伊那谷自然史論集 9：13－22（2008）

赤石山脈北西部，鋸岳山麓の小面積岩塊斜面における気温観測 その2
－岩塊内部の氷および岩塊の変動の確認－

明石　浩司*・中村　尊**

Air-temperature measurments in a small block slope at the foothills of the Mt. Nokogiridake
in northwestern Akaishi mountains, Japan. Part 2
－ The finding of block movement and inner ice formation on the block slope －

Kohji Akashi* and Takashi Nakamura**

*〒395-0034　長野県飯田市追手町 2-655　飯田市美術博物館
**〒396-0021　長野県伊那市伊那 5084

赤石山脈北西部の鋸岳山麓において，風穴現象が起きている小規模の岩塊斜面で 2005 年 9 月から気温観測を始めた．前報（明石・中村，2007）では観測 1 年目の 05-06 年のデータから，風穴現象の冷気源として冬季に地下氷が形成されていることを予想した．そして 2007 年 5 月 15 日には，現地で実際に氷が残っていることを確認した．観測 2 年目である 06-07 年の冬の初めは暖冬で，冬日と真冬日の各日数や最低気温の値など，寒冬だった 05-06 年とは相違点があった．しかし冬日と真冬日の合計日数がほとんど同じであるなどの共通点もあった．また地下氷の形成や夏季における冷気の吹き出しについても，特に暖冬の影響はなかった．また両年とも岩塊内部気温は 7 月に入って 0 ℃を上回ると徐々に上昇するが，再び気温が下降する 10 月まで岩塊内部気温は急激に変化することはなかった．しかし 2007 年 9 月 6 日から同 7 日にかけて岩塊内部気温が最大で 4 ℃も上昇し，かつ岩塊斜面の最下端部では同 6 日のうちに地下水温に等しい値に一旦低下するなど，異常な変化があった．この 9 月 6・7 日は台風 9 号が通過し，調査地付近は近年にない大雨となっている．また現地で風穴の吹き出し口が以前より開いていることを確認した．よって岩塊内部気温の上昇は，岩塊が崩れ動いたことにより内部の空気と外気が混合したことが原因と考えられた．またこの岩塊斜面の変動については，岩塊内部を流れる水による侵食が影響していると考えられた．

キーワード　　岩塊斜面，気温観測，風穴現象，内部侵食

1．はじめに

赤石山脈北西部の鋸岳山麓（図 1）で，風穴現象が起きている小規模の岩塊斜面において 2005 年 9 月から気温観測を始めた．本研究では冷気の吹き出し口に小型の温度計を設置して，岩塊内部の気温を直接測定している．前報（明石・中村，2007）では 2005 年 9 月から 2006 年 5 月までの気温データを用いた．2007 年 10 月現在，1 年を通したデータが 2 年分得られたので，年間を通した特性について 1 年目と 2 年目を比較することにした．また 2007 年 9 月に岩塊内部気温が著しく上昇することがあった．上昇後の岩塊斜面では，下端にある吹き出し口が以前よりも大きく開いていた．岩塊内部気温が上昇し始めた日は台風 9 号による大雨が降っていた．そこで，気温上昇，岩塊の変動，

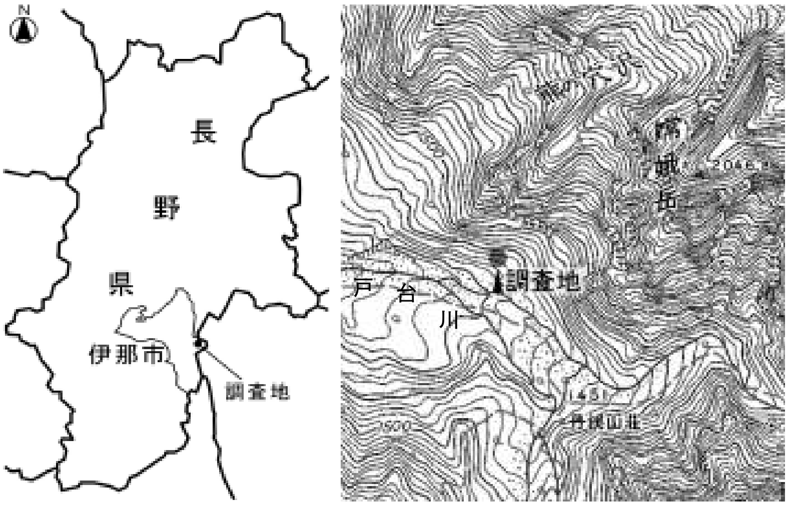

図 1　調査地の位置
右図：2 万 5 千分の 1 地形図「甲斐駒ケ岳」を約 2 万分の 1 に拡大して使用.

