

リサーチ登山花ボランティア 2010 年調査報告書

代表・事務局 NPO 法人アースウィンド 横須賀邦子

(TEL 011-389-9445, E-mail: yokosuka@e-wind.org)

作成 工藤岳 北海道大学大学院地球環境科学研究院

(TEL 011-706-2269, E-mail: gaku@ees.hokudai.ac.jp)

はじめに

リサーチ登山花ボランティアは、高山植物の開花状況を群落レベルで長期観察することにより、高山生態系における植物群落の時空間的な開花構造を明らかにし、地球環境変化（温暖化）が高山生態系に及ぼす影響を予測するための基礎データに役立てようという目的で、2003年に始まった市民参加型のプロジェクトです。2年間の試行錯誤の後、2005年から黒岳風衝地と石室周辺の雪田、銀泉台から赤岳に至るコマクサ平（風衝地）と第四雪渓（雪田）の4カ所に調査対象地域を限定し、本格的なモニタリングを開始しました。気候変動に対する高山植物群集の開花特性の応答を評価するためには、統一した基準で記録された詳細なデータ蓄積が必要です。本プロジェクトでは、2006年より詳細な開花情報を蓄積してきました。この報告書では、2010年の調査結果と2006–2009年に集積されたこれまでの調査結果との比較を行いました。特に、2010年の夏は日本各地で記録的な猛暑を記録しました。この異常気象の影響が、高山植物の開花特性にどのように現れたのかを中心に解析しました。

調査地概要

本調査は、北海道中央部に位置する大雪山国立公園内の黒岳周辺と赤岳周辺の高山帯2地域で行っています。それぞれの地域に、冬季間にほとんど積雪のない吹きさらしにある「風衝地」と、大量の積雪に覆われ初夏まで雪渓が残る「雪田」を1カ所ずつ選定し、登山道沿いに長さ20m、奥行き10mの調査区（プロット）を設定しました（図1）。

黒岳風衝地プロットは、黒岳山頂から南西に延びる尾根上の標高1960mに位置します（N 43° 41' 43", E 142° 54' 58"）。黒岳雪田プロットは、石室周辺の標高1900m地点に設定しました（N 43° 41' 42", E 142° 54' 46"）。雪渓の雪解けは、例年6月下旬頃です。

赤岳風衝地プロットは、銀泉台から赤岳へ向かう登山道中程にある通称コマクサ平（標高1846m）にあります（N 43° 40' 37", E 142° 56' 33"）。赤岳雪田プロットは、赤岳山頂直下の東向き沢地形にあり、標高1980mです（N 43° 40' 22", E 142° 55' 49"）。雪渓の雪が消えるのは例年7月上旬ですが、沢地形のために雪解けはゆっくりと進行します。プロット内の雪解け開始から完全に雪がなくなるまでには、20–30日間ほど要します。

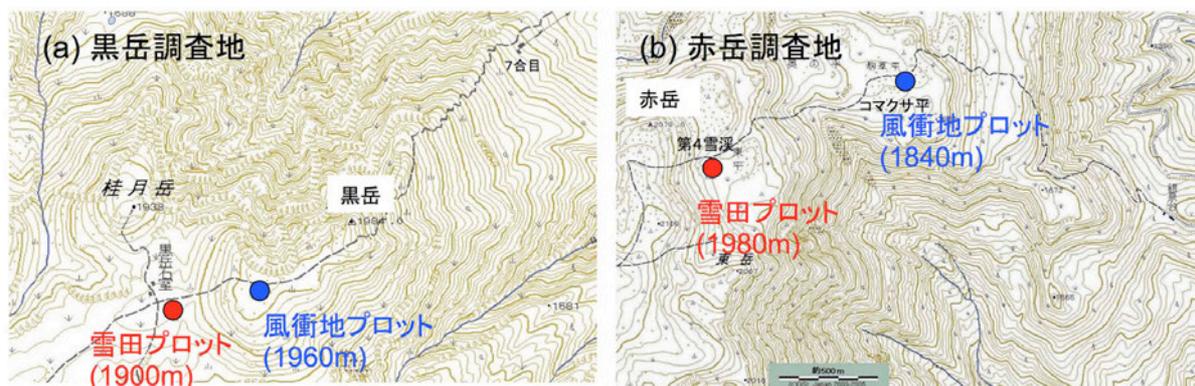


図 1. 調査地の位置図. (a) 黒岳調査地, (b) 赤岳調査地. 各調査地に, 風衝地プロットと雪田プロット(20 m x 10 m)を設置した.

調査方法

開花状況調査は5月末から9月初旬にかけて行いました. 各調査地を数日間隔で訪れ, プロット内に開花している高山植物の種名と開花状況を所定の調査票に基づき記録しました. 開花ステージは, 以下のA-Dの4段階に区分しました.

