

電磁波シールドに対する技術資料

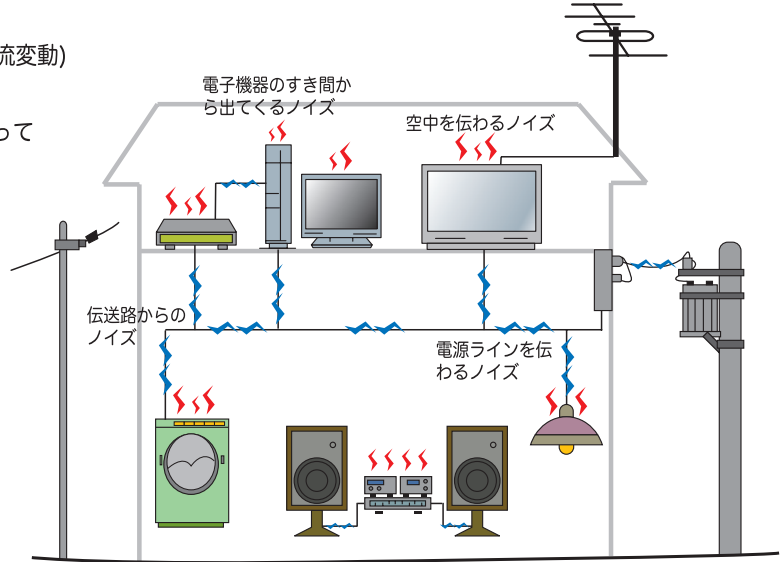
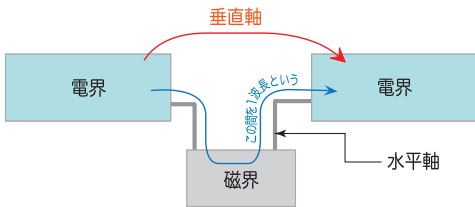
① 干渉電磁波(ノイズ)とは

不要な電磁波をノイズと言います。電磁波、電圧、電流などの電気信号で他の機器に侵入して作動を干渉するとか、無線通信機器に利用される電磁波もその電磁波を必要としない機器にとってはノイズになります。

ノイズには、落雷、静電気放電などの自然ノイズと電気を使うすべての電子装置または、機械で発生する人工ノイズと大きく2種類に分けられる。

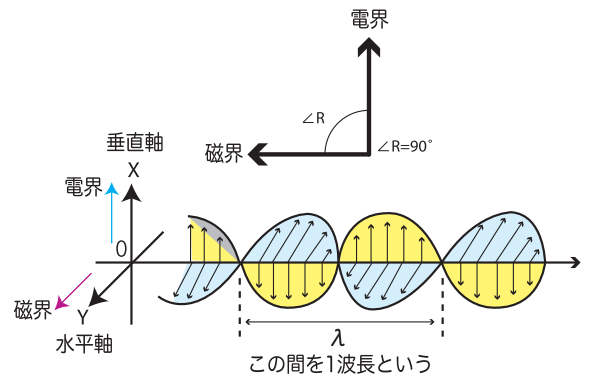
その中、人工ノイズは、下記のように大きく二つの種類に分けられて、弊社の製品は放射ノイズ対策に使われる。

- ▶ 放射ノイズ(RE: Radiated Emission)
空間に輻射して伝わる電磁エネルギー(電圧、電流変動)
- ▶ 伝導ノイズ(CE: Conducted Emission)
ケーブルや電子基板の回路(PCB パターン)に乗って伝わる電磁エネルギー(電圧、電流変動)



①-1 電磁波とは

音にも振動があって空中を飛ぶのにエネルギーは存在しない。
電気には電磁波があってエネルギーが存在する。
電界と磁界とで形成されて右図のように電界と磁界が90度角度で空中を飛ぶ。
赤外線以上の長い波長を電磁波(周波数3000GHz以下)と言って、
電気通信分野では必要である。

