

中学校技術科における21世紀型スキル育成：  
形状記憶合金エンジンカー教材製作

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2015-07-06 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 松永, 泰弘, 石上, 雄規 メールアドレス: 所属:
URL	<a href="https://doi.org/10.14945/00008897">https://doi.org/10.14945/00008897</a>

# 中学校技術科における 21 世紀型スキル育成

## —形状記憶合金エンジンカー教材製作—

松永泰弘\* 石上雄規\*\*

### Development of 21st Century Skills for Technology Classes in Junior High School

#### Manufacturing of SMA Engine Car as a Teaching Material

Yasuhiro Matsunaga Yuuki Ishigami

#### 要旨

ATC21s (The Assessment and Teaching of 21st-Century Skills) が提唱する「21 世紀型スキル」<sup>1-3)</sup>を養い伸ばす教育への転換が求められている。中学校技術において、21 世紀型スキルを伸ばす授業実践例として、形状記憶合金エンジンカー教材製作の授業を提示する。

キーワード： 中学校技術 21 世紀型スキル 形状記憶合金エンジンカー

#### 1. 緒言

平成 24 年度から完全実施された新学習指導要領中学校技術<sup>4)</sup>における目標において「技術を適切に評価し活用する能力と態度を育てる」という文言が新たに加わった。技術・家庭科教育に求められる生涯学習の基礎となる力は、生活体験を見つめ直し問題点を解決することの良さや喜びを実感しながら価値観を形成し、生涯にわたり自己の生活をより良く豊かに改善していく意欲や態度を追究することにある。

また、ATC21S(The Assessment and Teaching of 21st-Century Skills)が提唱する「21 世紀型スキル」<sup>1-3)</sup>では、これからのグローバル社会を生き抜くために求められる一般的な能力として、批判的思考力、問題解決能力、コミュニケーション能力、コラボレーション能力など、次代を担う人材が身に付けるべきスキルを規定しており、知識重視の教育から 21 世紀型スキルを養い伸ばす教育への転換が求められている。

世界大学総長協会 2014 年横浜総会<sup>5)</sup>では、持続可能な社会を実現するための教育 ESD には、批判的思考、創造性、コミュニケーション、コラボレーションの重要性が確認された。21 世紀型スキル、ESD とともに、これからの子どもたちに必要とされる力について同じ方向性を持っているといえる。

本研究では、中学校技術における、21 世紀型スキルを伸ばす授業実践例として、形状記憶合金エンジンカー教材製作の授業を提示する。

教材に使用される形状記憶合金は、能動カテーテル、ハイブリットカーのエンジンの自動制御開閉グリルユニット、触覚ディスプレイに応用されるなど、形状記憶合金は多岐にわたる研究、開発がされており、実用域は更に広がるものと予想される。このような教材を

使用することで、日常生活との結びつきを学び、生徒の興味・関心を惹きつけ、学習意欲を高めることができる学習内容として提示した。また、これまで小中学生を対象にした授業実践を行い、教育的価値の考察・検討を行ってきた<sup>6,7)</sup>。

形状記憶合金エンジンは、変形させた後、お湯に付ただけでもとに戻るといった驚き・不思議さを備えた材料である。本実践では、中学校技術における形状記憶合金エンジンカー(図 1)製作の授業実践<sup>7)</sup>の内容について検討を行い、ものづくりの技能だけでなく、新素材や新エネルギー開発などの新しい技術に触れ、

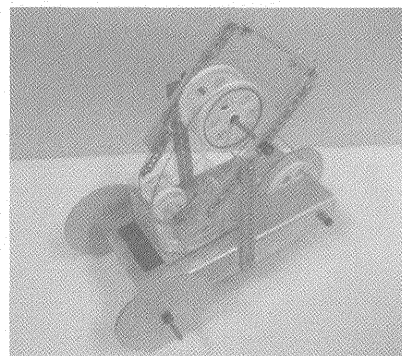


図 1 教材用形状記憶合金エンジンカー<sup>7,8)</sup>

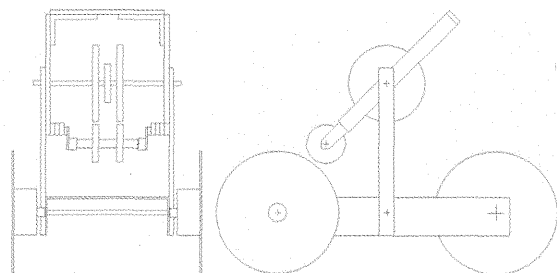


図 2 エンジンカー組立図(jw-cad 図面)<sup>7,8)</sup>

\* 静岡大学教育学部技術教育講座 \*\* 知徳高校教諭

エネルギーの利用における技術と社会・環境との関わりについて学習する。また、実験と試行錯誤を繰り返して、問題解決能力や自発的、創造的な学習態度を養うことを重視した授業実践を行う。

## 2. 教材用形状記憶合金エンジンカー

製作する形状記憶合金エンジンには、プーリー式熱エンジン（図 3）を採用し、材料として、TiNi 形状記憶合金ワイヤー、銅線、大プーリー、中プーリー、プッシュを用いる。

