

## 水圧学習における効果的な教材・教具の開発 — 中学1年生 理科「身近で起こる不思議な現象」 —

岐阜市立陽南中学校	川瀬 秀 樹
同	伊藤 貴 範
同	蟹江 康 弘
同	栗本 和 宏
岐阜大学	川上 紳 一

### 1. はじめに

新学習指導要領において、中学1年の第1分野「身近な物理現象」では、身近な事物・現象についての観察、実験を通して、光や音の規則性、力の性質について理解させるとともに、これらの事物・現象を日常生活や社会と関係付けて科学的にみる見方や考え方を養う」とされている（文部科学省，2008）。

「身近な物理現象」については、現行の学習指導要領においても学習内容として位置づけられているが、水圧に関する学習は含まれていない。今回の改訂では、水圧の学習が復活しており、「水圧については、例えば、ゴム膜を張った円筒を水中に沈める実験を行い、深いところほどゴム膜のへこみが大きくなることから、水圧と水の深さに関係があることをとらえさせる」とされている。

本研究では、こうした改訂を受けて、現行の学習指導要領のなかで、水圧の学習を発展的な内容として位置づけ、授業で実験を行って、水圧と深さの関係を捉えさせようと考えた。この実験を行うため、アクリル製の透明円筒とゴム膜を用いた実験器具を開発した。透明なアクリル製の円筒水槽に水を入れ、ゴム膜で栓をしたアクリル製円筒を沈めることで、水圧とともにゴム膜がへこむようすを視

覚的に観察できるようにした。

中学校の理科授業における水圧の学習は、平成元年発行の学習指導要領の中に位置づけられており、「水の圧力を調べる実験を行い、水の圧力は水面からの深さに関係があることを見いだすとともに、空気に重さがあることを調べる実験を行い、その結果を大気圧と関連付けてとらえること」とされている。気圧や水圧を測定する実験器具に関しては、高橋（1993）の研究などがある。ゴム膜を用いた簡易水圧測定器の概念については、恩藤ほか（1991）にも記述がある。本研究は、新学習指導要領における学習内容の改訂を踏まえ、透明アクリル円筒を用いて、生徒に視覚的に観察できるような装置を開発し、授業で活用して学習効果を調べたものである。

### 2. 教材・教具の開発

#### (1) 導入で用いた教材・教具

事象提示では、水の噴き出る様子の違いを示す目的で、2種類の円筒水槽を用いた教具を製作した。一つは、内径2cmの透明ホースを用いた丸底水槽で、水を1.5mの深さまで入れた。もう一方は、90リットルのポリバケツを用いた丸底水槽で、水を60cmの深さまで入れた。2種類の水槽とも底から同じ



図1. 演示実験で用いたホースとバケツを用いた丸底水槽（左）と演示実験の様子（右）.

高さの位置に同じ大きさの穴を開けてあり、栓を取り外して水が噴出す様子を観察させるものである（図1）.

## (2) 生徒実験で用いた教材・教具

生徒実験のための水圧測定器を製作した。まず、圧力センサーとして、内径5cmの透明アクリルパイプを長さ5cmに切断し、その両端に薄いゴム膜を瞬間接着剤で貼り付けた。切断したアクリルパイプの側面に直径1cm程度の穴をあけ、ガラス管を付けたゴム栓をして、空気が抜けるようにした。図2に圧力センサーを示す。

一方の面には、避妊器具（コンドーム）を、片方にはゴム手袋を貼り付けた。両面をコンドームにすると、両面とも同じ強さで張ることが容易ではないために、水中に沈めたときに変形の差がでてしまうこと、コンドームは薄いために、ある程度（30cm）まで沈めると、両面から押されてアクリルパイプ内で接触してしまうという弊害が出たために、片面で測定させようと考えた。一方を塩化ビニルやアクリル板等を用いて密封しようと試みたが、うまく接着ができず、ゴム用の瞬間接着剤を用いてコンドームよりも厚手のゴムを接着することにした。結局、生徒には「柔ら

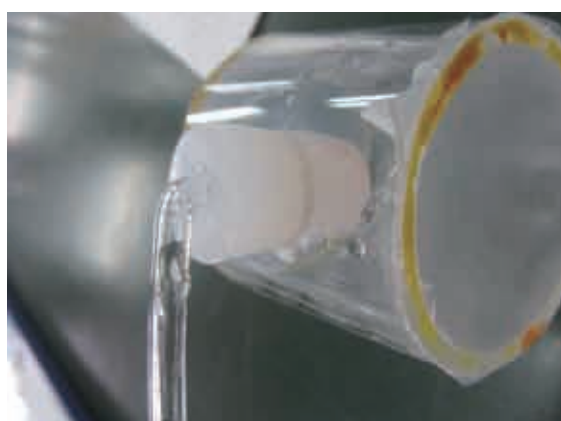


図2. 水圧センサー. (上) アクリルパイプにゴム膜を張った水圧センサー. (下) 空気抜きをするためのガラス管の取り付け部.

