

## パーティクルカウンター（微粒子計測器）の選定

パーティクルカウンターには、さまざまな機種があり、計測粒径、吸引流量、計測できる最大粒子数（最大可測粒子濃度）などの仕様が異なります。最適なパーティクルカウンターを選ぶにはどうすればよいのでしょうか。

### ■計数値は大きい方がよい

パーティクルカウンターを選定するための重要な仕様は、計測粒径と吸引流量です。これらの仕様を決定する目安は、与えられた時間内に十分な粒子計数が得られるかです。空気中にランダムに分布する粒子数の平均濃度を求めるために、ある量の空気をサンプリングした場合、得られた計数値はポアソン分布に従います。ポアソン分布のばらつき（標準偏差）は平均個数の平方根で表されます。たとえば、平均個数濃度が1リットル中に100個ある空気から3リットルのサンプリングを繰り返した場合、得られた計数値は平均300個で、その標準偏差は $\sqrt{300}=17.3$ 個となります。同じ空気中で、0.3リットルのサンプリングを行うと計数値の平均は30個で、その標準偏差は $\sqrt{30}=5.5$ 個となります。それぞれのケースでの標準偏差を平均値で除した変動係数は $17.3 \div 300 \times 100 = 5.8\%$ と $5.5 \div 30 \times 100 = 18.3\%$ となり、明らかに計数値が大きい方が誤差は小さくて済みます。

計数値を大きくするには、長時間測定するか、吸引流量の大きなパーティクルカウンターを選ぶとよいです。

### ■一度には多くは測れない ～計数損失～

パーティクルカウンターは粒子を1個ずつカウントしていきます。1個の粒子をカウントするたびに散乱光の強さを測り大きさを分別します。これらの作業には当然一定の時間が必要で、その結果単位時間に計数できる粒子数に限界が存在します。多くの粒子が短時間に流れ込むと計数損失が発生し、場合によっては、まったく計数しなくなります。これを濃度に換算したものが最大可測粒子濃度で、通常5%または10%の計数損失が発生する濃度が示されています。

最大可測粒子濃度は、パーティクルカウンターの吸引流量が大きいほど低くなります。さらに、吸引流量の大きいパーティクルカウンターや感度の高いパーティクルカウンターはノイズ処理も複雑で最大可測粒子濃度が低くなります。次の表は TSI 社の気中パーティクルカウンター（エアロトラックシリーズ）で、 $0.5\mu\text{m}$  の感度を持ち吸引流量の異なる機種の最大可測粒子濃度を示しています。

Model	吸引流量	最大可測粒子濃度*
9510	28.3L/min (1ft <sup>3</sup> /min)	820,000 個/28.3L
9550	50L/min (1.77ft <sup>3</sup> /min)	710,000 個/28.3L
9500	100L/min (3.53ft <sup>3</sup> /min)	425,000 個/28.3L

\*計数損失：10%以下



パーティクルカウンターを最大可測粒子濃度付近で使用することは、試料の濃度変化などを考慮すると好ましいことではありません。計測環境で予測される濃度（個数）の5～10倍以上の最大可測粒子濃度を持つ機種を選択するほうがよいです。

#### ■小は大を兼ねない ～最小可測粒径～

0.5 μm 管理のクリーンルームの清浄度測定に最小可測粒径 0.1 μm のパーティクルカウンターを使用した場合どうなるでしょうか？

0.5 μm 以上の粒子数と 0.1 μm 以上の粒子数では「 $5^{2.08} = 28.4$  倍以上」違います。

ISO Class7 (Fed.Std./class10,000) の場合、0.5 μm 以上の上限濃度は 352,000 個/m<sup>3</sup> (10,000 個/ft<sup>3</sup>) ですから、仮に 0.5 μm 以上の粒子が 352,000 個/m<sup>3</sup> 存在していた場合、0.1 μm 以上の粒子は、10,000,000 個/m<sup>3</sup> (284,000 個/ft<sup>3</sup>) 以上あります。

パーティクルカウンターには最大可測粒子濃度（上限濃度）があり、検出できる粒子すべてが対象になります。最小可測粒径 0.1 μm (28.3L/min) のパーティクルカウンターだと上限濃度を超えるため使用できません。必要以上の高感度はかえって不都合を生じます。

#### ■最適なパーティクルカウンター

必要以上に過大な仕様のパーティクルカウンターは、測定値に悪影響を及ぼします。

クリーンルームの清浄度クラスに応じた機種を選定することが望ましいです。

また、清浄度の高い（低濃度）部屋の計測には、試料空気流量の大きなパーティクルカウンターが有利で、同じ時間計測した場合、試料空気流量の小さいパーティクルカウンターより計測値の信頼性が高まります。

以下は TSI 社の気中パーティクルカウンターで、それぞれの適合クラスを示しています。

Model	試料空気流量	計測粒径区分	適合クラス
9110	28.3L/min	0.1/0.15/0.2/0.25/0.3/0.5/1.0/5.0 μm	ISO Class 1～4
9310	28.3L/min	0.3/0.5/1.0/3.0/5.0/10 μm	ISO Class 4～8
9350	50L/min	0.3/0.5/1.0/3.0/5.0/10 μm	ISO Class 4～8
9510	28.3L/min	0.5/0.7/1.0/3.0/5.0/10 μm	ISO Class 5～8
9550	50L/min	0.5/0.7/1.0/3.0/5.0/10 μm	ISO Class 5～8
9500	100L/min	0.5/0.7/1.0/3.0/5.0/10 μm	ISO Class 5～8
9303	2.83L/min	0.3/0.5 (1.0/2.0/2.5) /5.0 μm	ISO Class 7～9
9306	2.83L/min	0.3/0.5/1.0/3.0/5.0/10 μm	ISO Class 7～9
RecDus-501	2.83L/min	0.5/5.0 μm	ISO Class 7～9

