

グリースの色に基づいた劣化診断法

Grease diagnosis method by color analysis

日本精工株 (正) *稲葉 武信 (正) 村上 豪

Takenobu Inaba*, Takeshi Murakami*

* NSK Ltd

1. はじめに

転がり軸受に使用される潤滑油を現場で診断する方法については、ASTM 色や粒子計数法、バッチテスト、鉄粉濃度、誘電率の測定等が存在する¹⁾。一方、グリースの診断については、その流動性や光透過率の低さ等の特徴から、色の定性的な観察や鉄粉濃度の測定²⁾に留まる。特に、グリースの酸化レベルを現場で定量的且つ簡便に測定可能な方法はない。

機械設備では、その運用状態を一定の監視下において故障の兆候を検知し、適切な時期に保全を実施する要求がある。また、環境負荷低減のため、潤滑剤の使用量削減も求められている³⁾。しかし、グリースで潤滑する転がり軸受においては、その劣化度合いを現場で正確に測定する方法が少なく、メンテナンス毎に全給脂することが一般的であり、グリースを多量に使用しているのが実情である。このような背景から、グリースの劣化度合いを現場で測定できる手法の開発に取り組んだ。本稿では、グリースを溶剤で希釈することで色が鮮明化する現象に着目し、色見本と共に撮影した希釈グリースの色を分析して劣化度合いを診断する手法を提案する。本手法によって得られた分析値と、グリースの代表的な劣化指標である全酸価、鉄粉濃度、油分離度との相関性を検証した結果について報告する。

2. グリースの色に基づいた劣化診断法の概要

グリースの採取は転がり軸受の軌道近傍（転動面および保持器）から行う。採取グリース量は 10 mg とし、これを 1 ml のヘキサンで希釈する。希釈液を直径 25 mm 程度の大きさの白色容器に入れ、画像取得環境に左右されないように色見本と共に撮影する。撮影した画像を解析して、希釈液の色データを得る。Figure 1 に示したように、色見本には新品（＝白色）から焼付き（＝黒色）に至るまでのグリースの色が印刷されている。色見本によって補正したグリースの色（RGB 方式）をもとに、以下の式（1）および（2）より明度と最大色差を計算する。

$$\text{明度} (\Delta E) = \sqrt{R^2 + G^2 + B^2} \quad (\text{Red, Green, Blue: } 0 - 255) \quad (1)$$

$$\text{最大色差} = \text{RGB 値のうち 2 色間の絶対値の最大差} \quad (2)$$

Figure 2 に示したように、横軸に明度、縦軸に最大色差を取ると、新品から焼付きに至るまでの過程で色の分析値は曲線を描くようにプロットされる。この劣化カーブ上のプロットの位置からグリースの劣化度合いを診断する。

3. 本診断法の有効性検証方法

Table 1 に示す条件で転がり軸受を運転させ、軸受内の保持器に付着したグリースを採取して分析した。本検証試験で軸受に封入したグリースの増ちょう剤はリチウム複合石けんであり、基油は鉱油（動粘度 101 mm²/s (40 °C)）である。ちよう度番号は 2 号である。本試験において、25 時間おきに試験を停止してグリースを採取した。100 時間経過時にグリースが炭化していたため、この時点で試験を終了した。

グリースの経時的な劣化度合いを確認するため、採取したサンプルの全酸価（JIS 2501 準拠）、油分離度、鉄粉濃度を測

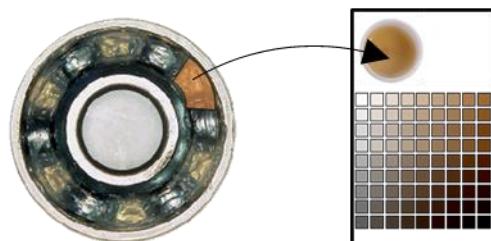


Fig. 1 Grease diagnosis method by color analysis

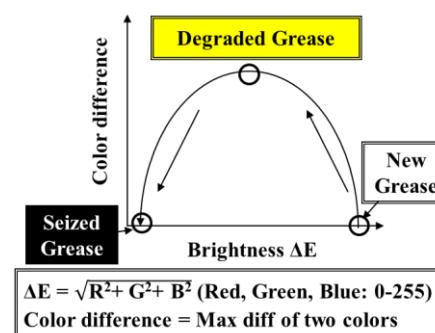


Fig. 2 Degradation Curve of grease

Table 1 Test Condition

Bearing Designation	6305
Axial Load, N	1500
Radial Load, N	100
Rotational Speed, min ⁻¹	2000
Temperature, °C	160

定した。同時に、グリースの色から明度と最大色差を計算し、前述の各種測定値と比較してグリースの劣化度合いの指標としての有効性を検証した。

4. 検証結果

採取したグリースの (a) 全酸価、(b) 油分離度、(c) 鉄粉濃度を測定した結果を Fig. 3 に示す。全酸価と油分離度には試験時間の経過と共に単調に増加する傾向が見られた。このことから、本検証試験のグリースは経時に酸化劣化していたことがわかる。

