

体温を下げる自然の力「気化熱」 ～植物の精油と人間の汗の効果～ (2024年度の研究からの継続)

渋谷区立富谷小学校6年 永井 遥佳

研究の動機

昨年の自由研究では、ハンディファンにミストや濡れタオルを併用すると、液体が蒸発する際に熱を奪う「気化熱」の力によって、効果的に体温(体表温度)を下げる事ができるとわかりました。

その際、エタノールが入ったミストは、急速に体温を下げる事ができるもののエタノールが蒸発した後は体温が急上昇してしまうのに対して、エタノールにさらにハッカ油を加えたミストは体温が下がった状態を長く維持できることがわかったので、これは私にとっては予想外の結果でした。ハッカ油の主成分(65～85%)はメントールですが、事前調査で読んだ文献の多くに「メントールは冷感作用はあるが体温を下げる効果はない」と記載されていたので、ハッカ油を加えても大きな差は生じないと考えていたからです。

そこで今年は、ハッカ油を加えたミストがなぜ下がった体温を維持することができたのか、その原因を探りたいと考えました。ハッカ油の主成分であるメントールが、実は体温を下げる効果をもつのか？それとも、ハッカ油に含まれるメントール以外の成分の効果であったのか？また、ハッカ油は精油(植物から取れる天然の揮発性芳香物質の集まり。有機化合物)であるが、ハッカ油のもつ体温を下げる効果はハッカ油に特有のものなのか他の精油にもあるのか？これらを明らかにしたいと考えました。

また、実験を進める過程で、植物の精油だけでなく人間が出す汗の気化熱の力はどうなのかも知りたいと思い、汗についても調べることにしました。

研究1: 体温を低く維持できるのはメントールの力か？

次の2つの実験から、下がった体温を低く維持できたのは、ハッカ油の主成分のメントールのおかげか、それ以外のハッカ油内の成分のおかげか、そしてハッカ油以外の精油にも同様の力を持つものがあるか、を確認しました。

実験①「メントール」と「ハッカ油」の比較

実験方法 精製水(以下、水)、エタノール、メントールの結晶(ハッカの精油からメントールを結晶にして取り出したもの。以下、メントール)、ハッカ油を使い、次のA～Dの液体を作成。スプレーで前腕の内側に吹きかけた上で、ハンディファンで風を当て、風を当てた部分の表面温度(以下、体温)の下がり方を比較しました。

- A 水
- B 水+エタノール
- C 水+エタノール+メントール
- D 水+エタノール+ハッカ油

※昨年度は体積濃度を使ったが、メントール結晶は固体で体積を計ることができず、今年度は質量濃度を使った。

※Bは水と無水エタノールを9:1の割合(18g:2g)で、C・Dは水:無水エタノール:メントールまたはハッカ油を17:2:1の割合(17g:2g:1g)で混ぜ合わせることで、エタノールについては全重量の10%、メントールまたはハッカ油については全重量の5%が含まれる20gの液体を作成した。

※昨年度は首で実験したが、計測しやすく安定した結果を得やすい場所として前腕とした。



予想 昨年の実験から、水だけのAに対して、水+エタノールのBはより早く体温が下がるもののその後すぐ上昇に向かってAの体温に追いつくこと、そして、ハッカ油の入ったDは、下がった体温が長く維持されることがわかっています。もし、文献に記載のあった通り、メントールが「冷感」を与えるだけで体温を下げる効果を持たないとするれば、メントール入りのCは、Bと同じようなグラフになると考えました。

実験の手順

- (1)腕(前腕の内側、肘から10cm)の体温を測る。
- (2)腕に液体を吹きかける。
- (3)ハンディファンの風を腕に当て、0秒～300秒まで5秒ごとに体温を測る。
- (4)(1)～(3)を5回繰り返し、体温の下がり幅の平均値をグラフにする

