

SALSA モデルを拡張した干潟の熱環境シミュレーション

中部電力(株) 正会員 ○杉山 陽一
(株) アーク情報システム 佐々木 孝

1. はじめに

沿岸海洋における干潟の環境保全の重要性が認識され、既存干潟の保全や人工干潟の造成が行われるようになった。潟土の温度状態は干潟の環境を評価する上で基本的かつ重要な要素である。干潟における熱輸送は、干出時には大気と潟土の間で、冠水時には大気と海水と潟土の間で行われ、それぞれが相互に影響し合うため非常に複雑である。本研究では、Berge¹⁾の土壌-大気結合モデル(Soil-Atmosphere Linking Simulation Algorithm: SALSAモデル)を干潟に適用できるように拡張を試みた。

2. モデルの概要

SALSA モデルは大気と土壌における熱・水輸送過程を地表面で連成させ、同時に解析するところに特徴がある。すなわち、土壌表面において熱エネルギーの収支(放射エネルギー、大気への顕熱・潜熱輸送、地中への熱伝導の和)が0となるように土壌表面温度を求めてから、大気と土壌への熱・水輸送を求めている。ここでは、土壌表面により二つの半無限区間に分割された鉛直一次元システムにおいて、主たる状態変数である土壌における温度と水分率、大気における温位と比湿に加え、大気中の鉛直方向の熱輸送に影響を与える風速と乱れの運動エネルギーを考慮する(SALSA モデルのオプションA)。大気上層においてこれらの状態量の境界値および全天日射量を与えることで、土壌表面近傍の熱・水分状態の解析が可能である。

SALSA モデルは本来農地などを対象としているため、干潟に適用するにあたり次の拡張を試みた。まず、干出時には潟土と大気の構成となるためオリジナルの SALSA モデルをほぼそのまま適用可能であるが、潮位の変動に伴う潟土中の飽和水位の変動を考慮するようにした。冠水時は大気と潟土の間に海水が存在する構成となる。大気と海水における熱・水分輸送は SALSA モデルと同じように、海水面において熱エネルギー収支が0となるように求めた。このとき放射エネルギーは全て海表面上の熱収支バランスで考慮されるものとした。海水部分も鉛直1次元とし水平方向の移流は考慮せず、鉛直方向の熱拡散のみを考慮した。冠水中は潟土も飽和状態となるため熱伝導のみを考慮した。海水と潟土間の熱輸送も熱エネルギー収支が0となるようにした。なお、このとき放射エネルギーは全て海表面上の熱収支バランスで考慮されるものとした。実際の計算では、干出時と冠水時で構成の異なる2つのモデルを潮位によって切り替えながら計算を行った。

3. 再現計算の条件

上述のように拡張したSALSAモデルを用い、松永ら²⁾が博多湾和白干潟で実施した現地観測結果の再現計算を行った。再現計算の対象としたのは1997年12月15日の観測結果である。この日の観測地点では約4時間の冠水と8時間の干出が繰り返していた。風況は日中に海風が5m/sに達し、夜間は2m/s以下の弱い陸風となった。気温が表面温度より常に高く、大気の状態は安定していた。

次に計算条件について述べる。計算期間は1997年12月14日0:00から12月18日0:00までとした。潟土の計算範囲は1mで固定し、これを可変メッシュ(最小は潟土表面の0.002m)で25分割した。大気の計算範囲は3069mで固定し、これを可変メッシュ(最小は最下層の3m)で11分割した。海水の計算範囲は潮位によって変化するが(最小計算範囲は0.002m)、これを可変メッシュで20等分割した。各種パラメータは当該地点の値が不明なものが多いため、他の

表1 主な設定パラメータ

	項目	値
潟土	乾燥土のアルベド	0.18
	湿潤土のアルベド	0.05
	飽和含水率	0.456
	残留含水率	0.11
	飽和透水係数	1.4×10^{-8} kg/m/Pa/s
	熱伝導率	4.25×10^{-7} m ² /s
	粗度高さ	0.002m
海水	アルベド	0.1
	熱拡散係数	5.0×10^{-5} m ² /s
	粗度高さ	0.001m

キーワード 干潟, 熱収支, 土壌-大気結合モデル

連絡先 〒459-8522 名古屋市緑区大高町字北関山 20-1 中部電力(株)電力技術研究所 TEL052-621-6101

干潟での計測値や計算に用いられた値を参考^{2),3)}などに設定した。主なパラメータを表1に示す。入力データとして福岡地方気象台における全天日射量を用いた。潮位は海上保安庁の博多船溜りのデータを用いた。初期条件は、潟土の下端を10°C、その表面を8°Cとし、海水は10°Cとした。大気の初期条件は、第1層の気温を8°Cとし、気温減率6.5°C/1000mにより設定して温位に変換した。風速は上端境界で地衡風を $u_g=v_g=10\text{m/s}$ とした。比湿は実測値と気温をもとに、上端境界で0.001、第1層で0.013(kg/kg)とした。

