

閉鎖性成層水域における吹送流と水生植物

The Impact of Aquatic Plants on Wind Induced Flow in a Closed Water Area

尾崎 彰則*

OZAKI Akinori

はじめに

近年，農業用貯水池やクリークなどのいわゆる閉鎖性水域における水質汚濁が深刻な問題となっており，この問題を解決する一手法として，水生植物を用いた水質浄化が用いられている．水生植物は，水質汚濁源となる栄養塩類を吸収する能力がある．ところが，その存在自体が水域の水面に付加される風のせん断応力や日射による加熱と夜間の冷却に基づく熱の授受を低減させ，水域内部の流体運動に影響を及ぼす．その結果，水生植物の存在は水域の水質に悪影響を及ぼす場合もある．したがって，水生植物の繁茂状況が，水域に付加される擾乱にどの程度影響を及ぼすかを明確にし，その臨界的な繁茂量を規定することは重要であると考えられる．そこで本研究では，密度成層した閉鎖性水域に風が作用した場合，水生植物が水域内部の流体運動にどのような影響を与えるか実験的に検討した．

実験概要

実験装置を Fig.1 に示す．内部流体は，淡水と塩水により密度成層場で作成した．実験に用いた浮葉性および沈水性植物はそれぞれ発砲スチロールおよび針金で模擬した (Fig.2 参照)．

(1) 進行現象に関する実験

密度界面の位置は風上から 300cm の点における水温、塩分濃度の鉛直分布形状をもとに決定した．浮葉性植物に関する実験は，水面占有率 β をパラメータとして，上・下層間の密度差 $\Delta\rho$ ，空気の密度 ρ_a ，上層水深 h_1 ，空気の摩擦速度 u_{*a} を用いた層平均リチャードソン数 R_{ia} が 10~120 の範囲で行った．沈水性植物に関する実験では， R_{ia} が 40~240 の範囲で行った．

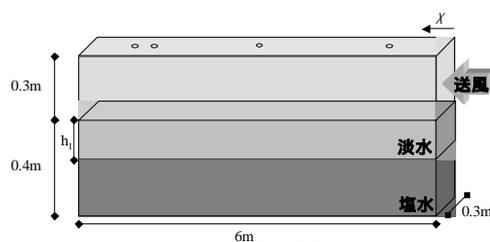


Fig.1 実験装置
Schematic diagram of experimental apparatus

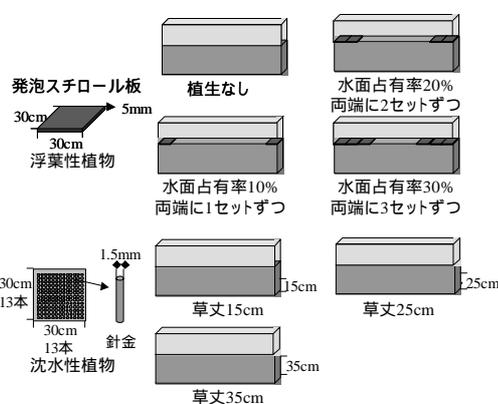


Fig.2 水性植物模擬方法
Simulate conditions of aquatic plants

(2) 表面波に関する実験

測定項目は，気温，水温，風速の鉛直分布および表面波である．風速は熱線風速計，表面波は抵抗線式波高計を用いて計測を行った．風速の鉛直分布および表面波の計測位置は，風洞風上から 3m の地点である．なお，表面波に関しては，サンプリング周波数 100Hz，サンプリング時間 300 秒で計測した．風速は，風上から 3m の位置で，水面からの高さ 15cm の風速 (u_{15}) が， 4m/s，および 6m/s の 2 ケースで実験を行った．

(3) 上層の乱流構造に関する実験

流速の変動の測定には X 型ホットフィルム流速計を用い，サンプリング周波数 100Hz，サンプリング時間 20 秒で計測した．流速変動の計測位置は，浮葉性植物に関する実験では水槽中央部 A_f ，水槽後方部水草端 B_f の 2 点に

*九州大学大学院生物資源環境科学府 *Grad School of Bio and Bioenvironmental Sciences, Kyushu University*

キーワード：閉鎖性水域，密度 2 成層，吹送流，水生植物，表面波，乱流構造

ついて、沈水性植物に関する実験では水槽中央部 A_sと水草端 B_sおよび水草直上 C_sの3点について計測を行った。なお、乱流計測に関しては、風速を 4.8m/s に固定し、R_{ia} の値が約 80 の値で実験を行った。

