

## 引張巻取胴の潤滑について(第1報)

## Lubrication of Tension Reel Drum (Report 1)

茂庭 喜弘\* 小 鹿 敏 夫\*\*  
Yoshihiro Moniwa Toshio Ojika

## 内 容 梗 概

巻取胴に関しては、その構造、材質、および潤滑方法が重要な問題であり、本報には主として潤滑剤に対する吟味、実験結果を述べた。潤滑剤は耐熱性および高温高圧下における静的摩擦特性にまず留意し、これらの点についての検討結果を記した。

## 1. 緒 言

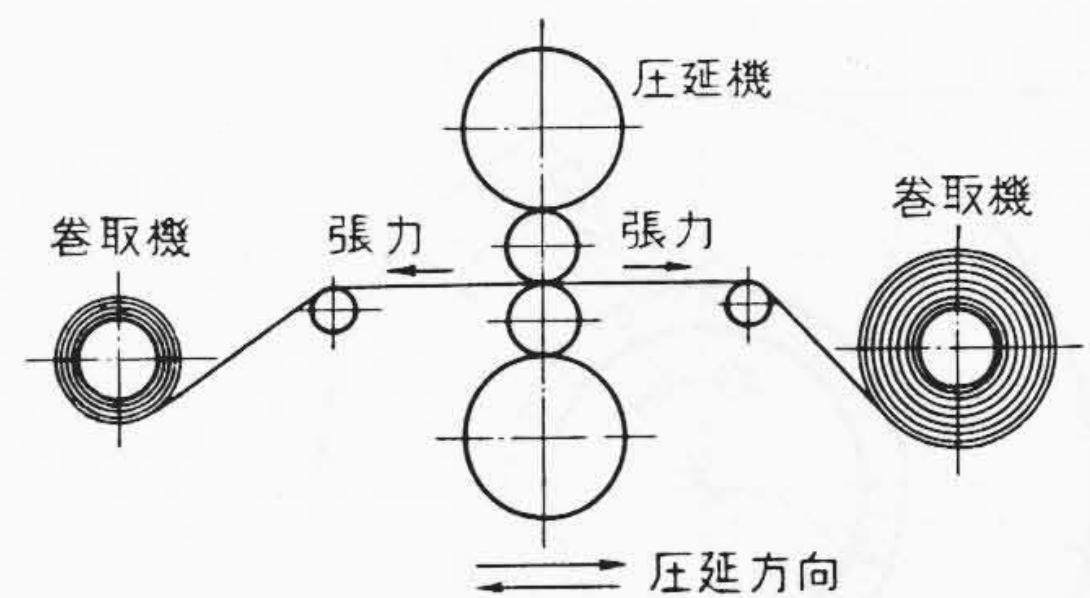
最近わが国において、冷間圧延設備が著しく発達するとともに、圧延される製品の品質向上はもとより、圧延速度も 600 m/min あるいはそれ以上の高速を要求されるようになってきた。また巻取機にて巻取るコイル重量も従来の 10 t コイルから、15 t 以上のコイルを取り扱うようになり、他方圧延材も従来一般に行われていた軟鋼はもちろん、ステンレス鋼、そのほか特殊鋼の冷間圧延もますます発達し設備も増強される趨勢にあり、ストリップに与える引張力も強力なものを要求されるため、巻取胴の使用条件はますます苛酷になりつつある。

第1図に示すように可逆式冷間圧延においては、圧延機の入口側および出口側に引張巻取機を設け、ストリップに強力な張力（一般にストリップ材の抗張力の 30% 程度）を与えながら圧延を行う。このように大きなストリップテンションを与えるのは、単に圧延圧力を減少し、圧延機ならびにロールの変形を減少せしめて、薄いストリップの板厚精度を高め、また、ストリップの表面状態を平滑良好ならしめるのみでなく、圧延中にロールカーブ、圧延油温度などの変化に基く板厚変動をストリップテンションを加減することにより最も簡単に制御しうるので、冷間圧延においてはストリップテンションは重要なものとなっている。また巻取ったストリップコイルは巻取胴を収縮せしめて取出すものであり、円滑に作動するには十分な機械的強度を有する材質を選ぶとともに、その潤滑を適切に行うことが必要である。したがって筆者らは摩擦面を構成する金属材料およびこれの潤滑剤について検討を行うこととした。

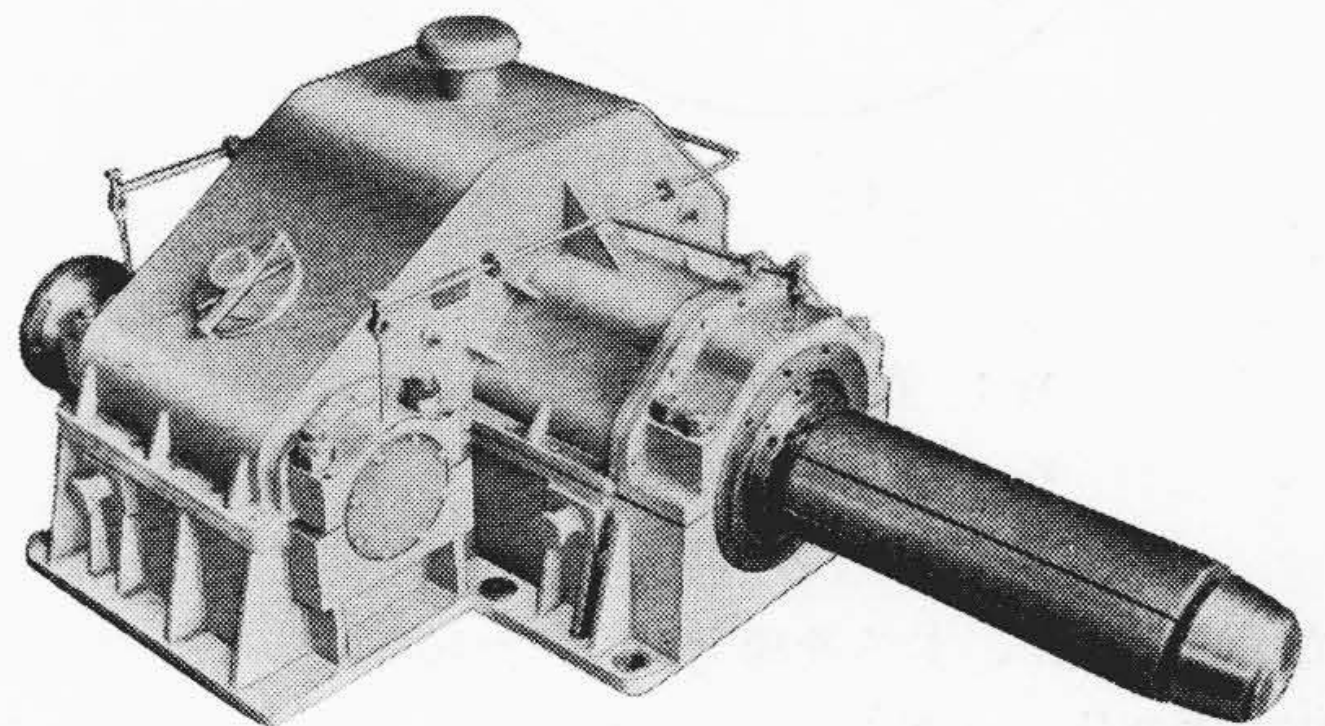
## 2. 巻取胴の潤滑を要する部分と、その構造、材質、問題点

## 2.1 巻取胴の構造

引張巻取機は第2図に示すごとく円柱状の巻取胴を、



第1図 可逆式冷間圧延機説明図



第2図 引張巻取機外観

電動機により減速機を介して駆動し、ストリップを巻取るものである。巻取胴の構造には色々な種類があり、それぞれの使用条件に適したものを選ぶ。巻取胴の一例を第3図に示す。この巻取胴は下楔を往復せしめて上楔を上下し、巻取胴の開閉を行う構造にして、シリンダにより楔を往復させて作動せしめるものである。この楔面に対して現在はグリース潤滑を行っている。

## 2.2 楔面面圧と温度

巻取胴にストリップを巻取する場合、ストリップに与えるストリップテンション、コイルの巻取量、巻取胴の構造によって決まる巻締力が生じ、その値は(1)式にて求められる。<sup>(1)</sup>

$$\sigma_r = - \int_{r_2}^{r_3} \frac{r_2^2 - r_1^2}{r_2^2} \cdot \frac{r}{r^2 - r_1^2} \sigma_t' \cdot dr$$

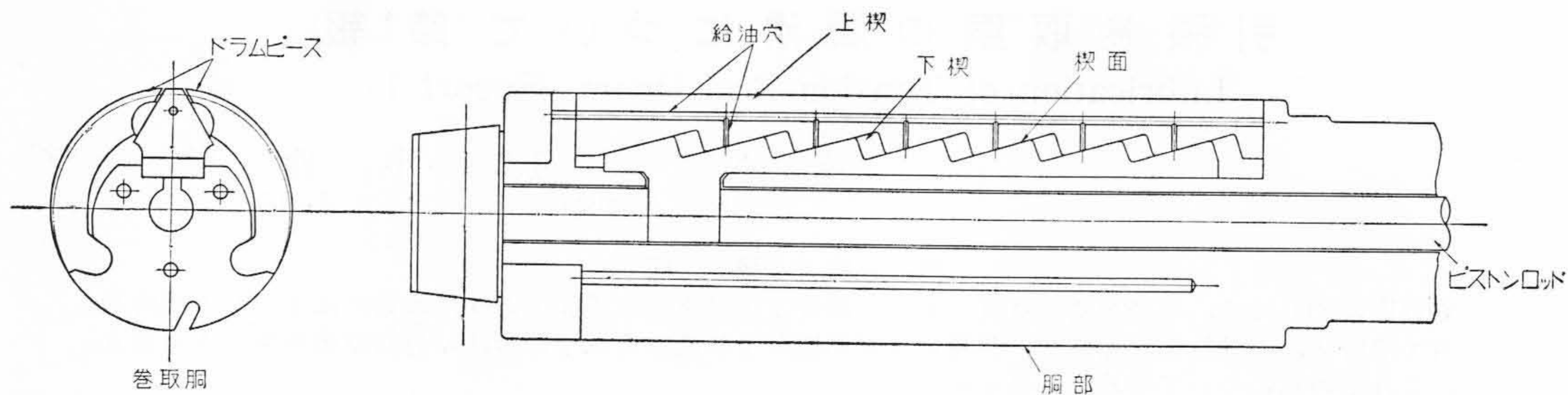
$$= - \frac{\sigma_t'}{2} \cdot \frac{r_2^2 - r_1^2}{r_2^2} \cdot \log_e \frac{r_3^2 - r_1^2}{r_2^2 - r_1^2} \dots (1)$$

