

## 「測定環境の創造」

### (3)ナノテク時代を迎えた振動・音響以外の対策

#### はじめに

ナノテクノロジーやバイオテクノロジーに代表される超微細技術による「観察・検査・加工・操作など」を維持するための周辺技術として、防振を含む幾つかの測定環境創りとその重要性が増しています。これまでのように原子や分子を観察するに留まらず、それらを直接操作するような本格的なナノテク時代となっています。

まず振動を「制する」ことがその第一歩と考え、技術資料 2006 - (1)改で振動に関連する用語をわかりやすく整理し、アクティブ型を含む振動対策となる防振の最新現場情報をご紹介いたしました。続いて技術資料 2006 - (2)改において音響に関連する幾つかの基本的な用語を解説し、音響対策が今後の超微細技術への重要な要素に成りうるという認識の元に、音や音波のふるまいとその対策についてご紹介しました。そして最後になりましたが、本技術資料 2006 - (3)改で振動や音響以外に考慮しなければならない課題をまとめ、技術資料(1)改及び(2)改を補完する内容となっています。具体的な測定環境の対策項目として、電磁波対策や電気ノイズ対策などの他に、遮光対策や防塵対策・空気対流/熱対流対策などが挙げられます。各項目に対しては、当該項目に関する専門メーカーではありませんので当社として対応する上での限界があることを十分承知しています。当社として開発製造する製品の一部にこれらの概念や対策が盛り込まれ、直接的に間接的に超微細技術への支援となるような分野を条件に、積極的な展開を行っていきたくと考えています。例えば、「防音対策と防振対策の技術融合製品」であるアコースティックエンクロージャ AEk は、外部からの振動と音波を防ぐための移動可能な「防振空間と防音空間」を創造しこれを提供しています。当該製品は、それ自体で既に外部からの空気対流や熱対流を防ぎ、ある一定の防塵性や機密性を保った構造で設計されています。遮光を必要とする場合には、正面中央部付近に設けられた「防音性の高い窓（防音ガラス材を使用）」を変更することで対応できます。さらに手を加えることで電磁波の対策や電気対策なども可能であると考えます。基本概念を再確認した上で、個別の対策がどこまでどのようにできるかを取りまとめていきます。

右の写真は、アコースティックエンクロージャ AEk



### 3 振動や音響以外の対策と最新情報

#### 3-1 電磁波対策

##### 私たちの身の回りにある電磁波

電磁波は、電気の流れている所には必ず発生します。その伝播する速さは、光速（光の速さ = 約 30 万 Km / S）と同じでとてつもない速さです。波長の違いによって性質が大きく異なり、波長の長い「長波」から波長の短い「X線やγ線」に至るまで「ありとあらゆる」と言っても良いほど私たちの身の回りに多く存在しています。つまり電磁波に包まれて生活しているような、電磁波のお風呂に入っているようなものです。効能のある温泉ならば良いのですが・・・。テレビやラジオ放送・無線・固定電話・携帯電話・光通信・衛星通信・レーダー・家庭電気製品などから発生する「電波類全般」を始め、目に見える範囲の可視光線（可視領域のレーザー光や太陽光線）・遠赤外・赤外線・紫外線などの「光類全般」も全てこの電磁波に含まれています。ウルトラマンの手許から放射されていた「何とか光線」もきつこうした電磁波の仲間なのでしょう。

