

資料

太田川市内派川の河川感潮域に形成された干潟環境の特徴

後田 俊直, 寺内 正裕

Characteristics of Estuarine Tidal Flats in a Branch River of Ohtagawa

TOSHINAO USHIRODA, MASAHIRO TERAUCHI

太田川市内派川の一つである京橋川に形成された干潟において、干潟の物理・化学的環境の実態調査を行い、現状を把握するとともに河川管理の異なる太田川放水路と比較した。京橋川の干潟は、上流から下流に向かって砂質干潟から砂泥質へと変化し、特に中～下流域で細粒分や有機物及び栄養塩類の著しく蓄積した集積場が存在した。有機物及び栄養塩類は75 μ m以下の微細粒子に付着して干潟に堆積しているものと推測された。C/N比の分布から上流では主として植物プランクトンに起因した有機物が、中～下流域ではC/N比が大きい陸域起源あるいは一次生産起源でも分解の進んだ有機物が堆積していると推察された。一方、放水路では、上流から下流にかけて有機物及び栄養塩類の様に低い砂質～砂泥質干潟が広がっており、全般的に植物プランクトン由来の比較的新しい有機物が堆積していると推察された。

Key Words : 河口干潟, 汽水域, 太田川, CN比

緒 言

広島県の西部に位置する一級河川の太田川は、下流デルタ域で太田川放水路と旧太田川（市内派川）に分派し、市内派川はさらに5つの河川に分派し、広島湾に注いでいる。瀬戸内海特有の大きな干満差の影響を受け、潮位変動に伴い海水が遡上する感潮河川となっており、河岸沿いには干潟が広がっている。干潟には多くの生物が豊産することはよく知られており、生物生産、水質浄化、生物多様性の場である。また、アメニティーを提供する親水空間でもあるなど多面的な機能を有している。特に河口干潟は、陸と海との接点に位置し、陸域からの栄養の供給口であり、生物の生産性が高く、豊かな生態系を育む場である。また、底泥における微生物による活発な有機物の分解、無機化に伴う栄養塩の再生産が、水圏における一次生産者の生産を支えていると考えられている[1]。しかし、広島湾北部海域では干拓・埋立てにより干潟の大部分が消失した現在、まとまった干潟がみられるのはほとんどが太田川河口干潟となっており、広島湾の栄養塩環境や漁業生産への寄与といった観点からも貴重な干潟となっている。

一方、太田川デルタでは市街地に占める水面面積の割合が約13%と大きく、市民の4割弱が水辺の近くに居住している[2]。平成15年には国、県、市が「水の都ひろしま」構想を策定し、市民が水に親しむことができる

水辺空間づくりが進められている[3]。しかし、市内派川では有機泥が堆積し、悪臭や景観など水辺利用の支障になっている場所も見られ、河川底質の改善や生物生息環境の保全が望まれている[4]。このため太田川河口干潟の保全・再生のための知見や干潟の機能を把握・評価することが重要である。

太田川放水路では、平成16年に「太田川生態工学研究会」が立ち上げられ、放水路の環境や有する機能の実態把握を行うとともに、将来の河川管理に役立てることを目的とした調査研究が行われてきた[5]。一方、市内派川では、天満川を対象とした調査研究例が若干みられるが[6-9]、他の派川、特に広島県の管理区間となっている京橋川ではほとんど行われてこなかった。

そこで本報では、太田川市内派川のうち京橋川を対象として、干潟の物理・化学的環境について実態調査を行い、上流～下流にかけての空間的分布を把握した。また河川管理の違いにより淡水の流入形態の異なる太田川放水路での調査も合わせて行い、河川間での干潟環境の違いについて比較した。

方 法

1 調査対象河川の概要

太田川は、広島県西部を流域とした幹川流路延長103km、流域面積1710km²の一級河川であり[4]、下流デルタ域で太田川放水路と旧太田川（本川）に分流し

ている(図1)。旧太田川は下流で5本の支川に分派しているが、これらを「市内派川」と称している。分派点から河口までの河床勾配は1/2000と緩やかであり、潮位差が大きい(大潮時最大約4m)ことから、河川汽水域は河口から分派点を越えて約12kmの区間に及んでいる[5]。太田川放水路は、広島市中心部を洪水被害から守るために建設された延長約9kmの人工河川であり、市内派川との分岐点下流にある祇園水門と大芝水門によって淡水流量が制御されている。平水時には、市内派川側の大芝水門は全開となっており、概ね市内派川に9割、放水路に1割分派されている。洪水時(分派前の流量が約400m³/s以上)には祇園水門が開放され、放水路への流入量が急激に増大する。このときの放水路と市内派川の分派量の割合は、概ね4.5:3.5とされている[4]。

