

試行錯誤の結果自立運動に成功した装置の写真と諸元を図 3-1 と表 3-2 に示す。

ディスプレイサチャンバは, 図 3-2 のような形状だが, その他にディスプレイサチャンバの上部に若干の死容積が存在する。

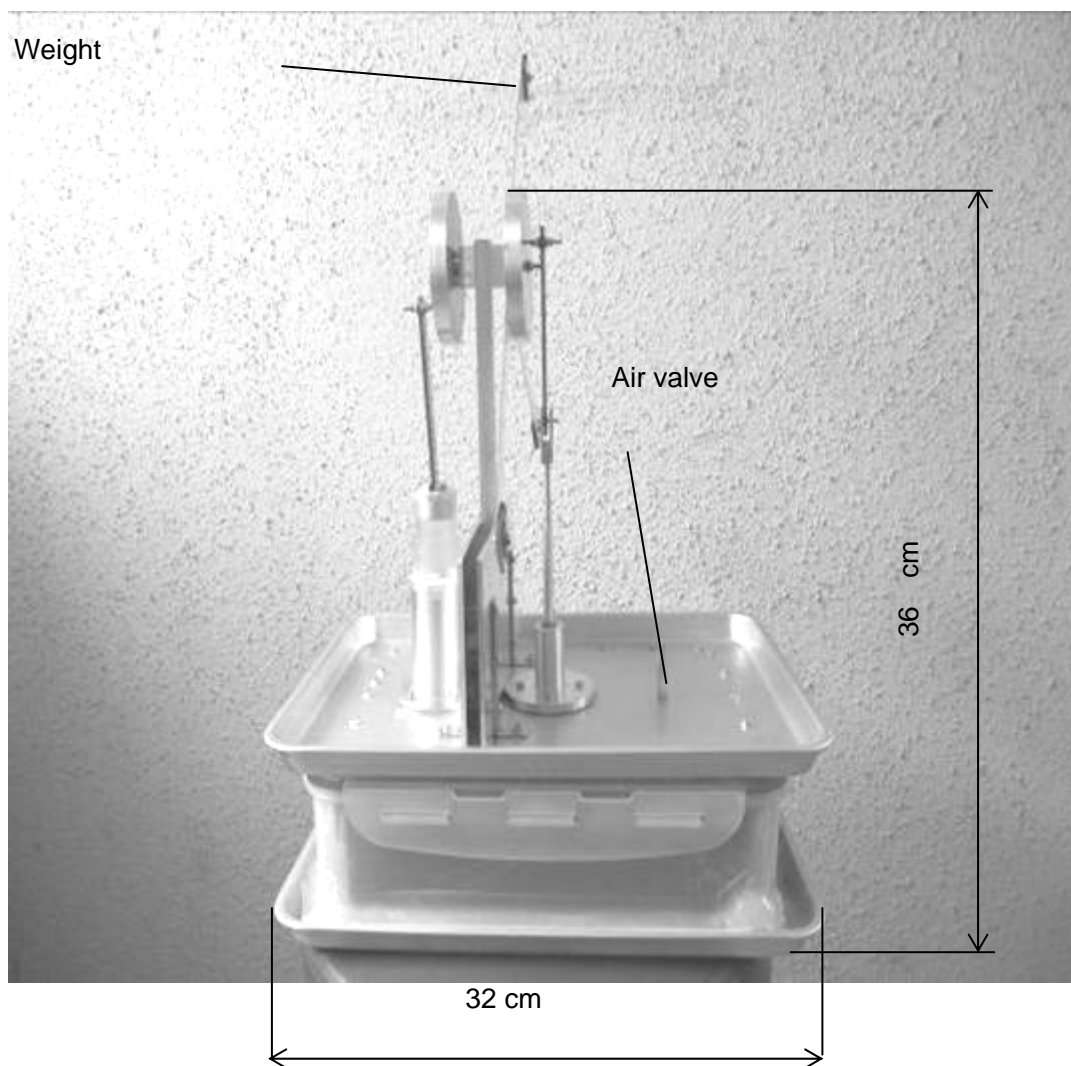


Fig.3-1 Structure of LTD stirling engine

Table 3-2 Specification of LTD model Stirling engine

Buffer Pressure		0.10 Mpa
Phase Angle		90°
Power Piston	Diameter	3.26 cm
	Stroke	5.0 cm
	Cross Section Area	8.3 cm <sup>2</sup>
	Stroke Volume	41.5cm <sup>3</sup>
Displacer	Shape size [cm]	Rectangular 22.0 × 19.8 × 0.5
	Stroke	4.5 cm
	Cross Section Area	435.6 cm <sup>2</sup>
	Stroke Volume	1960.2 cm <sup>3</sup>
Displacer Rod Cross Section Area		0.7 cm <sup>2</sup>
Height of Dead Space in Displacer Chamber	Compression Area	1.9 cm
	Expansion Area	0.4 cm
Path Between Piston Cylinder and Displacer Chamber		8.3 × 0.1 cm <sup>3</sup>

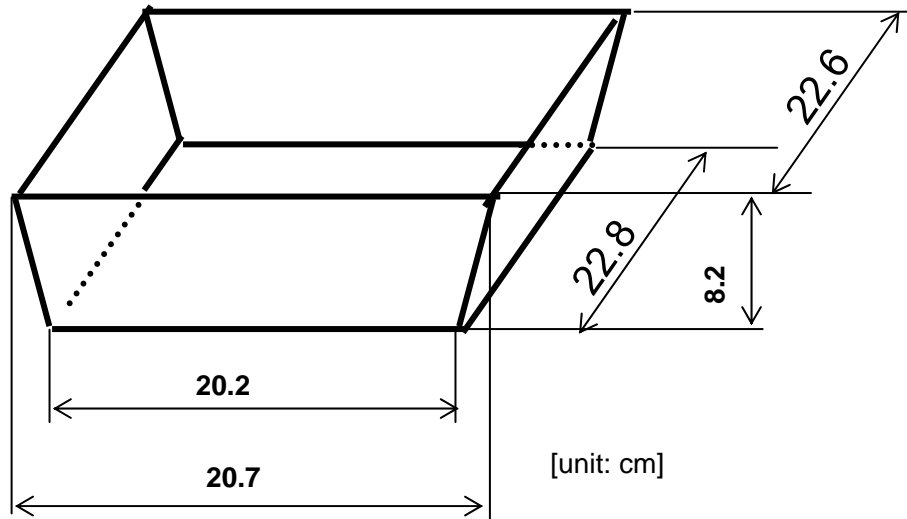


Fig.3-2 Shape of displacer chamber



Fig.4-1 Structure of testing LTD stirling engine

Table 4-1 Specification of LTD model Stirling engine

Buffer Pressure		0.10 Mpa
Phase Angle		90°
Power Piston	Diameter	3.26 cm
	Stroke	4.9 cm
	Cross Section Area	8.3 cm <sup>2</sup>
	Stroke Volume	40.7 cm <sup>3</sup>
Displacer	Shape size [cm]	Rectangular 16.8 × 16.8 × 2.1 cm
	Stroke	2.6 cm
	Cross Section Area	282.2 cm <sup>2</sup>
	Stroke Volume	733.7 cm <sup>3</sup>
Displacer Rod Cross Section Area		0.7 cm <sup>2</sup>
Height of Dead Space in Displacer Chamber	Compression Area	4.3 cm
	Expansion Area	0.8 cm
Path Between Piston Cylinder and Displacer Chamber		8.3 × 0.1 cm <sup>3</sup>

## 付録

- (1) 掃気容積が1リットルを超える装置の製作
- (2) 測定装置を取り付け可能な装置の製作

# スターリングエンジン製作手順

製作するに当たって必要な材料・工具

・ディスプレイサイリンド用の食品保存容器，アルミトレイ 2 枚，厚さ約 5 mm の発泡スチロール，ガラスの注射器，塩ビ板，L 字の金属，M 3 のねじ，M 4 の長いねじ（ディスプレイサロッド用），ナット，ワッシャー，スプリングワッシャー，シリコンシーリング材（バスコーク），シリコン板，マスキングテープ，アルミテープ，ゼムクリップ，チューブ，ティッシュ，新聞紙，マスク，ゴム手袋，クレンザー，ハンドクリーム，接着剤，アクリル板，金属部品加工のためのアルミ

・ドライバー，電動ダイヤモンドカッター，定規，三角定規，カッター，はさみ，テーパリーマ，面取りカッター，ドリル，ねじきり，マジック，霧吹き，ダイヤモンドやすり，やすり，ペンチ，工作用マット，発泡スチロールカッター，大きなガラスの注射器，保護めがね，作業服

## 注射器の切断

注射器は電動のダイヤモンドカッターで少しずつ削っていき切断する．今回は注射器のピストンの長さを出来るだけ長くするために 72 mm，ディスプレイサのストロークが約 25 mm なので注射器ピストンの長さを 41 mm にした．これはピストンとシリンダの長さの差をストロークよりも短くしてしまうとピストンの端とシリンダの端が接触することにより動きが渋くなってしまうため，それを防ぐためである．ここで真っ直ぐに切断できるようにマスキングテープなどを巻きそれを基準に切っていく．切ったときに出る破片が自分の方向に飛んでこないように回転する方向は右手でドリルを持つ人は反時計回りに設定しておき，破片には障らないように気をつける．

少しずつまわしながら満遍なく均等に切断していき，もうすぐで切れるくらい

になるとやすりを使って実際の手で切断する。これは電動のカッターで最後に切断をすると注射器の切り口が割れてしまい真っ直ぐに切れない事がある事と、破片などが飛び散ってしまうことを防ぐためである。

切ったときに出る粉が入らないようにマスクと保護めがねをかけ粉がこぼれないように下に新聞紙などをしく。

切り終わったら、ダイヤモンドやすりで切り口を整え、ピストンとシリンダが滑らかに動くようにする。

## 食品保存容器の加工

食品保存容器を切るときはしるしをつけるために、食品保存容器を切らずに残す長さに紙をカットして帯状のものを用意する。

帯状の紙を食品保存容器の内側に端を合わせながら貼り付けていく。この時角が真っ直ぐな机に置いてはみ出せて隙間から貼り付ける。

紙から少しはみ出すくらいにマジックで食品保存容器にしるしをつけていく。

食品保存容器の外側から紙の端が分かるようにマスキングテープを巻いて印をつける。のこぎりで切っていくが、最初は角を切っていくとやりやすい。霧吹きをしておくとしるしが入らずに飛び散らず、新聞紙を敷いて散らかさないようにする。などの準備が必要である。

切り終わったら切り口をカッターを使って滑らかにしていく。この時後から仕切りの板を入れるときの為に切り取った底の長さを測っておく。これは食品保存容器の上部と底の長さが若干違うためである。食品保存容器のふたを切るときは蓋の隅にのこぎりの刃を入れられるように電動のダイヤモンドやすりで切り口を入れておく。なかなか切り口が入らないためこの作業には時間がかかってしまう。

