

電子式燃料噴射エンジンの分解・組立教材の製作 ～自動車整備士資格制度改定に対応した教材開発の研究～

愛知県立豊田工科高等学校 自動車科

成田 強

1. はじめに

本校は、自動車整備や自動車製造に関わる人材を輩出するために1971年に開校された。国家資格である自動車整備士の第一種養成施設となっており、令和9年度から改定される自動車整備士の新制度に対応した教育内容や実習テーマの設定が急務となっている。自動車整備士の新制度の内容として「エンジンの電子制御技術」が盛り込まれているが、現在使用しているエンジンの分解・組立の教材は、いまだに45年以上前の古いガソリンエンジンを使用しており、燃料の供給方法も機械式（キャブレター）で、エンジンの電子制御について生徒に理解させる教材が全くないのが現状である。さらに、エンジンの分解・組立を何十回と繰り返し行っていることで、ねじ山の破損や部品の損傷により、実習に支障をきたしている現状もある。

そこで、本工業教育研究助成金により、科目「課題研究」の中で、電子式燃料噴射エンジンの分解・組立教材を生徒と自動車科の教員で協働して8機製作することにした。この教材は、エンジン台の上でエンジンの始動もできるようにして、この教材を用いてエンジンの分解・組立実習と共に、電子制御エンジンのことを学ぶ実習にも活用できるようにする。

2. 研究内容

(1) 使用車両およびエンジンの概要

今回の教材製作に使用した車両は、トヨタカローラ（型式：NZE121・年式：2006年）である。図1に車両の外観を、図2にエンジンと諸元を示す。エンジンは電子式燃料噴射を採用しており、構造が比較的シンプルで教材として適している。この車両を8台用意して、エンジンの分解・組立教材の製作のために、表1に示す部品を取り外して使用することにした。



図1 トヨタカローラの外観



図2 トヨタカローラのエンジン

エンジン形式：1NZ-FE型
排気量：1500cc
気筒数：4気筒
動弁機構：DOHC・16バルブ
燃料：ガソリン

表1 車両から取り外した部品

エンジン系	エンジン一式（インマニ・エキマニ・スタータモータ・オルタネータ含む） トランスミッション（ベルハウジングのみ使用） エンジンマウント類
電気系	ECU（エンジン制御用コンピュータ） ワイヤハーネス（配線） エンジン制御用の各種センサとリレー・ヒューズ類
燃料系	燃料ポンプ デリバリパイプ 配管類
その他	コンビネーションメータ アクセルセンサ イグニッションスイッチ等

(2) エンジン降ろし作業

生徒が事前にエンジン形式や主要諸元を調査し、部品配置や補器類の構造について理解を深めた上で作業に臨んだ。エンジン降ろし作業では、生徒が安全に配慮しながら補器類・配線・配管類の分離を行い、最終的にエンジンマウントを外してチェーンブロックを用い、慎重に車両から取り外した。配線の複雑さに加え、狭い作業スペースなど困難な点が多く、実際の整備作業に必要な観察力や判断力を養う貴重な経験となった。(図3～図8)



図3 配線、配管の取り外し



図4 配線、配管の取り外し



図5 コンプレッサの取り外し

また、ドライブシャフトの取り外しなどコツの要る作業では、プロの整備士の経験のある教員が企業での作業経験を生かして生徒に指導してうまく行うことができた。さらに、補器類を取り外す過程で、多種多様な配線・配管類の取り回しを確認でき、エンジンの構造や車両の生産工程などの理解を深めるよい学習機会となった。エンジン降ろしは重作業のため、作業は教員の監督のもとで危険予測や作業分担を意識しながら進め無事に作業を完了した。



図6 シャフトの取り外し



図7 エンジン吊り上げ



図8 エンジン本体取り外し

(3) 配線

電子式燃料噴射を採用したエンジンの概略図を、図9に示す。今回使用した1NZ-FE型エンジンでは、流入空気量をエアフローセンサで測定し、それに見合った燃料(理論空燃比 ガソリン：空気=1:15)をインテークマニホールド内にインジェクターで噴射する。スパークプラグに高圧の電気を流すタイミング(点火タイミング)は、クランク・カムポジションセンサーの信号で計算される。エンジンの回転に必要な燃料噴射量と点火タイミング、そしてエンジン冷却水(水温センサ)やアクセルの踏み具合(アクセルセンサ)等を総合的にECUで制御して、エンジンが回転する。そのため、実車からエンジン制御に必要な各種の制御部品や配線を取り外し、今回製作する電子式燃料噴射エンジンの分解・組立教材に合わせて、必要な配線を新たに引き直す必要がある。

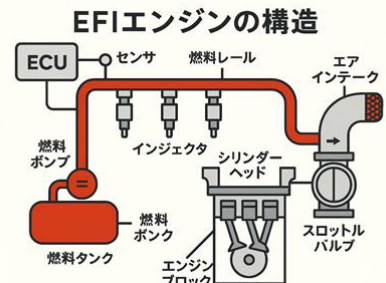


図9 電子式燃料噴射の概略

エンジン始動に必要な装置（バッテリー、フューエルポンプ、キースイッチ、アクセルセンサー、ストップランプスイッチ、コンビネーションメータ、ECUなど）について、エンジン本体側のセンサーやインジェクターはそのまま ECU に直結し、その他の装置は別ハーネスを経由せず 各装置から ECU コネクタへ直接配線する方式に変更した。FAINES（日本自動車整備振興会連合会が提供する、自動車整備事業者向けの情報提供システム）でカラーラ・ランクスの回路図を確認したところ、配線種別を減らすために同一色配線＋端子番号印字で構成されていたため、実車ハーネスの端子番号を照合しながら接続を行った。作業の様子を図 10～図 12 に示す。