## 電磁波の影響

私たちの身の回りにある電磁波が、何故私たちの健康や機器などに対して影響を与えるのでしょうか？ 健常者による無神経な携帯電話の使用は、医療現場などで、例えば「透析装置や心肺装置・輸液ポンプ・などの誤動作や停止、心電図波形へのノイズや人工呼吸器の換気量変化・体内式ペースメーカーへの誤動作」などを引き起こす事例が数多くでてきます。さらに嘘か真実かはわかりませんが、高圧線が通る鉄塔付近で生活していると癌になる確率が高いと言うことを耳にしたこともあります。また夏季の日焼け(こうら干し)は、紫外線の強さによって、皮膚炎症だけではなく皮膚癌になるとまで言われます。これまでに弊社の防振製品を大学医学部とりわけ電気生理学研究室向けに製造・納入する際には、電磁シールド空間の中に設置するケースが多く、簡易的な電磁シールドブースをオプションとして製造販売する場合があります。細胞などに対する微細な操作や微弱電流による実験検証をするわけですから、電磁波の影響から機器を保護する必要もよく理解できます。今後の半導体デバイスの更なる微細化は、電子回路の高集積化による小型化や高速化・低電圧化をもたらすと同時に、微弱電磁波でも影響を受けやすくなることが予測できます。一部の医学分野に留まらず、バイオテクノロジーやナノテクノロジーの技術環境を支える部分としても必要性が高まるものと考えられます。

## 電磁場(電場と磁場の空間)と対応する範囲

「電磁波が存在する空間」を電磁場と呼びます。技術資料 2006-(2)改の音響対策で音響用語の「音波の存在する空間」を音場と呼ぶのと同じです。電気の流れる所には、必ず電磁波が存在し電磁場があります。電線に電気を流すと、電界(=電場)と磁界(=磁場)が発生することを私たちは「砂鉄を使った理科の授業」で既に知っています。電磁場には、こうして電場と磁場が同時に存在し、電磁波の進む方向に直交して互いに垂直で対になった波が周期的に変化しているものと考えられています。波長の長さで周期的なふるまいや変化の様子も変わっていくのでしょうか。市販されている電磁シールド材単体の特性データを見ると、対象とする(効果を求める)周波数帯域が1~3000MHz以内が多いようです。広範囲な電磁波の周波数領域から検索すると、短波から超超短波(波長で100m~10cmのHF・VHF・UHF)あたりの「電波領域」をねらっていることがわかります。ほとんどの機器がコンピューターで自動的に制御されており、とりわけ「パソコンのクロック周波数に近いところでの誤動作対策」或は衛星通信・衛星放送・無線LANなどを中心にしているように感じられます。半導体デバイスのテラビット級の実現・クロック周波数の高度化や光通信・FTHの展開などによっては、メガ(MHz級)からギガやテラなどの光領域(3000GHz~30000THz)まで守備範囲を拡大しなければならないかもしれません。そうなると、どんなシールド材が必要になるのでしょうか?大変興味の湧くところです。

## 具体的な電磁波対策

### 電磁シールド材の原理

電磁波を遮断してこれを防ぐためには、一般的に金属などの「導体」を用いています。電磁波防止材、電磁シールド材として市場に多数出回っています。電磁波が当たった導体材の内部では、高周波電流(渦電流)が誘導されて、これが大部分の電磁波を反射させる大きな効果があるようです。この反射力で全ての効果を求めるか或は一部の透過した電磁波までを反復反射損失で遮断するかは、シールド材の種類や構造で変わります。ビニール材の中に金属材料をメッシュ状に埋め込んだり、銅製網をそのまま加工したり、銅やニッケル材その他の材料を繊維状に編んだもの・磁性金属粉末とゴム材の複合・フェライトなどがあります。一定の電位に保たれた導体板や導体性の材料で、電磁シールドを必要とする機器や空間を囲むことで対策になります。連続された板状ではなく金網状でもさほど問題になりません。高周波や磁気の遮蔽を優先させたい場合には、厚めの導体材料で且つ強磁性体が望まれます。問題は、電磁波が電波から光・X線・線まで広範囲な波長帯域にまたがっているため、目的にあった材料と加工応用性・簡易型電磁シールドブース対費用効果などを検討する必要があります。



簡易電磁波シールドブース

### 電磁シールドの効果

電磁シールドの効果は、防振や防音における「振動伝達率や防音率」と同様にdB値で表します。但し、dB値の利用の仕方が少々違っています。シールド効果を電界（磁界）強度として捉え、シールド効果がない（＝強度が無い）状態を0dBとしています。シールド効果の定義は、「シールド材の有無による電界・磁界又は電力の比」です。したがって、電界・磁界強度があるほどシールド効果が向上し、dB値が上昇します。シールド材無しを0dB基準として考え、その効果を強度（+dB）として表示します。かなり高度なシールド性のある所で80～100dB、非常に簡易的な所で20～30dB、通常の所で30～40dBです。当社の電磁シールドブースが簡易的でも50～60dB台に入っていますのでひと安心です。防振空間と防音空間の融合商品である機密性の高いAEk製品の開口部周辺でひと工夫すると、100dBに近いが、または超えるかもしれません。