四隅の R はドリルで細かく穴を開けニッパで穴と穴の間を切って取り除いていく。

切り終わったらカッターやすりなどで切り口のバリを取ってきれいにする。

中心をすぐに出せるようにするために四隅にしるしになる点をいれる。この時マジックなどは点が大きすぎてしまうためカッターで切れ目を入れることによ



りしるしをいれる。

## ・食品保存容器とアルミトレイの取り付け

シーリング材を用いて隙間を作らないように埋めていく。空気の泡が入っていると漏れてしまうことがあるので泡が出来るだけ入らないように最初に底の方にシーリング材の口当てしてから少しずつ上の方に移動していく感じで補填していく。ある程度周りを覆ったらヘラを使って表面が滑らかになるように整えていく。

一日ほど放置しておいてしっかりと固まったのを確認して水を溜めてみて漏れないかを確認する。

ティッシュを当てながら濡れないかを慎重に確かめる。

食品保存容器の蓋の中心の位置をすぐに求められるように紙を四点で結んだ三角形になるように切る。

この紙のそれぞれの辺の midpoint にしるしをつけそれを結んでおく。

これを蓋にしるしを合わせながらずれないように貼り付けて midpoint のしるしの位置にカッターを入れる。

食品保存容器のふたとアルミトレイを接着する。



Fig.A1 Mounting arrangement of cap with aluminum tray

食品保存容器の蓋におよそ等間隔になるようにマジックでねじ穴をあける印をつける。今回は24つM3のねじで接着することにした。

この時蓋の一边に一本余計にねじを止めるなどのしるしとなるものを用意すると、外した時に方向が分かりやすくなる。アルミトレイにはケーキ盆という刻印があるのでそちらを余計にねじがある方とした。

アルミトレイと蓋の位置を合わせて蓋の穴から対角の2箇所アルミトレイにしるしをつけ、最初の2箇所は手作業で穴を開ける。その2箇所の穴をボルトとナットで仮止めをする。それから残り22箇所の穴にマジックでしるしをつける。残りの穴も同じように最初に細めの下穴をあけてからもう一度実際のねじ穴の大きさにする。この作業は手作業だと時間がかかりすぎてしまうため電動のダイヤモンドカッターで下穴、ねじ穴共に開けた。この時注意しなければいけないことは、電動カッターの場合蓋とアルミトレイがずれやすくなるのでしっかりと両方を押さえておきながら作業をしなければならない。全ての穴を開け終わったら実際にそれらの穴をボルトとナットで止められるかを確認する。今回はいくつかの穴が少しずれてしまってなかなかボルトが入らないことがあったがその時はドライバーで回してやると入っていった。

先ほど中心を求めるために蓋につけておいた印を元にカッターで傷を入れる。  
しっかりととめられることが確認できたらアルミトレイを蓋から外す。

次にシリコンシーリング材を用いて蓋とアルミトレイを接着していく。作業の前に手にハンドクリームなどを塗っておくとシーリング材がついたときにはがしやすくなる。また、シーリング材が手などに付いてしまったときの為に沢山のティッシュと新聞紙を用意しておき、ついてしまったときはすぐに水で洗うのではなくティッシュでしっかりとふき取ってから洗うようにする。

蓋の接着面の上にシーリング材を載せていく。この時アルミトレイと合わせると少しはみ出すくらいの量を盛る。しかしはみ出しすぎて蓋と容器がかみ合うパッキンにつかないように気をつけなければいけない。

蓋とアルミトレイをねじ穴をあわせながら重ねる。この時左右が逆にならないように気をつける。

シーリング材が足りないところはマイナスドライバーなどを用いて隙間に入れていく。

シーリング材の量を確認したところでねじを対角締めで取り付けていく。最初に四隅をとめてから残りの穴にボルトを全部通してから最後にナットを取り付けていく。この時あまりボルトを締めすぎてしまうと蓋が変形してしまうので注意する。

全部のボルトを締め終わったら隙間が無いかを確認して無ければ余計なところについたシーリング剤をティッシュでふき取っていく。時間が経つと段々乾いていってしまい取れにくくなるので出来るだけ早くふき取りを済ませるといい。ボルトの周りなどはマイナスドライバーにティッシュを巻きつけてからふき取ると作業しやすい。

## シリンダの仕切り



Fig.A2 Bulkhead of displacer cylinder

塩ビ板で製作する．板で仕切る場所の寸法を測り，塩ビの板に形を描いていく．

描いた形に合わせてはさみを用いて慎重に切断をしていく．

塩ビ板とアルミトレイにそれぞれL字の金属をつける位置にしるしをつけ，その穴にしるしを入れておく．

しるしにあわせて穴をあけ，ボルトとナットでしっかり止められるかを確認する．この時面取りカッターで穴の径を広げ，ネジの頭が外側に出来るだけではないようにする．アルミトレイ側につけるボルトとナットでは仕切りの空間が狭いためナットを手で止められなくなってしまう．このためL字の金属にナットをテープで固定し手で押さえなくても良いようにする．

## 失敗

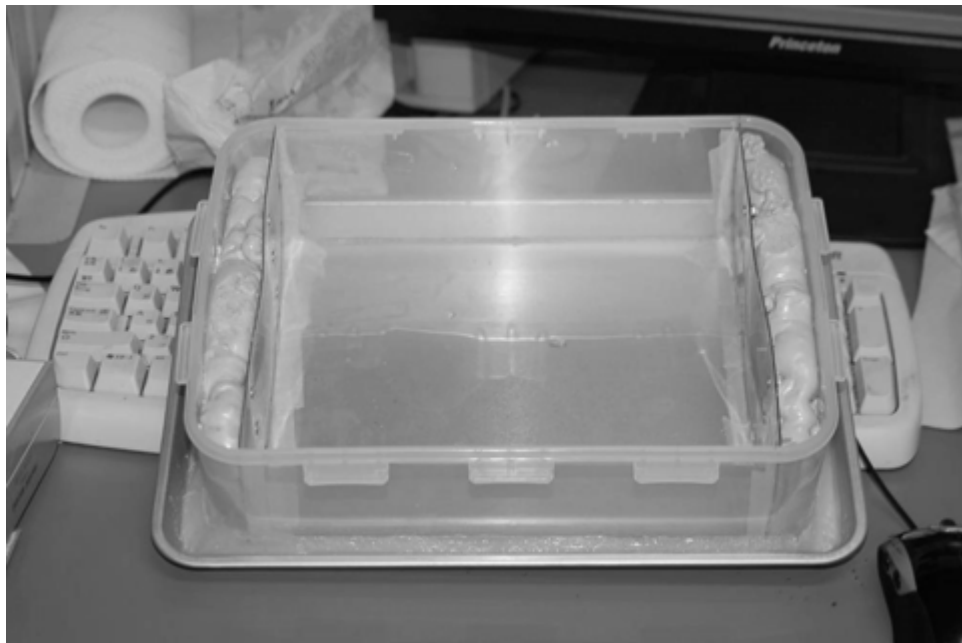


Fig.A3 Case of failre

接着剤を塩ビ版の3辺に塗っていき10分～20分ほど時間を置いてディスプレイサシリンダに取り付ける。取り付けてからネジをとめ1日時間を置く。作業をしてから気づいたのだが接着剤を用いなくてもマスキングテープで仮に止めるので実際には接着剤を使わない方がきれいに仕上がりとおもわれる。

しっかりと接着剤が固まったのをかくにんして接着面にテープを貼り付け、発泡ウレタンを流し込む。ここでディスプレイサシリンダの口にウレタンがつかないようにするため口にテープを貼り付けて最後にはがせるようにする。

加工した後だが、仕切りの板を接着剤でとめると入れるときに板が曲がってしまうことがあるため次回作り直すときには接着剤をつけるのは省きたいと思う。発泡ウレタンは補填してから固まるまでに2倍ほどに発泡するため入れる量を半分程度にしておく。また、固まるまではシリンダに流れ込まないような角度にしておく。

一度目には量を半分にして入れていたため発泡して容器が変形してしまって失敗だった。このためいきなり半分入れてしまうのではなく4分の1ほど補填して固めるという作業を繰り返して補填する方が仕切りとディスプレイサシリン

ダに与える負荷が少なく抑えられると考えられる。

その後 3 回に分けてウレタンを補填したのだが、この場合も板と容器が歪んでしまった。

これにより発泡ウレタンの使用をやめ、発泡スチロールとシリコンシーリングをもちいて補填をすることにした。

### 改善したディスプレイサシリンダの仕切り



Fig.A4 Reformed blkhead of displacer cylinder

まず発泡スチロールに塩ビ板と同じ大きさのしるしを書き込み、スチロールカッターで切断した。ここで L 字の金属の部分が盛り上がっているためそのままでは上手くいかなくなってしまう。であるので板を押し付けて金属の形が分かるようにし、その線に合わせて切断して 5 つの部品に分ける。切断した金属部に当たる部品をカッターで削り厚さを薄くする。それが終わればテープで元の 1 枚のように張り合わせる。それぞれの部品に左から番号を書いておくと分かりやすいかとおもわれる。2 枚目は 1 枚目よりも少しだけ横の長さを短くしておきシリンダの R に合わせて角を丸く加工する。3 枚目は横の長さを 2 枚目の短い方の長さに合わせて切断する。ここで 2 枚目と 3 枚目辺りで L 字の金属のボルトと

ナットがあたるのでその部分を取り除いておく。次に塩ビ板と発泡スチロールの 1 枚目をシーリング材で貼り付けて板をシリンダに取り付ける。板とシリンダの隙間からシーリング材が漏れるのを防ぐためにマスキングテープで止めておく。取り付けたら補填する部分のそこや壁に沢山シーリング材を塗っておき、発泡スチロールの 2 枚目と 3 枚目を取り付けたものを隙間にはめ込んでいく。隙間が空いたらその箇所にシーリング材を流し込むなどをして出来るだけ隙間が出来ないように気をつける。

24 時間放置しておきシーリング材が固まったらシリンダの蓋を取り付けてみる。しっかりと取り付けられないときは蓋が発泡スチロールに当たっていることが考えられるためカッターなどであたっている部分を削っていくこの時シリンダ自体をカッターなどで傷つけないようにマスキングテープを貼り付けるなどの注意をする。

