テーマ　　『職業能力開発の実践』

副題　『高度職業訓練における総合制作実習「電気自動車の製作」の取り組みを通じた職業能力開発の実践』

所属組織　独立行政法人高齢・障害・求職者支援機構
近畿職業能力開発大学校附属滋賀職業能力開発短期大学校

主執筆者　外村　文男

要旨

滋賀職業能力開発短期大学校では2013年より総合制作実習のテーマとして「電気自動車の製作」に継続的に取り組んでおり、自作電気自動車でエネルギーマネジメントを競うEne-1 Challenge（旧Ene-1 GP SUZUKA）KV-40 チャレンジ全国大会に参加している。2016年までは成績の低迷が続いており、訓練生の実習に対するモチベーションやチャレンジ精神の低下を招き、訓練効果が十分得られない状況であった。これを改善するため、2017年から2019年の3年間において、大会でKV-1bクラス（大学・高専・専門学校部門）上位入賞を目標とし、PDCAサイクルを回わすことで改善が結果につながる指導を行うなど、職業能力開発の実践を行った。その結果、年ごとのラップタイム更新、2年連続KV-1bクラス2位、3年連続上位入賞ができた。これにより、訓練生はものづくりの楽しさを学び、実習に対するモチベーションの向上や記録の更新にチャレンジする意識が生まれ、訓練効果が得られるよう改善することができた。また、様々な点で高校生をはじめとする外部に対する広報の効果が得られ、目的を達成できた。

## １．はじめに

HV（Hybrid Vehicle）やEV（Electric Vehicle）の普及が進み電気自動車に関する興味が高まる中、自作電気自動車でエネルギーマネジメントを競うEne-1 Challenge（旧Ene-1 GP SUZUKA）KV-40 チャレンジ全国大会が2011年より近隣の鈴鹿サーキットで開催されている。当校は2013年より総合制作実習のテーマとして「電気自動車の製作」に継続的に取り組んでおり、当該大会に参加をしている。しかしながら、2016年までは成績の低迷（表1）が続いており、このままでは訓練生の実習に対するモチベーションやチャレンジ精神の低下を招き、訓練効果が十分得られない状況であった。また、同時に大会参加による広報効果も見込めない状況であった。そこでKV-1bクラス（大学・高専・専門学校部門）で上位入賞を果たすことにより、「電気自動車の製作」を訓練生が積極的に取り組み、ものづくりを学べる実習課題として確立し、同時に高校生などへの有効な広報手段として活用できるものとすることを目的とし、職業能力開発の実践に取り組んだ。本取り組みでは、2017年から2019年の3年間において、PDCAサイクルを回わすことで改善が結果につながる指導を行い、大会において上位入賞することで課題の解決を行った。

## ２．Ene-1 Challenge KV-40 チャレンジ全国大会の概要と大会参加による訓練効果

Ene-1 Challenge KV-40 チャレンジ全国大会は指定された充電式単三電池40本を電源として1回の充電で鈴鹿サーキット国際レーシングコース(全長5.807km）を3周完走し、合計タイムとエネルギーマネジメントを競う競技である。コースは高低差が大きく、アップダウンが多いため、特に最大傾斜7.8%を含む上り坂をどれだけ少ないエネルギーで早く登りきるかがポイントとなる。大会規定では使用するモータの制約はなく、車体にも安全面で最低限必要な制約以外はないことから、製作者の自由な発想を取り入れやすい。また、5Aブレーカの装着が義務付けられ供給できる電力に制限を設けていることから、3周を完

走し、記録を出すためには、様々な工夫が必要となる。訓練生は訓練で身につけた技能、技術を応用して電気自動車を製作することでチームによるものづくりの基礎を学ぶことができる。さらに、本大会は例年、中学生から一般の約百チームが参加し、当校が出場しているKV-1bクラスでは十数チームが参加していることから、訓練生が製作した車両の性能を評価することができるだけでなく、他チームとともに競技に参加する中で、競争心やチャレンジ精神を養うことが期待できる。合わせて、高校生をはじめとする外部に対する広報の効果も期待できる。

## ３．2016年までの課題と3年間の目標

2016年までの取り組みでは以下の点に課題があった。

(1)前年度の結果と課題のフィードバックができていないため、性能の向上が進まない。改善手法の指導不足と併せて、以下の技術的な課題があった。

- チームメンバー（特にドライバー）が毎年変わる当校のスタイルに車両の制御方法が合っていない。
- 既製のモータおよびモータコントローラを使用しているため、モータ特性やモータ制御の最適化ができないことと合わせ、効率よく電力を使用するための回路構成など新しい発想が適用できない。
- モータ特性を測定する環境がなく、モータ性能の実力が把握できない。
- 車体の軽量化や空力性能改善のため車体フレーム、カウリングの構造や形状を変更することはハードルが高いと考えられており、大きな変更が進まない。

