

極圧グリースの高圧平面摩擦特性

Friction Characteristics of E. P. Greases between Two Surfaces while They are Lubricated Under Heavy Loads

茂庭喜弘* 本間吉治*
Yoshihiro Moniwa Yoshiharu Honma

内 容 梗 概

内外市販の極圧グリースにつき、高荷重下の二平面間における潤滑性に関連し、静的摩擦特性、比較的低速条件での動摩擦特性を、平均面圧約 $5\sim 21\text{ kg/mm}^2$ 、温度約 $25\sim 180^\circ\text{C}$ のもとに検討した。また摩擦金属材料の面あらし、材質と摩擦の関係についても二、三の検討を加えた。これらの結果を既報の結果とともに考察すると、摩擦特性はグリースの組成により左右され、グリース中の石けん類、あるいは固体潤滑剤の特性を生かす組成にするならば、すぐれた摩擦特性を期待できる。現在市販のものではカルシウムコンプレックス系あるいは二硫化モリブデン入りグリースが摩擦特性にすぐれ、かつ摩擦金属材料の摩耗を効果的に防止するものとして注目される。

1. 緒 言

本研究を実施したのは、圧延機の巻取胴における潤滑を適切に行なうには、いかなる潤滑剤を使用すべきであるかが各方面で問題になっていたためである。

わが国の冷間圧延設備は最近著しく発達したが、これにともない圧延される製品の品質向上はもとより、圧延速度も大となり、巻取機に巻き取るコイル重量も従来の 10 t コイルから $20\sim 30\text{ t}$ になっている。他方、圧延材も軟鋼のほか、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ており、圧延機に対する要求性能、巻取機の巻取胴に関する使用条件は、ますます過酷になりつつある。

第1図に例示したように巻取胴は円柱状をなしており、電動機により減速機を介して駆動し、圧延されたストリップを巻き取るものである。既報⁽¹⁾したように巻取胴のくさび面をしゅう動させることによって、巻取胴の開閉を行ない、堅く巻きつけられたストリップコイルを抜き取る。

くさび面にはストリップ巻取りの過程で強い巻締力⁽²⁾に基づく面圧がかかる。通常約 $20\sim 30\text{ kg/mm}^2$ 、場合によってはそれ以上の大きな平均面圧がかかる。またくさび面温度は約 $100\sim 150^\circ\text{C}$ に達する。このような高圧高温のもとに、ストリップコイルを抜き取る際にくさび面のしゅう動が行なわれるのであり、主として静的摩擦特性が問題になる。

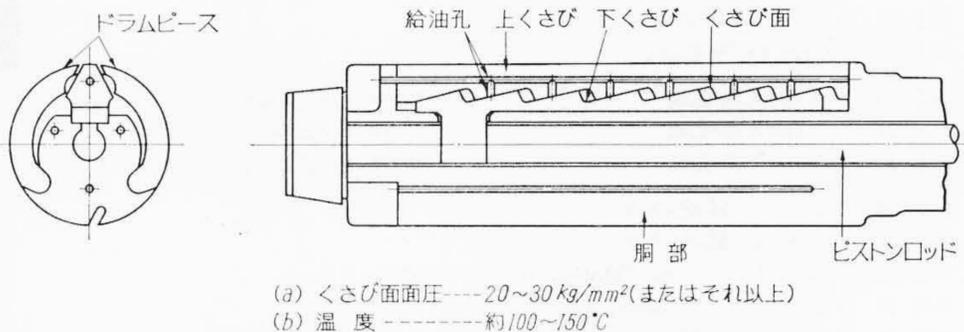
また潤滑剤の熱安定性はすぐれたものであることが望ましい。この部分の潤滑用として、ある種の極圧グリースが給油されているが、このような使用条件のもとに具備すべき特性、特に高圧高温におけるグリースの摩擦特性に関するデータは皆無に近く、その選択基準が明らかでない。このため実際上に種々問題を生じがちである。巻取胴の潤滑は圧延機の一局部にすぎないが、焼き付き事故をひき起こせば生産技術上重大な障害となる。このため日立製作所では早くからこれに着目して検討を進めてきた。研究結果の一部はすでに本誌の圧延機特集号により報告され⁽¹⁾、さらにその後日本機械学会にも概要が報告された⁽³⁾。

この場合に使用すべき極圧グリースには

- (1) 物理的・化学的熱安定性
- (2) 高圧高温摩擦特性

が重視される。前者については加熱による軟化、蒸発性、離油特性、加熱冷却履歴の効果、酸化安定性、その他を吟味したが、これらは

* 日立製作所日立研究所



第1図 巻取胴断面図(一例)

既報を参照⁽¹⁾⁽³⁾。摩擦特性については、まず鋼/鋼点接触摩擦による方法、すなわち4球式試験機で静的、動的吟味を行ない既報した⁽¹⁾⁽³⁾。

本報では実用特性の把握を目的とし、原理的に実用機に近似させた高圧平面摩擦試験機を作製して、温度、圧力の効果、摩擦金属材料の面あらし、材質の影響等を吟味した。結果の概要を以下に記す。

2. 試 料

第1表に示す試料はいずれも各石油会社から高圧高温用の極圧グリースとして昭和32~37年にかけて入手したものである。第1表の組成欄に、非石けん基あるいはCa石けん基のごとく記載したものは、グリースを半固形状に保ち、油が容易に流出しないようにするための材料で、増稠(ぞうちよう)材と呼ばれる。あるいはスポンジ状構造を形成するので構造基材とも呼ぶ。構造基材として石けん類を用いるか、非石けん類(ここに扱った試料では特殊処理を施した粘土質の微粒子)を用いるかによって、グリースとしての物性に大きな差があり、特にその滴点値は顕著に異なるが、詳細は既報⁽¹⁾を参照⁽¹⁾。

