

# 油脂の薄膜と金属薄膜との組合せ潤滑効果

曾 田 範 宗  
宮 川 行 雄

(1948年4月16日受理)

すでに報告したとおり油脂の薄膜とおなじように、金属の薄膜もまたその熔融状態においてはしばしばすぐれた潤滑作用をいとなむもので、特にPbはその代表的なものであつた。そして油脂および金属の薄膜がそれぞれ200~300°Cを境界として、前者は温度とともに次第に潤滑効果が失われていくのにひきかえ、後者はその附近から急激に良好な潤滑性能を示すことはまえにのべたとおりである<sup>(1)(2)</sup>。

筆者らは引きつづいて、油脂の薄膜と金属の薄膜との組合せ潤滑効果について実験を行った。それは油脂の薄膜と金属の薄膜とが摩擦面の低温および高温領域においてそれぞれその特長を發揮し、たがいに長短相をおぎないつつ、低温から高温にいたるまで完全に連続的に摩擦面の潤滑作用をまつとうすることができると推定したからである。

## 実 験

実験の装置、手順、その他はすべてまえに報告したとおりである<sup>(1)(2)(3)</sup>。たゞ金属薄膜としては、筆者らの実験に用いた金属中、もつとも特性のよかつたPbの一種だけをえらび、しかもその使用法も「塗附法」だけに限つた。Pb薄膜の厚さは平均 $5 \times 10^{-4}$ mmで、その生地になる摩擦板としては軟鋼ラップ面を用いた。油脂の薄膜としてはガルフ・ブライド潤滑油、SAE 30、スピンドル油、カストル油の四種をえらび、表面に薄く塗附した。摩擦率もまた軟鋼

で、まえの実験に用いたとおなじものである。

## 結果と討論

基本データとしての鋼/鋼、および鋼/鋼+Pb組合せ(乾燥摩擦)の温度特性はすでにまえの報告<sup>(1)</sup>にのべたとおりである。いまこの結果に対して各種の油脂の薄膜ならびにPbの薄膜と各種の油脂の薄膜との組合せの影響をしらべた結果を整理すると第1、第2表お

第 1 表

温度, °C		20	50	100	150	200	250	300	350
組合せ	鋼/鋼+ガルフ・ブライド	fs 0.15	0.18	0.23	0.25	0.30	0.80	0.90	0.50
	s	0.10	0.10	0.12	0.10	0.05	0.02	irr	irr+c
鋼/鋼+SAE 30	fs	0.28	0.32	0.35	0.40	0.45	0.55	0.60	0.50
	s	0.12	0.15	0.15	0.10	0.15	0.08	0.05	0.05
鋼/鋼+スピンドル油	fs	0.20	0.25	0.30	0.35	0.42	0.50	0.50	0.35
	s	0.05	0.05	0.08	0.10	0.10	0.10	0.10	c
鋼/鋼+カストル油	fs	0.18	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40	0.45	0.50
	s	c	c	0.10	0.12	0.15	0.15	0.18	0.10

第 2 表

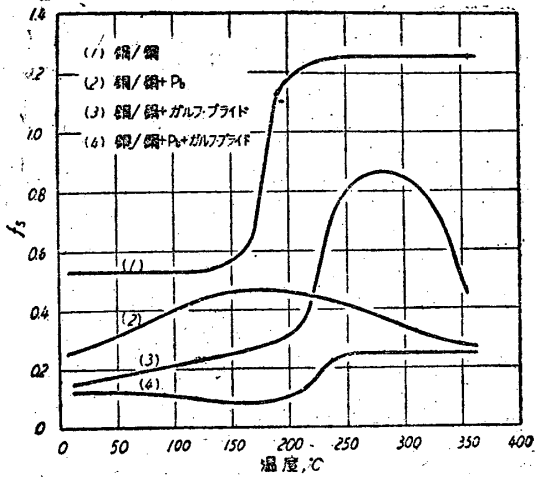
温度, °C		20	50	100	150	200	250	300	350
組合せ	鋼/鋼+Pb+ガルフ・ブライド	fs 0.12	0.12	0.10	0.08	0.10	0.25	0.25	0.25
	s	c	c	c	c	c	0.02	0.02	0.02
鋼/鋼+Pb+SAE 30	fs	0.20	0.20	0.20	0.25	0.30	0.33	0.20	0.15
	s	0.02	0.02	0.02	0.10	0.10	0.10	0.03	c
鋼/鋼+Pb+スピンドル油	fs	0.15	0.15	0.15	0.15	0.45	0.45	0.45	0.30
	s	c	c	c	c	0.02	0.03	0.03	irr+c
鋼/鋼+Pb+カストル油	fs	0.10	0.10	0.10	0.10	0.20	0.23	0.30	0.30
	s	c	c	c	0.05	0.10	0.15	0.15	0.20

