

## 連載

## トライボロジーにとりつかれた男の遊油ぶらぶらトーク⑰

## 新しい油管理

＝コストの無駄を省き環境を守るために(パート3)＝

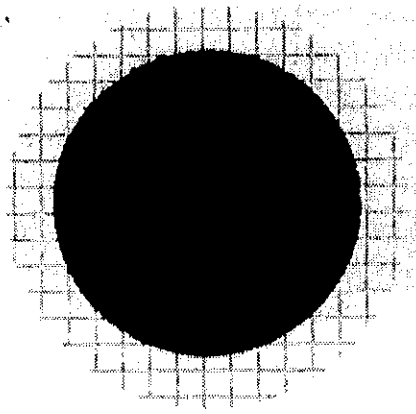
(株)クリーンテック工業 佐々木 徹

最近、ノーベル物理学賞を受賞した天才物理学者中の超天才といわれたファインマンさんについて書かれた本<sup>(1)</sup>を読んだ。この本はファインマンさん本人の話だけでなく、その友人や妹の証言をもとにファインマンさんの人間像が浮き上がるように構成された本である。その中に次のような証言があった。マービン・ミンスキーMIT教授「わしらはみな先入観をもっているが、新しいことを理解しようとするときこれが邪魔の1つだ。ファインマンは問題の本質が何であるかをいつも見失わず、希望的観測に頼ることが少ない」。ファインマン「何かをやっているとき、何故それをやっているのか、その理由を絶えず再検討していくべきだ」。ファインマンさんの理論を理解して広めたフリーマン・ダイソン・プリンストン大教授「ファインマンは人に言われたことを絶対鵜呑みにしない。専門家が言うことのすべてに懐疑的で、自分の頭で物理学の基本的な法則を理解しなかったんだ」。我々が大した仕事ができないのは先入観に囚われたり、他人が言うことを鵜呑みにしたり、目先の興味に囚われて問題の本質を見失っているからだ痛感させられた。

## 6. 油管理も先入観で目的を見失っていないか？

### 6-1 粒子カウント法に頼りすぎているか？

油管理を論じる場合、油の汚染度を調べる方法といえば粒子カウントであり、判定基準はNAS等級やISO Codeであって、それ以外は受け付けないといった雰囲気さえある。これは先入観ではないのだろうか？ 第1図は絶対3ミクロンのフィルタを使用して油管理



**6.5mg/10ml(65mg/100l)**

**Nas 6, ISO 15/12**

第1図 粒子カウントと重量法の大きな差のある例  
6.5mg/10ml (65mg/100l)  
Nas 6, ISO 15/12

をし、粒子カウントだけで油の清浄度を判定していた某社の油である。NAS等級では5～6級だが、47mm径0.8ミクロンのメンブランフィルタでろ過したら、パッチが茶色になっていることからわかるように重量法で測定したら、6.5mg/10ml (65mg/100ml相当)もあった。このように5ミクロン以下の汚染物が多くて、油圧トラブルが起こっていても粒子カウントの等級が小さければ安心している。電子機器の一種である粒子カウンターや油の清浄度規格を過信しているのではないだろうか。NAS等級をよく読むと、粒子カウントだけでなく重量法を併用することを勧めている。このことはNAS等級を作る過程で、粒子カウントだけに頼ることの弊害が論じられたのではないかと、

ASTMのサブ・コミッテイに参加している経験から筆者は推測している。もしそうなら、その規格を利用する方に問題があることになる。

### 6-2 油管理の目的の再確認

油管理は油圧システムや潤滑のトラブルがないようにすることが目的であり、油の分析はそのための手段にしかすぎないという問題の本質を再検討すべきではないだろうか？ 筆者自身が修理屋あがりだからいうわけではないが、油管理ほど書物に書かれた知識が役に立たず、手を汚した経験に基づく本当の知識がものをいう分野はない。すなわち、油管理は理論ではなくて実践の問題である。油圧システムや潤滑トラブルが起らないようになり、油管理を考えなくなって、始めてその価値が出るという誠にはかない仕事である。

