

河川ポンプ設備ディーゼル機関潤滑油管理指標（案）

令和 7 年 3 月

関東地方整備局 関東技術事務所

河川ポンプ設備ディーゼル機関潤滑油管理指標（案）

目次

1. 目的	1
2. 適用範囲	1
3. 更油指標（案）	2
4. 潤滑油の性状と添加剤.....	5
5. ディーゼル機関用潤滑油の種類.....	7
6. サンプリング	9
7. 今後の課題	10
8. 潤滑油の性状分析による状態監視への活用.....	11
9. 参考文献	17
10. 参考資料	18
10.1. 分析結果の検証について.....	18

別添資料

- （1）潤滑油分析報告書のとりまとめ例
- （2）オイルメーカーのヒアリング結果
- （3）管理基準値（参考）

1. 目的

河川ポンプ設備の主原動機及び発電装置の駆動用原動機には、ディーゼル機関が多く採用されている。主ポンプの主原動機は原則として予備機がなく、また発電装置の駆動用原動機も停止すれば一端排水は停止せざるを得ないことから、重要な「致命的機器」である。(写真 1-1、1-2)。

ディーゼル機関に使われる潤滑油は、原動機部品の摩耗の防止、冷却、内部の防錆、燃費の向上など非常に重要な役割を担っている。そのため、適正な潤滑油管理はディーゼル機関の信頼性確保に不可欠である。

常用系のディーゼル機関では、主にオイルメーカ、エンジンメーカの推奨する潤滑油交換基準（主に時間計画保全）がある。しかし、河川用ポンプ設備の主原動機は運転頻度が一般的に低いことから、劣化の過程が原動機によって様々であり、常用系に用いられる時間計画保全を適用すると過剰メンテになる可能性がある。また、潤滑油性状を用いた更油の管理指標も明確でないのが現状である。

関東地方整備局では、平成 22 年度より排水機場で年点検時に行っている潤滑油の性状調査結果を収集し、統計・解析を行っている。

河川ポンプ設備ディーゼル機関潤滑油管理指標（案）（以下、「管理指標（案）」という。）は、当該解析結果、採用されている潤滑油メーカの技術資料及び JIS 規格を基に、性状により潤滑油管理を行うためにまとめたものである。

この管理指標（案）は、当面、試行段階とし関東技術にデータを集めて管理するが、今後の試行によって新たな知見が得られた場合、取り扱いを明確にしていく予定である。



写真 1-1 主原動機



写真 1-2 自家発電機用原動機

2. 適用範囲

管理指標（案）は、河川ポンプ設備の主原動機、発電設備用原動機に使用されるディーゼル機関の潤滑油管理に適用する。

3. 更油指標（案）

3. 1 更油指標の考え方

ディーゼル機関潤滑油管理において、最も重要な更油に関する考え方を示す。

今回整理した JIS 規格、オイルメーカーの基準値、オイル分析会社の基準値を基に、各施設に対する管理基準値を設定した。

設定にあたっての優先度は、専門技術者として知見が多いオイル分析会社の定める指標、オイル固有の指標であるオイルメーカーの基準値、JIS 規格の順とし、その値が無い施設については、未設定とした。

3. 2 指標となる数値と優先順位

エンジンオイルのグレードはほぼ動粘度で規定されていることもあり、本指標では第一指標として動粘度、第二指標は塩基価及び水分を設定する。

動粘度を指標とすることで現在使用している潤滑油の交換時期が明らかな場合、現状までの変化率から余寿命（更油までの年数）を推定できる。

余寿命については、中長期保全計画の立案・見直しあるいは年度保全計画の立案に活用する。（多量のオイルを要する原動機では、中長期保全計画で実施時期と必要経費の明確化が必要となる。比較的少ないオイル量の機関は、管内における通常の保全サイクルに予定される維持費で賄うことができるか検討する。）

3. 3 指標となる性状

3.3.1 粘度

粘度は潤滑油の最も重要な性状である。粘度とは、油の「粘性」「ねばさ」を表す尺度で、油の流れやすさ・流れにくさを表す度合いを示す指標である。

同じ粘度を示す油でも、密度が異なると流体として外力が作用したときの動き方が異なる。粘度（ $\text{mPa}\cdot\text{s}$ ）を密度（ g/cm^3 ）で除したのが動粘度（ mm^2/s ）であり、一般的に潤滑油の粘性を示す指標として用いられる。測定方法は JIS K 2283 に規定されている。

3.3.3 塩基価

塩基価は、潤滑油に含まれる塩基性物質を中和する塩酸あるいは過塩素酸に相当する水酸化カリウムの mg 数で示される。本来塩基性物質は基油に殆ど含まれておらず、おおむね酸化防止剤や清浄分散剤などの添加剤によって確保される。塩基性物質によって、燃料油中の硫黄分から精製する硫酸その他の酸が中和され、エンジン各部の酸による損耗が防止される。また、燃焼によって発生する煤や摩耗粉などがエンジンオイルに混入してくるが、これらによってエンジン内部が汚れないよう清浄に維持する機能がある。この測定法は JIS K 2501 に規定されている。

3.3.3 水分

運転と停止を繰り返しかつ長時間稼働しないディーゼル機関では、エンジン内部の結露で

発生する水分や燃料の燃焼によって発生する微量の水分が潤滑油に混入することがある。水分を含んだオイルが循環することで、エンジン内部に錆や腐食が発生することもある。従って、水分は潤滑油の健全性を示す指標として重要である。

3. 4 評価方法

今回設定した管理基準値を基に各指標の経年変化について検討する。添加剤の追加や水分除去などで改善を図る方法も考えられるが、信頼性・経済性に関する評価が未知である現状において、潤滑油が管理基準値を超えるものは更油すべきである。具体的には、各指標の直近数年の動きを基に、何年後に管理基準値に達するかを予測するものとする。評価方法の手順としては、①データ・しきい値のグラフ化、②予測（回帰）線の記載、③判定 とする。

なお、潤滑油更油のための評価以外に注意する点として、このときエンジンの排気温度などエンジン自体の健全度を示す計測値に変化がないかを合せて確認することとする。

また、性状に大きな変化が見られなくても、10年以上同じオイルを使用した場合には更油することを標準とした。

次に、評価方法として想定される3つの事例を整理した。

事例①

下記のA排水機場の場合、前回の更油後5年間の経年変化を見ることで、その後の3年間（回帰線）の動きを予測することができる。この場合、あと3年で動粘度の下限値に到達すると推定できる（図3-1）。また、水分および酸価は上昇傾向、塩基価は低下傾向が見られる（図3-2）。よって、この施設の更油期間は8年と推定できる。

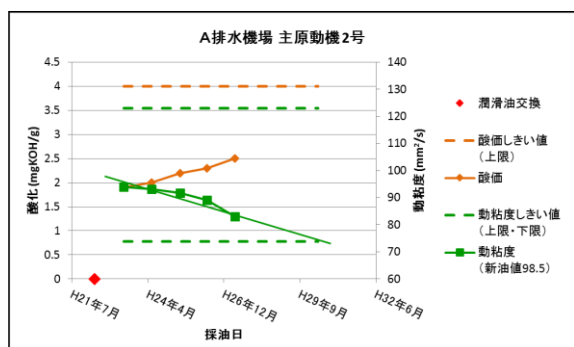


図 3-1 経年変化グラフ（動粘度）

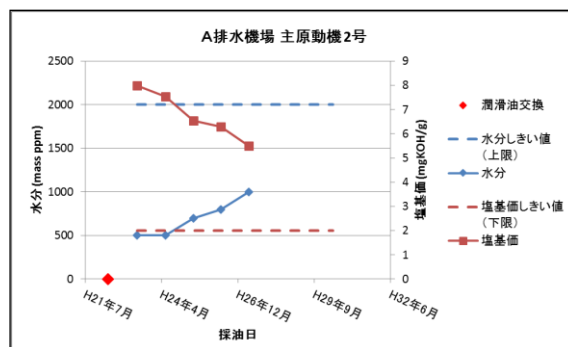


図 3-2 経年変化グラフ（水分、塩基価）

事例②

下記のB排水機場の場合、動粘度は下限値まで低下しており（図3-3）、水分および酸価の上昇、塩基価の低下していることから（図3-4）、更油時期に達したと判断できる。5年で管理値に到達したため、更油期間は5年とする。

