

あらゆる信頼できる粒子測定を支える精密科学

管理された実験室環境では、粒子測定の精度を確保することが問題になることはほとんどありません。しかし、実験室の外では、温度、湿度、流動特性が予期せず変化する可能性があり、粒子の挙動は予測しにくくなり、測定システムの真の堅牢性が試されます。

変動する環境条件下でナノ粒子の粒度分布やエアロゾル濃度をわずかに誤読しただけでも、製品品質の低下、コンプライアンスチェックの不合格、重要なシステム全体にわたる信頼性の崩壊など、連鎖的な結果につながる可能性があります。問題は、デバイスが最適な実験室環境で精度を提供できるかどうかではなく、実世界においてもその精度が維持されるかどうかです。

東京ダイレック株式会社 (TDC) は、30 年以上にわたり、この分野で卓越した実績を積み重ねてきました。

同社は、あらゆる導入段階において、科学的厳密さ、実環境下での試験、そして長期的な校正を組み込んだ高解像度の粒子状物質およびエアロゾル測定システムを提供しています。

TDC のプロセスは、販売のかなり前から、社内でのサンプル試験と、お客様の実際の環境を反映した動作条件のシミュレーションから始まります。システムファーストのアプローチは、ナノ粒子および微粒子測定において、精度は変動に耐えられる場合にのみ意味を持つという認識に基づいています。各機器は、測定だけでなく、変化する環境パラメータ全体にわたって整合性を維持できるように校正されています。

この違いこそが、お客様が TDC に再び依頼する理由です。測定システムの信頼性が高ければ、データの信頼性を疑われることがなくなるからです。

粒子測定の役割が拡大するにつれて、信頼はますます深まっています。

「粒子特性評価が半導体、クリーンエネルギープラットフォーム、環境モニタリングの中心とならずと以前から、私たちはアジアの産業・研究エコシステム全体でそれらの能力を具体化するための計測機器を開発してきました」と、代表取締役社長の白井義吾生（しらいよしあき）氏は述べています。

現在、その基盤は、サブミクロンのろ過効率の評価、室内環境条件の試験、複雑な大気シナリオのシミュレーションなど、幅広い影響力の大きいアプリケーションをサポートしています。TDC は、そのすべてを通して、機器の報告内容に責任を持ち、すべての測定値が信頼性が高く、再現性があり、精査に耐えられることを保証しています。

見えないものを測る

多くの科学者は、20 ナノメートル未満の粒子の測定は信頼性が低いと言うでしょう。このスケールでは、動的光散乱（DLS）などの光学的手法は限界に達し始めます。信号ドリフト、環境変動、そして粒子固有の挙動（形状、電荷、濃度）が不整合を引き起こし、データの信頼性をますます低下させます。しかし、TDC の場合、それは限界ではなく、むしろ入り口です。

光学的推論のみに頼るのではなく、凝縮粒子計数法を適用し、個々のナノ粒子に蒸気を凝縮させて拡大し、光学的に検出します。このアプローチにより、不安定な環境条件下でも、DLS の閾値をはるかに下回る粒子を直接、高忠実度で計測できます。

その仕組みは次のとおりです。ナノ粒子は加熱された飽和器に引き込まれ、そこでアルコール蒸気にさらされます。その後、飽和した空気は凝縮器を通過し、過飽和を引き起こします。蒸気はナノ粒子上で凝縮し、光学的に検出できる大きさの液滴を形成します。その結果、従来の検出限界を下回る粒子でも、一貫性と追跡可能性を備えた測定が可能になります。

TDC は信頼を第一に設計しています。例えば、当社の粉塵評価システムは、REACH (EU)、ブルーエンジェル、EURO 7、China 7、Tier 4 などの主要な国際基準に準拠しており、排気システム、ブレーキ材料、トナーベースのアプリケーションなど、幅広い分野に携わるお客様に正確な排出ガスプロファイリングを提供します。これらのシステムは、エンジニアリング上の問題を解決するだけでなく、企業が国際的なコンプライアンス基準を確実に満たすことを可能にします。

粒径分布の計測

粒子を検出するだけでは十分ではありません。電荷、組成、移動度が、材料が性能仕様を満たしているか、規制当局の審査に合格しているか、あるいは連鎖的なプロセス障害を引き起こしているかを決定します。そのため、TDC は微分型電気移動度分析装置（DMA）をシステムに統合し、粒子のサイズを個別に測定し、制御された条件下での電氣的移動度に基づいて粒子を分類します。

1 ナノメートルスケールでは、物理法則はもはや従来のようには機能しません。空気は流体よりも粘性が高くなり、表面力が質量と慣性よりも大きくなります。そして、粒子分類は精度の変動を研究する場となります。

TDC の DMA は、荷電粒子を中央の電極に向かって引き寄せます。移動度の高い小さな粒子はより速く加速し、予測可能な線に沿って分離します。TDC 独自のスプレードライ技術と組み合わせることで、この方法は、湿ったサンプルや複雑な懸濁液であっても、ほとんどのシステムでは到達できない分解能で精密な分類を可能にします。

この機能は、超微細材料の純度、均一性、そして予測可能な挙動に依存する産業にとって、画期的なものです。

「シングルナノメートル粒子の制御は、単に科学の進歩にとどまりません」と白井氏は語る。「未来の基準が到来する前に、産業界がそれを達成できるよう支援することです。」

例えば、先端半導体製造においては、1 ナノメートルの閾値で汚染物質を特定できるかどうか、ウェーハの歩留まりと生産停止の分かれ目となる可能性があります。CMP スラリーから洗浄溶剤に至るまで、あらゆる段階で一貫性を維持するための透明性を提供します。

