

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*

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**

キーワード ①東京湾 ②底質環境 ③底生生物 ④評価方法 ⑤指標生物

要 旨

東京湾岸自治体で構成する七都県市首脳会議環境問題対策委員会水質改善専門部会において、誰にでも比較的容易に客観的な評価ができることを目的とした、底生生物を用いた東京湾の底質環境評価方法を定めた。本評価法は底生生物の総出現種類数、総出現種類数に占める甲殻類の比率、底質の有機物量（強熱減量またはCOD）および優占指標生物の4項目で評価するもので、簡便ながら専門的な評価方法とほぼ同等に、東京湾の底質環境を評価することができた。

はじめに

東京湾岸の1都3県3政令指定都市が集まり、首都圏の快適な地域環境を創造するため、七都県市首脳会議環境問題対策委員会を進めているところであるが、その中の水質改善専門部会では1990年4月に富栄養化対策ワーキング・グループおよび底質改善対策検討ワーキング・グループを設置し、東京湾の水質改善に向けて努力している。

底質改善対策検討ワーキング・グループは、底層水域環境の実態を把握し、底質改善対策に必要な資料を得るため、1995年度から研究機関を中心とした検討会を設け、底生生物を指標とした底質環境モニタリング手法について検討を行った。

これまで底生生物調査は、各自治体がそれぞれ独自の方法で行ってきたが、その調査結果を比較するためには、統一した方法で調査する必要がある。また、底生生物による底質環境の評価方法もいろいろ提案されてはいるが、必ずしも実情に合わない場合もあり、実態に即した評価方法が求められていた。

検討手順としては、図1に示したように、まずはじめに各自治体の底生生物調査結果の過去18年間にわたる既存データのとりまとめを行い、分布状況、経年変化、生息環境条件について解析した。そして、その結果をもとに「東京湾における底生生物調査指針」および「運用マニュアル」を策定するとともに、底生生物等の調査結果から底質環境を評価するための「東京湾における底生生物等による底質評価方法」¹⁾を定めた。

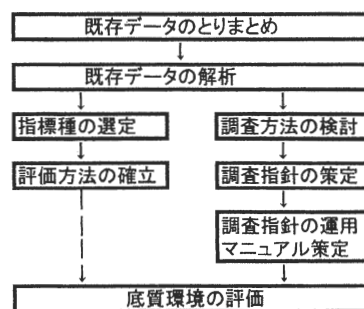


図1 調査指針および評価方法策定フロー

*A New Method for Evaluating of Bottom Environment with Macro-Denthos in Tokyo Bay

**The Metropolitan Region Governments Committee on the Water Quality

なお、既存データの取りまとめ結果については、当会誌にすでに掲載した²⁾。

1. 東京湾における底生生物調査指針

1.1 目 的

この底生生物調査指針は、七都県市首脳会議を構成する地方自治体が行う東京湾の底生生物調査について、準拠すべき方法を示したもので、底層水域環境の実態を把握し、底質改善対策に必要な資料を得ることを目的に策定したものである。

1.2 調査対象および調査項目

マクロベントスについて、種類数、種類別個体数、種類別湿重量を調査する。

1.3 調査時期および回数

年4回（春夏秋冬）または年2回（夏季調査必須）調査する。

東京湾の水温は季節により変動し、それに伴って底質環境も変動するため、年4回四季において調査する。これができない場合は「夏季」と「夏季に対して調査水域の変動傾向が顕著な季節」で調査する。季節は春季（おおむね4月～6月）、夏季（梅雨明け後1週間以上経過した、おおむね7月～9月）、秋季（おおむね10月～12月）、冬季（おおむね1月～3月）とする。

1.4 採取方法

原則としてグラブ型採泥器（スミスマッキンタイヤ、エックマンバージなど）を用い、1地点あたりの採取面積を0.1m²以上とする。

同一地点で継続調査する場合は、採取場所のズレを極力なくし、採取面積を統一することが望ましい。

1.5 試料の選別および保存方法

1mmメッシュのフルイで選別し、10%中性ホルマリン溶液で固定する。

1.6 同定、計測方法

1.6.1 試料の前処理

サンプル瓶中のホルマリンは試料中の生物が流出しないように注意しながら、フルイを通して回収し、処理する。生物はホルマリンが十分に抜けるまで水洗いする。その際、生物を損傷しないよう注意する。