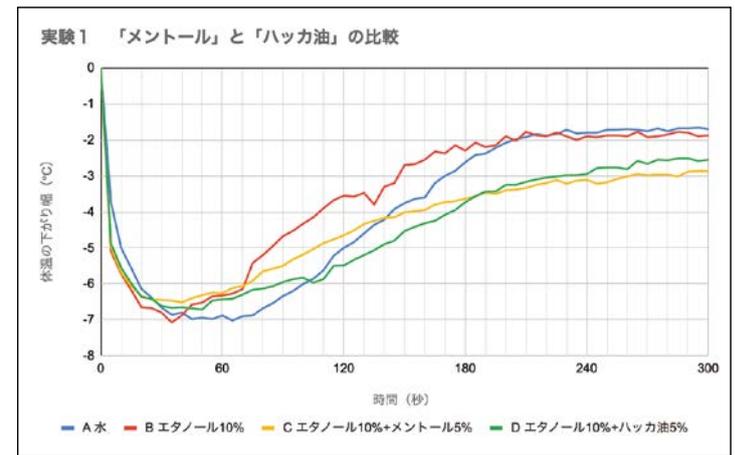
※ハンディファンは腕から約5-6cm離して使用。体温計は物体表面温



度を計測できるデジタル体温計を利用して腕から約2cm離して測った。

※計測開始時の体温、室温、湿度はできるだけ条件を揃えた(体温:32～34度台、室温:26.5～28℃、湿度:43～50%)。

結果



・B(エタノール10%)→ 昨年の結果と同じく、開始直後から急速に体温を下げたがその後の真先に上昇に転じ、すぐA(水)の体温を超えた。

・D(エタノール10%+ハッカ油5%)→ 昨年の結果と同じく、開始直後はBと同様に急速に体温を下げたが、その後の体温の上がり方は緩やかで、Aよりも下がった状態を長く維持した。

・C(エタノール10%+メントール)→ 予想に反し、BよりもDに近い結果となった。

考察 ハッカ油入りのミストを吹きかけたときに長時間体温が下がったまま維持できるのは、ハッカ油に含まれるメントール以外の成分の効果と考えていましたが、実験1の結果から、メントール自体に下がった体温を維持する効果があると言えます。

一方で、CとDのグラフには違いもみられ、5回計測した各回ともメントールのほうがハッカ油よりもやや早めに体温が上がる傾向にあったことから、その違いはハッカ油に含まれるメントール以外の成分によるものではないか、と言えると思います。

インターネットで調べると、植物から取れる精油は、揮発性のある(常温で蒸発しやすい)有機化合物の集まりであり、メントールもまたその一つのことです。つまり、C、Dは、エタノールとも水とも違う蒸発の仕方をする揮発性物質(メントールやその他の物質)を含んでおり、それらがエタノールや水よりも遅れて蒸発することから、体温が低い状態が継続するのかもしれない、と思いました。

また、AやBに比べて、CとDの液体は少しべとついて腕に張り付くような感触があり、乾くまでに時間もかかったことから、もしかすると油の一種であるメントールやハッカ油が入ることによって、水自体の蒸発が遅くなっている可能性もあるのではないかと思います。

実験②「ハッカ油」と「ハッカ油以外の植物の精油」の比較

実験方法 メントールをその成分に持たない3種の植物の精油を使いE～Fの液体を作成。実験①と同じ手順で、体温の下がり方を計測し、実験①のDの結果と比較しました。

- D 水+エタノール+ハッカ油
- E 水+エタノール+オレンジスイート
- F 水+エタノール+ラベンダー
- G 水+エタノール+ユーカリ

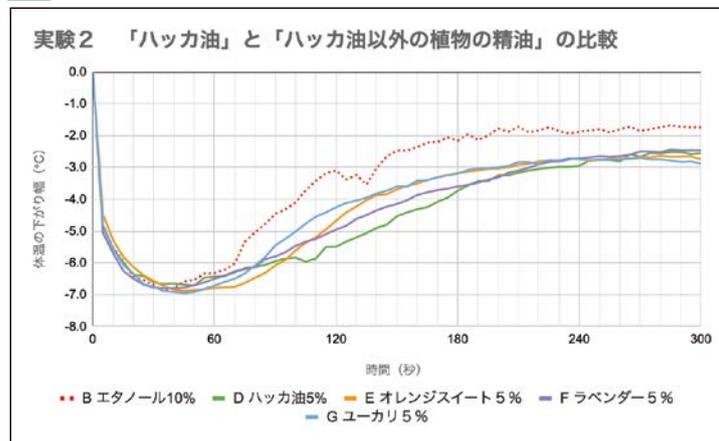
※水:無水エタノール:精油を17:2:1の割合(17g:2g:1g)で混ぜ合わせることで、エタノールについては全重量の10%、精油については全重量の5%が含まれる20gの液体を作成した



