

蒲生ラグーンにおける水温と日射量の相関

東北学院大学大学院 学生会員 ○郡山 裕作
東北学院大学大学院 正会員 上原 忠保

1. はじめに 宮城県仙台市を流れる七北田川河口域に蒲生ラグーンという潟が存在する。全長約 860m のこの湿地には底生生物が豊富に生息しており、多くの水鳥が訪れる。ラグーンのような水系生態系において、水温は生物にとって重要な因子となる。本研究では昨年の研究¹⁾に引き続き、水温と日射量の変動特性について検討した。

2. 観測概要 本研究では日射計(KDC-S11 コーナシステム(株))で全天日射量、水温計(TCS-81 パルテック社)と塩分計(コンパクト CT アレック電子(株))で水温を測定した。蒲生ラグーンでは入口部分を 0m とし、そこから 115m、400m、750m 離れた各地点で 10 分毎に水温の連続データを収集している(図.1)。各計器は底面より約 10cm の高さに固定して測定し、日射計と風速計は 400m 観測地点の頂部に設置してある。

3. 計算方法 ラグーン内の水温変動を明らかにするため、運動方程式、連続方程式、拡散方程式²⁾を用いて、二次元水域における物質の水平拡散現象を計算した。

$$\begin{aligned} \frac{\partial M}{\partial t} + \frac{M}{h+z-z_0} \frac{\partial M}{\partial x} + \frac{N}{h+z-z_0} \frac{\partial M}{\partial y} &= -g(h+z-z_0) \frac{\partial z}{\partial x} - \frac{\tau_b}{\rho_w} \\ \frac{\partial N}{\partial t} + \frac{M}{h+z-z_0} \frac{\partial N}{\partial x} + \frac{N}{h+z-z_0} \frac{\partial N}{\partial y} &= -g(h+z-z_0) \frac{\partial z}{\partial y} - \frac{\tau_b}{\rho_w} \\ \frac{\partial z}{\partial t} - \frac{\partial z_0}{\partial t} &= -\left(\frac{\partial M}{\partial x} + \frac{\partial N}{\partial y} \right) \\ \frac{\partial C}{\partial t} + U \frac{\partial C}{\partial x} + V \frac{\partial C}{\partial y} &= D_x \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} + D_y \frac{\partial^2 C}{\partial y^2} \end{aligned}$$

ここで x,y 方向の流量束: M,N、水深: h、水位上昇量: z、水底の隆起量: z₀、重力加速度: g、海底摩擦力: τ_b、水の密度: ρ_w、x,y 方向の流速成分: U,V、拡散物質の濃度: C、拡散係数: D となっている。これらは差分形式に変形して数値計算を行う。また以下の熱収支式³⁾により日平均水温の推定し、実測値との比較を行った。

