

ものづくり活動を取り入れた小・中学生を対象にした 科学教育の成果と課題[†] ：天秤づくりを例として

柳谷 諒*

仙台城南高等学校

林 正彦**

秋田大学教育文化学部

〔要約〕小・中学生を対象にした科学教育においてもものづくり活動を取り入れた実践を行った。具体的には、浮力の学習において天秤を製作させ、それをを用いて塩水中の卵に働く浮力の大きさを測定させた。感度のよい天秤を製作するために試行錯誤をする様子が見られ、ほとんどのグループが天秤を完成させて浮力を測定することができた。また、製作する過程において話し合いを取り入れたグループでは、試行錯誤が多くなり、天秤に様々な工夫を施した。測定器具を製作する「ものづくり」活動を行うことは科学教育において有意義であることが明らかになった。

キーワード：ものづくり、小・中学生、科学教育、天秤、浮力

1. はじめに

今日、義務教育段階で「ものづくり」活動を取り入れた理科の学習活動が重視されている。平成20年1月の中央教育審議会の答申において、教育課程の改訂の基本的な考え方、改訂で充実すべき重要項目等が示されるとともに、各校種・各教科の主な改善事項が明らかにされた¹⁾。この答申を受け、平成20年8月に告示された小学校学習指導要領解説・理科編では、各学年の「A物質・エネルギー」に関する目標に、「ものづくり」をすることが示された²⁾。同じく、平成20年9月に告示された中学校学習指導要領解説・理科編では、指導計画の作成と内容の取り扱いに「原理や法則の理解を深めるためのものづくりを、各内容の特質に応じて適宜行うようにすること」³⁾が示された。

「ものづくり」活動の実践として、ものを製作する喜びと完成の達成感を味わわせることを目的としたものが多く見られる。小学校における「ものづくり」活動の一例として、自分で製作した測定器具を使用して定量的に測定する学習活動として、天秤づくりが教科書⁴⁾に紹介されている。筆者らは、製作したものを実際に学習活動において道具として使用することによって、「ものづくり」への動機づけとなると考えた。中学校の教科書に掲載されている「ものづくり」では測定器具を製作する学習活動は見られない。中学校においても既習の知識や技術を応用し、測定器具などの「ものづくり」を行うことが、学習活動において課題解決能力を育成することに有効であると考えた。そこで、小・中学生に感度の高い天秤を製作させる実践を例として、既習の知識や技能を応用した「ものづくり」活動を導入することで得られる成果と課題を明らかにすることを本研究の目的とした。

2017年11月27日受理

[†]Achievements and challenges of science classes incorporating manufacturing activity too the elementary and junior high school students

*Ryo YANAGIYA, Sendai Johnan High School

**Masahiko HAYASHI, Faculty of Education and Human Studies, Akita University

2. ものづくり教材の開発の意義

(1) 「ものづくり」活動の意義

「ものづくり」活動では、単にものをつくる技術を習得することだけを目的としていない。厳密さへのこだわりや忍耐強さ、「ものづくり」で大切なチームワークや自発的に工夫や改善に取り組む態度なども重要であると示されている¹⁾。また、「ものづくり」において試行錯誤を行うことや課題解決の方法を探究する活動を通じて、各教科や生活の中で学習した知識や理論について、実感を伴って理解することができることも示されている。

ものづくり教育・学習に関する懇談会は、「ものづくり」活動の意義について「ものづくりの体験における試行錯誤の繰り返しや解決方法の探究を通じ、各教科や生活の中で学んだ知識や理論を、実感を伴って理解することができ、『わかった』という満足感を得られるとともに、これらを通じ、プロセスの大切さや、ものづくりの重要性、技能・技術が果たす役割の理解を促進することができる」と述べている⁵⁾。

(2) 天秤づくりを導入するねらい

小学校第6学年の単元「てこの規則性」において、「てこ」の働きを利用するという観点から製作した天秤を使用して、物体の重さを定量的に測定する学習活動が教科書に紹介されている⁴⁾。甲斐らは、小学校で天秤づくりを導入した実践授業を行うことで学習効果を確認した⁶⁾。しかし、甲斐らの研究においては、学習効果についての定量的な結果は明らかにされていない。そのため、本研究は天秤づくりを科学教育に導入したときの学習効果について定量的に考察する。

筆者らは、「てこ」の原理を応用した天秤づくりを「浮力」の学習に導入した。そこで、製作した天秤を使用して浮力を測定することで、浮力についての理解を深めることを期待した。浮力を測定する為には、感度の高い天秤づくりが要求される。天秤を設計し、製作しながら天秤の性能を確認して改善するという一連のプロセスを繰り返す試行錯誤が必要である。

