

平成 15 年度
竜串地区自然再生推進計画調査
(泥土処理実証試験) 業務
報 告 書



平成 1 6 年 3 月

環境省自然環境局山陽四国地区自然保護事務所

目 次

1. 序 章

1.1. 適用	1 - 1
1.2. 業務名	1 - 1
1.3. 実施期間	1 - 1
1.4. 業務目的	1 - 1
1.5. 対象地点	1 - 2
1.6. 業務フロー	1 - 5

2. 浚渫試験

2.1. 試験目的	2 - 1
2.2. 試験場所	2 - 2
2.3. 浚渫工事工程	2 - 3
2.3.1. 浚渫工法の選定	2 - 3
2.3.2. 浚渫方法	2 - 3
2.3.3. 潜水方法	2 - 4
2.3.4. 試験内容	2 - 5
2.3.5. 試験状況写真	2 - 6
2.3.6. 試験結果	2 - 10
2.3.7. 試験考察	2 - 22
2.4. 仮設工事工程	2 - 26
2.4.1. 仮設配管仕様	2 - 26
2.4.2. 仮設配管ルート及び配管延長	2 - 26

2.4.3.	仮設配管布設・撤去方法	-----	2-26
2.4.4.	仮設配管の布設・撤去状況写真	-----	2-28
2.4.5.	仮設配管の布設・撤去ならびに浚渫状況	--	2-33
2.4.6.	仮設配管に関する課題点と対策	-----	2-33
2.5.	海底観察工程	-----	2-35
2.5.1.	海底観察地点	-----	2-35
2.5.2.	観察方法	-----	2-36
2.5.3.	観察結果	-----	2-36
2.5.4.	海底観察のまとめ及び今後の課題	-----	2-42
2.6.	浚渫試験の評価	-----	2-43
2.6.1.	浚渫条件	-----	2-43
2.6.2.	浚渫工法の有効性評価	-----	2-44
2.7.	浚渫試験まとめ	-----	2-46
2.7.1.	現時点における問題点	-----	2-46
2.7.2.	今後の課題点	-----	2-46
3.	水処理試験		
3.1.	試験目的	-----	3-1
3.2.	試験場所	-----	3-1
3.3.	水処理方法	-----	3-2
3.4.	予備試験工程	-----	3-5
3.4.1.	目的	-----	3-5
3.4.2.	試験場所	-----	3-5
3.4.3.	試験方法	-----	3-5

3.4.4.	試験結果	3-7
3.5.	水処理試験工程	3-10
3.5.1.	目的	3-10
3.5.2.	実施場所及び装置の配置	3-10
3.5.3.	実施内容	3-11
3.5.4.	試験状況写真	3-14
3.5.5.	試験結果	3-21
3.5.6.	考察	3-35
3.6.	バッチテスト工程	3-40
3.6.1.	目的	3-40
3.6.2.	バッチテスト方法	3-40
3.6.3.	バッチテスト状況写真	3-43
3.6.4.	結果	3-46
3.6.5.	考察	3-49
3.7.	土砂処分工程	3-51
3.7.1.	沈殿土砂の回収および処分	3-51
3.7.2.	分析項目	3-51
3.7.3.	分析結果	3-53
3.7.4.	堆積土砂の起源について	3-56
3.7.5.	土砂の処分方法	3-62
3.7.6.	土砂の処分状況写真	3-62
3.7.7.	添付資料	3-64
3.8.	仮設工事工程	3-92
3.8.1.	設置撤去状況	3-92

3.8.2.	仮設水槽	-----	3-95
3.8.3.	水処理器機類	-----	3-96
3.8.4.	仮設水槽等の設置・除去及び作業性	-----	3-99
3.9.	水処理試験まとめ	-----	3-100
3.9.1.	水処理試験にて確認された事項のまとめ		3-100
3.9.2.	現時点における課題点	-----	3-100
3.9.3.	今後の課題点	-----	3-101

4. 有効利用基礎試験

4.1.	試験目的	-----	4-1
4.2.	脱水試験	-----	4-3
4.2.1.	背景及び目的	-----	4-3
4.2.2.	代表的な脱水技術	-----	4-3
4.2.3.	試験場所	-----	4-4
4.2.4.	試験方法	-----	4-4
4.2.5.	試験条件	-----	4-6
4.2.6.	試験結果及び考察	-----	4-6
4.2.7.	脱水試験の評価	-----	4-11
4.2.8.	今後の課題	-----	4-11
4.3.	固化試験	-----	4-16
4.3.1.	目的	-----	4-16
4.3.2.	試験場所	-----	4-16
4.3.3.	試験方法	-----	4-16
4.3.4.	試験状況写真	-----	4-20

4.3.5.	試験条件	-----	4-24
4.3.6.	試験結果及び考察	-----	4-25
4.3.7.	固化試験の評価	-----	4-33
4.3.8.	固化試験添付資料	-----	4-34
4.4.	発酵試験	-----	4-45
4.4.1.	目的	-----	4-45
4.4.2.	試験場所	-----	4-45
4.4.3.	発酵の仕組み	-----	4-45
4.4.4.	試験方法	-----	4-49
4.4.5.	試験状況写真	-----	4-51
4.4.6.	試験結果及び考察	-----	4-55
4.4.7.	発酵試験の評価	-----	4-68
4.4.8.	今後の課題	-----	4-68
4.4.9.	添付資料	-----	4-70

5. 浚渫工事及び浚渫排水処理工事に関する法令

5.1.	はじめに	-----	5-1
5.2.	浚渫工程	-----	5-1
5.2.1.	事前調査および許可申請	-----	5-1
5.2.2.	浚渫作業	-----	5-3
5.3.	水処理工程	-----	5-6
5.3.1.	許可申請	-----	5-6
5.3.2.	水処理	-----	5-6
5.4.	土砂処分工程	-----	5-13

5.4.1.	浚渫土の位置づけ	-----	5-13
5.4.2.	許可申請	-----	5-15
5.4.3.	土砂処分	-----	5-15

1. 序 章

1.1. 適 用

本報告書は、平成 15 年度竜串地区自然再生推進計画調査業務のうち泥土処理実証試験に関する内容及び結果等を記すものである。

1.2. 業務名

平成 15 年度竜串地区自然再生推進計画調査（泥土処理実証試験）業務

1.3. 実施期間

自 平成 16 年 3 月 1 日

至 平成 16 年 3 月 31 日

1.4. 業務目的

本業務は、竜串地区における今後の自然再生整備事業において、サンゴ群集を主体とした生態系に悪影響を与えていると考えられる堆積土砂を除去することを想定し実施したものであり、堆積土砂の除去を行うにはその除去方法とともに、除去した土砂の処理方法及び処分方法が重要な課題となる。

よって本実証試験においては、堆積土砂の除去→処理→有効利用（最終処分）の一連の事業化に必要な情報を収集することを目的とした。

また、実証試験内容としては堆積土砂を除去する浚渫試験、除去した堆積土砂と混合した海水を処理する水処理試験、並びに事業化した際に、大量に排出される堆積土砂を有効利用するための有効利用基礎試験を実施したものである。

1.5. 対象地点

本業務は、泥土の堆積が著しい弁天島東側地点を試験対象地点とし、潜水士の目視観察にて浚渫位置を設定した。図 1-5-1 に対象地点図を示す。

また、次ページ写真 1-5-1～1-5-4 に対象地点の全景写真を示す。

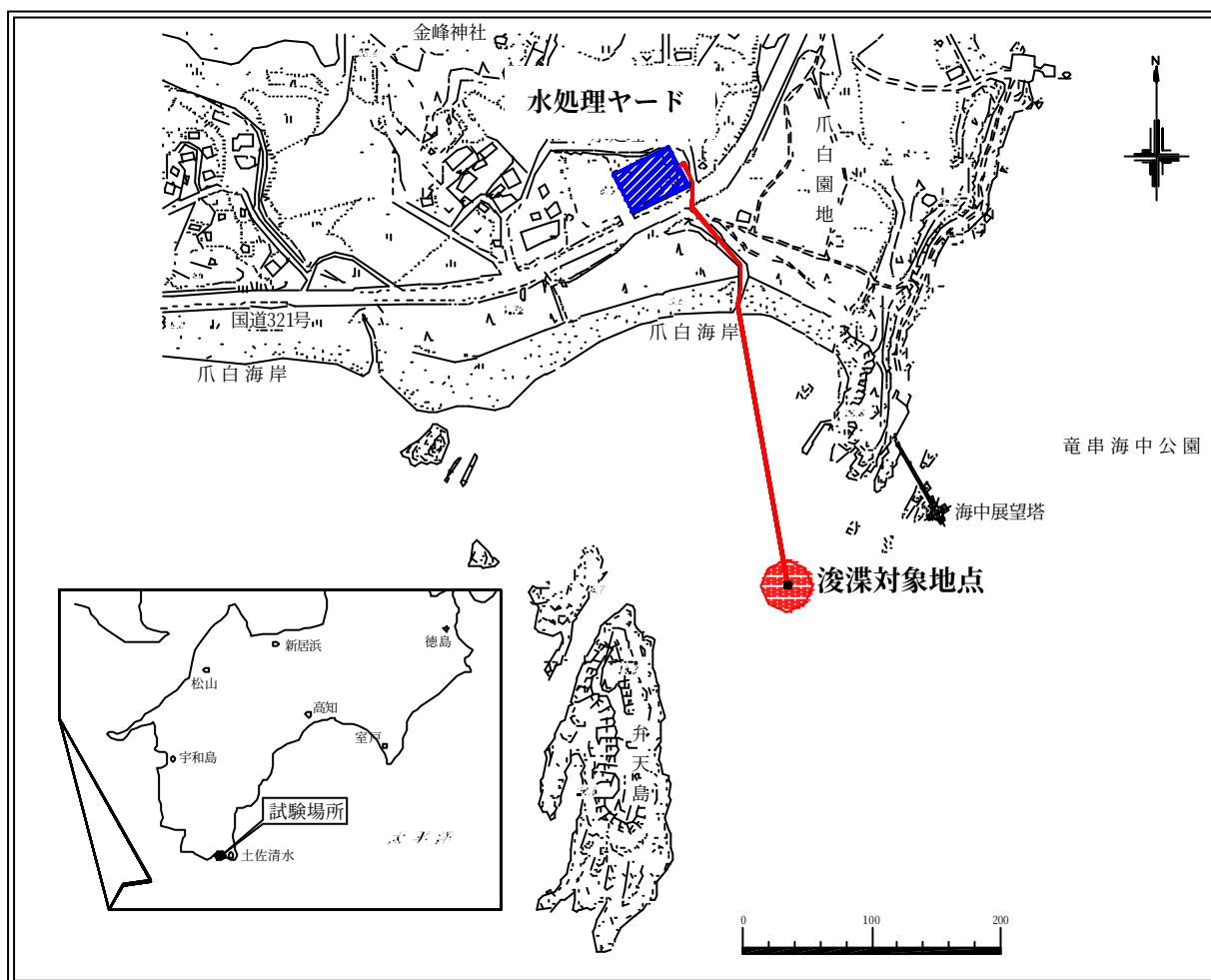


図 1-5-1 業務対象地点図



写真 1-5-1 対象海域図全景



写真 1-5-2 対象海域図全景（作業船：クレーン付台船）



写真 1-5-3 水処理ヤード（仮設水槽配置）



写真 1-5-4 土砂仮置き場

1.6. 業務フロー

本業務の業務フローを図 1-6-1 に示す。

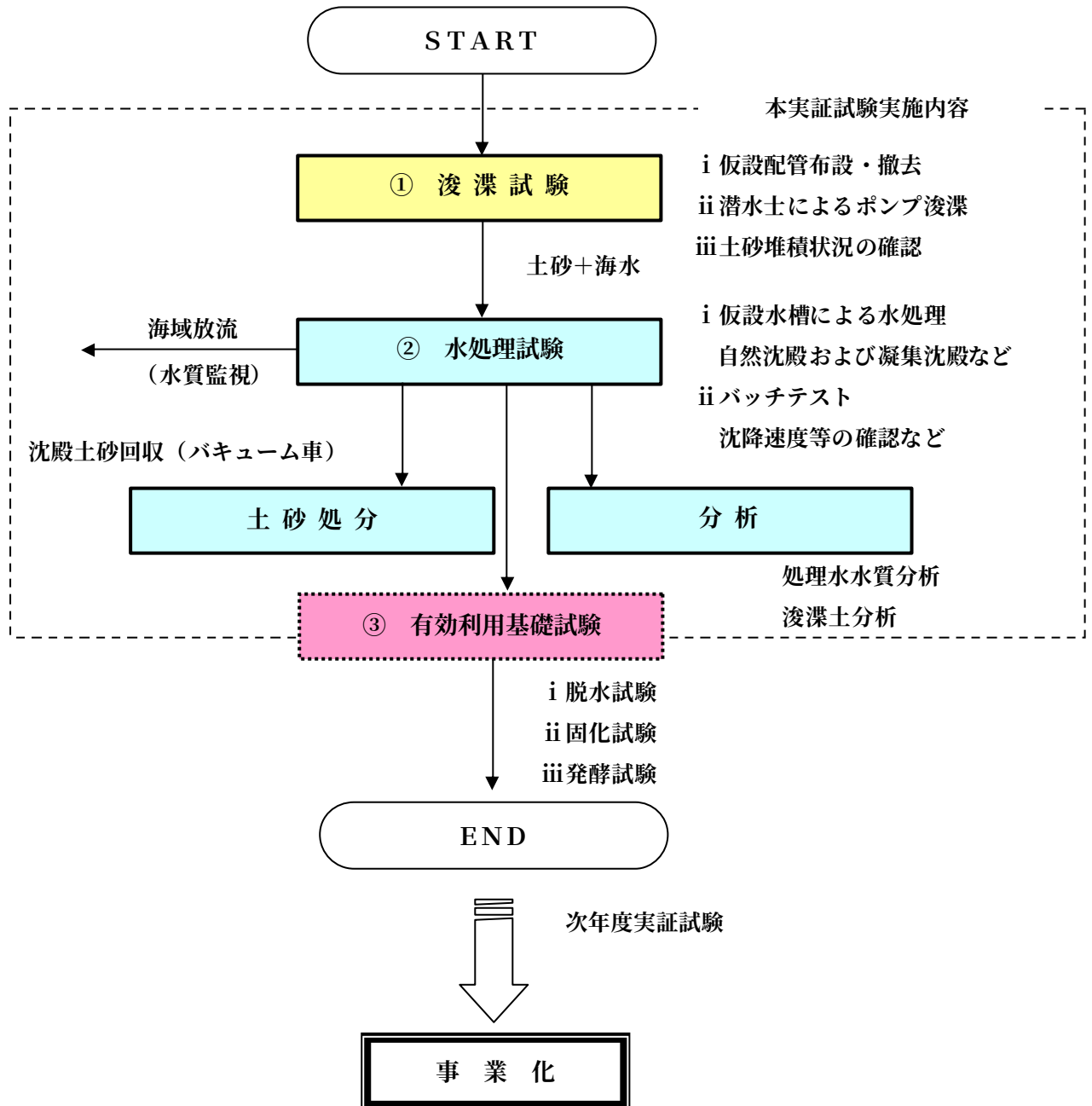


図 1-6-1 業務フロー

2. 浚渫試験

2.1. 試験目的

浚渫工法を選定する際、周辺環境への負荷を最小限に抑えるとともに十分な浚渫効率を発揮することは、重要な要素となる。したがって浚渫試験では対象海域において最適と考えられる浚渫工法を選択し、作業状況及び浚渫地点の状況等から、その有効性を評価することを目的とした。

また浚渫試験は、次の３つの工程より構成され、それぞれの工程にて収集されたデータについて取りまとめならびに評価を実施した。

- ① 浚渫工事工程（排砂ポンプを使用した潜水土による浚渫）
- ② 仮設工事工程（水処理ヤードまでの仮設配管布設・撤去等の仮設関連工事）
- ③ 海底観察工程（浚渫地点、周辺海底状況の海底観察）

2.2. 試験場所

【浚渫場所】

竜串湾の弁天島東側水域において、あらかじめ潜水土目視により泥土の堆積が認められた場所を選定した。(図 2-2-1 参照)

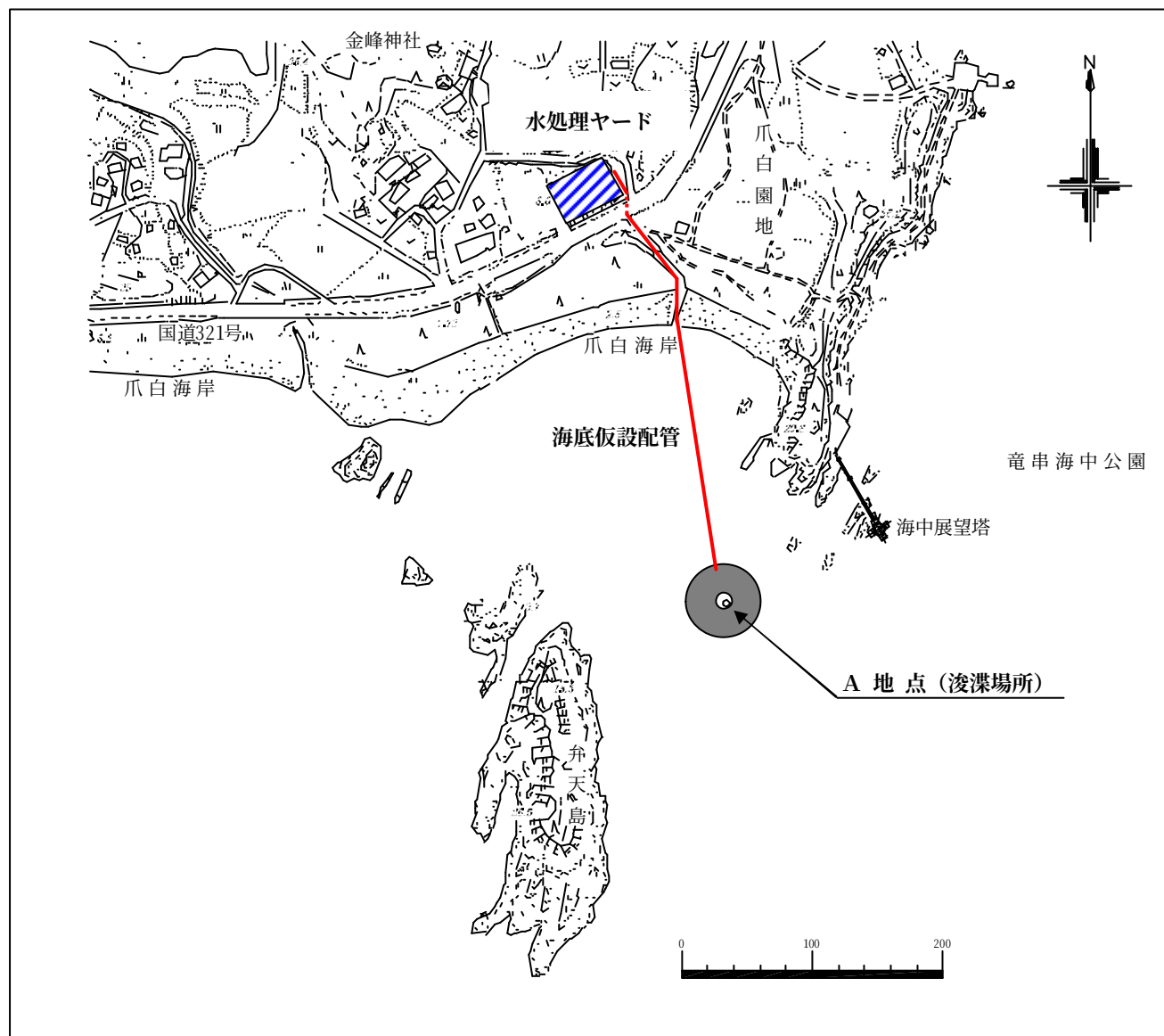


図 2-2-1 浚渫場所

2.3. 浚渫工事工程

浚渫工事工程においては、以下に示す選定理由にもとづき「潜水土によるポンプ浚渫」を実施し、作業中に収集したデータ及び浚渫状況をもとに、浚渫作業能力等について考察し本浚渫工法の有効性について評価検討を行った。

2.3.1. 浚渫工法の選定

浚渫工法を選定する理由は、以下のように整理される。

海底に堆積した土砂を除去する方法としては、

- ① グラブ船やポンプ浚渫船など大型の重機類による浚渫方法
- ② エアリフトやバキューム、サンドポンプなどを使用した潜水土による浚渫工法

に大別される。

①による方法は浚渫速度が速いものの除去対象となる土砂の厚さが比較的薄い場合や、丁寧な除去を要求される場合には不向きな方法である。

今回の場合、その堆積土砂の状況（水深、厚さ、範囲）において、とりわけ周辺にサンゴが広がっている状況を踏まえ、より適切な堆積土砂の除去方法として、

- ② 潜水土による排砂ポンプを使用した浚渫工法

を選定した。

2.3.2. 浚渫方法

今回採用した潜水土による排砂ポンプを使用した浚渫工法は、以下の内容である。

- 排砂ポンプ（横型水中サンドポンプ）を海底に設置、潜水土により直接目視を行いながらサクションホースにて堆積土砂を吸引した。
- 吸引された土砂は海底および陸上の仮設配管ホースにより流体移送され陸上の水処理ヤードまで移送・排出した。
- 今回は移送距離が比較的長く、移送能力を補う為のブースターポンプを仮設配管の途中に設置した。
- 浚渫終了後、排砂ポンプおよび仮設配管はクレーン等により撤去した。
- ポンプの起動及び停止等の操作は、作業基地とした台船上の作業基地において行った。
- 特に作業潜水土と台船上の作業基地にいる作業管理者は有線の水中電話により密に連絡を取りながら、排砂ポンプの起動・停止ならびに起重機類の運転状況の確認、または浚渫作業状況の確認等を行った。

浚渫作業のイメージを図 2-3-1 に示す。また、代表的な使用機器のリストを表 2-3-1 に示す。

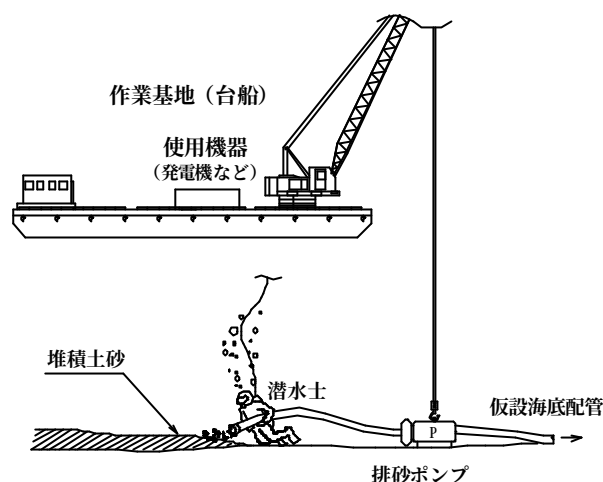


図 2-3-1 浚渫イメージ

表 2-3-1 機器リスト

項目	仕様	数量	単位
排砂ポンプ 【台ブースターに使用）	150A、22kW 揚程 10m 揚水量 2.5m ³ /min	2	台
キャップタイヤケフル	100m	1	式
フレキシブルホース （仮設配管）	150A、20m/本	25	本
発電機	60KVA	2	台
スイッチボックス		2	台
潜水器具		1	式

2.3.3. 潜水方法

今回採用した潜水方法は一般的に潜水工事に用いられるフーカー式潜水方式である。

フーカー潜水では潜水者の装備がスクーバ式潜水とほぼ同じであるが、大きく異なる点は呼吸用の高圧空気タンクを携行しないことである。送気は船上から送気ホース（フーカーホース）を介して行われる。水中ではスクーバ式潜水とほぼ同じように機動性のある行動がとれる。

2.3.4. 試験内容

(1) 浚渫場所

浚渫場所は、浚渫対象とする泥土の堆積が潜水土により確認された、図 2-2-1 に示す A 地点周辺を選定した。

(2) 浚渫期間及び浚渫時間

浚渫期間は、水処理試験等に合わせ延べ 3 日間実施した。ここでは浚渫 1 日目～3 日目までを試験番号 NO.1 から No.3 としている。(表 2-3-2 参照)

また作業は、浚渫排水により陸上に設置された仮設水槽が満水(約 150m³)となった時点で、浚渫を終了した。

したがって、浚渫時間は仮設水槽が満水になるまでの時間となっている。

表 2-3-2 試験番号

試 験 番 号	試 験 日	浚 渫 時 間
NO.1	1日目	陸上仮設水槽が満水になるまで
NO.2	2日目	陸上仮設水槽が満水になるまで
No.3	3日目	陸上仮設水槽が満水になるまで

(3) データの収集

収集した浚渫データは表 2-3-3 の通りである。

表 2-3-3 収集データ項目

収集データ項目	内 容	方 法
浚渫時間	浚渫実施時間	浚渫時間の記録
浚渫形状	浚渫した箇所の概略形状	浚渫形状を潜水土により確認
浚渫排水の懸濁物量	10分間隔の浚渫排水のSS	浚渫開始後10分間隔にて浚渫排水を採水し、そのSSを分析
堆積土の鉛直状態	堆積泥土の鉛直方向の状態の確認	潜水土による目視観察

2.3.5. 試験状況

(1) 浚渫状況

浚渫工程の状況を写真 2-3-1～写真 2-3-10 に示す。



写真 2-3-1 アンカーリング作業



写真 2-3-2 120t 吊クレーン付台船



写真 2-3-3 潜水準備



写真 2-3-4 作業前打合せ



写真 2-3-5 排砂ポンプ投入

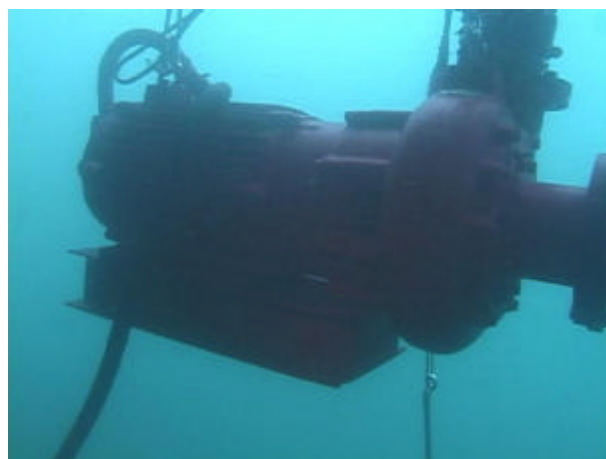


写真 2-3-6 排砂ポンプ設置



写真 2-3-7 浚渫状況



写真 2-3-8 浚渫状況



写真 2-3-9 水中電話による潜水土との交信



写真 2-3-10 浚渫排水サンプリング

(2) 浚渫場所の海底状況

浚渫地点及び周辺の海底状況を写真 2-3-11～写真 2-3-16 に示す。



写真 2-3-11 海底状況（浚渫後）



写真 2-3-12 海底状況（浚渫後）

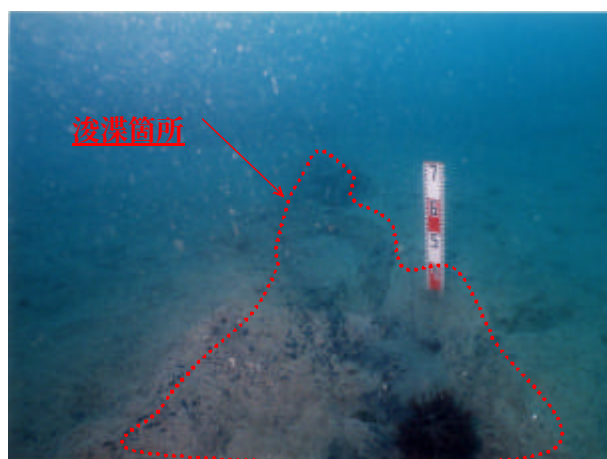


写真 2-3-13 海底状況（浚渫後）

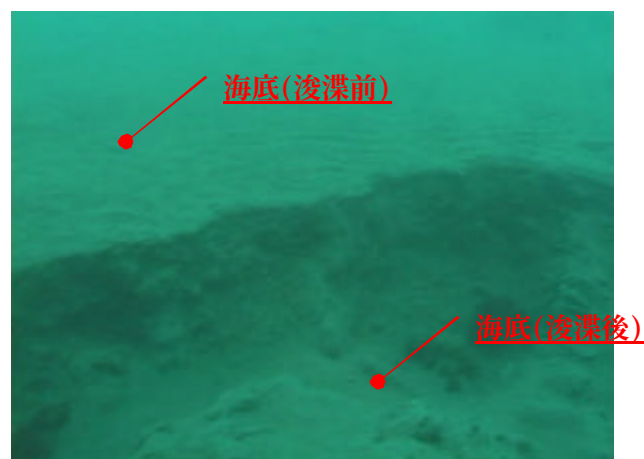


写真 2-3-14 海底状況（浚渫後）



写真 2-3-15 海底状況（スリパチサンゴ）



写真 2-3-16 海底状況（シコロサンゴ）

(3) 使用機器

浚渫工程にて使用した機器類を写真 2-3-17～写真 2-3-22 に示す。



写真 2-3-17 排砂ポンプ
(150A, 22kW, 200V)



写真 2-3-18 発電機
(60KVA)

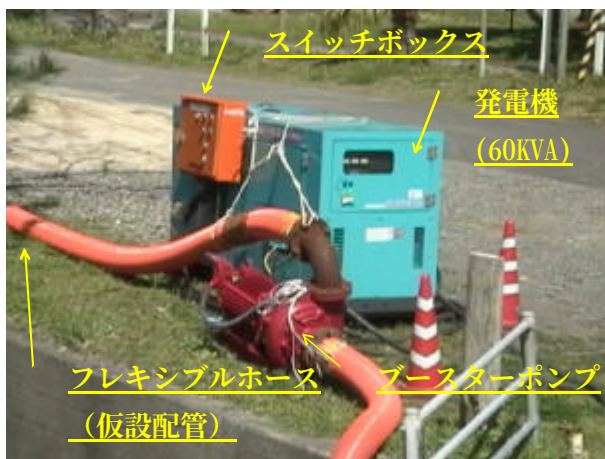


写真 2-3-19 ブースターポンプと発電機
(150A, 22kW, 200V), (60KVA)



写真 2-3-20 予備タンク用コンプレッサー
キャプタイヤケーブル



写真 2-3-21 フーカー用コンプレッサー



写真 2-3-22 潜水機材 (レギュレーター他)

2.3.6. 試験結果

(1) 浚渫状況

浚渫試験 1 日目 (N0.1)、2 日目 (N0.2) は、浚渫対象物を表層に堆積した泥土とした。よって、図 2-3-2 に示すようにサクシジョンのヘッド部を直接堆積土砂中に挿入せず作業を実施した。

今回浚渫を行うような場所では、浚渫の際に玉石やサンゴの死骸、沈木等大型の雑介物が排砂ポンプに流入することがある。仮に排砂ポンプのインペラーにそれらの流入物が詰まると、ポンプは停止する可能性が高い。

まず浚渫試験 N0.1、N0.2 においては、堆積物中にサクシジョンヘッドを直接挿入せず作業することにより、これら大型の雑介物が流入しないよう確認しながら作業を進めた。そのためポンプ停止等のトラブルは発生することなく順調な連続作業が可能であった。

これに対し、浚渫試験 N0.3 においては、図 2-3-3 に示すよう堆積土砂中にサクシジョンヘッドを直接挿入し作業を実施した。そのため表層の土砂より下側に混じっている砂礫等を多く吸込む結果となり、浚渫作業中に合計 2 回のポンプ停止が発生し、排砂ポンプの一部を解体しインペラーに詰まった玉石の除去清掃を実施した。

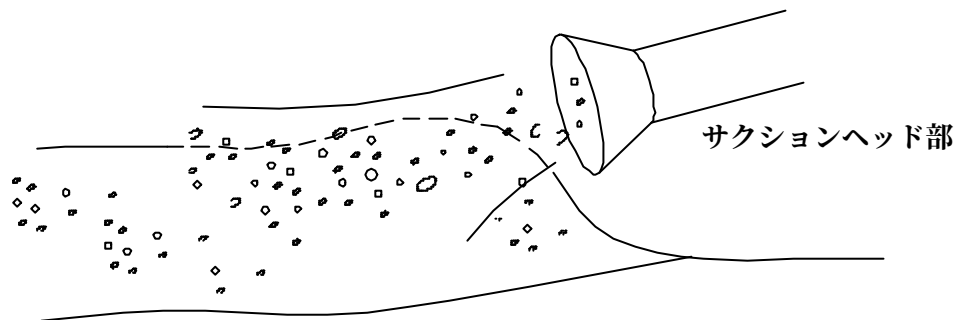


図 2-3-2 サクシジョンヘッド部のイメージ
(堆積物に挿入しない場合)

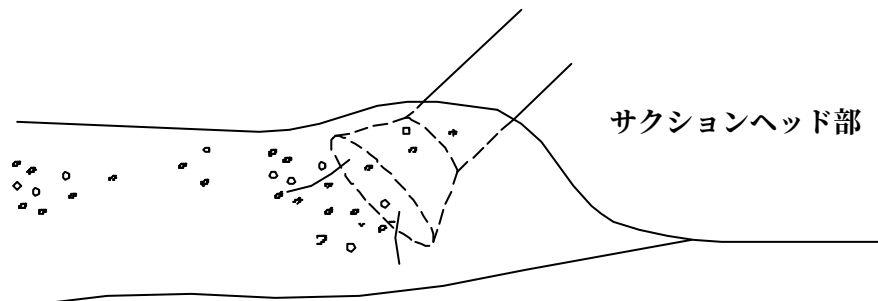


図 2-3-3 サクシジョンヘッド部のイメージ
(堆積物に挿入する場合)

(2) クレーン付台船の作業状況

今回の浚渫試験における作業基地としては、120t 吊りクレーン付台船を使用した。クレーン付台船では仮設配管の布設・撤去に使用した他、排砂ポンプの移動、回収及びサクショ側配管の移動等を実施した。

仮設ホース1本あたり(20m)の重量は約140kg、排砂ポンプの重量は約300kgであることからクレーンの作業半径を考慮し、当初は50t 吊クレーン付台船の使用を計画していた。しかしながら今回の試験期間中に手配可能なクレーン付台船は120t 吊であり、計画より大型のものを使用する結果となった。その形状は図2-3-4の通りである。

作業台船は、土佐清水港を基地としているため、試験当日に航路の海象条件を確認し、土佐清水港から2時間～2時間30分かけて浚渫場所に到着する段取りとなった。さらに現地到着後、船体を固定するためのアンカーリング作業に1時間～2時間を必要とした。したがって台船が出港後、浚渫を実施するまでの時間は平均すると3時間00分から4時間30分程度を要する結果となった。

なお浚渫地点は港湾区外であること、航路掘り等の設定が無く、岩礁による瀬が多く張出し座礁等の事故の恐れがあることから、当海域に精通した地元の漁業関係者に水先案内を依頼し、浚渫場所に作業台船をセットすることとした。

作業台船をアンカーリング固定する際も、投錨地点やアンカーライン上にサンゴが生息していないことを確認して投錨位置を設定した。また投錨地点のうち海浜部の海底は玉石地盤であり、アンカーとしての把駐力（把駐力：アンカーの最小水平抵抗力）は十分期待できる状態ではなかった。（図2-3-5参照）

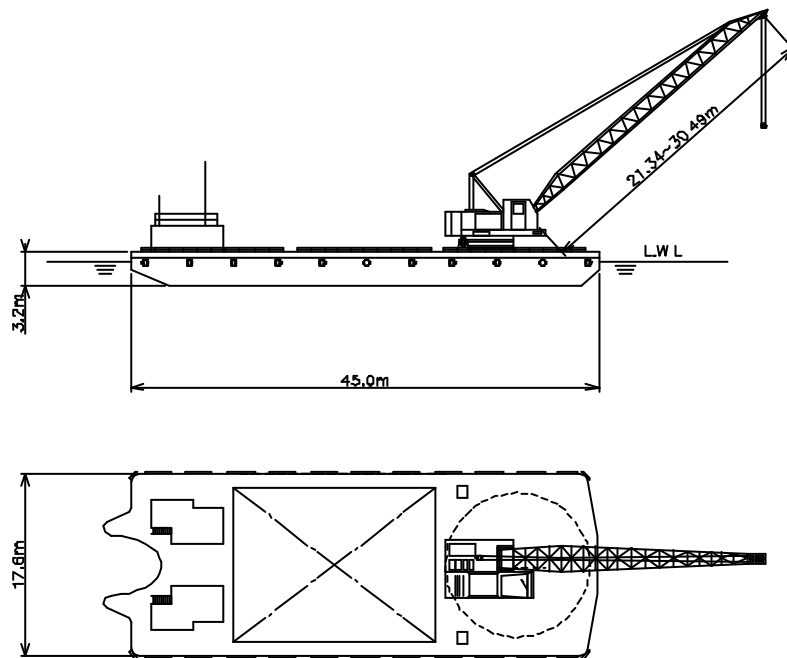


図 2-3-4 120t 吊クレーン付台船概略図

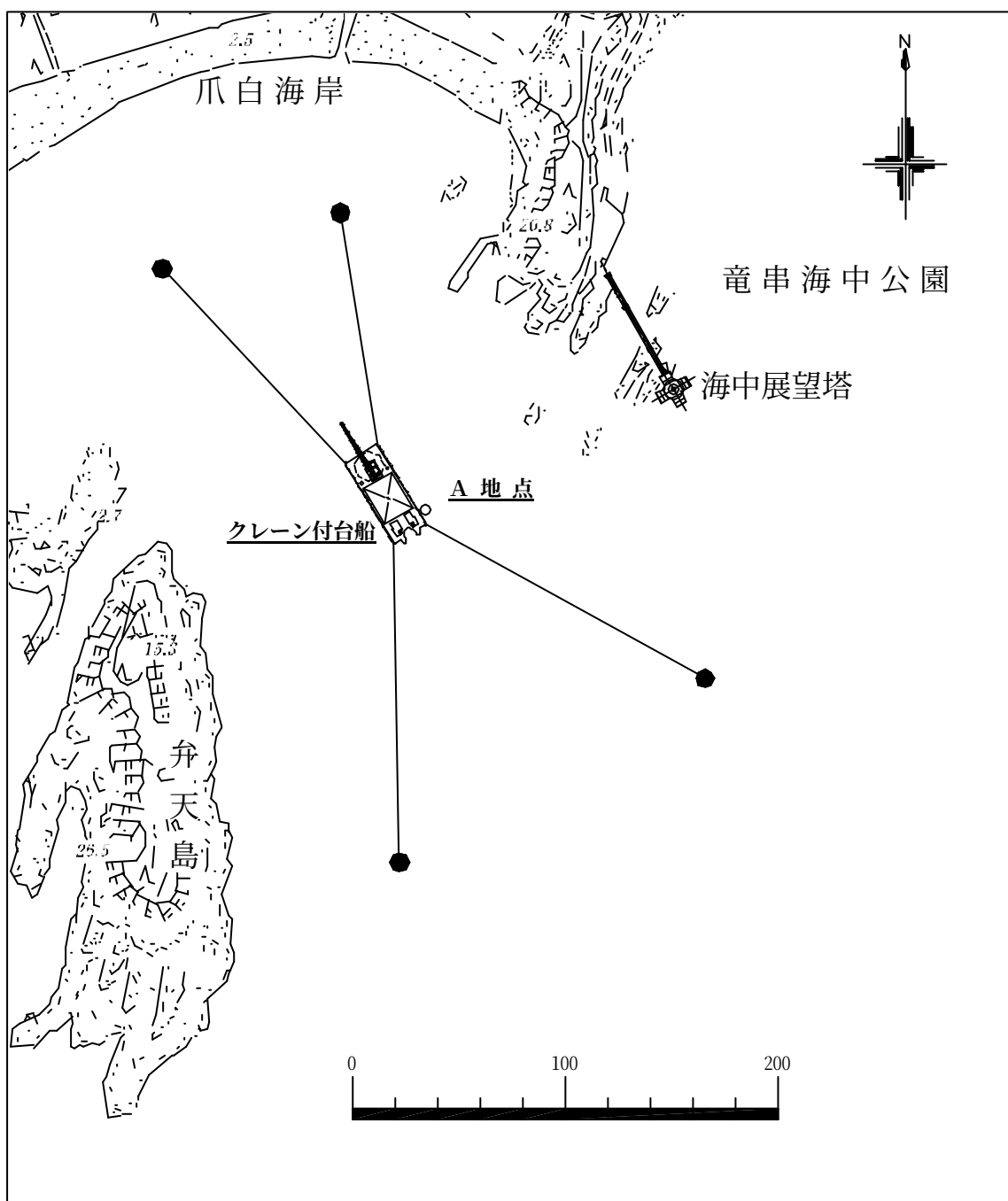


図 2-3-5 アンカーリング概略図

(3) 浚渫時間及び浚渫形状

浚渫時間及び浚渫を実施した地山の掘削形状（幅W、長さL、深さh）を表 2-3-4 及び図 2-3-6 に示す。

浚渫時間の増加に伴い浚渫量（V）は増加している。また、試験番号 No.3 の浚渫量が No.1,2 に比較して倍増しているのは、浚渫方法（サクションホースの挿入有無）によるところが大きい。

