

クリーンルーム清浄度の測定法と評価法について、 JIS規格と米国連邦規格209Dの比較

このレポートについてのお問合せ先 TEL.0489-36-3033 部署/設計部 氏名/川又 亨

§ 1. はじめに

クリーンルーム清浄度の測定法と評価法について、米国連邦規格209Dは、1988年6月に改訂された。JIS規格は、209Dと対比し1989年11月に改訂された。以下に両者の比較をする。

§ 2. 名称

- JIS B9920 「クリーンルーム中における浮遊微粒子の濃度測定方法及びクリーンルームの空気清浄度の評価方法」

Federal Standard No.209D

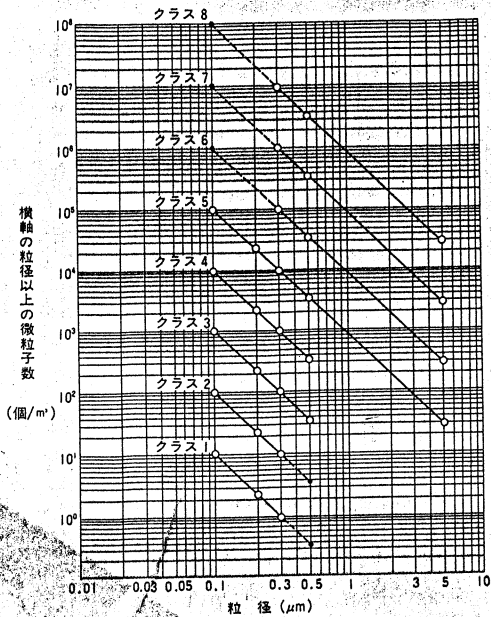
“Clean Room and Work Station Requirements, Controlled Environment,,

項目	JIS B 9920	F.S. 209D
(1) 粒子濃度の単位	個/m ³	個/ft ³
(2) 清浄度クラス	1 m ³ 中の空気に含まれる粒径0.1μm以上の粒子数を10のべき乗で表わしたべき指数。 例) 0.1μm以上で、10 ⁴ 個/m ³ 以下のとき、10 ⁴ の4をとり、クラス4と呼ぶ。	1 ft ³ 中の空気中に含まれる粒径0.5μm以上の粒子数。 例) 0.5μm以上で、10 ⁴ 個/ft ³ 以下のとき、クラス10,000(10 ⁴)と呼ぶ。
(3) 評価時のクリーンルームの状態	原則として、施行完了時 (as built)	施行完了時(as built)、非作業時(at rest)、作業時(operational)を明示すること。
(4) 清浄度クラスの上限值	図1、表1による	図2、表2

両者の対応は、表3による。

表1 清浄度クラスの上限濃度 (個/m³)

粒径 (μm)	清浄度クラス							
	クラス1	クラス2	クラス3	クラス4	クラス5	クラス6	クラス7	クラス8
0.1	10 ¹	10 ²	10 ³	10 ⁴	10 ⁵	(10 ⁶)	(10 ⁷)	(10 ⁸)
0.2	2	24	236	2360	23,600	—	—	—
0.3	1	10	101	1010	10,100	101,000	1,010,000	10,100,000
0.5	(0.35)	(3.5)	35	350	3,500	35,000	350,000	3,500,000
5.0	—	—	—	—	29	290	2,900	29,000
清浄度クラス粒径範囲	0.1~0.3		0.1~0.5		0.1~5.0		0.3~5.0	



●は、清浄度クラスを評価するための対象粒径を示す。

図1 清浄度クラスの上限濃度 (個/m³)

表2 表示粒径(μm)以上の粒径の単位立方フィート当りの粒子数の上限値^{a)}

クラス	測定粒径 (μm)				
	0.1	0.2	0.3	0.5	5.0
1	35	7.5	3	1	NA.
10	350	75	30	10	NA.
100	NA.	750	300	100	NA.
1,000	NA.	NA.	NA.	1,000	7
10,000	NA.	NA.	NA.	10,000	70
100,000	NA.	NA.	NA.	100,000	700

(NA、無指定)