市内派川はさらに天満川、本川、元安川、京橋川及び猿猴川の5つの河川に分派している。放水路を含めた西側の4河川は国の管理、京橋川及び猿猴川が広島県の管理区間となっている。今回の調査対象とした京橋川は、旧太田川から分岐し、下流で元安川に合流するまでの流路6.2kmの区間である。京橋川は、広島市街地を蛇行して流れる都市河川であるが、上流には自然護岸やアシ原がみられ、ヤマトシジミが生息し、シジミ漁がおこなわれている。中流域では、河岸緑地に「オープンカフェ」が設置されており水辺空間を利用したにぎわいの場として親水利用されている。

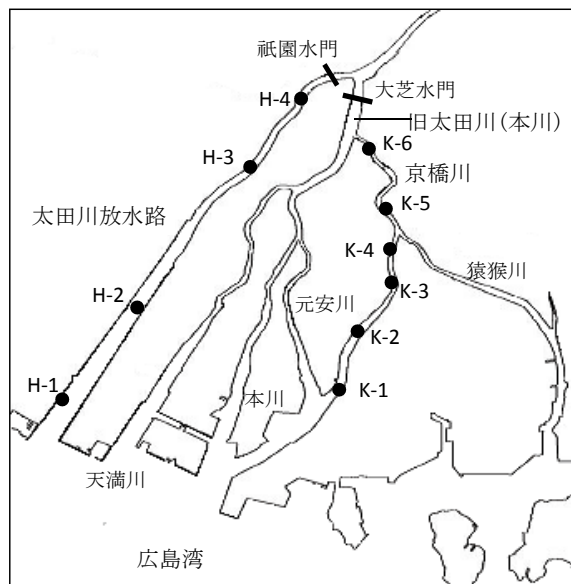


図1 太田川感潮域の地形と調査地点

2 調査地点及び調査方法

調査地点を図1に示す。京橋川の調査地点は、河口での元安川との合流点から上流の分岐点までの6地点(K-1~6)、放水路の調査地点は、河口から祇園水門まで

の4地点(H-1~4)である。なお、放水路の中流域(H-3地点)には河道内に構築された石積護岸により河道が低水路と高水敷に区分されているが、本調査では低水路干潟で調査を行った。

調査は、夏季と冬季の2回行い、夏季は2013年7~8月、冬季は2014年2月の大潮の干潮時に行なった。干出した潮間帯の干潟の表層(約5cm層)を採取し、均等に混合して試料とした。また、クロロフィルの試料は表層1cm層を採取した。試料採取は1地点3か所で行った(n=3)。泥温及び酸化還元電位(ORP)は現地で干潟表面から5cm深の位置で測定した。なお、ORPは、標準水素電極を基準とした電位(Eh)に換算したものを測定値とした。

3 分析方法

採取した試料は実験室に持ち帰り、含水率、強熱減量(IL)、粒度分布、硫化物、全有機炭素(TOC)、全窒素(TN)、全りん(TP)及びクロロフィルを測定した。

含水率、IL、TOC及びTNは底質調査方法[10]に従い測定した。TOC及びTNは柳本製CHNコーダMT-3を用い、TOCは試料を塩酸で前処理して測定した。C/N比の算出には、CN同時測定した窒素の値を全有機窒素(TON)とし、TOC/TON(モル比)として求めた。硫化物は、検知管法(ガステック社製、ヘドロテックS)により測定した。粒度分布は、JIS A 1204のふるい分析及び沈降分析により測定した。TPは、灰化・塩酸抽出法[11]により前処理を行い、オートアナライザー(BRANLUEBBE社、TRAACS-2000)で測定した。クロロフィルは、Lorenzenの方法[12]により、クロロフィルa(Chl-a)とその分解生成物であるフェオフィチン(Pheo)をそれぞれ測定した。なお、粒度分布の測定は夏季の調査のみ行った。

