

大気圧の大きさを実感することのできる教材・教具の開発

～第1学年「身近な物理現象」での学習を通して～

勝野 孝

大垣市立江並中学校

川上 紳一

岐阜大学教育学部

Development of teaching materials and teaching tools which can realize the atmospheric pressure in the subject "familiar physical phenomena" in junior high school

Takashi Katsuno

Enami Junior High School, Ogaki-shi, 503-0934, Gifu, Japan

Shin-ichi Kawakami

Faculty of Education, Gifu University, Gifu-shi, 501-1193, Japan

要旨

中学校第1学年「身近な物理現象」の単元において、生徒にとって大気圧の大きさを実感することができるといえる教材・教具として、トリチェリーの実験装置の製作を行い、それを活用した授業実践を行った。本実践の前、生徒に大気圧の大きさに関するアンケートを行ったところ、大気圧の大きさに対する認識の弱さがきわだった結果となった。そこで、大気圧の概念の確かな定着をはかるとともに、大気圧が空気の重さによって働く力であり、その大きさが生徒が考えている以上に大きいことを実感させるための教材・教具として水柱を使ったトリチェリーの実験器具を製作し、デジタルコンテンツを開発した。デジタルコンテンツを活用した授業実践を通じて、授業中における生徒の姿やノートの記録、アンケートによる理解度の調査を行って、成果と課題を明らかにした。

【キーワード】：中学校，理科，大気圧，トリチェリーの実験，空気の重さ

1. はじめに

中学校第1学年「身近な物理現象」という単元の中に圧力に関する学習がある。中学校学習指導要領一理科編では、「圧力や、大気圧の実験を行い、その結果を水や空気の重さと関連付けてとらえること」、「大気圧については、(中略)地上では大気圧が働いており、すべての物体は大気圧の影響を受けていることを理解させる」と記述されている(文部科学省, 2008)。大気圧の存在については、空き缶やペットボトルなどを大気圧でつぶす実験、空気の重さについては、圧力容器に閉じ込められた空気の量を変えて、その前後の重さを測定し、空気に重さがあることを見出させ、大気圧と空気の重さに関係があることを関係付けてとらえさせることになっている。

大気圧に関する授業を行う前に、生徒の実態をアンケート調査したところ、「空気には、重さがあると思うか」という問いに対して、27人中18人が「ある」、9人が「ない」と回答した。しかも、「手のひらにどのくらいの質量の空気がのっていると思うか」という問いに対しては、「ある」と回答した18人のうち11人が1g以下であると回答した。生まれながらに大気圏の底で生きてきた人間にとって当然の感覚であるけれども、大気圧の大きさに対する認識の弱さがきわだった。本実践では、こうした生徒の実態を踏まえて、大気圧の大きさを実感できるような実験として水柱を用いたトリチェリーの実験を行い、デジタルコンテンツを開発し、授業で活用し、その効果を調べた。

トリチェリーの実験については、高等学校の

物理の授業で実際に実験を行っている事例が多くある。寺門（2010）は、高山市と乗鞍畳平の2地点で実験を行い、標高差約2100mで、水柱の高さの差が2m20cmであることを示したビデオ教材を開発し、高等学校の授業で活用している。本実践では、中学校第1学年の「身近な物理現象」の単元において、この実験を紹介するビデオ教材を開発し、大気圧に関する生徒の認識の変化を調べた。

2. トリチェリーの実験装置の開発

(1) トリチェリーの実験とその器具

トリチェリーの実験は、大気圧が水柱約10mに相当する大きさであり、水柱を10m以上の高さまで上げると、容器の上部に真空部ができることを示すものである。この真空部はトリチェリーの真空と呼ばれている。実験では水を入れた容器に、水で満たしたホースの両側を沈め、ホースの中央部を引き上げると、高さ10m付近で空間ができる。この実験に用いた器具は、透明ビニールチューブ（内径8mm、外径14mm



