

(30) 海域環境制御のための技術的方策について

TECHNICAL TACTICS FOR MARINE
ENVIRONMENTAL CONTROL

堀江 毅*

Takeshi HORIE*

ABSTRACT; A lot of coastal zone development projects are proposed by every field of related organizations in Japan with correspondence to the intensive demand for the effective utilization of coastal zone in recent days. The sufficient technical investigation or environmental assessment to those projects are, however, not necessarily carried out. For the effective utilization of coastal zone, important subjects are how to maintain or improve seawater quality, seabed sediment and marine biota. In this paper, the cut-off of effluent load, the control of aeration by wave breaking or by adverse current, advection and dispersion, biofiltration by periphyton or benthos, uptake by sand, decomposition by bacteria, etc., are occurred. The improvement effects due to the above functions on seawater quality is simulated by a mathematical model, and found to be close relation with the seawater quality distribution in the bay. Coastal structure is desirable to be built with the slope where benthos and periphyton can inhabit easily.

KEYWORDS; marine environmental control, organic pollution, release cut-off, biofilter, coastal structure

1. まえがき

近年、沿岸域の有効利用に対する強い要請に応えるため、発想豊かな構想が次々と打ち上げられている。これらの構想の実現化を図るためには、波、流れの制御、海域の水質、底質、海洋生物の維持・回復、ならびに利用のための新しい環境の創造が重要な課題となる。

東京湾では、これまで産業活動あるいは居住のための空間の多くが沿岸臨海部に求められてきた。この結果、現在ではわが国人口の約1/4がこの地域に集中し、産業排水や都市下水は著しく増加して、栄養塩、有機物濃度が上昇した。栄養塩自体は植物プランクトンの光合成に必要な欠くことのできない物質であり、海域内部の食物連鎖や海洋生態系を支える重要な物質である。しかし、栄養塩が過剰になると、植物プランクトンは異常増殖し、湾内での有機物による汚染の引き金となる。したがって、栄養塩の流入負荷規制、底泥からの溶出抑制、海水の貧酸素化防止などを図る必要がある。

本文においては、これらの課題の中から海域の水質問題に注目し、今後の沿岸域開発計画に際し留意すべき2、3の問題点とそれらの対策について述べる。

2. 海域の利用と環境創造

海と陸との接点となる沿岸海域は、図-1に示すように、産業活動や居住のための空間、水産養殖漁場と

* 運輸省港湾技術研究所 Port and Harbour Research Inst., Ministry of Transport

しての空間、港や航路など交通・運輸のための空間、あるいは、スポーツ・レジャーのための空間などとして、幅広い利用が求められている。

一方、海域の底生生物、遊泳魚、水生植物なども、豊富な栄養分と溶存酸素、適当な照度、水温、塩分、底質や傾斜面などの生息基質、静穏な波、流れなどを求めて沿岸部で生息している。

海域の汚染物質として、重金属、高分子化合物、有機物、浮遊ゴミ、濁り、温排水、放射線などがある。油汚染の発生頻度は全体の約60%で最も多い。また、多量の有機物が原因となって発生する赤潮は、瀬戸内海域では毎年200件前後に及び、そのうち約1割が漁業被害をもたらしている。水銀、ヒ素、鉛、PCB など

