生物課外来生物対策室）。

北海道の高山帯では2006年以降、旭岳姿見周辺を中心にセイヨウオオマルハナバチの散発的な確認が続き、2012～2013年は、まとまった数が確認されたことから、高山帯での営巣や越冬の可能性があることが指摘されている（北海道地方環境事務所，2018）。そのため大雪山サイトの調査では、セイヨウオオマルハナバチの定着や分布拡大の前に生息状況を把握し、早期の対策に繋げることが重要である。

本調査では、北アルプス（蝶ヶ岳～常念岳）でセイヨウオオマルハナバチは確認されていない。須賀（2006）によると、中部山岳地域ではセイヨウオオマルハナバチの定着・拡大は確認されていないが、長野県の低～高標高域で確認されている。そのため北アルプスサイトの調査では、中部山岳地域の高山帯に侵入する前の早期に発見することが重要である。

（4）第4の危機（地球環境の変化による危機）

地球環境の変化による高山帯の危機としては、気温上昇や融雪時期の早期化などによる動植物の衰退や分布の変化、ニホンジカなどの野生鳥獣の生息域の拡大、動植物の生物季節の変動と種間の相互作用への影響がある。

1）気温の上昇と雪解日や凍結終日の早期化

①平均気温の変化

年平均気温の変動はプロット間で同様の傾向を示し、2010年、2016年、2018年は高く、2012年、2014年、2017年は低いプロットが多かったが、2016年は本州のプロットでは最も高かったのに対し、大雪山では最も低かった。月平均気温の変動もプロット間で同様の傾向を示し、特に3月は年による変動が大きく、2010年、2013年、2018年、2021年は高く、2011年、2017年、2019年は低いプロットが多かった（図Ⅲ-1-2）。季節別の平均気温、平均暖度、平均寒度の変動は、サイトや季節によっては上昇傾向を示したが、変化がない場合や、低下傾向の場合もあった（図Ⅲ-2-8～12）。統計的な解析を行うには、今後もデータを蓄積することが必要である。

中部山岳地域における気象官署と標高1,000m以上のアメダス観測地点の年平均気温と季節平均気温の変動に関する解析結果では、原村（標高1,017m）以下の地点では年平均気温は上昇傾向を示したが、奈川（標高1,068m）以上の地点のほとんどは統計的に有意な上昇傾向を示さず、標高によって気温の変動が異なることが示された（表Ⅲ-2-1）。季節平均気温では、春～秋は上昇傾向を示す地点が多かったが、冬季については統計的に有意ではないが低下傾向を示す地点が多く、季節によって変動が異なることが示された（表Ⅲ-2-1）。

②雪解日や凍結終日の早期化

地表面温度から推定した冠雪日、雪解日、積雪期間については年により変動があり、特に北海道と本州のサイトでは、変動の仕方が大きく異なることが明らかとなったが、雪解日の早期化や積雪期間の短縮傾向は認められなかった（図Ⅲ-1-4）。

地温から推定した凍結初日、凍結終日、凍結日数については年による変動が大きいプロットと小さいプロットがあり、凍結終日については南アルプス（北岳）プロットB（標高3,010m）と富士山山頂付近D（標高3,730m）では早期化の傾向がみられ、凍結日数については富士山森林限界付近（標高2,350m）、南アルプス（北岳）プロットB、北アルプス（立山）風衝地（標高2,705m）では短縮する傾向がみられた（図Ⅲ-1-5）。

2) 動植物の分布の変化

① 植生の変化

大雪山では、五色ヶ原で1988～2016年の間に湿性草原が衰退し (Amagi et al. 2018)、旭岳周辺では過去35年間でチシマザサが分布を拡大し (Winkler et al., 2016)、ヒサゴ沼周辺では過去32年間でハイマツの分布が拡大した (Amagi et al. 2015; 環境省自然環境局生物多様性センター, 2020b)。北アルプス (立山) では、6～8年間で稜線部のササ類やハイマツの増加が確認された (佐々木ら, 2018)。白山の高山帯では、1955～2000年の間に雪田植生などの減少と、ナナカマド類・ハイマツ林やササ群落などの増加が確認されている (古池・白井, 2014; 古池ら, 2015)。富士山では、過去40年間でカラマツやミヤマヤナギからなる森林限界の上昇が確認された (Sakio & Masuzawa, 2020)。

本調査では、出現種を高山帯に分布が限られる種と、分布植生帯が広い種に分けて増減傾向がある種を抽出したところ、高山帯に分布が限られる種は増加しているものと減少しているものがあったが、分布植生帯が広い種は全て増加傾向にあった (表IV-1-4)。環境別では大雪山、北アルプス (立山)、白山では、風衝地プロットに比べて雪田プロットで増加している種が多かったが、雪解日等との関係は不明である。北アルプス (立山) の風衝地ではハイマツが増加する一方、タカネツメクサ等の広葉草本が減少した。富士山の森林限界付近ではカラマツが、山頂付近ではイワノガリヤスが増加傾向にあった。北アルプス (立山) と富士山の森林限界付近では土壌の凍結日数が減少傾向にあり、温暖化による植生遷移の進行を把握するには、今後もモニタリングを継続することが必要である。

② ハイマツ年枝伸長量

北アルプスの浄土山、祖父岳、乗鞍岳や、中央アルプスの千畳敷では、ハイマツ年枝伸長量は過去約20年間に増加傾向にあり、夏の気温が上昇傾向にあることが示唆されている (尾関ら, 2011; Wada et al., 2005)。

本調査でも、ほとんどの調査プロットでハイマツ年枝伸長量は増加傾向にあり (図IV-1-11、12、表IV-1-7、8)、年枝伸長量は前年夏の気温の高さで説明できることが示された (表IV-1-9)。夏の気温としては、前年と当年の6～9月の各月の平均気温と最高気温があるが、調査地や年により相関が高い温度は異なった (図IV-1-14～21)。

③ 昆虫類の変化

チョウ類については、高山蝶の中には減少傾向が伺える種もあったが、調査時の天候等の影響による変動が大きいこともあり、高山蝶の減少または低標高種の増加傾向は認められなかった (図IV-2-2、5)。

地表徘徊性甲虫については、高山性種に減少傾向がある一方、低標高地に生息する種が新たに確認された (表IV-2-6)。環境別では、雪田植生群落の特に標高の低い調査地で、高山性種や雪田植生に特徴的な種が減少しており (図IV-2-9)、雪解けの早期化等が影響している可能性がある。風衝荒原群落でも、特徴的な種を含む高山性種の種数や全体的な個体数が減少しており (図IV-2-9)、地表温の上昇や常緑性低木の増加が関係している可能性がある。ハイマツ林には、他の環境とは異なる特有の種が優占しており (図IV-2-5)、積雪量の減少や土壌の乾燥化、ハイマツの増加とともに、こうした種が増加する可能性がある。

マルハナバチ類については、大雪山で6種、北アルプス (蝶ヶ岳～常念岳) で5種が確認されているが、標高の低いところに分布する種が増加する傾向は認められなかった (図IV-2-12)。

3)ニホンジカ等の野生鳥獣の生息域の拡大

①寡雪地域でみられるニホンジカ等の影響

南アルプス（北岳）の植生調査で、2015年にニホンジカの食痕が確認された。2014年からは開花フェノロジー調査のために設置したインターバルカメラで、採食中とみられる個体を含むニホンザルが複数回撮影されたほか、動物の食害が原因と思われる植物の短期間の消失が複数回撮影された（表Ⅳ-1-5、図Ⅳ-1-9）。南アルプスでは、1990年代末から、ニホンジカによる高山植物への影響が報告されるようになり、その後影響が拡大・深刻化し、関係行政機関によるニホンジカ捕獲や防鹿柵の設置等の対策が行われているが、状況の改善はみられていない（南アルプス自然環境保全活用連携協議会, 2022）。本調査においても、ニホンジカの影響を把握することは重要である。

富士山森林限界付近の植生調査では2015年に食痕が、2020年にニホンジカの糞粒が確認された。インターバルカメラでは2020年から2022年に、採食しているニホンジカやイワオウギなどの食害、2021年にはカモシカが確認された（表Ⅳ-1-5、図Ⅳ-1-9）。元々乏しい富士山の植生への影響が懸念される。

②多雪地域でのニホンジカ等の影響

大雪山では2016年から植生調査ではウサギ類の糞粒が確認され、2021年にはインターバルカメラでエゾユキウサギが撮影された。2020年頃からはニホンジカの食害等が確認されるようになった（表Ⅳ-1-5、図Ⅳ-1-9、図Ⅴ-1-2）。北アルプスと白山では、ニホンジカの食痕等は確認されなかった。

多雪地域の東日本日本海側はニホンジカがほとんど分布せず、本サイト周辺もニホンジカによる影響程度はなしとされる地域であった（大野・吉川, 2015；植生学会企画委員会, 2019）。大雪山山麓の層雲峡周辺には大規模なエゾシカの越冬地が形成され、黒岳の7合目～山頂の低木群落や高茎草本群落に多数の食痕が確認されていた（北海道地方環境事務所, 2012）。北アルプスの立山では2009年に、白山では2013年にニホンジカが確認されていた（有本, 2013；石川県白山自然保護センター, 2017；間宮・赤座, 2019）。



図Ⅴ-1-2 大雪山赤岳コマクサ平で確認された採食中のニホンジカの群れ(2022.8.26)

本調査では雪解日の早期化や積雪期間が短縮する傾向は認められなかったが、多雪地域に設置された調査プロットでも、ニホンジカによる影響が拡大している可能性があり、継続的なモニタリングが必要である。

③ニホンジカの採食による植物の種組成の変化

ニホンジカなどの採食に対する植物の適応戦略として、物理防衛（トゲや葉の硬さ）、化学防衛（草食獣が嫌う匂いや味の物質）や、被食戦略（シバのように再生力があるため食べられることで増加する）があり、ニホンジカなどの採食の影響で、こうした特徴を持つ植物群落が発達する（高槻, 2015）。

本調査でも、今のところ少数だが、ニホンジカの不嗜好性植物または近縁種が確認されている（巻末資料1）。これまでの調査で不嗜好性植物の増加は確認されていないが、ニホンジカが侵入している地域における不嗜好性植物や被食耐性のある禾本類の動向について、食痕情報や糞粒情報と合わせ、モニタリングを継続することが重要である。

4) 動植物の生物季節の変動と種間の相互作用への影響

風衝地と雪田のプロットで開花フェノロジー調査を行った結果、雪田の高山植物の開花開始日は雪解けの早さに応じて変動したが、風衝地では凍結終日の変動とは連動しなかった（図IV-1-25）。地表面温度が開花に及ぼす影響を調べたところ、風衝地の早咲き種と、雪田の一部の種では、地表面温度が高い年ほど、生育起点日～開花開始日までの日数が短かった（図IV-1-29）。地表面温度と開花開始日までの日数の関係について予測モデルを作成したところ、例えばミヤマキンバイの開花開始日までの日数は、地表面温度が平均地表面温度から1℃上昇することで、大雪山赤岳コマクサ平では2.7日、白山水屋尻（雪田）では1.4日短縮することが予測された（図IV-1-30）。本調査では風衝地と雪田ともに、開花開始日の経年的な早期化は認められなかったが、雪解けが早期化し、地表面温度が上昇すれば、開花開始日が早期化する種があると予測された。大雪山で群集レベルの開花期間の変動を予測した研究では、1℃の気温上昇と10日間の雪解けの早期化により開花期間が約5日間短縮されることが予測されている（Kudo, 2019）。

マルハナバチ類の訪花植物に関する調査から、マルハナバチ類は調査地ごとに季節や年により様々な植物を利用しているが、訪花植物の種数と訪花頻度から、高茎広葉草原（雪潤草原）がマルハナバチ類にとって重要な環境であることが示された（表IV-2-10、図IV-2-18）。植生調査の結果から、チョウ類とマルハナバチ類の訪花植物は、風衝地と雪田の両方でみられるが、雪田の方が種数が多く（図IV-1-4）、雪解けの時期がチョウ類やマルハナバチ類の活動時期に影響することが推測される。マルハナバチ類の活動と、マルハナバチ類の採餌場所の雪田植物群集の開花フェノロジーには年による変動があり、雪解けの時期が大きく変動しては両者が一致なくなると、マルハナバチ類の餌不足や、高山植物の授粉と種子生産の低下が起こる可能性が示された（工藤・井本, 2020）。

南アルプス（北岳）のキタダケソウの満開日は、1970年頃までは7月下旬であったが、1990年以降はほとんどの年で6月となり、富士山の気象データから推定した満開日は2040年には6月初め、2100年には5月中旬とされる（名取, 2006）。

これまでの本調査では、開花時期の早期化や、開花フェノロジーの変動とマルハナバチ類の訪花植物の変動との関係は明らかではないが（Kudo, 2014）、気候変動が高山植物の開花フェノロジーや、マルハナバチ類などの昆虫類に及ぼす影響を把握するには、積雪量や気温などの環境の変化と合わせた数十年単位の長期的なモニタリングが必要である。

2. 第5期に向けた課題と方針

(1) サイトやプロットの配置

1) 目標

- ・ 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を行えるよう、サイトやプロットを設置する。

2) 第4期までの状況

- ・ 自然環境に関する特徴（表 I-3-1）、これまでの調査実績や今後の実施体制（表 I-3-7）、アクセスのし易さを考慮して5か所の調査サイト（図 I-1-1）を選定した。
- ・ それぞれのサイトには、調査項目に応じた複数のプロットを設けている（表 I-3-8～13）。

① 大雪山

- 赤岳で実施したチョウ類調査で、大雪山固有の高山蝶であるウスバキチョウやダイセツタカネヒカゲなどは確認されたが、サイト共通の指標種であるベニヒカゲとクモマベニヒカゲは少数しか確認されなかった。2016年8月の追加調査で、これらの指標種はより低標高地で数多く確認されたため、2017年から標高の低いプロットを追加した。
- 植生の変化をより広範囲に短期間で把握するため、赤岳のチョウ類とマルハナバチ類の調査用のトランセクト沿いに30か所の調査地点を設定し、2022年に試行調査を行った。

② 北アルプス（立山）

- 富山大学立山研究所プロットにおいて気温を測定しているが、データの欠測を防ぐため、富山大学が気温の測定をしており、比較的雪が積もりにくい風衝地のプロットを2015年から追加した。

③ 北アルプス（蝶ヶ岳～常念岳）

- 常念小屋で気温を測定してきたが、チョウ類とマルハナバチ類の調査を蝶ヶ岳で実施していること、調査主体の信州大学が別調査で2017年から蝶ヶ岳で気象観測やライブカメラを稼働するようになったことから、2018年以降は蝶ヶ岳ヒュッテで気温を測定することにした。
- 2020年は新型コロナウイルス感染拡大の影響で、マルハナバチ類の調査を中止した。

④ 白山

- 地表徘徊性甲虫の調査を、2009年には千蛇ヶ池風衝地、水屋尻、南竜ヶ馬場の3プロットで実施した。このうち水屋尻では、雪田環境とハイマツ林で種構成が異なることが予測されたために、2010年からはハイマツ林を調査地点に追加した。

⑤ 南アルプス（北岳）

- 2015年までは植生などの調査を、風衝地環境のプロットBと、雪田環境のプロットAで実施してきたが、プロットAは登山道から離れていてアプローチに時間がかかり、調査者の負担が大きかったため2015年に廃止し、新たに登山道沿いのプロットC（風衝地環境）を2015年に設定した。
- チョウ類調査は、肩の小屋付近の定点と北岳山荘付近のライントランセクトで実施してきたが、気象条件（ガスによる照度の低下）の影響が大きかった。そのため、これらの調査地にアプローチする途中の、標高が低くて気象条件の影響が比較的小さい、白根御池分岐点の定点と右俣ルート of ライントランセクトを2015年に追加した。
- 2020年と2021年は新型コロナウイルス感染拡大の影響で、チョウ類の調査は中止し、プロットCの植生調査は2022年に延期した。

⑥富士山

- 山頂付近にA、C、D、Eの4プロットと森林限界付近にBの合計5プロットを設定して調査を開始した。このうちの調査環境の厳しいプロットEは、重要な環境ではあるが、長期的に調査を安全に継続するのは困難との結論となり、2012年の調査を最後に廃止した。
- 2020年と2021年は新型コロナウイルス感染拡大の影響で、山頂3プロットの地温・地表面温度と植生の調査を実施せず、2022年に延期した。

3)第4期までの成果

- ・ 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、表I-3-8～13に示したプロットを設置し、継続して調査を実施している。

