

アウトリーチとしての牛乳パックを使った風穴実験

Experiments of wind-hole phenomena using milk cartons as an outreach activity

曾根 敏雄^{1,2}, 斉藤 和之³, 的場 澄人⁴

Toshio Sone^{1,2}, Kazuyuki Saito³, Sumito Matoba⁴

Corresponding author: tsone8337@gmail.com (T. Sone)

¹北海道大学 北極域研究センター, ²NPO 氷河・雪氷圏環境研究舎, ³海洋研究開発機構, ⁴北海道大学 低温科学研究所

¹ Arctic Research Center, Hokkaido University, ² NPO Glacier and Cryospheric Environment Research Laboratory,

³ JAMSTEC,

⁴ Institute of Low Temperature Science, Hokkaido University

アウトリーチとして牛乳パックを用いた風穴実験を行った。牛乳パックの内外の空気の温度差により下または上に開けた穴から風が吹き出すという実験である。牛乳パックの内側に、冷凍した保冷剤を入れ風穴の夏の状態を、熱湯を入れたアルミ缶を入れ冬の状態を再現した。それぞれ下の口から冷風が、上の穴から温風が吹き出すことを参加者に体感してもらった。その結果、風穴の仕組みを理解してもらうことが出来た。

1. はじめに

2025 年 11 月にアウトリーチとして、小学校 3 年生以上を対象に風穴の仕組みを実験的に説明する機会があった。

一般に風穴では、斜面下方に夏に冷風が吹き出す冷風穴があり、上方には冬に温風が吹き出す温風穴がある。風穴風は、風穴の内外の空気の温度差によって生じると説明されている¹⁾。そこで、牛乳パックの中に熱源を入れて、箱の内外の空気に温度差を生じさせて、箱の下または上の穴から風が吹き出すことを体感してもらうことによって、風穴の仕組みを理解してもらうことを考えた。牛乳パックで作る風穴は、断熱材の箱で風穴を再現した実験²⁾を小型化したものと見ることが出来る。同様な試みが澤田ほかによりなされたが、ペットボトルを用いたその実験では、風の吹き出しが弱く、吹き出しを体感できなかった参加者もあったようである³⁾。

今回の実験では、参加者に冷風と温風の吹き出しを体感してもらうこと、条件を変えると噴き出す風の強さが変わること、冷風の噴き出す冷風穴の部分だけではなく、風穴斜面全体が大切であることを理解してもらうという目標を掲げた。本稿ではこの牛乳パックを用いた風穴実験の方法について述べる。

2. 牛乳パックの加工

洗浄後乾燥した牛乳パックの空き箱を 2 箱 (1000ml×1 箱と 500ml×1 箱、または 1000ml×2

箱)を用意する。箱の一側面の底部に近い場所に直径 2cm の穴を開ける(写真 1)。1000ml の箱 1 つを本体として、もう一つの箱をフタとして使用する。500ml の箱をフタとして使う場合には、折目の部分で切断する(写真 1)。1000ml の箱の場合には、底部から 10cm 部分で切断する。穴あけ加工は、ホールソーを用いると簡単にできる。

3. 実験方法

3. 1 冷風穴実験

牛乳パックに冷熱源を入れた実験を行う。これは風穴内部よりも外気の温度が高い夏の状態に相当する。

まず一時的にテープで上下の穴を塞いでおく。家庭用冷凍冷蔵庫で冷凍した 7×11cm の保冷剤(キャッチクール 50g)を、1000ml の牛乳パックに穴を塞がない方向に 4 つ入れ、その上に 90 度方向を変えて 4 つ入れる(写真 2)。さらに上に 2 つ方向を変えて入れる。500ml の牛乳パックを、1000ml の牛乳パックの上にかぶせる。フタの向きは、上下の穴の位置が反対側になるようにする。発砲スチロール製の納豆パックのフタの上に立てておき、約 1 分経過してからまず下の口のテープを剥がす。