- A: 咲き始め (つぼみがたくさんある状態. 1~5分咲き)
- B: 満開 (つぼみはあまり残っていない状態)
- C: 開花後期 (しおれた花が多く見られる状態)
- D: 終期 (ほぼ花期が終わり, ちらほらと花が残っている状態)

開花ステージは主に虫媒花について行い, イネ科やカヤツリグサ科等の禾本類については, データ解析に含めませんでした. 同時に, 周囲の積雪状態やプロット周辺の植物の状況についても適宜, 記入してもらいました.

2010年の調査期間中に回収された調査票は, 黒岳風衝地プロットが41日分(去年は26日分), 黒岳雪田プロットが29日分(去年は26日分), 赤岳風衝地プロットが42日分(去年は30日分), 赤岳雪田プロットが37日分(去年は28日分)でした. 期間を通して延べ83名(実動13名)の方に調査に参加して頂きました.

それぞれの調査プロット内に自記温度記録計(tidbit U2, Onset Co., USA)を設置し, 地表面温度を1時間毎に通年を通して記録しました. 地表温度環境は草丈の低い高山植物にとって, 気温よりも成長に及ぼす効果が高いことが知られています. さらに, 冬季の地表面温度データは, 土壌凍結の有無, 高山植物の越冬環境の評価, 雪解け時期の確定に有効です. 自記温度計は, 直射日光の影響を避けるためにアルミ箔に包み設置しました.

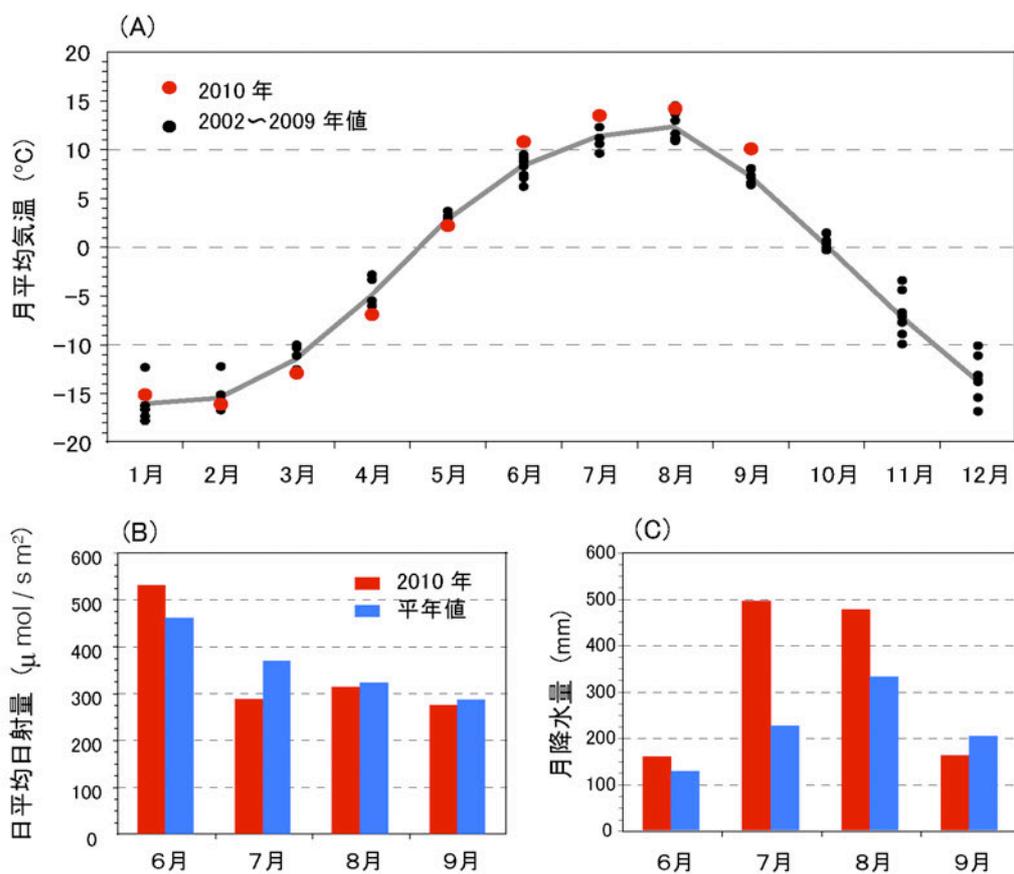


図 2. 2010 年気象状況の季節変化. (A) 標高 1700m の平均気温の推移、(B) 日平均日射量、(C) 月積算降水量. いずれもヒサゴ沼周辺での計測値 (工藤、未発表データ).