ここに  $\sigma_r$  : 巻締力 (kg/mm<sup>2</sup>)

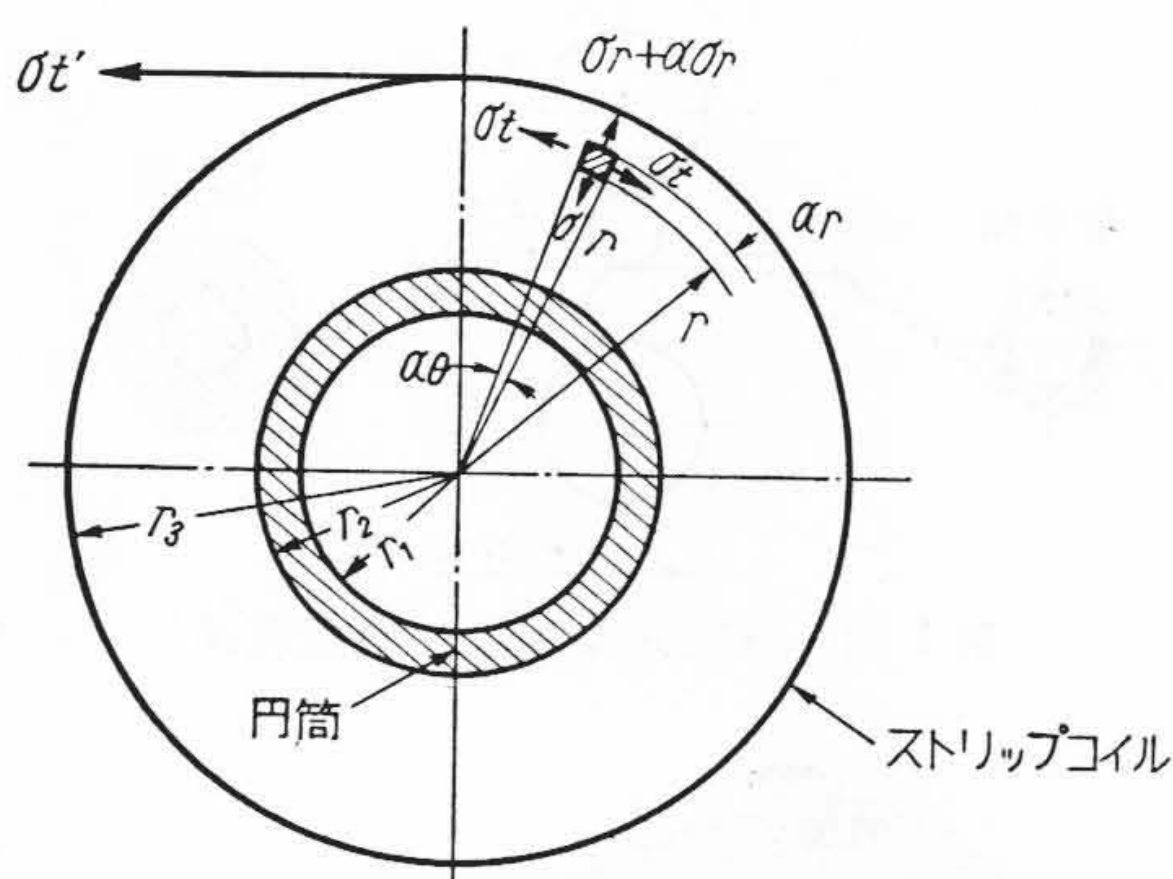
$\sigma_t'$  : ストリップテンション (kg/mm<sup>2</sup>)

\* 日立製作所日立研究所

\*\* 日立製作所日立工場



第3図 巻取銅断面図



第4図 巻締状態

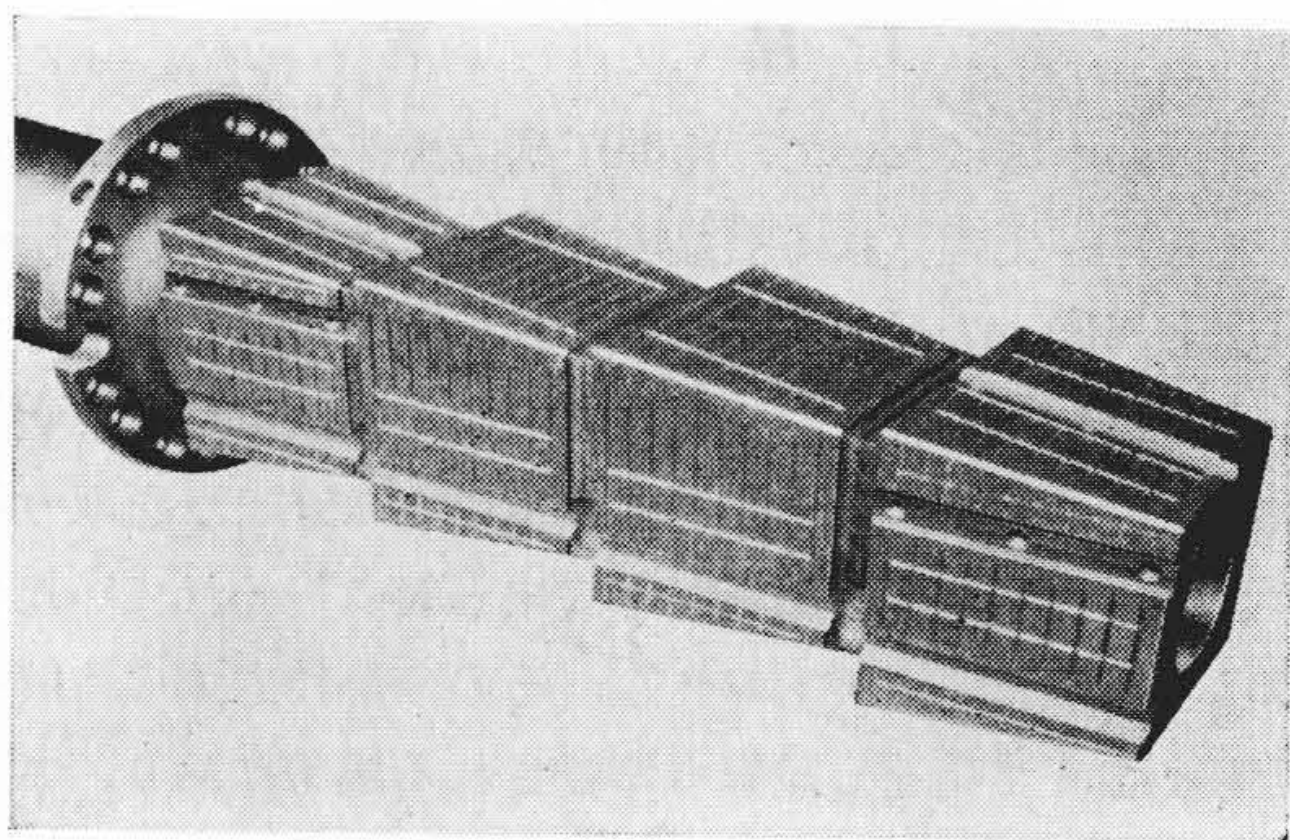
- $r_1$  : 巻取銅相当円筒内半径 (mm)
- $r_2$  : 巻取銅半径 (mm)
- $r_3$  : コイル巻太り半径 (mm)

なお巻取銅が、ある巻締力を受けた場合、わずかに半径方向に変位を生ずるが、同一巻締力によって同一半径方向の変位を生ずる円筒を相当円筒と名付ける。

この巻締力によって、巻取銅は外部より圧力を受けるため楔面には大きな面圧が生じ、 $20 \sim 30 \text{ kg/mm}^2$  あるいは、それ以上になることがある。また、圧延されたストリップの温度は  $100 \sim 200^\circ\text{C}$  になるので、巻取銅の温度は  $100 \sim 150^\circ\text{C}$  になる。したがって摺動面の材質および表面荒さに問題もあるが、グリースの選択を誤ると高温のため軟化流動し十分な潤滑作用を行わなくなったり、楔面に焼付を起し、巻取銅の開閉に支障をきたす原因となる。

### 2.3 巻取銅の材質

前にも述べたように、巻取銅は巻取ったストリップコイルによる巻締力を受け、かつストリップテンションにより曲げを受けるために十分な圧縮および曲げ強度を有することが必要であり、胴部およびドラムピースは高い抗張力の材質が使用される。他方巻取銅を開閉するために、楔面にて円滑に摺動する必要がある、同種金属の接触は避けねばならない。したがって、巻取銅の圧縮および曲げ強度を犠牲にすることなく、しかも摺動面の接触



第5図 巻取銅肉盛熔接後の機械加工面

金属を異種金属とするために、巻取銅では胴部の楔面全面に数ミリメートルの特殊合金を肉盛熔接して、これを解決した。第5図は楔面に肉盛熔接した巻取銅の一例を示す。一般に焼入性の大きい特殊鋼に肉盛熔接することは困難と考えられているが、適当に母材を予熱しながら熔接し、熱処理を施すことにより、母材の変形も少なく、均一な熔接面硬度が得られ、ブローホール、亀裂のない健全な熔着部を得ることができた。なお肉盛熔接面の硬度は、合金の成分を適当に選ぶことにより、 $H_v = 220^\circ \sim 280^\circ$  を得ることができ、 $20 \sim 30 \text{ kg/cm}^2$  の高い面圧にも十分耐えることができる。