## ディスプレイサの製作

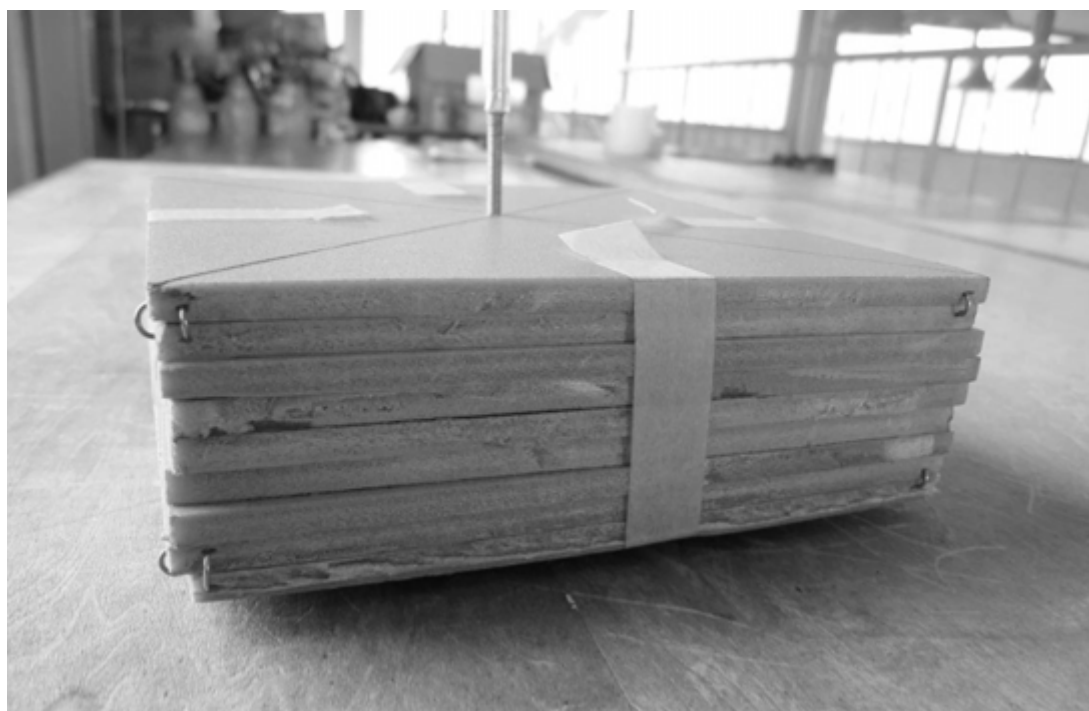


Fig.A5 Displacer

一枚が約 5 mm ちよつとでありちよつと 9 枚重ねたときに 50 mm の厚さに

なったため9枚で製作していく。ディスプレイサロッドをM4のねじの長いもので作る。

まず発泡スチロールの板にディスプレイサの大きさのしるしを入れていく。この時シリンダの上部と底部の寸法が違ってくるので9枚の大きさを少しずつ変えて作る。スチロールカッターで切断するのだが真っ直ぐに切断するために金属の真っ直ぐな板を用いて定規の代わりにする。

それぞれの板を切つてその都度シリンダに入れてみながら当たるときには更に切断するなどの調整を行っていく。それぞれ9枚の板を別々に切っていくため重ね合わせたときにどうしてもずれが生じてしまうことがある。この場合シリンダとぶつかってしまうときにどの部分が当たっているかを特定することなどが難しくなってしまう。であるためずれが大きい場合は9枚の板を重ねた状態でしっかり固定しながら発泡スチロールカッターで調整する事が必要になってくる。板が全て切断できたら下から2番目の板の中心に縦横3cmの正方形の形にくりぬく。また1番下の板にはナットやワッシャーが止められるほどの円をくりぬいておき上の8枚には4ミリの穴をあけておく。

ディスプレイサロッドが垂直に立つように1番下の板にアクリル板を貼り付け、下から2番目の板にアクリル板が通るくらいの四角い穴を開けておく。このアクリル板は実習工場のフライス盤で形を切り出し、その中心に4ミリのタップを切っておく。4ミリのタップを切るために3.2ミリのした穴をドリルで開けておきタップを切るドリルで加工する。タップの径の大きさによってした穴の径もかわってくるので確認することを忘れないように気をつける。

すべての板を切断したら重ね合わせていく。この時どこか一辺に斜めの線を書き込んでおくとそろえるときに分かりやすくなる。コンロッドを下から2番目のアクリル板に取り付け1番下の板の穴にワッシャーとスプリングワッシャー、ナットを板からはみ出さないように取り付ける。

最後にディスプレイサロッドが回転によるディスプレイサのシリンダとディスプレイサがぶつかってしまうことがある事が予想されるためディスプレイサの側面の4つの角の付近にクリップを取り付けておく。クリップの角の丸くなっている部分を切り取り、1辺の端の上と下にそれぞれ1つずつ計16つ取り付けて摩擦を出来るだけ小さくする。



しかし実際に動かそうとしたときにディスプレイサの重量をバランスウェイトでは補え切れなかったため枚数を減らした。一番下のディスプレイサの板に2番目の板に取り付けていたアクリル板をテープで固定することで枚数を1枚に変更した。

### パワーピストンシリンダカバー

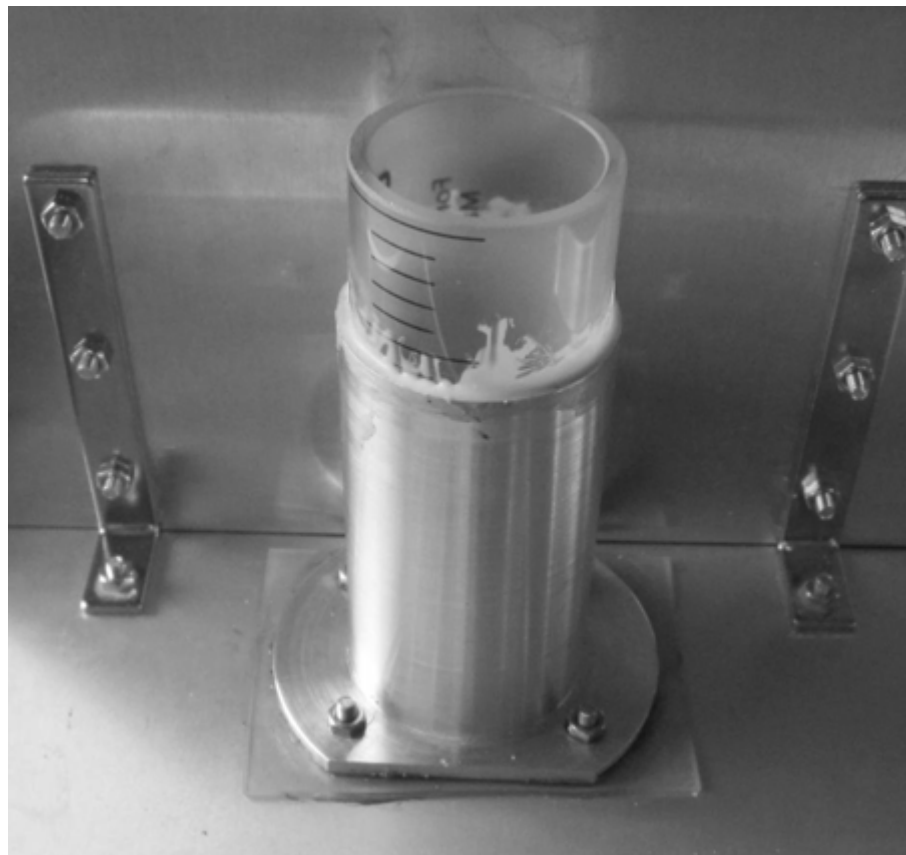


Fig.A6 Power piston cylinder cover

実習工場に設計書を出し加工を依頼する。  
仕上がったら蓋に取り付ける。予め蓋に中心のしるしをつけておいたのでその印を中心に合わせてシリンダを載せてねじ穴4つにもしるしを書き込んでいく。4つのねじ穴をM3の大きさに開けていく。中心の穴には注射器のピストンを通る大きさが必要なので下穴をあけて少しずつ確認しながらテーパリーマで穴を拡げていく。テーパリーマを使うとバリがでて汚くなってしまうので面取りド

リルできれいにしておく。

開け終わったら実際にボルトとナットでとめていくが対角締めにするように気をつける。

## エアバルブの取り付け

上部のアルミトレイに動作流体を開放するためのエアバルブを取り付ける必要がある。まず穴の位置決めであるが、ディスプレイサのロッドを固定するための金属部品とふたのボルトの中間地点にする。金属部品の端とアルミトレイと食品保存容器を接着したときのナットとの距離を測りその中点にしるしを入れる。鉛筆でも良いが消えてしまったりぼやけるのを防ぐためにカッターで軽く傷をつけておくことが好ましい。穴を開けるのはいつもと同じように最初は細い下穴を開け、少しずつ大きなドリルに変えながら M3 の大きさまでにしたらテーパリーマで穴を拡げていく。少しずつ大きくしていきチューブが通るくらいになったら最後は面取りカッターを用いてきれいにする。穴が開いたら緑色のチューブを取り付けられるプラスチックの部品を通す。この時気密を取るためにプラスチックの部品に】緑色のチューブを短く切ったものを通しておく。しっかりと取り付けられたら緑色のチューブを取り付けてその先に注射器を取り付ける。

ディスプレイサシリンダである食品保存容器の気密が取れているかを確認するためにチューブの先にストローを取り付けてから息を入れてみる。気密がとれているとそれ以上空気を入れることが難しくなるため息が入らなくなる。入れ続けても限界が来ない場合は漏れていることが分かる。

## 調整

ディスプレイサロッドと注射器ピストンとの隙間に空気の漏れる原因があるといけないのでロッドにシリコンシーリング材を薄く塗り、アルミテープを上から巻いた。シーリング材がある程度乾いたら継はアルミテープに薄くシーリング材を塗り、注射器ピストンを通す。ピストンを通して余計なシーリング材

をふき取ってからナットで注射器シリンダの上下にナットを取り付けてずれないようにする。

- ・注射器のシリンダとピストンが滑らかに動くように両方を水でぬらしてから、ピストンにクレンザーをかけてシリンダに入れて動かして滑らかにする。これはクレンザーに研磨剤が入っているためその働きによって研磨して動きが滑らかになることを狙っている。

- ・ディスプレイサとディスプレイサシリンダがこすれることによって起こる摩擦を軽減するためにゼムクリップを用いる。ディスプレイサの上部と下部に一つずつクリップの角の丸くなっているところを切り取ったものを取り付ける。一辺の端に一つずつ全部で16つ取り付ける。これによってディスプレイサとシリンダでの接触点が小さくなるため摩擦が軽減され滑らかに動くものと考えられる。

- ・蓋に取り付けたアルミトレイと注射器を固定する金属部品との間から空気が漏れてしまうのを防ぐためにその隙間にシリコン板をはさみ隙間を埋める。金属部品の形に合わせて形をマジックなどで書き込んでおきそれに合わせてはさみで切り取る。金属部品と重ねてみてねじ穴を開けていく。この時ドリルでも穴は開くのだが正確な大きさには開かない。このためねじ穴もはさみで切っていくことにした。同じようにして中心に開いている注射器ピストンが通る穴も加工していく。ねじ穴にしても中心の穴にしても正確に大きさをあわせないといけないというものではないので少し大きめに開けても問題が無い。