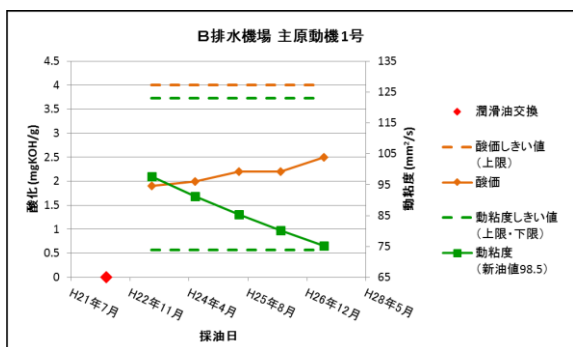


図 3-3 経年変化グラフ（動粘度）

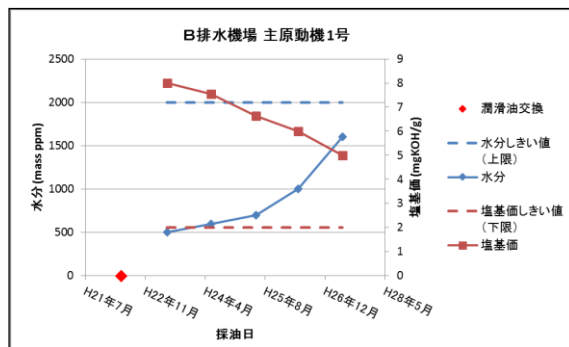


図 3-4 経年変化グラフ（水分、塩基価）

事例③

下記のC排水機場の場合、動粘度は下限値に達しているが（図3-5）、水分や酸価、塩基価に大きな変化は見られない（図3-6）。このような場合は、潤滑油の更油を検討するだけでなく、エンジンの排気温度など他の計測値に注意し、機関本体の状態監視にも配慮する。例えば、排気温度が上昇傾向を示している場合は、機関から発生する熱がオイルの劣化を進めているだけでなく、内部摩耗が進んでいる可能性があるため、内視鏡撮影や部分分解による診断を実施すべきと判断する。

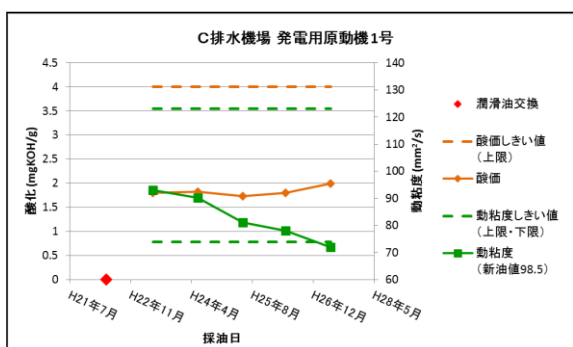


図 3-5 経年変化グラフ（動粘度）

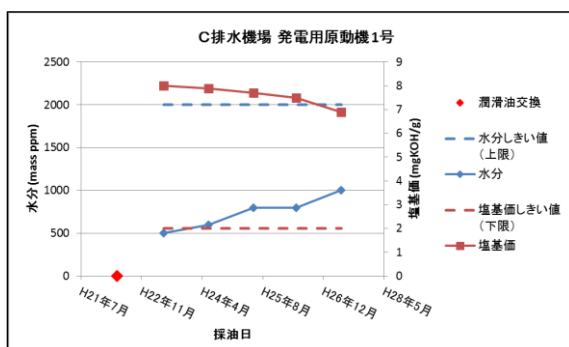


図 3-6 経年変化グラフ（水分、塩基価）

3. 5 指標値に変化があった場合の原因特定

動粘度、塩基価及び水分という評価指標を明確にしておくことによって、これまでの傾向管理結果と異なる変化が現れた場合、原因を特定できる可能性がある。

動粘度、塩基価、水分の変化が大きい場合にはその理由を整理することが重要である。具体的には、現場の専門技術者と技術的対話を行い、何が原因なのかを探り、必要に応じて対応策を立てなければならない。

例えば、「水分の上昇が大きい場合には、それがエンジン内部の結露によるものなのか、排気管側からの侵入など他に原因があるのか、またどういう対応が必要なのかを確認する」という事例が考えられる。

4. 潤滑油の性状と添加剤

4. 1 潤滑油の機能

潤滑剤の主な働きは、互いに接触する固体の間に潤滑剤の膜をつくり、固体同士が直接接触しないようにすることによって両者の摩擦を少なくしすべりをよくするとともに、摩耗や焼付きを防ぐことにある。

しかし、潤滑剤はこれ以外にもさまざまな働きをしている。潤滑剤の代表として潤滑油の機能を挙げると次のようになる。

- ① 摩耗防止・低減作用
- ② 冷却作用
- ③ その他の作用 ※1
 - (1) 腐食防止作用
 - (2) さび止め作用
 - (3) 密封作用
 - (4) 圧力伝達作用
 - (5) 応力分散
 - (6) 電気絶縁作用
 - (7) 清浄分散作用

※1 一般的に認められる機能を網羅したもの

従って、潤滑油の性状を良好に保つことは非常に重要であり、これらの機能が低下すると場合によってはディーゼル機関本体の故障原因となりえる。

4. 2 潤滑油の性状

4.2.1 基油

潤滑油は、基油に添加剤を配合して作られる。基油には、用途に応じて合成油や動植物油も使用されるが、大半は鉱油が使用されている。

鉱油には大別してパラフィン系とナフテン系があり、エンジンオイルには主に着火点の高いパラフィン系が使用される。

4.2.2 粘度

3.3.1 のとおり。

4.2.3 粘度指数

潤滑油は、高温になると粘度が低く（柔らかく）なり、逆に低温になると粘度が高く（硬く）なる。これを指数化したのが、粘度指数である。粘度指数が高い方が温度による影響を受け難く、使用できる温度範囲が広がる。

4.2.4 流動点

流動性が失われる温度であり、低いほど低温における流動性が高い。規格・製品によって異なるが、-2.5℃以下のものがほとんどである。

4.2.5 塩基価

3.3.2 のとおり。

4.2.6 酸価

試料油 1g に含まれる酸性成分を中和するのに要する水酸化カリウムの mg 数で表される。

燃料の燃焼に伴って生成する硫黄酸化物や鉱油の酸化生成物などによって上昇するが、それに伴って塩基価の減少あるいは酸化生成物の増加によるエンジン内の汚れやピストン周りの摩擦増大などが懸念されるため、潤滑油の代表的な劣化指標として活用される。この測定法は塩基価と同様、JIS K 2501 に規定されている。

4.2.7 水分

3.3.3 のとおり。

4.2.8 潤滑油の性能と添加剤

潤滑油に使用されている基油には本来粘度、流動性、溶解性、密封性などが備わっている。しかし、そのままでは多様化し、高性能化した現在のエンジンの用途を満たすことはできない。そこで、用途に応じて様々な添加剤を加えることで性能を高めた製品が使用されている。各種添加剤の使用目的および機能を次に示す（表 4-1）。

表 4-1 添加剤の種類、使用目的および機能

種 類	使 用 目 的 及 び 機 能
酸 化 防 止 剤	油の酸化劣化を遅らせ酸性物質、スラッジの生成を抑制
錆 止 め 剤	金属表面へ吸着し、空気や水分の金属表面への接触を防止
腐 食 防 止 剤	金属表面に防食被膜を形成し、腐食防止
抗 乳 化 剤	基油の持つ優れた特性を回復、油と水の分離を促進
粘度指数 (VI) 向上剤	潤滑油の温度変化に伴う粘度変化を小さくする(粘度温度特性向上)
金 属 型 清 浄 剤	エンジン燃焼で生成する劣化物、劣化開始物の取り囲み、清浄に保つ
無 灰 型 分 散 剤	油劣化において発生する沈殿物(カーボンやスラッジなど)を懸濁分散
流 動 点 降 下 剤	低温状態における油中ワックス分の結晶固化を防止し、流動性を維持
消 泡 剤	泡立ち抑制、消泡作用
耐 磨 耗 (AW) 添 加 剤	摩擦面に保護膜を形成し、磨耗防止
極 圧 (EP) 添 加 剤	高荷重領域での潤滑において、焼ききやかじりを防止、耐荷重能を向上