以上に述べたごとく、巻取銅においては楔面の材質および胴部の強度的問題とともに、高温高圧下にて摺動する楔面の潤滑が重要な問題である。

### 3. 潤滑剤の概念

潤滑剤には種々の形、組成のものがあってその性能を異にし適用すべき機器の構造、作動特性、その他の使用条件を考慮し適切な性能のものを選ばなければ、満足すべき潤滑を保証することはできない。

巻取銅に対しては前述した構造、使用条件などより、高温高圧用の潤滑剤を必要とし、いわゆる極圧グリース (Extreme Pressure Grease) にまず注目する必要がある。

極圧グリースは特に高圧条件における使用を目的とし、普通グリースに油溶性極圧添加剤<sup>(2)</sup>あるいはグラファイト、二硫化モリブデン ( $\text{MoS}_2$ )<sup>(3)~(5)</sup>のごとき固体潤滑剤を添加して作られるが、基体となるグリースの組成および添加剤の性質によって極圧グリースとしての性能がきまるのであり、これら両者に留意を要する。

基体としてのグリースは組成上

有機金属石鹸+油

無機粉末または有機高分子+油

の2種に大別され、前者はいわゆる石鹸形グリースでこれを作るに用いた有機金属石鹸塩の種類により耐熱性に著しい差異がある。後者は非石鹸形（またはプラスチック形）グリースと呼ばれ、前者より耐熱性にすぐれたものである。なおこれらに対し使用目的によって酸化防止剤、防錆剤その他の添加剤が加えられ、その有無によって性能は異なる。

極圧グリースに添加される油溶性極圧添加剤には各種があり、硫黄、鉛、燐、塩素などを含む化合物が用いられる。これらは高温、高圧下に摩擦金属面と化学的に反応し<sup>(6)~(13)</sup>、摩擦金属面よりも剪断強度が低く、かつ融点の低い化合物を形成し、これが潤滑作用にあずかる。したがって通常の油膜では耐えないような高温、高圧条件にも耐える。しかし極圧添加剤の種類、その組合せいかんによって耐極圧性能に差異を生ずる<sup>(14)~(18)</sup>。他方グラファイト、 $\text{MoS}_2$ のごときを添加したグリースは、これら固体粉末の潤滑性を利用しようとするものである。すなわちグラファイトや $\text{MoS}_2$ の固体微粒子をグリース中に分散せしめたもので、グリースそのものはこれらを潤滑部に運ぶ役目をする。グリースが高温で流出、蒸発などにより失われても $\text{MoS}_2$ などは潤滑面に付着残留してその機能を発揮し、あるいは不意の衝撃的高圧にも耐える。最近では $\text{MoS}_2$ のすぐれた潤滑性より、 $\text{MoS}_2$ 添加グリースが注目されている。

以上に概説したごとく単に極圧グリースと称しても多種多様である。従来巻取胴に用いられた極圧グリースはそのグリースとしての諸性状、耐熱性、高温における摩擦特性などに留意不十分な傾向があり、使用中に種々の欠陥を露呈して問題を起していた。潤滑剤の選択にあたっては、その組成とこれに起因する諸性状にも十分留意し、現実の種々の条件下において正しく潤滑性を発揮するものを選ぶようにすることが必要である。

#### 4. 高温、高圧用潤滑剤の性状試験結果

##### 4.1 試 料

第1表に示す内外各種の試料はいずれも昭和32年10月以降、高温、高圧用の極圧グリースとして入手したものである。これらについて主として耐熱性および摩擦特

第1表 試 料

| 試料記号   | 組 成*                          | 稠 度** |     |
|--------|-------------------------------|-------|-----|
| 内 A-1  | (非石鹸基)-鉛油                     | 223   | 国 産 |
| 内 A-2  | (非石鹸基)-鉛油                     | 197   | 国 産 |
| 内 A-3  | Ca 石鹸-鉛油                      | 236   | 国 産 |
| 内 A-4  | Na 石鹸-鉛油+グラファイト+5%            | 175   | 国 産 |
| 内 B-5  | 不 詳                           | 279   | 国 産 |
| 内 C-6  | Li-Pb 石鹸-鉛油                   | 403   | 国 産 |
| 外 D-7  | Li-Pb 石鹸-鉛油                   | 344   | 輸 入 |
| 外 D-8  | Li-Pb 石鹸-鉛油                   | 300   | 輸 入 |
| 外 E-9  | Li 石鹸-鉛油                      | 260   | 輸 入 |
| 外 F-10 | Ca-Pb 石鹸-鉛油                   | 375   | 輸 入 |
| 外 F-11 | Ca-Pb 石鹸-鉛油                   | 345   | 輸 入 |
| 内 G-12 | Ca-Pb 石鹸-鉛油                   | 350   | 国 産 |
| 外 H-13 | Ca 石鹸-鉛油                      | 325   | 輸 入 |
| 外 H-14 | Li 石鹸-鉛油                      | 380   | 輸 入 |
| 外 I-15 | (非石鹸基)-鉛油                     | 300   | 輸 入 |
| 外 J-16 | (非石鹸基)-鉛油                     | 313   | 輸 入 |
| 外 K-17 | (非石鹸基)-鉛油                     | 305   | 輸 入 |
| 外 L-18 | Li 石鹸-鉛油+ $\text{MoS}_2$      | 348   | 輸 入 |
| 外 L-19 | Li 石鹸-鉛油+ $\text{MoS}_2$      | —     | 輸 入 |
| 外 L-20 | Li 石鹸-鉛油+ $\text{MoS}_2$      | 244   | 輸 入 |
| 外 M-21 | Li 石鹸-ポリグリコール+ $\text{MoS}_2$ | 298   | 輸 入 |
| 外 M-22 | Li 石鹸-ジエステル+ $\text{MoS}_2$   | 345   | 輸 入 |
| 外 M-23 | シリコン油+ $\text{MoS}_2$         | 314   | 輸 入 |
| 外 N-24 | $\text{MoS}_2$ 単味 (固体粉末)      | —     | 輸 入 |

\* 添加剤については不明

\*\* ASTM, 60 回混和稠度

性に注目して行った実験結果を以下に記す。

##### 4.2 耐熱性について

巻取胴における使用温度が  $100\sim 150^\circ\text{C}$  に達する点より耐熱性有無は特に重視する必要がある。

これに関して吟味を要するのは

グリース構造の熱安定性

蒸発特性

酸化安定度

などである。グリース構造の熱安定性に対しては滴点<sup>(7)</sup>の高低が指標となる。滴点とは半固形のグリースが熱によって可塑性を失い流動化するときの温度である。さらに高温に長時間加熱されることによるゲル強度の変化(硬化有無)、これに伴う離油特性の変化有無にも留意を要する。さらにまた、これは酸化による劣化とも関連する。また蒸発過大なものは高温用グリースとして不適当である。

酸化安定度とは酸化による劣化に対する抵抗性であって劣化変質にくいものがよい。

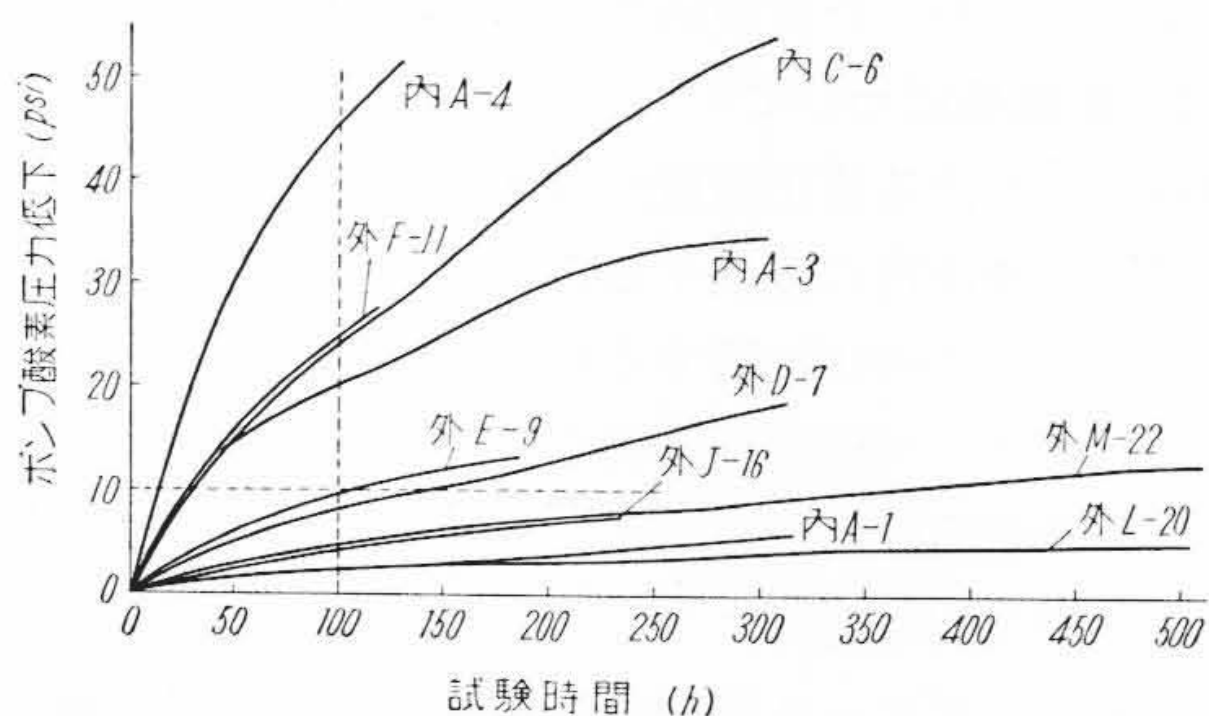
第2表に滴点、蒸発量<sup>(8)</sup>、酸化安定度<sup>(9)</sup>の試験結果を示す。第6図は酸化安定度試験におけるポンプ酸素圧力の低下状況を示したものである。

