

## 32. オイル分析と遠隔車両監視システムによる建設機械の予防保全

株式会社小松製作所

○ 村上 満理奈

安部川 利治

### 1. はじめに

お客様に建設機械を有効にご使用いただくためには、定期的な建設機械の健康管理による、故障に対する予防保全が大切である。弊社では、オイルクリニック（海外では KOWA; Komatsu Oil and Wear Analysis）と呼ばれるオイル分析によって機械の状態を診断するサービスを実施している。このオイルクリニックは、定期的にサンプリングされたオイルを分析するサービスであり、分析時における機械の健康状態を知ることができる。ただし、オイルクリニックだけで稼働中の機械の状態を常に監視することは、サンプリング回数や分析のリードタイムなど様々な課題がある。

そこで弊社ではオイルクリニックに加え、車両の情報を遠隔でリアルタイムに監視することができるシステム KOMTRAX を併用することにより、機械の状態をより適切に監視するシステムを導入している。本稿では、オイルクリニック及びオイルクリニックと KOMTRAX 併用による予防保全について報告する。

### 2. オイルクリニックの必要性

建設機械の健康診断(点検・調整)には、外装の破損やオイル漏れなどを見つける目視チェックをはじめ、異音や異常振動の有無、臭いなど五感を使用するものと、温度、圧力、回転数、流量、クリアランスなど計測機器を使用するものがある。これらは主に外からの検査となるので、エンジンや油圧ポンプ、トランスミッションなどのコンポーネント内部の状態を見ることはできない。しかし、内部を見るために定期的に車両を分解して直接確認することは、現実的ではない。そこで各コンポーネント内部部品と接しているオイルを分析する

ことで、間接的ではあるが内部部品の摩耗に関する情報を得、状態を推察することが重要となってくる。

一般に機械の故障パターンはバスタブ曲線(故障率曲線)を描くことが知られているが、これは機械の時間当たりの摩耗量にもあてはまる。車両の健康診断にたとえると初期摩耗→正常状態(健康状態)→老化現象→末期現象と言うことになる(図1)。末期現象を経たのち、行く末は大破ということになるが、そうならないためにも異常の初期段階で適切な処置を施し、正常状態を維持、あるいは計画的なオーバーホールや機械の更新に役立てるのがオイル分析サービスであるオイルクリニックである。

もちろん機械には突発的な故障も避けて通れないが、定期的なオイル分析で異常の兆候や初期段階での検知が可能となり、ダウンタイムやメンテナンスコストの低減に貢献できる。

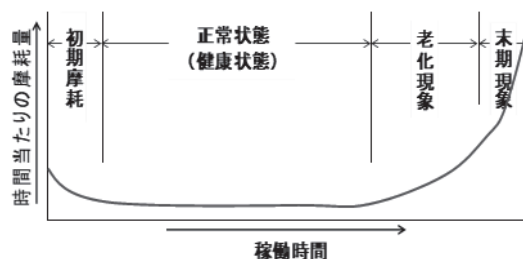


図-1 摩耗バスタブカーブ

### 3. オイルクリニックの概要

オイル分析のためのサンプリングは定期的(コマツ推奨は 500 時間毎)に、可能な限り同条件下において実施することが重要である。

オイル中の摩耗粉は静置すれば沈降するため、上澄みと底部ではオイル中の摩耗粉濃度が異なる。稼働中の車両のオイルラインから均一なオイルをサンプリングできれば理想的だが、稼働中は高温、高压であり、またファイナルドライブなど物理的にサンプリングが不可能な箇所もある。そこで昼休み中や、その日の作業が終了した直後など、オイルが十分に攪拌されているときにサンプリングをするように推奨している。またサンプリング箇所は油面から5~10cmを基本としている。

