潮汐流場における植生境界部付近の流れ特性に関する実験的研究

東京電機大学　学生会員　○川西　謙太
東京電機大学　正会員　武村　武
東京電機大学　正会員　有田　正光

１．はじめに

熱帯や亜熱帯地域において，潮汐流の影響が大きい河口域に生育する植生の代表例としてマングローブ林がある．マングローブ林は豊富な有機物を土壌に提供するばかりでなく，その存在自体が流れに対し抵抗となり，流速を大きく減少させる効果がある．これにより，水産生物の産卵・保育場としての機能や河床の泥土の移動を減少させることによる浸食防止機能，津波対策としての防災機能等をも有している [1]．このようなマングローブ林を保全する上で，潮汐流による植生周りの流れ特性を明らかにすることは重要な検討事項の一つと考えられる．しかし，潮汐流場における流れ特性に関する実験的検討は十分に行われていない．

そこで本研究では，潮汐流の影響下における植生境界部付近の流れ特性に関して実験的に検討することを目的とする．

２．実験概要

実験装置は**図-1** に示すように，海域部，河川部，上流側水槽部，ならびにプランジャータイプの潮汐流発生装置によって構成されている．模擬植生は，沖縄諸島に多く生育するヤエヤマヒルギ（*Rhizophora stylosa*）を想定し，現地調査により報告されている植生密度を踏まえ [2]，密と粗の 2 つの密度を設定した [4]．模擬植生の設置座標, 配列を**図-2** に, 実験条件を**表-1** に示す．流速の測定は PIV（Particle Image Velocimetry）により実施した．PIV 解析に使用する可視化画像はトレーサー粒子として加工発泡スチロール(比重 1.05)を用い，植生領域の側面からレーザーシート光（カトウ光研 YAG/YVO4 laser）を照射し，ハイスピードカメラ（CASIO EX-FH100)により 120fps で撮影し取得した．

３．実験結果

既往の研究 [3]において, 植生を有する一様流場では平面の流速分布における変曲点が植生境界部付近に現れ, 平面渦が発生し植生－非植生間における物質輸送に重要な役割を果たしていることが報告されている. 一方, マングローブを有する流域は潮汐の影響を受ける非定常乱流場である為，既往 [3] の一様流場の研究結果をそのまま適用することは難しい．そこで，武村ら [4] の研究により報告されている潮汐流場の特徴を踏まえ，前述の植生－非植生間における物質輸送が最も顕著になると考えられる最大上潮流速時と最大下潮流速時における流れ特性について，模擬植生中央付近である x=40cm の地点での主流方向の乱れ強度 u_{rms} の平面分布を用いて検討する．なお，この潮時は時間的に流速の変化が小さく，擬似定常流時と見なすことができる為，一様流場と比較することにより，潮汐流場の特徴を抽出する事が出来ると考える．ここで，主流方向の乱れ強度 u_{rms} の定義式を式(１)に記す．

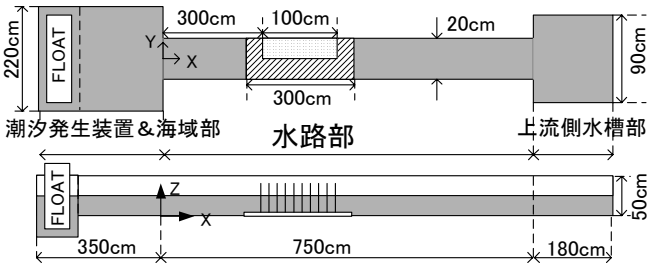

図-1　実験装置

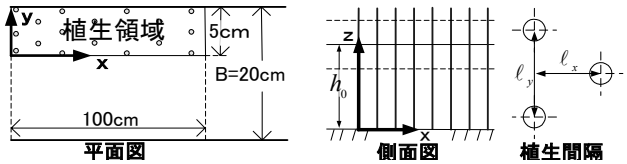

図-2　模擬植生の配列及び設置位置の座標

表-1　実験条件

Case	平均水深 (cm)	周期 (sec)	振幅 (cm)	植生密度 (本/cm^2)	植生間隔(cm) ℓ_x	植生間隔(cm) ℓ_y
1	5.00	180	±2.0	2.25(密)	0.70	
2				0.20(粗)	2.40	

$$u_{rms}=\sqrt{\frac{u'^2_1+u'^2_2+\cdots+u'^2_n}{n}}\ \text{(cm/s)}\cdot\cdot\cdot\text{式(１)}$$

