

建設機械の故障診断における オイル分析エキスパートシステムの開発

花 島 隆 志*

1. はじめに

山崎建設では 1976 年より自社建設機械の予防整備・機械化工事のコストダウンのために、オイル分析による診断システム “MOR (マシナリー・オイル・リサーチ)” を実施している。この MOR をエキスパートシステム上に構築したものが、今回開発した “オイル分析エキスパートシステム”，つまり「MORES (通称：モレス)」である（図-1 参照）。

なおエキスパートシステムとは、ある分野のエキスパート（熟練者）の知識をコンピュータに入れ込み、エキスパートでなくてもエキスパート同様の判断ができるようになることである。

2. MORES を取巻く環境

(1) MOR とは

MORES の概要の前に、すでにさまざまな文献でよく知られていることではあるが、MOR (オイル分析)について説明をする。

機械も人間の健康診断同様に、定期診断を実施しなければ病気の予防はできない。MOR は人間の血液検査と同じように、病気になると増えてくる病原菌（摩耗金属粉・燃料・水・ホコリ等）を早期に発見し、重病患者（大きな損傷）になる前に手当のできる重要な予防診断方法である。

実際の部位で示すと、図-2 はエンジン断面図であるが、まずは内部金属の摩耗から、ホコリ・水・燃料・冷却水・異種オイルの混入と、常にオイルは“汚れ”という危険にさらされている。これらの“汚れ”を知らずに放置すれば、やがて大きな損傷につながる。

そこで、定期的にオイルの診断を実施していれば、このような危険な状態が早期に発見でき、手当できる訳である。

(2) 分析の項目と機器

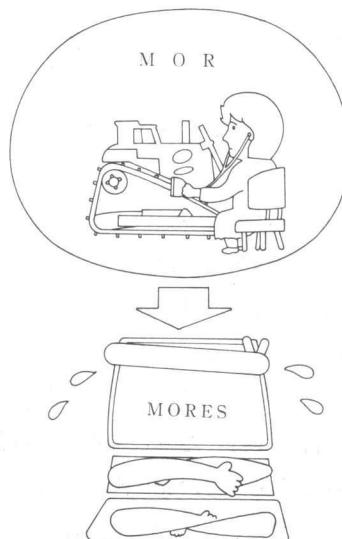


図-1

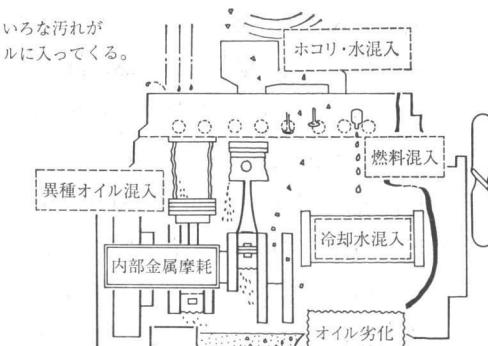


図-2 エンジン断面図

* HANAJIMA Takashi

山崎建設（株）機械事業部 MOR 主事

表-1

分析項目		分析理由		分析機器・方法
記号	元素名	増減原因	金属構成個所例	
金属元素	Cu	銅	摩耗金属	ICP
	Fe	鉄	"	
	Cr	クロム	"	
	Al	アルミニウム	"	
	Si	シリコン	混入・摩耗金属	
	Pb	鉛	摩耗金属	
	Na	ナトリウム	不凍液	
	Mo	モリブデン	摩耗金属・添加剤	
	Ni	ニッケル	摩耗金属	
	Sn	錫	"	
	Ag	銀	"	
	P	リン	添加剤	
	Zn	亜鉛	"	
元素	Ca	カルシウム	"	
	Ba	バリウム	"	
	Mg	マグネシウム	添加剤・摩耗金属	
	S	イオウ	添加剤・油劣化	
	燃 料 (不凍水)	料 液	噴射ポンプ・トランスマッピング・ノズル・高圧ライン 冷却水・雨水・泥水・露滴(水蒸気凝結)	セタラッシュ ホットプレート (化学反応)
水	(不凍水)	液	(冷却水)	

