

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—

On the Understanding the Concept of Wight, Volume, Density and Buoyancy
—A Case of Students of Elementary School, Junior High School and Faculty of Engineering—

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

要約：本研究では、重さ・体積・密度・浮力について小学生、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。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。

キーワード：体積 重さ 密度 浮力 技術科 理科

I はじめに

重さ・体積については小学校3年の理科で、密度・浮力については中学校1年の理科で内容を取り扱っている¹⁾⁻¹⁶⁾。同じ素材であれば、形が変わっても重さは変わらない。すなわち、粘土やアルミニウム箔などを広げたり丸めたりして、形を変えたときの重さを調べても変わらない。また、同じ素材であれば、形を変えても体積は変わらない。すなわち、同じ粘土であればどんな形にしても体積は変化しない。江川は、小学校4年生の理科の授業で、物の重さは出入りが無い限り変わらないことを教えるために、アルミ箔や粘土の形を変えたときの重さや、袋入りのせんべいの割る前と割った後のもの、ひとかけら取り出したものの重さを調べる活動を行う授業を実践した⁽¹⁾。さらに、物の変形しても体積は変わらないことを教えるために、水の入ったメスシリンダーに石、ビー玉、消しゴム、木片を入れ、上がった分の水位がその物の体積であることを利用し、物を水の入ったメスシリンダーに置いて体積を調べる活動や、板なまりの形を変えたときの体積を比べる活動を行う授業を実践した⁽¹⁾。密度は、物質の単位体積当たりの質量のことである。1 cm³ 当たりの質量で、密度 [g/cm³] = (物質の質量 [g]) ÷ (物質の体積 [cm³]) の式である。米沢は、中学校1年生の理科の授業で重さ・体積が変わっても、同じものであれば密度は同じことを教える授業を行うために、銅、アルミニウム、ビー玉、石膏、ボルトなどのサンプルの空中と水中での重さをバネ計りを用いて測り、その差から体積を求め、密度を求める活動を行う授業を実践した⁽²⁾。浮力は、水中にある物体に働く上向きの力であり、物体の空気中での重さと水中での重さの差である。浮力の大きさは水中にある物体の重さに関係なく、体積の大きさによる。稲垣らは、水中の物体に働く浮力について、水中における物体の形状と深さに関連する素朴理論間の関係を明らかにした⁽³⁾。

本研究では、重さ・体積・密度・浮力について小学生、中学生、大学生がどのように理解しているか調査を行い、検討した。

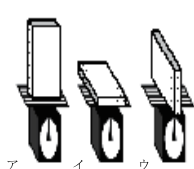
* 科学文化教育講座 ** 技術教育講座 学生 *** 附属中学校

重さ・体積・密度・浮力の概念についての調査

○アンケート○

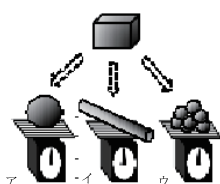
年 組 番 名前

A1 同じ積み木を下の図のようにア・イ・ウの違った向きにしてはかりにのせます。はかりが示す重さはどうなると思いますか。(1)～(5)のあてはまるもの1つに○を付けてください。



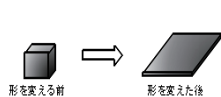
- (1) アのめもりが一番重いところを示す
- (2) イのめもりが一番重いところを示す
- (3) ウのめもりが一番重いところを示す
- (4) すべて同じ重さを示す
- (5) わからない

A2 同じねんどを下の図のようにア・イ・ウの形に変えてはかりにのせます。はかりが示す重さはどうなると思いますか。(1)～(5)のあてはまるもの1つに○を付けてください。



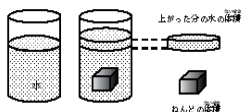
- (1) アのめもりが一番重いところを示す
- (2) イのめもりが一番重いところを示す
- (3) ウのめもりが一番重いところを示す
- (4) すべて同じ重さを示す
- (5) わからない

B1 体積が100cm³のねんどのかたまりがあります。このねんどを右上の図のように形を変えました。ねんどの体積は形を変える前後でどうなると思いますか。(1)～(4)のあてはまるもの1つに○を付けてください。



