

# ペットボトルにおける水と空気の関係性

竹垣正輝 三木直登 佐藤克真 近藤優輝 高麗陽 井上陽太

## 【実験の概要】

ペットボトル内の液体を注ぐとき、液体が出ると同時にキャップ口へ空気が入る。この空気の逆流を防ぐ方法を探ろうと思い実験を始めた。実験をする前に調べてみたところ、ストローを用いた方法を見つけたが、ストローを固定することが難しいことが分かり、再現性の高い方法を探ることにした。予備実験では、ペットボトルを傾けて液体を注ぐとき、ペットボトル内の液体の流れる速度が最大になる角度が60度だと分かった。実験1では最初にペットボトルの底に穴をあけてその穴の大きさによる質量流量の変化を求めた。実験2では穴の数による質量流量の変化を求めた。(穴の総面積を等しくしたまま穴の数を増やす) 実験1の結果として穴の大きさによる変化は5.5 mmから明らかに小さくなり、このことから穴をあけていない通常のペットボトルを使ったときに入ってくる空気の量と、ペットボトルの底に開けた穴の大きさが5.5 mmのときに入ってくる空気の量が等しくなるのではないかと考えた。したがって穴を5.5 mm以上大きくしても、入ってくる空気の量は変化しないと考えられる。また実験2の結果として穴の数を増やしたときの質量流量が、穴が一つの時の質量流量よりも大きくなった。このことから総面積に変化がなくても穴の数を増やした時のほうが空気を取り入れることのできる範囲が大きくなるので、質量流量が大きくなると考えられる。今後の展望については、穴の数や穴の配置を工夫して、どのような影響が出るのかを調べたい。

When pouring liquid in a plastic bottle, air enters the cap mouth at the same time as the liquid comes out. I started an experiment to find a way to prevent this backflow of air. Before conducting the experiment, I researched and found a method using a straw, but found that it was difficult to fix the straw in place, so I decided to explore a method with high reproducibility. In a preliminary experiment, we found that when a PET bottle is tilted and liquid is poured into it, the angle at which the speed of liquid flow in the bottle is at its maximum is 60 degrees. In Experiment 1, we first drilled a hole in the bottom of the PET bottle and determined the change in mass flow rate as a function of the size of the hole. In Experiment 2, the change in mass flow rate was determined by the number of holes. (As a result of Experiment 1, the change in the mass flow rate by the size of the holes became clearly smaller from 5.5 mm (the total area of the holes remained the same while the number of holes was increased). Therefore, we thought that the amount of air entering the bottle when the hole was 5.5 mm in the bottom of the PET bottle would be equal to the amount of air entering when the hole was 5.5 mm. Therefore, it is thought that the amount of air entering the bottle does not change even if the hole is larger than 5.5 mm. As a result of Experiment 2, the mass flow rate when the number of holes was increased was larger than that when there was only one hole. From this result, it is considered that the mass flow rate becomes larger when the number of holes is increased because the range where air can be taken in is larger when the number of holes is

increased, even if the total area is unchanged. For future prospects, we would like to investigate the effects of the number of holes and the placement of the holes.

## 【動機・目的】

ペットボトルを使って液体を注ぐと水が出ていくが、その際にペットボトル内の気圧が下がり、空気が液体の流れに逆らって入ってくるのが分かった。

その空気の逆流をふせぐ方法として、注ぎ口にストローを用いて空気と水の通り道を隔てるという方法がある。しかしこれにはストローの固定が難しいという欠点がある。

そこで、空気の通り道をペットボトルの底に作ることで簡単に空気と水の通り道を隔て、より早くペットボトルから水を出せるのではないかと考え、実験に至った。

この仕組みを応用して、液体を早く飲むことができたり、早く注ぐことができたりするのではないかと、また工場などのタンクから液体をより早く出す方法を見つけられるのではないかと考えたから。

## 【仮説】

### 予備実験 1

液体をペットボトルから少し注ぐとペットボトル内の気圧が下がり空気が逆流する。

しかし、角度をつけて流すと、空気の入り口と水の注ぎ口とが隔てられるので効率よく液体を排出することができるため、45度付近で質量流量が最大になると予想し大まかな角度で実験した。ここでの質量流量とは1秒あたりに出る水の質量を表す。

### 予備実験 2

60度付近で予備実験1よりも細かい角度の間隔で実験し、60度付近で質量流量が最大になると予想した。

### 実験 1

ペットボトルの角度が45度の時空気の通り道と水の通り道の両方が確保されるので一番速く水が出ていくと予想した。ペットボトルの底に穴をあけ、最も効率の良い大きさの最小値を調べる。

