

## 課題情報シート

|          |              |        |       |      |              |
|----------|--------------|--------|-------|------|--------------|
| テーマ名 :   | 蒸気エンジンの設計・製作 |        |       |      |              |
| 担当指導員名 : | 北 正彦         | 実施年度 : | 25 年度 |      |              |
| 施設名 :    | 東海職業能力開発大学校  |        |       |      |              |
| 課程名 :    | 専門課程         | 訓練科名 : | 生産技術科 |      |              |
| 課題の区分 :  | 総合制作実習課題     | 学生数 :  | 4     | 時間 : | 12 単位 (216h) |

### 課題制作・開発のポイント

#### 【開発（制作）のポイント】

本課題では、蒸気エンジンを製作することにより直接的な技術習得となる、放電、切削などの加工、機械操作、CAD 等の技術とともに、座学のみではなかなかイメージしにくい熱力学や制御技術の習得を目的としました。材質に関しては、主材料について、当初 SUS303 等のステンレスを考えましたが加工性が問題となり、耐腐食性も良好な A5052 に変更し、良好な結果を得ました。干渉、バルブタイミング等の検証も含め、早い時期での 3D×CAD の利用があります。ボイラーについては、製作および安全の観点から、市販の模型用ボイラーを用いました。

【参考文献】大人の科学マガジン-V ツイン蒸気エンジン-、(株)学研教育出版(2014)

#### 【訓練（指導）のポイント】

指導のポイントとして、「興味をもって」をキーワードに、訓練の初期段階で参考文献等を具体的サンプルとして提示し、その原理、構造について報告させました。あわせて、機関車の歴史から蒸気機関を調べさせ、その原理、構造について、主となる事柄を調べさせました。その後、カルノーサイクルを基にサンプルのサイクルを考えさせ、コンプレッサーのサイクルとして報告させました。実蒸気機関におけるサイクルへの展開は難解であり、熱力学で考える足掛かりとしての位置付けとしました。動作の理解、干渉、バルブタイミング等の検証には、早い時期の 3D×CAD の利用が効果をあげると考えます。

本課題の実施は 1 年目ですが、課題が持つ関連技術の裾野の広さから、継続課題として複数年で取り組むことが必要と考えます。

### 課題に関する問い合わせ先

施設名 : 東海職業能力開発大学校  
住所 : 〒501-0502 岐阜県揖斐郡大野町古川 1-2  
電話番号 : 0585-34-3601 (代表)  
施設 Web アドレス : <http://www3.jeed.or.jp/gifu/college/>

課題制作・開発の「予稿」および「テーマ設定シート」

次のページ以降に、本課題の「予稿」および「テーマ設定シート」を掲載しています

# 蒸気エンジンの設計・製作

東海職業能力開発大学校  
生産技術科

## 1. はじめに

自動車で使用されるガソリンエンジンも、その技術の基本は、蒸気機関の発展を支えた熱力学が大きく関わっている。昔は、船や列車などの動力源はすべて蒸気機関であり、それを実現するためにピストン、カム、リンク機構を利用している。それらを学ぶことは、技術を習得する上で重要であり、とても興味を持ち今回の課題テーマとして決定した。

## 2. 仕様

蒸気エンジンの全体図を図 1、仕様を表 1 に示す。本機は動力シリンダーの上に切り替えシリンダーを配置する、蒸気機関車において最も一般的なエンジン構造としている。シリンダーを重ねることで、吸気および排気ポートの距離を最短にすることができ、外形状を幅の等しい直方体として、組立時に必要となる高精度な位置決めを容易にできるようにした。さらに、車輪が動く様子をイメージした負荷装置を接続し、蒸気機関として見せる要素を付加した。

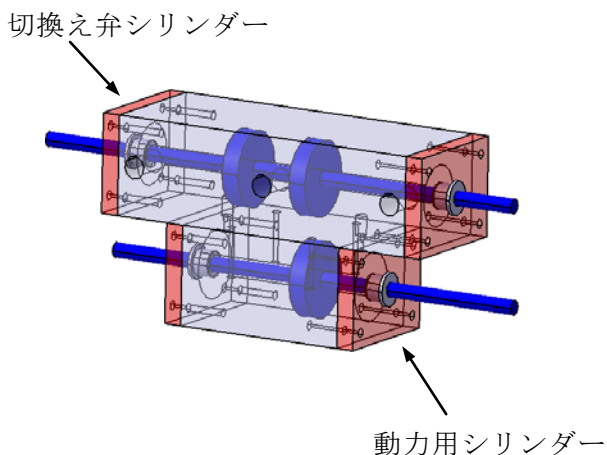


図 1 エンジン全体図

表 1 仕様表

|                          |                                |
|--------------------------|--------------------------------|
| 全長                       | 90mm                           |
| 全幅                       | 36mm                           |
| 全高                       | 52mm                           |
| 重量                       | 3.34kg                         |
| 排気量                      | 6cc                            |
| 燃料                       | 水(水蒸気)                         |
| 動力用シリンダー<br>(ボア×ストローク)   | $\phi 18 \times 34\text{mm}$   |
| 切り替え弁シリンダー<br>(ボア×ストローク) | $\phi 16 \times 22.3\text{mm}$ |

