

生徒の素朴概念を科学的概念へ変容させる学習プログラムの開発

室内 文彦^{*1}・霜川 正幸・松岡 敬興

The development of study programs to change student's simple misconception
into scientific conceptions

MUROUCHI Fumihiko^{*1}, SHIMOKAWA Masayuki, MATSUOKA Yoshiki
(Received August 3, 2017)

キーワード：浮力概念、素朴概念、科学的概念、学習プログラム

はじめに

私たちは陸上で生活しているため、水中で生じる自然現象についての認識は低い。特に浮力に関する認識は、海やプールでの水泳などの生活経験がもとになった誤った概念（以下「素朴概念」という）を形成していることが多く、このことが正しい浮力概念の定着を妨げている大きな原因の1つとなっている。

中学校1年生の教科書では、「浮力の大きさは物体の水に沈んでいる部分の体積に関係する。」ということを証明する実験は紹介されている¹⁾ものの、多くの生徒がもっている素朴な疑問である「物体の形によって浮力は変化するのではないだろうか。」とか「浮力は物体が軽いほど大きいのではないだろうか。」などに触れることはなく、疑問を抱えたまま、授業を終えているのが現状²⁾である。こういった状況では、正しい浮力の概念を形成することはもちろんのこと、浮力に関する現象を科学的に思考する能力や態度を育成することは非常に困難な状況である。

この課題を改善するためには、生徒の素朴概念にアプローチする実験を通じて、正しい概念形成をはかることが重要である。そこで、我々は、中央教育審議会教育課程部会 理科ワーキンググループが提唱する「アクティブ・ラーニングの三つの視点を踏まえた、資質、能力の育成のために重視すべき理科の指導のプロセス」³⁾を活用し、問題解決学習（「探求の課程を通じた学習活動」）を仕組むことで、生徒のもつ浮力に関する素朴概念を科学的概念へ変容させる学習プログラムの開発を目的に研究を行った。

さらに、この学習プログラムは、知識・技能の活用範囲が狭い形の習得に留まるのではなく、新たな気付きや課題の発見に繋げるために次のような教科横断的な学習内容を含んでいる。

- ①現大阪城は、徳川秀忠が1620年、全国の大名に号令して建てさせた城であり、豊臣の影響力を一掃し、西日本に徳川の力と権威を知らしめるため、豊臣大阪城の上により大きな徳川大阪城を築かせたこと。
- ②大阪城の石垣の石（蛸石・肥後石）は、小豆島や犬島から、この浮力概念を活用して作られた石釣船によって運ばれた歴史についても触れ、その当時、すでに浮力の概念を習得し、活用していた先人達の知恵についても取り上げる。
- ③江戸城の石垣は、伊豆半島の安山岩が使用されており、その当時の歴史的資料を活用したり、現地視察の成果も交えたりしながら、生きて働く知識・理解を習得する。

尚、本プログラムは、iPadと「ロイロノートスクール」を考察や発表をする際のツールとして活用していくことで、生徒一人ひとりの思考力、判断力、表現力の向上を図る。

*1 山口大学大学院教育学研究科教職実践高度化専攻（光市立大和中学校）

1. 学習教材及び授業実践について

1-1 浮力概念学習教材Ⅰ・Ⅱ・Ⅲを開発した。

Ⅰ 図1は、大阪城の石垣をレンガに、石釣船を発砲スチロール製の平皿に見立てた実験装置である。

Ⅱ 睦美マイクロ株式会社に制作を依頼し、表1に示すような5種類のおもりを作成した。A（体積60 cm^3 、直方体、重さ0.8N）を基本形とし、Bは重さ（0.9N）、Cは体積（40 cm^3 ）、Dは形（円錐）、Eは向き（底面積）以外の条件を統一している。

Ⅲ 図2は、空気が浮力の大きさに関係するかどうかを確かめる教材である。質量、体積、形、重さの条件を統一している。

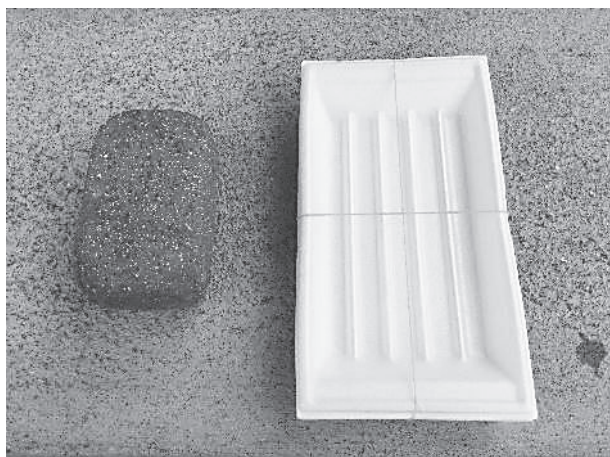
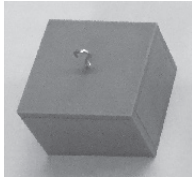

