

浮力に関する誤概念研究：形状に着目して

An Analysis of the Misconceptions about Shape Dependence of Buoyancy

土佐 幸子・田澤 美麻梨*・松田 琴

Sachiko TOSA, Mimari TAZAWA*, Koto MATSUDA

In this study, misconceptions about shape dependence of buoyancy were revealed through the use of a questionnaire for the participants of two science classes (children N=45, adults N=49) and for college students enrolled in the Science Methods class (N=72). The results indicate that only 16% of the participants understand that buoyancy depends not on the shape but on the volume of the object. Also, 40% of the participants think that broad objects have more buoyancy because of the large bottom area. A lesson was developed and implemented for the participants to change their misconceptions. The percentage of the participants who hold the correct understanding about the shape dependence of buoyancy increased. However, the percentage stays only at the 50% level for children. Need for developing more effective instructional strategies, including connections to real-world experiences such as swimming, is discussed and advocated.

Key words: buoyancy, misconceptions, shape dependence

1. 問題の所在

就学以前から、子どもは日常体験を基に身の回りの自然現象を説明づけようとする。こうして形成された概念を素朴概念と呼ぶ。自然現象の捉え方は子ども一人ひとりの背景や考え方に左右されるから、素朴概念は多様である (Driver, 1993)。さらに経験や推測を基に形成されるため、誤った考えや矛盾を含んでいることが多い。理科授業において、子どもが教室に持ち込む素朴概念と、教師が教えようとする科学的概念とは食い違う場合が多く見られる。しかし、素朴概念に対して、学習者なりに理屈にかなった独自の意味を付与させていることが多く、正しい科学的な解釈を伝えられた後でも容易に払拭できないことが知られている。学習者の素朴概念を取り除き、正しい科学的概念の獲得を促すためには、

まずどのような素朴概念が存在するのかを明らかにすることが重要である。さらに、教師がどのような手立てをとれば素朴概念を覆すことができるかを見出す必要がある。素朴概念は現象や事物ごとに、また各個人によって形成される。素朴概念に関する研究においては、特定の学習内容について、対象者を広範囲に設定して調査を行うことが望まれる。

本研究では、中学校理科の学習内容の1つである浮力に着目する。浮力は、中学校理科の物理学分野で学習する様々な力の1つである。しかし、堀 (1994) や新里・古屋 (2012) が指摘しているように、浮力は学習指導要領の改訂ごとに学習する学年が移動したり、学習内容が変更されたり、丸ごと削除されたり (平成10年改訂) して一貫した扱いがなされていない内容である (文部科学省, 1977:1989; 1998:2009)。表1に近年の中学校理科学習指導要領における浮力の取り扱いを示す (田澤, 2016)。こうした変遷から、浮力とそれに関わる概念の学習について、文部科学省の方針が揺らいでいることが

2016.10.21 受理

*新潟県村上市立瀬波小学校

表1 近年の中学校理科学習指導要領における浮力の取り扱い

改訂年	学年	分野	浮力
昭和52年	中1	(2)力 ウ圧力	水中の物体には、浮力がはたらくこと。
平成元年	中3	(6)運動とエネルギー 力の働き	<内容の取扱い>浮力や重力と浮力の関係に触れること。 アルキメデスの原理は取り上げない。
平成10年	×	扱わないこと	×
平成20年	中1	(1)身近な物理現象 イ力と圧力 (イ)圧力	<内容の取扱い>水中では物体に浮力が働くことにも触れること。

