

広島大学 正会員 ○駒井 克昭
 広島大学 学生会員 中下 慎也
 広島大学 正会員 日比野 忠史

1. はじめに

河川感潮域における干潟地盤環境の形成機構は未解明な部分が多く、干潟や水際においては地下水循環による影響が考えられるが、太田川河口域のように潮汐変動が約 4m と大きい場合には、河川水と海水の混合状態と潮位変動に伴う河道の水理特性も河床地盤環境に影響を及ぼすと考えられる。これまで太田川放水路における水収支の評価¹⁾および河床面での水交換の連続測定²⁾を行い、干潟地盤内の地下水流動と河床面における水交換、および水域の汽水環境に関係があることを見出したが、干潟地盤内における塩分環境の鉛直構造の長期変動特性と河川水の塩分濃度の関係は十分に解明されていない。そこで、本研究では河床地盤内における水質の鉛直構造の長期連続観測を試み、干潟地盤内における塩分環境の形成過程と水循環機構を考察した。

2. 現地観測の概要

図-1は太田川河口域の地形と観測地点を示している。太田川放水路中流域の河道断面は図-2に示すように複断面形状をしており、大潮干潮時には低水路護岸前面に幅約 30m の砂干潟が現われ、背面にはタイドプールが形成される。本研究では 2007 年 8 月 25 日～9 月 16 日（観測①）と 10 月 3 日～15 日（観測②）の 2 度、太田川放水路中流域 St.1 の低水路干潟で干潟地盤内の塩分、水温の鉛直分布と地下水位を連続測定した。データの測定は 10 分間隔であり、地下水位の基準高さは河床面から -30cm とし測定した。干潟地盤内での観測は干潟最先端部 (A) で実施し、観測①では河床面 (GL) から -10cm, -15cm, -30cm, 観測②では -5cm, -10cm, -30cm で間隙水の水温・塩分を測定した。河川水と間隙水のやり取りを考察するため、同時に河床面直上の河川水の塩分・水温も測定している。

3. 結果と考察

1) 河床地盤内塩分の潮汐変動特性

図-3は St.1 の低水路中央における水深（河床面を基準とした水位）、矢口第一 (St.2) での河川流量推定値、降水量 ((a)と(c))、および河川水塩分と河床地盤内塩分 ((b)と(d)) を示している。上段は 2007 年 8 月 30 日～9 月 8 日、下段は 2007 年 10 月 4 日～13 日のデータを示している。ここに、干潟地盤内の塩分データは水深データを参考にしてセンサーが干出したときのデータは除いている。なお、観測期間中には 8/26, 8/30, および 8/31 に上流の祇園水門と大