よび第1, 2, 3, 4圖のようになる。表には滑りをおこす直前の摩擦  $f_s$  と slip の幅  $s$ , およびその特性 ( $c$ ,  $irr$  等の意味はまえに用いたと同じである) をかき添えてあり, 圖はこの表から  $f_s$  のみを温度に對してプロットしたものである。

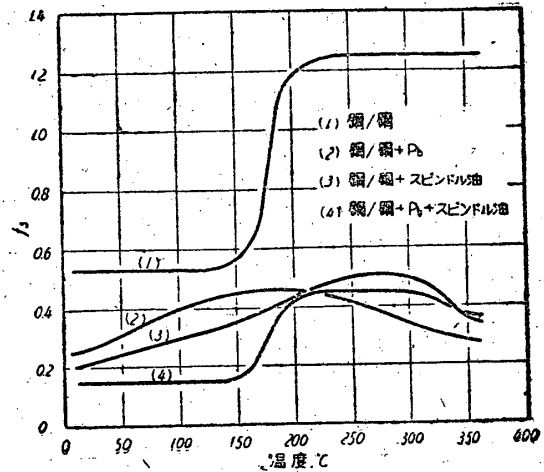
第1~4圖で鋼/鋼のみの摩擦 (曲線(1)) が非常に大きく, とくに高温でひどく大きいことは當然である。それが摩擦板に Pb の薄膜を塗附形成することによつて著しく低下することは各圖の曲線(2)に示され

たとおりである。この場合には油脂は全く用いてないのであるが, 鋼/鋼の場合と異つて, 低温より高温にいたるまで一貫して細かい  $ss$  を生じ, 前者が  $150^{\circ}\text{C}$  くらいから  $irr$  に近い模様を示すのにくらべるといぢるしい特性の向上である。そしてその Pb 膜の M.P. ( $327^{\circ}\text{C}$ ) 以上でしばしば  $ss$  から  $c$  に轉移することもすでにまえにのべた<sup>(1)</sup>。第5圖は鋼/鋼+Pbの高温における摩擦模様の一例である。