- (1) 形を変えた後の方が体積が大きくなる
- (2) 形を変えた後の方が体積が小さくなる
- (3) 形を変えた前と後で体積は同じ
- (4) わからない

B2 水の入ったビーカーにねんどのかたまりを入れると水面が上がりました。上がった分の水の体積とねんどの体積の関係はどれだと思いますか。(1)～(4)のあてはまるもの1つに○を付けてください。



- (1) 上がった分の水の体積の方がねんどの体積より大きい
- (2) ねんどの体積の方が上がった分の水の体積より大きい
- (3) 上がった分の水の体積とねんどの体積は同じ
- (4) わからない

C1 密度という言葉の意味を知っていますか。(1)～(3)のあてはまるもの1つに○を付けてください。

- (1) 知っている
- (2) 知らない
- (3) 聞いたことはあるが意味は知らない

みつど
密度とは...

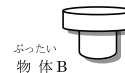
C2 下の図のような鉄でできた物体Aの密度を測る方法を知っていますか。次の中からあてはまるものひとつに○を付けてください。



- (1) 知っている
- (2) 知らない

みつど はか
・鉄でできた物体Aの密度を測る方法

C3 下の図のような発泡スチロールでできた物体Bの密度を測る方法を知っていますか。次の中からあてはまるものひとつに○を付けてください。



- (1) 知っている
- (2) 知らない

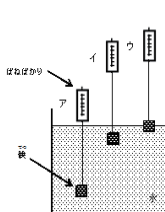
はっぼう
・発泡スチロールでできた物体Bの密度を測る方法

D1 浮力という言葉の意味を知っていますか。(1)～(3)のあてはまるものにひとつに○を付けてください。

- (1) 知っている
- (2) 知らない
- (3) 聞いたことはあるが意味は知らない

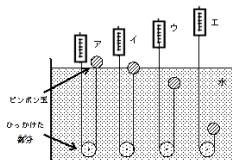
ふりよく
浮力とは...

D2 鉄でできた同じ物体を下の図のようにア、イ、ウ、エの方法でばねばかりでひっぱります。の伸びが大きいものから小さいものに順に並べてください。の伸びが同じになると思うものは同じ()内に書いてください。



の伸びが大きい () () () ()
の伸びが小さい () () () ()

D3 糸がついた同じピンポン玉を下の図のように水の中にア、イ、ウ、エの異なる深さに沈め、水中で糸をひっかけてばねばかりでひっぱります。ひっかけた部分のスプーンに糸が動くようになっています。ばねばかりの伸びが大きいものから小さいものに順に並べてください。伸びが同じになると思うものは同じ()内に書いてください。



の伸びが大きい () () () ()
の伸びが小さい () () () ()

図1 調査問題

II 調査方法

2-1 調査問題の形式

本研究においては、比較的短時間で多数の対象者から事項について多くの調査できること、また、それらの結果を数量化しやすいという理由から、質問紙法により調査を行った。具体的には、質問紙を用いて多肢選択と自由記述を併用するという方法で実施した。

2-2 調査対象

対象者は、山梨県内のK小学校の児童 68 人（5 年生 34 人、6 年生 34 人）、F 中学校の生徒（1 年生 39 人、2 年生 32 人、3 年生 39 人）、Y 大学の理系学生 57 人であった。小学校 5 年生、小学校 6 年生、中学校 1 年生、中学校 2 年生、中学校 3 年生を以下小 5、小 6、中 1、中 2、中 3 とする。

2-3 調査時期

調査は、2013 年 6 月中旬に実施した。

2-4 調査問題

調査問題を図 1 に示す。調査問題は問題 A から問題 D からなり、問題 A、B は各 2 題、問題 C、D は各 3 題で計 10 題から構成されている。問題 A は「重さ」について、問題 B は「体積」について、問題 C は「密度」について、問題 D は「浮力」についてどのように理解をしているかを調べるものである。

III 調査結果

3-1 問題 A の回答結果

問題 A 1 の回答結果を図 2 に示す。一番多かった回答は正答である「(4) すべて同じ重さを示す」で、小 5 が 76%、学年があがるにつれ多くなり、中 3 で 87% になった。大学生も 86% と多かった。「(1) アのめもりが一番重いところを示す」、「(2) イのめもりが一番重いところを示す」が小 5 で