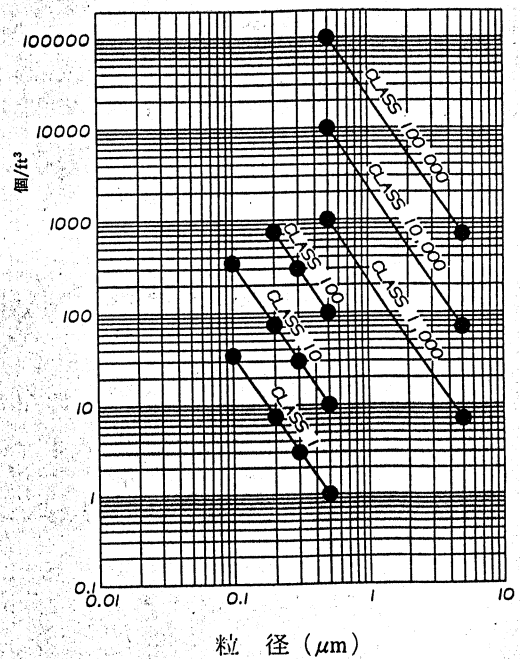


図2 横軸粒径以上の単位立方フィート当りの粒子数の上限値*

表3 JIS B 9920とF.S. 209Dの清浄度クラスの対応

JIS B 9920	F.S. 209D
クラス1	—
クラス2	—
クラス3	クラス 1
クラス4	クラス 10
クラス5	クラス 100
クラス6	クラス 1,000
クラス7	クラス 10,000
クラス8	クラス100,000

※ 1) JISでは、クラス1、2を追加した。

2) JISでは測定粒径範囲を広くした。

●JISのクラス7、8では、0.3~5μm、209Dのクラス10,000、100,000では0.5~5μm。

●JISのクラス5では、0.1~5μm、209Dのクラス100では、0.2~0.5μm。

3) 清浄度クラスの曲線

$$\text{JISでは、} \frac{1}{D^{2.08}}$$

$$\text{209Dでは、} \frac{1}{D^{2.16}}$$

ここでDは粒径ft³からm³へ変えたとき、数値をまるめたための差で、両者同じと考えてよい。

(5) 指定クラス以外の清浄度クラス

原則として、無い。必要なときは、以下の式

$$N_c = 10^N \times \left(\frac{0.1}{D}\right)^{2.08}$$

ここに、 N_c = 粒径以上の上限濃度 (個/ m^3)

N = 清浄度クラス(-)

D = 粒径 (μm)

例) $0.5 \mu m$ 以上で $10,000$ 個/ m^3 の場合

$$N_c = 10^N \times \left(\frac{0.1}{D}\right)^{2.08}$$

$$\log N_c = N + 2.08 \times \log\left(\frac{0.1}{D}\right)$$

$$N = \log N_c - 2.08 \log\left(\frac{0.1}{D}\right)$$

$$= \log 10,000 - 2.08 \log\left(\frac{0.1}{0.5}\right)$$

$$= 4 - 2.08 \times (-0.7)$$

$$\approx 5.5$$

よって、クラス5.5となる。

図3に示すように、クラス200の場合、 $0.5 \mu m$ の線上と200の交点より、クラス表示の線に平行に引く。ただし、

- 1) クラス1000より悪い場合は、
 $0.5 \sim 5 \mu m$
- 2) クラス100より悪く、クラス1000未満の場合
 $0.2 \sim 0.5 \mu m$
- 3) クラス100未満の場合
 $0.1 \sim 0.5 \mu m$