表 2-3-4 浚渫時間と浚渫量

試験番号	浚渫量				浚渫時間
	W (m)	L (m)	h (m)	V(m ³)	(min)
NO.1	2.5	11.0	0.3	8.3	35
NO.2	4.0	6.0	0.4	9.6	37
NO.3	7.0	7.0	0.4	19.6	40

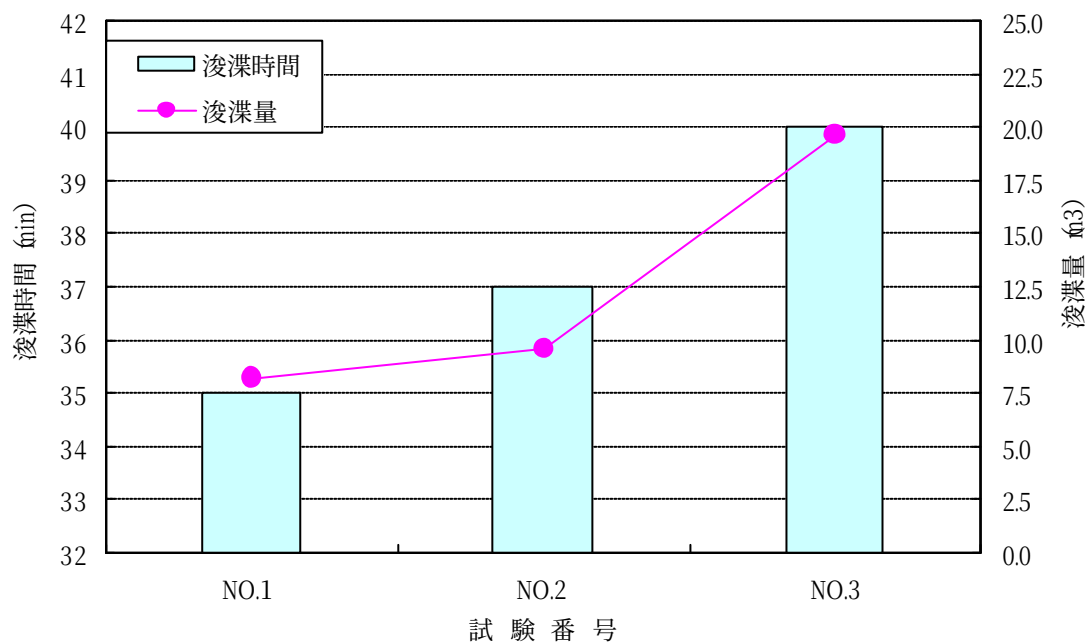


図 2-3-6 浚渫時間と浚渫量

(4) 浚渫排水の懸濁物量 (SS)

浚渫排水に含まれていた懸濁物量 (SS ; Suspended Solid) の分析結果を表 2-3-5 と図 2-3-7 に示す。

浚渫排水は、浚渫開始後から浚渫終了まで 10 分間隔で陸上仮設水槽入口部においてチューブ採水し、室内分析を実施したものである。

浚渫排水に含まれる土砂の割合すなわち含泥率は、玉石等の混在物の量も含まれ、厳密にはチューブ採水で補足出来ないが、ここでは SS 含泥率として評価している。含泥率は潜水土の浚渫状況に大きく影響を受け、浚渫時間中のデータの増減が大きい。

また、表層土砂のみを対象とした No.1 及び No.2 と、中層以深までを対象とした No.3 の試験ケースでは、含泥率に大きな差異が見られる。

表 2-3-5 浚渫排水の懸濁量

試験番号	試料名	SS (mg/L)	含泥率 %	平均値 %
NO.1	浚渫排水 0分	30,000	3.0	1.8
	// 10分	15,000	1.5	
	// 20分	14,000	1.4	
	// 30分	12,000	1.2	
	// 35分	18,000	1.8	
NO.2	浚渫排水 0分	16,000	1.6	1.0
	// 10分	7,600	0.8	
	// 20分	6,000	0.6	
	// 30分	9,200	0.9	
	// 37分	9,500	1.0	
NO.3	浚渫排水 0分	10,000	1.0	3.5
	// 10分	42,000	4.2	
	// 20分	29,000	2.9	
	// 30分	38,000	3.8	
	// 40分	56,000	5.6	

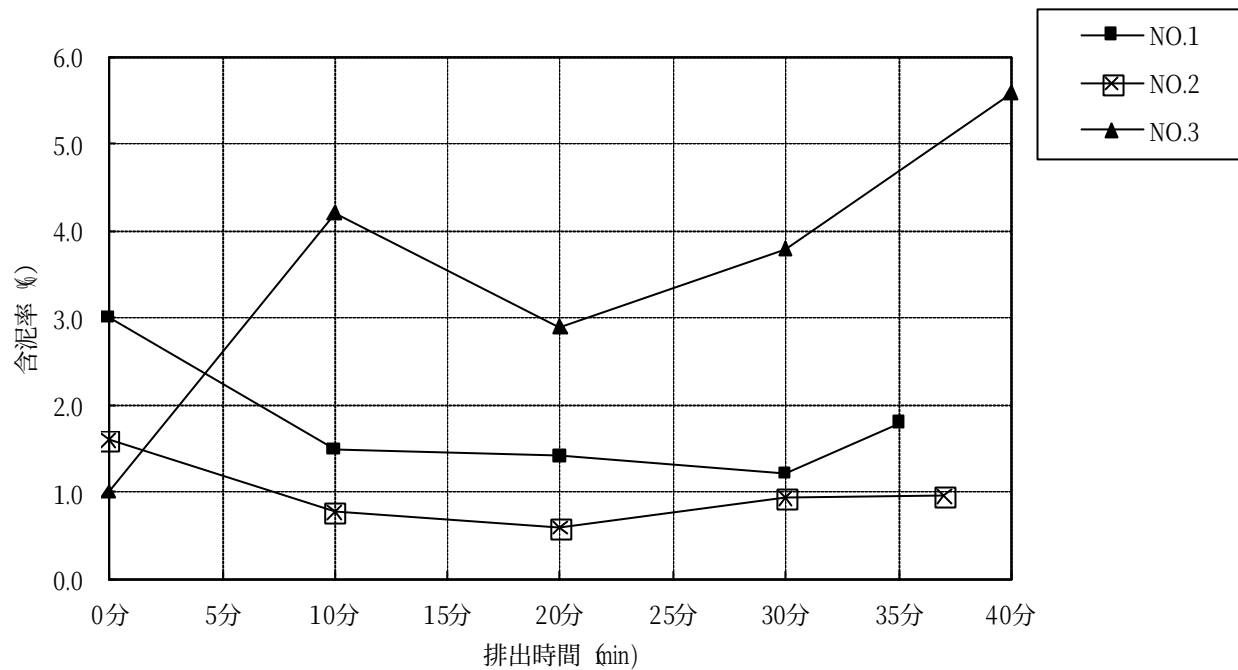


図 2-3-7 含泥率の経時変化

(5) 堆積土の鉛直状況

① 堆積物の性状

浚渫対象としている海底の表層には、写真 2-3-23 に示すような泥土が堆積している。写真 2-3-24 は水処理水槽 (NO.4) に堆積していたもので、粒度分析の結果(詳細は 3 章)ほとんどの成分がシルト ($\phi 0.005\text{mm} \sim 0.075\text{mm}$) および粘土 ($\phi 0.005\text{mm}$ 以下) であった。(図 2-3-8 参照)

また、その下層には写真 2-3-25 に示すように砂・礫混じりの泥土が確認された。写真 2-3-26 は水処理水槽 (NO.1) の浚渫排水の流入口直下に堆積していたもので、泥土に混ざっている砂・礫と判断される。それらは粒度分析結果 (図 2-3-9 参照・詳細は 3 章) において $\phi 19\text{mm}$ 以下の礫及び砂から構成されている。写真 2-3-27、写真 2-3-28 には潜水土により浚渫対象海域よりサンプリングされた堆積土砂を示す。また浚渫を実施した潜水土にヒアリングしたところ、現地に点在するものとしては $\phi 50\text{mm} \sim 100\text{mm}$ 程度の大きな玉石の他、サンゴの死骸や木の枝葉なども確認されている。(写真 2-3-29、写真 2-3-30 参照)

② 堆積物の厚さ

今回試験にて浚渫した箇所の堆積厚さは、場所によって多少状況が異なるものの、平均して $30\text{cm} \sim 50\text{cm}$ 程度であった。(写真 2-3-31、写真 2-3-32 参照) また表層には泥土が、その下は前述したように砂礫・玉石等が混在する構成となっている。

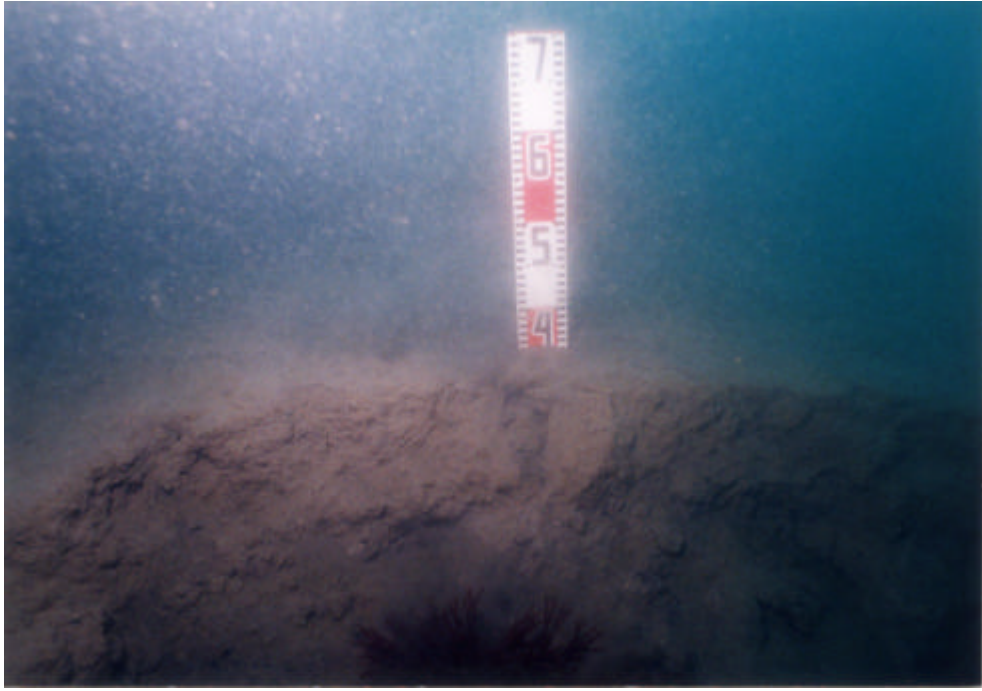


写真 2-3-23 堆積土砂状況(泥土)



写真 2-3-24 水处理水槽堆積物（泥土）

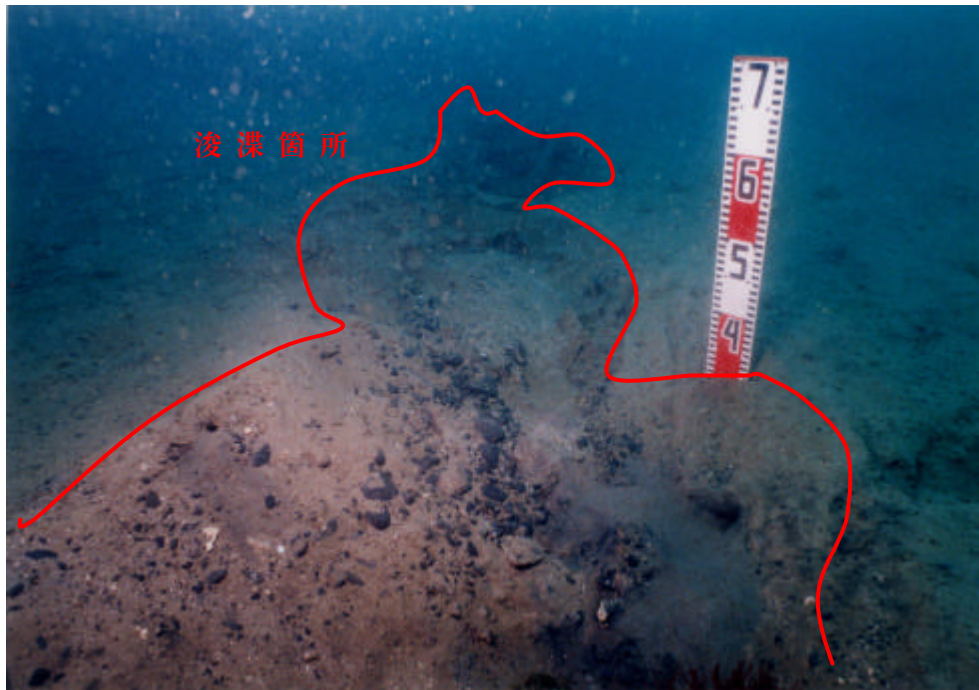


写真 2-3-25 堆積土砂状況(砂・礫雜じり泥土)



写真 2-3-26 水处理水槽堆積物（礫・玉石）

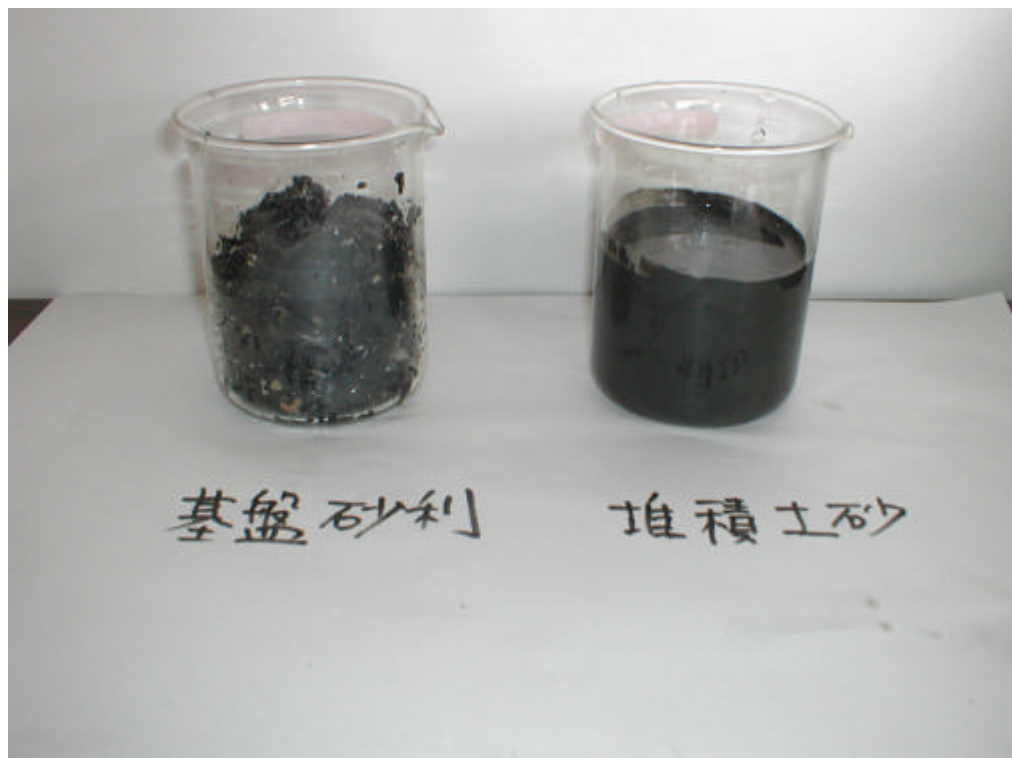


写真 2-3-27 堆積土砂状況
(左：基盤砂礫・右：泥土、潜水土によるサンプリング)



写真 2-3-28 堆積土砂状況(潜水土によるサンプリング)

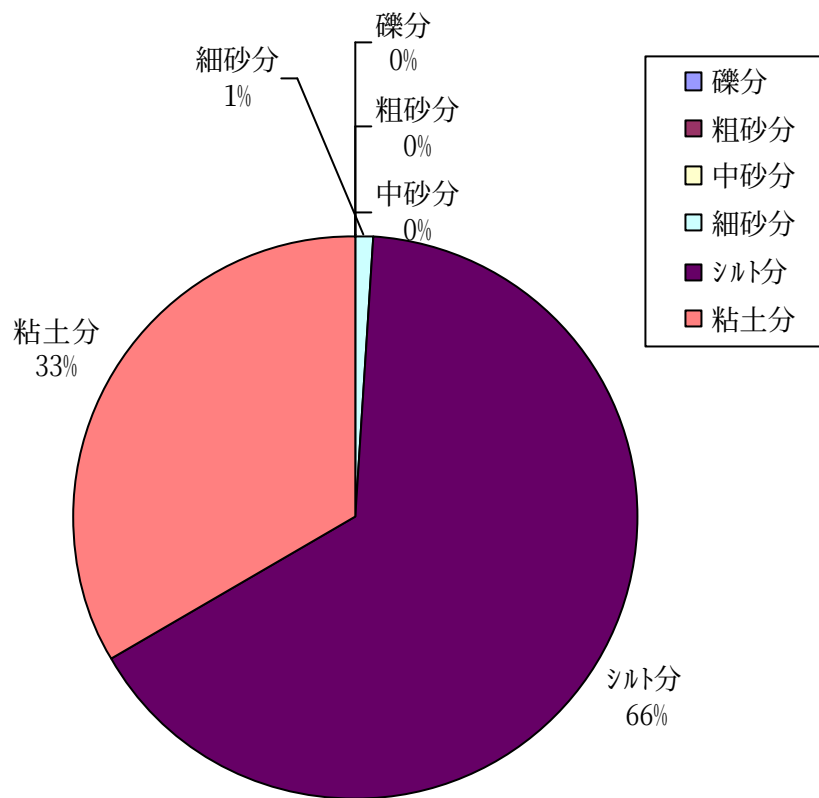


図 2-3-8 水処理水槽 (N0.4) 堆積土の粒度分布

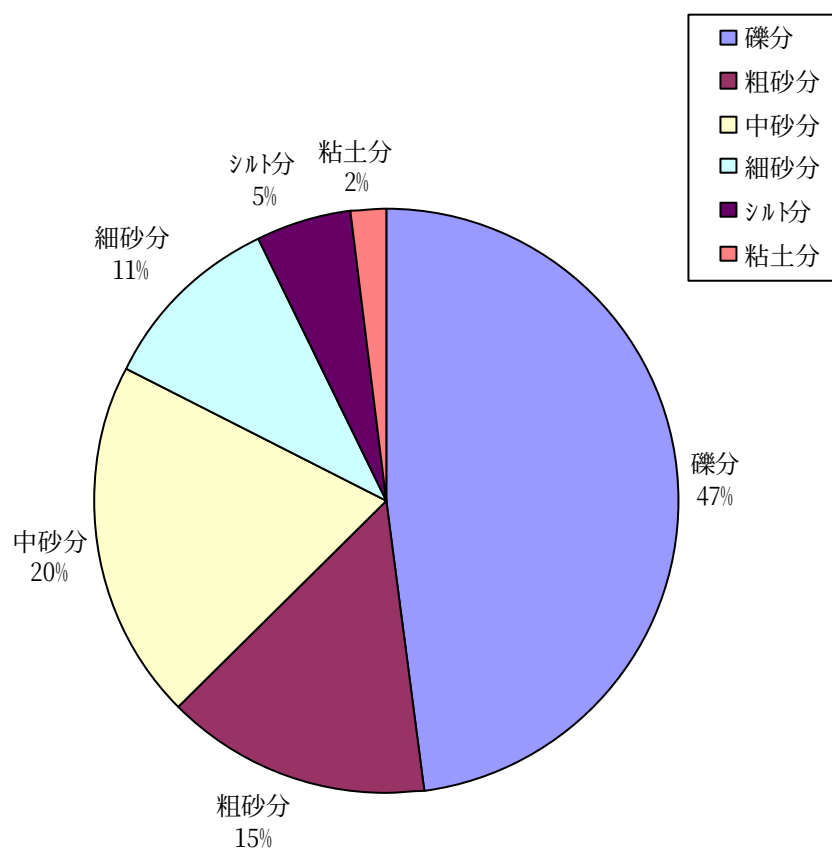


図 2-3-9 水処理水槽 (N0.1, 溢流排水流入口直下) 堆積土の粒度分布



写真 2-3-29 浚渫状況（サンゴの死骸の排除）



写真 2-3-30 浚渫状況（枝等の排除）

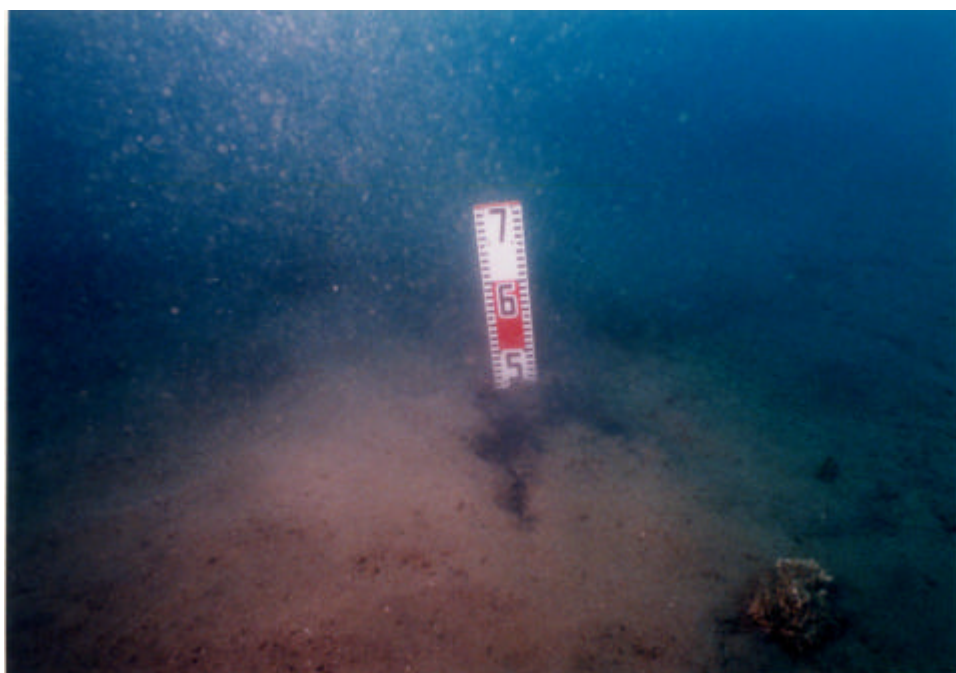


写真 2-3-31 堆積土砂状況(泥土、堆積厚約 45cm)

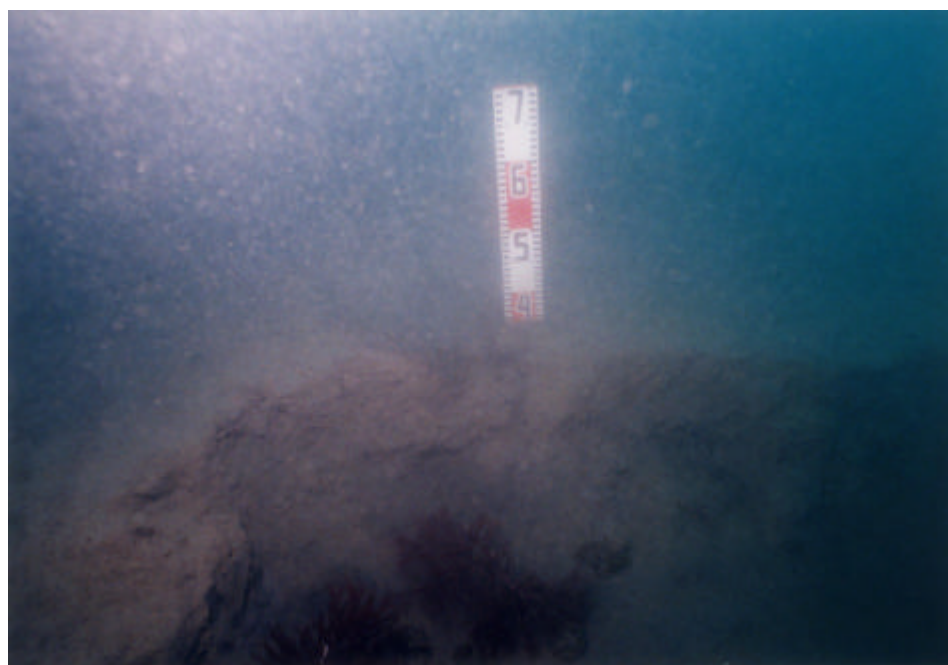


写真 2-3-32 水処理水槽堆積物（泥土、堆積厚 35cm）

2.3.7. 試験考察

(1) 浚渫効率

浚渫時間と浚渫量(表 2-3-4)から、浚渫工事の効率すなわち浚渫速度 (m^3/min) を算定した場合、表 2-3-6 のように整理される。

また、表 2-3-6 に平均含泥率と浚渫排水の流量を示す。浚渫排水の流量は、浚渫排水の総排水量を 150m^3 (陸上仮設水槽容量) と仮定して算定した。

図 2-3-10 は、表 2-3-6 の結果から浚渫効率、浚渫排水流量及び含泥率の関係を示したものである。

この結果において、含泥率の増加に応じ浚渫効率は増加している。これは試験番号 N0.1、N0.2 にてサクシンのヘッド部を地山に直接挿入せず (表 2-3-6 備考)、表面の泥土のみを採取するように心掛けた結果、周囲の海水をより多く連行取水したことにより含泥率が低く、浚渫効率も低くなっているものと判断される。

これに対し、試験 N0.3 のようにヘッド部を地山に直接挿入した場合、高い含泥率が得られ浚渫効率も向上している。しかしながら、後者のようにヘッドを地山に直接挿入することにより今回試験でも発生したような、玉石等の混入物によるポンプ停止というリスクが増加するなど、その両者はトレードオフの関係にある。

また浚渫排水を配管にて流体移送する際、含泥率が増すに連れ輸送される流体の抵抗(粘性)が増加する。それと共に流体の見掛け比重も大きくなるため、移送に伴うロス(損失水頭)が増加し、浚渫排水の流量が低下する。その結果、移送能力が低下することで、さらに配管中に固形物が詰りやすくなりポンプ停止割合も高くなる。

したがって、特に配管延長が長くなる場合などポンプの能力低下を補うために、中継用のブースターポンプを設置するのが一般的となる。

類似の浚渫工法にて土砂ピット等の排泥作業を実施する場合の含泥率は、一般的に 3%~5%程度で計画されている。

今回の場合、試験 N0.3 の含泥率は 3.5%とほぼ一般的な数値レベルを示している。この場合、玉石等の混入によりポンプが停止する場合があるため、サクシンヘッド部にストレーナー(網)を設けるなどの改善策を検討する必要がある。

また、土砂ピット等の排泥作業の場合、工事の目的からピット内の堆積土砂は全て取り除くのが一般的である。しかしながら、本試験海域のように、泥土の中に砂礫や玉石、サンゴの死骸など浚渫対象とする必要がないものが混在している場合、試験 N0.1、N0.2 にて実施したように、浚渫効率は低下するものの泥土のみを選択的に浚渫する方法も検討対象となってくる。

表 2-3-6 浚渫効率

試験番号	浚渫効率	平均含泥率	浚渫排水流量	備考
	m ³ /min	%	m ³ /min	浚渫状況
NO.1	0.24	1.8	4.3	 ヘッドを挿入しない
NO.2	0.26	1.0	4.1	 ヘッドを挿入しない
NO.3	0.49	3.5	3.8	 ヘッドを挿入する

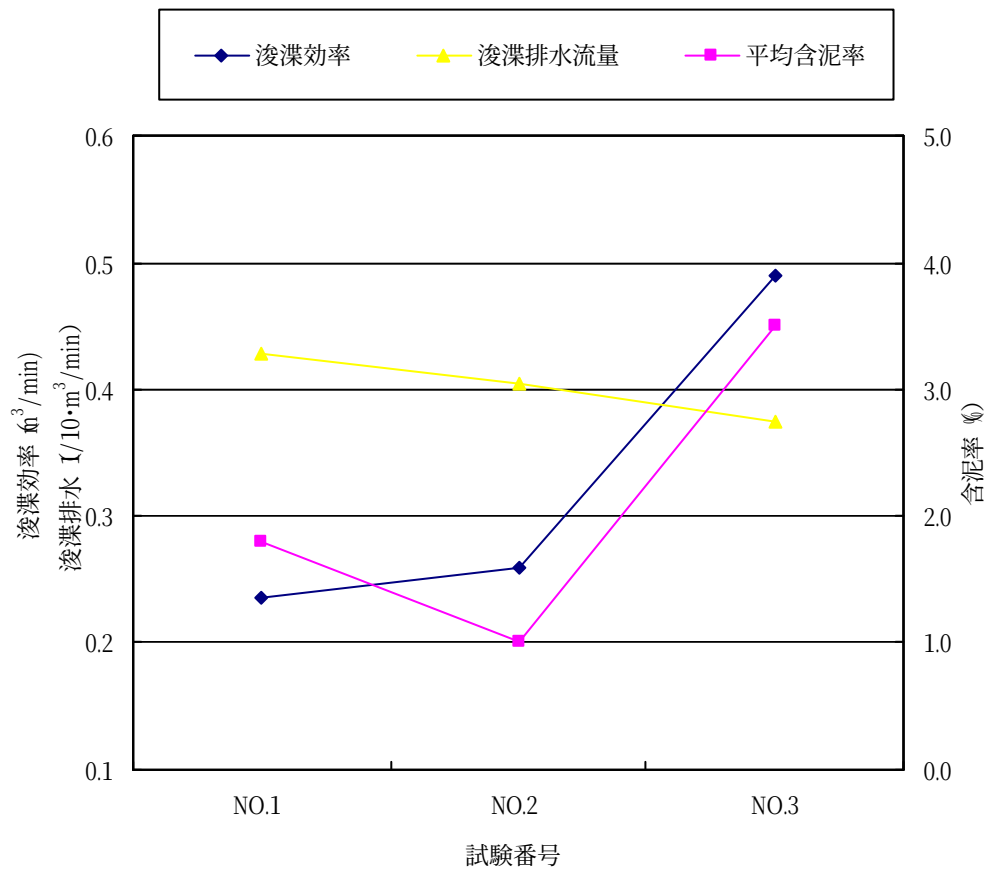


図 2-3-10 浚渫効率と含泥率と浚渫排水の関係

(2) クレーン付作業台船の作業性

今回、海上の作業基地として使用したクレーン付作業台船は、土佐清水港を基地としているため、基地から試験海域までの移動（回航）時間及び船体の固定等の準備作業の時間を合わせると合計約 4 時間を必要とした。

また、浚渫終了後の帰港を含めると移動と準備に最低でも 6 時間程度を必要とした。今後事業化を想定した場合、船の回航、作業準備に時間を費やすほど浚渫作業時間が短縮され、作業効率が低下する。従って今回と同条件では作業時間が短く基本的に難しいものと考えられる。よって作業船としては、現場に停泊できるもの若しくは対象海域から近い漁港等でも係船可能な船舶の手配が必要課題と考えられる。

また、対象とする海域は岩礁等による瀬が多く張出しており座礁等の危険性が高い。よって、船長又は水先案内をする者が対象海域の海底状況を熟知していると共に、操船性の良い船を選定する必要があるものと考えられる。

なお作業中の船舶の固定方法については、海底が玉石であること、サンゴが点在していることについても十分に配慮する必要がある。

(3) 堆積物の状況

試験結果(5)より、浚渫海域の堆積物は、泥土のみの部分または砂礫・玉石、サンゴの死骸及び木の枝葉等が泥土に混入している部分などがある。また堆積厚さも 30cm～50cm 程度の場所から、点在するサンゴに薄く積もったものまで様々な状況となっている。（写真 2-3-33、写真 2-3-34 参照）

したがって対象海域の浚渫は、上記のような状況を踏まえた、柔軟的で選択的な工法の検討が必要と考えられる。

そのため、試験考察の(1)にて述べたサクションヘッドの挿入状態など、潜水土の浚渫方法や、サンゴ上、サンゴ周辺に積もった泥土を取り除くための小型ポンプの使用、サンゴ等を傷めないサクションヘッドの形状等の検討が今後の課題と考えられる。



写真 2-3-33 堆積土砂状況(サンゴ上)



写真 2-3-34 堆積土砂状況 (サンゴ周辺)

2.4. 仮設工事工程

浚渫した土砂を陸上に設けた水処理ヤードまで移送するために、海底および陸上部に仮設の配管工事を実施した。ここではその仮設配管の布設・撤去の工事および浚渫中の配管状況について記述するものとする。

また、仮設配管工事における課題点等を抽出し今後の対策等について検討する。

2.4.1. 仮設配管仕様

仮設配管の仕様は表 2-4-1 の通り。

表 2-4-1 仮設配管仕様

仮 設 配 管 仕 様		備 考
管 径	(呼称) 150mm (6インチ)	
材 質	PVC製	軟質PVC製の管を硬質PVCの補強 コードにて補強
1本当りの長さ	20m	
重 量	約140kg/本	重量にはフランジ重量含む
特 徴	耐圧性能 フレキシブル性	

2.4.2. 仮設配管ルート及び配管延長

仮設配管のルートは図 2-2-1 の通りである。

海中部は浚渫地点（A 地点）より爪白海岸に流れ込む井出口川河口まで、障害物を避けながらほぼ直線ルートに布設した。また、陸上部は井出口川河口から水処理ヤードまで、井出口川沿いに布設した。なお途中の国道 321 号線は道路下部の暗渠内（コンクリートカルバート）に布設し横断を実施した。

なお、配管の総延長は、460m（陸上部：160m、海中部：300m）であった。

2.4.3. 配管布設・撤去方法

① 陸上部

仮設配管は、45 t 吊のレッカーとクレーン付トラックを用い布設及び撤去を行った。

なお海岸部は重機類の進入が困難であったため、作業員による人力作業により配管作業を実施した。

また、国道 321 号線の横断部は、あらかじめ呼び込み用のワイヤーを暗渠内に通し、ワイヤーの片側に配管を固縛、その逆端をレッカーにて引き込む方法により配管の布設を実施した。

② 海中部

仮設配管は、120 t 吊クレーン付台船及び、揚錨船を用い潜水土にて水中布設を実

施した。台船の作業可能な水深ではクレーンを使用し、それ以浅は揚錨船を使用した。

配管の布設ルートは、あらかじめ潜水土によりサンゴ等の障害物の有無を確認し、障害物があるルートを避けるよう配慮している。なお、配管は自重（管内満水）による自然着底方式により海底面に布設した。

また配管の撤去は、クレーンにて配管を回収した。浅海部は、クレーンにて配管を沖へ引出しながら回収する方法とした。

120 t 吊クレーン付台船による仮設配管の布設および撤去イメージを図 2-4-1 に示す。

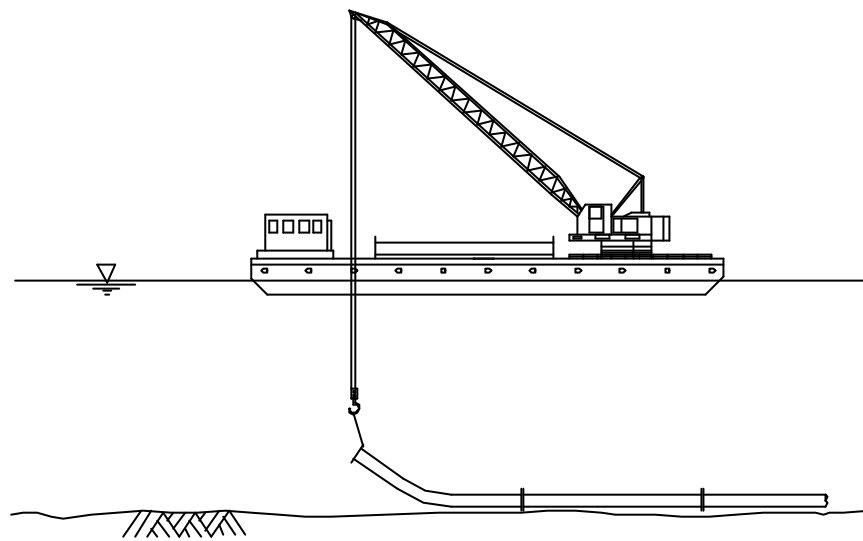


図 2-4-1 仮設配管の布設イメージ

2.4.4. 仮設配管の布設・撤去状況写真

(1) 陸上部

陸上部における仮設配管の布設及び撤去状況を写真 2-4-1～写真 2-4-10 に示す。



写真 2-4-1 仮設配管搬入



写真 2-4-2 仮設配管仮置き



写真 2-4-3 仮設配管仮置き状況



写真 2-4-4 仮設配管布設状況



写真 2-4-5 仮設配管布設状況



写真 2-4-6 暗渠（パイプカルバート）部



写真 2-4-7 仮設配管布設状況



写真 2-4-8 仮設配管布設状況



写真 2-4-9 仮設配管撤去状況



写真 2-4-10 仮設配管撤去状況

(2) 海中部

海中部における仮設配管の布設及び撤去状況を写真2-4-11～写真2-4-25に示す。



写真 2-4-11 仮設配管
(フレキシブルホース,6 インチ)



写真 2-4-12 揚錨船へ積み込み



写真 2-4-13 仮設配管布設状況



写真 2-4-14 仮設配管布設状況



写真 2-4-15 仮設配管布設状況



写真 2-4-16 仮設配管布設状況
(ジョイント部)



写真 2-4-17 仮設配管布設状況
(ジョイント部)



写真 2-4-18 仮設配管布設状況



写真 2-4-19 仮設配管布設状況



写真 2-4-20 仮設配管撤去状況



写真 2-4-21 仮設配管撤去状況

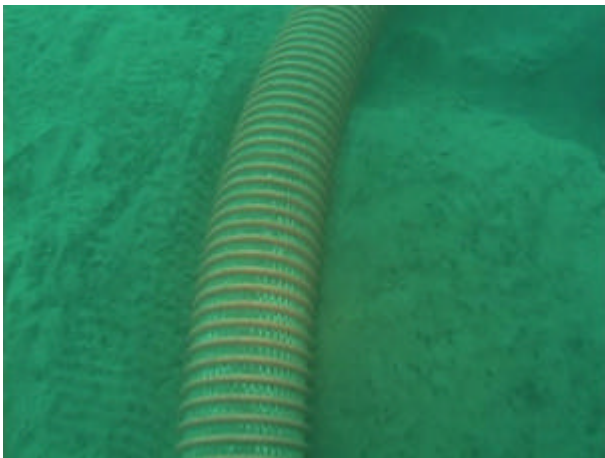


写真 2-4-22 仮設配管布設状況
(海底部)

