

潮流場における貧酸素水塊発生防止ブロックの水理特性について

Hydraulic properties of block for prevention of hypoxic water outbreak in the tidal flow

○ 石谷哲寛* 瀬口昌洋** 郡山益実**

○ Tetsuhiro ISHITANI* Masahiro SEGUCHI** Masumi KORIYAMA**

1.はじめに 近年、閉鎖性の強い内湾では水質環境の悪化が顕在化している。特に、有明海奥部西岸域では夏季に貧酸素水塊が発生し、海域の生産性や生態系に悪影響を及ぼしている。この貧酸素水塊の発生防止策として、海底に特殊な形状のブロックを設置し、海底付近の海水の攪拌力を向上させて貧酸素水塊の発生を防止するという方法を考案した。本研究では、ブロックの形状の違いによるブロック周辺の水理特性や攪拌力の差異を明らかにするため、潮汐発生装置付水路とブロック模型を用いて実験を行った。

2.実験の概要 本実験で用いた水路は、水路部が全長 4m、幅 20cm、高さ 40cm で、片側に貯水タンクと潮汐発生装置が付帯したものである (Fig.1)。まず始めに、実験水路で有明海と同様な定常波の再現が可能であることを明らかにするために、水路内の波と流れの特性を検証した。次に、潮流場での貧酸素水塊発生防止ブロック (以後、ブロック) 周辺の水理特性を把握するため、水路底面に Fig.2 に示されるような断面形状を持つブロックを設置し、所定の位置で流速の測定を行った。また、ブロックの形状による底層流の攪拌・混合作用を明らかにするために、染色液を溶解した塩水を水路底面付近に滞留させた後、ブロック周辺の流れの可視化実験を行った。

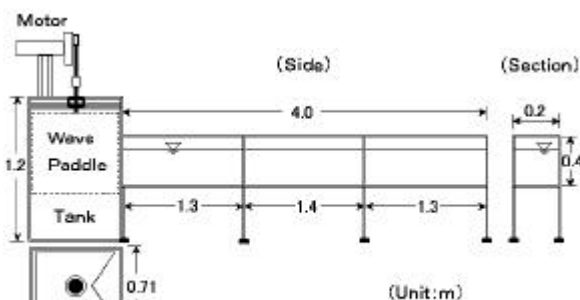


Fig.1 実験水路
Outline of the experimental apparatus

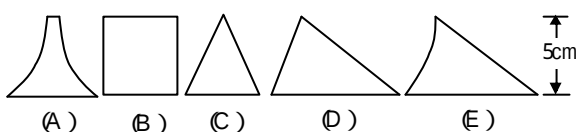


Fig.2 ブロック模型の断面図
Cross sections of block model

た。なお、実験では水深を 20cm とした。また、流速及び波形の測定には、3次元超音波ドップラー流速計及び容量式波高計を用いた。

3.実験結果及び考察 Fig.3は、増幅率 R と T_c/T' (水位変動周期 T_c と水路の固有振動周期 T' との比) との関係を表したものである。なお、ここでの計算値は式 (1) により算出された。

$$R = \frac{1}{\cos\left(\frac{p}{2} \cdot \frac{T'}{T_c}\right)} = \frac{1}{\cos\left(\frac{2ap\ell}{T_c\sqrt{gh}}\right)} \quad \dots (1)$$

ここで、 $a = 1.154$ 、 ℓ 水路長、 g 重力加速度、 h 水深である。図示されるように、実験値と計算値はほぼ一致しており T_c/T' が 1 に近づくにつれ、水路内で共振が起こるため R は急増した。また、実験値や住之江 (佐賀県) における観測値が式 (1) とほぼ一致することから、今回使用した水路により有明海の潮汐と同様な定常波の発生が可能であることが確認された。

Fig.4 は、定常波 (周期 15.2s) を発生させた場合の水路底面から 2cm における水平及び鉛直方向の流

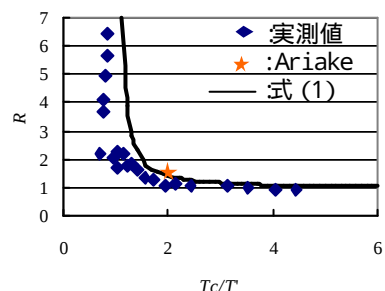


Fig.3 T_c/T' と R との関係
Relation between R and T_c/T'

* 鹿児島大学大学院連合農学研究科 The United Graduate School of Agricultural Science, Kagoshima University

** 佐賀大学農学部 Faculty of Agriculture, Saga University

キーワード：有明海、貧酸素水塊、防止ブロック

速変動を表したものである。図示されるように、ブロックの有無さらにはブロックの形状により両方向の流速変動に大きな差異が見られた。特に鉛直方向の流速は、

ブロックが無い場合、ほぼ 0 に近い値を推移しているが、ブロック設置後、その変動は大きく増加した。

Fig 5は、定常波を発生させた場合の水路底面から2cmにおける水平及び鉛直方向の流速スペクトルを表したものである。図示されるように、ブロックの設置により水平方向のエネルギースペクトルは 0.06 s^{-1} 付近の低周波数領域において減少し、逆に、鉛直方向のそれは全周波数領域において大きく増加した。