4)第5期に向けた課題と展望

- ・ 大雪山で試行的に実施した、植生の変化をより広範囲に短期間で把握するための調査プロットについて、他のサイトでも設置できるか、課題を整理しながら検討を進める。
- ・ サイトが配置されていない東北地方や北海道の他の山域については、現在行われている、あるいは今後行われるモニタリングをサテライトサイトとして登録すれば、高山帯のモニタリング数を増加させることができるだろう。

(2)調査手法

1)目標

- ・ 高山生態系への様々な影響を検出できるよう、調査対象と調査方法を選定する。

2)第4期までの状況

- ・ 2008年に調査対象と調査方法を検討し、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。

3)第4期までの成果

- ・ 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されている。

①気温

- 2015年に測定に使用しているおんどとりを、無線通信でデータを回収できる Jr. RTR-502Lに変更したところ、北アルプス（立山）で2回、大雪山で1回、内部に水が侵入してデータが回収できなかった。そのため両サイトについては、変更前のおんどとり Jr. TR-52iを使用することとした。
- 機材の不具合や紛失に備えて、2017年から地温・地表面温度の測定に用いているティドビットを予備機材として使用することで、欠測が少なくなった。

②地温・地表面温度

- 2013年までは各プロットで、地表、地下5cm、地下10cmに1個ずつ温度計を設置していた。しかし、動物による抜き取り、凍上現象による地上への露出、温度計の破損や故障、行方不明、原因不明の異常値や時計異常のトラブルにより一部で欠測が発生した。そのため2013年からは、地表と地下10cmに予備機材を含む2個ずつの温度計を設置しており、欠測が少なくなった。

③植生調査

- 同定が困難なイネ科やカヤツリグサ科の種類について、2回目の調査以降に修正または、注釈をつけた。
- 富士山の山頂付近では、第2期には専門家が蘚苔類を同定したが、標本採取の必要性や調査の継続性を考慮し、第3期からは現地で調査可能な種類のみを対象とした。
- 植生の変化をより短期間で把握するため、広範囲に多地点の調査地点を設定し、簡便に行う調査方法について2021年より検討を開始した。

④ハイマツ年枝伸長量

- 第2期の調査では、調査対象としたハイマツに識別用のナンバーテープをつけていたが、より確実に同じ個体の同じ場所を測定できるよう、第3期からはアルミ製のナンバータグを取り付け、測定位置にペイントマーカーで線を引くようにした。
- 枝折れや枯死により新しい枝を選び直す場合があり、今後も長期的な調査を続けていく中で、そうした状況が生じることが想定されるため、2018年より新しい枝を選んだ際の解析方法について検討した。

⑤インターバルカメラによる開花フェノロジー調査

- 設置後のカメラについては、原因不明の撮影停止、設定条件の誤り、台風の強風、動物や人によると思われるカメラの移動や落下、三脚の転倒などが発生した。高山帯の調査地域は国立公園の特別保護地区などにあり、調査機材は景観に配慮した色や形のものを使用し、種類や個数を予め示した上で許可を得なければならない。そのため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）を使用し、許可が得られる範囲で強固な構造物や岩を利用して設置したところ、正常に撮影できることが多くなった。
- 南アルプス（北岳）では、6月下旬の山開き前より早期にキタダケソウ等の開花が始まることから、こうした種類の開花時期を把握するため、2020年に前年秋からの越冬カメラの設置を開始し、キタダケソウ等の開花を把握できるようになった。

⑥目視による開花フェノロジー調査

- 2013年頃までは調査日のばらつき（お盆の時期に調査間隔が空く）があったが、現地調査主体の調整努力で、ばらつきが少ない間隔で調査が行われるようになった。
- 調査データの中には、調査者の違いや調査日の天候の影響で、開花ステージの逆転現象（例：B－満開日の方が、A－咲き始めの日より早い）がみられた。その原因としては、悪天時に花を閉じる種類は、蕾と萎んだ花の区別が難しいことが考えられる。そのため解析には、調査地を良く知る専門家が、前後の複数の調査結果を合わせて確認、修正した結果を用いるようにした。

⑦チョウ類、地表徘徊性甲虫、マルハナバチ類

- 調査時の天候については、予備日を含む余裕のある調査日程が望ましいが、調査者の確保の点から限界がある。サイトやプロットの配置で述べたように、南アルプス（北岳）では天候がより安定した調査地を追加した。
- 大雪山のチョウ類調査は、2016年に大雪山固有の高山蝶と各サイト共通の指標種で発生の時期や場所が異なることが示されたため、2017年からはそれぞれに適した時期と場所で調査を実施することとした。

4)第5期に向けた課題と展望

①気温

- 氷や雪の影響による通風シェルターの破損や落下の可能性はあるが、機材の不具合による欠測は予備機の設置で防ぐことにより、継続的なデータが得られる見通しである。

②地温・地表面温度

- 予備機材を含む2個ずつの温度計を設置することで、欠測を防いで継続的なデータが得られる見通しである。

③植生調査

- 富士山は砂礫地で、永久方形区の4隅の杭も含めて斜面全体が少しずつ動くため、同じ場所でのモニタリングの継続が課題である。
- 北アルプス（立山）の雪田環境では、特に調査時の踏みつけの影響が懸念される。調査間隔を現在の5年よりも長くすることは、調査体制の維持等の面から困難なため、マットを敷いて踏圧分散する等の対策を行う。
- 植生の変化をより短期間で把握するため、これまで調査を行ってきた典型的な植生以外に、中間的な植生を含む多地点の調査地を広範囲に設定し、調査方法を検討する。

④ハイマツ年枝伸長量

- 枝折れや枯死、ナンバータグの紛失により、同じ枝を計測し続けることは困難な場合があるが、別の枝を用いた解析方法について検討する。

⑤インターバルカメラによる開花フェノロジー調査

- 設置後のカメラの異常は少なくなったので、今後も安定した設置方法を継続し、異常があった時に早期に回復できる人手を確保する。
- 様々な植物の開花が記録された画像データが蓄積できる見通しである。
- 富士山の森林限界付近では、数年前からニホンジカ等の食害により、開花が確認できる種類や個体数が減少し始めている。

⑥目視による開花フェノロジー調査

- 調査者の人員確保と調査能力の向上と、専門家による確認体制を維持しながら、これまでの調査対象と調査手法で調査を継続する。

⑦チョウ類、地表徘徊性甲虫、マルハナバチ類

- 個体数が、調査時期と調査時の天候に大きく影響を受ける。
- 調査時期はサイトごとに適期を選んで設定しているが、年により適期が異なるので、調査日を一定に保つのか、適期に合わせて調査日を変更するかが課題である。両者を含む調査回数の増加が望ましいが、長期的な調査結果の蓄積から解析を行うこととする。
- 将来的に、雪解けの早期化等で調査適期と調査時期のずれが拡大した場合には、調査時期の見直しを検討する。

(3)持続可能な調査体制

1)目標

- ・ 調査を100年継続することを目指して、持続可能な調査体制を構築する。

2)第4期までの状況

- ・ 調査サイトは、実施体制・協力体制があるところを選定している（表I-3-1, 7）。調査には、大学、国や地方自治体の研究機関、NPO法人、民間の研究団体の方々の協力により成り立っている。
- ・ 大雪山の目視による開花フェノロジー調査は、植物の開花期間中には週2回程度は現地に行

く必要がある。そのため年1～数回の他の調査と異なり、ボランティアの力が無くては成り立たない。調査能力のあるボランティアを継続的に確保するため、現地調査主体による人材の募集や育成が行われている。

- ・ 北アルプス（蝶ヶ岳～常念岳）と南アルプス（北岳）のチョウ類調査と富士山の調査は、当初は大学を中心に実施されていたが、調査者を中心に新たな民間団体が設立され、より幅広い方に協力いただいている。
- ・ 南アルプス（北岳）の温度や植物の調査には、地元の自然保護団体や研究会にも幅広くご参加頂き、請負者と役割分担をしながら調査を継続している。
- ・ マルハナバチ類の調査には、捕獲せずにマルハナバチ類の種類とカーストを識別でき、訪花植物も同定できる調査者が必要である。大雪山では地元のボランティアの方にご協力頂いている。北アルプス（蝶ヶ岳～常念岳）では、学会発表の場やサイト関係者の紹介を通じて得られた様々な所属の方に、ご参加いただいている。

3)第4期までの成果

- ・ 現地調査主体を中心とした調査が継続され、新たな団体やボランティア等も参加し実施されている。

4)第5期に向けた課題と展望

- ・ 調査サイトには、交通網や登山道、宿泊施設が整備されているが、調査者には、一定の体力と登山技術、悪天候も考慮した予備日を含む調査日程の確保が必要である。さらに、新型コロナウイルスの影響で山小屋の予約が必要となり、早めの日程確保が必要となった。
- ・ 高山帯には貴重な生物が多く、貴重な環境を壊さない信頼できる調査者が必要である。
- ・ 高山帯の調査には許認可手続きが必要で、予め調査者を確定する必要がある。
- ・ 調査者が高齢化や異動、病気や怪我などで、調査が困難になる場合がある。そのため、できるだけ複数の調査者が参加することが望ましい。実施主体が大学の場合、研究室所属の学生の参加が期待できる場合が多いが、その他の場合は、後継者の育成、調査団体の拡大、関係機関への協力要請などを必要に応じて行う。

(4)情報の共有・管理及び発信

1)目標

- ・ 本調査で得られた成果は、高山帯という特殊な環境に関する貴重なデータで、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ことが期待される。また、多くの一般市民の方に、高山帯の現状に対する関心を持っていただくための基礎資料でもある。そのため、情報の共有、管理及び発信のための情報管理体制を構築し、高山帯の保全や研究のために効果的に情報を発信する。

2)第4期までの状況

- ・ これまでに「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は毎年蓄積され、それらをまとめた調査結果が、調査報告書、速報、データファイル、ニュースレターとして、環境省自然環境局生物多様性センターのウェブサイトで公開されている。

3)第4期までの成果

- ・ 本調査の成果は、調査関係者を通じて学会や講演会、公開講座などで紹介され、学術論文や報告書、一般書籍などで発表されている。
- ・ 本調査の調査方法に準拠した形で他地域（中央アルプス）でも調査が行われ、一定の成果をあげている。

4)第5期に向けた課題と展望

- ・ 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では、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せず、一部のプロットについては場所を特定できない名称を用いている。また、一部の調査結果については加工または削除して掲載している。
- ・ ウェブサイト公開のデータについては、非公開とす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、可能な限り公開する。

(5)調査結果の保全施策への活用

1)目標

- ・ 調査結果が、国や地方自治体、民間団体などの生物多様性保全施策に効果的に活用される。

2)第4期までの状況

- ・ モニタリングサイト 1000 は、生態系の異変をいち早く検出し、適切な生物多様性保全施策に資することを目標の1つとしているが、自治体や保全団体などの各主体への情報提供が課題である。

3)第4期までの成果

- ・ 国（環境省）の気候変動や生物多様性分野における政策決定への活用、都道府県（北海道、石川県、長野県、山梨県）や市町村（安曇野市、松本市、富山市）の計画策定、環境白書への活用、レッドデータブックへのデータ活用等の希少種保全、特定外来生物のセイヨウオオマルハナバチの対策、国立公園や世界遺産地域の管理、教育に関する国際協力に活用された。
- ・ 調査関係者に対しては、年に1度、メーリングリストを通じて活用実績の情報収集を行っている。

4)第5期に向けた課題と展望

- ・ 気候変動適応法に基づく影響評価や計画に対し、国立環境研究所等の関係機関とも連携を図りつつ、生物の種数や分布、生物季節の変化等、気候変動影響の把握・評価に必要なデータを引き続き整備・提供していく。
- ・ 地方自治体におけるモニタリングサイト 1000 事業の成果の利活用を促進するため、得られた新知見やトピックス等の成果物をわかりやすい形で積極的に提供していく。
- ・ 環境省生物多様性センターが事務局を務める NORNAC（自然系調査研究機関連絡会議）における情報共有等を通じ、相互の成果利活用や連携を強化していく。

- ・ 成果の活用実績は、モニタリングサイト 1000 事業が評価される指標であるとともに、行政ニーズを適切に把握し本調査に反映することが、本調査の必要性や調査体制の維持につながることから、情報収集を重視する。
 - 成果提供する都道府県に対しては、成果を活用した場合には生物多様性センターに連絡するよう依頼。
 - 集めた情報は生物多様性センターで一括管理し、ウェブサイトや成果物の中に入れ込み、調査協力者にも還元する。

(6)国際的枠組みとの連携

1)目標

- ・ 地球規模の生物多様性モニタリング推進のため、既存の国際的な枠組みと連携するとともに、生物多様性モニタリングの協力体制を構築する。
- ・ 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する。

2)第4期までの状況

- ・ 本調査の調査サイトの設定や植生調査の手法については、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 (<https://gloria.ac.at/home>)) を参考にした。

3)第4期までの成果

- ・ 本調査の成果が、英文の学術雑誌や国際シンポジウムで発表された。
- ・ ノルウェーの北極圏と日本の高山帯を学ぶ教育プログラム（JANATEX）において、2018 年はモニタリングサイト 1000 高山帯調査の調査サイトで、ノルウェー大学院生が参加した野外実習が実施された。

4)第5期に向けた課題と展望

- ・ 動植物の分類に諸説があり、研究の進歩とともに見直しが行われるため、採用する和名や学名が、研究者や調査された時代で異なる場合がある。本調査では、地表徘徊性甲虫の和名や学名は、「モニタリングサイト 1000 森林・草原調査」で採用されている文献に準拠することとしているが、今後も動植物の世界的な分類の動向に合わせて見直す可能性がある。

参考情報

<モニタリングサイト 1000 高山帯調査に関わる成果>

- ・モニタリングサイト 1000 ウェブサイト
<https://www.biodic.go.jp/monil000/index.html>
- ・モニタリングサイト1000 高山帯調査マニュアル
<https://www.biodic.go.jp/monil000/manual/>
- ・環境省自然環境局生物多様性センター（2009～2010）平成 20～21 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.
<https://www.biodic.go.jp/monil000/findings/reports/>
- ・環境省自然環境局生物多様性センター（2011～2013, 2014a, 2015～2019, 2020a, 2021～2023）平成 22～29 年度、2019～2022 年度モニタリングサイト 1000 高山帯調査報告書.
<https://www.biodic.go.jp/monil000/findings/reports/>
- ・環境省自然環境局生物多様性センター（2014b）モニタリングサイト 1000 高山帯調査一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.
<https://www.biodic.go.jp/monil000/findings/reports/>
- ・環境省自然環境局生物多様性センター（2020b）モニタリングサイト 1000 高山帯調査一重要生態系監視地域モニタリング推進事業—2008～2017 年度とりまとめ報告書.
<https://www.biodic.go.jp/monil000/findings/reports/>
- ・自然環境研究センター（2010～2023）モニタリングサイト 1000 高山帯調査調査速報 No. 1～14.
<https://www.biodic.go.jp/monil000/findings/newsflash/>
- ・データファイル
<https://www.biodic.go.jp/monil000/findings/data/>
- ・ニュースレター（モニタリングサイト 1000 事業全体）
<https://www.biodic.go.jp/monil000/findings/newsletter/>

<参考文献>

- ・Amagai Y., Kaneko M. & Kudo G. (2015) Habitat-specific responses of shoot growth and distribution of alpine dwarf-pine (*Pinus pumila*) to climate variation. Ecological Research 30: 969-977. doi: 10.1007/s11284-015-1299-6.
- ・Amagai Y., Kudo G. & Sato K. (2018) Changes in alpine plant communities under climate change: dynamics of snow-meadow vegetation in northern Japan over the last 40 years. Applied Vegetation Science 2018: 1-11. doi: 10.1111/avsc.12387.
- ・有本勲（2013）白山にニホンジカとイノシシがやってきた!!．はくさん 41(1)：8-12.
- ・有本実・中村寛志（2007）南アルプス北岳と仙丈ヶ岳周辺のチョウ類群集の定量的調査 日本環境動物昆虫学会誌 18(1)：1-15.
- ・Bartoń, K. (2022) MuMIn: Multi-Model Inference. R package version 1.46.0.
<https://CRAN.R-project.org/package=MuMIn>
- ・Bartoń, K. (2023). Package ‘MuMIn’ : Multi-Model Inference. Version 1.47.52.