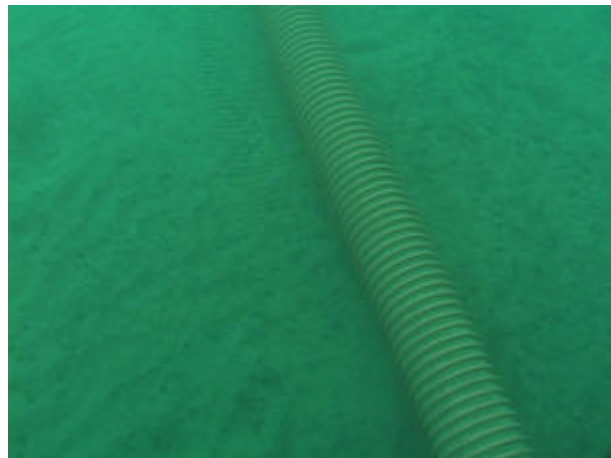


写真 2-4-23 仮設配管布設状況
(海底部)



写真 2-4-24 仮設配管撤去前状況



写真 2-4-25 仮設配管撤去後状況

2.4.5. 仮設配管の布設・撤去ならびに浚渫中の状況

① 布設・撤去状況

仮設配管の布設・撤去は、海象の影響を受けることなく順調に作業を終えた。

爪白海岸は海浜部及び浅海部にてクレーン等の重機類が近づくことは困難であったものの、浅海部は揚錨船を使用し、また海浜部は作業員による人力により布設・撤去を実施した。

布設には、陸上部にて 0.5 日、海中部にて 0.5 日程度の時間を要した。

撤去には、海中部が約 3 時間、陸上部にて 0.5 日程度の時間を要した。

② 浚渫中の状況

浚渫作業中、仮設配管は漏洩等の発生は生じることなく、順調に浚渫排水を陸上の水処理ヤードへ移送することが出来た。

仮設配管は、自重により海底に着底している状況であり、埋設、アンカー等による固定を施していない。そのことにより荒天時の波浪の影響による配管の移動・破損が懸念された。幸い今回の試験期間中は、荒天に見舞われる事は無かった。

なお今回の試験計画では、荒天時の対策として、万一の場合には仮設配管を撤去することを計画していた。これは、浚渫作業中にも配管の撤去可能なクレーン付台船が待機していること、海中部の配管延長距離が 300m程度で比較的短く、撤去に長時間を要さないことなどの理由による。

2.4.6. 仮設配管に関する課題点と対策

① 課題点

今回使用した仮設配管材は、PVC（軟質塩化ビニル）製であるためフレキシブル性に優れており、配管ルート上の曲がりや凸凹に柔軟な対応が可能であった。また鋼管等に比較して軽量であるため、布設・撤去時の作業性に優れている。

その反面、鋼管等に比べて強度が小さく、重量が軽いため、荒天時には波浪の影響を強く受けて配管が移動・破損する可能性も高くなる。今回の試験のように実施期間が短期である場合には、荒天になる確率は低いものの、将来の事業化において作業期間が長期にわたった場合、荒天に遭遇する確率が上昇し危険性が増す。さらに荒天になる度に配管を撤去、回収することは極めて非効率であると判断される。

したがって、

荒天時の仮設配管の保護方法

が課題点として抽出される。

② 対 策

具体的な対策としては、以下の方法が考えられる。

イ) 浚渫時期の選択：

年間を通して荒天に遭遇する可能性はあるものの、その遭遇確率の低い時期

を選択する。太平洋に面している対象海域は12月～2月の冬季期間が海象的に最も安定した時期である。

また浚渫時期の選択は仮設配管の保護という観点からだけではなく、浚渫作業の稼働・安定性という観点からも重要な要素である。

ロ) 緊急撤去：

今回の試験においても計画していた対策である。ただし前述のとおり荒天時の度に配管を撤去することは極めて非効率である。したがってこの対策を選択する際、配管を撤去し易い状態にしておく必要がある。

例えば、配管にフロートをつけ、浮かせた状態で布設・撤去及び浚渫を実施する。その場合、天候の良いときは、仮設配管を浮かせた状態でアンカー等を用い固定し、荒天時には速やかな撤去が可能となる。

ハ) 配管保護：

コンクリートブロックや部分的な埋設により仮設配管を保護、固定する方法である。但し、今回使用したフレキシブルホースは鋼管等に比べ強度が低い為、埋設深さ等について事前に検討しておく必要がある。

ニ) 仮設配管材質の変更：

仮設配管の材質を鋼管等に変更し、荒天時にも強度的に対応できるものにする方法である。但し、重量的に重いことから特に重機類の進入が難しい、海浜部及び浅海部の施工方法について事前に検討しておく必要がある。

2.5. 海底観察工程

弁天島東側の海底の状況について、潜水土による目視観察を実施した。以下に海底観察により確認された事項を示す。

2.5.1. 海底観察地点

海底観察を実施した地点は図 2-5-1 の P1～P6 周辺である。

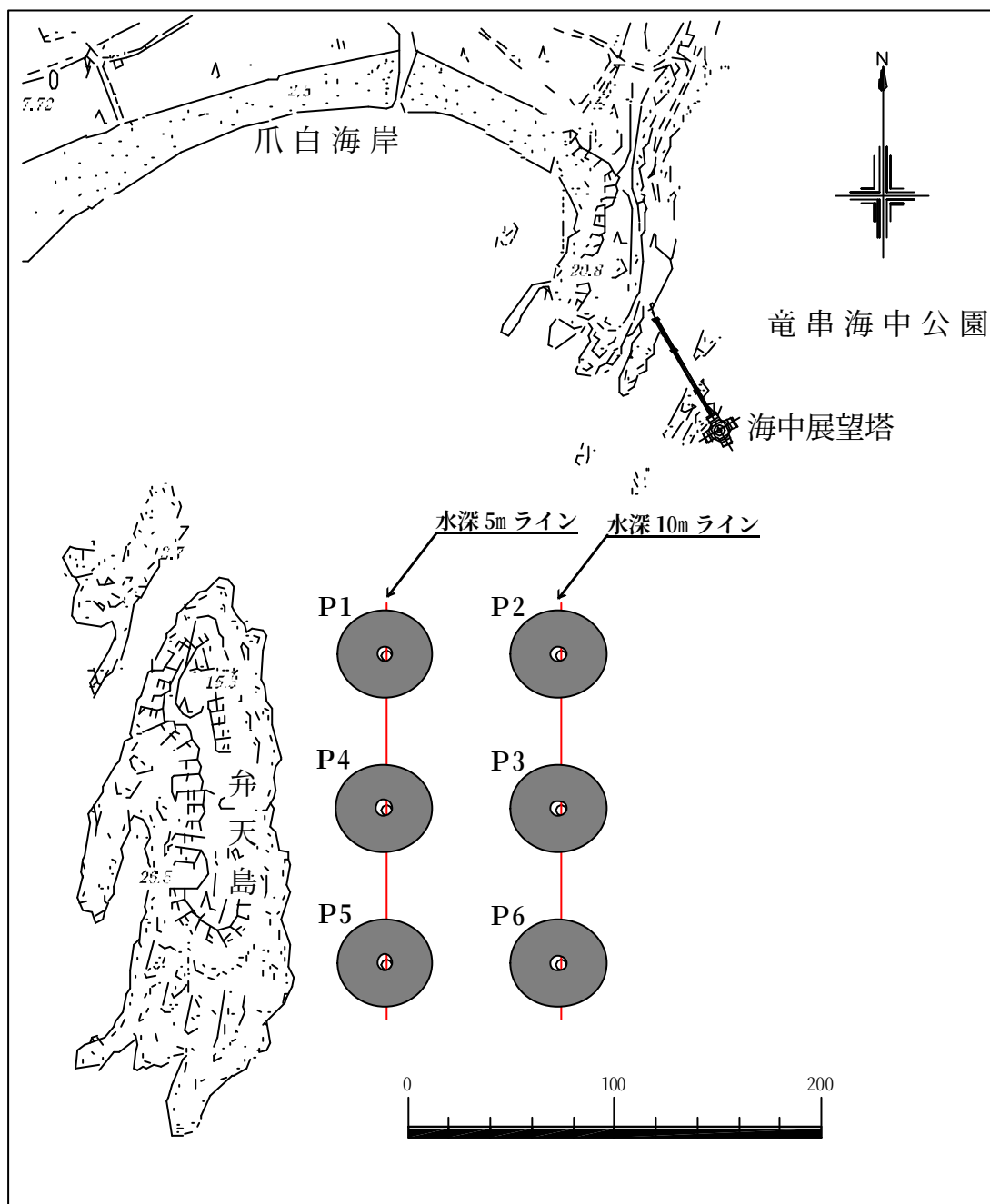


図 2-5-1 海底観察地点概略位置図

2.5.2. 観察方法

海底の観察は、潜士士の日視および水中ビデオ撮影により実施した。

2.5.3. 観察結果

(1) P1

P1 周辺の海底状況を写真 2-5-1～写真 2-5-5 に示す。P1 は弁天島東側の水深約 5m 地点で海浜寄りの地点である。泥土の堆積は認められず所々にサンゴが点在している。また、写真 2-5-5 のようにシコロサンゴの中に溜まっている懸濁物を手で扇いたところほとんど濁らない状況であった。

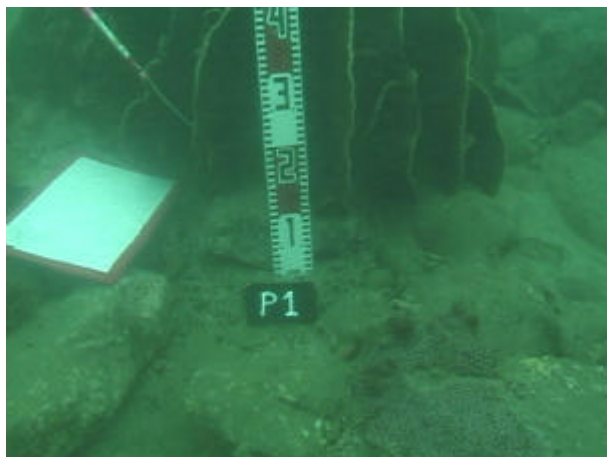


写真 2-5-1 P1 地点

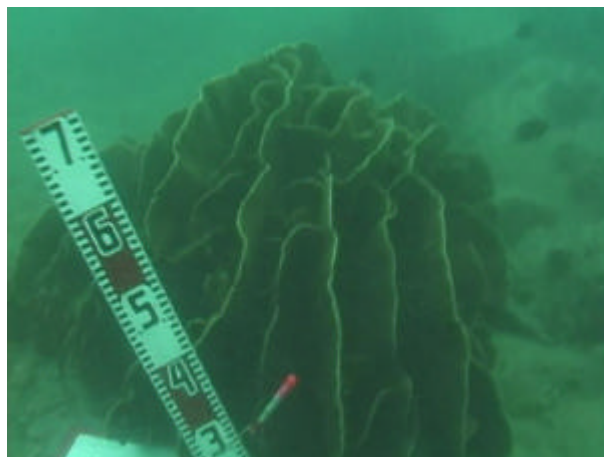


写真 2-5-2 P1 海底状況



写真 2-5-3 P1 海底状況



写真 2-5-4 P1 海底状況



写真 2-5-5 P1 海底状況

(2) P2

P2 周辺の海底状況を写真 2-5-6～写真 2-5-11 に示す。

P2 は水深約 10m 地点であり、40cm～50cm 程度の泥土の堆積が認められる。

またこの P2 周辺にて前述の浚渫試験を実施した。

堆積している土砂（泥土）は潜水土の動きに伴う弱い流れによってすぐに舞上るなど濁り易い状況であった。泥土はある程度、締りがある状態であり、泥土中に木の枝葉等が混在している箇所があった。

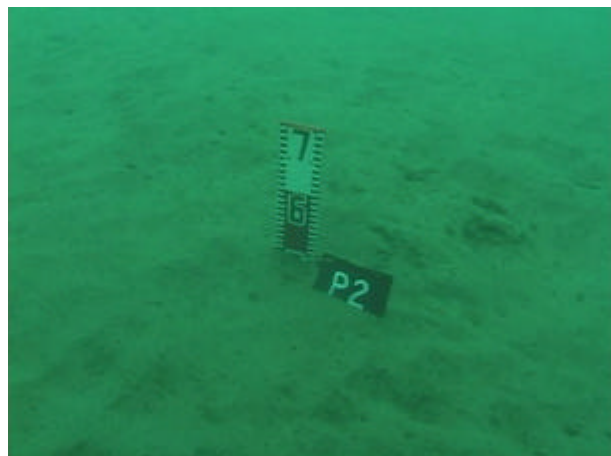


写真 2-5-6 P2 地点



写真 2-5-7 潜水土による水深の確認

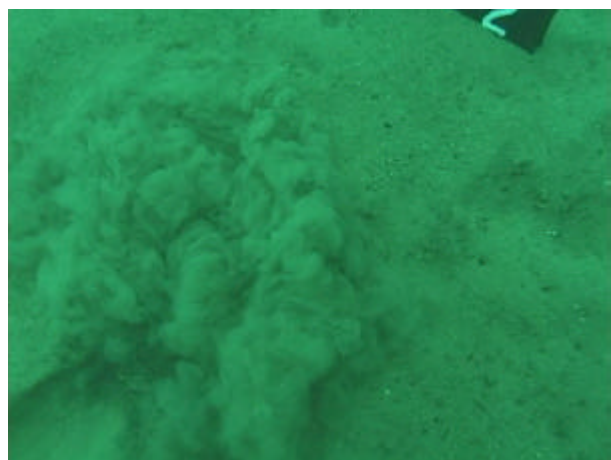


写真 2-5-8 P2 海底状況



写真 2-3-10 P2 泥土の状況



写真 2-5-11 P2 海底状況



写真 2-5-12 P2 泥土の堆積状況

(3) P3

P3 周辺の海底状況を写真 2-5-13～写真 2-5-18 に示す。

P3 は水深約 10m 地点であり、泥土の著しい堆積は確認されていない。しかしながら堆積している砂の中にシルト・粘土と思われる微細な粒子が混ざっており、土砂を持ち上げたところ濁りが発生した。

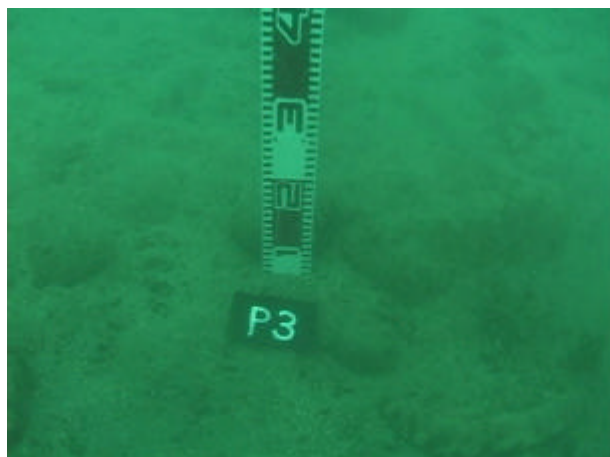


写真 2-5-13 P3 地点



写真 2-5-14 潜士による水深の確認



写真 2-5-15 P3 海底状況



写真 2-5-16 P3 海底状況

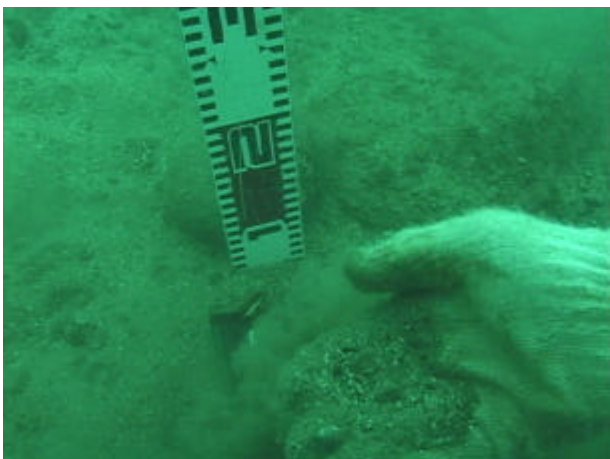


写真 2-5-17 P3 海底状況



写真 2-5-16 P3 海底状況

(4) P4

P4 周辺の海底状況を写真 2-5-16～写真 2-5-21 に示す。

P4 は水深約 5m 地点であり、泥土の堆積は認められない。また海底は、岩や転石で構成され、その上にサンゴが点在している状態であった。

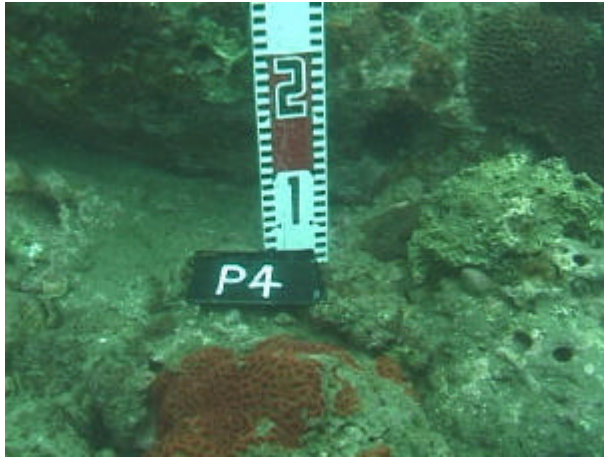


写真 2-5-16 P4 地点



写真 2-5-17 潜水土による水深の確認



写真 2-5-18 P4 海底状況



写真 2-5-19 P4 海底状況



写真 2-5-20 P4 海底状況



写真 2-5-21 P4 海底状況

(5) P5

P5 周辺の海底状況を写真 2-5-22～写真 2-5-25 に示す。

P5 は水深約 5m 地点であり、泥土の堆積は認められない。海底は岩や転石から構成されていた。

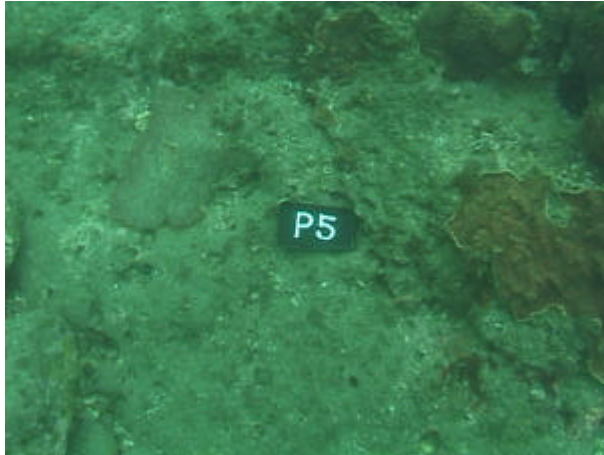


写真 2-5-22 P5 地点



写真 2-5-23 潜水士による水深の確認



写真 2-5-24 P5 海底状況

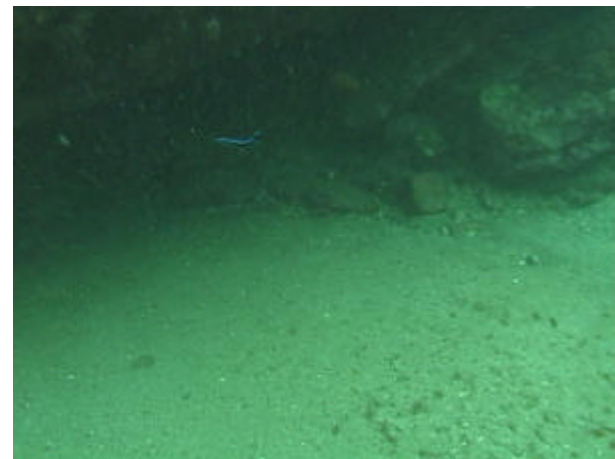


写真 2-5-25 P5 海底状況

(6) P6

P6 周辺の海底状況を写真 2-5-26～写真 2-5-31 に示す。

P6 は水深約 10m 地点であり、泥土の堆積は認められない。しかしながら、P3 と同様に海底の砂の中にシルト・粘土が混在しており、土砂を持ち上げると濁りが発生した。また周辺のサンゴの上面に薄く懸濁物が堆積していた。

写真 2-5-29 はサンゴ上の堆積物を手で扇いだときの状況である。



写真 2-5-26 P6 地点



写真 2-5-27 潜水土による水深の確認

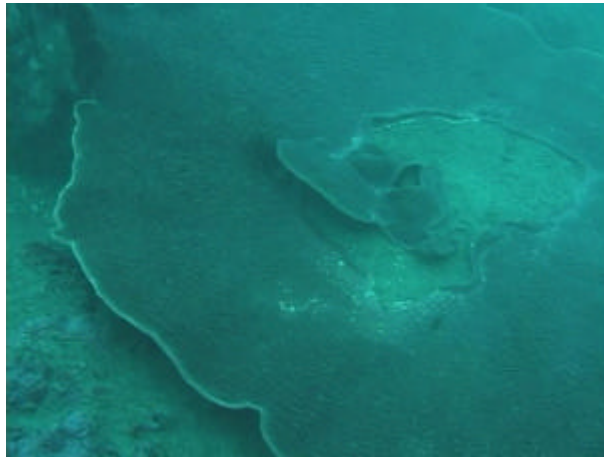


写真 2-5-28 P6 海底状況



写真 2-5-29 P6 海底状況



写真 2-5-30 P6 海底状況



写真 2-5-31 P6 海底状況

2.5.4. 海底観察のまとめ及び今後の課題

今回の観察結果より、水深の深い水深 10m ラインの北側の地点 P2 で泥土の堆積が確認された。

図 2-5-2 に観察結果を整理する。

今回は測量等による観察地点の詳細な位置は確認していない。したがって今後泥土の堆積量等の調査により詳細な堆積範囲・深さを把握する必要があると判断される。

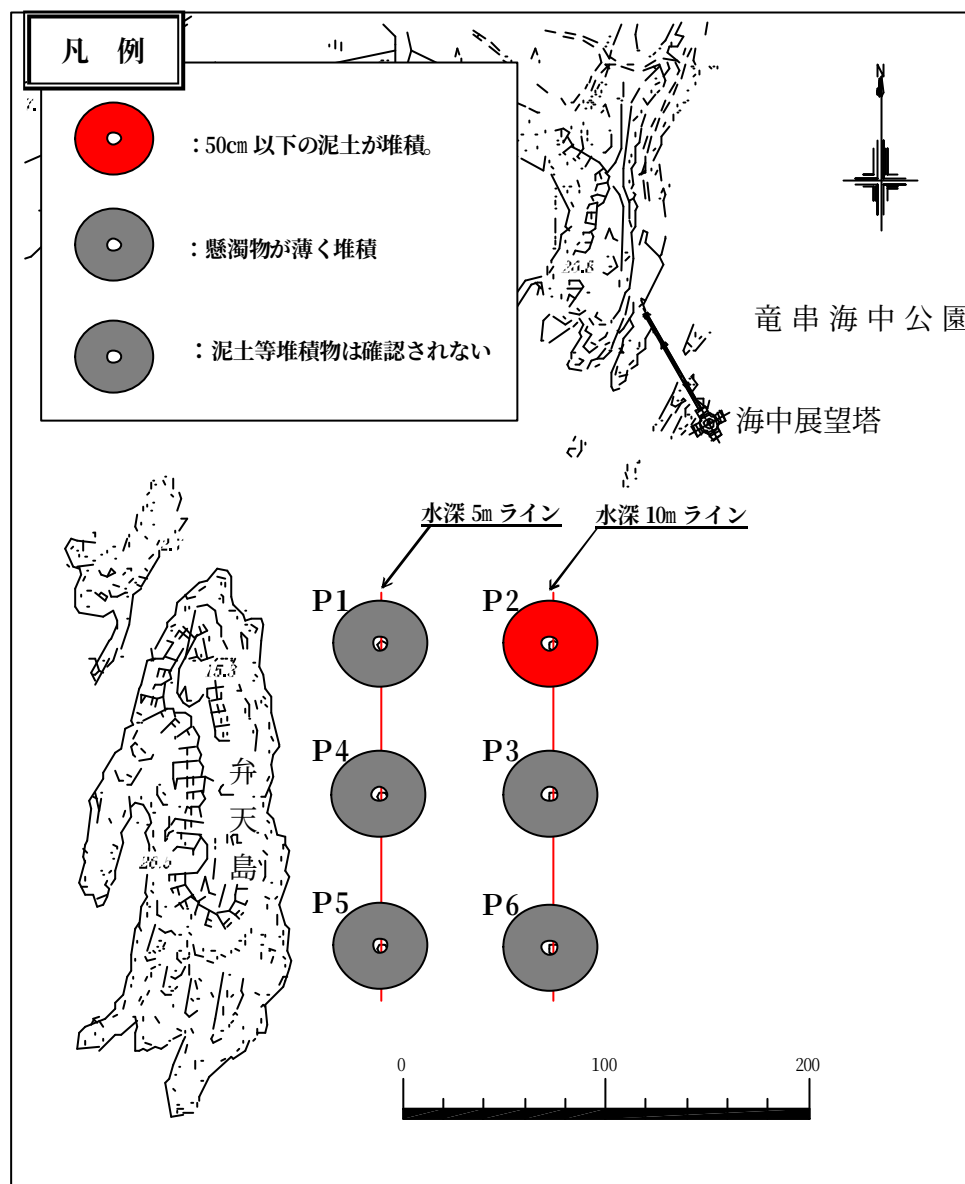


図 2-5-2 海底観察結果

2.6. 浚渫試験の評価

ここでは、浚渫試験における ①浚渫工事工程、②仮設工事工程、③海底観察工程の各工程にて収集されたデータ、確認された事項により浚渫対象海域の浚渫条件を抽出し、今回実施した浚渫工法の有効性について評価する。

2.6.1. 浚渫条件

(1) 浚渫海域の環境

浚渫海域の環境は以下のとおりである。

- ① サンゴが点在している。
- ② 港湾区域外のため航路掘り等が無く、岩礁による瀬が数多く張り出している。
- ③ 土砂の堆積は、堆積厚さ：約 30cm～50cm 程度で一様に泥土堆積が存在する箇所、薄く懸濁物が堆積した箇所及びサンゴ、岩等の周りに堆積した箇所に区分される。
- ④ 作業による濁りが発生し易くかつ場の流れが弱いために一旦発生した濁りが消失しにくい。

(2) 浚渫対象物の状況

浚渫対象となる堆積土砂の性状は以下のとおりである。

- ① 堆積土砂は、概ね表層が泥土、中層以深が基盤に存在する砂礫や玉石の混じった泥土で構成されている。
- ② 泥土の中には砂礫・玉石の他に、サンゴの死骸、木の枝葉等の雜介物が混在している箇所がある。
- ③ 波浪や作業に伴う動揺による濁りが発生し易い。

(3) 浚渫条件の抽出

(1)、(2)より対象海域の浚渫条件は以下のように整理される。

- ① 座礁の危険性が高いため、使用する作業船は小型で操船船の高いものが必要となる。
- ② 堆積土砂の厚さは 50cm 以下であり、薄層浚渫が可能であること。
- ③ 海底状況が多様でありサンゴ等の障害物も多く、浚渫場所の選択が可能なこと。
- ④ 堆積した泥土には、砂礫・玉石が混在しているため、浚渫対象物が選択可能なこと。
- ⑤ 浚渫作業による海域汚濁を極力発生させないこと。

以上の条件の他に、浚渫効率やコスト等についても重要な条件となってくる。

2.6.2. 浚渫工法の有効性評価

(1) 今回採用した浚渫工法の有効性

2.6.1 浚渫条件にて抽出した条件から、今回の試験で採用した「潜水土による排砂ポンプを使用した浚渫工法」の有効性を以下に評価する。

- 潜水土による浚渫のため、浚渫対象物を選択的にかつ丁寧に浚渫することが可能である。
- 上記より 2.6.1 の(3)の条件の抽出にて挙げた②、③、④、⑤の条件を十分に満たしている。
- 2.6.1 の(3)の条件の抽出にて挙げた①の「作業船を操船性の高いものを選択する」に関し、作業基地として今回使用の 120t 吊起重機台船より小型船を採用することは可能である。小型の作業基地として、排砂ポンプの動力である発電機等、使用機器類を船上に設置可能であり、排砂ポンプ等の重量物の吊移動が可能である作業船舶（例えば；ユニック付の潜水土船、図 2-6-1 に概略図を示す。）が挙げられる。

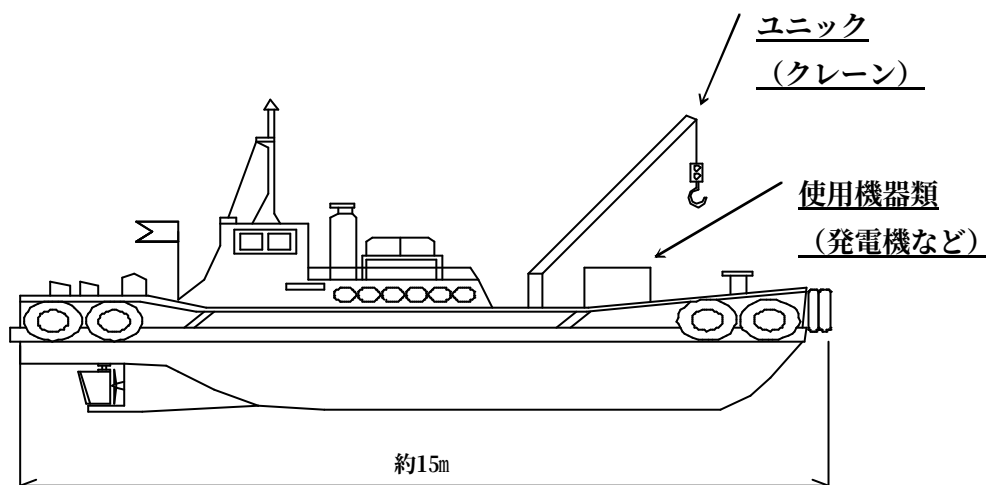


図 2-6-1 ユニック付き潜水土船概略図

(2) 他の浚渫工法との比較

他の浚渫工法としては、グラブ船やポンプ浚渫船等の大型の重機船を使用した浚渫工法と、エアリフトポンプやバキュームポンプを使用した潜水土浚渫工法に大別される。

前者は、浚渫速度が速く効率がよいものの、2.6.1 にて示した浚渫条件（堆積物厚さが薄い、サンゴ等を避け丁寧に浚渫、濁りを発生させないなど）を踏まえた場合、明らかに適用対象外と判断される。

ここでは、後者のエアリフトポンプとバキュームポンプについて比較を行う。

・ エアリフトポンプ

エアリフトポンプを使用した場合、排砂ポンプと同様潜水土による浚渫になる為浚渫地点の選択は可能となるが、その性能上から浚渫対象物を丁寧に選択することは難しく、なお浚渫した土砂は海面のまでしか吸い上げることができない。よって、エアリフトによる浚渫は困難である。

・ バキュームポンプ

バキュームポンプを使用した浚渫工法の概略図を図 2-6-2 に示す。

バキュームポンプはエアリフトポンプより浚渫能力は高いものの、浚渫排水の移送距離は同様に短く、浚渫排水は、海上に設けたボックスバージなどに一旦貯留する必要がある、浚渫排水の運搬、水処理にコストが嵩む。

以上より今回実施した、潜水土による排砂ポンプを使用した浚渫工法は、他の浚渫工法と比較した場合、有効な工法であると結論づけられる。

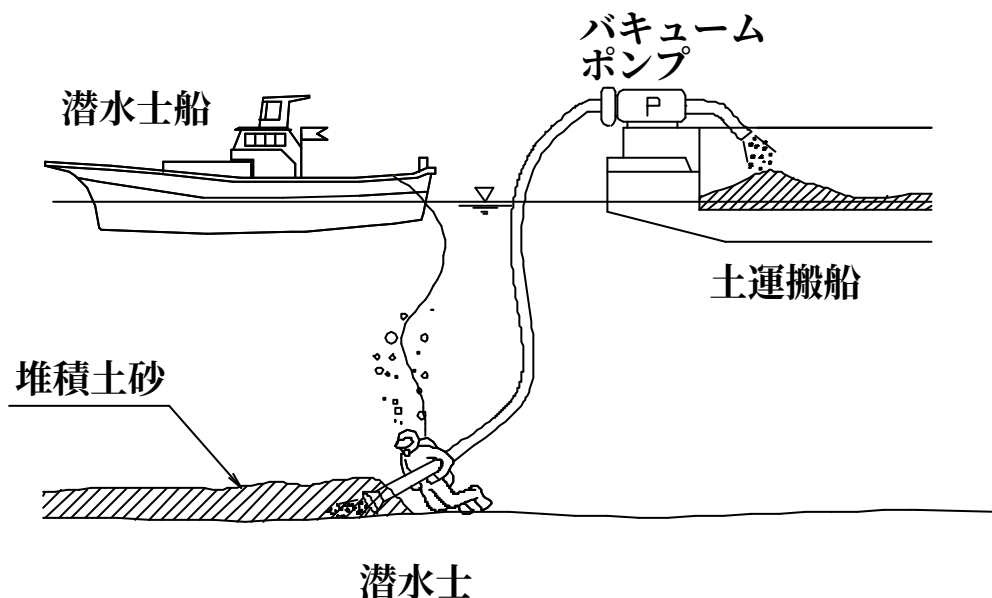


図 2-6-2 バキュームポンプを使用した潜水土浚渫

2.7. まとめ

ここでは浚渫試験の結果を踏まえ、問題点と事業化に向けた今後の課題点についてまとめる。

2.7.1. 現時点における問題点

問題点として以下の事が挙げられる。

- ① 荒天時における仮設配管の移動・破損
- ② 泥土中に混在する砂礫・玉石、サンゴ死骸等の流入（浚渫効率の低下）
- ③ 作業に伴うサンゴの損傷のおそれ
- ④ 海上作業基地の操船性、座礁事故
- ⑤ 全体海底状況（泥土堆積範囲、深さ）の未把握

2.7.2. 今後の課題点

課題点として以下の事が挙げられる。

- ① 仮設配管の布設方法及び保護方法の検討
- ② 混在物の分離吸引、また浚渫効率を落とさないサクションヘッドの形状の検討
- ③ 作業船舶の選定
- ④ 全体海底状況（泥土堆積範囲、深さ）の調査

3. 水処理試験

3.1. 試験目的

水処理試験において事業化の際、大量に排出される浚渫排水（浚渫土＋海水）を効率よく処理する為の基礎データ収集を目的に、以下の①～⑤の各工程の試験を実施した。

- ① 予備試験工程（現地水処理試験の計画を立案）
- ② 水処理試験工程（浚渫排水を処理し堆積土砂の減量化及び処理水のモニタリング）
- ③ バッチテスト工程（浚渫排水を用いた比較テスト）
- ④ 土砂処分工程（回収された堆積土砂の処分）
- ⑤ 仮設工事工程（試験にて使用の仮設水槽及び器機類の設置・撤去に関する工事）

3.2. 試験場所

図 3-2-1 に示す、水処理ヤードにて水処理試験を実施した。

所在地：高知県土佐清水市爪白丸田 39-1 （爪白キャンプ場駐車場内）

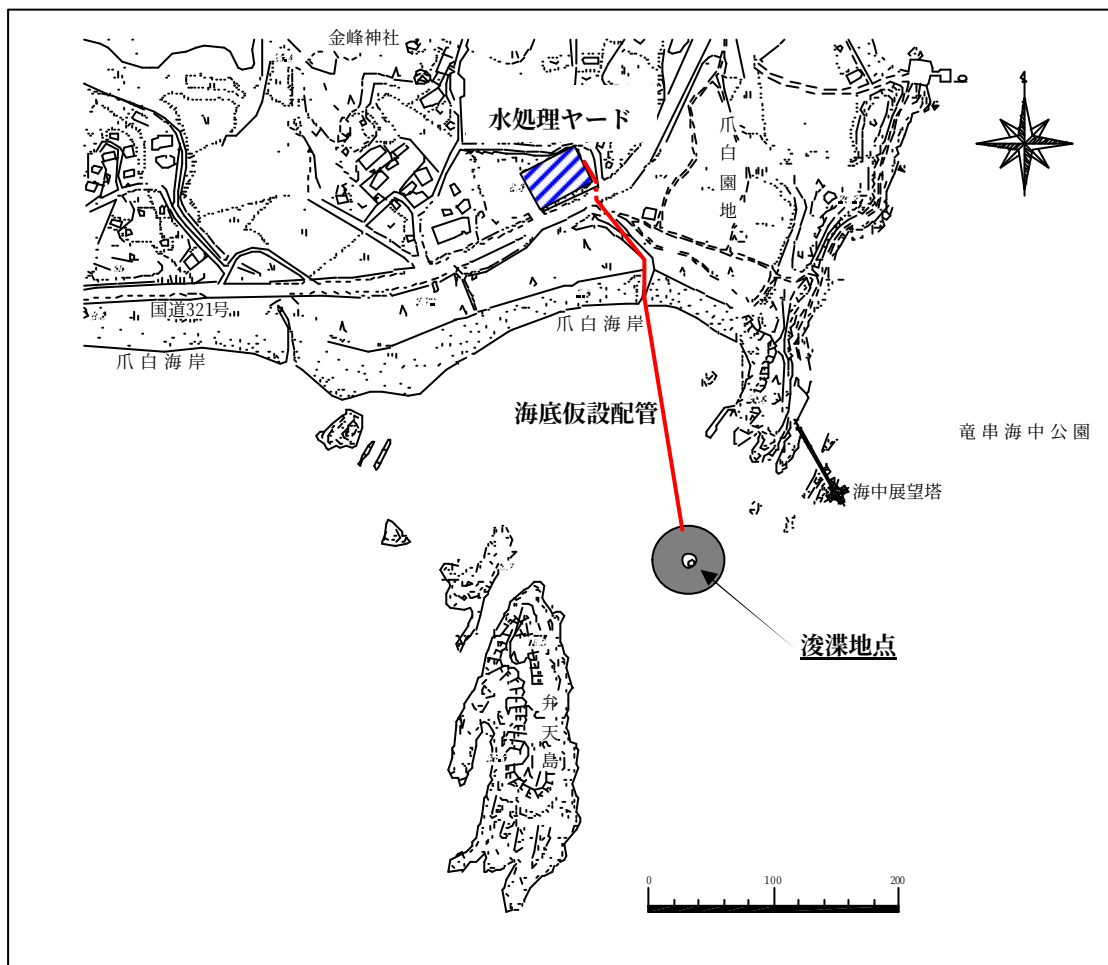


図 3-2-1 水処理試験場所

3.3. 水処理方法

本水処理試験にて浚渫排水処理は低コストかつ安定的に処理が可能と考えられる沈殿法を用いた。

沈殿法による水処理は大きく自然沈殿と強制沈殿に分かれ、強制沈殿は高分子凝集剤による凝集沈殿及び凝集助剤（無機凝集剤等）＋高分子凝集剤による凝集沈殿法が考えられる。

水処理工程にて自然沈殿（無薬注）と強制沈殿の各ケースについて、バッチテストにて凝集剤の添加条件を変えた、強制沈殿による試験を実施した。

以下に凝集剤についてまとめる。

【凝集剤】

凝集剤は、無機系の凝集剤と有機系の凝集剤に大別される。有機系の凝集剤において現在おもに使われているものはポリアクリルアミド系の合成高分子凝集剤であり、本報告書ではこの凝集剤を高分子凝集剤と称する。

凝集剤は浮遊懸濁粒子を凝集（または凝結）させるものであり凝集作用の主な働きは、

- ① 凝集剤のイオン性による懸濁物の表面電位低下・・・（主に無機凝集剤）
- ② 凝集剤の吸着に基づく架橋吸着・・・（主に高分子凝集剤）

があり、一般的にコロイドの凝結には特に表面電位の低下が、粗大分散粒子の凝集には架橋吸着が重要とされている。（図 3-3-1 参照）

ここで、コロイド（colloid）とは一般に $10^{-5} \sim 10^{-7} \text{cm}$ 程度の範囲の粒子のことで、原子あるいは低分子よりは大きい粒子として物質が分散しているとき、その物質はコロイド状態にあるという。