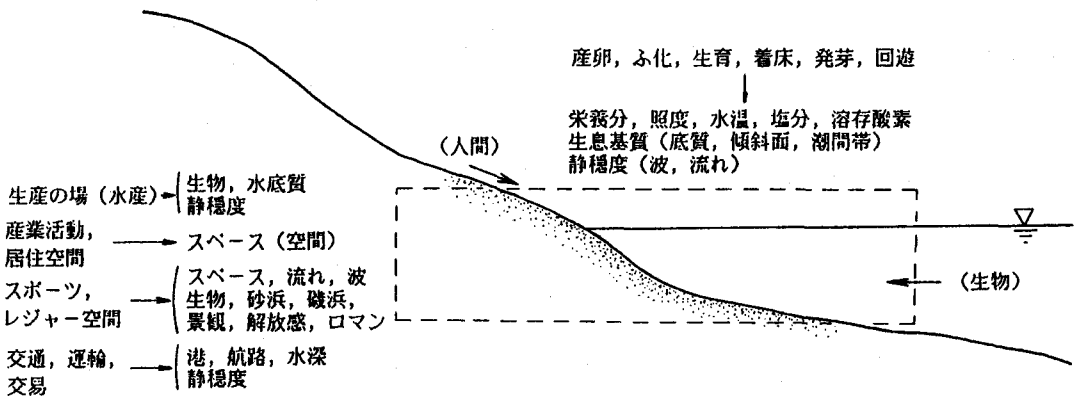


図-1 沿岸海域の利用

の重金属や高分子化合物、あるいは放射線などが許容限界を越えて存在するところは特定の領域に限られる。温排水は発電所の冷却水によることが多い。海水の濁りは、洪水による異常出水による以外は、海上工事や漁業操業によることが多い。これらの汚染物質のうち、有機物関係を除けば、それらの原因が人為的であり、発生源は把握しやすく、それらの物質は少ないほどよい。このため、規制や制御は比較的行いやすい。しかし、有機物関連については、海域の環境容量に対し、過剰であっても過小であっても不都合となる。このため、その適量を把握すること自体が難しい他、有機物の発生源や循環過程についても複雑であり、規制や制御が容易でない。

したがって、本文においては、汚染物質の対象を沿岸海域における有機物関連に限定しその制御効果と制御のための技術的方策について述べる。

沿岸海域における物質の循環経路は模式的に図-2のように表すことができる。流入負荷、動・植物プランクトン、高次生物が正常な食物連鎖を形成し、陸域-海域間、海域-底泥間、内湾-外海間などで系内外の物質バランスが保たれている場合は上記の生物と海洋環境との間に正常な物質循環系が形成される。しかし、過剰な流入負荷が加わると、植物プランクトン増殖、堆積物の増加、底泥の貧酸素化、溶出の進行などが次々と誘発され、生物に対する水質環境が損なわれて、遂には海域の利用価値の喪失に至らしめる。それ故、こうした事態の防止策としては次のような手段が考えられる。

すなわち、①流入負荷の削減、②堆積物の浚渫除去、または、土砂等による被覆、③鉛直混合または人工エアレーションによる下層への溶存酸素供給、④海水循環、海水交換等の促進、⑤生物浄化作用の活用とその促進、である。

