多摩川河口干潟の底生動物による水質浄化機能の評価

橋本 旬也^{1,3),*}
新井 宏明²⁾

石井 裕一¹⁾
中西 敏之²⁾

山崎 孝史²⁾
和波 一夫^{1,3)}

Evaluation of Water Purifying Capacity of Benthos in the Tidal Flats of the Tama River Estuary

Junya HASHIMOTO^{1,3),*}, Yuichi ISHII¹⁾, Takashi YAMASAKI²⁾,
Hiroaki ARAI²⁾, Toshiyuki NAKANISHI²⁾ and Kazuo WANAMI^{1,3)}

¹⁾ Tokyo Metropolitan Research Institute for Environmental Protection, Tokyo Environmental Public Service Corporation, 1-7-5 Shinsuna, Koto-ku, Tokyo 136-0075, Japan

²⁾ Marine Biological Research Institute of Japan Co., Ltd., 4-3-16 Yutakamachi, Shinagawa-ku, Tokyo 142-0042, Japan

³⁾ Present affiliation: Natural Environment Division, Bureau of Environment, Tokyo Metropolitan Government, 2-8-1 Nishi-shinjuku, Shinjuku-ku, Tokyo 163-8001, Japan

Abstract

Water quality deterioration, such as the occurrence of frequent red tides in summer, due to eutrophication is a problem in the marine area around Tokyo. The reconstruction of tidal flats that had formed the past shoreline of Tokyo and that have water-purifying capacity is expected to be an effective solution to this problem. In this study, we quantitatively evaluated the water-purifying capacity of benthos living in the tidal flats of the Tama River estuary; up to now, had not yet been investigated. A large number of brackish water clams, *Corbicula japonica*, were observed in the tidal flat around Daishi Bridge between the Tokyo Haneda area and the Kawasaki Daishi area, and they were the dominant species among benthos in the estuary of the Tama River. The rate of particulate organic nitrogen (PON) removal by the benthos consisting mainly of *Corbicula japonica* in the Tama River estuary was estimated to be 58.6 kg day⁻¹ during the period from August to November 2015. This equals 0.5% of the nitrogen load from the Tama River during the same period.

Keywords: Tidal flat; Benthic animal; Natural purification; *Corbicula japonica*

1. はじめに

東京の河川では1960～1970年代に著しく水質が悪化したが、現在は下水道の整備等により大きく改善している¹⁾。水質の改善に伴い、近年アユやシジミ等の水生生物が復活し、東京の河川は生物の生息空間としても再生してきている^{2,3)}。しかし、汚濁負荷量の減少により東京湾全体では水質の改善傾向が見られるものの、東京の地先海域では夏季に発生する赤潮や底層貧酸素化に顕著な変化が認められず、依然として未解決な問題となっている⁴⁾。その対策として、かつて東京の海岸線を形成していた浅場・干潟の再生が有効と考えられている⁵⁾。浅場・干潟等の水深が浅い水域に多く分布する底生動物は、摂餌により水中の汚濁物を除去している⁶⁾。木村ら⁷⁾は東京の人工海浜に生息する底生動物が有する浄化能力の試算を行い、葛西人工海浜に生息する底生動物が1年間に約

38 tの有機物を除去していると推定した。東京湾内では、秋元ら⁸⁾が横浜市海の公園で調査を行い、アサリを主とする底生動物が窒素量換算で1年間に6.4 tNの有機懸濁物を除去していると試算した。

一方、東京湾沿岸部に残る数少ない自然干潟の一つである多摩川河口干潟については、石井ら⁹⁾や古川ら¹⁰⁾が底生動物の生息状況を調査し底質との関係を論じており、他にも同様の調査事例がある¹¹⁾。しかし、多摩川河口干潟に生息する生物の水質浄化能力を定量化した事例はほとんどない。小林ら¹²⁾は、川崎市側の干潟に生息するヤマトシジミの個体数から調査水域の干潟（約15万m²）で1年間に窒素約2.8 tが固定されていると推計したが、推計対象はヤマトシジミ1種に限られている。また、和波ら³⁾は東京・羽田地区と川崎・大師地区を結ぶ大師橋の下流側より上流側の干潟でヤマトシジミの個体数密度が高いことを確認している。このような状況から、大師

