

有明海干潟域の熱環境特性に関する研究

熊本大学大学院自然科学研究科
 熊本大学工学部技術職員
 熊本大学沿岸域環境科学教育センター
 国土技術政策総合研究所

学生会員 清田政幸
 正会員 矢北孝一
 フェロー 滝川 清
 正会員 森本剣太郎

1. はじめに

近年、有明海の環境悪化を受け、水質および底質改善対策として干潟の造成に期待が寄せられているが、これらの環境改善対策を行うにあたっては、事前に環境改善効果を定量化する必要がある。

このような背景を受け、環境評価手法の一つとして干潟生態系モデルを用いた物質循環特性の把握が挙げられる。一方、干潟環境は複雑であり、泥温についても日射および潮汐等の影響を受けて複雑な変動を示していることが明らかになっている¹⁾。干潟生態系モデルに用いられる物質循環過程の式の多くが温度依存性を持つため、干潟生態系を適切にモデリングするためには泥温変動を適切に再現できるモデルが必要であると考えられる。

そこで本研究では、日射と潮汐により複雑に変動する干潟表層温度および泥温分布を再現するため、現地調査及び数値解析を行った。

2. 現地観測概要

本研究は、熊本港北東角から北に約 160m 離れた砂泥質干潟上に設置された干潟気象観測塔（以下、観測塔とする）およびその周辺の自然干潟において調査を行った。観測項目は風向、風速、気温、湿度、降雨量、気圧、潮位、泥温、水温および 4 成分放射を観測している。泥温と水温は泥深 1~150 cm で不等間隔に 10 地点、地表面から 1~300 cm の高さ不等間隔に 10 地点、熱電対センサーを用いて観測している。観測塔の全景写真および熱電対センサーの模式図を図-1 に示す。観測は 2007 年 10 月より行っており、現在も継続して観測を行っている。

3. 冠水時および干出時の泥温再現計算

干潟の泥温変動は日射および潮汐に強く影響を受けていることが分かっている。したがって、泥温の再現計算を行うにあたっては、日射量と潮位を考慮する必要がある。以下に干出時、冠水時の計算方法

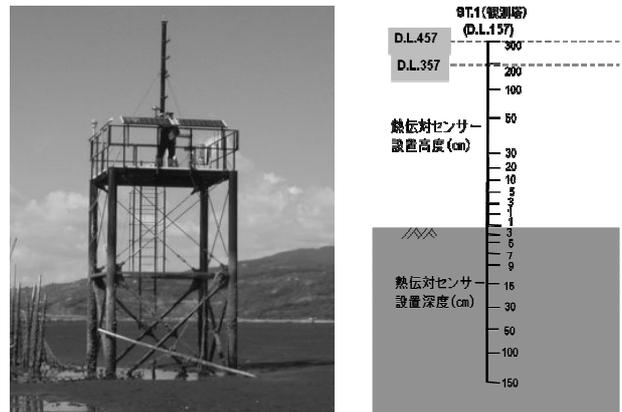


図-1 気象観測塔全景写真および熱電対センサーの模式図

について示す。

干出時の泥温変動および泥温分布は、水平方向の熱伝導に比べて鉛直方向の熱伝導が卓越していると仮定して次式の一次元熱伝導方程式を用いた²⁾。

$$\frac{\partial T_G}{\partial t} = k_s \frac{\partial^2 T_G}{\partial z^2} \quad (1)$$

ここで、 k_s は熱拡散係数である。熱拡散係数は潟土の物理性状により決定されるが、本研究では実測値より一次元熱伝導方程式を逆算して求め、潟土を 4 層に分けてそれぞれの層に一定値を与えた。また境界値となる表層温度は以下の式により求めた²⁾。

$$T_s = \left[\frac{LW^\uparrow + (1-\varepsilon)LW^\downarrow}{\varepsilon\sigma} \right]^{1/4} - 273.5 \quad (2)$$

ここで、 LW^\uparrow は上向きの長波放射、 LW^\downarrow は下向きの長波放射、 ε は射出率 (=0.95)、 σ はステファン・ボルツマン定数 (=5.67×10⁻⁸ Wm⁻²K⁻⁴) である。

冠水時の泥温については潟土表層の直上水の水温を予測し、その温度を潟土表層の温度とする。本研究では海水面の表層温度は(2)式を用い、鉛直方向には一次元熱伝導方程式を用いて水温分布を求めた。また冠水時の泥温分布については、筆者らの研究より一次元熱伝導方程式のみでは十分に説明できない

ことを明らかにしており¹⁾, 本研究では以下に示す浸透水流動を考慮した一次元熱伝導方程式を用いる¹⁾.

$$\frac{\partial T_s}{\partial t} = \kappa_s \frac{\partial^2 T_s}{\partial z^2} - v \frac{\partial T_s}{\partial z} \quad (3)$$

ここで, v は単位面積を通じて 1 秒間に浸透移動する水量であり, 以下の式で表される.

$$v = q_z = -\kappa_z \frac{\partial \phi}{\partial x} \quad (4)$$

ここで, k_s は透水係数, ϕ は水頭ポテンシャルである.

