

# 『落下塵カウンター』紹介

## 見える化から落下塵カウンタの活用で塗装品質の向上を

矢島 良彦

### 【概要】

塗装工程やタッチパネル等のフィルム関連工程、機器組立工程等において、シリコンウエハを試料板として活用し、所望の環境や作業工程における落下～付着塵を計数値化する測定器『落下塵カウンター』を紹介する。

クリーンレベルが高いと言うことと、ゴミ・異物不良が無いと言うことには相関はない。浮遊塵埃情報から落下塵情報管理によって工程改善を飛躍的に変化させ、歩留り向上を図ることが可能となった。

### 【キーワード】

汚染 表面清浄度 測定技術 測定機器  
表面付着粒子計数器

## 1. はじめに

弊社NCC株式会社（以降NCCと記す）は、2011年7月に「クリーン化技術サービス事業」を立ち上げた。そして、更なる事業の飛躍・発展を期して、2012年5月には「NCCクリーン化技術ラボラトリ」を設立した。

NCCは、「お客様の現場に起こるより良い変化が、わたし達のビジネスの喜びである」と言う企業理念を基に、日夜取組みを行っている。

元来、NCCは、塗料やシンナー等を扱う化学品商社であった。しかし、二本目の矢として「洗浄技術関連事業」、そして、ここに紹介する「クリーン化技術サービス」が三本目の矢として、お客様のより良い変化を求め、喜びを共有することで、技術商社としての立ち位置を確立しており、お客様に「同じものを買うなら、NCCから買いたい！」と言っていただけの様な、商品と情報、技術サービスの提供に力点を置いている。

## 2. クリーン化技術の変遷

ゴミ・異物対策につながるクリーン化技術テクノロジーは1990年代までは主に半導体を中心とする先端産業で培われてきたが、それ以降はそのニーズが幅広い多種多様な産業に拡大してきている。昨今、塗料・塗装工程以外に、食品、製薬など電子デバイスとはかけ離れた領域で、クリーン化技術の活用展開が図られている。

これらの業界における必要清浄度は、半導体や液晶ほどではなく、もう少し低いクラス、すなわち、クラス10000～50000程度のクリーンルームの数が圧倒的に増えて来ている。

これらのクラス10000～50000の環境で製造するほとんどの製品は、サブミクロンサイズの微粒子には影響を受け難く、もっと大きな、しかし、目視では見ることが難しい大きさのゴミ・異物で粗大粒子と呼ばれている粒子の存在が、不良発生につながっていることが明白になっている。

\*粗大粒子…肉眼では見ることが出来ない10～100 $\mu$ mの粒子。

### 2.1 製品不良につながる ゴミ・異物のサイズ

半導体や液晶表示体の前工程ではサブミクロンのゴミでも不良に繋がるのが数多くある。しかし、塗装工程や印刷、フィルム貼り合せ組立工程、精密組立、食品・製薬工程では、5 $\mu$ m～100 $\mu$ mと言う粗大粒子の領域で多くの不良特性が発生している。そして、その不良率の低減～撲滅に日々努力がされている訳である。

いくつかの展示会に出展し、機材の説明やお客様の困り事を把握すると、「清浄度、クリーン度はいいのだけれど、ゴミ不良が多い」と嘆く声を多く聞くことから、こうした粗大粒子領域における不良の低減においても、時として清浄度・クリーン度レベルを上げることで対策になると考えている方々が、ま

だまだ非常に多いことが分かった。

### 3. クリーン度とゴミ・異物不良の相関

しかし、クリーン度が高いと言うことと、ゴミ・異物不良が少ないと言うことには直接的に相関関係には無いことが、非常に多いのである。

今回紹介する機器は、標題に「見える化の取組みから落下塵カウンターを活用で塗装品質の向上を…」とあるとおり、見える化機器のご紹介、見えた次は数値管理化・工程管理化・品質向上安定化とつなげて行き、お客様にお喜びいただくストーリーとしている。

#### 3.1 粗大粒子の管理ツール

NCCでは「ゴミ・異物の見える化ツール」として、扱っている商品が幾つかある。これらは粗大粒子の管理用途として、従来クリーンルーム内清浄度評価の定番であったパーティクルカウンタの弱点を補うツールとして多くのお客様の現場に採用され、工程管理に貢献している。

