

合成潤滑油について

大阪大学工学部 吉 川 彰 一

合成潤滑油は第二次世界大戦を境として、めざましい進歩を示した。航空機を中心とする各種機械類の進歩、発達、潤滑油、作動油、精密機械油などのすべてに対して、技術的には極限と思われる程の、高、低温、高速、高荷重下における高度の性能を要求しはじめ、従来の石油系の潤滑油では、如何に進歩した精製法を利用しても、この苛酷な要求に応じきれなくなったためである。たとえば、大戦中の酷寒地や熱帯での作戦、亜成層圏飛行、ロケットやジェット機の低温始動、高荷重高速下の運転、あるいは不燃性でしかも高い粘度指数をもつ作動油の要求などは、エステル系、ポリアルキレンオキサイド系、シリコン油などの合成油や、進歩した添加剤の利用によってはじめて満たされるものであって、宇宙時代、原子力時代に突入しつつある今後の工業界は潤滑油の性能に対して、一層の進歩を要求しつづけるものと思われる。

1. 合成潤滑油に要求される性能

潤滑油に必要な性能は、その用途および目的に応じてそれぞれ異なることは明らかである。粘度、粘度温度性状、凝固点、高温特性、酸化安定性、化学的安定性、溶解性、境界潤滑性能などの点ですぐれていることが、一般に必要である。これらの性状のうち、粘度温度係数と分子構造との関係や、境界潤滑に付随する問題について

表1 MIL-7808Cの要旨

粘 度	100°F	>11.0cs
	210°F	> 3.0cs
	-65°F	<13,000cs
	-65°F (3時間後)	13,000cs(max.)
	-65°F (72時間後)	17,000cs(max.)
引 火 点		400°F (min)
流 動 点		-75°F (max.)

酸化安定性：

347°Fでの酸化試験の後、100°F粘度の変化が、-5～+15%以内、全酸価の増加が2.0以内であること。

腐蝕性：

72時間、347°Fで銀、アルミニウム、マグネシウムに対して±0.2mg/cm² 以内、銅は±0.4mg/cm² 以内の重量変化であること。

表2 MIL-L-6387 の要点

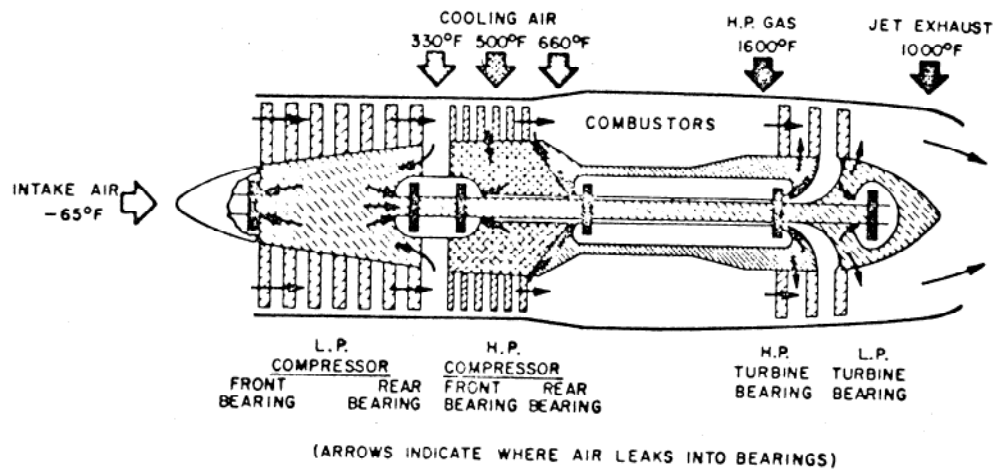
粘 度 (cs)	210°F 以上	4.5
	130°F 以上	10.0
	-40°F 以下	1500
	-65°F 以下	7500
曇 点 (°F以下)		-40
流動点 (°F以下)		-75
引火点 (°F以下)		350
発火点 (°F以上)		375
沈澱価		2
中和価		0.2

