



FDTD 法を用いた NaCl 水溶液のマルチモード加熱シミュレーション

株式会社 科学技術研究所 科学技術部 (<https://www.kagiken.co.jp>)

1. 解析概要 蒸留水はマイクロ波帯において Debye 型の分散を示す誘電体である。蒸留水に電解質の NaCl を溶解した NaCl 水溶液は、Debye 型の分散に加え、ある周波数以下で高い導電性を示す。本レポートでは、0.6mol/L NaCl 水溶液と蒸留水のマルチモード加熱を複数周波数でシミュレートした結果を報告する。

2. 解析条件

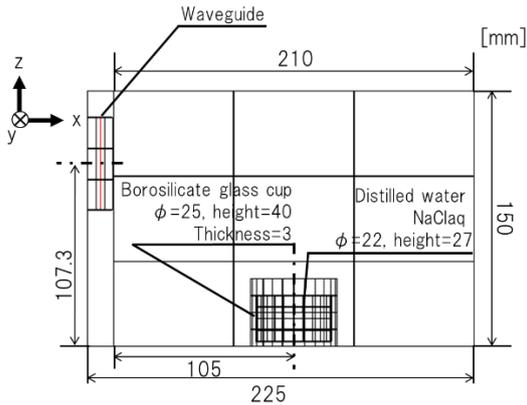


Fig.1 Simulation model(2.45GHz)

Fig.1 にシミュレーションモデルを示す。モデルは周波数によって導波管及び励振源を WR-159、WR-430 の寸法に変更した。蒸留水または電解液はピーカー($\epsilon^*=4.05+j0.004$)に入っている。蒸留水の複素誘電率は 2.45GHz で $\epsilon^*=75.9+j10.1$ 、5.8GHz で $\epsilon^*=70.4+j23.1$ とした。電解液の複素誘電率は Debye モデルと Drude モデル(eq.1)で近似した。

$$\epsilon^*(\omega) = \epsilon_\infty + \frac{\Delta\epsilon}{1+j\omega\tau_0} + \frac{\omega_p^2}{\omega(j\nu_c - \omega)} \dots (eq.1)$$

分散パラメータは $\epsilon_\infty = 12.4$ 、 $\Delta\epsilon = 72.8$ 、 $\tau_0 = 1.36 \times 10^{-11}$ [sec]、 $\omega_p = 1.46 \times 10^{11}$ [rad/sec]、 $\nu_c = 3.64 \times 10^{10}$ [rad/sec] とした。Table.1 の解析条件で、電磁波解析ソフト KeyFDTD^{TR} を用いて蒸留水と電解液のマルチモード加熱をシミュレートし、1 波長積算した SAR 分布を導出した。

Table1. Analysis condition

Incident wave	TE10, 2.45~5.8GHz, 1W
Boundary condition	x-min:MUR1, x-max:PEC z, y:PEC
Computational domain	225x225x150[mm]
Mesh size	0.62[mm]= $\lambda/84 \sim 199$
Timestep	0.102812x10 ⁻¹¹ [sec]

3. 解析結果 Fig.2、3 に液体中心断面における xz 平面、xy 平面の SAR 分布を示す。液

体部を黒線で囲って示した。Fig.2 が 2.45 GHz、Fig.3 が 5.8GHz、(a)が蒸留水、(b)が電解液の解析結果である。2.45 GHz では、蒸留水は中心部、電解液は外縁部で吸収率が高い。5.8GHz ではどちらも外縁部で吸収率が高い。蒸留水と電解液の SAR 分布変化の差は電解液中のイオンによる導電性に起因すると考えられる。各 xz 平面の SAR 最大値は、蒸留水では 2.45 GHz が 1.69×10^5 [W/m³]、5.8GHz が 1.57×10^5 [W/m³]、電解液では 2.45GHz が 1.99×10^5 [W/m³]、5.8 GHz が 2.80×10^5 [W/m³]であった。電解質を加えることによって同じ周波数でも局所的な吸収率が增大する傾向が得られた。

4. まとめ 電磁波解析ソフト KeyFDTD^{TR} を用いて蒸留水と電解液のマルチモード加熱をシミュレートした。本レポートから電解液は周波数によって導電性の有無が生じること、蒸留水と比較して局所的な比吸収率の増大することを確認できた。

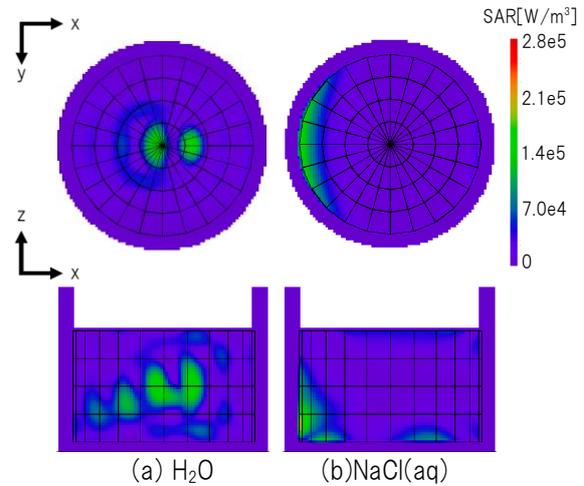


Fig.2 SAR distribution (2.45GHz)

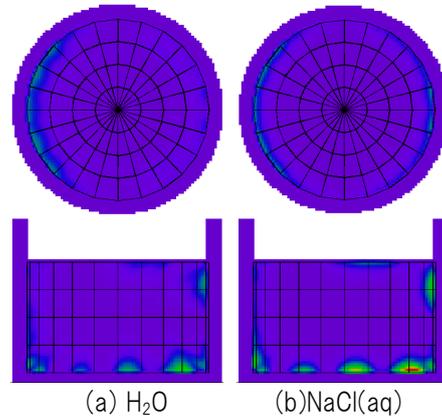


Fig.3 SAR distribution(5.8GHz)