

## SEMI E66-0611

### TEST METHOD FOR DETERMINING PARTICLE CONTRIBUTION BY MASS FLOW CONTROLLERS

### マスフローコントローラのパーティクル発生測定の方法

**免責事項:**この SEMI スタンダードは、投票により作成された英語版が正式なものであり、日本語版は日本の利用者各位の便宜のために作成したものです。万が一英語と日本語とに差異がある場合には英語版記載内容が優先されます。

SEMI スタンダード日本語翻訳版をご利用にあたっての注釈を本文の末尾に記載しております(「すべきである」「しなければならない」について等)。

本スタンダードは、global Gases Committee で技術的に承認されている。現版は 2011 年 5 月 13 日、global Audits and Reviews Subcommittee にて発行が承認された。2011 年 6 月に [www.semiviews.org](http://www.semiviews.org) および [www.semi.org](http://www.semi.org) で入手可能となる。初版は 2003 年 11 月発行。

## 1 目的

1.1 本テストの目的は、高純度ガスシステムでの使用を意図したマスフローコントローラにより、パーティクル発生を測定することである。

## 2 範囲

2.1 本文書は、複数のテスト条件下にあるマスフローコントローラからのパーティクル発生を、統計学的に有意に比較するためのテスト方法について説明する。

2.2 本テスト方法は、高純度ガスシステムに導入することを意図されたマスフローコントローラをテストするための手順を定義する。製造業者およびエンドユーザによる使用が意図されている。

**注意:** このスタンダードおよび安全ガイドラインはその使用に関連した全ての安全問題を取り扱うことを意図していない。この文書の使用者は、その責任において、適切な安全および健康上実施すべき事柄を確立し、また使用前に法規制やその他の制限への適用性を判断するものである。

## 3 制限

3.1 本文書は、いったん特定の MFC をテストした後、もとの場所でパーティクル性能を監視するための方法を目的としたものではない。

3.2 テストメディアは、窒素またはアルゴンに限定される。通常の動作条件のもとでは、実際の性能は異なる場合がある。

3.3 この方法によって生成されたデータの精度は、使用するパーティクル測定器具の精度の範囲に限定される。

3.4 このテスト方法は、1 年の経験レベルで装置の使用方法を理解している作業者が行うことができるように意図されている。

3.5 このテスト方法では、現在のパーティクルカウント技術に制約があるため、実施したテスト結果から別の比較可能なテスト結果を得ることは期待すべきではない。

3.6 結果は、装置の組立てに使用された方法によって損なわれることがある。

## 4 参照スタンダードおよび文書

### 4.1 SEMI スタンダードおよび安全ガイドライン

SEMI E29 — Standard Terminology for the Calibration of Mass Flow Controllers and Mass Flow Meters

SEMI F1 — Specification for Leak Integrity of High-Purity Gas Piping Systems and Components

注: SEMI による書面での了承なき場合は、本書の全部もしくは一部の転載を禁じる。

©Semiconductor Equipment and Materials International (<http://www.semi.org/>)  
©SEMI ジャパン 〒102-0074 東京都千代田区九段南 4-7-15

## 4.2 ASME スタンドアード<sup>1</sup>

ASME B46.1 — Surface Texture (Surface Roughness, Waviness, and Lay)

## 4.3 ISO スタンドアード<sup>2</sup>

ISO 14644-1 — Cleanrooms and Associated Controlled Environments Part 1: Classification of Air Cleanliness.

