

# 中学校理科の2つのものづくり事例における 21世紀型能力の要素との関連付けの比較

Comparison of Examples of Association with Elements of 21<sup>st</sup> Century Formed Ability  
in the Case of Two Manufacturing Lessons in Junior High School Science

岩 崎 有 朋 (岩美町立岩美中学校教諭)

Aritomo IWASAKI (Iwami Junior High School, Teacher)

中 川 一 史 (放送大学教授)

Hitoshi NAKAGAWA (The Open University of Japan, Professor)

佐 藤 幸 江 (金沢星稜大学教授)

Yukie SATO (Kanazawa Seiryu University, Professor)

## 〈要旨〉

中学校理科の学習指導要領解説には、内容の取り扱いについての配慮事項の一つとしてものづくりの推進が挙げられている。ものづくりは、科学的な原理や法則について実感を伴った理解を促すものとして効果的であり、理科において、原理や法則の理解を深める一つの方法として示されている。2年間にわたる中学1年理科の光の性質の学習において、ダンボールプロジェクターづくりや、箱型カメラづくりというものづくりを通して、凸レンズの特性の理解する学習を行なった。生徒は振り返りの文章にどのようなスキルを活用したのか記述し、その動詞表現を21世紀型能力と関連づけて分類した。その結果、ものづくりの学習を行うと、動詞表現の約7割が自律的活動力、人間関係形成力、社会参画力といった実践力が多くを占めるといった共通点が明らかになった。

## 〈キーワード〉

ものづくり, 理科教育, 21世紀型能力

## 1 問題の所在

中学校学習指導要領解説理科編(平成29年7月)<sup>(1)</sup>では、各分野の目標やねらいが十分に達成されるように、内容の扱いについての配慮事項が明記されている。言語活動の充実や情報通信ネットワークなどの活用と並んで「ものづくりの推進」という項目が挙げられている。

更に「ものづくりは、科学的な原理や法則について実感を伴った理解を促すものとして効果的であり、学習内容と日常生活や社会との関連を図る上でも有効である。」と記されている。また、具体的な学習内容の例として、簡単なカメラや楽器などのものづくりが考えられ、それらは原理や法則などの理解を深められる課題とし、生徒の創意や工夫が生かせるようにするとある。光や音の現象といった身近な物理現象について、ものを作りながら実感を伴った理解につなげるためにも、必要な学習の一つであることがわかる。これに伴い生徒が使う教科書では、原理や法則につ

いて触れているページの挿絵にカメラの構造や虫眼鏡をとおして見える像のイラストがあり、身近なもの関連付けて物理現象を捉えるきっかけとなる配慮がなされている。

また、平成30年4月に実施された全国学力・学習状況調査中学校理科<sup>(2)</sup>の設問に、テレプロンプターのモデルづくりを通して問題を見出し、科学的に探究しようとする場面が設定されている。これは日常の授業において、簡易的なモデルづくりを通して問題解決型の授業を行うことができるという出題者側の意図を感じる。そして、同調査報告書<sup>(3)</sup>では、指導改善のポイントとして理科で学習したことが日常生活や社会と深く関わりをもっていることや、様々な原理や法則が科学技術を支えていることに気付かせる学習活動の充実が求められている。

中学校理科でのものづくりによって育まれる資質・能力について扱ったものに、岩崎・中川(2018)<sup>(4)</sup>がある。ここでは中学1年「光による現象」の単元において、凸レンズ

と段ボールを使いタブレット端末の画面を大きく映し出す段ボールプロジェクターを作成するというプロジェクト型の学習を行なっている。生徒は実験を通して凸レンズのはたらきを理解し、その知識をうまく活用して段ボール製のプロジェクターを各班1台ずつ作っている。また、作製したプロジェクターを使って、映し出される原理を教師に説明するためのプレゼンを作り、最終的には説明している。

単元末には生徒の振り返りの文章から動詞表現を抜き出し、それが国立教育政策研究所が示している21世紀型能力<sup>5)</sup>の基礎力・思考力・実践力の要素(表1)のどこにあたるのかを1つずつ分類している。

