

省エネ・万能極圧グリースの開発

中央技術研究所 潤滑油研究所 グリース・冷凍機油グループ あやめ 菖蒲 ゆうすけ 祐輔



1. はじめに

地球温暖化に対するCO₂削減への国際的な取り組みや、東日本大震災を発端とする電力需給危機を背景として、省エネルギーに対する意識は一層高まってきている。また、政策面においては、「エネルギー使用の合理化等に関する法律（通称「省エネ法」）」により、エネルギー使用量削減に向けた活動が強化されている。例えば、2015年4月から三相誘導モーターがトップランナー基準の対象となり、原則として供給が効率クラスIE3（プレミアム効率）に相当するものに限られるようになるなど、年々規制は厳しさを増している。（表1）

表1 モーターの効率クラス

IEC規格	効率クラス
IE4	スーパープレミアム効率
IE3	プレミアム効率
IE2	高効率（現在日本で普及しているレベル）
IE1	標準効率

潤滑油は、低粘度や高粘度指数の基油の採用による低温時の攪拌抵抗の低減、ならびに添加剤による摩擦低減などにより、機械の消費電力量削減や自動車の燃費向上、ロングドレイン化（オイルの長寿命化）を図り、省エネ・省資源化に貢献してきた。一方、グリースは部品に初期封入されてから寿命に至るまで無交換で使用される場合が多く、グリースには省エネ性よりも長寿命や信頼性が重視されてきた。また、給脂システムにより継続的に補給使用される場合にも、圧送性や詰まりにくさといった潤滑性とは異なるグリース特有の性質を確保しなければならず、省エネ性に焦点を当てた研究や開発は多くない。

本報では、高い省エネ性を発揮するために必要なグリースを構成する成分の特性を解説した後、新たに開発した省エネ・万能極圧型グリースの性能について報告する。

2. グリース潤滑における省エネ性の考え方

2.1 潤滑油の省エネ技術の応用

グリースは基油と添加剤から成る油分の中に、増ちょう

剤と呼ばれる油との馴染み性（親油性）の強い固体を分散させて半固体状にした潤滑剤である。グリースの基油と添加剤には潤滑油と同様の成分が用いられているため、潤滑油の省エネ化技術の応用が可能である。

基油については、低粘度化により攪拌抵抗を低減することに加え、図1に示すような分子内に直鎖構造を多く有する基油を用い、高压となる潤滑部において分子同士の引っ掛かりによる基油内の摩擦を低減することが有効である。基油の内部摩擦はトラクションとも呼ばれ、トラクション係数が低いほど摩擦抵抗が小さい基油と言える。

摩擦調整剤とよばれる添加剤は、基油による油膜が十分に形成できない低速や高負荷の条件下において、部材表面に被膜を形成し、摩擦係数を制御することができる。有機モリブデン系（以下「Mo系」という）の摩擦調整剤は摩擦係数を低減する効果に優れることが知られており、滑りによるエネルギー損失を低減することが可能と考えられる。

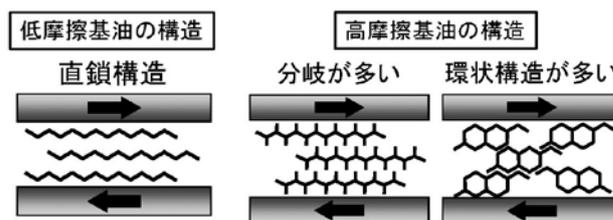


図1 基油の分子構造による基油内部摩擦の概念図

2.2 増ちょう剤による省エネ性

半固体状のグリースは増ちょう剤の働きにより、強い外力が加わった時に流動し、外力が弱い場合には流動しにくいという油とは異なった挙動を示す。この流動のしやすさを制御することは攪拌抵抗と関係しており、省エネ性に影響する。例えば、転がり玉軸受内のグリースの挙動を図2に示す。グリースが流動しすぎると、転動体の軌道から押しつけられたグリースが再び戻り、通り道を塞ぐチャーニングと呼ばれる状態となる。この場合、転動体が常に軌道確保のためにグリースを押しつけて進む必要があるため、回転抵抗が大きくなることに加え、温度上昇の原因にもな

る。一方、軌道から除去されたグリースが軌道面に過剰に再流入しないチャネリングと呼ばれる状態では、転動体はグリースを押しつけるための抵抗が小さくなり、低いトルクで回転することが出来る。

