

密度に逆らう油中の泡～炭酸マグマ～

班員 酒井 宏暉 鈴木 心羅 山崎 茉奈、山本 千尋
担当教諭 岩網 健太郎

キーワード：炭酸マグマ、水泡

When a bath additive is added to two separated liquids (water and oil), the generated bubbles rise to the top before going down, staying at the liquid interface. To investigate why bubbles move in this way, experiments were conducted in which conditions such as the type of gas blown in, the blowing gas speed, the volume of water, and the temperatures of the water and oil were changed. Finally, it was concluded that water was lifted due to a flow created in the oil as the rising gas.

1 はじめに

コーラなどの炭酸飲料に商品名メントスというソフトキャンディーを入れると、炭酸中の炭酸ガスが放出され発泡現象が起こることがよく知られている。この現象に関連して油の中にメントスを入れると泡が発生する実験⁽¹⁾に注目した。下層にコーラ、上層に油を入れた容器にメントスを入れると、炭酸ガスにより発生した泡が油層の上部まで上がり、その後折り返して油とコーラの境界面に溜まる。これと似た現象で炭酸マグマ⁽²⁾と呼ばれる現象も知られている。下層が水、上層が油の液体に入浴剤を入れると入浴剤から炭酸ガスが発生し同様の現象が見られる。これらの現象において発生した泡(気泡)は一度上昇したあとに下降するが、気泡は油よりも密度が小さいため、下降しないはずである。泡が上昇した後に下降する現象の解明を目的として実験を行った。

2 材料と方法 結果

<材料>

・水(黒インク入り)

※水を見やすくするために黒インクを入れた。

・油(サラダ油)

・注射器(容量:60 mL)

・プラスチック容器(縦19.2 cm 横5.3 cm)

・メスシリンダー(250 mL)

・ビデオカメラ(iPad)

・酸素、二酸化炭素、ヘリウムのボンベ

<実験1>泡に水が含まれているのかを確認する。

●目的

発生する泡が下降する原因として泡に水が含まれていると仮説を立てた。下降する泡を観察し、下降する泡に水が含まれているか調べた。

●方法

筒状の容器に油とインク入りの水を入れ、注射器にチューブをつなぎ、水に空気を吹き込んだ(図1)。その様子をカメラで撮影し、記録した。

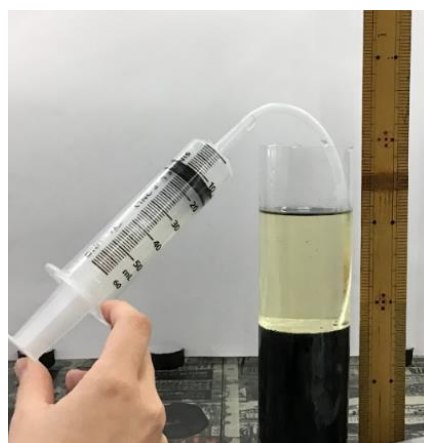


図1 実験を行う様子

●結果

油の中の泡はすべて黒い色の泡であった(図2)。



図2 実験1で色のついた泡がみられる様子

●考察

油層から折り返して下降する泡に色のついた泡が見られた。このことより、油よりも密度が大きい水を含むため、泡が油中を下降できることが分かった。以下、水が油中でまとまった泡を水泡と定義し、これ以後、気体の泡を「泡」、水を含んだ泡を「水泡」と表す。

<実験2>水泡と気体の条件

●目的

吹き込む気体の種類と、単位時間あたりに吹き込む気体の量によって、水泡の大きさが変化するかを調べる。

●方法

空気、酸素、二酸化炭素の3種類の気体を使用した。実験1で使用したインク入りの水と油をいれた筒状の容器に、気体60 mLを注射器で1 mL/s、10 mL/s、20 mL/sと変化させて吹き込み、その様子をカメラで撮影した。気体を吹き込んでから10秒後の油中にある泡の大きさを計測するために動画の一部を切り取った。油中にある水泡を無作為に10個選び、水泡の大きさを計測した。容器の横に置いたものさしを、撮影した画像から画像編集で切り取り、水泡の横に移動させて配置した。そして、ものさしの目盛りを基準として泡の大きさを測定した。実験は各条件について5回ずつ行い、平均を求めた。

●結果

気体の種類間に水泡の大きさに大きな差はみられず、気体の注入速度が20mL/sのとき

1mL/sのときに比べ水泡の大きさが約1.5倍になった(表1)。気体の注入速度による水泡の大きさをみると、気体の注入速度を大きくするほど大きな水泡が発生しやすくなった(図3)。

