

広島大学	学生会員	○西浦大貴
広島大学	学生会員	池原貴一
広島大学	正会員	日比野忠史
中国電力	非会員	横田英嗣

1. はじめに

広島市内に形成された干潟には、広島湾からの海水の遡上に伴って輸送された有機泥（シルト・粘土）が多く堆積しており、有機泥の堆積量が干潟生物等による消費量を上回るために、干潟の泥化が進行している。干潟在来層（砂層）の上に堆積した有機泥は、太田川デルタの地下水流動による水循環を阻害している。そのため、市内派川に形成された干潟では、透水性の高い材料（石炭灰造粒物）を用いた浸透柱が施工されている。本技術は、有機泥層の下に存在する干潟在来層まで浸透柱を貫入し、潮汐差を利用し浸透柱内に水循環を生起させ、干潟本来の浄化能力を助長するものであり、生物機能の回復も含めた干潟環境の改善が図ることが出来る。現地試験においては浸透柱周辺数 10cm 以上にわたり泥層の還元状態が改善されていることが確認されている。しかし、長期的には浸透柱内に流入する懸濁物などによる目詰まりが懸念されている。本研究では、施工後 3 年後の浸透柱の目詰まり状況を把握するとともに、室内実験によって浸透柱内での細粒分の挙動、目詰まりのメカニズムを検討した。

2. 広島市内派川干潟の状況

広島市の河川感潮域に発達する河岸干潟では、河川上流のみならず海域から運搬される有機泥が遡上・堆積する。一旦干潟上に有機泥が堆積すると、有機泥の流下は困難になり、干潟の泥化が進行する。図-1 には市内派川干潟における有機泥の堆積場所を示す。市内派川の干潟は泥化が進行しており、干潟の泥化によって底質内部の水循環が阻害されると、栄養塩負荷の蓄積、硫化物等の有害物質の堆積など、河川浄化能力が低下し、生物棲息環境の悪化が問題となっている。

一方で、これまでの護岸や河岸緑地などの整備に加えて、既に整備された水辺や河岸緑地などにおける様々な活動を促進することにより、川や海を市民に身近なものにすることが重要視され、平成 15 年に市民と行政の協働で「水の都ひろしま」構想が策定された。この構想のもと水辺などにおける新たな都市の楽しみ方の創出、都市観光の主要な舞台づくり及び個性と魅力ある風景づくりを目指し、「水の都ひろしま」の実現が取り組まれている。しかしながら、現状では干潟表面には有機泥がへドロ状に堆積しているため、水際に足を踏み入れ難く、景観的な問題が多い状態である。このような現状のもと、河川環境の改善だけでなく、人・都市・水を結ぶ新たな事業の取り組みや技術開発が求められている。

3. 現地調査による目詰まり状況

本川空鞘橋下流（距離標 2K880～2K960）付近（図-1）において、2009 年 1 月 15 日に浸透柱の回収、周辺干潟底質の

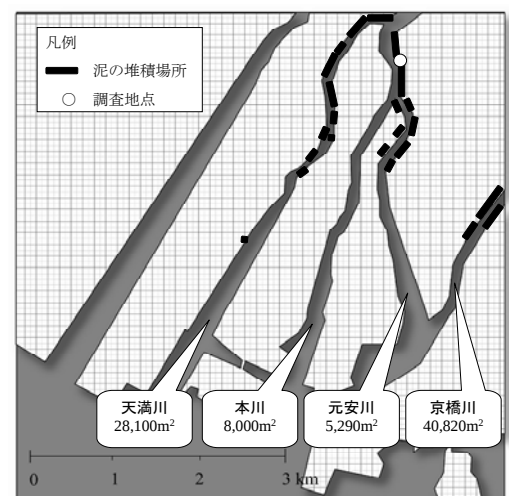


図-1 広島市内派川における泥の堆積場所



写真-1 京橋川における泥の堆積状況

調査を行った。調査地点は図-2 に示す位置であり、2005 年 12 月に浸透柱が施工された地点である。回収した浸透柱は下流側を浸透柱 1，上流側を浸透柱 2 とする。

