

電磁シールドが施されたテレビスタジオの例。スタジオ間でのワイヤレスマイクの混信や電波による機器の誤作動などを防ぐため、シールド材料で周囲が取り囲まれている。
(写真提供:鹿島建設(株))

最近の電磁環境と鉄鋼材料

さまざまな機器から発生する電磁波が電波障害の原因となることが指摘されており、その対策が求められている。一般的な電磁シールドでは導電性材料が使用され、電磁波を遮へいすることで、機器への電磁波の侵入や漏えいを防止する。電磁シールドには、すでに多くの鉄鋼材料が使用されており、近年は機器への対策だけではなく、建築物そのものに対するシールド性能向上のニーズも高まっている。

複雑化、多様化する「電磁環境」

日常生活を取り巻く「電磁環境」の複雑化、多様化が進んでいる。「電波法」で定める電波とは、「300万MHz以下の周波数の電磁波」と定義されている。工業製品などで使用する周波数は、法律で割り当てられているが、これらが重複している場合もある。電磁波は周波数(波長)によって分類され、また通信や機器、生体などに与える影響も異なる。

従来までの電磁波の主な発生源は、テレビやラジオ、電話など、通信機器や電気製品などであった。このほか、工場で使用されるモーターや看板のネオンサイン、工事現場の溶接火花なども電磁波の発生源として知られている。これらに加えて近年は、携帯電話や無線LAN、GPS、携帯音楽プレーヤーや携帯ゲーム機器、各種電気機器のインバーターなどが、電磁波の発生源となっている。また、パソコンの高速化のために、より高い駆動周波数(クロック数)が用いられ、パソコンを高周波雑音の発生源にしている。さらに、ICを搭載した機器の増大とハウジング(筐体)の非金属化は、従来まで不要電磁波の発生源ではなかった機器を、新たな不要電磁波の発生源にしている。このようなエレクトロニクス機器などによる人工の「雑音(ノイズ)」のほか、自然界にも雷などによる電磁波の発生源が存在する。

これらの機器は家庭、工場、病院、自動車など、あらゆるところで使用されており、さまざまな問題が発生している。電磁波障害の例として、古くはテレビの受信障害が知られているが、これは高層ビルによる放送電波の反射が原因であった。現在、さまざまな機器から発生した不要電磁波が他の機器の誤動作の原因となる可能性が指摘されている。例えば、携帯電話の電波などが医療機器や航空機の運航に影響を与える可能性はよく知られている。また、産業用ロボットや自動車のエレクトロニクス機器に影響を与えた場合には、人命に関わる重大事故につながる恐れもある。

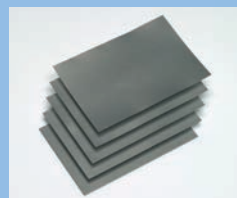
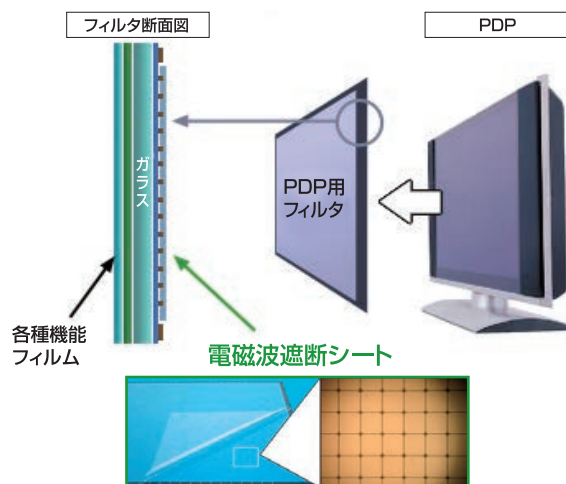
■さまざまな電磁波の発生源



(資料提供:鹿島建設(株))

■EMC対策が施された機器の例

PDP（プラズマディスプレイ:Plasma Display Panel）では、本体から放射される電磁波によるノイズ防止のため、ディスプレイ前面に電磁波を遮へいする材料が使用されている。（資料提供:日立化成工業（株））



携帯電話やカーナビゲーションシステムなど、小型化が進むデジタル機器では、回路などから発生する電磁波対策の1つとして、ノイズ抑制シート（左上）や電磁波障害防止用ガasket・テープ（右下）などが使用されている。また高い周波数で駆動する小型パソコンでも使用されている例がある。（資料提供:NECトーキン（株）（左上）、セーレン（株）（右下））