滴点は石鹸形グリースにおいて増稠剤たる石鹸基の種

第2表 滴点、蒸発量および酸化安定度

| 試料     | 石 鹼 基                   | 滴点(°C) | 蒸 発 量*<br>(%) | 酸化安定度*                  |
|--------|-------------------------|--------|---------------|-------------------------|
|        |                         |        |               | ポンプ酸素圧力低下<br>(PSi/100h) |
| 内 A-1  | (非石鹼基)                  | >290   | 0.25          | 2.5                     |
| 内 A-2  | (非石鹼基)                  | >290   | 0.87          | —                       |
| 内 A-3  | Ca                      | 110    | 0.75          | 20                      |
| 内 A-4  | Na                      | 171    | 2.01          | 46.5                    |
| 内 B-5  | —                       | 247    | 0.26          | 14.5                    |
| 内 C-6  | Li-Pb                   | 193    | 0.17          | 24.5                    |
| 外 D-7  | Li-Pb                   | 177    | 0.95          | 8                       |
| 外 D-8  | Li-Pb                   | 171    | 0.55          | 6                       |
| 外 E-9  | Li                      | 184    | 0.49          | 9.5                     |
| 外 F-10 | Ca-Pb                   | 118    | 1.86          | 21.5                    |
| 外 F-11 | Ca-Pb                   | 123    | 0.52          | 25                      |
| 内 G-12 | Ca-Pb                   | —      | 1.18          | —                       |
| 外 H-13 | Ca                      | 91     | 3.38          | —                       |
| 外 H-14 | Li                      | —      | 0.73          | —                       |
| 外 I-15 | (非石鹼基)                  | >254   | 0.77          | 22                      |
| 外 J-16 | (非石鹼基)                  | >282   | 0.33          | 4.5                     |
| 外 K-17 | (非石鹼基)                  | >260   | 0.40          | 23                      |
| 外 L-18 | Li(MoS <sub>2</sub> 入り) | 197    | 0.20          | —                       |
| 外 L-19 | Li(MoS <sub>2</sub> 入り) | —      | —             | —                       |
| 外 L-20 | Li(MoS <sub>2</sub> 入り) | 183    | 0.57          | 2.5                     |
| 外 M-21 | Li(MoS <sub>2</sub> 入り) | 210    | 0.53          | —                       |
| 外 M-22 | Li(MoS <sub>2</sub> 入り) | 188    | 0.59          | 5                       |
| 外 M-23 | Li(MoS <sub>2</sub> 入り) | 213    | 0.15          | 5.5                     |

\* ASTM 法による(7)(8)



第6図 ASTM ポンプ酸化安定度試験結果

類により異なり、Ca および Ca-Pb 石鹼基グリースは 100°C 前後、Li および Li-Pb, Na 石鹼基グリースは 170°C ~ 200°C である。非石鹼形グリースではさらに高く 254°C ないし 290°C 以上でも流動化しない。MoS<sub>2</sub> 系グリースは Li 石鹼を主体とするのが一般であって、その滴点は MoS<sub>2</sub> を含まない Li 石鹼基グリースと同等である。

蒸発量は大部分の試料が 1% 以下である。1% 以上のものは高温用として過大と考えてよい。

酸化安定度は ASTM 法により静的ポンプ酸化試験(試験温度 210°F, 酸素初充填圧力 110 PSi)を行った場合、酸素圧力低下曲線が急上昇を起すまでの時間、す

なわち酸化の誘導期の長短が指標となるが、一般的には、試験時間 100 時間で 10 PSi 以下ならば優良とみなされる。MoS<sub>2</sub> 系グリースおよび試料内 A-1, 外 D-7, 8, 外 E-9, 外 J-16, などの酸化安定度は良い。

以上のほかなお吟味を要する点があることは前述したごとくであるが、ここに示した結果によってもおおよその判定を下して差しつかえないであろう。

さらに使用中における潤滑部からの飛散が現実的問題としてあるが、これは滴点の高低に関連するとともに、グリース構造の剪断安定性、金属への粘着性などとも関係があり別に検討を要する。

#### 4.3 静的摩擦特性

巻取胴の開閉作動特性上、静的摩擦が問題であり、安定な作動を行うためには、温度および圧力に対して摩擦係数が不変であることが望ましい。

高圧下における摩擦特性を吟味する方法は色々に考えられるが<sup>(10)(11)</sup> 試験の性質より条件を実際に近似せしめる必要がある。われわれはまず曾田式4球油性試験機<sup>(12)</sup>を利用して静的摩擦実験を行った。

##### 4.3.1 実験方法

曾田式4球油性試験機<sup>(12)</sup>を用い、第4の鋼球を装着した回転軸を起動するに要する摩擦力を求め、これより静的摩擦係数を求めた。

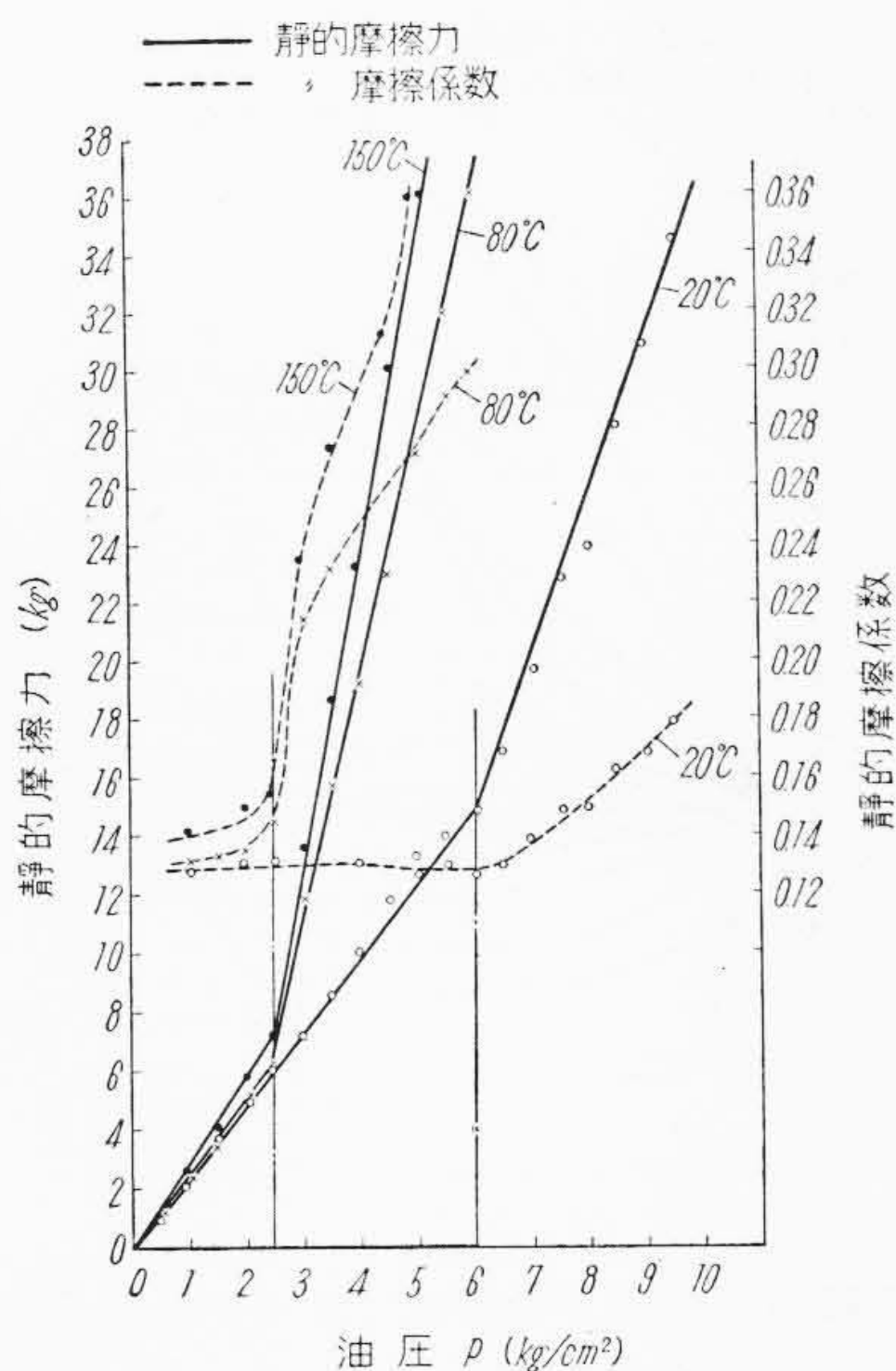
試料温度 20°C, 80°C, 150°C のそれぞれについて主として試験油圧  $p=0.5\sim15\text{ kg/cm}^2$  (ヘルツ最大接触圧力として  $210\sim707\text{ kg/mm}^2$ ) の範囲において、摩擦特性に及ぼす温度および圧力の影響を検討した。なお低圧より高圧に至る一連の加圧力に関する実験は同一鋼球により、温度および試料を変えるごとに新しい鋼球を使用した。

