

# 有明海の河川内漁港における浮泥堆積メカニズムの解明と港内水深維持工法の検討

THE ELUCIDATION OF THE FLUID MUD DEPOSITION MECHANISM AND THE EXAMINATION OF THE CONTROLLING PORT DEPTH METHOD AT THE RIVER-FISHING PORT IN THE ARIAKE SEA AREA

瀬戸口喜祥<sup>1</sup>・沼野祐二<sup>2</sup>・中泉昌光<sup>3</sup>・長野章<sup>4</sup>・渡辺道隆<sup>5</sup>  
Yoshinaga SETOGUCHI, Yuji NUMANO, Masamitsu NAKAIZUMI, Akira NAGANO  
and Michitaka WATANABE

<sup>1</sup>正会員 博(工) (財) 漁港漁村建設技術研究所 (〒101-0047 東京都千代田区内神田1-14-10)

<sup>2</sup>正会員 工修 (財) 漁港漁村建設技術研究所 (〒101-0047 東京都千代田区内神田1-14-10)

<sup>3</sup>正会員 (財) 漁港漁村建設技術研究所 (〒101-0047 東京都千代田区内神田1-14-10)

<sup>4</sup>正会員 工博 はこだて未来大学教授 システム情報科学部情報アーキテクチャ学科  
(〒041-8655 北海道函館市亀田中野町116番地2)

<sup>5</sup>福岡県水産林務部 (〒812-8577 福岡市博多区東公園7-7)

Every year, a lot of fluid mud is deposited into the river-fishing port of the Ariake Sea, the function of ports is reduced. Therefore, it is necessary to solve the mechanism which fluid mud deposits into the fishing port. Moreover, it is necessary to create the controlling port depth method, and to be applied to the target fishing port.

As a result of the investigation about a fluid mud deposition mechanism, fluid mud was conveyed as high-concentration cloudy water from the sea at flood tide, and since having sedimented and deposited in the port was presumed, it was presumed that it was the fluid mud deposition phenomenon by siltation.

Six controlling port depth methods of construction were devised. It was proved by local experiment that there is capability to remove mud about these six methods. At the river-fishing port in the Ariake sea area, the flow figure which judges which should be chosen from six methods was created.

**Key Words :** *fluid mud, siltation, maintenance dredging, controlling depth, the controlling port depth method*

## 1. はじめに

福岡県並びに佐賀県の有明海側の漁港の多くは河川内に位置しており、河岸に直接係船するタイプと陸側に掘込まれた泊地に係船するタイプの2種類の漁港形状がある。

このような河川内漁港は福岡県と佐賀県の有明海側に約30港あり、毎年港内に大量のシルト状の土砂(以下、浮泥と呼ぶ)が堆積し、漁港の機能を著しく低下させている。漁港機能を維持するためには年間10数万 $m^3$ の浚渫を多大な処理費用をかけて行っており、土砂処分に対して苦慮しているのが現状である。また、一般に浚渫後の土砂の堆積速度が大き

いことから、周辺環境に配慮しつつ港内の水深維持が確保できる他の工法を検討することが早急に求められている。また、これまで有明海の河川内漁港内で生じる浮泥堆積のメカニズムについても十分に解明されてこなかった。

本研究は、有明海の河川内漁港における浮泥の堆積メカニズムを明らかにし、その結果を踏まえて、有明海の河川内漁港における浮泥除去による水深維持工法の現地適用性を検討するものである。

## 2. 浮泥堆積メカニズム

(1) 連続機器観測

a) 調査概要

福岡県筑後川河口にある久間田漁港内において、浮泥堆積メカニズムを把握するために、水位及び流況、濁度、砂面変動について機器による連続観測を実施した。

現地調査は平成13年10月19日～平成13年11月19日(30昼夜)に実施した。調査概要を表-1、計測機器の配置を図-1に示す。

表-1 調査概要

計測機器	設定	調査項目
超音波式砂面計	測定間隔：30分	港内の砂面高
水圧式波高計 (2次元電磁流速計搭載)	サンプリング間隔：0.2秒, 観測時間：10分間, 測定間隔：30分	港内の水位及び海底面上0.5mの流向・流速
濁度計	サンプリング間隔：1秒, 観測時間：10秒, 測定間隔：30分	港内の濁度

