

# 浮力の大きさが物体の体積に関係していることを実感できる観察・実験の工夫

～第1学年「身近な物理現象」浮力の学習を通して～

Improvement in experimental methods for understanding buoyancy in relation to mass and volume: A practice in the subject "familiar physical phenomena" in junior high school

藤原 玄 宜

海津市立平田中学校

川 上 紳 一

岐阜大学教育学部

Genki Fujiwara

*Hirata Junior High School, Kaizu-shi, 503-0306, Japan*

Shin-ichi Kawakami

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

## 要 旨

中学校学習指導要領解説—理科編において、「浮力については、例えば、ばねばかりにつるした物体を水中に沈めると、ばねばかりの指標が小さくなることなどから、浮力の存在に触れる」とだけあり、実際問題としてそれほど突っ込んで考察する学習内容ではないかもしれない。しかし、生徒の実態を調べると、浮力の大きさは「空気」、「形」、「質量」などで変わるといった誤概念を抱いているものが多い。この誤概念にメスを入れ、科学的な概念への変容を促す必要性を感じる。本研究では、生徒のもつ意識を大切にしながら「体験する」、「自ら課題を解決する」、「日常生活に戻る」といった視点を重視して単元指導を計画し、さらに浮力と質量、体積の関係を定量的に追究するための教具を工夫し、授業実践による生徒の浮力概念の変容を明らかにした。

【キーワード】：浮力、質量、体積、形、中学校、消しゴム粘土

## 1. はじめに

中学校学習指導要領解説—理科編において、「浮力については、例えば、ばねばかりにつるした物体を水中に沈めると、ばねばかりの指標が小さくなることなどから、浮力の存在に触れる」とある（文部科学省，2008）。浮力が、自分の体が水中でふわーと軽く感じたり、何千トンもある鉄の船が浮いたり…その原因となるおもしろい概念であるということは言うまでもない。しかし、生徒のなかには、「空気のせいで浮かぶんだ」、「浮力は深さとともに大きくなる」、「浮力の大きさは物体の形に左右される」などの誤概念を抱くものもあり、浮力に関する理解度はあまり高くない（宮澤・堀，1992；近藤・遠西，1995；村田・木村，2010）。だからこそ、この浮力の授業を大切にしたいと考えた。生徒が課題

を解決する中で、自分たちのもつ誤概念が崩れ、自然の真理に触れたとき、実感して理解できると考える。そのためには、適切の実験器具を工夫し、生徒の思考に添った単元指導が求められる。本実践では、形が自由に変えられる消しゴム粘土と、鉛の錘をつかった実験器具を工夫し、浮力の大きさを質量や体積と関係づけて追究する授業実践を行った。

中学校における浮力の授業には、作用・反作用に着目した村田・木村（2010）の実践がある。また、船木（2010）はペットボトル、発泡スチロールと木の棒を用い、浮力の大きさが水中に沈んだ物体の体積と関係があることを調べる教具を考案し、授業実践を行っている。また、浮沈子を活用した実践もある（中永ほか，1997；森井，2000）。本実践では、消しゴム粘土、鉛の

鍾とカメラケースを用いて、質量と体積に関して定量的な実験のための教材を開発して授業を行い、その効果を検証した。

## 2. 教材研究と指導計画

### (1) 生徒の実態調査

1年生の2クラスの52名に対して、水圧や浮力を体で感じたことがあるかどうか調査してみたところ生活経験のなさが浮き彫りとなった(表1)。特に水圧については多くの生徒が今まで感じたことがないようである。また、経験した場所はどれもプールであり、川や海などでの経験はほぼないことがわかった。

表1. 浮力に関するレディネステストの結果。

水圧を体験している生徒の割合 (プールの底で耳が圧迫された感じがするなど)	28%
浮力を体験している生徒の割合 (プールでなにもしていないと浮く感じがするなど)	72%

対象生徒1年生52名(欠席2名)

また、浮力を学習する前の生徒のもつ浮力の大きさが何に関係しているかの誤概念は、

- ①物体の中にある空気に関係している
- ②形で浮力の大きさが変わる
- ③質量で浮力の大きさが変わる

という3つの考え方があると仮定して、それについてレディネステストを実施した。その結果を表2に示す。非常に多くの生徒が浮力に対して誤概念を持っていることがわかった。

表2. 浮力についての生徒のイメージ。

浮力の大きさは物体中の空気に関係していると考えている生徒の割合	88%
浮力の大きさは物体の形と関係していると考えている生徒の割合	72%
浮力の大きさは、物体の質量に関係していると考えている生徒の割合	82%

対象生徒1年生52名(欠席2名)