#### 4. オイルクリニックの分析項目について

適切にサンプリングされたオイルはコマツ社内管理、運営しているオイル分析センタに送付され、下表に示す項目について、分析される(表1)。送付されたオイルは番号で一元管理され、車両情報、オイル分析結果をまとめて独自のデータサーバに保管される仕組みになっている。車両毎の使用に伴う状態が蓄積されていくため、個別の車両のカルテとして機能する。オイルクリニックがサービス開始した1977年から現在にかけて、分析手法の検討やデータ蓄積・解析の改善など、日々サービス向上に努めた取組を実施している。分析されたデータをもとに、弊社において各車両のオイル情報から推察できる車両の状況について、正常/注意域/異常値、と報告書に判定を下しお客様に返答する。もちろんこの際に対応が早急に迫られていると診断された案件に関しては即現場にサービスマンを派遣するなど、分析結果から診断される情報に応じて臨機応変に対応している。

表-1 オイルクリニック分析項目

分析項目	分析装置	診断内容	
金属元素	ICP	摺動部品の摩耗	
		異物混入(ダスト)	
		エンジンクーラントの混入	
性状劣化	FT-IR	酸化劣化	
		添加剤残存量	
		不溶解分量	
混入物	GC-MS	燃料希釈	
		FT-IR	腐食、潤滑性低下、エンジンクーラントの混入
			パーティクルカウンタ

#### 5. オイルクリニックの診断

分析項目は多々あるが、オイル分析結果からコンポーネントの内部状態を推定するためにまず着目するのは、金属元素分析(ICP)結果である。各コンポーネント部品に使用されている金属は既知であるから、オイル中に特定の金属が多量に含まれていれば、その部品の摩耗が進行していると推定できる。例としてエンジンの使用金属と部品を表2に示す。

表-2 エンジンの使用金属と部品

Fe(鉄)	ピストン、シリンダーライナ、クランクシャフト、バルブガイドなど
Cu(銅)	メインメタル、コンロッドメタル、クランクスラストメタル、カムシャフトブッシュ、オイルクーラなど
Cr(クロム)	ピストンリング、排気バルブなど
Al(アルミ)	アルミピストンなど
Pb(鉛)	メインメタル、コンロッドメタルなど

しかし、各金属は多数の部品に使用されており、ある金属が多く出たからと言って摩耗部品を推定することは簡単ではない。そのような場合、複数の金属項目を組み合わせることで推定できることもある。例えばある時期から鉛(Pb)が検出されるようになり、その後銅(Cu)濃度が上昇してきた場合、メインメタルやコンロッドメタルのオーバーレイ(表層が鉛で第2層が銅)の摩耗が進行していると推定できる。

また、Fe(鉄)とクロム(Cr)の両方が検出されれば、ピストンリングとシリンダーライナの摩耗が進行しており、潤滑に問題があることが推定される。この時、オイル消費量が増加したり、ブローバイガス圧力の上昇が見られれば、この部分の摩耗がかなり進行していると判断でき、大破前にメンテナンスを実施したり、あるいは買い替えなどの検討ができるようになる。

更にコンポーネント部品ではないが、一般的なダスト(埃)はシリコン(Si)とアルミ(Al)が含有されていることから、これらが検出されればオイル中にダスト(埃)の混入を疑うことができる。

これらの結果を総合して判断すると、吸気配管の不具合などによりダスト(埃)の混入が起こり、これによりピストンとシリンダーライナの摺動部分

の摩耗が進行しオイル消費増大やブローバイガス圧力上昇が起こったと推定できる。この場合、摩耗したピストンリングやシリンダーライナの修理(交換)はもちろん、原因であるダストの混入防止が必要ということになる。

このような分析結果から修理コストを抑制した事例を下記に挙げる。オイルクリニック結果を図2に示す。エンジン冷却水の成分であるナトリウム(Na)、メタルベアリング成分である銅(Cu)が5,500h程度から増加していることが分かる。