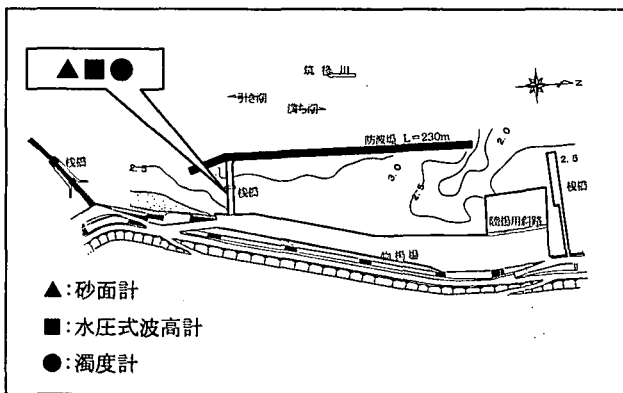


図-1 計測機器の配置 (久間田漁港)

b) 調査結果

機器観測による連続観測によって得られた時系列変化(水深, 砂面高, 砂面高変化量, 濁度)を図-2に示す。ここでいう砂面高変化量は、30分(測定間隔)前の値との変化量を示す。結果を以下に示す。

- ・ 濁度は上げ潮時に大きく変動していた(図-2④)。
- ・ 濁度の変動幅は、下げ潮より上げ潮の時の方が大きかった(図-2④)。
- ・ 濁度の時系列変化をみると、濁度が大きい時期は、10/31～11/5および11/13～11/19の期間で、いずれも大潮時であった(図-2④)。
- ・ 砂面高については、下げ潮時より上げ潮時の方で変動が大きかった(図-2②・③)。

濁度と最大流速の散布図を図-3に示す。上げ潮時において流速が強いときに濁度が高い傾向となった。

(2) 簡易測量による地盤高変化のモニタリング

図-4に示す地点において、平成14年度の久間田漁港の浚渫後(8月20日)から簡易測量によって地盤高をモニタリングした(平成13年度の同時期に実施された浚渫前の地盤高と平成14年度の浚渫前の地盤高がほぼ同じであったことから、平成15年7月には平成14年度の浚渫前の地盤高と同じになると推定)。その結果が表-2、図-5である。浚渫直後から1週間(8月20日～8月26日)で約1.2mの堆積が確認された。その後、急速に堆積速度が減少し、8月26日～9月24日の堆積速度は約0.5m/月、9月24日以降の堆積速度は約0.2m/月の速度で浮泥が堆積し、堆積速度は緩やかになった。

