

遮蔽膜の設置角度と表層流の制御に関する研究

九州工業大学工学部 正会員 秋山壽一郎
 九州工業大学大学院 学生員 野中 雅之 山崎 勉
 前田建設工業株式会社 非会員 岩橋 高彰

1.はじめに

家庭排水を主な発生源とする広域的な水質汚濁の進行により、河川水質は年々悪化する傾向にある。そのため、ダム貯水池等の閉鎖性水域では淡水赤潮などの富栄養化による植物プランクトン異常増殖がよく見られるようになってきた。

河川からの流入水水温が貯水池水温より高い時期に貯水池上流端で淡水赤潮が発生すると、下流に向かう表層密度流に乗り水域全体に赤潮が拡がることもある。このようなケースは、場所にもよるが、早春から6月初旬にかけて見られることが多い。

このような富栄養化現象に関する安価な池内対策の一つとして、カーテン等の遮蔽膜を用いた富栄養化対策が試験的に実施されている。これは、遮蔽膜の設置によって、植物プランクトンの異常増殖の主要な要因である栄養塩類の制御と光合成反応に必要な光や水温などの環境条件の人為的な操作を行うものである。ところが、その設置によって、どの程度の鉛直混合を発生させることができるのか、表層流の流動特性がどの程度変化するのか、などについてよくわかっていないのが実情である。

本研究は、以上のような背景を踏まえ、表層流中に遮蔽膜を設置した場合の効果について実験的に検討を加えたものである。

2.実験

実験装置は図1に示すような水深 h の塩水を満たした全面アクリル製の水槽(長さ 5.0m、幅 0.16m、高さ 0.6m)である。その下流端には水深を一定に保つための越流堰、上流端には流入ボックスが設けられており、その内部には流入水の水深 a を一定に保つための越流堰とその前面には解放ゲートが設けられている。また、表層流中に連行される周囲水を補償する目的で、水槽下部側面に設けられた多数の小さな穴を通じて若干の塩水供給を行った。

流入ボックス内の水位と水槽内に貯留された塩水の水位が一致した状態で、解放ゲートをほぼ瞬間的に引上げ、ウランで着色した淡水(全流量 Q_0 、初期相対密度差 ρ_0)を遮蔽膜が設置された周囲水表面に放出し、表層流を発生させた。通水と同時に周囲水を補償するための塩水供給を開始し、表層流の層厚が時間の経過にかかわらず一定となるように調節した。流入流量 Q_0 は、ヘッドタンクから流入ボックスへ供給された全流入流量 Q_i からボックス内部に設けられた堰を越流する流量 Q_c を差引くことにより算定した。

安定した定常表層流が形成されていることを確認の後、遮蔽膜下端から流出した流入水が周囲水と希釈混合した後、再び安定した表層流を形成した地点($X=X_d$)で、温度補償付きの導電率計を用いて鉛直塩分濃度分

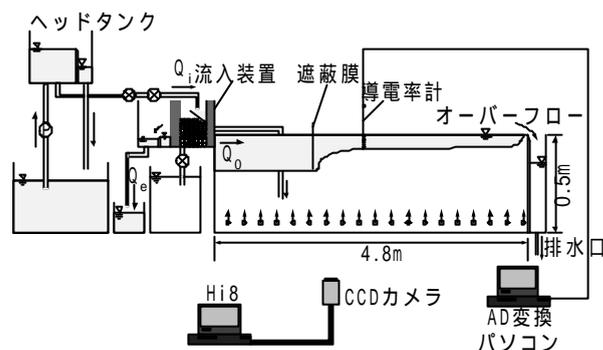


図1 実験装置

表1 実験条件

CASE	(°)	d (cm)	X_c (cm)	X_d (cm)	h (cm)	ρ_0	Q_0 (cm ³ /s)	q_0 (cm ² /s)	a (cm)
-A-0	0	0	0	0	50	0.0005	45	2.8125	3
-A-1		6	100	250					
-A-2		9							
-A-3		12							
-A-4		15							
-A-5	18	30	100	250	50	0.0005	45	2.8125	3
-B-1	6								
-B-2	9								
-B-3	12								
-B-4	15								
-B-5	18								

連絡先:北九州市戸畑区仙水町 1-1 九州工業大学工学部 建設社会工学科 水工学研究室 TEL 093-884-3125・FAX 093-884-3105

布を求めた。その際、計測を数回行い、再現性の確認を行った。遮蔽膜の設置深さ d/a を 6 通り ($d/a=0, 2, 3, 4, 5$ および 6) に変化させながら、同様の計測を行った。なお、膜の設置条件としては、流れに対し直角に膜を設置した場合(CASE A)と 30° 度傾けて設置した場合(CASE B)の二通りを実施した。実験条件を表 1 に示す。なお、流入条件は、非定常表層流の実験結果に基づき、表層流が浮力-慣性領域にある条件とした。

