

温水の水平噴流に関する実験

神戸大学工学部 正員 松梨順三郎
姫路市役所 正員 岡田 俊文

住友建設KK 正員 左子 斉
神戸大学大学院 学生員 黒林寛治

1. はじめに

冷却水需要の増大に伴い、温排水による放流水域の熱汚染は、化学的汚染とともにその影響が懸念されている¹⁾。温排水問題の対策のためには、放流水域での温排水の拡散範囲を予測することが重要であると考え、その予測手法の開発のための1ステップとして実験を実施した。本実験は、温排水が湾または湖沼のような閉水域に表面放流される場合を想定して簡単なモデルを設定し、温水の拡がり水温変化と流況の両側面から明らかにしようとするものである。

2. 設定モデルと実験装置

図-1に設定したモデルを示す。このモデルでは、水深14 cm、長さ50 cmの水槽に、初期状態として10℃の水が静止の状態に貯留されている。この水槽の表面へ30℃の温水が平均流速9.6 cm/sで流入し、流出口より流出する。このときの水槽内の水温変化と流況に注目している。図-2に実験装置の概要、表-1に実験の条件を示す。

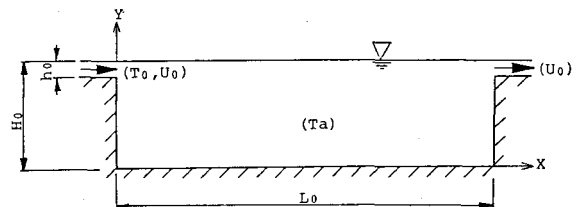


図-1 設定モデル

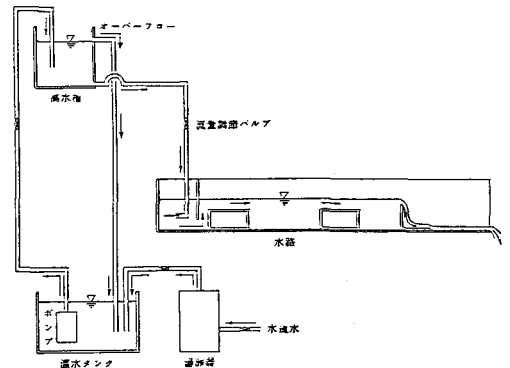


図-2 実験装置

3. 実験計画

水槽内において、 $X = 2.5, 17.5, 32.5, 47.5$ cmの名断面を測定断面とした。水温は、サーミスタ温度計を用いて20秒間隔で測定した。流況は、水素気泡法及びXチレンブルーを用いて流れを可視化して観察し、ビデオカメラで撮影した。

4. 実験結果と考察

実験結果として、実験開始後100秒及び300秒での水温分布図と流況図を、図-3と図-4にそれぞれ示す。図-3によると、等温線はほぼ水平に層を成しており、時間の経過とともに、表層から底部へと水温が上昇することがわかる。ここで、表層部の水温は40秒程度で流入水温にほぼ等しくなるが、底部の水温上昇は比較的ゆるやかで、水槽全域の水温がほぼ一様となるまでに1200秒程度必要とした。

表-1 実験条件

水槽長さ	L_0 (cm)	50.0
水槽幅	B_0 (cm)	12.5
水槽内水深	H_0 (cm)	14.0
流入部水深	h_0 (cm)	2.0
流入水流量	Q_0 (cm ³ /s)	240.0
流入水平当流速	U_0 (cm/s)	9.6
流入水温	T_0 (°C)	30.0
水槽内初期水温	T_a (°C)	10.0
水温差	$T_0 - T_a$ (°C)	20.0