4. 計算結果

今回の方法では潟土の温度だけでなく風速や気温、比湿などの気象条件も計算により求めている。まず、気象条件の再現性について述べる。なお、気象の観測は高度2.5mで行われているが、計算結果は計算格子の都合により高度1.5mに相当するものを比較対象とする。図1は風速等、図2は気温等の観測結果であり、図3は計算結果である。15日の状況を見ると、風速は日中約5m/sとなることは一致しているが、夜間は計算値が観測値よりもやや大きな値を示した。気温は日中が約12°Cで観測値と計算値はほぼ一致しているが夜間は計算値が6°Cまで下がり、観測値よりも2°C程度低い値となった。現地での実際の風は海陸風となっていたが、本モデルは鉛直1次元であるため移流効果が入っておらず、海陸風やもう少し大きなスケールの現象は十分には表現できない。このことが風速や気温の再現性に影響したと考えられる。

次に潟土の温度分布の再現性について述べる。図4は観測結果、図5は計算結果である。地下4cmの値に着目すると、最高温度が約12°C、最低温度が約7°Cではほぼ一致している。冠水に伴う急激な温度変化もほぼ再現されている。表面温度は計算値の変動が観測値よりも大きくなっており、地下10cm以下では計算値の変動が観測値よりも小さくなっている。計算における表面温度は境界層の温度であり、水温計で計測される表面の温度とは正しくは同じではない。また、地下10cm以下の温度変化が小さいのは設定した熱伝導率が実際より小さかったことが主な原因である。

5. おわりに

今回の検討では各種パラメータを厳密に現地データに基づき設定できなかったため、計算結果の絶対値は観測値と必ずしも一致しなかったが、冠水・干出に伴う潟土の温度の経時変化を定性的によく表現できたと考えている。今後は海水中の水平方向の熱輸送など、モデル上の課題について更に改良を加え精度の向上を図りたい。

参考文献

- 1) H. F. M. ten Berge (九州地下水研究会訳)：裸地表面と低大気層における熱と水分の輸送，森北出版，1996。
- 2) 松永信博，他：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。
- 3) 喜岡渉，他：干潟の温熱・水理環境の評価，海岸工学論文集，第50巻，pp. 1051-1055，2003。

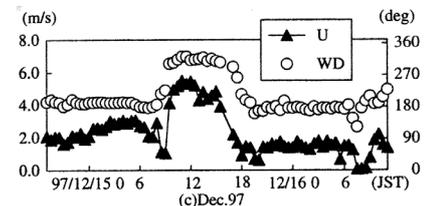


図1 風速，風向の観測値(2.5m)²⁾

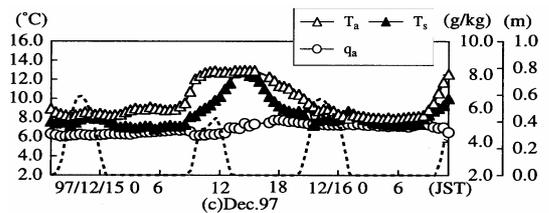


図2 気温(2.5m)，比湿(2.5m)，および表面温度の観測値²⁾

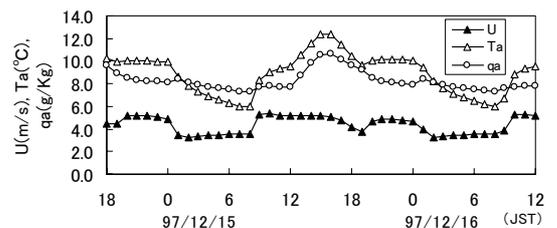


図3 風速，気温，比湿の計算値(1.5m)

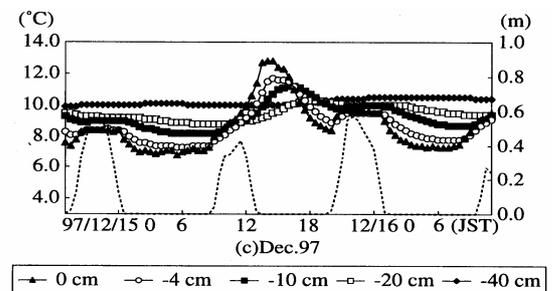


図4 地中温度の観測値²⁾

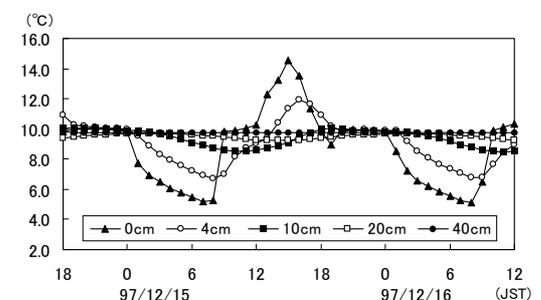


図5 地中温度の計算値