出典：(社) 日本トライボロジー学会編：IS018436-4 準拠トライボロジーに基づくメンテナンス カテゴリー I , p. 39, 2009. 8

ディーゼルエンジンオイルでは、酸化防止剤、錆止め剤、抗乳化剤、粘度指数向上剤、清浄分散剤、流動点降下剤、消泡剤、AW 添加剤等が使用されている。

5. ディーゼル機関用潤滑油の種類

5. 1 エンジンオイルの種類

エンジンオイルは、内燃機関の種類により、次のように分類できる。

- ① 陸上用 2 サイクルガソリンエンジンオイル
- ② 自動車用 4 サイクルガソリンエンジンオイル
- ③ 自動車用 4 サイクルディーゼルエンジンオイル
- ④ 船用 4 サイクルディーゼルエンジンオイル
- ⑤ 2 サイクルディーゼルエンジン用シリンダオイル（クロスヘッド型）
- ⑥ 2 サイクルディーゼルシステムオイル（クロスヘッド型）
- ⑦ ガスエンジンオイル

⑤・⑥は大型の船用エンジンを想定したもので、燃焼室用とクランク室が構造的に分離されている「クロスヘッド型」エンジンのオイルを想定したものである。この場合、シリンダ部に用いるオイルはシリンダオイルといい、クランク室に用いるオイルをシステムオイルという。

河川ポンプ設備に使用されているディーゼル機関は、パッケージ型発電装置を除き、多くが船用エンジンであるが、主にシリンダとクランク室が分けられていない「トランクピストン型」であり、オイルとしては④（一部③）が使用されている。

一方、パッケージ型発電装置は、非常用発電設備としての用途で開発された製品（規格品）である場合が多く、運転時間は比較的短時間を想定した設計がなされる。従って、原動機は長時間で定格運転を行う船用エンジンよりコストの安い陸用エンジンが採用され、オイルは③である場合が多い。

これらのエンジンオイルについては、「陸用及び船用内燃機関に使用する潤滑油」として JIS K 2215 に規定されている。

5. 2 基準値の整理

5.2.1 ディーゼル機関用潤滑油の JIS 規格

JIS K 2215 において、陸用及び船用内燃機関に使用する潤滑油について規定している。以下に、主な項目の規定値を示す（表 5-1）。前項における④は、主に船用 3 種である。また、③は、主に陸用 3 種である。

表 5-1 JIS K2215 における主な規定値

JIS区分	動粘度（100℃） （mm ² /s）		引火点 （℃）	流動点 （℃）	全酸価 （mgKOH/g）	全塩基価 （mgKOH/g）
船用1種	2号	5.6以上9.3未満	190以上	-12.5以下	—	—
	3号	9.3以上12.5未満	200以上	-7.5以下		
	4号	12.5以上16.3未満		-5以下		
	5号	16.3以上21.9未満				
船用2種	2号	5.6以上9.3未満	190以上	-12.5以下	3以下	—
	3号	9.3以上12.5未満	200以上	-7.5以下		
	4号	12.5以上16.3未満		-5以下		
	5号	16.3以上21.9未満				
船用3種	3号	9.3以上12.5未満	200以上	-7.5以下	—	3以上
	4号	12.5以上16.3未満		-5以下		
	5号	16.3以上21.9未満				
船用4種	3号	9.3以上12.5未満	200以上	-7.5以下	—	25以上
	4号	12.5以上16.3未満		-5以下		
	5号	16.3以上21.9未満				
陸用1種	2号	5.6以上9.3未満	180以上	-12.5以下	—	—
	3号	9.3以上12.5未満	190以上	-7.5以下		
	4号	12.5以上16.3未満	195以上	-5以下		
	5号	16.3以上21.9未満	200以上	-2.5以下		
陸用2種	2号	5.6以上9.3未満	180以上	-12.5以下	3以下	—
	3号	9.3以上12.5未満	190以上	-10以下		
	4号	12.5以上16.3未満	195以上	-7.5以下		
	5号	16.3以上21.9未満	200以上	-5以下		
陸用3種	2号	5.6以上9.3未満	180以上	-12.5以下	—	—
	3号	9.3以上12.5未満	190以上	-10以下		
	4号	12.5以上16.3未満	195以上	-7.5以下		
	5号	16.3以上21.9未満	200以上	-5以下		

5.2.2 オイルメーカーの基準値

関東地方整備局管内で使用しているディーゼル機関用のオイルは多様であり、その各々について、新油代表値と管理指標値がある。これらの数値については、メーカーにヒアリング調査を実施して把握する必要があるが、JIS 規格全ての項目に数値が定められているわけではなく、また、新油については動粘度の指標が 40℃基準となっており、運用時に計測する 100℃基準と単純に比較できないなどの課題がある。

5.2.3 オイル分析専門技術者の管理基準値

一般的に、河川ポンプ設備の年点検時に実施する潤滑油分析は、オイル分析会社において実施される。

オイル分析会社は、各メーカーの各オイルに対する管理基準値を、独自に設定しているケースと敢えて定めていないケースがある。これらは、オイル分析会社のノウハウによってとられる手法であり、同一オイルを使用している場合でもエンジンの規模や設置環境から、管理基準値を変えている場合もある。

6. サンプルング

6. 1 サンプルング

潤滑油性状を分析するための採油作業をサンプルングという。

潤滑油分析を用いた潤滑油管理を行う上でサンプルングは、その入口に位置する作業であり、分析データの信頼性、安定性等の確保の観点から非常に重要である。しかし、現状年点検で実施されているサンプルング方法に関して基準がない。

そのため、今後の分析データの信頼性を確保するために、サンプルング方法のガイドラインを示す。

6. 2 サンプルングの方法

サンプルングを行う場合、分析値のバラツキ防止や精度の向上のためには設備の特性にあった方法で行うことが重要である。

6.2.1 オイルパン式を採用した原動機

オイルパン式を採用した原動機からサンプルングする場合、サンプルング箇所の優先度は次の順番とする。

- ① オイルフィルター循環経路のサンプルングロ（フィルターへの戻り配管）
 - ② オイルゲージ孔（写真 6-1）
 - ③ オイルフィルター部（フィルターケースの蓋を開けてのサンプルング）（写真 6-2）
- ただし、オイルフィルター循環経路にサンプルングロは設けられていないケースが多い。



写真 6-1 オイルゲージ孔からの
サンプルング



写真 6-2 オイルフィルター部からの
サンプルング

6.2.2 サンプタンク式を採用した原動機

サンプタンク式を採用した原動機からサンプルングする場合、サンプルング箇所の優先度は次の順番とする。

- ① オイルフィルター部（写真 6-3）
- ② サンプタンクの専用バルブ（写真 6-4）



写真 6-3 オイルフィルター部からのサンプリング



写真 6-4 サンプタンクからのサンプリング

6. 3 サンプリング時の注意事項

- ・サンプリングは、サンプリングのタイミングとサンプリング箇所を毎回同一とする。
- ・標準的には、管理運転完了後にサンプリングを実施する。
- ・オイルゲージやサンプタンクからの場合、サンプリング管の先端をオイルパンやタンクの下部に着けず、中間位置からサンプリングすること。（底部に溜まったスラッジなどの影響を避けるため）
- ・オイルフィルター部の場合、フィルタを通過した潤滑油は不純物が捕捉されることから、エンジンを潤滑しているオイルの状態と異なる可能性があるため、できるかぎりエンジン側から戻ってくる潤滑油をサンプリングする。なお、蓋やフィルタの構造によって適切なサンプリング方法は異なるので適宜工夫する。
- ・サンプリング管やサンプリング瓶は清浄なもので使い回しを厳禁とし、作業中に不純物が混入しないように留意する。
- ・サンプリング時にサンプリング瓶の口をウエスで拭くあるいは手で触るなども厳禁とする。
- ・サンプタンクの専用バルブからサンプリングする場合は、配管内に溜まったスラッジをサンプリングしないように、当該配管容量の 5 倍程度のオイルをフラッシングで流してからサンプリングする。

7. 今後の課題

管理指標（案）は、排水機場で年点検時に行っている潤滑油の性状調査結果を基に、更油しからしきい値に到達するまでの年数の考え方を示した。その考え方に従い、現場における潤滑油管理を試行するため、参考資料において実際に使用されている潤滑油に関するデータを添付した。以下、試行において配慮すべき留意事項は次のとおりである。今後の試行によって新たな知見が得られた場合、取り扱いを明確にしていく予定である。

7. 1 添加剤の問題

動粘度、水分、塩基価などの指標が悪化したときに、添加剤によって性状を改善できる可能

性がある。しかし、これらを待機系のディーゼル機関で長時間使用した潤滑油に対して添加したときの信頼性は未知である。

7. 2 水分除去

水分が増加した潤滑油から、水分を除去することのできるフィルタがある。しかし、これを待機系のディーゼル機関に使用した場合の潤滑油の寿命延長や耐久性については未評価な部分がある。

