

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②

## 油管理の基準である 粒子カウントの問題点を検討する

(株)クリーンテック工業 佐々木 徹

ガリレイより16年早い1548年に南イタリアのナポリに近い町で生まれた修道士ブルーノは「宇宙は有限で球形をしておりその中心は地球であり、天が地球を中心として回っている」という当時の学問の基本かつ権威の象徴であったアリストテレスの説に疑問をもち、観測に基づく幾何学的な計算から、「宇宙は無限の球形をしており、その中心に太陽があって地球は太陽の周囲を回っている」<sup>(1)</sup>というコペルニクスの説を支持した。更にアリストテレスの学説に基礎をおいていたキリスト教の教義にまで疑問を呈したために宗教裁判にかけられ、1600年2月17日に裸のまま縛られて火あぶりの刑に処された。彼は焚刑に先立つ1592年から8年間ローマのサン・タンジェロ城の石牢に閉じ込められていた。しかし、その間も信念を曲げず、焚刑のときにも差し出された十字架に顔をそむけ、「裁かれている自分よりも裁いているあなた方のほうが真理の前におののいているのではないか」と言ったといわれている<sup>(2)</sup>。

彼にかけられた多くの異端の容疑のうち、彼は最後まで次の2点の撤回を受付けなかった。その1つは「宇宙は無限であると言う主張」、他の1つは「哲学的に主張する自由さえ抑圧する非寛容は真理への冒涇であり、真実の宗教にもとるという主張」であったともいわれている。対話形式をとって書かれた「無限、宇宙および諸世界について」<sup>(2)</sup>の中で、彼の主張は第1対話から第5対話までに分けてフィロテオの口を借りて述べられている。

これに対して、ブルーノの焚刑が影響したのかもしれないが、同年代のガリレイは宗教裁判で地動説を撤

回した。そのために彼の弟子達は落胆して彼から去っていった。彼は死刑を免れたが、依然危険人物としてフィレンツェ近郊の別荘に軟禁され、囚人として監視下に置かれていた。彼はその間にも実験を続け、こっそりと「新科学対話」<sup>(3)</sup>を書き上げていた<sup>(4)</sup>。オランダへ出国する前に幽閉されたガリレイを訪ねてきた弟子のアンドレアに、ガリレイはこっそりと「新科学対話」の原稿を手渡し、「知識は疑うことによって得られること」「科学の唯一の目的は人間の生存条件の辛さを軽くすることにあること」と教えた<sup>(4)</sup>。そして、アンドレアはガリレイが「科学の本来の仕事をするために大衆とのつながりの部分を撤回した」ことを理解した<sup>(4)</sup>。

言論の自由がなかった時代の先人たちは、命を賭け、人生を賭けて真実を追求した。幸いにして現代の我々には言論の自由が保証されている。科学に限らず、あらゆる問題に我々は真実であると考えてることを主張する権利があり、真実と思うことや自説を述べるができる。ところが自分の地位を守るために、または会社のためと称して真実を隠し、客を欺き、結果的には従業員を路頭に迷わせ、日本経済を国際的に窮地に陥れている最近の現実を悲しく思う。

筆者は出版社のご好意と読者のご支援をえて、実験や分析に基づいた自説を連載させていただいているが、今回は油管理の基準の1つとして広く採用されている、粒子カウントの問題の実例を紹介して、その問題と根拠について述べることにする。

予めお断りしておくが、筆者は粒子カウントを利用して研究をしたし、非常に便利な方法であるから、そ

れを否定するつもりは毛頭ない。しかし、この便利な方法を使うにしても、それには落とし穴があることを知っておく必要があると考えている。

## 1. 亜鉛系の耐摩耗性添加剤入りの油と粒子カウント

### 1-1 実例

あるアメリカの射出成形工場は亜鉛系耐摩耗性添加剤入りの油圧作動油を使用していた。油の分析は社外の分析専門会社に依頼しており、油の汚染度の判定は粒子カウント法で、汚染物の分析は原子発光分光分析で行っていた。その結果を第1表に示す。