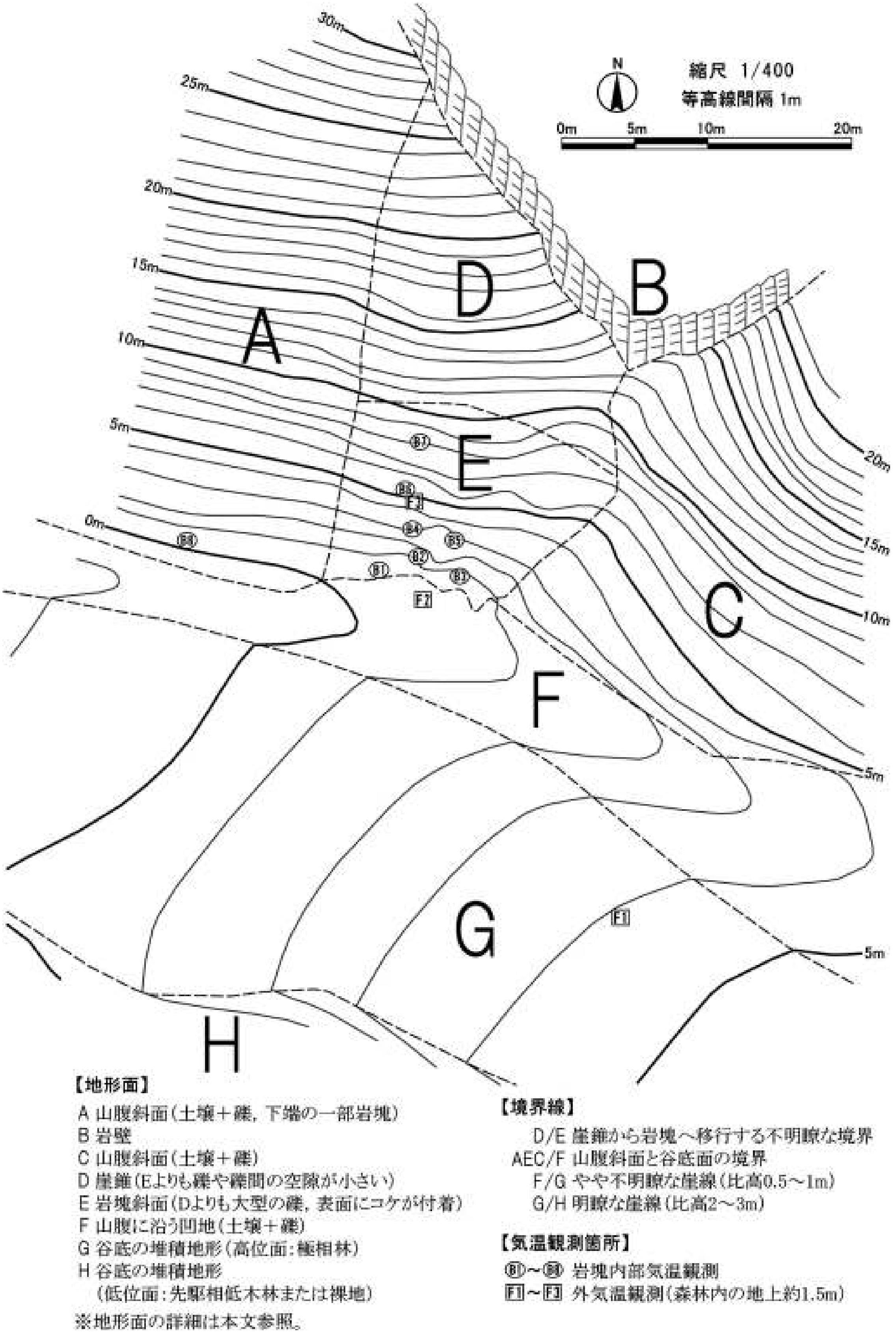

図２　調査地および周辺の地形概況図

大雨の関連についても検証することにした．

２．調査地と調査方法

調査地および調査方法については前報と同じなので，ここでは概略を述べることにする．

⑴　調査地

調査地は鋸岳山麓の標高 1,420 m～ 1,450 m にある．地質は硬いホルンフェルスで（松島ほか，1984），岩壁が多く，その下には崖錐が形成されている．調査地の上部にも岩壁があり，その崩落により斜面は礫に覆われている．成因からすれば崖錐斜面であるが，下端部では比較的大きな礫が隙間をもって堆積しており，ここでは岩塊斜面と呼ぶことにする．

⑵　調査方法

2005 年 9 月 3 日から観測を開始した．現在も観測を継続しているが，本論文では 2007 年 10 月 22 日までのデータを用いる．途中 2006 年 5 月 15 日から 7 月 14 日までは欠測となっている．観測時刻は，欠測になるまでは午前 0 時から 3 時間間隔，再開後は同 2 時間間隔である．温度計は岩塊内の 8 個所と，対照のため森林内の 3 個所に設置測した．前者は岩塊の空隙内の気温観測で，温度計は地表から 30 ～ 50 ㎝入った位置に設置した．以下岩塊内部気温と呼び，観測地点の記号の頭文字には B（B1 ～ B8：inner air-temperature of the block slope）を用いた．後者は岩塊内部に対する外気温の観測で，直射日光を避けて森林内で行った．記号の頭文字には F（F1 ～ F3：air-temperature in the forest）を用いた．

温度計は KN ラボラトリーズ社製サーモクロンを使用した．表示単位は 0.5 ℃，測定精度は± 1 ℃である．結露や浸水など水の影響を受けないようにビニールの小袋に入れて使用することにした．岩塊内部気温の観測では，礫や地面に直接触れないように竹製の三角錐を作り，その頂部に温度計を固定した．外気温の観測では，日射の影響を受けないようにアルミテープを貼ったアクリルコップを逆さにしたものを覆いにし，樹木の幹の北側約 1.5 m の高さに吊るした．

