

エコデンカーレースを通じたエネルギー・環境教育への取組み

清田 佑一* 山本 智弘** 房野 俊夫**
湯地 敏史* 岡村 好美*

An Action of Energy and Environment Education in Eco-den Car Race

Yuichi KIYOTA* Tomohiro YAMAMOTO** Toshio BOUNO**
Toshifumi YUJI* Yoshimi OKAMURA*

1 はじめに

2009年9月に、日本の温室効果ガスの排出量を2020年までに1990年比で25%の削減目標を国連気候変動首脳級会合（ニューヨーク）での演説において、鳩山首相（当時）が発表した。2008年現在、日本国内において排出される温室効果ガスの19%は、運輸部門から排出されており、より一層の温室効果ガスを削減する対策が求められている。また、二酸化炭素排出量については、業務その他（事務所等）、家庭部門等からの排出量は増大しており、日本国全体での二酸化炭素排出削減対策が求められている。そのため、学校現場においても温室効果ガス排出量の削減が求められており、授業や課外活動等を通してエネルギーに関する教育の推進が図られている⁽¹⁾。

学校教育現場では、地球環境問題や、エネルギー資源のことを十分に学ばせるために、エネルギー・環境教育や環境教育が教育カリキュラムの中に取込まれ、様々な授業展開が行われている。その1つの事例として、工業高校や高等専門学校（高専）が中心となったエネルギー・環境教育の取組みの中で、エネルギーの有効利用、普及啓発及び将来のエンジニア育成を目的としたソーラーカーやエコデンカー等によるエコ電気自動車競技が全国各地で行われている。宮崎大学では、平成20年度から3年間、公益財団法人日本生産性本部エネルギー環境教育情報センターより、エネルギー教育調査普及事業⁽²⁾の地域拠点大学として選定されており、地域の小中学校、高等学校、企業及び官公庁等と連携した取組みを行っている。これまでにエネルギー学習プログラム・教材の開発や小中学校での出前授業、市民を対象とした環境リーダー養成研修などの事業を実施し、学校現場及び地域と連携したエネルギー・環境意識の向上に努めてきているところである。一方、宮崎県立宮崎工業高等学校では「ソーラーカーレース鈴鹿」、「エコデンカーレース苅田」及び「全国自動車教育研究会主催エコデンカーレース」などエコ電気自動車競技への豊富な出場経験や技術を活かし、学校現場におけるソーラーカー⁽³⁾、エコ電気自動車レースを通じた技術教育及び環境教育を実践している。そこで本論文では、宮崎大学

* 宮崎大学教育文化学部, ** 宮崎県立宮崎工業高校

教育文化学部と宮崎工業高校により、高大連携でのエネルギー・環境教育効果を得るために共同で車両を製作し、2010年11月14日に宮崎市の宮崎シーサイドモーターズスクールで開催された「2010エコ電気自動車レース in みやざき」に出場して、車体の製造過程やエネルギー資源の重要性を学ぶための教育カリキュラムの検討や授業計画等を検討し、今後の工業教育におけるエネルギー・環境教育の導入についてプランを提案したので報告する。

