

東京都内湾における底生生物生息状況の解析結果について

安藤 晴夫 川井 利雄*

(*現・東京都多摩環境事務所)

要 旨

東京都環境局の水生生物調査結果を用いて東京都内湾部における底生生物の生息状況と環境条件との関係について解析を行った。その結果、底生生物の生息状況は、地点の水深により区分した浅場、深場、干潟で異なる特徴を示した。浅場では、深場、干潟に比べて季節によらず底生生物の種類数や個体数が豊富であった。深場では、底層水の貧酸素化により、春季に比べて秋季には種類数や個体数、湿重量が大幅に減少した。干潟では、種類数は少ないが、安定的な生息環境が維持されていると考えられた。調査時の溶存酸素濃度が $3\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ を下回ると、生物の生息状況に悪影響が現れ始めた。これらの解析結果から、今後の水生生物調査は、水域の状況に応じて異なる目標を設定して行う必要があると考える。

キーワード：東京湾、底生生物、生息環境、貧酸素化

Data analysis of habitat environment of benthos in the coastal sea of Tokyo

ANDO Haruo, KAWAI Toshio*

*Tokyo Metropolitan Tama Environment Office

Summary

Using census monitoring data of aquatic organisms during F.Y. 1986-2002, habitat environments of benthic animals in the coastal sea of Tokyo was analyzed and the following results were obtained. The habitat condition of benthos were characterized by the depth of sampling point: shallow waters, deep waters and tidal flats. In shallow waters, number of species and individuals were more abundant than those in the deep waters and in tidal flats. In deep waters, number of species and individuals, and wet weights decreased significantly in fall when hypoxic bottom water frequently occurred. Although the number of species in tidal flat areas were smaller than in the shallow waters, the habitat conditions were stable. Analytical results showed that the benthos habitation began to be severely affected by hypoxic condition with DO less than $3\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$. Results of this study indicate that the future census monitoring of benthos needs to set objectives differently depending on the condition of water areas.

Key Words: Tokyo Bay, benthos, habitat environment, hypoxia

1 はじめに

都市環境問題にもっとも早くから直面した東京都は、1970年代から行政的、研究的観点から様々なモニタリングを行ってきた。そして1980年代からは水生生物の重要性に着目し、底生生物、赤潮プランクトン、魚類、付着動物、鳥類など多様な水生生物の生息状況について定期調査を開始し、その調査データは、他の水域に比べて類を見ないほど充実したものとなっている。本研究では、これらの水生生物調査結果をデータベース化し、生息状況と水質等の環境条件との関係について解析を行った。ここではそのうち、底生生物の解析結果について報告する。

2 使用データ

東京都環境局による水生生物調査結果報告書¹⁾の海域の底生生物調査データを用いて解析を行った。調査地点は図1に示す通りである。東京都内湾の下水処理場についても★で位置を示した。

調査が行われた16地点は、水域の特徴により、運河 (C.12:水深約5m)、深場(水深>10m)、浅場(水深≤10m)、干潟(干出域)に分けて示した。数字名の地点は、公共用水域の水質測定調査地点と同一である。また、St.S、St.K、St.J、St.M、St.Oはそれぞれ、三枚洲、葛西人工渚、城南大橋、森ヶ崎の鼻、お台場海浜公園を示している。

解析に使用したデータは、C.12が1986～2001年度、St.Oが1990～2002年度、それ以外の地点は1986～2002年度の期間に、毎年2回(春季:4～5月、秋季:9月)行われた調査結果で、調査項目は、水質(水温、塩分、DO、COD)、底質(COD、強熱減量、硫化物、酸化還元電位(ORP)、泥分)、底生生物(底生生物:種別個体数、種別湿重量)である。なお、調査方法の詳細は水生生物調査結果報告書¹⁾に記載された通りである。

3 結果と考察

3.1 調査時の水質・底質

干潟を除く12地点下層の塩分、DOの値を春季と秋季に分けて箱ヒゲ図に示した(図2)。なお、干潟については、干出するため調査は行われていない。

運河と浅場の地点は河口域に位置するため、潮汐や降雨の影響を受けやすく、下層でも塩分が30以下に低下する場合が多い。また変動も大きい。一方、沖合に位置する深場の地点では、下層の塩分は概ね30以上で、比較の変動が小さい。DOは、春季には、すべての地