- <https://cran.r-project.org/web/packages/MuMIn/MuMIn.pdf>
- Biondi, F., Waikul, K. (2004). DENDROCLIM2002: A C++ program for statistical calibration of climate signals in tree-ring chronologies. *Computers & geosciences*, 30(3), 303-311.
<https://sheppard.ltrr.arizona.edu/Raul/BiondiDENDROCLIM2002.pdf>
 - 福田靖夫・浜栄一・葛谷健・高橋昭・高橋真弓・田中蕃・田中洋・若林守男・渡辺康之 (1984) 日本原色蝶類生態図鑑 (IV). 保育社.
 - 古池博・白井伸和 (2014) 白山の高山帯・亜高山帯の植生地理とその長期変動 1. 南龍ヶ馬場の雪田群落の最近約半世紀間の減少. 石川県立自然史資料館研究報告 4:17-22.
 - 古池博・白井伸和・吉本敦子 (2015) 白山の高山帯・亜高山帯の植生地理とその長期変動 2. 弥陀ヶ原の雪田群落の最近約半世紀間の減少. 石川県立自然史資料館研究報告 5:19-24.
 - GLORIA (Global Observation Research Initiative in Alpine Environments)
<https://gloria.ac.at/home>
 - 橋本佳延・藤木大介 (2014) 日本におけるニホンジカの採食植物・不嗜好性植物リスト. 人と自然 25:133-160.
 - 平松新一 (2000a) 白山における地表性ゴミムシ類の垂直分布. 日本生物地理学会会報 55:1-6.
 - 平松新一 (2000b) 白山における地表性ゴミムシ類の種類相と出現時期. 石川県白山自然保護センター研究報告 27:11-20.
 - 平松新一 (2008) 白山の亜高山帯および高山帯における地表性ゴミムシ類 (コウチュウ目, オサムシ科) の種類相と分布. 昆虫 (ニューシリーズ) 11(1):1-12.
 - 平松新一 (2011) 高山帯雪田環境における地表性ゴミムシ類 (オサムシ科) の出現状況. 昆虫 14(4):281-289.
 - 平松新一 (2015) 白山におけるシデムシ類の出現高度. 石川県白山自然保護センター研究報告 41:17-19.
 - Hiramatsu S., Nisikawa U. (2018) Assemblage characteristics and habitat specificity of carabid beetles in a Japanese alpine-subalpine zone. *Psyche: A journal of entomology*, Volume 2018, Article ID 9754376, 15 pages.
 - Hiramatsu S., Nisikawa U. (2021) Sporadic dwarf shrubs in alpine fellfields provide important habitats for carabid beetles (Coleoptera: Carabidae). *Jpn. J. Environ. Entomol. Zool.* 32(4):175-179.
 - 平松新一・富樫一次・富沢章 (1999) 白山におけるオサムシ亜族の垂直分布. 日本生物地理学会会報 54:1-7.
 - 北海道地方環境事務所 (2012) 平成 23 年度大雪山周辺エゾシカ調査業務一業務報告書 (公開版) ー.
 - 北海道地方環境事務所 (2018) 大雪山高山帯におけるセイヨウオオマルハナバチ防除の考え方.
 - 北海道環境生活部環境局生物多様性保全課 (2016) 北海道レッドリスト【昆虫>チョウ目編】改訂版 (2016 年).

- ・北海道環境生活部環境室自然環境課（2001）北海道の希少野生生物，北海道レッドデータブック 2001.
http://www.pref.hokkaido.lg.jp/ks/skn/yasei/tokutei/rdb/list2016_konchyuchoumoku2.htm
- ・猪又敏男・池田真澄・岸田泰則・板垣有而・金田吉高（1986）大図録日本の蝶. 499pp. 竹書房.
- ・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.
- ・石川県白山自然保護センター（2017）白山の自然誌 37，ニホンジカの生態.
- ・石川県野生動物保護対策調査会（2020）石川県の絶滅のおそれのある野生生物 いしかわレッドデータブック 2020<動物編>石川県生活環境部自然環境課.
- ・石川県絶滅危惧植物調査会（2020）石川県の絶滅のおそれのある野生生物 いしかわレッドデータブック 2020<植物編>石川県生活環境部自然環境課.
- ・上村清・中根猛彦・小山長雄（1962）日本アルプス常念岳における歩行虫類の分布. 京都府立大学学術報告（理学及び家政学） 3：197-210.
- ・環境省（2021）気候変動適応計画. 令和3年10月22日閣議決定.
<https://www.env.go.jp/press/110115/1tekioukeikakuR3.pdf>
- ・環境省（2023）生物多様性国家戦略 2023-2030～ネイチャーポジティブ実現に向けたロードマップ～. <https://www.env.go.jp/content/000124381.pdf>
- ・環境省自然環境局生物多様性センター，植生調査概要，統一凡例（植生区分・大区分一覧表），<http://gis.biodic.go.jp/webgis/sc-016.html>
- ・環境省自然環境局野生生物課希少種保全推進室（2015a）レッドデータブック 2014—日本の絶滅のおそれのある野生生物 5 昆虫類—. ぎょうせい.
- ・環境省自然環境局野生生物課希少種保全推進室（2015b）レッドデータブック 2014—日本の絶滅のおそれのある野生生物 8 植物 I（維管束植物）—. ぎょうせい.
- ・環境省自然環境局野生生物課希少種保全推進室（2020）環境省レッドリスト 2020 の公表について. <https://www.env.go.jp/press/107905.html>
- ・環境省自然環境局野生生物課外来生物対策室，日本の外来種対策，特定外来生物の解説，セイヨウオオマルハナバチ
<https://www.env.go.jp/nature/intro/2outline/list/L-kon-08.html>
- ・片桐峻汰・福沢朋子・逢沢峰昭・久保田耕平・大久保達弘（2019）日光演習林における亜高山帯林のオサムシ科甲虫群集. 宇都宮大学農学部演習林報告 55：39-45.
- ・川合由加・工藤岳（2014）大雪山国立公園における高山植生変化の現状と生物多様性への影響. 地球環境19(1)：23-32.
- ・木野田君公・高見澤今朝雄・伊藤誠夫（2013）日本産マルハナバチ類図鑑. 北海道大学出版会.
- ・気象庁，過去の気象データ検索.
<https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php>
- ・気象庁（2023）日本の平均気温偏差の算出方法.
https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/temp/clc_jpn.html

- ・吉良龍夫 (1948) 温量指数による垂直的な気候帯のわちかたについて—日本の高冷地の合理的利用のために—。寒地農学 2(2) : 47-77.
- ・Klinka K., Krajina V.J., Ceska A, Scagel A.M. (1989) Indicator Plants of Coastal British Columbia., University of British Columbia Press.
- ・Kudo G. (2014) Vulnerability of phenological synchrony between plants and pollinators in an alpine ecosystem. Ecol Res 29: 571-581. doi 10.1007/s11284-013-1108-z.
- ・Kudo G. (2019) Dynamics of flowering phenology of alpine plant communities in response to temperature and snowmelt time: Analysis of a nine-year phenological record collected by citizen volunteers. Environmental and Experimental Botany 170:103843. doi: 10.1016/j.envexpbot.2019.103843.
- ・工藤岳・雨谷教弘 (2018) 高山帯におけるササの分布拡大メカニズムと生態系への影響。地球環境 23:17-26.
- ・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・井本哲雄 (2020) マルハナバチと高山植物群集の季節性の不一致。(環境省自然環境局生物多様性センター) 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—2008~2017 年度とりまとめ報告書。pp. 82-86.
- ・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.
- ・栗田貞多男 (1996) 信州の蝶。信濃毎日新聞社。
- ・Martin, S. J. (1992) Seasonal and altitudinal distribution of ground beetles (Coleoptera) in the Southern Alps of Japan. Jpn. J. Ent. 60: 26-38.
- ・増沢武弘 (2014) 近年進む富士山頂への植物の侵入, 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 とりまとめ報告書, 54-55p. 環境省自然環境局生物多様性センター。
- ・増澤武弘・富田美紀・藤井理行 (2011) 富士山頂の永久凍土の存在と維管束植物の侵入。富士学研究 8 : 7-10.
- ・松本和馬 (2006) 森林総合研究所多摩森林科学園のチョウ相。森林総合研究所研究報告 5(1) (No. 398) :69-84.
- ・間宮寿頼・赤座久明 (2019) 北アルプス立山地域におけるカメラトラップ法によるイノシシとニホンジカのモニタリング調査 (2011~2018 年) 。富山県自然博物博物館ねいの里研究報告第 2 号 : 1-7.
- ・南アルプス自然環境保全活用連携協議会 (2022) 南アルプスニホンジカ対策方針。
https://www.env.go.jp/park/minamialps/minami-alps_sikataisaku_R4.pdf
- ・宮脇昭 (1985) 日本植生誌, 中部。至文堂。
- ・宮脇昭 (1988) 日本植生誌, 北海道。至文堂。
- ・宮脇明・奥田重俊 (1990) 日本植物群落図説。至文堂。
- ・宮脇昭・奥田重俊・藤原睦夫 (1994) 改訂新版日本植生便覧。至文堂。
- ・永盛俊行・芝田翼・辻規男・石黒誠 (2020) 北海道の蝶。北海道大学出版会。

- ・長野県環境部自然保護課・長野県環境保全研究所自然環境部（2015）長野県版レッドリスト～長野県の絶滅のおそれのある野生動植物～動物編 2015.
- ・長野県生物多様性研究会・長野県自然保護研究所・長野県生活環境部環境自然保護課（2004）長野県版レッドデータブック～長野県の絶滅のおそれのある野生生物～動物編.
- ・中村寛志（2020）高山帯チョウ類の調査からみた過去 10 年間のチョウ類群集構造の変化と高山チョウのベニヒカゲの個体数の年次変動.（環境省自然環境局生物多様性センター）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—2008～2017 年度とりまとめ報告書. pp. 73-77.
- ・中村寛志・豊嶋弘（1999）チョウ類の指標グループと RI 指数を利用した環境評価の一方. 日本環境動物昆虫学会誌 10(4):143-159.
- ・名取俊樹（2006）温暖化の高山植物への影響—温暖化影響モニタリングの可能性—. 地球環境 11(1):21-26.
- ・日本チョウ類保全協会（2019）フィールドガイド増補改訂版日本のチョウ. 誠文堂新光社.
- ・日本昆虫目録編集委員会（2013）日本昆虫目録第 7 巻第 1 号鱗翅目（セセリチョウ上科—アゲハチョウ上科）. 日本昆虫学会.
- ・緒勝祐太郎・塘忠顕（2018）会津駒ヶ岳におけるオサムシ科甲虫群集の垂直分布. 日本生物地理学会会報 72: 54-64.
- ・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.
- ・大場達之・永田芳男（2009）増補改訂フィールドベスト図鑑 9 高山植物. 学習研究社.
- ・大場達之・高橋秀男（1999）日本アルプス植物図鑑. 八坂書房.
- ・大橋広好・門田裕一・邑田仁・米倉浩司・木原浩（2016）改定新版日本の野生植物 2 イネ科～イラクサ科. 平凡社.
- ・大野啓一・吉川正人（2015）日本の植生へのシカ影響の広がり—植生学会の調査から.（前迫ゆり・高槻成紀編）シカの脅威と森の未来, シカ柵による植生保全の有効性と限界. pp. 43-56. 文一総合出版.
- ・尾関雅章・浜田崇・飯島滋裕（2011）中央アルプス千畳敷におけるハイマツの年枝伸長量. 長野県環境保全研究所研究報告 7:39-42.
- ・Pinheiro, J., Bates, D., R Core Team (2023). Package ‘nlme’: Linear and Nonlinear Mixed Effects Models. Version 3.1-1631.
- ・R Core Team (2022) R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
- ・Sakio H. and Masuzawa T. (2020) Advancing Timberline on Mt. Fuji between 1978 and 2018. 9(11):1537
- ・Sano T., Matano T., Ujihara A. (1977) Growth of *Pinus pumila* and climate fluctuation in Japan. Nature 266.:159-161.
- ・佐々木雅希・初鹿宏壮・飯田肇・和田直也（2018）立山連峰・室堂山の高山植生と環境要因についての検討. 2018 年度 日本生態学会 中部地区大会 P-6.

- ・ Signorell, A., Aho, K., Alfons, A., Anderegg, N., Aragon, T., Arachchige, C., ... & Bolker, B. (2020). Package ‘DescTools’. Version 0.99, 32.
- ・ 白水隆 (2006) 日本産蝶類標準図鑑. 学習研究社.
- ・ 静岡県くらし・環境部環境局自然保護課 (2020) まもりたい静岡県の野生生物 2020—静岡県レッドデータブック—<植物・菌類編>.
- ・ 須賀丈 (2001) 中部山岳高山帯におけるマルハナバチ類の訪花ならびにオオマルハナバチによるコマクサの盗蜜の記録. 長野県自然保護研究所紀要 4. 別冊 2:13-22.
- ・ 須賀丈 (2006) 外来生物法による外来昆虫の管理: その制度的・科学的背景—特に長野県の生態系への影響が懸念されるセイヨウオオマルハナバチをめぐる—. 長野県環境保全研究所報告 2:1-14.
- ・ 須賀丈 (2009) 中央アルプス木曾駒ヶ岳および北アルプス八方尾根で記録されたチョウ類・マルハナバチ類. 長野県環境保全研究所研究報告 5:65-72.
- ・ 須賀丈・尾関雅章・浜田崇 (2015) 開花フェノロジーとマルハナバチの訪花行動への温暖化影響の観測. 長野県環境保全研究所, 研究プロジェクト成果報告 10, 長野県における温暖化影響評価及び適応策立案手法の開発に関する研究報告書. pp42-48.
- ・ Suttiprapan, P., Yamamoto, S., Nakamura, H. (2006) Species composition and the vertical niche breadth of ground beetles (Carabidae, Brachinidae) in the Southern Japan Alps. Jpn. J. Environ. Entomol. Zool. 17: 143-152.
- ・ Suzuki, K. (2011) Effects of global warming on climate conditions in the Japanese Alps region. in Planet Earth 2011: Global Warming Challenges and Opportunities for Policy and Practice edited by Carayannis, E. G., Intech, 73-88.
- ・ 鈴木啓助 (2013) 中部山岳地域における気象観測の現状とその意義. 地学雑誌, 122, 553-570.
- ・ 鈴木啓助 (2018) 上高地における近年の気候・水循環変動. 雪氷, 80, 103-113.
- ・ 鈴木啓助・佐々木明彦 (2019) 中部山岳地域における気象観測網の展開. 地学雑誌, 128, 9-19.
- ・ 植生学会企画委員会 (2019) ニホンジカによる日本の植生への影響, シカと植生に関するアンケート調査 (2018~2019) ご協力のお願ひ. <http://shokusei.jp/bind/sika.html>.
- ・ 高羽正治 (1998) コウチュウ目オサムシ科. 石川県の昆虫, 石川むしの会・百万石蝶談会 (編), pp103-120. 石川県.
- ・ 高槻成紀 (1989) 植物および群落に及ぼすシカの影響. 日本生態学会誌 39:67-80.
- ・ 高槻成紀 (2015) 植物への影響. (前迫ゆり・高槻成紀編) シカの脅威と森の未来, シカ柵による植生保全の有効性と限界. pp. 31-41. 文一総合出版.
- ・ 富山県生活環境部自然保護課 (2012) 富山県の絶滅のおそれのある野生生物—レッドデータブックとやま 2012—.
- ・ 和田直也. ハイマツの生態と枝の伸長.
<http://www.sci.u-toyama.ac.jp/topics/env/201403.html>
- ・ Wada N., Watanuki K., Kume A., Narita K., Suzuki S., Kudo G. (2005): Climata Change and Shoot Elongation of Alpine Dwarf Pine (*Pinus pumila* Regel): Comparisons between Six Japanese Mountains. Phytton, Annales Rei Botanicae, Horn

45(4) : 253-260.

