

電熱（3）

《電気加熱》

電気加熱の特徴（燃焼による加熱と比較して）

- ・非常に高い温度が得られる
- ・真空や不活性ガス中でも加熱ができる。
- ・内部加熱や表面加熱などの局部加熱ができる。
- ・加熱時間や温度制御が容易で、操作性や作業環境が良い。
- ・配電システムへの影響対策が必要で、エネルギー単価が高い。

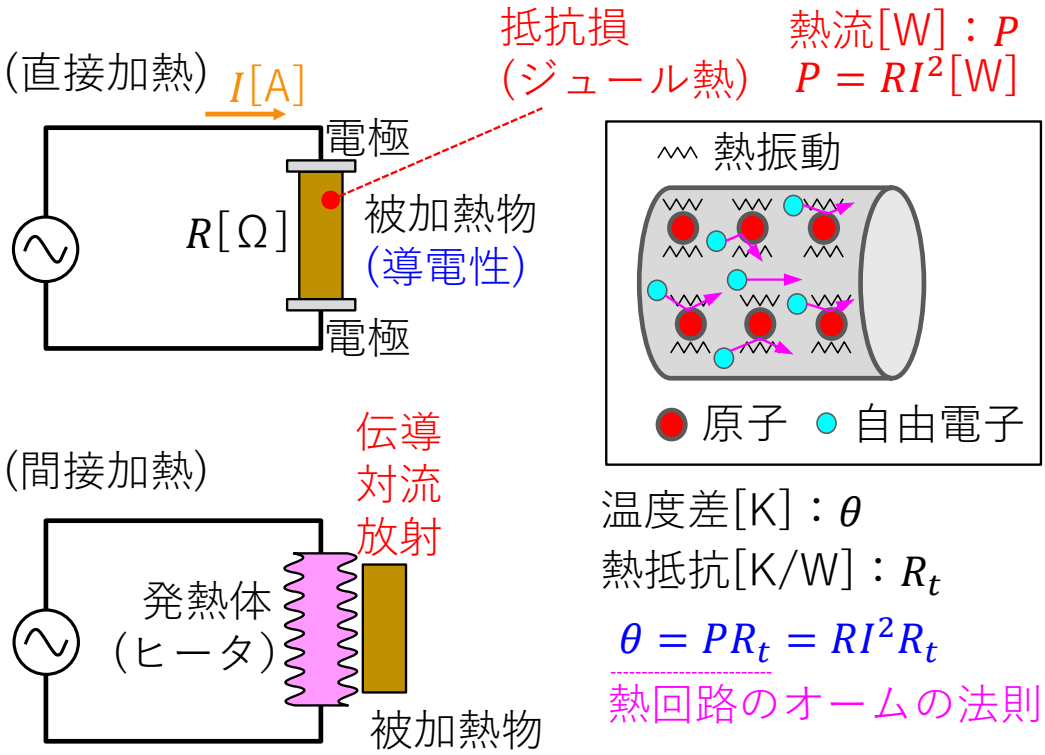
電気加熱の方式

- ・抵抗加熱：導電性の被加熱物に電流を流して抵抗損（ジュール熱）で加熱
- ・アーク加熱：導電性の被加熱物と電極間のアーク熱で加熱
- ・誘導加熱：導電性の被加熱物に磁界を加え、渦電流による抵抗損（ジュール熱）で加熱
- ・誘電加熱：絶縁性の被加熱物に高周波電界を加え、誘電損（有極性分子の摩擦熱）で加熱
- ・赤外線加熱：赤外線を照射して加熱
- ・電子ビーム加熱：電子ビームを照射して加熱

