

合流部を有する河口域の塩水侵入特性

東京電機大学 学生員 ○ 山田大歩

東京電機大学 正会員 橋本彰博

東京電機大学 正会員 有田正光

1. はじめに

河口部では海から河川中に侵入する塩水が工業用水・農業用水・生活用水などの取水中に混入する被害がしばしば報告される．ところで，長良川と揖斐川のように河口部で2河川が合流するようなケースでは各々の河川の流量変動の影響を受けて塩水侵入状況も特異な挙動を示すと考えられるものの研究事例がないのが現状である．そこで本研究では，合流部を持つ2河川の塩水侵入特性を実験的に検討した結果について報告する．

2. 実験概要

使用した実験装置を図-1に示す．同図に示すように実験水路は水路下流端から150cm～600cmまでの水路中央を仕切り板で2河川に分け，手前水路，奥水路を設けた．実験では，河口から濃度0.3%の塩水を水路下層に侵入させるとともに，上流側から淡水を流がして河川流を模擬した．また水深を一定 $H(=11\text{cm})$ に保つために水路下流端にオーバーフロータンクを設置して上層淡水をオーバーフローさせた．また，実験では，実験開始後に塩水侵入が安定して定常状態に達した後に塩水侵入長が測定された．なお，手前水路・奥水路の侵入長 L と河川密度フルード数 F_d をそれぞれ添字をつけて L_1, F_{d1}, L_2, F_{d2} と標記する（図-1）．

一方，水素気泡法を用いた可視化実験も併せて実施された．可視化実験では実験水路の表層（水表面から1cmの深さ），中層（水面と密度界面の中点），底層（底面から1cm程度上）の3平面内（河口から100cm～125cmの範囲）の合流後の淡水の流動が観察された．なお，本報で報告する実験の条件一覧を表-1に示す．

3. 実験結果および考察

3.1 両河川の流量の変化が塩水侵入に及ぼす影響

(1) 合計流量一定の実験

両水路の合計流量を一定にし，流量比を変化させた時の内部フルード数 F_d と各水路での侵入長 L を両水路

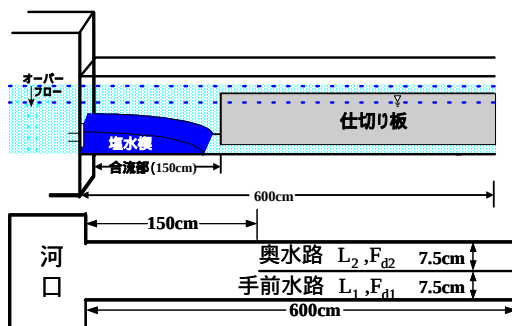


図-1 実験装置

表-1 実験条件

	case	手前水路	奥水路	合計流量		case	手前水路	奥水路	合計流量
流量変化	1-1	7	7	14	流量固定	6-1	9		18
	1-2	8	6			6-2	10		19
	2-1	8	8			6-3	11		20
	2-2	9	7	16		6-4	12		21
	2-3	10	6			6-5	13	9	22
	3-1	9	9			6-6	14		23
	3-2	10	8	18		6-7	15		24
	3-3	11	7			6-8	16		25
	3-4	12	6			6-9	17		26
	4-1	10	10			6-10	18		27
	4-2	11	9			7-1	10		20
	4-3	12	8	20		7-2	11		21
	4-4	13	7			7-3	12		22
	4-5	14	6			7-4	13	10	23
	4-6	15	5			7-5	14		24
	5-1	11	11			7-6	15		25
	5-2	12	10			7-7	16		26
	5-3	13	9	22		7-8	17		27
	5-4	14	8			8-1	11		22
	5-5	15	7			8-2	12		23
	5-6	16	6			8-3	13		24
	5-7	17	5			8-4	14	11	25
						8-5	15		26
						8-6	16		27
						8-7	17		28

単位：l/min

の流量を同一にした時の侵入長 L_0 で除した値 L/L_0 の関係を図-2に示す．図中のプロットは $L/L_0=1$ を境に白ぬき手前水路（流量増加），塗りつぶしは奥水路（流量減少）における侵入長の変化を表す．同図より，いずれのケースにおいても F_d の変化に伴って侵入長比 L/L_0 は手前水路（流量増加）では減少，奥水路（流量減少）では増大していることが分かる．しかし，手前水路と奥水路を比較すると F_d に対する L/L_0 の変化の程度が大きく異なることが分かる．これは合流部をもつ河川では，流量減少に対する塩水侵入長の増加率と流量増加に対する侵入長の減少率が異なることを示しており興味深い．