ISO 14644-2 — Cleanrooms and Associated Controlled Environments Part 2: Specifications for Testing and Monitoring to Prove Continued Compliance with ISO 14644-1

注意: 別途指示のない場合, 引用された全ての文書は最新の出版バージョンである。

## 5 用語

### 5.1 略語および頭字語

- 5.1.1 CNC (*condensation nucleus counter*) — 凝縮核カウンタ
- 5.1.2 dof (*degrees of freedom*) — 自由度
- 5.1.3 DUT (*device under test*) — 被テストデバイス
- 5.1.4 FS (*full scale*) — フルスケール
- 5.1.5 IKS (*isokinetic sampler*) — 等速サンブラ
- 5.1.6 kPa (*kiloPascal*) — キロパスカル
- 5.1.7 LPC (*laser particle counter*) — レーザー粒子カウンタ
- 5.1.8 ppm (*parts per million*) — 全試料の 100 万分の 1 単位の量
- 5.1.9 psia (*pounds per square inch absolute*) — 1 平方インチあたりのポンド, 絶対値
- 5.1.10 psid (*pounds per square inch differential*) — 1 平方インチあたりのポンド, 圧力差
- 5.1.11 psig (*pounds per square inch gauge*) — 1 平方インチあたりのポンド, 標準規格
- 5.1.12 Ra (*roughness average per ASME B46.1*) — 平均粗さ (ANSI B46.1 に定義されている)
- 5.1.13 RH (*relative humidity per ASME B46.1*) — 相対湿度 (ANSI B46.1 に定義されている)
- 5.1.14 Rmax (*roughness maximum*) — 表面粗さの最大値
- 5.1.15 scfm (*standard cubic feet per minute*) — 標準立方フィート/分
- 5.1.16 SFC (*supply mass flow controller*) — サプライマスフローコントローラ
- 5.1.17 slpm (*standard liters per minute*) — 標準リットル/分
- 5.1.18 SPC (*statistical process control*) — 統計学的プロセス管理

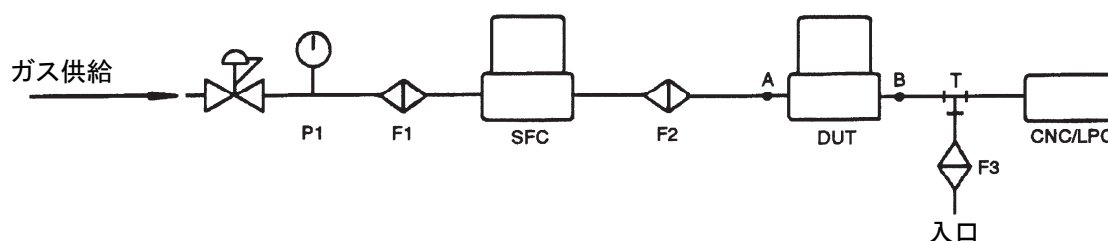
### 5.2 定義

- 5.2.1 バックグラウンド計数 (*background counts*) — テスト対象の代わりにスプールピースを使用した場合, テスト装置によって提供される計数 (カウンターの電氣的雑音を含む)
- 5.2.2 ダイナミックコントロールモードテスト (*dynamic control mode test*) — 通常の MFC 動作の範囲内でテスト流量を変化させて, パーティクル発生量を求めるためのテスト

<sup>1</sup> American Society of Mechanical Engineers, Three Park Avenue, New York, NY 10016-5990, USA; Telephone: 973.882.1170, Fax: 973.882.1717, <http://www.asme.org>

<sup>2</sup> International Organization for Standardization, ISO Central Secretariat, 1, rue de Varembe, Case postale 56, CH-1211 Geneva 20, Switzerland. Telephone: 41.22.749.01.11; Fax: 41.22.733.34.30, <http://www.iso.ch>