電熱 (3) 《電気加熱》

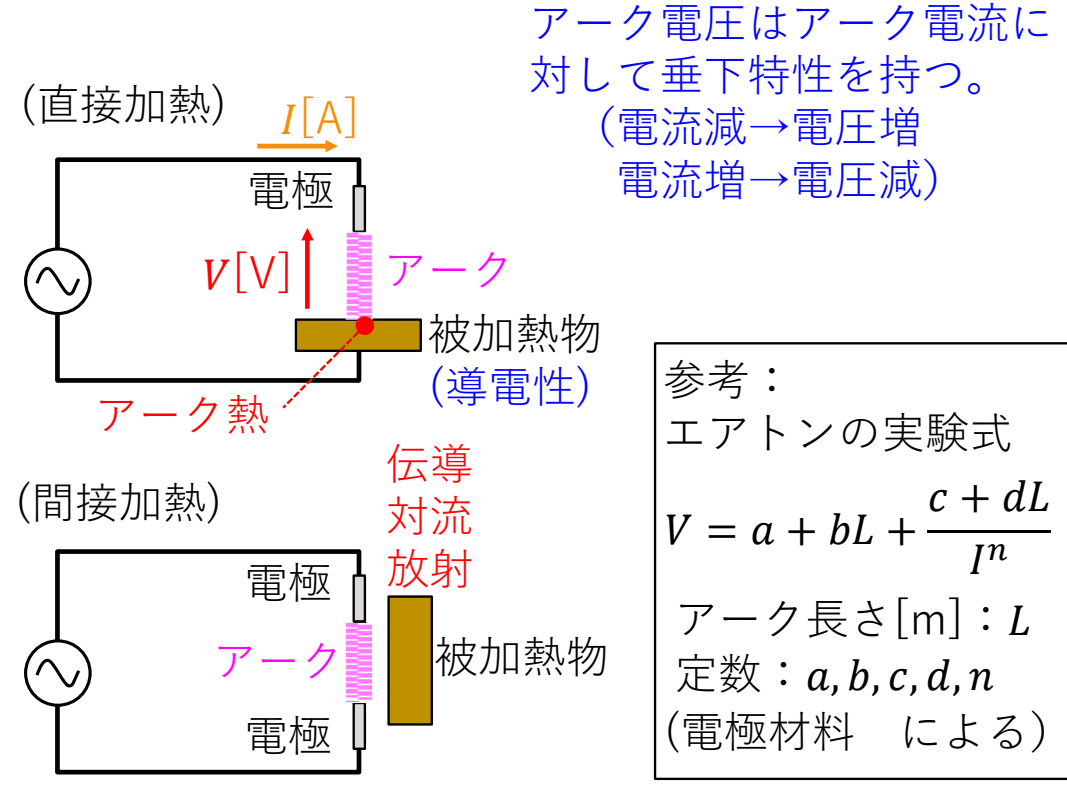
抵抗加熱：電流を流して抵抗損で加熱

構成が簡単で設備費が安価。効率が良く制御が容易。内外部からの均一な加熱が可能。



アーク加熱：アーク放電による発生熱で加熱

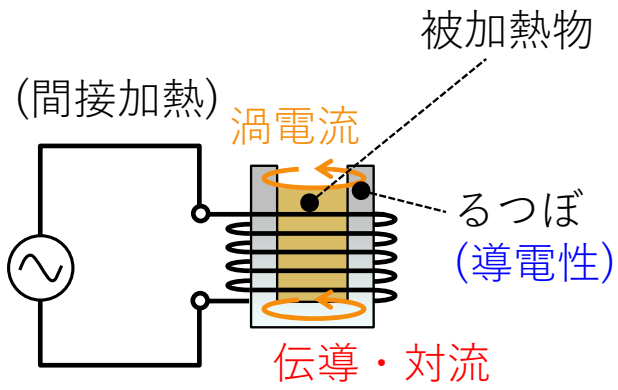
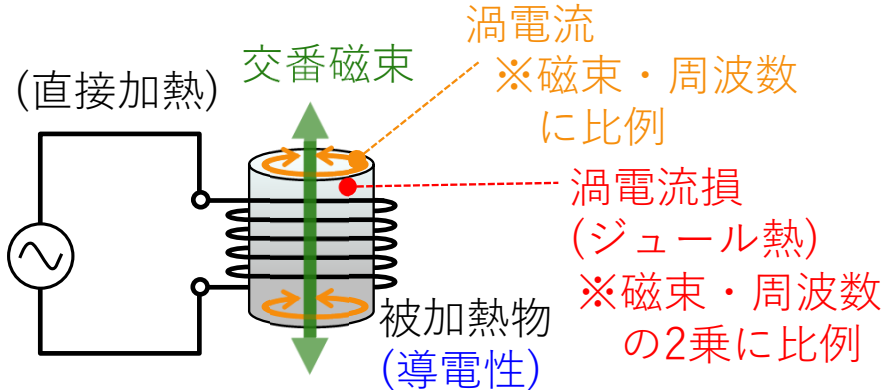
非常に高温での加熱が可能。負荷変動が激しい場合、フリッカ・高調波などの電源障害の発生源となる。