・腐蝕試験、粘度指数向上剤、酸化防止剤、発泡防止剤、腐蝕試験、耐酸化試験などは MIL-7808C とほぼ同じ。

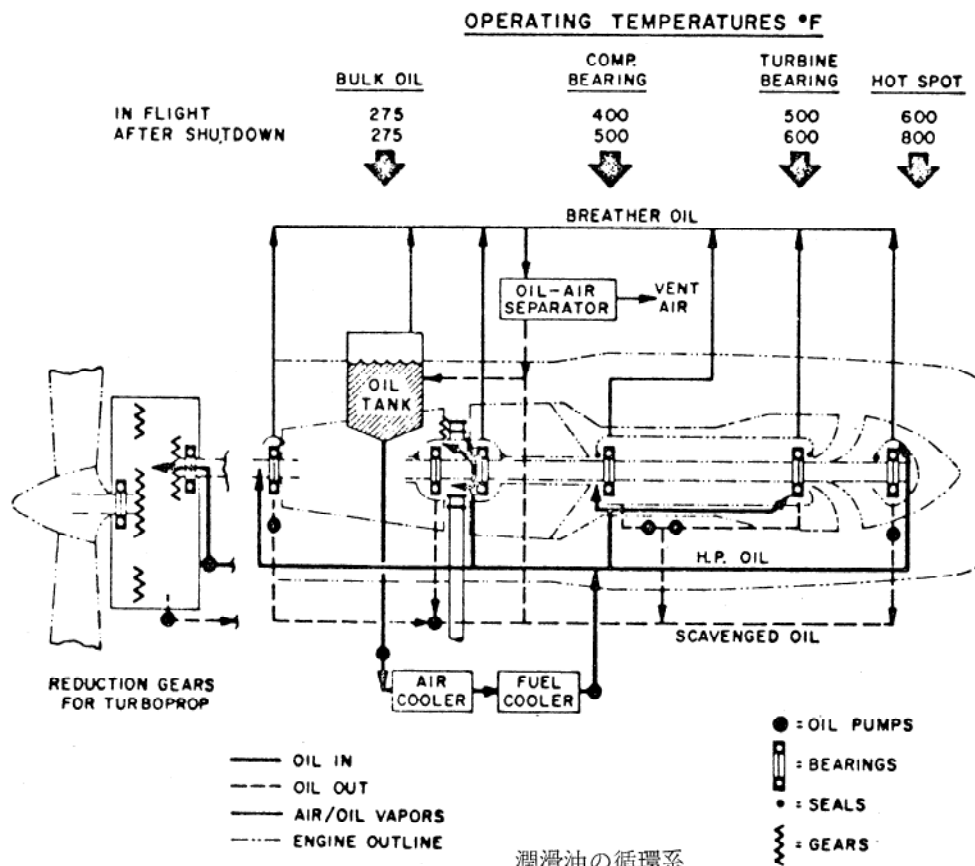
・低温安定性、Shear 安定性、ゴム膨潤性、揮発性、発泡性などに関する規定あり。

は、項を改めてのべるが、たとえばジェット機用のタービン油については、表1 (米軍規格 MIL808C) に抜き書きしたような、エンジン付属の駆動機構用作動油や計器用の油に対しても、表2のような要求のあることから、そのきびしさは概ね想像して頂けるものと思う。

たとえば、ジェット機は巡航時の燃料節約と航続距離延長の目的から1基又はそれ以上のエンジンを停止することがあるので、再始動のときは相当の巡航高度にあり、従って-65～-100°Fという低温で始動することが必要となる。使用油はこの低温でも尚かつ適当な流動性を保ち、エンジンその他のベアリング部を直ちに潤滑保護できることが必要である。また運転中は350～600°Fの高温にさらされる関係上、この温度で適当な粘度を保持するために、粘度指数の極めて高いことが必要であり、この温度における揮発性状、引火点、酸化安定性、ベアリング金属との適合性、耐荷重能 (境界潤滑特性)、ゴム膨潤性、高温条件下でのスラッジの少ないこと、など種々の要求のあることも容易に理解される。石油系の潤滑油では、これらの要求の全部を満足させることは不可能なことも、云うまでもない。



ジェットエンジンの構造



潤滑油の循環系

図1 ジェットエンジンの潤滑系統

2. 境界潤滑と液状潤滑

潤滑の状態を大別すると、境界潤滑と液状潤滑の2つに大別される。液状潤滑では潤滑面における金属間の接触は存在しないので、潤滑油の粘度、粘度指数、密度、熱伝導度などが問題となるだけであるが、境界潤滑に

ると両金属面はたえず接触するので、接触面における物理的、化学的な他の問題が重要になってくる。潤滑油自体の油性や色々の境界潤滑に付随する諸性能、あるいは各種の添加剤などはこの意味で問題となってくる。