## 3. 動作原理

蒸気エンジンの動作の流れを図 2 に示す。蒸気エンジンは、ボイラーで発生させた水蒸気のエネルギーを、主機構を構成するピストン・クランク機構によって往復運動とし、次いで回転運動に変換して運動エネルギーとして取り出す。シリンダーに取り込まれた水蒸気は、シリンダー内で吸気・膨張・排気・圧縮の 4 過程を経ることで、出力軸となるクランク軸に回転運動を生成する。それぞれの過程として、図 2(a) に示す給気過程で A 室に高温の水蒸気が入り、B 室より圧力が大きくなることでシリンダーが右側へ押される。次に図 2(b) の膨張過程で、弁の移動により吸気ポートが閉じるが、A 室には予圧があるためピストンは右に移動を続ける。次に図 2(c) の排気行程で、弁の移動により A 室は排気に切り替わり、圧が急激に下がることでピストンは左に移動する。さらに、図 2(d) の圧縮過程で、弁の移動により A 室の排気ポートが閉じるが、B 室の圧力が高いためピストンは左に移動を続け A 室は圧縮される、次に弁の移動により A 室は図 2(a) の給気過程に戻り、このサイクルを繰り返すことでエンジンは回転する。

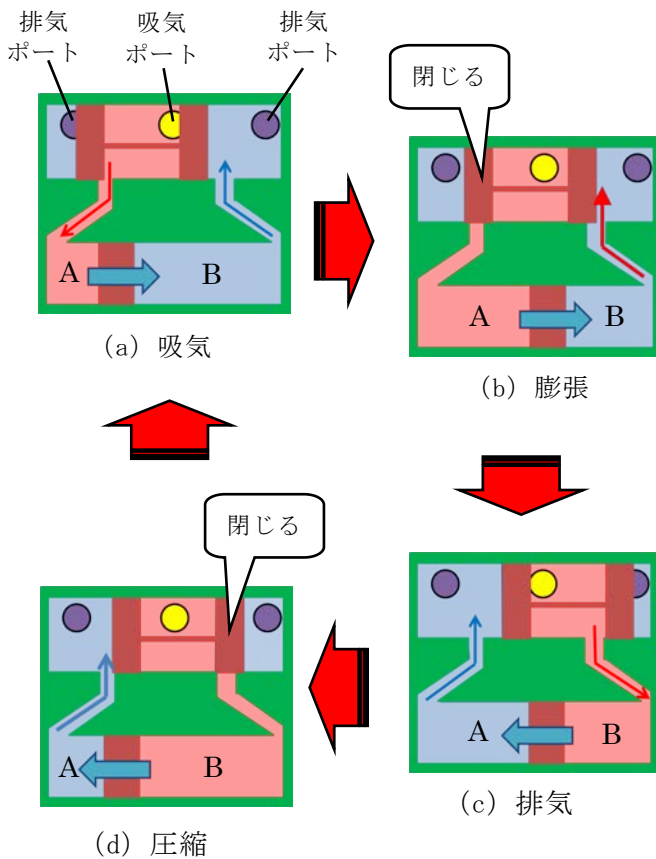


図2 蒸気エンジンの動作サイクル

#### 4. 設計製作

エンジンの主材料として、当初ステンレス (SUS303) を検討していたが、軽量化と作業効率を上げるためにアルミ合金 (A5052) に変更した。リンク部の動きを理解するためにボール紙で試作をし、その後、寸法など仕様に合うようにポンチ絵にまとめ、CADにより設計、加工、組立を行った。基本形状となる六面体製作にはフライス盤を使用した。精度を要するシリンダー、ピストンはそれぞれワイヤー放電加工機、汎用旋盤を用いてミクロン単位の精度を目指した加工を行うことで、ピストンとシリンダーのはめあいをクリアした。車輪部は、ジグを用いマシニングセンタで加工を行った。組立において、3DCADによる正確な組立図を作り、それを基に組立を行った。図3に組立てをえたエンジンの外観を示す。