電熱 (3) 《電気加熱》

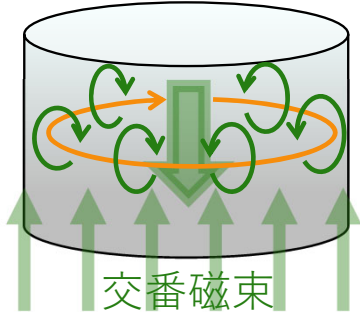
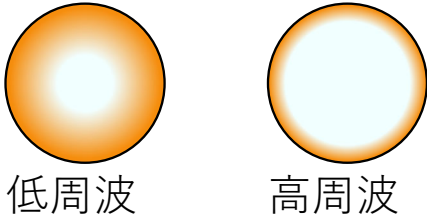
誘導加熱：交番磁界を与えて渦電流による抵抗損で加熱

金属の焼き入れなど、表面加熱が可能。
クリーンで安全性に優れる。

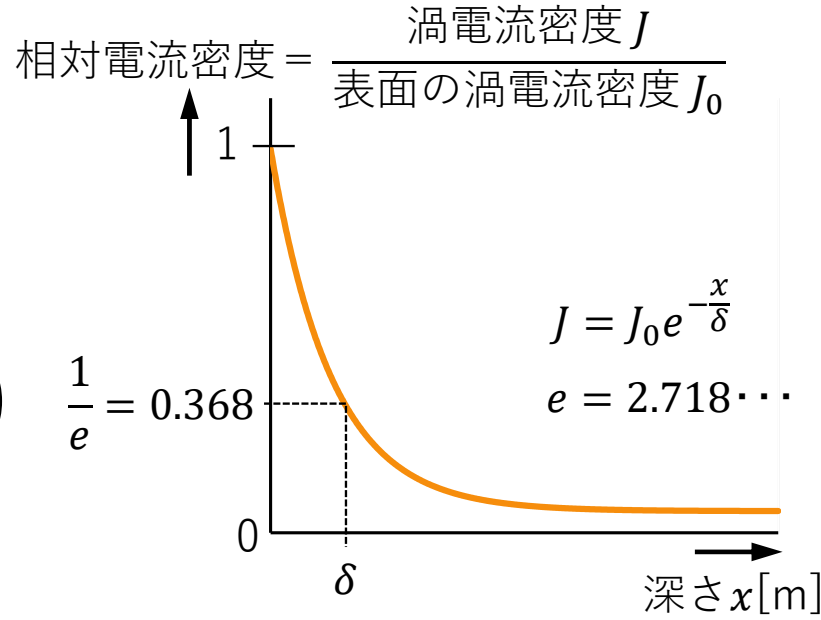


表皮効果

渦電流密度



周波数 f 大 \rightarrow 浸透深さ δ 小：表面加熱



浸透深さ [m] : $\delta = \sqrt{\frac{1}{\pi f \mu \sigma}}$

- 透磁率 [H/m] : μ
