

課題情報シート

テーマ名 :	Ene-1 GP 用電気自動車の製作				
担当指導員名 :	齋藤 公利	実施年度 :	26 年度		
施設名 :	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				
課程名 :	専門課程	訓練科名 :	電子情報技術科		
課題の区分 :	総合制作実習課題	学生数 :	3 人	時間 :	単位 23 (414h)

課題制作・開発のポイント

【開発（制作）のポイント】

競技用車両では走行抵抗を減らすために、転がり抵抗、空気抵抗、銅損を減らすことが重要となります。転がり抵抗は、タイヤと地面の摩擦、ハブでの摩擦、伝達ロスを減らすことが必要です。空気抵抗は空気の流れを乱さないことと、前面投影面積を小さくする事となります。銅損は電気抵抗で、電池からの配線の抵抗を減らします。本製作では、エコラン用の専用タイヤ、モータを使用し、ダンボールプラスチックを用いて空気抵抗を減らすためのカウルを作成しました。また、モータに電力を供給する配線は 5.5mm² を使用しました。電池の残容量を測定するには、電池に電子負荷を接続し、電圧をデータロガーで記録します。電子負荷装置に基準電圧を下回ると、負荷を解放する機能を用いて、設定した終止電圧まで下回ったら測定を終了できる様にしました。

【訓練（指導）のポイント】

電気自動車を製作するにあたって、機械、電子の要素と造形も加わって形で、総合的のものづくりが必要となります。専門以外の部分もありますが、学生には仕事をする上ではいろいろな技術要素が必要であることを納得させ、いろいろな創意工夫の中で決められた期日、規則の中で製作するための工程管理を行わせるなど、設計開発の業務を学生に体験させることができます。

課題に関する問い合わせ先

施設名 : 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
住所 : 〒523-8510 滋賀県近江八幡市古川町 1414
電話番号 : 0748-31-2254 (学務援助課)
施設 Web アドレス : <http://www3.jeed.or.jp/shiga/college/>

課題制作・開発の「予稿」および「テーマ設定シート」

次のページ以降に、本課題の「予稿」および「テーマ設定シート」を掲載しています。

Ene-1 GP 用電気自動車の製作

滋賀職業能力開発短期大学校

電子情報技術科

指導教員

齋藤公利

本総合制作では保護回路を含めた設計仕様を決め、組立、調整、動作試験を行い大会で成果を出すことを目標としている。私たちは Ene-1 GP SUZUKA 用電気自動車の製作を通して、機械加工や関連するパワーエレクトロニクス、電子回路、センサ回路の知識を習得し、製作及び組立・調整技術等の総合的な実践力を身につける。

Keywords : 電気自動車, Ene-1 GP SUZUKA, ボディカウル, エネルギーマネジメント

1. はじめに

Ene-1 GP SUZUKA の競技に出場するためには競技規則を満たす設計仕様が求められる。またバッテリーとモータの仕様について十分理解し、電圧切り換え回路等の工夫と安全性を十分配慮する必要がある。

2. 競技会「Ene-1 GP Suzuka」

2.1 大会の概要

参加した KV-40 チャレンジクラスでは、図 1 のアップダウンが激しい鈴鹿サーキット 国際レーシングコース（フルコース 1 周 5.807km）を舞台に、中学生以上の幅広い年齢層の参加者が 1 週毎タイムを競い、合計 3 週のタイムを競う大規模な大会である。参加したクラスは kv-1 クラスで、車両重量制限なしであり、充電式単 3 ニッケル水素電池 40 本で 1 週毎のラップタイムを競う。3 回のタイムアタックの合計の時間で順位を決める。2014 年度の総参加チーム数は 83 組で、出場した大学、高専、専門学校クラスの参加チーム数は 12 であった。

