

京浜運河における底生生物からみた 自然再生の可能性

MACROBENTHIC FAUNA AS RESTORATION OBJECTIVES AND ITS CONSTRAINTS IN KEIHIN CANAL, JAPAN

佐藤千鶴¹・古川恵太²・岡田知也²

Chizuru SATOH, Keita FURUKAWA and Tomonari OKADA

¹非会員 水修 国土技術政策総合研究所 沿岸海洋研究部海洋環境研究室 交流研究員((株)東京久栄) (〒239-0826 神奈川県横須賀市長瀬3丁目1番地1号)

²正会員 工博 国土技術政策総合研究所 沿岸海洋研究部海洋環境研究室 (〒239-0826 神奈川県横須賀市長瀬3丁目1番地1号)

Enhancing macrobenthos diversity is an attractive restoration objective for urban coastal area as canals and harbors. To determine constraints of environmental restoration in such enclosed and entrapped water body, survey based approach was taken at Keihin Canal, Japan as a case study. We had sampled water, sediment and macrobenthos from 14 stations at October 2005. The separated sample for short-necked clams were collected from 7 stations in the same period. The constraints are elevation of the site, Chemical Oxygen Demand (COD), and silt-clay fraction for overall macrobenthos abundance while low salinity due effluent from outfall of sewage giving additional constraint for short-necked clam diversity.

Key Words : Keihin canal, macrobenthos, short-necked clam, sediment quality, salinity

1. はじめに

都市臨海部において自然環境を復元・再生する試みが進められている。周辺に良好な自然環境がなく周辺全域がコンクリートで囲われているような都市臨海部において自然再生を行う場合、その自然再生を実施する場所は事前に十分検討される必要がある。

そこで本研究では、背後に東京を抱え、周辺は京浜工業地帯である典型的な都市臨海部である京浜運河を対象として、自然再生の可能性、及び、自然再生の場として留意すべき点に対する検討を行った。まず、公共水域の水質観測結果を用いて京浜運河の水環境の特性を検討した。次に、底質及び底生生物の分布に関する調査を実施し、その結果から底生生物の生息に適する水環境・底質条件について検討した。

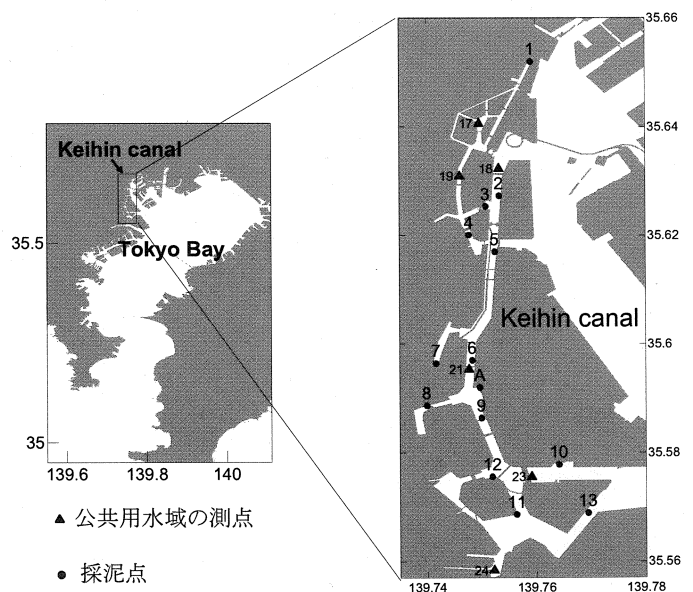


図-1 京浜運河における調査点 (▲ : 公共用水域の水質調査結果の測点 (17, 18, 19, 21, 23, 24), ● : 底質・底生生物調査地点 (1~13及びA))

