

### 潮汐流場に存在する植生周りの流れ特性に関する実験的研究

東京電機大学 学生会員 秋田 知広  
 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

波動場や河道内に存在する植生周りの流れ特性に関して流体力学上強い関心が持たれ、これまでに多くの理論的・実験的研究がなされてきた。しかし、潮汐流などに起因する長周期往復流場における植生周りの流れ特性に関する研究においてはほとんど知見がないのが現状である。

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げられる。マングローブ林はその存在自体が流れに対し抵抗となることで、流速を大きく減少させる効果がある。これらの事により、水産生物の産卵場、幼稚子の保育場など生態系サービスの場を提供する基幹をなすばかりでなく津波力減衰対策としての防災機能をも有している<sup>1)</sup>。このようなマングローブ林による環境保全機能を検討する上で、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項目の一つと考えられる。

そこで、本研究ではマングローブ地形として最も一般的に取り上げられるR型(riverine forest type)マングローブをモデル対象とし<sup>1)</sup>、側岸部に設置された模擬植生周り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、水路部(幅 0.2m, 高さ 0.5m, 長さ 7.5m のアクリル製水路), 水路上流側水槽部(幅 0.9m, 長さ 1.8m, 高さ 0.5m), 海域部(縦 3.5m, 横 2.0m, 高さ 0.6m の水槽), 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<sup>1)</sup>、現地調査により報告されている植生の密度<sup>2)</sup>を踏まえ、2 ケースの密度を設定した。模擬植生の素材には、ステンレス製の丸棒(直径 1.0mm, 植生高さ 120mm)を用い、これをアクリル板(長さ 1.0m, 幅 0.05m)に千鳥格子状に配列し、水路部(X=3.0m~4.0m 地点)の側岸に設置した。模擬植生の配列図を図 2 に示す。

実験条件を表 1 に示す。流速データはプロペラ式流速計(ケネック社製), および PIV(Particle Image Velocimetry)解析により取得した。PIV 解析の際に使用する可視化画像は、トレーサー粒子にアルミ粉を用い、植生区間域の側面からレーザーシート光(YAG/YVO<sub>4</sub> laser)を照射し、SONY 製デジタルビデオカメラ(HDR-SR8)を用いて 30fps で取得した。

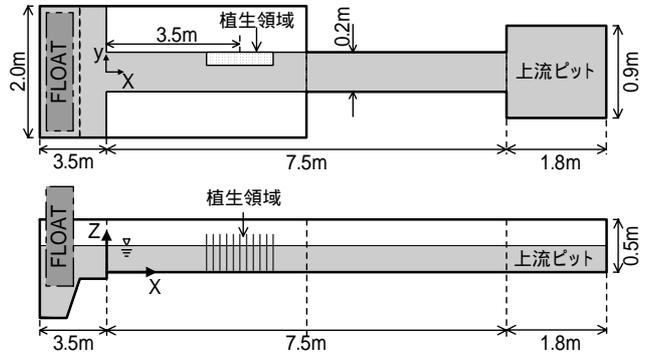


図 1 実験装置

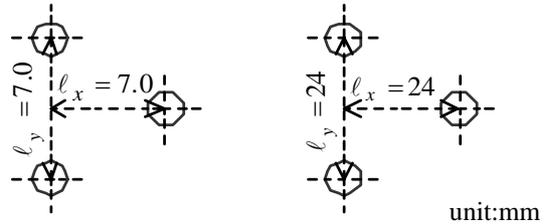


図 2 模擬植生の配列間隔

表 1 実験条件

Case	平均水深 (cm)	周期 (sec)	振幅 (cm)	植生密度 (本/cm <sup>2</sup> )
1	5.00	180	± 2.00	2.25
2				0.20

#### 3. 結果と考察

本研究では水路側岸に存在する植生が潮汐流場に与える影響を検討することを目的としている。そこで、潮汐流場における水平流速分布と、一様流場における水平流速分布との比較を行い、その違いから潮汐流場の流れ特性を検討する。

検討方法として一様流場における池田ら<sup>3)</sup>が提案した理論解析と実測値の比較を行い Case1~2 について検討した。池田らは、植生帯を有する水路における水平流速分布を、非植生領域と植生領域に分離し、以下のように提案している。

a) 非植生領域

$$\phi = \frac{u}{u} = 1 - (1 - j) \exp\left(\sqrt{\frac{2}{\nu}} \eta\right) \dots \dots \dots (1)$$

b) 植生領域

$$\phi = \frac{u}{u} = j \left[ j + (1+j) \exp \left( \sqrt{\frac{2}{v}} \frac{\eta}{j} \right) \right] \dots \dots \dots (2)$$

