

北見地方置戸町に見られる氷穴の観測

高橋修平・榎本浩之・沢田正剛・百武欣二（北見工大）
安達 寛（北見土質調査事務所）・福田正巳（北大低温研）

1. はじめに

北海道北見地方には、寒冷地形現象とみられる地形が見られ、志保井（1973, 1974, 1975a, 1975b）は、この地域の地形を周氷河地形現象として調べた。その一つとして置戸町に氷穴が存在する。置戸町勝山地区にある中山（標高905m）の南東斜面に、夏でも奥に氷がつかまっていて、冷気の吹き出す氷穴がある（図1）。ここを「勝山水穴」と呼ぶことにする。

1979年5月下旬に、北海道置戸町鹿の子ダム建設に伴う道路付け替えのための斜面整地工事の際に、斜面の地下から氷の塊が発見された（福田・成田、1980）。その後、現場は埋め戻されてしまったが、10年以上たった現在も、小さい穴からは冷気が出続け、氷が直接は確認できないが内部にはまだ存在している兆候が見られる。ここを、「鹿子風穴」と呼ぶことにする。

これら2地点において1989年から1990年1にかけて行った観測について報告する。

2. 勝山水穴における観測

図1に示すように、観測した氷穴が中山（標高905m）の南東斜面、標高500~600mの付近にある。以前、その冷気を利用して北海道庁林務署の種子貯蔵庫が作られたこともある。

図2に、氷穴付近の地勢を示す。図中の垂直断面図は、巻尺、クリノメーターを用いた簡易測量によるものである。氷穴は、針葉樹林の中にあり、地表は苔で覆われている。表面の下は大きな岩が埋まっており、数カ所の岩のすきまから冷気が流出しており、穴の奥には7月の時点でも氷が存在していた。氷穴地点の上部には、図2に示すように幅50m、長さ80mの岩場が広がっている。

この地域の2ヶ所に、長期自記温度計（KADECU、サミスセンサー、測定間隔30分）を設置し、1989年6月

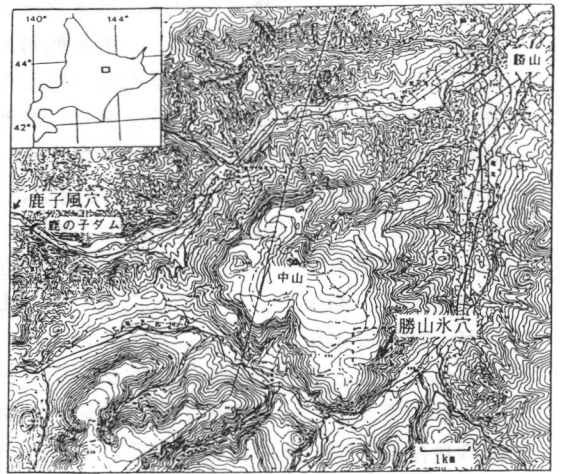


図1. 勝山水穴および鹿子風穴の位置。

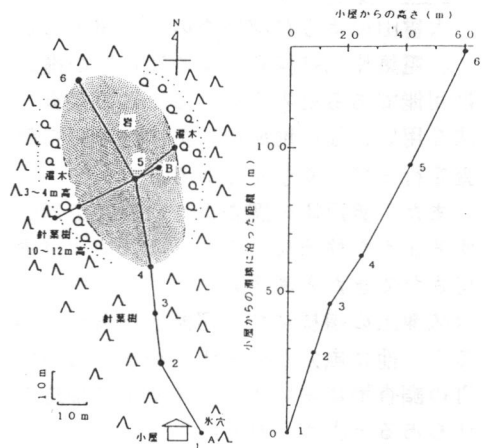


図2. 勝山水穴付近の地勢

平面図の△は針葉樹林帯、○は広葉樹林帯、灰色部は岩場を表す。地点1~6に沿う断面図を右側に示す。Aは氷穴での温度計設置地点、Bは岩場における温度計設置地点を示す。

