

潤滑経済

2021
No.671



●特集 I / 潤滑油添加剤と合成潤滑油の動向

メタロセン触媒を用いたポリ α オレフィン合成油の今後の展望 / 分子シミュレーションによる潤滑油添加剤の設計 - 銅腐食防止剤の事例 - / 建設機械における生分解性作動油の動向 / 生分解性型シールドマシン用テールシールグリース「シールノック BD」について / 省エネルギー潤滑油に用いられる粘度指数向上剤 / 脂肪酸エステルの特長と潤滑油や金属加工油への展開 / 新規無灰型摩耗防止剤の開発

●特集 II / 非破壊検査

AE センシングのメンテナンスへの適用 / 仮設モニタリングも可能な無線式防爆対応サーモグラフィ ~特許技術を駆使して小型化を実現~



あなたの車をさらに先へ。

DRIVON™

高い燃費と排出ガス基準に基づくDRIVON™自動車潤滑技術は、パワートレイン全体で燃料消費を3-4%削減します。省燃費の節約はあなたの目の前にあります。

エボニック ジャパン(株) オイルアディティブス部—Let it flow.
www.evonik.com/oil-additives

 **EVONIK**
POWER TO CREATE

- 1 特集Ⅰ 潤滑油添加剤と合成潤滑油の動向**
- 2 メタロセン触媒を用いたポリ α オレフィン合成油の今後の展望**
崇城大学 里永 憲昭, 竹田 雄祐
 有限会社 D1 ケミカル 渡邊 孝司, 園田 智之
- 11 分子シミュレーションによる潤滑油添加剤の設計
 ー銅腐食防止剤の事例ー**
兵庫県立大学 鷲津 仁志
- 16 建設機械における生分解性作動油の動向**
出光興産株式会社 磯部 貞佑
- 22 生分解性型シールドマシン用テールシールグリース
 「シールノック BD」について**
ENEOS 株式会社 大澤 敬
- 26 省エネルギー潤滑油に用いられる粘度指数向上剤**
三洋化成工業株式会社 吉田 和徳
- 31 脂肪酸エステルの特長と潤滑油や金属加工油への展開**
築野食品工業株式会社 山本 弥
- 36 新規無灰型摩耗防止剤の開発**
日油株式会社 清水 湧太郎

資料請求No.〔2102-A07〕

国内の潤滑剤を網羅した商品事典
潤滑剤銘柄便覧 2021
最新版 好評発売中!!

発行：(株)潤滑通信社
 2020年11月30日発行
 B5判 約800ページ 上製本
 定価：¥20,000+税 (国内送料無料)

API: SP / ILSAC: GF-6 や JASO: GLV-1 等
 最新規格に適合する製品の情報を掲載!!

本書は、国内で販売されている潤滑剤を完全網羅した商品事典で、潤滑管理や使用油の選定などにご活用できます。石油連盟、潤滑油協会、全国石油工業協同組合、日本グリース協会、全国工作油剤工業組合、日本防錆技術協会などの加盟会社や輸入品取り扱い業者などの現在国内で流通している全ての油種(車両用潤滑油、船用エンジン油、工業用潤滑油、固体潤滑剤、合成潤滑油、グリース、工作油剤、さび止め油剤、特殊製品、金属洗浄剤、潤滑油基油/原料用潤滑油)の銘柄対照表と代表性状を整理・収録しています。

TEL 03-3865-8971 FAX 03-3865-8970 ●ご購入のお申込みは、巻末の申込み用紙をご利用ください

〈前付2〉

- 41 特集Ⅱ 非破壊検査**
 - 42 AE センシングのメンテナンスへの適用**
埼玉工業大学 長谷 亜蘭
 - 47 仮設モニタリングも可能な無線式防爆対応サーモグラフィ
 ～特許技術を駆使して小型化を実現～**
日本アビオニクス株式会社 伏間 正弘
- 製品と技術**
- 52 摩擦・せん断力をリアルタイムマッピング
 ～摩擦・せん断力センサーの紹介～**
NISSHA 株式会社

56 インフォメーション・ルーム
 ・「東京オートサロン2021」オンラインで1/15に開幕
 ・2020年度第1回「テクスチャリング表面のトライボロジー研究会」オンラインで開催される
 ・メンテナンス・レジリエンス、バーチャルを2/16に、展示会を7/14～16に大阪、11/24～26に東京でそれぞれ開催
 ・トライボコーティング技術研究会、「令和2年度第4回研究会」を開催、2021年の初回は「トライボコーティングの現状と将来」を2/26に開催予定
 ・BP ジャパン、カストロール Web セミナー切削油剤基礎講座を2/25に開催
 ・ランクセス、低転がり抵抗、高速運転を実現する高機能エラストマーブレポリマー「アディブレン PP1095H」を開発
 ・出光興産、本社を東京・大手町へ移転
 ・シェル ルブリカンツ ジャパン、本社を東京・丸の内へ移転

