

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

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 8）＝

(株)クリーンテック工業 佐々木 徹

水に関する問題がいろいろな角度から、やさしく解説されている「水の科学Q&A」という本がある。本の題から俗っぽい本だという印象を受けるかもしれないが、著者はペトリヤノフという、ソ連の科学アカデミーの会員であり、メンデレーエフ研究所の教授でもある著名な科学者である。

この本に「海のなかの水の分子の数は1つ」であると書かれている。それは水の分子が水素結合をしており、水分子を構成しているそれぞれの水素原子がとなりの水分子の酸素原子の電子を自分の方に引っ張りこんで、たがいに切れ目なく立体的につながっているからである⁽¹⁾。このようにつながっている地球上の水分が太陽の熱で熱せられ、水蒸気となって上昇気流とともに上空に昇って雲になる。上空の気圧は低いので空気は膨張し、温度は急速に低下する。そのため水蒸気は凝集して水滴になり、雨として地上に降る。光はエネルギーであり、太陽の光によって地球全体で毎年10億トンの水が蒸発しているという⁽¹⁾。

熱によって水が蒸発することは誰でも納得がいく。しかし、熱だけが水を蒸発させるわけではない。気圧や空気中の湿度も水の蒸発に関与している。台風が大量の海水を蒸発させて大雨を降らせることを知っているし、空気が乾燥した寒い冬の朝に川の水面から白いもやが立ち上がっているのを見た人は多いと思う。それは水素結合をしている水の分子が切れて湿度の低い空気の方に蒸発し、冷たい空気と接触して小さい水の粒になるからである。この稿ではこのような自然現象を利用した上手な油管理の仕方について述べる。

20. 上手な油管理の仕方

20-1 空気の乾燥と水分の蒸発

(1) 洗濯物の乾燥と湿度

シンガポールやマレーシアのような熱帯では気温が高いが湿度も高い。30℃の外気温を冷房で25℃に下げたホテルの部屋で洗濯したハンカチをハンガーに掛けておいても一晩で乾かないことが多い。それは冷房をかけたために室内の湿度がほぼ100%になっていて水が蒸発しないからである。その逆に外気温5℃の冬に暖房をかけて室温を25℃にすると室内の空気が極度に乾燥する。これは暖房をかける前と後の室内の水分の絶対量は同じであるが、温度が上昇するとその温度の相対湿度が低くなるからである。このように暖房した室内でコップに水を入れて寝ると翌朝にはコップの水がなくなっている。このことは水は熱で蒸発するだけでなく、室内の湿度が低いと温度が低くても蒸発することを示している。

(2) 水の蒸発は熱力学的現象

水の分子は共有結合という強い結合でできているから水を分解するのは難しいが、水の分子同士を結びつけている水素結合は弱い力だから、100℃で水を沸騰させて蒸気にすることができる。しかし、水を蒸発させるには必ずしも100℃に加熱する必要はない。水が25℃という低い温度でも蒸発するのは水の分子が絶えず振動しており、その温度での湿度が最も安定した状態、すなわち平衡状態になろうとする力が加わるからである。このような分子の振動や平衡状態になろうとするのは熱力学的現象である⁽²⁾。気温と湿度の両方が高い梅雨時期よりも、気温が低いが空気の乾燥して

いる冬に洗濯物が速く乾くことがあるし、気温が低く湿度が高くても風が吹けば、分子の振動を助長して洗濯物の乾燥が速まることも我々は経験から知っている。

空気の乾燥による水の蒸発と油管理はどのような関係があるのかと思われるかもしれないが、湿度が高いとハンカチが乾きにくかったり、空気が乾燥していたり、空気の強い流れがあると洗濯物が乾きよいという現象は、油槽の表面に油のスラッジが付着したり、離れたりするメカニズムをよく示している。そのためこの自然現象を利用すると最も合理的な油管理ができることを話したいからである。

20-2 油中の汚染物の凝集と沈殿

(1) 極性物質と無極性物質

ぶらぶらトークで何回も述べたように、油を機械の中で長期間使用すると基油は熱で次第に酸化する。基油と酸化変質した分子の極性を考えると、鉱物油の基油分子である長鎖のパラフィンは無極性であるが、酸化された油の分子は双極子をもち、電気的な片寄りができており、極性分子であるといわれる。これらの極性分子は無極性分子と仲が良くない。無極性分子の中で極性分子は少数派であるため、極性基の双極子を相殺するような形で結合したりして極性分子同士が集まるようになる⁽³⁾。本誌'96年11月号から'97年1月号に書いた「ぶらぶらトーク⑥⑦⑧」の分子量分布からわかるように、酸化変質した初期の油の酸化生成物の分子量は基油程度で油に溶けるが、それらは物理的結合から次第に化学結合をするようになり、高分子化して油に溶けないようになる。