図 3. 2009 年 10 月から 2010 年 9 月までの各プロットの地表面温度の季節変化. 冬季に風衝地土壌は -20°C 以下になるが、雪田土壌は積雪による断熱効果により 0°C に保たれている.

大雪山系の気象概況

大雪山中央部ヒサゴ沼周辺（標高 1700m）に設置している気象ステーションのデータによると、高山帯における年平均気温は -1.9°C 、最低気温は1月の -16°C 、最高気温は8月の 13°C であり、年格差は約 30°C に達します。2010年夏季は、総じて顕著な温暖・湿潤気象でした。1月から5月の気温はほぼ例年並に推移しましたが、6月から9月の生育期間を通じて、過去9年間で最高の平均気温となりました（図2）。6月の平均気温は 10.8°C （平年差 $+2.3^{\circ}\text{C}$ ）、7月は 13.5°C （平年差 $+1.9^{\circ}\text{C}$ ）、8月は 14.2°C （平年差 $+1.7^{\circ}\text{C}$ ）、9月は 10.1°C （平年差 $+2.6^{\circ}\text{C}$ ）と極めて高い状態が続きました。6月の日射量は平年に比べて15%高かったのに対し、7月は22%も低い値を示し、日照不足が生じていました。8-9月はほぼ例年並の日射量でした。月降水量は6月が158mm（平年差 $+24\%$ ）、7月が494mm（平年差 $+120\%$ ）、8月が476mm（平年差 $+43\%$ ）、9月が161mm（平年差 -20% ）で、特に7-8月に降水量が非常に多くなりました。7月は連日降雨が続き、8月は断続的に集中豪雨となり、大雪山系全域で沢の増水による林道崩壊が多数発生しました。2010年初夏の残雪は例年に比べて多かったが、気温の高さと頻繁な降雨により雪解けは促進され、生育シーズン後半には例年並みの雪解けとなりました。2010年の夏は全国的に猛暑となりましたが、大雪山系高山帯においても生育シーズンは異常気象であったと結論できます。

各プロットの地表面温度の季節推移（2009年10月より2010年9月）を図3に示します。黒岳とコマクサ平風衝地プロットでは、10月から4月までは地表温度が氷点下であり、土壤凍結が起きていることが示唆されました。最寒月の1月には最低温度が -20°C 以下に達し、風衝地で越冬中の植物は著しい低温に晒されていることが分かります。一方で黒岳・赤岳雪田プロットでは、積雪下にある10月から6月までの地表温度はほぼ 0°C に保たれており、土壤凍結が起きていないことが示されました。雪解け後に地表温度は急激に上昇し、無雪期間中は風衝地とほぼ同様の温度を示していました。6月から8月にかけて、高山植物は平均 15°C 程度の温度環境で生育していることが分かりました。9月中旬以降温度は急速に低下し、下旬には氷点下にまで冷え込みました。高山植物の潜在的な生育シーズンは、5月下旬から9月中旬までの約4ヵ月と考えられます。風衝地と雪田の対照的な温度環境は、高山植物の生育環境は雪解けパターンにより大きく左右されることを示しています。

各調査プロットの開花状況

1. 黒岳風衝地プロット（図4左）

風衝地群落における2010年の高山植物の主な開花期間は、6月上旬から7月下旬でした。2006年から2009年の開花状況と比べると、開花シーズンが半月程短縮されていることが分かります（例年の開花期間は6月上旬から8月中旬）。表1に主要植物種の開花開始日の一覧を示しました。比較した16種のうち75%に相当する12種の開花日が過去5年間で最も早く

なりました。この理由として、6月から8月の気温が異常に高かったために、植物の成長が促進されたことがあげられます(図2A)。興味深いことに、開花日が促進されなかった種は、最も早咲きのウラシマツツジ・コメバツガザクラと、最も遅咲きのイワギキョウ・ウスユキトウヒレンでした。例年6月初旬に開花する早咲き種の開花日が大きく変化しなかったのは、5月の気温が平年値と比べてそれほど変わらなかったことが理由として考えられます。しかし、早咲き種の開花期間は例年に比べて短くなっており、温暖な気象環境が個々の植物の開花期間を短縮した(開花が一斉に進行した)と思われます。一方で、気温が高く推移したにもかかわらず開花時期に大きな変化が見られなかったイワギキョウとウスユキトウヒレンについては、気温以外の環境要因(例えば日長変化)が開花時期を決定している可能性を示しています。

5年間を通じて黒岳風衝地の植物群落の開花は、早咲きグループ(ウラシマツツジ・コメバツガザクラ・ミネズオウ・ミヤマキンバイ・メアカンキンバイ・イワウメ・クロマメノキ・タカネオミナエシ)と遅咲きグループ(イワブクロ・コマクサ・エゾツツジ・エゾノマルバシモツケ・チシマツガザクラ・イワギキョウ・ウスユキトウヒレン・シラネニンジン)に大別されました。

