

資料

太田川河口域における有機物の動態

後田 俊直, 小田 新一郎, 濱脇 亮次

Dynamics of Organic matter in the Estuarine in Ootagawa

TOSHINAO USHIRODA, SHINICHIRO ODA and RYOJI HAMAWAKI

(Received November 7, 2018)

太田川の河口汽水域において、淡水域-汽水域-海域にかけての有機物の動態を調査した。

平水時の全有機炭素 (TOC) は、海域及び淡水域では低濃度であるが、河川汽水域で高濃度であった。一方、降雨時は陸域負荷の増大により淡水域～河口で高濃度となり、海域では沖合に向けて減少していた。TOCは、溶存態 (DOC) の占める割合が大きく、海域で約 8 割、河川で約 6 割であった。TOCの変動には懸濁態 (POC) の寄与が大きく、TOCが高濃度となる河川汽水域ではPOCの割合が増加した。プランクトン色素量、C/N比及び紫外吸光度等との関係から、POC及びDOCの平水時の濃度増加には内部生産の寄与が大きく、降雨時は陸域由来有機物の寄与が大きいことが推察された。放水路と市内派川では、水門の運用により海水と淡水の影響が異なっており、海水遡上の大きい放水路では平水時の内部生産の影響が大きく、一方で淡水の影響が大きい市内派川では降雨時に陸域由来有機物の流入と河床堆積物の巻き上げによりTOCは高濃度となった。

Key Words : 懸濁態有機物, 溶存態有機物, 汽水域, 太田川

緒 言

広島県西部に位置する一級河川太田川は、広島市街地のデルタ域を流れ広島湾に注いでいる。太田川の水質は、近年環境基準値を満足しており、都市域の中にあっても良質な水質が維持されているが、太田川河口域がある広島湾奥部では、COD環境基準達成率は低い水準で推移している [1]。太田川は、潮位変動に伴い海水が遡上する感潮河川であり、その河口域は海水と河川水が混合する汽水域となっている。このような河川汽水域は、陸と海との接点であり、陸域からの有機物・栄養塩類等が物理的あるいは生物的に複雑な作用を受けて形態が変化し、海域に供給される。物理的な作用としては、希釈拡散、溶存物質の粒子への吸着、粒子の凝集や沈降等が挙げられる。また、生物的な作用としては、溶存物質の懸濁態化や無機化等による形態変化等が挙げられる [2]。

このような河口域での水環境の保全・管理のためには、塩分等の汽水域における水質環境因子の変動を知ると同時に有機汚濁物質の挙動あるいは形態変化等の把握も重要である。

本報では、太田川の河口汽水域において平水時と降雨時に水質調査を行い、淡水域-汽水域-海域にかけての有機物の動態について調査したので報告する。

方 法

1 太田川河口域の概要

太田川河口域の概要を図1に示す。汽水域となるのは、太田川の下流部及び広島湾の北部海域の水域である。広島湾は面積1043km²、平均水深25.8m [3]で周囲を島に囲まれた閉鎖性の強い海域である。特に北部海域は、厳島、江田島等の存在により二重に閉鎖的であり、河川経由の淡水の影響を受けやすい海域である。湾奥には一級河川の太田川が流入しており、その河口部には政令指定都市の広島市がある。主な流入河川としては、太田川のほかに二級河川の八幡川、瀬野川があるが、2014年における平均流量はそれぞれ68.19 [4]、2.73、2.33m³/s [5]であり、太田川の水量及び汚濁負荷量の寄与が極めて大きい。

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 [6]、下流デルタ域で太田川放水路と旧太田川(本川)に分流し、さらに旧太田川は5本の支川(天満川、本川、元安川、京橋川及び猿猴川、これらを「市内派川」と称す。)に分派している。そのうち本川、元安川、京橋川は河口近くで再び一つに合流して広島湾に注いでいる。広島湾は潮位差が大きい(大潮時最大約4m)ことから、河川汽

水域は河口から放水路と市内派川との分派点を超えて約12kmの区間に及んでいる [7]. 分派点下流には洪水調整を目的とした2つの水門 (大芝水門及び祇園水門) があり, 淡水流量が制御されている. 通常時には, 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) には放水路側の祇園水門が開放され, 太田川流量の半分強を放水路に流下させることとしている [7].