60 商品情報
 ・熱電 EH 振動センサデバイス「KELGEN SD KSGD-SV」〔KELK〕
 ・巻取りフィルター「くるくるフィルター」〔オーム電機〕
 ・バーニッシュ除去フィルター「VARN X」〔RMF ジャパン〕
 ・消音グリース「Molykote® G-1056, G-1057, G-1067 グリース」〔デュボン・東レ・スペシャルティ・マテリアル〕
 ・ドライスピノリマー製送りねじナット「JGRM」〔イグス〕
 ・密閉型パーツ洗浄機「トレント700」〔日本エヌ・シー・エイチ〕

62 エコ・アウトLOOK
64 イベントガイド
65 表紙説明
 あなたの車をさらに先へ。
 DRIVON™
 ーエボニック ジャパン

資料請求No.〔2102-A08〕

高機能グリースで多様なニーズに迅速対応

『研究』『分析』『開発』
 トータルでニーズにお応えするグリース・潤滑油の総合メーカー

■高性能グリース
 ■さび止め油
 ■加工石油製品
 ■ケミカル製品

常に潤滑の効率化を目指す
中央油化株式会社 〒174-0043 東京都板橋区坂下1-34-22
 TEL03(3966)4121・FAX03(3966)8446
CHUO YUKA CO.,LTD. 工場/東京・茨城



〈前付3〉

メタロセン触媒を用いたポリ α オレフィン合成油の今後の展望

崇城大学
工学部機械工学科 教授

里永 憲昭

有限会社D1ケミカル
最高顧問

渡邊 孝司

崇城大学
工学部機械工学科 助教

竹田 雄祐

有限会社D1ケミカル
代表取締役

園田 智之

■著者連絡先

〒860-0082 熊本県熊本市西区池田4-22-1
TEL 096-326-3195 FAX 096-323-1351
E-mail n-satonaga@mec.sojo-u.ac.jp

はじめに

地球温暖化対策やエネルギー資源の消費量抑制のため、CO₂排出削減や燃費規制が強化され、自動車の省燃費が強く求められている。特に、自動車においてはエンジンの機械損失低減などを目的とした、潤滑油の低粘度化が進んでいるが、一方で、摺動部の寿命延長と高い耐摩耗性を有した潤滑油が求められている。これらの要求にこたえるため、化学的に合成して製造する安定的なオイルである炭化水素系合成油としてポリ α オレフィン(PAO)が多用されている。

PAOは化学的に製造されていることから、オイルの寿命に影響を与える硫黄分などの不純物を含まない安定的で優秀な潤滑油と言われている。また、再生可能エネルギーの活用として、植物由来のオイルや生分解性を持つオイルの開発も報告されており、エコロジーとしても優位性を示す方向性としては社会における環境保全と足並みは同様である。

著者の研究室ではこれまでPAOを含む様々な成分の潤滑油、添加剤等のトライボロジー性能を評価し、寿命性能と省エネルギーの開発に取り組んできた。今回、現在のPAOの性能とともに、メタロセン触媒由来のPAOを配合した添加剤(SOD-IPN)を用

いた潤滑油の性能と動向についての事例を含めて紹介する。

1. ポリ α オレフィン (PAO) の特徴

日本国内ではグローバルな自動車用ガソリンエンジン油の規格であるILSAC規格およびAPI規格に適合している0W-20が広く普及している。しかし、0W-12以下の低粘度エンジン油の評価が難しく、新たな規格の制定要望が出されている。最近では自動車技術会がJASO GLV-1 (Gasoline Low Viscosity-1)規格を設定し0W-8、0W-12といった極低粘度エンジン油の概要を発表している。この新規規格では低粘度かつ省燃費性に優れていることが強調されている。一方、米国では自動車のエンジン油において、現在5W-30もしくは5W-20が主力となっており、低粘度化に向けた要求が極めて高く、2020年4月に米国石油協会(API)の新規格SPが施行されて、この規格に適合できる低粘度エンジン油として0W-16が設定された。ここで、汎用的に使用されているPAOの概要を述べる。

PAOはエチレンの低重合あるいはワックスの熱分解によって得られた直鎖上の α -オレフィンを低重合し、末端二重結合を水素添加したものであり、安定性を阻害する不飽和二重結合や硫黄、窒素などの不純物を含まな

