



放射熱伝達の解析(第2報) :  
低温および低温度差における放射・対流共存熱伝達  
の解析

メタデータ	言語: jpn 出版者: 室蘭工業大学 公開日: 2014-07-28 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 媚山, 政良 メールアドレス: 所属:
URL	<a href="http://hdl.handle.net/10258/3704">http://hdl.handle.net/10258/3704</a>

# 放射熱伝達の解析

(第2報, 低温および低温度差における放射・対流共存熱伝達の解析)

媚 山 政 良

Analysis of Radiative Heat Transfer  
(2nd Report, Combined heat transfer with radiation  
and convection in the vicinity of atmospheric temperature)

Masayoshi Kobiyama

## Abstract

There are many heat exchangers operating in the vicinity of atmospheric temperature. In general, the heat transfer characteristics of these equipment are analyzed without the consideration of radiative heat transfer even if the flowing mediums are radiative. In this report, the author investigated the characteristics of combined heat transfer with simultaneous radiation and convection in the vicinity of atmospheric temperature and cleared the condition that cannot but be analyzed as a combined heat transfer.

## 1. 結 言

常温近傍を作動温度範囲とする熱交換器ないしは、それとみなしうる熱伝達系は多くある。放射熱伝達の特徴から、この温度範囲では、一般に、全体の熱伝達に対する放射熱伝達の寄与は少ないものとされ、熱伝達の解析において作動流体が放射性を帯びている場合にもその考慮を払われることは少ない。したがって、本報において、常温近傍での放射熱伝達に関し低温ないしは低温度差とみなされる温度領域における放射と対流の共存熱伝達を解析し、定量する。

## 記 号

$C_p$ : 定圧比熱	$q_x$ : 壁面熱流束	$\lambda$ : 熱伝導率
$E$ : 放射能	$Re$ : レイノルズ数	$\tau_0 = \kappa y_0$ : 二平面間の光厚距離
$F'$ : ガスの吸収を考慮した一次元形態係数	$T, t$ : 温度	
$Nu_x$ : 局所ヌセルト数	$u$ : 速度	添字
$Pr$ : プラントル数	$X$ : グレーツ数	$m$ : 平均値 $R$ : 放射
$q_r$ : 放射熱流束	$y_0$ : 二平面間の距離	$g$ : 流体 $w$ : 壁面
	$\kappa$ : 放射吸収係数	$gg$ : 流体から流体へ



## 3. 解析結果と検討

解析モデルは、室温状態（15℃）にある作動流体が、冷凍機等により冷却されるような場合（冷却系と略称する）、および氷の融解時のような0℃にある壁面が、それよりも高温の作動流体および対向面により加熱される場合（加熱系と略称する）である。そのおのおのに対し、二平面間の光学距離 $\tau_0$ および入口作動流体温度 $T_0$ 、対向面の壁面 $T_{w2}$ を変数とし解析を行なった。なお、モデルによらず $RePr=2000$ 、 $\lambda/y_0=0.05$  Kcal/mh°C/mとした。また、全放射束数を $10^5$ 、 $y$ 方向の要素数 $n=20$ とし $F'$ を求めた。なお、 $F'$ の値は前報図9に示してある。

## 3.1 冷却系（15℃の作動流体が冷却される場合）

壁温を $t_{w1}=t_{w2}=t_w$ とし、 $t_0>t_w$ の条件下で解析を行なう。

3.1.1  $\tau_0$ による変化：図2、3、4にそれぞれ流体の温度分布 $T$ 、混合平均温度 $T_m$ 、局所ヌセルト数 $Nux$ を示す。なお、上記条件下では $\tau_0=0$ は対流のみによる熱伝達を示している。

a) 温度分布——流路中心部付近の流体温度は、二平面間の光学距離 $\tau_0$ が大きくなるにつれ低くなる。また、グレイツ数 $X=0.0005$ において、壁面近傍の流体温度は、流路中心部における $\tau_0$ による変化とは逆であり、この傾向は $X=0.005$ においても一部表われている。これは、流路中心部の高温流体からの放射受熱による現象である。