結果と考察

1. 干潟土壌の粒度分布

京橋川及び放水路の各調査地点における干潟土壌の粒度分布をそれぞれ図2及び図3に示す。また、泥分率を図4に示す。なお、棒グラフは地点平均値(n=3)、エラーバーは最大値と最小値を表している(以下同じ)。京橋川の上流域(K-5、K-6)では泥分(75μm以下の粒子、粘土・シルト分)の割合はそれぞれ2.0%、0.6%と低く、干潟土壌はほとんどが礫と砂で構成された砂質干潟であった。下流に向かうほど粒度分布は細粒分側にシフトし、泥分率は高くなった。特に下流のK-2地点では、泥分率は66%と極大値を示した。

一方、放水路では河口に向かうほど泥分率は高くなる傾向がみられるが、京橋川と比べてその変化は小さく、

泥分率も低い。中流域～上流域（H-2～H-4）では礫と砂が大部分を占める砂質干潟であり，最下流のH-1地点においても泥分率10%以下の砂泥質干潟であった。

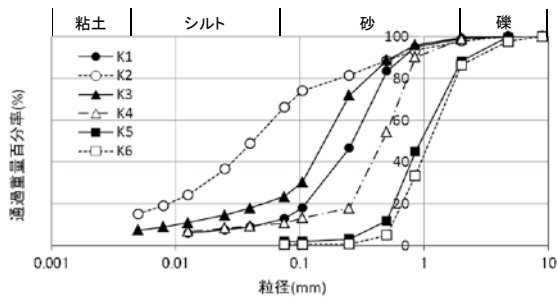


図2 京橋川干潟土壌の粒度分布

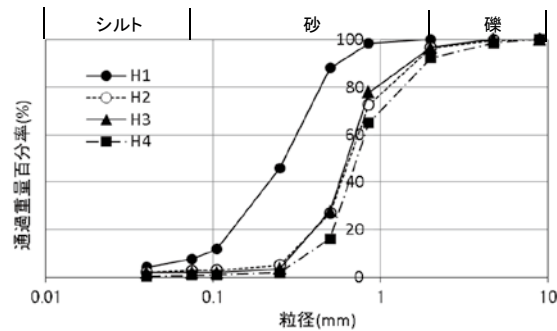


図3 放水路干潟土壌の粒度分布

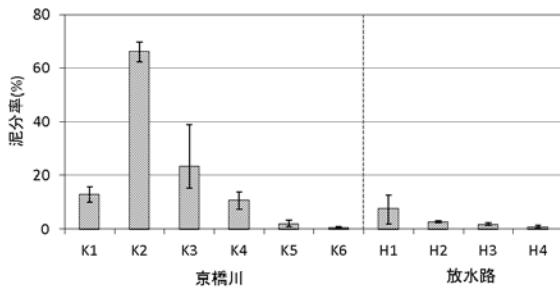


図4 京橋川及び放水路の干潟土壌の泥分率

2. 干潟の物理・化学的環境

京橋川及び放水路の各調査地点における含水率，Eh，硫化物，IL，TOC，TN及びTPを図5～11に示す。

干潟の含水率は，K-2，K-3といった泥分率が高い地点で高くなっており，微細粒子が保水能力を高くしている〔7〕ことが分かる。

干潟のEhは，京橋川では砂質の中～上流域（K-4～K-6）では高く，下流で低くなった。特に泥干潟のK-2地点では夏季にはEhはマイナス値を示し，還元的な状態であった。放水路では下流のH-1地点では夏季にEhは低下するが，いずれの地点の干潟も酸化的な状態であった。硫化物はEhに対応しており，Ehが低下する夏季に高くなり，特にEhがマイナス値を示したK-2地点では，

水産用水基準〔13〕の0.2mgS/gを超える濃度であった。

IL，TOC，TN及びTPは同様の傾向を示し，京橋川の上流域，放水路では低く，京橋川の中～下流域，特にK-2，K-3地点で高くなった。夏季と冬季ではほとんどの地点で差は見られないが，K-3，K-4地点ではその差が大きくなっていた。後述するように有機物や栄養塩類の堆積には，海水の遡上状況や河川流量が関係しており，これらの季節変動に伴い，干潟への堆積量が変化していると推測された。

