

# 環境調和型の洗浄技術開発への取り組み

～ 一液型水系洗浄剤パインアルファ ST-252EVA について ～

井内 洋介

## Study on Development of Environment-friendly Cleaning Technology

Yosuke IUCHI

荒川化学工業株式会社 研究開発本部 機能性材料事業 CS グループ (〒538-0053 大阪府大阪市鶴見区鶴見 1 丁目 1 番 9 号)  
 ARAKAWA CHEMICAL INDUSTRIES, LTD. (1-1-9, Tsurumi, Tsurumi-ku, Osaka 538-0053)  
<https://pinealpha.jp/>

### 1. はじめに

近年、精密機器、金属加工、ガラス加工、樹脂成形など、様々な分野で産業用洗浄剤が使用されている。特に、高密度実装技術が急速に進歩するエレクトロニクス業界では、プリント配線の微細化や部品実装の三次元化に伴い、汚染物を除去せずに電氣的絶縁性を維持することは難しく、製品の歩留まりや信頼性を高水準に保つ上で洗浄工程が不可欠とされている。

このように産業用洗浄剤の需要・用途が拡大する一方で、環境保護や労働安全に対する世界的な動きが加速しており、それらを取巻く環境は年々厳しくなっている。例えば、炭化水素系洗浄剤は安価かつ蒸留再生可能でありランニングコスト面で優れるが、消防法が定める危険物に該当するため、防爆設備や指定数量の制約を受け、なおかつ大気汚染防止法により規定された揮発性有機化合物 (Volatile Organic Compounds、VOC と略される) の排出規制への配慮も必要となる。また、不燃性や速乾性を有し、かつて究極の溶剤とも言われたハロゲン系洗浄剤においても、大気汚染や地球温暖化への影響、更には人体への有害性が徐々に明らかとなり、フロン排出抑制法や労働安全衛生法などの規制対象となりつつある。加えて、比較的環境適性に優れる水系・準水系洗浄剤に対してもその動きは活発化しており、洗浄剤をすすぎ落とす工程で生じる廃水が問題視されている。特に、工業廃水による水質汚染が深刻化する中国では、2015 年 4 月に水質汚染防止行動計画 (水十条と略される) が公布され、水資源の利用が制限されている。

これらの背景から、産業洗浄を扱う分野では、環境に配慮した洗浄剤、および洗浄システムが求められている。当社は、1991 年にオゾン層破壊物質である特定フロン等の代替洗浄剤「パインアルファシリーズ」を上市して以来、地球環境との調和を研究テーマの一つに掲げ、新たな洗浄剤の開

発を進めてきた。本稿では、その取り組みを通して生まれた一液型水系洗浄剤「パインアルファ ST-252EVA」について概説する。

### 2. パインアルファ ST-252EVA の製品概要

パインアルファ ST-252EVA は主成分として水を含んでおり、水系洗浄剤に分類される。従って、非引火性であることは勿論、低臭気、低毒性であり安全性に優れる。本洗浄剤と一般的な水系洗浄剤との違いは、温度によって様々な状態に変化するところにある。第 1 表に示すように、常温下 (20℃ 前後) では淡黄色透明の均一な液体であるが、加温すれば油滴が発生して懸濁状態となり、やがて水と油の 2 層に分離する。そして、沸点付近に達すれば、洗浄剤としての組成を維持したまま蒸発し、気体となる。

第 1 表. パインアルファ ST-252EVA の物性

|          |           |     |           |
|----------|-----------|-----|-----------|
| 外観       | 淡黄色透明     | pH  | 10~12     |
| 臭気       | 微弱臭       | 水溶性 | ∞ (完溶)    |
| 比重 (20℃) | 1.0       | 沸点  | 97~98℃    |
| 粘度 (20℃) | 4~6 mPa·s | 引火点 | なし (非危険物) |