## 確認

機構を除く下の部分の製作が完了したらディスプレイサを上下させるとどの程度の圧力の変化が起こるのかを調べ、パワーピストンの大きさを確認する。

本来は底の部分を加熱して上部を冷却する方法を取るのだが確認をするのにお湯を使うため上部にお湯を注ぎ、底の部分に保冷剤をしいた。

お湯と保冷剤をセットして十分に温度の差が出たら、ディスプレイサを手で上下に動かしてみる。そうするとチューブの先の注射器が動く。ディスプレイサを動かす前に注射器のピストンをシリンダの中心近くを目盛りに合わせておく。

ピストンがどの程度動くかを目盛りを読むことで確認出来る．今回は約 30mm の変化があった．この変化以上の注射器をパワーピストンとして用いればいいということが確認できた．

## 機構の設計

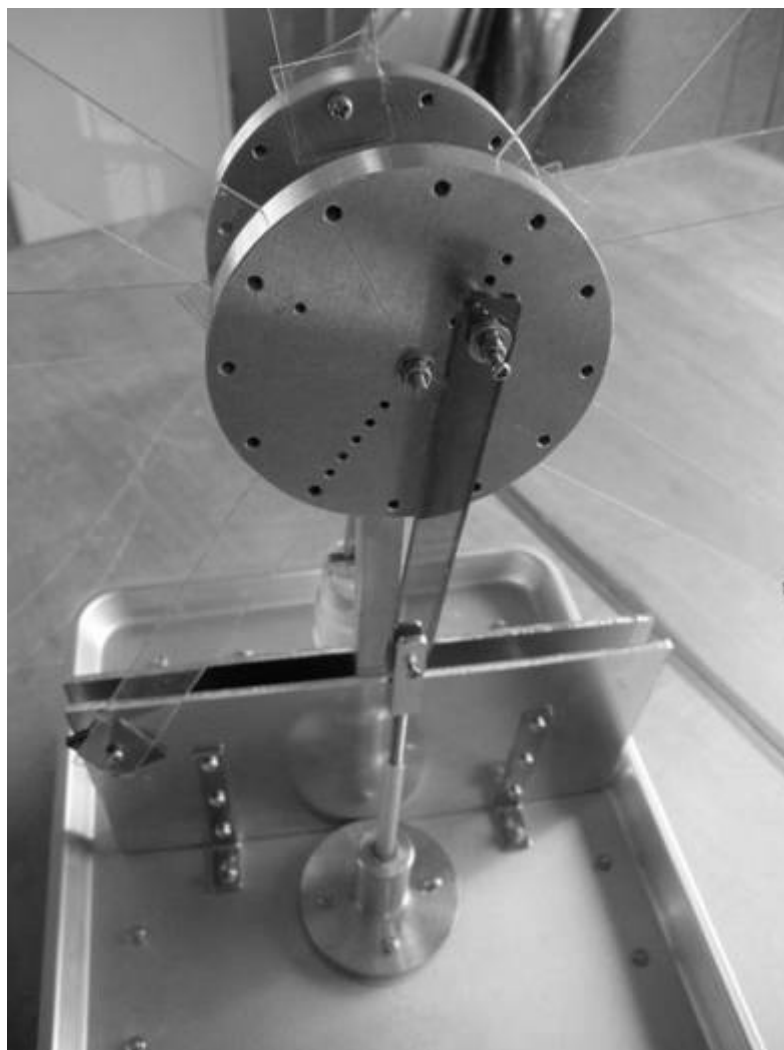


Fig.A7 Structure of mechanism

下の部品が出来たので次はそれにつなげていく機構の製作に取りかかっていく．

機構を設計するに当たって1つのアイデアだけではなく3つか4つほどの案を出してその案を比べてみて決定する事がのぞましいと考えられる．ここでクラ

リンクを使った機構は中心軸がずれやすくなってしまい製作が困難になってしま  
うため今回はそれ以外の機構を考えることにした。

## 実習工場での製作方法

今回の部品は全て材料はアルミとした。まず最初にアルミの板にそれぞれの  
部品のだまかな形を書き込んでいき、その形に合わせて切断していく。切断し  
た後はフライス盤で正確な大きさに切削する。切削したらその都度やすりで切  
削面や角を滑らかにしておかないと寸法のずれが生じてしまうため気をつける。  
フライス盤はどの順番、エンドミルのどの面で切削していくかによって平行や  
垂直が出るかが決まってくるのでしっかりと考えながら作業する事が大切にな  
ってくる。外形がしっかりと作れたら穴を開ける部品に関してはケガキしてお  
く。それが完了したらボール盤で穴を開けていく。この時ねじ穴を開ける場合  
は下穴を開けないといけないため表を確認して下穴を開ける。その後ねじ穴を  
開けるのだがタップをボール盤に取り付け、力をかけておろしながら手動で回  
転させる。垂直が出せたらタップを外してタップをはさむ棒に取り付けて手動  
でねじ穴を開ける。このときに無理に力を掛けすぎるとタップが折れてしまう  
ことがあるので無理をしない程度に力を掛けることを心がけないといけない。  
ねじ穴や穴をあけたときにもバリ取りや面取りを行なう必要がある。

## フライホイール

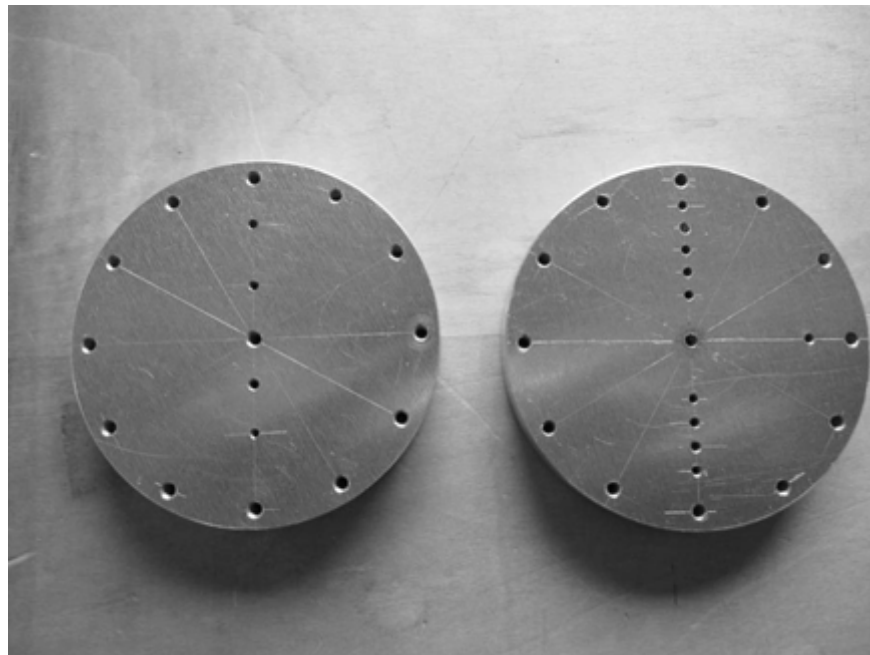


Fig.A8 Flywheel

厚さ 10mmの板を切り出して直径 80mmの円板を二つ作る．今回はこの作業は実習工場の方に作ってもらった．外形が出来たので次は穴を開ける場所にしるしをいれていく．フライホイールは中心からの距離を測って穴を開けていくため最初に中心を割り出す．ケガキを行なうときに必要となってくるのが丸い円柱などの形を支える機械と，ハイトゲージと呼ばれるノギスのような形で傷をつけるものと一体になっている機械，そしてセンターポンチである．

### ハイトゲージ

まず円板をしっかりと固定してハイトゲージで傷を入れるのだが，円の中心が高さ 150mmの場所になっているので 150mmの高さで横に直線で傷を入れ，ハンドルを回して90度角度をずらしてまた横に直線の傷を入れる．これと同じ要領でハンドルで角度をずらしながら中心を通る直線を入れていき，次にその直線と垂直の直線をハイトゲージで高さを変えながら十字のしるしを入れていく．全てのしるしを入れ終わったらドリルで穴を開けるためのガイドのくぼみをセンターポンチを使ってつけていく．この時慎重に縦横からずれていないかを確認しながら作業する必要がある．

次は卓上ボール盤で穴を開けていく。センターポンチで作った穴に垂直にドリルが降りるように場所を調整する。位置を合わせたらボール盤のモードをドリルにして穴を開けていく。この時削っていくとドリルに切りくずが絡まってくるのでとめてからそれらを取り除いていき、穴にオイルを少量スプレーすることに注意をしなければならない。穴が開いたらその穴の径よりも大きいドリルでバリを取ることを忘れないようにしなければならない。

M2の下穴1.6ミリの穴をボール盤で開けるときにドリルがおれてしまった。これはドリルが細くて折れやすいのと、下に敷いていた金属が硬かったことが原因だと考えられる。ドリルの破片を取り除くことが困難だったため突き出たドリルの面を平らにして押し込んだ。その穴を使わないようにするために場所をずらして新しい穴をあけることにした。これはコンロッドとフライホイールを連結させるためのフライホイールの穴であるので中心からの距離が正確であれば場所を変えても問題ないと判断したからである。それ以外の部品を連結させるための穴の場合などは作り直すことになってしまう。

## コンロッドの製作

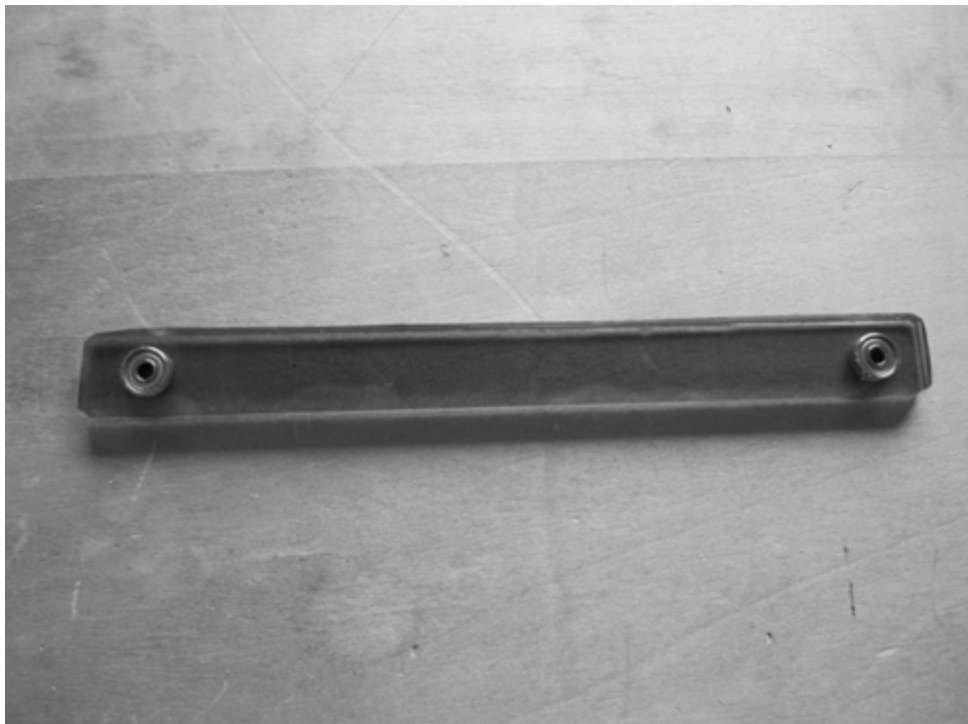


Fig.A9 Cnnecting rod

コンロッドの素材は3mm厚のアクリル板とした。アクリルカッターでの作業になるのでカッターマットと新聞紙をしいてから机などに傷がつかないように気をつける。最初にアクリル板にコンロッドの外形をかきこんでいく。書き込んだ線の上からアクリルカッターで引っかいて傷を入れていく。板の厚さの3分の1以上切り込んだら割るのだがコンロッドが細いためラジオペンチでつかんでから曲げて板を割る。板を割っても切り口がきれいになっているわけではないためカッターややすりなどで整えていく。アクリルカッターで直角を切り出すことは不可能ではないが、角が思いがけないところで割れて失敗してしまうことがあったので直線の切断を繰り返すことで直角にする事が望ましい。アクリル板は硬いため割れた断面はやすりを用いるほうがきれいにする事ができた。

