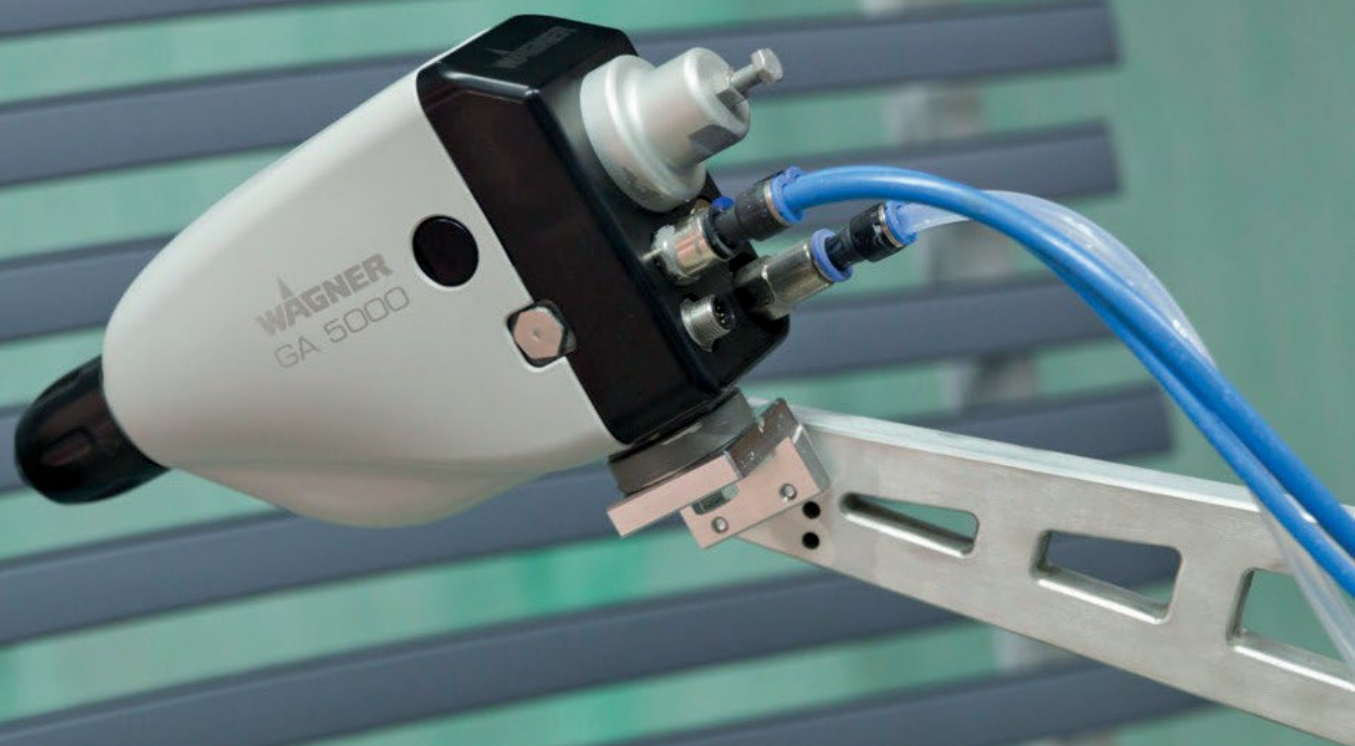


**WAGNER**



液体静電塗装  
テクノロジー



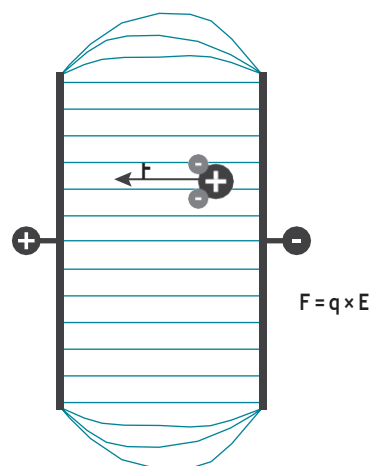
液体静電塗装

# 液体静電塗装

## 経済的かつ環境に優しい塗装技術への投資が価値ある理由

静電塗装を用いた表面塗装は、長年にわたり最先端技術として位置づけられてきました。卓越した表面品質と極めて高い塗着効率は、ますます厳しくなる環境規制への対応も含め、この技術の主要な推進力となっています。しかし、従来の液体塗装と比較して初期コストが高く、安全性に関する懸念があるため、一部のユーザーは静電塗装の利用をためらっています。