ここに,  $j = 1/(1 + \chi)^{1/4}$ ,  $\chi = C_D \lambda D / 2 C_f$ ,  $\lambda = d / 2 \ell_x \ell_y$ ,  $\eta = y/b$ である. また,

$$v = \frac{1}{\sqrt{C_f}} \left( \frac{D}{b} \right)^2 \dots \dots \dots (3)$$

である.ここに,  $u$ :平均流速,  $u$ :代表流速,  $D$ :水深,  $\lambda$ :密生度,  $d$ :植生の直径,  $\ell_x, \ell_y$ :植生の距離,  $C_D$ :抵抗係数,  $C_f$ :底面摩擦係数,  $b$ :水路幅,  $y$ :幅方向の座標である.  $C_D, C_f$ に関しては本実験で算出することが難しかったため, 池田らが用いた値を使用した. 計算に用いたパラメータを表 2 に示す. また, 本研究における  $u$  の理論値は潮汐流の基礎理論により算出した. さらに, 実測値の代表流速  $u$  は, あらかじめ流速測定地点において, 模擬植生を設置せずに計測を実施して得られた値 ( $u = 40.6 \text{ cm/s}$ ) を適用した. 各ケースにおける解析値, 実測値の結果を図 3~4 に示す. なお, 潮汐流場における流速分布は, 最大上潮時における流速分布を検討対象とした.

はじめに, 本研究における実測値と池田らの解析値を比較する. 図 3 を見ると, 池田らの解析値より実測値の方が模擬植生領域 ( $y=0 \sim 5 \text{ cm}$ ) と非植生領域での流速差が大きいが分かる. 一方, 図 4 を見ると, 非植生領域では池田らの解析値と実測値が一致しているが, 模擬植生領域では両者において流速差が生じているのが確認できる.

以上より, 潮汐流場における模擬植生領域と非植生領域での流速差は, 一樣流場のそれより大きく, 池田らの解析値では潮汐流場の流速分布が再現出来ない事が確認出来た. そこで解析値が実測値の流速分布に適合するように  $\alpha$  値を補正し, 再度検討を行なった.

図 3 において, 非植生領域では解析値・実測値が概ね一致している事が確認できる. 一方, 模擬植生領域では両者において流速差が生じているのが確認出来る. これは, 一樣流場のような定常状態に比べ, 非定常状態である潮汐流場では, その非定常状態における慣性力の変化による影響を植生領域で大きく受けるため, このような流速差が生じたと考えられる. 図 4 における非植生領域では解析値と実測値がほぼ一致しているのが分かる. これは, 密生度が Case1 に比べ小さいため, 模擬植生領域での透過流速が大きくなり, 非植生領域との流速差が減少したため, 前述のような影響が小さくなったと考えられる. しかし, 模擬植生領域では解析値と実測値は一致しないという事が確認出来る. これは植生領域で非定常性が大きく影響していると考えられる. 以上の事より, 本研究のすべての Case において理論解析では流速分布の再現が出来ない事が確認された.

4.まとめ

潮汐流場に存在する植生周りの流れ特性に関して

表 2 解析パラメータ

Case	$C_f$	$C_D$	$\alpha$	$u$
Ikeda	0.00653	1.60	0.15	22.40
1			0.03	18.43
2			0.13	

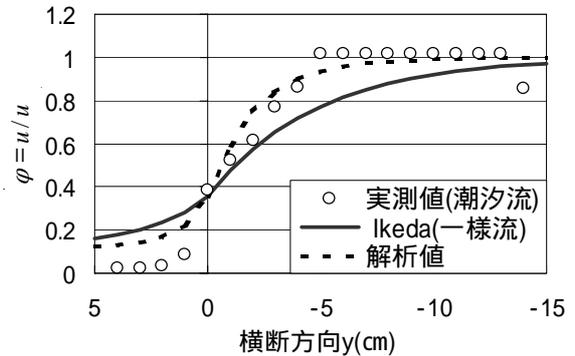


図 3 水平流速分布(Case1)

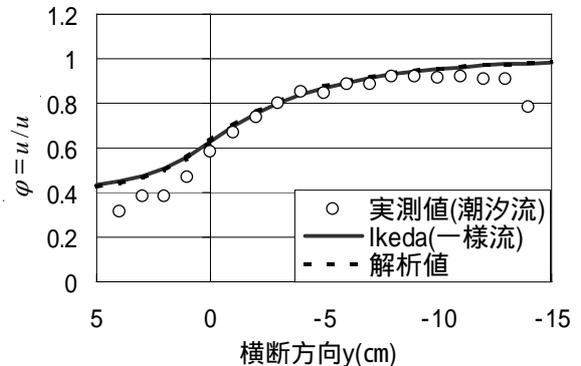


図 4 水平流速分布(Case2)

実験, 理論解析により検討した結果, 本研究において以下の知見が得られた.

潮汐流場では, 一樣流場に対して植生領域と非植生領域における流速差が大きくなる事が確認された. また, 実測値の流速分布に適合するように解析を行なった結果, 模擬植生領域における解析値と実測値に流速差が確認された. これは, 潮汐流場の植生周りにおける流れ特性であると考えられ, その要因として, 非定常状態による慣性力の変化が大きく影響していると推察される.

謝辞

本研究の一部は東京電機大学総合研究費(Q08E-05)により行われたものであり, ここに謝意を表します.

参考文献

- 1) 松田義弘: マングローブ沿岸水域の物理環境, 海の研究, Vol, 6, No2, p p.87-109, 1997.
- 2) Kazuhiro 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・泉典洋: 浮遊砂の横断方向拡散係数について, 土木学会論文集, 434, -16, pp.47-55, 1991.