

中学校「技術とものづくり」における 教材用形状記憶合金エンジンカーの実践

Practice of the Shape Memory Alloy Engine Car as a Teaching Material
in the Technology and the Production of Things at the Junior High School

松 永 泰 弘 ・ 小 澤 慶 晃
Yasuhiro MATSUNAGA ・ Yoshiteru OZAWA

（2005 年 10 月 1 日受理）

Abstract

In a previous study¹⁾, a manufacture of the shape memory alloy engine car was practiced in a "summer vacation maneuvers classroom" for the child of elementary school upper classes, and the possibility is explored as a teaching material for technical knowledge training.

This research practices a production of the engine car using the shape memory alloy which is functional material as an energy conversion teaching material in "the technology and the production of things" of technology and home economics course.

1. 緒言

平成 14 年度から完全実施された改訂版学習指導要領により技術・家庭科の技術分野は、「技術とものづくり」と「情報とコンピューター」の 2 つの内容から構成され、実践的・体験的な学習活動が強調されている。「技術とものづくり」は、技術と環境・エネルギー・資源との関係や、加工技術、エネルギー利用の基礎的な知識と技術を盛り込んだ学習が挙げられ、習得のみならず、工夫・創造する能力と実践的な態度を育てることが大きな柱となっている。これまでに、「技術とものづくり」におけるエネルギー変換教材として、エンジンカー/エンジンシップの製作については、いくつかの実践が行われている。代表的な実践に、ボイラー船²⁾、スターリングエンジンカー^{3,4)}、RC エンジンシップ⁵⁾の製作などが挙げられる。

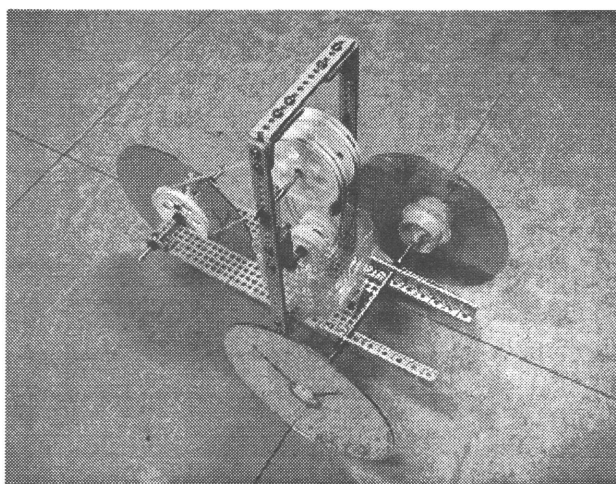
また、技術・家庭科が対象としている生活や科学技術は従来と比べて大きく変化しており、科学技術の進展への対応や生活と技術の関わりを理解するという視点から、領域統合による指導が要求される。

そこで、本研究は、中学校「技術とものづくり」において、科学技術の進展に関連する新しい機能性材料として形状記憶合金を取り上げ、エネルギー変換教材として形状記憶合金エンジンカー製作の実践を行った。形状記憶合金エンジンは、形状記憶合金の機械的性質を利用し、お湯と大気の温度差の熱エネルギーから機械的エネルギーに変換するエンジンである。前報¹⁾では、小・中学校を一貫した技術

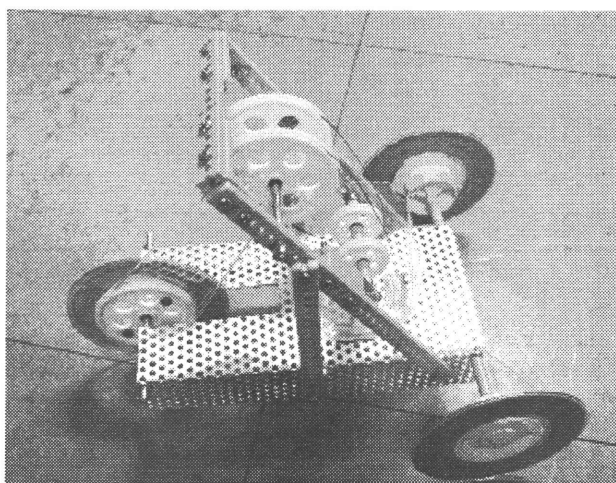
教育課程のものづくり教材として、小学校高学年の児童を対象にした実践について報告した。本研究においては、エンジンカーの性能向上と技術的要素を増やすための改良を行い、小学生には困難であった製作工程、形状記憶合金の学習、エンジンの回転原理を考え、エネルギー変換のしくみや工夫について探る学習を追加し、形状記憶合金を用いたエネルギー変換教材としての有効性について検討した。

2. 形状記憶合金エンジンカーの改良

小学生対象に実践したエンジンカーにおいて、性能を向上させ、技術的要素を増やすための改良を行った（図1参照）。以下に、形状記憶合金エンジンの基本的構造と動作原理およびエンジンカーの改良点について示す。