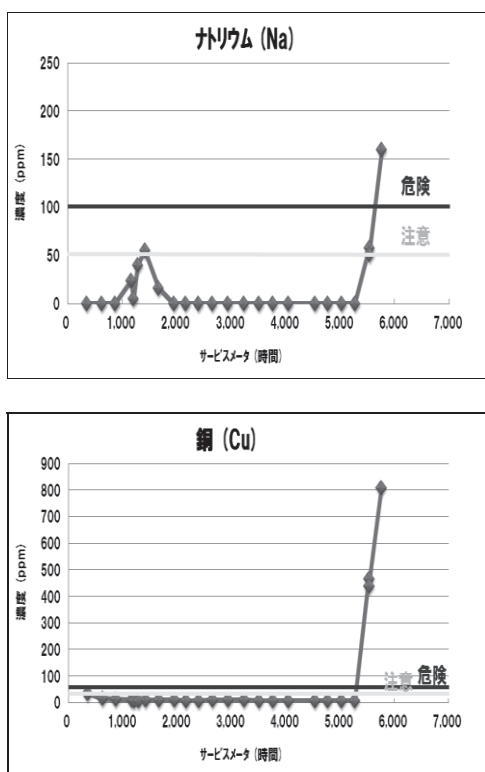


図-2 Na, Cuの金属分析結果

これらのことから、ピストンのシールが破損し、エンジン冷却水がエンジンオイルに混入、潤滑性が悪化することによりベアリングが損傷していることが推定できる。そこで、エンジンの分解調査を実施した、メタルベアリングが損傷を確認した(図3, 4)。

これによって、エンジンが大破する前に修理をすることができ、修正コストを約2,300千円抑制することができた。



図-3 クレビスシール破損状況

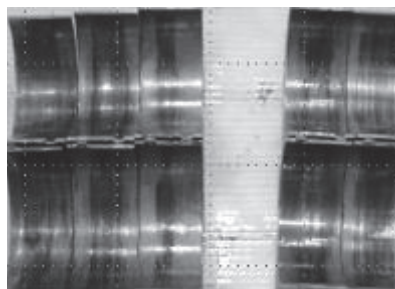


図-4 コンロッドメタルの異常摩耗

## 6. KOMTRAXの活用

これまで説明してきたオイルクリニックは、オイル分析を定期的実施することで故障の兆候を掴み、大破を阻止する、といった役割を果たすサービスである。直接的にオイルを採取、専用の分析装置を用いた分析と、これまで蓄積してきたデータから得られる診断によって機械の稼働を止めることなく車両の内部状態に関する情報を得ることができる。

ただし、お客様自身による定期的な採取および送付が必要であり、そして分析、診断、対応、まで数日間のリードタイムが発生する。そこで、車両監視システムであるKOMTRAXデータを併用していくことが必要となる。

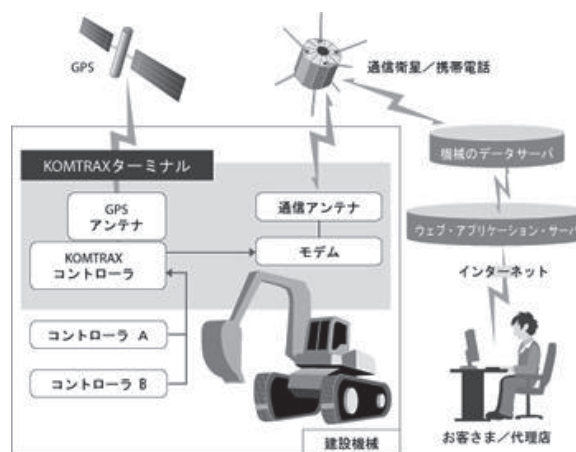


図-5 KOMTRAX概略図(コマツHPより)

KOMTRAX では、車両位置情報や稼働状態(エンジン ON/OFF)、オーバーヒートや油圧低下などのエラー情報を通信で遠隔監視できるようになっている。また鉱山や砕石向けの大型建設機械限定ではあるが KOMTRAX Plus という車両の健康状態・稼働状態を常にモニタリングするシステムも搭載している。下記に KOMTRAX 及び KOMTRAX Plus の主な監視項目を示す(表 3, 4)。