Holm, Bowden らの研究によると、金属酸化膜が存在せず、ガスの吸着層も存在しないような極めて清潔な金属面では、摩擦係数 μ は1以上100近くに達し、このよ

うな清潔な金属面を接触させると金属面は互にくっついてしまうと云う。酸素や水の吸着層が存在すると通常の状態では μ は0.5位で、鉛やインジウムを含む Soft metal や Soft alloy では μ は0.1~0.3位である。清潔な金属面の μ を低下させるために、酸化膜や吸着ガスよりも有効な液体をさがすための努力が重ねられた結果、すぐれた境界潤滑性能をもつ種々の液体が発見されたが、この効果が、その中に含まれている微量物質にもとずくことが知られたのはかなり後のことであった。

少量の活性剤や化学的に活性な物質を鉱油に加えると有効なことが知られたのは30年程前のことであるが、その効果の理由は当時は明らかでなかった。極性のある物質を非極性溶媒にとかしたものが、溶質のみを用いた場合よりもすぐれた境界潤滑性能を示すことから、Taborらは、長鎖状の極性化合物について研究を行ない、これらの化合物は電気的な dipole force によって金属面に吸着され、単分子層を作って規則正しく配列し、この単分子膜が境界潤滑において重要な役割を果たしていること、長鎖状の極性化合物の吸着能は次の順序で強くなること、

エステル<アルコール<脂肪酸<一級アミン

温度をあげるとこの膜が脱着されるが、その温度は金属のいかにかわらずば一定で、この温度 T_{max} をこえると摩擦係数 μ は急激に増大すること、この T_{max} はアルコールでは40~100°C、脂肪酸では70~130°C、アミンでは100~130°Cであることなどを発見した。潤滑油の油性と呼ばれるのは、この単分子膜の形成能をあらわす言葉である。

有機酸は金属と最初は dipole force によってくっついていて、その後金属面との間に化学結合を生じ、金属表面に酸化膜や水分があると金属石鹼が生じる。石鹼はかなり低い摩擦係数を示し、高温においても脱着しにくいことが、物理的に吸着された脂肪酸とのきわだったちがいである。有機酸と金属とのどのような反応条件が、またどのような結合が wear preventive coating に役立つかの根本的なことはまだ明らかでないが、多くの油性向上剤や極圧潤滑剤に関する特許の基礎が、この点にあることも明らかである。

活性な-Cl, S, P などを含む有機化合物や無機物などと金属との接触面における反応によって生じる Anti-wear antiseize coating を利用する種々の極圧潤滑剤も色々と開発されているが、なぜ phosphide, sulfide, chloride などのうすい金属保護膜が、境界潤滑の状態で十分な耐荷重能をもっているのか、現在のところでは、正確には分っていない。

3. 合成潤滑油に要求される分子構造

合成潤滑油の基礎となる根本的な問題は、すぐれた温度性状をもつためには、合成油の分子構造はどうあるべきかと云うことである。酸化防止剤、清浄剤、防錆剤、極圧添加剤など各種の添加剤の作用機構については、まだ解明されていない点も少なくないが、合成油の粘度温度関係と分子構造との関係については、現在既に合理的な解答が与えられていると考えてよい。今日では炭化水素油はもちろんのこと、エステル、エーテル、ポリアルキレンオキサイド、シリコン、塩弗素化炭化水素のような各種の化合物に至るまで、潤滑油として必要な諸性状をその分子構造にもとずいて説明し、あるいは予言できるまでになってきた。

粘度性状と分子構造との基本的な関係を要約すると次のようである。

- (1) 粘度温度係数の小さい有機液体をえるためには、分子内に強い会合性のある基を含まないことが必要である。また直線状の分子構造をもち、しかも自由回転によって結合手の廻りを自由に回転できるような flexible な構造をもった分子でなければならない。
- (2) 同一沸点の液体について云うと、一定温度での粘度が出来るだけ低いためには、分子中に側鎖をもたないことが必要で、側鎖のあるもの程、粘度が高くなる傾向がある。
- (3) 極めて低い凝固点をもつ液体を合成するのに最も確実で有効な方法は、隣接する分子と密接にくっつきあったり、整然と配列するのを障げるのに最も有効な最小数の側鎖をもたせることである。主鎖の中心にある側鎖は、主鎖のはしに近い側鎖よりも凝固点を低下させるのに、より有効である。
- (4) 沸点が高くてしかも粘度の低い液体を得るのに最もよい方法は、分子中に1ヶ以上の非会合性の非炭化水素基、たとえばエステル基を入れることである。
- (5) 他の条件が同一であるならば、液体のモル膨張係数が大きい程、粘度温度係数が大きい。これは液体の内部凝集力の差を判断する一つの簡便法とされているからである。

