

マングローブ水域における地下浸透流による有機物・栄養塩輸送

東京工業大学大学院 学生会員 赤松良久
 東京工業大学大学院 F10-会員 池田駿介
 東京工業大学大学院 学生会員 中嶋洋平
 東京工業大学大学院 正会員 戸田祐嗣

1. はじめに

マングローブ水域においてはスオンプと呼ばれるマングローブ樹林帯から有機物・栄養塩が沿岸域に供給されており、マングローブ水域は周辺域の栄養源として重要な役割を担っている。しかしマングローブ水域での有機物・栄養塩の輸送に関する研究は少なく、特にスオンプ内の地下浸透流に着目した研究はほとんどない。そこで、本研究ではスオンプ内の地下浸透流による有機物・栄養塩輸送および、その影響に着目した。

2. 観測概要

沖縄県石垣島南西部に位置する名蔵川の河口から約600m区間を観測対象域(図-1)として、2000年12月17日～12月23日にかけて現地観測を行った。一潮汐間(2000/12/21 10:00～23:00)にStn.AおよびStn.Bにおいて2時間間隔の採水および、水位計、電磁流速計を用いた流速、水位変動の計測を行った。また、同時にLine Aにおいて図-2のように右岸・左岸のスオンプ内にそれぞれ4つの観測井戸(右岸:R1,R2,R3,R4左岸:L1,L2,L3,L4)を掘り、1時間間隔で地下水位の測定を行った。また、R1,R4,L1,L4においては水位計を設置し、地下水位の連続計測も行った。さらにR1,R4において2時間間隔の間隙水の採取を地表から2.5cm,25cm,50cm,100cm,150cmの位置で行った。採水した河川水および間隙水は研究室に持ち帰り、栄養塩濃度($PO_4\text{-P}$, T-P, $NH_4\text{-N}$, $NO_3\text{-N}$, $NO_2\text{-N}$, T-N), 溶存態有機炭素濃度(以下,DOC濃度)について測定した。



図-1 観測地

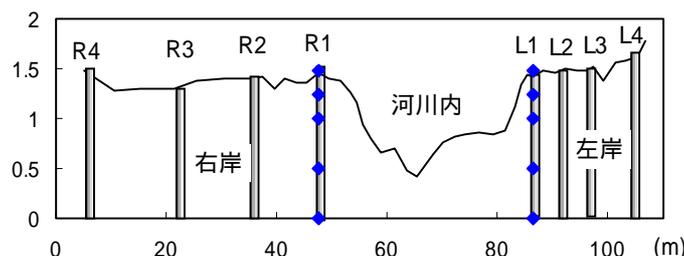


図-2 観測井戸

3. 観測結果及び考察

3-1 河川内の有機物・栄養塩濃度

図-3にStn.AおよびStn.Bでの2000/12/21 10:00～23:00における $PO_4\text{-P}$ 、DOC濃度の潮汐変化および、Stn.Bでの水深変化を示す。干潮(10:00,23:00)前後には上流側Stn.Aに比べて下流側のStn.Bの方が $PO_4\text{-P}$ 、DOC濃度が高く、引き潮時にはスオンプ内から溶存態有機炭素、リンが流出していると考えられる。観測期間は小潮期にあたり、スオンプ内に海水が氾濫するのは満潮前後の1時間程度であったが、溶存態有機炭素、リンの濃度は満潮後4時間程度をかけて緩やかに増加している。このことから海水が氾濫することによってスオンプ内の土壌表層から有機物・栄養塩が供給されるだけでなく、地下浸透流によって引き潮時に河川内へ有機物・栄養塩が供給されていると考えられる。

