

## 淀川城北ワンド群の水温構造に関する研究

日本建設コンサルタント 正会員 中谷 貴史  
大阪工業大学工学部 正会員 綾 史郎

**1 はじめに** 近年，城北ワンド群は淀川の水位の上昇や水位変動の減少，冠水頻度の減少により，本流との水交換の機会が減少し，ワンド内の水質や底質は更新されることなく悪化している．最近では，生態学的機能の見地より浅いワンドの造成も行われ<sup>1)</sup>，深いワンドと浅いワンドとの水交換も興味の対象となっている．本研究では，水交換メカニズムの1つとして熱的な要因による流動を想定し，ワンドの水温構造について野外の現地観測や鉛直2次元数値モデルを用いて数値実験を行い，ワンドの水温分布と流動の関係を明らかにした．

**2 現地観測** **2.1 観測方法** 隣接する淀川とワンド間では，有為な水温差が発生すると考えられる冬期と夏期に淀川本川と 29/37 ワンドにおいて1時間ごとの水温分布の連続観測を行なった．ワンドは表層・半水深付近で水温を計測し，水底で地温を計測した．表-1 に観測概要を示し，観測地点を図-1 に示す．

表-1 観測概要．

	観測日時	観測地点	測定地点の最大水深(O.P.+3.3m時)
冬期	1999年2月8日18:00～9日18:00	淀川	1.8m
		ワンド 37	2.0m
夏期	2000年8月27日6:00～28日6:00	淀川	1.7m
		ワンド 29	1.7m



図-1 城北ワンド周辺(観測地点)．

### 2.2 観測結果と考察

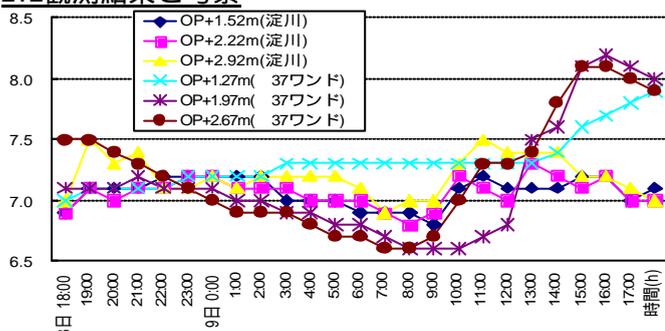


図-2 淀川と 37ワンドの水温(1999年2月)．

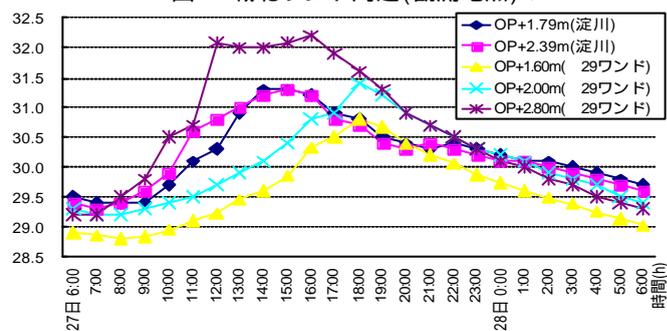


図-3 淀川と 29ワンドの水温(2000年8月)．

冬期の淀川本川とワンド水温の変化を示した図-2よりワンドの水温は，気象の影響を受け日中に加熱，夜間に冷却されるが，水深方向の温度差はほとんどなく，淀川の水温は終日7 前後とほとんど変化しなかった．両水域間の温度差は，最高水温時で0.8 程度，最低水温時で0.4 程度生じた．夏期においては図-3より両水域共に気象の影響を受け，ワンドは上層から加熱・冷却され，日中2.5 程度の水深方向に温度差を生じるが未明には一様化する．両水域間の温度差は最高水温時で1 程度，最低水温時で0.5 程度の温度差が生じた．