かい方のゴム膜」の変形の度合いを圧力センサーとして、測定させることにした。図3は、圧力センサーを水中に沈めて、ゴム膜がへこんだ様子を示す。圧力センサーに用いたアクリル円筒には目盛りがつけてあり、ゴム膜の変形の程度を定量的に調べられるように工夫してある。

次に、圧力センサーを入れる水槽を用意する必要があった。水槽にはある程度の深さ（50cm以上）が必要である。しかし水生生物の飼育用水槽を班の数だけ用意するには費用がかかる。また、水生生物の飼育用の水槽は大きく、準備や後片付けが大変である。そこで、アクリルパイプの製造・販売を行っている（株）富士精工（所在地は岐阜県岐南町）に依頼して内径10cmの透明アクリルパイプ



図3. ゴム膜の変形の様子. 水深20cmのところ、ゴム膜のへこみが3.5cmであることがわかる.



図4. 直径10cm, 長さ60cmの亚克力製水槽.

を長さ60cmごとに切断してもらい(1本約6,000円程度), その片方に亚克力板を適切な大きさに切って亚克力ボンドで接着したものを水槽として用いた. 透明なシートに目盛りを入れ, 水深がわかるようにした. 図4に亚克力製の水槽を示す.

### 3. 授業実践

授業は, 単元「身近な自然現象」における「力の性質」の学習の最後に位置づけた. 生徒はすでに大気に重さがあることや, 大気圧について学習している. 授業は, 2008年9月に実施した.

#### (1) レディネステストと授業の構想

本時導入前に, 以下のような設問でレディネステストを行った.

問) 右の図のような2つの円筒(丸い水槽)に水を満タン入れ, 同じ高さの位置に穴を開けると, どちらの方が勢いよく水は噴き出るでしょうか?

#### ①パイプの方が勢いよく出る【15名】

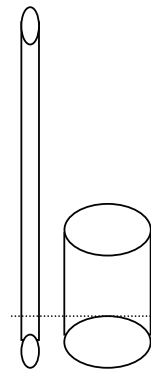
- ・水面(上)からの力が加わるから(7名)
- ・高い分, 重力が加わるから(5名)
- ・深いから(2名)
- ・何となく(3名)

#### ②水槽の方が勢いよく出る【8名】

- ・水がたくさん入っていて重そうだから(2名)
- ・空気とふれ合う面が大きいから(3名)

#### ③同じ勢いで出る【0名】

#### ④無回答【11名】



パイプ(ホース)の方が勢いよく水が噴き出るととらえている生徒(①の回答)が44%, 水槽(バケツ)の方が勢いよく水が噴き出ると誤認識している生徒(②の回答)が24%いた. 6%の生徒は, 水の深さに着目できており, 35%の生徒は, 水にも重さがあることを把握していることが分かる. しかし, 生徒の記述を見ると, 水から受ける圧力を深さとの関係でとらえている生徒は多くはなかった. 水槽の中に入った水全体の重さにとらわれていることがうかがえる.

2つの設問の結果から, 多くの生徒が, 水

圧という身近な現象について直接体験はしているものの、実際にそれが科学的に説明できるものであるとはとらえていないことが分かる。自然体験の欠如も起因していることも考えられる。そこで、本時は、水によってはたらく圧力がもつ規則性に気付かせ、自然の事物・現象を日常生活とかかわらせて科学的に考えさせていく必要があると考えた。

### (2) 授業の導入での演示実験

授業の導入では、2種類の円筒水槽を用いて水の噴き出る事象を提示し、意外性を突くことで「なぜだろう」という課題意識をもたせようと考えた。演示実験の直前において、多くの生徒は500gしか水が入らない透明ホースよりも、75kg (75,000g) も水が入っているポリバケツの方が、勢いよく水が噴き出すのではないかと予想した。図1に演示実験の様子を示す。この実験で、ホースの方が勢いよく水が飛び出すことがはっきりと示されたため、意外性を突かれた生徒たちは、事象に対する疑問が生まれ、結果的に本時の課題を絞り込むことができた。

### (3) 水深と圧力の関係を調べる実験

水槽に入った水全体の重さが、水の噴き出る勢いには関係がないことを認識し、水面からの深さに着目して「深さと圧力には関係がありそうだ」という仮説を立て、検証実験を行うことにした。

生徒は水圧測定器のゴム膜の変形をもとに、水面からの深さと水による圧力の大きさを関連付け、深くなるほど水から受ける圧力が大きくなるという規則性に着目できた。以下は、ある班のゴム膜のへこみ具合を測定したデータである。

表1. 生徒の測定データの例.

