

## 潤滑油画像解析による劣化診断法の開発

### Development of a Degradation Diagnosis Method using Lubricating Oil Image Analysis

出光興産株 (正) 中村 秀弥, 福井大学 (正) 本田 知己, (正) 今 智彦

出光興産株 (正) \*関口 浩紀, (正) 小別所 匡寛

Shuya NAKAMURA\*, Tomomi HONDA\*\*, Tomohiko KON\*\*, Hiroki SEKIGUCHI\* and Masahiro KOBESSHO\*

\*Idemitsu Kosan Co., Ltd., \*\*University of Fukui

#### 1. はじめに

機械設備を設計寿命まで長期間安定して稼働させることは、経済性の観点および低環境負荷の観点から重要である。それには適切な保全管理（メンテナンストライボロジー）が必要であり、その一つの手法として潤滑油の管理が挙げられる。潤滑油は機械の血液とも呼ばれ、機械の異常は最初に潤滑油の変化として現れる。本発表では潤滑油の劣化診断法として酸化による色相の変化と汚損による固形粒子を同時にかつ簡便に測定する方法について報告する。

#### 2. 実験装置及び実験方法

##### 2.1. 試料油

劣化診断には市販の油圧作動油 (VG46) を用いた。基油は API Group II 基油を用い、酸化防止剤はフェノール系とアミン系の2種類を配合した。模擬酸化油は JIS K 2514-1 内燃機関用酸化安定度試験 (ISOT : Indiana Stirring Oxidation Test) に準拠し、150 °Cで所定の時間劣化させて作成した (Table 1)。また実機使用油は本油圧作動油を様々な現場で使用した機器より採取した。模擬汚損油は固形粒子として JIS Z8901 試験用粉体1 (関東ローム) 7種を試験油 100 mlあたり 0, 1.25, 2.5, 5, 10, 20 mg を加え調整した。

Table 1 Property Analysis of Sample Oils

Test time, h	0	24	48	72	96	120	144	168
Kinematic viscosity, mm <sup>2</sup> /s @40°C	46.49	46.41	46.55	46.57	46.84	46.85	46.97	47.06
Acid value, mgKOH/g	0.26	0.21	0.20	0.18	0.16	0.21	0.22	0.21
ASTM Color	L0.5	L3.5	L4.0	L4.0	L4.5	D8.0	D8.0	D8.0
Millipore value, mg/100ml	0.0	2.0	4.4	6.0	4.3	18	27	19

##### 2.2. 撮影装置

潤滑油画像は Fig.1 に示す潤滑油撮影装置 Lope を用いて試料油を撮影した<sup>1)</sup>。Lope はパイプ、拡散板、光源から構成され、外側に黒色フィルムを貼り付けたパイプに拡散板を取り付け、そのパイプに試料油を注入し、下方から白色光を照射し上方からスマートフォンで撮影した。撮影した画像は「Adobe Lightroom」を用いて現像し、画像解析・計測ソフトウェア「WinROOF」より RGB の平均値を算出した。実機使用油は Fig.2 に示すスマートフォン、Lope を基に新たに設計した撮影モジュールと解析用アプリを用いて計測した。

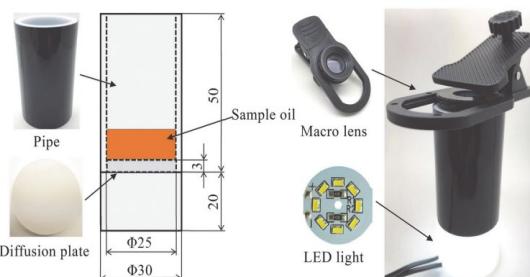


Fig.1 Composition of Lubricating Oil Photographing Equipment<sup>1)</sup>

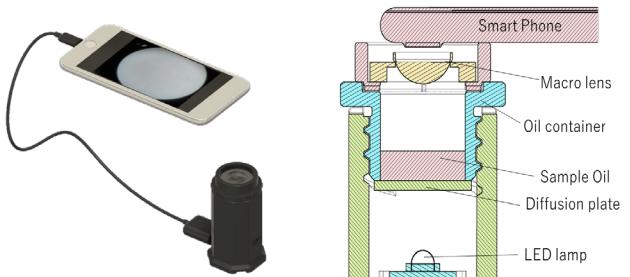


Fig.2 Overall View of the Product and Imaging Module

#### 3. 実験結果と考察

##### 3.1. 模擬酸化油

模擬酸化油の酸化試験時間と画像 RGB 解析結果を Fig.3 に示す<sup>2)</sup>。試料油は試験時間に応じて黄色化し、B 値は急激に減少して 48 時間で 0 となり、G 値も試験時間に応じて減少した。続いて模擬酸化油を 50 倍のヘキサンで希釈して取得した UV-Vis 吸収スペクトルを Fig.4 に示す。試験時間に応じて 420 nm, 446 nm に吸収極大を持つピークが増加した。一般的なカメラのカラーフィルタの透過波長領域は、それぞれ Blue は約 400–550 nm, Green は約 400–700 nm, Red は約 550–700 nm であるので、B 値及び G 値の減少は、UV-Vis スペクトルで現れた 420 nm, 446 nm のピークの生成によるものと推定している。