図1. A：透明ビニールチューブ。
B：自作の真空ポンプ。

という肉厚のもの、長さ24m)、ビニールチューブを引き上げるためのロープ（長さ15m)、ビニールチューブにロープを取り付けるための滑車、さらに透明チューブに水を満たすための真空ポンプ（注射器とチューブで自作)、真空ポンプとビニールチューブを接続するジョイント、水の高さを視覚的にとらえやすくするための食紅である。実験方法は、Y P C（横浜物理サークル）のウェブサイト内の「大気圧による10m水柱実験」のページ（<http://www2.hamajima.co.jp/~tenjin/lab0/water/water.htm>）によった。図1に用いた実験器具を示す。

(2) 実験方法

ビニールチューブの中に、食紅で染めた水を空気が入らないように入れる。ビニールチューブの中心にロープを取り付け、校舎の4階（12m）から引き上げる。水柱はおよそ校舎の3階と4階の間（10m付近）まで持ち上げられるが、その地点を過ぎると、水柱はそれ以上には上がらず、ビニールチューブの中に真空部ができる（図2）。この実験から、大気圧は水柱を10m持ち上げるだけの力をもっていることが分かる。

本実践では、この実験のようすをビデオで撮影し、授業の中で提示した。

(3) ビデオ教材の開発

実験は2011年9月18日に大垣市立江並中学校で行い、実験の様子をビデオカメラで撮影した（図3）。場所は、生徒にとって最も身近な建物とし、およそのスケールが頭の中に入っているため、水柱の高さを理解しやすいことを考慮し、中学校の校舎を背景に撮影することとした。撮影においては、チューブの中に水を入れる役割、チューブの先端を水の中で固定する役割、チューブが絡まないように整える役割、ベランダからチューブを引き上げる役割等、多くのアシスタントが必要であったが、テニス部の生徒の協力もあって、無事に実験ならびに撮影を終わらせることができた。

撮影したVTRは、ウェブサイト教材「理科教材データベース」（岐阜大学）

（<http://chigaku.ed.gifu-u.ac.jp/chigakuhp/>



図2. 実験の様子。

html/kyo/kisyoh/taiki/index.html) に掲載し、デジタルコンテンツとしてインターネット上で活用できるようになっている。



図3. ビデオ撮影の様子。

3. 授業実践

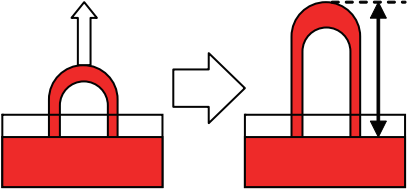
(1) 授業実践の概要

中学校第1学年「身近な物理現象」の単元全26時の第24時の授業(いろいろな力の世界全11時の第9時)で、トリチェリーの実験を行った。

本時は、トリチェリーの実験を通して、大気圧によってホースの中の水柱が10m持ち上がる現象を観察する活動を通して、大気圧の存在に改めて気付くとともに、大気圧の大きさを実感することができることをねらいとしており、空気の重さによって生じる圧力の第2時の授業として行った。表1に授業の流れを示す。

生徒の空気の重さに対する概念の定着をはかるため、生徒の思考の流れに沿った授業展開を考えた。導入実験で、試験管に水を入れて立ててもこぼれない事象を見て、大気圧の存在に気付かせた。生徒にとって、「水がこぼれない」こと、「大気圧がおしている」ことをつなげることはやや困難であるため、導入で確実におさえることとした。それをふまえた上で、トリチェリーの実験の規模を段階的に大きくしていった。まずは理科室の中で、試験管と短いビニルホースを用いて、20cmから1mの高さまで持ち上げる実験を行い、大気圧が水を1m持ち上げる力があることを認識させた。その後、「水柱が持ち上がる限界はどこか?」と問いかけ、ビデオを用いて、10m持ち上がる事実を確認した。これらの活動を通して、大気圧は水を地上から10m持ち上げるることのできる大きな力をもっていることを実感することができた。

表 1. 授業の展開.

