

# 長野県松本市安曇稲核地域に発達する風穴の温度変化

柿下愛美\*, 大塚 勉\*\*

\*信州大学理学部地質科学教室, \*\*信州大学全学教育機構

Temperature change of wind holes in the Inekoki area, Azumi,  
Matsumoto City, Nagano prefecture, central Japan.

Manami Kakishita\*, Tsutomu Otsuka\*\*

\*Department of Geology, Faculty of Science, Shinshu University

\*\*School of General Education, Shinshu University

キーワード：風穴，稲核，温度，崖錐堆積物

Keywords : wind hole, Inekoki, temperature, talus

## 1. はじめに

北アルプスの南部に位置する松本市安曇稲核地域(図 1)には風穴が存在する。風穴とは、一般的に外気温よりも低温の冷風が吹き出す場所を指す。本号の別稿において、稲核には山地斜面下部に崖錐堆積物が形成されており、風穴は崖錐堆積物の空隙から冷風が吹き出すことによって成立したものであると論じた。

このような崖錐堆積物の空隙から冷風が吹き出す風穴には、山の下部に夏季に冷風が吹き出す場所「冷風穴」がある一方で、山の上部において

冬季に温風が吹き出す場所「温風穴」があることが知られている(荒谷, 1922)。これらのうち冷風穴が一般的に「風穴」と呼ばれている。さらに、外気と地中の温度差から、夏季には温風穴から取り込まれた外気が冷風穴から吹き出し、逆に冬季には冷風穴から取り込まれた外気が温風穴から吹き出すという気流の切り替えが考えられた(図 2)。このような気流の切り替えは、各地の風穴において認められている(真木, 1998; Tanaka et al., 2000 など)。同時に、気流の切り替えのない例も報告されている(樫村, 2003)。

このような風穴の気流の機構を知る上で、風穴の温度変化を知ることは重要である。しかし、稲核の風穴は、柳沢(1906)や宮野・半澤(1978)によって温度観測はなされてはいるものの、詳細な観測結果は得られていない。本研究では、稲核の風穴(図 3)を対象とし、2011年5月から2012年1月の期間、風穴内の温度観測をおこなったので、その結果を報告する。なお、観測は2012年3月現在も継続中である。

## 2. 温度観測方法

温度観測は以下の2つの方法を用いておこなった。

### a. 風穴室における温度観測

前田家の風穴室(図 4, 5)に温度データロガーを設置し、2011年5月20日から2012年1月13日までの期間60分間隔で観測をおこなった。観測



図 1. 研究地域

国土地理院 20 万分の 1 地勢図「高山」に加筆

夏季

冬季

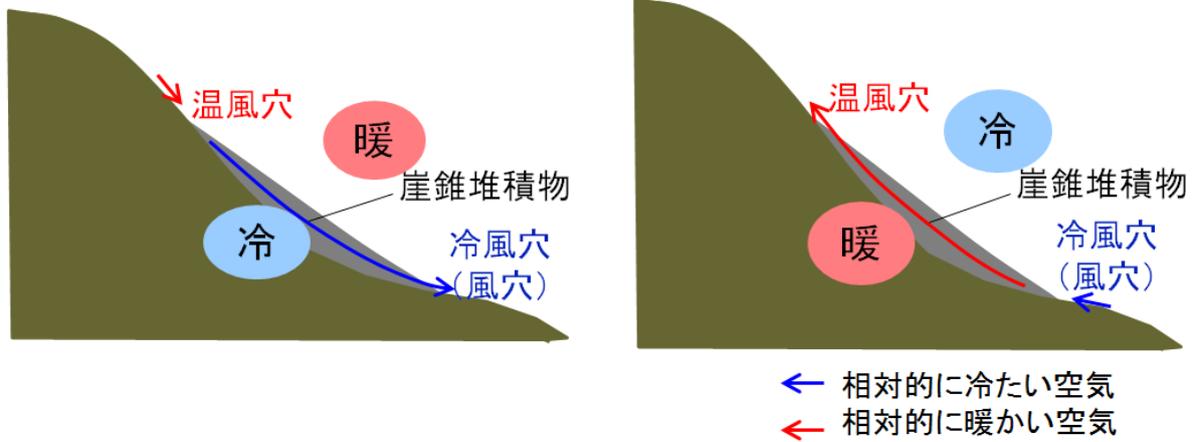


図 2. 風穴の気流の機構の模式図  
 荒谷(1922), Tanaka et al.(2000)などをもとに作成.