なお、作動流体の光学距離が $\tau_0=0.25$ で、非放射性流体（ $\tau_0=0$ ）として解析を行ない、無次元混合平均温度の差が10%以下の領域（この領域を対流近似の温度に関する許容範囲とよ

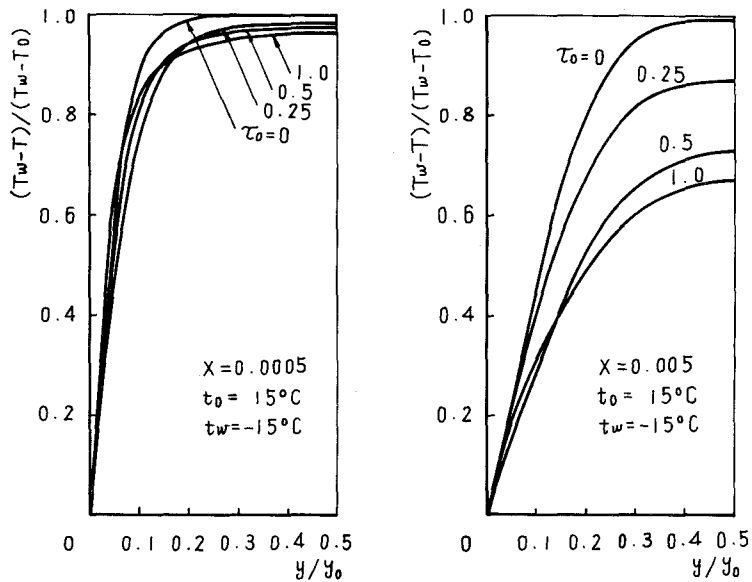
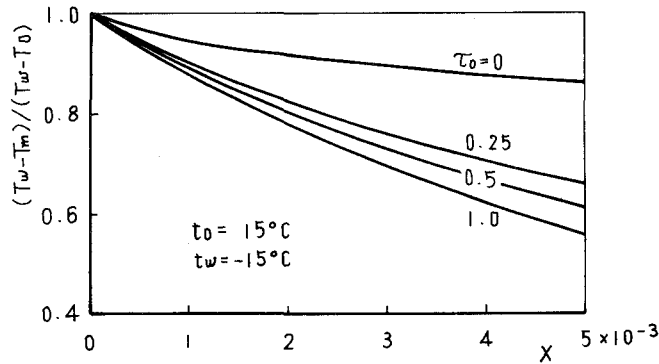
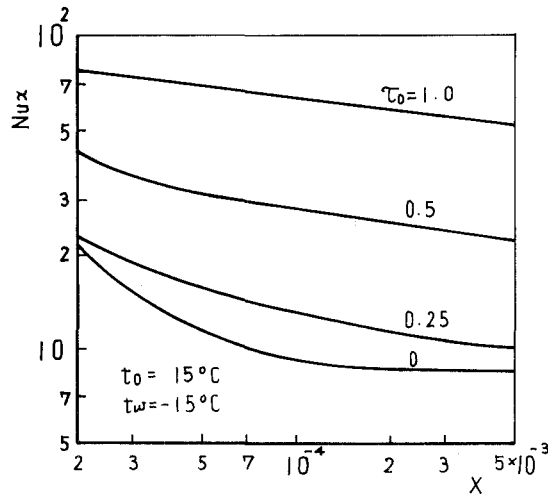


図2 温度分布（冷却系、 $\tau_0$ 変化）

図3 混合平均温度 (冷却系,  $\tau_0$  変化)図4 局所ヌセルト数 (冷却系,  $\tau_0$  変化)

