

# コカ・コーラを吹きこぼれなくするには

3612 後藤敦貴 3511 加知正太郎 3624 西尾天希 3628 林侑生

本研究はコカ・コーラを開けたときに中身が吹きこぼれて周りが濡れた経験から、それを防ぐことを目的とする。実験で制御した条件は、コカ・コーラの高さ、落としてからの時間、コーラの温度、落とす角度である。これらの実験で得られた結論は、「落とす高さで吹きこぼれる量は一次関数に近似し、75.9 cmから落とした時、約 70 秒後に開ければ吹きこぼれない。また、コーラは冷えていると吹きこぼれにくい。ペットボトルを少し傾けて落下させ、ペタロイドの角から落下すると弾みにくく、吹きこぼれにくい。」である。

【キーワード】 コカ・コーラ, ヘンリーの法則, 仕事

## 1. 目的

コカ・コーラを落とし開封したとき、吹きこぼれる量を減らし、自分にかからないようにする。

## 2. 仮説

コカ・コーラの吹きこぼれる量は、落とす高さ、落としてからの時間と相関がある。

吹きこぼれのメカニズムを以下のように考えた。

このメカニズムには溶解している気体の物質量は気体の分圧に比例するというヘンリーの法則が関係している。

ヘンリーの法則

$$C=KP$$

$C$ =溶存ガスの濃度

$K$ =定数

$P$ =気体の分圧

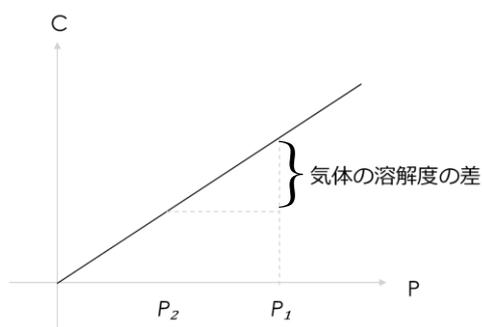


図1 ヘンリーの法則

開封前の圧力を  $P_1$  とする。炭酸飲料に衝撃が加わると、溶解していた二酸化炭素がペットボトルの上部に一時的に溶け出し、すぐにペットボトルを開封するとペットボトルの上部の圧力は大気圧に近づいていき、圧力が下がる。

その時の圧力を  $P_2$  とする。こうして圧力が下がると、開封しなければ再び液体に溶解することができたはずの二酸化炭素が溶解できなくなり、ペットボトル上部の圧力が急激に下がるために、気体が外部に出ようとして吹きこぼれが起きると考えた。

つまり、衝撃によって一時的に溶け出る二酸化炭素が多いほど吹きこぼれが激しくなる。

## 3. 器具・材料

コカ・コーラ 350ml, 新聞紙, メスシリンダー, バット, 定規, スタンド, ストップウォッチ



図2 実験器具

#### 4. 実験1 落とす高さで吹きこぼれる量の関係

##### 4-1. 方法

- ① 床に新聞紙を敷き、バットを置いた。
- ② 冷蔵庫からコカ・コーラを出してから 30 秒後に様々な高さから落下させ、着地 11 秒後にふたを開けた。
- ③ ペットボトルに残った液の量をメスシリンダーで測った。

表1 コカ・コーラを落下させてから開封するまでにかかった時間

班員	時間[s]
後藤	9.49
加知	11.74
西尾	11.17
林	12.04
平均	11.11



図3 実験の様子

##### 4-2. 仮説

コカ・コーラを落とす高さが高いほど、吹きこぼれる量が多くなる。

前述した吹きこぼれのメカニズムをもとに考える。落下させる高さが高くなるほど、コカ・コーラが受ける衝撃が大きくなる。すると、液体から溶け出す二酸化炭素が増加するため、ペットボトル内の圧力が大きくなり、吹きこぼれる量も増加する。

