

転がり軸受の潤滑技術の動向と取組み

Rolling Bearing Lubrication Technology Trends and R&D Efforts

小宮広志 H. KOMIYA

Lubrication technology for rolling bearings is an important elemental technology for providing sufficient bearing performance and has been developed for the purpose of reducing friction and wear, providing longer bearing service life, reducing the amount of lubricant consumption, reducing environmentally burdensome substances, etc. This report introduces trends regarding greases for rolling bearing used in main industrial fields and examples of research and development results related to lubrication technology achieved by JTEKT.

Key Words: lubrication technology, urea grease, long life, tribochemical reaction, extreme pressure additive

1. はじめに

転がり軸受は、機械の回転部分を支える重要な機械要素として自動車、電機、情報機器、鉄鋼設備、鉄道車両、建設機械、工作機械、航空機などあらゆる産業分野で用いられている。近年、機械や装置の小型・軽量化、信頼性の向上、メンテナンスフリー化のニーズにより転がり軸受の使用条件は苛酷となり、要求性能も多様化している。これに加え、安全性、地球環境保全、低価格化およびグローバル化などへの対応も重要となってきている。このような動きの中、軸受性能を十分に発揮させるために重要な要素技術である潤滑技術についても、摩擦・摩擦の低減、軸受寿命の延長、潤滑剤消費量の削減、環境負荷物質の低減などを狙いとした潤滑剤や潤滑方法などの技術開発が進められている。

本報では、主な産業分野での転がり軸受用グリースの動向と長寿命グリースの開発、添加剤のトライボロジー特性研究、環境調和型生分解性グリースの研究開発、ポリマ潤滑剤の開発など当社での軸受の潤滑技術に関する最近の研究開発事例について紹介する。

2. 転がり軸受における潤滑の役割と潤滑技術

転がり軸受の性能を発揮させるために、潤滑剤や潤滑方法を適切に選定することが重要である。転がり軸受における潤滑の主な役割は、転がり面、すべり面における

摩擦・摩擦の低減、摩擦熱の除去、適正な油膜形成による疲れ寿命の延長、さびや腐食の防止、防塵などが挙げられる。

転がり軸受の潤滑方法は、グリース潤滑と油潤滑に大別されるが、グリースや油が使用できない真空中や高温、極低温など特殊環境条件下では、固体潤滑剤やそのコーティング被膜あるいは転移膜による潤滑が適用される。

3. 主な産業分野での転がり軸受用グリースの動向

3.1 自動車分野

自動車の燃費向上、排出ガス低減、安全性・快適性向上の取組みの中、転がり軸受においても小型・軽量化、性能向上、信頼性向上が必要とされている。

自動車のホイール用軸受は、小型・軽量化、信頼性向上、組付け作業の簡素化のため軌道輪と軸およびハウジングを一体化したハブユニットが広く使用されている。ホイール軸受用グリースには、従来リチウム石けんグリースが使用されてきたが、ディスクブレーキ装着による軸受温度上昇、メンテナンスフリー化への対応と自動車の貨車輸送時などに生じる擬似圧痕防止のため、耐熱性や摩擦面へのグリースの付着性、介入性と潤滑性が優れたウレア・鈹油系グリースが主流となっている。

オルタネータやカーエアコンコンプレッサなどに使用されるエンジン補機用軸受は振動、高速回転、高温環境下で使用される。オルタネータは、ビルトイン IC レジ

ュレータ、ロータファンの内蔵によって出現した小型高出力オルタネータが現在の主流である¹⁾。また、ロータを支持する2個のグリース密封形玉軸受が使用されている。この軸受では白層と呼ばれる組織変化を伴う早期はく離が問題となったが、その対策グリースの詳細については第6章で述べる。

3.2 産業機器分野

3.2.1 風力発電

クリーンなエネルギーとして、風力発電がドイツ、デンマークをはじめ世界中で急速に普及している。

風力発電機の主要部はブレード、ロータ主軸、増速機ギヤボックス、発電機、ヨーギヤボックスで構成され、多くの軸受が使用されている。増速機ギヤボックスの軸受は油潤滑で、それ以外はグリース潤滑で使用される。風力発電機は温度条件が厳しく、メンテナンスが難しい場所に設置されるケースが多いため、広い温度範囲で使用が可能で、その上寿命延長が期待できる合成油系潤滑油やグリースが広く採用されている²⁾。ロータ主軸用軸受のグリースには低温時の低トルク性、耐荷重性、さび止め性、長寿命が要求され、ポリ α オレフィンや鉱油を基油とするリチウム石けんあるいはリチウムコンプレックスグリースが採用されている。

