

浮葉性植物のある閉鎖性成層水域における連行速度および乱流構造 Effect of Floating Plant on Entrainment Velocity and Turbulent Structure in a Closed Density Stratified Water Area

濱上 邦彦* 尾崎 彰則* 森 健** 井上 英二** 原口 智和**

HAMAGAMI Kunihiko, OZAKI Akinori, MORI Ken, INOUE Eiji, HARAGUCHI Tomokazu

はじめに

近年、閉鎖性水域における富栄養化問題を解決する手法の一つとして水生植物を用いた水質浄化が多くの水域で用いられている。しかし、一般的な閉鎖性水域において水環境物質の挙動は、熱的擾乱および機械的擾乱に依存するために、水域水面に水生植物が繁茂する場合、その存在は擾乱による乱れに影響を及ぼすと考えられる。したがって、水生植物の繁茂形態が、水面における乱れの発生に与える影響を把握することは重要であると考えられる。そこで本研究では、葉面積が小さく、群生する浮葉性植物が特に生育した水域において、吹送流が発生した場合の連行現象および乱流構造について実験的に検討した。

実験概要

実験装置を、Fig.1 に示す。上層に淡水、下層に塩水を用いて密度 2 成層場を模擬した。測定項目は風速の鉛直分布、流速および水温の鉛直分布、塩分濃度である。風速は熱線風速計、塩分濃度は白金板電極式電導度計、流速は X 型ホットフィルム流速計、水温は熱電対を用いて測定した。模擬浮葉性植物（以下 模擬体）は 30cm × 30cm の発泡スチロール板を 9 分割（Run ），または 4 分割（Run ）にすることで群落の大きさを模擬した（Fig.2 参照）。

(1) 連行速度に関する実験

測定位置は風速を風上側から 2.7m、塩分濃度および水温の鉛直分布を風上側から 3.0m の地点とした。実験は、模擬体の分割

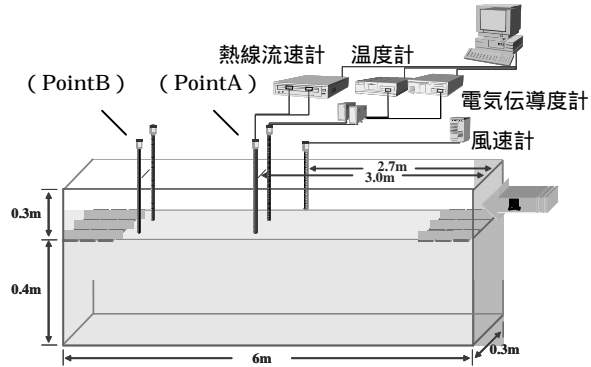


Fig.1 実験装置図

Schematic diagram of experimental apparatus

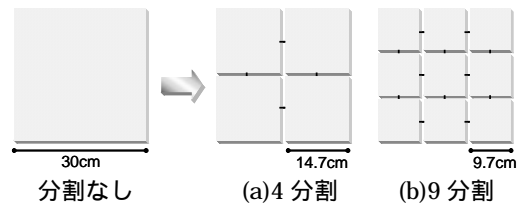


Fig.2 浮葉性植物模擬方法

Simulate conditions of floating plants

数を変化させて、上、下層間の密度差 $\Delta\rho$ 、上層の水深 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 100 以下の範囲で行った。

(2) 上層の乱流構造に関する実験

測定位置は流速および塩分濃度を風上側から 300cm の地点 (Point A) および 560cm の地点 (Point B)、風速は風上側から 270cm の地点とした。実験は、模擬体の分割による影響のみを考えるために、風速を 4.8m/s に固定し、 R_{ia} が 100 前後となるようにした。なお、流速および塩分濃度はサンプリング周波数 100Hz、サンプリング時間 20 秒で計測を行った。

