

海域の利用と調和のとれた沿岸環境改善方策の提案

合田良實*・橋川 隆**・堀江 毅***
名取 眞****・細川 恭史*****

1. はじめに

沿岸部に安らぎの空間を求める市民の志向が強まり、特に内湾で著しい、都市周辺海域は、水底質が悪化しており、海本来のもつ快適さを十分に活用できる状態にはない。本論文は、沿岸部での環境改善の考え方と技術上の要件を整理している。また、汚濁の進行により利用上の不便がある海域に対し、利用と調和のとれた環境改善と快適空間創出との方策について例示をしている。これらを通じて、技術的課題、改善効果を明らかにし、改善計画に資することを目的とする。

2. 沿岸環境改善の考え方

沿岸環境改善の基本的な考え方を5項目に整理した。

(1) 積極的な環境創造 海は潜在的魅力を有しており、環境資源として高い価値を持っている。積極的に海の魅力を発揮させるように手だてを構ずる。

(2) 海陸を密接に結びつける 従来の発想は、海は恐ろしく人から遠ざけるものであった。人が近づき、海上に出て行ったり、陸に海水を引き込む等、一体的に関連を持たせるように配慮する。

(3) 利用と調和のとれた環境改善 海辺散策、水に触れての磯遊び、身体を浸けての海水浴といった利用のレベルと環境改善目標とを調和させる。限定された小規模な水域の改善でも、受益者が明確になることは、環境資源への価値意識を顕在化させる。

(4) 海らしさを生かすこと 水面や容積の大きさ塩分・波浪・潮汐作用などの海の特徴を活用し生かす。

(5) 手段の組み合わせ 下水より濃度が希薄で大量の水を浄化するため、自然の作用を多様に利用する。

3. 水質改善のための手段

(1) 水質改善のための原理

海域利用上問題となる水質は、赤潮・青潮・透明度・

富栄養化などであり、主に COD で測定される有機物の存在である。こうした汚濁物の浄化原理は、a) 流入(溶出) 負荷削減、b) 有機物(底泥) 除去、c) 移流拡散、d) 沈降、e) 分解、f) 濾過に分類される。

浄化技術は、水質・水理条件や周囲環境により効率が変動する。希薄大量な水は、効率が低下する傾向がある。経済性向上のためには、生物活動の利用や波浪・潮汐等の豊富な自然エネルギー利用が重要となる。

(2) 技術の適用と組み合わせ

海域毎の特性により、経済性や効率が変わるため予測をしながら現場への適用作業をすすめる。効率を維持したり補完したりするため、a) 流況制御の併用、b) 他の浄化技術と組み合わせ、c) 施設の多機能化等の工夫が要る。さらに、景観・アクセスなど総合的な環境質の向上にも配慮する。

4. ケーススタディ

環境改善による積極的な利用の促進は、全国の沿岸で可能と思われる。具体的条件下で改善方策を実証検討するため、5カ所の地域でケーススタディを行なった。自然条件や水質・流況の他、社会的背景についてもバリエーションをもたせるため、東京湾湾奥の有明地区・河口部の横浜内港地区・三河湾北岸の蒲郡市竹島地区・近接する同大塚地区・三河湾南岸渥美半島の田原地区を選んだ。ケーススタディは開発プロジェクトの提案ではない。

(1) 有明地区

職住近接型都市空間の開発計画を前提とし、海の持つ快適性を導入し親水空間との調和を基本方針とした。対象区域は、図-1に示す東西に約2kmの細長い水域を中心とする。現状 COD は、夏期に7mg/l に達することもあり、人が近づきにくく孤立した場所となっている。水に触れることができるレベルを改善目標とし、子供が遊べる海浜・干潟の創出、現水面の7割を水面として残すことなどにより、水域の利用促進をはかる。