コンロッドには一本につき二つのボールベアリングを取り付けるのでそのための穴を開ける。実習工場で6mmのドリルで穴を開けるがその前に下穴を手作業で開ける。今回は1mmのドリルを用いた。実習工場で6mmの穴になるまで少しずつ径を大きくしながら穴を開けていく。これはいきなり6mmの穴を開けてしまうとアクリル版が割れてしまう可能性があるからである。可能であればコンロッドの横幅を大きく取ることでこれは改善できると思われる。



## 支柱



Fig.A10 Support post

材料はアルミで穴を開けるほうの長さ 12mm, 横 10mm高さ 245mmの四角柱にL字の金属部品 (L字スタンド) で横の両端を留める. そしてロッドを通す穴に合わせてボールベアリングを固定するための四角の部品 (ベアリングホルダ) を取り付けた. このベアリングホルダの役割はベアリングともう一つのベアリングとの距離を大きくすることによって機構の軸となるロッドを出来るだけ水平に保つことが出来るというものである. 支柱が出来上がって実際に取り付けてフライホイールをまわしてみるとフライホイールなどの部品が重いのと市中を支える L 字スタンドが小さすぎるためかなり横方向に動いてしまうことがわかった. このゆれを抑えるためにホームセンターで 2 枚の 3 mm厚のアルミ板を買って支柱の両端にネジで挟み込むように取り付けた. これによって完全ではないが大分抑えることが出来た.

## パワーピストン



Fig.A11 Power piston

これもディスプレイサピストンと同じく翼工業で購入した注射器を用いる事にした。シリンダ側は注文の時に切断してもらったが、ピストンは最大になるように片方の端しか切断してもらわなかった。最初はこのまま使っていたのだが、ピストンの切っていないほうの端がシリンダと干渉してしまって動きが渋くなってしまっていた。であるので端を電動のダイヤモンドカッターを用いて手作業で切断した。切断すると切り口が粗くなってしまいまたピストンと干渉してしまうのでやすりなどで表面をきれいにしなければならない。今回は金属のやすりと紙やすりを用いて滑らかにしたが時間は結構かかった。ピストン側の上側の端にはコンロッドと連結させるためのパワーピストンホルダを製作して取り付けた。これは実習工場でフライス盤と旋盤をもちいて現物あわせで製作した。この部品とピストンを接着するときねじ穴にねじが入れられる高さでホルダを固定しないとイケない。これにはホルダに予めねじを通しておき、

そのねじの上にアルミの管を差込みそれ以上沈みこまないようにして接着した。また、空気がホルダとピストンの隙間から漏れるといけないので隙間に上からバスコークを塗った。

### ディスプレイサロッドコネクタ

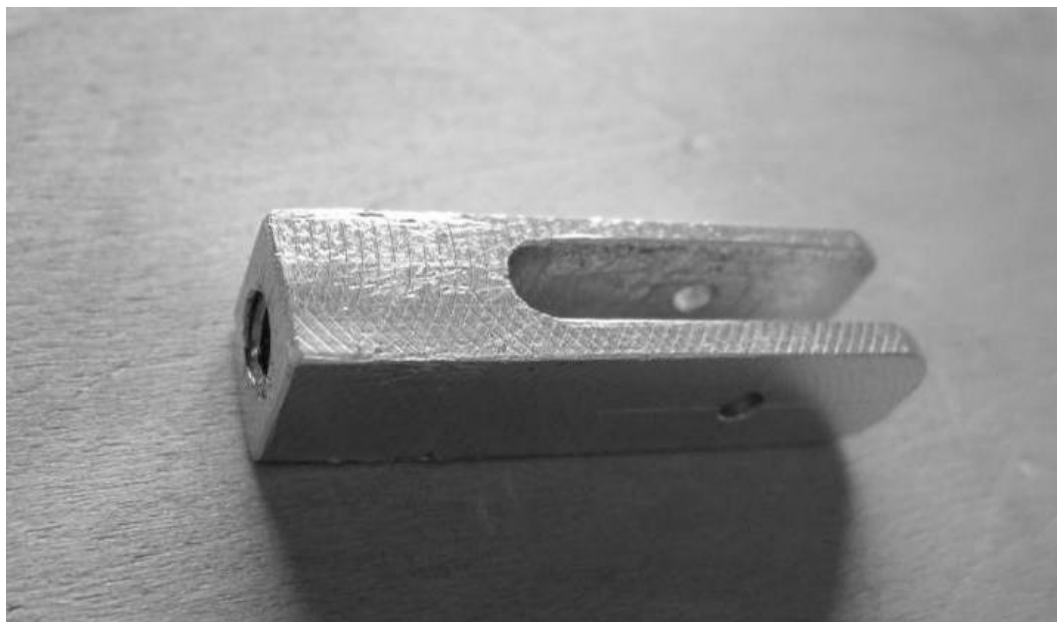


Fig.A12 Displacer rod connector

実習工場での製作になるのだが、小さな部品であるのでフライス盤加工で固定するために挟み込むときにその力が大きすぎると部品が変形してしまうので細心の注意を払わなければならない。当初はディスプレイサロッドと連結する穴の部分を通すつもりではなかったが貫通することで調整できる幅を大きくする事が出来るので貫通をさせた。この部品の製作が一番難しい作業であった。

## バランスウェイト

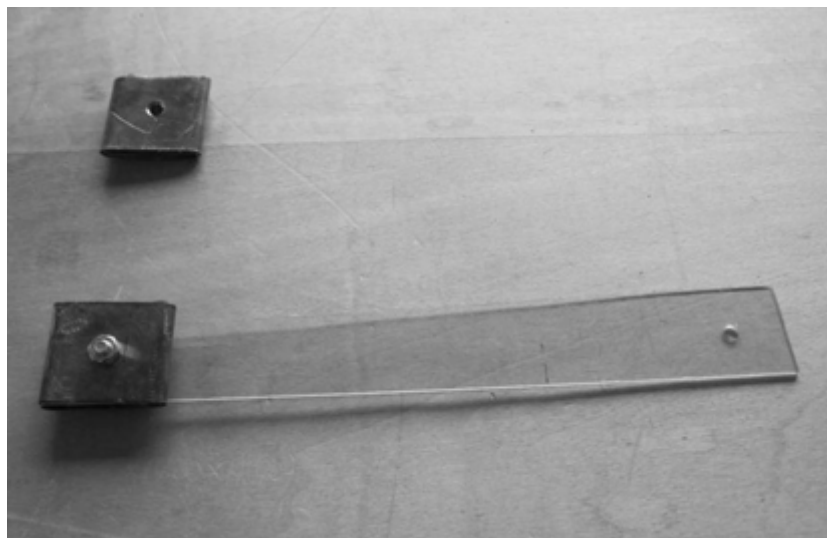


Fig.A13 Balance weight

フライホイールを 80 ミリにしたためあまり慣性モーメントが大きくないため外付けのバランスウェイトを製作した。バランスウェイトには 0.3 ミリ厚の銅版を使用している。これを 2 センチ四方の正方形に切断し微調整用の約 1 グラムバランスウェイトとした。そして 2×18 センチの大きさに切断して正方形になるように折り曲げて、10 グラムのバランスウェイトとした。最後にそれぞれのバランスウェイトの中心に  $\phi 3$  の穴を電動ドリルで開ける。この時ドリルと一緒に板も回ってしまうことがあり大変危険であるので板を押さえるときは直接手で押さえるのではなく新聞紙などで抑えると良い。フライホイールの外側の穴につけるだけだと慣性モーメントはさほど大きくなりたないため中心からの距離を出すため塩化ビニルの板を細長く切り出して両端に  $\phi 3$  の穴を開ける。これをフライホイールの外側の穴に取り付けもう一方の穴に錘を取り付ける。取付けをする位置はディスプレイサ側のフライホイールのコンロッドを取り付けた穴の反対側とそれと垂直方向の両端の穴である。バランスウェイトは 3 つとも 10 グラムのものを取り付けた。

## 組み立て

実習工場で作成した部品をボルトでアルミトレイにとめていく。しっかりと

穴の位置を合わせてから穴を開けないととめにくくなってしまう。パワーピストンホルダをとめるのはディスプレイサピストンホルダを留めるときと同様にシリコン板を下に敷いて空気が漏れないようにした。それだけでも空気が漏れることがあるのでその時はボルトに少量のグリスを塗ってから取付けをすれば空気の漏れを防ぎやすくなる。しかしボルトがしまりやすくなってしまうので締めすぎてアルミトレイが変形してしまうことには注意をしなければいけない。

取り付ける順序としてはディスプレイサロッドホルダを取り付け、支柱を取り付けた後にパワーピストンホルダを取り付けることが望ましい。これは支柱を取り付けるときにパワーピストンホルダがあると作業がしづらいという理由からである。

アルミトレイにこの3つの部品を取り付けたらチャンバにディスプレイサを入れる。アルミトレイとディスプレイサロッドがぶつからないように上部のディスプレイサピストンホルダの穴からロッドを見ながら慎重に通していく。これはディスプレイサロッドには注射器のピストンを取り付けているためにアルミトレイとぶつかることでお互いのダメージを抑えるためである。フタをチャンバのフタを閉めたら、ディスプレイサロッドの先端にディスプレイサロッドコネクタを取り付ける。