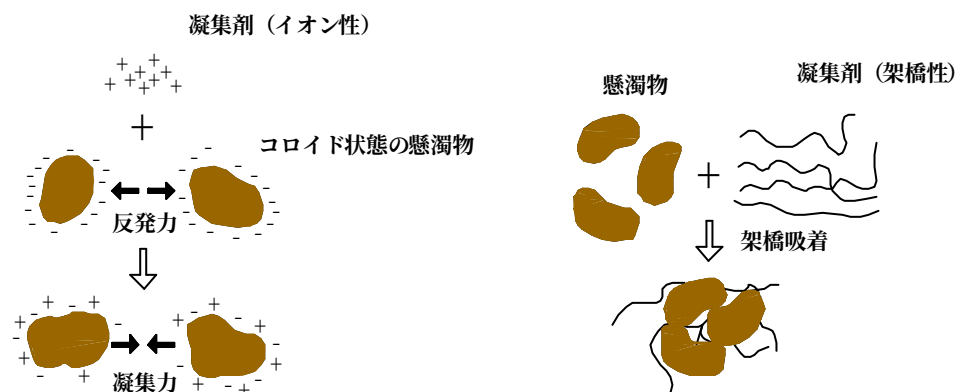


図 3-3-1 凝集作用の模式図

(1) 無機凝集剤

無機凝集剤は土粒子の電荷を中和して凝集作用を起こさせるものであり、単独に用いられる場合もあるが、通常は高分子凝集剤と併用する場合の一次凝集剤として用いられる。表 3-3-1 に無機系の凝集剤として用いられる物質を示す。

表 3-3-1 無機系の凝集剤

分 類	物 質	分 類	物 質
無機物	ポリ塩化アルミニウム	金属電解産物	電解水酸化アルミニウム
	硫酸アルミニウム		電解水酸化鉄
	硫酸第2鉄	固体微粉	カオリン
	硫酸第1鉄		ベントナイト
	アルミン酸ナトリウム		酸性白土
酸	硫酸		カーボンブラック
	塩酸		フライアッシュ
	炭酸ガス	その他	活性シリカ
アルカリ	炭酸ナトリウム		
	水酸化ナトリウム		
	石灰		

無機凝集剤は、金属イオンなどを原料とするものがおおく、一般的にその有害性、毒性については該当しない。但し原液の pH が酸性・塩基性を示すものが多く使用中の事故、排水の pH 等に十分注意が必要になる。

(2) 高分子凝集剤

高分子凝集剤は線状水溶性高分子による粒子相互の接着であり、単独に用いられる場合もあるが、通常は無機凝集剤と併用して二次凝集剤として用いられている。

前述の無機凝集剤での表面電位低下作用のみでは、粒子の結合によるフロックの成長は限定され、沈殿時間も長くなる。そこで高分子凝集剤を併用すると、架橋吸着によりフロックの成長を促し沈降しやすくなる。この架橋吸着とは、いわば水中における接着作用であり、懸濁液に凝集剤を添加して攪拌すると、粒子と粒子が衝突した際粒子に吸着した高分子の集団が接着剤として働き、粒子が吸着し巨大化する。そして巨大化したフロックは沈降しやすくなる。

高分子凝集剤の原料はアクリルアミドであり、このモノマー（単体）のものは毒性が強く、これを製造工程でポリマー（重合体）化した成分が凝集剤となっておりこれは毒性がない。高分子凝集剤の製品としてはモノマー残存量が 0.05%以下（浄水場スラッジ処理の旧厚生省基準）と 0.2%以下（高分子凝集剤環境協会自主規制値）がある。これらアクリルアミドを使用した高分子凝集剤を用いて水処理をした場合、高分子凝集剤の使用量は濁水に対して数 ppm であり、なおかつアクリルアミドの大部分がフロックとともに沈降してしま

うため、処理水中にほとんど残留しない。ここでモノマー（分子）とは高分子の基本構造の構成単位となり得る分子をいい、モノマーを多数重合して得られる分子を高分子という。

また、毒性試験については、一般的に以下のような項目についてテストされている。

LD-50：指定時間内に試験動物の 50%をへい死させるに必要な薬量

TLm：毒性に対する半数生存限界濃度

MLD：最小致死量または臨海濃度

表 3-3-2 に有機高分子凝集剤水溶液の淡水魚（ヒメダカ）に対する毒性試験結果を示す。この表よりカチオン性の高分子凝集剤は、アニオン性、ノニオン性に比べて魚毒性が強いことがわかる。これは、淡水魚の場合に顕著にみられる現象で、海水魚に対しては、イオン性による違いは見られず、48hrTLm で 400ppm 以上を示す。

表 3-3-2 有機高分子凝集剤水溶液のヒメダカに対する毒性試験結果

製品名	イオン性	形状	24hr TLm(ppm)	48hr TLm(ppm)
A	アニオン	白色粉末	160	160
B	〃	〃	250	250
C	ノニオン	〃	460	460
D	〃	〃	1,000以上	1,000以上
E	カチオン	粘稠液状	8	5
F	〃	〃	3	2

注 1) 水産庁東海区水産研究所における試験結果から転載

2) 他の製品についてもほぼ同じ値を示す

3.4. 予備試験工程

3.4.1. 目 的

現地、水処理試験に必要なデータを収集するため、事前の予備試験として対象海域にて採取した堆積土砂から採取した試料を使い SS と濁度の相関、凝集テスト(ジャーテスト)を実施した。

3.4.2. 試験場所

株式会社 東京久栄 技術センター

3.4.3. 試験方法

(1) 試料の作成

試料水(懸濁海水)は、竜串湾内にてコアサンプラーを用い採取した堆積土を、実験室にて海水と混ぜ合わせ調整した。

採取された竜串湾に於ける堆積土砂の写真(写真 3-4-1、写真 3-4-2 参照)を示す。



写真 3-4-1 竜串湾堆積土のコアサンプル (全体)



写真 3-4-2 竜串湾堆積土のコアサンプル (拡大)

(2) SS と濁度の相関

SS は懸濁液の浮遊物質質量を示すもので、懸濁の度合いを示す指標（JIS K 0102(工業排水試験法)）として広く用いられている。しかし分析にはろ過、乾燥などに時間がかかり煩雑な為、現場における排水管理には自動かつ瞬時に懸濁量を確認できる濁度計を用いることが一般的である。そこで予備試験にて SS と濁度の相関を求めることにより、現場での水質管理を簡便にした。

予備試験にて懸濁濃度の異なる試料(懸濁海水)を作成し、その試料の SS と濁度を測定し、相関を求めた。使用した濁度計は積分式吸光濁度計である。SS(浮遊物質)は東京久栄技術センターにて分析を実施した。

濁度とは水の濁り度合いを表す無次元単位である。標準物質を定めてその物質の濃度と比較して測定する。JIS K 0101（工業用水試験法）ではカオリンを標準とするカオリン懸濁度とホルマジンを標準とするホルマジン濁度の2種類を定める。それぞれの物質の 1mg/L を含む溶液の濁度を 1 度とし、濁度計で測定する。

(3) 凝集テスト（ジャーテスト）

現地にて採取した堆積土により作成した懸濁液を用い凝集テストを行った。凝集テストに用いた凝集剤は、現地水処理試験にて使用する予定であった消石灰と高分子凝集剤（アニオン系）である。テストケースを表 3-4-1 に示す。

表 3-4-1 凝集テストケース

テストケース	凝 集 剤				
	消石灰	+	高分子凝集剤		
ケース1	1000	ppm	+	5.0	ppm
ケース2	250	ppm	+	5.0	ppm
ケース3	50	ppm	+	5.0	ppm
ケース4	20	ppm	+	5.0	ppm
ケース5	10	ppm	+	5.0	ppm
ケース6	10	ppm	+	0.5	ppm
ケース7	0	ppm	+	2.0	ppm
ケース8	0	ppm	+	1.0	ppm
ケース9	0	ppm	+	0.5	ppm
ケース10	0	ppm	+	0.1	ppm

3.4.4. 試験結果

(1) SS と濁度の相関

SS と濁度の測定結果を表 3-4-2 に示す。また測定結果から図 3-4-1 に相関図を示し近似関数を求めた。その結果、濁度と SS の相関は、

$$\text{濁度 (度)} = 0.9341 \times \text{SS (mg/L)} \cdots \text{式 3-4-1}$$

になり、水処理試験における濁度から SS への換算値は式 3-4-1 を使用する。

表 3-4-2 SS と濁度の測定結果

項目	単位	試料名				
		1	2	3	4	5
SS	mg/L	24	36	3	1	140
濁度	度	25.4	71.6	8.3	2.3	136.2

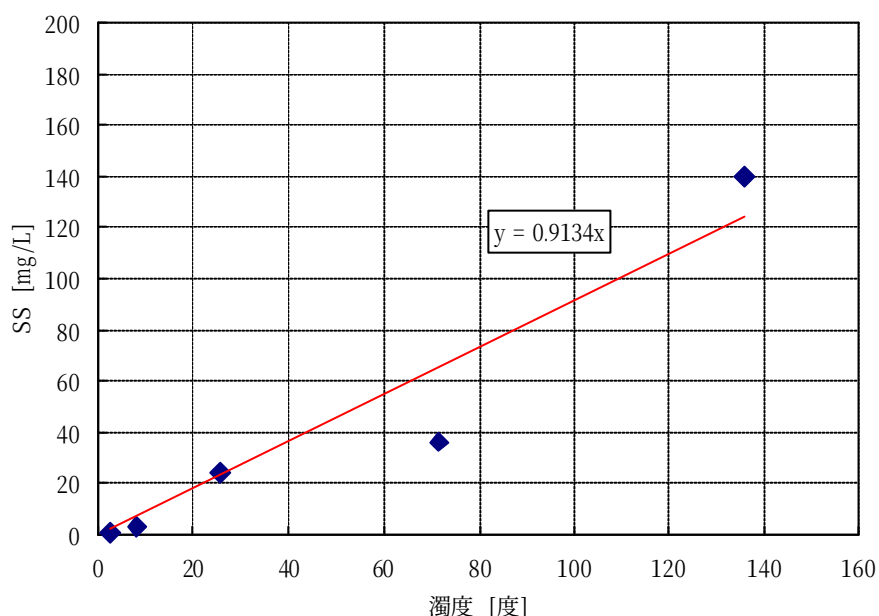


図 3-4-1 SS と濁度の相関図

(2) 凝集テスト

凝集剤に、石灰+高分子凝集剤と高分子凝集剤のみを用い、凝集テストをした結果、ケース 10 の高分子凝集剤 0.1ppm 注入の場合を除き凝集した。ケース 10 は、凝集不良にて懸濁物が残った。他ケースに於いては、消石灰+高分子凝集剤を添加した場合、高分子凝集剤のみを添加した場合共に良好に凝集沈殿した。

一般的に水中にて懸濁している土粒子表面は帯電している。よって一次凝集（電荷の中和）に消石灰を用い、2 次凝集（架橋吸着）にてフロックを大きくすることを想定し、使用する凝集剤を選定したが、事前試験の試験結果

では、適量であれば高分子凝集剤のみでも十分な凝集効果が得られることを確認した。



写真 3-4-3 凝集テスト状況

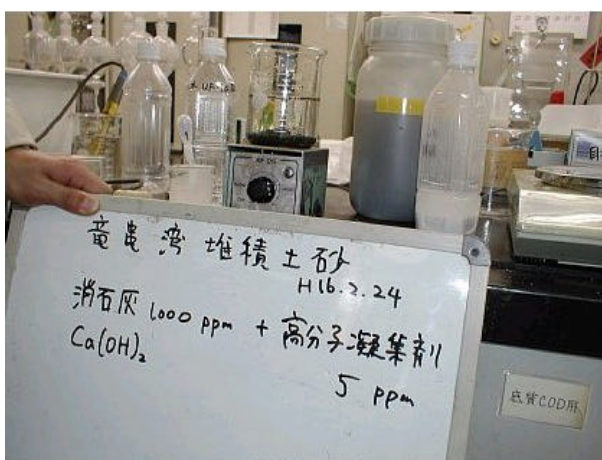


写真 3-4-4 凝集テスト結果（ケース 1）

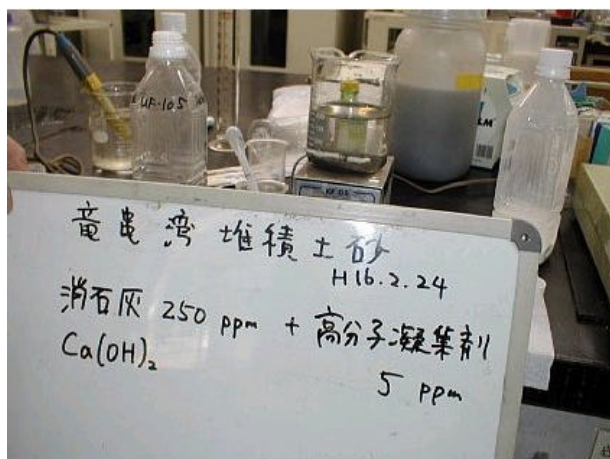


写真 3-4-5 凝集テスト結果（ケース 2）

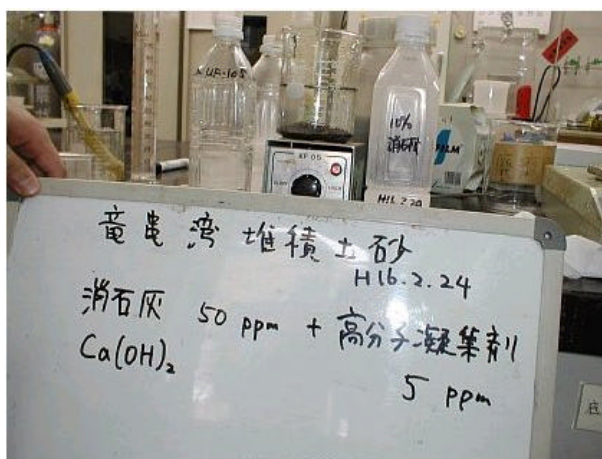


写真 3-4-6 凝集テスト結果（ケース 3）

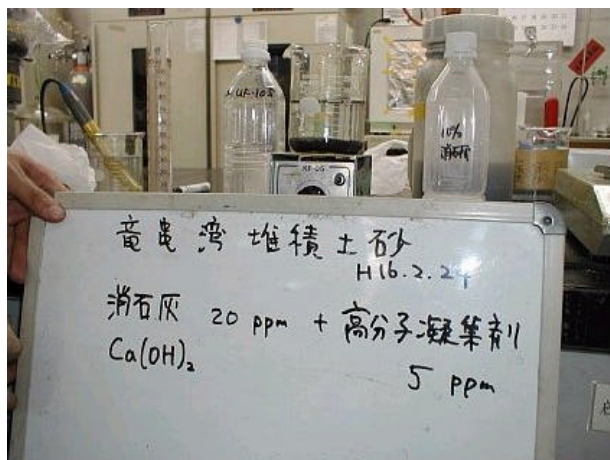


写真 3-4-7 凝集テスト結果（ケース 4）

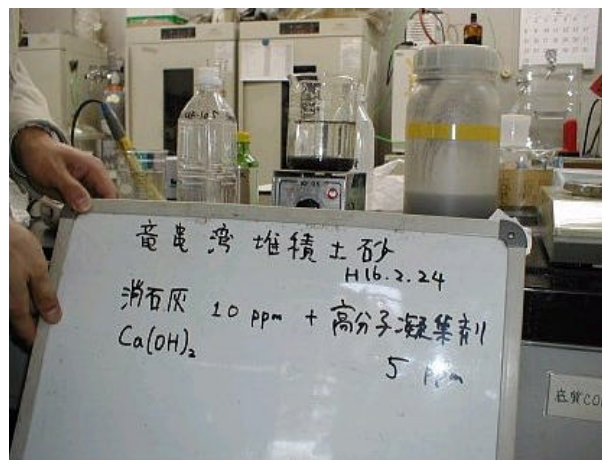


写真 3-4-8 凝集テスト結果（ケース 5）

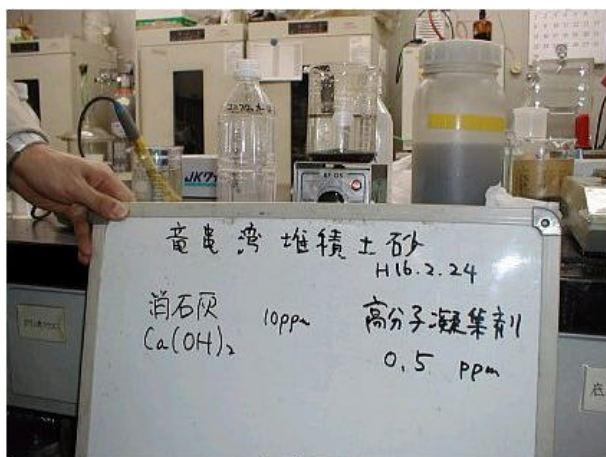


写真 3-4-9 凝集テスト結果 (ケース 6)

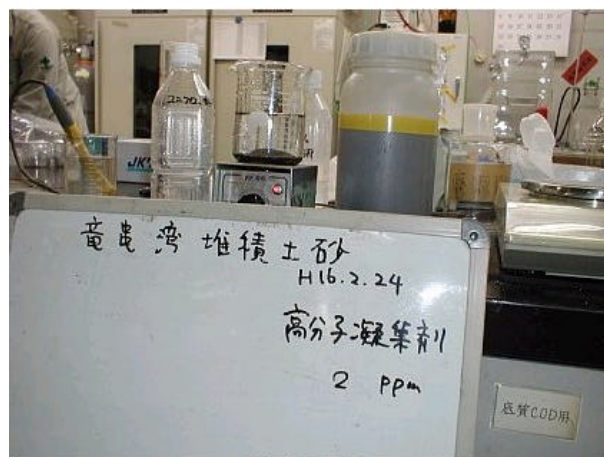


写真 3-4-10 凝集テスト結果 (ケース 7)

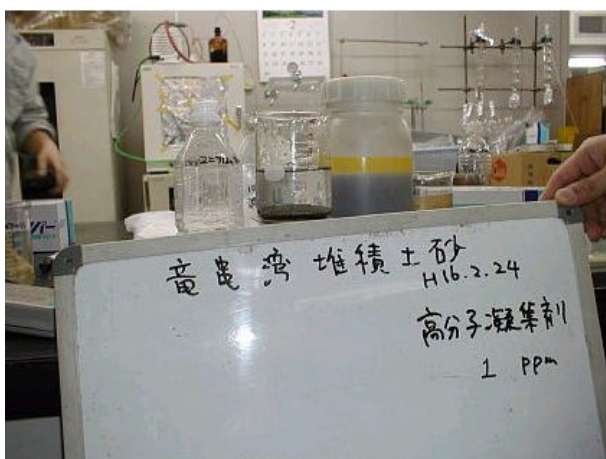


写真 3-4-11 凝集テスト結果 (ケース 8)

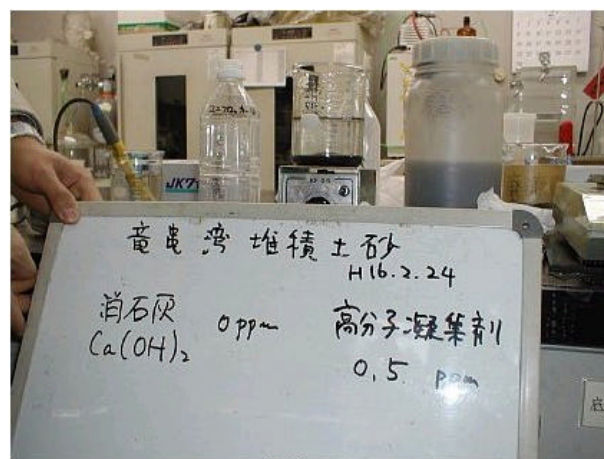


写真 3-4-12 凝集テスト結果 (ケース 9)

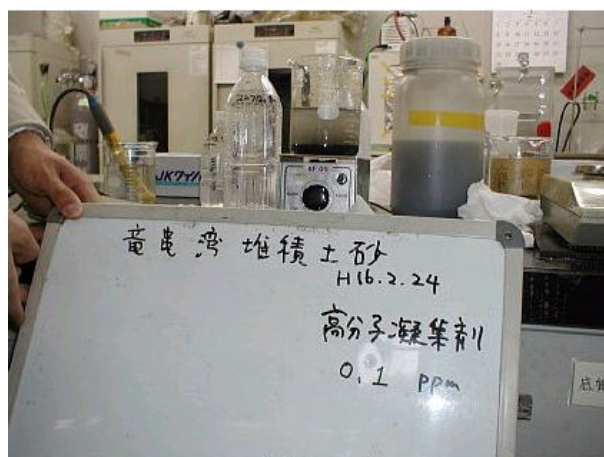


写真 3-4-13 凝集テスト結果 (ケース 10)

3.5. 水処理試験工程

3.5.1. 目 的

浚渫試験により排出された大量の浚渫排水を沈殿処理する目的で水処理ヤードに仮設水槽を配置し水処理工程を実施した。

またその際、沈殿状況、処理水の性状等の基礎データ収集する為に、自然沈殿処理、凝集沈殿処理など異なった3つのケースについて水処理を行った。

以下に水処理試験工程の内容及び確認された事項をまとめる。

3.5.2. 実施場所及び装置の配置

図3-2-1に示す水処理ヤード内に設けた仮設水槽により水処理を実施した。仮設水槽、付属器機類の配置図及び仮設水槽のフローを図3-5-1及び図3-5-2に示す。

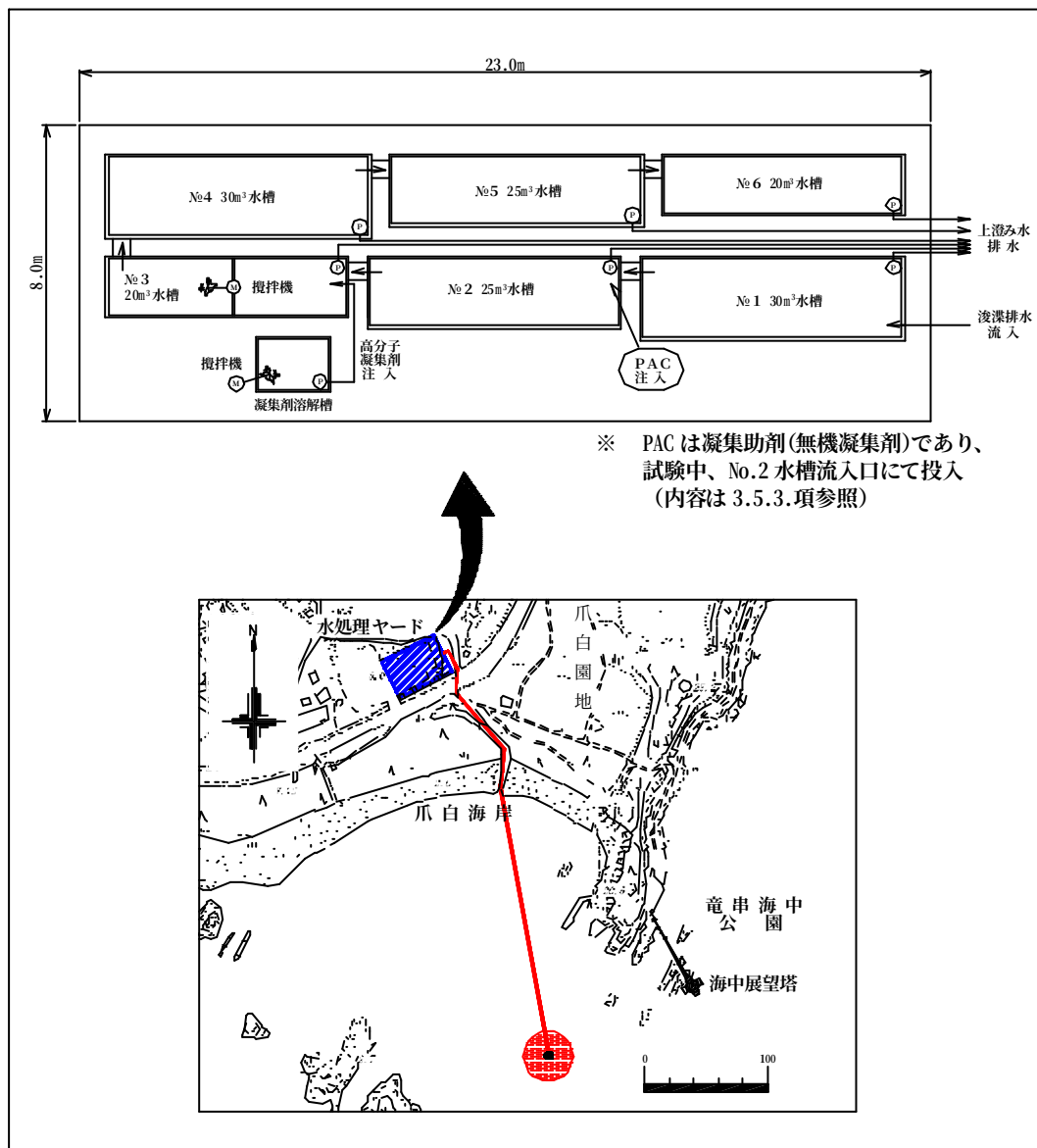


図3-5-1 配置図

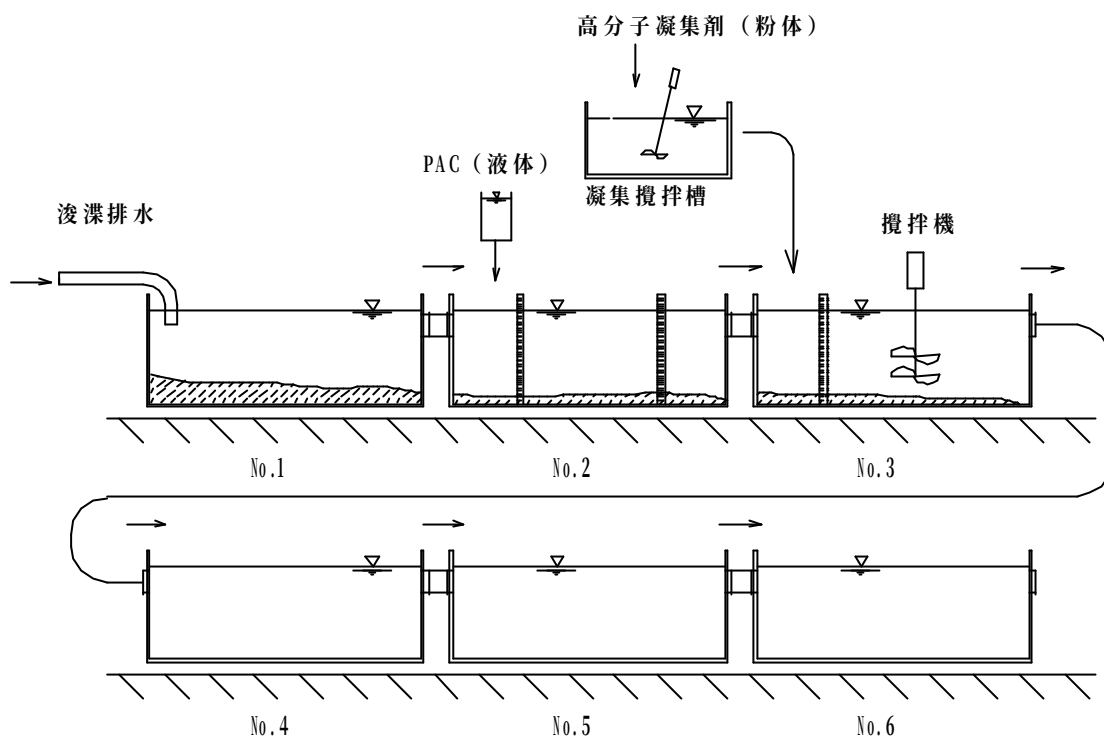


図 3-5-2 仮設水槽フロー

3.5.3. 実施内容

水処理工程にて実施した沈殿処理は 3 回実施し、1 回目に自然沈殿処理、2 回目に高分子凝集剤を添加した凝集沈殿処理及び 3 回目に凝集助剤（無機凝集剤）＋高分子凝集剤を添加した凝集沈殿処理をした。なお、凝集剤の添加量・種類等は自然沈殿処理の際サンプリングした浚渫排水をもとにテーブルテストを実施し決定した。

懸濁物質沈殿後の上澄み水を処理水とし濁度、pH、COD を現地にてモニタリングし、各水槽に設置した水中ポンプにより排水した。また、上澄み水をサンプリングし COD、SS、T-N、T-P、N-ヘキサン抽出物について分析を実施した。

上澄み水排水後、堆積した土砂はバキュームカーにより回収し適切に処分した。

(1) 水処理方法

表 3-5-1 に水処理試験の実施ケースを示す。

表 3-5-1 水処理試験ケース

水処理工程 実施ケース	実 施 日	沈殿処理方法	凝 集 剤 の注入条件
ケース 1	1日目	自然沈殿処理	無 薬 注
ケース 2	2日目	凝集沈殿処理	高分子凝集剤：6ppm
ケース 3	3日目	凝集沈殿処理	凝集助剤（PAC：20ppm）＋高分子凝集剤：6ppm

凝集剤の注入条件は、ケース 1 にてサンプリングした浚渫排水を用い凝集テーブルテストを実施し、その結果より決定した。

ケース 3 の際の凝集助剤を事前テストでは消石灰として凝集テストし、良好な結果を得ていた。しかし、実際の浚渫排水にて現地でテーブルテスト（凝集テスト）したところ消石灰では十分な結果が得られなかったため、凝集助剤は同テストにて良好な結果が得られた PAC に決定した。PAC（ポリ塩化アルミニウム）は、無機凝集剤である。

また、高分子凝集剤には予備試験にて選定したアニオン系の高分子凝集剤を用いた。

凝集剤の注入は、図 3-5-1 の配置図中に示した通り、ケース 3 では 2 槽目にて PAC を注入し、3 槽目にて高分子凝集剤を注入し、フロックの成長を促進する為に攪拌機により攪拌した。また、ケース 2 でも同様に 3 槽目にて高分子凝集剤を注入し攪拌機により攪拌した。

(2) 処理水（上澄み水）のモニタリングと排水

浚渫排水により全部の仮設水槽が満水になった段階で、浚渫排水の流入はストップした。その後、自然静置を行い翌朝に、上澄み水を処理水として排水した。

排水前には上澄み水をサンプリングし分析室にて水質分析を実施した。また同時に現地にて水質分析を実施し異常がないことを確認し排水を実施した。

排水作業中は、排水濁度の連続監視を行なった。表 3-5-2 にモニタリング項目を示す。

なお、上澄み水の排水は各仮設水槽に設置した水中ポンプで行い、図 3-5-3 に示すようにレバールックにより水中ポンプの設置高さを上下させながら堆積土砂が排水に流入しないよう十分に心掛けた。

表 3-5-2 モニタリング項目

モニタリング (サンプリング) 時 期	モニタリング項目	モニタリング場所		備考
		現場	分析室	
排水前	濁度	○		積分式吸光濁度計
排水前	COD	○		バックテスト（COD簡易分析）
排水前	pH	○		pH計
排水前	水温	○		水温計
排水前	SS		○	
排水前	COD _{Mn}		○	
排水前	T-N		○	
排水前	T-P		○	
排水前	N-ヘキ抽出物		○	
排水中（4回）	濁度	○		

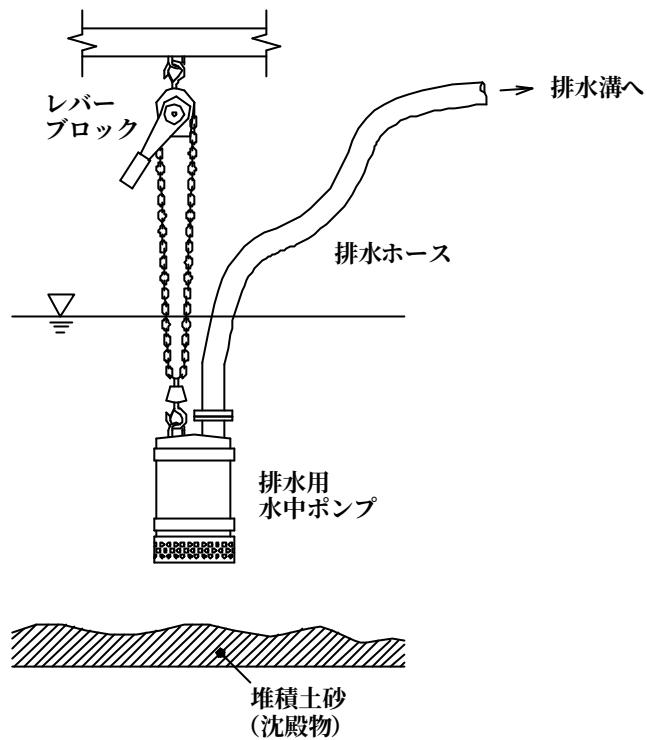


図 3-5-3 排水要領

(3) 仮設水槽内に沈殿した堆積土砂の調査

上澄み水排水後、各仮設水槽に堆積した土砂（沈殿物）の堆積厚さ及び粒度分析（ケース 1 のみ）を実施した。

堆積厚さは、図 3-5-4 に示す通り、水槽の縦、横方向それぞれに 3 点ずつ堆積厚さを計測しその結果より平均値（平均堆積厚さ）を求めた。

また、粒度分析は室内分析により実施した。

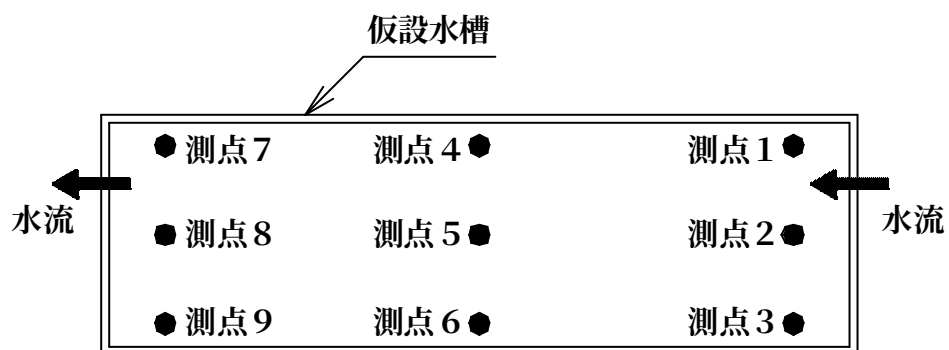


図 3-5-4 堆積厚さ測定位置

3.5.4. 水処理工程状況写真

水処理工程の実施状況を写真 3-5-1～写真 3-5-41 に示す。



写真 3-5-1 仮設水槽設置状況



写真 3-5-2 仮設水槽設置状況



写真 3-5-3 浚渫排水の流入状況



写真 3-5-4 浚渫排水の流入状況



写真 3-5-5 浚渫排水の流入状況



写真 3-5-6 浚渫排水の流入状況



写真 3-5-7 浚渫排水の流入状況



写真 3-5-8 浚渫排水の流入状況



写真 3-5-9 浚渫排水の流入状況



写真 3-5-10 浚渫排水の流入状況



写真 3-5-11 浚渫排水の流入状況



写真 3-5-12 浚渫排水の流入状況



写真 3-5-13 水面上昇による排水流量の測定



写真 3-5-14 高分子凝集剤
(凝集剤溶解槽)



写真 3-5-15 凝集剤溶解槽・攪拌機



写真 3-5-16 高分子凝集剤溶解槽



写真 3-5-17 高分子凝集剤注入状況



写真 3-5-18 高分子凝集剤注入状況



写真 3-5-19 ポリ塩化アルミニウム (PAC)

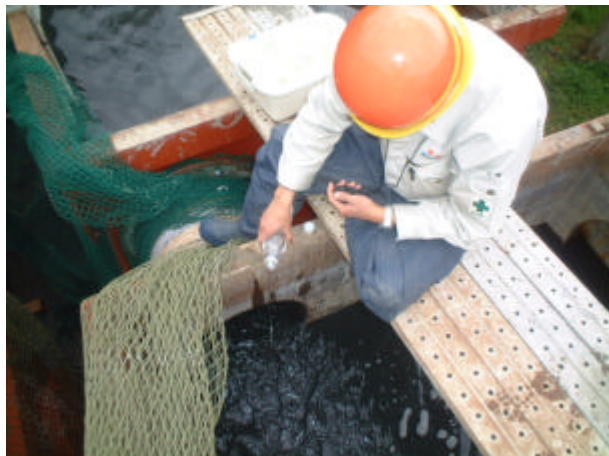


写真 3-5-20 PAC 注入



写真 3-5-21 攪拌機攪拌状況



写真 3-5-22 攪拌機攪拌状況

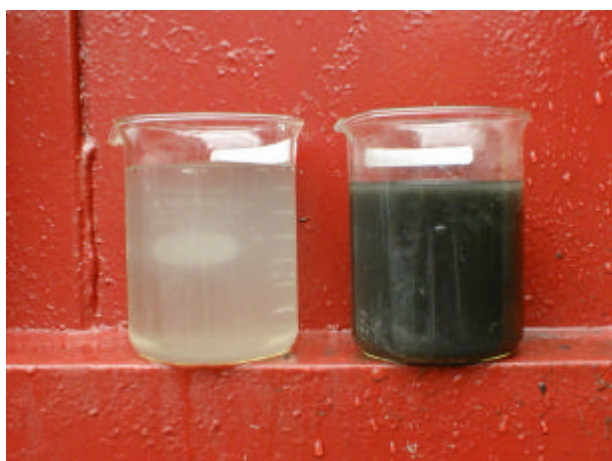


写真 3-5-23 処理状況
(右：原水、左：処理水, 高分子凝集剤のみ)



写真 3-5-24 処理状況
(右：原水、左：処理水, PAC+高分子凝集剤)



写真 3-5-25 排水状況



写真 3-5-26 排水状況
(井出口川暗渠部)



写真 3-5-27 排水状況
(井出口川河口部)



写真 3-5-28 排水モニタリング状況



写真 3-5-29 排水濁度の測定状況

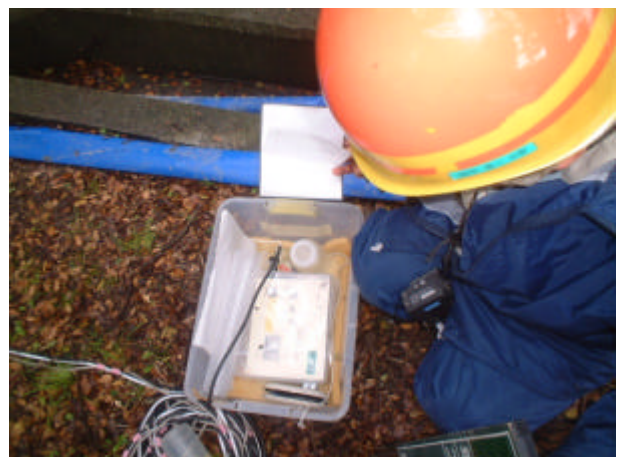


写真 3-5-30 積分式吸光濁度計



写真 3-5-31 堆積厚さ測定状況

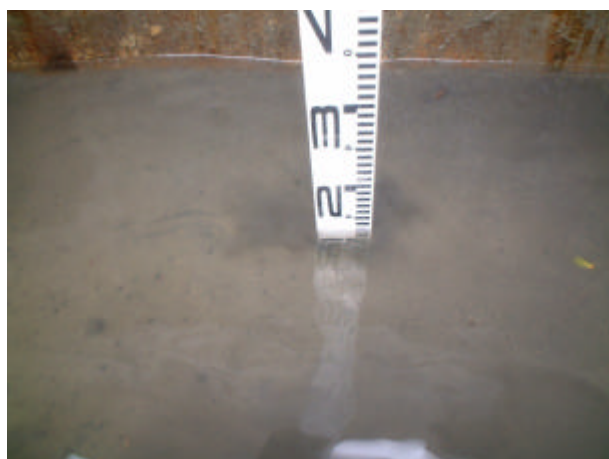


写真 3-5-32 堆積厚さ測定状況

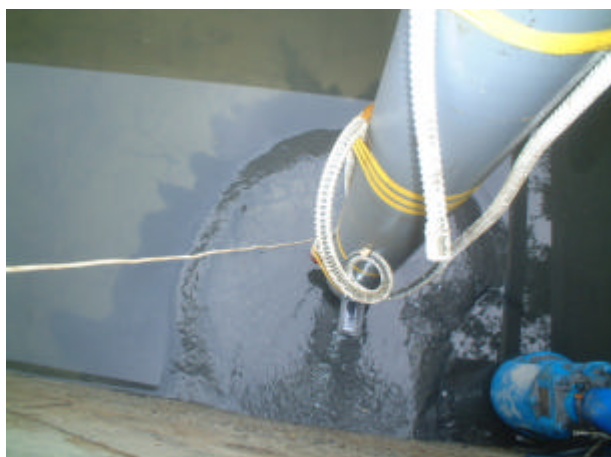


写真 3-5-33 浚渫土の堆積状況



写真 3-5-34 堆積土砂排出状況



写真 3-5-35 堆積土砂排出状況



写真 3-5-36 堆積土砂排出状況



写真 3-5-37 上澄み水モニタリング
(PAC テスト、COD 分析状況)