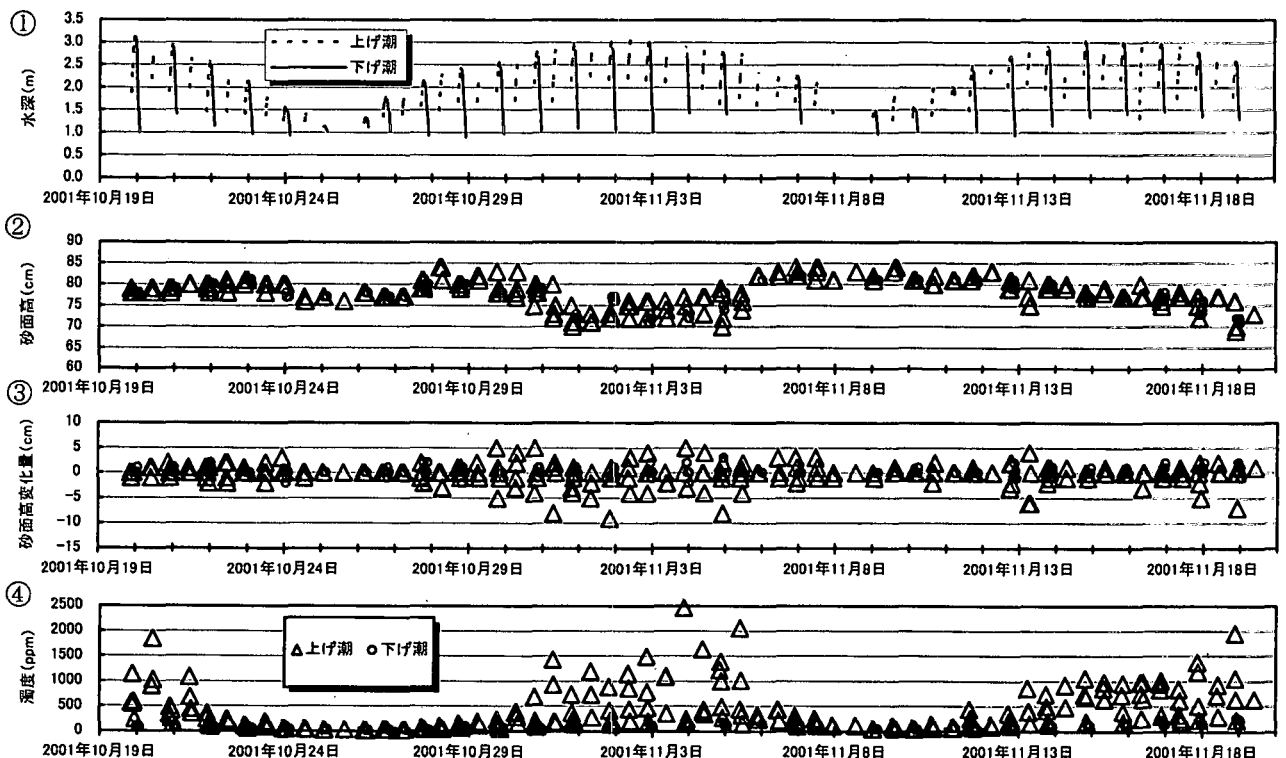


図-2 各計測機器で得られた時系列(上から①水深, ②砂面高, ③砂面高変化量, ④濁度)

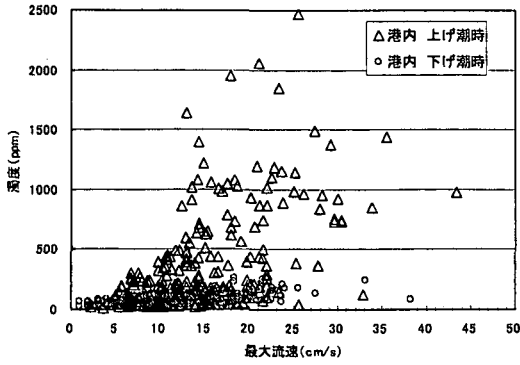


図-3 濁度と最大流速の散布図

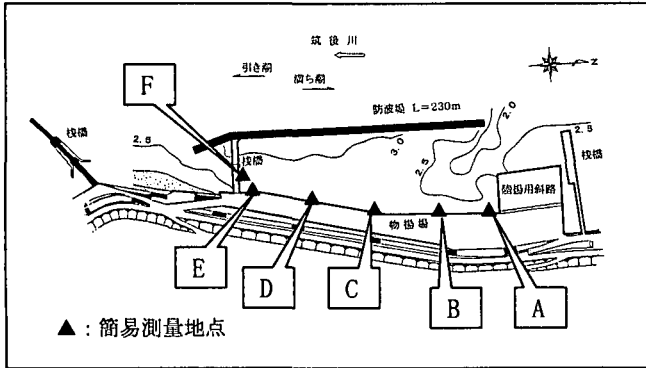


図-4 簡易測量位置図

表-2 港内地盤高の変化 (D.L.: m)

	8/20*	8/26	9/24	10/7	10/22	11/22	1/17	7/8**
A	0.5	1.95	2.10	2.12	2.20	2.40	2.83	2.87
B	0.5	1.65	2.10	2.12	2.27	2.45	2.78	2.95
C	0.5	1.45	2.15	2.17	2.27	2.42	2.70	3.10
D	0.5	1.58	2.10	2.20	2.37	2.55	2.60	3.12
E	0.5	1.65	2.15	2.22	2.37	2.55	2.70	2.97
F	0.5	1.66	2.21	2.24	2.41	2.61	2.92	2.86