Fig 6は、テイラーの乱流拡散係数理論により算出した水平及び鉛直方向の拡散係数の鉛直分布を表したものである。図示されるように、ブロックの設置により両方向の拡散係数は全体的に増加した。特に、鉛直方向の拡散係数は、ブロックが無い場合、全水深にわたりほぼ一様に 0 に近い値を示したが、ブロック設置後、ブロック周辺で湧昇流が生じ、底層流の鉛直方向の攪拌力が増大したために大きく増加した。

Fig 7は、塩水の染色液を水路底面付近に滞留させ、種々のブロックを設置して定常波を

発生させた場合における240秒後の染色液の拡散状況を表したものである。図示されるように、ブロックを設置しない場合、240秒経過後も染色液の拡散・混合はほとんど見られなかったが、ブロックを設置した場合、染色液は急速に巻き上げられ、水中に広範囲に渡り拡散した。特に、Aタイプの凹面形状の三角ブロックを設置した場合、染色液の拡散は他のブロックと比較して、短時間で進行し、また水路全面にわたって広範囲に見られた。このことから、本実験で用いた5種類のブロックの中で、Aタイプのブロック形状が最も底層流の攪拌力が大きく、貧酸素水塊の発生防止に効果的な形状と考えられる。

4.まとめ 本研究により、特殊な形状のブロックを設置することによって海水の攪拌力が増大し、貧酸素水塊の発生が防止できるものと推察される。今後は、海水の攪拌力を高めるための最も効率的なブロックの形状や配置について、数値シミュレーションや可視化実験結果の画像処理などの手法を活用して、更に検討、考察する必要がある。

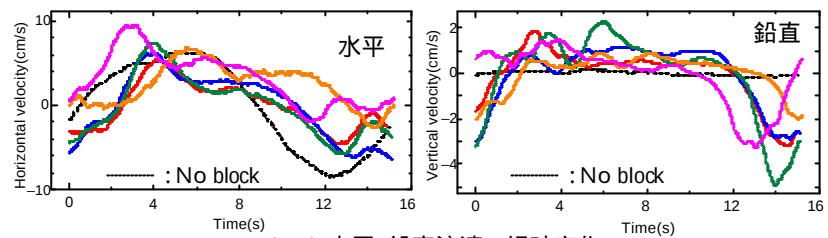


Fig. 4 水平 鉛直流速の経時変化

Temporal variations of horizontal and vertical velocities

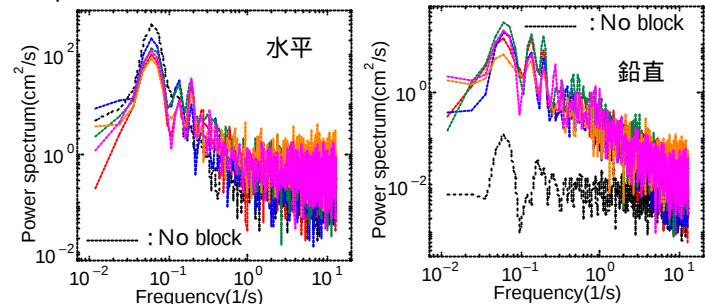


Fig. 5 水平 鉛直流速のスペクトル分布

Power spectrum distributions of horizontal and vertical velocities

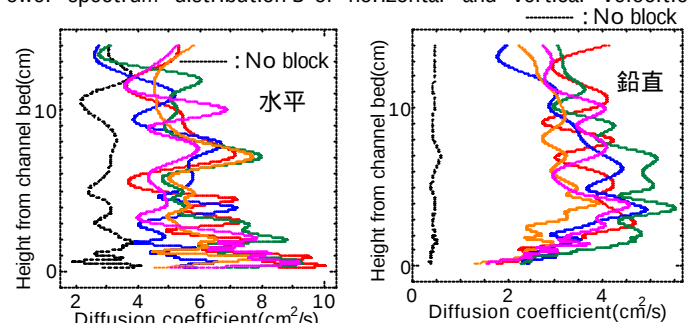
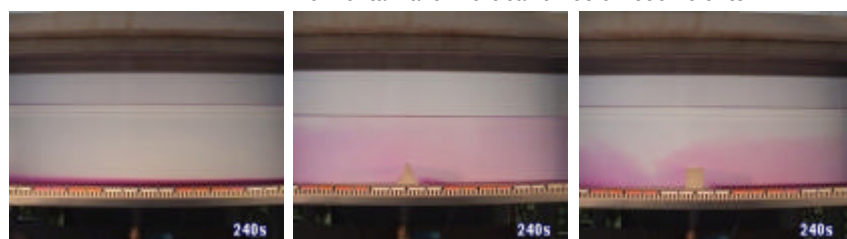


Fig. 6 水平 鉛直拡散係数

Horizontal and vertical diffusion coefficients



No block

Block A

Block B

Fig. 7 可視化実験結果

Visualization experiment results