

オイルを洗浄し、クリーンに保ってください！



デーヴ・ホワイトフィールド氏 著
主任アプリケーション・エンジニア
ベントリー ネバダ 株式会社
e-mail:dave.whitefield@bently.com

コンタミが混在するオイルは機械を駄目にします。オイルの清浄度は全機械類の潤滑部品の寿命を大きく左右する重要な要素です。油圧システムでは、長期稼動にクリーンな作動油がどうしても不可欠です。ローラーベアリングを装備した装置は、ある種のコンタミにとりわけ過敏に反応するのですが、スリーブ式ベアリングも例外ではありませんし、潤滑油清浄度の改善という比較的軽度の改善で、機械そのものの寿命を劇的に延ばすことが出来るという報告は少なくなく、これらの説明は理にかなっており、ごく当然のように感じられます。このことをより深く突き詰めると、以下のような質問が生じます。

- ・ オイル清浄度はどのように数値化されるのか
- ・ 「新しい」オイルはどれほどクリーンなのか
- ・ どれほどオイルが清浄である必要があるか
- ・ オイルのクリーニングをすることで、機器の寿命にどれほどの改善がみられるか
- ・ その他のコンタミについてはどうか
- ・ オイルのクリーニングには実際どのような処置を講じることができるか

これらの問いを一つ一つ考察してみましょう。

オイル清浄度はどのように数値化されるのか

ISO 4406 は油圧作動油（通常、潤滑油の規格として参照される）中の粒子数とオイル清浄度の関係を基準化している。この国際規格はミクロン単位の粒子サイズ別でコンタミのレベルを数値化するに際して、コードシステムを採用しています。ISO の規準を参照することで、明確な清浄度の数値に基づいて設備のオーナー、オペレーター双方がコンタミのレベルに一定の限度を設けることができます。

表 1 は ISO 4406 の清浄度コードを示したものです。この表の数値と現段階での清浄度レベルを比較することで、クリーニングに際して目標値を設定することが可能です。現在の規格では、1 ml.の液中に含まれる粒子の数を、粒子のサイズ別に、① 4 ミクロン以上 6 ミクロン未満、② 6 ミクロン以上 14 ミクロン未満、③ 14 ミクロン以上の 3 区分に分けて、それを清浄度の判断基準としています。ユーザーから油の品質検査を依頼されるラボでは、ほとんどの場合、このコードの 2 区分法、または 3 区分法によってレポートします。

2 区分の場合、① 6 ミクロン以上 14 ミクロン未満、② 14 ミクロン以上のサイズの粒子数で測られます。一例として、3 区分コードで **17/14/12** と表記してある場合、1 ml.の油中に① 4 ミクロン以上 6 ミクロン未満の粒子が 640~1,300 個、② 6 ミクロン以上 14 ミクロン未満の粒子が 80~160 個、③ 14 ミクロン以上の粒子が 20~40 個という基準を意味します。表 1 と図 1 をご覧ください。

ISO Code	Minimum	Maximum
.	.	.
.	.	.
.	.	.
10	5	10
11	10	20
12	20	40
13	40	80
14	80	160
15	160	320
16	320	640
17	640	1300
18	1300	2500
19	2500	5000
20	5000	10000
21	10000	20000
22	20000	40000
23	40000	80000
.	.	.

表 1. ISO 4406 液体清浄度コード
(1mlあたりの粒子数)

ISO 基準コードを見て、前後のコードに対応する粒子基準数値を比較すると、2倍もしくは半分になっているのにお気づきでしょうか。ちなみに、コードを表記する際の” / ”は基準数値の割合を表しているのではなく、ただ単に区切り線を意味することをここで予めお伝えしておきます。

