

● 1.クリーンルーム

1.1 はじめに

クリーンルームとは温度、湿度、気流、圧力、特に空気中の微粒子（パーティクル）を一定の範囲内に制御する為に作られた部屋であり研究施設等あらゆる分野で利用されています。一般にクリーンルームと呼べるのは粒径 $0.5\mu\text{m}$ 以上の粒子が 1ft^3 当たり100,000個以下の空間ですが、UCF(Ultra Clean Facility)では、粒径 $0.1\mu\text{m}$ 以上の粒子が 1ft^3 当たり1個以下となっておりClass1という高清浄なクリーンルームとなっています。さらに温湿度($\pm 0.1^\circ\text{C}$)・騒音(55dB[A])・微振動(0.1gal)・静電気さらには化学汚染物質濃度に至るあらゆる要素に関し、世界最高レベルの環境性能を実現しています。本施設で実現される環境性能は、研究用クリーンルームの域に留まることなく半導体工場、病院、製薬施設さらには食品工場に用いられるあらゆるクリーンルームを凌駕するものです。また本施設は、以上の様な理想的な研究環境を創成すると同時に地球環境に配慮し、省エネルギー・省資源対策を要所に盛り込み、研究施設特有の負荷変動に対しても追従できるシステムとなっています。とりわけ微振動対策、静電気(微小ノイズ)対策については建築設計から施工に至るまで一貫した品質管理により後述する高度な性能を得る結果となっています。

1.2 微振動対策

1.2.1 微振動に対する設計

計測評価室において使用する実験装置は、振動により影響を受ける機器が多いため、グレーティング床面での振動を、加速度0.1gal以下、振動振幅 $1.0\mu\text{m p-p}$ 以下に抑制する必要があります。そこで、UCFが設置される建築建物(21世紀プラザ)の建設にあたり、数値シミュレーションにより以下の三項目の検討を行い、建築計画を立案しています。

・杭打ち込み深さ

21世紀プラザ建設地におけるボーリング調査の結果から地表から20mの深さまで掘り込むことにより、N値 ≈ 50 の固い地盤が現れることが明らかになっています。よって、建物すべての杭を地表から20mの深さまで打ち込むこととしています。

・マットスラブ

構造物の水平面の大きさが大きくなればなるほど加振力が失われ、地動の入力損失が大きくなります。とりわけ図1.1に示すシミュレーションの結果から主要な外部振動源である車両通行時の振動(周波数=10Hz、地表の伝播速度=200m/s)は、20m四方の構造物を構築する事でほとんど伝達しない事が明らかになっています。そこで、今回はUCFクリーンルーム部全域の基礎を20m四方のマットスラブとして設置し、振動を抑制することとしています。また、日常的な作業すなわち980N程度の荷重がかかった時の変位量を数値シミュレーションし(表1.1)、変位量を $1\mu\text{m}$ 以下

に抑えるためには、スラブ厚が1500mm以上必要であることが明らかになっています。

表1.1 荷重印加時の固有振動数並びに変位量

スラブ厚	固有振動数(Hz)	最大変位量(μm)
1,500mmの場合	11.7	0.73
1,300mmの場合	10.1	1.1
1,000mmの場合	7.77	2.4

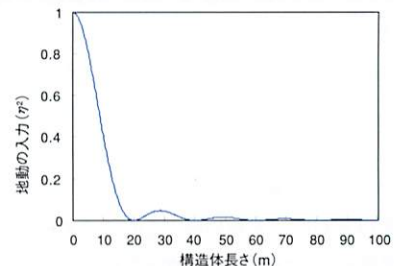


図1.1 地動の入力損失のパワースペクトル

・高剛性架台

杭の打ち込み深さ、マットスラブ等の対策により地下スラブ上での振動抑制ができていても、グレーティング架台上(作業面)での剛性が保たれていなければ意味がありません。よって、クリーンルームとしての空気の流れも考慮した解析モデルにより数値シミュレーションを行い(図1.2)、鉄筋コンクリート製の高剛性架台の構造を決定しています。

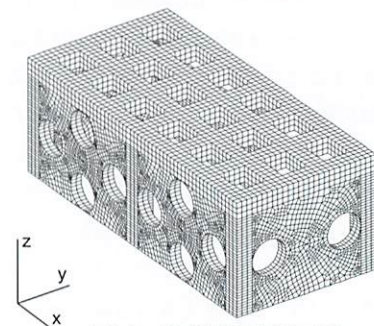


図1.2 高剛性架台解析モデル

1.2.2 微振動測定結果

前述した微振動対策より、下図に示す有効な結果を得る事ができています。

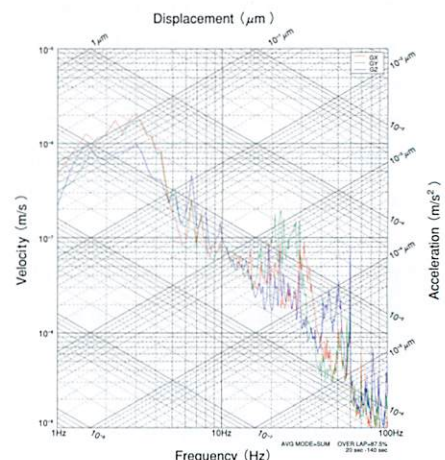


図1.3 床微振動スペクトル(計測評価室)