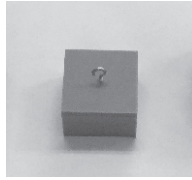
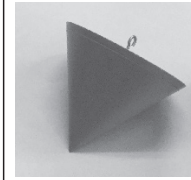
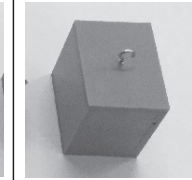


図1 浮力概念学習教材Ⅰ



図2 浮力概念学習教材Ⅲ

表1 浮力概念学習教材Ⅱ（5種類のおもり）

物体	A	B	C	D	E
写真					
体積 (cm^3)	60	60	40	60	60
形	直方体	直方体	直方体	円錐	直方体 (縦)
重さ (N)	0.8	0.9	0.8	0.8	0.8

1-2 「浮力概念学習教材」を使った授業実践について

A県B市の公立中学校の1年生（2クラス）にて、「浮力概念学習教材」を使った授業を行った。以下に3時間分の授業の様子（授業実践Ⅰ、授業実践Ⅱ、授業実践Ⅲ）を報告する。

1-2-1 授業実践 I

〔実施日時〕 2017年 3月 3日（金）

〔授業主眼〕 大阪城の石垣が船で運ばれた史実に着目し、浮力概念学習教材 I を活用した実験を通じて、浮力に関する正しい知識を習得することができる。

学習活動	生徒の反応	指導上の留意点
1 浮力の知識の習得	<ul style="list-style-type: none"> 物が水中で浮くのは浮力が原因であることを知っている生徒もいる。 	<ul style="list-style-type: none"> 発泡スチロール球を使って浮き上がる現象を見せ浮力の存在を確認する。 鉄など沈むものにも浮力がはたらいっていることを理解させる。
2 浮力の測定	<ul style="list-style-type: none"> ばねはかりを使うことで、浮力が測定できることに驚く生徒もいる。 	<ul style="list-style-type: none"> 実験を通じて、空気中の重さから水中の重さを引いたものが、浮力の大きさであることを理解させる。
3 大阪城の石垣が船を使って運ばれた事実の説明	<ul style="list-style-type: none"> 大阪城の石垣が、小豆島から船を使って運ばれてきたことに驚く生徒もいる。 	<ul style="list-style-type: none"> 時代背景上、大きな船で運ぶことは許されなかったことを伝える。
4 浮力概念学習教材 I を活用した検証	<ul style="list-style-type: none"> レンガを船底につると浮かぶことに気付く。 	<ul style="list-style-type: none"> 当時の人は、浮力の存在に気付いていたことを伝える。

〔授業の振り返り・授業後の生徒の様子〕

浮力概念学習教材 I を活用することで、浮力に関する正しい知識を習得しただけでなく、「浮力は、物体の質量や深さによって変わるのか。」という新たな課題や問いが生まれた生徒や「他にも、浮力を利用して行われたものがないか調べてみたい。」という学びに向かう力の育成が促されている生徒がいることが分かった。表 2 が事後調査で生徒が記述した内容である。

表 2 生徒のワークシートへの記述

生徒	記述内容（原文のまま）
①	浮力を求めることができるようになった。考えを深めることができた。
②	浮力という言葉を知り、浮力の求め方を知った。
③	浮力を使うと重いものが水に浮かせることができるということが分かりました。
④	浮力の計算と、水中に入れるとどんなものでも浮力の力がはたらくことが分かりました。
⑤	浮力は、物体の質量や深さによって変わるのか。
⑥	なぜ上向きの力がはたらくのか知りたい。
⑦	重いものを船の下につけたら、なぜ浮くのかをもっと調べてみたいです。
⑧	他にも昔、浮力を利用して行ったことを調べてしくみを知りたいです。

