省エネルギー競技用電動自転車の製作

箕輪進修高等学校　クリエイト工学科
福澤　智之

１．はじめに

地球温暖化や環境を配慮し、脱炭素化が推進される現代、ＣＯ2 排出削減のため、自動車においてもガソリンやディーゼルなどの内燃機関エンジンから電動モーターの電気自動車への移行が世界規模で進んでいる。

本校では、電動モビリティに関する製作と研究に取り組むため、2022 年に３年生７名、１年生４名の計１１名で省エネルギー技術同好会が結成され、充電式の二次電池をエネルギー源とした手作り電動車両の省エネルギーを競う大会に参加するため活動を開始した。

２．電動モビリティ省エネルギー競技について

活動資金や時間的に電動自転車部門であればそのシーズンの栃木県のモビリティ―リゾートもてぎで開催される Ene-1 GP に出場できると考え、この大会に照準を合わせ、活動を開始した。

Ene-1　GP

Ene-1 GP は、大会側から支給される同一コンディションの単三形充電池を動力源とし、手作りの自動車と自転車の電動車両でエネルギーマネジメントを競う大会として、2011 年より鈴鹿サーキットで、その後 2012 年からツインリンクもてぎでも開催され、KV-40 が自動車分門、KV-MOTO が自転車部門となっている。

１）競技概要

KV-MOTO は、市販の自転車にモーターを搭載し充電式単 3 電池 40 本で駆動させる競技車両にて、鈴鹿サーキット国際レーシングコース東コース(2.243ｋｍ)・ツインリンクもてぎ西コース(1.490km)を舞台に開催され、低損失の車両性能とエネルギーマネジメントが競技要素となる。1 周あたりのラップタイムを競う「予選タイムアタック」と 30 分耐久レースの「決勝レース」の２種目で構成され、それぞれの順位に基づいたポイントの合計で総合順位が決定される。

２）参加対象および参加区分

中学生以上が参加でき、一般や学校等によりクラス分けされ、競技車両の重量や、ヘルメットなどの増備を含めたライダーの重量も規定される。（表１）

部門	開催クラス	車両規則(概要)	乗員重量
Div1	a 一般	車両重量制限なし タイヤ外径が 20 インチ以上の市販自転車	53kg 以上
	b 大学/高専/専門		
	c 高校		
	d 中学		
Div NEXT	b 大学/高専/専門	車両重量 15kg 以上 タイヤ外径が 20 インチ以上の市販自転車	55kg 以上
	c 高校		53kg 以上
	d 中学		47kg 以上

表１　KV-MOTO　開催カテゴリー
（※開催年度により乗員重量は変更が有る）

３）競技について

予選タイムアタック

コース 1 周のタイムで順位を決めるとともに、決勝レースのスタート順を決定する。

決勝レース

コースを３０分間走り、周回数、走行距離で順位を決定する。

４)順位の決定

順位はポイント表（表２）に基づき配点され、各競技の合計ポイント数にて決定される。

順位	予選ﾀｲﾑｱﾀｯｸ	決勝レース
1 位	20P	30P
2 位	19P	25P
3 位	18P	20P
4 位	17P	18P
5 位	16P	16P

6 位	15P	15P
⋮	以下 20 位まで 1 ポイントずつ減少し 21 位以下は 0 ポイント	
20 位	1P	1P

表２　順位によるポイント

３）車両規定

車体について（抜粋）

1) 車両はタイヤが 20 インチ以上の市販自転車とする

2) 自転車のﾎｲｰﾙｻﾞｲｽﾞ、ｷｬｽﾀｰ角は変更不可

3) フレームは補強可能、軽量化不可

4) カウル装着不可

３．車両の設計

競技内容、競技規定また、過去のリザルトの上位記録を参考に車両及び速度設定を決め、設計を始めた。省エネルギーを競うため、空気抵抗、転がり抵抗を重視した設計が必要となる。まず、空気抵抗については前面投影面積を小さくすることが必要であり、車両規定でタイヤは 20 インチが最小のため、20 インチサイズの自転車とした。加速抵抗や登坂抵抗については重量が大きく影響するため、フレーム素材は軽量であるアルミニウム製が費用の面からも最適と考えた。