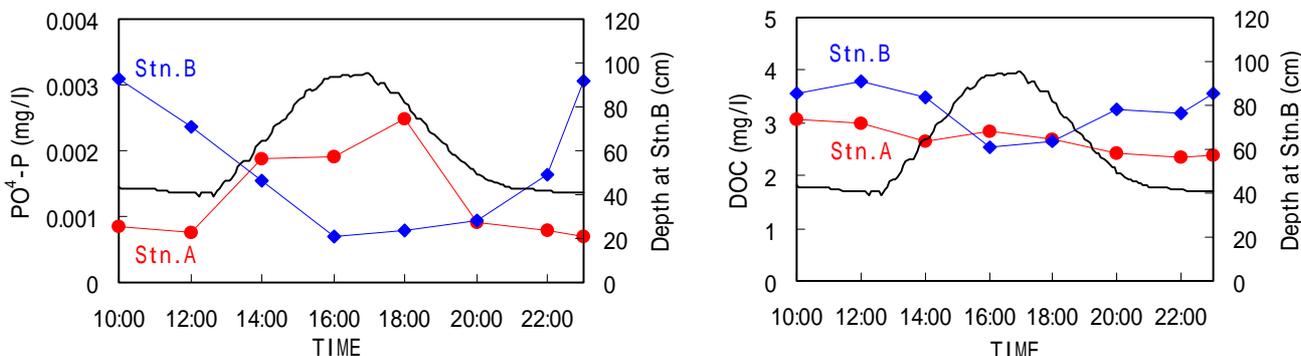


図-3 溶存態リン、溶存態有機炭素濃度の潮汐変化
 およびStn.Bでの水深変化

キーワード：マングローブ、スオンプ、浸透流、有機物・栄養塩

〒158-8552 東京都目黒区大岡山 2-12-1 TEL03-5734-2597 FAX03-5734-3577

3-2 スオンプ内の地下水中の有機物・栄養塩濃度

図-4に12月21日の満潮(17:00),干潮(23:00)時の観測井戸R1,L1におけるPO₄-P,DOC濃度の鉛直分布を示す。地下水中のPO₄-P,DOC濃度は河川内のそれに比べて3~8倍程度高い。L1の地下100cm付近にPO₄-P濃度の非常に高い層がみられたが,その原因は不明であり今後の検討が必要である。また,本観測においては地下水中のPO₄-P,DOC濃度の潮汐に対応した明確な変化といったものはみられなかった。

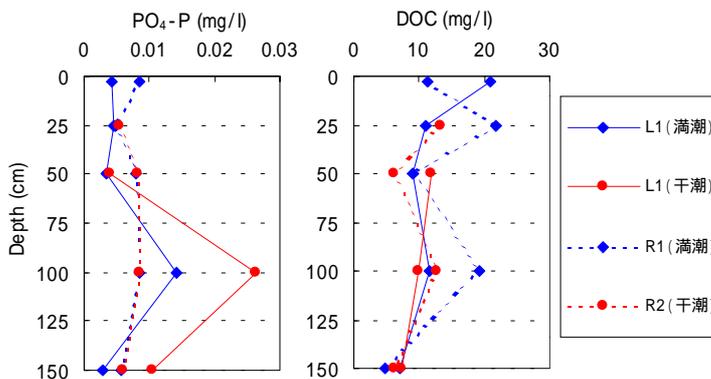


図-4 地下水中の溶存態リンおよび溶存態有機炭素濃度の鉛直分布

3-3 地下浸透流による河川内への有機物・栄養塩供給量

地下浸透流による河川内への有機物・栄養塩フラックスは観測で得られた川岸(R1,L1)における物質濃度にその場での流速を乗じることによって大まかに見積もることができる。そこで,本研究では地下浸透流に関する数値モデルを用いて,地下浸透流の流速場を再現する事を試みた。基礎方程式は不飽和領域に拡張されたダルシー則の式と連続式を組み合わせたりチャーズの式を適用した。なお,不飽和透水係数と体積含水率の関係にはBrooks-Corey式を,体積含水率と圧力ポテンシャルとの関係には谷(1981)の式を用いた。また,飽和透水係数K_s,飽和含水率θ_sは現地砂から得られた表-1の値を用いた。境界条件は鉛直方向には通過する流量がゼロとし,水平方向には水面上で開放条件,水面下では静水圧分布を仮定した圧力ポテンシャルを与えた。右岸,左岸それぞれの境界部では実測したR1,R4,L1,L4における水位データを境界条件として逐次用いた。初期条件は静止平衡状態とした。