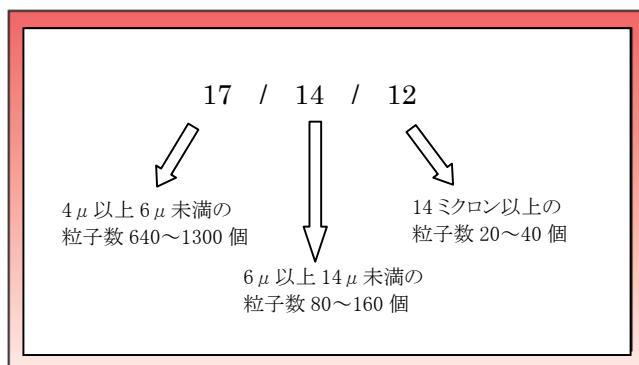


図 1. ISO コード一例

「新しい」オイルはどれほどクリーンなのか

ユーザーが手にする「新しい」タービン油、クランクケース油、油圧作動油、軸受油は、ISO コードでいう 14/11 から 23/20 レベルのものまでと、オイル清浄度がまちまちである事が報告されており、ばら積みで運送されるよりは、ドラム缶で運搬した場合の方が概してクリーンであることも知られています。表 1 をご覧いただくと、ISO 23/20 レベルの「新しい」オイルを使うことを考え直されるかも知れません。不適切な保管も「新」オイル中のコンタミ増大の原因となりますし、誤った扱い方をしても同様の結果を生じさせます。

(補給オイルの運搬・注入用に使われているタンクがどんなものかご存じですか？またそのオイルは貴方が期待しているように十分クリーンなものでしょうか？) 工場内の機械のフラッシングによる清浄化プログラムを終えた後、工場内で最も汚濁しているのが、その時新たに注入する「新」オイルであることを知って驚くユーザーも少なくないのです。このことから、機械寿命を延ばすためにも、使用前、もしくは最中に、新オイルのフィルタリングをすることをおすすめします。

どれほどオイルが清浄である必要があるか

オイルに期待される清浄度は、機械によって異なります。一般的には、タイトなクリアランスや低摩擦ベアリング (ロールベアリング) を伴う機器には、とりわけクリーンなオイルが望ましいでしょう。タービン電機-油圧式制御装置や多くのガスタービンなどは、長期間にわたる安定した性能とロングライフという観点から、非常に高いレベルのオイルク

リーン度を要求するという点で、工業機械の中でも最たるものであると言えるでしょうが、こうしたアプリケーションで使用されるフィルターは、せいぜい3～7ミクロン程度のコンタミを除去できる能力しかありません。油圧システムもまた、その作動圧力が高いという理由で清浄度の高いオイルが必要とされる機器です。（関連記事「注油—資産管理計画（P. 6）」をご覧ください。）

表2は、一般機器やマシン・エレメント用の潤滑油の清浄度目標値です。この目標値はあくまでも原点に過ぎませんので、よりクリーンな潤滑油に機械がどう反応するか見極めながらここに表記されているレベルまで調整されるとよいでしょう。

マシン/エレメント	ISO 目標値
ローラー・ベアリング	16/14/12
ジャーナル・ベアリング	17/15/12
工業用ギアボックス	17/15/12
モバイル・ギアボックス	17/16/13
ディーゼル・エンジン	17/16/13
スチーム・タービン	18/15/12
抄紙機	19/16/13

表2. 清浄度目標基準値

オイルのクリーニングをすることで、機器の寿命にどれほどの改善がみられるか

クリーンなオイルを使うというのは気分のいいものですが、では実際どれほどの効果が見込めるのでしょうか。この問いに対する答えは、アプリケーションによってある程度異なります。多くの異なる産業界で実施された研究によると、潤滑油のクリーン度を改善したことで機械寿命が大幅に伸びたという結果が、全てのテストで報告されています。一例として、10ミクロン以上の粒子数を1ml中に1000個から100個に減らしたことで、寿命は5倍に伸びるといいます。

1段高いレベルのオイル浄化に投資して、余りあるほどの報いを刈り取れるということの例証です。さらには、システム自体がクリーンになれば、磨耗粉の量の微妙な変化をずいぶん分察しやすくなります。自動車技術者協会（SAE）の研究を踏まえて、40ミクロンレベルまでのコンタミを濾過した場合と比較して、クランクケース油中の30ミクロン以上のコンタミを除去すると50%、15ミクロンで70%もエンジン損耗を減少できたと報告しています。この記事でご紹介した手段を講じれば、あなたもご自分のサクセス・ストーリーを綴られることになるでしょう。

その他のコンタミについてはどうか

オイルの劣化や機器の早期磨耗の原因は粒子状のコンタミだけではありません。「非粒子」コンタミに含まれるものには水、冷却液、燃料、プロセス流体などがあります。中でも代表的なものは水です。水そのものは潤滑油劣化の大きな要因になります。鉄また銅と結合すると、潤滑油そのものや添加剤に破壊的な化学変化をおこさせるほど強力になります。オイル内の水がもたらすマイナス効果には以下のようなものがあります。

