DustTrak™ DRX エアロゾルモニターの動作原理

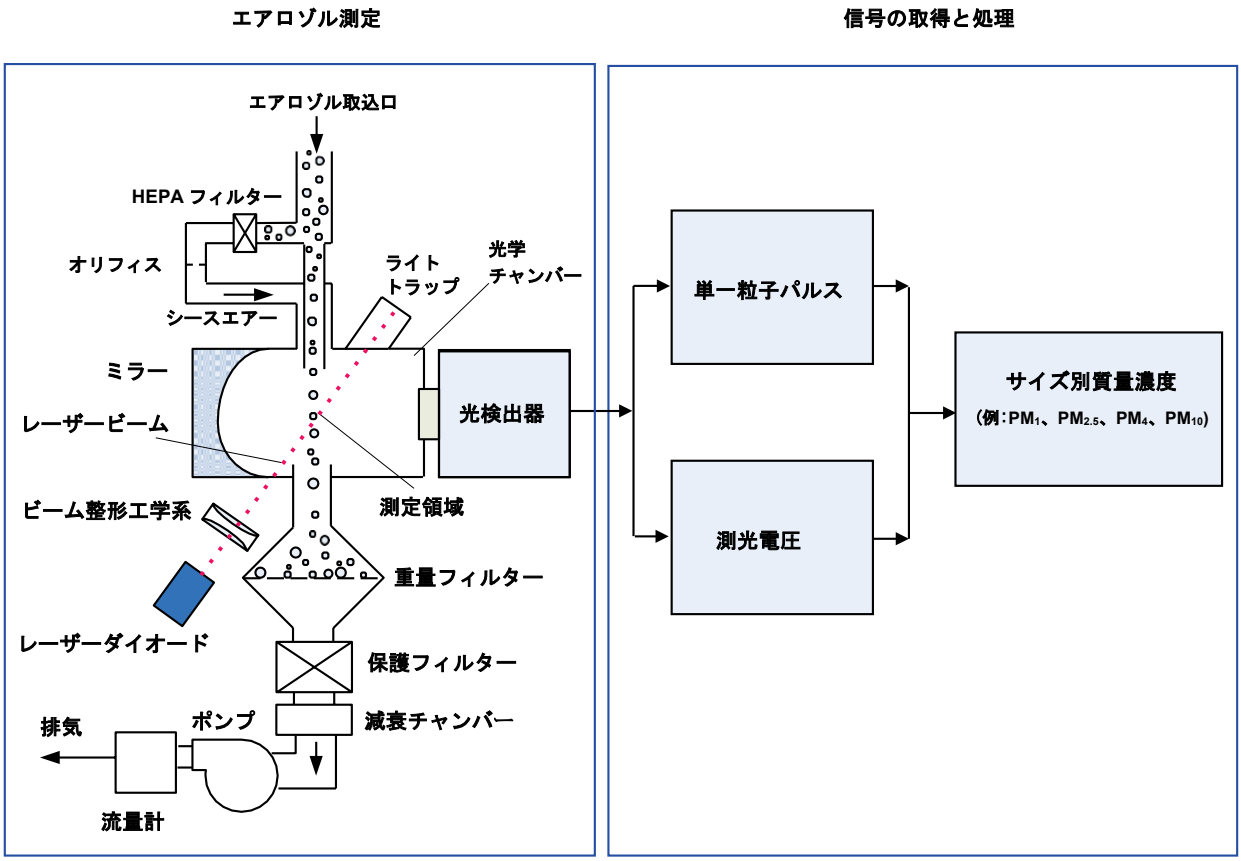
アプリケーションノート EXPMN-002 (A4-JP)

モデル 8533 と 8534 は、基本的な DustTrak™ II エアロゾルモニターのバージョンではなく、DRX モデルとして知られる上位モデルにあたります。DustTrak™ Model 8533 は卓上型で、Model 8534 はハンドヘルド型です。基本的なシングルチャンネル DustTrak II と DRX モデルの主な違いは、DRX アドバンストモデルが質量ベースの光度測定に加えて、サンプリングされたエアロゾルのサイズ分画を測定できることです。これは、広い濃度範囲（0.001～150mg/m^3）で、同時にサイズ分別された質量分画濃度（PM_1、$PM_{2.5}$、吸入性/PM_4、PM_{10}/咽頭通過性、TPM）をリアルタイムで測定する特許出願中の方法を採用しています。この方法は、質量濃度範囲をカバーする光度測定と、サンプリングされたエアロゾルのサイズを識別できる単一粒子検出測定を組み合わせたものです。

概略図は、基本モデルの DustTrak II エアロゾルモニターとよく似ています。エアロゾルは、ダイアフラムポンプを使用して連続的な流れで検知チャンバーに吸い込まれます。エアロゾルの流れの一部は、検知チャンバーの前方で分割され、HEPA フィルターを通過し、シース流として入口ノズルの周りのチャンバーに再び噴射されます。残りの流れはサンプル流と呼ばれ、検出チャンバーに入るインレットを通過します。ここでは、シート状のレーザー光が照射されています。このレーザー光のシートは、レーザーダイオードから形成されます。まず、レーザーダイオードから放出された光は、コリメートレンズを通過し、次にシリンドリカルレンズを通過して、薄い光のシートを作ります。金でコーティングされた球面ミラーは、粒子によって散乱された光のかなりの部分をとらえ、光検出器に集光します。

