

資料

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

後田 俊直

Salinity Environment and Ability for Organic Matter Decomposition in Estuarine Tidal Flats in Kyobashigawa

TOSHINAO USHIRODA

(Received November 10, 2017)

太田川市内派川の一つである京橋川の河川感潮域に形成された干潟において、塩分環境及び有機物分解活性の指標として酸素消費速度 (SOD) を測定した。

京橋川の塩分は、潮位と河川流量が影響しており、干満に対応して海水と低塩分水 (淡水) が流出入している。塩分変動は、0 ~ 約30psuと大きく、上流の干潟は低塩分水に、河口に近い干潟は高塩分水に曝される頻度が高かった。干潟の有機物分解活性は、上層水の塩分の影響を受けており、下流の干潟は上層水の塩分頻度に対応して海水の場合で高く、上流の干潟は現地で観測された塩分よりも高塩分で活性が高くなった。京橋川の干潟全体でみると、平水時に高塩分水が上流まで遡上する場合は最も有機物分解活性が高まり、淡水の流れる出水時には分解活性が低下することが推察された。

Key words : 河口干潟, 汽水域, 太田川, 酸素消費速度

緒 言

広島デルタ域を流れる太田川は、潮位変動に伴い海水が遡上する感潮河川となっており、河岸沿いには多種多様な干潟が広がっている。埋立て等により干潟の大部分が消失した広島湾北部海域では、太田川河口干潟は、水質浄化、水産資源育成、生物多様性等の機能を有する場として貴重な干潟となっている。このため広島湾沿岸海域の水質環境への寄与といった観点から干潟の機能を把握・評価することは重要である。

このような汽水域では、海域に生息する生物や淡水域に生息する生物のみならず、汽水性の生物が存在し、栄養が豊かで高い生産力を有する多様な生態系を形成している。また、汽水域は、陸域と海域のインターフェースであり、太田川河口干潟は背後地から広島湾へ流入する汚濁負荷の浄化に大きな役割を果たしていると考えられる。干潟における有機物の浄化 (分解) は、底生生物や微生物等の代謝分解によって行われており [1], これまで干潟土壌の酸素消費速度や炭酸ガス生成速度から評価する方法が報告されている [2-5]。本報では、有機物分解活性の指標として酸素消費速度を測定した。また、干潟は潮の干満によって常に温度や水位が変化する特殊

な環境下にあるため、干潟生物の活性もこのような環境変化に伴って大きく変動していることが予想され、これまで温度、潮汐 (冠水・干出)、地下水位の影響について報告されている [2] [4] [5]。今回調査を行った太田川支川の京橋川は汽水域であることから、特に変動の大きい塩分に着目し、室内実験により有機物分解活性に対する塩分の影響を調べた。また、実際の塩分環境を調査し、京橋川河口干潟の有機物の分解特性について考察した。

方 法

1 京橋川の概要

京橋川は、太田川水系の分流であり、太田川が形成する広島デルタの6河川のうちの1つである。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], 下流域で太田川放水路と旧太田川 (本川) に分流し、旧太田川はさらに5本の支川 (天満川, 本川, 元安川, 京橋川及び猿猴川) に分派して広島湾に注いでいる。放水路との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の区間に及んでおり [7], 河岸には多様な干潟が形成されている。今回調査対象と

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の区間であり、広島県の管理区間となっている。太田川6河川の中では、放水路、天満川と並んで干潟が多く干出する河川である。

京橋川は、広島市街地東部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る。干潟土壌の物理化学特性については既報 [8] にて報告したとおりであり、その調査地点を図1、各地点の物理化学的性状 (2013年夏季) を表1に示す。干潟土壌の特徴は、上流では砂質であり、下流に向かうほど泥分が増加し、中～下流域では砂泥質の干潟となった。特にK-2地点では泥分が高く、有機物や栄養塩類が集積した泥干潟となっていた。

