

淡水の底層放出による塩水楔の人工制御

九州大学工学部 学生員○室永武司 安達貴浩 朝田将 黒目剛
九州大学工学部 正会員 小松利光 柴田敏彦 藤田和夫

1. はじめに

近年、異常気象による渇水や河道浚渫等に起因した塩水遡上が問題になっている。この問題に対して、著者らは気泡噴流を用いた方法を提案し、実際にこの方法が川内川の塩水侵入に対し有効であることを確認している¹⁾。今回、著者らは、新たに淡水を塩水楔の底層底部より供給し塩水楔の上流側への侵入を軽減する方法を提案し、実験的にその効果を検討した。この手法は、排水供給システムが確立できれば、その後は全く運転コストがかからない上に、景観も通常時と遜色ないものに維持できる。更に、河川の表層に放水されている産業排水や下水処理水を用いることも可能であるため、多くの弱混合型河川の塩水遡上に有効な手法であると考えられる。

2. 実験方法及びその結果と考察

2-1 実験装置について 実験水路は、小松らによって開発された感潮河川水路を用いた²⁾。管径13mmの塩化ビニル管に、直径2mmの穴を等間隔に5つ開けた噴出口を河床高と同じになるように設置し、底層から鉛直上向きの淡水供給を幅方向にわたって行った(図-1(a))。また、放出口の上端の高さが干潮時の水位と一致するように設置された内径13mmの塩化ビニル管から淡水を横流入させ、表層放出を行った(図-1(b))。

2-2 淡水放出による塩水侵入軽減の効果 今回、図-2に示すように上流からの河川淡水の一部を下流に導入した場合を想定し、表-1に示す条件の下で実験を行った。まず、河道内に流入する淡水の総流量を $Q_f=56\text{ml/s}$ と固定し、導水を全く行わない場合(以下、通常供給と呼ぶ)、導入水を表層より放出した場合(以下、底層放出)、塩水楔の底層より放出した場合(以下、底層放出)の3ケースの比較を行った(RUN1~3)。図-3に塩分濃度の鉛直分布の結果を示す。通常供給の場合には塩・淡水が明確な界面をもつ弱混合形態を示しているのに対し、塩水楔中の底層より淡水を噴出させることで、淡水放出断面より上流の成層は破壊され、塩・淡水は鉛直方向にほぼ一様に混合されている。一方、表層放流を行った場合には、上げ潮に伴い上流側に侵入する塩水層の上端付近が表層噴流の希釈効果を受けるため、放出断面上流における満潮時の上層塩分濃度は比較的高くなるが、底層まで完全には混合されていない。また、表層放出、底層放出のいずれについても、噴流により上層に巻き上げられた塩・淡混合水は上層を通じて下流側に輸送されるため、淡水放出断面より下流の上層濃度は若干上昇するが、下層の塩分濃度は通常時に比べほとんど変化していない。

次に、満潮時の断面平均塩分濃度 $\langle C \rangle$ の流下方向分布を見ると、表層・底層放出のいずれについても、淡水放出断面より上流への塩分の侵入量が著しく低減されている。また、底層放出の場合には塩水侵入長は通常供給に比べて8割程度に軽減されているのに対し、表

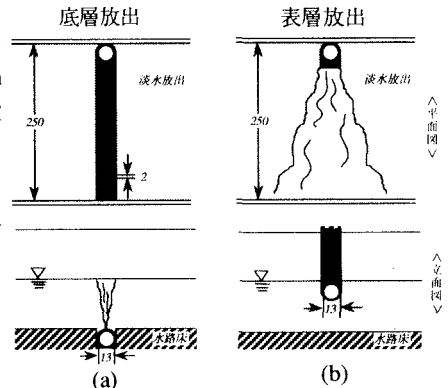


図-1 淡水放出装置模式図
(図中の数値の単位: mm)

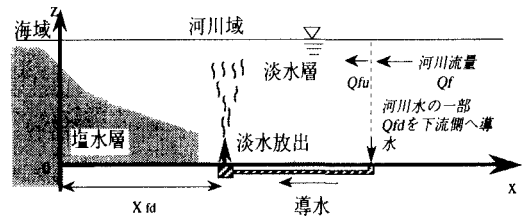


図-2 淡水放出による塩水侵入の軽減法概念図

表-1 実験条件

ケース名	河道内の 総淡水流量 Q_f (ml/s)	下流への淡水の 導入流量 Q_{fd} (ml/s)	淡水排水供給方法	Q_{fd}/Q_f
RUN1	56.00	24.50	表層放出	0.45
RUN2	56.00	24.50	底層放出	0.45
RUN3	56.00	0.00	通常放流	0.00
RUN4	56.00	12.00	底層放出	0.20
RUN5	56.00	5.00	底層放出	0.10

潮位振幅: $A=2.5\text{mm}$ 海域の塩分濃度: $C_0=1\text{g/kg}$
河口平均水深: $H_0=133\text{mm}$ 潮汐周期: $T=240\text{s}$
塩水供給流量: $Q_s=45\text{cm}^3/\text{s}$ 導入水の放出断面 $X_{fd}=7\text{m}$