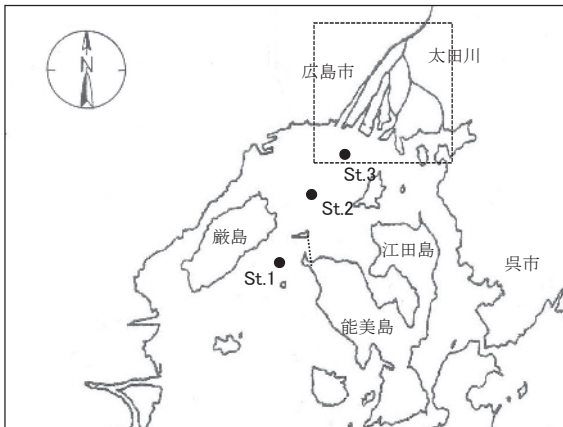


図1 (a) 広島湾の地形と調査地点

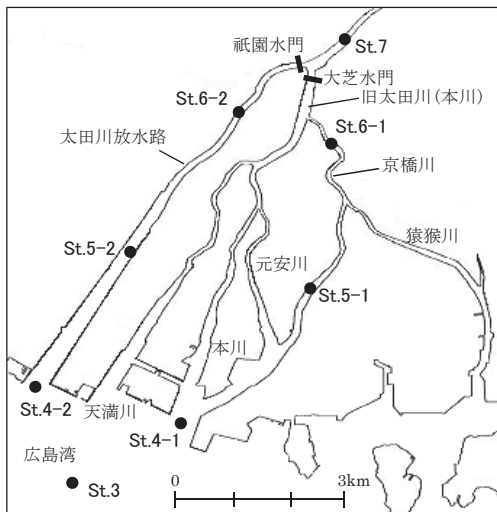


図1 (b) 太田川下流デルタ域の地形と調査地点

2 調査地点及び調査方法

調査地点は図1に示すように広島湾海域 (St.1~3), 河口 (St.4-1, 4-2), 河川汽水域 (St.5-1, 5-2, 6-1, 6-2) 及び分派点上流の淡水域 (St.7) である. 分派点から下流の河川は, 水門運用の違いを比較するために放水路と市内派川で調査を行った. 市内派川は, 過去に調査を行い, 塩分や底質等に関する知見 [8-10] を有している

理由から京橋川を選んだ. なお各河川の調査地点St.5-1とSt.5-2及びSt.6-1とSt.6-2は河口から同程度の距離である.

調査は, 2017年8月2日の平水時と2017年9月12日の降雨時に行い, 各地点の表層を採水した. また, 海域及び河口の地点では, 淡水の鉛直方向への影響を調べるために, 多項目水質計 (環境システム(株)製Quanta) を用いて, 任意の水深で塩分を測定した. 調査時の平均水深は, St.1: 31m, St.2: 20m, St.3: 15m, St.4-1: 11m及びSt.4-2: 4mであった.

なお, 調査日における太田川の日流量は, 8月2日 (平水時): 57.33m³/s, 9月12日 (降水時): 195.72m³/s (矢口第一観測所速報値) であり, 降水時は平水時の3倍強の流量であった. いずれの調査日も流量は400m³/s以下 (水門運用においては「通常時」) であり, 河川水の大半は市内派川に流れている状況であった.

また, 汽水域では時空間的な水質変動が大きいため各地点を同時に測定することが望ましいが, 現実的には労力, 費用の面から困難であるため, 移動しながら採水を行った. このため測定結果は必ずしも同一の潮汐の状態のものではない. 比較的水質変動の少ない海域及び河口は沖合から河口に向かって船で移動しながら採水を行い, 所要時間は3時間程度であった. 特に潮汐による水質変動の大きい河川は, 下流から上流に向かって速やかに移動しながら, 8月2日は若潮時の上げ5~8分 (所要時間100分), 9月12日は小潮の満潮~下げ1分 (所要時間70分) で採水を行った.

3 分析方法

採水した試料は実験室に持ち帰り, ガラス繊維ろ紙 (Whatman GF/C) でろ過し, ろ紙上の懸濁態試料と溶解態試料 (ろ液) に分離した.

浮遊物質 (SS) は, ろ紙試料を乾燥させ重量を測定し算出した. さらにろ紙試料を酸処理し, 柳本製CHNコーダMT-3を用いて懸濁態有機炭素 (POC) を測定した [11]. C/N比の算出には, CN同時測定した懸濁態窒素 (PON) からPOC/PON (モル比) として求めた.

溶解態有機炭素 (DOC) は溶解態試料に塩酸を添加し, pH2以下とした後, (株)島津製作所製全有機炭素計TOC-V_{CSH}で測定した. 全有機炭素 (TOC) は, DOCとPOCの和から算出した. 紫外吸光度 (UV260) は, (株)島津製作所製分光光度計UV-1600を用いて260nmの吸光度を測定した. UV260の評価は, 既報 [12] と同様にDOCに対するUV260の比 (UV260/DOC) を用いて行った.

その他の項目については, 塩分は電気伝導度を測定し, IAPSO標準海水の測定値より実用塩分 (psu) に換算した. クロロフィルは, Lorenzenの方法 [13] 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。

結 果

1 太田川河口域の塩分環境

平水時及び降雨時の太田川河口域の表層の塩分分布を図2に示す。平水時においては、湾内でも塩分は30psu前後であり淡水の影響を若干受けているものと思われるが、塩分低下が明確なのは河口からであり、河川上流に向って塩分は低下した。一方、降雨時には湾内 (St.2) 及び湾奥 (St.3) でも塩分の低下がみられ、淡水の影響範囲が湾内に拡大していた。河口から上流側での塩分低下は著しく、市内派川では河口 (St.4-1) でもわずか2.1psuであった。市内派川と放水路を比較すると、平水時及び

降雨時とも塩分は放水路の方が高くなっていた。この理由は、水門の運用により放水路への淡水流入が制御されていることから、放水路は海水遡上が大きく、逆に市内派川の方は淡水の影響が大きくなるためと推察された。また、降雨時には放水路河口 (St.4-2) よりも沖合にあるSt.3の方が塩分は低濃度になっているが、この理由としてはSt.3が市内派川河口の正面に位置しており、降雨により流量が増加したことで市内派川から流入した淡水の影響を強く受けたことによるものと考えられた。次に湾奥 (St.3) 及び河口 (St.4-1, St.4-2) における塩分の鉛直分布を図3に示す。平水時及び降雨時とも概ね2 m以深では塩分は30psu以上となっていた。今回調査を行った日は成層が強く起こっていたと思われる、淡水の影響は表層からわずか2 m程度であった。