水洗いした生物を仕分けし、軟体動物、環形動物、棘皮動物、節足動物、その他の5分類に分け

た上で、サンプル瓶に移す。

1.6.2 同定、計測

仕分けした生物すべてについて、実体顕微鏡、生物顕微鏡を用いて可能な限り種名まで同定するとともに、個体数の計測を行う。表1は東京湾でよく出現する種類についての同定の難易度を示した。

湿重量の測定は、試料をろ紙上に移し、表面の水気を軽く除いた後、生物体の破片も含め、種類ごとに計測する。

計測結果は分類群ごとに集計する。なお、個体数および湿重量については、採取面積を記載すること。

1.7 関連項目

関連項目として次の項目も併せて調査することが好ましい。底生生物は、生息する場所の底質および底層水と密着に関係しており、底生生物から底質を判定するためには、底生生物の調査と付随して底層環境の関連項目を調査する必要がある。そこで、底質および底層水を底生生物と同一地点で採取し、同時に分析するものとする。

底質、底層水質（底層：底上1mの部位）等の測定は表2の方法により行う。

(1) 底 質

COD、強熱減量、粒度組成、硫化物、現場測定項目として酸化還元電位、泥温、臭気、色相、混入物（貝殻等の有無、多少など）

(2) 水質（底層水）

水温、pH、塩分、DO、COD

(3) そ の 他

水深

2. 底質評価方法

2.1 評価区分の設定

東京湾の底質環境の状況を具体的に評価するため、5段階に区分した。すなわち、多様な生物が生息し、底質が砂質で好氣的な最も良い環境を「環境保全度Ⅳ」、溶存酸素がほとんどなく、生物は生息せず、底質は黒色でヘドロ状の最も悪い環境を「環境保全度Ⅰ」とし、その間をさらに3段階に区分した。また、それぞれの区分について、具体的な海底のイメージを表すこととした。評価区分を表3に示す。

表 1 東京湾に出現する主な底生生物の同定レベル

和 名	学 名	同定の難易度		
		容易	普通	困難
＜軟体動物＞				
シズクガイ	<i>Theora fragilis</i> ¹⁾	○		
アサリ	<i>Ruditapes philippinarum</i>	○		
ホトトギスガイ	<i>Musculus senhousia</i>	○		
バカガイ	<i>Macra chinensis</i>	○		
シオフキガイ	<i>Macra veneriformis</i>	○		
チヨノハナガイ	<i>Raeta rostralis</i>	○		
＜環形動物＞				
スピオ科	<i>Paraprionospio</i> sp. (type A)			○
〃	<i>Paraprionospio</i> sp. (type C I)			○
〃	<i>Paraprionospio</i> sp. (type C II)			○
ヤマトスピオ	<i>Prionospio japonicus</i>			○
イトエラスピオ	<i>Prionospio pulchra</i>			○
スピオ科	<i>Pseudopolydora</i> sp.		○	
ギボシイソメ科	<i>Lumbrineris longifolia</i>		○	
ハナオカカギゴカイ	<i>Sigambra</i> sp. ²⁾			○
ミズヒキゴカイ	<i>Cirriformia tentaculata</i>		○	
イトゴカイ	<i>Capitella capitata</i>			○
ゴカイ	<i>Neanthes japonica</i>		○	
アシナガゴカイ	<i>Neanthes succinea</i>		○	
＜キョク皮動物＞				
クシノハクモヒトデ	<i>Ophiura kinbergi</i>	○		
ヒトデ	<i>Asterias amurensis</i>	○		
＜節足動物＞				
ニホンドロソコエビ	<i>Grandidierella japonica</i>		○	
イッカククモガニ	<i>Pyromaia tuberculata</i>		○	