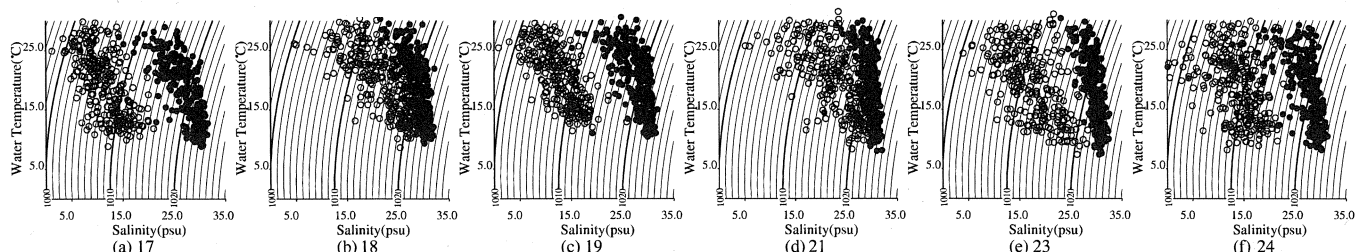


図-2 公共用水域の水質調査結果（1982-2004）における塩分と水温の関係（白丸は上層（水深0m），黒丸は下層（海底面上1m））

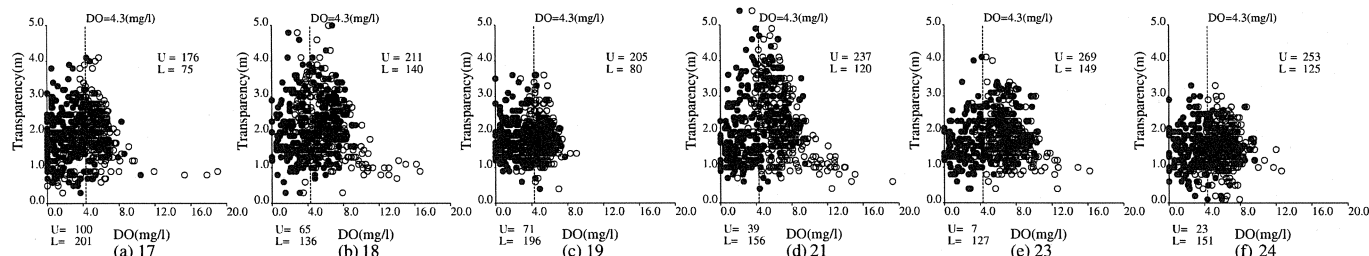


図-3 公共用水域の水質調査結果（1982-2004）におけるD0濃度（白丸は上層（水深0m），黒丸は下層（海底面上1m））と透明度の関係（図中の右上端，左下端のU=*,L=は本文参照）

表-1 公共用水域の水質調査結果の測点名及び地盤高⁴⁾

河川名	Stn.	地点名	D.L.(m)
新芝南運河	17	八千代橋	-2.5
京浜運河	18	港南大橋	-4.1
高浜運河	19	御楯橋	-2.9
京浜運河	21	勝島橋	-4.1
京浜運河	23	京浜大橋	-3.7
海老取運河	24	海老取川北口	-2.2

表-2 調査地点の地盤高⁴⁾及び緯度経度

Stn.	高さ(D.L. m)	緯度(度)	経度(度)
1	120	35.652	139.759
2	90	35.627	139.753
3	20	35.625	139.751
4	60	35.620	139.748
5	70	35.617	139.753
6	20	35.597	139.748
7	70	35.596	139.742
8	40	35.589	139.740
9	90	35.586	139.750
10	90	35.578	139.764
11	120	35.569	139.756
12	110	35.576	139.752
13	120	35.569	139.769
A	80	35.592	139.750

2. 京浜運河の水環境

京浜運河内の水環境特性を把握するため、東京都環境局による「公共用水域の水質調査結果」^{1),2),3)}の水温、塩分、D0濃度および透明度データを解析した。解析には、1982年から2004年における、年12回(毎月1回)、上下2層(水深0.0mと海底面上1.0m)のデータを用いた。データの測点を図-1に示す。図-1の測点名は公共用水域の水質調査結果の測点名と同じである。各測点のD.L.は-2.2mから-4.1mであった(表-1)。