1) 公益財団法人東京都環境公社東京都環境科学研究所 〒136-0075 東京都江東区新砂 1-7-5

2) 株式会社日本海洋生物研究所 〒142-0042 東京都品川区豊町 4-3-16

3) (現) 東京都環境局自然環境部 〒163-8001 東京都新宿区西新宿 2-8-1

* 連絡先: junya_hashimoto@member.metro.tokyo.jp

橋の上流側も調査区域とし、多摩川河口干潟に生息するヤマトシジミおよび他の底生動物の水質浄化能力を定量的に評価することを目的として調査を行ったので報告する。

2. 調査内容

浅場・干潟の水質浄化機能の定量的な評価法として、採集した底生動物の現存量から粒子状有機窒素 (PON) の除去速度を求め、浄化能力を推定する手法がある^{13~15)}。この手法を多摩川河口の浅場・干潟に生息する底生動物に適用することとし、大師橋の上流 0.7 km から下流 1.2 km までの範囲で調査を行った (図 1, 図 2)。なお、地点 1-7, 1-8, 1-9 および 2-2 の 4 地点は干潟上になが、他の地点の延長線上または中間にあるため参考として調査した。

2.1 底生動物調査

調査期間は 2015 年 8 月～11 月とし、底生動物調査を各月 1 回、合計 4 回行った。

底生動物を一定の面積で採集し、生息密度を求める定量的な調査を行った。大師橋の上流側 9 地点、下流側 3 地点で調査を行った。エクマンバージ型採泥器 (採泥面積 15 cm×15 cm) で 1 地点につき 3 回採集した底泥を目合い 1 mm のふるいで選別したものを試料とし、種の同定、個体数の計数および個体の寸法と湿重量の計測を行った。

2.2 浄化能力の推計

PON 除去量の算出に際し、Fauchald と Jumars¹³⁾、林¹⁴⁾、鈴木ら¹⁵⁾を参考に、底生動物調査で確認された種を懸濁物食者、表層堆積物食者、内層堆積物食者および

肉食者に区分した。なお、食性不明の種であっても近縁種の食性が判明している場合はこれに従うものとした。

鈴木ら¹⁶⁾は、三河湾浅海部におけるマクロベントスによる水質浄化機能について、懸濁物食者が水中から直接除去する懸濁物量と定義し、表層堆積物食者が糞・偽糞と付着藻類のみを摂食し沈降物を除去しないと仮定して PON 除去速度を算出した。この方法を用い、式 (1)～(4) により PON 除去速度を算出した。なお、式 (2) は、鈴木ら¹⁶⁾が用いた手法から、干出した干潟上の懸濁物食者は水中の PON を除去していないものとし、改変したものである。

また、鈴木ら¹⁶⁾に倣い、懸濁物食者の糞・偽糞排泄率 (Ex) を 0.55、回転率 (生産量/現存量比) (PBsf) を 2.5、餌料転換効率 (FDsf) を 0.15、表層堆積物食者の回転率 (PBsdf) を 3.0、餌料転換効率 (FDsdf) を 0.15 とした。なお、本調査では表層堆積物食者が摂食する付着珪藻の割合 (CP) を 50% と仮定した。鈴木ら¹⁶⁾は、これらのパラメータについて次のように述べている。

糞・偽糞排泄率 (Ex) は秋山¹⁷⁾によるアサリ、ホトトギスガイで行った実験結果 (0.44～0.64) から 0.55 と設定し、この値は山室¹⁸⁾が整理した懸濁物食性二枚貝の同化率に関する既往の報告例から得られる値 (0.3～0.6) と比較しても妥当と考えられる。懸濁物食者の転換効率 (FDsf) は佐々木¹⁹⁾による三河湾一色干潟域における二枚貝の値 (0.15) を用いた。堆積物食者の転換効率 (FDsdf) は栗原ら^{20, 21)}のゴカイの摂餌実験の結果をもとに木村ら⁷⁾が使用した値 (0.15) を適用した。懸濁物食者の P/B 比は堀越・菊池²²⁾の報告から得られる二枚貝類

図 1 調査区域

備考 地点 1-7, 1-8, 1-9 および 2-2 は干潟内になが、他の地点の延長線上または中間にあるため、参考として調査した。

図 2 調査地点

11 種の平均 P/B 比 (2.5) を使用した。また、表層堆積物食者の回転率 (PBsdf) は堀越・菊池²²⁾ の報告例にある多毛類と甲殻類の平均 P/B 比 (3.0) を採用した。