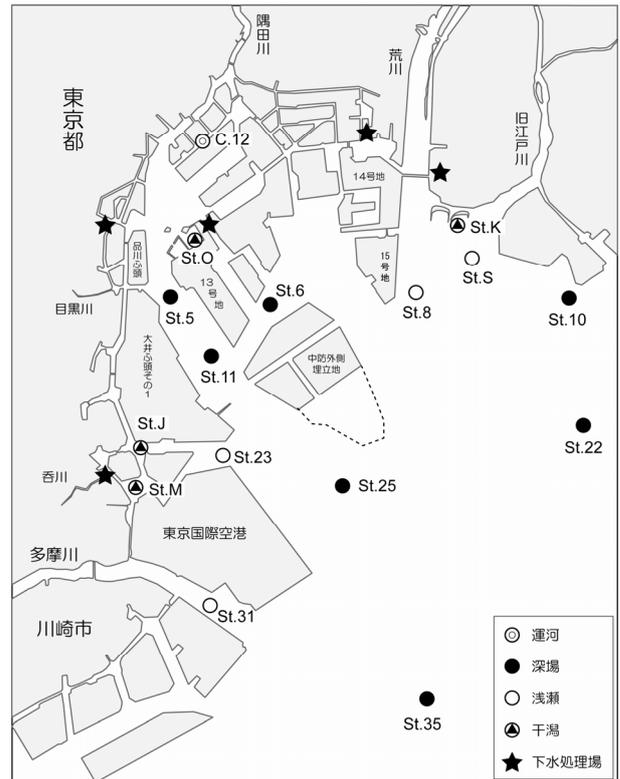


図1 底生生物調査地点図

点で概ね $3\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ を超えているが、秋季には、運河と深場のほとんどの地点では、 $2\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 以下に低下し、貧酸素状態になることを表している。浅場でも、秋季にDOは低下するが、 $2\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 以下になることはほとんどない。

次に、底質の有機汚濁の指標としてよく用いられる強熱減量についても同様に比較を行った(図3)。八都府市水質専門委員会が定めた底質環境の評価基準^{2,3)}では、底泥の有機汚濁状況を、強熱減量の値によって、15%以上、15～10%、10～5%、5～2%、2%未満の5段階に区分している。

運河のC.12と中央防波堤外側のSt.22、25、35では、強熱減量の値が10%以上であり、他の地点に比べて底質の有機汚濁が進行していることを示している。それに対して隅田川河口域のSt.5、6、11と浅場のSt.8、23、10、31では、強熱減量は概ね5～10%の範囲にある。荒川河口域のSt.S(三枚洲)の強熱減量は、St.31より値が低い変動幅が大きく、降雨等による河川流量の変化により底質組成が変化しやすいことを示唆している。干潟の各地点の強熱減量の値は2%前後で変動幅も小さく比較的安定した底生生物の生息環境であると考えられる。干潟のうちでは、St.Mの値が他に比べてやや高い値を示している。

