

タイトル	大雪山白雲岳火口原の特殊な高山植生
著者	佐藤，謙；高橋，伸幸；SATO，Ken；TAKAHASHI，Nobuyuki
引用	北海学園大学学園論集(167)：31-48
発行日	2016-03-25

大雪山白雲岳火口原の特殊な高山植生[※]

佐藤 伸 謙
高橋 幸

1. はじめに

大雪山国立公園北部の高山帯に位置する白雲岳の火口原では、例年5月中旬以降、火口壁斜面上の積雪からの融雪水供給により、最大直径約180 m、最大水深80 cm程度の火口湖が出現する。この湖は、およそ半月ほど存続した後、急速に排水が進み、火口湖は消滅する(高橋, 1995)。火口原には、構造土(周氷河地形)の一つであるアースハンモックがきわめて顕著に発達し、この微地形と対応して特殊な種組成を有する植物群落が成立している。

筆者らは、1996年8月24～25日、白雲岳火口原における地形と植生の対応関係について調査した。この植生調査の結果は約20年前の資料であるが、今なお未報告の特殊な事例となるので、ここに報告する次第である。

2. 調査地概要

2.1 位置

調査地とした火口原(標高2,160～2,170 m)は、白雲岳山頂(標高2,292.5 m)の東側に広がり(図1, 写真1)、北緯42°39'28～42", 東経142°54'38～56"に位置する。

2.2 地形・地質

白雲岳はドーム状の形態を呈し、山頂部には直径約400 mの火口が残されている。最高地点(標高2,292.5 m)は火口縁の西側に位置し、火口内部の標高2,160～2,170 mには平坦な火口原が広がる。火口原内には、最低部を中心にアースハンモックや凍結割れ目多角形土などの周氷河地形が形成されている(写真2)。国府谷ほか(1968)の地質図幅によると、白雲岳は、大半が第四紀更新世の白雲岳熔岩(角閃石しそ輝石普通輝石安山岩)からなり、北側の火口壁から火口原にか

※ Sato, K. & Takahashi, N. 2016. Specific alpine vegetation at the crater of Mt. Hakuundake, Daisetsuzan Mountains, Hokkaido, Japan. Gakuen Ronshu (J. of Hokkai-Gakuen Univ.), No.167: 31-48.

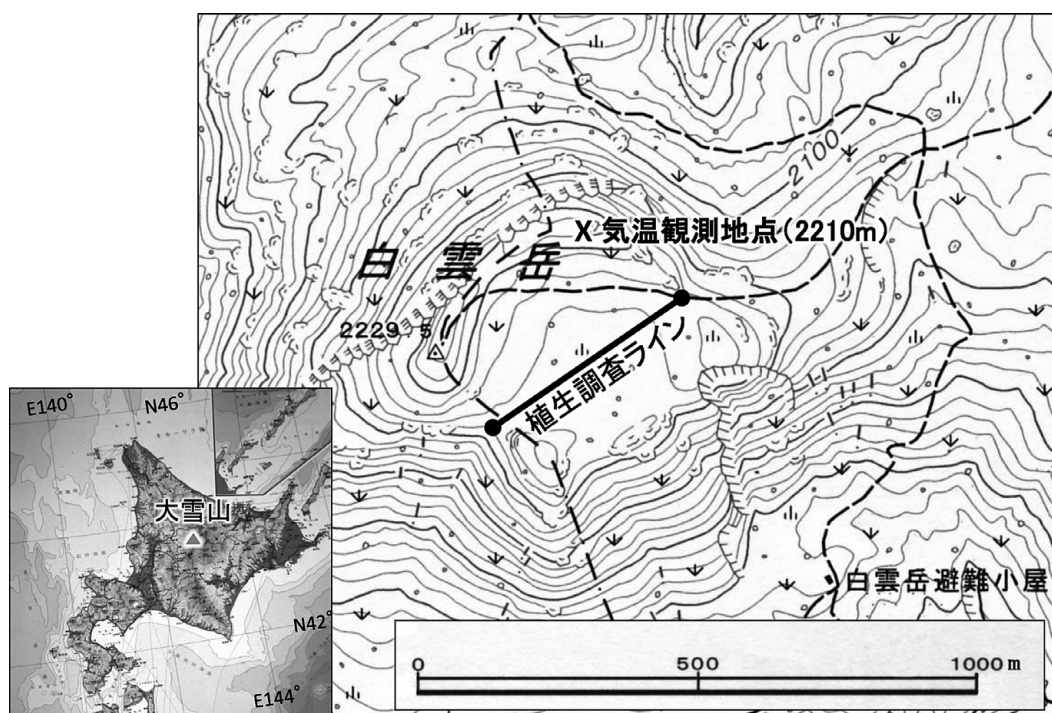


図1 研究地域：大雪山白雲岳山頂周辺
国土地理院発行2万5千分の1地形図「白雲岳」を一部改変

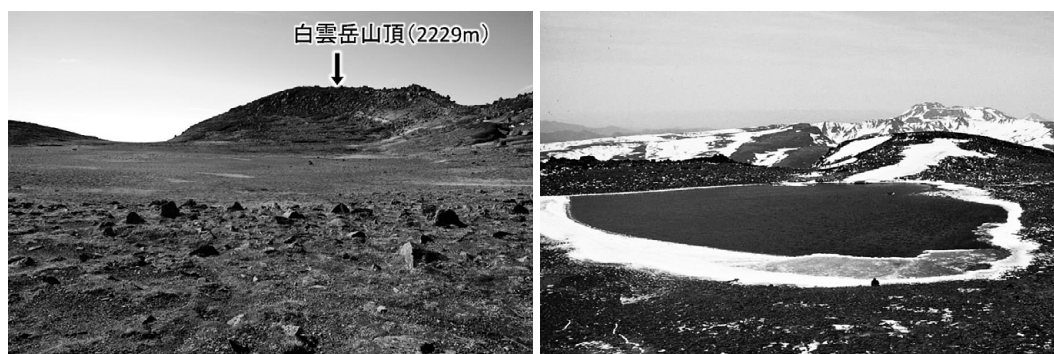


写真1 白雲岳火口原
右の写真は火口湖出現時に北側から火口原を見たもの

けて第四紀更新世の層雲峡熔結凝灰岩（しそ輝石普通輝石安山岩質熔結凝灰岩）が分布している。火口原内の堆積物は、主に安山岩質熔岩の風化生成物である砂礫質シルトと表層部の腐植質土壌からなるが、火口原中央部を中心に、地下50cm付近から層雲峡熔結凝灰岩起源とみられる堆積物が分布している。筆者らが設定した調査ラインは、その両端が前者の範囲に該当するが、ラインの中央部は後者の範囲に当たる。