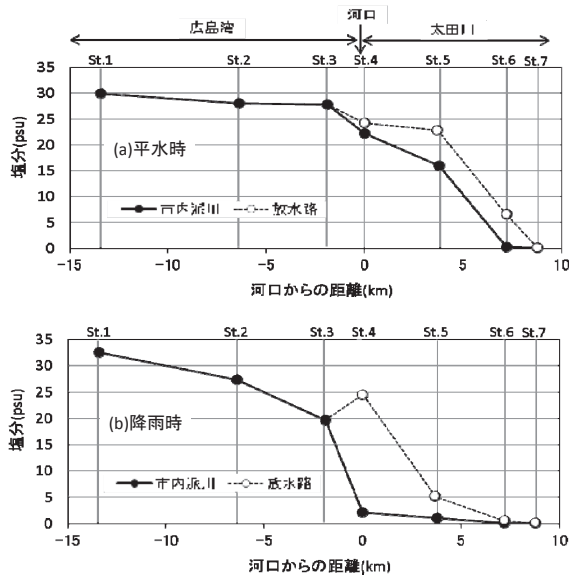


図2 太田川河口域における表層塩分の分布 ((a)平水時, (b)降雨時)

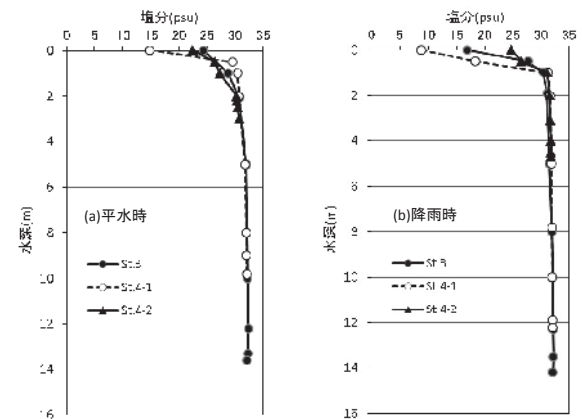


図3 湾奥 (St.3) 及び河口 (St.4) における塩分の鉛直分布 ((a)平水時, (b)降雨時)

2 有機物の形態

太田川河口域の表層における形態別有機物の分布を図4に示す。全有機炭素 (TOC=DOC+POC) は、平水

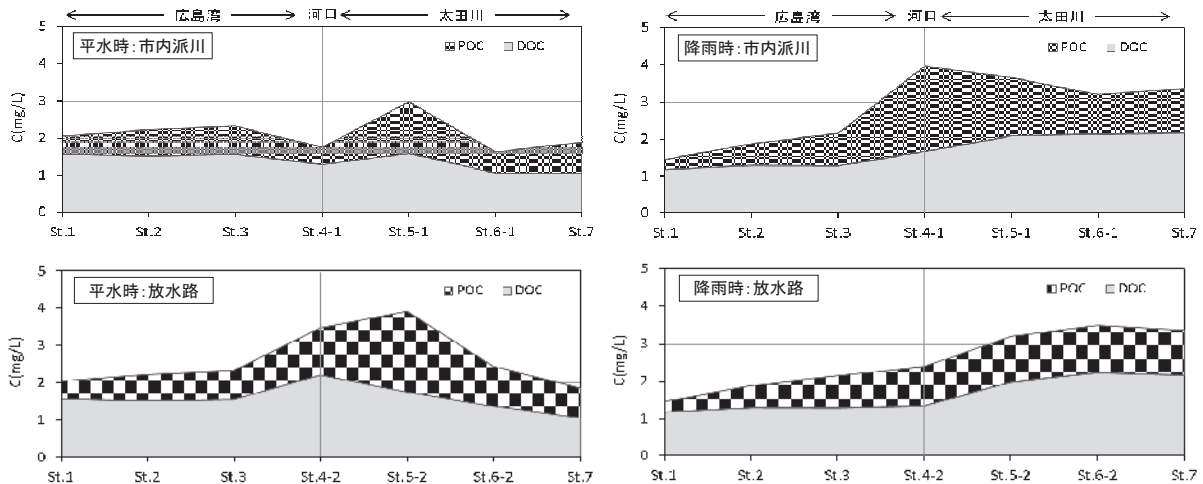


図4 太田川河口域表層における形態別有機物の分布 (左側:平水時, 右側:降雨時)

時には海域 (St.1~St.3 : 2.1~2.3mgC/L) 及び河川淡水域 (St.7 : 1.9mgC/L) で低く, 河川汽水域の海域に近い地点 (St.5) で最大 (市内派川St.5-1 : 3.0mgC/L, 放水路St.5-2 : 3.9mgC/L) となった. 一方, 降雨時には河川淡水域 (St.7) の濃度が3.4mgC/Lと平水時の1.8倍上昇した. 河口までの濃度も高く海域では沖合に向かって減少した. 有機物を形態別にみると懸濁態 (POC) よりも溶存態 (DOC) の占める割合が高くなっていて, 特に河川水よりも海水の方が溶存態の割合が高く, 淡水影響のない海域 (St.1) では約8割, St.7の河川水では約6割を溶存態が占めていた. また, 塩淡混合が起こる河口や河川汽水域では懸濁態の割合が増加し, 溶存態よりも懸濁態の割合が大きくなった地点もあった. TOCと各態との相関 (表1及び表2) をみると, TOC-POC (平水時 : 相関係数 $r = 0.926$, 降雨時 : $r = 0.890$), TOC-

