

小学校理科におけるものづくり教材の授業実践

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2011-06-20 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 松永, 泰弘, 芹澤, 沙希, 堀井, 千裕 メールアドレス: 所属:
URL	https://doi.org/10.14945/00005691

小学校理科におけるものづくり教材の授業実践

Practice on Making the Teaching Materials in the Science Course of the Elementary School

松永泰弘・芹澤沙希*・堀井千裕*

Yasuhiro MATSUNAGA・Saki SERIZAWA・Chihiro HORII

（2010年10月6日受理）

Abstract

In this paper, we study the educational effects of the passive dynamic walking model and shape memory alloy engine, with simple structure, as science teaching materials in the elementary school. The elementary school students make one of the materials, and try the experiment with it. They learn about the principle of movement, power and energy. We show the learning contents and characteristic of the teaching materials in detail.

1. 緒言

「第3期科学技術基本計画¹⁾」において、ものづくりを担う人材を養成・確保するために、幼い頃からものづくりの面白さに馴染み、創造的な教育を行い、こども自らが知的好奇心や探究心を持って、科学技術に親しみ、目的意識を持ちながらものづくり、観察、実験、体験学習を行うことにより、ものづくりの能力、科学的に調べる能力、科学的なものの見方や考え方、科学技術の基本原則を体得できるようにすることが強調されている。また、それに引き続く科学技術・学術審議会基本計画特別委員会「我が国の中長期を展望した科学技術の総合戦略に向けて—ポスト第3期科学技術基本計画における重要政策—²⁾」においては、「児童の才能を見出し伸ばす取組の推進」として、「我が国では観察・実験等を重視した理科の授業を受けていると認識している児童の割合が低く、また、科学への興味関心や科学の楽しさを感じている児童の割合が低いと指摘されており、才能を持つ子どもを育む基盤として、科学技術への興味関心を高め、理科や数学が好きな子どもの裾野を広げていく取組を進めていくことが必要である。」と指摘している。

一方、新学習指導要領³⁾では、小学校理科の物質・エネルギーの分野において、振り子の運動にかかわる条件、てこの要因や規則性に目を向けながら調べ、見いだした問題を計画的に追究したりものづくりをしたりする活動を通して、物の変化の規則性についての見方や考え方を養うことを目指している。

そこで、本研究では、力やエネルギーについて学ぶものづくり教材として、単純な構造・動く楽しさ・試行錯誤・原理の探求などの点から研究が進められている受動歩行模型^{4) -6)}と形状記

憶合金エンジン^{7)・10)}を取り上げ、これら2つのエネルギー教材製作の授業実践を通じて、小学校理科ものづくり教材の方向性・可能性を探る。また、各教材について、学習内容や教材の特徴について明らかにする。

受動歩行模型については、振り子の運動やこの原理、位置エネルギーなどを簡単に、感覚的に試行錯誤しながら学ぶことのできる教材として、木材とペットボトルの2つの材料を使った模型製作の授業を行い、子どもたちの道具や材料に対するものの見方の変化、教材としての可能性を探る。また、形状記憶合金エンジンについては、形状記憶合金を取り入れることで、子どもたちにとって驚きや不思議さを兼ね備えた魅力ある教材、創意工夫の可能性ある教材として提示する。形状記憶合金エンジン製作の授業実践を行い、子どもたちの驚きもたらす教育的効果やものの見方の変化、教材としての可能性を探る。

2. 受動歩行模型の授業実践

使用する材料・道具の異なる2つの受動歩行模型（図2-1, 2）の製作を小学校理科5, 6年の授業で実施し、技術的要素、学習内容が適切であるか、材料や道具の違いによる児童への影響などについて考察、検討する。



図2-1 木製受動歩行模型



図2-2 ペットボトル受動歩行模型

2.1 受動歩行模型の製作

木製模型

【材料】82×60×15mmの木片、25×45×15mmの木片（2個）、15×45×15mmの木片（2個）、洗濯ばさみ、金属の棒、黒いゴム（2個）

【工具】接着剤、工作マット、小刀

【製作手順】

1. 2組の木片で2本の足をつくる。
2. 後ろ足をシャフトとゴムを使って取り付ける。
3. 前足を接着剤で取り付ける。
4. 足の底がなめらかにカーブするように小刀で削る。
5. 洗濯ばさみを取り付ける。