2. 黒岳雪田プロット(図4右)

2010年の黒岳雪田プロットの雪解けは7月11日に始まり、7月13日にすべて雪が消えました。これは過去5年間で最も遅く、雪解けが早く進んだ2008年(6月25日)に比べて2週間の遅れとなりました。群落全体の開花期間は、7月下旬から9月初旬の約50日間でした。風衝地とは対照的に、比較した12種のうち83%に相当する10種で、開花開始日が過去5年間で最も遅くなりました(表1)。また、最も早咲き種であるジムカデの開花開始から遅咲き種のイワギキョウの開花開始までの期間は、2010年は34日でした。これは、2006年から2009年までの開花開始期の違い(27-41日)と比べて、大きくは変化していませんでした。すなわち、雪田植物群落の開花時期は雪解け時期によって強く決定されており、雪解け後の温暖な気象環境は開花パターンに強く作用していないことが分かります。

5年間を通じて黒岳雪田植物群落の開花は、早咲きグループ(ジムカデ・エゾコザクラ・キバナシャクナゲ・ミネズオウ・コエゾツガザクラ・チングルマ・ミヤマキンバイ)と遅咲きグループ(ヨツバシオガマ・ミヤマリンドウ・コガネギク・イワギキョウ・シラネニンジン)に大別されました。早咲きグループの開花時期は、遅咲きグループに比べて雪解け時期の変動をより強く受ける傾向が見られました。

