

NACHI  
**TECHNICAL  
REPORT**  
Components

Vol. **16** D1  
June/2008

機能部品事業

■ 技術講座

知りたいトライボロジー講座⑦

「潤滑グリースについて」

Things to Know about Tribology  
"Grease for Lubrication"

〈キーワード〉 グリース・密封軸受・開放型軸受・基油・  
増ちょう剤・酸化反応速度

部品事業部／技術一部

岡島 正和

Masakazu Okajima

## 要 旨 (グリースの歴史)

グリースを潤滑用語解説集で調べますと、次のように解説しています。「半固体状の潤滑剤の総称で、英語では本来の意味である獣脂などと区別するためLubricating Greaseと呼ばれることが多い。」

起源はエジプト時代にさかのぼります。ピラミッドの発掘調査で、当時使われていたであろう戦車の車軸を分析したところ、カルシウムが検出され、石灰を獣脂に混ぜて使われていたことが分かりました。つまりは液状の潤滑剤を何とか固めて、長く保持させようとしていたことが分かります。

その後、動植物油が潤滑剤として使用されてきましたが、石油の発見によって安定した品質の潤滑剤を手に入れられるようになり、これらが主流になってきました。したがって、石油系潤滑剤をグリース化して使うようになったのは、ごく近代の話です。

## Abstract

"Grease" is defined in the glossary of lubrication terms as the following. "Grease is a general term for semisolid lubricant and in English it is often called Lubricating Grease to distinguish it from animal fat that is the original meaning of grease."

Its etymology traces back to the Egyptian era. During the excavation and research of Pyramids, the axles of tanks used in that era had been analyzed and calcium had been detected. Lime had been mixed in animal fat in order to make liquid lubricant thicker and to prolong its life.

Since then, a use of animal and plant oil continued until the discovery of petroleum, which brought about more stable lubricant, making it the mainstream of grease. Therefore, it is fairly recent that the petroleum-based lubricating grease came into use. The development and application of grease are explained with some examples.

## 1. 軸受寿命向上の潤滑剤

転がり運動には、性能維持、寿命向上のため潤滑が不可欠です。最も多用されている転がり軸受に、単列深溝玉軸受という軸受がありますが、この軸受には、潤滑剤であるグリースを軸受内に封入した密封軸受と、使用環境に合わせてグリースを補給する開放型(オープン)軸受の2種類があります。単列深溝玉軸受の外観写真を図1、断面図を図2に示します。いずれもグリースで潤滑を行なう場合は、グリースの使用環境、使用条件により、軸受特性が大きく変わることが分かっています。



図1 単列深溝玉軸受の外観写真

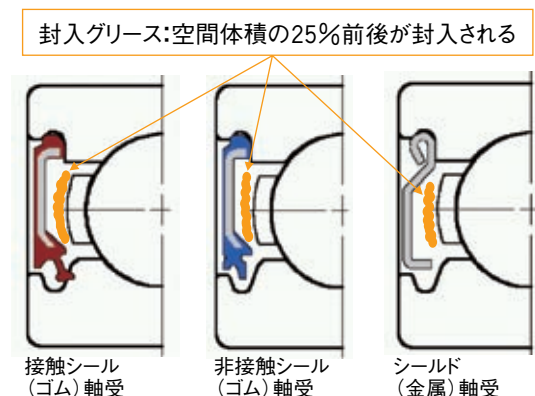


図2 単列深溝玉軸受の断面図



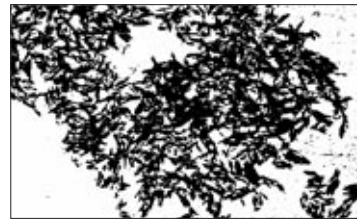
## 2. グリースの成分

グリースの成分は、その80%前後が基油と呼ばれ<sup>※1</sup>る潤滑に直接的にかかわる油であり、残りの20%前後が、増ちょう剤と呼ばれ基油を保持するものであり、これに数%の添加剤を加えて構成されています。<sup>※2</sup>