わかる。これは、浮力に関する学習者の実態や社会のニーズが、教育研究を通して政策に反映されるまでに至っていないために起こっていることであるとも考えられる。

浮力に関する先行研究は数多く行われている。堀(1995)は「理科教育学の課題に関する基礎的研究(その2)」で、浮力の存在、および浮力と物体の深さ、形、位置との関係を取り上げ、それらに対する中学生・高校生・大学生の回答結果を基に、誤概念を形成する要因となるような理科教育学上の課題について考察している。例えば、「水圧は深くなるほど大きくなる」と学習した直後に浮力について学習する現行の内容構成では、「浮力も深くなるほど大きくなる」と考えがちであることを指摘している。また、住友・野上・稲垣(1995)による「物体の形状が浮力の認識に及ぼす影響」では、大学生に対して面接調査を実施し、形状に関わる浮力の素朴概念の基底にある認識の調査を行っている。その結果、水中の物体に働く浮力について、物体の形状や水面に対する向きが関係しているということが明らかになった。特に、物体が平らであれば浮力が大きくなり、その理由は物体の「(底)面積」、水の「抵抗」、「力」、「圧力」など多岐に渡った説明がされることも明らかにしている。しかしこれらの先行研究から約20年が経過しており、その間に学習指導要領の改訂が2回行われている。現在も同様な素朴概念もっているかどうかは自明でない。そこで本研究の第1の目的を、現在における浮力に関する誤概念にはどのようなものが存在するかを明らかにすることとする。浮力に関する誤概念の中でも、本稿では形状に関するものに着目する。

他方、近年の浮力に関する概念の研究において、

新里・古屋(2014)は「中学生から大学生までの水中の『浮力』に関する認識調査」の中で、「水圧」に関する認識が、「浮力」の理解に与える影響を検討している。その中で、沈む物体も含め、水中にあるすべての物体に浮力が働いていることを理解させる必要性を述べているが、実践的な指導法略の提言はなされていない。水中の物体に浮力が働いていることを理解させるには、実験や話し合い活動などを含めて、どのような指導方法を開発すればよいのであろうか。また、開発した手立ては、学習者の誤概念を覆すことに効果的だろうか。それらの疑問について示唆を得るため、本研究の第2の目的を、実感を伴う指導方法の開発と、その実践を通して素朴概念の変容がみられるかどうかを明らかにすることとする。

本研究の課題は以下の2点である。

1. 浮力に関する誤概念を明らかにし、中でも形状に関する誤概念にはどのような特徴があるか。
2. 浮力に関する誤概念を覆すために、実験や話し合い活動などを取り入れた指導方法を開発し、その実践はどのような効果があるか。

堀(1995)によれば、物体の「深さ」、「形」と「浮力」の関係を適切に理解できている割合は大学生でも約50%であった。浮力に関する誤概念は根強いと言える。そのような状況下で、浮力の大きさに関して正しい概念を獲得することは、例えば水難事故に遭遇するような日常生活の場面で、役立つことが想像できる。水の事故から生命を守るという視点は、自分で自分の身を守ることが期待される持続可能な社会において、自立した人材を育成することにもつながる。本研究において、浮力に関する誤概念を明らかにし、それを覆す効果的な指導方法を開発することは、社会的な要請に応える上でも重要であると考えられる。

2. 理論的枠組み

本研究において基本とする理科教育学の理論的枠組みは構成主義的なアプローチ(Fosnot, 編, 2005)である。構成主義的学習論によれば、知識は一方的な情報伝達では構築されない。学習者が、外からの新しい情報を経験と共に受け入れ、感覚を通して働きかける活動や、納得がいくまで反芻する過程を通して、妥当な解釈を生み出していくことにより、初めて知識が構築されると考える。そのとき、他者との言葉を通してのやり取りが、概念構築を助けると考えられる(Vygotsky, 1978)。1人ではできないことでも、教師からの支援や子ども同士の支援により、

できるようになることもある。授業において教師の役割は、学習者が妥当な解釈を築き上げるのを、様々な手段を用いて支援することである。また、理科学習において、学習者が構築した概念は、学習者自身が構築したならば何でもよいという訳ではなく、社会的に認められた科学的概念と整合性が取れていなければならない。その点を支援するのも、教師の大事な役割である。

3. 方法

3.1 研究対象とデータ収集時期

浮力に関するデータを広範囲の対象者から得るために、3か所でデータ収集を行った（全体のN = 166）。1番目の対象者は、ある地方自治体主催の科学教室①に参加した親子76名（大人33名、子ども43名）、2番目はある民間団体主催の科学教室②に参加した親子18名（大人16名、子ども2名）、そして3番目はある国立大学で理科教育法を受講した2～4年次生72名である。大学生の参加者72名の内、高等学校における物理履修者は19名であった。本研究に参加した対象者の年齢層および人数の内訳は、未回答者4名（子ども2名、大人2名）を除き、表2の通りである。