3. 実践授業

本研究における実践授業は、秋田大学教育文化学部が秋田県内の小、中学生を対象に「科学探究セミナー」として開催した科学教育の一環である。

(1) 授業のねらい

「てこの原理」を活用して試行錯誤しながら天秤づくりを行うことで課題解決能力を育成させる。そして、製作した天秤を使用して浮力を測定することで、密度と浮力の関係について理解させることを授業のねらいとした。

(2) 実践授業の対象

実践授業は、小学校5年生3名、6年生3名の児童と中学校1年生6名、2年生4名の生徒を対象に、2015年9月6日に秋田大学教育文化学部の一般教室で行った。

(3) 教材観

中学校の教科書⁷⁾では、浮力について「物体の水にしずんでいる部分の体積が大きいほど、はたらく浮力は大きい」と、体積に着目して記述がされている。また、浮力の大きさを測定するため、ばねばかりを使用した実験が紹介されている。体積が同じでも物質固有の質量をもっていることから、物質の密度はそれぞれ異なることや密度の求め方が掲載されている。また、浮力の大きさと液体の密度の関係は中学校の教科書で密度の概念を学習するときに触れられるが、実験で確かめることはしない。そこで本実践は、密度を調整した食塩水とニワトリの卵を用意し、食塩水に卵を入れたとき卵に働く浮力を測定することで、密度と浮力の関係について理解させることを目的としている。

天秤づくりを行うとき、小学校の「てこの規則性」で学習した知識を活用することを児童・生徒に期待する。天秤づくりで重要なことは、支柱部分の左右がつり合うことであるため、児童・生徒たちはこのことに試行錯誤すると予想される。

(4) 指導観

本実践ではグループで1台の天秤を製作させる。天秤づくりのために提示した材料の一覧と予想される用途を表1に示す。

井口らは、作品づくりの見通しをもたせるためにキーワードと図や絵を関連付けながら構想図を描かせることが有効であることを明らかにした⁸⁾。本実践においても、児童・生徒が見通しをもって「ものづくり」活動が行えるような手立てが必要である。そこで、天秤の設計について話し合うように指示を出す。また、「てこの規則性」について未学習の小中学生を含むグループでは、到達点を明確にすることができるように、設計図（完成予想図、以下同様）

を描いてから製作活動に取り組むように指示を出す。

初めて密度や浮力の概念を学習することになる小学生や、浮力の定量的な内容を学習することになる中学生のために、はじめに浮力の測定に使用する食塩水と卵の密度を求めさせる。最初に食塩水の密度を求めさせることによって、固体の密度と液体の密度の関係によって物体が浮き沈みすることを理解できるようにする。このような体験を通して、密度と浮力の関係について実感を伴った理解をすることができると思われる。

表1 天秤製作のために用意した材料一覧

材料	用途
ストロー	天秤の腕
500mL ペットボトル	支柱
待ち針	軸
ビーズ	ワッシャー
ラップフィルム	皿
段ボール	皿
排水溝用ネット	卵用の受け皿
麻糸	皿のつり下げ
釣り糸	皿のつり下げ
ピン	キリの代用
セロファンテープ	固定、重り

(5) 実践の記録

1) グループ編成

実践授業の時間帯と参加した児童・生徒のグループ編成を表2に示す。授業は午前・午後に各1クラスずつ実施した。午前のクラスは中学生のみの参加であり、学年による人数比を考慮して、第1学年と第2学年を混合させグループを編成した。一方、午後のクラスは小学校の参加を考慮し、小学生は同じ学年同士、中学生は午前と同じように第1学年と第2学年を混合させグループを編成した。

表2 グループ編成

時間帯	グループ編成 (児童・生徒記号)
午前のクラス 10:00~13:00	Aグループ ・中学校1年生2名 (F1, F2) ・中学校2年生1名 (S1)
	Bグループ ・中学校1年生2名 (F3, F4) ・中学校2年生1名 (S2)
午後のクラス 14:00~16:00	aグループ ・小学校5年生3名 (P1, P2, P3)
	bグループ ・小学校6年生3名 (P4, P5, P6)
	cグループ ・中学校1年生2名 (F5, F6) ・中学校2年生2名 (S3, S4)

