

クリーンルームの基礎学習会報告

小向康夫

慶應義塾大学理工学部実験教育支援センター

komukai@phys.keio.ac.jp

1.はじめに

半導体産業やバイオテクノロジー、医療の分野では、クリーンルーム技術は欠かせないものとなっている。

本学習会はクリーンルームの構造、維持・管理を学習し、実際に電気系共通実験室内にあるクリーンルームを見学して、理解を深めることを目的とした企画した。以下にその内容について報告する。

2.クリーンルームとは

クリーンルームとは浮遊粒子濃度が制御されており、室内における微小粒子の流入、生成及び停滞を最小限にするように建設され、使用され、また例えば、温度、湿度及び圧力など、他の関連パラメータが必要に応じて制御されている部屋のことをいう。

<クリーンルームの使用例>

- 1) ICR : Industrial Clean Room : 電子工業、精密機械工業（半導体製造など）
- 2) BCR : Biological Clean Room : 薬品工場、食品工場、病院の手術室

クリーンルームの機能を実現し、維持するために「持ち込まない」「堆積させない」「発生させない」「排除する」といった原則を継続して実行していくなければならない。つまり、設備自体の機能もさることながらその維持管理が非常に重要であることがわかる。

3.学習会の内容

学習会ではクリーンルーム機能を実現するために使用する機器、機材や計測装置、クリーンルームの規格、方式等について学習した後、実際に23棟101教室に設置されているクリーンルームを見学を通じて理解を深めた。（その内容については添付するテキストを参照のこと）

学習会参加メンバーは下記の通り。

花田逸子（実験教育支援センター化学科担当）
斎田尚彦（実験教育支援センター機械系共通実験室担当）
池田裕史（実験教育支援センター管理工学科担当）
土屋明仁（実験教育支援センター電気系共通実験室担当）
大岩久峰（実験教育支援センター機械系共通実験室担当）
吉田久展（実験教育支援センター機械系共通実験室担当）
長谷純崇（実験教育支援センター生命情報実験室担当）
茂木隆太（実験教育支援センター物理情報実験室担当）
塚本靖紘（実験教育支援センター電気系共通実験室担当）

4.謝辞

本研究は慶應義塾大学理工学部技術系職員研修委員会の補助により行うことができました。ここに厚く御礼申し上げます。

添付資料：学習会で使用したテキスト（自作）

クリーンルームの基礎

1 はじめに

半導体産業やバイオテクノロジー、医療の分野ではクリーンルーム技術は欠かせないものとなっている。本学習会は、クリーンルームの構造、維持・管理を学習するとともに、実際に電気系共通実験室内にあるクリーンルームを見学し理解を深めることを目的としておこなう。

2 クリーンルームの基礎学習

2.1 クリーンルームとは

「浮遊粒子濃度が制御されており、室内における微小粒子の流入、生成及び停滞を最小限にするように建設され、使用され、また例えば、温度、湿度及び圧力など、他の関連パラメーターが必要に応じて制御されている部屋」

- クリーンルームの使用例

ICR : Industrial Clean Room 電子工業、精密機械工業（半導体製造など）

BCR : Biological Clean Room 薬品工場、食品工場、病院の手術室

- クリーンルームが対象とする粒子

LSI 製造 : 0.1 μm バクテリア : 0.5 μm ウイルス 0.01 μm

- クリーンルームの四原則（設備の機能 + 維持管理）

「持ち込まない」「堆積させない」「発生させない」「排除する」

- クリーンルームに使用されるフィルタ

粗塵フィルタ : 5 μm 中性能フィルタ : 1 μm HEPA : 0.3 μm ULPA : 0.1 μm

(HEPA : High Efficiency Particulate Air ULPA : Ultra Low Penetration Air)



写真1 粗塵フィルタ



写真2 中性能フィルタ

- クリーンルームの規格

a. 日本工業規格 (JIS B 9920)

b. 国際標準化機構 (ISO 14644-1) : JIS B 9920 がほぼ全面的に採用されている

(Fed.Std.209 E は 2001 年に廃止：1ft³当たりの粒子の最大許容粒子数-粒径には 0.1μm か 0.5μm を使用)

<目安としては、Fed.Std.209 E 0.1μm クラス 100 → ISO クラス 5 >

- 空気清浄度 (粒子の径と数)

$$C_n = 10^N \times (0.1/D)^{2.08}$$

C_n [個/m³] : 粒子濃度 D : 測定対象粒径
(N の小数点以下を繰り上げた値を洗浄度クラスの値とする)

