

4. 14

ニュートン法を用いた放射計算

含んでいる伝熱現象: 灰色面の放射伝熱 (熱伝導と対流伝熱も含む)

使用するExcelプログラム: Excel414ニュートン法による解法.xls

担当者: 今泉 良太
樋口 正守
内藤 雅

課題及びモデル図

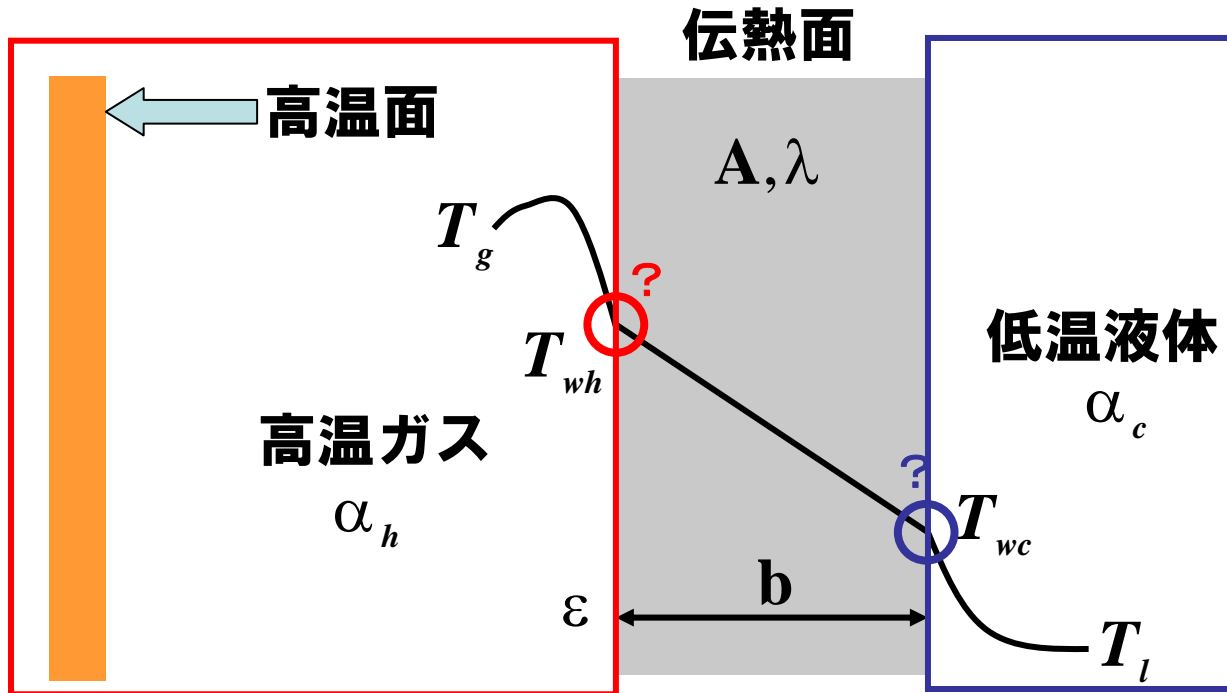


Fig.1 計算モデル

課題

伝熱面の左側では、高温面による放射加熱と高温ガスの対流による加熱が行われている。一方、伝熱面の右側では、低温流体による冷却が行われている(Fig.1)。

本課題では、Fig.1における伝熱面の表面温度 T_{wh} と T_{wc} を計算する。

計算式

計算式

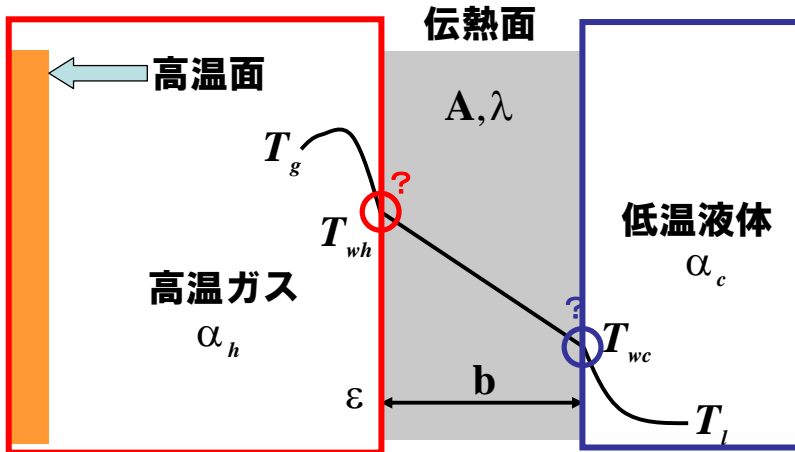


Fig.1 計算モデル

高温側表面

$$A\epsilon\sigma(T_h^4 - T_{wh}^4) + A\alpha_h(T_g - T_{wh}) = A\lambda\frac{T_{wh} - T_{wc}}{b} \quad (4.70)$$