代表的な増ちょう剤の顕微鏡写真を、図3に示します。増ちょう剤は基油を抱え込むスポンジのようなもので、大きな剪断力を受けて、このスポンジが切断などされるとグリースの保持能力は低下し、軸受内部からグリースが流出する原因となります。基油および増ちょう剤は、それ自身では防錆能力は一般になく、その為、添加剤を加えなければいけません。ただし、添加剤は、その量がわずかではありますが、防錆以外にも多くの効用を有しており、文字通り鼻薬となっています。



リチウム系の例



ウレア<sup>※3</sup>系の例

図3 増ちょう剤の顕微鏡写真

グリースの劣化を左右する因子は、回転数、外力の大きさ、水やダストの侵入などがありますが、グリースを密封できれば、劣化に対して最も大きく左右する因子は使用温度となります。この為、使用環境の対策と併行して、グリースの開発は、高温性能向上を主眼に開発されてきました。

## 3. グリース寿命(グリースの耐久性を示す)計算式

軸受の密封性を高めるなどして、グリース劣化を促す要因を排除しても、グリースは次第に劣化します。その耐久性の指標として、現在最もよく用いられているものは、酸化反応速度です。酸化反応速度の対数と絶対温度とはアレニウス(Arrhenius; スウェーデン 1859~1927)の式により、逆数の関係で表わされます。

アレニウスの式

$$\frac{dx}{dt} = A \exp\left(-\frac{E}{RT}\right)$$

ここに x ; 酸化物生成量  
t ; 経過時間  
T ; 絶対温度  
A, E, R ; 定数

アレニウスの式を積分等して、荷重および回転数の影響度合いを実験などにより算出し、最終的に次のような計算式がE.Booserにより提唱されました。

$$\log L = -2.3 + \frac{2450}{273+T} - 0.301Sg - 0.26 \frac{d \cdot n}{[dn]_L} - 0.18 \frac{n \cdot d \cdot W}{C^2}$$

ここに L ; グリース劣化時間hrs  
W ; 外力荷重lb  
T ; 絶対温度K  
n ; 軸受回転数rpm  
d ; 軸受内径mm  
[dn]<sub>L</sub> ; 軸受種類に依存する定数  
Sg ; グリースファクタ

原式を尊重するため、単位はlb(ポンド)など工学単位系で表わしてあります。今日では、質量単位系N(ニュートン)で表記されている場合もあり、そのときは係数が異なります。このほかに、各軸受メーカーが独自の計算式を公表していますが、基本的には上式と変わりません。酸化劣化に基づくBooserの式は、最も支持されている考え方となっているため、現実をうまく説明することができるようになっています。

Booserは、 $S_g=0$ (長寿命石油系)、 $S_g=1$ (従来の石油系)、 $S_g=2.9$ (エステル系)<sup>※4</sup>、の3ヶの数値のみを与えていますが、 $S_g$ は様々なグリース固有の数値となるため、グリース銘柄毎にこの数値を公表している軸受メーカーもあります。

## 4. 計算式の意味(グリース増ちょう剤の耐高温性能)

Booserの計算式がつけられた過程で検証されていますが、いろいろな荷重条件や温度条件で計算した場合、グリース寿命には次のような特徴があります。

- ①回転数や外力荷重への依存度は小さく、温度が支配的。
- ②温度が $10^{\circ}\text{C}$ 上昇すると、寿命は約 $1/1.5$ の比で低下する。

実際に軸受の耐久試験を行なうと、これらの特徴はほぼ妥当性があることが確認されています。

特に②の $10^{\circ}\text{C}$ 上昇で $1/1.5$ への寿命低下は、業界では $10^{\circ}\text{C}1.5$ と呼ばれ、Booserは $100^{\circ}\text{C}$ の実験でこのことを検証しています。この温度に対するグリース寿命を模式図で示した場合、図4のようになります。