電磁両立性（EMC）への関心の高まり

増大するノイズに対して、最近では、EMC（Electromagnetic Compatibility:電磁両立性）対策がますます重要になっている。EMCは、「機器やシステム、その環境内のいかなるものに対しても許容できない妨害を与えることなく、その電磁環境内において満足に機能する能力」と定義されている。EMCには2つの側面がある。すなわち、自らが外部へ有害なノイズを発生（エミッション: Emission）させ、電磁干渉（EMI: Electromagnetic Interference）を引き起こす加害者の側面と、外部からのノイズの影響を受ける（電磁的感受性、EMS: Electromagnetic Susceptibility）被害者の側面である。なお、ノイズの影響の受けにくさを耐ノイズ性（イミュニティ:Immunity）と呼ぶ。

現在、各国でEMCに対する各種の規制が実施されている。これらの国や地域に製品を輸出する場合、メーカーはその機器が他の機器に対して影響を与えないことと、外部からの電磁波の影響を受けないことを、自らが証明する必要がある。これらの規格に適合した製品には欧州における「CEマーキング」など、各種の認証マークが付与されている。わが国では情報処理装置等電波障害自主規制協議会（VCCI）が定める自己認証制度が存在する。これらの認証を取得するためには、それぞれの規格が定める技術試験に合格する必要がある。各規格には測定項目や周波数、検波方法などが定められており、試験場として電波暗室などを利用してこれらの試験が行われる。

■電磁波の周波数と利用分野

	名 称		周波数帯 波 長	主な用途・発生源	
電 波	ULF	超超長波	0.03～3Hz 10 ⁷ ～10 ⁸ km		
	ELF	超長波	3～3,000Hz 10 ⁵ ～10 ⁸ km	家庭電気製品 高圧送電線	
	VLF		3～30kHz 10 ⁷ ～10km	無線航行（オメガ）	
	LF	長波	30～300kHz 10～1km	船舶・航空機ビーコン、 無線航行（デッカ）	
	MF	中波	300～3,000kHz 1,000～100m	船舶・航空機ビーコン、 無線航行（ロラン）、 中波放送（AMラジオ）、船舶通信	
	HF	短波	3～30MHz 100～10m	船舶・航空機通信、短波放送、 国際放送、市民ラジオ	
	VHF	超短波	30～300MHz 10～1m	航空管制放送、テレビジョン放送、 FM放送、ボケバル、 沿岸無線放送	
	UHF	極超短波	マイクロ波	300～3,000MHz 100～10cm	テレビジョン放送、PHS 携帯電話、タクシー無線、自動車電話、 航空機電話、電子レンジ
	SHF	センチ波		3～30GHz 10～1cm	衛星放送、放送番組中継、 無線LAN、衛星通信
	EHF	ミリ波		30～300GHz 10～1mm	衛星通信、各種レーダー
光		サブミリ波		300～3,000GHz 1～0.1mm	光通信システム
		遠・赤外線		3,000GHz～384THz 0.1mm～0.78μm	工業用（加熱・乾燥）
		可視光線		384～30,000THz 0.78～0.38μm	光学機器
		紫外線		789～30,000THz 0.38μm～10nm	レーザー
X 線			30,000～3,000万THz 10～0.001nm	医療機器（X線、CTスキャナ）	
γ 線			3,000万THz～ 0.001nm～	科学観測機器	

電磁シールド性を向上させた表面処理銅板

EMCを実現し、電磁波障害を防止するための手法には、①電磁シールド技術（発生するノイズを外に出さない、中に入れない）、②電波吸収技術（ノイズを吸収して熱エネルギーに変換する）、③フィルタリング技術（ノイズと目的信号を電子・電気部品や回路により分離する）、などが挙げられる。

ここでは主として電磁シールド技術とその材料について見ていく。電磁シールドは、導電性の材料で機器の周囲を取り囲むことで、ノイズとなる電波の侵入や漏えいを防止する技術である。シールド材料としては、金属板のほか、金網や蒸着やめっきなどによる金属膜、

導電性塗料や導電性プラスチックなどが用いられる。

一方、電磁シールドと似たものに「磁気シールド」がある。電磁シールドが反射と吸収で電磁波を遮へいするのにに対し、磁気シールドでは対象とする空間の周囲に磁力線をバイパスさせることで、シールドされた空間を構成する。磁気シールドの材料としては、電磁銅板、パーマロイなどが使用され、MRI（磁気共鳴映像）装置を使用する医療機関や、EB（電子ビーム）装置を使用する半導体工場など、その用途は広がりを見せている。