回収した浸透柱は浸透柱内の堆積物量および粒度組成が分析された。分析結果を図-3 および図-4 に示す。浸透柱 1 については、浸透柱内の間隙全てが堆積物で満たされていたが、堆積物は細砂以上の粒径土粒子が 80%以上を占めており、浸透を阻害する状態にはなっておらず目詰まりはしていないと考えられる。一方、浸透柱 2 については、間隙の約 50%しか堆積物が満たしておらず、浸透柱 1 と比べると堆積物量は少ないが、浸透柱内の石炭灰造粒物同士が強固に結合し、目詰まりの兆候が確認された。浸透柱 2 は浸透柱下層に粗石が点在しており、施工時に砂層まで浸透柱が貫入していなかったため目詰まりが引き起こされたと考えられる。

また、浸透柱による周辺干潟の底質改善効果を評価のするめ、浸透柱を施工したエリアと浸透柱が施工されていないエリア（周辺エリア）の干潟底質の粒度分布，含水比，強熱減量が測定された。浸透柱エリアでは、周辺エリアに比べて細粒分含有率が低く、また含水比・強熱減量も低いことから干潟底質が砂質土化しており、浸透柱施工の効果が現れていると考えられる。

4. 浸透柱の目詰まり特性およびメカニズムの解明

現地での潮汐の干満によって生じる上下浸透流を再現した室内実験により、河川中の懸濁物質の浸透柱内への浸入による目詰まりのメカニズムおよび浸透流による細粒分の挙動を解明する。

4.1 冠水状態での目詰まり状況

実験は図-5 に示すような装置により行った。干潟在来層（砂層）の上に石炭灰造粒物（粒径 40mm）を 30cm 敷設し浸透柱を再現した。河川中の懸濁粒子が浸入する状況を浸透柱上部からの濁水の供給により再現し、浸透柱内に堆積した泥が流出する状況を下からの浸透流の生起により再現した。実験は、

- ①水頭差 1cm で懸濁水を下方向浸透流とともに 12 時間与える。
 - ②水頭差を左右切り替え、水頭差 1cm で上方向浸透流を 12 時間与える。
 - ①，②を繰り返し経時的に浸透流速の測定を行った。
- 実験条件を表-2 に示す。

