

TiNi 形状記憶合金エンジンカーの授業実践

メタデータ	言語: ja 出版者: 静岡大学教育学部 公開日: 2013-04-16 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	http://hdl.handle.net/10297/7201

TiNi 形状記憶合金エンジンカーの授業実践

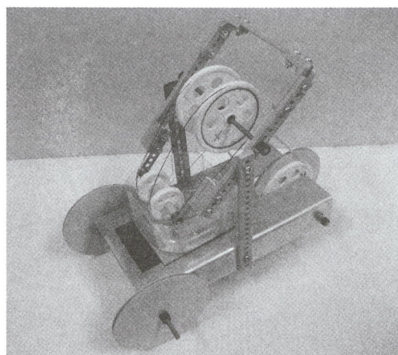
技術教育講座 松永泰弘 石上雄規

1. はじめに

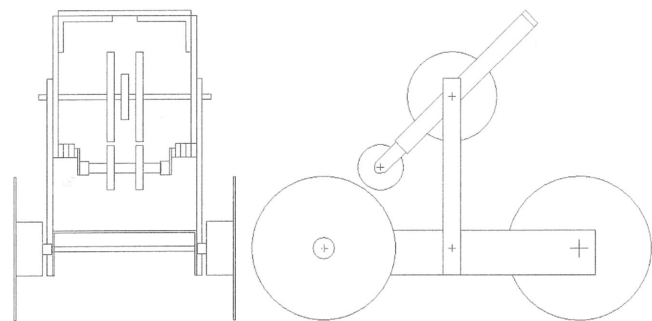
平成 24 年度から完全実施される新学習指導要領中学校技術における目標において「技術を適切に評価し活用する能力と態度を育てる」という文言が新たに加わった。

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である。教材に使用される形状記憶合金は、変形させた後、お湯に付けた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。近年では、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。

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(2005)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、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。



(a) 模型



(b) 組立図(jw-cad 図面)

図 1 教材用形状記憶合金エンジンカー

2. 教材用形状記憶合金エンジンカー

実践で使用したエンジンカーのシャーシに関しては穴あきアルミ板を用いて、軽量化とボール盤での穴あけ作業を無くし、作業時間の短縮を図ることとした。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ことにした。エンジンカーの製作に使用した材料を表1に示す。

表1 材料

名称	寸法[mm]	個数	備考
TiNi形状記憶合金ワイ	φ0.3×525	2	Af50°C
穴あきアルミ板	160×130×1.0	1	
I型アーム	170×10	5	ユニバーサルアームセット(タミヤ)
L型アーム		3	ユニバーサルアームセット(タミヤ)
大プーリー	φ50	3	ユニバーサルアームセット(タミヤ)
中プーリー	φ25	3	ユニバーサルアームセット(タミヤ)
六角シャフト	φ3×150	1	3mmシャフトセット(タミヤ)
丸シャフト	φ3×100	2	3mmシャフトセット(タミヤ)
両ネジシャフト	φ3×100	1	3mmシャフトセット(タミヤ)
クランク		2	3mmシャフトセット(タミヤ)
トラックタイヤホイール		2	トラックタイヤセット(タミヤ)
ペットボトル		1	底が四角のもの
合板	φ120	3	円状に加工したもの
銅線	30	2	
糸ゴム		適量	
ブッシュ	φ2.9s	4	
ブッシュ	φ3.1s	2	
スペーサー(大)		3	
スペーサー(中)		2	
スペーサー(小)		2	

3. 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である小澤先生主導のもと、形状記憶合金カーの実践を行った。実践には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

藤枝市立青島中学校における授業実践

[期間] 平成23年度6月29日～平成24年度3月中旬

[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

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模型が正常な回転動作を行うか実験
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	6時間	エンジンカーの組み立て
⑨	3/2～継続中		エンジンカーの組み立ておよび走行試験

4. 教師の取り組みおよび生徒のあらわれ

本実践において、これまでの内容に新しい内容を付け加え、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。

4-1 事前調査

これまでの形状記憶合金の授業実践において、授業最終日に行うアンケート結果および授業風景からでしか形状記憶合金エンジンカーの教育的効果を検証する事ができなかった。そのため、授業実践前後における生徒の意識の変化をみる事ができなかった。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事とした。質問内容を図2示す。

