

## ディスプレイサロッドと異径ピストン

2021/12/21 小林義行

### 1. ディスプレーサロッド

クラスのような注射器 形2ピストンの場合は悩みませんが、串形 形をやるうとするとディスプレイサのロッドシールをどうするか悩みます。漏れがほとんどもなく、摩擦ロスもないことが理想です。

極細のガラス注射筒のピストンはディスプレイサロッドに使われることがあります。直径 3mm 台の極細なので体積変化に影響はなく、ラビリンスシールによって空気漏れもほとんどなく摩擦ロスもほとんどないだろうことが期待されます。しかし極細注射筒は特殊規格なので価格も割高、またラビリンスシールとしては面積が小さ過ぎではないか、という若干の心配もあります。

HW-パイは図1のように極細注射筒をディスプレイサロッドに使用した 形でしたが、組立後にはじめて再生器のスチールウールの量や形を調整している時、側壁に圧力を受けロッドが引っかかるように停止するのが見受けられました。その時、サイドスラストには弱いのかなと感じました。ただし、スチールウール調整後はそのような止まり方は見られないので、大きなサイド スラストがかからない範囲での使用であれば問題ないと思います。

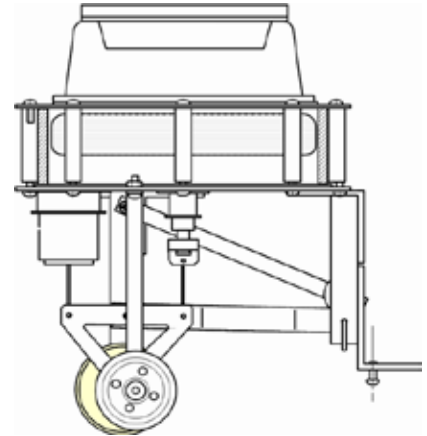


図1 HWパイのディスプレイサロッド

### 2. 2ピストン・ディスプレイサ型

HWザウルスで採用しているのは異径のガラス注射筒による2ピストン式です。ディスプレイサロッドとして入手しやすく使いやすい 3mL 用注射筒，出力ピストンにはより大きな 20mL 用注射筒を使っています。

2ピストンではありますが、形2ピストンのように2つのピストンの行程容積の差動によって気体変位(つまり加熱・冷却)をするわけではありません。串形ディスプレイサがもっぱら加熱・冷却を担うので、あくまでディスプレイサ型です。加熱冷却のタイミングはディスプレイサで決まりますが、体積変化には出力ピストンだけでなく、ディスプレイサロッドによる体積変化も加わります。

そのため最適なクランク角は 90° ではありません。たとえば 120° が最適などとなると、ロスヨーク等のリンク機構は使いづらくなります。単クランクなど、クランク角が単純で簡単に換えられるリンク機構の方が便利になります。

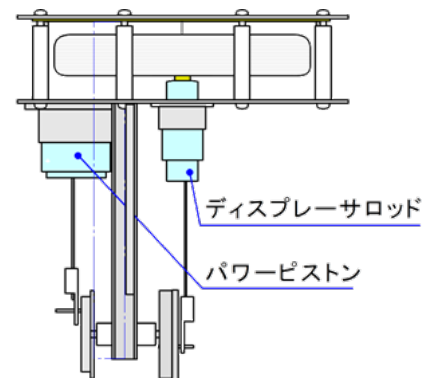


図2 異径2ピストン式(HWザウルス)

ここで最適なクランク角とは、スターリングサイクルの原理上、加熱冷却（つまりディプレーサの動き）と総体積の変化とが位相差 90° になるようなクランク角だと考えます。もちろん Schmidt 理論のような理想モデルでもその角度が図示仕事を最大にします。実物のエンジンであっても、余程極端な「熱遅れ」（ディプレーサ変位から、気体の加熱冷却が起こるまでに時間差があること）がない限り、以上の考えで良いはずで

さて最適なクランク角の値ですが、例えばコンロッドがあまり短くない単クランクなどのように、2つのピストンが正弦波形で動くと仮定すると、簡単な計算で求められます。その結果、ディプレーサロッドの体積変化も合算されるため、最適クランク角は 90° よりも必ず大きくなります。

その最適クランク角はディプレーサロッドの行程容積  $V_d$  と出力ピストンの行程容積  $V_p$  との比で決まります。  $e = V_d/V_p$  とすると、最適クランク角  $\alpha$  は、次式となります。 \*文献 1

$$\alpha = \cos^{-1}(-e)$$

また、総体積の変化量  $V_s$  は次式となります。

$$V_s = V_p \sin \alpha$$

図 3 のグラフを使えば、 $e$  の値から最適クランク角  $\alpha$  と総体積の変化の割合  $V_s/V_p$  を直読できます。

例えば、ディプレーサロッドと出力ピストンの行程容積が 1:2 なら、 $e = 0.5$  なので最適クランク角は 120° となります。そして、総体積は出力ピストン行程容積の約 87% 変化すると分かります。

HWザウルス 2021 の場合、 $e = 0.28$  なので、最適クランク角は 106° です。そのとき総体積変化は出力ピストン行程容積の 97% です。

注意すべきは、ピストン径の比ではなく、行程容積の比で決まるという点です。ピストン直径の比はそのまま、どちらかのピストンストロークだけ変えても、最適クランク角は変わります。クランク角の少しの変化で出力が激変するようなものではないですが、一応要注意です。

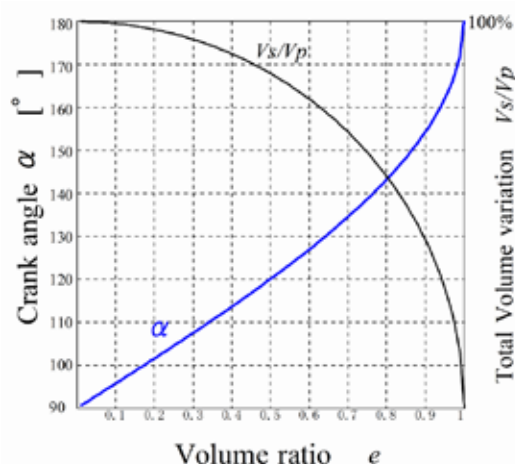


図 3 ディプレーサロッドと出力ピストンの行程容積比に対する最適クランク位相角

\*文献 1: 「2 ダイアフラム式スターリングエンジン - クランク角の最適化について -」, 小林, 日本機械学会「第 9 回スターリングサイクルシンポジウム論文集」, P109-110, 2005/10/21

以上の内容について質問・ご意見等あれば、下記のアドレスあて電子メールでご連絡下さい。

小林義行(スターリングテクナラー事務局)

office@@stirling-tech.sakura.ne.jp (@を一つ削除して下さい)