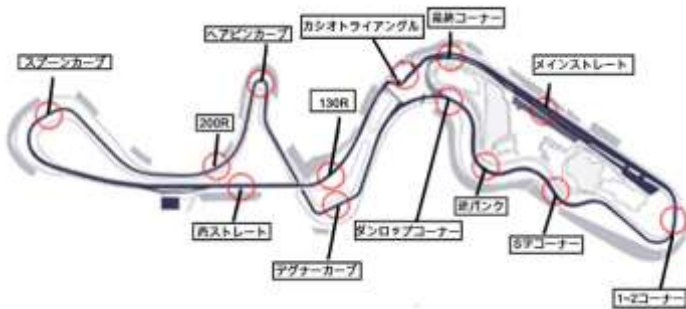


図 1 鈴鹿サーキット コース概要図

2.2 競技用車両

競技用車両を図 2 に示す。生産技術科が 10 のガソリンで燃費を競う競技に参加していた車両を譲り受けて、電気自動車に改造した。

エンジンを外し、DC ブラシレスモータを取り付け、ギヤ駆動によりタイヤへ駆動力を伝達する様に変更した。



図 2 競技用車両

表 1 に製作した車両の諸元、表 2 に使用したモータの諸元を示す。

表 1 車両諸元

重量	24kg
全長	2750 mm
全幅	600 mm
全高	500 mm
ホイールベース	1650 mm
トレッド	550 mm

表 2 モータ諸元

型式	S14502-500R
メーカー	特殊電装株式会社
質量 モータ部	1.7kg
質量 ドライバー部	0.4kg
定格トルク	6.5kgf・cm
定格回転速度	2250rpm
定格電流	7.0A
定格電圧	DC 24V
電圧動作範囲	DC 20V~60V

2.3 駆動ギヤの検討

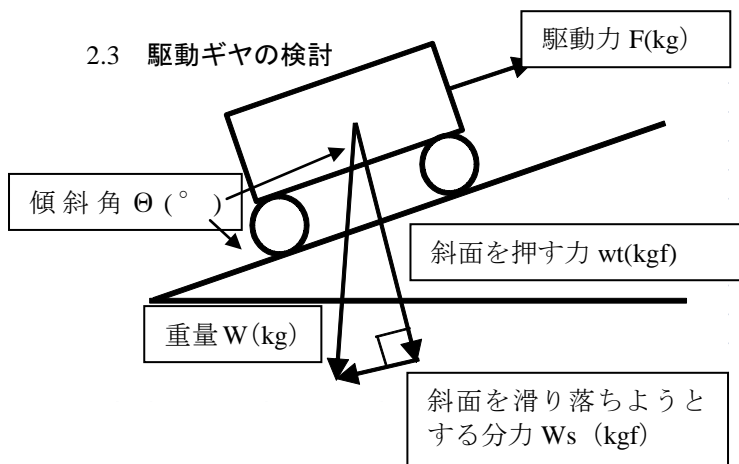


図3 坂道での車両に必要な力

斜面上に水平方向に押す力を計算する。
斜面上に垂直方向の力は車両の重量を $W(\text{kg})$ とすると次のようになる。

$$Wt(\text{kgf}) = W(\text{kg}) \times \cos \theta \quad (1 \text{ 式})$$

転がり摩擦係数: μ とすると、台車を転がすためには次のようになる。

$$Ft(\text{kgf}) = \mu \times Wt(\text{kgf}) \\ = \mu \times W(\text{kg}) \times \cos \theta \quad (2 \text{ 式})$$

斜面を引っ張り上げる力も必要となり次のようになる。

$$Fs(\text{kgf}) = Ws(\text{kgf}) = W(\text{kg}) \times \sin \theta \quad (3 \text{ 式})$$

斜面上に水平方向に押す力は、2式と3式の和となるため、車両を動かすための力は次の式となる。

$$F(\text{kgf}) = Ft + Fs = W \times (\mu \times \cos \theta + \sin \theta) \quad (4 \text{ 式})$$