(1) 上方向浸透流による目詰まり抑制効果

図-6 に実験開始からの上方向，下方向浸透流の断面平

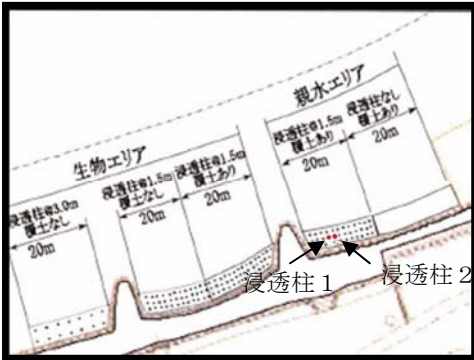


図-2 浸透柱回収場所

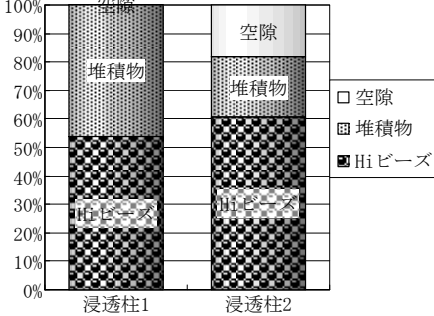


図-3 浸透柱内の Hi ビーズ，間隙，堆積物の割合

表-1 底質の性状

	含水比 (%)	強熱減量 (%)
浸透柱エリア	42.4	3.64
周辺エリア	54.9	4.33

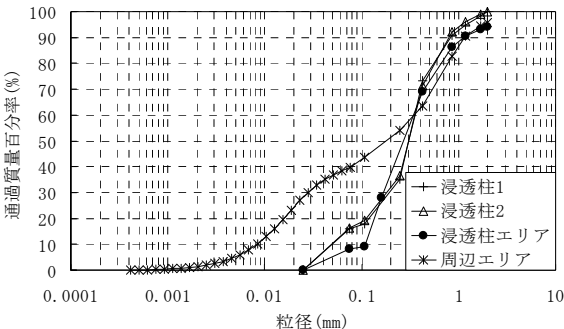


図-4 浸透柱内堆積物の粒度分布

表-2 実験条件

	上方向浸透流	下方向浸透流
水頭差 (cm)	1	1
流速 (cm/s)	0.009	0.009
SS (mg/l)	0	1250
時間 (h)	12	12

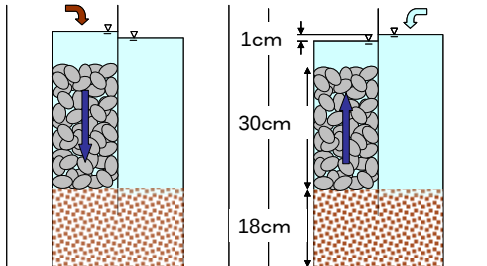


図-5 下向き浸透流生起時（左）と上向き浸透流生起時（右）

均流速の経時変化を示す。図の色がない部分は下向きの流速を表し、色がある部分は上向きの流速の大きさを表している。

下方向浸透流を与えると通水 12 時間程度でも流速は経時的に減少し、目詰まりの兆候が見え始める。これは浸透柱層下に敷き詰めた砂層に泥が侵入し、また砂層上部に泥が堆積しているため流速が小さくなっている。今回の実験で使用した砂は、現地干潟の砂よりも粒径が大きいものを使用しているため砂層内に泥が浸入し、流速の減少に繋がったと考えられる。しかし、12 時間後に上方向浸透流を生起させると、その流速は回復し目詰まりを抑制していることが分かる。その後も、濁水通水時には流速が減少するが、上方向浸透流を与えることで流速が回復する傾向が続いており、上方向浸透流による目詰まり抑制効果が確認できる。

(2)浸透柱層の泥の堆積状況

浸透柱層に流入する懸濁粒子がどのように移動し、トラップされるのか確認するため、実験終了後に石炭灰造粒物層を上・中・下層の三層に分けて回収し、堆積物量・堆積物の粒度分布を分析した（表-3、図-7）。

実験の結果、下層に向かうにつれ堆積物量は多くなり、粒径が小さくなっていることが分かる。上層では、粒径の大きい土粒子がトラップされ、粒径の小さい土粒子は上層ではトラップされずに下層まで到達していると考えられる。

4.2 干出を考慮した目詰まり状況

ここでは、現地での現象を詳細に再現するため、干潮時の浸透柱の干出を再現した実験を行った。実験条件は冠水状態での実験と同じである。

実験は、①水頭差 1cm で懸濁水を下向き浸透流とともに 12 時間与える。②徐々に水位を低下させ浸透柱層の約 80%を 12 時間干出させる。③徐々に水位を上昇させ水頭差 1cm で上向き浸透流を生起させる。④徐々に水位を低下させ浸透柱層の約 80%を 12 時間干出させる。①～④を繰り返し現地での現象を再現し実験を行った。

(1)干出による影響

図-8 に実験結果を示す。図の色なしの部分は下向き浸透流速、色ありは上向き浸透流速を表す。

冠水状態での実験の時と同様に、下向き浸透流とともに懸濁水を通水すると流速が低下するが、上向き浸

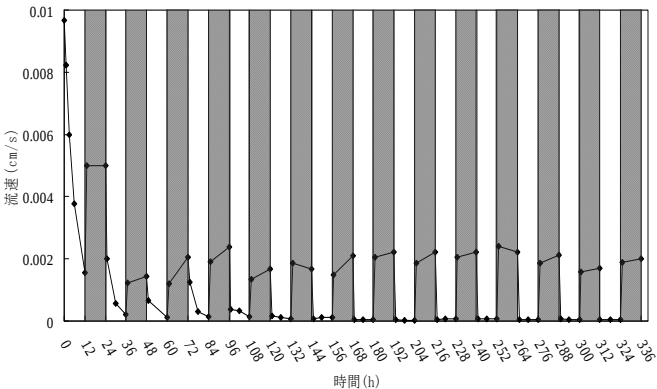


図-6 浸透流速の経時変化
(色なし：下方向，色あり：上方向)