- クリーンルームの方式

- (1) 非一方向流方式 (乱流方式) (2) 水平一方向流方式 (3) 垂直一方向流方式

2.2 クリーンルーム施設

クリーンルーム内は、「塵埃を持ち込まない」、「発生させない」、「堆積させない」、「排除しやすい」といった点に注意して設計・制作されている。例えば内装材の場合、

- ① 表面が平滑で隙間が少なく、塵埃の付着・発塵が少ない
- ② 耐久性・耐食性・耐摩耗性がある
- ③ 容易に剥離や割れが起こらない
- ④ 必要な導電性がある
- ⑤ 清掃が容易である
- ⑥ 耐酸・耐アルカリ性に優れている
- ⑦ 均一な材質で施工しやすい
- ⑧ 必要な不燃性を有している
- ⑨ 脱ガスが少ない

などの要求を満たす材料を使用している。また施設建設後は計画した性能を發揮しているかどうか性能評価を行っている。

- ① 清浄度性能試験
- ② 気流速度・一様性の測定
- ③ 差圧試験 (マノメータ)
- ④ フィルタのリーク試験
- ⑤ 気流方向確認
- ⑥ 溫湿度測定
- ⑦ 騒音測定
- ⑧ 振動測定
- ⑨ 化学汚染物質測定

2.2.1 クリーンルームに使用される構成機材

エアシャワー（写真3）、パスボックス（写真4）、微差圧ダンパー（写真5）、クリーンベンチ、マノメーター [差圧計]（写真6）<各機材について、その機能を理解すること>



写真3 エアシャワー



写真4 パスボックス



写真5 微差圧ダンパー



写真6 マノメーター

2.2.2 クリーンルーム用品

クリーンルーム内に塵埃を持ち込んだり発生しないようにするため、無塵衣（写真7）、無塵靴（写真8）、手袋、粘着マット、クリーンワイパ（写真9）、クリーンペーパー（写真10）、クリーンルーム用掃除機等を用いる。



写真7 無塵衣



写真8 無塵靴

<無塵服は耐摩耗性や制電性、耐薬品性等を考慮して素材や形状に注意して製造されている>



写真9 クリーンワイパ



写真10 クリーンペーパー

2.3 クリーンルームの維持管理

- モニタリング

空気清浄度の測定 → パーティクルカウンター（写真11）を使用して計測する。



写真11 パーティクルカウンター

- 作業者の管理

- 人体から発する微粒子・微生物・分子状汚染物質 → タバコ×
- クリーンルーム内での行動と作業方法
- 作業者への教育

- 設備の管理 （作業報告書による内容の確認）

- 粗塵フィルタの清掃
- マノメーターによる性能のチェック
- クリーンスーツの洗浄
- 中性能フィルタの交換
- HEPA フィルタの交換

- その他

- クリーンスーツの洗浄
- 清掃

3 クリーンルームの見学

施設・設備・装置・機器・機材の機能に注目して見学を行う。

- ① 室外機（写真 12、13）
- ② 空調設備 [配管・構造]（写真 14、15、16、17）
- ③ 粗塵フィルタ（写真 1）
- ④ 中性能フィルタ（写真 2）
- ⑤ コントローラー
- ⑥ マノメーター（HEPA 差圧、室圧、外気差圧）（写真 6）
- ⑦ 微差圧ダンパー（写真 5）<一般的に**正圧**、RI 施設やバイオハザード施設は**負圧**>
- ⑧ パスボックス（写真 4）
- ⑨ クリーンスーツ・クリーンブーツ・フード（着衣の方法）（写真 7、8）
- ⑩ エアシャワー（写真 3）
- ⑪ クリーンペーパー・クリーンタオル（写真 10、9）
- ⑫ パーティクルカウンター [クリーン度の測定]（写真 11）
- ⑬ クリーンベンチ
- ⑭ その他（掃除機、モップ、水分吸収ブロック、ドラフターなど）

（ちなみに、電気系共通実験室内にあるクリーンルーム（23棟101）は、コンベンショナル（乱流）方式、クラス M4.5 で設計されています）



写真 12 室外機



写真 13 室外機



写真 14 配管の様子（その1）



写真 15 配管の様子（その2）



写真 16 配管の様子（その3）



写真 17 配管の様子（その4）

4 その他の関連事項（自習）

- Validation
- GMP
- HACCP

参考文献

- [1] クリーンルーム環境の計画と設計（オーム社）； 社団法人 日本空気清浄協会 編
- [2] クリーンルーム環境の施工と維持管理（オーム社）； 社団法人 日本空気清浄協会 編
- [3] -初心者のための- クリーンルーム入門（日本工業出版）； クリーンテクノロジー編集委員会 編