\* 8/20: 浚渫直後 \*\* 7/8: 前年度浚渫直前

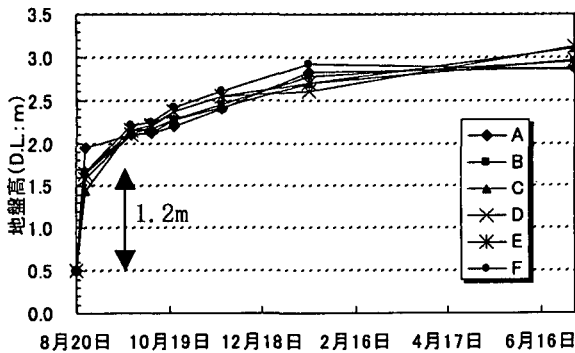


図-5 港内地盤高の変化

表-3 水中ポンプの仕様

機種	①散水式		②, ③水中ポンプ固定式 及び人力式 (漁業者所有)	④高出力水中ポンプ
	吸い上げ用 (散水配管)	水流発生用		
	アイム電気工業社製 EL-2015E	アイム電気工業社製 EL-2025E	工進社製 MF-50S	トーハツ社製 V30JA
吐出口径	200mm	200mm	50mm	63.5mm
最大吐出量	4.0m <sup>3</sup> /min	4.0m <sup>3</sup> /min	0.35m <sup>3</sup> /min	0.70m <sup>3</sup> /min
全揚程	10m	15m	26m	9m

### (3) 浮泥堆積メカニズムの検討

これまでの結果から、河川内漁港内への堆積のメカニズムを推定した。浮泥は短期間の内に平均水面付近(約3m)まで堆積した後、堆積速度が弱まり、ほぼ平衡した堆積状態になると思われる。

港内の堆積・侵食現象の外力として潮汐流と河川流が考えられるが、観測期間中は顕著な河川流量の増大はなかったため、潮汐流に支配されていると思われる。潮汐流によって港内へ堆積するメカニズムとしては、上げ潮時に濁度が高くなり、そのときに地盤高に変化が生じていることから、シルテーションの現象によるものと思われる。

## 3. 有明海河川内漁港での港内水深維持工法

### (1) 各種工法の概要

有明海河川内漁港における港内の堆積浮泥を除去するために、a) 水中ポンプを用いて直接浮泥を押し流す工法、b) 漁船のスクリューによって浮泥を攪拌して除去する工法、c) 干潟の上を自由に走行できる干潟走行機に排土板を取り付けて浮泥を押し出す工法の3工法を提案した。各工法の作業可能な時間としては、a) 工法では、下げ潮時で底面が干出し始める時間帯に行うものとする。b) 工法では、漁船のスクリューを稼働させることが可能な時間帯に行うものとする。c) 工法に関しては、干潟走行機によって滞筋(本流)まで直接土砂を運搬することから、下げ潮時のみならず上げ潮時でも可能である(干出～水深20cm程度)。また、各工法とも時間当たりの施工土量が少ないことから周辺環境に及ぼす影響は小さいものと考えられ、港内より除去した浮泥は本流の水流によって下流へ流下できると考えている。以下に、各工法について説明する。

#### a) 水中ポンプ式

① 散水式: 水中ポンプで汲み上げた水を係船岸に設置した散水管から放水し、放水によって除去された浮泥を滞筋に設置した水中ポンプで水流を発生させ港外へ排出する。図-6に久間田漁港で実施した実験時の装置の設置状況を示す。また、写真-1～2に稼働時の様子を示す。取水は表-3の吸い上げ用のポ