過程	学習活動
つかむ	1. 導入実験を見る. ①水槽に食紅で赤く染めた水を入れる. ②水面を空気がおしていることを確認する. ③試験管に水を入れて、口が空気中に出ないように垂直に立てる. ④短いホースに水を入れて、二つの口が空気中に出ないように垂直に立てる. ⑤試験管やホースの中の水は、大気圧によってこぼれないことを確認する. 2. 課題をつくる
深める	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;"> 大気圧は水の柱をどこまで持ち上げられるのだろうか. </div> 3. 実験を行う  <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 10px;"> ホースを 1 m まで持ち上げたとき、大気圧が水の柱を持ち上げることができるか実験する. </div>
まとめる	4. 考察する ・ 1 m の高さまでホースを持ち上げても、水はこぼれなかった. ・ 大気圧は、水の柱を 1m 持ち上げるだけの力がある. 5. 大気圧によって、ホースが何 m まで持ち上げられるのか確かめる. ・ ホースを 10m 持ち上げた実験映像を見て、水の柱は 10m 付近まで持ち上がることを確認する. ・ 大気圧は、水を 10m 持ち上げる力を持っていて、この力を普段自分たちが受けている. 6. まとめ <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 10px;"> 大気圧は、水を 10m 持ち上げる力を持っている!! </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 10px; width: fit-content; margin-left: auto;"> この大気圧の大きさは、約 100000Pa である. </div>

(2) 生徒の変容 (授業アンケートより)

表 2 に、生徒の意識の変容を示す。授業前は、空気の重さはない、もしくはごく僅かだと思っていた生徒が多数であったのに対し、授業後は空気の重さの存在を、全員の生徒が理解するこ

表 2. 生徒の意識の変容.

授業前の生徒の意識

空気には重さがありますか.	
ある	18人
ない	9人
手のひらには、どのくらいの空気 (m) がのっていると思うか. (mの単位: g)	
m=0	9人
0 < m ≤ 1	11人
1 < m ≤ 10	1人
10 < m ≤ 100	3人
m=100以上	2人
わからない	1人

授業後の生徒の意識

空気には重さがありますか.	
ある	27人
ない	0人
手のひらには、どのくらいの空気 (m) がのっていると思うか.	
100 kg	27人

とができた。

生徒は「2 m 持ち上がる」、「無限に持ち上がる」、「20m 持ち上がる」など、さまざまな予想を立てて実験に取り組んだ。本実践を通して、一人一人が空気の重さの大きさを正しく理解し、それは水柱 10m 分の圧力に匹敵することを理解することができた。図 4 は生徒の描いたスケッチの一部である。また、授業後の生徒の感想を以下に示す。

・最初は 2 m ぐらいだと思っていたけど、ビデオを見ていて、10m も持ち上げることができたので、すごいと思いました。

・僕は初め、無限に水は持ち上がると思っていたけど、ビデオを見たことによって、何にでも限界があるんだなと思いました。

・私は水が持ち上がるのは 20m ぐらい持ち上がると思ったけど、10m 持ち上がって、自分の予想よりも持ち上がらなかったけど、結構持ち上がるのだなと思った。

・空気に重さはないと思っていたけど、実験をして、空気にはたくさんの重さがあることが分かりました。

・水を持ち上げる実験では、9 m ~ 10m 付近ま

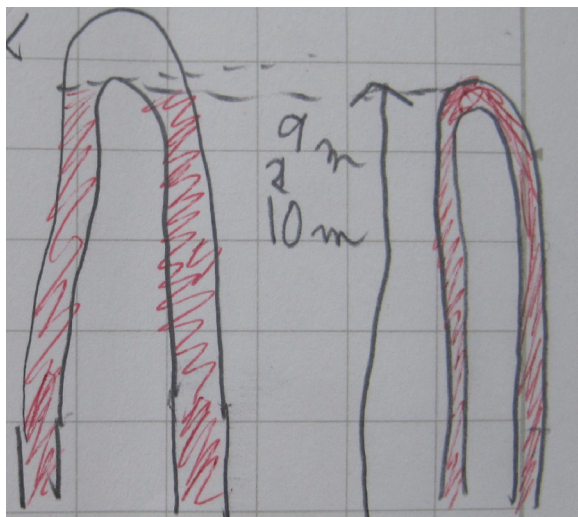


図4. 生徒の描いたスケッチ.