図2の質問1に関しては広義での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事ができるようになっ

たか調査を行う。また、各質問においては図 3 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とを分け、調査用紙中の図の有無における生徒の回答の変化についても調査する事とした。

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 より回答数が多かった。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だ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。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、調査用紙における図の有効性を示すことができた。

【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 2 事前調査項目

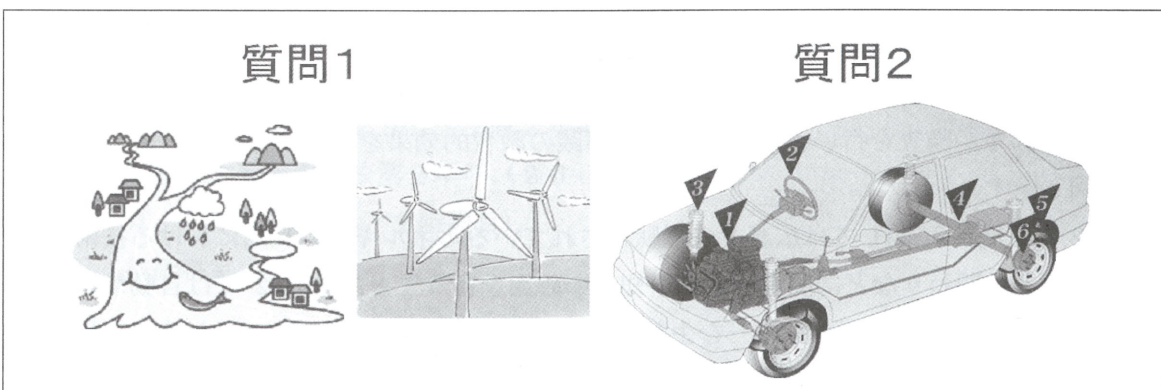


図 3 事前調査用紙中の図

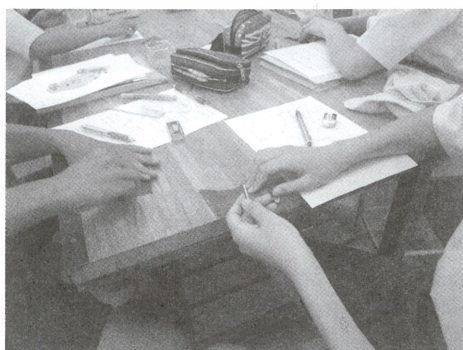
4-2 金属の性質を理解する為の実験

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新たに加えた。

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と考えた。

金属を研く、叩く作業はどの生徒も熱心に行っていた。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事の大変さを実感し、缶、車のフレーム、包丁を作る作業を人が行ったらとても大変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事がある（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延ばしたものだ。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伴った理解ができ、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。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分かった。



(a) 紙やすりで磨く作業



(b) 金槌で叩く作業

図4 授業風景

4-3 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、これまでの授業で製作したリングを用いてエンジンが回転をするか確認実験

を行える時間を新しく取り入れた。

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を育める授業を目指した。

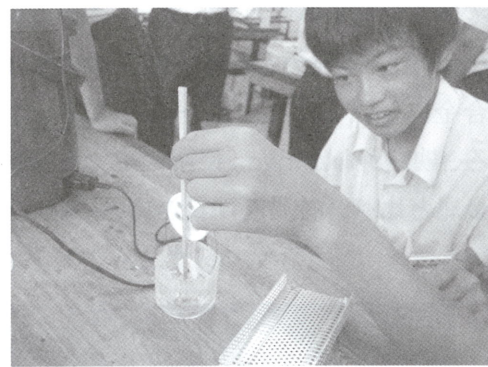
エンジンの製作に関して、どの生徒も意欲的に取り組んでいた。実験では約 5 割の生徒は回転させることができた。残りの生徒に関してはプーリーを固定する軸がずれ、回転をしないケースやリングの接合部が回転中にほどけてしまうケースであった。

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作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 6 (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 6(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。

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 7(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 7(b)にはエ

