潤滑油の高性能化の現状と今後の動向

Recent Advances in High-Performance Lubricant

南 谷 弘
Hiromu MINAMITANI

●1937年3月生まれ
●自動車用燃料油、
自動車用潤滑油の研
究開発に従事の後、
石油製品の商品技術
業務に従事、現在、
石油製品技術研究の
統括業務に従事
●(株)コスモ総合研
究所 石油技術研究
所 (〒340-01 幸
手市権現堂1134-
2)

Key Words: Fluid Power Systems, Internal Combustion Engine,
Lubricant, Engine Oil, Hydraulic Fluid

展望する。

1. はじめに

人類が約7000年前に知った潤滑油は、以後の長い歴史の中で多くの技術者の英知と努力によって手を加えられ、産業社会を大きく発展させ、人類の文明文化に大きく貢献した貴重な物質であるといっても過言ではないであろう。いわばそれは知識集約形のハイテク商品なのである。一方、19世紀後半の石油系潤滑油の登場と今世紀初めのモータリゼーションの躍進が潤滑工業・技術を近代化し、その急速な発展を促した。

以上の歴史が語るとおり、潤滑技術と対象となる産業技術とは互いに密接に関連し合いながら、双方が着実に進歩してきたのがこれまでの経過であり、また今後も続くプロセスであろう。すなわち、機械の高性能化は潤滑油の高性能化を促し、潤滑油の高品質化は機械の高品質化をもたらしている。さらに敷衍(えん)していうなら、昨年の本誌の“10年ひとにらみ”⁽¹⁾にあるとおり、日進月歩の今日の産業機械に供せられる潤滑油はすべて、現時点での最高品質を有する潤滑油であるということになる。

このような観点から本テーマを取り上げることにしたい。紙面の都合から、対象潤滑油を最近進歩の著しい自動車用エンジン油と油圧作動油に絞り、それらの高性能化の現状と将来の技術動向を

2. 自動車用エンジン油

2.1 高性能化の背景と現状 エンジン油の品質向上動向はAPI(アメリカ石油協会)のエンジン油サービス分類の変遷に見ることができ、表1に現在のAPIサービス分類が、表2、表3におおのの規格試験と合格基準値が示されている⁽²⁾。これらの規格は時々の社会的要請およびそれに伴うエンジンの改良、進歩がベースとなって改編される。そして表2から、規格の変更の度に新規格試験が付加されたり、合格基準が引き上げられてきた経緯が読み取れる。すなわち、新規格を満足したオイルがその時代の最高品質エンジン油ということになる。従って、SG規格合格油、CE規格合格油がおおの今日の最高性能ガソリンエンジン油であり、最高性能ディーゼルエンジン油であるということになる。各クラスのガソリンエンジン油の定性的な性能比較が表4⁽³⁾に示されている。この比較からもSG規格合格油が最高品質を有していることがわかる。更に表3は、エンジン油性能のグレードアップは、常にそれ以前にあった要求性能をすべて満足していることが前提となって成立していることを示している。このことはこれまでの自動車の高性能化がステップバイステップで進行してきたことを意味し