「見える化ツール」の代表的なものは、強力な光で粗大粒子を浮かび上がらせる各種クリーンルームライトがある。

<写真1> 代表的なものが、強力な直進性のある光を発射するハンディ型サーチライトで、このクリーンルームライトを使用することで、『見える化』

を誘発し、気中を浮遊する粗大粒子、表面に付着した粗大粒子も観察可能となり、クリーンルーム中の粗大粒子対策があらゆる点で容易となった。

<写真2> 2013年6月の「機械要素技術展」開催期から、市場投入した「クオオンタム」。小型ながら、従来機種を上回る機動性と光の強さで、粗大粒子の「見える化」を誘発している。

#### 3.2 粗大粒子の特徴

粗大粒子は堆積し易く除去し難いものである。これらを除去するには清掃しか方法はない。

ところが、清掃対象である粗大粒子は肉眼でほとんど見えないと言う厄介な問題がある。そのため、清掃用具の選択、清掃方法、清掃後の評価など関連する事項はカタログ値やクリーンルーム教本などに頼った形式的なものになりがちで、実際に清掃を行う担当者にとっても一般的な決りごとを守るのみで非常に実感の伴わない管理となっていたのである。

このため清掃作業そのものが粗大粒子を発生させたり、堆積した粗大粒子を飛散させたりと、かえって粗大粒子の付着を誘発させ、不良の増加に拍車をかける要因ともなっていたのである。

このような状態においてクリーンルームライトを使用し、「見える化」することで、直接的に粗大粒子の目視確認により、清掃効果の確認ができ、より確実で効率的な方法へ移行することができるように



写真1  
ポラリオンクリーンルーム  
ライト



写真2  
クオオンタム スーパーライト  
コンパクトサイズで持ち運びがラクラク

なってきた。

こうした見える化機器により、肉眼では見えない「粗大粒子」を捉えることができるようになるのである。すなわち、チンダル現象と暗視野照明法によって見えるわけである。

そして、見える様になることによって、現場の意識は変わり、意識が変われば行動も変わることが期待できる。

#### チンダル現象の説明

チンダル現象とは、直進性の強い光が気中の浮遊粒子に当たり、光を散乱することによってその道筋が光って見える現象。身近なところでは、木漏れ日の下や、映画館などでよく見られる。

#### 暗視野照明法

対象物の表面に対して、水平に近い光を当てることによって、表面からの反射光は目に入らず、なおかつゴミ・異物などの粒子に当たった光が、元来た方向とは無関係にあらゆる方向に光を散乱（乱反射）し光って浮き上がって見えることで、コントラストがはっきりし見えるようになる現象。光の入射角は0～15度程度がベスト。

### 4. 「見える化機器」の用途

「見える化機器」の用途としては、

- ① 不良原因の解析
- ② 見える化による現場の意識改革～改善
- ③ 清掃前後のクリーン状況の確認
- ④ 塗装前やフィルム貼り合せ前の除塵状況の確認
- ⑤ クリーンエリア搬入品の事前汚染状況確認
- ⑥ 製品のキズ、不良等の確認（外観検査）
- ⑦ 発塵発生源の特定調査

などが考えられる。

#### 4.1 表面清浄度の管理

「見える化」には「定性的な見える化」と「定量的な見える化」がある。

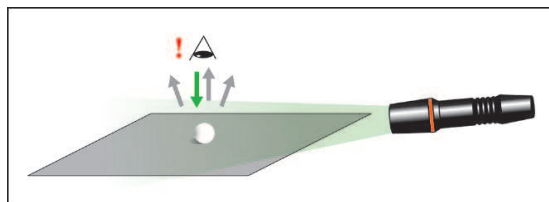


図1 暗視野照明法 实例の写真は、クオタム スーパーライトによるもので、特有の強力な直進光でゴミ・異物を浮かび上がらせている。

クリーンルームライトの使用は定性的な「見える化」のみのツールであり、数量や大きさといった情報を得ることは残念ながら不可能となる。

それに対して、パーティクルカウンタや表面異物検査装置はゴミ・ホコリの数量や大きさを表示・記録することが可能であり、こちらは「定量的な見える化」を行う装置と言える。

クリーンルーム環境の対象とする異物とは、多様な発生源、持ち込みによる総量である場合が多いので、何かの施策でいきなりゼロにすることは甚だ難しく、小さな努力の積み重ねで減少させていく取組が必要となってくる。

より具体的、根本的な対策あるいは安定した維持管理には、「数値管理」「定量的な見える化」ツールによる管理が一番効果的であると言える。定量的な管理を行うには、その拠り所となる規格が必要であり、従来は相当する規格がなかったが、昨年2012年8月に、ようやく表面清浄度規格ISO14644-9が制定された。このISOに準拠した表面清浄度測定器が今回ご紹介する「落下塵カウンター」である。