い均一な分子を有する化学物質である。化学的に製造されたPAOは鉱油と比較して一般的に以下の特徴が示される。

<利点>

- ①粘度指数が高い
- ②流動点が低い
- ③蒸発損失が少ない
- ④せん断安定性に優れる
- ⑤添加剤効果が大きい

<欠点>

- ①高価である
- ②添加剤の溶解性が小さい
- ③シール材の収縮を起こす

鉱物油としての粘度指数向上には一般的に高分子系成分の合成により設定されているが、このたび合成油に広く用いられる粘度指数向上剤に替わるものとして、新たにメタロセン触媒由来のポリ α オレフィン系(以下、mPAOと称す)の合成油が開発された。このmPAOは粘度指数向上剤とは違い、せん断力に強い特徴を有している。これまでの著者らの研究で、mPAOの低粘度エンジン油による寿命延長効果や弾性流体潤滑(EHL)条件下における油膜などを観測し、せん断劣化による挙動の変化や省エネルギー的観点を加えて評価をした。その結果として、安定的な油膜の形成状況などの優位性を有していることを報告してきた。

2. 添加剤である粘度指数向上剤とmPAOの特徴

エンジン油やギア油などの潤滑油は、摩擦を低減して機械を円滑に動かすために欠かせないものである。

摺動部の摩擦を低減し、摩耗から損傷を与えない成分の添加による寿命延長を目的とした理想的な潤滑添加剤が求められてきた。ここでは最近の動向などを紹介する。

まず、潤滑油は低温から高温(約-30~150℃)の広い温度領域で使用される。液体

の粘度は一般的に高温で低く、低温で高くなる性質を示すが、潤滑油は粘度変化が小さいことが望まれる。この温度による粘度変化を小さくするために潤滑油に添加されるのが粘度指数向上剤であり、粘度変化が小さいほど燃費向上への効果が高い。粘度指数向上剤は、化学組成からオレフィンコポリマー(OCP)系、ポリメタクリレート(PMA)系の二つに大きく分類される。粘度指数向上剤の働きは、適正な範囲内で潤滑油の粘度を保持させることである。PMA系は温度変化による分子鎖の広がり、収縮の差が大きいことから粘度指数向上性能に優れている。

一方、PAOは鉱物油に近い組成でありながら、不純物である硫黄分を含まず、温度が変化しても粘度を保ち続けるという特長があり、鉱物系基油と同様の添加剤を使用することができ、各種工業用潤滑油に多く利用されている。主な働きとして粘度指数が高く、高温下でも油膜を保持し、低温での流動性が良好でエンジンの始動性に優れている。しかしながら、従来型のPAOは異性化があり、容積がより大きかったため、この度、メタロセン触媒により、高粘度PAO性能の改善が設計



株式会社 櫻 製油所

大阪市平野区加美北7丁目7番37号
電話 大阪06-6791局4450番(代)
FAX 大阪06-6794局5012番
☎547-0001 創業 昭和11年4月

された。これがmPAOである。その結果、異性化がないことによりコンパクトで規則的な分子構造になり、優れた粘度特性を示す。ところで、せん断劣化をした合成油は新油に対して一般的に著しくトライボロジー性能として低下するが、mPAOの合成油は個性的な分子構造からせん断劣化を受けにくく安定的な性能を維持するように設計されている。現在エンジン油は油膜の形成および維持が非常に重要となっているため、mPAOは油膜の薄膜条件下での金属接触において強固な油膜維持が可能になっている。ここで、基油であるエンジンオイルとその基油にmPAOを10 vol%添加した合成油の化学的物性を表1に示す。

次に、合成油の添加剤である粘度指数向上剤とmPAOの分子構造を図1に示す。粘度指数向上剤は一般的なオレフィンコポリマー(OCP)の構造である直鎖型になっているが、mPAOは立体格子状の構造になっている。OCPは粘度指数向上剤の分子構造はmPAOに比べ分子量が大きく、また平面体に近いためせん断性能が劣るが増粘性に優れている。さらに、粘度低下に対する耐性としてせん断安定性があるが、一般的なせん断安定性は分子量が多いほどせん断されやすくなる。ただし、高温では粘度低下は起きにくいという利

点がある。反対に分子量が少ないとせん断安定性は高くなるが粘度指数は低くなってしまふ。PAOの分子量は粘度指数向上剤の分子量が20,000～50,000に対してmPAOの分子量は1,000～2,000と低分子であるため粘度低下しにくく、立体構造であるためせん断劣化にも強いという特徴がある。

その他、この添加剤の成分としては、エステルとスルホン酸カルシウム塩に含まれる炭酸カルシウムの構造(図2)を高圧化において分子構造が安定しているカルサイト構造とすることにより摺動面の耐摩耗性と潤滑性を高めることにした。さらに、摺動面の金属面が高温になることで反応し、せん断力の小さい被膜となって摩耗、焼付きを防止する亜鉛と硫黄を採用し極圧作用を調整した。

