

港湾計画と環境アセスメント

川 崎 芳 一

ま え が き

近年、各種開発事業の計画、実施にあたって環境アセスメントを実施することが一般的になっており、事業によっては法的に義務づけられている。

港湾は、「港湾法」に基づいて、港湾管理者が「港湾計画」を策定し、建設・管理・運営を行っている。このような港湾の開発においても、港湾計画の策定、事業の実施の各段階に応じて、それぞれ必要な環境アセスメントを実施し、環境保全に努めている現状にある。

以下においては、港湾計画の策定時に実施している環境アセスメントに限定し、その概要を述べ、さらに、潮流・水質アセスメントに関して最近の実施例を1～2紹介する。

1. 港湾について

1-1 港 湾

日本が多数の島々からなる島国であること、地形的にみて臨海部の限られた平地に多くの都市や町が形成されてきたこと、資源に乏しく、原材料を輸入し、加工し、国民の需要に応えるとともに輸出するという加工貿易立国であること、及び、海運が交通経済上総じて安価であること等の理由から日本には古くから極めて多数の港湾が形成されている。これらの港湾は物資流通の場、生産の場、都市発展の場として国民生活を支えている。

1-2 港湾法

港湾の秩序ある整備と適正な運営を図るため、港湾に関する基本法として、「港湾法」がある。港湾法には

港湾施設、港湾計画、港湾管理者の設立・組織・業務、港湾区域、臨港地区、港湾施設の整備方式等に関する諸規定が定められている。

港湾法では、港湾を、①特定重要港湾、②重要港湾、③地方港湾、④避難港、⑤56条港湾に分類しており、それぞれ次の通り定義している。

- ①特定重要港湾 重要港湾のうち外国貿易の増進上特に重要な港湾
- ②重要港湾 国の利害に重大な関係を有する港湾
- ③地方港湾 上記以外の港湾
- ④避難港 暴風雨に際し小型船舶が避難するための港湾
- ⑤56条港湾 港湾区域の定めのない港湾

表1-1 港湾数
(昭和54年5月現在)

特 定 重 要 港 湾	1 7
重 要 港 湾	1 1 0
地 方 港 湾	8 2 2
避 難 港	3 6
56 条 港 湾	1 0 0
合 計	1, 0 8 5

1-3 港湾管理者

港湾法では港湾の管理運営，建設等を行う主体として「港湾管理者」というものを定めている。通常，地方公共団体が港湾管理者となっており，内訳は表1-2の通りである。

表1-2 管理者別港湾数
(昭和54年5月現在)

区 分	管 理 者				計
	都道府県	市町村	港務局	一部事務組合	
特 定 重 要 港 湾	8	7	0	2	17
重 要 港 湾	86	20	1	3	110
地 方 港 湾 及 び 避 難 港	501	357	0	0	858
56 条 港 湾	—	—	—	—	100
計	595	384	1	5	1085

港湾管理者の主要な業務は次の通りである。

- ① 港湾計画を作成すること
- ② 港湾施設を建設・改良すること
- ③ 港湾区域内又は臨港地区内において土地造成をすること
- ④ 港湾施設を適正に維持・管理すること
- ④ 公共の港湾施設を一般公衆の利用に供すること
- ⑤ 必要な規制を行うこと
- ⑥ 港湾区域内における公有水面埋立の免許業務を行うこと

1-4 港湾区域と臨港地区

前に述べた通り，港湾は物資流通，生産活動，都市活動を支えているが，そのような港湾活動は水面と陸上との両方にまたがる一定の範囲の中で行われている。

このうち水域を「港湾区域」，陸域を「臨港地区」という(図1-1)。

港湾管理者は，港湾区域と臨港地区を定め，この中で必要な業務を行うとともに，国民や民間会社が円滑に港湾活動を行うために必要な規制を実施している。

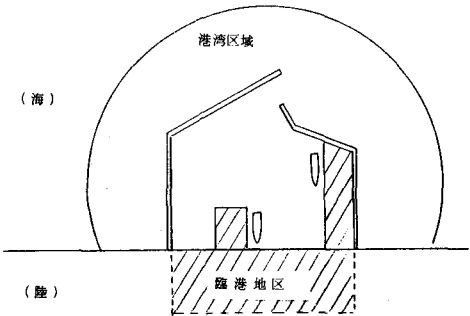


図1-1 港湾区域と臨港地区(概念図)

1-5 港湾施設

港湾法では，港湾施設として次のようなものを定義している。

- ① 水域施設 航路，泊地等
- ② 外かく施設 防波堤，防砂堤，導流堤等
- ③ けい留施設 岸壁，係船くい，栈橋，物揚場等
- ④ 臨港交通施設 道路，鉄道等
- ⑤ 航行補助施設 航路標識等
- ⑥ 荷さばき施設 クレーン，上屋等
- ⑦ 旅客施設 旅客乗降用施設等
- ⑧ 保管施設 倉庫，野積場，貯木場，石油タンク等

- ⑨船舶役務用施設 給油施設等
- ⑩港湾公害防止施設 緩衝地帯等
- ⑪廃棄物処理施設 廃棄物埋立護岸等
- ⑫港湾環境整備施設 海浜，緑地等
- ⑬港湾厚生施設 診療所等
- ⑭港湾管理施設 港湾管理事務所等
- ⑮港湾施設用地 前各号の施設の敷地
- ⑯移動式施設 移動式荷役機械等
- ⑰港湾役務提供用移動施設 タグボート等
- ⑱港湾管理用移動施設 清掃船等

ただし，①から⑮については港湾区域及び臨湾地区内にあるもの，⑯から⑱については港湾の利用又は管理に必要なものに限る。

2. 港湾計画について

2-1 港湾計画

「港湾法」では「港湾計画」とはそれぞれの港湾の港湾管理者が策定するものであって，その「港湾の開発，利用及び保全並びに港湾に臨接する地域の保全に関する」計画と定義している。即ち，港湾計画とは将来時点におけるその港湾の利用計画であって，港湾管理者が将来港湾空間をどのように開発し利用しようとするかを明らかにするものである。ここで港湾空間とは当該港湾区域及び臨港地区（それぞれ予定区域を含む）内を原則とする。

行政計画を①構想計画，②基本計画，③実施計画に分類すると，港湾法でいう「港湾計画」は，基本計画の範疇に属するものと考えられ，実施計画程に具体的なものとは位置づけていない。従って，施工順序，施工主体，整備方式（補助金等），構造形式等については必ずしも明確にする必要のないものである。