各測点に対する水温と塩分の関係を図-2に示す。測点18, 21, 23の冬季において、上層塩分は下層塩分とほぼ同じで、上層と下層の密度差は小さかった。一方、測点17, 19, 24の冬季においては、上層塩分は常に下層塩分より小さかった。水温と塩分の鉛直構造の違いから、京浜運河は常に成層が形成される測点17, 19, 24と、冬季には成層がなくなる測点18, 21, 23の二つの領域に分けることが出来る。

各測点に対する透明度と上層及び下層のD0濃度の関係を図-3示す。図中の点線は水産用水基準で定められた内湾漁場の夏季底層において最低限維持しなくてはならないD0濃度(=4.3mg/l)を示す。図中の右上端の数字は上層(U=),下層(L=)においてD0濃度=4.3mg/l以上の回数を示す。左下端の数字はD0濃度=4.3mg/l未満の回数を示す。

(解析データ総数は12ヶ月×23年の276個である)。下層はD0濃度=4.3mg/l未満が100回以上あった。全データ数は276個であるので各地点において下層のD0濃度=4.3mg/l未満を示す回数は三分の二程度であった。また、D0濃度=1.0mg/l以下もしばしばあった。牧ら⁵⁾は平成16年7月に京浜運河全域における水質観測結果から、底層ではD0濃度=1.0mg/lを下回るような貧酸素水塊が広範囲にあったことを報告している。これらのことから、夏季における京浜運河底層では、貧酸素状態がしばしば生じていると考えられる。一方、上層におけるD0濃度は概ね4.3mg/lから約8mg/lの範囲にあった。測点17, 18, 21, 23においては、D0濃度=10mg/l以上、透明度は1.0m以下の状態が数回現れた。赤潮状態の時には、このような状態になることが多いことから、測点17, 18, 21, 23においてはここ23年間で数回程度赤潮が発生する海域であると考えられる。

3. 京浜運河の底質・底生生物

京浜運河における底質・底生生物の空間分布を把握するため、平成17年10月に、図-1に示す京浜運河内14地点において底質・底生生物の調査を行った。

(1) 調査地点について

調査地点は採泥時に干出もしくは日光が海底面上に十分に照射される浅い箇所を選定した。これらの地点は水域における上層部に相当し、図-3から上層はD0濃度=4.3mg/l未満が平均約51回あった。全データ数は276であるので上層のD0濃度=4.3mg/l未満を示す回数は約2割程度であった。調査地点は概ねD.L. 0.0m以上の平均干潮面(D.L. 約70cm)から±約50cm(低潮帯中部から中潮帯中部)に位置した(表-2)。Stn. Aは京浜運河に面し、造成後約20年が経過した人工干潟(大井ふ頭中央海浜公園なぎさの森干潟保全地区)、Stn. 9はなぎさの森干潟保全地区に隣接する「はぜつき磯」に位置する。

(2) 採泥方法

干出時に陸上から到達可能な箇所は、陸上からスコップ等を用いて表層泥を直接採取した。水深がある場合は調査船上よりグラブ式採泥器(スミス・マッキンタイヤー型採泥器)により採取を行った。各地点において、0.05m²(22cm×22cm)の範囲を3回採取し、混合した試料を分析した。

(3) 分析項目

底質に関しては、粒度組成、含水率、強熱減量、TOC、T-N、T-P、全硫化物、CODを分析した。マクロベントスの調査は、採泥した表層泥を1mmメッシュのふるいにかけた後、種別個体数及び湿重量を分析した。出現個体数、湿重量は1m²あたりに換算して解析に用いた。

(4) 結果

a) 底質分析結果

勝島運河奥部に位置するStn. 7、勝島南運河に位置するStn. 8は、含水比、全有機物、T-N、T-P、全硫化物、強熱減量、CODにおいて高い値を示した(表-3)。Stn. 3, 7, 8においてシルト・粘土(細粒分)は高い割合を占めた。Stn. 5において礫分の割合が高く25%を占めた。Stn. 3, 5, 7, 8以外の測点では砂分が80%以上を占めた(図-4)、中央粒径は0.2mm程度であった。含水比はStn. 3, 7, 8において40%以上、Stn. 5において20%以下、その他の地点では20~30%程度であった。

