

水俣湾水銀汚泥処理事業について

Mercury-Contaminated Sediment Disposal Work in Minamata Bay

広瀬 宗一

Munekazu HIROSE

1. はじめに

わが国は、戦後、特に昭和30年代以降めざましい経済発展を遂げ、その結果国民所得の増大と産業構造の高度化等が達成された。しかしながら、その反面短期間における極めて急速な経済発展と人口の著しい都市集中によって、大気汚染、水質汚濁、騒音などの公害発生と自然環境の破壊が急速に進み、国民の健康と生活環境が脅やかされるほど深刻な状態が発生することとなった。

港湾においても、ここで紹介する水俣湾の水銀汚泥をはじめ、田子の浦港の有機汚泥の堆積による汚染などの例がある。

運輸省港湾局では、このような事態に対処するために、浚渫・導水・覆土等をおこなう港湾公害防止対策事業、ヘドロの堆積した海域を良質な砂で覆砂して底質を浄化する海域環境創造事業、および海面のゴミ、油を回収する事業などを鋭意実施してきている。

このような各種事業と施策の展開によって、二種類の水質環境基準の内、水銀、PCBなどの人の健康に係る項目についての基準の達成率は明らかに向上してきている。しかし、CODなどの生活環境項目の基準の達成率は海域全体としてみれば向上しているものの、東京湾、伊勢湾、瀬戸内海などの閉鎖性海域においては依然として達成率は低い状況にある。このため、別途底質浄化による海域環境改善のための事業について検討を進めてきており、事業の具体化のために必要な技術課題の解決に向けて鋭意各種の調査が進められているところである。

このように、昭和40年代の公害問題の社会問題化以来、港湾を中心とした海域環境の浄化に向けて積極的な活動が展開されつつあり、徐々に成果が具体的な形となってあらわれつつある。ここでは、港湾で実施した公害防止対策事業の一例として、水俣湾で行なわれた事業の概要をその背景と共に紹介することとする。

この事業は、わが国における三大公害病のひとつである水俣病の原因を根絶し、かつ社会不安を一掃することを目的として行われた海域環境復元のためのこれまでに例をみない大事業であり、また一方では、非常に厳しい環境監視と共に、随所に創意工夫を凝らしながら新技術を駆使して実施されたものである。工事の実施にあたっては、たび重なる慎重な検討がなされており、昭和52年の着工直後工事の実施に伴う二次汚染を懸念した一部住民から工事の差止仮処分申請が熊本地裁に出されて約2年半の中断があったものの、平成元年度末には懸念された二次汚染の発生もなく無事業を完了することとなった。

近年地球環境問題が世界的な注目を浴びているが、本報告を通じて環境問題に対する認識がさらに深まる契機となれば幸いである。

2. 水俣と水俣病

水俣市は、図-1に示すように熊本県の南西端に位置し、前面に八代海と天草の島々をのぞみ、後方に九州山脈を擁する美しいリアス式海岸に囲まれ、また、天草、島原、雲仙を結ぶ観光ルート（ロザリオ・ライン）の基地ともなっている風光明媚な人口約3万6千人の小都市である。

この水俣に、背後の水力発電と天然の良港である水俣港の存在を有力な条件として、明治末に日本窒素肥料（株）（現チッソ（株））が立地し、操業を開始した。その後、昭和7年以来、チッソ（株）水俣工場の

アセトアルデヒド酢酸設備内で触媒として使用されていた水銀から生成されるメチル水銀化合物が工場排水と共に水俣湾に排出されることになり、公害病の原点ともいわれる「水俣病」が発生することとなった。

この人類史上例をみない公害病である水俣病は、メチル水銀化合物を大量に、かつ長期間にわたって摂取することによって起る中毒性の中枢神経系疾患であり、昭和28年頃から猫が狂ったように踊りながら死ぬという奇病として発生しはじめ、チッソ（株）がアセトアルデヒドの製造を中止した昭和43年6月の3ヵ月後には公害病と認定されるに至っている。水俣病の認定患者数はこれまでに2000名以上を数える。

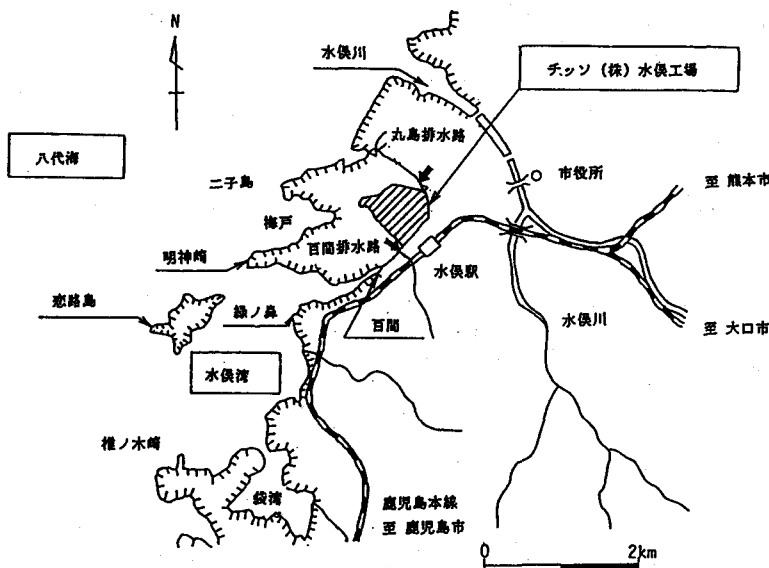
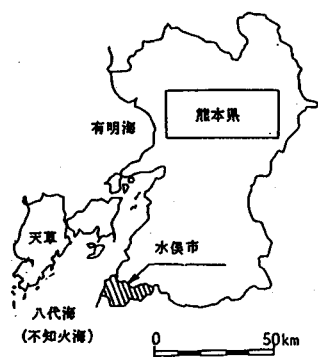


図-1 水俣市位置図



3. 公害防止対策事業

「公害の防止に関する事業に係る国の財政上の特別措置に関する法律」が昭和46年5月に公布され、以来国または地方公共団体が公害対策基本法第19条にもとづいて策定される公害防止計画にしたがって実施する

「汚泥その他公害の原因となる物質が堆積し、または水質が汚濁している河川、湖沼、港湾その他の公共の用に供される水域において実施される浚渫事業、導水事業等」が国庫補助対象事業としてとりあげられることとな

っている。

また、公害防止計画が定められていない地域については、「公害の防止に関する事業に係る国の財政上の特別措置に関する法律」第3条第3項により自治大臣が国務大臣および環境庁長官と協議して指定した場合には公害防止対策事業として国庫補助されることになっている。

公害の原因となる事業活動をおこなった事業者がある場合には、「公害防止事業費負担法」によって公害の原因となると認められる程度に応じて事業に要する費用の全部または一部をその事業者負担させること

表-1 わが国における代表的な港湾公害防止対策事業

港 湾	汚染原因物質	事業年度	事業費(百万円)
田子ノ浦港	バルブ工場から排出された有機汚泥	昭和47~55年度	6,827
洞 海 湾	水銀、カドミウム等の有害物質	昭和47~48年度	1,800
水 俣 港	化学工場から排出された有機水銀	昭和49年度~	48,483
姫 路 港	皮革工場等から排出された有機汚泥	昭和49年度~	3,745

ができることとなっている。

以上を示す港湾公害防止対策事業は昭和47年度から実施されており、水俣では東京、横浜、名古屋などと共に昭和51年度から事業実施がなされたものである。表-1に代表的な公害防止対策事業の事業規模

の比較を示す。表-1から明らかなように、水俣湾の公害防止対策事業はわが国ばかりでなく、世界的にも例を見ない大事業である。

4. 事業計画策定のための法的規制

4. 1 水銀を含む底質の暫定除去基準

水銀を含む底質に関連して種々の問題が発生することになって以降、一定の基準を越える水銀を含む有害な底質についてはこれを速やかに除去して環境浄化をはかる必要があることから、環境庁においては、中央公害対策審議会水質部会に底質専門委員会を設けて底質の除去基準について検討を重ねた結果、同審議会より答申を受け、これにもとづいて「水銀を含む底質の暫定除去基準」を定めて昭和50年10月28日に各都道府県知事および権限委任市長に通知した。

これによると、海域に堆積した底質については、

(1)底質を除去すべき区域は、「底質調査方法」(昭和50年10月28日付環水管第120号)の精密調査(200～300mメッシュ)の結果にもとづき、それぞれのメッシュの四つの交点の測定値の平均値を当該メッシュ内の平均濃度とし、この平均濃度が次の(2)によって算定された暫定除去基準Cを越える区域とする。ただし、200m未満のメッシュによる精密調査によって、同様な考えで平均濃度を求めることは差し支えない。

(2)暫定除去基準Cは、次式において、当該水域の平均潮差 $\Delta H(m)$ 、同水域の底質の溶出率 j 、および次の(3)に述べる安全率 S により算定したものとす。

$$C = 0.18 \cdot (\Delta H / j) / S \quad (ppm)$$

ただし、日本海側の港湾のように、潮汐の影響に比して副振動の影響を強く受ける海域では潮差 ΔH の代りに次式による $\Delta H'$ (m)を用いる。

$$\Delta H' = \text{副振動の平均振巾}(m) \times (12 \times 60(\text{分}) / \text{平均周期}(\text{分}))$$