#### 4.2 落下塵とは？

通常、モノを落とすとそれは等加速度運動（自由落下）をする。しかし、対象物がだんだん小さなものになり、1mmを切る大きさになると、空気抵抗によりなかなか落下せずにゆっくりと落ちてくるようになる。さらにその1000分の1の1 $\mu$ mになると気中を浮遊するようになる。この気中を浮遊する1 $\mu$ m以下の微粒子が、浮遊塵＝パーティクルである。

しかし、目に見えるかどうかという大きさであることから10 $\mu$ m以上の粒子は粗大粒子と言われ、気流に乗り、室内に広く拡散し、時間をかけてゆっくりと落下する。そして、いつの間にか室内に堆積していくこととなる。特に30 $\mu$ mから100 $\mu$ m程度の粗大粒子は塗装・コーティング工程をはじめ、ISOクラス6、7、8（クラス1000、1万、10万；FED-STD=209D、0.5 $\mu$ m/CF）の様々な業種業界

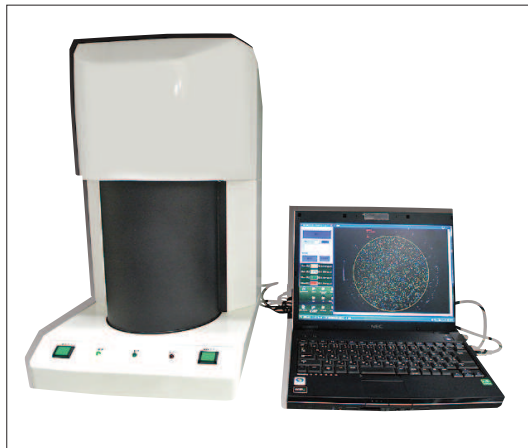


写真3 落下塵カウンター

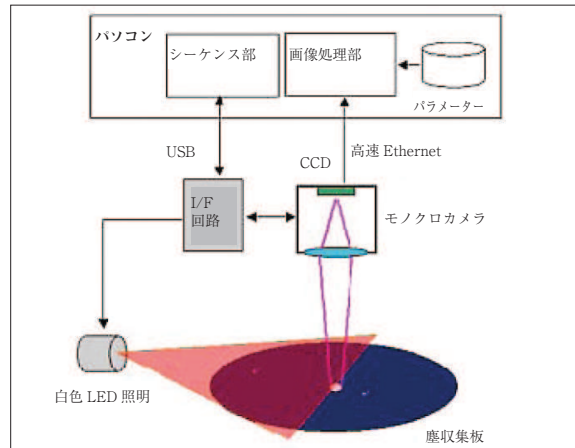


図2 落下塵カウンター計測システム図

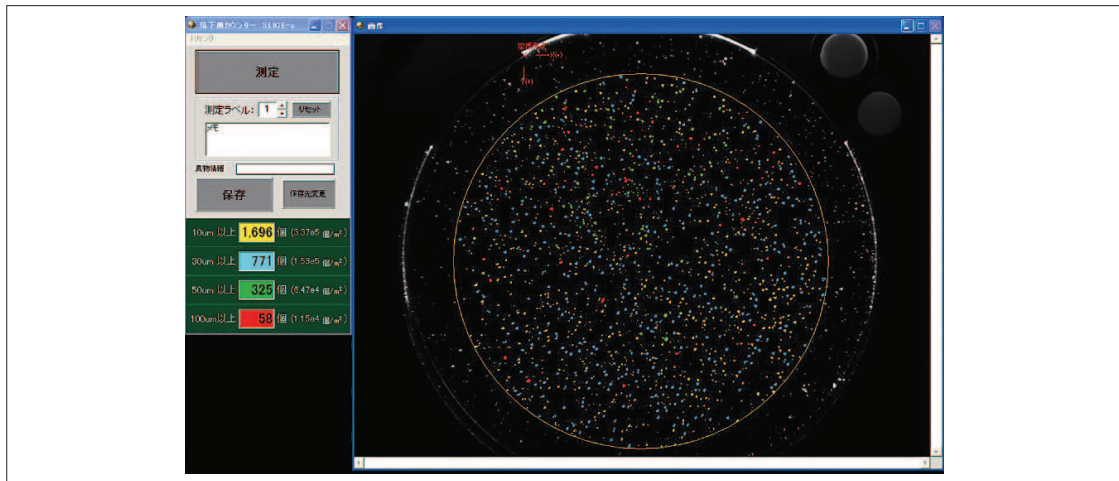


写真4 測定表示画面事例

のクリーンルームにおいて、製品の表面に付着すると不良になるというケースが多いと言われている。

#### 4.3 落下塵カウンターの概要

落下塵カウンター 型番：DTSP-10-01 & DTSP-30-01は、サンプル収集板として4インチシリコンウエハを使用して付着した粒子を対象に、板上の10μm以上の粗大粒子の分級（10、30、50、100μmの4段階および30、66、96μmの3段階の二機種ラインナップ）とカウントを行う装置である。