京浜運河におけるシルト・粘土(細粒分)と有機物量(COD)の関係を図-5に示す。シルト・粘土の割合が高いほど有機物量(COD)は増加していた。地盤高と有機物量(COD)の関係を図-6に示す。後述するように無生物であったStn. 7(COD=9.7mg/g)を除くと、地盤高が低いほど有機物量(COD)は多い傾向を示した。

表-3 底質分析結果

地点	含水率(%)	TOC(%)	T-N (mg/g)	T-P (mg/g)	全硫化物 (mg/g)	COD (mg/g)	強熱減量 (%)	50%粒径 (mm)	礫分(%)	砂分(%)	細粒分(シルト・粘土)(%)
1	23.5	0.2	0.2	0.5	0.1	1.8	1.4	0.3	0.0	96.5	3.5
2	31.3	0.7	0.8	0.9	0.1	4.4	3.9	0.2	1.0	84.5	13.9
3	40.7	1.7	2.0	0.8	0.7	6.7	8.7	0.2	1.1	61.9	37.0
4	23.9	0.6	0.8	0.5	0.1	4.1	4.5	0.2	2.8	75.9	21.3
5	15.2	0.4	0.1	0.2	0.0	1.0	2.3	0.6	25.0	73.0	2.0
6	27.3	0.3	0.5	0.3	0.1	3.9	2.5	0.2	0.0	87.8	12.2
7	48.2	2.4	4.6	1.8	4.4	9.7	16.2	0.1	0.0	47.8	52.2
8	39.6	2.3	2.3	0.7	0.5	7.5	7.3	0.1	0.0	56.0	44.0
9	23.3	0.1	0.5	0.3	0.1	2.8	2.7	0.2	0.4	90.1	9.5
10	23.1	0.1	0.2	0.2	0.1	1.4	1.9	0.2	0.2	91.4	8.4
11	19.5	0.1	0.2	0.4	0.1	2.3	1.7	0.2	0.0	84.2	15.8
12	24.5	0.5	0.4	0.4	0.1	3.8	2.6	0.3	2.6	83.5	13.9
13	23.3	0.1	0.2	0.4	0.0	1.9	1.8	0.3	0.0	93.6	6.4
A	24.1	0.3	0.5	0.3	0.1	3.9	2.6	0.2	0.6	82.8	16.4

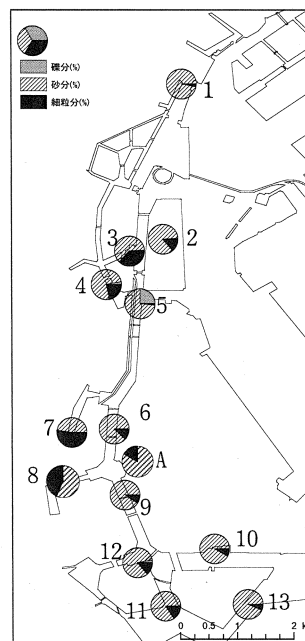


図-4 粒度組成(図中の数字は調査地点名を示す)

