研究発表１

自由な発想で作るエコカー製作

愛知県立刈谷工業高等学校
機 械 科　　石 川 剛 也

１　はじめに

本校の生徒は素朴で素直な生徒が多く、部活動に積極的に取り組み目標をもった学校生活を送っている。また、機械科の生徒は技能士などの資格取得に力を入れており、授業後もたくさんの生徒が実習工場を利用し活気がある。

私はものづくり教育において、課題研究はとても重要な科目であると考えている。通常の授業や実習は、教員が年間指導計画に沿った内容の授業を設定し、生徒に知識や技術を教える場であるが、課題研究は生徒が一年間のテーマを設定し、目標を立てて取り組むものである。この課題研究を通して工業高校で学習する意義を教え、活躍の場を提供していくことで、生徒が心身共に成長できると考える。そこで、ものづくりの技術を身に付ける中で生徒が逞しく成長し、生き生きと学校生活を送れるようになるための実践研究を進めることにした。

２　課題研究について

本校機械科の課題研究は、毎年、表１のような年間計画で行われている。４月当初に各ショップの大筋のテーマを提示（担当教員は明記していない）し、生徒の希望を聞いて集約する。私の班では毎年、「大会や発表会に参加すること」をテーマとしている。平成 29 年度の希望者は、第２希望２人、第３希望２人、第４希望２人の合計６名で、第１希望者は１人もいない状況であった。年度によって様々だが、例年、第１希望の生徒は極めて少ない。学校を出て活動することを面倒と感じる生徒が多いようである。

表１課題研究年間の流れ

４月初	製作班の決定
４月～	製作テーマの決定
	製作開始
11 月頃	作品の完成
12 月頃～	発表準備
	収録作成
１月末	課題研究発表会

写真１～３は、私が過去２年間に担当した課題研究班の取組である。毎年、２つ程度の大会や発表会に参加している。１年間の活動を通して、ものづくりの楽しさを体験して、生徒が「この研究班でよかった」と思えるような取組になるよう心掛けている。

写真１溶接競技（ｱｰﾄ）　写真２ﾃﾞﾝｿｰ夢卵（中京ﾃﾚﾋﾞ放映）　写真３にししんｺﾝﾃｽﾄ（OP）

３　テーマの決定

班が決まり１年間のテーマを決める。生徒からは小学生の夢を叶えるものづくりなど、色々なものを作りたいという意見が出たが、車好きの生徒が多く、最終的にエコカー製作をすることになった。そこで、11 月に行われる Econo Power in GIFU というエコカーの大会を目指して、生徒は次の２つを目標に掲げて、エコカーの製作を行った。

エコカー製作の目標

１　自由な発想で空気抵抗の少ないマシンを製作する。
２　新しい画期的な方法でエコカーの軽量化を図る。

４　エコカー製作

(1) エコカーの構想と設計

はじめに、目標について生徒が話し合い、どうしたら空気抵抗が少なくなるかについての意見を出し合った。フレームは、軽量で剛性の高い材質の超々ジュラルミン(A7075)□20 ㎜パイプを使用することにした。また、空気抵抗が少なくなるように流線型のカウルを作ることにした。これらを基に Auto-CAD で構想設計した（図１）。

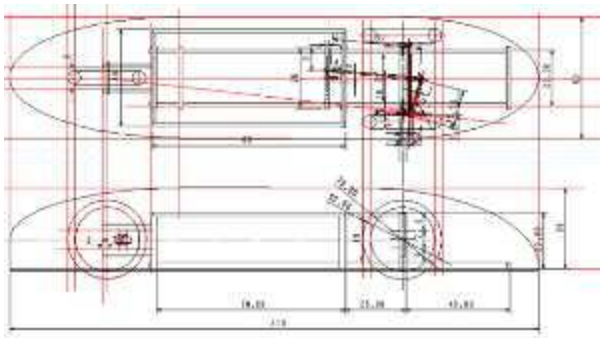

図１エコカーの設計図

(2) 製作工程

① フレーム

□20 ㎜パイプを、帯のこ盤で必要な長さに切断した。幅 20 ㎜のエンドミルで必要な箇所に溝を入れて、パイプ同士を仮組みした。組んだ箇所はＴＩＧ溶接機で溶接した。薄肉のパイプのため、溶接で穴があかないように生徒は何日も練習をした。また、車軸を通した状態で車体が傾かないように平行や直角を確認しながら、モータマウントを溶接してフレームを完成させた（写真４）。