7. 3 潤滑油の延命措置

潤滑油の更油は、原動機規模によっては大きな金額を要する。特にサンプタンク方式の潤滑油において、性状が悪化した場合に、添加剤あるいは水分除去などの手法は更油予算化までの延命措置としては試行する余地がある。

ただし、後の耐久性を考慮したコスト（潤滑油としての LCC）の問題があるため、実施においてはエンジンメーカ等と十分な協議が必要である。

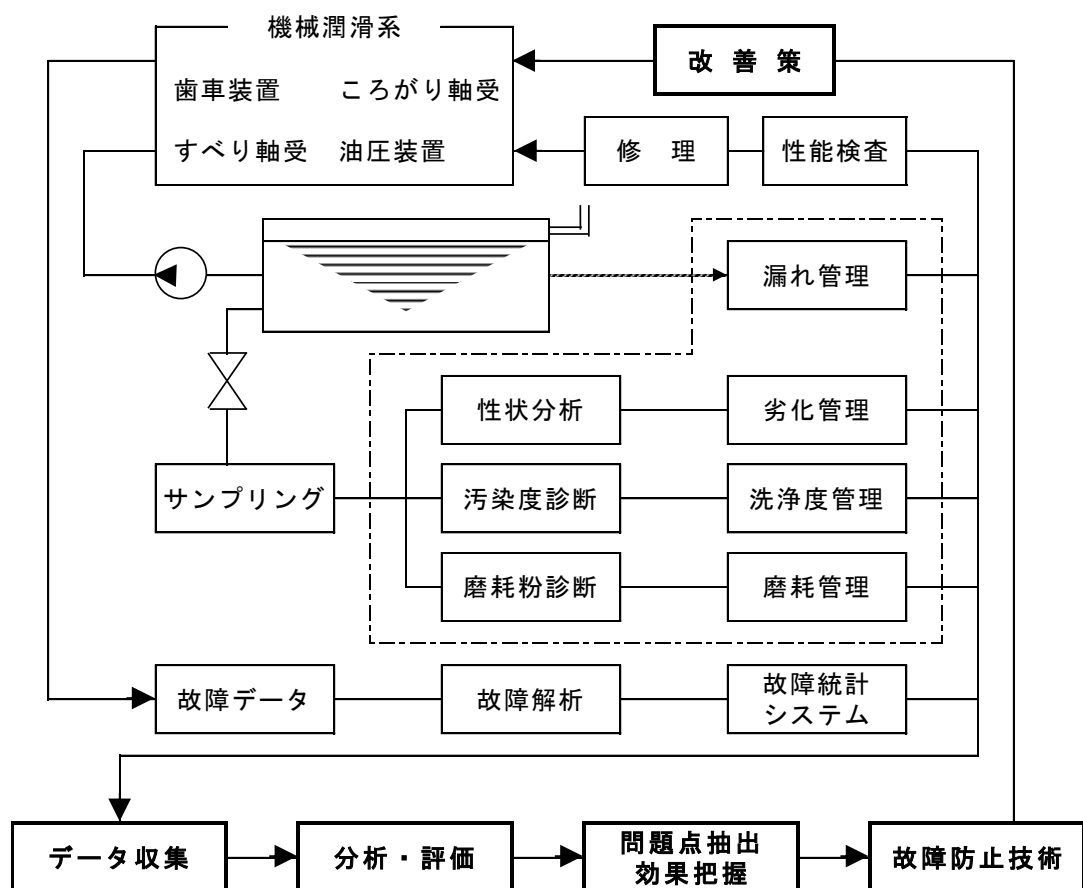
また、現状では最長使用年数を 10 年としている。これは主原動機を対象として従来実施されていた定期整備の標準的間隔であり、実質的にこれ以上同じ潤滑油を使用し続けることの信頼性を評価できるデータがない。また、主原動機メーカの定める取扱説明書においては、2 年あるいは 1 年での更油を推奨しており、10 年はこの 5 倍以上という長さになる。待機系設備における新たな知見が得られるまで、これ以上の使用は行わないものとした。

8. 潤滑油の性状分析による状態監視への活用

8. 1 設備診断

潤滑油の性状を良好に保つことによって、ディーゼル機関の寿命を延伸することができる。また、潤滑油を一定の基準をもって管理することで、状態監視保全におけるトライボロジーの導入効果を高めることができる。

一般的な設備を対象とした潤滑油管理のフローの例を次に示す（図 8-1）。



出典：(社) 日本トライボロジー学会編:IS018436-4 準拠トライボロジーに基づくメンテナンス カテゴリー I , p. 222, 2009. 8

図 8-1 潤滑油管理システムの基本フロー

潤滑油の性状を正常に保ち、サンプリングの精度を高めることで、分析・評価の精度も向上する。その結果、フェログラフィ法、SOAP 法の適用精度の向上が期待でき、故障の兆候予知や故障防止に役立てることができる。

8. 2 フェログラフィ法

フェログラフィは、潤滑油中の金属摩耗粉を分析する手法としてよく用いられている。基本的な原理は、金属摩耗粉を含んだ試料油を磁石の上を通過させることにより、試料油中から金属摩耗粉を捕捉分離することにより、摩耗粉を分析する方法である。

フェログラフィには、顕微鏡で含まれる粒子成分を観察評価する分析フェログラフィと、機械的に含まれる大摩耗粒子分と小摩耗粒子分を検出する定量フェログラフィの 2 通りの方法がある。

フェログラフィ法による分析報告の事例を写真 8-1 に示す。赤枠内が定量フェログラフィの結果であり、それ以外は分析フェログラフィである。クランク軸のメタルやシリンダライナあ

るいはピストン内の摩耗部品等エンジン構成部品の劣化を評価する場合、分析フェログラフィが重視されている。定量フェログラフィは、同条件（サンプリング、測定方法、測定機器）で実施してくことにより、原動機内で進行しつつあるシビアな摩耗に対する傾向管理が可能である。

8. 3 SOAP 法

SOAP 法は、試料油を燃やした炎を ICP 法（誘導結合型プラズマ発光分析）などで発光分析し、試料油中の金属成分の割合を算出するものである。この方法では原理的に $10\mu\text{m}$ 以下の微小な摩耗粉しか分析できないが、逆に微小な摩耗粉の検出を得意とし、このシステムの最大の特徴は、試料油中に含有される金属成分を ppm オーダで検出できることで、機械システムのほんの僅かな摩耗粉の検出により、損傷状況をすこぶる早い段階から認識することができる。

SOAP 法による分析結果の事例を写真 8-2 に示す。

8. 4 検証

今後、SOAP 法の各計測値、分析フェログラフィで検出される粒子成分、定量フェログラフィの摩耗危険指数などの推移と主原動機の状態を逐次解析していく。

潤滑油の更油を管理指標（案）に基づいてしっかり行うことは、定常的な整備に要する費用を増加させる可能性もあるが、ディーゼル機関の故障発生傾向及び LCC の推移などがどのように改善されるかを試行によって検証していく必要がある。

分 析 報 告 書

2015年6月22日

(株)

サンプル名 : 牛久沼1号ポンプ

機械名 : 牛久沼1号ポンプ
機械型式 : 6L25BXE
オイル名 :
システム油量 : 600.0 L

履 歴				粒 子 の 量					
分析No.	分 析 回数	採 取 日 年 月 日	オイル使用	機械使用	大摩耗粒子濃度 AL/ml	小摩耗粒子濃度 AS/ml	摩耗粒子濃度 AWPC/ml	摩耗異常指数 Als	試料油量 Vml
17062473	3		6						
18063521	4	2013. 5. 10	6		681.00	549.00	1230.00	162000.00	0.1
19064297	5	2014. 5. 15	6		721.00	344.00	1065.00	402000.00	0.1
20062231	6	2015. 5. 12			647.00	482.00	1129.00	186000.00	0.1
基準値									

粒 子 の 内 容

分析No.	多	中	少
17062473			
18063521	ラビング		
19064297	ラビング		
20062231	ラビング		

粒 子 の 概 要



判 定 及 び 所 見

【判定】異常なし
【所見】 摩耗粒子濃度（WPC）は低く、摩耗粒子のほとんどが正常ラビング粒子（正常な摩耗状態を示す）であり、機械の摩耗状態は摩耗量及び摩耗形態からみて異常ないものと考えられます。

