

閉鎖性浅海沿岸域における環境創造

Environmental Creation in Enclosed Shallow Coastal Zone

和野信市*、市村康**

Shinichi Wano, Yasushi Ichimura

Tokyo-Port is located in the innermost environs of Tokyo Bay which is an enclosed area. Tokyo port's water front is a center of urban development, as well as a distribution base for the greater metropolitan area.

This paper investigate the relativity of the change of the sea bottom organisms and benthos. We compared the shoals with the other areas that have the same bottom, and found out the merit of the shoals in the enclosed area. We will apply a new method(CSD) in many points of Tokyo-Port. And then a environmental creation plan is suggested according to mitigation concept and CSD.

Keywords : Tokyo-Port, Shoals, Mitigation, Ecological evaluation method

1. はじめに

水辺や浅場は、大都市港湾のウォーターフロントには不可欠の構成要素であり、貴重な親水空間である。東京港は、閉鎖性水域である東京湾の湾奥部に位置しており浅海域の活発な経済社会活動要請から戦後持続的に埋立造成されたため、古くからあった干潟・浅場など海生生物にとって重要な生息場が大きく失われ、都民が海とふれあう機会が減少してきた。このような背景を踏まえ、近年各界の環境分野において、自然と人間が共生するための理念や環境創造の技術手法についての方向性が模索され、失われた自然を回復復元する試みがなされている。しかし、未だにこの閉鎖性浅海沿岸域における環境創造のための共生の理念の構築や評価手法が工学的に体系化されているとはいえない。

生物多様性の概念がこれに応えるものであると考える。生物多様性は、地球の表面を覆っている生態系の動的な時間の経過、人間の生活や文化、さらに、開発などの社会的要因をも視座に据えた概念である。その意味で、生物多様性は、従来からの自然保護の考え方とは違って、急速に破壊が進む地球環境に対応した新しい概念である。

戦後確立した開発・消費優先の経済社会システムを転換することは容易ではないが、未来の人類の持続的発展のため、これまでの自然観や倫理観を見直し、かけがえのない生物資源との共生をめざして、世界的視座からのミチゲーション思想を根幹とする新しい環境創造の施策化と具現化をはかることが、閉鎖性浅海沿岸域に対する時代の要請であると考えられる。

本稿では、図-1に示す東京都環境保全局の昭和61～平成6年度の実測データ¹⁾を基に東京湾奥部における底質の性状および底生生物の生息状況を分析し、生物多様性を考慮にいたった海底環境評価手法を適用して、閉鎖性浅海域の東京港水域において、環境改善すべき復元目標・対象水域・環境創造計画について考察する。

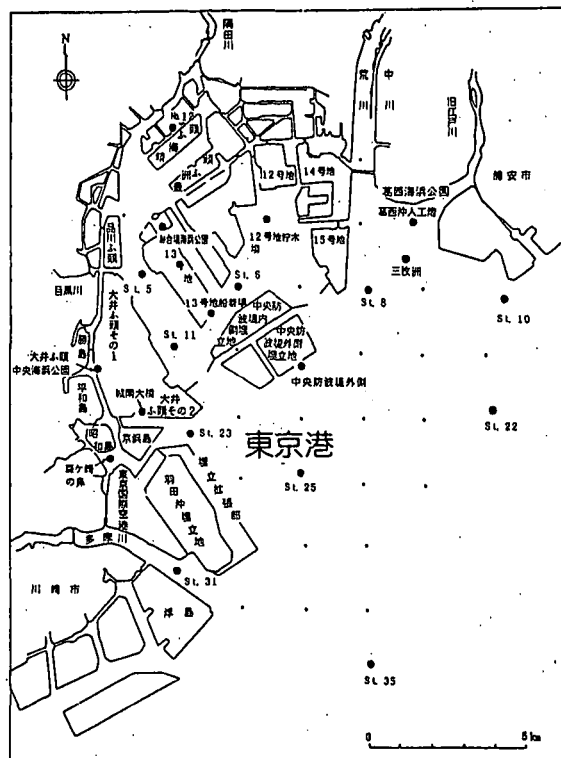


図-1 底生生物調査地点¹⁾

* 正会員 東京都港湾局東京港建設事務所（〒108 東京都港区江南3丁目9番56号）

** 日本ミクニヤ株式会社

2. 底質の性状および底生生物の生息状況の分析

東京湾奥部の水域は、モニタリング測点の水深別により水域区分を行ったところ、潮間帯（およそAP±0.0m以浅）、浅場（およそAP-1.0～-4.0m）、運河（およそAP-5.0m付近）および深場（およそAP-8.0m以深に分類された。²⁾

