

コカ・コーラを吹きこぼれなくするには

2617 後藤敦貴 2609 加知正太郎 2629 西尾天希 2529 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。1つ目の実験では、コカ・コーラを落とす高さを変えて実験した。結果は、落とす高さで吹きこぼれた量は、1次関数に近似した。また、2つ目の実験では、コカ・コーラを落としてからフタを開けるまでの時間を変えて実験した。結果は、時間が経つほど吹きこぼれる量が減り、約70秒経過すると吹きこぼれなくなった。以上から、ここまでの結論は、「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。」となった。

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、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

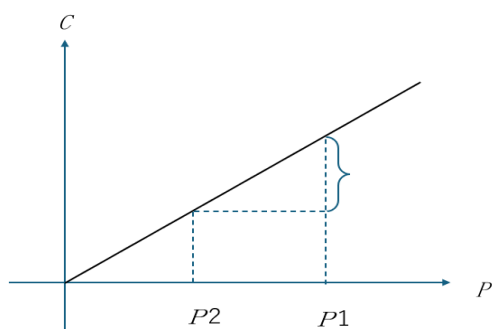


図1 ヘンリーの法則

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、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

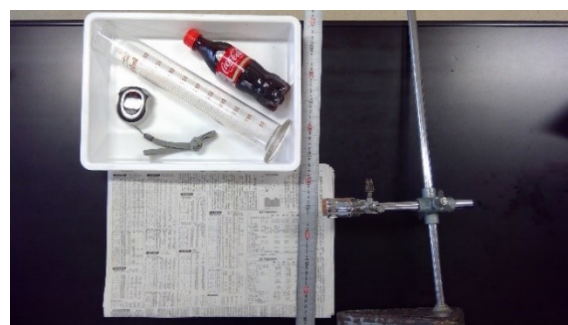


図2 実験器具

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、着地後 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。

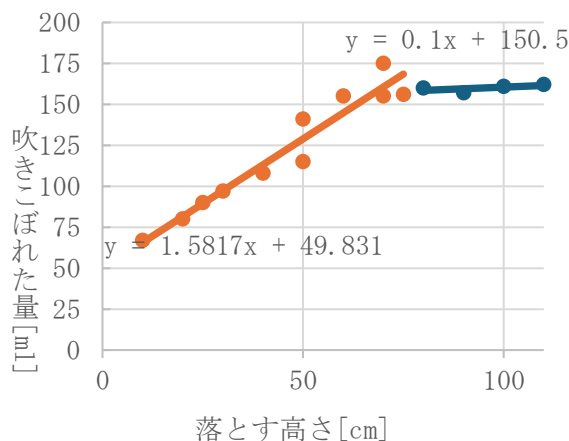


図4 ペットボトルの底から床までの高さで吹きこぼれる量の関係

4-4. 考察

コカ・コーラの質量 $m(\text{kg})$ 落とす高さを $h(\text{m})$ 重力加速度 $g(\text{m/s}^2)$ 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

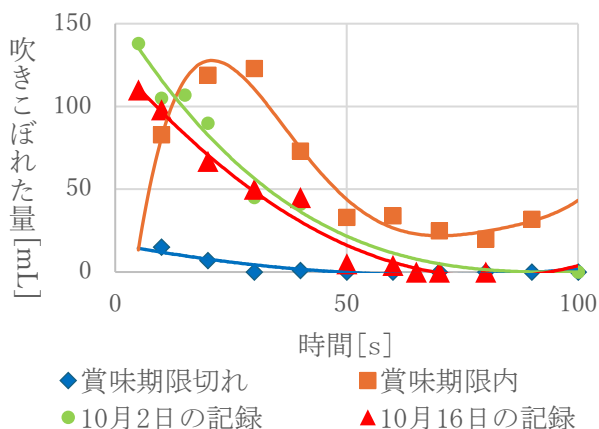


図 5 着地後の秒数と吹きこぼれる量の関係

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 CO_2 が一時的に分離された CO_2 の物質量を α 、もともとのコカ・コーラの中の気体の部分の 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 CO_2 が溶け戻っていくと考え、 CO_2 の物質量を β ただし β は α より小さいものとする。

β 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、 β 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. 展望

実験 1 では常温のコカ・コーラを使用したが、実験 2 ではコカ・コーラの温度を一定にするため、冷蔵庫で冷やしたものを使用した。すると、冷やしていたコカ・コーラの方が吹きこぼれが穏やかだった。

また、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。

今後は賞味期限までの日数をずらし、落下させ着地後 11 秒後にふたを開け、ペットボトルの底から床まで高さ 75.9cm で実験し吹きこぼれる量との相関を調査していく。

7. 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。

8. 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)