図2に測定システムの構成を示す。LED光源からの照明光を、塵収集板に照射し、塵の像をモノクロカメラで撮影し、CCDの各画素からの出力信号に応じ、塵の粒径を推定し計数値化している。

測定結果はパソコン（別売）に表示・保存するこ

とが可能となっている。

従来の表面異物検査装置が半導体業界を対象とした可測範囲で設計されているのに対し、本機は、粗大粒子をターゲットとしたものとなっており、従来の表面異物検査装置と比べると測定時間が1枚あたり、約20～30秒と短く、簡単なボタン操作のみなので、特別な操作訓練が必要ない。

価格も、従来半導体のゴミ検査装置の機種（400万円～1億円）と比較するとはるかに安価で導入しやすいと言える。

\* 価格の詳細はお問い合わせください。

落下塵カウンターのもうひとつの大きな特徴はシリコンウエハの試料収集板を設置することで従来は



難しかった閉鎖空間中の粗大粒子の沈着付着量を測定できる、という点である。

乾燥工程、加熱工程、成膜装置などの炉内や真空チャンバー等の内部雰囲気はパーティクルカウンタなどでの測定が非常に困難であるため、その状況を知ることでさえ難しい状態であった。

しかし、落下塵カウンターを使用することで容易にその状態を知ることができる。特にラインの立上時など、複数の装置の立上げを早急に行う必要がある場合に効果を発揮すると思われる。このような閉鎖空間では、まだまだ有効なクリーン化対策が確立されていない分野もあるので、それらの改善に大きく役立つことができると確信している。

#### 4.3 落下塵カウンターの活用応用事例

工程中の落下塵測定はもちろんのこと、応用例として全く別の使い方では、サンプル収集板に対象物を押しつけることで、対象部位の表面にどの程度ゴミが付着していたのか、といった付着塵の確認（スタンプテスト）が可能である。事例としては、

- ①エアシャワー後のクリーンルームウエアに、どの程度の粗大粒子が残っているのか
- ②アSEMBリ時に、何個組み立てると手袋が規定の粒子数を超えて汚れるのか
- ③ワイピングクロス自体がどの程度発塵するのかなど、主に粗大粒子の付着持込み対策用途で効果を上げることができる。

さらに、別の使用方法として、

- ①予めゴミ・ホコリの付着したサンプル収集板にエアガンなどをかけた後、どの程度除塵できたのか、といった除塵率を差分から算出する
- ②イオナイザーの使用の有無によっての異物の除去数の違いの確認、エアブロー工程での条件出しなど、主に除去作業の効果について有効なデータを取ることが可能となった。

## 5. 最後に

本稿でご紹介した「見える化機器」から「落下塵カウンター」にいたる機器の活用によって、工程管理、歩留り向上策の中で多くの実践結果が出ている。これらの活用法を更に多くのお客様が取り入れ、この装置が認知され、日本発の落下塵測定器が世界の測定器のスタンダードとなることを願ってやまない。

\*今回ご紹介した「見える化機器」「落下塵カウンター」に関するお問い合わせは、NCC株式会社ホームページ <http://www.ncc-nice.com/> 「お問い合わせ窓口」よりお願い致します。

### Profile

やじま よしひこ  
NCC株式会社  
クリーン化ビジネス事業 チーフコーディネーター  
: 併任 NCC (上海) 貿易有限公司総経理

セイコーエプソン (株) 生産技術開発本部内で クリーン化技術専門部会リーダーを歴任 (6年間)  
セイコーエプソンのクリーン化技術展開における基礎から応用期を築く  
国内各事業所 海外現地法人に対して、ゴミ・異物対策、静電気対策、歩留り向上支援を展開  
セイコーエプソン社長表彰 クリーン化技術関連 5件  
2011年 早期退職の道を選び クリーン化技術コンサルタント 個人事業『ザッツ ブレイン』を立上げ代表に就任  
現在『ザッツ ブレイン』代表  
シーズシー有限会社技術顧問  
他 コンサルタント契約有り

RCJ 主催: ESDコーディネーター資格取得済み  
資格No. ESDC-01-0245