(1) 水質等の状況

東京港奥部ではDO (mg/l) の鉛直分布は、水深4 m付近下層がピークを形成し、潮間帯と深場に向かって漸減傾向を示している。流況については、通常は上層が港内から港外方向に流出し、下層では港外から港内方向に流入するという循環形態が形成されている。

(2) 底質の性状

a) 湾奥部における水深と底質の物理的性状（泥分率）の関連を図-2に示す。

底質の物理的性状は、水深と季節や項目により関連がみられ、水深が増すにつれて含水率・泥分率が増加し、中央粒径・密度が減少する傾向にある。²⁾ このことは潮間帯から浅場、深場と次第に有機物に富む微細な粒子が多く堆積³⁾していることを示している。

b) 湾奥部における水深と底質の化学的性状（COD）の関連を図-3に示す。

底質と化学的性状では、水深と季節や項目により関連がみられる。有機物含有量の指標であるCODは、春・夏共に水深が増すにつれて増加する傾向が見られる。

海底が貧酸素状態になると発生し、有害な物質である全硫化物量 (mg/g) は、水深5 mの運河部に突出した値があり、水深12 mにピークがみられるが、全体的には水深が増すと増大する傾向にある。すなわち、底質の化学的性状は潮間帯から浅場・深場と水深が深くなるにつれて高い値を示すと共に水深が増すほど有機物量が多くなり、貧酸素化も水深が深くなるほど進むことを示している。⁴⁾

(3) 底生生物生息状況

水深と底生生物（種類数）の関連を図-4に示す。

生物生息状況は、種類数・個体数・湿重量・多様度指数ともに浅場がピークであり、水深の浅い潮間帯と運河および水深の深い深場に向かって、値が低下している。²⁾

浅場の底生生物は、水域環境の季節による変動を毎年繰り返しているが、底生生物にとっては、浅場が、その再現性を発揮する場に適している水域であり、底生生物が環境と共生しうる場である。浅場は閉鎖性水域の東京湾奥部に残された貴重な水域を形成していると推察される。⁴⁾

3. 海底環境の評価

開発行為が環境とくに生態系に与える影響について、予測や評価を行うには、環境要因と生態系がどのような状態もしくは関係にあるのかを知る必要がある。これらを見積もる手法としては、統計的手法、環境要因手法、最近では人工知能を応用する手法などいくつか提案されている。⁵⁾