表3 実践概要

時間	テーマ	区分	概要
第1時	浮力の大きさには液体の密度の大きさが関係することを見いだす。	午前・午後	本単元のテーマを紹介し、天秤づくりを行うことを説明した。水、塩水さらに卵のそれぞれの質量と体積から密度を求めるために必要な測定器具を提示し、密度を測定する方法を考えさせたのち実際に求めさせた。求めたそれぞれの密度を基に個別に水または食塩水のときの卵の浮き沈みについて理由を考えさせた。浮力と密度の関係について話し合いをさせた。
第2時	天秤を製作し、天秤で浮力を測定する。	午前	表1に示した材料を教卓に並べ、それらを基に個別に天秤の設計を考えさせた。天秤づくりのアイデアを膨らませることができるよう、製作に必要な材料の組み合わせや個数は自由に選ばせた。個々が考えた天秤の設計を基に話し合いをさせ、各グループでどのような天秤を製作するのか決めさせた。グループ内で話し合いをさせながら、試行錯誤させ、より感度が高く、安定して重さを測定できる天秤を作るように指示を出した。密度を制御した食塩水の中にある卵に働く浮力を製作した天秤を使用して測定させた。測定結果を基に、塩水の密度と浮力の大きさの関係をまとめた。アンケート調査を行った。
		午後	天秤のイメージを持つことが出来るように筆者が製作した完成見本を提示した。表1に示した材料を教卓に並べ、それらを基に設計図を描かせた。天秤づくりのアイデアを膨らませることができるよう、製作に必要な材料の組み合わせや個数は自由に選ばせた。個々が考えた天秤の設計を基に話し合いをさせ、各グループでどのような天秤を製作するのか決めさせた。グループ内で話し合いをさせながら、試行錯誤させ、より感度が高く、安定して重さを測定できる天秤を作るように指示を出した。密度を制御した食塩水の中にある卵に働く浮力を製作した天秤を使用して測定させた。測定結果を基に、食塩水の密度と浮力の大きさの関係をまとめた。アンケート調査を行った。

2) 指導体制

本実践において授業は筆者のうち柳谷が行い、作業の安全を考慮して授業者の他に午前のクラスに1名、午後のクラスに2名の支援員を配置した。

3) 指導上の工夫

午前のクラスでは、中学生だけの参加であるため、小学校の「てこの規則性」で学習し獲得した概念を活用して天秤づくりができるように教師が製作した天秤の完成見本は提示しなかった。一方、午後のクラスでは、「てこの規則性」について未学習の小学生が参加したので、筆者が製作した天秤の完成見本を提示して、イメージをもつことができるようにした。

4) 実践授業の流れ

表3は当日の授業の実践概要を示したものである。

4. 調査方法

(1) 調査の目的

科学教育に天秤づくりを導入することで、教育効果があったか分析するためのデータを得ることが目的である。

(2) ビデオカメラによる映像

授業中の児童・生徒の活動の様子や天秤づくりに要した時間を記録するために、教室内にビデオカメラを1台設置した。

(3) ワークシート記述内容の分析

活動に見通しをもって天秤づくりに取り組めたか確認するためにワークシートの天秤の設計図に着目する。そのため、児童・生徒が記入したワークシートのコピーをとった。

(4) アンケート調査

質問紙法を用いて、家でのものづくり経験の有無、理科の実験器具の製作経験の有無、天秤づくり作業についての反応、天秤づくりで工夫した点について授業直後に尋ねた。質問項目の詳細を参考資料1に示す。天秤づくりの作業についての反応は5段階の評定尺度による回答とした。質問項目「天秤のしくみやしかけにおいて、どのような工夫しましたか」について、回答は自由記述とした。

(5) 児童・生徒が製作した天秤の機能の分析

製作した天秤の部品が安定して動作し、浮力が一定の精度で測定できるかという視点から分析した。

5. 結果

(1) 回収状況

ワークシートは参加したすべての児童・生徒16名中15名から回収し、回収率は94%であった。アンケート調査は参加した全ての児童・生徒16名に行い、回収率は100%であった。天秤は5グループ中4グループが完成させ、回収できたのは3グループであった。1グループは完成した天秤を授業直後に分解したため、回収できなかった。

(2) 集計結果

1) 実験器具の製作経験

表4は、理科の実験器具製作経験の有無を集計したものである。「ある」と回答した中学生2名が製作した器具名は、それぞれ「ストローピペット」と「天球儀」である。「ストローピペット」と呼ばれるものは、本実践授業中にメスシリンダーから液体を取り出すために生徒が製作したものである。