グリース寿命は、温度に逆比例して直線的に低下していきませんが、どれだけ温度上昇しても直線性を保つ訳ではなく、ある温度でその直線性が崩れてしまいます。それが実質のグリースの使用限界温度と考えられます。

グリース寿命を向上するためには、この直線性が崩れる温度域をより高温側に移動させること、および、直線性を保つ範囲で、より長寿命になるように改善する必要があります。

使用温度域をより高温側へ移動させるためには、グリースの増ちょう剤の種類が大きく係わり、グリースの長寿命化は基油が大きく係わってきます。

これらの関係を模式的に表わすと、図5のようになります。グリース開発の変遷は、増ちょう剤と基油の改善に拠るところが大きくなっています。

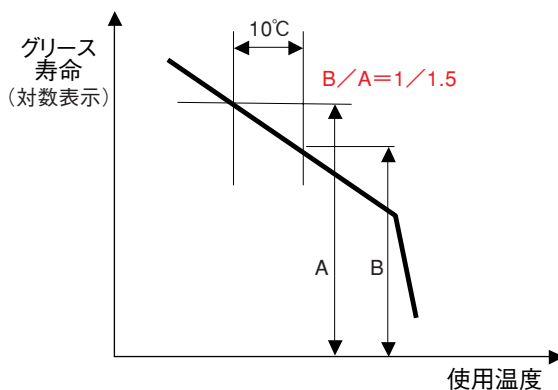


図4 グリース寿命の温度依存特性の模式図

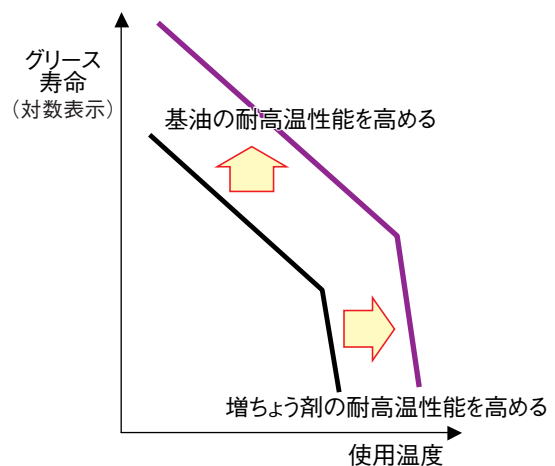


図5 グリース寿命向上の施策

# 5. 増ちょう剤と基油の種類およびそれらの組合わせによる特徴

現在、多く使われている増ちょう剤は、<sup>※5</sup>金属石けん基とウレアがあります。また、基油は鉱油系、合成油、エーテルおよびフッ素系があります。現在、比較的良好とする増ちょう剤と基油の代表例を、耐高温特性順に並べて、図6に示します。基油と増ちょう剤の組み合わせにより、高温時の長寿命化と使用温度限界の適正化が図られています。

ただし、任意の増ちょう剤と基油とを全て組み合わせられるとは限らず、ある程度の制限があり、代表的な組み合わせ例を、図6に示します。高温特性を向上させると、軸受トルクの増加や回転音の増加など背反事象が発生してしまうことがあり、グリース添加剤の助けも借りて、どう克服していくかが、グリースの開発歴史といえます。

<sup>※6</sup>ナトリウム石けん系は、工業生産グリースとして初期の頃に開発されたものであり、低トルク特性を活かして自動車用軸受に、広く使われたことがありました。例えば、マニュアル車に使用されるクラッチレリーズ部の軸受は、軸受を押しつける力でのみ回転する機構となるため、軸受の回転抵抗が大きいと滑りが発生してしまうので、このナトリウム石けん系グリースが多用されていました。しかし、このグリースは吸湿性の欠点があり、<sup>※7</sup>次第にリチウム石けん系に置き換えられてきています。今日では、カルシウム石けん系も含めて、ほとんど使われなくなっています。