ISOコードで21/21/19というのは2ミクロン以上/5ミクロン以上/15ミクロン以上の粒子の数である。これはNAS等級では完全に等級外であった。しかし、油メーカーのコメントはSatisfactoryであった。しかし、勉強家である工場の油の担当者は巷に氾濫しているアマチュアが書いた資料をたくさん読んでいたので粒子カウントで判断し、ポンプやバルブのトラブルを恐れてすぐに更油をした。油メーカーは油の酸化度やナイトライゼーションからSatisfactoryと判定していた。彼は応急手段を講じてから、更油前の油サンプルと分析結果を筆者のところに送ってきて、意見を求めた。彼が知りたいことは、粒子カウント数が多いにもかかわらず油メーカーがSatisfactoryと判定したことに対する不安を解消するためだった。

### 1-2 調査

送られてきた油サンプルを筆者の会社の分析室で分析したところ、確かに粒子数は多かった。メンブランフィルタは送られてこなかったが、こちらで0.8ミクロンのメンブランフィルタを使つてろ過したらほとんどの汚染物はメンブランフィルタを通過した。0.22ミクロンメンブランフィルタで分析したメンブランフィルタの色は試料1が褐色で、試料2は淡い黄褐色だった。このことは粒子が0.8ミクロンのメンブランフィルタの目を通過するが0.22ミクロンのメンブランフィルタでは捕集されるもの、すなわち、0.22ミクロンより大きく、0.8ミクロンより小さいものだったということである。ここで2つの問題が考えられる。

その1つは何故0.22~0.8ミクロンの粒子が2ミクロン以上の粒子としてカウントされたのかということである。この答えは空に浮かんだ雲を見ればわかる。

第1表 分析結果

分析項目	ISO Code	Fe	Cu	Zn	P	Ca
試料1	21/21/19	3	13	621	449	114
試料2	21/21/19	4	11	606	457	102

雲は微小の水滴または氷滴が近接した状態であり1つの固体または物体ではない。だから飛行機は機体に損傷を受けずに雲の中を飛ぶことができる。しかし、我々の目には雲は1つの固まりとしてみえるのは、雲によって光が遮断されるからである。粒子カウントの原理は光源の反対側に置かれたセンサーで光を受け、その陰を粒子として判定している。従って、空の雲のように微粒子の集団が光を遮断すると、粒子カウントのセンサーは陰の大きさで、あるサイズの粒子と判定する。雲のような集団が次々とセンサーの前を通過したので、粒子としてカウントされたわけである。それなら何故小さい粒子が凝集しなかったのかという疑問がわくはずだ。これは油の原子発光分光分析結果を見れば、Caで代表される清浄分散剤があるために微粒子の凝集が妨げられていることがわかる。

もう1つの問題は粒子としてカウントされた汚染物の実体である。そこで筆者たちはより正確な分析をするために、汚染油を0.22ミクロンのメンブランフィルタろ過し、汚染物を捕集したメンブランフィルタを外部の分析専門の会社に出し、メンブランフィルタを焼いて灰化し、酸処理して原子発光分光分析してもらった。その結果をもとに説明する。

この分析結果の第2表からわかるように、元の汚染物と灰分の差は燃焼したものである。元の汚染物の大部分は油分、油の酸化変質分、油の分解でできたカーボン等であったと考えられる。第3表から原子発光分光分析で検出された金属原子のほとんどは亜鉛で、2番目に多かったカルシウムは亜鉛の量の約半分であった。磨耗で発生したと考えられる鉄や銅のような金属はごくわずかだった。第1表にあったリン(P)が第3表にないのは汚染物を灰化したときに燃焼してガス化したためである。この分析結果から、粒子カウントでカウントされた粒子は亜鉛系の添加剤の分解物とそれに付着して凝集を妨げていたカルシウム系の清浄分散剤であったことがわかる。

第2表 集められた汚染物の重量と灰分

項目	メンブランフィルタの色	元の汚染物重量 (mg)	灰分 (mg)
試料1	褐色	9.2	2.0
試料2	黄褐色	9.4	1.5

第3表 原子発光分光分析 (灰分中質量%)