### 3. 一液型水系洗浄システムについて

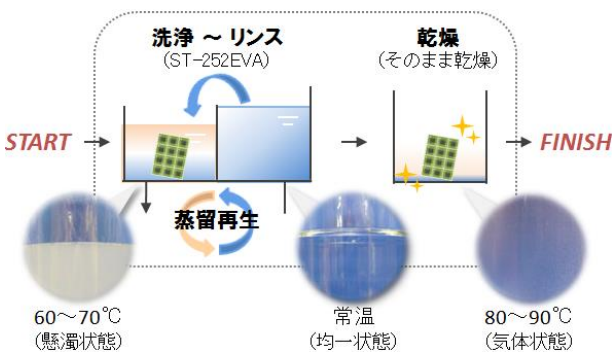
パインアルファ ST-252EVA のユニークな性質を上手く利用することで、第 1 図のような一液型水系洗浄システムを構築できる。まず、洗浄工程では、洗浄剤を 60~70℃ に加温し、油滴を発生させながら使用する (懸濁状態)。この油滴は油脂やフラックスなどに対する洗浄力が高いため、水を多く含む系中でも油性汚れを除去することができる。一

方、残った水相はワーク（被洗浄物）上の残留イオンなどの水性汚れを取り除く。これらの2成分の相乗作用により、高い洗浄性が得られる。

次に、リンス工程では、洗浄剤を常温下で使用する（均一状態）。常温下では洗浄剤組成に偏りがなくなるため、均一なリンス性が得られ、ワークを引き上げる際、表面に高沸成分のみが残ることはない。また、この特徴を活かし、リンス槽で使用した洗浄剤を洗浄槽へオーバーフローさせ、再利用するといった使い方も可能となる。

続いて、乾燥工程では、ワークを80~90℃に加温して洗浄剤を気化させる（気体状態）。本洗浄剤は不揮発成分を含有しないため、一般的な水系洗浄剤のように、薬液を水やアルコール等で置換する工程を必要としない。従って、本システムでは、洗浄剤が付着したワークをそのまま乾燥槽へ持ち込むことができる。

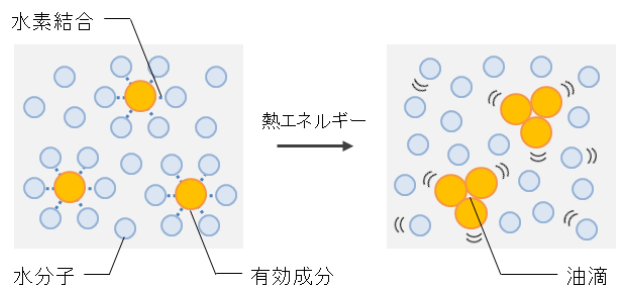
さらに、気化しても組成が維持されるという特徴を活かし、汚れた洗浄剤を連続的に蒸留再生することも可能である。これにより、従来の水系・準水系洗浄システムに比べ廃水・廃液量を大幅に削減可能となる。



第1図. 一液型水系洗浄システム

#### 4. 懸濁状態における洗浄性の評価

パインアルファ ST-252EVA に含まれる有効成分は、常温下において水分子と水素結合を形成することにより水和し、均一な状態で存在している（第2図）。しかし、加温等によって熱エネルギーが加えられると、分子運動が活発化し、有効成分と水分子間の水素結合が切断される。すると、疎水性相互作用によって有効成分のみが凝集を始め、油滴を形成する（懸濁状態）。この状態では、有効成分が油性汚れに対し直接攻撃できるため、高い洗浄効果が得られる。以下に試験基板を使用し、懸濁状態における洗浄力について検証した結果を示す。