表 1 エンジン油のサービス分野

油種	分類	適 用
ガソリンエンジン油	SA	添加剤配合油を必要としない“ゆるやかな”条件下で運転されるガソリンおよびディーゼルエンジンに適用。この分類に対しては要求性能はない。
	SB	最低レベルの添加剤配合を必要とする“ゆるやかな”条件下で運転されるガソリンエンジンに適用。SB油は1930年代から使用されており、スカuffing防止性、酸化防止性、腐食防止性を有する。
	SC	エンジンメーカーの保障下で運転する1964～67年製ガソリン乗用車、ガソリントラックに適用。SC油はガソリンエンジンでの高温デポジット、低温デポジット、摩耗、さび、腐食などの防止性能を有する。
	SD	エンジンメーカーの保障下で運転する1968年製以後のガソリン乗用車、ガソリントラックに適用。SD油はガソリンエンジンでの高温デポジット、低温デポジット、摩耗、さび、腐食などの防止に対し、SC油よりもさらに高い性能が要求される。
	SE	エンジンメーカーの保障下で運転する1971年製の一部および1972年製のガソリン乗用車、一部のガソリントラックに適用。SE油はガソリンエンジンでの酸化、高温デポジット、さび、腐食などの防止に対し、SD、SC油よりさらに高い性能が要求される。
	SF	エンジンメーカーの保障する1980年車以降のガソリン乗用車、一部のガソリントラックに適用。SF油は酸化安定性、耐摩耗性などに対し、SE油よりさらに高い性能が要求される。
	SG*	エンジンメーカーの保障する1989年以降のガソリン乗用車、バン、一部のガソリントラックに適用。SG油はCC性能に加え、エンジンデポジットの抑制、酸化安定性、耐摩耗性に対し、SF油等以前のものよりさらに高い性能が要求される。
ディーゼルエンジン油	CA	高性能燃料を使用して、“ゆるやかな”あるいは“普通の”条件下で運転されるディーゼルエンジンに適用。ときとして、“ゆるやかな”条件下で運転されるガソリンエンジンにも適用。CA油は1940年代の後半および50年代に主として使用された無過給エンジンで高性能燃料を使用した場合に、軸受腐食リング帯デポジットの防止性能を有する。
	CB	軸受腐食、高温デポジットの防止性が必要となる性能の低い燃料を使用して、“ゆるやかな”あるいは“普通の”条件下で運転されるディーゼルエンジンに適用。ときとして“ゆるやかな”条件下で運転されるガソリンエンジンにも適用。CB油は1949年に使用された。無過給エンジンで高硫黄燃料の使用において軸受腐食、高温デポジットの防止性能を有する。
	CC	“普通の”あるいは“過酷な”条件下で運転される低過給ディーゼルエンジンに適用。ある種の“過酷な”条件下で運転されるガソリンエンジンにも適用。CC油は1961年初めて使用され、多くのトラックや産業機械、建設機械、農用トラクタで使用される。低過給ディーゼルエンジンでの高温デポジットおよびガソリンエンジンにおけるさび、腐食、低温スラッジなどの防止性能を有する。
	CD	摩耗とデポジット生成に大きな影響を与える高速、高出力運転における高過給ディーゼルエンジンに適用。CD油は1955年に初めて使用され、広範囲な質の燃料を使用した場合の高過給ディーゼルエンジンにおいて、軸受腐食、高温デポジットに対する防止性能を有する。
	CE	低速・高荷重、高速・高荷重下で運転される1983年以降の高過給ディーゼルエンジンに適用。CE油は以前のCA～CD油適用車全てに使用可能。

* SAE J183 APR 87 に追加の予定。

ていよう。

SG規格は本年3月に新設された非常にホットな高品質を保証する規格であるが、後述するように、その合格油は既に日本市場に出現している。SG規格が生れた背景として次の点が上げられる。①ヨーロッパ市場を中心とするカーボンや酸化された燃料などの黒化たい積物（ブラックスラッジ）によるエンジントラブルの発生、②新形高性能エンジンへの対応、③省燃費形低粘度

オイルによるエンジン摩耗増大の懸念、④評価試験エンジンのパーツの供給性の心配などである。中でもブラックスラッジの問題が重視された。ブラックスラッジトラブル発生にはエンジンシステムやエンジン油の特性など多くの要因が複雑に関与しており、これまで各所で種々の研究がなされたが、まだ完全な解決に至っていない難課題である。詳細は末尾の文献⁽⁴⁾⁽⁵⁾を参照願いたい。その検討過程でエンジン油の清浄分散性等の

表 2 エンジン試験の評価項目と合格基準値
(ガソリンエンジン油)