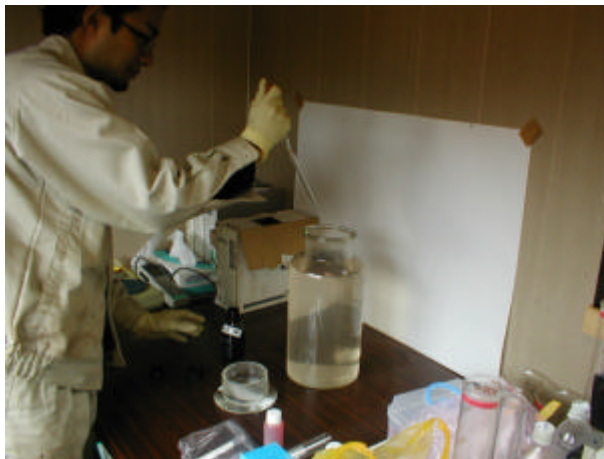


写真 3-5-38 上澄み水サンプリング
(N-ヘキ抽出物の固定状況)



写真 3-5-39 テーブルテスト状況
(凝集テスト)



写真 3-5-40 テーブルテスト状況
(凝集テスト)

※写真中の記述誤り

誤：原水→左

消石灰＋高分子凝集剤→右

正：原水→右

消石灰＋高分子凝集剤→左



写真 3-5-41 テーブルテスト状況
(凝集テスト)

3.5.5. 水処理試験結果

仮設水槽における水処理試験の状況及び収集されたデータについて以下にまとめる。

(1) 処理水の水質モニタリング結果

水処理ケース 1～3 の処理水（上澄み水）及び原水（浚渫排水）の水質モニタリング結果を表 3-5-3 に示す。また、図 3-5-5～図 3-5-12 にモニタリング結果をグラフに示した。モニタリング項目は表 3-5-2 に示す内容である。

表 3-5-3 モニタリング結果

ケース	COD _{Mn} (mg/L)	COD _{Mn} (mg/L)	SS (mg/L)	濁度 1050nm点 (度)	T-N (mg/L)	T-P (mg/L)	n-ヘキサン抽出物質 (mg/L)	pH	水温 ℃
	分析室	現場	分析室	現場	分析室	分析室	分析室	現場	現場
ケース1（無薬注）	2.7	1.0	8	14.1	0.50	0.047	< 0.5	8.15	13.5
ケース2（高分子凝集沈殿）	3.0	3.0	27	27.1	0.58	0.052	< 0.5	8.19	14
ケース3（PAC+高分子凝集沈殿）	3.5	7.0	11	14.1	1.03	0.047	< 0.5	7.66	16.1
原水	310	>80	14000	-	16.3	4.99	6.2	7.85	19.9

COD、SS に関しては、分析室および現場（水処理工程中）において分析を実施した。数値にバラツキはあるものの傾向的にはほぼ同等である。また濁度に関しては、事前試験にて導いた SS×濁度の相関式（3-4-1 式）を用いて濁度の値を SS に換算し、表 3-5-4 のように示される。

表 3-5-4 SS 換算値

項 目	単位	ケース1	ケース2	ケース3
濁度	(度)	14.1	27.1	14.1
SS換算値	(mg/L)	13.2	25.3	13.2

他項目の値においても問題となるような結果は出ていない。なお原水の水温が他のケースに比べ 5℃程度高いのは、原水を採水してから水温を測定するまでに時間が経過したためである。

また、排水中の濁度管理の結果を表 3-5-5 及び図 3-5-13～図 3-5-15 に示す。処理水を排水する際、水中ポンプのレベル調整等の問題により、濁度 60 度を超える場合もあったが、その際はレベル調整等を行い、濁度の値を下げた。そしてほとんどの測定値にて濁度は、50 以下であった。

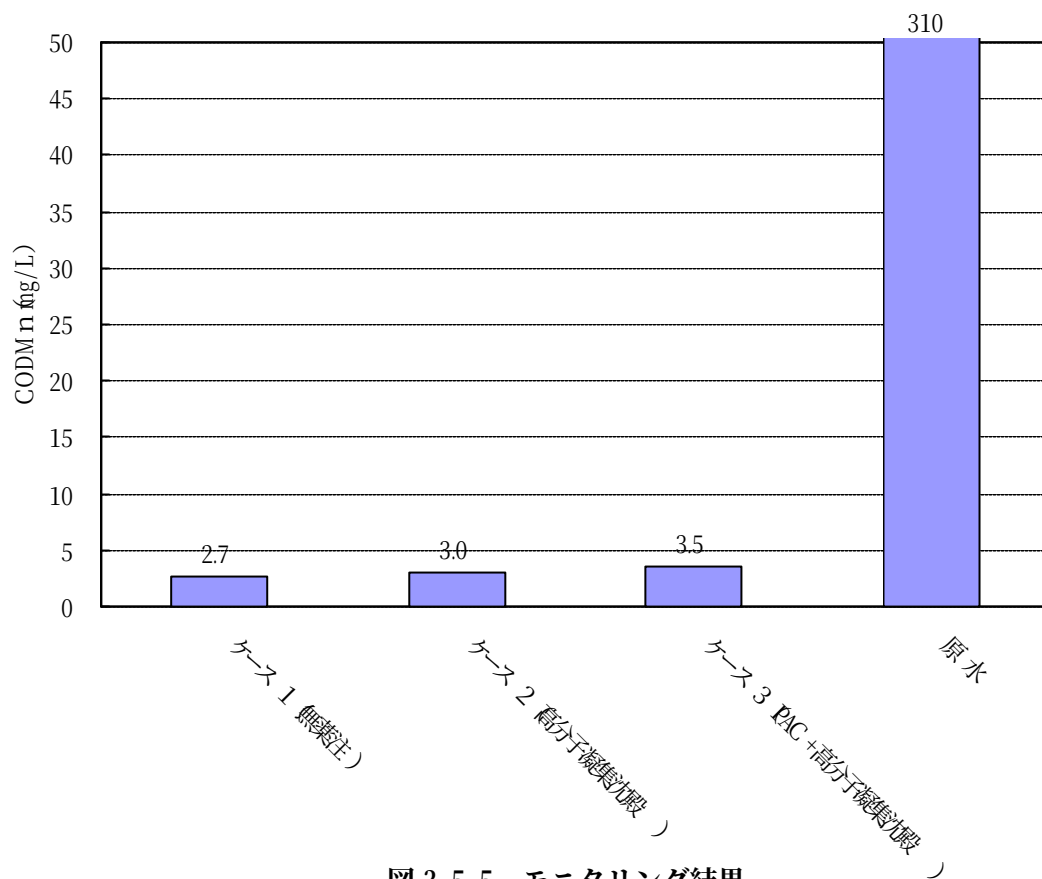


図 3-5-5 モニタリング結果
(COD、分析室)

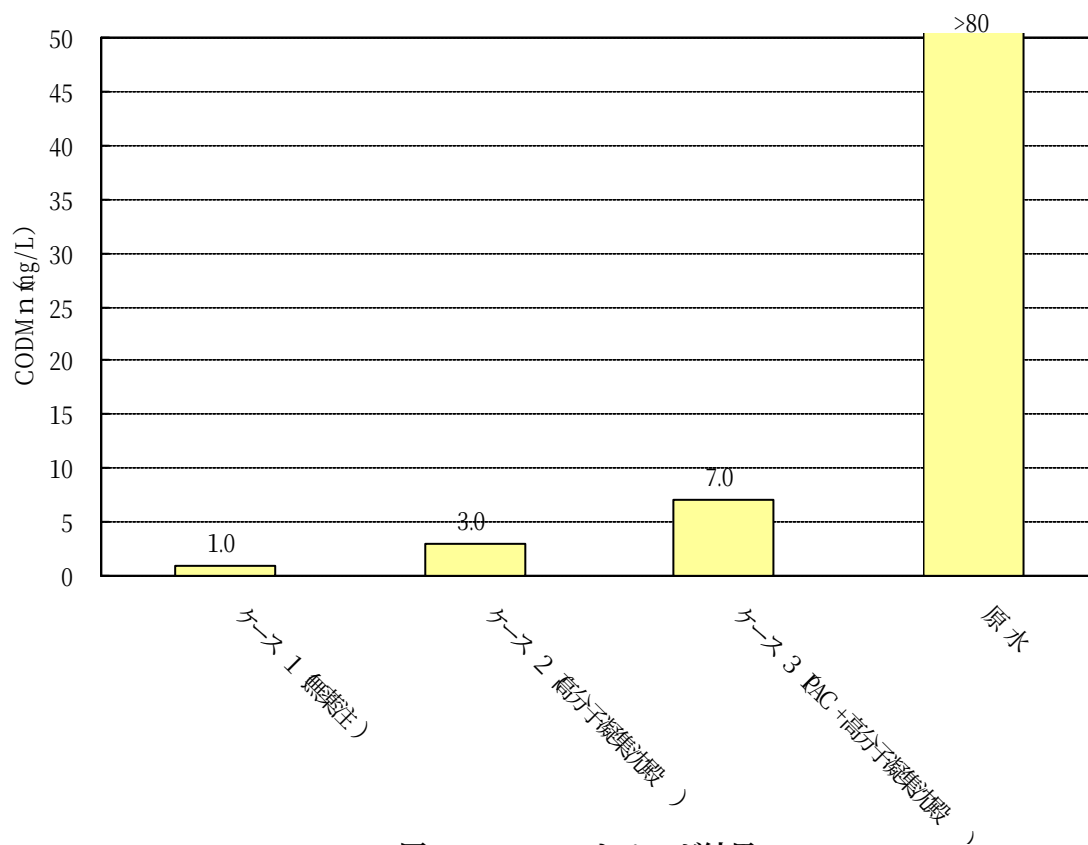


図 3-5-6 モニタリング結果
(COD、現場)

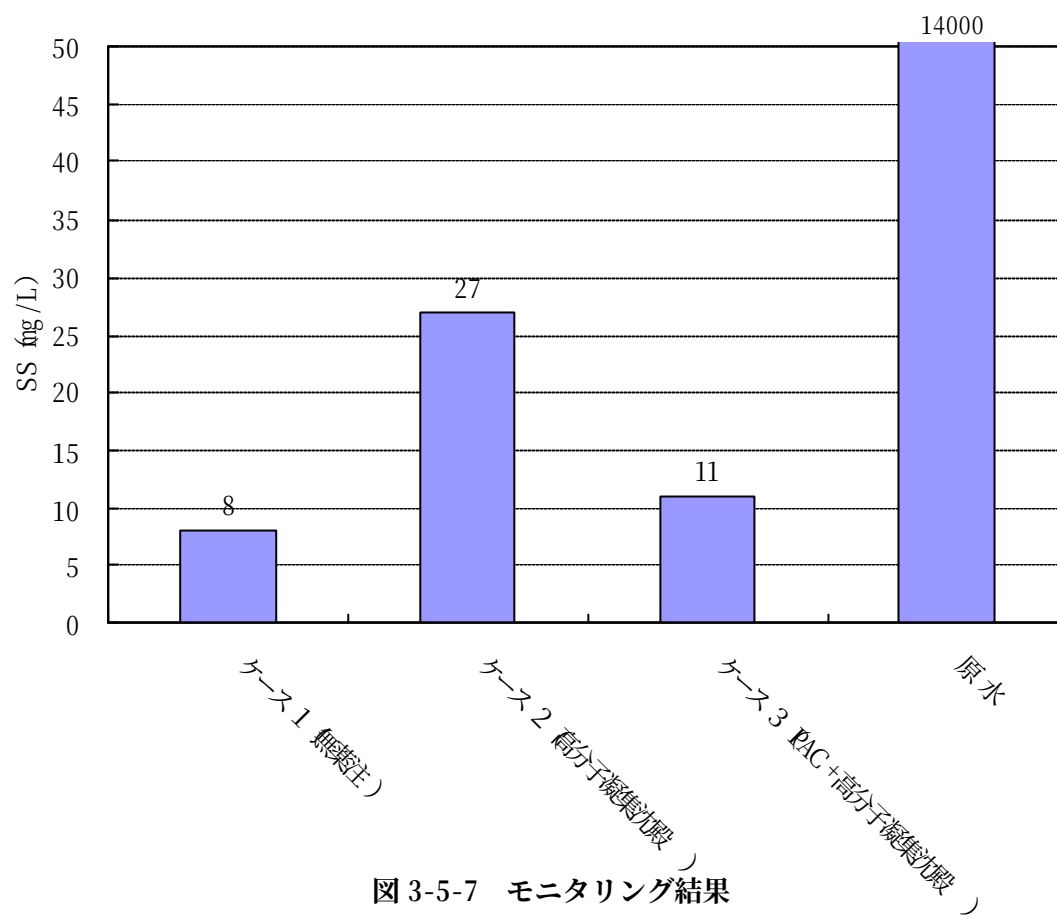


図 3-5-7 モニタリング結果
(SS、分析室)

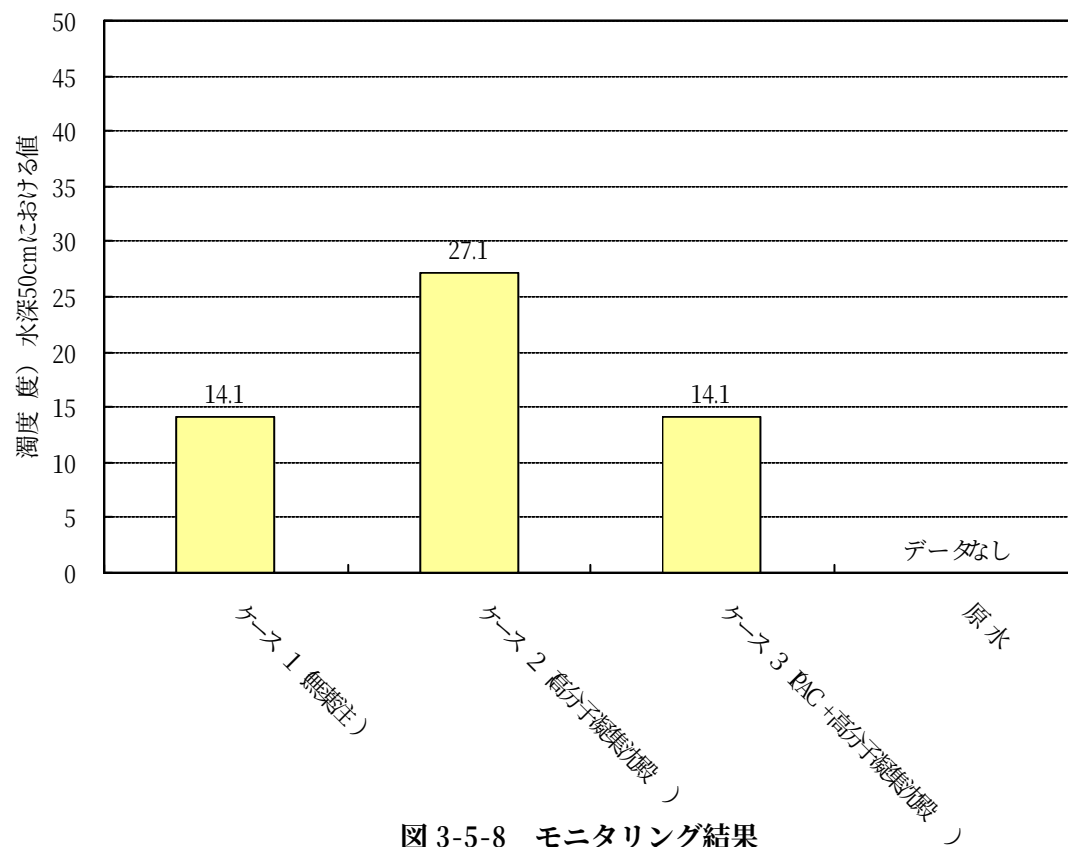


図 3-5-8 モニタリング結果
(濁度、現場)

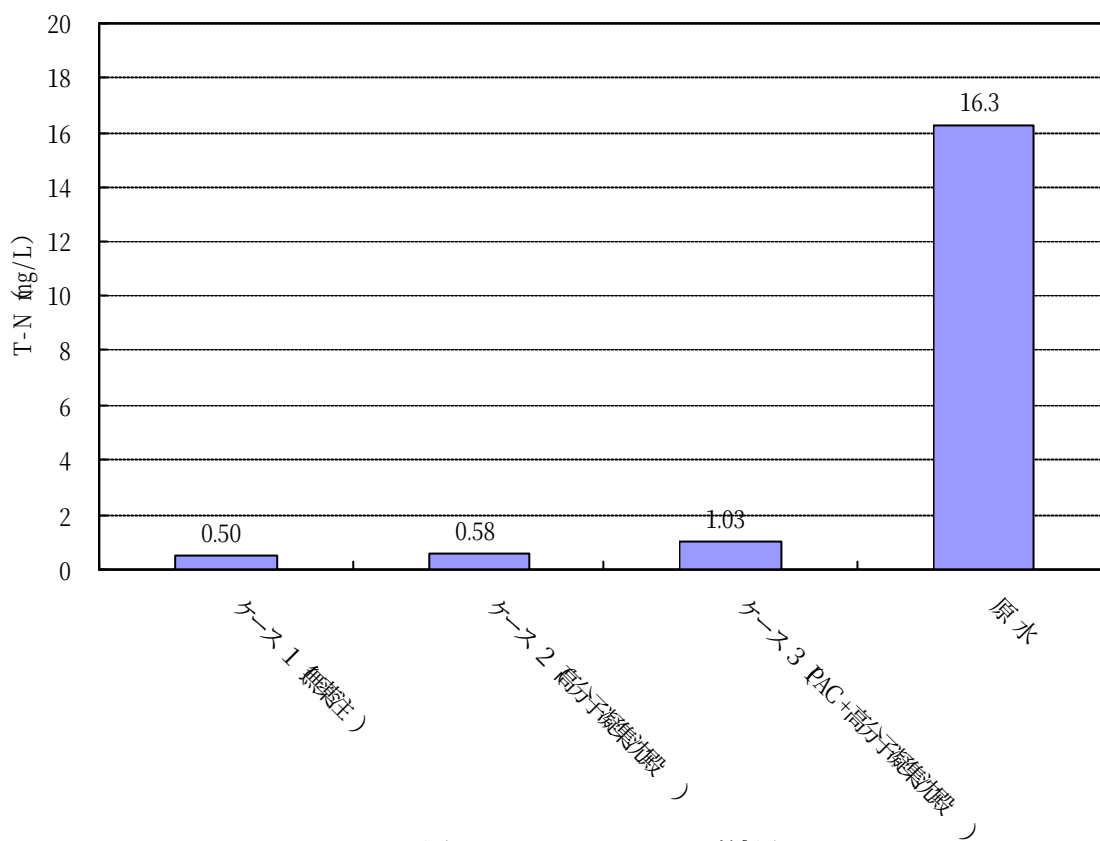


図 3-5-9 モニタリング結果
(T-N、分析室)

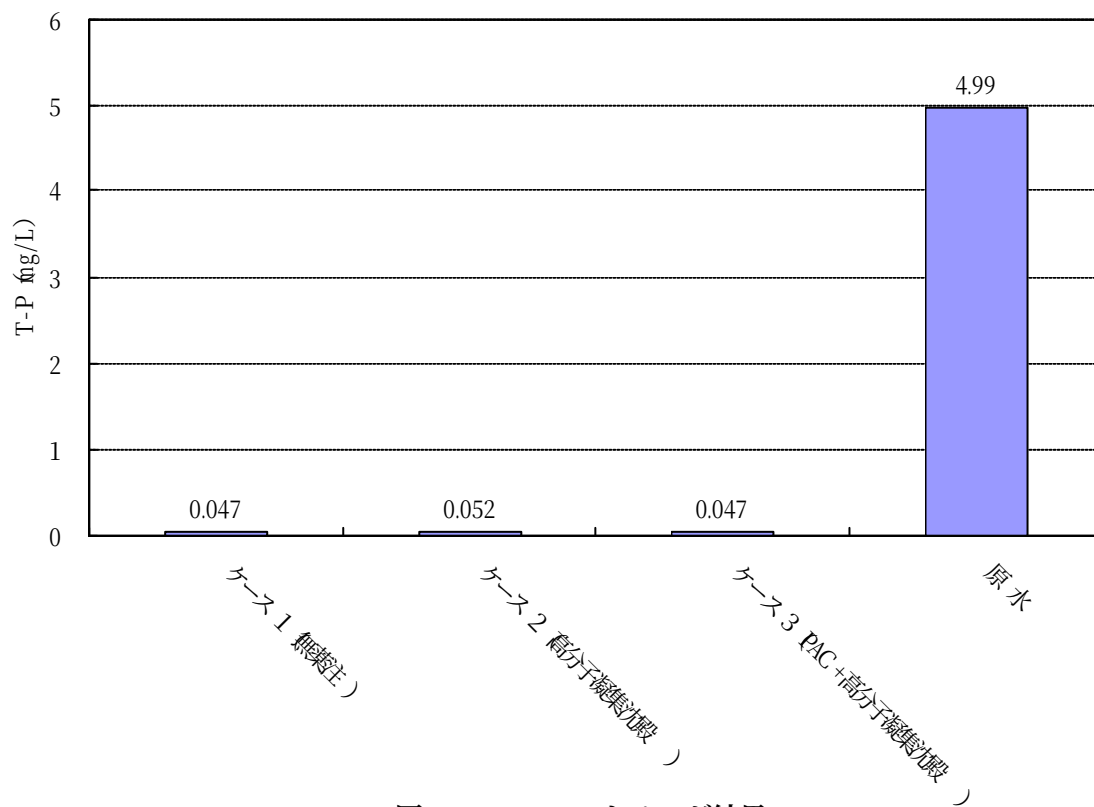


図 3-5-10 モニタリング結果
(T-P、分析室)

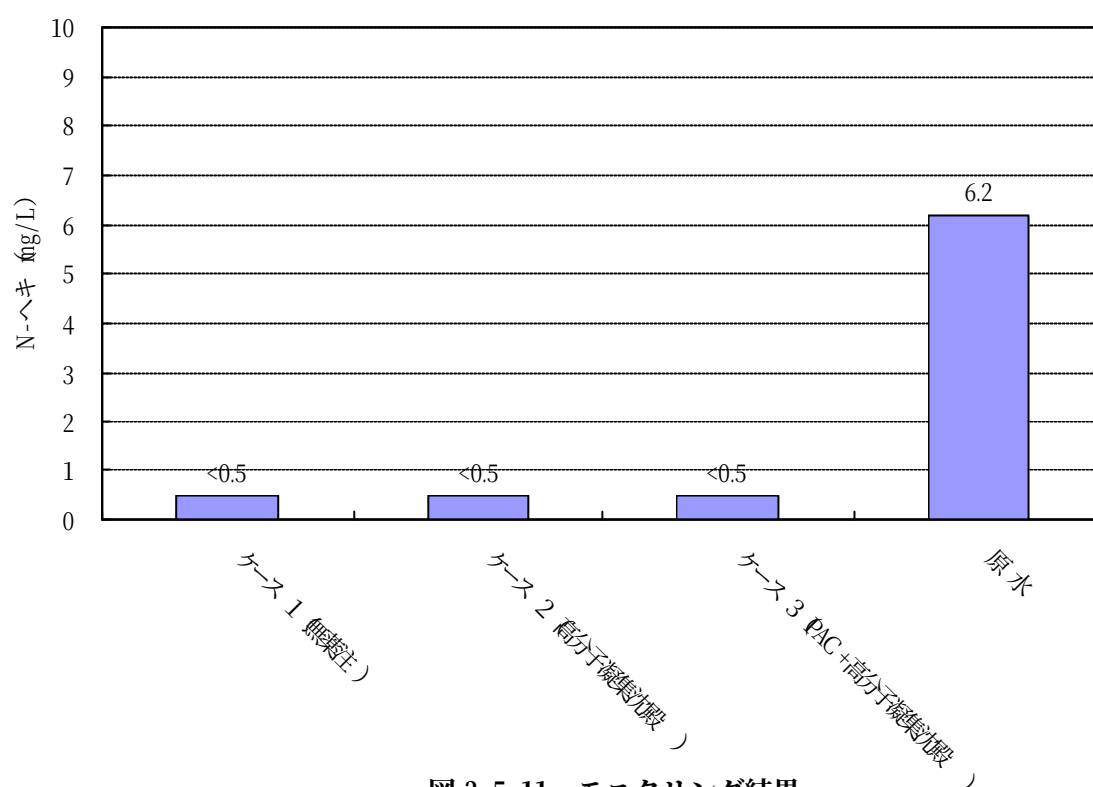


図 3-5-11 モニタリング結果
(N-ヘキサン抽出物、分析室)

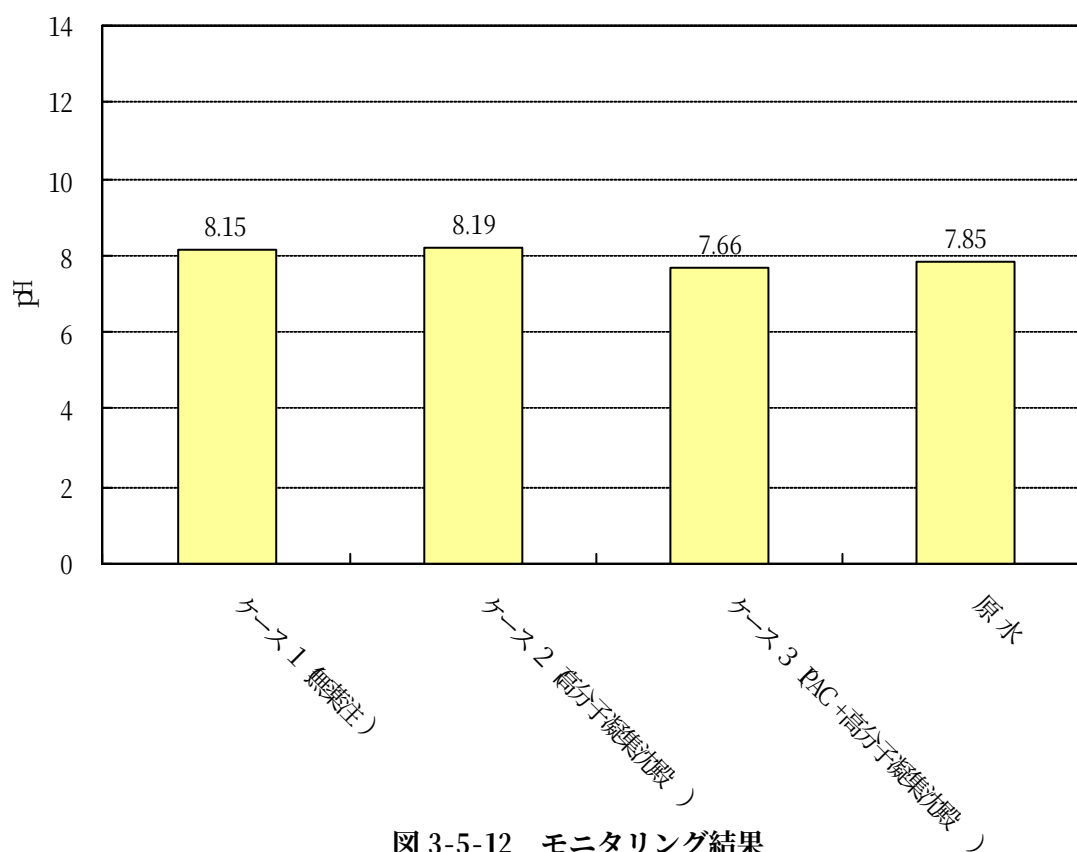


図 3-5-12 モニタリング結果
(pH、現場)

表 3-5-5 排水の濁度管理結果 (ケース 1)

ケース 1				
水槽No.	計測数	濁度	SS換算	計測時間
		(度)	(mg/L)	
NO.1	1	22.6	20.6	7:59
	2	37.1	33.9	8:06
	3	33.4	30.5	8:14
	4	29.5	26.9	8:17
NO.2	1	64.0	58.5	8:07
	2	47.5	43.4	8:12
	3	45.9	41.9	8:16
	4	50.8	46.4	8:22
NO.3	1	32.6	29.8	8:23
	2	44.6	40.7	8:31
	3	49.2	44.9	8:37
	4			
NO.4	1	35.0	32.0	7:35
	2	37.5	34.3	7:40
	3	32.7	29.9	7:45
	4	27.9	25.5	7:50
NO.5	1	18.1	16.5	7:28
	2	18.5	16.9	7:31
	3	25.2	23.0	7:37
	4	25.7	23.5	7:46
NO.6	1	21.5	19.6	7:21
	2	19.0	17.4	7:27
	3	17.8	16.3	7:30
	4	19.6	17.9	7:39

表 3-5-6 排水の濁度管理 (ケース 2)

ケース 2				
水槽No.	計測数	濁度	SS換算	計測時間
		(度)	(mg/L)	
NO.1	1	29.1	26.6	7:11
	2	22.1	20.2	7:15
	3	20.9	19.1	7:20
	4	21.7	19.8	7:25
NO.2	1	35.8	32.7	7:12
	2	25.7	23.5	7:16
	3	23.6	21.6	7:21
	4	33.6	30.7	7:24
NO.3	1	44.2	40.4	7:17
	2	52.8	48.2	7:21
	3	57.2	52.2	7:25
	4	65.1	59.5	7:29
NO.4	1	44.4	40.6	7:25
	2	43.1	39.4	7:28
	3	40.3	36.8	7:34
	4	39.0	35.6	7:39
NO.5	1	50.6	46.2	7:33
	2	50.1	45.8	7:38
	3	46.0	42.0	7:43
	4	45.1	41.2	7:48
NO.6	1	52.6	48.0	7:50
	2	52.5	48.0	7:53
	3	51.8	47.3	7:58
	4			

表 3-5-7 排水の濁度管理 (ケース 3)

ケース 3				
水槽No.	計測数	濁度	SS換算	計測時間
		(度)	(mg/L)	
NO.1	1	38.1	34.8	7:14
	2	21.1	19.3	7:19
	3	27.0	24.7	7:24
	4	25.5	23.3	7:29
NO.2	1	44.1	40.3	7:20
	2	51.2	46.8	7:25
	3	31.1	28.4	7:30
	4	30.1	27.5	7:34
NO.3	1	85.2	77.8	7:20
	2	31.1	28.4	7:25
	3	20.4	18.6	7:30
	4	39.0	35.6	7:36
NO.4	1	32.4	29.6	7:28
	2	14.9	13.6	7:32
	3	14.7	13.4	7:37
	4	15.9	14.5	7:43
NO.5	1	17.9	16.3	7:53
	2	17.5	16.0	7:58
	3	16.4	15.0	8:01
	4	16.5	15.1	8:06
NO.6	1	29.1	26.6	7:39
	2	11.1	10.1	7:45
	3	10.5	9.6	7:51
	4	10.2	9.3	7:55

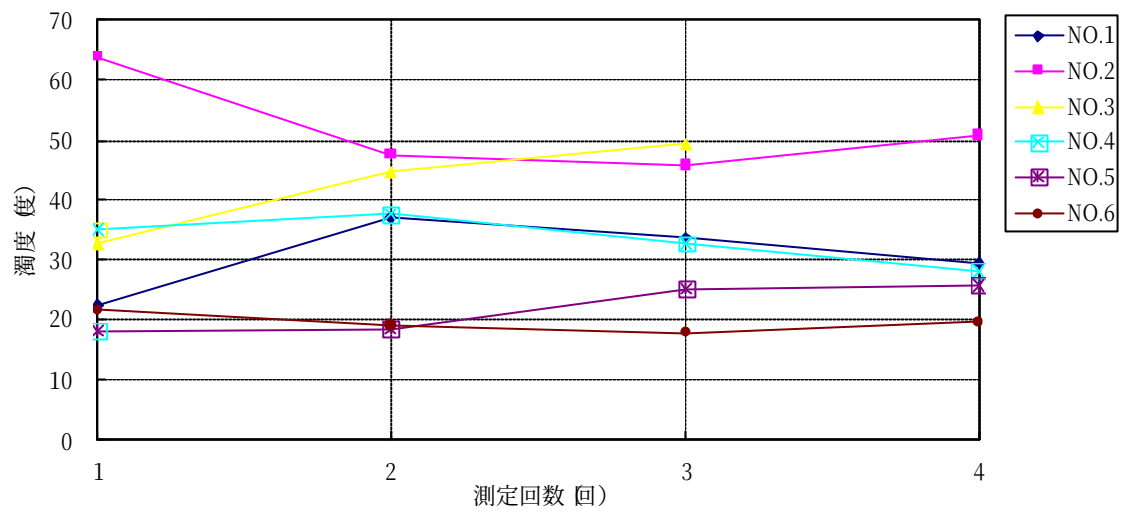


図 3-5-13 排水の濁度管理 (ケース 1)

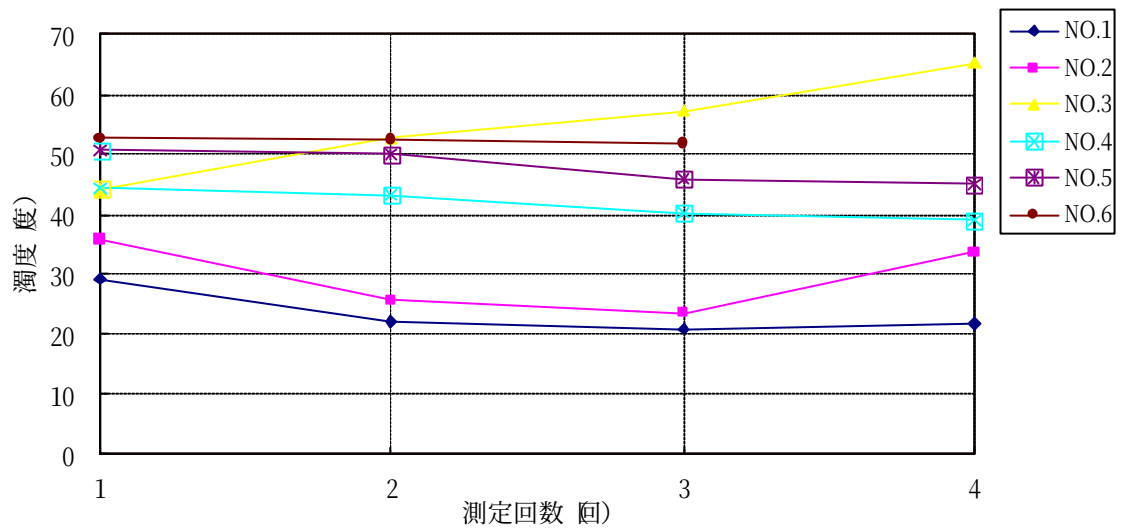


図 3-5-14 排水の濁度管理 (ケース 2)

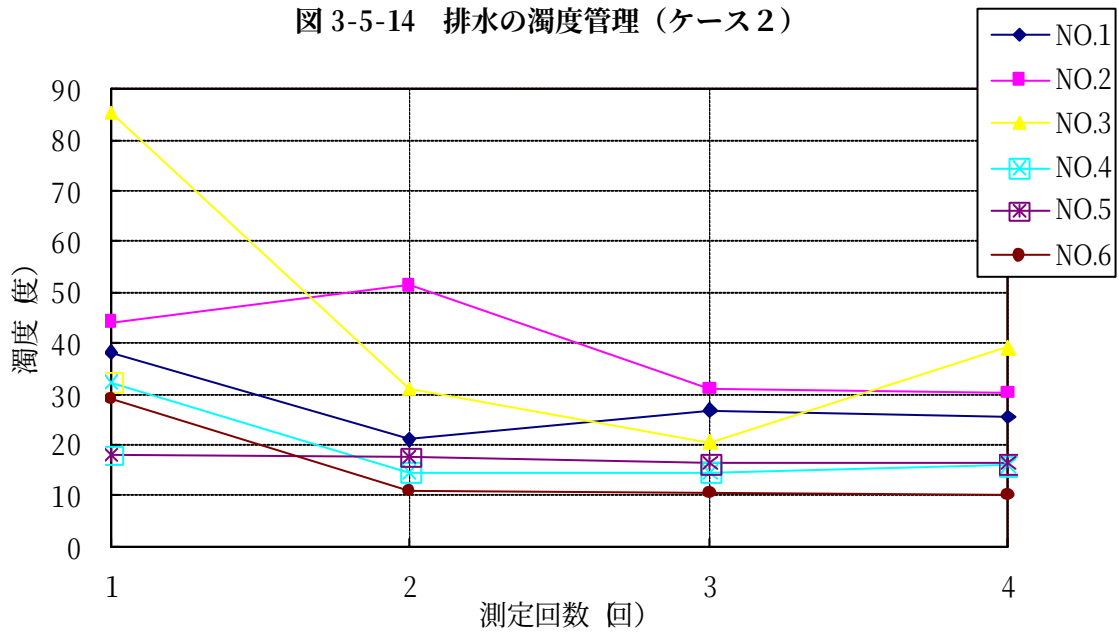


図 3-5-15 排水の濁度管理 (ケース 3)

(2) 堆積土砂の調査結果

上澄み水排水後の仮設水槽内に沈殿した堆積土砂の厚さ及びケース1における各水槽内の堆積土砂の粒度分析を実施した。

① 堆積土砂の厚さ

堆積土砂の厚さ測定結果より平均堆積厚さを表3-5-8、図3-5-16に示す。なお、表3-5-8のケース1における値は、前日に実施した試運転時に沈殿した土砂の平均堆積厚さを差し引いた数値である。図3-5-17～図3-5-20に堆積厚さ測定値と平均厚さを示す。

表 3-5-8 堆積土砂の平均堆積厚さ

水処理 実施ケース	仮設水槽番号					
	No.1水槽	No.2水槽	No.3水槽	No.4水槽	No.5水槽	No.6水槽
ケース1	12.5	11.9	6.3	3.9	3	2.2
ケース2	10.2	7.9	6.2	3.2	0.9	0.1
ケース3	37.6	28	22.2	18.9	3.1	1.3