(3)安全率 S については次によるものとす。

1)港湾内等で、漁業が行われていない海域については10とする。

2)漁業が行われている水域で、底質および底質に付着している生物を摂取する魚介類の漁獲量の総漁獲量に対する割合が、おおむね1/2以下の場合は50とする。

3)漁業が行われている水域で、底質および底質に付着している生物を摂取する魚介類の漁獲量の総漁獲量に対する割合が、おおむね1/2を越える場合は100とする。

なお、食習慣等の特殊事情に応じて安全率を更に見込むことは差し支えない。ここで、「底質および底質に付着している生物を摂取する魚介類」とは、エビ、カニ、シャコ、ナマコ、ボラ、巻貝等をいう。

4. 2 底質の処理・処分に関する暫定指針

水銀等の有害物質を含む底質については速やかに除去等の対策を講じて環境の浄化をはかる必要があるが、その除去等の工事の実施にあたっては、二次汚染が発生しないように慎重に配慮する必要がある。このため、政府の第3回水銀等汚染対策推進会議(昭和48年11月10日)の決定にもとづいて、関係省庁で構成する底質の処理・処分等検討小委員会を設置した。さらに、中央公害対策審議会にはかって、二次汚染が発生しないような工事方法、工事の監視および除去した底質の処分等について検討を行い、同審議会からの答申にもとづき、環境庁は「底質の処理・処分等に関する暫定指針」を定めて、昭和49年5月30日付で都道府県知事および権限委任市長に通知した。

暫定指針の概要は以下のとおりである。

(1)適用対象底質

①「底質の暫定除去基準について」(昭和50年10月28日付環水管第119号環境庁水質保全局長通達)にもとづく暫定除去基準値を越える水銀あるいはPCBを含む底質。

②「海洋汚染および海上災害の防止に関する法律施行令第5条第1項に規定する埋立場所等に排出しようとする有害な廃棄物に係る判定基準を定める総理府令」(昭和48年総理府令第6号)の第3条に規定する水底土砂に係る判定基準を越える有害物質を含む底質。

(2) 監視

事業主体は、工事の水質に及ぼす影響等を監視するため工事着手前に、あらかじめ工事水域、基本監視点、調査項目、調査回数、監視基準等を明らかにした監視計画を策定し、この計画にもとづいて事業主体の責任において監視を行うものとする。監視方法の概要は表-2および図-2に示すとおりである。

(3) 監視基準値

1) 基本監視点

① 該当有害物質：有害物質については、原則として人の健康に係る環境基準値を

監視基準値とするか、工事着手前において既に当該環境基準値を越えている水域においては現状水質を悪化させないこと。

② 生活環境項目：生活環境に係る環境基準が維持達成されている場合には、その環境基準値を監視基準値とし、その他の場合には、利用目的および現状水質等を勘案して暫定的に監視基準値を定めるものとする。

③ 透視度（または濁度）については、監視基準値は定めない。

2) 補助監視点

監視の基準値は、境界の監視の目的を達成できるように、工事の開始時に定め、以後必要に応じて基本監視点の調査結果等との相関などを考慮して補正するものとする。

3) 処分地周辺

① PCB以外の有害物質：海洋汚染防止法にもとづく「余水吐から流出する海水の水質についての基準を定める総理府令」（昭和47年総理府令第22号）に示される許容限度。

② PCB：0.01ppm

③ SS：該当有害物質の調査回数を減ずる場合に暫定的に定めるものとし、その値は該当有害物質の濃度との相関を考慮して、監視基準に十分適合しうる該当有害物質の値に相するSSの濃度として適宜定めるものとする（SSの代りに透視度または濁度を用いてもよい。）。)

(4) 工事の方法

除去底質の処理方法には、たとえば①当該底質の存する水域を締め切ったうえ、覆土によって封じ込めるか、覆土することのみによって封じ

表-2 監視方法の概要

監視場所および監視の対象		調査項目	調査回数
基本監視点、補助監視点等を含む適切な地点（事前の水質調査）		該当有害物質 生活環境項目（大腸菌群数を除く。以下同じ） 透視度（または濁度）	各々20回以上
①基本監視点		（同上）	原則として毎日1回以上。透視度（または濁度）以外は減ずることも可。（ただし週1回以上は行う）
②補助監視点		透視度（または濁度）	原則として毎日4回作業状況に応じて適宜増減可
③工事地点周辺		（観察による異常の有無）	常時
処 分 地	④余水吐	該当有害物質 その他の有害物質 SS（行わないこともある）	原則として毎日1回以上。減ずることも可（ただし週1回以上は行う）。 必要に応じて適宜。 毎日1回以上。
	⑤地下水	該当有害物質	事前――5回以上、工事中――毎月1回以上。 事後――必要に応じ適宜。
⑥一般水域の漁場 （魚介類の調査）		主要魚種につき 水銀・PCBのうち 底質の汚染物質	事前――1回以上、工事中――年1回以上。 事後――工事完了後1年以内2回。
工事完了後の調査		水質――該当有害物質、生活環境項目、その他 底質――該当有害物質、その他	

注) 該当有害物質――有害物質のうち、その水域において底質の汚染物質として問題とされている物質。

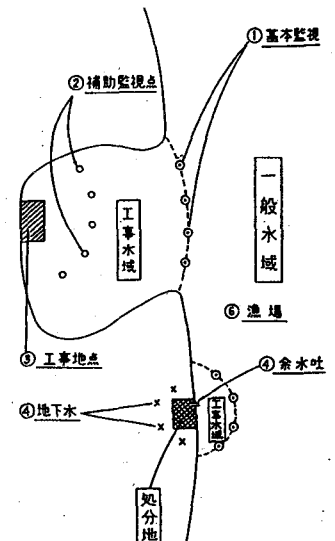


図-2 監視方法の概要

込める方法、②浚渫または掘削したうえ、処分地等に輸送して保管または処分する方法等があり、そのほかにもいくつかの研究過程のものがあるが、その選定にあたっては次の諸点に留意するものとする。なお、新規の技術の採用にあたっては、実地に試験施工を行う等、慎重に配慮するものとする。

①(2)の監視に示す諸監視基準が維持できるように配慮すること。

②工事の能率性、経済性については上記①と併せて配慮すること。

③除去底質の粒度、強熱減量等を測定し、当該除去底質の性状を把握すると共に、当該水域の地形、海象、流況および漁期、漁況等につき配慮すること。

④一般水域の魚介類の安全性を確保するため、境界を網で仕切るなど適切な措置を講ずるよう努めること。

(5)保管および処分

1)保管

除去底質の保管は以下によるものとする。

①保管施設または保管容器により行い、除去底質の飛散、流出、地下への浸透および悪臭の発散のおそれがないようにすること。

②保管施設にはねずみが生息し、蚊、はえ、その他の害虫が発生しないようにすること。

2)処分

除去底質の処分は以下によるものとする。

①海域に船舶から埋立てる場合

除去底質を海域に船舶から埋立てる場合は、海洋汚染防止法施行令(昭和46年政令第201号)に定める有害水底土砂に準じて取り扱うものとし、埋立場所から除去底質および海水が海域に流出し、または浸出しないように護岸その他の施設を設けることにより、当該埋立場所とそれ以外の海域とを遮断することとし、余水吐を設ける場合にあっては、余水の水質が監視基準に適合するように処理することとする。

②埋立てる場合で①以外の場合

イ、除去底質(PCBを含む除去底質を除く)を陸上等に埋立てる場合は、「有害な廃棄物に係る判定基準を定める総理府令」(昭和48年総理府令第5号)の第1条に定める判定基準にかけ、基準に適合するものは、埋立地からの浸透液によって公共用水域および地下水を汚染することのないように必要な措置をとり、また基準に適合しないものについては、埋立場所を公共用水域および地下水と遮断して処理するものとする。

ロ、PCBを含む除去底質を埋立てる場合には、原則としてコンクリート、ビニールシート、および粘土のような不透水性材料を用いて耐久性のある構造の埋立地で処理することとする。

③封じ込める場合

封じ込めによる処分を行う場合は、除去底質と水との直接的な接触を防止するため、コンクリート等の不透水性材料を用いて完全に被覆するか、または矢板等で処分地を公共用水と遮断するなどの方法によるものとする。

3)余水の処理方法

余水の処理方法は、処理地の一部を区切って沈澱処理を行うことが普通であるが、その際に、沈澱効率を高めるために、必要に応じて凝集剤の添加を行うとか、砂層によるろ過等を行うことは差し支えない。ただし、凝集剤を使用することにより、新たに環境に対する影響が生じないように、凝集剤の種類の選定、特性、使用量、使用方法(添加方法)等について十分配慮するものとする。

4)処分地の被覆

処分地の最上層の被覆は、浚渫または掘削した底質(除去底質)が降雨、波浪等によって流出または浸出しないように、また雨水等の浸透水が容易に侵入しないように、土、コンクリート、アスファルトなどによる被覆を行うものとする。

5. 港湾における汚泥処理技術の現状と開発状況

海底に堆積した汚泥を処理する方法としては、これを除去するか、あるいは除去せずに直接上から良質の砂などで覆う方法が考えられる。前者は浚渫工法と呼ばれ、後者は覆砂工法と呼ばれる。

港湾においては、防波堤、岸壁などの港湾構造物の建設のための特有の海底粘土の砂置換、泊地および航路水深確保などの必要性から浚渫工事は古くから行われており、港湾工事の主要な工種のひとつとなっている。

浚渫工法としては、ポンプ浚渫、グラブ浚渫が一般的であり、長い歴史の中で、それぞれ浚渫目的および浚渫箇所特性（土質、環境条件）などに応じて種々の工夫がなされながら発展してきた。