モータに必要なトルク $T(\text{kgf} \cdot \text{cm})$ は斜面上に水平方向に押す力 \times 駆動輪の半径であり次のようになる。

$$T(\text{kgf} \cdot \text{cm}) = W \times (\mu \times \cos \theta + \sin \theta) \times r \quad (5 \text{ 式})$$

W : 披車体の重さ (kg) = 79 (kg)

ドライバーのヘルメット等の装備品を含んだ最低重量は 55(kg) であり、車両重量は 24(kg) であるので、車両の全重量は 79 (kg) となる。

μ : サーキットの転がり摩擦係数 = 約 0.005

θ : ダンロップコーナーの斜度 = 4.5 (°)

r : 駆動輪の半径 = 24.5 (cm)

として、4、5式に当てはめて計算すると

$$F = 6.53 (\text{kgf})$$

$$T = 160.16 (\text{kgf} \cdot \text{cm}) \text{ となる。}$$

モータの軸トルク τ は、減速比を G 、ギヤの伝達効率 $\eta = 0.9$ とすると次のようになる。

$$\tau = T / G \times 1 / \eta \quad (6 \text{ 式})$$

計算すると

$$\tau = 178 / G (\text{kgf} \cdot \text{cm}) \quad (7 \text{ 式})$$

のようになる。

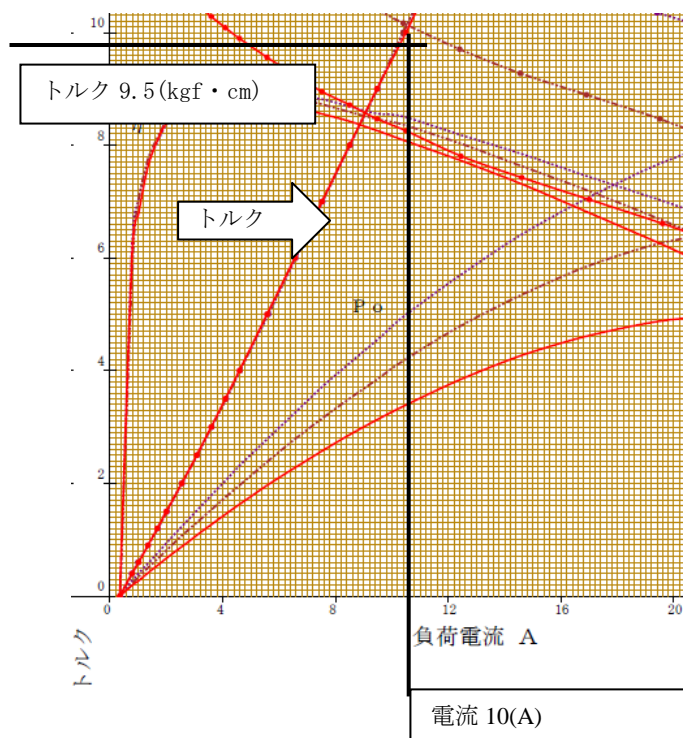


図4 モータの特性

図4のモータ特性から、バッテリーから取り出せる最大電流を 10 (A) とすると、モータのトルク τ は 9.5 (kgf · cm) となる。減速比 G は7式より $G = 178 / \tau = 178 / 9.5 = 18.737$ となる。

まとめると車輪側ギヤ $G1$ 、モータ側のギヤ $G2$ として、

$$G1 : G2 = 18.737 : 1 \quad (8 \text{ 式})$$

$G1 = 18.737 \times G2$ であり、車輪が一回転するためのモータの回転数が求まる。この関係が成り立てば、勾配率 7.8% (4.46°) の鈴鹿サーキットのダンロップコーナーの坂道を登れる事になる。



図5 軽量化したギヤ

図5に使用したギヤを示す。モジュール1の平歯車を使用した。トルクがモータ軸にかかるため4mmのキー溝があるものを使用した。そのため、最低の歯数が24となり8式に当てはめると車輪側の歯数が450となり、入手が困難となる。そこで中間ギヤを用いて車輪側の歯数を200として、更に軽量化のために内側を削った。

