

アルミ素材学 14

アルミニウム顔料について学ぶ

光線や電磁波、熱線に対し高い反射性能を示すアルミニウム。その光線反射特性を生かした「アルミニウム顔料」は、自動車や各種電子機器の外装および包装材料などに金属感や光沢を与える光輝顔料として、長年幅広い製品に活用されてきました。今回は、そんな「アルミニウム顔料」のトップメーカーである、東洋アルミニウム株式会社にインタビューを実施。アルミニウムの反射性能と、同社が持つ加工・表面処理技術によって完成した「高彩度干渉色アルミニウム顔料」の話題を交えつつ、意匠面だけでなく環境性・機能性の向上も進む、アルミニウム顔料について取り上げます。



同じシルバーでも顔料の種類によって、光沢感や見た目は大きく異なる。

アルミニウムの加工技術を駆使
粒子の形状で変化する輝き

アルミニウム顔料とは、微細なアルミニウム粉末を薄く平らなフレーク状に粉碎加工したもの。塗料に配合すると、アルミニウムの薄片が平行に重なり合って光を反射することで、金属のような光沢感を得ることができ、この性質を利用して、シルバーやカラーメタリックといった色をつくることができます。その種類は大きく2つあり、より

粒子形状・分布の整ったアルミニウム粉末を主な原料とした光沢性が強い「高級メタリック塗料用」と、粒子形状・分布がやや整っていないアルミニウム粉末を元にした「一般塗料用」に分類されます。前者はデザインや意匠性が求められる自動車や電子機器の外装などの塗装に使われており、光沢性が弱い後者は、防錆効果などの機能性を得る目的で、機械部品や構造物の塗装に用いられています。

「東洋アルミニウム株式会社では、各

種アルミニウム顔料を、原料となるアルミニウム粉末から一貫生産しています。顔料による光の反射の仕方は、その粒子の大きさや形状、表面粗さのほか、塗料中での重なり方などによっても変化するため、より高い光輝性を求めて、形や粒度を均一に整える製造方法の改良など、研究・開発を行ってきました。粉末およびフレークの形や大きさを微細にコントロールする加工技術を駆使し、これまでに2,000種類以上の顔料を製品化しています」(中尾氏)。



東洋アルミニウム株式会社
パウダー・ペースト事業本部
技術開発ユニットリーダー 中尾 貴之 氏



原料となるアルミニウム粉末を、硬質なボールと混ぜて回転させ、粉碎するボールミル。



アルミニウム顔料の粉碎工程後に行われる、ふるい分け(スクリーン)工程の様子。

アルミニウム粉末(パウダー)の製造工程



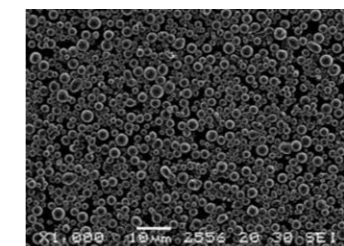
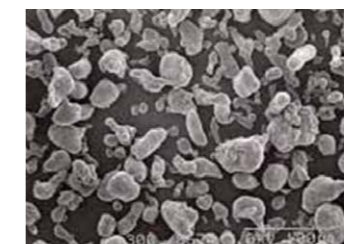
ガスアトマイズ法によるアルミニウム粉末の製造工程。溶解したアルミニウムにガスを高圧で噴射し、霧状に飛散させて球形およびそれに近い形に固めた後、粒子径の大きさによって分別する。

アルミニウム顔料(ペースト)の製造工程

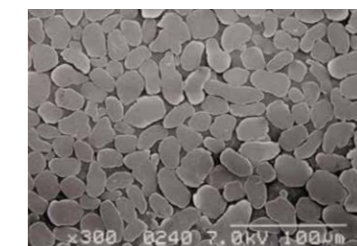
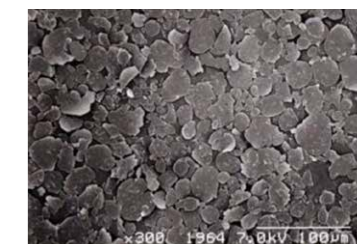
アルミニウム粉末に顔料特性を付与する脂肪酸を加え、ミネラルスピリットなどの溶剤の中でフレーク状に粉碎加工し、ふるい分けをした後、液体(溶剤)と固体(フレーク状に加工されたアルミニウム顔料)を分離する。その後、混練工程で固型分の調整や添加剤処理を施すことでアルミニウム顔料(ペースト)製品が完成する。



