

建設機械における色相センサを用いたオイル性状検出に関する検討

Study of Oil Property Detection Using Color Sensor in Construction Machinery

日立建機（株）（正）*倉迫 彬 日立建機（株）（正）秋田 秀樹 日立建機（株）（非）本田 充彦

日立建機（株）（非）萩原 美伸 福井大学（正）本田 知己 福井大学（正）今 智彦

Akira Kurasako*, Hideki Akita*, Mitsuhiko Honda*, Yoshinobu Hagiwara*, Tomomi Honda**, Tomohiko Kon**

*Hitachi Construction Machinery Co., Ltd., **University of Fukui

1. はじめに

建設機械業界では、ICTを活用して機械稼働情報を提供するサービスを逐次開始している。その中で、オイルの状態監視の要望は非常に強いものがある。それは、オイルは一般的に 500 時間間隔で採取され、オフラインでオイル分析が行われているが、分析間隔内において突発的なオイルの性状変化を捉えることは難しいためである。この解決策として、センサを用いたオイルの性状の常時監視が求められている。オイル性状の監視に用いられるオンライン状態で使用可能なセンサとして、色や誘電率、粒子など実験的に計測した例はあるが²⁾³⁾⁴⁾、実際の建設機械で使用されたオイルに対して色差のセンサ計測値とオイル分析値を比較した事例についてはあまり報告されていない。

本研究では、建設機械で使用可能なオイルセンサを用いて、実際の建設機械で使用されたオイルを計測し、その結果と、これまでのオフラインで行っているオイル分析で得られたオイルの汚染、摩耗、劣化を示す指標との関係性を検証した。本稿では、その結果について報告する。

2. 使用センサ及び計測手法

オイルセンサに関しては市販されているオイル診断計(MKT タイセー社製:以下 ODS と略す)を用いた。この ODS の計測原理は、白色光をプリズムに投射し、対向する 2 つのプリズム間に存在するオイルを透過した光からオイル性状を計測し、その計測結果を RGB 値として出力するセンサである。オイル性状の評価には、RGB 値と式(1)(2)より求められる色パラメータ(MCD, ΔE)を算出して用いる⁵⁾。計測方法は、ODS の校正を新油で行った後、対象油に ODS を浸漬させて計測を行った。評価に使用するオイルには、油圧作動油を選択した。この油圧作動油の、単一の劣化モードでの傾向を検証するために、模擬的に ISOT(規格 JIS K2514-1)を用い酸化劣化させた試験油、粒径 $5\mu\text{m}$ 以下の粉末(Fe, Cu, Si)、及び水を各々混入し汚染させた試験油を作製し用いた。また、実際に建設機械で使用された作動油を計 82 サンプル回収し、ODS で計測評価すると共にオイル分析を行った。