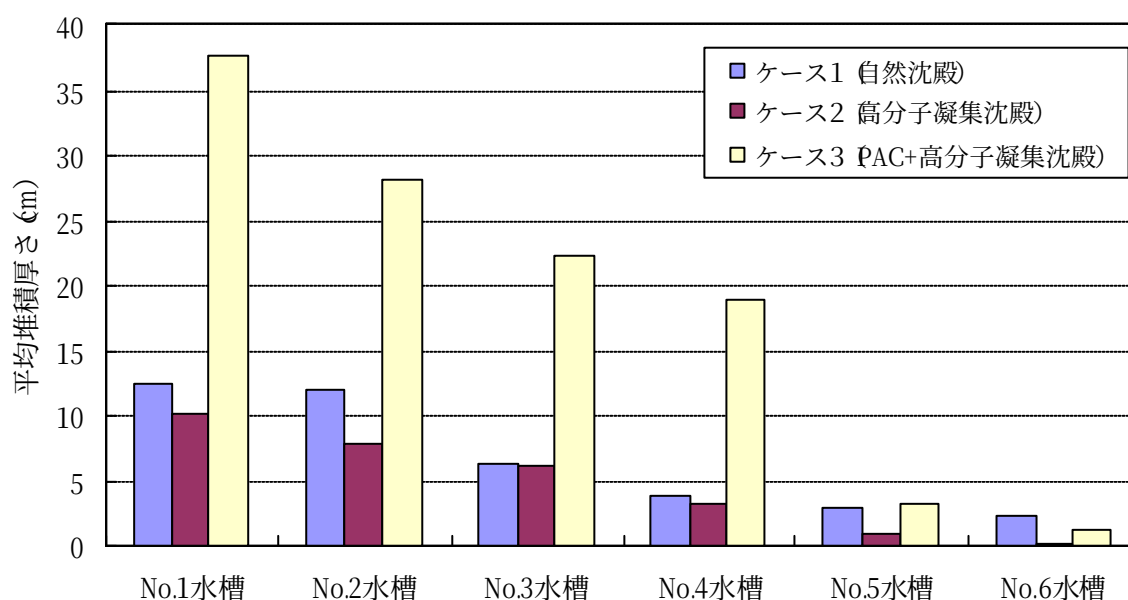


図 3-5-16 堆積土砂の平均堆積厚さ

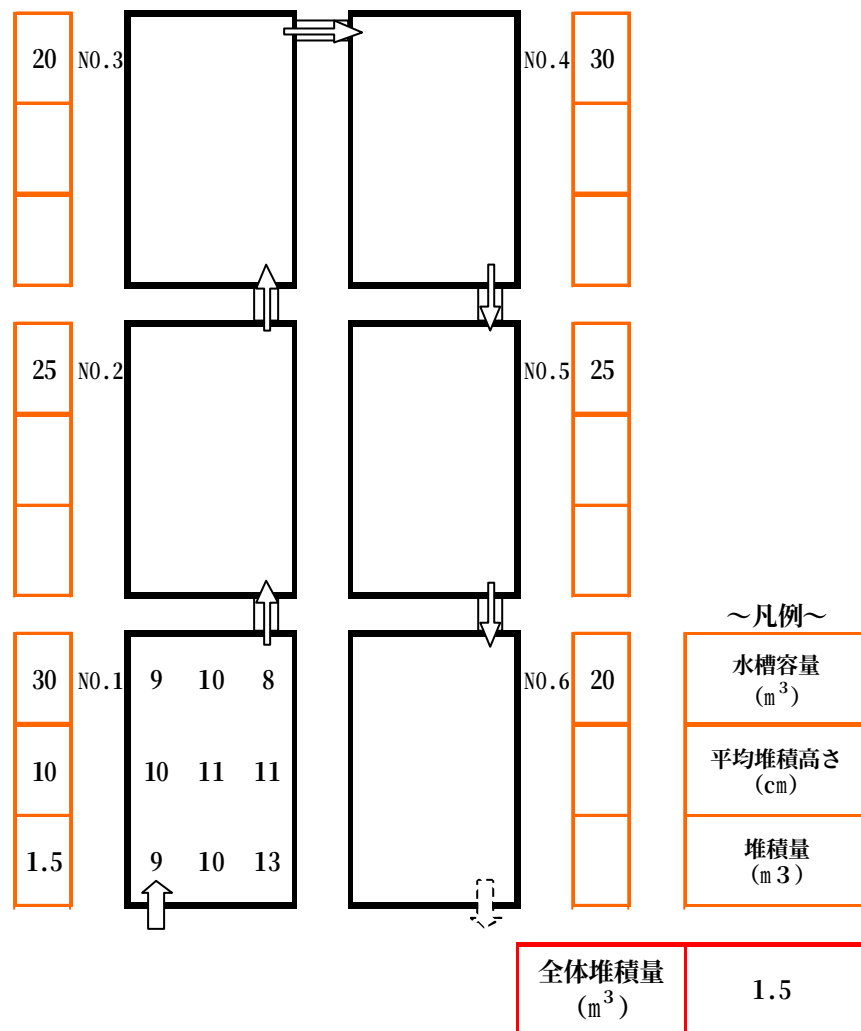


図 3-5-17 堆積厚さの測定結果 (試運転時)



図 3-5-18 堆積厚さの測定結果 (ケース 1)

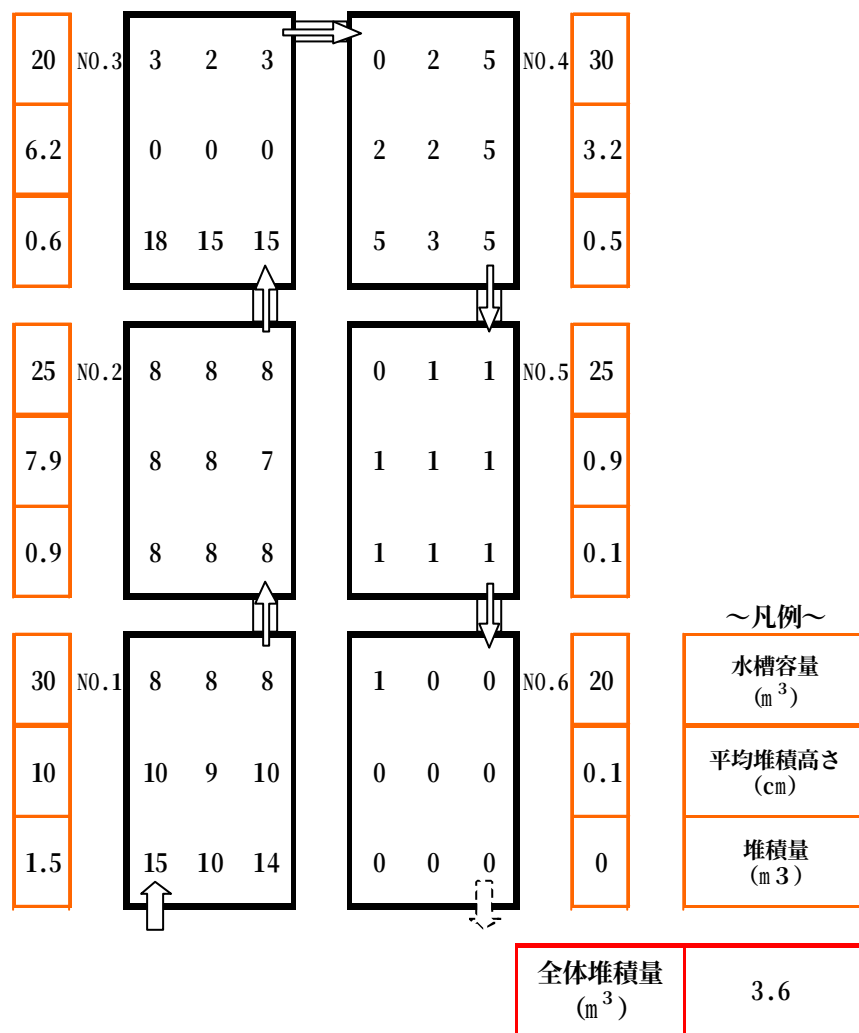


図 3-5-19 堆積厚さの測定結果 (ケース 2)

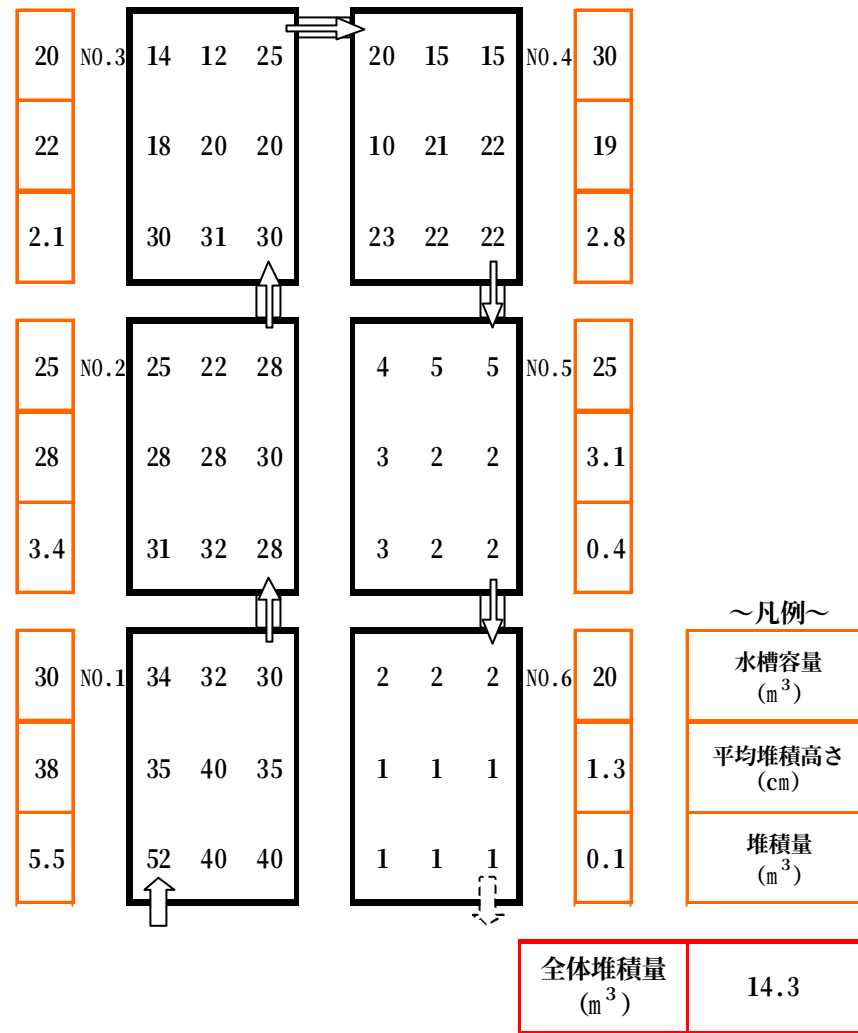


図 3-5-20 堆積厚さの測定結果 (ケース 3)

② 粒度分析結果

堆積土砂の粒度分析結果を表 3-5-9 及び図 3-5-22～3-5-28 に示す。また、表 3-5-9 より粒径加積曲線を図 3-5-21 に示す。

測点“砂利-NO.1”は、NO.1 仮設水槽の浚渫排水流入口直下にて採取したものである。その他の試料は各水槽のほぼ中心にて採取した。

表 3-5-9 粒度分析結果

測 点	密度 (g/cm ³)	礫分 (%)	粗砂分 (%)	中砂分 (%)	細砂分 (%)	シルト分 (%)	粘土分 (%)	50% (mm)
仮設水槽 番 号								
砂利-NO.1	2.72	47.7	14.8	19.9	10.5	5.1	2.0	1.76
No.1	2.70	0.0	0.0	1.4	15.1	63.1	20.4	0.0221
No.2	2.69	0.0	0.0	0.2	5.1	67.7	27.0	0.0141
No.3	2.71	0.0	0.0	0.2	2.4	68.7	28.7	0.0128
No.4	2.72	0.0	0.0	0.0	1.0	65.6	33.4	0.0105
No.5	2.71	0.0	0.0	0.0	0.5	65.7	33.8	0.0105
No.6	2.73	0.0	0.0	0.0	1.3	54.1	44.6	0.0063

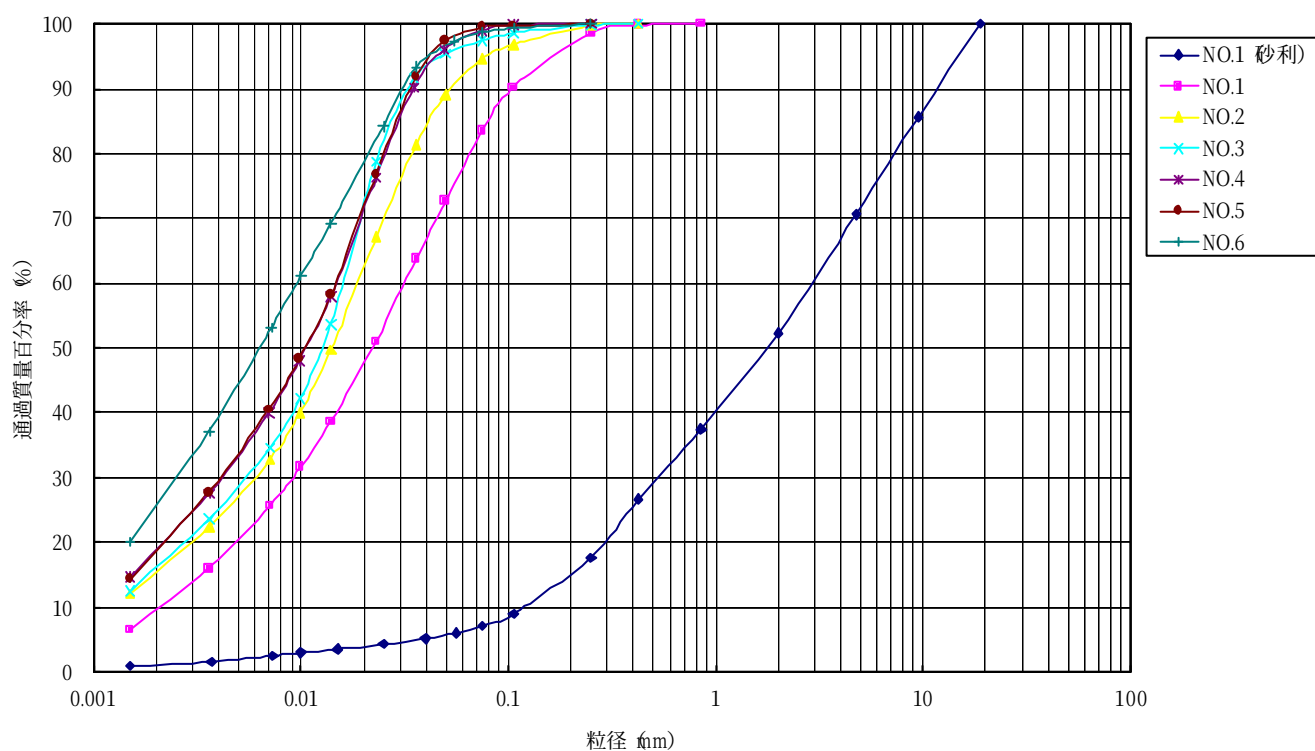


図 3-5-21 粒径加積曲線

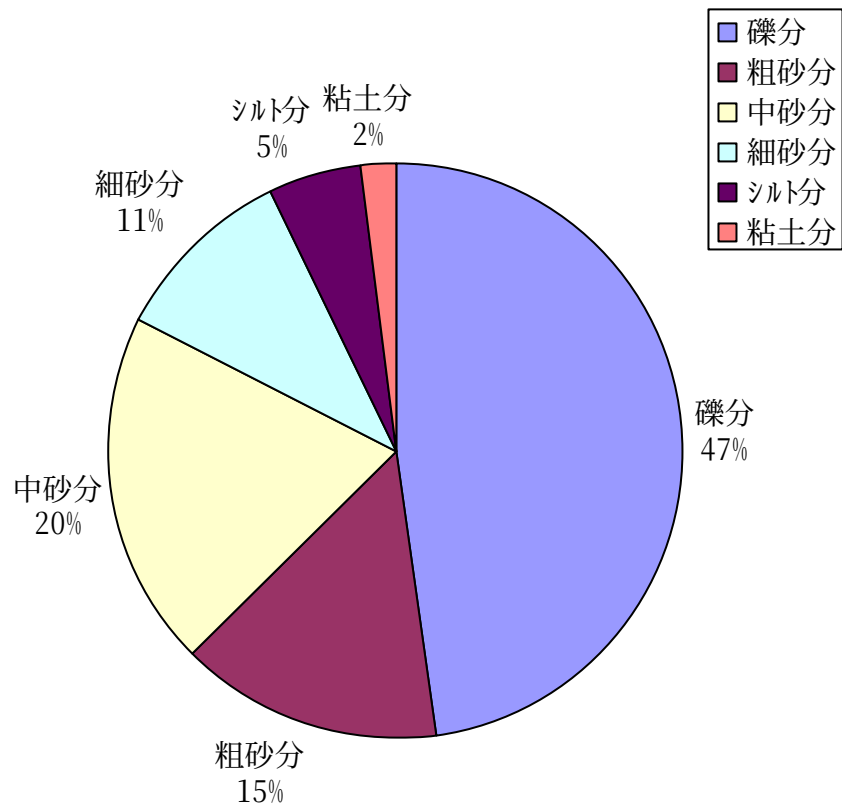
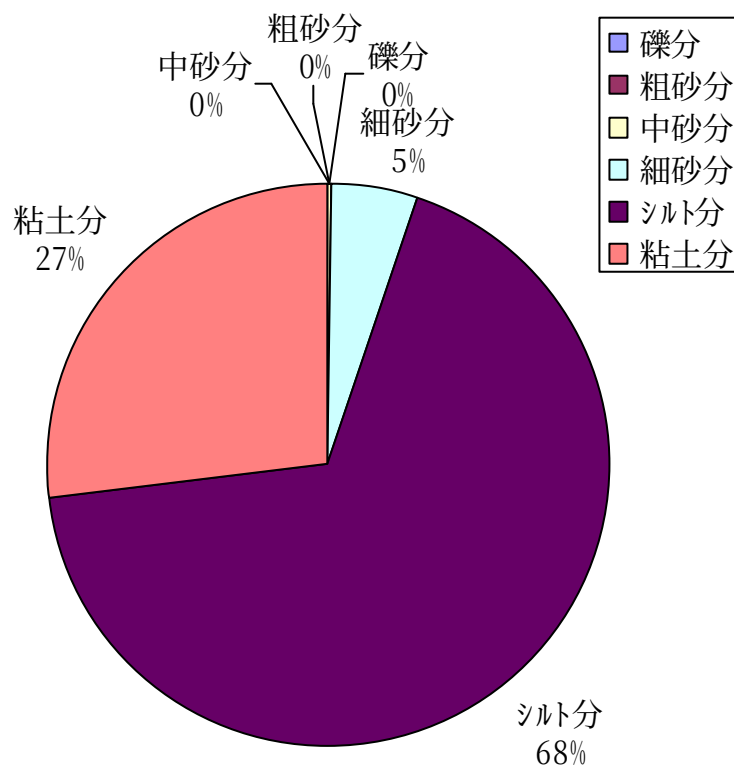


図 3-5-22 粒度分析結果（砂利-N0.1）



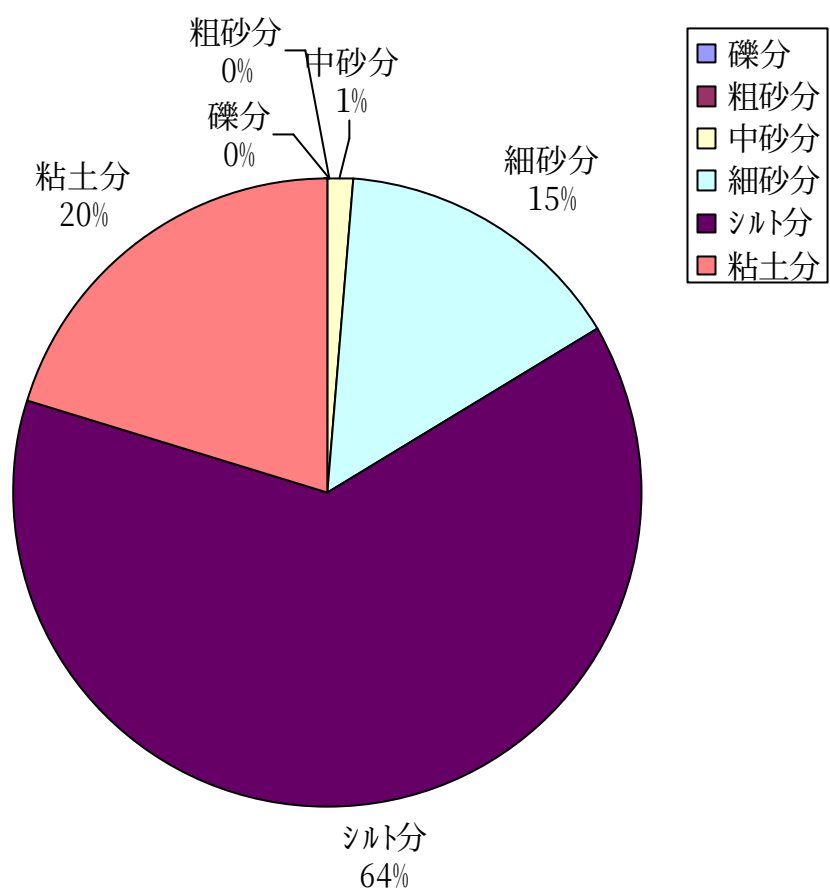


図 3-5-24 粒度分析結果 (N0.2)

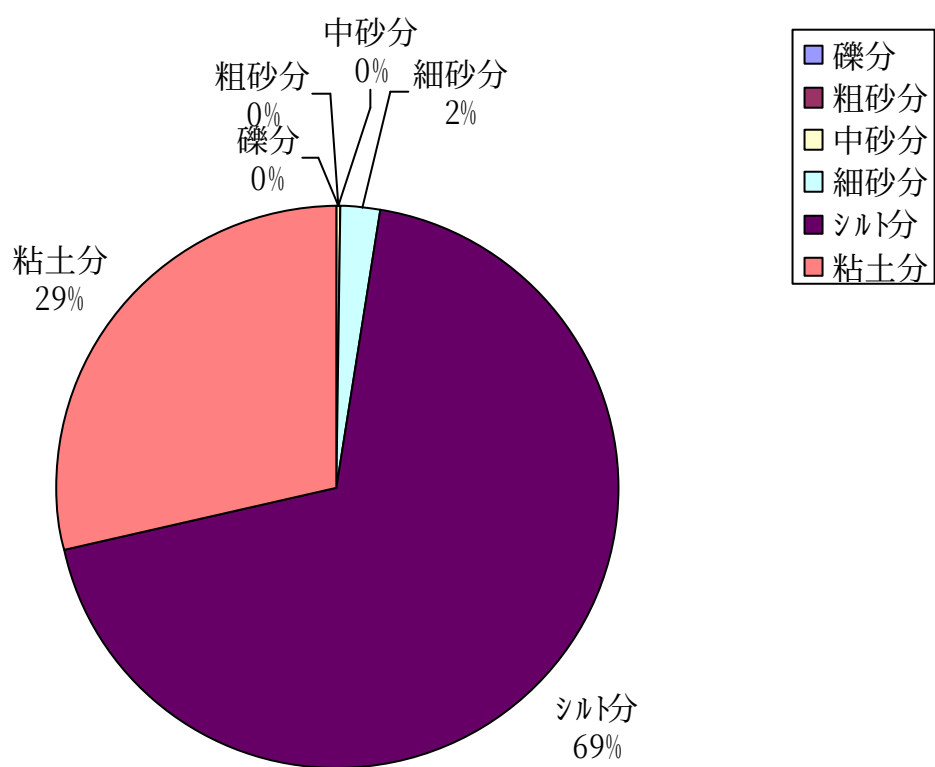


図 3-5-25 粒度分析結果 (N0.3)

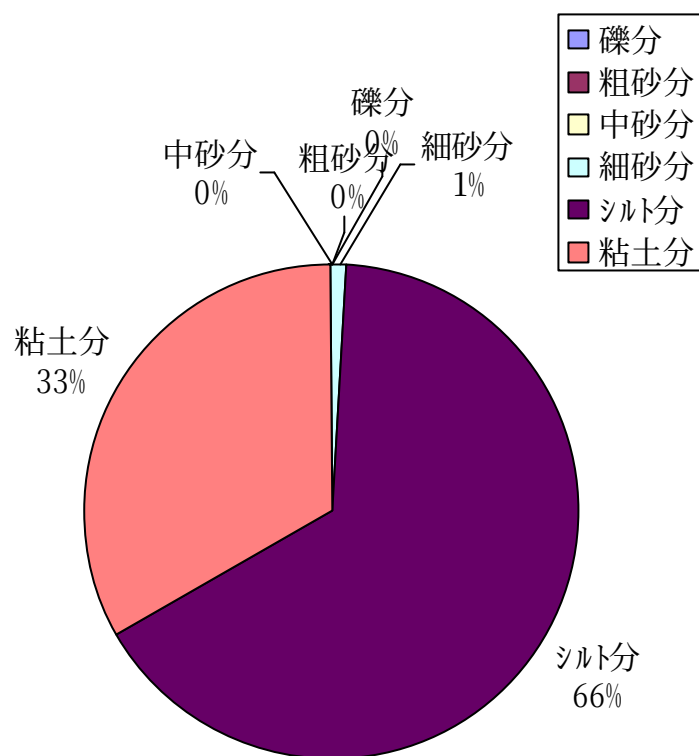


図 3-5-26 粒度分析結果 (N0.4)

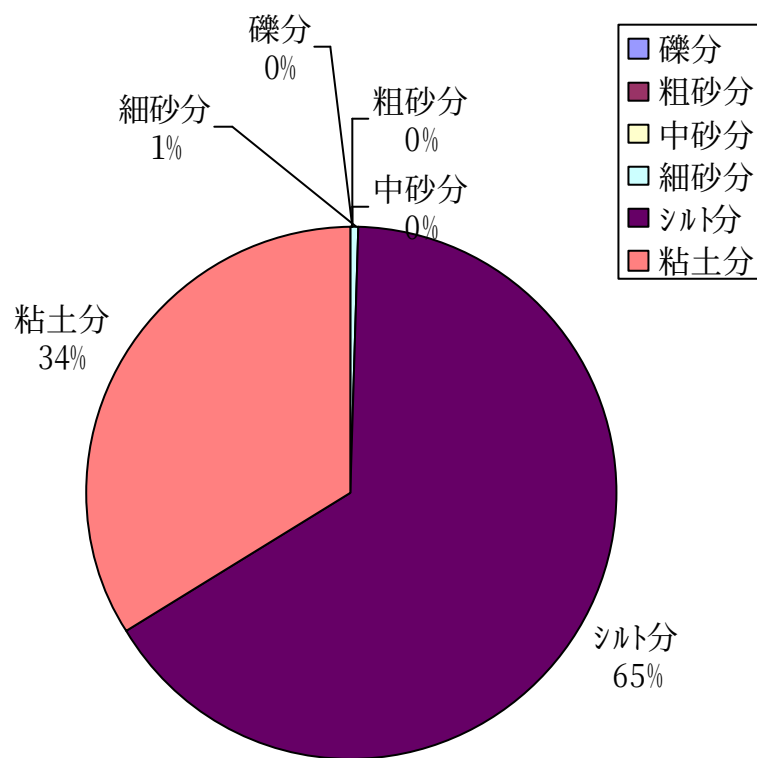


図 3-5-27 粒度分析結果 (N0.5)

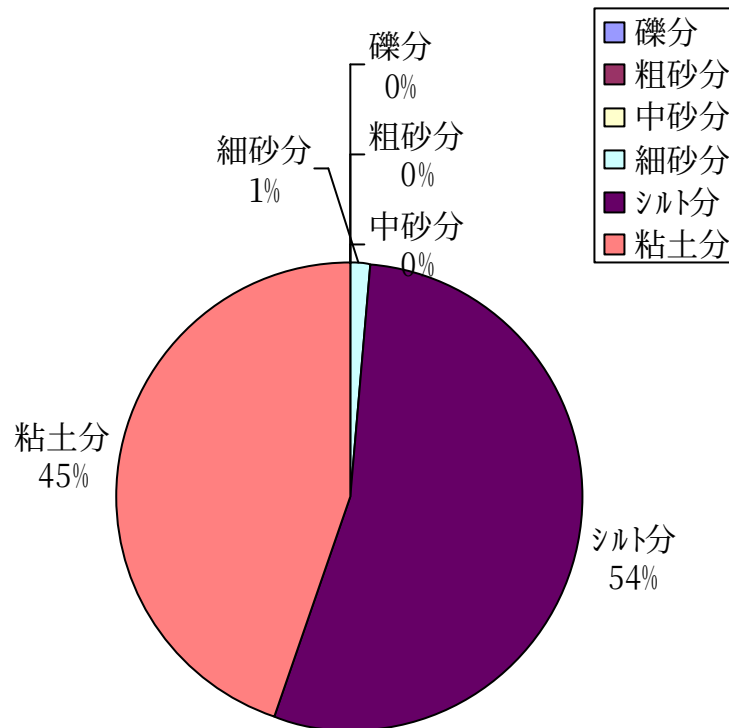


図 3-5-28 粒度分析結果 (N0.6)

3.5.6. 考 察

(1) 処理排水のモニタリング

今回実施した水処理試験における処理排水の水質分析結果は、ケース 1～ケース 3 のすべてにおいて異常値は検出されていない。また排水中の濁度管理においても、排水用水中ポンプのレベル調整の不具合により濁度が 60 を一時超えた数値が出たものの、レベル修正により濁度は低下し、概ね 50 以下で安定していた。(図 3-5-13、図 3-5-14、図 3-5-15 参照)

また COD と SS については、現地分析と分析室による分析を実施した。数値の違いは若干あるものの分析結果の傾向は等しく、簡易の速報分析として実施した、パックテスト (COD 分析) 及び濁度測定 (SS 換算) の値は、十分に実用に耐えられると判断される。

(2) 沈殿堆積土砂

図 3-5-16 に示す粒径加積曲線より浚渫排水のほとんどが細砂、シルト、粘土で構成される微細な粒径のものであり、その中に砂利-N0.1 の測点にて確認された砂礫・玉石が含有している。

図 3-5-16 よりケース 3 における沈殿堆積土砂の量が他のケースより大きくなっている要因は、浚渫試験の項に示したようにダイバーによる浚渫の方法に依存したと考察される。

(3) 水処理試験結果

① ケース 1（連続処理に向けて）

今回の水処理試験は、実証試験という観点から仮設水槽が満水になった時点で水処理を停止し、半日以上の静置インターバルを確保するという間欠処理（バッチ）方法を実施した。そのためケース 1 のように自然沈殿法においても十分な処理試験結果が得られている。

これに対し、図 3-5-29 に示すような連続処理を限られた処理スペースにおいて達成するために、凝集剤等を注入して沈降速度が小さな微細懸濁物質をフロック化させて強制沈殿を図り、処理時間（効率）を短縮させる必要が生じる。

また将来の事業計画では、大量な土砂排水を連続処理する可能性があることが想定される。そのことを踏まえケース 2 及びケース 3 では、それぞれ薬液注入条件を整え、水処理試験を試みている。

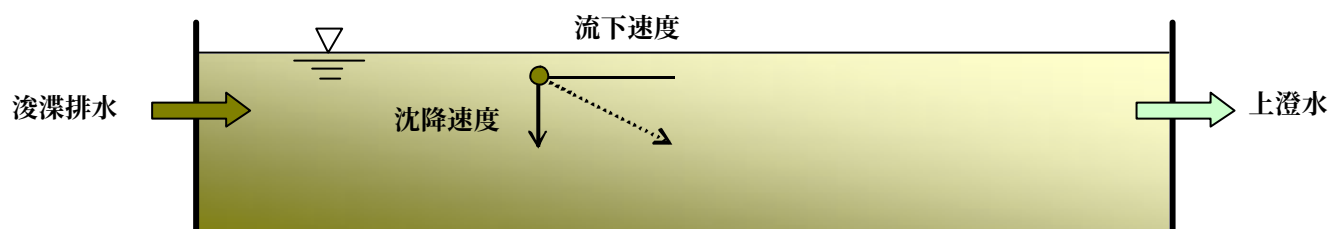


図 3-5-29 連続処理イメージ

② ケース 2（凝集不良現象の発生）

ケース 2 の高分子凝集剤のみの注入は、予備試験において十分な凝集沈殿効果が確認されていたものの、現地では凝集不良を起こし排水中に白い懸濁物が残留する結果となった。ケース 2 の SS の値が他のケースより高い値を示したのもこの凝集不良が原因と推察される。

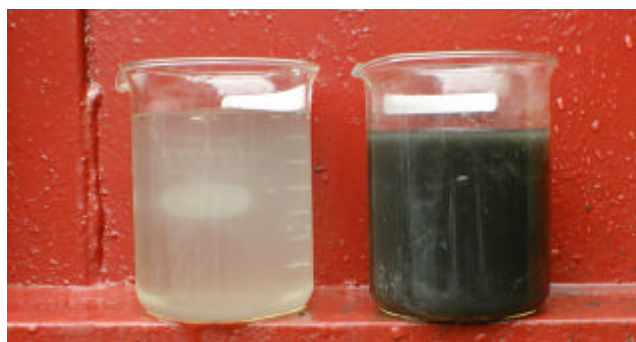


写真 3-5-42 ケース 2 における水処理結果

写真 3-5-42 は、ケース 2 に於ける原水（右）と処理水（左）であり、明らかに処理水が白濁している。凝集不良を起こした理由として以下の原因が推察される。

- 予備試験で試料とした現位置での堆積土砂は、海水中に含まれる金属イオンによりマイナスの電荷は失われていた。
- ところが浚渫の際、土粒子がポンプ及び仮設配管内を流体輸送する間に摩擦等による静電気によりマイナス電荷を帯び土粒子間の電気的反発力が増加した。
- 電荷を帯びた土粒子のうち粒径が小さなものは、高分子凝集剤のみでは凝集（凝結）効果が得られなかった。

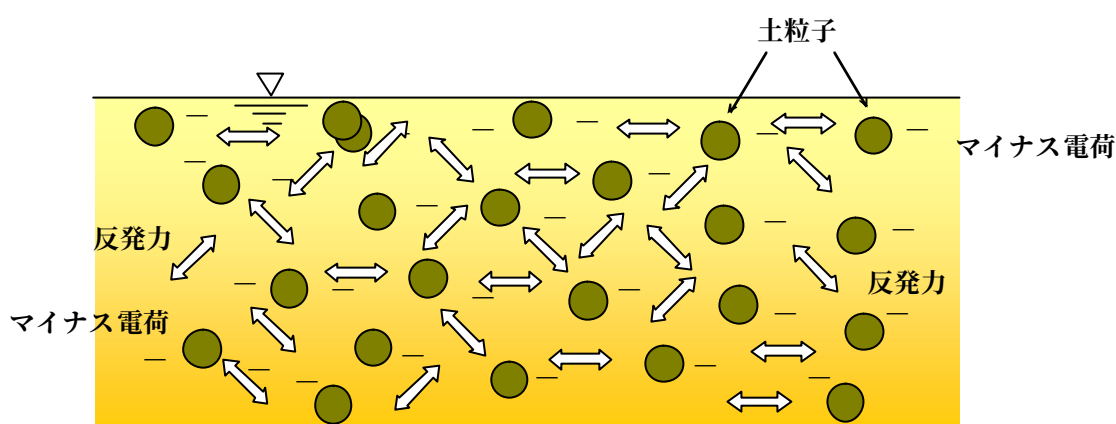


図 3-5-30 土粒子の反発イメージ

但し、図 3-5-19 のケース 2 に示すように、N0.5 水槽の堆積厚さが N0.4 までより極端に小さくなっていることから、高分子凝集剤の架橋作用により比較的大きい粒子の懸濁物は凝集し沈殿した可能性が推察される。

③ ケース 3（金属イオンの添加）

ケース 3 においては、ケース 2 の凝集不良を改善するために、PAC を添加した。具体的には土粒子のマイナス電荷を PAC に含まれるアルミニウム塩のプラス電荷により断ち切る作用を与えている。

この PAC+高分子凝集剤の 2 つの凝集剤を添加したことにより、ケース 2 にて凝集できなかった懸濁物質（白濁した物質）も良好に凝集する結果が得られた。

図 3-5-31 に PAC および高分子凝集剤を添加することによる土粒子の凝集沈殿イメージを示す。

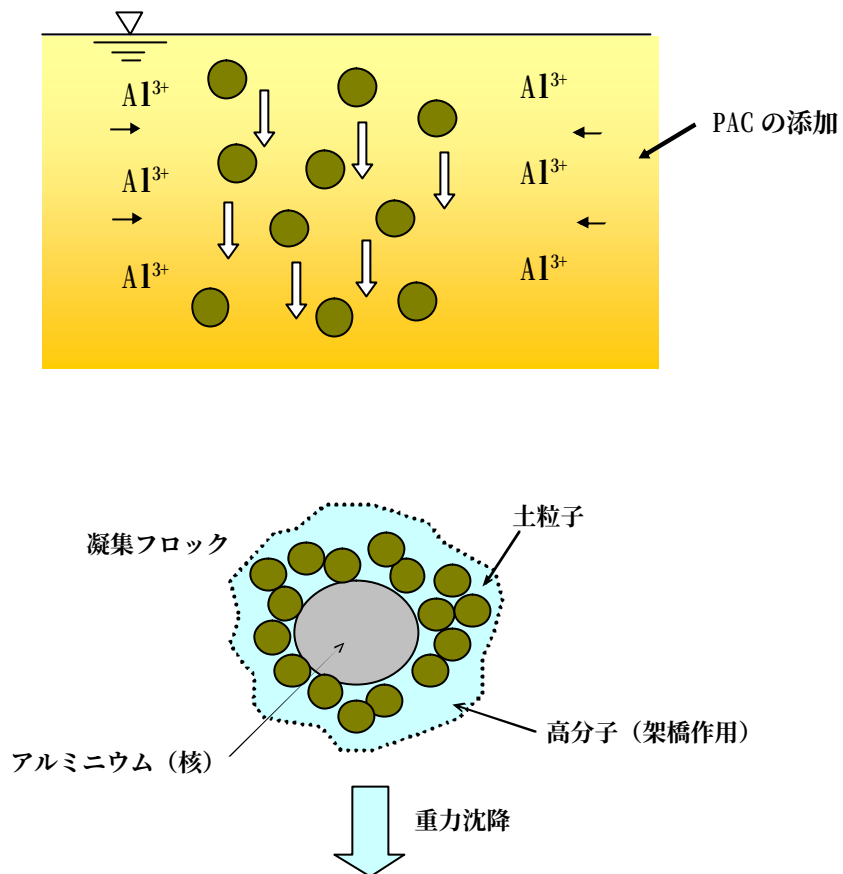


図 3-5-31 凝集剤の添加による土粒子の凝集沈殿イメージ

写真 3-5-43 はケース 3 にて排水流入の際、各水槽より採水したものであり、処理水には白濁等の濁りが生じていない。

また、図 3-5-21 から良好に凝集効果が出ていると評価される。さらに N0.5 水槽の堆積厚さが N0.4 までより極端に小さくなっていることより、高分子凝集剤の架橋作用により比較的大きい粒子の懸濁物は凝集し沈殿したことが伺える。このようにケース 3 の条件下であれば、今回実施した規模での連続処理は十分に可能と判断される。

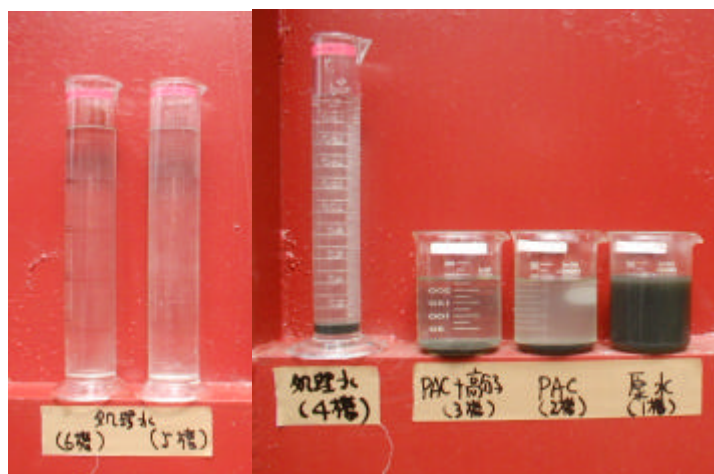


写真 3-5-43 ケース 3 に於ける排水処理状況

(4) 排出土砂量

堆積土砂の平均厚さより各水槽に堆積していると考えられる土砂の体積を算定する。各水槽の内空面積は表 3-5-10 に示すとおりである。算定された体積と浚渫排水が流入した時間（浚渫時間）より“排出土砂量”を推定した。