写真４TIG 溶接

② タイヤ

小径タイヤを採用することにより空気抵抗の低減になると考え、14 インチのタイヤを採用することにした。はじめに、リムのスポーク部の穴あけをした。リムに正確に 20 等分の穴をあけるための工夫を考えた。リムの円周一周にマスキングテープを貼り、円周の長さを決める。マスキングテープを剥がしてスケールに張り付け、正確に 20 等分する。リムに貼り直して 20 等分した線上にポンチを打ち、ボール盤で穴をあけた。

写真５振れの確認

次に、振れ修正台を実習等で余った廃材（溶接練習用板、Ｃ形鋼など）を利用して製作した。タイヤの前後左右の振れがないようにダイヤルゲージで確認しながら、ニップルで慎重に修正した（写真５）。生徒は締め付ける強さの微調整に苦戦しており、振れを確認する作業ではとても苦労していた。

③ モータ

駆動源は、教材用キットモータ（ミツバ社）を採用することにした（写真６）。

写真６教材用キットモータ

写真７モータ完成

モータの組立は、コアに 18 のティースがあり１つのティースにつき 20 ターンずつ銅線を巻く必要がある。この時、巻き始めから巻き終わりまで隙間がないように巻いていかなくてはならないため、巻き始めからしっかり固定できる仮止めの仕方や、足で銅線の束のボビンを押さえながらコアを腹と手でしっかり力を入れて引っ張りながら巻いていく力の加減が必要となった。全て巻き終わる（20 ターン×18＝合計 360 ターン）のに半日以上の時間を要した。写真７は、組み終えた様子である。動作確認をして正常に動いたときには生徒はほっとしていた。

④ 舵取り装置

フレームが完成し、各部の部品を製作した。舵取り装置は、アロー号（佐織工高）を参考にし、ハンドルを右に切ればタイヤも右に切れるようなシンプルな機構にしている。はじめに、車軸を固定するためのアクスルプレートは鋼の角材をフライス盤で加工した。

車軸は、剛性を確保するために、材質は炭素鋼Ｓ45Ｃ（旋盤技能検定練習後の廃材）を使って製作した。マイクロメータで測定し、軸受とはめ合わせながら加工した。生徒は精度の高いものができるまで何本も作り直すなど妥協せずに製作していた。

これらの部品は、図２を基に舵取り装置を組み立てて完成させた（写真８）。タイヤ前後のトレッドを測定しながら、タイヤが平行になるように微調整した。

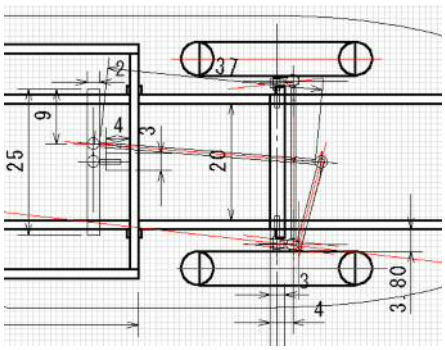

図２舵取り装置

写真８舵取り装置組立

⑤ カウル

アンダカウルの製作では、材料はポリカーボネートを採用した。図面を拡大した型紙に沿って切り取り、フレームに固定して完成させた（写真９）。

最後にアッパカウルの製作をした。流線型で空気抵抗を少なくするために、図３のような成型方法を考案した。型枠にお湯を流し込み、熱でペット板（４×８板）を軟化（58℃から軟化が始まる素材）させ、お湯の重さで膨らませる方法である。お湯成型のメリットは、必要な材料が型枠、お湯、ペット板くらいと安価で、そのうえ、装置の構