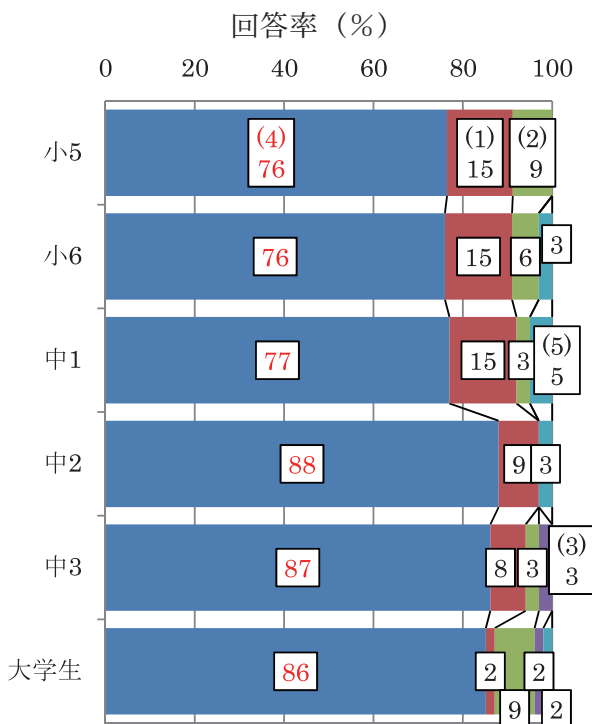


図 2 問題 A 1 の回答結果

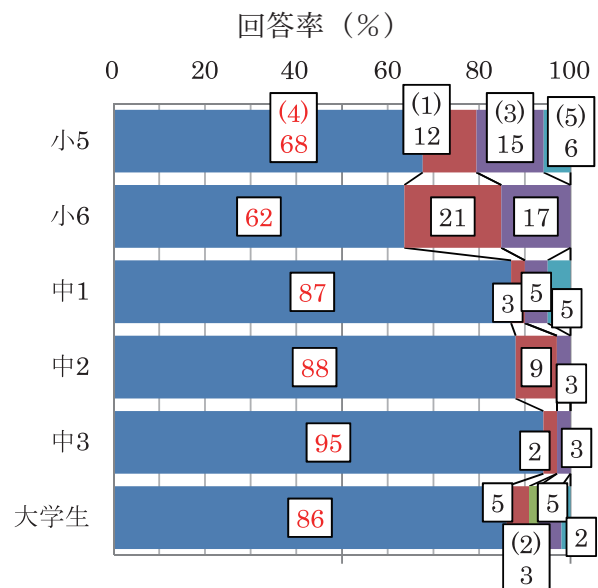


図 3 問題 A 2 の回答結果

15%、9%で、学年があがるにつれ少なくなり、中3で8%、3%になった。大学生も2%、9%と少なかった。

問題A 2の回答結果を図3に示す。一番多かった回答は正答である「(4) すべて同じ重さを示す」で、小5が68%、学年があがるにつれ多くなり、中3で95%になった。大学生も86%と多かった。「(1) アのめもりが一番重いところを示す」、「(3) ウのめもりが一番重いところを示す」が小5で12%、15%で、学年があがるにつれ少なくなり、中3で2%、3%になった。大学生も5%、3%と少なかった。「(5) わからない」を回答するものもいた。

3-2 問題Bの回答結果

問題B 1の回答結果を図4に示す。一番多かった回答は正答である「(3) 形を変えた前と後で体積は同じ」で、小5が74%で、学年があがるにつれ多くなり、中3で87%になった。大学生も75%あった。「(1) 形を変えた後の方が体積が大きくなる」、「(2) 形を変えた後の方が体積が小さくなる」が、小5で21%、3%で、学年があがるにつれ少なくなり、中3で5%、5%になった。大学生は「(1) 形を変えた後の方が体積が大きくなる」が24%あり、なぜ多かったのか不明である。

問題B 2の回答結果を図5に示す。一番多かった回答は正答である「(3) 上がった分の水の体積とねんどの体積は同じ」で、小5が68%で、学年があがるにつれ多くなり、中3で94%になった。大学生も95%と多かった。「(1) 上がった分の水の体積の方がねんどの体積より大きい」、「(2) ねんどの体積の方が上がった分の水の体積より大きい」が、小5で18%、12%で、学年があがるにつれ少なくなり、中3で0%、3%になった。大学生は0%、5%と少なかった。「(5) わからない」を回答するものはいなかった。