科学教室①および科学教室②は2015年7月に開催された。また、大学生を対象にした調査は2015年11月に行われた。

表2 研究対象者の年齢層別内訳

年齢層	子ども (N = 43)					大人 (N = 47)			大学生
年齢	未就学児	小学校低学年	小学校高学年	中学生	高校生	30代	40代	50代以上	20代
人数	2	10	26	4	1	14	19	14	72

3.2 研究方法

3.2.1 調査問題について

概念調査は、多肢選択式と自由記述式を併用した質問紙法により行った。調査問題は浮力に関する設問1と設問2から成る。設問1および設問2は住谷・野上・稲垣（2014）が用いた問題を一部修正したものを用いた。質問紙を図1に記載する。

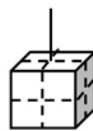
設問1は図1に示すように、水に入れると沈む物体Aについて、この物体をばねにつるして水中に入

れたときのばねの伸びと、空中におけるばねの伸びの比較を予測させた。設問2は水に入れると沈む同体積・同質量の3つの物体（物体A、物体B、物体C）について、これらの物体をばねにつるして水中に入れたときのばねの伸びと、空気中におけるばねの伸びを予測・説明させた。

科学教室①と科学教室②で行った調査では、事前アンケートとして、問題を印刷した質問紙を配布し、参加者に一斉に回答させた。回答が終了したところでこれを回収し、浮力の概念を獲得するための実践を行った。実践後、事後アンケートとして事前アンケートと同じ問題を印刷した質問紙を配布し、回答させた。回答時間はそれぞれ約10分とした。なお回答中に相談は行われなかった。大学生を対象とした調査では、インターネット上で回答収集を行った。

図1 浮力に関する調査問題

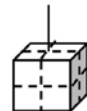
【設問1】水に入れると沈む、物体Aがあります。今、この物体をばねにつるして水中に入れました。このとき、空気中に物体があるときと比べて、ばねの伸びはどのように変化するのでしょうか。あなたが正しいと思う答えを下の①～④の中から1つ選んで丸をつけてください。



物体A

- ①大きくなる
- ②小さくなる
- ③変わらない
- ④わからない

【設問2】水に入れると沈む、体積と重さの同じ3つの物体（物体A、物体B、物体C）があります。今、この3つの物体をばねにつるして水中に入れました。この時、空気中に物体がある時と比べて、ばねの伸びは3つの物体でどのように違うのでしょうか。あなたの予想とその理由を記入してください。



物体A



物体B



物体C

3. 2. 1 実践内容について

浮力に関する実践として、まず、グループごと、あるいは全体で、りんご、人参、こんにゃくが水に浮くか、沈むかについて予想し、実験を行った。図 2 のスライドを用いて、これらの実験を通してわかったことを基に、指導者がアルキメデスの原理を説明した。次に、同じ体積で形状が異なる物体として、こんにゃくを用いて実験を行った。こんにゃくを幅 2.5cm の棒状に切った後、図 3 のように切って、同体積で 3 種類（平板状、棒状、三角柱）の形になるように用意した。それぞれの形状のこんにゃくをばねばかりに吊りし、空気中と水中で重さを測定する実験を行った。物体全部を水に沈めた状態では、形状が異なっても、ばねばかりの目盛はどれもほぼゼロを示すことを観察した。さらに、グループの話し合いと図 4 のスライドを用いて、それまでにわかったことを結び付け、体積が同じならば形状が異なっても浮力は変わらないことと、沈むものにも浮力が働くことを全体で確かめた。

図 2 アルキメデスの原理を説明するスライド



図 3 実践に用いた形状の異なるこんにゃくの切り方

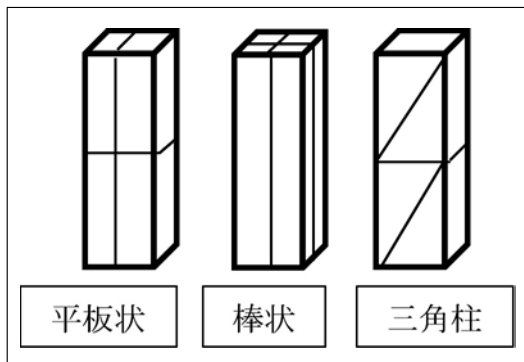
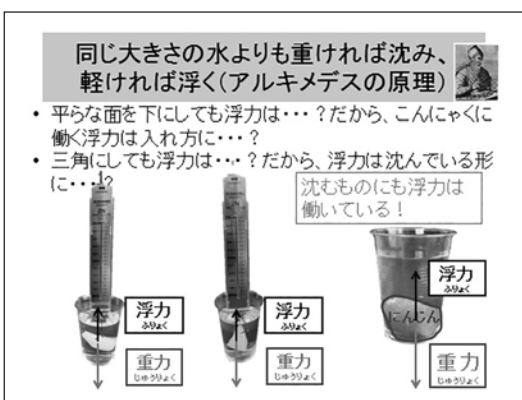