港湾計画はこのような性格をもっているので，後で述べる港湾計画における環境アセスメントもおのずから一定の性格なり，または限界があるものである。

2-2 港湾計画の内容

港湾計画において定めるべき事項は，通例次の通りである。

①港湾計画の方針

- ・目標年次を定める。
- ・港湾の開発，利用，保全に関する基本的な考え方を定める。

②港湾の能力

- ・目標年次における取扱貨物量・船舶旅客数等を定める。

③港湾施設の規模及び配置

- ・港湾の能力に対応するだけの，水域施設，外かく施設，係留施設，臨港交通施設，ふ頭用地等の規模及び配置を定める。

④港湾の環境の整備及び保全

- ・港湾の環境を良好に保全するとともに，積極的に改善するため廃棄物の処理に関する事項，港湾公害防止施設，港湾環境整備施設について定める。

⑤土地造成及び土地利用

- ・港湾空間における土地造成及び土地利用について定める。

2-3 港湾計画の作成手順

港湾計画の作成手順の概略を図2-1に示す。

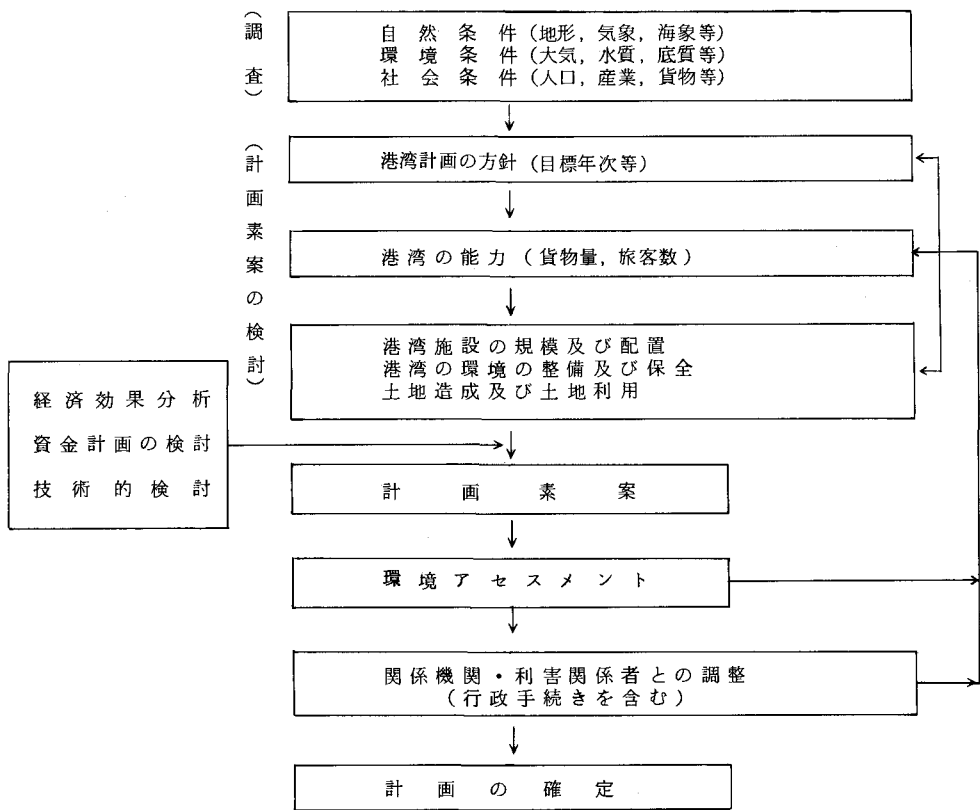


図2-1 港湾計画の作成手順(概略)

3. 港湾計画と環境アセスメントについて

3-1 港湾計画と環境アセスメント

既に述べたように港湾計画とは、将来時点における港湾空間の利用計画である。即ち、将来の港湾活動を確保するために、港湾区域及び臨港地区（予定を含む）内に用地を造成して色々な土地利用を行い、また、防波堤等港湾施設を建設、整備すること等を基本的内容とするものである。

しかしながら港湾空間は物流の場や生産の場、都市発展の場として極めて多様な利用・活動の場となっている。即ち、商工業等産業活動の場として、住宅・下水処理場等都市機能用地確保の場として、海浜公園・緑地等レクリエーションの場として、更には漁業活動の場として、それぞれ利用されているのが現状である。

しかも港湾の開発される臨海部空間は豊かな自然環境を有する空間であり、古来より人と海の接点として親しまれてきた場所である。更に、多くの場合港湾は都市部前面に位置しており、背後住民との関連の深い地域でもある。

このように港湾計画は、住民と関係の深い臨海部空間の利用計画であるため、その計画の実現は、周辺の自然環境・生活環境に影響を与える可能性がある。

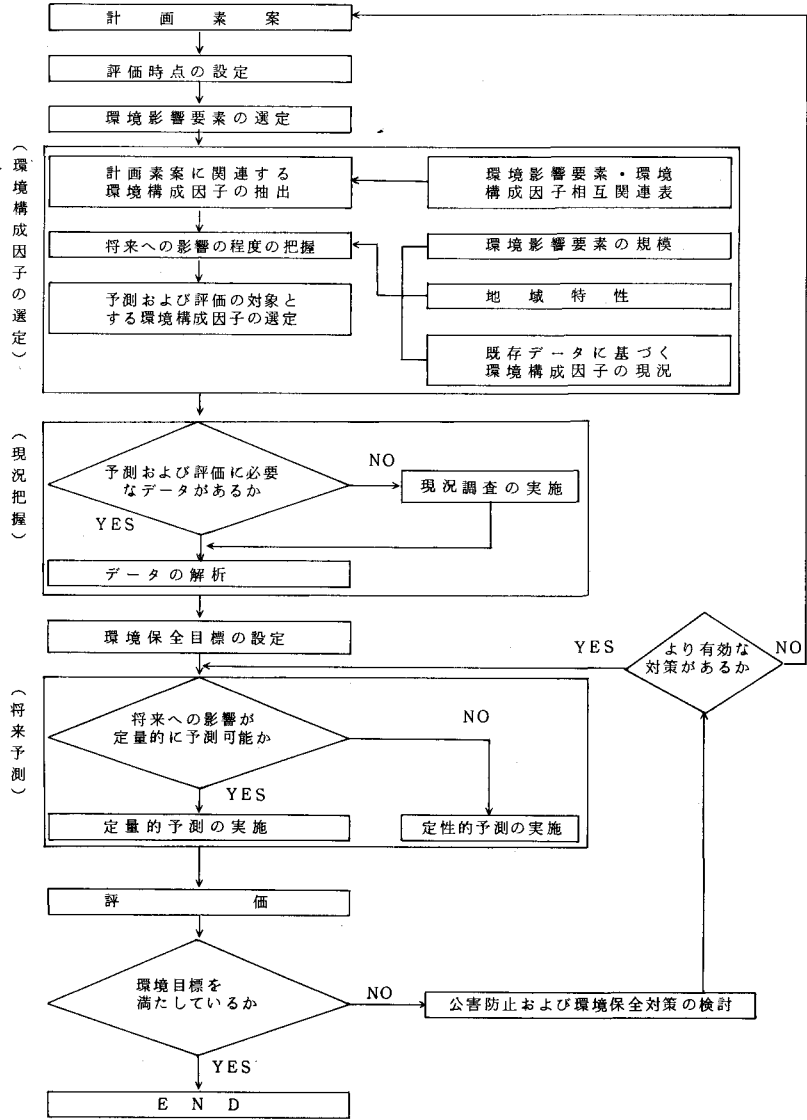
したがって、計画策定に当っては環境アセスメントを実施し、周辺環境に与える環境を予測、評価するとともに、積極的に環境改善のための施設を整備する必要がある。

このため、港湾法では港湾計画の策定に当っては「港湾における環境の保全を図るとともにその周辺における環境の悪化の防止に資すること」として

- ① 環境に与える影響を計画の策定に際し事前に評価する。
- ② 緑地・広場などの港湾環境整備施設を整備するとともに、公害防除のための措置を講ずることにより港湾環境の整備・改善を図る。

等が規定されている。

なお、港湾計画における環境アセスメントは、昭和40年代半ばに試行的に実施されるようになり、昭和48年の港湾法の改正により、上記のような規定が定められ、実施が義務づけられた。



出典、新井洋一「港湾計画と環境」土木計画学講習会テキスト 1978

図 3-1 環境アセスメントの技術的手順

3-2 環境アセスメントの手順

環境アセスメントの技術的手順の概要を図3-1に示す。手順ごとの概要については以下の通りである。

① 環境影響要素の選定

環境影響要素とは、港湾計画の実施に伴って環境に影響を及ぼすものをいい、具体的には、防波堤・泊地等の港湾施設、土地利用等がこれに当たる。これには施設そのものの他に、その施設を利用して行われる活動（生産活動や利用活動）自体も含まれる。

選定に当たっては、港湾計画に含まれる施設、土地利用等を整理し、環境に著しい影響を及ぼすと予想されるものについて欠落のないよう選ぶ必要がある。

② 環境構成因子の選定

環境構成因子とは、大気質・水質等環境を構成する因子をいう。個々のアセスメントにおいては①で選ばれた環境影響要素により影響を受ける環境構成因子を選定する必要がある。この選定の過程は概ね2段階に分けられる。

第1段階は、計画に関連する環境構成因子を網羅的に抽出し、漏れを防止する段階である。このためにはあらかじめ環境影響要素と環境構成因子の相互関連表のようなものを作成しておき、機械的に“ひろっていく”といった方策が一般的である。

第2段階は、これに予備的な検討を加え、予測、評価が必要な因子を絞っていく段階である。このときは、多数の因子について環境影響要素の規模、地域特性、過去の事例、環境の現況等を総合的に検討して、必要な因子の選定を行っているが、これはかなり経験的に行われている。

なお、因子の選定に伴い、評価の対象となる範囲（地域）を設定する必要がある。この範囲はまず安全側を考慮しつつ必要かつ十分なものを設定し、その後現況の調査結果や予測結果から必要があれば設定し直す。

③ 現況把握

選定した因子について現況データを収集・整理して、環境の現況を把握する。この際、既存データだけでは不足なものについては新たに調査を実施して収集する必要がある。

現況把握は環境影響評価の重要な作業であり、これは、①環境保全目標の設定、②影響予測に必要な気象・海象条件等の把握、③予測結果と対比させる現状の把握等に必要である。