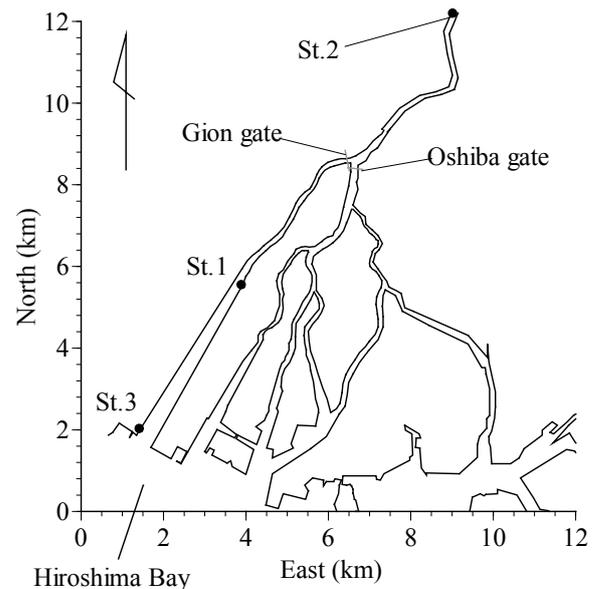


図-1 太田川感潮域の地形と観測地点

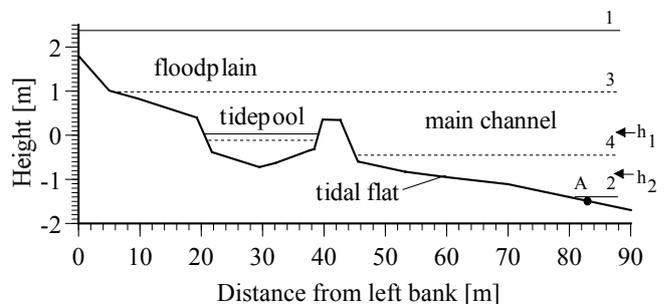


図-2 St.1 における河道断面と観測地点. 1, 2 の実線は大潮, 3, 4 の点線は小潮期の干潮位と満潮位を示している。

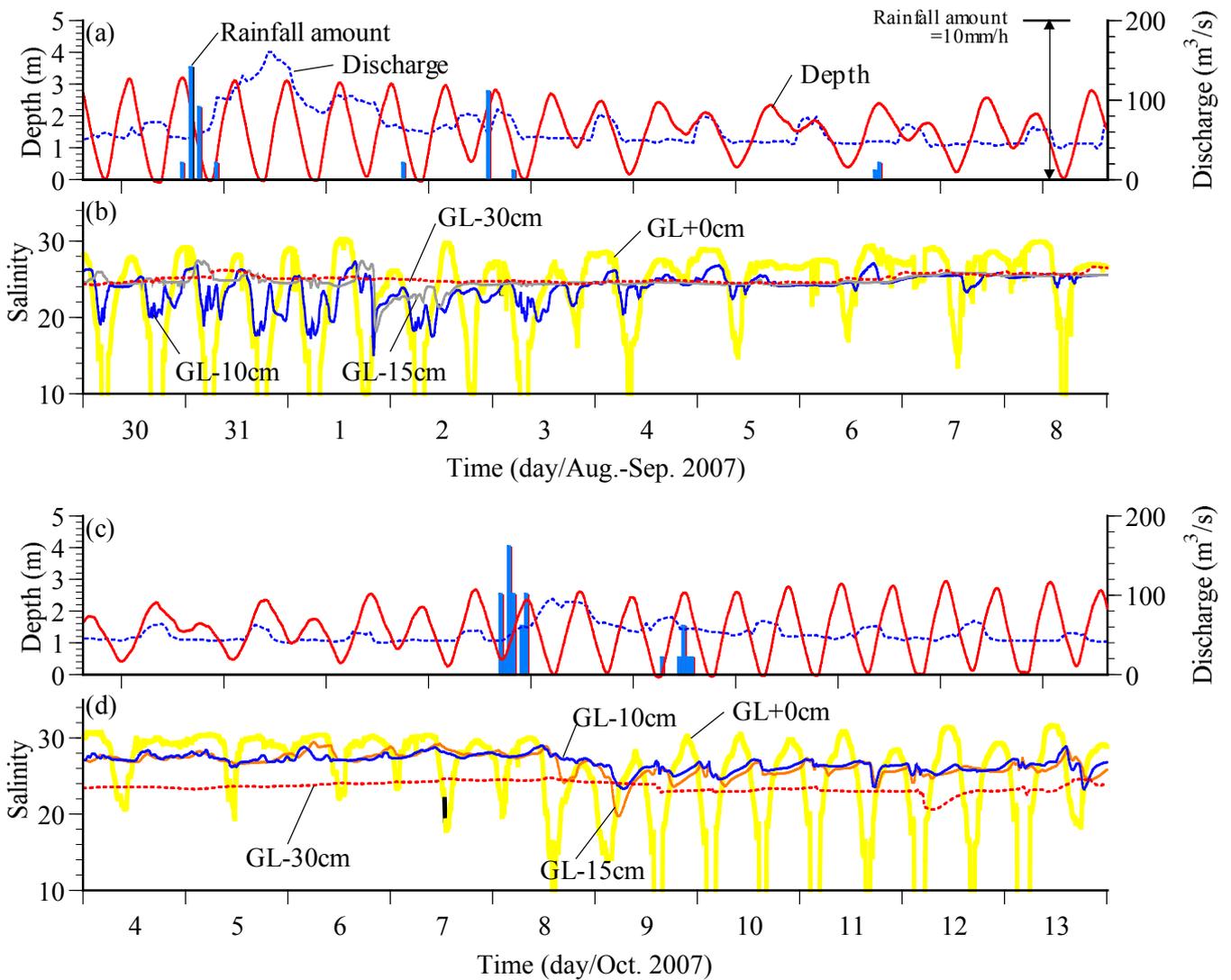


図-3 St.1の低水路中央における水深（河床面を基準とした水位），St.2での河川流量推定値，降水量（(a)と(c)），および河川水塩分と河床地盤内塩分（(b)と(d)）. 上段：観測①，下段：観測②. GLは河床地盤高を示す.