##### 4-3. 結果

横軸の高さは、ペットボトルの底から床までの距離である。

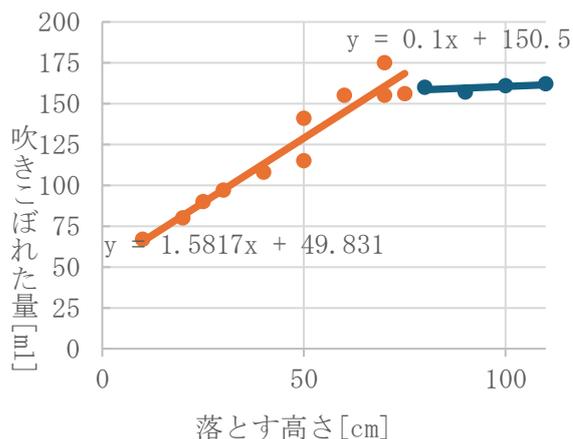


図4 ペットボトルの底から床までの高さで吹きこぼれる量の関係

##### 4-4. 考察

コカ・コーラの質量  $m$ (kg) 落とす高さを  $h$ (m) 重力加速度  $g$ ( $m/s^2$ ) 床の反発係数を  $e$  とする。

コカ・コーラは自由落下するから、

$$v^2 = 2gh \quad \therefore v = \sqrt{2gh} \quad \dots \text{①}$$

反発係数と衝突前後の速さ  $v$  と  $v'$  の関係より

$$e = -\frac{v'}{v} \quad \therefore v' = -ev \quad \dots \text{②}$$

また、コカ・コーラが失った運動エネルギーを  $W_{\text{衝}}$  とすると

$$\frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}mv'^2 = W_{\text{衝}}$$

ここに①、②を代入して

$$W_{\text{衝}} = h(mg - mge^2)$$

この等式  $mg - mge^2$  は定数のため  $W_{\text{衝}}$  は  $h$  に比例する。したがって高さを大きくすると衝撃が大きくなり吹きこぼれる量が大きくなると考える。

#### 5. 実験2 時間と吹きこぼれる量の関係

##### 5-1. 方法

- ① 床に新聞紙を敷いてバットを置いた。
- ② 冷蔵庫からコカ・コーラを取り出して 30 秒後に、ペットボトルの底から床まで 75.9 cm (表2 参照) にして落とし、着地後  $x$  秒後にふたを開けた。
- ③ ペットボトルに残った液の量をメスシリンダーで測った。

表 2 恵那高校 26 組の机の高さ [cm]

75.8	75.8	75.9	75.9	76.4
75.8	76.2	75.0	76.1	75.9
75.7	76.5	75.9	76.0	76.3
76.1	76.0	75.8	76.1	76.4
75.6	75.0	76.5	76.4	76.1
75.7	76.4	75.8	74.9	75.8
76.1	76.0	76.3	75.2	76.0
76.3	75.1	75.8	75.0	76.4

平均 75.9cm

### 5-2. 仮説

落としてから時間が経つほど、吹きこぼれる量は減少する。

前述した吹きこぼれのメカニズムをもとに根拠を考える。落下時に一度は衝撃によって二酸化炭素がと出すが、時間が経過するにつれ二酸化炭素が溶け戻り、ペットボトル内の圧力が下がっていくと考えた。