3. 実 験 方 法

本報ではおもに高荷重が負荷された二平面間に極圧グリースが介在するときの摩擦特性を検討した。摩擦実験に用いた試験機、摩擦金属材料は次のようである。

3.1 試 験 機

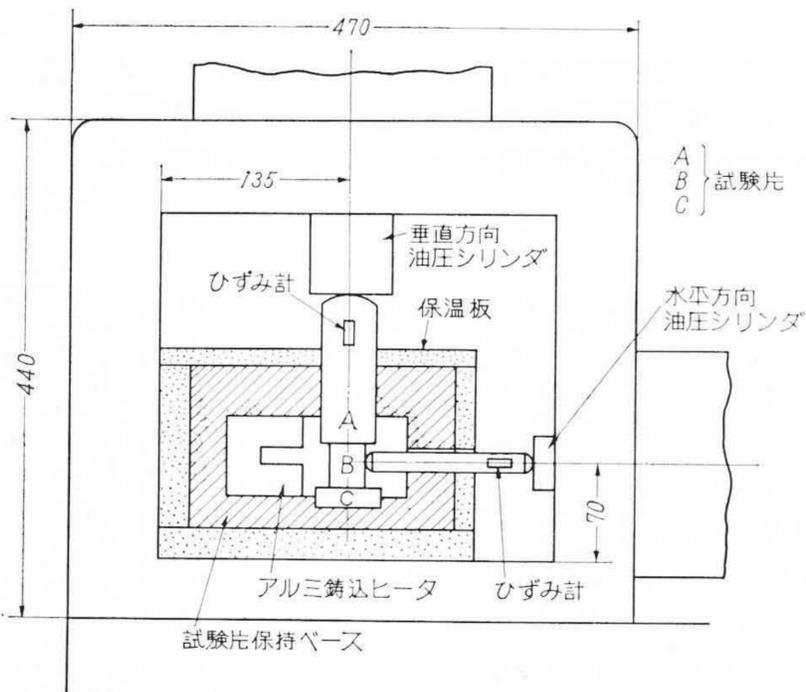
第2図に摩擦試験部の略図、第3図に試験機の外観を示す。原理的に巻取胴における実際に近似した摩擦を行なうために作製したもので、垂直加圧の力量 37 t 、水平方向の力量 26 t の油圧シリンダを一体に組み合わせた加圧装置を用い、第2図のように試験片を配置する。Bの上下両面にグリースを塗布し、所要の垂直荷重を加えた後、試験片Bに水平方向の力を加えて起動させ、起動に要した摩擦

第1表 試 料

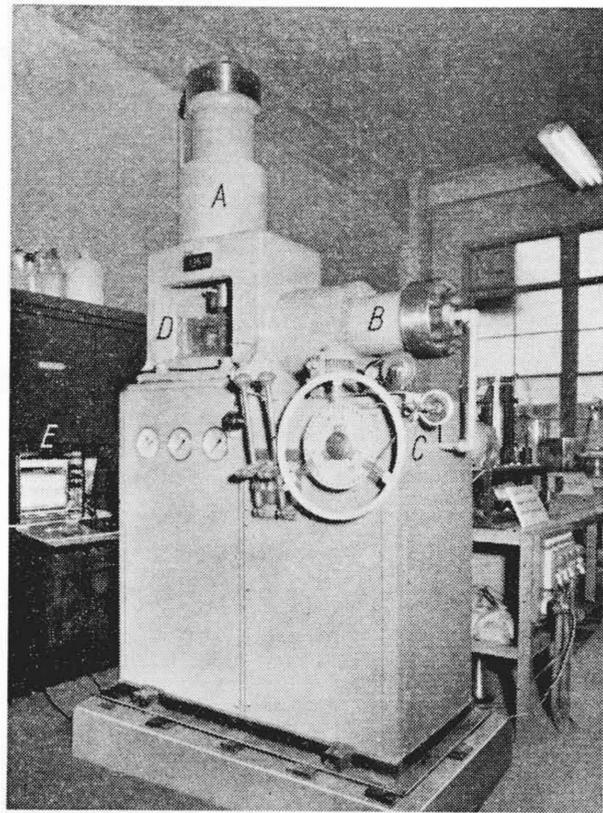
試料記号	組 成*	備 考
内A-1	非石けん基-鉱油	
内A-2	非石けん基-鉱油	
内A-3	Ca 石けん基-鉱油	
内A-4	Na 石けん基-鉱油(グラファイト入り)	グラファイトグリース3号相当
内B-5	Li 石けん基-鉱油	
内B-6	Li 石けん基-鉱油	
内B-7	Ca Complex-鉱油	
内B-8	Ca Complex-鉱油	内B-7に比較し初期の製品
内C-9	Ca 石けん基-鉱油	
内D-10	Li-Pb 石けん基-鉱油	
外E-11	Li-Pb 石けん基-鉱油	Li石けん4.2%, Pb石けん1.3%
外E-12	Li-Pb 石けん基-鉱油	Li石けん7.2%, Pb石けん1.7%
外F-13	Li 石けん基-鉱油	Pb 石けん系添加剤入り
外G-14	Ca-Pb 石けん基-鉱油	
外G-15	Ca-Pb 石けん基-鉱油	
外G-16	Ca Complex-鉱油	
内H-17	Ca-Pb 石けん基-鉱油	
外I-18	Ca 石けん基-鉱油	
外I-19	Li 石けん基-鉱油	
外L-20	非石けん基-鉱油	特殊粘土を構造基材とする
外K-21	非石けん基-鉱油	特殊粘土を構造基材とする
外L-22	非石けん基-鉱油	特殊粘土を構造基材とする
外M-23	Li-鉱油 (MoS ₂ 入り)	
外M-24	Li-鉱油 (MoS ₂ 入り)	
外M-25	Li-ポリグリコール (MoS ₂ 入り)	MoS ₂ 多量
外M-26	Li-ジエステル (MoS ₂ 入り)	MoS ₂ 多量
外M-27	(シリコン-MoS ₂)	

注：試料記号中、内、外は国産、外国産の区別。アルファベットは製造者別、上表のほか必要に応じてMoS₂単味あるいは汎用軸受グリースなどを比較のため略す。

* 製造者の表示したものである。

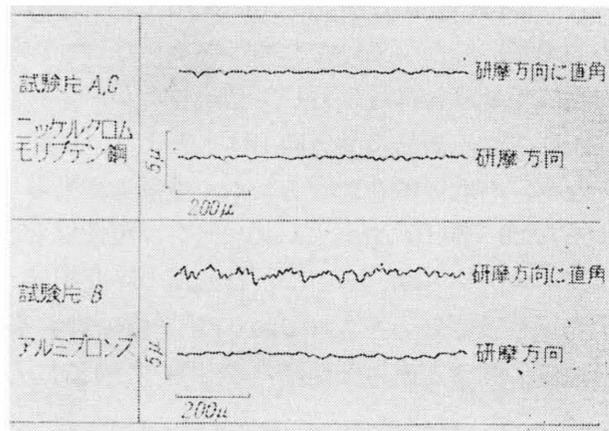


第2図 高圧平面摩擦試験機 (試験部断面略図)



