

アルミニウム陽極酸化皮膜への塗装方法について

— 静電塗装 —

坂下 嘉宏 ※1)

1. はじめに

アルミニウムおよびその合金の使用される分野は、多種多様で有り、その使用される分野によっては、アルミニウム製品に求められる役割や機能が異なります。本稿では、初級者を対象としたアルミニウム建材への塗装について解説致します。

アルミニウムに塗装する場合は、アルミニウムと塗装に用いられる塗料との密着性向上と耐食性向上の目的での、塗装下地が必要です。建材のように裏面も含めた耐久性・耐食性を要求する場合は、一般的に素材のアルミニウムを保護する目的で、塗装下地として陽極酸化皮膜処理が施されます。

陽極酸化皮膜に塗装を施す目的は、アルミニウム建材を保護するだけではなく、周辺環境への色彩効果も大きく、色彩調和のとれた街づくりにも貢献しています。

アルミニウム建材への塗装方法としては、エアスプレー、静電塗装、浸漬塗装、電着塗装等がありますが、ここでは、静電塗装の基礎的内容について解説します。

2. 静電塗装技術開発の着眼点

基本的には、塗料を高速の空気流と混合し、霧状にして被塗物（品物）に衝突させて塗装するスプレー塗装方式です。その原理を図1に示します。霧吹きや、缶スプレーは、この原理を利用しています。

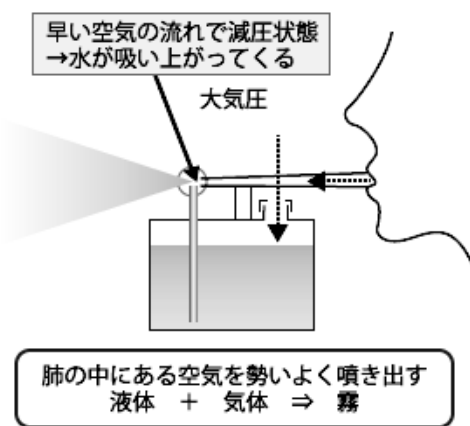


図1 液体が霧になる原理¹⁾

このスプレー塗装方式を通じて、アメリカのハロルド・P・ランズバーグ（後のランズバーグ・コーポレーションのチェアマン）は、電気集塵現象をスプレー塗装に応用できないか検討を開始したことが静電塗装技術開発の始まりとされています²⁾。

※1) 本会副会長・(株)日本電気化学工業所

3. 静電塗装の原理

一般的な空気圧を用いたエアスプレー塗装機と静電塗装機を用いた時の塗装時の塗料の飛散状態を図2に示します。図2 a)は静電塗装機を用いて塗装した時の塗料の飛散状態を示しています。図2 b)はエアスプレー塗装機を用いた時の塗料の飛散状態を示しています。

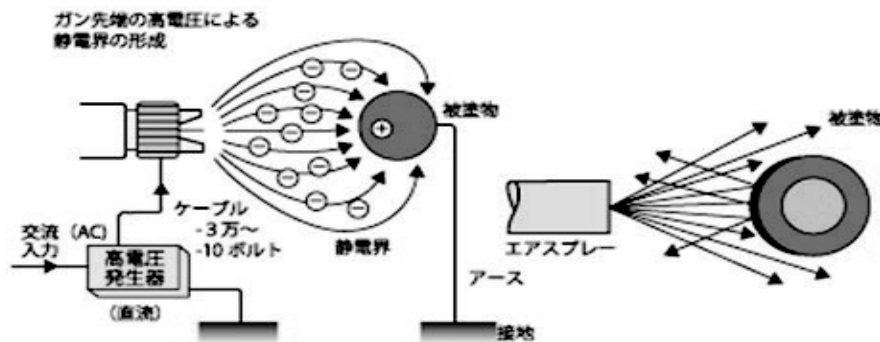
図2からも明らかのように、エアスプレー塗装機から噴出した塗料粒子は、被塗物の正面に衝突した粒子だけが付着します。これに対して、静電塗装機の場合は、アースした被塗物を正極、塗料噴霧装置を負極とし、両極間に高電圧をかけて静電界をつくり、塗料微粒子を負に帯電させて噴射します。その為、噴射された塗料微粒子は、負に帯電しているため被塗物の側面や裏面側まで静電気により引き寄せられ、少ない塗料量で、被塗物の塗装が出来ます。即ち、塗着効率^(注)が良いことから、塗料が節約出来、エアスプレー塗装よりも大量生産に適した塗装方法です。