ペットボトル模型

【材料】5×15×15mmの木片、15×25×15mmの木片（2個）、15×45×15mmの木片、ねじ、金属の棒、黒いゴム（2個）、鉛筆、ペットボトル

【工具】接着剤、工作マット、小刀、キリ、ドライバー

【製作手順】

図2-3のスライドを提示しながら説明し、以下の手順で製作する。

1. 小型木片の指定位置にキリで深めに穴をあける。
2. 2組の木片を接着剤で2本の足をつくる。
3. ペットボトルの指定位置3か所にキリで穴をあける。
4. 足の底がなめらかにカーブするように小刀で削る。
5. シャフトで後ろ足を取り付ける。
6. 前足をねじで取り付ける。
7. 鉛筆とキャップを取り付ける。



図 2-3 ペットボトル受動歩行模型の製作 (PowerPoint)

2.2 実践概要

木製模型

【場所・対象】

静岡市立清水由比小学校	第6年生
静岡市立千代田東小学校	第5学年
静岡市立大河内小学校	第4～6学年
計189名	

【総時間数】

45分×2 (由比小学校・千代田東小学校・大河内小学校)

【題目】自分だけのアシモくんをつくろう！

「2組の木片で2本の足をつくる」工程で、足の形を削る作業中に、接着剤の接着が遅いため木片がとれ、困難さを感じる児童がたくさんいたため、木片を先に削った後、接着剤で取り付けるというように、手順を変えて製作を行った。それにより、作業がスムーズに行われた。

ペットボトル模型

【場所・対象】

静岡市立賤機中小学校

第5・6学年

計27名

【総時間数】

45分×2（賤機中小学校）

【題目】 ペットボトルを歩かせよう！

「ペットボトルの指定位置3か所にキリで穴をあける」という工程でペットボトルが不安定なため、穴があけにくく、また、「ペットボトルの4つ穴が開いているところからカッターで切って大きな穴を開ける」という工程では、カッターナイフの差し込みに力が必要であり、印通りに切り抜くことが難しく、失敗しやすく危険ということがわかったので、キリでペットボトルに穴をあける際には、ペアを組んで、ペットボトルをお互いに抑えて作業を行った。さらに、カッターで大きな穴をあけるのは、失敗しやすく危険なため、あらかじめ穴をあけたペットボトルを用意した。その結果、ペットボトルをペアの人に抑えてもらうことで、ペットボトルが安定し、穴があけやすくなった。また、カッターを使わないので、小学生にとって困難で危険な作業がなくなり、大幅な時間短縮になった。

2.3 製作中の児童の様子

(1) 導入

まず、「歩行」について意識してもらうために、「学校にどのようにして登校したか」「二足歩行するものは人間のほかに何があるのか」を尋ね、HONDAの二足歩行ロボット「アシモ」について説明し、アシモが歩行し走る動画を提示する（図2-4 (a)）。「ランドセルを背負っている」「ぼくたちと一緒にだ」という意見に対して、アシモのエネルギーについて話しをした。前後・左右に揺れる受動歩行模型の歩行動画（図2-4 (b)）を提示し、体の揺れが歩行に重要な働きをすることを意識させた。児童からは、「スゴイ！」「こんなものでも歩くの？」などの声があがり、受動歩行模型に対する興味関心の高さが見られた。その後、色々なものを歩かせることができるということを理解した上で、模型の製作に取り組んだ。



(a) アシモの歩行・走行動画



(b) モアイ像模型の歩行動画

図2-4 導入で提示した歩行動画

(2) 製作活動

【足を接着剤でつける作業】

接着剤をつけるという工程では、児童のほとんどが接着剤をつけすぎて、乾かないうちに触っ

てしまっていたので、足がすぐにとれてしまっていた。しかし、少量の接着剤のほうが乾きは速く、上手にくっつくというのに気付いた児童は、多く出しすぎてしまった時に、ティッシュなどで余分な接着剤をふきとっている姿がみられた。