3. 軸受接触面における流動状態の観測

3.1 軸受接触面流動状態観測コンセプト

mPAOの性能向上に関するメカニズムを、接触面における流動状態として図3に示す観測装置により接触面を直接的に観察した。

本装置は玉軸受の金属レースとボールを想定して、スラスト玉軸受の上輪を透明なオプティカルガラスに置き換え、この下面に転動体となる鋼球と油浴槽を設置し、直接接触面に形成される油膜を観察する仕組みとなっている。

接触面に形成される油膜は、転動体が静止時には同心円状の干渉縞を示し、図4のように回転を与えることにより流れの入り口側に開いた馬蹄形を呈する形状に変化する。その

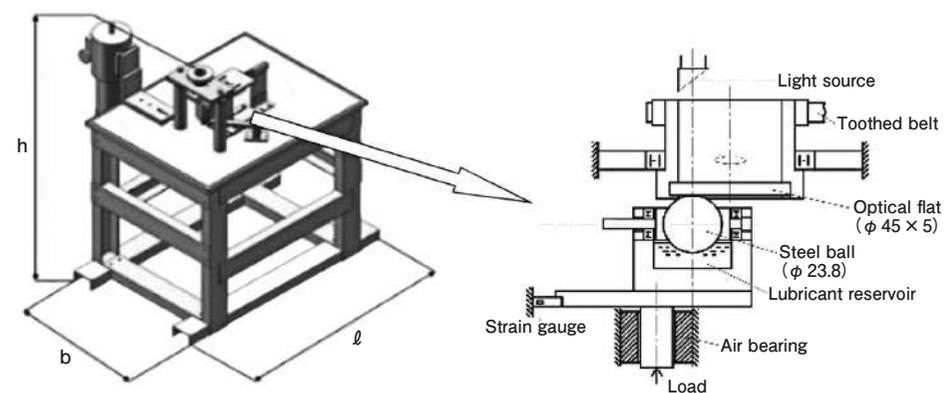


図3 軸受接触面観測装置の概要

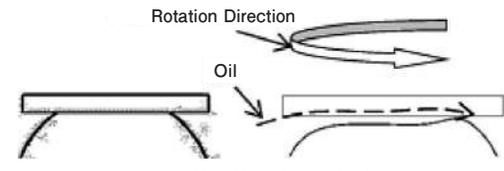


図4 玉軸受接触表面の観察概要

時の縞次数を観測することにより油膜厚さを求めることができる。

3.2 油膜厚さの理論値算出

油膜厚さの理論値算出においては、弾性流体潤滑(EHL)理論に基づいて算出する。

可視化装置では、球と平面間の点接触となり、転がり軸に平行な方向に膜厚が変化するだけでなく、有効な負荷領域が円形状になる。Hamrock-Dowsonが示した中心膜厚、最小膜厚の式は式(1)、(2)であり、これらの式から理論膜厚を算出した。

$$H_c = \frac{h_c}{R} = 4.31U^{0.68} G^{0.49} W^{-0.073} (1 - e^{-1.23k}) \dots (1)$$

$$H_{min} = \frac{h_{min}}{R} = 3.68U^{0.68} G^{0.49} W^{-0.073} (1 - e^{-0.67k}) \dots (2)$$

3.3 実験方法

試料油として5W-30の基油と基油にmPAO成分を添加した合成油を用いた。試験油温は40℃近傍にて油膜厚さの比較観察を実施した。観測においては連続的に周速を

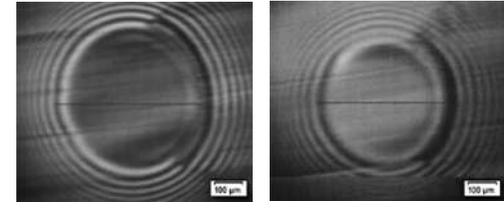
変更した。

実験装置は、顕微鏡による観測を行うために直径φ=45mm、厚さ5mmのパイレックスガラス(ポアソン比:ν=0.25、縦弾性係数:E=63.7GPa、粗さ5.6mm)を使用する。鋼球は直径φ=23.8mm(ポアソン比:ν=0.3、縦弾性係数:E=208GPa、粗さ6.1mm)である。接触面に光源を当てることで干渉縞が現れる。現れた干渉縞をハイスピードカメラで撮影して油膜厚さを求めた。転動体の接触荷重は19.6N、最大ヘルツ圧は0.277GPa、接触円直径は0.30mmである。