$$(1 - \text{ref}) S + L - \sigma T_s^4 = H + 1E + G$$

上式において、アルベド: ref、全天日射量: S、長波放射量: L、黒体放射量: σT_s⁴、顕熱輸送量: H、潜熱輸送量 1E、貯熱量: G となっている。

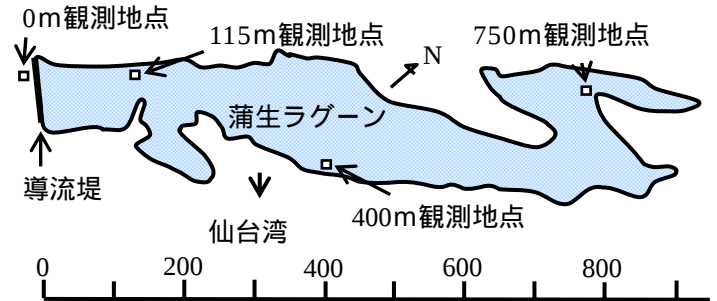


図.1 観測地点

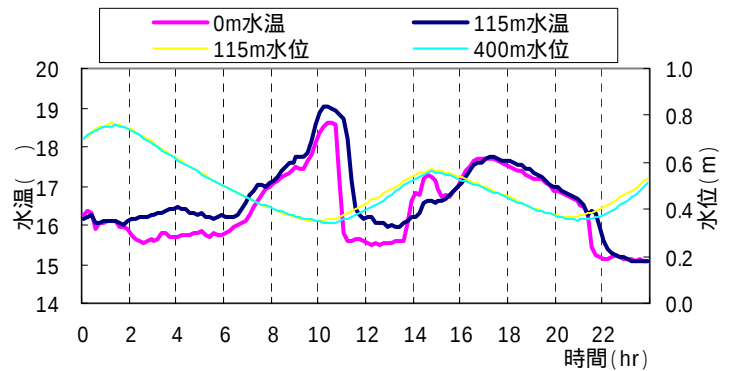


図.2 水温と水位の時間変化(2007/5/27)

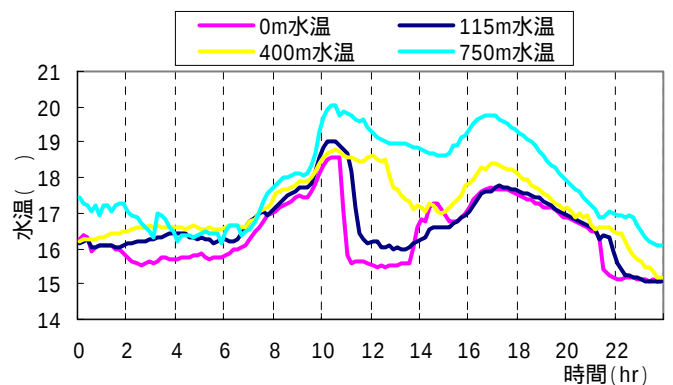


図.3 各地点における水温の時間変化(2007/5/27)

表.1 数値計算の諸条件

対象水域	i=1,60 j=1,45 (300m × 900m)
格子間隔	x=5m y=20m
時間ステップ	t=1sec
海底摩擦係数	f=0.0012
水平拡散係数	D=ε l ^{4/3} cm ² /sec(ε=0.01)
流量データ	sin カーブ
入力データ	最大時間、初期水位、最大濃度

4. 結果および考察 図.2 は 2007/5/27(小潮、曇り) における水位と水温の時間変化を、図.3 は同日における各地点での水温の時間変化を示したものである。各地点とも、日中は日射の影響を受け水温が上昇するが、0m 地点と 115m 地点では 11 時頃から急激に低下している。これは上げ潮時に低水温の海水が流入してきたためだと考えられる。400m 地点と 750m 地点の水温はラグーン入口に比べて水温低下は緩やかである。

物質拡散は表.1 の条件で数値計算を行った。対象水域を図.4 のよう格子分割し、また流量や水位等のデータは、流速と水位の計算値を実測値と比較するため、2007/10/10(大潮、上げ潮時)に行われた流量観測の結果を基に設定した。ラグーン内へは導流堤に設けられている水門三基からのみ流入すると仮定する。その結果を図.5、図.6 で示す。最大時間は同日の流入時間にあたる 5 時間(18000sec)とした。115m 地点における流量束(流速×水位) N と水位上昇量 z は、実測値とほぼ同じ値が得られた。しかしピーク時以外の流量束には多少のずれが出てしまった。これは、実際の流量は正確な $\sin$ カーブではなく、ピーク前とピーク後でその形が変化するためだと考えられる。ここで得られた流速と水位より、各地点での物質濃度を算出した結果が図.7 である。ここでは流入時に濃度 $C=100$ の物質が連続投入されていると仮定している。4 時間後における濃度は、100m 地点では約 40%、200m 地点では約 20%、500m 地点では約 1%まで低下している。このことより、400m 地点より奥では拡散の影響は小さいといえる。

図.8 は熱収支式より計算した日平均水温を実測値と比較したものである。計算には蒲生で実測している日射量、風速を用い、それ以外の気象データは仙台管区気象台のデータを使用した。風速が小さく大気が安定しない日は誤差が大きくなってしまったが、おおよその値を求めることができた。

4. おわりに 本研究を行うにあたり、東北学院大学工学部職員の高橋宏氏、ならびに水理研究室の平成 19 年度学生・院生の諸氏に観測や資料整理において大変お世話になりました。また、本研究の一部は科学研究費(基盤研究(B)研究代表者 東洋大学 荻原国宏教授)の補助を受けました。ここに記して、感謝の意を表します。