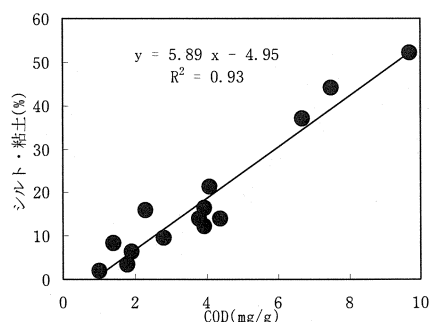


図-5 底質の有機物量(COD)とシルト・粘土の関係

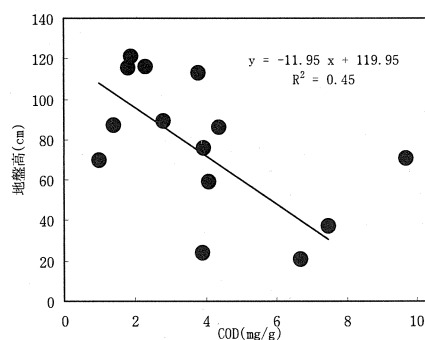


図-6 底質の有機物量(COD)と地盤高の関係

次に底質の評価を8点評価法により行った。8点評価法とは、東京都港湾局が底質と水質との関係を考慮した汚泥除去基準として設定し、昭和62年4月1日から施行している「底泥評価基準」⁶⁾を用いた評価法である。判定方法は、表-4の判定基準において対象海域の各項目の評価点の合計が8以上の場合は、底質除去の対象とするものである。京浜運河における調査結果を用いて判定を行った結果(表-5)、Stn. 7は16点、Stn. 3は8点となり除去の対象となった。他の調査地点の評価点はいずれも底質評価基準値8を下回った。この結果からStn. 3, 7を除く、他の調査地点は汚濁化していないと判断できる。

東京都環境局の水生生物調査結果報告⁷⁾における平成14年4月、9月の干潟部(葛西沖人工渚、お台場海浜公園、城南大橋、森ヶ崎の鼻)の底質分析結果を表-6に示す。本調査結果と比較すると、全硫化物、強熱減量の値は京浜運河の値がやや大きいものの、COD、シルト・粘土の割合は水生生物調査結果の中の干潟部の数値の範囲内であった。京浜運河における平均干潮面から約±50cmの調査地点の底質環境は周辺海域の干潟部と同程度であったと言える。

b) 底生生物調査結果

マクロベントスの出現個体数(左)、及び種類数(右)を図-7に示す。円の大きさは出現個体数、種類数に比例し、数字は出現個体数、種類数を示す。Stn. 7(図-1参照)を除く全ての調査地点において底生生物が生息していた。出現個体数は多毛類が多く、Stn. 1, 5, 8以外(図-1参照)における優先種は多毛類であった。

他の調査地点と比較してStn. 8は個体数、湿重量ともに最も卓越していた。その個体数、湿重量の大部分は二枚貝(イガイダマシ)だった。Stn. 1(3種類)、7(0種類)を除く地点において、種類数に大きな差はみられず、10種類から19種類であった。Stn. 1, 5, 8, 11(図-1参照)においては、一地点あたりの総出現個体数に占める甲殻類の割合は10%以上だった。

一地点あたりの平均出現個体数は約3700個体/m²、平均湿重量は約330g/m²、平均種類数は約11種類/(0.15m²)であった。木村ら⁸⁾は1993年(冬, 春, 夏)の東京港内における底生生物の平均出現個体数及び種類数は春が最も多く3820個体/m²、23種類/m²、夏は2370個体/m²、6.5種類/m²、冬は2270個体/m²、5.5種類/m²であると報告している。調査時期は異なるものの、京浜運河における10月の出現個体数は上記の範囲にあり、東京港内と同程度の個体数の底生生物がみられた。また、自然干潟である盤洲干潟における底生生物量は、12月に約1200g/m²、8月に約600g/m²、同じ地点における10月の出現個体数は約400個体/m²である⁹⁾。京浜運河における一地点あたりの平均湿重量は盤洲干潟の半分から四分の一程度であった。

図-8にマクロベントスの湿重量と底質の有機物量(COD)との関係を示す。無生物であったStn. 7を除き、有機物量(COD)が多いほど湿重量は多い傾向を示した。

表-4 底泥評価基準⁶⁾

T-N mg/g	T-P mg/g	COD mg/g	含水 比 %	評価 点
0.99 以下	0.64 以下	12.8 以下	200 未満	0
	0.65 以上			1
1.00 以上	0.74 以上	12.9 以上		2
1.01 以上	0.82 以上	19.9 以上		3
1.34 以上	0.91 以上	26.6 以上		4
1.68 以上	0.99 以上	33.2 以上		5
2.02 以上	1.07 以上	39.9 以上		6
2.35 以上	1.16 以上	46.5 以上		7
2.69 以上	1.25 以上	53.2 以上	200 以上	8