- 5.2.3 衝撃または振動テスト(*impact or vibration test*) — 通常の MFC 動作の範囲内で, DUT へのインパクトまたは DUT の振動の結果生じたパーティクル発生量を求めるためのテスト
- 5.2.4 等速サンプリング(*isokinetic sampling*) — サンプルプローブ入口の速度(流速および流れ方向)を移動するエアロゾルまたは液体の速度と一致させることによって移動するエアロゾルまたは液体中のパーティクルをサンプリングすること
- 5.2.5 正規統計分布(*normal statistical distribution*) — 平均ゼロ, 標準的偏差 1 の標準的な正規分布
- 5.2.6 観測(*observation*) — サンプル/データ収集期間
- 5.2.7 パージモード(*purge mode*) — 制御バルブが完全に開いている状態
- 5.2.8 サンプル流量(*sample flow*) — パーティクル検出のためにカウンタによって抽出された体積流量
- 5.2.9 サンプリング時間(*sampling time*) — カウントが記録される時間単位量
- 5.2.10 スプールピース(*spool piece*) — バックグラウンドを確立するためにテスト部品の代わりに使用される, 電解研磨された真っ直ぐなチューブと適切な継手から成り立つヌル部品
- 5.2.11 安定したパーティクルレベル(*stable particle level*) — 付属書 1 で説明したように, 少なくとも連続した 8 つの読み取りについて一様のパーティクルレベル
- 5.2.12 標準参照条件(*standard reference conditions*) — 101.32 kPa, 0.0°C (14.7 psia, 32°F) (SEMI E29 参照)
- 5.2.13 統計的プロセス管理(*statistical process control*) — 通常の統計分布に従った実験データを分析してテストが安定しているかどうかを調べるための, 本スタンダードによって使用される方法
- 5.2.14 定常状態コントロールモードテスト(*steady state control mode test*) — 通常の MFC 動作の範囲内における, 定常状態テスト中のパーティクル発生量を求めるためのテスト
- 5.2.15 供給圧力(*supply pressure*) — フィルタ F1 の直ぐ上流の圧力(図 1 および図 2 参照)
- 5.2.16 テスト流量(*test flow*) — 被テストデバイスを通じての体積流量



#### 凡例

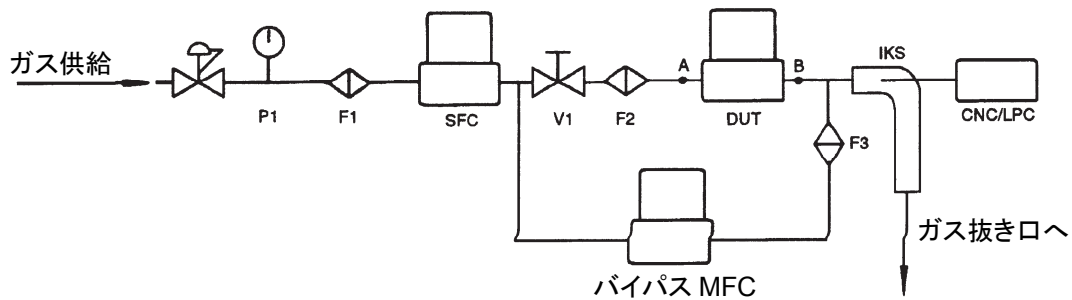
P = 圧力ゲージ  
 F = フィルタ  
 SFC = 供給流量コントローラ  
 DUT = 被テストデバイス  
 CNC = 凝縮核カウンタ  
 LPC = レーザーパーティクルカウンタ  
 T = T 型継手

#### 注

- (1) 入口 F3 は下向きにすること。
- (2) DUT と T の中心間の距離は, 最小限に保つこと。
- (3) すべての管は, 外径 6.35 mm (1/4 in) とする。
- (4) A, B は接続点である。

図 1

テスト流量がサンプル流量よりも小さい場合のテスト構成



#### 凡例

P = 圧力ゲージ  
 F = フィルタ  
 SFC = 供給流量コントローラ  
 V = バルブ(スロットル)  
 バイパス MFC = マスフローコントローラのバイパス  
 CNC = 凝縮核カウンタ  
 LPC = レーザーパーティクルカウンタ  
 DUT = 被テストデバイス  
 IKS = 等速サンブラ