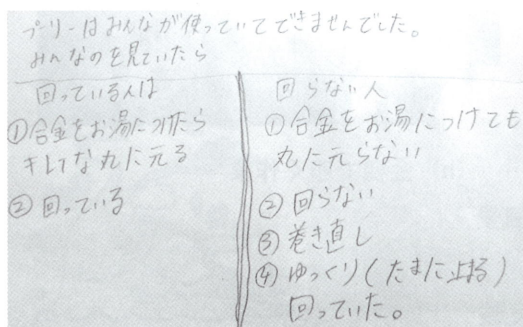


(a) エンジンの製作

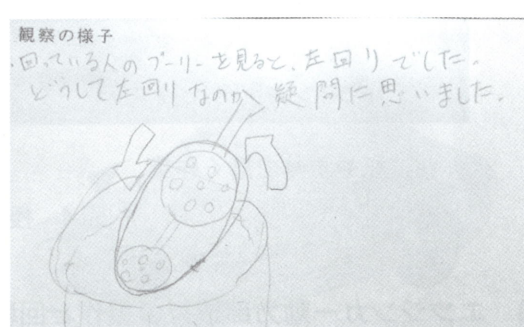


(b) 回転実験

図 5 実践風景



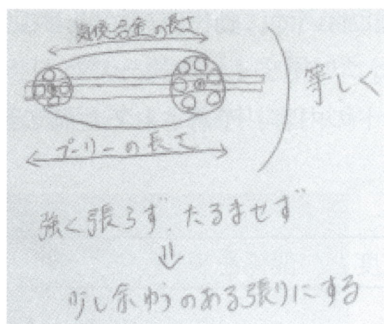
(a)



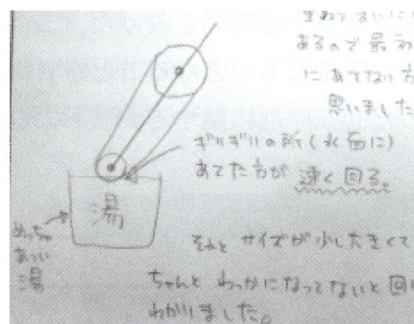
(b)

図 6 ワークシート記述内容

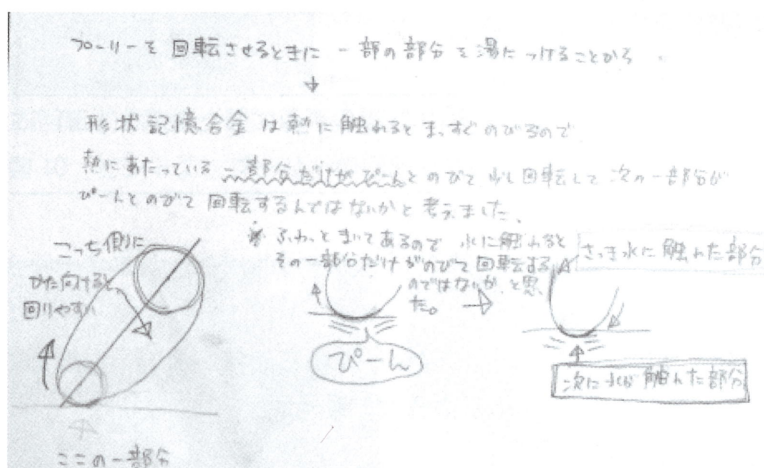
ンジンをお湯に浸ける深さが浅い方が回転速度が上昇することに気付く生徒、図 7(c)にはエンジンが回転する原理を図を使い、説明しようとする生徒がみられた。授業内でも生徒間で意見交換をするなど、疑問点を解決しようとする態度がみられた。



(a)



(b)



(c)

図 7 ワークシート記述内容

4-5 回転原理まとめ

回転原理の説明に関する生徒の発言や記述において図 8 のように『形状記憶合金をお湯



図 8 回転原理に関する生徒の意見

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。

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 9 における下プーリー部分を、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。

【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。

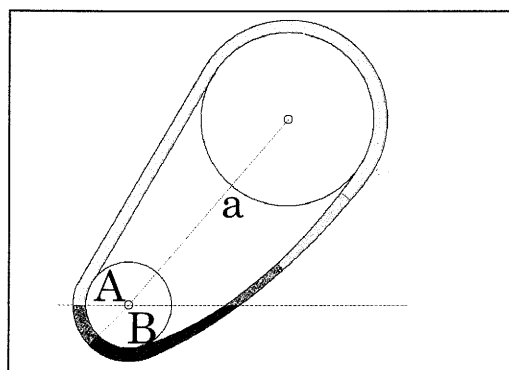


図 9 ヒント① ワイヤーの温度分布変化の動画 (映像の一部)

