

金属でできた船が浮くことを教えるための教材開発

A Study of the Teaching Materials for Learning the Concept of Buoyancy

佐藤 博* 笠原 稔一** 山主公彦***
SATO Hiroshi KASAHARA Toshikazu YAMANUSHI Kimihiko

要約：本研究では、なぜ金属でできた船が浮かぶのかを考えさせ、金属板を鍛造して形の効果で浮力を得て浮くことを教えるために、どのような授業を展開したらよいか検討し、実験授業を行った。その結果、金属の加工法に興味をおこさせ、浮力の概念と金属加工することにより空間をつくる（浮力を大きくする）ことで、金属でできた船が浮くことを教え、授業実践を行い、有効な方法であることを示した。

キーワード：体積 重さ 密度 浮力 技術科 理科

I はじめに

最近の技術の発達、身の周りの生活の向上や産業などに多くの変化をもたらしてきた。伝統的な製品などの緻密な加工や仕上げにもものづくりの技術が使われている。しかし、科学的な考え方が身の回りの生活に使われていることや、当たり前のように使っている身の回りの道具や機械などの加工品がどんな方法で加工され、身の回りに存在しているのか知っている生徒は少ない。浮力について学ぶことは、科学的な考え方が自身の経験や身近な生活のなかで活かされていることについて学ぶよい題材になると考えた。重さ・体積・密度・浮力¹⁾⁻¹⁶⁾について、小学生、中学生、大学生がこれらについてどのように理解しているか調査を行い、検討した¹⁷⁾。その結果、重さ・体積については、小学生の段階で学習することから全体的に正答率が高かった。密度・浮力については学習する前の小学生や中学生の正答率は低く、学習した学年から正答が多くなっていくという結果になった。浮力の考え方を学習することに加え、鍛造を実際に体験させることで、工夫して制作することの喜びや金属を加工することの難しさを実感できると考えた。

本研究では、なぜ金属でできた船が浮くのかを考えさせ、実際に金属板を鍛造して形の効果で浮力を得て浮くことを教え、どのような授業を展開したらよいか検討し、実験授業を行った。

II 実験授業

浮力について物理で教えている浮力の式は用いず、実験により浮力は重さでなく体積に比例していることを教えた。学習の目標は、「金属をどのようにしたら浮かすことができるのか」である。実験授業は甲府市内のF中学校の第1学年男女38名について、平成25年10月に行った。授業は2時間を設定した。指導計画を表1に示す。エネルギー変換に関する技術20時間の中で、単元の目標として「金属を浮かすための加工法を知ろう」の授業を行った。表2に授業展開を示す。

浮力とはどんなものかについて、1枚のお皿の浮き沈みについて扱った。最初に、木、アルミニウム、白いプラスチック、透明のプラスチックをそれぞれ水の中に入れて浮くか沈むか予想をワークシートに記入した。その後、実際にそれらを水の中に入れてどうなるか確かめた。木と白いプラ

* 科学文化教育講座 ** 技術教育講座 学生 *** 附属中学校

表1 指導計画

1. エネルギーの利用の仕方を考えよう…………… 1時間 (1) エネルギーを変換して利用しよう
2. エネルギー変換のしくみを調べよう…………… 3時間 (1) 自然界のエネルギーを利用するには (2) 電気エネルギーを光や熱に変えるには (3) 電気エネルギーを動力に変えるには
3. エネルギー変換を利用したものを製作しよう…………… 12時間 (1) 交流電源を利用するには (2) 全体の形や作り方をまとめよう (3) 製作の準備 (4) 製作
4. エネルギー変換の技術を知ろう…………… 4時間 (1) エネルギーを変換する技術の変遷を知ろう (2) 身の回りの電源の種類と特徴を知る (3) 電気エネルギーの変換のしくみを知ろう (4) 金属を浮かすための加工法を知ろう…………… (本時)
合計 20時間

