

工業高校における総合実習教材の開発と指導方法の確立

～実働50ccオリジナルロータリーエンジン製作の教材開発～

三重県立津工業高等学校

上村 雄二

1. はじめに

工業高校生は日々の授業実習を通し、モノづくりの基礎基本を学んでいる。現在の課題は、独立した各授業・各実習の学習内容に関連性を持たせた魅力ある教材の開発である。本件では、専門教科“機械設計”及び“機械工作”、“原動機”と工作機械（CAD、CAM、マシニングセンター、汎用旋盤、平面研削盤、溶接機など）を連携させ、総合実習教材を開発する。

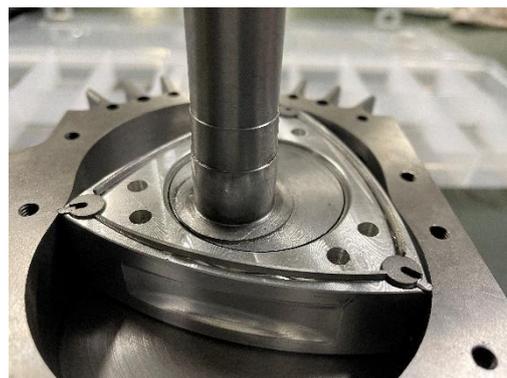


写真1 完成したロータリーエンジン

エンジンは、工業高校機械科でエネルギー教育を実践するために欠かせない教材である。中でもロータリーエンジンは、4ストロークエンジンと比較すると構成部品が少なく、特にバルブ機構を持たないためシンプルな構造である。一般に環境への負担が大きい反面、軽量かつ高出力であるなど優れた特徴を有している。自動車搭載用ではないロータリーエンジンはホビー用として5～20ccクラスが市販されているが、50ccクラスのロータリーエンジンの存在は確認できず、本件は前代未聞の挑戦である。製作するロータリーエンジンは、独特の機構やエンジン音を有し、高校生が興味を持って取り組むことができる絶好のテーマである。本件は、生徒が自ら部品（ローター、エキセントリックシャフトなど）を製作する。使用する工作機械については旋盤、フライス盤、マシニングセンターなど工業高校の一般的な範囲で行い、特殊な工具は使用しない。

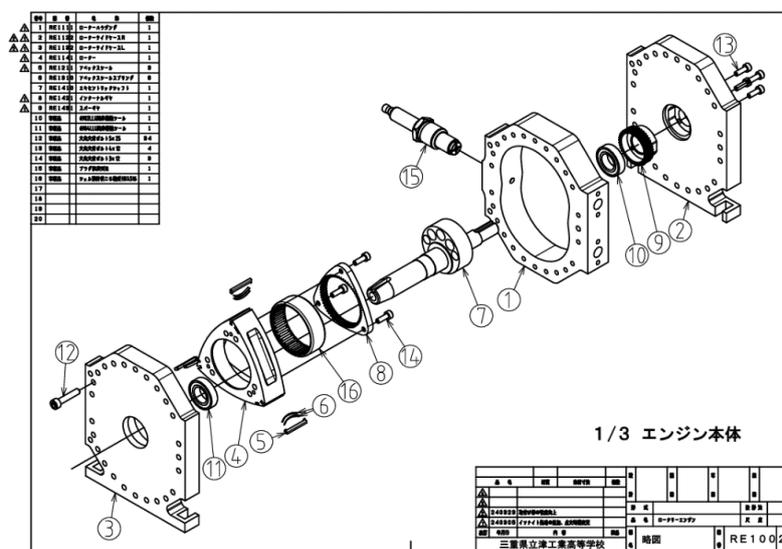


図1 製作したロータリーエンジンの構成部品

2. 目的

目的は、エンジンを完成させることではなく、製作工程を通し、以下のことを生徒に実体験として学ばせることである。

- ・ 図面を基に加工が出来る力を養う

自ら加工工程を決定させることにより、工作機械の能力や特性を把握することが出来る。

- ・ エネルギーマネジメントを学ぶ

減速機構や力のモーメントを学習し、必要なトルクを効率よく取り出す方法を発見させる。

- ・ 「材料力学」、「流体力学」、「熱力学」、「機械力学」の4大力学の基本を理解させる

適材適所の材料選定、熱ひずみや応力など設計意図をくみ取ることが出来る。

さらに、参加生徒間のコミュニケーションが活性化すること、生徒が成功体験を積み、次の取組みへのきっかけとなること、幅広い進路選択へとつながることを期待する。

3. 実施内容

本件では、機械科に所属する生徒9名が2機のロータリーエンジンを製作した。製作時には指導教員が立ち会い、工作機械の正しい使用方法や安全管理に注力した。

○仕組み、原理、部品構成の確認（4月）

工業高校生にとって自動車のエンジンの仕組みは興味があるものの、詳しいメカニズムについては知識がない。さらに本件で製作するロータリーエンジンについてはアニメや動画サイトで名称を見聞きしたことがある程度である。そこで、基本的な知識を身に付けさせ、自分たちの生活が熟成された先人たちの技術の上に成り立っていることを学ばせた。