(2)大会ではリタイヤが続いており、電気自動車を製作することに対するモチベーションやチャレンジ精神が低下している。

(3)(1)、(2)から、高校生をはじめとする外部に対する広報手段としても十分な役割を果たせていない。

そこで(1)にあげた課題を段階的に改善することにより、3年間でKV-1bクラスで3位入賞を果たすことを目標とした。表1から3位以内に入賞するために、3周完走、ラップタイム8分以内を目標とする。(2)、(3)の課題については、(1)を実現することで解決すると考えた。

表1　Ene-1 Challenge 成績（2013年～2016年）

| | | | 2013年 | 2014年 | 2015年 | 2016年 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 当校成績 | ラップタイム | 1st | 1.4km地点<br>リタイア | 26'11.693 | 17'08.964 | 1.6km地点<br>リタイア |
| | | 2nd | – | 27'59.940 | 20'17.615 | – |
| | | 3rd | – | 20'56.091 | 1.8km地点<br>リタイア | – |
| | トータルタイム | | – | 1:15'07 | – | – |
| KV-1bクラス<br>3位チーム成績 | 最高ラップタイム | | 9'29.387 | 13'55.972 | 8'40.271 | 10'41.268※ |
| | トータルタイム | | 29'18.341 | 47'23.800 | 27'45.318 | 33'21.067※ |

※　3位チームが完走できていないため2位チームの記録を記載

## ４．職業能力開発の実践

### ４－１．2017 年の取り組み

#### ４－１－１．指導方針と目標

大会の開催時期が 8 月であることから、Plan、Do については前年度検討した改善策について大会までに実施、Check、Action は次年度に向けて卒業までに実施することとし、PDCA サイクルが回るように活動の流れを明確にした。これにより前年度の大会結果のフィードバックが確実に行われ、より高い性能の車両が製作できる。また、訓練生は生産現場における改善のサイクルを学ぶことができる。

| | | |
|---|---|---|
| Plan | ：改善策を車両に実装するための計画を立案する。 | (4 月) |
| Do | ：改善策を車両に実装し、大会に出場する。 | (5 月～8 月) |
| Check | ：大会結果を分析し、課題を抽出する。 | (9 月～10 月) |
| Action | ：課題に対する改善策を検討、改善を実施する。 | (11 月～2 月) |

車両のアクセル制御はドライバーが操舵をしつつ、電源電流を見ながら 5A ブレーカの切断電流を超えないようにアクセル（モータ制御 PWM（Pulse Width Modulation）の Duty 比）ボリュームを調整する必要があった。1 年ごとにドライバーが替わる当校のスタイルでは、鈴鹿サーキットのコース状況の十分な把握やアクセル制御のコツを習得する機会がほとんどなく、操舵とアクセル制御を同時に行うことが非常に困難であった。そこで、電源電流がブレーカの切断電流を超えないようにマイコンによるアクセルの自動制御を行う方針とした。これにより、ドライバーはスタート時にアクセルボリュームを最大にし、停止時に最小にするだけで、走行中は操舵に集中することができ、記録の更新が期待できる。また、訓練生はマイコンによるフィードバック制御を学ぶことができる。

モータは既製品を使用しており、モータおよびモータコントローラの最適化が困難であった。そこで、MITSUBA 社製のコイル巻線仕様が変更できるキットモータに変更することで、効率の良いモータ巻線仕様の検討を可能にし、モータコントローラを自作することで前述のモータ制御の変更と最適化を可能にする方針とした。また、製作したモータの性能を把握する必要があることから、測定装置を製作する方針とした。これにより、モータ効率を上げエネルギー消費量を減らすことができ、記録の更新が期待できる。また、訓練生はモータ巻線とモータ特性の関係、モータ制御の方法やプログラミングを学ぶことができる。また、モータコントローラの回路設計、プリント基板設計および組立、特性測定という製品開発における一連の過程を学ぶことができる。

2016 年までの車体は、速度が出ないことを理由に空気抵抗の影響は重視しておらず、カウリングがないオープン構造であった。また、製作が容易で軽量であるという理由から段ボールプラスチック材を使用していた。しかし、大幅なラップタイムの改善を目指すためには、空気抵抗を考慮した車体設計が必要であり、カウリングで車体を覆う構造が必須であった。そこで社会人チーム（404ecorun）の車体見学を行うことにより、木製カウリング

