

長野県阿智村, 累石型風穴の中の気温の変化について

今村 理則*

Fluctuations of the temperature in the wind-hole, Achi village, Nagano

*Michinori Imamura

*〒 399-2566 長野県飯田市嶋 99-2

長野県阿智村にある累石型風穴は、天然の冷蔵庫として蚕種の貯蔵に利用されていた。この風穴が夏季に冷気を吹き出す機構を探るために、2003年7月17日～8月21日および2003年11月14日～翌4月10日に風穴内と外の気温を測定した。その結果、夏季には風穴内の日平均気温は測定期間を通してやや上昇するがほぼ一定で、外気に比べて2.6～8.1℃低かった。風穴内の日平均最高気温のピークは、外気のピークより4日遅れの8月9日であった。外気の日平均最高気温を記録した8月5日以降、内外の日平均気温差が時間とともに小さくなった。冬季では風穴内の気温は外気と連動して変化し、特殊な気象条件を除くと内外の気温差は夏季に比べて著しく小さかった。これらの結果は、この累石型風穴の夏季に冷気を吹き出す機構が空気対流説(田中ほか, 2004)で説明できることを示している。

キーワード 阿智村, 累石型風穴, 気温の変化, 空気対流説

1. はじめに

飯田下伊那地区では、風穴山の風穴や権現山(風越山)山頂の風穴が有名だが、阿智村にも風穴があるということを知った。それが最も近寄り易い場所にあるので、阿智村の風穴を選んでその気温変化を調べてみることにした(図1, 図2)。

風穴とは広辞苑(新村編, 1993)によると「山腹・溪間・崖脚などにあって、夏季、冷たい風を吹き出す洞穴」とある。かつては天然の冷蔵庫として利用されていたが、各家庭にまで電気冷蔵庫のある今ではすっかり忘れ去られてしまった文化財の一つである。

そこに到る道もはっきりせず、風穴そのものも屋根が落ちたりしてすっかりさびれていた阿智村の風穴だったが、森林官今村公人氏の呼びかけで、地元の若者たちがボランティアで材料を持ち寄り知恵を出し合って復元し、その風穴に至る山道までもきちんと整備したので、いまでは誰でも容易に立ち寄ることができる。

そこで、この風穴の気温変化を調べるために2003年7月17日～8月21日(夏季)および2003年11月14日～翌4月10日(冬季)の2回、風穴の内と外に温度計を設置し、そのデータを分析した。利用した温度計は、天竜川総合学習館の米国オンセット社製スト