(a) 改良前



(a) 改良後

図1 形状記憶合金エンジンカー

2.1 形状記憶合金エンジンの基本構造と動作原理

図2に示すように、形状記憶合金エンジンの基本構造は、大小2つのプーリーとリング状の形状記憶合金ワイヤーからなる。一方のプーリー下部をお湯で加熱すると、お湯に浸かったワイヤーは直線状態に戻ろうとし、左右対称に引く力が生じる（図3 (a) 参照）。しかし、この幾何学的変化はワイヤーがプーリー間に拘束されているために実現できないため、不安定な状態で静止している。そこでプーリーに回転力を加えると、大気中からお湯に浸かって直線に戻ろうとする時間経過と、お湯から出て大気中で冷却し、曲がりやすくなるまでの時間経過があり、リング状ワイヤーの温度分布の左右対称がくずれる。この温度分布の変化により、滑車の左右に作用する力のバランスもくずれ、回転方向に回転力が発生して回転が継続される（図3 (b) 参照）。

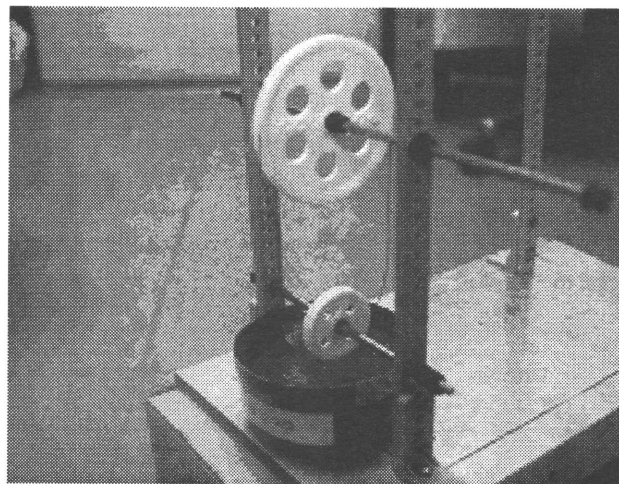


図2 形状記憶合金エンジンの基本構造

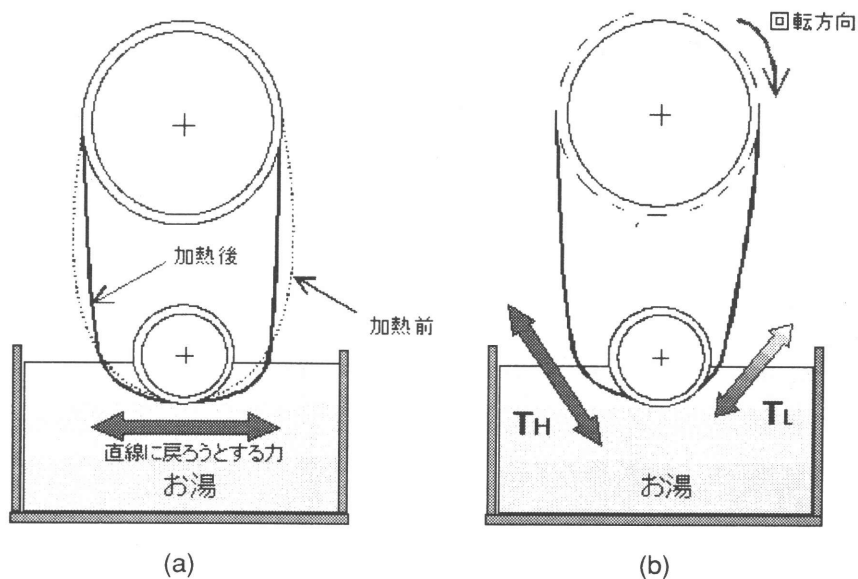


図3 形状記憶合金エンジンの動作原理

2.2 使用材料・工具および工作機械

使用材料については文献1)を参照し、変更点のみ後に示す。製作に使用した工具および工作機械は、弓ノコ、金やすり、カッターナイフ、ペンチ、ドライバー、ボール盤、リーマー等である。

シャーシの材料を田宮のユニバーサルプレート(プラスチック)から穴あきアルミ板に変更した。これにより、折り曲げ作業が新たに加わり、弓ノコ、金やすりの使用度が増えた。また、数多くあったビス、ナットの締め付け作業を減らし、アングル材・L型アーム等の材料が不要となった。

2.3 リング状形状記憶合金ワイヤーの改良

形状記憶合金ワイヤーをリング状に接合する作業は、手先の器用さを必要とする作業であるため、小学生対象の実践ではこの作業を省いたが、中学生には接合作業を加えた。ワイヤーの接合は、エンジンのスムーズな回転を実現する大きなポイントとなる、また、4組のプーリーに取り付ける4つのリングの大きさもエンジン性能を上げるために均一である必要があり、丁寧な作業が要求される。しかし、この作業は非常に困難な作業で、リングの大きさの調節や接合部が外れた場合には、エンジン部を分解して、取り付け直さなければならなかった。そこで、図4に示すようにワイヤーの長さを2倍にし、2重に巻いてリングを製作するように改良した。接合作業は1/2になり、接合の困難さが解消された。また、プーリーの数の減少によりコストが削減され、接合部の抵抗が半分に減少した。さらに、リング長が平均化され、エンジン性能も向上した。