表4 実験器具製作経験の有無

対象	ある	ない
Aグループ	0	3
Bグループ	1	2
aグループ	0	3
bグループ	0	3
cグループ	1	3
計	2	14

表4から、実験器具の製作経験があると回答した児童・生徒の2名のうち1名は、上記で述べたように本授業前の経験ではないので、実質約6%であった。このように、児童・生徒たちは実験器具の製作経験がほとんどないことが明らかになった。

2) 天秤づくり作業についての反応

表5は、質問項目のうち天秤づくり作業についての反応を集計したものである。

表5から、質問項目(1)に対する回答は、「とてもそう思う」が約38%（以下、約は省略）、「そう思う」が50%である。合わせて88%の児童・生徒たちが天秤づくりの作業は難しいと感じたことが明らかになった。

質問項目(3)に対する回答は、「とてもそう思う」が63%、「そう思う」が37%である。参加した全ての児童・生徒たちが天秤づくりの作業は楽しいと感じたことが明らかになった。

表5 天秤づくり作業についての反応の集計結果

質問項目

- (1) 天びんづくりの作業は難しかった。
 (3) 天びんづくりの作業は楽しかった。
 (5) 「できた！」という喜びがあった。
 (10) グループでの天びんづくりにおいて他人に協力して取り組めた。
 (12) 天びんづくりにおいて最初に設計を行ってから取り組めた。
 (13) 天びんづくりにおいて試行錯誤しながら取り組めた。
 (14) 作った天びんで重さをはかることができた。

問	対象	とても そう思う	そう思う	どちらでも ない	そう 思わない	全くそう 思わない
(1)	Aグループ	1	2	0	0	0
	Bグループ	2	1	0	0	0
	aグループ	0	3	0	0	0
	bグループ	0	1	2	0	0
	cグループ	3	1	0	0	0
	計	6	8	2	0	0
(3)	Aグループ	2	1	0	0	0
	Bグループ	1	2	0	0	0
	aグループ	2	1	0	0	0
	bグループ	2	1	0	0	0
	cグループ	3	1	0	0	0
	計	10	6	0	0	0
(5)	Aグループ	2	1	0	0	0
	Bグループ	1	2	0	0	0
	aグループ	2	1	0	0	0
	bグループ	1	0	2	0	0
	cグループ	2	2	0	0	0
	計	8	6	2	0	0
(10)	Aグループ	2	0	1	0	0
	Bグループ	2	1	0	0	0
	aグループ	2	1	0	0	0
	bグループ	2	1	0	0	0
	cグループ	1	3	0	0	0
	計	9	6	1	0	0
(12)	Aグループ	0	3	0	0	0
	Bグループ	1	2	0	0	0
	aグループ	1	0	2	0	0
	bグループ	3	0	0	0	0
	cグループ	2	1	1	0	0
	計	7	6	3	0	0
(13)	Aグループ	3	0	0	0	0
	Bグループ	3	0	0	0	0
	aグループ	2	0	1	0	0
	bグループ	3	0	0	0	0
	cグループ	3	1	0	0	0
	計	14	1	1	0	0
(14)	Aグループ	2	1	0	0	0
	Bグループ	3	0	0	0	0
	aグループ	1	2	0	0	0
	bグループ	0	0	0	0	3
	cグループ	2	1	0	0	1
	計	8	4	0	0	4

質問項目(5)に対する回答は、「とてもそう思う」が50%、「そう思う」が38%である。合わせて88%の児童・生徒たちが「できた！」という喜びを感じたことが明らかになった。

質問項目(10)に対する回答は、「とてもそう思う」が56%、「そう思う」が38%である。合わせて94%の児童・生徒がグループでの天秤づくりにおいて協力して取り組めたことが明らかになった。

質問項目(12)に対する回答は、「とてもそう思う」が44%、「そう思う」が38%である。合わせて82%の児童・生徒が天秤づくりにおいて最初に設計を行ってから取り組めたことが明らかになった。

質問項目(13)に対する回答は、「とてもそう思う」が88%である。ほとんど児童・生徒が天秤づくりにおいて試行錯誤しながら取り組めたことが明らかになった。

質問項目(14)に対する回答は、「とてもそう思う」、「そう思う」を合わせると75%である。ほとんどの児童・生徒が製作した天秤で重さを測定できたと回答した。しかし、残りの25%の児童・生徒は「全くそう思わない」と回答し、製作した天秤で重さを測定することができなかったようだ。

3) ビデオカメラで撮影した映像の分析

図1に各グループの天秤づくりにおける活動時間の内訳を示す。各グループの天秤づくりに要した時間を「話し合い」「製作」「動作確認」の3つの要素に振り分けた。活動時間の内訳は筆者がビデオカメラで撮影した映像から算出したものである。

