

大阪工業大学大学院工学研究科 学生員 ○中谷 貴史
 倉測建設コンサルタント(株) 正会員 笠原 信宏
 大阪工業大学工学部 正会員 綾 史郎

1. 研究の目的

城北ワンド群はイタセンバラの生息水域であることが発見されたため、1970年代の河川改修の中でかろうじて保存され、淀川に残る唯一の大ワンドとなった。本研究ではワンドの水温構造を知るために、冬期(淀川, ワンドNo.37, 38)と夏期(淀川, ワンドNo.28, 29)で水温の連続観測を行うとともに、水温の鉛直一次元解析と熱収支計算を行った。

2. 研究方法

2.1 観測

ワンドは鉛直方向に水温差ができると考え、表層・半水深付近で水温を計測し、水底で地温を計測した。同時に淀川とワンドNo.29, 37に水位計を設置し水位変化を記録した。観測は冬、夏各1回行い、冬期は1999年2月8日22時から2月10日12時まで、夏期は1999年9月12日6時から9月14日6時まで2回行った。なお水深0.5~1.5m程度である。

2.2 数値解析

(1) 計算法

ワンドの水温分布は温度拡散方程式により解析する。本研究は鉛直一次元を対象とし、更に(1)水面の変動はない、(2)淀川・隣接ワンドとの水交換・熱交換はない、と2つの仮定を設けた。熱保存の関係より温度の拡散方程式は次のように表せる。

$$\frac{\partial}{\partial t}(AT) = \frac{\partial}{\partial z} \left(AK_z \frac{\partial T}{\partial z} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\frac{A\phi}{\rho C_w} \right) \quad (1)$$

ここに、 T :水温、 K_z :拡散係数、 A :鉛直方向の断面積、 ϕ :熱輸送フラックス、 C_w :水の比熱、 ρ :密度である。熱輸送フラックス ϕ 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もの

とし、次式を用いた¹⁾。

$$\phi_0 = (1 - \alpha)\phi_s \quad \phi_z = (1 - \beta)\phi_0 \exp\{-\eta(z_s - z)\}$$

$$\phi_{sur} = \phi_0 - \phi_L \quad \phi_L = \phi_e + \phi_c + \phi_{ra} \quad (2)$$

ここに、 ϕ_s :日射による輻射熱、 α :水面反射率、 ϕ_0 :水表面に入る輻射熱、 ϕ_z :標高 z に達する輻射熱、 β :水面吸収率、 η :減衰係数、 ϕ_L :水表面からの熱損失、 ϕ_e :蒸発による熱損失、 ϕ_c :伝導による熱損失、 ϕ_{ra} :有効逆輻射である。水表面における熱輸送フラックスは ϕ_{sur} 、各層における熱輸送フラックスは ϕ_z を用いた。また $\phi_e + \phi_c$ はRohwer式、 ϕ_{ra} はSwinbankの式を使用した。

(2) 境界条件

$$\left. \frac{\partial T}{\partial z} \right|_{bot} = \alpha(T_s - T_i)/\Delta z, \quad \left. \frac{\partial T}{\partial z} \right|_{sur} = 0 \quad (3)$$

ワンドの水底では地中への熱伝達を考慮し、地温の影響を考慮した。 T_g は地温で観測値を用い、 T_i は水底より1つ上層のセルの計算水温である。 α は $2.3 \times 10^{-3} \text{cm}^2/\text{s}$ を用いた。

(3) 初期条件他

計算に用いた係数は、拡散係数 K_z は夏期に $0.1 \text{cm}^2/\text{s}$ 、冬期に $1.0 \text{cm}^2/\text{s}$ 、水面吸収率 $\beta = 0.7$ 、水面反射率 $\alpha = 0.06$ 、減衰係数 $\eta = 0.4$ を用いた。初期水温及び水深に関しては、各水深の観測水温、平均水深を用いた。また、気温、相対湿度、風速、日射量、雲量は大阪管区気象台の値を用い、風速については、この1/20として水表面の風速を与えた。

2.3 熱収支計算法

ワンド全体の水温変化に日射や気温などの気象条件がどの程度影響するのか明らかにするため、観測

Takashi NAKATANI, Nobuhiro KASAHARA, Shirou AYA

水温を用いて、ワンド全体での熱貯留量の時間変化、移流による熱輸送量、地熱による熱輸送量を計算し、輻射・損失による受熱量を算出した。移流熱量の計算に際しては、流出水温はワンド水温とし、流入水温として淀川の観測水温を使用した。計算受熱量は、(2)式を用いて、日射による輻射熱 ϕ_s 、水表面での熱損失 ϕ_L 等から輻射・損失による受熱量 ϕ_{sur} を算出した。