$$MCD = \text{Max}(R, G, B) - \text{Min}(R, G, B) \quad (1)$$

$$\Delta E = \sqrt{R^2 + G^2 + B^2} \quad (2)$$

3. 試験油を用いた計測結果

Figure 1 に新油と、酸化劣化、粉末(Fe, Cu, Si)、及び水混入し汚染した試験油でのセンサ計測結果について纏めたグラフを示す。このグラフの縦軸は MCD、横軸は ΔE で示しており、参考までに試験油の写真も示している。この結果から、新油から酸化すると(A)矢印の方向の値の推移となり、MCD は増加し、 ΔE は減少する。そして、更に酸化が進むと MCD は増加した値から減少し、 ΔE は更に減少する傾向を示した。これは酸化の進行により透過した光の R, G, B 間の色強度で差が生じたことで、MCD が変化し、 ΔE が減少したと考えられる。水分を 1100 ppm 混入した試験油については、新油に対して(B)矢印方向に ΔE は約 300 減少するのに対し、MCD はほぼ変化していない。これは混入している水の粒子によって光が散乱・反射するため、光が透過し難くなり、R, G, B の色強度が共に減少したことによると考えられる。そのため、 ΔE が減少し MCD はほぼ変化がない結果になったと推測される。Fe, Cu, Si を混入させた試験油では、混入量が多いほど新油に対して(C)矢印方向に ΔE が減少し、最大の混入量 100 ppm においては、新油に対して ΔE が約 50 減少し、MCD はほぼ変化しない結果となった。これも水と同様に粉末(Fe, Cu, Si)により光が透過し難くなったため、R, G, B の色強度が共に減少し、その結果 ΔE が減少、MCD はほぼ変わらない結果になったと考えられる。なお、Fe, Cu, Si の混入物間では特徴的な違いは得られなかった。以上の単一の劣化モードの計測結果より、オイル診断計 ODS を用いた作動油の劣化評価について、酸化に関しては ΔE の減少と MCD の増減傾向によって判定することが可能であり、水や Fe, Cu, Si の混入に関しては MCD の変化は無いが、 ΔE の減少に対する大きさの違いにより水と Fe, Cu, Si の汚染物を区別できる可能性を確認した。

4. 実機回収油を用いた計測結果

Figure 2 に実機から回収した 82 サンプルの作動油のセンサ計測結果を示す。このグラフの縦軸は MCD、横軸は ΔE で示しており、オイル分析の全酸価、汚染度(重量法)、Fe、水分量に対して作動油劣化・汚染の一般基準値⁶⁾を参考に一定値以上のプロットについてはマークで識別表示した。これら計測データより図中の(a), (b), (c)の領域に 3 つの傾向が見られた。

(a) : 新油の状態から ΔE が減少するのに対し、MCD が約 200 まで増加する傾向が見られた。これは試験油の酸化が進

行する変化と同様の傾向であったことから、酸化の進行による変化と推定する。

(b)：オイル分析値で Fe：20 ppm 以上や汚染度：10 mg/100mg 以上，全酸価：0.3 mgKOH/g 以上であるデータは，(a)の酸化進行のデータよりも ΔE が小さい範囲で多く見られた．これは Fe や酸化生成物などの夾雑物により光が透過し難くなったため， ΔE が減少したものと考えられる．また，粉末(Fe, Cu, Si)を混入させた試験油の ΔE が減少する計測結果と同様の傾向が見られたことから，夾雑物の影響により ΔE が減少したと推定する。

(c)：オイル分析値で水分が 1000 ppm 以上である作動油は，(b)の夾雑物が多い作動油よりも ΔE が小さい範囲で多く見られた．これは混入している水の粒子によって光が散乱・反射するため，光が透過し難くなり，R, G, B の色強度が共に減少したと考えられる．また，試験油に水分が混入すると ΔE が大きく減少するものと同様の傾向が見られたことから，水混入による影響により ΔE が減少したと推定する。

以上の結果より，ODS を用いた作動油の劣化について，MCD 及び ΔE を 3 つの領域に区分することで，“(a)酸化進行”，“(b)夾雑物が多い”，“(c)水分が多い”とオイルの状態を判定できることが確認できた。

