

公 益 財 団 法 人

下中記念財団

The Shimonaka Memorial Foundation

下中科学研究助成金取得者研究発表

研究発表一覧は下記からご覧いただけます。

<https://www.shimonaka.or.jp/3s-grant-contest/>

変数制御を考えさせながら水圧の概念を構築する教材と指導展開の工夫

香川大学教育学部附属坂出中学校
若林 教裕

1. はじめに

現行の中学校学習指導要領では、科学的知識の充実とともに、探求する能力の基礎や態度の育成が強く謳われている。しかし現実には、多くの教員自身が探究的な実験を学生時代に行った経験をもたず、生徒にどのように探究する能力を身につけたらよいのか、その指導方法が十分でない。またふだんの授業でも、時間的な制約や学習指導要領に定められた科学的な知識・概念・法則などの内容の指導に教員が追われている。従って、科学的な探究とはどのようなものであるかということはもちろん、科学では、原因側と結果側の「変数」の關係に着目することや、変数同士の關係を調べるために複数の変数を適切に制御したり、得られたデータから關係する要因を吟味したりすることに焦点を当てた指導はあまり行われてない。現に、平成27年度に実施された全国学力学習状況調査の結果を見ても、実験や観察を計画する「構想」に関する問題の正答率が、前回に引き続き非常に低いことが明らかにされている。上記調査の結果をまとめた「平成27年度全国学力・学習状況調査報告書」（国立教育政策研究所）p70の＜分析結果と課題＞の1行目に正答率30.4%と記述されている。

このような現状を顧みると、探求する能力の基礎や態度の育成に焦点を当てた教材と指導の具体的な手立てが必要なのではないかと考えられる。

そこで、本研究では、探求する能力の基礎や態度として「自然現象の中の変数に注

目し、変数制御をしながら要因側の変数と結果側の変数の關係を明らかにすること」と「実験結果から根拠を示して報告することが重要であること」の2点を重視して、中学校1年生の「水圧」の分野において、その教材と指導の手立てを報告することにした。なお、「水圧」に着目した理由は下記の3点である。

- ・水圧の大きさは、水深のみが關係すると考えている生徒が多くないこと
- ・生徒が水圧の大きさに關係すると考えている要因を把握することで、変数制御を意識しながら実験計画ができる指導展開が可能であること
- ・水圧と浮力を混同している生徒が多く、浮力の概念形成にも影響を与えていること

2. 研究内容の説明

次の（１）～（３）の内容に重点を置いて実践を進めた。

- （１）水圧に関する素朴概念調査の実施
- （２）水圧の大きさに關係する変数の制御と根拠を示すことを意識させる教材と教師のかかわり
- （３）水圧と浮力の概念形成を促す教材開発

（１）水圧に関する素朴概念調査

生徒が水圧の大きさに關係すると考えている要因を把握することで、変数制御を意識しながら実験計画ができる指導展開が可能になると考えたので、水圧に関する素朴概念調査（図１）を実施した。以下に調査問題とその実態を割合（％）で示す。

◆◆◆「水圧に関する素朴概念調査」◆◆◆ 第1学年 120名

● 次の1～3は、水を入れたいろいろな容器に同じ大きさの穴をあけて、水の出方を調べているところである。もっとも水の出方が強いのは、どの穴か記号で選んで○をつけよ。また、4～6は問題の指示に従ってそれぞれ答えよ。

1 ア イ ウ エ (同じ) (ア) (イ) (ウ) (エ) 他 8% 1% 76% 12% 3%	2 ア イ ウ (同じ) (ア) (イ) (ウ) 他 51% 20% 25% 4%
3 ア イ ウ (同じ) (ア) (イ) (ウ) 他 15% 48% 33% 4%	4 右の立方体の発泡スチロールを水底に沈めていくどんな形になるか？ ア 横長 イ 縦長 ウ 立方体のまま エ 変化無し (ア) (イ) (ウ) (エ) 他 15% 2% 28% 51% 4%
5 図のように筒の両面にゴム膜をはった装置を水槽のやや左側に沈めたがアとイではどちらのゴム膜のへこみ方が大きいか？ A B C (両方同じ) (A) (B) (C) 他 37% 23% 39% 1%	6 どちらのおもりにはたらく浮力が大きいか。ただし、おもりの条件はすべて同じとする。 ア イ ウ (両方同じ) (ア) (イ) (ウ) 他 37% 23% 39% 1%