(2) 油の酸化変質物の数の増加と凝集

高分子化して油に溶けなくなった油の酸化変質物は本来分子であるから、各々の分子が勝手気ままな分子運動をしており、フィルタの目よりはるかに小さいので、フィルタで除去されない。しかしこれらの数が増加すると、互いの平均距離は小さくなり、分子同士が衝突して粒子をつくるようになる。これは空気が乾燥しているときには水の分子が空気中で自由な分子運動をしても、互いの距離が離れているので衝突する確率は小さいが、水の分子の数が増加して湿度が高くなると、水の分子同士が衝突する確率が高くなり、衝突で水滴ができるのと同じ現象である。

(3) 安定平衡状態と熱力学ポテンシャル

油に溶けない粒子の数が増加すると、それらの粒子がつくる総表面積は非常に大きくなるので、総表面積を小さくしようとする力が働く。これは熱力学ポテンシャルが最小になる状態が系の安定平衡状態だからである⁽²⁾。そのため油中の粒子は凝集して大きな粒子になったり、金属のように自由電子をたくさんもつ物質の表面に吸着したりする。

凝集して大きな粒子になると、本誌'98年1月号「新しい油管理(パート6)」で述べたように、ストークの法則に従い、油槽の底や配管内に沈殿しやすくなる。高分子の油の酸化変質物は粘着性が強いので、金属表面に吸着して糊のような作用をし、他の物質を金属表面にくっつける。そのようにしてできた表面は、本誌'97年2月号「ぶらぶらトーク⑨」で述べたように「サンドペーパー」のようになる。

20-3 沈殿物や付着物を洗い出す方法

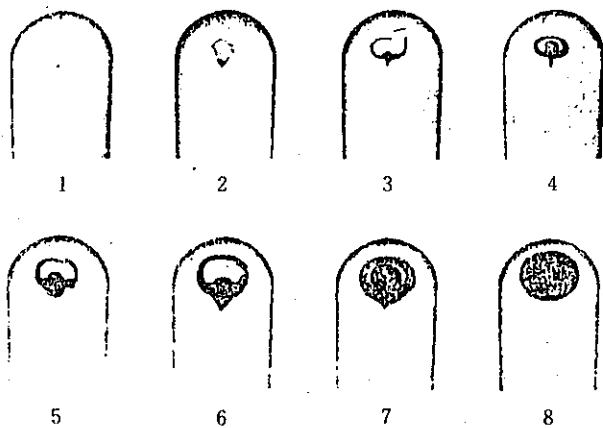
(1) 分子の熱運動を利用

分子をミクロで考えると、決して静止していない。すなわち、絶えず熱運動によって振動している。分子の熱運動が止まるのは絶対0度、すなわち0Kである。温度を上げると分子の振動は大きくなる。例えば、油温が45℃とすると、これは318Kであるから、油中の油の酸化変質物分子はかなりの振動をしていると考えられる。凝集した粒子の中の分子でも例外ではないし、金属表面に吸着して層をつくっているものでも同じである。だからといって、油温を高くすると油の酸化変質が加速されるのでこれは程々にしなければならない。

(2) 平衡状態を維持しようとする現象を利用

フィルタで汚染油を浄化すると、フィルタの繊維に静電気が帯電している場合には、高分子化して油に溶けなくなった油の酸化変質物のような粒子の中には運よく捕えられるものがあるが、その他の大部分はフィルタの目を通過する。油の酸化変質が進むにつれてこれらの濃度は次第に高くなり、先にも述べたように熱力学ポテンシャルを最小にし、系が安定な平衡状態になろうとして、金属の表面に吸着したり凝集したりする。

この熱力学的平衡作用を逆手にとり、分子サイズの油の酸化変質物のような粒子を除去して、それらの濃度を減少させると、濃度の高い方から濃度の低い方への逆移動が起こる。すなわち、金属面に吸着していたものが離れて濃度の低い油の方に出ていく。これは洗



第1図 モービルUCレーティング標本
1から8までの6等級の沈殿物量で示す



写真1 絶対3ミクロンのフィルタを使用して油の酸化変質物が付着したサクシオン・ストレーナ

濯のすすぎ洗いや、乾燥した空気が洗濯物の水分を蒸発させるのと同じように、系の安定した平衡状態を作る熱力学的現象である。

20-4 静電浄油機による油管理

静電浄油機は油に溶けない粒子をサイズに関係なく除去することができる。本当に油中の不溶解物を除去できるのかどうかを判定する方法として、モービル石油が1970年代に開発したUCレーティングという方法を使って確かめることができる。UCレーティングというのは超遠心力を利用して油中の不溶解物を強制沈殿させ、第1図のようにその沈殿物の量で1から8までの8段階に分けて判定する方法である。UC値1は不溶解分がほとんどない油であり、UC値8は不溶解分が多い油である。アメリカGMの子会社であるサターン社では油の汚染度をこのUC値で判定していて、粒子カウントは参考程度に使用しているだけである。その詳しい理由は別の機会に紹介することにするが、ここでは絶対3ミクロンのフィルタを使用していた油の粒子カウントは低かったが、UC値が3であった。その機械のサクシオン・ストレーナは写真1のように、油の酸化変質物が表面に付着して茶色になっていた。静電浄油機を使用していた機械のUC値は1で、そのサクシオン・ストレーナは写真2の写真のように、金属の地肌がそのまま肉眼で見え、油の酸化変質物の層は見えなかった。この報告からわかるように、油に溶けない油の酸化変質物の油中濃度が高いと金属表面に吸着するが、油に溶けない油の酸化変質物の油中濃度が低ければ、金属表面にほとんど付着しないからである。

