

波浪を受ける藻場植生内の流れと乱れ特性

岡山大学環境理工学部 正会員 大久保 賢治
岡山大学大学院 学生員 〇田 村 佳 子

1. 緒 論 高度成長期に大部分が消失した藻場を再生する試みが全国的に行われており、瀬戸内海東部の岡山県海域でも点在するのみとなったアマモ場の新たな造成が図られている。瀬戸内海における藻場の再生を阻んでいる要因にはいくつか考えうるが、比較的幼草の段階での根の引き抜きや茎の破損を引き起こすものは波浪であるという可能性がある。本研究は、こうした波動場における藻場とその周辺の流れおよび乱れ特性を明らかにするために、一連の実験を行った。

2. 実験条件 冬季に成長する幼草段階の1年性アマモ場を対象として長さ4m、幅40cm、深水部水深を32cmに設定した波動水槽に1/10の斜面を設け（図1）、その底面に敷いた高さ2.5cmの擬似植生（人工芝）密度を3段階に変化させて表1の条件で実験を行った。感知部の径が4mmのL型2成分電磁流速計（東京計測）を底上5mmから波頂部まで5mm毎にトラバースして各層20秒ずつの時系列をとり、これらを位相毎に平均することによって1周期9位相における瞬間的流速鉛直分布を求めた。なお用いた浅水波の周期は1.35秒、サンプリングは20Hzであるから1波あたり27個のデータを得るが、1層のデータ数は400個（約15波）であり隣り

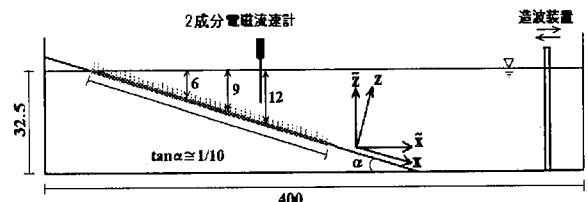


図1 実験装置

表1 実験条件

	植生の密度	$\lambda=k/s$	測点(cm)	周期(s)
T1(1)	0	0	12	1.35
T2(1)	1	4	12	1.35
T3(1)	1/2	2	12	1.4
T3(2)	1/2	2	9	1.25
T3(3)	1/2	2	6	1.35
T4(1)	1/2	2	12	1.35

合う3つの分割位相毎に纏めたので、得られた鉛直分布は約45データの平均となっている。実験波の波高は約1cmで、波長は λ cmであった。静穏時に斜面上の水深が12cmとなる位置で鉛直分布を測定したが、水面の波のトラフに近づいてくるとプローブが空中に露出する時間が増えるので、次第にSN比が減少し底上距離10cmを越えては正確な流速値を得ることはできなかった。こうして波動層内を除いて得られた流速分布は斜面方向・沖向き及び直角方向・上向きを、それぞれ正とする流速成分 u, w に変換した。

3. 流速鉛直分布 浅水波を与えて行った実験の結果を用いて、植生密度 λ の違いによる流速分布の比較を行った。植生密度1/2($\lambda=2$)の場合は、植生内で u, w の流速分布の変化が認められた。まず、 u の流速分布を比較する。T1においては深さ方向には変化はなく、どの層も同様の往復運動をしている。一方、T4の底層0.5cm点の植生内流速分布は、粗度間隔が大きくなり植生内でも正負均等に流速が変動している。振幅は小さくなっており、これは植生の粗度効果により流速が弱まっていることを示している。

次に w の分布について比較する。いずれのケースでも全体的に下層から上層に向けて w 成分が大きくなっている。また、下層ではT1

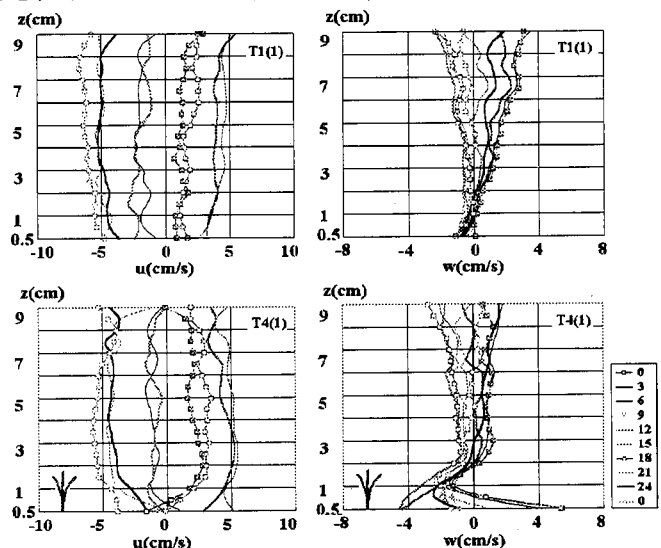


図2 T1, T4の流速分布

はわずかに負に偏っており、T4 では植生内流速で正負に大きく振れている。これは植生から噴出すバースト様の乱れを示しているように思われる。しかし植生内に関していえば、水槽横断面底近傍に植生高さをサイズとする並列せん渦が並ぶことがわかっており、仮にその上昇流域に流速プローブが入ったとすれば、こうした変動を示すことも考えられる。