【小刀を使う作業】

使用頻度の少ない小刀を使用した削り作業では、道具の扱いにくい様子が見受けられたが、使い慣れていくうちにうまく削ることができていた（図2-5 (a)）。

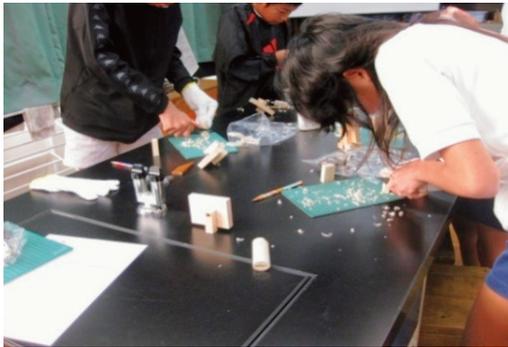
【ねじを取り付ける作業】

ねじを取り付ける穴が小さいため、つけるのに苦労している児童が多くいた。しかし、ドライバーを使って工夫して取り付けている様子が見られた（図2-5 (c)）。

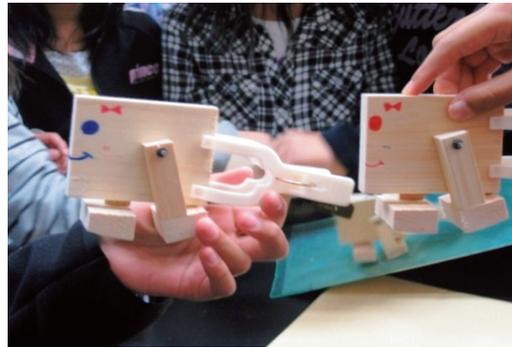
(3) 歩行の観察

完成した模型を斜面上に乗せ、歩かせることで歩行の様子を観察する。おもりの位置を変えるとどうなるか、どうしたらもっと速く歩行することができるのか、斜面の角度を変化させるとどうなるか、など各自で観察し、どのような仕組みで歩行しているのかを理解しようとする様子が見られた（図2-5(b), (d)）。

模型が歩いたときには、「すごい！歩いた！」や「かわいい！」となど、喜ぶ児童が大勢いた。また、うまく歩かない児童にどうすれば歩くかアドバイスしている姿もみられた。



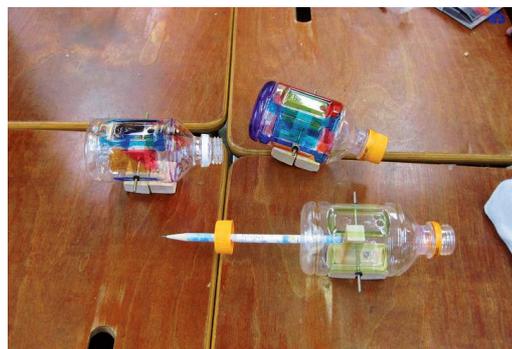
(a) 小刀による製作



(b) 完成した木材製模型



(c) ドライバーで前足を固定



(d) 完成したペットボトル模型

図 2-5 製作中の児童の様子

(4) アンケートの実施

アンケートの質問に選択式、記述式で答えてもらった。危ないや怖いなどの漢字が読めない児童が多くみられた。そのため、小学生の学習レベルを理解し、仮名を使用しなければならぬと感じた。

2.4 アンケート結果

授業後にアンケートを行った。アンケート項目と児童の意見を以下に記す。

① どうやって歩くか、なぜ歩くか、家族に説明してみましよう。

「支点・力点・作用点の関係している」「てこの原理が関係している」「振り子の運動が関係している」「重心が関係している」「坂（位置エネルギー）が関係している」（図2-6）

坂に、このロボット、エネルギーがあつて
うごく。

(a) エネルギーに関する記述

坂から、まろがすし、しんぷん、きょう点がはたいて
歩く。

(b) 支点、力点、作用点を用いた記述

図2-6 児童の回答

② 全体の感想を述べてください。

「楽しかった」、「難しかった」、「うまくできてよかった」、「歩いてうれしかった」、「作るのが大変だった」、「こんなものでも歩くなんでびっくりした、すごいと思った」、「おもしろかった」、「歩く仕組みについて理解した」、「また作りたい」、「小刀が怖い・危ないと思った」