第3図 高圧平面摩擦試験機外観

A: 垂直加圧用プレス (37 t)
 B: 水平加圧用プレス (26 t)
 C: 水平加圧調整部
 D: 摩擦試験部
 E: 電子管式自動平衡記録計



第4図 試験片の面あらし

3.3 試験温度および圧力

室温(約25°C)、70、130、180°Cの各温度で測定した。70、130、180°Cにおける温度維持の精度は±3°Cである。試験圧力はおもに平均面圧として約5~21 kg/mm²の範囲とした。

4. ニッケルクロムモリブデン鋼/アルミブロンズによる摩擦実験

—各種極圧グリースの摩擦特性の比較—

4.1 摩擦の形態について

多数の極圧グリースは本報の平均面圧、温度の条件下に行なった静的摩擦、低速すべりにおける動摩擦において、試験片B(アルミブロンズ)の試験面を容易に摩耗し、面あらしに基づく微小突起が平滑化する。二、三のまれなグリースではしゅう動のくり返しを受けても、ほとんど処女面あらしを変化せず、アルミブロンズ面の摩耗は効果的に防止されたが、これは例外的な場合である。

アルミブロンズ面の微小突起にみられる摩耗現象は、グリースの種類、試験温度または圧力などにより異なる。またある種のグリースでは摩擦試験面に著しいすり傷をつける有害夾雑物を含むことがある。あるいは比較的高温で摩擦金属面を変色させ、摩擦低下の挙動を示す場合もある。ゆえに以下に測定した摩擦係数は、与えられた条件のもとに、上記各因子による複雑な混合摩擦係数である。

4.2 静的摩擦係数 μ_s と平均面圧との関係

測定例を第5図に示す。外M-25、外G-16などのグリースは例外的結果を与えるもので、 μ_s は平均面圧の変化にかかわらずほぼ一定値を示す。その他の極圧グリースは図にみられるとおり、初期圧力

力あるいは起動後の動摩擦力をひずみ計で検出し、電子管自動平衡記録計に自記させた。

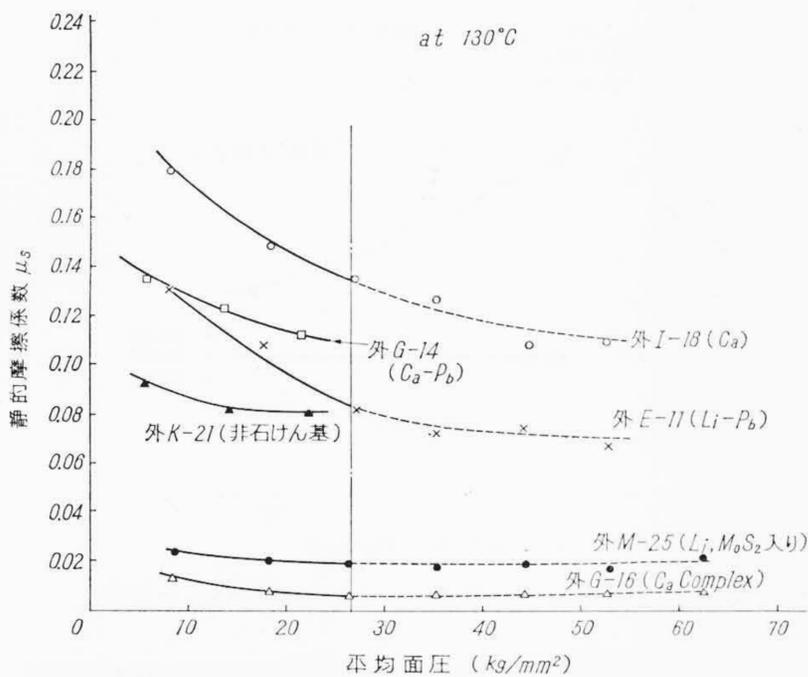
3.2 試 験 片

巻取胴における摩擦金属材料は、特殊鋼と銅合金とを組み合わせているのが一般である。よってここではニッケルクロムモリブデン鋼とアルミブロンズ合金を標準の試験片として使用した。これらの室温(約25°C)におけるブリネルかたさH_Bは次のとおりである。

ニッケルクロムモリブデン鋼 H_B≒332

アルミブロンズ合金 H_B≒212

供試した試験片の面あらしは第4図のとおりであり、約1~2-Sである。



第5図 静的摩擦係数と平均面圧の関係

領域で μ_s が大であって、 μ_s と平均面圧の関係は曲線形をなし、検討の結果次の実験式にほぼしたがうものである。すなわち W を平均面圧とすると

$$\mu_s = B + C W^{-n}$$

ここに B , C , n は定数であり、グリースによって異なる。この関係式は I. V. Kraghelsky⁽⁴⁾ が銑鉄/鋼、バビット/銑鉄などの固体摩擦に関して得たのと同様である。摩擦金属面に微小凹凸がある場合の、いわゆるざらつき摩擦においては、一般に上式のような関係が得られ、摩擦係数が垂直荷重の変化により変ることは、他の文献⁽⁵⁾⁽⁶⁾にも明らかにされている。もし摩擦面の状態に変わらなければ垂直荷重が変化しても、摩擦係数は変わらない。このことはクーロンの摩擦法則としてすでによく知られていることである。ざらつき摩擦においては上記のようにクーロンの摩擦法則にしたがわないが、局部的突起点にかかる圧力が、見かけの平均面圧よりもはるかに大であり、金属の塑性変形、摩耗などが起こり、摩擦面の状態すなわち真実接触面積や真実接触圧力が変わるためである。本報においては摩擦金属面の間に極圧グリースを介在せしめているが、この場合も上記した μ_s - W 関係になることは、ここに取り扱っている摩擦金属材料、面あらし、平均面圧などの条件において、たとえ極圧グリースが介在しても面あらしによる微小突起点の影響は避けがたいことを意味すると考えられる。このことは別に行なった面あらしと摩擦、摩耗に関する実験結果から確認されたが、この点は後に改めて記す。