1-2-2 授業実践Ⅱ

〔実施日時〕 2017年3月7日（火）

〔授業主眼〕 おもりの組み合わせに着目し、浮力概念学習教材Ⅱを活用した実験を通じて浮力の大きさを決める要因が理解できる。

学習活動	生徒の反応	指導上の留意点
1 前時の復習	・レンガを船の上に置くと沈むが、船底につると浮かぶ原因を知りたいと思う。	・前時の結果を提示し、確認する。
2 実験方法の構築	・どのおもりを使えば、要因を明らかにすることができるのか考える。	・おもりの種類（浮力概念学習教材Ⅱ）を提示しながら、実験方法を考えさせる。
3 浮力概念学習教材Ⅱを活用した実験	・重さ、形、深さ、向きに関係がないことに驚く生徒もいる。	・重さ、体積、形、深さ、向き（底面積）の道具を班ごとに用意する。
4 まとめ・振り返り	・浮力の大きさは、水中の体積の大きさによって決まることに気付く。	・結果を比較し、思考を促す。

〔授業の振り返り・授業後の生徒の様子〕

浮力概念学習教材Ⅱを活用することで、浮力に関する正しい知識（重さ、深さ、向き、形は浮力の大きさには関係がなく、水中の体積が関係している）を習得することで、生徒が持っていた素朴概念が科学的概念へ変容している様子が確認できた。また、「どうして形や重さは浮力の大きさに関係がないのか調べてみたい。」「なぜ、水の中で浮くものと沈むものがあるのか。」という新たな課題や問いが生まれた生徒もいることが分かった。表3が事後調査で生徒が記述した内容である。

表3 生徒のワークシートへの記述

生徒	記述内容（原文のまま）
①	浮力の大きさは、重さ、形、深さ、向きは関係なく、体積が関係あるということが分かった。
②	浮力の大きさは実験をやって、重さ、形、深さ、向きに関係ないことが分かった。
③	重さは関係ないことを知って驚いた。なぜ、関係ないのか。
④	どうして形や重さは浮力の大きさに関係がないのか調べてみたい。
⑤	なぜ、体積だけが関係あるのか。
⑥	浮力が他にどういったところで活用されているのか。
⑦	なぜ、水の中で浮くものと沈むものがあるのか。
⑧	船の浮き沈みにも体積が関係しているのかを調べてみたいです。

1-2-3 授業実践Ⅲ

〔実施日時〕2017年3月8日（水）

〔授業主眼〕浮力に関する様々な事象に着目し、習得してきた浮力概念の活用を通じて、それぞれの事象が説明できる。

学習活動	生徒の反応	指導上の留意点
1 課題の確認	・レンガを船の上に置くと沈むが、船底につると浮かぶ原因を考える。	・前時の内容の確認をする。 ・授業実践Ⅰで提案した課題を提示する。
2 学習プリントに個人の考えを記入する。	・習得した浮力の知識を活用し原因を考える。	・自分の考えがまとまらない生徒には個別で助言する。
3 班で話し合った結果を、学習プリントに記入する。	・対話を通じて、自分の考えを深める生徒もいる。	・班員の意見を聞いて思考が変化した際には、赤色で記入するよう指導する。
4 理由を発表する。	・根拠をもとに説明できる生徒もいる。	・ipadとロイロノートを活用して、説明させる。
5 新たな課題を提示する。 (浮力概念学習教材Ⅲを活用した課題)	・根拠を明確にし、結果を考察する。	・他者の考えを聞くことで深い学びになるよう促す。
6 江戸城の石垣の歴史について説明する。	・石垣が伊豆半島から運ばれてきた歴史に驚く生徒もいるだろう。	・今回の学びが歴史と繋がるように現地視察で得た資料を提示する。
7 まとめ・振り返り	・正しい浮力概念が習得される。	・授業実践Ⅰ・Ⅱも振り返りながら、本時を振り返るよう指導する。

〔授業の振り返り・授業後の生徒の様子〕

生徒のワークシートより、「対話的な学び」を行うことで、個人の思考が深まっていること（図3）が確認できた。また、浮力概念学習教材Ⅲを活用した課題により、浮力に空気は関係がないことや、授業全体を通じて、浮力が関係しているものについてもっと学びたいとか、石垣や城の歴史についてもっと知りたいという、学びを人生や社会に生かそうとする姿勢が確認できた。表4が事後調査で生徒が記述した内容である。