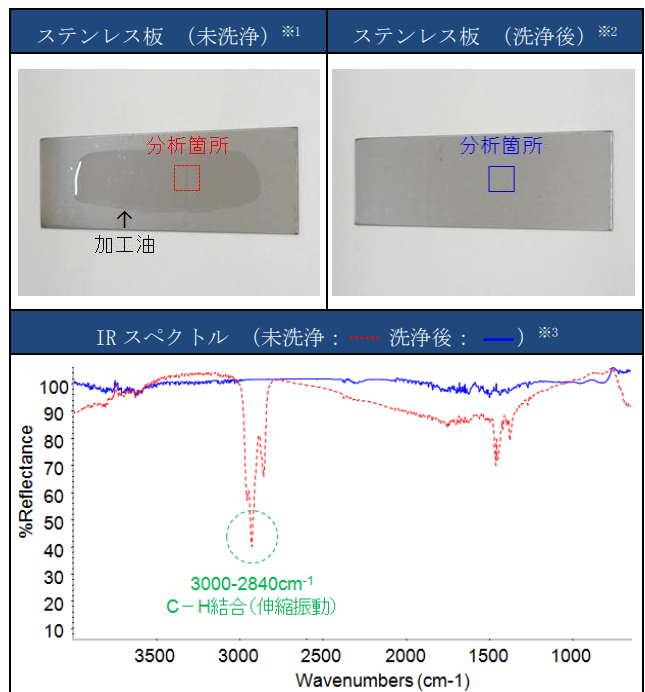


第2図. 油滴発生メカニズム

#### 4-1. 金属加工品の脱脂洗浄

リードフレームなどの金属加工品の製造工程では、鉱油や界面活性剤を含む加工油が使用されているが、金属表面に残存する油分は後のめっき工程において歩留まり低下の原因となる。従って、脱脂洗浄によりそれらを除去することが望ましい。

第3図は、市販の鉱油系金属加工油を塗布したステンレス板を用意し、脱脂洗浄を想定した実験を行なったものである。洗浄前後の外観から加工油が除去されていることは明らかであり、FT-IRを用いた残存有機物の分析においても、洗浄後のサンプルから加工油の存在を示すC-H結合のピーク（3000~2840cm<sup>-1</sup>）は確認されなかった。



※1 ステンレス板に市販の鉱油系金属加工油を塗布した。

※2 液温60℃、超音波（45kHz）により5分間洗浄した。

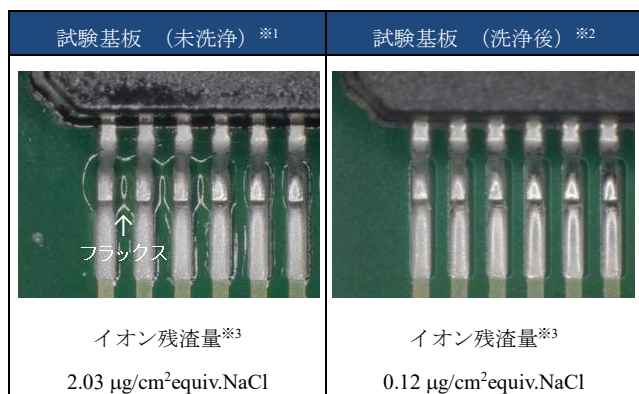
※3 顕微フーリエ変換赤外分光光度計（FT-IR）Nexus 670, Continuum (Thermo Fisher Scientific 製) により分析した。

第3図. 脱脂洗浄性の評価

## 4-2. プリント基板のフラックス洗浄

はんだ付けに使用されるフラックスには有機酸やハロゲン化合物など、様々な活性剤が含まれている。これらの活性剤は、はんだ付け後にイオン残渣として基板上に残り、空気中の水分と結び付き、金属腐食やマイグレーションなどの化学反応を経て絶縁不良を引き起こす。この現象は、電極間のスペースが狭く、フラックス中の活性剤の添加量が多いほど起こり易いと考えられており、プリント基板のファインピッチ化やはんだの鉛フリー化が進む昨今、洗浄によりイオン残渣を除去することは、製品の信頼性を高める上で極めて重要である。

