

Topics for Your Update

2010

**Vol.13 オイル分析 vs. 顕微鏡分析
状況に応じた選択法**

**Oil Analysis vs. Microscopic
Debris Analysis:
When and Why to Choose**

分光化学的なオイル分析のみでは、機械摩耗と断定できないような状況がある。このような場合、粒子と摩耗粉に注目して判断するメンブレン+顕微鏡を用いた摩耗粉分析が役に立つことが証明されるかもしれない。

摩耗の分析試験は数々あるが、これらの相対的な強さと弱点を知れば、いつ、どのようにこれらの試験を選び、組み合わせればよいか判断でき、それらの結果を検討することで、最大の利益を得ることも可能となる。

発見すべき粒子の幅

ノリア社のホームページにある[掲示板](#)に投稿したオイル分析士たちのコメントは、時として手軽にトピックスを発見するのに役立つ。質問の一例を披露すると…「摩耗金属の試験を選ぶにあたって、AES（回転ディスク電極発光分光分析）とRFS（ロットロードフィルタ分析）、またはその他の方法に移行するための経験則が知りたい。定量フェログラフィの

DL/DS（大粒子/小粒子密度）や、摩耗粉の分布範囲について、より正確な情報を得るため、ISO清浄度レベルの活用、あるいは他の指標があるのだろうか？ 3~8 μm 粒子を検出限界とするAESの場合、それより大きな粒子の増加を検討できる試験法があるのだろうか？」。この場合、質問者が使うべき技術は粒子計数だ。すでに強力なオイル分析プログラムを持っていても、このように、最も効果的な技術に辿りつかない場合もある。

オイル分析の精度のレベルは様々だが、昔からオイルを供用する機械システムのための“血液検査”と呼ばれていた。はたしてどれくらいの血液検査が、固体微粒子分析に該当するのか、興味あるところだ。例えば、血液細胞に関するテストであれば、白血球、赤血球、Tセル（免疫形成効果）、血小板（血液凝固効果）、いずれも決め手は“固体粒子”の分析である。オイル分析における粒子計数のように、これらの試験は、粒子個数やその種類による顕微鏡的分類が主流であるが、何が起きているかを類推するという点においては行き詰ってしまう。血液中の固体は、潤滑管理に携わる者にとって興味のあるオイル分析に則った固体とは異なり、わずかに8~15 μm 幅の人間の毛細血管に捕捉されることによって、微小な粒子が発見できるという特徴がある。オイル分析ラボや潤滑管理の実践者にとっては、発見すべき粒子サイズの幅は、はるかに広い。摩耗粒子の診断モードの内容によって、その幅はサブミクロン（1 μm 以下）から1000 μm 以上にいたる場合がある。摩耗分析に使われるRDEやICP分光化学分析は、長い間従来型のオイル分析を支えてきた技術であるが、事実上、彼らが確実に測定できる粒径を超えた粒子が存在する。それならば、分光化学的なオイル分析の弱点を解決するのは、粒子計数なのだろうか？

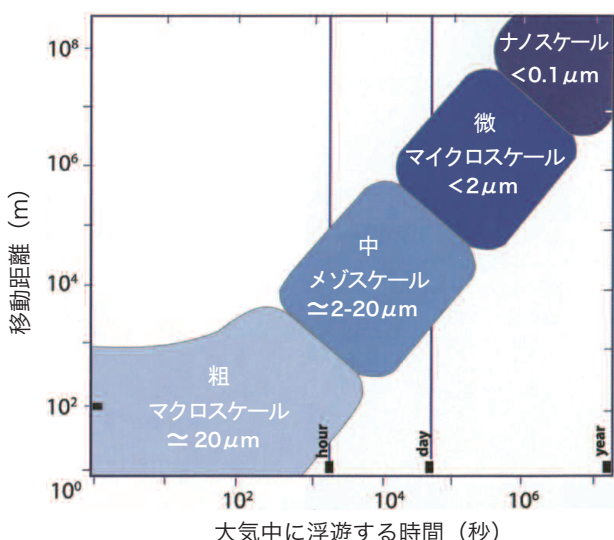


図1. 粒子の移動距離と浮遊時間

大きくなって困るもの

機械設備システムにおける後天的な特徴の一つは、システム部品が異常摩耗を起こしたら、摩耗粒子の量とサイズは小から大へと進行するという点である。

このような変化は、もともとのシステム形状やクリアランスの適正が崩れ、過荷重によってストレスが増加すること、潤滑膜や合金にかかる高温化の影響、すでに摩耗しきった部品が、それら損傷した表面と同様に、凹ませたり、すり減らしたりする大型の形成粒子を次々と放出するカスケード効果などに関係してくる。