写真2 白雲岳火口原に見られるアースハンモック（左）と凍結割れ目多角形土（右）

2.3 気候

これまで、筆者らの一人、高橋は断続的に白雲岳周辺で気温観測を行ってきた。北側火口縁上の標高 2,210 m 地点（図 1）では、2013 年 6 月～2014 年 5 月の 1 年間、1 時間ごとの気温データが連続的に得られている。そのため、ここでは、このデータに基づき白雲岳山頂部の気温状況を述べる。

表 1 は、2013 年 6 月～2014 年 5 月の気温関連データを月別に示したものである。これによると、この 1 年間の平均気温は -4.1°C 、最暖月（7 月、8 月）の平均気温は 10.1°C 、最寒月（1 月）の平均気温は -20.9°C であった。気温が 0°C を挟んで日変化する凍結融解日は、2013 年 8 月～10 月と 2014 年 4 月～5 月に出現し、その 1 年間の合計は 38 日に及んだ。一方、2013 年 6 月～7 月は、日最低気温が 0°C を上回り、2013 年 11 月～2014 年 3 月は、日最高気温が 0°C 以下であったため凍結融解日は出現しなかった。また、月平均気温から算出される温量指数（吉良, 1948）は $12.7^{\circ}\text{C}\cdot\text{月}$ であり、気温の観点からも、本調査地域が森林限界（ $15^{\circ}\text{C}\cdot\text{月}$ ）を越えた高山帯に属することが示唆される。また、凍結指数と融解指数を指標とした場合の永久凍土区分（Harris, 1981）に、本観測点の 1 年間の凍結指数（ $2835.0^{\circ}\text{C}\cdot\text{日}$ ）と融解指数（ $1119.1^{\circ}\text{C}\cdot\text{日}$ ）の値を当てはめると、白雲岳山頂付近は連続的永久凍土帯と不連続的永久凍土帯の境界付近に位置づけられる。

風向・風速に関しては、白雲岳山頂の南方約 3.8 km の高根ヶ原（標高 1,710 m）における観測結果（高橋, 2004）を参考にすると、年間を通して西北西を中心に西寄りの風が卓越するが、特に寒候期（11 月～4 月）には、西～西北西の風だけで 80% を占めている。また、風速は、1996 年 9 月～1997 年 8 月の平均が 7.1 m/s、月別では 5 月～8 月が 4 m/s 前後であるのに対し、2 月と 3 月にはそれぞれ 12.3 m/s と 11.5 m/s であり、夏季と冬季の差は顕著であった。白雲岳火口縁は、西南西側と南側、および東側に顕著な鞍部を有することから、地形的にみると、西寄りの卓越風は、西南西側の鞍部から侵入し、火口原を通過して東側の鞍部に抜けていきやすい構造になっている。

かつて冬季に火口原を訪れた際に観察された積雪量は、火口原の中央部付近で 20～30 cm 程

表1 白雲岳火口縁(標高2,210 m)における2013年6月～2014年5月の気温関連データ

	2013年							2014年					年
	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	
平均気温(°C)	7.4	10.1	10.1	5.1	-1.2	-9.7	-15.6	-20.9	-18.6	-15.8	-8.2	-0.1	-4.8
凍結指数(°C・日)	0	0	0	6.4	93.1	290.9	483.6	647.6	520.5	489.4	252.3	51.2	2835
融解指数(°C・日)	222	312.9	313.8	158	56.3	0	0	0	0	0	6.7	49.4	1119.1
凍結融解日数(日)	0	0	1	7	8	0	0	0	0	0	7	15	38

度、周辺部ではほとんど積雪がみられないところもあった。一方、山頂直下の東向き斜面では多量の吹き溜まりがみられた。このような積雪分布を規定している要因は上記の火口原内を吹き抜ける西寄りの卓越風であることは、十分に予想される。また、火口原内に発達する凍結割れ目多角形土の存在も、火口原内の積雪量が、土壌凍結を十分に進行させるほどに少ないことを示唆している。

3. 調査方法

地形については、現地観察と光波測量機器(トプコンGTS-700)を用いた地形測量により把握した。また、植生調査の方形区ごとに微地形の種類(礫原、風食裸地、凍結割れ目多角形土、アースハンモック、階状土)とその比高を記録した。

植生調査は、火口原の西南西端(S60W, 山頂東斜面の直下)から東北東端(N60E, 白雲分岐からの登山道)まで一方向に、総延長326 mに及ぶラインを設定し、基本的には、ライン上の5 m間隔ごとに1 m四方の方形区を設置して行った。ただし、同じ調査区間の中にアースハンモックとアースハンモック間の凹地が含まれ、それぞれに異なる植分が認められる場合は、両者に方形区を設置した。このように等間隔で設置して得た方形区資料は72個を数えた。

各方形区において、出現種ごとの優占度(Braun-Blanquet, 1964)と植物高(自然高の最高値)を測定し、方形区における群落高(全出現種の最高値)、階層ごとの植被率と出現種数を把握した。階層は、草本層とコケ層に二分した。