DOC (平水時 : $r = 0.809$, 降雨時 : $r = 0.833$) のいずれも高い正の相関を示しており, POC, DOCのいずれもTOCの増減に関与していた. ここでTOCと全有機物に占める懸濁態の割合 (POC/TOC) との関係を図5に示す. これらには正の相関 ($r = 0.619$, 有意水準 $p < 0.01$) があり, TOCが高濃度になるほどPOCの寄与が大きくなることが示された. 以下, 懸濁態有機物と溶存態有機物に分けてその動態について解析を行った.

3 懸濁態有機物

太田川河口域表層におけるSS, POC, C/N比, プラントン色素量 (Chl-a+Pheo) 及びChl-a/(Chl-a+Pheo) の分布を図6に示す.

POCは, 平水時には海域 (St.1~St.3) で0.5~0.8mgC/L, 河川の淡水域 (St.7) で0.8mgC/Lと低く, 河川汽水域の海域に近い地点 (St.5) で最大 (市内派川St.5-1 : 1.4mgC/L, 放水路St.5-2 : 2.2mgC/L) となった. 一方, 降雨時には河川 (St.7) の濃度が1.2mgC/Lと平水時の1.5倍上昇した. 放水路では河川から海域沖合に向かって減少したが, 市内派川では河口に向かって増加し, 河口で最大となった. POCと各水質項目の相関をみると (表1, 表2), 平水時はSS及び (Chl-a+Pheo) と正の相関が, 降雨時はSS及びC/N比と正の相関が認められた. SSは河川水及び海水中に含まれる懸濁物の総量であり, 微細鉱物粒子, 植物プランクトン, バクテリア, 微小動物プランクトン, 生物由来のデトリタスなど様々な粒子が含まれる. 平水時及び降雨時のPOCとSSの相関を表したものを図7に示す. 近似曲線の傾きは平水時の方が大き

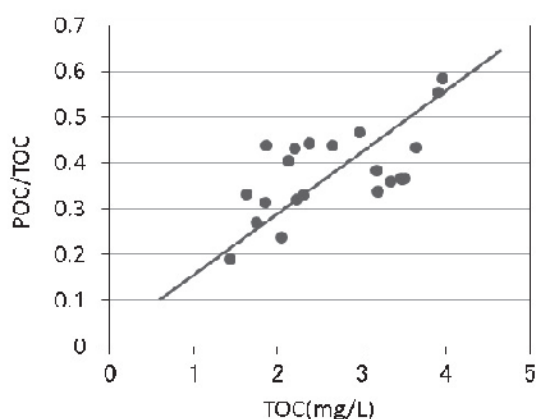


図5 TOCとPOC/TOCの関係

表1 平水時における有機物及び水質項目間の相関行列

	TOC	POC	DOC	SS	Chl-a+Pheo	C/N	塩分
TOC	1.000						
POC	0.926**	1.000					
DOC	0.809**	0.528	1.000				
SS	0.676*	0.846**	0.203	1.000			
Chl-a+Pheo	0.973**	0.897**	0.794**	0.627*	1.000		
C/N	-0.594	-0.365	-0.770**	-0.129	-0.624*	1.000	
塩分	0.329	0.056	0.655*	-0.103	0.383	-0.671*	1.000

* : $p < 0.05$ で有意, ** : $p < 0.01$ で有意

表2 降雨時における有機物及び水質項目間の相関行列

	TOC	POC	DOC	SS	Chl-a+Pheo	C/N	塩分
TOC	1.000						
POC	0.890**	1.000					
DOC	0.833**	0.490	1.000				
SS	0.878**	0.936**	0.544	1.000			
Chl-a+Pheo	-0.725*	-0.506	-0.740**	-0.604*	1.000		
C/N	0.891**	0.879**	0.639*	0.882**	-0.778**	1.000	
塩分	-0.951*	-0.734*	-0.930**	-0.746**	0.753**	-0.829**	1.000

* : $p < 0.05$ で有意, ** : $p < 0.01$ で有意

く、SSに占める有機物の割合が大きくなっていた。平水時のPOCは (Chl-a+Pheo) と高い正の相関 ($r = 0.897$) を示しており (図 8), 植物プランクトンの寄与が大きいと推察された。また、C/N比をみると、POCが高濃度となる河口～河道内でのC/N比が6～8と低い値を示した。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]。このことから河口～河川汽水域でのPOCの増加

要因は内部生産によるものが大きいと推察された。一方、降雨時には、河川汽水域での (Chl-a+Pheo) は低濃度であり、POCと (Chl-a+Pheo) の相関は認められなかったが、C/N比と高い正の相関 ($r = 0.879$) を示した。このことから降雨時には、陸域由来の有機物の寄与が大きくなるものと推察された。また、降雨時には、市内派川では河口に向かってSS、POC及びC/N比の増加がみられた。この要因としては、市内派川の中～下流域の河床にはC/N比が15～17と河川 (St.7 : C/N=12) よりも高