以上の定性的な法則は、一部は理論的であるが一部は経験的なものである。しかし最近開発された合成潤滑油のほとんどすべてが、この法則とよく一致している。たとえば、100°Fで同じ粘度をもつ液体の粘度温度係数の大きさは次の順序になっている。

Open chain dimethyl silicone < double alkyl stoppered polymer of ethylene oxide < ethylene oxide と pro-

pylene oxideのcopolymer $<n\text{-alkane} <\text{perfluoro alkane}$

プロピレンオキサイドから $n\text{-アルカン}$ に進むと主鎖を軸とした自由回転は急速に困難さをましてゆく。このことは分子模型をくんでみるとすぐに分ることである。

シリコンの flexibility の高いことは、主鎖中に多数の酸素原子を含むこと、 S_i 原子が正四面体の原子価角をもつこと、 S_i 原子が C 原子よりも遥かに大きいことなどに基因している。

4. 合成潤滑油の種類

現在開発されている合成潤滑油の主体をなすものは、エステル油、ポリアルキレングリコール油、シリコン油、塩弗素化油、炭化水素油などであり、最近は原子力関係の潤滑油としてポリフェニルエーテルが注目されている。簡単にこれらの合成油について述べる。

(1) エステル油

最初にしられた合成潤滑油は動植物油脂、あるいはグリセライドであったが、要求される性能をみたし、しかも動植物油脂のもつ欠点をもたないようなエステルを合成して潤滑油として使用するようになったのは、近々ここ数十年前のことである。多数のエステルのうち、前述の要求を満足する諸性能を具え、ジェット機用のタービ

ン油あるいは作動油として実用化されているものは極めて限定された数種の化合物に限られ、その代表的なものは、

bis-(2-ethyl hexyl)-sebacate, bis-(2-ethyl hexyl)-azelate, bis-(3-methyl butyl)-adipate, 2-ethyl-hexanoic acid の polyethylene glycol diester, ピニン酸ジエステル, hexahydro-isophthalate などである。

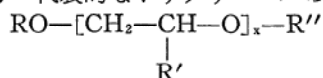
純粋なエステルは境界潤滑性能の点では、鉱油より特にすぐれているとは云えないが、その加水分解生成物や酸化生成物自体が有効な耐摩耗剤として、また防錆剤として働くという特長をもち、またエステル自体の溶解力は清浄剤と同様の働きをもっているが、このすぐれた溶解力が一方では、ゴム、ペイント、合成樹脂などに膨潤作用を及ぼすので、エステル油の使用を障げる一因ともなっている。この問題は将来、使用材料の研究によって解決されるのではないかと考えられている。

エステル油は鉱油との相溶性がよいので、鉱油に対する添加油としての用途も大きい。

これらのエステル類が、石油化学工業によって比較的安価に、かつ大量に供給されるアルコールや有機酸を原料として容易に合成されるものであるから、コスト面から見ると極めて将来性にとむと思われる。

耐熱性のよいエステルとして、Neopentyl polyol ester

表3 代表的なポリグリコールの構造



R	R'	R''	Compound	Type
H	H	H	Polyethylene glycol	Diol
H	CH ₃	H	Polypropylene glycol	Diol
H	H&CH ₃	H	Mixed oxyethylene-oxypropylene glycol	Diol
$\begin{array}{c} \text{CH}_2 \\ \\ \text{CH} \\ \\ \text{CH}_2 \end{array}$	H&CH ₃	H	Mixed oxyethylene-oxypropylene ether of glycerine	Triol
CH ₃	CH ₃	H	Methyl ether of polypropylene glycol	Monoether
C ₄ H ₉	H&CH ₃	H	Butyl ether of mixed oxyethylene-oxypropylene glycol	Monoether
C ₈ H ₁₇	H&CH ₃	H	Octyl ether of mixed oxyethylene-oxypropylene glycol	Monoether
C ₄ H ₉	CH ₃	C ₂ H ₅	Ethyl ether of butoxy-polypropylene glycol	Diether
C ₆ H ₅	CH ₃	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ \text{C}-\text{CH}_3 \end{array}$	Phenyl ether of polypropylene glycol acetate	Ether-ester
$\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ \text{C}_7\text{H}_{15}-\text{C} \end{array}$	H&CH ₃	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ \text{C}_7\text{H}_{15}-\text{C} \end{array}$	Di-2-ethylhexanoate of mixed oxyethylene-oxy-propylene glycol	Diester