上記1～5の素朴概念調査より明確になったことは以下の3点である。

- 同じ水槽だと深い方が、水圧が大きいと考えている生徒が多い
- 水圧が水量に関係していると考えている生徒が多い
- 同じ深さでも水槽と壁との距離に水圧の大きさが関係していると考えている生徒が少なくない

図1 水圧に関する素朴概念調査

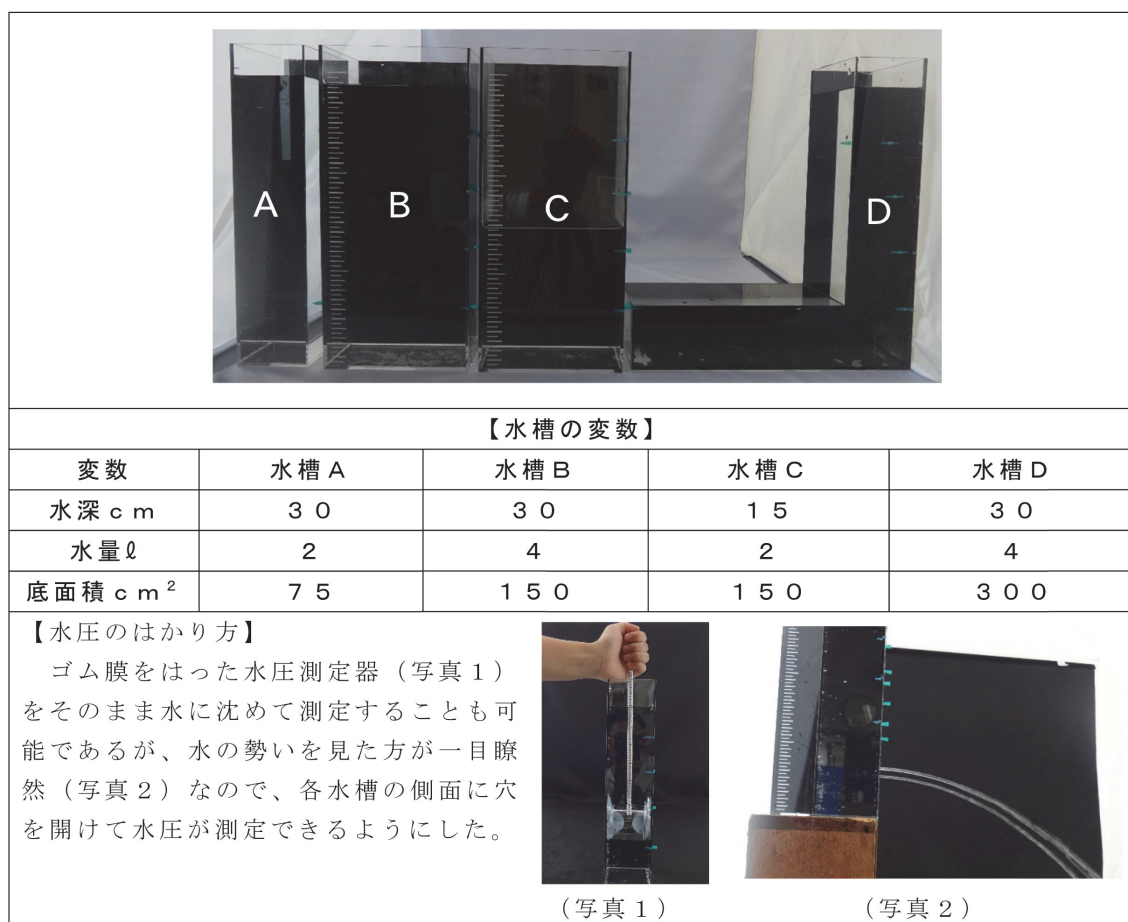


図2 教材の水槽

（2）水圧の大きさに関係する変数の制御や根拠を意識させる教材と教師のかかわり

①教材

生徒の素朴概念調査より、水圧の大きさに関係すると考えている変数が明確になった。このつまずきを改善し、概念形成をはかるためには、生徒の素朴概念と科学的な概念を対立させる教材が不可欠であると考え、図2のような深さ、水量、底面積などの変数を変えてある水槽を考案した。