その後、主として昭和40年代の環境問題の発生以来、有害汚泥の除去という特殊な条件からさらに新たな

技術が開発されてきている。

一方、覆砂工法についても、港湾工事ではサンドドレーン工法などの海底粘土の地盤改良工法において排水層となる敷砂の施工をはじめとして類似の工種に実績があったが、これらの技術をベースとして底質浄化のため

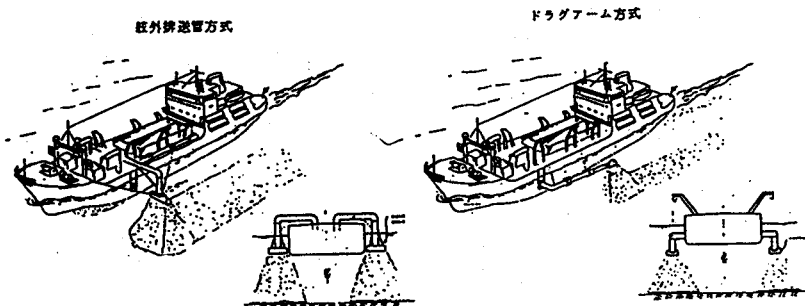


図-3 ドラグサクシオン船を用いた覆砂工法の概念図

の覆土といった新たな要望に対処すべく、生態系に関する調査・研究を実施し、その効果、および施工法等に関して成果が集積されつつある。

以下、参考のため、これらの工法の技術の現状と開発状況を簡単に紹介する。

(1) 覆砂工法

この方法は有機物を含む汚泥上を良質な砂で覆砂し、有機物の溶出を抑制するものである。

覆砂技術のうち、別途採取した覆砂材となる良質な砂をバージアンローダ船等を用いて撒き出す工法はこれまでの実績からみて技術的な問題は少ない。しかし、良質な砂が近くから浚渫によって入手でき、浚渫船でそのまま撒き出すことができればさらに経済的、かつ効率的な覆砂工法となりうる。このような観点から、ドラグサクシオン浚渫船で浚渫から覆砂までの一連の工事を施工する工法が検討されている。図-3にドラグサクシオン浚渫船を用いた覆砂工法の概念図を示す。

(2) 浚渫工法

有機汚泥の浚渫は一般の泊地・航路浚渫と異なり、薄層浚渫、浚渫工事に伴う濁りの抑制などの高度な施工技術が必要とされる。また、最近では処分量の軽減のために高濃度浚渫の技術に対しても強い要請がある。

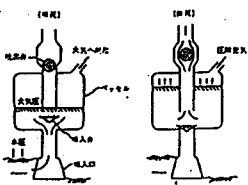
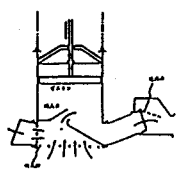
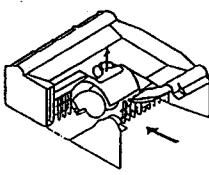
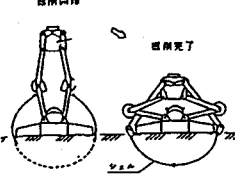
現在までに国内で既に実用化されている浚渫方式を表-3に、また最近開発された、あるいは開発中の技術を表-4に示す。

このように、浚渫工法については社会情勢の変化に対応して今もなお種々の開発・研究が進められている。

一方、浚渫工事は一般に埋立などの処分と一体的になされるのが常であるが、この際の浚渫場所から埋立場所への汚泥の運搬技術についても、従来より行われているパイプライン方式、あるいは土運船による運搬のほかに、高濃度で浚渫汚泥をそのまま混気圧送方式により圧送する技術についても開発中であり、第四港

表-3 実用化されている浚渫方式

湾建設局管内を中心に実用化がはかられようとしている。

方式	内容	概念図
エアープンプ方式	吸入口を汚泥の中に埋没させてベッセル内を大気と開放すると、ベッセルの内圧力の差によって汚泥は吸入弁をとってベッセル内へ入る。次に空気供給管から圧縮空気を送り込むと、吸入弁は閉じ吐出弁が開いて、汚泥は吐出管へ送り出される。	
ピストンポンプ方式	本体を汚泥中に沈め油圧で動作するピストンポンプによって吸入弁及び吐出弁を動かして汚泥を吸込み、排出するものである。	
汚泥専用（改良）ポンプ浚渫船方式	ポンプ浚渫船を改良したものであり、一例を右図に示す。汚泥は案内板をガイドにして吸込装置内に導かれる。内部は遮断板によって外部の水と隔離されており、汚泥はスクリー状の掘合かく拌装置によって粘性が低下し、ポンプで吸込まれて船外へ排送される。	
密閉グラブ方式	腐りの発生を防止するためグラブバケットのシェルの内面を円弧状にすることにより、汚泥を崩さずに掘削することができる。	

6. 水俣湾公害防止対策事業の事業概要
水俣病から地域住民の健康を保護し、社会不安を解消するためには、水俣湾および排水路などに堆積する水銀を含む汚泥を早急に処理する必要があることから、熊本県公害対策審議会において種々審議の結果、昭和48年8月に環境庁において定められた「水銀を含む底質の暫定除去基準」にもとづいて算定された総水銀濃度25ppm以上の汚泥を浚渫により除去し、湾奥に埋立地を造ってその中に封じ込めることとした。昭和49年3月には、水俣湾公害防止対策事業の実施に関して、環境庁長官、運輸大臣、熊本県知事の三者間で基本的合意がなされ、水俣港の港湾管理者である熊本県を事業主体とし、運輸省が主たる工事の施工を担当することとなった。

図-4には事業実施前の水俣湾周辺の水銀調査結果を示す。これによると、チッソ（株）水俣工場からの排水口に近い湾奥部で水銀濃度が高く、湾口部に向うにしたがって低くなっており、湾奥部で

は600ppmを越える部分もあるほか、湾口部でも15ppmと拡散している状況が窺える。この結果、水俣湾では、チッソ（株）水俣工場から排出された70～150tとも、あるいはそれ以上ともいわれる水銀（大部分は無機水銀化合物）が底質中に含まれ、総水銀濃度25ppm以上の汚泥は、計画時における想定では水俣湾内の面積約209万㎡にわたり、量にして約151万㎡にものぼることとなった。この大量かつ広範囲にわたる水銀汚泥を安全かつ速やかに浚渫により除去し、湾奥の水銀濃度の高い部分を締切ってできる埋立地（約58ha）に封じ込める工事が主要な工事となったが、工事の実施にあたっては、二次公害の発生を防止し、かつ社会不安を増大させないように計画当初から細心の注意を払っている。

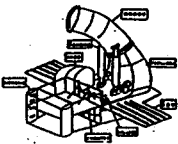
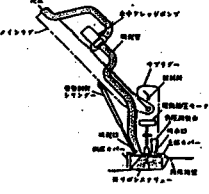
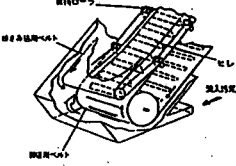
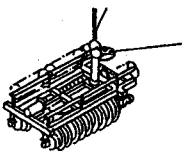
また、湾奥部を締切って埋立地とするために使用不能となる水俣港の既存の公共施設（岸壁、物揚場、フェリー施設、船溜り）については、その代替施設を先行して施工する第1工区（昭和61年1月にみどり埠頭として供用開始）に整備することとし、将来予想される貨物量の増大を考慮して水俣の地域振興のために新たな係留施設を第2工区（明神地区）に整備することとした。図-5には、第1工区および第2工区の計画平面図を浚渫区域等の事業計画とともに示す。

本事業の実施上の特徴および留意した事項をとりまとめると以下のようなになる。

(1) 仕切網および音響魚道制御装置の設置

一般海域の魚介類の安全を確保するために、工事の実施期間中工事水域と一般水域の境界に仕切網として二重に魚網を設置し、また航路部分となり仕切網を設置できない部分には魚の嫌う音波を発信する音響

表-4 開発中の浚渫技術

方式	内 容	概 念 図
ドラグサク ション浚渫 船による薄 層浚渫技術	船舶が輕便する東京湾において大量の汚泥を迅速かつ確実に処理するためドラグサクション浚渫船による薄層浚渫技術が開発された。ドラグヘッドは全面開口型のもので、10~50cmの土厚で薄層浚渫するために種々の改良が加えられている。	
ディスクホ イール浚渫 装置	従来の工法は汚泥の防止を第一義としたため、浚渫効率が低く、余泥土量や余水処理量が増大するという問題があったが、このような欠点を改善したものである。底面が平らなディスク状のブレードを海底面と垂直になるように姿勢制御されるサブラダーに取り付け、高い仕上精度の浚渫が行える。	
ベルトコン ベヤ式薄層 浚渫装置	ポンプ式浚渫装置は汚泥と同時にある程度の水を吸引し、含泥率には限度がある。このため、ベルトコンベヤを用いて汚泥のみを掘削することにより、高濃度で薄層浚渫を行うことの可能な浚渫装置が開発中である。含泥率は運転条件によっては80%程度となる。	
その他	このほか、海底面に垂直なスクリーとそのケーシングに併設された回転筒を回転することにより、浚渫土を脱水しながら掘削する方式も開発されている。また、浚渫船ではないが、右図に示すような汚泥の上を自由に移動しながら汚泥を吸引する浚渫装置も開発されている。	