水深【cm】	0	10	20	30	40	50
ゴム膜のへこみ【めもり】	0	2	4	7	11	17

班のなかには、水深とゴム膜のへこみの関係をグラフに示し、水深が30cmまでは、両者に比例関係があることをホワイトボードに描き、交流の場面で発表した。

班によっては、水圧センサーのゴム膜のへこみ方は、センサーを入れる向きを変えても変化しないことから、圧力が向きによらず一定の値であることを確かめる実験を行っている。

こうした実験結果と、実験結果の交流をもとに、生徒は水面からの深さとゴム膜のへこみを関連付けて考察し、水深と水圧の大きさにある関係を見いだすことができた。そして、水圧は水中にある物体に加わる水の重さによって生じることを説明することができた。

## 4. 議論

本研究で開発した水圧測定器には、大きく3つの工夫が施されている。一つは、アクリルパイプの片方に変形しやすいコンドームを使用し、もう一方は変形しにくいゴム手袋を取り付けたことである。この工夫によって、コンドームのゴムの変形量を測定することで、圧力の大きさを量的に測定することができた。2つ目は、水圧センサーの側面に穴を開け、ガラス管をとりつけることで、センサー内の圧力を大気圧と一致させたことである。この工夫によって、ゴム膜の変形量は水圧と大気圧の差になって、水深と水圧の間の比例関係を示すデータを得ることができた。3つ目は、水槽として透明アクリルガラスのパイプ(径10cm)を用いたことである。このパイプの径は圧力センサーを沈めるのに必要な最小径のものである。アクリルパイプは

透明なため、外から圧力センサーのゴム膜のへこみ具合を観察できる。また深さ60cmのもので、1つ6000円で購入できるため、比較的安価に実験器具を準備することができることである。

授業実践からは、水圧と水深の関係が視覚的に理解でき、しかもそれらの比例関係を量的に示すことができた。その結果、生徒は現象にみられる規則性をしっかりと捉えることができ、本時の授業における課題に対する考察を的確に文章で表現することができた。以下に、授業の振り返りにおける生徒の記述例を示す。

水の中で受ける水圧は、水面からの深さが深くなればなるほど大きくなることが分かった。10cm沈めた時のゴム膜は2目盛り程度しかへこまなかったのに対して、50cm沈めるとゴム膜はひつつきそうぐらいへこんだことから深さと水圧の大きさの関係がわかる。

ただ水の中に沈めただけなのに、こんなにもゴム膜がへこむなんてびっくりした。50~60cmぐらいの深さであんなにへこんだのなら、深い海の底に持っていったらどうなるのか…と疑問がわきました。

同様の記述は、多くの生徒のワークシートに見られた。すなわち、本研究で開発した水圧測定器は、水圧と水深の関係を調べるうえで、適切な教材であり、身近な自然現象における力の性質に対する理解を可能にするものであることが示された。

## 5. おわりに

本研究では、新学習指導要領の内容を踏まえ、現行の学習指導要領に沿った授業のなか

で、水圧に関する学習を発展的な学習と位置づけて授業実践を行った。

生徒らに水圧と水深の関係を捉えさせるために、視覚的によくわかり、しかも両者の関係を定量的に調べることができる水圧測定器を開発した。この実験は、平成20年発行の中学校学習指導要領解説—理科編にも明記されているものであり、今後多くの中学校で水圧と水深に関する授業実践がされることになる。本研究は、その先行研究として位置づけられるものであり、今後より安価で洗練された実験器具へと改良されることを期待したい。

なお、本研究は、岐阜県教育委員会現職教員12年目研修岐阜大学研修講座「2学期から使える理科教材・指導案」(EZT081408)を川瀬が受講し、そこでの議論をもとに、陽南中学校理科部で教材・教具の研究開発を行い、指導計画を練って、授業実践したものである。研修第1日目は、2008年7月29日に、第5日目は、8月21日に岐阜大学で実施した。開発した指導案、教材・教具の授業実践による検証は、2008年9月29日に、岐阜市立陽南中学校の全校研究会で実施している。

## 引用文献

- 文部科学省 (2008) 中学校学習指導要領解説—理科編, 149p, 大日本図書.
- 恩藤知典ほか (1991) スーパー理科事典, 718p, 受験研究社.
- 高橋弘 (1993) 中学校理科の水圧と気圧に関する簡易実験装置の試作, 日本科学教育学会年会論文集, 17, 63-64.