造が簡単なことである。予定どおりに比較的に簡単に製作や段取りができたが、作業中に問題が生じた。11 月で気温が低く、時間の経過とともにお湯の量が増えると温度が維持できず、ペット板が軟化されなかったのである。目標の高さである 500 ㎜まで膨らませるべきところを、100 ㎜程度しか膨らますことができず、必要な形状に変形させることはできなかった（写真 10、11）。改善策を考えているうちに大会を迎えることとなったため、お湯成型は断念した。プラスチック段ボールを切り貼りして、アッパカウルを完成させた。

写真９マシン組立

図３お湯成型

写真 10 成型の様子

写真 11 成型

(3) 2017 Econo Power in GIFU に出場

この大会は岐阜県の坂祝町で開催され、省エネ、ハイブリッド、電気の３競技があり、電気自動車競技に参加した。全国から 73 チームが集まり、原付バッテリー（GS ユアサ YTX4LBS）を使用して、45 分間でどれだけたくさん走れるかを競う大会である。どのチームのエコカーも個性あるものばかりで、熱気と緊張感が伝わってきた。

写真 12 大会風景（中央が本校エコカー）

レースが始まると、ドライバーは落ち着いた運転で走行を続けていた。途中でバッテリの電圧が急激に降下するトラブルはあったが、完走することができた。結果は 45 位だった（写真 12）。

(4) エコカーの改良

表２エコカーの諸元

	全長(㎜)	全高(㎜)	全幅(㎜)	重量(kg)
エコカー	2280	400	560	23.0

表２のとおり、エコカーは 23kg と予想以上に重くなった。大会出場のエコカーには、19kg より軽いものもあり軽量化する必要がある。この問題点を、エコカー製作の目標である空気抵抗の低減と軽量化をして改良していくことにした。

① ３Ｄプリンタによる部品の製作

３Ｄプリンタ（MUTOH 社）を用いて、鋼材の部品を樹脂に変更し軽量化することにした。

写真 13 ハンドルとタイロッド（下は３Ｄプリンタで製作）

ハンドルとタイロッド、スイッチ板などを３Ｄプリンタで製作した（写真 13)。3DCAD の図面からプリントした。これにより、ハンドルとタイロッドは、およそ 1/5 以上の軽量化に成功した（表３)。

表３

	鋼材	3D プリンタ	結果
ハンドル	362g	76g	およそ1／5の軽さになった。
タイロッド	64．0g	9．22g	およそ1／6の軽さになった。

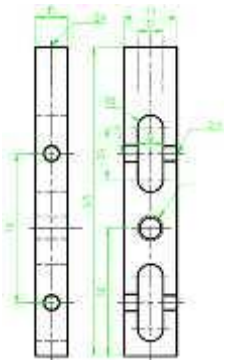

図４プレート図

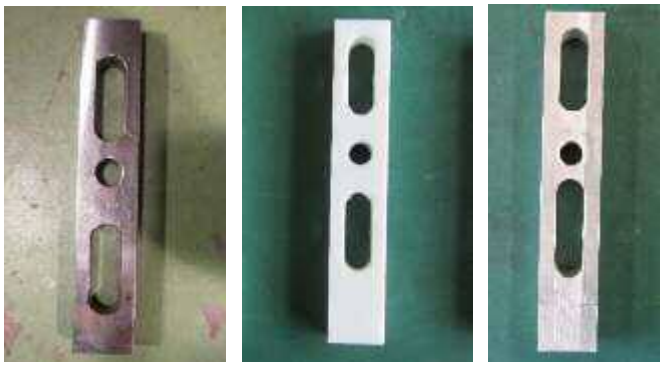

写真 14 鋼（左)、樹脂（中)、ｱﾙﾐ（右）

次に、鋼材で製作したアクスルプレートを３Ｄプリンタで製作した。これは、ハンドル操作を車輪に伝える重要な部品なので強度が必要となる。そのため、フィラメントの積層密度を高くして製作した。取り付けをして、安全を考慮しながらドライバーを乗せて手動で走行した結果、締結部各所にガタが生じた。引張強さや硬さは測定していないが、強度不足と考えられる。そこで、剛性があり軽量な材質であるアルミニウム合金(A5052)を削り出して製作することとした（図４、写真 14)。