本記事では、静電塗装の基本原理を解説するとともに、この技術の限界と可能性の両面を明らかにし、初期投資が短期間で回収可能であることを具体的に示します。成功する塗装プロセスの鍵は、現場の状況を的確に分析することにあります。



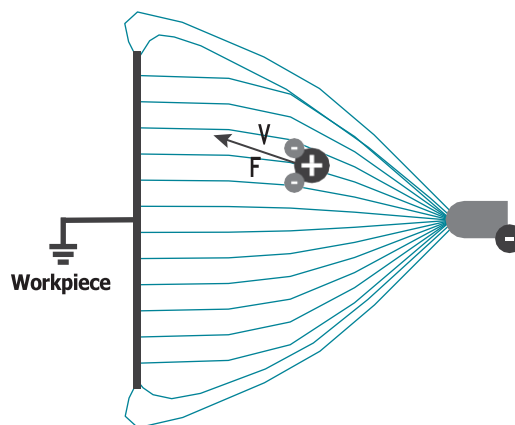
電場中における荷電粒子へのクーロン力

## 塗装における静電気の役割

塗装の準備段階では、負に帯電した埃粒子が製品に付着するのを防ぐため、あらゆる手段を講じて静電気の除去・抑制を行います。しかし、静電塗装の場合は正反対のアプローチを取ります。できるだけ強い電場を生成し、帯電した塗料の粒子を整然とした経路で製品に誘導します。このプロセスにより、無駄になる塗料が減り、揮発性有機化合物（VOC）のバランスも損なわれません。

## 静電塗装とは何か？

私たちが日常的に目にする現象として、雷雨時の放電や車から降りる際のビリっとくる「電気ショック」、あるいは家電製品に付着した埃などがあります。これらはすべて、帯電した粒子によるものです。同じ極性の粒子は反発し、異なる極性の粒子は引き寄せられます（例：マイナスに帯電したホコリが接地された画面に吸着する現象）。電場は帯電粒子の動きを決定し、その場内で粒子は荷電量と場の強度に応じた力を受けます。



静電ガンの役割:

霧化、電場の生成、塗料粒子への帯電

そのための目的は、可能な限り強力な電場を生成し、微粒化された塗料粒子に負の電荷を帯びさせることにあります。スプレーガンには、通常の微粒化性能に加え、これらの機能を高い精度で実現する能力が求められます。必要な電圧は高電圧カスケードによって生成され、用途に応じて最大で10万ボルトまで設定可能です。

## 静電塗装を成功させるための要件と適合条件

### 適した塗料:

水性塗料は一般的に電気伝導性があります。一方、溶剤系塗料は、塗料粒子に帯電させるために、最低限の導電性を備えている必要があります。帯電した塗料粒子は、高電圧によって形成された電場の力線に沿ってワークピースへと導かれます。使用する塗料について不明な点がある場合は、塗料メーカーに確認してください。

### 導電性のあるワークピース:

静電塗装は、特に金属製品など電気伝導性の高いワークピースに最も適した技術です。ワークピースの抵抗は $1M\Omega$ 以下であることが望まれます。木材も、含水率が最低15%以上ある場合には適用可能です。さらに、プラスチックやガラス製の非導電性ワークピースも、この技術が広く用いられていますが、これには特別な前処理が必要です。状況によっては、導電性プライマーを事前に塗布することで対応可能です。例：ガラス瓶の塗装（写真参照）

また、塗装を接地ポイントから開始することで、液状の導電性塗料が接地との導通を確保し、静電効果を得る方法もあります。いずれの場合も、ワークピースの最適な接地を確保する必要があります。



### 適切な接地:

作業環境の可能な限りの清潔に保たれていることが、正しい接地と最適な静電効果の前提条件です。汚れや残留物は、接地不良やリーク電流の原因となり、静電効果を妨げる恐れがあります。そのため、定期的な清掃と点検を徹底し、常に最良の接地状態を維持することが不可欠です。

### ワークピース形状:

格子構造や円形など、複雑な形状を持つワークピースは、静電塗装に特に適しています。電場の巻き込み効果により、ワークピースの裏側まで塗料が届き、その結果、塗料の無駄を最小限に抑え、大幅な材料節約が可能となります。さらに、1つのワークピースに対する塗装時間も大幅に短縮でき、生産効率の向上にも寄与します。