低温側表面

$$A\lambda\frac{T_{wh} - T_{wc}}{b} = A\alpha_c(T_{wc} - T_l) \quad (4.71)$$

計算の流れ

$$T_{wh}^4 + \left(\frac{\alpha_h}{\epsilon\sigma} + \frac{\lambda}{\epsilon\sigma b}\right)T_{wh} - \left(T_h^4 + \frac{\alpha_h}{\epsilon\sigma}T_g + \frac{\lambda}{\epsilon\sigma b}T_{wc}\right) = 0 \quad (4.72)$$

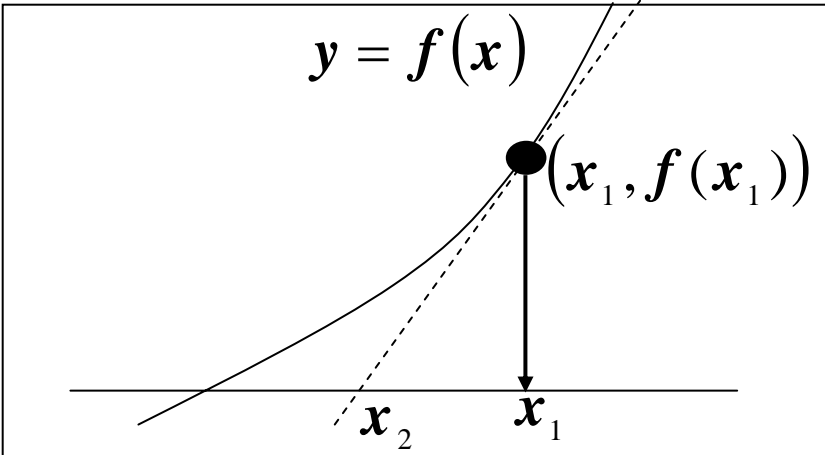
T_{wc} を算出して
(4.72) に代入

ニュートン法により T_{wh} を
算出して(4.73) に代入

$$T_{wc} = \frac{T_{wh} + \frac{\alpha_c b}{\lambda} T_l}{1 + \frac{\alpha_c b}{\lambda}} \quad (4.73)$$

ニュートン法について

ニュートン法



方程式 $f(x)=0$ の解を求める
 x_1 を第一近似解として与えると、
次の近似解 x_2 は

$$x_2 = x_1 - \frac{f(x_1)}{f'(x_1)}$$

希望する精度を R とすると

$$\left| \frac{f(x_1)}{f'(x_1)} \right| < R$$

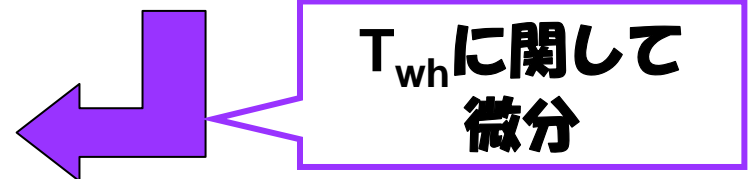
となるまで計算を繰り返す

Excel上で解く式

$$T_{wh+1} = T_{wh} - \frac{f(T_{wh})}{f'(T_{wh})}$$

● $f(T_{wh}) = T_{wh}^4 + \left(\frac{\alpha_h}{\varepsilon\sigma} + \frac{\lambda}{\varepsilon\sigma b} \right) T_{wh} - \left(T_h^4 + \frac{\alpha_h}{\varepsilon\sigma} T_g + \frac{\lambda}{\varepsilon\sigma b} T_{wc} \right)$

● $f'(T_{wh}) = 4T_{wh}^3 + \left(\frac{\alpha_h}{\varepsilon\sigma} + \frac{\lambda}{\varepsilon\sigma b} \right)$