なお第5図における点線部分はアルミブロンズが多少塑性変形するような高圧領域での測定例であり、実線部分は塑性変形のない領域での測定結果である。以下の実験では実線部分の圧力領域についてのみ検討した。

4.3 μ_s と温度との関係

第2表は μ_s と温度との関係である。なお μ_s -温度-平均面圧の関係を例示すると第6, 7図のようである。ほとんど大部分の極圧グリースは温度上昇により μ_s を増大する。しかし前記した例外的グリースとして μ_s と平均面圧の関係がクーロンの摩擦法則をほぼ満足するようなものでは、温度上昇による μ_s 変化は小さい。

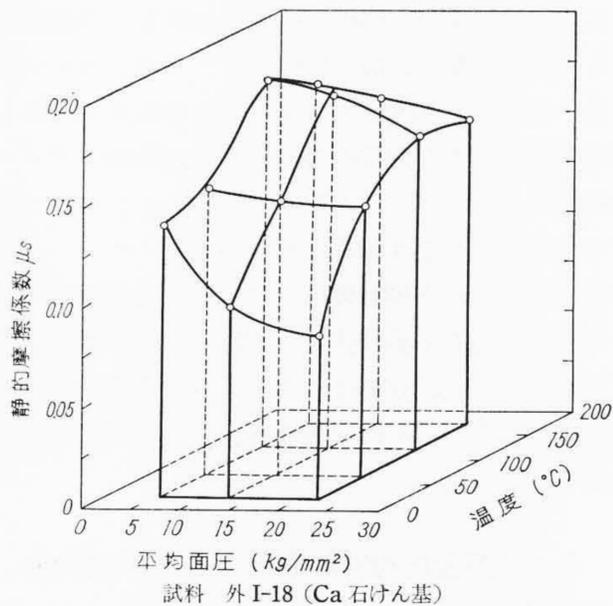
4.4 動摩擦係数 μ_k について

すべり速度が約 2~3 mm/s 前後の低速すべりにおける動的摩擦実験を行ない、動摩擦係数 μ_k と前記した μ_s との関係を吟味した。すなわち

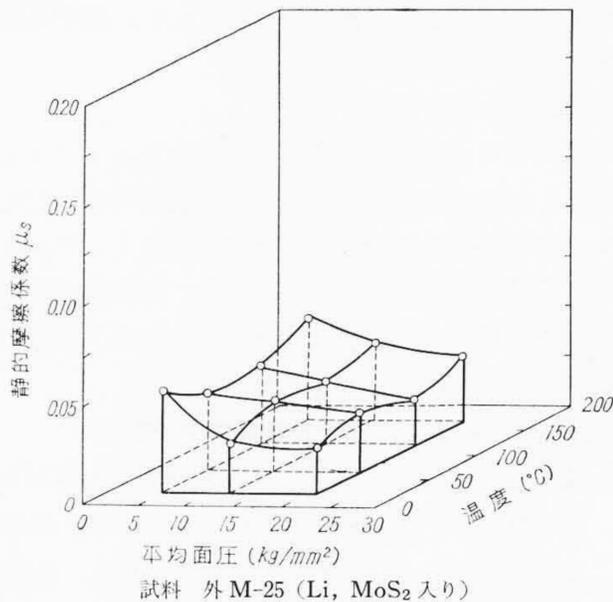
$$\Delta\mu = \left(\frac{\mu_k}{\mu_s} - 1 \right) \cdot 100$$

第2表 平面摩擦下の静的摩擦係数 (平均面圧 21.3 kg/mm² における比較)

試料	石けん基	静的摩擦係数		
		25°C	130°C	180°C
内A-3	Ca	0.05	0.16	—
外I-18	Ca	0.08	0.16	0.15
内C-9	Ca	0.04	0.16	—
外G-14	Ca-Pb	0.05	0.11	0.14
外G-15	Ca-Pb	0.05	0.15	—
内H-17	Ca-Pb	0.09	0.10	0.10
内B-8	Ca Complex	0.02	0.09	—
内B-7	Ca Complex	0.04	0.04	0.05
外G-16	Ca Complex	0.04	0.005	0.005
外F-13	Li	0.07	0.11	0.13
外I-19	Li	0.09	0.11	0.13
内D-10	Li-Pb	0.05	0.10	0.15
外E-11	Li-Pb	0.09	0.13	0.14
外E-12	Li-Pb	0.03	0.09	—
内B-5	Li	0.06	0.13	0.18
内B-6	Li	0.06	0.10	—
内A-1	非石けん基	0.09	0.14	—
内A-2	非石けん基	0.04	0.11	0.08
外L-20	非石けん基	0.05	0.12	0.12
外L-22	非石けん基	0.03	0.11	—
外K-21	非石けん基	0.04	0.08	0.11
内A-4	Na グラファイト入り	0.04	0.04	0.07
外M-24	Li, MoS ₂ 入り	0.07	0.06	0.14
外M-25	Li, MoS ₂ 入り	0.03	0.02	0.03
外M-26	Li, MoS ₂ 入り	0.03	0.03	0.04