2 新しい学習指導要領におけるエネルギー・環境教育への検討

エネルギー・環境教育の概要は、国連の“持続可能な開発のための教育の10年”が2005年から進められてから急速に注目される学習内容となった。例えば、小・中学校の“理科”，“社会”，“家庭科”，“生活科”，“技術・家庭科”及び“総合的な学習の時間”等においてエネルギー問題や“環境”，“経済”及び“エネルギー”に関する3つのトリレンマ的な教育内容を数多く取り込まれるようになった。京都教育大学 山下は、今後の学校現場におけるエネルギー・環境教育の在り方について、更なる授業展開を行なうためにエネルギー・環境教育の4つの教育目標の構成原理がなくてはならない、と述べている。まず1つ目に、「総合性」の原理である。ここで云う「総合性」とは、単に内容の学際的・総合的性格を意味しているのではなく、環境教育における3つの視点である「認識」（環境について学ぶ）と「学び方」（環境の中で学ぶ）と「人間形成」（環境のために学ぶ）の総合的育成が構成原理としてなければならないことである。2つ目は、「構造化」の原理である。エネルギーに関する認識内容と学習方法の構造化を図ることの必要性である。「エネルギー」を広範囲で且つ全体像が捉えにくいものを正しく認識していくためには、学習内容と方法を構造化していくことが必要である。3つ目は、「主体性」の原理である。ここでの「主体性」とは、学習主体である子どもの生き方やあり方に関わることであり、「自ら課題を見つけ、自ら学び、自ら考え、主体的に判断し、行動し、よりよく問題を解決する資質や能力」を主体的に身につけていくことである。主体性の原理を確立するためには、学習者が主体性をもって学習を進めていくことである。主体性をもって学習するためには、学習者の関心や問題意識が重要である。最後に4つ目は、「未来性」の原理である。これからのあるべき社会を意識し、その実現のために実践行動できる人間形成を図ることが、エネルギー・環境教育の重要な役割として自覚されなければならない⁽⁶⁾。これらのように、エネルギー・環境教育は、これからの教育現場においては、必要不可欠な教育内容であり、これからより一層重要視されるものと示唆している。

平成25年度の入学生から年次進行により実施される新高等学校学習指導要領（工業）等⁽⁷⁾においては、工業科の教科の目標の中に改善点として、“環境及びエネルギーに配慮し、技術者倫理を確実に身に付け、実践的な技能をあわせもった技術者を育成するという趣旨を明確にすることとした。”との従前の目標に追記されて、“持続可能な社会の発展を図るため、地球規模での環境問題に対処するとともに、限られた資源である化石エネルギーや新しいエネルギーを有効活用することは、現代社会における工業の意義や役割を理解させる上で大切なことであるため、「環境に配慮しつつ」を「環境及びエネルギーに配慮しつつ」と改めた。”と新学習指導要領においては、工業教育においてもエネルギー・環境教育を重要視する内容に改められた。例えば、新学習指導要領において“環境教育基礎”科目が新設されるなど、よりエネルギー・環境教育に対する教育効果を求められる形となった。エコデンカーとは、レース参加各チーム

による手作りの車両のことである。バッテリーを動力源とし、走行用モーターを駆動してドライバー1名が操縦して走行する。エコデンカーレースとは、同一条件下でこのエコデンカーを走らせて、規定時間内で走行した周回数（距離）を競う競技である。この競技では車両の設計、製作、運行及び整備に至る全ての工程を経験できることから、関係する生徒、学生の技能や意欲の向上に大きく寄与している。本エコデンカーレース用の車体を製作するにあたり、例えば、電子機械科の授業体系を例に挙げると、生産システム技術、機械設計、電子機械、原動機、機械工作、電子機械応用及び機械設計等をクロスカリキュラム的に連携させ学ぶことにより、工業教育におけるエネルギー・環境教育を新学習指導要領において学ばせる1つの教育カリキュラムの提案となるものと示唆される。設計から大会出場までの製作のプロセスを実体験すること及び自ら創意工夫をして“ものづくり”を学ぶことのできるエコデンカー製作の取組みは、工業教育においてエネルギー・環境教育の効果が得られる点では大きな意味を成すものと考えられる。