図 4 実験結果からわかったことをまとめるスライド



4. 結果

4. 1 事前調査結果

事前に行った質問紙調査の結果を表 3、および図 5 と図 6 に示す。

表 3 浮力に関する事前調査結果（カッコ内は%，網掛け部分は正答を示す）

		科学教室①		科学教室②		大学生 N=72
		子ども N=43	大人 N=33	子ども N=2	大人 N=16	
設問 1	1 大きく なる	13 (31)	1 (3)	0	0	3 (4)
	2 小さく なる	28 (64)	31 (94)	2 (100)	15 (94)	64 (89)
	3 変わ らない	1 (2)	1 (3)	0	0	5 (7)
	4 わから ない	1 (2)	0	0	1 (6)	0
設問 2	1 全て同 じ	14 (33)	13 (41)	1 (50)	9 (56)	31 (43)
	2 A が短 い	4 (9)	0	0	0	0
	3 B が短 い	11 (26)	15 (47)	0	6 (38)	33 (46)
	4 C が短 い	4 (9)	4 (13)	1 (50)	1 (6)	7 (10)
	5 その他	10 (23)	0	0	0	1 (1)

事前調査において、設問 1 に正答である「2 ばねの伸びは小さくなる」を選択した割合は、科学教室①の子どもでも 6 割を超えており、その他の集団では 9 割近くが正答していた。設問 2 に関して、図 6 のグラフからもわかるように、正答である「1 全て同じ」を選択した割合は、どの集団でも 3 割から 5 割とあまり高くない。他方、各集団の約 2 割から 4 割が「3 物体 B のとき最もばねの伸びが小さくなる」、つまり「板状の物体 B のとき浮力が一番

図5 浮力に関する設問1に対する事前調査結果

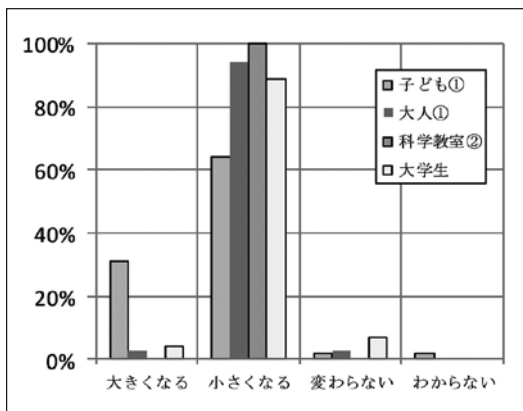
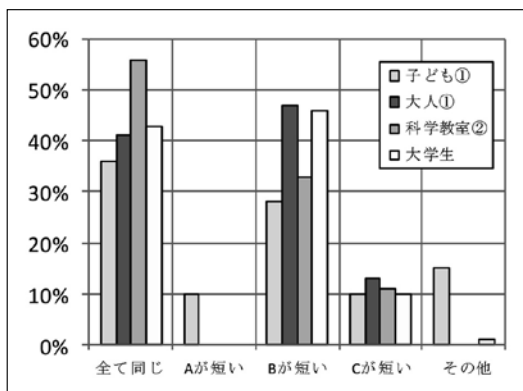


図6 浮力に関する設問2に対する事前調査結果



大きい」と回答しており、全体では39%の誤答率である。中でも大人と大学生において、この種の誤答者の割合が高いことがわかる。また、棒状の物体Cについて、「4 物体Cのとき最もばねの伸びが小さくなる」と回答した割合も、各集団で10%前後であることがわかった。

次に設問2に関して、選択肢を選んだ理由を説明パターンに分け、人数の内訳を表4に示した。表4において、理由を記入してない人数を全体から差し引き、残りの人数を基に割合を算出した。表3からわかるように、「体積」に着目した正しい解釈が子ども①で6%、大人①で17%、科学教室②で36%、大学生で23%、全体で16%と低い割合であった。また、設問2に「すべて同じ」と正答していながら、その理由として、