倍率 100 100.0 μm No. 場所

この所見は、一定の方法で採取された試料と正しい試料情報を前提とした参考所見であり、御社の活動を制約するものではありません。

写真 8-1 フェログラフィ分析報告書 (1/2)

分析フェログラフィ解析シート（２）

分析 No.		020062231			
粒子の形態					
No.	量	名称	形状	発生形態	
1	多	正常ラビング	15μ以下の薄片	表面薄層のはくり 境界潤滑,始動	正 常
2		なじみ	長方形の薄片	なじみ,始動	
3		カッティング	切り粉状	硬い異物の混入, 突起物の切削作用	切 削
4		シビア スライディング	15μ以上,条痕	片当り,すべり, 高速,高荷重	
5		スカフティング	15μ以上, テンパーカラー局在	ギヤ,高速,高荷重, 潤滑剤不足	シ ビ ア
6		球 状	球形(～200μ)	溶着, 高速,高荷重	
7		ス ポ ー ル	15μ以上, 表面にピット	ピッチング,フレーキング, ギア,軸受の疲労	疲 勞
8		ラ ミ ナ ー	15μ以上,厚さ 5μ以下の層状薄片	疲労粒子の圧延,主に ころがり軸受の疲労	
9		チャ ン ク	15μ以上,厚さ 5μ以上の塊状	ギア,転動部の疲労	疲 勞
10		球 状	球形(～10μ)	主にころがり軸受の 疲労	
11		赤 さ び	赤かつ色の多晶質	水分の混入,酸化, フレタイン	腐 食
12		黒 さ び	灰黒色の多晶質	酸化,潤滑剤不足, 焼付き,高速・高荷重	
13		腐 食	透明・半透明粒子	酸,アルカリ,活性イワ 塩素の混入,油不適合	侵 食
14		エロージョン	あらい面,球形	侵食, キャビテーション	
15		銅 合 金	黄 金 色	軸受,リテーナ, ポンプの摩耗	メ タ ル の 摩 耗
16		白色非鉄	白 色	軸受の摩耗	
17		フリクション ポリマー	ころ状,球形 無定形	摩擦部,油,添加剤 などの重合反応	化 学 変 化
18		溶剤不溶物	粒 子 状	異種油の混入, 添加剤の変成	
19		砂	透明・半透明粒子, 鋭角面	天然砂, 鑄砂の混入	汚 染
20		溶接スパッタ	球形(～数mm)	ブラッシング不足	
21		研 磨 粉	切り粉状, 球形(～数mm)	研磨粉の残存, ブラッシング不足	汚 染
22		樹 脂	無定形(～数mm) 種々の色	シールの摩耗, ふんい気からの混入	
23					

写真 8-1 フェログラフィ分析報告書（2/2）

分 析 報 告 書

2015年6月22日

(株) [redacted] サンプル名 : 牛久沼1号ポンプ
[redacted] 機械名 : 牛久沼1号ポンプ
機械型式 : 6L25BXE
オイル名 : [redacted]
システム油量 : 600.0 L

履 歴			オ イ ル 性 状					
分析No.	分 析 回 数	採 取 日 年 月 日	オイル補給量	オイル使用	機械使用	動粘度100℃ mm ² /s	水分(H/P) vol%	酸価 mgKOH/g
17062473	3			6		11.07	0.09	2.15
18063521	4	2013. 5. 10		6		11.72	<0.05	2.20
19064297	5	2014. 5. 15		6		11.54	0.1	2.13
20062231	6	2015. 5. 12				10.76	0.05	2.03
基準値						9.5-14.3	<0.1	<5.0

オ イ ル 性 状						
分析No.	塩基価(塩) mgKOH/g					
17062473	8.02					
18063521	8.18					
19064297	7.63					
20062231	7.33					
基準値	>2.0					

金属元素分析 S法 (mass ppm)																	
分析No.	鉄	鉛	銅	クロム	アルミ	ニッケル	銀	錫	ケイ素	ホウ素	ナトリウム	リン	亜鉛	カルシウム	バリウム	マグネ	モリブ
	Fe	Pb	Cu	Cr	Al	Ni	Ag	Sn	Si	B	Na	P	Zn	Ca	Ba	Mg	Mo
17062473	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
18063521	29	0	13	1	1	0	0	0	12	4	0	465	552	4451	0	17	1
19064297	77	4	13	2	0	0	0	1	8	5	6	454	546	4385	0	20	2
20062231	39	4	13	1	1	0	0	1	7	3	6	432	520	4428	0	18	1
基準値																	

判 定 及 び 所 見

【判定】 機械の状態 : 異常なし オイルの状態 : 異常なし
【所見】 オイル及び機器は良好な状態であり、継続使用可と考えます。

この所見は、一定の方法で採取された試料と正しい試料情報を前提とした参考所見であり、御社の活動を制約するものではありません。

9. 参考文献

- 1) (社) 日本トライボロジー学会編：ISO18436-4 準拠トライボロジーに基づくメンテナンス カテゴリー I, 2009.8

10. 参考資料

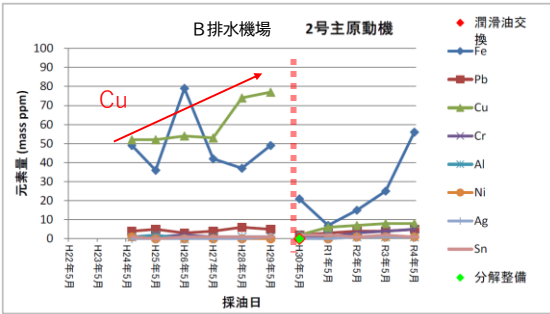
10. 1 分析結果の検証について

本項では、分析の有用性が確認できた例として、潤滑油成分分析の分析結果と分解整備時に判明する不具合事象との因果関係の解析を行い検証を実施した事例について、参考として掲載する。

10. 1. 1 有用性が確認できた例

下記は、継続的な潤滑油成分分析による有用性が確認できたと考えられる事例である。

表 9.1 有用性が確認できた例

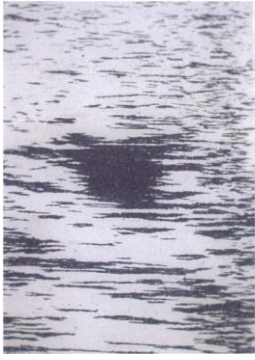
A河川事務所 B排水機場 2号主原動機	
①金属元素量変化	②分解整備時の不具合 (H29)
 H24～H29 にかけて Cu が増加傾向	⑦ 2号潤滑油冷却器 状況  潤滑油冷却器細管の 腐食・減肉 (基準値以上)
・H24 年度からの定期的な潤滑油成分分析によって、金属元素 Cu の漸増をとらえていた。H29 年度に行われた分解整備では、Cu を多く含むアルミニウム黄銅である BsTF3 (合金番号 C6872) を材料とする潤滑油成分冷却器細管に、交換基準を超える腐食が見つかった。	