芝水門のゲートが管理のために試運転されたが，本観測で得られたデータにはその影響は特に現われていない．ゲート操作時以外，祇園水門は右岸端の第1ゲートのみ開度が0.3m，大芝水門のゲートはすべて全開に保たれている．8月31日～9月2日と10月8日～9日にかけては広島地方気象台において10mm/h未満の降雨が観測されており，St.2の推定流量が増加している．

観測①，②のいずれにおいても河川水塩分（GL+0cm）は干潮付近で地盤内塩分よりも低い状態になる．観測①の期間においては，河床面より水位が低下する大潮干潮時（8月31日～9月3日頃）にGL-15cm以上の地盤内で塩分が低下しており，河

床面からの低塩分水の浸透が示唆される．ただし，GL-30cmでは塩分低下はほとんどなく，河床面からの低塩分水の浸透の影響はきわめて小さい．これは，最低地下水位面より下に位置し，地下水の流動が小さいためと考えられる．一方，上げ潮～満潮にかけては海水遡上に伴って河川水塩分が上昇し，河床地盤内の間隙水の塩分よりも高い状態になり，速やかに地盤内塩分は回復している．

観測②の期間には観測①の期間と同様に干潮時に河川水の塩分低下が起こっているが，河床地盤内の塩分低下はわずかであり，大潮干潮時においても約1～2程度の塩分低下しかないことから，地盤内への浸透が少ないことが推測される．また，満潮時の塩

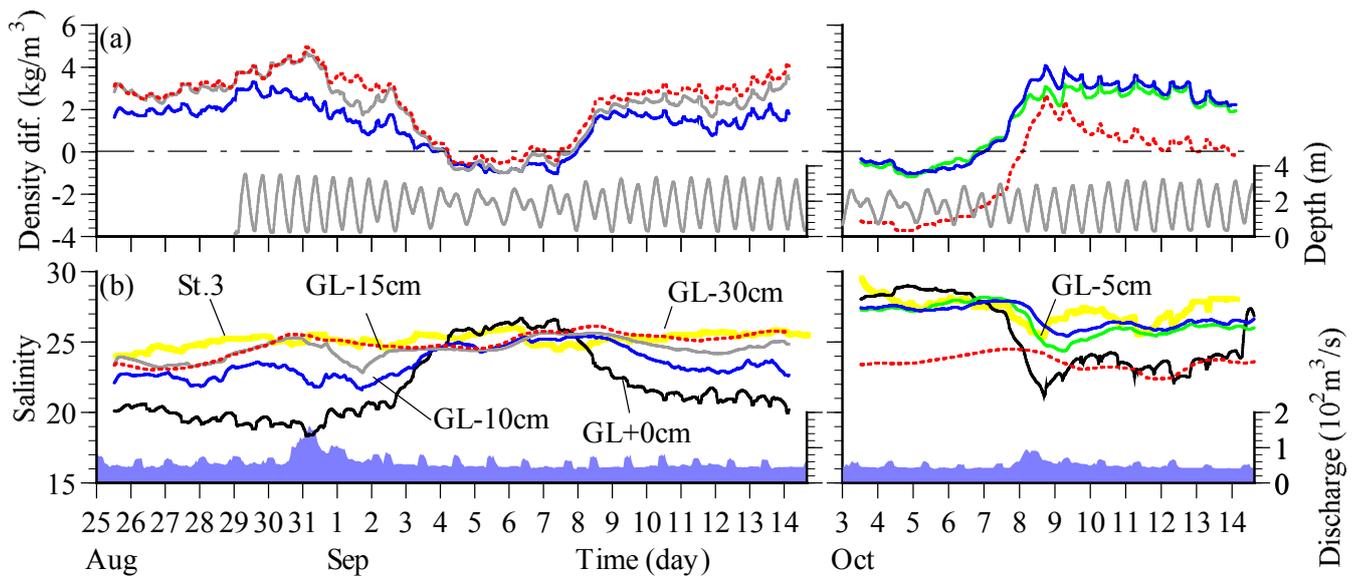


図-4 河床面直上水と地盤内間隙水の密度差および低水路水深(a), ならびに河床面直上と河床地盤内, および St.3 の塩分の 25 時間移動平均値と河川流量(b)