- 同じ重さだから（科学教室①子ども）
- 体積と重さがそれぞれ等しいから（科学教室②子ども）

表4 浮力と物体の形状に関する事前調査結果（カッコ内は%，網掛け部分は正答を示す）

説明パターン	科学教室①		科学教室②		大学生 N=72
	子ども N=43	大人 N=33	子ども N=2	大人 N=16	
体積	1 (6)	5 (17)	0	5 (36)	16 (23)
質量	2 (11)	1 (3)	0	1 (7)	3 (4)
体積と質量	2 (11)	6 (20)	1 (50)	1 (7)	9 (13)
底面積	3 (16)	9 (30)	0	4 (29)	20 (29)
表面積	1 (6)	4 (14)	0	1 (7)	2 (3)
圧力・水圧	0	1 (3)	0	0	7 (10)
抵抗	1 (6)	1 (3)	0	2 (14)	8 (11)
形状	2 (11)	0	1 (50)	0	0
その他	6 (33)	3 (10)	0	0	5 (7)
理由なし	25	3	0	2	2

のように、「体積」と「質量」を混同している回答が大人にも子どもにも20%と多くみられた。

さらに、「底面積」に着目した誤った説明が、子ども①で16%、大人①で30%、科学教室②で29%、大学生で29%と非常に高かった。下に平板状の物体Bの浮力が大きい理由として述べられた回答例を挙げる：

- 物体の下の広さが一番広いのはB（平板状）でその次にA（立方体）、C（棒状）だから。（子ども①）
- 底面積が小さいほうが浮力を受けづらいと思うから。（大人①）

「表面積」に着目した説明は、底面の面積の意味で「表面積」と表現した回答もあれば、物体全体が水と接している面積の意味で回答したものもあった。「抵抗」に着目した説明は、各集団において10%程度であるが、底面積と結び付く回答が多い。

- B（平板状）が一番底の面積が広いので、水の抵抗力を受けやすい（大学生）

この例では、底面積の狭い棒状のCは水の抵抗力を受け難く、ばねの伸びが一番小さくなると回答していた。

これらの他に「圧力・水圧」や「形状」に着目した説明があった。例えば、棒状の物体Cに一番大きな浮力が働くと答えた理由として、

- 高さが大きい物体ほど深いところまで沈むため、水圧が大きくなる（大学生）

のように、深さと水圧の関係を、形の異なる物体の

浮力に当てはめて考えた回答もあった。

また、どれにも当てはまらない説明を「その他」とした。例えば、

- 水泳で背筋を伸ばして体を広げると浮くことができるが、プールの底に対し垂直に立つと沈んでいく。(大学生)

という理由は、水への入れ方に関する回答と考え、「その他」に分類した。

4.2 事後調査結果

実践後に行った質問紙調査の結果を表5に示す。

表5 浮力に関する事後調査結果（カッコ内は％、網掛け部分は正答を示す）

		科学教室①		科学教室②		大学生 N=64
		子ども N=43	大人 N=33	子ども N=2	大人 N=16	
設問1	1 大きくなる	2 (5)	1 (3)	0	0	0
	2 小さくなる	39 (90)	32 (97)	2 (100)	14 (88)	59 (92)
	3 変わらない	0	0	0	2 (13)	4 (6)
	4 わからない	2 (5)	0	0	0	1 (2)
設問2	1 全て同じ	22 (51)	26 (79)	2 (100)	15 (94)	56 (88)
	2 Aが短い	0	0	0	0	0
	3 Bが短い	6 (14)	6 (18)	0	0	7 (11)
	4 Cが短い	3 (7)	0	0	0	1 (2)
	5 その他	12 (28)	1 (3)	0	1 (6)	0

事後調査では、浮力の存在を問う設問1に対して、どの集団においても90％程度の正答が得られた。また、浮力の形状依存性を問う設問2に対しての正答率は、大人①で79％、大学生で88％と高かったが、子ども①では51％と半分に留まった。平板状の物体Bに働く浮力が一番大きいと捉える誤答も10％程度見られた。