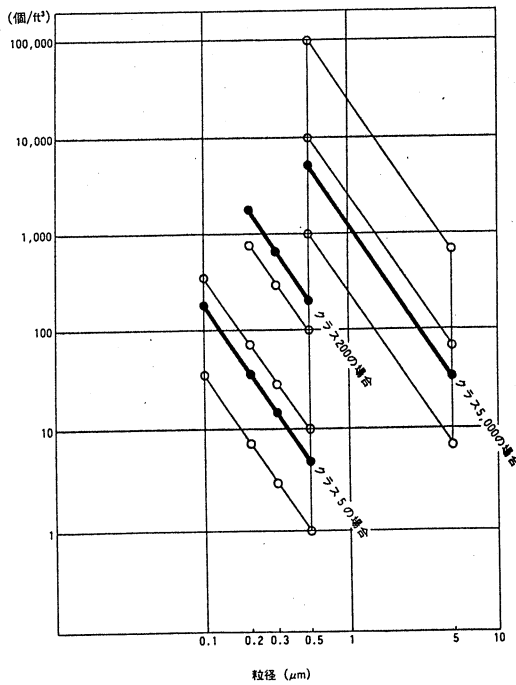


図3 指定された清浄度クラス以外のクラス

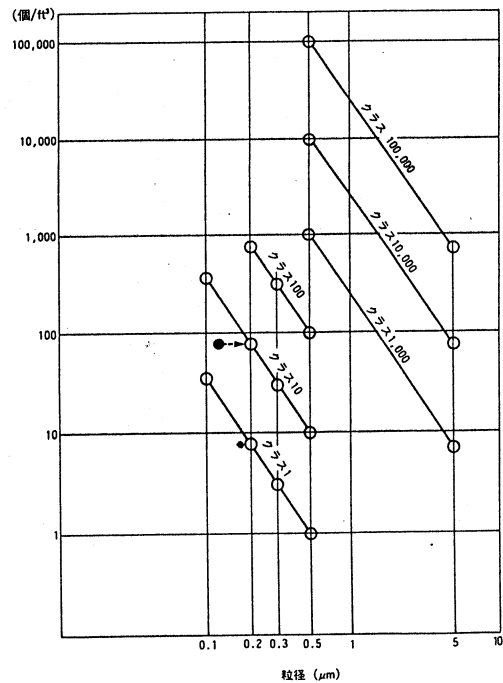


図4 指定以外の粒径で測定する場合の選択法

<p>(6) 指定粒径以外での測定</p>	<p>自由に測定粒径を選択。 例)</p> $N_c = 10^N \times \left(\frac{0.1}{D}\right)^{2.08}$ <p>D=0.11μmで、クラス4を測定する場合。</p> $N_c = 10^4 \times \left(\frac{0.1}{D}\right)^{2.08}$ $= 10^4 \times 0.82$ $= 8,200 \text{個}/\text{m}^3$ <p>よって、0.1μmにて10,000個/m³は、0.11μmでは8,200個/m³となる。</p>	<p>図4のように、各クラスの粒径範囲内であって、かつ大きな粒径の上限値を用いる。 例) クラス10を0.12μmで測定する場合、0.2μmの上限値で評価する。</p>
<p>(7) 測定粒径</p>	<p>1つの粒径</p>	<p>1) クラス100より悪いクラスでは (クラス1,000、100,000など) 1つの粒径 2) クラス100より良いクラスでは (クラス10、1など) 1つ又は複数の粒径</p>
<p>(8) 測定方法</p>	<p>1) 光散乱式粒子カウンター 2) 凝縮核粒子計数器(CNC) 3) 電子顕微鏡～5μm以下 4) 光学顕微鏡～5μm以上</p>	<p>1) 光散乱式粒子カウンター 0.1μm以上、及び5μm以上 2) 顕微鏡～5μm以上 ※CNC使用可。ただし、単一粒子を検出できること。 (例えば、DMA又は拡散バッテリーなどで分級する)</p>
<p>(9) 測定点</p>	<p>6点以上 ●原則として、面積3m×3mに1点。 ●全測定点数は20～30を目安とする。 ●測定点とルーム内の装置が重なる場合、その点は除外してよい。</p>	<p>1) 単一方向の気流 $\frac{\text{気流の流入面積}(\text{ft}^2)}{25}$ 又は $\frac{\text{気流の流入面積}}{\sqrt{\text{清浄度クラス}}}$ 両者の少ない方とする。 2) 非単一方向気流 $\frac{\text{床面積}}{\sqrt{\text{清浄度クラス}}}$ ・ただし、最小2箇所 ・測定点は均一に分布</p>
<p>(10) 測定回数</p>	<p>1) 正規の評価方法～3回以上。 2) 逐次サンプリング評価方法～1回以上。</p>	<p>●合計5回以上。 ●各測定点で1回以上の測定。 ●各測定点で、測定回数が異ってよい。 例) 測定点2のとき、 測定回数は、2回、3回又は、1回、4回でもよい。</p>