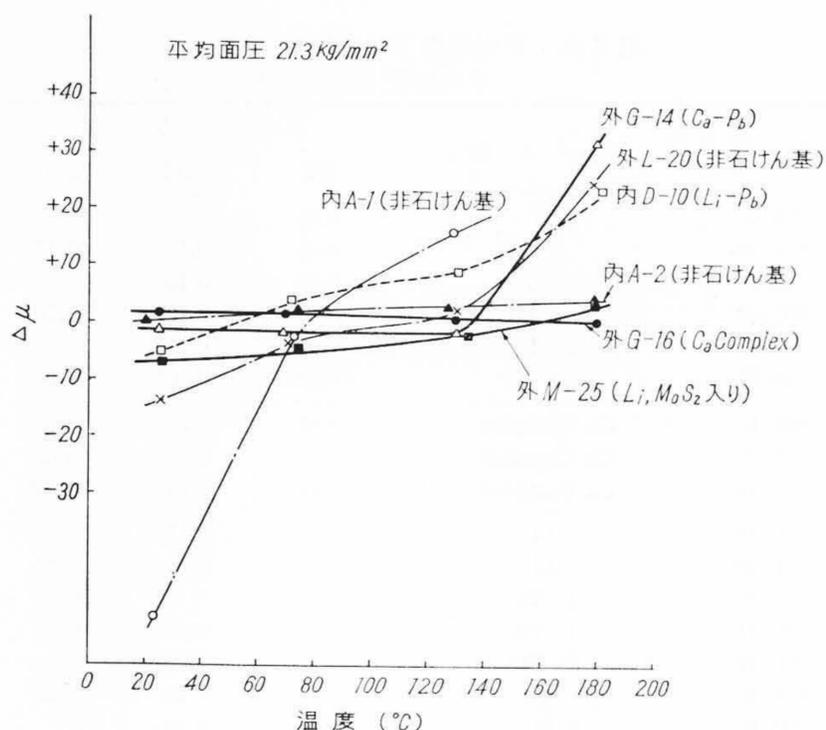


第6図 静的摩擦係数の面圧、温度による変化



第7図 静的摩擦係数の面圧、温度による変化

$\Delta\mu$ の変化を各種温度、圧力のもとに検討した。実験結果の一例を第8図に示す。例外を除けば 130°C 付近までは比較的安定である



第8図 Δμの温度による変化

が、180°Cでは大きく変わり+値をとるものが多い。+Δμをとることは起動よりも連続しゅう動に大きな摩擦を生ずることを意味し、潤滑性が悪化したことを示す。グリース中に比較的多量の固体潤滑剤(MoS₂)を含む場合およびカルシウムコンプレックス系の石けんを構造基材とする極圧グリース中のある種のものには180°Cの高温でもΔμは零付近を示し、例外的に高温での潤滑性がすぐれている。

以上の各種実験結果から高压、高温における二平面間の静的摩擦に重点をおく場合、現在市販の極圧グリース中、カルシウムコンプレックス系、ならびにMoS₂入りグリース中にすぐれたものがあることを指摘できる。また通常の各種石けん基系極圧グリース、特殊粘土を構造基材とする非石けん基系グリースなどは、この場合の摩擦に関しては満足すべき性能をもたない。

さらに既報⁽¹⁾⁽³⁾した点接触機構による4球式高压摩擦試験機を用いるときの静的、動的摩擦特性と、本報の平面摩擦特性とは異同がある。すなわち4球式試験機による結果から平面摩擦特性を推定することは困難である。これは摩擦機構、摩擦金属材料の材質その他に相違があるためであろう。

5. 摩擦金属材料の面あらしさと摩擦特性

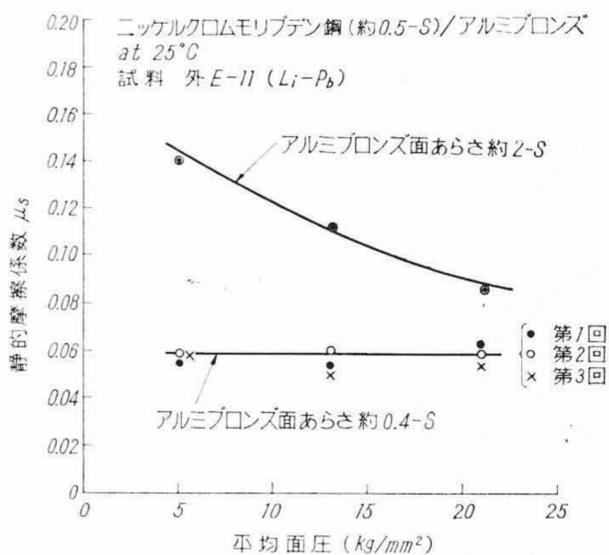
この実験結果については、別に報告した⁽⁷⁾ので詳細は略す。ただ前章でμ_sと平均面圧との関係について、アルミブロンズ面の微小突起が寄与するであろうことを推定したが、これに関する結果の概要は次のようである。

5.1 実験方法

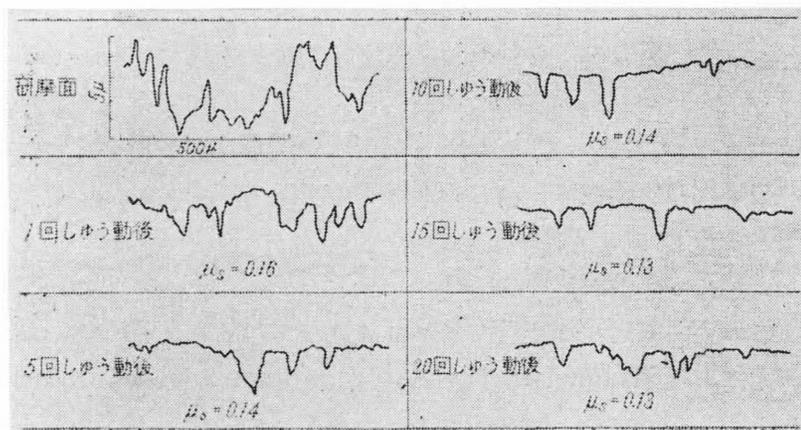
前と同じくニッケルクロムモリブデン鋼とアルミブロンズを摩擦金属材料とし、前者の面あらしさを前掲第4図と同様にした。他方、アルミブロンズの面あらしさを0.4~6-Sの範囲とし、アルミブロンズの面あらしさと摩擦、摩耗の関係を追究した。試験は前記の高压平面摩擦試験機によった。なお摩擦試験面の面あらしさ、摩擦による摩耗状況は大越式あらしさ計により測定した。

5.2 面あらしさの相違による静的摩擦係数の変化

実験例を第9図に示す。アルミブロンズの面あらしさが2-S付近の場合は、μ_sと平均面圧との関係は前記したように高压領域ほどμ_sが低下する。しかるに面あらしさを0.4-S付近にすると、全般的にμ_sが低下し、かつμ_sは平均面圧に関係なくほぼ一定値となる。すなわちごく平滑に仕上げられた面によるときは、クーロンの摩擦法則にしたがうようになる。なお面あらしさと摩擦係数の関係を別に詳細に検討すると⁽³⁾⁽⁷⁾、大部分の極圧グリースは面あらしさが大きいほど摩擦

