

# スパイラル型粘性ポンプの研究

吉田 稲次郎\*

## Research in Spiral Viscose Pumps

By Inajirō Yoshida

Tochigi Works, Hitachi, Ltd.

### Abstract

As to the viscose pump, its study can be dated back to fairly old days and detailed reports have been made available by Dr. Miyazu, the Tokyo University, and Mr. Asanuma of the Gumma University.

However, these reports deal with such a case that a fluid is carried on by moving wall which slides along the following route at a constant speed, and none of them touches the application field of the pump.

The writer has conducted an experimental research in the case where uneven wall speed is applied, that is, the shaft end surface makes a rotation in contact with a plate having Archimedes spiral type groove. He has studied the relation between oil flow and lift consisting in such case. The research revealed that even a shaft of considerably small diameter can afford a lift and flow sufficient enough for lubrication purpose.

Next, the application of this viscose pump as a thrust bearing in electric refrigerator hermetic compressor at its lower end of vertical shaft has proved its serviceability not only as a thrust bearing but also as a very simple, smooth, noiseless lubrication device, and this fact highly recommends it, the writer remarks, for use in electric refrigerators.

### 〔I〕 緒 言

相接近した2平板間に流体を充満し平板の一方を一定方向に一定速度を以て移動せしめる時は、流体はその粘性により平板の移動する方向に流れを生ずる。

若し第1図に示す如き浅い溝Aに油を充満し、平板Bを溝の方向に移動せしめる時は、次の如き流量を生ずる。

$$q = \frac{K_1}{2} U_0 b \delta - \frac{K_2}{12} \frac{gH}{S} \frac{\delta^2}{\nu} b \delta$$

但し  $q$ : 油の流量

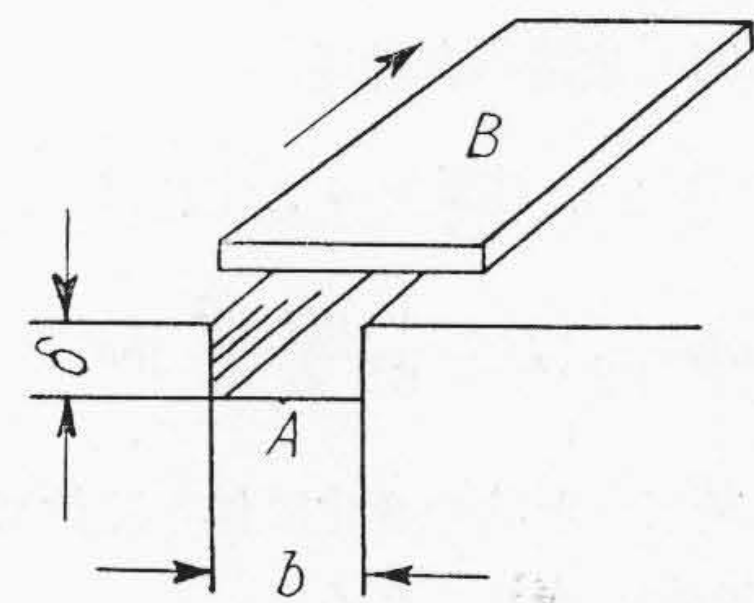
$K_1 K_2$ : 溝の形状により定まる係数

$U_0$ : 平板の速度

$b$ : 溝の巾

$\delta$ : 溝の深さ

- $g$ : 重力の加速度
- $H$ : 油に生ずる揚程
- $S$ : 溝の有効長さ
- $\nu$ : 油の動粘度



第1図 油 溝  
Fig. 1. Oil Slot

\* 日立製作所栃木工場



かくの如く流体の粘性を利用してこれに揚程を与え、又は流量を得んとする研究は古くから行われ詳しく報告されている。然し乍らこれらの研究は総て  $U_0$  を一定としたものである。又詳しい研究報告が発表されている割合に実用化に就いての報告は稀である。

筆者は平板上にスパイラル型に刻まれた溝の上を電動機の軸端が接して回転する場合、即ち  $U_0$  が一定でない場合に就いて研究した。そして油の粘性により生ずる揚程を利用することにより、比較的高揚程を必要とする冷凍機用密閉型圧縮機の軸受部給油に成功した。

以下その経過に就いて報告する。

〔II〕 理 論 的 考 察

本研究に於ては、製作に便利なアルキメデススパイラル溝に就いてのみ論じ、対数スパイラル溝に就いては触れないことにする。

第 2 図に示す如きスパイラル型に切つた矩形断面の溝を有する平板に接着して、これを同心にて軸の端面が回転運動を行う場合には、油は軸の端面に附着し溝に沿つて移動する。この際軸は油がスパイラル溝の外側より内側へ進行する方向に回転するものとする。

油溝はスパイラル型であるが、流体の速度及び流量の小なる場合は、方向変換に要する揚程損失は少いと考えられるので、直線流路と見做しても大なる誤りはないであろう。

そこで先づ移動壁の速度が一定の場合に就いて考えてみる。第 3 図に於て、平行に対向せる移動壁と固定壁とがあり、 $\delta$  なる距離を距て、その間に油が充満しているものと仮定する。流れの方向へ  $x$  軸、それに直角の方向へ  $y$  軸をとり圧力は  $x$  方向にのみになり、速度は  $y$  方向のみに変るものとし、且移動壁の速度を  $U_0$  とすれば、油の運び去られる速度  $u$  は次の如く表わされる。

$$u = \frac{U_0}{\delta} y - \frac{gH}{2\nu s} y(\delta - y) \dots\dots\dots (1)$$