3.2.2 鉄鋼設備

鉄鋼設備に使用される転がり軸受は、高温、高荷重、水、粉塵など苛酷な条件で使用されている。

熱間、冷間圧延機のロールネック軸受は、高荷重・衝撃荷重下で使用され、さらにロール部で使用される多量の冷却水やスケールが軸受内に侵入するため、グリースの軟化や軸受の寿命を低下させるという問題がある。グリースとしては、耐水性、耐荷重性の優れたリチウム石けんグリースや油潤滑機能を付与し高PV性能を有する特殊リチウム複合石けんグリースが使用されているが、最近、極圧性ととも防錆性、付着性、せん断安定性が優れたカルシウムスルホネートコンプレックスグリースの使用が拡大している。

連続鋳造設備のガイドロール軸受は、高温条件下、低速・高荷重で使用されるため、油膜形成が困難で、境界潤滑領域での運転となっている。封入グリースには、高粘度基油のウレア系グリースが多く用いられている。

3.2.3 鉄道車両

1964年に東海道新幹線が開業して、40年が経過した。新幹線の車両は、高速化、軽量化、分解検査周期延伸への取組みが活発である。

新幹線の主電動機には、円筒ころ軸受と玉軸受がグリース潤滑で使用されている。近年、主電動機は従来の直流電動機から誘導電動機化が進み、高速化と分解検査周期の延伸が可能となり、軸受の潤滑が重要となってきた。主電動機用軸受には、従来リチウム石けん・鉱油系グリースが使用されていたが、300系のぞみで誘導電動機化され、軸受の高速・高温化への対応のためリチウムコンプレックス・鉱油系グリースが採用された。このグリースは、その後の新幹線車両を初め、多くの主電動機に使用されている。

新幹線の車軸用軸受は、従来複列円筒ころ軸受と玉軸受の組合せ、あるいはつば付き複列円筒ころ軸受が用いられ、油浴潤滑方式であったが、1997年に最高時速300km/hで営業運転を開始した500系のぞみで、グリース密封形複列円すいころ軸受が導入され、新幹線営業車両で初めてグリース潤滑方式が採用された。この軸受の採用により車軸軸受部の小型・軽量化が図られ、高速化対応が可能となり、メンテナンスフリー化も期待できるようになった。封入グリースには、高粘度指数の水素化精製鉱油を基油に用いたリチウム石けんグリースが使用されている。このグリースは、TGVなどヨーロッパの高速鉄道でも実績がある。

3.2.4 工作機械

工作機械の主軸は、生産性向上のため高速化、高剛性化、高精度化が図られているが、最近では省エネルギー、環境対応も重要なテーマとなっている。工作機械の主軸用軸受は、アンギュラ玉軸受や円筒ころ軸受が用いられ、高速化への対応のため、転動体にセラミックを用いたセラミック軸受の採用が一般的となっている。

潤滑方式は、オイルエア潤滑とグリース潤滑が主流であるが、省エネルギー、環境対応のため、グリース潤滑の適用範囲拡大、高速限界の向上が検討されている。当社では、工作機械用として高速アンギュラ玉軸受（ハイアビリー軸受）を開発し、バリウムコンプレックス・ジエステル系グリースによる潤滑で、dmn値173万の高速性を確認した³⁾。

3.3 電機・情報機器分野

転がり軸受に導電性の機能を付与出来る導電性グリース事例について述べる。

PPC 複写機や LBP プリンタの感光ドラム部、転写部や定着部に使用される転がり軸受には、帯電除去のため、導電性の機能が要求されることが多くなり、この機能を持たせた導電性軸受のニーズが高まっている。導電性軸受には、カーボンブラックが配合されたグリースを封入して導電性が付与されている。また、これらの部位には、ポリカーボネート樹脂や ABS 樹脂など多くの樹脂材が使用されており、これらの樹脂材に対するケミカルアタックを考慮して、ポリ α オレフィンを基油とするグリースが広く用いられている。最近、定着ユニット（ヒートローラ）の軸受でも帯電による紙の巻きつき防止などの目的で導電性のニーズが増加している。この部位の軸受は 180 ~ 250°C で使用されるため、カーボンブラックを配合したふっ素グリースが開発され、実用化されている。

4. ウレア系長寿命グリース (KNGグリース) の開発

軸受使用条件の高温・高速・高荷重化に対応して、当社では 1970 年代半ばより他社に先駆け高性能、長寿命ウレアグリースの開発に取り組み、低騒音・高温・高速・長寿命グリース KNG グリースを開発した⁴⁾。