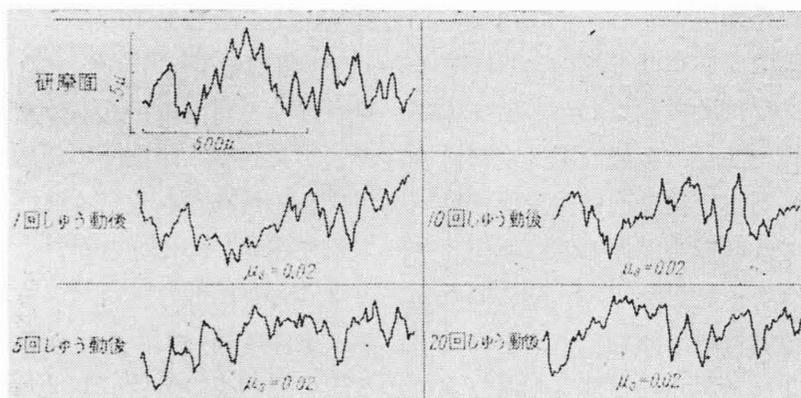


第9図 面あらしさの相違による静的摩擦係数の変化



平均面圧 20.8 kg/mm², at 130°C
試料 外I-18 (Ca石けん基)
石けん含有率 約8~9%wt

第10図 しゅう動によるアルミブロンズ面のあらしさ変化



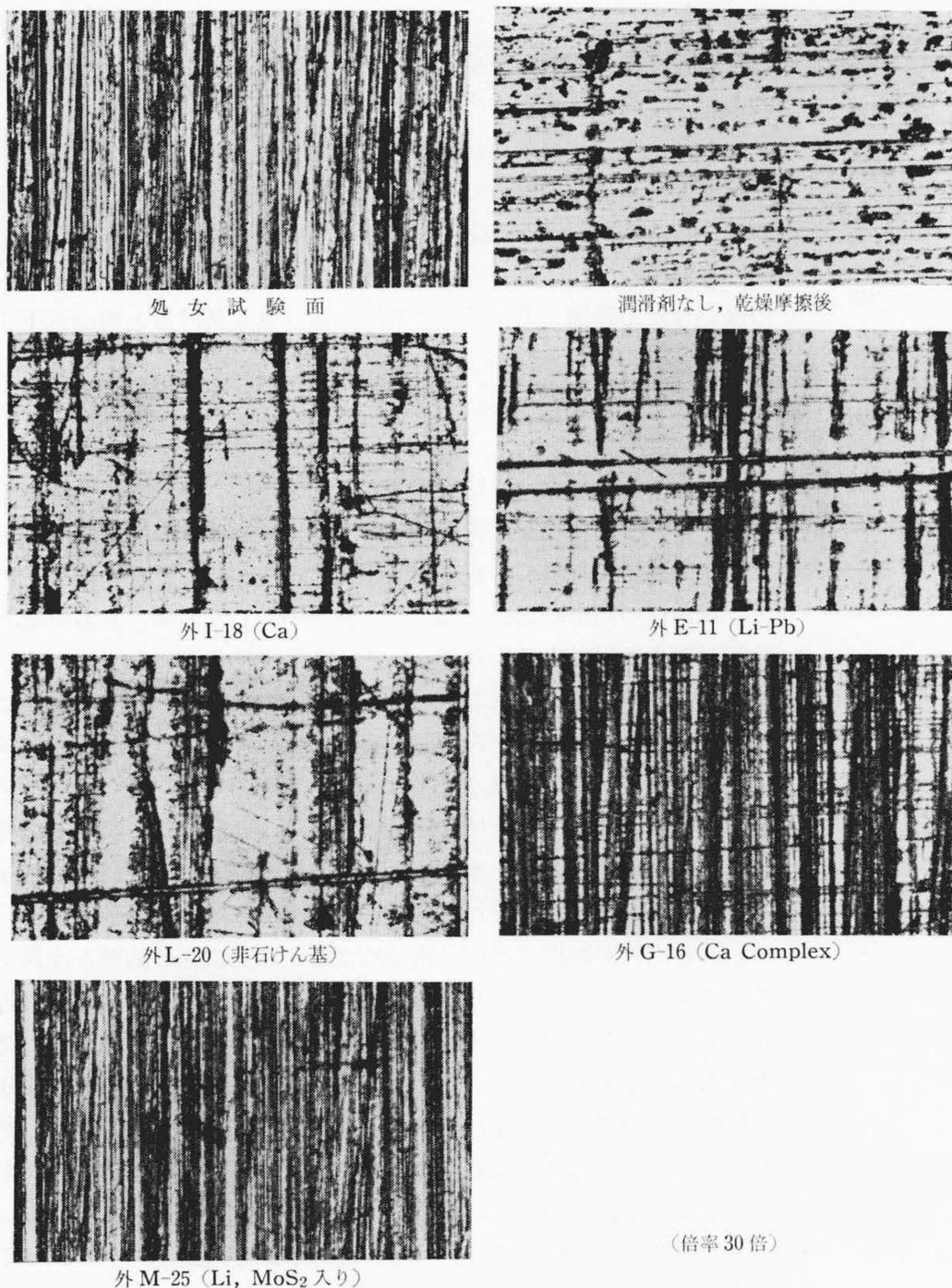
平均面圧 20.8 kg/mm² at 130°C
試料 外M-25 (Li, MoS₂入り)
MoS₂含有率 約65%wt

第11図 しゅう動によるアルミブロンズ面のあらしさ変化

が大である。これらの結果は、面あらしさが大きいときは、局部的突起点にかかる圧力が大きく、突起点での潤滑膜破断、突起部の摩擦などをひき起こすが、十分に平滑化された面では圧力が平均化し、接触面積の変化は無視しうるようになることを意味するものと思われる。

5.3 面あらしさと摩耗

実験例を第10, 11図に示す。第10図は外I-18グリースの例で面あらしさに基づく突起は、しゅう動1回で容易に失われる。しゅう動のくり返しにより見かけ上非常に平滑となり、μ_sは次第に低下する。他方第11図はしゅう動のくり返しをうけても、処女面あらしさをほとんど変化せず、μ_sも変化しないグリースの例である。このようなしゅう動実験後の試験片表面の顕微鏡写真を第12図に例示した。これらから明らかなように外G-16, 外M-25のごときグリースを除く大部分の極圧グリースは、面あらしさに基づく微小突起点において容易に潤滑膜の破断をきたし、局部的金属摩擦をひき起こす。