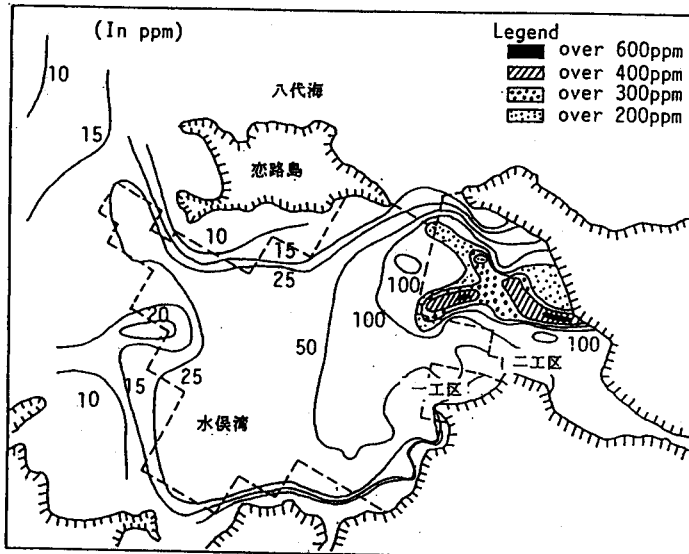


図-4 事業実施前の水銀濃度分布図

魚道制御装置を設置して魚介類の出入りを防止する措置を講ずることとした（図-5参照）。

(2) 仮締切堤の設置

湾内流を停滞させ、浚渫に伴い発生するかも知れない浮泥の沈降を促進させるとともに、湾外への拡散防止のために流出入水の遮断機能を果たす仮締切堤を図-5中に示すように台形状に延長約433mにわたって設置することとした。中央部の延長約332mの部分はケーソンと捨石の混成堤タイプ、両端は捨石上にブロック積とした。

これらの施工にあたっては、捨石の投入による濁りの発生を防止するために事前に海底に敷布を施工するとともに、捨石材料については極力土の付着していないものを使用するなど、濁り対策に万全を期すこととした。

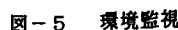
(3) 環境監視

浚渫等の工事の実施に伴う底質の攪乱、拡散、および埋立処分地からの有害物質の流失等による二次公害の防止対策として、水質はもとより魚介類の汚染の綿密な監視を行うこととした。

水質については、図-5に示すように一般水域と工事水域の境界部に基本監視点を、また基本監視点と工事地点の間に補助監視点を設けて毎日の監視結果により水質の変化を常時把握し、これらの結果をただちに工事に反映させる体制としたほか、湾外にも参考調査点を設けて監視の参考とするなど二次公害の発生の防止に努めている。それぞれの監視点での監視内容を表-5に示す。

また、工事による魚介類の汚染への影響を調査するために一般水域と工事水域の主要魚種を定期的に採捕して分析をおこなうほか、湾内に飼育施設を設けて魚を飼育したり、プランクトンを採捕して分析をおこない、水銀濃度の

採用した基本的な施工法の概要は以下に示すとおりである。



監視地点	監視地点数	調査項目及び調査回数	監視基準値	判定方法
基本監視点 (4)	4 地点	該当有害物質 } (浚渫工事時) 1日3回 総水銀 } (9時, 13時, 17時) 濁度 } (護岸, その他工事時) 1日 } 2回 (13時, 17時) 生活環境項目 水素イオン濃度 } 化学的酸素要求量 } 1日1回 (13時) 溶存酸素 } ノルマルヘキサン抽出物質 週1回 参考物質 ひ素 } 週1回 鉛 }	総水銀 0.0005 ppm以下 水素イオン濃度 7.8~8.5 化学的酸素要求量 3 ppm以下 溶存酸素 5 ppm以上 ノルマルヘキサン抽出物質 検出されないこと (0.5 ppm以下) (ひ素及び鉛については、監視の参考とする。)	各監視点ごとに当日からさかのぼって1週間分の測定値の平均値が監視基準値を超えないこと。 ただし、毎日測定しない項目は、その回の測定値が監視基準を超えないこと。
補助監視点 (8)	8 地点 護岸, その他工事時 未定 (浚渫工事時)	濁度 1日5回 (工事中おおむね2時間ごと及び工事終了時)	濁度 7 ppm以下	各監視点ごとに最高値が監視基準を超えないこと。
工事地点周辺部		監視船を配置し、異常な濁り等について監視する。		

採用した基本的な施工法の概要は以下に示すとおりである。

上これらを地盤改良することとし、基本的には係船岸部ではサンドコンパクションパイル工法を、護岸部ではサンドドレーン工法を採用することとした。図-6に第1工区(みどり埠頭)の岸壁(-6.5m)の標準断面図を参考のために示す。なお、

表-6 魚介類監視内容

監視内容	調 査 項 目 等		摘 要
魚 介 類 遊出入防止	仕 切 網	工事水域と一般水域の境界に網を2重に3.700m設置する。 航路部については、航路沿い両側に、片側250mについて、一重の網を設置し、航路横断部220mには高さ3mの底層網のほか、音響による魚群しゃ断装置を設置する。	
	捕 獲 網	工事水域内の魚介類を除去するため5ヶ所に捕獲網を設置し、おおむね1日おきに捕獲魚の取り上げ廃棄を行うほか、必要に応じて採捕除去に努める。	
魚介類調査	一般水域	主要魚種(マアジ、イシモチ、クチウオ、トカゲエソ、イヌノシタ、メジナ、マダイ、ボラ、カナガシラ、マダコ)。 総水銀 年4回(春、夏、秋、冬)。(総水銀値の平均値が0.4ppmを超える場合はメチル水銀の調査を行う)	監視基準値: 総水銀 0.4ppm 以下 メチル水銀 0.3ppm 以下 判定方法: 魚種ごとに平均値が監視基準値を超えないこと。
	工事水域	主要魚種(メバル、カサゴ、スズキ、クロダイ、ササハベラ、イシモチ)。総水銀 月1回	事前調査の結果と対比しながら監視する。
プランクトン調査	一般水域 工事水域	動物プランクトン 総水銀 年6回	事前調査の結果と対比しながら監視する。
魚 類 の 飼 育 調 査	工事水域	まだい、めじな 総水銀 月3回 魚類飼育施設を設置し、非汚染魚を飼育して10日おきに10尾取り揚げ調査する。	事前調査の結果と対比しながら監視する。

サンドコンパクションパイルの打設に伴う盛り上り土については、濁り発生の抑制および急速施工等の観点から撤去せず、サンドドレーン工法で改良してそのまま基礎の一部として活用している。地盤改良工の施工にあたっては、工事に伴う海底汚泥の舞上りを極力防止するために事前に敷砂を施工することとし、敷砂の施工には水深に応じて上下調整できるトレミー管を備えた専用船を用いることとした。実際の施工にあたっては濁りの発生を防止するために、トレミー管の周囲には汚濁防止膜の取付け、海水シャワーによる防泡対策など様々な対応をはかっている。

鋼矢板セルは直径約30m、長さ約30mで、直線矢板232枚を湾内(海上)の基地で組立て、1300t吊りの起重機船により48台のバイプロハンマーで一斉に打ち込むプレハブ鋼矢板セル工法を採用することとした。また、鋼矢板セルのサンドコンパクション改良地盤への打設実績がなかったため他の港で試験工事を実施し、事前に施工の確実性を確認している。

b) 護岸の最終締切の段階では護岸の内外で水位差が大きくなるため、この結果締切護岸の開口部付近では流れが速くなり、海底土の攪乱による汚濁の拡散が懸念される。水俣湾では潮位差が約3.75mもあるためより慎重な対応が望まれた。最終締切の位置および延長については、作業船の必要水深、作業スペース、および通水断面の確保などを考慮して西側護岸の延長約225mの区間とした。

最終締切に関する主要な検討項目は、最終締切の対象となるアーク部付近の底面保護、護岸内外の水位差によるボイリングに対する保護、および締切の本体工である。

底面の保護については流れに対する安定、その後のアーク打設およびセル前面のポンプ浚渫の施工性などを考慮して、粒径30~50cmの碎石を層厚50cmで幅6m、長さ60m(護岸法線から内外にそれぞれ30m)の範囲に施工することとした。

締切工はアークの打設に先行して当該部の仮締切工として施工されるものであり、大口径鋼管杭1本で締切る案、二重矢板構造とする案、および鋼板角落し案の三案を種々比較・検討した結果、施工の確実さ、容易さ、水密性に対する信頼性の観点から鋼板角落し案を採用することとした。なお、ひとたび仮締切工が施工されると内外で生じる水位差のためにボイリング現象が発生する可能性がある。これを防止するために、根入れ深度5.5mの鋼矢板を仮締切工の前面に施工することとした。

以上に述べた最終締切工の断面図を図-7に示す。

c) 汚泥浚渫工事には汚泥を攪拌せず吸引力だけで汚泥を吸いあげる汚泥専用浚渫船(通称カッターレス

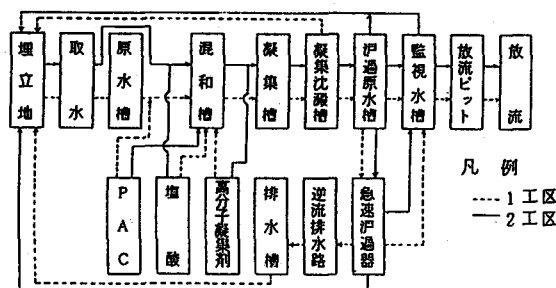


図-8 余水処理のフロー(2工区)