(11) 測定準備	1) サンプリグ管は帯電防止材、かつ短くすること。 2) 等速吸引 3) 粒子カウンターは、30分の子熱運転後、最小サンプリグ量を吸引したとき計数值が1以下。	1) サンプリグ管 a. 0.1~1 μ mのとき ・30m以下 ・サンプリグ時間の遅れは5秒以下。 ・管の曲半径は10cm以上。 b. 3 μ mのとき ・3m以下 2) 等速吸引 3) 校正をすること
-----------	---	--

表4 最少サンプリグ空気量($\times 10^{-3}m^3$)= ℓ

粒径 (μ m)	清浄度クラス							
	クラス1	クラス2	クラス3	クラス4	クラス5	クラス6	クラス7	クラス8
0.1	2,000	200	20	3	3	—	—	—
0.2	10,000	1,000	100	10	3	—	—	—
0.3	20,000	2,000	200	20	3	3	3	3
0.5	(60,000)	(6,000)	600	60	6	3	3	3
5.0	—	—	—	—	600	60	6	3

備考 括弧内の数字は、清浄度クラスを評価するための対象粒径以外の粒径に対する値で、参考値である。

表5 清浄度クラスと測定粒径に対する最少サンプリグ量

クラス	測定粒径 (μ m)				
	0.1	0.2	0.3	0.5	5.0
1	0.6	3.0	7.0	20.0	NA.
10	0.1	0.3	0.7	2.0	NA.
100	NA.	0.1	0.1	0.2	NA.
1,000	NA.	NA.	NA.	0.1	3.0
10,000	NA.	NA.	NA.	0.1	0.3
100,000	NA.	NA.	NA.	0.1	0.3

(NA、無指定)

単位: ft^3

(12) サンプリグ量	1) 正規の評価方法(クラス1~8に適用) 表4に示す通り 2) 逐次サンプリグ法 (クラス1~4に適用) 逐次サンプリグを行った結果としてサンプリグ量が得られる。 ●209Dに比べサンプリグ量は1/2~1/10になることもある。	表5に示す通り ●1 $ft^3 \approx 28.3l$ とすると、表5は、表4にほぼ同じ。
-------------	--	--

