



化学のカラクリで産廃を削減

～塗装系産業廃棄物の減量作戦～

早川 義敬

1 はじめに

我々人類はゴミを出さずには生きていけない。

多くの企業にとって、特に当社のような製造業にとって、世に役立つ製品と同時に産業廃棄物という名の負の遺産も産み出すことは宿命、言わば、光と影のようなものであろう。

光ばかりではなく、影の部分の対策に如何に注力できるか、企業の体制が問われるようになってきている時代だ。

周囲を住宅街に囲まれたKYB岐阜東工場（写真1）では、建設時から地域環境に配慮した工場づくりをテーマに掲げ、さまざまな方策を講じてきた。



写真1 住宅地に隣接した岐阜東工場（写真中央）
（国土地理院の地理院地図を利用して作成）

塗装ラインに水性塗料を採用したのもその一環で、工場排気からの有機溶剤（いわゆるシンナー）の臭気対策や労働環境の向上を果たし、順調なスタートを切れたと思っていた。

2 「環境配慮型」故に生じた問題点

塗装工程からは主として①～③の三種類の産業廃棄物が発生する。

- ①塗料付着物 ウェスや手袋、マスキングテープなど布やビニール・紙類（写真2）
- ②塗料カス 製品外に付いて固まってしまった塗料を清掃したもの（写真3）
- ③塗料廃液 色替え時の混色塗料や配管やノズルを清掃した廃液（写真4）

この内、③塗料廃液については、水性塗料を採用するまで、産業廃棄物としての認識がなかった。

従来の有機溶剤塗料から出る不要な液は、そのほとんどが溶剤リサイクルとして業者買取り、あるいは大気中に蒸散されてしまうことで、廃棄物として処分されるようなものがほとんどなかった。



写真2 ①塗料付着物（実物例）



写真3 ②塗料カス (実物例)



写真4 ③塗料廃液 (実験用サンプル)

しかし、環境配慮型の水性塗料を採用した結果、

- 1) 廃液を買い取ってくれる業者がない
- 2) 蒸発しにくい

3) 洗浄能力が劣るのですすぎ水が余計に必要という悪循環が生じ、③塗料廃液という廃棄物を多量に産み出してしまっていた。つまり、「環境配慮型の塗料を採用したがために環境負荷が増える」という矛盾を抱え込んでしまっていたのである。

塗料廃液について存在の認識がなかったせいで、廃棄方法や処分について何の考慮もされておらず、製造現場では苦し紛れに、ウエスに意図的に浸み込ませて塗料付着物として廃棄したり、本来乾燥して水分がほとんどないはずの塗料カスに紛れ込ませたりして処分させていた。

その結果、廃棄されるドラム缶の本数の割に重さが増して廃棄コストもかかり、産廃業者の処分場にも水分が多いことで迷惑をかけていた。

同種の油機製品を作っている岐阜南工場の塗装工程から排出される産業廃棄物に比べ、岐阜東工場からの同廃棄物量は少ないものの、その単位重量が明

らかに重い。という統計データ (図1) を見つけるまで何も問題意識が生じなかったことが最大の反省点である。

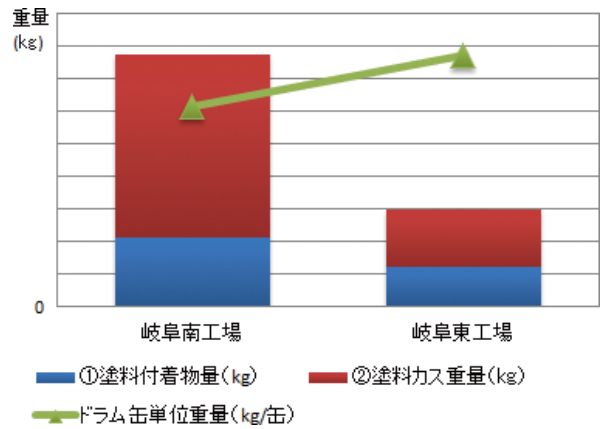


図1 両工場の塗装系廃棄物量と単位重量 (2013年度：対策実施前のデータより)

まずはこの③塗料廃液について、排出元である製造現場から他の廃棄物と混ぜないようにすることで分別を徹底し、「廃液」として別容器で回収する手順を周知することから対策を始めた。

3 対策で次の問題が発生

「廃液」さえ分別してもらえば、工場敷地内にある廃水処理場で処分すればよいと甘く考えていた。しかし、この廃液は決して簡単に片づけられる汚水ではなかった。

廃液を受ける容器でこぼれた、あふれた、汚れが取れない、運搬が遅い、空容器が間に合わない…、数々のトラブルが頻発した。

最も煩わしかったことは、廃液を処理するために吸い込むポンプやホースに詰りが生じるようになったことだった。

塗料とはいずれ固まる液体である。

ポンプやホースの中がその固まる場所だったことが想定外、というよりは知見の甘さであった。

金属や異分子であるホースの樹脂と接すれば固まってしまうのが塗料の性質なので、それを都合よく固まらないようにするにはどうすればよいのか？容易に処理できない理由はたくさんあった。