Junzaburo MATSUNASHI, Hitoshi SAKO, Toshifumi OKADA, Kanji KUROBAYASHI

流入口における温水は、温度が高く流速も大きい
ため、内部フルード数 Fi が大きく、表層の流れは
噴流状態にある。噴流が温度の低い水槽内の水を
連行加入し、流入口からの距離の増大、したがっ
てリチャードソン数(Fi の逆数)の増大とともに
混合層の厚さが増加している。図-4によると、
水槽内には流速の向きの異なる3つの層が存在し
ていることがわかり、中層部には表層部とは逆方
向の2次的な流れが見られる。この流れは、流出
部の壁の存在による温水の逆流と考えられる。こ
の逆流の流速は、表層の流速の $1/4 \sim 1/5$ 程度と
なっている。また、この逆流層の下層は死水領
域となっている。図-3と図-4を比較すると、
温度分布と流況には明らかに相関関係があり、こ
の実験の熱量の輸送には、熱拡散よりも対流が寄
与するところが大きいことがわかる。

5. 流れの計算

K-ε型2方程式乱流モデル²⁾を用いて、表-1
の条件で流れの数値シミュレーションを実施した。
基礎式は差分法を用いて定式化し、完全陰解法で
数値計算を行った。図-5の(a)、(b)、(c)
はそれぞれ $t=10$ 、40、70秒時点での流速ベクト
ル図である。

6. おわりに

本実験で設定したモデルでは、表層の噴流だけ
でなく2次的な逆流する流れが水槽内水温の上昇
を支配すると考える。したがって、実際の表面放
流による温排水の拡がり再现するには、必ずし
も適切なモデルではなかったのではないかと思わ
れる。しかし、温排水のもつ基本的な性質は再現
できると考える。今後、このモデルについて数値計算を対応させ、シミュレーション解析
手法を改良していくことが望まれる。

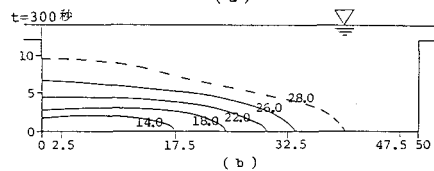
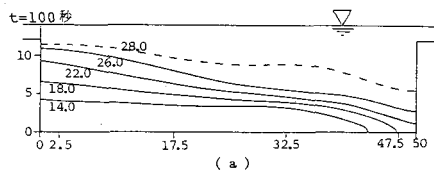


図-3 水温分布図(图中単位: °Cおよびcm)

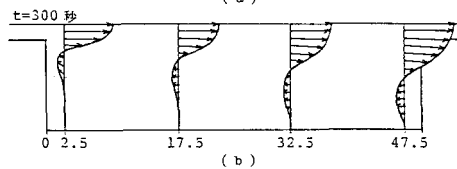
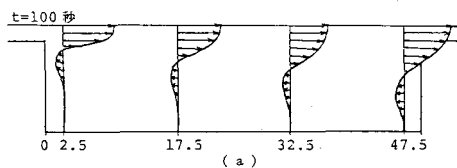


図-4 流況図(图中単位: cm)

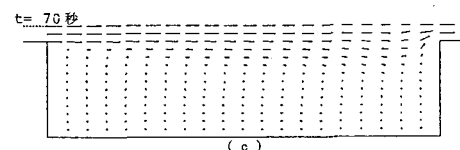
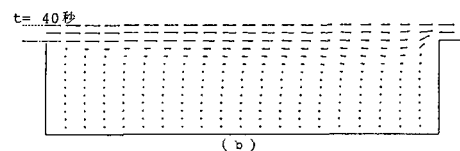
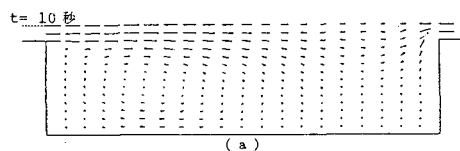


図-5 流速ベクトル図(数値計算による)

参考文献

- 1) 新井正・西沢利栄: 水工学講座 10 水温論, 共立出版, 1974
- 2) 柴田 弘・花梨順三郎: K-ε乱流モデルの鉛直噴流への適用, 土木学会第29回水理講演会論文集, 1985