④ 環境保全目標の設定

予測結果を評価するため、それぞれの環境構成因子ごとに目標となる水準を定めることが必要である。これを環境保全目標とよんでいる。

この水準は、因子の内容をよく考えて公害対策基本法に基づく環境基準や地域の特性、当該自治体の環境保全施策などを考慮して設定する必要がある。

⑤ 将来予測

港湾計画の実施により周辺環境に与える影響を検討し、将来予測する。

⑥ 評価

将来予測の結果を環境保全目標と照合して評価する。

⑦ 公害防止及び環境保全対策の検討

評価の結果、環境保全上問題の生ずる恐れがある場合は、公害を防止し環境を保全するための対策を検討する。有効な対策がある場合は再度評価を行う。有効な対策がない場合は計画案にフィードバックを行い、計画そのものの変更を検討することとなる。

3-3 環境アセスメントの内容

現在行われている港湾計画における環境アセスメントの一般的な内容を以下に示す。

環境アセスメント資料は通常

- (Ⅰ) 地域の概要
- (Ⅱ) 地域の現況
- (Ⅲ) 環境への影響と評価

の3章に分けられる。

「(Ⅰ) 地域の概要」は、評価対象となる地域の一般的状況を示すものであり、次のような構成となっている。

(Ⅰ) 地域の概要

- ① 自然的条件(地勢、気象、海象等)
- ② 経済・社会的条件(人口、産業、土地利用等)

「(Ⅱ) 環境の現況」は、評価地域の環境の現況を示すもので、通常評価対象の環境構成因子毎に整理されている。総合的な港湾計画の場合、概ね次のような構成となっている。

(Ⅱ) 環境の現況

- ① 大気質(SO_x , NO_x , CO , 光化学オキシダント等)
- ② 潮流(恒流、潮汐流)
- ③ 水質(COD , DO , pH , 水温等)
- ④ 底質(COD , 有害物質等・・・溶出試験及び含有量試験)
- ⑤ 地形(汀線、漂砂等)
- ⑥ 騒音・振動・悪臭
- ⑦ 生態系(植生、陸上動物、海中動物)
- ⑧ 景観(自然公園、文化財等)
- ⑨ 漁業(漁業権、漁場、漁種等)

「(Ⅲ) 環境への影響と評価」は、計画が環境に与える影響を予測して、評価したものを示したものである。通常(Ⅱ)で示された環境構成因子毎に影響の範囲、程度等を予測し、その結果を環境の現況、環境保全目標等と対比しながら評価する。

予測方法は通常定量的方法と定性的方法とに分けられる。定量的方法が技術的に可能なものはできるだけ定量的に予測することが好ましいが、現在のところ定量的予測のできないものや、その必要の少ないものについては、定性的にその影響を検討し、評価することとしている。定性的方法の場合は、過去の事例や経験から総合的に検討し、評価する。(Ⅲ)の構成と、予測方法の概要を次に示す。

(Ⅲ) 環境への影響と評価

- ① 大気質(SO_x , NO_x の定量的予測等)
- ② 潮流(潮流シュミレーション)
- ③ 水質(COD , 水温に関する数値シュミレーション等)
- ④ 底質(定性的検討)
- ⑤ 地形(地形変化の定量的予測等)
- ⑥ 騒音・振動・悪臭(騒音に関する定量的予測等)
- ⑦ 生態系(定性的検討)
- ⑧ 景観(定性的検討)
- ⑨ 漁業(定性的検討)

4. 潮流・水質のアセスメントについて

4-1 港湾計画と潮流・水質への影響

港湾計画は、臨海部にふ頭用地、工業用地等を確保するとともに、防波堤を建設して静穏な泊地を確保しようとする計画である。また、新規の土地利用に伴い、新たな水質汚濁負荷源になる場合もある。

このため、港湾計画の実施に伴い、周辺海域の現状の潮流、水質が変化することとなる。

従って、港湾計画における環境アセスメントにおいては、潮流、水質への影響の程度、範囲等について予測し、悪い影響が最少限となるよう計画案を検討することが、きわめて重要な事項となっていることが少なくない。

4-2 潮流・水質アセスメントの手順

潮流・水質アセスメントの手順は図4-1の通りである。

すなわち、当該海域の気象・海象・水質等の現況観測を行い、これらをもとに調和分解、拡散係数等に関する分析を行い、当該海域における流れ、拡散の特性を把握する。次に、当該海域に適応した予測モデル（潮流、水質）を選択し、現状の再現を行う。十分に現状再現が可能になれば、このモデルを用いて将来の潮流、水質の予測を行い、結果の評価を行う。

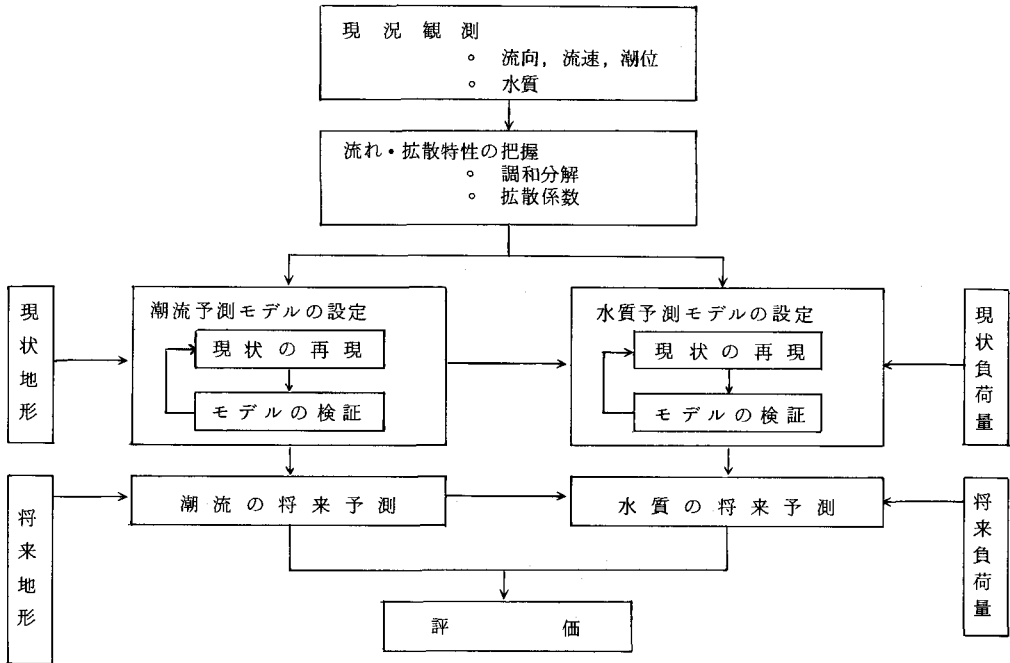


図4-1 潮流・水質アセスメントの手順

4-3 潮流・水質の予測手法

潮流、水質の予測手法には、通常次のような手法が用いられている。

- ① 水理模型実験
- ② 電子計算機による数値シミュレーション
- ③ 水域分割混合モデル（ボックスモデル）
- ④ その他（ジョセフ・センドナー式等）

これらの特徴・適用範囲は表4-1の通りである。

表 4-1 潮流・水質の予測手法

予 測 手 法	特 徴 ・ 適 用 範 囲
水理模型実験^(A)	縮 尺…一般的には水平縮尺，鉛直縮尺に歪を有し，拡散現象に相似則の問題が生ずる。 モ デ ル…三次元であるが歪効果を考慮する必要がある。 地 形 表 現…比較的忠実にできる。 潮 汐…境界で位相を変化させたり複雑な任意波を与えるには特別な設備を要する 河 川 流…与えるのは容易 吹 送 流…与えるのは困難 コリオリ力…再現は特殊な設備を要し容易でない。多くの場合無視される。 底面摩擦，拡散係数…パイプ，ブロック，銅板その他等によって調整するが，時間，労力を要する。 境界での水及び物質の交換…有限領域のため特殊な装置工夫を要する。 計測及び再現性…計測器の性能，測定技術，外的条件（温度，風他）等の変化による影響を受けやすい。 トレーサー…非保存系物質の取扱いは困難である。
電子計算機による 数値シミュレーション^(B)	縮 尺…模型実験のような縮尺，歪を考慮する必要はない。 モ デ ル…三次元で取扱うと計算時間が長く，計算費用がかかる。一般には二次元単層で取扱うがこの場合は鉛直方向の水量の取扱いができない。 地 形 表 現…格子分割のため細部の表現は荒くなる。 潮 汐…関数又は観測データから比較的容易に与えられる。 河 川 流…与えるには特別な配慮を要する。 吹 送 流…与えるのは容易 コリオリ力…与えるのは容易 底面摩擦，拡散係数…数値的に変更することは容易であるが実態は必ずしも明らかではない。 境界での水及び物質の交換…任意に操作できる。 計測及び再現性…ラインプリンター，図化機の活用によりデータの整理が容易になる。同一入力に対しては同一結果が出る。 トレーサー…非保存系物質についても扱い可能である。
水域分割混合モデル	潮流による混合，移流による汚染物質の稀釈が大きい海域，つまり閉鎖性海域で潮汐による海水の流動，流入汚濁量の変化や，水域分割の容易な水域に適している。しかし，予測結果は概観的なものであり，汚染の平均的パターンを見る場合に用いることができる。
ジョセフセンドナー式	拡散係数が汚染源からの距離に比例すると仮定したもので，流れの影響の少ない海域に適している。