- Weijers, S., Pape, R., Löffler, J., & Myers-Smith, I. H. (2018). Contrasting shrub species respond to early summer temperatures leading to correspondence of shrub growth patterns. *Environmental Research Letters*, 13(3), 034005.
- Winkler D.E., Amagai Y., Huxman T.E., Kaneko M. & Kudo G. (2016) Seasonal dry-down rates and high stress tolerance promote bamboo invasion above and below treeline. *Plant Ecology* 217: 1219-1234. doi: 10.1007/s11258-016-0649-y.
- 山梨県森林環境部みどり自然課 (2018) 2018 山梨県レッドデータブックー山梨県の絶滅のおそれのある野生生物ー.
- Zang, C., Biondi, F. (2015). Package ‘treeclim’ : an R package for the numerical calibration of proxy-climate relationships. *Ecography*, 38 (4), 431-4363.
<https://cran.r-project.org/web/packages/treeclim/treeclim.pdf>

巻末資料1. 植生調査結果

出現種の順番は、初回調査で出現メッシュ総数が多いものから一覧にした。

1A大雪山黒岳風衝地（標高1,950m）

調査日		2011 7/7	2016 7/31	2021 8/13	出現メッシュ数が有意(P<0.05)に増減した種			機能型		付加情報		植生帯	
		14	15	15				DS: 落葉性低木	VU: 環境省のRLカテゴリー	α 高山帯に分布が限られる種			
		8.4	8.6	8.4				ES: 常緑性低木	VU: 都道府県のRLカテゴリー	β 分布植生帯が広い種			
平均 (10サブコ ドラート)	出現種数	8.4	8.6	8.4				FO: 広葉草本	不: ニホンジカの不嗜好性植物	γ その他			
	植被率(%)	39.0	35.0	39.7				G: 禾本類	食: 高山蝶の食草				
	岩石・砂礫率(%)	61.0	64.6	55.1				FE: シダ類	蝶: 高山蝶の訪花植物				
	蘚苔類(%)	0.0	1.8	2.4				蜂: マルハナバチ類の訪花植物					
	地衣類(%)	7.9	13.5	6.8				()内は近縁種が該当するもの					
食痕情報		無	無	無									
糞粒情報		無	有(ウサギ)	有(ウサギ)									

科名	種名	出現メッシュ総数			サブコドラート当たりの平均出現メッシュ数±標準偏差			Pearson's r	P値	機能型	付加情報	植生帯
		2011	2016	2021	2011	2016	2021					
イネ	ミヤマウシノケグサ	372	363	478	37.2 ± 18.3	36.3 ± 18.9	47.8 ± 16.3	0.23	0.22	G		α
ツツジ	エゾツツジ	348	362	420	34.8 ± 28.0	36.2 ± 25.8	42.0 ± 28.2	0.11	0.57	DS	蝶・蜂	α
ツツジ	チシマツガザクラ	303	335	306	30.3 ± 19.9	33.5 ± 24.4	30.6 ± 22.2	0.01	0.98	ES	VU・蝶・蜂	α
カヤツリグサ	タイセツイワスゲ	207	240	283	20.7 ± 10.1	24.0 ± 8.7	28.3 ± 8.0	0.33	0.08	G	食	α
ツツジ	クロマメノキ	81	84	88	8.1 ± 19.8	8.4 ± 21.0	8.8 ± 21.6	0.01	0.94	DS	食・蝶・蜂	α
バラ	ミヤマキンバイ	59	66	81	5.9 ± 5.7	6.6 ± 6.3	8.1 ± 6.5	0.14	0.45	FO	蜂	α
ゴマノハグサ	イワブクロ	53	65	65	5.3 ± 6.6	6.5 ± 7.3	6.5 ± 7.9	0.07	0.72	FO	蜂	α
キク	ウスユキトウヒレン	53	45	37	5.3 ± 9.6	4.5 ± 7.6	3.7 ± 7.0	-0.08	0.68	FO	EN・蜂	α
オミナエシ	タカネオミナエシ	22	28	25	2.2 ± 3.5	2.8 ± 3.9	2.5 ± 3.2	0.03	0.86	FO	蝶・蜂	α
イワウメ	イワウメ	20	20	14	2.0 ± 2.1	2.0 ± 2.6	1.4 ± 2.0	-0.11	0.57	ES	蝶・蜂	α
ツツジ	ミネズオウ	14	34	35	1.4 ± 2.0	3.4 ± 3.5	3.5 ± 3.2	0.27	0.14	ES	蝶・蜂	α
セリ	シラネニンジン	12	9	4	1.2 ± 1.4	0.9 ± 1.1	0.4 ± 0.9	-0.27	0.15	FO	蝶・蜂	α
バラ	メアカンキンバイ	6	17	28	0.6 ± 1.3	1.7 ± 2.8	2.8 ± 5.2	0.25	0.18	FO	VU	α
マツ	ハイマツ	4	11	17	0.4 ± 1.2	1.1 ± 3.3	1.7 ± 5.1	0.15	0.44	ES		α
ケシ	コマクサ		7	7	0.0 ± 0.0	0.7 ± 1.8	0.7 ± 2.1	0.18	0.35	FO	R・食・蜂	α
双子葉類実生sp.※				8	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	0.8 ± 1.0	0.48	0.01			
維管束植物出現メッシュ総数		1554	1686	1896								

※ 総出現種数と出現種数に双子葉類実生sp.は含まない。

1B大雪山黒岳石室(標高1,890m)

調査日	2011 8/9	2016 8/27	2021 8/12
総出現種数	21	21	20
平均 (10サブコドラート)			
出現種数	13.4	13.5	12.8
植被率(%)	95.7	98.2	97.3
岩石・砂礫率(%)	3.9	1.8	0.8
蘚苔類(%)	0.1	0.2	0.1
地衣類(%)	26.1	14.4	5.3
食痕情報	無	無	無
糞粒情報	無	無	有(ウサギ)

出現メッシュ数が有意(P<0.05)に増減した種	機能型	付加情報	植生帯
■: 増加 ■: 減少	DS: 落葉性低木 ES: 常緑性低木 FO: 広葉草本 G: 禾本類 FE: シダ類	VU: 環境省のRLカテゴリー VU: 都道府県のRLカテゴリー 不: ニホンジカの不嗜好性植物 食: 高山蝶の食草 蝶: 高山蝶の訪花植物 蜂: マルハナバチ類の訪花植物 ()内は近縁種が該当するもの	α 高山帯に分布が限られる種 β 分布植生帯が広い種 γ その他

科名	種名	出現メッシュ総数			サブコドラート当たりの平均出現メッシュ数±標準偏差			Pearson's r	P値	機能型	付加情報	植生帯
					2011.0	2016.0	2021.0					
ツツジ	コエゾツガザクラ	861	908	955	86.1 ± 9.8	90.8 ± 7.9	95.5 ± 5.5	0.44	0.02	ES	蝶・蜂	γ
バラ	チングルマ	581	638	681	58.1 ± 20.8	63.8 ± 18.8	68.1 ± 23.5	0.19	0.32	DS	蝶・蜂	α
イネ	コメススキ※	561	605	620	56.1 ± 14.6	60.5 ± 12.8	62.0 ± 13.5	0.17	0.36	G		γ
カヤツリグサ	キンスゲ	410	432	479	41.0 ± 25.0	43.2 ± 24.4	47.9 ± 23.3	0.12	0.54	G		α
キク	ミヤマアキノキリンソウ	366	394	359	36.6 ± 16.8	39.4 ± 19.1	35.9 ± 20.2	-0.02	0.94	FO	蝶・蜂	γ
カヤツリグサ	リシリスゲ	235	227	216	23.5 ± 7.1	22.7 ± 7.1	21.6 ± 6.4	-0.11	0.55	G	食	α
セリ	ハクサンボウフウ	165	154	157	16.5 ± 21.4	15.4 ± 19.7	15.7 ± 20.5	-0.02	0.93	FO	蝶・蜂	γ
ツツジ	キバナシャクナゲ	143	176	177	14.3 ± 21.6	17.6 ± 24.8	17.7 ± 24.8	0.06	0.76	ES	(不)・食・蝶・蜂	α
イネ	コミヤマヌカボ	131	95	52	13.1 ± 7.4	9.5 ± 5.9	5.2 ± 3.4	-0.49	0.01	G		α
イグサ	ミヤマイ	83	73	78	8.3 ± 9.6	7.3 ± 7.3	7.8 ± 8.1	-0.02	0.90	G	NT	γ
リンドウ	ミヤマリンドウ	79	167	225	7.9 ± 5.6	16.7 ± 5.4	22.5 ± 7.6	0.69	0.00	FO	蝶・蜂	α
ツツジ	ミネズオウ	71	108	128	7.1 ± 8.5	10.8 ± 12.6	12.8 ± 14.6	0.19	0.32	ES	蝶・蜂	α
イグサ	タカネスズメノヒエ	57	66	37	5.7 ± 8.0	6.6 ± 9.1	3.7 ± 5.1	-0.11	0.57	G		α
バラ	ミヤマキンバイ	50	43	58	5.0 ± 4.0	4.3 ± 3.4	5.8 ± 6.1	0.07	0.72	FO	蜂	α
ゴマノハグサ	ヨツバシオガマ	19	13	1	1.9 ± 2.1	1.3 ± 1.3	0.1 ± 0.3	-0.45	0.01	FO	蜂	γ
ツツジ	コメバツガザクラ	14	19	23	1.4 ± 4.2	1.9 ± 5.7	2.3 ± 6.9	0.06	0.74	ES	蝶・蜂	α
サクラソウ	エゾコザクラ	5	4	4	0.5 ± 0.9	0.2 ± 0.4	0.4 ± 0.7	-0.06	0.76	FO	R・蝶・蜂	α
キキョウ	イワギキョウ	4	5		0.4 ± 0.9	0.5 ± 1.2	0.0 ± 0.0	-0.18	0.34	FO	蝶・蜂	α
セリ	シラネニンジン	3	9	9	0.3 ± 0.5	0.9 ± 0.9	0.9 ± 1.5	0.22	0.24	FO	蝶・蜂	α
ツツジ	ジムカデ	3	3	3	0.3 ± 0.9	0.3 ± 0.9	0.3 ± 0.9	0.00	1.00	ES	蜂	α
マツ	ハイマツ	1		1	0.1 ± 0.3	0.0 ± 0.0	0.1 ± 0.3	0.00	1.00	ES		α
イネ	イワノガリヤス		1		0.0 ± 0.0	0.1 ± 0.3	0.0 ± 0.0	0.00	1.00	G	不、食	β
維管束植物出現メッシュ総数		3842	4140	4263								

※ 2011年のミヤマウシノケグサは、2017年にコメススキに修正した。

1C大雪山赤岳コマクサ平(標高1,840m)

調査日	2010 7/9	2015 7/28	2020 8/14
総出現種数	21	20	18
平均 (10サブコ ドラート)			
出現種数	11.3	11.8	11.5
植被率(%)	49.8	53.4	53.5
岩石・砂礫率(%)	50.2	46.6	46.5
蘚苔類(%)	0.2	0.1	3.7
地衣類(%)	4.9	5.0	9.4
食痕情報	無	無	無
糞粒情報	無	無	有(ウサギ)

出現メッシュ数が有意(P<0.05) に増減した種	機能型	付加情報	植生帯
■: 増加 ■: 減少	DS: 落葉性低木 ES: 常緑性低木 FO: 広葉草本 G: 禾本類 FE: シダ類	VU: 環境省のRLカテゴリー VU: 都道府県のRLカテゴリー 不: ニホンジカの不適好性植物 食: 高山蝶の食草 蝶: 高山蝶の訪花植物 蜂: マルハナバチ類の訪花植物 ()内は近縁種が該当するもの	α 高山帯に分布が限られる種 β 分布植生帯が広い種 γ その他

科名	種名	出現メッシュ総数			サブコドラート当たりの平均出現メッシュ数±標準偏差				Pearson's r	P値	機能型	付加情報	植生帯
		2010	2015	2020	2010	2015	2020	2020					
ツツジ	クロマメノキ	384	339	378	38.4 ± 26.9	33.9 ± 26.8	37.8 ± 27.6	37.8 ± 27.6	-0.01	0.96	DS	食・蝶・蜂	α
ツツジ	チシマツガザクラ	189	198	216	18.9 ± 21.3	19.8 ± 19.8	21.6 ± 19.8	21.6 ± 19.8	0.05	0.78	ES	VU・蝶・蜂	α
ケシ	コマクサ	152	118	125	15.2 ± 8.7	11.8 ± 8.5	12.5 ± 7.2	12.5 ± 7.2	-0.13	0.48	FO	R・食・蜂	α
イワウメ	イワウメ	137	147	179	13.7 ± 19.5	14.7 ± 19.8	17.9 ± 22.1	17.9 ± 22.1	0.08	0.66	ES	蝶、蜂	α
イネ	コミヤマヌカボ※1	116	112	227	11.6 ± 9.8	11.2 ± 10.3	22.7 ± 15.6	22.7 ± 15.6	0.34	0.07	G		α
ツツジ	ウラシマツツジ	104	128	152	10.4 ± 10.3	12.8 ± 11.8	15.2 ± 13.5	15.2 ± 13.5	0.16	0.39	DS	蜂	α
ガンコウラン	ガンコウラン	99	107	116	9.9 ± 19.7	10.7 ± 21.2	11.6 ± 20.4	11.6 ± 20.4	0.03	0.86	ES	食・蝶	γ
キク	ウスユキトウヒレン	95	97	101	9.5 ± 17.2	9.7 ± 16.8	10.1 ± 16.3	10.1 ± 16.3	0.01	0.94	FO	EN・蜂	α
イネ	ミヤマウシノケグサ※1	82	77	112	8.2 ± 8.9	7.7 ± 9.3	11.2 ± 12.5	11.2 ± 12.5	0.12	0.54	G		α
カヤツリグサ	タイセツイワスゲ	65	84	96	6.5 ± 4.9	8.4 ± 7.1	9.6 ± 9.0	9.6 ± 9.0	0.17	0.36	G	食	α
ツツジ	ミネズオウ	44	62	77	4.4 ± 9.3	6.2 ± 11.4	7.7 ± 13.1	7.7 ± 13.1	0.12	0.54	ES	蝶・蜂	α
オミナエシ	タカネオミナエシ	40	78	110	4.0 ± 3.3	7.8 ± 4.8	11.0 ± 8.1	11.0 ± 8.1	0.44	0.01	FO	蝶・蜂	α
マツ	ハイマツ	35	42	32	3.5 ± 3.2	4.2 ± 2.8	3.2 ± 5.0	3.2 ± 5.0	-0.03	0.87	ES		α
バラ	ミヤマキンバイ	15	18	16	1.5 ± 1.6	1.8 ± 1.8	1.6 ± 2.5	1.6 ± 2.5	0.02	0.92	FO	蜂	α
カヤツリグサ	ヌイオスゲ	11	11	25	1.1 ± 2.5	1.1 ± 2.5	2.5 ± 4.7	2.5 ± 4.7	0.17	0.38	G	VU	α
セリ	シラネニンジン	9	9	16	0.9 ± 1.5	0.9 ± 1.3	1.6 ± 2.1	1.6 ± 2.1	0.17	0.38	FO	蝶・蜂	α
イネ	イワノガリヤス	7	7		0.7 ± 2.1	0.7 ± 1.6	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	-0.19	0.33	G	不・食	β
バラ	エゾノマルバシモツケ	5	5	7	0.5 ± 1.5	0.5 ± 1.5	0.7 ± 2.1	0.7 ± 2.1	0.05	0.80	DS	蜂	α
イネ	ミヤマコウボウ	2	1		0.2 ± 0.6	0.1 ± 0.3	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	-0.21	0.27	G		α
リンドウ	クモイリンドウ	1	1	5	0.1 ± 0.3	0.1 ± 0.3	0.5 ± 0.8	0.5 ± 0.8	0.29	0.12	FO	蜂	α
ツツジ	コケモモ	1			0.1 ± 0.3	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	-0.23	0.23	ES	食・蝶・蜂	γ
	双子葉実生sp.※2	3	3	2	0.3 ± 0.6	0.3 ± 0.6	0.2 ± 0.4	0.2 ± 0.4	-0.07	0.71	不明		
維管束植物出現メッシュ総数		1596	1644	1992									

※1 2010年と2015年のミヤマウシノケグサとコミヤマヌカボのメッシュ数を2023年に修正した。

※2 総出現種数と出現種数に双子葉実生sp.は含まない。

1D大雪山赤岳第4雪渓(標高1,970m)

調査日	2010 8/6	2015 8/19	2020 8/13
総出現種数	28	31	31
出現種数	14.9	15.8	15.9
植被率(%)	98.5	99.7	98.8
岩石・砂礫率(%)	1.0	0.3	1.2
蘚苔類(%)	0.1	0.1	0.01
地衣類(%)	4.3	1.9	2.2
食痕情報	無	無	無
糞粒情報	無	無	無

出現メッシュ数が有意(P<0.05)に増減した種	機能型	付加情報	植生帯
■: 増加	DS: 落葉性低木	VU: 環境省のRLカテゴリー	α 高山帯に分布が限られる種
■: 減少	ES: 常緑性低木	VU: 都道府県のRLカテゴリー	β 分布植生帯が広い種
	FO: 広葉草本	不: ニホンジカの嗜好性植物	γ その他
	G: 禾本類	食: 高山蝶の食草	
	FE: シダ類	蝶: 高山蝶の訪花植物	
		蜂: マルハナバチ類の訪花植物	
		() 内は近縁種が該当するもの	