3.4 観測結果

観察は周速を変化させながら油膜厚さを測定し、油膜厚さを無次元膜厚で評価した。

接触面の観測画像を図5に示す。接触円形の中心部を観察すると色の違いを見ることが



5W-30 基油にmPAOを10 vol%添加油

図5 粘度指数向上剤の観測結果(40℃)

添加剤		5W-30	mPAO 10Vol%添加油
動粘度	40℃ mm ² /s	57.7	59.2
	100℃ mm ² /s	9.85	10.8
粘度指数		157	176

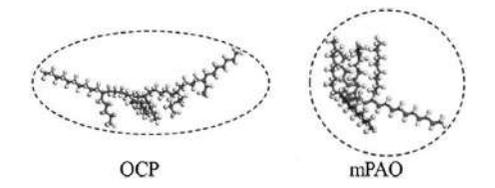


図1 粘度指数向上剤(OCP)とmPAOの分子構造

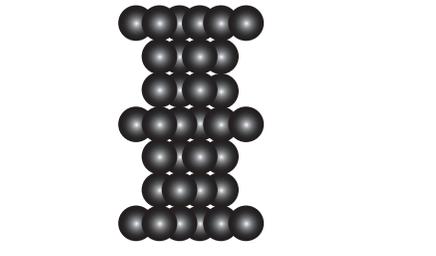


図2 スルホン酸カルシウム塩の構造

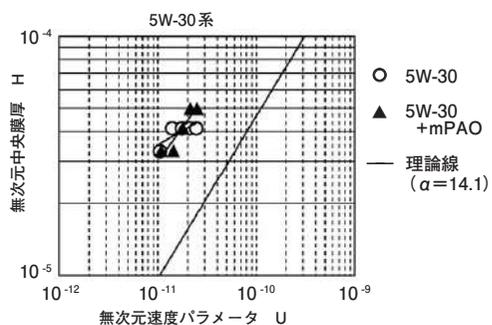


図6 中心油膜厚さの実験結果

できる。この色の違いは油膜の厚さによるものである。そこで、縦軸を無次元膜厚とし、横軸を無次元速度パラメータとする中心油膜厚さのグラフを図6に示す。

観察結果より、5W-30の基油に対して、mPAO成分添加の合成油は1.32倍の油膜厚さとなっていることがわかった。

油膜の厚さの効果は様々なケースで有効に作用することが述べられる。例えば、エンジンの燃焼に関しての例をいうと、燃焼効率はシリンダー内の密封性の良否が大きく作用することは明らかである。

ピストンリングとシリンダー間での油膜形成の効果が顕現して、完全燃焼に近くなる期待が増えてくる。結果的に未燃ガスの発生が低減し、また、出力も向上して熱効率の上昇が想定される。

4. 新還元添加剤を用いた自動車性能等に及ぼす事例

mPAO系添加剤を添加したSOD-1の自動車性能、車椅子や自転車競技に及ぼす事例を紹介する。

4.1 ATFへのmPAO添加剤の添加による出力の影響

供試車両(ランドローバー, CBA-LV2A, 1.99L, ガソリン普通乗用車)を用い、新添加剤を自動変速機フルード(ATF)に7vol%添加して

シャシーダイナモ(日産アルティア(株)製)、水冷渦電流式300PS電気動力計により、添加剤の有無における出力比較試験を実施した。

出力試験の前にATFは純正フルードを全量交換し、添加剤なしで出力試験の後、ATFに添加剤を7vol%添加して同試験をする。測定はエンジン始動時に2速ギアでアクセル開度を15%とし、8速ギアまで同開度を20%一定とした。

シャシーダイナモの出力比較試験の結果を図7に示す。縦軸は出力(PS)を横軸は車両速度(km/h)を表しており、図中の①は添加剤なし、②は添加剤7vol%添加を示す。

出力比較試験は同一日に加速度を一定に保持して実施した。スタート時の区間速度0~30km/hは、②の添加剤の出力上昇効果が明確に認められる。

したがって、①と②の添加剤の有無の比較を区間速度について明確にするため、図7のアナログデータを区間速度ごとにデジタル値に変換したものを表2に示す。ここで速度区間毎に出力を比較しやすくするために、同区間の面積値(PS・km/h)の等価から求めた平均有効出力Pm(PS)の概念を図8のように定義する。

結果として、添加剤なし①とあり②の平均有効出力Pmは区間速度全域において②の添加剤ありが大きく、新添加剤の効果を示している。その平均有効出力Pmの①に対する②の上昇率は、区間速度の上昇に対して反比