余水処理の具体的な手順は以下に示すとおりである。

①埋立地内で沈降後の上澄水はまず水質試験され、凝集剤の添加の必要性の有無および必要な場合の添加量が決定される。

②上澄水は混和槽で凝集剤と混合されたあと凝集槽に送られ、形成されたフロックを凝集沈殿槽で沈殿させる。余水は監視水槽に送られ、水質検査を受ける。

③水質検査の結果放流監視基準を上回る場合に

は急速浮上槽に送られ、確実に浄化することとした。

埋立護岸は止水性が高く、かつ湛水状態を保つ必要から、浚渫船の揚水量、余水処理能力、および埋立地内の水位などは浚渫工事の重要な施工管理項目ともなった。この余水処理施設は水俣湾の水銀汚泥の特性を勘案して独自に設計・製作したものである。

e) 埋立地内に投入された汚泥中の水銀は有害なメチル水銀に変化する可能性があるため、速やかに良質な山土等で覆土して封じ込める必要がある。しかし、埋立地に投入された汚泥は細粒分が多く、含水比が高い上、ポンプ浚渫による膨潤の影響もあってバーン試験も不可能なほど軟弱であるためこの上から直接覆土工事を行うことは困難である。このため、まず埋立地全域に防砂シートを敷設し、この上にシラス(地元で産出する火山灰質の単位体積重量の小さい土砂)を厚さ約80cmで水敷工法でまき出すこととした。そして、この後水を抜いて良質な山土をまき出し、汚泥を完全に封じ込めることとした。なお、上述の防砂シートの

表-7 工事の全体工程

施設名	数量	52	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	摘要
1 工 区													
岸壁 (-6.5 m)	210 m												
" (-4.5 m)	120 m												
物揚場 (-3.0 m)	140 m												
" (-4.0 m)	60 m												
" (-4.0 m)	1 式												
" (-2.0 m)	64 m												
防波堤 (A)	35 m												
" (B)	90 m												
船揚場	20 m												
泊地 (-2.0 m)	3,500 m ²												
中仕切堤	42 m												
余水処理施設	1 式												
表面処理	21,000 m ²												
2 工 区													
護岸 (A)	523 m												
岸壁 (-10.0 m)	185 m												
" (-7.5 m)	130 m												
物揚場 (-3.0 m)	100 m												
" (-2.0 m)	100 m												
係船護岸(A)	138 m												
" (B)	26 m												
船揚場	20 m												
泊地 (-2.0 m)	2,000 m ²												
" (-1.0 m)	1,160 m ²												
中仕切堤	632.7 m												
余水処理施設	1 式												
表面処理	450,000 m ²												
仮締切堤	433 m												
汚泥浚渫	180,000 m ³												

敷設およびシラスのまき出しは湛水状態での施工となった。

第1工区では敷設材としてはロープネットとシートの組合せを採用したが、第2工区では埋立地面積、汚泥層厚、水深などからロープネットの使用は不可能となり、シラスの散布工法（マイクロポンプ水艀、サンドポンプ水艀、ジェットコンベア散布、空艀散布）も含めて、シートおよびネットの材質、および施工法について試験工事を実施することとした。この結果、第1工区より引張強度の大きいシートを採用することとし、工場加工のできる最大のシートである29m×50mを単位とし、シートの接続のため1mのラップ部を設けることとした。なお、汚泥の圧密に伴う発生水および降雨等の排水のために、合成樹脂製のフレキシブル透水管をドレーンパイプとして50mメッシュに設置している。

シラスの散布工法としては、施工面積が広く、搬送距離が長い上に工期も限られていることから、マイクロポンプによる水艀工法を採用することとした。なお、この工法の採用に伴い必要な水位を確保するため、埋立地内に中仕切堤を設置するとともに土のうにより護岸のかさ上げを行った。

以上、第1工区での経験をもとに種々検討の結果採用した施工計画および施工法の概要を示した。

実施時期：昭和60年

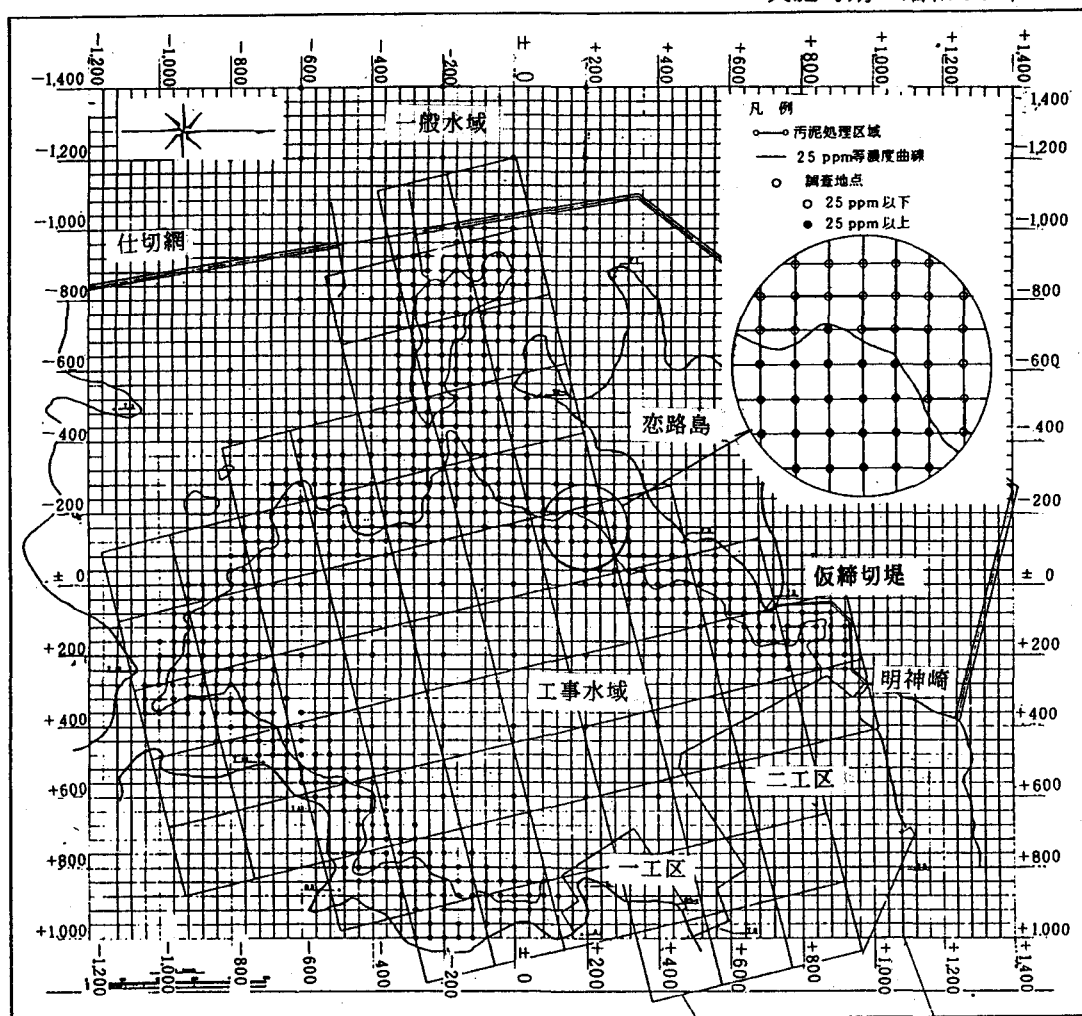


図-9 水銀調査位置図

表-7には本工事に先立って行った仮締切提および仕切網の設置を除く第1工区および第2工区の施工の全体工程を示す。表中、最上段の年度を示す欄で52から55に数字がとんでいるのは、先にも触れたように工事の着工直後一部住民による工事の差止仮処分申請が熊本地裁に出されたことによる工事の中断があったからである。

以下、水俣湾公害防止対策事業の中心的な工事となった汚泥浚渫工事についてその概要を示す。

7. 汚泥浚渫工事の概要

(1) 汚泥の浚渫計画

a) 汚泥処理区域の設定

熊本県は、昭和48年3月に環境庁が示した「水銀を含む底質の暫定除去基準」および「底質調査方法」にもとづいて、昭和48年度にエクマンバジ方式による採泥で水銀濃度の平面分布を、昭和49年度にアクリルパイプによる採泥で深さ方向の調査を行った。その後、工事の着工に先立ち、再度新たに設定した水俣湾座標系のメッシュを用いてアクリルパイプによる採泥調査を行った。

調査メッシュは基本的には200m間隔で設定することとし、汚泥処理区域の境界部付近、水銀濃度および海底地形の急変部など詳細な検討を要する部分については40m間隔で設定することとした。

以上の結果設定された水銀調査位置図を図-9に、汚泥処理区域を図-5に示す。なお、図-9中に示す水銀濃度25ppmのコンター付近においては、40mメッシュの各格子点4点の内1点でも25ppmを越えた場合にはそのメッシュを処理区域とするとの基本方針のもとに図-5の区域設定がなされている。

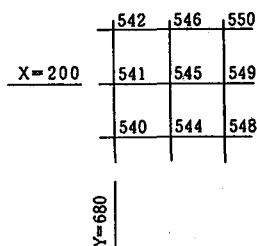


図-10 格子点図

b) 浚渫形状の設定

浚渫形状の設定にあたっては対象とする汚泥を完全にかつ迅速に処理し、効率的な施工のために浚渫土量を最小限とすることを前提として以下に示す手順に従って検討することとした。