実践で使用したエンジンカーのシャーシは穴あきアルミ板を用い、軽量化とボール盤での穴あけ作業

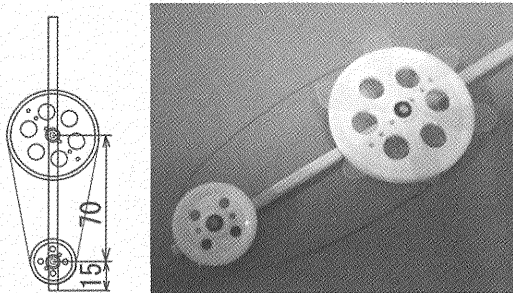


図 3 プーリー式形状記憶合金熱エンジン

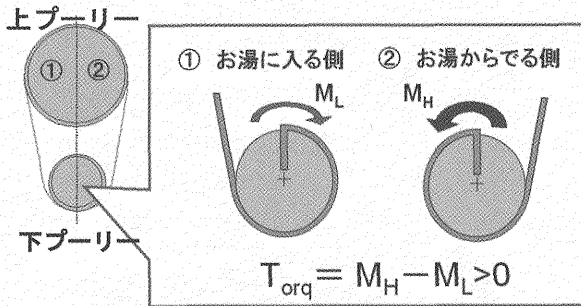


図 4 動作原理<sup>8)</sup>

表 1 材料

名称	寸法 [mm]	個数
TiNi 形状記憶合金ワイヤー (Af50°C)	φ 0.3×530	2
アルミ板	160×130×1.0	1
I型アーム (田宮模型)		5
I型アーム (田宮模型)		3
大プーリー (田宮模型)	φ 50	3
中プーリー (田宮模型)	φ 25	3
六角シャフト (田宮模型)	φ 0.3×3×150	1
丸シャフト (田宮模型)	φ 0.3×3×100	2
両ネジシャフト (田宮模型)	φ 0.3×3×100	1
クランク (田宮模型)		2
トラックタイヤホイール (田宮模型)		2
ペットボトル (底が四角のもの)		1
CD	φ 120	3
銅線		適量
糸ゴム		
プッシュ部品各種		

をなくし、作業時間の短縮を図る。また、これまでタイヤに CD を用いていたが、材料の確保の難しさから、合板で製作されたタイヤを用いる。エンジンカーの製作に使用した材料を表 1 に示す。

エンジンの動作原理を図 4 に示す。下プーリーのお湯に入る側①とお湯から出る側②で温度差が生じることで、下プーリーによって形状記憶合金に生じる①側と②側のモーメントに差が生じる。その差が回転力となり、停止することなく回転を継続する。

## 3. 形状記憶合金エンジンの性能試験

TiNi 形状記憶合金および形状記憶合金エンジンの性能について実験し、生徒の探究について探る。

### 3-1 TiNi 形状記憶合金の変態温度測定

示差走査熱量計 (perkin elmer 社製 DSC7) にて TiNi 形状記憶合金のマルテンサイト変態開始・終了温度とオーステナイト変態開始・終了温度を測定する。

TiNi 形状記憶合金ワイヤー約 5mm (重量 0.00564g) を 25°C から 80°C、80°C から 25°C に 20°C/min で加熱冷却を行い、図 5, 6 に DSC 曲線を示す。形状記憶合金は、加熱時に吸熱を伴って、逆変態しマルテンサイト相からオーステナイト相へ戻る。また、冷却時には発熱を伴い、オーステナイト相からマルテンサイト相へ変態する。

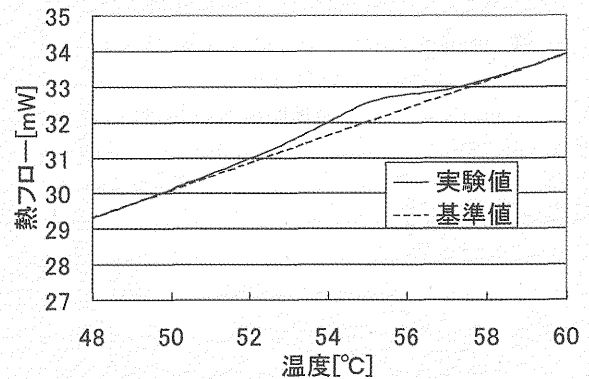


図 5 DSC 曲線 (25°C から 80°C へ加熱)

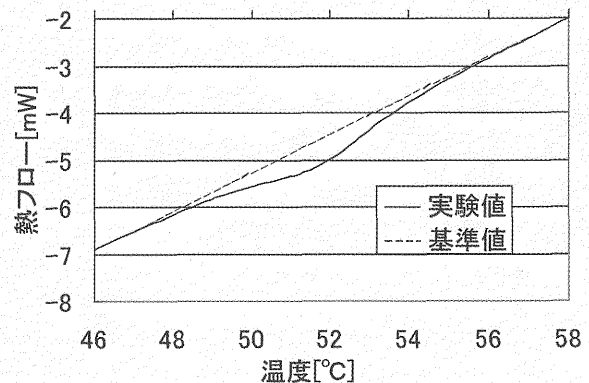


図 6 DSC 曲線 (80°C から 25°C へ冷却)

基準値との差から求めたオーステナイト分率を図7に示す。マルテンサイト変態開始温度  $M_s$  53.3℃、終了温度  $M_f$  49.7℃、オーステナイト変態開始温度  $A_s$  52.6℃、終了温度  $A_f$  56.7℃をえる。

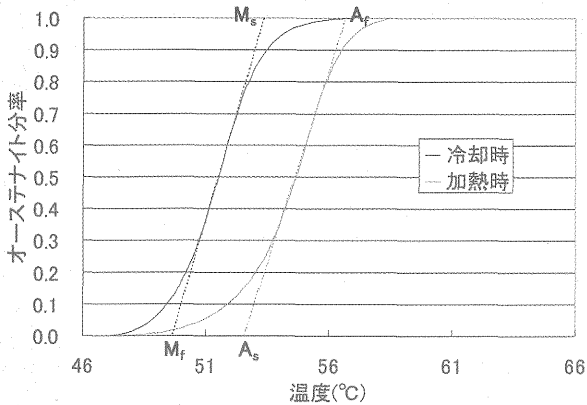


図7 温度に対するオーステナイト分率変化

3-2 エンジンの回転数測定

リング状の形状記憶合金ワイヤーの接合部分の個体差により、エンジンの回転数は影響を受ける。そこで、製作した3つのエンジンについて性能試験を行う。

水温は70℃で一定に保ち、湯に測定装置を浸してから1分間で測定準備を行い、そこから3分間測定を行う。試験中、上プーリー部の雰囲気温度を測定する。ただし、形状記憶合金エンジンが水面となす角度を  $\theta = 45^\circ$  で固定した(図8)。