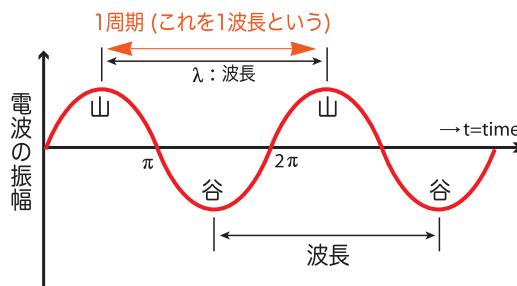
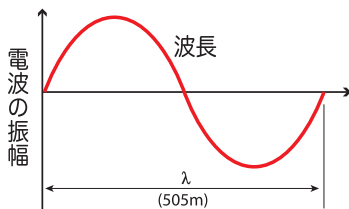


①-2 波長とは

下図のように山から山までを1波長と言う。例えば、周波数594KHzの波長は下の計算で505mになる。

$$\lambda [m] = \frac{c [m/s]}{\nu [Hz]}$$

$$= \frac{3 \times 10^8 [m/s]}{594 \times 10^3 [Hz]} = 505 [m]$$



$$\lambda = \frac{c}{\nu}$$

$$\nu = \frac{c}{\lambda}$$

$$c = \nu \lambda$$

$$T = \frac{1}{\nu}$$

c : 電波速度(m/S)
ν : 振動数=周波数(Hz)

λ : 波長(m)
T : 周期(秒)

①-3 電波と電磁波の差

電波も電磁波も同じ言葉で、右図表のように、電磁波は3THz(3X10¹²)以下の周波数を指す。

①-4 輻射電磁波(ノイズ)の強度

電界強度の単位 : [V/m]、磁界強度の単位 : [A/m]
電磁波シールド分野では換算して音の単位dB(デシベル)で表示する。

例えば、電界強度1[μV/m]を基準にして[dB μV/m]を一般的に使う。

真数E₀[μV/m]の場合、dB値E_{dB}[dB μV/m]は以下の数式を利用して数値を求める。

$$E_{dB} = 20 \log_{10} \left(\frac{E_0 [\mu V/m]}{1 [\mu V/m]} \right) [dB \mu V/m]$$

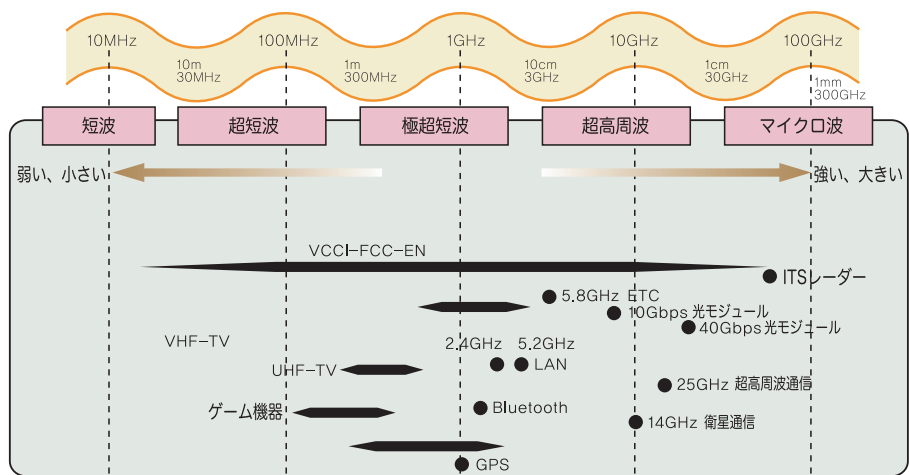
真数とdB値の関係

電界強度(真数)	電界強度(dB値)
1 [μV/m]	0 [dB μV/m]
1 [mV/m]	60 [dB μV/m]
1 [V/m]	120 [dB μV/m]
0,1 [μV/m]	-20 [dB μV/m]

周波数	名称	主な用途
3000GHz (3THz)	サブミリ波	
300GHz	ミリ波	
30GHz センチ波	SHF	宇宙通信
3GHz 極超短波	UHF	テレビ宇宙通信
300MHz 超短波	VHF	テレビFM放送
30MHz 短波	HF	短波放送標準電波
3MHz 中波	MF	ラジオ放送、ロランA
300KHz 長波	LF	船舶無線 ロランC ビーコン
300KHz 超長波	VLF	船舶無線 潜水艦通信
3KHz	ULF	極超長波
300Hz	SLF	
30Hz	ELF	
3Hz		