##### 4.3.2 実験結果

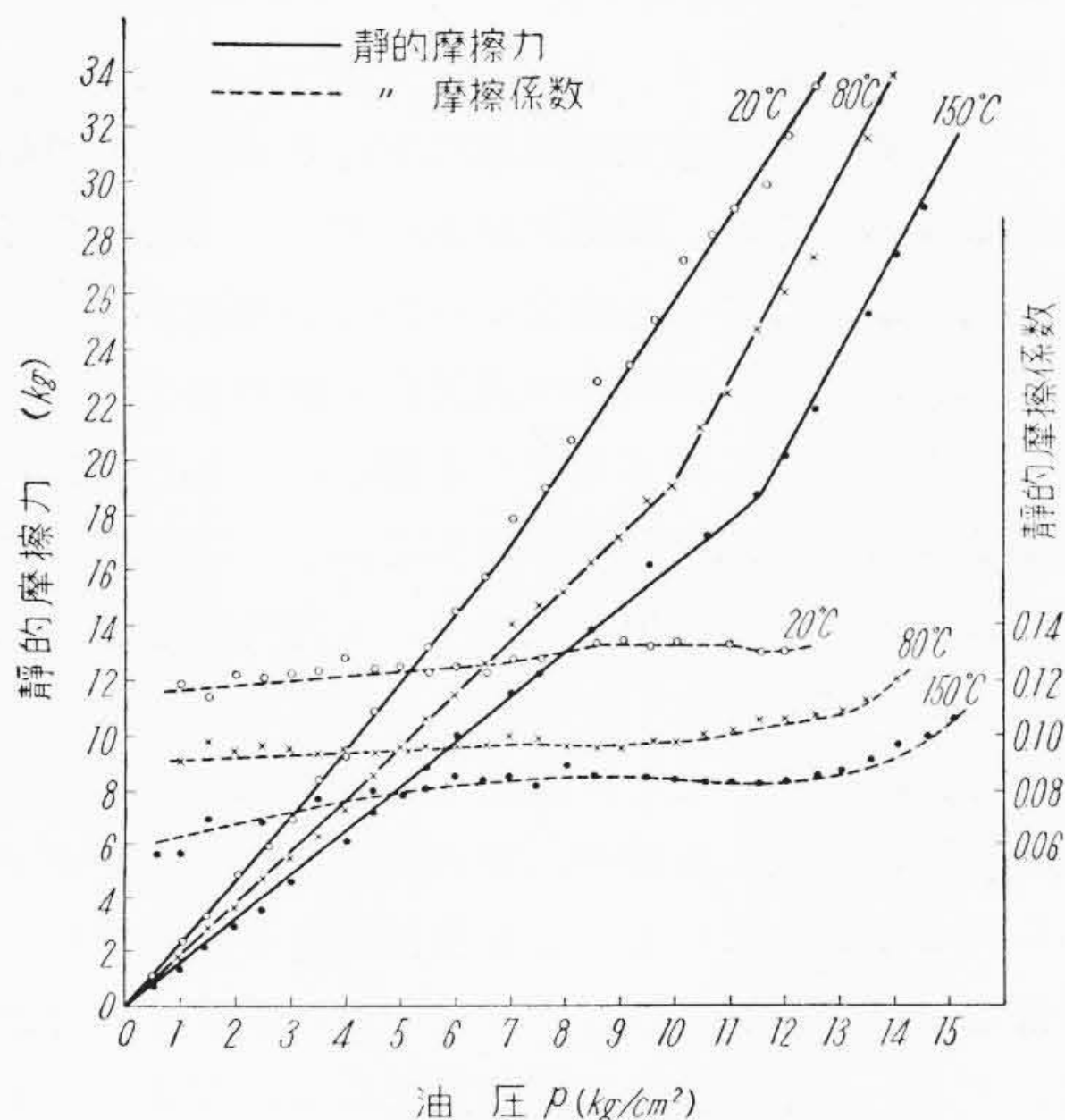
###### (1) 石鹼形極圧グリースの静的摩擦特性

結果の一例を第7,8図に示す。これは圧力—静的摩擦力、圧力—静的摩擦係数の関係を示したものであるが、すでによく知られた動的摩擦試験結果<sup>(12)</sup>と類似の形になる。しかし後者よりも比較的単純でわかりやすい。これは静的摩擦であって熱的影響は試料に与えた温度(20~150°C)によるのみで、摩擦熱の発生をほとんど無視しうるためであろう。

圧力—静的摩擦係数の関係は、静的摩擦係数が圧力増加に無関係にほぼ一定な初期領域と、圧力増加に伴い静的摩擦係数を増大する領域とに分けられる。他方摩擦力線図上には上記の変化に対応する屈曲が認められる。別に摩擦試験面を顕微鏡により詳細に追跡した結果、摩擦力線図上の第1の屈曲点以下の圧力領域では、摩耗痕を認めがたく、これ以上の圧力になると明らかに摩耗痕が認められる。



第7図 静的摩擦特性 外 H-13 (Ca 石鹼基)



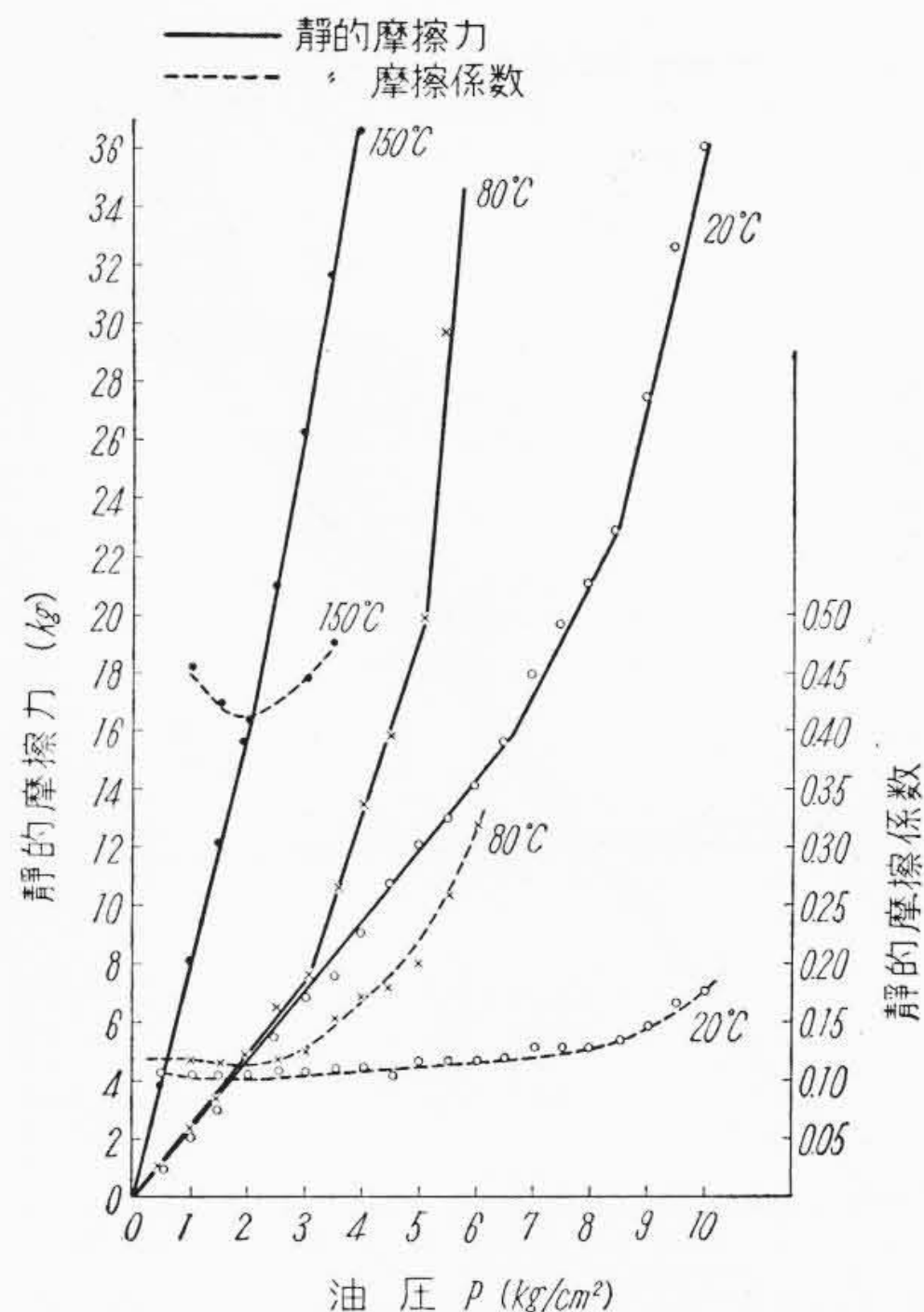
第8図 静的摩擦特性 外 D-8 (Li-Pb 石鹼基)

したがって第1の屈曲点下の圧力をもって静的摩擦における最大許容圧力とみなしうる。

他方静的摩擦係数にのみ着目すると、20°Cにおいては各試料ともかなり高い圧力領域までほぼ一定であり、約  $0.12 \pm 0.01$  である。80°C、150°Cの高温になると試料による差異は著しく、やや低下するか、あるいは著しく増大し安定なものが少ない(第12図参照)。