③ 他の物を使って何かつくりたいですか。具体的に書いてください。

今回はロボットという記述があるものに着目した。（ロボットは車、船、ロケットを含む。）
木製模型を製作した児童の回答：

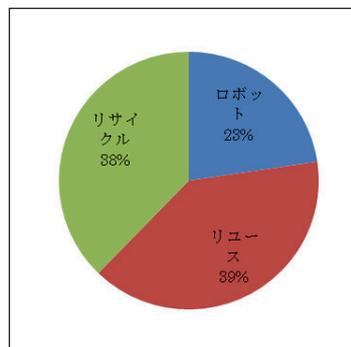
「ペットボトル」、「缶」、「木」、「いらなくなったもの」、「段ボール」、「紙」、「電気（電池）」
「牛乳パック」、「モーター」、「フィルムケース」、「箱」

ペットボトル模型を製作した児童の回答：

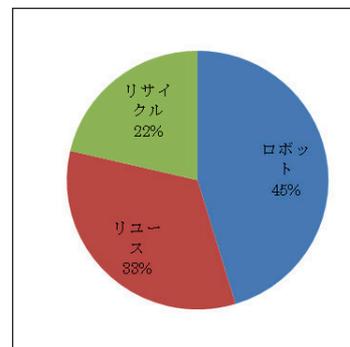
「缶」、「ペットボトル（今回作ったものとは違うもの）」、「箱」、「牛乳パック」、「いらなくなったもの」、「木」、「モーター」

④ 飲み終わったペットボトルについて、どのような使い道が考えられますか。

児童の回答から、大きく「ロボット」、「リユース」、「リサイクル」の3つにわけてアンケートの集計を行った。集計結果を図2-7に示す。木製模型とペットボトル模型を使用した実践を比較すると、やはりペットボトル模型の実践のほうがペットボトルをロボットにするという回答が多い結果となった。使用する材料を意図して選ぶことにより、子どもたちの身近なものに対する見方に変化が現れたと思われる。



(a) 木製模型を製作した児童（児童数189名）



(b) ペットボトル模型を製作した児童（児童数27名）

図2-7 使用済みペットボトルの使い道

また、授業全体についての印象を知るために「楽しく作ることができた」「作るのが難しかった」「歩かせることができた」「また参加したい」という問いに対し、そう思う・思わないを5段階で評価した（図2-8）。

「楽しく作ることができた」「また参加したい」という問いに対しては9割を超える児童がそう思う、ややそう思うと回答した。また、「作るのが難しかった」という問いに対して約半数の児童がそう思うと回答している点から、難しい製作であったといえる。しかし、「歩かせることができた」という問いに対しては、約8割の児童がそう思う、ややそう思うと回答したことから、難しい製作でも歩かせることは可能であったことがわかる。

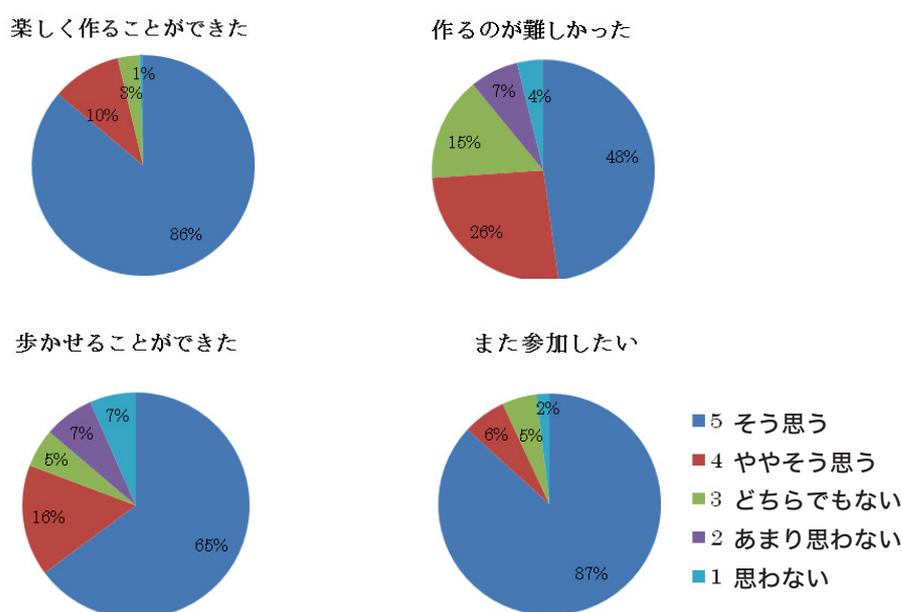


図2-8 実践に対する評価

次に、小刀を使ったことがあるかないかを問い、小刀の印象を、「危ない」、「怖い」の観点から、5段階で評価した。

児童の約6割が「小刀を使ったことがある」と回答し、思ったよりも多い結果となった。また、危ないと思っている人が7割、怖いと思っている人が5割程度となった。授業修了後、危ないと思っている人は約6割、怖いと思っている人は4割程度に減っている（図2-9）。