26日から1990年7月24日の1年1ヶ月の間の記録をとった。

図2中、Aで示す氷穴地点で、一番大きな自然氷穴（幅1.5m、高さ0.8m）の奥に、センサーが空間に浮くようにして、温度記録計を設置した。Bの岩場地点では、上に小さな木が一本生えた大きな岩（直径約3m、厚さ約70~80cm）の下に温度記録計を設置した。このあたりの岩の大きさは、平均的には70cm~1mである。

図3に氷穴地点（A地点）および岩場地点（B地点）での温度の記録を示す。氷穴での温度は、1989年7月上旬位まではほぼ0°Cだったのが、夏場に入って次第に温度がのぼり出し、時折外気の吹き込みと思われる温度上昇があるものの、吹き出し流の温度は9月くらいで最高の3~4°Cに達した。その後、温度は次第に下がりだし、冬場の1990年1月に-20°C近くまで下がった。春になって温度は上昇し、4月下旬に0°Cとなって、そのまま0°Cの状態が6月一杯続いた。

岩場での温度は、1989年7月に約27°Cの最高温度となり、後は平均的には冬まで温度低下の傾向を示した。0°C以下となったのは12月から翌年3月一杯であり、最低気温が-10°C以下にもならなかつたことから、この一帯はある程度の厚さの雪に覆われたと推定される。逆に、氷穴地点での最低気温は-20°C近かつたことから、氷穴部では、雪に完全には覆われなかつた、あるいは覆われてもその厚さは薄かつたと思われる。

3. 鹿子風穴における観測

鹿子風穴における観測地の概略を図4に示す。現在は、すぐそばに陸橋が建設されており、その橋脚近くにはいくつかの冷気が吹き出す穴があり、図4中の風穴A、Bについて観測を行った。地上気温、湿度、風速は陸橋の下で測定した。風穴の気温は穴の中にサーミスタ温度計を投入して測定した。また1990年7月から9月にかけて、風量を正確に求めるために、内側を15cmx11cmの四角にくり抜いた発泡スチロールで風穴Aを覆い、四角の穴から出る風速を、羽根が直径約2cmの超小型プロペラ型風速計

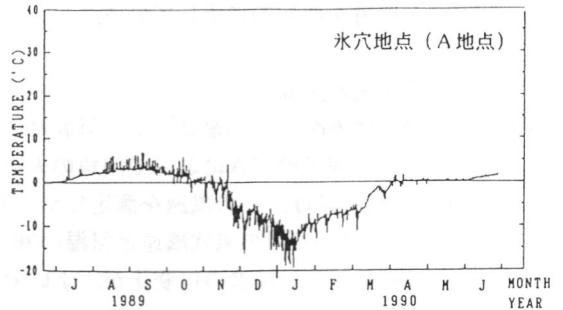
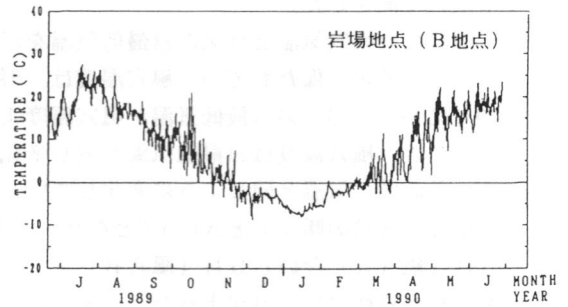


図3. 勝山水穴地点（A地点）および岩場地点（B地点）での年間温度変化。（1989年6月26日~1990年7月24日）

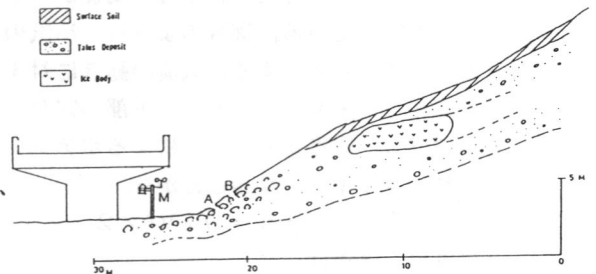


図4. 鹿子風穴観測地点概略図.