**3 数値解析** **3.1 基礎方程式**デカルト座標系における鉛直2次元基礎方程式は，連続式とBoussinesq近似を仮定した運動方程式，温度の拡散方程式で，以下のように表される．

・連続式  $\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} = 0$  ・温度の拡散方程式  $\frac{\partial T}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x}(uT) + \frac{\partial}{\partial y}(vT) = \frac{\partial}{\partial x}\left(K \frac{\partial T}{\partial x}\right) + \frac{\partial}{\partial y}\left(K \frac{\partial T}{\partial y}\right) + \frac{\partial}{\partial y}\left(\frac{f}{rC_w}\right)$

・運動方程式  
[水平方向]  $\frac{\partial u}{\partial t} + \frac{\partial u^2}{\partial x} + \frac{\partial uv}{\partial y} = \frac{\partial}{\partial x}\left(n \frac{\partial u}{\partial x}\right) + \frac{\partial}{\partial y}\left(n \frac{\partial u}{\partial y}\right) - \frac{1}{r} \frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial x}\left(n \frac{\partial u}{\partial x}\right) + \frac{\partial}{\partial y}\left(n \frac{\partial v}{\partial x}\right)$

[鉛直方向]  $\frac{\partial v}{\partial t} + \frac{\partial uv}{\partial x} + \frac{\partial v^2}{\partial y} = -g b(T - T_0) + \frac{\partial}{\partial x}\left(n \frac{\partial v}{\partial x}\right) + \frac{\partial}{\partial y}\left(n \frac{\partial v}{\partial y}\right) - \frac{1}{r} \frac{\partial p}{\partial y} + \frac{\partial}{\partial x}\left(n \frac{\partial u}{\partial y}\right) + \frac{\partial}{\partial y}\left(n \frac{\partial v}{\partial y}\right)$

キーワード：ワンド，水温，野外観測，数値計算

〒535-8585 大阪市旭区大宮5-16-1 大阪工業大学 工学部 土木工学科(TEL06-6954-4184 FAX06-6957-2131)

ここに,  $u$ : x軸方向(水平方向)の流速ベクトル,  $v$ : y軸方向(鉛直上向き方向)の流速ベクトル,  $t$ : 時間,  $\nu$ : 動粘性係数,  $g$ : 重力加速度,  $p$ : 圧力,  $\rho$ : 流体の密度,  $T$ : 水温,  $K$ : 拡散係数,  $q$ : 熱輸送フラックス,  $C_w$ : 水の比熱,  $\beta$ : 体積膨張率,  $T_0$ : 基準温度(=3.98 )である. 熱輸送フラックス は日射による輻射熱と水表面における熱損失によって変化する<sup>2)</sup>ものとし, 大阪管区気象台の観測値を用いて計算した. 但し, 風速は観測値の1/10とした.

**3.2 数値実験の概要** モデル格子は対象領域を横断方向20mを100分割, 鉛直方向2mを50分割し, 水平距離0~10mを淀川, 10~20mをワンド領域と仮定した. 解析対象期間を表-1, 計算条件を表-2に示す. 境界条件は右側は陸境界として, 左側は水境界として扱い, 左側に淀川の観測水温を与えた. なお, 数値解析手法として香月・中山によるモデル<sup>3)</sup>を改変した.

**3.3 数値実験結果と考察**

表-2 計算条件.

計算時間間隔	t=0.05(sec)		
空間差分間隔	水平方向	x=0.2(m)	
	鉛直方向	y=0.12(m)	
動粘性係数	夏期	ワンド	$\nu=0.000001(m^2/s)$
		淀川	$\nu=0.009(m^2/s)$
	冬期	ワンド	$\nu=0.0000015(m^2/s)$
		淀川	$\nu=0.002(m^2/s)$
拡散係数	夏期	ワンド	$K=0.0001(m^2/s)$
		淀川	$K_T=0.009(m^2/s)$
	冬期	ワンド	$K=0.001(m^2/s)$
		淀川	$K_T=0.002(m^2/s)$
水深	浅水域	Zb=0.4(m)	
	深水域	Zb=2.0(m)	
初期水温	夏期	T=29.0( )	
	冬期	T=7.0( )	
体積膨張率	夏期	$\beta=0.0003( )^{-1}$	
	冬期	$\beta=0.00008( )^{-1}$	
水面吸収率	$\alpha=0.65$		
水面反射率	$a_r=0.06$		
減衰係数	$\gamma=0.7$		