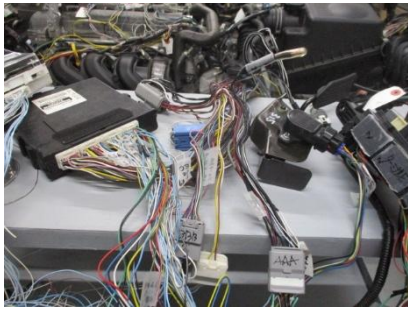


図 10 ECU の配線



図 11 メータ周りの配線作業

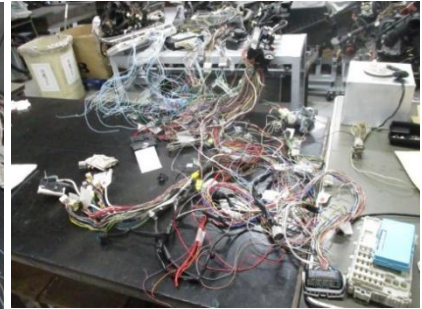


図 12 不要な配線の間引き

本教材を製作するために、実車の配線を修正・廃止・追加した箇所を以下に示す。

コンビネーションメータ系配線 17 本、ECU 系配線 25 本、電源系リレー 3 個、ヒューズ 5 個、配線 8 本、チャージ系配線 2 本、イグニッション系配線 1 本、クーリング系配線 2 本、スタータ系リレー 1 個、ヒューズ 1 個、配線 6 本、オートマチックトランスミッション系配線 7 本、シフトロック配線 5 本

(4) 架台製作および教材化

降ろしたエンジンを実習で扱えるよう、鋼材を用いて専用の架台を製作した。溶接や寸法取り、固定位置の決定などすべての工程を生徒自身が行い、安全に分解・組立ができる構造とした。さらに、移動が容易になるようキャスターを取り付けるなど、実習室での運用性にも配慮した設計とした。作業のたびに生徒が改善点を検討し、実習で使いやすい配置となるよう工夫を重ねた。作業の様子を、図 13 ～図 17 に示す。



図 13 鋼材の切り出し



図 14 鋼材の切り出し



図 15 材料の仮組



図 16 マウント部の溶接

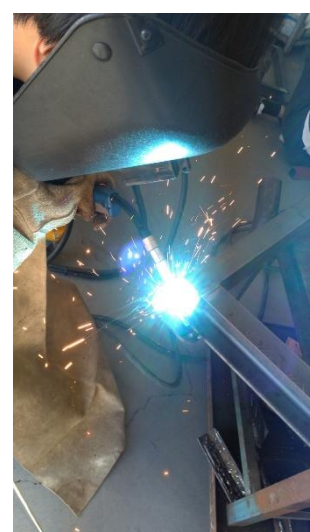


図 17 鋼材の溶接

3. 完成した装置の概要

配線の製作・確認と燃料系の接続を行った後に、バッテリーをつなぎ、イグニッションキーをONにしてスターターモータを回したところ、見事にエンジンを始動させることに成功した。始動の様子を静止画であるが、図18に示す。

また、完成した分解・組立教材の外観を図19に示す。写真では4台（1クラス分）写っているが、実際には8台製作した。従来の教材より構造の視認性が高く、観察・説明を行いやすい仕様となった。この教材は、エンジンの分解・組立実習だけでなく、構造説明、課題研究、展示教材としても幅広く活用でき、次年度以降の授業の充実が期待される。また、生徒が自ら製作に関わった教材であることから、学習意欲の向上にもつながっている。配線の簡略化など依然として改善すべき課題は残るものの、実際にエンジン始動に成功したことは大きな前進であり、本装置の教育的価値をさらに高める成果となった。



図18 エンジン始動の様子



図19 完成したエンジン分解・組立教材

4. まとめ

製作過程では、劣化部品の扱い、作業時間の確保などの課題があったが、生徒は試行錯誤を重ねながら問題解決に取り組んだ。作業ごとに必要な手順を確認し、相談し合いながら進める姿が見られ、主体的に学ぶ態度が育成された。今回のエンジン実習装置の製作を通して、生徒は作業工程を計画的に進める力や、実習で求められる観察力・判断力を身に付けることができた。また、実物を扱うことでエンジン構造に対する理解が深まり、実習内容の定着にも大きく寄与した。本取組では、自動車科の多くの教員が協力し、工程ごとに分業しながら作業を進めたことで、わずか一年でエンジン台の製作から始動確認まで到達することができた。最終的に8台の架台と1台の指導装置が完成し、複数学級・複数班が同時に実習を行える体制が整った。今後は、授業内でより効果的に活用するため、分解・組立マニュアルの整備や作業手順の見える化を進め、継続的に生徒の深い学びにつなげていきたい。

謝辞

本研究を遂行するにあたり、愛知県自動車整備振興会、愛知工科大学自動車短期大学、トヨタ名古屋自動車大学校、矢作産業株式会社など、多方面から多大なご支援を頂きました。ここに記して謝意を示します。