

# ガソリンエンジンと電気モータのエネルギー消費率を基に 未来の自動車社会を構想する中学校の授業



実施担当者 長野市立柳町中学校  
教頭 箕田 大輔

## 1 はじめに

コロナ禍で人の往来は妨げられ、人と人が直接に触れ合うこともままならず、直接的なコミュニケーション取りにくい状況の中、人の移動についても、公共交通機関より個人で動くモビリティへの回帰が強まった年になったように感じる。本研究は、昨年からガソリンや乾電池をエネルギーとして、人間一人が移動できる省エネルギーカーを製作し、様々な走行条件でテストをしながら、エネルギーの消費について深く考えてきた。また、コロナ禍によって社会のニーズが拡大している個人モビリティと研究の方向が合致し、生徒の研究への意欲は一層高まった。さらに、机上の学習ではなく、省エネルギーカーという自分自身が乗って操作できるモビリティを、自分の手や身体を使って製作し、それを使って研究することで、実感を伴いながら、より問題を自分ごとにし、研究への意欲を高める生徒の姿を見ることができた。

本研究では、昨年度省エネルギーカーの製作に苦心し、十分な走行ができなかったため、本年度はその問題を解決させるところから研究は始まった。そして、ガソリンと乾電池が生み出す電気のエネルギーのそれぞれの消費率を算出し、社会で使用するための条件の基で、どちらのエネルギーが有効かを評価していきたい。この活動を通して、生徒がこれからの社会において、技術的な視点からエネルギーを評価・活用し、生活を工夫し創造していこうとする確かな力を身につけることができるような指導の在り方を探っていきたい。

## 2 研究の目的と研究方法

### 2-1 研究の目的と期待される効果

これからの社会の要求に応じて、生徒自らが思考を働かせクルマを手作りする中で、技術的な視点からガソリンや電気のエネルギーの活用方法を評価し、そこからさらに新たな問題を見だし、それらの課題を追究する。このような活動をスパイラルに繰り返していく中で、工夫し創造する力を育み、自分なりの解決方法をつかんでいく生徒の姿を期待している。

### 2-2 研究内容

以下のような研究内容で、二つのグループにより研究を進めた。

○試験車両の設計の修正

今年度の研究から、一人が乗車して動く省エネルギーカーの構造は前車輪二つ、後輪一つの3輪の構造で試験車両を製作・改良したい。中学生と工業高等専門学校の子生による2つのグループを作り、その中でディスクッションをしてそれぞれが設計を進め、製作していくこととする。また、条件をそろえるために二つの動力であるガソリンエンジンと電気モータの位置をほぼ同じにした上で、車輪の位置、ドライバーの着座位置についても工夫する。

#### ○車体の走行試験

実際の生活で使用することを想定しながら、グループごとが同じ条件で走行できるように、地域の施設や専用道路を借用して練習走行を行い、より効率のよい走行条件を導く。

#### ○インジェクション方式による燃料系統の改良

長野市内の中学生がつくった省エネルギーカーを譲り受け研究に使用した。このクルマのガソリンエンジンにはキャブレターにより燃料供給する型式だったが、気温等の気象条件によりこまめに燃料の供給量を調節することのできるインジェクション方式に変更した。これによりガソリンエンジンの燃料消費率を算出する。

#### ○電気モータのエネルギー消費率とガソリンエンジンの燃料消費率調査

走行した後のエネルギー消費量を数度に分けて計測し、平均値から電気モータのエネルギー消費率とガソリンエンジンの燃料消費率を算出する。

#### ○試験車両の改良

走行試験の後、問題点を出し合い、どのように車両を改良するかを議論し、修正していく。

#### ○エネルギー消費率の算出

グループで、効率よく走行できる条件を導き、それを基にしてガソリンの消費と電気エネルギーの消費を換算できるためのエネルギー消費率の換算により算出して求めていく。

#### ○未来の自動車とエネルギー問題の教材化

出来上がった試作車とエネルギー消費率の算出方法により、未来の長野市の交通事情をシミュレーションする授業を構想し、2学年で実施する。

### 3 研究結果

#### 3-1 柳町中学校の目指すクルマ

自分たちで作るクルマは、街の中を他のクルマと同じように走れるものになればいいと考えた。そのため、平坦な道だけでなく登り道も下り道も苦にせず走り、止まりたいときにはしっかりと止まるクルマにして、その上で電力をあまり消費しないエコなクルマを目指した。

また、材料はできる限りホームセンターなどで手に入るものとして、特別な加工が必要なくても製作ができるようにした。

#### 3-2 柳町中学校のクルマの改良点

##### ○モータの改良について

昨年の研究で製作したクルマは、登り坂で登れなくなりとまってしまふことが多く発生してしまつたことから、まずこの問題に取り組んだ。昨年度は、自転車の内装ギアを使つたり、ギア比を12歯:90歯にしたりと工夫したが、わずかな勾配の登り坂でもクルマが登らず、その際

モータが大きく振動して、それ以上車輪に力が伝わらないようになる現象が多く発生してしまっただ。そのため、モータの効率を上げパワーを上げるために、モータのコアになる部分にコイルを巻き直し、モータを自作することとした。このことにより、勾配の変化に合わせてモータを調整することができ、クルマが走る自由度が大きく向上する結果となった。