第4図は、当社製のポストフラックス WHS-003C と市販のフロー用鉛フリーはんだにより部品実装した基板を実際に洗浄し、フラックス、およびイオン残渣の除去性を評価したものである。洗浄前後の結果を比較すると、洗浄によってリード間に残存していたフラックスが除去され、基板表面の単位面積当たりのイオン残渣量 (NaCl 換算値) も 2.03  $\mu\text{g}/\text{cm}^2\text{equiv.NaCl}$  から 0.12  $\mu\text{g}/\text{cm}^2\text{equiv.NaCl}$  まで減少していることがわかる。



※1 当社製ポストフラックス WHS-003C、および市販のフロー用鉛フリーはんだを使用して部品実装した。

※2 液温 60°C、超音波 (45kHz) により 5 分間洗浄した。

※3 米国電子回路協会が規定する測定方法 (IPC-TM-650.2.3.25) に基づき、単位面積当たりのイオン残渣量を測定した。

第4図. フラックス洗浄性の評価

## 5. 懸濁状態における洗浄性の評価

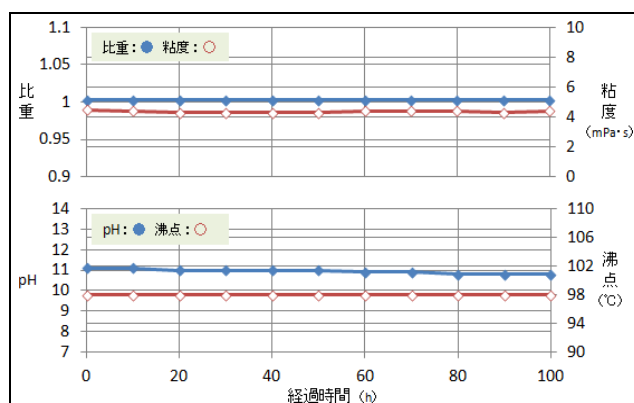
蒸留とは、混合物を一度蒸発させた後、再び凝縮させることにより、不揮発成分や沸点の異なる成分を分離・濃縮する操作である。産業洗浄の分野においては、洗浄剤中に混入・溶解した汚染物を分離し、洗浄剤を再利用する際に蒸留が行なわれている。

ハロゲン系洗浄剤として一般的に用いられているジクロロメタンや 1-ブロモプロパンのように、単一成分を蒸

留再生することは比較的容易であり、得られる留出液も新液とほぼ同等のものが得られる。しかし、水系・準水系洗浄剤のように、水、有機溶剤、添加剤など、沸点が異なる様々な成分の混合溶液を蒸留する場合は組成変化を伴う。その結果、特定成分のみが蒸留機の底に蓄積され、洗浄剤の品質が変化していく。

この点、パインアルファ ST-252EVA は水と特殊な成分を特殊な配合比で混合しており、常圧下で蒸留を行なう場合は組成変化を伴わず、あたかも単一成分であるかのように振る舞う。

第5図は、パインアルファ ST-252EVA を常圧下、100 時間連続で蒸留再生した際の留出液の物性変化を調べたものである。気温や気圧などの外的環境により多少の変化は見られるものの、蒸留初期から 100 時間後にかけて留出液の物性にはほとんど変化が見られなかった。



※1 常圧 (1atm) 下で単蒸留し、10 時間毎に留出液を採取した。

受器に溜まった留出液は、一定時間毎に蒸留機に戻した。

第5図. 連続蒸留時における留出液の物性※1

## 6. おわりに

パインアルファ ST-252EVA は、炭化水素系洗浄剤やハロゲン系洗浄剤が有する利便性と、水系・準水系洗浄剤が有する安全性を併せ持つ製品である。本製品のユニークな性質を利用すれば、合理的かつ完全循環型の洗浄システムを組み上げることができる。最近では、日本国内のみならず中国や東南アジアなどの諸外国においても、環境負荷の低減を望む声が多く挙がっており、当社は今後もその要望に応えるべく、新たな洗浄技術の開発に取り組む所存である。

\* 本稿は原著に基づく内容を掲載しております。

\* 洗浄製品専用ホームページ『ARATTE (アラッテ)』

<https://pinalpha.jp/>