別 添 資 料

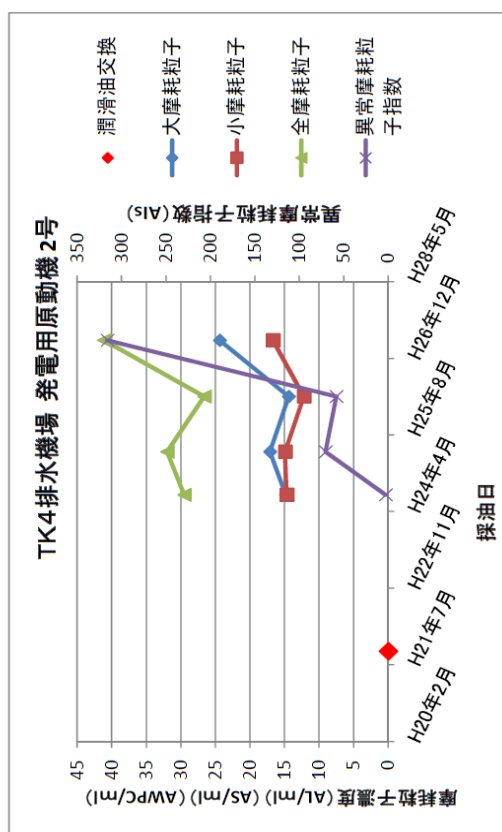
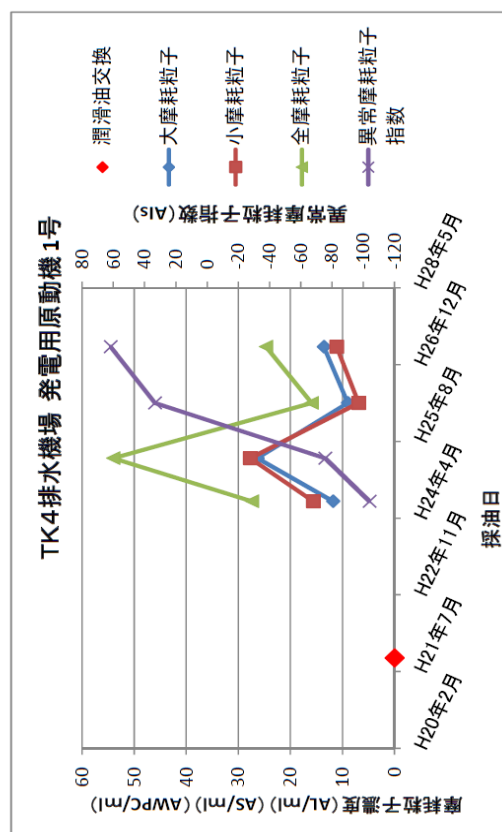
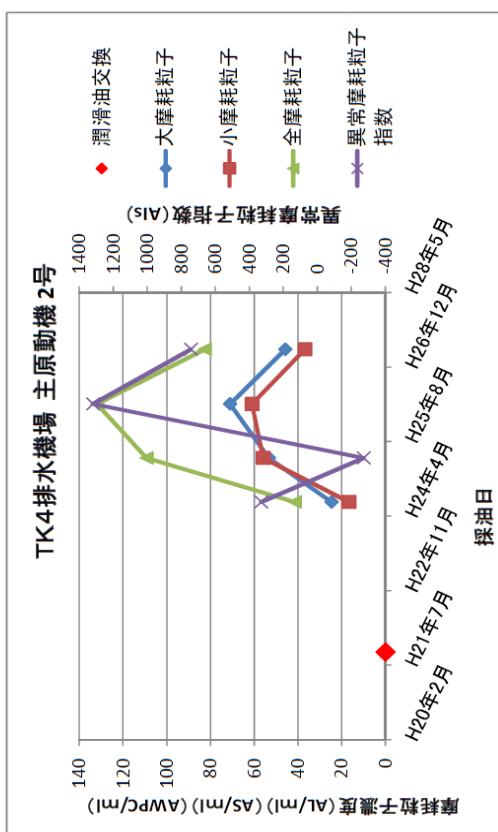
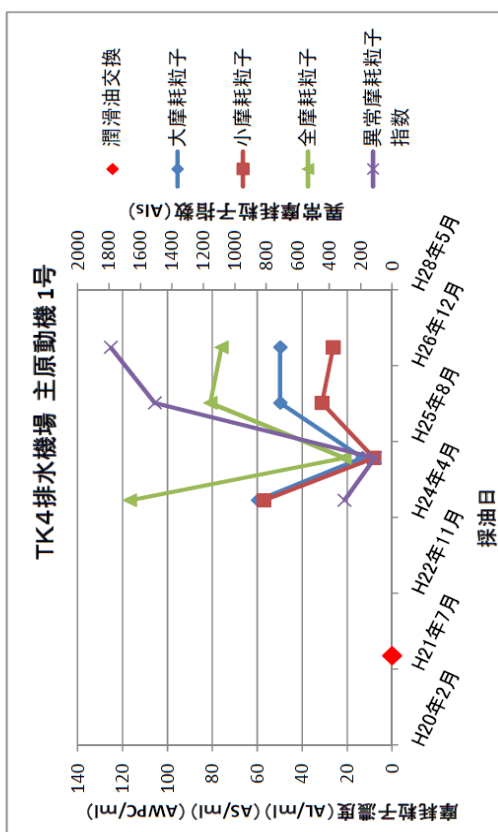
(1) 潤滑油分析報告書のとりまとめ例.....	1
(2) オイルメーカーの基準値.....	6
(3) 管理基準値 (参考)	7

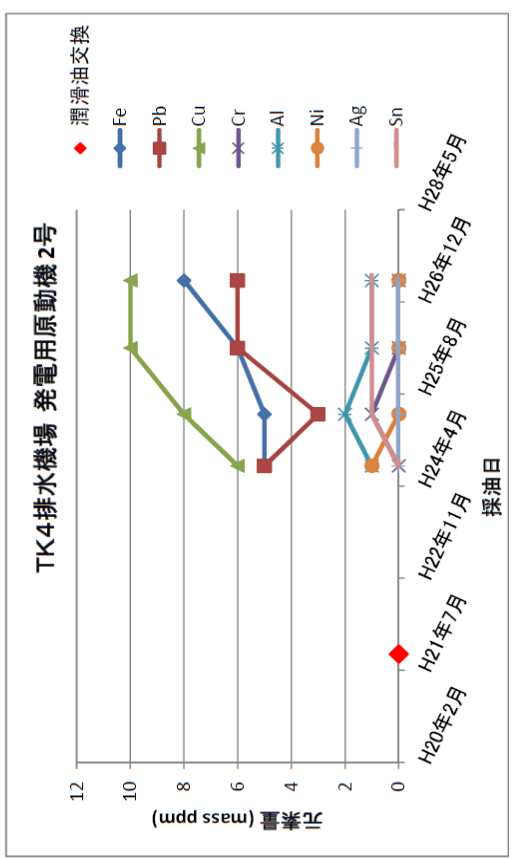
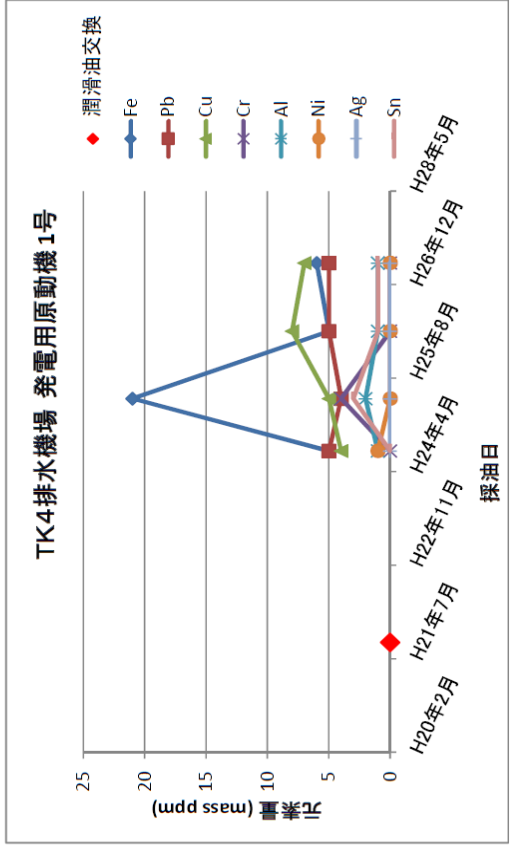
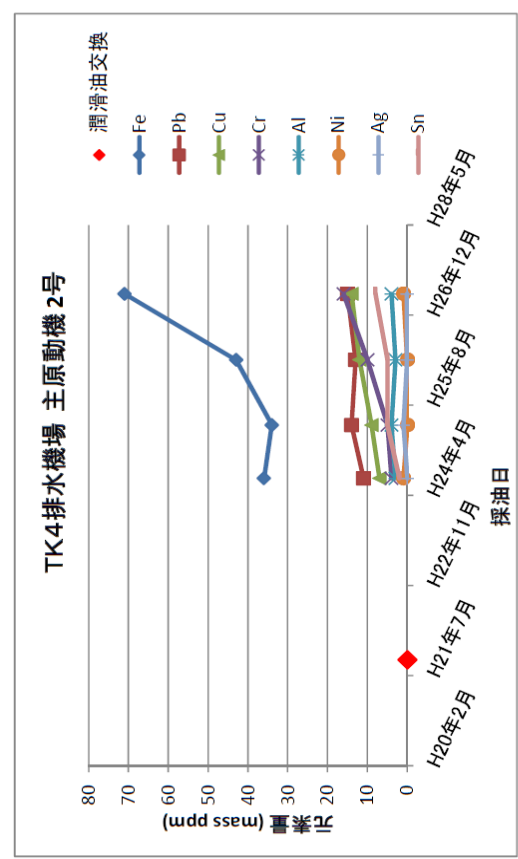
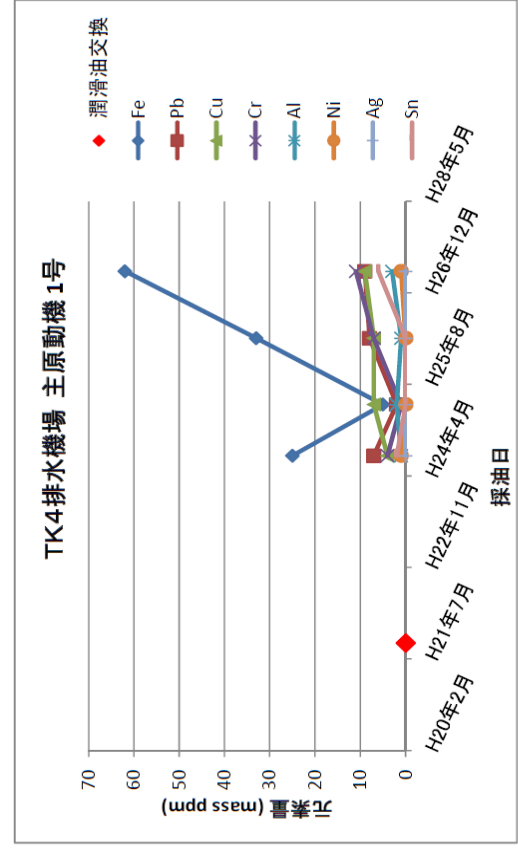
(1) 潤滑油分析報告書の取りまとめ例