但し  $g$ : 重力の加速度

$H$ : 揚程

$\nu$ : 油の動粘度

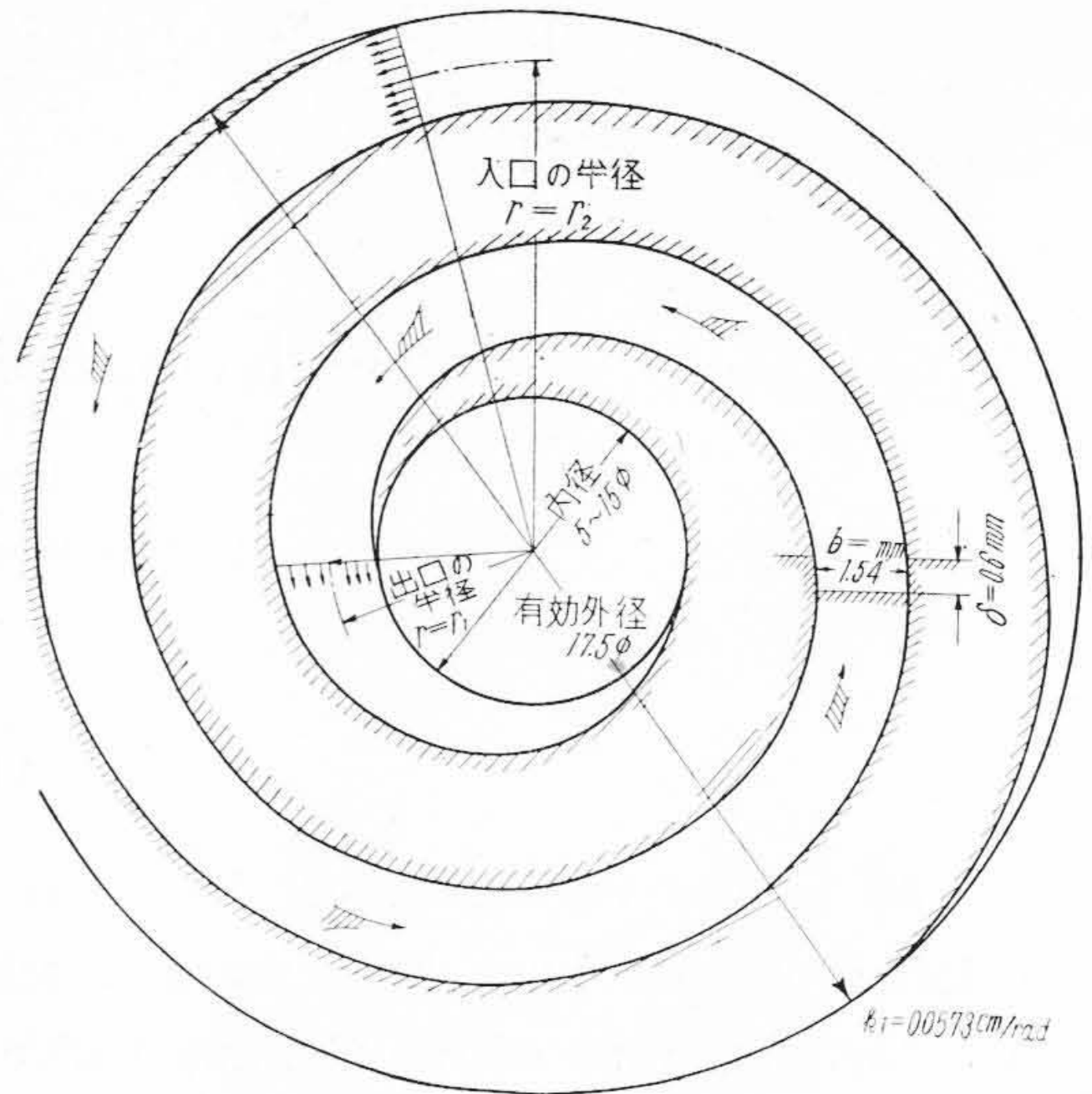
$s$ : 溝即ち流路の有効長

次に流路の巾を  $b$ , 流量を  $q$  とすれば

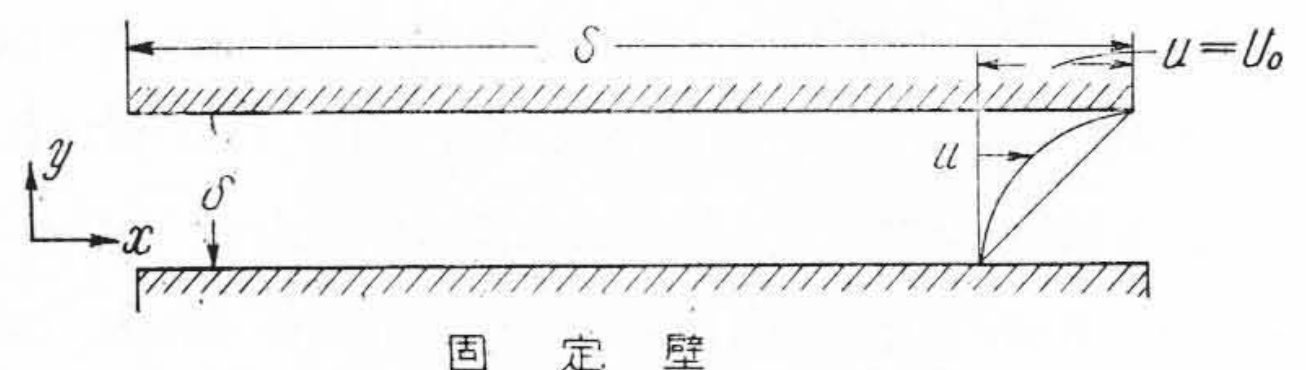
$$q = b \int_0^\delta u dy = \frac{1}{2} \left( U_0 - \frac{1}{6} \frac{gH}{s} \frac{\delta^2}{\nu} \right) b \delta$$

実際の溝に於ては形状の変化に伴う流体抵抗の変化を考慮して、次の如く表わされる。

$$q = \frac{K_1}{2} U_0 b \delta - \frac{K_2}{12} \frac{gH}{s} \frac{\delta^2}{\nu} b \delta$$



第 2 図 スパイラル溝  
Fig. 2. Spiral Slot



第 3 図 流れの方向に於ける溝の断面  
Fig. 3. Section of Slot Viewed from Flow Direction

又移動壁と固定壁の接触面が密接して、その間の漏洩が 0 と見做され、且溝巾と深さとの比が 2 以上の場合には、 $K_1 \doteq K_2^{(2)}$  としても大なる誤りはないから、上式は次のようになる。

$$q = \frac{K}{2} U_0 b \delta - \frac{K}{12} \frac{gH}{s} \frac{\delta^2}{\nu} b \delta \dots\dots\dots (2)$$

但し  $K = K_1 = K_2$

(2) 式の第 1 項は移動壁と固定壁との間の流速分布が深さの方向に直線的変化をなすことを示す式であり、流量は移動壁の速度にのみ関係する。次に第 2 項は流体が平行 2 平面間の細隙を層流を以て漏洩する場合の漏洩流量<sup>(3)</sup>を示す式である。