1秒間に1回の振動をする波動
例) 1kHz = 1000Hz = 1x10³Hz
1MHz = 1000KHz = 1x10⁶Hz
1GHz = 1000MHz = 1x10⁹Hz
1THz = 1000GHz = 1x10¹²Hz

①-5 製品別使用周波数帯域



② 電磁波シールド部品が必要な場合

次のような現象が発生する時に電磁波シールド対策が必要である。

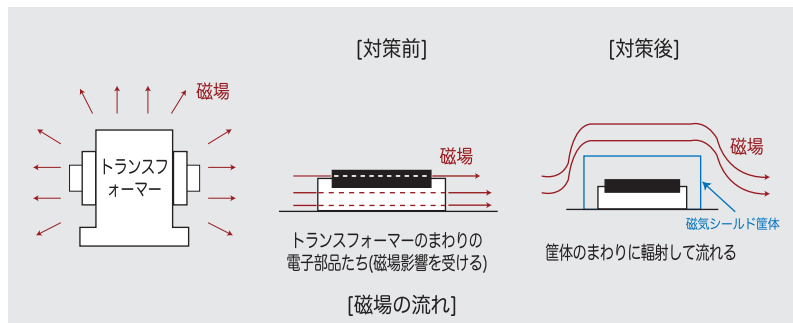
1. 製品テストの結果、特定周波数で規制レベル限界値を越えている。
2. 接地処理が間違っってスピーカーから雑音が出る。
3. アンテナ設計の時不要な電磁波が入って来る。
4. 高周波使用機器の影響でシステムが誤動作する。
5. TV、コンピューター、モニター、その他ディスプレイ画面に歪み現象がある。
6. シールドボックスを製作する時。
7. 各種ケーブルを吸収体に装着する時。
8. 自動車用カーオーディオ、ナビゲーションなど電子システムでノイズが出る。

③ 電磁波シールド 方法および、種類

電磁波(ノイズ)が電線を通じて伝達されるとか放射される。これによって多くの種類の機器たちが相互間の誤動作を発生させることができる。このような問題を防止するために電磁波の性質による下のような対策が必要である。

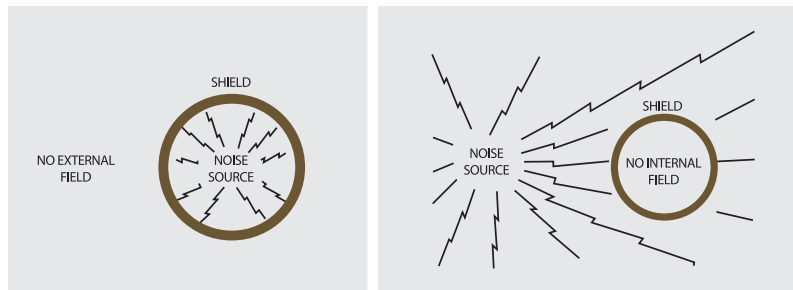
③-1 磁気シールド

透磁率が高い材料(パーマロイ箔、珪素鋼板、アモルファス箔など)で磁気発生源を包むとか磁気被害を受ける部分をカバーすることで磁場が表面に放射して他の部分に流れるようにして解決します。電場より磁場発生が強いトランスフォーマーなどに適用する。



③-2 電磁波シールド

電磁波シールドは、例えば筐体内に水を入れてその筐体を左右上下に振って水が全然漏れない意味と同じです。筐体(ケース)を全部導電性素材(銅箔、アルミ箔、鉄板など)で包む方法を使うのに、各製品のシールド率規定値によって少しの隙間許容が可能です。右図のように筐体の内部回路から発生するとか外部の他の機器から飛んで来る干渉電磁波が筐体(ケース)の表面でぶつかれば電磁波が反射するとかグラウンドで流れます。これがシールドの原理です。この時、筐体の材質、厚さおよび、周波数、電磁波エネルギーの強度によって漏洩または、侵入が発生してシールド率が変わる可能性があります。