⑶　岩塊斜面の地形と温度計の設置箇所

図 2 は調査地周辺の地形概況図で，岩塊斜面の最低部を 0 m として比高を等高線で表し，さらに地形面区分を記した．岩塊斜面は地形面 E にあたり，ここで観測を行った．地形面 E の礫は 50 ㎝前後（目測：以下同じ）で，下端部には 80 ㎝ほどの大きな礫もあった．また礫表面はコケ類や草本類に覆われている．これより上の地形面 D は 10 ～ 30 ㎝と小さかった．なお D と E を一続きの斜面とした場合，水平面積は 447.5 ㎡で，斜面長は 24.4 m～ 44.7 m，傾斜角は 33° ～ 39° である．調査地の斜面は戸台川の谷底面に接している．戸台川谷底面は段丘状の堆積地形が発達し，高位面と低位面の 2 段に大きく分けられる．地形面 E はそのうちの高位面に接している．2007 年 9 月に台風 9 号の大雨により洪水が起きたが，この高位面までは氾濫していない．

図 2 には温度計の設置位置も記した．外気温の 3 個所のうち F1 は岩塊の冷気の影響を受けない場所の観測を目的にしている．岩塊内部気温は，冷気が強く感じられた最下段で 3 個所，その上の段で 2 個所，さらに上で 1 個所ずつ 2 段とし，合計 4 段に分けて観測した．また地形面 E の岩塊の他，わずかに岩塊状になっている地形面 A の下端にも設置した．

３．結果

⑴　氷の確認

2007 年 5 月 15 日に現地でデータ回収を行った際，岩塊斜面下端部の吹き出し口に氷が残っていることを確認した．B2 の温度計は氷の近傍にあり，B3 の温度

図 3　風穴の吹き出し口 B2・B3 内部の氷
小さい矢印は氷を，大きい矢印は温度計を指している．

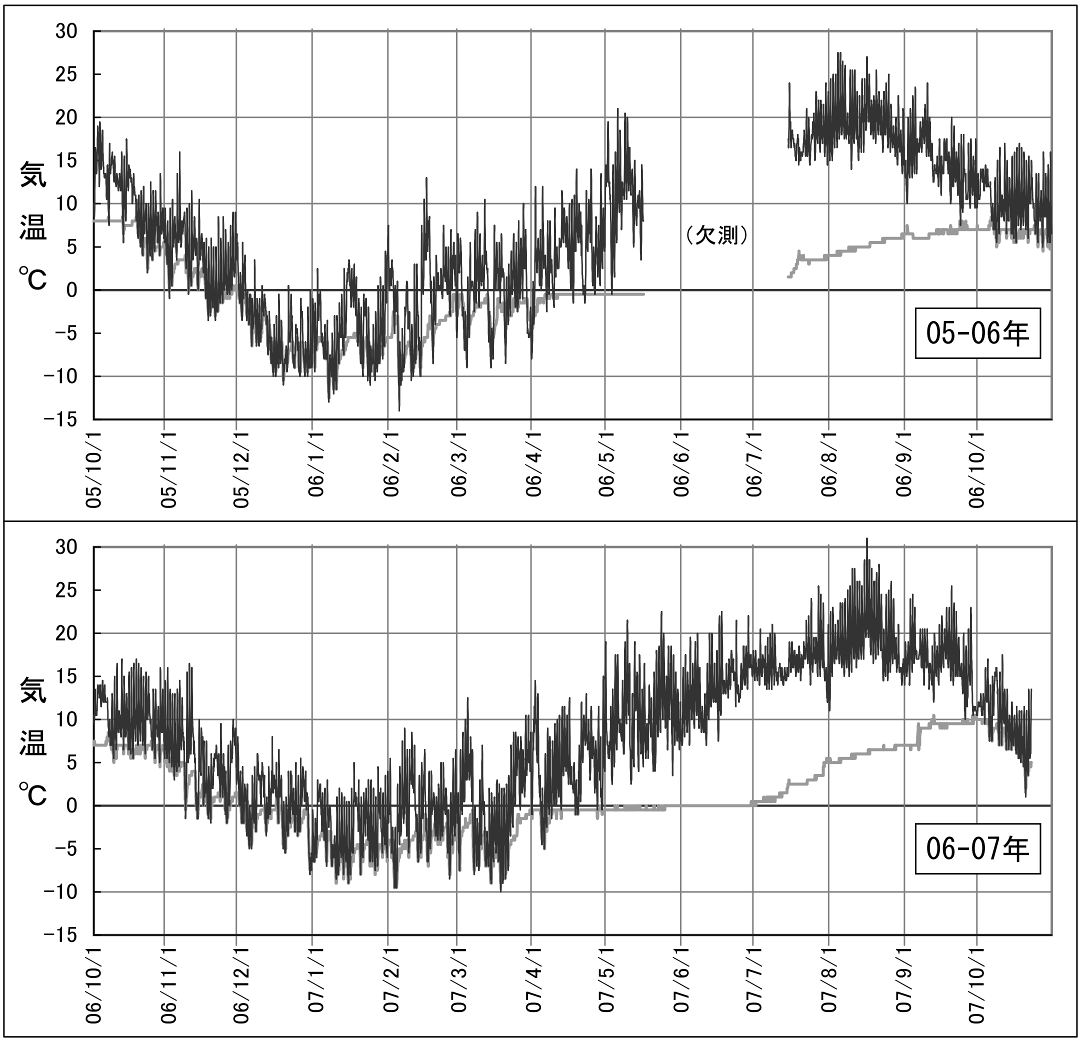

図4　05-06 年と 06-07 年の気温
太い線：岩塊内部気温 B2　細い線：外気温 F1

計は氷の中にあった．この様子を図 3 に示した．B2 の写真では 2 個所で氷が確認でき，いずれも礫の隙間から浸入した水が凍ったような形状をしている．すなわち，写真中央の氷は上部から垂れるように着いており，写真右の氷は奥から流れ出てきたような形をしている．B3 も奥から流れ出てきたように凍っており，かつ吹き出し口の底面全体に氷が残っていた．