しかし、信号処理は一般的な光度計とは大きく異なります。エアロゾルの濃度を決定するには、質量濃度に比例する光検出器の電圧を使用しますが、光度計からの個々のパルスは、単一粒子の測定にも使用されます。以下の概略図に示すように、フォトダイオードの信号は、測光信号と単一粒子パルスの 2 つの成分に分離されます。光検出器にかかる電圧は、サンプリングされたエアロゾル全体に占める $PM_{2.5}$ の割合に比例します。次に、電圧には、テスト エアロゾルの既知の $PM_{2.5}$ 質量濃度と DustTrak DRX エアロゾル モニターの電圧応答の比から決定される校正定数が乗算されます。通常、テスト エアロゾルはアリゾナ テスト ダスト (または ISO 12103-1、A1 テスト ダスト) です。単一粒子パルスは、A1 テストダストの空気力学的サイズを測定するために校正されています。同時計数誤差を低減するため、1 µm 以上の粒子のみが記録されます。粒子質量は、4 つのサイズ別質量画分（PM_1、$PM_{2.5}$、吸入性/PM_4、PM_{10} /咽頭通過性、および TPM）のいずれかで計算され、記録されます。サイズ分離された質量濃度は以下のように求められます：

$PM_1 = PM_{2.5} - PM_{1\text{-}2.5}$
$PM_{2.5}$ = 測光信号×校正係数
吸入性/$PM_4 = PM_{2.5} + PM_{2.5\text{-}4}$
PM_{10} / 咽頭通過性 = $PM_4 + PM_{4\text{-}10}$
$TPM = PM_{10} + PM_{>10}$



DustTrak™ DRX エアロゾルモニターが使用するアルゴリズムは、基本的な光度計や光学式パーティクルカウンター（OPC）よりも優れた質量測定技術をもたらします。光度計は高質量濃度でも使用できますが、（分級インレットコンディショナーと併用しない限り）粒径の情報は得られず、大きな粒子が寄与する粒子質量を大幅に過小評価します。一方、OPC はサイズ情報を提供しますが、高濃度では使用できません。DustTrak™ DRX エアロゾルモニターは、質量測定の全体的な精度を向上させるために、両方の測定技術の利点を組み合わせることができます。

DustTrak™ DRX エアロゾル モニターは、測光信号が大きな粒子に対して感度が低く、1 µm を超える単一粒子を測定できるため、より高い精度で質量濃度を測定できます。加えて、DustTrak DRX はデッドタイム補正アルゴリズムを使って同時計数誤差を補正します。さらに、DustTrak DRX エアロゾルモニターは、独自の工場校正またはカスタム校正によって単一粒子パルスを空気力学的サイズに変換し、計算された質量濃度に対する粒子密度、屈折率、形状による質量計算誤差を大幅に削減します。その結果、DustTrak DRX エアロゾル モニターのサイズ別質量分画測定は、OPC のサイズ分解能と、一般的な光度計のようなはるかに高い質量濃度範囲を備えています。

DustTrak DRX モニターにはいくつかのキャリブレーション インパクターが付属していますが、これらはカスタム キャリブレーション中にのみ使用することをお勧めします。DustTrak DRX エアロゾルモニターを使用する最大の利点は、DustTrak II エアロゾルモニターベーシックを含む市場の他の光度計と比較して、サイズ選択インレットコンディショナーが必要ないことです。PM_1, $PM_{2.5}$, 吸入性/PM_4, PM_{10}/咽頭通過性および TPM フラクションは、分級インレットコンディショナーを使用することなく、すべて同時に測定できます。

質量測定の精度を向上させるため、DustTrak DRX エアロゾルモニターの測定値と重量測定サンプルを並べて比較することで、重量測定サンプルでユニットを校正できます。デスクトップ型 8533 では、37mm フィルターカセットサンプラーを光学チャンバーの出口でエアロゾルの流れにインラインで挿入することができ、外部ポンプやフィルターホルダーを使用することなく重量分析を行うことができます。

TSI® では、DustTrak DRX エアロゾルモニターは、ISO 12103-1、A1 テストダスト（アリゾナテストダスト）に重量校正された基準光度計（モデル 8587）に対して校正されます。このテストダストは、DustTrak DRX エアロゾル モニターのサイズ範囲全体をカバーする幅広いサイズ分布を持ち、さまざまな環境エアロゾルを代表するものです。

DustTrak™ DRX エアロゾルモニター内部の光学系は、クリーンなフィルター処理されたシースエアーでエアロゾル流を囲むことによって清浄に保たれています。このシースエアーはエアロゾルを狭い流れに閉じ込め、粒子が光学チャンバーの周囲を循環して光学部品に付着するのを防ぎます。粒子がインレットノズルの入る場所に関係なく、より均一なパルス幅を生成するレーザービームのガウス分布内にパーティクルを保持する事で、単一粒子測定の同時計数誤差を低減し、パルスの高さをより均一にしますまた、シースフローは機器の応答時間を改善します。ユーザーは、サンプルフローとシースフローの流量比を一定に維持するために定期的に交換する必要があるシースフィルタとメインフロー フィルターにアクセスすることもできます。DustTrak™ DRX のファームウェアは、フィルターの寿命を自動的に検出し、フィルター間の圧力降下が過大になる前にフィルターを交換するようユーザーに警告します。

TSI および TSI ロゴは、TSI Incorporated の登録商標です。

Knowledge Beyond Measure.

TSI Incorporated – 詳細については、当社の Web サイト **www.tsi.com** をご覧ください。

米国	**電話番号:** +1 800 680 1220	**インド**	**電話番号:** +91 80 67877200
英国	**電話番号:** +44 149 4 459200	**中国**	**電話番号:** +86 10 8219 7688
フランス	**電話番号:** +33 1 41 19 21 99	**シンガポール**	**電話番号:** +65 6595 6388
ドイツ	**電話番号:** +49 241 523030		

EXPMN-002 Rev. C (A4-JP) ©2024 TSI 社 米国で印刷