- 導電率 [S/m] : σ
- 周波数 [Hz] : f

電熱 (3) 《電気加熱》

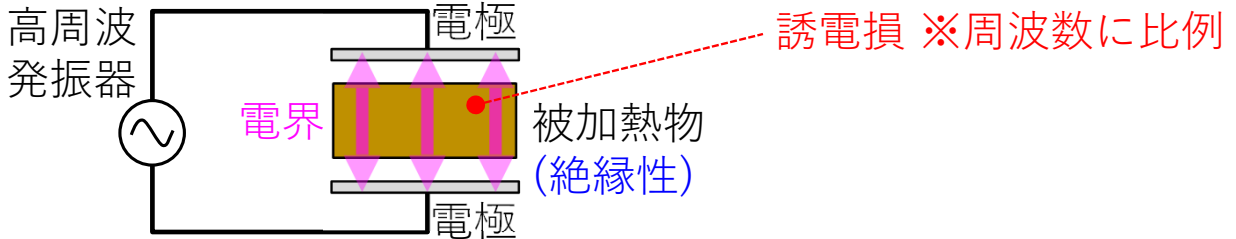
誘電加熱：高周波電界を与えて、誘電損で加熱

内部から均一に加熱できる。

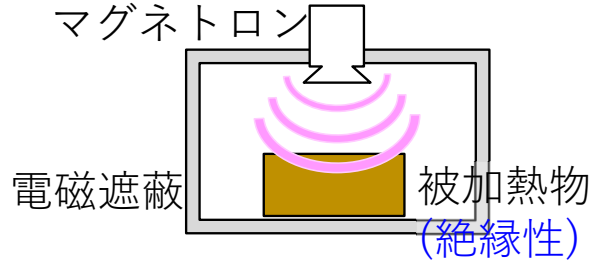
比誘電率が高い物質を選択的に加熱できる。

高周波電源や電磁遮蔽が必要で設備費が高い。

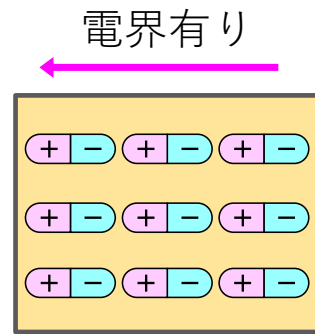
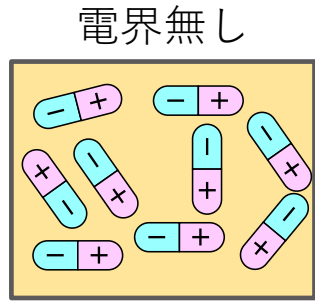
高周波誘電加熱：3~300[MHz] ※発振器による高周波電界