下プーリー部を湯に入れる深さ  $h$  を変化させ、各々の回転数を測定する。また、深さを変化させる際は、1分間、冷水で装置を冷やすこととした。回転数の計測には非接触のデジタルタコメーター回転計(HIOKI社製 DT-2234B)を使用した。上プーリーに位相差  $\pi$  の位置に反射板を二箇所取り付け、計測精度を高めた。また、水温を一定に保つためにユニット恒温槽サーモミンスター(TAITEC社製 SJ-10R)を使用した。オーステナイト変態終了温度  $A_f$  は 56.7℃であるため、形状が回復する温度は 56.7℃以上に保つ必要がある。本実験では安定して回転を行う70℃を基準温度とした。

用意した3本のリング状ワイヤーを用いて、深さ

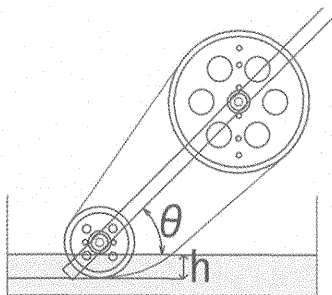


図8 水面となす角度  $\theta$  と深さ  $h$

$h=5\text{mm}, 10\text{mm}, 15\text{mm}$  と変化させた時の回転数の計測結果を図9~11、また、平均回転数を表2に示す。

回転数が上昇、下降を繰り返しており、安定していないことがわかる。これは、形状記憶合金エンジンは高い回転数を得ると、下プーリー部の形状記憶合金が湯に浸かっている時間が短くなり、温度差が小さくな

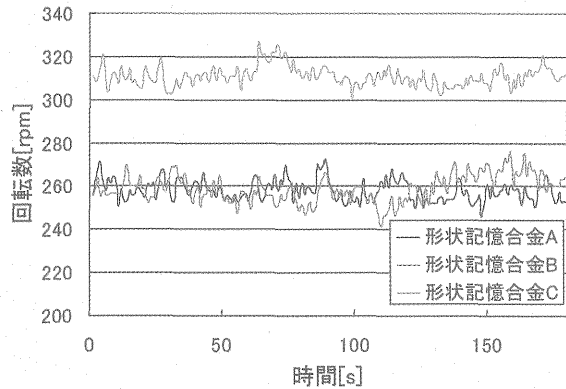


図9 回転数測定結果 ( $h=5\text{mm}$ )

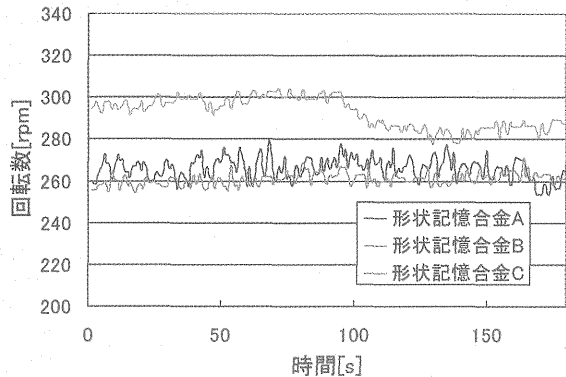


図10 回転数測定結果 ( $h=10\text{mm}$ )

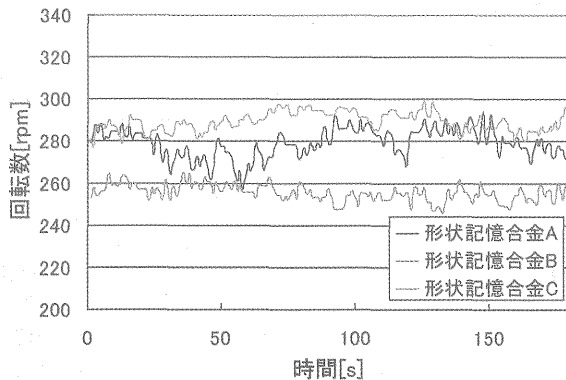


図11 回転数測定結果 ( $h=15\text{mm}$ )

表2 平均回転数[rpm]

深さ $h$	形状記憶合金 A	形状記憶合金 B	形状記憶合金 C
5mm	258	259	311
10mm	266	261	293
15mm	279	255	289

るため、エンジンの回転数が落ちることによる。

個体差に関しては特に、形状記憶合金 C と形状記憶合金 A、B との間で大きな個体差が見られた。結び目の個体差により、深さ  $h=5\text{mm}$  の時の形状記憶合金 A、C において、最大で約 50rpm の差を生じることがわかる。リング C の結合部はリング A、B に比較し、なめらかに接合されており (図 12)、回転時に大きな影響を与えていると考える。

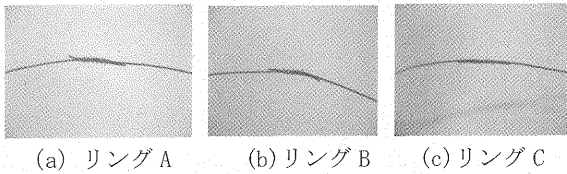


図 12 形状記憶合金の接合部

3-3 エンジン回転中のワイヤーの挙動

形状記憶合金エンジンの性能に関する、著者の研究において、トルクと回転数のグラフから、深さ、回転数が変化しても、ワイヤーの入水時間が同一であれば、トルクは同一であると仮定し、検証する。入水中のワイヤー形状の観察を行い、入水時間の測定を行う。