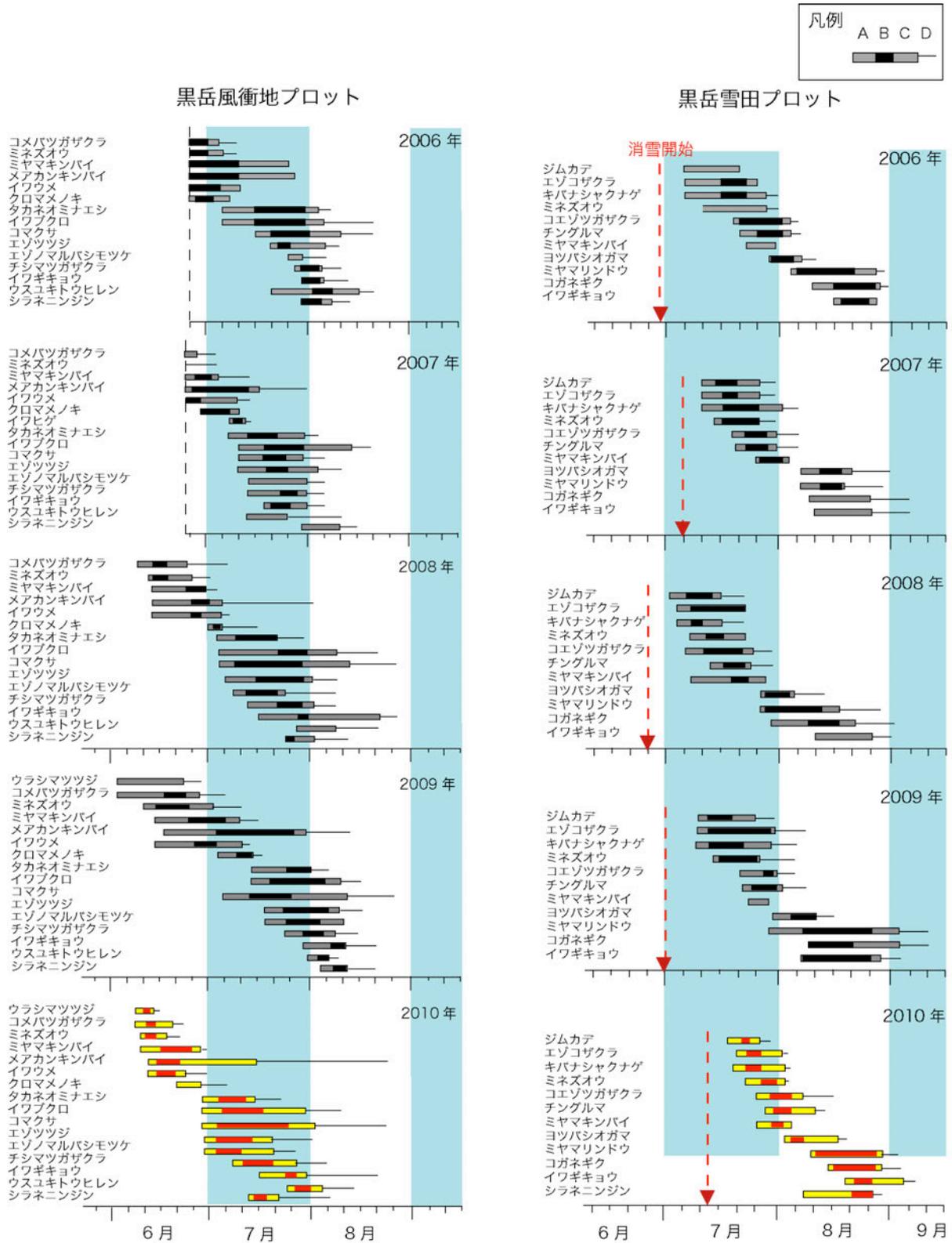


図 4. 黒岳風衝地プロットと雪田プロットにおける 2006 年から 2010 年までの主要植物の開花状況。開花ステージは、A, B, C, D の 4 段階で定性的に区分した（詳しくは本文参照）。

3. 赤岳コマクサ平（風衝地）プロット（図5左）

コマクサ平の群落全体の開花シーズンは6月上旬から8月中旬で、例年と比べて大きくは変化しませんでした。しかし、早咲き種であるウラシマツツジ・ミネズオウ・ミヤマキンバイ・メアカンキンバイと、遅咲き種であるウスユキトウヒレンを除く9種（64%）で、開花開始が過去5年間で最も早くなりました（表1）。これは黒岳風衝地プロットで認められた傾向と同様でした。最も早咲きのウラシマツツジの開花開始から最も遅咲きのクモイリンドウの開花開始までの期間を、データの揃っている3年間（2007年、2008年、2010年）で比較すると、それぞれ67日、71日、60日であり、温暖気象であった2010年に開花時期が促進され、種間の開花期の重複が大きくなっていることが分かりました（一斉に開花が進行する）。

コマクサ平の植物群落は、早咲きグループ（ウラシマツツジ・ミネズオウ・イワウメ・ミヤマキンバイ・メアカンキンバイ・クロマメノキ）と遅咲きグループ（コマクサ・タカネオミナエシ・キバナシオガマ・エゾノマルバシモツケ・チシマツガザクラ・ウスユキトウヒレン・シラネニンジン・クモイリンドウ）に大別できますが、遅咲きグループの中でもクモイリンドウは飛び抜けて遅く開花します。メアカンキンバイとコマクサの開花は、例年1ヵ月以上継続していました。

4. 赤岳第四雪渓（雪田）プロット（図5右）

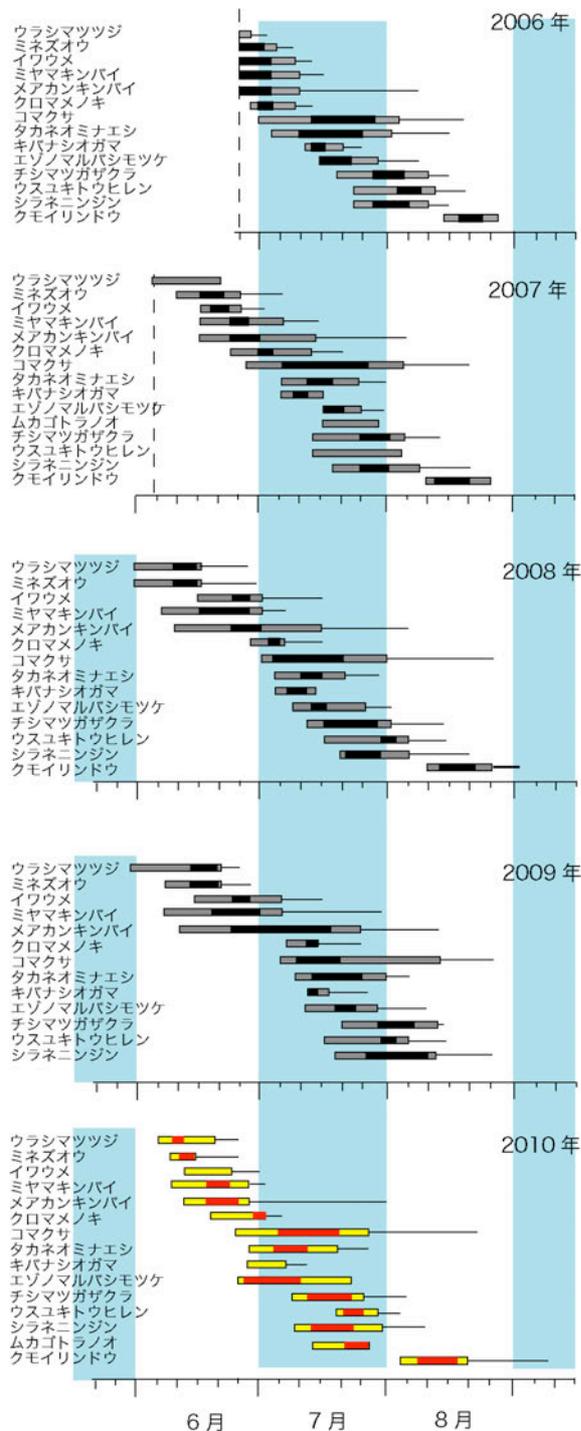
第四雪渓の雪解けは例年4つの調査プロットの中で最も遅く、雪解け開始は2006年が7月5日、2007年が7月10日、2008年が6月22日、2009年が7月10日でした。2010年の雪解けは7月5日に始まり、黒岳雪田プロットに比べて早く始まりました。第四雪渓は谷地形のためにプロット内の積雪分布が不均一で、解け始めから完全に消雪するまでに数週間かかります。そのため、開花開始時期がプロット内でも大きく異なるために、プロット全体の開花期間は雪田としては長くなります。雪解け開始から完全に消雪するまでの期間は、2010年は19日間であり、平年値（21–33日間）に比べて最も短期間で雪解けが進行しました。これは6–7月の温暖気象と7月の多量の降雨により雪解けが促進されたためと考えられます。

