

河川流量の変化に対する強混合型塩水侵入の応答特性

九州大学工学部 学生員○黒目 剛 安達貴浩 朝田 将 室永武司
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

感潮河川域における塩水遡上は、水資源としての河川水の利用価値を低下させ、更に、生態系に何らかの悪影響を与える恐れがあるため、河川上流側への塩水侵入を人工的に軽減する方法の開発が求められている。これまで弱混合型塩水侵入を軽減するいくつかの手法が提案されているが、強混合型塩水侵入に対する手法はほとんど提案されていない。著者らは、河川淡水流量が塩水侵入に大きな影響をもつことに着目し、堰などを利用し、海域の潮汐変動に応じ河川水流量を人工的に制御すること(以下、間断放流と呼ぶ)によって強混合型の塩水侵入を軽減する方法を新たに提案した。

今回は、間断放流が強混合型塩水侵入に及ぼす影響の基本特性を調べる室内実験を行い、その効果について検討した。

2. 間断放流が強混合型塩水侵入に及ぼす影響を調べる実験

2-1. 室内実験装置及び実験方法

小松らは、これまでに往復流のせん断乱流のみで強混合形態を実現できる室内実験装置を開発している。今回、間断放流の実験を行うに当たり、この実験装置の淡水供給部の放水口に流量測定器を設置し、放流流量のモニタリングを可能にした。更に、流量制御プログラムに従い、流量の設定値に応じ放水口の弁開度を自動制御することで、潮汐変動に連動した任意の流量変動パターンを実現することが可能となった。

2-2. 間断放流を行う時間帯の違いによる影響を調べる実験

間断放流を行う時間帯の違いが塩水侵入に及ぼす影響を調べるために、一潮汐間に河道部に流入する淡水の体積を一定($V_f=36000\text{cm}^3$)に、また、間断放流の時間間隔を一潮汐間に潮汐の1/2周期に固定し、潮汐に対する間断放流の時間帯のみを変化させて実験を行った(ただし、 $t=0\text{sec.}$ を干潮時とする)。表-1に実験条件を、また、図-1にRun1-2(満潮周り)の河道部上流から供給される淡水の流量変動パターンを示す。なお、 V_f 以外の条件を固定して行う実験では、潮汐変動による入潮量 P (本実験では、 $P_f=126000\text{cm}^3$)に対して河川流量の影響が大きい程、間断放流の効果が顕著に現れると考えられるため、淡水供給装置が供給しうる最大の流量を与え実験を行った。このように比較的大きな流量を供給しても、本実験条件下では、いずれの場合も、水深方向に様な塩分濃度分布を示す強混合形態の塩水侵入が実現された。実験結果として、図-2に準定常状態における満潮時の断面平均塩分濃度 $\langle C \rangle$ の流下方向分布を示す(ただし、 $x=0$ を河口とする)。

表-1 実験条件(その1)

ケース名	放流パターン	$V_f(\text{cm}^3)$	間断放流の時間帯(sec.)	間断放流時の流量($\text{cm}^3/\text{sec.}$)
Run1-1	通常供給	36000	-	-
Run1-2	満潮周りT/2	36000	60~80	300
Run1-3	干潮周りT/2	36000	0~60, 180~240	300
Run1-4	最大上げ潮周りT/2	36000	0~120	300
Run1-5	最大下げ潮周りT/2	36000	120~240	300

潮位振幅: $A=21\text{mm}$

河口平均水深: $H_0=85\text{mm}$

塩水供給流量: $Q_b=80\text{cm}^3/\text{sec.}$

海域の塩分濃度: $C_0=5\text{g/kg}$

潮汐周期: $T=240\text{sec.}$

堰設置位置: $X_B=12\text{m}$

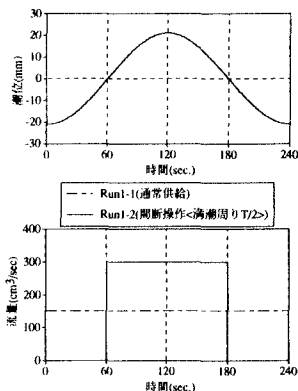


図-1 間断放流時の淡水流量変動パターンの一例(Run1-2)

干潮周りで放流した場合(Run1-3)と最大上げ潮周りで放流した場合(Run1-4)には、通常供給時(Run1-1)に比べ全体的に塩分濃度の低下が見られる。満潮周りで放流した場合(Run1-2)は、通常供給時に比べ下流側では塩分濃度が低減しているが、上流側では逆に大きくなっている。更に、最大下げ潮周りで放流した場合(Run1-5)には、通常供給時に比べ全体的に塩分濃度が小さくなるという結果が得られた。強混合型塩水侵入では、潮汐変動に比べ河川流量の影響は比較的小さいが、以上の結果より、 V_f が比較的大きい場合には、間断放流によって満潮時における塩水侵入状況が変化することが明

らかとなった。また、本実験条件の下では、最大上げ潮周りで
で間断放流を行った時に最も塩水侵入を軽減できることが分
かった。

2-3.間断放流を行う時間幅の違いによる影響を調べる実験

次に、 $V_f=18000\text{cm}^3$ とし、間断放流を行う時間帯の中心時刻
を最大上げ潮時に固定し、時間幅を潮汐の1/2周期、1/3周期、
1/4周期の3通り変化させて、時間幅の違いが塩水侵入に対し
てもつ影響について調べた(表-2)。実験結果として満潮時に
おける断面平均塩分濃度の流下方向分布を図-3に示す。前節の
実験条件に比べ V_f が小さくなってはいるものの、通常供給時
と比較すると塩水侵入が軽減されており、最大上げ潮周りで
間断放流を行うことにより塩水侵入が軽減され
ている。更に、 V_f が一定の時、上げ潮時の放流
であれば、間断放流を行う時間幅を多少変化さ
せても塩水侵入軽減効果に差はほとんど見られ
ないということが分かった。

