

京都大学大学院 学生員 大久保清久
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

1. はじめに

本研究は、流水中の温水の挙動に関して、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。

$$\frac{\partial u'}{\partial x'} + \frac{\partial v'}{\partial y'} = 0$$

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

$$p'(\eta') = \frac{1}{\varepsilon} \int_{\eta'}^{\eta} p' d\eta''$$

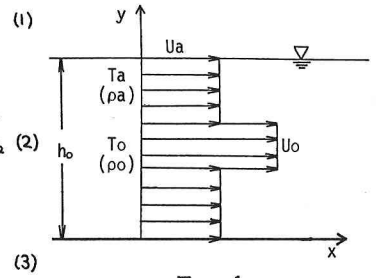


Fig-1

$$\frac{\partial T'}{\partial t'} + u' \frac{\partial T'}{\partial x'} + v' \frac{\partial T'}{\partial y'} = \frac{D_{Tx}}{U_a h_0} \frac{\partial^2 T'}{\partial x'^2} + \frac{D_{Ty}}{U_a h_0} \frac{\partial^2 T'}{\partial y'^2} \quad (4)$$

ここに、 $u' = u/U_a$, $v' = v/U_a$, $T' = (T - T_a)/(T_0 - T_a)$, $p' = p/\rho_a$, $\bar{p}' = p/(\rho_a - \rho_0)gh_0$, $h = h/h_0$, $x' = x/h_0$, $y' = y/h_0$, $t' = tU_a/h$, $Fr_0 = U_a/\sqrt{\varepsilon gh_0}$, $\varepsilon = (\rho_a - \rho_0)/\rho_a$ 。

このように、無次元パラメータとして、 Fr_0 , ε , D_{mx}/h_0U_a , D_{my}/h_0U_a , D_{Tx}/h_0U_a , D_{Ty}/h_0U_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、 $(U_0 - U_a)/U_a$ を考える。本研究では、 $\varepsilon = 0.0026$, $D/h_0U_a = 0.005$ として、Case I $Fr_0 = 0.4$, $(U_0 - U_a)/U_a = 6.5$, Case II $Fr_0 = 1.6$, $(U_0 - U_a)/U_a = 0.88$ の2通り行った。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、 $(U_0 - U_a)/U_a$ 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。

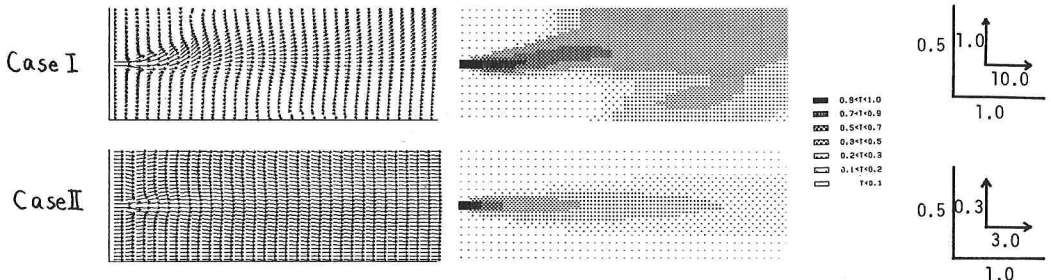


Fig-2

3. 実験の概要

幅 25 cm の一様長方形断面水路において、水路上流部の幅中央、 $1/2$ 水深の位置に点源を設け、循環水より約 10°C 高い温度に調節された温水を連続的に放出した。温度計測にはサーミスタを使用し、多断面にわたって、水深方向・水路幅方向に多点測定するとともに、放出流量はフローメーターを用いて計測した。前述の Jet の特性量である内部フルード数、流速偏差を広範囲にわたって変化させるため、2 種類のこう配について行うとともに、こう配が $1/500$ の場合には、下流端付近に

3 種類のせきあげを行った。その時の水量は、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 2 つの型に分類できる。

1 つは Fig-3 に示すように、浮力効果が大きく現れて上向きの等水温線図になっている。もう 1 つは Fig-4

に示すように、浮力効果が現れず、乱流拡散によって水温が広がり、水深方向に水温が一様となっていく。

もちろん浮力効果が卓越する場合も、

Fig-5 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様となる。Fig-6 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様となる領域が存在する場合の水路幅方向の乱流拡散係数 D_z/hu_x と Reynolds 数の関係

を示したのが Fig-7 である。四中、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 U(cm/s)	Shear Velocity u _s (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
	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
	2	2.50	26.96	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	2	2.49	16.74	2.02	1/500	8.60	0.28	0.34	3360
	3	2.49	16.92	2.02	1/500	8.32	0.74	0.34	3400
	4	2.48	17.02	2.01	1/500	8.34	1.08	0.35	3390
	5	2.48	17.23	2.01	1/500	8.46	2.00	0.35	3450
	1	2.47	15.24	2.01	1/500	6.64	2.03	0.31	3450
Run4	2	2.48	15.73	2.01	1/500	6.83	3.05	0.32	3630
	3	2.54	15.84	2.03	1/500	6.68	3.87	0.32	3680
	1	2.49	59.73	3.19	1/200	29.37	0.31	1.21	12010
Run5	2	2.49	59.79	3.19	1/200	28.88	0.60	1.21	12100
	3	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

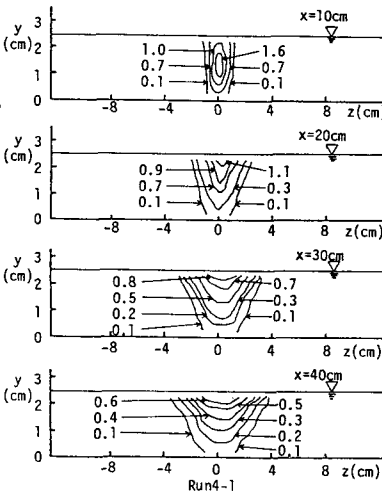


Fig-3

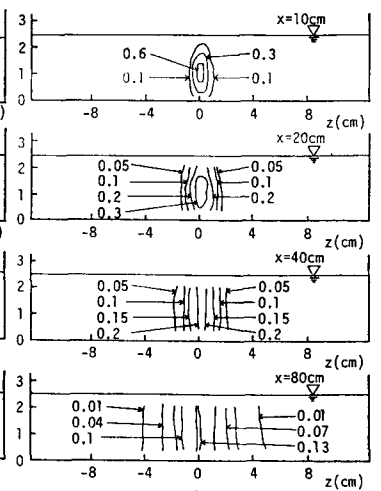


Fig-4

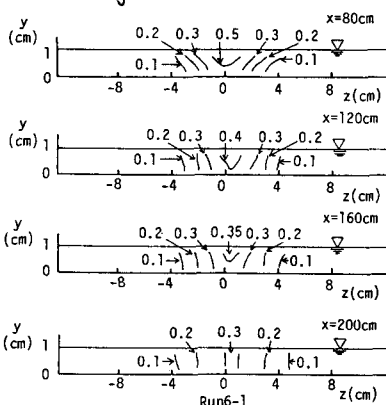


Fig-5

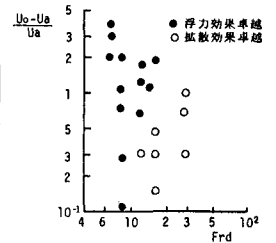


Fig-6

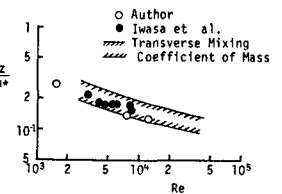


Fig-7