予想 実験①では、メントールには体温を継続的に下げる効果があることがわかりましたが、それに加えて、ハッカ油に含まれるメントール以外の成分にも同様の効果がある可能性が見て取れました。

また、文献の中に、植物が精油(各種の揮発性の有機化合物)をその体内に作るの、「それを出すことにより気化熱を利用して植物自身の表面を冷やす役割があり、特に気温の高い地域に生息する植物には必要不可欠な効果」という記載があったため、E、F、Gの精油にも同じような効果を発揮するものがあると予想しました。

実験の手順 実験①と同じ



・D～Gのどの精油入りの液体も、全てエタノールのみ液体(実験①のB)同様に体温の下がり幅が7℃近くとなり、その後、Bではその後体温が急上昇したのに比べ、体温の上昇が緩やかで、計測中最後までBよりも低い体温を保つことができた。

・効果が現れるタイミングは精油により異なり、オレンジスイートは早いタイミング(60～90秒)で、ハッカはオレンジスイートより遅いタイミング(80～180秒)で、他の精油よりも下がり幅が大きかった。

考察 実験①から、ハッカ油に含まれるメントールには、体温を下げる効果があり、また、エタノールと組み合わせることで「早く・長く」体温を下げるができることがわかりましたが、実験②の結果も踏まえると、その効果はメントール、そしてそれを含むハッカ油に限らず、他の精油にも見られることが明らかになりました。

自ら移動することができない植物にとって、揮発性物質を持つことで体表温度の調整がよりやすくなることは生存のために重要だと思われるので、体温への効果が、ハッカだけでなく他の植物の精油を使った場合にも見られることに納得しました。

研究2: 人間の汗も効果的に体温を下げる?

研究1で植物の精油の持つ力に驚いた一方で、人間はどうなのかと気になりました。

汗は、人間が持つ、気化熱を利用した体温調整の仕組みと言えますが、汗は純粋な水と比べ、体温を下げる効果は大きいのか小さいのか、次の実験により確認しました。

実験③ 人間の「汗」と「水」の比較

実験の方法 日中、屋外を運動することで体から出た汗を集め、その汗と水を、実験①と同様の方法で比較しました。

H 水

I 採取した汗

予想 事前調査で読んだ文献には、食塩水と水を比較すると、食塩水のほうが蒸発が遅く、よって熱を下げる効果(気化熱の効果)も小さいと書かれていました。汗は99%が水分だが、残り1%の主成分は塩化ナトリウムであることを考えると、食塩水と同じように(汗)は蒸発が遅く気化熱の効果も小さいと思われるので、H(水)に比べ、体温はゆっくり下がり、また下がり幅も小さくなるはず、と予想しました。

実験の手順 汗は、写真のように左手の肩から指先まで、長いビニール袋を被せて運動し、吹き出した汗を採取。実験①と同じ手順で、採取した汗と水の体温の下がり方を比較した。

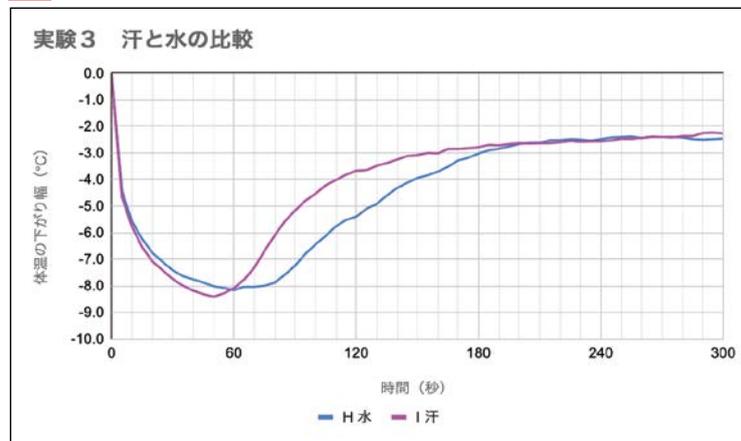


(汗採取の仕方)