2 調査地点及び調査方法

酸素消費速度の測定に用いる底泥試料の採取は、既報 [8] と同じ6地点 (K-1~6) で (図1)、同時期に行った。

底泥試料は、105φ×180mmの円筒アクリル容器に表層土壌を半分程度コア採取し、底蓋をして実験室に持ち帰った。また、別に試験水として、広島港で海水 (塩

分約30psu) を、分岐点上流の非感潮域で河川水 (淡水) を採水した。

塩分については、空間分布 (縦断分布) を調査するための移動観測と経時変化を調査するための定点観測を行った。移動観測は、2015年9月21日の満潮時に行い、京橋川の上流から下流にかけての8地点で多項目水質計 (環境システム株式会社製Quanta) を用いて、鉛直方向の塩分を任意の間隔で測定した。なお、測定は満潮前後1時間の潮どまりの時間帯に各地点を速やかに移動しながら行った。定点観測は、2016年7~9月の期間に上流のK-6地点及び下流のK-2地点で行い、汀線付近の常時冠水した河床にセンサーを設置し、底層塩分を30分毎に連続的に計測した。

太田川の河川流量は、河口から約15km上流の矢口第一観測所 (非感潮域) で国土交通省により測定されているが [9]、本報告投稿時には確定値として公開されていなかったため、水位のデータを代用した。なお、矢口第一の0点はTP+4.5m、流量は水位と流量の関係 (水位流量曲線式) を用いて水位観測値から算出されている [9]。

潮位は、広島港の観測データ [10] を用いた。

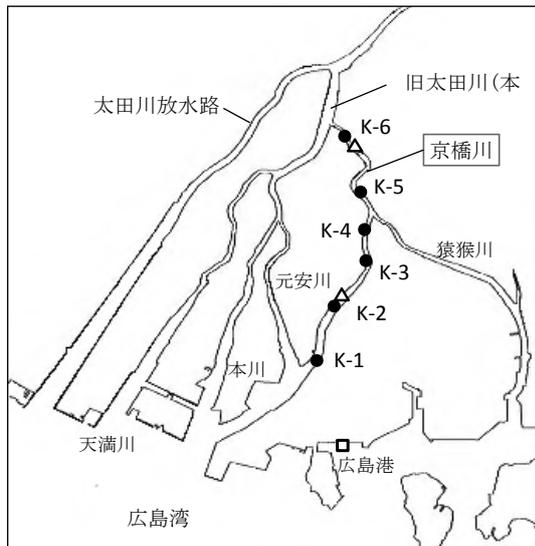


図1 太田川感潮域の地形と調査地点
●:調査地点, △:塩分測定地点, □:潮位測定地点 (海上保安庁)

3 実験方法

酸素消費速度 (SOD: Sediment Oxygen Demand) は、底質調査方法 [11] に準じ、柱状コアによる室内実験法により測定した。コア内の上層水は、汽水域であることを考慮し、海水と河川水を混合したものをろ過して用いた。上層水は、空気曝気し酸素濃度を高めた後、表面が空気に接しないよう上蓋をして恒温室内に静置し、経時的に溶存酸素 (DO) を測定した。DOの測定にはDOメーター (YSI/Nanotech社製 550A) を用いた。コア内上層水のDOは、濃度が2~3 mg/L以上では直線的に減少したため、この1次回帰式を求め、1日当たり、底泥面積当たりとしてSOD (g/m²/日) を算出した。なお、試験温度は、夏季の泥温に近い温度として25℃とし、暗条件で行った。また、上層水は静置状態とし、測定時には底泥が巻き上がらない程度に攪拌を行った。

表1 各地点の物理化学的性状 (2013年夏季)