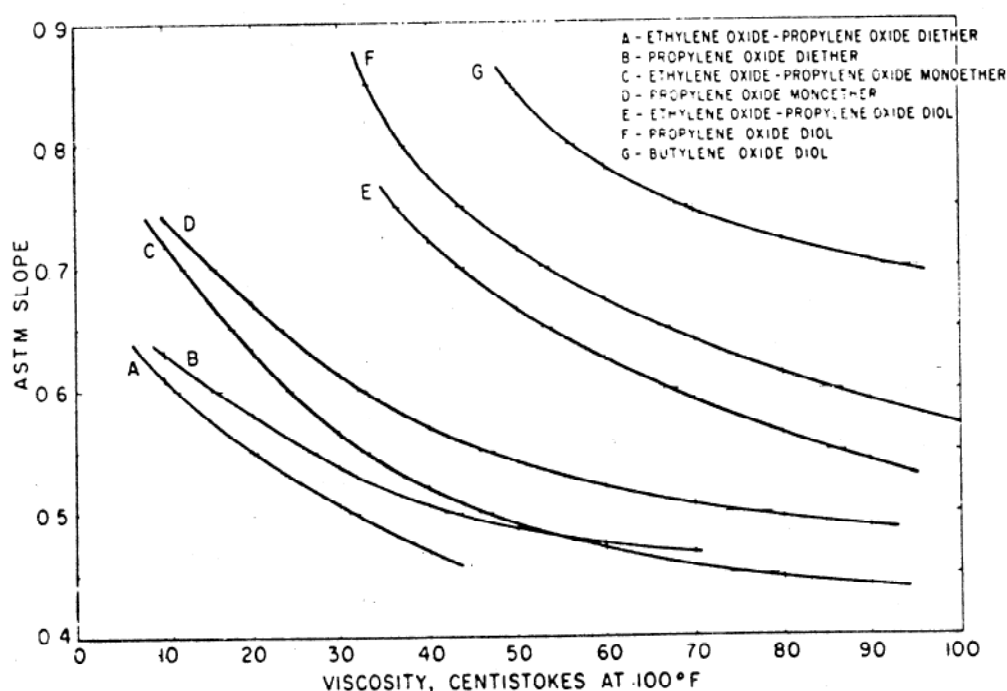


図2 アルキレンオキシドの種類とその末端構造が ASTM スロープに及ぼす影響

が最近開発された。ホルマリンなどを原料として作ら

れる Neopentyl glycol $\text{H}_3\text{C}-\underset{\text{CH}_2\text{OH}}{\overset{\text{CH}_2\text{OH}}{\text{C}}}-\text{CH}_3$, Trimethylol

-propane $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\underset{\text{CH}_2\text{OH}}{\overset{\text{CH}_2\text{OH}}{\text{C}}}-\text{CH}_2\text{OH}$ などの polyol と

低級脂肪酸とのエステルであるが、 -65°F の低温 から、 600°F の高温にわたって使用できる、熱および酸化安定性にすぐれたジェット機用の潤滑油であり、マッハ2~3の超音速機用として適当である。

(2) ポリアルキレングリコール油

エチレンオキサイドあるいはプロピレンオキサイドの重合物である液状のポリアルキレンオキサイドは第2次世界大戦の直前、米国の Fife らによって発明されたもので $\text{RO}-(\text{CH}_2-\underset{\text{R}'}{\text{CH}}-\text{O})_n-\text{R}''$ のような一般式で

示される。代表的なものを表3に示した。

最初米国で市販されたものは、主鎖の一端だけをアルキルエーテル基で封鎖したもので、他端にはフリーなOH基が残っているため、 0°C 近くになると急激に粘度が増加するという欠点があった。主鎖の両端をエステルまたはエーテルの形で封鎖するとこの欠点はほとんど完全に消え極めて良好な粘度温度性状を示すようになる。揮発性は両端を脂肪酸で封鎖したジエステル型のものが

最も低い。

これらのポリアルキレングリコール型のものは、潤滑部で生じた酸化生成物に対して良好な溶解性を持ち、清浄剤を加えなくても良好な self detergency を示す。しかしながら、この性質が、ゴム、プラスチック、ペイントをおかすというエステル油と同様の欠点にもなっているのである。