とその製作方法に関する情報収集を行った。その結果、比較的安全に作業が可能で、容易に製作でき、軽量である木製カウリングを採用する方針とした。これにより、車体をカウリングで覆う構造を実現することができ、空気抵抗の低減により、記録の更新が期待できる。車体の外観も良くなり、訓練生のものづくりに対するモチベーションをより高める効果もある。

以上の方針で指導を行うことにより、3 周完走とラップタイム 15 分以下とすることを 2017 年の目標とした。

## ４－１－２．具体的取組み

(1)モータ特性測定装置の製作

製作したモータの特性を測定し、モータ性能を把握するため、図 1 に示すモータ特性簡易測定装置を製作した。回転数はレーザー式回転計により測定する。トルクはモータ軸を木製アームで挟み込み摩擦を利用して測定する。摩擦により生じる力をキッチン用計量器により測定し、アーム長からトルクを算出する。同時に消費電流を測定することで精度よくモータの特性を測定することができる。

(2)モータとモータコントローラの製作

キットモータを用いて効率の高いモータを製作し、モータコントローラを製作した。表 2 は 2016 年に使用したモータ(特殊電装製 S14502_500R)と 2017 年のモータ(MITSUBA 製キットモータ (Kt-M)、巻線線径φ1.1mm、巻き数 23 ターン/ティース、3 直 2 並列巻き)の効率とトルクの比較であり、最大傾斜走行時相当の条件で効率は 16%、トルクは 22%改善した。

(3)モータコントローラ制御プログラム

電源電流がブレーカ切断電流値を超える前にあらかじめ設定した値(制限電流値)に電源電流を制限するようにアクセル量（モータ制御 PWM の Duty 比）を制御するプログラムとした。図 2 に電源電流の制御イメージを示す。アクセルボリュームを 100%(最大アクセル)にセットした状態で、常にブレーカの切断電流値を超えない最大の電源電流で走行できる。

(4)空力性能

空気抵抗を小さくすることで消費電流を抑え速度を上げられるようにカウリングでドライバーを覆わないオープン構造だった車体をカウリングで車体全体を覆う構造（フルカウル）に変更した。図 3 に 2017 年の車体写真を示す。

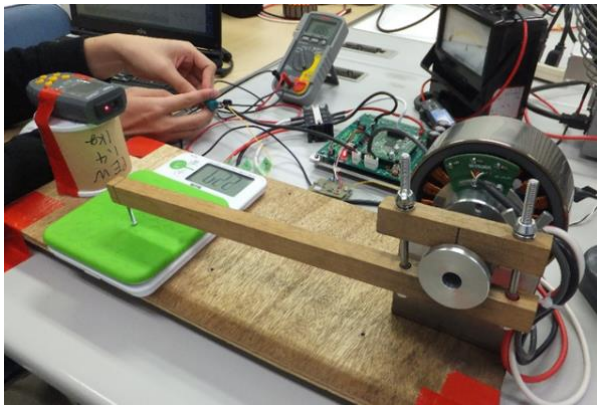

図 1　モータ特性簡易測定装置

表 2　　モータの特性比較

| | | 最大傾斜走行時相当（Duty比40%、電流5A） | | | 平地走行時相当（Duty比100%、電流5A） | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 回転数 (rpm) | トルク (kgf･cm) | 効率 (%) | 回転数 (rpm) | トルク (kgf･cm) | 効率 (%) |
| 2016年 | 特殊電装製 S14502_500R | 1350 | 12.3 | 71 | 4875 | 4.2 | 87 |
| 2017年 | MITSUBA キットモータ（kt-M） 線径φ1.1mm、巻き数23ターン/ティース、3直2並巻き | 1350 | 15.0 | 87 | 4875 | 4.2 | 88 |
| 改善量（改善率） | | – | 2.7 (22.0%) | 16 | – | 0 | 1 |

