

# クリーンルームの試験

このレポートについてのお問合せ先 TEL. 03-3832-1731 部署/企画室 門馬秀樹

本資料はIES-RP-CC006.2 (1993年発行) Testing Cleanroomsを要約したものである。原本及び全訳は当社に保存されておりますので必要時は御要求下さい。

## 1. 目的と注意事項

本規格はクリーンルームおよびクリーンゾーン (以下C.R.と記す) の性能を特定するための試験、検査方法について述べる。試験、検査はC.R.の運転状態 (3種類) と測定のコラボにより行われる。試験、検査項目、そしてその許容値 (仕様値) の多くはユーザーと工事業者間にて決定する。日常のモニタリングには重要な試験項目を選び行うべきである。

## 2. C.R.の方式別試験・検査項目

### 3. C.R.とその状態の分類

C.R.の形式により図1の3種に、運転状態より表1の1、2、3に分類される。

## 4. 試験、検査の分類

表2参照。

## 5. 気流速度、風量と分布特性試験

一方向流の場合、気流の流入面を0.37㎡以下に分割して、HEPAフィルターより30cm以内の位置で風速を測定する。非一方向流の場合の吹出風速は代表としてHEPAフィルターの中心で15cm以内の距離で測定する。

風量は測定用フードを取付て測定する。測定データは以下の如くまとめる。(一方向流時について記す)

- a) 図面上の測定グリッド毎に風速を記録する。
- b) 風速の平均値を求める。
- c) 風速の相対標準偏差値を求める。(18項参照)

表1. C.R.の方式別試験、検査項目

IES-RP章	試験、検査	一方向流 (層流)	非一方向流 (乱流)	混流 (層流部+乱流)
6.1	風量とその分布	1、2、3	1、2、3	1、2、3
6.1	風速とその分布	1、2、3	要求による	要求による
6.2	フィルターのリーク	1、2	1、2	1、2
6.3	粒子濃度	1、2、3	1、2、3	1、2、3
6.4	室圧力	1、2、3	1、2、3	1、2、3
6.5	気流の平行度	1、2	不要	(要求により1、2)(3不要)
6.6	気密度	1、2	1、2	1、2
6.7	回復時間	不要	1、2	1、2
6.8	落下粒子	1、2、3	1、2、3	1、2、3
6.9	照度	1、(2、3は要求による)	1、(2、3は要求による)	1、(2、3は要求による)
6.10	騒音	1、2、3	1、2、3	1、2、3
6.11	温度分布	1、2、3	1、2、3	1、2、3
6.13	湿度分布	要求による	要求による	要求による
6.14	振動	要求による	要求による	要求による

1 : As-built=C.R.完成時  
 2 : As-rest=C.R.に製造装置が配置されているが非運転時  
 3 : Operational=作業時

表2 試験、検査の分類

必ず必要 (レベルI)	使用者の要求による (レベルII)	使用者要求による環境試験 (レベルIII)
<ul style="list-style-type: none"> <li>・気流速度、風量とその分布</li> <li>・フィルターのリーク</li> <li>・粒子濃度</li> <li>・室圧力</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・気流の平行度</li> <li>・気密度</li> <li>・回復時間</li> <li>・落下粒子</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・照度分布</li> <li>・騒音</li> <li>・温、湿度とその分布</li> <li>・振動</li> </ul>