現在はほとんどの使用に適し、万能グリースといわれるリチウム石けん系で事足りることが多くなっています。基油はエステルや鉱油系など、使用条件に

応じて選定され、静粛性や低トルク性を求める場合はエステル系が用いられ、産業機械など一般的な使い方では、コスト的に低く抑えられる鉱油系が多用されています。

エステル系の留意点としては、エステルが加水分解すると水を発生することです。このほか樹脂や軸受密封シールのゴム材質との適合性が問題になることがあります。

ウレアもエーテルも共に、コストを抑えながら、高温特性を向上させるために開発されたものであり、一部の市場で使われ始めています。ウレアには用途に応じて数種類の構造があり、またエーテルは一般に高粘度で低温時の軸受トルクが大きくなるという欠点がありますが、今日では調合方法により低温トルク対策もすすみ、比較的高温領域で使用される代表格になっており、開発競争が最も激しいものとなっています。

フッ素は燃えない限り安全ですが、燃えると有害ガスが発生します。例えば、フッ素グリースを手で触り、その手でタバコを吸うと、指先に付着したグリースがタバコ内部にしみこみ、これが燃えて発生した有害ガスを人が吸うと、風邪に似た症状の体調変化が現れることがあり、作業上の注意が必要となります。

また、フッ素系は炭素を含まないので、石油系グリースの劣化の最終姿である炭化という形を取らないため、200℃を超えるような高温用途に使用されています。このように、フッ素系は耐高温特性が優れているなど、長所が多くありますが、最も高価となります。

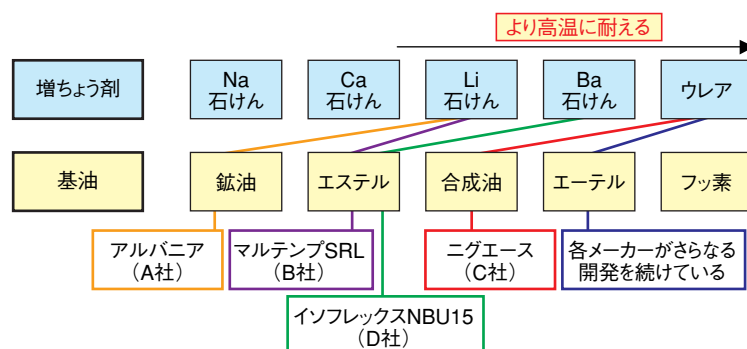


図6 増ちょう剤と基油の高温特性順配列と適用グリース例

## 6. グリース選定ミスマッチによる不具合事例

軸受使用環境とグリースのミスマッチに拠る不具合事例を紹介しておきます。

使用箇所は自動車エンジンルーム内で、低トルク要求に基づき、エステル基油のグリースを使用するシールド軸受<sup>※8</sup>が選定されました。使用してみると、図7(a)のように、短期間にグリース劣化が著しい軸受が散見されるようになりました。詳細な使用箇所を確認すると、エンジン点火プラグの高電圧を分配するディストリビュータ回転部でした。エンジンルームは硫酸ガスやNOXなどの気体が漂う場所でもありましたが、設定された仕様は高温環境下でも低トルクということに主眼がおかれ、エステルをベースにしたグリースと、コストを意識したシールド軸受が選定されていました。結論的には、シールドと軸受のスキマから、これらのガスが侵入し、グリース基油のエステル成分を攻撃分解して、短期間に不具合を発生したものでした。

対策は、高温に適した合成油系の基油に変更することで耐酸化性を向上させ、更に安全を期すため、非接触のシールド(金属)から接触シールド(ゴム)への変更が実施されました。その結果、図7(b)のように、長期間走行してもグリースの劣化は認められなくなりました。ここでの問題は、グリースを選定するときに、そのときまでに持ち合わせている知見の範囲内では、事態の予測はできず、それ以外は軸受への要求特性からグリースを選定することにあります。

エステル基油は、低トルクや静粛性では優れた特性を有していますが、使用環境に対して背反特性も発生することがあります。カタログなどでは、このようなネガティブなことは一般に書かれていませんのでグリース選定には使用環境、使用条件を考え注意を要します。