ウレアグリースはウレア基 (-NH-CO-NH-) をもつ化合物を増ちょう剤とするグリースであり、ウレア基の個数によりジウレア、トリウレア、テトラウレアと呼ばれ、末端基の構造により、脂肪族ウレア、芳香族ウレア、脂環式ウレアと呼ばれる。ウレアグリースはアミンとイソシアネートを基油中で反応させ、製造されることが一般的で、原料のアミンとイソシアネートの種類によりグリースの特性、たとえば、ちょう度、滴点、せん断安定性、酸化安定性が大きく異なる。グリースの開発においては、この組合せが重要となる。

ウレアグリースは、石けんグリースにくらべ、滴点が高く、耐熱性、酸化安定性に優れ、高温でもグリース寿命が長いという特長があるが、熱硬化性であること、せん断安定性やさび止め性が劣ること、および増ちょう剤粒子が大きいため音響特性が劣ることなどが短所として挙げられ、軸受用グリースとして解決しなければならぬ技術課題も多かった。

KNG グリースは、ウレアグリースの優れた耐熱性、

酸化安定性を活かし、音響特性、さび止め性などの技術課題を原料配合とグリース製造工程の改善により解決し、開発したグリースである。また、基油には耐熱性、酸化安定性と低温性に優れるポリ α オレフィンやアルキルジフェニルエーテルなどの合成油を採用し、さらに耐熱性を有する各種添加剤を配合し、性能向上を図っている。このグリースは専用の無塵プラントで製造され、高度な微細均一化処理を行なっているため、音響特性も非常に優れている。

KNG グリースは、使用箇所、使用条件により各種開発しているが、代表的な KNG グリースの組成、代表性状を表 1 に示す。

4.1 KNG144

KNG144 は各種モータに使用する低騒音軸受用として開発したワイドレンジ、長寿命グリースである。低騒音グリースとして評価の高いワイドレンジグリースよりも振動の減衰効果が大きく、市販の高温用ウレアグリースのようにノイズはみられない。

4.2 KNG170

KNG170 は高速オルタネータ用として開発したグリースで、耐熱性、酸化安定性が優れているとともに、せん断安定性が極めて良好である。さらに、高速回転においてチャネリングしやすいため、摩擦トルク、軸受温度上昇が低く、軟化、漏えいが小さく、長寿命である。基油はポリ α オレフィンが主成分である。

電装品、エンジン補機用軸受のグリースとしては白層はく離対策のため、KNG250 グリースに代わったが、それ以外の高温・高速用途の軸受に多く使用されている。

4.3 W191

W191 は自動車用水ポンプ軸受用として開発したグリースである。

水ポンプ軸受は、水ポンプの小型・軽量化のため、高温・高速回転となり、ベルトテンションの増大により高荷重の傾向にある。さらに、寿命延長の要求も強い。また、使用中にクーラントが液体や水蒸気で軸受内に侵入するのをメカニカルシールと高密封シールで防止しているが、クーラントが軸受内に侵入することもある。W191 は高温・高速条件下での長寿命のほかに、耐荷重性と混水時のせん断安定性を向上させたもので、従来グリースの 3 倍以上の長寿命である⁵⁾。

表1 KNG グリースの組成, 性状と使用例
Compositions, properties, and examples of use of KNG greases

		KNG144	KNG170	W191	KNG250
増ちょう剤		ジウレア	ジウレア	ジウレア	ジウレア
基油		ポリ α オレフィン 鉱油	ポリ α オレフィン 鉱油	ポリ α オレフィン 鉱油	アルキルジフェニル エーテル
基油動粘度 mm ² /s	40℃	54	56	135	97
	100℃	8	9	16	12
混和ちょう度 25℃		246	242	275	238
滴点, ℃		250 以上	250 以上	250 以上	250 以上
蒸発量, mass% 99℃, 22h		0.16	0.13	0.23	0.19
離油度, mass% 100℃, 24h		0.3	0.5	0.7	0.4
酸化安定度, kPa 99℃, 100h		20	15	30	10
混和安定度 10 万回混和		298	294	334	315
水洗耐水度, mass% 79℃, 1h		1.3	1.0	1.3	0.8
低温トルク mN·m -30℃	起動トルク	630	350	770	320
	回転トルク	99	69	103	48
使用温度範囲, ℃		-30 ~ 130	-40 ~ 150	-30 ~ 130	-40 ~ 180