油圧トラブルの原因の大半は油の汚染によって起こっていることが調査によって知られている。これは事実である。一方、NAS 9級でもトラブルが起こるとは限らないし、NAS 5級であってもトラブルが起こる。これも事実である。NAS 9級の油はNAS 5級の油より汚染物粒子の数が多のも確かである。汚染物の数が多い油を使用しても必ずしも油圧トラブルが起こるわけではなく、汚染物粒子の数が少なくてもトラブルが起こる。この矛盾をどのように解決するかが、油管理にとって重要である。このようにいうと例外の話をするなどという人があると思う。読者の皆様の中でも、長く使った汚れた油でトラブルが起こっていないのに、目の小さいフィルタを使って油のきれいな機械の方に油圧トラブルが起こった経験をお持ちの方が少なくないと思う<sup>(2)</sup>。このように例外ではないから油管理はやっかいなのである。筆者が言いたいことは、汚染物粒子の数にこだわっている限り、すなわち、先入観にとらわれている限り、この矛盾から脱却できないということだ。この矛盾から脱却するためには、油の中の汚染物のうち、何が油圧システムや機械にトラブルを起こしているかを特定しなければならない。すなわち「油圧トラブルを起こす汚染物とはどんなものか」を最初に調べるべきだというのが筆者の主張である。この特定作業が研究である。ところが油の中の汚染物は硬い固形物だという先入観から出発していて、油中の各種汚染物がどのような働きをしているのかを調べようとしていなかった。先入観に囚われず、目的を見失わないのは偉いノーベル賞受賞者だけにできる

ことではなく、先月号で報告したように会社の経営者たちは何時も問題の原点から出発し、問題の本質を見失ってはいない。だから企業経営者たちから油管理は今まで軽視されてきたのだ。ほとんどの機械に浄油機であるフィルタが付いている。しかし、油圧システムのトラブルがなくなる。そうすると当然「浄油機とは何だ」とか「油管理とは何だ」ということになる。投資の経済性を唯一の判定基準としている経営者たちにとって、何故価値を生まない油管理をしなければならぬのかという疑問をもつのは当然だ。しかし、何度も言うように、油圧システムを設計どおりに稼働させるために油管理は重要である。経営者たちに油管理の重要性を認識してもらうためには、油管理に従事している我々自身から油管理の本質を改めて考え直すべきだ。すなわち、「魁から始めよ」というのが筆者の主張である。筆者は何時かの機会に書くつもりだが、油管理の重要性について北欧の元国営会社の経営者の理解を得て、筆者たちの油管理を尖兵にした「価値を産むメンテナンス」の事業化プロジェクトを発足させ、日頃の主張を実践している。

### 7. 油圧トラブルと使用油中の汚染物との因果関係

前々回は1年以上使用した油圧作動油の中の汚染物を溶剤抽出法で調べたら、普通の油圧作動油では油の酸化変質物が最も多いことがわかったということを書いた。「価値を産むメンテナンス」の事業化プロジェクトを発足させるにあたって、油の中の汚染物がNASやISO規格がいうように硬い固形物だけかどうかを筆者が唱えている溶剤抽出法で調べた結果、筆者が主張していたように油の中の汚染物中で分子サイズの油の酸化変質物が最大の割合を占めていることが確認された。調べれば直ぐにわかることである。それにもかかわらず、世間では5ミクロン以上の固形物しか対象にしているNASやISOといった規格を油の管理の基本にしていることは不自然である。もし、使用油の中の最も多い汚染物である油の酸化変質物が油圧システムにとって有害かどうかを調べた結果、それらは問題にならないことが分かった上で最も多い汚染物を無視するのなら話はわかる。しかし、筆者の不勉強かもしれないが、筆者が調べた限りでは、油の酸化変質物が機械に与える影響をテーマにした研究は見当たらない

い。誤解を避けるために言うと、筆者は硬い固形物は潤滑や油圧システムにとって無害であるといっているわけではない。硬い固形物は摩耗に直接影響するので、間違いなく有害である。筆者は硬い固形物だけでなく、油の酸化変質物を含むすべての汚染物が有害だとしており、有害なすべての汚染物を除去することが油管理の基本だと主張しているのである。使用油中で最も多い汚染物を無視して、少数の汚染物をいくら問題にしても、油圧トラブルの解決に役立つはずがないことは明らかだからである。この主張がだんだんと理解されるようになった。前述の「価値を産むメンテナンス」の事業化はその証拠の1つである。