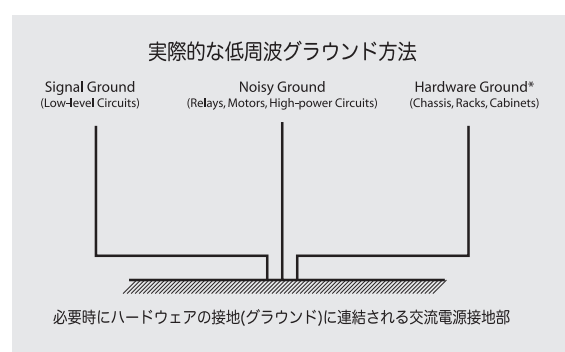
例) 周波数100MHzの場合、銅板厚さ数ミクロン以上ならほとんどシールド効果が100%位になる。

③-3 グラウンド(接地)

グラウンドには大きく信号グラウンド(以下SG)とフレームグラウンド(以下FG)があります。

信号が信号源から信号パターンを通じて負荷側で伝達になって、再び帰還パターンで戻ることがSGです。そして筐体(導電性ケース)がFGです。直流電源の基準電位もSGと言います。SGとFGをお互いに連結(アース)させるのが一番良いシールド方法なのに、ノイズの強度によってSGのパターン大きさ(面積)を設定しなければならないし、SGとFGを連結するアース線の太さも設定しなければならないです。

この時、できればSGパターンは広く、アース線は太いことを適用するのが良いです。



③-4 電磁波吸収

電磁波(ノイズ)が吸収体に入射すれば反射波、侵入波、通過波を発生するが、その中に侵入した電磁波エネルギーは熱エネルギーに変換されて電磁波を弱める。電子レンジで料理することと似た意味で、電子レンジを作動すると、電磁波エネルギーを放射して、そのエネルギーが料理品の内部で熱エネルギーに変換されて煮える。すなわち、水が吸収の役目をするのである。

吸収体は誘電体(抵抗体)、磁性体などの材質で構成されている。電磁波発生源(例、CPUなど)や逆に被害を受ける部品やその周辺に吸収体を装着して筐体壁面(特に開口部位)に装着すると電磁波問題が解決ができる。

特に、吸収体は問題になる周波数および、要求吸収率が分かると効果的な吸収体の製作に役立つ。

③-4-1 電波の吸収および、反射

③-4-1-1

● absorption loss = 8.686 αd [dB]

- α : Attenuation Constant

$$\alpha = \frac{38.6}{\lambda_0} \left[\epsilon_r'^2 \left(\mu_r'^2 + \mu_r''^2 \right) - \epsilon_r' \mu_r' \right]^{1/2}$$

● Reflection Loss

$$\text{Reflection Loss} = 20 \log \left| \frac{Z_{in} - Z_0}{Z_{in} + Z_0} \right| \text{ [dB]}$$

$$Z_{in} = Z_0 \sqrt{\frac{\mu_r}{\epsilon_r}} \tanh \left[j \frac{2\pi}{\lambda} \sqrt{\mu_r \cdot \epsilon_r} f \cdot d \right]$$

$$Z_0 = 377 \Omega$$

● Zero-reflected Condition

$$\sqrt{\frac{\mu_r}{\epsilon_r}} \tanh \left[j \frac{2\pi}{c} \sqrt{\mu_r \epsilon_r} f \cdot d \right] = 1$$

③-4-1-2

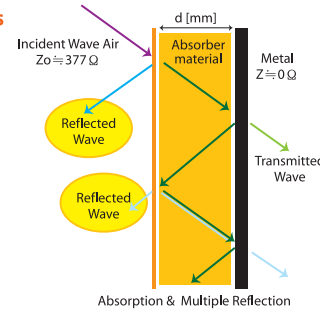
Reflection Loss Effectiveness of Materials

損失: ① 内部多重反射
② 入射波と反射波の180°位相差による相殺

$$\text{Reflection Loss} = 20 \log \left| \frac{Z_{in} - Z_0}{Z_{in} + Z_0} \right| \text{ [dB]}$$

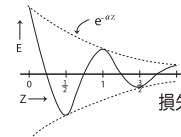
Z_{in} : Impedance of Incident Wave

$$Z_{in} = Z_0 \sqrt{\frac{\mu_r}{\epsilon_r}} \tanh \left[j \frac{2\pi}{\lambda} \sqrt{\mu_r \cdot \epsilon_r} f \cdot d \right]$$