4.4 KNG250

KNG250 はオルタネータ、カーエアコン電磁クラッチやテンショナなどの自動車用電装品・エンジン補機軸受の白層はく離対策として開発したグリースである。詳細は第6章で述べる。

5. 極圧添加剤のトライボケミカル反応とトライボロジー特性の研究

潤滑油やグリースには性能向上のために、酸化防止剤、さび止め剤など各種添加剤が添加されている。有機モリブデン化合物に代表される有機金属系極圧添加剤は、境界潤滑領域での摩擦防止、摩擦特性の改善に効果があることがよく知られているが、筆者らはこれらの添加剤が白層はく離防止にも効果があることを見いだした⁶⁾。

境界潤滑において、極圧添加剤や耐摩耗剤は摩擦面でトライボケミカル反応を起こし、金属酸化物や硫化物の表面膜を形成し、焼付きや摩耗防止に効果を示す。

ここでは、有機金属系極圧添加剤の摩擦・摩耗特性やトライボケミカル反応により生成する表面膜の組成・構造の解析、新しい添加剤の研究結果について紹介する。

5.1 有機金属系極圧添加剤の摩擦・摩耗特性

アルキルジフェニルエーテルを基油とするウレアグリースおよびリチウム石けんグリースに、各種極圧添加剤

を添加したグリースの摩擦・摩耗特性について往復動すべり摩擦試験機（SRV 試験機）を用いて調べた。

摩擦係数の経時変化と試験後の円板摩擦面形状の例を図1および図2に示す。これらの試験より①ウレアグリースはリチウム石けんグリースよりも摩擦摩耗に優れる、②MoDTCやSbDTCは摩擦面に被膜を形成し、摩擦低減に効果はあるものの被膜の強度が弱く、摩擦係数の変化が大きい、③ZnDTPは摩擦面に強固な被膜を形成し、摩耗防止の効果は大きい、摩擦低減効果は小さいことなどを明らかにした⁷⁾。

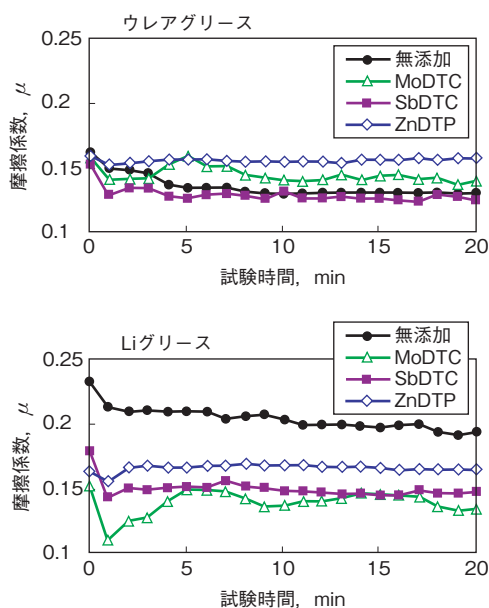


図1 摩擦係数の経時変化
Change of friction coefficient over time

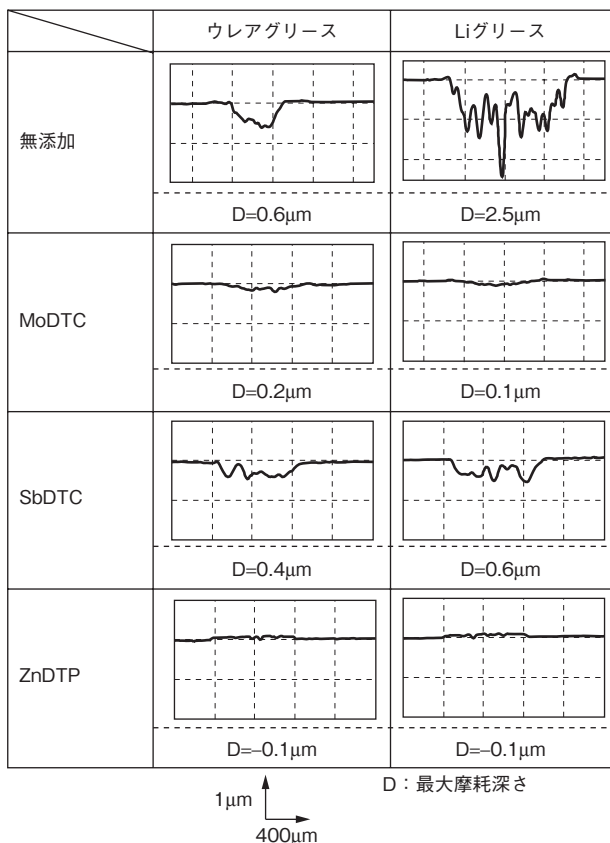


図2 試験後の摩擦面の形状
Shape of friction surface after test

さらに、SbDTCとZn系添加剤の併用による摩擦・摩耗特性の改善を検討した。Zn系添加剤には極圧添加剤ZnDTCとさび止め剤Znスルフォネートを用いた。摩擦係数の経時変化を図3に示すが、ZnDTCのみならずZnスルフォネートでも併用効果が認められた⁸⁾。