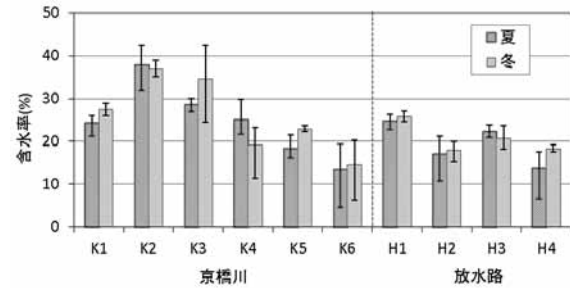


図5 京橋川及び放水路の干潟土壌の含水率

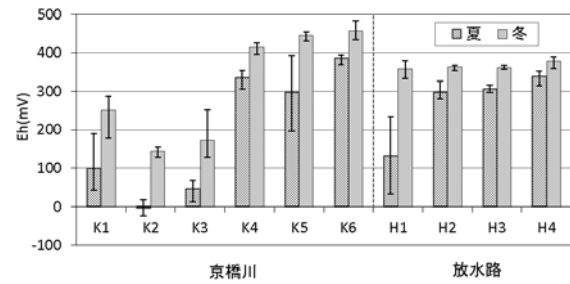


図6 京橋川及び放水路の干潟土壌のEh

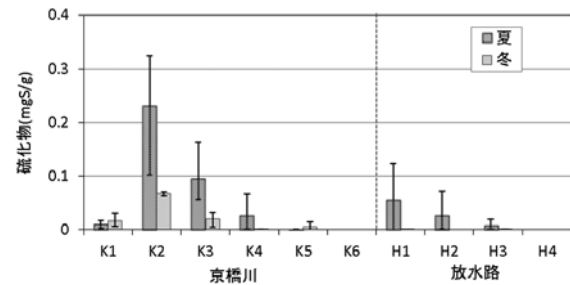


図7 京橋川及び放水路の干潟土壌の硫化物

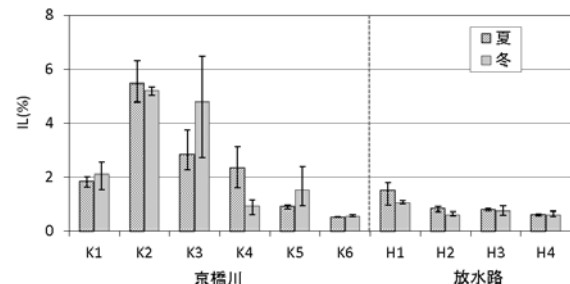


図8 京橋川及び放水路の干潟土壌のIL

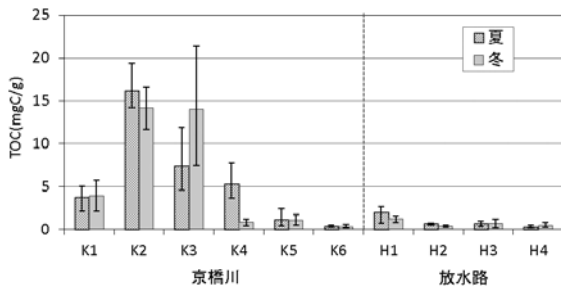


図9 京橋川及び放水路の干潟土壌のTOC

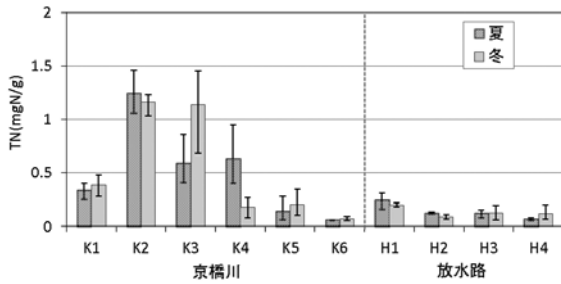


図10 京橋川及び放水路の干潟土壌のTN

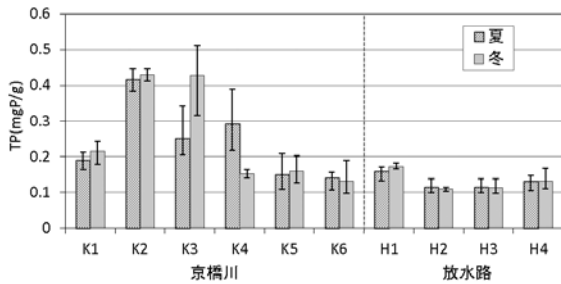


図11 京橋川及び放水路の干潟土壌のTP

3. 干潟堆積物の性状・起源

今回の調査結果から干潟土壌（堆積物）の性状や起源について考察した。

まず、京橋川及び放水路の干潟土壌の泥分率と有機物（TOC）及び栄養塩類（TN, TP）の関係を図12~14に示す。これらには高い相関があり、有機物及び栄養塩類は75 μ m以下の微細粒子に付着して干潟に堆積しているものと考えられた。TPについては、切片が大きいことから微細粒子だけでなく、75 μ m以上の粒径の大きいものにも吸着しているものと考えられる。

