

磁気回路の設計

基礎計算式

磁気回路においても、電気回路と同じような回路法則が成り立ちます。

即ち、磁気回路をそれと等価な電気回路に置き換えてオームの法則を適用して考えます。マグネットの起磁力をF、全磁束を Φ_t とし、回路の磁気抵抗(リラクタンス)をRとすれば

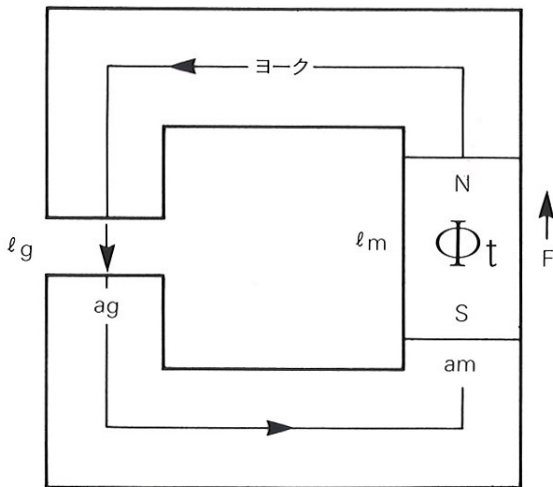
$$\Phi_t = \frac{F}{R} \quad \text{①}$$

で表わされます。

この磁気抵抗は、回路の空隙長を l_g 、空隙の断面積を a_g とすると

$$R = \frac{l_g}{\mu a_g} \quad \text{②}$$

となります。 μ は磁路の透磁率で空気の場合は真空の透磁率に等しく、 μ_0 となります。 $(\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ (H/m)})$



〈第7図〉

電気回路では電流が回路外に漏れることはほとんどありませんが、磁気回路では絶縁部と導体ヨークとの透磁率の差があまり大きくないため実際には磁束の漏洩も大きくなります。この漏れ磁束分は**漏洩係数** (leakage factor) σ として磁気回路に生ずる全磁束 Φ_t と空隙の有効磁束 Φ_g との比で表わされます。

$$\sigma = \frac{\Phi_t}{\Phi_g} \quad \text{③}$$

また、磁気回路中の接ぎ目などによる磁束の損失も考慮に入れなければなりません。これは**起磁力損失係数** (reluctance factor) としてfで表わします。漏洩係数 σ は空隙面の増加分に相当し、起磁力損失係数fは空隙長の補正係数を意味しますから、修正された磁気抵抗は

$$R_c = \frac{l_g}{\mu a_g} \cdot \frac{f}{\sigma} \quad \text{④}$$

となります。この磁気抵抗の逆数をパーミアンス:Pと呼び、一般的にはこのパーミアンスを用いて計算を行ないます。①式に代入して

$$\Phi_t = PF \quad P = \frac{\mu a_g}{l_g} \cdot \frac{\sigma}{f} \quad \text{⑤}$$

マグネットの断面積を a_m 、長さを l_m とし、マグネット内の減磁界を H_d 磁束密度を B_d とし、マグネット内の磁束密度が一樣であるとすれば

$$F = l_m H_d \quad \Phi_t = a_m B_d \quad \text{⑥}$$

と表わされます。⑥式よりパーミアンス係数を求めると

$$P_c = \frac{B_d}{H_d} = \frac{l_m}{a_m} \cdot \frac{\Phi_t}{F} \quad \text{⑦}$$

これに⑤式を代入すると

$$P_c = P \frac{l_m}{a_m} = \frac{l_m}{a_m} \cdot \frac{\mu a_g}{l_g} \cdot \frac{\sigma}{f} \quad \text{⑧}$$

となります。従ってマグネットから見た外部パーミアンスPをマグネットの単位体積当りに換算したものがパーミアン係数Pcであるともいえます。以上がパーミアンスを決定する基本式となります。起磁力損失係数fは、概ね1.1~1.3の値で通常1.2とすれば大きな誤差はありませんが、漏洩係数σはある程度変動するため、計算により求めなければなりません。③式より

$$\sigma = \frac{\Phi_t}{\Phi_g} = \frac{F_t \cdot P_t}{F_g \cdot P_g} \quad (9)$$