原料アトマイズドアルミニウム粉



アルミニウム顔料の粒子形状写真



アルミニウム顔料の特性

- 一般的特性 平均粒径:3~30 μ m 厚み:0.03~2 μ m
比表面積:1~30 m^2/g 表面性状:酸化(水和)皮膜(約50Å)+脂肪酸

一般塗料用と比べて、高級メタリック塗料用の顔料は粒子のサイズや形が均一にそろっており、原料となるアルミニウム粉末のサイズも異なる。

多分野で活躍するアルミニウムパウダー・ペースト

東洋アルミニウムのパウダー・ペースト事業では、優れた特性を有するアルミニウムを微細な粉末にしたパウダー製品と、それらにさまざまな加工を施して新たな機能を付加したペースト製品を取り扱っています。

■パウダー製品

アルミニウム顔料の原料としてスタートし、近年ではアルミニウムの特性を利用した各種機能材としての活用も広がっています。顔料以外の用途としては、ロケットの打ち上げに使う推進剤のほか、高い熱伝導率を生かした電子部品の放熱材などがあります。また、金属造形3Dプリンティング用の粉末材料としての需要拡大も期待されています。

■ペースト製品

アルミニウム顔料のうち、アルミニウムフレークを有機溶剤で湿潤させ、ペースト状で提供している製品をペースト製品と呼んでいます。現在、アルミニウム顔料のほとんどはペースト製品として提供されています。ペースト製品は粉末の飛散が無く、取り扱いやすいのが特長です。自社で製造する粒度分布が均一な高純度アルミニウム粉末を主原料とし、意匠性および機能性を高める塗料や印刷用インキなどに用いられます。中でも、自動車ボディー用メタリック塗料において国内では約7割という圧倒的なシェアを誇ります。

アルミニウム顔料の
意匠性・性能改善の変遷

日本においては、現在も主流である“Hall法”と呼ばれる湿式粉碎法(「アルミニウム顔料(ペースト)の製造工程」参照)を用いたアルミニウム顔料の生産が1957年にスタートしました。1960年代に、まず防錆・防食・耐熱などを目的とする使用から広まり、1970年代には自動車用メタリック塗装などでの需要の増加に伴い、意匠性を改良する取り組みが本格化。1990年代にかけて顔料粒子のサイズや形をより微細に均一にコントロールする技術が発達し、メタリック塗装の意匠性が格段に高まりました。さらに、アルミニウム顔料粒子に表面処理を施すことで、従来は出せなかった色や機能性を備えたラインアップも増えています。

表面処理技術への挑戦で新たな価値を創造

形状や厚み、粒径などを制御するアルミニウム粉末の加工技術と合わせて、アルミニウム顔料の機能性や意匠性を高めるために、研究・開発が進んでいるのが、顔料粒子に対する表面処理技術です。ここからは、こうした表面処理技術を駆使して生まれ、見る角度によって色相が変化する性質を備えた新しいタイプのメタリック顔料「クロマシャイン®」について取り上げていきます。

クロマシャインは、着色剤を一切使わず、光の干渉を利用して本来物体が持たない干渉色を発現させる製品。発色にはシャボン玉やクジャクの羽などの輝きと同じ原理を利用しています。その誕生のきっかけになったのは、20年ほど前に始まった、水性塗料用アルミニウム顔料の開発だったそうです。

「以前は、アルミニウム顔料を使用したメタリック塗料には、有機溶剤が使われていたのですが、揮発する際の大気

汚染が問題となり塗料メーカー各社にて、水性塗料の開発が行われるようになりました。しかし、アルミニウムは水に触れると水素ガスを発生して塗料製品缶の膨れを起こす危険性があり、そのままでは水性塗料に使うことはできません。そこで、アルミニウムの高い反射率を維持しつつ、いかに水と反応しない不活性の状態をつくり出すかという研究が進められることとなり、その結果、開発されたのが、アルミニウムフレークの表面を透明で水の侵入を防ぐシリカでコーティングした水性塗料用のアルミニウム顔料でした」(中尾氏)。