使用目的や使用方法を誤れば他人を傷つけるような危険な道具であっても、危険という意識を持ちながら怖さを克服していく上で、道具の使用経験が重要な役割を果たすと考えられる。

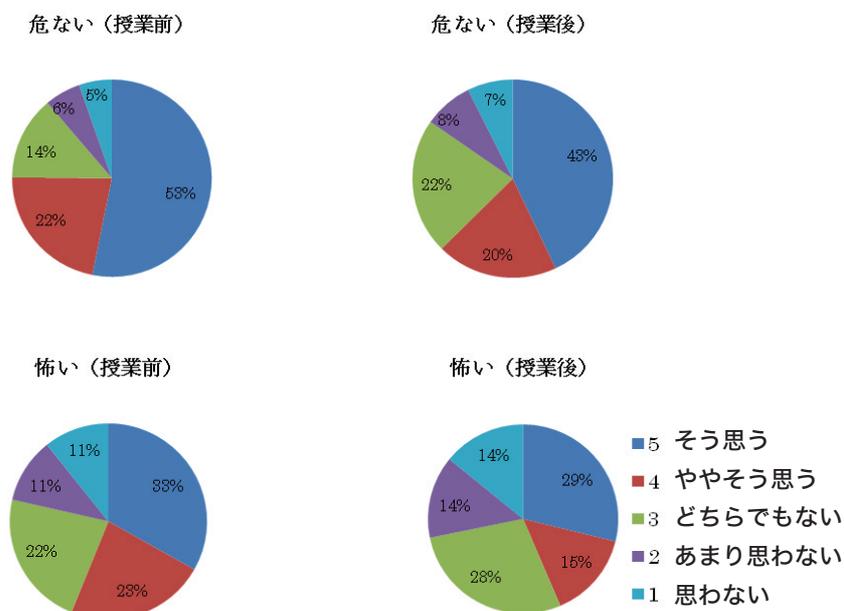


図 2-9 小刀に対する印象

2.5 考察

実践中の児童の様子およびアンケート結果を参考に、以下の考察を行った。

(1) 導入により、「アシモ」や様々な受動歩行模型の歩行を見てもらうことで、今回の実践内容のイメージがしやすく製作意欲がわいたと考えられる。

(2) 「楽しくつくることができた」、「また参加したい」が多いことから、二足歩行模型への興味関心を持って取り組めた。

(3) 「作るのが難しかった」、「歩かせることができた」の項目から、少々難易度はあるが、誰でも製作可能な模型であることがわかった。

(4) 小刀に対して、授業前は大半が「危ない」「怖い」と思っていたが、授業後はその数が減り、小刀などの危険な道具も適切な使い方を覚えれば、小学生でも安全に使用できることがわかった。また、道具の使用経験が道具に対する見方の変化に重要な役割を果たすと考えられる。

(5) 道具に対する経験回数を増やすことで、慣れとともに危険に対する対処への理解が進み、使いこなすことができるようになってきている。

(6) 材料に木材もしくはペットボトルを用いたことにより、いままでゴミ箱（回収箱）に捨てていたペットボトルを材料としてもものづくりに利用しようとする児童の割合に違いが見られた。子どもたちのものに対する見方・考え方に変化を生じたと思われる。

2.6 受動歩行模型実践に関するまとめ

実践は、216名に実施し、アンケートや授業の様子から子どもたちの興味関心、製作前後の変化について比較・考察し、以下の結論をえた。

【木材とペットボトルの比較】

・木製模型は、製作が簡単だが、コストがかかるという問題点がある。ペットボトル模型は、木製模型と比べると製作が難しいが、アンケート結果から、小学生の感じる難易度は、木材とあまり変わらない。

・材料にペットボトルなどの普段なら捨ててしまうようなものをものづくりに活用し、ペットボトルに対する子どもたちの意識は、木材を材料に用いた子どもたちと比較して、違いがあらわれた。