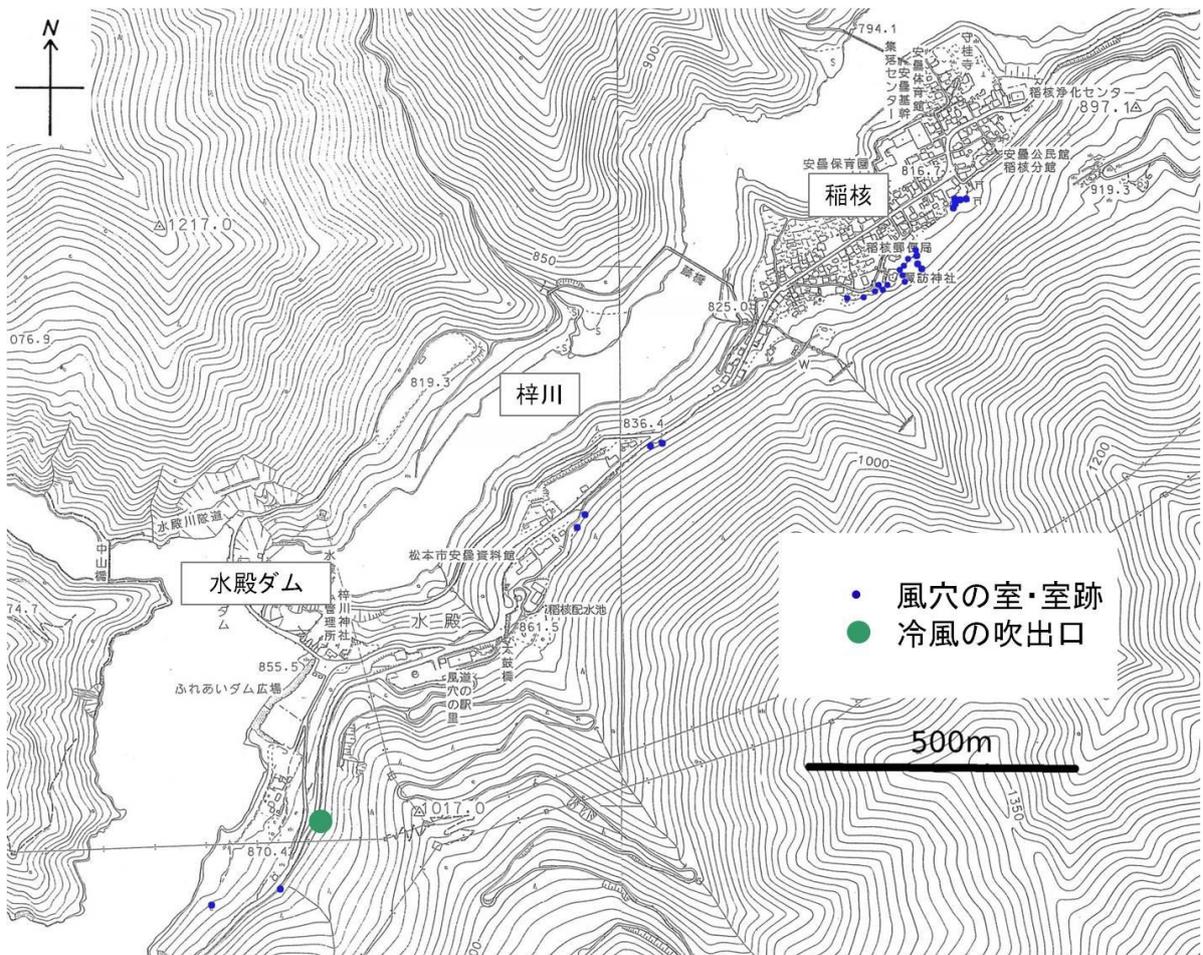


図 3. 研究地域の風穴の分布  
 1:10,000 松本基本図に加筆  
 本研究における調査結果と梅干野・土本(2009)をもとに作成.