アコースティックエンクロージャ AEk

## 3-2 電氣的対策

### 電気ノイズとその種類

今まで音響的ノイズや機械的物理的な振動ノイズ・電磁的ノイズなどを扱ってまいりましたが、ここで電氣的ノイズについて考えてみます。ノイズ現象を狭義の意味で「電気ノイズ」として限定すると、「不要な電気信号の発生」ということとなります。電気ノイズの発生には、今までに以下のような原因が考えられています。

#### 電気ノイズの種類（事例）

電磁波の侵入 ...	電磁波対策が不完全な場合に起きるケースです。ケーブルなどを伝わっても伝播します。
熱雑音 ...	電子機器類などの熱から発生するケースです。
システムクロック信号 ...	コンピューターのクロック周波数が影響するケースです。複数の信号ライン同士が影響しあう信号間のクロストークです。インターネットなどでも支障となることで知られています。
電源フリッカー ...	電源電圧のゆらぎ・不安定性から起きるケースです。
AC電源のハム ...	接地不良（アース不良）で交流電源周波数（50Hz、60Hz）からの「うなり」現象として表れるケースです。
電源高調波 ...	電源周波数の高調波成分（整数倍成分）発生。振動測定を行うと、整数倍で影響している現象がわかります。
大電力からの磁力線 ...	電源ケーブルからの磁界発生と電磁誘導が原因で起きるケースで、「システムのグラウンド・ループ」と呼ばれています。電線をコイル状に巻き、電気を流すと磁界が発生します。またコイル状の電線に磁器を近づけると、コイルに電気が流れます。不用意なコード類の巻き上げや散乱が危険であることを示しています。
インパルス・ノイズ ...	他の電源を入れたときに瞬間的に発生するケースです。
空電現象 ...	自然発生的な雷・宇宙空間ノイズ・太陽風ノイズ・地震・火山噴火など、いつ起きるかわかりません。
静電気放電 ...	人間が帯電して、機器などに触れて放電する場合などのケースです。だれでも経験のある現象です。
静電気帯電 ...	室内の乾燥状態で空気自体が帯電し、放電するケースです。

## 電気ノイズの対策

自然発生的な空電現象以外、電気ノイズの多くは「ラインの点検処理や接地処理・放電・帯電防止器具の使用・設備上の点検対策など、電気知識をもって行う諸対策になります。また建物を含めた全体の設備上の問題になるものは個人で対処できるようなものではありません。専門的な図書が多数販売されていますので、利用されることをお奨めいたします。AEk 製品の利用で考えられる点は、製品の背面に設けられるコード処理部の直前で EMS (Electro-Magnetic Susceptibility) 部品など電磁波対策を利用したり、製品本体の接地部品 (アース) を具備させたりすることである程度の対策になるものと考えられます。また「ノイズ展」などのイベント会場で情報を集めることも大切です。

### 3-3 遮光対策

#### 対策の目的

装置に対して外界からの不必要な光或は光波 (可視光線・紫外線・赤外線など波長 1 mm ~ 1 nm の範囲にある電磁波) を遮断するための対策です。レーザーを利用した光学システム、光学顕微鏡を利用した評価システムなどで遮光対策を求めることがあります。これは、「光或は光波」という限定された対策ですが、仮に遮光材の表面に導体を使用すれば光領域以外の電磁波対策を兼ねることも出来ます。半導体内部の異常現象によって生じる「可視光線から近赤外領域での極微弱発光」を検出し、その位置を特定し故障解析を行うような半導体評価装置では、この遮光対策は避けて通れません。また光源にレーザー光を使用する光学システムでは、光軸の位置確認及びその保持調整上簡易遮光ブースで光源以外の光の散乱や影響を防ぎます。また、高出力のレーザー装置のように、予期せぬ反射光の防止をするような逆の対策として利用することがあります。