湯温、エンジンの傾斜角は、3-2 節と同じ条件とし、下プーリー部を湯に入れる深さを  $h=5\text{mm}$ ,  $10\text{mm}$ ,  $12.5\text{mm}$ ,  $15\text{mm}$ ,  $20\text{mm}$  と変化させ、入水中のワイヤー形状を撮影する。画像の解析から入水中のワイヤー長さを求め、入水時間を求める。

$h=15\text{mm}$  における入水中ワイヤーの形状を図 13 に示す。各深さにおける入水中ワイヤーの長さを表 3、ワイヤーの入水時間  $t$  とトルク  $T$  の関係を図 14 に示す。

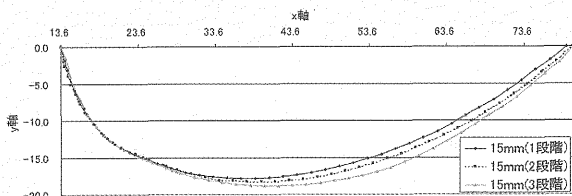


図 13 入水中のワイヤー形状 ( $h=15\text{mm}$ )

図 13、表 3 より各深さ  $h$  においてワイヤーの形状が回転中、2~3 段階で振動していることが観測された。また、図 14 から、トルクは深さ  $h$  や回転数と比較して、入水時間に影響されることがわかる。ワイヤーの入水時間  $t$  の増加でトルクの増加がみられる。

表 3 入水中のワイヤーの長さ (mm)

深さ $h$	1 段階	2 段階	3 段階
5.0mm	42.1	41.2	38.8
10.0mm	56.6	55.5	54.9
12.5mm	68.0	72.0	—
15.0mm	79.2	80.6	81.3
20.0mm	86.9	86.8	86.5

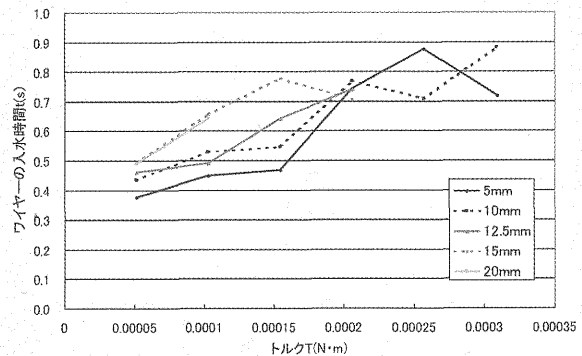


図 14 ワイヤーの入水時間とトルクの関係

4. 授業実践の概要

本実践では藤枝市立青島中学校の技術科教諭のもと、形状記憶合金カーの実践を行った。実践には著者が TA として授業に参加し、教材の準備、授業の流れを提案した。実践の概要を以下に示す。形状記憶合金エンジンカー製作を題材とした指導計画を表 4 に示す。

【藤枝市立青島中学校における授業実践】

- [期間] 平成 23 年 6 月 29 日～平成 24 年 3 月 2 日
- [対象] 藤枝市立青島中学校第 2 学年 (260 名)
- [時間] 月、水、木、金 (1, 2 時限目)
- [場所] 技術科室

表 4 形状記憶合金カー製作を題材とした指導計画

	授業実施日	授業時間数	授業内容
①	6/29, 7/6	2 時間	事前調査及び金属の性質を理解するための実験
②	7/13, 9/7, 9/14	3 時間	形状記憶合金リングの製作
③	9/28	1 時間	エンジンカー動力部分の模型の製作
④	10/5	1 時間	製作したリングを用いたエンジンの回転動作確認実験
⑤	10/12, 10/19	2 時間	疑問点、問題点の把握と共有、実験を通し問題解決
⑥	10/26	1 時間	回転原理まとめ
⑦	11/2	1 時間	形状記憶合金ワイヤーの入水角度及び深度を測定
⑧	11/16, 12/7, 12/14, 1/13, 1/27, 2/10, 3/2	6 時間	エンジンカーの組み立ておよび走行試験

## 5. 教師の取り組みおよび生徒のあらわれ

本実践において、これまでの授業内容に新しい内容を付け加え、21世紀型スキルに関連して生徒の学びを引き出す取り組みを行った。以下に本実践における取り組み、生徒の反応、あらわれを示す。特に、形状記憶合金エンジンカー製作を題材とした実験・製作を体験することによりみられた、(中学校教諭と著者らの判断による)特筆すべき生徒のあらわれを下線で表記する。また、21世紀型スキルに関連する個所に太字で注を表示した。

### 5-1 事前調査

これまでの形状記憶合金の授業実践<sup>7)</sup>においては、授業最終日に行うアンケート結果および授業中の生徒の観察から形状記憶合金エンジンカー製作の教育的効果について検討を行ってきた。そのため、授業実践前後における生徒の意識の変化については検討していない。そこで、本実践では実践前後において、生徒の新学習指導要領の目標に新たに掲げられている『技術を適切に評価し、活用する態度』に関して授業前後において生徒の意識にどのような変化がみられたか調査を行い、エンジンカー実践の教育的効果を検証することとした。質問内容を図15に示す。

図15の質問1に関しては無駄とされているエネルギーの利用における技術と社会、環境との関わりなどに関する生徒の知識の確認を行うこと、質問2では自動車の走行時、無駄とされているエネルギーを生徒が日頃、どの程度意識できているか確認を行うことを事前調査のねらいとした。同様の質問を授業最終日に行

**【質問1】**  
私達は自然界のエネルギー資源を人間が使えるエネルギーに変換し、生活に利用しています。

例えば、自然界のエネルギーで利用されていないエネルギーや、人間がエネルギーを使う時に排出される無駄なエネルギーを利用もしくは再利用する方法は具体的にどのようなものがありますか。図を使うなど自由に考えて、挙げてみよう。