実際に行われる計算

Excel上で
行われる計算

$$T_{wh}^4 + \left(\frac{\alpha_h}{\varepsilon\sigma} + \frac{\lambda}{\varepsilon\sigma b} \right) T_{wh} - \left(T_h^4 + \frac{\alpha_h}{\varepsilon\sigma} T_g + \frac{\lambda}{\varepsilon\sigma b} T_{wc} \right) = 0 \quad (4.72)$$

T_{wc} を算出して
(4.72)に代入

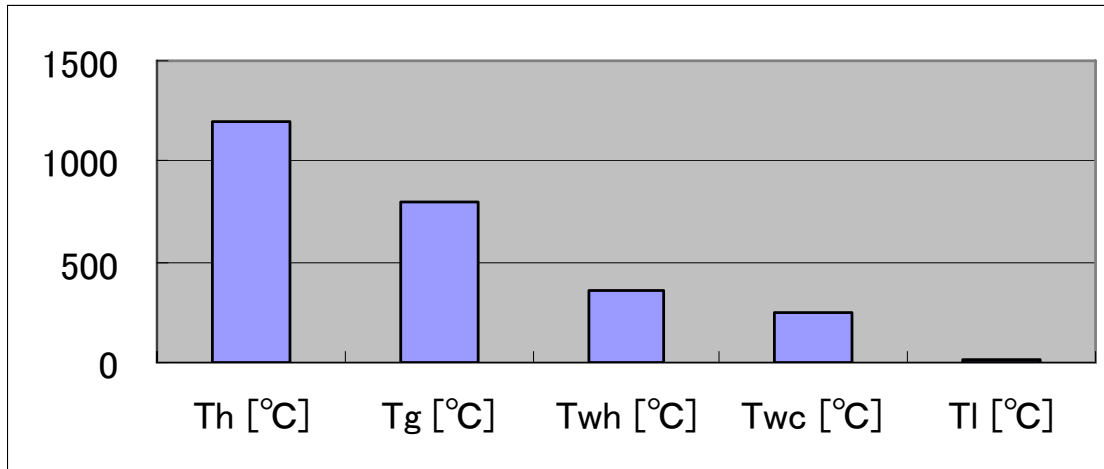
$$T_{wh+2} = T_{wh+1} - \frac{T_{wh+1}^4 + \left(\frac{\alpha_h}{\varepsilon\sigma} + \frac{\lambda}{\varepsilon\sigma b} \right) T_{wh+1} - \left(T_h^4 + \frac{\alpha_h}{\varepsilon\sigma} T_g + \frac{\lambda}{\varepsilon\sigma b} T_{wc} \right)}{3T_{wh+1}^3 + \left(\frac{\alpha_h}{\varepsilon\sigma} + \frac{\lambda}{\varepsilon\sigma b} \right)}$$

ニュートン法により T_{wh}
を算出して(4.73)に代入

$$T_{wc} = \frac{T_{wh} + \frac{\alpha_c b}{\lambda} T_l}{1 + \frac{\alpha_c b}{\lambda}} \quad (4.73)$$