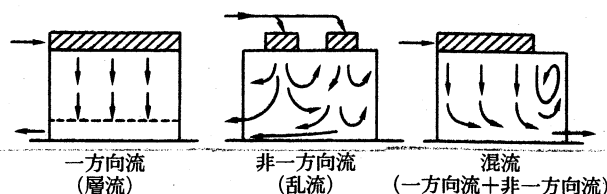


図1 C.R.の分類

$$\text{相対標準偏差値} = \frac{\text{標準偏差値}}{\text{平均風速}} \times 100 (\%)$$

- d) 風量とその相対標準偏差値を求める。
- e) 平均風速、平均総風量は仕様値の±5%以内であること。
- f) 相対標準偏差値は15%以内であること。

## 6. HEPA、ULPAフィルターのリーク検査

本試験はM3.5 (Class100) より清浄率が高いC.R. について行う。

添加粒子として高濃度エアロゾル又は外気を使用し、測定機としてホットメーター又はパーティクルカウンターが使用される。

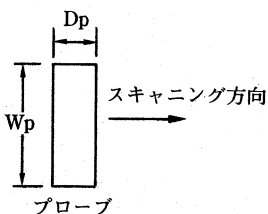
### 6-1. 高濃度エアロゾルとホットメーターによる方法

フィルターの上流を高濃度とすることができる比較的小規模な空調装置に使用される。

- a) ラスキングノズル又は加熱により発生する液体エアロゾルを上流側に添加し、 $10 \mu\text{g/L}$  (約  $3 \times 10^{10} \text{個}/\text{m}^3 = 10^9 \text{個}/\text{ft}^3$ ) の濃度とする。
- b) ホットメーターの感度を上流値に対し、100%に調整する。
- c) 等速吸引形プローブにより、3 m/分以下の速度でスキヤニングを行う。
- b) 上流に対し、0.01%の値をリークとして記録する。
- e) リーク場所の補修は表面積で3%以下、長さで3.5cm以下であること。補修後に再テストを行うこと。

### 6-2. 外気 (Alternative-source) パーティクルカウンターによる方法

乱流形C.R.に本方式を使用する場合には室内清浄度がリークテスト許容値の10%以下でなければならない。空気吸引プローブは等速吸引とせねばならず例を図2に記す。



$$D_p = \frac{F_a}{V \cdot W_p}$$

$$S_r = \frac{C_c \cdot L_s \cdot F_a \cdot D_p}{60 N_p}$$

$$\frac{D_p}{S_r} < T_s$$

- Fa: パーティクルカウンター流量 (L/分)
- V: フィルターよりの吹出風速 (m/分)
- Sr: スキヤニングの速さ (cm/sec)
- Cc: フィルター上流の粒子濃度 (P/L)
- Ls: フィルターの定格リーク量、例0.01%=0.0001 (ペネトレーション)
- Np: フィルター定格効率率時の粒子カウント数 (P/分)
- Ts: パーティクルカウンターでの測定時

図2 等速吸引プローブとスキヤニング速度の計算

ポアソン分布により計算された測定カウント数とその確率を図3に示す。

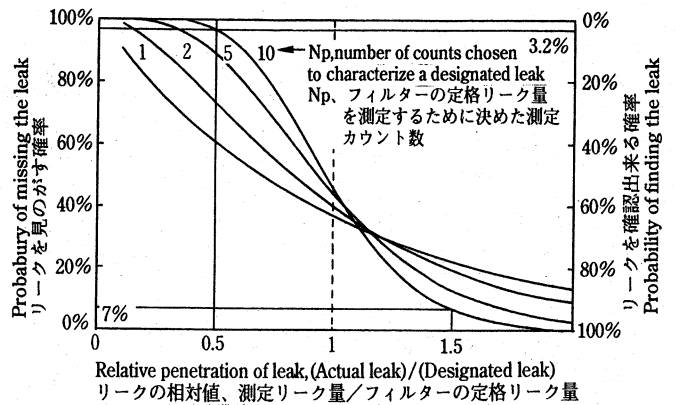


図3 測定カウント数とリーク確認確率

- a) Sr以下の速度でプローブを移動しスキヤニングを行う。フィルター面より約2.5cmの位置とする。理論値以上のカウント数が発生した場合には、その部分を詳細に測定しその最大値を記録する。
- b) 不良場所の補修は面の3%以下とし、3.5cm以上の長さは補修は不可とする。

### 6-3 高濃度エアロゾルとホットメーターによる総合的リークの測定法

ダクト内の総合効率の測定。フィルター上流でのエアロゾルの混合、分布が重要である。

- a) 風速は設計値±20%以内のこと。
- b) 下流側の平均濃度とその標準偏差を求める。
- c) フィルターのペネトレーションを求める。

## 7. CR内粒子濃度の測定

本試験はC.R.がFED-STD-209の清浄度クラスのいずれかを保証出来るかを定める試験である。

- a) 作業台の高さで測定を行なう。サンプルの数及びグリッド面積は表3により定める。
- b) 乱流式のC.R.ではバラツキが大きいいため測定点を多くする。
- c) 測定状況、測定粒子径、サンプル流量、計測粒子数、時間、サンプル場所を記録する。
- d) それぞれの測定点における平均値はクラス限度値以下でなければならない。そして全測定点の総平均値は95%の信頼性でクラス上限値以下でなければならない。(FED-STD-209参照)