(2) 手前水路の淡水流量のみを変化させた実験

次に奥水路の流量を固定し，手前水路の流量のみを

キーワード 合流河川，塩水侵入，河川流量

連絡先 〒350-0394 埼玉県比企郡鳩山町大字石坂 Tel:049-296-2911 FAX:049-296-6501

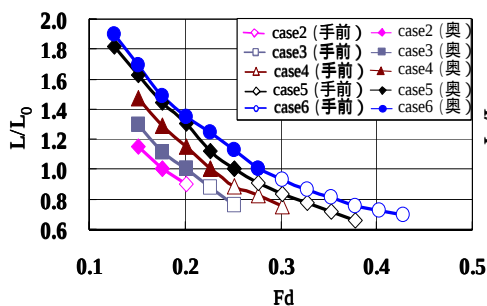
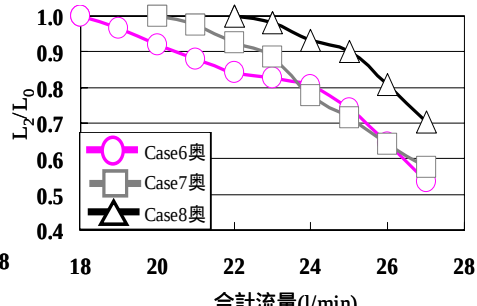
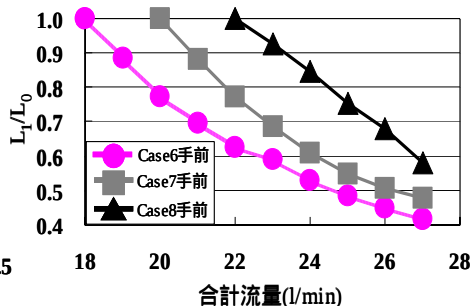
図-2 侵入長比と F_d の関係

図-3 両水路の合計流量と侵入長比の関係

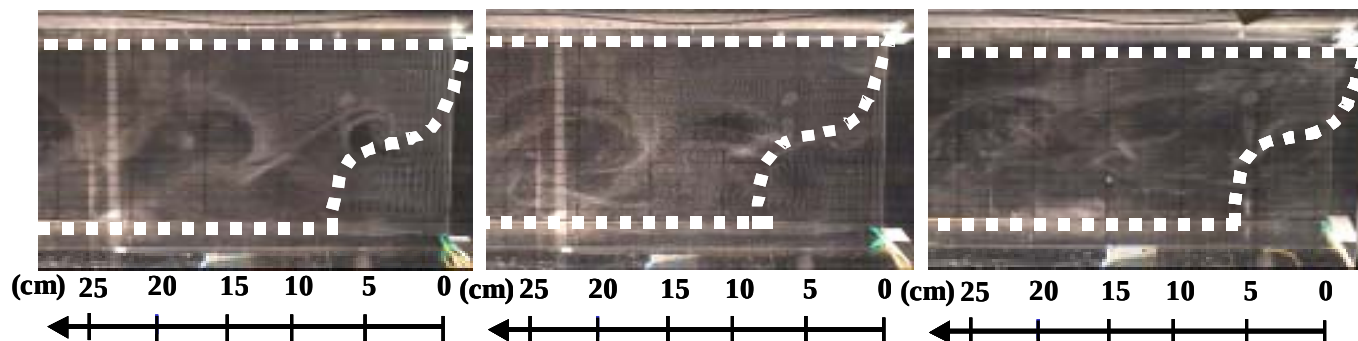


図-4 水素気方法による可視化（左：表層，中央：中層，右：底層，点線は侵入塩水の先端を表す）

増加させた場合の手前水路と奥水路の塩水侵入長比 L_1/L_0 ， L_2/L_0 （ L_0 は手前水路の流量が奥水路の流量と同一の場合の塩水侵入長）の実験結果を図-3に示す．なお，この実験では手前水路の流量増加に伴って合計流量が増加する事になるが，同図より流量増加に伴って手前水路のみならず，奥水路の塩水侵入長も減少していることが分かる．これは流量の増加によって河口部での全体としての塩水侵入力が低下するためである．一方，流量固定の奥水路の侵入長の減少率が一定流量以上で急激に大きくなっていることが分かる．これは両河川の塩水侵入が干渉していることを示し，興味深い現象である．

3.2 水素気泡法の可視化実験

本研究では合流する河川の合流後の相互干渉を詳細に明らかにするために水素気泡法による可視化実験を実施した．実験は手前水路の淡水流量 19 l/min，奥水路の淡水流量 11 l/min とした．この条件では両水路の塩水の到達範囲はともに合流点の直下流近傍（120cm 程度）に位置している．なお，水素気泡法による観測範囲は下流端から 100cm～125cm 地点である．実験結果を図-4に示す（同図では下流端より 120cm を原点として下流向きに座標をとっている）．同図より，表層，中層では水路が合流する中心線に沿って時計回りの渦が断続的に発生している事が分かる．これは手前水路の流量が大きいために流量の小さい奥側の水路の流れを巻き込んでいるためと考えられる．また，発

生する渦は表層の方が明瞭に形成され，中層では同時に手前水路側に乱れを生じ，渦が不明瞭な形となっている．次に底層付近では，写真では不鮮明であるが，両河川の流下方向流速の差が，表層・中層よりも大きいことが分かった．また，この付近では3次元的な縦渦（時計回りが多い）がランダムに発生しており，これが塩水と淡水の混合に大きな役割を果たしていると予想された．なお，この縦渦は側面からの可視化観察からも水深方向に大きなスケールの縦渦として認められた．

4. まとめ

合流部をもつ河川では，流量減少に対する塩水侵入長の増加率と，流量増加に対する侵入長の減少率が異なることが分かった．また，手前水路の流量のみを変化させた実験では，流量固定の奥水路の侵入長の減少率が一定流量以上で急激に大きくなる．これは両河川の塩水侵入が干渉していることを示す，興味深い現象である．また，塩水侵入の先端付近の底層には3次元的な縦渦がランダムに発生し，これが塩水と淡水の混合に大きな役割を果たしていると予想された．

参考文献

山田大歩・橋本彰博・有田正光：合流する河川の流量の違いが塩水侵入に及ぼす影響，第 58 回年次学術講演会