

電磁波分野等で使用する単位「デシベル」について

「デシベル (dB)」という単位は音響の指標などで良く使われますが、電磁材料の特性評価や電磁環境両立性 (EMC) 関連分野でもよく目にする単位です。電磁材料や EMC 技術はほぼ全ての電気製品等に関連するため、その基本的な考え方を理解することが重要です。そこで、電磁波等の強度を相対的あるいは絶対値として表現するデシベルについて解説します。

相対値 (比率) を表すデシベル

デシベル (dB) という単位は電気、通信、光学、音響、振動など、様々な分野で使用されています。電気分野で使用するデシベル L は、電力伝送減衰の比率、すなわち2点間 (P_{in} , P_{out}) の電力比の対数の10倍として定義されます。

$$L = 10 \log \frac{P_{out}}{P_{in}}$$

グラフで表すと dB は対数表示で表現されることになります。 L (dB) が負の値であれば損失を意味し、正の値であれば増幅を意味します。なお、損失や増幅が明らかな場合は符号を省略する場合もあります。

電磁波分野では、取り扱う数値の桁が、ギガ (10^9) やメガ (10^6)、マイクロ (10^{-6}) やナノ (10^{-9}) など、広範囲にわたっているため、対数軸を使うことで計算が簡素化できます。

$$\log(x \times y) = \log(x) + \log(y)$$

$$\log(x \div y) = \log(x) - \log(y)$$

$$\log(x^n) = n \times \log(x)$$

例えば P_{out} が P_{in} の100万倍 (10^6 倍) ある場合は、以下の計算式のように60dBとなります。

$$\begin{aligned} L &= 10 \log \frac{10^6 \times P_{in}}{P_{in}} = 10 \log(10^6) + 10 \log \frac{P_{in}}{P_{in}} \\ &= 6 \times 10 \log 10 + 10 \log 1 = 60 \end{aligned}$$

実際の場面では、多段接続された増幅器や減衰器などのゲインを加算や減算で簡単に求めることができます。

絶対値を表すデシベル表記

デシベルはここまで説明したとおり、比率を表す相対値を意味します。ここで基準となる値を一定の物理量として定義し、基準値からの相対値と考えることで絶対値を表現することも可能です。例えば、ある電力の大きさ P を表すのに使われる電力レベル L は基準電力値 P_0 に対する絶対値を表します。

$$L = 10 \log \frac{P}{P_0}$$

よく使われる基準電力値 P_0 としては、1pW や 1mW があります。1pW が基準値の場合の電力レベルの単位は dBpW、1mW が基準値の場合は dBm のように、dB の後に基準とした単位を明記して、相対値と区別します。なお、慣例により 1mW が基準値のときは dBmW と書かずに dBm の電力と表記します。

電力と電圧

ここで、注意が必要な点は電力値と電圧値の違いです。電力 P は電圧 V と抵抗 R を用いると $P = V^2 / R$ となることから、

$$\begin{aligned} L &= 10 \log \frac{P_{out}}{P_{in}} = 10 \log \left(\frac{V_{out}^2 / R_{out}}{V_{in}^2 / R_{in}} \right) \\ &= 20 \log \frac{V_{out}}{V_{in}} - 10 \log \frac{R_{out}}{R_{in}} \end{aligned}$$

となります。ここで V_{in} は入力電圧、 V_{out} は出力電圧、 R_{in} は入力インピーダンス、 R_{out} は出力インピーダンスとなりますので、入力インピーダンスと出力インピーダンスが等しければ、

$$L = 10 \log \frac{P_{out}}{P_{in}} = 20 \log \frac{V_{out}}{V_{in}}$$

となります。電力と電圧の違いで、係数が10から20となっている点が異なり、電力では1桁変化することに10dBずつ、電圧では1桁変化することに20dBずつ変化することに注意が必要です。

比率	dB(電力)	dB(電圧)
0.001	-30	-60
0.01	-20	-40
0.1	-10	-20
1	0	0
10	10	20
100	20	40
1000	30	60

つまり、材料の電磁波特性を評価する際は、電圧・電力のどちらに着目するかで値の考え方が変わります。

なお、基準電圧値を $1\mu\text{V}$ にした場合も、任意の電圧の絶対値は先述のように、dB μV で表現されます。

音響で使用するデシベル

余談ですが、ある騒音等の大きさ p を表す音圧レベル L_p は基準音圧 P_0 に対する絶対値を表します。

$$L_p = 10 \log \frac{p^2}{P_0^2} = 20 \log \frac{p}{P_0}$$

正確には「dB SPL (Sound Pressure Level)」ですが、一般的に SPL は省略されて表記される場合が多いです。ここでの基準値 P_0 はかつて人間の1kHzにおける最小可聴値とされていた $2 \times 10^{-5} \text{N/m}^2 (= 20\mu\text{Pa})$ です。例えば、60dB の騒音は基準値 P_0 の1000倍の音圧を意味しています。

「デシベル」を正しく理解しましょう

EMC で使用される dB $\mu\text{V}/\text{m}$ やアンテナ特性を表す dBi など、多くの試験でデシベルという単位が使われています。その単位は「相対値なのか」「絶対値なのか」、「電力 (エネルギー) なのか」「電圧なのか」を正しく理解することが重要です。