第四雪渓プロットの主な開花期間は7月中旬から8月下旬にかけてですが、雪解け時期により年変動があります。2010年は雪解けがプロット内で早く進んだため、種間の開花開始時期の違いが例年に比べて小さくなりました。最も早咲きのエゾコザクラの開花から最も遅咲きのコガネギク（あるいはミヤマサワアザミ）の開花までの期間は、2010年は28日であり、過去5年間で最も短くなりました（例年値 29–37日）。また、すべての主要種の開花開始時期は、例年と比べて大きな変動は見られませんでした（表1）。

早咲きグループとしてエゾコザクラ・ジムカデ・ミヤマキンバイ・キバナシクナゲ・コエゾツガザクラ・チングルマ・アオノツガザクラが、遅咲きグループとしてエゾヒメクワガタ・ヨツバシオガマ・ハクサンボウフウ・ミヤマリンドウ・コガネギク・ミヤマサワアザミ・タカネトウウチソウがあげられます。



赤岳風衝地 (コマクサ平) プロット



赤岳雪田 (第四雪渓) プロット

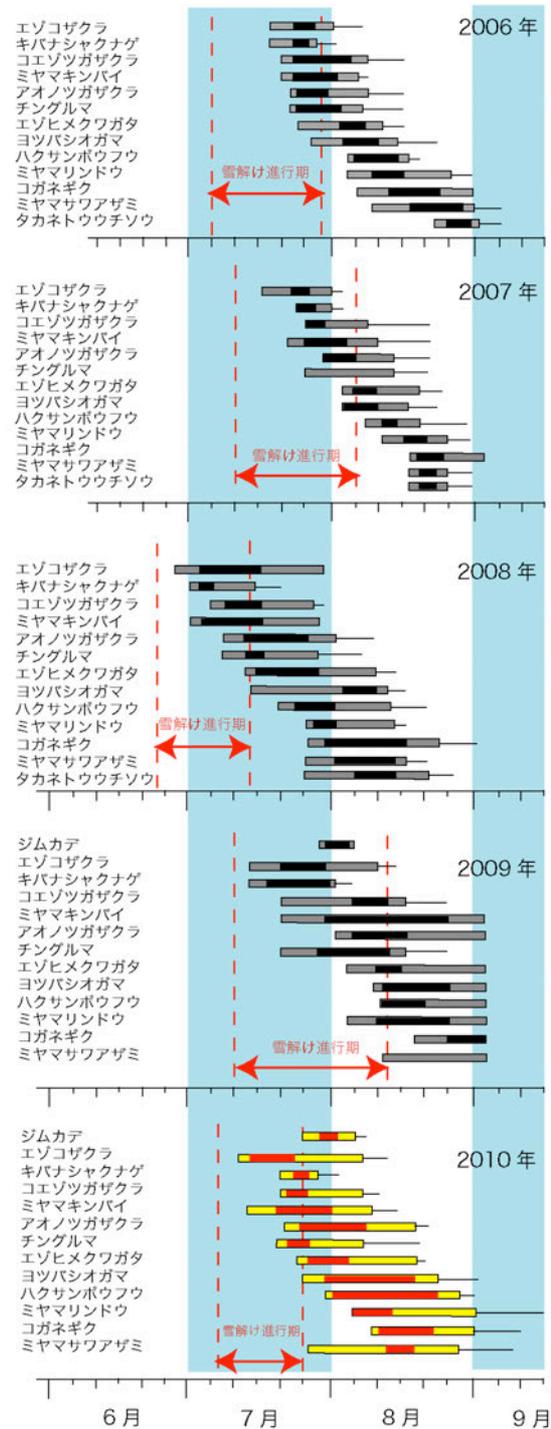


図 5. 赤岳風衝地プロットと雪田プロットにおける 2006 年から 2010 年までの主要植物の開花状況. 植物の開花状況は A, B, C, D の4段階で定性的に区分した (詳しくは本文参照).