には T&D コーポレーション「おんどとり TR-71Ui」を使用した。センサは室の中の斜面に面した石積みの上に設置した(図 6)。

### b. 野外の風穴における温度観測

崖錐堆積物の空隙から夏季に冷風が吹き出す地点において、7月から毎月1回、7/13・8/11・9/15・10/14・11/15・12/16・1/13の計7回、13時から14時の間に温度測定をおこなった。冷風の吹出口を発見したのが7月であったため、測定開始が7月となった。冷風の吹出口は図4に記した地点(緑丸内)に点在しており、そのうちの2カ所(風穴A・風穴B)の吹出口において温度測定をおこなった。風穴A(図7)・風穴B(図8)は互いに80cm程離れた場所に位置する。風穴Bは斜面に沿った方向に穴が開口しているのに対し、風穴Aは斜面とほぼ直行する向きで穴が開口している。温度計は防水型デジタル温度計 CUSTOM「CT-430WP」を使用した。また線香の煙を用いて冷風吹出口の風向を判断した。



図 6. (右) 前田家の風穴室内の平面図とデータロガー設置場所

★の位置がデータロガー設置場所 梅干野・土本(2009)に引用・加筆

(左) 風穴室内の様子

湧水が氷結している。(2011年5月13日撮影)

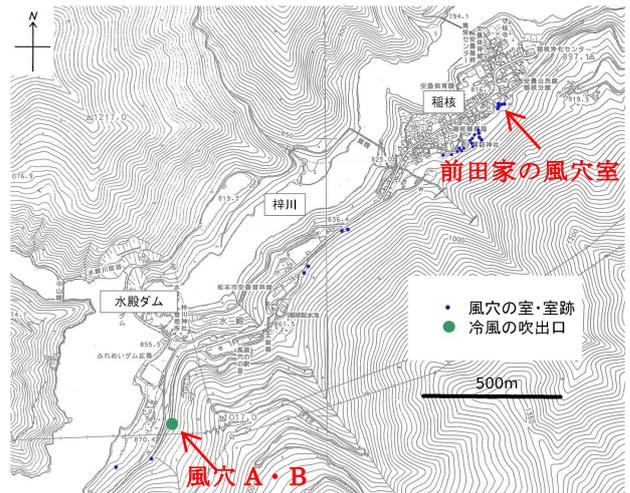


図 4. 観測場所の位置



図 5. 前田家の風穴室の外観

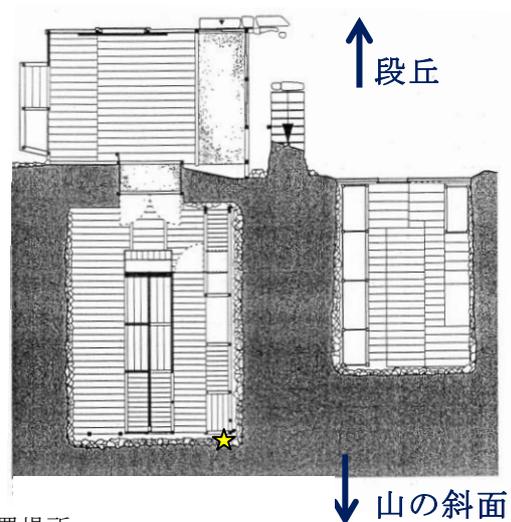




図 7. 温度観測に用いた風穴 A  
開口部の大きさ(幅×高さ×奥行き)は、  
20×8×30cm.



図 8. 温度観測に用いた風穴 B  
開口部の大きさ(幅×高さ×奥行き)は、  
30×10×31cm.