ところで、一般的な方形区法は、植物群落の抽出・分類のために一様な相観と種組成を持った植分が選択されて進められる。それに対して、本稿は、植生変化を把握することを目的として等間隔で連続させた方形区法を採用したため、結果の表では移行的な植分が含まれる。このように、本稿は、植物群落の抽出・分類を直接の目的としなかったが、得られた方形区資料を既知の高山植物群落(佐藤, 2007)と比較しながら、個々の植分が既知の植物群落に該当するか、あるいは未知の植物群落であるかを判断した。

4. 調査結果

4.1 地形変化の概要

総延長326 mのラインは、火口原の西南西端(始点)から最低部分を通過して東北東端(終点)

へ至る N60°E の方向に設置した（図 1）。このラインに沿う地形変化は以下の通りである。

- (1) 0（始点）～36 m 区間は、全体的に東北東方向へ 2～8 度で傾斜していた。巨礫が散在し、その周辺の裸地と安定した礫上の植被の比高は 9～19 cm であった。
- (2) 40～66 m 区間は、5 度以下の緩傾斜になり、凍結割れ目と風食裸地が顕著になった。風食裸地は小凹地となり、周辺植被との比高が 17～32 cm であった。
- (3) 70～96 m 区間は、ほとんど低平になり、凍結割れ目が認められた。
- (4) 100～152 m 区間は、火口原の最低部にあたり、アースハンモックが顕著に発達していた。アースハンモックの大きさは、多くの場合、平面形が 50～100 cm（短径）×100～130 cm（長径）の規模を示したが、200 cm×270 cm に達する場合もあった。アースハンモックの頂部と基部との比高は 28～51 cm であった。その頂部に深さ 6～13 cm の風食裸地（凹地）を伴う場合があった。
- (5) 155～216 m 区間は、傾斜角 5 度以内の緩傾斜となった。風食裸地が少なく、風食裸地と周辺植被との比高も 5～13 cm と小さくなり、代わりに、凍結割れ目が目立つようになった。
- (6) 220～241 m 区間では、直径 50 cm、凹凸の比高 12～15 cm ほどの小規模なアースハンモックが散在するようになった。風食裸地の凹みも比高 8～11 cm と小さかった。
- (7) 245～251 m 区間は、低平となり、風食裸地の凹みは比高 6～12 cm と小さかった。
- (8) 255～271 m 区間は、低平な最低部から西南西へ緩傾斜する斜面へと移行した。
- (9) 275～306 m 区間は、傾斜角が 8～17 度と増加した。273 m 地点で湧水が認められたが、この付近から巨礫が顕著になり、295 m からは前面に植被が密生する階状土が発達するようになった。階状土前面の比高は 15～25 cm 程度であった。
- (10) 310～326 m 区間は、全体的な傾斜角が 2～5 度程度と小さく、階状土の比高は 7～13 cm 程度と小さかったが、小規模な表層物質移動を示す砂礫地が多くなった。

以上の地形変化は、概略的に述べると、全体的に浅い凹形地形を呈する火口原の中で、周辺斜面では階状土、最低部にアースハンモック、それらの中間に凍結割れ目や風食裸地が生じており、周氷河地形の分布に特徴がみられる。

4.2 植物群落（表 2～4）

得られた 72 個の植生資料は、表 2～4 に示すように、(1)コメバツガザクラミネズオウ群集（高山風衝地矮低木群落，52 方形区，植物群落 1），(2)ミヤマクロスゲシラネニンジン群集（18 方形区，植物群落 2）および(3)コマクサータカネスミレ群集とエゾイワツメクサ群集（高山荒原草本群落，2 方形区，植物群落 3）に三大別された。

4.2.1 コメバツガザクラミネズオウ群集

白雲岳火口原の中で、52 個の方形区資料がミネズオウ・イワヒゲ・ダイセツイワスゲ・ウスユ

キトウヒレン・チシマツガザクラ・メアカンキンバイの維管束植物6種とシモフリゴケ・ホグロタテガミゴケ・コガネエイランタイ・コガネトコブシゴケの蘚苔地衣類4種によって区分され、(1)コメバツガザクラ・ミネズオウ群集(植物群落1)に同定された。火口原の同群集では、上記種のほか、他群落と共通する場合が多いが、コメバツガザクラ・エゾマメヤナギ・イワウメ・ミヤマノガリヤス・ミヤマクロスゲ・マキバエイランタイ・ムシゴケ(トキワムシゴケを含む)などが高常在度で出現する特徴が認められる。以上の種組成は、概して、大雪山北部の同群集に一般的な特徴を示している(佐藤, 2007)。

しかしながら、火口原の同群集は、表2~4に示すように、それぞれの区間ごとに認められる常在種や優占種の変化によって、典型植分群(a), エゾマメヤナギ植分群(b), イワウメ優占植分群(c), エゾマメヤナギ・イワウメ植分群(d), キバナシャクナゲ・ガンコウラン植分群(e)に細分された。これらは、大雪山北部全体の同群集(佐藤, 2007の表III1-2)と比較すると、対象地域が小面積であることも関連すると思われるが、イワブクロ・ウラシマツツジ・マルバヤナギ(エゾタカネヤナギ)・エゾツツジなどを欠いて種組成が多少とも単純になっている。一方、エゾマメヤナギ植分群(b)とエゾマメヤナギ・イワウメ植分群(d)は、大雪山北部で比較的希な同群集エゾマメヤナギ植分群(佐藤, 2007の表III1-2)に該当し、イワウメが優占する植分群(c)と(d)は、大雪山北部で今まで報告されていない植分群となる。