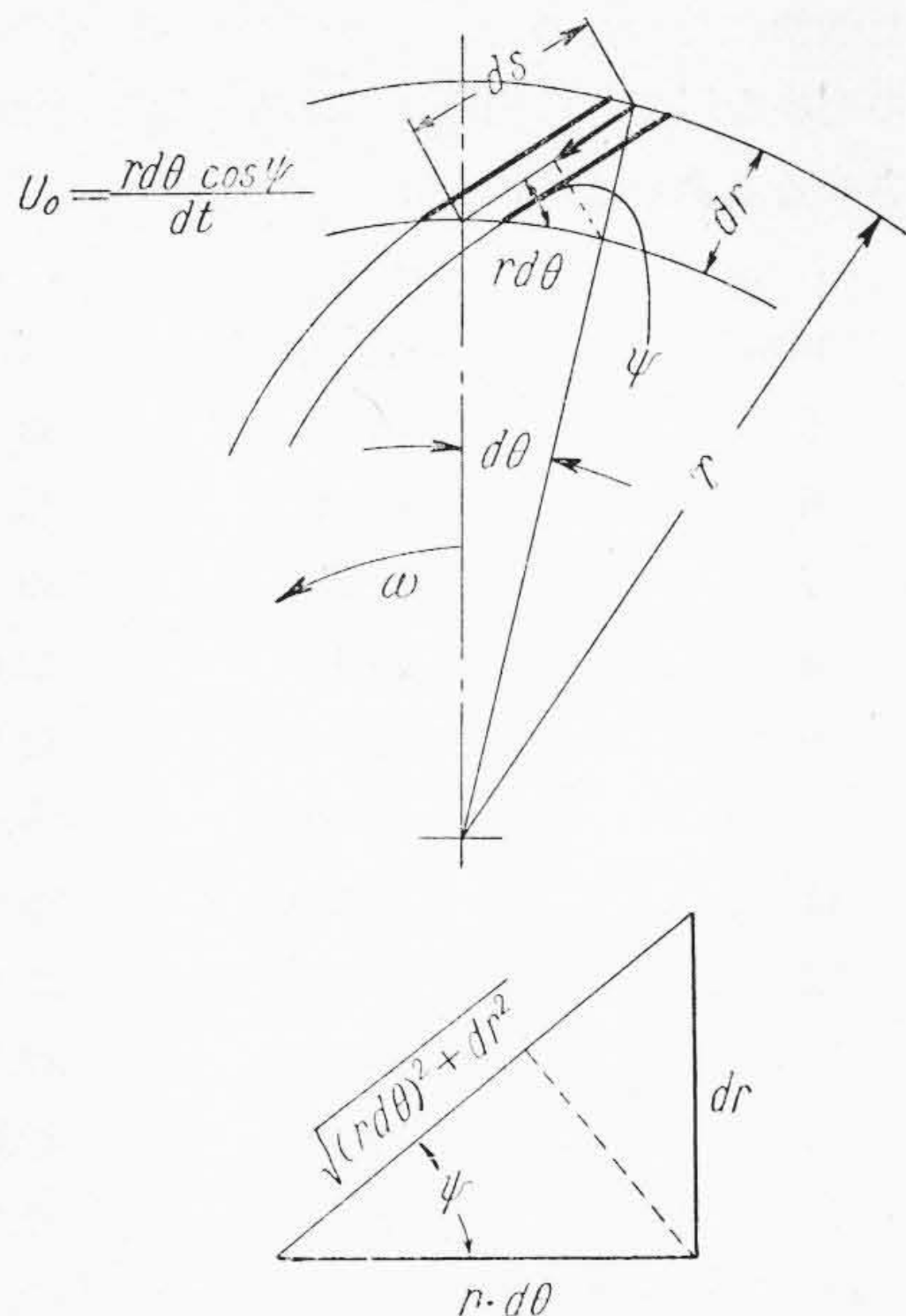
併せて以上は移動壁の速度が一定の場合であるが、スパイラル溝の上を軸の端面が接触して回転する場合には (2) 式は次のように書き改められなければならない。

$$q = \frac{b\delta}{2} K U_0 - \frac{K}{12} \frac{g}{\nu} b \delta^3 \cdot \frac{dH}{dS} = \text{一定} \dots\dots\dots (3)$$

然るに第 4 図に示す如くスパイラル溝に於ては

$$U_0 = \frac{r d\theta \cos \phi}{dt} = r \omega \cos \phi \dots\dots\dots (4)$$





第4図 スパイラル溝の説明  
Fig. 4. Explanatory Diagram of Spiral Slot

$$\begin{aligned} \cos \psi &= \frac{r \cdot d\theta}{\sqrt{(rd\theta)^2 + dr^2}} = \frac{k_1 r d\theta}{\sqrt{(k_1 r d\theta)^2 + (k_1 dr)^2}} \\ &= \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{k_1}{r}\right)^2}} \dots \dots \dots (5) \end{aligned}$$

但し  $k_1 = \frac{dr}{d\theta} = \text{一定}$

(5)式を(4)式に代入すれば

$$U_0 = r\omega \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{k_1}{r}\right)^2}} \dots \dots \dots (6)$$

次に

$$ds = \sqrt{\left(\frac{r \cdot dr}{k_1}\right)^2 + dr^2} \dots \dots \dots (7)$$

(6)及び(7)式の値を(3)式に代入して次式を得る。

$$\begin{aligned} H &= \frac{1}{3} \frac{A}{Bk_1} \omega (r^3 - r_1^3) - \frac{q}{Bk_1} \left\{ \frac{r}{2} \sqrt{k_1^2 + r^2} - \frac{r_1}{2} \sqrt{k_1^2 + r_1^2} \right. \\ &\quad \left. + \frac{k_1^2}{2} \log(r + \sqrt{k_1^2 + r_1^2}) - \frac{k_1^2}{2} \log(r_1 + \sqrt{k_1^2 + r_1^2}) \right\} \end{aligned}$$

但し  $A = \frac{b\delta}{2} K$      $B = \frac{K}{12} \frac{g}{\nu} b\delta^3$

実用上の範囲内に於ては、 $k_1$ は小さく  $k_1^2$ を含む項は0と見做し得るから

$$H = \frac{1}{3} \frac{A}{Bk_1} \omega (r^3 - r_1^3) - \frac{q}{2Bk_1} (r^2 - r_1^2)$$

従て

$$q = \frac{1}{6} \frac{k_1 K b \delta^3 q}{\nu (r^2 - r_1^2)} \left\{ \frac{2\nu\omega}{k_1 g \delta^2} (r^3 - r_1^3) - H \right\} \dots \dots (8)$$

〔III〕 実験装置

実験装置は第5図及び第6図(次頁参照)に示す如く、堅型電動機の軸端を延長し、その下端に第2図に示す如き寸法のスパイラル型粘性ポンプを取付け、ポンプの外周より内周へ圧送された油は軸の中心孔を上昇し、適宜必要な揚程より軸外へ放出され得る構造とした。実験に使用したスパイラルは製作の都合からアルキメデススパイラルである。