単位面積当たりの懸濁物除去速度 (PONrm) は、各地点における調査時の水深および多摩川河口の水位 (潮位)²³⁾ から求めた月毎の日平均冠水時間 (Tsub) を用いて算出した (式 (2), 表 1)。

$$\begin{aligned} \text{PONrm} &= \text{SFfd} \times (1 - \text{Ex}) + \text{SFfd} \times \text{Ex} \times (1 - \text{Rs}) \\ &= \text{SFfd} \times (1 - \text{Ex} \times \text{Rs}) \end{aligned} \quad (1)$$

$$\text{SFfd} = \frac{\text{SFst} \times \text{PBsf}}{\text{FDsf} \times 365} \times \frac{\text{Tsub}}{24} \quad (2)$$

$$\text{SDFfd} = \frac{\text{SDFst} \times \text{PBsdf} \times (1 - \text{CP})}{\text{FDsf} \times 365} \quad (3)$$

$$\text{Rs} = \frac{\text{SFfd} \times \text{Ex} - \text{SDFfd}}{\text{SFfd} \times \text{Ex}} \quad (4)$$

PONrm: 単位面積当たりの PON 除去速度
(mgN m⁻² day⁻¹)

SFfd: 懸濁物食者による PON 摂取速度
(mgN m⁻² day⁻¹)

Ex: 懸濁物食者の糞・偽糞排泄率 = 0.55

SFst: 懸濁物食者の現存量 (mgN m⁻²)

PBsf: 懸濁物食者の回転率 (P/B 比) = 2.5

FDsf: 懸濁物食者の餌料転換効率 = 0.15

Tsub: 1 日当たりの冠水時間 (hour)

SDFfd: 表層堆積物食者による糞・偽糞摂取速度
(mgN m⁻² day⁻¹)

SDFst: 表層堆積物食者の現存量 (mgN m⁻²)

PBsdf: 表層堆積物食者の回転率 (P/B 比) = 3.0

FDsdf: 表層堆積物食者の餌料転換効率 = 0.15

CP: 表層堆積物食者が摂食する付着珪藻の割合
= 50%

Rs: 糞・偽糞の再懸濁率

表 1 調査月・地点別の日平均冠水時間

調査月		2015 年				平均
地点	水深	8 月	9 月	10 月	11 月	
1-1	1.0 m	23.9	24.0	23.8	23.4	23.8
1-2	1.0 m	23.9	24.0	23.8	23.4	23.8
1-3	1.1 m	24.0	24.0	24.0	23.8	24.0
1-4	0.9 m	23.9	24.0	23.7	23.3	23.7
1-5	0.5 m	22.5	22.1	21.0	20.6	21.6
1-6	0.3 m	20.1	18.9	17.9	17.6	18.6
1-7	0.8 m	23.5	23.9	23.0	22.5	23.2
1-8	2.5 m	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0
1-9	1.9 m	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0
2-1	0.6 m	23.1	23.2	21.9	21.4	22.4
2-2	3.3 m	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0
2-3	0.6 m	23.2	23.2	21.9	21.5	22.5
平均		23.3	23.3	22.8	22.5	23.0

備考 水深は、多摩川河口の年間平均潮位で補正した値の平均である。
冠水時間の単位: hour

3. 調査結果

3.1 底生動物調査

調査で確認された底生動物の食性、個体数密度および湿重量密度を表 2 に示す。ヤマトシジミが最も優占しており、採集した底生動物のうち個体数の 87%, 湿重量の 95% を占めていた。

ヤマトシジミを主とする二枚貝類の個体数密度を表 3 に示す。12 地点のヤマトシジミ個体数密度は、調査期間を通して 15~2237 個体 m⁻² の範囲にあった。全地点および全期間の平均値 541 個体 m⁻² は、小林ら¹²⁾ が川崎市側の干潟で行った調査の実測平均個体数 790 個体 m⁻² と比較すると低い値であった。干潟上でない地点 1-7, 1-8, 1-9 および 2-2 の 4 地点を除外した平均値は 799 個体 m⁻² となり、小林ら¹²⁾ の調査結果と同等であった。地点 1-7, 1-9 および 2-2 でヤマトシジミが少なかった原因については、本調査と同時にに行った水質および底質の測定分析結果²⁴⁾ から、ヤマトシジミの生息環境 (シルト・粘土含有率 50% 未満, 塩分 22PSU 未満)²⁵⁾ に対して地点 1-7 および 1-9 では底質のシルト・粘土含有率が高すぎたこと、