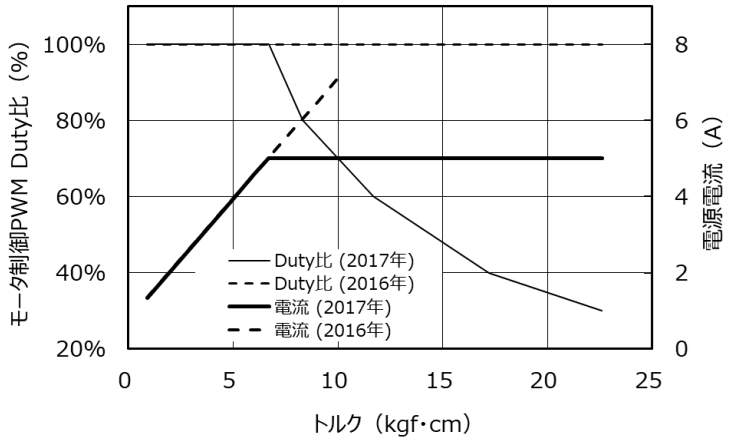


図 2　　電源電流の制御イメージ(ボリューム 100%，制限電流値 5A)

図 3　フルカウル化した 2017 年の車体

## ４－１－３．成果

「2017 Ene-1 GP SUZUKA KV-40 チャレンジ全国大会」に出場し、以下の結果となった。

ラップタイム　　：　9’04.278
合計タイム(3 周)　：28’00.519
順位　　：総合　　16 位 / 95 台
　　：KV-1b クラス　3 位 / 12 台

3 周を完走することができ，ラップタイムは過去の最高タイム(17’08.964)から大幅に短縮し、2017 年の目標を達成できた。その結果、KV-1b クラスで 3 位に入賞し、表彰式にお

いて表彰台に上がり表彰された。大会後は次年度のさらなる記録更新を目指し、課題の抽出、検討および改善の実施を行うなど訓練生の意識の向上が見られた。また、新聞記事への掲載、成果物表彰における最優秀賞の受賞、テレビ放送への出演などにより、訓練生のモチベーションの向上や、広報効果も得られた。

## ４－２．2018 年の取り組み

### ４－２－１．指導方針と目標

2017 年までの車体は径の大きな 20 インチタイヤを使用しており、大型で重かった。また、フレームはアルミ製を使用しており、大きな変更ができないため、タイヤサイズの小径化による小型化や軽量化が困難であった。そこで、社会人チーム（404ecorun）が公開している木製フレームに関する情報を入手した。木製フレームはカウリングと同様に比較的安全に作業が可能で、容易に製作できるため、訓練生が製作するには最適であると判断し、採用する方針とした。木材のカットについては当校の住居環境科の協力を得て、機械によって概略のカットを行うこととし、機械でカットできない箇所や調整が必要な箇所は手作業で実施する方針とした。生産現場では電子情報技術科出身であっても機械図面の読み方や図面からものを作る能力が求められるため、効果的であると考えた。これにより、多くのチームが採用しているタイヤサイズ（14 インチ）への変更、それに伴う最大高さの低減による空気抵抗の削減、軽量化が可能となり、記録の更新が期待できる。

モータについては、さらに効率を上げる必要があったため、低損失コアの採用、効率の良い巻線仕様の検討を行う方針とした。モータ効率をさらに上げることで速度の向上と消費電力の削減ができ、記録の更新が期待できる。また、2017 年に引き続き、訓練生はモータ巻線とモータ特性の関係を学ぶことができる。

2017 年に採用した電流制限制御において、制限電流値は安全をみて設定したことからブレーカ切断電流に対して十分な余裕があった。走行中のほとんどの区間を制限電流値で走行していることから、制限電流値を上げることで平均速度を上げることができる。そこで制限電流値の最適化を行う方針とした。これにより、ブレーカ切断ぎりぎりまで電流を流すことができ、速度の向上が見込まれる。また、2017 年度に引き続き、訓練生はモータ制御の方法やプログラミングを学ぶことができる。さらに、モータ動作を確認しながらブレーカ切断電流に合わせて制限電流を最適に調整するといった製造現場における製品調整作業を学ぶことができる。

以上の方針で指導を行うことにより、3 周完走とラップタイムを 9’04.278（2017 年ラップタイム）以下とすることを 2018 年の目標とした。

### ４－２－２．具体的取組み

(1)車体の小型軽量化

車体フレームをアルミフレームから木製フレームに変更したことで重量を 24%軽減することができた。新車体の重量は 27.4kg となり大会参加チームの平均重量 28.6kg を下回る

ことができた。また，車輪サイズを 20 インチから 14 インチに変更することにより、前面投影面積を 34%軽減することができた。(表 3) これらの変更により，走行抵抗と空気抵抗を低減できた。 木製フレームに変更した 2018 年の車体を図 4 に示す。