では変わらずだったけど、10mより高くなってくると、空気の重さによって水が持ち上がらなくなる。

4. 議論

(1) トリチェリーの実験の教材化について

トリチェリーの実験を授業時間に行うことは、時間数や授業の実施計画を考えると中学校の授業では難しい。そのため、今回はビデオ教材を開発することにした。ビデオ撮影する場所を実際に授業を行う中学校で実施したこと、授業者がビデオのなかで実験の様子をレポートしたことで、生徒の興味・関心が高まった。また、実験を行ったのは土曜日であり、部活できていた生徒が実験に参加していたこともあり、実際に実験に携わった生徒も含まれていたため、ビデオ教材がより身近なものとなった。トリチェリーの実験をビデオで見ながら、「大気圧が水を10m持ち上げた」とか、「校舎の3階までは水が上がったけど、それ以上は上がるのが止まった」などつぶやく生徒の姿が見られた。普段なかなか実感することのできない大気圧の大きさをイメージする上で、トリチェリーの実験は、中学校の生徒にとって分かりやすいものであったと考えられる。このトリチェリーの実験は、教師用デジタルコンテンツとして有用である。寺門(2010)が行ったように、異なる高度で行った実験についてもビデオ撮影し、デジタルコンテンツ化することも有益であろう。

(2) 中学校理科学習におけるトリチェリーの実験の位置づけ

中学校第1学年の理科授業では、大気圧の存在と、それが空気の重さによるものであることをとらえるようにすることが求められている。大気圧を実感するための実験器具として、下敷き、ラップ破壊実験器、吸着板、大気圧バズーカ砲、自動式サイフォンなどがある(鈴木ほか, 2005; 鈴木, 2007; 芝原ほか, 2005)。低地における大気圧が水柱約10mに匹敵することは、かなり大きな力がかかっていることを意味している。吸着板は大気圧によって机が持ち上がることを示す事象提示としてすぐれているが、大きさについてのイメージはつかみにくい。また、取っ手を取り付けた下敷きを机の上に置き、真上に引き上げる実験では、一人一実験で確かめられるが、載っている空気の重さが持ち上がらないくらい重いという実感はできても、それを量的に表すことはできない。本実践で行ったトリチェリーの実験は、大気圧の大きさを実感でき、さらに量的に示すことができるため、生徒にとって大気圧の概念を定着させることに有効である。

5. おわりに

中学校の理科授業で、トリチェリーの実験についてデジタルコンテンツを開発し、授業で活用した。校舎を背景に実験を行ったことで、生徒にとってより身近で、水柱の高さが捉えやすかった。その結果、大気圧が水柱を10m持ち上げるほどの大きな力があることを実感させることができた。また、トリチェリーの実験を行う際に、チューブの長さを段階的に長くしていったことで、生徒にとって、つながりのある思考ができた。

実際の実験を1単位時間の中に仕組むことは、時間の都合上困難であるが、できればビデオではなく実際の実験で示せるとよい。また、異なる標高においてトリチェリーの実験を行い、デジタルコンテンツ化することも今後の課題としたい。

謝辞. 本実践は、岐阜県総合教育センターの理科教育講座(中学校)における教材・教具の研

究として実施した。ご指導をいただいた細江敦先生，長谷川広和先生に深謝する。

引用文献

文部科学省（2008）中学校学習指導要領解説 - 理科編，大日本図書。

鈴木一良・塚林功（2009）大気圧を実感させる組み合わせ実験：真空バズーカ砲，U字管による肺気圧，水枕による体重の静的リフトアップ，物理教育学会年会物理教育研究大会予稿集，22，114-115。

鈴木朝雄（2007）大気圧に対するイメージを深める教材と教師支援，日本理科教育学会全国大会要項，57，250。

芝原寛泰・坂東舞・大槻収（2005）大気圧を実感させる教材と授業実践，京都教育大学附属教育実践総合センター教育実践研究紀要，5，57-68。

寺門隆治（2010）水銀のかわりに水を用いたトリチェリの実験－高度によって水面の高さは変わるのか－，平成21年度理科教育講座，科学教育シンポジウム（高等学校），寺門1-寺門6，岐阜県総合教育センター。