分上昇も緩やかで、河床面を通じた水交換は観測①の時期よりも少ないことが予想される。

以上のことから、季節的に河川水と地盤内の塩分差や河床面への浸透速度の違いによって地盤内への塩分フラックスが異なっていること、あるいは河床地盤内への塩分供給経路が異なることなどが考えられ、長期的な干潟地盤環境の変化の要因となっている可能性がある。

2) 干潟地盤内塩分プロファイルの長期変動特性

図-4は全観測期間における河床面直上水と地盤内間隙水の密度差および低水路水深(a), ならびに河床面直上と河床地盤内, および St.3 の塩分の 25 時間移動平均値と河川流量(b)を示している。観測①の大潮時には河床面直上 (GL+0cm) の塩分は約 20 であるが、小潮時には約 26 まで上昇している。これに伴って9月3日～5日にかけて GL-10cm の塩分は2～3 上昇している。この時期には平均的に河床面直上水の密度が地盤内より大きくなっており、河床面を通じた密度流が生じやすい状況にあることから、河床面での水交換を密度流が促進していることが推測される。GL-15cm は 8 月下旬に GL-30cm に近い変動を示しているが、出水後に塩分が低下した後に再び GL-30cm に近い値に回復し、9月9日以降は GL-10cm と GL-30cm の間の値を示している。GL-30cm は河

川水塩分と異なる緩やかな変化を示しており、より深い層の地下水と相互関係で塩分が決まっているものと予想される。小潮時には河床面から GL-30cm までほぼ様な塩分プロファイルになっており、9月8日以降に再び潮差が大きくなって河川水塩分が高くなると約1日遅れて GL-15cm より浅い層の地盤内塩分は低下している。

以上のことから、大潮干潮付近に地盤内に淡水が供給されることで地盤内の塩分が低下し、小潮時には河川水塩分が高くなり、密度流によって地盤内塩分の回復が促進されるという水循環が形成されていると考えられる。

観測②の期間にも小潮期には GL-30cm も含めて塩分が上昇しているが、GL-30cm の地盤内塩分は河川水より低い水準にある。これは9月18日ごろに $150\text{m}^3/\text{s}$ 規模の出水があったために塩分が低下した後、海域の成層崩壊後に塩分上昇して河口から遡上する塩分が高まったため河床面近傍の塩分は速やかに回復したのに対し、GL-30cm 以深では地下水の流れが小さく水交換が緩慢なため、塩分が維持されたと考えられる。その後、高塩分水が供給される大潮期に入る10月8日頃に再び出水があったため、回復途中にあった地盤内塩分がさらに低下した。このような原因によって、平均的に塩分の逆転がしばらく続いたと考えられる。