②教師のかかわり

上記の水槽を使い、水圧の大きさに関係する変数の制御や、根拠を示すこ

とを意識させる教師のかかわり方を下記に示す。ただし、水圧測定器を水槽に沈めていったときのゴム膜のへこみ具合から、水圧の大きさは水深には関係するだろうということは、生徒が見出している状態からのかかわり方とする。

次ページ図3－①②③のように教師が問いかけたり、生徒の意見を聞きとったりすることで、水圧の大きさに関係する変数の制御の根拠を示すことを意識させながら、水圧の大きさに関する概念を構築していくことが可能になると考えられる。

図 3 - 1 教師と生徒のやりとり①

【教師】

【生徒】



水圧の大きさが水深に関係あることは、先ほどの実験から言えそうですね。では、この A ～ C の 3 つの水槽（変数を意識させるために水深と水量は明記してある）を使って、水圧の大きさが水深と関係することを証明するためには、どの水槽とどの水槽を比べればいいですか？

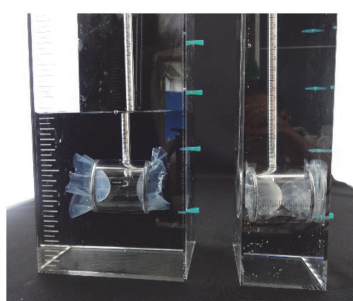
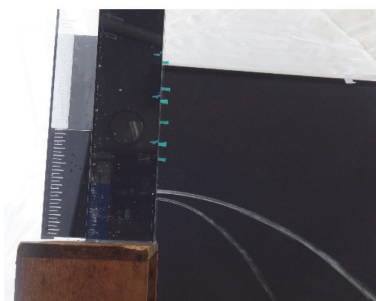


A と C の水槽だと思います。なぜなら、水量が同じで水深のみ違うからです。



なるほど、では、やってみましょう。

実験



やっぱり A が水圧が大きい。B より水深があるからだ。



（水の勢い：手前 A、奥 C） （ゴム膜：左 C、右 A）



では、あらためて聞きますが、なぜ、この実験で水圧の大きさに水深が関係しているといえますか？



予想でもありましたが、水深のみ変えたときに水の勢い（水圧）が変わったからです。



みんな納得した？・・・では、水量が水圧の大きさに関係するかどうかを確かめるためには、どの水槽とどの水槽を比べればよいですか？



はい！ A と B だと思います。なぜならば、水深が同じで水量だけが違うからです。



他にいいですか？ちなみに、みなさんどちらの水槽の方が水圧が大きいと思いますか？



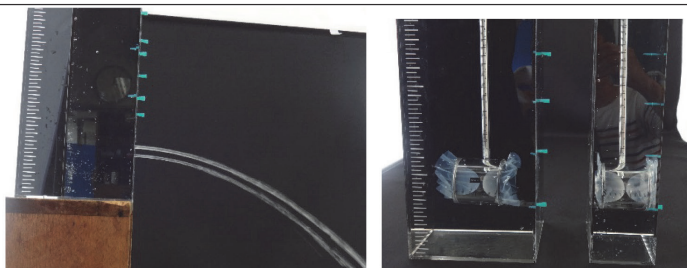
B だと思います。B の方が水深が同じで、水の量も多いのでそれだけ水の重みも増して水圧が大きくなると思います。



他にいいですか？では、やってみましょう。

図 3-2 教師と生徒のやりとり②

実験



(水の勢い：奥 B 手前 A) (ゴム膜：左 B 右 A)