したがって、グリースの省エネ化には、早期にチャネリング状態となるよう、初期に適度な硬さを有することや、流動し過ぎず押しつけられたまま留まる性質を持つことが必要である。このようなグリースの流動特性は、増ちょう剤により支配される。万能グリースとして幅広い用途に使用されているグリースの増ちょう剤には、耐熱性、耐水性、せん断安定性に優れるリチウム石けん（以下「Li石けん」という）が利用されてきた。リチウムコンプレックス石けん（以下「Liコン」という）はLi石けんよりも更に耐熱性、耐水性やせん断安定性に優れ、温度に対するちょう度変化も少ない²⁾ことから、同等のちょう度（硬さ）であってもLi石けんよりグリースの流動性を抑えるため、攪拌抵抗の低減に有効と考えられる。

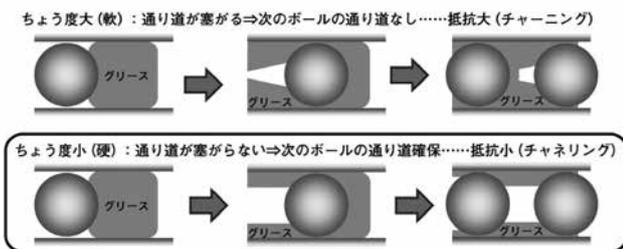


図2 軸受内のグリースの挙動

3. グリース構成成分が省エネ性に及ぼす影響調査

3.1 評価グリースの組成と省エネ性評価方法

本検討では、基油・増ちょう剤・添加剤をそれぞれ段階的に変更したグリースについて比較を行った。表2に評価に用いた試作グリースの組成を示す。GB～GDでは、GAと比較して低粘度の基油を用い、基油の粘性による攪拌抵抗の低減効果を検討した。GAおよびGBではLi石けんを、GCおよびGDではLiコンを用い、増ちょう剤の影響を検討した。さらに、GA～GCでは硫黄-リン系添加剤のみ添加したのに対し、GDではMo系摩擦調整剤も添加し、添加剤による摩擦係数低減の影響を検討した³⁾。

グリースによる省エネ性については、図3に示す装置を用い、モーターからVベルトを介し供試グリースを封入した軸受2組を2時間回転させた時の積算消費電力により比較した⁴⁾。試験軸受には、複列玉軸受7008ADFおよび、複列円すいころ軸受4T-CRI-0868を用い、軸受形式の違いによる影響についても検討した。

表2 評価グリースの組成

	GA	GB	GC	GD
基油	鉱油			
基油動粘度 (40℃) mm ² /s	124	36		
基油粘度指数	98	118		
基油トラクション係数	0.031	0.021		
増ちょう剤	Li石けん		Liコン	
混和ちょう度 60W	2号			
添加剤	硫黄-リン系			硫黄-リン系 Mo系

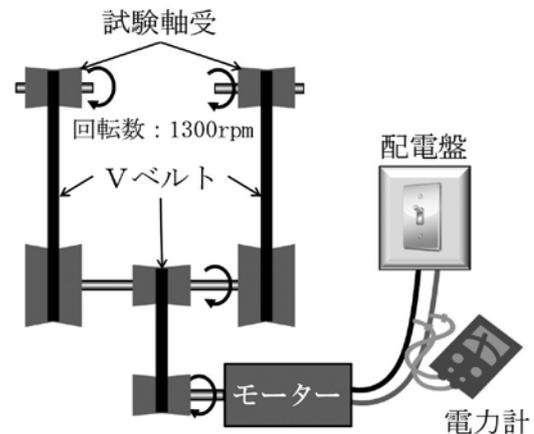


図3 消費電力測定装置

3.2 グリース組成と転がり軸受の省エネ性

評価グリースGAの積算消費電力を基準とした場合の、玉軸受およびころ軸受回転時のモーター消費電力比較を図4に示す。玉軸受、ころ軸受とも、基油の低粘度化・低摩擦（低トラクション係数）化により消費電力は大幅に低減しており、粘性抵抗によるエネルギー損失が大きいことが分かる。増ちょう剤をLi石けんからLiコンへ変更することにより、消費電力は玉軸受・ころ軸受とも低減するが、ころ軸受における効果は玉軸受と比べ小さい。ころ軸受では、軌道面で粘性抵抗となるグリースの量が定常的に少なく、再流入するグリースによるエネルギー損失が相対的に小さくなるためと考えられる。Mo系摩擦調整剤による消費電力低減効果は増ちょう剤と逆であり、ころ軸受の方が玉軸受より大きい。ころ軸受では、ころの端面と内輪のつばの部分純滑りの状態となっており、摩擦抵抗によるエネルギー損失が大きいため、摩擦係数低減により消費電力を大きく低減できたと考えられる。