以下、これらの対策について、東京湾を対象とした、数値シミュレーション、または模型実験により、水

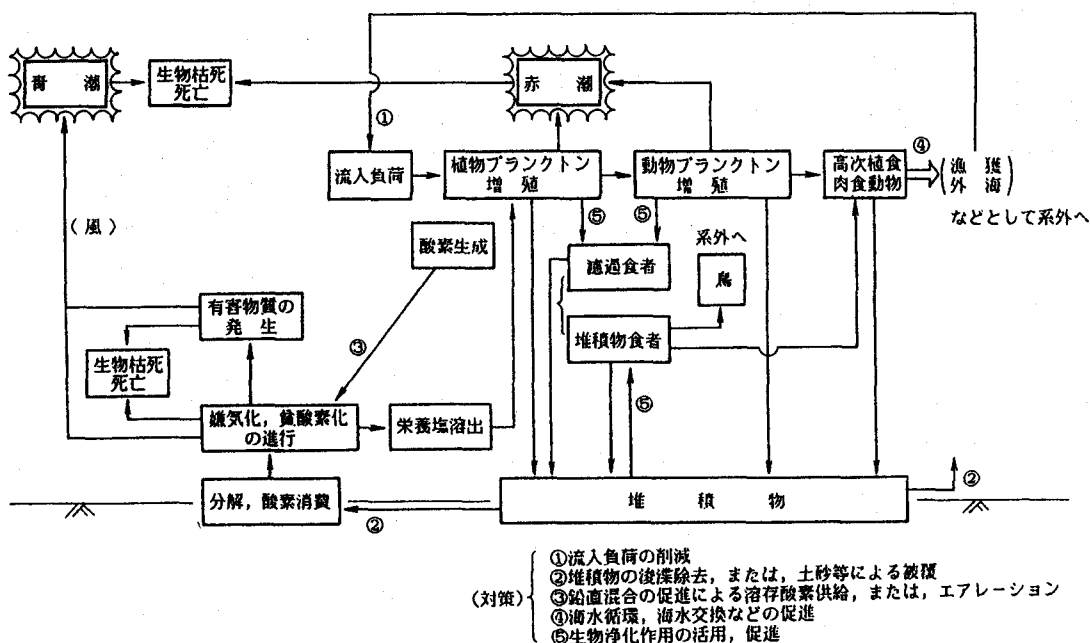


図-2 沿岸海域の物質の循環経路とその制御

質改善効果の検討を行い、相互の比較と問題点、ならびに、対処方策について検討する。

3. 各浄化工法による水質改善効果の検討

3.1 流入負荷と底泥からの溶出の削減効果

東京湾域への流入負荷は1985年においてCOD 286t/d, T-P22 t/d, 同湾内底泥からの溶出量はCOD96t/d, T-P 6.3t/dと見積もられている。すなわち、COD, T-P ともに、流入負荷量と溶出量との比率は約3:1である。これらの量が湾内水質分布に寄与している度合いを調べるため、植物プランクトンによる内部生産をとり込んだ数値モデル¹⁾によるシミュレーションを行った。流入負荷については現況の1/3 削減, 2/3 削減, 全面削減, 溶出については全面抑制とした条件による水質変化を調べた。図-3は、これらの中から、夏期の上層COD につき、負荷0, 溶出0のケースについて示したものである。現状でのCOD 濃度に対し、流入負荷0