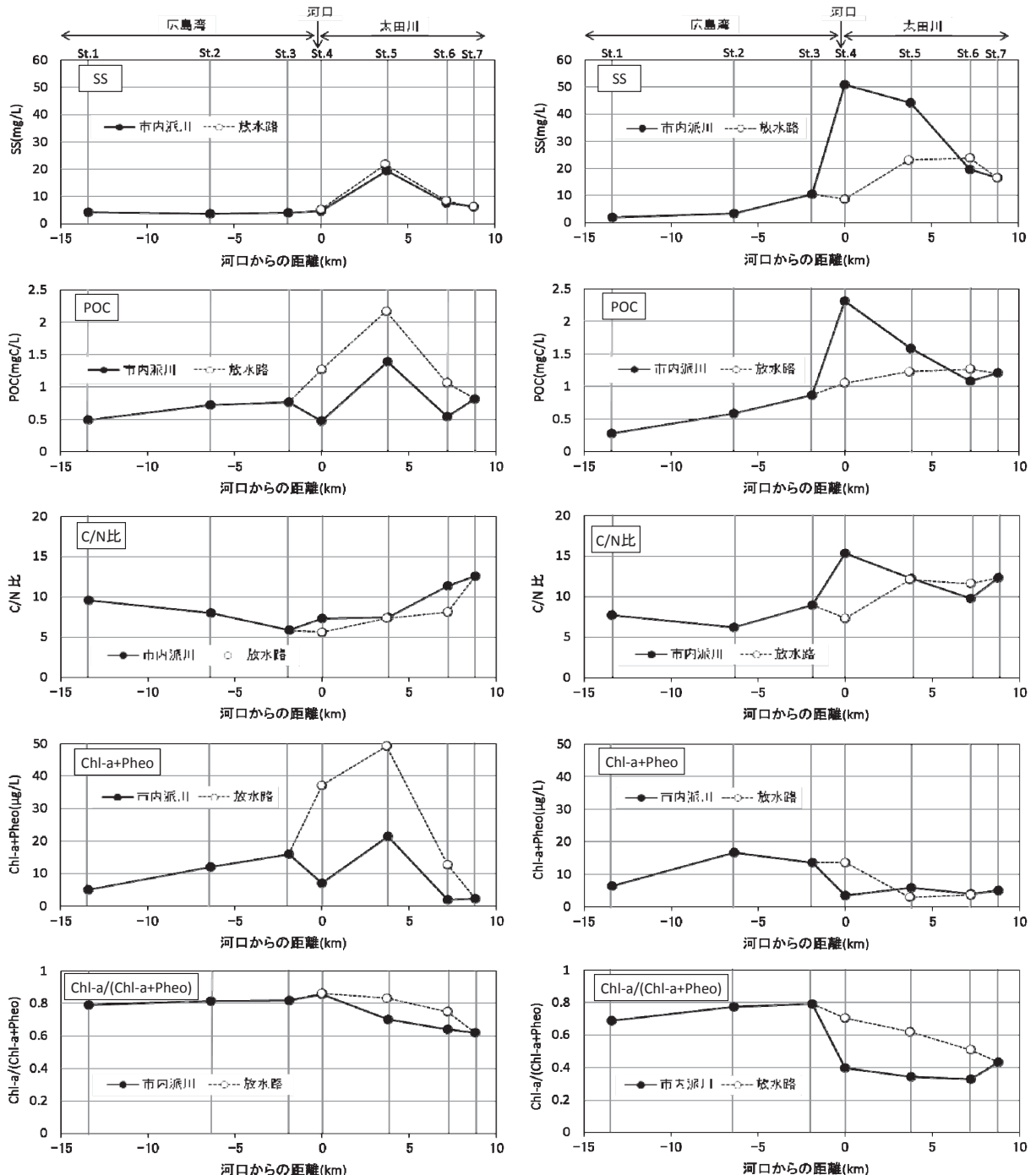


図 6 太田川河口域におけるSS, POC, C/N比, Chl-a+Pheo及びChl-a/(Chl-a+Pheo)の分布 (左側：平水時, 右側：降雨時)

い有機物が堆積していることが分かっており [8], 河川流量の増大に伴う巻き上げにより, 河床堆積物が再懸濁し下流へと流出した可能性が考えられた。

4 溶存態有機物

太田川河口域表層におけるDOC及びUV260/DOCの分布を図9に示す。

DOCは, 平水時には, 河川 (St.7) で1.1mgC/Lと低く, 海域 (St.1~3) で1.5~1.6mgC/Lと高くなった。河川から河口に向っては増加傾向であるが, 特に放水路ではDOCは高く, 河口で最大 (2.2mgC/L) となった。一方, 降雨時には河川 (St.7) の濃度が2.1mgC/Lと平水時の2倍上昇し, 海域に向って減少した。自然水中の溶存有機物は土壌起源の外来性DOCと水域由来の内部生産DOCに分類されるといわれており [15], 溶存態有機物の起源についてUV260/DOC値により考察した。紫外吸光度 (UV260) は, 波長200~290nmの紫外領域にフミン物質などの芳香族化合物の吸収があることから, 陸