**【質問2】**  
自動車が走行している時に有効に使われていないエネルギーもしくは無駄なエネルギーについて書いてください。

図15 事前調査項目

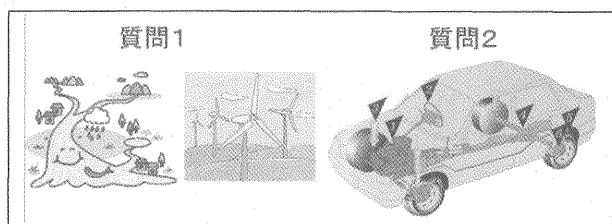


図16 事前調査用紙中の図

い、これらのねらいに関して生徒が、どの程度、理解関心を持ち、技術を適切に評価し活用することができるようになったか調査する。また、各質問においては図16に示す図を調査用紙に使用するクラスと使用しないクラスに分け、調査用紙中の図の有無における生徒の回答の変化に関しても調査する。

質問1に関して、図無しクラスにおいては全体の約3%から17%、図有りのクラスにおいては約10%から40%と適切な回答ができた生徒は半数にも満たなかった。身の回りで無駄とされているエネルギーの利用に関して、生徒の知識不足が明確となった。

質問2に関しては質問1より回答数が多い結果となった。日頃から家庭で自動車に接しているため、無駄なエネルギーを想像しやすかったと考えられる。回答では特に排気ガスを無駄なエネルギーとする意見が多くあった。また、図有りのクラスにおいてはブレーキや車とタイヤの摩擦を無駄なエネルギーとして考える生徒もいた。自動車の車体をスケルトンにしたため、エンジンから車輪の回転に至るエネルギー伝達に関する記述がみられた。エンジンカーを製作し、摩擦が走行時に強く影響していることを実感することで、事後調査において『摩擦』という回答のポイント数も上昇すると考えられる。

図の有無による回答数の比較において、図有りの質問1に関しては3~5種類の回答、質問2に関しては5~7種類回答と、図無しの質問以上の回答数であった。このことから、調査用紙に図を挿入することにより質問の意図が明確化されたことがわかる。

### 5-2 金属の性質を理解するための実験

本実践では授業導入部分において、形状記憶合金だけでなく、私達の身の回りやエンジンカーにも使用されている金属(銅線、スチール線、銅パイプ、真鍮パイプ)を取り上げ、金槌で叩く、やすりで磨く、電気を通す、熱を加えるといった実験を通し、光沢、熱伝導性が高い、電気伝導性が高い、延性展性を持つという金属の性質を理解する授業内容を加えた。

これにより、新学習指導要領に挙げられている『A技術とものづくり』における(2)のイ『製作品に用いる材料の特徴と利用方法を知ること。』に関して、形状記憶合金だけでなく、身の回りの金属についても興味関心を持って、実感を伴った理解につながることを意識した。

金属を研ぐ、叩く作業はどの生徒も熱心に行っていた(技術科教諭の評価)。物を綺麗にする、輝かせる作業を盛り込んだことで、生徒の興味を引くことができた。また、引き伸ばす作業ではどこまで薄くできるか競い合う生徒もいた。その中で引き伸ばすことのないへんさを実感し、「缶、車のフレーム、包丁を作る作業を人が行ったらとてもたいへんだ」と言っている

生徒もいた。

また、授業内で、「ディズニーランドで見たことがある（銅を引き伸ばしてメダルを作る機械）」「アルミ缶もアルミを薄く伸ばしたものだ。すごい力で伸ばしたんだろうな。」という発言があり、身の回りの工業製品の加工に関して実感を持った理解ができ、技術を評価している生徒もみられた。また、「金属を叩くと熱くなるのは、金属の原子が擦れ合うからかな。」という発言があり、金属の性質についても理解をしている生徒がみられた。これらの発言から過去の経験と結び付いた理解につながっていることがわかる（21世紀型スキル：生活と職業、工学との関わり）形状記憶合金についてはバーナーの火に近づけた時に直線の状態に戻るところを生徒に見せたところ、歓声があがった。授業の中でも形状記憶合金ワイヤーが欲しいと言う生徒がおり、他の金属と比べ、特異な性質を持つ形状記憶合金に興味関心を示していることがわかる。

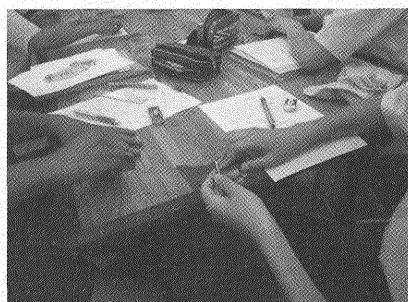


図 17 紙やすりで磨く作業



図 18 金槌で叩く作業

### 5-3 エンジンカー動力部模型の製作と回転実験

本実践では構造が単純で製作が容易な動力部模型を各自が製作する中でエンジンの基本構造を学び、製作したリングを用いてエンジンの回転を確認する実験を取り入れた。

実験を通し、動作に関する疑問点や問題点を生徒一人一人が把握、他の生徒と共有を行い、試行錯誤する中で解決へ導けるよう、教師側は助言や問題を共有できる時間を作り、生徒の主体性を尊重した授業を行うこととした。また、その中で生徒の問題解決能力や他

者との意見のやりとりの中でコミュニケーション能力（21世紀型スキル）を育む授業を目指した。

エンジンの製作に関して、どの生徒も意欲的に取り組んでいた。実験では約5割の生徒は回転させることができた。残りの生徒に関してはブリーを固定する軸がずれ、回転をしないケースやリングの接合部が回転中にほどけてしまうケースであった。