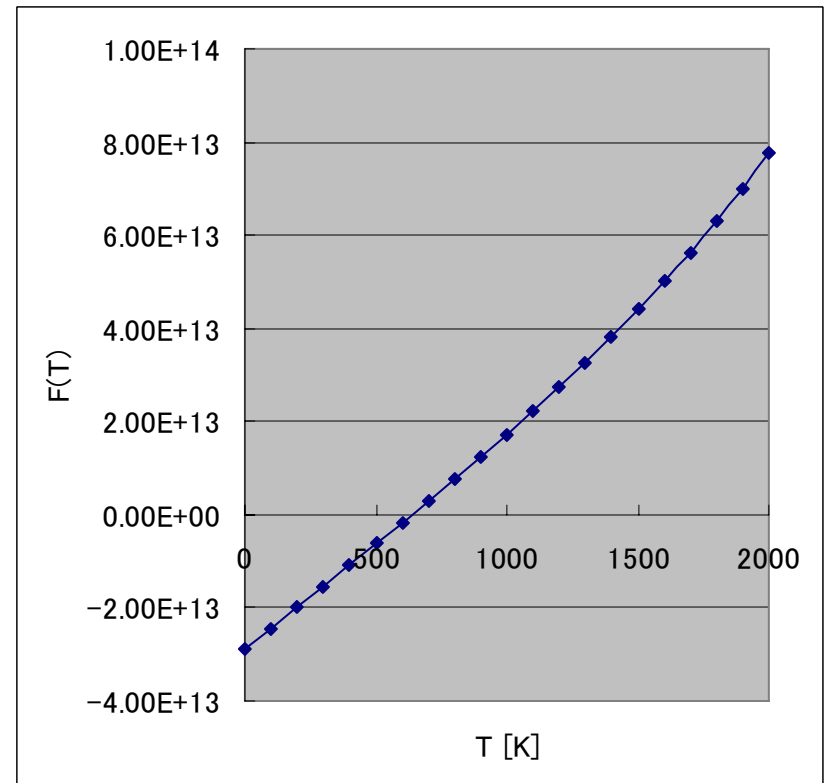
計算結果

①



Th [°C]	Tg [°C]	Twh [°C]	Twc [°C]	Tl [°C]
1200	800	362.193	248.1287	20

ε [-]	0.8
α_h [W/m ² K]	50
α_c [W/m ² K]	1000