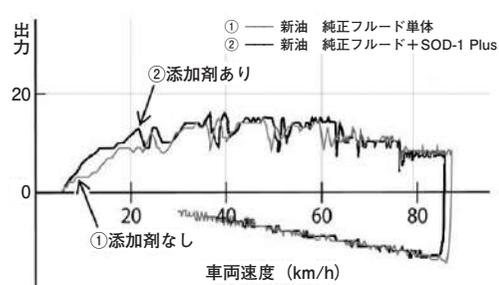


図7 シャシーダイナモの出力比較試験結果

表2 アナログ値を区間速度ごとにデジタル値に変換

速度区間 (km/h)	0-20	20-40	40-60	60-80	0-80
① (PS・km/h) Pm (PS)	69.8	223.4	262.6	205.8	761.6
	3.49	11.17	13.13	10.29	9.52
② (PS・km/h) Pm (PS)	101.0	247.2	275.6	209.7	833.4
	5.05	12.36	13.78	10.49	10.4
上昇率 (%)	44.7	10.7	5.0	1.9	9.2

①: 添加剤なし ②: 添加剤有 Pm: 平均有効出力

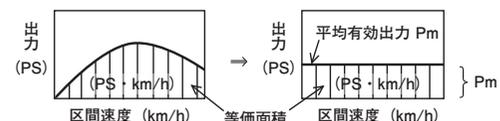


図8 平均有効出力Pmの定義

例で小さくなり、0-20 km/hで44.7%、次いで10.7%、5.0%と1.9%を示し、0-80 km/hの平均では9.2%であった。新添加剤の添加による加速時の出力向上が確認できたが、その上昇率は低速から高速の加速時において低速になるほど大きい効果が認められた。mPAOによる油膜厚さの向上からのトラクション係数の上昇が、自動変速機(AT)のクラッチ摩擦板のすべりを抑制しているためと推察される。

4.2 車椅子への応用

パラリンピックの注目競技は、「車椅子テニス」、「陸上」、「車椅子バスケット」と言われているが、最近のラグビーブームの影響により「車椅子ラグビー」も注目されており、今後ますます人気上昇するものと期待されている。この「車椅子ラグビー」は車椅子同士のぶつかり合って激しいボディコンタクトが許



図9 車椅子ラグビー用車両写真

される唯一のバラスポーツで、北米ではマダーボール(殺人競技)とも言われるほどの格闘技的な面もある(図9)。

車椅子スポーツは人力と車椅子による瞬発的な駆動力のレスポンスの差が、得点に大きな影響を与えるものと思われる。したがって、車椅子の駆動力はドライバーの腕力がいかに早く駆動輪(後輪)に伝わって床面とキャスタ(前輪)と駆動輪の間に摩擦力に打ち勝って、相手よりわずかでも早く進んで得点を得るかが勝負となる。

すなわち、図10の模式図に示すようにドライバーと車椅子の垂直質量Wに対して、これらを横方向に進める牽引力Fの逆比F/Wが摩擦係数μとなり、このμの値を可能な限り小さくすることが、車椅子の駆動応答性を早めることになる。

車椅子の後輪軸受を灯油で洗浄・乾燥の後にmPAO系とサトウキビ由来のオイルを抽出したベースオイルとを混合した潤滑油(以下SOD-1SPと称す)を軸受に封入し、質量Wに対する計測5回の平均値とする牽引力Fから摩擦係数μの変化を求めた。この比較対象として、通常使用されている基準グリースを用いることにより摩擦係数の性能を比較検証した。車椅子の質量Wに対する摩擦係数μの変化は図11に示すように、基準グリースは質量増加に対して直線的であり、SOD-1SPは2次関数的にやや上昇気味であるが、基準グリースに対して27.5~57.3%小さく、平均では38.3%の減少であった。今回の測定による摩擦係数μの減少は予想以上の結果であり、油膜の形成具合が効果を示しているも

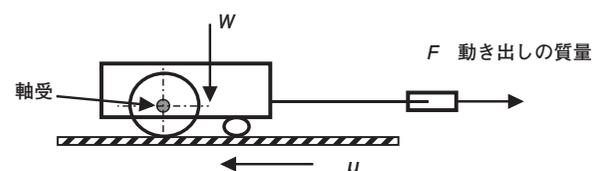


図10 摩擦係数測定モデル

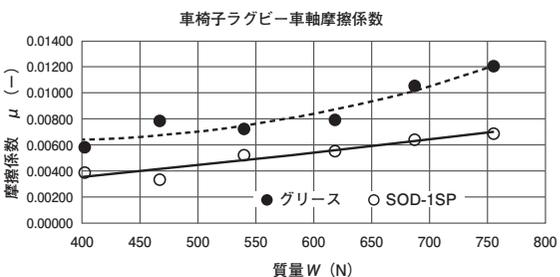


図11 摩擦係数の計算値

のと考えられる。恐らく実戦上においても確実に効果を得られるものと期待している。なお、今回紹介したオイルは主成分を植物由来としていることから、自然に優しいという特徴も有する。