ここでは、閉鎖性水域の東京港奥部における潮間帯、浅場、運河および深場の海底環境を評価するにあたって、次に

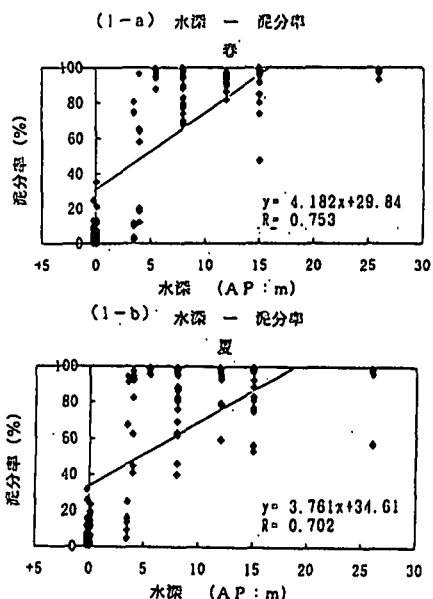


図-2 水深と底質の物理的性状⁴⁾

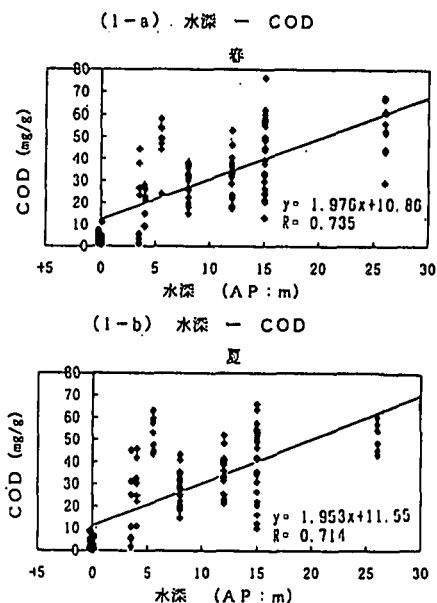


図-3 水深と底質の化学的性状⁴⁾

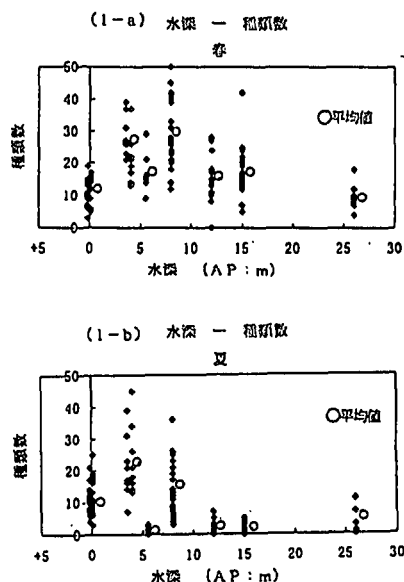


図-4 水深と底生生物⁴⁾

示す①と②の項目を組み合わせることにより、表－１に示す海底環境評価手法（以下ＣＳＤ法と呼ぶ）の開発と適応を行った。⁶⁾

- ①海底の汚濁の進行状況の指標項目として「COD」
- ②生態系の損傷の指標項目として「種類数」および「多様度指数」

ＣＳＤ法は、評価項目を底質のCOD、底生生物の種類数、多様度指数に分け、それらの評価項目を段階分けして、評価点をつけその合計値で対象点を評価する手法を用いている。

ＣＳＤ法により、東京湾奥部における実際の調査データを用いて、各水域評価を行った結果を表－２に示す。これによると、運河部（No.12）と東京港内外の水深8 m以深の深場は、「●汚濁が著しく進んだ水域」～「汚濁が進んだ水域」と評価された。それに対して、浅場や潮間帯は、「汚染レベルが低い水域」に評価されている。これは、本手法が簡便であるにも関わらず、これまでの調査結果を表しており、実用的と考えられる。⁶⁾

表－１ 生物多様性をもちいた海底環境評価法（ＣＳＤ法）⁶⁾

底質	底 生 物		評 価 点	3項目の評価点合計 による水域評価
	COD (mg/g)	種類数		
20未満	11以上	1.5～	0	10点以上 →●汚濁が著しく 進んだ水域
20～30未満	6～10	0.6～1.5以下	1	5点以上 →◎汚濁が進んだ水域
30～50未満	2～5	0.0～0.6以下	2	4点以下 →汚濁レベルが低い水域
50以上	0～1	0.0	6	

注１：資料の採取は底生生物が最も衰退する時期（8～9月）に実施する。

注２：底生生物資料の採取面積は0.1～0.15㎡程度とする。

注３：底生生物は1mm目のフルイに残るマクロベントスを対象とする。

注４：多様度指数H'はShannon-Weaverを用いeを底とする自然対数で計算する。

表－２ 東京湾奥部の海底環境評価結果⁶⁾

(1-a)

測 点		St.5	St.6	St.11	St.23	St.8	St.22	St.25	St.35	No.12
水深(AP.m)		10.8	11.0	14.0	6.1	5.8	13.5	15.0	24.5	5.0
底質	COD	31.5	33.1	21.8	23.6	35.6	52.8	46.2	51.6	52.6
底生生物	種類数	2.7	0.8	1.6	13.0	10.8	1.6	2.0	3.9	1.0
	多様度指数	0.49	0.15	0.10	1.04	0.83	0.30	0.32	0.66	0.24
CSD法	評価点	6	10	5	2	3	10	6	9	14
	評価点	◎	●	◎			●	◎	◎	●

(1-b)