(注) 塗着効率とは、塗装に使用した塗料の量と実際に被塗物に塗着した塗料の比率を示します。仮に「塗着効率が20%」の場合、100gの塗料を吹き付けて、被塗物に付着するのは20gだけで残りの80gの塗料は飛散ロス（塗膜に寄与しない塗料）になっています。

即ち、静電塗装の原理は、

- ① 正極(アースした被塗物)と負極(塗料噴霧機)の間に、直流高電圧(30,000～150,000ボルト)をかけます。
- ② 両極間に静電界を作ります。
- ③ 負に帯電した塗料粒子を噴射します。

噴射された塗料が静電気引き付けられて正極の被塗物に塗装される方式です。



a) 静電塗装機での塗装状態 b) エアスプレー塗装機での塗装状態

図2 静電塗装装置での塗装とエアスプレー塗装時の塗装状態³⁾

参考として、エアスプレー塗装と静電塗装時の塗着効率 (%) の一例を表1に示します。

表1 エアスプレー塗装と静電塗装時の塗着効率

塗装方法	塗着効率 (%)	塗料粘度 (mPa/s)
エアスプレー塗装	30	20 ~ 40
静電スプレー塗装	70 ~ 90	60 ~ 100

4. 静電塗装の種類⁴⁾

静電塗装方式には、大別して、次の3種類が有ります。

- ① 静電霧化方式：塗装機と被塗物との間で、静電気を発生させ、塗料を霧化する方式です。この方式で塗料を霧化するには、使用する塗料の導電性に制限が有る為、現在ではあまり使用されていません。使用する塗料の最適な導電性は、 $5 \times 10^{-5} \sim 5 \times 10^{-6}$ S/mが良いとされています。
- ② 静電エア方式：エアスプレーによる塗料の微粒化と静電塗装を合わせた方式で、現在、アルミ外装建材の塗装に最も広く普及している方式です。エアスプレーで霧化された塗料微粒子を帯電させるのは、静電スプレー先端の針状電極（負極）から被塗物（正極）へ形成される静電界（電気力線）において行われます。
- ③ 高速回転方式：ベル型とディスク型の2種類が有り、ベル型は、主に、自動車およびその関連部品を中心に普及している方式です。ディスク型は、主に、金属製家具類の塗装に広く用いられる方式です。ベル型は、直径30～80mmのベルカップを15,000～60,000 rpmで回転、50～120kVの高電圧を負荷して噴霧させ、塗装する方式です。ディスク型は、直径150～250mmのディスクを2,000rpmで回転させ、50～120kVの高電圧を負荷して噴霧させ、塗装する方式です。

5. アルミ外装用静電塗装時の塗膜構成と使用塗料

アルミ外装材向け塗料に求められる要求は、アルミ外装材の保護と美観を目的とするため、耐久性を求めた塗料の選定が必要になってきます。特に、高層ビルの外壁は、劣化した時の塗り替えが困難ですので、要求性能の中でも最も重要なのが、耐久性です。

高層ビルの建設においては、アルミニウム及びその合金は、内装・外装と使用用途は多くありますので、それらを全て満足させる塗料種として代表的な塗料を用いた塗膜構成等について、以下に示します。

5.1 塗膜構成

最終仕上り時の塗膜構成を表2に示します。

表2 塗膜構成と構成目的

構成	構成目的
要求性を得た塗膜	塗装する部材に要求される性能を有した塗膜（2層塗りも有る）
陽極酸化皮膜	素材のアルミニウムを保護し、使用塗料との密着性を向上する
アルミニウム（基材）	使用目的に対応するアルミニウム及びその合金