図1から、午前のクラスのA、Bグループと午後のクラスのa、b、cグループの活動時間を比較した

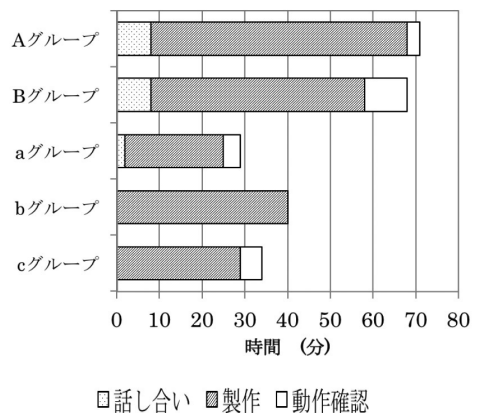


図1 天秤づくりにおける活動時間の内訳

ところ、午前と午後では活動時間が異なることが分かる。午前のクラスの生徒たちには、上皿天秤を提示したが完成見本を提示していない。そのため、生徒たちはこれから製作することになる天秤の全体像が掴めなかったので、天秤づくりに時間を要したと思われる。一方、午後のクラスの児童・生徒たちには完成見本も提示した。そのため、天秤の全体像を掴むことができ、午前のクラスよりも天秤づくりに要した時間が短縮されたと思われる。

図1から、A, B, aグループは天秤づくりの初めの段階で話し合いを行っている。ビデオで撮影したA, Bグループの話し合いの様子を見ると、材料を手にしながら天秤の設計について話し合う様子が見られた。一方、b, cグループは天秤づくりの初めの段階で話し合いの様子が見られなかった。bグループの児童は個別に天秤を製作し、その天秤を組み合わせようと試みる様子が見られた。そのため、bグループは時間内に天秤を完成させることができなかったと思われる。また、cグループは生徒S3がほとんど1人で天秤を製作している様子が見られた。

4) 天秤に施した工夫と天秤に対する評価

表6に、各グループの児童・生徒たちが天秤に施した工夫と製作した天秤に対する筆者の評価を示す。アンケート調査の自由記述から得られた天秤製作における各グループの代表的な具体例と、工夫を①～③の内容に分類した。分類した工夫は次の通りである。

- ① 天秤の腕が自由に動くようにつり合いがとれるようにした。
ストローの切れ端やビーズをおもりとして使用し、つり合いがとれるようにした。
- ② 容器の高さを調節しやすいように糸の結び方を工夫した。
安定して卵を入れることができるようにネットを工夫した。
- ③ 針のふれが分かるように、針に色を塗って赤くした。

各グループの代表的な工夫例は次の通りである。

Aグループ

微妙な天秤の傾きを読み取れるように、針に色を着けていた。(①, ②, ③)

Bグループ

腕(ストロー)がなめらかに動くように軸(待ち針)と腕との接続部を工夫していた。(①, ②)

aグループ

ビーズやストローの切れ端を使用して天秤のつり合いをとっていた。(①)

bグループ

糸の結び目を大きくすることで皿を移動しやすいようにしていた。(②)

cグループ

つり合うようにセロファンテープなどで細かい重心の調整をしていた。袋の口をビーズで止めて卵が安定するようにしていた。(①, ②)

天秤づくりの評価は、筆者が天秤の完成度や授業中の天秤の動作状況を基に、次の評価基準に照らし合わせて行った。

◎ 天秤を完成させ、軸がぶれることなく安定して浮力を測定できた。

○ 天秤が完成し、浮力を測定できた。

△ 上記以外

表6 天秤に施した工夫と天秤に対する評価

グループ	児童・生徒	工夫	評価
Aグループ	F1, F2, S1	①, ②, ③	◎
Bグループ	F3, F4, S2	①, ②	○
aグループ	P1, P2, P3	①	○
bグループ	P4, P5, P6	②	△
cグループ	F5, F6, S3, S4	①, ②	○

表6から、A, B, cグループは①の「つり合い」について工夫を施している。3つのグループは中学生からなるため、既習した「てこの原理」を活用して天秤の製作が行われたと思われる。aグループも同様に「つり合い」について工夫を施している。しかし、aグループの天秤づくりの作業において、支援員が手厚く指導していたため、「つり合い」についての工夫を施せたと思われる。

5) 児童・生徒たちが描いた設計図の分析

図2, 3に児童・生徒たちが描いた概念図や設計図の一例を示す。

図2から、午前のクラスの生徒たちには上皿天秤のみを提示したため、概念図しか描けなかったと思われる。午前のクラスの生徒たちは、ワークシートに卵に働く浮力をどのようにして求めるかという方