(a) シールド軸受にエステル系基油グリースを封入したもの



(b) 接触シールド軸受に非エステル系の合成油基油グリースを封入したもの

図7 酸性ガス環境下でのグリース劣化例

## 7. グリースの長所と欠点を知り使い分ける

以上、グリースの開発、適用などについて、事例を交えながら解説しました。

グリース開発の歴史は、国内のグリースメーカーが発行している技術解説書に、さらに詳細なことが書かれていますので、興味がある場合はこれらを参考にしてください。

また、グリースメーカーが発行するグリース性状表は、その数値の意味や検査方法についてはJIS K2220に詳しく書いてあり、検査標準が規格化されています。ただし、規格に定めてない数値での、異なるメーカー

間での絶対的な比較は、あまり当てにならないようです。

転がり軸受に使用するグリース選定で疑問が生じた場合は、軸受メーカーに問い合わせして下さい。軸受メーカーの技術陣は、自社他社含めて、グリースにまつわる多くの情報を収集し、使用経験も豊富です。

全てのニーズにマッチするグリースはなく、それぞれ長所と欠点があります。これらを認識した上で、コストと寿命を考えて、適切なグリースの選定をお願いします。

### 用語解説

- ※1 基油  
潤滑油やグリースの基材として使用される油で、製品の品質に大きく影響する。グリースの使用目的により、低・中・高粘度の潤滑油が使用される。エステルなどの合成油が使われることもある。
- ※2 増ちょう剤  
潤滑油基油に均一に分散させて、グリースを固体または半固体状にするもので石けん系と非石けん系の2種類に大別される。
- ※3 ウレア  
非石けん系に分類され、高温での安定性がよく、油分離が少ない。耐水性、酸化安定性も良いなどの特徴がある。
- ※4 エステル系  
脂肪酸とアルコールが反応して、水がとれて生じた化合物の総称。
- ※5 金属石けん  
リチウム、カルシウムなど。
- ※6 ナトリウム石けん  
石けん系に分類され、滴点は160℃以上。120℃程度まで使用可。耐水性は悪く、せん断安定性もあまり良くない。
- ※7 リチウム石けん  
石けん系に分類され、滴点は180℃以上で耐熱性は良好。常用120～130℃まで使用可、耐水性、せん断安定性とも良好。
- ※8 シールド軸受  
軸受の側面に銅板製のシールド板をとり付けた軸受。

### 関連記事

- 1) 渡辺孝一：知りたいトライボロジー講座①「トライボロジー入門」  
NACHI-BUSINESS news Vol.7 D1、May/2005
- 2) 横山 良彦・渡辺 孝一：知りたいトライボロジー講座②「摩擦・摩耗」  
NACHI-BUSINESS news Vol.9 D2、November/2005
- 3) 高木 俊行・渡辺 孝一：知りたいトライボロジー講座③  
「転がり接触について」  
NACHI-BUSINESS news Vol.10 D1、June/2006
- 4) 渡辺 孝一：知りたいトライボロジー講座④  
「弾性流体潤滑理論 (EHL理論)」  
NACHI TECHNICAL REPORT Vol.11 D1、October/2006
- 5) 菅洞 英樹・渡辺 孝一：知りたいトライボロジー講座⑤  
「転がり運動について」  
NACHI TECHNICAL REPORT Vol.13 D1、June/2007
- 6) 渡辺 孝一：知りたいトライボロジー講座⑥  
「転がり接触面下の応力」  
NACHI TECHNICAL REPORT Vol.14 D1、October/2007
- 7) 渡辺 孝一：《基礎講座》転がり軸受の潤滑グリース  
マシナリールブリークेशन 2007年 11・12月号