表1 気体別の水泡の大きさ

単位時間あたりの空気量	1 mL/s	10 mL/s	20 mL/s
空気 (mm)	1.5 ± 0.48	2.0 ± 0.49	2.3 ± 0.85
酸素 (mm)	-	2.1 ± 0.52	2.2 ± 0.60
二酸化炭素 (mm)	-	2.1 ± 0.41	2.1 ± 0.76

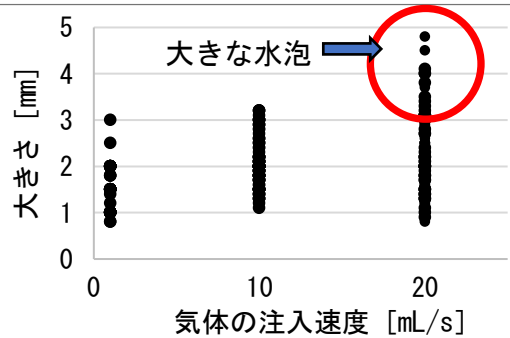


図3 気体の注入速度別の水泡の大きさ

●考察

水泡には気体があまり含まれていないため気体の種類が水泡の大きさに与える影響は小さい。また気体の注入速度を大きくすると巻き込む水の量が増えるため、吹き込む気体の注入速度が大きくなるほど水泡の大きさも大きくなると考えた。

<実験3>液体の温度を変える。

●目的

吸い上げられる水泡量が夏と冬で変化して見えた。液体の温度が水泡の総量に影響を与えるのかを調べた。

●方法

油と水が入ったメスシリンダーを湯せんし、メスシリンダー内の液体の温度が約60℃になるようにした。同様に、氷水中にメスシリンダーを入れ、液温が10℃となるようにした。それぞれの温度で水の中に注射器で空気を1秒あたり1 mLの速さで5秒間吹き込んだ。初めに上昇した水泡が再び水と油の境界面に到達した時点の様子をカメラで撮影し、実験2と同様の方

法で記録した。実験は各条件で5回繰り返した。

●結果

油と水の温度が60℃のときは水泡量は約3.18 mLであり、温度が10℃のときは水泡量は約2.99 mLであった。（表2、図4、図5）。

表2 温度別の吸い上げられる水泡の総量

水温	60℃	10℃
水泡量(mL)	3.18	2.99



図4 温度60℃の水に空気を吹き込んだ様子

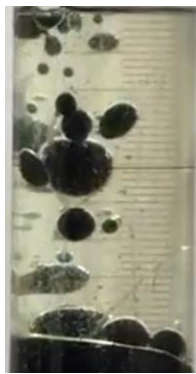


図5 温度10℃の水に空気を吹き込んだ様子

●考察

水・油の温度が高いほど、油中に吸い上げられる水が多いことが分かった。水の粘度は温度が高いほど小さくなり（図6）、水の粘度は水が受ける摩擦力と比例関係にある。そのため空気を吹き込むと気体の泡と水との間に摩擦力が生じ水泡が上昇する。これらから、水、油の温度が低く、粘度が大きいほど水泡を多く吸い上げると予想したが、それとは逆の結果になった。

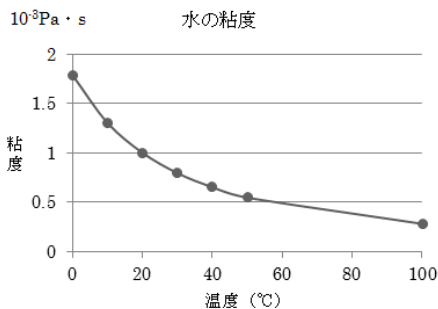


図6 機械設計エンジニアの基礎知識 粘度と動粘度

<実験4>水の流れと水泡量

●目的

泡が水中を上昇する距離が長いほど注入した気体が巻き込む水の量が増え、吸い上げられる水の量も増えると予想し、水泡が水の流れにより油層まで上昇しているのかを確認した。

●方法

水の量を50 mL, 100 mL, 150 mL と変化させることにより、泡が上昇する距離を調整した（図7）。50mlでは5cm、100mlでは10cm、150mlでは15cm上昇した。注射器で空気を1秒間に1mLの速さで10秒間吹き込み、その様子をカメラで撮影した。このとき、初めに上昇した水泡が再び水と油の境界面に到達した時点の水泡を球とみなし、体積を実験2と同様にして計測した。実験は各条件で5回繰り返した。