参加者には、下側の口に手を近づけて、冷風の吹き出しを感じてもらう。次に上の口のテープを剥がして、冷風の吹き出しの強さの違いを感じてもらう。

吹き出す風は微風であり風量が少ないので、風

速の測定は熱線式風速計を用いた。1.5 m s⁻¹程度の風が吹き出した。手で風を感じる際には、手の甲側の方が微風速を感じやすい場合もある。

温度測定は、サーミスター温度計を用いたが、時定数の関係で、正確に測定するのは困難であったので、熱電対式温度計の使用を勧めたい。会場の都合から今回は使用できなかったが、線香の煙を使うと、風が吹き出す様子が可視化できる(写真3)。長さ1-2cmの紙を筒状にして穴に差し込むと、風の出口が明瞭になる。

次に机の端に牛乳パックを、上側の口が上を向くように横におき、下側の口からの冷風の強さを感じてもらう(写真4)。これは風穴の上下の口の高さの違いによる吹き出しの強さの違いを感じてもらう実験である。牛乳パックを立てた時の方が、横にした時よりも、噴き出す風が強いことを体感できる。

3. 2 温風穴実験

牛乳パックに温熱源を入れた実験を行う。これは風穴内部よりも外気の温度が低い冬の状態に相当する。実際には、冬の風穴を知る人は多くはないが、暖かい空気が上昇することを熱気球の例などで理解している人は多い。

温熱源として熱湯を入れフタをした400mlほどのアルミ缶を用いた。まず1000mlの箱の底にトイレットペーパーの芯を入れ、その上に湯を入れたアルミ缶を置く(写真5)。500mlの箱でフタをして、一時的にテープで穴をふさぐ。少しおいでから穴をふさぐテープを外す。

この実験では、上の穴から温風が噴き出すのを、参加者に感じてもらう夏の空気の流れと逆になることを理解してもらう。

空気の温度が高い場合には、熱線式風速計によっては、風速が測定できないことがある。

3. 3 崖錐型風穴実験

日本には多くの風穴が存在するが、地表を岩塊が覆う崖錐型の風穴が多い(写真6)。そこで崖錐型風穴を模した風穴実験も牛乳パックを使って行った。

まず1000ml牛乳パックの側面の一つを切除する。次に切除した隣の側面の奥の底部付近に直径2cmの穴を開ける。この牛乳パックに写真7のように冷却した保冷剤を入れ、その上を直径約15mmの球状の発泡スチロールで覆った(写真8)。

この牛乳パックを斜めにおくと、下の吹き出し口からは冷風の吹き出しを感じることが出来た。

4. 結果

今回の実験では簡単な解説と実験方法を載せた資料を配布して、これに基づいて実験を進めた。実験方法の一部と結果については空欄としておき、参加者に自らこの資料に書き込んでもらった(図1)。風速と温度の測定も予定していたが、アウトリーチの際には、手間のかかる測定は困難であった。しかし参加者は、冷風や温風の吹き出し、また吹き出す風の強さの違いを体感することが出来た。数値で示すことも大切ではあるが、アウトリーチの際には、まずは参加者に感覚的にとらえてもらうことが重要である。8歳から70歳代までの参加者があり、アンケートによると好評であった。

5. おわりに

身の回りにあるものを使って風穴現象の仕組みを理解するための実験を行った。熱源に関しては工夫次第で色々なものが使用できそうである。今回は冷熱源として保冷剤を使用した。水を入れて凍らせたペットボトルを用いても良い。温熱源としては湯煎で温めた保冷剤でも良い。また冬の温泉施設のようにサウナ、浴室、露天風呂といった異なる温度環境が揃っている場所で実験を行うことも面白そうである。

【謝辞】

本研究には、文部科学省科学研究費(24K03143、代表:齊藤和之)の一部を用いた。また本研究は北海道大学低温科学研究所の共同研究(25G025)の一部として行われた。アウトリーチ活動の際には、氷風穴の里保存会(長野県小諸市)の皆様にご協力頂いた。

【参考文献】

- 1) 曾根敏雄(2015):風穴風の吹き出しと吸い込みー北海道置戸町鹿ノ子風穴での観測から。清水長正, 澤田結基編『日本の風穴ー冷涼のしくみと産業・観光への活用』. 92-101, 古今書院
- 2) 曾根敏雄, 森 淳子著(2023):風穴現象を再現する実験。雪氷研究大会(2023・郡山)講演要旨集, 116.