スティックは水に浮き、アルミニウムと透明のプラスチックは水に沈む。そこで、水に沈んだアルミニウムと透明のプラスチックを水面に浮かせるにはどうしたらよいか考えた。身近な経験から、浮き輪を使うことを伝え、浮き輪に見立てたペットボトルにアルミニウムと透明のプラスチックをのせて実際に水に浮く様子を見せた。そして、空間（空気）が浮く力になっていることを伝えた。次に、2枚の全く同じお皿を用意し、1枚を水に浮かせ、もう1枚を水に沈ませた。この2枚のお皿の様子を比較させ、同じお皿でもどうして片方は沈み、もう片方は浮いているのかを考えさせ、空間（空気）があることが浮くこととつながるのではないかと問うてみた。沈んでいるお皿と浮いているお皿の様子を写真1に示す。同じお皿にラップをして空間をつくったお皿を使って水中に沈めても浮かんでくる様子から、空間（空気）が浮く力になっていることを確認した。浮力とは水中にあるものにはたらく上向きの力であり、水中にあるものの体積分の大きさによるものであること、体積が大きくなれば、浮力も大きくなることを伝えた。沈むお皿と浮くお皿についての説明を図1に示す。この図を用いてお皿が沈む場合と浮く場合の説明をした。沈んでいるお皿において、お皿に働く浮力の大きさは、お皿自体の体積分の大きさであり、お皿の重さの方が、お皿にはたらく浮

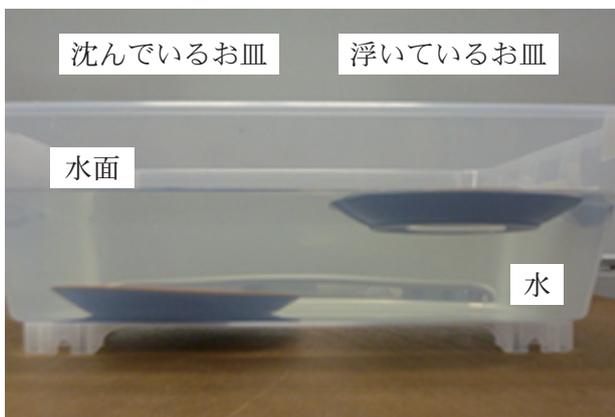


写真1 沈んでいるお皿と浮いているお皿の様子

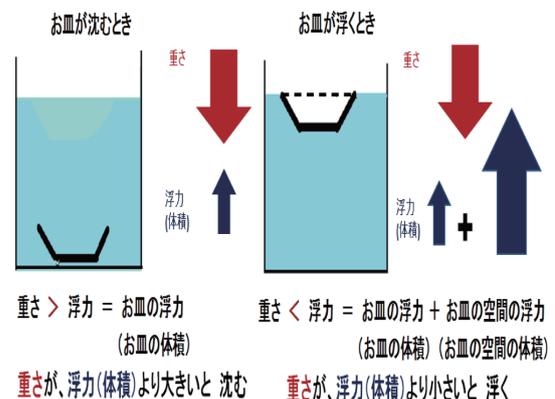


図1 沈むお皿と浮くお皿についての説明図

表2 授業展開

時間	生徒の活動	指導上の留意点
導入 (25)	<ul style="list-style-type: none"> ・木、アルミニウム、プラスチック（白）、プラスチック（透明）を水に入れるとどうなるかワークシートに記入する ・沈んだものを水に浮かせるにはどうすればよいか考え発表する ・一枚のお皿が浮いたり沈んだりする様子を見る ・浮力について知る ・お皿が沈んだときと浮いたときについてどんな浮力がはたらいているのか知る ・浮力についての問題を解く 	<ul style="list-style-type: none"> ・生徒に実際に水の中に入れてもらう ・ペットボトルにのせて浮かせる ・実際に水に入れて見せる ・浮いているお皿と同じ沈んでいるお皿を並べて見せる ・ラップをした皿を使って空間が浮く力になっていることに気づかせる ・パワーポイントで説明する ・パワーポイントで説明、解説する
展開 (55) 10	<ul style="list-style-type: none"> ・アルミニウムの板を水に浮かせるにはどうしたらよいか考える ・鍛造について知る ・鍛造している映像を見る 	<ul style="list-style-type: none"> アルミニウムの板を実際に水の中に入れて沈むことを確認する ・浮力を大きくするために空間をつくることを確認する ・表面張力によって浮くのは浮力ではないことを説明する ・ワークシートに記入させる
5	<ul style="list-style-type: none"> ・鍛造する 	<ul style="list-style-type: none"> ・班ごと丸型と四角型の型に分けさせる ・げんのうの使い方やアルミニウムの板の押さえ方の説明をする
5	<ul style="list-style-type: none"> ・水に浮くか確認する ・浮かばない生徒はさらにどうすればよいか班で話し合う 	<ul style="list-style-type: none"> ・班の中で浮く人と浮かない人の物を比較させる ・空間の体積を大きくすることを伝える
15	<ul style="list-style-type: none"> ・鍛造する 	
20	<ul style="list-style-type: none"> ・メスシリンダーを用いて鍛造した形の空間の体積を測り、ワークシートに記入する ・鍛造した物に一円玉をのせていく ・体積と一円玉の数について気づいたことを発表する 	<ul style="list-style-type: none"> ・水のすくい方、紙コップを使ってメスシリンダーへ水を注ぐことを説明する ・全員で一個ずつ数を数えてのせていく ・何個までのせられたかワークシートに記入させる ・空間の体積と載せられる重さは比例していることを知る
まとめ (20)	<ul style="list-style-type: none"> ・授業のまとめ ・浮力、鍛造について ・事後テスト 	<ul style="list-style-type: none"> ・船の写真を見せる