測 点		St.31	St.10	人工渚	お台場	城南大橋	三枚洲	森ヶ先
水深(AP.m)		2.8	7.0	0.1	0.0	+0.1	3.5	+0.2
底質	COD	28.1	24.7	1.7	3.1	1.5	15.3	6.0
底生生物	種類数	23.1	13.9	10.1	13.7	8.8	20.8	11.1
	多様度指数	1.66	1.10	1.43	1.48	1.06	1.58	1.13
CSD法	評価点	1	2	0	0	2	0	1
	評価点							

- 注) ①底質・底生生物の値は、昭和61年～平成6年の夏季の値の平均
②評価：●；汚濁が著しく進んだ水域，◎；汚濁が進んだ水域，無印は汚濁レベルが低い水域

4. 環境創造計画

(1)環境創造理念のイメージ

環境創造は、現在の技術と知見を駆使することにより、前の状態より悪くしない（no-net-loss）目標を超えて、現在おかれている環境を、生物多様性思想を視座にすえ、将来に向けてさらによくするための総合化・システム化された人間の行為であると考える。

自然生態系の再生と創造等を行うに当たっては、その水域が有する生態系の特質に着目し、それを助長してあげられるような「場」造りを目指すとともに、「生物の棲み場」のネットワーク化を図ることである。⁷⁾

以上の考え方を本にして、生物多様性を取り入れた閉鎖性浅海沿岸域東京港における環境創造のイメージ図を図－５に示す。

ここでは、人間・社会系を水深、物理化学系を底質、生物系を底生生物の３軸で構成する。図中の曲線線は現状の関連状態を示しており、このイメージをもとに、整備内容を設定することを基本とする。ミチゲーションの

イメージ⁸⁾では、保存域、保全域および開発域の3つの領域に分けられている。しかしながら、東京港は物流や都市施設によりすでに開発されていることから、水域の領域は、水深の深さを基準として、保全指向領域と開発指向領域の2つからなると考える。