表 2 多摩川河口の底生動物生息密度 (2015 年 8~11 月)

門	綱	目	科	学名	和名	食性	個体数密度	湿重量密度
紐形動物門	無針綱	異紐虫目	—	Heteronemertini	異紐虫目	C	1.9	0.190
	—	—	—	NEMERTINEA	紐形動物門	C	1.9	0.009
軟体動物門	腹足綱	盤足目	3 科	3 種	ウミゴマツボほか	U	3.4	0.018
	二枚貝綱	イガイ目	イガイ科	<i>Musculista senhousia</i>	ホトトギスガイ	SF	2.8	0.020
		マルスダレガイ目	ウロコガイ科	<i>Arthritica reikoe</i>	ガタツキ	U	0.9	0.002
			シジミ科	<i>Corbicula japonica</i>	ヤマトシジミ	SF	541.4	632.55
			マルスダレガイ科	<i>Mercenaria mercenaria</i>	ホンビノスガイ	SF	0.9	32.317
				<i>Ruditapes philippinarum</i>	アサリ	SF	4.6	1.169
環形動物門	多毛綱	サシバゴカイ目	カギゴカイ科	<i>Sigambra hanaokai</i>	ハナオカカギゴカイ	SSD	0.9	0.001
			ゴカイ科	<i>Hediste diadroma</i>	ヤマトカワゴカイ	SD	14.0	0.306
			サシバゴカイ科	2 種		C	0.6	0.002
		スビオ目	スビオ科	4 種	ヤマトスビオほか	SF	4.0	0.015
			ミズヒキゴカイ科	<i>Cirriformia tentaculata</i>	ミズヒキゴカイ	SD	0.3	0.001
		イトゴカイ目	イトゴカイ科	2 種		SSD	38.0	0.239
節足動物門	軟甲綱	端脚目	ユンボソコエビ科	<i>Grandidierella japonica</i>	ニホンドロソコエビ	SD	6.5	0.016
		等脚目	スナウミナナフシ科	<i>Cyathura</i> sp.	スナウミナナフシ属	U	4.6	0.052

備考 —: 同定不能 食性区分 SD: 表層堆積物食者, SF: 懸濁物食者, SSD: 内層堆積物食者, C: 肉食者, U: 不明
個体数密度および湿重量密度は、12 地点における 4 回の調査結果の平均値である。

個体数密度の単位: 個体 m⁻², 湿重量密度の単位: g m⁻²

表3 地点別二枚貝類個体数密度

(2015 年 8 月)													
種	地点	1-1	1-2	1-3	1-4	1-5	1-6	1-7	1-8	1-9	2-1	2-2	2-3
ヤマトシジミ		1733	2237	1600	1319	59	30	－	30	－	133	－	133
アサリ		－	－	－	－	－	－	－	－	－	－	30	－
(2015 年 9 月)													
種	地点	1-1	1-2	1-3	1-4	1-5	1-6	1-7	1-8	1-9	2-1	2-2	2-3
ヤマトシジミ		2133	1200	1007	1630	163	59	30	－	－	474	30	326
ホンビノスガイ		－	－	－	－	－	－	－	－	15	－	－	15
アサリ		－	－	－	－	－	－	－	－	－	15	－	30
(2015 年 10 月)													
種	地点	1-1	1-2	1-3	1-4	1-5	1-6	1-7	1-8	1-9	2-1	2-2	2-3
ヤマトシジミ		1719	711	1156	711	193	119	30	74	30	593	－	104
ホトトギスガイ		－	－	－	－	－	－	－	30	－	－	－	－
ガタヅキ		－	－	－	44	－	－	－	－	－	－	－	－
(2015 年 11 月)													
種	地点	1-1	1-2	1-3	1-4	1-5	1-6	1-7	1-8	1-9	2-1	2-2	2-3
ヤマトシジミ		1674	1659	800	1259	148	119	15	133	30	267	15	104
ホトトギスガイ		－	－	－	－	－	－	－	74	－	－	30	－
ホンビノスガイ		－	－	－	－	－	－	－	－	－	－	15	－
アサリ		－	－	－	－	－	－	－	－	－	－	148	－