3. 結果と考察

3.1 水温

図-1、図-2より観測水温は夏期は気象の影響を受け、上層から加熱・冷却され、鉛直方向に水温差が見られるが、冬期は鉛直方向にほぼ一様になっている。水温計算は0.5℃程度の差はあるが、観測値に近い計算結果を得たと思われる。夏期と冬期の水温の混合状態が異なると考え、夏期と冬期の拡散係数を異なる値としたが温度差は観測値と計算値でほぼ等しい。また、冬期の水温観測では表層水温が下層水温より低いことがあり、本研究で用いた完全対流混合計算の検討が必要である。

3.2 熱収支

図-3より受熱量は、観測値と計算値で合計1.5MJ/m²/day程度の差しかないが、13日の正午前後、20時前後に差が大きい。

図-4より、時間によって輻射・損失による熱輸送量よりも移流による熱輸送量が多くなることがあった。観測期間全体で5cm程度の水位変化があり、これため移流による熱輸送量が多くなったと思われる。

4. 結論

ワンドの水温変化の要因として、水温計算と熱収支計算の結果から気象条件の影響が大きいことがわかった。今後は各ワンド及び本川において水位差、水温構造の違いにより生じる水の流動との関係を明確にすることが課題である。

本研究は大阪工大水圏環境研究室における卒業研究として行われたものであることを付記して、協力された諸氏に謝意を表します。

[参考文献]

- 1) 板倉忠興他：水理公式集，昭和 60 年度版 pp351-352.

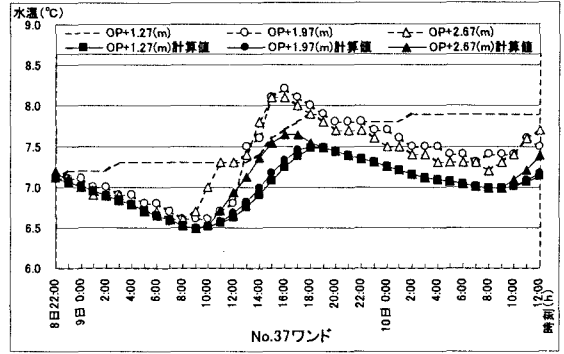


図-1 観測水温と計算水温の比較 (1999/2/8-2/10)

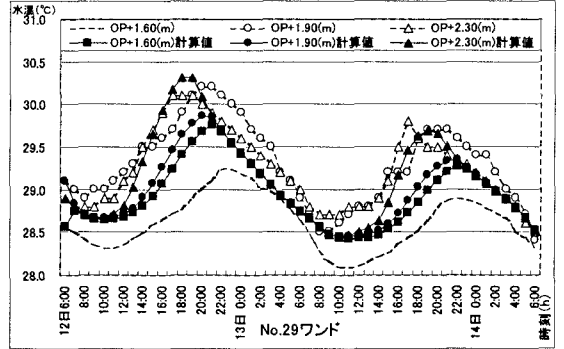


図-2 観測水温と計算水温の比較 (1999/9/12-9/14)

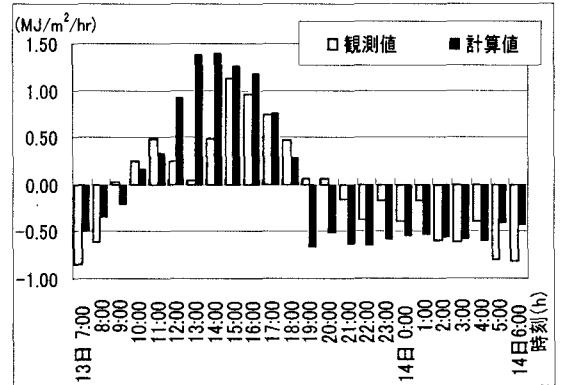


図-3 輻射・損失による受熱量 (1999/9/13-9/14)

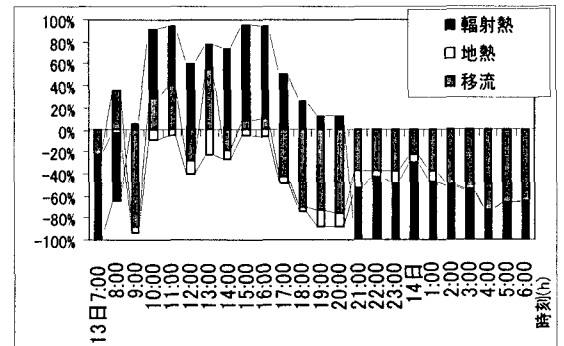


図-4 熱輸送量の構成 (観測値) (1999/9/13-9/14)