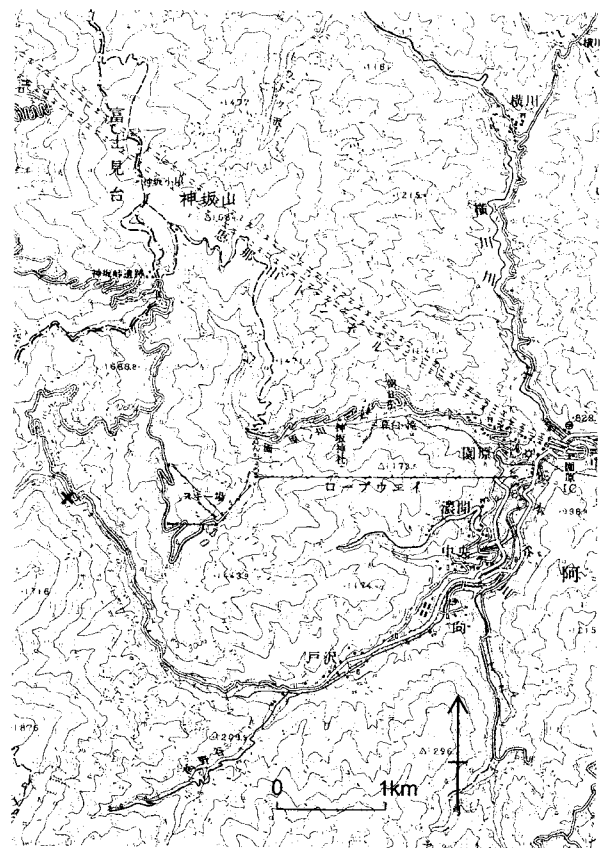


図1 阿智村の風穴の位置(1/5万図「中津川」より)
×印が風穴の位置



図2 整備前の阿智村の風穴

アウエイ ティドピットである。

なお、データは10分間隔で記録されたもので、このデータをもとにして、時間平均や日平均などを算出している。

2. 風穴とは

(1) 風穴の利用

風穴が最もよく利用されたのは蚕種業で、その最盛期は明治から大正にかけての40年ほどと思われる。御坂峠の北西側には今でも7つほどの風穴が残っているが、これを神坂で蚕種に利用するようになったのは明治18年頃で、それ以前には信州白骨の風穴を使ったり、伊那から全ての蚕種を取り寄せていたという（鎌田、1984）。阿智村でも、蚕種の貯蔵に利用されており、明治40年頃がピークであったという（古老の話）

蚕種業で風穴を利用したのは次の二つの場合である。

①蚕卵の孵化を遅らせる。

思いもかけない凍霜害にあって、蚕に与える桑がなくなるような場合には、孵化を遅らせるために風穴に蚕卵を入れた。孵化の準備が進んでいる蚕卵の場合には、5℃で5～6日は遅らせることができる。また孵化した直後の蚕でも、10℃で3日間くらいは冷蔵することができた（横山、1954）。

しかし蚕種業者が大型冷蔵庫を備えるようになって、この風穴利用は減少していったものと思われる。

②人工孵化に利用。

2化性（1年で2世代）の蚕の卵はそのまま放置すれば、越年してしまうのでその年に孵化させることはできない。そこで2化性の蚕をその年にもう一度飼育する場合には人の手でその蚕卵に冬を体験させる必要がある。つまり産卵後25℃で48時間を経過した後に

5℃まで冷やし、20日間以上（40日間以上が望ましい）冷蔵するという方法である。この冷蔵に風穴を利用した。

しかし、産卵に冬を体験させるもっと簡単な方法が見つかって、風穴の利用は激減する。それは常温で塩酸にひたす方法で、この人工孵化の方法が開発されたのが大正末年だったという（横山、1954）。

(2) 風穴の種類

日本地誌研究所編（1989）によると風穴には次の3つの型がある。

①熔岩トンネル

洞窟型の風穴の一つで、富士山の熔岩トンネルは有名である。熔岩が流れたとき、その表面は固まっても内部は固まらずまだ流動性が残っているので、そのまま熔岩流の末端にまで流れ出して、上流では横穴状の空洞ができる。これが熔岩トンネルである。

②石灰岩の洞窟

これも洞窟型の風穴の一つで、石灰岩地帯にできる。石灰岩は地下水や雨水などにも溶けやすいので、カルンフェルトやドリーネ、石灰洞などが発達する。この石灰洞が風穴に利用された。

③累石型風穴

この型の風穴は、熔岩の大きな塊の集まった場所や、節理の発達した火成岩などが急斜面を落下して堆積した崖錐にできる。阿智村の風穴はこの累石型風穴に相当する。

(3) 冷気を出す原因

風穴が夏に冷気を流出するのはどのような機構によるのか。これを説明するために、空気対流説、断熱膨張説、氷河期環境起源説などが提案されている。

空気対流説とは、冬の間には地中の岩の間の水が氷になり、あるいは冷やされた空気が蓄えられていて、それが夏になって周辺の暖まった空気の中へ冷気が吹き出すというもの。

次に断熱膨張説とは、高いところにある冷たい空気が重くなって岩の間を降下し、下方の風穴から吹き出すときに断熱膨張して温度が下がるという説。

氷河期環境起源説は、氷河期の冷たい空気が地中に残っていて、それによって風穴の中に入り込んだ空気が冷やされ、冷気となって吹き出すという説である（以上は大館郷土博物館編（2004）から）。