		K-1	K-2	K-3	K-4	K-5	K-6
IL	(%)	1.8±0.2	5.5±0.8	2.8±0.8	2.3±0.8	0.91±0.2	1.8±0.2
TOC	(mg/g)	3.0±1.1	13±2	6.1±3.4	4.2±1.6	0.95±0.92	0.30±0.09
TN	(mg/g)	0.23±0.05	0.80±0.09	0.38±0.14	0.43±0.21	0.087±0.078	0.038±0.005
TP	(mg/g)	0.19±0.02	0.41±0.03	0.25±0.08	0.29±0.09	0.15±0.05	0.14±0.03
中央粒径	(mm)	0.28±0.04	0.042±0.001	0.16±0.04	0.47±0.04	0.99±0.12	1.2±0.09
泥分率	(%)	13±3	66±4	23±13	11±3	2.0±1.4	0.65±0.21
Eh	(mV)	99±80	-3±21	46±29	335±26	298±98	385±14
AVS	(mg/g)	0.010±0.008	0.23±0.12	0.095±0.058	0.026±0.036	0.0004±0.0007	0

表の数値は地点平均値±標準偏差 (n=3)

結 果

1 河口干潟の塩分環境

移動観測の測定結果から作成した塩分の縦断分布図を図2に示す。塩分分布は、上流から下流に向かって河川水が海水の上を流下しており、塩分躍層が形成されていた。一方、河底上では逆に塩水楔によって高塩分水が遡上していた。

次にK-2地点及びK-6地点での定点観測における塩分変動、矢口第一観測所の水位変動及び広島港での潮位変動の時系列を図3及び図4に示す。

各地点の塩分は、平水時には潮位に対応しており、上げ潮時には海水遡上により塩分は上昇し、下げ潮時には河川水(淡水)流下の影響により低下した。塩分は小潮時の方が高くなる傾向があり、両地点とも大潮時と比較して満潮時の塩分が高く、干潮時の塩分低下量が小さい傾向にあった。特にK-2では、8月10日以降の小潮時には、

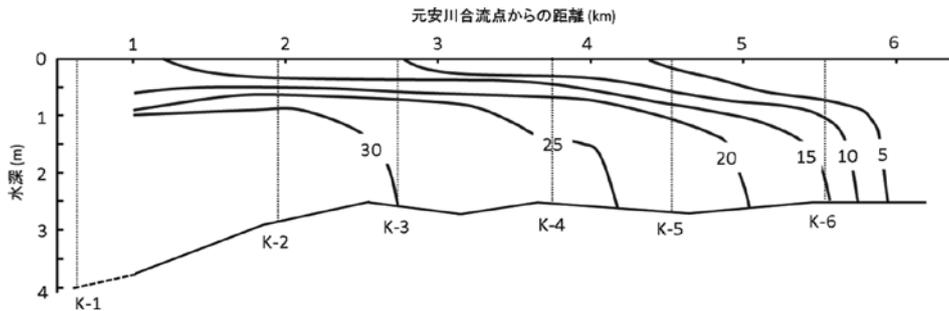


図2 京橋川における満潮時の塩分の縦断分布 (2015年9月21日)