○企画・設計、発注（材料・工具・市販部品）（4～6月）

長期手番品を中心に市販部品の選定、発注を先行させた。ロータリーエンジンの構造は、ローターの内側に内歯歯車、その内側にニードルベアリング、さらにその内側に外歯歯車が自転しながら公転する仕組みである。強度を確保しながら、市販品の範疇で小型化を目指すための検討を重ねた。ローター（おむすび型）およびハウジング（まゆ型）については、数式に基づいて忠実に設計した。さらに、マシニングセンター、旋盤加工用治具についても検討し、図面化を図った。

○製作（4～12月）

夏季休業を主体的な活動時間に充てる。マシニングセンターなどの数値制御の工作機械は夜間自動運転により作業期間の短縮を図る。

・ CAD/CAM

設計を基にマシニングセンター用の加工データを作成する。使用するソフトウェアは10年数年前までは大変高額であったが、現在では教育機関向けに無料配布されている。これら環境の変化も本件を実施する上で後押しとなった。

- ・マシニングセンター（写真2）

構成部品の大半は2.5次元形状のため3軸マシニングセンターで加工した部品を手仕上げ、汎用旋盤、平面研削盤などで追加工を行う。

- ・汎用旋盤（写真3）

エキセントリックシャフトは汎用旋盤により製作する。複数のベアリングが入るため、それぞれに3/100mm程度の精度が要求される。ローターの自転、公転精度を決める重要部品である。

- ・平面研削盤（写真4）

気密を必要とする締結面について回転砥石による研削を施した。ローターとハウジングのクリアランスを2/100mmに保つ加工を行う。

- ・窒化処理

1次試作は、表面処理を施さずに製作した。エンジンの始動はできたものの、ほんの数分で動かなくなってしまった。接触面同士で摩耗が発生し、機密が保持できなくなるためと思われる。

2次試作では、窒化処理（イソナイト処理）を外注した。企業側のご配慮により工場見学をさせていただき、理解を深めることができた。

- ・組立て

ロータリーエンジンは、前述のように構成部品が少ないシンプルな構造である。しかし反面、ロータリー自体が自転しながら公転運動し、ケース内圧力を加減圧させ、吸排気ポートの開閉を行うなど機構は難解である。従って、少ない構成部品相互の関係性が性能に大きく影響するエンジンである。このため、組み立て工程は、目には見えない幾何公差を意識しながら行い、ボルトの締結順、加工交差による隙間のシム調節、など何度も分解組立を繰り返しながらの作業となった。また、キャブレターのセッティングではエアスクリューでは調整しきれず、ジェットの変更を行うなど約1週間を要した。特に始動時にプラグがカブってしまうことによるエンスト対策に苦勞した。電装品についてはCDI点火とし、市販部品を購入して取り付けた。単なるボルトオンではない配線作業を行うことでエンジンの点火機構を学ぶ機会となった。

- ・試運転

2基のエンジンについて試運転を行い目標値の達成を確認した。

目標値 アイドル回転数：2000rpm 連続15分運転
 最高回転数 ：7000rpm



写真2 マシニングセンター作業



写真3 汎用旋盤作業



写真4 平面研削盤作業

○展示

製作したロータリーエンジンはイベントに展示し、取り組みを広くアピールした。魅力ある取り組みとして反響があり、工業高校の魅力発信の一役を担った。

- ・ 8月20日 高校生活入門講座
- ・ 8月24日 三重県工業高校生フェア
(みえこどもの城)
- ・ 10月2日 津工業高校文化祭
- ・ 10月26日 全国産業教育フェア栃木大会 (写真5)
(栃木県宇都宮市)



写真5 全国産業教育フェア

○まとめ (11～12月)

製作の一部始終の記録に努める。課題の洗い出しにより改善点を見出す。

4. まとめ

今回の取り組みにより、生徒が自らロータリーエンジンが完成し、成果も十分に得られた。私が印象に残っているのは土日返上で黙々と作業に打ち込む生徒たちの姿である。活動は強制するものではなかったが、活動日には休むことなく取り組んでいた。学年の枠を超え、苦楽を共にする強い仲間意識が芽生えていると感じた。

本校では例年、自作フレームに50ccエンジンを搭載したゼロハンカー (写真6) を製作し、競技会に参加している。ゼロハンカーに搭載されるエンジンは市販原付バイクのエンジンである。そこで、今後は自作ロータリーエンジンを搭載したゼロハンカーの製作も計画したい。ゼロハンカーはパイプ1本より生徒たちが車両を作り上げる。さらに、エンジンも自作した車両で競技ができれば、より高度なものづくりといえる。そして、高校生だけでなく、大学、職業能力開発校、企業チームなどにも参加を促す試みになる。大会を通して高校生が大学生、社会人と交流を持てる機会を築きたい。また、本件のエンジンが競技会を通し、多ローター化や大排気量化など優れた自作エンジンが開発されるきっかけとなることを期待する。



写真6 ゼロハンカー

謝辞

この活動を推進するにあたり、公益財団法人天野工業技術研究所工業教育研究助成を賜り、通常の教育活動では実施できないような製作研究活動が実施できたことは生徒にとって非常に有意義な活動となりました。ここに厚く感謝の意を表します。

以上