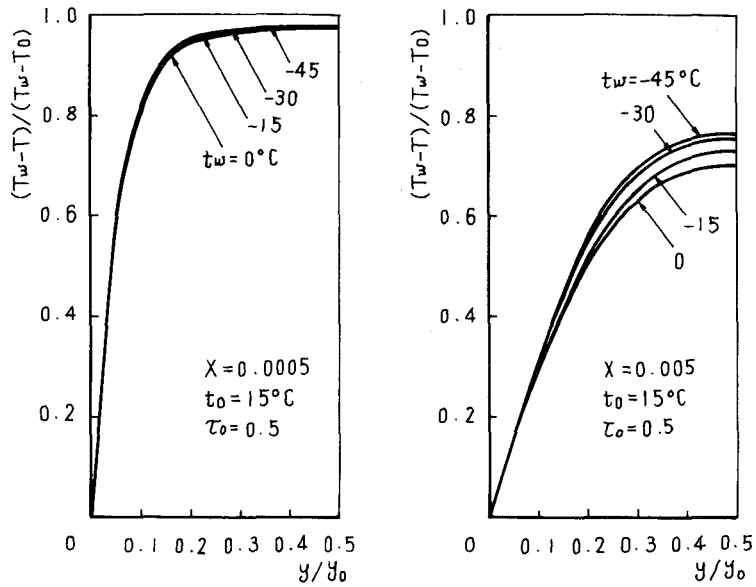
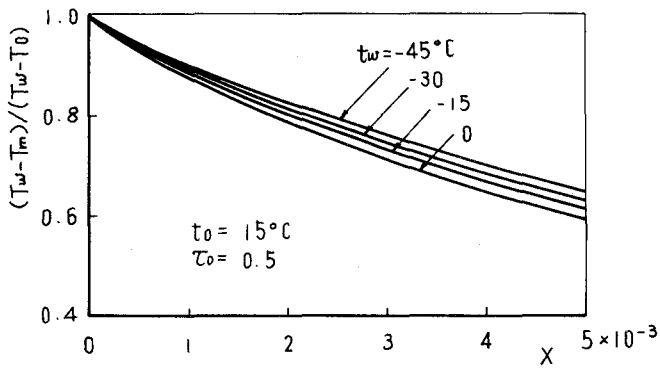
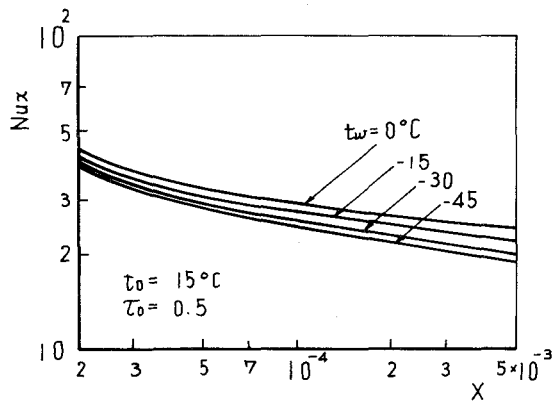
ぶ) は  $X \approx 2.2 \times 10^{-3}$  以下である。