顔料粒子への表面処理は、それまで培ってきたアルミニウム粉末・粒子の加工技術とは異なる化学的なアプローチであり、当時は製造工程も含め未知の世界だったとのこと。この開発を通して、新たな技術の蓄積が始まるとともに、アルミニウムのフレークをシリカ層で覆うと干渉色が発現することも分かり、その性質を利用したクロマシャインの開発へとつながっていきました。

量産化への高く厚い壁を越えこれまでない干渉色顔料が誕生

クロマシャインは、フレーク状に加工したアルミニウム粒子の表面を水性塗料用と同様にシリカ層で覆った後、その周りに金属でめっきを施し、さらに保護層で覆った製品です。基材となるアルミニウムのフレークから反射される光と、金属のめっき層で反射される光の光路差によって、強い干渉色を発現します。しかし、3年ほどで実験室レベルでの製造には成功したものの、量産化に至るまでにはさらに長い年月を要しました。その理由は、クロマシャインの製造には、アルミニウムを覆う表面層の厚みをナノ単位の精度でコントロールする技術が必要だったからです。

「現在、クロマシャインでは色の異なる7種類の製品をラインアップしていますが、これは着色によるものではありません。透明なシリカ層の厚みを変えることで、干渉によって強調される色が変わる仕組みを利用しています。ただ、ナノ単位で設計された表面層の厚みがほんの少し異なるだけでも狙った色から外れてしまうため、開発当初は処理ロットごとに発色が異なり、社内でも『量産化はできない』という意見が多数を占めていました。そこから、表面層をつくる化学反応を緻密に制御するため、開発、生産技術および製造部門のメンバーなどと協力しながら、試行錯誤を繰り返し、10年ほどかけて安定生産を実現することができたときには、大変うれしかったですね。量産化の過程では、どんな要素がどんな反応に影響するのかといった細かな知見が蓄積されていき、表面処理における新たな管理項目も多数導入されました。途中で心が折れそうな時もありましたが、東洋アルミニウムの技術力および現場力を体現する製品になったと思っています」(中尾氏)。

干渉色アルミニウム顔料は、現在、自動車の塗装用としては、試験的なものに留まっているものの、化粧用のネイルやアイシャドーといった従来とは異なる分野での実績も生まれています。

技術力を磨く中で広がる可能性 今後の開発の方向性とは

最後に、現在取り組まれている技術開発や今後の需要などについて伺いました。

「特殊なアルミニウム顔料としては、デジタル印刷、オンデマンド印刷に使用できる製品の開発が挙げられます。具体的には産業用のインクジェットプリンタやレーザープリンタ用の顔料です。以前から需要はありましたが、新たなアルミニウムの粉碎技術を導入したことで、インクジェットプリンタのノズルに詰まらない顔料の加工を実現できたこと、レーザープリンタ用に関しては、トナー粒子としての性能を充足する表面処理が可能になったことで、それぞれ製品化に至りました。アルミニウムの粒子をキレイに並べることが難しく、金属箔を圧着させる箔押しほどの光沢を出すことはできませんが、他のインク・トナーと合わせて一度に印刷ができるため、作業工数の削減につながります。

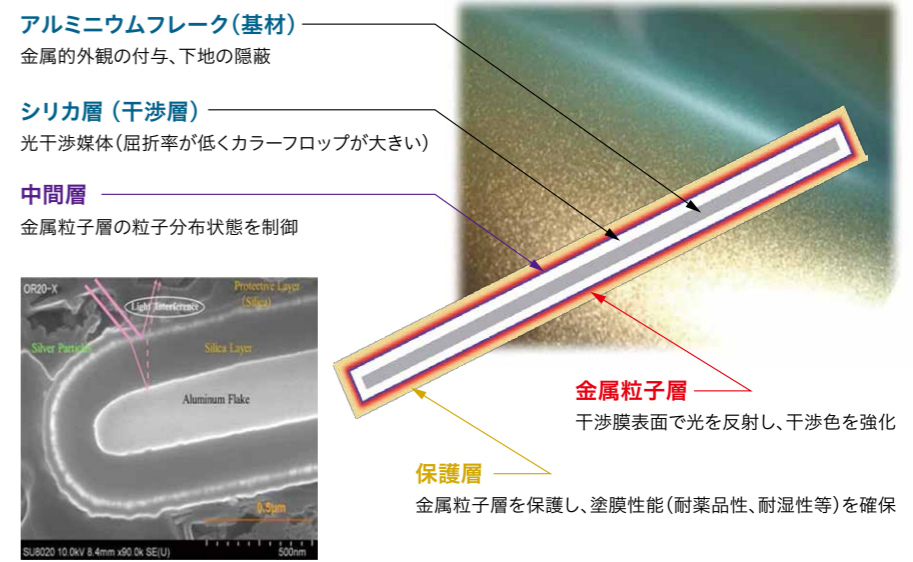
アルミニウム顔料は、従来の微細な加工技術に加えて、さまざまな表面処理を施すことで、過去にはなかった開発の方向性や用途が拡大しています。メタリック顔料メーカーとして、今後も市場やお客さまの要求を満足する高付加価値の製品をご提供できるよう、技術力を高めていきたいと考えています」(中尾氏)。 2023年2月9日インタビュー