(A)，(B) 出典：金子安雄；堀江毅「ADI法による潮流汚染拡散の数値計算—大阪湾に適用した場合について」
港湾技研報告，vol. 14，No 1（1975）

4-4 最近の実施状況

最近の大きな港湾計画における潮流、水質のアセスメントでの予測手法の採用状況は表4-2の通りである。

表4-2 予測手法の採用状況

手 法	52年度	53年度
模 型 実 験	1 件	1 件
数 値 シ ミ ュ レ ー シ ョ ン	8	12
ボ ッ ク ス モ デ ル	1	1
ジ ョ セ フ セ ン ド ナ ー 式	1	0
合 計	11	14

近年の傾向としては、数値シミュレーションによる予測が圧倒的に多いことがわかる。この理由としては、次のようなことがあげられる。

- ① 模型実験に比べて、短期間に多数のケースについて結果が得られる。
- ② ボックスモデル、ジョセフ・センドナー式等に比べて、地形が忠実に再現できる等の特徴から結果（グラフ）が他に対して説得力がある。
- ③ 近年の電子計算機の進歩で、比較的容易に利用できる。

4-5 数値シミュレーションモデル^(C)

CODの拡散予測に電算機による数値シミュレーションを用いる場合は、一般には次に示す二次元単層モデルが用いられる。ただし、定常モデルが用いられる場合もある。

（流動モデル）

$$\frac{\partial M}{\partial t} = - \frac{\partial}{\partial x} (U^2(h+\zeta)) - \frac{\partial}{\partial y} (UV(h+\zeta)) + fN - g(h+\zeta) \frac{\partial \zeta}{\partial x} - \tau_{bx} + \tau_{sx}$$

$$\frac{\partial N}{\partial t} = - \frac{\partial}{\partial x} (UV(h+\zeta)) - \frac{\partial}{\partial y} (V^2(h+\zeta)) - fM - g(h+\zeta) \frac{\partial \zeta}{\partial y} - \tau_{by} + \tau_{sy}$$

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t} = - \frac{\partial M}{\partial x} - \frac{\partial N}{\partial y}$$

ただし $M = \int_{\zeta}^h U \, dz = (h+\zeta) U$

$$N = \int_{\zeta}^h V \, dz = (h+\zeta) V$$

ここに U, V : x, y 方向の平均流速
 f : コリオリの係数 ($= 2\omega \sin \phi$)

τ_{sx}, τ_{sy} : 海面摩擦応力 (m^2/sec)

τ_{bx}, τ_{by} : 底面摩擦応力 (m^2/sec)

h : 静水面の水深 (m)

ζ : 静水面からの高さ (m)

（拡散モデル）

$$\frac{\partial (HS)}{\partial t} = - \frac{\partial (HUS)}{\partial x} - \frac{\partial (HVS)}{\partial y} + \frac{\partial}{\partial x} (K_x H \frac{\partial S}{\partial x}) + \frac{\partial}{\partial y} (K_y H \frac{\partial S}{\partial y}) - KHS + HS_a$$

.....(1)

ここに

H : 水深
S : 濃度
K_x, K_y : 拡散係数
K : 減少率
S_a : 汚濁負荷量

なお定常モデルの場合は(1)式は次のようになる

$$\frac{\partial (H\bar{S}U)}{\partial x} + \frac{\partial (H\bar{S}V)}{\partial y} + \frac{\partial}{\partial x} \left\{ (K_x + K_{x_1}) \frac{\partial \bar{S}}{\partial x} \right\} + \frac{\partial}{\partial y} \left\{ (K_y + K_{y_1}) \frac{\partial \bar{S}}{\partial y} \right\} + Q_1 = 0$$

但し $Q_1 = \lim_{T \rightarrow \infty} \int_{-\frac{T}{2}}^{\frac{T}{2}} Q \, dt$

K_{x1}, K_{y1} : 時間スケールの少し長いものの変動成分による拡散係数

(C) 出典：運輸省二港建横浜調設事務所「水質シミュレーション研究会報告書」昭50, 3

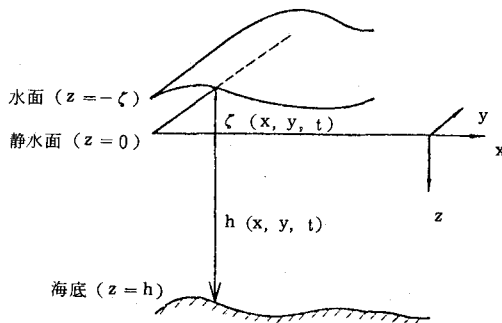


図4-2 単層モデルの座標系

5. 実施例 その1 (志布志港)

5-1 港湾計画の概要

志布志港は、鹿児島県東部志布志湾奥部に
ある港湾で、港湾管理者鹿児島県が昭和54年
3月に港湾計画を策定した。主たる計画内容
は次の通りである。(図5-1)

- ① 目標年次 昭和60年
- ② 港湾の能力 外貨165万トン
内貨715万トン
合計880万トン
- ③ 岸 壁 水深5.5m~13m
11バース
- ④ 防波堤 3570m
- ⑤ 泊地浚渫 水深5.5m~13m 177ha
- ⑥ 用地造成 約100ha
(うち工業用地58ha)

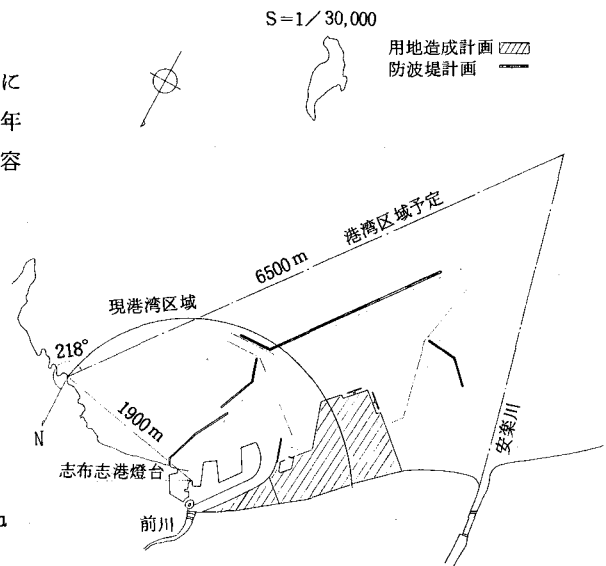


図5-1 志布志港湾計画

この計画の策定に際して、港湾管理者が実施した環境アセスメントの中から潮流及び水質(COD)に関するアセスメントの概要を抜粋して以下に示す。

5-2 潮流

評価対象の海域(志布志湾周辺)の潮流の特徴は、湾外の黒潮の分岐流が湾内に入り込み、湾内を時計回りに流れる場合と反時計回りに流れる場合及びその混合した流れの場合が発生することが潮流観測よりわかっていた。

そこで潮流シミュレーションでは、時計回り及び反時計回りの2種類の代表的な流れを再現する方法によることとした。

図5-2のように、大格子海域及び小格子海域の2種類のメッシュ分割をし、表5-1のような計算条件を用いて行われた。流れの計算は、①恒流計算(15日平均流)と②潮汐流計算(M₂分潮流)の2通りの計算をして合成する方法がとられている。