粒径拡大に至る状況

目指すべき分析のゴールとは、どんなオイル分析者や実践者であっても簡単に得られる有効なツールを使い、補足的な追加試験を明示・指示できることである。粒子計数は一つの道具ではあるが、実に強力である。粒子計数は一般によく知られており、標準化も進み、世界中どこでも使える方法で、多くのオイル分析技術の中のセットメニューの一つとなっている。粒子計数は、異常摩耗を示す複数の粒径範囲をとらえ、ダイレクトに診断する力がある。さらに、元素の種類を選ばず、摩耗の増加を粒子数範囲に関連付けることが可能だ。シンプルにその場に置いて、粒子の分布を各種の粒子分析と比較すれば、付加的な通常のオイル分析の最も効果的な選択肢へと容易にたどり着けるだろう。

粒子数が変化する時はいつも、あらゆる現象のための起こりうる原因を原因除去的（プロアクティブ）アプローチによって考えるべきである。

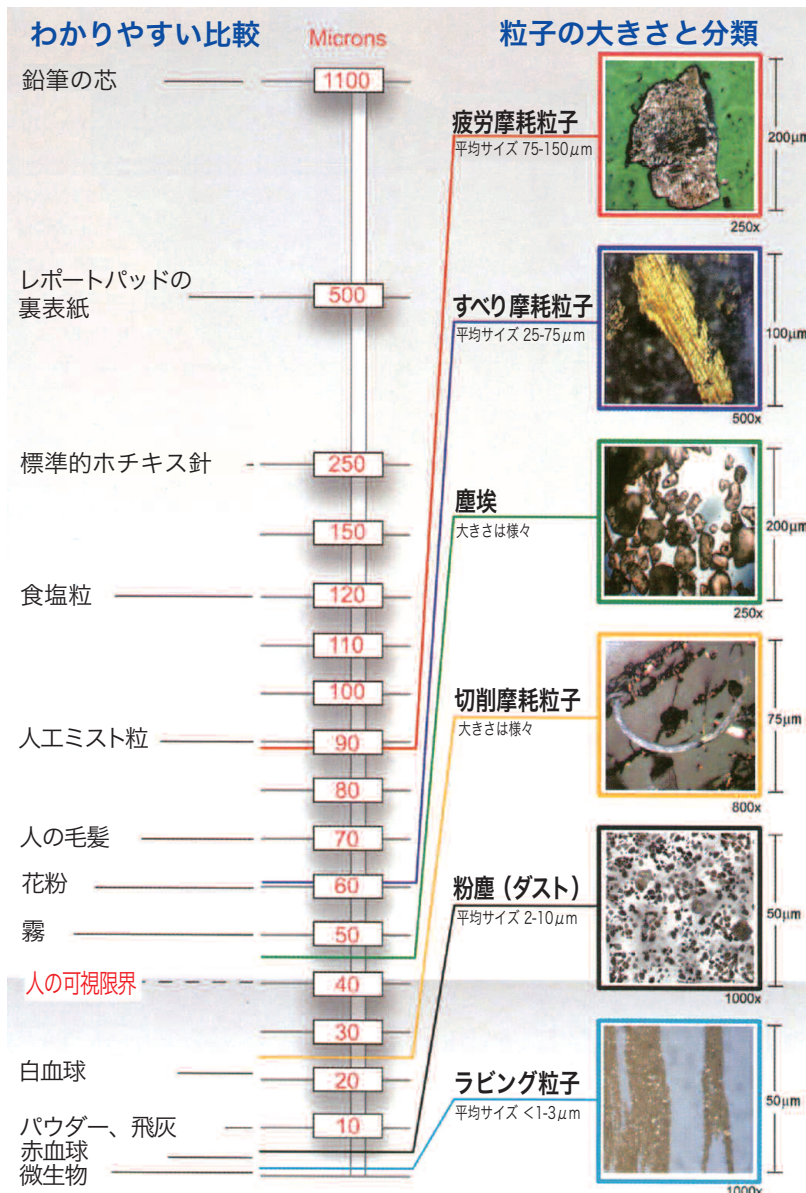


図2. 典型的な粒子とそのサイズの比較

図1は、製造現場での粒子が、発生場所からどれくらい長い距離に広がるかを示したものである。粒子はシール、ベント、ブリーザー、あるいは、隙だらけの機械の開口部に侵入する機会を狙って、現場に長く居座るものだ。