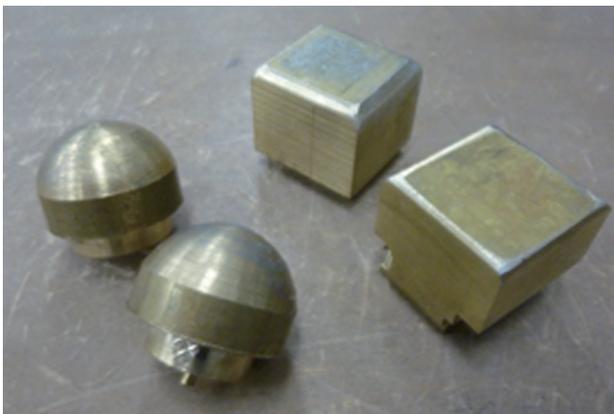


写真2 鍛造に使用した金型



写真3 生徒が鍛造する様子

力よりも大きくなるので沈むことを説明した。浮いているお皿において、お皿にはたらく浮力の大きさは、お皿自体の体積分の大きさとお皿の空間の体積分の大きさの和であり、お皿の重さの方がお皿にはたらく浮力よりも小さくなっているため浮くことを説明した。直径5 cm、厚さ1 mmのアルミニウム板を水の中に入れて、沈むことを確認した。アルミニウム板を水に浮かせるには、空間をつくる（浮力を大きくする）必要があることを説明した。アルミニウム板に空間をつくるために「鍛造」することを伝え、鍛造について説明した。鍛造とは金属をたたいて形にすることであり、鍋などをつくるときに使われていることを伝え、鍋を鍛造で作るビデオ映像を見せた。その後、鍛造に用いるげんのうの使い方を説明し、鍛造で一人一枚のアルミニウム板を水に浮く形に変形する時間を設けた。机に固定した万力に写真2に示すような金型をはさみ、その型にアルミニウムの板をあてて、げんのうでたたいて鍛造した。金型は生徒が自由に選択できるようにした。生徒が鍛造する様子を写真3に示す。水に浮く形にアルミニウム板を鍛造により変形した後、鍛造後のアルミニウム板の空間に水を入れ、その水をメスシリンダーに入れて、空間の体積の大きさを測定した。値をワークシートに記入して、アルミニウム板の重さがアルミニウム板自体の体積（アルミニウム板自体にはたらく浮力）とアルミニウムの板の空間の体積（アルミニウムの板の空間にはたらく浮力）の和より小さくなっていることを確認した。鍛造する前後のアルミニウム板を写真4に示す。鍛造したアルミ板に1円玉を載せていき、何枚載せることができるかというゲームを行った。載せられた1円玉の枚数をワークシートに記入し、鍛造したアルミニウム板の空間の体積が大きいほど、たくさん1円玉を載せることができ、浮力が大きくなっていることを確認した。金属でできたタンカー船の写真を見せ、タンカー船などの金属でできた重い船でも、水に沈む部分の空間の体積を大きくして多くの浮力を得て水に浮いていることを説明した。