表1：21世紀型能力

道具や身体を使う力 (基礎力)	・言語 ・数量 ・情報	言語や数量、情報などの記号や自らの身体を用いて、世界を理解し、表現する力
深く考える (思考力)	・問題解決・発見 ・論理的・批判的 ・創造的思考 ・メタ認知 ・学び方の学び	一人一人が自分の考えを持って他者と対話し、考えを比較吟味して統合し、よりよい答えや知識を創り出す力、さらに次の問いを見つけ、学び続ける力
未来を創る (実践力)	・自律的活動 ・関係形成 ・持続可能な社会	生活や社会、環境の中に問題を見だし、多様な他者と関係を築きながら答えを導き、自分の人生と社会を切り開いて、健やかに豊かな未来を創る力

結果、未来を創る(実践力)に関する表現が一番多くなっていた。その割合は全体の7割であり、生徒はものづくりの学習を通して将来の社会生活につながる資質・能力を学んでいることがある程度明らかとなったとしている。

次に、今後の発展としては、同じ授業者が違う内容でもものづくりの指導を行なっても、指導理念や課題設定のねらいが同じなので、同様の結果が得られると推測できるとしている。また、異なる授業者が同じ単元についてもものづくりの授業を行っても、ゼロからものをつくるという課題設定や試行錯誤の経験から同様の結果が得られる可能性があるとしている。

もし、上記の発展的な内容について検証をすることで、中学校理科におけるものづくりをとおして生徒が意識する資質・能力が同じような実践力を中心とした意識として得られるのであれば、ものづくりのねらいとしている日常生活や社会との関連を図るという点では効果的であると考えられる。

## 2 目的と方法

### 2-1 目的

中学校理科におけるものづくりについて、異なる年度においてものづくりを行なった生徒の振り返りの文章と21世紀型能力の要素との関連について比較・考察する。

### 2-2 方法

平成29年度、30年度の1学年理科の授業において、ものづくりの学習中に活用した資質・能力と選定の理由を記述させる。次に、生徒の記述から動詞表現を第1筆者が抜き出し、第2、第3筆者がそれぞれ確認する。抜き出した動詞を、21世紀型能力の要素と関連付けながら分類する。要素との関連付についても第2、第3筆者の確認を受け、その後2つの年度の事例について比較・考察する。

### 2-3 授業デザインのポイント

本稿で扱う2つの実践は、いずれも第1筆者が行なったものである。授業者の授業デザインのポイントは次のとおりである。

今後の社会の担い手となる彼らが、より自分たちに合った世界を作るには、誰かに頼ったり任せたりするのではなく、自分たちで知恵を出し合い、協働的、創造的に振る舞うことが必要で、それによって得られたものが、より多くの人を幸せにするという社会経験を授業で体験させる。

特に、ものづくりという具体的な活動を通して育むことができる資質・能力は教科を超えたものがあると考えられる。

### 2-4 平成29年度の実践より

岩崎・中川(2018)では、動詞表現が2つ以上重複したものだけで集計したが、今回、重複しなかった動詞表現も生徒が学習活動を通して感じた資質・能力につながるものとみなし、近い資質に含める形で再集計した(表2)。

表2：21世紀型能力の要素との関連付け

H29	21世紀型能力要素	動詞表現	文章数
基礎力	言語的リテラシー	伝える	5
	情報リテラシー	活用する	7
	情報リテラシー	選ぶ	4
	情報リテラシー	使う	2
	情報リテラシー	調べる	3
思考力	問題発見解決力	立てる	6
	問題発見解決力	解決する	5
	問題発見解決力	出す	3
	問題発見解決力	理解する	3
	問題発見解決力	見つける	2
	メタ認知	試す	4
実践力	自律的活動力	考える	16
	自律的活動力	諦めない	13
	自律的活動力	持つ	9
	自律的活動力	頑張る	3
	自律的活動力	作る	3
	自律的活動力	必要とする	2
	人間関係形成力	行動する	9
	人間関係形成力	合わせる	7
	人間関係形成力	納得する	5

実践力	人間関係形成力	関わる	3
	人間関係形成力	協力する	6
	人間関係形成力	出し合う	3
	人間関係形成力	大切にする	4
	社会参画力	取り組む	6
	社会参画力	大切にする	5
	社会参画力	理解する	3
	社会参画力	見つける	3
	社会参画力	探す	2

抽出した146文の動詞表現のうち、21世紀型能力の中の道具や身体を使う力（基礎力）にあたる内容が14.4%、深く考える（思考力）にあたる内容が15.7%、未来を創る力（実践力）にあたる内容が69.8%であった。