λ [W/mK]	20



計算結果

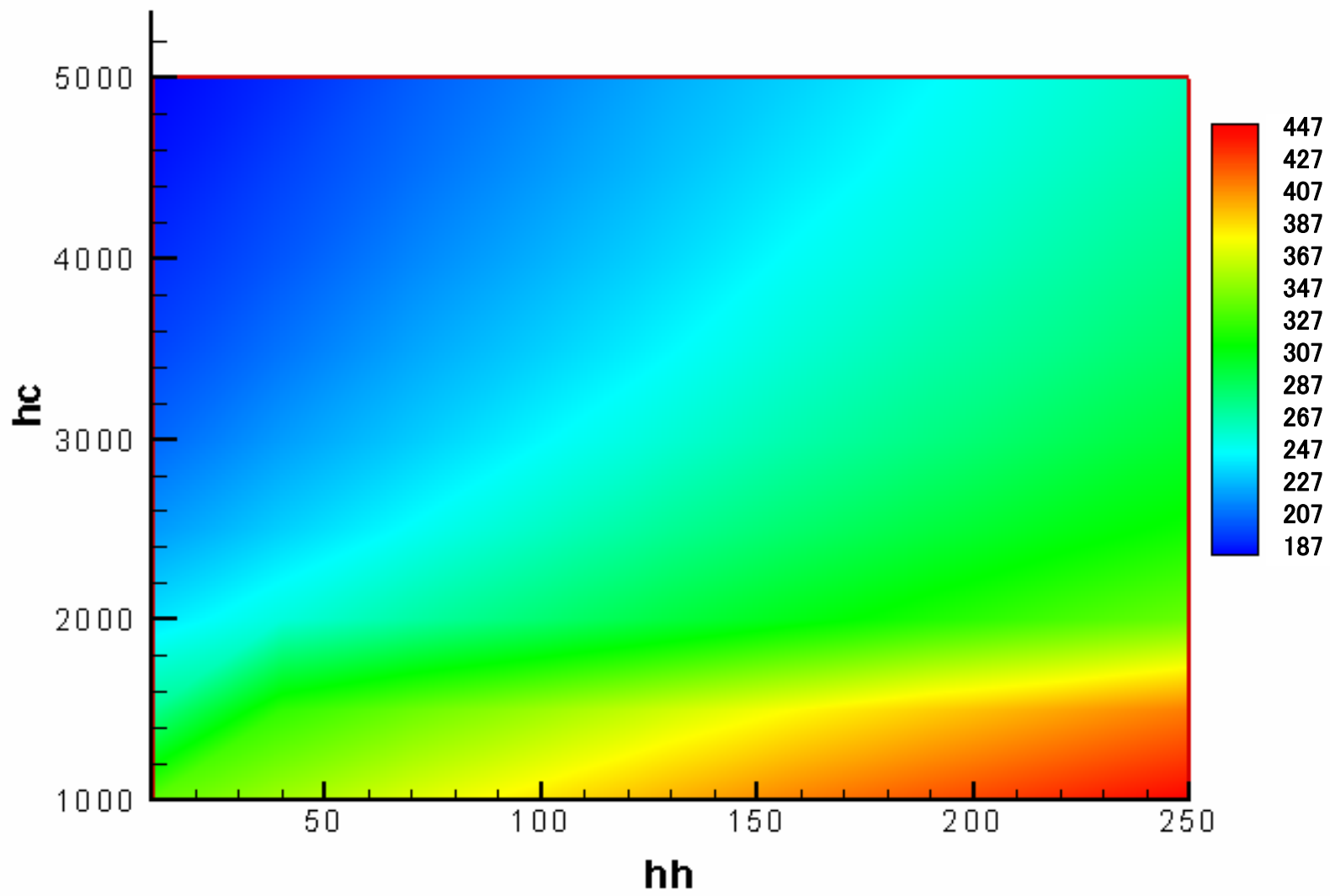
②

熱伝達係数の変化

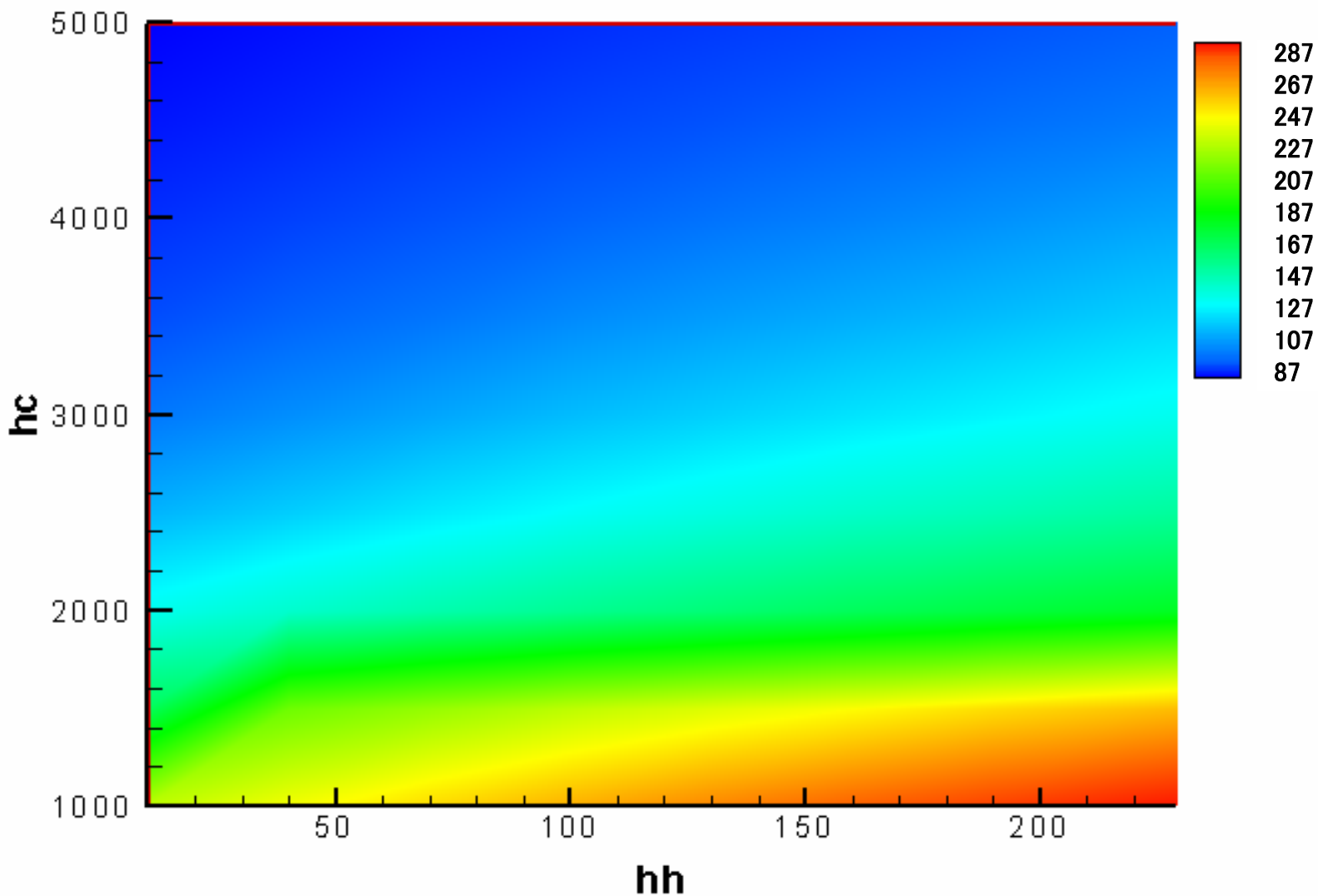
	h
水の強制対流	1000~6000
水の自然対流	200~600
ガスの強制対流	10~300
ガスの自然対流	5~30