（表 3-5-11 参照）

ここでいう“排出土砂量”は排水中の懸濁物（土砂）の沈降時間を無視した場合に一時間あたりに水槽の底に堆積し、土砂処分の際、拔取り排出する土砂量のことを現している。

排出土砂量は浚渫時の含泥率に大きく左右されるが、試験結果よりケース 3 で最大 21.4m³ が堆積し排出が考えられる。積み込み量約 7m³ の大型高速吸引車（バキュームカー）を用いても 3 台以上必要となり、浚渫排水の連続処理を考えた場合、非効率である。従って今後の課題として水槽に沈殿したスラリー状の土砂の効率的な排出法が必要となる。

スラリーとは液体中に細かい固体粒子が安定的な状態で濃厚に懸濁したものの。土質工学では、液性限界よりもかなり高い水分を含んだスープ状の土をさす。

表 3-5-10 仮設水槽の内空面積

仮設水槽	内空面積	
30m ³ 水槽	14.7	m ²
25m ³ 水槽	12	m ²
20m ³ 水槽	9.6	m ²

表 3-5-11 排出土砂量

ケース	No.1水槽	No.2水槽	No.3水槽	No.4水槽	No.5水槽	No.6水槽	合計	浚渫時間	排出土砂量
	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	min	m ³ /hr
ケース1	1.8	1.4	0.6	0.6	0.4	0.2	5.0	35	8.6
ケース2	1.5	0.9	0.6	0.5	0.1	0.0	3.6	37	5.9
ケース3	5.5	3.4	2.1	2.8	0.4	0.1	14.3	40	21.4

3.6. バッチテスト工程

3.6.1. 目 的

水処理工程では確認できない、沈降速度の測定、フロックの生成状況等のデータ収集を行う目的で、アクリル水槽と実際の浚渫排水を用い現地バッチテストを実施した。

バッチテストにおいて確認された事項及び収集データを以下にまとめる。

3.6.2. バッチテスト方法

バッチテストではアクリル製の円形水槽（φ30cm×H100cm）を使用し、水処理試験工程における浚渫排水を用い、水処理装置等の設計に必要な沈降速度等の基礎データを収集した。

写真 3-6-1 に使用したアクリル製円形水槽を示す。



写真 3-6-1 アクリル製円形水槽
(φ300mm×H1000mm)

(1) バッチテストケース

バッチテストのテストケース（凝集剤の注入条件）は水処理工程と同様、テーブルテストを行い決定した。表 3-6-1 にテストケースを示す。

表 3-6-1 バッチテストケース

バッチテストケース	凝集剤注入条件
ケース 1	高分子6ppm
ケース 2	PAC20ppm+高分子6ppm
ケース 3	電解20ppm+高分子6ppm
ケース 4	電解10ppm+高分子3ppm
ケース 5	塩化第二鉄20ppm+高分子6ppm

なお PAC、高分子凝集剤は、水処理工程において使用した凝集剤である。塩化第二鉄は PAC と同様、汎用的な無機凝集剤であり凝集効果は鉄の陽イオンにより与えられる。

また、表 3-6-1 中の電解は、電解アルミニウムを示す。これは電気分解により溶出させたアルミニウムイオンより懸濁物を凝集させる方法であり、その作用は PAC 等の無機凝集剤に近い。そのフローは図 3-6-1 に示すとおりで、今回対象としている浚渫排水が海水（電解質）であることより濁水中にて直接アルミニウムを電気分解する。発生期の金属イオンは活性度が高く、凝集効率に優れている。

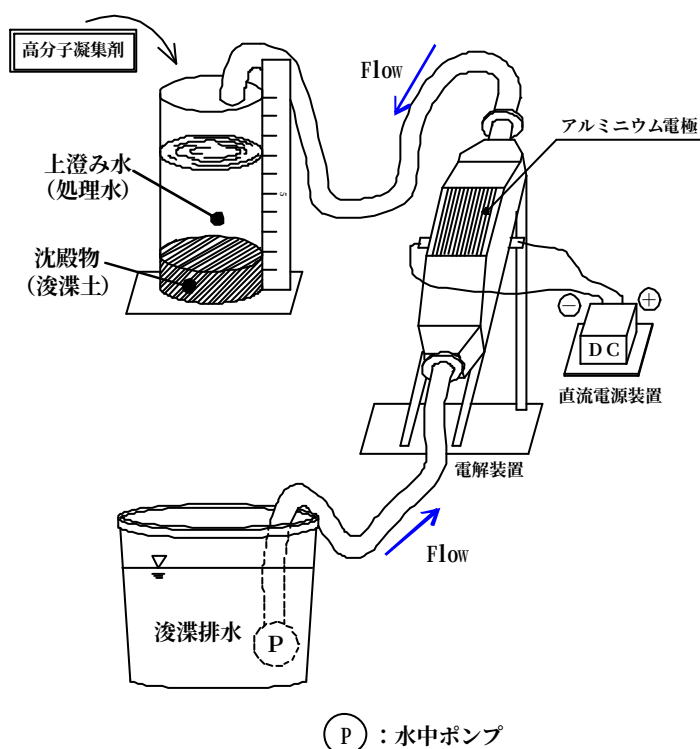


図 3-6-1 電解アルミニウムによる凝集沈澱処理フロー

(2) 分析項目

バッチテストの各ケースにてアクリル製円形水槽を用い凝集テストを実施した。テスト終了後、処理水の水質を分析した。表 3-6-2 に分析項目を示す。分析は全て現地分析にて実施した。

表 3-6-2 分析項目

分 析 項 目				
水温	ph	COD	濁 度	
℃	-	(バックテスト)	表層 (60cm点)	深層 (20cm点)
		mg/L	度	度

(3) 界面の沈降高さと沈降速度

一般的に沈殿処理する原水が高濃度で粒子相互の干渉が多くなると、個々の懸濁粒子は相対的な位置を変えることができなくなり一体となって沈降する。このような状態を界面沈降といい、清澄部と懸濁部の間に明確な境界ができる。これを界面という。

そこで、各ケースに於ける凝集テスト中、界面の沈降高さとその沈降時間を測定し、沈降速度を算定した。

$$\text{沈降速度 (cm/s)} = \text{等速沈降高さ (cm)} \div \text{沈降時間 (s)}$$

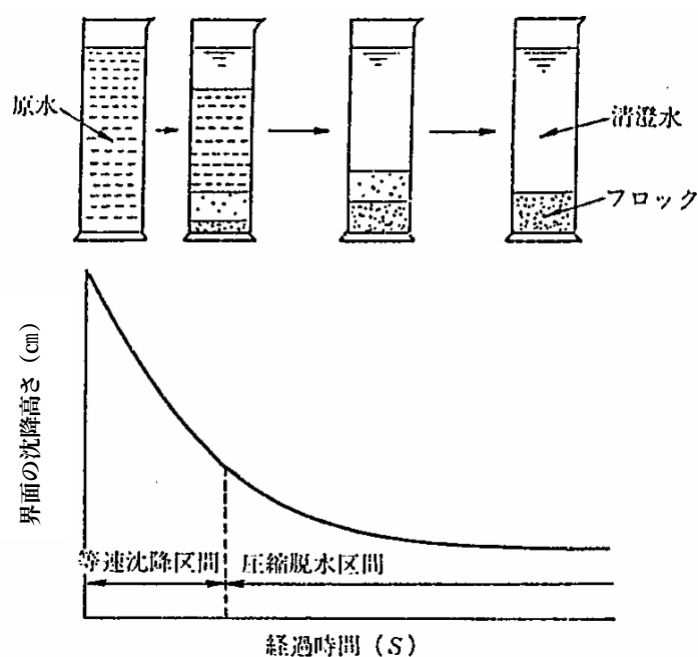


図 3-6-2 界面沈降高さと沈降時間（沈降速度）

(4) フロックの性状

テスト終了後、凝集沈殿したフロックを重力脱水し、その性状を確認した。

3.6.3. バッチテスト状況

バッチテスト状況を写真 3-6-2～写真 3-6-16 に示す。

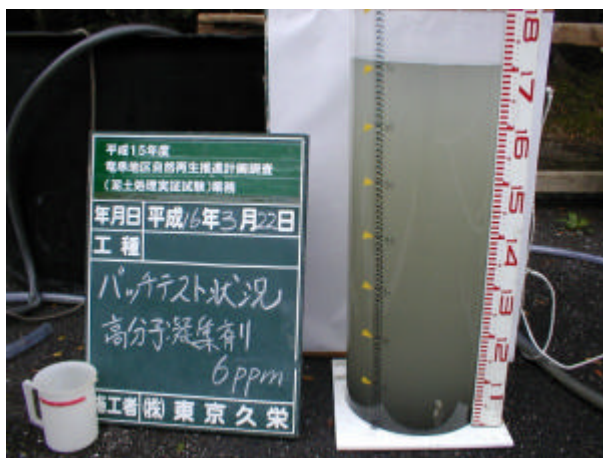


写真 3-6-2 バッチテスト状況
(高分子凝集剤 6ppm)



写真 3-6-3 バッチテスト状況
(PAC20ppm＋高分子凝集剤 6ppm)



写真 3-6-4 バッチテスト状況
(電解アルミ 20ppm＋高分子凝集剤 6ppm)

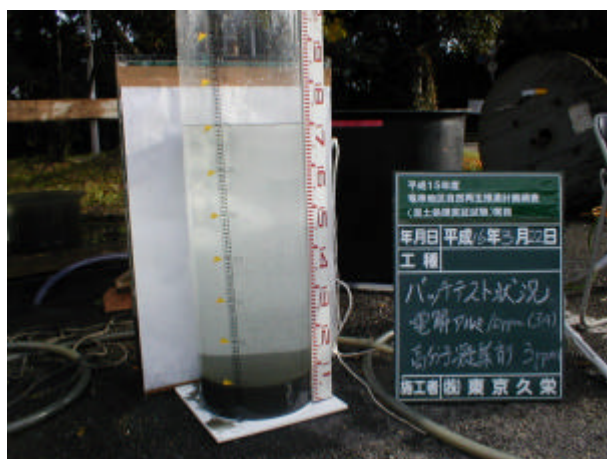


写真 3-6-5 バッチテスト状況
(電解アルミ 10ppm+高分子凝集剤 3ppm)



写真 3-6-6 バッチテスト状況
(塩化第二鉄 20ppm+高分子凝集剤 6ppm)



写真 3-6-7 採水状況



写真 3-6-8 フロック重力脱水状況



写真 3-6-9 フロック重力脱水状況



写真 3-6-10 脱水後フロック状況



写真 3-6-11 テーブルテスト状況
(電解アルミニウム)



写真 3-6-12 テーブルテスト状況
(電解アルミニウム)

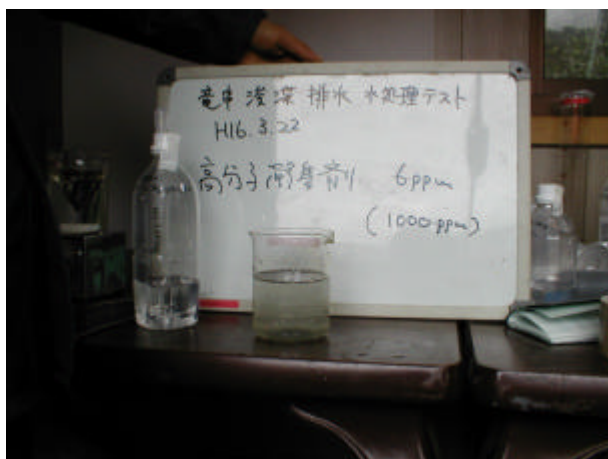


写真 3-6-13 テーブルテスト状況
(高分子凝集剤)

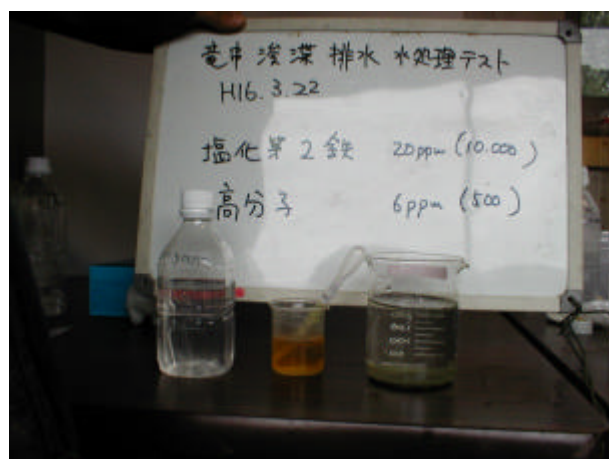


写真 3-6-14 テーブルテスト状況
(塩化第二鉄+高分子凝集剤)

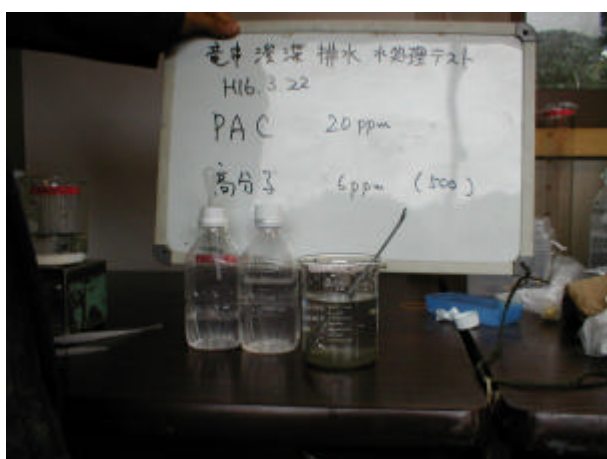


写真 3-6-15 テーブルテスト状況
(PAC+高分子凝集剤)



写真 3-6-16 電解装置組立て前

3.6.4. 結 果

(1) 水質分析結果

水質分析結果を表 3-6-3 に示す。また、濁度の測定結果を 3-4-1 式により換算した SS の結果を図 3-6-3 に示す。

表 3-6-3 バッチテスト水質分析結果

ケース		水温	ph	COD	濁度・換算SS			
		℃	-	(現場)	表層 (60cm)		深層 (20cm)	
				mg/L	度	mg/L	度	mg/L
参考	原水	-	7.85	>80		14000		14000
1	高分子6ppm	12.1	8.12	7	94.1	86.0	95	86.8
2	PAC20ppm+高分子6ppm	11.8	7.65	8	3	2.7	1	0.9
3	電解20ppm+高分子6ppm	11.5	7.65	8	8.7	7.9	8.9	8.1
4	電解10ppm+高分子3ppm	11.4	7.84	8	3	2.7	2.8	2.6
5	塩化第二鉄20ppm+高分子6ppm	11.9	7.7	7	3.2	2.9	2.8	2.6

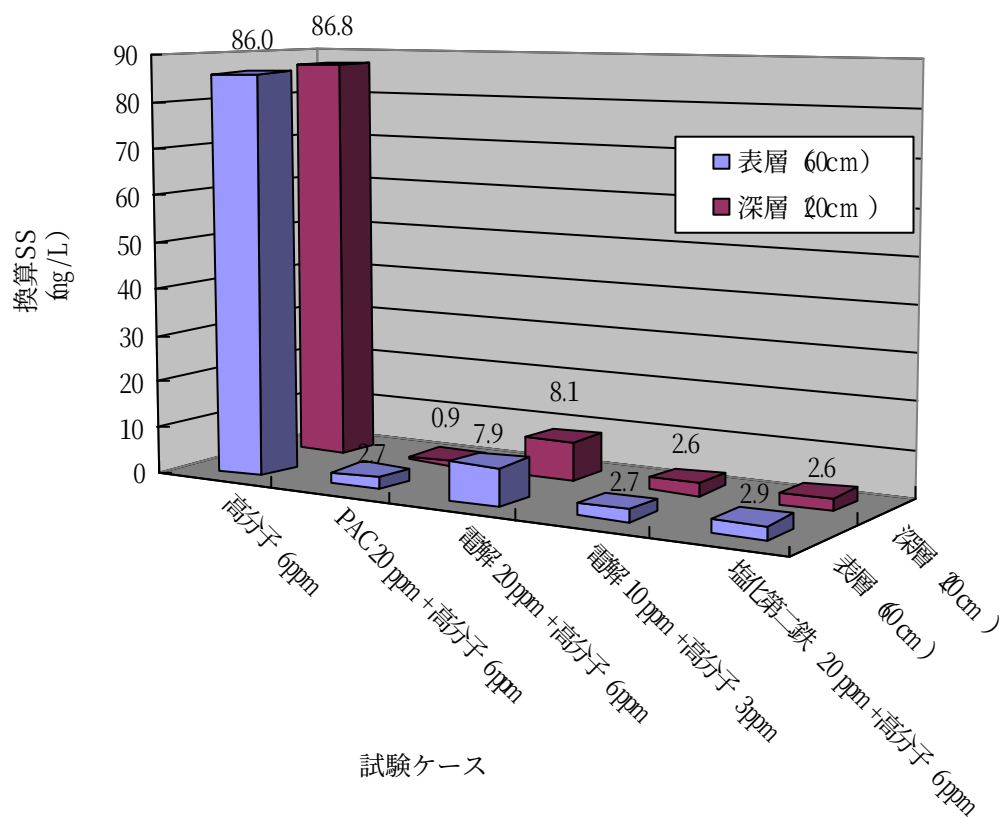


図 3-6-3 換算 SS 値

(2) 界面の沈降高さ と沈降時間

バッチテストの各ケースに於ける懸濁物の界面沈降高さ と沈降時間を表 3-6-4 及び図 3-6-4 に示す。

表 3-6-4 界面の沈降時間

ケース		ケース 1 (高分子凝集剤6ppm)								
界面高さ	cm	70	60	50	40	30	20	10	5	
経過時間	sec	0	30	51	64	73	86	115	143	
ケース		ケース 2 (PAC20ppm+高分子凝集剤6ppm)								
界面高さ	cm	70	60	50	40	30	20	10	5	
経過時間	sec	0	13	25	35	48	59	74	111	
ケース		ケース 3 (電解アルミニウム20ppm+高分子凝集剤6ppm)								
界面高さ	cm	70	60	50	40	30	20	10	4.5	
経過時間	sec	0	8	21	32	44	55	67	92	
ケース		ケース 4 (電解アルミニウム10ppm+高分子凝集剤3ppm)								
界面高さ	cm	70	60	50	40	30	20	10	5.5	
経過時間	sec	0	11	16	22	30	36	44	58	
ケース		ケース 5 (塩化第2鉄20ppm+高分子6ppm)								
界面高さ	cm	70	60	50	40	30	20	14	11	10
経過時間	sec	0	15	28	42	57	73	86	99	141

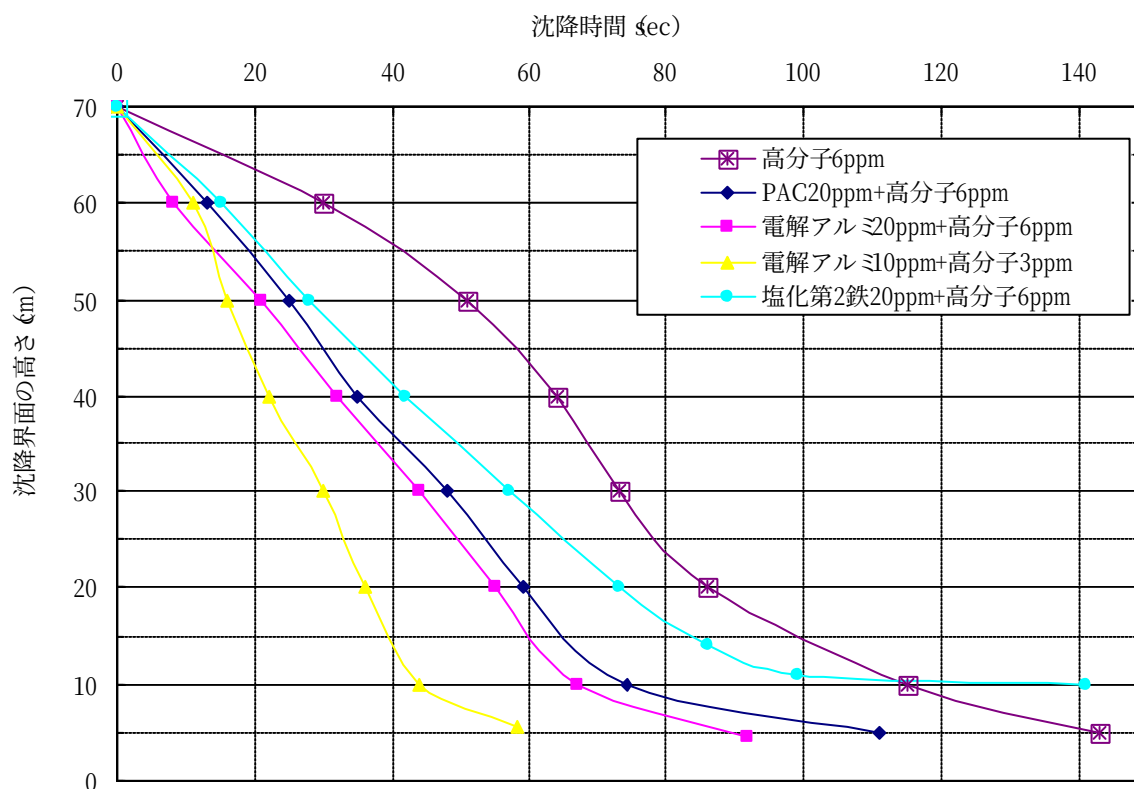


図 3-6-4 界面の沈降時間

(3) 沈降速度

図 3-6-4 グラフ中の曲線の傾きがそのケースに於ける瞬間の沈降速度になる。界面沈降速度の等速区間を界面高さ 70cm～20cm と考え 10cm ごとの沈降速度から等速区間の平均沈降速度を算出した。表 3-6-5 はその結果である。また、各区間（10cm 毎）の沈降速度を図 3-6-5 に示す。

表 3-6-5 沈降速度

ケース		ケース 1 （高分子凝集剤6ppm）							
界面高さ	cm	70-60	60-50	50-40	40-30	30-20	20-10	10-5	
沈降速度	cm /sec	0.3	0.5	0.8	1.1	0.8	0.3	0.2	
平均沈降速度	cm /sec	0.7					-	-	
ケース		ケース 2 （PAC20ppm+高分子凝集剤6ppm）							
界面高さ	cm	70-60	60-50	50-40	40-30	30-20	20-10	10-5	
沈降速度	cm /sec	0.8	0.8	1	0.8	0.9	0.7	0.1	
平均沈降速度	cm /sec	0.9					-	-	
ケース		ケース 3 （電解アルミニウム20ppm+高分子凝集剤6ppm）							
界面高さ	cm	70-60	60-50	50-40	40-30	30-20	20-10	10-4.5	
沈降速度	cm /sec	1.3	0.8	0.9	0.8	0.9	0.8	0.2	
平均沈降速度	cm /sec	0.9					-	-	
ケース		ケース 4 （電解アルミニウム10ppm+高分子凝集剤3ppm）							
界面高さ	cm	70-60	60-50	50-40	40-30	30-20	20-10	10-5.5	
沈降速度	cm /sec	0.9	2	1.7	1.3	1.7	1.3	0.3	
平均沈降速度	cm /sec	1.5					-	-	
ケース		ケース 5 （塩化第2鉄20ppm+高分子6ppm）							
界面高さ	cm	70-60	60-50	50-40	40-30	30-20	20-14	14-11	10
沈降速度	cm /sec	0.7	0.8	0.7	0.7	0.6	0.5	0.2	
平均沈降速度	cm /sec	0.7					-	-	

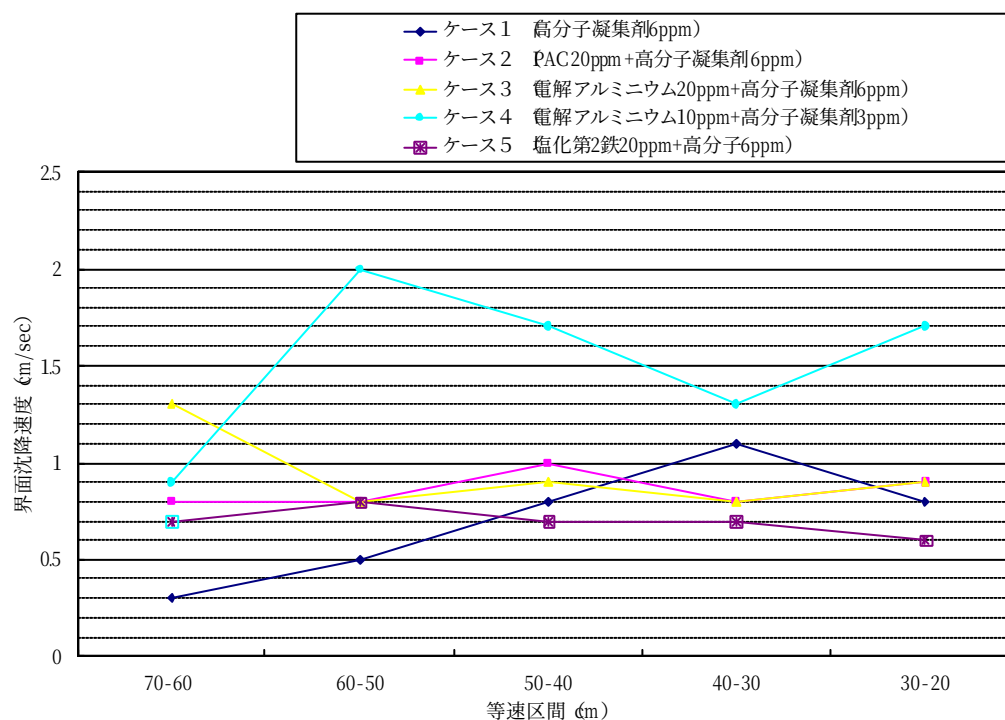


図 3-6-5 沈降速度

(4) フロックの性状

各ケースにおける凝集テスト終了後、ろ布による沈殿フロックの重力脱水を実施した。その結果、すべてのフロックはろ布による重力脱水が可能であった。

また、高分子凝集剤の架橋作用によりフロックは粘性があった。

写真 3-6-17 に重力脱水したフロックを示す。

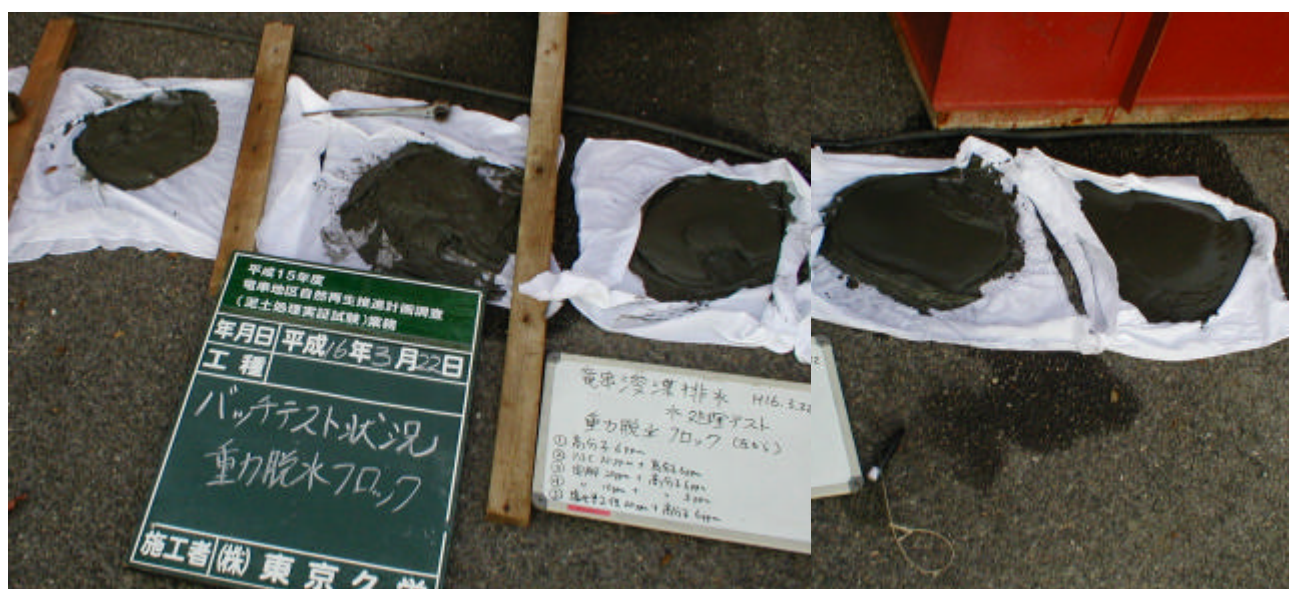


写真 3-6-17 重力脱水フロック

(左から、ケース1、ケース2、ケース3
ケース4、及びケース5を示す。)

3.6.5. 考 察

(1) 水質分析

図 3-6-3 より高分子凝集剤のみのケース1では、凝集効果が悪いことが分る。これは水処理工程にて実施した高分子凝集剤のみ添加した場合と同様、凝集不良という結果と符合している。

水処理工程の考察に記述のように懸濁物が静電気を帯びた場合、高分子凝集剤のみの凝集効果では十分な凝集効果が得られないものと考えられる。それに対し、他の実験ケース（2～5）では、良好な値が得られている。これは、高分子凝集剤と共に添加した無機金属塩による凝結（凝集）作用が寄与したものと判断される。

また、ケース3の電解アルミニウム 20ppm＋高分子凝集剤 6ppm では、換算 SS 値が 8 前後と他の実験ケースより悪い値を示している。これは、電解アルミニウムの添加量が過剰となり、アルミニウムイオンによる懸濁質（水酸化アルミニウム）が析出したものと推察される。

ケース4は同様に電解アルミニウムの添加ケースであるものの、添加量を 10ppm と抑制したことで懸濁質が析出せず良好な凝集効果が得られた。3.6.1.

の(1)にて示したように、電解アルミニウムは、直接電解によりアルミニウムイオンを添加するため、イオンの活性度が大きく少ない添加量でも高い凝集効果が得られている。

(2) 界面の沈降高さと沈降時間

図 3-6-2 の理想的な界面の沈降高さと沈降時間（界面沈降速度）のグラフはおおよそ一様に沈降する等速沈降時間及び沈降後、自己の重量によって間隙水を押出しながら圧縮する圧縮脱水区間図からなる。図 3-6-4 より、無機凝集剤を添加したケースでは、等速沈降区間及び圧縮脱水区間が明瞭に確認され、ほぼ理想的に凝集沈殿していることが分る。それに対し、凝集不良を起こした高分子凝集剤のみのケース 1 は等速沈降区間にて曲線が大きく変化しており凝集不良の状態をうかがえる。

また、最終的な界面の高さが沈降下フロックの厚さになる。ケース 5（塩化第二鉄＋高分子凝集剤）では最終的な界面高さが 10cm で他のケースのものより大きい値を示した。

(3) 沈降速度

沈降速度の算出結果では、ケース 3 の電解アルミニウム 10ppm+高分子凝集剤 3ppm 添加のとき、沈降速度が最も大きく、平均速度は 1.5cm/sec であった。10cm 区間で見ると図 3-6-5 よりケース 3 のとき値は大きく変化している。特に 70cm-60cm 区間の値は他の区間より著しく小さい。これは高分子凝集剤添加後の攪拌の影響を受けたと考えられる。また、他のケースの平均沈降速度も概ね 1cm/sec 程度であった。

今後、将来の事業化において連続処理を計画する場合、この沈降速度を装置の設計条件とすることが出来る。

(4) フロックの性状

フロックの性状は、どのケースも粘りが高く、ろ布による重力脱水が可能であった。これは、すべてのケースにて添加した高分子凝集剤の架橋効果によるものと推察される。架橋効果による粘性が高いフロックは比較的強固であり、事業化の際、大量のフロックを低含水により効率よく拔出するためには重要な要素と考えられる。

3.7. 土砂処分工程

3.7.1. 沈殿土砂の回収および処分

水処理工程において仮設水槽に沈殿した土砂は、バキューム車（高速吸引車）を用い回収し、土砂の仮置き場まで運搬し排出した。

堆積土砂に含まれる有害物質等の分析結果が出るまでの期間、仮置き場において天日乾燥による脱水を行い土砂の減容化を図った。

図 3-7-1 には土砂の排出状況の概略図を、写真 3-7-1 及び写真 3-7-2 には土砂の回収と排出状況をそれぞれ示す。

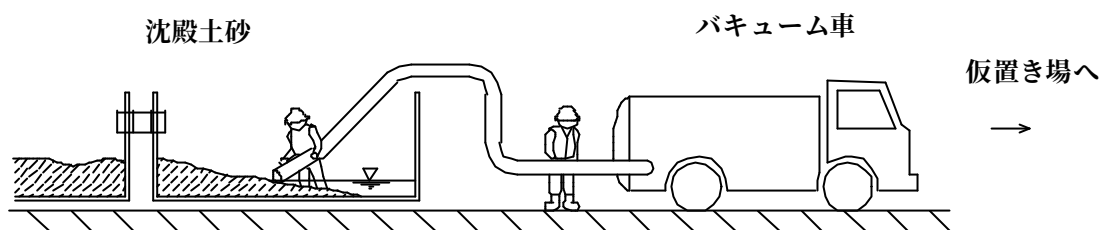


図 3-7-1 沈殿土砂の回収



写真 3-7-1 土砂の回収状況
(バキューム車)



写真 3-7-2 仮置き場への土砂排出

堆積土砂（浚渫土砂）のダイオキシン類及び有害物質等の分析結果は、すべての項目において基準値以下であることが確認され浚渫土の分類上、一般水底土砂（図 5-2-1 参照）になるため、土佐清水市の残土受入地まで運搬し、適切に処分した。

3.7.2. 分析項目

堆積土砂に含まれる有害物質の判定基準として海洋汚染防止法に基づく判定基準により表 3-7-1 に示す、32 項目及び水銀、PCB 及びダイオキシン類の含有試験を実施した。また、参考値として強熱減量の分析も実施した。

また、ダイオキシン類分析方法等の参考資料を添付資料に示す。

表 3-7-1 堆積土砂分析項目

含有量試験)

計 量 の 項 目	単 位	計 量 の 方 法	基 準 値
強熱減量	%	環水管第127号 昭和53年) II.4	-
水銀又はその化合物	mg/kg乾泥	環水管第127号 昭和53年) II.5.1	25
ポリ塩化ビフェニル	mg/kg乾泥	環水管第127号 昭和53年) II.15	10

(ダイオキシン類分析)

計 量 の 項 目	単 位	計 量 の 方 法	基 準 値
ダイオキシン類濃度	pg-TEQ/g	ダイオキシン類に関する低湿調査マニュアル	150

溶出試験)

計 量 の 項 目	単 位	計 量 の 方 法	基 準 値
アルキル水銀化合物	mg/L	環境庁告示第59号 昭和46年)付表2	検出されないこと
水銀又はその化合物	mg/L	環境庁告示第59号 昭和46年)付表1	0.005
カドミウム又はその化合物	mg/L	JIS K0102 (1998年) 55.3	0.1
鉛又はその化合物	mg/L	JIS K0102 (1998年) 54.3	0.1
有機燐化合物	mg/L	環境庁告示第64号 昭和49年)付表1	1
六価クロム化合物	mg/L	JIS K0102 (1998年) 55.2.1	0.5
砒素又はその化合物	mg/L	JIS K0102 (1998年) 61.2	0.1
シアン化合物	mg/L	JIS K0102 (1998年) 38.1及び38.3	1
ポリ塩化ビフェニル	mg/L	環境庁告示第59号 昭和46年)付表3	0.003
銅又はその化合物	mg/L	JIS K0102 (1998年) 52.4	3
垂鉛又はその化合物	mg/L	JIS K0102 (1998年) 53.3	5
ふっ化物	mg/L	JIS K0102 (1998年) 34.1	15
トリクロロエチレン	mg/L	JIS K0125 (1998年) 5.1	0.3
テトラクロロエチレン	mg/L	JIS K0125 (1998年) 5.1	0.1
ベリリウム又はその化合物	mg/L	環境庁告示第13号 昭和48年)別表7	2.5
クロム又はその化合物	mg/L	JIS K0102 (1998年) 65.1.4	2
ニッケル又はその化合物	mg/L	JIS K0102 (1998年) 59.3	1.2
バナジウム又はその化合物	mg/L	JIS K0102 (1998年) 70.4	1.5
有機塩素化合物	mg/kg湿泥	環境庁告示第14号 昭和48年)別表1	40
ジクロロメタン	mg/L	JIS K0125 (1998年) 5.1	0.2
四塩化炭素	mg/L	JIS K0125 (1998年) 5.1	0.02
1,2-ジクロロエタン	mg/L	JIS K0125 (1998年) 5.1	0.04
1,1-ジクロロエチレン	mg/L	JIS K0125 (1998年) 5.1	0.2
シス-1,2-ジクロロエチレン	mg/L	JIS K0125 (1998年) 5.1	0.4
1,1,1-トリクロロエタン	mg/L	JIS K0125 (1998年) 5.1	3
1,1,2-トリクロロエタン	mg/L	JIS K0125 (1998年) 5.1	0.06
1,3-ジクロロプロペン	mg/L	JIS K0125 (1998年) 5.1	0.02
チウラム	mg/L	環境庁告示第59号 昭和46年)付表4	0.06
シマジン	mg/L	環境庁告示第59号 昭和46年)付表5	0.03
チオベンカルブ	mg/L	環境庁告示第59号 昭和46年)付表5	0.2
ベンゼン	mg/L	JIS K0125 (1998年) 5.1	0.1
セレン又はその化合物	mg/L	JIS K0102 (1998年) 67.2	0.1

溶出液の作成方法は、環境庁告示第14号 昭和48年)です。

3.7.3. 分析結果

分析結果を表 3-7-2 及び表 3-7-3 に示す。有害物質及びダイオキシンはすべての項目において基準値以下であった。従って、当該地点の浚渫土は一般水底土砂に分類される。(図 5-2-1 参照)

また、ダイオキシン類分析データ等を添付資料に示す。

写真 3-7-1 に分析土砂サンプリング状況を示す。



写真 3-7-1 分析土砂のサンプリング状況

表 3-7-2 堆積土砂分析結果（有害物質）

含有量試験)

計 量 の 項 目	単 位	計 量 の 結 果	基 準 値
強熱減量	%	12.6	-
水銀又はその化合物	mg/kg乾泥	0.05	25
ポリ塩化ビフェニル	mg/kg乾泥	0.01 未満	10

溶出試験)

計 量 の 項 目	単 位	計 量 の 結 果	基 準 値
アルキル水銀化合物	mg/L	0.0005 未満	検出されないこと
水銀又はその化合物	mg/L	0.0005 未満	0.005
カドミウム又はその化合物	mg/L	0.001 未満	0.1
鉛又はその化合物	mg/L	0.005 未満	0.1
有機燐化合物	mg/L	0.1 未満	1
六価クロム化合物	mg/L	0.02 未満	0.5
砒素又はその化合物	mg/L	0.005 未満	0.1
シアン化合物	mg/L	0.1 未満	1
ポリ塩化ビフェニル	mg/L	0.0005 未満	0.003
銅又はその化合物	mg/L	0.01 未満	3
亜鉛又はその化合物	mg/L	0.01 未満	5
ふっ化物	mg/L	0.4	15
トリクロロエチレン	mg/L	0.002 未満	0.3
テトラクロロエチレン	mg/L	0.0005 未満	0.1
ベリリウム又はその化合物	mg/L	0.01 未満	2.5
クロム又はその化合物	mg/L	0.02 未満	2
ニッケル又はその化合物	mg/L	0.01 未満	1.2
バナジウム又はその化合物	mg/L	0.01 未満	1.5
有機塩素化合物	mg/kg湿泥	11	40
ジクロロメタン	mg/L	0.002 未満	0.2
四塩化炭素	mg/L	0.0002 未満	0.02
1,2-ジクロロエタン	mg/L	0.0004 未満	0.04
1,1-ジクロロエチレン	mg/L	0.002 未満	0.2
シス-1,2-ジクロロエチレン	mg/L	0.004 未満	0.4
1,1,1-トリクロロエタン	mg/L	0.0005 未満	3
1,1,2-トリクロロエタン	mg/L	0.0006 未満	0.06
1,3-ジクロロプロペン	mg/L	0.0002 未満	0.02
チウラム	mg/L	0.0006 未満	0.06
シマジン	mg/L	0.0003 未満	0.03
チオベンカルブ	mg/L	0.002 未満	0.2
ベンゼン	mg/L	0.001 未満	0.1
セレン又はその化合物	mg/L	0.002 未満	0.1