摩耗モデルと粒子の形成

あらゆる摩耗予防のため、粒子計数を活用使用とする重要な成長段階においては、典型的な摩耗と汚染粒子の落下への一般的な粒径範囲を理解することから始まる。特定の力と状態が、典型的粒子の外観とサイズへと粒子を形成する。これらのサイズ領域は、初期段階では素材のタイプ、摩耗モード、進行度への感度によって影響される（エンジニアリングや潤滑管理による影響は、本稿においては省略する）。重要な点は、摩耗の悪化の兆候として、平均粒径が増加することであるため、摩耗の監視へのあらゆる原因除去的なアプローチを駆使して、すぐにこの変化を発見しなければならない。

図2が示すのは、摩耗形状やタイプの徹底的かつ完全なリストではないが、代表的な摩耗粒子が小さなものから大きなものへと継続的に変化していく状況は示している。これらのサイズ範囲は、明らかに重大な状況（あるいは原因除去的な対処が上手くはまる）に達した摩耗か汚染に関係したものだ。

図と表の活用法

通常のAES/ICP分光化学的なアプローチで、大型の、より深刻なサイズ幅に至る摩耗モードを調査しようとするオイル分析の実践者にとって、有効な方法は一つにとどまらない。彼らは、計算値結果を提供する“量”を基準とする試験か、その実在による量の顕微視的な分析かを選択することができる。

* Tips

ISO 4006-1999 (3桁表記)

$>4\mu\text{m/ml} / >6\mu\text{m/ml} / >14\mu\text{m/ml}$

$=R_4/R_6/R_{14}$

アプローチの「盲点」を補おうとする時、鉄の履歴に注目してみるとよい。鉄は、機械システムの摩耗分析における典型的かつ極めて重要な単元素であり、研究者や機器設計者たちは、鉄を含む合金が磁気によって操作可能であるということを知っている。強磁性的なアプローチは、粒径限界を決めずに、あるいは影響を軽減しながら慎重に設計した、大半の一般的な分析ラボや現場の解析手法の基礎となるものだ。

次頁の表1は、オイル分析実践者たちが、それぞれの状況において最善の成果を出す診断技術、あるいは分析技術を判断するための一助となるヒントや注意点である。そして、表1の情報をいかに活用して実践したかの一例を以下に示す。

某分析ラボが、特殊なスクリー・コンプレッサにおける粒子計数の傾向管理を実施し、最新のサンプルから得られる結果として、第3番目のISO固体粒子汚染レベル等級*（ $14\mu\text{m}$ 以上の粒子の総数）が、14から16に上昇しているのを発見した。粒子計数結果からは、この増加は主に、 $38\mu\text{m}$ 以上の粒子（等級は5）からなされるものであることが分かった。このことから、おそらく深刻な摩耗か汚染が関係していると想像された。

図2「典型的粒子とそのサイズの比較」が示すように、すべり摩耗粒子はこの範囲に入る可能性のある摩耗生成物である。さらなる分析を実施する前に、コンプレッサの荷重を調整・軽減した後の状況によって、表1を参照しつつこの粒径範囲にとって最

