

すすめポンポン船

松山市立北条小学校 第2学年 岡本大明生

1 研究の動機

昨年の理科自由研究では、ゴムの力で進む船を作った。しかし、ゴムの力では、短い距離しか走らせることができなかった。そこで今年は、もっと速く、もっと長く進む船を作りたいと考えた。



写真1 自作のポンポン船

2 研究の目的

長い距離を速く進む船をどうしたら作れるかと考え、「風の力で進む船」、「水の力で進む船」、「モーターの力で進む船」などいくつか候補を挙げ、その中でも自分でも作れそうな「火の力で進む船」、ポンポン船を作ることに決めた。そこで、研究の目的を「ポンポン船が進む仕組みを調べて、長い距離を速く走れる船を作ろう」と設定した。

3 研究の内容と方法

(1) ポンポン船が進む仕組みを調べる

インターネットを活用し、ポンポン船の仕組みや必要な材料などを調べた。

(2) ポンポン船を作ってみる

アルミのパイプを単一電池に巻き付けてコイル状にしたもの（以下「エンジン」）とろうそくを、昨年度作成した船の本体に取り付けた。実際に水の上で走らせると、エンジンに火がうまく当たらないせいか、止まることもあった。直接ライターでエンジン部分を温めると走ったので、エンジンにうまく火を当てるのが大切だと考えた。

(3) うまく走るポンポン船を作るコツを教えてください

新居浜市の愛媛県総合科学博物館で、ポンポン船作りに参加し、作成のコツを教わった。教えてもらったコツは、「エンジンの形」「火力」「熱を逃さない工夫」であった。試作の際に苦労したエンジン部分のコイルの巻き付けは、コイルを巻く道具を使用させてもらい、隙間なく巻き付けると良いことが分かった。また船の本体の材質は、木よりウレタンマットの方が軽く、エンジンやろうそくを取り付けやすいことも分かった（写真1）。そこで、条件を変えながら実験を行い、長い距離を速く走れる船を作る方法を考察することにした。なお、速さは、2.6mのプールを進むのにかかった時間とする。

4 研究の実際

(1) 実験1「火力を大きくして速さを比べる」(ろうそくの本数や太さを変える)

【予想】ろうそくの本数を増やし、太い方が強火になって速いだろう。

【結果】① 細いろうそく（太さ6mm、長さ2.3cm）

	1回目	2回目	3回目	4回目	5回目	6回目	7回目	平均
1本	38.09	36.14	22.26	40.69	27.26	32.18	32.11	32.67
2本	19.02	24.72	25.42	26.72	21.88	22.28	18.12	22.59
3本	20.23	20.93	19.92	20.17	16.90	18.35	18.62	19.30
4本	23.85	20.13	20.63	18.52	18.84	18.35	18.01	19.76

② 太いろうそく（太さ9mm、長さ2.3cm）

	1回目	2回目	3回目	4回目	5回目	6回目	7回目	平均
1本	35.20	40.28	28.93	40.99	30.54	32.29	40.16	31.36
2本	30.71	23.26	23.25	21.26	21.06	24.52	32.05	25.16
3本	25.52	16.61	16.97	14.64	15.46	13.17	10.26	16.09
4本	28.31	32.26	11.69	15.98	34.77	14.76	32.87	24.38

【考察】 平均タイムで比較すると、ろうそくが3本の時が一番速くなったので、火力を増やせば良い訳ではなかった。「エンジンの大きさに合った火力」「エンジンに火力を伝えられるろうそくの位置」「風の影響を受けにくいカバー」が必要であると考えた。以後、ろうそくの本数は3本とし、風の影響を受けにくいようにろうそくの部分にカバーを付けることとした。

(2) 実験2 「エンジンの数を増やして速さを比べる」

【予想】 エンジンの数が多い方が水を噴き出す力が増えるから速くなるだろう

【結果】

	1回目	2回目	3回目	4回目	5回目	6回目	7回目	平均
エンジン一つ 太さ9mmのろうそく1本	27.27	21.69	28.79	22.94	28.79	23.38	23.57	25.20
エンジン一つ 太さ9mmのろうそく2本	20.15	20.13	15.87	14.67	16.92	18.51	18.96	17.89
エンジン二つ 太さ9mmのろうそく2本	14.00	18.42	16.71	17.81	15.52	23.80	18.08	17.76