4.3 事前/事後調査結果の比較

事前調査結果と事後調査結果を比較したグラフを図7と図8に示す。

図7からわかるように、浮力の存在を問う設問1に対して、科学教室①の子どもの正答率が64％から91％に上がった。また、浮力の形状依存性を問う設問2に対して、どの集団においても正答率が大きく上がったことが、図8からわかる。

図7 浮力に関する設問1に対する事前/事後調査結果の比較

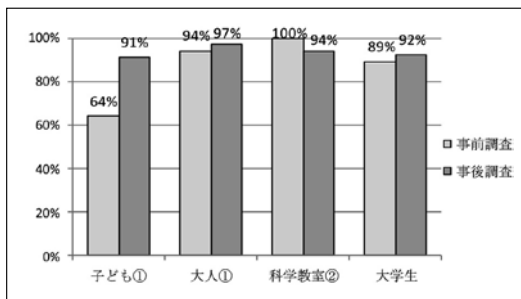
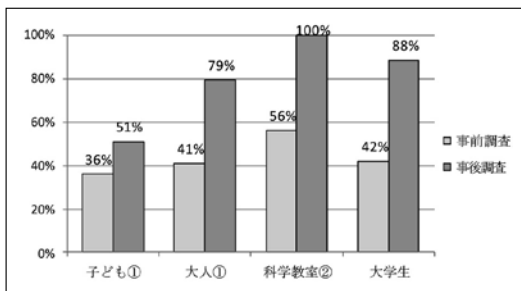


図8 浮力に関する設問2に対する事前/事後調査結果の比較



5. ディスカッション

5.1 調査結果からわかったこと

本研究では、浮力に関する誤概念の中でも、物体の形状に焦点を当てた調査と、それを覆すための実践を通して、誤概念の変容が見られるかどうかの調査を、広範囲の参加者を対象として行った。事前調査結果により、研究対象とした異年齢層の子どもと大人を含む3つの集団において(N=166)、「体積が同じならば、浮力は物体の形状によらない」という正しい概念を保持していた参加者は、全体の16％と、低い割合に留まることが明らかになった。「浮力は物体の形状によらない」と正答していても、質量が同じことをその理由に挙げている回答者も多かった。また、平板状の物体は大きな浮力を受けるという誤概念を抱く参加者が全体の4割を占め、その多くが底面積の大きいことを浮力の大きい理由に挙げた。

続いて行われた実践において、参加者はばねばかりと形状の異なるこんにやくを用いた実験を行った。実践活動には、構成主義的な指導方法の観点から、個人でまず予想を考えること、参加者による実験活動、グループによる話し合いなどが含まれた。図7と図8にある事前/事後調査結果の比較から、

参加者の多くが次のことを理解したと考えられる。

1. 水中にある物体には、沈むものでも浮力が働き、ばねばかりの目盛りが小さくなる。
2. 体積が同じならば、浮力は物体の形状にはよらない。

しかし、図8からわかるように、2番目の形状依存性に関する理解は、特に子どもにおいて51%と低い割合に留まっており、実践によって誤概念を覆すことが十分に行われたとは言いがたい。

5.2 研究結果が示唆すること

本研究において、子どもの誤概念の変容があまり見られなかったことは示唆に富む。大学生を含めて、大人は言われたことを理解することが比較的できやすいと考えられる。正解を示されれば、理解に曖昧なところがあっても、問題に正答することができるだろう。しかし、子どもは納得していないことには、なかなか正答できないものと思われる。実践において、「水に全体を沈めるならば、浮力は形や入れ方にはよりません。」と伝えられたにもかかわらず、子どもの正答率は5割であったことが上記の考察を支持するものである。

では、なぜ子どもは実践によって浮力の形状依存性について、確かな理解を構築することができなかったのだろうか。その1つの理由として、こんにゃくの比重が1に近く、水中に沈めると、ばねばかりがほぼゼロを示すことが考えられる。比重が1よりも大きい物体であれば、水中に沈めたときもばねばかりは有限の値を示す。しかし、比重が1に近い物体で、ばねばかりの目盛りがゼロを示すとき、何を計測しているか、よくわからなくなったとしても不思議ではない。3種類の形状のこんにゃくのどれを入れても、目盛りはゼロを示す。これはどの形状でも、こんにゃくの質量と同じ浮力が働いていることを意味しているのだが、何を計測しているのかわかりにくいのは確かである。同じ体積で、しかも形状の異なる物体として、比重が1よりも大きい教材を開発する必要がある。