科名	種名	出現メッシュ総数			サブコドラート当たりの平均出現メッシュ数±標準偏差				Pearson's r	P値	機能型	付加情報	植生帯
					2010	2015		2020					
バラ	チングルマ	823	878	890	82.3 ± 18.2	87.8 ± 13.9	89.0 ± 15.5	0.17	0.37	DS	蝶・蜂	α	
ツツジ	キバナシャクナゲ	815	897	921	81.5 ± 11.7	89.7 ± 10.8	92.1 ± 9.8	0.37	0.04	ES	(不)・食・蝶・蜂	α	
ツツジ	アオノツガザクラ	753	847	899	75.3 ± 24.2	84.7 ± 24.1	89.9 ± 17.1	0.26	0.16	ES	蜂	α	
イネ	コメススキ	534	658	720	53.4 ± 20.3	65.8 ± 25.1	72.0 ± 26.9	0.30	0.11	G		γ	
カヤツリグサ	ミヤマクロスゲ	405	505	593	40.5 ± 17.1	50.5 ± 15.0	59.3 ± 20.1	0.40	0.03	G	食・蜂	γ	
イネ	イワノガリヤス	389	546	609	38.9 ± 18.0	54.6 ± 20.5	60.9 ± 18.2	0.43	0.02	G	不、食	α	
ツツジ	コケモモ	270	390	338	27.0 ± 12.3	39.0 ± 16.6	33.8 ± 11.1	0.19	0.31	ES	食・蝶・蜂	γ	
バラ	タカネトウウチソウ	214	287	367	21.4 ± 17.1	28.7 ± 19.8	36.7 ± 25.4	0.28	0.13	FO	蜂	γ	
リンドウ	ミヤマリンドウ	144	206	305	14.4 ± 6.9	20.6 ± 9.5	30.5 ± 9.4	0.60	0.00	FO	蝶・蜂	α	
バラ	コガネイチゴ	130	237	297	13.0 ± 16.0	23.7 ± 26.4	29.7 ± 28.1	0.27	0.15	FO		γ	
ヤナギ	ミヤマヤナギ(ミネヤナギ)	92	97	112	9.2 ± 14.5	9.7 ± 16.8	11.2 ± 18.4	0.05	0.80	DS	蝶・蜂	β	
キンポウゲ	ミツバオウレン	85	191	282	8.5 ± 7.9	19.1 ± 15.5	28.2 ± 22.2	0.44	0.01	FO		β	
セリ	シラネニンジン	55	107	176	5.5 ± 8.2	10.7 ± 11.6	17.6 ± 14.0	0.39	0.03	FO	蝶・蜂	α	
バラ	ミヤマキンバイ	38	44	35	3.8 ± 7.6	4.4 ± 8.8	3.5 ± 6.8	-0.02	0.93	FO	蜂	α	
キキョウ	イワギキョウ	36	39	39	3.6 ± 6.1	3.9 ± 8.3	3.9 ± 11.4	0.01	0.94	FO	蝶・蜂	α	
キク	ミヤマサワアザミ	36	44	46	3.6 ± 10.8	4.4 ± 11.1	4.6 ± 12.5	0.04	0.85	FO	蝶・蜂	α	
キク	ミヤマアキノキリンソウ(コガネギク)	32	47	45	3.2 ± 4.3	4.7 ± 6.0	4.5 ± 5.2	0.10	0.59	FO	蝶・蜂	γ	
ツツジ	ミネズオウ	27	32	38	2.7 ± 8.1	3.2 ± 9.6	3.8 ± 11.4	0.05	0.81	ES	蝶・蜂	α	
カヤツリグサ	イトキンスゲ	23	27	21	2.3 ± 5.0	2.7 ± 6.1	2.1 ± 5.3	-0.01	0.94	G		γ	
ゴマノハグサ	エゾヒメクワガタ	22	40	47	2.2 ± 5.0	4.0 ± 9.2	4.7 ± 10.8	0.12	0.54	FO	VU・蜂	α	
サクラソウ	エゾコザクラ	7	8	12	0.7 ± 1.3	0.8 ± 1.5	1.2 ± 3.0	0.10	0.61	FO	R・蝶・蜂	α	
スミレ	ジンヨウキスミレ	7	8	6	0.7 ± 1.8	0.8 ± 2.1	0.6 ± 1.5	-0.02	0.91	FO	EN・VU	α	
セリ	ハクサンボウフウ	6	7	15	0.6 ± 1.0	0.7 ± 1.3	1.5 ± 2.2	0.22	0.24	FO	蝶・蜂	γ	
バラ	マルバシモツケ	3	2	3	0.3 ± 0.9	0.2 ± 0.6	0.3 ± 0.9	0.00	1.00	DS	蝶・蜂	α	
ツツジ	ジムカデ	2	5	6	0.2 ± 0.6	0.5 ± 1.5	0.6 ± 1.8	0.12	0.54	ES	蜂	α	
ツツジ	コメバツガザクラ	2			0.2 ± 0.6	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	-0.23	0.23	ES	蝶・蜂	α	
イグサ	タカネスズメノヒエ	1	4	3	0.1 ± 0.3	0.4 ± 0.8	0.3 ± 0.6	0.13	0.49	G		α	
イネ	ヒロハノコメススキ		12	1	0.0 ± 0.0	1.2 ± 1.3	0.1 ± 0.3	0.04	0.82	G		α	
マツ	ハイマツ		4	11	0.0 ± 0.0	0.4 ± 0.9	1.1 ± 3.3	0.22	0.24	ES		α	
ゴマノハグサ	ヨツバシオガマ		2	4	0.0 ± 0.0	0.2 ± 0.6	0.4 ± 1.2	0.21	0.27	FO	蜂	γ	
ツツジ	クロマメノキ		1	4	0.0 ± 0.0	0.1 ± 0.3	0.4 ± 1.2	0.22	0.24	DS	食・蝶・蜂	α	
カヤツリグサ	キンスゲ			18	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	1.8 ± 1.9	0.53	0.00	G		α	
カヤツリグサ	スゲsp.	6	1		0.6 ± 1.0	0.1 ± 0.3	0.0 ± 0.0	-0.37	0.05	G			
維管束植物出現メッシュ総数		4957	6173	6863									

2A北アルプス(立山)室堂平(標高2,465m)

調査日		2012	2017	2022
		8/21	9/4,5	9/4,5
総出現種数		20	20	19
平均 (10サブコドラート)	出現種数	16.0	16.2	16.2
	植被率(%)	98.5	99.9	100.0
	岩石・砂礫率(%)	0.4	0.0	0.0
	蘚苔類(%)	0.5	0.2	0.2
	地衣類(%)	0.7	0.4	0.4
食痕情報		無	無	無
糞粒情報		無	無	無

出現メッシュ数が有意(P<0.05)に増減した種	機能型	付加情報	植生帯
■: 増加	DS: 落葉性低木	VU: 環境省のRLカテゴリー	α 高山帯に分布が限られる種
■: 減少	ES: 常緑性低木	VU: 都道府県のRLカテゴリー	β 分布植生帯が広い種
	FO: 広葉草本	不: ニホンジカの嗜好性植物	γ その他
	G: 禾本類	食: 高山蝶の食草	
	FE: シダ類	蝶: 高山蝶の訪花植物	
		蜂: マルハナバチ類の訪花植物	
		() 内は近縁種が該当するもの	

科名	種名	出現メッシュ総数			サブコドラート当たりの平均出現メッシュ数±標準偏差			Pearson's r	P値	機能型	付加情報	植生帯
		2012	2017	2022	2012	2017	2022					
カヤツリグサ	ショウジョウスゲ	892	940	944	89.2 ± 14.6	94.0 ± 11.8	94.4 ± 10.6	0.17	0.38	G	食	α
バラ	チングルマ	804	806	779	80.4 ± 21.3	80.6 ± 18.4	77.9 ± 19.0	-0.05	0.79	DS	蝶・蜂	α
イワウメ	コイワカガミ	748	803	784	74.8 ± 14.3	80.3 ± 14.0	78.4 ± 20.6	0.09	0.64	FO	(不)・蜂	β
ミツガシワ	イワイチョウ	464	524	463	46.4 ± 15.8	52.4 ± 17.6	46.3 ± 19.6	0.00	0.99	FO		γ
キンポウゲ	コシジオウレン(ミツバノバイカオウレン)	440	619	704	44.0 ± 9.0	61.9 ± 17.5	70.4 ± 12.1	0.62	0.00	FO		β
ガンコウラン	ガンコウラン	406	446	466	40.6 ± 36.9	44.6 ± 38.8	46.6 ± 38.4	0.06	0.74	ES		γ
ツツジ	マルバウスゴ※1	288	291	301	28.8 ± 30.2	29.1 ± 31.0	30.1 ± 31.6	0.02	0.93	DS	食・蜂	γ
イネ	ヒゲノガリヤス	266	330	383	26.6 ± 18.5	33.0 ± 21.6	38.3 ± 21.4	0.23	0.23	G		β
リンドウ	ミヤマリンドウ	195	221	249	19.5 ± 6.3	22.1 ± 9.2	24.9 ± 14.5	0.20	0.28	FO	蝶・蜂	α
イネ	コメススキ	192	293	411	19.2 ± 6.1	29.3 ± 11.8	41.1 ± 16.7	0.59	0.00	G		γ
キンポウゲ	ハクサンイチゲ	152	178	173	15.2 ± 14.4	17.8 ± 17.3	17.3 ± 17.4	0.05	0.78	FO		α
セリ	シラネニンジン	74	125	113	7.4 ± 5.4	12.5 ± 7.2	11.3 ± 8.9	0.21	0.27	FO	蝶・蜂	α
ユリ	ヒメイワショウブ	67	81	108	6.7 ± 6.3	8.1 ± 6.7	10.8 ± 7.5	0.24	0.21	FO	蝶	α
ツツジ	アオノツガザクラ	62	68	49	6.2 ± 8.4	6.8 ± 8.3	4.9 ± 7.0	-0.07	0.73	ES	蜂	α
セリ	ハクサンボウフウ(キレハノハクサンボウフウ含む)	47	71	49	2.4 ± 3.6	3.6 ± 5.2	4.9 ± 4.1	0.02	0.93	FO	(蜂)	γ
ヒカゲノカズラ	ミヤマヒカゲノカズラ	43	25	23	4.3 ± 5.1	2.5 ± 2.3	2.3 ± 2.6	-0.22	0.24	FE	(不)	α
キク	ウスギギク	18	15	7	1.8 ± 2.7	1.5 ± 1.9	0.7 ± 1.2	-0.22	0.25	FO	蝶・蜂	γ
キク	ミヤマアキノキリンソウ(コガネギク)	15	17	21	1.5 ± 1.6	1.7 ± 2.2	2.1 ± 2.1	0.12	0.51	FO	蝶・蜂	γ
ユリ	コバイケイソウ	8	18	19	0.8 ± 1.3	1.8 ± 2.6	1.9 ± 2.6	0.19	0.30	FO	不・蝶・蜂	γ
ツツジ	シラタマノキ	4	2		0.4 ± 0.7	0.2 ± 0.6	0.0 ± 0.0	-0.30	0.11	ES		β
	実生 spp.※2		14	3								
維管束植物出現メッシュ総数		5185	5887	6049								

※1 2022年にクロウスゴをマルバウスゴに修正した。

※2 実生は複数種を含む。出現種数には含めなかった。

2B北アルプス(立山)風衝地(標高2,705m)

調査日		2011	2016	2021
		8/2,5	7/22,28	7/29,30
総出現種数		17	19	20
平均 (10サブコドラート)	出現種数	12.8	14.5	14.5
	植被率(%)	72.1	75.0	76.6
	岩石・砂礫率(%)	27.9	25.0	23.4
	蘚苔類(%)	7.9	8.6	12.4
	地衣類(%)	1.0	0.9	0.6
食痕情報		無	無	無
糞粒情報		無	無	無

出現メッシュ数が有意(P<0.05)に増減した種	機能型	付加情報	植生帯
■: 増加 ■: 減少	DS: 落葉性低木 ES: 常緑性低木 FO: 広葉草本 G: 禾本類 FE: シダ類	VU: 環境省のRLカテゴリー VU: 都道府県のRLカテゴリー 不: ニホンジカの嗜好性植物 食: 高山蝶の食草 蝶: 高山蝶の訪花植物 蜂: マルハナバチ類の訪花植物 ()内は近縁種が該当するもの	α 高山帯に分布が限られる種 β 分布植生帯が広い種 γ その他

科名	種名	出現メッシュ総数			サブコドラート当たりの平均出現メッシュ数±標準偏差			Pearson's r	P値	機能型	付加情報	植生帯
		2011	2016	2021	2011	2016	2021					
ツツジ	コメバツガザクラ	894	921	941	89.4 ± 8.7	92.1 ± 10.2	94.1 ± 9.6	0.20	0.30	ES	蜂	α
カヤツリグサ	イワスゲ※1	663	631	645						G		α
カヤツリグサ	ミヤマコウボウ※1		81	64						G		α
タデ	ムカゴトラノオ	457	492	438	45.4 ± 20.4	49.2 ± 19.3	43.8 ± 16.8	-0.03	0.86	FO		α
バラ	ミヤマキンバイ	455	417	404	45.5 ± 15.3	41.7 ± 15.1	40.4 ± 13.5	-0.14	0.46	FO	蝶・蜂	α
ナデシコ	タカネツメクサ	397	324	286	39.7 ± 7.7	32.4 ± 8.5	28.6 ± 10.9	-0.44	0.01	FO		α
イネ	コメススキ※1	211	166	143						G		γ
イネ	ミヤマウシノケグサ※1		94	118						G		α
キキョウ	チシマギキョウ	211	161	82	21.1 ± 18.8	16.1 ± 16.9	8.2 ± 11.5	-0.31	0.09	FO	蜂	α
ツツジ	ミネズオウ	185	238	252	18.5 ± 18.5	23.8 ± 22.1	25.2 ± 22.1	0.13	0.50	ES	蜂	α
ユリ	チシマアマナ	182	158	87	18.2 ± 7.6	15.8 ± 8.3	8.7 ± 7.9	-0.44	0.02	FO		α
イネ	ヒナガリヤス※2	136	90	78	13.6 ± 11.7	9.0 ± 9.6	7.8 ± 10.0	-0.22	0.24	G		α
バラ	ミヤマダイコンソウ	118	122	126	11.8 ± 10.4	12.2 ± 10.6	12.6 ± 10.9	0.03	0.87	FO	蝶	α
イワウメ	イワウメ	72	75	74	7.2 ± 9.6	7.5 ± 10.2	7.4 ± 10.1	0.01	0.97	ES	蝶・蜂	α
リンドウ	トウヤクリンドウ	57	42	24	5.7 ± 4.1	4.2 ± 3.4	2.4 ± 2.8	-0.36	0.05	FO	(蜂)	α
セリ	ミヤマウイキョウ	39	25	21	3.9 ± 6.1	2.5 ± 4.2	2.1 ± 3.1	-0.16	0.41	FO		α
	sp.1※3	21	23	18	2.1 ± 4.5	2.3 ± 5.2	1.8 ± 4.5	-0.03	0.89	DS		α
イグサ	クモマスズメノヒエ	7	8	4	0.7 ± 2.1	0.8 ± 1.7	0.4 ± 1.2	-0.07	0.71	G	NT・NT	α
マツ	ハイマツ	7	12	37	0.7 ± 0.9	1.2 ± 1.1	3.7 ± 2.4	0.59	0.00	ES		α
ヒカゲノカズラ	チシマヒカゲノカズラ			1	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	0.1 ± 0.3	0.23	0.23	FE	EN・DD	α
維管束植物出現メッシュ総数		4112	4080	3843								

※1 2011年はミヤマウシノケグサをコメススキに、ミヤマコウボウをイワスゲに含めていた可能性があるため、出現メッシュ数の変化の解析は行わなかった。

※2 2011年と2016年のヒロハコメススキは2022年にヒナガリヤスに修正した。

※3 希少種保護のため、種名が非公開になっています。

4B白山千蛇ヶ池南方風衝地(標高2,580m)

調査日		2012	2015	2020
		8/9	8/12	9/14
総出現種数		10	9	9
平均 (10サブコドラート)	出現種数	5.7	6.2	5.7
	植被率(%)	58.4	55.8	57.6
	岩石・砂礫率(%)	41.6	44.2	42.4
	蘚苔類(%)	0.6	0.5	0.2
	地衣類(%)	0.0	0.0	0.0
食痕情報		無	無	無
糞粒情報		無	無	無