4.2.2 ミヤマクロスゲ・シラネニンジン群落

他方、火口原の18個の方形区資料は、表2~4に示すように、(2)ミヤマクロスゲ・シラネニンジン群落(植物群落2)にまとめられた。本群落は、シラネニンジン・ミヤマウシノケグサ・ミヤマヌカボ・ヌイオスゲ・コケモモ・ミヤマキンバイの維管束植物6種とミヤマスナゴケ・トゲエイランタイ・エイランタイ・ムクムクキゴケの蘚苔地衣類4種によって他群落と区分される。上記種のほか、他群落と共通するがミヤマクロスゲとイワギキョウが比較的高い優占度と常在度で出現し、全体的に、本群落の種組成は草本植物、特にイネ科やカヤツリグサ科スゲ属が優勢な特徴が認められる。

本群落は、イワウメ植分群(a), ミヤマクロスゲ・シラネニンジン植分群(b)およびミヤマクロスゲ・イワウメ植分群(c)に細分された。これらの植分群は、アースハンモックの微地形変化にほぼ対応した。イワウメを伴う植分群(aとc)は、アースハンモックの頂部(整理番号27と29)またはアースハンモック発達範囲の辺縁部(整理番号21, 25, 33, 35および51)に限られていた。一方、草本植物が優勢なミヤマクロスゲ・シラネニンジン植分群(b)は、アースハンモックの基部(整理番号23, 28, 30, 32および52)か、アースハンモック発達範囲の中央部でアースハンモック全体(整理番号22, 24, 31および36)を被っていた。なお、ミヤマクロスゲ・イワウメ植分群(c; 整理番号26と34)は、上述10種の群落区分種がなくなり、一方でコメバツガザクラ・ミネズオウ群集にも同定できず、コメバツガザクラ・ミネズオウ群集とミヤマクロスゲ・シラネニン

ジン群落（イワウメ植分群(a)とミヤマクロスゲ・シラネニンジン植分群(b)）との移行的な種組成を示している。以上のミヤマクロスゲ・シラネニンジン群落は、北海道の高山植生（佐藤，2007）の中で比較すると、この火口原に限られ、今まで記録されてこなかった植物群落である。

4.2.3 コマクサ・タカネスミレ群集とエゾイワツメクサ群集

また、2個の方形区資料（表4の群落3）がクモマユキノシタ・コマクサ・エゾイワツメクサ3種の出現によって(3)コマクサ・タカネスミレ群集とエゾイワツメクサ群集に区分された。しかしながら、これらの種組成は、上記2群集の特徴を十分には示していないので、植物群落の抽出・分類では断片的資料として削除されてきたものであり、階状土の上面や表層物質移動に伴う砂礫地などに成立する高山荒原群落と総称しておきたい。

4.3 植生変化（表2～4）

4.3.1 0～96 m 区間：コメバツガザクラ・ミネズオウ群集の発達

0～96 m 区間では、表2に示すように、コメバツガザクラ・ミネズオウ群集（植物群落1）が発達する。そのうち、0～36 m 区間（a：典型植分群）では、イワウメとミネズオウが優占度2～3程度で出現し、コメバツガザクラ・ウスユキトウヒレン・ミヤマクロスゲ・シモフリゴケ・マキバエイランタイ・ムシゴケ（トキワムシゴケを含む）などが高い常在度で出現する。草本層の植被率は50～90%と比較的高い。40～66 m 区間（b：エゾマメヤナギ植分群）では、イワウメが優占度1～3で出現して優勢であるが、ミネズオウとシモフリゴケの優占度または常在度が低下し、代わりにエゾマメヤナギが高常在度で出現するようになる。草本層の植被率は、風食裸地の発達に対応して10～70%と低下する。70～96 m 区間（c：イワウメ優占植分群）では、イワウメが高い優占度（4～5）で出現し、ミネズオウも優占度2～3で常在するようになる。草本層の植被率は80～100%と増加し、コケ層の植被率も10～40%と高まる。この範囲では、イワウメ優占植分(c)に顕著な凍結割れ目が認められる。

4.3.2 100～241 m 区間：アースハンモックの発達に伴ったミヤマクロスゲ・シラネニンジン群落の成立とコメバツガザクラ・ミネズオウ群集の介在

100～241 m 区間では、表3と表4に示すように、アースハンモック上に成立したミヤマクロスゲ・シラネニンジン群落が2ヶ所に認められ、それらに介在してコメバツガザクラ・ミネズオウ群集が成立している。そのうち、100～152 m 区間では、既述のように大型のアースハンモックが発達し、ミヤマクロスゲ・シラネニンジン群落が成立する。同群落は、シラネニンジン・ミヤマウシノケグサ・ミヤマヌカボ・ヌイオスゲ・コケモモ・ミヤマキンバイによって区分され、ミヤマクロスゲとイワギキョウが高い優占度と常在度を示す。アースハンモックとアースハンモック間凹地において種組成または出現種の優占度が異なり、アースハンモック上ではイワウメ・エゾ

表2 大雪山白雲岳火口原における植生交代 (その1)
Table 2 Vegetational change at the crater of Mt. Hakuundake, Daisetsuzan Mountains, Hokkaido, Japan (Part 1).