フレームとフロントフォークはそのまま使用し、乗車姿勢は空気抵抗を軽減させるために胸部が０度になるよう、サドルとハンドルを低く配置し、ハンドルには腕を内側に配置させるエアロハンドルを取り付け、その先端に空気抵抗を考慮したゼッケンプレートを取り付けた。DC モーターを後輪軸の後ろに配置し、ギヤ駆動とした。

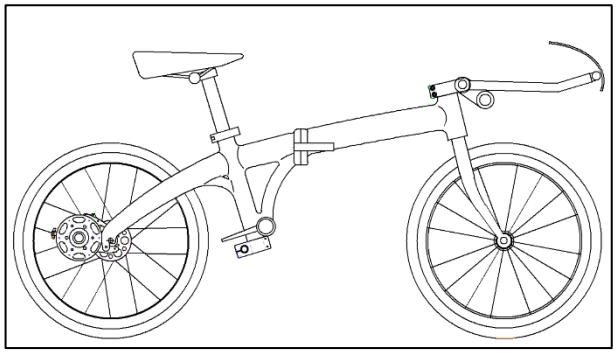

図１　ハンドル、サドル、モーター配置

モーターはアウターローター型のブラシレス DC モーターを使用する。動力伝達方式はチェーンよりも伝達効率の良いギヤを組み合わせ２段減速で速度を合わせる仕組みとし、１つの歯車にはワンウェイクラッチベアリングを圧入し、空転走行ができる機構をつけた。

転がり抵抗を低減させるためエコランタイヤ 20×1.75 を使用し、幅広リムを用意した。

フロントハブはスポーク穴数とハブ幅の適切なものが市販品では見つからず、アルミ素材から製作した。（図２，３）

図２ハブ旋盤加工

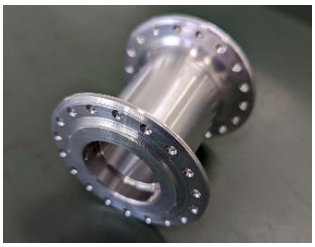

図3　自作前輪ハブ

スポーク長を計算した長さに切断してねじを切り、スポーク組みを行い（図４）、振れ取り台を製作し、ニップル回しでスポークの長さを調整し、縦振れ、横振れを補正した（図５）。

図４　スポーク組作業

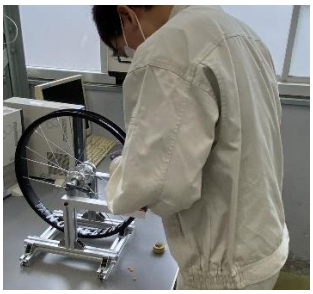

図５　振れ取り調整

ステムは角度調整できるものを用意したが、サイズが合わず、部品を作り直した。（図６，７）空気抵抗低減でエアロバーを取り付けた。（図８）

図６ステム変更前

図７　ステム改良品

図８　エアロハンドルの取り付け

４．モーターについて

モーターはアウターローター型の DC ブラシレスモーターを用いた。マグネットワイヤーはできるだけ隙間なくきれいに巻き、占積率を上げ銅損対策を行った。（図９，10）

図９　巻き線作業

図 10　巻き線の状態

６．電池について

Ene-1 はニッケル水素の充電式単３電池４０本をエネルギー源とした競技になる。電池ボックスの接点による損失や、充電のことを考えスポット溶接（図 11）にて 10 本を直列にした電池パック（図 12）を作成した。ラジコン用の充電器 1 台（図 13）で一度に 40 本の充電が可能となった。充電と放電を何回か繰り返し活性化した後に、電子負荷装置(図 14)にて、大会で想定される電流値で放電させ、どのくらいの積算電力量があるかを確認し、大会で使用できる電池容量を調べた。

