

## 第3編 第3章 第13節

# ウェブクリーナ

Teknek

## 1. はじめに

FPD産業において、製造不良の80%がサブストレート上の異物に起因しているとの報告にも見られるように、異物により予期せぬダウンタイムや歩留りの低下、ユーザーに対する納期遅れなどのビジネス機会の損失、そして企業収益の損失といった事態を招く懸念がある。

一貫した製品の品質や、パッケージの外観と機能を維持するため、プラスチックフィルムメーカーには、製造工程における空気中、または基材表面に付着する埃などの異物に対してあらゆる対処が必要とされる。埃、髪の毛、皮膚、食品などの異物は、作業員、包装材料、基材そのものなど、様々なところから発生する。

## 2. 多岐にわたるプラスチックフィルム

言うまでもなく、今日、非常に多くのプラスチックフィルム材がその用途に合わせ市場に存在する。

ポリエチレン：高密度、低密度、線形の低密度 (PE HD、PE-LD、PE-LLD)

ポリプロピレン：1軸延伸、2軸延伸&キャスト (PP、BOPP、OPP、CPP)

ポリ塩化ビニル (PVC)

ポリスチレンと指向ポリスチレン (PS OPS)

ポリエステル：PET、その他PETG、PENなど

エチレンビニルアルコール共重合樹脂 (EVOH)

ポリビニルアルコール系樹脂 (PVA & PvOH)

塩化ビニリデン (PVDC)

上記の他に、ポリビニル、ポリカーボネート、ポリアミドや、これらの材料を組み合わせた多層構造基材もある。食品包装アプリケーションについても、例えば、低水蒸気、香料、酸素透過、高剛性、耐破損や耐低温といった特性を持った基材が多数あり、基材がその品質レベルを厳密に満たすために、複雑なプロセスが要求される。

医療や製薬パッケージプロセスでは、クリーンルーム環境が整えられ、異物管理が厳格に行われている。

クリーンルーム内の空気フィルタシステムは、埃などを除外するために常に気流を発生させている。しかしデッドスペースや気流の渦などに埃などが滞留し、それらの埃がオペレーターの動きや装置稼働、その他物体移動などにより室内に拡散しているのが実情である。クリーンルームの主な機能は、空中を浮遊している異物の除去にある。しかし異物サイズが、例えば髪の毛のように大きい場合、フィルタシステムでは十分に除去できず、異物は自然と沈降していく。表1に、60 μm以上の異物がクリーンルーム内において表面上に沈降する様子を示す。

## 3. ニッチアプリケーション

近年、特に需要が高まっているニッチアプリケーションとしては、以下が挙げられる。

社会生活や建築で広範囲に使うために開発された逆浸透水処理フィルム

太陽光の透過を制限する窓用太陽コントロールフィルム

PDA、PCモニタ、携帯電話、カメラ用途に使われるディフューザーフィルム

電子部品（抵抗、コンデンサ）用フィルム、フレキシブル回路基板用ポリイミドフィルム

製品または製品パッケージの外観上の品質レベルの問題は、企業ブランドに大きな影響を及ぼす。そのため品質管理上、異物対策は重要な要素の1つとして考えられている。例えば光学電子製品は、わずか数 μm単位の異物でもコーティング層に影響し、スクリーン上の

表1 沈降レート（空中浮遊異物）

Diameter of Particles ( μ m )	Velocity of Settling ( Feet/min )
1	0.007
5	0.2
10	0.59
60	21.3



イメージを歪めるため、品質上致命的な問題である。

このように、ウェブ上の異物は、製品の品質や生産効率に及ぼす影響が大きいため異物除去クリーニング装置の必要性が生まれる。

#### 4. 空気境界層と静電気帯電

ロールtoロールでのウェブクリーニングにおいては、空気境界層と静電気帯電の問題を認識する必要

がある。生産ラインでウェブが搬送される際に、水平方向にウェブが走行する時の表面上に対する空気摩擦によって、特に走行速度が高速になるにつれて流体粘性作用が大きくなり、ウェブ表面上に粘性が強く作用する境界層（バウンダリー層）が発生し、異物が基材に強固に留まる状態が生まれる。その境界層に滞留する異物の除去は、境界層を突破していかなければ事実上不可能である。これに加えて、ウェブがニップローラを走行する間に接触と分離を繰り返すことで静電気を帯び、その走行が高速になるにつれて帯電が大きくなる（図1）。

