

課題情報シート

テーマ名：	ミニチュア油圧システム教材の製作		
担当指導員名：	上村 友弘	実施年度：	28 年度
施設名：	北海道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	学生数：	2
		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】

FESTO 社製の透明油圧モデルは小型・軽量で持ち運びが容易であり、本体がアクリル樹脂で製作されていますので、内部構造や弁の動作、作動油の流れが観察できる構造になっており、油圧システムの仕組みの理解を促進していると思われます。しかし、機器特性試験や基本油圧回路の動作実験の機能がなく、教材としては不十分です。そこで、この透明モデルにシリンダ装置等を付加し油圧機器や油圧基本回路の動作実験ができるようにすれば、可搬式の油圧システム教材になります。それによって、本校での使用のみならず、出張セミナーでの利用も可能となります。

【訓練（指導）のポイント】

油圧装置の製作を行いますので、事前に流体に関する基礎理論および油圧機器の基礎知識の習得が必要となります。また、機器製作に伴う材料や機械設計、機械加工の知識技能も必要となります。

課題に関する問い合わせ先

施設名：北海道職業能力開発大学校
住所：〒047-02923 北海道小樽市銭函 3 丁目 190 番地
電話番号：0134-62-3553（代表）
施設 Web アドレス：<http://www3.jeed.or.jp/hokkaido/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。

課題実習「テーマ設定シート」

科名：生産技術科

教科の科目		実習テーマ名	
総合制作実習		ミニチュア油圧システム教材の製作	
担当教員		担当学生	
生産技術科 上村 友弘			
課題実習の技能・技術習得目標			
ミニチュア油圧システム教材の製作を通して、機械設計・製図、各種機械加工、塑性加工、溶接技術、手仕上げ加工、組み立て調整等の総合的、実践的な技能・技術を習得する。また、課題に取り組む中でチームワーク作業、スケジュール管理、ヒューマンスキルについても習得できる。			
実習テーマの設定背景・取組目標			
実習テーマの設定背景			
本実習のテーマは、油圧・空気圧制御や能力開発セミナー等において、油圧基本回路の動作説明時に使用する教材の製作である。既存の油圧回路の教材は実機を使用しており、形状および重量が大きく、使用時に応分の体力が要求されるだけでなく、現在設置されているポリテクセンター北海道でしか利用することができない状況であり、不自由が強い。もし、ミニチュアサイズの油圧回路実習装置があれば、当大学校での使用のみならず、出張セミナーにも広く使用することが可能となる。そこで、現在廃盤となっている FESTO 社の油圧回路教材をモデルとして、内部回路の動作が目視できるように透明樹脂を使用したミニチュア油圧システム教材の製作を行うことにした。			
実習テーマの特徴・概要			
ミニチュア油圧システム教材は、実機を使用した実習装置と同程度の実習ができるようにするため、以下の仕様を具備するものとする。			
- 一人でも持ち運び可能なサイズとし、総重量を 20kg 以下とする。 - 各種制御バルブは内部が目視できるように透明構造とすること。 - 基本油圧回路の動作実験が可能なこと。 - 回路の組み替え等の操作が容易なこと。 - 使用して安全であること。			
No	取組目標		
①	材料の選定、加工法の検討、コスト意識、スケジュール管理意識を学ばせる。		
②	各種油圧機器について学習させる。		
③	2次元CADによる機械装置の設計、製図について習得させる。		
④	実習を通して設計から組み立て調整までの一連の流れを習得させる。		
⑤	課題を通して、機構設計の重要性、また軽量化について実践的な知識を習得させる。		
⑥	報告・連絡・相談を怠らず、作業に遅延を発生させないようにする。		
⑦	中間発表及びまとめの発表会、梗概集の作成を行わせる。		
⑧	5 S（整理、整頓、清掃、清潔、躰）の実現に努め、安全衛生活動を行わせる。		