表1. 監視技術と分析技術

	使い方	粒子サイズ領域	摩耗片の種類	摩耗片の集め方
磁性粒子の流動/引力を活用した機器ベースの分析				
定量(直読)フェログラフィ	用途ごとの傾向管理と、寿命限界値の決定	1)DS値:1~3μm 2)DL値:5~100μm	鉄磁性粒子(鉄、鋼)	オイルサンプル
鉄粉濃度モニター(PQ)	用途ごとの傾向管理と、寿命限界値の決定	1~1000μm (5μm以下ではわずかに精度が落ちる)	鉄磁性粒子(鉄、鋼)	オイルサンプル
磁性粒子の引力を活用した顕微鏡ベースの分析				
磁気フィルタープラグ	粒子の密度、サイズ、形などの視覚的・微視的観察	磁力、粒子の種類、粘度、流速に依存する。 一般に25~1000μm	鉄磁性粒子(鉄、鋼)	磁気プラグから
磁気チップディテクター(MCD)	粒子の密度、サイズ、形などの視覚的・微視的観察	磁力、粒子の種類、粘度、流速に依存する。 一般に25~1000μm	鉄磁性粒子(鉄、鋼)	磁気カートリッジから
フィルター上の摩耗粉を活用した顕微鏡ベースの分析				
パッチテスト	粒子の密度、サイズ、形などの視覚的・微視的観察	磁力とメンブレン膜の孔径に依存する。 一般に3~1000μm	メンブレン膜で捕捉可能なあらゆる粒子	オイルサンプル
ロットロードフィルター分光分析	ppmレベルで報告された複数の元素計測結果の傾向観察。専売的分析技術であるため、標準化されていない。	5~150μm	摩耗粉や汚染粒子	オイルサンプル
酸分解法	一般に付加的な使い方を。油中の溶解性あるいは非溶解性元素、スラッジ、沈殿物などの密集体の絶対定量を検出する。	通常、粒径に制限されない。 溶解性・非溶解性懸濁液 >1000μm	摩耗粉や汚染粒子	オイルサンプルや油中のスラッジ、沈殿物、フィルターの捕捉物
SEM-EDXなどによる粒子単体の分析	一般に付加的な使い方を。故障・不具合の調査における特殊な粒子の元素成分(合金元素を含む)の特定試験など。	サブミクロンからミリサイズの粒子 (32mmに対応する機種もあり)	摩耗粉や汚染粒子	オイルサンプルや油中のスラッジ、沈殿物、フィルターの捕捉物

も望ましい分析技術を選んだところ、定量フェログラフィが最適とわかった。鉄合金摩耗片の存在(潜在的なコンプレッサー・スクリーウの調整不良と関連している)を示した報告書が、分析ラボから届くようであれば、メンテナンスチームは直ちに行動を起こすことができる。そして、その後分析ラボは、テスト項目中にPQ(鉄摩耗)を含むように調整すればよい。このことで、より大きな成分として、鉄の粒子が存在するかどうか、更なる洞察をすることができる。

おわりに

粒子計数のような簡単な試験でも、AESやICP発

光分光などの分析技術の限界に打ち勝つ戦略計画を補うことができる。本稿の情報や、推奨された清浄度レベルにおける仕様の有効性を使うことで、オイル分析士は付加的な試験のための必要性や、何を選んだらいいかを決断することができるかと確信する。

異常摩耗の指標として粒子計数を利用すれば、システムの通常稼働寿命の間に形成される、ごく一般的な摩耗粒子がどのような時、どのような形で現れるかを考えるのに役に立つだろう。より小さな粒子ほどろ過されにくく、より大きな粒子に比べ、供用中に除去しにくい凝集体に変化する率が高い。これらの特徴を理解することも、粒子計数に突発的な増加が認められた際、オイル分析士たちの粒子濃度の

平均的基準値の見通しを補う情報となる。

さて、筆者の経験値を披露しよう。ガチガチの決まりごとではない。ISO汚染物質コードが10から20の間で、二つ数値が上がったとする。ISO13が15になったり、19が21になったり、ということだ。あるいはISO20より上で、一つ数値が変わった場合 (ISO21が22になったりする時) はどうか。これは、オイル交換のための理由ができたと言える。

二つの事柄を覚えておこう。一つは、全体的な清

浄度のガイドラインと目標値、そしてもう一つは低めのISOコードが意味するもの。例えばISO10や11というのは、サンプルあたり最大10個、あるいは20個の粒子/mlがある、という意味である。これらの変化の原因は、おそらく以下…メンテナンス不良、システムの性能の問題、前ろ過を実施していない新油の導入、あるいは、隠れた摩耗問題であると推察できる。 **ML**



国内総代理店: コンパストゥーワン



セミナー講師:
Martin Williamson,
KEW Engineering Ltd.

潤滑管理のすべて
カスタマイズバージョン

Mastering Lubrication Management



講師との相互コミュニケーションで進行する
臨場感あふれるセミナーです。

日程・会場・内容に応じて設計いたします。

- ☑ 潤滑とオイル分析の基礎が理解できます。
- ☑ 潤滑戦略のアイデアが培われます。
- ☑ オイル分析の結果が改善できます。
- ☑ 信頼性を引き上げることができます。
- ☑ 利益率や投資効率が上がります。
- ☑ 品質ゴールが改善できます。
- ☑ ICML試験対策に実績があります。

まずはお問い合わせください。

KEW@compass21.jp Tel. 035609-9829