これまで鉄鋼材料は優れた導電性などを生かし、多くの製品で電磁シールド性を発揮してきた。最近では、機器からの漏えい電磁波対策としての高導電性によるシールド効果、電磁波を減衰させる機能を持つ高機能性銅板が開発されている。

従来、銅板の電磁シールド性能を向上させるためには、表面の導電性の向上に主眼が置かれていた。しかし最近、銅板の表面処理による電磁波の減衰に着眼した製品が開発・商品化されている。例えば、高導電性の特殊な皮膜を塗布することにより、一般の電気亜鉛めっき銅板や塗装銅板と比較して、5～10dB（電力値で4分の1～9分の1）程度の低減効果を実現した製品が開発されている。これによって、一般的な電磁波対策部品での対応が難しいとされていた高周波領域でも電磁波低減効果が確認されており、CPUの高速化への対応やガスケット、フェライトコアなどの電磁波対応部品の省略化などの効果が期待されている。

今後、電子機器のデジタル化や高速化がさらに進むことで、より広範囲の周波数スペクトルに対する規制が強化される可能性がある。表面処理銅板に期待される機能として、より優れたシールド性能・電磁減衰性能が求められていくものと予想される。

■代表的なEMC規制認証マーク

日本 VCCI		EU CE	
北米 FCC		中国 CCC	

■エミッションに関する代表的な国際規格

規格	適用対象
CISPR 11	工業、科学、及び医療（ISM）用無線周波機器
CISPR 13	音声、及びテレビ放送受信器、及び関連機器
CISPR 14-1	家庭用器具、電動工具、及び類似の器具
CISPR 15	電気照明、及び類似の機器
CISPR 22	情報技術機器
IEC 61326	測定、制御、及び研究所内での使用のための電気機器
IEC 60601-1-2	医用電気機器、及び関連機器
IEC 61000-6-3	住宅、商業、及び軽工業環境向けの機器（一般規格）
IEC 61000-6-4	工業環境向けの機器（一般規格）
IEC 61000-3-2	16A/相までの機器の、高調波電流エミッション限度
IEC 61000-3-3	16A/相までの機器の、電圧変動、動揺、及びフリッカの限度

■イミュニティに関する代表的な国際規格

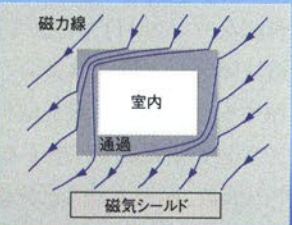
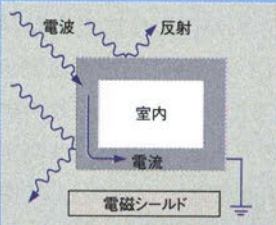
規格	適用対象
CISPR 14-2	家庭用器具、電動工具、及び類似の器具
CISPR 20	音声、及びテレビ放送受信器、及び関連機器
CISPR 24	情報技術機器
IEC 61326	測定、制御、及び研究所内での使用のための電気機器
IEC 60601-1-2	医用電気機器、及び関連機器
IEC 61000-6-1	住宅、商業、及び軽工業環境向けの機器（一般規格）
IEC 61000-6-2	工業環境向けの機器（一般規格）

情報化社会で不可欠な建築物のシールド

1964年に建築基準法が改正され、超高層ビルが数多く建設されるようになると、テレビやラジオの受信に影響を与える電波反

■電磁シールドと磁気シールドの仕組み

電磁シールド（左）は、導電性の材料で周囲をかこみ、シールド材の表面で電波を反射させ、電波の侵入や漏洩を防止する。一方、磁気シールド（右）は、磁力線の通りやすい鉄などの材料で密閉し、磁気の侵入を防ぐ。



（資料提供：鹿島建設（株））

電磁波の影響を測定する「電波暗室」

「電波暗室」とは、外部からの電磁波の影響を受けないよう設計・施工された設備で、同時に暗室内から外部へ電磁波を漏らさない構造がとられている。従来、電波暗室はアンテナや無線機器の実験・研究に用いられていたが、ノイズ対策の必要性の増大により、放射電磁波の測定のための利用が増加している。

ノイズの測定方法には、測定する機器と受信アンテナの距離により10m法や3m法などの測定法がある。1996年からスタートしたECのEMC指令では、大型機器・重量機器にまでEMC規制の対象が広げられ、10m法電波暗室の需要増加の要因となった。