#### 注

- (1) 管は, IKS 以外は外径 12.7 mm (1/2 in) とする。
- (2) IKS に関しては, 表 1 および図 1 を参照のこと。
- (3) A, B は接続点である。
- (4) 1/2 インチチューブの内径は, 1.25 mm (0.49 in) とする。

図 2

テスト流量がサンプル流量よりも大きい場合のテスト構成

## 6 テスト方法の概要

6.1 バックグラウンド計数は, 定常状態コントロール, ダイナミックコントロール, および衝撃テストのために測定される。定常状態コントロールモードテスト, ダイナミックコントロールモードテスト, および衝撃テストは, 安定したパーティクルレベルを実現するために必要な時間のパーティクルをカウントすることによって実施される。バックグラウンドテストは, 重ねて実施される。

## 7 装置

7.1 テストガス (Test Gas) — 790.57 kPa (100 psig) における露点が  $-40^{\circ}\text{C}$  ( $-40^{\circ}\text{F}$ ) かつ全体の炭化水素が 10 ppm 未満の窒素を用いる。

7.2 メンブレンフィルタ (Membrane Filters) — テストガスをフィルターするために, 0.01 mm より大きいパーティクルに対し  $10^9$  の捕集率がある。この時, 790.57 kPa (100 psig) の入力に対する圧力低下は 283,170 sccm (10 scfm) で 7.91 kPa (1 psid) よりも小さい。また, テスト条件下で 0.01 mm のパーティクルをテストガス 1 立方フィートあたり 1 個未満に達成する。

7.3 調圧器 (Pressure Regulator) —  $0.18\text{ }\mu\text{m}$  ( $7\text{ }\mu\text{in}$ )  $R_a$  および  $0.25\text{ }\mu\text{m}$  ( $10\text{ }\mu\text{in}$ )  $R_{max}$  の内部表面仕上げに電解研磨された 316L ステンレススチールから作成されており, システムのテスト圧力を維持する。

7.4 圧力ゲージまたはトランスデューサ (Pressure Gauge or Transducer) —  $0.18\text{ }\mu\text{m}$  ( $7\text{ }\mu\text{in}$ )  $R_a$  および  $0.25\text{ }\mu\text{m}$  ( $10\text{ }\mu\text{in}$ )  $R_{max}$  の内部表面仕上げに電解研磨された 316L ステンレススチールから作成されており, システムのテスト圧力を監視する。

7.5 スロットルバルブ (Throttle Valve) —  $0.18\text{ }\mu\text{m}$  ( $7\text{ }\mu\text{in}$ )  $R_a$  および  $0.25\text{ }\mu\text{m}$  ( $10\text{ }\mu\text{in}$ )  $R_{max}$  の内部表面仕上げに電解研磨された 316L ステンレススチールから作成されており, テストシステム内の流量を調整する。

7.6 管(Tubing) –  $0.18\text{ }\mu\text{m}$  ( $7\text{ }\mu\text{in}$ )  $R_a$  および  $0.25\text{ }\mu\text{m}$  ( $10\text{ }\mu\text{in}$ )  $R_{max}$  の内部表面仕上げに電解研磨された 316 L ステンレススチールから作成されている。

7.7 供給流量コントローラ(Supply Flow Controller (SFC)) – 金属密閉されており、DUT がない状態で、スプールピースを通じて DUT の整定時間以内で流量を確定するために使用される。すべてのテストを実行するには、複数範囲の SFC が必要とされることがある。

7.8 上流側アダプタ(Upstream Adapter) – 12.7 mm (1/2 インチ) 管をテストデバイスに接続するためのものである。12.7 mm (1/2 インチ) 径のテストデバイスに関しては、アダプタは単純なフェースシールコネクタである。6.35 mm (1/4 インチ) 径のテストデバイスに関しては、アダプタは、6.35 mm と 12.7 mm (1/4 インチと 1/2 インチ) 間のフェースシール接続をする先細コーンである。