図 19 エンジンの製作

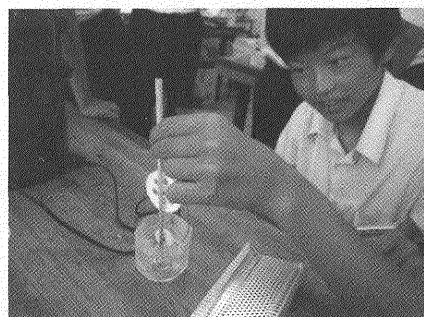
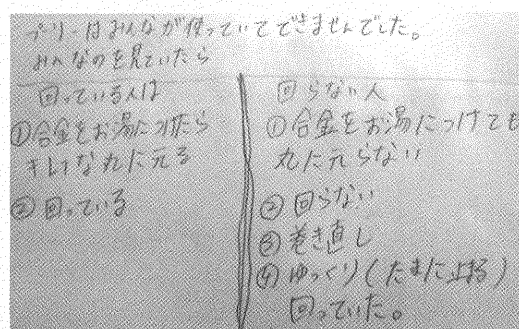
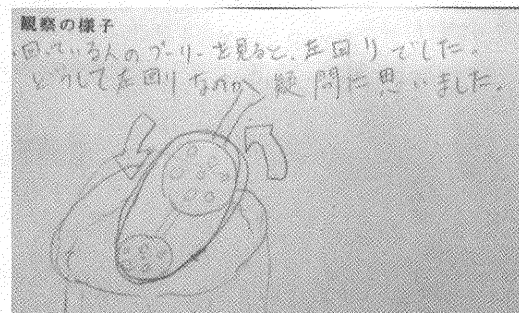


図 20 回転実験



(a) 回転の有無のエンジンを比較する記述

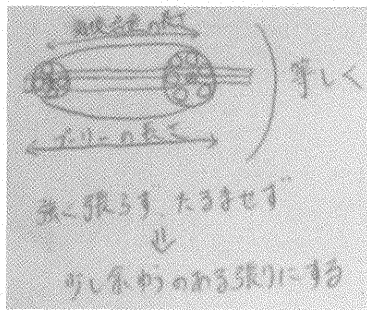


(b) 回転方向に関する疑問の記述

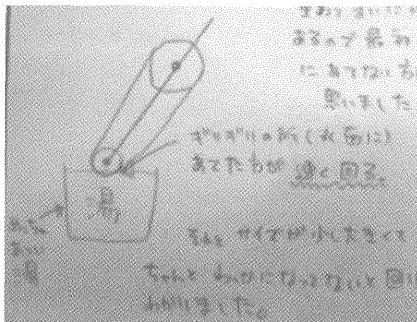
図 21 ワークシート記述内容

単純な構造でプーリーが回転を始めることに対して驚きや自分のつくった作品が動くことの喜びを感じる生徒が多かった。また、授業のまとめ時に使用したワークシートにおいては図 21 (a)のようにエンジンが回転しない原因を他者と比較し考える生徒や、図 21 (b)のようになぜ、左回転をするのか疑問に感じている生徒がおり、疑問や問題点を把握していることがわかる(21世紀型スキル:コミュニケーション能力、新たな問いの発見)。

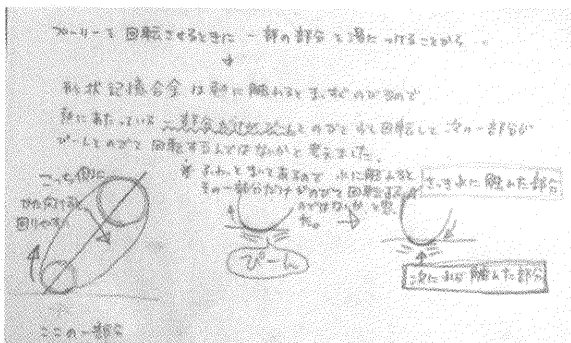
授業が進むにつれて、まとめワークシートに変化がみられた。図 22(a)においてはプーリーの軸間距離がエンジンの回転に影響を及ぼしていることに気付く生徒や、図 22(b)にはエンジンをお湯に浸ける深さが浅い方が回転速度が上昇することに気付く生徒、図 22 (c)にはエンジンが回転する原理を、図を使い説明しようとする生徒がみられた。授業内でも生徒間で意見交換をするなど、疑問点を解決しようとする態度がみられた(21世紀型スキル:コミュニケーション能力、コラボレーション能力、問題解決能力)。



(a) 軸間距離に関する記述



(b) お湯に浸かる深さに関する記述



(c) 回転原理に関する記述

図 22 ワークシート記述内容

#### 5-4 回転原理のまとめ

回転原理の説明に関する生徒の発言や記述において図 23 のように「形状記憶合金をお湯に浸けると直線になり、回転を始める」といった内容の記述が多くみられた。しかし、これでは回転の向きが本来の向きと逆になってしまう。そこで、回転実験の最後の授業において、クラス全体を適切な回転原理の理解へと導く必要があった。本実践においては、教師側から回転原理を全て説明するのではなく、理解する手掛かりとなる実験やヒントを与え、動作原理を考察する時間を設けた。この授業において、動作原理に関する生徒の漠然とした理解が、明確なものとなることを目指した。

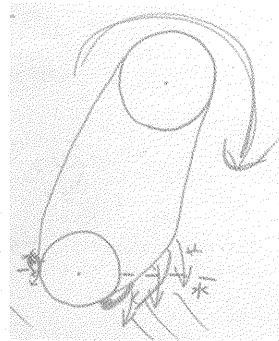


図 23 回転原理に関する生徒の意見

授業で行った回転原理に関する実験およびヒントの内容、予想される生徒の反応を以下に示す。

#### ■形状回復温度の測定実験

温度計を用いて形状回復力の強さと、お湯の温度との関係を観察する。

#### 【予想される生徒の反応】

- ・温度が高い方が戻る力が強い。
- ・大体 70℃以上で形状が完全に回復する。

#### ■ヒント①

図 24 における下プーリー部を、軸 a を中心とし半分にした左右 (A, B) において回転時、温度分布に差が生じることを提示する。

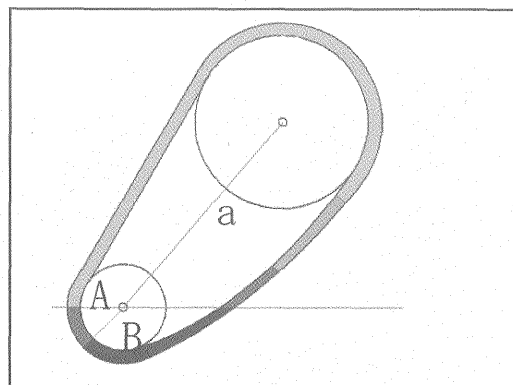


図 24 ヒント① ワイヤーの温度分布変化の動画 (映像の一部)