4.3 競技用自転車への応用

オリンピックにおける自転車競技は、アテネ(1896年)から実施されアトランタ(1996年)からはプロの選手参加も可能となっており、注目度は大会ごとにアップしている。また、シドニー(2000年)からは男女ともがトリアスロンの種目に採用されている。パラリンピックではリオデジャネイロ(2016年)からトリアスロンに採用されている。

車椅子と同様に自転車競技についてもmPAOと植物由来のオイルを混合したチェーンオイル(SOD-1SP)として滴下した競技用自転車を用いて基礎測定を試みた。

測定は定置型無負荷試験装置を設定し、潤

滑油の相違による後輪タイヤの回転速度に関する試験を図12, 13に示すように実施した。

供試自転車はロードバイク(TRECK 28 inch), クランク径70, 100 mm, ギア比 $\phi=3.0$, ペダル付加質量31.4 N, ペダルの垂直移動距離 $L=370$ mmで位置エネルギー E は11.6 Nm, 測定値は各モード5回の平均値とした。後輪軸受とチェーンに競技用のグリースAとSOD-1SPの添加に対して、クランクのTDCからBDCまで錘によって位置エネルギーを与えた。このエネルギーによるタイヤの最高・最低回転速度、平均回転速度、全回転時間と全回転数を用いて評価した。その結果を表3に示す。

競技用の通常状態のチェーンにA社(以下、Aと称す)のグリースに対してSOD-1SPを添加した場合を従来の状態と比較すると、平均回転速度の差はほとんどないが、全回転時間は、従来に比べてAは2.9%, SOD-1SPは3.6%増とわずかに大きな値を示した。全回転数は、Aは従来に対して3.2%増に対してSOD-1SPは6%の増加であった。

次に軸受にSOD-1SPをチェーンに添加した状態を従来の平均回転速度と比較すると、Aは4.3%増でSOD-1SPは0.9%であった。これは最少回転速度が45.6%と少なかったためと思われる。しかしながら、全回転時間になると、Aの53.56 sec(31.2%)に対し、SOD-1SPは従来の55.74 secに対して

表3 潤滑油によるタイヤの回転速度等の計測結果 (Top Gear Ratio $\phi=3.0$)

軸受潤滑	チェーン潤滑	最高回転速度 (rps) (%)	最低回転速度 (rps) (%)	平均回転速度 (rps) (%)	全回転時間 (sec) (%)	全回転数 (rev.) (%)
グリース	初期付着のグリース	2.765	0.287	1.526	55.74	85.0
	従来品グリースA	2.777 (0.4)	0.281 (-2.1)	1.529 (0.0)	57.37 (2.9)	87.7 (3.2)
	SOD-1 SP	2.851 (3.1)	0.270 (-5.9)	1.560 (2.2)	57.77 (3.6)	90.1 (6.0)
SOD-1SP	従来品グリースA	2.924 (5.8)	0.260 (-9.4)	1.592 (4.3)	53.56 (31.2)	117.1 (37.8)
	SOD-1SP	2.923 (5.7)	0.156 (-45.6)	1.540 (0.9)	80.00 (43.5)	123.2 (44.9)

80.00 sec (43.5%)の急増であった。全回転数については、Aの117.1 rev. (37.8%)に対してSOD-1SPは123.2 rev. (44.9%)と大きな増加を示した。これらの現象はmPAO系オイルの潤滑性能として優位性を示しており、特に油膜形成能力の向上、油膜保持時間の延長や油膜の耐久性向上などの証でもある。したがって、mPAO系オイルの自転車への応用例は、競技や産業装置系においても貢献が期待される。

5. これからの取り組み

これまで、新しい合成油の紹介をしてきた。ここで、研究室で新たに取り組み始めた実験の紹介をしたい。読者の興味に適えば幸いである。

一般的に潤滑油の粘度は、JIS規格に示される細管式などを用いた常圧下における物性で規定される。しかし、機械要素における歯車や、軸受などの接触面では非常に高い圧力を受けることから、実際とは異なっている。

そこで、接触面などを想定した高压下における潤滑油の物性を観測することを考え、試験圧力300 MPaとして図14に示す落球式高压粘度計を製作し、高压粘性の評価法の検証と、機械要素における高压条件下の接触面での挙動について観測を開始した。このことは、オイルの分子構造の差異による影響も評価が可能となる。