#### 5. 反省点

リンク棒がつながるクランク部が正常に回らない。原因として3枚の円盤にあけた接続用の穴が直線状に配置できておらず歪んでいることが考えられる。解決策として、軸のずれを直すための受け部の構造変更や加工方法変更が必要と考える。さらに、発注に際してもミスがあり、作業遅れや部品数不足が発生した。

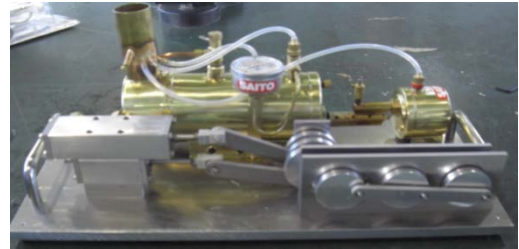


図3 完成図

#### 6. おわりに

今回蒸気エンジンを製作して、自分たちのあまり知らなかった熱力学や、エンジンの機構、歯車の減速比、リンク機構などの設計・製作の難しさの体験を通して学ぶことができた。さらに、スケジュール立て、管理、計画性を持って作業すること、仲間との意思疎通を図ることの大切さについて学んだ。製作では、メンバー内のスケジュールが調整不足から、製作が進まずそのために発表ギリギリまですることとなってしまった。この失敗からスケジュール管理を怠らず、決められた時間内に品物を作るというのがとても重要だということ学んだ。この経験は、今後のものづくりで役立てていきたいと考える。

#### 参考文献

- (1) 大人の科学マガジン  
Gakken 著
- (2) ライブスチームの部屋  
<http://www.over-rabbit.com/hobby/live-steam/>
- (3) 蒸気機関車の機構学 KC5 ブログ  
<http://kc57.blog.shinobi.jp/>
- (4) 機械系大学講義 蒸気原動機  
谷口 博 工藤 一彦 著

# 課題実習「テーマ設定シート」

作成日： 9月30日

科名：生産技術科

| 教科の科目  |                                | 実習テーマ名    |  |
|--|--------------------------------|-----------|--|
| 総合制作実習   |                                | 蒸気エンジンの製作 |  |
| 担当教員   |                                | 担当学生      |  |
|  |                                |           |  |
|  |                                |           |  |
|  |                                |           |  |
|  |                                |           |  |
| 課題実習の技能・技術習得目標   |                                |           |  |
| <p>蒸気エンジンの製作では、設計、加工工程の作成、機械加工、組立て・調整、検査・評価・報告までのものづくりに係る一連の工程を実習を通して習得することで、実際に適応する技能・技術を身につけます。さらに製作スケジュールの作成、必要な機材の確認、役割分担等、チームワークやコミュニケーションについても身につけます。</p>  |                                |           |  |
| 実習テーマの設定背景・取組目標  |                                |           |  |
| 実習テーマの設定背景   |                                |           |  |
| <p>今日ではエンジンといえばガソリン等の内燃機関が主流であるが、エンジンの基礎理論である熱力学は蒸気機関の発展とともに確立されてきた歴史があります。蒸気機関は、産業革命から始まる機械発展の歴史においても、長きにわたってその中心を担ったことから、現代の機械技術に直接結びついた多くの理論や、機構、システムなどの設計、製造法について、具体的に垣間見ることができる課題と考え取り組むこととしました。</p>          |                                |           |  |
| 実習テーマの特徴・概要  |                                |           |  |
| <p>蒸気機関はその構造において4節リンク機構、カム機構、電動機構等の機械の基本機構がふんだんに、かつ巧妙に用いられており、それらを先人たちの努力、創意工夫とともに理解するだけでも十分な学習効果を得ることができます。実習を通して構造、部品の機械加工の手順、機器の使用方法、役割分担表や製作スケジュールの作成、進捗管理等を学びます。課題の成果物として、部品図、組立図、加工手順書、発表資料、報告書などを作成します。</p> |                                |           |  |
| No   | 取組目標                           |           |  |
| ①  | 課題を完成させ、動きの確認を行います。            |           |  |
| ②  | 個人ごとに、作業管理を行い、完成目標に向かって取り組みます。 |           |  |
| ③  | 組立図、部品図の作成を行います。               |           |  |
| ④  | 作業手順書を作成し、加工を効率よく行えるようにします。    |           |  |
| ⑤  | 機器の使用方法的確認と安全な作業に取り組みます。       |           |  |
| ⑥  | グループメンバーの意思疎通を図り、協力体制を構築維持します。 |           |  |
| ⑦  | 課題を通して、グループ全員の加工技術の向上を目指します。   |           |  |
| ⑧  | 作業に遅延を発生させないように努めます。           |           |  |
| ⑨  | 報告書の作成、展示、発表会を実施します。           |           |  |
| ⑩  |                                |           |  |