

傾斜した幕が潜密度流に及ぼす影響

山口大学大学院 学○宇野勝哉 山口大学工学部 正 朝位孝二
山口大学工学部 正 河元信幸 西日本技術開発 正 井芹 寧

1. はじめに

ダム湖や湖沼などの淡水赤潮やアオコの発生を防ぐには、要因となる栄養塩の流入などの環境条件を減らしていくことが必要となる。具体的な方法としては、流入栄養塩の除去・阻止、曝気循環による水域内の流動制御と環境条件の操作、放流による滞留時間の短縮、そしてフェンス（以下、「幕」と称する）による水域内の流動制御などが挙げられる。

2. 幕について

幕は、水域流入部付近の表層に横断方向に設置する幕状のもので、プランクトン集積域への集中を阻止し、さらにはプランクトンの水域内での拡大防止を図る上で有効とされている。水域内の流動制御の立場でみれば流入水の深層への輸送促進、プランクトンの集積に重要な働きをする補償流の抑制効果が期待できる。さらに、設置にかかるコストが安価であること、設置後の維持管理が容易であるという利点があり、数々の実施事例がある。

幕の水理学的検討は秋山らが詳細におこなっている¹⁾。それは鉛直に垂れ下がった幕形状（垂直幕）を対象としたものである。幕は実際には流体力によって変形している。またさらに効果のある幕形状を探索することも重要である。本研究はその第1歩として、傾斜した幕と垂直幕が密度流に及ぼす影響の相違を検討したものである。

3. 実験装置と実験条件

実験装置の概略図を図-1に示す。全面アクリル製の水槽で、水平区間長 1.0m、傾斜区間長 2.5m となる。水平区間部の水深を 5.0cm に維持できるように、水槽最下流部に越流堰を設けた。

実験内容としては着色させた塩水を整流板を通して流入させ、1 時間ほど経過した定常状態での密度流の流況を側面からデジタルビデオカメラで撮影し、その画像のコンピューター解析で界面形状、下層密度流の流況を把握する。

また、潜密度流そのものの水理特性の把握を目的とした、幕が設置されていない状況での caseA、および幕の設置効果の検討を目的とした caseB の 2 通りについて実施した。

実験の水理条件を表-1に、幕の設置に伴う重要な諸量を図-2に示す。水理条件は既往の研究^{1,3)}を参考に決定した。勾配 I、流入水深 h_0 (cm)、相対密度差 ϵ_0 、単位幅流入流量 q_0 (cm²/s)である。caseB で

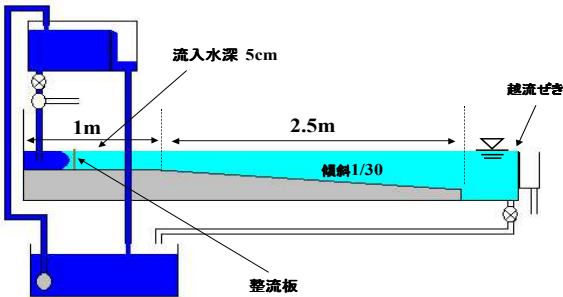


図-1 実験装置概略図

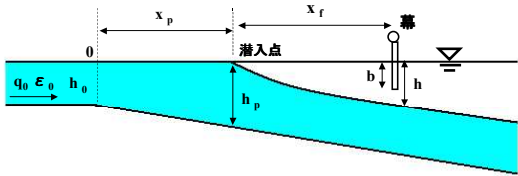
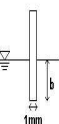


図-2 幕設置に伴う重要な諸量

表-1 実験の水理条件

case	勾配	流入水深	相対密度差	単位幅流入流量	流入内部 Froude 数	内部限界水深
	I=(1/)	h_0 (cm)	ε_0	q_0 (cm ² /s)	F_0	h_c (cm)
A-1	30	5	0.0009	10.0	0.95	4.84
A-2				12.5	1.19	5.62
A-3				15.0	1.43	6.34
A-4			0.0013	15.0	1.19	5.61
A-5				17.5	1.39	6.22
A-6				20.0	1.58	6.80
A-7			0.0017	15.0	1.04	5.13
A-8				17.5	1.21	5.69
A-9				20.0	1.39	6.22

case	勾配	流入水深	相対密度差	単位幅流入流量	幕形状	設置位置	設置深さ
	I=(1/)	h_0 (cm)	ε_0	q_0 (cm ² /s)		x_f/h_p	b/h
B-1-1	30	5	0.00017	15		2	0.3
B-1-2							0.5
B-1-3							1
B-1-4						5	0.3
B-1-5							0.5
B-1-6							1
B-1-7						8	0.3
B-1-8							0.5
B-1-9							1
B-2-1						2	0.3
B-2-2							0.5
B-2-3							1
B-2-4						5	0.3
B-2-5							0.5
B-2-6							1
B-2-7						8	0.3
B-2-8							0.5
B-2-9							1

は、水理条件は caseA で最も界面形状が滑らかに

現れた caseA-7 と同条件とし、それと比較するものとする。流入内部 Froude 数は $F_0 = \sqrt{q_0^2 / \varepsilon_0 g h_0^3}$ 、内部限界水深は $h_c = (q_0^2 / \varepsilon_0 g)^{1/3}$ である。

4. 実験結果

4-1. 密度流の流動特性

図-3 は、本研究での潜入水深 h_p と内部限界水深 h_c の関係について描点したものである。図中には既往の研究^{1,2)}で得られた結果を同時に示した。既往の研究によると、等幅矩形断面水路を対象とした室内実験で得られた結果から、潜入点での内部フルード数 F_p は水路床勾配 I が急な ($I > 1/10$) 場合を除けば、多くのデータは $F_p = 0.5 \sim 0.75$ の範囲に収まり、平均的には $F_p \div 0.56$ 程度の値を取ると考えられる。