被検出金属	Fe	Cu	Zn	Ca	酸不溶解分
試料1	0.5	0.2	15.9	8.9	0.1以下
試料2	0.7	0.1	22.8	11.6	0.1以下

### 1-3 検討事項

次に考えなければならないのは、このような亜鉛系の添加剤の分解物が汚染物かどうかということである。代表的な亜鉛系耐摩耗性添加剤であるZnDTPは、酸化防止剤としての機能と耐摩耗性添加剤としての機能の両機能をもっていて、自動車のエンジン油の中にも使用されている。GM研究所のモリナは亜鉛系添加剤を熱分解させて得た白い粉末の耐摩耗性を研究して、1987年に権威ある論文集STLE Transactionに発表した<sup>(5)</sup>。その論文によると、この白い粉末は耐摩耗特性が非常に優れているという。モリナが熱分解で得た白い粉末の赤外吸収スペクトルと、送られてきた油の中の粒子の赤外吸収スペクトルが非常によく似ていたため、粒子カウントでカウントされた粒子はモリナの白い粉末と同じ耐摩耗性のよい粒子であって、汚染物ではなかったと考えられる。

ここで考えなければならない重要なことは、カウントされた粒子が摩耗粉のような有害な汚染物か有用なものかということである。例えば、家の玄関に砂がまかれたとする。まかれたものが砂場の砂なら、滑って怪我でもしたら大変だから、迷惑だと考えながら掃き掃除をするだろう。しかし、その砂が金粉なら喜んでかき集めるだろう。すなわち、その物質によって、我々の反応や対応が異なるはずである。粒子の数が多からといってすぐに油を交換をしたのは一般論として「粒子=汚染物という先入観」をもっていたからである。しかし、この担当者は機械のトラブルを恐れてすばやく更油という処置をとったが、油メーカーも大丈夫だと判定していたので、「粒子=汚染物」と考えていたことに「疑問」を感じていた。筆者が質問者を訪

問して筆者たちの分析結果と見解を説明したとき、わずかな疑問をもっていたにもかかわらず、この油管理の担当者は長年やってきた慣行に引きずられ、筆者の見解にすぐには同意できなかった。しかし、筆者が「粒子数だけで判断することにこだわるならば、分解して粒子化するような添加剤の入った油を使用しなければよい」と言ったところ、彼は一瞬ハッとしたような顔をしたが納得してくれた。

#### (1) 粒子カウント法の問題点

上記に述べた点を考えると、粒子カウント法の問題点、すなわち筆者が「新しい油管理」(パート1)の3項の(ロ)と(イ)および「新しい油管理」(パート2)の4-2項で述べた粒子カウントの問題点と限界がはっきりと見えてくる。我々が心配するのは、悪い粒子が機械のトライボ要素を磨耗させたり、損傷させることである。従って、カウントされた粒子がトライボ要素を守るものか、損傷を与えるものかどうかを知ることが先ず第一に重要であり、それが損傷を与えるものだと分かったら、その数を問題にすべきである。トライボ要素を守るものと損傷を与えるものをごっちゃにして、粒子数が多いから危険だと考えるのはいかなものか。

#### まとめ

今回紹介した例では、耐摩耗性の優れた耐摩耗性添加剤の分解物が粒子カウントされたために、有害な粒子とみなされてしまった。筆者が常に主張しているように、「数は数であり、その粒子の性質を示すものではない」。我々がいつも明確にしなければならないことは、「何」をしようとしているかという「油管理の目的」をハッキリと認識することであり、汚染物を調べる方法が、単に便利だとか、世界的に認められている「基準」だというだけで妄信するべきではないということである。

ブルーノは信念をもち、命をかけて当時の常識に疑問を呈し、ガリレイは弟子にたいして知識は疑うことによって得られると教え、「科学の目的は生存条件の辛さを軽くすることにある」と言ったことを思い返すと、今回紹介した油管理の担当者がとった処置は、玄関に撒かれた砂を掃き集めておいて、この砂がどんな物質かを確かめようとしたのと同じであり、真理追求への第一歩を踏み出したことには敬意を表している。