1) *T. lata* も同じ種である。2) 以前は *S. hanaokai* として扱われていたものも含む。

表 2 水質、底質の調査項目および分析方法

	分析項目等	分 析 方 法
底 質	前処理	「底質調査法」II. 2
	COD	「底質調査法」II. 20
	強熱減量	「底質調査法」II. 4
	粒度組成	日本工業規格 A1204
	硫化物	「底質調査法」II. 17
水 質	酸化還元電位 (ORP)	「環境測定分析法注解」(社団法人 日本環境 測定分析協会) 第3巻, 6.4.3 白金電極法
	DO	日本工業規格 K0102 (1998) 32. 1 ウィ ンクラー・アジ化ナトリウム変法
	COD	日本工業規格 K0102 (1998) 17 過マンガ ン酸カリウムによる酸素消費量
	pH	日本工業規格 K0102 (1998) 12. 1 ガラス電極法
	塩分	「海洋観測指針」(1985) 8. 2 サリノメーター法

表 3 東京湾における環境評価区分

環境評価区分	摘 要
環境保全度Ⅳ	環境が良好に保全されている。多様な 底生生物が生息しており、底質は砂質 で、好气的である
環境保全度Ⅲ	環境は、概ね良好に保全されているが、 夏季に底層水の溶存酸素が減少するな ど、生息環境が一時的に悪化する場合 も見られる
環境保全度Ⅱ	底質の有機汚濁が進んでおり、貧酸素 水域になる場合がある。 底生生物は、汚濁に耐える種が優占す る
環境保全度Ⅰ	一時的に無酸素水域になり、底質の多 くは黒色のヘドロ状である。 底生生物は汚濁に耐える種が中心で、 種数、個体数ともに少ない
環境保全度Ⅰ	溶存酸素はほとんどなく、生物は生息 していない。 底質は黒色でヘドロ状である

2.2 評価項目について

底質環境の評価には、生物の種類、個体数、多様性、底質の状況、有機物の量、底層水の溶存酸素の有無などが重要である。

底生生物および底質の調査結果の中から、底生生物の総出現種類数、総出現種類数に占める甲殻類の比率、底質の有機物量（強熱減量またはCOD）及び優占指標生物の4項目を評価項目として選定した。

4 評価項目以外に底層水の溶存酸素、シルト・粘土の割合などについても検討を行った。その結果、①底層水の溶存酸素の有無と生物の生存は密接な関係があること、②ただし、台風等の気象の影響、青潮の発生などにより、溶存酸素は大きく変動する場合があること、③シルト・粘土の割合は底質の強熱減量と相関があることなどの理由から、出現種類数、甲殻類の比率、底質の有機物、優占指標生物の4評価項目で、底質環境を評価することができるものと考えた。

2.2.1 底生生物の総出現種類数

一般に総出現種類数は貧栄養水域で少なく、富栄養状態になるに従って増加し、さらに汚濁が進むと再び減少するといわれている。東京湾の調査結果（図2）からも同様の傾向がうかがえる。極めて有機汚濁の少ない底質環境（強熱減量2～3%以下）では餌等の制約もあって種類数はやや低下するものの最大30種以上は確認できる。底質が富栄養化してくると（強熱減量8～10%程度）、底生生物の餌となる有機物（プランクトンやバクテリアなど）が豊富になるため種類数はピークを示すが、有機物が過剰（有機汚濁）になると溶存酸素が不足し底生生物は減少してくる。そこで、底生生物の総出現種類数を強熱減量と底生生物の