政策形成を支える計測機器

TDC の計測機器は、日本政府が PM2.5 濃度を評価、規制し、最終的には基準値以下にすることを可能にしてきました。2021 年、環境省は日本の全地域が PM2.5 環境基準を満たしたと発表しましたが、これは TDC の計測機器の貢献もあって実現しました。

現在、TDC は日本の自動計測ステーションの約 30%、PM サンプリングシステムの約 70%を供給しています。厳しい規制を満たすため、TDC は規制を策定する機関と協力し、新たな科学的・環境的要求が生まれても自社のツールが常に最新の状態を保てるよう努めています。

TDC のリソースの約 15%は研究開発に充てられています。しかし、この投資が際立っているのは、それが国家科学戦略に組み込まれている点です。TDC は、JAXA や理化学研究所などの研究機関、そして東京大学、京都大学、東北大学の学術リーダーと直接連携し、エアロゾル挙動モデリングから次世代粒子合成に至るまで、現実世界の課題に関する技術提携を行っています。

この協働姿勢の成果の一つが、界面活性剤を必要とせずに 20nm 未満の無機粒子からナノポーラスコーティングを作製できる VSP-P1 ナノプリンターです。このシステムは、あらゆる導電性または半導体材料を用いて、機能層を正確かつ汚染なく印刷する方法を研究者に提供し、燃料電池、センサー技術、触媒表面における飛躍的な進歩を可能にします。

複雑な前処理や湿式化学反応を必要とする従来の方法とは異なり、VSP-P1 は気相合成法を用いて粒子を基板に直接堆積させます。金属から半導体まで、様々な材料に対応し、汚染のない結果をもたらします。

オンサイトでのサポート

TDC の強みの一つは、柔軟性、迅速な対応、アフターサービスといった側面を網羅するソフトインフラであり、これらはすべてブランド価値の構築に貢献しています。

最初のコンタクトから、TDC はあらゆる取り組みをコラボレーションとして捉えています。デモ機を用いた購入前テスト、設置後の校正、そして継続的なメンテナンスまで、機器とその背後にある科学的な知識の両方を熟知した社内エンジニアが担当します。

このような継続的な取り組みこそが、契約よりも永続的な価値、つまり信頼関係を築く鍵となります。

厳しい検証期限に間に合わせようとする研究者であれ、半導体の歩留まり向上を目指す多国籍メーカーであれ、真のエンゲージメントを期待できます。お客様は、TDC が自信を持って提供するソリューションを得られることを確信しています。

従業員数は少ないように見えるかもしれませんが、TDC のグローバルな展開と専門知識は、その実力を

物語っています。顧客リストは業界指標のようなものです。キヤノン、ソニー、トヨタ、パナソニック、三菱、ダイキン、デンソー、3M、JAXA、国立環境研究所、NTSEL など、数多くの企業が TDC をベンダーとしてではなく、技術的なパートナーとして見ています。

白井氏は、「お客様の成功こそが私たちの成功です。それが唯一重要な指標です。」と述べています。

様々な業界で必要となる粒子計測基準

TDC のイノベーションにおける役割は、計測機器だけにとどまりません。あらゆる分野において、TDC のシステムは粒子レベルでのリスク、精度、性能管理に不可欠なものとなっています。

半導体分野では、次世代チップ製造のための汚染管理プロトコルにシステムが組み込まれています。医療分野では、TDC は、細菌伝播からパンデミック時の室内空気質に至るまで、現実世界の感染リスクをシミュレートするエアロゾル曝露システムを共同開発しています。また、二酸化炭素回収・クリーンエネルギー分野では、放射性粒子を検出し、CO₂吸収システムの故障箇所を診断するツールを提供しています。

燃料電池材料、トナー粒子、ろ過膜など、TDC は微視的な不確実性を貴重な洞察へと変換し、盲点を測定可能な制御に置き換えるお手伝いをしています。

壮大な計画を支えるナノテクノロジー

TDC のナノ粒子科学における役割は、もはや研究室や生産ラインに限定されません。その専門知識は、政策形成、国家の優先事項の指針となり、各国が次世代の環境・エネルギー課題に備える方法に影響を与えるようになっていきます。

その重要性は、日本のグリーン・トランスフォーメーション（GX）戦略において顕著です。これは、150 兆円の官民投資を脱炭素化、水素エネルギー、先端材料に振り向ける包括的な計画です。粒子分析、汚染制御、ナノスケール製造における実績を持つ TDC は、すでにこの変革の基盤構築に貢献しています。

ナノメートル、炭素収支、分子閾値をめぐる世界の変化の中で、TDC は鏡であり羅針盤であり、今日の重要事項を映し出すと同時に、未来を指し示しています。これは、ニッチな需要を満たす高度な機器の単なる事例ではありません。粒子一つ一つを積み重ねることで構築される、次世代イノベーションの足場なのです。

TDC の機器は目に見えない粒子を検出するために設計されているかもしれない。しかし、その影響は半導体製造の安定性、公共の大気的安全性、国家基準の信頼性、そしてかつては解決不可能とされていた問題を業界全体で解決する上で、目に見える形で現れています。