表4 生徒のワークシートへの記述

生徒	記述内容（原文のまま）
①	浮力は空気に関係ない。
②	歴史と関連付けて学習するのはとても楽しかった。
③	浮力に関する歴史などを知ることができてよかったです。
④	石を運ぶさまざまな昔の人たちの知恵がすごかった。

自分の考え

(前)
 水中の中にある体積が
 Aの方が重いから、
 Aはうこ。

(後)
 水中にある体積が
 Aの方がBよりも大きいので
 浮力がAの方が大きくなり、
 浮かぶ。

A 浮かぶ

浮力 > 重力 = 浮く

B 沈む

浮力 < 重力 = しずむ

↑

* 後ほど、教師の説明で修正

図3 生徒のワークシート

1-2-4 授業の様子

図4は授業実践Ⅰ、図5、6は授業実践Ⅱ、図7は授業実践Ⅲの様子

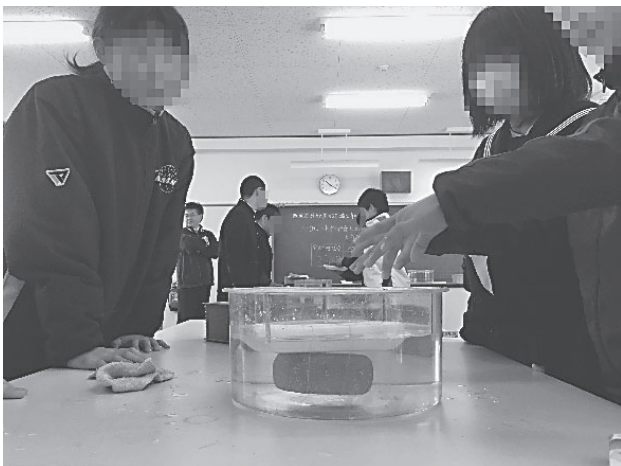


図4 石垣と船の実験



図5 浮力概念学習教材Ⅱを活用した実験

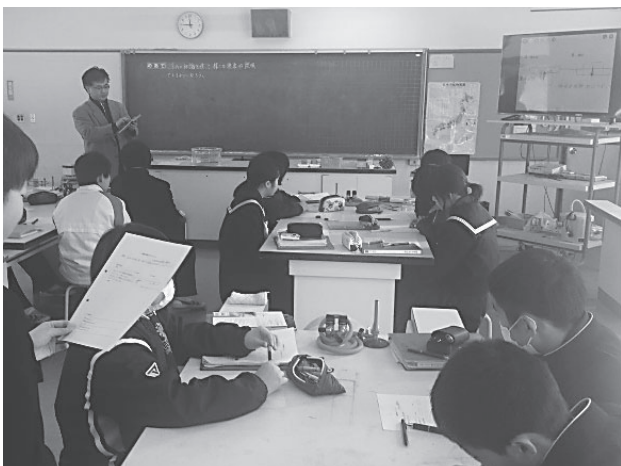


図6 ipadを活用した発表

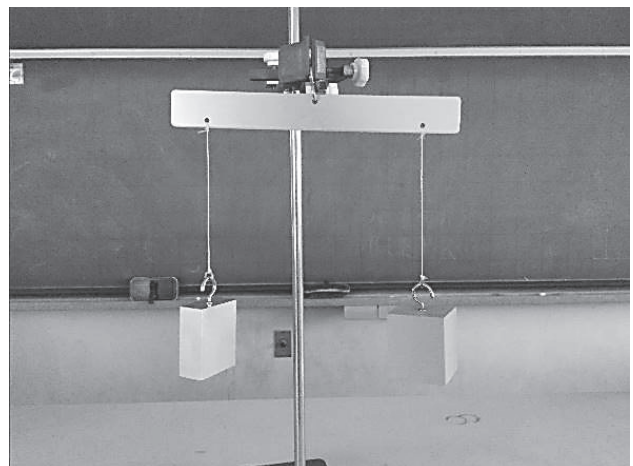
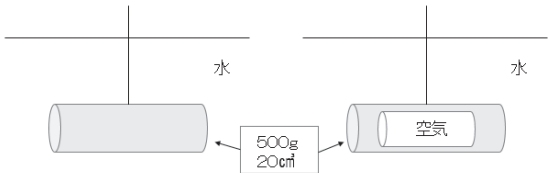