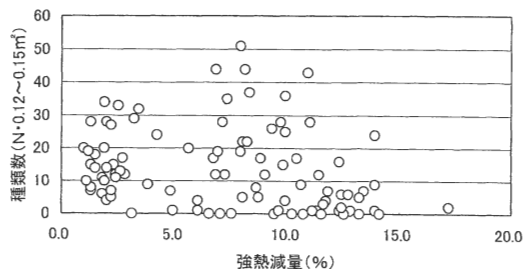


図2 強熱減量と底生生物種類数との関係(1995～1997年)³⁾

種類数の散布図（図2）から、東京湾では良好な環境は30種以上とし、順に環境悪化に従い20～29種、10～19種、10種未満、無生物に区分した。

2.2.2 総出現種類数に占める甲殻類の比率

生物の種類が多いということは、当該環境が多様な生物を生息させるための条件を有していることであり、一般的には良好な環境といえるが、より正確に評価するためには種類数の内訳が重要となる。種類数が多くても有機汚濁に強い多毛類が多くを占めていたのでは良好な環境とはいえないからである。

そこで、甲殻類の種類数の比率を評価項目に入れることとした。甲殻類は一般に好気的で砂質を好み、底質環境の良好な水域において甲殻類の比率が高いといわれている。自然干潟や人工海浜での甲殻類の出現種類数の比率（図3）をみると、環境条件のよい干潟では20%以上の高い比率を示すなど、環境条件に応じて変化していることがおおむね読み取れる。また、東京都内湾においても季節によって変動するが、干潟域においてもっとも高い比率で20%前後、水深10m以下の浅瀬が10～20%未満、あるいは5～10%未満、底質がヘドロ状の水域などでは5%未満となるため、これに準じて区分した。

2.2.3 強熱減量

底生生物の生息環境要因の1つとして底質の有機汚濁の度合いを示す強熱減量を評価項目に加えた。

底質の有機物量の指標として強熱減量、底質CODなどがあり、強熱減量と底質CODの相関は極めて高い（図4）。ここでは、分析方法が比較的容易で誤差が少ない強熱減量を評価項目とし、

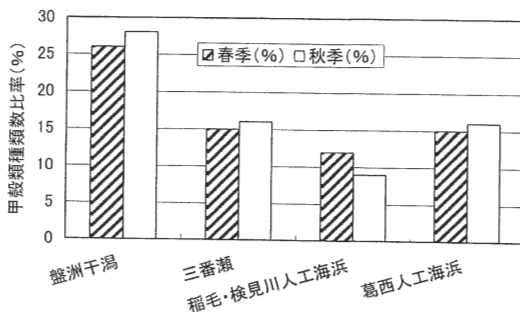


図3 干潟・海浜における出現全種類数に占める甲殻類種類数の比率(1988～1992年)⁴⁾

底質 COD のみを調査項目としている場合は底質 COD で評価することとした。図 2 の強熱減量と底生生物の種類数の相関図から総合的に勘案して、強熱減量 2 % 未満, 5 % 未満, 10 % 未満, 15 % 未満, 15 % 以上に区分した。また、底質 COD は、図 4 から各強熱減量の区分に相当する値として 3 mg/g 未満, 15mg/g 未満, 30mg/g 未満, 50mg/g 未満, 50mg/g 以上に区分した。

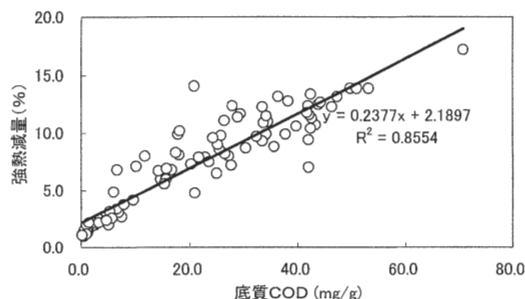


図 4 強熱減量と底質 COD との関係(1995～1997年)³⁾

また、底質の状況を見る上で底質の粒度組成が重要な要素となるが、強熱減量とシルト・粘土分の相関は図 5 に示すように強熱減量 10 % 程度までは高い傾向があるため、この評価方法では強熱減量を評価項目とした。