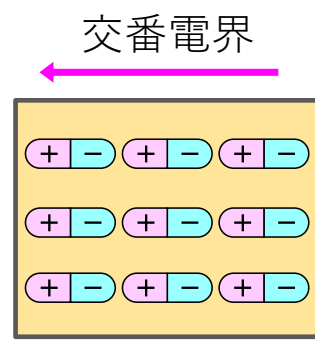
マイクロ波加熱：0.3~30[GHz] ※マイクロ波による高周波電界



【誘電体の挙動】 : 電気双極子



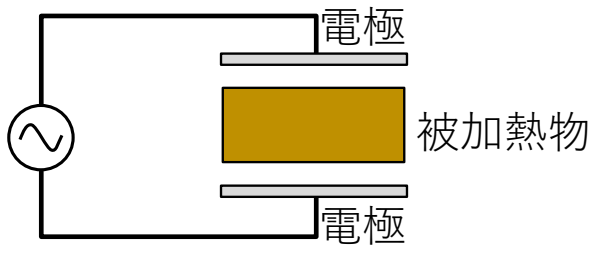
誘電分極



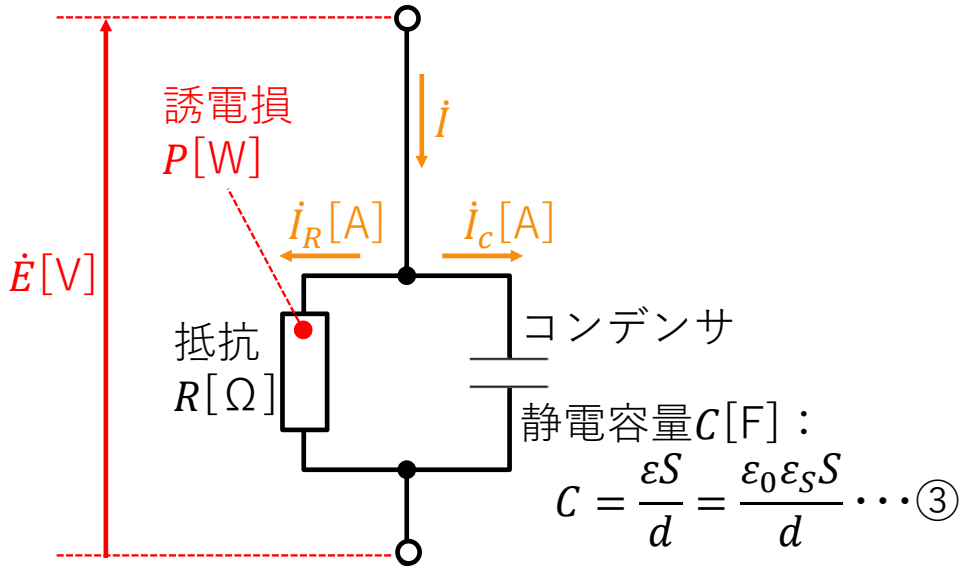
摩擦熱によって発熱 (誘電損)

電熱（3）：付録 《電気加熱》

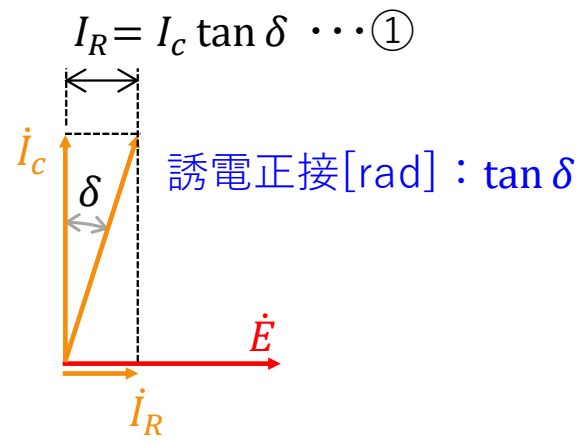
誘電加熱の誘電損の式



等価回路



- 周波数 f [Hz]
- 真空中の誘電率 ϵ_0 [F/m]
- 誘電体の比誘電率 ϵ_S
- 誘電体の誘電率 $\epsilon = \epsilon_0 \epsilon_S$ [F/m]
- 電極板面積 S [m²]
- 極板間長さ d [m]



$$I_c = \omega C E = 2\pi f C E \quad \dots \textcircled{2}$$

$$P = I_R E = \frac{I_c \tan \delta}{\textcircled{1} \text{より}} \cdot E = \frac{2\pi f C E}{\textcircled{2} \text{より}} \cdot \tan \delta \cdot E$$

$$= \frac{2\pi f C E^2 \tan \delta}{\text{誘電損の一般式}} = 2\pi f \cdot \frac{\epsilon_0 \epsilon_S S}{d} \cdot E^2 \tan \delta$$

$$= 2\pi f \cdot \frac{\epsilon_0 \epsilon_S S}{d} \cdot E^2 \tan \delta \quad [\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12}]$$