図7 油に水50mL（左）と水150mL（右）をメスシリンダーに入れた

●結果

水中で移動する泡の距離と水泡の体積には相関は見られなかった。また気体によるの違いも見られなかった（図8）。

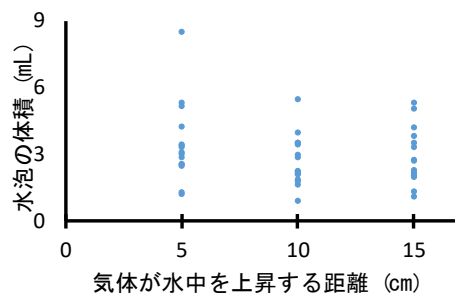


図8 水中を移動する泡の距離と水泡の総量の関係

● 考察

水泡の量（これ以後、水泡の量を油中に吸い上げられた水量と判断する）は、泡が水中を移動する距離と相関がみられなかった。泡が移動する距離が長いと、水中に、より強い上向きの流れが発生する。したがって今回の結果からは水の流れによって水が油層にまで上昇しているとは考えにくい。

3 結論

泡が油層から折り返して下降する原因は、泡に水が含まれているからであることが分かった。さらに、水泡の量を変化させる要因は気体の種類、気体を発生させる水の深さ（気体の泡が水中を通過する距離）に依存しないため水が油層に上昇する現象は、水の流れによるものではないことが分かった。一方で、気体の吹き込む速度、油および水の温度に水泡の量は依存する。気体では、障害物を回り込むように流れが発生したとき、流れがない部分に負圧が生じ、障害物に物体がひきつけられるという現象がある（図9）。油の流れに注目すると、油と気体の泡でも同じように、気体の泡を油が回り込み、水が泡に吸い寄せられたのではないかと考えた（図10）。このとき、水の粘度が小さいほど水が受ける下向きの摩擦力は小さいため、泡が水を吸引する力を妨げる力が小さくなると考えられる。このように考えると実験3の結果は矛盾がない。これらより水が油層に上昇する現象は、気体が油中を上昇する際に発生する油の流れが水を持ち上げていることで起きると考えられる



図9 落下するお盆に吸い寄せられる風船（ヘリウム）考えるカラス#20

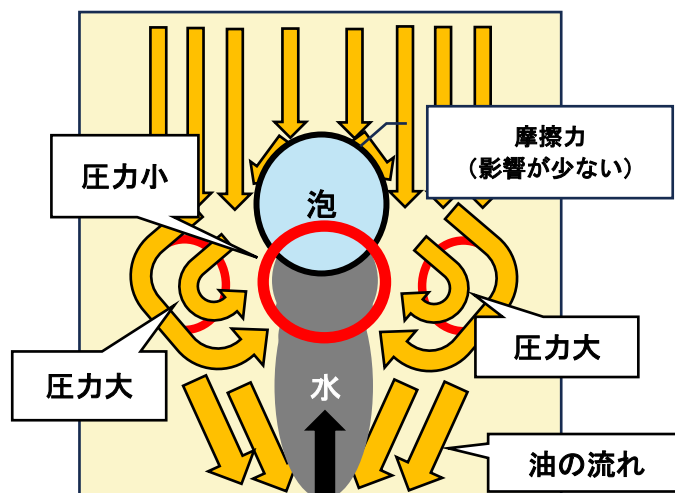


図10 油の作る流れにより水が泡に吸い寄せられる様子

4 今後の展望

水泡の大きさを計測する際、手前の水泡と奥の水泡との遠近差を考慮しないで計測したため、水泡の大きさにズレが生じたと考えられる。そのため、遠近差の影響が結果に反映されない計測方法を考案するとともに、各実験ごとの試行回数を増やし、より正確な値を求めていきたい。

5 参考文献

- (1) おるたな Channel. “メントスを油で閉じ込めたら不思議な結果に！” YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=Q5hRnUGTf50>, 2016.
- (2) 吉田麻理子. “【実験遊び】ボコボコ湧き上がる！炭酸マグマ～素材/入浴剤～.” 保育と遊びのプラットフォーム [ほいくる] by 小学館. <https://hoiclue.jp/800012490.html>, 2022.
- (3) 川角博. “NHK 考えるカラス～科学の考え～.” NHKONE. https://edu.web.nhk/school/watch/bangumi/?das_id=D0005110320_00000
- (4) MONO 塾. “粘度と動粘度.” 機械粘度エンジニアの基礎知識. <https://d-engineer.com/fluid/nendo.html>.