ここに，u': 主流方向の乱れ成分(cm/s)，n : データ数である．

図-3 に最大上潮流速時の平面流速分布を示す．植生密度が高くなると水路部での流速が大きくなり，植生域との流速差も大きくなることが確認できる．次に，同じ潮時における主流方向の乱れ強度の平面分布を**図-4** に示す．同図において，植生密度が密になると植生密度が粗な場合に比べて乱れ強度が全体的に高くなる事が確認出来る．また，植生密度が密の場合には平面分布のピーク値が植生境界部より若干水路部側に確認できるが，植生密度が粗な場合には，それが植生境界部に確認できる．

図-5 に最大下潮流速時の平面流速分布を示す．最大上潮流速時と同様に植生密度が高いほど水路部での流速が大きくなる．しかし，最大上潮流速時（**図-3**）よりも水路部における流速が小さく，植生域との流速差も小さくなる事が確認できる．次に，同じ潮時における主流方向の乱れ強度分布を**図-6** に示す．植生密度が密になると乱れ強度が全体的に増加する傾向や，そのピーク値が植生境界部より若干水路部側に確認できる事は最大上潮時の結果と同様であるが，最大上潮時の結果(**図-4**)と比較すると乱れ強度の値が全体的に小さい事が確認出来る．これは最大下潮流速が最大上潮流速より遅く，植生部と水路部における流速差が小さくなっている事が原因であると考えられる．なお，最大上潮流速時において乱れ強度のピーク値は主流の最大値の約 10%、最大下潮流速時では約 6%であった．一方，同程度の植生密度を有する一様流場における実験

キーワード　潮汐流，マングローブ，乱れ強度
連絡先　〒350-0394 埼玉県比企郡鳩山町石坂 TEL：049-296-2911 FAX：049-296-6501