我々が処理しなければならないのは純粋な塗料だけではなく、洗浄水で希釈され、他のごみも多少混じった品質にムラのある廃液である。固まるタイミングや条件がいつも同じではない (写真5)。

とは言え、処理の都度、水で流してすすいだり、廃液を希釈したりしては処理時間もかかり、非

効率的でコストアップとなってしまう。



写真5 固まる時が予測不能な塗料廃液

ポンプやホースの詰りの大半は半固まりのドロドロ状態、その汚れを取り除くには水洗いだけでなく、希硫酸を使った酸洗浄が有効であった。ほとんどの塗料はアルカリ性の液体であり、塗料自体が（一部の樹脂製部品を除き）機械金属を傷めることはない。

しかし、塗料独特の粘着性で摺動部や回転部を固着させてしまうため、金属にとってはあまり歓迎したくない酸を使用した洗浄で部品の動きを取り戻して潤滑油を再塗布するといった手間のかかる作業がその都度発生していた。

4 遊び心にヒント

ある日のこと、いたずら半分で、

「詰まってから毎度酸洗浄することになるなら、先に酸で薄めてしまえっ!」と、思いついた。

バケツにあった塗料廃液に希硫酸を投入したところ、投入した液面付近に泡立ちのような小さな変化があり、これをかき混ぜると見る見る内に水中で塗料同士が固まり、ふわふわの泥状物と液体との二層に分離し、沈殿することを発見した。

化学反応のカラクリで廃液の内部で何かが変化しているのは明らかだった。

固液分離の反応時間はわずか数分程度だが、沈降分離のための静置時間を長めにとると写真6のように半透明な上澄み液と沈殿物に分離した。

この現象は、縮合^{注1)}と呼ばれる結合が連続的に生じる縮重合^{注2)}、あるいは縮合重合ともいわれる、高分子化学結合反応のひとつである。

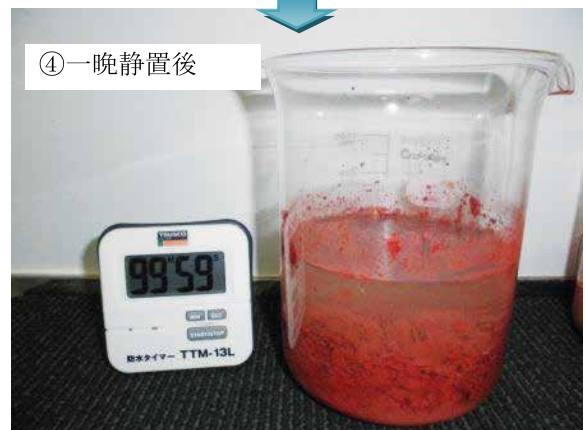
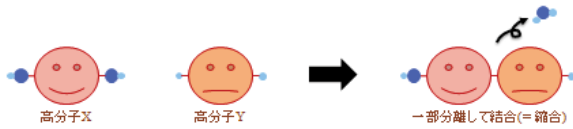


写真6 酸によって自ら固まっていく様子

注1) 二つの有機化合物が互いの分子の一部からH₂Oなどの簡単な分子体を合成排出することで両者が結合する状態(図2)のこと



例) 代表的な縮合反応: エステル化反応の化学式

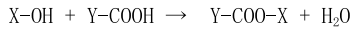
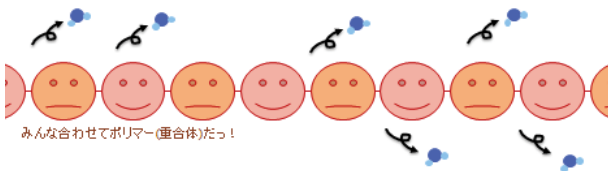


図2 縮合のイメージ

注2) 縮合が連続的に反応(重合)し(図3), 鎖状高分子を形成した状態のこと。



例) 重合体をポリマーと呼び, 例えばエステル化反応が連鎖し重合体となればポリエステルと呼ばれる。

図3 縮重合のイメージ

酸化重合乾燥型の塗料が固まる機構は, 大気中に溶剤(この場合は水)が揮発していく過程で, 塗料中のある分子が空気中の酸素に触れ酸化されることで縮重合反応を起こし高分子化し, 化学的に結合しながら乾燥することによる。

希硫酸添加によって強制的に酸化される雰囲気にされることで, 塗料が固まろうとする元来の性質が誘発され, その結果, 水中であっても次々に自ら固まっていくという現象を偶然にも発見したわけである。

この発見は, 特許出願, 世紀の大発見, ノーベル賞候補..., というような大それた新発見ではなく, 化学業界, 塗装メーカーにとっては昔から当たり前にある常識の反応が起きていただけだった。