今回の観測の結果は、少なくとも阿智村の累石型風穴では空気対流説が有力であることを示している。

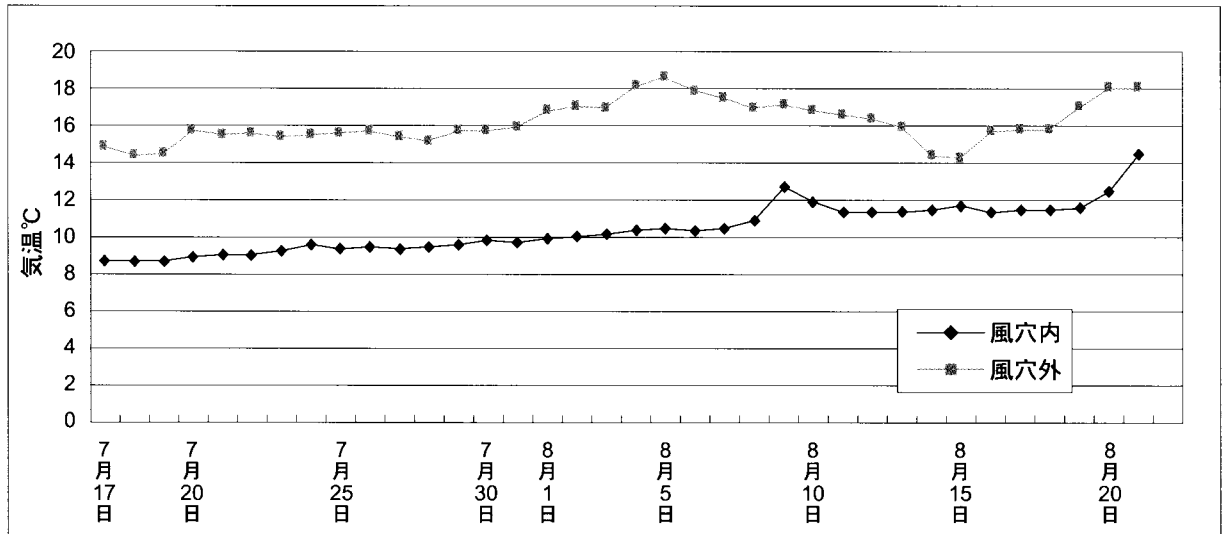


図3 夏季1ヶ月間(2003年7月17日～8月21日)の風穴内外の日平均気温の変化

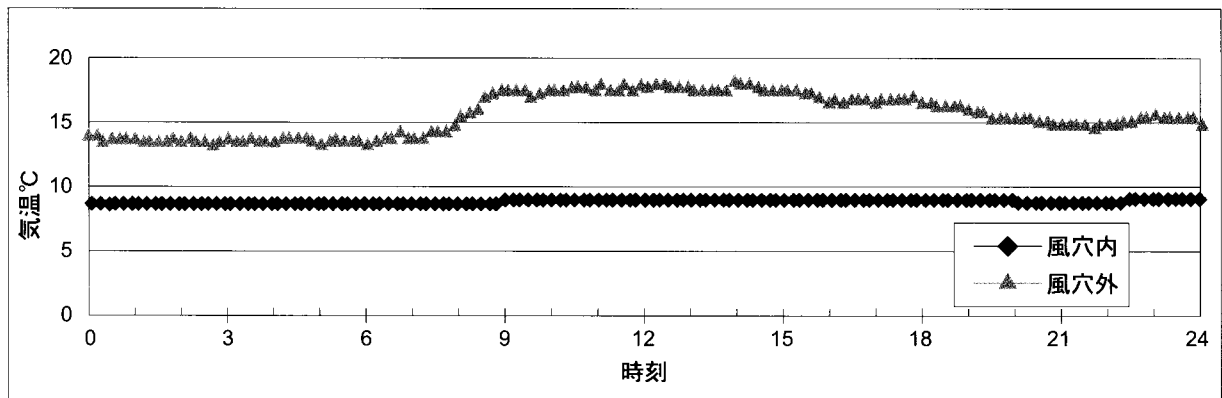


図4 8月20日の風穴内外の24時間の温度変化(10分毎に測定)

3. 観測結果およびその解釈

(1) 夏季の気温変化

図3では夏の7月17日～8月21日までのほぼ1ヶ月間、日平均気温はどのように変化したかを示している。

風穴の中の方が外よりも2.6°C～8.1°C、気温が低くなっているのがわかる。またこのグラフで風穴内の気温が右上がりになっていることから、風穴に空気を送り出している崖錐内部の気温も少しずつ上昇していることがわかる。また内外の差は、時間の経過とともに小さくなっていることも見てとれる。もう一つ、外気の日平均気温が最高になっているのは8月5日で、風穴内の気温が高くなるのは4日おくれの8月9日となっている。