(2)モータの高効率化

モータの効率化を図るため、巻線の線径を太くすることと合わせて、コアを低損失コア（t0.2mm 低損失ケイ素鋼板、20JNHF1300）に変更した。表 4 は旧モータと新モータ(巻線線径φ1.2mm、巻き数 20 ターン/ティース、3 直 2 並列巻き)の変換効率と回転数の比較であり、変換効率は最大傾斜走行時相当の条件では 1%、平地走行時相当の条件では 6%改善し、高速域の効率改善ができた。

(3)制限電流値の見直し

2017 年に引き続き、あらかじめ設定した値(制限電流値)に電源電流を制限するようにアクセル量（モータ制御 PWM の Duty 比）を自動制御するプログラム使用した。環境温度やブレーカ種類によるブレーカ切断電流を評価した結果、最も切断電流値が高いブレーカの切断電流は 6.3A となった。この結果をもとに、制限電流値を 5.4A から 6A に変更した。

図 4　木製フレームに変更した 2018 年の車体

表 3　前面投影面積の比較

| | 旧車体 | 新車体 | 縮小量 | 縮小率 (%) |
|---|---|---|---|---|
| トレッド（mm) | 560 | 445 | 115 | 21 |
| 車幅（mm) | 787 | 590 | 197 | 25 |
| 車高（mm) | 55 | 38 | 17 | 30 |
| 前面投影面積（$m^2$) | 0.43 | 0.28 | 0.15 | 34 |

表 4　モータの特性比較

| | | 最大傾斜走行時相当 (Duty比40%、電流5A) | | | 平地走行時相当 (Duty比100%、電流5A) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 回転数 (rpm) | トルク (kgf･cm) | 効率 (%) | 回転数 (rpm) | トルク (kgf･cm) | 効率 (%) |
| 2017年 | MITSUBA キットモータ（kt-M) 線径φ1.1mm、巻き数23ターン/ティース、3直2並巻き、標準コア | 1174 | 17.2 | 87 | 3088 | 6.7 | 88 |
| 2018年 | MITSUBA キットモータ（kt-M) 線径φ1.2mm、巻き数20ターン/ティース、3直2並巻き、低損失コア | 1194 | 17.2 | 88 | 3299 | 6.7 | 94 |
| 改善量 (改善率) | | 20 (1.7%) | – | 1 | 211 (6.8%) | – | 6 |

４－２－３．成果

「2018 Ene-1 GP SUZUKA KV-40 チャレンジ全国大会」に出場し、以下の結果となった。

ラップタイム　　：7’34.631
合計タイム(3 周)　：23’00.570
順位　　：総合　　13 位 / 95 台
　　：KV-1b クラス　2 位 / 13 台

3 周を完走することができ、ラップタイムは 2017 年のタイム(9’04.278)を上回る結果となり、目標を達成できた。その結果、KV-1b クラスで 2 位に入賞し、2 年連続、表彰式において表彰台に上がり表彰された。また、木製にこだわった車体とその出来栄えが評価され、デザイン賞を受賞した。大会中、他チームからの車体見学に対応することもあり、訓練生のプレゼン能力なども鍛えられる結果となった。大会後は次年度のさらなる記録更新を目指し、課題の抽出、検討および改善の実施を行ったが、KV-1b クラスにおける優勝が見えてきたことから、2017 年以上に訓練生の意識の向上が見られた。また、オープンキャンパスなどでも総合制作実習製作物としてアピールすることができ、広報効果も得られた。さらに、これをきっかけに、北陸職業能力開発大学校との交換視察、意見交換会を実施することとなり、組織全体としてもお互いの指導方法の改善やレベルアップを図ることができた。

3 年間の目標であったラップタイム 8 分、3 位入賞については本年で達成することができたが、KV-1b クラス優勝を目指して、さらにラップタイムの向上に取り組むこととした。

４－３．2019 年の取り組み

４－３－１．指導方針と目標

2018 年の車体とモータおよびモータコントローラでは、電池容量の 20%近くが余る結果となった。下り坂や平坦路では消費電流が制限電流値に達していないため、この領域で余った電力を使用することが可能である。余った電力により下り坂、平坦路での速度を上げるためには、モータコントローラに供給する電圧を上げる必要があるため、電源とモータコントローラの間に昇圧型 DCDC コンバータを追加する方針とした。これにより、最高速度の向上とそれを利用することによる上り坂で速度の向上が可能となり、記録の更新が期待できる。また、訓練生は回路シミュレーションによる回路の設計、基板加工機を使用した試作品の製作と評価、本番機の製作、評価を行うことで製品開発における一連の過程を学ぶことができる。また、DCDC コンバータ追加により生じる保護回路の必要性についても学ぶことができる。