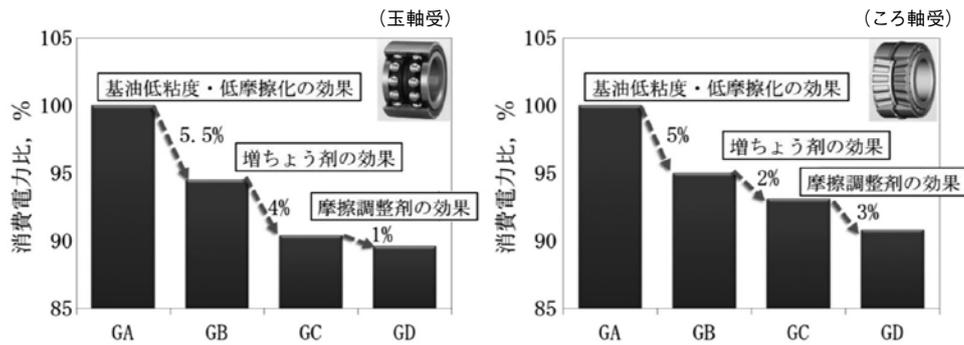


図4 消費電力測定結果

4. 開発品の実用性能

4.1 比較グリース

表3に比較参照したグリースの一覧を示す。市販品A～Cは極圧性を有し、幅広い環境での使用を想定した万能極圧グリースである。一方、市販品Dは低粘度の合成油を基油とし、少ない消費電力となることが想定される軸受用グリースである。

4.2 消費電力比較

図5に、縦軸に玉軸受およびころ軸受の消費電力比、横軸に極圧性の指標である高速四球試験の融着荷重をとり、開発品との比較を示す。

開発品の消費電力は市販の万能極圧グリースより玉軸受で最大約15%、ころ軸受でも約10%低く、また転がり軸受用グリースと比較しても低い値を示しており、非常に優れた省エネ性を有している。また、消費電力の低い市販品は融着荷重が低かったのに対し、開発品は消費電力が低く、かつ融着荷重が高く、省エネ性と極圧性を両立している。

表3 比較グリースの性状

	開発品	市販品A	市販品B	市販品C	市販品D
基油	鉱油	鉱油	鉱油	鉱油	合成油
基油動粘度 (40℃) mm ² /s	36	124	220	155	28
増ちょう剤	Liコン	Li石けん	Li石けん	Liコン	Li石けん
混和ちょう度 60W	262	280	284	284	250
滴点 ℃	280以上	200	184	280以上	190
高速四球試験融着荷重 N	3089	3089	2452	1981	1236

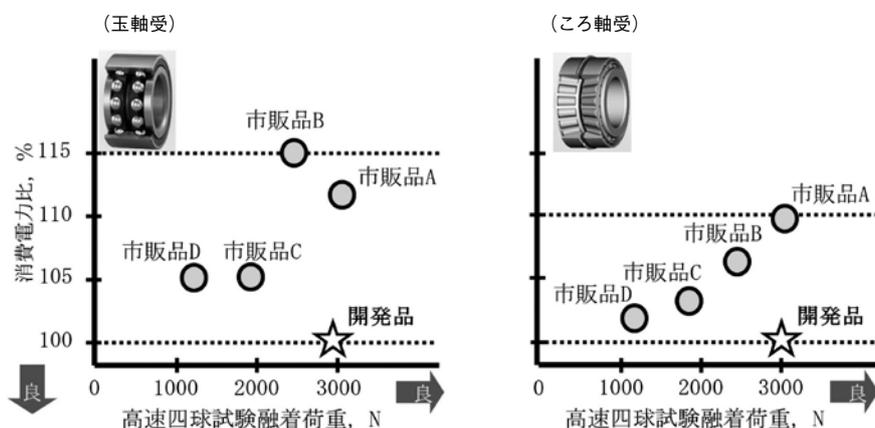


図5 消費電力と極圧性

4.3 開発品のその他の性能

玉軸受の消費電力測定前後での温度上昇を図6に、150℃で実施した ASTM D3336 軸受寿命試験におけるグリース潤滑寿命を図7に示す。開発品は軸受の温度上昇が小さく、周辺部品への熱影響を低減し、周辺部品の寿命をも向上させるなど、省エネ性以外の利点も期待される。また、開発品は低粘度の鉱油系基油を用いていながら、合成油を用いた軸受用グリースに匹敵する長寿命を有しており、ロングドレイン化が見込まれ、省資源化にも貢献できるグリースである。

図8に、円盤にグリースを一定量塗布（φ22×3mm）し、400rpmで回転させた前後の張り付き状態を示す。開発品は高粘度基油を用いた市販品Bや同じLiコンを用いた市販品Cよりも張り付き性に優れており、グリースの垂れ、漏れ、飛散を抑制し、保全作業の軽減や作業環境の改善に期待できるグリースである。