単位：個体 m^{-2}

図3 単位面積当たりのPON除去速度

地点2-2では水深が深い（調査時実測で2.8～3.9 m）底層水中の塩分が高すぎたことが影響していたと考えられる。

3.2 浄化能力の推計

3.2.1 単位面積当たりのPON除去速度

調査月および地点別に算出した底生動物による単位面積当たりのPON除去速度 ($\text{mgN m}^{-2} \text{day}^{-1}$) を図3に、これに対するヤマトシジミの寄与率を表4に示す。

地点1-1～1-4は、調査期間を通じて単位面積当たりのPON除去速度が高い値となった。これらの地点ではヤマトシジミが多数生息し、そのPON除去寄与率は100%と算出された。したがって、これらの地点における高い単位面積当たりのPON除去速度は、多数のヤマトシジミによって維持されていることが示唆された。

対照的に地点1-7、1-8、1-9および2-2では生物量が特に少なく、単位面積当たりのPON除去速度が著しく低い ($0.0 \sim 0.3 \text{ mgN m}^{-2} \text{day}^{-1}$) 月があった。9月の地点

表4 単位面積当たりのPON除去速度に対するヤマトシジミの寄与率

調査月	2015年				平均
	8月	9月	10月	11月	
地点					
1-1	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
1-2	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
1-3	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
1-4	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
1-5	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
1-6	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
1-7	—	100.0	100.0	55.0	99.4
1-8	100.0	0.0	82.0	97.0	94.0
1-9	—	0.0	100.0	100.0	5.6
2-1	100.0	99.0	100.0	100.0	99.6
2-2	0.0	100.0	—	4.0	8.2
2-3	100.0	38.0	100.0	100.0	57.0
平均	99.7	86.0	100.0	99.6	94.9

備考 平均は各月の寄与率の加重平均とした。

単位：%

1-9で単位面積当たりのPON除去速度が比較的高い値($83.6 \text{ mgN m}^{-2} \text{ day}^{-1}$)となったが、ホンビノスガイの成貝1個体が採集されたためである。

底生動物によるPON除去に対するヤマトシジミの寄与率は、地点1-1~1-6で100%、地点2-1で99.6%と高く、地点1-9、2-2および2-3の3地点を除き、94.0%以上の高い割合となった。地点1-9および2-2では、月によりホンビノスガイやアサリが優占したこと、二枚貝類を含む懸濁物食者が採集されなかったことにより、ヤマトシジミのPON除去寄与率が調査期間の平均で5.6%および8.2%と低かった。地点2-3におけるヤマトシジミのPON除去寄与率は、9月の調査でホンビノスガイおよびアサリが採集されたため38.0%となったが、8月、10月、11月の調査ではヤマトシジミ以外の懸濁物食者が採集されず、調査期間の平均で56.0%であった。(表3, 表4)

3.2.2 干潟エリア別のPON除去量

PON除去量の算出に当たり、調査区域内に三つの干潟エリアを設定した(図4)。泥質干潟と砂質干潟を区別せず、Google Earth(平成19年12月31日撮影)の画像から干潟干出部の縁辺を識別した。なお、調査期間中に各エリア1測線で測量した地盤傾斜から求めた最低水位(荒川工事基準面)で干出する位置は、識別した干潟エリアの縁辺とほぼ合っており、干潟エリアの識別に精度上の問題は無いと考えた。

底生動物調査を実施した12地点のうち、エリア1、エリア2およびエリア3の干潟に配置された8地点(1-1~1-6, 2-1, 2-3)における単位面積当たりのPON除去速度から浄化能力を算出することとした。エリア1における単位面積の当たりPON除去速度はエリア内6地点の平均とし、エリア2およびエリア3はそれぞれ地点2-1および2-3における単位面積当たりのPON除去速度とした。各エリアにおける単位面積当たりのPON除去速度を表5に示す。