表1. 各プロットにおける主要植物種の開花開始日の年変動. 赤字は2010年の開花開始が最も早かった種, 青字は最も遅かった種を示す. 雪田プロットについては雪解け日を併記した. 黒岳雪田プロットは雪解け開始から完全に解けるまで2~3日なので, プロット中央部が解けた日を示す. 赤岳雪田サイトは谷地形に位置しており, 解け始めから完全に解けるまで20~30日程要する. そのため, 雪解け開始日と完了日を示した.

黒岳風衝地プロット						黒岳(石室)雪田プロット					
種名	2006	2007	2008	2009	2010	種名	2006	2007	2008	2009	2010
ウラシマツツジ	-	-	-	6月2日	6月8日	ジムカデ	7月5日	7月10日	7月1日	7月9日	7月16日
コメバツガザクラ	-	-	6月10日	6月2日	6月8日	エソコザクラ	7月5日	7月10日	7月3日	7月9日	7月19日
ミネズオウ	-	-	6月11日	6月11日	6月9日	キバナシャクナゲ	7月5日	7月10日	7月3日	7月9日	7月19日
イワウメ	-	-	6月12日	6月14日	6月12日	ミネズオウ	7月15日	7月14日	7月6日	7月13日	7月21日
ミヤマキンバイ	-	6月25日	6月12日	6月14日	6月9日	コエソツガザクラ	7月15日	7月16日	7月5日	7月24日	7月21日
メアカンキンバイ	-	6月25日	6月12日	6月16日	6月12日	チングルマ	7月20日	7月23日	7月12日	7月20日	7月24日
クロマメノキ	6月25日	6月28日	7月1日	7月2日	6月20日	ミヤマキンバイ	7月25日	7月25日	7月6日	7月24日	7月26日
タカネオミナエシ	7月5日	7月8日	7月3日	7月12日	6月29日	ヨツバシオガマ	7月25日	8月9日	7月25日	7月30日	8月2日
イワブクロ	7月5日	7月10日	7月3日	7月12日	6月29日	ミヤマリンドウ	8月3日	8月9日	7月25日	7月30日	8月8日
エゾノマルバシモツケ	-	7月13日	7月8日	7月12日	6月29日	コガネギク	8月9日	8月9日	7月29日	8月7日	8月13日
コマクサ	7月15日	7月10日	7月13日	7月5日	6月29日	イワギキョウ	8月15日	8月9日	8月9日	8月5日	8月19日
エソツツジ	7月20日	7月10日	7月5日	7月17日	6月29日	シラネニンジン	-	-	-	8月11日	8月17日
チシマツガザクラ	7月27日	7月14日	7月12日	7月24日	7月8日	雪解け日	6月28日	7月5日	6月25日	7月1日	7月12日
イワギキョウ	7月28日	7月18日	7月15日	7月30日	7月16日						
ウスユキトウヒレン	7月20日	7月13日	7月27日	7月31日	7月24日						
シラネニンジン	7月28日	7月29日	7月23日	8月4日	7月12日						