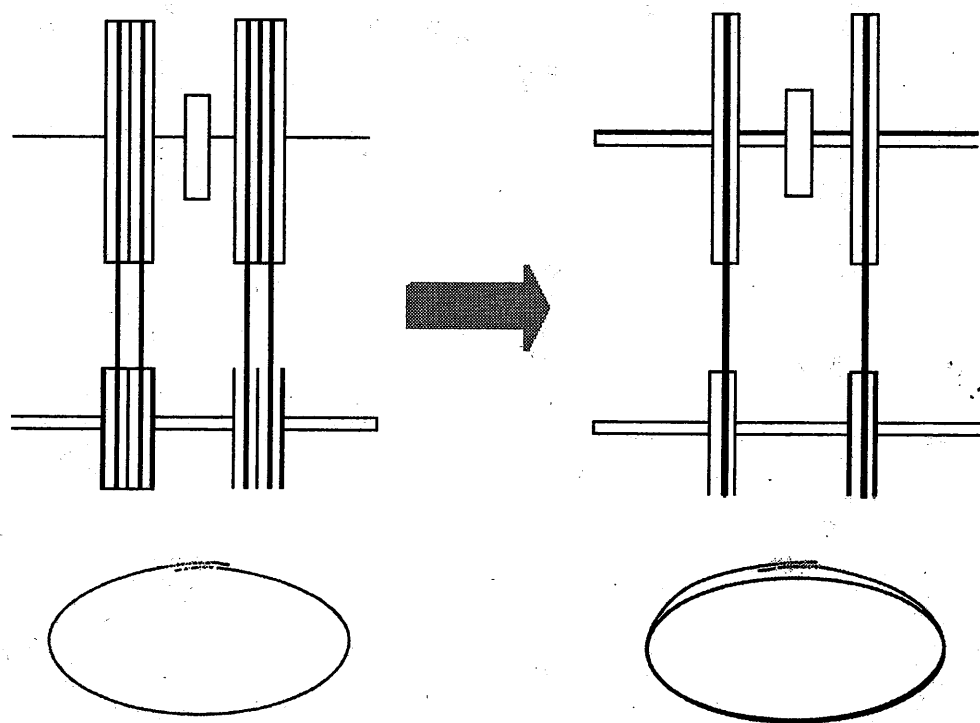


図4 2重巻きによるリングの改良とプーリーの削減

2. 4 傾斜型エンジン

図5に示すようにプーリーの対称軸を45°傾け、直立型エンジンを傾斜型エンジンに改良した。エンジンを傾けることにより、お湯につけた時点で、改良前のエンジン回転時と同様な温度分布の非対称が起こり、走行に初期始動を必要としないエンジンとなった。ただし、傾斜型エンジンの場合、図5に示す一方向の回転となり、直立型エンジンを積んだエンジンカーのような前後両方向への走行ができなくなった。また、湯気による上側プーリー部の温度上昇が発生せず、上下プーリー間の温度差の確保が可能となり、エンジン性能も向上した。

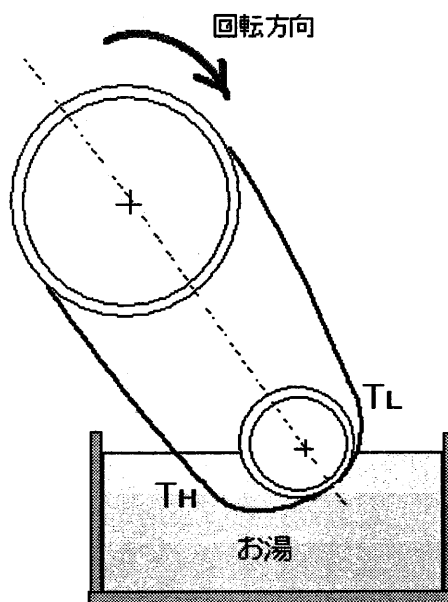


図5 傾斜型エンジンの回転

3. 中学校「技術とものづくり」におけるエンジンカー製作の実践

中学校「技術とものづくり」におけるエネルギー変換教材として、本教材の可能性を探るために、小学生の実践では省略した製作工程、形状記憶合金の学習、エンジンの回転原理を考え、エネルギー変換のしくみや工夫について探る学習を追加し、エンジンカー製作の実践を行った。

3. 1 概要

形状記憶合金カーは、形状記憶効果と超弾性効果の2つの機械的特性をもった形状記憶合金をリング状に加工しプーリーでつなぎ、お湯の熱エネルギーを形状記憶効果により機械的エネルギーに変換させ車を動かし、動力伝達、エネルギー変換、金属素材等の学習教材として展開が可能である。また、技術とものづくりの分野において、エンジンカー製作学習を通し、素材（形状記憶合金）の性質が、エンジンの動作原理、加工法と密接に関係することを体験的学習活動を通じて学び取ることは、ものづくりの経験に乏しい中学生には大変意義深い。とりわけ、形状記憶合金を素材に選択することで、最も身近にその便利さの恩恵を享受している素材に触れ、その構造を理解し、疑問を解決することで技術科の本質に迫る有効な題材となり得ると考える。

形状記憶合金を用いたエネルギー変換学習の実践を通し、教材の有効性を以下に示す技術科の本質的内容に照らし、生徒のあらわれから考察する。

- (1) 学習を通し、生活や技術に対するものの見方、考え方を深め、それらに潜む、人間の知恵や技術の素晴らしさを味わう。
- (2) 製作活動、作業、実験など体験活動や考えをもとに、ものづくりの大切さ、楽しさ、達成感を味わい、快適な生活を送るため、日常生活の問題点を見つけだし、改善する楽しさを実感する。