各エリアにおける調査月別の単位面積当たりのPON除去速度は、エリア1が $92.0 \sim 130.9 \text{ mgN m}^{-2} \text{ day}^{-1}$ 、エリア2が $4.3 \sim 44.3 \text{ mgN m}^{-2} \text{ day}^{-1}$ 、エリア3が $9.9 \sim 94.4 \text{ mgN m}^{-2} \text{ day}^{-1}$ であった(表5)。比較事例として、中村ら²⁶⁾が宍道湖湖岸域(水深4m以浅)のヤマトシジミをめぐる夏季の窒素循環を解析した結果では単位面積・日当たりの窒素除去量が $81.8 \text{ mgN m}^{-2} \text{ day}^{-1}$ となっている。この数値は水深4m以浅の浅場も含めた推計値であるので、条件を合わせるためエリア1の6地点にエリア縁辺の地点1-8, 1-9を加えた8地点における単位面積当たりのPON除去速度と比較した。これらの8地点にお

図4 多摩川河口干潟のエリア分け

表5 各エリアにおける単位面積当たりのPON除去速度

調査月 エリア 地点	2015年				平均
	8月	9月	10月	11月	
エリア1 1-1 1-2 1-3 1-4 1-5 1-6					
	102.6	130.9	92.0	100.5	106.5
エリア2 2-1	17.1	44.3	4.3	38.4	26.0
エリア3 2-3	11.7	94.4	9.9	20.1	34.0

単位: $\text{mgN m}^{-2} \text{ day}^{-1}$

表6 各エリアにおける日当たりのPON除去量

調査月 エリア	2015年				平均
	8月	9月	10月	11月	
エリア1 (面積: $93,100 \text{ m}^2$)	9.6	12.2	8.6	9.4	9.9
エリア2 (面積: $50,100 \text{ m}^2$)	0.9	2.2	0.2	1.9	1.3
エリア3 (面積: $87,100 \text{ m}^2$)	1.0	8.2	0.9	1.8	3.0
合計 (面積: $230,300 \text{ m}^2$)	11.5	22.6	9.7	13.1	14.2

単位: kgN day^{-1}

ける単位面積当たりのPON除去速度は平均で $82.8 \text{ mgN m}^{-2} \text{ day}^{-1}$ となり、宍道湖湖岸域の推計値²⁶⁾と同程度であった。エリア2の単位面積当たりのPON除去速度は全体的に低く、エリア3は9月のみ宍道湖湖岸域と同程度であった。

各エリアの底生動物による浄化能力を評価するために、エリアごとに単位面積当たりのPON除去速度に面積を乗じ、日当たりのPON除去量を算出した。その結果を表6に示す。エリア1が単位面積当たりのPON除去速度、面積ともに最大であるため、同エリアの日当たりのPON除去量が他のエリアより高い値となった。

4. 考察

4.1 パラメータの妥当性および地点2-1, 2-3の代表性に関する検討

本稿では鈴木ら¹⁶⁾の用いた手法、パラメータから多摩川河口干潟における底生動物のPON除去速度を推定した。その結果、得られた除去速度は中村ら²⁶⁾が推計した値と大きく異なることはなく、本稿で用いたパラメータは概ね妥当であったと考えられる。一方、鈴木ら¹⁶⁾の研究は三河湾浅海部における現地調査から行われたものであり、多摩川河口干潟においても刻々と変化する底生生物相に応じた種々のパラメータを取得し、PON除去量を推定すべきである。この点は今後の課題である。

本稿ではエリア2およびエリア3のPON除去量をそれぞれ1地点における単位面積当たりのPON除去速度から算出したため、1地点の値をエリアの代表値とすることの妥当性について考察した。

和波ら³⁾が2011~2012年に行った調査では、エリア2では地点によりヤマトシジミの個体数密度に差があった

が、エリア3においては地点間の差は小さかった。底生動物は地盤高が高いほど生息数が減少する傾向があり^{6,9)}、エリア2では傾斜が比較的大きく高低差があるため地点により生息密度に差があったと考えられる。地点2-1はエリア2内の平均的な高さに位置するため代表地点として妥当であり、エリア3はエリア内の高低差が小さいため生息密度の差が小さいと考えられる。

