

開水路流れにおける熱の輸送機構

京都大学工学部	正 員	岩佐 義朗
広島大学工学部	正 員	細田 尚
京都大学大学院	学生員	大久保清久
京都大学大学院	学生員	○松井 健一

1. はじめに 本研究は流水中の温水の挙動について、若干の検討を加えたもので、まず数値解析により、その定性的挙動を考察し、次に、流水中に点源として連続的に放出された温水の温度分布の伝播について実験的に検討した。

2. 流水中の温水の挙動に関する定性的考察

基礎式として、静水圧分布を仮定し、Reynolds応力を渦動粘性係数で閉じた次式を考える。ただし、Fig-1の記号を用いて無次元化している。

$$\frac{\partial u'}{\partial t'} + u' \frac{\partial u'}{\partial x'} + v' \frac{\partial u'}{\partial y'} = -\frac{1}{Fr_0^2} \frac{\partial p'}{\partial x'} + \frac{D_{mx}}{U_a h_0} \frac{\partial^2 u'}{\partial x'^2} + \frac{D_{my}}{U_a h_0} \frac{\partial^2 u'}{\partial y'^2} \quad (1)$$

$$p' = \frac{1}{\varepsilon} \int_0^h \rho' dy'$$

$$\frac{\partial T'}{\partial t'} + u' \frac{\partial T'}{\partial x'} + v' \frac{\partial T'}{\partial y'} = \frac{D_{Tx}}{h_0 U_a} \frac{\partial^2 T'}{\partial x'^2} + \frac{D_{Ty}}{h_0 U_a} \frac{\partial^2 T'}{\partial y'^2} \quad (3)$$

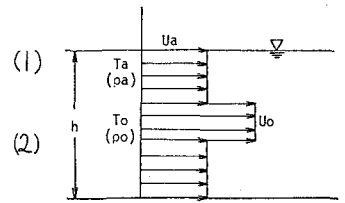


Fig-1

ここに、 $u' = u/U_a$, $T' = (T - T_a)/(T_o - T_a)$, $\rho' = \rho/\rho_a$, $P' = P/(\rho_a - \rho_o)gh_o$, $x' = x/h_o$, $y' = y/h_o$, $t' = tU_a/h$, $Fr_0 = U_a/\sqrt{\varepsilon gh_o}$, $\varepsilon = (\rho_a - \rho_o)/\rho_a$.

このように、無次元パラメータとして Fr_0 , ε , $D_{mx}/h_o U_a$, $D_{my}/h_o U_a$, $D_{Tx}/h_o U_a$, $D_{Ty}/h_o U_a$ が表われ、さらに、Fig-1よりJetの無次元パラメータとして $(T_o - T_a)/U_a$ を考える。本研究では、 $\varepsilon = 0.0026$, $D/h_o U_a = 0.005$ として、Case I $Fr_0 = 0.4$, $(T_o - T_a)/U_a = 6.5$, Case II $Fr_0 = 1.6$, $(T_o - T_a)/U_a = 0.88$ の二通り行つた。結果をFig-2に示した。Case I では浮力効果が顕著に現われているが、Case I に比べて Fr_0 が大きく $(T_o - T_a)/U_a$ の小さいCase II では浮力効果が現われず、乱流拡散効果が卓越している。

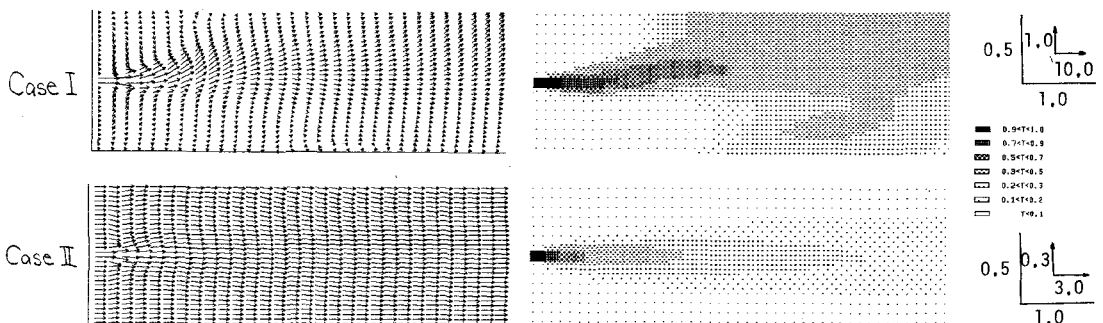


Fig-2

Yoshiaki IWASA ; Takashi HOSODA ; Kiyohisa OKUBO ; Kenichi MATSUI

3. 実験の概要

幅25cmの一様長方形断面水路において、水路上流部の1/2水深の位置に連続点源を設け、循環水より約10℃高い温度に調節された温水を投入した。温度計測にはサーミスタを使用し、水深方向、水路幅方向に多点測定した。前述のJetの特性量である流速偏差を広範囲にわたって変化させるために下流端付近に三種類のせきあげを行った。その時の水理量は、測定区間の平均値である。実験の水理諸量を表-1に示す。