第12図 しゅう動をくり返したアルミブロンズ面の顕微鏡写真
 (倍率30倍)
 平均面圧 20.8 kg/mm², at 130°C, しゅう動回数 20回

このため前記した μ_s 特性を与えるものと考えられる。

6. 極圧グリースの組成と摩擦特性

すでに明らかにしたように、本報におけるような高圧二平面間の潤滑を適切に行なうためには、摩擦金属材料の面あらしに基づく微小突起部においても十分な耐荷重能を有し、潤滑膜の破断をきたさないような潤滑剤を用いる必要がある。

いわゆる極圧添加剤を含む極圧グリースも、その大部分は微小突起部における潤滑膜の破断をひき起こすようである。第12図にみられるとおり、摩擦面の摩耗状況は乾燥摩擦の場合に比較すると、むしろをともなうことが少なく、平滑な傾向がある。この事実は単なる油膜破断による金属摩擦ではなく、グリース中の極圧添加剤が作用していることを示唆するが、前記したとおり μ_s と温度の関係は温度上昇とともに μ_s が大になるのであって、この点から極圧添加剤の作用は顕著でないと考えてよいであろう。したがってこの場合の微小突起部の摩耗は極圧添加剤と金属との反応によるというよりも油膜破断による金属同士の摩擦に基づく要素が大きいといえよう。この実験の過程で明らかにアルミブロンズ面が黒変し、極圧添加剤による反応が起こったものと推定される場合もあったが、

- 黒化アルミブロンズによる場合の μ_s ……0.27
 (at 180°C, 21.3 kg/mm²)
- 黒化膜除去後アルミブロンズによる場合の μ_s ……0.32
 (at 180°C, 21.3 kg/mm²)

である。黒化は摩擦を低下するが、その効果は顕著でない。

このように極圧添加剤の効果を十分期待できないのは、この場合の摩擦が静的摩擦であって、局部的摩擦熱の発生をあまり期待できないことと、微小突起点にかかる圧力がきわめて大きいことを意味するものであろう。微小突起点における以上の状況より、潤滑を十分に行なうには、面あらしによる凹凸効果を打ち消しうることが必要となるが、このためには固体潤滑剤(MoS₂ またはグラファイトのような)あるいはグリース中の石けん類が注目される。このような考察のもとに、グリースを組成する石けん類と油分、または固体潤滑剤の配合比と摩擦特性の関係を追究し別報した⁽³⁾⁽⁷⁾。その結果、グリース中の石けん分を20~30%以上にすれば、摩擦特性を著しく改善しうることを認めた。また固体潤滑剤としてのMoS₂、グラファイトのようなものは30~80%を含む必要がある。現在市販の極圧グリース中には、このような組成物がきわめて少ないことは分析の結果明らかであり⁽⁷⁾、本報における実験で大部分のグリースが μ_s -平均面圧、 μ_s -温度特性、あるいは摩擦金属面の摩耗現象などに前記のような結果をもたらしたものと推定される。

7. 摩擦金属材料の材質と摩擦特性

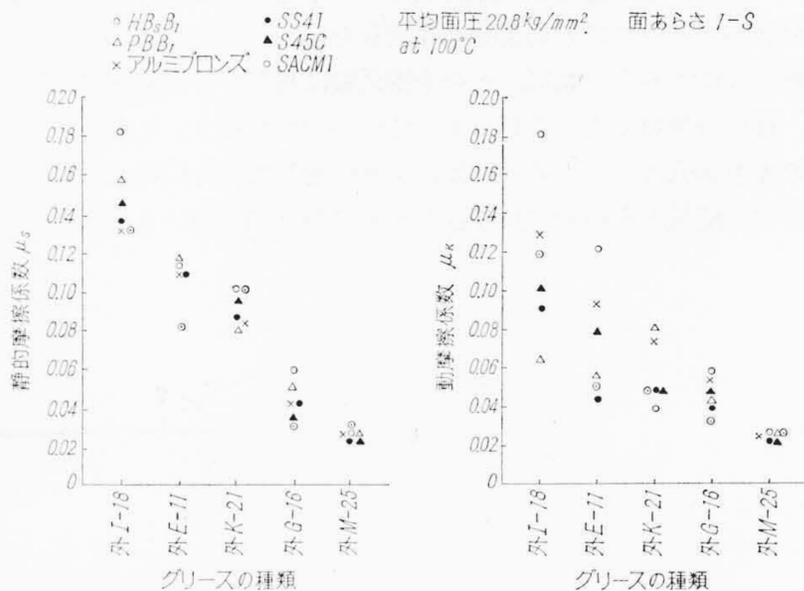
7.1 供試摩擦金属材料

第3表に示す各種銅合金、鋼材、アルミクロモリブデン鋼を前記第2図における試験片Bとして使用する。ニッケルクロモリブデン鋼は試験片A、Cとして使用する。これらの試験片の摩擦面あらしは前掲第4図のようである。

7.2 実験結果

最初に各種金属材料をニッケルクロモリブデン鋼とそれぞれ組み合わせ、平均面圧 20.8 kg/mm²、面あらし 1-S、試験温度 22°C で、グリースとして外E-11 (Li-Pb) を用いた場合につき一元配置、3回のくり返し実験を行なった。その結果は省略するが、静的摩擦係数 μ_s については金属材料間に有意差がなく、動摩擦係数 μ_k につき多少の有意差を認める程度であった。

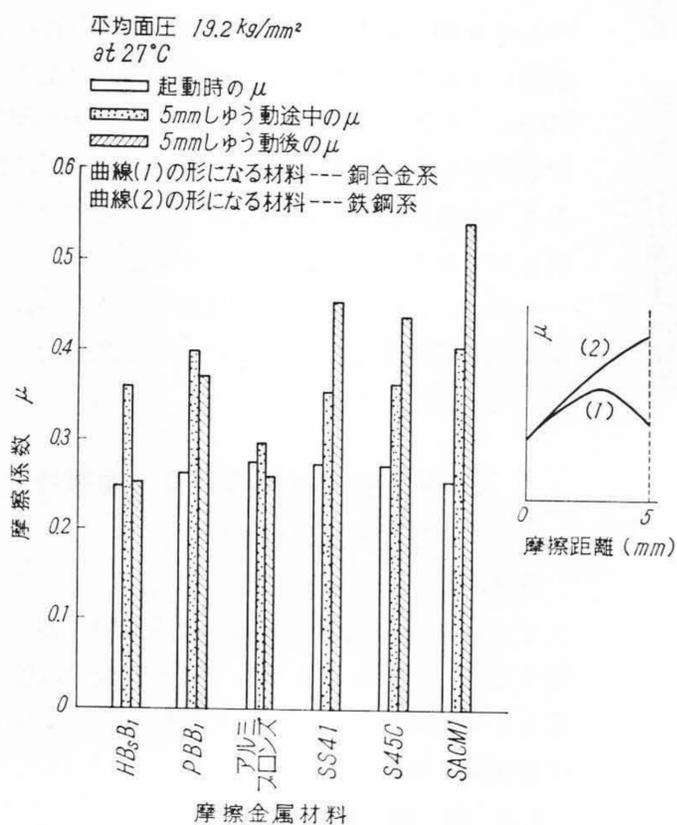
次に試験温度を 100°C とし、平均面圧、面あらしは前記と同じくして、代表的極圧グリース5種を吟味した。実験結果を第13図に