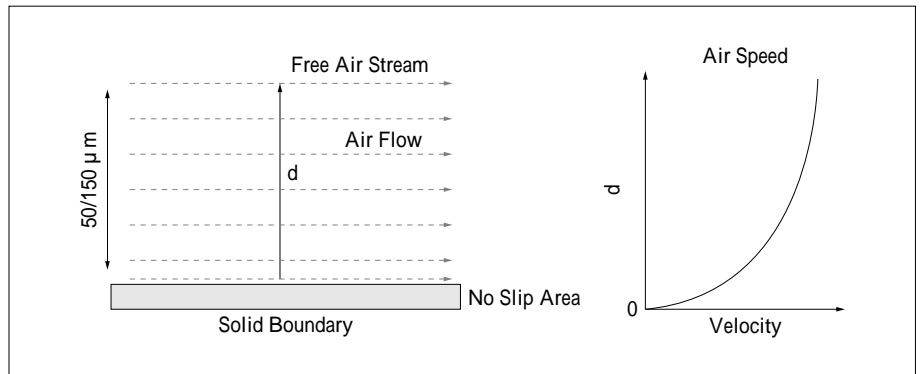


図1 境界層

#### 5. コンタクト式クリーニングの優位性

ウェブクリーニングには、ブラシ方式、バキューム方式、エア方式、超音波エアなどがある。コンパネーティング産業では、コンタクト式クリーニングが最も効果的で、コストパフォーマンスの高い異物除去装置であることが認識されている（図2、図3）。Teknekはコンタクト式クリーニングのパイオニアである<sup>注1</sup>。

コンタクト式クリーニングは、ローラが直接ウェブ上にコンタクトするため、ローラが境界層に侵入し、境界層に留まっている微細な異物も捕獲できる。一方、他の方式では、境界層に留まっている異物を除去できない。超音波エア方式でも、除去できる最小異物サイズは5 $\mu$ m程度までとされる（図4、表2）。

コンタクトクリーニング技術は医療、食品、製薬の他、非常に広範囲における製造アプリケーションに対応する。主なアプリケーションを以下に示す。

- パッケージ蓋用ホイル、フィルムのクリーニング
- 医療バッグに使われるフィルムのクリーニング
- 特殊医療用品のクリーニングなど

実際にホイル蓋のアプリケーションで使用されてい

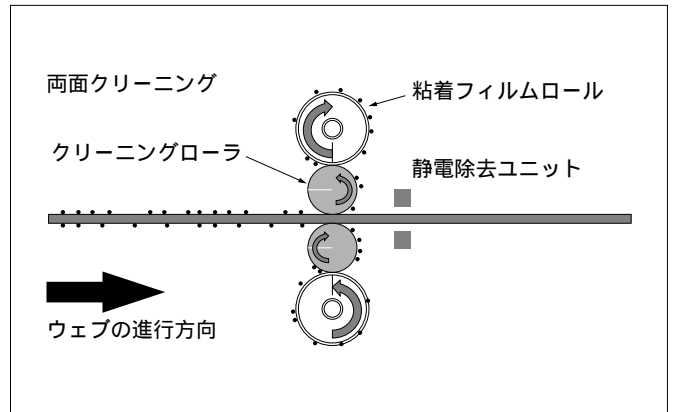


図2 コンタクト式クリーニング

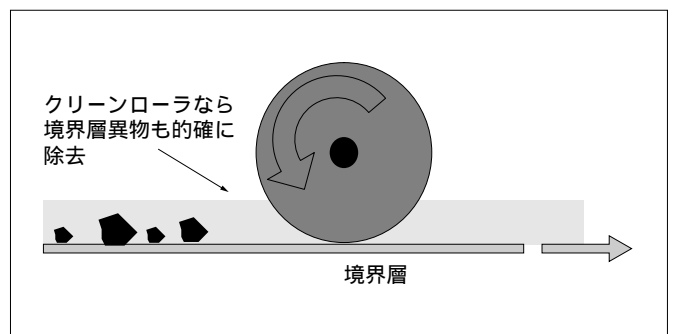


図3 境界層異物の除去

る一例として、コンタクトレンズのパッケージプロセスがある。これは、レンズへの破損を避けるため、IVバッグの表面をクリーニングする。他の例としては、「Tyvek（タイベック）」の医療用包材の内側面のクリーニングがある。これは印刷後、蓋付けプロセス前にインクが医療パッケージへ転移することを避ける目的で行われる（写真1）。