次にC/N比を用いて干潟堆積物の起源を考察した。C/N比は有機物の起源の指標としてよく使用されており、海域植物プランクトンではモル比で6.6前後、陸上由来有機物では12以上を示すことが知られている[14]。一方、堆積物中の有機物は微生物による分解を受け、有機窒素の方が有機炭素より分解が速い。そのため分解の進行に従って、C/N比は大きくなり [15]、有機物分解の最終形態と考えられるフミン質のC/N比は20~50程度といわれている [9]。各調査地点におけるC/N比を図15に示す。京橋川では、C/N比は下流に向かうほど大き

くなり、K-2地点で最大となった。その値は、最上流のK-6地点では7~9程度となっており、底生微細藻類あるいは沈降した植物プランクトンに起因した有機物が主体となっているものと推測された。また、中~下流域ではC/N比は15~17の値を示していることから、陸域起源あるいは一次生産起源でも分解の進んだ有機物が多く堆積しているものと推測された。C/N比からでは陸域起源あるいは海域起源の特定はできないが、いずれにしろ比較的難分解性の有機物が多く堆積しているものと推測された。一方、放水路では、最下流のH-1地点でもC/N比は10程度、他の地点も7~9程度の低い値であり、全域的に植物プランクトン由来のものが多くと推測された。

次に、Chl-aとPheoを合算したものを植物プランクトン由来の指標とし、TOCと植物プランクトン由来の有機物の関係について考察した。図16にTOCと有機物中に占める植物プランクトン由来の割合を表した（Chl-a+Pheo）/TOCの関係、図17にTOCと植物プランクトンのうち生きているものの割合を表したChl-a/（Chl-a+Pheo）の関係を示す。これらはいずれもTOCが低いほど高くなる傾向を示していることから、京橋川の上流域や放水路など、有機物量の低い干潟では、植物プランクトン由来の新鮮な有機物が比較的多いことを示しており、C/N比の結果と一致していた。