### 2-5 平成30年度の実践より

実践した単元は昨年と同様に第1学年「光による現象」で、生徒は78名であった。学習課題は「凸レンズを使った箱型日光カメラを作り、3年美術で使ってもらうために写る原理を説明付きで渡す」として、教科連携かつ学年横断の学習（全5時間）を行なった。予め教師が設計図を示し、生徒は厚紙を採寸・裁断し、組み立てて動作確認を行なったのち、3年生に向けて説明の練習を繰り返した。また、箱形カメラは各班2台ずつ作成するように義務付けた。

美術で使う印画紙の大きさが決まっており、カメラの筐体のサイズは自ずと決まった。授業の終わりに毎時間振り返りを書かせ、それを集計したところ443文が得られた。ここから動詞表現を抽出し、21世紀型能力の要素（表2）と関連付けて分類した（表3）。

表3：21世紀型能力の要素との関連付け

H30	21世紀型能力要素	動詞表現	文章数
基礎力	言語リテラシー	意見を出す	14
	言語リテラシー	言葉にする	4
	情報リテラシー	書く	9
	情報リテラシー	探す	3
	情報リテラシー	練習する	7
	情報リテラシー	使う	5
	情報リテラシー	調べる	1
	思考力	問題発見解決力	アイデアを出す
問題発見解決力		アドバイスする	10
問題発見解決力		工夫する	10
問題発見解決力		解決する	1
問題発見解決力		理解する	6
問題発見解決力		点検する	1
メタ認知		有効に使う	25
メタ認知		意識する	6
メタ認知		効率よくする	4
メタ認知		作業する	3
メタ認知		違う見方をする	3
実践力	自律的活動力	役割分担する	54
	自律的活動力	考える	21

実践力	自律的活動力	責任を果たす	7
	自律的活動力	修正する	4
	自律的活動力	完成させる	5
	自律的活動力	作る	3
	人間関係形成力	協力した	66
	人間関係形成力	教え合った	46
	人間関係形成力	助け合った	26
	人間関係形成力	話し合った	23
	人間関係形成力	コミュニケーション	11
	人間関係形成力	関わり合った	6
	人間関係形成力	確認した	4
	人間関係形成力	相談した	4
	人間関係形成力	やり遂げた	3
	人間関係形成力	リードした	3
	人間関係形成力	納得した	2
	人間関係形成力	合意形成をはかった	2
	人間関係形成力	活動した	1
	人間関係形成力	行動した	1
	社会参画力	取り組む	17
	社会参画力	やろうと思う	2
社会参画力	共有する	6	

抽出した443文の動詞表現のうち、21世紀型能力の中の道具や身体を使う力（基礎力）にあたる内容が9.7%、深く考える（思考力）にあたる内容が18.1%、未来を創る力（実践力）にあたる内容が72.2%であった。

次に、平成29年度と30年度の各要素の割合を比較したものが表4である。

表4：21世紀型能力要素の割合の比較

21世紀型能力要素		H29	H30
基礎力	言語リテラシー	3.4	4.1
	情報リテラシー	11.0	5.6
思考力	問題発見解決力	13.0	8.8
	メタ認知	2.7	9.3
実践力	自律的活動力	31.5	21.2
	人間関係形成力	25.3	44.7
	社会参画力	13.0	6.3

基礎力の割合は平成29年度、30年度はそれぞれ14.4%と9.7%、思考力の割合は15.7%と18.1%、実践力は69.8%と72.2%であった。いずれの年度も生徒の動詞表現から抽出された21世紀型能力の要素の約7割が実践力につながるものであった。

### 3 考察および今後の課題

平成29年度、30年度のものづくりについて内容を比較したものが次の表5である。

表5：2つの学年の比較

	平成29年度	平成30年度
製作物	段ボールプロジェクター	箱型日光カメラ

原 理	凸レンズ (大きい実像)	凸レンズ (小さい実像)
材 料	段ボール	厚紙
他の道具	ガムテープ・カッター	セロハンテープ・カッター
1台 / 人	4人	2人
筐 体	自由な大きさ	授業者が指定
説明対象	教員	3年生 (美術)
製作過程	単元を通して	単元のまとめ

2つの年度の1年理科におけるものづくりの事例に共通することは「光のはたらき」という単元で凸レンズの原理を使ったものだという点である。また、つくるだけではなく、作ったものを使って教師や上級生へ説明するというゴールも同じである。

