

# 実験教材としての簡易真空ポンプの研究開発と教育実践

内田 祐貴

神戸松蔭女子学院大学人間科学部

Author's E-mail Address: yuchida@shoin.ac.jp

---

## Study and Educational Practice of Vacuum Pump as Science Teaching Materials

UCHIDA Yuki

Faculty Human Sciences, Kobe Shoin Women's University

### Abstract

「理科離れ」が理科教育の大きな問題の1つになって長い年月が経つ。これまでも、主に小中高校での授業での取り組みや大学教員の出張授業など様々な取り組みが行われてきたが、問題の完全解決には至っていない。近年では、PISA や TIMSS などの国際比較調査により、日本の児童生徒の特徴として、学力は国際的に上位だが、学年が上がるに連れ、理科が嫌いな児童生徒が増えるという傾向がわかり、理科離れの対策の重要性がより鮮明になった。理科離れの対策の1つに、実験の充実がある。しかし、平成20年度の全国的な小学校教員に対する調査において、現役教員の半数以上が実験観察の知識技術に不安を抱えていること、授業で理科実験を行うには、「時間」、「費用」などの様々な問題があることがわかった。そこで、児童生徒の理科への興味関心を高め、教員の実験の知識技術の向上を目的とし、器具から作る実験教材として、注射器を使った真空ポンプを、簡易に安価で作成できるようにし、大学での教材作成演習や現役教員への講習に用いた。

Many Japanese students are drifting away from science for a long time. This is one of the most serious problems of "Science Education". Various educational activities have been carried out by teachers of primary and secondary school, university teachers and so on, but these are not sufficient. Moreover the investigation results of PISA and TIMSS show that the upper grade students are moving away from science. It is considered that solving the problem of student's drifting away from science is more important. Science experiments are effective in raising the interest of students, but many primary school teachers are not confident in the knowledge and skills of the experiments. In this paper, we study vacuum pump as the simple experiment teaching materials at low cost to raise the student's

interests in science and improve the knowledge and skills of the experiments for teachers. We use this teaching material for the education at the university.

キーワード：理科教育、物理教育、実験教材、教育実践

Key Words: Science Education, Physics Education, Scientific Experimental Teaching Materials, Educational Practices

## 1. はじめに

資源のない日本にとって、優秀な技術者、研究者を育てられる理科教育の重要性は言うまでもない。しかし実際には、長い間いわゆる「理科離れ」が問題とされながらも、その解決には至っていない。さらに、2000年代に入ってから、2003年のOECD生徒の学習到達度調査(PISA)や国際数学・理科教育動向調査(TIMSS)の調査結果を分析した文部科学省の報告書[1]などをもとに、日本の児童生徒の理数系学力低下が問題となった。この学力低下の問題は、いわゆる「ゆとり教育」と結び付けられ、広く社会の関心を集めているが、実際に結果を見れば、学力低下傾向は見られたものの、依然として、諸外国に比べ上位に位置している。さらに、本来は、これらの調査の調査方法や(評価)目的の違いを踏まえて議論すべきだが、注目を受けやすい教育に関する問題でもあるため、「学力(点数)が低下したから、その対策(点数上昇)」というわかりやすい議論になってしまっていることも多い。しかし、より注目すべきは、理科に対する意識調査の結果であると考えられる。国立教育政策研究所による、TIMSS2011の報告書[2]によれば、「理科の勉強が好きか」という質問に対し、表1の結果が得られた。

この調査結果によれば、小学校4年生では理科好き(「強くそう思う」「そう思う」と回答していた児童が約83%いるにもかかわらず、中学校2年生の生徒は理科好きが約53%に大幅に減少している。小学校4年生の段階では、理科好きの割合は、国際平均85.7%と比べても遜色ないが、中学校2年生の段階では、理科好きの割合の国際平均75.5%と比べると、日本の中学校2年生の落ち込みが非常に大きいことがわかる。これらのことから、日本の児童生徒は、学力は高いながらも、小学校から中学校へかけて、理科好きな児童生徒が大幅に減少するという特徴的な傾向があることがわかる。この他の調査からも、学年が進むにつれ、「理科が嫌いになる」という傾向は見られ、これが理科離れの問題に対処するときの1つの論点となるであろう。

理科教育の問題について、簡単に見てきたが、このような問題が提起されるたび、科学教育、

表1. TIMSS2011「理科の勉強が好きか」に対する回答結果[2]

	強くそう思う	そう思う	そう思わない	全くそう思わない
小4年(日本)	52.0%	31.2%	12.0%	4.9%
小4年(平均)	63.7%	22.0%	8.0%	6.4%
中2年(日本)	18.2%	34.3%	31.8%	15.7%
中2年(平均)	42.5%	33.0%	15.2%	9.3%