底面積が大きい物体には大きな浮力が働くという誤概念を多くの回答者、特に多くの大人がもっていた。これは理由の回答例にあったように、プールで身体を浮かせるとき、身体を平らに広げる形をとることが多いことと関連すると考えられる。あるいは、底面積の大きい物体を水中に沈める際に、底面積の小さい物体を沈めるときよりも抵抗力が大きいことと関連しているとも考えられる。このように浮力に関する理解には、日常的な現象から類推しているこ

とが多い。誤概念を覆すためには、もっと日常経験と結び付け、確からしい考えに置き換えさせる必要があるだろう。

6. 今後の課題

本研究を通して、浮力に関する誤概念の中でも、形状に関するものは、日常経験と結び付いて根強いものであることが明らかになった。特に子どもの誤概念を覆すには、明確に意味を捉えることができる実験教材の開発が重要である。例えば、同体積で、形状の異なる金属性の物体が数種類あれば、こんにゃくよりも実験の意味がわかりやすいだろう。また、実践の中に、日常生活で遭遇する例を入れると効果的だと考えられる。例えば、人間の身体は浮くかどうかを問い、どのようなときに浮きやすいか、またどのようなときに沈んでおぼれてしまうかを考えみると、浮力は水中部分の体積によるものであり、重力と浮力の大きさの大小で浮き沈みが決まることがより実感として理解できるかもしれない。効果的な実践方法のさらなる開発が望まれる。

本研究では物体の形状に焦点を当てたが、浮力に関する誤概念は形状によるものばかりではない。物体の質量、水の深さや圧力などが回答の理由として挙がっていることから、誤概念の要因は互いに絡み合っているものと考えられる。今後の研究において、誤概念同士の関係を探りながら、様々な誤概念を全体的に捉え、覆す指導法を開発する必要がある。そのためにはまず、形状以外の要因について、誤概念を調査することが重要である。

本研究では、科学教室の参加者と大学生を対象としたが、本来ならば、中学生を対象とした授業実践によってどのように概念変化を促せるかを調査することが臨まれる。中学生を対象とする研究から得られる知見は、浮力を教育課程の中でどのように位置付けることがふさわしいかという問いに対して、有効な提言をすることにつながるだろう。今後の研究課題としたい。

引用文献

- Driver, R.: Children's Ideas in Science, 貫井正納訳,「子ども達の自然理解と理科授業」, 東洋館出版社, 1993.
- Fosnot, C. T. (Ed.): Constructivism-Theory, Perspectives, and Practice, Teachers College Press, 2005.
- 堀哲夫:「理科教育学の課題に関する基礎的研究 -

- 『浮力』とそれに関わる概念を事例にして - 』, 山梨大学教育学部紀要, 8, 141-161, 1994.
- 堀哲夫:「理科教育学の課題に関する基礎的研究(その2) - 『浮力』とそれに関わる概念を事例にして - 』, 山梨大学教育学部紀要, 9, 68-90, 1995.
- 文部科学省: 中学校学習指導要領, 昭和52年改訂, 1977.
- 文部科学省: 中学校学習指導要領, 平成元年改訂, 1989.
- 文部科学省: 中学校学習指導要領, 平成10年改訂, 1998.
- 文部科学省: 中学校学習指導要領, 平成20年改訂, 2009.
- 新里和也・古谷光一:「水中の物体に働く浮力の認識に関する調査」, 北海道教育大学紀要, 教育科学偏, 62(2), 253-262, 2012.
- 新里和也・古谷光一:「中学生から大学生までの水中の『浮力』に関する意識調査:「浮力」の概念に関する指導方略への提言」, 理科教育学研究, 54(3), 403-417, 2014.
- 住友弘子・野上智行・稲垣成哲:「物体の形状が浮力の認識に及ぼす影響」, 人間科学研究, 3(1), 27-33, 1995.
- 田澤美麻梨:「子どもの浮力に関する概念構造の調査研究 - 船の形と体積に関連づけて - 』, 平成27年度卒業論文集, 新潟大学教育学部, 2016.
- Vygotsky, L. S.: *Mind in Society*, Harvard University Press, 1978.