また、教科の本質的内容に迫る手だてとしての体験的学習活動を以下の4つの項目に分類し、単元ごとの生徒の体験を分析する。

- ・生活体験、既習知識に基づき、自分の考えをはたらかせる体験 **体験1**
- ・実験観察から自分の考え・やり方を導く体験 **体験2**
- ・学習結果を製作活動や作業に活かす体験 **体験3**
- ・学習を通して、技術に対する見方や考え方、理解を深める体験 **体験4**

期 間 2005 年 4 月～ 10 月
 対 象 藤枝市立西益津中学校第 1 学年 4 クラス
 必修技術 男子 73 名 女子 62 名 計 135 名
 時 間 隔週 2 時間
 総時間数 15 時間

3. 2 単元構成

本教材の実践に当たり、15 時間の授業の単元構成を表 1 に示す。また、詳細は付録表 A に示し、表 A 中の学習目標および学習課題には、前節で定義した技術科の本質的内容と、それに迫る手だてとしての体験的学習活動を表記した。

表 1 単元構成 (15 時間構成)

時 数	学 習 内 容
1 時間	1 ものをつくる技術について考えよう (現代社会とものづくり)
2 時間	2 形状記憶合金の性質と特徴 ・身近な物質の性質と利用方法 ・形状記憶合金の性質を調べよう
2 時間	3 エネルギー変換と力の伝達 ・力の伝達のしくみ ・熱エネルギー変換のしくみ

時 数	学 習 内 容
8 時間	4 製作材料と加工法について ・材料の性質道具の使い方 ・合金ワイヤの製作 ・ペットボトル、CD の加工 ・動力伝達部及びフレーム部の製作 ・エンジン部の取付け ・調整等
1 時間	5 作品コンテスト
1 時間	6 学習の評価・まとめ

3. 3 学習単元 2 「形状記憶合金の性質と特徴」

本単元では形状回復実験を行い、形状記憶合金の性質と特徴を学ぶ。小学生の実践 1) において、形状回復は大きな驚きをもたらし、この印象が強かったために動力の発生を当たり前のことと感覚で納得することができ、実験は重要な位置を占めた。中学生に対しても同様の実験を行った。

図 6、7 に示すように、合金の組成や性質について自分の考えをもち、形状記憶や超弾性の現象について理解する場面が見られた。

追究用紙には以下のような生徒の思いが見られた。

- ・熱を加えてあげると、記憶されていた直線にもどるのはすごいと思った。
- ・温度が低くなっていくと直線に戻りにくくなっていく。
- ・歯の矯正に使われているのは知らなかった。
- ・どんなふうに形状記憶合金は造られているのか知りたいと思った。
- ・体温で変形したり、熱湯で変形したり不思議なことがいっぱいです。
- ・形状記憶合金はぜんぜん知らなかったけど、いろんな所に使われているのは驚いた。
- ・インターネットで調べて形状記憶合金がいろんな使われ方をしているのにとっても驚いた。

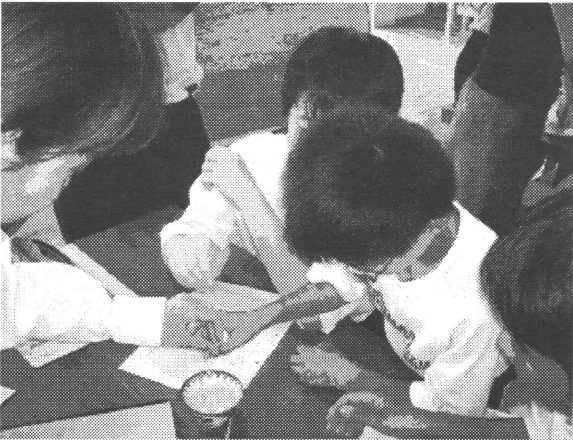


図 6 形状回復実験

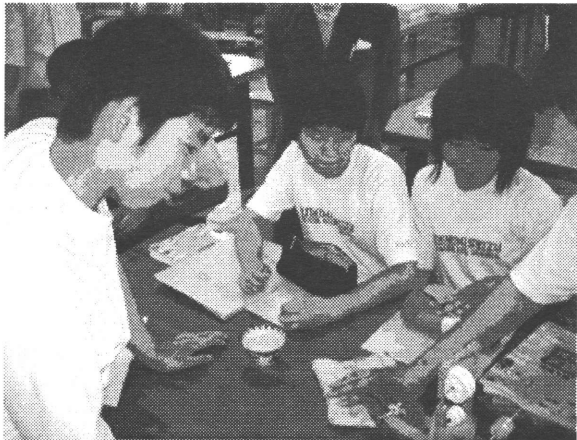


図 7 エンジンカーの動作実験

3. 4 学習単元 3 「エネルギー変換と力の伝達」

小学生の実践で省略され、本実践で付け加えられた重要な学習内容に「動作原理の追求」がある。「動作原理の追求」は学習単元 3 「エネルギー変換と力の伝達」で行われた。以下に実践内容を示す。

(1) 学習単元 3 「エネルギー変換と力の伝達」

(2) 本時の目標

- ・ 近年日常生活の多くの製品に使われるようになった新素材、形状記憶合金に興味・関心を持ち、その性質や合金カーの動作原理を追究したいという思いや課題意識を持つ。【関心・意欲】
- ・ 形状記憶合金カーの動作原理を既習知識、実験など手だてを工夫し、自分なりの考えを持ち解決することができる。【創意・工夫】
- ・ 形状記憶合金のもつ超弾性、形状記憶効果から形状記憶合金カーが回転運動を生じる原理を理解する。【知識・理解】