理科教育の強化が繰り返し提言され、この問題を解決するための教育活動が行われてきた。例えば、大学教員や専門家の出張授業 [3]、実験教室、最近では科学の甲子園など、学校での授業以外でも、いろいろな方面からのアプローチもなされているが、まだまだ、問題を解決するには十分ではない。今後も理科が好きな児童生徒を増やすための理科教育の研究は、理科教育の主要な課題として、重要な位置を占めるであろう。

## 2. 自作型実験教材

### 2.1 教員の理科に対する意識

本研究の最終的な目的は、「理科好きな児童生徒を増やす」ことであり、そのために実験教材に着目した。実験は、理科教育の大きな特徴の1つであり、理科の授業において実験が最も好きな児童生徒は多い。理科好きな児童生徒を増やす、もしくは理科好きな児童生徒を理科嫌いにしないためには、実験が重要な要因となりうることは明白である。その一方、理科を教える教師の理科や実験に対する意識は、どうであろうか。これに対し、平成20年に行われた、科学技術振興機構、国立教育政策研究所による、現職小学校教員を対象とした、理科に対する認識の研究調査 [4] が非常に示唆に富む。ここでは、次の3項目の質問内容と結果について考える。

#### 質問内容

Q1：理科の学習内容についての知識・理解

Q2：理科の指導法についての知識・技能

Q3：理科の観察・実験についての知識・技能

この調査結果（表2、表3）は衝撃的である。簡潔に言えば、小学校教員の約40%は理科を教えることが苦手であり、教員の理科指導法の知識技術、実験観察に対する知識技術の不足が、理科を教えることの苦手意識につながっていることを示している。さらに、若手教員ほど、この傾向が顕著であることがわかる。この問題の解決には、教員の実験観察に対する知識技術の向上が必須である。同時に、本調査では、理科の観察実験を行うにあたっての調査もしており、「準備や片づけの時間の不足」、「設備備品の不足」、「消耗品の不足」などが、実験観察を授業中に行う上での問題となっていることが示された。そのため、教員の実験観察に対する知識技術の向上だけでなく、このような付随する問題にも対処することが重要であることがわかった。

表2. 小学校教員全体の理科に対する意識調査 [4]

	高い	やや高い	やや低い	低い
Q1	7.6%	53.0%	36.5%	2.3%
Q2	2.5%	39.4%	51.9%	5.9%
Q3	3.2%	43.2%	47.4%	5.9%

表3. 小学校教員歴5年未の理科に対する意識調査 [4]

	高い	やや高い	やや低い	低い
Q1	0.0%	28.9%	64.9%	6.8%
Q2	0.0%	9.5%	74.3%	16.2%
Q3	0.0%	13.5%	67.6%	18.9%

## 2.2 簡易真空ポンプ

このような背景から、今回は、実験教材として、注射器を用いた自作型簡易真空ポンプの研究開発を行った。単なる実験教材ではなく、自分で器具から作れる教材としたのは、実験教材自体を自作することにより、「実験の原理をより深く理解できる」、「手を動かしてものを作ることにより、興味関心が高まる」、「教員の理科実験の指導力の向上」などが期待できるからである。また、真空ポンプは大気圧、圧力、空気などに関する、小中高校での理科実験に広範囲に使用できるため、1つの実験教材で複数の実験に利用できる利点もある。

注射器を利用した簡易真空ポンプは、ビニールテープを利用して逆止弁をつくる先行研究として [5] などがあり、これ以外にも多くの研究実践例が存在する [6] [7]。また、今回使用した注射器とガラスボトル、吸盤を使用する方法は、株式会社ナリカから「真空実験キット」として販売されている。この他にも、いくつかの理科機器メーカーから、真空ポンプの教材の販売が行われている。本研究では、これらの先行研究や実験教材をもとに、多人数でも簡単に器具作成から実験までできるように、安価に入手しやすい材料で、簡易に作れ、失敗しにくくなる教材作成方法の改良と、教育実践を行った。

### 材料

以下の材料は、ホームセンター、100円ショップ、通信販売などで安価に簡単に入手できる。

- ・プラスチックシリンジ 50mL 横口（注射器、テルモ、トップ社製が入手しやすい）
- ・広口ガラスボトル M-450 金属蓋付き（保存ボトル M-450 などの名称のものがある。アズワン社製のものがアスクルで入手できる。また、100円ショップ、ホームセンターでは、ジャムや食品保存用として販売している）
- ・透明ビニールチューブ内径 4mm（ホームセンターの園芸用が入手しやすい）
- ・突合せ接続子 B-2（突合せ用スリーブ、OHM 社製がホームセンターや通信販売で安価に入手しやすい。B-2 規格は外径 4mm である。以下金属管と称する）
- ・吸盤（横溝形が入手しやすい。吸盤直径 3.5～4mm、横溝の幅は 5mm 以上）