写真4 鍛造前（左）と鍛造後（右）のアルミニウム板

III 結果及び考察

調査問題を表3に示す。調査問題は事前が7題、事後が問題8～9を加えた9題からなる。問題AからDは浮力の意味と沈む物体の空気中での重さと水中での重さを比べて浮力を考えることについて、問題Eはお皿を水の上に浮かせる条件について、問題Fは鉄の板を浮かせることについて、問題Gは金属付加鍋の加工法について、問題Hは、授業を通して一番興味があったこと、問題Gは授業の中で理解しにくかったことをそれぞれ記述する問題であった。

3-1 問題Aの回答結果

問題Aは同じ重さのおもりで体積が異なる物体の浮力についての問題で、回答結果を図2に示す。上段が事前調査、下段が事後調査結果となっている。事前で正答である「C→B→A」と回答したものは18%、「A→B→C」が58%、「A、B、Cとも同じ」が24%あった。事後で正答である「C→B→A」と回答したものは97%あり、「A→B→C」が3%あった。

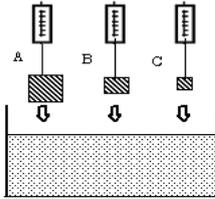
表3 事前・事後調査調査問題

事後調査問題

事前調査問題

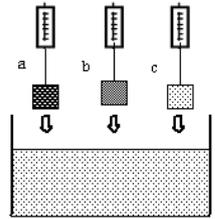
年 組 番 名 前 _____

A 同じ重さのA、B、Cのおもりがある。(重さ $A=B=C$)
 体積はBがAの半分、CはAの4分の1である。(体積 $A>B>C$)
 これを図のように水の中に入れて重さを測ると、A、B、Cの重さはどのようになりますか。
 はかりが示す重さを重い順に並べてください。同じになると思うものは同じ()内を書いてください。



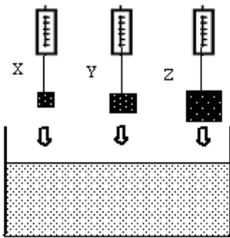
(重い) () () (軽い)

B 同じ体積のa、b、cのおもりがある。(体積 $a=b=c$)
 重さはbがaの半分、cはaの4分の1である。(重さ $a>b>c$)
 これを図のように水の中に入れて重さを測ると、a、b、cの重さはどのようになりますか。
 はかりが示す重さを重い順に並べてください。同じになると思うものは同じ()内を書いてください。



(重い) () () (軽い)

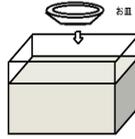
C 同じ材質のX、Y、Zがある。
 YはXの2倍の重さで2倍の体積、ZはXの4倍の重さで4倍の体積である。(重さ・体積 $X<Y<Z$)
 これを図のように水の中に入れて重さを測ると、X、Y、Zの重さはどのようになりますか。はかりが示す重さを重い順に並べてください。同じになると思うものは同じ()内を書いてください。



(重い) () () (軽い)

D 水の中に沈めたピンポン球を、静かにはなすと、勢よく水から飛び出ます。
 これはピンポン玉に()向きの力がたらくからである。
 この力を()という。

E お皿を水の上に浮かせたいと思います。どのような条件のときに浮くでしょうか。
 お皿の空間の体積は、お皿の空間に入る水の量とする。
 あてはまると思う番号1つに○をつけてください。



- ①お皿の重さが、お皿の空間の体積とお皿の体積より大きいとき
- ②お皿の重さが、お皿の空間の体積とお皿の体積より小さいとき
- ③お皿の重さが、お皿の体積より大きいとき
- ④お皿の重さが、お皿の体積より小さいとき
- ⑤お皿の重さが、お皿の空間の体積より大きいとき
- ⑥お皿の重さが、お皿の空間の体積より小さいとき
- ⑦どのようにしても必ず沈む
- ⑧どのようにしても必ず浮く