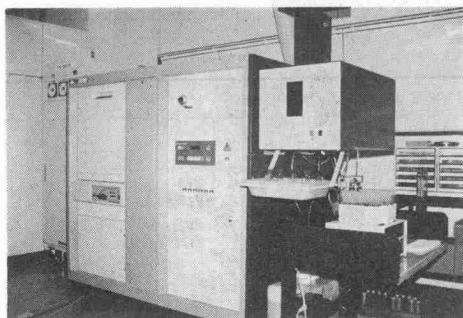


写真-1

表-1 は分析項目とその分析を行う理由、つまり“分析結果が何に関連しているのか”を示したものである。故障診断に最低限必要な項目は、金属元素・燃料・水・不凍液としている。金属元素の分析機器は 1988 年の更新により、原子吸光分光度計から、ICP (高周波プラズマ発光分光器 [ARL 社製 3560 型]) に代った (写真-1 参照)。

(3) MOR のメリット

ここで “MOR をすることにより、どんなメリットがあるか”を説明する。第一のメリットは “故障の早期発見”，つまり “修理費の低減化”である。“故障の兆候を早期に発見し大きな損傷に至る前に修理する”この直接的なメリット以外に、図-3 に示すような間接的なメリットが存在する。

(4) MOR システムの構成

当 MOR では 1984 年に業務の電算化を手掛け、1988 年までに人間の熟練者による判定部分を除き、分析データ

MOR 探査機で下記のメリットを搜し出す。



図-3 MOR のメリット

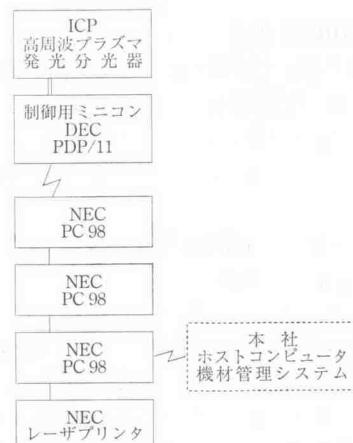


図-4 MOR システム構成図

タ処理をほとんど自動化してきた。また分析機器も 1988 年の更新により、以前の 2 倍以上の処理能力向上が可能となった (原子吸光分光度計の単元素ごとの測定に対し、ICP は全元素同時測定のため)。

図-4 に示すのが現在の MOR システム構成図であ

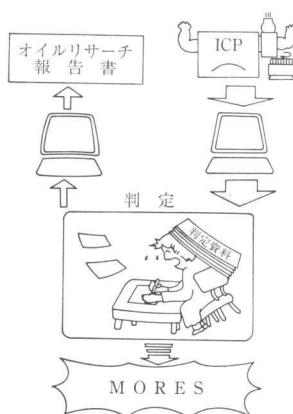


図-5

る。なお NEC PC 98 3 台は、LAN（ローカル・エリア・ネットワーク）で結ばれている。

(5) 自動判定ニーズの高まり

このような環境変化の中で、自社機械の増加も伴い、1日多いときで 250~300 サンプルを処理しなければならなくなり、判定が一番時間のかかる仕事になってしまった。この業務は迅速、かつ的確な判断をしなければ意味を持たない。そこで何とか人間の頭脳に頼っていたこの部分を、コンピュータで自動処理できないかと思い、エキスパートシステムの構築を考えた訳である（図-5 参照）。

3. MORES の概要

(1) MORES とは

MORES とは、このように今まで人間の熟練者が分析データより、“どの項目が異常で、それは何が原因か、またどんな処置をすればよいか”と考える判断業務を、そのままエキスパートシステムに置換えたものである。