## 静電塗装の利点

電場の力線は、ワークピースに対し、常に垂直に当たります。この結果、塗装工程に多くの利点が生まれます。塗料がワークピース全体に均一に付着しやすくなり、塗り残しのリスクが低減されます。さらに、静電塗装は非常に高い塗着効率を誇るため、材料の無駄を最小限に抑えることができ、経済的かつ環境に優しい塗装方法として高く評価されています。

### 静電の巻き込み効果:

ワークピースの裏側まで塗料が届き、均一に塗装されます。

### 微細な霧化:

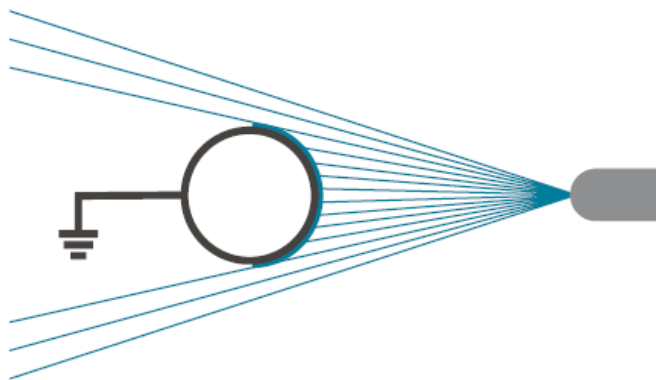
従来の霧化に加え、静電気による反発力の作用により、塗料粒子はさらに微細化されます。状況に応じて、静電効果を活用することで、塗料およびエア圧をさらに低減させることが可能となり、より滑らかで均一な霧化が実現します。これにより、塗装品質の向上と材料使用量の最適化が図れます。

### 均一な塗装品質:

帯電した塗料粒子は均一に分布し、電場の力線に沿ってワークピースへと移動し、互いに反発しながら均等に分布して垂直に付着します。この作用により、塗膜のムラが少なく、非常に高い表面品質が得られます。

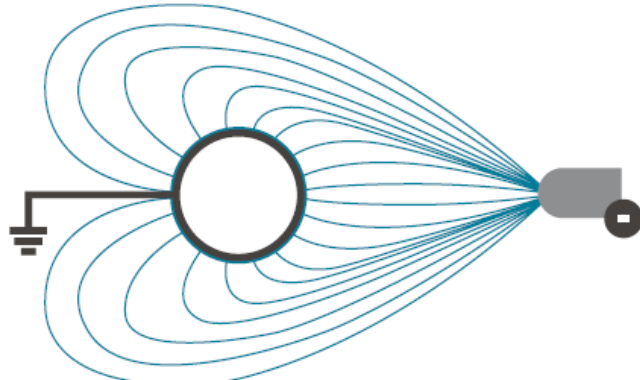
### 最適なエッジ塗装:

ワークピースの角や縁では、電場の力線が集中するため、これらの部位における塗り残し（アンダーコート）を防ぐことができます。



#### 静電なし

飛散が多く/巻き込み効果なし



#### 静電あり

飛散が極めて少ない/巻き込み効果あり

### 溶剤系もしくは水性系塗料?

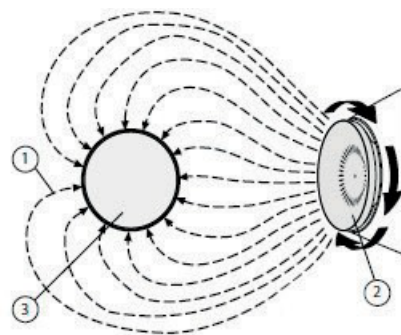
塗料の選定は、塗料の帯電方法、ひいてはアプリケーションと塗装システム全体に影響します。

**溶剤系塗料**は、スプレー噴射口の中心、ガンに内蔵された電極で直接帯電されます。これが可能なのは、溶剤系塗料は電気抵抗が比較的高く（すなわち導電率が低い）、電圧がすでにアプリケーション内で消散しており、作業者に危険が及ばないからです。導電率が高すぎる場合、電流が多すぎてアースに流れ、高電圧が急激に低下する危険性があります。この場合、高電圧は材料ホース内に逆流し、外部にフラッシュオーバーする可能性があります。高電圧に耐性をもった絶縁ホースは、これらを同一の技術で処理することを可能にします。