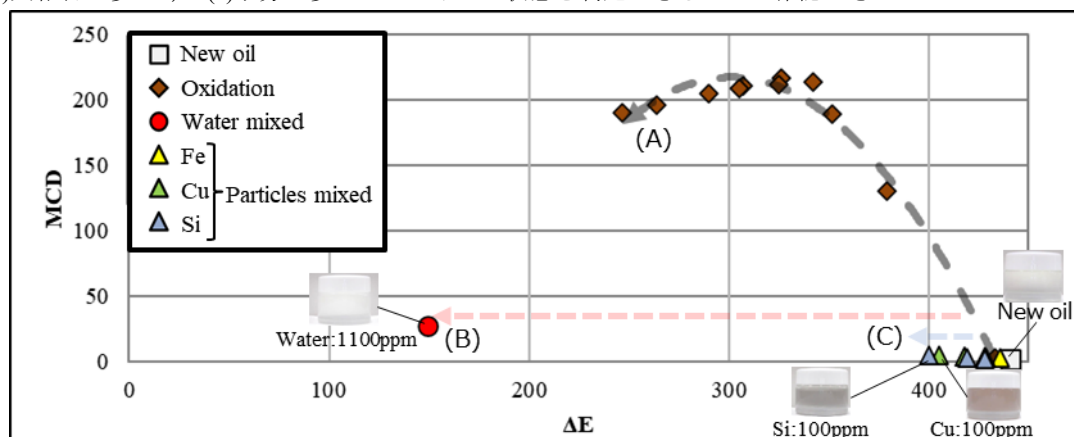


Fig.1 Measurement result of test oil

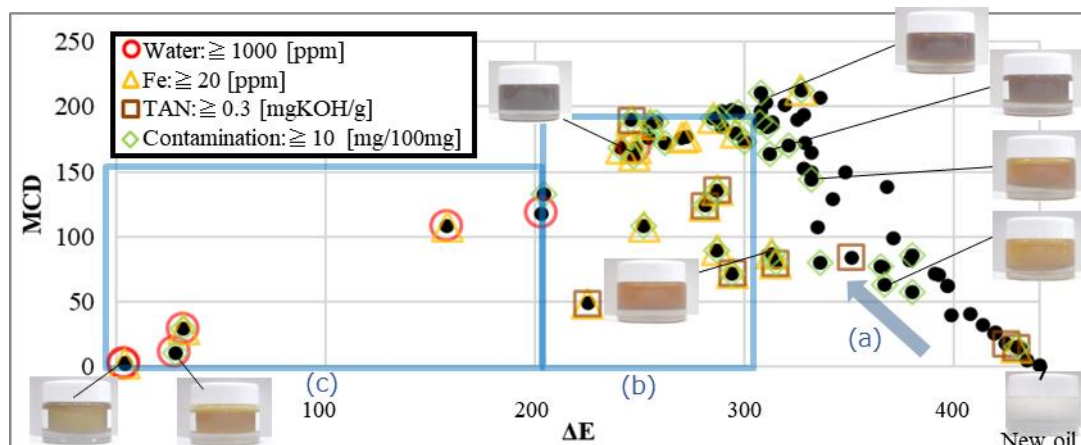


Fig.2 Measurement result of oil from actual machine

5. 結言

建設機械に使用された作動油に対し，市販品されているオイル診断計 ODS を用いて計測を行い，オイル分析値と比較した結果，以下の知見が得られた．これにより，オイルの劣化・汚染および，その要因を分離する手法を確立した．

(1)酸化，粉末(Fe, Cu, Si)，及び水混入させた試験油を用いてセンサ計測を行った結果，オイルの劣化モードを区別できる可能性を確認した．

(2)実機回収オイルを用いてセンサ計測を行い，オイル分析との比較を行った．その結果センサの計測値からオイルの状態を“(a)酸化進行”，“(b)夾雑物が多い”，“(c)水分が多い”に分類でき，オイルの状態を判別できることを確認した．

文献

- 1) 秋田：建設機械のメンテナンス・トライボロジー，トライボロジスト，59，6 (2014) 345-350.
- 2) 伊藤・大塚：潤滑油の色の変化に着目した機械要素の潤滑監視手法，第 16 回機素潤滑設計部門講演会講演論文集，(2016) 187-188.
- 3) 岩井・本田：油中摩耗粉によるしゅう動面劣化診断，トライボロジスト，46，12 (2001) 942-948.
- 4) 山本・本田：生分解性作動油と他種油の混合が劣化に及ぼす影響，第 17 回評価・診断に関するシンポジウム講演論文集，(2018) 59-64.
- 5) 本田・岩井：潤滑油の劣化と色，トライボロジスト，53，5(2008) 319-325.
- 6) 潤滑管理普及対策委員会：油中異物分析と診断事例，潤滑油協会，(2008) 45,78.