ここでFt/Fgは起磁力損失係数に相当しますから

$$\sigma = f \frac{P_t}{P_g} \quad (10)$$

となります。Ptは空隙パーミアンスと漏洩パーミアンスの和となりますから

$$P_t = P_g + P_1 + P_2 + \dots + P_n \quad (11)$$

PgはPg=μag/lgとして容易に算出できますが、漏洩パーミアンスは相当複雑になるため、第8図のようにそれぞれを単純化して算出するのが一般的です。このようにしてそれぞれのパーミアンスを求め、σを算出します。

$$\sigma = f \left(1 + \frac{P_1 + P_2 + \dots + P_n}{P_g} \right) \quad (f \approx 1.2) \quad (12)$$

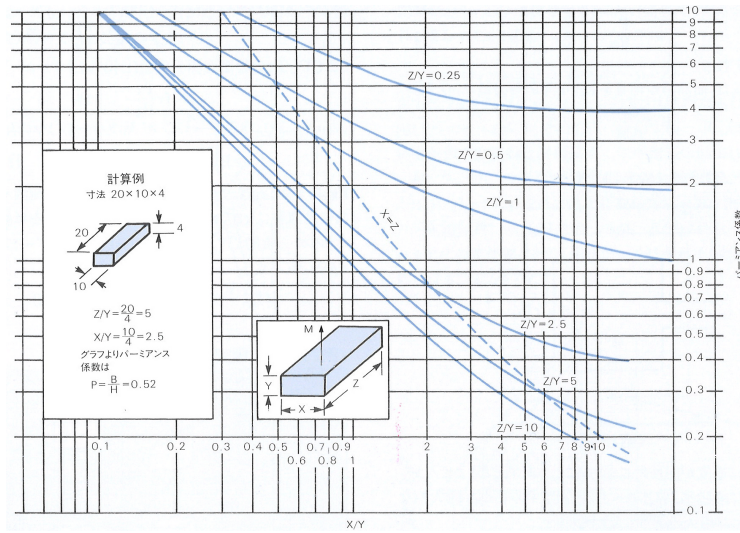
各種空間のパーミアンス

1	平行な平坦極面間のパーミアンス		$P = \mu \frac{A}{L}$
2	扇形磁路のパーミアンス		$P = \frac{\mu L}{\theta} \int_{r_1}^{r_2} \frac{dr}{r}$ $= \frac{2.3 \mu L}{\theta} \log_{10} \frac{r_2}{r_1}$
3	半円筒の直径両端間のパーミアンス		$P = 0.264 \mu L$
4	半中空円筒のパーミアンス		$P = 0.64 \frac{\mu L}{\left(\frac{D}{T} + 1\right)}$
5	四半球の直径両端間のパーミアンス		$P = 0.077 \mu D$
6	四半球殻のパーミアンス		$P = \frac{\mu T}{4}$

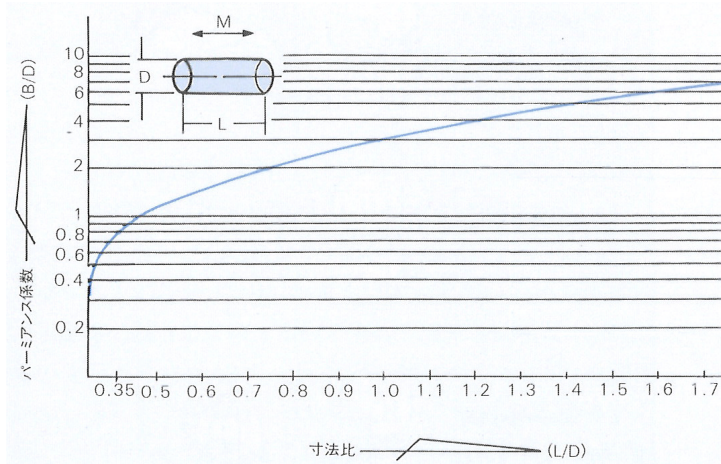
マグネット単体におけるパーミアンス係数

一般にマグネットは極部に鉄板などを付けて使用します。磁性材を取り付けずにマグネット単体で使用する事も稀ではありません。このようなマグネット機器の設計に際しては、第9図～第11図を参考にしてください。

角形磁石のパーミアンス係数と寸法比との関係



円柱形磁石のパーミアンス係数と寸法比(L/D)との関係



軸方向磁化の管状磁石のパーミアンス係数(B/H)