このように、多くの生徒が浮力について誤った概念をもっていることから、浮力についての正しい理解へと導くには、単元指導のあり方と、実際に生徒が取り組む実験の内容についての検討と工夫が必要であることが浮き彫りになった。

### (2) 単元指導計画

まず、この単元の学習において実感を伴った理解が重要であると考えた。実感を伴った理解には、

- ・具体的な体験を通して形づくられる理解
- ・主体的な問題解決を通して得られる理解
- ・実際の自然や生活との関係への認識を含む理解

の3つ側面がある。したがって、生徒の意識を大切にしながら以下の3つのこと、

- ①実際に浮力を体験すること
- ②自ら課題を持ち解決すること
- ③日常生活に振り返って考えること

を基本として、浮力の学習の観察・実験の工夫を行えば、ねらいとする浮力の大きさが物体の体積と関係していることを「実感」できるのではないかと考えた(図1)。

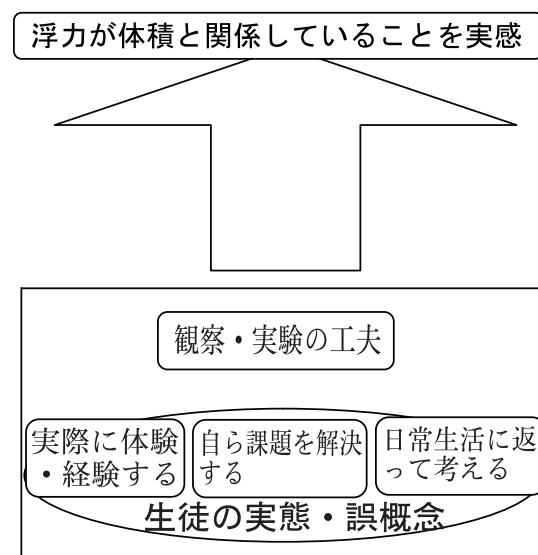


図1. 単元指導の構想図。

具体的には、

- ①生徒全員が体験できる導入(1時間)
- ②誤概念を踏まえ、生徒自ら課題を解決する実験・観察(1時間)
- ③日常生活との関連性をもたせるための終末における事象の提示(1時間)

のような指導計画を立てた。本実践では、本来ならば浮力についてはじっくり時間をかけて学習するところではないが、生徒のもつ誤概念と体験が薄い実態から考え、3時間を確保し、生

徒一人ひとりに科学的な概念への変容を実感する学びを保証しようと考えた。

### (3) 教材・教具の工夫

#### (a) 浮力の大きさに形は関係あるか

浮力の大きさが物体の形に関係があるという誤概念を崩すには、同体積で同質量でしかも形が自由に変えられる物体を水中に沈めて浮力の大きさが変わらないという事実を提示すればよい。

質量と体積を統一して、自由に形を変えられるものとしては、粘土がある。粘土を使えば、生徒が自由に形を変えて、浮力の大きそうな形や小さそうな形を作ることができる。しかし、小学校などで使われている油粘土や紙粘土、小麦粉粘土では、水に濡らすとベトベトして扱いづらいだけでなく、水中で溶けてしまうので、体積や質量が変化してしまうといった問題点がある。

こうした問題を解消するものとして今回用いたものが消しゴム粘土である。これは水に濡れても、溶けたり、ぬるぬるしたりすることはない。使用した消しゴム粘土は、クツワ株式会社製の「けしごむ粘土」という商品で、材質は、PVC・非フタル酸系可塑剤・安定剤・骨材・顔料・香料である。質量は1つにつき約20g、体積は1つにつき約14cm<sup>3</sup>であるが、すべて同じではなく、消しゴム粘土の色によって多少、質量と体積が異なっている。

一方、浮力と質量の関係を調べる実験では、フィルムケースと、重さ1gの鉛の錘を多数確保した。同体積のフィルムケースに鉛の粒（釣り用の重り1g）を増やしていった、浮力の大きさを確かめるというものである。

さらに、浮力と体積の関係については、質量を一定にしたままでフィルムケースを複数用いることで、浮力と体積の関係を調べることができるようにした。こうした実験を班ごとに行うことができるようにした。使用した鉛の球は、約2000個である。

### 3. 授業実践

#### (1) 体験を重視した導入

水圧の導入ではビニール袋に手を入れて、水中

に沈めていった。水中ではビニール袋が腕にぴたっとはりつき、水圧を実感することができた。また、浮力の導入では、レンガをゆっくり水中に沈めていった。

このときの生徒のつぶやきは以下である。

#### 【水圧の導入】

- ビニール袋が手を圧迫している。
- 全部の方向から押されている。
- すごい。初めて体験した。

#### 【浮力の導入】

- だんだん軽くなっていくな。
- 水中では、全然重さが違う。

水圧や浮力に関して、生徒に体験させることで、授業でキーワードとなる言葉がたくさん出てきた。授業して分かったことだが、浮力について、体が浮く感じは経験したことがある生徒は多いが、物体が水中で軽くなるという経験は少なかったようである。