## 8. 汚染物を扱った研究とその利用の仕方

### 8-1 汚染物を扱った研究

汚染物を扱った研究はたくさんある<sup>(3)</sup>。そのほとんどは標準ダストのような硬い固形物を汚染物として使った研究である。硬い固形物を使った研究はそれ自体立派な研究である。それを否定する考えは毛頭ない。しかし、その結論は「原因の1つであると考えられる」というだけであって、固形物だけが潤滑や油圧にとって有害であるという結論を出すのは早計にすぎることには論を待たないし、研究者自身はそのことを十分承知していると思う。研究者の研究成果を利用して油圧や潤滑トラブルを解決することを目的とする場合、現実にはトラブルが起こった油の中の汚染物を調べてから、得られた情報をもとにその汚染物がどのようなトラブルを起こし易いかを過去の多くの研究成果から見出すべきであって、油中の汚染物を調べないで研究成果の断片的なつまみ食いをするのは、問題解決の糸口を見つける妨げになるのではないかと筆者は考える。ここでご注意いただきたいことは「ポンプ等のカジリや焼付が起こった後の油の中の汚染物を分析して得られる情報は、現象の原因よりも結果の情報」であるということである。油の汚染物を分析して油圧システムや潤滑のトラブルの原因を調べるには、普段から油の分析情報を集めておくことが必要である。次に汚染物を扱った研究成果の読み方について考えてみることにする。

### 8-2 研究のための実験条件

研究にとって試験の再現性は非常に重要である。研究者の研究が認められるためには、誰がやっても同じ成果がえられる条件で試験を行わなければならない。

最近行われた追試の有名な例を1つ示すと、平成元年にアメリカ・ユタ州の大学の先生のグループが常温で核融合が起こるといって発表を行い、世界の研究者達は騒然とした。世界中の多くの研究者達が追試験をしたが、核融合であることを確認できなかった。このように重要な研究の場合に限らず、第三者の追試験で確認されないと、そのような研究は評価されない。従って、研究者達が論文を発表する場合、実験方法を明確にして誰でも追試験で確認できるようにする。油圧機器の汚染物に対する感度を調べた実験データが論文として多く発表されているが、これらは追試しやすいように、誰でも容易に入手できる市販の新油の中に汚染物として標準ダストを入れて行われている<sup>(3)(4)</sup>。これらの研究成果によって、油圧機器は一般的に汚染物に弱いことが確認されている。しかし、結論を急ぐのは危険である。これらの研究成果は、「油中の汚染物として硬い固形物を入れた実験条件」での結果であり、「実際に工場で使用されている油圧システムの中の汚染物の実態を調べて、それを再現させて実験されたわけではない」ことに注意すべきである。研究者の中には、「研究は複雑な系を単純化するもの」だから、「新油の中に標準ダストを入れた試験をしてどこが間違っているのか」とお叱りを受けるかもしれない。しかし、筆者はこのような試験方法に文句をつけているのではなく、この成果を利用する人が実験条件をよく見極めて、研究成果を利用すべきだと言っているのである。研究とは研究者が客観的・中立的立場で行うものであって、利用者がその成果を正しく理解して、利用することによって研究の本当の価値が出るし、研究者の研究が社会に貢献することになる。研究成果を生かすも殺すも、利用者に掛かっていると考えからである。

### 8-3 工場の油の中の汚染物

実験室で行われた研究結果が、そのまま工場で使用している機械や油に当てはまるかどうかを考えて見る必要がある。上述のように研究には新油と標準ダストが使用されるが、工場の機械の中の油は1年以上使用されており、ときには何年使用したのかさえわからない場合も稀ではない。機械の使用温度、サイクル時間もまちまちである。このようないろいろな条件下で使用されている機械の中の汚染物も、当然千差万別である。

8-4 実験条件と工場での使用条件

実験室内の研究と工場内の使用条件のもう1つの大きな違いは、実験室内での実験の場合、長い時間をかけられないので、現実の試験より厳しい条件で試験が行われることが多いことである。例えば、油圧ポンプの汚染物に対する感度の試験をするとき、清浄な油で試験をすれば何時トラブルが起こるかわからない。トラブルが起こらなければ、汚染物に対する感度はわからない。従って、汚染物を扱う試験では、通常は実際より汚染度の高い条件で試験が行われる<sup>(3)(4)</sup>。その意味からも、研究室の試験で得られた結果がそのまま工場の油圧システムに当てはまるとは考えられない。



写真1 油槽内の付着物 (油の酸化変質物)

