

高校生による大気圧鉄道の模型製作

The Production of Atmospheric Railway Model by High School Students

○ 高村泰広 (相馬高)、正 佐藤建吉 (千葉大)、正 白井靖幸 (千葉工大)、溝上純義 (千葉大)

Yasuhiro TAKMURA, Soma High School, 57-1, Otesaki, Nakamura-aza, Soma-city, 976-0042

Kenkichi SATO, Chiba University, 1-33, Yayoi-cho, Inage-ku, Chiba-city, 263-8522

Yasuyuki SHIRAI, Chiba Institute of Technology, 2-1-1, Shibazono Narashino-city, 275-0023

Sumiyoshi MIZOKAMI, Chiba University, 1-33, Yayoi-cho, Inage-ku, Chiba-city, 263-8522

Soma High School has educated students through basic research experience in the field of science and technology in class as a Super Science High school (SSH). The Brunel's atmospheric railway (BAR) is one of the research themes of Soma H.S. The driving system of BAR is simple and the making its model offers the students to interest in and thinking about *monodzukuri*. The present report describes the detail of the model production, *i.e.*, modeling and designing, selecting materials, fabricating, and testing. The scene, which their model is running speedy with a vacuum cleaner, made a deep impression on the students.

Keywords: Super Science High school, Brunel, Atmospheric Railway

1 はじめに

福島県立相馬高等学校は平成 16 年度より文部科学省からスーパー・サイエンス・ハイスクール¹(SSH)として指定を受けている。SSH 校は、将来の国際的な科学技術系人材を育成することを目指し、理数教育に重点的を置いた研究開発を行っている。昨今、理科離れが進んでいる高校の理数教育において、理数教育指導に関してこれほど支援を受ける機会が高校生と高校に与えられることは非常に有意義であると言える。

相馬高校では、その活動の一つとして、理数科の生徒に対して課題研究を課している。理数科の生徒 40 人をいくつかの班に分け課題研究に取り組んでおり、その内の 1 つであるこの班は 1 年男子 3 名、女子 4 名で構成されていて物理学的な研究について取り組んでいる。

課題研究を設定するにあたり、燃料電池自動車や電気自動車のようなクリーンな乗り物の基礎研究ができれば良いと考えていた。そんな折、連名者の佐藤建吉(千葉大学大学院工学研究科)が進めているブルネルの大気圧鉄道の研究の論文¹と出会ったことがきっかけで、高村の班で取り組むことになった。実際の模型が佐藤研究室にあることで、地理的な条件は不利ではあるが、様々なアドバイスが頂けるという点では、大気圧鉄道に関する研究がより身近にできることとなった。

2 大気圧鉄道模型の製作

佐藤研究室にある模型を基に製作した相馬高校の模型全体の概念図を図 1 に示す。鉄道の動力となる気圧の差を生じさせるパイプとピストンについては、パイプはアクリルパイプ²(外径 50 mm、厚さ 3 mm、長さ 1000 mm、内径 44 mm)を 3 本用いて接着し、全長 3 m のパイプを作り、パイプ上部には幅 10 mm のスリット(溝)を業者に加工してもらった。このスリットはパイプ内部のピストンとパイプの外にある鉄道の車両をつなげるための隙間である。アクリルパイプの写真を図 2 に示す。ピストンにはコルク栓 14 号(長さ 25.5 mm)を使用し、外径 39 mm に加工して使用した。

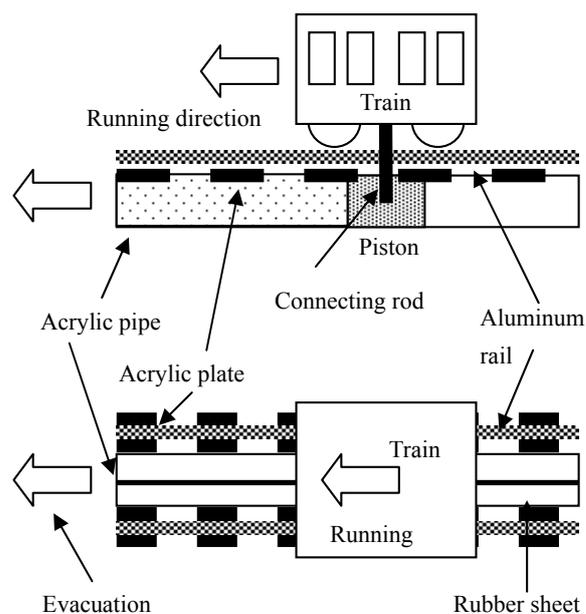


Fig.1 Schematic view: top is side view and bottom is overhead view.

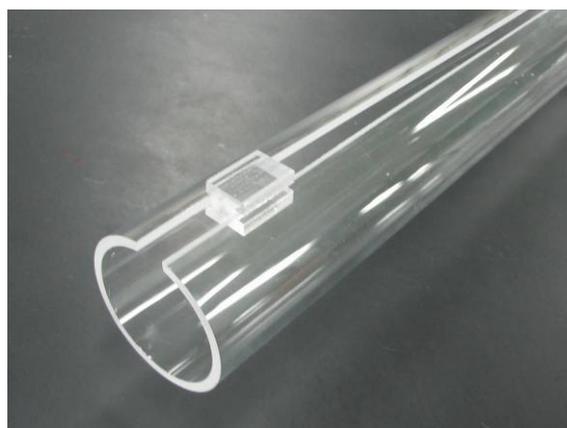


Fig.2 Photo showing acrylic pipe

¹ 平成 20 年度の SSH の詳細については、http://www.mext.go.jp/b_menu/houdou/20/04/08040905.htm を参照のこと