起源有機物の相対的指標として用いられている [16]。UV260/DOC値は, 土壌由来DOCで高く23~58 ABS/cm/(mgC/L), 内部生産由来で12 ABS/cm/(mgC/L)程度と報告されている [15]。本調査では, 河川淡水域 (St.7) で36 (平水時) 及び39 (降雨時), 淡水影響のない海域 (St.1) で12 (平水時) 及び11 (降雨時) であり, 河川では土壌由来DOC, 海域では内部生産DOCの寄与が大きいことが推察された。河川汽水域では, 河川から海域に向ってUV260/DOCは減少しており, 塩分と負の相関 (平水時: $r = -0.964$, 降雨時: $r = -0.989$) が高いことから (図10), 陸起源の土壌由来DOCが海水との混合により希釈・拡散されているものと推察された。また淡水影響の大きい市内派川の方がUV260/DOCは高くなっていた。

降雨時のDOCはUV260/DOCと同様に河川から海域に向って減少傾向を示しており, 陸起源の土壌由来有機物の寄与が大きいものと推察されるが, 平水時のDOCは

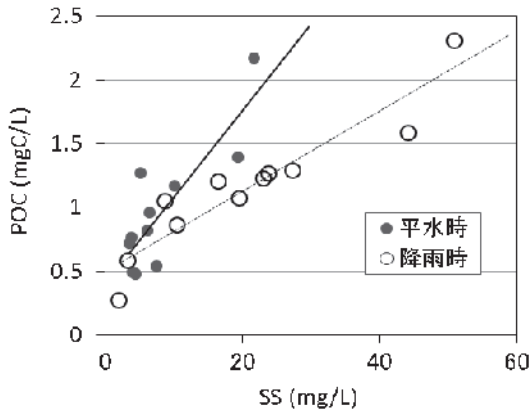


図7 SSとPOCの関係

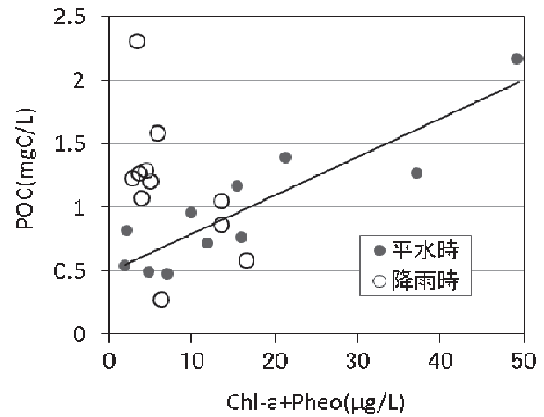


図8 Chl-a+PheoとPOCの関係 (直線は平水時の近似曲線)

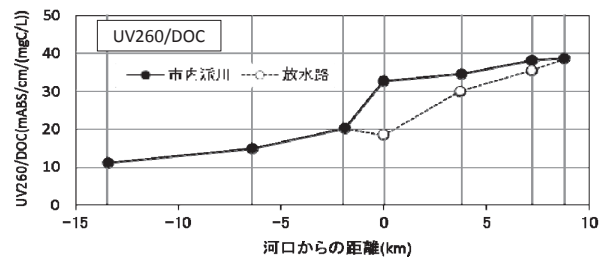
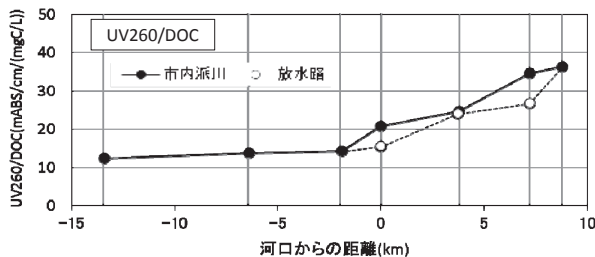
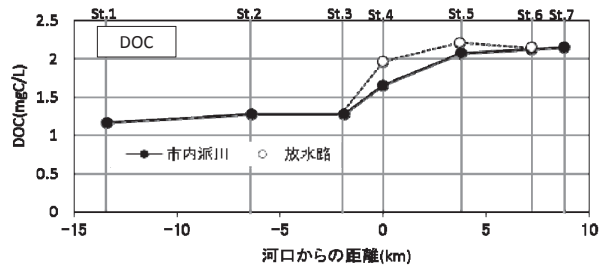
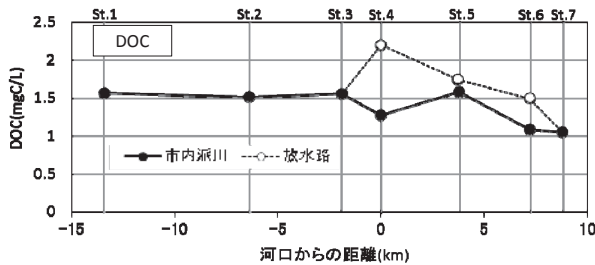


図9 太田川河口域におけるDOC及びUV260/DOCの分布 (左側: 平水時, 右側: 降雨時)