F 鉄の板があります。これは水に入れると沈みます。では、どうしたら水面上に浮かせることができますか。
 その方法を図を用いて具体的に説明してください。

G 図のような鉄の鍋は主にどのような加工方法で製造されたと思いますか。
 あてはまると思う番号1つに○をつけてください。



- ① 鋳造 溶かした金属を型に流し込んで固めて形にすること
- ② 鍛造 金属をたたいて形にすること
- ③ 切削加工 金属を切ったり削ったりして形をつくること
- ④ プレス加工 工具に金属を挟んで力を加え、工具の形に変形させること
- ⑤ 圧延加工 金属を薄く伸ばして形をつくること
- ⑥ 押し出し加工 型枠に金属を当てて押し出して形をつくること
- ⑦ 引き抜き加工 型枠に金属を当てて引き抜いて形をつくること

H 授業を通して一番興味があったところはどこでしょうか。

I 授業の中で理解しにくかったところはどこですか。

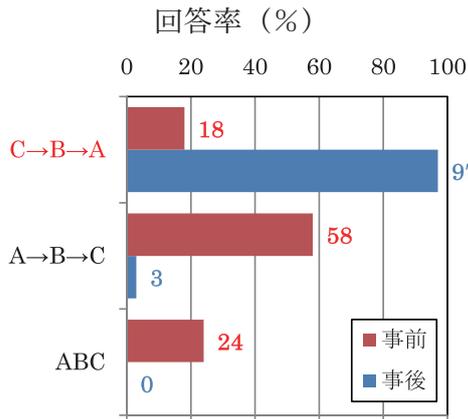


図2 問題Aの回答結果

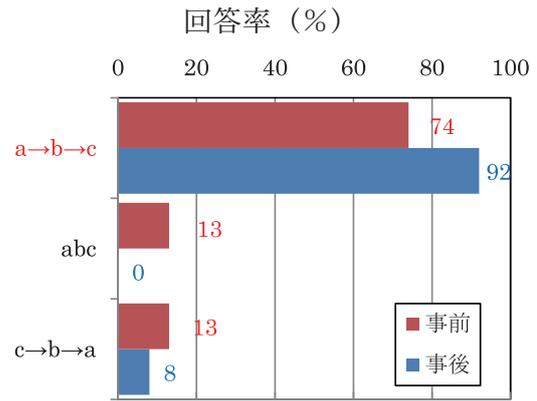


図3 問題Bの回答結果

3-2 問題Bの回答結果

問題Bは同じ体積のおもりで重さが異なる物体の浮力についての問題で、回答結果を図3に示す。上段が事前調査、下段が事後調査結果となっている。事前で正答である「 $a \rightarrow b \rightarrow c$ 」と回答したものは74%、「a、b、cとも同じ」が13%、「 $c \rightarrow b \rightarrow a$ 」が13%あった。事後で正答である「 $a \rightarrow b \rightarrow c$ 」と回答したものは92%あり、「 $c \rightarrow b \rightarrow a$ 」が8%あった。

3-3 問題Cの回答結果

問題Cは同じ材質のおもりで体積が異なる物体の浮力についての問題で、回答結果を図4に示す。上段が事前調査、下段が事後調査結果となっている。事前で正答である「 $Z \rightarrow Y \rightarrow X$ 」と回答したものは70%、「X、Y、Zとも同じ」が15%、「 $X \rightarrow Y \rightarrow Z$ 」が5%、「 $Y \rightarrow X \rightarrow Z$ 」が5%、「Y、Zが同じ→X」が5%あった。事後で正答である「 $Z \rightarrow Y \rightarrow X$ 」と回答したものは89%あり、「 $X \rightarrow Y \rightarrow Z$ 」が5%、「 $Y \rightarrow X \rightarrow Z$ 」が3%あった。