a) 環境改善の方策

周辺海域の水質を考慮し、水門により対象水域を閉鎖する。汚染海水の流入は防ぐが、潮位差を利用し浄化し

* 正会員 工博 横浜国立大学教授 工学部建設学科

** 正会員 運輸省港湾局 環境整備課長

*** 正会員 工博 運輸省港湾技術研究所 海洋水理部長

**** シーブルーテクノロジー研究会長

***** 正会員 工修 運輸省港湾技術研究所 海水浄化研究室長

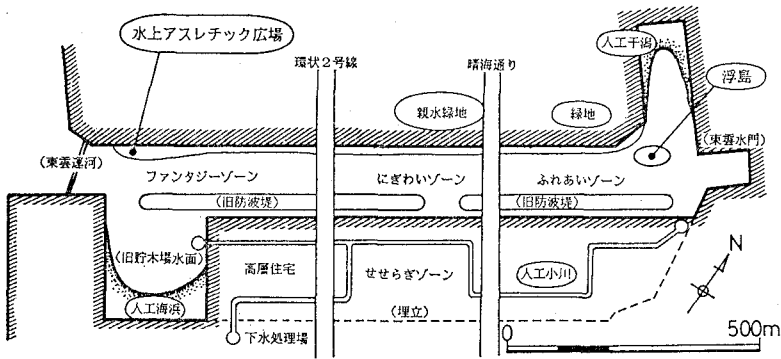


図-1 有明地区施設配置図

た海水を流入させ、対象水域に潮汐変動を残す。水質浄化施設として図-2 に示す、①人工竹笹法（海の森）、②水路流下型法（地下浄化水路）、③人工海浜、人工干潟（生態系利用）を配し、④水流制御施設（水門、中間堰、取水・放水口）により結びつけられる。さらに、内部汚濁負荷の削減と生物定着促進のため、全水域で有機底泥除去と覆砂とを行なう。人工竹笹法は、プラスチック片を水中に竹笹状に配した柔い装置で、竹笹群の作る傾斜面小領域で通過濁水を沈降させる。日量21万 m³ の取水に対し、有効接触面積 3.2千 m² の竹笹片の海の森により、濁り粒子（SS）の 20～25% の除濁を想定した。水路流下型法は、水際遊歩道の地下水路に接触材を充填し、付着微生物の分解により有機物を除去する。生活排水（淡水）での実験式（洞沢，1979）より延長約 1.5 km で COD 除去率 60% とした。人工干潟部に塩性植物を植え、底生生物と一体となった浄化効果を期待する。

b) 浄化フロー

除濁された外海水は、高潮位時に潮位差により取水され、自然流下により地下浄化水路を流れる。流下水は浮島から放流され、水域を西に流れ外海へと排出される。

人工小川は独立の別ルートとする。

c) 改善効果

多ボックス 2 層モデルで COD 濃度を予測した結果を図-3 に示す。覆砂域での溶出はないとした。対策Ⅰは覆砂・導水・人工竹笹（除去率20%）とし、対策Ⅱは除去率25%、対策Ⅲは更に取水部に薬品を投入し沈殿処理を併用したものとした。泳げるレベルには達しないが、奥側水域でも 4 mg/l を下まわり水に触れるレベルとなる。

(2) 横浜内港地区

国際文化都市を目指した開発構想を前提とした。対象区域は、埋立地に囲まれた閉鎖性水域であるが、流入負荷（COD 350 ton/日）の高い大岡川の河口水域でもある。図-4 に示す水域Ⅰ、Ⅱの間には島があり、河川水は二手に別かれて流出する。島部を結ぶ遊歩道で散策が楽しめるレベルに水質を改善することを目標とする。