Community code *	1										2																
	a					b					c					a											
Running number	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	
Distance (m)	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120		
From	1	6	11	16	21	26	31	36	41	46	51	56	61	66	71	76	81	86	91	96	101	106	111	116	121		
区間	G	G	G	G	G	G	G	G	BP	BP	BP	BP	BP	BP	BP	FP	FP	FP	FP	FP	FP	EH	EH	EH	EH		
Microtopography	Height from the depression (cm)	Max. height of community (cm)	群落高	Height from the depression (cm)	Max. height of community (cm)	群落高	Height from the depression (cm)	Max. height of community (cm)	群落高	Height from the depression (cm)	Max. height of community (cm)	群落高	Height from the depression (cm)	Max. height of community (cm)	群落高	Height from the depression (cm)	Max. height of community (cm)	群落高	Height from the depression (cm)	Max. height of community (cm)	群落高	Height from the depression (cm)	Max. height of community (cm)	群落高	Height from the depression (cm)	Max. height of community (cm)	群落高
植生	8	13	-	8	10	13	15	10	12	10	12	12	19	11	8	13	10	8	9	10	12	12	23	7	10		
草層	90	75	60	90	70	50	80	25	60	10	50	70	50	80	80	80	80	90	100	90	80	75	100	80	75		
草層	20	10	25	5	5	10	10	40	10	5	15	20	30	40	30	30	10	20	20	20	20	5	10	15	5		
Number of species	10	8	12	8	8	8	9	10	9	10	8	9	11	8	8	8	10	6	9	9	14	8	8	7	10	7	
Phanerogams	3	6	5	4	4	5	6	3	4	5	2	3	5	6	6	6	3	3	6	4	3	6	4	3	7	3	
Mosses & lichens	13	15	17	12	12	13	14	16	12	14	13	11	14	13	14	16	12	12	12	20	12	11	10	17	10		
Total	13	15	17	12	12	13	14	16	12	14	13	11	14	13	14	16	12	12	20	12	11	10	17	10			
合計	13	15	17	12	12	13	14	16	12	14	13	11	14	13	14	16	12	12	20	12	11	10	17	10			
<i>Loiseleuria procumbens</i>	2	3	2	3	3	2	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	3	2	2	1	1	1	1	1	1	
<i>Cassiope lycopodioides</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
<i>Carex stenantha</i> var. <i>taisetsuensis</i>	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
<i>Saussurea yanagisawae</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
<i>Bryanthus gmelinii</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
<i>Potentilla miyabei</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
<i>Arctica nana</i>	2	2	1	3	1	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	2	1	2	1	1	1	1	1	1	1		
<i>Salix pauciflora</i> (=S. <i>nummularia</i>)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
<i>Diapensia lapponica</i> var. <i>obovata</i>	3	3	2	2	2	2	2	3	2	3	1	3	3	4	4	5	4	5	4	2	2	2	2	2	2		
<i>Calamagrostis sesquiflora</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
<i>Luzula arcuata</i> var. <i>unalaschensis</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
<i>Saxifraga laciniata</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
<i>Stellaria pterisperma</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
<i>Dicentra peregrina</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
<i>Tilingia ajanensis</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
<i>Festuca ovina</i> var. <i>alpina</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
<i>Agrostis flaccida</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
<i>Carex vanheurckii</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
<i>Vaccinium vitis-idaea</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
<i>Potentilla metsumrae</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
<i>Carex flavocarpis</i>	2	2	1	1	3	2	1	1	2	2	1	2	3	2	2	2	1	2	1	2	3	2	2	5	2	3	
<i>Campanula lasiocarpa</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	2	2		

表 2 続き

Table 2 Continued (Part 1).

Community code 植物群落	1															2										
	a					b					c					a					b					
Running number	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
Distance (m) From	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120	125
To	1	6	11	16	21	26	31	36	41	46	51	56	61	66	71	76	81	86	91	96	101	106	111	116	121	126
Number of species	10	8	12	8	8	8	9	10	9	10	8	9	11	8	8	8	10	6	9	9	14	8	8	7	10	7
出現種数	3	6	5	4	4	5	5	6	3	4	5	2	3	5	5	6	6	3	3	6	4	3	3	7	3	3
植物種数	13	15	17	12	12	13	14	16	12	14	13	11	14	13	13	14	16	12	12	12	20	12	11	10	17	10
Mosses & lichenes																										
Total																										
<i>Rhododendron aureum</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Empetrum nigrum</i> var. <i>japonicum</i>	1	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Artemisia arctica</i> f. <i>villosa</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Spiraea betulifolia</i> var. <i>aemiliana</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Vaccinium uliginosum</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Polygonum viviparum</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Oxytropis japonica</i> var. <i>sericea</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Artemisia trifurcata</i> var. <i>pedunculosa</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Alectoris ochroleuca</i>	.	+	1	.	.	.	+	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Cetraria nivalis</i>	.	+	.	.	.	+	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Asahinea chrysantha</i>	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Racomitrium fasciculare</i>	.	.	.	.	.	.	+	.	+	.	.	.	.	.	.	+	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Cetraria islandica</i> var. <i>orientalis</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Cetraria delisei</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	1	2	2	1	.	1	.	1	1	+
<i>Stereocaulon sasakii</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	.	2	.	.	.
<i>Racomitrium lanuginosum</i>	1	1	1	+	1	1	1	+	.	1	+	.	.	2	2	+	+	1	.	.	+	+	+	+	+	+
<i>Cetraria ericetorum</i>	1	1	2	+	+	1	1	2	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	.	.	1	1
<i>Tamnia vermicularis</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
(incl. <i>T. subuliformis</i>)	2	2	2	1	1	2	2	2	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	+	+	1	1	+	.	1	+
<i>Cladonia</i> spp.	.	+	1	1	1	1	+	1	.	.	.	.	.	.	+	1	1	1	.	.	+	.	.	.	+	.
<i>Polytrichum</i> sp.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Moss sp.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.

* 1: Arctico-Leuseurietum procumbentis コメバツガザクラ-ミズオウ群集 (a: Typical stand group 典型植分群, b: the *Salix pauciflora* stand group エゾマメナギ植分群, c: the *Diapensia lapponica* var. *obovata*-dominant stand group イワウメ優占植分群), 2: the *Carex flavocuspis-Tilingia ajanensis* community on the earth hummock アースハンモック上のミヤマクロスゲ-シラネニンジン群落 (a: the *Diapensia lapponica* var. *obovata* stand group イワウメ植分群, b: the *Carex flavocuspis-Tilingia ajanensis* stand group ミヤマクロスゲ-シラネニンジン植分群, c: the *Carex flavocuspis-Diapensia lapponica* var. *obovata* stand group ミヤマクロスゲ-イワウメ植分群).

** Microtopography 微地形: G:Gravel filed 礫原, BP:Polygon with wind-eroded bare depressions 風食裸地を伴う多角形土, FP:Polygon with frost cracks 凍割れ目多角形土, EH:Earth Hummock アースハンモック.