3 エコ電気自動車レースについて

出場したエコ電気自動車レースは、メインテーマに「セーブ・エネルギー」を掲げ、エネルギーの有効活用、将来のエンジニア育成と発掘及び宮崎の活性化を開催趣旨として宮崎県高等学校教育研究会工業部会の主催で実施された⁽⁴⁾。このようなエコ電気自動車競技大会としては、宮崎県では本大会が初の開催となる。各チームが製作した手作りの車両と、主催者より支給される走行用電池（株式会社ジーエス・ユアサバッテリー YTX4L-BS）を用いて、これにドライバー1名が搭乗して運転を行ない、設定されたコースを競技時間（40分）内に走行した距離（周回数）と着順により順位を決定する競技である⁽⁴⁾。会場は、宮崎シーサイドモータースクール（宮崎市）の外周コースを時計回りに回る1週430mのコースである。大会ルールは、「全国自動車教育研究会主催エコデンカーレース」の規則⁽⁵⁾に準じて実施されている。競技は、一般チームのオープンクラスと工業高校チームのジュニアクラスの2クラスがあり、合計22チームがエントリーした。その内16チームは、ジュニアクラスでのエントリーである。当日は棄権3チームを除く19チームがレース参加となった。各チームは代表者1名、ドライバー2名及び記録員1名以上で構成されており、その他整備担当者となる登録メンバーとを合わせて構成されている。競技は午前中に公式練習兼予選が行われ、午後の決勝レースでのスタート位置が決定される。決勝レースは2回に分けて行われて、ゴールまでの周回数とタイムを総合して、順位が決定される。

4 車両及びチーム体制

図1は製作した車両を示す。同様に表1は製作した車両のスペックを示す。車両については、レギュレーション（車両規則）に適合した自作の車両であることが求められている。サイズは、全長×全幅×全高が3.0m×1.2m×1.6m以内で、前方の視界を確保すること及びミラーを装備すること等が規定されている。走行前には主催者による車両検査（車検）が行われ、全ての基準に適合しなければ出場できない。ドライバーについては、体重が60kg以上であることが規定されており、それに満たない場合にはバランスウエイト（錘）を搭載することが必要となっ

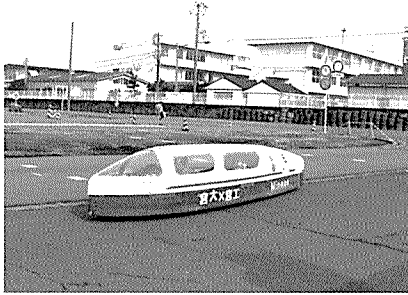


図1 製作した車両

表1 車両スペック

| | | |
|-----------|--------------|------------------|
| 車両名称 | | MEG-ON(めぐおん) |
| 全長 [m] | | 2.9 |
| 全幅 [m] | | 0.6 |
| 全高 [m] | | 0.5 |
| 車体重量 [kg] | | 22 |
| タイヤ | 操舵輪 (前) | IRC/14 inc/2本 |
| | 駆動輪 (後) | IRC/20 inc/1本 |
| モータ | メーカー/型番 | 特殊電装/S13762-130R |
| | 定格出力 [W] | 48 |
| | 回転速度 [rpm] | 2350 ± 10 % |
| | 定格トルク [mN・m] | 196 |
| | 定格電流 [A] | 4.6 ± 10 % |
| | 定格電圧 [V] | DC 12 |

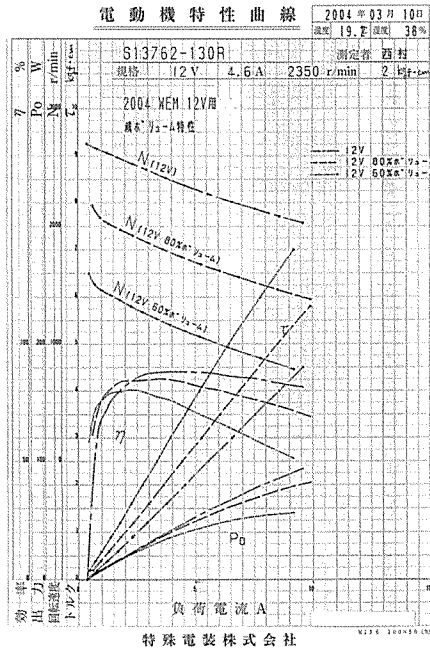


図2 電動機特性曲線

ている。また、競技終了後にも車検が行われ、その際バランスウエイト未搭載等、車検不適合とされた場合には失格となる。この規則は、あらかじめ公表されているので、車両の製作やドライバーの選定にあたっては、規則に沿って準備をした。