- 3) 澤田結基, 舟越洋二, 松本宏樹, 出村沙代, 古賀友子, 松田倫明, 岡澤佑介, 遠藤海斗, 小野有五 (2010): 鹿迫小学校「地球学」の取り組みとペットボトルを用いた風穴実験. 地理学論集, **85**, 51-56.



写真1 牛乳パックの加工



写真2 保冷剤の挿入



写真3 冷風の吹き出し



写真4 牛乳パックの横置き実験



写真5 温熱源（熱湯入りアルミ缶）の挿入

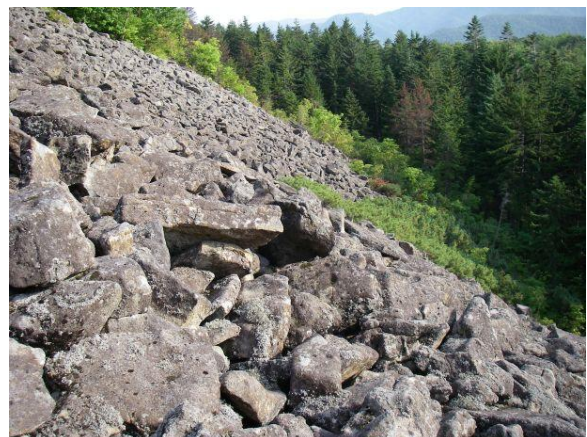


写真6 崖錐型風穴（手稲山風穴）



写真7 保冷剤の入れ方 崖錐型の例



写真8 崖錐型牛乳パック風穴

2025年11月2日 サイエンスイベント in 小諸

参加者 名前 _____

「牛乳パック風穴で実験をしよう」

担当 曾根敏雄 (北海道大学/ (NPO) 氷河・雪氷圏環境研究会)

氷風穴では、夏に石垣のすきまから冷風が吹き出しています。ではどうして風穴では夏に冷たい風が吹き出すのでしょうか。そのひみつをさぐるため牛乳パックをつかった実験をします。

空気の性質のひとつに、あたたかい空気は上へ、冷たい空気は下へ動くということがあります。このことが風穴のしくみを考えるうえで大切です。まず上と下に口がある箱の中の空気の温度が部屋の温度とちがうと、どういうことが起きるのかしらべてみましょう。

箱の工作

牛乳パックの穴あけをします

ひとつの牛乳パックを短く切ります

*実験中の注意 やけど・凍傷に気をつけましょう。

1 箱の中に温熱源 (あたたいもの) をいれる実験

: ここでは中に _____ をいれました。

: 部屋の温度は _____ °C、温熱源の温度は _____ °Cでした。

: 上の口から _____ °C _____。

: 下の口には _____ °C _____。

1

図1 風穴実験資料の一部

2025年11月2日 サイエンスイベント in 小諸

つぎに下の口をふさぐと _____。

この実験では上の口から温かい空気がでていたのが特徴でした。これは、実際の風穴では、冬の状態 (まわりよりも風穴の中があたたい) にあたります。冬には温かい空気が上 (温風穴) から出ていき、下 (冷風穴) からはまわりの冷たい空気が入ります。これにより、風穴の内部が冷やされていきます。

2 箱の中に冷熱源 (つめたいもの) をいれる実験

: ここでは中に、_____ をいれました。

: 部屋の温度は _____ °C、冷熱源の温度は _____ °Cでした。

: 上の口 _____ °Cの _____。

: 下の口 _____ °Cの _____。

上の口をふさいでみると

次にこの箱を横にしてみます。すると

実際の風穴では、これは夏の状態 (まわりの空気よりも風穴の中が冷たい) にあたります。風穴の中の冷たい空気が下の口 (冷風穴) から吹き出します。上の口からはまわりの温かい空気が入って、内部が温められます。

2