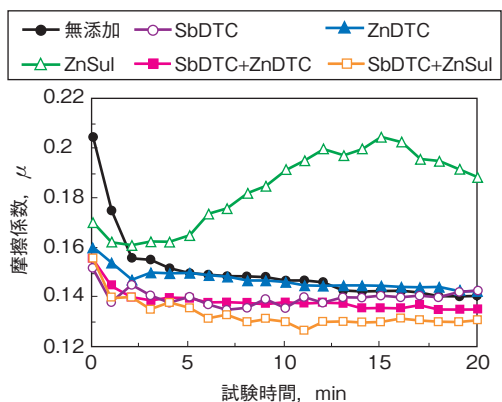


図3 摩擦係数の経時変化
Change of friction coefficient over time

5.2 表面膜の組成・構造の解析

極圧添加剤や耐摩耗剤の効果は、トライボケミカル反応によって形成される表面膜によって得られる。このた

め、摩擦面に形成された表面膜の化学構造、膜厚を明らかにすることは重要であり、EPMA, AES, XPSなどの表面分析機器により表面膜の解析を行った。

摩擦試験後の摩擦面の外観写真を図4に示す。表面膜が斑状に形成されており、この表面膜のAES, XPS分析結果をそれぞれ図5, 図6に示す。SbDTCは、Zn系添加剤との併用により摩擦・摩耗が低減したが、表面膜は最表面にSbの酸化物および硫化物の層がその下部にZnの硫化物の層が形成されており、Sbの酸化物および硫化物が摩擦係数低減にZnの硫化物が摩耗防止に効果を示したと推定した⁸⁾。

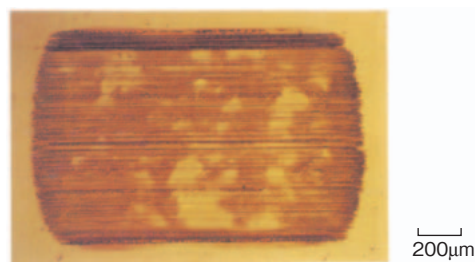


図4 摩擦面の外観写真 (SbDTC+Zn Sul)
Appearance of friction surface (SbDTC+Zn Sul)

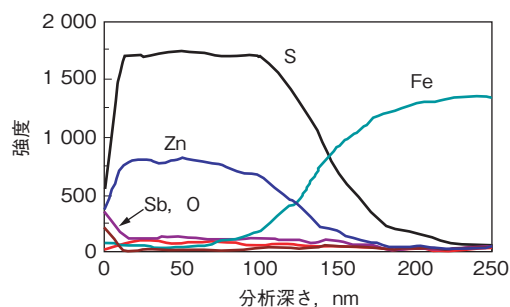


図5 摩擦面のAES分析結果 (SbDTC+Zn Sul)
Results of friction surface AES analysis (SbDTC+Zn Sul)

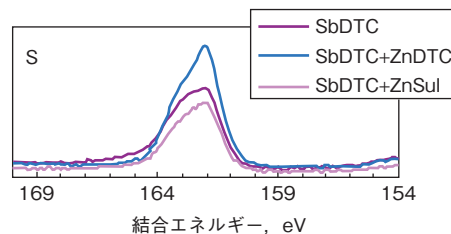


図6 摩擦面のXPS分析結果
Results of friction surface XPS analysis

さらに、同様の試料グリースを用いて転がり軸受の回転試験を行い、転がり接触において外輪軌道部に生成する表面膜の組成・構造の同定を行った。試験軸受には内径15mmの深溝玉軸受を用い、回転速度9000 ⇔ 18000min⁻¹、軸受温度100℃、ラジアル荷重2kNの

条件で 100 時間回転後、外輪軌道に形成された表面膜を分析した。外輪軌道に形成された表面膜の外観を図 7 に AES 分析結果を図 8 に示す。分析の結果、転がり接触により外輪軌道部に形成される表面膜の組成は Sb と Zn の酸化物が主体であり、すべり接触における硫化物が主体の表面膜と異なることが分かった。これは摩擦条件の違いによるものと考えられた⁹⁾。