規格は論文を読むときなど、共通の認識をもつことができ重宝である。同じ条件で互いに追試をし合うにも都合がよい。しかし、これらの規格は必ずしも最新の研究成果を反映しているものではない。時々刻々と変わる経済情勢や消費者のニーズの中で製造競争を生き抜かなければならない企業にあって、油管理は機械のユーザーが機械を守るため行う仕事である。一方、規格というのは手段にしかすぎず、次の改訂までの期間、固定されたままである。その手段に振り回されて、無駄なコストをかけるのを経営者は望まないと思う。

今まで粒子カウントを油管理の目安にしてこられた方々にはご迷惑であり、お叱りを受けるかもしれないが、粒子カウントにはこのような問題点もあることを知ってもらいたいと考えて、世界的に認められた規格の問題点を取上げて指摘した次第である。(次号に続く)

<参考文献>

- (1) コペルニクス：「天体の回転について」、岩波文庫
- (2) プルーノ：「無限、宇宙および諸世界について」、岩波文庫
- (3) ガリレイ：「新科学対話」上下、岩波文庫
- (4) プレヒト：「ガリレイの生涯」、岩波文庫
- (5) Molina.A：ASLE Transaction 30, 4, pp.479-485 (1987).

【筆者紹介】

佐々木 徹

(昭和11年3月17日生・大阪府出身)

(株)クリーンテック工業  
海外事業部 常務取締役  
工学博士

〒140-0011 東京都品川区東大井2-7-7

TEL:(03)3740-4141

FAX:(03)3740-4966

<趣味> 囲碁(3段)、生花(師範)

<定期購読誌・紙> 日経サイエンス、読売、産経

<家族構成> 家内と二男

<主なる業務歴および資格>

昭和37年 日立造船(株)入社

昭和49年 (株)クリーンテック工業入社、現在に至る。

平成4年3月 東京農工大学工学博士



株式会社クリーンテック工業

<代表者名> 村上公伯

<本社住所>

〒140-0011 東京都品川区東大井2-7-7

TEL:(03)3740-4141 FAX:(03)3740-4966

ホームページ: <http://www.heishin.co.jp/kleentek>

E-mail: [kleentek@mx.meshnet.or.jp](mailto:kleentek@mx.meshnet.or.jp)

<資本金> 6千万円 <年商> 10億円

<従業員数> 28名

<主要取引先>

代理店販売につき、代理店は岩谷産業、東京産業、JTエンジニアリング

<事業内容および会社近況>

静電浄油機の製造販売と食品・タバコ等の検査選別機械の輸入販売。静電浄油機は基礎研究の成果と長期にわたる世界の一流企業との共同研究で蓄積したノウハウをベースに、油圧・潤滑システムのトラブル解決のコンサルタントをしながら販売している。我々のノウハウをどんどん利用してほしい。

油管理はお笑いの世界

佐々木 徹

油管理は高価な生産設備が設計どおりの性能を発揮するように油の面から支援するものである。汚染物が油圧トラブルの元凶だから、トラブルの元凶を全て取り除く手段が浄油である。ところが油管理の話をすると浄油になり、粒子カウントで調べた5ミクロン以上の粒子の数で油の汚染度を議論し、都合の悪い小さい粒子を無視する。油管理の手段を論じて、本来の目的を忘れてしまう。粒子カウントは数を数えるが、粒子の性質に関する情報を与えてくれない。本稿は粒子カウントに頼り、有用な添加剤の分解物粒子を単に汚染物粒子として処理してしまった事例である。油管理には他にも不思議がいっぱいある。油圧回路上にラインフィルタを付けて汚染物を留めて置くのは台所のゴミをビニール袋に入れて数ヶ月間台所に積んでおくのと同じだというと、人は同意して笑話のようだという。ところが油管理の世界でこれは日常茶飯事で行われている。なんとも不思議な世界である。