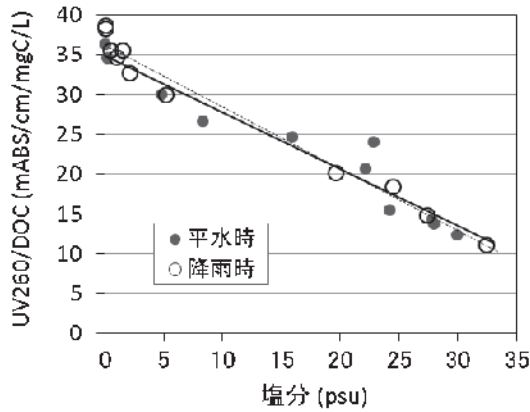


図10 塩分とUV260/DOCの関係

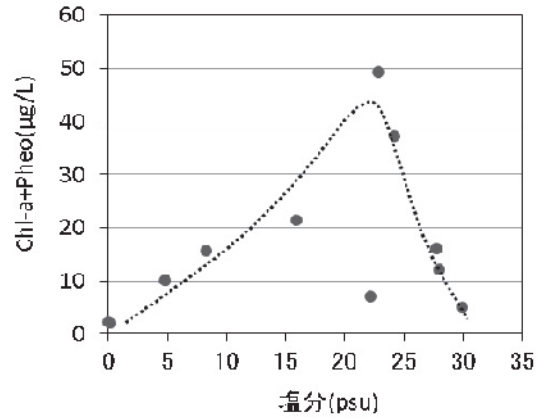


図12 塩分とChl-a+Pheoの関係 (平水時)

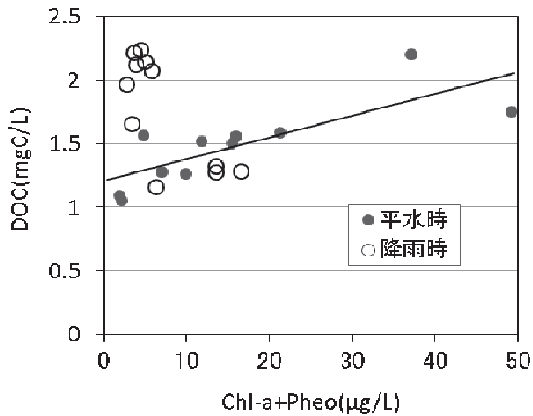


図11 Chl-a+PheoとDOCの関係
(直線は平水時の近似曲線)

UV260/DOCの変化とは逆に海域に向かって増加した。平水時のDOCは(Chl-a+Pheo)と高い正の相関($r = 0.794$)が認められることから(図11)、植物プランクトンが産生する細胞外分泌物や死滅・分解過程で発生する溶存態成分を反映しているものと考えられた。

考 察

太田川河口域では、平水時には塩淡混合の起こる河口～河川汽水域で有機物は高濃度となった。特に懸濁態有機物の増加が顕著であり、プランクトン色素量及びC/N比との相関から内部生産によるものと推察された。河口域は陸域からの栄養の供給口であり、一般的に河口フロント(淡水と海水が接する先端、潮目)が形成され、フロント前面部で植物プランクトンの生産力が高いことが知られている[17]。図12に今回の調査での塩分とプランクトン色素量の関係を示す。塩分20～25psuでプランクトン色素量は最大となっており、この領域で植物プランクトンが高濃度で集積されていた。図6のChl-a/(Chl-a+Pheo)の分布は、植物プランクトンの内訳(生体、

デトリタス)を表したものであるが、塩分の高い海域から河口にかけてはChl-a(生体)の割合が8割以上と高く、海洋性プランクトンが活発に増殖しているものと推察された。河川汽水域では、Chl-aの割合は低下するが、これは海洋性プランクトンが淡水との混合により活性を失いPheo(デトリタス)へと変化しているものと推察された。放水路と市内派川では植物プランクトン量に差がみられ、放水路で多くなった。河川河口域では平均的には川から海への一定方向の流れが存在するため、河口域でプランクトンが生息して個体数を維持できるかどうかは、プランクトンの増殖速度と河口域での滞留時間によって決定されるといわれている[18]。放水路は市内派川(京橋川)と比較して、川幅が広く河川部の容量が大きいことや水門により河川流量が制限されていることで滞留時間が長くなり、植物プランクトンの増殖・定着に有利な環境になっているものと推察された。河川汽水域で集積された植物プランクトンやそのデトリタスは、いずれは海域に押し流されることになり、海域の水質環境へ影響を与えているものと考えられた。

一方、降雨時には、上流からの負荷量の増加により有機物濃度は増加し、河川汽水域へと流入する。今回の調査では、市内派川では河川部を流下する間にSSやPOCはさらに高濃度となった。これまでの調査により、京橋川では平水時には汽水域特有の高濁度水塊が出現し、中～下流域の河床に泥分、有機物を多量に含んだ底泥が堆積していることが分かっている[8][10]。降雨に伴う河川流量の増加により、河床に蓄積された堆積物がフラッシュされ海域へと排出されたものと推察された。今回の降雨では放水路の河川汽水域ではSS、POCの濃度上昇はほとんどなく、堆積物のフラッシュは起こってないように考えられるが、放水路も同様に河床に有機泥が堆積していることが報告されており[19]、水門開放(年数回程度)に伴い堆積有機物が大量に海域に放出されることが予想される。このように降雨時には、河川上流か