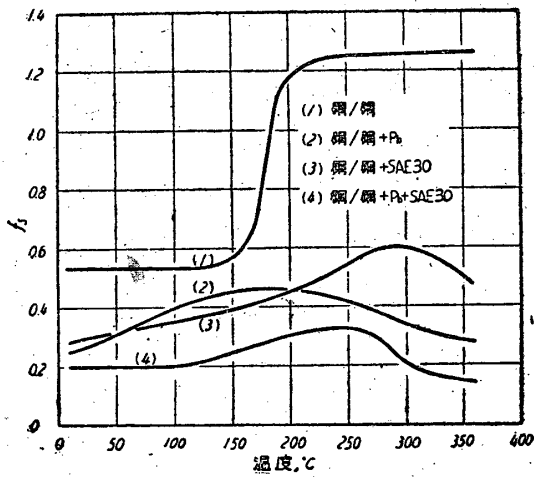
一方摩擦板に Pb 膜を塗附せずに油脂の薄膜のみを



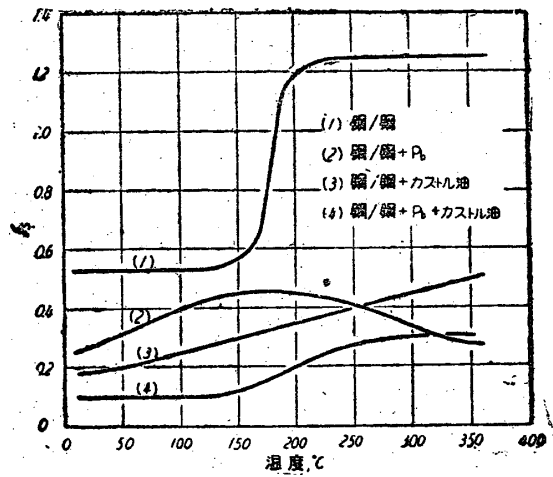
第1圖



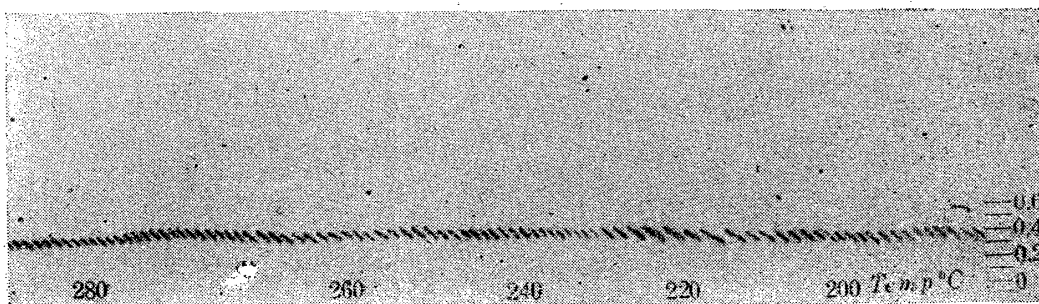
第3圖



第2圖



第4圖



第5圖 鋼/鋼+Pb

用いた場合はどうだろうか。第1~4圖の曲線(3)がそれである。圖から明らかなように、まず低温部で著しい摩擦の低下がおこる。すなわち Pb 膜よりも遙かに潤滑効果は大きいのである。しかし高温部(約 200°C 以上)において急激な摩擦の増加があらわれ、Pb 膜のみの場合より著しく大きくなるのである。いかえれば、油脂の薄膜は低温潤滑においてのみ有効な潤滑剤で、高温潤滑に対しては明らかに適当な金属膜の方が有効なのである。この問題についてはすでにまえの報告でくわしくのべた<sup>(1)</sup>。

第1~4圖の曲線(3)をみると、鑛物油のときは低粘度油ほど高温特性がよく、高粘度油ほど高温部の摩擦増加がはげしい(粘度については文献<sup>(4)</sup>参照)。それは少分子量のものほど變質の影響が著しく、かつ低温からあらわれるというまえの實驗結果<sup>(2)</sup>と全くおなじ理由にもとづくものである。