法について6名のうち全員が記述しており、そのうち、天秤の概念図を描いている生徒は2名である。

図3から、午後のクラスの児童・生徒たちには上皿天秤と完成見本を提示したため、詳しく設計図が描けたと思われる。午後のクラスの児童・生徒たちは10名のうち9名が天秤の完成予想図を描いていた。完成予想図を描いていない1名は食塩水と卵に働く浮力の関係を表す図を描いていた。

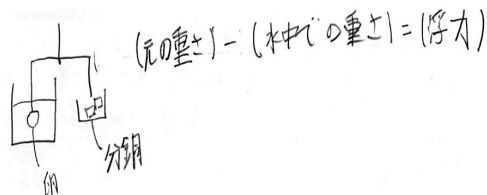


図2 午前のクラスの生徒S2が描いた概念図

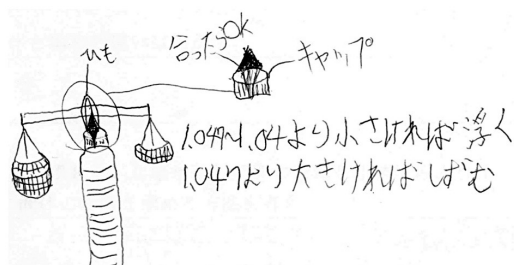


図3 午後のクラスの生徒F6が描いた設計図

6) 完成した天秤の分析

図4に授業者が提示した天秤の完成見本を示す。また、図5、6に児童・生徒たちが製作した天秤を示す。図5に示す天秤は、表6で示した天秤に施した工夫が最も多かったAグループが製作したものである。また、図6に示す天秤は、図3に示した天秤の概念図を描いた生徒F6が所属していたcグループが製作したものである。

図5から、Aグループが製作した天秤は図4に示した授業者が製作した天秤と比較して、天秤が釣り合うため腕の長さを可変できるように工夫が施されていた。そのため、「てこの規則性」を活用した工夫が施されていると思われる。また、腕が水平になっているかが目で見て分かるように目盛りが付いていた。さらに、ストローとペットボトルの蓋との間にビーズを挿入することで、ビーズがワッシャーの役割をしており、同じ様な仕組みが見られた。一方、

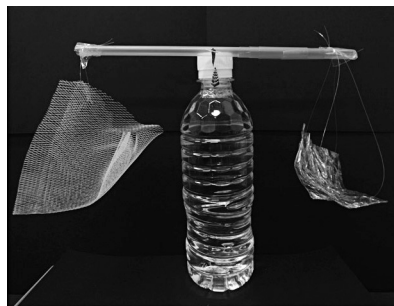


図4 筆者が製作した天秤の完成見本



図5 Aグループが製作した天秤



図6 cグループが製作した天秤

図6から、cグループが製作した天秤は図4に示した授業者が製作した天秤と比較して、ネットの大きさや目盛りが無いが完成見本に似た天秤を製作していた。また、cグループはストローとペットボトルの蓋との間ではなくストローと待ち針の間にビーズを挿入していた。したがって、完成見本を提示しなくても、完成見本に近いものが製作できた。また、Aグループに完成見本を提示していないが、完成見本には無い工夫が見られた。

6. 実践授業の評価と課題

(1) 浮力の測定結果の検討

児童・生徒たちが製作した天秤を用いて浮力を測定するとき、どの程度精度よく浮力を測定できていたかを検討する。比較するグループは、ワークシートに測定した卵に働く浮力を記述していた午前のクラスのA、Bグループである。表7に、A、Bグループが浮力の測定したとき使用した卵の質量、体積、密度を示す。また、図7にA、Bグループの児童・生徒が授業内に測定した浮力の測定値と、授業後に筆者が算出した浮力の理論値を示す。浮力の理論値は各グループが使用した食塩水の密度、表7に記述した卵の体積の値を基にして、「食塩水の密度×卵の体積」から筆者らが算出したものである。

表7 A、Bグループが求めた卵の密度

	Aグループ	Bグループ
卵の質量 [g]	60.5	69.8
卵の体積 [cm ³]	56	65
卵の密度 [g/cm ³]	1.08	1.07

図7から、A、Bグループの浮力の測定値は、密度が1.00g/cm³の水、密度1.05、1.10g/cm³の食塩水、合わせて3種類のときの結果である。表7から、Aグループが使用した卵の密度が1.08g/cm³、Bグループの卵の密度が1.07g/cm³であるため、食塩水の密