・コストがかからない、難易度があまり変わらないという面で、新たに取り組んだペットボトル模型が、教材になり得る可能性があることがわかった。

【二足歩行模型について】

・改良したペットボトル模型は、重心の位置をかえることができるので、小学生が歩行させやすくなったことを示した。

・二足歩行模型は、製作が簡単なので、小学校高学年でも十分に製作ができる模型であるが、振り子の運動やこの原理、位置エネルギーなどを利用した動作原理も感覚的な理解が可能であることを示した。

・この模型は安価で手軽な素材を使用しているが、小学生の興味関心を十分にひくものであり、ものづくりの教材として有用であることを提示した。

3. 形状記憶合金エンジンの授業実践

形状記憶合金を用いたエンジン（図3-1, 2）の製作を小学校理科5, 6年の授業で実施し、技術的要素、学習内容が適切であるか、子どもたちの驚きをもたらす教育的効果やもの見方の変化、教材としての可能性を探る。

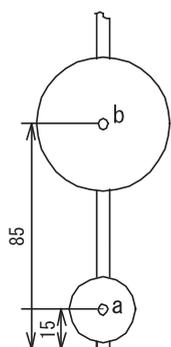


図3-1 形状記憶合金エンジン設計図

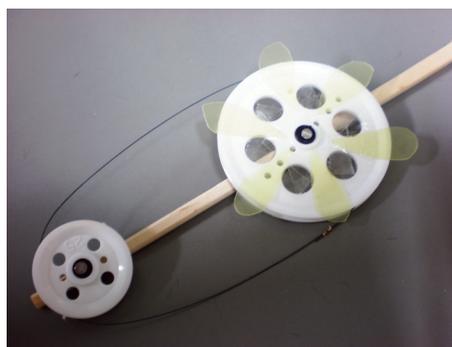


図3-2 形状記憶合金エンジン

3.1 形状記憶合金エンジンの製作

形状記憶合金エンジンの材料・製作手順・実験方法について、以下に示す。

【材料】

- ・わりばし
- ・釘 (1cm) 2本
- ・形状記憶合金 (27cm)
- ・細い銅線 (2cm)
- ・クリアファイル
- ・大プーリー (φ50mm)
- ・中プーリー (φ25mm)
- ・ブッシュ (φ2mm) 2個

【工具】・キリ ・はさみ ・かなづち

【製作費】約320円

【製作手順】

図3-3のスライドを提示しながら説明し、以下の手順で製作する。

- ① わりばしを割り、図3-1のa（下端から15mm）とb（85mm）の部分に印を付け、キリで貫通しない程度の大きさの穴を開ける。
- ② プーリーにブッシュをはめる。

- ③ aに大プーリー、bに中プーリーを、プッシュの穴に釘を通してはめ込む。このとき、わりばしを割らないように注意する。取り付けにくい場合はかなづちを使用する。
- ④ 2つのプーリーをつなげるように形状記憶合金を巻く。
- ⑤ 形状記憶合金の先端を銅線で結ぶ。結び目は1cmくらいにする。
- ⑥ 大プーリーにクリアファイルを使って飾りをつけ、完成（図3-2）。

【実験方法】

- ① 中プーリーを熱湯につける。水面に対して45°くらいにすると自動的に反時計回りに回り始める。
- ② 135°くらいにすると、回転の方向が変わり、時計回りになる。
- ③ 水面に対しまっすぐにつけると、自動的に回転はしないが、手で回転させると左右どちらの方向にも回る。



図 3-3 形状記憶合金エンジンの製作 (PowerPoint)

3.2 実践概要

【場所・対象】

平成21年12月9日 静岡市立玉川小学校 第5・6学年
計10名

【総時間数】

45分×2

【題目】ふしぎな金属で車が走る！—形状記憶合金エンジンをつくろう—

キリ・かなづちといった工具を使用し、ワイヤーをさらに細いワイヤーでつなぎ合わせると

いう手先の器用さが要求される教材である。また、キリで割箸に穴をあける際には、ペアを組んで、割箸をお互いに抑えて作業を行う。

3.3 製作中の児童の様子

平成21年12月9日に静岡市立玉川小学校の5・6年理科で形状記憶合金エンジン製作の実践をおこなった。人数は計10名、各班4～5名の構成でおこなった。

大学の研究室ではどのような研究をしているのかの紹介から話し始め、パワーポイントや動画ファイルをプロジェクターで見せながら、児童達を話に引き込ませた。その後、形状記憶合金を用いた実験をおこない、実際に形状記憶合金に触れてもらった。製作手順を小学生用に簡単にしたものをパワーポイントで示しながら、注意点などの指導をした。