表3 清浄度測定時の推奨格子面積

清浄度クラス		格子面積 (m <sup>2</sup> )	格子寸法 (m)
メートル法	英国法		
M6.5	100,000	9.3	3×3
M5.5	10,000	6	2.5×2.5
M4.5	1,000	1.5	1.2×1.2
M3.5以上	100以上	0.4	0.6×0.6

## 8. 室内の圧力測定

すべてのドア・窓を閉め、C.R.と前室そして前室と外気の差圧を測定する。C.R.が複数室に分割されている場合にはそれぞれの室間の差圧を測定する。測定には0.25mm水柱以上の精度が必要である。

## 9. 気流の平行度試験

本試験は一方向流C.R.に対して行われる。

- 作業部への流入面を3m×3mのグリッドとする。
- スモーク発生機と測定面の距離は0.9m以上とする。
- 拡散角度14度以上のグリッドを記録する。

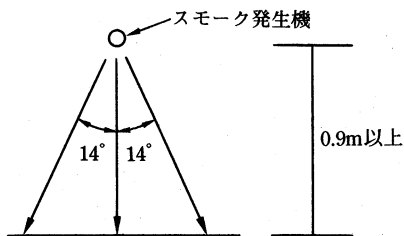


図4 気流の平行度試験

## 10. 室の密閉度試験

- 室外の粒子濃度を $3.5 \times 10^6$ 個/m<sup>3</sup>以上とする。
- 接合部より5~10cmの部分で3m/分の速度でスキニングする。
- 開放部では0.3~3mの位置を測定する。
- 外部濃度の $\frac{1}{1000}$ 以上の粒子計数部を記録する。

## 11. 回復時間測定

- 空調装置のリターン側粒子濃度を測定する。
- 空気の流入口にて煙を発生する。
- リターン側粒子濃度が元の値に戻るまで、6分毎に粒子濃度測定を行う。

## 12. 落下粒子測定

パーティクルカウンターでは確率的に5μm以上の粒子を計測することは困難である。しかし大粒子はより不良の原因となる。よって平板上に落下する5μm以上の粒子を本方法により比較検討する。測定装置として顕微鏡又はサーフェス・スキャナーが、平板としてシリコンウエハー、スライドガラス、メンブレンフィルターが使用される。

- 測定位置を決め、測定平板を1ヶ所に3個ずつ水平に置く。

- ブランク値を測定するための平板を用意する。ブランク値は平板を置く動作のみを行い、暴露せずに計数する。
- 暴露時間は4時間以上とする。
- 以下の式により落下粒子数を計算する。

$$\frac{AC-BC}{ATW} - ACA = \text{実際の落下粒子数/cm}^2$$

AC：暴露後の粒子数

BC：暴露前の粒子数

ATW：試験平板の面積

ACA：ブランク値を求めた平板上の平均粒子数

## 13. 照度とその分布

測定は室の空調を2時間以上運転し、一定温度となってより行う。蛍光灯では100時間、白熱灯では20時間以上点灯後に照度を測定する。

## 14. 騒音試験

周波数分析機能付騒音計にて63~8000Hzの範囲の騒音を床より1.5m高にて測定する。それぞれの測定点における周波数毎の最大値は、NCグラフ上にプロットする。室内におけるすべての測定点の最大値を記したNCグラフの最小値をその室の騒音特性とする。

## 15. 作業者を対象とする。温度、湿度とその分布試験

温度計は精度0.1℃以上、湿度計は精度1%以上で10~95%の相対湿度が測定できること。

- 試験前に24時間以上の空調運転を行う。
- 温度制御区分毎に1ヶ所以上の点を選び時間的溫度、湿度の変化を測定する。
- 測定場所とその数、最小値、平均値、最大値、平均に対する最大、最小偏差値を計算する。

## 16. 精度の高い環境に対する温湿度とその分布測定

高い精度が必要とする環境に対しての測地法である。使用温度計は0.05℃以上の精度を有し、湿度計は0.1%以上の精度を有すること。

- 試験前に24時間以上の空調運転を行う。
- 測定時にはセンサーの特性、制御を要する範囲、熱源に対する注意が必要であり記録すること。
- 最小2時間以上、6分毎に測定を行う。
- 周期、作業、外気変動による影響を把握する。
- 測定位置・数、測定時間、最小・最大値、平均値、標準偏差を求める。