車輪側ギヤ G1 : 中間ギヤ m = 200 : 24
 = 8.333 : 1
 中間ギヤ m : モータギヤ G2 = 60 : 26
 = 2.307 : 1

とすることにより

車輪側ギヤ G1 : モータギヤ G2 = 19.231 : 1

となり、減速比 G=19.231 となった。このときのモータのトルクは (7 式) から、 $178/19.231=9.256$ (kgf・cm) となる。図 4 のモータ特性から、トルク τ と消費電流 I の関係は

$$I = \tau \times 10/9.5 \quad (\text{A}) \quad (9 \text{ 式})$$

となり理論上の消費電流は、9.71(A)となる。

減速比 G=19.231 のときモータの定格回転数は表 2 のモータ諸元から 2250 (rpm) として計算すると、タイヤは $2250/19.231 = 116.98$ (rpm) となり、最高速度は $116.98 \times 2\pi \times (\text{タイヤ半径})$ で求められ、時速 10.15km となる。ラップタイムの理論値は、キーキット 1 周を 5.807km として計算するとは 34 分 24 秒となる。実際にはアップダウンがあり、下り坂では電圧を 48(V) に切り替え高速回転 4500 (rpm) で走行できるため、最高時速 20.3km 以上で走ることができる。またモータギヤ G2 の歯数を変更できる様にしてあり、消費電流を測定しながら歯数を大きくする事により、車両の速度を速くできる構造となっている。

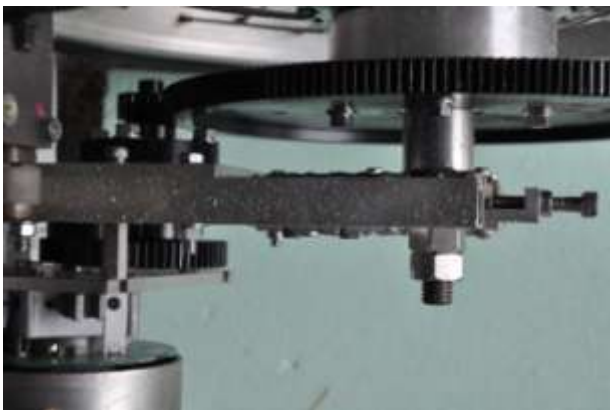


図 6 ギヤの構造

2.3 電力供給システム

充電池 1 本につき 5(A) のサーキットブレーカを取り付ける事が、競技規則の中で規定されている。

今回は、図 7 に示す様に、20 本を直列接続して公称電圧 $1.2V \times 20 = 24(V)$ を 1 系統として、5(A) のサーキットブレーカを取り付けた。この系統を直列に接続する事で 48(V) となり下り坂では高速走行、上り坂では並列接続をして 10(A) まで電流を取り出せる様にした。バッテリーは競技規則に従い、コネクタで容易に外せ、保管場に預けられる構造が求められる。またハンドル上に電流をモニタできる電流計を装備した。

図 8 に電気系統図を示す。DC ブラシレスモータは、コントローラに接続され、コントローラのスピード可変用抵抗器により速度制御される。安全のために、ドライバーが走行 SW を押している時だけモータが回転する回路構成になっている。