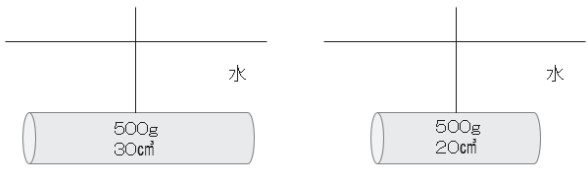

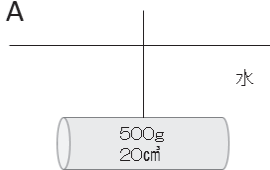
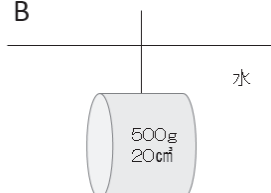
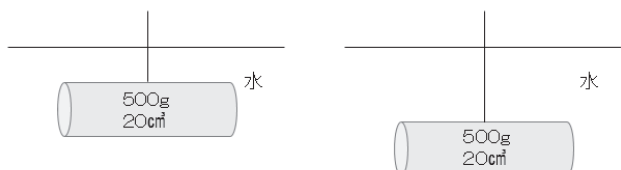


図7 天秤を活用した課題の提示

2. 質問紙における児童生徒の素朴概念実態調査結果

2-1 質問紙調査内容

生徒がもつ浮力概念の変化を把握するために、以下に示す質問紙調査を実施した。

<p>(Q1) 質量、体積が同じとき、浮力の大きさはどうなりますか。</p>  <p>①空気が入っていない方が大きい ②空気が入っている方が大きい ③同じ</p>	<p>(Q2) 体積が同じとき、浮力の大きさはどうなりますか。</p>  <p>①質量が大きい方が大きい ②質量が小さい方が大きい ③同じ</p>
<p>(Q3) 質量が同じとき、浮力の大きさはどうなりますか。</p>  <p>①体積が大きい方が大きい ②体積が小さい方が大きい ③同じ</p>	<p>(Q4) 質量、体積が同じとき、浮力の大きさはどうなりますか。</p>  <p>①横にした方が大きい ②縦にした方が大きい ③同じ</p>
<p>(Q5) 質量、体積が同じとき、浮力の大きさはどうなりますか。</p> <p>A</p>  <p>B</p>  <p>①Aの方が大きい ②Bの方が大きい ③同じ</p>	<p>(Q6) 質量、体積が同じとき、浮力の大きさはどうなりますか。</p>  <p>①浅い方が大きい ②深い方が大きい ③同じ</p>

2-2 実施時期

本研究では、児童生徒の浮力に関する素朴概念の実態調査と本学習プログラムの学習効果の検証を行うために、事前調査を対象生徒が小学6年生の時（平成27年7月）に、事後調査を本学習プログラム終了後の平成29年3月17日に実施した。