又ポンプはスプリングにて支えられ、電動機軸端に軽く圧接しているようにした。尚油が軸の中心より外周へ放出される場合の遠心力は、ポンプ作用として影響のないことを確かめてから測定に着手した。

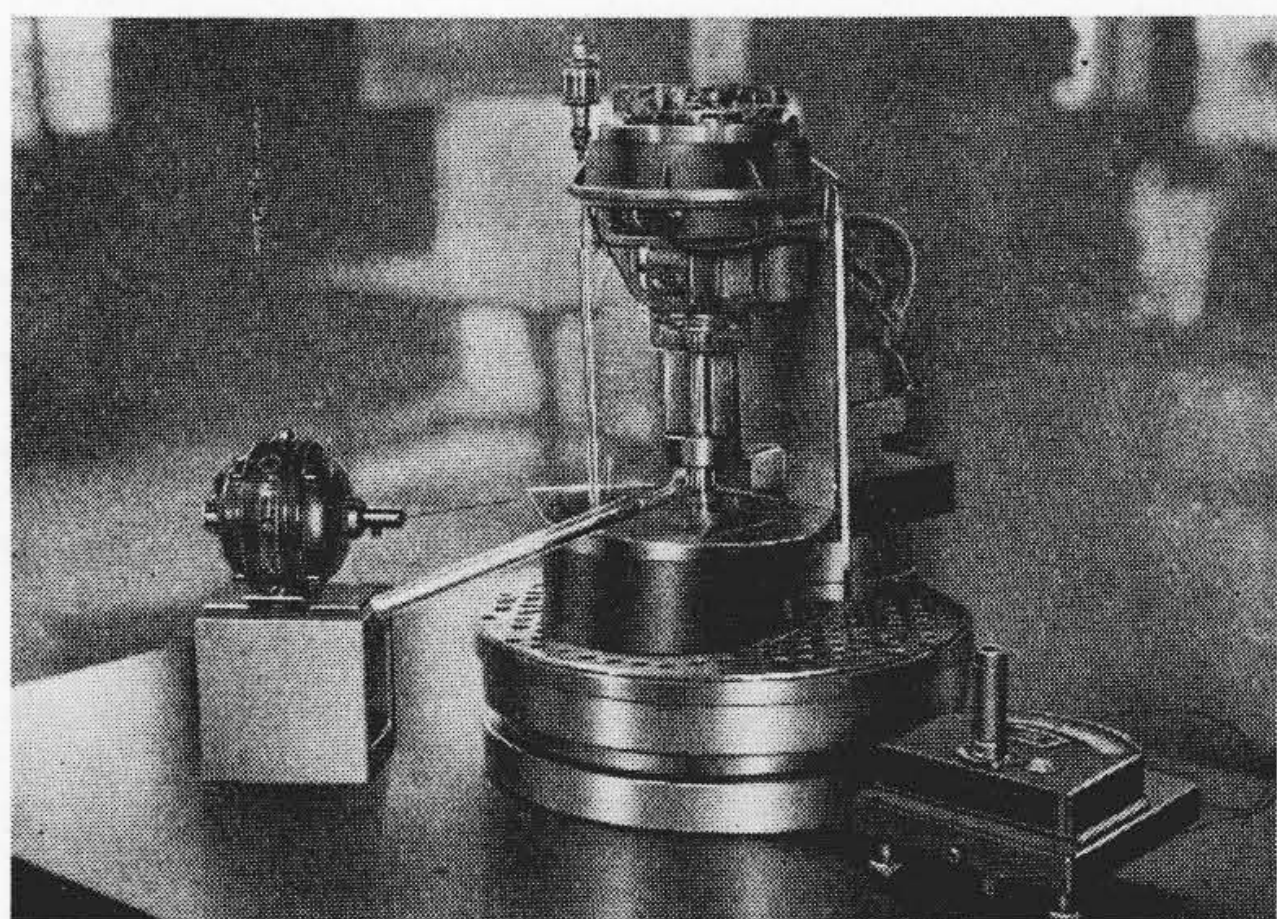
流量の測定には 30cc 目盛付試験管とストップウォッチを使用した。温度の測定はポンプの下面の中心部に孔を穿ちこれに熱電対を挿入して測定し、この温度を以て油の温度を代表させた。尚この外に油槽中の油の温度を出来るだけ均一に保つために、外径 3cm のセルロイド製軸流ポンプを装着し電動機で駆動して油の攪拌を行った。

〔IV〕 実験結果の検討

先づ電動機を常温から起動し、揚程を 13 cm にした場合の 5 分毎の油の温度と流量を測定した。

その1例を示すと第7図(次頁参照)の如くである。図で判るように、油温は最初急に上昇するが、25分前後から安定した上昇曲線を示し、一方流量は最初より逐次ゆるやかに減少していく傾向を示している。

次にスパイラルの内径、即ち第2図の  $r_1$  を逐次大きくして、換言すれば有効流路の長さを短くして、前述の如く油温と流量を測定した。このようにして  $2r_1$  を 5 mm から 15 mm まで変化した場合の油温と流量との関係を求めた。これらの測定値は大体 25 分頃より安定