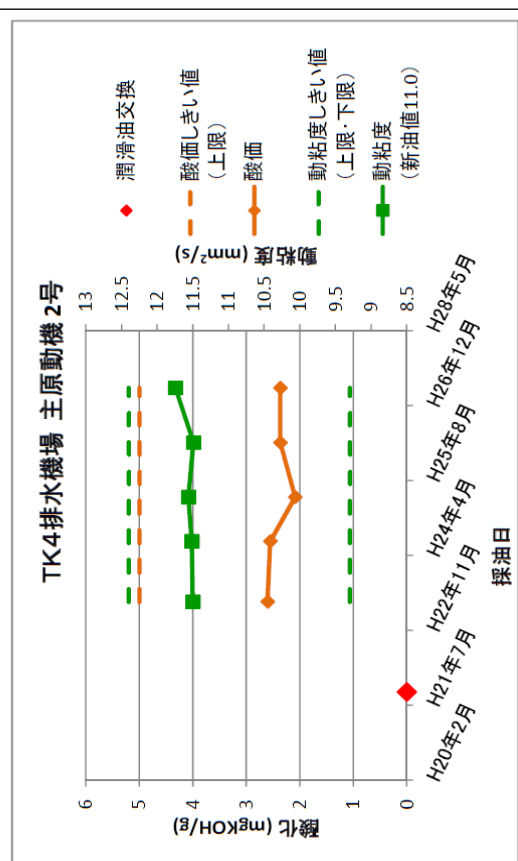
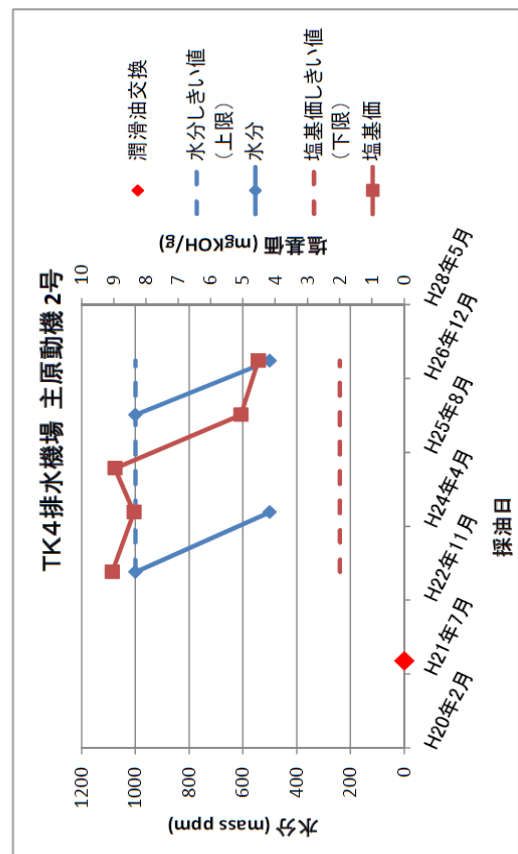
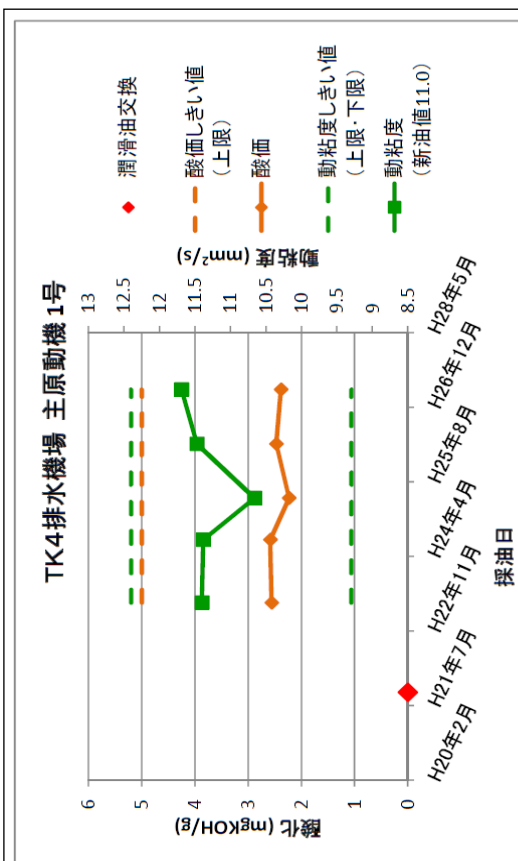
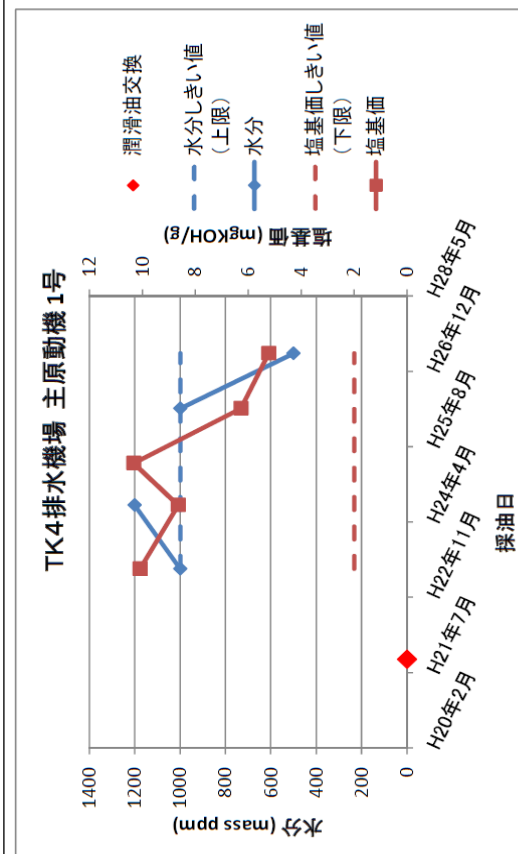
各事務所から提供頂いた潤滑油分析報告書を基に計測値を集計するとともに、平成 22 年度からのデータを蓄積し、経年変化グラフを作成している。その一例として、次頁に T K 4 排水機場のとりまとめ資料を示す。