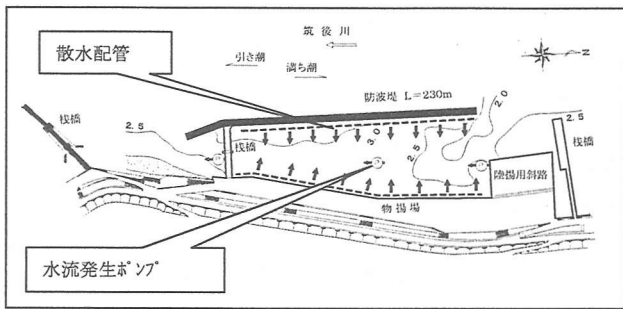


図-6 散水配管と水流発生ポンプの配置

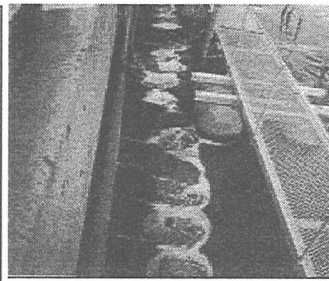


写真-1  
散水配管からの放水

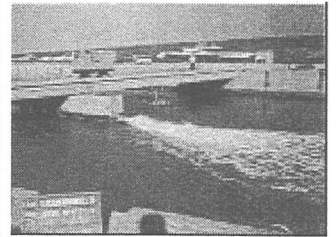


写真-2  
水流発生ポンプ

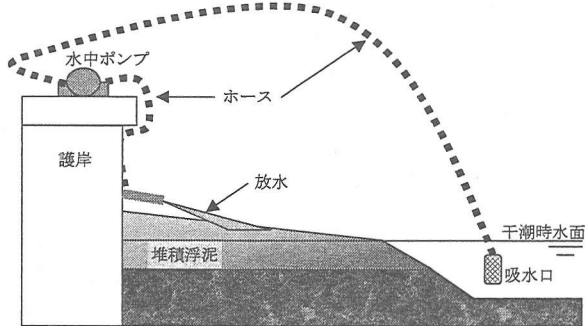


図-7 水中ポンプ固定式

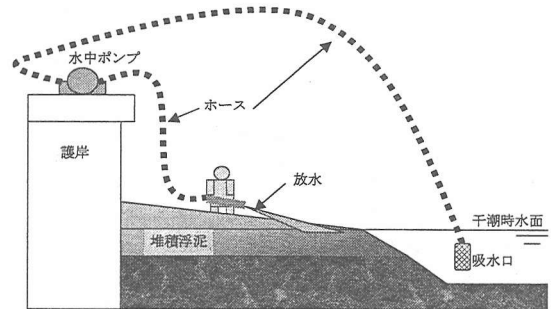


図-8 水中ポンプ人力式

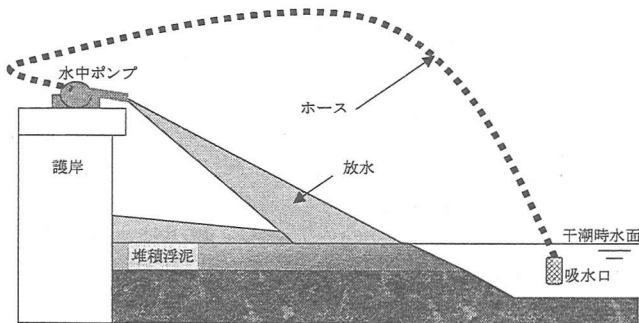


図-9 高出力水中ポンプ式

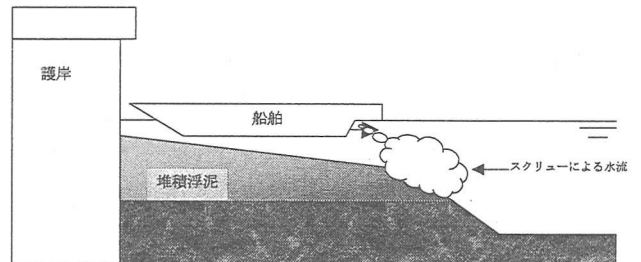


図-10 漁船スクリー攪拌式

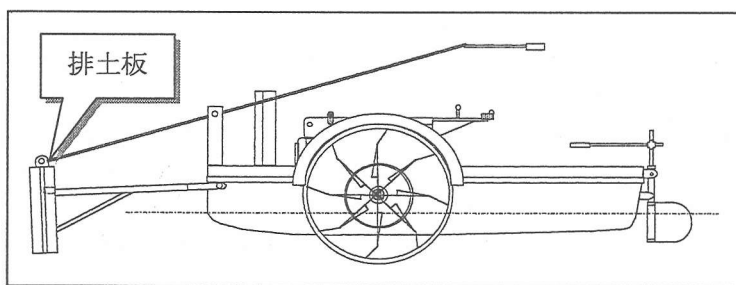


図-11 干潟走行機

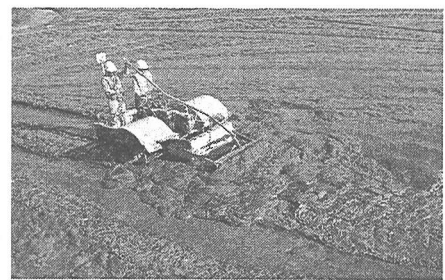


写真-3 干潟走行機による浮泥除去

ンプ4台で行い、散水についてはポンプ1台あたり約130m~270mの配管に複数の放水口(放水口の間隔は0.5m, 1.0m, 1.5m, 2.0mの4種類)を設けて放水した。