本研究で得られた F_p 値は $0.51 \sim 0.69$ の範囲の値を取り、その平均値 ($F_p \div 0.60$) は既往の結果と一致している。

4-2. 幕の設置効果の検討

幕の設置効果の評価に際しては、幕の設置により、表層への流入栄養塩の流入を縮小させることができるか、流入水の深層への輸送促進効果があるかということである。

図-4 は、幕を垂直に設置した場合の、各設置位置、設置深さによる界面形状を図化したものである。無次元設置位置、設置深さが小さい場合 ($x_f/h_p = 2$ or 5 , $b/h = 0.3$) は、幕がない状況での潜入点より上流側で潜入するが、下層密度流の深層への輸送促進効果は認められない。逆に b/h が大きい場合 ($x_f/h_p = 2$) は、密度流の深層への輸送促進効果はあるものの、潜入点を幕設置位置の近傍まで下げることになる。

しかし、流下方向に 45° 傾けた幕を設置した場合(図-5)では、 $x_f/h_p = 2$, $b/h = 0.3$ の場合に限り、幕を設置しない場合よりも上流側で潜入し、密度流の深層への輸送促進効果も認められる。

5. 結果のまとめ

$I = 1/30$ の急勾配矩形断面水路での潜入密度流および幕の設置効果についての結果を以下に示す。

- 1) 潜入点での内部フルード数 F_p は、平均的には 0.60 程度の値を取る。
- 2) 垂直幕を設置した場合、表層への流入栄養塩の流入縮小効果、流入水の深層への輸送促進効果の両方を得ることはできない。
- 3) 流下方向に 45° 傾けた幕を用いた場合、潜入点近傍に幕を設置し、その深さを小さくした場合、幕の設置効果が認められる。

今後は、また幕の傾斜角や幕形状ならびに設置位置などを変化させての幕の最適形状を検討していく予定である。

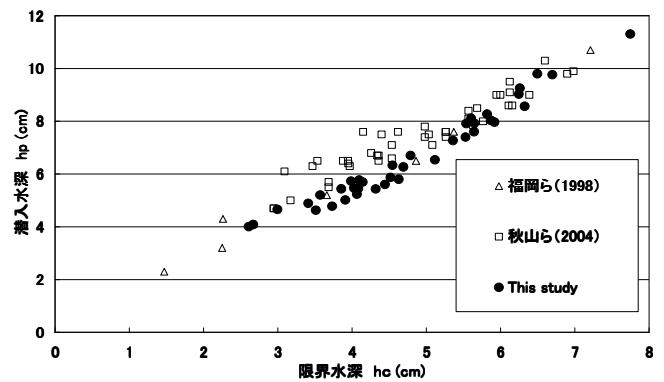


図-3 潜入水深と内部限界水深との関係

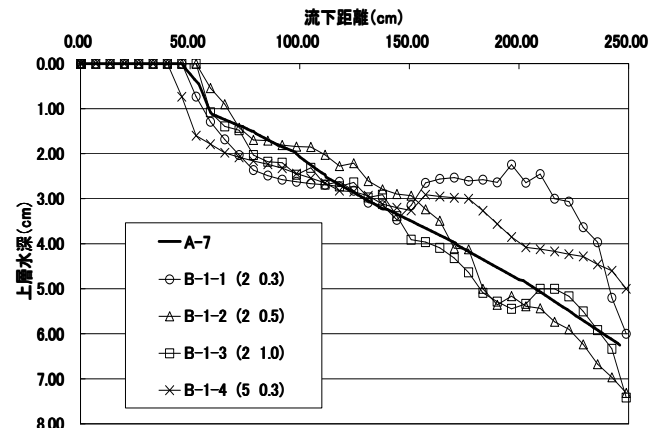


図-4 垂直幕を設置した場合の界面形状

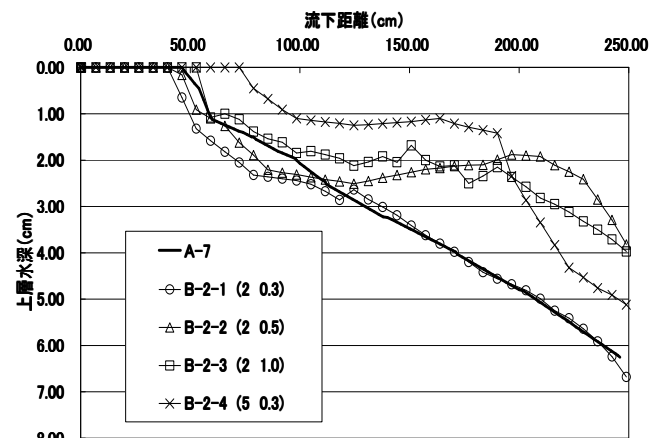


図-5 45° 傾けた幕を設置した場合の界面形状

参考文献

- 1) 秋山壽一郎・アキレス クマール ジャ・山下直樹・浦勝：ダム貯水池上流端での富栄養化対策を目的とした遮蔽幕による潜入密度流の制御，水工学論文集，第 46 巻，pp.1013-1018，2002
- 2) 福岡捷二・福岡祐介・中村健一：2 次元貯水池密度流の潜り込み水深と界面形状，土木学会論文報告集，第 302 号 pp.55-65，1980
- 3) 有田正光・塚原千明：貯水池密度流の潜り点の水理条件に関する実験的研究，ながれ，第 15 巻，pp.409-416，1996