(2) MORES の診断方法

MOR の分析データは、既にパソコンのデータベース上に整理され、蓄積されている。

MORES では、当日分の分析データと過去のデータをドッキングさせ、エキスパート部へ導入する（図-6 参照）。そこで最初に分析データが“正常か異常か”を判断する。異常があれば“どの項目が異常か”を、異常内容マスターから割出す。続いて“それは何が原因で、どのような処置をすればよいか”を、原因・処置マスターから割出す。なおこのマスターは、摩耗と混入とに別れている。おのののマスターはコード化されているため、そのコードをデータベース上に書き込み、その後、オイルリサーチ報告書を作成する。

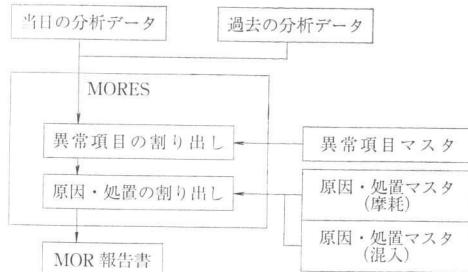


図-6 MORES の概要図

表-2 異常内容マスター・リスト

異常 No.	異常内容	異常 No.	異常内容
30Q	Cu, Na が多く、燃料検出	30Z	Fe, Al, Si が多い
30R	Cu, Na が多く、水検出	310	Fe, Al, Pb が多い
30S	Cu が多く、燃料、水検出	311	Fe, Al, Na が多い
30T	Fe, Cr, Al が多い	312	Fe, Al が多く、燃料検出
30U	Fe, Cr, Si が多い	313	Fe, Al が多く、水検出
30V	Fe, Cr, Pb が多い	314	Fe, Si, Pb が多い
30W	Fe, Cr, Na が多い	315	Fe, Si, Na が多い
30X	Fe, Cr が多く、燃料検出	316	Fe, Si が多く、燃料検出
30Y	Fe, Cr が多く、水検出		

表-3

原因と処置（摩耗）マスター・リスト

位置 No.	原因データ	処置データ
001	プラスチック W, ポンプ, ブッシュ等摩耗	油圧, 油温, 异音, エレメント内異物点検
002	ライナ, ギヤ, ポンプ, バルブ等摩耗	油圧, 油温, 异音, エレメント内異物点検
003	ピストンリング摩耗	コンプレッショングリーン測定, 油圧, 油温, プローバイド点検
004	ピストン摩耗	油圧, 油温, 异音, エレメント内異物点検
005	メイン-ロッド-カムシャフトベアリング摩耗	油圧, 油温, 异音, エレメント内異物点検
021	プラスチック W, ポンプ, ブッシュ, ライナ, ギヤ, バルブ摩耗	油圧, 油温, 异音, エレメント内異物点検

原因と処置（混入）マスター・リスト

位置 No.	原因データ	処置データ
001	噴射ポンプ, トランクフアポンプ, ノズル等不良燃料混入	噴射ポンプ, トランクフアポンプ, ノズル等燃料系統点検
002	高圧ライン, ガバナ損傷等燃料混入	高圧ライン, ガバナ等燃料系統点検
021	クラ, ヘッド & G/K, ライナ & シール損傷等冷却水混入	ラジエーター内オイル浮遊, 吹き返し, 排気煙点検
022	ヘッド & G/K, ライナ & シール, ブロック損傷冷却水混入	ラジエーター内オイル浮遊, 吹き返し, 排気煙点検
023	ライナ, ライナシール損傷冷却水混入	ラジエーター内オイル浮遊, 吹き返し, 排気煙点検
024	オイルクーラ損傷冷却水混入	ラジエーター内オイル浮遊, 排気煙, クラ漏れ点検
041	リニアシール不良等トランクシールオイル流入	エンジン-ミッションオイルレベル, 補給量点検
042	シール不良ハイドロリックオイル流入	エンジン-ハイドロリックオイルレベル, 補給量点検

