

論文

## ガラス製ポンポン船の作製と学習教材としての活用

### Development of pop-pop boat made of glass and the utilization as the learning teaching materials

中野 英之\*・福岡 知喜<sup>1</sup>

\*<sup>1</sup> 桐蔭横浜大学スポーツ健康政策学部

(2023年3月12日 受理)

#### I. はじめに

ポンポン船は、ロウソクの炎でコイル状に巻いたパイプのボイラーの中の水が気化して膨張する際に水を押し出し、それを推進に利用する玩具である<sup>1)</sup>。ポンポン船は、金属管をコイル状に加工して船体にとりつけたシンプルなものであり(図1)、子どもから大人まで知的好奇心を刺激する科学教材として古くから親しまれてきた<sup>2)</sup>。著者のゼミにおいてもポンポン船を使用した授業実践を行って

いるが、大学生も夢中になって活動に参加する様子は印象的である(図2)。

ポンポン船は多くの科学実験教室で利用されている<sup>3)</sup>ほか、学校教育の中では、小学校理科<sup>4)</sup>や算数<sup>5)</sup>、体験学習の一環として<sup>6)</sup>広く取り入れられている。

ポンポン船はなぜ動くのか。コイル内の水が気化して水蒸気になりコイル内の水が押し出される際の推進力を利用して進むことは間違いないが、その動作原理はそれほど単純なものではなく、その詳細は不明な点も多い。これまで多くの研究者によりポンポン船の動



図1 ポンポン船



図2 ゼミでの実践の様子

\* NAKANO Hideyuki: Professor, Faculty of Culture and Sport Policy, Toin University of Yokohama

<sup>1</sup> FUKUOKA Tomoki: Undergraduate, Faculty of Sports and Policy, Toin University of Yokohama

作原理の解明が試みられたきた<sup>1, 7-9)</sup>が、その詳細な理解には熱力学や流体力学の知識が必要で、小学生には難しいと思われる。小学校理科では第4学年のA物質・エネルギーの「空気と水の性質」の単元において水の相変化を扱う<sup>10)</sup>ことから、ポンポン船を授業で扱うのは第4学年が最適であろう。

第4学年でポンポン船を扱う授業展開としては、「空気と水の性質」を学習した後に、ものづくりとしてポンポン船の作製を行うことが考えられる。更にポンポン船がなぜ進むのか児童に考えさせる授業展開も考えられる。

「空気と水の性質」の単元では、水について以下の3つの内容を学習する。

- ①水はあたたまると移動すること。
- ②水はあたたまると膨張すること。
- ③水は沸騰すると水蒸気になること。

ポンポン船が進む原理を考えさせる授業展開は、上記の既習知識を活用し、根拠のある予想や仮説を発想する力や主体的に問題解決しようとする態度を育成するものとなるだろう。上記の既習知識を活用すると、図3のような少なくとも3つのモデルが児童から提示されることが予想される。なお、著者のゼミ生に予想をさせたところ、①と③に予想が約半数ずつに分かれた。

- ①対流モデル
- ②膨張モデル
- ③水蒸気モデル

これまで教材として使用されてきたポンポン船のコイルは金属製であったため、コイルの中の様子を確認することができないため、児童が予想や仮説を立てても検証することができない。充実した授業展開とするためには児童の予想や仮説を検証できる手立てを考える必要がある。

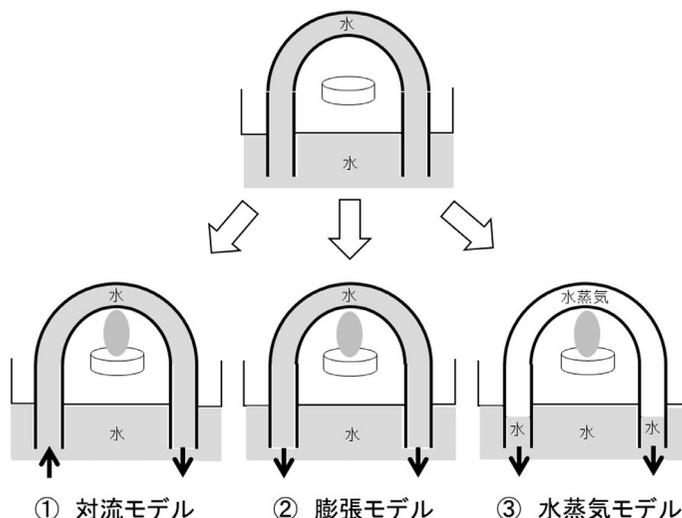


図3 ポンポン船動作原理の3つのモデル

この課題を解決するためにはポンポン船で使用されるコイルを中の様子を確認することのできるガラス製にすることである。これまで試験管とガラス管を用いてポンポン船のボイラー内部の様子を疑似的に再現した先行事例<sup>9)</sup>も見られるが、実際にガラス製のコイルで水上を走らせることのできるポンポン船は作製の難易度が高い。本稿ではガラス製ポンポン船の作製とその教材としての活用について報告するものである。