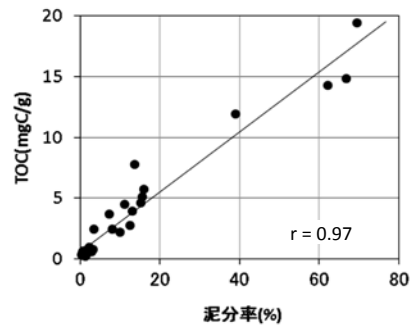


図12 干潟土壌の泥分率とTOCの関係

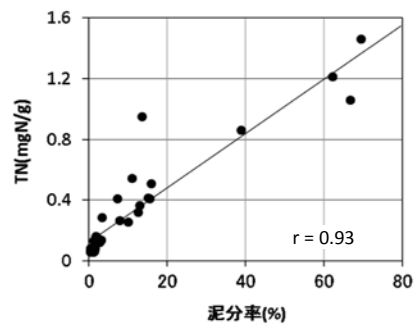


図13 干潟土壌の泥分率とTNの関係

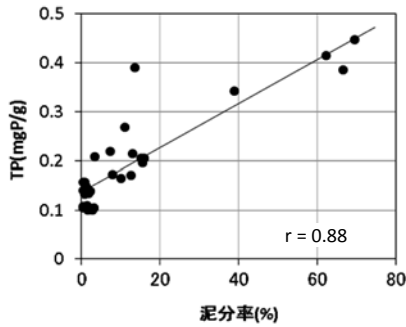


図14 干潟土壌の泥分率とTPの関係

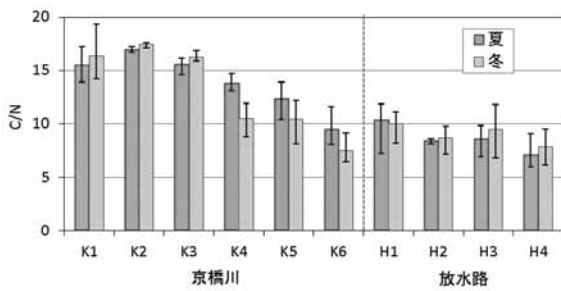


図15 京橋川及び放水路の干潟土壌のC/N比

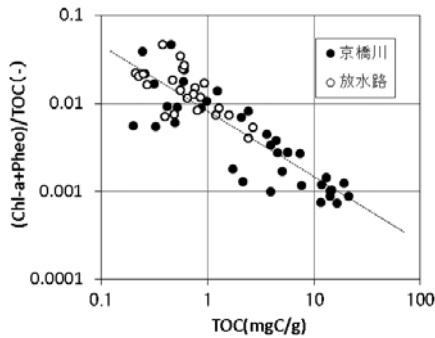


図16 TOCと (Chl-a+Pheo) /Cの関係

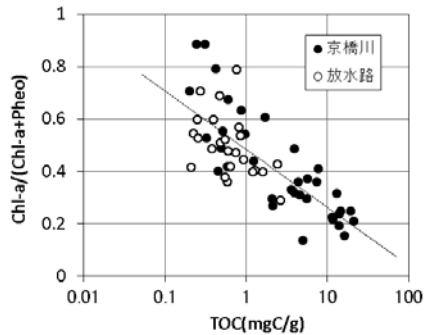


図17 TOCと生藻頻率との関係

4. 干潟の堆積環境の考察

京橋川に形成された干潟は、河口からの距離に対して底質分布が異なっており、特に中～下流域で泥分や有機物の著しく堆積した集積場がみられた。一方、放水路で

は極端な集積はみられず、分布の傾向は異なっていた。その要因について今回の結果とこれまでの報告から考察した。

河川の上流域から流入してくる淡水には、土砂や有機物の懸濁粒子や栄養塩が豊富に含まれているが、海水と淡水の混合による凝集沈殿や密度流による下層の流速の減少によって汽水域に堆積する [16]。一方、広島湾奥には微細土粒子と有機物、栄養塩によって形成される有機泥が堆積しており [17]、潮流等の攪乱により再浮上し、海水の遡上とともに輸送され、太田川河口部に堆積することが分かっている [6]。感潮河川では、水底上の流速がゼロになる澱み点あるいは塩水楔の先端付近にこれらの懸濁粒子の堆積が進行することが多いといわれている [18]。京橋川では中～下流域(K2～K3地点付近)が微細粒子とそれに付着した有機物等が堆積、集積する場となっているものと思われる。このような懸濁粒子の集中やそれに伴う堆積の進行は、汚染物質の集積を起こして水質、底質の劣化をもたらす恐れがある [18]。実際、京橋川の中～下流域では、底質の泥化、還元化、悪臭が起こっており、「水の都ひろしま」構想で目標とされるような身近な水辺とは程遠い状態になっている。

京橋川と放水路では干潟環境が異なっており、その大きな要因として、分派点において淡水の流入が操作されていることが挙げられる。平水時には淡水の大半が市内派川側に流れているため、市内派川の干潟は陸域からの負荷の大部分を受けることになる。一方、放水路では淡水の影響は弱く、海水の遡上が強いの [6]。このため海域起源の植物プランクトンの流入や河道内での一次生産が大きくなり、干潟堆積物はC/N比が小さい植物プランクトン起源の有機物が多くなるものと考えられる [7]。洪水時には、水門操作により放水路の流量は増加する。既報によると、洪水時には表層有機泥は流出され [6]、上流起源の粗砂が堆積することが報告されている [19]。その結果、放水路では泥分や有機物が低い状態で維持され、比較的良好的な干潟が維持されているものと考えられる。一方、市内派川の天満川では、平水時は放水路に比べ、有機泥の沈降水量が多く、洪水時の影響は中流部程度までであると報告されている [6]。太田川水系河川整備基本方針 [20] によると、洪水時の計画高水流量は、京橋川400m³/sに対して天満川930m³/sと、京橋川の分派量は天満川の1/2程度となっており、洪水時の影響は天満川よりさらに小さいことが予想される。このため京橋川では上流域では有機物の少ない砂干潟が維持されているが、中～下流域では洪水時の土砂供給や堆積泥の掃流が弱く、干潟の泥化を進行させる要因となっているものと考えられる。

