

液温の不均一性がお湯の冷却速度に与える影響

荒川 拓海 川嶋 渉

京都府立嵯峨野高等学校 サイエンス部

【キーワード】水 温度 冷却速度 密度 対流 熱流束

1. はじめに

日常においてお茶やコーヒーを飲んだりする際、冷まして飲むことがあるであろう。このとき、息で上面を吹くことはあるが、スプーンでかき混ぜているときに、攪拌した場合と攪拌しない場合で冷め方に違いが生じるのか疑問を持った。攪拌しなければ、液体の上層部と下層部の温度差が大きくなり、攪拌すれば液体の温度は均一になると予想される。一方、放熱速度は液温と外気温との温度差が大きい方が放熱速度は大きいと考えられる。そうすると、攪拌せずに温度差が大きい状態で、液体の高温部からの放熱速度が大きく下層部の放熱速度が小さい場合と、攪拌して液体全体の温度差が小さい場合の放熱速度ではどちらが大きくなるのかは、単純には予想できないと考えられる。

2. 目的

本研究の目的のひとつは、高温の液体を放置した場合の、上層部と下層部の温度分布および冷却過程について明らかにすることである。さらに、高温液体を攪拌しながら冷却した場合と放置した場合の冷却速度を比較し、冷却の仮定について考察することである。

3. 方法

測定には Data Harvest 社製のデータロガーイーゼンセンスおよび温度センサーを用いた。200ml ビーカーにポットで沸騰させた水道水（以下お湯）を 200ml 入れ、三脚上に金網を介して載せた。温度センサーを、測定したい部位にセンサー先端部が位置するように化学スタンドでセットし、各部位の温度変化の測定を開始した。なお、測定部位は、測定の目的に応じて、液体内部の他、液体外部（ビーカーのガラス外壁近傍）なども測定した。装置の写真を図 1 に示した。

4. 結果

まず、お湯を放置した場合の、液体各部の温度変化を図 2 に示す。測定前は、高温の水

の密度が小さいため¹、上層部の温度が高いと考えていたが、実際には上層部は温度が低く、上層部から下層部に向かって温度が高くなる傾向が見られ、これは時間が経過しても逆転することはなかった。念のためビーカー外部の温度も測定したが、やはり下層部の方が温度が高い傾向が見られた。なお、測定初期において温度が上昇しているように見られるのは、温度センサー自体が暖められる過程をみているものである。また、図 2 に見られるとおり、上層部の温度がやや不安定に見られたため、上層部の温度分布を詳細に測定したものが図 3 である。表層部から 1mm、3mm、5mm、8mm の部分の温度を測定したが、各層の温度分布は不安定であり、かつ温度が層間で逆転している時間帯も見られた。

次に、攪拌の有無での冷却速度を比較した。攪拌を全くせずに放置した場合と、薬さじで攪拌を続けた場合を比較した。結果を図 4 に示す。なお、薬さじでの攪拌は、水平方向に往復させようとして攪拌した。下層部、上層部ともに、攪拌を行った方が温度変化は大きくなる傾向が見られた。

さらに、上層部からの水の蒸発による影響を確認するため、お湯の表層をサラダオイルで覆った状態で、攪拌せずに冷却し、サラダオイルがない場合と比較した。結果を図 5 に示す。時間に対する温度の変化率に大きな差異は見られないため、放熱速度にはあまり影響していないように見られるが、上層部と下層部の温度差は小さくなっているように見られる。

5. 考察

図 2~5 の全ての結果において、上層部の温度が下層部よりも低いという結果は意外であったが、この要因としては、対流による上層部の温度上昇の効果よりも、表層からの放熱による効果の方が大きいと考えられる。表層からの放熱に関しては、水蒸気とともに熱が系外に放出されている可能性も考えられたが、図 5 の結果をみると、現時点においては要因

となっているかは不明である。図 4 の結果では、上層部、下層部ともに、水温が低下するのに要した時間は、攪拌を行ったほうが短くなった。対流を促進することにより冷却速度を向上させている可能性はある。課題は、実験実施日によって気温が異なるため、外気温との差の影響について考慮できていないため、今後さらに詳細な実験検討が必要である。