§ 3. 評価方法

<p>評価方法</p>	<p>1) 正規の評価方法——クラス1～8に適用。</p> <ul style="list-style-type: none"> ●各測定点の平均値 \bar{C}_i を求める $\bar{C}_i = \frac{C_{i1} + C_{i2} + \dots + C_{im}}{m}$ <ul style="list-style-type: none"> ●全体平均 $\bar{X} = \frac{\bar{C}_1 + \bar{C}_2 + \dots + \bar{C}_n}{n}$ ●標準偏差 $\bar{S} = \sqrt{\frac{(\bar{C}_1 - \bar{X})^2 + (\bar{C}_2 - \bar{X})^2 + \dots + (\bar{C}_n - \bar{X})^2}{n - 1}}$ <ul style="list-style-type: none"> ●95%信頼限界より $\bar{X}_u = \bar{X} + t(f, 0.05) \times \frac{S}{\sqrt{n}}$ <p><判定> a) $\bar{X}_u \leq$ 上限濃度 b) $\bar{C}_i \leq$ 上限濃度 a)、b) を満足すること</p> <p>2) 逐次サンプリング評価方法——クラス1～4に適用</p> <ul style="list-style-type: none"> ●各測定点ごとに空気を連続サンプリングし、粒子の累積個数が逐次サンプリング評価線図の適合領域に入った時点で、その測定点は上限濃度を満足する。他の測定点も同様に行う。 <p>例) 0.1μmでクラス4を評価する場合</p> <p>a) 図5は、0.1lごとにサンプルし、計数値はそれぞれ0、0、1、0、0であった例である。5回の累積値は、サンプル量0.5l、計数値1個であり、5回目で適合領域へ入ったため合格となり、ここで測定完了となる。 サンプル量は0.5lであり、正規の評価方法及び209Dに比べ、1/6と少ない。</p> <p>b) 不適合領域に入った場合、入った時点で不合格になり、測定完了となる。</p> <p>c) どちらにも入らない場合、2度行う。それでも入らない場合、最小サンプリング量の3倍を吸収し平均値\bar{C}を算出する。</p> $\bar{C} \leq 0.6 \times \text{上限値} \text{——(1)}$ <p>(1)式を満足すれば合格とする。</p> <p>d) 粒径に対する補正</p> <p>0.1μmに対する逐次サンプリング評価線図を図6に示す。粒径が異なる場合には、サンプリング目盛に、式(2)の補正係数Kを乗じる。</p> $K = \left(\frac{D}{0.1}\right)^{2.08} \text{——(2)}$ <p>ここで K: 補正係数 D: 粒径</p> <p>よって、累積サンプリング空気量Vは式(3)により求める。</p> $V = V_0 \times K$ <p>V: 粒径D(μm)のサンプリング量(m³) V₀: 粒径0.1μmのサンプリング量(m³)</p>	<p>記号が異なるが、内容はJISに同じ。</p> <ul style="list-style-type: none"> ●各測定点の平均値A $A = \frac{C_1 + C_2 + \dots + C_N}{N}$ <ul style="list-style-type: none"> ●全体平均 $M = \frac{A_1 + A_2 + \dots + A_L}{L}$ ●標準偏差 $SD = \sqrt{\frac{(A_1 - M)^2 + (A_2 - M)^2 + \dots + (A_L - M)^2}{L - 1}}$ <ul style="list-style-type: none"> ●標準誤差 $SE = \frac{SD}{\sqrt{L}}$ ●UCL = M + (UCL係数 × SE) <p><判定> a) UCL \leq 上限値 b) M \leq 上限値 a)、b) を満足すること</p>
-------------	--	---