(3) 題材に対する生徒の実態（藤枝市立西益津中学校 1 年生 135 名）

本時が始まる前に生徒からアンケートをとり、その結果を以下に示す。形状記憶合金について興味がある生徒は、学習単元 2 「形状記憶合金の性質と特徴」の学習前は 1/3 だったのに対し、学習後には全員が興味を示していることがわかる。合金の形状回復実験が生徒に大きな影響を与えたことがわかる。他の授業や学活などでも形状記憶合金が話題に上り、連絡ノートに書く生徒もあらわれた。

① 形状記憶合金について名前を聞いたことがある

Y e s 12 名 N o 123 名

② 形状記憶合金の性質を知っている

Y e s 3 名 N o 132 名

- ・ メガネのフレームに使われている（折れない） 2 名
- ・ 形がもとに戻る 1 名

③ 形状記憶合金について興味がありますか

Y e s 42 名 N o 93 名

学習単元 2 「形状記憶合金の性質と特徴」の学習後

④ 形状記憶合金について興味がありますか

Y e s 135 名 N o 0 名

⑤ 形状記憶合金のどんなことに興味がありますか

- ・ 何でお湯につけるともとの形にもどるのか
- ・ どうやって形状記憶合金をつくるのか
- ・ どうやって形を記憶させるのか
- ・ 何を原料に造られているのか
- ・ 値段はいくらか
- ・ あまり見たことのないもの
- ・ 生き物みたいなところ

(4) 授業過程

学習単元3「エネルギー変換と力の伝達」における授業過程を付録表Bにします。

(5) 本実践で考えさせた動作原理

実践で考えさせた動作原理（教師がまとめた内容）を以下に示す。

図8 (a) のようにプーリーに形状記憶合金をリング形状に巻き付け、お湯に小さなプーリーをつける。直線に形状記憶された合金は、お湯につかると実線があらわすように直線へと形状回復しようとする。この時、左右矢印が示すように左右に引く力が発生する。この状態では、左右につり合った状態で回転はしない。

左右につり合い静止状態にあるプーリーに回転力を与えると、力を加えた方向へプーリーが回り出す。図8 (b)(c) のように回転が始まると最高温度点が移動することでお湯につかった合金の左右一様だった温度分布が崩れ、生じた温度差が回転力となる。

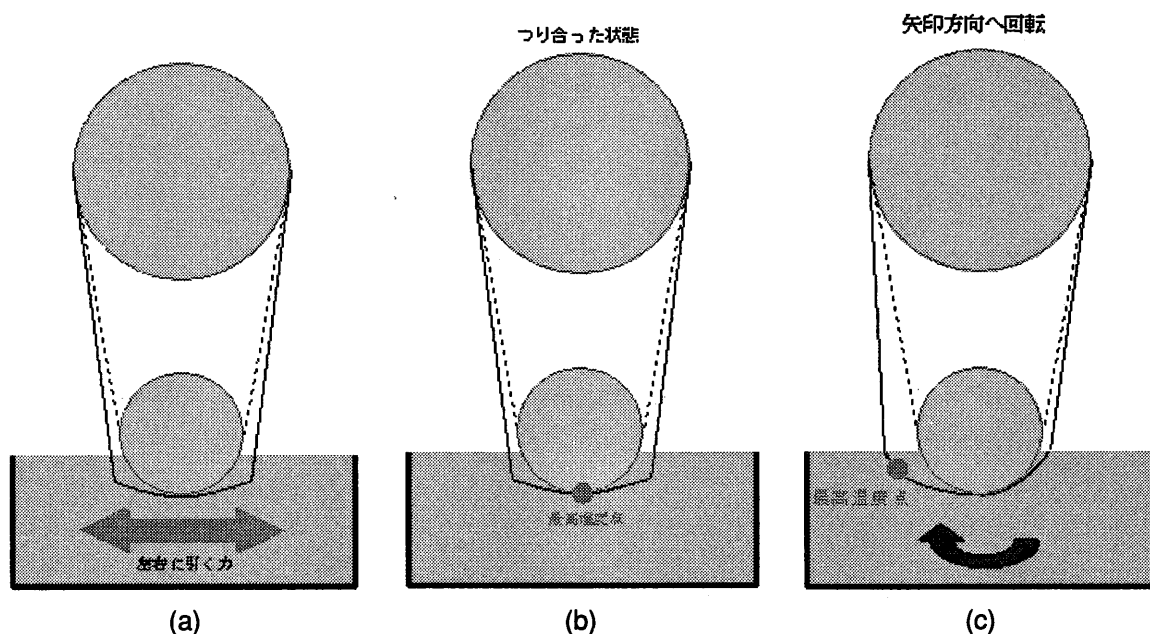


図8 授業で示した動作原理図

(6) 生徒の動作原理思考過程（追究用紙から）

追究用紙には以下のような生徒の思いが見られた。

- ・ お湯につかって直線に戻ろうとする時、力を発生する。もどる力をプーリーに伝えているしくみになっている。
- ・ 左右に力がつりあっているから手で回してあげないと回転しないんだ。
- ・ 湯に浸かっていると形状記憶効果が発生し湯から出ると超弾性の性質になるから回転する。
- ・ お湯に浸かっている部分が多いエンジンは自力で回転運動を始めるのはなんだろう。
- ・ 大きなプーリーをお湯につけると（大プーリーと小プーリーを逆にする）まわらなくなってしまうのはなぜ・・