A:風穴A、B:風穴B、M:気象観測地点.

を用いて測定した。

図5には風穴気温と外気の日最低気温を示す。夏の間、安定に保たれていた風穴温度は、9月から10月にかけて地上の日最低気温が風穴温度より下がる時、風穴温度は日最低気温と同じ変化をする。冬の間、気温と同じように変化していた風穴気温は、2月の暖かいときに0°Cとなり、そのまま5月（風穴A）ないし6月（風穴B）まで0°Cを保ちそれから徐々に温度が上がった。つまり、冬の寒気を内部に氷として蓄積し、夏期に冷気を徐々に放出する機構を典型的に示している。

4. 風穴風速と気温

風穴から出る冷気の風速は、地上気温とよい対応を示した。鹿子風穴Aにおいて四角の人工的穴(15cm×11cm)を設け、その風速を測定した。図6に、1990年8月24日～27日の風穴風速と気温の30分データの記録例を示す。両者の日変化が、よい対応している。

図7には、7月25日～9月10日の気温と風穴風速の1時間毎データの相関関係を示す。両者には、非常によい相関があるが、その関係は直線的ではなく、気温が高くなると、風穴風速の変化率が小さくなる傾向がある。気温そのものより、外気温と風穴温度との温度差を用いればもっと相関がよくなる可能性はある。

5. 風穴のモデル

鹿子風穴における風速と気温の関係が生じるモデルを考察してみる。図8のように、冷気のたまったタンクがあるとする。気流の動きに対する摩擦が無視できるものとする、下部の穴から生じる風速Vは、密度差 $\rho_0 - \rho$ によるポテンシャルが運動エネルギーになることから、

$$(\rho_0 - \rho)gh = \rho_0 V^2 / 2 \quad (1)$$

と表され、風速は

$$V = \sqrt{2gh(\rho_0 - \rho) / \rho_0} \\ = \sqrt{2gh(T - T_0) / T} \quad (2)$$

と求められる。ただし、g:重力加速度、T、T₀:外気温およびタンク内気温(絶対温度)、h:

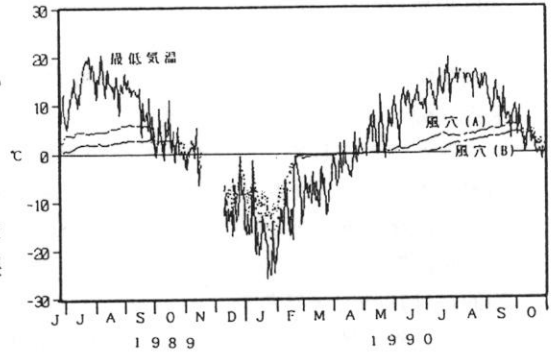


図5. 鹿子風穴A、Bの温度と外気温日最低値。(1989年6月24日～1990年10月31日)