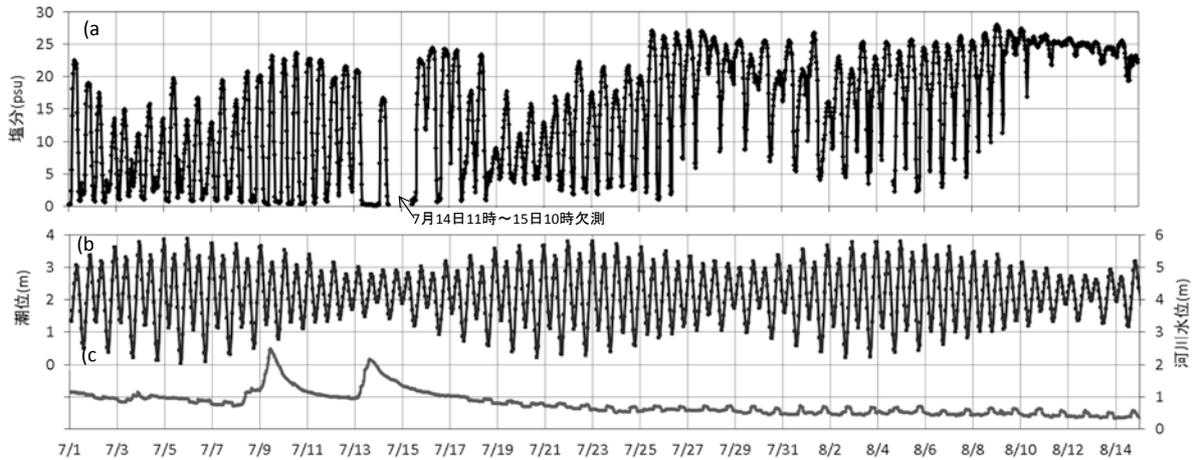


図3 (a) K-2地点底層における塩分(b)広島港における潮位(c)矢口第一での河川水位 (2016年7月1日～8月15日)

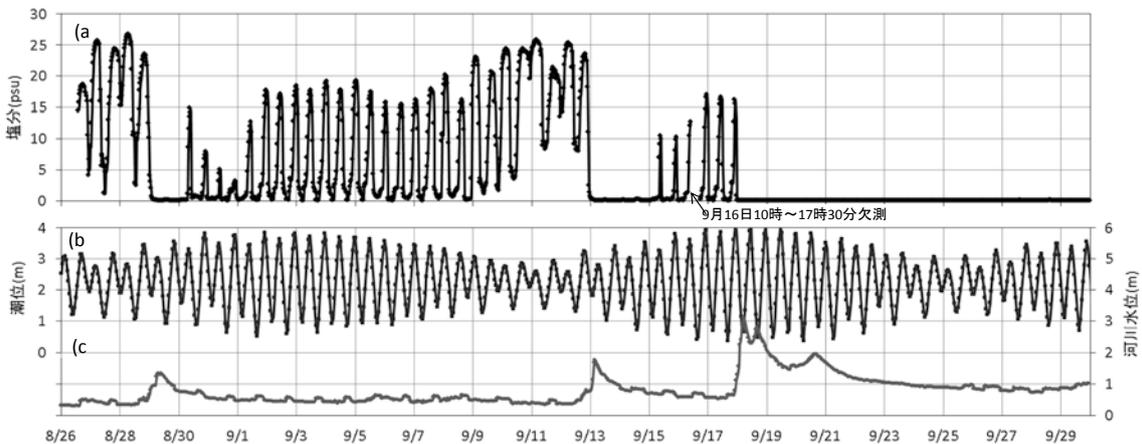


図4 (a) K-6地点底層における塩分(b)広島港における潮位(c)矢口第一での河川水位 (2016年8月26日～9月30日)