また、エリア2およびエリア3の冠水時間についても、同様の理由から地点2-1、2-3は代表地点として妥当であると考えられる。

4.2 各エリアのPON除去量

干潟エリア別の単位面積当たりのPON除去速度は、大師橋上流側のエリア1が下流側のエリア2およびエリア3よりも高かった。単位面積当たりのPON除去速度に各エリアの面積を乗じて算出した日当たりのPON除去量も同様にエリア1が最も高い結果となった。これは、エリア1の面積が大きく、同エリアにおける単位面積当たりのPON除去速度が高かったためである。本調査で採集されたヤマトシジミの平均個体数密度を見ると、エリア2およびエリア3に位置する地点2-1、2-3において1 m²当たり100個体を超えたが、エリア1では4地点で1 m²当たり1000個体を超えており、多摩川河口干潟の底生動物による水質浄化機能はヤマトシジミ現存量の多寡に依存していることが示唆された。

4.3 多摩川河口干潟全体の底生動物による浄化能力

東京湾の干潟等の生態系再生研究会²⁷⁾によると多摩川河口干潟の面積は950,000 m²とされている。面積が230,300 m²である3エリアのPON除去能力14.2 kgN day⁻¹が干潟全体の平均と仮定した場合、多摩川河口干潟に生息する底生動物のPON除去能力を求めると58.6 kgN day⁻¹となる。

2015年8月から11月の多摩川の窒素負荷量は、公共用水域水質測定結果²⁸⁾によれば、田園調布堰（調布取水堰）の流量および全窒素濃度から11837 kgN day⁻¹と算出される。したがって、多摩川河口干潟の底生動物は夏季から秋季にかけて多摩川の窒素負荷量の0.5%に相当するPONを除去していると推計される。ヤマトシジミを主とする多摩川河口干潟の底生動物が水質浄化に果たす役割は小さくないと言える。