2018 年までのモータコントローラは電源電圧 48V を想定しており、高い入力電圧には耐える回路となっていない。従って、DCDC コンバータの追加に伴いモータコントローラの最大動作電圧の拡張が必要となる。モータコントローラに必要な耐電圧を考慮して部品の選定、変更を行う方針とした。訓練生は回路の耐圧についての知識、部品選定の際に考慮すべきことについて学ぶことができる。同時に仕様変更前後の特性評価について学ぶことができる。

以上の方針で指導を行うことにより、3 周完走とラップタイムを 7’34.631（2018 年ラップタイム）以下とすることを 2019 年の目標とした。

４－３－２．具体的取組み

(1)制御回路構成の変更

2018 年までの回路構成から、図 5 に示すようにモータコントローラへの供給電圧を上げるための昇圧型 DCDC コンバータと保護用の理想ダイオード回路を追加した回路構成に変更した。モータコントローラの PWM 制御 Duty 比が 100%に近い領域で DCDC コンバータを動作（ON）させ、モータコントローラに電源電圧以上の高電圧を供給することでモータ回転数を上げる。また、それ以外の領域では DCDC コンバータを停止（OFF）し、電源からの電圧をそのままモータコントローラに供給することにより、従来通りの動作となるようにした。

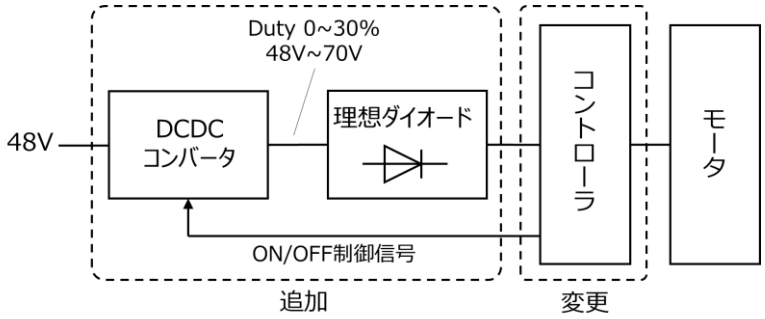


図 5　新回路構成ブロック図

(2)DCDC コンバータの設計、製作

2018 年の制御回路構成におけるモータ駆動による最大速度が 53km/h であることから、最大 80km/h を目標とし、入力電圧 48V 時に出力電圧 70V（約 1.46 倍）となる非絶縁昇圧型 DC-DC コンバータの設計、製作を行った。設計および回路シミュレーションを実施し、試作にて動作の確認を行った後、試作回路をベースに図 6 の DCDC コンバータの設計と製作を行った。表 5 に示す通り、仕様を満たす DCDC コンバータを製作できた。

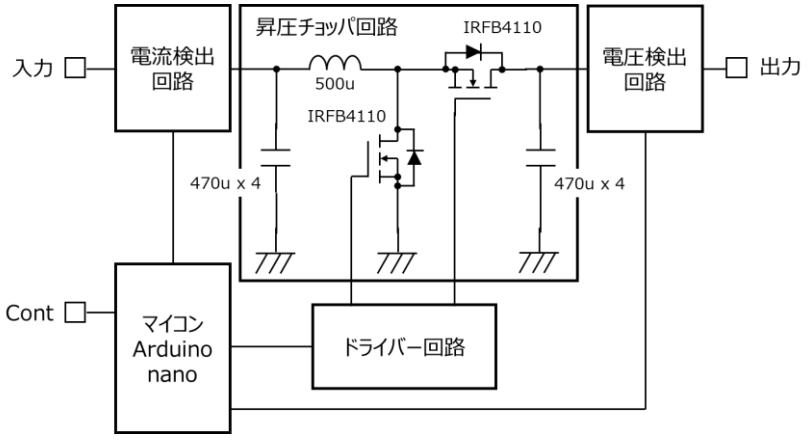


図 6　DCDC コンバータ回路

表 5　DCDC コンバータ仕様と実測値

| 項目 | | Unit | 特性値 | |
|---|---|---|---|---|
| | | | 仕様 | 実測値 |
| 入力電圧（nominal値） | | V | 48 | – |
| 出力電圧（typ.値） | 入力電圧 48V時 | V | 48~70 | 47.9~68.9 |
| 最大入力電流 | DCDC制御時 | A | 5±0.5 | 5.2 |
| 最大出力電圧 | （0<duty≦30%） | V | 70±0.5 | 69.8 |
| DCDC制御 | Cont：H | – | 制御ON | 制御ON |
| | Cont：L | – | 制御OFF<br>(Duty = 0%固定) | 制御OFF<br>(Duty = 0%固定) |
| 効率<br>（出力電流≧1A） | 0<Duty≦30% | % | ≧90 | ≧94.8 |
| | Duty＝0% | % | ≧95 | ≧96.8 |