9. 循環油と油圧トラブルの発生場所

我々が分析するために採取する油は、機械の中を循環している油である。ところが、油圧システムや潤滑のトラブルが起こるのは、機械のしゅう動部(すべり運動や回転運動をしている部分)の表面の状態に左右される。従って、循環している油を分析しても、必ずしも機械のしゅう動部の状態はわからない。その例を写真1と写真2に示す。写真1は油を抜き取った後の油槽の内部の写真である。茶色に見える高濃度の油の酸化変質物が付着している。写真2は分配弁のスポールに付着した汚染物を白い布で拭き取ったものであり、この付着物を赤外吸収スペクトルで分析すると油の酸化変質物であることがわかる。第1表は同じ油圧機械から同じ時期に採取した循環している油の中の汚染物と、分配弁の中から洗い出した汚染物を酸処理した後で灰化して原子発光分光分析で調べた結果である。これらの結果から次のことが分かる<sup>(5)</sup>。

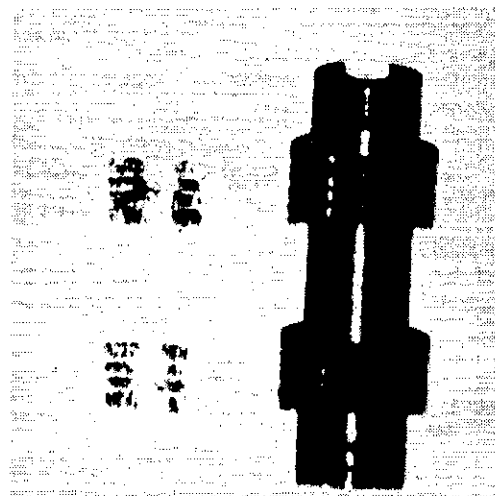


写真2 油圧バルブ・スポールの付着物 (油の酸化変質物)

- (1) 写真1と写真2から、油の酸化変質物は機械の内部に付着しており、循環している油は機械の内部に付着している物の量を示すことはできない。
- (2) 第1表から、同じ機械であっても循環している油の中の汚染物とバルブの中の汚染物は異なることを示している。これは分配弁の中に磁界があり、磁性体の汚染物は引き付けられる。引き付けられたバルブのスポールやスリーブの表面には、粘着性の強い油の酸化変質物が付着しているので、磁界がなくなっても磁性体の汚染物は付着したままで、潤滑面にサンドペーパー状の表面をつくる。これらの知見から、循環している油の清浄度と潤滑

第1表 同じ機械の中の汚染物の違い<sup>(5)</sup>

試料の採取場所	油槽中の循環油	電磁弁中
灰分量(mg)	27.9	25.4
Zn	62.3%	18.6%
Fe	1.9	21.4
Cu	2.1	1.1
Pb	—	3.5
Cr	6.1	3.5
Al	—	1.1
P	—	—
Ca	1.6	3.7
Ba	—	0.6
Mg	0.2	0.6
Na	0.7	1.7
他	25.1	44.2

面の状態は同じではないことは明らかである。潤滑面がサンドペーパー状になると、例えばバルブ・スプー  
ルが振動しながらすべる。この振動は機械の圧力変動  
として現れる<sup>(6)</sup>。

凸凹道を自動車で走ると、車はがたがた振動し、車  
がジャンプを繰り返すので高速で走れない。大きな凸  
凹道でなく、高速道路の料金所や急カーブの手前には、  
路面に小さなミゾが刻まれている。そのミゾの上を車  
が走ると、小さい振動が伝わり、我々は車の速度を落  
とす。我々はこのように日常生活で、面粗さと向かい  
合って生活している。このような日常生活での経験と  
機械の振動を結び付けて考えると分かりやすい。これ  
らの例や説明で、単に循環油の汚染度または清浄度を  
粒子カウント法だけで調べても、油管理の本来の目的  
を達成できない可能性があることをおわかりいただき  
たい。

<参考文献>

- (1) サイクス、K., 「ファインマンさん超天才」、岩波書店、1995
- (2) ジャクソン、J.M. 「Ghost in riders in the fluid」,  
Hydraulics & Pneumatics, Dec. (1994) pp.31-32
- (3) BHRA編、「油管理関連論文参考文献集」
- (4) 財機振興協会 技術研究所、「油圧システムの汚染管理の  
ための試験法に関する研究」昭和52年度版
- (5) Sasaki, A. 他、Lubr. Engr., 45, 3 (1989) p.140
- (6) 佐々木徹、本誌'97 2月号Vol.36 No.2 「ぶらぶらトーク⑨」  
pp.39-42

---

【筆者紹介】

佐々木徹

(株)クリーンテック工業 常務取締役

〒140 東京都品川区東大井2-7-7 品川テクノビル4F

TEL:(03)3740-4141

FAX:(03)3740-4966

---