4. 計算結果

図-2 に泥温分布を支配する表層泥温の干出時および冠水時の実測値と計算値の相関図を示す. なお, 計算期間は 2009 年 8 月の一か月とした. 計算の結果, 干出時, 冠水時ともある程度の再現性が認められ, 干出時では相関係数が 0.7165, 冠水時では 0.627 となっているが, 干出時は実測値よりも計算値の方が高くなり, 冠水時はその逆の傾向を示す結果となった. 干出時に関しては, 実測値が厳密に地表温度を観測してはならず, 深さ 1cm 程度の温度を観測しているため, 計算値よりも低い値を示していると考えられる. 冠水時に関しては潟土表面の温度を直上水の水温と等しいと仮定しているが, 水温の計算結果が $\pm 2^\circ\text{C}$ の誤差を生じているため, 表層泥温にも誤差が生じたと考えられる.

図-3, 4 に干出時と冠水時における泥温分布の計算値と実測値を示す. 計算期間は 8 月 1 日の昼間の 1 潮汐とした. 実測値をみると, 干出期間中は表層から下層まで最大で約 7°C の温度差が生じている. これは干潟に海水が載っていないことから表層が日射による加熱を受け, 温度較差が生じていると考えられる. 一方, 冠水時は表層から下層まで最大で約 3°C の温度差が生じており, 干出時のそれと比べると半分以下である. これは潟土に比べて熱容量の高い海水が干潟上に載ることにより, 潟土が日射による加熱を受けないこと, また海水の潟土内への浸透の影響によるものと考えられる. 両期間における計算結果はいずれの場合も再現性は良く, 干出時および冠水時の温度分布特性をよく再現できている. このことから, 干潟泥温をシミュレーションする場合, 干出時における一次元のみ解析でなく, 冠水時における浸透水流動の影響を考慮する必要性が示された.

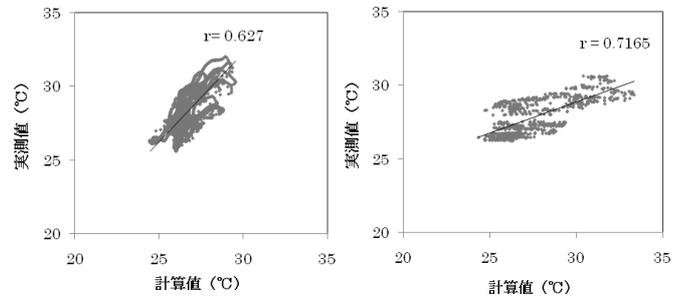


図-2 表層泥温の計算値と実測値の

相関図 (左: 冠水時 右: 干出時)

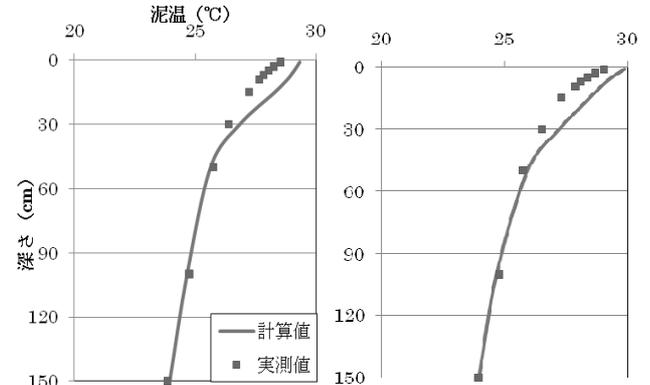


図-3 干出時における鉛直プロファイルの計算値

と実測値 (左: 干出直後 右: 冠水直前)

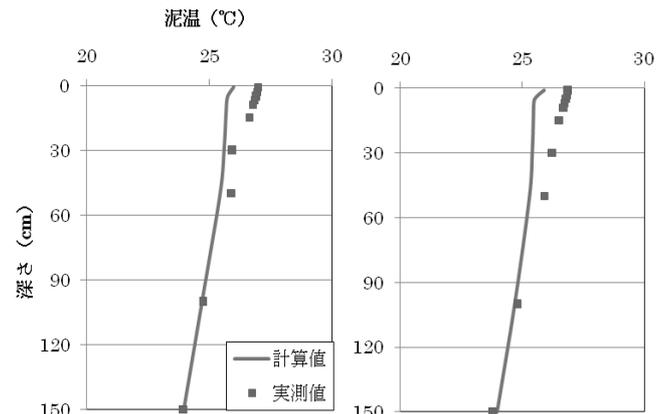


図-4 冠水時における鉛直プロファイルの計算値

と実測値 (左: 冠水直後 右: 干出直前)

5. まとめと今後の課題

計算の結果, 地表温度はある程度の再現性が確認できた. また泥温分布は浸透水流動を考慮した一次元の熱伝導方程式を用いることによって冠水時における泥温変動を再現することが確認できた. 今後は潟土および海面の温度の求め方, 熱拡散係数の与え方を検討することにより, さらなる精度向上が望めると考えられる.

参考文献

- 1) 清田政幸, 森本剣太郎, 矢北孝一, 滝川 清 (2008): 有明海の干潟における底泥の熱環境特性とモデル化に関する研究, 海洋開発論文集第 24 巻, pp. 645—650
- 2) 近藤純正(1994):水環境の気象学 東京大学出版会