² アクリルアイ株式会社 <http://www.akuriru.jp>

パイプの上部に鉄道を走らせるため、パイプの上部は水平にしなければならない。そこで、アクリル板(厚さ 3 mm、幅 40 mm)を 6 m ほど切り出し、パイプのスリットの両側(3 m + 3 m)に接着した。アクリル板の幅 40 mm の一端をパイプのスリットの端に接着させ、多端をその高さと同様の木材で固定した。パイプ上部にアクリル板を接着させた写真を図 3 に示す。



Fig.3 Photo showing acrylic plates and rubber sheets on the top of acrylic pipe

パイプ上部のスリットを密閉するために、スリットの両側から合成ゴムシート³(厚さ 1 mm)を張り出させ、スリット上で 10 mm ほどゴムシート 2 枚が重なるようにした(図 3 参照)。

レールおよび車輪については既製品を使用した。レールはアルミ等辺アングル⁴(1.5 × 15 × 15 mm)の長さ 3 m + 3 m を使用した。車輪は鉄道模型の O ゲージ規格で軌間が 32 mm、直径 19 mm の車輪を使用した。

ピストンと列車とをつなげるための接続棒は直径 5 mm のアルミパイプを使用した。適当な長さに切り取り、ピストンのコルク栓に突き刺した。列車は、車軸間が 40 mm のアルミ板とアクリル板で簡易的な台車(列車)を作った。ピストンと台車が連結棒によりつながっている写真を図 4 に示す。

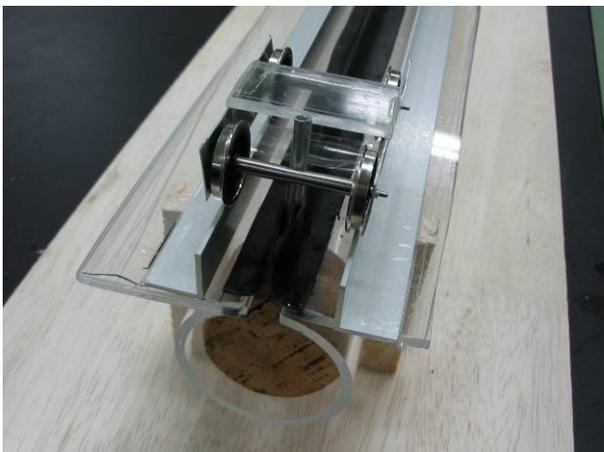


Fig.4 Photo showing train connected to piston with connecting rod

3 モデル製作時の問題点と工夫点

まず、アクリルパイプであるが、幅 10 mm のスリットを設けているため、スリットにストッパーがないとパイプが丸まり、スリット幅が縮まってしまうということである。この様子を図 5 に示す。特にパイプの中間部分が縮まっており、スリット幅が 7 mm にも満たないところもあった。

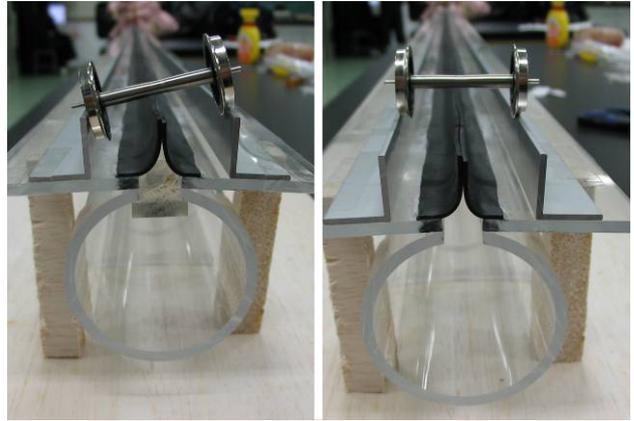


Fig.5 Photo showing acrylic pipe curled: left is normal with stopper and right is curled without stopper.

また、試験的にパイプ内を真空にすることにより、さらにスリット幅が縮まることを確認したので、ピストンのコルクの直径はパイプの計算値の内径 44 mm よりも小さい 39 mm にした。このことよりパイプとピストンの隙間から空気が漏れ、真空度が低下するが、ピストンがパイプ内でつかえるので、これをどうしても防ぎたかった。今後は、パイプの外周を固定して対策したい。また、スリット幅がゆがんでいるので、アルミレールの設置も困難を要した。

4 試験走行と今後の課題

掃除機でパイプ内の空気を吸入し、気圧の差でピストンを動かすことで、試験走行をしたところ非常に滑らかに台車は動いた。パイプ内の真空度(掃除機の作動時間)を変えることで、台車の速度も変化することを確認できた。また、ゴムシートと連結棒の摩擦が非常に大きいことが分かった。そのため、効率よく列車を移動させるには、ゴムシートにグリースをよく塗るということを学習した。さらに、パイプは 3 本つないであり、2 カ所につなぎ目があるのだが、その 2 カ所でピストンがつかえることも分かった。高速でピストンが移動するときにはそれほど問題にはならないのだが、低速で移動するときには、この 2 カ所で止まってしまうこともあった。

今後はこれらの問題点を解決しつつ、ピストンが引かれる力や速度と気圧の差(真空度)の関係を数式的に表していきたい。

5 おわりに

生徒らは、この模型が実際に走行することを確認することで、物作りとこの技術のすばらしさに感動していた。このような感動を与えながら、理数教育の発展に寄与していきたい。

この模型を製作するにあたり、相馬高校の生徒と教員、そして製作などでお世話になった会社の関係者のご協力にこの場を借りて御礼申し上げます。

文献

- (1) 佐藤・白井・赤坂、日本機械学会論文集(C 編)74 巻 746 号 (2008) pp.2429-2434

³ 株式会社テックジャム <http://www.tech-jam.com>

⁴ 株式会社宝生 <http://www.kitweb.co.jp>