① 浚渫等深線図の設定

底質の水銀調査は各格子点で深度方向に10cm間隔で10cm厚の各土層を対象として行われ、たとえば図-10に示す各格子点に対して表-8に示すような水銀調査結果

表-8 水銀調査結果の例

地点番号	座標 X	座標 Y	水 銀 分 析 結 果 (ppm)										除去土厚 (cm)
			0~10cm	20~30	40~50	60~70	80~90	100~110	120~130	140~150	160~170	180~190	
540	240	680	83.8	85.8	289	424	349	306	174	52.8	2.36	0.145	170
541	200	680	60.9	143	193	43.9	2.35	0.649					80
542	160	680	19.3	9.74									0
543	120	680	8.26										0
544	240	720	34.6	86.1	103.3	31.6	4.4	1.97					80
545	200	720	66.6	124	236	12.1	0.454	0.067					70
546	160	720	22.8	22.5									0
547	120	720	9.86										0
548	240	760	63.1	72.2	80.3	27.8	22.9	15.5	1.2	0.062	0.059		130
549	200	760	52.7	52.9	36.4	0.7	0.06						60
550	160	760	14.5	6.1									0

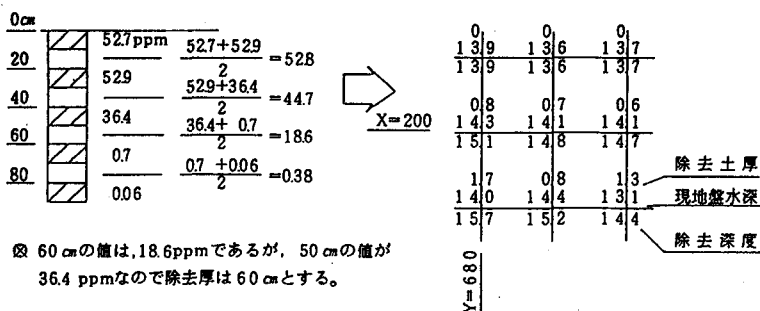


図-11 除去土厚の決定例(N o. 549)

が得られる。除去土厚の設定にあたっては図-11のNo. 549地点の例に示すように、各土層の水銀濃度が25ppm以下であり、かつ10cm間隔で隣り合う二つの土層の平均水銀濃度が25ppm以下となることを条件とした。

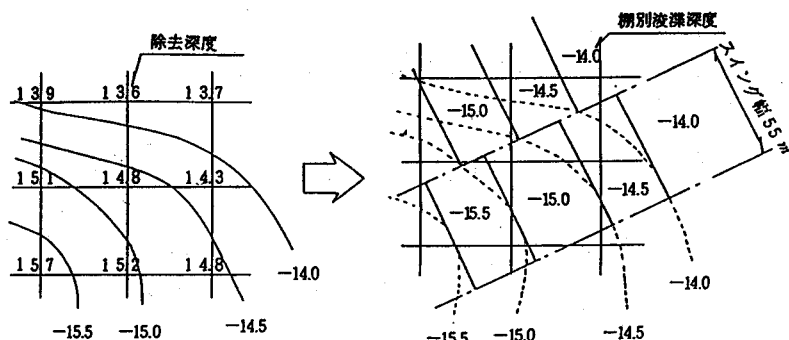


図-12 除去深度の等深線図及び浚渫柵設定図

表-8には、このようにして得られる除去土厚も併せて示しているが、いずれも水銀濃度25ppm以上の汚泥は確実に除去されていることがわかる。このようにして得られた除去土厚をもとに、浚渫の除去深度の等深線図を図-12のように作成した。この等深線図は以下に述べる浚渫柵設定のための基本データとなる。

②浚渫計画柵の設定

カッターレスポンブ浚渫船と称される船は昭和58年11月現在で国内に計12隻程度存在したが、そのほとんどが浚渫可能深さ、排送距離、

表-9 適性浚渫船の諸元

項目	船名	A 船	B 船	C 船	D 船	備 考
船 体 寸 法 (m)	(L)(B)(D) (吃水)	58.2×14.0×3.7 (2.2)	76.2×15.0×3.5 (2.2)	45.0×13.5×3.3 (2.2)	47.4×14.5×3.5 (2.2)	
最大排送距離 (m)		3,000	3,000	2,000	3,000	
機車排送距離 (m)		2,000	2,000	1,500	2,000	
最大水深 (水面下) (m)		24.0	29.5	20.0	25.0	
揚 水 量 (m ³ /s)		2,000	2,500	1,600	2,500	
前 進 距 離 (m)		28	28	1.5	24	有効前進距離
スイング 上 廻り (m/分)		6.0	6.0	6.0	6.0	
スイング 下 廻り (m/分)		5.0	5.0	5.0	5.0	
スイング 幅 (m)		55.0	55.0	55.0	55.0	有効スイング幅
出力 (PS)	船内ポンプ	4,000	2,400	1,950	2,800	
	ラダー	950	400	150	400	
負 荷 土 厚 (m)		0.45	0.50	0.80	0.40	
排砂管の管径 (cm)		φ492	φ560	φ440	φ560	
前 進 方 式		スラッド方式	スラッドキャリア方式	クリスマスアーカー方式	スラッド方式	

および浚渫能力などの面で本事業の必要条件を満足していない。このため、在来船の能力向上のための改造を検討した結果、4隻が本事業に対する適種となり、これらの仕様をもとに浚渫柵の検討を行うこととした。これら浚渫船の諸元を表-9に示す。

浚渫土量を必要最小限に抑えるためには、いわゆるリングの皮をむくような「等厚掘り」が望ましいが、海底の不陸、および施工管理の複雑さを勘案すると浚渫船の機構上きわめて困難であり、また対応できたとしても効率が悪くなる。このため、図-12中の右図および図-13に示すように一定区画を同一深度で浚渫する「等深掘り」で施工することとし、浚渫の単位となる柵を施工区域全体にわたって設定することとした。

柵の平面形状の要素である柵幅については、各浚渫船の有効スイング幅をもとに55m（スイング幅は60m）とし、施工を確実にするために両端の寄切部でそれぞれ2.5mラップさせることとした。

掘進方向の柵の切換高については、表-9に示す各浚渫船の負荷土厚（1スイングあたりの浚渫厚）を基本に検討したが、50cmとすると水銀汚泥以外のシルト質土まで過分に浚渫することと

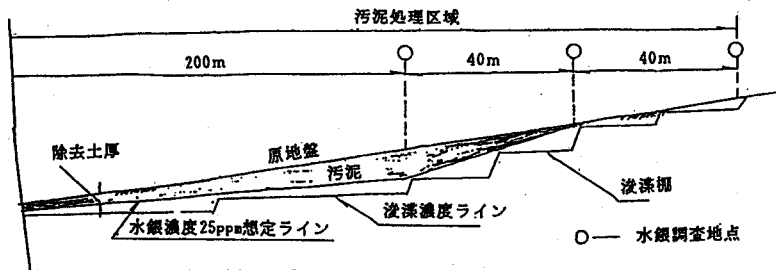


図-13 浚渫柵概要図

なるため、薄くすると施工管理は複雑になるが基本的には30cmと設定とした。ただし、図-14に示すように浚渫等深度線の密な部分については、30cmとすると柵が小さくなりすぎて出来形管理が難しくなるため、切換高を50cmとし、かつ掘進方向の長さについても施工性および出来形管理を考慮して最小長を20mと設定した。

なお、以上のように設定した柵については、再度各水銀調査地点毎に設定した除去土厚との照合を行い、設定した柵の範囲に存在する調査点のいずれの除去土厚をも満足しているかどうかをチェックすることにより、有害汚泥除去の安全の確認および修正を行っている。

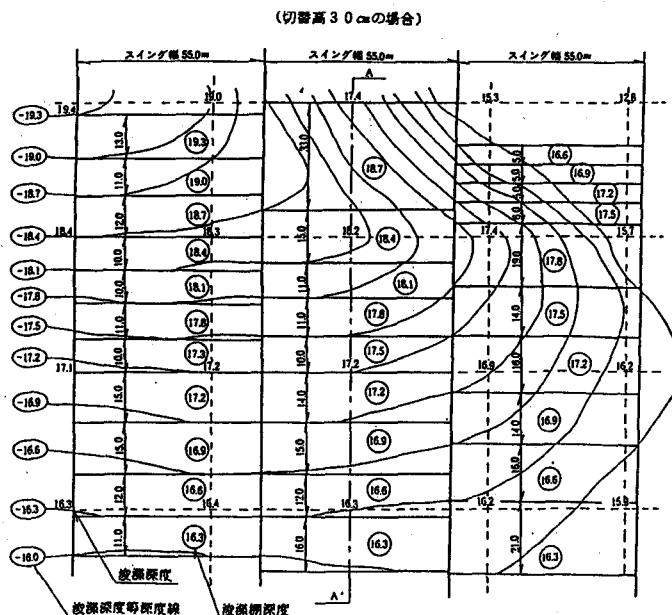


図-14 切換高図

c) 試験浚渫による施工能力および施工精度の確認試験浚渫においては、本工事における工事の安全を期すため、浚渫船の能力をはじめとして、施工上検討すべき項目についてはほぼすべてにわたって調査することとした。この結果各浚渫船の施工能力についてはほぼ確認されたが、それらの内、施工および施工計画に重要な調査結果を以下に示す。

浚渫深度の許容範囲の設定にあたっては、本事業の浚渫が水俣湾に堆積する水銀汚泥を目標とする基準にしたがって安全・確実に除去することを目的としており、環境上特に大きな制約のない通常の航路、泊地、および床堀等を比較してより慎重な対応を余儀なくされた。

水俣湾における試験浚渫を含む全国的な施工実績の調査の結果を表-10に示すが、

これによると施工精度 ± 30 cmを満足しているのは大阪湾における試験調査の結果のみであった。しかし、水俣湾では有害な汚泥をできるだけ完全に除去する必要があること、埋立地の受け入れ土量と浚渫土量のバランス、さらには後述する運転および施工管理体制の高度化等を考慮して ± 30 cmを許容範囲とする厳密な施工を実現することとした。