4. 実験結果とその考察

本実験で得られた等水温線図は大きく分けて二つの型に分類できる。一つはFig-3に示すように、浮力効果が大きく現れて上向き等の水温線図になっている。もう一つはFig-4に示すように、浮力効果が現れず、乱流拡散により水温が広がり、水深方向に水温が一樣となっていく。もちろん浮力効果が卓越する場合も、Run6-1のようにアスペクト比を大きくすれば、トレーサの流下とともに水深方向に水温が一樣となる。Fig-5は、等水温線図より判定された浮力効果卓越、拡散効果卓越の領域区分を内部フルード数、流速偏差を用いて行ったものである。この図から、本実験の範囲では内部フルード数が9程度より小さい領域では、流速偏差に関係なく浮力効果が卓越し、内部フルード数が大きくなると流速偏差に関係なく乱流拡散効果が卓越することがわかる。水深方向に水温が一樣となる領域が存在する場合の水路幅方向の拡散係数 Dz/hu^* と Reynolds 数の関係を示したのがFig-6である。図中、斜線部は濃度の水路幅方向の拡散係数に関する従来の実験結果であり、温度の拡散係数もその範囲に入っている。

<参考文献>

(1) 岩佐等；京大防災研究所年報第25号3-2

表-1

		Depth h(cm)	Mean Velocity $\bar{u}$ (cm/s)	Shear Velocity u_* (cm/s)	Slope	Densimetric Froude Number	Velocity Difference	Froude Number	Reynolds Number	Height of Weir (cm)
Run1	1	2.56	34.59	2.04	1/500	16.42	0.15	0.69	7190	0.0
	2	2.48	34.84	2.01	1/500	16.34	0.30	0.71	7300	
	3	2.53	35.70	2.03	1/500	16.34	0.47	0.72	7580	
	4	2.49	35.81	2.02	1/500	14.59	1.11	0.73	8470	
	5	2.52	35.11	2.03	1/500	16.88	1.95	0.71	7160	
Run2	1	2.53	26.09	2.03	1/500	12.44	0.31	0.52	5410	1.0
	2	2.50	26.95	2.02	1/500	12.08	0.68	0.55	5950	
	3	2.58	27.63	2.05	1/500	12.08	1.25	0.55	6310	
	4	2.62	28.72	2.06	1/500	12.50	1.77	0.57	6650	
	5	2.49	16.74	2.02	1/500	8.63	0.11	0.34	3370	
Run3	1	2.49	16.74	2.02	1/500	8.60	0.28	0.34	3360	1.5
	2	2.49	16.92	2.02	1/500	8.32	0.74	0.34	3400	
	3	2.48	17.02	2.01	1/500	8.34	1.08	0.35	3390	
	4	2.48	17.23	2.01	1/500	8.46	2.00	0.35	3450	
	5	2.47	15.24	2.01	1/500	6.64	2.03	0.31	3450	
Run4	1	2.48	15.73	2.01	1/500	6.03	3.05	0.32	3630	2.0
	2	2.54	15.84	2.03	1/500	6.68	3.87	0.32	3680	
	3	2.49	59.73	3.19	1/200	29.37	0.31	1.21	12010	
	4	2.49	59.79	3.19	1/200	28.88	0.60	1.21	12100	
	5	2.49	59.66	3.19	1/200	29.13	1.00	1.21	12140	
Run6	1	1.01	18.46	1.35	1/500	13.75	0.85	0.59	1560	0.0

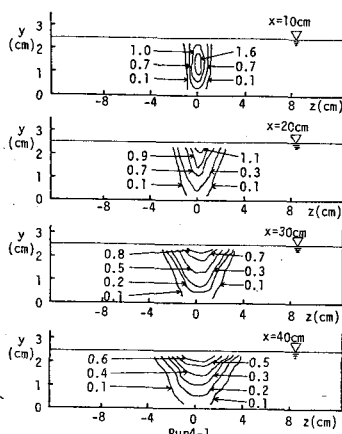


Fig-3

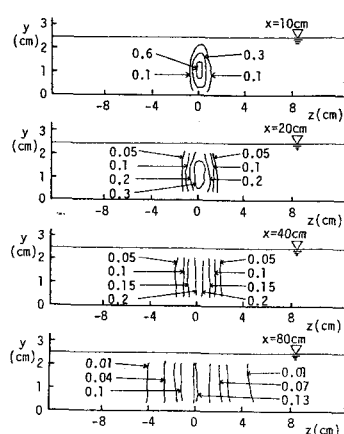


Fig-4

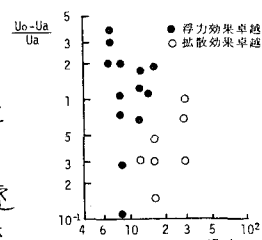


Fig-5

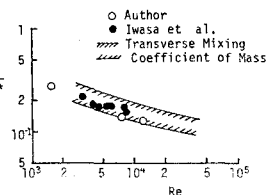


Fig-6