またこの系統の油は石油やエステル油にくらべると、かなり水溶性にとみ、たとえばプロピレンオキサイドポリマーの或種のものは、数%以上の水とも完全に混合するので、含水油が作動油として用いられている。水溶性であることに起因する金属の腐蝕の問題も、防錆剤を用することによって或程度解決されている。

その他、重合度を調節したり、エチレンオキサイドとプロピレンオキサイドとの配合割合、末端の封鎖基の選別などによって、大巾にその性質を調整できるなどのすぐれた性質をもつ上に、原料のオキサイドは石油化学工業の発展によって安価大量に供給されるので、コスト面でも極めて有利であり、将来の伸びが期待されている。

(3) シリコン油

シリコン油の分子構造は一般式 $\text{R}-\underset{\text{R}}{\overset{\text{R}}{\text{Si}}}-\text{O}-\underset{\text{R}}{\overset{\text{R}}{\text{Si}}}(\text{O})_n-\underset{\text{R}}{\overset{\text{R}}{\text{Si}}}-\text{R}$

で示されるもので、重合度 n の大きさおよび有機性の置換基Rの種類によって、その性質は相当にことなる

表4 改良されたシリコン潤滑油の諸性質

Viscosity, cs at—65°F	2800
77°F	80
400°F	7.4
Acid number	trace
Freeze point, °F	< -94
Flash point, °F	530
Vapor pressure, mm Hg at 300°F	5
400°F	12
500°F	46
VTC, $1 - \frac{\text{Visc } 210^\circ\text{F}}{\text{Visc } 100^\circ\text{F}}$	0.62
Specific gravity at 77°F	1.06
Volatility, 48 hr at 482°F, %	22.0
Coefficient of expansion, cc/cc/°C	0.00091
Thermal stability, 24 hr at 550°F	
% Viscosity change at 210°F	-30
Acid number change	+2.0
(Shell 4-Ball lubricity with 52-100 steel balls)	
400°F, 2hr, 1200 rpm	
Load, kg	Wear Scar Diameter, mm
4	0.39
10	0.52
40	0.95

けれども、何れも極めて低い粘度温度係数をもち、潤滑油としてすぐれた性能をもっている。

その粘度は $\log \mu = 1.00 + 0.0123\sqrt{M}$ (μ : 77°Fにおける粘度, CS, M: 分子量) で示されるように、重合度 n を適当に調整することによって広範囲に調節することができる。代表的なシリコン油の潤滑油としての性状を表4に示した。

シリコン油の高温酸化に対する安定性は、炭化水素油、エステル油、ポリアルキレンオキサイドなどと比べるとかなり高いが、シリコン油は一度酸化するとゲル化し、200~250°Cの温度に長くさらしておくと、粘度が急激に増加すると云う欠点をもっている。Rを芳香族基やハロゲン化フェニル基などで置換すると、熱安定性は次第によくなってゆくの、現在では500°F以上の高温でも、潤滑油、作動油として利用できるものが開発されている。

Fe, Co, Ni, Cuなどの脂肪酸石鹼が酸化安定剤として有効であるが、シリコン油に溶けにくいために、使用量の点で大きく制限されており、有効な酸化安定剤の開発が望まれている。

またシリコン油は鉄などの金属面への吸着力が弱く、境界潤滑特性や防錆性などの点では難点があるので。ナフテン酸、飽和脂肪酸、脂肪属アミンなど極性基をもった添加剤を防錆剤として加え、チオグリコール酸エステルや塩素化一価アルコールのエステルなどの油性向上剤

を添加しなければ、軽荷重の場合にしか利用できないと云う欠点がある。しかし下表に示すように、適当な一種または一種以上の非鉄金属面の組合せを潤滑面として採用すれば、炭化水素油とほぼ同等の境界潤滑性能を示すようになり、この欠陥を或程度解決することができる。金属面の種類と潤滑性能との関係の1例は次の通りである。

金属面の組み合わせ	油	評点	金属面の組み合わせ	油	評点
鋼 — 鋼	A	不可	鋼 — 青銅	A	良
"	B	不可	"	C	良
"	C	不可	"	D	不可
"	D	不可	鋼 — 石墨	A	不可
鋼—カドミウム	A	良	鋼 — 亜鉛	A	良
"	D	良	"	D	良
鋼—バビット	A	良	鋼 — アルミ	A	不可
"	C	不可	鋼—ナイロン	A	良
"	D	不可	ナイロン—青銅	A	良