	放射率
アルミの酸化面	0.1~2.0
銅の酸化面	0.6
鉄の赤錆面	0.7
レンガの表面	0.8~0.9

	κ
空気	0.024
水	0.55
鉄	70
炭素鋼	40~50
アルミニウム	200



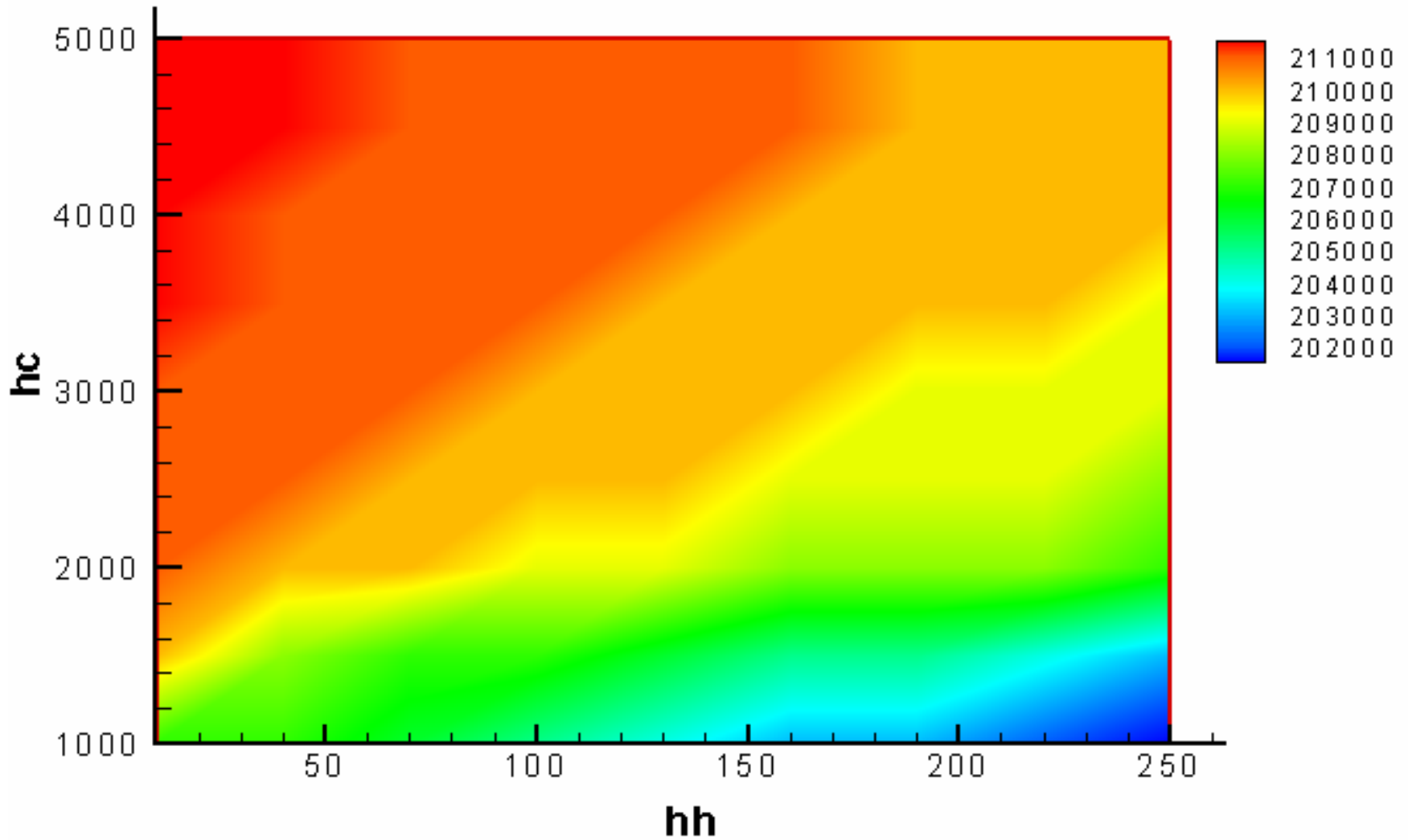
熱伝達率 h_h , h_c と T_{wh} の関係



熱伝達率 h_h , h_c と T_{wc} の関係

計算結果 ② 熱伝達係数の変化と q_h

$$q_h = A\varepsilon\sigma(T_h^4 - T_{wh}^4) \quad [W]$$



熱伝達率 h_h , h_c と放射熱量 q_h の関係