【予想される生徒の反応】

- ・ B 側のワイヤーが高温で熱せられるため、プーリーで曲げられたワイヤーが直線に戻ろうとする形状回復力が強く回転をする。
- ・ B 側の方が下プーリーの B 側がお湯に浸かっている面積が広いから温められるワイヤーの長さも多い。だから力のバランスが崩れて回転する。

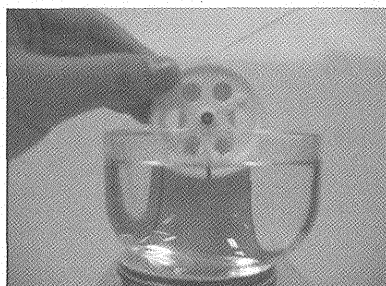
■ ヒント②

下プーリーで曲げられたワイヤーの形状が直線に回復する力がプーリーの回転力に変わり、温度によっても回転力が違うことを実験動画で提示する (図 25)

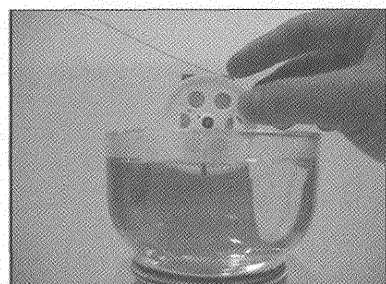
【予想される生徒の反応】

- ・ ヒント①でみられた温度分布より、下プーリー部においてワイヤーの形状回復力が働き、回転力が発生するが、温度差の違いから B 側の回転力が強くなり、左回転をする。

形状回復温度の測定実験において、生徒は高い温度 (70℃以上) の方が完全に形状が回復し、低い温度 (60℃以下) では形状回復が不完全であることに気付くことができた (21 世紀型スキル：問題解決能力)。この実験をもとにパワーポイントを用いたヒント①の説明において、『ワイヤーの温度分布変化』の動画を提示した。回転中にワイヤーの温度が図 24 にみられる形で変化をしていく様子を提示した時点では、予想していた回答は得られなかった。次にヒント②のプーリーの回転原理の実験映像 (図 25) を提示したところ、生徒の意見の中で図 26 に挙げる回答があり、与えられたヒントを自分なりにまとめ、回転原理を導くことができた生徒がみられた (21 世紀型スキル：問題解決能力)。



(a)手を離すと右回転する映像 (60℃以下の湯)



(b)手を離すと左回転する映像 (70℃の湯)

図 25 ヒント② プーリーの回転原理の実験映像

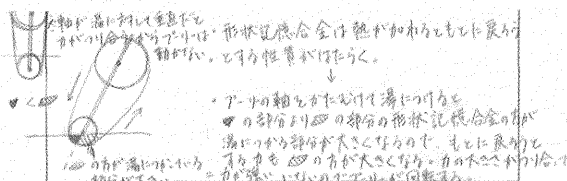
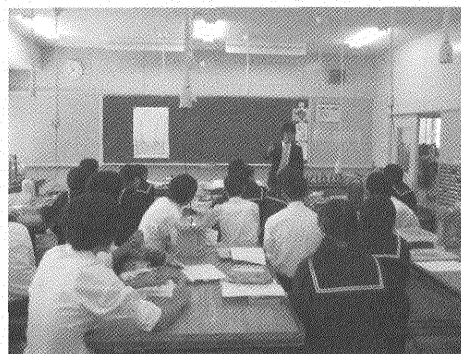


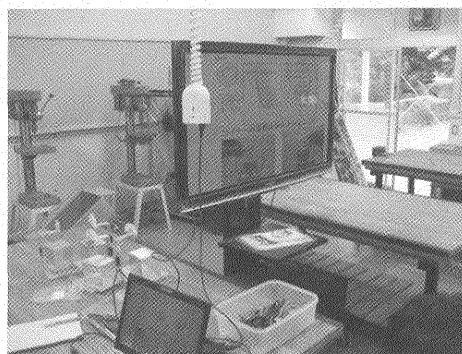
図 26 ワークシート内容



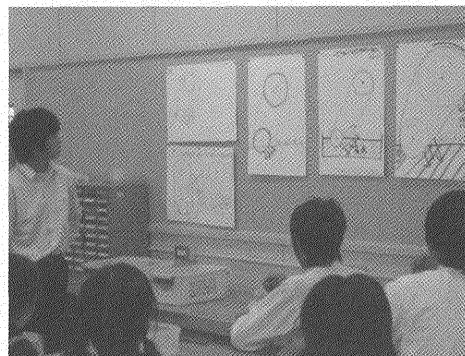
(a) 動作原理追究



(b) 温度測定



(c) ヒントの説明風景



(d) 意見の共有

図 27 実践風景

しかし、全体の5割も満たなかった。そこで垂直にエンジンをお湯に浸けた場合の追加実験を行った。

最初にエンジンの動作を予想し、実験を行った。予想では全体の約8割の生徒が、これまでのヒントを元に、「下プーリーの左右 AB に働く力が釣り合い、エンジンは動かない」という予想を立て、実験によりこれを実証することができた。その実験の中で、生徒から「上プーリーを少し手で動かすとワイヤーの温度分布に差が生じて、バランスが崩れて回転を始める」という発言があった。この意見をクラス全体で共有した結果、先ほどよりも多くの生徒が回転する原理を理解することができた（21世紀型スキル：コミュニケーション能力、コラボレーション能力、問題解決能力）。この結果から、最初に、エンジンをお湯に対して斜めにした時の図を見せて回転原理を考えるのではなく、最初に、お湯に対して垂直にした時、下プーリーの左右 AB において力が釣り合い、エンジンは動かないことを理解した上で、回転する原理を考える方が理解しやすいことがわかった。