Table 3 Vegetational change at the crater of Mt. Hakuundake, Daisetsuzan Mountains, Hokkaido, Japan (Part 2).

[illegible]

表 3 続き

Table 3 Continued.

Community code	2												1												2																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
	a	b	a	b	a	c	a	b					a	b	a	c	a	b					a	b					a	b																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				

* 1: Arctico-Leuseurietum procumbentis コメバツガザクラ-ミズスオウ群集 (c: the *Diapensia lapponica* var. *obovata*-dominant stand group イワウメ優占植分群)
 2: the *Carex flavocuspis-Tilingia ajanensis* community on the earth hummock アースハンモック上のミヤマクロステグマ-シラネニンジン群落 (a: the *Diapensia lapponica* var. *obovata* stand group イワウメ植分群, b: the *Carex flavocuspis-Tilingia ajanensis* stand group ミヤマクロステグマ-シラネニンジン植分群, c: the *Carex flavocuspis-Tilingia ajanensis* stand group ミヤマクロステグマ-イワウメ植分群)。

** Microtopography 微地形; EH: Earth Hummock アースハンモック, FP: Polygon with frost cracks 凍結割れ目多角形土。

Table 4 Vegetational change at the crater of Mt. Hakuundake, Daisetsuzan Mountains, Hokkaido, Japan (Part 3).

[illegible]

表4 続き
Table 4 Continued.

Community code	1																					3		1
植物群集	e																					d		a
Running Number	e																					d		a
整理番号	e																					d		a
Distance (m)	e																					d		a
区間	e																					d		a
To	e																					d		a
Number of species	e																					d		a
出現種数	e																					d		a
Phanerogams	e																					d		a
維管束植物	e																					d		a
Mosses & lichenes	e																					d		a
蕨苔類	e																					d		a
Total	e																					d		a
合計	e																					d		a
Rhododendron aureum	.	.	.	.	.	3	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	2			
Empetrum nigrum var. japonicum	.	.	.	.	.	3	.	.	.	.	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.			
Artemisia arctica f. villosa	.	.	.	.	.	.	+	2	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.			
Spiraea betulifolia var. aemiliana	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			
Vaccinium uliginosum	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			
Polygonum viviparum	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			
Oxytropis japonica var. sericea	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			
Alemetia trifurcata var. pedunculosa	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.			
Alcatoria ochroleuca	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	+	.	.	+	-			
Cetraria nivalis	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	-	-			
Asahinea chrysantha	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	1	.	-	-			
Racomitrium fasciculare	2	.	.	.	1	3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			
Cetraria islandica var. orientalis	+	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			
Cetraria delisei	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			
Stereocaulon sasakii	+	+	+	+	+	+	+	+	+	.	.	.	.	.	.	1	+	+	.	+	.			
Racomitrium lanuginosum	.	1	1	.	1	2	+	2	1	1	.	1	+	.	.	.	.	+	.	.	.			
Cetraria ericetorum	+	1	1	+	2	1	3	2	2	1	+	2	2	.	2	.	2	.	+	1	1			
Tamonia vernicularis	1	2	2	1	2	2	2	2	1	2	1	2	2	2	1	2	1	2	1	+	+			
(incl. T. subuliformis)	+	+	+	+	+	+	+	2	3	2	1	.	.	.	.	1	2	1	.	+	.			
Gladonia spp.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			
Polytrichum sp.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			
Parmelia sp.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			
Moss sp.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	2	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.			

* 1: *Arctico-Leuseleium procumbentis* コメバツガザクラ・ミネオオサギ群集 (a: Typical stand group 典型植分群, d: the *Salix pauciflora-Diipenta lapponica* var. *obovata* stand group エゾマヤギ・ワイウ木植分群, e: the *Rhododendron aureum-Empetrum nigrum* var. *japonicum* stand group キバナシヤクサ・ザン・ゴンコウラン植分群), 3: *Dicentra-Violetum crasseae* and *Stellarium pterospermae* コマクサ・タカネスミレ群集とエゾフツメクサ群集 (荒原群落).

Microtopography 微地形: PP: Polygon with frost cracks 凍結割れ目多角形土, G: Gravel filed 礫原, FT: Front of solifluction terrace 階状土前面, TT: Top of solifluction terrace 階状土上面。

マメヤナギ・ミヤマノガリヤス・クモマスズメノヒエ・コメバツガザクラが優勢なイワウメ植分群(a)とミヤマクロスゲイワウメ植分群(c)が、またアースハンモック間凹地ではミヤマクロスゲ・イワギキョウ・ヌイオスゲ・シラネニンジン・ミヤマキンバイが優勢なミヤマクロスゲ・シラネニンジン植分群(b)がそれぞれ成立する。この区間では、植被率が草本層で75~100%と高く、藓苔地衣層で0~20%と低い。

155~216 m 区間では、アースハンモックが出現する直前の70~96 m 区間と同様に、コメバツガザクラ・ミネズオウ群集イワウメ優占植分群(c)に交代する。この範囲では、同群集の区分種に挙げた植物が比較的少ないが、イワヒゲ・コメバツガザクラ・エゾマメヤナギ・ミヤマクロスゲ・ムシゴケ・クモマスズメノヒエなどが比較的高い常在度で出現する。植被率は、草本層で50~100%、コケ層で5~30%を示し、70~96 m 区間と比較すると、やや低下する。しかしながら、この範囲の立地は、70~96 m 区間と同様に、低平な地形を呈し、凍結割れ目が目立っている。

220~226 m 区間では、小型のアースハンモックが散生するが、100~152 m 区間と同様に、シラネニンジン・ミヤマウシノケグサ・ミヤマヌカボ・ヌイオスゲ・ミヤマキンバイ・イワギキョウに特徴づけられるミヤマクロスゲ・シラネニンジン群落が成立し、この範囲ではシロサマニヨモギとムカゴトラノオも同群落に専制的に出現する。アースハンモック上のイワウメ植分群(a)とアースハンモック間凹地のミヤマクロスゲ・シラネニンジン植分群(b)の繰り返しは、100~152 m 区間とほぼ同様である。