参考文献 1)郡山裕作・上原忠保:蒲生ラグーン水域の水温と日射量の変動特性,平成 18 年度土木学会東北支部技術研究発表会講演概要

2) 土木工学における数値解析/流体解析編,土木学会編,1974

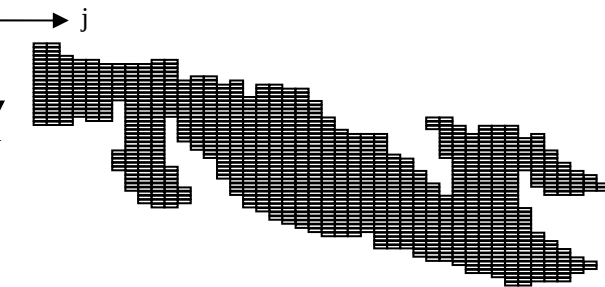


図.4 ラグーン格子分割

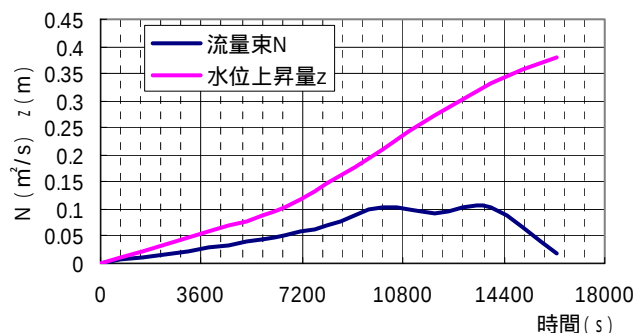


図.5 流量束と水位上昇量の実測値(115m)

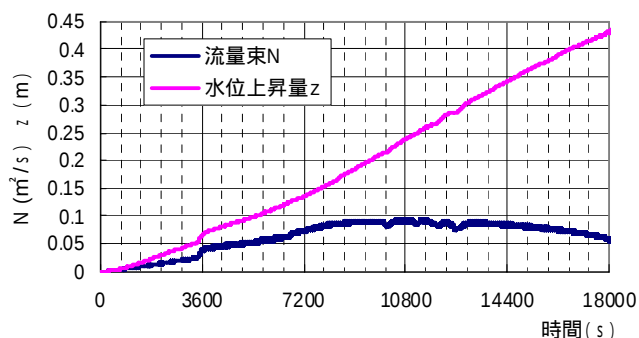


図.6 流量束と水位上昇量の計算値(115m)

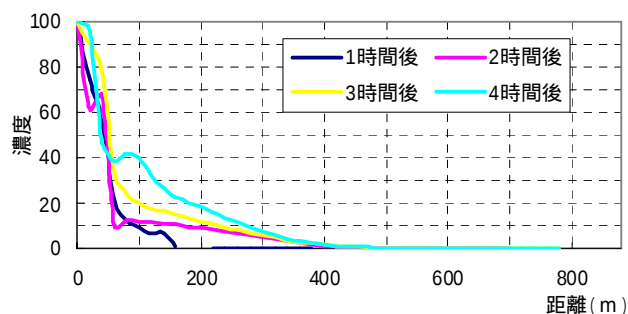


図.7 数値計算による濃度分布

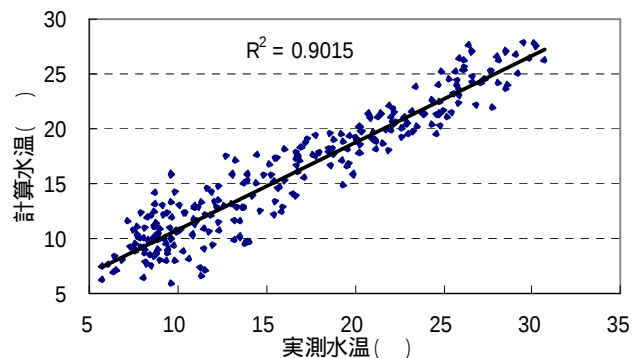


図.8 日平均水温の実測値と計算値の比較

3) 近藤純正:水環境の気象学,朝倉書店,1994