ミニチュア油圧システム教材の製作

1. はじめに

現在、本校では4分野 100 コースを超えるさまざまな能力開発セミナーが開講されている。機械系分野では、油圧に関するセミナー（以下、油圧セミナーと略す）がある。

1.1 油圧セミナーの需要

表1は過去4年間に本校および北海道職業能力開発促進センター（以下、北海道センターと略す）で実施された油圧セミナーの実績を表したものである。本校で実施された過去4年間の油圧セミナー平均受講者数は9.8人/コースである。また、昨年度本校にて実施された全セミナーの1コースあたりの平均受講者数は4.4人（セミナー数121コース、受講者数543人）であるので、油圧セミナー需要の高さがわかる。

このように多くの受講者数を見込める油圧セミナーであるが、本校には油圧システム教材等の実習設備が無いので、実施することができない。そこで、現在は北海道センターの機材と場所を借用して実施している。また、油圧セミナーの多くの受講者は苫小牧地区から来ており、当該地区事業所の構成状況から、今後もその傾向は継続すると思われる。

表1 油圧セミナー受講者数の実績

【単位：人】

年度	油圧セミナー			
	H25	H26	H27	H28
セミナーコース数	1	2	1	1
受講者数	12	20	4	13
1コースあたりの受講者数	12	10	4	13
H25～H28の受講者数平均				9.8
H25～H28の受講者数計				49

1.2 2つの油圧システム装置

北海道センターが所有する油圧システム教材には、トキメック社（現 東京計器株式会社）製の油圧ユニット・バルブスタンド（以下、油圧ユニットと略す）と、FESTO社製の透明油圧モデル（以下、透明モデルと略す）がある。

前者の油圧ユニットは機器特性試験や基本油圧回路の動作実験を行えるので、油圧セミナーの実習に適すると思われる。しかし、各構成機器は実機で装置の重量が大きく、その取り扱いに大きな労力が必要となり、本校等へ移動・設置することはほぼ不可能なのが難点である。

後者の透明モデルは、小型・軽量で持ち運びが容易である。また、本体がアクリル樹脂で製作され、内部構造や弁の動作、作動油の流れが観察できる構造になっており、油圧システムの仕組みの理解を促進していると思われる。しかし、機器特性試験や基本油圧回路の動作実験の機能がなく、教材としては不十分である。そこで、この透明モデルにシリンダ装置等を付加し前述の動作実験を実施できれば、可搬式の油圧システム教材となる。それによって、本校や苫小牧地区への出張セミナーの実施も現実化できる。

2. 製作

油圧セミナーで使用される教材として現存の透明モデルを基に、以下の機能を有する油圧システム教材の製作を行うことにした。

I. 基本油圧回路

i. 速度制御回路

- ① メータイン回路
- ② メータアウト回路
- ③ ブリッドオフ回路

ii. 自重落下防止回路

iii. 背圧制御回路

II. 機器の特性試験

i. リリーフバルブの圧力オーバーライド特性

ii. 流量制御弁の流量特性

今年度は初年度であるので、シリンダの動作実験が行えるミニチュア油圧システム教材（以下、ミニ油圧モデルと略す）を製作した。図1に今年度製作したミニ油圧モデルを示す。次項より、これらの構成機器について述べる。

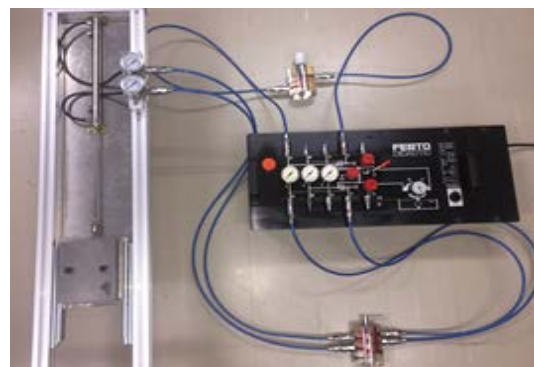


図1 今年度製作したミニ油圧モデル

2.1 ポンプ・タンク装置

ミニ油圧モデルには故障した FESTO 社製のポンプ・タンク装置を修理・改造し、使用する。入手時、ポンプとモータの接続部のスペーサが欠品していたので製作した。

この装置ではポンプはタンク内に、モータはタンク壁を介してタンク外に取り付けられる構造になっている。作動油がタンク外に漏れ出ないように、ポンプとモータの接続部を密封する必要がある。FESTO 社製のポンプ・タンク装置のシールには液体ガスケットを使用していたが、密封性の向上を目的として、ポンプ側のフランジにリング溝の追加工を行い、O リングが装着できるように改造し、組み付け時には O リング周りに液状ガスケットを併用した。図 2 に改造後のポンプとモータの接続部を示す。