度が卵の密度と同じか、それ以上になったとき卵の浮力は測定不可能であるはずである。そこで、塩水の密度が1.10g/cm³のとき測定値については議論しない。Aグループの測定結果に対して、測定値と理論値からなる相対誤差をそれぞれ算出する。すると、密度が1.00g/cm³と1.05g/cm³のとき、相対誤差は0.5%、2.2%である。Aグループが理論値に近い値を測定できたのは、天秤の完成度と感度が高いことが要因だと思われる。一方、Bグループの相対誤差は14.1%、6.5%である。Bグループの測定値はバラツキが目立ち、相対誤差もAグループと比較して大きい。Bグループは、天秤の完成度が低いいため浮力を測定する精度がAグループほど高くなかった可能性がある。または、操作技能が未熟であるために誤差が生じた可能性もある。

(2) 天秤づくりの評価と課題

筆者らは、天秤づくりにおける課題解決能力を次のように考える。この原理を生かして設計を行い、それを図に描き、その設計図を基に必要な材料を選ぶ。それらの材料を使用して部品を製作し、天秤を組み立てる。そして、組み立てた天秤の動作に問題がないか確認を行う。このとき、製作工程のどこかで不具合が生じれば、製作工程を見直す。このような過程を経て試行錯誤を繰り返すことによって、課題解決能力を高めることを期待する。図8に、天秤づくりにおける課題解決の過程を示す。このうち①

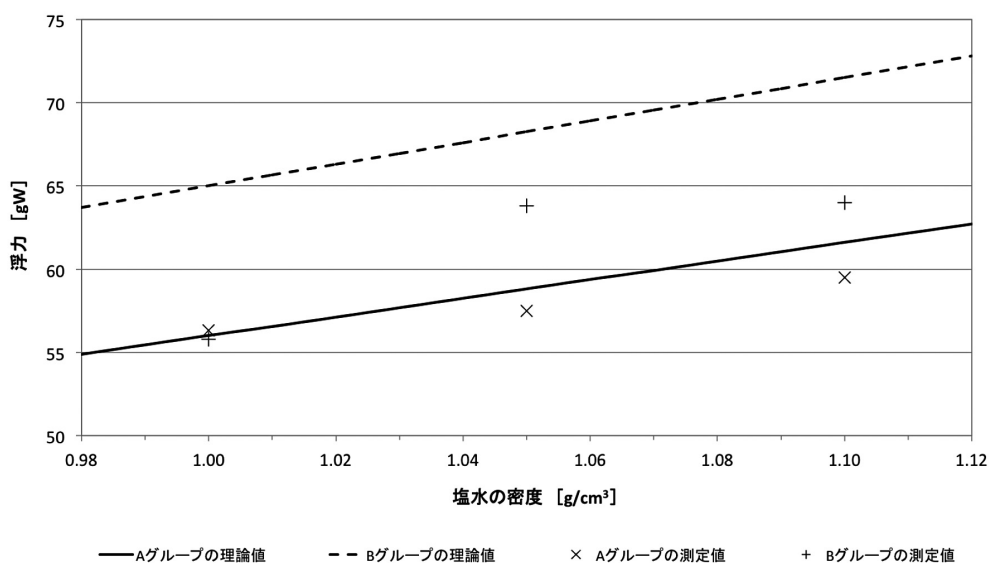


図7 卵に働く浮力の理論値と生徒による測定値

することができたと回答している。天秤が完成していない小学校6年生のbグループは明らかに浮力を測定できていなかった。また、cグループの中学校2年生の生徒S3はワークシートには浮力の大きさを記述していたが、アンケート調査では浮力を測定できなかったと回答している。

アンケート調査の集計結果より、児童・生徒たちにとって天秤づくりという課題は、難しさを感じたが同時に楽しさを感じている。また、完成度の高い天秤を製作して浮力を測定するためには、グループで協力して試行錯誤を繰り返すことが有効であったと思われる。おおむね80%の児童・生徒が肯定的な回答をしており、筆者らが設定した課題は適切であったと思われる。

7. おわりに

本実践により、小・中学生が身近な材料を使用して天秤を製作し、完成した天秤で浮力を測定することができた。単に天秤を製作することを目的とするのではなく、完成した天秤で浮力を測定することを目的としたことにより、意欲的に天秤づくりに取り組んでいたと思われる。また、天秤づくりという課題を解決するために試行錯誤を繰り返す様子が見られた。この、試行錯誤の場面において話し合いを取り入れることで、様々な工夫が生まれ、ものづくり活動において有効であった。以上のことを踏まえ、測定器具を製作し、完成した測定器具を使用して定量的に測定する学習活動は、科学教育において意義のある活動と考える。