（原稿受付 2018年12月27日）

（原稿受理 2019年6月8日）

参考文献

- 1) 和波一夫, 2016. 多摩川の水質改善と下水道. 下水道協会誌 53(641), 25-28.
- 2) 風間真理, 小倉紀雄, 2001. 神田川におけるアユ溯上の水質要因に関する研究. 水環境学会誌 24(11), 745-749.
- 3) 和波一夫, 石井裕一, 安藤晴夫, 2013. 都内水域における二枚貝ヤマトシジミの生息状況. 用水と廃水 55(9), 696-703.
- 4) 安藤晴夫, 2016. 東京湾の水質と赤潮, 底層DOおよび透明度の長期変化. 水環境学会誌 39(A)(5), 169-173.
- 5) 三好康彦, 大島奈緒子, 木村賢史, 嶋津暉之, 紺野良子, 1991. 人工海浜の浄化能力について(その3) - 底質による水質浄化能力の相違 -. 東京都環境科学研究所年報 1991-2, 117-123.
- 6) 赤澤豊, 三好康彦, 嶋津暉之, 木村賢史, 大島奈緒子, 1991. 人工海浜の浄化能力について(その4) - 人工海浜と自然海浜における底生動物の現況とその浄化能力の検討 -. 東京都環境科学研究所年報 1991-2, 124-134.
- 7) 木村賢史, 三好康彦, 嶋津暉之, 赤沢豊, 1991. 人工海浜の浄化能力について(2) 葛西人工海浜及びその地先における底生動物の現況とその浄化能力の検討. 東京都環境科学研究所年報 1991, 141-150.
- 8) 秋元清治, 小山利郎, 岡靖一郎, 小海茉莉絵, 小関祥子, 橋口晴穂, 加藤健太, 2014. 横浜市海の公園における水質浄化機能の推定. 東京湾の漁業と環境 5, 49-54.
- 9) 石井裕一, 和波一夫, 木瀬晴美, 安藤晴夫, 2012. 都市河川河口域の底生動物と底質環境との関係. 東京都環境科学研究所年報 2012, 9-16.
- 10) 古川功二, 小林弘明, 永山恵, 岩瀬美香, 中村弘造, 2014. 多摩川河口干潟の生物及び底質調査結果(2013年度). 川崎市環境総合研究所年報 2, 78-86.
- 11) 西栄二郎, 田中克彦, 2006. 多摩川河口川崎市側の干潟における底生動物相. 神奈川自然誌資料(27), 77-80.
- 12) 小林弘明, 金井正和, 佐々田文瑠, 井上雄一, 矢部徹, 2017. 多摩川河口干潟の生物及び底質調査結果(2016年度). 川崎市環境総合研究所年報 5, 77-84.
- 13) Fauchald, K., Jumars, P.A., 1979. The diet of Worms: A study of polychaete feeding guilds. Oceanography and Marine Biology Annual Review 17, pp.193-284.
- 14) 林勇夫, 1997. 多毛類生物学の最近の進歩 23 - 多毛類の摂食生態 (1). 海洋と生物 19(5), 442-446.
- 15) 鈴木輝明, 青山裕晃, 甲斐正信, 今尾和正, 1998. 底層の貧酸素化が内湾浅海底生生物群集の変化に及ぼす影響. 海の研究 7(4), 223-236.
- 16) 鈴木輝明, 青山裕晃, 中尾徹, 今尾和正, 2000. マクロベントスによる水質浄化機能を指標とした底質基準試案 - 三河湾浅海部における事例研究 -. 水産海洋研究 64(2), 84-93.
- 17) 秋山章男, 1988. 底生生物の挙動と食物連鎖. 農林水産省農林水産技術会議事務局編, 潮間帯周辺海域における浄化機能と生物生産に関する研究. 農林水産技術会議事務局, 東京, pp.82-102.
- 18) 山室真澄, 1992. 懸濁物食性二枚貝と植物プランクトンを通じた窒素循環に関する従来の研究の問題点(総説). 日本ベントス学会誌 42, 29-38.
- 19) 佐々木克之, 1989. 干潟域の物質循環. 沿岸海洋研究ノート 26(2), 172-190.
- 20) 栗原康, 稲森悠平, 土屋誠, 1980. 人工干潟の研究(1). 下水道協会誌 17(191), 38-56.
- 21) 栗原康, 稲森悠平, 土屋誠, 1980. 人工干潟の研究(4). 下水道協会誌 17(193), 38-40.
- 22) 堀越増興, 菊池泰二, 1976. ベントスの生物生産性. 元田茂編, 海藻・ベントス. 東海大学出版会, 東京, pp.241-270.
- 23) 国土交通省, 多摩川河口 - 国土交通省水文水質データベース - 川の防災情報. URL: <http://www.lriver.go.jp/cgi-bin/SiteInfo.exe?ID=303051283310010> (2018年10月時点).
- 24) 橋本旬也, 石井裕一, 木瀬晴美, 安藤晴夫, 齋藤由美, 和波一夫, 2016. 都内の浅場・干潟に形成される生態系の評価. 東京都環境科学研究所年報 2016, 58-64.
- 25) 中村幹雄, 1998. 宍道湖におけるヤマトシジミ *Corbicula japonica* PRIME と環境との相互関係に関する生理生態学研究. 島根県水産試験場研究報告 9, 1-192.
- 26) 中村義治, 寺澤知彦, 中村幹雄, 三村信男, 2001. 宍道湖ヤマトシジミ個体群の水質浄化機能の評価解析. 海岸工学論文集 48, 1236-1240.
- 27) 国土交通省港湾局, 環境省自然環境局, 2004. 干潟ネットワークの再生に向けて - 東京湾の干潟等の生態系再生研究会報告書 -. 国立印刷局, 東京.
- 28) 東京都環境局, 2016. 平成27年度公共用水域及び地下水の水質測定結果. URL: http://www.kankyo.metro.tokyo.jp/water/tokyo_bay/measurements/measurements/27.files/27kasen.csv (2018年10月時点).

〔論文要旨〕

東京の地先海域では、夏季に発生する赤潮等の富栄養化に起因する水質悪化が課題となっている。その対策として、かつて東京の海岸線を形成し水質浄化機能があるとされている浅場・干潟の再生が有効と考えられる。本稿では、その水質浄化能力が明らかになっていない多摩川の河口域を対象区域として、浅場・干潟等の浅い水域に多く分布する底生動物の浄化能力を定量的に評価することを目的として調査を行った。調査の結果、多数のヤマトシジミが東京・羽田地区と川崎・大師地区を結ぶ大師橋付近の干潟に生息し、多摩川河口域における底生動物相の大部分を占めていることが確認された。ヤマトシジミを主とする多摩川河口干潟の底生動物による粒子状有機窒素(PON)除去能力は、調査期間(2015年8~11月)において1日当たり58.6 kgNと算出され、同期間の多摩川における窒素負荷量の0.5%に相当するPONが除去されていると推計された。

キーワード：干潟；底生動物；自然浄化；ヤマトシジミ