230~241 m 区間の植分は、表4に示すように、ミネズオウ・イワヒゲなどの出現によってコメバツガザクラ・ミネズオウ群集(エゾマメヤナギ・イワウメ植分群(d))となり、以降に続く245~251 m 区間と同質の種組成を示すが、この範囲の植分はなお小型のアースハンモック上に成立している。

4.3.3 241~326 m 区間：コメバツガザクラ・ミネズオウ群集の発達と高山荒原群落の介在

241~326 m 区間では、表4に示すように、全体的にコメバツガザクラ・ミネズオウ群集が発達し、部分的に高山荒原群落が介在する。245~251 m 区間(エゾマメヤナギ・イワウメ植分群(d))は、低平な地形で風食裸地が認められるが、全体にイワウメが優占し、ミネズオウ・ダイセツイワスゲ・エゾマメヤナギ・マキバエイランタイ・ムシゴケなどが高常在度で出現する。255~271 m 区間(キバナシャクナゲ・ガンコウラン植分群(e))では、群集区分種やイワウメが常在度または優占度を低下させ、その代わりにキバナシャクナゲ・ガンコウラン・コケモモなどが優勢に出現する。この種組成的特徴と地形を考え合わせると、この範囲は、全体的に低平な火口原の中で、東南東側への傾斜が始まる地形変換点に当たるため、風衝地の中で多少とも多雪になっていると考えられる。275~306 m 区間(エゾマメヤナギ・イワウメ植分群(d))では、傾斜角が8~17度と明らかに増加し、階状土が顕著になるが、種組成は245~251 m 区間のものと類似している。310~316 m 区間では、傾斜角が2~5度と低下するが、不安定な砂礫地が多くなり、クモマユキノシ

タ・エゾイワツメクサ・コマクサが疎生する荒原群落に交代する。最後に、320～326 m 区間は、登山道が設けられた尾根に達した場所であり、比較的安定した風衝地にコメバツガザクラ・ミネズオウ群集（a：典型植分群）が成立する。

5. 考察とまとめ

5.1 植生変化と対応する立地環境の変化

前項まで述べた植生変化は、地形をはじめとする立地環境の変化に応じており、その関係を以下に概略的にまとめる。

全体的に浅い凹形地形を呈する火口原の中で、周辺斜面では階状土に応じたコメバツガザクラ・ミネズオウ群集とそれに小規模に介在する高山荒原群落が成立する。この部分は、火口原の中でも特に風衝の程度が強く、積雪もほとんどみられない。また、火口湖の出現時でも浸水を免れており、融解期の凍結融解作用が比較的活発であると考えられる。階状土の存在は、凍結融解作用に伴う表層物質移動が生じていることを示唆している。

一方、火口原の低平な最低部において、アースハンモックに応じてミヤマクロスゲージラネニンジン群落が発達している。ここは、火口原の中でも比較的積雪量の多い（30～50 cm）部分であるが、アースハンモックの頂部では少ない。さらに、火口湖出現時には、水面下に没する。また、排水後も火口壁斜面上には残雪が存在し、融雪水の供給は続く。そのため、アースハンモックが分布する火口原最低部付近を中心に湿潤状態は維持される。

上記二者の移行部分において凍結割れ目や風食裸地が生じる立地に、コメバツガザクラ・ミネズオウ群集のイワウメやエゾマメヤナギが優勢な植分群が認められる。ここに発達する凍結割れ目多角形土は、白雲岳北側の北海平（曾根・高橋，1986）や南側の高根ヶ原など、冬季に風衝地となるためほとんど積雪がみられず、冬季に急速に温度低下し、土壤凍結がより深部に及ぶようなところに出現する。このようなところでは、永久凍土が発達している可能性が高い。また、風食裸地の存在は、積雪がなく、風食作用が生じていることを示している。したがって、白雲岳火口原内のこの場所も、冬季には北海平などの風衝地と同様の環境下にあることが推定される。ただし、融解期には火口湖の形成とともに水没し、この付近がその最深部となる。

以上のように、全体的に、それぞれ異なる立地環境に対応した植物群落の交代が明らかに認められる。

5.2 北海道の高山帯で白雲岳火口原のアースハンモック上に限られるミヤマクロスゲージラネニンジン群落について

ミヤマクロスゲージラネニンジン群落は、大雪山あるいは北海道の高山帯で一般的な植物種とその生育地（植物群落の立地）の対応関係から見ると、極めて希な種組成を持っている。それは、

シラネニンジン・ミヤマキンバイ・ミヤマクロスゲ・イワギキョウの4種が風衝地と雪田の両者に出現するが、ミヤマウシノケグサ、ヌイオスゲおよびイワウメは風衝地に、ミヤマヌカボは雪田矮低木群落に、コケモモ・エイランタイはハイマツ低木林や雪田矮低木群落に、それぞれ出現する傾向が強いからである。

筆者らの一人、佐藤は、知床連山の南岳と知床別岳の鞍部(標高約1,420 m)において、構造土の種類交代に伴う植生交代を簡単にスケッチしている(佐藤, 1981)。そこでは、鞍部となる凹地の中心部にアースハンモックが発達し、周辺に向かって風食裸地を伴う多角形土、そして階状土へ変化しており、最低部分に発達するアースハンモック上では、通常、風衝地と雪田に共通するミヤマクロスゲとシラネニンジン、風衝地に出現するミネズオウ・コメバツガザクラ・チシマツガザクラ・クロマメノキ、雪田に出現するチングルマ・エゾコザクラ・ミヤマヤナギ・エゾオヤマリンドウ、そして雪田から湿原に出現するミネハリイなどが混生する特異な種組成が明らかにされている。この場所もまた、凹地の西端がミヤマヤナギ群落やチングルマ・エゾノツガザクラ群落などの雪田植生に占められるので、凹地の最低部分、すなわちアースハンモックの成立範囲が融雪水により一時的に冠水するように推測される。