今後、本実践の天秤づくりのような学習活動が、理科教育でどのようにして取り入れることが可能かを検討したい。

謝辞

本研究を進めるにあたり、秋田大学教育文化学部山下清次技術専門職員に実践授業の準備や支援員として大変お世話になった。多大なご指導・ご助言をいただきました秋田大学教育文化学部川村教一教授に、この場をお借りして深く感謝申し上げます。ご支援いただきました関係者各位に心より感謝申し上げます。

引用文献

1) 文部科学省 (2008) : 幼稚園, 小学校, 中学校,

高等学校及び特別支援学校の学習指導要領の改善について (答申). 中央教育審議会,
http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/new-cs/information/1290361.htm

- 2) 文部科学省 (2008) : 小学校学習指導要領解説理科編. 大日本図書, 東京, 105pp.
- 3) 文部科学省 (2008) : 中学校学習指導要領解説理科編, 大日本図書, 東京, 149pp.
- 4) 毛利 衛, 黒田玲子ほか32名 (2013) : 新編新しい理科6年. 東京書籍, 東京, 208pp.
- 5) 文部科学省 (2001) : 若年者に対する熟年技能者によるものづくり教育・学習の在り方について. ものづくり教育・学習に関する懇談会報告, http://www.jtunet.or.jp/doc/02_2_16.pdf
- 6) 甲斐昌平, 岡本玄ほか4名 (2009) : てこの学習後も利用可能な天秤の製作 ~小学校と連携した授業への応用~. 日本科学教育学会, 科学教育研究報告, 23, 2, 49-52.
- 7) 岡村定矩, 藤嶋昭ほか49名 (2013) : 新しい科学1年. 東京書籍, 東京, 240pp.
- 8) 井口克三, 北爪美穂ほか4名 (2011) : 「ものづくり」指導の工夫とその効果 -小学校理科の実践を通して-. 群馬大学教育学部附属学校教育臨床総合センター, 群馬大学実践研究, 28, 289-300.

Summary

Introducing design and manufacture of a balance as "monodukuri education", the authors conducted the science learning about buoyancy for the elementary and junior high school students. Students could make balances and measure buoyancy utilizing that. During activities, some students discussed making processes would make an effort to think of methods or ways by processes of try and error, after that they could make some devices. Manufacturing activities in science class may be fruitful such as this practice.

Key Words : manufacturing, elementary school and junior high school students, science education, balance, buoyancy

(Received November 27, 2017)

参考資料

2015. 9. 6

浮力測定における天びん製作についてのアンケート調査

学校名 () 学校) 学年 () 氏名 ()
 実験グループ () 班

1. 上皿天びんを使ったことがありますか。 (ある ・ ない)
2. 上皿天びんを自作したことがありますか。 (ある ・ ない)
3. 上皿天びん以外の理科の実験器具を自作したことがありますか。
 (ある→器具名:) ・ ない)
4. 家でものづくりをしたことがありますか。 (ある ・ ない)
5. 以下の問いに、次の5つの段階のうちかたもつとも当てはまるものを1つ選んで、番号を () 内に書いてください。
 (5…とてもそう思う、4…そう思う、3 どちらでもない、2…そう思わない、1…全くそう思わない)
- (1) 天びんづくりの作業は難しかった。()
- (2) 天びんづくりの作業は思っていたより時間がかかった。()
- (3) 天びんづくりの作業は楽しかった。()
- (4) 作った天びんに愛着がわいた。()
- (5) 「できた！」という喜びがあった。()
- (6) 天びんづくりを通じて天びんの仕組みや理解が深まった。()
- (7) 天びんづくりを通じてはかりのありがたさが分かった。()
- (8) 天びんづくりにおいて先生からの助言が役に立った。()
- (9) 天びんづくりにおいて他のグループの作業のようすを見せてもらうことが役に立った。()
- (10) グループでの天びんづくりにおいて他人に協力して取り組めた。()
- (11) グループでの天びんづくりにおいて役割分担して取り組めた。()
- (12) 天びんづくりにおいて最初に設計を行ってから取り組めた。()
- (13) 天びんづくりにおいて試行錯誤しながら取り組めた。()
- (14) 作った天びんで重さをはかることができた。()
6. 天びんのしくみやしかけにおいて、どのような工夫をしましたか。具体的に書いてください。