a) 環境改善の方策

河川水排除のため水域を開放したまま、負荷の削減と浄化装置の設置とで浄化する。上流で河川水の一部を取水・砂濾過し、再び河川へ放流することで COD の 70

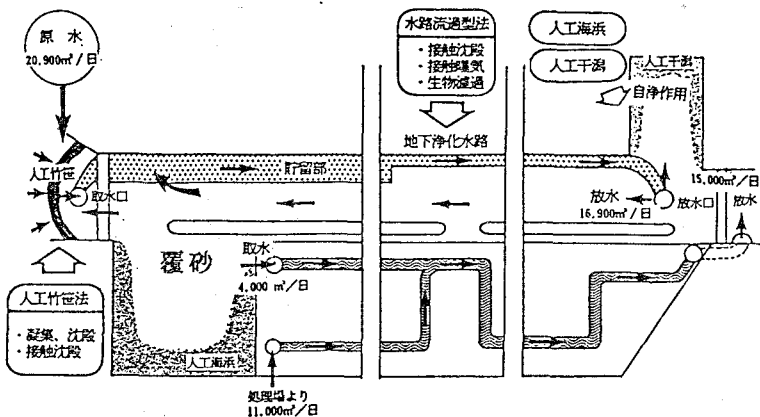


図-2 有明地区浄化フロー図

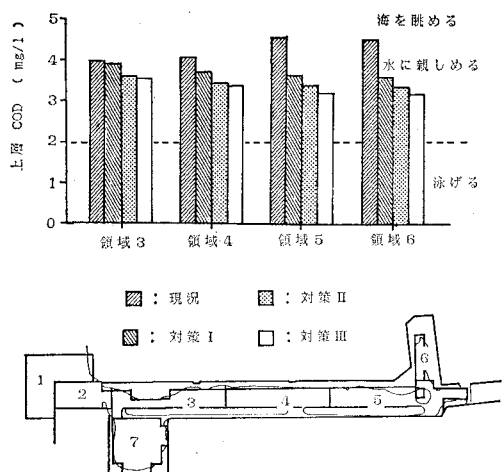


図-3 有明地区水質改善効果比較

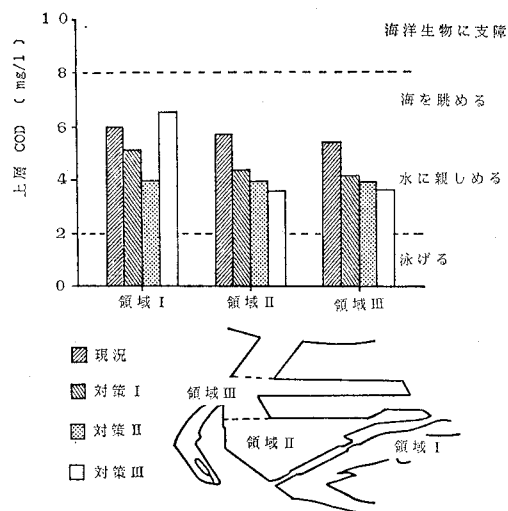


図-5 横浜内湾地区水質改善効果比較

%を除去する。有機底質は全域除去後覆砂する。CODの低い(2.4 mg/l) 横浜港底層水をポンプ導水して水域IIに導く。水域I, IIIの運河端部には、糸状繊維を取付けたネット状の人工リビングフィルターを、総延長1 kmに展開し有機物を除去する。

b) 改善効果

50m格子3層モデルで予測する。導水による増速は極く小さい。水域I, II間を堰で区切り河川流路を東向へ変更すると水域IIで停滞する。図-5に水質予測結果を示す。図中の対策Iは覆砂・人工リビングフィルター、導水の組合せ。対策IIは、更に河川水負荷削減。対策IIIは、対策Iに流路変更策を加えている。流路変更策は水域Iにとって不都合となる。対策IIでは散策が楽しめるようになる。

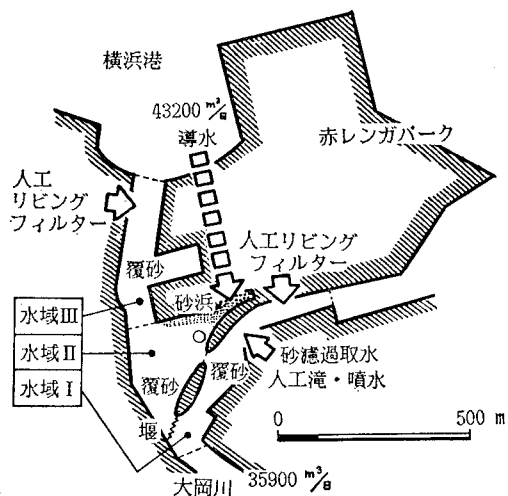


図-4 横浜内港地区浄化フロー図

(3) 竹島地区

蒲郡観光の中心であり潮干狩は有名である。水に触れるレベルの水質は確保されている。海辺へのアクセスの悪さ、打寄せるアオサの腐敗臭がイメージ低下を招いている。アオサ漂着の防止とともに遊歩道の新設、海上デッキによるイベント等を配置する。

a) 環境改善の方策

アオサの回収柵を沖合に設け区域内への漂着を防ぐ。回収柵の効率向上のため一方流を創出する。ミオ筋掘削、海浜造成による地形整形に加え、グチ式造流堤を設ける。造流堤は、潮汐の干満の流れに変換する装置である。狭い開口部を残し相当面積を堤体で囲い込み、上げ潮時に堤体内に流入した海水を、下げ潮時に開口部より継続的に放流し一定方向流を生じさせようとするものである。造流堤上部は蓋をかぶせ海上デッキとして利用する。

b) 改善効果

アオサの漂流状況予測のため、水域の流れを予測し漂流マーカーの分布を比較した。平均潮に4 m/sの南風を与えている。投入位置より288個のマーカーを与えてい

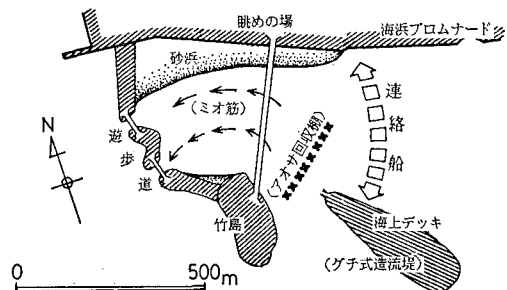


図-6 竹島地区施設配置図

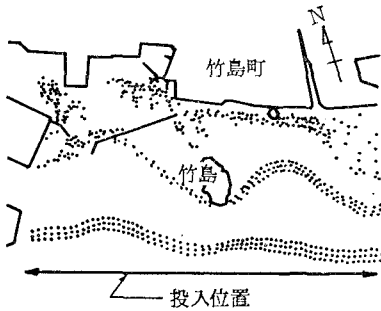


図-7 a 竹島地区マーカー漂流計算(現況)