- ・ あんな細い形状記憶合金で車がうごくのはすごいと思う。


○生活や技術に対するものの見方、考え方を深める場面

既習知識である形状記憶効果をもとに回転原理を考察する場面が見られた。お湯につかった場合、お湯につかっていない場合を比較し、プーリーが回転する技術を自分なりに一般化した追究用紙を図9に示す。また、回転することでお湯内の温度分布（温度が低い部分、高い部分）が発生し、形状記憶効果の大きさの違いが回転力を生み出していると考察した追究用紙を図10に示す。

形状記憶合金

超弾性...力を加えて変形して元の形に戻る。
 予想される量の力を加えて元の形に戻る。
 形状記憶効果...力を加えて変形しては、

塑性
 なぜ回転するのだから



お湯について
 お湯につけて
 お湯になる
 けど「お湯」
 でお湯から
 お湯になる
 お湯から
 お湯になる
 お湯から
 お湯になる

元の形に戻る。

お湯に浸かると直線にもとに戻ると
 するとプーリーが回って重力

できた 5 ④ 3 2 1 わかった ⑤ 4 3 2 1 興味 ⑥ 4 3 2 1

図9 回転原理についての追究用紙
 (お湯に浸かっている部分と浸かっていない部分を比較)

形状記憶合金カーの性質

なぜ回転運動するのか？

自分の予想

形状記憶合金の性質で加熱すると元の形に戻ろうとして形状記憶合金がどんとしてそれで形状記憶合金カーも動く。

超弾性 どのくらい力を加えても元の形に戻る

塑変 変形すると元の形に戻らない

形状記憶合金効果

不思議な、はり金だねってよくわかりました。ちゃんと回らなかったけど、自分でつくってちゃんと回るのが見てみたいです。

できた 5 4 3 2 1 わかった ⑤ 4 3 2 1 興味 ⑤ 4 3 2 1

図10 回転原理についての追求用紙
(お湯の温度差による形状回復力の違い)

○人間の知恵や技術の素晴らしさを味わう場面

図11に授業アンケートを示すように、ねじやブッシュなど小さな部品も機構を構成している要素であることに気づく場面、また、ただ単純に組み立てをするのではなく、思考をはたらかせ順序を考えないと製作が進まないことに気づく場面が見られた。

(7) 生徒の動作原理思考過程（授業場面から）

図12～14に示すように、形状記憶合金の形状回復効果により回転力を発生する原理を理解追究する場面が見られた。

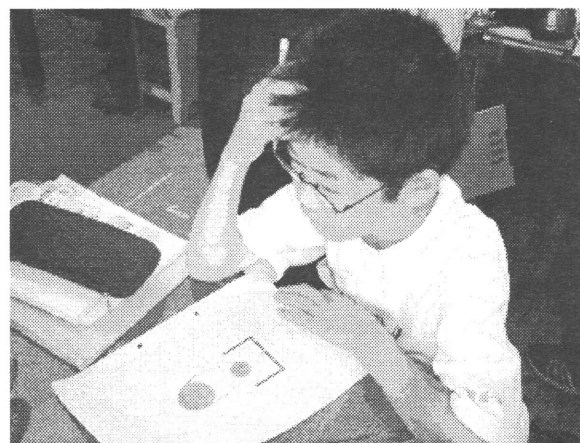


図12 回転原理を図であらわす生徒

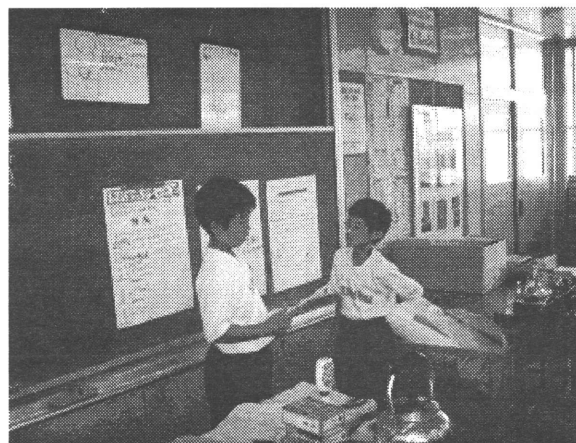
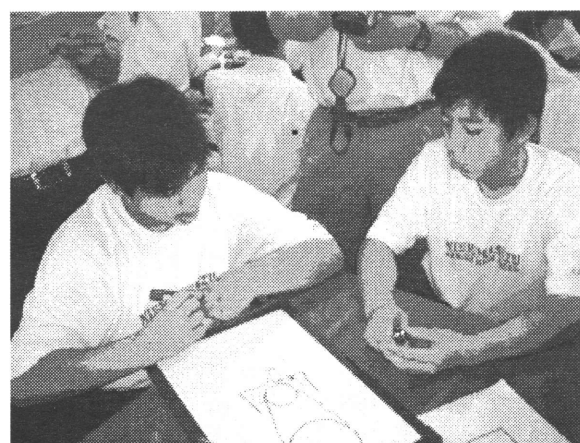
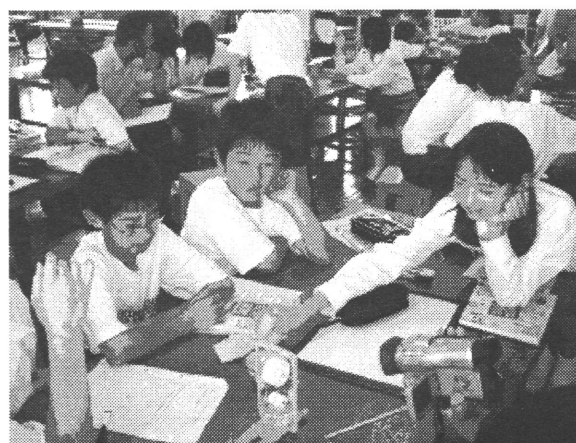