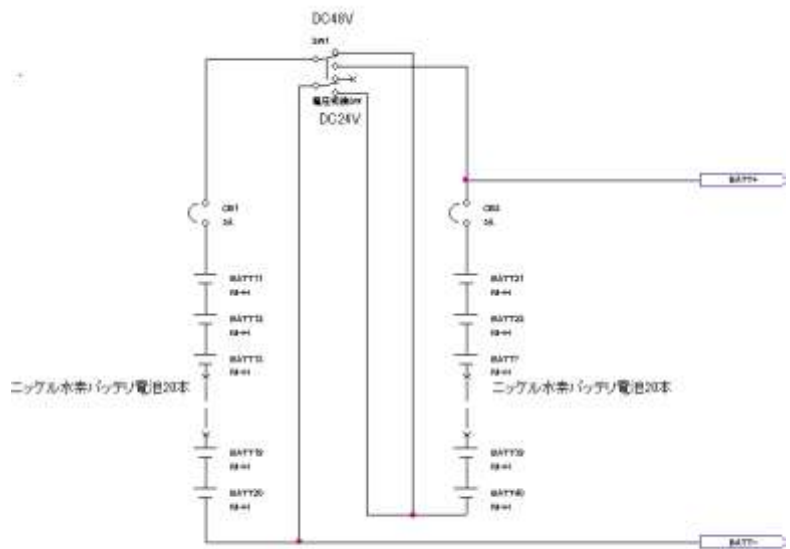


図 7 バッテリー接続図

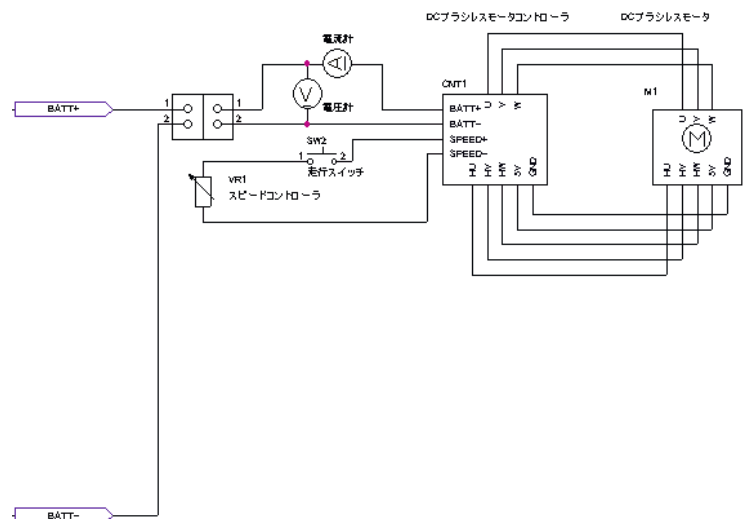


図 8 電気系統図

3. 大会の報告

大会結果は次の様になった。

1st アタック 26 分 11.693 秒

2nd アタック 27 分 14.208 秒

3rd アタック 20 分 56.901 秒

合計 1 時間 15 分 07 秒

KV40 チャレンジ 完走 総合 28 位 (83 台中)

大学、高専、専門学校クラス 4 位入賞 (12 台中)

ただし、総合優勝は 19 分 33.321 秒であり総合 10 位は 27 分 55.05 秒と大差であった。

4 大会での課題

4.1 バッテリーの残容量の測定

エネルギーマネジメントが最適に行われていたかを検討するため、図 9 に示す様に大会終了後のバッテリーに電子負荷を接続し、フル充電されたバッテリーに負荷をかけた際との放電電圧の推移を測定し比較を行った。

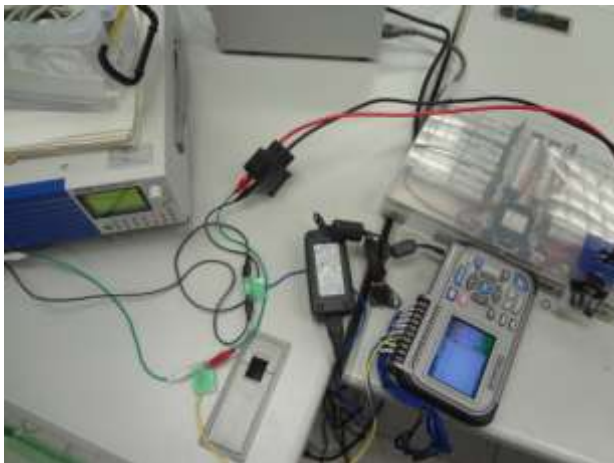


図9 電子負荷による電池容量測定

図10に測定した結果を示す。バッテリーに電子負荷を接続し、電圧をデータロガーで記録した。電池納入仕様書の標準放電電流 390(mA)を電子負荷の負荷電流とした。バッテリーは20直列2並列となっているため、公称電圧は24(V)、公称容量は3.9(Ah)となる。今回の終止電圧は、ブラシレスモータコントローラが動作しなくなる17(V)として測定した。