2-4.上流からの淡水流入体積の違いによる影響を
調べる実験

次に、間断放流を行う時間帯の中心時刻を最
大上げ潮時に、時間幅を潮汐の1/2周期にそれぞれ固定し、 V_f
が変化した場合の塩水侵入の比較を行った。得られた満潮時
の断面平均塩分濃度より、河道部に侵入した単位幅当たりの
総塩分量 M を算出した。更に、 V_f が等しい場合の通常供給時
と間断放流時の M の比を用いて、間断放流による塩水侵入軽
減効果を評価した。結果を表-3に示す。3つの通常供給の結果
を比較すると、河川流量が大きい程、河道内への塩水侵入は
少なくなることが分かる。また、 V_f が大きいと、間断放流に
よって塩水侵入は9割弱まで押さえられるが、 V_f が小さいと、
間断放流による塩水侵入軽減効果はほとんどなくなって
しまう。以上の結果は、潮汐による河道内への入潮量 P_t
と一潮汐間の淡水流入体積 V_f の比は、間断放流の塩水侵入
軽減効果を規定する最も支配的なパラメータであること
を示しており、 P_t/V_f が非常に大きい場合、塩水侵入の
非定常な挙動は潮汐変動のみに規定され、間断放流の効
果はほとんど期待できないと言える。

3.結論 本研究の結果、以下のような知見が得られた。

- (1) 河道内への入潮量 P_t と一潮汐間に河道内を流下する
淡水の体積 V_f との比 P_t/V_f が比較的小さい場合には、上げ潮時に集中的に放流を行うことにより強混合型塩
水侵入を軽減することができる。
- (2) 上げ潮時に淡水放流を行う場合、トータル量が一定であれば、供給パターンが多少変わっても塩水侵入
軽減効果に差はほとんどない。
- (3) P_t/V_f は間断放流の塩水侵入軽減効果を規定する最も支配的なパラメータであり、 P_t/V_f が大きくなると、
上げ潮時に間断放流を行っても、間断放流の塩水侵入軽減効果はあまり期待できない。

参考文献 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、水工学論文集第40巻,pp505～510,1995。

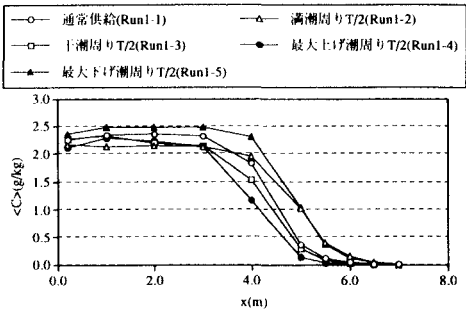


図-2 間断放流時の時間帯の違いが塩水侵入
に与える影響

表-2 実験条件(その2)

ケース名	放流パターン	$V_f(\text{cm}^3)$	間断放流の時間帯 (sec.)	間断放流時の流量 ($\text{cm}^3/\text{sec.}$)
Run2-1	通常供給	18000	-	-
Run2-2	最大上げ潮周りT/2	18000	0～120	150
Run2-3	最大上げ潮周りT/3	18000	20～100	225
Run2-4	最大上げ潮周りT/4	18000	30～90	300

潮位振幅：A=21mm 海域の塩分濃度： $C_0=5\text{g/kg}$
 河口平均水深： $H_0=85\text{mm}$ 潮汐周期： $T=240\text{sec.}$
 塩水供給流量： $Q_s=80\text{cm}^3/\text{sec.}$ 堰設置位置： $X_B=12\text{m}$

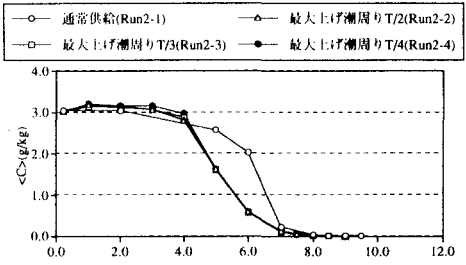


図-3 間断放流を行う時間幅を変えたときの
塩水侵入

表-3 V_f の違いによる塩水侵入軽減効果の比較

ケース名	放流パターン	$V_f(\text{cm}^3)$	$M(\text{g/cm})$	通常供給の M との比	P_t/V_f
Run1-1	通常供給	36000	7.61	-	3.5
Run1-4	最大上げ潮周りT/2	36000	6.7	0.88	3.5
Run2-1	通常供給	18000	12.64	-	7
Run2-2	最大上げ潮周りT/2	18000	10.84	0.86	7
Run3-1	通常供給	7200	16.75	-	17.5
Run3-2	最大上げ潮周りT/2	7200	17.24	1.03	17.5

潮位振幅：A=21mm 海域の塩分濃度： $C_0=5\text{g/kg}$
 河口平均水深： $H_0=85\text{mm}$ 潮汐周期： $T=240\text{sec.}$
 塩水供給流量： $Q_s=80\text{cm}^3/\text{sec.}$ 堰設置位置： $X_B=12\text{m}$