また浚渫船の負荷土厚はいずれも40~80cm程度であるが、浚渫の等深度線が密な箇所では隣り合う浚渫柵の深度差が大きくなる可能性があり、この場合土質によっては法面崩壊による濁りの発生、および既浚

表-10 施工精度一覧表

件名	期間	目標深度	スイング速度	±10cm	±20cm	±30cm	備考
船舶7隻用船 (水俣湾)	58.6~9	-7.1m	4.0m/min	57%	84%	97%	クリーンナップ2号
		-7.3	-	75	92	96	
		-9.2	-	52	77	96	
船舶3隻用船 (水俣湾)	58.4~5	-5.1	3.0	46	66	81	クリーンナップ2号
		-5.1	5.0	66	82	93	
大阪湾 (西宮沖) 浚渫試験用船	59.10~11	-16.7	6.0	72	93	98	クリーンナップ2号
		-16.8	-	88	100	100	
		-17.0	-	77	94	100	
		-17.0	-	94	100	100	
蒲神港要港施設 整備事業	60	-6.5	3~4	59	82	88	クリーンナップ2号
船舶8隻用船	58.9~59.2	-7.1	5.0	36	78	93	太安丸
		-9.6	-	21	47	86	

漂部への汚泥の流入などが予想される。このため、法面の安定について別途検討を行い、浚渫効率も考慮して、互いに隣接する柵間の浚渫深度差は2.0mを限度とした。

実際の浚渫工事にあたっては、効率的な配船計画、土砂処分計画を立案しなければならないが、このための目安のひとつとなる各船の浚渫能力については、試験浚渫の結果によると約140～220m³/hの範囲でばらついた。

(2) 浚渫土の処理・処分計画

汚泥の浚渫工事にあたっては、水銀濃度25ppm以上の汚泥を確実に除去し、かつポンプ浚渫船同士および排砂管などの競合を避けるために、各浚渫船の能力および浚渫区域の土質条件などを加味して浚渫区域を四区域に分割し、それぞれを各浚渫船の分担区域とした。この結果もっとも湾奥部となり、構造物に囲まれた施工の困難な区域については、基本的にはスパッド方式を採用することとし、湾奥部では大部分片スイング浚渫となった。また、カッターレスポンプ浚渫船で施工ができない構造物近傍については、クラムシエルにより浚渫可能な位置まで海中を横持することとした。

第2工区の浚渫における排砂管ルートについては、既に完成している第1工区の緑埠頭が供用されていたため、これらの施設を利用する船舶の航行安全、および経済性を考慮して決める必要がある。この結果、湾口部に近い区域については恋路島～仮締切堤を経由して埋立地に導くルートを採用することとし、三箇所の零号を設けて切換えを行った。湾奥部の区域については一部海底管を設けることとした。排砂管ルートを図-15に示す。

図-15中の中仕切堤は、工程上護岸の完成前に湾奥部から順次埋立を開始せざるを得なかったため設置したもので、汚泥の自然沈降を促進するように配置に工夫している。

(3) 埋立地管理

埋立地への土捨ての天端高については、第1工区等における汚泥の膨潤率の実績（昭和60年度の施工実績では約1.34となったが、図-15中の中仕切堤よりも奥のポンドBでは安全をみて1.4とし、これより海側のポンドAではポンドBでの実績を加味して1.3とした。）と投入汚泥量の関係から設定することとした。この結果、ポンドBでは土捨て天端高は+1.95mとなったが、余裕をみて+2.0mとした。施工にあたっては、部分的な盛り上がりや極力少なくし、汚泥天端が均等になるように、排泥口にウインチを取り付け、これを移動させながら常にレッド測量により土捨て管理を行った。

管理水位は、セル護岸の安定計算からセル前面の床掘、置換、および背面の裏込め雑石の投入完了までは+3.0mとなる。しかし、異常降雨などによる急激な水位上昇の可能性を考慮して+2.7mを上限とした。また、汚泥中にふくまれる水銀のメチル水銀化を防止する目的から埋立地内を常に湛水状態に保つ必要がある。このため、管理水位の下限としては汚泥天端に0.5mを加えた高さを採用することとした。

吐出口より排出される揚泥水量は一隻あたり約45m³/分で、日光による照射を避けるために吐出口を水中に設けるとともに、流勢による汚泥の攪拌を防止するために特殊な形状に加工することとした。

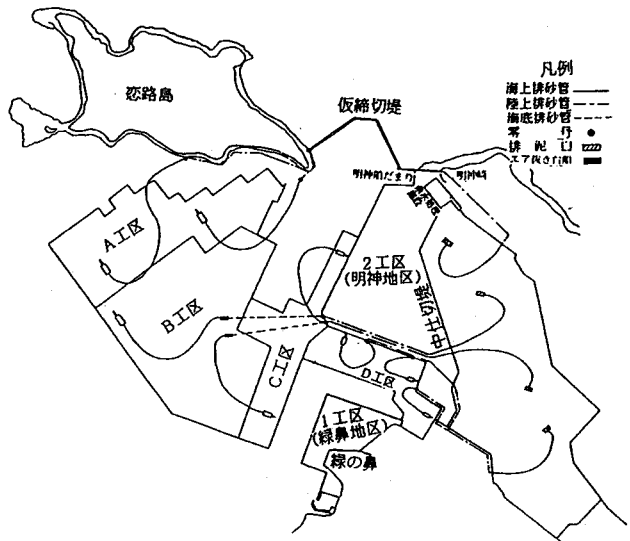


図-15 排砂管ルート

(4) 施工管理

浚渫処理工事の実施にあたっては二次公害が発生しないように細心の注意を払う必要があるため、施工管理をより確実にするための浚渫船の改造を行った。改造にあたっての主要な留意点は以下のとおりである。

- ① 吸入口付近の濁りの状況を目視可能とする。
- ② 吸入口付近の濁度を測定する。
- ③ 揚泥水量を正確に把握する。
- ④ 海底地盤と吸入口の位置関係が目視可能とする。

このほかに、浚渫船の位置、浚渫深度の把握なども施工管理項目としているが、本工事においては極めて高精度な施工管理が要求されることから、最新の情報処理装置を用いた画期的な施工管理装置を開発・装備することとした。

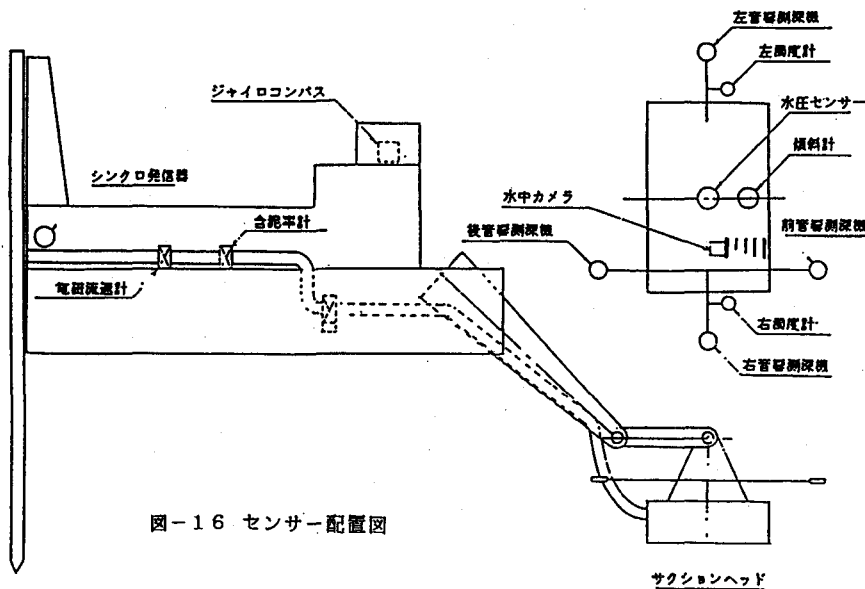


図-16 センサー配置図

a) 濁り監視システム

本システムは、濁度計により吸入口付近の濁りを常時測定するとともに、水中カメラにより直接濁りを監視するものである。図-16に示すようにポンプ浚渫船のサクションヘッドに連続濁度計を取り付けて操縦室に設けた表示器にデジタル表示するとともに、水中カメラによる映像

を視準板とともに、テレビ画面に映し出すこととした。なお、視準板の透視可能距離と濁度の相関については水槽実験により把握している。

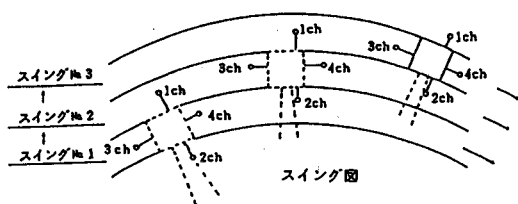
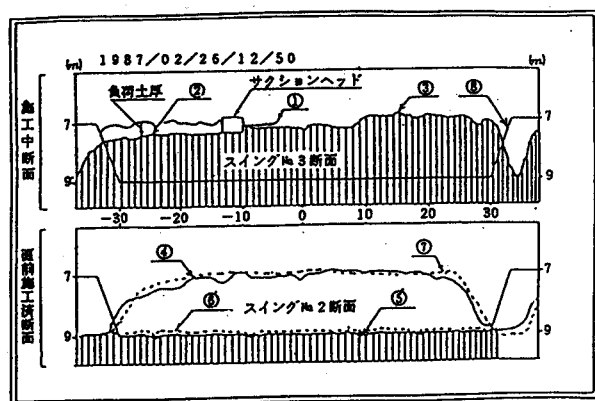
b) 運転管理システム