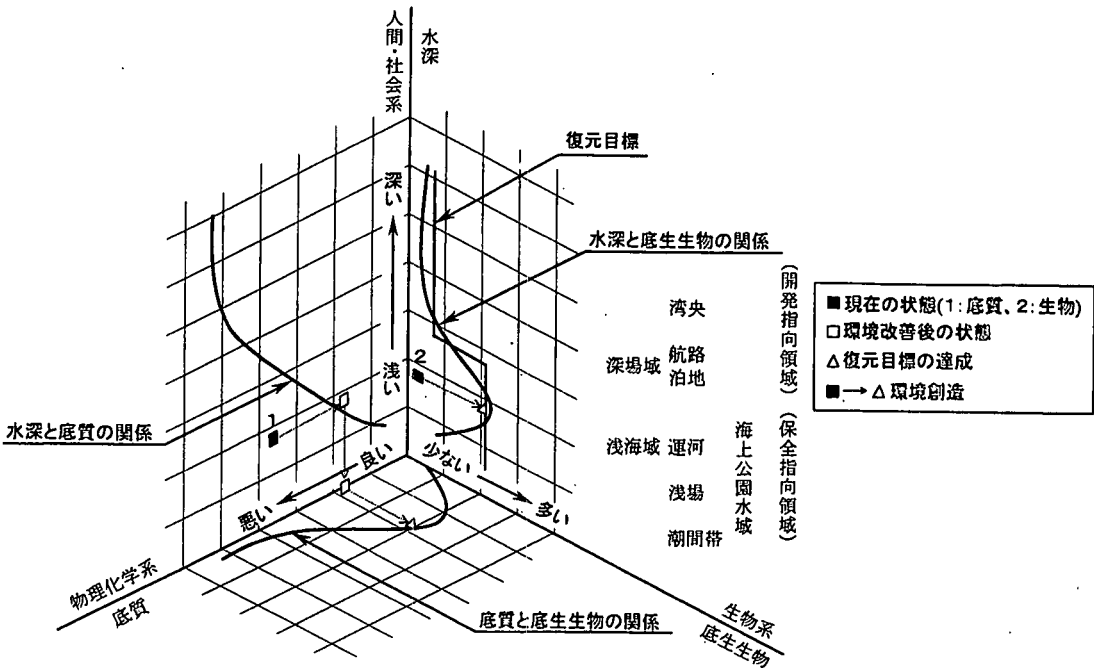


図-5 閉鎖性浅海域沿岸域における環境創造のイメージ

(2)水域の区分設定

東京港奥部に位置する東京港における水域区分は、既定水深を基本として表-3のように考えられる。すなわち、水深の程度および底生生物と共存・共生の関係から、環境創造を積極的に取り入れる「浅海域：-8 m以浅の水深」と大都市港湾東京港の特性から主として物流の場や廃棄物処理場として活用する「深場域：-8 m以深」の2つに分ける。さらに、これを前者は保全指向領域、後者は開発指向領域とする。しかし、海上公園水域は、ひとびとの親水性空間を構成していることから、深場域であっても、保全指向領域とし環境創造を積極的に取り入れる水域とする。

表-3 水域の区分設定

水 域 名	水 深 区 分	底生生物と共存・共生の関係	指向領域
浅 海 域	潮間帯以浅域	±0.0 m 以浅	保 全 指 向 領 域
	浅場水域	±0.0 m ~ -5.0 m	
	運河水域	-2.5 m ~ -5.5 m	
	港内船舶水域	-5.0 m ~ -7.0 m	
深 場 域	海上公園水域	+1.0 m ~ -10.0 m	開 発 指 向 領 域
	航路・泊地水域	-7.5 m ~ -15.0 m	
	湾央水域	-16.0 m 以深	

(3)対象水域の選定

生物多様性を保全し、自然環境と共生する港湾環境の実現をはかるためには、CSD法による海底環境評価の結果より、汚濁の進行による生物層の貧困化が指摘された水域で、生態系を修復するために、積極的な環境創造施策を実施することが必要である。

施策を実施するにあたって、実現可能性と生物生息の視点から、以下の4つの水域において、優先的に事業を図る必要があると考える。

- ①生物層の回復が望める水域
- ②生態系の修復によって親水性機能の増大が望める水域
- ③現状の施工技術で効果が期待できる水域
- ④現行事業制度の延長上で実施できる水域

①に関しては、浅場の水深帯のうち環境悪化が著しい水域を対象とすることが最も効果的であると考える。

②、④に関しては、市民生活に隣接した浅場、運河の水深帯と、海上公園周辺水域が該当する。

③は、いずれの水域にも該当する。

以上の考えをもとに、浅海域と海上公園水域を表－3に示した対象水域区分設定において、保全指向領域とした。これと環境目標区分判定の考え方にに基づき、閉鎖性浅海沿岸域東京港におけるCSD法による整備目標判定区分を、表－4に示す。

表－4 整備目標判定区分

CSD法 評価点	水 域 区 分	
	浅海域・海上公園周辺水域	深 場 (AP－8 m以深)
10点以上	●事業化検討水域	△調査・監視水域
5～10	▲対策検討水域	
4以下	△調査・監視水域	対策対象外水域

注) 浅海域は、潮間帯、浅場、運河を含む－8 m以浅の水域、

(4)目標および目標年次の設定

東京港奥部では、昭和25年頃から、湾央部では、昭和30年頃から富栄養化が進み、昭和40年頃からは急激に悪化し、過栄養化している。赤潮の発生海域は、戦前は湾奥西部に限られていたが、昭和28年頃までには浦安から千葉市沿岸に広がり、昭和29年頃からは湾全域に赤潮の発生をみるようになった。貧酸素化が広く分布するようになって発生する青潮は、富栄養化の極限を示すものと考えられてが、東京港西部では昭和29年頃から、湾奥北東部では昭和38年頃から発生している。漁業の動向は、昭和30年代半ばから悪化が目立ちはじめ、昭和30年代末から昭和40年代前半に急速に進行し、昭和45年前後に最悪に達し、その後若干回復をみせている。⁹⁾

東京港奥部の東京港における底質の測定について、現行の調査測定方法により現地調査が行われたのは、昭和48年度の東京都水産試験場の調査が最初である。それ以前においては、海底を対象とする底質調査では、底質の性状の測定法法について模索中であつたようで、CODではなく、陸上の土壌学などで用いられているHumus (mg/g乾泥) (腐植土) で測定されている。¹⁰⁾