表中 Aは polymethyl siloxane, B~Dは polymethyl-phenyl-siloxane で B→Dの順にフェニル基の含有割合が増加したものである。

シリコン油は極めて低い粘度温度係数をもっているの、この性質をそこなうことなく、境界潤滑特性、防錆性など上述の欠点を改善することができたならば、潤滑油としての利用面は急速に開拓されてゆくものと思われる。

(4) 塩弗素化油

塩素化炭化水素油は、その不燃性のために早くから潤滑剤として注目されていたが、ハロゲン原子がH原子に比べて原子半径が大きく、分子間の Van der Waals 力が大きいために粘度温度係数が大きく、また塩素原子特有の毒性などのためにその用途が局限され、トランスの絶縁油や熱媒体としての用途が主体であった。塩素原子を弗素におきかえても、やはり原子半径が大きいの、同様に粘度温度係数が高く、液体領域も狭いという欠点をもっているが、弗素化炭化水素は酸化安定性、耐薬品性がとびぬけて良好なため、この特長を失うことなく、しかも粘度温度係数を改善しようとして行なわれた研究の数も少なくない。Perfluoro alkane oxide や Perfluoro ester などがその例である。

弗素化油は普通の有機化合物を溶かしにくいので、通常の添加剤を加えたり、他種類の合成油に配合して性状の改善を計るということは困難で、現在のところでは、あまり温度変化の大きくない特殊な潤滑部に用いられている程度である。むしろ Teflon, Kel F のような弗素樹脂の方が、耐薬品性の Oilless bearing として有名で

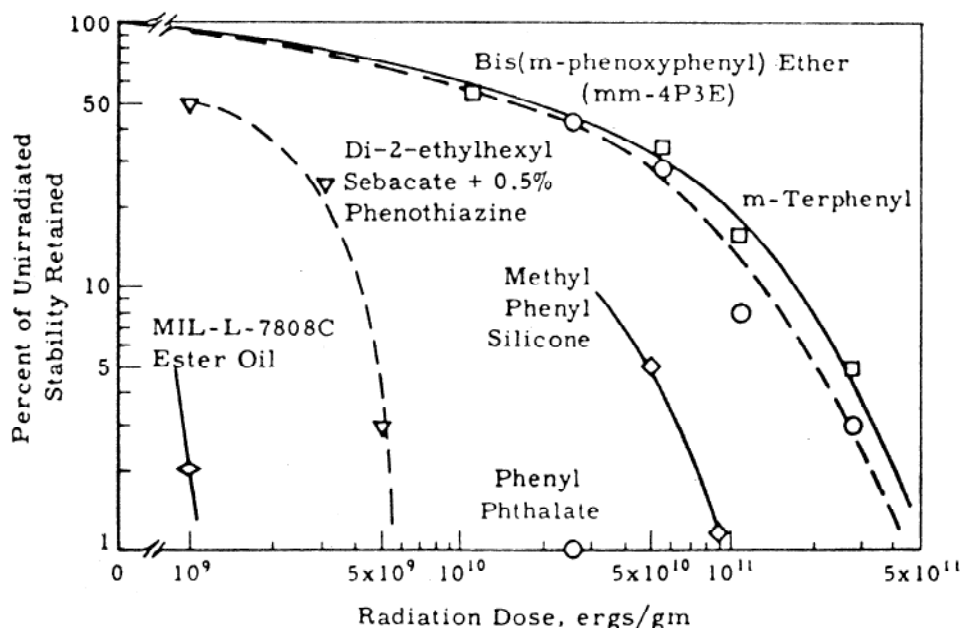


図3 ピス (m-フェノキシフェニル) エーテルの酸化安定性に及ぼす放射線の効果

ある。

(5) 原子炉用潤滑油

原子力工業の発展にともなって、原子炉用に用いられる潤滑油の問題は、ここ十年来とみに注目されるようになってきた。通常の鉱油系の潤滑剤は $1 \sim 2 \times 10^8$ rads 程度の照射量でも、主として γ 線にもとづくイオン化と励起による重合や酸化などの化学変化をおこし、粘度が増加して炉の円滑な運転をさまたげるからである。一般の使用条件では殆んどの場合空気が共存するので、放射線の酸化促進作用が特に問題となってくる。