分類	試験法	性能基準値	分類	試験法	性能基準値
SA	なし	なし			
SB	L-4 または L-38	軸受重量減, mg L-4 L-38 max 500 500	SE	64 時間試験後のスカuffingと摩耗 カムまたはリフトスカuffing なし なし カムとリフトの } 平均 max 0.0010 0.004 摩耗, in } 最大 max 0.0020 0.010	
	Seq. IV	カムスカuffing なし リフトスカuffing max 2			
SC	Seq. II _A III _A	カム, リフトスカuffing なし 平均カムとリフト摩耗, in max 0.0025 平均さび評点 min 8.2 平均スラッジ評点 min 9.5 平均ワニス評点 min 9.7	SE	平均エンジンスラッジ評点 V _c V _D min 8.7 9.2 平均ピストンスカートワニス評点 min 7.9 6.4 平均エンジンワニス評点 min 8.0 6.3 油スクリーン閉塞, % max 5 10 油リング閉塞, % max 5 10 圧縮リングこう着 なし なし	
	Seq. IV	カムスカuffing なし リフトスカuffing max 2			
	Seq. V	総エンジンスラッジ評点 min 40 平均ピストンスカートワニス評点 min 7.0 総エンジンワニス評点 min 35 平均吸気バルブチップ摩耗, in max 0.0020 リングこう着 なし 油リングみぞ閉塞, % max 20 油スクリーン閉塞, % max 20	SF	L-38	軸受重量減, mg max 40
	L-38	軸受重量減, mg max 50		Seq. II _D	平均さび評点 min 8.5
	L-1 (0.95% min S. fuel)	トップリンググループ閉塞, vol% max 25 セカンドグループ以下 清 浄	SF	Seq. III _D	64 時間試験後 40°C における粘度増加(%) max 375 ピストンスカートワニス評点 min 9.2 油リングランドスラッジ評点 min 4.8 スラッジ平均評点 min 9.2 リングこう着 なし リフトこう着 なし カムとリフトのスカuffing なし カムとリフトの摩耗, in 平均 max 0.0040 最大 max 0.0080
	Seq. II _B III _B	カム, リフトスカuffing なし 平均カム, リフト摩耗, in max 0.0030 平均さび評点 min 8.8 平均スラッジ評点 min 9.6 平均ワニス評点 min 9.6		Seq. V _D	平均エンジンスラッジ評点 min 9.4 平均ピストンスカートワニス評点 min 6.7 平均エンジンワニス評点 min 6.6 油リング溝閉塞, % max 10 油スクリーン閉塞, % max 7.5 圧縮リングこう着 なし 平均カム摩耗, in max 0.0010 最大カム摩耗, in max 0.0025
SD	Seq. IV	カムスカuffing なし リフトスカuffing max 1	L-38	軸受重量減, mg max 40	
	Seq. V _B	総エンジンスラッジ評点 min 42.5 平均ピストンスカートワニス評点 min 8.0 総エンジンワニス評点 min 37.5 平均吸気バルブチップ摩耗, in max 0.0015 油リング溝閉塞, % max 5 油スクリーン閉塞, % max 5		Seq. II _D	平均さび評点 min 8.5
	L-38	軸受重量減, mg max 40	SG [*]	Seq. III _E	64 時間試験後 40°C における 粘度増加(%) min 375 ピストンスカートワニス評点 min 8.9 油リングランドデポジット評点 min 3.5 スラッジ平均評点 min 9.2 リングこう着 なし リフターこう着 なし カムとリフトのスカuffing なし カムとリフトの摩耗, in 平均 max 0.0012 最大 max 0.0025
	L-1 (0.95% min S. fuel) または 1-H	トップグループ閉塞, vol% max 25 30 セカンドグループラッカー 面積, % max — 50 セカンドグループ以下 清 浄 — セカンドランド以下 清 浄		Seq. V _E	平均エンジンスラッジ評点 min 9.0 平均ピストンスカートワニス評点 min 6.5 平均エンジンワニス評点 min 5.0 ロッカーカバースラッジ評点 min 7.0 油リング溝閉塞, % max 15 油スクリーン閉塞, % max 20 平均カム摩耗, in max 0.005 最大カム摩耗, in max 0.015
	Falcon	平均エンジンさび評点 min 9.0	L-38	軸受重量減, mg max 40	
	Seq. II _C または II _D	平均さび評点 II _C II _D min 8.4 8.5		1-H ₂	トップグループ閉塞, vol% max 45 全加重たい積物評点 max 140
SE	Seq. III _C または III _D	III _C III _D 40 時間試験後 40°C における粘度増加, % max 400 [*] 375 64 時間試験後エンジン計画 ※ 100°F III _C III _D ピストンスカートワニス評点 min 9.3 9.1 油リングランドスラッジ評点 6.0 4.0 平均スラッジ評点 9.2 9.2 リングこう着 なし なし リフトこう着 なし なし			