### 実験 2

水は注ぎ口から出て、空気は水より流動性が大きいので穴の大きさの最小値は注ぎ口よりも小さくなる。

## 【実験器具】

- ペットボトル(0.5L, 1.0L, 1.5L)
- 水道水
- スタンド
- スマートフォン2台(撮影用, 角度の測定用)
- インパクトドライバー
- ストップウォッチ
- 電動ピンバイス
- 電子天秤(3000.0gまで)
- 発泡スチロール

## 【方法】

### 予備実験 1

- (1) ペットボトルの質量を測る。
  - (2) スタンドを用いてペットボトルを固定する。
  - (3) 質量流量を求める。
  - (4) 平面に対しての角度を変える。
- ※ (1), (2), (3), (4) を3回繰り返す。

### 予備実験 2

- (1) ペットボトル質量を測る。
  - (2) スタンドを用いて平面に対しての角度を変える。
  - (3) 質量流量を求める。
  - (4) 平面に対しての角度を変える。
- ※ (1), (2), (3), (4) で角度を変えながら3回繰り返す。

### 実験 1

- (1) ペットボトルの底に穴をける。
- (2) 質量流量を求める。
- (3) 穴の大きさを大きくしていき、同様に実験を行う。
- (4) 穴の大きさの最小値を求める。

### 実験 2

- (1) 総面積を等しくしたまま底にあけた穴の数を1つから3つに増やす。
- (2) 質量流量を求める。

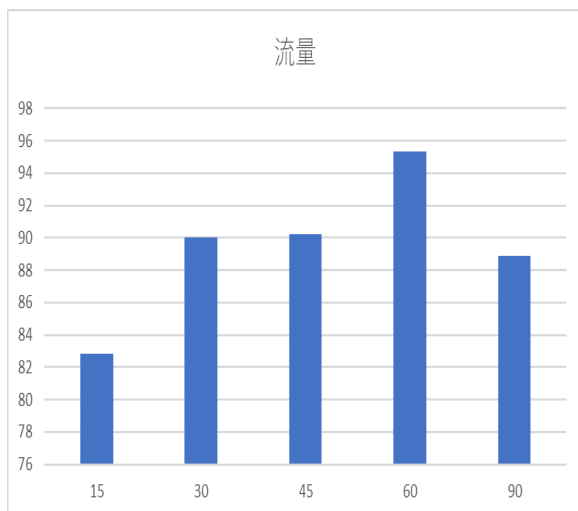
#### 【実験・結果】

予備実験 1 ペットボトルの角度による変化

どの角度で最も効率よく水を出せるかを求めるためにペットボトルの角度を変えて前の実験のように質量流量を求める。

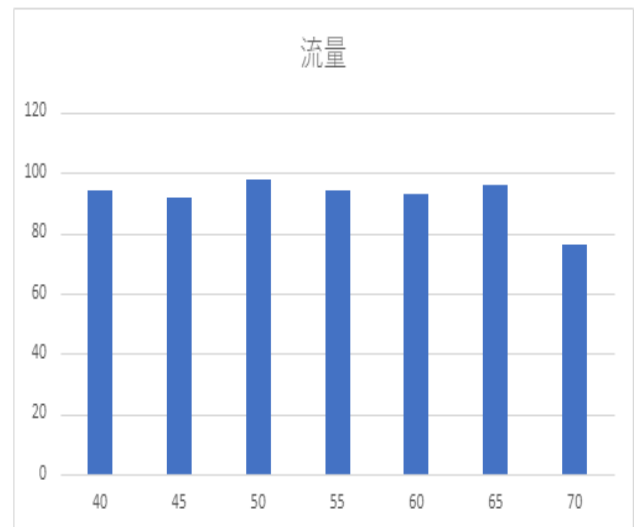
(結果)