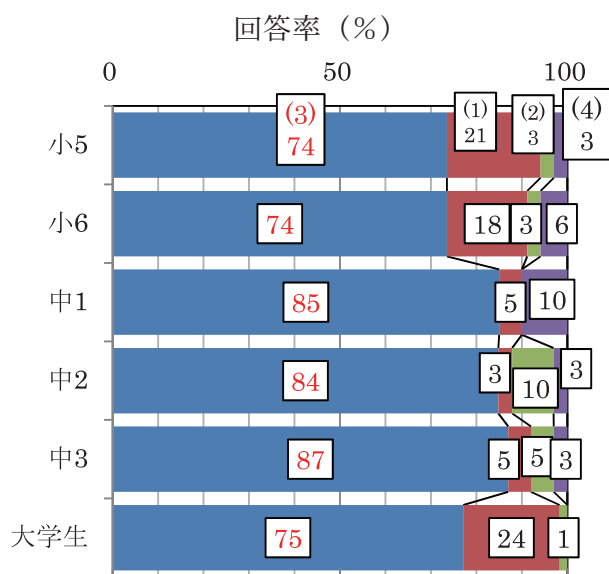


図4 問題B 1の回答結果

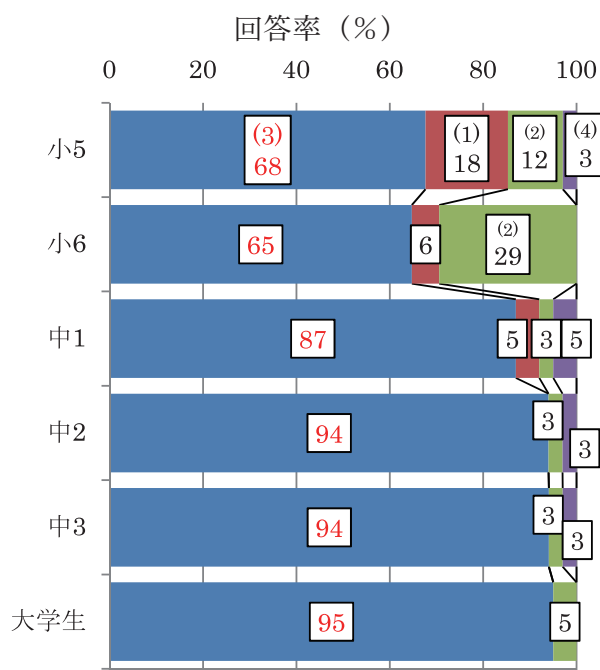


図5 問題B 2の回答結果

3-3 問題Cの回答結果

問題C 1 (a) の回答結果を図6に示す。密度の意味について「知っている」と答えたものは、小5が50%、中2が75%と学年が上がるにつれて多くなり、中3は51%、大学生は70%であった。問題C 1 (b) の回答結果を図7に示す。「知っている」と回答したなかで、正答である「一定体積当たりの質量」または「質量÷重さ」を回答したものは、小5、小6は0%、中1は3%と低く、中2は60%、中3は43%、大学生は61%であった。小5、小6の回答には「温度」「混み具合」、中1の回答には「ものの量」などが多かった。中2以上は正答率が高くなっている。密度について中学1年の理科で学習するからであるが、中1は現在学習前である。大学生は61%あり、多かった。