② 水中ポンプ固定式：漁業者が一般的に所有する中出力水中ポンプ(表-3)を係船岸に固定し、水流によって係船箇所の堆積浮泥を除去する。図-7に工

法の模式図を示す。

③ 水中ポンプ人力式：漁業者が一般的に所有する中出力水中ポンプ(水中ポンプ固定式と同じ：表-3)を使用し、作業員が放水ホースをコントロールして係船箇所の堆積浮泥を除去する。図-8に工法の模式図を示す。

④ 高出力水中ポンプ式：消防ポンプ並の高出力水

中ポンプ（表-3）を使用し、作業員が放水方向をコントロールして係船箇所の堆積浮泥を除去する。図-9に工法の模式図を示す。

b) 漁船スクリー-攪拌式

浮泥が堆積している泊地内において、固定された漁船のスクリー-を稼働することによって浮泥を攪拌・除去する。図-10に工法の模式図を示す。

c) 干潟走行機式

軟弱な干潟の上を自由に走行できる干潟走行機に排土板を取り付けて（図-11）浮泥を押し出す。写真-3に稼働状況を示す。

干潟走行機式による浮泥除去は、水中ポンプ式、漁船スクリー-攪拌式と比べて、上げ潮時・下げ潮時に関係なく作業は可能である（ただし、下げ潮時の方が効率的）。

また、従来の浚渫後の堆積防止のための維持管理としては、各工法とも有効であると考えられる。定期的に施工すれば、従来の浚渫の回数や規模を縮減することが可能である。

浮泥除去効率の点から各工法を比較すると、最も浮泥除去効率の高い工法は高出力水中ポンプによる浮泥除去工法で、次いで、干潟走行機式による浮泥除去、水中ポンプ人力式であった。算出した各工法の浮泥除去コストと従来工法（有明海河川内漁港で行われているガット船による浚渫工法）による除去コストを比較すると、従来工法より安い工法は高出力水中ポンプによる浮泥除去工法と水中ポンプ固定式による浮泥除去工法であった。その他の工法は従来工法（ガット船による浚渫）より高くなった。

(2) 各種工法の評価

各工法について現地施工実験を実施した。その実験概要を表-4に示し、実験結果を表-5に示す。各工法とも浮泥を除去する能力があることが分かった。なお、浮泥除去効率は浮泥除去量（実験施工前後に実施した測量結果より算出）を作業時間で除して算出し、浮泥除去コストは実験施工でかかった費用を参考にして1m<sup>3</sup>あたりの概算除去費用を算出することにした。

実験の結果、水中ポンプ式の散水式については、港内全体（10,800m<sup>2</sup>）で長期間実施したことを考慮すると他の工法と比較して、充分とはいえない結果であったが、すり鉢状で中央に滞筋があるような漁港内では、配管からの吐出流量を調整することによって、除去能力を高めることができると考えられる。その他の工法については浮泥を除去する能力を有することが分かった。

人力式（高出力水中ポンプも含む）は他の工法より場所的な制約が少なく汎用性が高いといえる。

表-4 実験概要

工法		実験期間	実験場所
水中ポンプ	散水式	H13. 10. 19～ H13. 11. 19	久間田漁港 (泊地内係留)
	固定式	H14. 7. 21～H14. 7. 26 (内2日間実施)	沖端漁港 (河岸係留)
	人力式	H14. 7. 21～H14. 7. 26 (内2日間実施)	沖端漁港 (河岸係留)
	高出力水中ポンプ式	H14. 7. 21～H14. 7. 26 (内1日間実施)	久間田漁港 (泊地内係留)
漁船スクリー-攪拌式		H14. 7. 21～H14. 7. 26 (内1日間実施)	沖端漁港 (河岸係留)
干潟走行機式		H14. 7. 8～H14. 7. 20	久間田漁港 (泊地内係留)