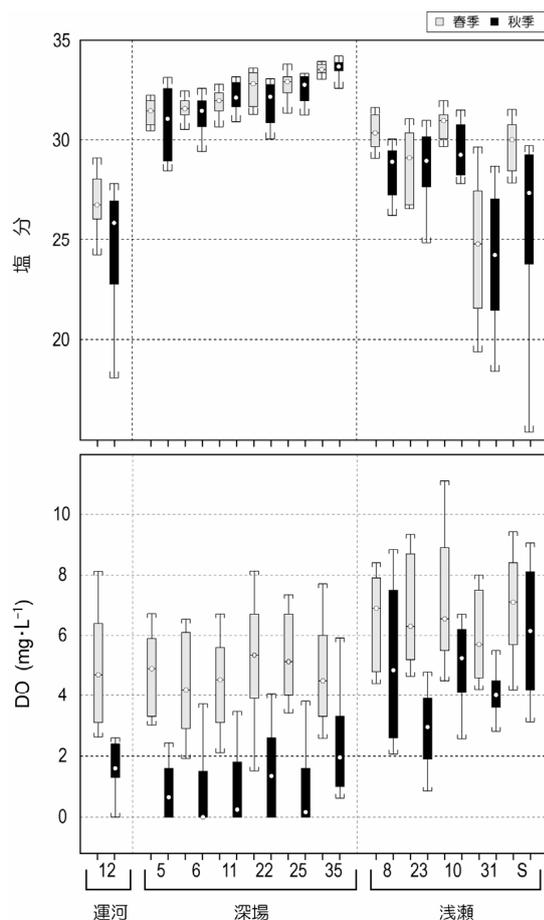


図2 底生生物調査時の底層の水質

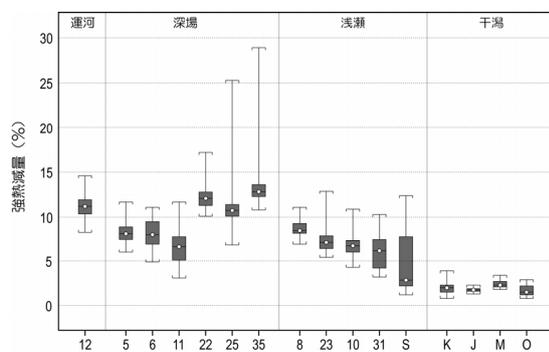


図3 各地点の強熱減量

3.2 種類数、個体数、湿重量の推移

底生生物の種類数、個体数、湿重量のデータを用いて各地点の特徴を検討した。出現した生物種を多毛類、軟体類、甲殻類、その他に分類し、その構成比を円グラフで、総数および総量は円グラフの大きさで表した(図4)。なお、図4において実線の縦罫線は春季、破線は秋季を示す。

(1) 種類数

図4によれば、底生生物の生息状況は、水域別(運

河、浅場、深場、干潟)に特徴付けられる。

種類数は、干潟以外の水域では、春季に比べて秋季に減少する傾向が認められ、特に運河と深場でその傾向が顕著である。全体的には、浅場の種類数が最も豊富で、次に春季の運河および深場が続く。干潟は季節による増減は小さいが、種類数は浅場に比べて少ない。種類数の構成は、各地点とも50%以上を多毛類が占める場合が多い。経年的には、1990年代に浅場の種類数がやや多くなっているが、明確な長期的増減傾向は認められない。

(2) 個体数

個体数は、浅場と干潟でほとんど差がなく、またどちらの水域においても季節による増減は明確ではない。それに対して運河および深場では秋季に個体数が減少する傾向が顕著である。個体数の構成は、運河・深場では、軟体類(主に貝類)が卓越する場合と多毛類が卓越する場合に分かれている。浅場では、1990年代に軟体類の割合が高い傾向が認められるが、2000年代にはその割合が低下している。干潟では、St.Mにおいて甲殻類の割合が高くなる場合が他の地点に比べて多いが、それ以外は多毛類が卓越し、軟体類の割合が常に低い。一方St.0では、多毛類と軟体類の割合が高く、甲殻類の個体数は少ない。

(3) 湿重量

湿重量については、運河及び深場では、種類数および個体数の場合と同様に、秋季の湿重量は非常に小さい。一方、浅場および干潟の場合には、深場に比べて湿重量は大きい、値が比較的大きく変動している。湿重量の構成は、深場では、多毛類が大部分を占めているが、浅場および干潟では、多毛類が優占するSt.8とSt.Mを除いて、その他の地点では軟体類の占める割合が圧倒的に高い。また、運河では、その他の種類として、原索動物のホヤ類が卓越する場合が認められる。

3.3 主要生物種の個体数の推移

多毛類、軟体類、甲殻類から、底生生物調査で比較的良好に出現する2種ずつを選び、縦軸を調査地点、横軸を調査時点とするグラフ上に、その時の個体数を、円の大きさで示した(図5)。この図で、縦軸の破線上の点は春季、破線と破線の中央の点は、秋季の調査結果を表している。