質量流量の比較



60度付近で質量流量が大きくなったので60度付近で細かく実験を行った。

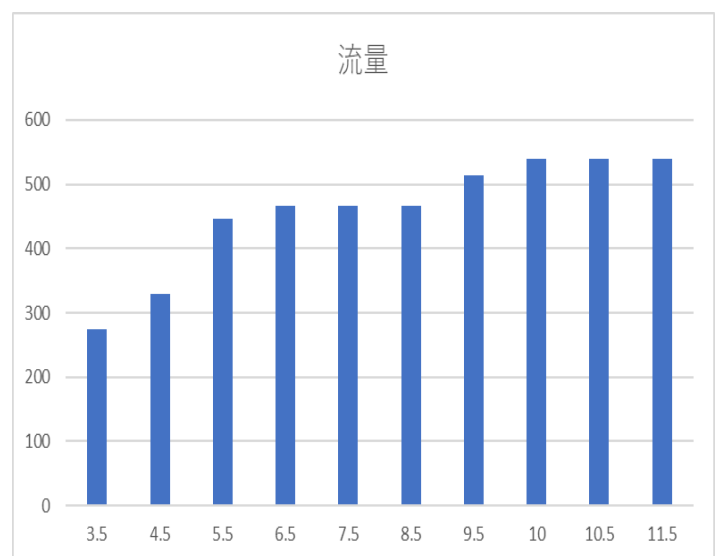
### 予備実験 2 (結果) 質量流量の比較



実験を行ったところ、大きな変化が見られなかったため60度くらいで最も効率よく水を出すことができるようになった。

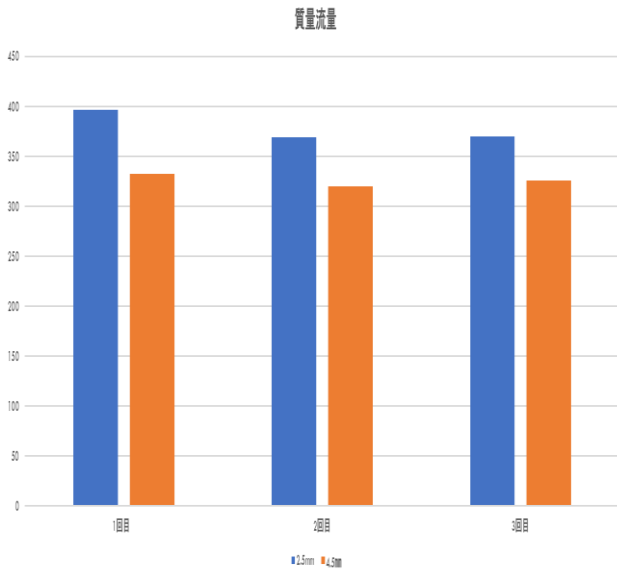
### 実験 1 底に空けた穴の大きさによる変化

質量流量の比較



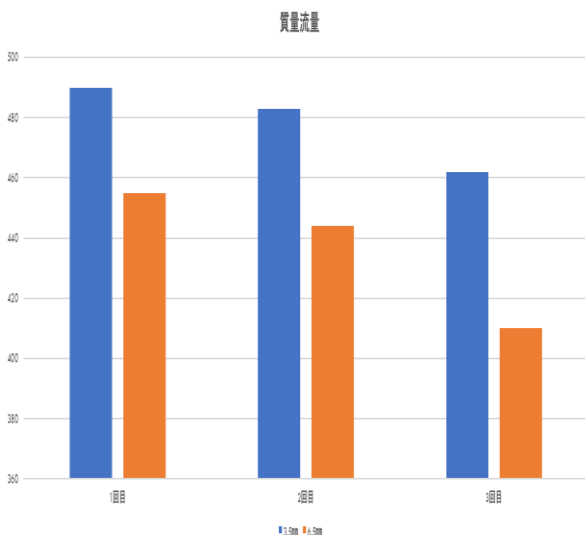
- 3.5 mmから5.5 mmまでは質量流量が大きく変化した。
- 5.5 mmからは質量流量の変化が明らかに小さくなった。

## 結果 2.5 mm×3 と 4.5 mm



4.5mm の穴を 1 つ開けた時よりも 2.5mm の穴を 3 つ開けた時の質量流量が大きくなった。

## (2回目) 3.5 mm と 6.5 mm×3



ペットボトルの底に空けた穴の数を増やした時の質量流量のほうの穴が一つの時の質量流量よりも大きい。

## 【考察】

### 予備実験 1

角度による質量流量の変化は 60 度の時に最も大きくなったが、その原因は水の出口と空気の入り口が確保され、空気の逆流による水の流出への影響が小さくなる点である。

### 実験 1

穴の最小値は 5.5mm ということが分かったが、その原因として、穴をあけていないときのペットボトルの飲み口から入ってくる空気の量と底にあけた穴から入ってくる空気の量が等しくなるからである。

### 実験 2

穴の数が多くなると穴の円周の合計が大きくなることによって、より多くの範囲から空気を取り入れることができるようになることで質量流量が大きくなることが分かった。

## 【まとめ】

予備実験からペットボトルを傾けた時に流れる液体の速度が最大になる傾きは 60 度であることが分かった。また実験 1 より求める穴の最小値は 5.5 mm であった。また実験 2 から表面積を等しくした状態で穴の数を変えると穴の総数が多いほうが円周の影響で質量流量が大きくなることがわかった。

今後の展望としては、穴の配置による質量流量の変化を調べたい。