2-3 調査結果

図8～13に事前・事後の意識調査の結果を、表5に生徒の浮力概念変化（項目別正答率）状況を示す。（n=49）

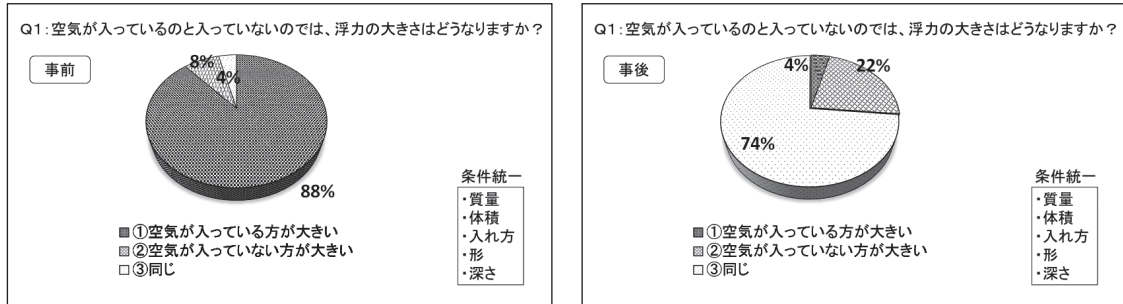


図8 空気に関する素朴概念の変化

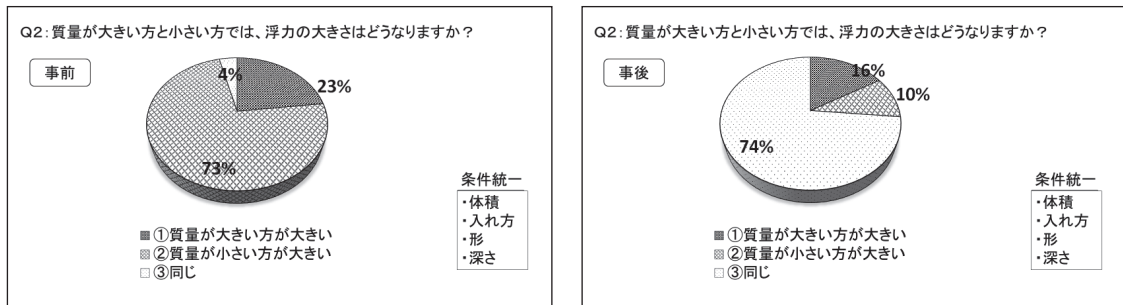


図9 質量に関する素朴概念の変化

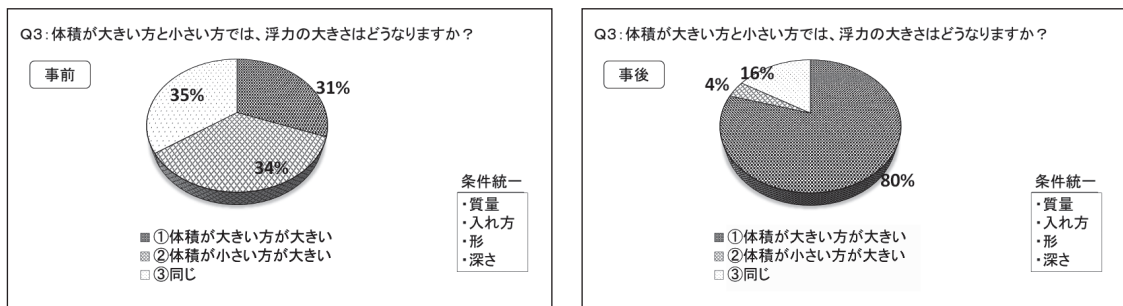


図10 体積に関する素朴概念の変化

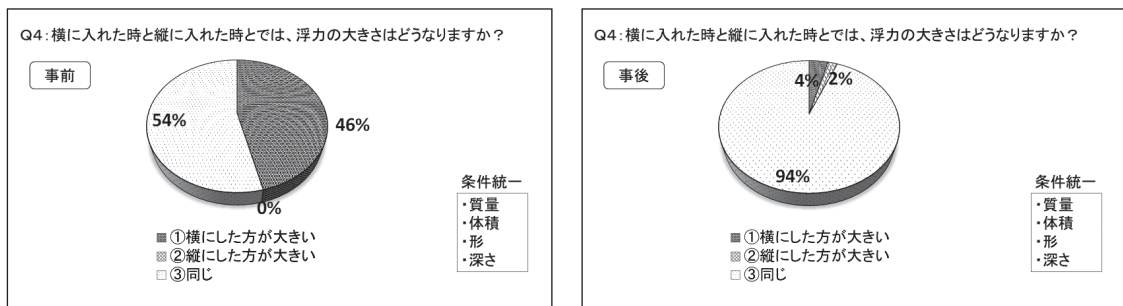


図11 入れ方（底面積）に関する素朴概念の変化

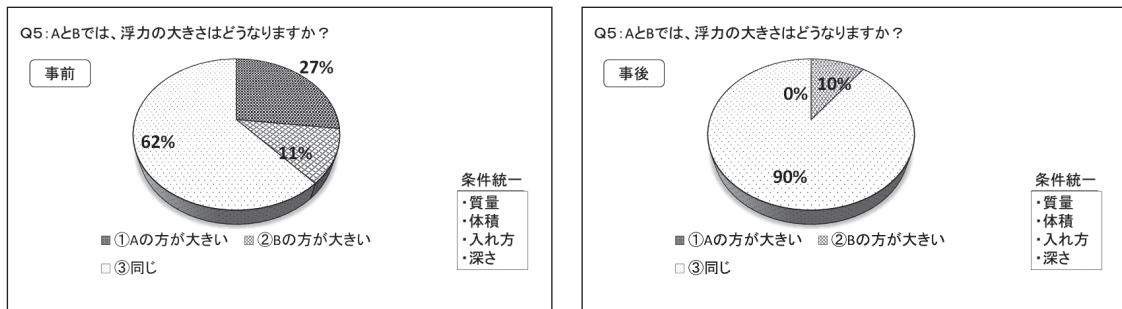


図12 形に関する素朴概念の変化

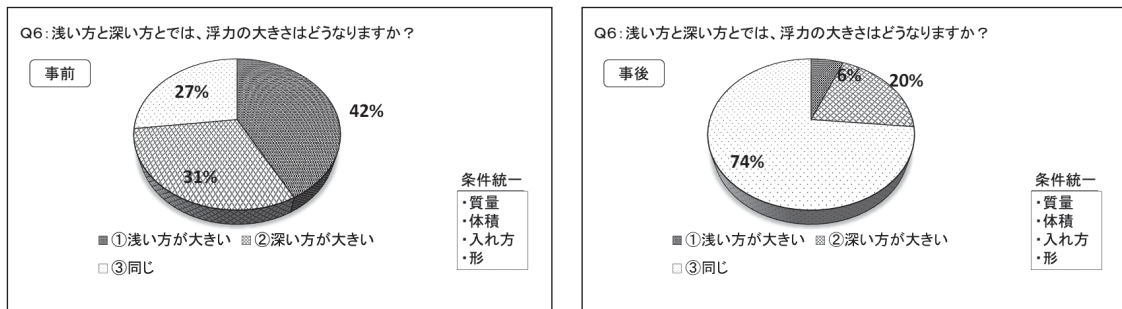


図13 深さに関する素朴概念

表5 項目別正答率 (%)

項目	事前 正答率 (%)	事後 正答率 (%)
空気	4	74
質量	4	74
体積	31	80
入れ方 (底面積)	54	94
形	62	90
深さ	27	74

3. 考察

事前調査結果から、生徒たちは、小学6年生の段階で、さまざまな誤った概念を形成していることが分かった。さらに、次のような点で特徴が見られた。

- (1) 空気及び質量に関する素朴概念（誤概念）が他の項目に比べてかなり高い。
- (2) 体積及び深さに関する素朴概念をもっている生徒は、3人に対して2人の割合で存在している。
- (3) 入れ方及び形に関する素朴概念をもっている生徒は、他の項目に比べて少ないものの半数以上存在している。