表-2, 表-3 は異常内容、原因・処置（摩耗・混入）マスターの一部である。

(3) MORES の診断基準

異常の判断は部位ごとに実施している。各部位ごとに

境界値を定めてあり、それらの境界値を越える項目があるとき、または分析値が正常範囲内でも前回分析値に対し急増したときは、異常と判断している。

MORES は各部位ごとに約 300 ルールを作成し、合計約 2,700 ルールのエキスパートシステムと成っている。

写真-2 は MORES の判定結果である。本システムは、1 日分の分析データを、その日の夕方に MORES でバッチ処理している。従来人間の熟練者で 1 件につき約 100 秒かかっていた判定が、10 秒前後で判定可能となつた。

4. MORES による報告書と点検結果

MORES の判定により作成したオイルリサーチ報告書を、表-4 に示す。これは大型モータスクリーパ 657 E の後のエンジンである。結果は“鉄・アルミ・シリコンが多いため、吸気系統不良によるホコリの混入、およ

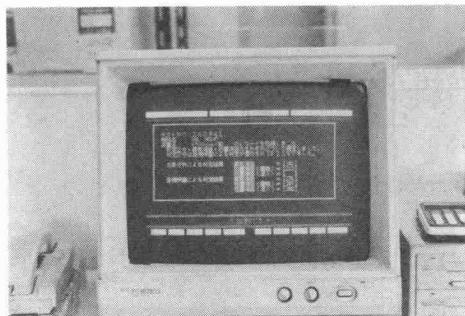


写真-2

び内部摩耗が考えられるので、エアエレメント・油圧・異音等を点検”と判定している。点検したところエアエレメントからのホースのクランプが落ち、そこからホコリを吸い込んでいた。因みに、修理費はクランプの 500 円である（図-7 参照）。もし知らずに放置して、エンジンを破損させると、約 300~400 万円の修理費がかか

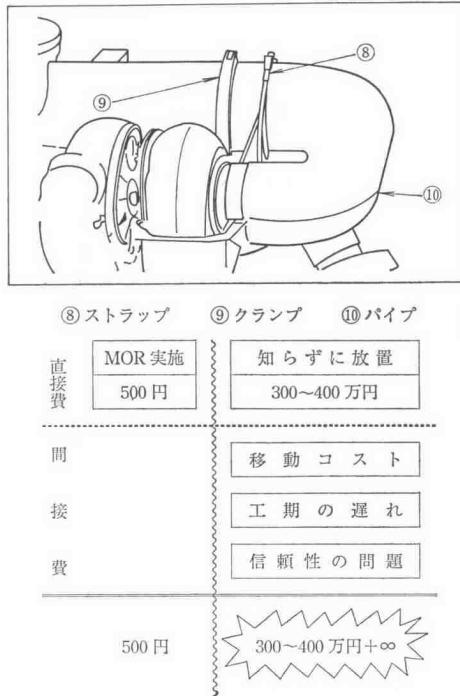


図-7

表-4 オイルリサーチ報告書

		コード	作業所名			コード	機種名			コード	シリアル			採油個所			コード
山崎建設		000	イトーピア名取			40657C	657 E No. 22			201022	91Z259			エンジン後			1121
テスト No.	採油日	分析日	採油 SM	使用時間	補給量	交換	判定	作業所	修理 SM	修理内容	メモ						
236321	89/03/30	89/04/05	5560	170	0	有	E	イトーピア名取		0							
235467	89/03/18	89/03/24	5390	500	5	有	E	イトーピア名取		0							
232903	89/02/14	89/02/20	5140	250	0	無	D	高館		0							
230109	89/01/06	89/01/18	4890	500	10	有	A	高館		0							
227140	88/11/23	88/12/05	4640	250	10	無	A	高館		0							
223420	88/10/15	88/11/05	4390	500	5	有	A	高館		0							