支柱にボールベアリングを2つ取り付けて軸を通す。ベアリングがずれてこないようにそれぞれ外側からワッシャーを7つ通しておく。フライホイールを軸に通していくが、加工のときにつけた印があるほうを外側にしておいたほうがバランスウェイトをつけるときなどに分かりやすい。フライホイールの外側に一枚のワッシャーとその外側に一つのスプリングワッシャーを通し、ナットでフライホイールを固定する。このときにディスプレイサとパワーピストンの位相をあわせて固定する。閉めすぎると回らなくなるためほんの少し左右に動くくらいにしておいておかなければならない。そして軸がフライホイールの外側にあまりにはみ出してしまっているとコンロッドと干渉をしてしまうので軸が少しはみ出るくらいにしておく。長すぎるときは軸を短く切断する。フライホイールの取り付けが完了したらコンロッドをフライホイールにネジを用いて適当なストロークになる穴に取り付ける。コンロッドとディスプレイサロッドコネクタ、パワーピストンコネクタを取り付ける。ディスプレイサ側のフライホイールの外側

の 3 つの穴に塩ビ板を取り付け、その先端に適当な量のバランスウェイトを取り付ける。

## 起動

全ての組み立てが終わったらお湯を恒温器にアングルで組み立てた台を置き、お湯をアングルの台の少し上に来るくらいまで溜めて装置を乗せる。

動作流体が十分に入っていない状態で加熱してもパワーピストン部にある動作流体の圧力がディスプレイサイリンダ内の圧力に比べ低いためパワーピストンが吸い付いたまま動かない。したがって以下の手順を踏む必要がある。図に示すエアバルブを開放して動作流体である空気の出入りが可能な状態にして全ての部品の動作流体の圧力を一定にし、パワーピストンとディスプレイサイを機構から外しておく。約80℃の湯にスターリングエンジンの下部の伝熱面を接触させ、加熱面と冷却面に温度差を与えたら、ディスプレイサイを最も高温側に寄せ、パワーピストンを下死点に合わせて、エアバルブを封じる。ディスプレイサイを最も高温側に寄せる理由は、ディスプレイサイを最も低温側に寄せてエアバルブを閉じるとその時点で動作流体の圧力が最高であるのにパワーピストンが最下点にあるという状態になる。この状態でディスプレイサイを動かしてもこの状態よりも圧力を上げる事が難しく、パワーピストンが機能しなくなるからである。したがってディスプレイサイを高温側、パワーピストンを下死点に合わせてバルブを封じてこの後に機構を組み付ける。

これで自立運転できなかつたときは様々な箇所の調整を行いまた回す。低温部の温度を下げたいときは保冷バッグをアルミトレイに乗せるといいが、あまり長時間乗せているとピストンの動きが渋くなってしまい、かえって動かなくなってしまうことがある。おそらくピストンに水滴がついてしまうことが原因であると考えられる。

## ・2 代目エンジン製作



Fig.A14 Structure of low temperature testing stirling engine

食品保存容器をディスプレイサチャンバとして使用する。今回はその部分を全て切り取るのではなく切り抜くことにした。これはディスプレイサのストロークを少しでも多く取れるようにするためである。そのため食品保存容器のそこに元々ついている足の役割のある突起をカッターで切り取る。

底を切り抜く前に仕切りを取り付け、位置を確認してからのほうがよい。

仕切りは1辺の長さ 180 ミリ高さ 90 ミリの正方形の形になるように4枚の亚克力板を切り出して作る。

ここで角の部分を重ねるため亚克力板の厚さ 3 ミリを考慮しなければならないので長さを 180 ミリのものを 2 枚と 174 ミリのものを 2 枚にする。マジックで亚克力板に切り取る大きさをしるしをつけるが太いマジックだと分かりにくいので細いものにするかカッターでキズをいれてしるしをつけることが良いと思われる。

アクリルカッターを使って 4 枚の板を切り出す。この時アクリルカッターは直線ではしか切断できないため、一度大きく切り出してから寸法通りに切り出す。

切り出した 4 枚の板を L 字の金属で正方形の箱状に組たてていく。二枚の間に金属部品を 2 つずつ取り付けていくが穴を開けるときにずれやすいので最初に寸法が長いほうの 1 枚の板に金属部品を押し当てて穴の位置にマジックでしるしをつける。ドリルで穴を開け、L 字の部品を取り付ける。そこに取り付ける短いほうの 1 枚を位置を合わせながら穴の位置にしるしをつけ穴を開ける。このように一枚に取り付けた状態でもう 1 枚にしるしをつけたほうがずれは防ぎやすい。

4 枚とも取り付けが出来たらどの板と板が重なるかが分かるようにするために外側から板の角にそれぞれ 1 から 4 までの数字をカッターでしるしをつけた。

測定装置を取り付けるためのパイプを食品保存容器とアクリルの仕切りに取り付け。チャンバの長いほうの辺のアクリルの仕切りの端のほうに 3 ミリの穴を開け、食品保存容器の同じ位置に 3 ミリの穴を開ける。

測定装置を取り付けるためのパイプを通す穴を開ける。仕切り側はシーリング材などで穴を塞げばよいがチャンバ側は塩ビのチューブを使って気密を取ることにした。

食品保存容器の底をくり抜く。くり抜くのは仕切りの位置から 15 ミリ内側で正方形に切り取る。最初にのこぎりを入れるために切り取るライン上に間隔をほとんど空けずに穴を開けていく。その穴と穴の間をダイヤモンドカッターで切る。そうして出来たライン上の穴にのこぎりを入れラインに合わせて切り抜くという作業を 4 辺とも同じようにする。

切り抜き終わったらバリが沢山ついているのでカッターで切り口をきれいにする。

アルミトレイとチャンバの取り付け

チャンバの四隅に 3 ミリの穴を開け、アルミトレイと取り付ける位置を合わせてマジックでしるしをつける。印に合わせてアルミトレイにも 3 ミリの穴を開ける。チャンバのほうからネジを通し 4 つのネジでパッキンをとめる。このときにネジとパッキンが直接接触するとパッキンが痛みやすいため緑色のチューブを切ったものをネジにはめておく。アルミトレイをネジ穴に合わせて取り付け、



ナットで止める。

この時余り強く締めすぎるとアルミトレイが変形してしまったり、パッキンを傷つけてしまうことがあるので注意をする。ネジを締めたら空気の漏れを防ぐために底から出ているネジの穴を接着材でとめなければならない。

- ・上部の機構部分の製作

ディスプレイサとパワーピストンで使用する注射器は前回製作したエンジンのもを流用する。注射器と注射器ホルダを接着したものを前回の装置から外してディスプレイサをチャンバのフタの中心に合わせて取り付ける。ここで、チャンバのフタの部分の中心をどのようにして求めたかという、まず食品保存容器の真ん中を切り取る前に外側に 3 ミリの穴を空けてアルミトレイと仮止めをしておく。食品保存容器の中心は元々少し出っ張りがあるので簡単に求められる。この食品容器の中心から細めのドリルを垂直に降ろしてアルミ板に穴を空ける。こうして中心を求めてドリルを大きくして穴を拡げて、最後は穴を両方から面取りカッターを用いて拡げる。

パワーピストンの注射器を取り付ける位置は厳密に決まっていはいないが作業のしやすさを考えるとディスプレイサ側の注射器との距離をあるある程度とることが望ましい。しかし、チャンバの仕切りを設けているためその内側にパワーピストン側の穴が来るようにしなければいけない。穴の位置を決定したら最初は小さい穴を空けておき、ホルダの穴を 4 つ空けてから中心の穴を拡げていく。ホルダの穴を空けるときに、アルミトレイにマジックでしるしをつけるのであるが垂直にマジックを降ろさないと穴がずれて取り付けが難しくなってしまう。しるしを 4 箇所つけたら、もう一度位置を合わせてずれていないかを確認して、ずれていなかったらドリルで小さめの穴を開ける。もう一度ホルダの穴と位置を合わせてずれていないかをチェックする。面倒な作業であるが穴がずれてしまうことがあるのでこのくらい慎重に確認する事が望ましいと思う。

フライホイールは単独で 5 ミリ厚の亚克力板を使用する。円盤に加工する事が難しいため 200 ミリ四方の正方形の形にした。実習工場では形を切り出し、中心と外側から 2 センチの 4 点にそれぞれ 3 ミリのネジ穴を空けた。切り口にバリが付いているのでやすりとカッターを用いてきれいにし、角はとがっていると危ないのでやすりで軽く面取りをした。

コンロッドは 3 ミリ厚の亚克力板を用いて製作した。手順は前回と同じであるが、ディスプレイサにつなぐコンロッド 1 つだけは厚さ 5 ミリの亚克力板を使用した。これは 3 ミリ用のボールベアリングを使用するため、亚克力板の厚さが 3 ミリではベアリングがはみ出してしまうからである。ベアリングをはめる穴は実習工場のボール盤で加工した。

- ・ディスプレイサ

ディスプレイサには前回と同様に発泡スチロールの板を用いた。今回は形状を正方形にして板を 9 枚重ねて厚さを約 5 センチとした。この厚さにした理由は薄くした場合、チャンバ内の高温部と低温部が被ってしまい温度差が取れなくなってしまうのでそれを防ぐためである。9 枚を発泡スチロールカッターで切断し、それぞれ中心を出し、3 ミリの穴を空ける。

- ・機構の支えの製作

亚克力板を用いて製作する。

- ・気密のとり方

漏れの調査をしたときに、ネジとナットで固定している箇所から漏れがあった。これはネジにワッシャーを取り付け固定するものに通して反対側からナットでとめるという一般的な方法でとめている。この方法ではしっかりとシール出来ていないため、前回の装置製作のときはネジに軽くグリスを塗布してワッシャーとの隙間を埋めるという対応を取った。この方法で気密は取れていたのだが、時間の経過と共にグリスが固まり劣化してまた空気が漏れるようになってしまった。これを受けてグリスのように時間の経過があっても気密をとり続けることが出来る方法を取ることを課題となった。

今回はシリコン板をネジとワッシャーの間にかませることによって気密を取る方法を検討した。

ネジ穴を 3 ミリなのだがシリコン板はドリルで穴を開けても穴は開くが、3 ミリの穴をくり抜けるというものではなかった。3 ミリの穴が開いた 2 枚の塩ビ板などを用意して板と板の間にシリコン板を挟む。塩ビ板の穴を上下で合わせてその穴に M3 のネジで強く押し込む。こうすることできれいに 3 ミリの穴をくり抜くことが出来た。この時注意しなければいけないことはネジを強く押し込むため下に何か敷いておかなければ机などを傷つけてしまうため発泡スチロール

を用いた.

3ミリの穴を開けたシリコン板を適当な大きさに切り、ネジとナットの間にかませるのだが、ワッシャーのネジ側につけるかナット側につけるかによって違いが出てくるかを検討した.

ネジ、シリコン板、ワッシャー、取り付ける対象物、ナットの順番に取り付けたときは空気の漏れは大分抑えることが出来たが、完全にとめることは出来なかった.

ネジ、ワッシャー、シリコン板、取り付ける対象物、ナットの順番に取り付けたときは空気の漏れを防ぐことが出来た.