多毛類のヨツバナネスピオA型(*Paraprionospio* sp. A)は、浅場には季節にほとんど関係なく多数出現してい

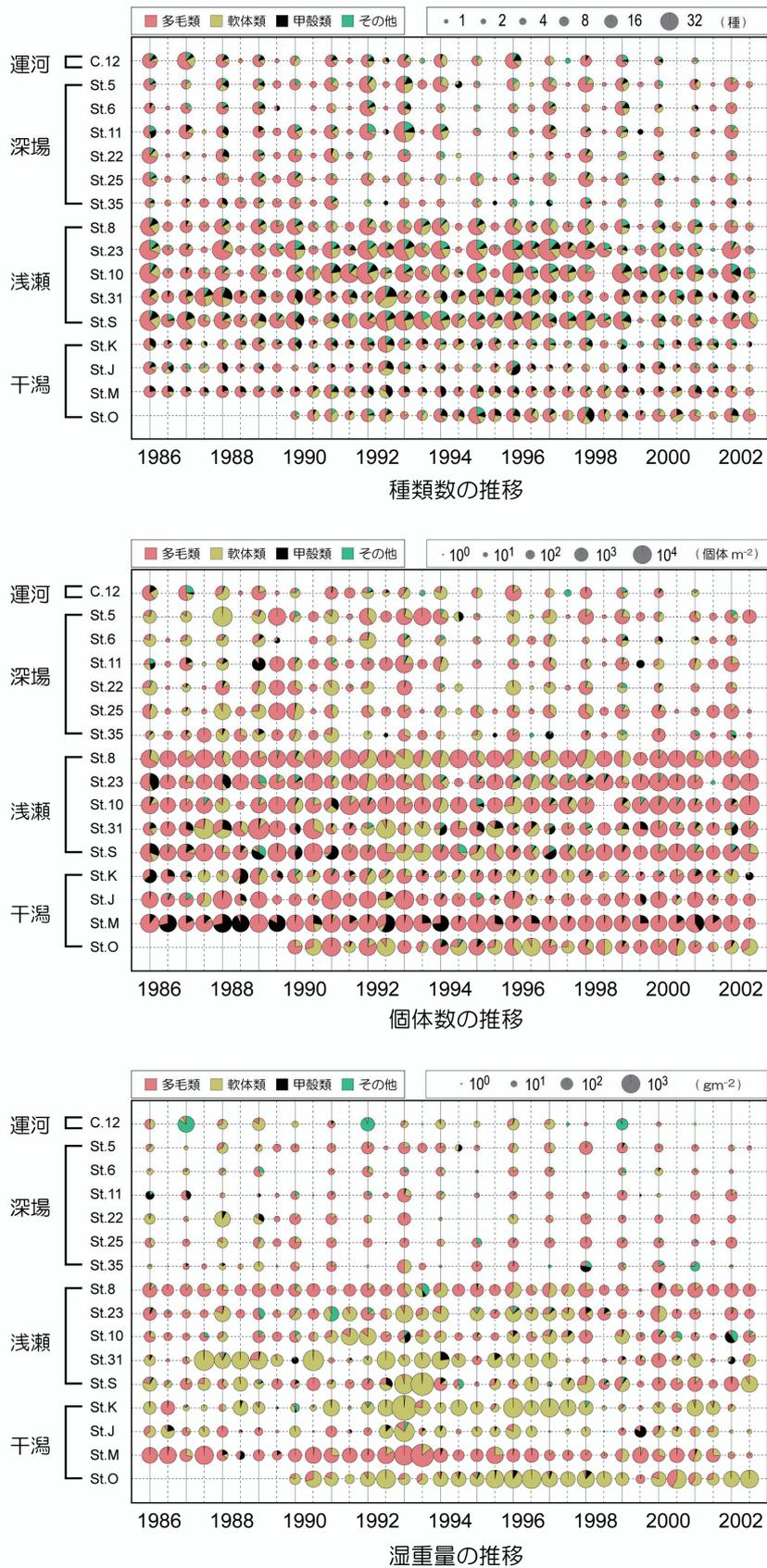


図4 各地点における分類群別種類数、個体数、湿重量の推移

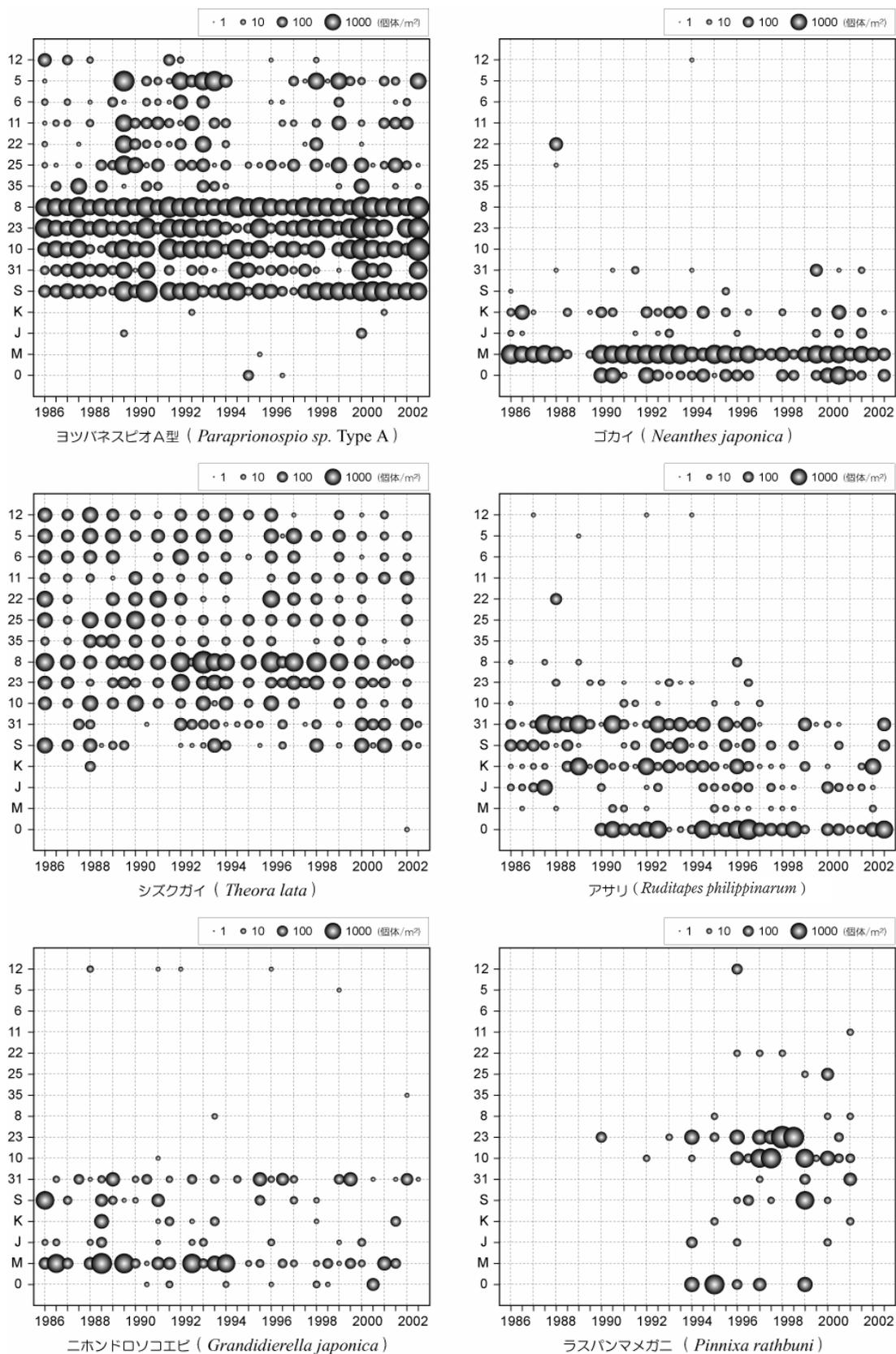


図5 代表的生物種の各地点における出現個体数の推移

る。一方、深場への出現頻度は低いが、貧酸素化した秋季にも出現しており、貧酸素への耐性が強いことを示している。

多毛類のゴカイ (*Neanthes japonica*) は、干潟によく出現し、St. M (森ヶ崎の鼻) には、特異的に多くの個体数が出現している。

シズクガイ (*Theora lata*) も強い貧酸素耐性が報告されている⁴⁾ が、本調査結果では浅場の St. 8、St. 23 の個体数が多い。浅場では、秋季にも時々出現するが、同時期の深場には出現していない。