【考察】 ろうそくの部分にカバーを付けることにより、火が安定し、うまく熱がエンジンに伝わっていると考えた。またエンジン一つと二つでは、差が出ると考えていたのでほとんど差が出なかったのは意外だった。走っている様子を観察すると、エンジン二つの方が左右に曲がってしまうことが多く、左右のパイプから出る水の量や勢いの差がタイムに影響したのではないかと考えた（写真2）。「エンジンを増やす（曲がらないようにバランスをとる）」「熱が逃げにくいカバーの工夫」が必要であると考えた。

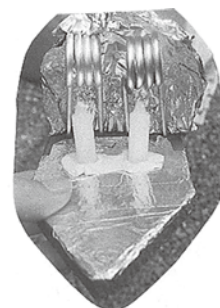


写真2 エンジン二つにろうそく2本の船

(3) 実験3 「パイプの巻き数を増やして速さを比べる」（愛媛県総合科学博物館のコイルを巻く道具を参考に、自作のコイル巻き機を作成し、コイルを作成した。また、今回の実験から左右に曲がらないように船の後ろに舵を取り付けた。）

【予想】 巻き数が多い方が、パイプの長さが長いので水が噴き出す勢いが弱くなり、遅くなるだろう。

【結果】

	1回目	2回目	3回目	4回目	5回目	6回目	7回目	平均
巻き数2回	33.46	28.13	32.00	29.26	31.50	29.31	30.25	30.56
巻き数4回	21.37	23.67	14.89	17.42	17.52	13.91	11.31	17.16
巻き数8回	23.13	20.24	25.10	23.11	22.18	23.09	24.89	23.11

【考察】 舵を取り付けることで安定し、真っすぐ進んだ。予想どおり、巻き数を8回に増やすと平均タイムは遅くなった。見た目では、4回巻きよりも8回巻きの方がエンジンに火が当たっていたように思えたが、より強い火力が必要になると考えた。そこで、8回巻きのエンジンに固形燃料を使用して、追加の実験を行った。しかし、火力が強すぎて危険であったため、実験を中止した。以後の実験では、巻き数を4回とする。

- (4) 実験4「パイプの太さを変えて速さを比べる」(パイプの直径3mm、4mm、5mm)

【予想】パイプの太さが太い方が、入る水の量が多くなるため噴き出す水の量が増え、勢いも付くので、速くなるだろう。

【結果】	1回目	2回目	3回目	4回目	5回目	6回目	7回目	平均
太さ3mm	21.37	23.67	14.89	17.42	17.52	13.91	11.31	17.16
太さ4mm	24.67	22.01	22.39	14.44	15.17	16.35	23.58	19.80
太さ5mm	27.29	32.26	33.51	30.13	28.02	23.85	30.39	29.35

【考察】平均タイムを比べると3mmが一番速かったが、実験中の4mmの船の動きが一番スムーズであった。3mmと4mmの速さの違いは、火の当たり方の差かもしれないと考えた。パイプも太ければよい訳ではないと考えた。

- (5) 実験5「パイプの材質を変えて速さを比べる」(アルミ、銅、真鍮)

【予想】金色で速そうなので、真鍮が一番速いだろう。

【結果】	1回目	2回目	3回目	4回目	5回目	6回目	7回目	平均
アルミ	21.37	23.67	14.89	17.42	17.52	13.91	11.31	17.16
銅	22.96	19.18	22.78	19.07	23.85	17.76	22.17	21.11
真鍮	19.66	19.09	12.81	16.00	13.05	15.40	14.96	15.85

【考察】平均タイムが一番速かったのは、真鍮だった。真鍮が一番熱を伝えるのではないかと思い調べると、熱伝導率は、銅>アルミ>真鍮であった。なぜ速さの順番が違うのか不思議で、再度銅のエンジンで実験を行った。しかし、平均タイムは他の材質のエンジンより速くはならなかったため、疑問が残った。以降の研究では、真鍮を使用することとした。

- (6) 実験6「エンジンの部分にカバーの付け方を変えて速さを比べる」

【予想】前もしくは後ろにカバーを付け、さらに横と上にカバーを付けると熱が逃げにくいので速く進むだろう。

【結果】	時間(秒)	1回目	2回目	3回目	4回目	5回目	6回目	7回目	平均
後ろと横		22.16	16.24	15.83	16.69	14.52	14.26	17.38	16.73
前と横		21.65	16.27	13.46	13.52	14.30	12.89	18.01	15.73
前と横、上		14.06	15.91	14.98	14.91	19.13	15.44	19.35	16.25

【考察】平均タイムを比べると、エンジンの横と前にカバーを付けたときが一番速くなった。火がよく燃えるためには空気も必要だと聞いたことを思い出し、カバーで囲みすぎるのも良くないことが分かった。