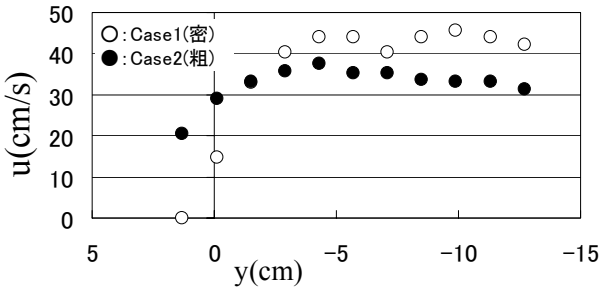

図-3　最大上潮流速時の平面流速分布

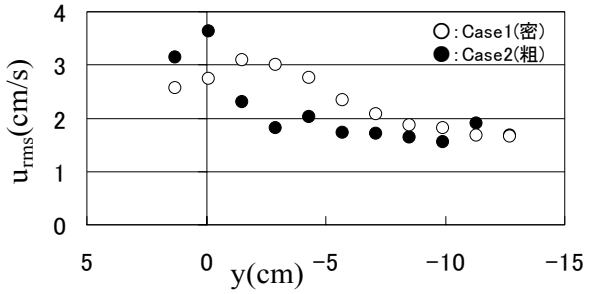

図-4　最大上潮流速時の乱れ強度分布

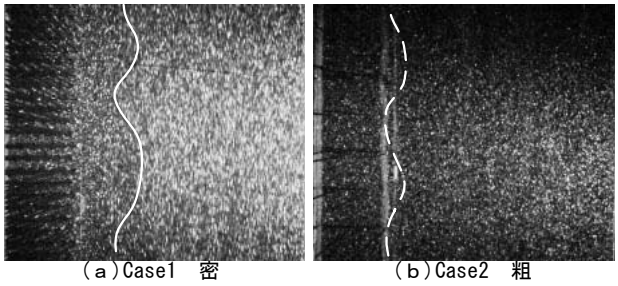

写真-1　最大上潮流速時における剪断層の位置

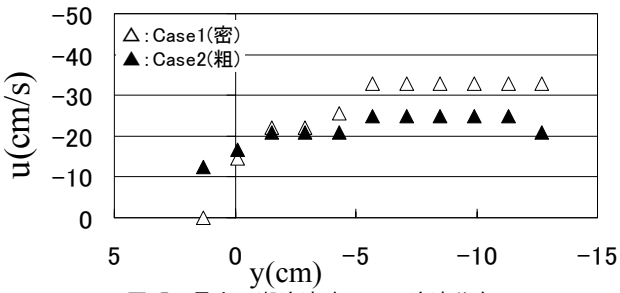

図-5　最大下潮流速時の平面流速分布

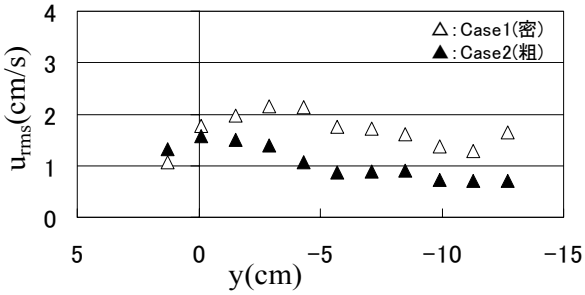

図-6　最大下潮流速時の乱れ強度分布

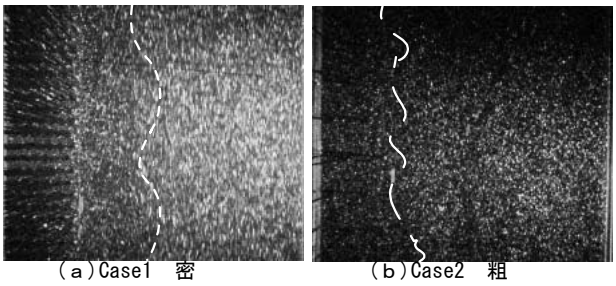

写真-2　最大下潮流速時における剪断層の位置

結果は，約 8%であった[6]．これらの結果より，最大上潮流速時は一様流場よりも乱れが若干強く，最大下潮流速時は一様流場よりも乱れが若干弱くなっていることが確認でき，これらが潮汐流場の大きな特徴であると考えられる．

一般的に，植生を有する流れ場における植生領域と水路部との境界部では，流速変化による大きな剪断層が形成され，この剪断層内では，乱れの規模・強度共に大きな乱流運動が生じており，乱れ強度が顕著なピークを取ることが知られている[5]．そこで，剪断層の位置を可視化動画により目視により確認した．その確認に用いた写真を**写真－1, 2**に示す. これらの写真は，それぞれ最大上潮流速時，最大下潮流速時における様子である．なお，写真内には剪断層の位置に線を入れている．これらの写真より，植生境界部付近に確認される剪断層の位置と，前述の乱れ強度のピーク値の位置は概ね一致している．植生密度が密な場合は剪断層が水路部まで発達しているが，植生密度が粗な場合は植生境界部付近でのみ剪断層が発達している．また，植生密度が粗な場合には剪断層の内部で小さな渦列が発生する事となり, 剪断層自体が不明瞭となっている．

４．まとめ

植生を有する潮汐流場において植生境界部付近の流れ特性を検討するため主流方向の乱れ強度を求め実験的検討を行った結果，主流方向での乱れ強度分布より乱れ強度は植生境界部付近でピークをとり，植生密度が高くなると乱れ強度のピーク位置が水路部側へ移動することが確認された．また，この乱れのピーク位置は可視化動画により確認された剪断層の発生位置と一致する．さらに，擬似定常流時である最大上潮流速時と最大下潮流速時の乱れ強度を，既往の一様流場のそれと比較した結果，最大上潮流速時は一様流場より乱れが強く，最大下潮流速時は弱いという結果を得た．

以上より，流速の変化が小さい潮時においても潮汐流の特徴が確認でき，これら 2 つの潮時では最大上潮流速時のほうが物質輸送により影響を及ぼすと言える．

参考文献

1) 松田義弘：マングローブ沿岸水域の物理環境，海の環境，Vol.6，No.2，pp.87-109，1997.
2) K,Sato:Studies on the Protective Functions of the Mangrove,Forest,against,Erosion,and,Destruction,Sci.Bull.Coll.Agr.Univ.Ryukyus,25,pp.615-630,1978
3) 池田駿介・太田賢一・長谷川洋：側岸部植生境界の周期渦の発生機構, 土木学会論文集 No.443/Ⅱ-18，pp.47-54，1992.2.
4) 武村武･秋田知広･有田正光：潮汐流場のマングローブの環境機能に関する実験的研究，水工学論文集，第 54 巻, pp.1549-1554, 2010,
5) 有田正光・池田祐一・中井正則・中村由行・道奥康治・村上和男著：水圏の環境，pp.347-348, 東京電機大学出版局,2003.
6) 池田祐一・木村康高・須賀堯三　：側岸部植生境界における組織的乱流運動の三次元構造に関する実験的研究，水工学会論文集，第 42 巻，pp.421-426，1998.2.