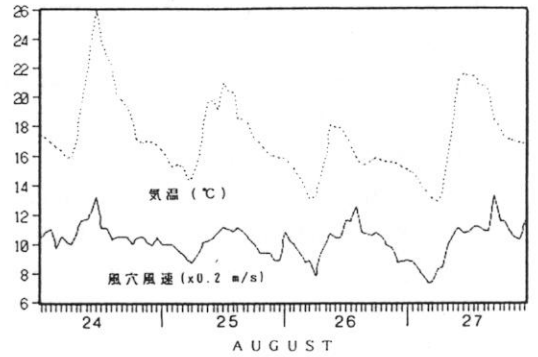


図6. 鹿子風穴Aの風速と気温の日変化(1990年8月24日～27日)。

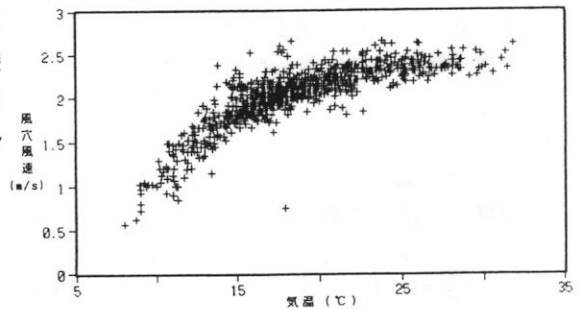


図7. 風穴風速と気温の関係. 1990年7月25日～1990年9月10日の鹿子風穴Aの毎時間データ

タンクの高さを示す。この式は、気温 T_0 で風速 0 、 T_0 付近では温度差 $T - T_0$ の $1/2$ 乗に比例し、気温が高くなると $V = \sqrt{2gh}$ に漸近することになり、得られた実測結果をよく説明する。図7からは、 T_0 は約 7°C と考えられる。

タンク高 h の式が、式(1)から得られ、

$$h = (V^2 / 2g) (T / T - T_0) \quad (3)$$

となる。ここに、 $T_0 = 273 + 7(\text{K})$ として、毎時間の T 、 V から求めた h を図9に示す。平均は $5\text{m} \sim 6\text{m}$ であり、これの高さの冷気タンクから風が吹き出ていることになる。図9によれば、 h の日変化がある。これは、暖気の貫入によりタンク内平均温度が変わること、風速が大きくなると、摩擦の項を無視できなくなることなどが考えられる。

6. おわりに

置戸地方の水穴および風穴について通年観測することにより、その温度の年変化特性を得ることが出来た。また風穴風速が気温とよい対応をすることから、その冷気流失モデルを考察することが出来た。次の課題は、冬期における冷気の保存、夏期における冷気流出の熱収支的な定量的見積りである。さらには、それらの生成機構および環境変化との関係である。

文 献

- 志保井利夫(1973) 北見地方で見られる周氷河地形現象 -異常低温地点を中心に-。
北見工業大学研究報告, 4.2, 303-320.
- 志保井利夫(1974) 常紋山稜地域で見られる周氷河地形現象-異常低温地点の機構-。
北見工業大学研究報告, 5.2, 213-242.
- 志保井利夫(1975a) 湧別川流域の周氷河地形現象 -オホーツク海岸の ice-shove ridge-。
北見工業大学研究報告, 6.2, 139-160.
- 志保井利夫(1975b) 北見地方で見られる周氷河地形現象についての考察(補遺)。
北見工業大学研究報告, 7.1, 163-194.
- 福田正巳・成田英器(1980) 置戸町で発見された地下水について。
低温科学, 39, 201-205.

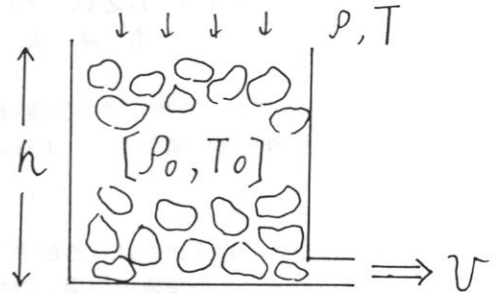


図8. 風穴機構のモデル。 T 、 T_0 、 ρ 、 ρ_0 は、外気およびタンク内の気温(絶対温度)および空気密度、 h はタンクの高さを表す。

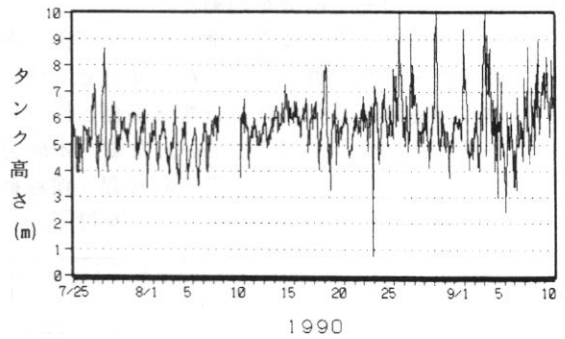


図9. タンクの高さ h 。式(3)において $T_0 = 280 \text{ K}$ として、毎時間の T 、 V から求めた。