表-3 KOMTRAX の主な監視項目

車両管理	稼働時間、位置情報、位置履歴、交換情報、燃料消費量
保守管理 (エラー情報)	オーバーヒート、油圧低下、油量低下、充電不良、フィルタ目詰まり

表 4. KOMTRAX Plus の主な監視項目

車両情報	エンジン回転数、出力、水温、油温、油圧、吸気温度、排気温度、ブローバイ圧力(クランクケース圧力)、積載量、クラッチ係合時間 など
------	--

以下 KOMTRAX とオイルクリニック併用による予防保全方法例を紹介する。図 6 は KOMTRAX データである。このデータより、2 速段に入れたまま約 1 分間ブレーキを踏んでいることが分かる。またこのような長時間ブレーキを踏みながらの作業をしている場合オーバーヒートによる不具合が発生することが予測されるため、オイル分析を実施し状態を確認、不具合の兆候がみられる場合、修理や 1 速段に入れエンジンプレーキを使用するといった運転方法の提案が可能となる。

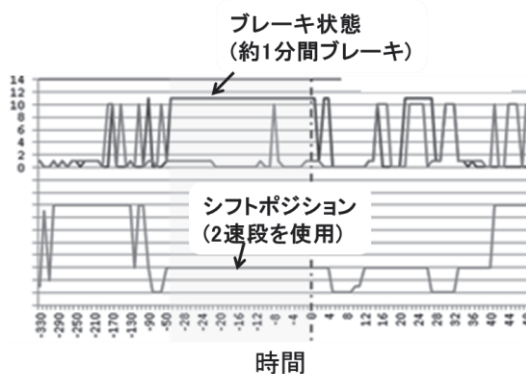


図-6 KOMTRAX データ

## 7. 今後の展開

これまで説明してきたように、オイルクリニックと KOMTRAX 情報を併用した車両状態診断は非常に有効な手法であるが、さらにオイルの状態をリアルタイムで監視することができれば、より有効な予防保全が可能となる。オイルの状態を監視する方法としては、オイル状態センサを搭載する方法がある。このオイル状態センサとは、オイルの誘電率を測定する方法やオイル中のコンタミ量を光学的に評価する方法などが知られている。誘電率測定を用いたオイル評価結果を図 7 に示す。

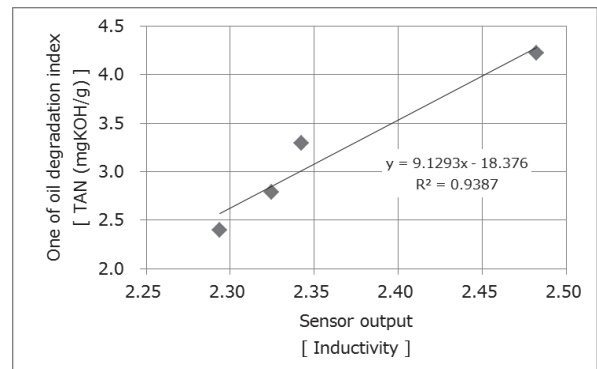


図-7 センサ出力(誘電率)とオイル劣化の関係

これよりオイルの劣化をセンサがとらえていることが分かる。これらセンサを搭載し、既に実績ある KOMTRAX システムに加えることで、よりの確かなサービスを提供することができる。

## 8. おわりに

これまで弊社では、オイルクリニック、そして KOMTRAX の情報から蓄積した情報で車両状態を診断してきた。今後ここにオイルセンサ等リアルタイムで車両の状態を知ることのできる手法を取り入れることで、より迅速に故障の兆候を捉え、車両 1 台毎に作業環境を反映した車両診断を下すことが可能と考えている。この活動を通じて、将来的に多くのお客様の建設機械に対し、ダウンタイム、ライフサイクルコストを低減することができることを確信している。

### 参考文献

- 1) 著者 村上: オイルクリニックと KOMTRAX による建設機械の予防保全, 潤滑経済, 7 月号, p10~13, 2018 年