### 3. 温度観測結果

#### a. 風穴室における温度観測

観測期間内を通して図 9 のような観測グラフが得られた。また図 10 において比較に用いた外気温のグラフは、東京電力梓川制御所から提供していただいた稲核観測所(北緯 36 度 09 分 52 秒 東経 137 度 46 分 27 秒)の観測データをもとに作成した。

風穴内の温度は観測開始日の 5 月 20 日に 1.9℃ から、9 月にピークに達するまで上昇した(温度上昇期)。夏季においても風穴内は 6~10℃程度で、最大でも 12℃程度までしか上がらず冷涼である。9 月には 2 回の温度上昇のピークを記録している。第 1 回目のピークは 9 月 7 日・8 日の午前 1 時~5 時に出現し、2 つ目のピークは 9 月 22 日の 22 時から 9 月 23 日の 0 時にかけて出現している。両ピークとも外気温が下がる夜間から早朝にかけて出現している。第 2 回目のピークの記録後、温度は下降を続け 12 月 9 日には氷点下に達した(温度下降期)。

温度上昇期と温度下降期の温度変化の様式は明らかに異なる。温度上昇期は、日変動幅が小さく、ほぼ直線状に温度は上昇している。それに対し、温度下降期は、日変動幅が比較的大きく、上昇・下降を繰り返しながら全体として温度が下降している。

また、図 10 において、外気温が 7 月に最も高くなるのに対し、風穴内温度は 9 月に最も高くなり、風穴内の温度変化に約 2 カ月の遅れがあることが読み取れる。

さらに、日単位の観測結果に着目すると、観測期間内の風穴内の温度変化には図 11①~⑤のように 5 種類の温度変化を読み取ることができる。図 11 は、①~⑤のそれぞれのタイプの 2 日間の温度変化を抜き出したものである。

①は、1 日以上にわたり温度変化がなく、ほぼ一定である。おもに 6 月から 9 月にかけてみられる。

②は、風穴内温度が外気温と似た変化を示すものであり、外気温が上昇すれば風穴内温度も上昇し、外気温が下降すれば風穴内温度も下降する。ただし、外気温の変化幅に比べ、風穴内温度の変化幅は非常に小さい。このような温度変化は、外気温が高い 6 月中旬以降から 8 月中旬にかけての時期にみられる。

③は、外気温と風穴内温度の変化が逆位相を示すことを特徴とする。風穴内温度は外気温の下がる夜から朝方にかけて上昇し、外気温が上昇する時間帯に下降する。このような温度変化は 8 月中旬までには数日しか見られないが、8 月の中旬以降は多く出現し、特に 9 月において顕著にみられる。

④は、外気温の上昇・下降に関わらず、風穴内温度は緩やかな階段状の上昇を示すことを特徴とする。このような温度変化おもに 10 月以降の比較的、外気温が高い日に出現する。