J社 潤滑油正常分析書					
機場名: TK4排水機場					
分析方法	測定項目	1号主原動機 採取日: 2015年4月24日		2号主原動機 採取日: 2015年4月24日	
性状分析	①水分 (ppm)	500		500	
	②塩基価 (mgKOH/g)	5.23		4.52	
	③酸価 (mgKOH/g)	2.38		2.36	
	④動粘度	11.69		11.74	
フェログラフィー法	①大摩耗粒子量 (%/ml)	498.00		458.00	
	②小摩耗粒子量 (%/ml)	262.00		368.00	
	③異常摩耗指数 (Is値)	179,000.00		74,300.00	
	④摩耗粒子の特徴				
	・写真				
	・マシンの状態診断	[判定] 異常 [所見] 摩耗粒子はほとんどが正常ラビング粒子(正常な摩耗状態を示す)であるが、摩耗粒子濃度(WPC)に大きな増加がみられるため、機械の磨耗が心配されます。		[判定] 異常 [所見] 摩耗粒子はほとんどが正常ラビング粒子(正常な摩耗状態を示す)であるが、摩耗粒子濃度(WPC)に大きな増加がみられるため、機械の磨耗が心配されます。	
SOAP法 (T法) (mg/kg)		金属イオン濃度	固形分濃度	金属イオン濃度	固形分濃度
	①鉄 (Fe)	62		71	
	②鉛 (Pb)	9		15	
	③銅 (Cu)	9		14	
	④クロム (Cr)	11		16	
	⑤アルミニウム (Al)	3		4	
	⑥ニッケル (Ni)	1		1	
	⑦銀 (Ag)	0		0	
	⑧錫 (Sn)	6		8	
	⑨ケイ素 (Si)	22		20	
	⑩ホウ素 (B)	6		4	
	⑪ナトリウム (Na)	2		2	
	⑫リン (P)	1061		1041	
	⑬亜鉛 (Zn)	1316		1289	
	⑭カルシウム (Ca)	5872		5809	
	⑮バリウム (Ba)	2		2	
	⑯マグネシウム (Mg)	22		23	
	⑰モリブデン (Mo)	2		2	

試料油量による補正







(2) オイルメーカーの基準値

関東地方整備局管内で使用しているオイルメーカーへのヒアリングの結果、公表している基準値があるかをまとめると以下になる。

なお、過年度からの潤滑油性状の傾向把握のため経年変化グラフを作成する場合に、オイルメーカーの基準値は、管理基準値設定の参考とすることができる。

ただし、管理基準値設定の参考とする際は、各メーカーの最新の基準値を確認する必要がある。

表-1 オイルメーカーにおける基準値の公表の有無

メーカー名	基準値設定			
	水分	酸価	塩基価	動粘度
A社	有り	有り	有り	有り
B社	有り	無し	有り	有り
C社	有り	無し	有り	有り
D社	有り	無し	有り	有り
E社	有り	無し	有り	有り
F社	有り	有り	無し	有り
G社	無し	無し	無し	無し

(3) 管理基準値（参考）

今回設定した各排水機場の潤滑油管理基準値（参考）は次のとおりである（表-2）。

表-2 関東地方整備局管内潤滑油基準値（参考）

※採用基準値設定の優先順位：①分析報告書、②メーカー回答、③JIS規格																							
メーカー名	製品名	グレード	新油の代表性状			JIS規格				分析報告書基準値				メーカー回答基準値				採用基準値				使用設備例 ※例のため1機場とする。	
			酸価 mgKOH/g	塩基価mgKOH/g	動粘度40℃ mm2/s	種別	酸価 mgKOH/g (上限値)	塩基価 mgKOH/g (下限値)	動粘度100℃ mm2/s	水分 ppm (上限値)	酸価 mgKOH/g (上限値)	塩基価 mgKOH/g (下限値)	動粘度40℃ mm2/s	水分 ppm (上限値)	酸価 mgKOH/g (上限値)	塩基価 mgKOH/g (下限値)	動粘度40℃ mm2/s	水分 ppm (上限値)	酸価 mgKOH/g (上限値)	塩基価 mgKOH/g (下限値)	動粘度40℃ mm2/s		動粘度100℃ mm2/s
A 社			2.35	11.6	65.55	JIS K 2215 陸用3種	—	—	9.3 ～12.4	—	—	—	—	5,000	4.35	2	±25%	5,000	4.35	2	49.2 ～81.9	9.3 ～12.4	
			—	11.5	92.49	JIS K 2215 船用3種	—	3	9.3 ～12.4	2,000 3,000	5	2	69.4 ～115、 78.7 ～106	5,000	新油+2	1	±25%	2,000 3,000	5	2	69.4 ～115、 78.7 ～106	9.3 ～12.4	
			—	11.5	133	JIS K 2215 船用3種	—	3	12.5 ～16.2	—	—	—	—	5,000	新油+2	1	±25%	5,000	—	1	99.8 ～166.2	12.5 ～16.2	
			—	17.1	100.3	JIS K 2215 船用3種	—	3	12.5 ～16.2	3,000	—	2	75.3 ～125	5,000	新油+2	1	±25%	3,000	—	2	75.3 ～125	12.5 ～16.2	
B 社			—	12	101.9	JIS K 2215 船用3種	—	3	9.3 ～12.4	1,000 2,000 3,000	5	2	76.4 ～127、 81.6 ～122.2	5,000	—	1	±20%	1,000 2,000 3,000	5	2	76.4 ～127、 81.6 ～122.2	9.3 ～12.4	
			—	—	—	JIS K 2215 陸用3種	—	—	9.3 ～12.4	2,000	—	2	74.4 ～124	—	—	—	—	2,000	—	2	74.4 ～124	9.3 ～12.4	
			—	10.5	98.5	JIS K 2215 陸用3種	—	—	9.3 ～12.4	2,000	4	2	73.9 ～123	2,000	—	1	-15～25%	2,000	4	2	73.9 ～123	9.3 ～12.4	
			—	10.5	70.1	JIS K 2215 陸用3種	—	—	9.3 ～12.4	1,000 2,000	5 4	2	53.7 ～89.3	2,000	—	1	-15～25%	1,000 2,000	5 4	2	53.7 ～89.3、 59.6 ～87.6	9.3 ～12.4	
			—	10.5	104.7	JIS K 2215 陸用3種	—	—	12.5 ～16.2	1,000 2,000	5 4	2	78.6 ～131	2,000	—	1	-15～25%	1,000 2,000	5 4	2	78.6 ～131、 89.0 ～130.8	12.5 ～16.2	
C 社			2.7	8.8	66.6	JIS K 2215 陸用2種	3	—	9.3 ～12.4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3	—	—	9.3 ～12.4	
			1.9	15	115	JIS K 2215 船用2種	3	—	9.3 ～12.4	2,000	4	2	86.3 ～144	3,000	—	5	±25%	2,000	4	5	86.3 ～144	9.3 ～12.4	
			—	13	97.9	JIS K 2215 船用3種	—	3	9.3 ～12.4	2,000	3	2	83.3 ～112	3,000	—	5	±25%	2,000	3	5	83.3 ～112	9.3 ～12.4	
			—	15	109	JIS K 2215 船用3種	—	3	9.3 ～12.4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3	—	9.3 ～12.4	
D 社			3.06	12.2	67.59	JIS K 2215 陸用3種	—	—	9.3 ～12.4	—	—	—	—	2,000	—	1	±30% (100℃)	2,000	—	1	—	9.3 ～12.4	
			—	10	99.26	JIS K 2215 船用3種	—	3	9.3 ～12.4	2,000	2	2	74.4 ～124	2,000	—	3	-10～25% (100℃)	2,000	2	3	74.4 ～124	9.3 ～12.4	
E 社			—	9.3	94.6	JIS K 2215 陸用3種	—	—	9.3 ～12.4	1,000	5	2	8.9 ～13.3 (100℃)	3,000	新油+3	1	-10～30%	1,000	5	2	85.2 ～122.9	8.9 ～13.3	
F 社			—	—	—	JIS K 2215 陸用3種	—	—	9.3 ～12.4	2,000 3,000	4 6.48	2	48.3 ～80.3、 46.44 ～77.4	—	—	—	—	2,000 3,000	4 6.48	2	48.3 ～80.3、 46.44 ～77.4	9.3 ～12.4	
			—	—	—	JIS K 2215 陸用3種	—	—	12.5 ～16.2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	12.5 ～16.2	
			—	—	—	JIS K 2215 船用	—	—	9.3 ～12.4	1,000 2,000 3,000	5 2.5 4.23	2	69.0 ～115、 73.94 ～123	—	—	—	—	1,000 2,000 3,000	5 2.5 4.23	2	69.0 ～115、 73.94 ～123	9.3 ～12.4	
			—	—	—	JIS K 2215 船用	—	—	9.3 ～12.4	2,000	—	2	69.2 ～115	—	—	—	—	2,000	—	2	69.2 ～115	9.3 ～12.4	
G 社										管理基準				1,000	新油+2	3 6	±15%	全塩基価の基準値のうち、上段は塩酸法、下段は過塩素酸法による					
										使用限界値				2,000	新油+2.5	1 4	±25%						

注）太字は、設定基準値に適用した基準