あれ？
水圧は
同じだ。
水量は
関係な
いんだ。



驚いたね。でも、どうしてだろうね？水圧は水中ではたらく圧力だから・・・？

あっそうか。圧力は、単位面積あたりにかかる力だから、全体の水の
量が多くなっても単位面積あたりを押す力は変わらないんだ。



そうだね。でも、なぜ、この実験で水圧の大きさは水量に関係ないと
言えるのですか？

さっきと同じで、水量以外の条件を変えないで水圧の大きさを調べた
ときに変化がなかったからです。

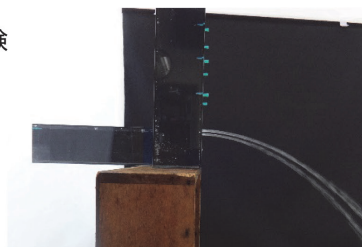


そうですね。科学の世界においては、このように変数同士の間に関係
があることはもちろん、関係がないことも明らかにしていくことが大
切です。その際、何を変えて何を固定するか、いわゆる条件制御をし
ながら探究を進めていくことが、相手に根拠を持って示すことにもつ
ながります。では、最後に本当にみなさんがわかったかどうか確かめ
ます。ここに底面積が 300 cm^2 の水槽 D があります。底面積の大き
さが水圧の大きさに関係があるかないかを確かめるためには、どの水
槽と比べればよいですか。もうわかりますね・・・そう B の水槽で
すね。ちなみにどちらが水圧が大きいと思いますか。

Dの方が底面積が大きいので、その分、水を押し出す量が強くなって
水圧が大きくなると思います。



実験



(水の勢い：奥 D 手前 B)

あれ！底面積が変わっても変わらないん
だ。そういえば、圧力は単位面積あたり
にはたらく力なので底面積がいくら広
くなくても関係ないのか。しかもよく考
えると、さっきの水量のみ変える実験でも、
実は底面積も変わっていたのに水圧は変
わらなかったのが納得がいきます。



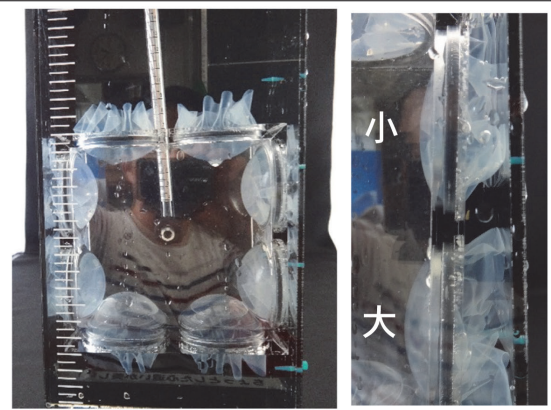
図 3-3 教師と生徒のやりとり③

	この実験から底面積は水圧の大きさに関係があるかないかもう説明できるね。
	はい。底面積以外は条件が同じBの水槽を使って実験すると、水圧の大きさが変わらなかったなので、底面積は関係がないといえます。