* SAE J183 APR 87 に追加の予定

向上が大きな効果のあることが判明し、SG 規格の主としてエンジン内の清浄性を評価する Seq. V_E 試験の中にその品質規準が盛り込まれることになった。規準を満足させるには、エンジン油の耐熱性向上に加え、これまでガソリン自動車用エンジン油ではあまり問題視されていなかった NO_x による酸化劣化の防止が重要なポイントの一つとなるようである。その他 SG 規格にはキャタピラー 1H₂ 試験が取り入れられたことから、

従来の SF 規格油に比しより強い耐熱性が要求されている。これらのことから SG 規格合格油は、潤滑油調整上の新技術、新思想の盛り込まれた新しいタイプのガソリンエンジン油であると見ることができる。

我が国においても本年 4 月から、各オイルメーカーによって SG 規格油が発売されている。国内の場合、SG 性能油として、SG 規格合格油とそれに更に他の性能が付加されたいわば“スーパー

表 3 エンジン試験の評価項目と合格基準値
(ディーゼルエンジン油)

分類	試験法	性能基準値	分類	試験法	性能基準値
CA	L-4 または L-38	軸受重量減, mg max 120~135 50 ピストンスカートワニス評点 min 9.0 9.0	CD	1-D	トップグループ閉塞, vol% max 75 セカンドグループ以下 清浄
	L-1 (0.35% min S.fuel)	トップグループ閉塞, vol% max 25 セカンドグループ以下 清浄		1-G または 1-G ₂	1-G 1-G ₂ トップグループ閉塞, vol% max 60 80 ファーストランド付着面積, % max 50 セカンドグループ付着面積, % 30 セカンドランド以下 清浄 全加重たい積物評点 max 300 リングサイドすきま増加, in(mm) 0.0005(0.013)
	L-4 または L-38	CA に同じ		L-38	軸受重量減, mg max 50 平均ピストンワニス評点 min 9.0
CB	L-1 (0.95% min S.fuel)	トップグループ閉塞, vol% max 30 セカンドグループ閉塞 清浄	CE	1-G ₂	トップグループ閉塞, vol% max 80 全加重たい積物評点 max 300 リングサイドすきま増加, in(mm) 0.0005(0.013)
	L-38	軸受重量減, mg max 50 ピストンスカートワニス評点 min 9.0		L-38	軸受重量減, mg max 50
	LTD または修正 LTD	修正 LTD LTD ピストンスカートワニス評点 min 7.5 7.5 総エンジンワニス評点 min — 42 総エンジンスラッジ評点 min 35 42 油リング溝閉塞, % max 25 10 油スクリーン閉塞, % max 25 10		MACK T-6	たい積物評点 (メリット) min 90
CC	Seq. II _B II _C II _D	平均エンジンさび評点 min 8.2 7.6 7.7	CUMMINS NTC-400	MACK T-7	粘度増加率(100~150hr)cSt400°C/h max 0.04
	1-H または 1-H ₂	1-H 1-H ₂ トップグループ閉塞, vol% max 30 45 セカンドグループラッカー面積, % max 50 セカンドランド以下 清浄 全加重たい積物評点 max 140 リングサイドすきま増加, in(mm) 0.0005(0.013)			オイル消費 比較油より少ないこと カムシャフトローラフOLLOWERピン摩耗 in(mm) max 0.002(0.051) クラウンランドヘビーカーボン付着面積, % max 25 サードリングランドたい積物評点 max 40

表 4 API ガソリンエンジン油分類の性能比較

(○印：付与性能)