⑤は、外気温が下降すると、その数時間後に風穴内の温度が大幅に下降することを特徴とする。

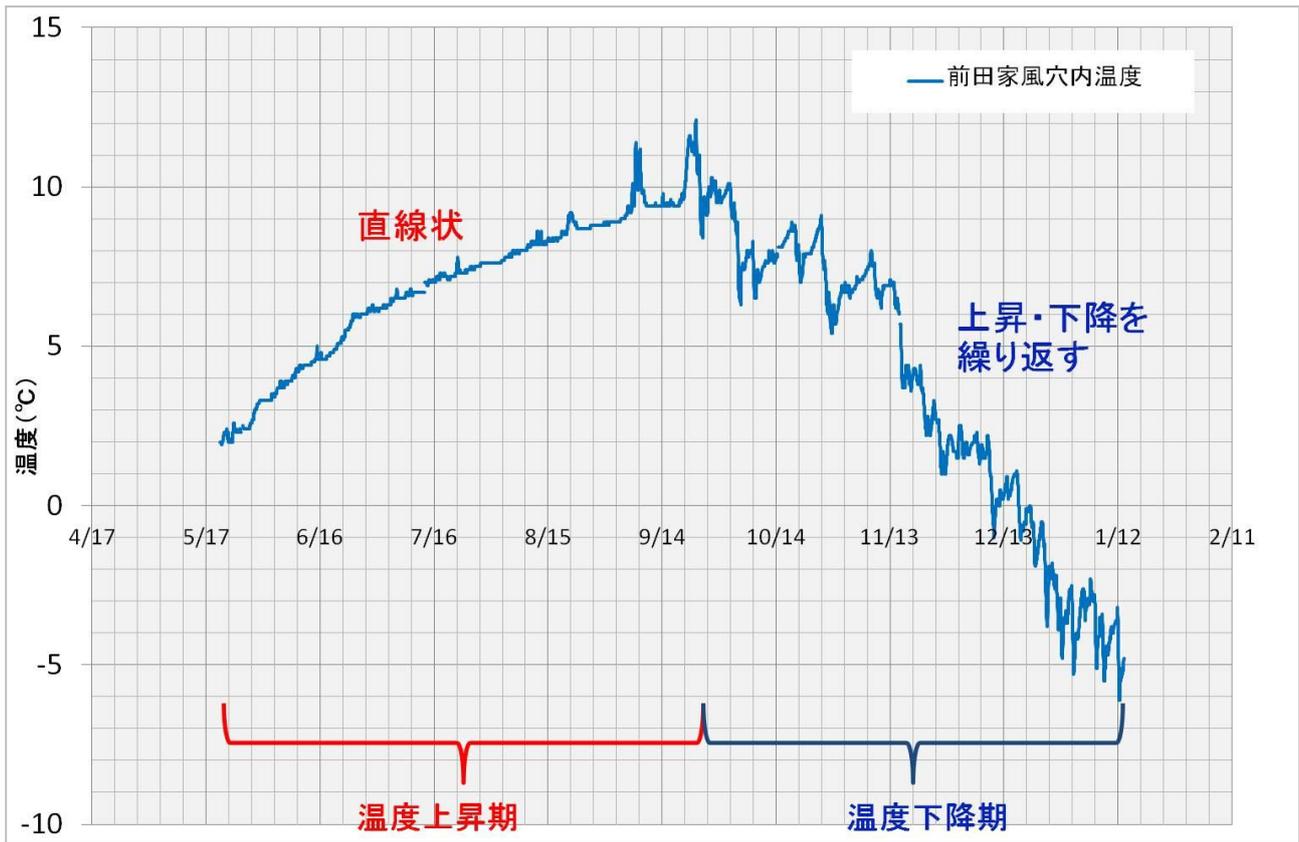


図 9. 風穴室における温度観測結果

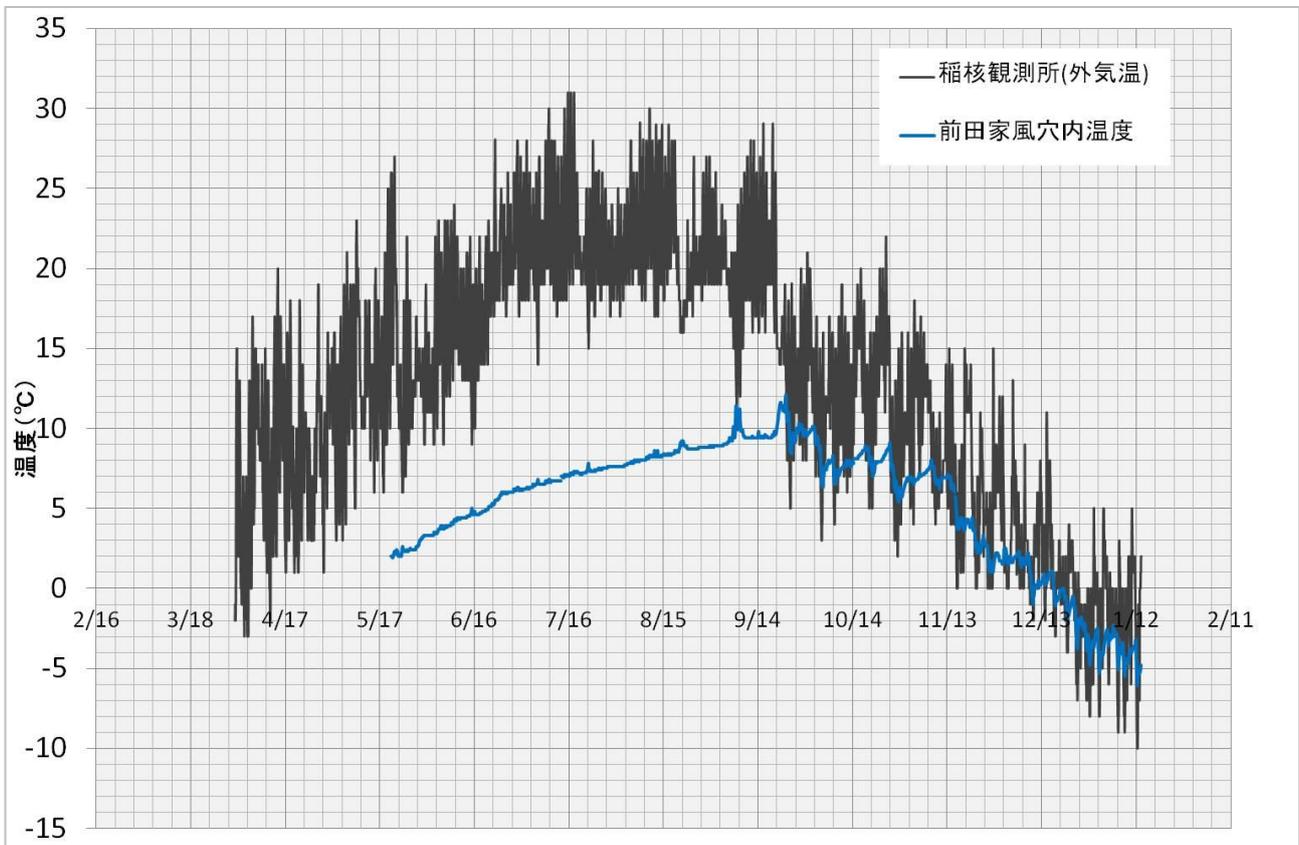


図 10. 風穴室における温度観測結果と外気温

外気温のデータは東京電力梓川制御所より提供していただいた。

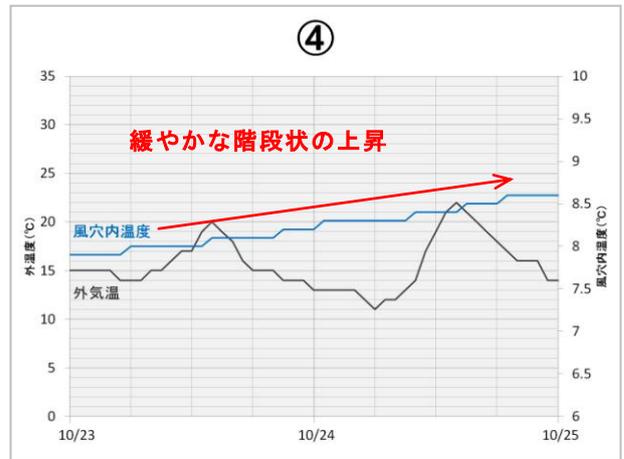