アサリ (*Ruditapes Philippinarum*) は、浅場の St. 31、St. S と干潟の St. K、St. 0 に比較的多数出現しているが、St. J の出現個体数が少ない。ただし、干潟では潮干狩りや鳥による捕食などの影響を受けるため、個体

数と環境条件の良否とを直接結びつけることは難しい。

甲殻類のニホンドロソコエビ (*Grandidierella japonica*) は、St.31 と St. M に良く出現する。ただし、1995 年以降は St. M への出現個体数が減少する傾向が認められる。

同じく甲殻類のラスパンマメガニ (*Pinnixa rathbuni*) の場合には、1994 年頃から St. 23 や St. 10 に多く出現し始めたことを示している。

3.4 出現率による生物種および地点の分類

各調査地点において出現率 (出現回数/調査回数) が高い生物種から上位 5 種を選択し、それらの生物種のすべての地点での出現率をデータとして、生物種および地点をクラスター分類した (図 6)。

その結果、風呂田⁵⁾ による強汚濁海底 (I) の指標生物であるシズクガイ、ヨツバネスピオ A、*Lumbrineris longifolia* を含む群と、弱汚濁海底 (II) の指標生物であるアサリ、ホトトギスガイ、ニホンドロソコエビ、アシナガゴカイおよびチヨノハナガイ、ヨツバネスピオ CI を含む群、弱過栄養海底 (IV) の指標生物であるシオフキガイを含む群に分類された。

一方、地点の分類結果は、干潟、浅場、深場および運河に分類され、生物の出現率が生息環境の状況をよく反映していることが確かめられた。

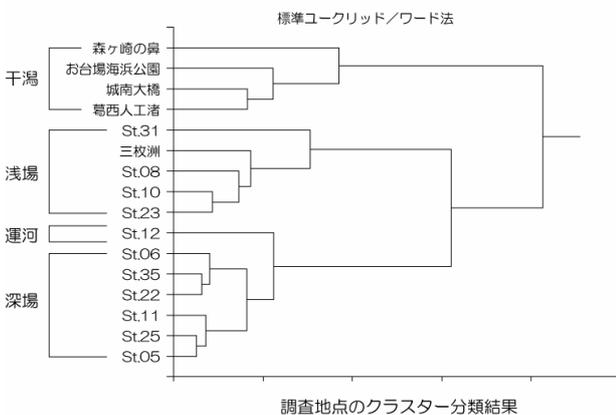
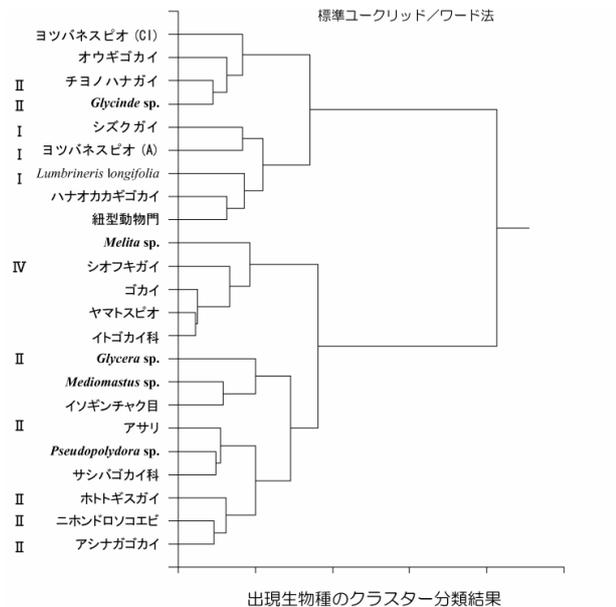