#### (2) 生徒の持つ誤概念を生かした導入

浮力の大きさが質量や体積と関係しているかを追究する授業の導入では、生徒の持つ誤概念として最も多かった空気が浮力に関係ないことを演示して確かめた。同体積、同質量、同じ形の2つのフィルムケースとなるように、1つには鉛を入れ空気が入るように、もう片方には空気が入らないように粘土を詰め込んだ（図2）。この2つのフィルムケースを水に沈めて、浮力の大きさが変わらないという事実を示し、浮力の大きさが物体の何によって決まるのかを追究したいという意欲をもたせた。そして、浮力と形の関係について、まず追究させた。



図2. 空気が関係しないことを実証するための実験。一方には鉛の錘、他方には粘土を隙間なく入れて、質量を同じにした。

(3) 浮力の大きさと物体の形

授業では、袋に入っている消しゴム粘土1つでは、体積も質量も小さいため、ニュートンばかりでの測定が難しい。したがって消しゴム粘土を2個使って実験に取り組みさせた。生徒自身が、好きな形を作り、浮力の大きさを確かめた。生徒が作った形は、三角形、球、直方体、立方体、人型、星形、円柱、円錐、キノコ型、薄くのばした円盤や四角形など、多様であった(図3)。どんな形を作っても浮力の大きさが変わらないことから、浮力の大きさに物体の形は関係ないと結論づけることができた。



(体積、質量は変えない)条件統一			
形	空気中(N)	水中(N)	浮力(N)
三角形	0.36	0.12	0.24
半月形	0.32	0.14	0.24
薄い円盤	0.38	0.15	0.23
棒	0.37	0.14	0.23
キノコ型	0.32	0.14	0.24

変わらない

実験2 (体積、質量は変えない)条件統一			
質量	空気中(N)	水中(N)	浮力(N)
0.6	0.22	0.38	0.38N
0.7	0.32	0.38	0.38
0.8	0.41	0.39	0.39
0.9	0.52	0.22	0.22

変わらない

図3. 実験に使用した消しゴム粘土の形と、生徒が記録した実験結果の例。

(4) 浮力の大きさと質量

同じ体積であれば、どれだけ質量が増えても浮力の大きさが変わらないかどうかを調べるために、フィルムケースと、重さ1gの鉛の球を多数用意した(図4)。生徒はフィルムケースに入れる鉛の球の数を徐々に増やしていき、浮力の大きさを測定した。この実験によって、浮力の大きさはフィルムケースの質量とは関係しな

いことが明らかになった。



図4. 鉛の数で質量を変化させる。

(5) 浮力の大きさと体積の関係

(4)の実験では、一つのフィルムケースで実験を行った。本実験では、フィルムケースに入れる鉛の数を一定にし、複数のフィルムケースをまとめて一つの物体にし、水中に沈める実験を行った(図5)。このときだけ、浮力の大きさに変化が見られ、水中にある物体の体積が大きいほど浮力は大きいと結論づけることができた。また、3分の1程度の生徒は、グラフを作成し、浮力の大きさが体積に比例することまで考察することができた。



結果	140g		
↓体積	空気中(N)	水中(N)	浮力(N)
40cm <sup>3</sup>	1.4	1	0.4
80cm <sup>3</sup>	1.4	0.6	0.8
120cm <sup>3</sup>	1.4	0.2	1.2

考察

体積が40 → 80 → 120と大きくなるにつれて、浮力が0.4 → 0.8 → 1.2と大きくなる。これは、体積が増えるほど浮力が増えることを示している。

結論: 体積 → 浮力

図5. 浮力と体積の関係を調べる実験で使用したフィルムケースと、実験結果をグラフ化した生徒のノートの記述例。

#### (6) 生活とつなげる終末における授業展開

この授業では、船がなぜ浮くのか考えさせた。使用したのは、プラスチック粘土である。そのままでは、沈んでしまう粘土も、船の形をつくることで浮かばせることができる。それは、なぜかと問うと、浮力の大きさは空気が原因ではないと分かっているため、浮かぶ理由が、体積であるということに多くの生徒が納得できていた。