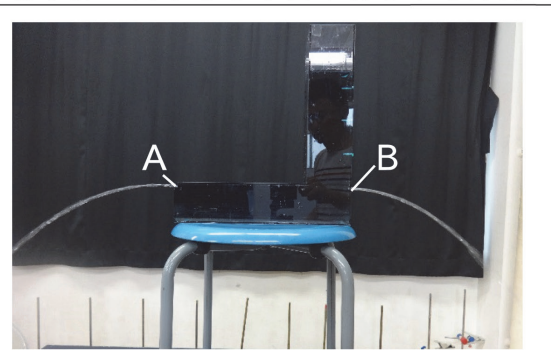
(3) 水圧と浮力の概念形成を促す教材開発

以下に、開発した教材(①②③)を示す。

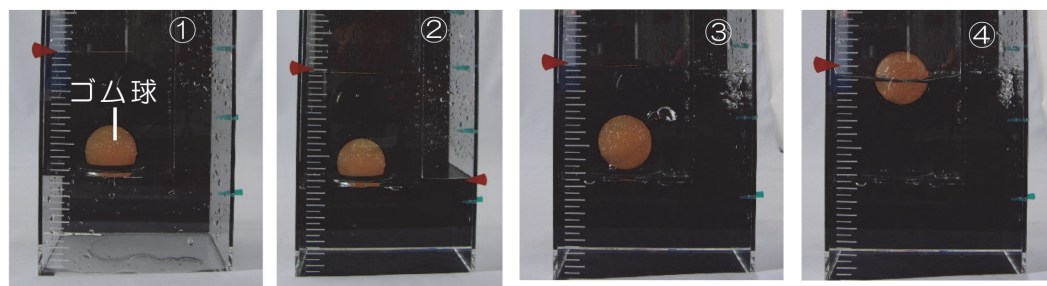
① 新型水圧測定器

	教科書などにも記載されている水圧測定器を基に考案したもので、現行のものに比べ下記の点が優れている。 ○ 4方向の水圧が同時に観察可能なので、あらゆる方向から水圧がかかるのが一目でわかる。(写真左) ○ 一面に2枚のゴム膜があるので左右の側面からの水圧が水深によって変わっているのが一目でわかる。(写真右)
--	---

② 水深が同じなら水圧はあらゆる方向に同じ大きさを伝えることをおさえる水槽

	L字型の水槽でA、Bの側面に穴を開けてある。どちらが水の勢いが強いかと問うと、大抵の生徒はBの方が水深が深いので強いと答える。しかし、水圧は深さが同じなら、あらゆる方向に同じ大きさを伝えるので、左の写真のように水の勢いが同じ結果になり、水圧のはたらく方向や大きさについての概念形成をはかることができる。
---	--

③ 水圧の差で浮力が生じることを意識させる水槽



①では、下面からの水圧がないためゴム球は浮かないが、②で外側の水槽から水を注いでいくと、③で下面からの水圧により、浮力が生じ④でゴム球が浮く。

多くの教科書に、浮力の定義は「水中にある物体の上面に下向きにはたらく水圧より、下面に上向きにはたらく水圧の方が大きいため、水中にある物体に上向きにはたらく力」とある。つまり、物体の下面に上向きにはたらく水圧がない場合、浮力は生じないことになる。このことを生徒に証明できれば、浮力は水圧の差によって生じる力であることと、水圧とは異なる力であることを捉えることができると考え、上記のような穴の開いた水槽とゴム球を用いた教



【浮き上がるゴム球に驚く様子】

材を考案した。



【ビニール袋で水圧を体感する様子】



【水圧測定器で水圧を測定する様子】



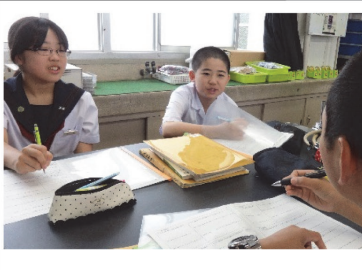
【実験する水槽を班で考える様子】



【変数の違う水槽で実験する様子】



【7000Paを体感する様子】



【水圧の学びの振り返りを語る様子】

図4 授業の様子

図5 生徒の授業後の反応

- 以前は、水の量も水圧に関係すると思っていたけど、同じ面積の上にある水の重みが水圧なので、水の量は深さが同じならどこも同じだとわかった。だから海やプールでも深さが同じだと、同じくらいしか体がしめつけられなかったような気がしたのか。
- 先生が考えた実験道具を使うと、上より下の方がへこんでいるのがわかった。横にあるゴムは深さが3～4 cmくらいしか変わらないのに、へこみ方が大きく変化したのでびっくりした。
- 前は、底面積が水圧に関係していると思っていたが、水量や底面積は関係がないことがわかった。ということは同じ箱に水を入れて穴をあけてより多くの水を出すには、水深のある下の方をあけた方が水圧が大きいのでよいと思う。
- 今回の実験で、水圧は水の深さだけに関係していることがわかりました。ゴム膜の左右を比べるとへこみが同じで、上下を比べるとへこみが違うのでよくわかった。そして、今回、調べようとする条件以外はすべて変えないで実験することを確認したので、次につなげたり、総合学習の探究にも活かしたりしていきたいです。
- 今日の3つの水槽を使った実験で、水圧が深さに関係することがよくわかった。ということは、水槽の形をハートや星型に変えても深さのみが関係しているのだろうか。
- 浮力は上からの水圧よりも下からの水圧が大きいということではたらくことがわかった。ということは、水圧はまったく違うけど、体積が同じなら、深海でも浅い海でも浮力は同じなんだと思うと、とても不思議な感じがする。