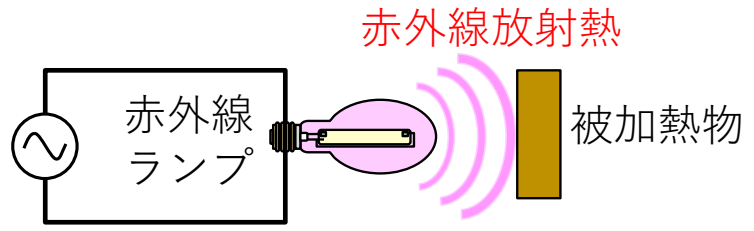
$$= 55.5 f E^2 \cdot \epsilon_S \tan \delta \cdot \frac{S}{d} \times 10^{-12} \text{ [W]}$$

損失係数

誘電損は周波数・電圧の2乗・損失係数に比例する。

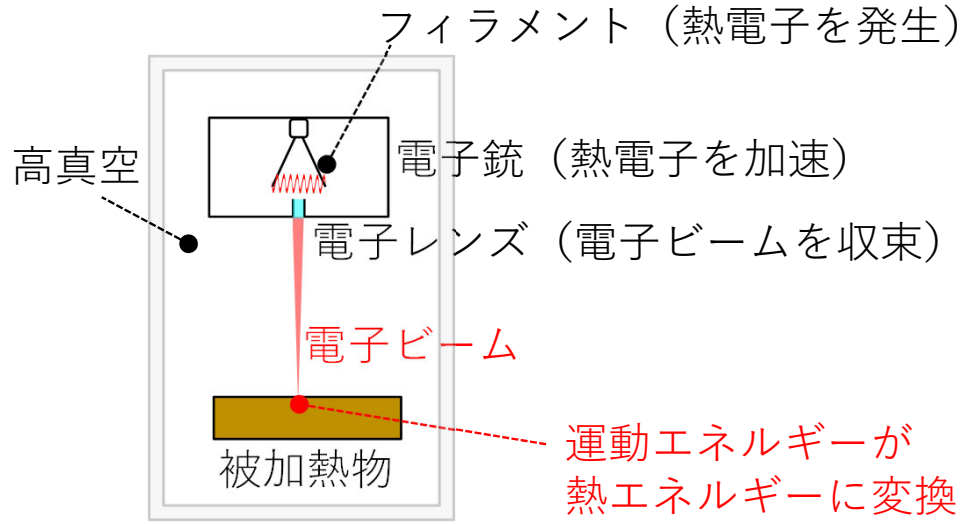
電熱（3） 《電気加熱》

赤外線加熱：赤外線を照射して加熱
表面に熱を供給するので、乾燥用途に適している。
設備が比較的小型で安価。移動が容易。



電子ビーム加熱：
熱電子を高電圧で加速して、電子ビームをつくり
電子レンズで収束させたくえで非加熱物に衝突させる。
電子のもつ運動エネルギーが熱エネルギーとなる。

熱エネルギーを精度よく局所的に集中させて
加熱することが可能。
設備が複雑で高価。



電熱（3）

《電気加熱》

方式	原理	特徴	適用
抵抗加熱	抵抗損	構成が簡単で設備費が安価。効率が良く制御が容易。内外部から均一な加熱が可能。	各種加熱炉(黒鉛化炉, ガラス溶融炉等)
アーク加熱	アーク放電 発生熱	非常に高温での加熱が可能。負荷変動が激しい場合、フリッカ・高調波などの電源障害の発生源となる。	灰溶融炉、金属溶接、揺動アーク炉
誘導加熱	抵抗損 (渦電流)	金属の焼き入れなど、表面加熱が可能。クリーンで安全性に優れる。	金属熱処理、ろう付け、IHコンロ
誘電加熱	誘電損	内部から均一に加熱できる。比誘電率が高い物質を選択的に加熱できる。高周波電源や電磁遮蔽が必要。	プラスチック接着、電子レンジ
赤外線加熱	熱放射	表面に熱を供給するので、乾燥用途に適している。設備が比較的小型で安価。移動が容易。	塗装面の焼付け・乾燥、殺菌
電子ビーム加熱	電子の運動 エネルギー	熱エネルギーを精度よく局所的に集中させて加熱することが可能。設備が複雑で高価。	金属加工（蒸着、溶解、熱処理）