(3)理想ダイオード回路の設計・製作

モータ減速時に発生する回生電圧から DCDC コンバータを保護するため図 7 の理想ダイオード回路の設計と製作を行った。

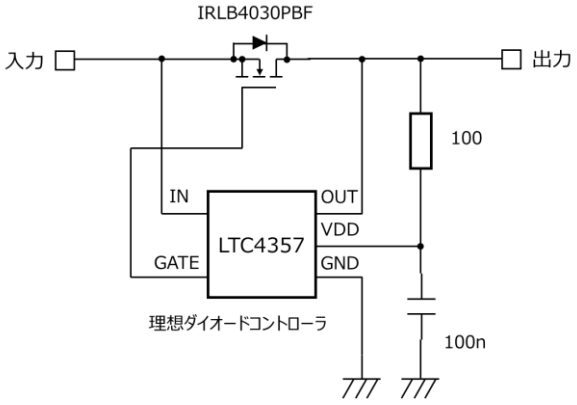


図 7　理想ダイオード回路

(4)モータコントローラの変更

入力電圧の高電圧化に伴い、最大動作電圧の拡張（60V→100V）を行った。また、下り坂、平坦路など、モータコントローラの PWM 制御 Duty 比が 100%に近い領域（高速域）でのみ DCDC コンバータを動作させ、速度を上げるため、DCDC コンバータの ON/OFF 制御信号の追加を行った。変更前後のモータ特性の比較を表 6 に示す。変更前後による特性の差はみられず所望の特性が得られた。

表 6　モータコントローラ変更前後のモータ特性比較

| | | 最大傾斜走行時相当<br>（Duty比40%、電流5A） | | | 平地走行時相当<br>（Duty比100%、電流5A） | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 回転数<br>(rpm) | トルク<br>(kgf･cm) | 効率<br>(%) | 回転数<br>(rpm) | トルク<br>(kgf･cm) | 効率<br>(%) |
| 2018年 | 最大動作電圧60V<br>モータコントローラ | 1181 | 17.6 | 89 | 3016 | 7.2 | 93 |
| 2019年 | 最大動作電圧100V<br>モータコントローラ | 1197 | 17.3 | 89 | 3095 | 7.1 | 94 |
| 変化量<br>(変化率) | | 16<br>(1.4%) | -0.3<br>(-1.7%) | 0 | 79<br>(2.6%) | -0.1<br>(-1.4%) | 1 |

※モータ仕様　MITSUBA キットモータ（kt-M）、線径φ1.1mm、巻き数23ターン/ティース、3直2並巻き、低損失コア

以上の施策を実装した車体を図 8 に示す。

図 8　2019 年の車体

４－３－３．成果

「2019 Ene-1 Challenge KV-40 チャレンジ全国大会」に出場し、以下の結果となった。

| | | |
|---|---|---|
| ラップタイム | : 8’58.009 | |
| 合計タイム(3 周) | : 34’27.877 | |
| 順位 | : 総合 | 18 位 / 96 台 |
| | : KV-1b クラス | 2 位 / 13 台 |

3 周を完走することができ、KV-1b クラスで 2 位に入賞したものの、ラップタイムは昨年のタイム(7’34.631)を更新できなかった。原因は 1 周目の走行におけるハンドル操作ミスによるスピンの発生、2 周目の走行における車輪と車体の干渉による消費電流増加とブレーカ切断の発生による大幅なタイムロスであった。しかし、様々なトラブルに対して時間内に対応を行い、完走と 3 年連続、表彰台に上がり表彰されたことは、訓練生のチャレンジ精神や競争心の向上によるものと考えられる。また、2019 年大会では当校を含めて 4 校の職業能力開発大学校、短期大学校から参加があり、本校が成果を上げていることが 1 要因となっていると考えられる。また、昨年同様にオープンキャンパスなどにおいて、広報効果も得られた。

ラップタイムについて 1 周目走行時の取得データを分析した結果、スピンによる停止以外に問題は見られず、新回路構成の動作は期待通りであることがわかった。スピンによるタイムロスを除くラップタイムの予測は 6’51.00 となり、スピンがなければラップタイムの更新ができていたと予想される。従って、2018 年の課題に対する対策の効果はあったと考える。