一方、2つの事例の違いは、同じ凸レンズの原理だが、プロジェクターはタブレット端末の拡大表示、カメラは景色や人物を6cm四方の印画紙に縮小表示と正反対の考え方を元に作成し、材料も異なるものであった。また、プロジェクターは筐体の大きさを自分たちで考えたが、カメラは印画紙のサイズが決まっているので、自ずと指定されたサイズになった。そして、プロジェクターは凸レンズのはたらきを確かめながら並行して作成したことに対して、カメラは教科書に沿った学習後、単元のまとめとして作成したという違いがある。

次に、30年度の生徒集団は、入学時の学力面、特に今回のエネルギー領域においては、前年度比で5ポイントも低かった。平成29年度は各グループにリーダー的な生徒がおり、さらにその中でも中心的な生徒が無理難題に対して突破口を切り開き、それにクラスが付いていく姿があった。虫めがねの凸レンズを渡されて、その焦点距離を測定する方法、測定結果を元に筐体サイズの決定、作成したものを使ったプレゼンといった一連の学習において、教師のアドバイスはほとんど得られない状況下で、見つけた知恵を他のグループに広めるなど、クラス全体で協働的に振る舞う集団であった。一方、平成30年度はクラスを中心となる学力層が薄く、互いに理解しながらも、伸びきる手前で頭打ちになる姿が見られた。一部理解が早い生徒も、それを周囲に広めるなどの行動も少なく、特にグループでの活動となると、自己のグループに固執してしまい、より良い解決策を探ろうと関わりの範囲を広げる生徒が少ないことが特徴として挙げられた。

このように材料や方法、集団としての関わり方など、違いが見られる中、いずれの学年の結果も動詞表現から抽出された要素の7割前後が21世紀型能力の中でいう実践力に分類された。

ものづくりは、実感を伴った原理や法則の理解に効果的であり、日常生活との関連付にも有効であるとされている。一方、実社会で活用し、問題を解決していく力を実践力としている。今回の2つの事例は、ものづくりを通して生徒が活用したと考えた資質・能力の多くが実践力であったことより、ものづくりで実践力に関連する資質・能力を育みやすいことが考えられる。

表6 動詞表現の抽出数上位5つの比較 (多い順)

	平成29年度		平成30年度	
	1 考える	自律的活動力	協力した	人間関係形成力
2 諦めない	自律的活動力	役割分担した	自律的活動力	
3 持つ	自律的活動力	教え合った	人間関係形成力	
4 活用する	情報リテラシー	助け合った	人間関係形成力	
5 行う・行動する	人間関係形成力	有効に使った	メタ認知	

学習集団の関係づくりのレベルの違いは、実践力の下位要素の自律的活動力や人間関係形成力といった部分との関連に違いが現れることがわかった (表6)。

その他の変化としては、平成29年度は凸レンズのはたらきを調べる実験をWebから求める場面があったが、平成30年度はWebを使った調べ活動的な内容はなかったため、情報リテラシーの数値が低下していると推測できる。

2つの事例とも課題解決学習の形だが、それでも思考力の要素よりも実践力の要素の方が多くなったのには、ものづくりの経験の乏しさが影響しているのではないかとと思われる。小学校の時から理科の授業ではパッケージ製品を組み立てて実験することはあっても、自分たちで一から作ることはなかったようである。どちらの年度の生徒の感想の中にも、「自分たちで一から作れるんだ」というものがいくつも見られたことから推測できる。このものづくりを中学3年間のうちに計画的に繰り返すことで、みんなで協力して作るという実践力の要素から、作れるのはわかったが、同じ作るなら更なる工夫をするなどの思考力の要素につながるのではないかとと思われる。

## 参考文献

- (1) 文部科学省 (2017) 学習指導要領解説理科編
- (2) 平成30年度全国学力・学習状況調査「理科調査問題
- (3) 平成30年度全国学力・学習状況調査 報告書【中学校/理科】
- (4) 岩崎有朋・中川一史 (2018) 日本STEM教育学会 第1回

- 年次大会「ものづくりで育むスキルについての一考察」  
<https://www.j-stem.jp/wp/wp-content/uploads/2018/10/R10.pdf>
- (5) 国立教育政策研究所教育課程研究センター (2013) 社会の変化に対応する資質や能力を育成する教育課程編成の基本原則, 国立教育政策研究所, 教育課程の編成に関する基礎的研究報告書 5)