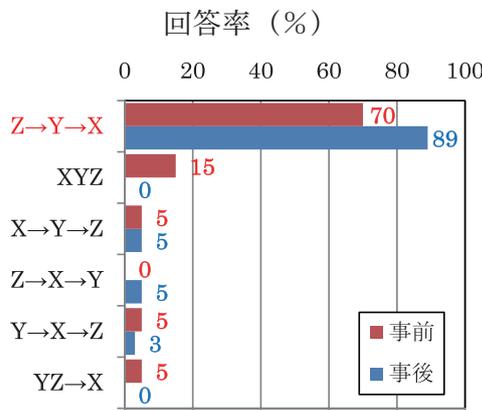


図4 問題Cの回答結果

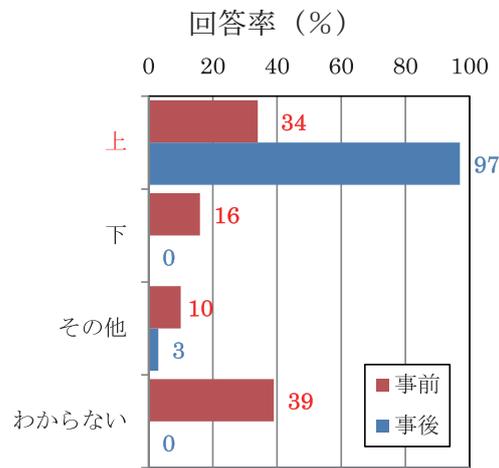


図5 問題D (a)の回答結果

3-4 問題Dの回答結果

問題Dは浮力の定義についての問題で、回答結果を前半の回答結果を図5に、後半の回答結果を図6に示す。上段が事前調査、下段が事後調査結果となっている。図5において、事前で正答である「上」と回答したものは34%、「下」が16%、「その他」が10%、「わからない」が最も多く39%あった。その他として、「浮く」、「水」などがあつた。事後で正答である「上」と回答したものは97%あり、「その他」が3%あつた。図6において、事前で正答である「浮力」と回答したものは39%、「重力」が11%、「その他」が17%、「わからない」が34%あつた。その他として、「上力」、「圧力」などがあつた。事後で正答である「浮力」と回答したものは100%で、すべてのものが正答した。

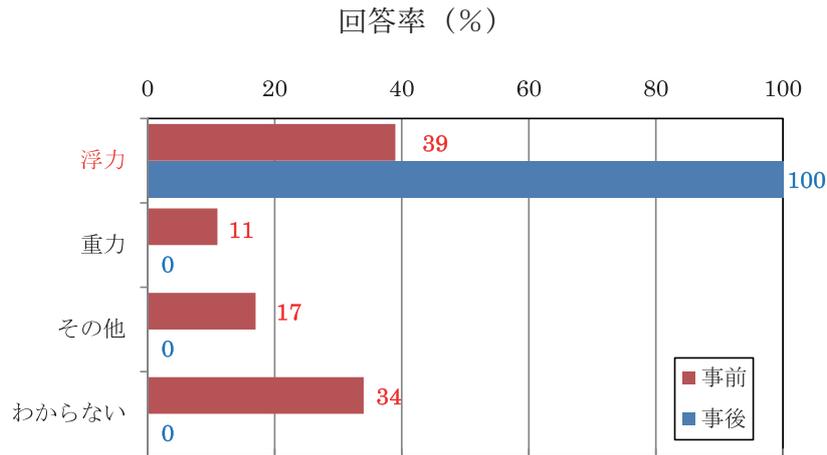


図6 問題D (b) の回答結果

3-5 問題Eの回答結果

問題Eはお皿が浮くための条件についての問題で、回答結果を図7に示す。上段が事前調査、下段が事後調査結果となっている。事前で正答である「②お皿の重さが、お皿の空間の体積とお皿の体積より小さいとき」と回答したものは21%、「④お皿の重さが、お皿の体積より小さいとき」が29%と最も多く、「⑥お皿の重さが、お皿の空間の体積より小さいとき」が21%、「⑤お皿の重さが、お皿の空間の体積より大きいとき」が16%、「⑦どのようにしても必ず沈む」が11%、「①お皿の重さが、お皿の空間の体積とお皿の体積より大きいとき」と回答したものは3%あった。事後で正答である「②お皿の重さが、お皿の空間の体積とお皿の体積より小さいとき」と回答したものは82%あり、「④お皿の重さが、お皿の体積より小さいとき」が3%、「⑥お皿の重さが、お皿の空間の体積より小さいとき」が13%、「①お皿の重さが、お皿の空間の体積とお皿の体積より大きいとき」と回答したものは3%あった。