この様にワッシャーと取り付ける対象物の間にシリコン板をかませることで気密を取ることが出来、グリス使用時の定期的なメンテナンスの手間を省くことが出来ると考えられる.

## 試験装置の製作



Fig.A14 Structure of low temperature testing stirling engine

食品保存容器をディスプレイサチャンバとして使用する。今回はその部分を全て切り取るのではなく切り抜くことにした。これはディスプレイサのストロークを少しでも多く取れるようにするためである。そのため食品保存容器のそこに元々ついている足の役割のある突起をカッターで切り取る。

底を切り抜く前に仕切りを取り付け、位置を確認してからのほうがよい。

### ・ディスプレイサシリンダの仕切り

仕切りは1辺の長さ180ミリ高さ90ミリの正方形の形になるように4枚の亚克力板を切り出して作る。

ここで角の部分を重ねるため亚克力板の厚さ3ミリを考慮しなければならない

いので長さを 180 ミリのものを 2 枚と 174 ミリのものを 2 枚にする。マジックでアクリル板に切り取る大ききのしをつけるが太いマジックだと分かりにくいので細いものにするかカッターでキズをいれてしるしをつけることが良いと思われる。

アクリルカッターを使って 4 枚の板を切り出す。この時アクリルカッターは直線でしか切断できないため、一度大きく切り出してから寸法通りに切り出す。

切り出した 4 枚の板を金折れで正方形の箱状に組たてていく。二枚の間に金折れを 2 つずつ取り付けていくが穴を開けるときにずれやすいので最初に寸法が長いほうの 1 枚の板に金折れを押し当てて穴の位置にマジックでしるしをつける。ドリルで穴を開け、金折れを取り付ける。そこに取り付ける短いほうの 1 枚を位置を合わせながら穴の位置にしるしをつけ穴を開ける。このように一枚に取り付けた状態でもう 1 枚にしるしをつけたほうがずれは防ぎやすい。4 枚とも取り付けが出来たらどの板と板が重なるかが分かるようにするために外側から板の角にそれぞれ 1 から 4 までの数字をカッターでしるしをつけた。

取り付けには M2 のネジを使用しているが、開けた穴は 3 ミリの穴である。これは仕切りの内側にネジの頭が来るようにしているため、出来る限り仕切りの内側に凹凸が出来ないようにするためである。



Fig.A15 Bulkhead of displacer cylinder

## ・食品保存容器の加工

ディスプレイサイリンドの仕切りの製作が終わったら食品保存容器に取り付ける。取付けにも金折れを使用する。仕切りの2面にそれぞれ2つの金折れを取り付ける。金折れを取り付ける位置は特にこだわらなくても良いがしっかりと底にあわせることには気をつけなければいけない。

測定装置を取り付けるためのパイプを食品保存容器とアクリルの仕切りに取り付けた。チャンバの長いほうの辺のアクリルの仕切りの端のほうに3ミリの穴を開け、食品保存容器の同じ位置に3ミリの穴を開ける。

測定装置を取り付けるためのパイプを通す穴を開ける。仕切り側はシーリング材などで穴を塞げばよいがチャンバ側は塩ビのチューブを使って気密を取ることにした。

食品保存容器の底をくり抜く。くり抜くのは仕切りの位置から15ミリ内側で正方形に切り取る。最初にのこぎりを入れるために切り取るライン上に間隔をほとんど空けずに穴を開けていく。その穴と穴の間をダイヤモンドカッターで切る。そうして出来たライン上の穴にのこぎりを入れラインに合わせて切り抜くという作業を4辺とも同じようにする。

切り抜き終わったらバリが沢山ついているのでカッターで切り口をきれいにする。

### アルミトレイとチャンバの取り付け

チャンバの四隅とチャンバの長いほうの辺の中間の位置の計6つ3ミリの穴を開け、印に合わせてアルミトレイにも3ミリの穴を開ける。チャンバのほうから約3センチほどの長めのネジを通し、このネジの外側にパッキンを引っ掛けるような形で6つのネジでパッキンをとめる。このときにネジとパッキンが直接接触するとパッキンが痛みやすいため緑色のチューブを切ったものをネジにはめておく。アルミトレイをネジ穴に合わせて取り付け、ナットで止める。

この時余り強く締めすぎるとアルミトレイが変形してしまったり、パッキンを傷つけてしまうことがあるので6つのネジを均等に締める。ネジを締めたら空気の漏れを防ぐために底から出ているネジにワッシャーを入れその上からシリコン板に3ミリの穴を開けたものをつけてからナットで閉める。シリコン板に穴を開けたために、3ミリの穴の開いた塩ビの板を2つ用意して塩ビ、シリコン、

塩ビの順番で塩ビの板の穴を上と下で合わせてその穴に 3 ミリのネジを強く押し込む。

- ・ 上部の機構部分の製作

ディスプレイサシリンダカバーとパワーピストンカバーを取り付けるときには以下の気密の方法をとった。以前製作した装置の漏れの調査をしたときに、ネジとナットで固定している箇所から漏れがあった。これはネジにワッシャーを取り付け固定するものを通して反対側からナットでとめるという一般的な方法でとめている。この方法ではしっかりとシール出来ていないため、前回の装置製作のときはネジに軽くグリスを塗布してワッシャーとの隙間を埋めるという対応を取った。この方法で気密は取れていたのだが、時間の経過と共にグリスが固まり劣化してまた空気が漏れるようになってしまった。これを受けてグリスのように時間の経過があっても気密をとり続けることが出来る方法を取ることが課題となった。

今回はシリコン板をネジとワッシャーの間にかませることによって気密を取る方法を検討した。ネジ穴を 3 ミリなのだがシリコン板はドリルで穴を開けても穴は開くが、3 ミリの穴をくり抜けるというものではなかった。3 ミリの穴が開いた 2 枚の塩ビ板などを用意して板と板の間にシリコン板を挟む。塩ビ板の穴を上と下で合わせてその穴に M3 のネジで強く押し込む。こうすることできれいに 3 ミリの穴をくり抜くことが出来た。この時注意しなければいけないことはネジを強く押し込むため下に何か敷いておかなければ机などを傷つけてしまうため発泡スチロールを用いた。

3 ミリの穴を開けたシリコン板を適当な大きさに切り、ネジとナットの間にかませるのだが、ワッシャーのネジ側につけるかナット側につけるかによって違いが出てくるかを検討した。ネジ、シリコン板、ワッシャー、取り付ける対象物、ナットの順番に取り付けたときは空気の漏れは大分抑えることが出来たが、完全にとめることは出来なかった。

ネジ、ワッシャー、シリコン板、取り付ける対象物、ナットの順番に取り付けたときは空気の漏れを防ぐことが出来た。

この様にワッシャーと取り付ける対象物の間にシリコン板をかませることで気

密を取ることが出来、グリス使用時の定期的なメンテナンスの手間を省くことが出来ると考えられる。

- ・機構部の取り付け

ディスプレイサとパワーピストンで使用する注射器は前回製作したスターリングエンジン用ポンプを加工したものを流用する。ディスプレイサ用のポンプをアルミトレイの中心に合わせて取り付ける。ここで、チャンバのフタの部分の中心をどのようにして求めたかという、まず食品保存容器の真ん中を切り取る前にアルミトレイと蓋を取り付けるために外側に 3 ミリの穴を空けてアルミトレイと仮止めをしておく。食品保存容器の中心は元々少し出っ張りがあるので簡単に求められる。この食品容器の中心から細めのドリルを垂直に降ろしてアルミ板に穴を空ける。こうして中心を求めてドリルを大きくして穴を拡げて、最後は穴を両方から面取りカッターを用いて拡げる。ディスプレイサロード用の穴の大きさはディスプレイサロードよりも若干大きくなる程度にしておく。

パワーピストンの注射器を取り付ける位置は厳密に決まっていなくても作業のしやすさを考えるとディスプレイサ側の注射器との距離をある程度とることが望ましい。しかし、チャンバの仕切りを設けているためその内側にパワーピストン側の穴が来るようにしなければいけない。穴の位置を決定したら最初は小さい穴を空けておき、ホルダの穴を 4 つ空けてから中心の穴を拡げていく。ホルダの穴を空けるときに、アルミトレイにマジックでしるしをつけるのであるが垂直にマジックを降ろさないと穴がずれて取り付けが難しくなってしまう。しるしを 4 箇所つけたら、もう一度位置を合わせてずれていないかを確認して、ずれていなかったらドリルで小さめの穴を開ける。もう一度ホルダの穴と位置を合わせてずれていないかをチェックする。面倒な作業であるが穴がずれてしまうことがあるのでこのくらい慎重に確認する事が望ましい。取り付けが終わったらその中心の穴を拡げていく。穴の大きさは特に考慮せずパワーピストンの径よりも小さくした。



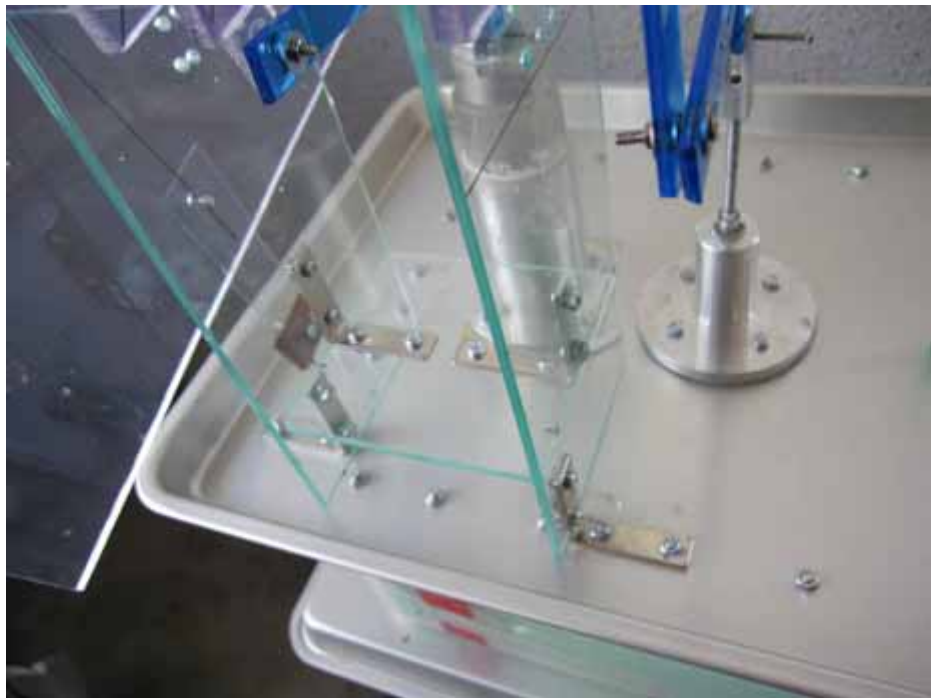


Fig.A16 Stand of mechanism

・機構の台の製作

3 ミリ厚の亚克力板を使用して機構の台を製作した。

前回の装置の台はディスプレイサシリンダカバーとパワーピストンカバーの間に取り付けたため部品同士の干渉や伝熱面の空気の漏れなど色々な問題があったため今回はディスプレイサとパワーピストンと距離をとることにした。亚克力板を 2 枚同じ適当な大きさに切り出すためにマジックでしるしを入れる。切り出すために亚克力カッターを使用した。この 2 枚の板には上部に機構の軸を通すためにボールベアリングをはめ込める大きさの穴を開ける。この穴はボール盤で正確に穴を開ける。