シャシについては、剛性や耐久性及び加工性を考えて発泡材をカーボクロスで挟んだサンドイッチパネルを材料としたカーボンモノコックシャシ⁽⁶⁾としている。シャシは駆動輪、操舵輪、モーター及びカウル等の全ての装置を搭載して、ドライバーの体重を支えるものである。そのため走行時の振動・衝撃に耐えるような構造とする必要がある。次に、車体の上部を覆っているカウルは、FRP(繊維強化プラスチック)を雌型に合わせて成形して製作している。カウルは、走行時の空気抵抗を抑えること及びドライバーの保護を目的としており、滑らかな流線型に仕上げた。窓は塩化ビニール(0.5 mm厚)の板を粘着テープで取付けている。このシャシとカウル

を合わせた車体全体の前面投影面積を小さくし、空気の流れの乱れを防ぐことが、空気抵抗の低減に大きく影響する。車両のギヤ、モーター、コントローラー及びタイヤは、競技用の専用用品を調達し、取付け・調整を行った。ギヤとモーターのかみ合いやコントローラーの接続においては、軽量化と機械的・電氣的な抵抗の少なくなるように組立てを行った。ギヤ比は走行試験を行い、走行時間と速度を考慮の上で最も効率の良い組合せを選定している。

図2は、モーター製造メーカーである特殊電装株式会社による電動機特性曲線を示す。同図のボリューム特性によると、このモーターはフルボリュームで使用することが、最も効率の良い

い使い方であることがわかる。これは、コントローラーの特性上、PWM制御が100%で動作する状態が最もスイッチングロスを抑えることができるためである。つまり競技中は、カーブを曲がる時も含めて常に全開走行するようにギヤ比を設定するのが最も効率が良い。タイヤは、走行時の抵抗を減らす為に、溝のない競技専用品を使用した。これは、転がり抵抗を極力抑えるために高反発ゴムを原料としたエコラン競技専用のタイヤであり、空気圧は0.6 MPaに設定した。

保安部品としては、ブレーキを取付けて、ドライバーが乗車した状態において8.0%の勾配上で停止状態を保持できるようにしている。また、ドライバーの安全を確保するために、ミラー、警音器及び速度計を装備している。その他、万一の漏電による電撃を防止するために漏電遮断機を設置した。これら保安部品は参加規則や車両規則に従って設計・製作し、更に競技規則に従い、ドライバーは、ヘルメット、グローブ及び靴を装着し、安全を確保している。

図3は計器類の状況を示す。計器類は、電流計、電圧計、電力計、電気量計及び速度計が装備されており、速度計以外の4つは、1つの表示パネルにまとめられてハンドルに設置している。電流計は、現在の電流値[A]が表示されており、加速時にはこの数字が大きくなるようにボリュームを調整する。電圧計は、現在のバッテリー電圧を示す。電気量計は、電気量(=電流×時間)を示し、電気量計の単位は[mAh]となっている。これは、バッテリーの性能が3000 mAh(メーカー公称値)となっており、この内どれだけのエネルギーを放出したかを表すものである。ただし、バッテリー電圧が12Vを大きく下回るとモーターの動力としては使用できないので、実際に使用できるのは2400 mAh程度となる。運転中にドライバーは、この表示を見てバッテリー残量を把握している。なお、速度計は自転車用のものを流用している。