また、本学習プログラムの実施前と実施後の意識調査結果を比較すると、空気及び質量に関する正答率が共に、4%から74%（70%アップ）、体積に関する正答率は、31%から80%（49%アップ）、入れ方（底面積）に関する正答率は、54%から94%（40%アップ）、形に関する正答率は、62%から90%（28%アップ）、深さに関する正答率は、27%から74%（47%アップ）とどの項目についても大きく正答率が向上していることが分かる。このことから、本学習プログラムは、生徒のもつ浮力に関する素朴概念を科学的概念へ変容させる学習効果があることが確認された。

さらに、「浮力が関係しているものについてもっと学びたい。」とか「石垣や城の歴史についてもっと知りたい。」などの生徒の感想から、知識・技能の活用範囲が理科という狭い形の習得に留まるのではなく、教科横断的に学習内容を含み、新たな気づきや課題の発見に繋がる効果もあることが確認された。

おわりに

本研究の事前調査結果から、小学6年生の時に、浮力に関する誤った誤概念がすでに形成されていることが分かった。また、本学習プログラムには、生徒の素朴概念を科学的概念に変容させる効果があることも事後調査結果から明らかとなった。

しかしながら、生徒が実験結果や考察を発表する際に、iPadと「ロイロノート」を思考や発表のツールとして活用する予定であったが、十分な時間が確保できず、効果的な活用ができなかった。今後は、本学習プログラムの学習効果を上げるためのICTの活用法を検討していきたい。

付記

本研究は、公益財団法人 武田科学振興財団 2016年度「中学校理科教育振興財団」からの援助を受けて実践しました。援助していただきました貴財団に深く感謝申し上げます。

引用・参考文献

- 1) 中学校理科教科書「未来へひろがるサイエンス1」, 啓林館, 222P, 2016.2
- 2) 若林教裕:「浮力を学ぶ意味や価値を実感させる教材と指導展開」, 東レ理科教育賞受賞作, 1P, 2013.
- 3) 「アクティブ・ラーニングの三つの視点を踏まえた、資質、能力の育成のために重視すべき理科の指導プロセス」, 教育課程部会 理科ワーキンググループ (第8回) 配布資料 資料1-5, 2016.5.