図 6 底生生物の出現率によるクラスター分類結果

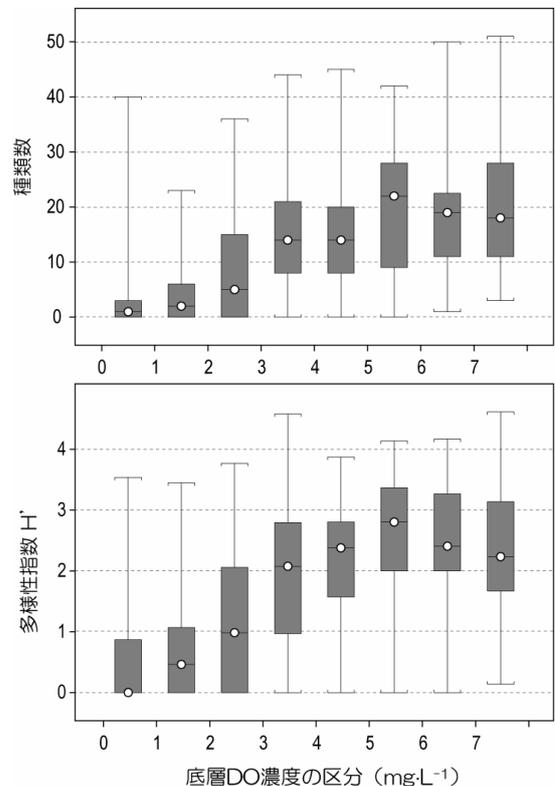


図 7 調査時の DO と種類数

3.5 底生生物に対する貧酸素化の影響

これまで述べたように、調査地点の水深と調査時期により、底生生物の出現状況が大きく異なり、それは主に底層水の貧酸素化の影響であると考えられる。この点について、調査時の底層のDOと生物の出現状況との関係により検討した。

調査時の底層のDOを $1\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 間隔で8段階に区分し、各DO区分における種類数および多様性指数の分布を図7に示す。この図によれば、DOが概ね $3\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 以下になると種類数と多様性指数がともに顕著に低下することが分かった。水産用水基準（2000年版）⁶⁾ではDOについて底生生物の生存可能な最低濃度として、 $2\text{mL}\cdot\text{L}^{-1}$ ($2.9\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)と定めており、これと同様な結果が得られた。なお、こうした実環境中のデータからDOレベルと生物影響との関係を示した結果は従来ほとんど報告されていない。

3.6 底質環境評価区分とその推移

東京都内湾の底質環境を総合評価手法としてよく用いられる八都府市水質専門委員会の底質評価方法³⁾を、1986～2002年度の底生生物調査結果に適用して、各調査時の底質環境を評価し、図8に表した。運河と深場では、環境保全度が0～Ⅱに区分され、特に秋季には、最も有機汚濁が進行した状況の0に区分される場合が多い。浅場の場合にはⅠ～Ⅲで、そのうちでも荒川河口のSt.8が最も悪く、地点により差があった。

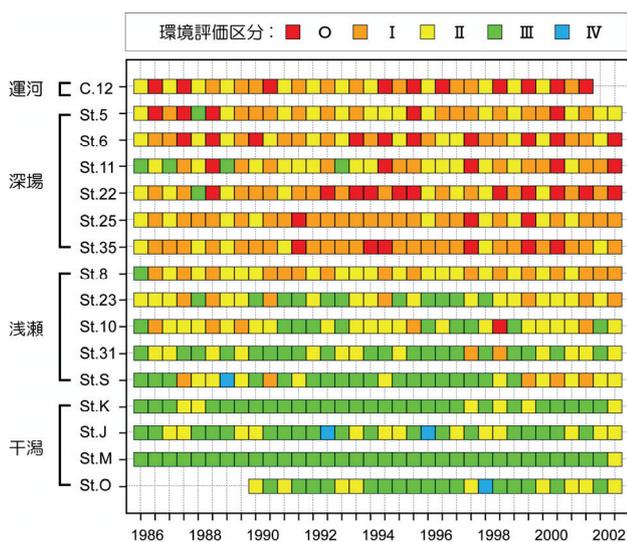


図8 底質環境評価区分の推移

4 解析結果のまとめ

調査データから以下の点が明らかになった。

- ① 東京都内湾における底生生物の生息状況は、浅場（水深<10m）、深場（水深>10m）、干潟で大きく異なる。
- ② 浅場に出現する底生生物の種類数、個体数は、干潟よりもむしろ多く、沿岸域の生物多様性に重要な役割を果たしていると考えられる。
- ③ 深場は、貧酸素の影響を最も強く受け、秋季には、無生物に近い状況になるが春季には生物相が回復する。
- ④ 種類数や多様性指数など、底生生物群集の生息状況を表す総合指標では、DOが $3\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 以下になると貧酸素化による底生生物への影響が現れ始める。