③-4-1-3

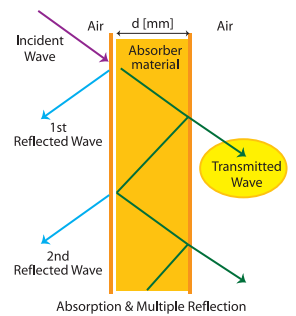
Absorption Loss Effectiveness of Materials



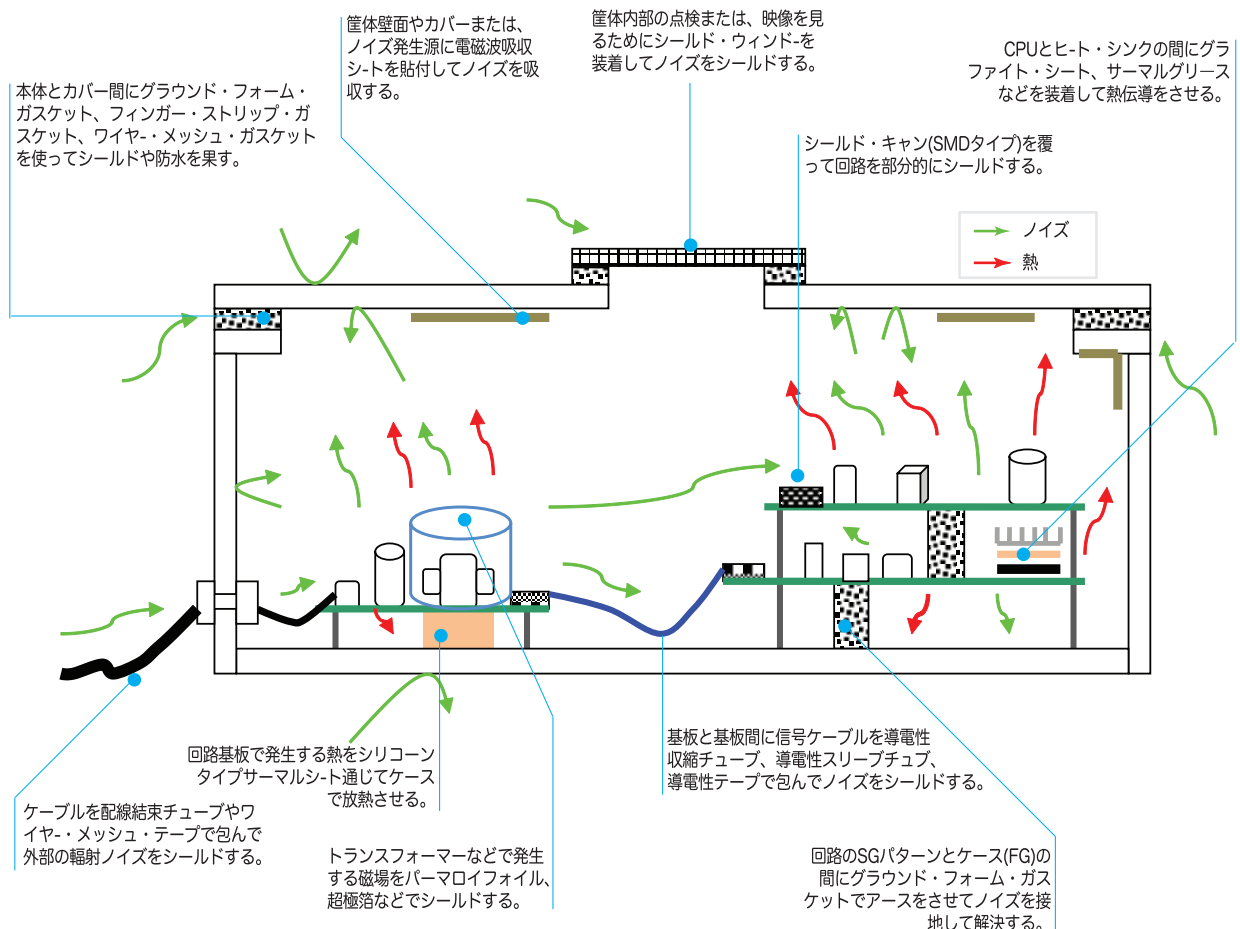
$$\text{absorption Loss} = 8.686 \alpha d \text{ [dB]}$$