授業冒頭で形状記憶合金をお湯につけるとどうなるかの実験をした際、子ども達の驚いた顔や笑顔がよく見られた。図3-4に実践中の児童の反応を示す。よく回るように自分から工夫している子どもが多く、また、「蒸気でも回るよ」と発言し自分から新たな発見をしている児童がいた。



(a) 話しを聞いている児童の反応



(b) 2人で協力したキリによる穴あけ



(c) エンジンが回るか実験している児童

図3-4 製作中の児童の様子

3.4 アンケート結果および考察

形状記憶合金について「おもしろい」「興味がある」「動く仕組みをもっと知りたい」「形状記憶合金について知りたい」「違うものも作りたい」という質問に対し「すごくそう思う、そう思う、普通、そう思わない、全く思わない」の5段階評価を行った。また、「このエンジンのしくみはどんなしくみだと思いますか」、「このエンジンはどのようなことに利用できるだろう。自由に考えてみましょう」、「この授業で学べたこと、作ってみた感想などを自由に書いてください」という質問に記述式で回答する。

10名全員が「おもしろい」の項目で「すごくそう思う」と答えたことから、子どもたちは楽しんで形状記憶合金エンジンを製作していたことがわかる。「興味がある」という項目には8名の児童

が「すごくそう思う」「そう思う」と回答していることから、エンジンは子どもたちの興味関心を惹きつける教材であるといえる。「形状記憶合金について知りたい」と「動く仕組みを知りたい」の項目については、仕組みに関して10名全員が「すごくそう思う」と回答しており、素材についてよりも動く仕組みについての方が児童の関心が高いことがわかった。

「このエンジンのしくみはどんなしくみだと思いますか」という質問に対し、「形状記憶合金がお湯についたとき、まっすぐ戻ろうとして引っ張られるから回る。」といった回答をする児童が多かった(図3-5)。「お湯につけると形状記憶合金が伸びる」といった意見を持つ児童もいた。このように小学5・6年生でもある程度予想を立てて仕組みを考えることができ、自由な発想力や深く考える思考力を養える教材であると言える。

「このエンジンはどのようなことに利用できるだろう。自由に考えてみましょう」という質問に対し、車に利用できるという意見が多かった。その他にも、船や発電、噴水に利用できるのではないかと回答もあり、応用例などを自ら発展させて考えることができているといえる。

「この授業で学べたこと、作ってみた感想などを自由に書いてください」という質問に対し、「形状記憶合金を銅線で結ぶ所が大変だったけど、最後にうまく出来てよかった。」というような意見が多かった。また、中には「家に帰ったら妹やお母さんお父さんにも教えてあげたい。」といった回答もみられた。形状記憶合金を銅線で結ぶ作業が子どもたちにとって困難であると考えられる。しかし、困難ながら試行錯誤の後に完成することができたときの達成感を得ることができる(図3-6)。また、家庭の場での話題のきっかけとなる。

小学校高学年の児童には十分な難易度設定であるということがわかる。「蒸気でも回る」と新たな発見を自発的におこなう児童がいたことから、小学校高学年の児童が科学の面白さに気付き、単に「お湯につけて回る」だけでは終わらない応用が利く教材であるとわかる。

形状記憶合金がまがっているのをお湯ですぐになおそうとしてくりかえしているか分まわっていると思います。

図3-5 質問「このエンジンのしくみはどんなしくみだと思いますか」に対する自由記述

私は、形状記憶合金がこんなにすごいものでチタンとニッケルだけで作ることでもせんせんしりませんでした。方向によつて左右どちらともまわることも、じぶんがさいなわからなかつたこともすぐに実験し、かいけつできて、とてもいい勉強だ、たしいろいろ学べてよかったです、今日は形状記憶合金についていろいろおしえていただきありがとうございます。