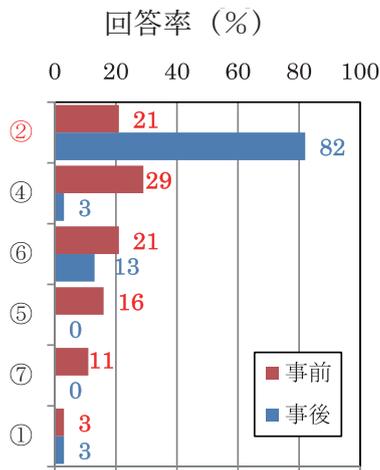


図7 問題Eの回答結果

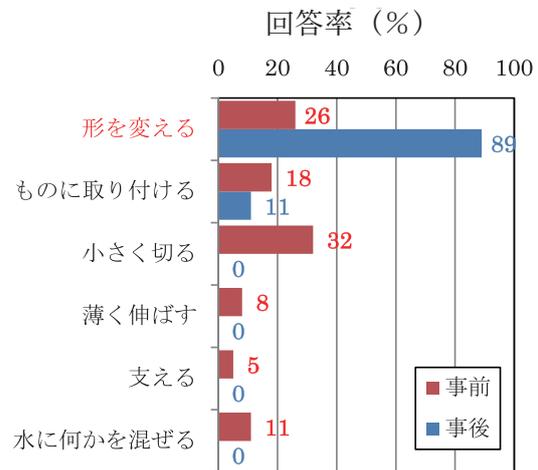


図8 問題Fの回答結果

3-6 問題Fの回答結果

問題Fは鉄の板を水面上に浮かせる方法についての問題で、回答結果を図8に示す。上段が事前調査、下段が事後調査結果となっている。事前で正答である「形を変える」と回答したものは26%、「小さくきる」が32%、「ものに取り付ける」が18%、「薄く伸ばす」が8%、「支える」が5%、「その他」が11%あった。事後で正答である「形を変える」と回答したものは89%あり、「小さく切る」が0%、「ものに取り付ける」が11%あった。

3-7 問題Gの回答結果

問題Gは鉄の鍋の加工法についての問題で、回答結果を図9に示す。上段が事前調査、下段が事後調査結果となっている。事前で正答である「②鍛造加工」と回答したものは39%、「⑤圧延加工」が18%、「④プレス加工」が16%、「⑥押し出し加工」が11%、「①鋳造」が8%、「③切削加工」が3%あった。事後で正答である「②鍛造加工」と回答したものは100%あり、すべてが正答した。

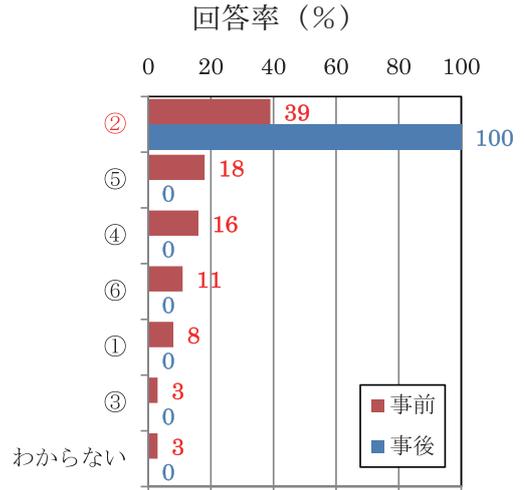


図9 問題Gの回答結果

3-8 問題Hの回答結果

問題Hは授業の興味があつたことについて問う問題で、回答結果を図10に示す。「工夫して鍛造をしたこと」と回答したものは50%、「鍛造の映像」が13%、「浮力が身の回りに使われていること」が26%、「形に違いができること」が11%あった。かなり興味を示していたことがわかった。