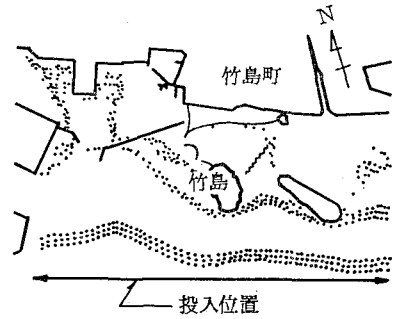


図-7 b 竹島地区マーカー漂流計算(対策後)

る。回収柵到達マーカーの9割を捕捉させている。結果を図-7に示す。12時間の計算では、対象水域に流入する個数は現況で210個であった。対策後270個となるが、そのうち164個が捕捉される。現況漂着個数の8割が回収され、水域内生き残り個数は半減する。

(4) 大塚地区

海洋性レクリエーション基地の創出を前提に、泳げる水域をつくることとする。COD 3 mg/lは、泳ぐには不適である。2 mg/lを目標水質とし、砂浜の確保とアクセスの向上をはかることにする。

a) 環境改善の方策

周辺海域よりも更に一層の水質改善をはかる必要、高潮対策護岸を沖に出し眺望とアクセスの向上をはかる必要から沖合外郭護岸で水域を囲い込むこととする。現水質の程度から隙間接触法を採用する。浄化に要する動力は、潮汐の干満を利用することとする。囲障水域内は全域浚渫覆砂をする。

b) 浄化フロー

図-8にフローを示す。上げ潮時越流堰から取水された外海水は、外郭護岸内の沈殿池(滞留1.4時間)を通り、護岸堤体内の接触池(流下50m)により浄化され水域内奥部へ放流される。水浴等の利用で汚濁されるが、砂浜・干潟・人工磯での浄化も行なわれる。下げ潮時に

は、出口の再浄化用接触池を経て底層水が排出される。排水口は一方方向にのみ開く弁と潜り堰とで作られている。平均潮を与え水循環をシミュレートしながら流れ制御装置の諸元を決めている。循環水量は平均潮で1潮汐あたり4万 m^3 (囲障水量の7%)とし、水域内の潮位変動は外海水位変動(1.2~1.7m)の3割程度とする。

c) 改善効果

2次元2層(格子間隔25m)モデルにより効果を予測した。囲障水域内のみを対象としている。水域内で覆砂・砂浜・干潟のいずれも施さず囲障のみのケース1、砂浜・干潟の浄化作用を加えたケース2、さらに覆砂も施したケース3を比較すると図-9となる。ケース2、3では上下層ともCOD 2mg/l以下となり、海水浴ができる。