### 5-3. 結果

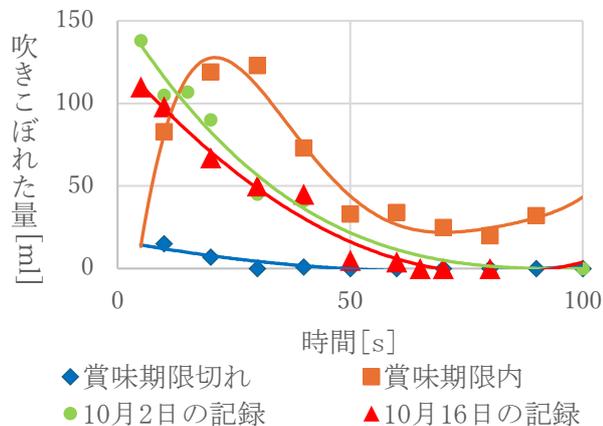


図 5 着地後の秒数と吹きこぼれる量の関係

### 5-4. 考察

吹きこぼれる量は時間が経過するにつれて減少する傾向にある。

落下の衝撃によって融解していた  $\text{CO}_2$  が一時的に分離された  $\text{CO}_2$  の物質量を  $\alpha$ 、もともとのコカ・コーラの中の気体の部分の  $\text{CO}_2$  の物質量を  $n$  とする。

気体の状態方程式  $PV=nRT$  よりコカ・コーラを

落下させた直後のコカ・コーラの中の気体の部分の分圧  $P_1$  は  $P_1=(n+\alpha)RT/V$  である。

さらに落下させてから時間が経つと  $\text{CO}_2$  が溶け戻っていくと考え、 $\text{CO}_2$  の物質量を  $\beta$  ただし  $\beta$  は  $\alpha$  より小さいものとする。

$\beta$  は 0 に近づくと考え、コカ・コーラを落下させてから時間が経ったときの分圧  $P_2$  を求めて

$$P_2=(n+\beta)RT/V \text{ となる。}$$

コカ・コーラを落下させる前のコカ・コーラの中の気体の分圧  $P$  は  $P=nRT/V$  であり、 $\beta$  は 0 に近づき、 $\beta=0$  になったとき  $P=P_2$  となり吹きこぼれなくなると考察した。

## 6. 実験 3 温度と吹きこぼれる量の関係

### 6-1. 方法

- ① 床に新聞紙を敷きバットを置いた。
- ② 冷蔵庫で冷やしたコーラ×3本、常温のコーラ×3本、インキュベーターで温めたコーラ×3本の3つの温度のコーラを用意した。
- ③ コーラを取り出してから30秒後にペットボトルの底から床まで高さ40cmでコーラを落下させ、着地11秒後に開封した。
- ④ ペットボトルに残った液の量をメスシリンダーで測り、各温度の吹きこぼれた量の平均を調べた。

### 6-2. 仮説

コーラの温度が高いほど吹きこぼれる量は増える。これまでの実験で常温のコーラ、冷やしたコーラを使用してきたが冷やしたコーラのほうが勢いが弱く噴き出る量が少ないと感じたため。

液体の温度が温かいほど液体に気体が溶けきれなくなり溢れてしまうと考えた。

### 6-3. 結果

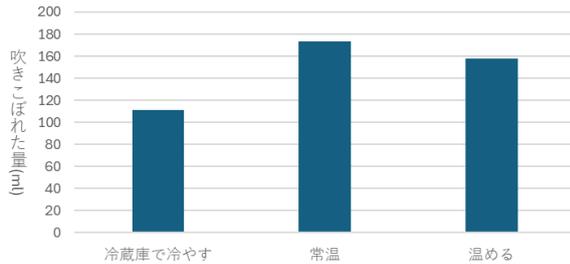


図6 温度と吹きこぼれる量の関係

### 6-4. 考察

冷蔵庫で冷やしたコーラと常温のコーラの吹きこぼれた量を比べると、仮説通り温度が高い常温のコーラのほうが吹きこぼれる量は多くなった。

しかし、常温のコーラと温めたコーラを比べると温めたコーラの方が吹きこぼれる量が少ないという結果になった。

実験1の図4よりコーラの吹きこぼれる量の150ml~170ml付近の値は一定になってきている。今回の実験でも常温のコーラの時点で近い値をとっており、吹きこぼれる量の上限に達したのではないかと考える。