摩擦特性の良否と石鹼基の種類との間には相関性がなく、したがってまた滴点の高低とも無関係である。

以上の結果は静的摩擦特性に対して、圧力効果よりも温度効果をより重視すべきことを意味するとともに



第9図 鉱油(国産 #180 タービン油)の静的摩擦特性

に、グリース中の油分とこれに加えられた油溶性極圧添加剤の作用能力が問題であることを示唆する。

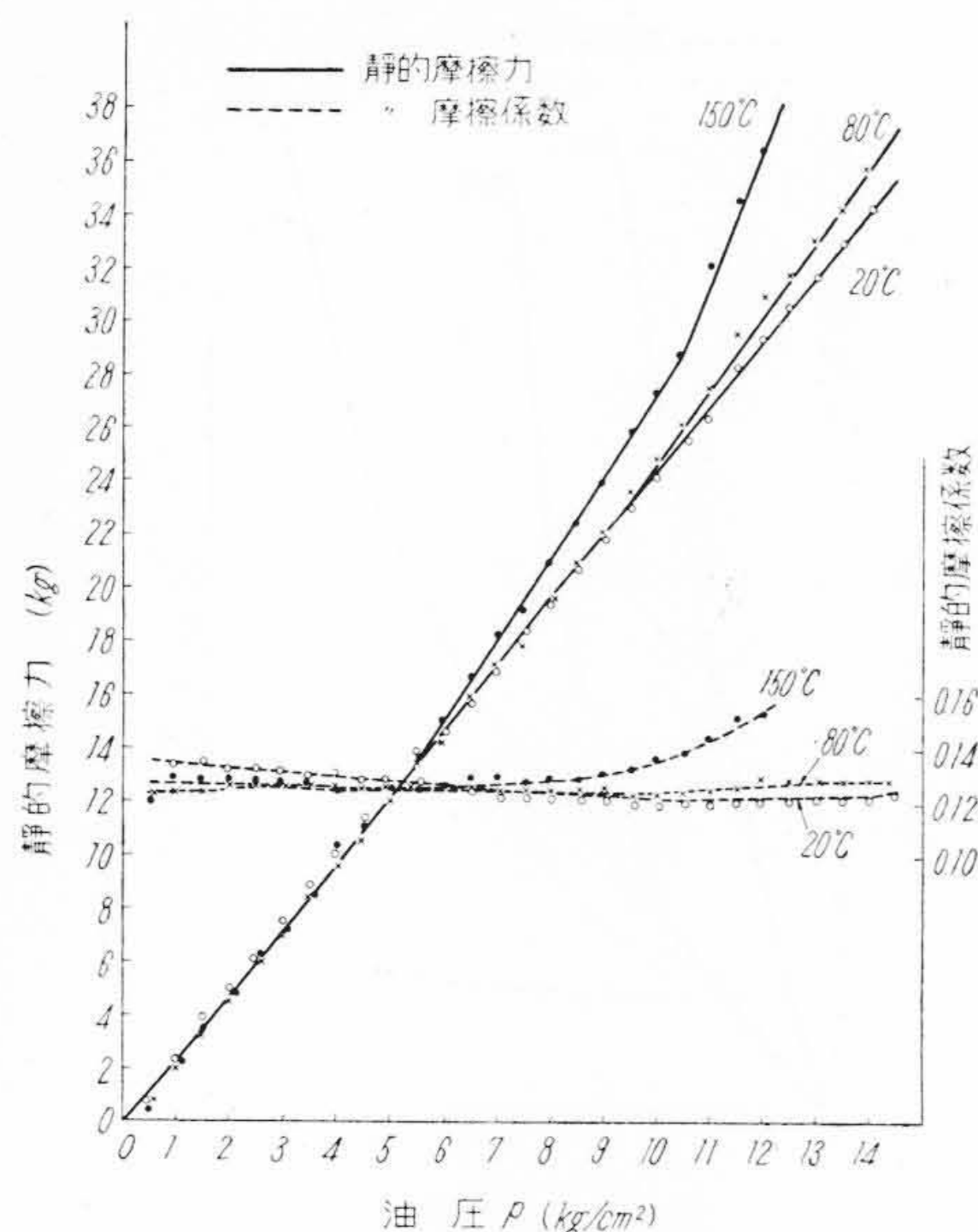
同様な実験を #180 タービン油(精製鉱油, 国産品)について試みると第9図の結果を得る。これには極圧添加剤を含んでいない。すなわち純鉱油系の油膜は温度上昇により破断しやすくなり、80°Cでは高压に耐えなくなる。150°Cにおいては静的摩擦係数 0.4 以上を示し、この実験における最低圧力(油圧  $p = 0.5 \text{ kg/cm}^2$ )ですでに油膜破断をひきおこす。

石鹼形極圧グリースはいずれも純鉱油系たるタービン油よりもすぐれた結果を与えるが、試料外 H-13(第7図)のごときはタービン油に類似し、20°C~150°Cの温度領域では、あまり有効に作用しえない添加剤を用いたものと推定される。他方試料外 D-8のごときは、80°C、150°Cではむしろ摩擦係数が低く、かかる温度でも金属と十分反応性のある極圧添加剤が用いられていることを示唆する。

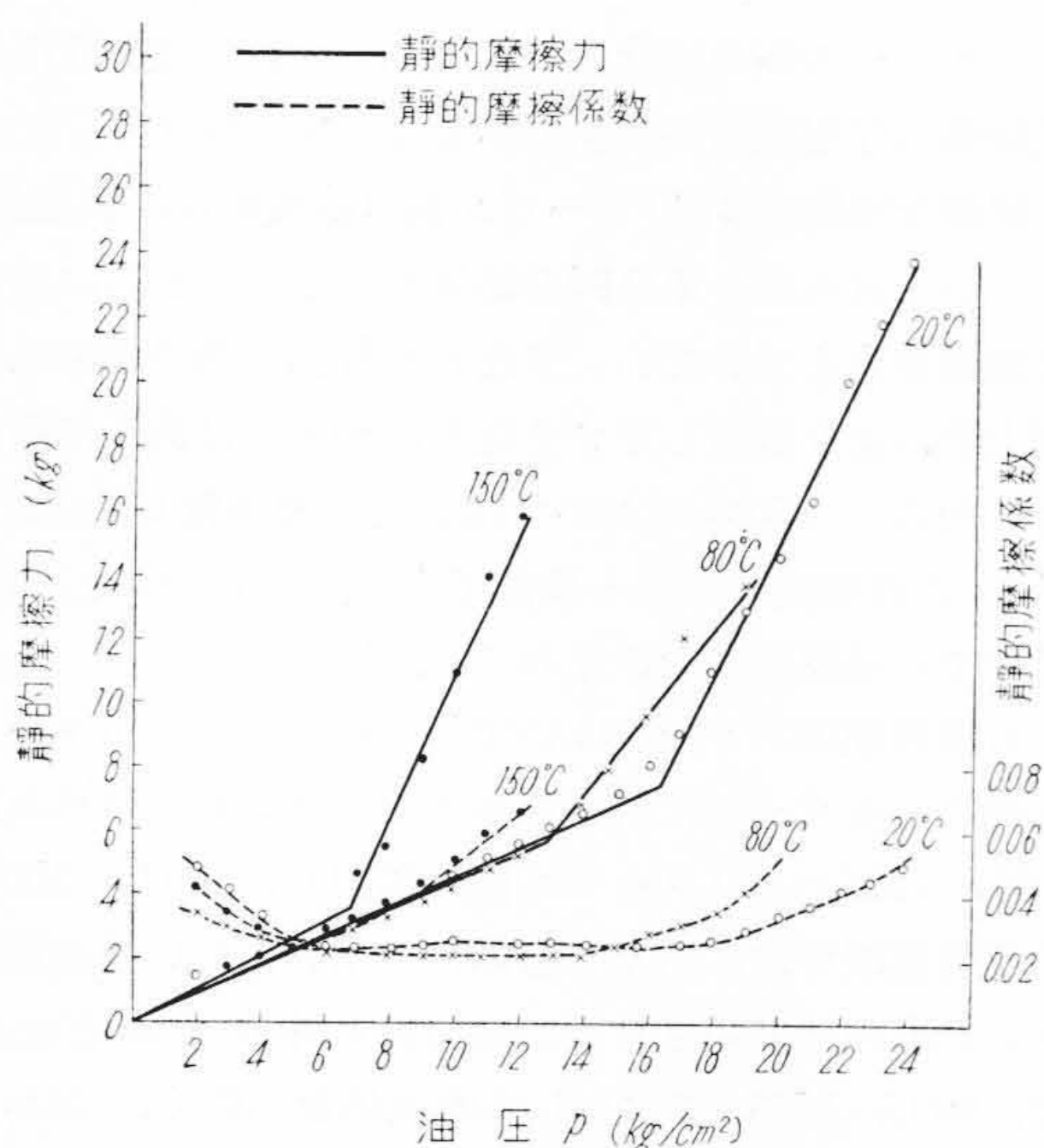
## (2) 非石鹼形極圧グリースの静的摩擦特性

結果の一例を第10図に示す。試料内 A-1 を例外とし、内 A-2、外 I-15、外 J-16、外 K-17 などはいずれもすぐれた結果を与える。一般に非石鹼形は石鹼形に比し、高温、高压でも安定なものが多い。その静的摩擦係数は石鹼形と同様に約  $0.12 \pm 0.01$  である(第12図参照)。

試料内 A-1 は酸化安定度(第6図参照)にすぐれているにもかかわらず、150°Cのごとき温度に数時間加熱すると、ゲル強度を増して寒天状となり金属面に粘着しにくくなる傾向がある。内 A-1 の静的摩擦特



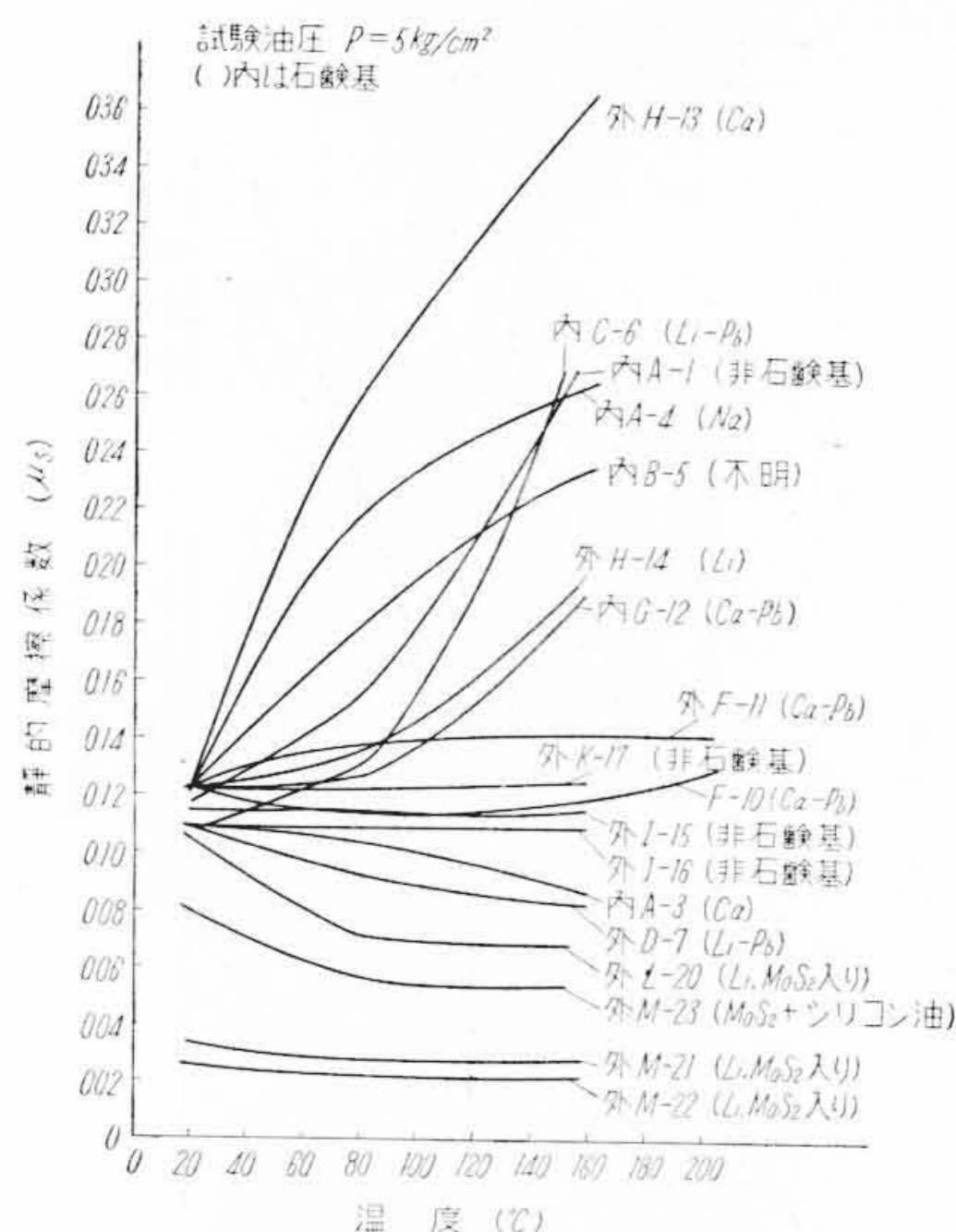
第 10 図 静的摩擦特性 外K-17 (非石鹼基)