次に8月20日の1日間の気温変化をみると、図4の

ようになる。

風穴の外気温は、日の出とともに上昇し、日没とともに降下するという当然の結果を示している。しかし、風穴内の気温はほとんど変わらず一定の値となっている。

このグラフだけを見ると、崖錐の奥に井戸水のような水たまりがあって、風穴の中の気温を一定に保っているのではないかと素直に考えることもできる。

(2) 冬季の気温変化

冬はどうであろうか。先の崖錐の奥の水たまり仮説によるとすれば、冬は夏とは逆に風穴の内の方が気温は高くなるはずである。

ところが、図5を見ると、風穴の中の気温は外気より高くなってはいない。むしろ夏と同じように風穴の中の気温の方が低くなっている。このことから「崖錐

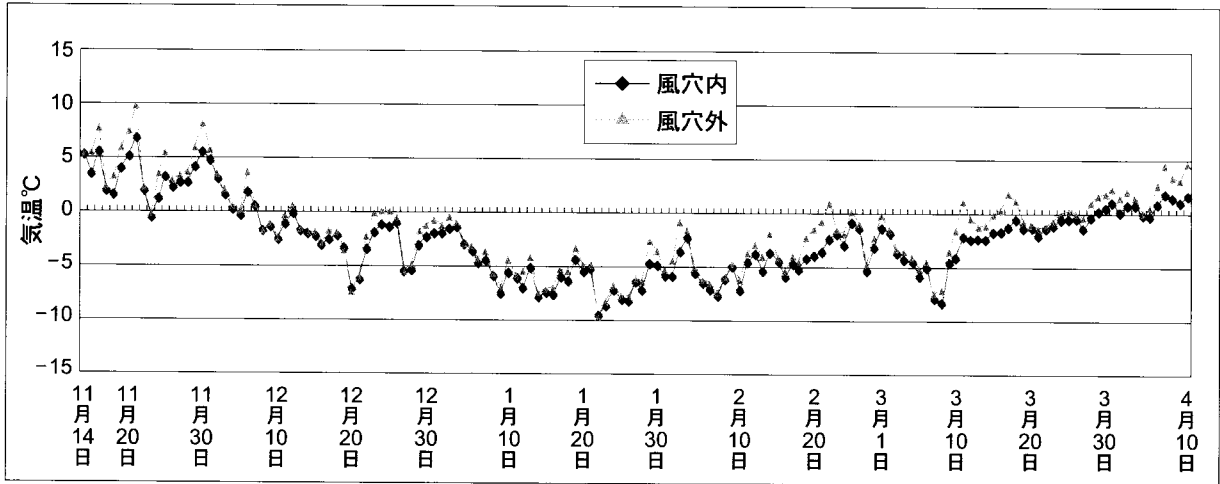


図5 冬 (2003年11月14日～翌4月10日) の日平均気温の変化

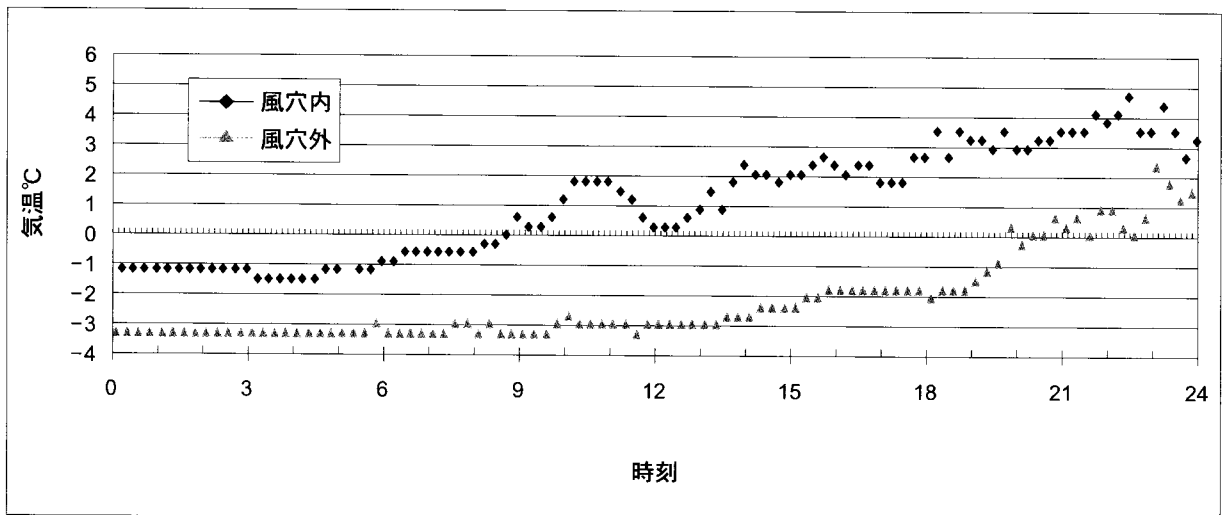


図6 風穴内外の気温差最大日 (2月22日) の24時間の温度変化

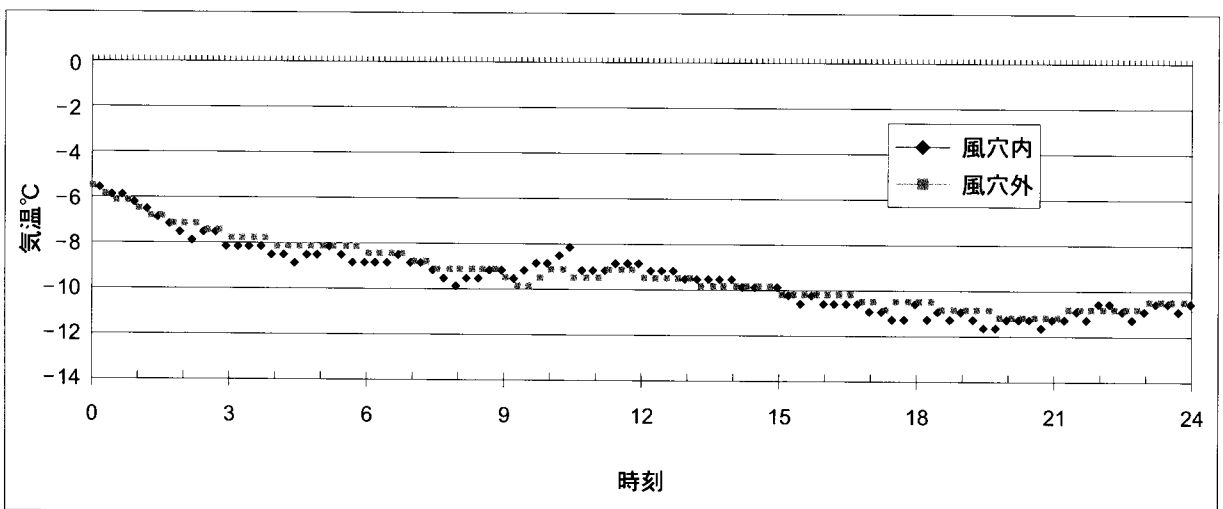


図7 風穴内の気温の方が高い日 (1月22日) の気温変化

の奥の水たまり存在説」は成立しないことになる。

冬の場合、風穴の内と外では夏ほどの開きはなく、ほとんど同じか、外の方がやや高くなっている程度である。

では、一日の変化はどうであろうか。

図6は2月22日の風穴内外の気温変化をグラフ化したものである。この日は冬季測定期間中では最大の内外較差を示した。この日の気象状況を飯田市嶋の観測データでみると、最大風速18.8m/sと前後5日間では最も風が強く、風向はSSWと南よりの風で、前後4日間の西よりの風とは異なるという特徴を示している。

以上の結果から次のような結論を引き出すことができる。

①この日の内外較差が最大になったのは晴れて外気の気温が上昇し、さらに午後には強い南風が入って気温が下がらなかったことによる。

②夏季の気温にみるようにいつも一定であるはずの風穴内の気温が外の気温に沿うようにして上昇しているのは、冬季には風穴の内と外とで対流が生じて内外の空気が混じり合っているためと思われる。しかし完全に混じり合うまでには至っていないのは、測定開始の時時点で、内外の気温差に開きがあるためと考えられる。