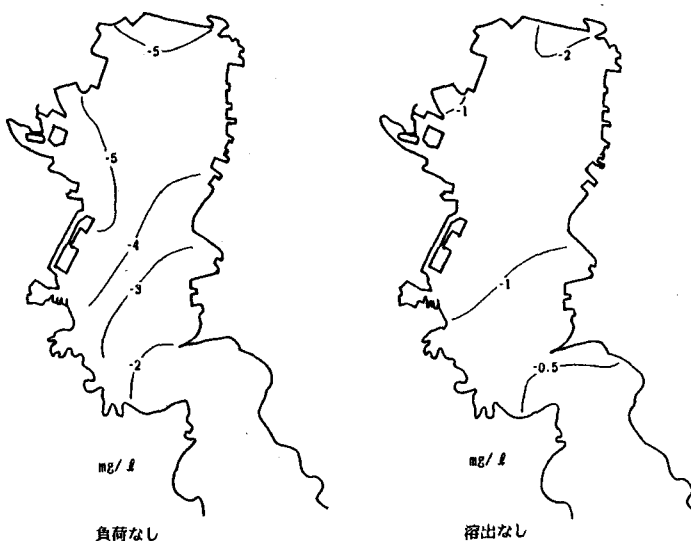


図-3 流入負荷と底泥からの溶出の湾内水質への寄与
夏期上層のCOD 値に対し、図中に負値で示す値
だけ低下することを示している

— 189 —

表-1 各浄化工法の対比

浄化工法	方 法	技術的課題	効 果 ^{*)}			経 費 等 ^{*)}	
			影響範囲	直接的効果	持続性	工 費	維持費
負荷削減	二次処理, 三次処理の徹底	効率的処理技術の開発	広 い (◎)	大きい (◎)	高 い (○)	処理場等の建設費が必要(○)	ランニングコストが必要(△)
溶出量削減	ヘド口後深 覆 砂 トレンチ工法	薄層後深技術の開発 二次汚濁防止技術の開発 後深土砂処理技術の開発	閉鎖性の海域においては効果が 大である(◎)	溶出を直接制御するため効果は大であるが、負荷削減に較べると効果は 小 (○)	新たな堆積物により効果は 減衰する (○)	後深や覆砂の規模が大きくなると工費は大となる (△)	ランニングコスト的なものは不要 (◎)
海水循環 海水交換の 促進	湾口部拡幅増深 港口部断面積, 防波堤形状・配置, 航路掘削, 透過性構造物作等	流れの制御技術の開発 港口部断面積と海水交換との関係	増速域では効果的 (○)	大きい (◎)	高 い (○)	港湾海岸工事と一体的に行えば経済的 (○)	埋没または洗掘のための維持, 補修が必要 (○)
導 水 (リ-コレ-クション)	外海水のパイプライン導水 貯水池からの放流 ショートカット	水源の確保 送水方法	流れの増速領域では効果的 (○)	海水交換が促進される場合は効果的 (◎)	高 い (◎)	送水施設, ショートカットなどの工費が必要 (△)	送水方式によってはランニングコストが必要 (○)
エアレー ション	人工曝気法	安価なエネルギー源の確保	散気管近傍の狭領域に限られる (△)	曝気効果, 鉛直混合効果 (△)	連続して散気い と効果は小 (△)	散気設備が必要 (△)	散気のためのエネルギー(電力)を多量に必要とする (△)
	構造物利用	海域利用目的に即した構造物の型式および配置	沿岸水際線領域 (○)	消波効果の大きい構造物は曝気効果も大きい (○)	高 い (○)	構造物本来機能に対する付加機能として考えることができる (◎)	不 要 (◎)
構造物 汀線型式 の利用	付着生物 底生生物 の濾過作用	本来機能に対する新たな機能の付加	沿岸水際線領域 (○)	生物濾過による効果が大きい (○)	高 い (◎)	構造物本来機能に対する付加機能として考えることができる (◎)	不 要 (◎)

^{*)} ◎ 高価, 良好, または大した問題なし ○ 中位 △ 高価, または問題あり

4. 環境改善対策の問題点とその対処

海域の水質, 底質の改善を目的とした環境改善に対する一般的な特徴, 理由, およびその対応策を整理してみると表-2のようになる。

はじめに述べたように, 海域の利用形態は, 水産養殖漁場, 港湾, レジャーなど多様化しており, それらの利用によって求められる水質が異なるため, 海域の水質, 底質の維持すべき条件が簡単に定められない。また, 湖沼, 河川の場合と異なり, 改善の対象になる領域は広域的である。これは, 海水や汚濁物質が流れにより移動し, 拡散することによる。対象域が広域に及ぶことは必然的に工費, 維持費の膨張を意味する。さらに, 海水や物質が移動すること, 広域的であること, および効果を発揮するまでに時間を要することなどに関連して, 改善効果が把握し難い。特に, 水質濃度に現れ

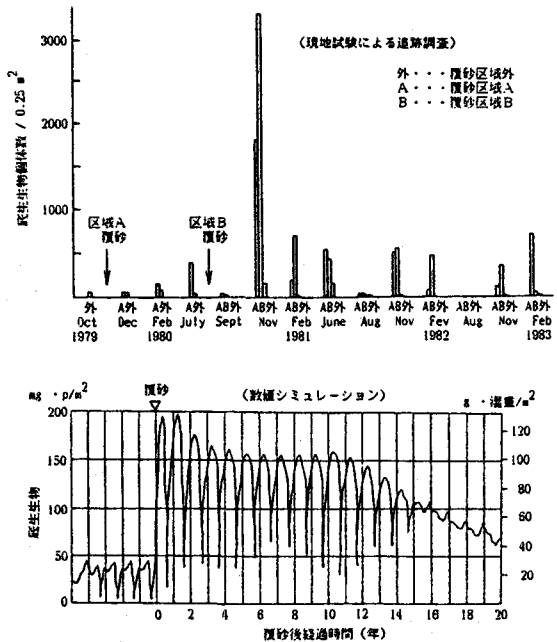


図-6 覆砂による底生生物回復効果

る見掛けの数値は一般に小さいため、その有意性がわかり難い。したがって、改善による利益を誰が受けるかもあいまいになりがちである。また、改善効果を追及する余り、あまり急激、大規模に行くと返って環境の破壊に至らしめる危険 以上のような環境改善における問題点に対応するには、次のような点に留意していくべきと考えられる。すなわち、①海域環境改善のための要望、緊急性、要求される改善の度合いなどに応じた“改善レベル”を設定し、段階的