ここで、高压粘度の測定原理の概略を紹介する。試料油の高压粘性を測定するには、一

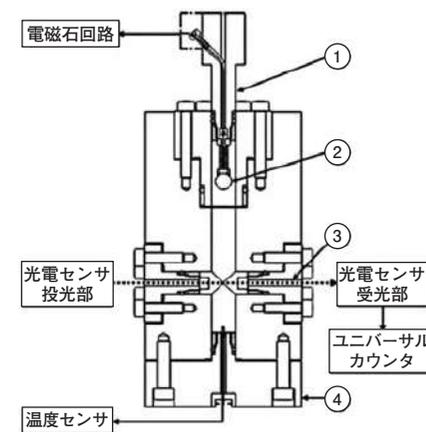


図14 落球式高压粘度計の概略図

般的に落球式高压粘度計を用いることが多い。測定原理は密閉した容器において万能試験機を使用して①のプランジャー押すことにより加圧した試料油中に②の鋼球を落下させ、その落下速度からストークスの粘性抵抗を用いて粘度を測定するものである。この実験は、分子構造のほか、属性の区分などによる潤滑油の粘度の特徴を示す以外に、分子間力の違いなどから結晶化などの現象も追求できる期待をしている。

つづいて、昨今の自動車はエンジンオイルをはじめ各部潤滑油の省エネルギー性能を追求して、低粘度化が進んでいる。

トライボロジー的な視点から粘性や油膜形成の良否さらに寿命に関する評価が必要であるが、低粘度になると評価が極めて難しい。そこで、軸受の潤滑接触面における接触状態

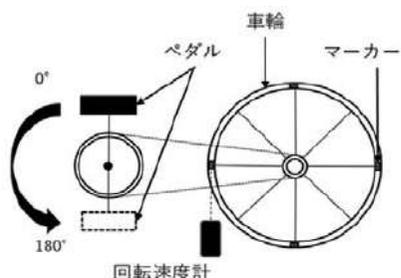


図12 定置型無負荷試験のモデル



図13 自転車競技の練習の様子(祐誠高校自転車競技部)

について電氣的回路を用いて状態監視する手法に取り組み始めた。接触面の流動状態のほか油膜の形成状況と接触面の摺動環境などを様々な観点から魅力的な手法を模索している。

おわりに

メタロセン触媒由来のPAOを添加した合成油は従来の粘度指数向上剤として用いられる高分子系の添加剤と比較して油膜形成に優秀であることがわかった。さらに、今回は誌面の関係から記載できなかったがmPAOを添加した合成油は同一条件下でも動粘度は維持され、油膜厚さも変化を認めなかったことが確認されている。これはせん断劣化の抑制をもつ特長を示すものと考えられ、mPAOには安定的な性能を維持することが期待できる。

その他、エネルギー的には微小な差であるので明確に断言は難しいが、mPAOは粘度指数向上剤に対して数%程度のメリットが期待できること、ならびに、時間経過による変化は微小であることが報告されている。

加えて、パラリンピックや自転車競技などの競技への応用展開など、人間に優しい製品を自然にも優しいコンセプトでその用途は

様々に広がりつつある。

今回のメタロセン触媒由来の低粘度化した潤滑油の定着により油膜形成の安定性から言えることとして、長寿命の信頼性と省エネルギー的効果という相反する追求課題をブレイクスルーする可能性が期待できそうである。

<参考文献>

- 1) 平田昌邦：潤滑油の粘度特性と粘度指数向上剤，精密工学会（1990）pp.50-53
- 2) 宮田寛ほか：メタロセン触媒によるオレフィン系エラストマーの合成，日本ゴム協会誌，Vol. 70，No. 2（1997）pp.83-90
- 3) 里永憲昭，竹田雄祐：メタロセン触媒を用いたポリ α オレフィン合成油による低粘度化した潤滑油のトライボロジー的性能の紹介，潤滑経済，2020年2月号，pp.1-8
- 4) 阪口歩：省燃費型エンジン油用粘度指数向上剤，三洋化成ニュース，No. 514（2019）
- 5) 竹田雄祐，里永憲昭，渡邊孝司，園田智之：転がり軸受の損傷に与える自動車と産業機械における潤滑油新還元添加剤（SOD-IPN）の寿命効果に対する考察，日本設備管理学会誌，Vol. 29，No. 2（2017）pp.37-41
- 6) 杉村丈一：EHL油膜計算式，トライボロジスト，Vol 49，No. 10（2004）pp.51-52
- 7) 佐々木信也ほか：数値解析と表面分析によるトライボロジーの解明と制御，テクノシステム（2018）pp.81-92
- 8) 西田稔：高性能粘度指数向上剤，三洋化成ニュース，2009夏No. 455（2009）pp.1-4