一般的には、冬季も風穴内の気温は外気温より低い。この測定期間149日間(11月14日～翌4月10日)のうちで外気温より高い日が5日あった。その「逆転日」は12月8, 19, 20, 27日と翌1月22日で、測定期間の前半に集まっている。前半では崖錐内にまだいくらか熱が残っているためであると考えることができる。その中から1月22日のいわゆる「逆転日」の変化を図7に示した。

まず、この日の気象状況を同様に飯田市嶋のデータで見ると、前後5日間の中では日平均気温が-2.3℃でもっとも低く、風も最大風速11.2m/sで最も強くなっている。

そこで、測定開始時に内外の気温差がほとんどない状態で、今までになく外気温が下がったので、特に風の弱い時間帯で外気温の方が低くなったものと思われる。

(3) まとめ

観測の結果は次のようにまとめることができる。

①夏季冬季ともに風穴内の気温の方が低い。

②風穴内外の気温差は夏季は大きいが時間の経過とともに小さくなり、冬季にはほとんどなくなる。

③風穴内の気温は、夏季はほぼ一定で測定期間を通して時間の経過とともに少しずつ上昇しているが、冬季

は外気温に従って変化する。

④冬の風穴内で気温が高くなる日は、冬の前半に限られている。

4. 結論

以上の結果から次のような結論を出すことはできないだろうか。

①夏季の風穴内の気温がほぼ一定ながらやや右上がりであることから、夏季には風穴の奥から一定温度の冷やされた空気が流れ出ており、日数を経過するに従い風穴へ空気を送る累石内の気温も対流や伝導によって少しずつ上昇する。しかし、この流れ出る空気はどのようにして補充されているのか、という問題が残る。夏の気温変化で外気のピークが4日遅れて風穴内に現れていることから、外気が累石内に入ってから風穴内に達するまでに4日を要していると考えることができないだろうか。風穴の位置よりも高いところに空気の吸い込み口がある可能性は高い。

②冬季の風穴内気温が外気温に従って変動するのは、風穴内に風穴の奥から流出する空気はほとんどないことを意味する。だから、冬季には風穴内の空気が外気と自由に混じり合うので気温差がほとんど無くなる、と考えることができる。

③冬季には風穴内外の気温にほとんど差がないことから、夏季とは逆に風穴の奥に向かって風穴内の空気が動いているのではないか。そうならば、夏季の空気の吸い込み口から冬季には暖かい空気が流出していることになる、という研究(田中ほか, 2004)と矛盾はしない。

④冬季には風穴の奥から暖かい空気が累石内を上昇して、それを補うべく風穴へは外から冷たい空気が入る。こうして累石内には冷気が蓄積される。夏には風穴の外の空気は暖められ軽くなって上昇し、そこへ風穴の奥の冷たく重い空気が流れ出る。つまり、累石内に蓄えられた冷気は消費されて暖気が入り、少しずつ温度は上昇して、やがて外気の温度とほとんど同じになる。このように考えても、少なくとも観測データとは矛盾しない。これは空気対流説にほかならない。

5. おわりに

この研究のきっかけは、天竜川総合学習館で主催した「かわらんべ講座 風穴めぐり」だった。その時の講師であった今村公人さん、お世話になった学習館のスタッフのみなさんにお礼申しあげたい。

引用文献

鎌田宮雄, 1984, ふるさと坂下. <http://www.takenet.or.jp/~ryuuji/saka/furusato/105.html>.

日本地誌研究所編, 1989, 地理学辞典 改訂版. 二宮書店, 803 p.

新村出編, 1993, 広辞苑第4版. 岩波書店, 2858 p.

大館郷土博物館編, 2004, 長走風穴館. <http://www2.ocn.ne.jp/~odate-be/Fuuketsukan.htm>.

田中博・村規子・野原大輔, 2004, 福島県下郷町中山風穴における風穴循環の成因. 地理学評論, 77 (1), 1-18.

横山忠雄, 1954, 総合養蚕学. 中央蚕糸協会, 279 p.