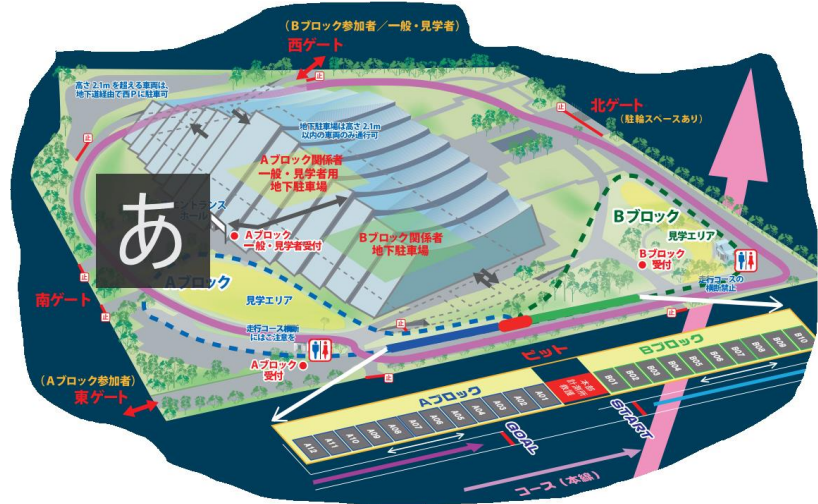
### ○ガソリンエンジンの燃料供給装置の調整について

これまでの自身が生徒と共にやってきた省エネルギーカー研究では、キャブレターによる燃料供給によりエンジンを動かしていた。しかし、夏や冬など季節によって、エンジンの掛かりかが異なってしまったり、しばらく放置しておいたりすると、エンジンそのものが動かなくなり分解して洗浄することを余儀なくされることがしばしばあった。そこで、どの季節にも最適な燃料供給ができる可能性のあるインジェクションを採り入れた。キャブレターの取り付けであった場所にインジェクターのスロットルボディを取り付け、コントローラと接続した。コントローラでは、ms（ミリ秒）単位で燃料の調整ができるため、走らせながら最適な値を見つけるような試験走行を行った。

## 3-3 走行試験から得た結果

### ○一般道路を想定した試験走行

2020年9月長野市エムウェーブで行われたエコマラソン長野2020に、製作したEV省エネルギーカーとガソリンエンジンの省エネルギーカーで参加した。エムウェーブは、長さは短いが勾配のきつい登り坂と下り坂などアップダウンが多い場所になっており、省エネルギーカーの性能が試される1周約1.0kmのコースである。競技会ではこのコースを25分で7周し、消費したエネルギーを算出した。



### ○モータを積んだ省エネルギーカーの燃料消費率

エムウェーブのコースを7km走った後で、消費した電力を計測すると「28.6wh」となった。また、このときの平均時速は17.5km/hであった。これを基にして、ここでの電力消費率を算出すると255.1m/whとなり、これは、ドライバーを3.6秒使う電力で、約255m走れる計算であった。

### ○ガソリンエンジンを積んだ省エネルギーカーの燃料消費率

上と同じ平均速度 17.5 km/h という条件で 7 Km の距離を走行したところで、消費した燃料を計測すると、25 cc の消費であった。これを基に燃料消費率を算出すると、298.1 km/L という結果になった。これは 1 cc のガソリンで、298 m 走れる計算となった。

ガソリンエンジンを積んだ省エネルギーカーの場合、インジェクションの 1ms 当たりの噴射量の設定や、走り方の違いで燃焼消費率に大きな差が出るのが分かってきた。後日、長野市内の教習所の平たん路で試験走行を行ったところ、走行するたびに結果が 217 km/l から 416 km/l まで大きく異なってしまい最適な条件を見付けることが難しいことが分かってきた。

|           |           |
|-----------|-----------|
| 1 回目燃料消費率 | 217km/l   |
| 2 回目燃料消費率 | 384km/l   |
| 3 回目燃料消費率 | 357km/l   |
| 4 回目燃料消費率 | 416km/l   |
| 平均時速      | 17.5km/h  |
| 平均燃料消費率   | 343.5km/l |

### ○ モータとエンジンの比較試験走行を行ってみて

#### 試験走行比較 DATA

車体の性能を向上させ、安定して走行できるようになったため、多くの走行から

| 車体の性能                        | ガソリンエンジン        | 電気モータ           |
|------------------------------|-----------------|-----------------|
| アップダウンのあるコース<br>(長野市・エムウェーブ) | 298km/l         | 255m/wh         |
| 平たん路<br>(長野市)                | 343.5km/l (平均値) | 287.6m/wh (昨年度) |

エネルギーの消費率を算出することができた。モータの場合は、かなり再現性のあるデータが見られるようになってきたが、ガソリンエンジンはまだ最適な条件を見付けることができていないため、二つのデータを比較して、新たな街でどのように活用していくかを検討していく段階にはないことが分かってきた。

## 4 まとめ

今回の研究により、走行試験を繰り返し、中学生と高専学生との間で議論しながら問題点を見付け改善させることができたことは大きな成果だと言える。一方で、走行のデータの再現性などの問題が新たに見いだされた。研究を通して、電気とガソリンの二つのエネルギーの大きさを実感しながら、ものづくりを進め、新たに未来の長野市で個人が使うモビリティについて意識を高めることができた。今後はさらに研究を深め、エネルギーを地産地消し、モビリティ・エネルギーの循環型社会を長野市につくるにはどうすればよいかについて、研究を続けていきたい。



## 謝 辞

終始熱心なご指導を頂いた長野工業高等専門学校教授・岡田学先生、長野県工科短期大学の准教授・早川権先生に感謝の意を表します。調査の実施及び走行試験に関して、有限会社坂田農園坂田毅彦様にはひとかたならぬお世話になりました。ありがとうございました。

そして、貴重な研究の機会を提供して下さった公益財団法人中谷医工計測技術振興財団理事長様をはじめ財団の皆様には、感謝の念にたえません。本当にありがとうございました。

以上