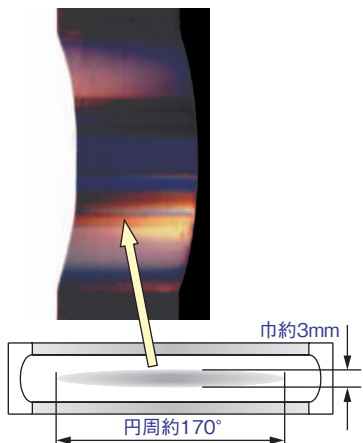


図 7 摩擦面の外観写真 (SbDTC+Zn Sul)
Appearance of friction surface (SbDTC+Zn Sul)

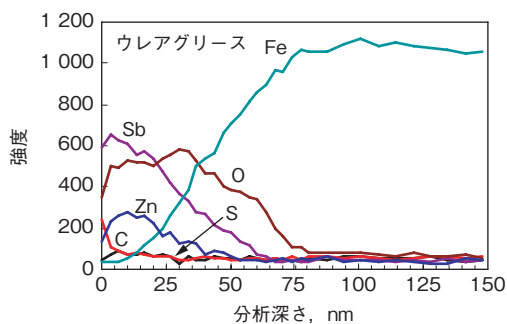


図 8 摩擦面の AES 分析結果 (SbDTC+Zn Sul)
Results of friction surface AES analysis (SbDTC+Zn Sul)

5.3 ビスマス系極圧添加剤のトライボロジー特性

ビスマスは重元素の中では比較的毒性が低く、ビスマス化合物は鉛フリーはんだ合金の材料などにも使用されている。有機ビスマス化合物は鉛系極圧添加剤の代替添加剤として期待できるとの研究報告もある¹⁰⁾。当社ではこの添加剤に着目し、ビスマス化合物のトライボロジー特性を研究した結果、極圧添加剤としてビスマスジチオカーバメート (BiDTC) が耐荷重性や耐熱性に優れることを見いだした。

アルキルジフェニルエーテルに BiDTC を添加した試料について SRV 試験機を用いて摩擦・摩耗特性と表面

膜形成について評価した。図 9 に添加剤濃度を変えた場合の摩擦係数の経時変化を示す。BiDTC はすべり摩擦により表面膜を形成し、摩擦低減効果が認められた。表面膜は Bi の硫化物であり、Bi 濃度が 7 500ppm のとき摩擦係数が最も低い値を示した¹¹⁾。

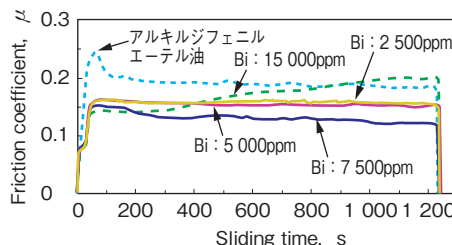


図 9 摩擦係数の経時変化 (BiDTC)
Change of friction coefficient over time (BiDTC)

6. 耐白層はく離グリースの開発

オルタネータ、カーエアコン電磁クラッチやテンション軸受などの自動車用電装品・エンジン補機軸受で、固定輪 (内輪回転の場合、外輪) に鋼の組織を伴う早期はく離が発生し問題となった。機器の小型・軽量化、高性能化のため、軸受の使用条件の高温・高速化が進んだことと V リブドベルトの採用により、ベルト張力や剛性増加による荷重増大、振動増大など運転条件が苛酷になったことが大きく影響を及ぼしている。オルタネータには、ロータを支持する 2 個のグリース密封形玉軸受が使用されている。軸受の使用条件は、回転速度 Max. 18 000min⁻¹、軸受温度が Max. 130℃ 前後である。軸受外輪に発生したこのはく離は、これまでの通常のはく離とは全く異なり、ナイタールエッチングした時に内部に白色組織が見られるのが特長で、白層はく離と呼ばれる。発生メカニズムについては、衝撃的負荷説、水素脆性説などが報告されている。当社では検証試験や金属組織学的見地からの解析を行い、すべり、高面圧、衝撃荷重、振動による内部応力の増大が主要因で、転動体と内外輪接触部でのグリースや水分の分解による水素の発生、鋼への侵入がこのはく離を助長すると推定している。この推定メカニズムに基づき、白層はく離防止のため、油膜による衝撃荷重の緩和とともに添加剤被膜による摩擦低減、水素の発生と鋼への侵入抑制を検討した。その結果アルキルジフェニルエーテル (ADE) を基油とするジウレアグリースに有機金属系極圧添加剤を添加したグリースを開発した⁶⁾。これらの添加剤は軸受の回転中にトラ