本システムは、浚渫状況を画面表示することによってオペレータが視覚的に浚渫状況を把握し、直接運転操作に反映させることにより最適な運転制御が可能となるように開発・装備したものである。

基本システムには、浚渫情報として運転中のサクションヘッドの傾斜角と深度、サクションヘッドの前後左右の土厚、および潮位がリアルタイムで自動的に入力され、これらのデータは、たとえばサクションヘッドの深度に潮位補正が加えられるなどのデータ間の処理・補正が行われたのちオペレータが直接読み取れる運転情報として表示される。これにより、オペレータは浚渫中のサクションヘッドの位置とスイング方向の土厚変化を直接目で見ているように運転操作をすることが可能となる。図-17にはサクションヘッドの位置、掘削土厚等の画面表示の一例を示す。なお、画面にはその他各計測値についてもあわせて表示することとした。

(5) 水銀調査

本事業においては、環境庁が定めた「水銀を含む底質の暫定除去基準」にもとづいて算定した総水銀25



- ①: スイングNo.3の時の4chの測定データライン (波前前測定データ)
- ②: スイングNo.3の時の3chの " (波前後測定データ)
- ただし左スイングならば①②は逆となる。
- ③: スイングNo.2の時の1chの測定データライン
- ④: スイングNo.1の時の1chの "
- ⑤: スイングNo.2の時の3chの "
- ⑥: スイングNo.3の時の2chの "
- ⑦: スイングNo.2の時の4chの "
- ⑧: 放浪計画線

図-17 画面表示の例

あったものの、懸念された二次汚染の発生もなく難事業が無事完了し、現在山土による最終段階の覆土工事が鋭意進められているところである。この事業の13年間はいわゆる水俣湾の水銀汚泥との苦闘の歴史であり、事業の実施を通じて、一度壊された環境を復元することがいかに困難なことであることを示されたような気もする。今後、この「みなまた」が教訓となって環境保全に対する認識が益々高まることを祈るものである。

この事業の結果出来上がった広大な埋立地の活用方策については、水俣の再生を賭けて官民一体となった検討が始まった段階である。来る平成4年度には国際イベントの開催が予定されており、また一方では水俣湾の豊かな自然を生かしたウォーターフロント開発構想のひとつである「マリンタウンプロジェクト」が計画されている。これらを通じ、水俣市が国際観光都市として今後益々発展することを期待するものである。

また、本事業の中心となった汚泥浚渫工事においては、「二次公害を絶対にひき起こしてはならない」との共通認識のもと、カッターレスポンプ方式の特殊浚渫船を開発・使用したほか、施工の確実性、効率の向上のために画期的な施工管理装置を導入するなど、計画、設計、施工の各段階で、短い検討期間にもかかわらず各種の創意工夫と新技術の開発により、所期の目的を達成することができた。これら本事業での成果が今後の土木技術の発展に寄与することを期待すると共にこれらの開発に御尽力いただいた関係各位に厚く御礼を申し上げる次第である。

ppm以上の汚泥を完全除去することを意図していたため、浚渫完了後自主確認による水銀調査を実施した。調査は汚泥処理区域内を40mメッシュに分割し、各格子点で採取された底泥に対してなされた。また、熊本県においても、別途正式に環境庁が定めた「底質調査方法」にもとづいて200mメッシュで水銀調査を行った。この結果を図-18に示す。この結果によると、各格子点の最高水銀濃度でも12.0ppm、最低水銀濃度で0.06ppm、平均水銀濃度は4.9ppmであった。また、底質判定基準にもとづく各調査メッシュの四格子点の平均値によると、図-18に示すように最高水銀濃度は8.75ppm、最低水銀濃度は0.91ppm、平均水銀濃度は4.61ppmであった。

以上に示す結果をふまえて、当初目標としていた総水銀濃度25ppm以上の汚泥の完全除去を達成したことが正式に確認され、汚泥浚渫工事の無事完了をみることとなった。

8. おわりに

水俣湾公害防止対策事業は昭和52年10月の仮締切提工の着工以来13年目を迎えた今年3月末に完

了することとなった。工事の着工直後、一部住民による工事の差止仮処分申請が約2年半の中断が

〔参考文献〕

- 1) 大村哲夫 : 水俣湾堆積汚泥処理工事(第1工区), 土木技術, 40巻, 9号, pp. 44~51, 1985.
- 2) 山口晶敬 : 水俣湾の水銀汚泥処理事業, 水, No. 30, pp. 18~24, 1988.
- 3) 山口晶敬・望月規行 : 水俣湾汚泥処理事業, 土木学会誌, Vol. 74, No. 8, pp. 9~11, 1989.
- 4) 清原 淳 : 水俣湾汚泥浚渫工事, 作業船, 第183号, 1989.
- 5) 酒井 浩・加藤英夫・池田 薫 : 海洋における底質浄化についてー運輸省における海域改善のための事業と調査, 第7回湖沼の水質予測研究会報告書, pp. 39~45, 1989.
- 6) 高橋 誠・山口晶敬 : 水俣湾水銀汚泥処理事業, 1989日本沿岸域会議研究討論会講演概要集 No. 2, pp. 79~80, 1989.
- 7) 広瀬宗一・山口晶敬 : 水俣湾公害防止対策事業(土木学会論文集投稿中)

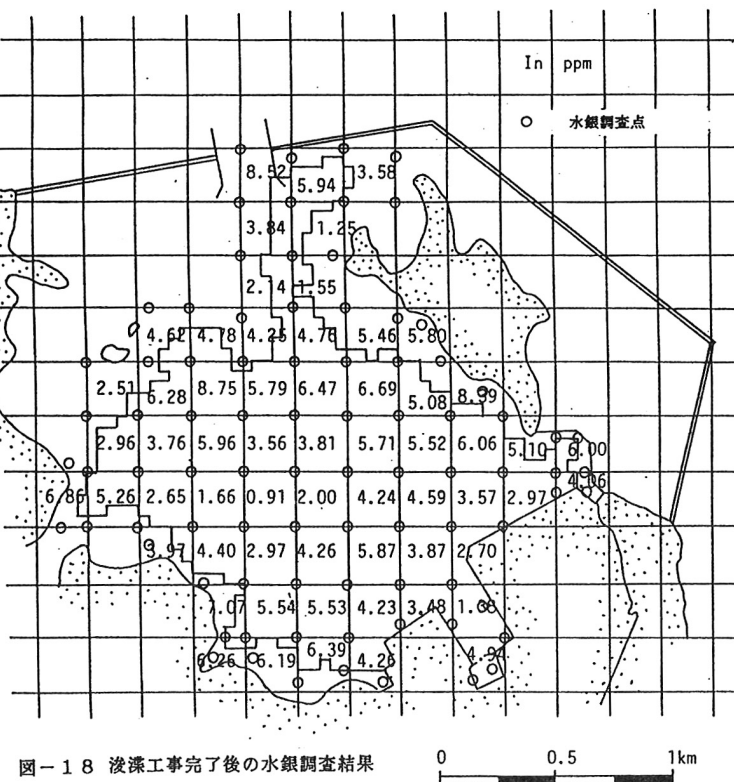


図-18 浚渫工事完了後の水銀調査結果

9-45, 1989.

- 6) 高橋 誠・山口晶敬 : 水俣湾水銀汚泥処理事業, 1989日本沿岸域会議研究討論会講演概要集 No. 2, pp. 79~80, 1989.
- 7) 広瀬宗一・山口晶敬 : 水俣湾公害防止対策事業(土木学会論文集投稿中)

〔参考〕

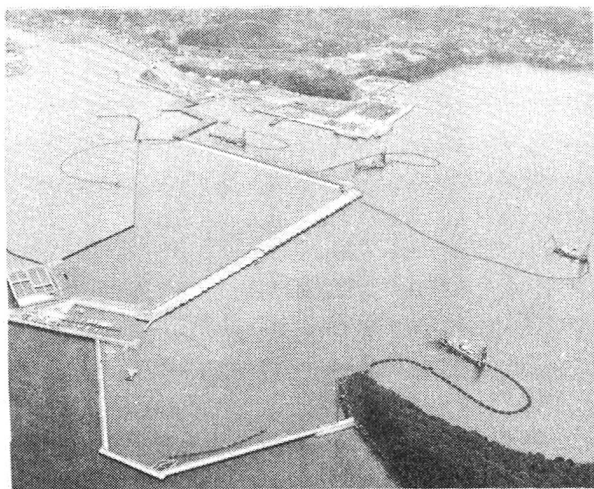


写真-1 カッターレスポンブ浚渫船の施工状況

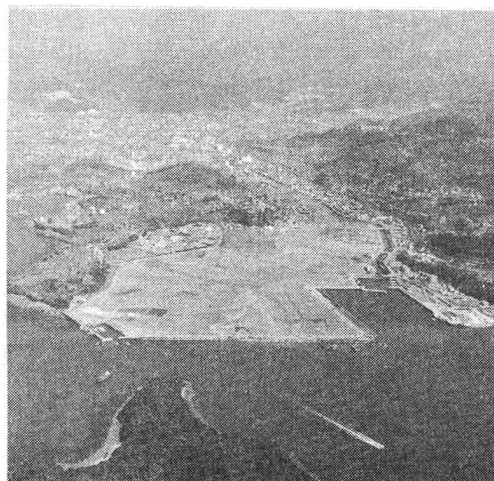


写真-2 埋立地の全景(昭和63年9月)