表-1 土壌の特性値

	左岸	右岸
飽和透水係数 (cm/s)	2.93×10^{-2}	1.09×10^{-2}
飽和含水率	0.38	0.42

図-5に12月21日の18:00 および23:00の地下水位の計算結果および実測値を示す。満潮直後の18:00では右岸においては実測値と計算結果が一致しないが,これはスオンプ内に多数のクリーク(スオンプ内に存在する小水路)が存在するため実際には計算よりも水位の低下が早かったためと考えられる。しかし水面変動の大きかった左岸では計算結果は実測値に良好に一致しており,本モデルは流速場の再現に有効であると考えられる。そこで,計算で得られたR1,L1における流速を用いて,12/21 18:00~23:00の引き潮時に河川内に向かうR1,L1での有機物・栄養塩フラックス(鉛直方向には地表から1m区間)を算出した。表-2にR1およびL1での12/21 18:00~23:00における地下浸透流によるスオンプから河川内への単位幅当たりの有機物・栄養塩フラックスおよび,12/21 18:00~23:00におけるStn.A~Stn.B間での河川水中の有機物・栄養塩の増加量を示す。なお,河川水中の有機物・栄養塩の増加量はStn.Aでの流入フラックスとStn.Bでの流出フラックスの差として算出した。Stn.A~Stn.B間では上流域では護岸がなされておりLine Aとは大きく状況が違う場所もあるが,下流域ではLine Aとほぼ同様の地形が少なくとも50m区間にわたって広がっていた。このことを考えるとStn.A~Stn.B間での地下浸透流による有機物・栄養塩供給量は河川内での有機物・栄養塩の増加量と同程度のオーダーであることがわかる。

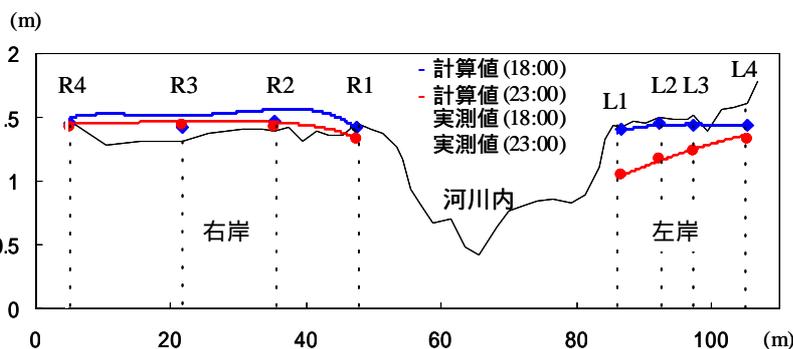


図-5 地下水位面の実測値と計算値の比較

表-2 溶存態リンおよび溶存態有機炭素の地下浸透流フラックスと河川内の増加量

	浸透流フラックス		増加量(g/5hr)
	L1(g/m/5hr)	R1(g/m/5hr)	
PO ₄ -P	0.12	5.33×10^{-5}	10
DOC	116.35	7.50	27358

4. 結論

マングローブ水域ではスオンプ内への海水の氾濫のほとんどない小潮期においても引き潮時にスオンプから河川内に有機物・栄養塩が供給されており,引き潮時には河口近くでは溶存態有機物・栄養塩の緩やかな増加がみられた。スオンプ内の地下水中では溶存態有機物・栄養塩の濃度が河川内に比べて高く,引き潮時のスオンプ内の地下浸透流によるスオンプから河川内への有機物・栄養塩の輸送は河口近くでの溶存態有機物・栄養塩濃度の増加の一因と考えられる。