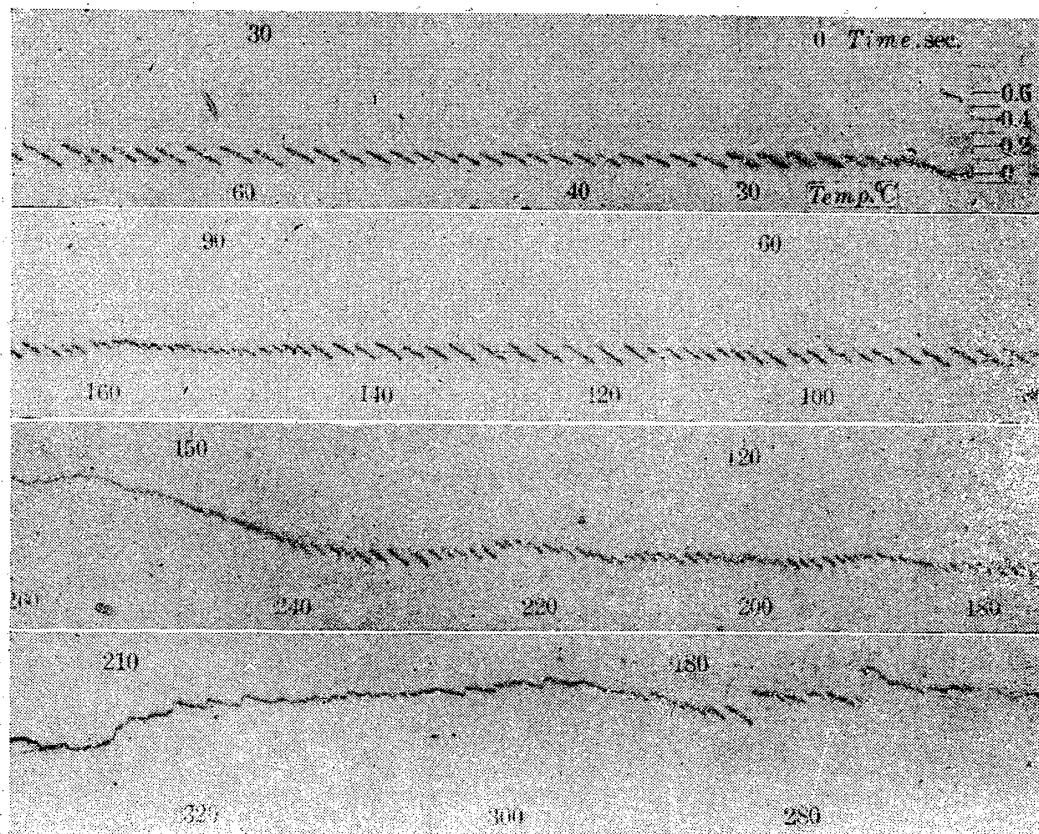
つぎに Pb の薄膜と油脂の薄膜との組合せ効果を見よう。各圖の曲線(4)がそれである。各潤滑油に対し低温特性が油脂の薄膜のみの存在する場合よりさらに向上するのは勿論、高温摩擦が膜におさえられて、油脂の薄膜のみ存在する場合より飛躍的に低下し、さらに Pb 膜のみ存在するときよりも一層低下して、低温より高温にいたるまで、ほぼ滑らかな正常な境界摩擦

値を示している。

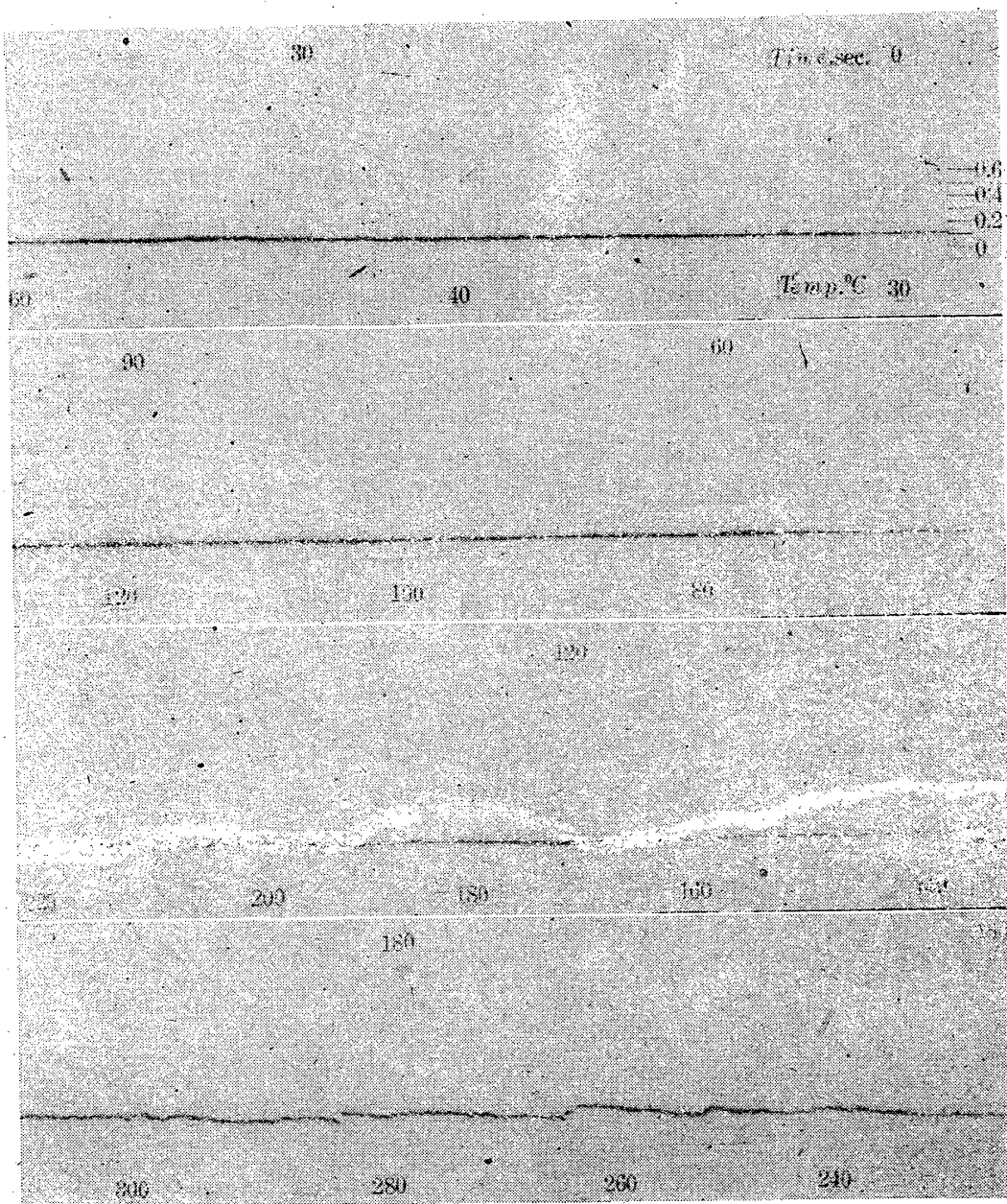
この比較を実際の摩擦模様の写真で示そう。第6~7圖がそれで、第6圖は摩擦板にガルフ・ブライド鑛油のみを用いた場合、第7圖は摩擦板に Pb 膜とガルフ・ブライド鑛油とを併用した場合で、第6圖ならびに第7圖との比較から、兩者の併用がいかに摩擦特性を滑らかにし、かつその値を低下させるかがよくわかる。