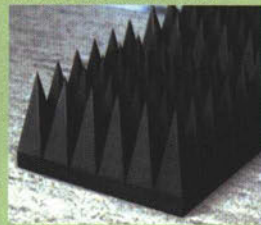
電波暗室は、外部の電磁波を遮へいするための構造と、電波暗室の内部での電磁波の反射を抑制するための構造という2つの要素から構成されている。一般的な電波暗室は、壁、天井、床に金属などの導電性の物質で空間を取り囲むことによって、外部からの電磁波の影響を防いでいる。また、電波暗室の内面に電波吸収材をはり巡らせることにより、電波暗室内での電磁波の反射を抑え、対象となる機器から発生する直接波のみを測定できる環境を実現している。

電波吸収体には、磁性電波吸収体、誘電性電波吸収体、導電性電波吸収体がある。磁性電波吸収体としては、焼結フェライト、軟磁性金属、鉄カルボニルなどが知られている。誘電性電波吸収体には、カーボンなどの導電性材料を含有させたウレタンフォーム等の発泡性樹脂が用いられている。

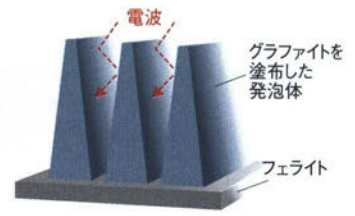


●電波吸収体の例

吸収させる波長によってさまざまな形状の電波吸収体がある。



試験体やアンテナから放射された電磁波は、吸収体で反射されながら吸収され、減衰する。



電波吸収体は広帯域での電波吸収特性を実現するために、ピラミッド形状とされる場合が多い。また近年は、より広帯域での電波吸収特性が求められているため、磁性電波吸収体と誘電性電波吸収体を組み合わせた複合電波吸収体が広く用いられている。

(資料提供:TDK(株))

射障害(いわゆるゴースト障害)が社会問題化した。高層建築物が放送電波を反射することで生じるゴースト障害は、建築物の外壁に電波吸収体であるフェライトタイルなどを施工することで、解決されてきた。

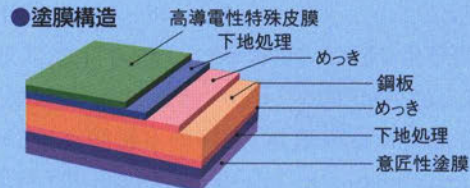
しかし、コンピュータの利用やオフィス内での無線LANの普及、携帯電話や事業所PHSなどの利用が進んだ近年では、建築物内部のノイズトラブルについても防止する必要性が生じてきた。このため、建築物の内部についてもEMC対策が求められ、電磁シールドビル(インテリジェントビル)のニーズがますます高まっている。最近では、研究機関や金融機関などのコンピューターーム、放送用スタジオ、病院などを中心に電磁シールドビルへのニーズが増加している。

建築物の電磁シールド技術は、建物全体、外壁、窓・扉・換気口などの開口部に対するものに大別できる。特に、高周波をシールドするためには、窓などの開口部のシールドが重要になってくる。建物全体に対するアプローチとしては、ビルの躯体を電磁シールド部材を含むコンクリートで構成するなどの方法がある。外壁については、金属製のカーテンウォールの採用が挙げられる。窓については導電性のメッシュを利用したガラスのほか、透明導電性フィルムをガラスに貼り付ける場合もある。

電磁シールドビルは、汎用型シールドビル(10~20dBのシールド)、一般シールドビル(30dB程度)、高性能シールドビル(40~50dB程度)などに分類される。現在、最も厳しいシールド性能が

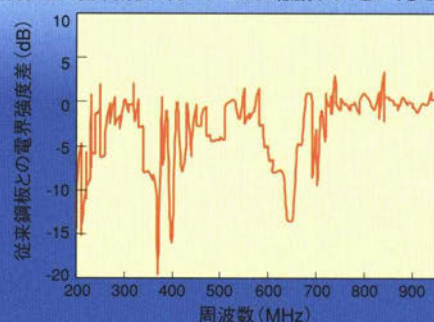
■電磁シールド性能を向上した表面処理鋼板の例

●塗膜構造



●漏洩電磁波低減効果の例

開発製品は従来銅板に比べ5~10dB低減することができた。



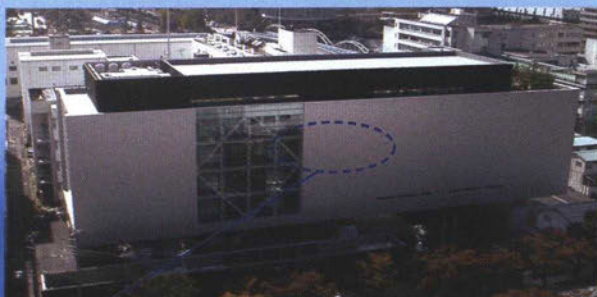
((株)神戸製鋼所の資料を元に作成)