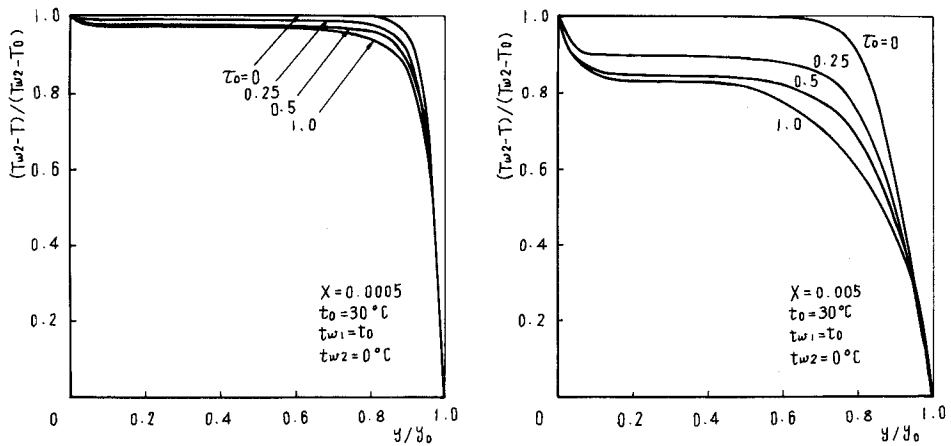
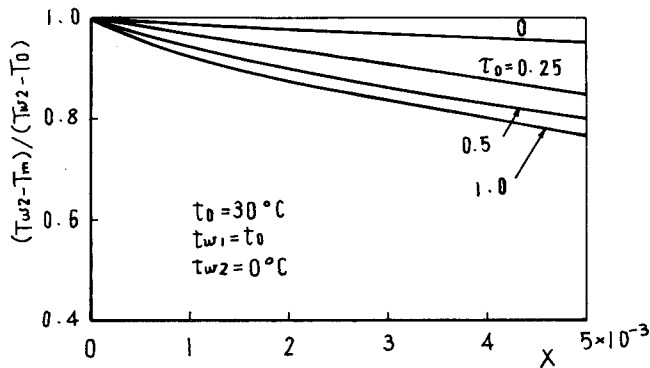
b) 熱伝達 ——  $\tau_0$  による局所ヌセルト数  $Nux$  の変化は温度分布におけるより大きく表われ、対流近似の局所ヌセルト数に関する許容範囲は、 $X \approx 0.25 \times 10^{-3}$  以下であり非常に小さな領域に限られ、放射熱伝達を考慮して解析を行なう必要がある。

3.1.2  $t_w$  による変化：結果を図5, 6, 7に示す。

a) 温度分布 —— 全般的に壁温  $t_w$  の変化による無次元温度分布の差異は少ない。なお、図5に示す無次元温度は  $t_w$  が高いほど低い値を示すが、実際の温度は高い。3.1.1の結果と対比して考えると、このような伝熱系では、無次元温度の変化に及ぼす影響は、壁温よりもむしろ光学距離、すなわち流体の放射吸収係数  $\kappa$  の方が大きく、熱伝達の解析では、 $\kappa$  の見積りに注意を払う必要がある。

b) 熱伝達 ——  $t_w$  の変化による  $Nux$  の全般的な傾向の変化は本計算範囲では現われず、ま

図5 温度分布 (冷却系,  $t_w$  変化)図6 混合平均温度 (冷却系,  $t_w$  変化)図7 局所ヌセルト数 (冷却系,  $t_w$  変化)

図8 温度分布 (加熱系,  $\tau_0$ 変化)図9 混合平均温度 (加熱系,  $\tau_0$ 変化)

た、差異も少ない。しかし、 $X$ が大きくなるにつれて、 $t_w$ による差異は広がる傾向を示している。

### 3.2 加熱系 ( $0^\circ\text{C}$ の壁面が加熱される場合)

壁温を  $t_{w1} = t_0$  とし、 $t_{w1} > t_{w2} = 0^\circ\text{C}$  の条件下で解析を行なう。

3.2.1  $\tau_0$ による変化：結果を図8, 9, 10に示す。なお、上記条件下では、 $\tau_0 = 0$ の場合、 $F_{ww}^I = 1$ となる。

a) 温度分布 ——  $y/y_0 > 0.5$  の領域での温度分布は3.1.1での結果と類似しているが、加熱壁面 (wall 1) の存在により温度の低下割合は少なく、また、対流近似の混合平均温度に関する許容範囲は  $X \approx 4.5 \times 10^{-3}$  以下であり、冷却系に比較し広い。

b) 熱伝達 ——  $\tau_0 = 0$  の場合には、加熱壁から低温壁へ伝達される放射による熱量は、流体による吸収がないため、作動流体が放射性ガスである場合と  $Nux$  の絶対量に大きな差異を示している。