採取したグリースの明度と最大色差を算出した結果を Fig. 4 に示す。グリースの明度は時間経過と共に単調減少したのに対して、最大色差は増加の後、減少に転じた。これは、初期の白色 (e.g., R, G, B = 255, 255, 255) から青成分が減少して黄色 (e.g., R, G, B = 200, 200, 100) になり、さらに赤や緑成分も減少して茶～黒色 (e.g., R, G, B = 50, 0, 0) に変色したことによる。横軸に明度、縦軸に最大色差を取ったとき、Fig. 4 (f) に示したように分析値のプロットは試験時間の経過と共に連続的に変化してカーブを描いた。

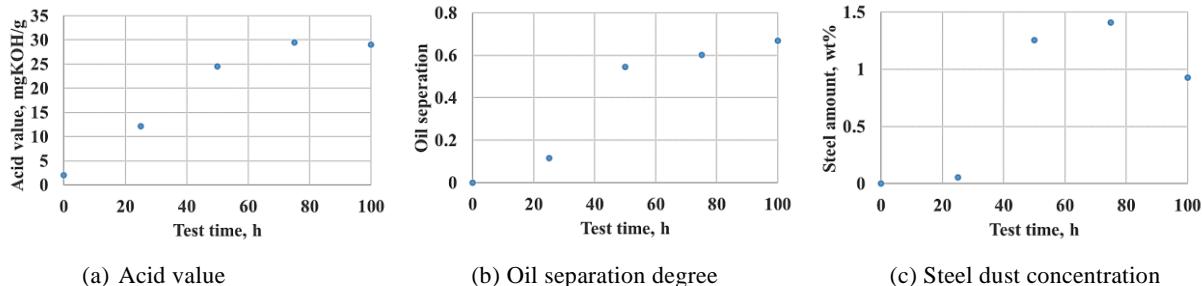


Fig. 3 Analysis result of test grease

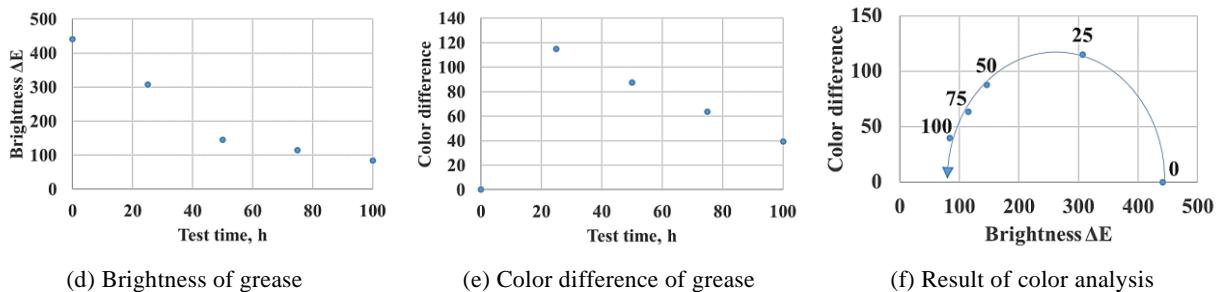


Fig. 4 Color analysis result of test grease

5. 考察

本検証試験で用いたグリースの全酸価と油分離度が時間経過と共に単調増加した一方で、鉄粉濃度は初期段階では増加せず、50 時間経過後から増加した。これは、軸受内部が常に高温に保たれており、グリースの酸化は試験開始時から徐々に進むのに対して、グリースが劣化して油膜が薄くなり、金属接触が発生して摩耗する段階から鉄粉濃度は増加するためと考えられる。全酸価および油分離度の現場での測定は困難であり、鉄粉濃度は転がり軸受の焼付く前から上昇することが多いため、これらの指標はグリースの劣化状態を現場で把握するのに適していない。

一方で、本稿で提案したグリースの色に基づいた劣化診断法を用いた場合、試験開始時から時間経過と共に明度が単調減少する。したがって、グリースの劣化度合いを現場で把握でき、さらには残りのグリース寿命を推定することも可能である。また、明度と共に最大色差をグラフ化した場合、特徴的な劣化カーブが得られる。予め運転条件やグリースの種類の情報を入手し、検量線として劣化カーブを用意しておけば、劣化度不明のグリースであっても分析値をプロットすることで定量的な劣化診断を行える。

6. おわりに

転がり軸受の使用現場でグリースの劣化状態を把握する方法として、グリースの色に基づいた劣化診断法を提案し、その有用性を検証した。その結果、色と酸化度合い、油分離度との間に高い相関性が認められ、劣化度合いの把握やグリース寿命の推定に活用できる可能性も示された。

文献

- 1) 本田：潤滑油劣化診断の現状と動向、トライボロジスト、第 59 卷、第 6 号 (2014) 330.
- 2) 鳴瀬ら：鉄鋼設備のために開発・導入された状態監視技術、トライボロジスト、第 62 卷、第 11 号 (2017) 671.
- 3) 岡庭ら：潤滑グリースの研究動向と今後の展望、トライボロジスト、第 57 卷、第 6 号 (2012) 365.