水性塗料の使用は、環境保護においてますます重要な役割を果たしています。これには2つの異なるプロセスがあります。

内部帯電の場合、水性塗料はアプリケーション内もしくは塗料コンテナ内で帯電される。塗料の導電性が高いため、アプリケーション、材料ホース、ポンプ、塗料コンテ、アクセサリなど、システム全体が高電圧下であり、安全のために適宜絶縁する必要があります。

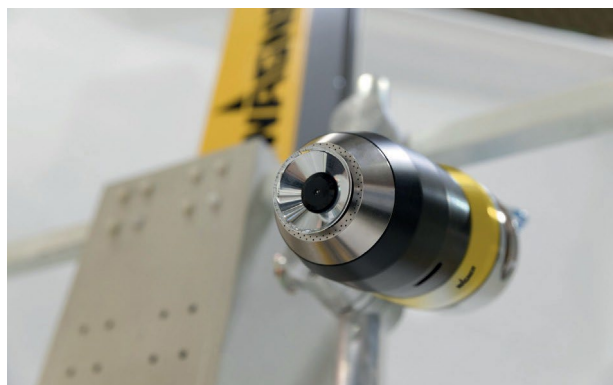
高速回転アトマイザーによる帯電方法の説明図:



1- 塗料粒子

2- 回転ベル

3- 接地されたワークピース



内部帯電式高速回転アトマイザー

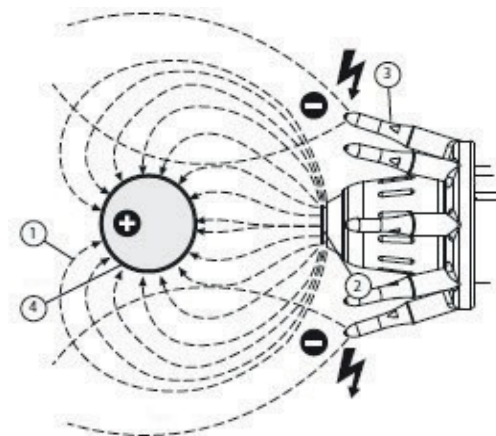
材料と接触するすべてのコンポーネント（材料ホース、ポンプ、塗料コンテナなど）を隔離するために、ペイントキッチンには密閉された部屋またはグリッドで保護する必要があります。また、AquaCoat5010/5020のような高電圧対応のキャビネットに設置することも可能です。このキャビネットは、ポンプ、高圧電源、安全システム、材料ホース、ガンを含む完全に絶縁された供給ユニットで構成されています。システムが完全に停止されている場合にのみ塗料コンテナへのアクセスが可能です。内蔵の安全システムにより、塗装作業が高電圧に触れることはありません。



AquaCoat 静電システム

外部帯電では、その高い導電性により、スプレー噴射口の外側に配置された電極を使用して水性塗料を帯電させます（コロナ方式）。電極リングから放出される高電圧が周囲の空気をイオン化し、スプレーされた材料が帯電します。このプロセスは、特に自動車産業で水性塗料を塗布するための高速回転アトマイザーで使用されています。

ここで、アプリケーションは十分に絶縁されているため、通電していません。内部帯電を利用した塗装に比べ、材料の節約効果はやや低いです。しかし、外部帯電の主な利点は、ユーザーがペイントキッチンを含む塗装システム全体を帯電および絶縁する必要がないため、システムの投資コストを大幅に削減できることです。



1- 塗料粒子

2- 回転ベル

3- 電極リングと電極フィンガー

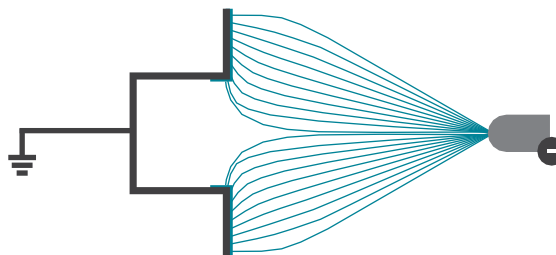
4- 接地されたワークピース



外部帯電式高速回転アトマイザー

## 静電塗装の限界

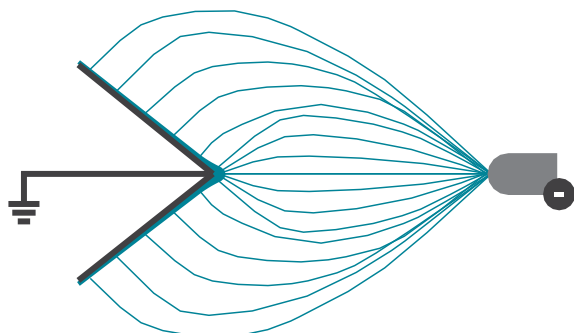
内部の塗装、カップ型構造、空洞：ここでは、ファラデーケージ効果によって電界が完全に遮られ、電界線の浸透が妨げられます。このような場所の塗装を行うには、（短時間ではあるが）静電をオフにする必要があります。