改善の結果、エコカー製作には、強度や精度を必要としない箇所において、３Ｄプリンタで部品を製作することは有効であることが分かった。

② 流線型のアッパカウルの製作

アッパカウルのお湯成型が失敗したため、エアーブロウで成型することにした。図５のようにヒーターで加熱して軟化したペット板（４×８板）に空気を送り、必要な大きさに膨らませる成型法である。これは、エコカーのウインドウ部の成型において多く用いられている。

お湯成型とは異なり、ヒーターを用いるためにペット板の軟化は容易であるが、窯内の温度を均等にしないと局部的に膨らんでしまう。したがって、温度にムラが出ないように、時間をかけて成型した（写真 15)。結果は高さ 450 ㎜くらいまで膨らんだ。目標の 500 ㎜にはならなかったが、室内空間を確保するのに必要な大きさに膨らますことができた。ペット板を切り取り、アンダカウルと接続する縁を取り付けてアッパ

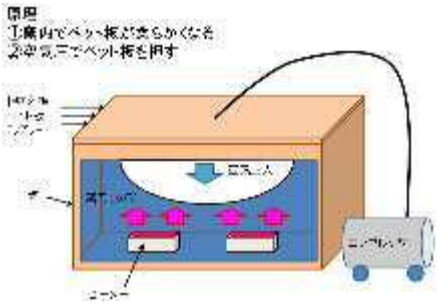

図５ブロウ成型

写真 15 窯内の様子

写真 16 アッパカウル完成

カウルを完成させた（写真 16)。

写真 17 は、改良したエコカーである。改良前（写真 12) は、ドライバーの身体がエコカーから出ているため空気抵抗が大きくなると考えられるが、カウル内に収めることにより、空気抵抗をより少なくすることができた。

写真 17 改良したエコカー

5　課題研究を通した考察とまとめ

(1) エコカーの改良結果

表４は、エコカーの改良前と後の車両重量をまとめたものである。３Ｄプリンタで製作した樹脂部品の重量は、表３にもあるように、大幅な軽量化に成功した。アッパカウルは流線型に成型できたため空気抵抗の低減は図れたと考えるが、ペット板が重いため総合的に重さの改善は図れなかった。当初の目標である軽量化はできなかったが、「カウルのお湯成型」や最新の機器を使用した「３Ｄプリンタによる部品の製作」は新しい発想であり、生徒のもっている無限の可能性を感じた。これらを実現できるように、後輩に夢と技術を託し、今後も日々研鑽を重ねる必要がある。

表４エコカーの重量

	設計変更点	改良前	改良後
車両重量	①アッパカウルなし→流線型 ②鋼製部品→3D プリンタ樹脂	23．0kg	22．8kg

(2) 生徒の学習意欲の変化

年度当初は第１希望の生徒は１人もいない課題研究班であったが、年度末に作成した課題研究集録で以下の感想を述べている。

課題研究集録の生徒の感想（抜粋）

・エコカー製作を通して一番驚いたことは、自分の思っている以上にたくさんの部品が必要だと知ったことです。部品の中でも何個も必要なものや細かい精度が必要とされるものがあり、とても授業の時間だけでは製作が間に合いませんでした。大会が近い９月以降は毎日のように日が暮れるまで居残りで作業に没頭しました。エコカーが走り出したときの感動は忘れられません。この研究の一員として携われてよかったです。

どの生徒も大変な苦労をしていることを綴っており、また、達成感や充実感を感想で述べている。レースでよい結果はでなかったが、ものづくり（エコカー製作）の楽しさや仲間と協力する大切さを経験させることができ、本研究の意義があった証明といえる。

6　最後に

課題研究は通常の授業に比べ幅広い活動が可能で、生徒のやる気や自信を引き出すことのできる科目であることが分かった。また、高校生は想像もしない新しいアイデアを考える力があり、教員がその可能性を引き出し活躍の場を提供することで生徒の貴重な経験になることが分かった。

最後に、本研究は多くの先生方の協力があり完成することができた。私は工業の教員として今後もものづくりの楽しさを生徒に教え、社会で活躍できる人材を育成するための研究を続けていきたい。