図13 班で話し合った回転原理を発表



(a)



(b)

図14 お互いの意見交換

4. 考 察

形状記憶合金を用いたエネルギー変換学習の実践を通し、技術科の本質的内容「学習を通し、生活や技術に対するものの見方、考え方を深め、それらに潜む、人間の知恵や技術の素晴らしさを味わう」を学ぶ学習場面を設定できたかどうか、生徒のあらわれから考察し、教材としての有効性を明らかにする。

学習前、ほとんどの生徒が形状記憶について存在すら知らなかったが、調べ学習を行うことで、自分たちの生活の多くの場面で、その恩恵を受けていることを知った。そして、形状記憶合金の機械的性質を知ることによって大きな興味・関心をもった。

3.4(3)の生徒アンケートにあるように、学習前後の素材に対する興味の変化は歴然である。興味に加え、多くの生徒がその性質への疑問、もっと知りたいという思いが深まっていることもわかる。ま

た、人間の知恵と技術が結集された素材、形状記憶合金が生活の様々なところで使用され、その便利さを享受していることを知ることができた。

3.4(6)生徒の思考過程にあるように、エンジンカーの回転原理を様々な思考をめぐらせ、追求していることがわかる。導入でもった大きな興味・関心が様々な探求心を生み、技術に対するものの見方・考え方を深めることができた。

本研究を通して、素材に形状記憶合金をとりあげ、エンジンカーの製作を行ったことで、一人ひとりが考え、授業の最初と最後で生徒自身が自分の変化を実感できる授業づくりに迫ることができた。とりわけ日常生活体験の乏しい生徒に課題解決の場面を多く設定でき、試行錯誤の体験や既習知識を手だてに問題解決することで、より深く技術について考え、見方を変えることができた。また、新たな課題、興味が学習单元ごとに生まれ、日常生活にも目をむけることができた。

6. 結 言

中学校「技術とものづくり」において、科学技術の進展に関連する新しい機能性材料として形状記憶合金を取り上げ、エネルギー変換教材として形状記憶合金エンジンカー製作の実践を行った。

エンジンカーの性能向上と技術的要素を増やすための改良を行い、小学生には困難であった製作工程、形状記憶合金の学習、エンジンの回転原理を考え、エネルギー変換のしくみや工夫について探る学習を追加し、形状記憶合金を用いたエネルギー変換教材としての有効性を示した。

参考文献

- 1) 松永泰弘・空谷仁美・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および実践、静岡大学教育学部研究報告（自然科学篇）、第 55 号、pp.39-60(2005)
- 2) 安東茂樹：教材としてのボイラー船の実験、日本産業技術教育学会誌、第 26 巻 3 号、pp.1-8(1984)
- 3) 大倉宏之・須見尚文：ものづくり教材としてのスターリングエンジンの開発、日本産業技術教育学会誌、第 43 巻 3 号、pp.129-135(2001)
- 4) 松尾政弘・平尾尚武・神長祥：創作教材としてのスターリングエンジン、日本産業技術教育学会誌、第 44 巻 4 号、pp.215-220(2002)
- 5) 石川誠・岡田寛行・大倉宏之・松永泰弘：中学校技術教育における技術者の営みに迫るものづくり教材の検討－RC エンジン船の共同製作をととして－、日本産業技術教育学会第 43 回全国大会講演要旨集、p.125(2000)

付録


表 A 単元構成 (15 時間構成) (詳細)