また、FESTO 社製のポンプ・タンク装置の電源電圧は AC 220V なので、国内の電源コンセント AC 100V では直接使用できない。そこで、一般の電源コンセントから電源供給できるように昇圧トランスを装置内に内蔵することにした。それに伴い制御部のケースを大きく作り替える必要があったので、厚さ 1mm の鋼板をレーザー加工機で加工し、バンディングマシンを用いて折り曲げた後、溶接で接合し、製作した。さらに制御部のケース延長にあわせ、上部パネルの延長部分は厚さ 5mm の A2017 板をワイヤ放電加工機で加工し製作した。

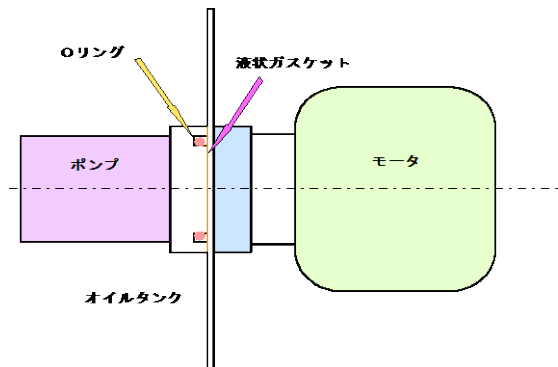


図 2 改造後のポンプとモータの接続部

2.2 リリーフバルブ

リリーフバルブはライン圧力が高くなるのを抑え、油圧系統の圧力を一定に制御する働きをもつ圧力制御弁の 1 つである。今回製作した直動形リリーフバルブは構造が簡単で、少ない流量の圧力制御に適するが、欠点として圧力オーバーライドが大きいのと自励振動を起こしやすい特徴をもつ。

本体は耐衝撃性に優れたポリカーボネート樹脂を、弁体は SUS303 を使用して汎用機で加工し、製作した。図 3 は今回製作したリリーフバルブである。



図 3 製作したリリーフバルブ

2.3 方向制御弁

方向制御弁は、シリンダの往復動作の制御を行うものである。今回製作した方向制御弁は、シリンダを中間位置で止められる 3 ポジション 4 ポートスプール弁とした。本体はポリカーボネート樹脂を使用し汎用機で加工した。内部のスプールは SUS303 を使用して直線溝は汎用機で、らせん溝は NC 加工機を使用して加工した。図 4 は今回製作した方向制御弁である。

また、スプールには本体との隙間から油漏れを防止するのに O リングが装着されている。透明モデルの方向制御弁に使用されていた O リングは、JIS B2401-P 系列にない寸法のものであり、入手が困難だった。そこで入手しやすい O リングを使用できるように、リング溝を JIS B2401-P 系列に沿った寸法に修正・加工し、製作した。



図 4 製作した方向制御弁

2.4 接続用ホース

油圧システム教材の構成機器間をつなぐ接続用ホースには、コガネイ社製のソフトナイロンチューブ SN6-BU を使用した。透明モデルには FESTO 社製のウレタンチューブ PU-4 が使用されており、このウレタンチューブの使用圧力は使用温度 20℃において 0.8 MPa である。また、ソフトナイロンチューブは使用圧力が同温度で 1 MPa とより高い圧力に耐えうるものである。油圧システム教材で想定している最大使用圧力は 1 MPa なので、それに耐えられるソフトナイロンチューブを選定した。加えて、ソフトナイロンチューブの破壊圧力は同温度で 4.5 MPa である。

チューブの両端には差し替えがしやすいワンタッチのカプラを使用した。選定した接続用カプラは、NITTO KOHKI 社製のコンパクトカプラである。このコンパクトカプラは、透明モデルに使用されていた FESTO 社製のカプラより安価であり、流路面積がやや広いものである。これにより流路抵抗を低減でき、流量特性はより高い傾向になる。