らの負荷に加え平水時に河床に蓄積された有機物もまとめて海域へ排出されるため海域への負荷は非常に高くなるものと考えられる。

今回の調査は平水時及び降雨時の各1回行ったものであり、有機物等の空間分布はある潮時のスナップショットに過ぎない。汽水域では潮位変動による海水進入や淡水の流入により水質の変動が大きく、また、洪水といった突発的な現象もあり、時空間的な特性を把握することは容易ではないが、汽水域は海域から見ると陸域負荷の供給口であり内部生産が高く海域に及ぼす影響の大きい重要な水域であることから、栄養塩類を含めたさらなる知見の蓄積が必要と考える。

ま と め

太田川の河口汽水域において、平水時及び降雨時に水質調査を行い、淡水域-汽水域-海域にかけての有機物の形態別の動態について以下の知見を得た。

- 1) 平水時のTOCは、海域及び淡水域では低濃度であるが、塩淡混合の起こる河川汽水域で高濃度であった。一方、降雨時は陸域負荷の増大により河川～河口で高濃度となり、海域では沖合に向かって減少した。
- 2) TOCは、溶存態の占める割合が大きく、海域で約8割、河川で約6割を占めた。TOCの変動には懸濁態の寄与が大きく、TOC濃度が高濃度となる河川汽水域では懸濁態の割合が増加した。
- 3) POCは、平水時は、プランクトン色素量との相関が高く、高濃度となる河口～河川汽水域でのC/N比が6～8と低いことから、高濃度の要因として内部生産の寄与が大きいが推察された。一方、降雨時には淡水域のPOCが増加するとともに、特に市内派川では河口に向かってPOC及びC/N比の増加がみられた。陸域由来のPOCの増加とともに河床の堆積物の巻き上げが寄与しているものと推察された。
- 4) DOCは、UV260/DOC値から、海域では内部生産DOC、淡水域では陸域土壌由来DOCの寄与が大きいが推察された。平水時の河川汽水域でのDOC増加は、プランクトン色素量との相関が高いことから内部生産によるものと推察された。
- 5) 放水路と市内派川では、水門の運用により海水と淡水の影響が異なっており、海水遡上の大きい放水路では内部生産の影響が大きく、平水時の有機物濃度は高くなった。一方、淡水の影響が大きくなる降雨時には陸域由来の有機物の流入と河床堆積物の巻き上げにより市内派川で有機物濃度が高くなった。

謝 辞

本研究は、国立環境研究所と地方環境研究所とのⅡ型共同研究「干潟・浅場や藻場が里海里湖流域圏において担う生態系機能と注目生物種との関係」（平成27～29年度）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] 平成29年度広島県環境データ集, 広島県, 27-29.
- [2] 中富文雄. 太田川河口域の水質変動特性に関する研究(第2報)―栄養塩類の挙動と負荷量について―. 広島県保健環境センター研究報告, 1991; 11: 30-38.
- [3] (社)瀬戸内海環境保全協会. 平成17年度環境省委託業務結果報告書瀬戸内海環境情報基本調査(総合解析編). 平成18年3月.
- [4] 国土交通省水文水質データベース. <http://www1.river.go.jp/>. (参照2018-10-5)
- [5] 平成26年度水資源調査報告書(水位・流量編). 平成27年3月. 広島県土木局.
- [6] 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.
- [7] 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.
- [8] 後田俊直, 寺内正裕. 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. 広島県立総合技術研究所保健環境センター研究報告, 2015; 23: 45-50.
- [9] 後田俊直. 京橋川の河川感潮域に形成された干潟の塩分環境と有機物分解活性. 広島県立総合技術研究所保健環境センター研究報告, 2017; 25: 25-30.
- [10] 後田俊直, 濱脇亮次, 小田新一郎, 矢部徹. 広島太田川市内派川の河岸干潟における泥分・有機物集積域の形成要因. 第52回日本水環境学会年会講演要旨集, 2018. p321.
- [11] 日本海洋学会編. 海洋観測ガイドライン第四巻採水分析Ⅱ(粒子態). 2016年12月. p. 001-006.
- [12] 後田俊直, 山本哲也. 広島湾における溶存有機物の分布と季節変化. 広島県立総合技術研究所保健環境センター研究報告, 2013; 21: 29-39.
- [13] 日本水道協会. 上水試験方法2001年版. p. 563-566.
- [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] 環境省国立環境研究所. 国立環境研究所特別研究報告SR-36-2001. 湖沼において増大する難分解性有機物の発生原因と影響評価に関する研究. 2001; 9-13.
- [16] 福島武彦, 今井章雄, 松重一夫, 井上隆信, 小澤秀明. 湖水溶存有機物の紫外部吸光度: DOC比の特性とその水質管理への利用. 水環境学会誌, 1997; 20 (6): 397-403.
- [17] 岡田知也, 中山恵介. 荒川河口域における潮差変動に伴うChlorophyll a分布および河川流入負荷量の変動. 土木学会論文集, 2004; 754: II-66, 33-50.
- [18] 岡田知也. 河口域の水質特性—河口域の保全・再生の際に留意すべき河口域の機能とは?—. 土木学会第40回水工学に関する夏季研修会講演要旨集, 2004. p B-2-14.
- [19] 富田智, 長戸宏樹, 日比野忠史, 西牧均, 松本英雄. 太田川河口における有機泥の挙動に関する研究. 水工学論文集, 2005; 49: 1411-1416.