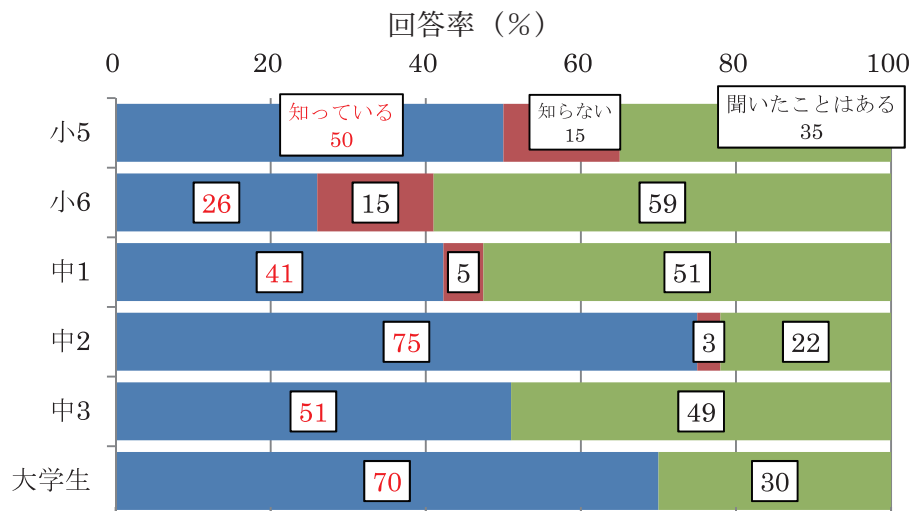


図6 問題C1(a)の回答結果

問題C2(a)の回答結果を図8に示す。ボルトの密度の測り方について「知っている」と答えたものは、小5が0%、中2が34%と学年が上がるにつれて多くなり、中3は21%、大学生は46%であった。問題C2(b)の回答結果を図9に示す。「知っている」と回答した中で、正答である「はかりで重さを測る÷水の中に入れて体積を測る」を回答したものは、小5、小6は0%、中1は3%と低く、中2は22%、中3は16%、大学生は39%であった。

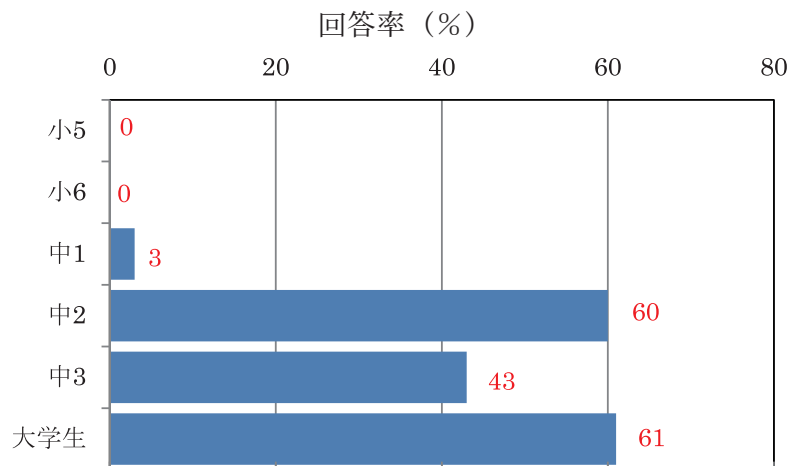


図7 問題C1(b)の回答結果

問題C3(a)の回答結果を図10に示す。発砲スチロールの密度の測り方について「知っている」ものは、小5が0%、中2が34%と学年が上がるにつれて多くなり、中3は21%、大学生は46%であった。問題C3(b)の回答結果を図11に示す。「知っている」と回答した中で正答である「はかりで

