

## 干潟上を移動する水塊の水温変動機構

九州大学大学院 総理工 学生会員 ○徳永貴久 学生会員 児玉真史  
正会員 松永信博 学生会員 水田健太郎

## 1. はじめに

干潟における熱環境は潮汐の作用と日射のエネルギーによって複雑に変化し、生物活動等に強く影響を与えていると思われる。そこで本研究では潮汐に伴って干潟上を移動する水塊のフロントを追跡することにより、その水温変動機構を現地観測と数値シミュレーションから明らかにすることが目的である。

## 2. 観測概要

観測は2000年8月4日8:30から16:30の日中に福岡市の和白干潟において行った。和白干潟は博多湾最奥部に位置し、南側から流れ込んだ唐原川の前方に発達した前浜干潟である。観測地点は水温の空間的な変化を捉えるために汀線の最大遡上位置をSta.0、50m沖の地点をSta.1、以下50mおきに計8点が選ばれた。

(図-1)。Sta.4において風向・風速、気温、湿度、上向き・下向きの短波および長波放射量、水温、地中温度、Sta.7では水位、他のSta.では水温および地中温度の連続計測を行った。また、1時間毎に各Sta.において採水し、クロロフィルa濃度をLorenzenの方法に従って測定した。

## 3. 水温分布の数値解析

数値解析は潮汐に伴って干潟上を移動する水塊内の水温変動について岸沖方向の水平1次元モデルにより行った。水温 $T_w$ の変動を支配する方程式は大気-海水間および海水-底泥間の熱フラックスを考慮した以下の1次元熱伝導方程式である。ここで、鉛直方向の水温分布は一様であるとした。

$$\frac{\partial T_w}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left( Kx \frac{\partial T_w}{\partial x} \right) + \frac{1}{C_p} \left( \frac{Q_s + Ld + G_s - F_s}{h} \right)$$

$$Kx = C_m \cdot |Um| \cdot h, \quad Um = \frac{1}{i} \frac{dh}{dt}$$

$$G_s = \lambda \frac{T_g - T_w}{\Delta z}, \quad Q_s = \int_0^h qs(z) dz$$

$$qs(z) = (1 - \alpha)(1 - \beta) Sd \cdot \exp(-\eta z)$$

$$F_s = H + IE + Lu$$

ただし、 $Kx$ :乱流拡散係数、 $C_m$ :定数、 $Um$ :潮流流速(m/s)、 $i$ :干潟の平均勾配(=1/350)、 $\lambda$ :土の熱伝導率(=1.785J/m/s/K)、 $T_g$ :地表面から0.02mの位置の地中温度、 $C_p$ :水の熱容量(=4.2×10<sup>6</sup>J/K/m<sup>3</sup>)、 $Q_s$ :水中に吸収される全天日射量(W/m<sup>2</sup>)、 $\alpha$ :水表面でのアルベド(=0.06)、 $\beta$ :水表面での日射の吸収率(=0.69)、 $Sd$ :全天日射量(W/m<sup>2</sup>)、 $\eta$ :水中での日射の消散係数(=0.03 [Chl.a] +0.58)、[Chl.a]:クロロフィルa濃度(μg/l)、 $Ld$ :大気からの長波放射量(W/m<sup>2</sup>)、 $G_s$ :土からの熱フラックス(W/m<sup>2</sup>)、 $H$ :顕熱輸送量(W/m<sup>2</sup>)、 $IE$ :潜熱輸送量(W/m<sup>2</sup>)、 $Lu$ :水表面からの長波放射量(W/m<sup>2</sup>)、 $h$ :水深(m)である。 $H$ および $IE$ はバルク法(近藤, 1994)によって評価した。計算領域は水深0.2mの位置から沖方向に500m、計算格子間隔は10m、時間ステップは30sとした。初期条件は、8:30の水温の実測値とし、境界条件は、岸側は水位が0.2mの位置の水温の実測値を与え、沖側は開放条件とした。

## 4. 計算結果および考察

図-2に計算開始時刻から1時間後の9:30、水温の実測値が最高値を示した時刻14:30およびその前後2時間の12:30、16:30の水平水温分布の計算結果と観測値の比較を示す。計算結果と観測値は多少の差はあるものの、計算においても水温の沖方向への低下と、十分沖では変化が小さくなる特徴を再現している。