判定：異常です。 異常内容 : Fe, Al, Si が多い

原因 1: ライナ、ギヤ、ポンプ、バルブ等摩耗が考えられます

原因 2: エアエレメント、吸気ライン等吸気系統不良ホコリ混入が考えられます

処置 1: 油圧、油温、異音、エレメント内異物点検して下さい

処置 2: エアエレメント、吸気ライン等吸気系統点検して下さい

特記 1: 至急処置事項を点検して下さい

特記 2:

元素記号 と元素名	Cu=銅	Fe=鉄	Cr=クロム	Al=アルミニウム	Si=シリコン	Pb=鉛	Na=ナトリウム	Mo=モリブデン	Ni=ニッケル
	Sn=錫	Ag=銀	P=リン	Zn=亜鉛	Ca=カルシウム	Ba=バリウム	Mg=マグネシウム	S=イオウ	

る。修理費という直接的な差も大きいが、それ以外に故障機械の移動コスト・工期遅れによる損害・顧客に対する信頼性の問題等間接的なマイナスも甚大である。

5. MORES の効果

以上、山崎建設が自社の膨大なデータ（約 27 万サンプル）による経験を活かして開発した MORES を紹介した。本エキスパートシステムは 1989 年 4 月に完成し、半年の試用とそれに基づく修正を経て、1989 年 10 月より本格的に稼働している。

MORES を完成させたことにより、従来に比べ、次の点が向上された。

- ① 高速化：従来の数倍のサンプルの判定が可能
- ② 標準化：人間のエキスパートの知識の体系化が可

能

- ③ 高度化：知識体系の積重ねによる高度化が可能
- ④ 技術の伝承性の向上
- ⑤ 機械ユーザへのサービス性の向上

6. おわりに

今回は、初めてのエキスパートシステムの導入で、部位ごとの大きな区別で終ったが、将来は機種部位ごとのきめ細かなシステムを開発し、実用化して行きたいと考えている。

最後に、今回の MORES 開発に当たり、御支援・御協力頂いた関係各位の皆様に、深く感謝する次第であります。

故 坪 賢氏 追想録にみる建設機械化史の一側面 (38 頁よりつづき)

内務省国土局に採用され近畿土木出張所に配属された坪さんは、機械関係の新卒として、京都府大久保町（現宇治市）にあった米軍技術部隊での建設機械の訓練に参加し、ブルドーザ、パワーショベル、グレーダ、スクレーパ、ダンプトラックなど全コース（1 コースは当初 3 週間、次回から 4 週間）を受けておられます。昼の訓練のほか、夜は米軍のマニュアルを借り勉強していたと記されています。暖房もなく食糧難の時代であり苦労の多かったことと思われます。この大久保キャンプには数多くの方々が参加されており、皆さん建設機械化運動に貢献されています。

昭和 22 年 3 月頃、公共工事への米軍機械貸与制度が発足し、坪さんは姫路工事の国道 2 号の山田峠の改良工事に派遣されています（関東では国道 1 号の箱根峠が同様にして施工）。担当は岩盤発破用のコンプレッサ車で

数か月間直接工事を施工しています。

次いで 22 年夏からは大阪工事の国道 16 号（現 26 号）の大坂一和歌山間は淡輪、深日、孝子付近の改良工事に従事しています。ブルドーザ、スクレーパの運転をするとともに、全体責任者の補佐役を務め 50 余台の機械の運行、整備に目を光させていました。燃費と工事量の関係をグラフで解説するなど、一年の実経験とは思えぬ堂に入った活躍ぶりだったようです。

入省当初に建設機械（当時は土工機械中心）の実務を体系的に習得され、さらにそれを工事現場で実践された経験が、その後の建設機械の国産化を始めとする種々の活動の原動力となったことは当然でしょうが、帝大卒でオペレータということにも感銘を受けました。

米軍貸与という使用実績のある機械で、まず機械化施工の実を挙げたことが、我が国で建設の機械化の導入にあたり有用であったと筆者は感じました。

(73 頁へつづく)