表-5 8点評価法による京浜運河における底質判定結果

測点	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	A
8点評価法	0	3	8	0	0	0	16	7	0	0	0	0	0	0

表-6 平成14年度水生生物調査結果報告書の干潟部における底質分析結果⁷⁾

	全硫化物 (mg/g)	COD (mg/g)	強熱減量 (%)	細粒分(シルト・粘土) (%)
葛西人工渚	0.16	4.3	3.9	30
4月 お台場海浜公園	0.02	2.4	1.5	5
城南大橋	0.03	3.4	1.8	1
森が崎の鼻	0.04	5.3	2	4
9月 葛西人工渚	0.01	1	1.4	4
お台場海浜公園	<0.01	<0.5	1.4	5
城南大橋	0.07	2.1	1.7	4
森が崎の鼻	0.03	2.8	2.4	10

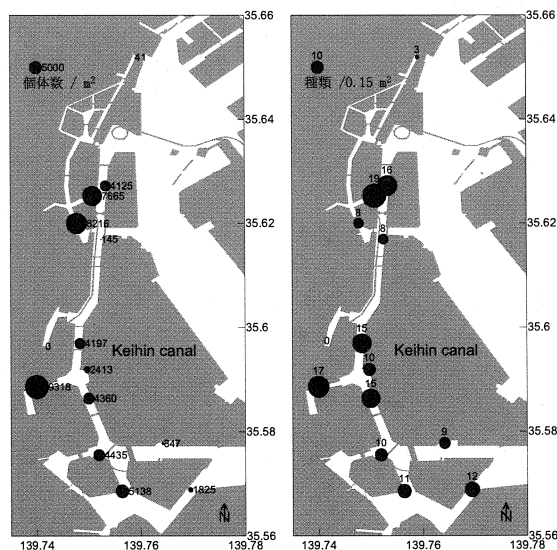


図-7 マクロベントスの出現個体数(左)、種類数(右)

地盤高とマクロベントスの湿重量の関係から地盤高が低いほど湿重量は多い傾向を示した(図-9)。

アサリが優先種となる地点は無いもののStn. Aを含むその周辺(Stn. 6, 8, 9)と航路付近(Stn. 2, 10, 13)においてアサリが確認された(図-10)。出現個体数はStn. Aにおいて最も多く79個体/m²、湿重量はStn. 8において最も多く約130g/m²であった。