1.3 特殊アース

1.3.1 微小静電気の除電によるノイズ対策

ナノテクノロジーという言葉に代表されるように、技術の進歩により電子デバイスの微細化が進み、製造・分析装置に対し微小な静電気によるノイズの影響が大きくなっており、建物内外部が有する帯電電位を抑えるため、できる限り速やかに除電する必要があります。そこでUCFでは、従来からのステップアース（連結アース棒88ヶ所）に加えメッシュアースを併用し、接地抵抗0.19Ωという世界最小レベルの特殊アースを作りだしています。この特殊アースはクリーンルーム内すべての配電盤の中に取められ、装置電源を接続する際に合わせて接地でき、簡易に利用できるものとしています。又、その他一般的なD種アース、避雷用、躯体用、実験用等10種類ものアースを独立して設置しており、一般電動機械等から発生するノイズが特殊アースに干渉するのを防止すると共に、様々な用途に適したアースを区別して利用できるようにしています。



図1.4 特殊メッシュアースおよびステップアースの施工

1.3.2 電気抵抗測定結果

各アース種別の接地抵抗測定結果を表1.2に示します。

表1.2 接地抵抗測定結果

記号	接地種別	接地形式	測定値(Ω)
E(ACD)	A種,B種,D種	銅板 900mm×900mm×1.5mm	9.0
E _B	B種銅板	900mm×900mm×1.5mm	7.0
EA(S)	A種銅板	900mm×900mm×1.5mm	6.5
ED1(実)	D種銅板	900mm×900mm×1.5mm	10.8
ED2(実)	D種銅板	900mm×900mm×1.5mm	12.6
ED(ELB)(実)	D種銅板	900mm×900mm×1.5mm	11.5
ED(ELB)	D種銅板	900mm×900mm×1.5mm	12.0
E(SP)	特殊	ステップ・メッシュアース	0.19
E(鉄)	特殊	鉄筋アース	0.17

1.4 クリーン環境に求められる要件

クリーンルーム環境を構築する上で以下の四原則に基づきシステム設計を行っています。

- 汚染物質の流入防止
- 汚染物質の発生防止
- 汚染物質の拡散防止（滞留・堆積防止）
- 汚染物質の速やかな除去

1.4.1 流入防止

クリーンルームの清浄度を維持する上で陽圧管理が絶対不可欠となります。そこでクリーンルーム内に排気風量を超える外気量を導入することで、クリーンルーム内を加圧します。超過分の空気量は微差圧ダンパーを介して室外へ排出し、室間の差圧制御を行います。今回、外気導入ダクト系に高機能ダンパーを設置していますので高度な室圧制御を実現しています。

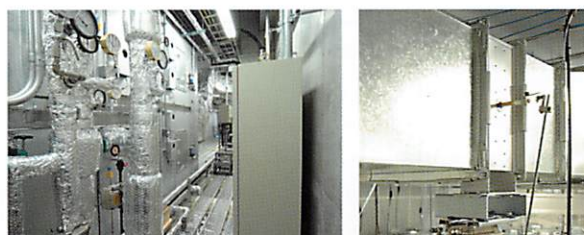


図1.5 外気調和機

図1.6 高機能ダンパー

1.4.2 発生防止

UCFでは、FFU（ファンフィルターユニット）にDCブラシレスモーターを採用し発塵量の低減を図っています。又、化学汚染物質の発生を低減するため低ボロン・低有機又はボロンフリーのPTFE（poly-tetra-fluoro-ethylene）製のフィルターを採用している他、ノンシールの内装工法、シール材から電線ケーブルに至るまで、低アウトガス対策品を使用することにより汚染物質の発生源を抑えています。

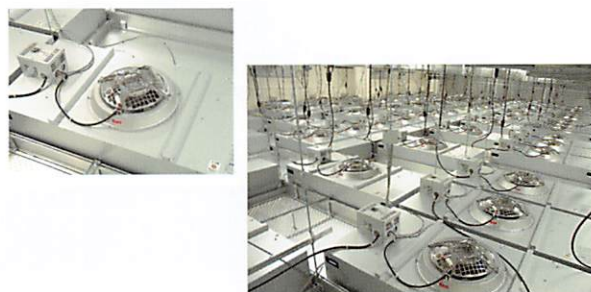


図1.7 FFU(DCブラシレスモータ採用)