17. 振動試験

低周波（0～100Hz）に有効な振動又は加速度計により測定を行う。測定はX、Y、Zの3方向について行い、1分間以上で50以上の測定値の平均をとる。グラフの横軸に周波数を（通常スケールで）縦軸に振動値を（対数目盛で）記録する。

18. 参考資料 (A)

風速、温度、湿度の分布状況を統計的に示す方法

a) 統計的分析ではその精度が3段階に分けられる。

- ・精度をあまり必要としない場合……90%
- ・高い精度を必要とする……95%
- ・非常に高い精度を必要とする……99%

b) 計算法

測定値を (X1、X2、X3……Xn) とする

・平均値  $\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$

・標準偏差  $S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})^2}{n-1}}$

・分散  $D = \min \{ |\bar{X} - \text{上限値}|, |\bar{X} - \text{下限値}| \}$   
(平均値と上・下限値との絶対値差の小さいほうを選ぶ)

・可能性率  $Cra = \frac{D}{S \cdot \{K\text{精度}^{(n)}\}}$

n: 測定値数

k精度: 表4参照

表4 信頼度とK定数の関係

測値数	K90	K95	K99
4	2.6	3.6	6.5
5	2.4	3.0	5.0
6	2.2	2.8	4.4
7	2.1	2.6	4.0
8	2.0	2.5	3.7
9	1.9	2.4	3.5
10	1.8	2.4	3.4
11~20	1.7	2.2	3.1
20以上		2.0	3.0

本計算にてCra ≥ 1であればその室は定められた信頼性で合格となる。

c) 計算例

- ・仕様 70 ± 2 °F = 上限値72°F、下限値68°F
- ・10測定点のデータ

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
71.2	70.8	70.2	69.8	69.7	70.1	71.0	68.9	69.5	71.8

・平均値  $\bar{X} = (71.2+70.8+\dots+71.8)/10=70.3$

・標準偏差  $S = \sqrt{\frac{(70.3-71.2)^2+\dots+(70.3-71.8)^2}{10-1}}=0.886$

・K90(10)は表4よりK90(10)=1.9

・Cra =  $\frac{1.7}{0.886 \times 1.9} \approx 1.01$

D = min { |70.3-72|, |70.3-68| } = 1.7

・本結果より本室のCraは1より大であるから信頼性90%で仕様値を満足することとなる。

・K99(10)=3.4でありこの場合

・Cra =  $\frac{1.7}{0.886 \times 3.4} \approx 0.548$ となる

よって信頼性99%では仕様値に対し不合格となる。

19. 参考資料 (B)

HEPA、ULPAのリークを代替エアロゾル（外気）により行う方法の詳細

a) 条件

- ・パーティクルカウンター流量 28.3L/分 = 1 ft<sup>3</sup>/分
- ・フィルターよりの吹出風速 0.4~0.5m/秒 = 90~100ft/min
- ・試験エアロゾル濃度 3 × 10<sup>8</sup>個/m<sup>3</sup> = 1 × 10<sup>7</sup>個/ft<sup>3</sup>
- ・フィルターのペネトレーション 0.0001 = 0.01% = 効率99.99%
- ・本例ではパーティクルカウンター カウント10カウントにて検証する。

b) 測定

- ・図5に示すプローブで1 m/分以下の速度でスキヤニングを行う。この場合のスキヤニング面積は0.075m × 1 m/分 = 0.08m<sup>2</sup>/分である。
- ・図3より0.00015 = 0.015%のリークを見のがす確率は7%であり、0.00005 = 0.005%のリークが誤って表示される確率は3.2%である。

表5に測定カウント数とその信頼性を表す。

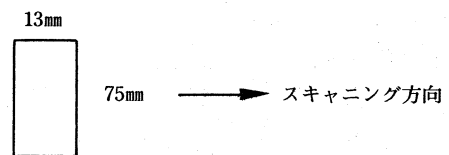


図5 プローブとスキヤニング方向

表5 フィルターの定格リーク量に対するリーク量を検出する確立 (図3参照) 単位%

定格リーク量のカウント数	1	2	5	10
定格値の1/2のリーク量を誤って表示する率	39.5	26.4	10.9	3.2
定格値の1.5倍のリーク量を見のがす率	22.3	19.9	13.2	7
定格値の2倍のリーク量を見のがす率	13.5	9.2	2.9	0.5

【注意】

連絡先は発行当時の情報が記載されています。最新の連絡先はホームページ等でご確認をお願いします。