・実験結果および考察

(1) 連行係数とリチャードソン数

Fig.3 に連行係数とリチャードソン数の関係を示す。連行係数 E は密度鉛直分布から得られる連行速度 u_e を空気の摩擦速度 u_{*a} で無次元化したもので、リチャードソン数は成層の安定度を示すものである。連行係数と層平均リチャードソン数 R_{ia} の関係は Fig.3 に示すように R_{ia} 数が 100 以下の領域において、既往の研究と同様に $E \propto R_{ia}^{-3/2}$ の関係を得た。また Fig.3 から、同じ R_{ia} で比較すると浮葉性植物の水面占有率が高くなると、連行係数は小さくなり、沈水性植物の草丈が高くなると連行係数は大きくなるのがわかる。

(2) 表面波の特性

浮葉性植物が存在する場合について、風上から 300cm 地点における表面波特性と浮葉性植物による水面占有率の関係を示したのが Fig.4 である。この図より、浮葉性植物による水面占有率が大きくなると表面波特性量である有義波高および有義周期が減少することを示している。すなわち、水表面に浮葉性植物が存在することにより、吹送流の発達に妨げられると考えられる。

(3) 上層の乱流構造特性

乱流構造に関する実験から、水平方向乱れ強度の水深平均 \bar{u} と各植生状況との関係を表したものが Fig.5 である。この図においてそれぞれの値は、植生がない場合の値を 1 とし、相対的に表している。乱れ強度の水深平均値は浮葉性植物による水面占有率が大きくなるにつれて小さくなり、沈水性植物の草丈が高くなるにつれて大きくなっていることがわかる。また、どちらの植生の場合も、水槽中央部に比べ、水槽後方に顕著な差が見られる。このことは、吹送流が発達している後方が、水槽中央部に比べ、水生植物の影響を受けていることを示している。

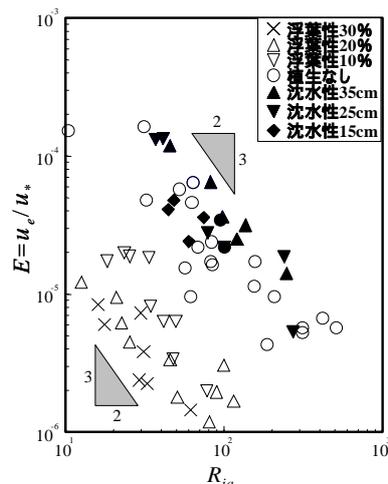


Fig.3 連行係数とリチャードソン数
Entrainment $E = u_e / u_{*a}$ plotted logarithmically as a function of overall Richardson number R_{ia}

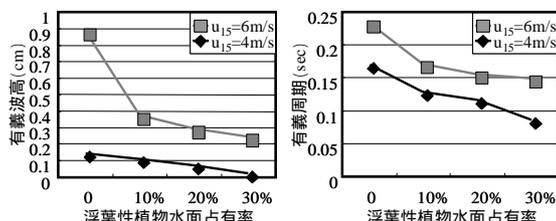


Fig.4 浮葉性植物水面占有率と有義波高、有義周期
Significant wave height and significant wave period for various conditions of floating water plants

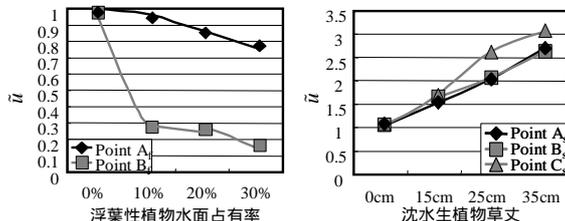


Fig.5 各植生状況の違いによる、水平方向乱れ強度の水深平均
The mean turbulent intensity for the water depth case with each simulating conditions

・おわりに

本研究から、浮葉性植物がある場合には連行速度が小さくなり、沈水性植物がある場合には連行速度が大きくなる結果を得た。このことは、密度界面の連行速度に密接に関係する乱流エネルギー量が、浮葉性植物がある場合には水面占有率が大きくなるにつれて減少し、沈水性植物がある場合には草丈が高くなるにつれて増大する結果を得たと考えられる。

参考文献

森 健・戸原 義男・加藤 治：吹送流による密度界面の連行速度に関する実験的研究，農業土木学会論文集，第 144 号，pp85-93