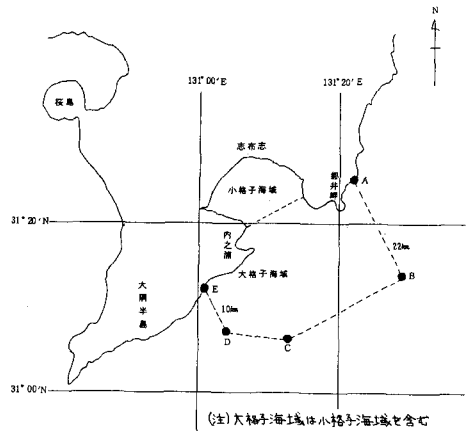


図5-2 流動計算対象海域

表5-1 恒流計算および潮流計算条件

項 目		内 容	
		大 格 子 海 域	小 格 子 海 域
計 算 対 象 海 域		図5-2のとおり	図5-2のとおり
格 子 間 隔		1,000 m	333.3 m
タイムステップ(Δt)		15秒	7.5秒
コ リ オ リ 係 数		$f=2\omega \sin \varphi$ $\omega=\frac{2\pi}{24 \times 3,600}$ $\varphi=3.1333$	$f=2\omega \sin \varphi$ $\omega=\frac{2\pi}{24 \times 3,600}$ $\varphi=3.140$
海 底 摩 擦 係 数		$\gamma_{b2}=0.0026$	左 同
渦 動 粘 性 係 数		水深50 m以浅の海域 $5 \times 10^4 \text{ cm}^2/\text{sec}$ 水深50 m以深の海域 $10^5 \text{ cm}^2/\text{sec}$	左 同
計 算 層		1層計算	左 同
恒 流 計 算	開境界での強制流速の与え方	初期流速を0とし、計算開始後2時間で南流40cm/sec(又は北流40cm/sec)になるように与えた。	大格子海域の計算値を用い、湾奥部の恒流を再現するため、境界流速を強化して与えた。
	計 算 時 間	46時間	20時間
潮 流 計 算	開境界での強制水位の与え方	図5-2のA B, B C, C D, D Eの各境界で強制水位を与えた。	大格子海域の計算結果をそのまま与えた。
	計 算 時 間	12潮汐(144時間)	4潮汐(48時間)

計算結果の一部を示すと、現状は図5-3、将来は図5-4の通りである。ただし、いずれも時計回りの恒流の場合である。また、これらより将来時点での流速の減少量を図に示すと、図5-5の通りであり、防波堤周辺で1～3 cm / s の減少が予測されている。

なお、潮汐流計算結果と観測結果の比較を図5-6に示した。恒流についてもこのような比較はなされている。

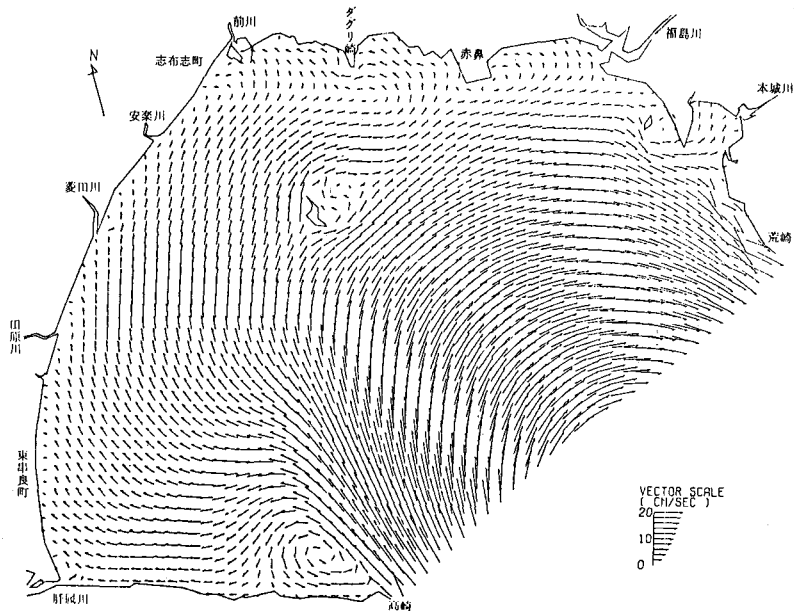


図5-3 合成流計算結果(小格子海域, 現状, 時計回り恒流, 上げ潮最強流時)

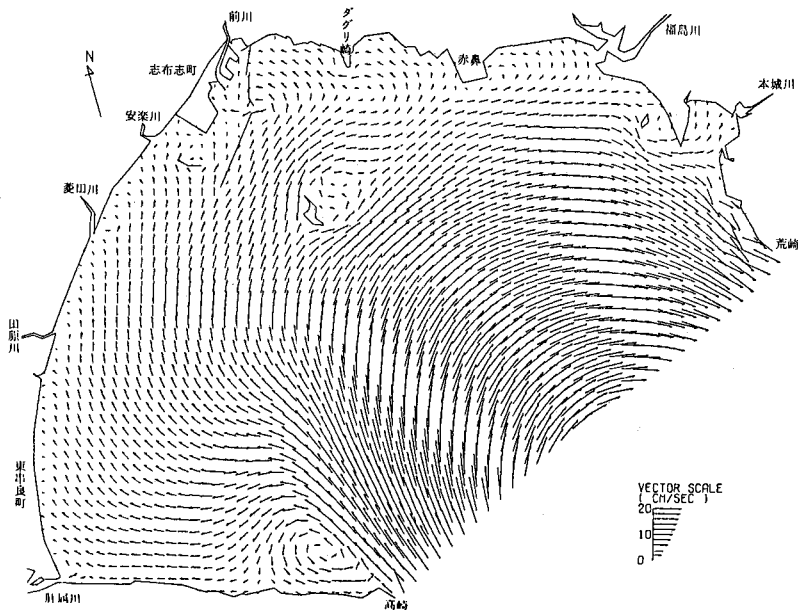


図5-4 合成流計算結果(小格子海域, 将来, 時計回り恒流, 上げ潮最強流時)

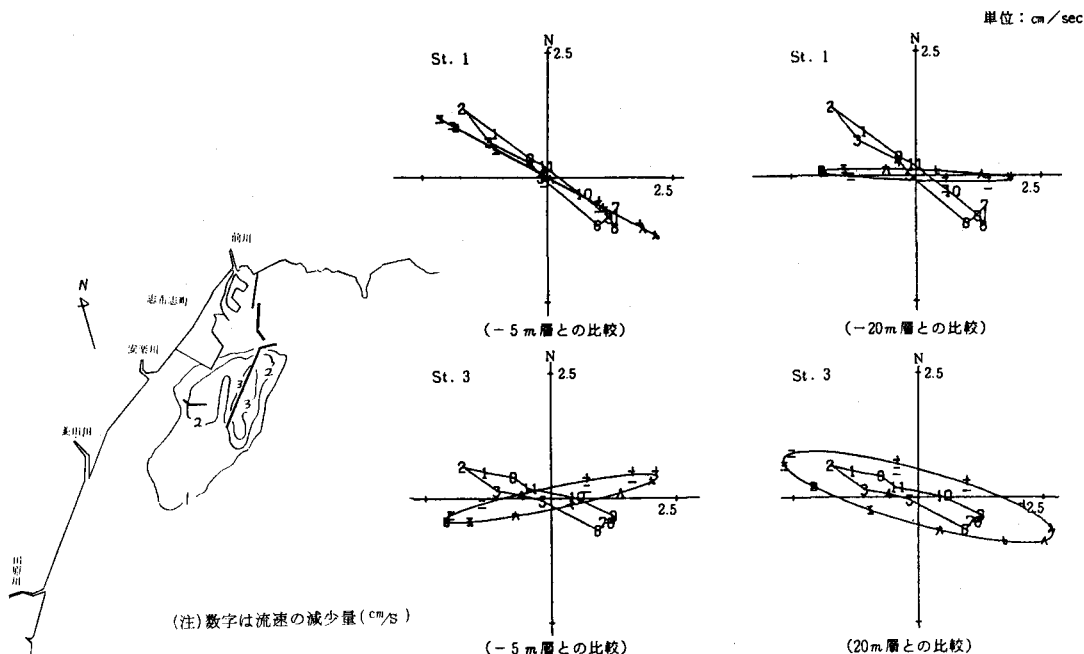


図 5-5 現況と将来の流速の計算結果の比較 (小格子海域, 時計回り恒流, 上げ潮最強流時)

(注) 漢数字.....実測値 (M₂ 潮)
アラビア数字.....潮汐流計算結果

図 5-6 潮汐流計算結果と観測結果の比較 (小格子海域)