第 11 図 静的摩擦特性 外M-22 ( $MoS_2$  系)

性は前記の第 7 図に似た結果を与え、高温で悪化するが、おそらく増稠剤に問題があるものと思われる。

### (3) $MoS_2$ 系グリースの静的摩擦特性

$MoS_2$  系グリースはその組成によって著しく異なった特性を示す。純粋  $MoS_2$  単味では試験油圧  $p=0.5\sim 26\text{ kg/cm}^2$  の範囲で静的摩擦係数  $0.02\sim 0.03$  を与え、試料 M-22 (第 11 図) に近似する。 $MoS_2$  系グリースには、 $MoS_2$  自身の潤滑性を十分発揮しうるものとしからざるものがあるが、前述した石鹼形および非石鹼形極圧グリースに対する試験圧力  $p=0.5\sim 15\text{ kg/cm}^2$  の範囲では、 $MoS_2$  系の方が一般に静的摩擦係数低く、



第 12 図 静的摩擦係数に及ぼす温度効果

高温、高圧下の特性にすぐれたものが多い。

$MoS_2$  は固体潤滑剤であって、 $<1\mu\sim 10\mu$  の粒子大きさにしたものをグリースに混合分散せしめている。したがって曾田式 4 球油性試験における点接触を摩擦試験面とするときは、摩擦試験面に対する  $MoS_2$  粒子の連れ込みが、必ずしも完全にゆかない場合がある。このためか結果の再現性は前述の石鹼形および非石鹼形極圧グリースに対するよりも悪い。しかし  $MoS_2$  系の組成による差は明らかに区別される。 $MoS_2$  系に対してはさらに摩擦面積を大きくして再吟味しなければ確実なことはいえないが、ここでは、その組成により特性を異にすることと、高温、高圧下における静的摩擦特性が、一般に石鹼形、非石鹼形石油系極圧グリースに比しすぐれていることを指摘できる。組成により特性を異にする理由は、グリースとの混合比、分散方法、グリース中の油分の質的差異などに関連するものであろうが、目下のところ判然としない。

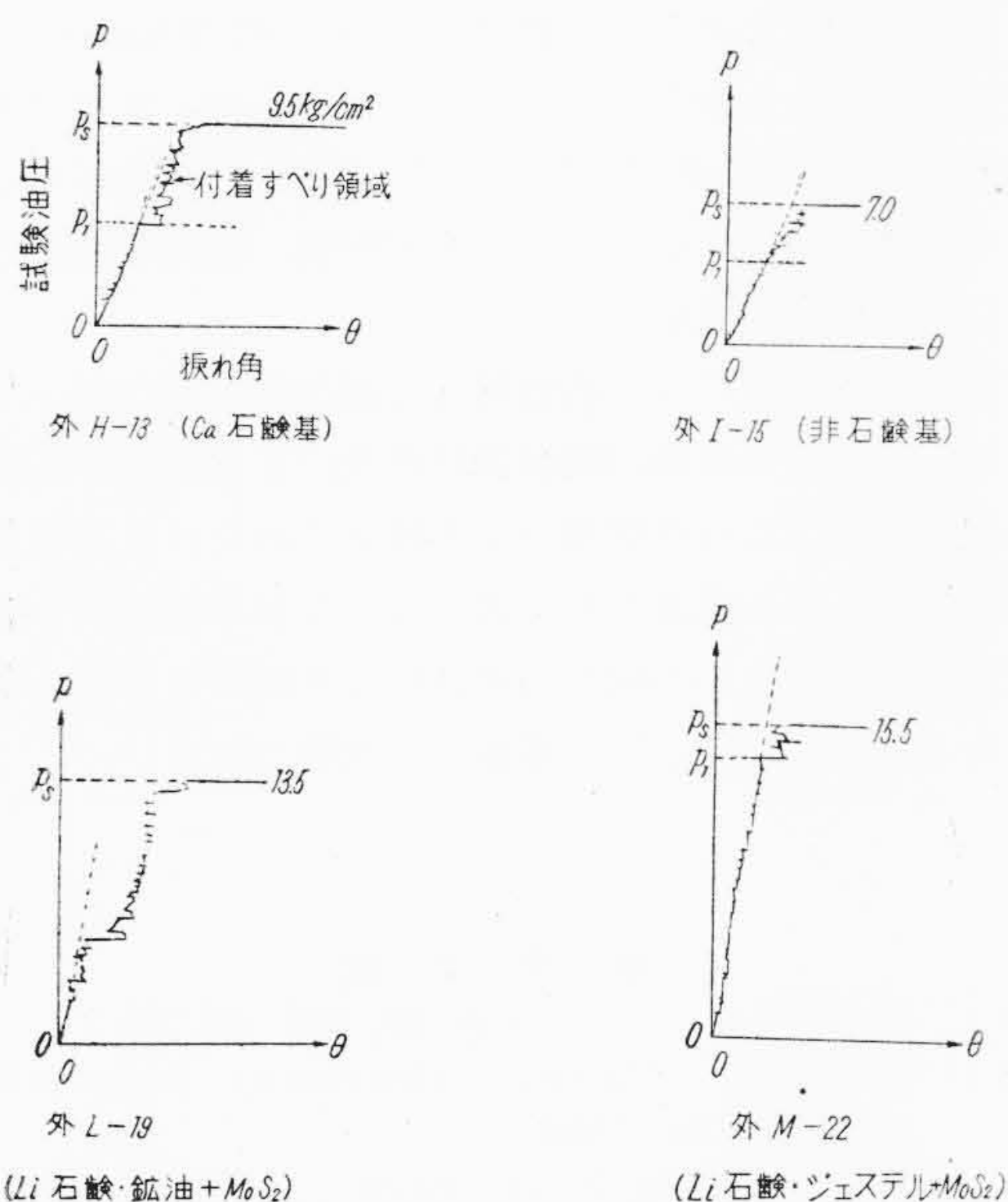
なお以上に吟味した各種極圧グリースについて、静的摩擦係数に及ぼす温度効果を、試験油圧  $p=5\text{ kg/cm}^2$  (ヘルツ最大接触圧力として  $488\text{ kg/mm}^2$ ) で比較を試みれば第 12 図のごとくである。

### 4.4 動的摩擦特性

極圧グリースの油膜強度あるいは耐荷重性能として、曾田式 4 球油性試験機により動的摩擦を行った場合の焼付圧力値がしばしば問題にされる。したがってかかる試験も試みた。

#### 4.4.1 実験方法

動的摩擦下における耐荷重性能には、摩擦条件すなわち温度、すべり速度、負荷速度などの影響が大き



第13図 動的摩擦試験例

く、標準の試験方法としていかなる条件を選ぶべきかは、最近かなり議論のあるところであるが、従来の標準法すなわち縦軸回転数 200 rpm (すべり速度約 114 mm/s), 負荷速度  $p=0.5 \text{ kg/cm}^2/\text{min}$ , 試験温度…常温の条件による結果をもって、極圧グリースの耐荷重性能としている例が多い。したがって本報ではこれらと比較の便宜上、従来の標準法によって実施することとした。

#### 4.4.2 実験結果

第13図に実験例を示す。図において  $p$  は試験油圧、 $\theta$  は摩擦力に対応する捩れ角である。 $p-\theta$  線図上の屈曲点以上の圧力 ( $p_1$  以上の圧力) で  $\theta$  は不安定となり、 $d\theta/dp$  も大となる。これは油膜が部分的に破断し金属接触を伴うため、いわゆる付着—すべり現象をひき起したことを示す。さらに圧力を増せば  $\theta$  は急に増大し焼付く。図の  $p_1$  はこの試験条件における最大許容圧力、 $p_s$  は焼付圧力である。この  $p_1$  の大小と  $p_s$  とは必ずしも比例的關係にない。

前述した静的摩擦特性と比較吟味すると、これとの相関性は明瞭でない。試料内 A-4, 内 B-5, 外 M-23 などは静的、動的ともに不良の結果を与えるが、内 G-12, 外 H-13, 外 H-14 などは静的特性が典型的に不良であったのに対し、動的特性はよい。

以上を要するに従来の動的摩擦試験結果の良否をもって、静的特性を推定することはできないものである。

なお油溶性極圧添加剤を加えて作られる石油系極圧グリースにおいて、静的特性不良にもかかわらず、動的特性にすぐれたものがあるのは、 $20\sim 150^\circ\text{C}$  のとき温度では添加剤が十分な反応性を示さなくても、動的摩擦における部分的金属接触を契機として発生したかなり高温の局部熱により有効に作用するものである。