層放流の塩水侵入長はそれ程短くなっていない(図-4)。このように表層放出時に比べ底層放出時の塩水侵入が軽減されていることから、現在、表層放出されている産業排水等の放出方法を工夫することで塩水侵入が著しく軽減されることが期待できる。

2-3 底層からの供給流量を変えた実験 次に $Q_f=56\text{ml/s}$ と固定し、底層からの放出流量 Q_{fd} を変化させる実験結果の比較を行った(RUN2,4,5)。

図-5の満潮時における塩分濃度の鉛直分布を見ると、 Q_{fd} が比較的大きい場合、底層からの淡水放出により放出断面上流の塩・淡水は鉛直方向に十分混合されているが、 Q_{fd} 小さくなると、淡水放出断面の塩・淡水はあまり混合されず、底層放流を行っても塩分濃度分布は通常時とほとんど変わらない。前節の結果と同様に、塩水侵入長及び塩分の侵入量の変化は、淡水放出断面より上流の鉛直濃度の鉛直分布の変化と密接に対応している。図-6の満潮時の断面平均塩分濃度の流下方向分布を見ると、淡水放出断面より上流の塩・淡水が十分混合されれば塩水侵入は著しく軽減されるが、混合が不十分であれば通常時と比較して塩水侵入はほとんど軽減されないことが分かる。

また、比較的大きい Q_{fd} の大きいRUN2とRUN4の結果を比較すると、塩水侵入状況に大きな差は認められない。このことは、淡水放出断面上流の塩・淡水が十分混合されてしまうと淡水の放出量を更に増やしてもそれ以上に塩水侵入は軽減されないことを示している。

3 結論 本研究の結果、以下のような知見が得られた

- 1) 塩水楔中の底層底部より淡水を放出し、淡水放出断面上流側の塩・淡水を十分混合することができれば、塩水侵入は著しく軽減される。しかし、放出淡水の混合能力が小さいと、成層はほとんど破壊されず、塩水侵入軽減効果もほとんど期待できない。
- 2) 淡水放出断面上流の塩・淡水が十分混合されてしまうと淡水の放出量を更に増やしてもそれ以上に塩水侵入は軽減されない。
- 3) 同じ淡水流量でも、その放出方法が変わると塩水侵入状況は著しく変化する。このことから、産業排水等の放出方法を工夫することで塩水侵入が著しく軽減されることが期待できる。

参考文献 1) 小松利光・上杉達雄・安達貴浩・松岡弘文・坂本浩二・大和則夫・朝田将：川内川における塩水遡上の人工的制御に関する実験的研究、海岸工学論文集第43巻(1)、pp341-345.1996

2) 小松利光・安達貴浩・孫双科・柴田敏彦：強混合型感潮河川における見掛けの拡散フラックスの評価法、水工学論文第40巻、pp505-510.1995

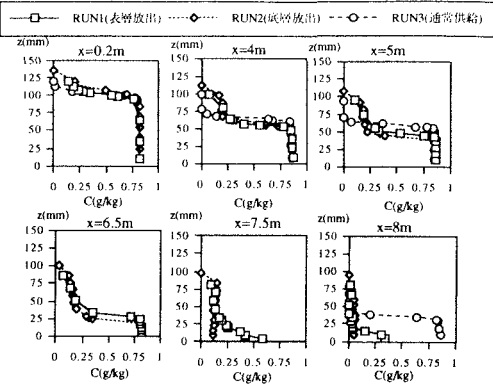


図-3 満潮時の塩分濃度鉛直分布

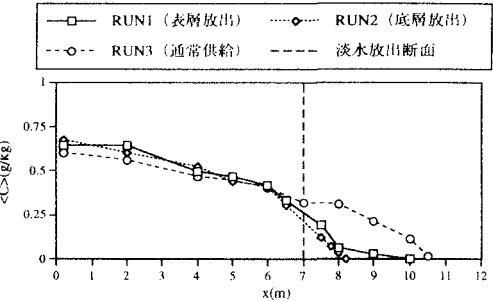


図-4 満潮時における断面平均の塩分濃度の流下方向分布

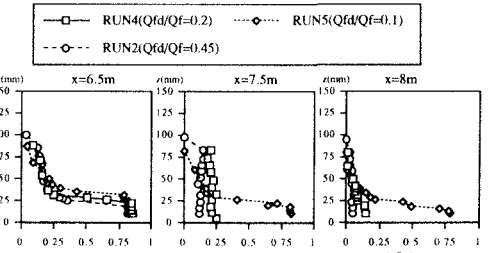


図-5 淡水放出断面付近の満潮時の塩分濃度の鉛直分布の比較

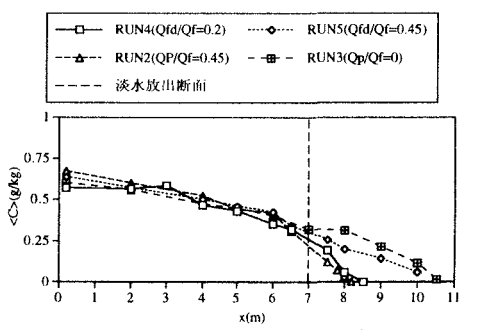


図-6 下流への淡水導入流量を変えた場合の塩水侵入状況の比較