フライホイールは単独で 5 ミリ厚の亚克力板を使用する。円盤に加工する事が難しいため 200 ミリ四方の正方形の形にした。実習工場で形を切り出し、中心と外側から 2 センチの 4 点にそれぞれ 3 ミリのネジ穴を空けた。切り口にバリが付いているのでやすりとカッターを用いてきれいにし、角はとがっていると危ないのでやすりで軽く面取りをした。

コンロッドは 3 ミリ厚の亚克力板を用いて製作した。手順は前回と同じであるが、ディスプレイサにつなぐコンロッド 1 つだけは厚さ 5 ミリの亚克力板を使用した。これは 3 ミリ用のボールベアリングを使用するため、亚克力板の厚さが 3 ミリではベアリングがはみ出してしまうからである。ベアリングをはめる穴は実習工場のボール盤で加工した。

#### ・ディスプレイサ

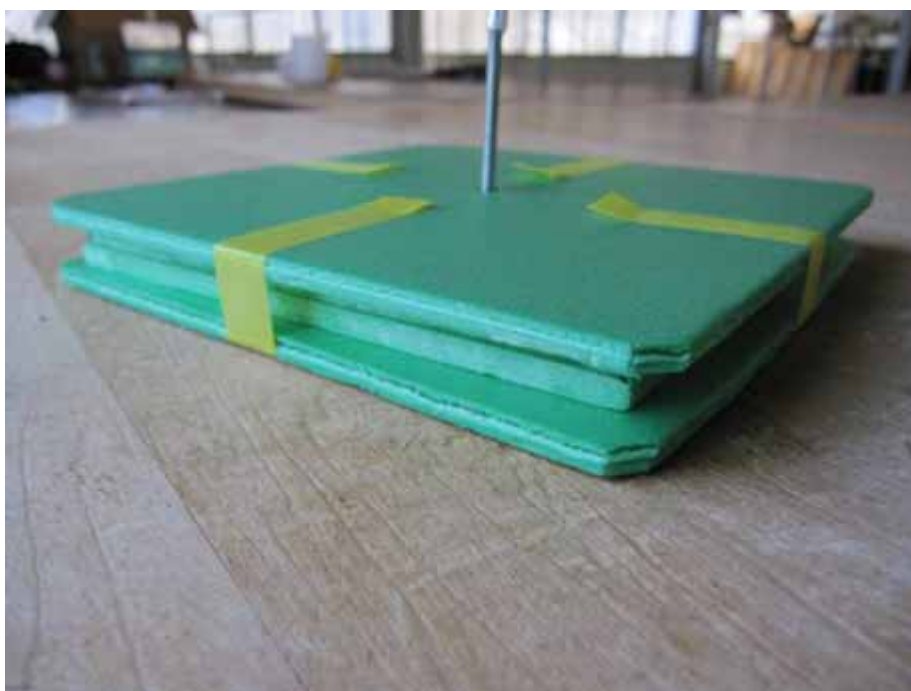


Fig.A18 Displacer

ディスプレイサには前回と同様に発泡ポリスチレンの板を用いた。今回は形状を正方形にして板を 9 枚重ねて厚さを約 5 センチとする予定だったが重量を軽くするために 4 枚の板で製作した。当所 50 ミリの厚さにしようと考えた理由は薄くした場合、チャンバ内の高温部と低温部が重複してしまい温度差が取れなくなってしまうのでそれを防ぐためである。まずディスプレイサシリンダの仕切りよりも各辺 1 センチ程度小さい正方形の板を 2 枚切り出し、そのうちの 1 枚の中心に 4 ミリの穴をあけ、もう一方の板の中心には 2 センチ程度の穴を開ける。次に各辺 15 センチ程度の正方形の板を 2 枚切り出す。1 枚の板の中心に

は 4 ミリの穴を開け，もう一方の板の中心には 3 センチ四方の正方形の形にくり抜く．5 ミリの厚さの亚克力板を 3 センチ四方の正方形に切り取り，中心に 4 ミリのネジ穴を設ける．この亚克力板の形に合わせて中心をくり抜いた板にはめ込む．一番下に大きい穴を開けた辺の長い板を置き，その上に亚克力板をはめ込んだ板，その上に辺の短い一枚，一番上に辺の長い板を中心を合わせて重ね合わせる．これらの板がずれてしまわないようにマスキングテープなどで固定する．

#### ・ディスプレイサロッド

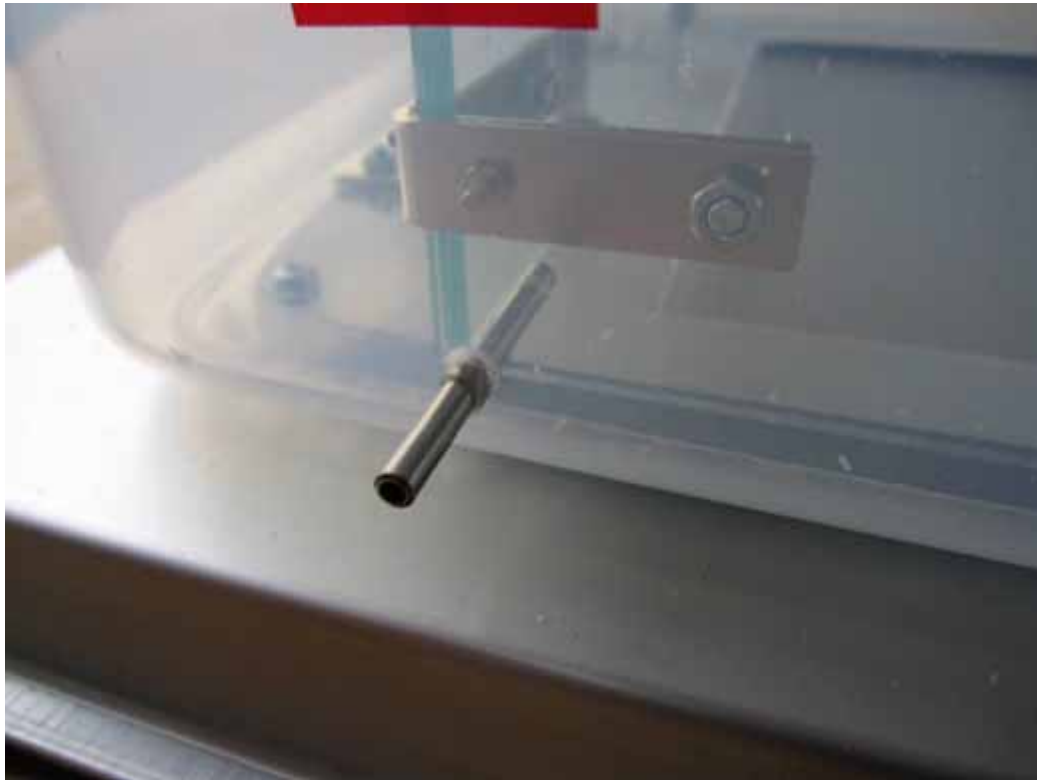


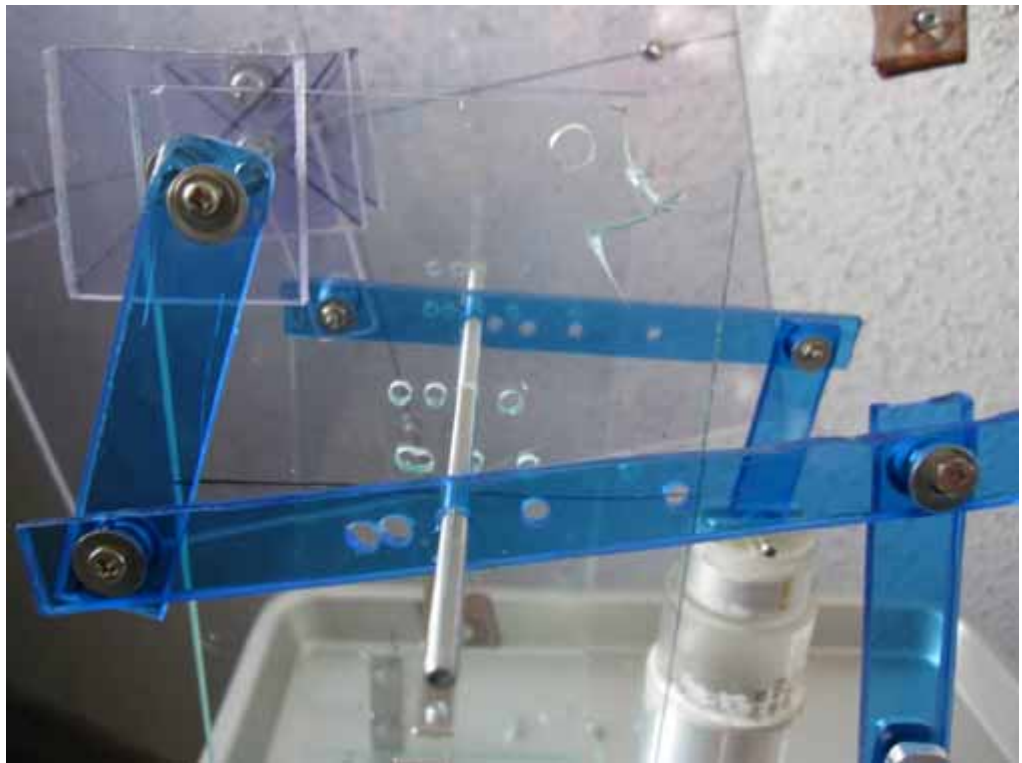
Fig.A19 Displacer rod

ディスプレイサロッドは前回の装置と同じ加工方法を取った．M4 の長いネジを適当な長さに切断する．上部の機構に取り付けたディスプレイサ用のポンプのシリンダを考え，M4 のネジの適当な位置にポンプのピストンを取り付ける．

このときただ取り付けるだけではなく接着剤をネジにつけその上にアルミテープをきれいに二重に巻く．その上に接着材を薄く塗り，そこにポンプのピストンをはめて接着する．この様な加工方法を採用した理由はネジのピッチとピ

ストーンとの隙間から空気が漏れてしまうことを防ぐためである.





この文章および写真は、大分大学熱工学研究室の平成22年度卒業研究生浅井優輔氏が遺したスターリングエンジンの製作方法に関するメモです。無断転用は御遠慮願います。