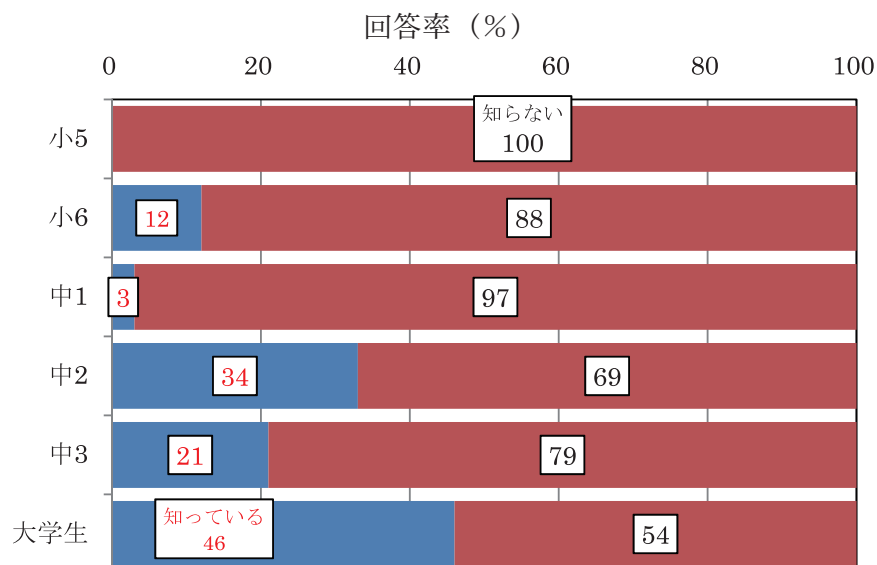


図8 問題C2(a)の回答結果

重さを測る÷水の中に押し入れて体積を測る」を回答したものは、小5、小6、中1は0％、中2は22％、中3は5％、大学生は15％であった。

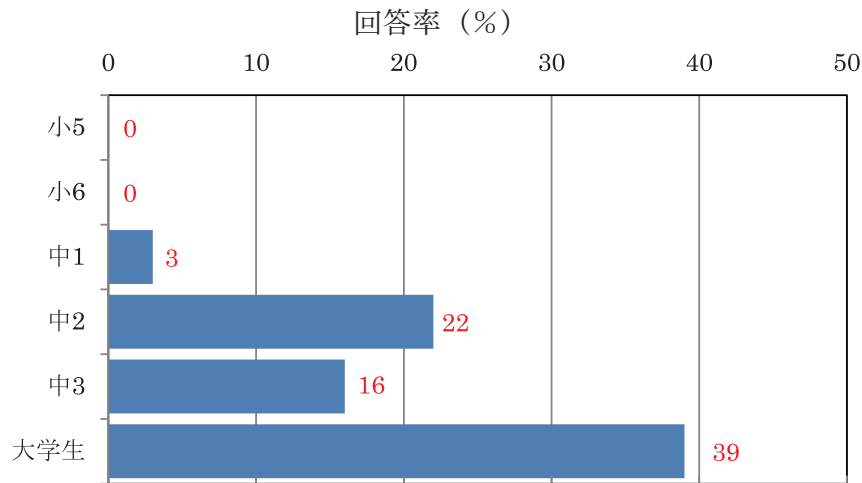


図9 問題C 2 (b) の回答結果

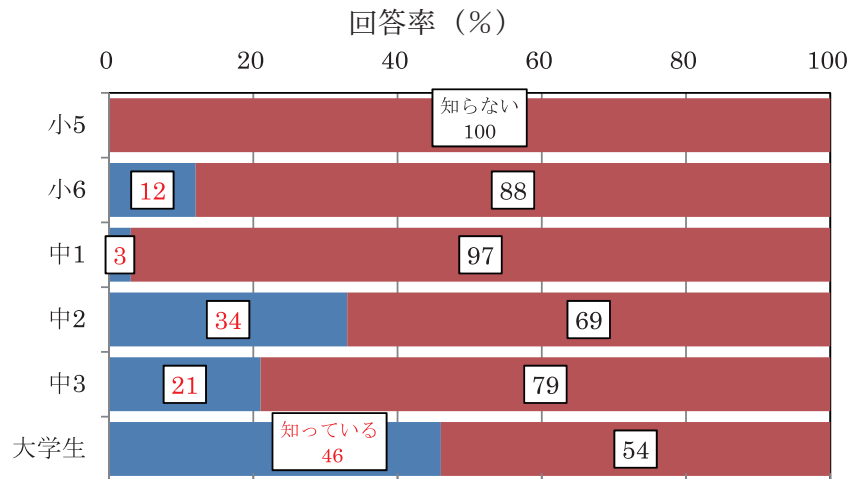


図10 問題C 3 (a) の回答結果

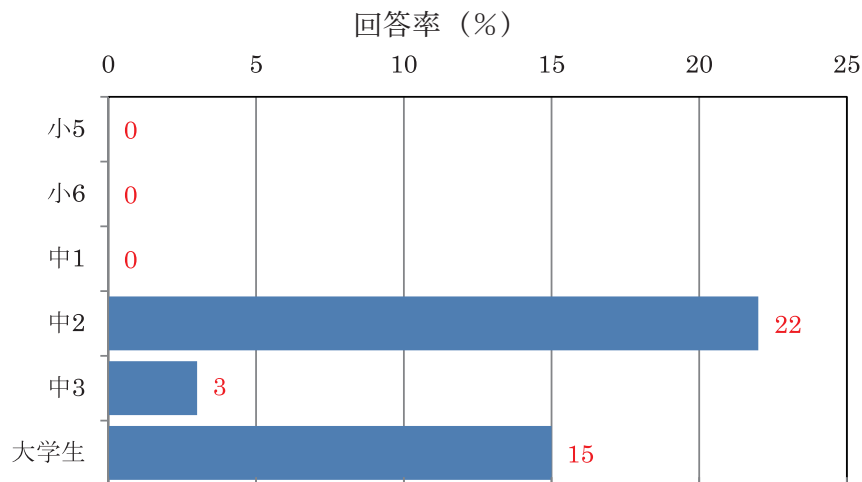


図11 問題C 3 (b) の回答結果

3-4 問題Dの回答結果

問題D 1 (a) の回答結果を図12に示す。浮力の意味について「知っている」と答えたものは、小5は50％、中2は69％と学年が上がるにつれて多くなり、中3は59％、大学生は57％であった。

問題D 1 (b) の回答結果を図 13 に示す。「知っている」と回答した中で正答である「**水中ではたらく上向きの力**」「**物体の上下に働く水圧の差**」または「**pvg**」と回答したものは小5、小6、中1は0％で、中2は31％、中3は23％、大学生は23％であった。誤答である「**浮く力**」と回答したものは全ての学年で多かった。

問題D 2 の回答結果を図 14 に示す。正答である「**エ→ウ→アイ**」を回答したものは小5、小6、中1は0％で、中2は23％、中3は20％、大学生は55％であった。どの学年においても、水中の深さによって浮力が変化する「**エ→ウ→イ→ア**」や「**ア→イ→ウ→エ**」が多かった。中2以上は正答率が高くなっている。浮力について中学1年の理科で学習するからであるが、中1は現在学習前である。また、大学生の正答率が高いのは浮力について高校の物理で学習するからであると考えられる。

問題D 3 の回答結果を図 15 に示す。正答である「**ウエ→イ→ア**」を回答したものは小5、小6、中1は0％で、中2は7％、中3は10％、大学生は49％であった。どの学年においても、左から並んだ順の「**エ→ウ→イ→ア**」や右から並んだ順の「**ア→イ→ウ→エ**」を回答したものが多かった。中2以上は正答率が高くなっている。浮力について中学1年の理科で学習するからであるが、中1は現在学習前である。また、大学生の正答率が高いのは浮力について高校の物理で学習するからであると考えられる。