### 4. 議論

#### (1) 浮力の大きさと物体の形、体積、質量の関係

浮力の大きさは、水中に沈んだ物体の体積、すなわち押しよけた水の量によって決まる。これはアルキメデスの法則であるが、多くの生徒にとってこの事実に関する認識は弱い。本実践では、消しゴム粘土を用いた実験で、浮力の大きさが物体の形に依存しないことをはっきりと示すことができた。続いて、フィルムケースを用いた実験で、体積が一定であれば、質量には依存しないこと、質量を一定にした場合は、体積に比例することについてもはっきりと示すことができた。生徒たちは、こうした自分たちの実験で証明された事実を根拠に、浮力の科学的な概念を構築することができていた。

生徒の授業ノートの振り返りを以下に示す。

#### 【水圧の学習を終えて】

- プールなどで、水の中に入っても水圧はあまり感じることはなかったけど、ビニル袋の上から水に入ってみると、水に押されているのがすごく感じられ驚きました。

#### 【浮力の導入を終えて】

- はじめにレンガを持って、水の中へ手を入れると深いところほど軽く感じて、だから浮力は、水の中の深いところほど大きいと思っていたけど、実験をして、水面につかるまでの「空気中」→「半分」→「浅い」で変化して、水中に入ってからは変化がなかったの**でびっくりしました。**

#### 【形と質量が関係しているかを終えて】

- 私は、物体の形が変わると水圧の加わる面とかが変わって、浮力の大きさに変化があるだ

ろうと思ったけど、形や質量では、浮力の大きさは変わらず、関係していないと分かりました。

#### 【体積が関係しているかを終えて】

- 実験をする時には、条件統一をして実験していく。浮力の大きさは、体積が大きくなるほど大きくなることが分かった。
- はじめは、浮力の大きさを変えるには、空気が入っていることだと思っていたけれど、体積で変わるのはとてもびっくりした。
- 船や浮き輪が、物体の中に空気を入れ、体積を増やすことで、よく浮くの**だと分かりました。**

本実践を通じて、生徒の多くが科学的な事実を学び取ったときの感動や驚きを味わったことが読み取れる。

#### (2) 科学的な概念の習得について

生徒の浮力に関する概念の変容を明らかにする目的で、授業前に行ったレディネステストと同様の内容で、アンケート調査を行った。その結果を表3に示す。

表3. 授業後のアンケート調査.

	ある	ない
浮力の大きさは物体の中にある空気の量に関係があると考えている生徒の割合	2%	98%
浮力の大きさは物体の形に関係があると考えている生徒の割合	2%	98%
浮力の大きさは物体の質量に関係があると考えている生徒の割合	4%	96%
浮力の大きさは物体の体積に関係があると考えている生徒の割合	100%	0%

対象生徒 1年生52名 (欠席1名)

この結果をみると、本実践で成果があったことがより明らかになった。こうした変容は、体験や実験・観察を通じた主体的な学びを実現する単元指導の立案やそれを保証する教材・教具の研究開発の重要性を示すものである。

## 5. おわりに

浮力に関する概念は、誤解を生みやすいものであり、簡単に触れる程度の授業では、生徒の素朴概念を打ち砕き、科学的な概念獲得へと導くことは困難である。本研究では、生徒の先行概念を調査し、それを打ち砕きつつ、科学的な事実を獲得できるような追究ができるよう、授業時間を3時間として、浮力と物体の形、体積、質量の関係について、確かな事実が得られるような実験方法を考案し、授業実践を行った。その結果、理科授業において大切な驚きや感動を伴う授業を行うことができた。

**謝辞.** 本研究は、岐阜県総合教育センターの「理科教育講座」における研修プログラムとして、教材研究や指導案の検討を行い、その成果を踏まえて授業実践したものである。ご指導いただいた岐阜県総合教育センターの細江敦先生、長谷川広和先生、ならび西濃教育事務所指導主事の奥田悟先生に、深謝する。

## 引用文献

- 船木祐太郎（2010）中学校理科における科学概念の獲得を目指した授業実践 - コンセプトマップ（概念地図法）を活用した分析 -, 奈良教育大学教職大学院研究紀要「学校教育実践研究」, 2, 21-30.
- 近藤清和・遠西昭壽（1995）浮力概念におけるミスコンセプトと状況依存性, 日本理科教育学会全国大会要項, 45, 66.
- 宮澤研・堀哲夫（1992）科学的概念の形成と理解：浮力概念の形成と教科書の内容について, 日本理科教育学会全国大会要項, 42, 204-205.
- 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.
- 村田光宏・木村和孝（2010）小学校・中学校における「力」についての学習 - 実験を通じた浮力の学習 -, 日本理科教育学会全国大会要項, 60, 261.
- 森井清博（2000）浮力の授業の効果的な展開について, 物理教育, 48, 145-146.
- 中永康裕・泉伸一・住友弘子（1998）浮沈子の小学校における教材化, 日本理科教育学会全国大会要項, 47, 90.