7.9 下流側アダプタ(Downstream Adapter) – 12.7 mm (1/2 インチ) サンプラ管をテストデバイスに接続するためのアダプタのこと。12.7 mm (1/2 インチ) 径のテストデバイスに関しては、アダプタは単純なフェースシールコネクタである。6.35 mm (1/4 インチ) 径のテストデバイスに関しては、アダプタは、6.35 mm と 12.7 mm (1/4 インチと 1/2 インチ) 間のフェースシール接続間をする先細コーンである。

7.10 スプールピース(Spool Pieces) – テストピースの継手内径と同じ内径と、DUT の長さに対応する長さを持ち、システムのバックグラウンドカウントを得る間、テストデバイスの代わりにシステムに取り付けられる。

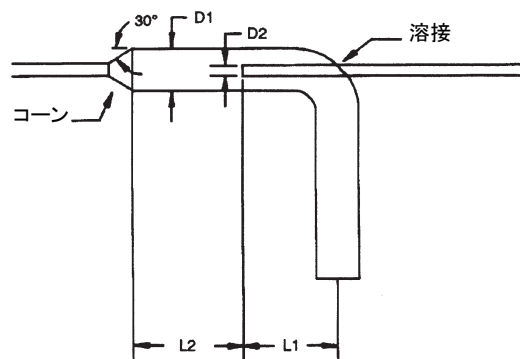
7.11 継手(Fittings) – テスト部品の端末接続に対応したフェースシールコネクタまたは圧縮継手のこと。比較される各 DUT の端末接続継手は、同じ種類のものでなければならない。

7.12 金属ガスケット(Metal Gaskets) – 新しい接続に対しては、それぞれ新しいガスケットを使用しなければならない。

7.13 機械的衝撃デバイス(Mechanical Shock Device) – テストデバイスに対する衝撃によって、機械的ショックを与えるための装置のこと(図 4 参照)。

7.14 計器(Instrumentation) – パーティクルカウントデータを収集するための凝縮核カウンタ(CNC)またはレーザーパーティクルカウンタ(LPC)のこと。

7.15 等速サンプラ(Isokinetic Sampler (IKS)) – 代表サンプルの収集に使用する静的デバイスのことであり、流動特性および/あるいはパーティクルサイズによる影響を受けない(図 3 参照)。ガス流の代表サンプルを収集できるなら、その他の等速サンプラの設計も許容される。



D1 = サンプラの直径  
 D2 = プローブの直径  
 L1 = サプリングチューブの長さ(最小 15 × D1)  
 L2 = 直線部分の長さ(最小 15 × D1)

注

1. コーンは 30°とする。
2. 素材: 電解研磨された 316L, Ra(0.25 mm), Rmax(0.375 mm)
3. IKS の 90 度の折れ曲りから下流の管容積は、雰囲気空気がサンプルされることを防ぐため, CNC/LPC に引かれるガスの容積を収めるのに十分である必要がある。この時, フルスケールが IKS の最大値と等しい DUT は 10%に設定される。
4. D1 および D2 は, 内径である。

図 3  
 等速サンプラの設計

表 1 等速サンブラ条件

| 最大 IKS 入口流量<br>(リットル/分) | プローブ D <sub>2</sub> 内径<br>(注)mm (インチ) | サンブラ D <sub>1</sub> 内径 —<br>mm (インチ) | 最悪の場合の希釈 |
|-------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|----------|
| 300                     | 4.62 (.180)                           | 68.58 (2.700)                        | 3:1      |
| 100                     | 4.62 (.180)                           | 39.62 (1.560)                        | 3:1      |
| 30                      | 4.62 (.180)                           | 21.44 (0.844)                        | 3:1      |
| 10                      | 4.62 (.180)                           | 11.99 (0.472)                        | 3:1      |
| 3                       | 7.75 (.305)                           | 12.57 (0.495)                        | 2:1      |