2.5 作動油

今回、作動油は入手しやすい自動車用のオートマチックトランスミッションフルード（以下、ATF と略す）を使用した。一般的な ATF は粘度が VG40 程度であり、油圧システム教材の作動油としての使用に適する粘度を持っている。また、作動油が赤色に着色されているので作動油の流れが見えやすく、油圧システムの仕組みの理解につながると思われる。

2.6 シリンダ

シリンダは油圧の動力を直線運動に変える働きをもつ油圧機器の 1 つである。今回は、シリンダの動作実験の実現を目標としている。ポンプの最大使用圧力が空気圧機器と同程度の 1 MPa だったので、在庫品であるコガネイ社製の複動片ロッド形空気圧シリンダを代用した。各速度制御実験において、動作状態の確認がしやすい $\phi 16 \times 200$ mm というストローク寸法が長いシリンダを選定した。シリンダは垂直下向きに取り付け、ピストンロッドが引張方向の負荷に使用される。

3. 構成機器特性の計測

流量の測定には、日東精工社製小型オイルメータ RE10LF（以下、流量計と略す）を使用した。使用する前にこの流量計の検定を行った結果、測定値が 1.4% ほど大きく表示されたので、流量計から読み取った値に係数 (0.986) を掛けて補正し、測定流量値とした。

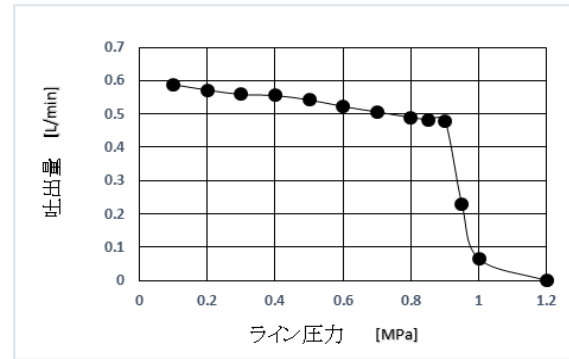


図5 ライン圧力とポンプ吐出量の関係

3.1 ポンプ吐出量の計測

図5はライン圧力とポンプ吐出量の関係を示す。ポンプを最高回転にして、ポンプとタンクの間に流量計とスロットルバルブを接続した状態で、スロットルバルブの開度を小さくしていったときのポンプ吐出量の変化を示している。ライン圧力の上昇とともに流量はわずかに減少し、ライン圧力が 0.9 MPa において 0.47 L/min のポンプ吐出量が得られた。測定時の平均油温は 29.5℃であった。ライン圧力が 0.9 MPa 以上になると、流量の急激な減少がみられた。このポンプを用いて、前述の空気圧シリンダを駆動したときのシリンダ速度と最大出力の考察は後述する。

3.2 リリーフバルブの圧力オーバーライド特性

図6に製作した直動形リリーフバルブの圧力オーバーライド特性を示す。リリーフ圧力を 0.8 MPa に設定後、ライン圧力を徐々に上昇させていったときのリリーフ量を示している。測定時の平均油温は 33.6℃である。リリーフが開始するクラッキング圧力は 0.6 MPa を超えたところであり、リリーフ量は直線的に増加している。これは直動形リリーフバルブの一般的な性質を表しており、圧力オーバーライドは 0.2 MPa とやや大きな値となった。

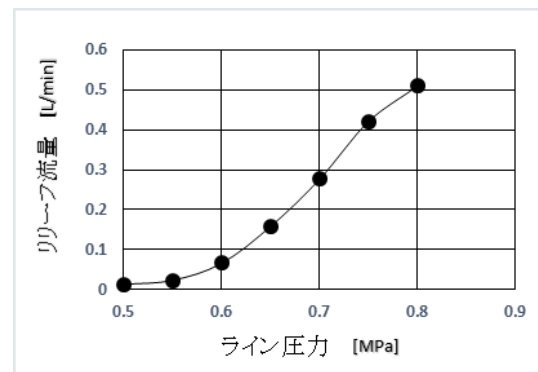


図6 圧力オーバーライド特性

4. シリンダの出力性能の計算

シリンダに負荷をかけたときの速度とシリンダにかかる最大出力について計算した。

4.1 シリンダ速度

前述の空気圧シリンダを垂直に取り付け、50Nの負荷をかけたときのシリンダ速度を求める。

シリンダ径： $D_s = 0.016$ [m]