時 数	学 習 内 容	学 習 目 標	学 習 課 題
1 時 間	1 ものをつくる技術について考えよう (現代社会とものづくり)	・現代社会のものづくりの手法、技術の基礎には先人の知恵や技術がいきづいていることを理解する。 ・動力を発生する機械の種類や特徴身近な用途を理解する。 技術に対する見方	・身のまわりのものをつくるにはどのような技術が活用され、機械にはどのような工夫がなされているか調べよう。 (体験 1)(体験 4)
2 時 間	2 形状記憶合金の性質と特徴 ・身近な物質の性質と利用方法 ・形状記憶合金の性質を調べよう	・身のまわりの道具や機械、製品に利用されている物質の性質や特徴について理解する。 ・形状記憶や超弾性の現象について理解する。 ・形状回復実験等を通し合金の組成や性質について自分の考えがもてる。 技術に対する見方・考え方	・人と物質の関わりについて考えよう。 ・木材、プラスチック、金属と形状記憶合金の性質の違いを調べよう。 ・日常生活のどんな所に形状記憶合金は利用されているか調べよう。 (体験 1)(体験 2)(体験 4)
2 時 間	3 エネルギー変換と力の伝達 ・力の伝達のしくみ(プーリー) ・熱エネルギー変換のしくみ	・回転する動力を様々な速さに変換する仕組みを理解する。 ・形状記憶合金の形状回復効果により回転力を発生する原理がわかる。 技術に対する見方・考え方	・ギヤ、プーリーのを組み合わせを替えるとどのような運動変化が起きるのだろう。 ・形状記憶合金カーの運動原理を考えよう。 (体験 2)(体験 3)(体験 4)
8 時 間	4 製作材料と加工法について ・材料の性質道具の使い方(ユニバーサルプレートの加工)(両ネジシャフトの加工) ・合金ワイヤの製作 ・ペットボトル、CD の加工 ・動力伝達部及びフレーム部の製作 ・フレームエンジン部の取付け ・調整等	・合金カー製作に必要な材料の特徴、道具の使い方がわかる。 ・材料表を作成し材料に適した加工ができる。 ・作業工程表に基づき、道具を安全に使い、効率のよい作業ができる。 技術に対する見方・考え方 ものづくりの成就感	・材料の性質から適した工具、道具を選び作業工程表を作成しよう。 ・熱エネルギーを効率よく運動エネルギーに変換する合金カーに工夫してみよう。 (体験 3)(体験 4)

1 時 間	5 作品コンテスト	<ul style="list-style-type: none"> ・ 走行テストから改良点、改善点を明らかにし修正ができる。 技術に対する見方・考え方 ものづくりの成就感	<ul style="list-style-type: none"> ・ もっとスムーズに走るように改良しよう。 (体験3)
1 時 間	6 学習の評価・まとめ	<ul style="list-style-type: none"> ・ エネルギー変換は環境問題は国レベルの大きな課題として注目されていることを知る。 ・ 学習活動全般を相互評価でできる。 日常生活の問題点	<ul style="list-style-type: none"> ・ エネルギー環境問題はなぜ現代社会で大きな問題として取り組まれているのだろう。 (体験4)

表B 学習単元3「エネルギー変換と力の伝達」における授業過程

段 階	授 業 での あ ら わ れ	形態・時間	支援と評価規準
見つける	<ul style="list-style-type: none"> ●形状記憶合金にはどんな性質があるのでしょうか ○超弾性と形状記憶効果の性質を持ち合わせている ○塑性変形しても加熱することで元の形状に戻ることができるのが特徴だ ○チタンとニッケルの合金である ●超弾性と形状記憶効果を実際に確認してみよう ○鉄では変形させて加熱しても形が変化しない ○直線に形状記憶されている合金は加熱すると元の直線形状にもどるんだ ○直線だけでなくいろいろな形に形状記憶できるんだ ○形状記憶合金カーはどうして回転運動をするのだろうか 体験1 	<p>全体 5分</p> <p>小集団 10分</p>	<p>前時の学習課題である「形状記憶合金にはどんな性質があるのだろうか」について復習する（超弾性、形状記憶効果についておさえる）</p> <p>超弾性、形状記憶効果について実験で確かめるここでお湯の温度により形状記憶効果に差が生じることを実験からおさえる</p> <p>またプーリに合金に巻き付けるだけで回転運動を生じることへの興味・課題意識を持たせる</p> <p>【意欲・関心】 [課題解決の手だて]</p>
深める	<div> <ul style="list-style-type: none"> ●形状記憶合金カーが回転運動を発生するのはどうしてだろう ○お湯につかって直線に戻ろうとする時、力を発生する ○左右に力がつりあっているから手で回してあげないと回転しないんだ ○温度が部分ごと違って形状変形も温度で違うのではないかな ○湯に浸かっていると形状記憶効果が発生し湯から出ると超弾性の性質になるから ○お湯に浸かっている部分が多いエンジンは自力で回転運動を始めるぞ ○大きなプーリをお湯につけると（大プーリと小プーリを逆にする）まわらなくなる、なぜだろう ○お湯に浸かっている部分の温度差が回転運動へつながっているんだ 体験1、2 </div>	<p>個 10分</p> <p>小集団 10分</p> <p>一斉 10分</p>	<p>温度差による形状記憶効果の違い（既習事項） ・お湯の温度差（観察）</p> <p>以上を手だてとしておさえる。初め個別に前時の既習事項である形状記憶効果をもとに課題を分析し、小集団や実験観察でさらに温度差など様々な要素を追究し考えを深める。</p> <p>【創意・工夫】 【知識・理解】</p> <p>追究用紙に疑問点や自分の考えを書かせ解決の見通しを立てるようにさせる。</p>
確かめる	<ul style="list-style-type: none"> ●班ごと発表をしてみよう 		

<p>まとめる</p>	<div data-bbox="351 230 891 416"></div> <div data-bbox="351 465 891 779"><ul style="list-style-type: none">●改良型エンジンカーを提示する○自力で走行し始めるぞ○形状記憶合金がお湯につかっている部分が多いからだ○温度差で合金の変形の大きさにも差が生じて回転力になっているんだ 体験4●模式図で動作原理についてまとめる○自己評価表を記入する</div>	<p>個 5分</p>	<p>お湯に浸かった部分が多い改良型エンジンカーを提示し温度変化に着目させる</p>
-------------	---	-----------------	--