3. 授業の様子

上記のように、水圧の授業における実践の一部の様子（図4）と生徒の授業後の反応（図5）を示す。

4. 教育上の効果

今回の水圧の授業における指導展開と教材の工夫が、どの程度有効であったのか事後の素朴概念調査（図6）と事後テスト（図7）などを実施し、分析した。

【成果】

- 本実践により、以下の授業展開が可能になった。

- ・水圧の大きさに関係すると思われる条件を制御しながら、実験計画を行う。
- ・水圧の大きさに関係する条件と関係しない条件を、証拠を示して説明する。

○条件制御の認識の向上。

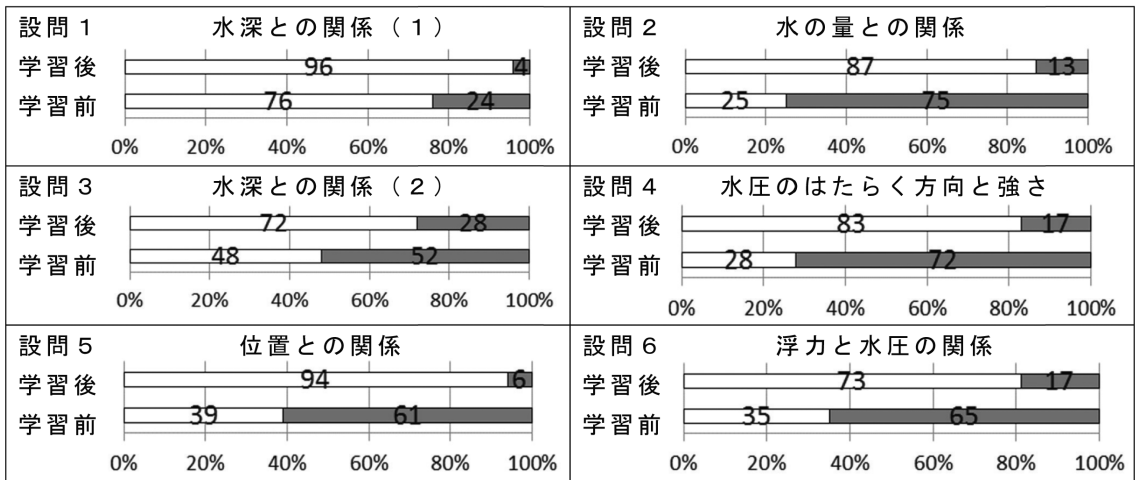
○水圧に関する誤概念の減少。

○浮力と水圧の混同が減少。

【課題】

- 事後の素朴概念調査やテストは、水圧の学習1ヶ月後に行ったものであるが、本実践の有効性を確かめるためには、さらなる追跡調査が必要である。
- 変数の異なる水槽を安価で作成する方法の考案。