電界線は空洞へ入っていかない。ファラデーケージ効果が静電塗装を妨げる。

### 過剰膜厚:

チャンスとリスクの両立。電界線はエッジやコーナーに集中するため、確実なカバレッジを確保できるが、すぐに過剰膜厚につながる可能性もあります。このような箇所では、高電圧を適宜下げることが推奨されます。



高密度化：エッジやピークでのフィールドラインの集中がオーバーコートを引き起こす

## 静電塗装テクノロジー

静電技術は、エアスプレーとエアコート（どちらも水性塗料用のAquaCoatバージョンあり）、および高速回転霧化に使用されます。材料圧力が250barを超える塗布の場合には、塗料粒子が大きく、非常に高い吐出圧力が高レベルの運動エネルギーを発生させ、静電塗装には適していません。

正しい静電効果を生み出すために不可欠な要因は、正しい塗装技術の選定とその設定です。アプリケーションの材料圧と空気圧を低く設定すればするほど、静電効果は向上します。理由は簡単で、塗料粒子の運動エネルギーが電界の吸引力に重畳されるからです。つまり、塗料の粒子サイズと運動エネルギーが小さければ小さいほど、オーバースプレーの発生は少なくなり、塗料の回り込みと均一性が高まります。

### エアスプレー

従来のエアスプレープロセスは、塗料霧化の古典的なプロセスです。塗料は低い材料圧力（通常1~3 bar）で、供給される圧縮エア（同じく1~3 bar）のみによって霧化されます。これにより、非常に微細で小さな粒子が生成されます。エアスプレープロセスは、非常に高いレベルの表面品質が得られるため、多くの工業用途で静電塗装と組み合わせて使用されています。



オートエアスプレー静電

### エアコート

エアコートプロセスの特徴は、最大250barの高い圧力で、ノズル先の材料を霧化する技術です。さらに、圧縮エアを追加で供給することで、霧は極めて滑らかで均質なものとなります。これは、ノズルに配置された中央のエア供給部（エアキャップ）からのエアがジャケットのように塗料を取り囲みます。塗装速度が速く、低飛散で、高品質塗装という利点もあります。粒子の運動エネルギーは、静電効果を得るのに十分なほど小さいです。



マニュアルエアコート静電

## 高速回転霧化

このプロセスでは、材料は非常に高速（約20,000～60,000rpm）で回転するベルディスク上の遠心力によって霧化されます。エアガイドリングのステアリングエアは、材料を希望の方向に導き、必要に応じてスプレークラウドの大きさを調整します（200～700mm）。このプロセスにより、非常に微細な霧化が生成され、効果的な静電帯電に加えて、5～15 μmmという非常に薄い膜厚の塗布が可能になります。



ロボットアームに搭載された高速回転霧化アトマイザー

## 正しい製品とプロセスの選択

**経験則：**材料圧とエア圧を低く設定すればするほど、静電効果は高まります。ただ、実際の現場では、材料圧力は必要以上に高く設定されることが多いです。そうなると、当然、エア圧もそれに応じて高くする必要があります。結果として、高い運動エネルギーとオーバースプレーによって、塗料粒子が被塗物に効果的に引き寄せられなくなります。したがって、最適な霧化が生成されるまで、常にゆっくりと圧力を上げていくのが理想です。

### エアスプレー、エアコート、それとも高速回転？

エアスプレーまたは高速回転で生成される粒子が一番小さく、エアコートより作業スピードこそ劣るものの最高級の仕上がりとなります。エアコートの場合、粒子は多少大きくなるが、作業スピードは向上し、静電効果のおかげで非常に綺麗な仕上がりを維持します。

非常に優れた代替案として、主に大型シリーズで使用される高速回転プロセスが、一般産業でますます普及している。また、非常に微細な霧化が得られ、高いレベルのコーティング品質と材料効率が得られます。