(5) 田原地区

長期滞在型リゾート地の条件を備えている。湾奥部のため夏期赤潮・青潮が問題となりアオサが寄せてくる。白崎海岸ゾーンでの水浴を可能とすることを目標とする。

a) 環境改善の方策

渥美半島を横断し遠州灘から外洋水を導水し、田原4区埋立地内の人工池を経て、潮位に応じて間欠的に仁崎

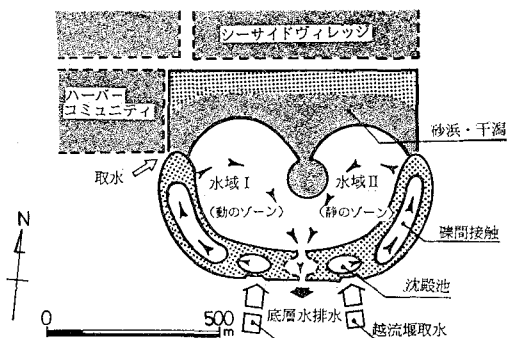


図-8 大塚地区浄化フロー図

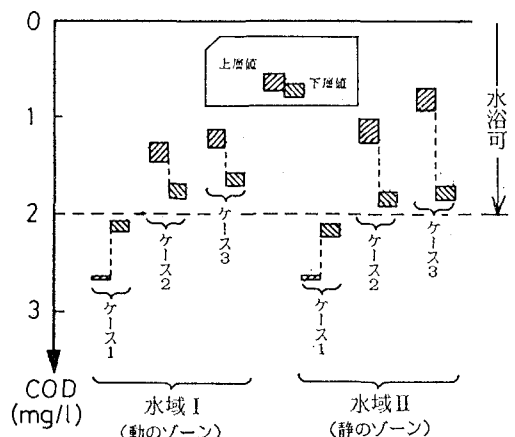


図-9 大塚地区水質改善効果比較

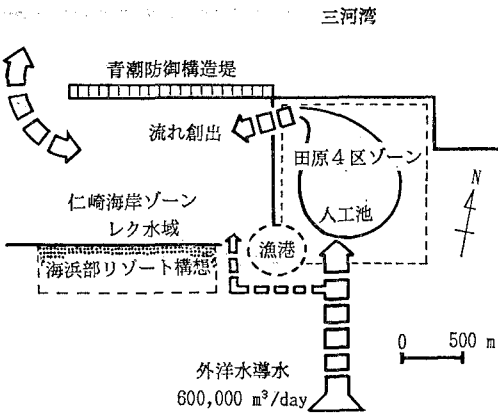


図-10 田原地区浄化フロー図

海岸に放出する。海岸前面には赤潮青潮の侵入を防ぐ構造物を配し、導水による浄化効果を高める。図-10にフロー図を示す。

b) 改善効果

波のエネルギーを収れんさせ外洋水を導水する。平均波高 0.84m のうち波高 1m 以上を対象とし出現確率から収れん堤の諸元を求めた。半島横断トンネル 6500m を水位差 3m で 7m³/s の流量を導びく。現況 2.7~3.7 mg/l の COD 値は、外洋水 1.7 mg/l の導水で、海岸前面では 2.0~2.5 mg/l に改善される。三河湾湾奥部

全体も海水交換が促進される。

5. ま と め

従来の問題解決型アプローチから、どのような空間の創造ができるのかを考える目標発見型のアプローチを適用し、沿岸環境改善のいくつかの方策を提案した。ケーススタディの概括を表-1 に示す。多様な規模・水質に対し目的に応じた環境改善が可能であることがわかった。いずれのケースでも周辺の水質環境を悪化させてはいない。小規模な快適空間を順次拡大してゆくことにより、湾域レベルの改善の手掛りとすることも可能である。適用技術の例をまとめると表-2 のようになる。

最後に、本調査の実施はシーブルテクノロジー研究会の若手メンバーが中心となった。作業遂行にあたって東海大学酒匂敏次教授、東京大学清水誠教授、東京水産大学丸山俊朗助教授、日本大学近藤健雄助教授の適切な指導に支えられた。ここに記して深く感謝いたします。

参 考 文 献

シーブルテクノロジー研究会 (1989): 快適な海域環境に向けて -シーブル計画-
洞沢 勇 (1979): 接触曝気法における浄化機能とその設計, 用水と廃水, 21巻, 8号, pp. 887~893.
堀江 毅・細川恭史 (1983): 海域における水質支配要因について, 港研報告, 22巻, 3号, pp. 159~205.

表-1 ケーススタディ改善効果総括表

ケーススタディ地区	対策案	規 模 面積 (ha) 水量 (10 ⁴ m ³)	水質 (COD)			対象水域からの COD 除去量 (t)
			現状 (mg/l)	改善後 (mg/l)	差 (mg/l)	
有 明	III	83 180	4.8	3.5	1.3	2.3
横 浜	II	13 77	5.7	4.0	1.7	1.3
竹 島	—	60 —	—	—	—	—
大 塚	—	33 54	4.1	1.5	2.6	1.4
田 原	—	788 3600	3.0	2.3	0.7	26.0

図-2 ケーススタディ技術の分類と熟度の例

技 術	分類(原理)	想定除去率等	技術熟度	検 討 課 題	適用海域
人工竹柱工法	沈 降	20~25%	C	潮流流動場での除濁効果	閉鎖性海域
人工リビングフィルター	沈 降	10%/15m	C	海水に対する浄化効果	閉鎖性運河部
砂濾過取水	濾 過	36%	B	経済性向上, 目詰まり対策	砂質底小海域
人工干潟	生物分解	1~7g/m ² /gSS/d	A	生物定着法, 効果定量化	閉鎖性浅海部
礫間接触	生物分解	50%	B	海水に対する浄化効果	一方向流動場
覆 砂	負荷削減	100%	A	経済性向上	泥質底海域
グチ式造流堤	移流拡散	発生流max0.24m/s	C	規模・形状と造流効果	大潮位差海域