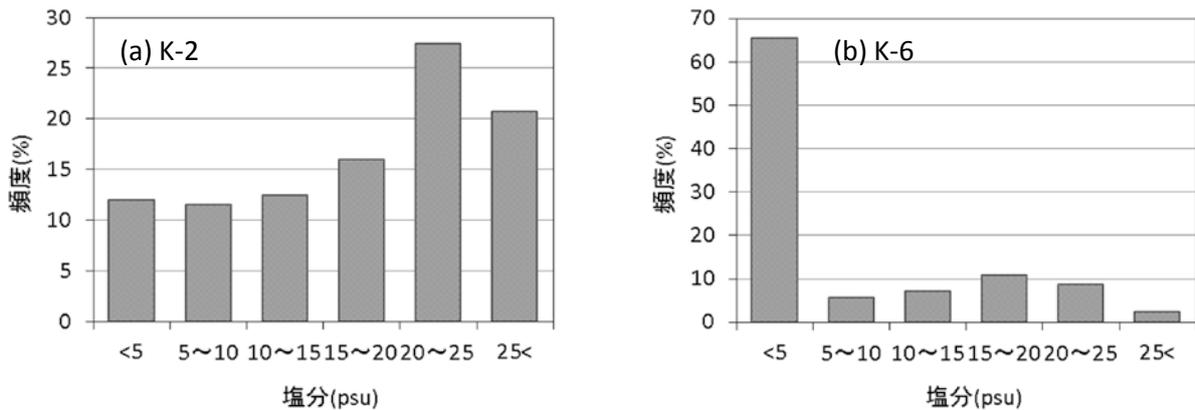


図5 平水時における塩分濃度の頻度
(a) K-2地点：2016年7月1日～8月25日, (b) K-6地点：2016年8月26日～9月30日

河川流量の低下もあり、塩分は常時20psu以上の高塩分状態が維持されていた。調査期間中の出水は、K-2地点で2回（7月9日、7月13日）、K-6地点で4回（8月29日、9月13日、9月18日、9月20日）あった。K-6では、出水時には、潮汐に関係なく塩分は0となり、1～数日間は干潟上を淡水が流れる状態が続いた。一方、K-2では、出水の影響は小さく、7月9日の出水ではその影響はほとんどなく、7月13日の出水では1日後には塩分は回復していた。また、調査期間中の塩分の変動幅は、K-2：0.1～28.7psu、K-6：0～26.8psuと両地点ともほとんど変わらなかった。次に各地点における塩分濃度の頻度を図5に示す。塩分の連続観測は、両地点の測定期間が異なり、出水の回数も違うため矢口第一の水位が1m未満の時を平水時と仮定し、1mを超えた時のデータは除いて比較した。塩分濃度の平均値は、それぞれK-2：17.3psu、K-6：6.2psu、最頻値は、K-2：20～25psu、K-6：<5psuであり、河口に近い干潟の方が上流の干潟と比べて高塩分に曝される頻度が多くなっていた。

2 干潟の酸素消費速度

最も河口に近いK-1地点と最上流のK-6地点について、塩分の影響を調べるため、上層水の塩分（河川水と海水の混合割合）を6段階に変えてSODを測定した。その結果を図6に示す。K-1では、上層水が河川水（淡水）のときがSODは最も低く、塩分の上昇（海水の混合割合が高くなる）に伴い単調増加し、上層水が海水のとき最大値0.66g/m²/日となった。一方、K-6では上層水が河川水または海水の場合でSODは低いが、混合水で高くなり、河川水：海水が1：5の混合水（塩分25psu）で最大1.04g/m²/日となった。

次に地点間の比較を行うため、各地点において上層水を河川水、混合水（1：1）、海水の3通りでSODの測定を行った。その結果を図7に示す。SODは海側のK-1地点から中流のK-4地点までは、河川水<混合水<海水

の順に高くなった。K-1、K-2では、海水でのSODは混合水の2倍程度大きくなっていましたが、K-3から上流では、混合水でのSODが高くなり、混合水と海水との差は小さくなった。海水でのSODは上流に行くほど低下傾向であり、K-5、K-6では混合水の場合がSODは最大となった。

考 察

室内実験の結果、干潟のSOD、つまり干潟生物の呼吸活性は、塩分の影響を受けており、汽水域の干潟では、一日の潮汐変動に伴う塩分変動によって、有機物の分解活性が時々刻々と変化していることが示唆された。また、活性が高くなる塩分は地点によって異なることが分かった。

塩分に対するSODの変化パターンは、河口に近いK-1では塩分の増加とともにSODは単調増加し、上流のK-6では、混合水で高く、河川水または海水では低くなった（図6）。他の地点のSODの測定は、3段階しか行っていないが（図7）、下流域の地点は海水で高く、上流に向かうほど混合水の方が高くなることから、河口からの距離による塩分の違いを反映しているものと予想され、この結果を塩分の観測結果と比較した。ここで、SODの測定を行った年（2013年）と塩分の連続観測を行った年（2016年）とは異なるが、両年の気象条件（気温、降雨量等）に大きな違いはなかったため、塩分環境は同等であったと仮定して考察を行った。