他方、浅野(1969)は、本州中部赤石山脈の茶臼岳北方鞍部にある「雪島湿原」と光岳東北東鞍部にある「せんじが原湿原」(ともに標高2,480 m)において、「塚」の上に成立するヒメカワズスゲーワラハナゴケモドキ群団(ガンコウラン・ワラハナゴケモドキ群集、タカネノガリヤス・ウマスギゴケ群集、トウヤクリンドウ・シモフリゴケ群集)を報告している。この植物群落(群団)の種組成には、通常は風衝地・雪田・湿原それぞれに出現する植物が混生する特徴があることが指摘されている。また、この群落が構造土に結びつくことと記されており、そのうち「塚」は現時点で判断するとアースハンモックと考えられる。さらに、雪島湿原では「5、6月には融雪水が湿原をうずめ、池が現れる。」と記されており、群落立地の状況は白雲岳火口原の場合と非常に良く似ている。ただし、白雲岳火口原とはミヤマウシノケグサなどわずかな共通種が認められるが、大半の群落構成種が異なっている。

浅野はまた、上述論文の中で、御岳一の池の火口底にある構造土の「塚」(アースハンモック)に、ミネズオウ・コメバツガザクラ・イワウメなどの風衝地矮低木群落の植物、アオノツガザクラなどの雪田矮低木群落の植物、そして風衝砂礫地の植物が混生していることを記している。

以上の浅野の研究成果は、宮脇編(1985)『日本植生誌中部』に引用されていない。それは、高山植生の植物社会学的分類において、構造土と関係して成立する植分は、風衝地・雪田・雪崩地・湿原のいずれの植生体系にも容易に位置づけることができない局所的な事例であるためと考えられる。他方、北海道の高山植生(佐藤, 2007)でも、上記と同様の観点から、アースハンモック上の植物群落について記述を省略してきたところである。

換言するならば、構造土のうち、アースハンモックの形成環境は、高山帯で一般的な環境区分、すなわち冬季季節風の風衝側と風背側における積雪の顕著な違いに応じた環境区分とは異なるこ

とを示唆する。

以上のことから、白雲岳火口原のミヤマクロスゲージラネニンジン群落は、アースハンモックの形成と密に関係しながら、火口湖出現時に水面下に没し、排水直後は雪田的環境、そして盛夏から冬季においては風衝地的環境になるという、特異な立地環境に結びついたものと考えられる。

5.3 北海道の高山帯で白雲岳火口原のアースハンモック発達地の周辺に限られるコメバツガザクラミネズオウ群集のイワウメが優占する植分群について

前項で述べたミヤマクロスゲージラネニンジン群落を取り巻くように、ミネズオウコメバツガザクラ群集のイワウメが優占する植分群（イワウメ優占植分群とエゾマメヤナギイワウメ植分群）が成立している。これらの植分群も、概ね、一時的な火口湖の範囲に認められ、北海道または大雪山の他地域の同群集には認められない、白雲岳火口群に限られたものである。

イワウメは、大雪山高山帯の風衝地で発達するミネズオウコメバツガザクラ群集の主要構成種であるが、階状土の前面を被う同群集構成種の中では、前面の最も高い位置、積雪の最も少ない生育地に生じる傾向が強いので、冬季の低温・風衝に最も耐えうる植物と考えられる。また、北海平に発達する凍結割れ目多角形土に関連しては、割れ目に接してのみイワウメが優占するので、この点からも、イワウメは同群集構成種の中で最も大きな低温耐性を有すると考えられる。

以上のことから、白雲岳火口原に限られたイワウメが優占する植分群は、一時的な火口湖にうずもれるほか、地下の永久凍土の存在など、特異な立地環境があることを示唆している。

本研究には、平成 26～27 年度北海学園大学学術研究助成・総合研究（研究代表者：岡崎敦男）の一部を使用した。

文 献

- 浅野一男 1969. 赤石山脈の高山帯植物社会Ⅵ湿原群落. 日本生態学会誌, 19(3): 102-116.
- Braun-Blanquet, J. 1964. Pflanzensoziologie. Grundzuege der Vegetationskunde. 3 Aufl. 865 p. Springer. Wien, New York.
- Harris, S. A. 1981. Distribution of active glacier and rock glaciers compared to the distribution of permafrost landforms, based on freezing and thawing indices. Canadian Journal of Earth Science, 18, 376-381.
- 吉良竜夫 1948. 温量指数による垂直的な気候帯のわかちかたについて — 日本の高冷地の合理的利用のために. 寒地農学, 2, 143-173.
- 国府谷盛明・小林武彦・金 喆祐・河内晋平 1968. 5 万分の 1 地質図幅説明書「旭岳」. 52 p. 北海道開発庁. 札幌.
- 宮脇 昭編 1985. 日本植生誌中部. 604 p. 至文堂 東京.
- 佐藤 謙 1981. 高山植生. 「知床半島自然生態系総合調査報告書（総説・植物篇）」, 123-149. 北海道生活環境部自然保護課. 札幌.
- 佐藤 謙 2007. 北海道高山植生誌. 688 p. 北海道大学出版会. 札幌.

- 曾根敏雄・高橋伸幸 1986. 北海道大雪山北海平における凍結割れ目多角形土の冬期観測. 地理学評論, 59(11), 654-663.
- 高橋伸幸 1995. 凍土の融解期における大雪山白雲岳火口湖の消滅. 北海道地理, No.69, 49-55.
- 高橋伸幸 2004. 大雪山高山帯の気候環境. 高橋伸幸編『北海道大雪山地域における第四紀後期の氷河・周氷河環境変遷』平成 12～14 年科学研究費補助金・基盤研究(C)(2)研究成果報告書, 56-107. 北海学園大学工学部.