ペットボトルに入れた飲み物の 保冷・保温に最適な素材と工夫

抄 録

ペットボトルカバーを使う際には、どのような布素材を使い、どのような工夫をしたものが良いのか、保冷・保温それぞれで簡単なサンプルをつくり、水の場合で比較した。まず布素材のみを変えて比較し、最も温度変化が小さかった布素材には構造にいくつか工夫を加え、同様に比較した。その結果、保温の際は、ウールの布に段ボールを組み合わせたものが最も良い性能を示した。また、保冷の際は、ウールの布の外側にアルミシートを組み合わせたものが最も良い性能を示した。つまり、保温の際は空気を多く含むペットボトルカバー、保冷の際は、空気を多く含んでいたり、熱を反射したりする素材を使ったペットボトルカバーを使うと良いということが分かった。

キーワード:ペットボトルカバー、保冷、保温、空気、反射

1. はじめに

1.1 研究動機

夏の暑い日に、私は自動販売機でペットボトルのお茶を買った。しかし、そのまま持ち歩いていたら、1時間も経たないうちに、温度が上がってぬるくなってしまった。ペットボトル飲料が既に広く普及している今日の社会で、少しでもこのようなことが起こらないよう、私はこの研究を始めた。

初めは、「布素材」だけに焦点を当てていた。しかし、加藤(2005)によって既にその 試験はなされていた。そこで、「布素材」だけでなく、「構造」にも工夫を加えて試験した。 また、市販のペットボトルホルダーに匹敵するものを「作る」ことも視野に入れていたが、 「市販のものは既に試験が繰り返されており、それに匹敵するものを作るのは難しいだろ う」という意見から、「購入・使用の際の目安とする」こととした。

1.2 研究目的

本研究の目的は、「ペットボトルカバーを購入するにあたって、どのような布素材で、どのような工夫があればより良いのか、保冷・保温それぞれにおいて、素材、構造、組み合わせなどの面から考察する」こととした。

なお、この論文中での「性能が良い」とは、「計算値(後述)での温度変化が小さい」ことを示すものとする。

2. 保冷・保温性能の比較実験

2.1 実験の概要

夏期に保冷、冬期に保温の性能を試験した。実験1.で「布素材」による保冷・保温性能の差を試験した。その後、実験2.で「構造」「組み合わせ」による保冷・保温性能の差を試験した。最も性能の良い組み合わせのものは、市販のものと著しい差が生じていないか確認するため、実験3.で市販のペットボトルカバーと比較した。

測定する数値は、「各試験体の水温」「段ボール内・外の気温」「段ボール内の湿度」とする。また、水温の測定値をもとに基準とする水温を定め、そこから10分あるいは30分毎の水温を計算する「補正」を行い、その数値で比較した。ただし、この論文中のグラフは測定値であり、文中で補正後の計算値について述べる。

2.2 比較の際の補正方法

各測定値間の水温は、その間の経過時間に比例すると仮定して、水温を求める。

基準とする水温 t \mathbb{C} (測定の結果、夏期は10 \mathbb{C} 、冬期は50 \mathbb{C} とした)を定め、t \mathbb{C} の直前・直後の水温の測定値を、時間が早いものから a \mathbb{C} 、b \mathbb{C} 、水温が a \mathbb{C} のときの時間を m_1 分、b \mathbb{C} のときの時間を m_2 分とする。水温が t \mathbb{C} になった時間から求めたい時間までの差(10分または30分毎)を m_3 分とし、 m_3 分の直前・直後の時間での水温を、時間が早い方から c \mathbb{C} 、d \mathbb{C} 、水温が c \mathbb{C} の時の時間を m_4 分、d \mathbb{C} のときの時間を m_5 分とする。

A : (夏期) $(t-a)/\{(b-a)/(m_2-m_1)\}+m_1$ (冬期) $(a-t)/\{(a-b)/(m_2-m_1)\}+m_1$

B:(夏期) $c+\{(d-c)/(m_5-m_4)\cdot (m_3-m_4)\}$ (冬期) $c-\{(c-d)/(m_5-m_4)\cdot (m_3-m_4)\}$