### 工具

- ・三つ目錐（穴径が 3.7～4mm になるもの。100円ショップのダイソーの三つ目錐が入手しやすく、穴径が適している。）
- ・セロテープ（幅 12mm～14mm 程度。15mm を越さないもの）
- ・ビニールテープ

・ニッパ、カッター、はさみ、ペンチ

真空ポンプを作成する際、最も気をつけるべき点は気密性である。本方法においては、材料と器具を調節することにより、気密性が保てるようになっている。

・接続部の作成

- ① 吸盤の吸盤面中央に、錐で穴を貫通させる（錐の最大直径は、吸盤のツマミ部分の幅より小さいが、側面を貫通しないよう、錐を真っ直ぐ使用する）。
- ② 金属管の表面にセロテープを1周巻く（金属管をセロテープで巻くことにより、金属管の穴を塞ぐと同時に気密性を上げる）。
- ③ 金属管の片方の端から半分の位置までにビニールチューブを、もう片方の端から金属管の半分の位置まで吸盤を差し込む。金属管を押し込みすぎてしまった時はペンチで調節する。図1参照。

金属管の外径とビニールチューブの内径、錐によって吸盤に開けた穴の直径がほぼ一致しているため、高い気密性を実現できる。

・注射器の加工

- ① 注射器の口の位置と中心点との点対称の位置を、外側から錐で穴を開ける。
  - ② 穴を開けたところの外側のバリをニッパなどで取る。
  - ③ 注射器の口の部分を全部おおうように、注射器の内側からビニールテープを張る。  
注射器の形状に沿ってビニールテープを切ると張りやすい
  - ④ ①であけた穴を全部おおうように、注射器の外側からビニールテープを張る。図2参照。
  - ⑤ 先に作成したチューブの、吸盤のついていない端に、注射器の口を差し込む。
- これにより、ビニールテープが逆止弁の役割を果たし、注射器の元の口から空気を吸い、新しく開けた穴からのみ注射器内の空気を排出する。このビニールテープによる逆止弁は、YPC簡易真空実験器 [5] の方法を使用している。また、注射器の口とビニールテープの内径がほぼ一致しているため、高い気密性を実現している。

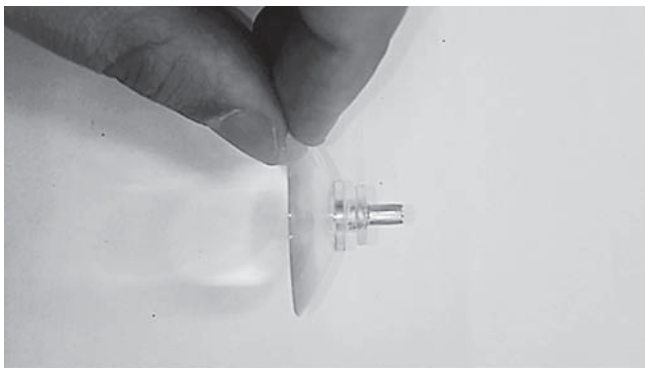


図1. 金属管を差し込んだ吸盤

・ガラスボトルの加工

① ガラスボトルの蓋に、錐を押しこみ、穴をあける（錐を回転させず、軽く押しこむ。力を入れすぎて、ふたが変形しないように注意）。

吸盤に開けた穴とガラスボトルの蓋に開けた穴を合わせ、注射器を何度か引くことにより、ガラスボトルの中を減圧できる（図3右参照）。ガラスボトル内の気圧は、約0.2気圧程度まで減圧可能である。

本実験教材の、授業での使用例として、「減圧実験（図3参照）」、「減圧沸騰実験」、「断熱膨張による擬似雲の作成」、「空気が少ない時の音の伝わり方の実験」などがあげられる。また、小中高校で使用できる単元例としては、