出現メッシュ数が有意(P<0.05)に増減した種	機能型	付加情報	植生帯
■: 増加 ■: 減少	DS: 落葉性低木 ES: 常緑性低木 FO: 広葉草本 G: 禾本類 FE: シダ類	VU: 環境省のRLカテゴリー VU: 都道府県のRLカテゴリー 不: ニホンジカの不嗜好性植物 食: 高山蝶の食草 蝶: 高山蝶の訪花植物 蜂: マルハナバチ類の訪花植物 ()内は近縁種が該当するもの	α 高山帯に分布が限られる種 β 分布植生帯が広い種 γ その他

科名	種名	出現メッシュ総数			サブコドラート当たりの平均出現メッシュ数±標準偏差			Pearson's r	P値	機能型	付加情報	植生帯
					2012	2015	2020					
ガンコウラン	ガンコウラン	649	675	700	64.9 ± 29.3	70.0 ± 29.0	70.0 ± 29.0	0.07	0.71	ES		γ
ツツジ	コケモモ	298	348	420	29.8 ± 22.1	42.0 ± 27.7	42.0 ± 27.7	0.20	0.30	ES	蜂	γ
イワウメ	イワウメ	119	135	149	11.9 ± 15.0	14.9 ± 16.8	14.9 ± 16.8	0.08	0.69	ES	EN・蜂	α
イネ	コメススキ	78	54	52	7.8 ± 10.1	5.2 ± 6.1	5.2 ± 6.1	-0.13	0.50	G		γ
カヤツリグサ	イワスゲ	60	72	66	6.0 ± 4.3	6.6 ± 6.9	6.6 ± 6.9	0.03	0.88	G		α
マツ	ハイマツ	21	42	47	2.1 ± 1.7	4.7 ± 3.6	4.7 ± 3.6	0.30	0.11	ES		α
ナデシコ	イワツメクサ	20	21	20	2.0 ± 3.2	2.0 ± 2.9	2.0 ± 2.9	0.00	0.99	FO		α
セリ	シラネニンジン	6	4	2	0.6 ± 0.9	0.2 ± 0.6	0.2 ± 0.6	-0.23	0.23	FO	蝶・蜂	α
ツツジ	コメバツガザクラ	3	9	9	0.3 ± 0.9	0.9 ± 1.4	0.9 ± 1.4	0.18	0.34	ES	蜂	α
アブラナ	ミヤマタネツケバナ	3			0.3 ± 0.9	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	-0.21	0.27	FO		α
維管束植物出現メッシュ総数		1257	1360	1465								

4C白山水屋尻(標高2,472m)

調査日		2011 8/9	2014 8/13	2017 9/3,4	2022 9/29-30
総出現種数		12	12	13	13
平均 (10サブコ ドラート)	出現種数	7.7	8.6	8.8	8.9
	植被率(%)	81.5	82.7	85.9	88.5
	岩石・砂礫率(%)	12.4	12.1	11.8	10.8
	蘚苔類(%)	0.0	0.0	11.0	9.7
	地衣類(%)	5.9	4.2	3.5	2.7
食痕情報		無	無	無	無
糞粒情報		無	無	無	無

出現メッシュ数が有意(P<0.05)に増減した種	機能型	付加情報	植生帯
■: 増加	DS: 落葉性低木	VU: 環境省のRLカテゴリー	α 高山帯に分布が限られる種
■: 減少	ES: 常緑性低木	VU: 都道府県のRLカテゴリー	β 分布植生帯が広い種
	FO: 広葉草本	不: ニホンジカの嗜好性植物	γ その他
	G: 禾本類	食: 高山蝶の食草	
	FE: シダ類	蝶: 高山蝶の訪花植物	
		蜂: マルハナバチ類の訪花植物	
		() 内は近縁種が該当するもの	

科名	種名	出現メッシュ総数				サブコドラート当たりの平均出現メッシュ数±標準偏差				Pearson's r	P値	機能型	付加 情報	植生帯
		2011	2014	2017	2022	2011	2014	2017	2022					
イネ	ヒロハコメススキ	731	691	738	722	73.1 ± 24.4	69.1 ± 18.8	73.8 ± 27.7	72.2 ± 28.4	0.01	0.96	G		α
バラ	ミヤマキンバイ	420	414	415	401	42.0 ± 18.9	41.4 ± 14.8	41.5 ± 17.0	40.1 ± 13.3	-0.04	0.80	FO	蜂	α
イネ	コメススキ	334	431	523	658	33.4 ± 25.6	43.1 ± 26.1	52.3 ± 28.1	65.8 ± 22.8	0.42	0.01	G		γ
ツツジ	アオノツガザクラ	163	163	144	151	16.3 ± 26.2	16.3 ± 24.7	14.4 ± 23.8	15.1 ± 25.4	-0.02	0.89	ES	蜂	α
サクラソウ	ハクサンコザクラ	159	230	263	285	15.9 ± 15.0	23.0 ± 21.8	26.3 ± 24.3	28.5 ± 26.1	0.19	0.23	FO	NT・蜂	γ
ユリ	コバイケイソウ	152	182	201	131	15.2 ± 12.5	18.2 ± 12.0	20.1 ± 13.8	13.1 ± 10.0	-0.07	0.68	FO	不	γ
オトギリソウ	シナノオトギリ	47	49	58	120	4.7 ± 5.9	4.9 ± 7.0	5.8 ± 6.1	12.0 ± 13.4	0.30	0.06	FO	蝶・蜂	γ
セリ	ハクサンボウフウ	29	59	64	41	2.9 ± 3.3	5.9 ± 6.0	6.4 ± 3.7	4.1 ± 3.4	0.06	0.69	FO	蜂	γ
リンドウ	ミヤマリンドウ	29	178	259	439	2.9 ± 3.2	17.8 ± 11.5	25.9 ± 16.0	43.9 ± 15.7	0.76	0.00	FO	蜂	α
キク	アキノキリンソウ	8	11	12	15	0.8 ± 1.8	1.1 ± 2.5	1.2 ± 3.0	1.5 ± 3.6	0.09	0.59	FO	蝶・蜂	β
ユリ	クロユリ	4	9	12	19	0.4 ± 0.5	0.9 ± 1.2	1.2 ± 2.0	1.9 ± 3.6	0.24	0.13	FO		γ
イワウメ	イワカガミ	3	5	5	5	0.3 ± 0.9	0.5 ± 1.5	0.5 ± 1.5	0.5 ± 1.2	0.05	0.77	FO	(不)	β
	シダ sp.			1	4							FE		
維管束植物出現メッシュ総数		2079	2422	2695	2991									

4D白山南竜ヶ馬場(標高2,084m)

調査日		2010 8/11	2011 8/10	2013 8/12-3	2016 8/23-5	2021 9/23-4
総出現種数		26	24	25	25	25
平均 (10サブコ ドラート)	出現種数	14.9	14.8	12.6	13.6	13.8
	植被率(%)	83.8	87.7	89.0	88.9	91.4
	岩石・砂礫率(%)	5.3	6.6	11.0	11.1	8.6
	蘚苔類(%)	-	0.1	0.5	2.9	4.2
	地衣類(%)	6.9	5.4	7.8	6.7	8.9
食痕情報		無	無	無	無	無
糞粒情報		無	無	無	無	無

出現メッシュ数が有意(P<0.05)に増減した種	機能型	付加情報	植生帯
■: 増加	DS: 落葉性低木	VU: 環境省のRLカテゴリー	α 高山帯に分布が限られる種
■: 減少	ES: 常緑性低木	VU: 都道府県のRLカテゴリー	β 分布植生帯が広い種
	FO: 広葉草本	不: ニホンジカの不嗜好性植物	γ その他
	G: 禾本類	食: 高山蝶の食草	
	FE: シダ類	蝶: 高山蝶の訪花植物	
		蜂: マルハナバチ類の訪花植物	
		()内は近縁種が該当するもの	

科名	種名	出現メッシュ総数					サブコドラート当たりの平均出現メッシュ数±標準偏差					Pearson's r	P値	機能型	付加情報	植生帯
		2010	2011	2013	2016	2021	2010	2011	2013	2016	2021					
カヤツリグサ	ショウジョウスゲ	625	678	616	746	778	62.5 ± 18.9	67.8 ± 23.3	61.6 ± 21.7	74.6 ± 23.5	77.8 ± 19.8	0.25	0.08	G	食	α
ツツジ	クロマメノキ	563	580	538	573	615	56.3 ± 40.2	58.0 ± 40.3	53.8 ± 39.4	57.3 ± 38.7	61.5 ± 39.9	0.04	0.76	DS	蜂	α
イワウメ	イワカガミ	505	513	430	555	615	50.5 ± 41.1	51.3 ± 41.1	43.0 ± 42.5	55.5 ± 40.8	61.5 ± 40.4	0.11	0.45	FO	(不)	β
キンボウゲ	ミツバオウレン※1	381	205	322	501	586								FO		β
キンボウゲ	コシジオウレン(ミツババイカオウレン)※1	31	333											FO		β
サクランソウ	ハクサンコザクラ	307	310	242	346	390	30.7 ± 26.8	31.0 ± 25.1	24.2 ± 29.0	34.6 ± 27.7	39.0 ± 30.0	0.13	0.38	FO	NT・蜂	γ
ミツガシワ	イワイチョウ	298	294	286	332	366	29.8 ± 30.5	29.4 ± 30.2	28.6 ± 28.2	33.2 ± 33.5	36.6 ± 36.6	0.09	0.55	FO		γ
キンボウゲ	モミジカラマツ	251	315	219	328	113	25.1 ± 20.5	31.5 ± 24.2	21.9 ± 21.0	32.8 ± 25.5	11.3 ± 9.3	-0.22	0.13	FO	蜂	β
ツツジ	アオノツガザクラ	167	187	166	200	219	16.7 ± 23.7	18.7 ± 26.2	16.6 ± 24.2	20.0 ± 26.5	21.9 ± 29.5	0.07	0.64	ES	蜂	α
ユリ	ネバリノギラン	145	165	140	235	271	14.5 ± 5.7	16.5 ± 7.8	14.0 ± 9.8	23.5 ± 11.5	27.1 ± 9.7	0.46	0.00	FO		β
イネ	コメススキ	141	276	122	246	326	14.1 ± 12.8	27.6 ± 24.0	12.2 ± 16.9	24.6 ± 20.7	32.6 ± 24.5	0.24	0.09	G		γ
イネ	ヒロハコメススキ	139	243	239	227	234	13.9 ± 19.8	24.3 ± 28.6	23.9 ± 26.8	22.7 ± 24.9	23.4 ± 25.8	0.07	0.63	G		α
ユキノシタ	ミヤマダイモンジソウ	87	107	62	76	144	8.7 ± 10.6	10.7 ± 13.7	6.2 ± 7.3	7.6 ± 7.0	14.4 ± 13.8	0.15	0.30	FO		γ
ユリ	クロユリ	79	115	94	27		7.9 ± 16.0	11.5 ± 18.9	9.4 ± 18.2	2.7 ± 5.2	0.0 ± 0.0	-0.26	0.06	FO		γ
リンドウ	ミヤマリンドウ	69	70	30	79	144	6.9 ± 7.7	7.0 ± 4.7	3.0 ± 2.7	7.9 ± 7.6	14.4 ± 10.8	0.35	0.01	FO	蜂	α
イネ	オオヒゲノガリヤス	58	7	10	83	71	5.8 ± 9.4	0.7 ± 1.8	1.0 ± 1.3	8.3 ± 15.6	7.1 ± 13.2	0.17	0.24	G		α
ヒカゲノカズラ	タカネヒカゲノカズラ	21	27	22	31	25	2.1 ± 4.9	2.7 ± 5.4	2.2 ± 4.4	3.1 ± 5.8	2.5 ± 4.6	0.02	0.86	FE	(不)	γ
セリ	ハクサンボウフウ	16	39	19	21	26	1.6 ± 2.6	3.9 ± 5.9	1.9 ± 3.6	2.1 ± 3.7	2.6 ± 4.6	0.00	1.00	FO	蜂	γ
バラ	チングルマ	11	16	15	18	24	1.1 ± 2.2	1.6 ± 2.8	1.5 ± 3.0	1.8 ± 3.5	2.4 ± 4.2	0.12	0.39	DS	蜂	α
イネ	チシマザサ	7	6	9	15	21	0.7 ± 2.1	0.6 ± 1.8	0.9 ± 2.7	1.5 ± 4.5	2.1 ± 6.3	0.14	0.32	G		β
キク	ミヤマコウゾリナ	4	5	3	7	5	0.4 ± 1.2	0.5 ± 1.5	0.3 ± 0.9	0.7 ± 2.1	0.5 ± 1.5	0.03	0.81	FO	蝶	α
オンダ	ヘビノネゴザ	3	3	1	2	2	0.3 ± 0.9	0.3 ± 0.9	0.1 ± 0.3	0.2 ± 0.6	0.2 ± 0.6	-0.04	0.76	FE		β
ラン	キソチドリ	1	1	1	1	1	0.1 ± 0.3	0.1 ± 0.3	0.1 ± 0.3	0.1 ± 0.3	0.1 ± 0.3	0.00	1.00	FO	NT	γ
ユリ	ショウジョウパカマ	1	6				0.1 ± 0.3	0.6 ± 1.3	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	-0.19	0.20	FO	蜂	β
オトギリソウ	シナノオトギリ※2		38											FO	蝶・蜂	γ
オトギリソウ	シナノオトギリ? ※2			12	15	14	3.9 ± 5.6	3.8 ± 4.7	1.6 ± 3.6	3.4 ± 4.5	2.6 ± 4.6	-0.07	0.63	FO	蝶・(蜂)	
オトギリソウ	オトギリソウsp.※2	39		4	19	12								FO	蝶・(蜂)	
オオバコ	ハクサンオオバコ		1				0.0 ± 0.0	0.1 ± 0.3	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	-0.12	0.43	FO	VU	α
セリ	セリ科sp.	1		1	1	2	0.1 ± 0.3	0.0 ± 0.0	0.1 ± 0.3	0.1 ± 0.3	0.2 ± 0.6	0.14	0.33	FO		
キク	ニガナsp.					1	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	0.1 ± 0.3	0.24	0.09	FO		
維管束植物出現メッシュ総数		3950	4540	3603	4684	5005										

※1 2010年と2011年はコシジオウレンとミツバオウレンを区別しており、2013年以降のミツバオウレンにはコシジオウレンを含む可能性があるため、出現メッシュ数の変化の解析は行わなかった。

※2 シナノオトギリとイワオトギリの可能性が高いが、両者ははっきり区別して示すのは困難であったため、出現メッシュ数の変化は合計した値で示した。

5J南アルプス(北岳)プロットC(標高2,990m)

南アルプス(北岳)の植生調査は希少種保護の観点から、出現種の詳細が非公開となっている。

調査日		2015 8/17-18	2022 8/19-21
総出現種数		41	46
平均 (10サブコ ラート)	出現種数	25.4	27.2
	植被率(%)	95.5	93.2
	岩石・砂礫率(%)	0.4	1.3
	蘚苔類(%)	0.3	0.8
	地衣類(%)	2.3	4.9
食痕情報		有	無
糞粒情報		無	無
維管束植物出現メッシュ総数		5763	5988

5B南アルプス(北岳)プロットB(標高3,015m)

南アルプス(北岳)の植生調査は希少種保護の観点から、出現種の詳細が非公開となっている。

調査日		2009 8/25	2014 8/23-25	2019 8/17-20
総出現種数		43	44	52
平均 (10サブコ ラート)	出現種数	26.5	25.3	28.9
	植被率(%)	90.6	89.2	89.2
	岩石・砂礫率(%)	7.6	4.5	6.9
	蘚苔類(%)	-	0.1	0.3
	地衣類(%)	1.8	2.4	2.4
食痕情報		無	無	無
糞粒情報		無	無	無
維管束植物出現メッシュ総数		4671	5052	5486

6A富士山山頂付近A(標高3,730m)

調査日	2010 9/1	2015 9/5	2022 8/3
総出現種数	1	1	3
平均 (10サブコ ドラート)			
出現種数	0.4	0.4	0.7
植被率(%)	0.8	1.5	3.7
岩石・砂礫率(%)	98.3	96.9	87.0
蘚苔類(%)	—	1.6	4.8
地衣類(%)	0.9	0.0	0.0
食痕情報	無	無	無
糞粒情報	無	無	無