- ・ 酸化や添加剤の分離に起因する潤滑油の劣化
- ・ 潤滑面保護のために必要な膜厚を保持する能力を潤滑油から奪う程の粘度の変化
- ・ 腐食
- ・ 潤滑面の磨耗

ローラーベアリングを持つ機械には、ほんの少量の水であってもダメージとなり得ます。オイル中に水が混じることによってローラーベアリングの寿命は短くなりますが、その一

例を図2で表しています。

スリーブ・ベアリングはローラーベアリングと比較すると、軸受中の潤滑油膜厚は大きく、かつ動圧は通常低いものです、しかしこれらベアリングに使われるバビット合金はもともと鉛やスズ製のため、水と酸素による酸化ダメージに大変過敏です。又水は潤滑油の耐荷重能力をも奪い、ジャーナルとベアリングをコンタクトさせてしまいます。膜厚が減れば、減るほどスリーブ・ベアリングは粒子系コンタミに対して敏感になるのです。

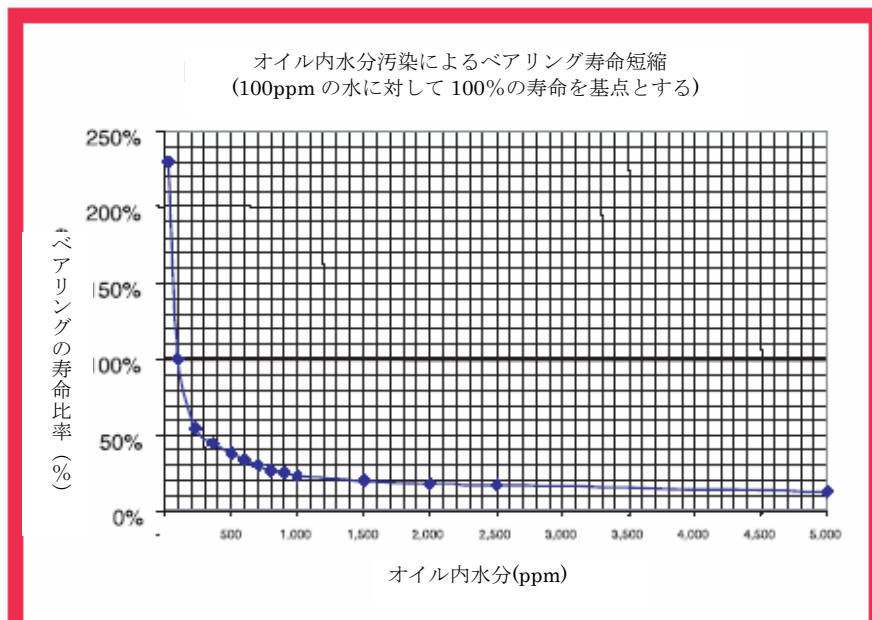


表2. 水分がベアリング・エレメントの寿命に与える影響

オイルのクリーニングには実際どのような処置を講じることができるか

仮に、オイルの清浄化こそ今自分が行うべきことだ！と得心されたとしましょう。しかしながらそれを成し遂げるすべを知らなければそのゴールへは到達できません。濾過、保管、作業工程に集中的に精力を傾けてください。オイル清浄キャンペーンを成功裏に成し遂げるには、以下のような重要な要素が関係しています。

- ・ 比較のベースとして現段階での清浄度レベルを測定、評価してください。
- ・ 現在の保管、作業工程を吟味し、評価してください。
- ・ 機械の寿命を延ばす、また（もしくは）メンテナンスやダウンタイムから生じるコスト削減のためにも、目標に基づいて目安となる清浄度を設定してください。
- ・ 目標達成のために不可欠な、濾過、保管、作業工程に関する改善点を見極め、選択し、実際に手段を講じてください。
- ・ 改善の度合いを測定し、目標に向かって前進してください。（目標達成のために必要ならば調整を加えることをためらわないでください。）
- ・ 有効性、メンテナンス費用、機械の寿命のための投資から得られた効果を記録してください。