※ 久間田漁港：福岡県柳川市筑後川，沖端漁港：福岡県柳川市沖端川

表-5 各種工法の実験結果と評価

浮泥除去工法		浮泥除去効率 (m <sup>3</sup> /h)	浮泥除去コスト (円/m <sup>3</sup> )	評価
水中ポンプ	散水式	2.1 除去量：242.5m <sup>3</sup> 作業時間：114時間	103,000	・ 散水式港内水深維持工法は、散水されている範囲において、浮泥の堆積を抑制することが示唆されたが、吐出流量の設定が小さかったため充分と言えない結果が得られなかった。しかし、港内の地形がすり鉢状で吐出流量を充分な量に設定すれば効果が見込まれる。
	固定式	1.6 除去量：17.9m <sup>3</sup> 作業時間：11.4時間	1,900	・ 固定式なので状況に応じて時々噴射範囲を移動させる必要があるが、能力的には排土可能。
	人力式	5.1 除去量：16.9m <sup>3</sup> 作業時間：3.3時間	3,600	・ 作業者が常にホースを保持固定する必要があり、重労働であるが、確実に排土可能。また、場所的な制約が少なく汎用性が高い。
	高出力	38.2 除去量：34.4m <sup>3</sup> 作業時間：0.9時間	1,400	・ 作業に当たり熟練が必要だが、能力は高く、排土には有効。また、場所的な制約が少なく汎用性が高い。
漁船スクリー-攪拌式		1.4 除去量：2.3m <sup>3</sup> 作業時間：1.6時間	①：13,000 ②：7,900	・ スクリー-で攪拌できる範囲が限定されるが、排土は可能である。
干潟走行機式		16.7 除去量：600.7m <sup>3</sup> 作業時間：36.0時間	4,600	・ 上記の工法が係船箇所の狭い範囲の浮泥除去を対象にしているのに対し、港内の浮泥を面的に除去することができる。また、上げ潮時・下げ潮時に関係なく作業可能（ただし、下げ潮時の方が効率的）。
従来工法 (ガット船による浚渫)		-	3,000	-

※ 漁船スクリー-攪拌式の浮泥除去コストの①は備船した場合（人件費、燃料代を含む）、②漁業者が船を持ち出した場合（人件費のみ）

表-6 各工法の現地適用条件

浮泥除去工法	現地への適用条件
水中ポンプ式	<ul style="list-style-type: none"> <li>・本流（滞筋）までの距離がおよそ20m以内</li> <li>・堆積面が下り勾配になっている場所</li> <li>・本流（滞筋）に下流及び沖合へ浮泥を輸送させる流速（流量）がある場所</li> <li>・下げ潮時に堆積表面が干出している場所</li> <li>・ポンプの取水が容易な場所</li> </ul>
漁船スクリーン攪拌式	<ul style="list-style-type: none"> <li>・本流（滞筋）までの距離がおよそ10m以内</li> <li>・本流（滞筋）に下流及び沖合へ浮泥を輸送させる流速（流量）がある場所</li> <li>・漁船を固定できる場所</li> <li>・下げ潮期間中にスクリーンを回転させられる水深が確保できる場所</li> </ul>
干潟走行機式	<ul style="list-style-type: none"> <li>・本流（滞筋）に下流及び沖合へ浮泥を輸送させる流速（流量）がある場所</li> <li>・干潟走行機が走行できる面積がある場所</li> <li>・干潟走行機が走行可能な水深(0.2m以浅)</li> <li>・上げ潮時・下げ潮時に関係なく作業可能（ただし、下げ潮時の方が効率的）</li> </ul>

(3) 各種工法の選定

本調査で提案した各浮泥除去工法を有明海の河川内漁港において適用するためには、表-6に示す適用条件を満足する必要がある。

各工法の現地適用条件を踏まえて、有明海の各河川内漁港でどの工法を選定すればよいかを判断するためのフロー図を作成した（図-12）。

例えば、久間田漁港では、本流（滞筋）までの距離が20m以上あり、干潟走行機の浮泥除去可能な水深（0.2m以浅）が確保できることから、久間田漁港では干潟走行機による浮泥除去工法を選定する。

沖端漁港では、本流（滞筋）までの距離が20m未満で、下げ潮時に堆積浮泥が干出するが、下げ潮時でも滞筋からの水中ポンプの取水が可能であることから、水中ポンプ式による工法を選定する。ただし、水中ポンプ式を選定した場合は、まず固定式（散水式）を採用し、同方式で浮泥を除去しきれない箇所は人力式（高出力水中ポンプ式を含む）で対応する。