Pb の薄膜と油脂の薄膜との組合せ効果において、いかなる油脂が最も有効であるかという点、これは金属と潤滑剤との組合せの問題としてすでに論じたこと<sup>(3)</sup>、そこでは機械的轉移温度を基準にして、それが乾燥摩擦の大小と不離の關係にあること、一方潤滑剤は金属の乾燥摩擦の大小關係を若干修正變化させる程度の役割しか果たさぬことを結論したのであるが、この場合にもほぼ同様のことがいえるので、鋼/鋼組合せに対して摩擦の低かつたものはそのまま鋼/鋼+Pb の場合にも良いのである。すなわち特性のいいものからガルフ・ブライド、スピンドル油、SAE 30 の順序で、一方 stick-slip の特性もまたこれに比例的にあらわれるのである。

すなわち stick-slip の特性をみると、そのいずれも鋼/鋼のみの組合せに対しては ss を示していたものが、Pb 膜の存在により、ガルフ・ブライドは約 200°C ま



第6圖 鋼/鋼+ガルフ・ブライド鑛油



第7圖 鋼/鋼+CP+ガルフ・ブライド鑛油

で、スピンドル油は約 170°C まで c 特性を示すようになり、SAE 30 は全く c 特性を示さない。そしてこの順序がまたまえと同様鋼/鋼に対する摩擦の大小の順序なのである。

カストル油は脂肪酸系の油脂としてやや異つた特性をもち、上の鑛油と同一に論ずることはできないが、その特性は以上のいずれの點に關してもほぼガルフ・ブライド程度のものである。

結 論

以上のようにして摩擦面に適當な金屬の薄膜と油脂の薄膜とを組合せて使用すると、つぎのような摩擦特性の向上がみられる。

- (1) 金屬薄膜または油脂の薄膜のいずれかを單獨に用いたときよりも摩擦は低下する。
- (2) 金屬膜が低融點金屬の一種で、熔融状態で金屬潤滑劑の役割を果すときは、この金屬薄膜の效果によつて高温の摩擦特性が著しく向上し、油脂の薄膜との組合せ使用により、低温より高温まで一樣な滑らかな低摩擦を保持することができるようになる。