5 今後のモニタリング調査について

(1) 底生生物

今回の解析結果から、底生生物の生息状況は、深場、浅場、干潟で異なることが明らかになった。こうした結果を考慮すると、今後の調査は、各水域の状況に応じて異なる目的を設定し、行うことが必要ではないかと考える。

深場

深場は、現在、東京湾で最も深刻な問題であると考えられる貧酸素の影響を受けている水域である。ただし、春季の種類数や個体数の値は、秋季に死滅した底生生物群集がDOが十分に存在すれば、回復することを示している。これまでの調査は、環境条件が最良の時期と最悪の時期の2回行われていたが、対策を考えるうえでは、DOがどのくらいのレベルになるとどのような生物種が回復してくるのか等について詳細に把握することが重要で、通年的な調査も必要であると考えられる。

浅場

浅場は、干潟よりも生物が多様で豊かな水域であることを今回の解析結果は示している。したがって、この水域での底生生物調査は、水質との関係よりも、どれだけ多様な生物が生息しているのかを明らかにすることが調査の主要な目的になると考えられる。また、この海域では藻場の造成なども試みられており、魚類や水生植物なども含む総合的な水生生物調査の必要性も高まっている。

干潟

干潟は、潮干狩りに代表されるように、人々が海に接する場であり、アサリなどの採取を通して海の豊かさやその重要性を実感する場にもなっている。したがって、地点によっては、底生生物の調査結果は人為的

な影響を受けていると考えられ、単純に水質や底質の状況が反映されるわけではない。そのため、干潟では、アサリなどの有用生物種の生息状況の把握と情報提供に調査の重点の変えていく必要があると思われる。

(2) 水温

以上、底生生物調査について述べたが、水生生物に関連して、今後、重要なモニタリング項目の一つに水温が挙げられる。近年、東京湾では水温の上昇傾向が認められている^{6,7)}。その原因は、都市活動に伴う廃熱の増加によるものと考えられるが、その結果は、この海域に生息する多くの水生生物に大きな影響を与えると予想される。すなわち、各生物種には、生息に適した温度域があり、その変化は、優占生物種の交代や外来生物の繁殖などを引き起こす可能性がある。また、水温上昇は、密度成層を強化し、その結果、海水の鉛直混合が弱まり、従来は貧酸素化が解消した11月以降まで、発生時期が延びる恐れもある。また、赤潮の年間発生日数の増加も懸念される。したがって、水質や水生生物の生息状況に影響を与える要因として、湾内の水温を連続的に計測していくことも今後、検討していく必要があると思われる。

雄:東京湾における水温平面分布とその変遷, 日本気象学会 2004 年度春季学術大会発表要旨集 85, p. 448 (2004).

引用文献

- 1) 東京都環境局: 昭和 61~平成 14 年度 水生生物調査結果報告書.
- 2) 七都県市首脳会議環境問題対策委員会水質改善対策専門部会: 東京湾における底生生物調査指針および底生生物等による底質評価方法, 全国公害研会誌, 25(2), 55-61(2000).
- 3) 七都県市首脳会議環境問題対策委員会水質改善対策専門部会: 東京湾における底生生物の既存データの取りまとめ結果, 全国公害研会誌, 24(3), 149-161(1999).
- 4) 風呂田利夫: 3-底生動物, 第 I 部 海域の生物, 東京湾の生物誌, 築地書館 (1997).
- 5) (社)日本水産資源保護協会: 水産用水基準 (2000 年版) .
- 6) 安藤晴夫, 柏木宣久, 二宮勝幸, 小倉久子, 川井利雄: 季節調整法による東京湾水温の長期変動傾向の解析, 2006 年度日本海洋学会春季大会講演要旨集, p. 140(2006).
- 7) 安藤晴夫, 柏木宣久, 二宮勝幸, 小倉久子, 川井利