2.2.4 優占指標生物

東京湾における過去 18 年間の底生生物の既存

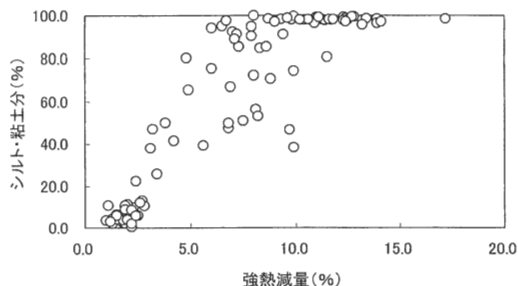


図 5 強熱減量とシルト・粘土分との関係³⁾

表 4 東京湾における底質環境評価方法

①	底生生物の総出現種類数	30種以上	20～30種	10～19種	10種未満	無生物
	評 点	4	3	2	1	0
②	総出現種類数に占める甲殻類比率(%)<註1>	20% 以上	10～20%未満	5～10% 未満	5 % 未満	0 %
	評 点	4	3	2	1	0
③	底質の 底質の強熱減量 (%)	2 未満	5 未満	10 未満	15 未満	15 以上
	有機物 底質の COD(mg/g) <註 2 >	3 未満	15 未満	30 未満	50 未満	50 以上
	評 点	4	3	2	1	0
④	優 占 指 標 生 物	A		B	C	D
		B,C 以外の生物		<i>Lumbrineris longiforia</i> (ギボシイソメ科) <i>Raeta rostralis</i> (チヨノハナガイ) <i>Prionospio pulchra</i> (スピオ科)	<i>Paraprionospio</i> sp. (typeA) (スピオ科) <i>Theora fragilis</i> (シズクガイ) <i>Sigambra</i> sp. (ハナオカカギゴカイ)	無生物
	上位 3 種の優占種による評価<註 3 >	上位 3 種がすべて A の生物 (ランク A)		A, C, D のどのランクにも分 類されないもの (ランク B)	C の生物が 2 種以上 (ランク C)	(ランク D)
	評 点	3		2	1	0

注 1) 全体の出現種類数が 4 種類以下では、甲殻類の比率が大きいても評点は 1 とする。

注 2) 底質の有機物の評価については、原則として強熱減量を用いるが、これを測定していない場合、底質の COD で評価する。

注 3) 優占指標生物による評価は次の順で行う。

①無生物の場合はランク D とする。

②全体の出現種類数が 2 種類以下の場合は、優占種にかかわらず、ランク C とする。

③C グループの指標生物が 2 種以上の場合は、ランク C とする。

④ 3 種すべてが B,C グループ以外の場合は、ランク A とする。

⑤A, C, D ランクのいずれにも分類されなかった場合は、ランク B とする。

表 5 底質環境評価区分別評点

環境評価区分	評点 (合計)
環境保全度 IV	14 以上
環境保全度 III	10～13
環境保全度 II	6～9
環境保全度 I	3～5
環境保全度 0	0～2

データの取りまとめ結果²⁾をもとに優占指標生物を定め、評価項目に加えた。

一般に汚濁海域に生存できる種類は限られ、その種類数は少ない。一方、正常な海域では(耐汚濁種も含めて)生存できる種類は多いため、指標生物を数種にしぼって指定するのは困難である。したがって本評価法では汚濁指標種として耐汚濁種のみを指定し、それらが優占している海域は汚濁度が高く、指標種以外の底生生物が優占している場合には汚濁度が低いとする評価方法を編み出した。

具体的には、底質環境が汚濁している区分域では、もっとも汚濁に耐え優占する3種と次いで汚濁に耐え優占する3種を「優占指標種」と選定し、6種の出現状況により評価を区分した。また、比較的良好な環境の区分域は「上記6種以外の生物が優占している地点」とした。

したがって、本評価法では当該6種のみ底生生物の同定で指標種による評価が可能になるという特徴がある。

2.3 評価の方法

底質環境を生物学の知識の多少に関係なく、だれでも客観的に評価できるようにするために、上述の4項目を用いて表4に示す評価方法を定めた。

各調査結果を表4に従って項目ごとに点数づけし、評価項目①から④の評点の合計を求める。そして、表5に示した点数表によって該当する環境保全度を知る。

なお、底質環境は季節によって大きく異なるため、季節別に底質調査を実施している場合には、結果を平均せずに季節ごとに各調査地点の評価を行うことが望ましい。また、複数の調査地点の底質環境を評価する場合も同じ季節にあわせて(少なくとも夏季と夏季以外を分けて)評価を行うこととする。