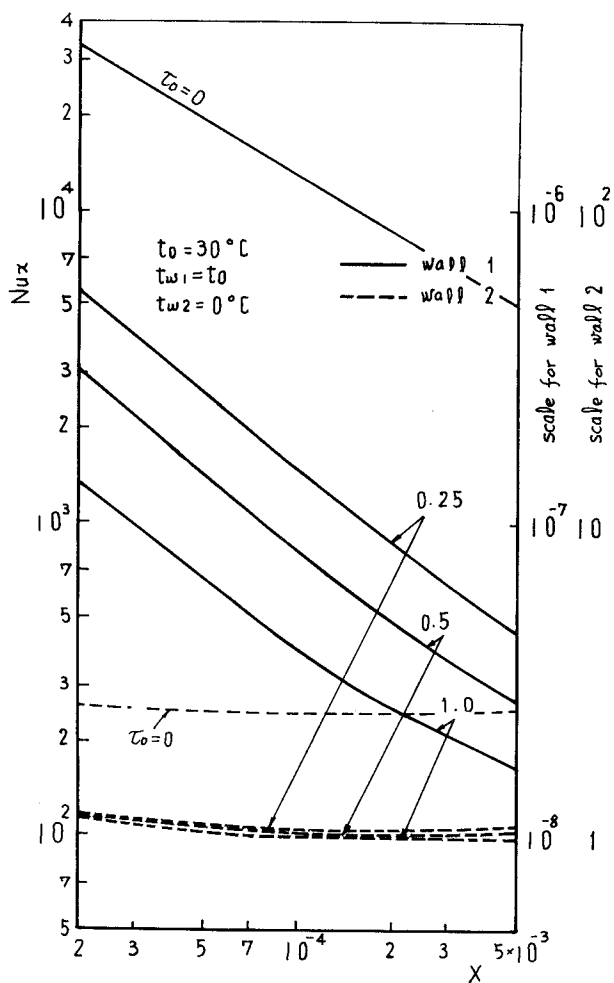


図 10 局所ヌセルト数 (加熱系,  $\tau_0$  変化)

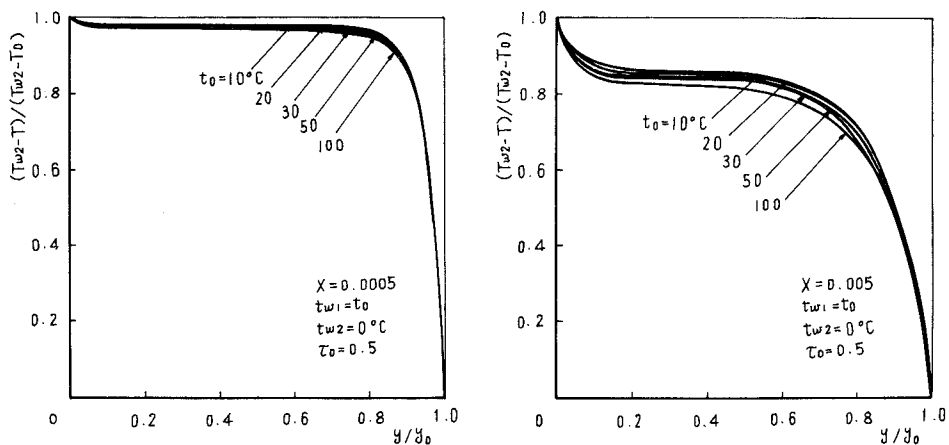


図 11 温度分布 (加熱系,  $t_0$  変化)



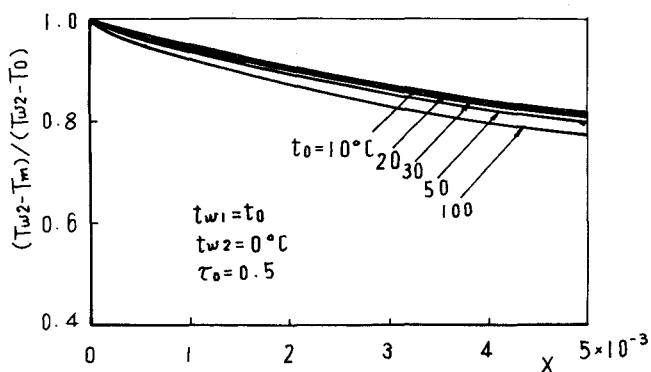


図 12 混合平均温度 (加熱系,  $t_0$  変化)