静電塗装の主な利点はすべて、手動か自動か、溶剤系か水系か、低圧か高圧か、高速回転霧化かどうかにかかわらず、すべての静電塗装製品に等しく適用されます。

手作業でコーティングするか自動でコーティングするかは、主に経済状況、そしてもちろん技術的な実現可能性に基づいて決定される。手動塗装は、リフティング装置やリニア軸、ロボットによる自動化が困難な場合、あるいは実施できない場合に使用されます。



# WAGNER 静電ポーターフォリオ

WAGNERは静電塗装のための様々な用途・要件を満たすマニュアルおよびオートの幅広い製品とソリューションを提供します。

	マニュアル エアスプレー	オート エアスプレー	マニュアル エアコート	オート エアコート	内部帯電式 高速回転霧化	外部帯電式 高速回転霧化
溶剤系塗料	GM 5000EA 	GA 5000EA 	GM 5000EAC 	GA 5000EAC 	TOPFINISH RobotBell / Bell 1S 	
水性塗料	GM 5020EAW +AquaCoat 5010/5020  	GA 5000EAW +AquaCoat 5010/5020  	GM 5020EAC +AquaCoat 5010/5020  	GA 5000EACW +AquaCoat 5010/5020  		TOPFINISH RobotBell ECH / Bell 1S ECH  

## 実践

### わずか70日で償却:

ある産業用昇降台メーカーは、2液混合システムと旧デザインの静電ガン2基を使用しており、以前は150barの材料圧力で作業していました。この高い材料圧力と、それに求められる高いエア圧では、塗料粒子は高速で動き、静電塗装の効果を十分に発揮できていません。結果として、塗装中、従来のエアスプレーと同程度の塗料ミストが形成され、塗装工は、ワークピースが十分に塗装されていることを確認するために、3つの塗装工程を施す必要がありました。

WAGNERの静電ガンGM 5000EACを使用することで、材料圧力をほぼ半減させることができました。これは、作業圧力を80barに、エア圧を1.25barに下げることによって達成されました。ワークピースの塗装は3工程から2工程に短縮され、顧客にとっては大幅な時間短縮となりました。さらに、塗料を節約することで、以前の工程に比べて約30~35%の削減が可能になりました。さらに、ガンの重量も約半分になり、作業への身体負担も軽減されました。2つの同条件のワークステーションで比較したところ、1日あたりの塗料消費量は約60 kgから40 kg強に減少しました。材料価格を約9ユーロ/kgとすると、30%の節約により、償却期間は両作業場でわずか70日という計算になります。

### 従来のエアレスからエアコート静電へ:

ある顧客は、電動ダイヤフラムポンプを使い、ガンの材料圧を120barで作業していました。そのため、多量の飛散に悩まされていました。塗料は同じで、0.013インチノズルのAirCoat静電ガンへ切り替えたことで、材料は35barに、霧化エア圧は約1barに低減されました。顧客はアプリケーションに理想的な霧化品質を達成することができました。静電塗装を併用することで、1日に使用する塗料はわずか60L、8ユーロ/Lとなり、塗料使用量は60%削減された。つまり、このシステムは1ヶ月強で元が取れることになる。

この2つは極端な例であるものの、これらの例は、一見するとガンや制御装置への投資が高くなるにもかかわらず、静電装置を使えば大幅な節約の可能性と迅速な償却が可能であることを示しています。

## 結論

静電塗装は初期投資が高いものの、そのコストを上回る利点を提供します。

- 最大で**50%**以上の材料節約が可能
- **VOC**排出量の大幅な削減
- 高い表面品質の実現
- 生産性の向上
- 塗料ミストの削減により作業環境が改善
- 清掃やフィルター交換の頻度削減でコスト削減

これにより、優れた表面品質を実現すると同時に、環境に配慮した塗装プロセスに大きく貢献します。

静電液体塗装に関するお問い合わせ窓口:

日本ワグナー・スプレーテック株式会社  
インダストリアル・ソリューションズ

[service-industrial-jp@wagner-group.com](mailto:service-industrial-jp@wagner-group.com)

日本ワグナー・スプレーテック株式会社  
インダストリアル・ソリューションズ

大阪府大東市新田西町2-35

+81 72-874-3561

service-industrial-jp@wagner-group.com

[www.wagner-group.com](http://www.wagner-group.com)