Aの式で、水温が t $^{\circ}$ になる時間を求めた。その後、Bの式で、 m_3 分のときの水温を求めた。

2.3 実験方法

2.3.1 実験1. 布のみの保冷・保温性能試験

6種類の素材の布(表 1)を、ペットボトル(約500mL)の大きさに合わせて円筒状に成形し、保冷試験では5℃程度、保温試験では60℃程度の水を入れたペットボトルを覆った。布で覆わず、水だけを入れたペットボトルも1本用意し、それらに段ボール箱を被せ、10分毎に2時間測定を行った。(図 1)これを、段ボール外の気温を、夏期は「28℃(①)」「30℃(②)」「設定なし(③)」、冬期は「20℃(①)」「設定なし・換気あり(②)」「設定なし・換気なし(③)」に調整し、各 1 回行った。

表1:実験1. に使用した布素材

記号	A	В	С	D	Е	F	G
素材	綿	ウール	ポリエステル	ナイロン	アクリル	レーヨン	なし



図1:実験装置(実験1.の場合)

2.3.2 実験2. 工夫した布での保冷・保温性能試験

実験1.において最も性能が良かった布素材に、アルミシートや段ボールなど、構造への工夫を加えた(表 2)。実験1.と同様に成形し、夏期は 5 \mathbb{C} 程度、冬期は60 \mathbb{C} 程度の水を入れたペットボトルを覆った。工夫を加えず、布のみで覆うペットボトルも用意し、それらに段ボール箱を被せ、10分毎に 2 時間分、その後は30分毎に 4 時間分測定した(図 1)。これを、実験1.と同様に気温を調整して、各 1 回行った。

表2:実験2.で加えた工夫

記号	A	В	С	D	Е
工夫	なし	外側に アルミシート	内側に アルミシート	内側に 段ボール	内側に 綿のキルティング

2.3.3 実験3. 市販のペットボトルカバーとの性能比較による有用性の検証

実験2.において最も性能の良かった組み合わせで、「ひんやりが続く 保冷タイプのペットボトルカバーの作り方」(2022年7月15日)を参考にペットボトルカバーを作った。市販のものも2つ用意し、それらに、夏期は5℃程度、冬期は60℃程度の水を入れたペットボトルを入れ、段ボール箱を被せ、実験2.と同様に測定した(図1)。

表3:実験3.で使用したペットボトルカバー

記号	A	В	С	
ペットボトルカバー	試作品	市販品1	市販品2	

2.4 実験1.・2.に対する仮説

井上(2018)は、「断熱の働きをしているのは空隙の空気」としていることより、空気を多く含む素材(ここではウールや段ボール、綿のキルティングなど)を用いると、保冷・保温性能が良くなると思われる。

また、「象印マホービン」(2022年12月8日)は、「銅箔またはアルミ箔を入れることにより、鏡のような状態にし、熱が外に向かって放たれてもこの鏡に反射して戻されてしまいます。」としていることから、光を反射する素材(ここではアルミシート)を加えても保冷・保温性能が良くなると思われる。

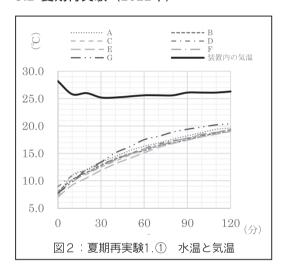
3. 実験結果

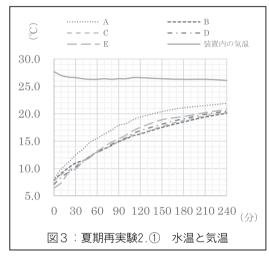
3.1 夏期実験(2021年)

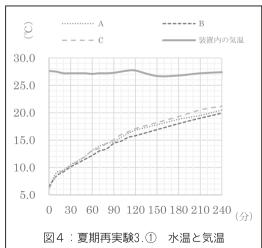
実験開始時の水温が高く、かつその試験体ごとの差が大きくなってしまい、最大で5℃ほど生じた。そのために、同じ実験の結果にも大きな差が生じ、補正を行っても比較が困難になってしまった。

夏期再実験ではこの差の解消のため、水を入れたペットボトルを、保冷剤を入れたクーラーボックスに1時間程入れ、温度差をならした。また、実験2.・3.の測定時間を、10分毎に2時間分、30分毎に2時間分とした。さらに、段ボール外の気温を「<math>28℃(①)」「設定なし・換気あり(②)」「設定なし・換気なし(③)」に指定し、各1回実験を行うこととした。これらの改善を行った上で、再度実験を行った。