塩分の頻度は、下流側では高塩分の頻度が高く、20～25psuの 때가最大であった（図5）。塩分の連続観測は、下流側ではK-2で行っており、SODの最下流点K-1とは地点が異なるが、K-1は、K-2より下流側にあり、塩分はさらに高塩分の頻度が高いことが予測されことから、SODの塩分による変化は、概ね現場の塩分の頻度に対応しているものと推察された。一方、上流のK-6では、塩分の頻度は、5psu未満の低塩分水が60%以上と圧倒的に高い（図5）にもかかわらず、SODはそれよりも

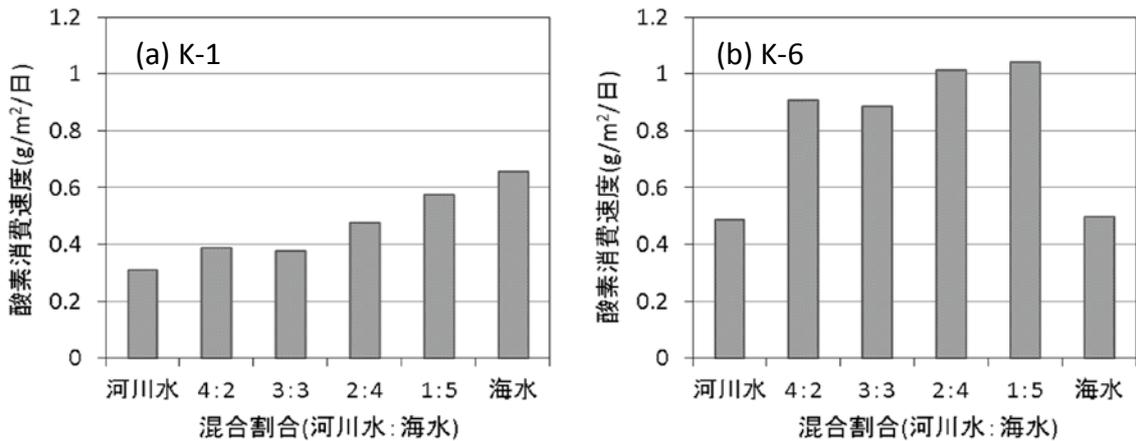


図6 上層水の塩分を変化させた場合の酸素消費速度 (a) K-1地点, (b) K-6地点

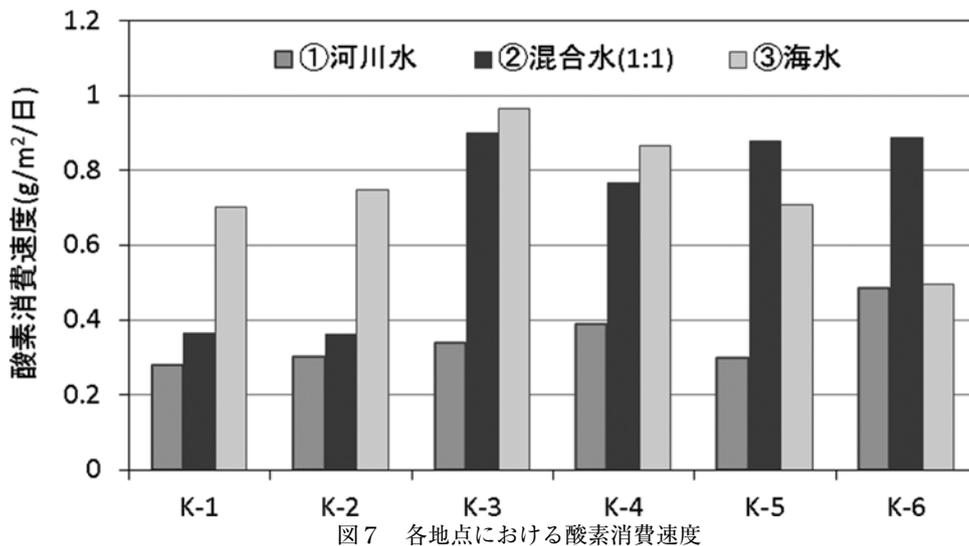


図7 各地点における酸素消費速度

かなり高塩分の25psu（河川水：海水=1：5）で最大となった（図6）。実際の塩分と活性の高くなる塩分が乖離している要因として、SODに関与している微生物・底生生物の種や塩分耐性が影響していることが考えられるが、上流、下流のいずれも比較的高塩分の場合で活性が高くなっていることから、有機物の分解には海洋性生物の寄与が大きいことが推察された。