⑵　年間の気温変動

①　観測年期の設定

前報で，岩塊内部気温は秋の外気温低下に伴って低下し始め，冬季に氷点下まで下がり，春以降に－ 0.5℃で一定となることを示した．そこで秋の岩塊内部気温の低下開始を観測年期の初めとし，翌秋の気温低下開始までを一つの観測年期とすることにした．また観測年期をそれぞれ 05-06 年，06-07 年と呼ぶことにした．ただし前述のように 05-06 年は 06 年 5 月 16 日から 7 月 14 日まで欠測になっている．岩塊内部気温は全部で 8 個所で観測しているが，ここでは最も低い気温を示している B2 を代表とし，外気温 F1 とともにグラフを図 4 に示した．

②年間の区分と各期間の特徴

05-06 年と 06-07 年は，細かい点では相違点があるものの，年間を通してみるとグラフ形状はよく似ている．両年ともほぼ同じ時期に同様の傾向を示しており，それらの時期的な特徴から 1 年を 5 期間に分けた．以下に各期間の特徴を述べることにする．各期間の期日については表 1 に示した．表 1 には，外気温 F1 および岩塊内部気温 B2 との特徴から○○期という呼称を記した．

期間 A は，前述したように外気温の低下に伴い，岩塊内部気温が低下する時期である．岩塊内部気温の連動のしかたは，外気温の日最低気温の低下に伴っており，外気温の上昇には追随しないという特徴がある．

期間 B は，冬日や真冬日が続いて，岩塊内部気温が氷点下を維持し，最も寒冷になる時期である．外気温の最高気温は 5 ℃を上回ることがほとんどない．期

表1　年間の区分

区　分		期 間 A	期 間 B	期 間 C	期 間 D	期 間 E	冬日と真冬日の合計
外気温		温度下降期	冬日卓越期	融雪-凍結期	温度上昇期	暖侯期	
岩塊内部気温		温度下降期	氷点下維持期	氷点下維持期（地下氷形成期）	-0.5℃一定期（地下氷維持期）	温度上昇期	
05-06年	期間	42日 10/19〜11/29	76日（11/30〜2/13）	43日（2/14〜4/4）	（4/5〜	〜10/7）	
	冬日	13日（31%）	27日（36%）	28日（65%）	9日　−	−	77日
	真冬日	−	47日（62%）	5日（12%）	−	−	52日
06-07年	期間	56日（10/8〜12/2）	68日（12/3〜2/8）	51日（2/9〜3/31）	54日（4/1〜5/24）	135日（5/25〜10/6）	
	冬日	12日（21%）	55日（81%）	38日（75%）	12日（22%）	−	117日
	真冬日	−	7日（10%）	4日（8%）	−	−	11日

間A同様，岩塊内部気温は外気温の日最低気温の低下に追随し，低温を維持したままほとんど上昇しない．岩塊の内部はこのように冷却されて，凍結が十分に可能な温度環境を長期間にわたり保つようになる．

期間Cからは，気温が全般的に上昇に転じる．外気温の日最高気温が5℃以上になることが多く，終日0℃以上の日も増える．ただし期首と期末の日最高気温の差は小さく，温度が日に日に上昇するのは期間Dになってからである．一方，日最低気温は依然として氷点下であることが多い．このため日中に地上の雪の融解が起こっても，夜間や真冬日の日に再び凍結する．岩塊斜面に融雪水が浸透すれば，岩塊内部気温が氷点下を維持しているため，凍結してしまうはずである．このような融解と凍結が期間中繰り返されることになる．岩塊内部気温は氷点下を維持しているものの，期間Bと異なり，外気温0℃以上の状態が継続すると岩塊内部気温も上昇している．

期間Dは，さらに温度が上昇し，外気温が氷点下になることがほとんどなく，岩塊内部気温も上昇して－0.5℃で頭打ちとなる．岩塊内部気温は，外気温が20℃に達することがあっても，－0.5℃で一定となっており，これは大きな特徴と言える．期間の後半は，岩塊内部気温が－0.5℃と0.0℃を繰り返している．

期間Eは，外気温は0℃以上で，岩塊内部気温が0℃を一定期間継続したあと，さらに上昇する時期である．7月に入って0℃を上回ると，その後徐々に上昇するが，盛夏になっても5〜6℃にしかならない．この点も大きな特徴と言える．すなわち，調査地で8月には夏日も観測されていることからすれば，岩塊の気温は驚異的に低い．また夏季の岩塊内部気温は著しく変化することはなく，8月ごろから上昇は緩やかになる．なお2007年8月16日はF1が31.0度に達し，唯一真夏日を記録している．この日は埼玉県熊谷市と岐阜県多治見市で40.9度を観測し，日本の最高気温を更新した日である（気象庁，2007a）．また2007年は9月に岩塊内部気温が急激に上昇していることがあるが，これについては後述する．

⑶　05-06年と06-07年の冬季気温

①　概況

気象庁の報道発表資料（2006；2007b）によると，05-06年は記録的な寒冬，06-07年は記録的な暖冬であった．まず05-06年は1月上旬まで非常に強い寒気が入り極端な低温傾向が続いた．特に12月は平均気温が20年ぶりに全国すべての地域で平年よりも低温になった．ただし2月に入って高温傾向に転じた．一方06-07年は冬型の気圧配置が現れにくく，全国的に気温が高くなり，全国153地点中63地点で冬の最高気温の最高値を更新した．