出現メッシュ数が有意(P<0.05)に増減した種	機能型	付加情報	植生帯
■: 増加	DS: 落葉性低木	VU: 環境省のRLカテゴリー	α 高山帯に分布が限られる種
■: 減少	ES: 常緑性低木	VU: 都道府県のRLカテゴリー	β 分布植生帯が広い種
	FO: 広葉草本	不: ニホンジカの嗜好性植物	γ その他
	G: 禾本類	食: 高山蝶の食草	
	FE: シダ類	蝶: 高山蝶の訪花植物	
	M: 蘚苔類	蜂: マルハナバチ類の訪花植物	
	L: 地衣類	() 内は近縁種が該当するもの	

科名	種名	出現メッシュ総数			サブコドラート当たりの平均出現メッシュ数±標準偏差						Pearson's r	P値	機能型	付加情報	植生帯
					2010		2015		2022						
イネ	イワノガリヤス※1	8	37	35	0.8 ± 1.2	3.7 ± 5.5	3.5 ± 4.8	0.23	0.22	G	不	β			
カヤツリグサ	コタヌキラン※1			3	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	0.3 ± 0.9	0.24	0.20	G		β			
ナデシコ	イワツメクサ			1	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	0.1 ± 0.3	0.24	0.20	FO		α			
蘚苔類	タカネスギゴケ※2	9	117	21						M					
蘚苔類	ミヤマスナゴケ※3			86	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	8.6 ± 11.4	0.48	0.01	M					
維管束植物出現メッシュ総数		8	37	39											
蘚苔類出現メッシュ総数		9	117	107											
総出現メッシュ総数		17	154	146											

※1 2010年と2015年のコタヌキランは、2022年にイワノガリヤスに修正した。

※2 2022年のタカネスギゴケにはヤマコスギゴケとハリスギゴケが混在して生育するが、代表的で優占種であるタカネスギゴケとして記録した。出現メッシュ数の解析は行わなかった。

※3 ミヤマスナゴケとハイスナゴケが混在しているため優占種であるミヤマスナゴケとして記載する。

6B富士山森林限界付近(標高2,350m)

調査日		2011※1 8/6	2015 9/11	2020 8/1	出現メッシュ数が有意(P<0.05)に増減した種 機能型 DS: 落葉性低木 ES: 常緑性低木 FO: 広葉草本 G: 禾本類 FE: シダ類 付加情報 VU: 環境省のRLカテゴリー VU: 都道府県のRLカテゴリー 不: ニホンジカの不嗜好性植物 食: 高山蝶の食草 蝶: 高山蝶の訪花植物 蜂: マルハナバチ類の訪花植物 ()内は近縁種が該当するもの 植生帯 α 高山帯に分布が限られる種 β 分布植生帯が広い種 γ その他										
総出現種数		12	9	9											
平均 (10サブコドラート)	出現種数	5.7	5.9	5.8											
	植被率(%)	38.1	30.9	34.7											
	岩石・砂礫率(%)	61.8	69.1	65.3											
	蘚苔類(%)	0.0	1.2	1.0											
	地衣類(%)	0.1	0.4	1.0											
食痕情報		無	有	無											
糞粒情報		無	無	有(シカ)											
科名	種名	出現メッシュ総数			サブコドラート当たりの平均出現メッシュ数±標準偏差						Pearson's r	P値	機能型	付加情報	植生帯
					2011		2015		2020						
カヤツリグサ	コタヌキラン	168	324	331	16.8	± 9.2	32.4	± 23.5	33.1	± 16.5	0.34	0.07	G		β
キキョウ	ヤマホタルブクロ	124	129	200	12.4	± 10.0	12.9	± 11.0	20.0	± 16.0	0.25	0.19	FO		β
マメ	イワオウギ	97	132	111	9.7	± 8.2	13.2	± 13.4	11.1	± 9.2	0.05	0.81	FO		γ
イネ	ミヤマウシノケグサ	75	116	115	7.5	± 15.5	11.6	± 13.7	11.5	± 9.6	0.12	0.54	G		α
キク	ミヤマオトコヨモギ	61	80	71	6.1	± 5.0	8.0	± 4.8	7.1	± 4.1	0.08	0.69	FO		γ
アブラナ	フジハタザオ	16	18	12	1.6	± 1.6	1.8	± 2.0	1.2	± 2.0	-0.09	0.63	FO		β
ヤナギ	ミヤマヤナギ(ミネヤナギ)	9			0.9	± 2.7	0.0	± 0.0	0.0	± 0.0	-0.22	0.25	DS	蜂	β
タデ	オンタデ	6		1	0.6	± 1.5	0.0	± 0.0	0.1	± 0.3	-0.21	0.27	FO	(蜂)	β
タデ	イタドリ	4	36	34	0.4	± 1.2	3.6	± 8.7	3.4	± 6.4	0.18	0.34	FO	(蜂)	β
マツ	カラマツ	4	67	147	0.4	± 0.8	6.7	± 10.0	14.7	± 18.7	0.43	0.02	DS		β
キク	ミヤマアキノキリンソ	1	2		0.1	± 0.3	0.2	± 0.6	0.0	± 0.0	-0.11	0.55	FO	蜂	γ
マメ	ムラサキモメンヅル	1			0.1	± 0.3	0.0	± 0.0	0.0	± 0.0	-0.22	0.25	FO	N	γ
維管束植物出現メッシュ総数		566	904	1022											

※1 2011年の植被率(%)、岩石・砂礫率(%)、蘚苔類(%)、地衣類(%)は、出現メッシュ数からの推定値。

6C富士山山頂付近C(標高3,730m)

調査日		2011 8/27	2016 8/25	2022 8/3
総出現種数		2	1	1
平均 (10サブコドラート)	出現種数	0.7	0.6	0.6
	植被率(%)	2.6	1.9	2.6
	岩石・砂礫率(%)	80.4	82.4	84.0
	蘚苔類(%)	17.9	15.8	15.3
	地衣類(%)	0.0	0.0	0.0
食痕情報		-	無	無
糞粒情報		-	無	無

出現メッシュ数が有意(P<0.05)に増減した種	機能型	付加情報	植生帯
■: 増加 ■: 減少	DS: 落葉性低木 ES: 常緑性低木 FO: 広葉草本 G: 禾本類 FE: シダ類 M: 蘚苔類 L: 地衣類	VU: 環境省のRLカテゴリー VU: 都道府県のRLカテゴリー 不: ニホンジカの嗜好性植物 食: 高山蝶の食草 蝶: 高山蝶の訪花植物 蜂: マルハナバチ類の訪花植物 ()内は近縁種が該当するもの	α 高山帯に分布が限られる種 β 分布植生帯が広い種 γ その他

科名	種名	出現メッシュ総数			サブコドラート当たりの平均出現メッシュ数±標準偏差					Pearson's r	P値	機能型	付加情報	植生帯
		2011	2016	2022	2011	2016	2022	2011	2016					
イネ	イワノガリヤス※1	16	27	38	1.6 ± 2.2	2.7 ± 2.7	3.8 ± 3.7	0.29	0.12			G	不	β
ナデシコ	イワツメクサ	1			0.1 ± 0.3	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	-0.22	0.24			FO		α
蘚苔類	ヤマコスギゴケ※2,4,5	112	66	-								M		
蘚苔類	タカネスギゴケ※3,4,5	-	-	48								M		
蘚苔類	ミヤマスナゴケ※2,3	51	78	124	5.1 ± 5.9	7.8 ± 6.0	12.4 ± 11.6	0.3	0.1			M		
蘚苔類	コケsp.1	42	-	-								M		
蘚苔類	ヘチマゴケ	8	-	-								M		
蘚苔類	コケsp.3(シツポゴケ科)	2	-	-								M		
蘚苔類	コケsp.2	1	-	-								M		
維管束植物出現メッシュ総数		17	27	38										
蘚苔類出現メッシュ総数		216	144	172										
総出現メッシュ総数		233	171	210										

※1 2011年、2016年のコタヌキランは2022年にイワノガリヤスに修正した。
※2 2016年は蘚苔類の調査対象をヤマコスギゴケとミヤマスナゴケの2種のみとした。
※3 2022年は蘚苔類の調査対象をミヤマスナゴケとタカネスギゴケの2種のみとした。
※4 2022年はヤマコスギゴケをタカネスギゴケに修正した。
※5 2022年のタカネスギゴケにはヤマコスギゴケとハリスギゴケが混在して生育するが、代表的で優占種であるタカネスギゴケとして記録した。

6D富士山山頂付近D(標高3,730m)

調査日		2011 8/27	2016 8/25	2022 8/3
総出現種数		1	2	3
平均 (10サブコドラート)	出現種数	0.4	0.7	0.8
	植被率(%)	1.0	1.2	4.8
	岩石・砂礫率(%)	80.3	85.2	82.8
	蘚苔類(%)	18.7	12.5	10.0
	地衣類(%)	0.0	0.0	0.0
食痕情報		-	無	無
糞粒情報		-	無	無

出現メッシュ数が有意(P<0.05)に増減した種	機能型	付加情報	植生帯
■: 増加 ■: 減少	DS: 落葉性低木 ES: 常緑性低木 FO: 広葉草本 G: 禾本類 FE: シダ類 M: 蘚苔類 L: 地衣類	VU: 環境省のRLカテゴリー VU: 都道府県のRLカテゴリー 不: ニホンジカの嗜好性植物 食: 高山蝶の食草 蝶: 高山蝶の訪花植物 蜂: マルハナバチ類の訪花植物 ()内は近縁種が該当するもの	α 高山帯に分布が限られる種 β 分布植生帯が広い種 γ その他

科名	種名	出現メッシュ総数			サブコドラート当たりの平均出現メッシュ数±標準偏差				Pearson's r	P値	機能型	付加情報	植生帯
		2011	2016	2022	2011	2016	2022	2022					
イネ	イワノガリヤス※1	10	25	47	1.0 ± 1.6	2.5 ± 2.9	4.7 ± 4.9		0.40	0.03	G	不	β
ナデシコ	イワツメクサ		1	1	0.0 ± 0.0	0.1 ± 0.3	0.1 ± 0.3		0.16	0.40	FO		α
カヤツリグサ	コタヌキラン※1			1	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	0.1 ± 0.3		0.23	0.21	G		β
蘚苔類	ヤマコスギゴケ※2,4	30	155	—							M		
蘚苔類	タカネスギゴケ※3,4,5	2	—	142							M		
蘚苔類	ハリスギゴケ※5	144	—	—							M		
蘚苔類	ミヤマスナゴケ※2,3	31	158	147	3.1 ± 3.8	15.8 ± 8.7	14.7 ± 13.6		0.41	0.03	M		
蘚苔類	ヘチマゴケ	22	—	—							M		
蘚苔類	ギンゴケ	10	—	—							M		
蘚苔類	コケsp.1	5	—	—							M		
蘚苔類	シモフリゴケ	2	—	—							M		
蘚苔類	コケsp.3(シツポゴケ科)	1	—	—							M		
蘚苔類	ヤノウエノアカゴケ	1	—	—							M		
維管束植物出現メッシュ総数		10	26	49									
蘚苔類出現メッシュ総数		248	313	289									
総出現メッシュ総数		258	339	338									

※1 2011年、2016年のコタヌキランは2022年にイワノガリヤスに修正した。

※2 2016年は蘚苔類の調査対象をヤマコスギゴケとミヤマスナゴケの2種のみとした。

※3 2022年は蘚苔類の調査対象をミヤマスナゴケとタカネスギゴケの2種のみとした。

※4 2022年はヤマコスギゴケをタカネスギゴケに修正した。

※5 2022年のタカネスギゴケにはヤマコスギゴケとハリスギゴケが混在して生育するが、代表的で優占種であるタカネスギゴケとして記録した。

巻末資料2. 植生調査の出現種の分布植生帯と生育環境

a:ヒゲハリスゲ帯、b:ハイマツ帯、c:シラビソ帯、d:ブナ帯、e:シイ・カシ帯

α:高山帯に分布が限られる種

- ・分布植生帯がaまたはbに限られる(大場・高橋, 1999; 大場・永田, 2009)
- ・分布植生帯が高山に限られる(宮脇ら, 1994)

β:分布植生帯が広い種

- ・a、bに分布がなくc、d、eに分布する(大場・高橋, 1999; 大場・永田, 2009)
- ・a、bに分布するもののd、eまで分布する(大場・高橋, 1999; 大場・永田, 2009)
- ・山地まで分布する(宮脇ら, 1994)

γ:その他の種

- ・以上にあてはまらない種

種名	植生帯(大場・高橋, 1999)	生育環境(大場・高橋, 1999)	植生帯(大場・永田, 2009)	生育環境(大場・永田, 2009)	宮脇ら(1994)	備考
α:高山帯に分布が限られる種						
チシマヒカゲノカズラ	—	—	—	—	高山	ミヤマヒカゲノカズラはチシマヒカゲノカズラの変種。分けずにチシマヒカゲノカズラとすることもある。2北アルプス(立山)では2つのプロットの出現種を区別して記録されているため、チシマヒカゲノカズラとミヤマヒカゲノカズラを区別している。宮脇ら(1994)はミヤマヒカゲノカズラとチシマヒカゲノカズラを分けて掲載。
ミヤマヒカゲノカズラ	—	—	—	—	高山	
ハイマツ	b	—	b	ハイマツ群落		
ムカゴトラノオ	—	風衝草原	a,b	風衝草原		
タカネナデシコ	—	風衝草原、岩場の周辺	b	風衝草原、岩場草原		
タカネツメクサ	—	風衝草原、礫地	a,b	風衝草原		
ホソバツメクサ(コバノツメクサ)	—	礫地	a,b	風衝草原、線状の構造土、階段状の構造土、崩壊砂礫地荒原		
イワツメクサ	—	砂礫地	a,b	雪田底荒原、崩壊砂礫地荒原		
キタダケトリカブト	a,b	風衝草原	—	—		
ハクサンイチゲ	—	雪田周辺、広葉草原、風衝草原	a,b	風衝草原、雪田周辺の広葉草原		
ミヤマオダマキ	—	岩隙、礫地	b	岩場草原		
キタダケソウ	—	風衝草原	a	風衝草原		
コマクサ	—	礫地	a,b	線状の構造土、階段状の構造土、火山礫原		
ミヤマタネツケバナ	—	湿った礫地	a,b	雪田底荒原、崩壊砂礫地荒原		
イワベンケイ	—	砂礫地、岩場	a,b	風衝草原、岩場荒原		
コウメバチソウ	—	明るい草原	a,b	風衝草原、雪田周辺の広葉草原		
シコタンソウ	—	礫地、岩場	a,b	岩場荒原		
チョウノスケソウ	—	風衝草原	a,b	風衝草原		
ミヤマダイコンソウ	—	風衝草原、岩場	a,b	風衝草原、風衝矮性低木群落、岩場荒原		
ミヤマキンバイ	—	雪田周辺、風衝草原、礫地	a,b	風衝草原、雪田周辺の広葉草原と雪崩斜面の広葉草原		
ウラジロキンバイ	—	風衝草原	a,b	風衝草原、岩場荒原		
メアカンキンバイ	—	—	a,b	火山礫原、硫気荒原		
チングルマ	—	雪田周辺	a,b	雪田底矮性低木群落、湿原		
エゾノマルバシモツケ	—	—	—	—	高山	
マルバシモツケ	—	崩壊地、岩場	—	—	高山	
シロウマオウギ	—	風衝草原、岩場の周辺	a,b	岩場草原		
オヤマノエンドウ	—	風衝草原	a,b	風衝草原		
ジンヨウキスミレ	—	—	—	—	高山	
キバナノコマノツメ	b,c,d	林縁、林内、広葉草原	a,b	雪崩斜面の低木林、雪田周辺の広葉草原		
タカネイブキボウフウ	b	礫地	b	岩場草原		
シラネニンジン	b,c	湿地、草原	b	雪田底矮性低木群落、雪田底草原		
ミヤマウイキョウ	c,d	礫地、岩場	a,b	崩壊砂礫地荒原		
イワウメ	—	風衝地、岩場	a,b	風衝草原、風衝矮性低木群落、岩場荒原		
コメバシガザクラ	—	風衝地	a,b	風衝矮性低木群落		
ウラシマツツジ	—	風衝地	a,b	風衝矮性低木群落		
チシマツガザクラ	—	—	a,b	風衝矮性低木群落		
ジムカデ	—	雪田、少し湿った岩場	a,b	雪田底矮性低木群落		
ミネズオウ	—	風衝地	a,b	風衝矮性低木群落		
アオノツガザクラ	—	雪田周辺	a,b	雪田底矮性低木群落		
キバナジャコナゲ	b	ハイマツ群落、その縁	b	ハイマツ群落		
エゾツツジ	—	—	a,b	風衝草原		
クロマメノキ	—	雪田周辺、風衝地	—	—	高山—湿地、林縁	
エゾコザクラ	—	—	a,b	雪田底草原		
サンブクリンドウ	a	風衝草原	—	—		
トウヤクリンドウ	—	風衝草原、礫地	a,b	風衝矮性低木群落、風衝草原		