## II. ガラス製ポンポン船の作製

ガラス製ポンポン船を作製する上で最も難しいのがガラス製コイルの作製である。本研究では、外径5 mm、肉厚0.9 mm長さ370 mmの市販のガラス管を用いてポンポン船を作製することにした。

図4に作製手順を示す。まず、図4①のように鉄製の棒の上にガラス管を置き、高出力ガスバーナーを用いてゆっくり加熱し、図4②のように鉄棒の周りを1周半ほど巻き、コイル状の部分を切断する。これを2個用意する。次に図4③のように切り出したガラス製

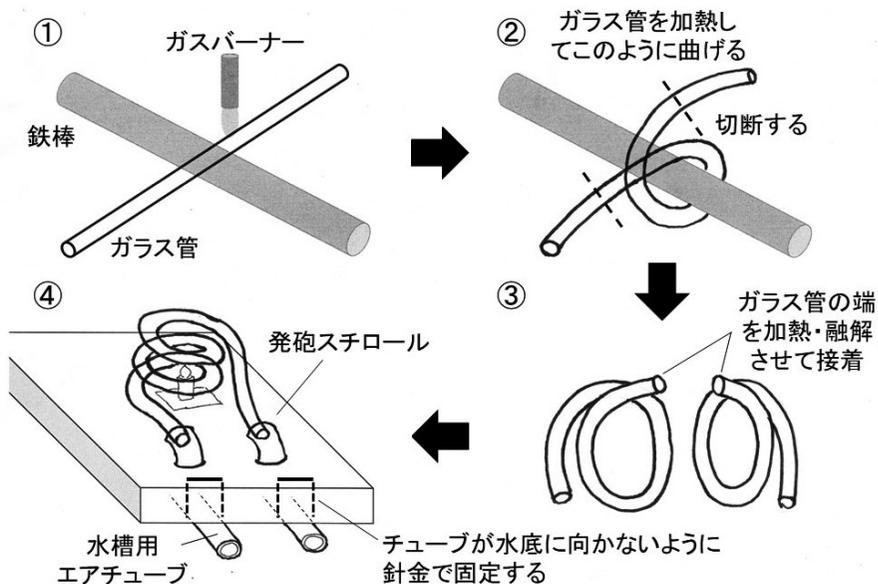


図4 ガラス製ポンポン管の作製手順

コイル2個の端を接触させ、バーナーを用いて加熱・溶融の後に接着させて3周巻きほどのガラス製コイルを得る。次に、図4④のように作製したガラスコイルの両端に水槽用エアチューブを取り付ける。エアチューブは船体に穴を開けて下に通す。このままの状態で使用するとエアチューブの先端は水底に向いてしまうので針金を用いて船体とエアチューブを固定してエアチューブの端がほぼ船体と平行近くなるように固定する。船体の材料には発砲スチロール製の板を使用した。完成したガラス製ポンポン船を図5に示す。船体にアルミテープを貼り、その上にロウソクを

固定して使用する。ガラス製ポンポン船の作製費用は1個あたり約250円であった。

### Ⅲ. 結果と学習教材としての活用

#### 1. 結果

完成したガラス製ポンポン船を水に浮かべ、ロウソクに火をつけたところ、従来の金属製のコイルを使用したポンポン船と同じように水上を進むことを確認することができた。また、同時にコイル内部の様子も確認することができた(図6)。