図3-6 質問「この授業で学べたこと、作ってみた感想などを自由に書いてください」に対する自由記述

3.5 形状記憶合金エンジン実践に関するまとめ

形状記憶合金エンジンの実践を通して、以下の結論を得た。

- ① 小学校高学年の児童には適当な難易度であり、興味をもって学習に取り組み、特徴を理解し、試行錯誤しながら製作できる。また、完成の際は達成感も得られる。
- ② 自分なりにエンジンの仕組みを考えることができる。
- ③ 自分から発展させて考えることができる。

- ④ 自由な発想を養え、科学の不思議さや楽しさを伝えられる。
- ⑤ 家庭の場で簡単に科学技術に触れられ、話のきっかけにもなる。
- ⑥ 幅広い年代の人に科学への興味・関心を与えられ、また親と子が一緒になって科学の学習をすることができる。
- ⑦ 今後の理科の授業への意欲や、科学に対する意識の向上につながる。

これにより、形状記憶合金エンジンは学習指導要領小学校理科に適応した教材であり、身につく素養として「不思議な現象を解き明かそうとする発想力・思考力」や「道具を使う技能」はアンケート結果や授業中の児童の様子から確からしいといえる。

また、実践をおこなうにあたって、学校によって道具の使い方や学習意欲に違いがあるので、その学校の特徴に合わせた授業展開で実施する必要があるということに注意することも必要である。細い銅線で形状記憶合金を巻いて結ぶ作業については改良の余地がある。

4. 結言

本研究では、力やエネルギーについて学ぶものづくり教材として、単純な構造・動く楽しさ・試行錯誤・原理の探求などの点から受動歩行模型と形状記憶合金エンジンを取り上げ、これら2つのエネルギー教材製作の授業実践を通じて、小学校理科ものづくり教材の方向性・可能性を探るとともに、各教材の学習内容や教材の特徴について明らかにした。

子どもたちは、製作におけるある程度の困難さを感じながらも、製作可能な教材をつくることにより、達成感を感じる。受動歩行模型と形状記憶合金エンジンに共通した驚き・不思議さを伴う教材で、その動く原理を自分なりに理解したとき、学んだ内容を誰かに話したいという気持ちが生まれ、家庭に持ち帰り家族に話をする姿が見られる。学習した内容をまとめて誰かに話すという作業、話した人の驚きがさらに子どもの次への意欲を掻き立てると考えられる。

最後に、本研究の一部は科学研究費補助金(21500869)の助成を受けたものである。

参考文献

- 1) 文部科学省「第3期科学技術基本計画」(2006)
- 2) 科学技術・学術審議会基本計画特別委員会：我が国の中長期を展望した科学技術の総合戦略に向けてーポスト第3期科学技術基本計画における重要政策ー(2009.12)
- 3) 文部科学省：小学校学習指導要領 理科(2008)
- 4) 山田哲也・鞍谷文保：小・中学校におけるものづくり教材としての2足歩行模型に関する研究、日本産業技術教育学会誌、第48巻第3号、pp.207-213(2006)
- 5) 松永泰弘・中村玄輝・鞍谷文保・山田哲也：教材用2足やじろべえ型受動歩行模型の運動解析、日本産業技術教育学会誌、第49巻第3号、pp.205-211(2007)
- 6) 松永泰弘・中村玄輝・倉田麻美子：教材用前後2足型受動歩行模型に関する研究、日本産業技術学会誌、第52巻第2号、pp.81-86(2010)
- 7) 松永泰弘・水野靖弘：TiNi形状記憶合金ワイヤーを用いたエンジンカー/エンジンシップの製作、日本産業技術教育学会誌、第46巻2号、pp.79-84(2004)
- 8) 松永泰弘・岩見真紀：TiNi形状記憶合金ワイヤーを用いた教材用エンジンカーの開発、日本産業技術教育学会誌、第46巻3号、pp.143-149(2004)

- 9) 松永泰弘・空谷仁美：形状記憶合金を用いたものづくり教材用エンジンカーの製作に関する実践研究，日本産業技術教育学会誌，第47巻2号，pp. 141-145（2005）
- 10) 松永泰弘・湯本健太郎・空谷仁美・小澤慶明・小沼暁：中学校「技術とものづくり」における形状記憶合金を用いた教材用エンジンカーの改良と実践，日本産業技術教育学会誌，第48巻2号，pp. 137-143，（2006）