また、今回の実験では吹きこぼれる勢いを数値化することができなかったが、温めたコーラは他のコーラに比べ吹きこぼれる勢いが強く、液体がより遠くまで飛んだ。

## 7. 実験4 落ち方、弾む高さ、吹きこぼれる量の関係

### 7-1. 方法

- ① 床に新聞紙を敷きバットを置いた。
- ② 冷蔵庫からコーラを取り出して30秒後にコーラの底から床までの高さ51.9cm(恵那高校の自動販売機の取り出し口の高さの平均)で落下させた。
- ③ スマートフォンで落下の様子を撮影し、落下後の一回目の弾んだ高さを測った。
- ④ 着地50秒後に開封した。
- ⑤ ペットボトルに残った液の量をメスシリンダーで測った。

### 7-2. 仮説

実験1の結果よりコーラへの衝撃が大きいほど吹きこぼれる量が多くなるのが分かっている。そのため、弾んだ高さが大きいほどその後の落下の衝撃が加わるため吹きこぼれる量が多くなると考える。

### 7-3. 結果

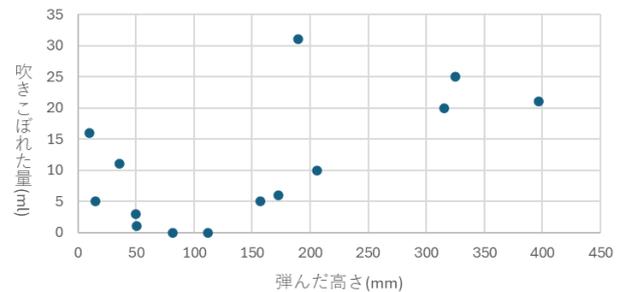


図7 弾んだ高さ、吹きこぼれる量の関係

### 7-4. 考察

結果のグラフより、大きく外れた値を除いて弾んだ高さ100mm~400mmまでは仮説のように高さが高くなるほど吹きこぼれる量は増えていることが分かる。

しかし、100mmよりも弾んだ高さが低くなると逆に吹きこぼれる量が多くなった。

弾んだ高さが100mmに近いときの吹きこぼれる量が0mlであり、この時の実験したコーラが床に接触する部分や角度が類似していた。

この時、接地した部分はペタロイド(ペットボトルの底の部分)であり、図のような角度でコーラを落下させるとこの部分が床に接触していた。実験後、ペタロイドがへこんでおり、へこむことによって衝撃が吸収され、吹きこぼれなかったと考える。



図8 コカ・コーラを落とす理想の角度

## 8. 結論

落とす高さで吹きこぼれた量との関係は 0~80cm で一次関数に近似でき、それ以降は一定となった。

落下してから開封するまでの時間を変えると、時間を伸ばすほど吹きこぼれる量は減少していき、約 70 秒で吹きこぼれなくなった。

コーラの温度を変えてみたところ、冷やしたコーラは常温と温めたものに比べて吹きこぼれた量が少なかった。

コーラの落ち方に着目して実験をすると、弾んだ高さが低いものほど、吹きこぼれない傾向があった。コーラを少し傾けて落下させ、ペタロイドから接地すると弾みにくく、吹きこぼれる量も少なくなった。

以上よりコカ・コーラの吹きこぼしにくくする方法を以下のように提案する。

- (1) コーラが温まってしまうのを防ぎ、落下してから約 70 秒は開封しない。
- (2) 落としてしまう高さはなるべく低い方がよく、制御が難しいが接地するときにペットボトルが垂直から少し傾いていてペタロイドが接地するように落下すると吹きこぼれにくい。

## 9. 展望

コカ・コーラの賞味期限を切らしてしまい、そのコカ・コーラを使用して実験を行ったところ、賞味期限が十分あるものと比べて吹きこぼれる量に大きな違いがみられた。

また、実験 3 でのコーラの噴き出る勢いを数値化できればより常温のコーラと温めたコーラの吹きこぼれる量の違いをより深く考察できると考える。

この二つの観点からも吹きこぼれる量との関係を引き続き調査していきたい。

## 10. 謝辞

指導助言いただいた佐々木俊哉先生に感謝申し上げます。

## 11. 参考文献

新課程フォトサイエンス物理図録（数研出版）  
物理（東京書籍）