ま と め

太田川市内派川の一つである京橋川に形成された干潟において実態調査を行った。その結果、上流～下流にかけての干潟環境の現状や放水路との違いについて以下の知見を得た。

- 1) 京橋川に形成された干潟の土壌は、上流では砂質であり、下流に向かうほど泥分は増加し砂泥質の干潟となった。特に中～下流域で泥分率は極大となり60%を超える泥質の干潟であった。一方、放水路では、上流から下流にかけて泥分率10%以下の砂質～砂泥質の干潟であった。
- 2) 京橋川では、中～下流域に有機物や栄養塩類が極大となる集積場が存在し、その地点では夏季には還元的な環境となり硫化物濃度が高くなった。一方、放水路の干潟は有機物や栄養塩濃度は一様に低く、酸化環境であった。
- 3) 泥分率と有機物及び栄養塩類には高い正の相関があり、有機物及び栄養塩類は75 μ m以下の微細粒子に付着して干潟に堆積しているものと推測された。
- 4) C/N比の分布から京橋川では上流では主として植物プランクトンに起因した有機物が、中～下流域ではC/N比が大きい陸域起源あるいは一次生産起源でも分解の進んだ有機泥が堆積していると推測された。一方、放水路では、上流～下流にかけて全般的に植物プランクトン由来の新鮮な有機物が堆積しているものと推測された。

謝 辞

本研究は、国環研と地環研とのⅡ型共同研究「藻場・干潟等浅海域と陸水域の生態系機能評価と生息環境修復に関する研究」において有益な情報・意見交換を介して実施された。関係各位に謝意を表す。

参 考 文 献

- [1] 干潟生産力改善のためのガイドライン。2008年2月。水産庁
- [2] 「水の都ひろしま」構想概要版。平成15年1月。国土交通省・広島県・広島市
- [3] 「水の都ひろしま」推進計画。平成26年3月改定。水の都ひろしま推進協議会
- [4] 太田川水系河川整備計画【国管理区間】。平成23年

5月。国土交通省中国地方整備局

- [5] 太田川放水路河口干潟における生態工学研究－太田川生態工学研究会報告書－。平成25年3月。太田川生態工学研究会
- [6] 長戸宏樹, 越智達郎, 日比野忠史, 福岡捷二。太田川河口域における有機泥の循環に関する基礎的研究。水工学論文集。2007;51:1195-1200.
- [7] 西村尚哉, 駒井克昭, 今川昌孝, 日比野忠史。有機懸濁物質の形成に関する基礎研究－有機物の付着特性－。海岸工学論文集。2008;55:1056-1060.
- [8] 日比野忠史, 今川昌孝, 阿部徹, 福岡捷二。太田川デルタを流れる感潮派川での流れ特性。水工学論文集。2009;53:1393-1398.
- [9] 今井昌孝, 駒井克昭, 日比野忠史, 阿部徹, 西田芳浩。デルタ河川河口部に堆積する有機泥の分布特性。水工学論文集。2009;53:1447-1452.
- [10] 底質調査方法。平成24年8月。環境省水・大気環境局
- [11] 日本海洋学会編。沿岸環境調査マニュアル〔底質・生物編〕。恒星社厚生閣。1986.p.59
- [12] 日本水道協会。上水試験方法2001年版。p.563-566
- [13] 日本水産資源保護協会。水産用水基準2012年版。p.92-95
- [14] Woo-Seok SHIN, 藤林恵, 野村宗弘, 中野和典, 西村修。七北田川河口の3つの干潟における堆積有機物の起源とその特徴。環境工学研究論文集。2008;45:547-552.
- [15] 和田秀樹, 中井信之。堆積物中の有機物の炭素同位体組成とC/N比：駿河湾表層泥について。静岡大学地球科学研究報告。1981;6:73-81.
- [16] 汽水域の河川環境の捉え方に関する手引書－汽水域における人為的改変による物理・化学的変化の調査・分析手法－。平成16年5月。汽水域の河川環境の捉え方に関する検討会
- [17] 日比野忠史, 松本英雄。広島湾に分布する浮泥の特性と季節的な性状変化。土木学会論文集B。2006;62;4:348-359.
- [18] 西條八東・奥田節夫編。河川感潮域－その自然と変貌－。財団法人名古屋大学出版会。1996：p96
- [19] 川西澄, 筒井孝典, 中村智史, 西牧均。太田川放水路における土砂動態と底質変動。海岸工学論文集。2005;52:906-910.
- [20] 太田川水系河川整備基本方針。平成19年3月。国土交通省河川局