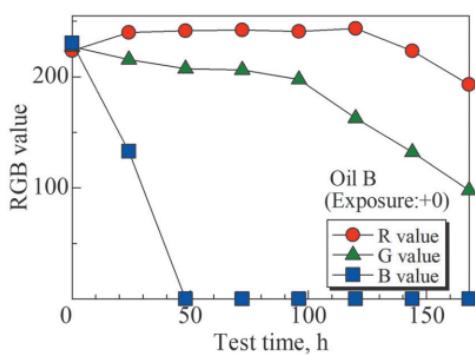


Fig.3 Relations between Test Time and RGB Value<sup>2)</sup>

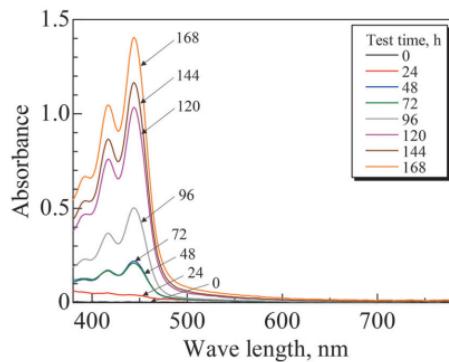


Fig.4 UV-Vis Results of Oxidized Oil<sup>2)</sup>

### 3.2. 模擬汚損油

油中に含まれる固体物は、撮影画像より R 画像を抽出し、油と固体との閾値を設定して二値化処理することによって計測した<sup>3)</sup>。R 画像を選択した理由は、G 値、B 値と比較して酸化しても R 値の変化が少ないからである (Fig.3)。模擬汚損油に含まれる固体物の量と粒径ごとの数を Fig.5 に示す。本来粒径に応じて粒子数は少なくなるが、粒径 21-38  $\mu\text{m}$  の粒子が最も多く検出されたのは Lope を用いて検出できる最小粒径が 14  $\mu\text{m}$  であり、これより小さな粒子が検出できていないためである。21  $\mu\text{m}$  以上の粒子は添加した関東ロームの分布と同様に粒径が大きいものほど少なくなった。固体物の量と二値化した固体物の面積率とは直線関係となった (Fig.6)。

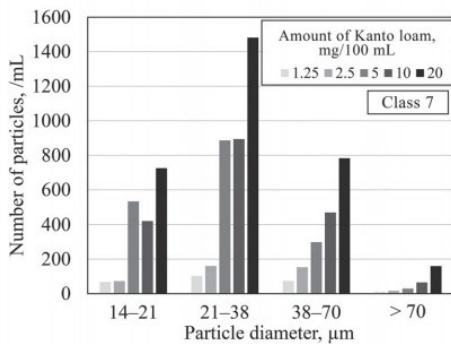


Fig.5 Number of Particles per Particle Diameter Range<sup>3)</sup>

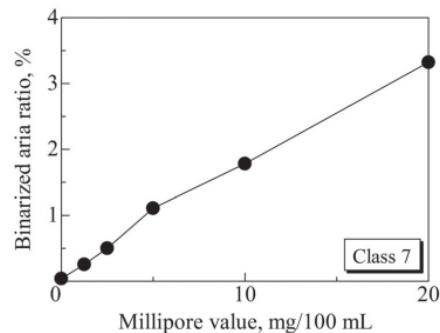


Fig.6 Relation between Binarized Area Ratio and Millipore Value<sup>3)</sup>

### 4. 実機使用油

実機使用油は様々な環境で使用した油であるので、使用時間ではなく油中の酸化防止剤の残存率に着目し関係性を整理した (Fig.7)。RGB 値を重回帰分析することによって酸化防止剤残存率の予測式を算出した。予測式より算出した予測値と実測値との関係を Fig.8 に示す。これらは  $R^2=0.90$  と高い相関を示し、高精度で予測できることを示した。

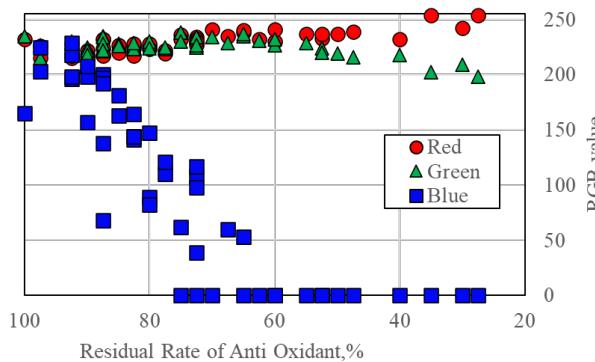


Fig.7 Relations between Residual Rate of Anti Oxidant and RGB Value

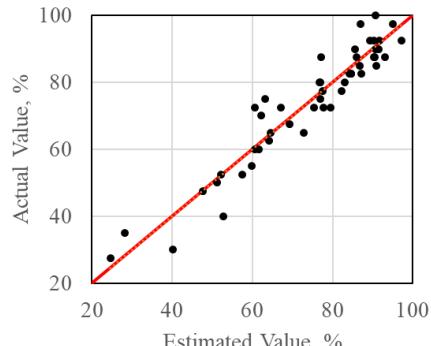


Fig.8 Relation between Estimated Value and Actual Value

### 5. 参考文献

- 1) 中村 秀弥, 本田 知己, 今 智彦, 奥山 元気, 関口 浩紀, 小別所 匡寛: 潤滑油画像解析法による色を用いた劣化診断技術の創出に向けた潤滑油撮影装置の開発, 設計工学, **58**, 10 (2023) 441-454
- 2) 中村 秀弥, 本田 知己, 今 智彦, 奥山 元気, 関口 浩紀, 小別所 匡寛: 潤滑油画像解析法による色を用いた潤滑油酸化診断技術, トライボロジスト, **68**, 6 (2023) 398-410
- 3) 中村 秀弥, 本田 知己, 今 智彦, 奥山 元気, 関口 浩紀, 小別所 匡寛: 潤滑油画像解析法によるオンライン潤滑油中固体粒子計測技術, トライボロジスト, **69**, 2 (2024) 119-133