図6 素朴概念調査の結果（事前と同じ設問で、設問内容は本文18ページ参照）



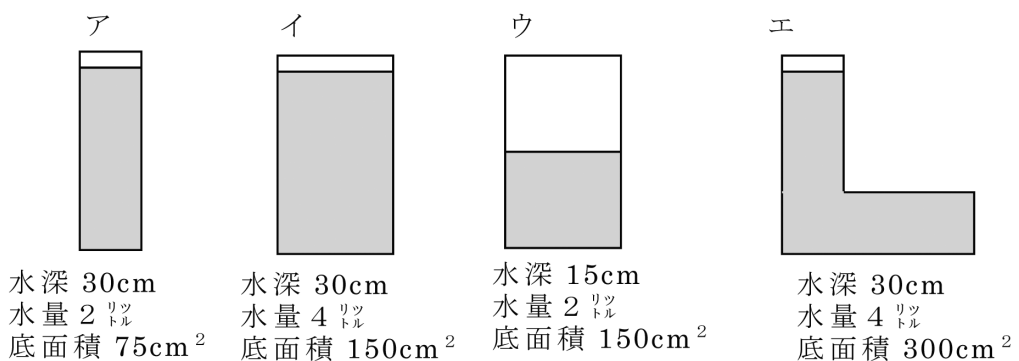
【□ 正解 ■ 不正解 生徒数120名】

図7 事後テスト（一部）

条件制御の認識が向上したか把握するために、下記のような問題を定期テストに導入し、正答率を調査すると89%であった。（実施生徒数120名）

【問題】

底面積の大きさが水圧の大きさに関係しているかどうかを調べるためには、どの水そう同士を比べるとよいか。ア～エから2つ選んで記号を書け。



【参考文献】

- (1) 若林教裕・長谷川忍・笠潤平「変数の扱いを中心とした科学的な探求能力の育成のための授業プログラムの開発 ～理科を通じた認知的促進授業プログラム (CASE) の日本における応用の試み～」(香川大学教育学部共同研究報告書) 2012年
- (2) 若林教裕・鷺辺章宏・笠潤平「変数の制御の観点を生かした浮力についての授業プランの開発」(香川大学教育学部共同研究報告書) 2014年
- (3) 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」(平成25年度第45回東レ理科教育賞受賞作品集) 2014年



若林 教裕先生
(わかばやし のりやす)

<略歴>

- | | |
|-----------|---------------------------|
| 1973年 4 月 | 岡山県南区灘崎町生まれ |
| 1996年 3 月 | 香川大学教育学部小学校教員養成課程理科教育専攻卒業 |
| 1996年 4 月 | 高松市立桜町中学校勤務 |
| 1999年 4 月 | 内海町立内海中学校勤務 |
| 2002年 4 月 | 宇多津町立宇多津中学校勤務 |
| 2007年 4 月 | 香川大学教育学部附属坂出中学校勤務 |
| | 現在に至る |

<研究歴>

- | | |
|-----------|--|
| 2010年10月 | 科研費研究助成「音でガラスを割る」採用 |
| 2011年 2 月 | 変数の扱いを中心とした科学的な探求能力の育成のための授業プログラムの開発－理科を通じた認知的促進授業プログラム (CASE) の日本における応用の試み－ |
| 2012年11月 | 「理科教育11月号」執筆
『自ら問題を見出し、観察、実験を計画できる学習指導～ CASE 『Thinking Science』の学習論に基づく「変数」に着目した探究学習の実践 |

を通して～』

- 2013年 2月 下中記念財団科学研究助成金
取得 「科学的な見方や考え
方を高めるアクションラーニ
ングの在り方」
- 同 12月 ソニー教育財団 子ども科学
教育プログラム 奨励賞
- 2014年 3月 東レ理科教育賞 文部科学大
臣賞「浮力を学ぶ意味や価値
を実感させる教材と指導展開」
- 同 4月 科研費研究採択「これで君も
科学者だ！変数と証拠の概念
をスキルアップする特別カリ
キュラムの構築」
- 同 4月 教育課程研究指定校認定
理科
- 同 10月 物理科学雑誌「パリティ」執
筆
- 2015年 6月 武田科学振興財団中学校理科
教育振興奨励「ものの姿や色
が見えることについて徹底的
に吟味したくなる指導展開と
教材の工夫」
- 2016年 7月 内田洋行発明考案品奨励賞

<勤務校>

香川大学教育学部附属坂出中学校

〒762-0037 香川県坂出市青葉町1番7号

電話 0877-46-2695