表-2 水質底質環境制御の特徴とその対応

特 徴	理 由	対 応
①目標が定めにくい	利用形態が多様化している利用によって求められる水質が異なる	● 海域環境改善のためのニーズ、緊急性、必要な改善の度合いなどに応じて段階的な改善方策をとる（改善レベルの設定）
②広域的である	海水が流れる物質が溜まる	
③経費（工費、維持費）が大きい	規模大、広域的である	
④効果がわかりにくい	移流、拡散により効果が分散する効果を発揮するまでに時間を要する	● わかりやすい指標を見付ける
⑤受益者が不明確である	淡水程の明確な利水目的がない日常生活との関連が淡水に比して希薄である	● 海域の生態系、物質循環など、地球規模的な観点からの見直しを行う
⑥性急な改善には危険が	現象が必ずしも十分に把握されていない	● 現象解明やアセスメントを十分に行う効果を確認しつつ行う

な改善を行う、②改善効果を判定するわかりやすい指標を見付ける、③海域の生態系、物質循環などについて、地球規模的な観点からの見直しを行う、④海域の汚染機構の解明や浄化工法のアセスメントと浄化効果とを確認しながら行う、などである。

改善レベルについては、たとえば、付着生物、底生生物、水生植物の濾過効果など、現状のままでの浄化効果の発見・確認とこれらを保護・維持するもの（レベル1）、構造物の表面処理、部分改造、天然曝気促進など、わずかな配慮により浄化効果の助長を図るもの（レベル2）、離岸堤、突堤、防波堤、護岸、岸壁などの構造物の形状や配置に関し、浄化機能の向上を強く意識して行うもの（レベル3）、および、導水、人工曝気、人工海浜、人工干潟、底質浄化、作零、海水交換促進、ショートカットなど、海域環境改善や創造を主目的とするもの（レベル4）などである。

浄化効果のわかり易い指標の一つとして、生物の種類数や個体数は注目に値する。図-6は、呉湾において実施された底泥の覆砂試験工事における底生生物の変化の追跡調査結果を示したものである。1979年と1980年に2回にわたり、それぞれ120m×160m（区域A）、200m×200m（区域B）の領域が0.5m厚さ、0.3m厚さで覆砂された後、覆砂区域内の底生成物量に注目すると、多毛類が急激に増加しているが顕著である。この事実は、動・植物プランクトン、底生生物、底魚を取り込んだ数値シミュレーションによっても再現できることが確認される³⁾。これらのことから、今後浄化効果の判定指標として生物量を積極的に採り入れていくことは、判定のための情報量が増えると同時に、一般にも解り易くて有利であると考えられる。

5. おわりに

沿岸海域を有効に利用するための環境制御として、流入負荷削減策、溶出軽減策、海水流動制御などは直接的で効果は大である反面、経費は大である。一方、天然の浄化能力を再認識し、港湾・海岸構造物を利用してこれを回復、助長、創造する方法は遅効的であっても、効果は確実であり、低廉かつ安全である。したがって、環境改善、環境創造のニーズとそのレベルに応じ、適切な制御法を見いだしていく必要がある。

参考文献

- 1) 堀江（1987）港湾技術研究所報告 Vol.26, No.4
- 2) 堀江・細川・三好・関根（1986）港湾技研資料 No.573
- 3) HORIE（1987）Report of Port and Harbour Res. Inst., Vol.26, No.5.