風穴現象の冷気源となる地下氷が形成されるには，外気温も冬季に十分に低温になっていなければならない．そこで，極端に異なる両年の冬季の特徴について以下に比較をすることにした．

②　冬日と真冬日の日数

冬日と真冬日の日数（表2）は，05-06年では77日と52日（合計129日），06-07年では117日と11日（合計128日）であった．岩塊内部でこれ以上氷が形成されないと考えられる期間Dを除いた冬日と真冬日の合計日数は，それぞれ120日と116日であった．寒冬だった05-06年に比べ，冬の初めが温暖であった06-07年は真冬日が減って冬日が増えたが，冬日と真冬日の合計日数はほぼ同数であった．このことが偶然かどうかは不明であるが，きわめて興味深い事実である．

③　最低気温

F1とB2の最低気温について，表2に示した．最も寒い時期の期間Bにおいて，最低気温の記録日は

いわゆる大寒のころの1月中下旬ではなく立春のころの2月初旬であった．外気温F1の値は，05-06年では－14.0℃，06-07年では－9.5℃で，寒冬および暖冬の傾向が最低気温にも現れている．気温が上昇し始める期間Cでは，両年とも3月上旬から中旬にかけて「寒の戻り」が見られる．F1の最低気温は，05-06年では－9.0℃，06-07年では－10.0℃とほぼ同じ値になった．図4の05-06年のグラフを見ると，3月は－10.0℃付近から＋10℃付近の間を数日間隔で上下している．すなわち「三寒四温」の状態である．一方06-07年のグラフを見ると，3月は期間B並みに日最高気温が5℃を下回る日が11日間も続き，最低気温も連日－5.0℃以下に下がるなど厳しい寒の戻りとなった．このため岩塊内部気温B2も同様に低く，期間B並みの－9.0℃を記録している．

表2　冬季の最低気温と記録日

		期 間 B	期 間 C
05-06年	外気温	−14.0℃ (06/2/4)	−9.0℃ (06/3/4,14)
	岩塊内部気温	−12.5℃ (06/1/6)	−5.5℃ (06/3/4,14,15)
06-07年	外気温	−9.5℃ (07/2/2,3)	−10.0℃ (07/3/18)
	岩塊内部気温	−9.5℃ (07/2/2,3)	−9.0℃ (07/3/14,18)

⑷　2007年9月の気温異常

①　各観測地点の様子

2007年の9月上旬に岩塊内部気温が著しく上昇していることがあった．これについて他の観測地点B1～B8で確認したところ，B6とB7以外は同時に著しく上昇していた．その様子について図5a・b・cに示した．図4の年間を通したグラフを見れば，この時期における気温の急上昇は明らかに異常である．なお，B3については後述の理由によりデータの回収ができなかった．