なお、現在においても東京湾奥部における浅場には、赤潮が来襲する回数がすくないこと、ハゼが盛んに釣れていること、Humusを腐泥とみなすと図－6に示すように浅場から深場に向かって汚泥が増加していることが分かる。

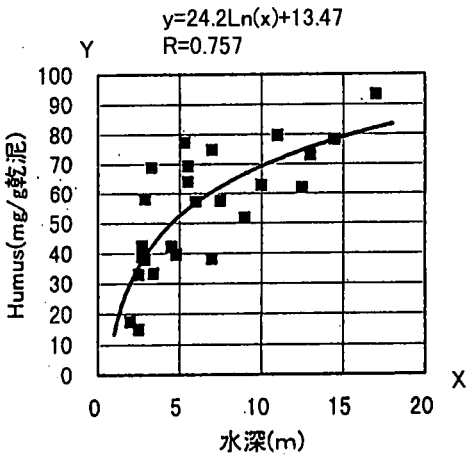
これらのことより、東京港における環境創造の目標設定年次は、昭和30年代初期とし、その海底環境を復元することを目標とする。

(5)整備内容

- 環境創造を具現化するために、閉鎖性浅海沿岸域東京港における整備内容として次のような対策があげられる。
- ①ばっ気による溶存酸素の供給
 - ②支障構造物の除去による流れの確保
 - ③汚泥を封じ込める覆砂工事
 - ④水深の浅化による浅場造成
 - ⑤磯浜や砂浜の造成

(6)事業費の算出

東京港浅海沿岸域について、環境創造計画をたてるため、事例をもとに整備内容を設定し、この整備内容により事業費を算出した。閉鎖性浅海沿岸域東京港の環境創造に関する事業費の割合は、全事業費の20%以下となり、外国や我が国の事例からみて、東京港においては実現可能な費用であると考える。



図－6 水深とHumus

5. おわりに

東京港湾奥部における底質の性状および底生生物の生息状況を分析することによって、浅場という環境が生物にとって望ましい環境であることが考察された。さらに、閉鎖性浅海沿岸域において底生生物の生息が困難となっている現状の水域について海底環境評価手法（CSD法）を用い評価し、東京港における環境創造に対する計画の構築のについて提案を試みた。

東京港にCSD法を適応する事で、海底環境が悪化しており、生物の生息に適しないと判定評価された水域については、海底環境改善対策を導入し「人と海とのふれあいの場」、「生物生息の場」を積極的に創造していくことが必要であると考えている。

すなわち、生物生息環境創造対象水域では、国民の生活水準が質的に向上した現状を踏まえ、首都としての臨海部開発によりもたらされたこれまでの莫大な社会的経済的便益に対応するかたちで環境政策や理念を転換することにより、埋立により失われた干潟・浅場を復元するというミチゲーション思想に基づく、自然環境を補償するための新しい施策としての環境改善対策が実施され、「首都機能」「港湾・埋立」等の開発と「親水空間」さらに「生物との共生の場」が共生するウォーターフロントが飛躍的に復元創造されるものとする。

参考文献

- 1) 東京都環境保全局：水生生物調査報告書, 昭和61～平成6年度
- 2) 和野信市 他：東京湾奥部の浅場と生物生息との関連性について, 海洋開発論文集, Vol.11, pp123-132, 1995.6
- 3) 沈降量調査報告書, 東京都環境保全局, 昭和63年10月, pp23-34
- 4) 和野信市 他：浅場と生物生息との関連性についての研究, 日本沿岸域学会論文集, No.8, pp65-76, 1996.3
- 5) 松原雄平 他：ニューラルネットワークによる干潟環境評価モデルに関する研究, 平成8年度日本水産工学会学術講演会講演論文集, pp13-14
- 6) 和野信市 他：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, No.9, pp27-39, 1997.3
- 7) 大槻忠：自然生態系の再生と創造－「場」造りと「ビオトープ」のネットワーク化－, 沿岸管理のありかたについて, 日本沿岸域学会沿岸域管理研究会, pp94-104, 1996
- 8) 長尾義三：ミティゲーションとモニタリング技術, 第3回日本沿岸域学会講習会, pp1-9, 1997
- 9) 日本科学者会議編：東京湾, 大月書店, pp9-34, 1979.12
- 10) 東京都水産試験場：東京都内湾海洋調査, 1958.3