第5図 実験装置  
Fig. 5. Experiment Equipment

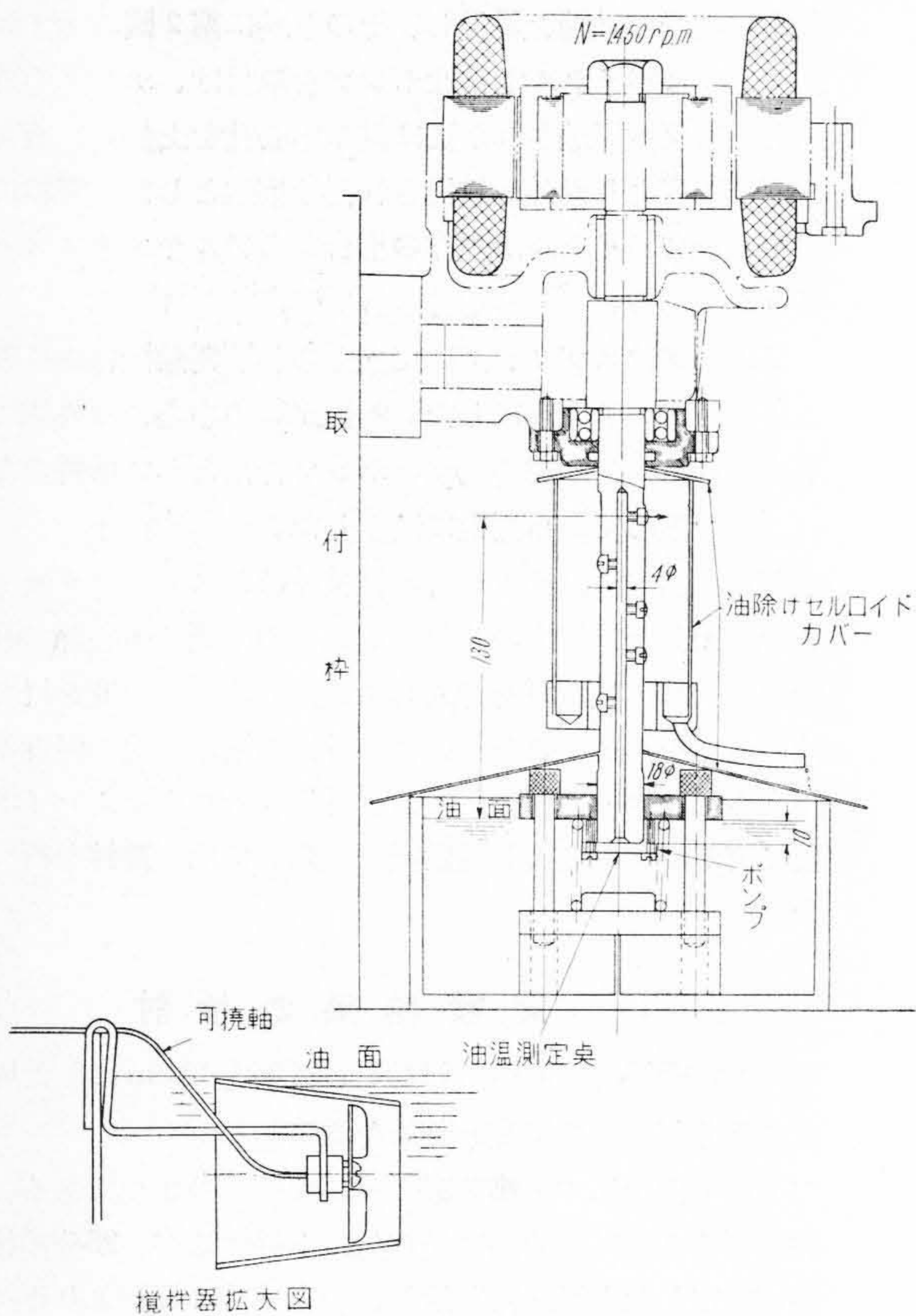


した状態になつたので、この点より 45 分迄の測定値の平均を以てその内径に於ける流量と、油温を代表させると次のようになる。

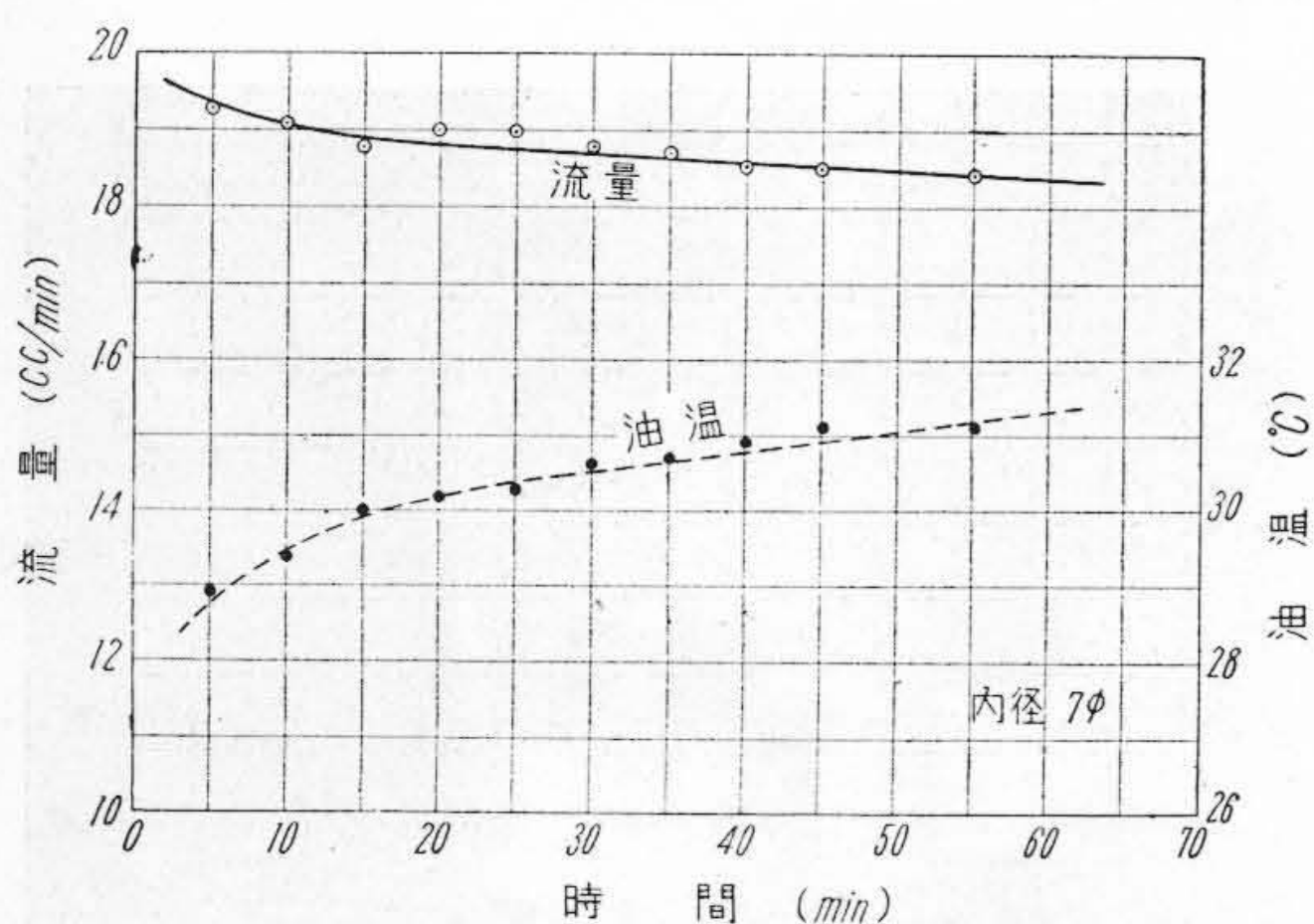
内 径 (mm)	流 量 (cc/min)	油 温 (°C)
5.....	18.10	30.8
6.....	18.40	29.1
7.....	18.76	30.7
8.....	19.16	32.0
9.....	18.74	32.0
10.....	18.88	29.7
11.....	19.20	26.0
12.....	20.04	32.0
13.....	18.94	32.4
14.....	18.12	22.6
15.....	8.74	31.2