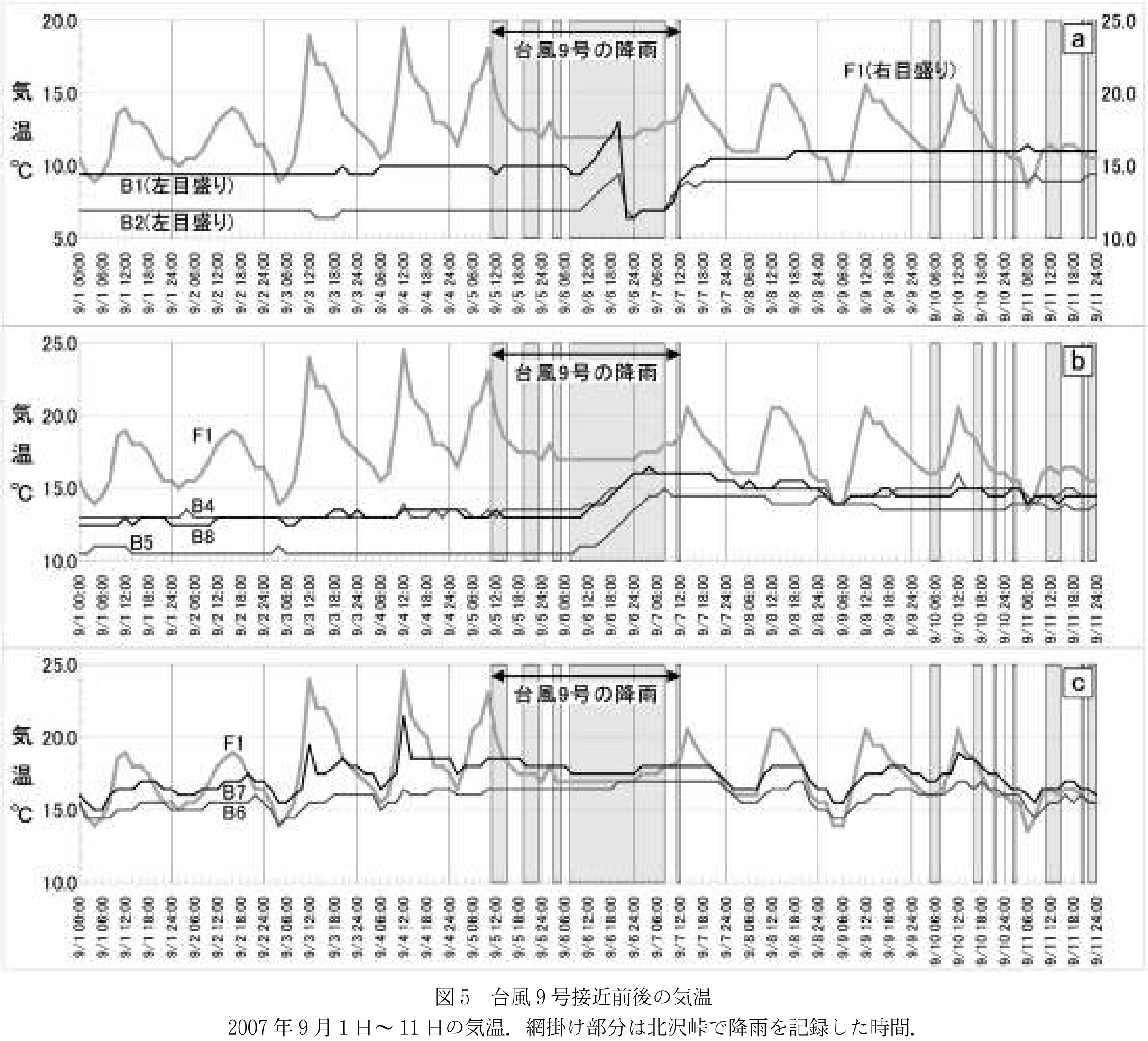

図5　台風9号接近前後の気温
2007年9月1日～11日の気温．網掛け部分は北沢峠で降雨を記録した時間．

図５ａは岩塊斜面の最下端に設置したB1とB2のグラフである．これらは一旦上昇した後，急激に低下し，その後再び徐々に上昇している．その後の気温は，最初の上昇の前の気温より高い状態で一定となっている．図５ｂはより高い位置に設置したB4・B5と，対照のため岩塊斜面から離れた斜面の下端に設置したB8のグラフである．B1・B2同様に上昇するが，急激な低下はない．図５ｃはさらに高い位置のB6とB7のグラフで，ａ・ｂのグラフのような上昇は見られない．

② 台風９号との関連

図５ａ・ｂの気温上昇は９月６日の午前８時または10時に始まっている．９月６日は台風９号が長野県南部と東部に接近した日である．気象庁のホームページ（http://www.jma.go.jp/jma/index.html）で公開されている台風経路図によると，台風９号は６日21時過ぎに静岡県の伊豆半島に上陸し，７日９時には福島県の猪苗代湖付近に達している．また国土交通省が開設しているホームページ「川の防災情報」（http://www.river.go.）では１時間ごとの雨量データが公開されており，それによると調査地に最も近い観測地点の北沢峠（観測所名北沢：標高2060ｍ）では総雨量が553㎜に達した．

台風９号による降雨のグラフと，気温が最も大きく変化したB1および外気温F1の気温グラフを図６に示した．B1は10.0℃でほぼ一定だったが，６日14時から気温が上昇し始める．20時には13.0℃に達するが，それ以降は一転して急激に気温が下がる．なお14時と20時の累加雨量はそれぞれ146㎜と320㎜である．20時，21時，22時にかけて雨量強度はピークにあり，時間雨量はそれぞれ40㎜，44㎜，50㎜であった．B1は一気に6.5℃まで下がり，翌７日８時まで7.0℃のままであった．その後徐々に上昇し，７日20時には10.5℃に戻っている．

筆者のひとり明石は大雨前の2007年８月18日に，当調査地の風穴現象をテーマにした観察会を行った（主催は伊那谷自然友の会）．観察会では，岩塊から吹き出す冷気がいかに冷たいかを認識してもらうため，現地で渓流の水温をアルコール温度計で実測して比較することにした．結果は，岩塊内部気温（B2）6.0℃に対し，戸台川（藪沢）の水温は11.5℃，鋸岳山麓の熊の穴沢（地下水の湧き出し口）の水温は7.5℃だった．９月６・７日に急激に低下した岩塊内部気温は，この熊の穴沢の湧水の水温に極めて近い．

③ 現地の状況

台風９号の雨は伊那谷の低地では災害に至るような降り方ではなかったが，調査地周辺では局所的な大雨になった．南アルプススーパー林道では随所で崩壊が発生し，バスが運行できなくなった．戸台川は大荒れとなり，谷底に２段ある堆積面のうち，低位面のほとんどが消失した．調査地は高位面と接する山腹斜面の下端にあり（図２），戸台川の洪水による侵食は免れた．

しかし洪水後の岩塊斜面は，下端にある風穴の吹き出し口の形が変わっていた．特にB1やB2は明らかに開口部が広がっており，B3の吹き出し口は逆に崩れて温度計が埋没してしまった（回収不可能になった）．またB2の吹き出し口を以前の写真と比較すると，吹き出し口の下の落葉層や土壌が無くなり，礫がむき出しになっていた（図７）．さらに最下端部の礫の隙間からは細かい土砂が流れ出ていた（図８）．このような表土の流亡や土砂の流出は，岩塊斜面から水が流出したことを示している．