赤岳(コマクサ平)風衝地プロット						赤岳(第四雪渓)雪田プロット					
種名	2006	2007	2008	2009	2010	種名	2006	2007	2008	2009	2010
ウラシマツツジ	-	6月4日	5月31日	5月31日	6月5日	エソコザクラ	7月13日	7月16日	6月27日	7月14日	7月11日
ミネズオウ	-	6月10日	5月31日	6月7日	6月8日	ミヤマキンバイ	7月15日	7月21日	7月1日	7月20日	7月13日
ミヤマキンバイ	-	6月16日	6月5日	6月7日	6月8日	キバナシャクナゲ	7月13日	7月23日	7月1日	7月14日	7月20日
メアカンキンバイ	-	6月16日	6月9日	6月11日	6月12日	コエソツガザクラ	7月15日	7月23日	7月5日	7月20日	7月20日
イワウメ	-	6月16日	6月15日	6月14日	6月12日	チングルマ	7月17日	7月25日	7月8日	7月20日	7月19日
クロマメノキ	6月29日	6月24日	6月29日	7月5日	6月19日	アオノツガザクラ	7月17日	7月29日	7月8日	8月1日	7月21日
コマクサ	7月1日	6月27日	7月1日	7月5日	6月25日	ジムカデ	-	-	7月12日	7月29日	7月25日
タカネオミナエシ	7月3日	7月6日	7月3日	7月9日	6月28日	エゾヒメクワガタ	7月23日	8月3日	7月12日	8月4日	7月24日
キバナシオガマ	7月10日	7月6日	7月3日	7月10日	6月27日	ヨツバシオガマ	7月27日	8月12日	7月14日	8月10日	7月25日
エゾノマルバシモツケ	7月15日	7月15日	7月8日	7月11日	7月5日	ハクサンボウフウ	8月3日	8月8日	7月20日	8月10日	7月29日
チシマツガザクラ	7月19日	7月13日	7月12日	7月20日	7月10日	ミヤマリンドウ	8月3日	8月12日	7月26日	8月4日	8月5日
シラネニンジン	7月23日	7月18日	7月18日	7月18日	7月10日	ミヤマサワアザミ	8月9日	8月18日	7月26日	8月11日	7月26日
ウスユキトウヒレン	7月23日	7月13日	7月16日	7月30日	7月19日	コガネギク	8月5日	8月18日	7月26日	8月18日	8月8日
クモイリンドウ	8月14日	8月10日	8月10日	-	8月4日	雪解け開始日	7月5日	7月10日	6月22日	7月10日	7月6日
						雪解け完了日	7月28日	8月5日	7月13日	8月12日	7月25日

まとめ

2010年は全国各地で猛暑や豪雨といった異常気象に見舞われ, 多くの自然災害も発生しました. このような異常気象は, 地球温暖化(気候変動)の進行とともに発生頻度が高くなるのが IPCC の報告書でも予測されています. 従って, 気候変動により高山生態系がどのような影響を受けるのかを予測する上で, 今年度の調査結果は重要な意味を持つと考えられます. 過去5年間の調査を通して得られた成果として, 以下の事柄をあげることができます.

- (1) 風衝地植物群落と雪田植物群落の開花パターンは, 気候変動によって大きく影響を受けるが, その影響の受け方は大きく異なる.

(2) 風衝地植物群落の開花は、生育期の気温によって強く影響を受け、温暖気候は開花開始時期を促進し、群落の開花期間を短縮する。これは、風衝地では低温が植物の成長の制限要因になっていることを意味しており、温暖化により風衝地植物の季節性は大きく変化する可能性を示すものである。

(3) 雪田植物群落の開花は、生育期の気温の直接的効果よりも、雪解け時期の変動に対してより強く影響される。開花開始時期は局所的な雪解け時期によって決まり、雪解けが早く進むことにより開花時期の種間の重複は大きくなる。これは、雪田環境では生育期間の短さが植物の成長の制限要因になっていることを意味しており、温暖化の直接効果よりも積雪環境の変化を介した間接効果の影響が重要であることを示している。

(4) 気温の温暖化と雪解けの早期化は必ずしも一致しない。例えば6-7月の温暖気象は第四雪溪の雪解けを促進したが、黒岳雪田プロットの雪解け時期は過去5年間で最も遅かった。融雪期の3月から5月の気温が例年と同程度かやや低かったこと、降雨の流入は第四雪溪で特に強く融雪に寄与した可能性があることなどが、温暖気象と雪解け時期の不一致の理由として考えられる。すなわち、どの季節にどの程度の温暖期が現れるのかによって、積雪環境は大きく変化する。この複雑性は、多雪環境にある高山生態系の温暖化影響予測を難しくしている。

今年度起きたような異常気象がどのくらいの頻度で高山帯に現れるのか、また、経年的に高山植物の季節性はどのように変化しているのかを明らかにするためには、長期的モニタリングデータが大変重要となることを、これまでの調査によって認識することができました。2010年より、私たちが調査を行ってきた調査地が環境省自然環境局生物多様性センターのモニタリングサイト 1000 高山帯の調査地に登録され、植生変化や昆虫相の調査などの新たなモニタリングが平行して始まりました（詳細については、以下のリンクを参照）。100年間のデータ蓄積を目指して益々多くの方にご参加頂き、調査を継続して行きたいと考えています。

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

ニュースレター：http://www.biodic.go.jp/moni1000/findings/newsflash/pdf/kouzan_no.2.pdf

謝辞 リサーチ登山花ボランティアは、環境省、文化庁（教育委員会）、林野庁（森林管理署）の認可のもとに行っている学術調査です。認可・ご理解を頂いた各省庁の皆様、手続きにご協力頂いた会員の皆様、実際に調査に参加頂いた会員の皆様に御礼申し上げます。

（2011年4月3日作成）