- (7) 実験7「エンジンの輪の直径の大きさを比べてみる」(輪の直径2cm、3.5cm)

【予想】実験3の巻き数8回と同じで、輪の直径を大きくするとパイプの長さが長くなるため、水の勢いが弱く、遅くなるだろう。

【結果】	時間(秒)	1回目	2回目	3回目	4回目	5回目	6回目	7回目	平均
輪の直径2cm		21.65	16.27	13.46	13.52	14.30	12.89	18.01	15.73
輪の直径3.5cm		16.80	17.11	14.15	15.32	20.26	16.89	20.40	17.28

【考察】平均タイムを比べると2cmの方が速かった。輪が大きいとうまく火が当たらず、スピードが出ないことが分かった。以後、エンジンの輪の直径を2cmとする。

- (8) 実験8「船の先の形を変えて速さを比べる」

【予想】Bが水泳で使用するビート板と同じ形をしていて、水をかき分けそうなので一番速いだろう(船の先の形は写真3を参照)。

【結果】	時間 (秒)	1 回目	2 回目	3 回目	4 回目	5 回目	6 回目	7 回目	平均
	A	21.65	16.27	13.46	13.52	14.30	12.89	18.01	15.73
	B	19.96	18.05	22.16	21.96	22.75	22.16	19.18	20.89
	C	16.18	27.39	18.27	16.84	21.21	23.02	26.07	21.35
	D	20.83	24.83	23.81	22.58	21.25	22.11	28.56	23.42

【考察】先がよりとがった形の方が水をかき分けて進みやすいことが分かった。

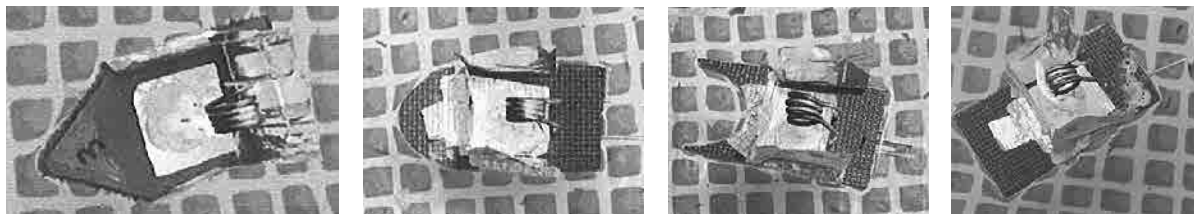


写真3 A：先がとがった船 B：先が丸い船 C：先がへこんだ船 D：先が四角の船

5 最速の船を作ろう

今までの実験の結果をまとめ、最速の船を作ることにした。その条件は「真鍮製で太さ3mmのパイプで、4回巻いたエンジンを使用する」「エンジン部分の前と横にカバーを付ける」「ろうそくを3本、三角に配置する」「船の後ろに舵を取り付ける」「船の先端をとがらせる」ことである。実際に走らせてみると最速タイムを出すことはできなかったが、平均タイムは15.72秒で、1番速い記録を出すことができた。

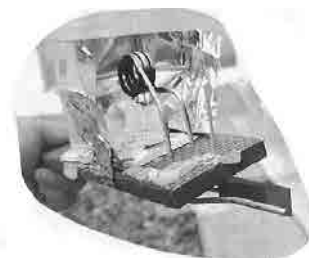


写真4 完成した船

6 おまけの実験

(1) ブリキのポンポン船を走らせてみた

昔からあるブリキ製のポンポン船を走らせて、タイムを測定した。7回走らせた平均タイムは、16.90秒であった。自作の船より速くはなかったが、エンジンの部分が皿の形をしており、火の当たり方が安定しているようであった。

(2) 大きな船に大きなエンジンを取り付け、強い火力で走らせてみた

昨年作った木製の船に、太さ5mmの真鍮製のエンジンと太さ5mmの銅製のエンジン、固形燃料三つを取り付けた。今回は25mのプールを使用し、どのくらい長い距離走らせることができるかを実験した。結果は115m走らせることができた。

7 感想

今回の実験では、エンジンや火力を大きくすれば速くなる訳ではなく、エンジンと火力の丁度よいバランスが大切であると分かった。また、自分で同じように作っているつもりでも、少しの違いが結果に影響したかもしれないので、正確に実験する難しさを感じた。また、昨年よりも様々な疑問が出てきて、たくさんの実験をして実際に確かめてみないと分からないことが多くあった。まだ理由が分からない疑問もあるので、更に勉強していつか疑問を解決したいと思う。

8 参考文献

- ・熱伝導について インターネット「EMIDAS」