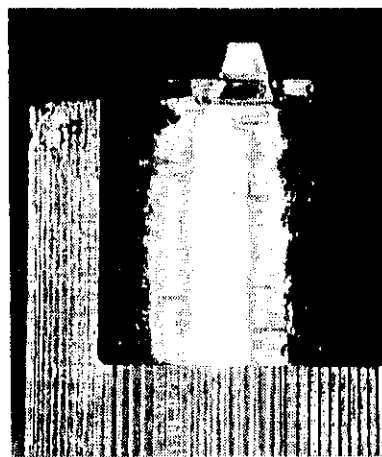


写真2 静電浄油機を使用して油の酸化変質物が付着していないサクシオン・ストレーナ

このような油の酸化変質物の付着力の大きさやその害については、本誌「ぶらぶらトーク⑥⑦⑧⑨⑩⑪⑫」を参照いただきたい。

いくら技術が発達しても自然の力には勝てない。人間が作ったNAS等級やISOコードのような規則を振り回して5ミクロンや2ミクロン以上の粒子の数を論じても、自然は人間のいうことを聞いてくれない。自然に対して謙虚になり、自然現象の力を借りると無理なく油管理ができることがわかる。

<参考文献>

- (1) ベトリヤノフ (坂口訳)「水の化学Q & A」東京図書、1992。
- (2) フェルミ、E.,「フェルミ熱力学」三省堂、1988。
- (3) Akhmatov.A.S. (英語訳) "Molecular Physics of Boundary Friction" 1966.

【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

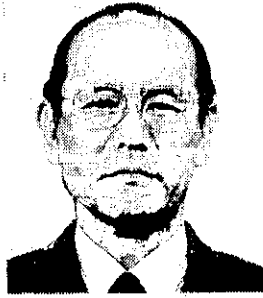
<家族構成> 家内と二男

<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

<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。

不思議の国インド

佐々木 徹

サービスの精

これは10年前の話である。日本からボンベイに行くとき、飛行機の到着は真夜中になる。何度目かのインド訪問で少しは勝手がわかっていたので、代理店の人の出迎えを断って、空港前のホテル・セントールに泊まることにした。ボンベイ(現在はムンバイ)空港のロビーに出たら乞食の群れに囲まれた。それを振り切ってタクシー乗り場に向かったら、10才位の汚い身なりの女の子がニコリと笑いながら近づいてきて「タッチ?」「ホテル?」と尋ねた。その可愛らしい笑顔に引きつられ、うなずきながら「ホテル」と答えた。少女は「セントー?」と尋ねたので、黙ってうなずいたら、少女は「タッチ」と言いながら首を左右に回すように振り(左右に傾けるとイエスの意味になる)、「パッ、パッ」と言いつつ、私の重いスーツケースを引張って行こうとした。少女の後ろについて約30mほど行くと、ホテルバスの停留所があった。少女はホテル・セントールは近すぎてタクシーは行かないことを知っていて、ホテルバスを使うことを教えてくれたのだ。バスが来ると少女は一所懸命、私の重いスーツケースをバスに乗せようとした。その間少女は一度もお金を要求しなかった。サービス精神の乏しいインドで、少女から「サービスとはどんなものか」を教えられた。少女には感謝して授業料を払わせてもらった。バスに乗った私を見送る少女の黒い瞳は暗い中でもキラキラ輝いていた。

無償の輸出

我々がものを輸出する場合、必ず対価を受取る。しかしインドでは貴重なものを無償で輸出している。その貴重なものとは有能な人材である。インドにはIIT(インド工科大学)やIIS(インド理科大学)といった優秀な理工系の大学がある。私の友人であるIITの先生の話によると、現在IITはインド全土に5校ある。5校の募集合計は1学年2500人で、応募者は25万人。よほどの秀才でも実力と幸運が重ならなければ合格は難しい。この大学は国立だからほとんど学資はかからないらしい。英語で教育が行われるから、優秀な学生は卒業すると、さっさと条件のよいアメリカやイギリスに出て仕事をし、インドに帰って来ないことが多いという。アメリカのシリコンバレーに行けば、このようにして出国した優秀なインド人エンジニア達によく会う。個人の基本的な人権を尊重すると、彼等が外国で就職するのを止めることはできない。国費で教育した優秀な人材を、貧しい国インドが金持ち国アメリカに無償で輸出している。インドの国情を考えると、どこか割り切れないところがある。