図-3に各フラックスの空間分布を示す。ただし、図-3(a)は8:30から9:30までの平均値を、他は各時刻の2時間前からその時刻までの平均値をとっている。 $Q_{net}$ は

$$Q_{net} = (Q_s + Ld + G_s) - (H + IE + Lu)$$

で定義し、正の場合は水温上昇を、負の場合は低下を表す。 $H$ はいずれの時間においても全領域ではほぼ0となっており水温変動には寄与しないことがわかる。また $G_s$ は9:30において0~100mで負の値を示す以外はほぼ0となっている。これは9:30では冷えた干潟上に温かい水が遡上してきたためと思われる。0~100m

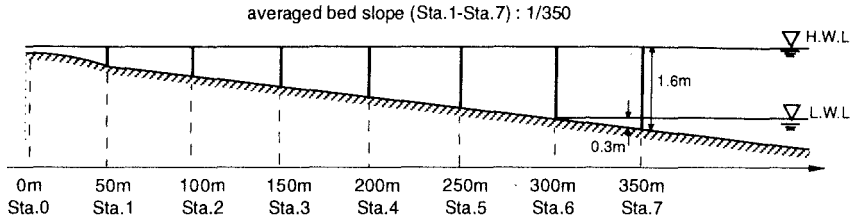


図-1 観測地点

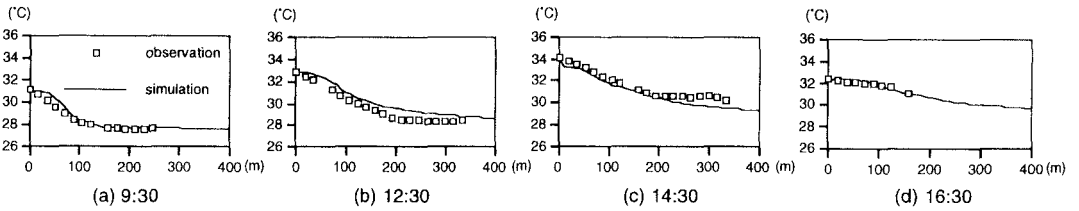


図-2 水平水温分布の計算結果と観測地の比較

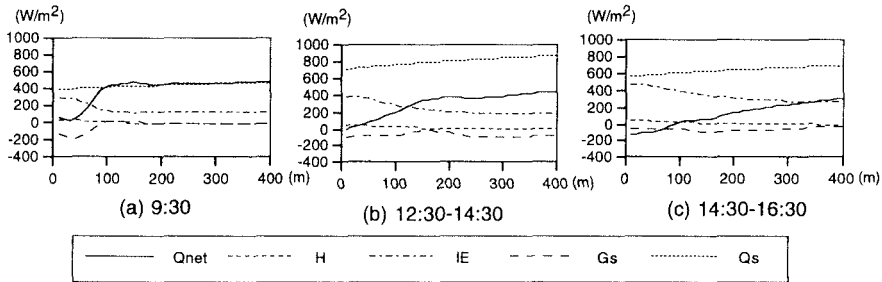


図-3 各フラックスの空間分布

で比較的大きな干潟への熱量の移動があるが、それ以降の  $G_s$  は小さく空間的にはほぼ様な分布となっている。12:30 から 14:30 にかけて全体的に水温が上昇している。これは図-3 (b) において  $IE$  として大量の熱量が水表面から放出されているにもかかわらず、それ以上に  $Q_s$  が供給されているために  $Q_{net}$  が正の値となり生じたと考えられる。また、沖では水温上昇には多くの熱量を必要としていることから、勾配が小さいながらも  $Q_{net}$  は沖へ向かって増加している。図-2 の (c), (d) より 14:30 から 16:30 での 0~100m までの水温が低下していることがわかる。これは図-3 (c) において、 $IE$  は増加しているにもかかわらず、日射の減少に伴い  $Q_s$  が減少していることにより、 $Q_{net}$  が負の値となったためと思われる。その結果、岸と沖の水温の差が小さくなったと思われる。

以上のことから、図-3 より水温変動には  $Q_s$ ,  $IE$  が大きく寄与していることがわかった。

## 5. おわりに

本研究は、潮汐に伴って干潟上を移動する水塊のフロントの水温変動を現地観測と数値シミュレーションにより検討し、現地観測では水温および熱移動の特性を明らかにすることができ、数値シミュレーションでは比較的良好な精度で実測値の特性を再現することができた。

### <参考文献>

- 1) 松永信博・児玉真史・福田和代・杉原裕司：干潟における熱収支の観測，海岸工学論文集，第45巻，pp.1056-1060，1998.
- 2) 平山彰彦・中西正己・宮島利宏・中野伸一・熊谷道夫：短期的水質のモデルパラメタのキャリブレーション，海岸工学論文集，第39巻，pp.976-980，1992.
- 3) 近藤純正：水環境の気象学，朝倉書店，pp.99-111.