予想されたように、明らかな違いは、波動境界層の厚さにあり、T1 では層流 (stokes) 境界層とみなせるほど薄い、T4 は植生粗度によって境界層厚が増大した形の擬似層流境界層となっていると考えられる。流れの場合と同様に植生の横間隔 s を用いた渦動粘性係数 $\kappa u_* s$ (κ : カルマン定数, u_* : 摩擦速度) を用いて、図2に見る境界層厚を得るため u_* として 0.4cm/s 、流速係数では 12 程度となっていると推定される。

T1 における u は鉛直一様、 w は深度とともに直線的に減衰してゼロに近づいているのでオイラー的にはあるが、表層は楕円軌道、下層では十分偏平な直線軌道を描く浅水波となっている。一方、T4 では、植生内に波動に追従する u の速度勾配が形成されているが、図3に示されるように、 w についてはバーストのように植生内から吹き出す流れが波のクレスト、トラフ通過直後に発生しており、逆に植生外的高速流が植生内に吹き込む現象も存在するようである。

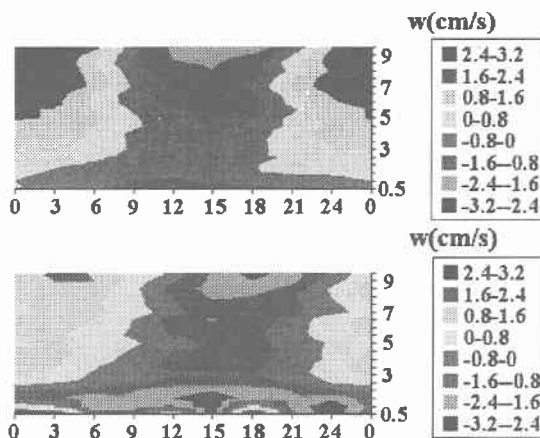


図3 流速(w)のコンタ図

4. レイノルズ応力 図4は波動場における偏差速度の相関を各層毎に求めたものであって、とくに平均流速を全期間の平均値を表す一定値とせず5点移動平均系列にとっている。すなわち、変動流速は $0.25s$ 以下のハイパス・フィルターを通したものであって、レイノルズ応力に対しての高周波成分の寄与に相当する。人工芝なしの T1 では、開水路の流れの場合と同様に、底近くで大きく、表面近くの波動層直下で小さくなっており、流れの場合に比べると底面からの距離に伴う減衰が著しい。密な人工芝の T2 では、芝の内部を水が疎通しにくいために乱れも小さく、単純に底面がせり上がった状態になっていると考えられる。表面の波動層を除く水深範囲で相関は小さいようである。一方、人工芝を2本に1本の割で間引きして千鳥状に残した T3, T4 については、波動直下の楕円軌道がそれほど偏平でない領域で負の相関が高く、深度とともに緩やかに減衰している。しかしながら、流れの三次元性、乱れの組織構造や形状 (幅・水深) 比、模擬植生の剛性など実験的にも検討すべき課題は多い。

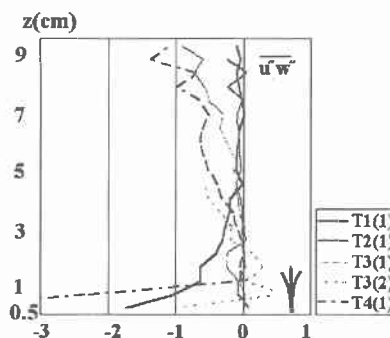


図4 波動場の乱れ相関

6. 結論 以上の結果は、小型の水槽を用いた実験であり、現地への適用性が問題になる。現地水深 $1.9 \sim 3\text{m}$ (水深比 $Hr=16 \sim 25$) に対し、フルード相似を考えると流速 (波速) 比は $Ur=4 \sim 5$ であり、周期 $5.4 \sim 6.8$ 秒程度の条件に相当する波の観測となる。いずれは多年生アマモ場などで観測を実施する必要があるが、当面は同じ水槽で3成分流速及び濁りの分布を測定していく予定である。

参考文献 宇野木早苗(1993): 沿岸海洋物理学, 東海大学出版会