種名	植生帯(大場・高橋,1999)	生育環境(大場・高橋,1999)	植生帯(大場・永田,2009)	生育環境(大場・永田,2009)	宮脇ら(1994)	備考
α :高山帯に分布が限られる種(続き)						
クモイリンドウ	—	—	a,b	風衝草原		
ミヤマリンドウ	—	雪田周辺	a,b	雪田底矮性低木群落、雪田底草原		
アカイシリンドウ	a,b	礫まじりの草原	—	—		
ヒメセンブリ	a	風衝草原	a	風衝草原、岩場草原		
ヒメコゴメグサ(コバノコゴメグサ)	—	風衝草原、礫地	a,b	風衝草原、岩場草原		
ミヤマシオガマ	—	風衝草原	a,b	風衝草原		
タカネシオガマ	—	風衝草原	a,b	風衝草原		
イワブクロ	—	—	b	線状の構造土、階段状の構造土、崩壊砂礫地荒原、火山礫原		
エゾヒメクワガタ	—	—	b	雪田底矮性低木群落		
ハクサンオオハコ	—	雪田周辺	b	雪田底草原		
タカネオミナエシ	—	—	a,b	風衝草原		
チシマギキョウ	—	岩隙、風衝草原	a,b	風衝草原、岩場荒原		
イワギキョウ	—	雪田周辺、湿った礫地	a,b	雪田底荒原、崩壊砂礫地荒原		
キタダケヨモギ	—	風衝草原	a,b	岩場草原		
ミヤマサワアザミ	—	—	—	—	高山	
ミヤマコウゾリナ	—	雪田周辺の草原	—	—	高山—草原	
タカネニガナ	—	風衝草原、岩場	—	—	高山	
ミネウスユキソウ	—	風衝草原、岩場の周辺	b	岩場草原		
シラネヒゴタイータカネヒゴタイ	a,b	風衝草原	a,b	風衝草原		
タカネヒゴタイ	b	風衝地の礫地	a,b	崩壊砂礫地荒原、岩場草原		
ウスユキトウヒレン	—	—	—	—	高山—砂礫地	
チシマアマナ	—	風衝草原、岩場	a,b	風衝草原、岩場荒原		
ヒメイワショウブ	—	雪田周辺	a,b	雪田底矮性低木群落、雪田底草原、雪田底荒原		
ミヤマイ	b,c	流水縁	b	湧水地、流水縁		
クモマスズメノヒエ	b	乾いた草地、雪田跡の礫地	—	—		
タカネマスズメノヒエ	b	乾いた草原	—	—		
コミヤマヌカボ	—	—	—	—	高山—草原	
ミヤマコウボウ	b	乾いた草地	—	—		
ヒナガリヤス	a,b	乾いた草地、礫地	—	—		
ヒロハコメスキ	—	湧水地、流水縁	—	—	高山	
オオヒゲノガリヤス	—	—	—	—	高山	2北アルプス(立山)はヒゲノガリヤス、4白山はオオヒゲノガリヤスとしている。学名では重複に見えるが、このまま分けて扱うことでよい。宮脇ら(1994)はヒゲノガリヤスとオオヒゲノガリヤス(この表ではオオヒゲノガリヤス)は分けている。
ミヤマウシノケグサ	b	礫地、岩場	—	—		
タカネタチイチゴツナギ	—	—	—	—	高山—岩石地	
ミヤマイチゴツナギ	—	—	—	—	高山	
ヒゲナガコメスキ	a	乾いた草地	—	—		
キタダケカニツリ	b	乾いた草地、岩場	—	—		大橋ら(2016)ではリシリカニツリ
リシリカニツリ	b	乾いた草地、岩場	—	—		T.spicatum subsp. alaskanum、キタダケカニツリT.spicatum subsp.molle var. kitadakense。このまま分けておくこととした。
クロボスゲ	—	—	—	—	高山—草原	
ショウジョウスゲ	b	湿地	—	—		
ヒゲハリスゲ	a,b	乾いた草原	—	—		
キンスゲ	b	雪田付近の草地	—	—		
リシリスゲ	—	—	—	—	高山	
タカネナルコ	b	岩場	—	—		
イワスゲ	b	礫地、岩場	—	—		
タイセツイワスゲ	—	—	—	—	高山—草地	
クモシバスゲ	—	—	—	—	高山—草原	
オノエスゲ	a,b	乾いた草原	—	—		
ヌイオスゲ	—	—	—	—	高山—草原	
β :分布植生帯が広い種						
ヒメハナワラビ	b,c,d	草原	—	—		
ヘビノネゴザ	—	—	—	—	山地—廃坑等に多い	
カラマツ	b,c	崩壊地	c,d	岩場草原、崩壊砂礫地荒原、火山礫原、針葉高木林		
ミヤマヤナギ(ミネヤナギ)	b,c,d	礫地、林縁、沢沿い	c,d	火山礫原、雪崩斜面の低木林		1大雪山はミネヤナギ、6富士山はミヤマヤナギで記載されている。ミヤマヤナギ(ミネヤナギ)として統合した。
オンタデ	—	—	c,d	火山礫原、崩壊砂礫地荒原		
イタドリ	—	—	—	—	低地～高山	
ミツバオウレン	b,c	林内、雪田周辺	b,c,d	湿原、針葉高木林(林床)		
コシジロウレン(ミツバノバイカオウレン)	—	—	b,c,d	湿原		
モミジカラマツ	—	湿った広葉草原、ミヤマハノキの下	d,e	雪崩斜面の低木林、雪田周辺の広葉草原		
フジハタザオ	—	火山礫原	b,c,d	火山礫原		

種名	植生帯(大場・高橋,1999)	生育環境(大場・高橋, 1999)	植生帯(大場・永田, 2009)	生育環境(大場・永田, 2009)	宮脇ら(1994)	備考
β :分布植生帯が広い種(続き)						
イワカガミ	—	—	—	—	亜高山～高山	コイワカガミはイワカガミの高山品種。厳密に区別はできないとのことだが、2北アルプス(立山)はコイワカガミ、4白山はイワカガミとしており、このまま別に扱うこととした。宮脇ら(1994)、大場・高橋(1999)、大場・永田(2009)では区別して掲載。大場・永田(2009)ではコイワカガミがハイマツ帯～ブナ帯(b,c,d)とされ、分布植生帯の関係が逆転しているため、便宜的に双方を β :植生帯が広い種とした。
コイワカガミ	b	—	b,c,d	雪田底矮性低木群落、雪田周辺の広葉草原、湿原		
シラタマノキ	c,d	林内、林縁、岩場	b,c,d	ハイマツ群落、雪田底矮性低木群落		
イワイチヨウ	b,c	湿地	c	雪田底草原、湿原		
イブキジャコウソウ	b,c,d	礫地、風衝草原	a,b,c,d	風衝草原、崩壊砂礫地荒原、岩場草原		
ヤマホタルブクロ	—	—	—	—	山地－崩壊地	
アキノキリンソウ	—	—	—	—	低地～山地－河原、草原	
ネバリノギラン	c,d	草原、林縁	b,c,d	雪田周辺の広葉草原		
ショウジョウバカマ	b,c,d	湿原、草原	b,c,d	雪田底矮性低木群落、雪田底草原、雪崩斜面の低木林、雪田周辺の広葉草原、雪崩斜面の広葉草原、湿原		
イワノガリヤス	—	—	—	—	山地～高山－湿地	
ヒゲノガリヤス	—	—	—	—	山地～高山	2北アルプス(立山)はヒゲノガリヤス、4白山はオオヒゲノガリヤスとしている。このまま分けて扱うこととした。宮脇ら(1994)はヒゲノガリヤスとオオヒゲガリヤス(この表ではオオヒゲノガリヤス)は分けている。
オオウシノケグサ	b,c,d,e	礫地、岩場	—	—		
チシマザサ	—	—	—	—	山地～亜高山	
コタヌキラン	b,c,d	岩場、砂礫地	—	—		
テガタチドリ	c,d	草原	b,c	岩場草原、雪崩斜面の広葉草原		
キノチドリ	—	—	c	針葉高木林の林床		
γ :その他の種(上記のいずれにも該当しない)						
タカネヒカゲノカズラ	b,c	雪田周辺	—	—		
ミヤマミナグサ	b,c	礫地	a,b	岩場草原、崩壊砂礫地荒原		
シナノオトギリ	—	—	b,c	雪崩斜面の低木林、雪田周辺の広葉草原		
ハクホウナズナ(キタダケナズナを参照)	—	礫地、岩場	—	—	(生育地記述なし)	
ミヤマダイモンジソウ	b,c	雪田周辺	b,c	雪田底草原		
キンロバイ	—	ハイマツの間、岩場	b,c	ハイマツ群落		
コガネイチゴ	b,c	林内	b,c	ハイマツ群落、針葉高木林(林床)		
タカネトウチソウ	c	広葉草原、礫地	b,c	雪田底草原、湧水地、流水縁		
ムラサキモメンヅル	—	火山、石灰岩の砂礫地	b,c	火山礫原		
タイツリオウギ	—	広葉草原	b,c	岩場草原、崩壊砂礫地荒原		
イワオウギ	—	礫地	b,c	岩場草原、崩壊砂礫地荒原		
ハクサンボウフウ	—	雪田周辺の草原	b,c	雪田周辺の広葉草原		
コエゾツガザクラ	—	—	—	—	—	
マルバウスゴ	b,c	林縁、林内	b,c	ハイマツ群落、雪田底矮性低木群落		
コケモモ	b,c	林縁、林内	a,b,c	ハイマツ群落、風衝矮性低木群落、針葉高木林林床		
ガンコウラン	b,c	風衝地	a,b,c	ハイマツ群落、風衝矮性低木群落		
ハクサンコザクラ	—	雪田周辺	a,b,c	雪田底草原		
ヨツバシオガマ	—	風衝草原、広葉草原	b,c	雪田周辺の広葉草原、雪崩斜面の広葉草原		
ウサギギク	—	雪田周辺	b,c	雪田底矮性低木群落、雪田周辺の広葉草原		
ミヤマオトコヨモギ	—	礫地	b,c	崩壊砂礫地荒原、岩場草原、火山礫原		
ミヤマアキノキリンソウ	—	—	b,c	雪崩斜面の低木林、雪田周辺の広葉草原、雪崩斜面の広葉草原		
タカネコウリンカ	—	崩壊地周辺の広葉草原	b,c	岩場草原		
クロユリ	—	雪田周辺の草原	b,c	雪田周辺の広葉草原		
タカネシュロソウ	—	広葉草原	—	—	—	
コバイケイソウ	b,c	湿った草原	b,c	雪崩斜面の低木林、雪田周辺の広葉草原、湿原		
コメススキ	b,c	湿った砂礫地、草地	—	—		
ミヤマクロスゲ	b,c	草地、礫地	—	—		
イトキンスゲ	b,c	雪田周辺の草地	—	—		
ミヤマアシボソスゲ	b,c	草地	—	—		

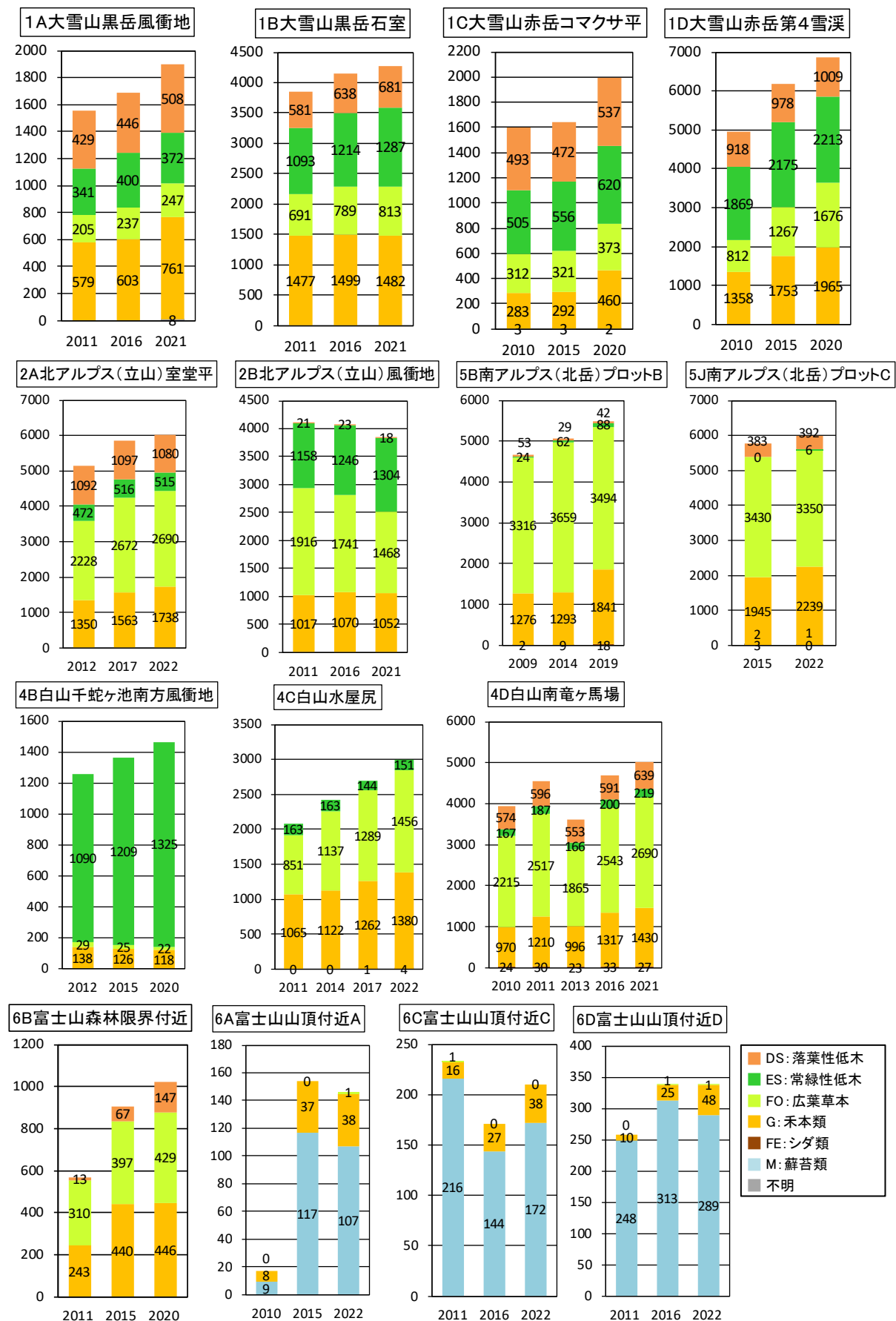
大場達之・永田芳男(2009)増補改訂フィールドベスト図鑑9高山植物。学習研究社。

大場達之・高橋秀男(1999)日本アルプス植物図鑑。八坂書房。

宮脇昭・奥田重俊・藤原陸夫(1994)改定新版日本植生便覧。至文堂。

巻末資料3. 植生調査の出現種の機能型別の出現メッシュ数合計の経年変化

富士山山頂のみ蘚苔類のメッシュ数を示した。



＜検討委員会＞

検討委員

小熊 宏之	国立環境研究所生物多様性領域
工藤 岳	北海道大学地球環境科学研究所
鈴木 啓助	信州大学理学部
中村 寛志	ミヤマシジミ研究会
座長 増澤 武弘	静岡大学理学部／静岡自然環境研究会
和田 直也	富山大学研究推進機構サステナビリティ国際研究センター

サイト関係者

川畠 敦仁	石川県白山自然保護センター（2021 年）
北原 岳明	石川県白山自然保護センター（2022 年～）
清水 准一	芦安ファンクラブ
須賀 丈	長野県環境保全研究
富田 美紀	静岡自然環境研究会
中島 紫穂	芦安ファンクラブ
名取 俊樹	芦安ファンクラブ
野上 達也	石川県生活環境部自然環境課
平松 新一	石川県白山自然保護センター／石川むしの会（～2020 年）
横須賀 邦子	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
2008-2022 年度とりまとめ報告書

令和 6（2024）年 11 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
2008-2022 年度とりまとめ
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

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。