当社製コンタクト式クリーニングは、高分子ポリマー工業用エラストマーローラを使い、サブストレート上に乾燥して浮遊状態で付着している異物を、1 $\mu$ mレ

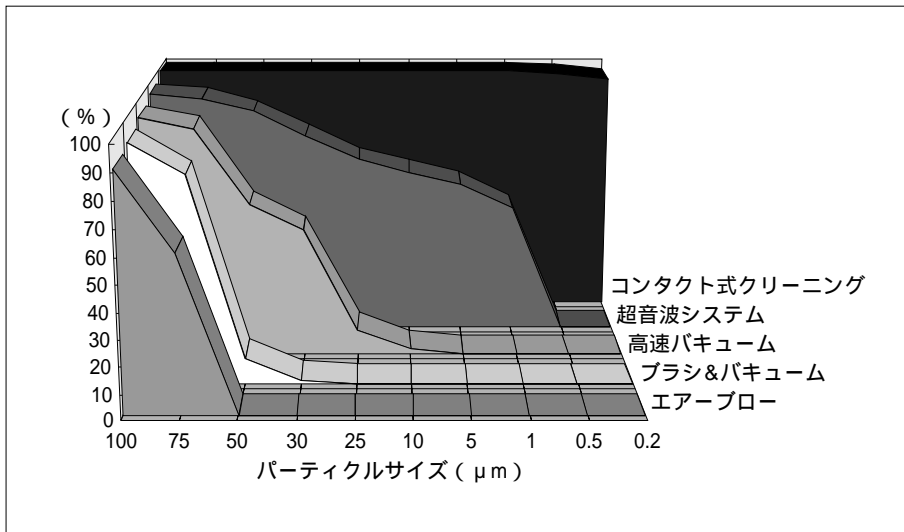







図4 クリーニング方式別除塵性能比較

表2 クリーニング方式別機能比較一覧

機能 \ クリーニング技術	 ブラシ	 超音波	 エアブロー	 吸塵	 コンタクトローラ
バウンダリー層のクリーニング	×	×	×	×	
1μmまでの確実な異物除去	×	×	×	×	
異物の分析	×	×	×	×	
巻物(リール)との動作適合	×	×	×	×	
騒音					×
設置スペースが大きい					×
ダクトフィルタ					×
設置の容易性	×	×	×	×	
メンテナンスコストが高い					×

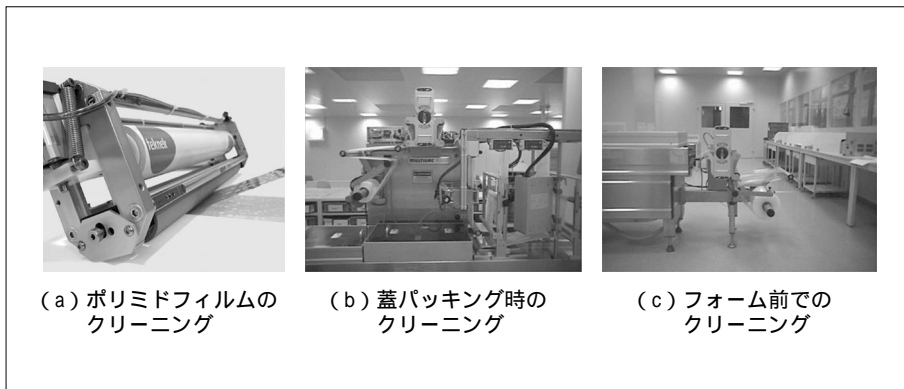


写真1 主なアプリケーションのクリーニング

ベルまで除去できる。異物は、エラストマーローラと連動して回転する粘着ロール側に転移し、確実に捕獲・保持される。粘着ロールは、あらかじめカット処理が施されたシートが積層状に巻かれており、表面シートに捕獲した異物が飽和状態に近づいたら粘着シートを剥がし、その下の層にある新しいシートを剥き出す。これにより、エラストマーローラは常に変わらないパフォーマンスを維持し、効率的に異物を捕えることができる。