種々の潤滑油の分子構造と放射線に対する安定性の関係は、この意味で色々と検討されているが、その結果、炭化水素油では脂肪族性のものが最も不安定で、芳香族性がますます安定性がよいということが認められ、エステル油やシリコン油も満足な結果は与えないことが明らかになっている。

現在は、粘度温度性状や低温性状をある程度犠牲にしても、安定性のよいポリフェニールやポリフェニールエーテルなどの芳香族性の高い油を用いなければならないという段階にあって、有効な添加剤の研究開発も同時に進められている。これらの基油の代表とされている

m-ターフェニール (c1ccc(cc1)-c2ccc(cc2)-c3ccc(cc3)) やビス-(m-ターフェノキシフェニル)-エーテル (mm4P3E と略記される、c1ccc(cc1)Oc2ccc(cc2)Oc3ccc(cc3)Oc4ccc(cc4)) と、

他系統の合成油との安定性の比較を図3に示す。

(6) 固体潤滑剤

耐熱、耐放射線、耐酸化安定性に対する原子力関係や航空機関係などの要求はますますきびしくなっている。将来液体潤滑剤の能力の限界をこす要求がなされることは明らかで、 MoS_2 や黒鉛などが主役をなす固体潤滑剤が利用されるようになるのではないかという予想もなされている。超音速機 B-70 の 650°F に達する高温潤滑部に用いられると伝えられている Vitrolube は MoS_2 、グラファイト、銀を含み、一部溶融したセラミックと溶剤としてイソプロパノールを用いたものだといわれている。これは耐熱固体潤滑剤のはしりとなるのではなかろうか。

5. む す び

合成によって、すぐれた潤滑性能を極めて広い温度範囲にわたって示し、しかも高温におけるすぐれた熱安定性や酸化安定性を持ち、あるいは放射線に対する安定性がよいという風に、鉱油系の潤滑油では望めない程すぐれた性質を示す多数の合成潤滑油が得られるようになった現在、合成潤滑油の重要性は急激に増大している。たとえば Neopentyl polyol ester は -65°F から 400°F に至る広い温度範囲で使用されるであろうし、 600°F のような高温でしかも酸化性のふんい気の中では、将来は Poly phenylether が潤滑剤として利用されるものと思われる。このエーテル油は高温下でも 5.5×10^{11} erg/qram の放射線照射に耐えるといわれている。

合成潤滑油の今一つの長所は、分子構造を若干かえる
(以下15頁に続く)

(22頁より続く)

だけで、または少量の添加剤を加えることによって、その物理的性状や潤滑性能を使用目的に合うように自由にかえられることである。たとえばポリアルキレングリコールの溶解特性は、アルキレンオキサイドの選択、配合割合、ポリマーの重合度を変化させることによって大巾にかえることが出来、エステル系の潤滑油では、酸とアルコールの選択次第で、その粘度、粘度指数、熱安定性、酸化安定性などを自由に変えることができる。

このようにして、使用目的に最も適した性能をもつ合成潤滑油を自由に選択出来ることが合成油の特色である。添加剤の発達によってこの傾向は更に顕著となり、高い粘度指数を要求される場合は、エステル潤滑油に粘度指数向上剤を、高い油性と耐酸化性を要求する潤滑部に用いるときは、抗酸化剤と極圧添加剤とを併用すればよいという具合である。極圧添加剤、防錆剤、粘度指数向上剤は鉱油系潤滑油の場合と同様のものを任意に用いられるが、酸化安定剤は使用条件に応じて適当なものを選択しなければならない。たとえばエステル潤滑油に対し

ては極めて優秀な酸化安定剤であるといわれるフェノチアジンはより高温で使用される Neopentyl ester に対しては無効で、5-Ethyl-10, 10-diphenyl phenazasiline が用いられ、更に高温、或いは放射線下で用いられるポリフェニルエーテルに対しては、現在のところ適当な酸化安定剤は開発されていない。

今後の合成潤滑油の開発研究は、現行のものを更に安価に供給するための研究と、更に性能の高いものを発明するための研究とに大別されると思われるが、後者に対しては、現在の知識では不可能ではないかと思われる程の高温における熱安定性、酸化安定性を目指す軍研究が主体をなしている。

従来行なわれてきたような、比較的容易なスクリーニングの方法によって使用目的に応じた化合物を選定できた時代は去り、残された問題は極めて困難で、かつ多額の研究費を必要とするものである。この問題は現在には知られていない新しい化合物によって解決されるかも知れないが、全然新しい潤滑法の開発をまたねば解決できない難問題であるかも知れない。