5-3 水質

次に, 表 5-2 のような計算条件で, COD に関するシミュレーションが実施されている。水質計算に当っての負荷量は BOD 表示で表 5-3 の通りである。

現状及び将来の水質計算結果をそれぞれ図 5-7, 5-8 に示す。

現状の水質観測値を図 5-9 に示す。

以上より港湾計画の完成後における周辺水域の水質が予測されている。

表 5-2 水質汚濁拡散計算条件

項 目	内 容
計 算 対 象 海 域	流動計算の大格子・小格子海域と同じ
格 子 間 隔	大格子 1,000 m, 小格子 333.3 m
タイムステップ (Δt)	720 秒 (12 分)
流 動	潮流と恒流の計算結果の合成流
境 界 濃 度	大格子海域の開境界で 1.3 ppm
初 期 値	全海域で 1.3 ppm
乱 流 拡 散 係 数	水深 50 m 以浅の海域 $5 \times 10^6 \text{ cm}^2/\text{sec}$ 水深 50 m 以深の海域 $10^6 \text{ cm}^2/\text{sec}$ (流動計算の渦動粘性係数と同じ。)
計 算 時 間	60 潮汐 (720 時間)
時 間 層	1 層計算

表 5-3 BOD 発生負荷量 (総括表)

(単位, kg/日)

	生活排水	畜産排水	既存工場等	新規工場	合 計
現 状	7,898	1,790	14,412	-	24,100
将 来	12,578	3,240	12,539	1,409	29,766

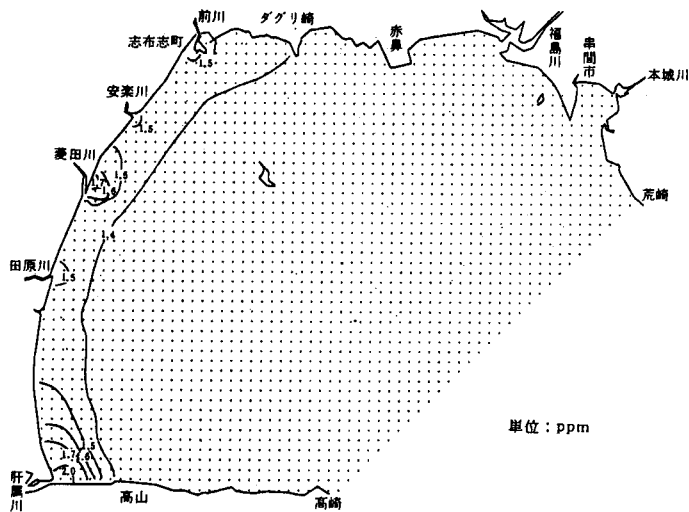


図 5-7 COD 拡散計算結果 (現状地形, 時計回り恒流+潮流, 小格子海域)

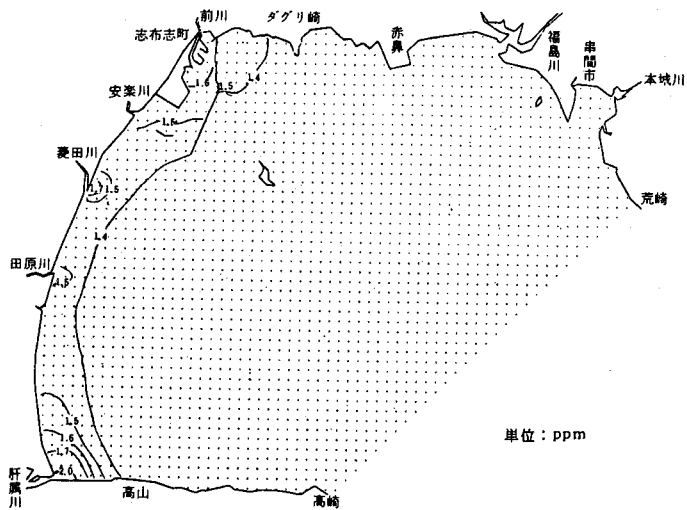


図 5-8 COD 拡散計算結果 (将来地形, 時計回り恒流+潮流)

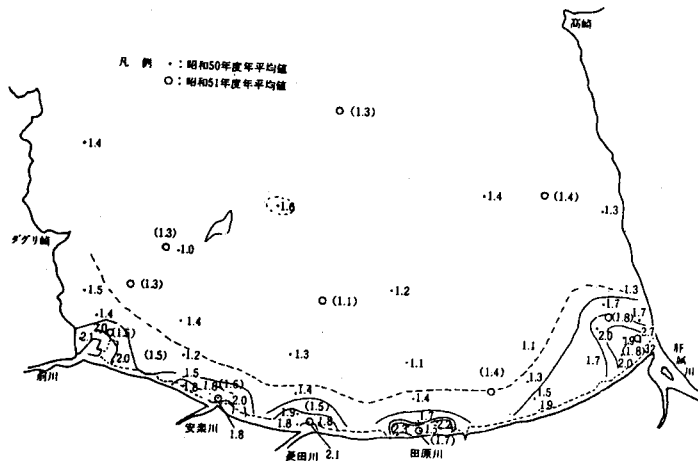


図 5-9 水質測定結果 (COD)

6. 実施例 その2（釜石港）

6-1 港湾計画の概要

釜石港は、岩手県三陸海岸の釜石湾内に位置し、港湾管理者岩手県が昭和52年11月に港湾計画を策定した。

主たる計画内容は次の通りである。

- ①目標年次 昭和65年
- ②港湾の能力 外貿430万トン、内貿310万トン、合計740万トン
- ③岸壁 水深4.5m～14m 6バース
- ④津波防止のための防波堤 （北）990m、（南）670m
- ⑤用地造成 11ha

この計画の策定に際して、港湾管理者が実施した環境アセスメントの中から、潮流及び水質(COD)に関するアセスメントの概要を抜粋して以下に示す。

6-2 潮流

この数値シミュレーションでは有限要素法が用いられている。有限要素法では、海域のメッシュ分割の大きさが任意に変えられるため、複雑な海岸線、防波堤法線等の表現が比較的容易であるという利点がある。

釜石港の計画では、湾口防波堤により3ヶ所の港口（50m、300m、50m）が計画されている。これは船舶の通行の利便、港内水質の保全等を考慮して計画したものである。このため港口部の地形再現についても考慮して、有限要素法を用いたものである。

基本式は次の通りである。

$$u_{i,t} + u_j u_{i,j} + g \eta_{,i} = \frac{\nu^2}{h + \eta} \cdot u_i \sqrt{U} \dots\dots\dots (1)$$