2.4 底質環境の評価例

2.4.1 各評価法の特徴

底質環境の評価例を表6に示した。本法の各環境保全度と各評価項目の結果との関係および東京都底質評価法⁵⁾による評価結果を参考として載せてある。

東京都法は、生物に関する項目が底生生物の

表6 底質環境の評価例

調査地点	東京湾(千葉県) St. 19富津岬下	東京湾(千葉県) St. 15木更津沿岸	東京湾(神奈川県) St. 12金沢湾湾口	東京湾(神奈川県) St. 10極岸湾湾口	東京湾(東京都) St. 5船の科学館前	東京湾(東京都) St. 35多摩川河口沖
調査年月	平成10年11月	平成9年5月	平成2年6月	平成2年6月	平成9年9月	平成9年9月
(1) 底生生物の出現種類数 評点(東京都の評点)	36 4 (5)	35 4 (5)	24 3 (4)	22 3 (4)	1 1 (2)	0 0 (0)
(2) 総出現種類数に占める 甲殻類比率(%) 評点(東京都の評点)	25 4 (2.5)	13 3 (2)	25 4 (2.5)	9 2 (2.5)	0 0 (0)	0 0 (0)
(3) 強熱減量(%) 評点(東京都の評点)	1.9 4 (2.5)	6 2 (1.5)	6 2 (1.5)	7.6 2 (1.5)	9.9 2 (1.5)	14.1 1 (1)
(4) 底質COD(mg/g) 評点(東京都の評点)	2.2 — (2.5)	9 — (2)	21.7 — (2)	89 — (1)	24.2 68.9 — (1)	20.8 97.2 — (0.5)
(5) シルト・粘土分(%) 評点(東京都の評点)	5 — (2.5)	25 — (2)	200 — (5)	—210 — (4)	—	—
(6) 酸化還元電位 下層DO(mg/l) 評点(東京都の評点)	6.1 — (5)	4 — (4)	5.6 — (5)	3.8 — (4)	1.6 — (3)	0.7 (2)
(8) 優占指標生物	<i>Eurice</i> sp. ウミホタル <i>Euchone</i> sp. 3—	ランパンマメガニ <i>Lumbrineris longifolia</i> ノリコイソメ 2—	<i>Lumbrineris longifolia</i> <i>Thorax</i> sp. <i>Siganbra hanaakai</i> 2—	<i>Theora lata</i> <i>Prinospio pulchra</i> <i>Chaetozone</i> sp. 2—	<i>Paraprionospio</i> sp. (A) 1—	2—
上位3種の優占種による評点	15 (17.5)	12 (14.5)	11 (15)	9 (12)	4 (7.5)	1 (1)
総合評点(東京都の総合評点)	環境保全度IV (環境保全度IV)	環境保全度III (環境保全度III)	環境保全度III (環境保全度III)	環境保全度II (環境保全度II)	環境保全度I (環境保全度I)	環境保全度0 (環境保全度0)
本法による評価 (東京都の評点)	>17; 環境保全度IV 本法; (1)(2) (3 または 4)	10—14; 環境保全度III 東京都の評点法; (1)(2)(3)(5)(7)の5項目の総合評点による評価	7—10; 環境保全度II 東京都の評点法; (1)(2)(3)(5)(7)の5項目の総合評点による評価	7—10; 環境保全度I 東京都の評点法; (1)(2)(3)(5)(7)の5項目の総合評点による評価	環境保全度I (環境保全度I)	環境保全度0 (環境保全度0)

参考 * 東京都の評点法は、生物に関する項目が底生生物の出現種類数に占める甲殻類比率(%)、強熱減量(%)、底質COD(mg/g)、シルト・粘土分(%)、酸化還元電位、下層DO(mg/l)の6項目の総合評点による評価である。また、環境保全度は、環境保全度IV(17.5以上)、環境保全度III(14.5以上17未満)、環境保全度II(9以上14未満)、環境保全度I(4以上9未満)、環境保全度0(4未満)の5段階に分類される。