イボケミカル反応により表面膜を形成し、衝撃応力の緩和と作用応力の低減および水素の発生と鋼への侵入抑制に効果を示し、白層の防止、長寿命化に大きな効果をあげている。開発グリース KING250 の性状を表1に示す。

7. 植物油系生分解性グリースの研究開発

建設機械、農業機械など屋外で使用される機械の潤滑に用いられる潤滑油やグリースは、漏えいによる環境汚染が動植物の生態系に影響を及ぼす懸念があるため、生分解性潤滑剤の適用が拡大しつつある。OECD 301C 修正 NITI 法による生分解度試験結果を図10に示すが、植物油やエステルは鉱油やポリ α オレフィンにくらべ生分解性に優れており、植物油や脂肪酸エステルを基油とする生分解性潤滑剤が実用化されている¹²⁾。一方、なたねや大豆などの資源作物（油脂資源）を原料として作られる植物油は持続的循環が可能であり、化石資源由来の潤滑剤の代替材料として、今後、環境問題の解決や持続可能な社会の構築のため、その重要性が増すものと予想される。

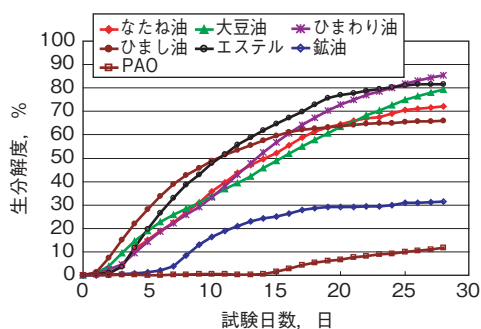


図10 生分解度試験結果
Result of biodegradation test

転がり軸受用としての生分解性グリースの適用例はまだ多くない。現在、工業用として市販されている植物油系生分解性グリースは、耐熱性が劣り、潤滑寿命が短く、軸受用としては、使用箇所が限られる。このため、当社ではトライボロジー特性、グリース寿命向上の研究や製品開発に取り組んだ^{13)~16)}。まず、グリース寿命向上検討のため、劣化過程と酸化防止剤の効果を調べた¹³⁾。寿命試験において、植物油系グリースの寿命形態は、グリースのゲル化による軸受温度上昇であった。試験後の軸受内のグリースを分析の結果、試験時間とともに高分子化合物が増加していることが確認され、ゲル化は基油中の不飽和結合付近で分子内や分子間で重合や架橋反応

が繰り返され、高分子量化合物が生成したためと考えられた。また、アミン系、フェノール系、キノリン系など10数種の酸化防止剤について、なたね油、カルシウム石けんグリースに対する効果を調べた。薄膜加熱試験における全酸価の変化とグリース寿命試験結果をそれぞれ図11、図12に示す。キノリン系酸化防止剤が酸化劣化防止、潤滑寿命向上に効果があることを見いだした。これらの研究結果をもとに、グリース寿命が従来の植物油系生分解性グリースの5倍以上ある生分解性・長寿命“バイオスーパー LL グリース”を開発した(図13)。このグリースはエコマーク商品の認定を受けている。

バイオスーパー LL の代表性状を表2に示す。OECD法での生分解度は28日後に84%と高い生分解性を示した¹⁷⁾。このグリースは建設機械、農業機械、グリーンメンテナンス機器などに使用される軸受に適用できる。

