# 何故　複素誘電率が　$\tilde{\varepsilon} \equiv \varepsilon_0 \varepsilon_r (1 - j tan\delta) - j\frac{\sigma}{\omega}$　なるのでしょうか？

$(\nabla \times H)$を含むマクスウェル方程式から考えます。
正弦波で振動しているとして、$\partial\ /\ \partial t$ を $j\omega$ に置き換えると、次のように書けます。ωは角周波数です。

$$\nabla \times H = j\omega D + J \qquad (1)$$

$$D = \varepsilon E \qquad (2)$$

$$J = \sigma E \qquad (3)$$

E:電場、H:磁場、D:電束密度、J:電流密度、ε：誘電率、σ：導電率
誘電率は、比誘電率εr、真空中の誘電率ε0,誘電正接tanδ、を使って次式のように、複素数で表現する事ができます。

$$\varepsilon = \varepsilon_0 \varepsilon_r \,(1 - j tan\delta)$$

これを(1)式に代入します。

$$\begin{aligned}
\nabla \times H &= j\omega D + J \\
&= j\omega\varepsilon E + \sigma E \\
&= \{ j\omega\varepsilon_0\varepsilon_r(1 - j tan\delta) + \sigma \} E \\
&= j\omega \left\{ \varepsilon_0\varepsilon_r(1 - j tan\delta) - j\frac{\sigma}{\omega} \right\} E \\
&= j\omega\tilde{\varepsilon}\, E
\end{aligned}$$

この検討により、複素誘電率を次のように置くことも可能なことが分かりました。

$$\tilde{\varepsilon} \equiv \varepsilon_0 \varepsilon_r (1 - j tan\delta) - j\frac{\sigma}{\omega}$$