3.実験結果

図 2 は、CASE A の場合について遮蔽膜周りの流動状況が膜の設置深さ d/a によって変化する様子を示したものである。これより、膜の設置により表層水の希釈が生じ、層厚が増加することがわかる。目視観測によると、この希釈は膜の下端より発生した湧昇流の渦によるものであり、渦の上昇過程で周囲流体を取込み、下層水をリフトアップさせることが確認された。

図 3 は、膜の下流で再度安定した表層流を形成する地点での相対密度分布を示したものである。図中の分布は密度分布測定点での層厚 b と初期密度差 ρ_0 で正規化されている。これより、膜の設置深さ d/a が増加すると水表面に至るまで表層の希釈が促進されていることがわかる。また、CASE B の方がその設置効果が大きいことも確認される。これは、流れに対して角度が付いた方が膜下端からの湧昇流がより強くなることと、流れの幅に対する膜の長さが 1.15 倍長くなるためであると考えられる。

図 4 は、遮蔽膜の設置による流入水の混合率 β と d/a との関係について調べたものである。ここで、 β は浮力フラックスの保存に基づき、 $\beta = -1 + \rho_0 / \rho_d^*$ より算定している。ここに、添字 $*$ は層厚平均量であることを示す。なお、 β は膜が設置されない状態での下層の総連行量 Q_0 (0.16) を差引いた値であり、膜の設置による正味の混合率である。同図より、 d/a が大きくなるほど、 β が増加することがわかる。また、 $d/a < 4$ では、設置角度の違いによる顕著な β の違いは認められないが、 $d/a > 4$ では d/a の増加とともに設置角度がある方が混合効果が大きくなることもわかる。これより、各 CASE で表 2 のような関係が得られた。なお、希釈混合した後に再び安定した表層流を形成するところでの内部 Froude 数 $F_d = 0.50$ 程度であり、通常、この程度の内部 Froude 数では連行量は無視することができる。

4.結論

遮蔽膜を設置することで、プランクトンを膜上流側に閉込めるとともに、膜下流での栄養塩濃度を低下させる効果が期待できることが明らかとなった。また、設置角度がある方が希釈効果が大きいことより、膜の構造をジャバラ状にすることで希釈効果を高めるとともに、出水時での膜の柔軟性も確保できること等の有益な示唆を得た。今後は、膜の形状の効果や流入条件の影響等について検討を重ねる必要がある。

参考文献：1)秋山壽一郎：湖沼貯水地の管理に向けた富栄養化現象に関する学術研究のとりまとめ、流入型密度流の水利特性とその予測, pp.69-167,土木学会,水理委員会,環境水理部会,2000.

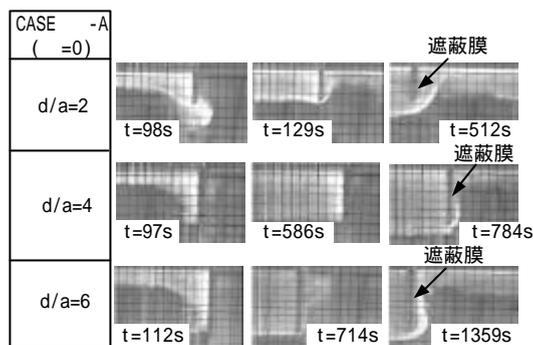


図 2 遮蔽膜周りの流動状況の変化

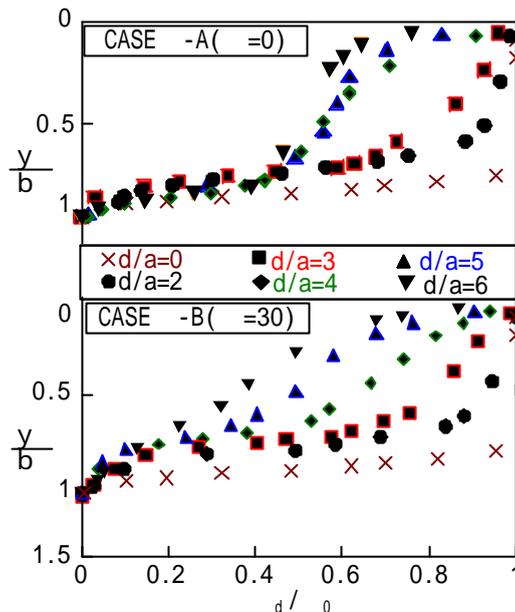


図 3 相対密度差の分布

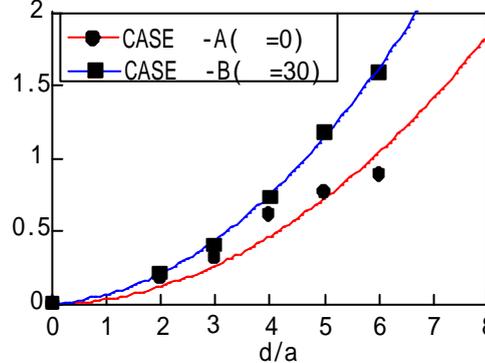


図 4 混合率 β と設置深さ d/a との関係

表 2 混合率 β と設置深さ d/a の関係

	CASE - A	CASE - B
	$0.0287(d/a)^2$	$0.0452(d/a)^2$