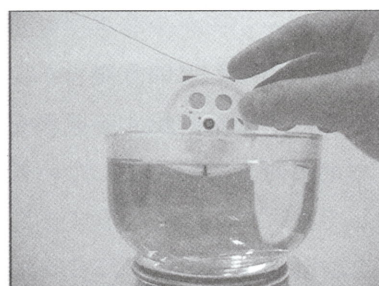
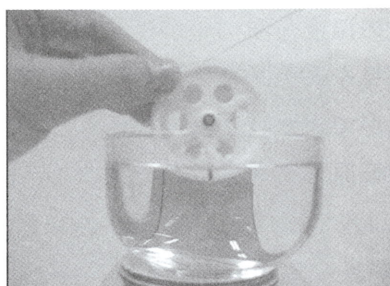
■ヒント②

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 10)

【予想される生徒の回答】

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。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9にみられる形で変化をしていく様



(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）

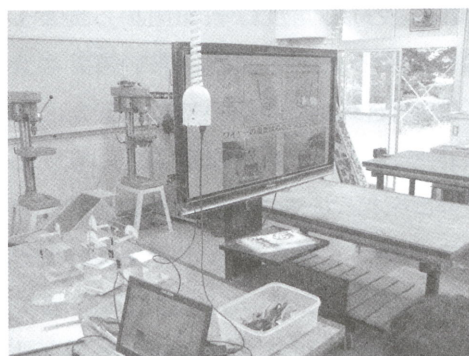
図10 ヒント② プーリーの回転原理の実験映像（映像の一部）



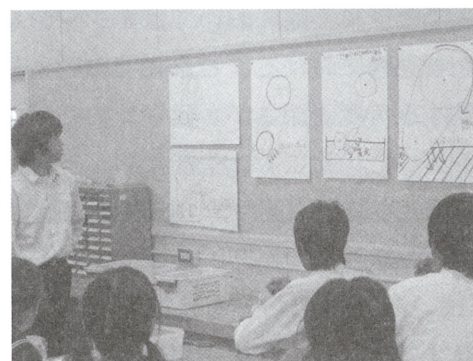
(a)動作原理追究



(b)温度測定



(c)ヒントの説明風景



(d)意見の共有

図11 実践風景

子を見せた時点では、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 10）を見せたところ、生徒の意見の中で図 12 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。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てもらい、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。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良いことが分かった。

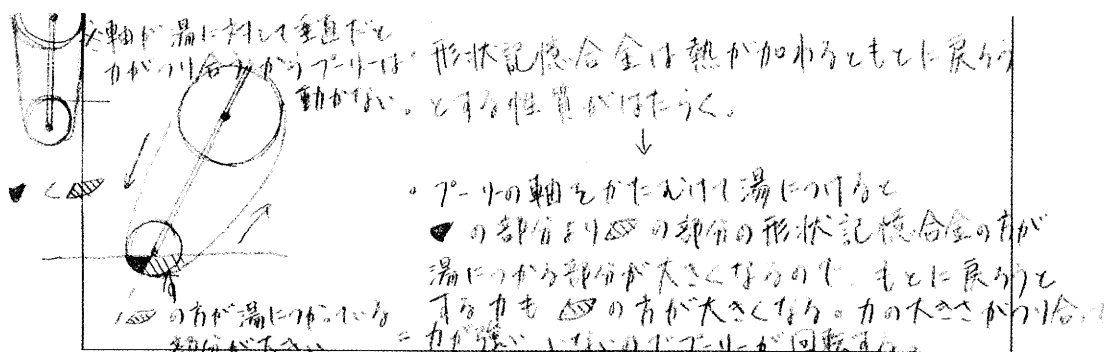


図 12 ワークシート内容

4-6 入水角度及び深度の計測

これまでの授業実践においてはエンジンをお湯に浸ける角度は教師側から提示していた。しかし、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 13）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。試行錯誤しながら、エンジンの最適値を求める実験を行う中で生徒の問題解決能力を育むことができる授業を目指した。