α : attenuation constant

$$\alpha = \frac{38.6}{\lambda_0} \left[\epsilon_r'^2 \left(\mu_r'^2 + \mu_r''^2 \right) - \epsilon_r' \mu_r' \right]^{1/2}$$

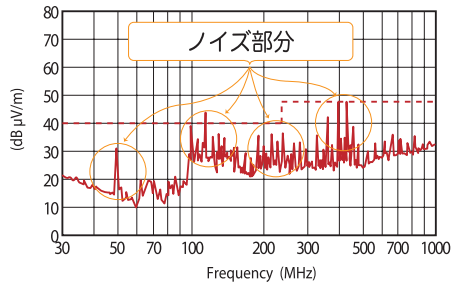


④ 製品別適用装置箇所

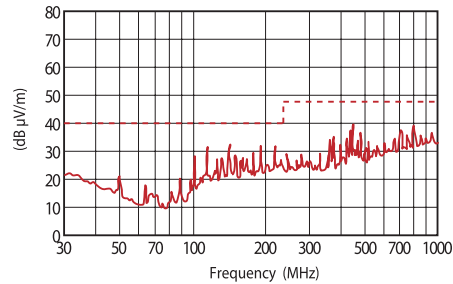


⑤ シールド筐体のシールド効果の実例

カー・ナビゲーションにシールド筐体を装着した場合と装着しない場合のシールド効果を比べた例。
下のグラフで見ると約10dB/50MHz~200MHzの低減効果がある。(周波数範囲: 30MHz~1GHz)



[シールド筐体装着前]



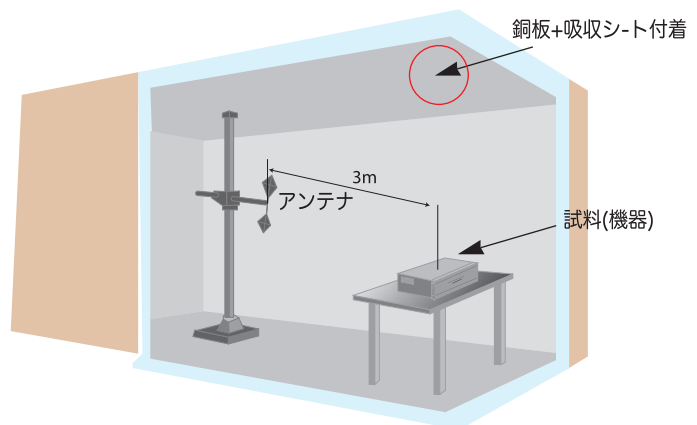
[シールド筐体装着後]

⑥ シールドテスト

電磁波障害および、耐性の最適条件を満足させるために国際的専門グループで構成されたCISPR(International Special Committee on Radio Interference)で毎年会議を開催して規格の再改訂作業を推進している。各国の意見を最大限反映、投票によって規格を確定させている。現在CISPRを含めてFCC、EN、VCCIなど各国で干渉波規制が実行されている。

規制対象は情報技術装置、電気機器、電動機、放送用受信機、半導体を利用した受信機、工業用、科学用、医療用高周波利用設備などがあります。特に、最近には電子機器の分野であってもFCC、ENの規制があってこれを満足させなければ相対国に輸出することができない。こういう規制のための測定を行う場合、相対国の規制や対象になる製品によって試さなければならない周波数または、規制値が多少違って注意が必要です。

それで、右図のように外部と内部間に電磁波が完全に遮られた電磁波暗室でテスト対象物(電子機器など)の電磁波(ノイズ)を測定する。テスト対象物によってアンテナと試料(機器)の距離が3mまたは、10mの距離間隔でテストする。