1 周目にスピンが発生した要因として、事前の走行会で多くのトラブルが発生し十分な試走ができなかったこと、最高速度が上がり今まで以上にドライバーに運転技術が要求されたことが考えられる。2 周目にブレーカ切断が発生した原因は、事前の確認不足や整備不足などが考えられる。走行会や本戦で多くのトラブルが発生した原因は、2 年連続上位入賞していることから今年も入賞できるのではないかという訓練生の慢心による準備不足によるものであった。これらの問題をいかにして改善するかが今後の指導の課題と考える。

## ５．成果のまとめ

PDCA が回せる活動の流れの確立と指導を行うことにより、前年度の結果と課題のフィードバックができ、確実に性能の向上を進めることができた。また、仕様変更が可能なモータや自作のモータコントローラを使用し、改善の自由度を上げることにより、当校のスタイルに合わせた制御方法や、効率よく走行するための回路構成の変更ができるようにした。また、今までハードルが高いとされ手が付けられていなかった車体の構造や形状の変更を、社会人チームの見学などによる情報収集等を行い、木製の車体を採用することにより、比較的安全で容易に実現することができた。その結果、表 7 に示す通り、最高ラップタイム 7’34.631、2 年連続 KV-1b クラス 2 位、3 年連続入賞という成績となり、目標を達成した。訓練生はものづくりの楽しさを学び、実習に対するモチベーションの向上や記録の更新にチャレンジする意識が生まれ、訓練効果が得られるよう改善することができた。また、様々な点で高校生をはじめとする外部に対する広報の効果が得られた。しかしながら、2 年連続上位入賞していることから今年も入賞できるのではないかという訓練生の慢心による準備不足によるトラブルの発生、最高速度が上がり今まで以上にドライバーに運転技術が要求されることなど性能が上がることによる副作用が見えてきた。これらをいかにして改善するかが今後の指導の課題と考える。

表 7　　Ene-1 Challenge 成績（2017 年～2019 年）

| | | | 2017年 | 2018年 | 2019年 |
|---|---|---|---|---|---|
| 当校成績 | ラップタイム | 1st | 9'04.278 | 7'43.548 | 8'59.009 ※ |
| | | 2nd | 9'17.898 | 7'34.631 | 16'35.513 |
| | | 3rd | 9'38.343 | 7'42.391 | 8'53.355 |
| | トータルタイム | | 28'00.519 | 23'00.570 | 34'27.877 |
| | 全体順位 | | 16位 | 13位 | 18位 |
| | KV-1b順位 | | 3位 | 2位 | 2位 |

※スピンによるタイムロスを除くラップタイムは6'51.00と予測

## ６．おわりに

この取り組みでは、PDCA サイクルを回わすことで改善が結果につながる指導を行い、Ene-1 Challenge 大会において KV-1b クラスで上位入賞することにより、訓練生の実習に対するモチベーションやチャレンジ精神の向上と広報効果を得ることを目的とし、職業能力開発の実践を行った。その結果、年ごとのラップタイム更新、2 年連続 KV-1b クラス 2 位、3 年連続上位入賞となった。訓練生はものづくりの楽しさを学び、実習に対するモチベーションの向上や記録の更新にチャレンジする意識が生まれ、訓練効果が得られるよう改善することができた。また、様々な点で高校生をはじめとする外部に対する広報の効果が得られ、目的を達成できた。一方、慢心による準備不足によってトラブルが発生し、性能が上がることによる副作用が見えてきた。これらをいかにして改善するかが今後の指導の課題であり、引き続き指導方法についての検討を行い、実践していきたい。

謝辞

本論文の作成にあたり、ご指導、ご支援くださいました方々に厚く御礼申し上げます。また、Ene-1 Challenge 大会に出場するにあたり、ご協力をいただきました滋賀職業能力開発短期大学校電子情報技術科の皆様、職員の皆様、車体の製作にご協力いただきました生産技術科および住居環境科の皆様に感謝申し上げます。

参考文献

[1] 藤川貴史：「電気エコラン用木製モノコック車両の製作と実戦」(2018)
[2] Motor エレクトロニクス No.1,CQ 出版株式会社 (2015)
[3] トランジスタ技術,2014 年 11 月号,CQ 出版株式会社 (2014)
[4] 平成 29 年度の総合制作実習及び開発課題実習の成果物に係る表彰について
https://www.jeed.go.jp/js/kousotsusya/polytech_co/kenkyu/seikabutuhyosho/h29.html