図 11 スポット溶接

図 12 パック化した電池

図 13 ラジコン用充電器

図 14　放電試験

７．競技用電動自転車の完成

同好会を２チームに分け、それぞれが１台ずつ担当し、省エネ競技用電動自転車２台を作り上げることができた。（図 15，16）

図 15　省エネ競技用電動自転車①

図 16　省エネ競技用電動自転車②

８．テスト走行

空気抵抗低減のためのエアロハンドルを使用した姿勢での運転や、モーター動力を使用したスタート練習など、通常の自転車とは運転が違うため、学校の渡り廊下で数回練習を行ったが、距離も短くカーブがないため満足できるものではなかった。地元の自動車教習所（信州伊那自動車教習所 様）に相談したところ、昼休みに自動車教習コースを貸していただけることになり、本格的な走行練習を体験できるようになった。

練習ではスタート、ブレーキ、カーブ、スピード調整、ボリューム全開、メーター読みなどを行い、運転技術等の適性をみて候補の中から大会のライダーを選出した。また、車両や電気機器の調整や不具合について洗い出すこともできるため、充実した走行練習ができる。

９. Ene-1 への参加

2023 年は Ene-1 Challenge SUZUKA（三重県鈴鹿サーキット）と 2023 Ene-1 MOTEGI GP へ参加した。

2023 Ene-1 Challenge SUZUKA

鈴鹿サーキットは高低差が 30m 以上の上りと下りがあるコースで、上りで電力を使い、下りは惰性で走行する走行パターンになる。上りに対応したギヤ比の設定と、下りでの空転機構が必要であった。

A チームはタイムアタックで順位が振るわなかったが、決勝で 2 位に入ることができ、高校部門で 2 位になった。B チームは決勝で少しオーバースピードで電力を多く使用し、ゴール手前で電欠となったが、電池を休ませて少しずつ進むことで、なんとかチェッカーを受けることができ、部門 3 位に入賞できた。

2023 Ene-1 SUZUKA Challenge
開催日 ： 2023 年 7 月 30 日
会 場 ： 鈴鹿サーキット 東コース

DivNEXT 部門
(参加 19 台 大学/高専/専門 7、高校 11、中学 1)

[A チーム]
車名:Create A (No.40)
予選タイムアタック 4'39.712 13 位 8 ポイント
決勝 7Lap 30'22.692 2 位 18 ポイント
合計 26 ポイント
高等学校部門 2 位 (DivNEXT 総合 3 位)
[B チーム]
車名:Create B (No.41)
予選タイムアタック 4'25.838 10 位 11 ポイント
決勝 7Lap 32'44.760 6 位 15 ポイント
合計 26 ポイント
高等学校部門 3 位 (DivNEXT 総合 5 位)

総合 2 位、部門 2 位、3 位のトロフィー

2023 Ene-1 MOTEGI GP

もてぎは雨天のレースで、予選タイムアタックは行われず、決勝レースのみが行われた。雨の対策として、車体は電気配線や電気機器をビニールで覆い、ライダーは合羽や靴にビニール袋を被せた。

A チームは昨年のエネルギーマネジメントを参考にし、部門で 1 位になることが出来た。B チームはモーターのセンサ基板が雨で濡れ、スタート時にモーターが回らず走行できず、雨対策が不十分なことを痛感した。

2023 Ene-1 MOTEGI GP
開催日 ： 2023 年 10 月 15 日
会 場 ： モビリティリゾートもてぎ 西コース

DivNEXT 部門
(参加 17 台 大学/高専/専門 7、高校 9、中学 1)

[A チーム]
車名:Create A (No.35)
決勝 11Lap 31'41.138 2 位 25 ポイント
高等学校部門 1 位 (DivNEXT 総合 2 位)
[B チーム]
車名:Create B (No.36)
決勝 0Lap 17 位 4 ポイント
高等学校部門 9 位 (DivNEXT 総合 17 位)

総合 2 位、部門 1 位トロフィー

１０．最後に

技術系の大会は競技性と競技規則に基づき、目標目的が明確になるため実践的なものづくりできる。また、複数で活動することで組織や社会が作られ、各々が適性を意識して役割を分担することができ、自身の社会的役割を意識でき、将来に向けたキャリア学習にも繋がると考えている。KV-MOTO は市販車ベースで製作でき、電気や機械の理論やものづくりの基礎についても学べる。また、部門ごとの表彰もあり、参加者も多くなく表彰台も手に届く位置にあり、取り組みが競技結果として表れるため、未参加の工業高校にも参加することを推奨したい。