本 社	本社・富山事業所 東京本社	富山市不二越本町1-1-1 東京都港区東新橋1-9-2 汐留住友ビル17F <a href="http://www.nachi-fujikoshi.co.jp/">http://www.nachi-fujikoshi.co.jp/</a>	〒930-8511 〒105-0021	Tel.076-423-5111 Tel.03-5568-5111	Fax.076-493-5211 Fax.03-5568-5206		
生産拠点	富山事業所	富山市不二越本町1-1-1	〒930-8511	工具 マシナリー ロボット ベアリング	Tel.076-423-5100 Fax.076-493-5221 Tel.076-423-5140 Fax.076-493-5242 Tel.076-423-5135 Fax.076-493-5252 Tel.076-423-5120 Fax.076-493-5231		
	東富山事業所	富山市米田町3-1-1	〒931-8511	マテリアル 油圧機器	Tel.076-438-4411 Fax.076-438-6313 Tel.076-438-8970 Fax.076-438-8978		
	滑川事業所	富山県滑川市大掛176	〒936-0802	プレジジョン カーハイドロリクス クリーンサーモ コーティング 精密成形	Tel.076-471-2101 Fax.076-471-2630 Tel.076-471-2320 Fax.076-471-2324 Tel.076-471-2982 Fax.076-471-2987 Tel.076-471-2985 Fax.076-471-2989 Tel.076-471-2991 Fax.076-471-2992		
	水橋事業所	富山市水橋伊勢屋193	〒939-3524	ベアリング	Tel.076-478-2098 Fax.076-479-1081		
営業拠点	東日本支社 北海道営業所 福島営業所 山形営業所 北関東営業所	東京都港区東新橋1-9-2 汐留住友ビル17F 札幌市東区本町1条10-4-10 福島県郡山市桑野2-33-1 ワン・ブリッジビル2F 山形県西村山郡河北町谷地字真木130-1 (株)ナチ東北精工内 群馬県太田市浜町26-2	〒105-0021 〒065-0041 〒963-8025 〒999-3511 〒373-0853	Tel.03-5568-5280 Tel.011-782-0006 Tel.024-991-4511 Tel.0237-71-0321 Tel.0276-46-7511	Fax.03-5568-5290 Fax.011-782-0033 Fax.024-935-1450 Fax.0237-72-5212 Fax.0276-46-4599		
	中日本支社 東海支店 北陸支店	名古屋市名東区高社2-120-3 ナチ名古屋ビル 浜松市海老塚1-20-17 富山市石金2-3-60 ナチ北陸ビル	〒465-0095 〒432-8033 〒930-0966	Tel.052-769-6811 Tel.053-454-4160 Tel.076-425-8013	Fax.052-769-6830 Fax.053-454-4845 Fax.076-493-5215		
	西日本支社 中国四国支店 広島営業部 九州支店	東大阪市本庄西2-73-14 ナチ大阪ビル 岡山市西古松2-2-30 広島市安佐南区西原8-25-10 福岡市博多区山王1-10-30	〒578-8522 〒700-0927 〒731-0113 〒812-0015	Tel.06-6748-2510 Tel.086-244-0002 Tel.082-832-5111 Tel.092-441-2505	Fax.06-6748-1955 Fax.086-243-4346 Fax.082-832-5114 Fax.092-471-6600		
海 外	国際営業部	東京都港区東新橋1-9-2 汐留住友ビル17F	〒105-0021	Tel.03-5568-5240	Fax.03-5568-5236		
生産拠点 Overseas Manufacturing Companies	AMERICA	Indiana, Michigan / U.S.A.	BRAZIL				
	EUROPE	SPAIN	CZECH				
	ASIA and OCEANIA	KOREA	TAIWAN	CHINA	THAILAND	SINGAPORE	
営業拠点 Overseas Sales Companies	AMERICA	U.S.A.	CANADA	MEXICO	BRAZIL		
	EUROPE	GERMANY	SPAIN	U.K.	ITALY		
	ASIA and OCEANIA	KOREA	TAIWAN	CHINA	THAILAND	SINGAPORE	MALAYSIA
		INDONESIA	PHILIPPINES	VIETNAM	AUSTRALIA		