(採取した汗)

※実験①のときと、室内の温度、湿度が変わり、また、スプレーも変更したため、比較することができず、実験①の水の結果は用いず、改めてデータを取り直した。

※計測開始時の体温、室温、湿度はできるだけ条件を揃えた(体温:33.0～33.6℃、室温:27.0～28.5℃、湿度:42～48%)。



・I(汗)は、H(水)よりも早く体温を下げ、その下げ幅もやや大きかったが、その後体温が急激に上昇して水と反転した。

考察

汗を吹きかけたときの体温は、水のとときと比べ、ゆっくり下がり、下がり幅も小さいと予想していたので、水よりも早く、下がり幅もやや大きかったことは意外でした。

また、もしも何らか、体温を下げることにプラスの効果があるとするれば、植物の精油を使った場合の実験結果に近くなるのではないかと考えていたため、そうではないことにも驚きました。温度の下がり方・上がり方は、むしろエタノール10%の実験結果に近いと言えます。汗の中に含まれる微量な成分の中に、エタノールのような蒸発が早くなる成分が含まれているのかもしれませんが。

まとめ

実験を受け、ハッカ油やそれ以外の精油には、水とエタノールと組み合わせるとミストとして利用することで、気化熱の力をよりうまく働かせて、人間が効果的に体温を下げるができるものがあることがわかりました。

ハッカ油はメントールの特有の香りと刺激があり、それが清涼感をもたらすので好まれて使われていると思いますが、私はハッカ油の香りがあまり好みではないので、ハッカ油ではない他の精油にも同様の効果をもつものがあるかとわりと嬉しかったです。

今回の実験を通して実感したことは、植物は自然の力である気化熱をとともうまく利用しているのだ、ということです。植物は人間と違い、育った場所から自分一人で移動することができません。そのため精油という揮発性の化学物質を自分の中で作り、その放出によって自分の体表温度を調整するという高機能な体温調整方法を持っているのだと思いました。

植物と人間を比べてみると、植物は暑くてもその場から動けませんが、人間は自らの足で移動することができ、気化熱以外の方法で体温を下げるができます。植物のように、低い体温を維持する力よりも、一時的に体温を大きく下げられる力のほうが大事なかもしれないと思いました。

なお、汗はよく体表に広がり、何度データを取っても同じような体温の下がり方をした一方、水は肌から弾かれ肌の上に不規則に分布した結果、体温の下がり方も一様ではありませんでした。また、ハッカ油など精油を含む液体は肌に張り付くような感触で蒸発が遅かったという実感もあり、液体のもつ、粘性なども温度の下がり方に影響しているそうです。そうしたことも、観察の対象に入れると新しいことがわかるのではないかと思います。

なお、今回の実験では、温度、湿度、体温など、いろいろな環境要因が変化することで、正確なデータをとることが大変でした。汗の実験については、説明がつかないこともあり、引き続き実験を継続したいと思いました。

～参考文献～

フリー百科事典 ウィキペディア (Wikipedia)「精油」

<https://ja.wikipedia.org/wiki/%E7%B2%BE%E6%B2%B9>

「北見ハッカ通商」公式サイト

<https://hakka.be/>

「MDI株式会社」気化熱の仕組みを知ろう！どんなところで使われている？

<https://www.mdirect.jp/heat-vaporization/>

「ファーマネットマガジン」

https://magazine.pha-net.jp/series/aroma_report/report_04.html

「NHK あしたが変わるトリセツショー～「汗」のトリセツ～」

<https://www.nhk.jp/p/orisetsu-show/ts/J6MX7VP885/blog/bl/pnR8azdZNB/bp/p8z1RPeQI/>