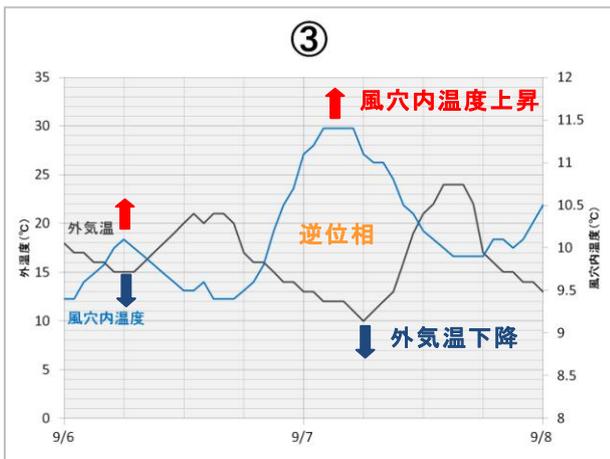
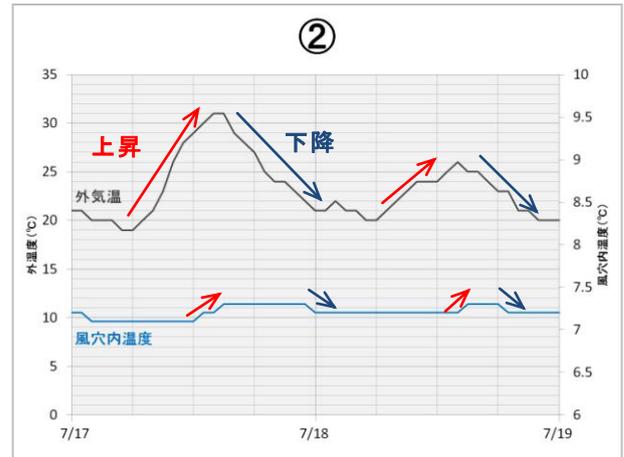
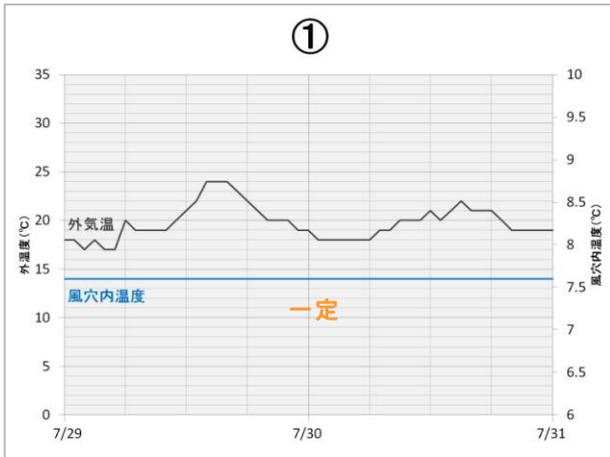


図 11. 風穴室における①～⑤の温度変化

- ①外気温の変化に関わらず風穴内温度が一定
- ②外気温に伴い風穴内温度も類似した温度変化
- ③外気温と風穴内温度が逆位相
- ④外気温の変化に関わらず風穴内温度が緩やかに上昇
- ⑤外気温の下降に伴い風穴内温度が大幅に下降