上表に於ては油温が異なるので、内径と流量との関係を比較することが出来ない。そこで油温 30°C の場合に補正すると、上記の関係は第 7 図の打点に示すようになる。

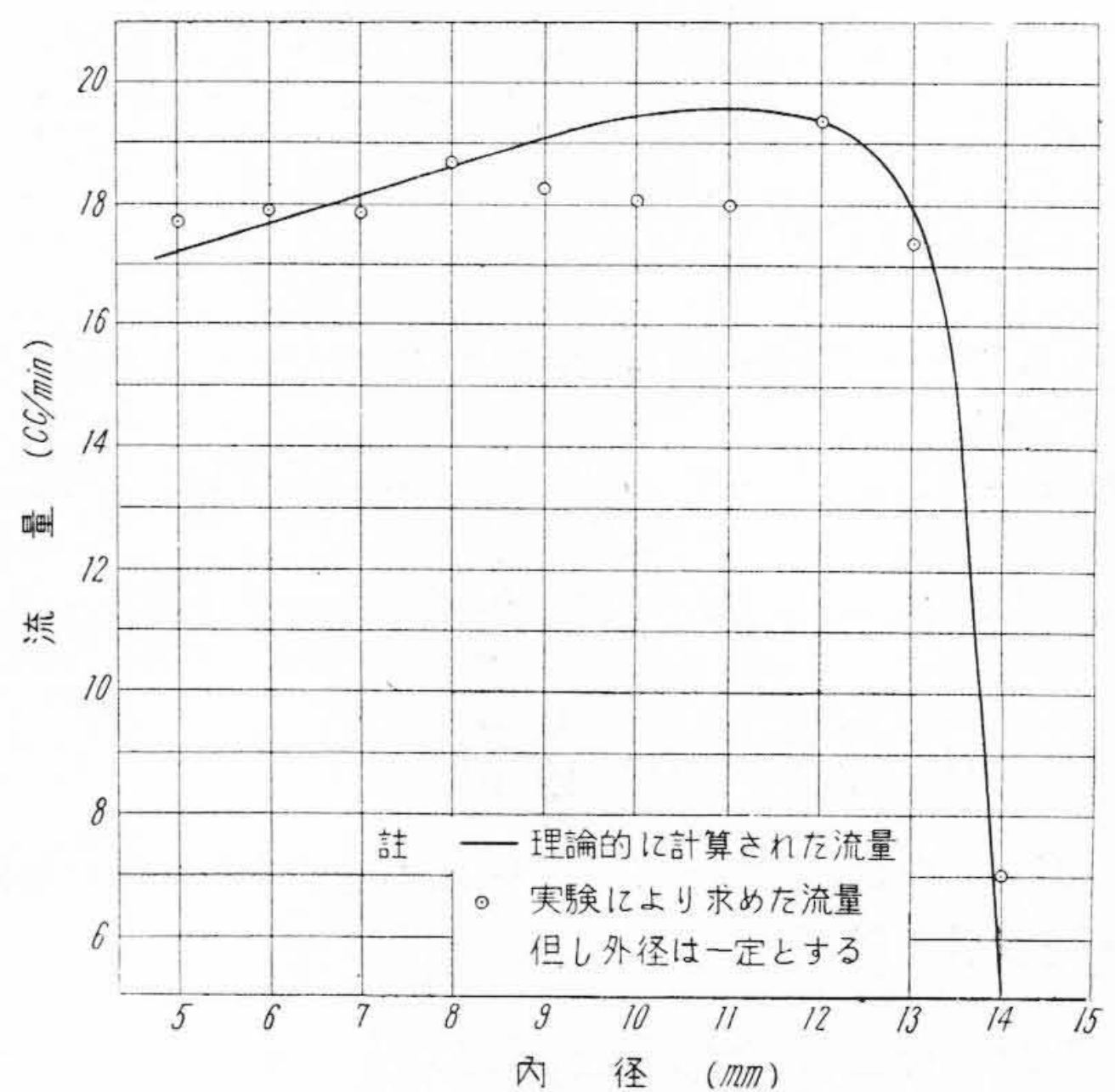
第 8 図に於て実線で示した曲線は、軸の中心孔に於ける揚程損失を一定（この場合 19cc/min の流量の時の損失 4 cm をとつた）とし油温を 30°C とした場合の流量の計算値である。即ち実測値と理論値とは可成り良く一致している。内径 9~11 mm に於ては偏倚しているが、これは測定上の誤りと推定される。