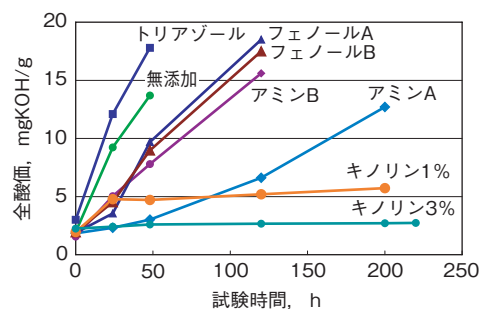


図11 薄膜加熱試験での全酸価の変化
Change of total acid number in thin film heating test

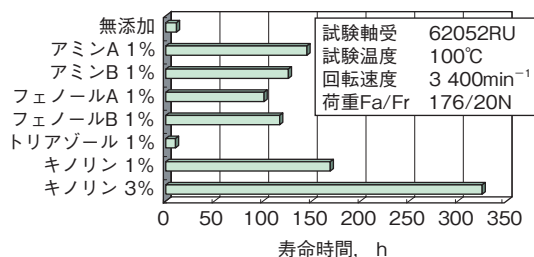


図12 グリース寿命試験結果
Result of grease life test



図13 バイオスーパー LL グリース
BIOSUPER LL grease

表2 バイオスーパー LL の組成, 性状
Composition and properties of BIOSUPER LL

項 目		代表値	
組成	増ちょう剤	カルシウム石けん	
	基油	なたね油	
	基油動粘度 mm ² /s	40℃	34.9
		100℃	8.0
外観	褐色, 粘ちょう状		
混和ちょう度	25℃	280	
滴点, °C	150		
離油度, mass%	80℃, 24h	1.5	
	100h, 24h	3.0	
酸化安定度, kPa	80℃, 100h	33	

8. ポリマ潤滑剤封入軸受の開発

ポリマ潤滑剤は、潤滑油やグリースをポリエチレン樹脂などの樹脂材に含有させ固形化した潤滑剤であるが、MoS₂ やグラファイトなどの固体潤滑剤とは異なり、樹脂は保油機能を持つだけで、基本的には油で潤滑する。また、従来の含油プラスチックと異なり、潤滑油を50%以上含有できるのが特長である。

ポリマ潤滑剤は、超高分子量ポリエチレン樹脂のファインパウダに鉱油や合成油を混合、加熱し固形化したものが多く用いられている。樹脂は、微細な多孔質構造を形成し、油分を保持している。この多孔質構造に保持された油は、荷重が作用すると圧縮変形により油分が表面ににじみ出し、高温になると樹脂と油の熱膨張の差により油分がにじみ出し潤滑を行う。軸受の回転による遠心力によっても離油する。また、一度流出した油分は、毛細管現象により再び多孔質構造に吸収、貯蔵される。

当社で開発したポリマ潤滑剤封入軸受 (SOL PACK ベアリング) の使用温度範囲は -15 ~ 80℃ であり、許容回転速度は、玉軸受の場合、dmn 値で 35 × 10⁴ である^{6), 18)}。現在、この軸受は農業機械、鉄鋼設備の各種搬送装置などで使用されている。また、ポリマ潤滑剤を充てんした針状ころ軸受は二輪車などのサスペンション機構部に使用例がある。

9. おわりに

技術革新が進む中、転がり軸受への更なる高性能化、高機能化の要求にこたえるため、環境保全と安全性を配慮しつつ、高性能化と経済性を追求した潤滑技術の研究

開発が今後ますます重要となり、理論に裏付けられた高い信頼性の潤滑技術の開発取組みが重要と考える。

参考文献

- 1) 北村昌之: Koyo Engineering Journal, no. 161(2002)7.
- 2) 岡田孝利: 月刊トライボロジー, no. 189(2003)52.
- 3) 下村利明: Koyo Engineering Journal, no. 161(2002)39.
- 4) 小宮広志: Koyo Engineering Journal, no. 137(1990)40.
- 5) 小宮広志: 機械設計, 44, 10(2000)70.
- 6) 小宮広志: 設計工学, 35, 6(2000)194.
- 7) 中田竜二, 小宮広志: トライボロジー会議予稿集(大阪 1997-11)255.
- 8) 加藤典子, 中田竜二, 小宮広志: トライボロジー会議予稿集(東京 1998-5)408.
- 9) 小宮広志, 中田竜二, 吉崎浩二: トライボロジー会議予稿集(仙台 2002-10)7.
- 10) D. K. Tuli et al.: Lubrication Engineering, 51, 4(1995) 298.
- 11) 鈴木雅裕, 小宮広志, 岡村征二, 俣野善博: 石油学会盛岡大会 講演要旨(2005)341.
- 12) 小宮広志: 月刊トライボロジー, no. 216(2005)28.
- 13) 加藤典子, 小宮広志, 木村晶美, 木村 浩: トライボロジー会議予稿集(東京 1996-5)309.
- 14) 加藤典子, 小宮広志, 木村晶美, 木村 浩: トライボロジー会議予稿集(東京 1997-5)358.
- 15) N. Kato, H. Komiya, A. Kimura, H. Kimura: Lubrication Engineering, 55, 8(1999)19.
- 16) 吉崎浩二, 小宮広志, 中村裕一, 松保秀紀: トライボロジー会議予稿集(東京 2004-5)187.
- 17) 小宮広志: 潤滑経済, no. 449(2003)30.
- 18) 中田竜二: Koyo Engineering Journal, no. 149(1996)31.

筆 者



小宮広志*
H. KOMIYA

* 研究開発センター 材料技術研究部