授業ではアルコールランプを使用することができなかつた為、実験の度に電気ポットからお湯を汲みに行かなければならなかつた。そのため、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てしまった。大変な作業ながら、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 $45^{\circ} \sim 70^{\circ}$ 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 $5\text{mm} \sim 10\text{mm}$ 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 14 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。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。

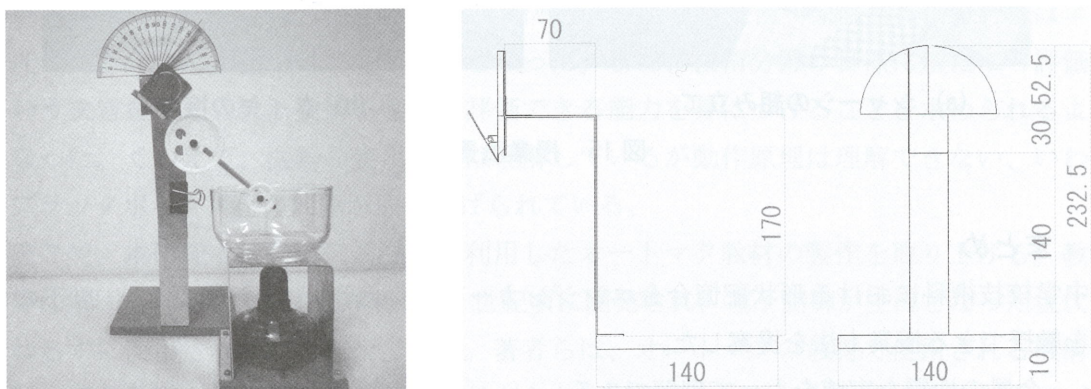


図 13 エンジンの最適角度および深度計測装置

角度	90	80	70	60	45	30	20	
回転 状況	△	○	◎	◎	◎	△	△	

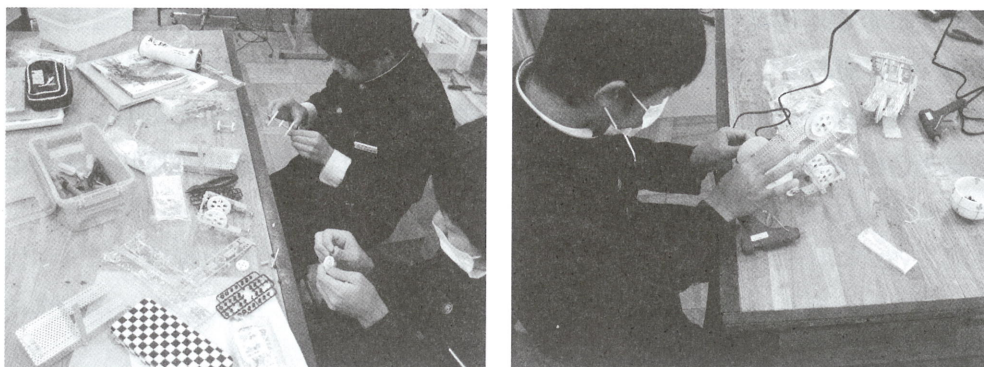
回転しやすい

図 14 ワークシート

4-7 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。しかし、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。これまでは形状記憶合金エンジンのエンジン性能の追求を行ってきたが、今後、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。エンジンカーの組み立ては現在も継続中である。



(a) シャーシの組み立て

(b) タイヤの接着

図 15 授業風景

5. まとめ

中学校技術科における形状記憶合金エンジンカーを用いた授業実践において、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の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ミュニケーション能力を養うことができる。

実践の中では特に形状記憶合金ワイヤーをエナメル線を用いて、リングにする過程が難しく、エンジンの回転実験や、エンジンカーの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てしまっている事もこの事が原因と考えられ、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。その為、本教材を扱う教師や生徒のニーズに合わせて追及箇所を設定できる面白さを含んだ教材だと考えられる。追求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えばよい。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、解析をより行っていく必要がある。

本研究の一部は平成 23 年度科学研究費補助金（課題番号：21500869）の援助による。