満充電時は終止電圧まで566分かかり、電池容量を計算すると

$$566 \div 60 \times 0.390 = 3.68Ah \text{ となる。}$$

大会使用後は116分で終止電圧となったため

$$116 \div 566 \times 100 = 20.5\%$$

の余力を残していたことが推測できた。次回からは、試走会にてギヤ比を変更し消費電流を測定することで、最適化を図る必要がある。

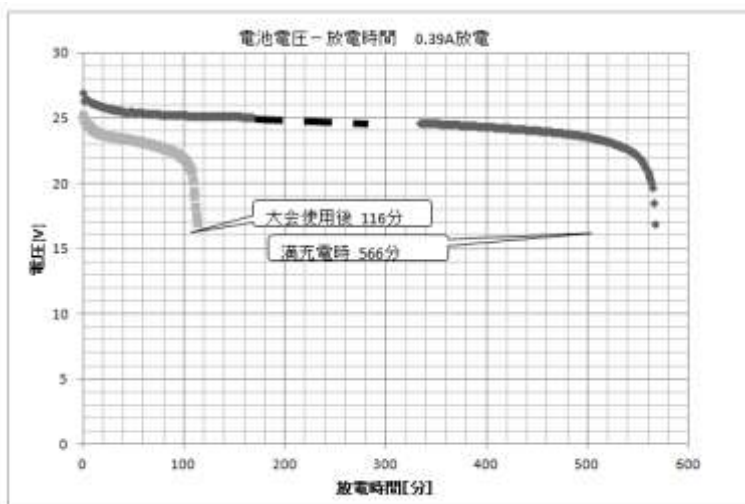


図10 電池容量測定結果

4.2 課題

大会に参加して以下の課題が分った。

- エネルギーマネジメントの効率化を目指す事で最適なパワーを出して周回ごとのラップタイムを縮めるようにする。
- 空気抵抗に配慮したボディカウルを制作し安定性を確保する。
- ギヤ比の更なる最適化を行う。

5. 大会後の活動

5.1 ボディカウルの製作

大会時に前回大会で使用していたカウルを取り外しプラスチックダンボールでカウルをつくり大会に出場した。大会終了後車体サイズを測りなおし、FRPによるボディカウルの製作を行っている。