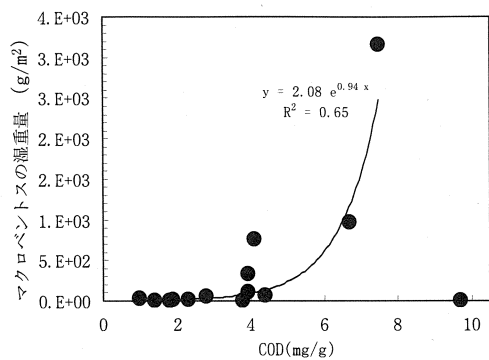


図-8 マクロベントスの湿重量と有機物量 (COD) の関係

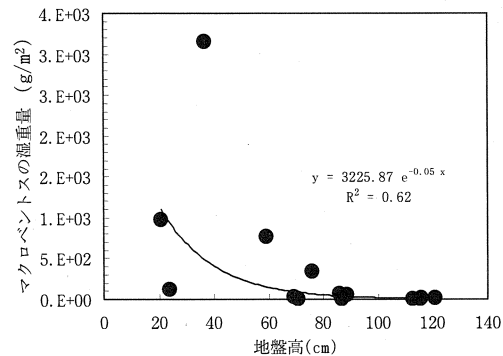


図-9 マクロベントスの湿重量と地盤高の関係

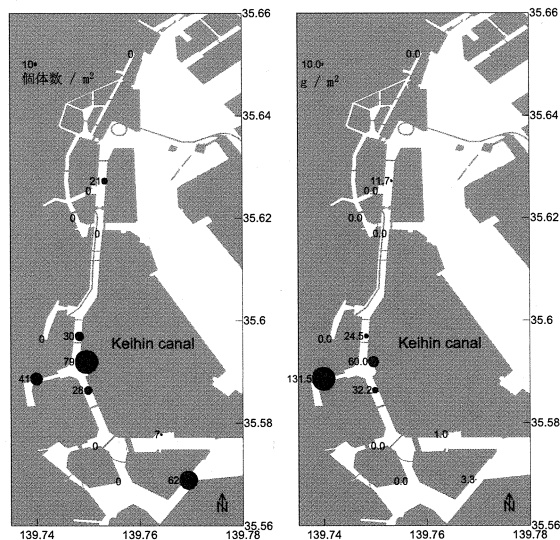


図-10 アサリの出現個体数 (左), 湿重量 (右)

4. 京浜運河における自然再生の可能性について

京浜運河底層は貧酸素のため、生物生息に適さないと考えられるが、調査の結果、Stn. 7を除く平均干潮面から±約50cmの調査地点においてマクロベントスが生息していた。このことは、マクロベントスの生息する場としての適性のある場が運河内に存在することを示している。今回の調査結果からマクロベントスに適する条件は、COD(約4.0-8.0mg/g)、地盤高(約20-70cm)が示唆された(図-8, 図-9)。さらに図-5から、当該条件はシル

ト・粘土約20~50%に相当する。このようにマクロベントスの生息条件がCODと地盤高の両者によって規定される理由は、図-6に表されるCODと地盤高の関係をこの運河が持っているからであろう。

次に種に対する生息条件についてアサリを例として検討した。Stn. 7を除いて、アサリのみられなかった地点(図-10)の底質分析結果はアサリの生息可能な範囲(10, 11, 12, 13, 14)にあった。このことから、アサリのみられた地点との違いは底質環境の差というよりは水環境の違いにあると推察される。

表-2から今回の調査地点はいずれもD.L. 0cm以上であるため、調査地点における水温・塩分・DO濃度・透明度の値は図-2, 図-3の上層部に相当する。図-3から上層部における貧酸素の影響は軽微であった。一方、京浜運河には多摩川の一部、呑川、立会川、目黒川、古川等の都内の河川や芝浦、森ヶ崎水再生センターといった多くの淡水供給源が存在し、塩分水平分布は一様では無い。そのため高浜、天王洲運河(図-1の測点17, 19)、昭和島、海老取運河(図-1の測点24)の上層部は低塩分であり塩分15psu以下を示すことが多い(図-2)。アサリの生残における塩分耐性は低塩分側にあり、塩分20‰前後に境界がある¹¹⁾。また、その影響は小型個体ほど大きく現れると言われている¹¹⁾。櫻井ら¹⁵⁾は室内実験の結果、塩分13‰ではアサリの潜砂行動はみられず、潜砂行動に影響しない塩分は15‰以上必要であると報告している。また、石田ら¹⁶⁾はアサリ浮遊幼生の塩分選択性に関する実験の結果16psu以下の低塩分側において幼生分布がほとんどみられなかったと報告している。以上のことから、比較的多くマクロベントスの出現個体数、種類数がみられたにもかかわらず(Stn. 3, 4, 11, 12(図-1黒丸の点))、アサリのみられなかった要因は、表層における塩分濃度(20psu以下)であると考えられる。従って、京浜運河内でアサリの再生を目指した自然再生を行う場合には、運河内に流入する河川・下水処理水等の淡水の流入に配慮すべきであろう。その様な点に配慮したならば、京浜運河内の平均干潮面から約±50cmという場はアサリの再生を目的とした自然再生の場としての可能性を持つと考えられる。

5. まとめと今後の課題

調査の結果、Stn. 7を除く平均干潮面から±約50cmの調査地点においてマクロベントスが生息していた。このことは、京浜運河は底生生物の分布を期待する自然再生の場としてのポテンシャルを有しており、平均干潮面から約±50cmという場所は底生生物の生息が可能な環境であることを示唆する。アサリに関しては、低塩分水域は生息場として適していないことが示された。従って、アサリの再生を目指した自然再生を行う場合には、運河内に流入する河川、下水処理水等の淡水流入に配慮する必要がある。