ピストンロッド径： $D_p = 0.005$ [m]

負荷荷重： $F = 50$ [N]

圧力： P [MPa]

シリンダの受圧面積 A は、

$$\begin{aligned} A &= \pi/4 \times (A_s^2 - A_r^2) \\ &= \pi/4 \times (0.016^2 - 0.005^2) \\ &= 181.4 \times 10^{-6} \text{ [m}^2\text{]} \end{aligned}$$

圧力 P は、

$$\begin{aligned} P &= F/A \\ &= 50 / (181.4 \times 10^{-6}) \\ &= 0.28 \text{ [MPa]} \end{aligned}$$

図3より圧力が0.28 MPaのとき、ポンプ吐出量は0.56 L/minである。 $(9.33 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s})$

連続の式 $Q = V \cdot A$ より速度 V を求めると

$$\begin{aligned} V &= Q/A \\ &= (9.33 \times 10^{-6}) / 181.4 \times 10^{-6} \\ &= 5.14 \times 10^{-2} \text{ [m/s]} \\ &= 51 \text{ [mm/s]} \end{aligned}$$

よって、シリンダに50Nの重りを下げたときのシリンダ速度は51 mm/sであることがわかる。

4.2 シリンダの最大出力

前述の空気圧シリンダにかかる最大出力を求める。また、シリンダにかかる圧力は1MPaとする。

$P = F/A$ で推力 F を求める

$$\begin{aligned} F &= P \times A \\ &= (1 \times 10^6) \times (181.4 \times 10^{-6}) \\ &= 181.4 \text{ [N]} \end{aligned}$$

よって、シリンダの最大出力は181Nである。
また、実際にバネばかりを用いてシリンダの出力を測定したところ、ライン圧力0.5MPaのとき90Nであった。ポンプの最大圧力は1MPaであるから、2倍した約180Nが最大出力になり、計算値とほとんど合致した。

5. おわりに

油圧システム教材の製作を行って、次のことがわかった。

○改修したポンプ・タンク装置の性能はライン圧力とポンプ吐出量の関係からライン圧力0.9 MPa、ポンプ吐出量0.47 L/minである。

○ポリカーボネート樹脂製の直動形リリーフバルブと手動操作の方向制御弁の製作を行い、油圧システム教材として使えることを確認できた。

○空気圧シリンダを代用したシリンダ装置の性能は、最大負荷荷重180N、負荷荷重50N時のシリンダ速度は51 mm/sである。

シリンダの往復動作を確認できたので、今年度の目標は達成できたといえる。

本実習では、生産技術科の実習で行わなかった加工も多く、切削加工の難しさを改めて痛感した。特にポリカーボネイト等のプラスチックの切削加工は未経験であったので試行錯誤が必要であった。良質な仕上げ面を得られるように加工条件を求めていった。

また、ネジやOリング等の部品はJIS規格等で造られており、確認しないと加工精度を出せず、油漏れしてしまうのでものづくりには細かく調べることが大事だと認識した。今後は金属だけでなく、プラスチック等の加工法や知識を身につけることがものづくりに携わる技術者には必要であり、今後さらなる努力を続けることが重要だと感じた。

6. 謝辞

今回ミニチュア油圧システム教材の製作を行うにあたり、終始ご指導頂いた生産技術科 上村 友弘先生に深く感謝申し上げます。また、部品の加工について何かと面倒をみていただいた生産技術科の先生方ならびに、半自動加工機の手操作や加工法について懇切丁寧に御教示くださった生産機械システム技術科 伊藤 隆志先生に心から御礼申し上げます。

また、リリーフバルブの調圧スプリングの設計・製作を快く引き受けてくださった、相互発條株式会社技術研究所課長 児玉 行央様に心より御礼申し上げます。

参考文献

- 不二越ハイドロニクスチーム：新・知りたい油圧 基礎編
株式会社ジャパシマシニスト
- KOGANEI：総合パーソナルカタログ
株式会社コガネイ
- 高橋 徹：わかりやすい機械教室 油圧の基礎と応用
東京電機大学出版局