上記の要素を踏まえて、濾過、保管、作業工程改善に関する実用面をお話いたします。

濾過、保管、作業工程の改善

最小限のコストでも、濾過、保管、作業工程で改善のためにできることはたくさんあります。保管、作業工程の現状を再検討してみてください。ほんのわずかの時間で、見落としていた実態が露呈されることでしょう。(衝撃的でさえあるかもしれません) 図 3,4,5 は作業上ありがちな問題の実例です。評価の段階でコンタミのレベルとともに発生源を見極めることも同様に重要です。発生源には以下のものが含まれるでしょう。

・ コンタミの混入した新しいオイル

先述の通り、新しいオイルといえどもあなたが思うほどクリーンなものではないことがほとんどでしょう。その多くの場合、運搬、保管、作業時に品質劣化します。

・ 内蔵（自然）コンタミ

機械部品自身が分解修理や再組立工程の間に汚染される可能性があります。濡れパーツ、ホース、注油パイプのクリーン度に関連した購買工程を見直すのも大切な要素です。

・ 外部から入り込むコンタミ

ドレンコックや閉めの甘いシールもコンタミ（微粒子と同様、水も含む）をもたらす代表例です。コンタミは外付けの潤滑油システムから混入されます。ドレンコックに少しの修正を加えるだけでも、得られるものは大きいかもしれません。

・ 内製コンタミ

磨耗粉を除去することなく循環するままにさせていると、機械破壊の予言を自ら成就することになりかねません。普通、循環型フィルター装置では、磨耗粉をある程度捕捉できても、完全に除去し得ることは不可能なのです。実際、こうした浄化システムの多くの場合、効力を発揮できるのは 40 ミクロン以上の粒子に対してだけなのです。ですから、この種のコンタミに関しては、硬く研磨性の高い粒子除去に的を絞って対策を考えるというのは道理にかなった策であると言えるでしょう。

一旦汚染源をつきとめたら、今度は目標クリーン度到達に向けて全力を尽くしましょう。



図 3. 不適切な作業工程のため、フィルター・ネック・スクリーンに穴が開いた状態



図 4. 不適切な保管工程のため、密閉されていないドラム缶の栓



図 5. 不適切な作業工程のために、汚れたフィル・ポンプ

濾過

オフラインの循環濾過システム(“キドニー・ループ”)を使う事は、より効率的クリーン度目標を達成、維持する上で効果的な選択肢です。場合によっては、常設の副流(バイパス)フィルターを組み込んでしまう必要があるかも知れません。オイルタンクの容量が小さく、汚染がさほど深刻ではないアプリケーションには、カート式ポータブルフィルター装置(図6参照)で対応できるでしょう。このタイプのフィルター装置は運休時間やコンタミ量の増大を察知した時に利用できます。また、新オイルをシステムに注入する前、または最中に、プレフィルターとしてもお使いいただけます。この手の装置には一般的にカートリッジフィルターが使われていますが、使用する機器のクリーン度目標値に合わせてフィルターエレメントを簡単に取り替えられるのが大きな利点です。ただ、携帯システムは二次汚染の危険性も持ち合わせておりますので、別の潤滑油を濾過する前に、必ずフィルターの交換と十分な洗浄をする必要があります。この問題を回避するために、各潤滑油にそれぞれ別個のフィルター装置を準備しておくのも一つの手です。



図6. ポータブル・フィルター・カート

保管と作業

得られるメリットに比べれば、保管と作業工程の改善のための投資はたいていの場合、ほんのわずかで済みます。ドラム缶保存の場合、温度をできるだけ一定に保つことは重要です。というのも、温度変化によって起こる内圧の増減に合わせて、ドラム缶は呼吸をするからです。内圧が下がれば、水分や他のコンタミが缶内に侵入しやすくなります。ほとんどの気候下で言える事ですが、問題回避のためにも、それらドラム缶は温度調節された密閉保管庫で管理されなければなりません。オイルの品質保持のため、保管コンテナに入りうる汚染物質や水分を遮断するのも効果的です。しかし、注意するのは保管コンテナだけでは不十分です。ポンプ、運搬用コンテナも見落とすことはできません。これらのことを行えば、他の潤滑油による二次汚染や注油時にコンタミも一緒に混入してしまう危険性を最小限に抑えられるでしょう。