#### 5-5 入水角度及び深度の計測

本実践における、これまでの動力部模型を使った回転実験において、エンジンをお湯に浸ける角度、深さがエンジンの回転に影響を及ぼしているのではないかという生徒の意見があった。そこで、生徒たちが自分の製作したエンジンが安定して回転する入水角度および深度を装置（図 28）を用いて計測し、エンジンカーの設計にその値を用いることとした（21世紀型スキル：コミュニケーション能力、コラボレーション能力、新たな問いの発見、問題解決能力）。試行錯誤しながらエンジンの最適値を求める実験を行い、問題解決能力を育むことができる授業を目指した。

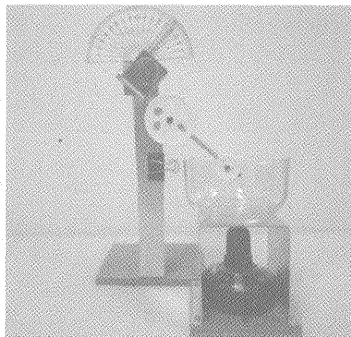


図 28 エンジンの最適角度および深度計測装置

角度	45	60	70	75	80	85	90
回転	Δ	○	⊙	⊙	⊙	Δ	Δ

回転しやすかった

図 29 ワークシート

授業では各班（5人）に計測装置が1台ということも影響し、計測に時間がかかったが、班内で協力をしながら計測を行う姿が伺えた。測定結果から 45° ~ 70° 付近で安定した回転を行うと答えた生徒が多く、お湯に浸ける深さは 5mm ~ 10mm でなるべく水面に近い方が回転速度が速いと答える生徒が多かった。図 29 のように表を作って回転の評価を丸と三角を使いまとめている生徒もみられた（21世紀型スキル：コミュニケーション能力、コラボレーション能力、問題解決能力）。感覚的ではあるが、この授業を通して生徒らは形状記憶合金エンジンの性能を実験により確認することができた。

#### 5-6 エンジンカーの組み立て

エンジンカーの組み立てについては先行研究において製作された設計図を用いることにした。動力部分は可動式であるため、シャーシとの接合部分は二カ所になる点を留意した。実験で導いた値を用いて角度を調節し、動力部分およびシャーシを製作する。

徐々に車の形になることに喜びを感じながら、多くの生徒がエンジンカーの設計図を読み進め、意欲的に製作をしている。完成した生徒からエンジンカーとしての性能を追求できるよう、教師側からはたらきかける必要がある。特にエンジンカーとしては走行性能はシャフトと軸受部の摩擦が影響していることから、摩擦に関して、車としての追求ができるよう、教師の支援が必要である。



(a) シャーシの組み立て



(b) タイヤの接着

図 30 授業風景

## 6. 結言

本研究では、中学校技術における、21世紀型スキルを伸ばす授業実践例として、形状記憶合金エンジンカー教材製作の授業を提示した。授業実践においては、以下の内容を教授できる授業方法を提案した。

- ・ 金属の性質を実感をもって理解できる。
- ・ 新素材や新エネルギーの開発に関する新しい技術に触れる。
- ・ エネルギーの利用における技術と社会・環境との関わりについて学習できる。
- ・ 試行錯誤・実験を繰り返すことで、生徒自らが新たな問いを発見し、批判的思考力、問題解決能力や自発的、創造的な学習態度を養うことができる。
- ・ 動作原理に関して理解できる。
- ・ グループ活動の中で表現力やコラボレーション能力、コミュニケーション能力、問題解決能力を養うことができる。

実践の中では特にエナメル線を用いて、形状記憶合金ワイヤーをリングにする過程が難しく、エンジンの回転実験や組み立ての最中にリングがほどけてしまい、再び時間をかけてリングを製作する場面が多々見られた。エンジンカーの組み立てが長引いた原因と考えられ、教材化にあたって更なる改良が必要である。

教材用形状記憶合金エンジンカーはエンジンに最適な動作をさせるために、プーリーの軸間や形状記憶合金の長さ、湯に浸ける角度など追求できる箇所を数多く含んだ教材である。そのため、本教材を扱う教師や生徒のニーズに合わせて追究箇所を設定できる面白さを含んだ教材だといえる。追究することに時間を充てたいと考える教師は、既にリングになった形状記憶合金を使用し、時間の短縮を図る。細かく、丁寧な作業を生徒に学んでもらいたいと考える教師はリングを製作することを一から行うことになる。このような、生徒や教師のニーズに応えられるように、授業方法の検討やエンジンカーの改良、解析を行っていく必要がある。

本研究は、平成26年度科学研究費補助金（課題番号：24501095）の援助による。

## 参考文献

- 1) ATC21S : 21st Century Skills  
<http://www.atc21s.org/> (2015. 1. 17 確認)
- 2) 勝野頼彦：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，平成24年度プロジェクト研究調査研究報告書(2013)
- 3) 三宅なほみ他：21世紀型スキル 学びと評価の新たなかたち，北大路書房(2014)
- 4) 文部科学省：中学校学習指導要領技術家庭科
- 5) 世界大学総長協会2014年横浜総会からの報告(毎日新聞2014.7.18付)
- 6) 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巻第2号，pp.141-145(2005)
- 7) 松永泰弘他：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巻第2号，pp.137-143(2006)
- 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巻第3号，pp.143-146(2004)