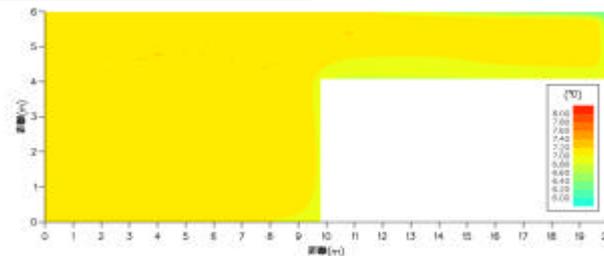


図-4 冬期の水温分布(24:00).

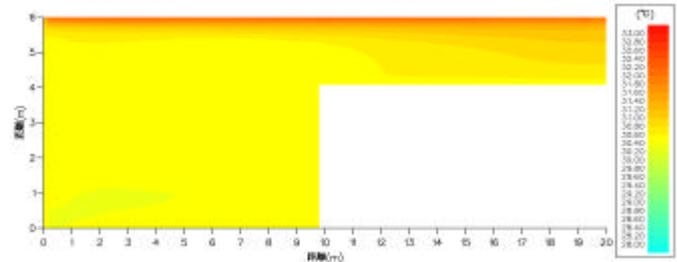


図-6 夏期の水温分布(12:00).

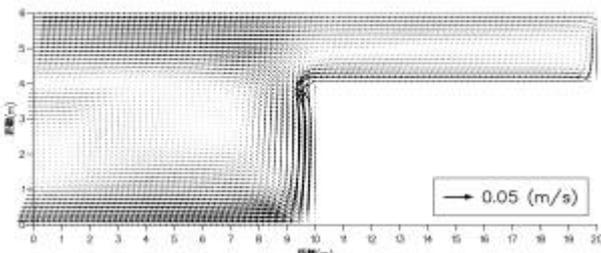


図-5 冬期の流速分布(24:00).

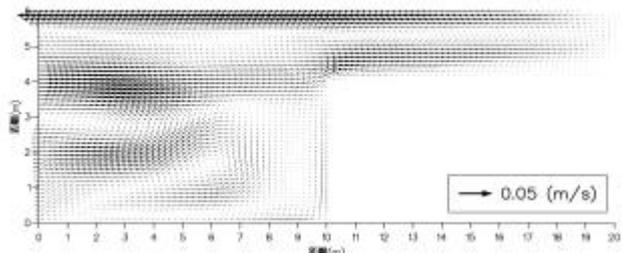


図-7 夏期の水温分布(12:00).

加熱期である日中には夏期は8:00, 冬期は10:00からワンドの水表面の方が淀川より加熱される結果, 冷たい淀川の水は暖かいワンド下層へ侵入し, ワンドの水塊は表層流として緩やかに淀川へ移動した(図-6, 7参照). 淀川は鉛直方向にほとんど水温差は生じないが, 図-6より淀川の水表面はワンド同様に加熱されている. これはワンドの水表面で加熱された水が淀川の表層に浸入した影響が考えられる.

夏期は16:00, 冬期は18:00からワンド水域は水表面が冷却され, その部分の水の密度が増加して表層から下降流が生じた. 同時に下降流を補償する上昇流が誘起された. 冷却期にはワンドは淀川より水表面からの水温低下が急速に進むため, 夏期は22:00, 冬期は20:00からワンドは淀川より低温・高密度の水塊となり, ワンド底部にはワンドから淀川に向かう下層流が生じ, 一方, その補償流れとして淀川からワンドに向かう表層流が生じた(図-4, 5参照).

**4 おわりに** 平水時に発生すると考えられるワンドと河川間の温度密度流による流動は, 加熱期はワンド表層から淀川表層に向かう流れが生じ, 冷却期はワンド底層から淀川底層に向かう流れが生じることが確認された.

[参考文献] 1)中谷他:第55回年次学術講演会講演概要集, -320. 2)土木学会編:水理公式集, 昭和60年度版 pp351-352. 3)香月・中山:熱流動の数値シミュレーション, 森北出版, 1990.