表-3 浸透柱内の堆積量

	石炭灰造粒物 (g)	泥 (g)
上層	2240	42.39
中層	2315	45.69
下層	2350	59.59

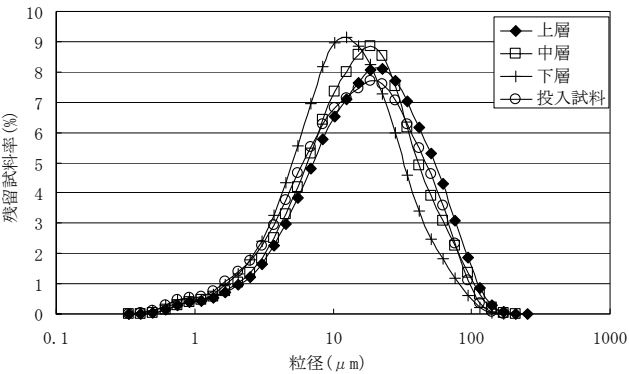


図-7 堆積泥の粒度分布

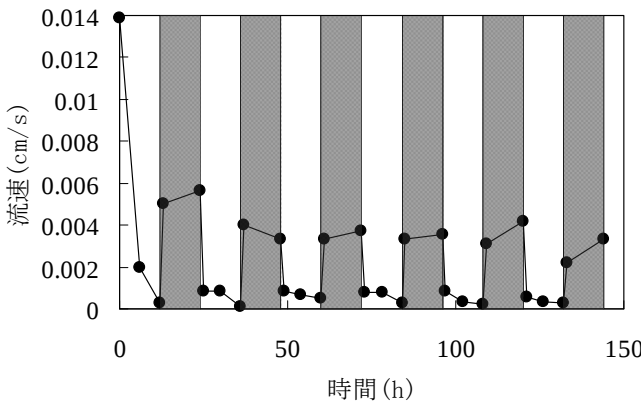


図-8 浸透流速の経時変化

透流を与えることで流速が回復する傾向にある。しかし、下向き流速は冠水状態の実験に比べて小さいことがわかる。これは、干出によって浸透柱内の堆積泥が乾燥・圧密したために透水性が低下し起こったと考えられる。しかし、上向き流速は干出なしの場合と同程度の流速が出ていることから、水頭差 1cm 程度の流速があれば、目詰まりを抑制することができることが確認された。

5. おわりに

本研究により明らかとなった点について以下に述べる。

(1) 現地調査による目詰まり状況

2009/1/15 に行った調査では、下流側の浸透柱については浸透柱内の間隙を全て満たすほどの土砂が流入していたが、その粒径は約 80% が細砂以上の粒径土粒子であり浸透を阻害する状況にはなく、浸透柱の目詰まりは起こっていないことが確認された。一方、上流側の浸透柱は浸透柱施工時に砂層まで貫入されておらず、浸透柱下層に泥層が見られ、目詰まりの兆候が見られた。

(2) 浸透柱周辺の底質改善効果

浸透柱を敷設することによって、周辺地盤内での粒度改善、含水比、IL の低下がみられ浸透柱周辺の底質改善効果の進行が確認された。

(3) 浸透流による目詰まり抑制効果

室内実験の結果、浸透柱の目詰まりは 10^{-3}cm/s 程度の流れがあれば上向き浸透流生起時に浸透流速が回復し目詰まりが起こらないことが確認された。