これによつて油と軸受合金との組合せの問題もあたらしい觀點を得ることができ、軸受合金もまた金屬潤滑劑としての觀點から新しい立場をうることができると考える。

第3表

附記一軸受金の厚さの問題

いわゆる軸受合金は、砲金、眞鍮などのようにそれ自體で厚い軸受をつくり、その強度が比較的大きいため特に裏金を必要としないものと、ホワイト・メタルやケルメットのよう鋼その他の強度の高い裏金の表面に鑄造するものとあるが、そのいずれもがわれわれの實驗したような金屬の薄膜に比較すると著しく厚さの大きいものである。

しかし重要なことはおなじ低融點軸受合金でも、それを上のような厚い形で使用した場合と、薄膜状態で使用した場合とはその摩擦特性に大きな差異があるのであつて、われわれの實驗は、その薄膜状態で使用することの利益を特に強調するものである。

たとえば Pb はすぐれた低融點軸受金屬であり、従來も各種の軸受合金にほとんど「必らず」含まれていたものである。しかし Pb の強度の低いと、そのクリープのため、Pb を單體の軸受金として用いることは必らずしも有利ではないのであり、それは薄膜状においてはじめてその特性を發揮し得るのである。ケルメットは Cu の中に Pb を混有するものであるが、使用中 Pb が流れて、Cu の表面に薄膜を一樣に形成し得てはじめて優秀な軸受性能を發揮することは、經驗的事實である。

それで比較のため、Pb を單體のまま摩擦板に作り、それで摩擦實驗を行つた結果と、Pb を薄膜状(厚さ約  $5 \times 10^{-4}$  mm) で使用した結果とを第3表に示した。

第3表中、番號1は基本特性としての軟鋼/Pb の結果であり、2, 3, 4, 5 は Pb を各種金屬の表面に薄く塗附した結果である。5 はとも金 (Cu/Cu) に對する効果である。いずれの場合にも油脂は用いない。

番號	摩擦棒	摩擦板	特性	f
1	軟鋼	Pb	irr	0.90~1.10
2	軟鋼	軟鋼	Ss	0.55
		軟鋼+Pb	Ss	0.20
3	軟鋼	Cu	Ss	0.60~0.65
		Cu+Pb	Ss	0.50~0.40
4	Cu	軟鋼	Ss	0.40~0.45
		軟鋼+Pb	Ss+c	0.20
5	Cu	Cu	irr	1.30~1.50
		Cu+Pb	Ss	0.30~0.40

表から明らかなように、軟鋼/Pb の組合は必らずしもよくなく、特に Pb が軟かいため摩擦痕が大きくあらわれる。軟鋼、Cu 等の表面に Pb を塗附した効果は顯著で、Pb を塗附しない値の約  $1/2$  に低下している。5 のとも金純金屬のときの効果は特に顯著で、約  $1/4$  に低下している。軟質の低融點金屬が、特に薄膜状態において特長を發揮することはこの表からも明らかで、實際にも、たとえば裏金の表面に鑄造したホワイト・メタルの厚さが最近次第に薄くなり、しばしば 0.3~0.5 mm 程度のものを使用して好成績をあげていることなども原理的には上の事實と同一機構によるものと考えられる。

文 献

- (1) 曾田, 宮川. 理工研報告, 2 (1948), No. 5~6.
- (2) 曾田, 宮川. 理工研報告, 2 (1948), 49.
- (3) 曾田, 宮川. 理工研報告, 2 (1948), 23.
- (4) 曾田, 岡本. 理工研報告, 1 (1947), 50.

Bi II 6p6d 及び Sb II 5p6p の準位

山 内 恭 彦

(1948年4月22日受理)

前報告<sup>(1)</sup>に引き續いて、jj 結合からの近似で pd 及び pp 電子配置の原子エネルギー準位を求め、これを村川、諏訪兩氏<sup>(2)</sup>の Bi II, Sb II に對する分光解析と比較した結果を記す。

1. Bi 6p6d この場合可能な  $j_1 j_2$  の組みは  $a(3/2, 5/2), b(3/2, 3/2), c(1/2, 5/2), d(1/2, 3/2)$  で、スピン軌道相互作用は夫々の場合  $1/2 \zeta_p + \zeta_d, 1/2 \zeta_p - 3/2 \zeta_d, -\zeta_p + \zeta_d, -\zeta_p - 3/2 \zeta_d$