車両デザインについては、持続可能な社会を目指し、エネルギーや環境について考える「きっかけ」になることを目標にデザインした。カウルは白いシンプルな塗色をベースとし、宮崎大学学生のデザインしたオリジナルキャラクター“えねおん”やロゴマーク等を配して環境に優しい自動車レースをPRした。このオリジナルキャラクターは、元々はエネルギー・環境教育の取り組みの中で開発した教材キットのために宮崎大学学生によって描かれたオリジナルキャラクターである。子ども達が親しみやすい動物キャラクターとし、「宮崎の子どもたちの手で地球に“エコカーニバル”をおこそう」というコンセプトから、サーカスのピエロに見立てたライオンのキャラクターとしている。

チーム体制は、宮崎大学 教育文化学部の学生及び職員と宮崎工業高校の生徒及び教職員の混成チームであり、役割を分担して高大連携の教育の取り組みとして参加した。車両の製作・整備

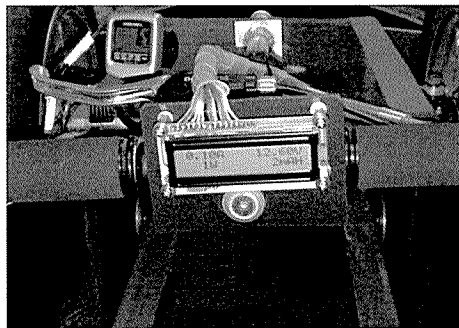


図3 計器類の状況

については、主に宮崎工業高校の生徒が担当し、車両デザインとドライバー訓練、競技時の運転を宮崎大学 教育文化学部の学生が担当分担した。宮崎工業高校においては、車体の製作にて、エネルギー・環境教育の1つの事例となるように授業カリキュラムを検討しながら、生徒と教員が連携して製作に至った。ドライバーは、身体能力や運転適性を考慮して学生の中から選抜し、運転訓練を行った。運転にあたっては、前方の状況を確認してなるべくブレーキを扱わないようにコースど

りするなどエネルギーを使わない運転操作を行った。競技時には、常にボリューム全開、カーブでハンドルを切るだけの単調な運転操作となることが予想された為、適宜無線機を使って呼びかけ、バッテリー、車両状態、ドライバーの体調及びコースの状況等情報のやりとりを行った。無線機については、イヤホン及びハンズフリーマイクを使用して、運転中支障なく通信できるようにした。

5 検討及び考察

本研究において製作したエコデンカーにより、エコデンカーレースに高大連携での高校生と大学生の混合チームで参加した。当チームは総合5位（19チーム中）の成績であった。高校生と大学生の高大連携による初の取組みでエネルギー・環境教育に対する授業事例を提案することができ、教育成果を得ることができた。当チームの車両は、一周430 mのコースを33週走り、14.19 km走行した。これは平均すると21.2 km/hの速さとなり、1週当たり1分14秒で走行している。

図4は、決勝レースでの各週のラップタイムを示す。これは主催者が計測したスプリットタイムを基に計算したもから当チーム、1位チーム及び2位チームを抜粋したものである。同図から、当チームの車両は前半1週当たり1分11秒程度のペースで走行していたことがわかる。また、レース後半各週でのラップに大きく差があるのは、バッテリーの消耗によるもののほか、故障車が前方にいて徐行運転した場合や追い越し禁止区間で前走車に追いついた場合などがある。1位チームや2位チームのデータを見ると、グラフがほぼ水平に推移していることがわかる。このことから、高成績のチームの走り方はほぼ一定のペースで走行しているものと思われる。このように、走行方法などからもエネルギー資源の有効な利用について学生自身も十分に考察することができる1つのエネルギー・環境教育教材の提案だと考える。また、車体製作においても十分にエネルギー・環境教育の内容を学生自身が検討及び考察しなければならない点からも本提案するエネルギー・環境教育の取組みは大きな意義を果たすものと示唆する。