評価項目 API 分類	軸受腐食 防止性	さび止め性	高温酸化 安定性	動弁系摩耗 防止性	スラッジ発生 防止性
SA					
SB	○			○	
SC	○○	○	○	○	○
SD	○○○	○○	○○	○○	○○
SE	○○○	○○○	○○○	○○	○○○
SF	○○○	○○○	○○○○	○○○	○○○○
SG	○○○	○○○	○○○○○	○○○○	○○○○○

表 5 市販高性能ガソリンエンジン油
(新聞情報より)

油名	発売日	粘度グレード	特 徴
A	63.4.1	10 W 50	合成系基油, 新添加剤使用
B	63.4.1	15 W 40	合成系基油使用
C	63.4.1	5 W 50	合成系基油使用
D	63.5.1	5 W 50	合成系基油使用, G3 性能付与
E	63.5.1	5 W 40	合成系基油使用
F	63.5.1	5 W 50	合成系基油使用

図 1 高速耐久焼付き試験結果⁽²³⁾

SG”油の2種類存在する点が特筆される。現在までに出現した“スーパーSG”油の特徴が表5に示されている。それらはいずれも従来油に比べ粘度グレードが高温側にワイド化されている点、合成系基油が配合されている点で共通している。SG規格基準より熱的過酷度を強く意識し、高温時における油膜保持性、熱・酸化安定性がより強化されたエンジン油であると見なせる。これらは国内の自動車の高性能化（ターボ、DOHC、4WD、4バルブ等装着）あるいは走行条件の過酷化傾向等の今日の動向⁽⁶⁾を取り込んだものであることは明らかである。今後の動向も踏まえ、エンジン油の耐熱性、耐摩性等の性能向上を目的に、基油、添加剤あるいは配合技術に関する種々の研究⁽⁷⁾⁽⁸⁾がなされているのが現状である。“スーパーSG”油の性能を従来のSF規格油と比較した結果例が図1、図2に示されている⁽²³⁾。

2.2 エンジン油の将来動向 エンジン油に対する要求性能は今後ますます高度で多様化していくことは明白である。具体的な課題としては、①車のより高性能化（軽量化、高速化）対応、②セラミックス、プラスチック等の新素材の

図 2 高速耐久焼付き試験後粘度変化⁽²³⁾

導入、③環境保全対策、④断熱エンジンなどの新機構エンジンの出現あるいは⑤燃料の多様化対応等が考えられる。おのおのの研究課題の底に存在する摩擦、摩耗の低減など潤滑油全般にわたる基本的な問題に対する地道な研究の促進も望まれる。

3. 油圧作動油

3.1 油圧作動油の近年の動向 近年の油圧機器の普及は目覚ましい。油圧機器の高压化、高速化、大容量化などの当初の動向は、厳しい使用条件に耐えうる高品質の油圧作動油を要望し、鉱油系の耐摩耗性作動油を生んだ。これは今日もなお油圧作動油の主流になっている。その後、油圧機器の多様化と使用条件の拡大、さらには、省力化、精密化が進むと共に、おのおのの用途に最適な作動油が求められるようになり、高粘度指数を有するNC機械用作動油や流動点の低い寒冷地用作動油等の専用油が開発された。更に最近では、防災上の観点から難燃性作動油の要求が急速に増大しており、特に含水系作動油である、水グリコール系作動油がその良好な潤滑性、経済性から注目され、主力になりつつある。また、省資源、環境保全の面で利点をもつ高含水作動液(HWBF)が出現し、脚光を浴びている。

以下に、難燃性作動油の現状と今後の動向を概観する。

3.2 難燃性作動油の現状 表8には難燃性作動油の特性が鉱油系と比較してまとめられている⁽⁹⁾。合成系のりん酸エステル系は潤滑性が鉱油

系と同程度に優れるが、粘度指数が極めて低く、水の共存下では加水分解の危険性があること、また高価格であるなどのため、最近では、高品質化した水-グリコールに代替される傾向にあり、適用用途が絞られてきつつある。