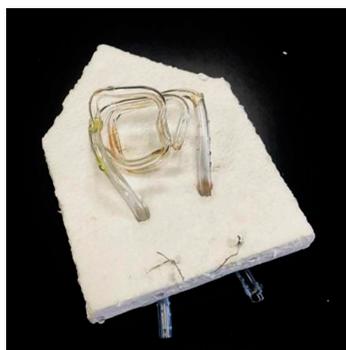


図5 完成したガラス製ポンポン船



図6 走行中のガラス製ポンポン船

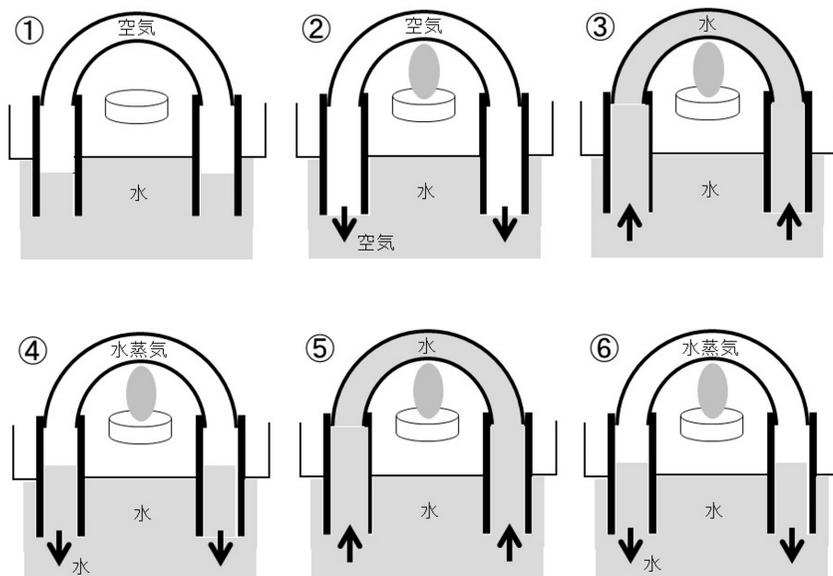


図7 ガラス製ポンポン船走行中のコイル内部の様子を示した模式図

ガラス製ポンポン船が走行している時のコイル内部の様子を模式的に示したものを図7に示す。ガラス製コイルの中に空気が入っている状態で水面に浮かべて（図7①）ロウソクに着火したところ、加熱された空気が膨張し船外に押し出された後に水がガラス製コイル内に入ることが確認できた（図7②→③）。

図7①から図7③までの段階ではポンポン船の動きは確認できなかった。図7③でガラス製コイル内の水が加熱されると一定時間経過した段階で水蒸気になり、コイル内の水が一気に船外に押し出されて船体が前進することが分かった（図7③→④）。その後再びコイル内に水が入り再度水が水蒸気となり船外に水が押し出された（図7⑤→⑥）。この繰り返しによりポンポン船は前進し続けることが分かった。

ポンポン船が走行している際のコイル内の様子は肉眼では写真（図6）以上に鮮明に分かるので児童でも十分に図7で示した変化を捉えることができるだろう。

## 2. 学習教材としての活用

次に本研究で開発したガラス製ポンポン船

の授業での活用について検討する。教育現場で活用する場合、前述のように、小学校第4学年の「空気と水の性質」を学習した後に、ものづくりとして金属製のポンポン船を作製し、走行実験を行う。その後ポンポン船が進む理由について児童に既習知識を活用して予想や仮説を出させ、開発したガラス製ポンポン船を用いて検証させる。検証させた後に、観察結果をもとに、ポンポン船が進む理由を図や言葉で説明させる。

本研究で開発したポンポン船を小学校第4学年の「空気と水の性質」の単元で使用することにより、児童の既習知識を活用し、児童が発想した根拠のある予想や仮説を検証することが可能になる。このことにより、主体的に問題解決しようとする態度が育成されることが期待できる。ガラス製コイル内で見られた観察結果（図7）は、既習知識を用いて言語化して説明しやすい事象であるため、児童の思考力や表現力を醸成するのに適しているだろう。

#### IV. おわりに

本研究では、これまで金属製パイプを用いて作製されてきたボンボン船の課題を克服するために、コイルの内部の様子を観察できるガラス製のボンボン船を開発するとともに、教育現場での活用について検討を行った。今後はより簡単にガラス製のコイルを作製できるよう作製方法の改良を進めるとともに、実際に小学校における教育現場での検討も進めていく。ロウソクの炎を熱源とした場合、煤でガラス管が黒くなり、内部の様子を観察しにくくなる傾向があるため、アルコールを使用するなど、熱源の改良についても検討を進めていく。

#### 【参考文献】

- 1) 米村茂・菊川豪太 (2008) ボンボン船とスポイト船の推進原理, JSME TED Newsletter, 53, 2-10.
- 2) 濱口和洋・北本和・小林豊・山下巖 (2003) ボンボン船推進源の動作原理, 応用物理教育, 27(1), 53-56.
- 3) 木村憲喜 (2014) 手作り蒸気船の製作と教材づくり, 和歌山大学教育学部教育支援総合センター紀要, 24, 47-48.
- 4) 平川尚毅 (2021) ボンボン船を題材とした授業提案, 『大石小学校の子どもたちとガチンコ理科大実験』, 美杉文化図書, 三重, 116-121.
- 5) 宮原里奈・愛木豊彦 (2008) 船作りを題材にした算数の授業案の開発と実践, 岐阜数学教育研究, 7, 60-71.
- 6) 川上泉 (2007) 体験を通して学ぶ人間の歴史, 文教大学教育研究所紀要, 16, 65-71.
- 7) 濱口和洋・北本和・小林豊・山下巖 (2003) ボンボン船推進源の動作原理, 応用物理教育, 27(1), 53-56.
- 8) 寺島幸生 (2007) 玩具「ボンボン丸」から学ぶ熱力学, 大学の物理教育, 13, 144-147.
- 9) 藤井俊介 (2011) ボンボン船の動作原理の研究, 岩手県高等学校教育研究会理科部会理科部会誌, 41, 9-15.
- 10) 文部科学省 (2018) 小学校学習指導要領 (平成 29 年告示) 解説, 東洋館出版社, 167pp.