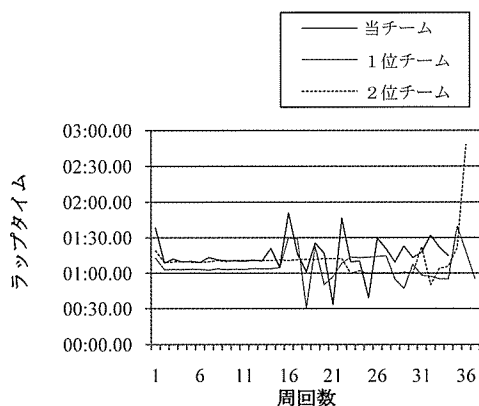


図4 ラップタイム（抜粋）

6 むすび

エネルギー・環境教育の1つの取組みとして、エコデンカーレースへ高大連携での参加を通して、車両の製作、試運転、整備及び運転の一連の流れのものづくりの製作プロセスを宮崎工業高校の生徒と宮崎大学の大学生が共同チームで行い、完走することができた。エコデンカーの製造には、モーターや制御に関する電気の知識、部品製造にあたっては、機械加工に関する知識及び樹脂材料の製造に関する化学の知識等、工業高校の各学科での座学や実習で習得する

知識や経験が生かされている。また、過去のレース経験を活かした小さな改善及び性能アップの集大成で省エネルギー性能の向上を図っている。ドライバー等で本事業に関わった宮崎大学の学生の中には、高等学校の教員免許を取得する者もあり、工業高校の技能レベルの高さを再認識していた。最後に、この競技に関わった生徒、学生は効率の良い「走り」を追求するレースを経験することで、普段の車やバイクの運転の際にも効率の良い走りを意識する等、運転に関する省エネルギー意識の向上等の教育効果を期待したい。

今後の課題としては、出場した車両は、減速時の電力回生⁶⁾を行わない仕組みであり、電力回生ブレーキを装備することで、ブレーキ時にロスするエネルギーを回収できるのではないかと考えている。ただし、制御器や装置の重量増加というデメリットも考えられる。電気配線については、取り回しの改善や導電性のよい素材の採用などの改善を考えている。また、レース当日の朝にタイヤがパンクするトラブルが発生したが、予備部品の準備がなかったため、手分けして探しまわらなければならなかった。次回以降は予備部品や修理体制などの改善を行いたいと考えている。このほかバランスウエイトの固定状態が緩いため、走行中異音が発生したので次回以降は確実に固定するように改善したい。

また、エコデッカーレースへの取組みについては、事前指導（エネルギー資源の枯渇化問題及び環境学習）→車体の設計→製作→試運転→大会出場→事後指導（授業全体の反省）を各年次配当して授業を体系化することにより、工業高校教育におけるエネルギー・環境教育の1つの教育カリキュラムを確立することができるものと提案する。

尚、本研究の一部は、経済産業省資源エネルギー庁のエネルギー教育を普及させることを目的としたエネルギー教育調査普及事業の地域拠点大学事業として平成20年度～22年度までの3年間で実施してきた取組みの一環である。

参考文献

- 1) 経済産業省 資源エネルギー庁：「日本のエネルギー2009」（2009）
- 2) 財団法人 社会経済生産性本部 エネルギー環境教育情報センター：「エネルギー教育ハンドブック 2002-2003」（2003）
- 3) 米田裕彦・山田喜夫・吉田充男：「ソーラーカー製作ガイドブック」，パワー社（1993）
- 4) 2010エコ電気自動車レース in みやざき大会 連絡用公式サイト：
<http://ecocar-miyazaki.eco.coocan.jp/>
- 5) 全国自動車教育研究会：<http://zenjiken.com/ekoden/ekoden.html>
- 6) 日本太陽エネルギー学会：「エコ電気自動車のしくみと製作」，オーム社（2006）
- 7) 文部科学省：「高等学校学習指導要領解説 工業編」，実教出版株式会社（2010）
- 8) エネルギー環境教育研究会：「持続可能な社会のためのエネルギー環境教育 ～欧米の先進事例に学ぶ～」，国土社（2008）