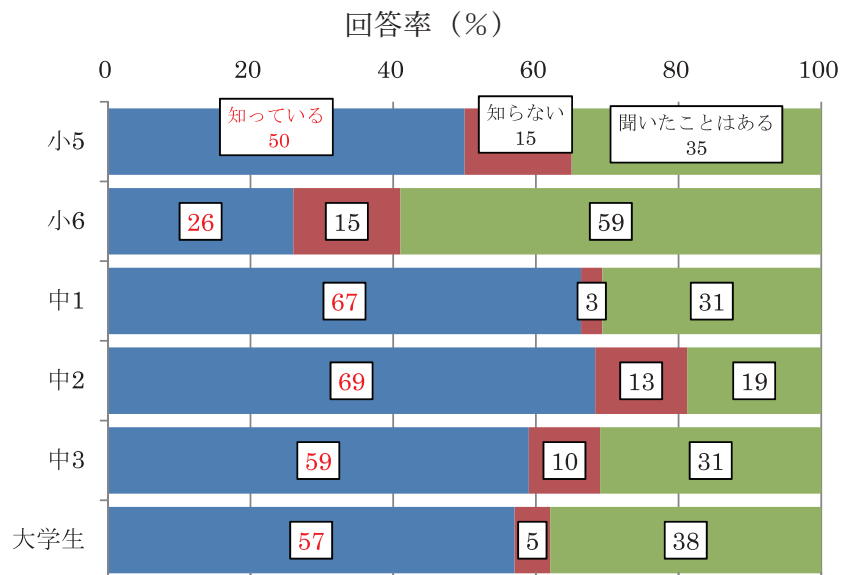


図 12 問題D 1 (a) の回答結果

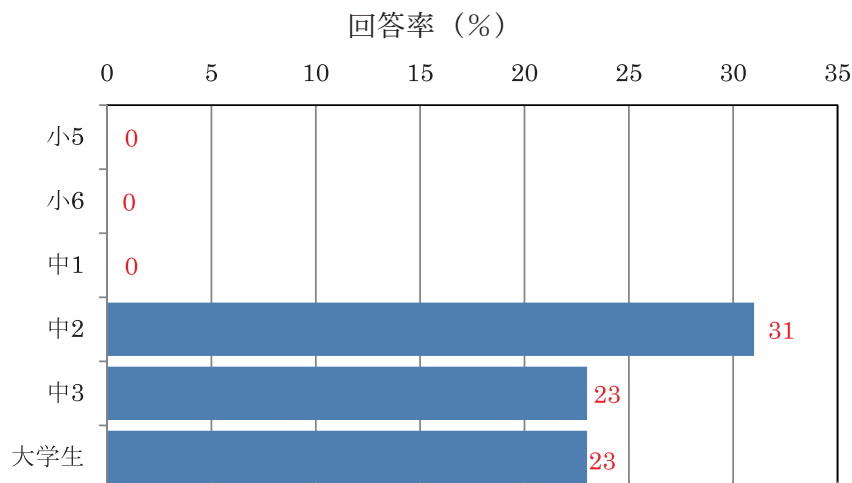


図 13 問題D 1 (b) の回答結果

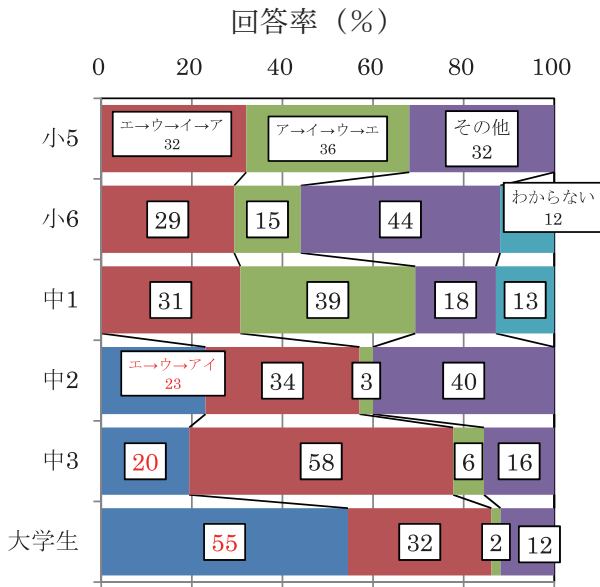


図 14 問題 D 2 の回答結果

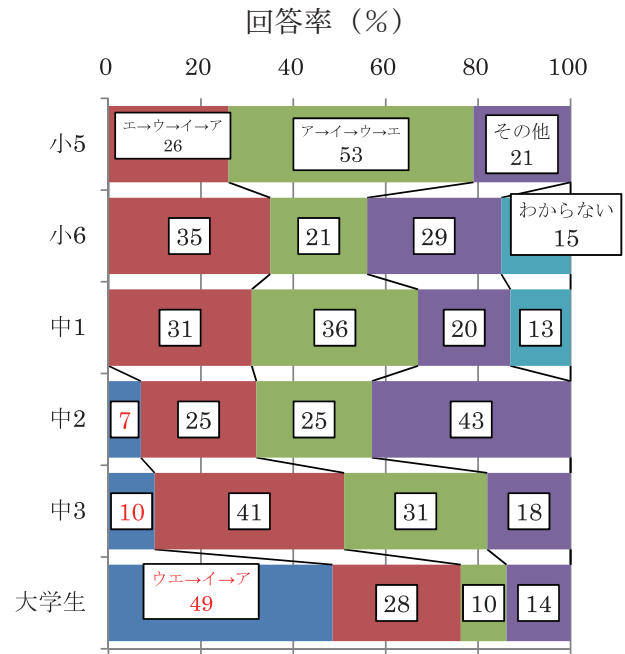


図 15 問題 D 3 の回答結果

IV おわりに

重さ・体積・密度・浮力について小学生、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。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。

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.
- 8) 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.