とは言え, この固液分離現象の新発見は, 元々の目的である産業廃棄物対策には非常に有効な発見となった。

幾度ものビーカ実験の結果, 当工場の塗装ラインから出てくる塗料廃液の処理方針が定まった。

- 1) 塗料が濃すぎるものは固まりすぎて逆に処理し難い。しかし, 当工場から通常排出されるすすぎ水などが混じっているものは, ほぼ問題なく固液分離され処理可能。
- 2) 使用する酸は希硫酸に限らず, 希塩酸でもその他の酸でも塗料廃液を中性から弱酸性にす

ることができれば可。強酸性にしても処理は可能だが, 薬品の無駄避け及び装置を傷める原因ともなりかねないため, 弱酸性までの中和とする。

- 3) 上澄みの液体はポンプやホースに固着トラブルを起こさず, 他の廃液と同様に無理なく処理できる。
- 4) 絞って天日乾燥までさせれば, 塗料廃液は最高条件で容積が20分の1, 重量が50分の1まで減容化可能。
- 5) 絞った固形物残渣は塗料カスとして産業廃棄物処分が可能(写真7)。

これをバケツやドラム缶のサイズで実用化すれば, かなりの減容化が見込め, すなわち塗装系の産業廃棄物の大幅削減に繋がる。



写真7 ウエスで濾過する試験

5 廃棄品で廃棄物を処分する

廃水処理するための施設なので, 希硫酸は常に用意されているが, 新品の薬液を使用はしない。何しろ, 廃液や廃棄品の集まる施設なので, 化学反応の新発見よりもわかりやすい効果が得られる。

生産にとっては耐用期限切れとなった廃塩酸が定期的に廃棄されてくる。これを再利用すれば, 処理用の薬液が無料よりも安いランニングコストフリーとなる。

また, 処理設備の新設についても, 沈殿したドロドロ状態の塊を濾過して水分を絞るためにちょうど良い部品カゴやウエスの廃棄品が(これまた無料以下で)手に入るため, これを再使用することでインシャルコストもほとんどかけることなく, 今回の発見を実用化することができた(写真8)。



写真8 廃棄品ばかりで自作したろ過装置

環境配慮に関するキーワードに3R（Reduce, Reuse, Recycle：減量，再使用，再利用）という言葉があるが，ひとつの活動でこの三つとも実用して，ゴミでゴミを減らすことができた事例である。製造現場の担当者の協力もあり，

分別→満タン→容器入替
↑

と，廃棄をルーチン化でき，また場内処分側も，

受入→酸化処理→空容器準備
↑

という処理ルーチンができ，コラボレーションで本活動の継続的サイクルを確立することができた。

その結果，当初の目的であった塗装系廃棄物のドラム缶の単位重量も半減し，それにより年間で約20tの減量に成功，またそれをこれからも維持していくことができるようになった（図4）。

これは岐阜東工場の産業廃棄物年間排出量の約15%削減に相当する。

著者



早川 義敬

2011年入社。ハイドロリックコンポーネッツ事業本部生産技術部環境防災課東環境係。建屋施設維持及び生産ユーティリティの供給と廃棄物処理の管理を主に従事。

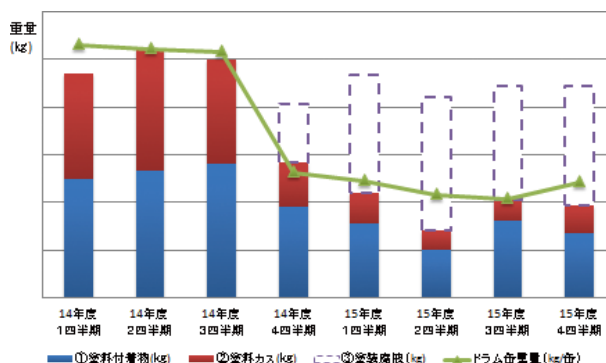


図4 塗装系廃棄物の排出量と単位重量の推移（点線部分が削減実量，折れ線は単位重量）

6 おわりに

冒頭に製品と産業廃棄物は製造業にとって光と影のごとき存在と述べた。

本活動の芯部は偶発的な発見が発端ではあったが，それに加えてコストを意識したアイデアと工夫で，光を減らすことなく影だけを減らすことができたと自負している。

また，当社とお付き合いいただいている産業廃棄物取引業者様にとっては取引金額の減少という痛みを負担いただいたとは言え，本活動により，運搬や処分に係る燃料消費削減などができ，地球環境に対してもわずかばかりの恩返しのできたのではないだろうか。

最後に，結果の見通しもないままの見切り発車の無理な依頼に対応いただけた製造課塗装関係者各位および，突飛な思い付きを実現してくれた職場の同僚に対しこの場を借りて感謝申し述べたい。