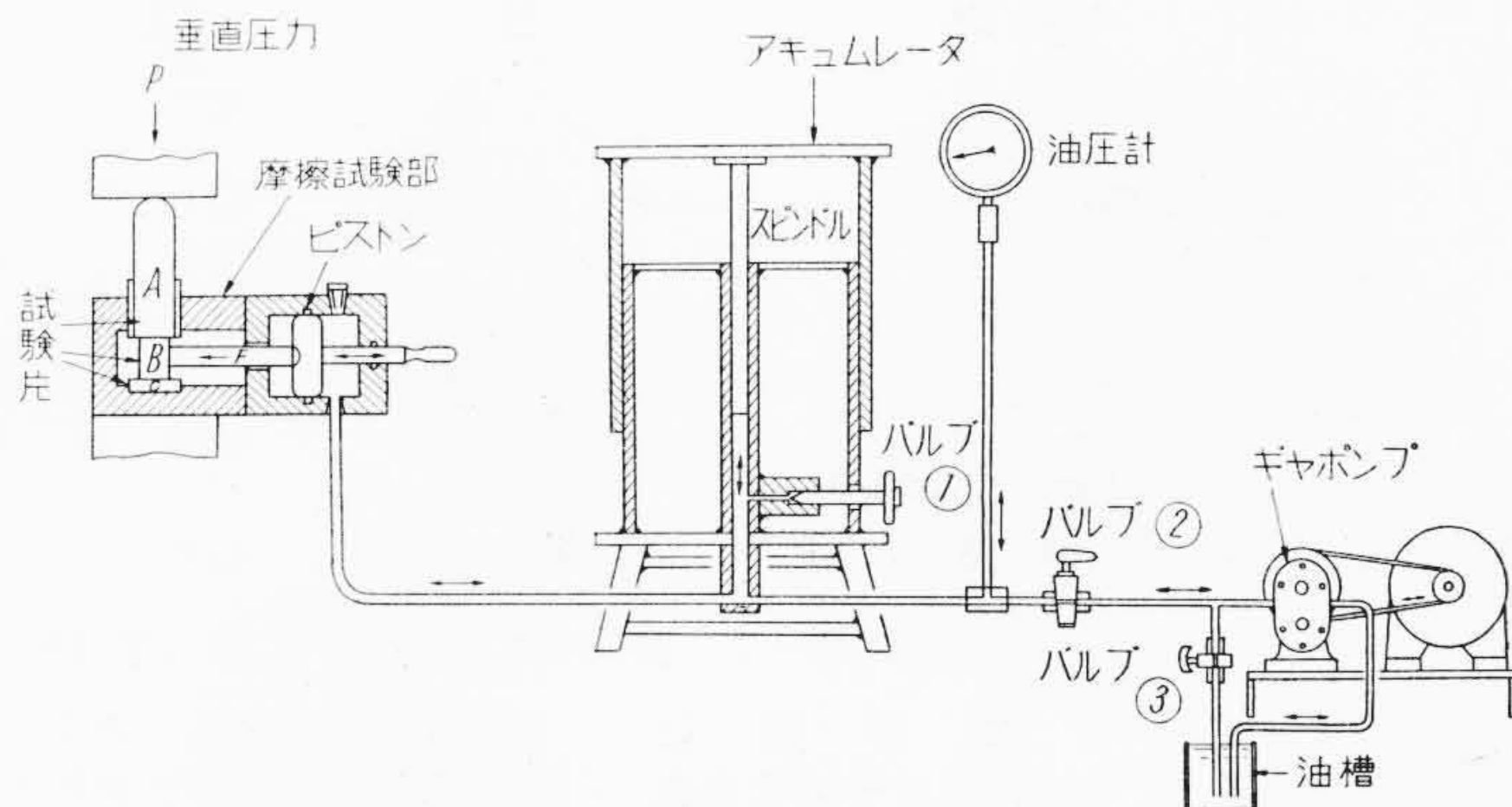
巻取胴用潤滑剤に対し、静的、動的いずれの特性を重視すべきかは、その使用条件、および二、三の実用例を検討した結果より静的特性を重視すべきものと考えている。

## 5. モデル試験

曾田式4球試験機においては鋼球の3点接触を摩擦試験面としているが、実際の潤滑面は面積を有し、摩擦金属の材質も異なる。したがって摩擦試験面積  $4 \text{ cm}^2$  を有するモデル試験機を試作し、これによりふたたび検討した。モデル試験においては、摩擦金属の組合せ、潤滑面の楔角および温度、圧力などの関連因子があるが、本報では潤滑剤の性能差に重点をおき、ほかの要因に関する事項は別の機会にゆずる。

### 5.1 実験方法

第14図に実験装置の略図を示す。摩擦試験部の A, B, C は試験片であり、これを無極性溶剤で十分よく洗って乾燥した後、摩擦試験面に潤滑剤をつけ、図の関係位置で垂直圧力を加える。次に試験片 B に水平圧力を加え B を始動せしめるに必要な力を求めた。すなわち静的摩擦係数を求めた。試験圧力は平均面圧として  $0\sim 26 \text{ kg/mm}^2$  試験温度を常温  $\sim 85^\circ\text{C}$  とした。ここに使用した試験片は仕上げ面あらさ 1.5 S 以下の特殊鋼および合金である。



第14図 モデル試験機略図

第3表 モデル試験機による静的摩擦係数  
(測定温度 82~85°C)

| 試料     | 石鹼基                  | 静的摩擦係数                        |                            |                            |
|--------|----------------------|-------------------------------|----------------------------|----------------------------|
|        |                      | 平均面圧<br>8.7kg/mm <sup>2</sup> | 17.3<br>kg/mm <sup>2</sup> | 25.8<br>kg/mm <sup>2</sup> |
| 外 D-7  | Li-Pb                | 0.22                          | 0.20                       | —                          |
| 外 F-10 | Ca-Pb                | 0.22                          | 0.20                       | —                          |
| 外 H-13 | Ca                   | 0.23                          | 0.21                       | —                          |
| 外 J-16 | (非石鹼基)               | 0.18                          | 0.16                       | —                          |
| 外 K-17 | (非石鹼基)               | 0.19                          | 0.15                       | —                          |
| 外 L-20 | (MoS <sub>2</sub> 系) | 0.19                          | 0.16                       | —                          |
| 外 M-22 | (MoS <sub>2</sub> 系) | 0.04                          | 0.06                       | 0.05                       |

## 5.2 実験結果

結果の一例を第3表に示す。石鹼形極圧グリースの静的摩擦係数は0.20~0.23, 非石鹼形は0.15~0.19 MoS<sub>2</sub>系は試料外L-20が0.16~0.18, 外M-22が0.04~0.06である。ここに得られた静的摩擦係数の値は, 一般に曾田式4球油性試験機によって得られる値よりもやや高いが, 試験面のあらさに起因するものと思われる。モデル試験は巻取胴における常用の圧力に近似した領域で実施しているが, これによる試験結果は曾田式4球試験機による結果とほぼ同じ優劣順位となる。

## 6. 結 言

以上に巻取胴に要求される材質, 強度, 摺動面の面圧, 温度などの概要を述べて機械的要素および潤滑方法に問題があることを指摘した。巻取胴材質に対してはわれわれは今まで困難視されていた焼入性の大きい特殊鋼に特殊合金を熔接して良好な溶着面を得ることに成功しこれを採用したが, さらにその楔面の潤滑には苛酷な潤滑条件に耐える潤滑剤が必要であり, 従来使用されている極圧グリースは必ずしも適切でなく, 耐熱性および高温高圧下における静的摩擦特性のすぐれた潤滑剤を選ぶ必要があるにかんがみ, 巻取胴に実用可能な極圧グリースを多数集めて検討してみた。

本報に行ったモデル試験は平均面圧約20kg/mm<sup>2</sup>までで必ずしも十分な高圧でないと考えるが, 本報の実験範囲からは, MoS<sub>2</sub>系グリースにすぐれたものがある。さらに高圧領域については摺動面材質, 楔角の問題ともになお現在研究中である。

終りに本研究に対し終始熱心な御指導をいただいた日立製作所日立工場橋川機械設計部長, 日立研究所高橋第4部長ならびに特殊熔接方法を確立された日立工場鳥山課長に対し深く感謝の意を表する。なお本報に取り扱った各種潤滑剤はわが国石油諸会社より提供をうけたものであることを付記し厚く感謝する次第である。

## 参 考 文 献

- (1) 石井, 小鹿: 日立評論 39, 205 (昭 32-2)
- (2) たとえば Patent Abstracts: Lubrication Eng., 14, 36 (1958)  
堀: 昭石技報 2, 19 (1958)
- (3) W. E. Campbell: Electrical Manufacturing, November, 129 (1953)
- (4) Ralph E. Crump: Product Eng., February 200 (1956)
- (5) M. B. Peterson & R. L. Johnson: Lubrication Eng., 11, 325 (1955)
- (6) R. B. Campbell: Scientific Lubrication Conference Issue 109 (1957)
- (7) ASTM D 566-42
- (8) ASTM D 972-51 T
- (9) ASTM D 942-50
- (10) H. L. West: J. Inst Petroleum 38, 206 (1946)
- (11) 小西: 潤滑 2, (6) 302 (1957)
- (12) 曾田: 日本機械学会誌 54, 163 (1951)
- (13) W. Davey: Ind. Eng. Chem. 42, 1841 (1950)
- (14) 曾田: 摩擦と潤滑 (岩波全書)
- (15) 若菜: 昭石技報 1, 3 (1957)
- (16) F. P. Bowden: Proc. Roy. Soc. A 212 439 (1952)
- (17) A. Bondi: Physical Chem of Lubricating Oils (1951)
- (18) R. Holm: J. App. Phys. 19, 361 (1941)

Vol. 21

日

立

No. 5

目

次

◎人間洗濯機.....十返 肇  
◎カル カ ッ タ だ よ り  
◎ある主婦の日記から  
◎電子頭脳をもった工作機械  
◎電気品のドクター  
◎明日への道標「3,700 kW 軸流圧縮機」  
◎電源と回路をまもる FFB

◎日立ハイライト「扇風機」  
◎夢ひろがるトランジスタ  
◎高電圧送電用の地下ケーブル  
◎生活と金属(VII) “鋳鍛鋼の話”  
◎特殊炭素製品のはなし  
◎日立だより  
◎新しい照明施設

誌代 1冊 ¥60 (〒16)

発行所 日立評論社 東京都千代田区丸ノ内1丁目4番地 振替口座東京 71824 番  
取次店 株式会社オーム社書店 東京都千代田区神田錦町3丁目1番地 振替口座東京 20018 番