バキューム方式、エアー方式では、基材表面に対して強い空気の流れが発生するため、むしろ境界層が大きくなり、さらに異物除去の能力が低下する。

ここで、接触するクリーニングローラが基材表面に影響を与えないかは重要な要件となる。当社のローラは、異物を捕獲する際、ローラ側から基材への圧力は一切不要で、ウェブと接触するだけで十分な除塵能力を発揮する。また、当社はクリーニングローラを全て自社工場にて製造している唯一のコンタクト式クリーニング専門メーカーであり、工場内クリーンルーム施設において徹底した品質管理とトレーサビリティ管理体制により生産している。当社製ローラと粘着ロールの組み合わせで、基材上に対する破損や化学物質の漏れによる製造工程への影響がないことを評価実験、また数多くの実績を通じて証明している。

帯電に関しては、ウェブがクリーンローラを通過した直後に、除電バーにて帯電を中和して除電するため、除塵後の静電気帯電による異物の再付着を避けることができる。



## 6. 除塵システム Nanocleen

近年、当社にて開発された除塵システム「Nanocleen (ナノクリーン)」は、さらに当社のコンタクト式クリーニング技術に進化をもたらした。このシステムでは、25nmレベルまでの非常に小さい粒子も除去し、かつ除塵性能は他のコンタクトクリーナに比べ、最大50%高めることに成功している。ローラは、静電気拡散機能を持つ素材を採用し、従来のコンタクトクリーナと比べ10倍もの除電効果がある。特に、極薄膜フィルムでローラに巻き込まれる懸念のある材料には最適と言える。Nanocleenは、当社が提供する新旧いずれのクリーニング装置にも装着が可能であり、他社ブランドの装置でも、アップグレードキットによりNanocleenシステムへの移行が可能である(図5)。

## 7. おわりに

プラスチックフィルム製造工程における異物の存在は、歩留りの低下やダウンタイム、そして企業利益の損失に直接繋がる恐れがある。ロールtoロールにおけるウェブクリーニングシステムとしては、空気境界層ならびに帯電に対して除塵効果が証明されたコンタクト式クリーニングシステムが、現場で最も効果的なシステムと言える。

当社について、さらなる詳細情報を確認したい場合は、当社Webサイト (<http://www.teknek.com>) を参照されたい。また、Nanocleenの詳細情報を確認したい場

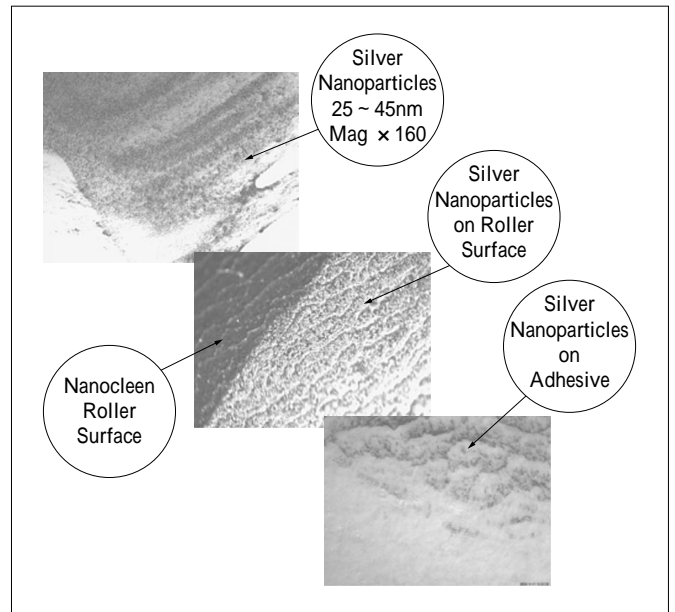


図5 「Nanocleen」

合は、<http://www.nanocleen.info>を参照されたい。

注1：クリーニングローラを自社製造する唯一のコンタクト式クリーニング製造専門メーカー（本社：Scotland）。クリーンローラをコンタクトさせて除塵するコンタクト式クリーニング技術を25年以上前に開発し、現在、世界60か国以上に1万6800台を超える装置の導入実績を持つ、コンタクト式クリーニング装置のグローバルリーダーである。Teknekの技術により、ユーザーのビジネス損失を20億ドル（約2000億円）抑えることに寄与したと推定される。