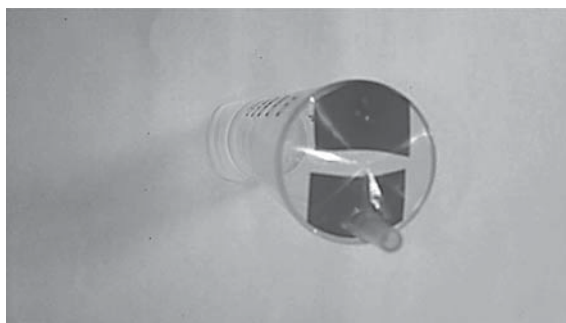


図2. ビニールテープを貼り付けた状態の注射器

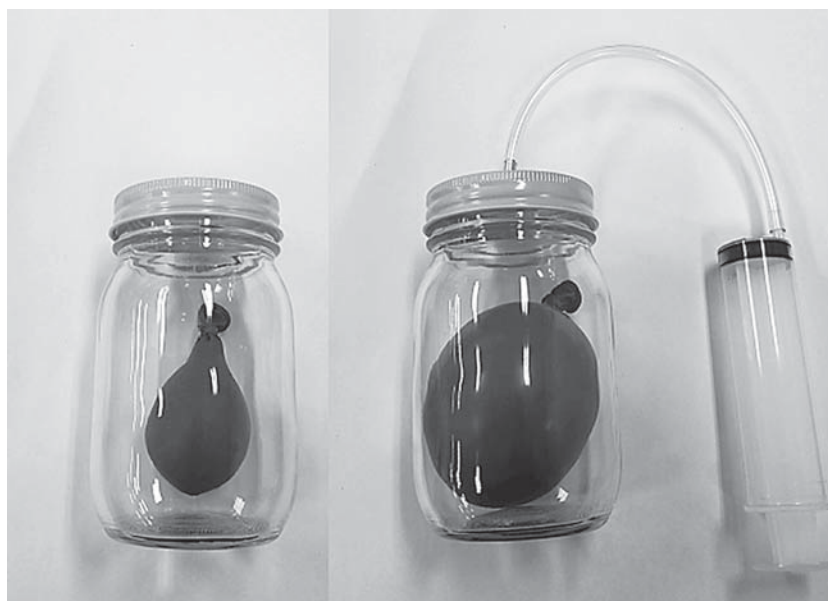


図3. 減圧時の風船の変化の様子。左が減圧前、右が減圧後。



- ・小学校4年生「空気と水の性質」で、応用実験として減圧時の体積膨張実験
- ・小学校5年生「雲と天気の変化」で、雲のでき方の演示実験
- ・中学校1年生「力と圧力」で、減圧することにより大気圧の影響を調べる実験
- ・中学1年生「光と音」、高校物理基礎「波」で、音が空気を伝わる実験
- ・中学校1年生「状態変化」、高校物理基礎「熱」で、減圧沸騰実験

などがあげられる。作成方法も簡易であるため、小学校高学年以上なら十分に作成可能である。中学生以上ならば、班ごとに協力して作成することにより、授業時間内でも完成可能である。作成過程は、いくつかに分けられるので、注射器のビニールテープによる加工（この部分だけでも、空気が注射器内を一方通行にしか流れないことを理解できる）だけなど、授業時間、対象児童生徒、狙いにより柔軟に授業に組み込むことができる。

### 3. まとめ

理科教育、科学教育において、理科好きな児童生徒学生を増やすために、実験が重要な役割を果たすことに異論はないであろう。しかしながら、実際に授業で実験観察を頻繁に行うには、「知識技術」、「時間」、「費用」などの様々な問題があることがわかっている。今回、この自作できる簡易真空ポンプの実験教材を、神戸松蔭女子学院大学人間科学部子ども発達学科の学生を対象にした教材作成演習や、秋田県や神戸市の現役教員を対象にした教員研修などで使用し、本教材が、理科の実験技術の向上に有用であることがわかった。さらに、教育実践を進め、効果を確認したい。また、今回の結果を踏まえ、今後の課題として、授業で使え、簡易に作成できる、器具から作る実験教材の研究開発を進め、それをカリキュラム化し、大学教育や教員研修などでその効果を検証していきたい。

### 文献

- [1] 文部科学省、小学校理科・中学校理科・高等学校理科 指導資料－PISA2003（科学的リテラシー）及びTIMSS2003（理科）結果の分析と指導改善の方向－.2005、東洋館出版社（2005）
- [2] 国立教育政策研究所、TIMSS2011 理科教育の国際比較 - 国際数学・理科教育動向調査の2011年調査報告書 -, 明石書店（2013）
- [3] 内田祐貴、「中学への出張授業－宇宙物理学を題材として－」、物理教育 **59-4** pp. 269-270（2011）
- [4] 科学技術振興機構理科教育支援センター、国立教育政策研究所教育課程研究センター、「平成20年度小学校理科教育実態調査（速報）」、[http://www.jst.go.jp/cpse/risushien/elementary/cpse\\_report\\_004.pdf](http://www.jst.go.jp/cpse/risushien/elementary/cpse_report_004.pdf)、2015年12月6日引用
- [5] 山本明利、「YPC 簡易真空実験器の作り方と使い方」、YPC ニュース **185** pp.12-15（2003）

- [6] 岩間滋、「注射器で簡単に作れる簡易真空（減圧）ポンプ」、第27回東レ理科教育賞受賞作一覧、[http://www.toray.co.jp/tsf/rika/pdf/h07\\_01.pdf](http://www.toray.co.jp/tsf/rika/pdf/h07_01.pdf)、2015年12月6日引用
- [7] 海老崎功、「考え，つくり，試す実験教室」、*物理教育* **54-1** pp.1-4 (2006)

(受付日：2015. 12. 10)