3.2 夏期再実験(2022年)





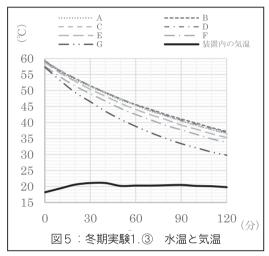


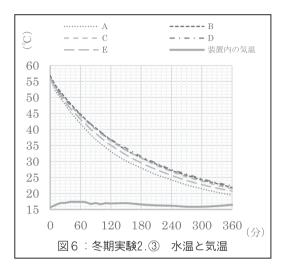
実験1.では、「ウール」が最も良い保冷性能を示した。計算値は他のものと僅差ではあったが、次に性能の良いものと-0.3 ~ -0.5 \sim の差が、安定して開いていた。(図 2)

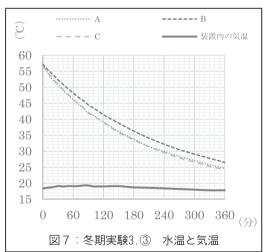
実験2.では、「外側にアルミシート」のものが最も良い保冷性能を示した。計算値は、次に性能の良い「内側にアルミシート」と僅差だったが、基準から60分程度時間が経過すればその差は安定し、-0.2 $^{\circ}$ $^{\circ$

実験3.では、実験に使用した2つの市販品のうち、性能の良い方にも性能が近いという結果となった。これと試作品との差は、 $+0.2^{\circ}$ ~ $+0.5^{\circ}$ 2程で、もう一方とは- 1° 2程の差をつけた。これにより、夏期実験の結果が市販品とかけ離れていないことが裏付けられた。(図4)

3.3 冬期実験(2021~2022年)







実験1.では、「ウール」が最も良い保温性能を示した。 3回中 2 回で、基準から60分時点で計算値が最も高く、3回の実験を通して、次に性能の良いものと-0.1 $\mathbb{C} \sim +0.3 \mathbb{C}$ の差をつけた。(図 5)実験2.では、「内側に段ボール」を加えると最も良い保温性能を示した。計算値は、3回の実験のいずれでも、基準から90分時点で、次に性能の良いものに+0.3 $\mathbb{C} \sim +0.6 \mathbb{C}$ の差をつけた。(図 6)

実験3.では、計算値は、実験に使用した2つの市販品のほぼ中間の性能を示した。このため、冬期実験の結果は市販品ともかけ離れていないといえた。(図7)

4. 考察

4.1 保冷性能

ペットボトル飲料の保冷の際、布素材には、ウールなど空気を多く含む素材を使用するとよい。これは、井上(2018)の論文と一致する。

構造面では、特に外側に、アルミシートなど熱を反射する性質のあるものを使用するとよい。これは、外からの熱を反射し、カバー内の温度変化を抑えられるからだと考えられる。このことは、「象印マホービン」(2022年12月8日)と、細部は異なるが概ね一致する。

4.2 保温性能

ペットボトル飲料を保温する際は、ウールや、極端な例では段ボールなど、空気をより多く含む素材を使用するとよい。このことは、井上(2018)の論文とも一致する。

5. 結論

ペットボトルカバーを選ぶ際、保温が目的であれば、ウールなど「空気を多く含む」素材を使用したものにするとよい。また、保冷が目的であれば、空気をどれだけ含むかに加え、アルミシートなど「熱を反射する」性質のあるものを、特に外側に使用したものにするとよい。

ただし、これらの結論は、布素材の種類、工夫の方法、実験の回数など、標本数が少ないため、あくまでも1つの目安と位置付ける。準備できる素材や用具、時間にも限りがあったが、今後機会があれば、標本数を増やしての実験も行いたい。

6. 参考文献

井上智美ほか(2018)「木の断熱効果 in Akita」秋田県立大学学生自主研究研究成果加藤祥子(2005)「短時間で仕上がる被服教材Ⅲ ーリバーシブルのペットボトルホルダーー」 愛知教育大学教育実践総合センター紀要

象印マホービン:まほうびんの仕組み

https://www.zojirushi.co.jp/cafe/about/shikumi/ (2022年12月8日) nunocoto:ひんやりが続く☆保冷タイプのペットボトルカバーの作り方

https://book.nunocoto.com/make-2/2017071916870/ (2022年7月15日)