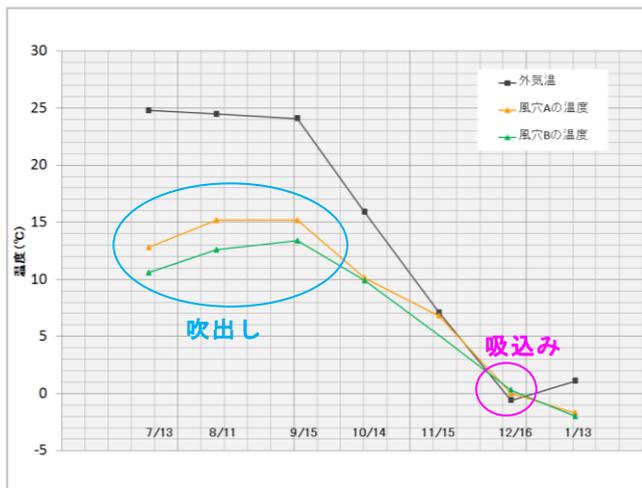


図 12. 野外の風穴における温度観測結果

このとき外気温は風穴内温度を下回っている。10月以降の比較的外気温の低い日に出現する。

#### b. 野外の風穴における温度観測

野外の風穴(風穴 A・B)における温度観測から図 12 のような温度変化が得られた。また、風穴口の風向は、7月から9月までは吹き出し、12月では吸い込みであった。1月は風穴 A において吸い込みが、風穴 B においては吹き出しが認められた。