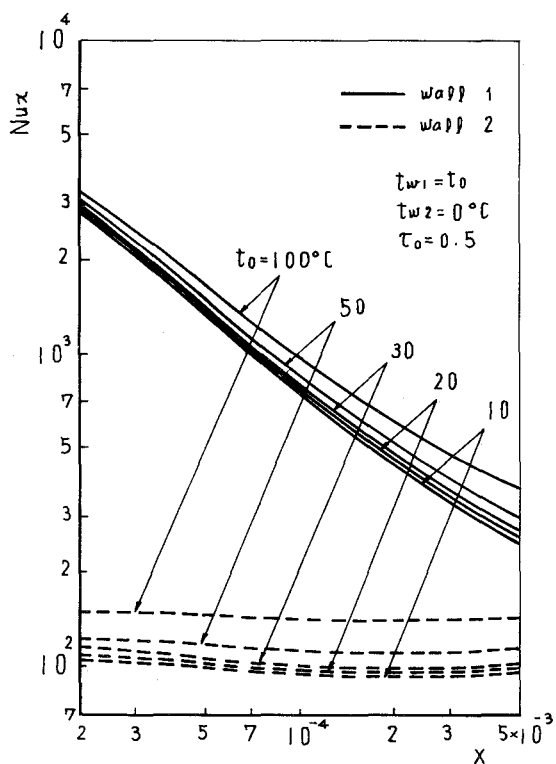


図 13 局所ヌセルト数 (加熱系,  $t_0$  変化)

3.2.2  $t_0$  による変化：結果を図 11, 12, 13 に示す。

a) 温度分布—— 3.1.2 における結果と同様、無次元温度分布に及ぼす  $t_0$  の影響は少ない。

b) 熱伝達—— 温度分布に比較し、 $t_0$  による  $Nux$  の変化は大きい。これは加熱壁と冷却壁との直接の放射による熱交換量が多いこと ( $F'_{ww}=0.44400$ )、および  $t_0$  が高くなるにつれ、流体温度が高くなり、流体からの放射熱伝達量が増加するためである。

#### 4. 結 言

常温近傍の放射熱伝達に関し低温ないしは低温度差とみなせる温度領域に対し、放射と対流の共存熱伝達の解析を行ない、モデルを冷却系と加熱系に分割し、検討を行ない、本計算範囲内でつぎの結果を得た。

- 1) 両壁面が入口流体温度よりも低い冷却系 ( $15^{\circ}\text{C}$  の作動流体が冷却される) では、 $\tau_0=0.25$  とした場合との無次元温度の差が 10% 以下となる領域は  $X \doteq 2.2 \times 10^{-3}$  以下であり、 $Nux$  に関しては  $0.25 \times 10^{-3}$  以下である。
- 2) 同上のモデルで、壁温の変化が熱伝達特性に及ぼす影響は光学距離によるよりも本計算範囲内では少ない。
- 3) 片面が入口空気温度と等しく、他面がそれよりも温度の低い加熱系 ( $0^{\circ}\text{C}$  の壁面が加熱される) では、冷却系よりも対流近似が広い範囲で成り立つ。

(昭和 54 年 5 月 4 日受理)

#### 参 考 文 献

- 1) たとえば, Pai, S. I.: Radiation Gas Dynamics, 1966, Springer-Verlag, 45.
- 2) 媚山: 室蘭工業大学研究報告 (理工編), 9-3 (昭 53-11), 735.
- 3) たとえば, Siegel, R. and Howell, J. R.: Thermal Radiation Heat Transfer, 1972, Mc Graw-Hill.