クロマシャインで塗られた大盃。正面と斜めでは見える色味が大きく異なっていることが分かる。

構成と各層の機能

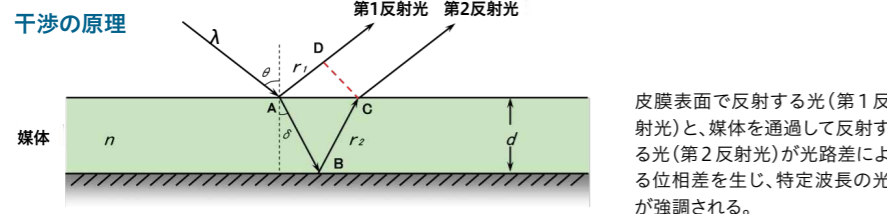
クロマシャインの構成と、各層の機能に関する説明。



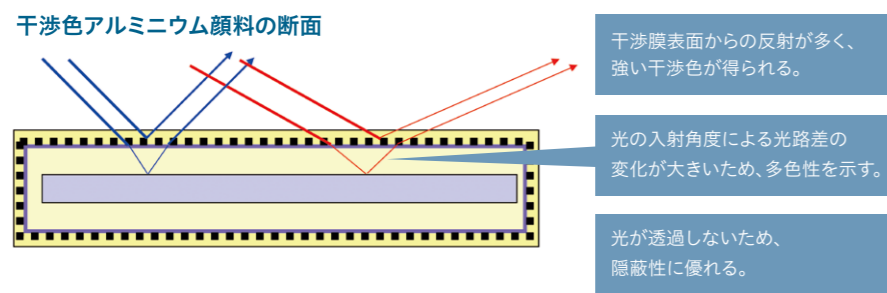
高彩度干渉色アルミニウム顔料

表面に無機/有機多層膜を形成することにより着色された高意匠アルミニウム顔料です。

- 特徴
- ① 高彩度(皮膜厚みのコントロールにより多様な色彩が可能)
- ② カラーフロップ(観察角度により色彩が変化する性質を呈する)
- ③ 高隠蔽性(従来の干渉顔料には無かった優れた隠蔽性)
- ④ 耐薬品性、耐湿性(無機/有機皮膜形成で優れた化学的安定性)



発色波長の計算式(n:屈折率、d:膜厚)
 $dn \cos \delta = (m+1) \lambda / 2$ [$n = \sin \theta / \sin \delta$, $m=0,1,2,\dots$]
 発色波長: $\lambda = 2nd \cdot \cos(\sin^{-1}(\sin \theta / n)) / (m+1)$



高彩度干渉色アルミニウム顔料、クロマシャインの特徴と干渉色を発現する仕組み。

クロマシャインのラインアップ

| Grade Name | Highlight | Shade | Design Image |
|--------------|-------------|----------------|--------------|
| Iris Blue | Dark Blue | Violet | |
| Rose Pink | Pink | Gold | |
| Cherry Pink | Pink | Yellowish Gold | |
| Ivy Orange | Orange | Light Green | |
| Meadow Gold | Gold | Green | |
| Aqua Green | Light Green | Light Blue | |
| Frost Silver | Silver | Silver | |

COMPANY DATA

東洋アルミニウム株式会社
〒541-0056
大阪府大阪市中央区久太郎町三丁目6番8号
JRE御堂筋ダイワビル
<https://www.toyal.co.jp/>

REFERENCE

1) 橋詰良樹「アルミニウム顔料の最近の開発動向」『色材協会誌』83巻4号, 2010年