総種類数および総出現種類数に占める甲殻類比率の2項目, 理化学的評価項目は強熱減量, シルト・粘土分, 下層DOの3項目の合計5項目からなる評価で, 今までの経験の積重ねにより改良されてきた優れた方法である。それに対して, 本法は評価項目数が少ない中で底生生物による評価項目が4分の3を占め, 底質評価における底生生物による評価の比重が大きい特徴がある。

一般に生物を用いた環境評価は, 瞬間の結果を示す理化学的試験とは異なり長期間にわたる生物の生息環境を反映できる可能性があるため, 非常に有用である。しかしながら, 生物学的な専門知識を要求される評価法が多く, また実態をうまく評価できる方法が少ないのが実情である。本法は簡便でありながら, 表6の評価例で明らかなように理化学的指標に重みをつけた東京都法とほぼ同じ評価結果が得られており, 十分実用に耐えるといえる。

ま と め

東京湾沿岸の自治体で構成する七都県市首脳会議環境問題対策委員会水質改善専門部会において, だれにでも比較的容易に客観的な評価ができることを目的とした, 底生生物を用いた東京湾の底質環境評価方法を定めた。

本評価法は, 評価に必要な項目数を最小限にし, 生物学の専門的な知識をそれほど必要としない簡便な方法ではあるが, 専門的な評価方法と良く対応しているため, 実用的な観点から広く適用できるものであると考える。

本評価法で得られた結果は, 水域底層環境の良し悪しを決めるだけでなく, たとえばしゅんせつ, 覆砂等の底質改善を行う場合に, 環境保全度の低いランクの地域から優先的に行うという適用法も考えられる。

今後は本評価法を東京湾以外の海域も含めて多

くの事例に適用し, より有用なものに改良していきたいと考えている。

七都県市底質改善対策検討ワーキンググループ・底生生物調査法検討会は以下の機関から構成されている。東京都環境保全局水質保全部(現環境局環境改善部), 東京都環境科学研究所, 神奈川県環境部水質保全部(現環境農政部大気水質課), 埼玉県環境生活部大気水質課(現環境防災部大気水質課), 千葉県環境部水質保全部(現環境生活部水質保全部), 千葉県水質保全研究所, 横浜市環境保全局公害対策部水質地盤課, 横浜市環境科学研究所, 川崎市環境局公害部水質課, 川崎市公害研究所, 千葉市環境局環境保全部。

本稿は, これらのメンバーでとりまとめた「東京湾における底生生物調査指針及び底生生物等による底質評価方法」の概要を示したものである。とりまとめの実務作業は, 茂木守(埼玉県:平成10年事務局), 萩野浩(神奈川県:平成11年事務局), 三嶋義人(東京都環境保全局), 木村賢史(東京都環境科学研究所), 水尾寛己(横浜市環境科学研究所), 村上明美(川崎市公害研究所(当時)), 小倉久子(千葉県水質保全研究所)が担当した。

— 参 考 文 献 —

- 1) 七都県市首脳会議環境問題対策委員会水質改善専門部会: 東京湾における底生生物調査指針及び底生生物等による底質評価方法。平成11年4月
- 2) 七都県市首脳会議環境問題対策委員会水質改善専門部会: 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, (No. 3), 149-161, 1999
- 3) 東京都環境保全局: 水生生物調査結果報告書。1985?1997年度
- 4) 木村賢史, 三好康彦, 嶋津輝之, 紺野良子, 赤澤豊, 大島美奈子: 人工海浜(干潟)の浄化能について(その5)。東京都環境科学研究所年報1992, 89-101, 1992
- 5) 和野信市, 榛澤芳雄, 長尾義三, 近藤健雄, 寺中啓一郎, 古谷純一: 生物多様性を考慮した海底環境評価手法。日本沿岸域学会論文集, 9, 17-29, 1997