⑥-1 EMC試験項目

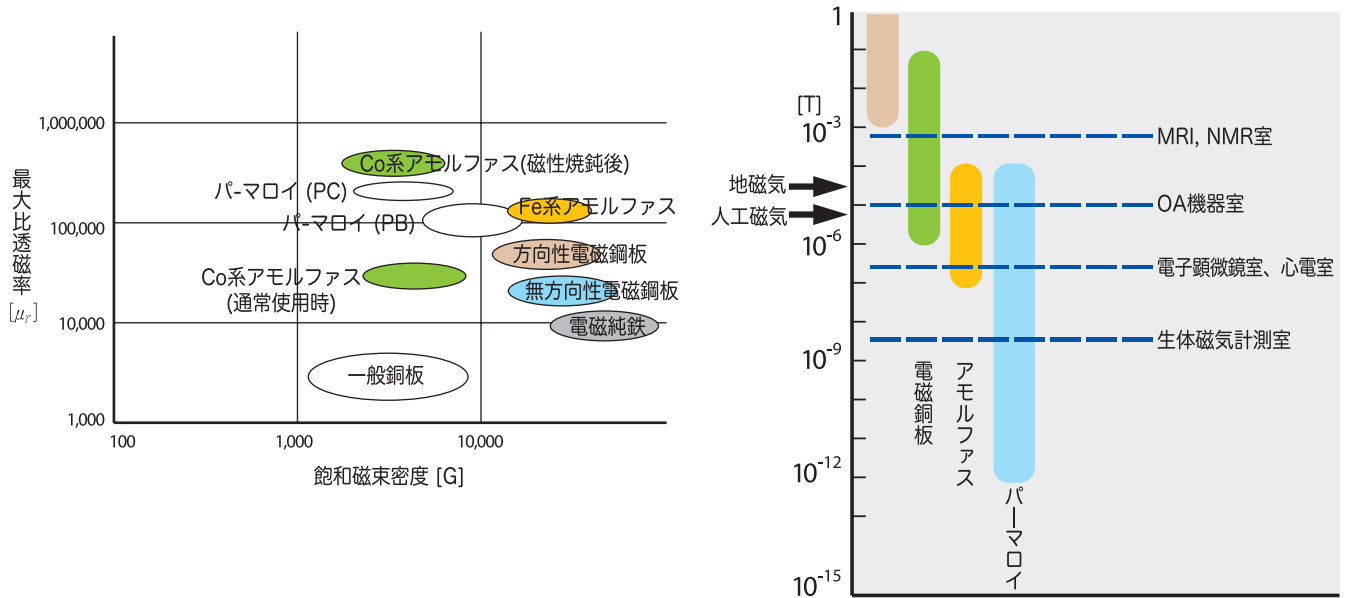
EMC(Electro Magnetic Compatibility) : 電磁波両立性
EMS(Electro Magnetic Susceptibility) : 電磁波感受性
電磁波の影響を受けて正常動作に影響させない。
電磁波耐性とも表現(Immunity)される。

- 静電気(ESD)
- 放射耐性(Radiated Susceptibility)
- バースト(EFT/B)
- 落雷(Surge)
- 伝導耐性(Conducted Susceptibility)
- 電源周波数磁界(PFM)
- 巡視停電(Dip/Interruption)
- S1, S2, S3, S4 : TVなどA/V機器に対してノイズをアンテナ入力(隣接チャンネルノイズ認可), オーディオ入出力, 電源線, アンテナ入力端及び製品全体に認可した時の耐性

⑥-2 国際および、国内EMC規制協会

- IEC (International Electrotechnical Commission) : www.iec.ch
- CISPR (Comite International Special des Perturbations Radioelectriques) : www.iec.ch
- ISO (International Standardization Commission) : www.iso.ch
- CENELEC (European Committee for Electrotechnical Standardization) : www.cenelegpr
- FCC (Federal Communication Commission) : www.fcc.gov
- 放通委電波研究所 (Radio Research Laboratory) : www.kcc.go.kr, www.rri.gov
- 技術標準院 (Korean Agency for Technology and Standards) : www.ats.go.kr

⑦ 磁気シールド材の特性表および、材料別用途



⑧ 各金属の導電性および、透磁率

材料	非導電率 σ_r	非透磁率 μ_r
銀	1,05	1
銅(鍛錬品)	1,00	1
金	0,7	1
クロム	0,664	1
アルミ(軟鐵)	0,61	1
アルミ(鋼鐵)	0,4	1
亜鉛	0,32	1
ベリリウム	0,28	1
真鍮(黄銅)	0,26	1
カドミウム	0,23	1
ニッケル	0,20	100
青銅	0,18	1
白金	0,18	1
錫	0,15	1
鉄 (SAE 1045)	0,10	1000
鉛	0,08	1
モネル	0,04	1
Conetic (1 kHz)	0,03	25,000
Mumetal (1 kHz)	0,03	20,000
ステンレス・スチール (430)	0,02	500