京橋川全体での有機物分解能についてみると、淡水では低く、高塩分水で高いといえる。このことは、平水時の満潮時のように海水が上流まで遡上し、比較的高塩分水で干潟が覆われるときに有機物分解活性は高く、一方で陸域からの負荷が増大する出水時には有機物分解活性が低下することが推察された。

今回は、夏季の調査において有機物分解活性の塩分影響について報告したが、有機物の分解に関与する生物相やバイオマスは季節的な変動も大きく、また塩分遡上状況も異なることが予想されることから、河口干潟の浄化

機能や広島湾への影響評価には生物調査等を含めた季節的な調査が必要である。

まとめ

京橋川の河川感潮域に形成された干潟において調査を行い、塩分環境や干潟の有機物分解活性について以下の知見を得た。

- 1) 京橋川の塩分は、塩水楔によって底層を高塩分水が遡上する縦断分布を示した。河口干潟の塩分には、潮位と河川流量が影響しており、平水時には干満に対応して海水と低塩分水（淡水）が流出入し、出水時には潮汐に関わらず常時淡水となった。
- 2) 塩分の変動は、上流と下流のいずれも0から30psu近くまでと大きい。上流の干潟は低塩分水に、河口に近い干潟は高塩分水に曝される頻度が高かった。

- 3) 干潟の有機物分解活性は、上層水の塩分によって変化した。汽水域の干潟では、一日の潮汐変動に伴う塩分変動によって、有機物の分解活性が時々刻々と変化していることが示唆された。
- 4) 有機物分解活性の塩分影響は、河口に近い干潟は上層水の塩分頻度に対応して海水の場合が最も高くなり、上流の干潟では実際に干潟が曝される塩分よりもかなり高塩分で活性が高くなった。
- 5) 京橋川全体での有機物分解能についてみると、比較的高塩分水で干潟が覆われる際に分解活性は高くなり、出水時等の淡水に曝されるときには分解活性が低下することが推察された。

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」(平成24～26年度)及び「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] 清木徹. 水環境に対する干潟浄化機能の評価－広島湾の干潟を事例として－. 月刊海洋. 2007; 39(9): 609-620.
- [2] 清木徹, 平岡喜代典, 李正奎, 西嶋渉, 向井徹雄, 瀧本和人, 岡田光正. 広島湾における干潟の水質浄化能に関する研究－有機物の分解特性について－. 水環境学会誌. 1998; 21(7): 421-428.
- [3] 李正奎, 西嶋渉, 向井徹雄, 瀧本和人, 清木徹, 平岡喜代典, 岡田光正. 自然および人工干潟の有機物浄化能の定量化と広島湾の浄化に果たす役割. 水環境学会誌. 1998; 21(3): 149-156.
- [4] 大谷優里, 藤田哲朗, 矢持進. 都市近郊の人工干潟における有機物の分解特性に関する一考察－チャンパー法によるCO₂フラックスの測定. 土木学会論文集B2. 2011; 67: 976-980.
- [5] 佐々木晶子. 河口干潟における好気的有機物分解量: 温度・潮汐の影響を考慮した推定. 瀬戸内海. 2008; 52: 48-51.
- [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] 国土交通省. 水文水質データベース. <http://www1.river.go.jp/>. (参照2017-9-20)
- [10] 広島県防災Web. <http://www.bousai.pref.hiroshima.jp/hdis/>. (参照2017-9-20)
- [11] 底質調査方法. 平成24年8月, 環境省水・大気環境局