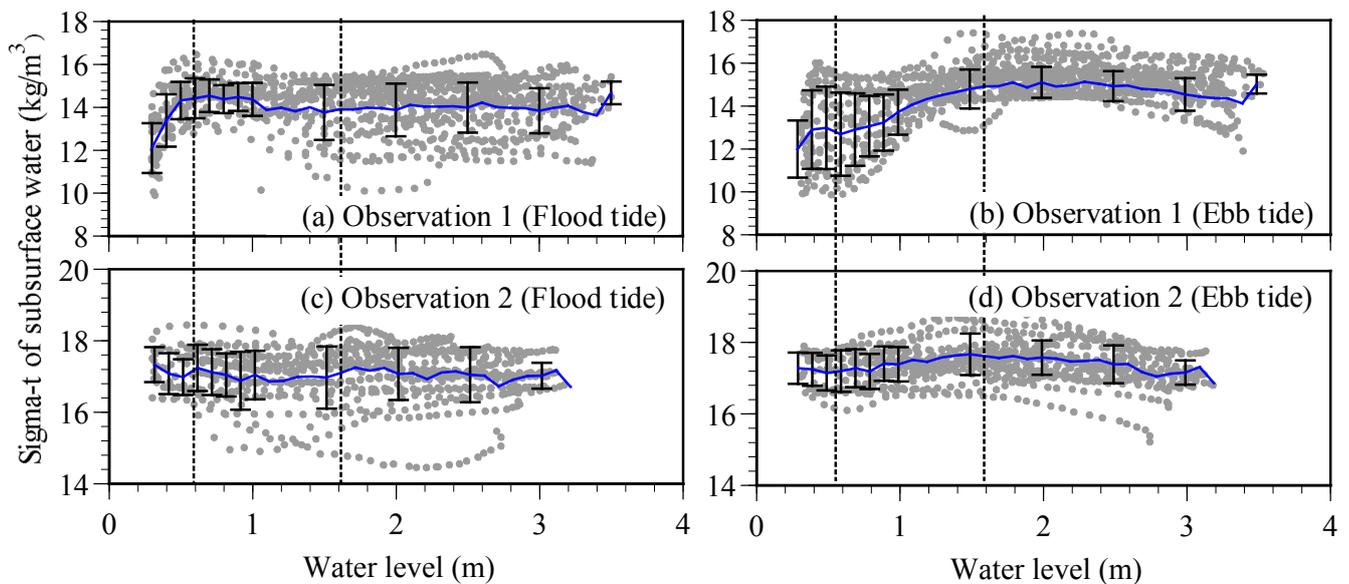


図-5 上げ潮・下げ潮別の水位と河床地盤内（GL-10cm）の間隙水塩分の関係（(a)(c)上げ潮，(b)(d)下げ潮，上段：観測①，下段：観測②）。

3) 河川水と河床地盤内の密度変動と河道特性

図-5 は上げ潮・下げ潮別の水位と河床地盤内（GL-10cm）の間隙水塩分の関係を示している。(a)は上げ潮，(b)は下げ潮，上段が観測①，下段が観測②の結果である。図中の点線は図-2 に示された h_1 と h_2 の高さを示している。

観測①の上げ潮時(a)の水位が 0.3~0.6m の範囲で地盤内間隙水の密度が上昇する。これは水位が 0.6m では低水路干潟が水没し、河幅の増大とともに低水路を遡上する海水によって河床面直上水の密度が高くなるためである。観測①の下げ潮時(b)には水位が 1.6m を下回った時に密度が低下し、その後 0.6m 付近で密度が保たれる。水位が 1.6m を下回るとタイドプールが死水域となって河川水が流下する河道幅が減少し、河床面付近で低塩分水が浸透すると考えられる。また、水位 0.6m 以下ではタイドプールと低水路の水位差が増大し、横断方向の動水勾配による地下水流により地盤内間隙水の密度が維持されると考えられる。

観測②の上げ潮時(c)には密度の変化は小さい。これは下げ潮時の密度低下が小さいため、上げ潮時の河川水と河床地盤内の密度差も小さくなるのが原因である。観測②の下げ潮時(d)には約 1.6m より水位が低下したときの密度低下は観測①とより小さいのは河川水と地盤内の密度差が小さいためである。

4. おわりに

本研究で得られた結論を以下に示す。

- 1) 干潟地盤内における塩分のプロファイルを連続観測することに成功した。8~9月期における地盤内の塩分変動は10月期よりも大きく、干潮時における河床面直上の塩分低下の違いが地盤内塩分の季節的な変化に影響を及ぼしている。
- 2) 大潮と小潮の違いで河床面直上と河床地盤内における間隙水の密度の大小関係が異なっており、密度流が河床面での水交換を促進している。
- 3) 河道断面形と水位の関係、および季節的な河川流量の違いが河床面での鉛直密度差を左右する一因となっていることが示唆された。

参考文献

- 1) 駒井克昭，日比野忠史，水野雅光：河川感潮域における淡水流入量の推定，海岸工学論文集，第54巻，pp.976-980，2007。
- 2) 駒井克昭，中下慎也，日比野忠史，福岡捷二，水野雅光：河川感潮域における河床面での水交換，水工学論文集，第52巻，pp.1315-1320，2008。
- 3) 中下慎也，日比野忠史，福岡捷二，水野雅光：出水期における干潟地盤内での水質変動特性，水工学論文集，第52巻，pp.1081-1086，2008。