6. まとめ

上層部と下層部の温度を比較すると常に上層部のほうが水温は低くなった。また攪拌を行った場合、冷却速度が速くなった。これらの現象の原因には対流が強く関係していると考えられるが、現段階では明らかでない。また外気温や熱電対の配置などの条件が一定でなかったため水温を正確に測れなかった可能性もある。今後は外気温の差を考慮し、測定装置の配置を固定したうえで、さらに詳細な検討を行いたい。

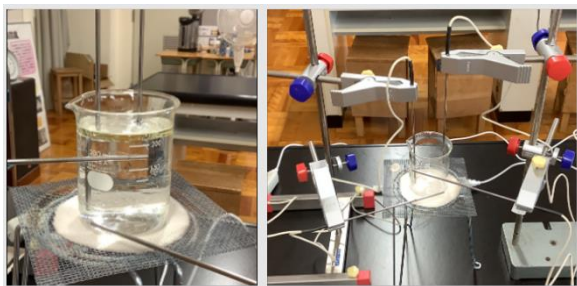


図 1 測定装置

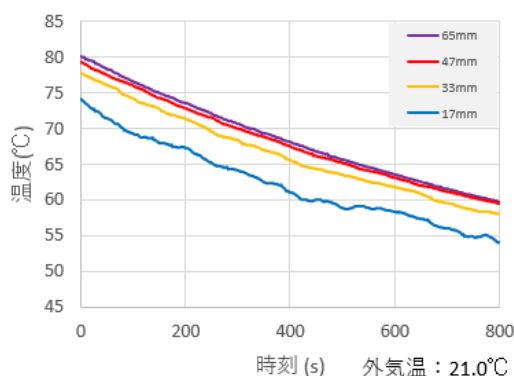


図 2 お湯の各層の温度変化

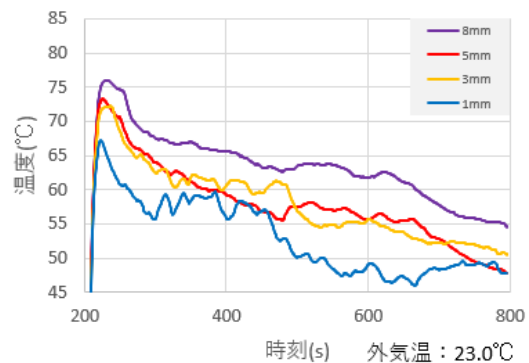


図 3 上層部の温度変化

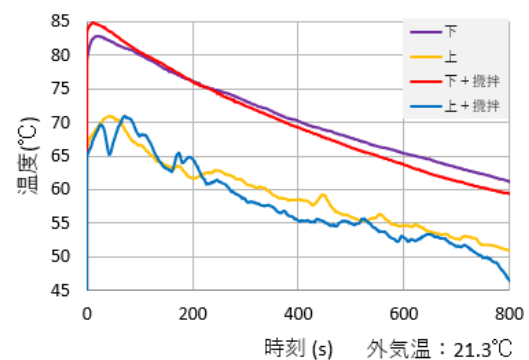


図 4 攪拌の有無の比較

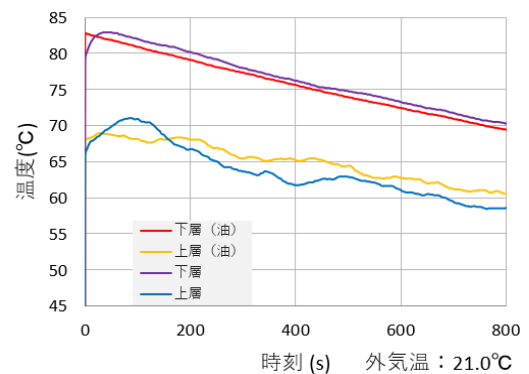


図 5 表層をサラダオイルで覆った場合

引用文献

- 1) 流体工業株式会社 HP 「水の比重」
<http://www.ryutai.co.jp/shiryou/liquid/water-mitsudo-1.htm>