$$\eta_{,t} + \{ (\eta + h) u_i \}_{,i} = 0 \dots\dots\dots (2)$$

- ここに、
 u_i : i 方向の流速
 η : 潮位振幅
 ν^2 : 摩擦係数
 g : 重力の加速度

計算範囲を図6-1、メッシュ分割図を図6-2、6-3に示す。

現状及び将来における計算結果をそれぞれ図6-4、6-5に示す。

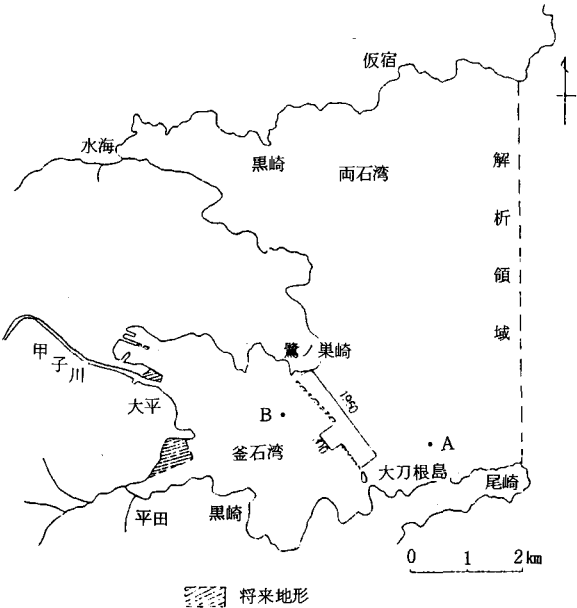


図6-1 解析領域

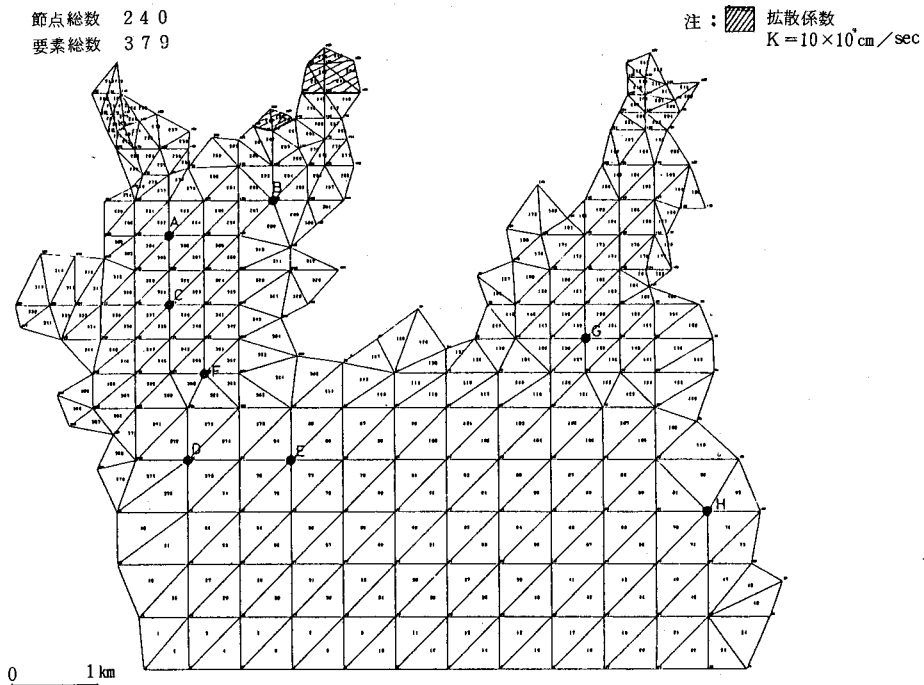


図 6-2 要素分割図 現況

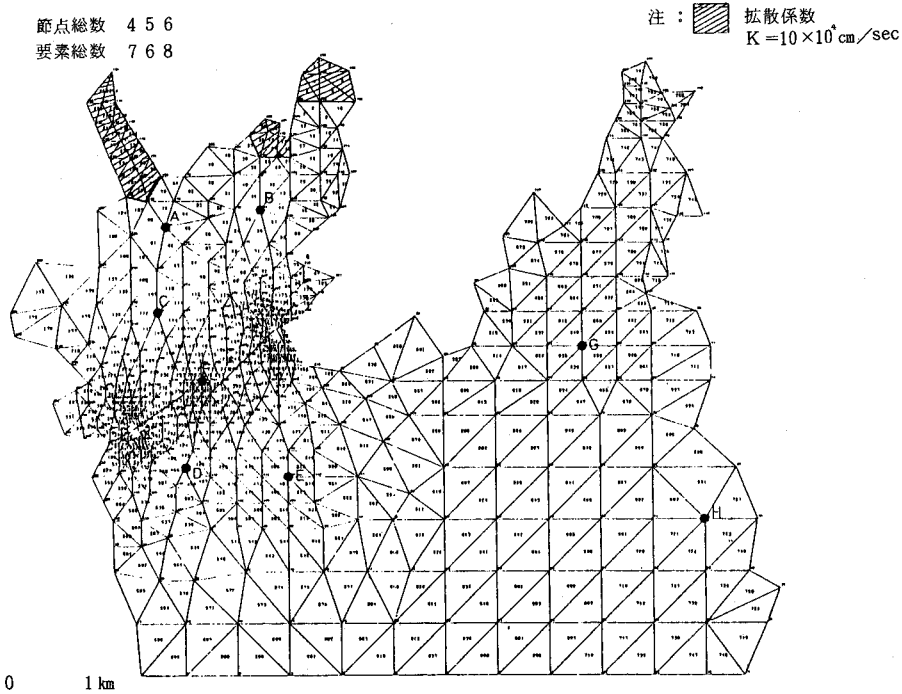


図 6-3 要素分割図 将来(埋立, 防波堤端開口部あり)

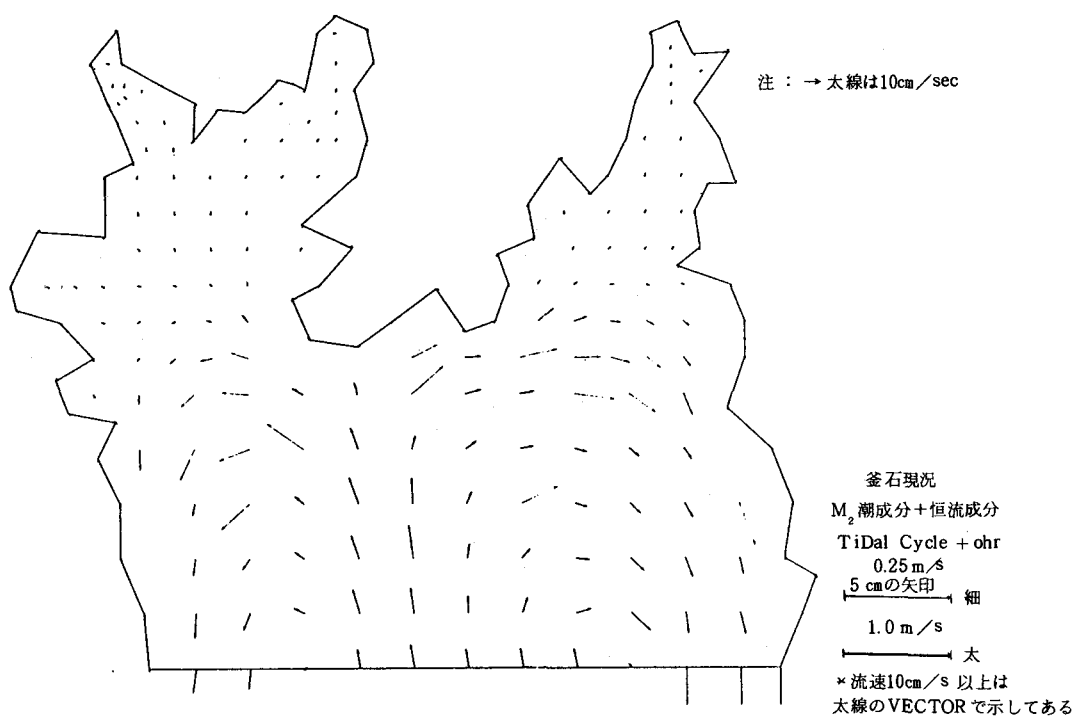


図 6-4 現況における流況(恒流成分+ M_2 潮成分) 上げ潮

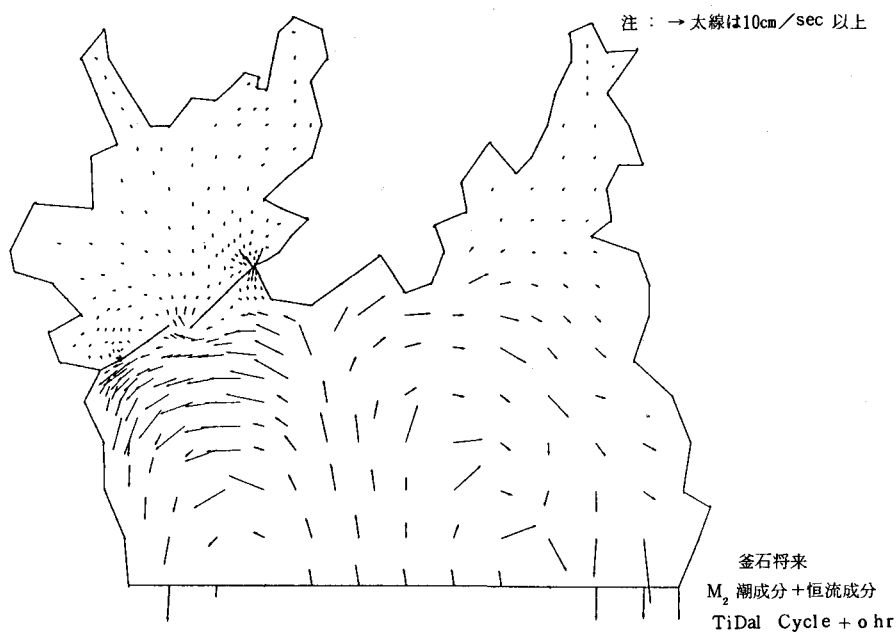


図 6-5 将来地形における流況(恒流+ M_2 潮成分) 上げ潮

6-3 水質

基本式は次の通りである。

注：・印は観測値 (ppm)

$$(HS)_t = -(HU_i S)_i + (kHS)_i - K_1 HS + HS_a$$

H : 水深

S : 濃度 (COD)