含水系作動油の一つである。W/O エマルシヨ

ン系は他の難燃性作動油の持つ欠点を補うために開発された比較的新しい作動油である。含水系であることから潤滑性はやはり鉱油系より劣るが比較的鉱油系に近く、また、排水処理が容易という利点を持つ。最近では、従来からの問題点であったエマルションの安定化研究が進み⁽¹⁰⁾、適切な

表 6 HWBF システムの利点と不利な点

利 点	HWBF の特性	不 利 な 点
<div>低価格</div> <div>貯蔵費用小</div> <div>耐火性優れている</div> <div>不燃性</div> <div>消防法の規制なし</div> <div>環境汚染少ない</div> <div>スピードの温度による変化小さい</div> <div>システムは低温で保持</div> <div>圧縮損失小</div>	<div>水が多い (95%)</div>	<div>蒸気圧高い → キャビテーション発生しやすい → 摩耗大, 寿命低下, 騒音大</div> <div>バクテリアの発生 → 保守管理めんどろ → PH 管理必携, 水分 //</div> <div>電位差発生 → 腐食しやすい → イオン化傾向注意</div> <div>使用温度範囲 (低温 凍結, 高温 蒸発) → 0~55°C</div> <div>吸水性シール材使えない</div> <div>潤滑性劣る → 摩耗粉生じやすい → 寿命低下</div> <div>防錆能力乏しい → 錆注意</div> <div>体積弾性率大 → 騒音大 → 騒音低下対策</div>
<div>省エネルギー</div> <div>圧力損失小さい</div> <div>粘性抵抗小さい</div>	<div>粘度が低い</div>	<div>漏れ最大 → タンク容量大, 効率低下 → すきま管理困難</div> <div>油膜厚さ小 → 摩耗大, 寿命低下, 摩擦大, 高圧化困難, フィルタ必要</div> <div>粘度圧力係数小 → 摩耗大</div>
	<div>比 重 大</div>	<div>負圧になりやすい, 汚染物は沈殿しにくい</div>
<div>大システムでのトータルコストにメリット</div> <div>作動液のコスト低い</div> <div>一部の機器は不要</div>	<div>トータルコスト</div>	<div>初期コスト大</div> <div>一部のコスト大</div>
	<div>技 術 上 (寿命データ)</div>	<div>限界性に不明な点あり (圧力, 流量, システム, 材料の適合性, 液の特性の統一性, 寿命データ不足)</div>

表 7 水-グリコール系作動液と組成

タ イ プ	基油組成 %	化 合 物 例
基 油	<div>水 35~45</div> <div>増粘剤 10~15</div> <div>溶 剤 40~50</div>	<div>ポリアルキレングリコール, ポリビニルアルコール, ポリアルキレンアクリレート, セルロース系</div> <div>アルキレングリコール, アルキレングリコールモノエーテル</div>
添加剤	<div>摩耗防止剤</div> <div>防 錆 剤</div> <div>防 食 剤</div> <div>アルカリ調整剤</div> <div>そ の 他</div>	<div>脂肪酸, 脂肪酸アミン, ポリカルボン酸</div> <div>低級脂肪酸アミン, エタノールアミン, モルホリン誘導体, 脂肪酸石けん</div> <div>芳香族窒素化合物, 芳香族カルボン酸, 金属イオン封鎖剤</div> <div>水酸化カリウム, 水酸化ナトリウム, エタノールアミン, 低級脂肪酸アミン</div> <div>消泡剤, 着色剤</div>

乳化剤の選択によりその安定性は大幅に向上している。耐摩耗性の改良も図られ、ペーンポンプにおいて一段で 70 kgf/cm^2 の使用上限であったものが 140 kgf/cm^2 でも問題ないレベルとなっている⁽¹¹⁾。この W/O エマルション系作動油はいつその安定性が備わり、潤滑管理面の困難さが解消されるようになれば、今後大いに伸長する可能性のある油種であるという見方もされている⁽¹¹⁾。