上記の塗膜構成において、塗装下地として、何故、陽極酸化皮膜が使用されるのか？について説明します。

一般的に、塗装下地としては、化成皮膜（クロメート皮膜）が用いられていましたが、皮膜厚が薄く、アルミ素材の形状によっては、化成皮膜のぼらつきが生じ、素材の耐食性および塗膜の密着性などが低下します。しかし、陽極酸化皮膜の場合は、全面に、均一な厚い皮膜が得られる

事から、耐食性に優れた、期待通りの耐久性が得られますので、現在では、環境に優しい塗装下地としては、陽極酸化皮膜が主流になっています。

静電塗装をされる実務面で、陽極酸化皮膜と塗装に用いられる塗料との密着性が、重要なポイントになります。その重要なポイントは、筆者が『アルミニウム建材への塗装下地としての陽極酸化皮膜の活用』と題して、日本建築仕上学会・2005年大会学術講演会で報告しました⁵⁾。そのポイントは、陽極酸化皮膜処理後、塗装するまでの放置時間（インターバル）を一定に保つことに有ります。

5.2 アルミ外装建材用使用塗料

高層ビルを取り巻く環境は、想定以上に過酷になってきています。例えば、2018年9月に来襲した台風21号および24号による予想もされない地域まで塩害被害で、思いもしない腐食(点食)が発生しました。この様に想定以外のことが起こることがありますので、各塗料メーカーが最近進めている塗料は、耐候性・耐久性を重要視しています。代表的な塗料は、熱硬化形アクリル樹脂・熱硬化形ウレタン樹脂・熱硬化形フッ素樹脂および熱可塑性フッ素樹脂の4種類ですが、その他として、機能性を付与した特殊塗料なども有ります。

塗料の選定には、使用目的・塗膜に要求する性能等を明確にして、塗料メーカーや塗装機メーカーと相談しながら進められることを推奨します。

5.3 塗料構成

塗装には、塗料が必要です。日本で一番古い塗料は、紀元前5000年位から漆が使われてきました。明治時代の前期頃に、イギリス製の“ペンキ”と呼ばれる塗料が、輸入されはじめたようです。昭和の時代になって、石油化学技術の発展で、合成樹脂塗料の開発が進み、使用用途・使用目的に対応した樹脂が合成されてきました。アルミ内・外装建材用塗料は、5.2)項に示しています。

現在、使われている塗料は、表3に示す様に、合成樹脂+添加剤+顔料+溶剤の4種類から構成されています。

表3 塗料の構成内容

塗料	塗膜になる成分	合成樹脂（主原料で、使用目的に合った樹脂を選定）
		添加剤（塗膜に求める機能を付与する補助原料）
		顔料（塗料に色彩を付与する補助原料）
	塗膜にならない成分	溶剤（樹脂重合時使用溶剤と希釈するとき使用する溶剤）

5.3.1 合成樹脂

塗装する部位によって、その塗膜に要求される性能（耐候性・耐久性等）に合った合成樹脂を選定しています。樹脂としては、熱硬化形アクリル樹脂・熱硬化形ウレタン樹脂・熱硬化形フッ素樹脂および熱可塑性フッ素樹脂等が使用されています。

5.3.2 添加剤

添加剤は、塗料の性能を向上させる補助原料で、全ての塗料に添加する訳ではなく、塗装の目的とする機能や用途に応じて必要量添加します。

添加剤として使用される代表的なものは、可塑剤・分散剤・沈降防止剤・乳化剤・増粘剤・消泡材・防カビ剤・防腐剤・皮張り防止剤・タレ防止剤・艶調整剤等有ります。

5.3.3 顔料

顔料は、主に塗膜に求める色調（色彩）等を付与する成分です。現在使われている顔料には、有機顔料と無機顔料とがあります。但し、使用する合成樹脂との相性なども有りますので、顔料メーカーおよび合成樹脂メーカーと打合せをし、最適な顔料選定をすることをお勧めします。