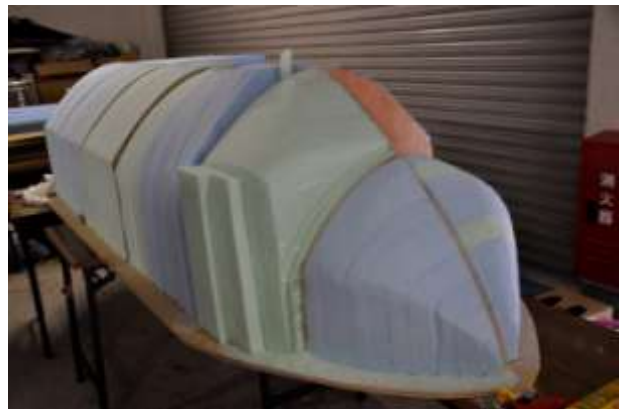


図11 製作中のカウル

5.2 タイヤの製作

負荷軽減を行うため、前輪の直径の小さいタイヤの製作をおこなった。リム、スポークの加工を行いプレ調整まで行った。

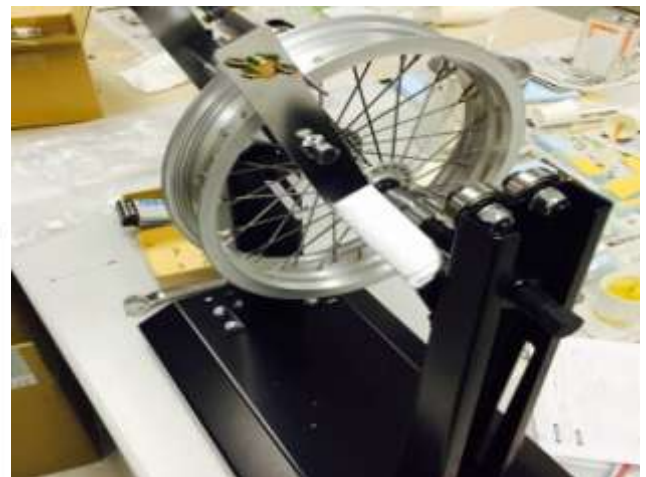


図.11 プレ調整中のタイヤホイール

6.おわりに

今年度は昨年一周完走ができなかった車体を改良しクラス4位という結果を出すことができたのが大きな成果であったと言える。その中で、普段使わない機材や、普通に生活をしていては関わることのないものづくりの分野に広く手を出し、自分たちで加工することで多くの経験と知識が身についたと考えられる。製作する上で多くの試行錯誤があり、メンバー三人が各々の知恵をだし討論することでチームワークの大切さを知り、コミュニケーション能力の向上を図ることができた。

参考文献

(1)Ene1 GP Suzuka 公式ホームページ

http://www.suzukacircuit.jp/enelgp_s/entry/index.html

(2) Ene1 GP Suzuka KV-40 特別規則書

(3) S14502-500R データシート

(4) 円筒密閉型ニッケル水素電池 BK-3MEL 納入仕様書

課題実習「テーマ設定シート」

作成日： 12 月 8 日

科名：電子情報技術科

教科の科目		実習テーマ名	
総合制作実習		Ene-1GP 用 電気自動車の製作	
担当教員		担当学生	
電子情報技術科 齋藤 公利			
課題実習の技能・技術習得目標			
<p>Ene-1 GP 用電気自動車の製作を通して、機械加工や関連するパワーエレクトロニクス、電子回路、センサ回路の知識を習得させ、製作及び組立・調整技術等の総合的な実践力を身につけさせる。</p>			
実習テーマの設定背景・取組目標			
実習テーマの設定背景			
<p>電気自動車を製作するためには、機械加工、パワーエレクトロニクス、電子回路、センサ回路、バッテリーなどの知識及び技能が必要となります。車両の製作を通して創意工夫を高め「モノづくり」の面白さや発展性を理解するとともに期限までに成果物を完成させることでスケジュール管理の重要性を認識させます。</p>			
実習テーマの特徴・概要			
<p>Ene-1 GP の競技に出場するための競技規則を満たす設計仕様が求められます。またバッテリーとモータの仕様について十分理解し、電圧切り換え回路等の工夫と安全性を十分配慮する必要があります。保護回路を含めた設計仕様を決め、組立、調整、動作試験を行います。また、完成後は、各種変更点の報告書を作成します。</p>			
No	取組目標		
①	Ene-1 GP の競技規則、電池、モータについて調査を行います。		
②	安全性に配慮して、仕様に適合したシステムの設計を行います。		
③	車両を製作し評価を行います。		
④	問題点を探り、改善項目を整理します。		
⑤	改良した車両の評価を行い、実際に走行して評価します。		
⑥	期日までに報告書の作成、製作品の展示及び発表会を行います。		
⑦	実習の進捗状況や、発生した問題等については、単独、グループの場合にかかわらず、担当教員へ報告します。		
⑧	常日頃から5S（整理、整頓、清掃、清潔、躰）の実現に努め、安全衛生活動を行います。		
⑨	各自は担当教員の指示を良く聞き、責任感を持って、計画的に作業を実施します。		
⑩			