水-グリコール系作動油については、その改良

に近年著しい進展が見られる。特に潤滑性の改良によって、従来 140 kgf/cm^2 の使用上限圧力が最近では 210 kgf/cm^2 の高圧分野まで適用可能となった⁽¹²⁾。これは油圧ポンプ側からのしゅう動部材質変更等の改良⁽¹³⁾ によるところも大きい。表 7 に水-グリコール系作動油の代表的な組成例を示した⁽¹⁴⁾。耐摩耗性は水溶性ポリマの末端水酸基の影響を受ける⁽¹⁵⁾ ことなどから、多くの組成成分の検討がなされていることがわかる。含水系作動油に共通する基本的課題の一つである転が

表 8 油圧作動油の特性

	鉱油系	O/W 乳化形	W/O 乳化形	水-グリコール系	りん酸エステル系	脂肪酸エステル系
比重 $15/4^\circ\text{C}$	0.85~0.90	0.98~1.0	0.92~0.94	1.03~1.08	1.13~1.15	0.92~0.95
粘度指数	95~120	非常に高い	130~150	140~170	-40~+20	150~195
引火点 ($^\circ\text{C}$)	200~250	—	—	—	230~280	260
流動点 ($^\circ\text{C}$)	-30~10	—	—	-40	-10	-20~-10
耐火性	悪い	よい	やや悪い	よい	やや高い	悪い~やや悪い
蒸気圧	低い	高い	高い	高い	低い	低い
潤滑性						
ポンプ寿命	よい~非常によい	悪い	よい	よい	よい~非常によい	よい~非常によい
転がり軸受	非常によい	悪い	やや悪い	悪い	よい	非常によい
使用温度限界 ($^\circ\text{C}$)	130	50	65	65	130	130
金属腐食性	非常によい	悪い	よい	よい (ただし Cd, Mg, Zn などは侵食する)	よい	よい
水含有量	なし	90~95%	約 40%	35~50%	なし	なし
消防法上の扱い	危険物	非危険物	非危険物	非危険物	危険物	危険物
用途	耐火性を要しない各種油圧装置	圧延設備ロール バランス用低圧 プレス機械	製鉄所のダウン コイラ	ダイカストマシン溶接機 製鉄所の低・中 圧油圧装置	100 kgf/cm^2 以上の高圧を要し、耐火性を必要とする油圧装置 連続鑄造設備	100 kgf/cm^2 以上の高圧を要し、耐火性を必要とする油圧装置 連続鑄造設備
使用上の問題点	R&O 形作動油、耐摩耗性作動油、高粘度指数油などがあり、ポンプの種類、使用圧力、温度条件など使用条件に適したものを選ぶ必要がある	①粘度が低く、潤滑性が悪いので一般の油圧装置のような粘性シール形バルブやポンプには不適 ②バクテリアやカビが発生しやすい	①使用温度は 65°C 以下が望ましい ②乳化安定性が悪い ③バクテリアやカビが発生しやすい	①使用温度は 65°C 以下が望ましい ②ぬれ性が悪く高荷重転がり軸受への潤滑性がよくない ③バルブ類の作動不良やキャビテーションエロージョンを発生しやすい	①粘度指数が低く、低温始動時に注意が必要 ②加水分解を起こしやすいので水分の混入に注意を要する	①加水分解を起こしやすいので水分の混入に注意を要する

り軸受の寿命延長についても、水-グリコール系を中心に現在その原因の究明⁽¹⁶⁾あるいは有効添加剤の探索⁽¹⁷⁾等が行われている。しかし、この課題には未解決な点が多く残されており、今後のいっそうの研究が必要であろう。キャビテーションエロージョンが生起しやすいのもこの種の作動油の宿命的な問題点である。対策には油圧機器の適切な設計が最良であるが、作動油の消泡性、放気性を適正に設定すれば実用上の問題はなくなる⁽¹⁴⁾。これら種々の改良研究により、水-グリコール系作動油は、従来りん酸エステル系が使用されていた連続鑄造装置をはじめ、高炉、圧延、製管、鍛造等鉄鋼関係の多くの工程や、サーボ弁を用いた高精度制御装置あるいはダイカストマシン、油圧プレスなど、極めて広い分野にまで適用拡大が図られているのが現状である。