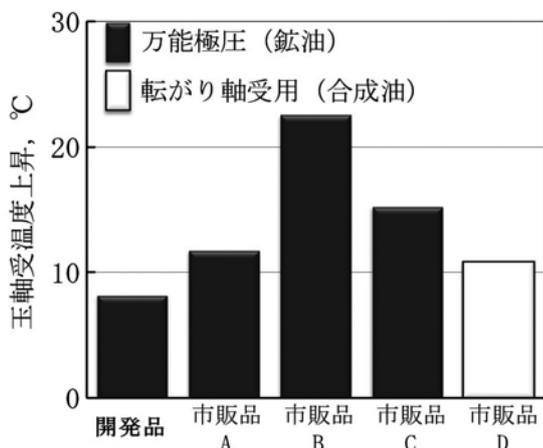


図6 消費電力試験前後の温度上昇

5. まとめ

本開発では、グリースを構成する基油、増ちょう剤、添加剤の各成分について省エネ性に与える影響を検討し、以下のことを明らかにした。

- (1) 低粘度かつ内部摩擦の低い基油は、玉軸受・ころ軸受ともに大幅な消費電力削減効果がある。
- (2) 玉軸受においては、粘性抵抗によるエネルギー損失が大きく、増ちょう剤をLi石けんからLiコンに変更することによる消費電力削減効果が大きい。
- (3) ころ軸受では、粘性抵抗に加え滑りによるエネルギー損失が大きく、Mo系摩擦調整剤を適用することによる消費電力削減効果が大きい。

以上の技術を駆使した開発品は、低消費電力を実現し省エネ性に優れるだけでなく、高極圧性、低温度上昇、長寿命を兼ね備え、既存の万能グリースよりもさらに幅広い範囲に適用が可能であるとともに、省資源化にも貢献するグリースである。本開発品は2014年3月から、省エネ・万能極圧グリース「タフリックスグリース MP2」として販売されている。

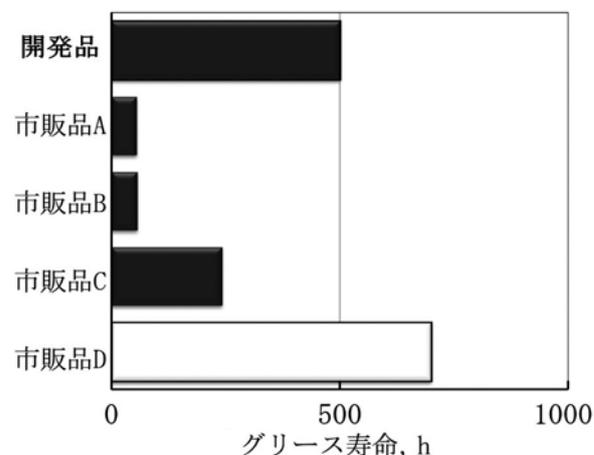


図7 ASTM D3336 軸受寿命試験結果
(軸受：6204ZZ、温度：150℃、回転数：10000rpm)

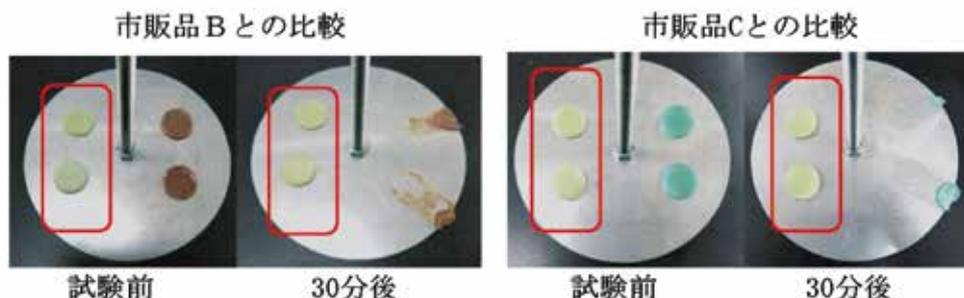


図8 張り付き性評価結果（室温、400rpm、左側：開発品（赤枠内）、右側：市販品）

グリースは、各種産業機械、工作機械で幅広く使用され、欠かせない潤滑剤の1つであるため、省エネグリースが貢献できる分野は広い。今後グリースによる省エネ・省資源化の実現に向けた取り組みが活発になることを期待するとともに、本報告内容が皆様の設備保全活動の一助になれば幸いである。

－ 参考文献 －

- 1) 内海孝之；潤滑通信社、潤滑経済、7月号、2-5 (2014)
- 2) 荒井孝；ENEOS TECHNICAL REVIEW、第51巻、第2号、28-32 (2009)
- 3) 菖蒲祐輔、波多野正和、坂本清美；トライボロジー会議 2015 春姫路予稿集、15-16 (2015)
- 4) 菖蒲祐輔；2014 年石油製品討論会予稿集、94 (2014)