第 6 図 実験装置の詳細図  
Fig. 6. Detailed Diagram of Experiment Equipments



第 7 図 油温と流量との関係  
Fig. 7. Relation of Oil Temperature to Flow Quantity



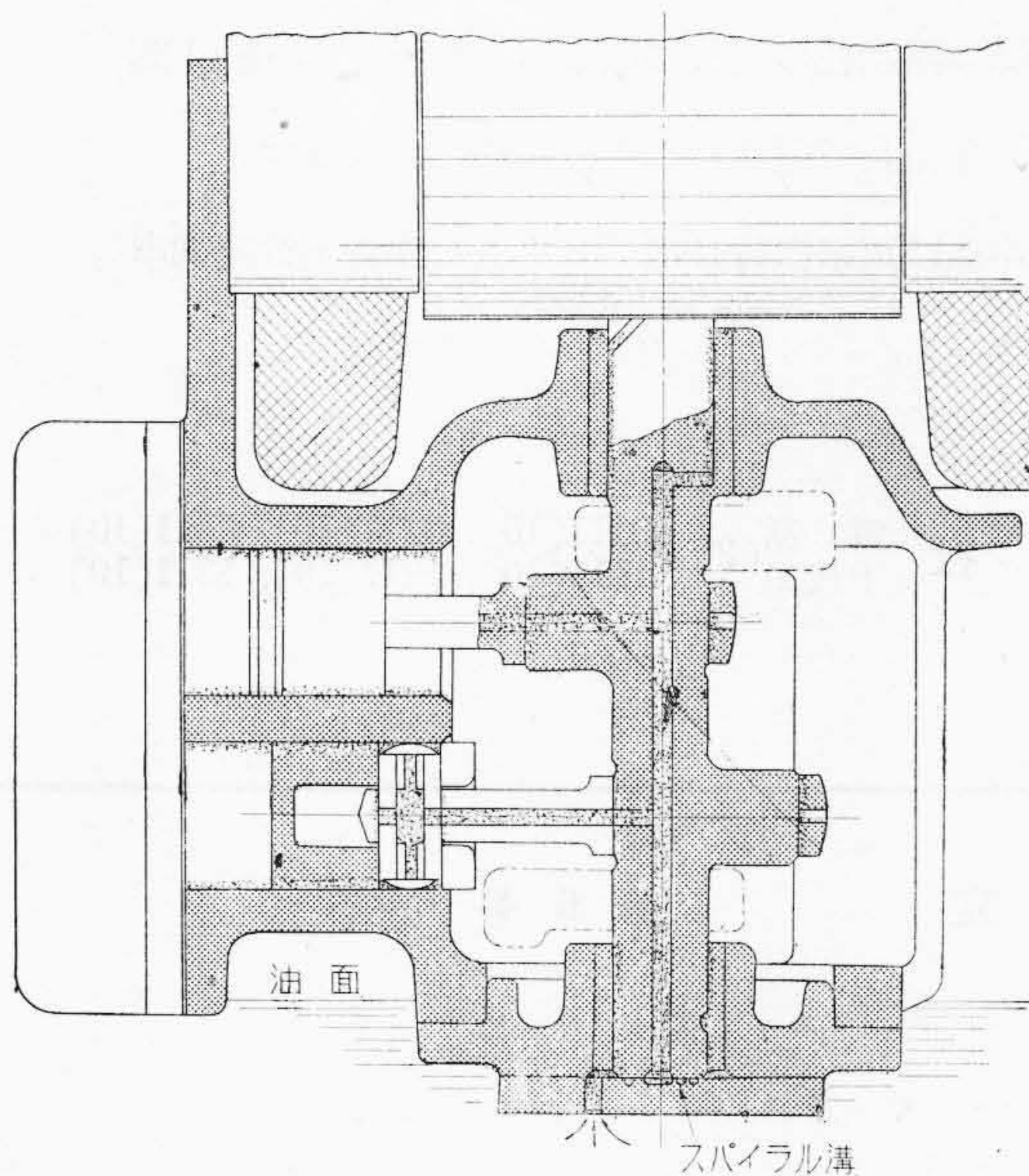
第 8 図 内径と流量との関係  
Fig. 8. Relation between Inside Diameter and Flow



〔V〕 粘性ポンプを使用した冷凍機

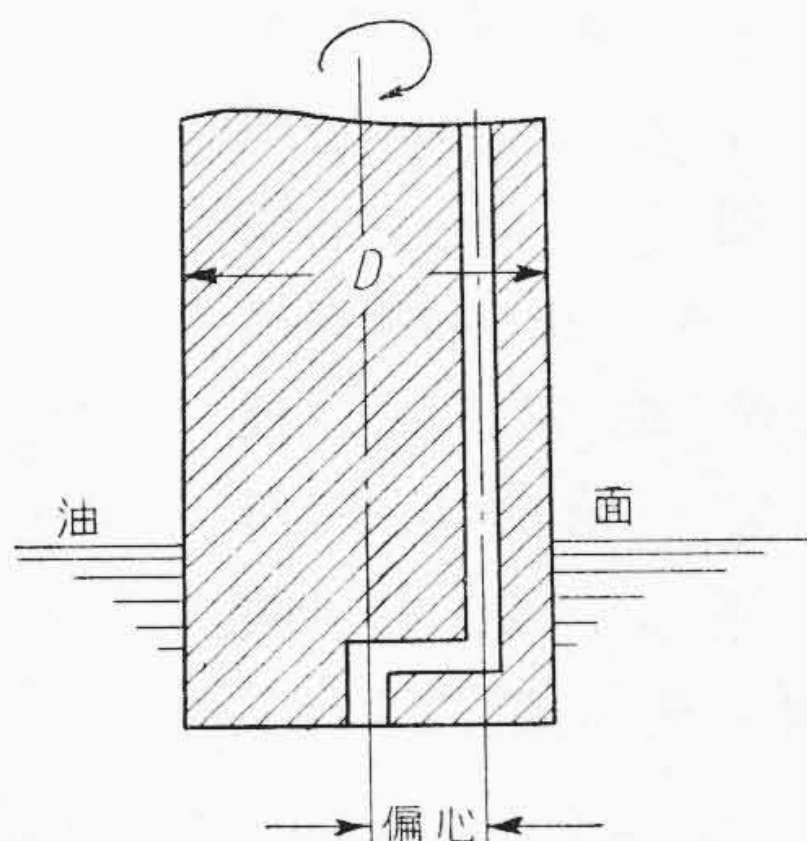
密閉型圧縮機は第9図に示す如き構造であり、チャムバーの底部に盛った冷凍機油を、可及的静かに吸上げコネクティングロッドの大小両端部の軸受及び主軸受に適量の給油を行う必要がある。従来採用されている給油方式は第10図に示す如く軸に設けた油溝の偏心により生ずる遠心力により油に圧力を与える方式か、或いは別にロータリーポンプを設ける方式である。

前者にあつては軸径 $D$ に制限されて大きな圧力を生じ得ず高所への給油は不可能である。特に寒冷時に於ては、油の粘度が増大するために、揚程損失が大きく給油は益々困難になる。後者に於ては別にポンプ機構を設ける必