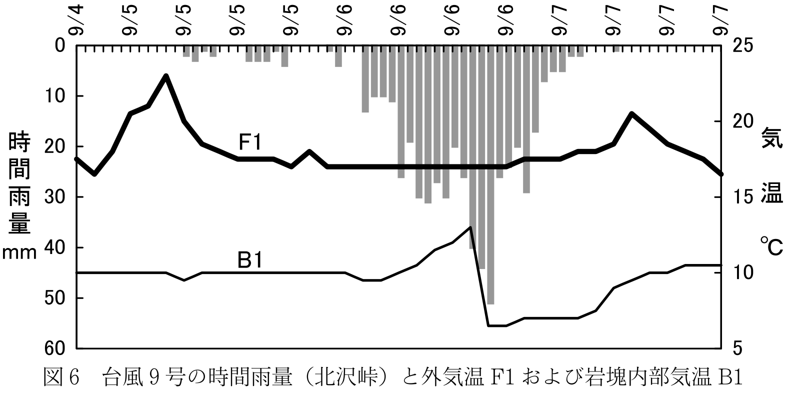

図６　台風９号の時間雨量（北沢峠）と外気温F1および岩塊内部気温B1

図7　風穴の吹き出し口 B3 付近
破線の間の部分で落葉と土壌が流亡し，矢印部分で砂が流出（図 8）していた．

図8　岩塊斜面下端から流出した砂
矢印の先が示している黒い部分が流出した砂．

4．考察

⑴　岩塊内部における氷の形成と維持

年間で最も寒冷な期間Ｂでは，岩塊内部は外気温の低下を受けて冷却され，氷点下を維持している．外気温が 0 ℃以上になる期間Ｃになって融雪水や雨水が岩塊斜面に入り込み始めると考えられるが，岩塊の深部に浸透する過程で凍結し，地下氷となるのだろう．こうしてできた地下氷が風穴現象の冷気源になっていると考えられる．このように地下氷や凍土が風穴現象の冷気源になっていることについては，これまで多くの報告で説明されている（高橋，2002；澤田・石川，2002；清水，2004 など）．なお大雨の際に岩塊内部の水が斜面下端から地表に出ていたことから融雪水も斜面下方に集まりやすいと思われ，外気と接して十分に冷却された吹き出し口の近くで地下氷が形成されている可能性がある．前報（明石・中村，2007）で，－ 0.5 ℃で一定となる岩塊内部気温の観測地点は，斜面下端の B1・B2 とそれに近い B4・B5 であった（B3 は欠測）ことを示した．これらの範囲が地下氷の涵養域であろう．

そして 2007 年 5 月 15 日に，冷気の吹き出し口で実際に氷を確認した（図 3）．この日の B2 の気温は－ 0.5 ℃で，前後の数日は－ 0.5 ℃と 0.0 ℃を上下している（B3 のデータは回収できなかった）．それ以前の 4 月上旬から 1 か月ほどの間は－ 0.5 ℃で一定となっている（図 4）．氷を確認した際，B2 の温度計は氷の近傍にあったことから，岩塊内部気温が－ 0.5 ℃付近で一定となっている状態は，近傍に氷が存在していることの指標となるだろう．

氷を確認した後も，2007 年 6 月末日まで 0.0 ℃で一定の状態が続いている（図 4）．氷点下ではないことから，同 5 月 15 日に確認した氷，すなわち温度計をほぼ直接冷やしていた氷は 6 月には融けていたと思われる．しかし岩塊内部気温が 0 ℃を越えた後も 7 月上旬までは急激に気温上昇せず，吹き出し口よりさらに奥の岩塊斜面内部にはこの時期でもまだ氷が残っている可能性が高い．ただし吹き出し口の気温データだけでは，より奥にある氷がいつ頃完全に融けてしまうのかは確認することはできない．

⑵　風穴現象におよぼす寒冬と暖冬の影響

地下氷形成には，上記のとおり岩塊内部が十分に冷却されることが必要であるが，観測 2 年目の 06-07 年の冬の初めは記録的な暖冬であった．しかし図 4 を見ると，夏季の岩塊内部気温に暖冬の特に影響しているわけではなく，記録的な寒冬だった前年と同じように風穴現象は起きていた．冬の気温が両極端だったにもかかわらず，両年とも夏季においては同じように風穴現象が起きていたことは，特徴的な事実といってよい．両年の間では期間Ｂ・Ｃの日数や開始日，最低気温の値などが異なっているが，冬日・真冬日の合計日数がほぼ同じであることや，厳冬期の期間Ｂにおいて最

高気温が 5 ℃を上回らないことなどの共通点もある．そもそも期間Ａ・Ｂでは岩塊内部気温は外気温の日最低気温の低下に追随し，反面外気温の上昇には追随していないことから，岩塊内部気温はある一定温度に下がっていれば暖冬の影響を受けにくいのかもしれない．また両年とも，地上の積雪が融け始める期間Ｃまでには岩塊内部が十分低温になっている．以上のようにある一定温度以下の日がある時期までに何日以上あるといった積算温量的な条件が，風穴現象が起こるための温度的条件になっていると予想される．これらのことについては，今後もデータを集積して検証したい．

⑶ 岩塊斜面の変動

2007年９月の台風９号による大雨の際，斜面下端の観測地点（B1・B2・B4・B5・B8）では気温が上昇し，降雨後も上昇した気温を維持していた．これは吹き出し口が広がったことにより，岩塊内部の空気と外気が混合したためと考えられる．また B3 の温度計は礫の下敷きになって回収できかった．これらのことは岩塊の礫が動いた（崩れた）ことを意味している．

岩塊内部気温 B1 と B2 は，9 月 6 日 22 時から 7 日 8 時まで 6.5 ℃～ 7.0 ℃まで低下した（図 5a）．この値は外気温の夏季における日最低気温をはるかに下回り，むしろ熊の穴沢の湧水の水温とほぼ同じであった．したがって岩塊斜面内部に水が流れ，温度計が浸水したことは確実である．図 7 や図 8 にあるような表土の流亡や細かい土砂の流出は，それを傍証するきわめて有力な証拠である．岩塊斜面の礫表面は苔むしており，一見長らく安定しているように見える．しかし上記のことから，大雨の際には深部に浸透しきれなかった水によって岩塊内部で侵食が起こり，岩塊斜面は部分的に少しずつ崩れ動いていることが考えられる．