図-10からアサリはStn. Aの周辺 (Stn. 6, 8, 9) に多くみられた。アサリ成貝の量にアサリ浮遊幼生の量は比例すると考えると、最も多くのアサリのみられたStn. Aがアサリ浮遊幼生の供給源となり、運河部特有の水路地形に依存した浮遊幼生の移流・滞留がStn. A周辺のアサリ分布に影響していると推測される。以上のことは数値実験や京浜運河内のアサリ浮遊幼生の分布の把握により、正確な議論を必要とするが、運河部における自然再生の可能性を考える上で、浮遊幼生による生物ネットワークを考慮する際には、運河部の水平・鉛直に分布する水塊構造を考慮する必要があると考えられる。

謝辞：本研究を進めるにあたりご指導賜りました鹿島建設(株)環境本部地域環境計画Gr柵瀬信夫氏、また、貴重なご意見を頂きました(株)東京久栄中林孝之氏、神尾光一郎氏に心より感謝いたします。

参考文献

- 1) 東京都環境保全局水質保全部：公共用水域の水質調査結果(資料編)，昭和57年度から平成6年度，1983～1994.
- 2) 東京都環境局自然環境部水環境課：公共用水域及び地下水の水質測定結果，平成7年～平成9年，1995～1997.
- 3) 東京都環境局：公共用水域水質測定結果，<http://www2.kankyo.metro.tokyo.jp/kansi/mizu/sokutei/sokuteikekka/kokyou.htm>，1998～2004.
- 4) 第3管区海上保安本部海洋情報部 <http://www1.kaiho.mlit.go.jp/KAN3/index.html>
- 5) 牧秀明，樋渡武彦，越川海，木幡邦男，浦川秀敏，渡辺正孝，安藤晴夫，川井利雄，高橋正浩：東京湾京浜運河における水域調査，第39回水環境学会年会講演集，pp. 15，2005.
- 6) 東京都港湾局：東京港内における水底土砂の調査要綱，東京都港湾局，p26，2004.
- 7) 東京都環境局：平成14年度 水生生物調査結果報告書，東京都環境局，2004.
- 8) 木村賢史，西村修，川井利雄，稲森悠平，秋山章男，須藤隆一：東京都内湾の底層水域環境と底生生物の関係，水環境学会誌，第20巻，411-418，1997.
- 9) 細川恭史，木部英治，三好英一，桑江朝比呂，古川恵太：盤洲干潟(小櫃川河口付近)におけるアサリによる濾過能力分布調査，No. 844，3-21，1996.
- 10) 新保裕美，田中昌宏，池谷毅，越川義功：アサリを対象とした生物生息地適性評価モデル，海岸工学論文集，第47巻，1111-1115，2000.
- 11) (社)全国沿岸漁業振興開発協会：増殖場造成計画指針-ヒラメ・アサリ編-(平成8年度版)，1997.
- 12) 陣之内征龍，山本翠，吉岡貞範，重宗新治：アサリ漁場環境調査，山口県内海水産試験場報告，第19巻，72-77，1991.
- 13) 井上泰：山口・大海湾におけるアサリの生態と環境について，水産土木，Vol. 16，29-35，1980.
- 14) 高橋清孝，佐藤陽一，渡辺競：アサリの生存限界に関する実験的検討，宮城県水産試験場研究報告，11号，44-58，1986.
- 15) 櫻井泉，瀬戸雅文，中尾繁：ウバガイ，バカガイおよびアサリの潜砂行動に及ぼす水温，塩分および底質粒径の影響，日本水産学会誌，62，878-885，1996.
- 16) 石田基雅，小笠原桃子，村上知里，桃井幹夫，市川哲也，鈴木輝明：アサリ浮遊幼生の成長に伴う塩分選択行動特性の変化と鉛直移動様式再現モデル，水産海洋研究，第69巻，73-82，2005.