### 4. 考察

#### a. 風穴の気流の機構

本研究において得られた観測結果と他の風穴においてなされている研究との比較をおこなうことで風穴の気流の機構について考察する。

本研究において得られた図 9 および図 10 の観測結果は、Tanaka et al.(2000)による観測結果と非常によく似た温度変化を示している。Tanaka et al.(2000)によると、福島県の中山風穴を対象に研究がなされており、この研究においては温風穴が認められている。さらに、4月から9月には温風穴からの吸い込みと冷風穴からの吹き出しが、10月から3月には冷風穴からの吸い込みと、温風穴からの吹き出しが述べている。本研究において得られた温度変化が Tanaka et al.(2000)による結果と非常に類似していることに加え、野外の風穴(風穴 A・B)において、限定的な結果ではあるが、本研究においても冬季に吸い込みが確認されている。このことから、本研究地域の稲核の風穴は、上部に温風穴が存在することが期待され、夏季と

冬季では気流の切り替えがあると考えられる。今後、温風穴の発見を視野に入れた調査や、温度観測と並行して風向・風速の観測をおこなうことでより機構が明らかになると考えられる。

#### b. 風穴の冷却源

夏季において風穴内温度は外気温より低く、6～10°C程度であり、非常に冷涼である。このように風穴内の温度が低温に保たれる理由としては、湧水が冷却源として作用している可能性がある。研究地域に存在する3本の沢のうち2本の沢の下流において沢水が伏流するとともに、崖錐斜面下部における湧水が認められる。このような状況から判断すると、地下水が風穴内の温度に関与している可能性がある。この点に関しては今後、沢水や湧水などの温度に関する調査が必要である。

### 5. まとめ

- (1)風穴内の温度変化は観測期間内を通して、9月までは緩やかな直線状のグラフを示しながら上昇し、9月にピークに達した後、上昇・下降を繰り返しながら全体として温度は下降する。
- (2)風穴内の温度変化には、観測期間内を通して①～⑤の5種類のタイプの温度変化が見出された。
- (3)稲核の風穴は上部に温風穴が存在することが予測され、夏季と冬季には気流の切り替えがある可能性が高い。
- (4)風穴内の温度は夏季においても非常に冷涼であり、冷却源として地下水が関与している可能性がある。

### 謝辞

本研究を進めるにあたり、東京電力梓川総合制御所の黒瀬高秀氏には、稲核観測所の外気温観測データを提供していただいた。また、上高地自然史研究会の山本信雄氏には稲核の風穴に関する情報を提供していただいた。「たても野博物館松本市歴史の里」館長の前田隆之氏には湧水地点を案内していただいた。温度観測にあたり、前田家の方々には温度計の設置場所を提供していただき、データ回収の都度お世話になった。以上の方々に厚く御礼申し上げる。

## 文献

- 梅干野成央・土本俊和, 2009, 稲核の風穴に関する建築的考察, 信州大学信州共生住宅研究センター 平成 20 年度 研究発表会, 11 - 16.
- 檜村利通, 2003, 福島県中山風穴の冷却機構に関する一考察. 福島生物, 46, 1-4.
- 真木太一, 1998, ジャガラモガラ風穴・盆地の地形, 気象および植生の特徴. 農業気象, 54, 255-266.
- 宮野秋彦・半澤重信, 1978, 倉の収蔵環境に関する研究(第 17 報)(安曇村稲核の風穴の倉 2). 日本建築学会東海支部研究報告, 121 - 124.
- Tanaka,H.L, Yokoi,M., and Nohara,D. , 2000 , Observational study of summertime ice at the Nakayama Wind-Hole in Shimogo,Fukushima . *Science Reports,Institute of Geoscience,University of Tsukuba, Section A*, 21, 1-2.
- 柳沢 巖, 1906, 風穴論. 梅丸商店.

(原稿受付 2012.3.21)