図 5a および図 6 によると，岩塊内部を流れる水が下端の吹き出し口から地表に流出する前から気温上昇，すなわち岩塊の変動が始まっている．もし雨水が深部に浸透できる状態のまま降雨がやめば，岩塊が崩れ動いたことを認識することは困難と思われる．つまり，岩塊斜面が変動しても水の挙動が常に痕跡として現れるとは限らない．このように岩塊斜面の変動は定点観測をしていない限り本来認識しにくい現象と考えられるが，今回，岩塊内部の空気は累加雨量 146 ㎜に達した時点で外気との混合が始まっていた．調査地周辺地域では 25 年前の 1982 年にも台風 10 号による大雨が降り，北沢峠の総雨量は 702 ㎜となった（宮崎，1986）．このとき戸台川谷底面ではやはり低位面で氾濫し，植生がほとんど消失した（明石，2006）．2007 年 9 月の大雨イベントは総雨量は少ないものの，谷底面の氾濫はこれに匹敵するもので，1982 年以降に成立した低位面の植生も再び消失した．今回はたまたま大雨イベントによって岩塊斜面の変動が確認できたが，前述のような 100 ㎜を越える程度の雨量で内部侵食が起こるならば，岩塊斜面の変動は上記のような大雨イベントの間隔よりも頻繁に生じている可能性がある．

５．まとめと課題

①赤石山脈北西部の鋸岳山麓で，風穴現象が起きている小規模の岩塊斜面において 2005 年 9 月から気温観測を始めた．前報の 05-06 年の気温データから，冬季に地下氷が形成されていることを予想した．2007 年 5 月 15 日には，現地で実際に氷が残っていることを確認した．このときの岩塊内部気温は－0.5 ℃で一定となっており，この状態は 4 月から 5 月にかけて 1 か月以上続いている．これは観測 1 年目にも観測されている．－ 0.5 ℃で一定になっている状態は，氷が存在している指標になると考えられる．

②１年を通したデータが 2 年分得られたので，特徴を比較した．06-07 年の冬の初めは記録的暖冬で冬日と真冬日の日数や最低気温の値など，記録的寒冬だった 05-06 年との相違点があった．しかし冬日と真冬日の合計日数がほとんど同じであるなどの共通点もあった．また冬季は両極端な特徴があったにも関わらず，地下氷の形成や夏季の冷気の吹き出しなどは，両年とも大きな違いはなかった．年々変わる気温の特徴と風穴現象との関わりについては，今後も観測を継続して検証する必要がある．

③ 2007 年 9 月 6 日に岩塊内部気温が著しく上昇した．この 9 月 6 から 7 日にかけて，台風 9 号が通過して大雨となった．大雨の後，風穴の吹き出し口が広がっていたこと，および最下端部では水が流れ出た跡があることを確認した．最下端部に設置した温度計のデータには，台風通過時に水が流れていたことが示された．この時の気温上昇は，岩塊が崩れ動いたことにより岩塊内部の空気と外気が混合したことが原因と考えられる．またこの岩塊斜面の変動については，岩塊斜面内部を流れた水による内部侵食が影響していることが考えられた．

④冬から春にかけて，氷が形成途上にある状況を実際に確認したい．

謝辞

地温が－0.5℃で一定ならば地中には融解中の氷がある，という知見を池田明彦さんから得ることができました．岩塊は動くという見方は，仙水峠の岩塊斜面を研究している池田史枝さん（横浜国立大学・当時）との現地調査での議論の中で得られました．これらの考え方は大いに参考になりました．飯田市美術博物館顧問の松島信幸さんと学芸員の村松武さんには本研究に関心を持っていただき，いつも有益な意見をいただいています．同館学芸員の蛭間啓さんには本稿を校正していただきました．南信森林管理署と天竜川上流河川事務所三峰川砂防出張所，および伊那市長谷総合支所南アルプス林道管理室には調査の便宜を図っていただきました．これらの個人および機関にはこの場を借りてお礼を申し上げます．

引用文献

明石浩司，2006，戸台川谷底面における地形形成の編年と森林植生の対応．2005年度飯田市美術博物館（自然部門）地域史研究事業報告書．

明石浩司・中村尊，2007，赤石山脈北西部，鋸岳山麓の小面積岩塊斜面における気温観測．伊那谷自然史論集，**8**，1-16.

気象庁，2006，報道発表資料，平成18年3月31日，冬（12～2月）の天候．

気象庁，2007，報道発表資料，平成19年3月31日，冬（12～2月）の天候．

気象庁，2007，報道発表資料，平成19年9月3日，夏（6～8月）の天候．

松島信幸・寺平宏，1984，天竜川上流域地質図．社団法人中部建設協会．

宮崎敏孝，1989，伊那谷山岳部の降雨特性．語り継ぐ天竜川 **14**，建設省天竜川上流工事事務所，p38.

澤田結基・石川守，2002，北海道中央部，西ヌプカウシヌプリにおける岩塊斜面の永久凍土環境．地学雑誌，**111**(4)，555-563.

清水長正，2004，日本における風穴の資料－地形条件・永久凍土などの関連から－．駒澤地理，**40**，121-148.

高橋伸幸，2002，表層物質からのアプローチ．第2章地生態学研究法，横山秀司編「景観の分析と保護のための地生態学入門」，51-66，古今書院，東京．