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

**九州大学大学院農学研究院 Faculty of Agriculture, Kyushu University

キーワード：閉鎖性水域、密度 2 成層、吹送流、浮葉性植物、連行現象、乱流構造、

実験結果および考察

(1) 連行速度に関する実験

Fig.3 は吹送流による上層水深の時間変化を表している。風の作用後しばらくは循環流の形成および内部波の発達のため変動が大きいですが、時間の経過とともに時間に正比例する傾向を示した。これは実験初期を除いて密度界面の低下速度は一定であることを示している。これより、連行速度 $u_e \equiv dh_1 / dt = const.$ とする。このようにして得られた連行速度を、空気の摩擦速度 u_{*a} で無次元化した連行係数 E と層平均リチャードソン数 R_{ia} の関係を Fig.4 に示す。なお、図中の印は分割のない模擬体を用いた既往の研究結果(尾崎ら, 2003)である。Fig.4 より本研究結果は既往の研究の結果と同様に $E \propto R_{ia}^{-3/2}$ の関係が $R_{ia} < 100$ で成り立っている。また、分割のある模擬体を用いた場合の密度界面における連行速度は、分割のない模擬体を用いた場合の連行速度より大きく、植生がない場合の連行速度より小さくなっている。

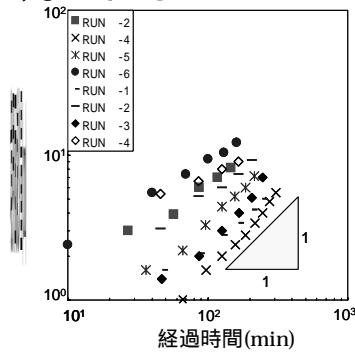


Fig.3 密度界面の時間変化
Variation of interface slope with time for various over all Richardson number

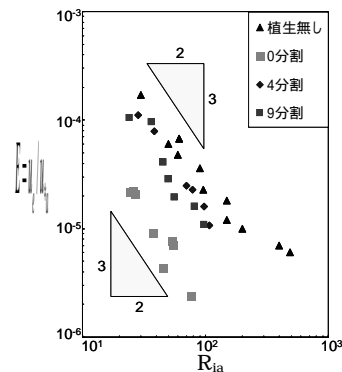


Fig.4 リチャードソン数と連行係数
Entrainment rate $E = u_e / u_{*a}$ Plotted Logarithmically as a function of over all Richardson number R_{ia}

(2) 上層の乱流構造に関する実験

Fig.5 は水平方向時間平均流速を表している。(a)は PointA, (b)は PointB における結果である。模擬体を分割をさせたことによる影響は PointB において顕著に表れた。これは、一般的に吹送流による表面波は風上側から徐々に発達するため、PointA では波は発達段階であり、PointB では波は完全に発達していることに起因していると推察される。PointB では模擬体の分割数を増やすことで、各点の流速は模擬体の分割がない場合に比べ、全体的に大きくなる結果を得た。

模擬体を分割させることにより、分割のない場合に比べ連行速度および表層付近と密度界面付近の乱流エネルギー量が大きくなるのは、分割された模擬体が独立して揺動するために、波のエネルギーの減衰が小さくなるためだと考えられる。

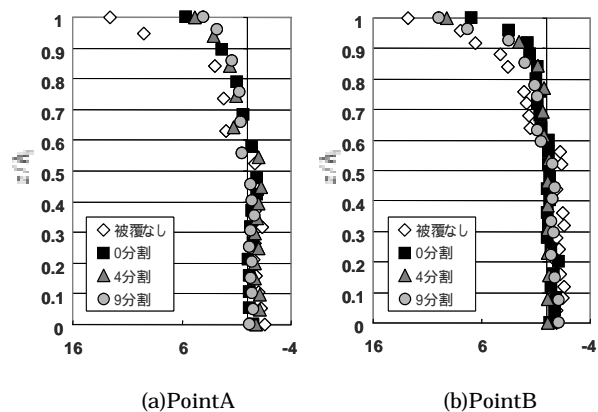


Fig.5 水平方向時間平均流速
The profiles of mean velocity in the horizontal direction for various rate of conditions of floating plants

おわりに

本研究から、植生が揺動する場合、連行速度および表層付近と密度界面付近の乱流エネルギー量は植生が揺動しない場合に比べ大きくなる結果を得た。今後は植生の水面占有率を変化させて実験を行っていく予定である。

参考文献

尾崎 彰則・村松 亮介・森 健・井上 英二・原口 智和：
閉鎖性密度成層水域の連行現象に及ぼす水生植物の影響，
H15 農業土木学会講演要旨集，pp116 ~ 117