5.3.4 溶剤

溶剤は、樹脂を合成するときに使用する溶剤と合成樹脂の希釈に使用する溶剤があります。これらの溶剤は、塗装作業では、適正な粘度調整や塗装面の仕上り性を良くする為に使用します。塗装作業終了後、焼付乾燥を行う時に、蒸発します。

5.4 塗装時の希釈シンナー選定の重要性

最善の塗膜表面を得る為には、塗装する時の塗装場所の環境条件に合った使用塗料用希釈シンナーの選定が重要になってきます。各塗料メーカーは、使用する塗料種によって、希釈シンナーを準備しています。

塗装する場所（塗装ブース^{注)}内）の温度・湿度によって、春秋用・夏用・盛夏用・冬用および厳冬用が準備されています。例えば、ブース内温度が、25℃位であれば春秋用シンナー、35℃～40℃位であれば盛夏用シンナー、10℃以下であれば厳冬用というような使い分けを行います⁶⁾。

注) 塗装ブースとは、塗装する部屋のこと、被塗物にホコリを付けずに塗装し、塗装作業者の作業環境を守る為、換気ファンが設置された部屋のことです。

希釈シンナーの選定ポイント例

- i) アルミ外装建材への塗装工程は、基本的には、1 コート 1 ベーク (1C1B)^{注)} ですが、ブース内温度以外に被塗物の形状・大きさ・被塗物表面温度・静電塗装機種等によって必要な塗料希釈粘度が異なりますので、注意してシンナー選定する必要が有ります。

注) 1回で塗装を終了して、焼付して塗膜を生成させる工程 (1 Coating 1 Baking) を 1C1B と略して呼称される。

- ii) 場合によっては、2 コート (Wet on Wet^{注)}) して、1 ベークする事が有ります (2C1B)。その場合は、1 コート目のシンナーは、2 コート目のシンナーより 1～2 ランク位、蒸発速度の速いシンナーを選定する方が良いと思います。

注) Wet on Wet とは、1回塗装して、焼付けない状態で、その上にもう一度塗装する事を示しています。

- iii) エアスプレーの時に使用するシンナーと比較して、エアスプレー霧化静電は、塗料を微粒化される事によりシンナーの蒸発が速い為、エアスプレーの時のシンナーより 1 ランク遅いシンナーを選定する方が良いと思います。

最後に、塗膜外観不具合項目で、シンナーで対応可能な対応策を表4に示します。

表4 塗膜仕上り時の外観不具合に対するシンナーでの対策例⁶⁾

不具合項目	シンナーでの対応策
ダレ	蒸発速度の速いシンナーを使用するか、塗料粘度を上げる。
波状	蒸発速度の遅いシンナーを使用し、塗料粘度を下げる。
ユズ肌	遅いシンナーを添加する。
ワキ・ピンホール	遅いシンナーを添加する。
発泡	蒸発速度の速いシンナーを使用し、塗料粘度を下げる。
泡の巻き込み	塗料粘度を下げるか、塗り重ねを多くして脱気する。
メタリックムラ	蒸発速度の速いシンナーを使用するか、塗り重ねを多くする。

以上は、静電塗装に関する基礎知識の1部としてご理解頂き、更に、詳細にご検討される場合は、使用する塗料メーカーと塗装される作業環境を明確にして詳細な塗装設計を確立し、進めていかれることをお勧めいたします。

【引用文献】

- 1) 坪田 実：塗装技術 2007年8月号 (121頁)、理工出版社
- 2) 多田義典：やさしい静電塗装機の使い方 (1974年)、理工出版社
- 3) 中道俊彦・坪田実：トコトンやさしい塗料の本 (2008年)、日刊工業新聞社
- 4) 山辺秀敏：静電塗装 色材、73 (10)、512-516 (2000)
- 5) 坂下嘉宏：日本建築仕上学会・2005年大会学術講演集 207頁
- 6) 大日本塗料株式会社・金属焼付塗料事業部 発行資料『各 CW 用塗料シンナーのブース温度による選定方法』