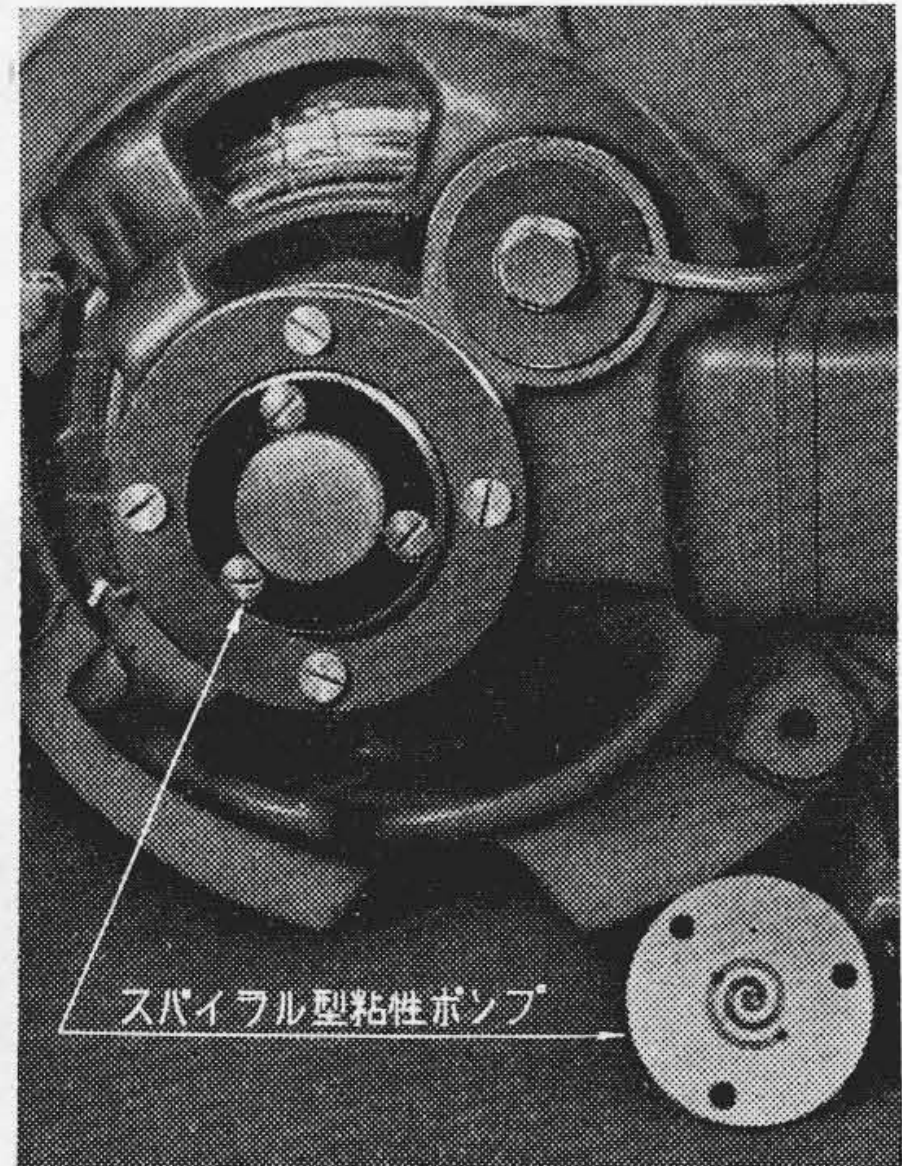
第9図 給油方式として粘性ポンプを使用した密閉型圧縮機

Fig. 9. Hermetic Compressor Using Viscose Pump for Lubrication



第10図 従来の給油方式

Fig. 10. Conventional Lubricating System



第11図 電気冷蔵庫用圧縮機の給油部分

Fig. 11. Lubricated Part of Compressor for Electric Refrigerator

要があり、これは絶対に故障の発生を許し得ぬ密閉型に於ては避く可き方式である。然るに粘性ポンプは構造が簡単で可動部分がない上に大きな流量さえ望まなければ、可成りの高揚程が得られ、その上揚程は粘度に比例して増大するから、寒冷時に於ても好都合である。又油は一様に連続して静かに吸い上げられるので、スプラッシュ式のように霧化して圧縮機の吸込側に吸入されることもない。

第9図は比較的高揚程を必要とする2気筒圧縮機にスパイラル型粘性ポンプを使用した例で、給油作用を行うと共に、推力軸受としても役立つのである。

第11図は家庭用電気冷蔵庫に使用される100W密閉型圧縮機で、電動機の回転子の重量を支える推力軸受が粘性ポンプになつていて、簡単に給油の目的を達している。

〔IV〕 結 言

本研究に於ては

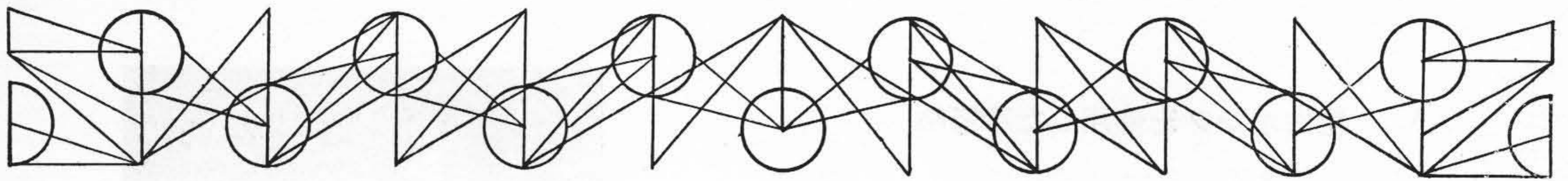
1. アルキメデススパイラル型粘性ポンプの理論式を導き、これを用いた計算値と実験結果とが一致することを確めた。
2. スパイラル型粘性ポンプを電気冷蔵庫用密閉型圧縮機に使用した場合には、軸径が細くても高揚程が得られ構造が簡単なので故障も起らず、且推力軸受と兼用出来るので効果的である。

本稿を終るに当つて御指導を賜つた群馬大学浅野博士及び測定を担当された小原昇君に深甚の謝意を表す。

参 考 文 献

- (1) 宮津：機論集 5~8
- (2) 浅沼：機論集(発表予定)
- (3) 沖：水力学(岩波) P. 207





「日立」綴込カバー

特価 1冊 ￥200 (郵送料共)

愛読者各位の多年の要望でありました「日立」綴込カバーが完成致しまして、すでに発売致しております。

表紙は燕脂色の堅牢優美な総レザーで12冊(1箇年分)を金具で綴込むようになっております。

御申込は東京振替口座 71824 番日立評論社宛御申込下さい。

東京都千代田区丸の内1丁目4番地 (新丸ビル7階) 日立評論社 電話 千代田(27) 0111(10), 0211(10), 0311(10), 1111(10), 1211(10), 1311(10)

第15巻

日立

第6号

- ◎ 日立 ユニットサブステーション
- ◎ 日立 B型 5号 深井戸ポンプ
- ◎ 日立 ベビコン
- ◎ 日立 D型 遠心清浄機の回転部構造
- ◎ 日立 ウインドウ型 エアコンデショナー
- ◎ 東京電力株式会社 納トルダイヤル
- ◎ 建設庁 納自動交換機
- ◎ 500A 交流電弧熔接機
- ◎ 日立製 鋼用酸素ガス圧縮機
- ◎ デスクセット方式による 450kW 複胴巻上機
- ◎ 穀物用 吸引式 空気輸送機
- ◎ 日立 螢光灯 用 電線
- ◎ 日立 35t ディーゼル 電気機関車

東京都千代田区丸の内1丁目4番地 (新丸ビル7階) 振替東京 71824 日立評論社 誌代 1冊 ￥60.00 〒8.00 6ヵ月分(6冊) ￥258.00 (送料共)