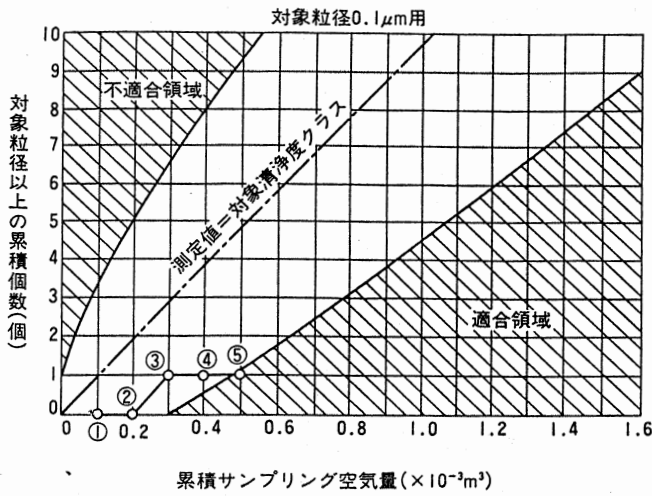


図5 逐次サンプリング法による評価例

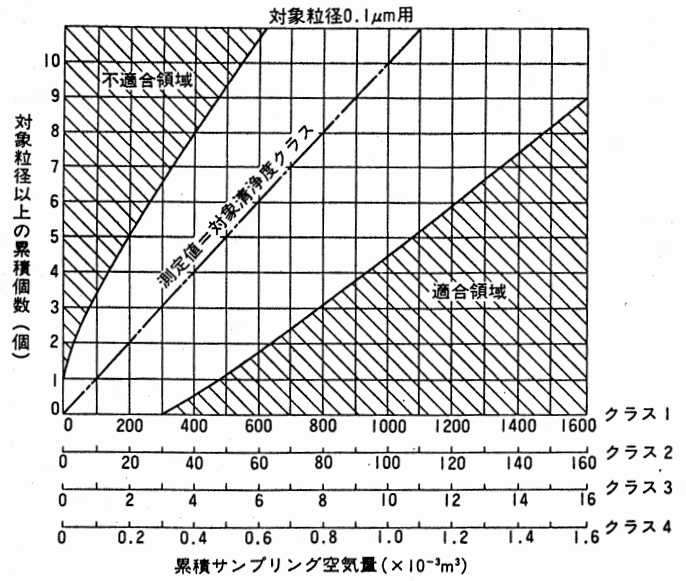


図6 粒径0.1μm粒子に対するクラス1~4の逐次サンプリング評価線図

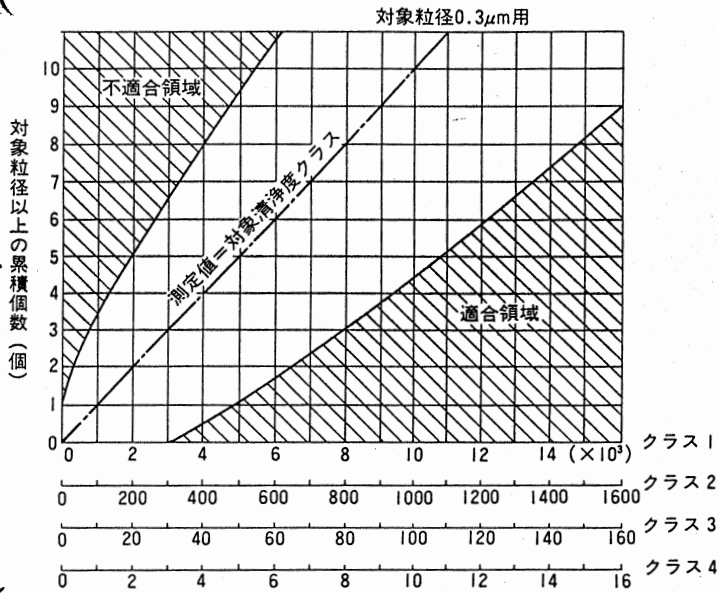


図7 粒径0.3μm粒子に対するクラス1~4の逐次サンプリング評価線図

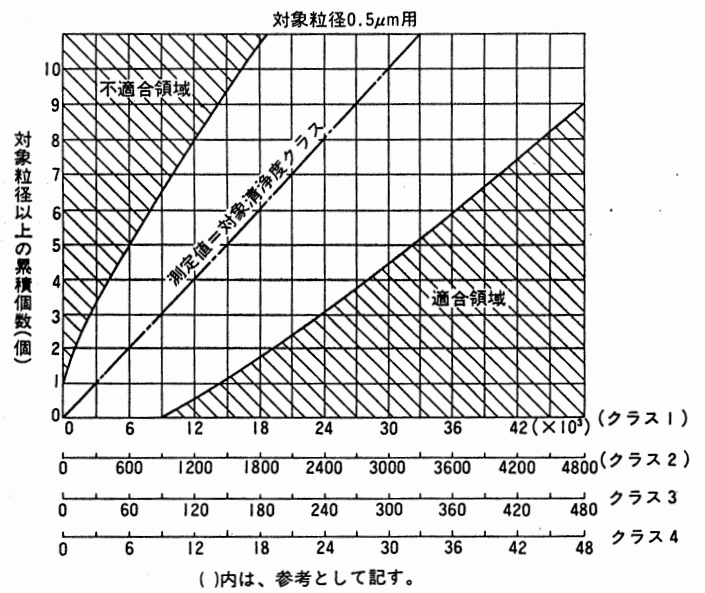


図8 粒径0.5μm粒子に対するクラス3~3の逐次サンプリング評価線図

§ 4. おわりに

日本で、清浄度クラスを定義したのは、今回のB9920改訂が初めてである。基本は、Fed.Std. 209Dとし、日本流にある部分は緩く、ある部分は厳しくしている。大きな異りは、クラス1、2を追加したこと(クラス1は、0.01個/ft³—0.5μm以上粒子数、クラス2は、0.1個/ft³—0.5μm以上粒子数に対応)、クラス1~4に対し逐

次サンプリング評価方法を加えたことである。これには、0.1μm近辺で粒子カウンターの精度が高いこと、粒子カウンターの計数効率が十分に高いことが必要となる。粒子カウンターは、209Dで述べている如く校正の件を追加すべきであろう。