HWBF (High Water Based Fluid) の油圧作動流体としての適用は1970年後半にアメリカ自動車メーカが安全性、省資源、経済性を目的に工作機械に使用したのが始まりといわれている。以来注目され、我が国でも1980年ごろから研究が盛んに行われ、今日、比較的低圧条件下での使用は十分可能な段階に至っている。HWBFについては既に多くの文献^{(18)~(20)}が発表されているのでそれらを見て頂くことにして、ここではHWBFの利点、欠点をまとめたものを表6⁽²¹⁾に示すにとどめる。現在は当初の各方面での研究熱もややさめた感がある。しかし、ポンプやバルブでの漏れあるいは液の腐敗等の問題についての解決努力が地道に続けられている⁽²²⁾。いずれにしても、HWBFの油圧機器への適用はより高性能な油圧作動油の開発あるいは油圧技術の新しい展望を拓く道筋であることは確かであると思われることから、両者のいっそうの研究が望まれる。

3.3 難燃性作動油の将来動向 油圧機器の今後の方向はエレクトロニクスとの積極的な結合であろう。従って、油圧機器はよりコンパクト化、自動化が進み、長寿命化の要請がより大きくなっていく。当然、作動油には安全性が強く求められ、ますます難燃化志向が大きくなっていくと思われる。水-グリコール系ではいっそうの高圧下使用ニーズが出ており、これまでになかった改

良点が発生しうる可能性がある。また、難燃性作動油も更に使用目的に応じた専用油化が進み、より細分化していくことも考えられる。

4. おわりに

本稿で取り上げた2油種以外の駆動系潤滑油、金属加工油、さび止め油、グリース等、いわばあらゆる潤滑油剤に対して、高品質化要請が存在するのが現状である。これらあるいは今後のますます高度で広範多様化する要求性能をすべて満足させるには、従来とは異なる視点からの研究開発努力と地に付いた基礎研究が必要であろう。これにはユーザ、機械メーカ、オイルメーカ等関係各者が一体となった研究体制が必要と考える。

なお、本稿では紙面の都合により、潤滑油の高性能化に不可欠の基油、添加剤、配合技術の進展状況を詳述することができなかったが、これらについての研究開発も、今日、鋭意行われていることを付言して筆を置く。

文 献

- (1) 日本機械学会誌, 90-823 (1987), 675.
- (2) SAE Handbook, 23.01 (1988), SAE J 183 APR 87.
- (3) 潤滑通信, 255 (1988), 26.
- (4) Lewis, E.J. and Robson, R., 石油学会製品部会討論会前刷集, (1986), 17.
- (5) 遠藤, 日石レビュー, 29-5 (1987), 15.
- (6) 金原, 自動車技術, 40-4 (1986), 428.
- (7) 功刀・ほか3名, 自動車技術会学術講演会前刷集 881, (1988-5), 9.
- (8) 安藤, 自動車技術, 39-8 (1985), 922.
- (9) 作動油ハンドブック, (1985), 潤滑通信社.
- (10) 川瀬, 潤滑, 32-8 (1987), 8.
- (11) 深津, 油空圧技術, 27-6 (1988), 37.
- (12) 下山, 油圧技術, 18-9 (1979), 61.
- (13) Herbert, H.W., Z. Werkstofftech., 15 (1984), 17.
- (14) 岩宮, 潤滑, 32-8 (1987), 2.
- (15) Mould, F.W. and Silver, H.B., Tribology Intern., 11 (1978), 280.
- (16) Wan, G.T.Y., ほか2名, Tribology Intern., 17 (1984), 309.
- (17) 畑中, 油空圧技術, 27-6 (1988), 19.
- (18) 馬場, 油圧と空気圧, 17-2 (1986), 118.
- (19) 岡田, 潤滑, 32-8 (1987), 546.
- (20) 浦田, 機械の研究, 40-2 (1988), 245.
- (21) 西本, 日本機械学会第321回座談会資料, (1988-6), 9.
- (22) 山田・岩宮, 油空圧技術, 27-6 (1988), 25.
- (23) 廣瀬, トライボロジー, 2-5 (1988), 6.

(原稿受付 昭和63年7月7日)