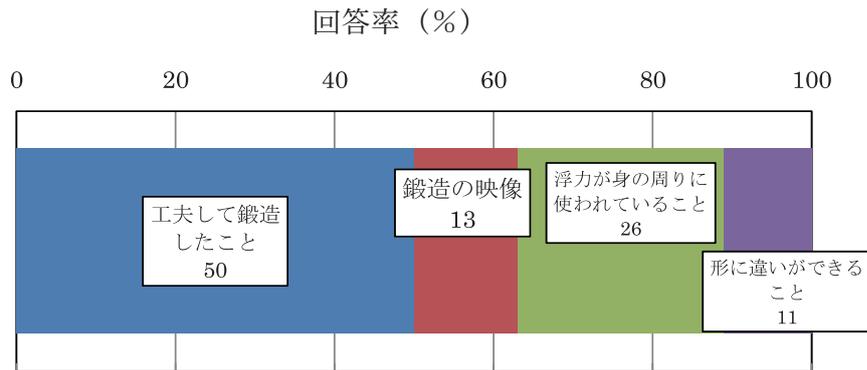


図10 問題Hの回答結果

3-9 問題Iの回答結果

問題Iは理解しにくかったことについて問う問題で、回答結果を図11に示す。「特になし」と回答したものは79%、「浮力についての説明」が7%、「テスト問題」が7%、「その他」が7%あった。授業として問題がないことがわかった。

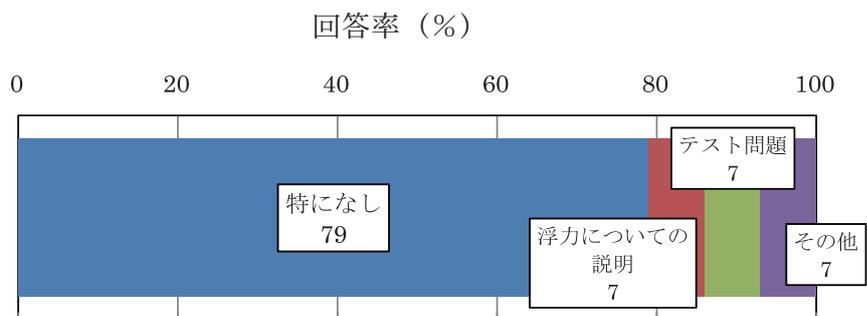


図11 問題Iの回答結果

IV おわりに

本研究では、なぜ金属のできた船が浮くのかを考えさせ、実際に金属板を鍛造して形の効果で浮力を得て浮くことを教えるために、どのような授業を展開したらよいか検討し、実験授業を行った。その結果、金属加工法に興味をおこさせ、浮力の概念と金属加工することにより、空間をつくる（浮力を大きくする）ことで金属のできた船が浮くことを教え、授業実践を行い、有効な方法であることを示した。

文献

- 1) 江川多喜雄, 「物体の体積と重さ」, 理科教室, 2009, pp. 56-59.
- 2) 米沢剛至, 「密度の授業(中1)」, 理科教室, 2008, pp. 50-53.
- 3) 稲垣成哲, 上野智之, 住友弘子, 「浮力に関する素朴概念: 学習者における物体の形状に関わる素朴理論の構成と学校的な問題を解くことの関連」, 日本理科教育学会, 1998, pp. 205-215.
- 4) 小佐野正樹, 「教科書の「重さ」学習と「ものの重さ」」, 理科教室, 2011, pp. 8-15.
- 5) 横田美江子, 「小学校3年 物の重さ」, 理科教室, 2011, pp. 34-39.
- 6) 小幡 勝, 「こうしてみよう小学校3年の物の重さの学習」, 理科教室, 2011, pp. 16-21.
- 7) 堀 雅敏, 「物の重さ(小3)」, 理科教室, 2011, pp. 22-27.
- 8) 東京書籍, 新しい理科3, 2012, pp. 118-127.
- 9) 大日本図書 楽しい理科3年, 2012, pp. 96-105.
- 10) 林 義人, 「物の体積(4年)」, 理科教室, 2011, pp. 40-45.
- 11) 池田和夫, 「物の体積(小4)」, 理科教室, 2008, pp. 52-57.
- 12) 東京書籍 新しい算数5上, 2012, pp. 23.
- 13) 条川祥一, 「中学1年は「重さ」の学習から」, 理科教室, 2010, pp. 34-37.
- 14) 東京書籍, 新しい科学1年, 2012, pp. 72-73, pp. 174-177.
- 15) 大日本図書 理科の世界1年, 2012, pp. 80-85, pp. 185-187.
- 16) 堀 哲夫, 宮澤 研, 「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構成について」, 日本理科教育学会研究紀要, 1994, pp. 1-9.
- 17) 佐藤 博, 笠原稔一, 山主公彦, 「重さ・体積・密度・浮力の概念についての調査-小学生・中学生・大学生を対象にして-」, 教育実践学研究, 2014, pp. 121-128.