U_i : i 方向の流速

k : 拡散係数

K_1 : 自浄係数

S_a : 投入負荷による濃度増分

計算条件は表 6-1 の通りである。

現状及び将来の水質は、それぞれ図 6-6, 6-7 に示す。また、A~A' 断面における濃度勾配を図 6-8 に示す。

とれらにより、計画完成後の周辺水域の水質が予測されている。

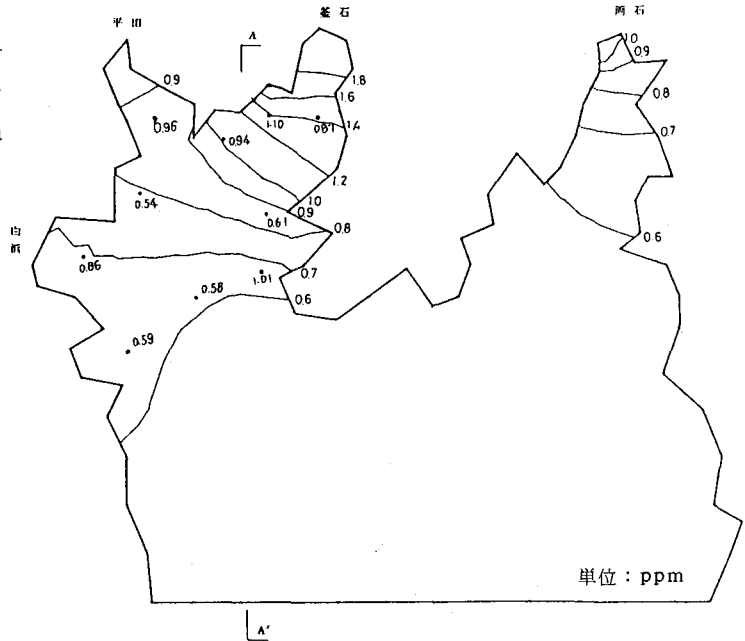


図 6-6 現況における COD 分布

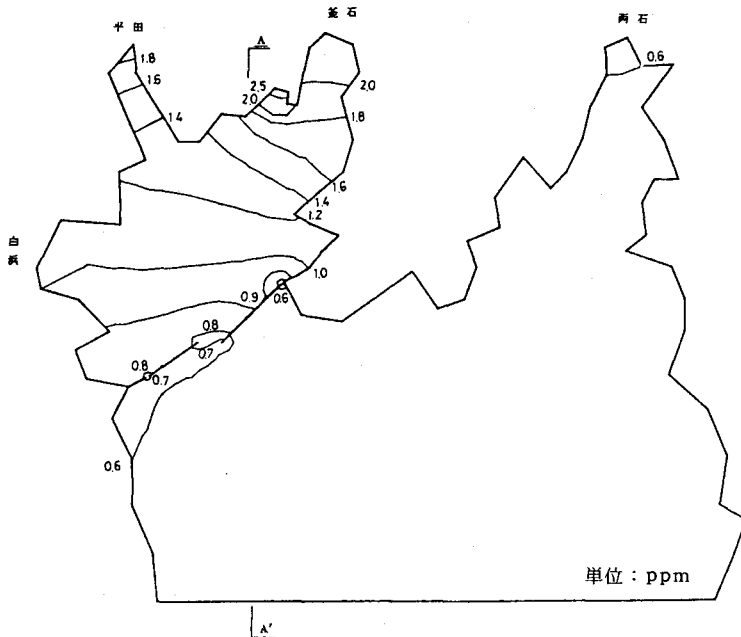


図 6-7 将来における COD 分布

表 6-1 計算条件

諸 元	採用した値
タイムステップ	120秒
拡散係数 (定常計算)	$3 \times 10^4 \text{ cm}^2/\text{sec}$ ただし、現況における釜石、将来における釜石及び平田は河川流速が大きいため拡散係数を $10 \times 10^4 \text{ cm}^2/\text{sec}$ とする。
強制水位	$\eta = M_2(0.30) \sin \omega t$ $\omega = 360^\circ/43.200 \text{ sec}$
外海境界のCOD濃度	現況、将来とも0.55ppmとする。

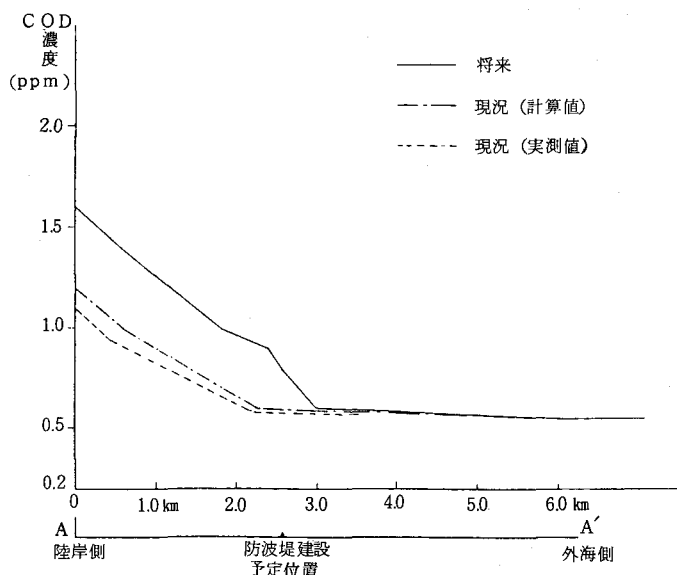


図 6-8 A～A' 断面における濃度勾配

7. 今後の課題

7-1 環境アセスメントの課題

前章までに港湾計画における環境アセスメントの概要及びそのうち潮流・水質アセスメントの実施例の概略を示した。

環境アセスメントは昭和30～40年代の高度経済成長と併行して発生した公害問題、環境問題の対応策として提唱されてきたものである。

しかしながら、実際の行政等に採用されるようになったのは、昭和40年代後半である。従って、環境アセスメントの範囲、内容、手法等について、今後更に検討を加えて行く必要がある。このような現状において、現在の環境アセスメントがもつ問題点及び今後の課題を列記してみた。

① 予測手法について

将来を予測する場合、定性的なものから定量的なものへと発展する場合が多い。

現在、定量的予測がほぼ可能といえるものは、潮流、水質、大気、騒音程度であり、今後、予測手法の確立が望まれるものとしては漂砂、生物、漁業、風景等があげられる。

また、定量的予測の可能なものであっても、多大のコスト、時間のかかるものがあり、簡便な予測手法の開発が望まれる。

② 評価基準について

予測結果に対する評価については、公害対策基本法に基づく環境基準のあるもの（水質、大気騒音等）については、これとの比較で評価している場合が多い。また、計画策定者が独自に基準を定めて評価する場合もある。

しかしこのような基準が定めにくいもの、例えば風景等については、代替案の比較検討の中で相対的に評価したり、予測結果が周辺の生活環境・自然環境からみて“著しい”ものかどうか経験的に評価したりしている。これについては、その予測手法とともに、評価基準の確立が望まれる。ただし、評価対象によっては、経験的判断を大切にする必要もあろう。

③ 観測データについて

環境構成因子に関する観測データは今後とも必要なものについては蓄積する必要がある。

しかしながら、個々の環境アセスメントに当っては、必要なデータの種類と量に関するルールを確立する必要がある。

④ その他

環境アセスメントそのものの意義なり、位置づけを冷静に見直す必要がある。なんらかの目的を達成せんとして事業を行う場合、環境になんらかの影響を与えることは必然である。その場合環境の影響を予想することは重要であるが、より重要なことは、目的と対比して環境変化を評価する姿勢である。近年ややもすれば事業の目的と遊離して環境影響そのものをとりあげる傾向がみられ、また極端な場合には目的との関連を考慮することなく変化そのものをすべて否定しようとする場合さえみられる。環境アセスメントの意義そのものについて冷静に考えることが重要である。

つぎに、環境アセスメントを行う場合、どの程度行うことが必要かつ十分であるかという判断である。現実にはこの判断は相当の経験が必要とし、ややもすれば安全側に片寄りがちとなる。日々の行政はタイミングの良い決断が肝要であり、不必要なまでに時間とコストをかけてアセスメントを行うことは必ずしも賢明なことではない。この為にも、過去の経験、他の事例を学びつつ適確な判断が行えるよう資質の向上が必要である。

7-2 潮流・水質アセスメントの課題

次に、潮流及び水質のアセスメントについての問題点及び今後の課題を述べる。

① 水質汚濁機構の解明

COD予測の場合、通常、海域での負荷の発生、消滅を無視している。今後はこのような2次汚濁に関する機構の解明及びその手法の確立が望まれる。

② データ観測

現在、潮流・水質のデータはかなり豊富になったが、今後は点から面的な観測及び連続的な観測が望まれる。このためには、観測方法の改善が必要と思われる。

③ 負荷量の算定

将来水質を予測する場合、負荷量の大きさ、増加量がどの程度かということが、重要な要素である。

このため、今後更に負荷量原単位、流達率等の負荷量算定方法の研究が望まれる。