■建築物の電磁シールドの例

●建築物全体の対策

- 金属製デッキプレート(床)
- 外壁銅板
- 電磁波吸収タイル
- 垂鉛めっき銅板(建物内部)
- 電磁シールドガラス

従来まではそれぞれが絶縁された状態で施工されていたデッキプレートや外壁銅板を、電氣的に接続することで、電磁シールド効果を得ることができる。フロアごとに電磁シールドを施す(ゾーニングする)ことにより、無線LANや構内PHSなどの輻輳(通信しにくくなる現象)を防止する。



●建築物内部の対策

- 電磁シールドクロス(床)
- 電子シールド塗料
- 電磁シールド耐火ボード(アルミ箔付きなど)

会議室やサーバールームなど、使用目的によって異なった電磁シールド特性が要求される。電磁シールド耐火ボードなどを使用することにより、建築の電磁シールド効果を部分的に強化することが可能になる。

(資料提供:清水建設(株))

■電磁波吸収タイル



電磁波を吸収するフェライトタイルを使用した外壁材。フェライトタイル上の溝の間隔を調整することで、吸収させたい電磁波の周波数を制御したり、電磁波が放射されてくる方向に対して最適な吸収性能を持たせたりすることができる。
(資料提供:清水建設(株))

要求される建築として、データセンターやサーバールームが挙げられる。データの暗号化などによる情報セキュリティ対策や、入退室管理、防犯対策などの物理的なフィジカルセキュリティ対策に加え、電磁波盗聴や電磁波攻撃(意図的電磁妨害、IEMI: Intentional Electromagnetic Interference)から電子機器を守る電磁波セキュリティ対策が重要視されるようになってきているためである。漏えいした電磁波を捉えることで、パソコンの画面やキーボードからの入力情報を盗聴できることが分かっている。現在、これらに対する国際的な規格の策定が国際電気通信連合や国際電気標準会議などで検討されている。わが国でも総務省や(独)情報通信研究機構などが中心となっており、IEMIの評価と防護に関する研究が進められているところである。

このような電磁セキュリティのニーズに対し、既設の建築物に電磁シールドを付与する工法が提案されている。例えば、電磁シールド耐火ボードや電磁シールドクロス、電磁シールド塗料などを用



建築物で電磁障害対策が施された例。東京都庁高層部の東京タワーに向いている面には、反射による電波障害を防止するためにフェライトタイルが取り付けられている。

高速道路で、隣接するETCのゲートでの電波干渉を防ぐために遮へい板が設置されている。視界を確保するため、透明なITO(酸化インジウムスズ)が塗布されている。

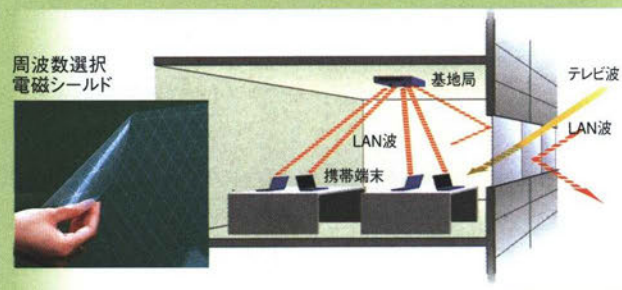


(写真提供:TDK(株))

周波数を選択するシールド技術

近年、電磁シールドビルへの要求はさらに高度化している。例えば、オフィス内で使用している無線LANの電磁波は建築物の外に漏えいさせたくないが、携帯電話やPHS、テレビ電波などは受信したいといった要求である。

このようなニーズに応えるため、特定の周波数の電磁波のみを選択的にシールドする技術が開発されている。1つは、窓ガラスや内装材などの表面に、特定の周波数のみを反射するフィルムなどを貼り付けるものだ。もう1つは、建築物の外壁に、特定の周波数の電磁波だけを吸収する電磁波吸収体などを設置する方法である。



(資料提供:鹿島建設(株))

いることで、既設の建築物の内部にシールドルームを構築することが可能になっている。

情報化・電子化が進む現代において、EMC対策の重要性はますます高まっていることは疑問の余地がない。また、今後は工業製品だけでなく、情報セキュリティや企業統治の観点から建築物へのEMC対策も必須のものになっていくと予想される。EMC対策、とくに電磁シールドにおいて金属材料は必須であり、中でも幅広い分野で使われ経済性に優れた鉄鋼材料には、多彩な用途への対応が期待される。