4. おわりに

今回の調査結果では、浚渫後1週間で約1.2m堆積し、5ヶ月後には浚渫前とほぼ同じ地盤高になったことから、一般的に河川内漁港での浚渫後の初期堆積速度は大きく、以後一定の割合で土砂が堆積していくことが明らかになった。よって、各漁港水域で一定の堆積速度になる時期以降に適切な港内水深維持工法を選択して、一定量の浚渫を定期的に行っていけば、効率的に水深の維持管理ができるものと考えられる。また、今回提案した港内水深維持工法は漁業者自らが容易に実施できるものであることから、その汎用性は高く、従来の浚渫と組み合わせた維持管理工法として期待できる。

一方、計画水深まで浚渫を行った直後には急速に堆積が生じるが、低潮時でも漁船が稼働できていることから、堆積土は非常に軟弱な浮遊泥状態にあることが分かった。その後、現地での操船実態より漁船の稼働状態が徐々に低下していくことが分かっているが、これは、時間の経過と共に起きる堆積土の圧密現象や新たな浮泥の堆積によるものと考えられる。よって今後は、対象地点毎に個々の場所の堆積特性に応じた適切な浚渫計画水深の設定が必要であると思われる。なお、港内水深維持工法を実施するに当たっては、河川内の他の場所で堆積が生じ、船舶の航行や治水上に問題が生じないかどうか事前の検討が必要である。

謝辞：本調査を遂行するにあたっては総合科学(株)、(株)キューヤマの御協力を頂いた。ここに謝意を表する。

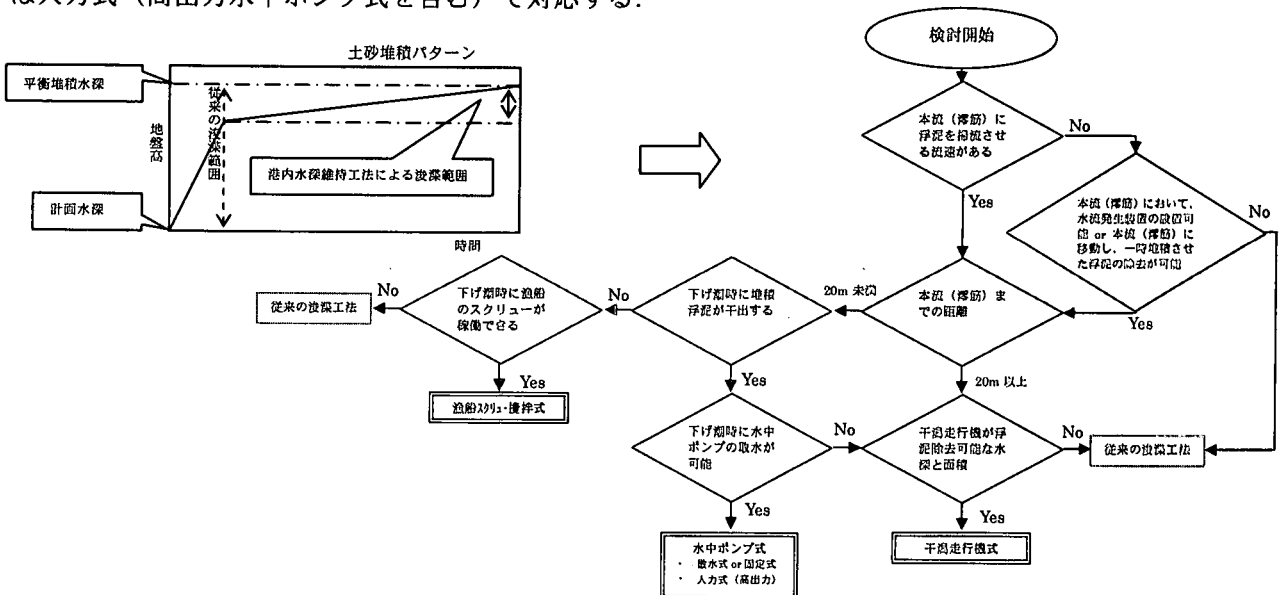


図-12 港内水深維持工法の選定フロー