水分除去

水汚染の発生源は数知れず、しかも遍在しているため、その発生源全てを根絶することは大変困難です。オイル内の水分除去も骨の折れる作業ですが、全くなすすべもないわけではありません。実際的な処置方法を以下に挙げていますが、それぞれメリット・デメリットがありますので、アプリケーションに合わせて吟味する必要があります。水分除去、並びに置換の一般的な手段は以下の通りです。

- ・ **沈殿 / 蒸発**
 - ★ 自然発生—重力によって水と油は分離します。また、自然蒸発すると水は液中から空気中へ出て行く
 - ★ 低コスト
 - ★ 最も効果が低い
 - ★ 適切に設計されたタンクを要する
 - ★ 自由水だけが除去される

- ・ **遠心分離**
 - ★ 飽和点以上の、重さ 20ppm 程度までの自由水のみが除去される
 - ★ 取り込まれたガスは除去されない
 - ★ 懸濁水の容積は増加しやすい
 - ★ ホコリや他の固形物は除去される
 - ★ この処置で添加剤は除去される

- ・ **スクリーン / 水除去フィルター—一体型フィルター**
 - ★ 自由水だけが除去される
 - ★ 一体型カートリッジ・フィルターは水と油を分離する
 - ★ 添加剤は除去される
 - ★ 限定された粘度枠内、一定の重力の下でのみ有効
 - ★ 「添加剤は除去されない」という声もある

- ・ **フィルター / ドライヤー**
 - ★ 超吸収素材のカートリッジ式フィルターなら水も捕捉可能
 - ★ 溶解水は除去できない

- ・ **真空処理（真空脱水）**
 - ★ 水気を帯びた潤滑油は真空状態で加熱し、水を飛ばす
 - ★ この処置は化学分離法であるため、添加剤は除去できない
 - ★ 溶解水、懸濁水、自由水は除去できる
 - ★ 効率の良いフィルター媒体と併用すれば、高機能性潤滑油純化システムとなりうる

- ・ **ガス噴射 / 揚水抜気**
 - ★ 揚水抜気の化学分離法則が利用可能
 - ★ 溶解水、懸濁水、自由水は除去できる
 - ★ 窒素や大気を使用可能

クリーンなオイルを購入

見落としがちな点ですが、さらなる浄化手段として勧められる、より清浄度の高いレベルの潤滑油を指定して購入することです。今までより多少多くのコストがかかるようになりますが、機械の性能向上、フィルターコスト、機器の寿命の点で大幅な改善が見込めますので、後になって、有り余るほどの報いを刈り取ることになるでしょう。もしこの方法を採用されるのであれば、金額に見合うだけの効果が得られるかどうか確認するためにも、新しいオイルを使用する前に必ず品質評価テストをしてください。

結論

オイル管理をどうか軽視しないでください。詳細に至るまで注意するなら、オイルクリーン度の目標値を達成でき、結果的に機械の寿命とパフォーマンスが大幅に改善されることでしょう。機器の寿命を延ばすという観点では、潤滑油の浄化がたやすく、しかも低コストである上、かなりの改良が見込める手法の最たるものであることが証明されています。

**油の汚れがお手持ちの機械を破壊するまで待つようなことはしないで
ください。オイルを洗浄し、クリーンに保ってください！**

参照文献

1. Toms, Larry A., *Machinery Oil Analysis, 2nd Edition*, Coastal Skills Training, Virginia Beach, Virginia.
2. Fitch, J. C., *Oil Analysis Course Manual*, Noria Corporation, Tulsa, Oklahoma.
3. *A Guide to Standards for Contamination Specifications in Liquids*, Pacific Scientific Instruments, HIAC Royco Division.
4. *ISO/FDIS 4406:1999(E)*, International Standards Organization.
5. *Industrial Oils*, Chevron USA, Incorporated.
6. *The Handbook of Hydraulic Filtration*, Parker Hannifin Corporation, Parker Filtration Division.
7. *Machine Design*, "How Dirt and Water [Affect] Bearing Life," Timken Bearing Company.

備考

1. このオリジナル文書の著作権は、USA General Electric社に属しており、同社からの許諾を2005年に得て、(有)テクノサポート(www.technosupport.co.jp)が翻訳したものです。従って翻訳内容の文責はテクノサポートにあります。
2. このオリジナル文書は2001年第4半期版の、雑誌“ORBIT”のページ. 12-20に掲載されたものです。
3. 雑誌“ORBIT”の詳しい情報はホームページ www.gepower.com/orbit をご覧下さい。