簡易遮光ブース

#### 対策上の問題点

装置を含む作業室内全体を暗室で行う場合と装置周辺に若干の作業空間を含めた暗幕ユニットで遮光する場合に分けられます。当社では、暗幕ユニットや遮光ボックスを取り扱っています。暗幕ユニットの場合は、暗幕用カーテン材の防塵性や防炎性に配慮する点並びに暗幕を支える支持フレーム (骨組み材) の強度・剛性に十分な注意をすることが挙げられます。遮光ボックスは、少なくとも内部を艶消し黒色にすると遮光性の高い空間が得られます。システムの稼働部や光源などから発生する熱処理 (冷却用小型ファン) や開口部或は各種コードやチューブ類の出し入れ窓の処理に工夫が必要です。遮光の度合いをどこまで求めるかで決定されますが、大概が設計上の対応と遮光処理材の利用で解決できます。また AEk 製品の正面開口部分中央窓 (防音ガラス製) を変更するだけでも、相当程度の遮光対策が期待できます。

### 3-4 防塵対策

埃や塵の無い環境への期待は年々高まっています。新設される実験・研究室のクリーンルーム化は当然のこと、既存の当該室に対する改造工事も急ピッチで進められています。こうした動きのトップに立ってきたのが半導体工場や半導体を研究する諸施設であることは言うまでもありません。ウエハーの製造や処理・フォトリソグラフィー・LSI マスク・検査等がその代表例です。レーザーや無数の光学レンズを使用する多くの光学、医学、薬品、食品、バイオなども当然ながら対策が前提になっています。油分や塵・埃、さらには雑菌類・感染症の防止などが目的です。当社では、クリーンルームや専用フィルターなどの専門メーカーではありませんので、簡易的なクリーンブースやユニットを防振製品のオプションとして納入する他に、当該する場所に納入する製品自身の防塵対策に注意を払っています。従来から、空気ばね式防振台のベンチの水平維持に使われているメカニカルバルブセンサー 3 ヶから排気される空気を一ヶ所にまとめて室外へ集中排気させたり、または室内に高密度フィルターを設けて防塵対策を施すことや防振作業面へ仕上げ変更、焼付け塗装の徹底点検、仕様材料の変更などを検討し製造しています。



HD-8060A-C (CB-8060付)

簡易クリーンブース

### 3-5 空気対流 / 熱対流対策

干渉計やレーザーを使用した多くの機器類が、空気対流や熱対流に対して影響を受けることが知られています。技術資料 2006-(2)改の音響対策でもふれましたが、音は大気圧  $P$  (静圧) からの変動する圧力差 ( $P =$  音圧) です。音を人間が感じなくても媒体である空気が対流し、変動しゆらく場合には、音圧を或は変動する圧力を受けていることとなります。また熱対流は、多くの周辺の熱源や周囲の人間から発散する熱により形成し、さらに調整されている室内温度を、部分的に対流してかき回すこととなります。いわば空気対流と熱対流とを同じ次元で捉える必要があります。具体的な現象として、「干渉縞のゆらぎ」や「測定の繰り返し精度のバラツキ」などとして表れることが知られています。原因の多くが空調設備に起因するため、排気口や吐出口の形状・位置・方向性と機器類の設置場所と方向性のマッチングを第一義的に考え、その上で対流現象を抑制させるような遮断壁や覆いなどの効果的な対策が必要となります。

#### おわりに

2001 年から本格的なナノテクノロジー - 時代に入りました。ナノという世界が言葉だけではなく、私たちの身の回りに感じ始めています。超微細技術の側面的な力ぎを握る「振動・音響・電磁波・その他の諸対策」を追い求め、ナノテクノロジー - に対する重要な支援技術の一助になれることを当社は目標とし、また願っています。

以上  
ヘルツ株式会社  
営業部 部長 木村 了