第13図 摩擦金属材料-グリースの組み合わせと摩擦係数

第 3 表 供 試 摩 擦 金 属 材 料

No.	名 称	JIS 記号	化学成分, JIS 規格値 (%wt)	H _B at25°C
1	高 力 黄 銅	HB _s B ₁	Cu 56, Al 1 以下, Fe 1 以下, Mn 1.5 以下, Sn 1 以下, Pb 1 以下, 残部 Zn	127
2	リ ン 青 銅	PBB ₁	Sn 3~5.5, P 0.03~0.05 Sn+P+Cu 99.4 以上	173
3	アルミブロンズ	—	—	232
4	一般構造用圧延鋼材	SS41	P 0.06 以下, S 0.06 以下	112
5	機械構造用炭素鋼	S 45 C	C 0.4~0.5, Si 0.15~0.4, Mn 0.4~0.8, P 0.045 以下, S 0.045 以下	169
6	AlCrMo 鋼	SACM1	C 0.4~0.5, Si 0.15~0.5, Mn 0.6 以下, P 0.03 以下, S 0.03 以下, Cr 1.3~1.7, Mo 0.15~0.35, Al 0.7~1.2	249
7	NiCrMo 鋼	—	—	332



第 14 図 各種摩擦金属材料/ニッケルクロムモリブデン鋼の乾燥摩擦特性

示す。グリースの種類により摩擦係数が大きく変わるのはいうまでもない。また摩擦特性のすぐれた外 M-25(Li, MoS₂ 入り)では、摩擦金属による差はない。摩擦特性の悪いグリースほど金属材料による差が出ているが、この材料による摩擦係数の大小順位はグリースの種類によって異なり一定の傾向を示さない。さらに μ_s と μ_k を比較すると μ_k の場合が金属材料による差が大きい。

これらの結果は前記した摩耗現象から推定されるように、摩擦特性の悪いグリースほど局部的金属接触を起こしやすく、したがって摩擦が大になるとともに、その摩擦係数は材料のせん断強さに関係し、材料の種類による差異を生じているのであろう。しかし摩擦係数の大小順位はグリースの種類により一定していないので金属同士の局部的接触とそのせん断強さだけでは割り切れないものがある。

他の要素、たとえばグリース中の極圧添加剤の各種金属材料に対する作用特性のごときが多少関与しているのではないかという問題が残るが、この点は追究していないので目下は不明である。

なお完全なグリース切れの場合を考慮し、グリースが介在しない乾燥摩擦の場合を検討した結果は第 14 図のようである。起動時の摩擦係数は 0.25 前後で金属材料による差はない。しかししゅう動を続けるときの様相は材料により著しく異なる。一般に銅合金系のものはいったん摩擦を増すが、さらにしゅう動を続けると再び低下する。

8. 結 言

高圧かつ高温における二平面間の静的摩擦に着目して、各種極圧グリースの摩擦特性を比較検討し、グリース組成との関連性、面あらし、摩擦金属材料の材質との関係などを吟味した。その結果このような条件の潤滑に際しては、グリース中の石けん類、あるいは固体潤滑剤の作用効果が大きく、いわゆる極圧添加剤の効果はあまり期待できないと考えられる。本研究は圧延機巻取胴の潤滑を適切に行なうためには、いかなる潤滑剤を選択すべきかという問題に端を発したものであり、本報の結果は既報⁽¹⁾⁽³⁾⁽⁷⁾を参照してご検討を乞う次第である。潤滑の条件は個々の場合により異なり、潤滑剤に要求すべき性能も異なる。本報では特に高圧高温下の平面同士のしゅう動における摩擦に注目したが、この場合の摩擦特性は世に広く行なわれる点接触機構の摩擦試験面による 4 球式試験の結果とは異なるものがある⁽¹⁾⁽³⁾⁽⁷⁾。グリースの耐圧性あるいは油性に関する報告がきわめて少ないので、4 球式試験機による結果が多くの場合に尊重されがちであるが、これによる結果は主としてグリース中の油分の特性に支配される傾向があることは別報⁽⁷⁾したとおりである。グリースについて適切な試験機が開発されない限り、モデル実験は常に必要であり、重要視されなければならない。

なおグリースの組成についても、静的摩擦と高速すべりにおける動摩擦とでは、考え方を変える必要があると思われる。本報におけるような平面摩擦の条件では、グリースに配合する石けん、あるいは固体潤滑剤をうまく生かすような組成物とすることが望ましい。

終わりに本研究の実施にあたり終始ご指導、ご激励賜わった日立製作所日立研究所前所長三浦博士、中牟田第 4 部長ならびに日立工場機械設計部の各位に厚くお礼申しあげる。また試料の提供と貴重なご助言をいただいたわが国石油関係各社に対し深謝申しあげる。

参 考 文 献

- (1) 茂庭, 小鹿: 日立評論 別-29, 27 (昭 34-5)
- (2) 石井, 小鹿: 日立評論 39, 205 (昭 32-2)
- (3) 小鹿, 茂庭, 本間: 日本機械学会第 40 期東京秋期大会前刷 No. 74, 17 (昭 37-10)
- (4) I. V. Kraghelsky: I. M. E. Proc. of the Conference on Lub. and Wear (1957)
- (5) E. Robinowicz: ibid (1957)
- (6) 軸受, 潤滑便覧 (日刊工業新聞社発行, 昭 36)
- (7) 茂庭, 本間: 潤滑 8, グリース特集号 (未発行)