

マイクロメートル粒径域に対応した 気中パーティクルカウンタの校正サービス



飯田健次郎

いいだけんじろう
Email: kenjiro.iida@aist.go.jp
産業技術総合研究所
計量標準総合センター
物質計測標準研究部門
粒子計測研究グループ
主任研究員

2008年、米国州立ミネソタ大学機械工学科博士課程修了。産総研 NMIJ 応用統計研究室でのポストドク研究員としての期間を経て 2009 年に 4 月に常勤職員として入所。所属学会：日本エアロゾル学会、アメリカエアロゾル学会、日本 PDA 製薬学会。2017 年に日本エアロゾル学会より計測賞を受賞。

当該研究テーマ以外に、エアロゾル粒子への核凝縮についての研究、および核凝縮を応用した数ナノメートル粒径域でのエアロゾル粒子計数器の開発に従事。

当該テーマの共同研究者：水上敬（リオン株式会社）、下野彰夫（㈱汀線科学研究所）、伊藤文成（JAXA）、桜井博（産総研）

空気清浄度モニタリングに用いられる気中パーティクルカウンタの計数効率の校正をマイクロメートル粒径域で実施することはこれまで困難でした。しかし、産総研が開発したインクジェットエアロゾル発生器を用いることで、そうした校正が可能となりました。この技術により、製薬環境などでの気中浮遊菌モニタリングなど、サブマイクロからマイクロメートル粒径域の気中パーティクルを対象とした清浄度管理に貢献します。

1. 空気清浄度モニタリング

気中に浮遊する微粒子が製品に付着することは、産業活動の様々な場面で望ましくなく、これらの状況での微粒子はパーティクル（異物）と呼ばれます。パーティクルが付着すると生産効率が低下する可能性のある製品の例として、電子デバイス、医薬品、液晶、光学部品、精密加工品、食品、人工衛星などがあります。電子デバイス製造では $0.1 \mu\text{m}$ 以上、その他では $0.3 \mu\text{m}$ 以上のパーティクルを測定し清浄度管理を行うのが一般的です。

光散乱式気中パーティクルカウンタ（気中 OPC）は吸引したエアロゾル中のパーティクルがレーザー光を通過した際に発する散乱光パルスの数より濃度を測定し、各パルスの高さより粒径を測定します。気中 OPC はパーティクル計数値の正確さを追求した計測器です。

気中 OPC の世界市場は数百億円規模であり、アジア太平洋領域での医薬品・電子デバイス産業の成長が市場ポテンシャルと報告されています。今注目されている気中 OPC の測定対象は医薬品製造環境に浮遊する細菌やカビなどの微生物（以下、気中浮遊菌）です。気中 OPC が測定したパーティクル数がリアルタイムでの気中浮遊菌の指標として活用されています。

微生物の粒径は単体で浮遊していれば数マイクロメートルです。これより、日本薬局方では、気中 OPC で測定した $0.5 \mu\text{m}$ 以上および $5.0 \mu\text{m}$ 以上の粒子数濃度の上限を、各医薬品の製造で求められる清浄度のグレードによって規定しており、この測定には粒子計数効率（以下、計数効率）が校正された気中 OPC を使用することとしています。

2. 気中 OPC の校正

気中 OPC の計数効率の校正には、気中 OPC の規格 ISO 21501-4 (JIS B 9921) に記された手法が世界的に採用されています。この手法では、図 1(a) で示すように、試験粒子を混合チャンバー内に一様に分散させ、参照標準器と校正対象の気中 OPC と

でチャンバー内の粒子数濃度を同時に測定し、これらの粒子数濃度を比較することで計数効率を評価します。

しかし現行法を微生物（および微生物が付着したパーティクル）が属するマイクロメートルオーダーの粒径域に適用することは困難です。その理由は、マイクロメートル粒子群は、気中での慣性運動および重力によりチャンバー内や配管の壁に沈着しやすく、そのためチャンバー内にこれらの大きさの試験粒子を一様に分散することが困難だからです。

この課題を解決するため、産総研では図 1(b) で示すように、粒径が揃ったマイクロメートルオーダーの試験粒子を正確な数で発生させ、OPC を校正するための技術として、インクジェットエアロゾル発生器 (IAG) を開発しました。現在、IAG を用いた気中 OPC の計数効率の校正依頼試験を行っております。

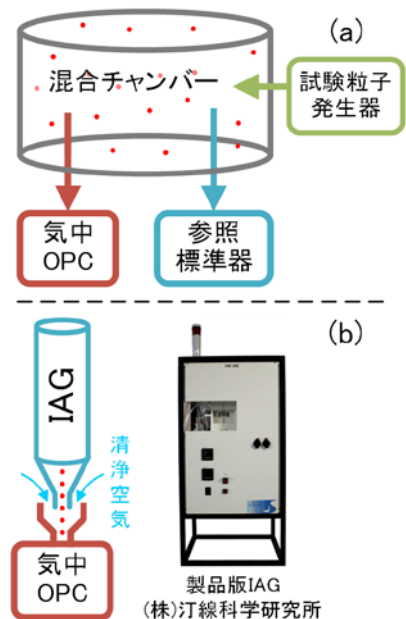


図 1. 気中 OPC の校正法。(a) 現行規格による並行測定法。(b) 産総研が開発した発生器法