・溶出液の作成方法は、環境庁告示第14号（昭和48年）です。

表 3-7-3 堆積土砂分析結果（ダイオキシン類）

測定地点	ダイオキシン類				毒性当量 (TEF1998) pg-TEQ/g	基準値 pg-TEQ/g
	実 測 濃 度 pg/g					
	ダイオキシン PCDDs	ジベンゾフラン PCDFs	コプラナーPCB (Co-PCB)	ダイオキシン類 PCDDs+PCDFs+Co-PCB		
竜串水底土砂	13597	99	61	13756	6.8	150
※毒性当量の算出にはWHO-TEF(1998)を用いた。						
※毒性当量は計量法第107条の対象外項目である。						

3.7.4. 堆積土砂の起源について

堆積土砂の分析結果から、堆積土砂の起源について考察する。

有害物質の分析結果においては、すべての項目において基準値以下であり、またほとんどの項目が報告下限値まで達していない。

その中で有機塩素化合物は、基準値 40mg/kg に対し、計量値 11mg/kg が報告されており、以下に示すダイオキシン類の分析結果から推察されるように堆積土砂は農薬の混じった水田など農地の土である可能性が考えられる。

ここでは、さらにダイオキシン類の分析結果にもとづいて、堆積土砂に含まれているダイオキシン類の発生源について考察する。またダイオキシン類に関する用語の解説は添付資料 2：ダイオキシンにかかわる基礎知識による。

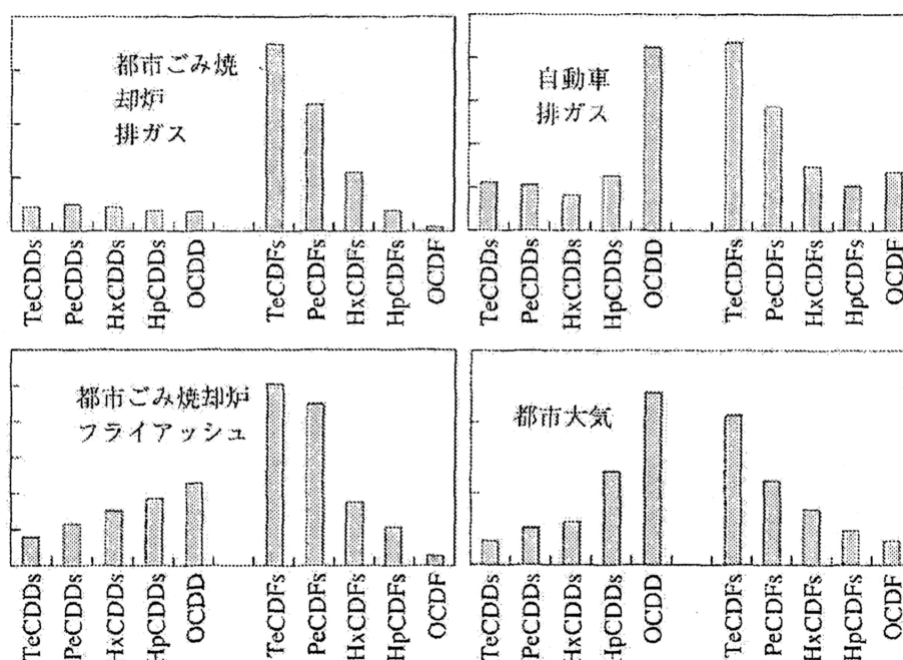
(1) ダイオキシン類発生源と因果関係について

ダイオキシン類の環境汚染問題を評価する場合には、発生源との因果関係を検討しなければならない。現在判明している代表的な 4 種の発生源との因果関係を以下に整理した。また、図 3-7-1、図 3-7-2 に各種試料の代表的な同族体及び異性体組織を示した。各図の構成は、横軸に異性体もしくは同族体を示し、縦軸に横軸の実測濃度合計を 100 とした相対濃度を示している。

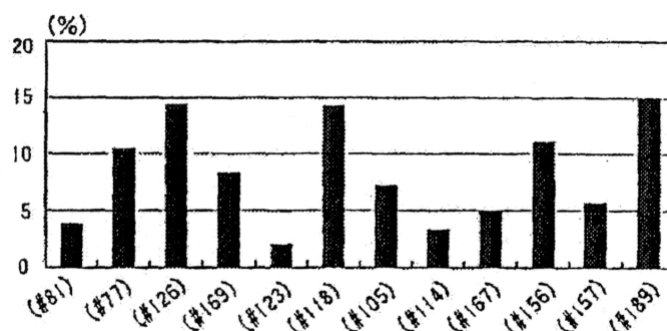
① 燃焼・焼却系起源のダイオキシン類

ほとんど全ての異性体が検出され、また異性体の存在パターンも類似している。

相対的にジベンゾフランの占める割合が高いのが特徴的である 1)。

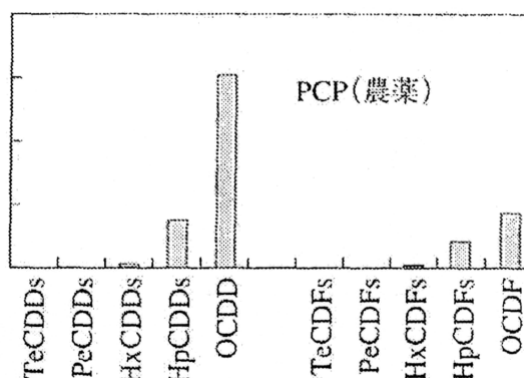


その他に、コプラナーPCBの中では#169, #126, #189が焼却起源であるといわれている6)。



焼却排ガス(Total)の異性体構成比

- ② 農薬等の化学工業製品中に不純物として含まれるダイオキシン類
 特定の異性体が支配的である。現在知られている知見は以下のとおり。
 水田除草剤CNP (クロロニトロフェン) [商品名: エムオン、MO]
 ・1,3,6,8-TCDD、1,3,7,9-TCDD1)、2)、3)
 水田除草剤PCP (ペンタクロロフェノール) [商品名: PCP]
 ・1,2,3,4,5,6,7,8-OCDD3)、4)、5)



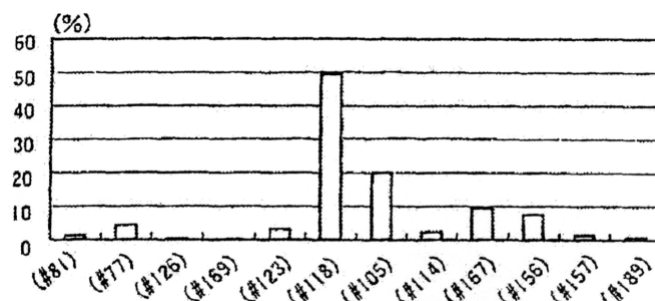
また、上記以外にこれまで使用された農薬のうち、ダイオキシン類が含まれることが明らかになっているものは、2,4,5-T、2,4,5-TP、2,4-PA、PCP (ペンタクロロフェノール)、CNP (クロロニトロフェン)、NIP (ニトロフェン)、クロメトキシ、PNCB (ペンタクロロニトロベンゼン) などである。このうち2,4-PAとPNCBを除き登録抹消され、製造販売は行われていない3)。

③ パルプ廃液・紙製品

パルプ廃液・紙製品では、2,3,7,8-TCDF、1,2,7,8-TCDF、1,2,8,9-TCDF、2,3,7,8-TCDDの4つの異性体が支配的である1)。

④ P C B製品

現在P C B製品の製造販売は行われていないが、過去使用にされた製品の残留成分が各所で検出されている。下図に環境大気のコプラナーP C Bの組成を示した。



PCB製品(Total)の異性体構成比

(2) 調査結果

異性体及び同族体組成を図 3-7-3 に示した。

各図の構造は、前述の代表例と同様に横軸に異性体もしくは同族体を示し、縦軸に横軸の実測濃度合計を 100 とした相対濃度を示している。

ダイオキシン・ジベンゾフラン (PCDDs+PCDFs) の同族体組成を見ると、O C D D が特徴的に高い傾向を示した。代表的な組成と比べると、下水汚泥と近似したパターンを示した。

ダイオキシン類の起源としては、ペンタクロロフェノール (P C P) やクロルニトロフェン (C N P) などの農薬中の不純物に由来するものがあるが、今回の結果ではダイオキシン・ジベンゾフランの主要な起源は、農薬、特に P C P 由来である可能性が高いと考えられる。

コプラナー P C B (Co-PCB) の異性体組成をみると、典型的な P C B 製品の異性体組成に類似しており、P C B 製品に多く含まれる # 1 1 8, # 1 0 5, # 7 7 などが特徴的に検出された。

以上のことから、当該水底土砂中のダイオキシン類は過去に使用された農薬 (P C P、水田除草剤) および P C B 製品由来の土砂が、主に陸域から運搬されて堆積したものと推察される。

出典：

- 1) 小林進・斉藤貢一・小川政彦・小野雄策・杉崎三男 (1988) ダイオキシン類の分析と評価について、第2回日本-中国学術シンポジウム公報抄録
- 2) 森田昌敏 (1999) ダイオキシン、化学と教育 Vol.47, No.2, pp128-131
- 3) T . T A K A D A (1998) ダイオキシン汚染の原点、
<http://www.asahi-net.or.jp/~XJ6T-TKD/env/vietnam.html>
- 4) 森田昌敏 (1977) ダイオキシン問題の概要、かんきょう、1977年11月号、pp.6-8
- 5) 橋本俊次・勝真理子・関比呂伸・常藤透朗・伊藤裕康・森田昌敏 (1999) 土壌、大気、ハト脂肪組織を用いた環境におけるダイオキシンに関する研究、環境科学 Vol.9, No.1, pp.53-69
- 6) 通商産業省立地環境局編 (2000)、公害防止の技術と法規〔ダイオキシン類編〕P.185

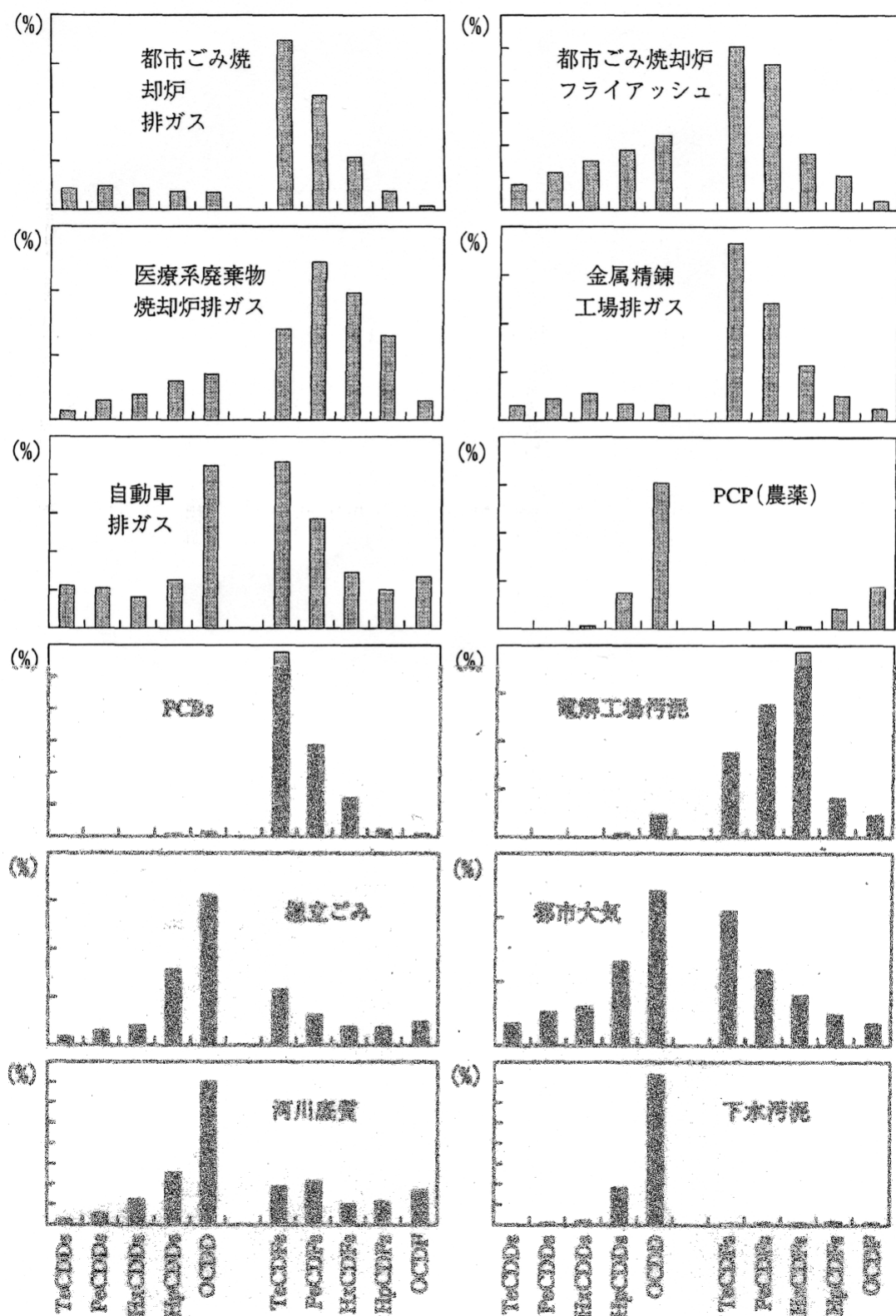
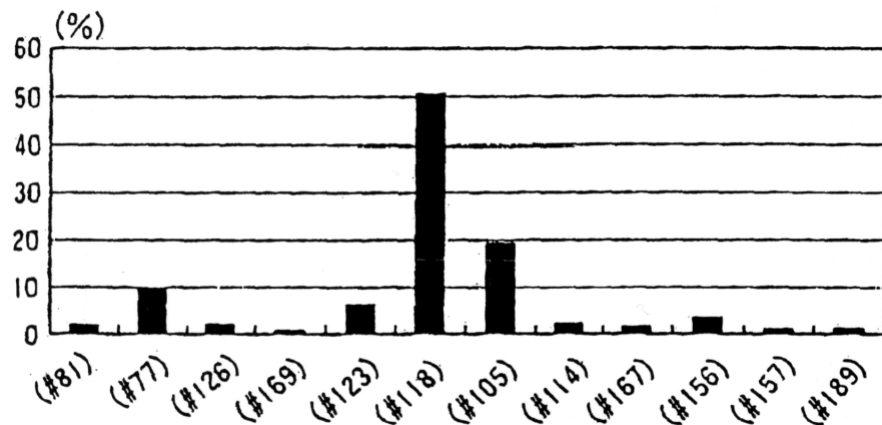
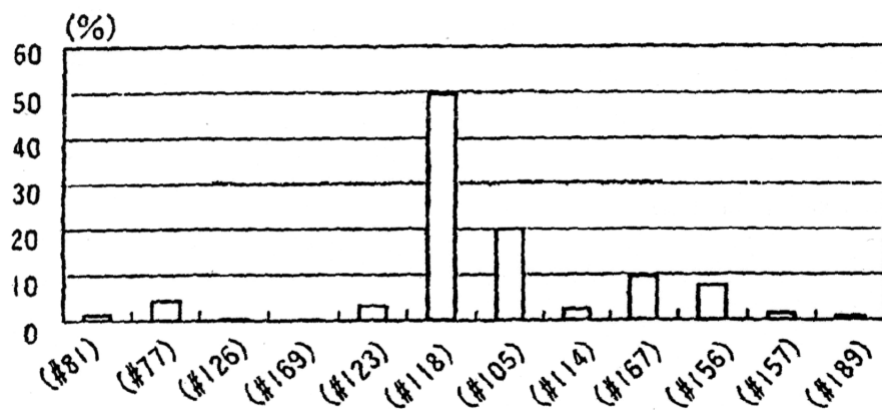


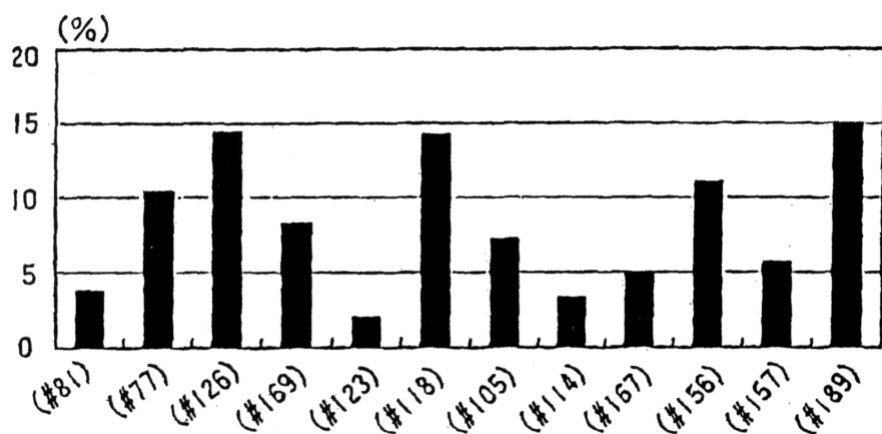
図 3-7-1 各種試料の代表的なダイオキシン類 (PCDDs + PCDFs) の同族体組成
(公害防止の技術と法規「ダイオキシン類編」(2000)、通商産業省環境立地局より引用)



環境大気(Total)の異性体構成比



P C B製品(Total)の異性体構成比



環境大気(Total)の異性体構成比

図 3-7-2 環境大気、P C B製品、排ガス中の代表的なC o－P C B組成
(揮散するP C B、資源環境対策、Vo137, No.2 (2001)、佐藤博より引用)

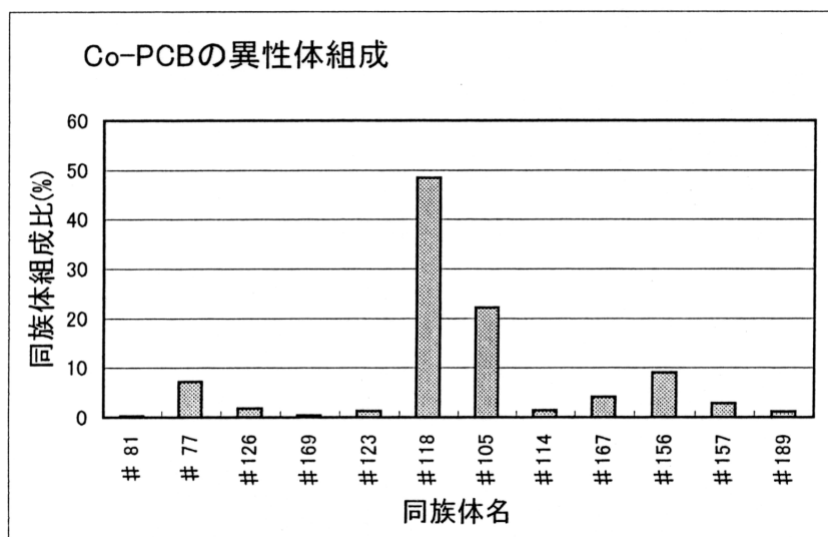
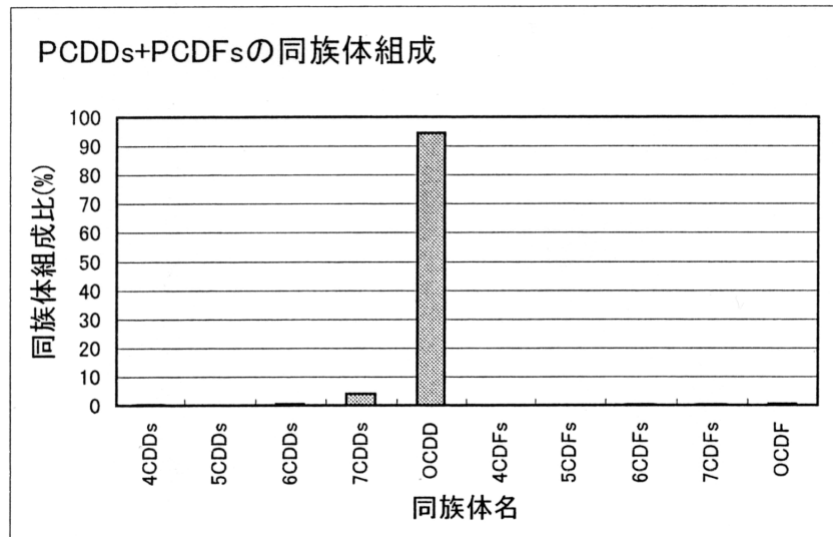


図 3-7-3 試料の同族体および異性体の組成

3.7.5. 土砂の処分方法

浚渫土は水処理工程にて濃縮された状態で含水比 400%であり、その状態のままでは、埋立材としての利用は困難である、そのため脱水処理により含水比を低下させる必要があり、今回の試験においては、仮置き場において天日乾燥による脱水を行った後、土佐清水市建設残土処分場（残土受入地）まで運搬を行い適切に処分した。

3.7.6. 土砂処分状況

土砂処分状況を写真 3-7-2～写真 3-7-5 に示す。



写真 3-7-2 天日乾燥状況（仮置き場）

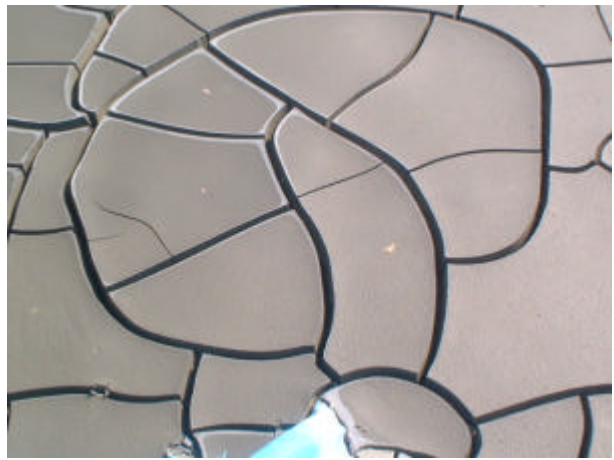


写真 3-7-3 天日乾燥状況（仮置き場）



写真 3-7-4 天日乾燥状況（仮置き場）



写真 3-7-5 建設残土処分場（残土受入地）

3.7.7. 添付資料

以下に添付資料を添付する。

添付資料 1：平成 15 年度竜串地区自然再生自然推進計画調査の内、泥土処理実証試験に関するダイオキシン類分析

添付資料 2：ダイオキシンにかかわる基礎知識

＜添付資料1＞

環 境 省 殿

平成16年4月30日

平成15年度

竜串地区自然再生推進計画調査の内

泥土処理実証試験に係るダイオキシン類分析

埼玉県川口市芝鶴ヶ丸6906-10

株式会社 東京久栄 技術センター

TEL：048－268－1600

1. 概要

1-1 名称

平成 15 年度竜串地区自然再生推進計画調査
泥土処理実証試験業務

1-2 目的

上記計画における堆積土砂の除去に伴う環境影響の評価と浚渫後の処分方法の検討をすること。

1-3 試料採取日

平成 16 年 3 月 25 日
(平成 16 年 3 月 29 日試料受領)

1-4 調査方法

持ち込み試料

1-5 調査地点

高知県土佐清水市竜串湾内の 1 点。

1-6 分析方法

ダイオキシン類に係る底質調査測定マニュアル（平成 13 年 3 月、環境庁水質保全局）に従って分析を実施した。また、ダイオキシン類分析対象物質の一覧を表 1－1 に示した。

表 1-1 ダイオキシン類分析対象物質一覧

塩素数	PCDDs	PCDFs	Co-PCBs
4	2,3,7,8-T 4CDD 1,3,6,8-T 4CDD 1,3,7,9-T 4CDD その他のT 4CDDs	2,3,7,8-T 4CDF 1,3,6,8-T 4CDF 1,2,7,8-T 4CDF その他のT 4CDFs	3,4,4',5-T4CB 3,3',4,4'-T4CB
5	1,2,3,7,8-P 5CDD その他のP 5CDDs	1,2,3,7,8-P 5CDF 2,3,4,7,8-P 5CDF その他のP 5CDFs	3,3',4,4',5-P5CB 2',3,4,4',5-P5CB 2,3',4,4',5-P5CB 2,3,3',4,4'-P5CB 2,3,4,4',5-P5CB
6	1,2,3,4,7,8-H 6CDD 1,2,3,6,7,8-H 6CDD 1,2,3,7,8,9-H 6CDD その他のH 6CDDs	1,2,3,4,7,8-H 6CDF 1,2,3,6,7,8-H 6CDF 1,2,3,7,8,9-H 6CDF 2,3,4,6,7,8-H 6CDF その他のH 6CDFs	3,3',4,4',5,5'-H6CB 2,3',4,4',5,5'-H6CB 2,3,3',4,4',5-H6CB 2,3,3',4,4',5'-H6CB
7	1,2,3,4,6,7,8-H 7CDD その他のH7CDDs	1,2,3,4,6,7,8-H 7CDF 1,2,3,4,7,8,9-H 7CDF その他のH7CDFs	2,3,3',4,4',5,5'-H7CB
8	O 8CDD	O 8CDF	

注) PCDD :ポリ塩化ジベンゾ-p-ジオキシン
PCDF :ポリ塩化ジベンゾフラン
Co-PCB コプラナーポリ塩化ビフェニル

2. 結果

2-1 ダイオキシン類分析結果

表2－1、表2－2にダイオキシン類の分析結果を示した。

各異性体別の結果には、試料毎の検出・定量下限値および毒性等価係数（以下 TEF と略）も併記した。毒性当量（以下 TEQ と略）は、定量したダイオキシン類の実測濃度に TEF を乗じて算出した。

2-2 TEQ 算出要領

TEF は WHO-TEF（1998）を用いて算出した。また、実測濃度が検出下限値以上の場合は、実測濃度にそのまま TEF を乗じて算出し、検出下限値未満の場合は、検出下限値の 1／2 に TEF を乗じて算出した。

2-3 結果の評価

ダイオキシン類の濃度は、6.8pg-TEQ/ gであった。環境基準値の 150 pg-TEQ/ g より 2 オーダー低い結果であり、浚渫泥の処分に問題のない結果であった。

表 2-1 ダイオキシン類分析結果（一覧）

測定地点	ダイオキシン類				毒性当量 (TEF1998) pg-TEQ/g	基準値 pg-TEQ/g
	実 測 濃 度 pg/g					
	ダイオキシン PCDDs	ジベンゾフラン PCDFs	コプラナーPCB (Co-PCB)	ダイオキシン類 PCDDs+PCDFs+Co-PCB		
竜串水底土砂	13597	99	61	13756	6.8	150
※毒性当量の算出にはWHO-TEF(1998)を用いた。						
※毒性当量は計量法第107条の対象外項目である。						

表 2-2 ダイオキシン類分析結果

ダイオキシン類測定結果 (底質)

試料名 竜串

採取日 平成16年3月25日

採取日		平成10年3月25日		項目	異性体・同族体	実測濃度 pg/ g	試料の 検出下限 pg/ g	試料の 定量下限 pg/ g	毒性等価係数 TEF (1998)	毒性当量 TEQ pg-TEQ/ g
ダイオキシ ン			1,3,6,8-TeCDD	24	0.06	0.2	-	-		
			1,3,7,9-TeCDD	9.7	0.06	0.2	-	-		
			2,3,7,8-TeCDD	(0.15)	0.06	0.2	1	0.1500000		
			TeCDDs	34	-	-	-	-		
			1,2,3,7,8-PeCDD	1.1	0.07	0.2	1	1.1000000		
			PeCDDs	9.9	-	-	-	-		
			1,2,3,4,7,8-HxCDD	2.5	0.1	0.4	0.1	0.2500000		
			1,2,3,6,7,8-HxCDD	3.7	0.1	0.4	0.1	0.3700000		
			1,2,3,7,8,9-HxCDD	6.3	0.1	0.4	0.1	0.6300000		
			HxCDDs	63	-	-	-	-		
			1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	220	0.1	0.5	0.01	2.2000000		
			HpCDDs	490	-	-	-	-		
			OCDD	13000	0.2	0.8	0.0001	1.3000000		
		Total PCDDs	13597	PCDD TEQ				6.0000000		
ジベン ゾフ ラン			1,3,6,8-TeCDF	(0.16)	0.07	0.2	-	-		
			1,2,7,8-TeCDF	(0.16)	0.07	0.2	-	-		
			2,3,7,8-TeCDF	(0.21)	0.07	0.2	0.1	0.0210000		
			TeCDFs	4.1	-	-	-	-		
			1,2,3,7,8-PeCDF	0.33	0.07	0.3	0.05	0.0165000		
			2,3,4,7,8-PeCDF	0.38	0.07	0.2	0.5	0.1900000		
			PeCDFs	5.4	-	-	-	-		
			1,2,3,4,7,8-HxCDF	1.1	0.1	0.4	0.1	0.1100000		
			1,2,3,6,7,8-HxCDF	0.8	0.1	0.3	0.1	0.0800000		
			1,2,3,7,8,9-HxCDF	ND	0.1	0.4	0.1	0.0050000		
			2,3,4,6,7,8-HxCDF	1.3	0.1	0.4	0.1	0.1300000		
			HxCDFs	12	-	-	-	-		
			1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	12	0.1	0.5	0.01	0.1200000		
			1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	1.2	0.1	0.4	0.01	0.0120000		
			HpCDFs	35	-	-	-	-		
		OCDF	42	0.3	0.9	0.0001	0.0042000			
		Total PCDFs	99	PCDF TEQ				0.6887000		
		PCDD+PCDF	13695	PCDD+PCDF TEQ				6.6887000		
コプラ ナー P C B	ノンオルト	3,4,4',5'-TeCB # 81	ND	0.1	0.4	0.0001	0.0000050			
		3,3',4,4'-TeCB # 77	4.3	0.1	0.4	0.0001	0.0004300			
		3,3',4,4',5'-PeCB # 126	1.1	0.1	0.4	0.1	0.1100000			
		3,3',4,4',5,5'-HxCB # 169	0.29	0.05	0.2	0.01	0.0029000			
	ノンオルトCBs		5.7	-	-	-	0.1133350			
	モノオルト	2',3,4,4',5'-PeCB # 123	0.72	0.08	0.3	0.0001	0.0000720			
		2,3',4,4',5'-PeCB # 118	29	0.1	0.4	0.0001	0.0029000			
		2,3,3',4,4'-PeCB # 105	15	0.1	0.4	0.0001	0.0015000			
		2,3,4,4',5'-PeCB # 114	0.8	0.1	0.3	0.0005	0.0003800			
		2,3',4,4',5,5'-HxCB # 167	2.6	0.1	0.4	0.00001	0.0000260			
		2,3,3',4,4',5'-HxCB # 156	5.1	0.1	0.4	0.0005	0.0025500			
		2,3,3',4,4',5'-H6CB # 157	1.6	0.1	0.4	0.0005	0.0008000			
		2,3,3',4,4',5,5'-HpCB # 189	0.6	0.1	0.4	0.0001	0.0000600			
		モノオルトCBs		55	-	-	-	0.0082880		
	Total Co-PCB		61	Co-PCB TEQ				0.1216230		
PCDD+PCDF+CoPCB		13756	Total TEQ				6.8			

注 1) 実測濃度中のNDは検出下限値未満を表わす。

注 2) かつこ付は検出下限値以上、定量下限値未満を表わす。

注 3) 毒性等価係数はWHO-TEF(1998)を適用した。

注 4) 毒性当量は、検出下限値以上の場合はそのまま、検出下限値未満の場合は検出下限値の1/2を乗じて算出した。

3. 分析方法

3-1 前処理方法

図3－1に前処理方法を示した。

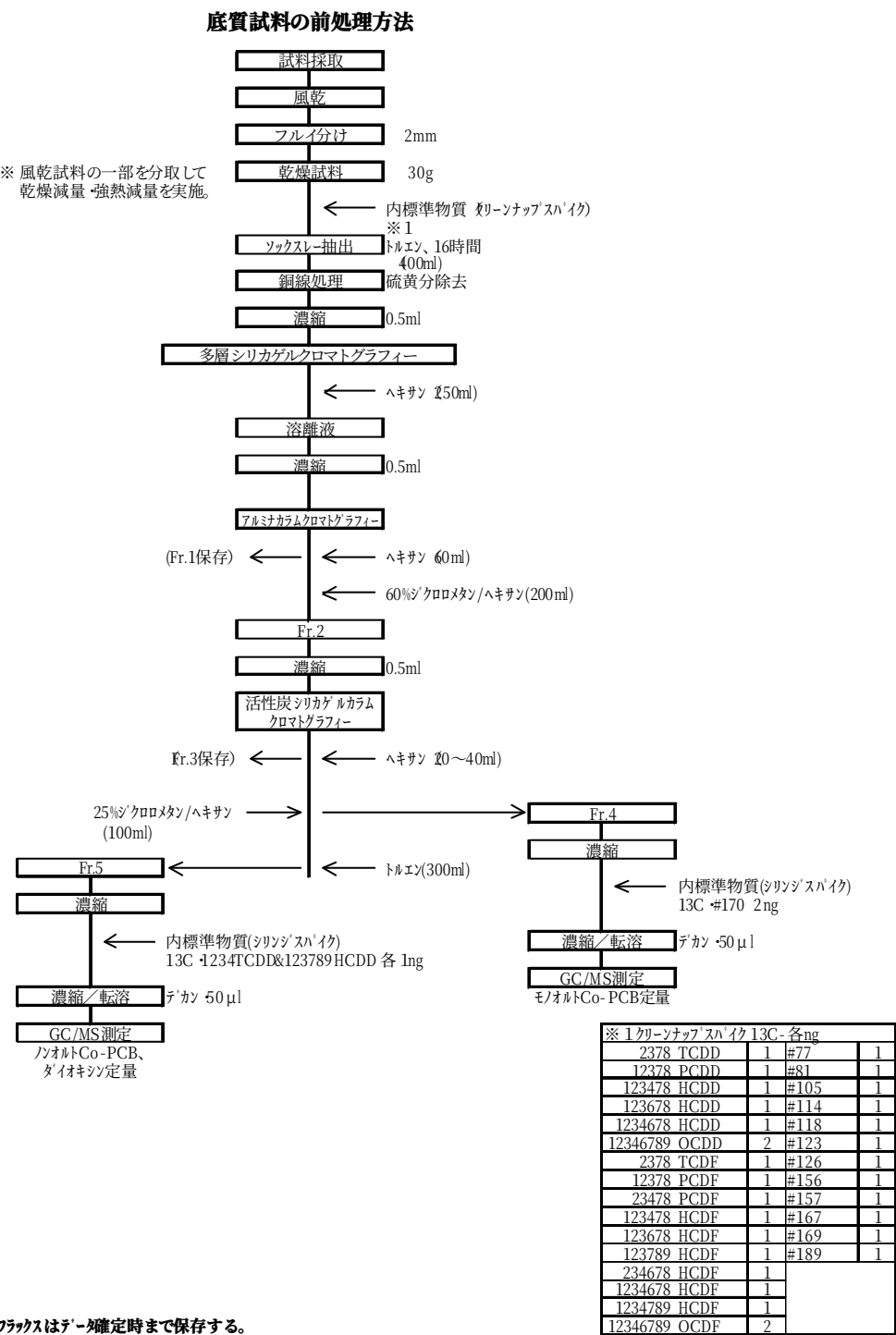


図3－1 前処理方法

3-2 装置測定条件

表3－1に高分解能 GC-MS の測定条件を示した。

表 3-1 測定条件

ガスクロマトグラム 質量分析計の測定条件	
使用機器	
ガスクロマトグラフ部	アジレント製 HP-6890
質量分析計部	日本電子製 JMS-700 MStation
①ダイオキシン ジェンゾフラン 4-6塩化物	
モード	スプリットレス
インレット	260℃
カラム	SP-2331 φ0.32mm L=60m Thin=0.2 μm
カラム温度	100℃(1.5min)→20℃/min→200℃(0min)→3℃/min→260℃(25.5min)
インターフェイス	260℃
イオン化法	EIモード
イオン化室	260℃
イオン化エネルギー	70eV
イオン化電流	600 μA
検出法	ロックマスSIM
分解能	>10000
②ダイオキシン ジェンゾフラン 7-8塩化物	
モード	スプリットレス
インレット	280℃
カラム	DB-17 φ0.32mm L=30m Thin=0.15 μm
カラム温度	100℃(1.5min)→20℃/min→200℃(0min)→5℃/min→280℃(4.5min)
インターフェイス	280℃
イオン化法	EIモード
イオン化室	280℃
イオン化エネルギー	70eV
イオン化電流	600 μA
検出法	ロックマスSIM
分解能	>10000
③Co-PCB	
モード	スプリットレス
インレット	280℃
カラム	HT-8 φ0.22mm L=50m Thin=0.25 μm
カラム温度	130℃(1.5min)→20℃/min→220℃(0min)→5℃/min→320℃(2min)
インターフェイス	320℃
イオン化法	EIモード
イオン化室	320℃
イオン化エネルギー	70eV
イオン化電流	600 μA
検出法	ロックマスSIM
分解能	>10000

3-3 同定・定量方法

表3-2に同定・定量方法を示した。

表 3-2 同定・定量法

ダイオキシン類の同定・定量方法								
前処理した試料を、高分解能ガスクロマトグラフ質量分析計に1μL注入し、各ダイオキシン・ジベンゾフラン・コプラナーPCBについてM、M+2、M+4のイオンから2つをモニターしSIMクロマトグラムを得た。 得られたクロマトグラムのピークから以下の条件で各同族体・異性体を同定し、各塩素数毎に1から4つの内標準物質を用いて内標準法により定量した。 ① 各ダイオキシン・ジベンゾフラン・コプラナーPCBについて相当する保持時間のピークであること。 ② 2つのモニターイオンのピーク面積比が天然存在比の理論値とほぼ一致すること。 ③ 2378位塩素置換体、コプラナーPCBについては対応する内標準物質（C13ラベル化標準）と保持時間が一致すること。 ④ S/N比が3以上であり、かつ検出下限値以上であること。								
SIM設定質量数								
	塩素数	モニター イオン	ダイオキシン		ジベンゾフラン		コプラナーPCB	
			同族体	m/z	同族体	m/z	同族体	m/z
目的成分	4	M ⁺	T4CDDs	319.8965	T4CDFs	303.9016	T4CBs	289.9224
		(M+2) ⁺		321.8936		305.8987		291.9194
	5	(M+2) ⁺	P5CDDs	355.8546	P5CDFs	339.8597	P5CBs	325.8804
		(M+4) ⁺		357.8516		341.8567		327.8775
	6	(M+2) ⁺	H6CDDs	389.8157	H6CDFs	373.8208	H6CBs	359.8415
		(M+4) ⁺		391.8127		375.8178		361.8385
	7	(M+2) ⁺	H7CDDs	423.7767	H7CDFs	407.7818	H7CBs	393.8025
		(M+4) ⁺		425.7737		409.7788		395.7995
	8	(M+2) ⁺	OCDDs	457.7377	OCDFs	441.7428	-	-
		(M+4) ⁺		459.7348		443.7398	-	-
内標準	4	M ⁺	¹³ C-T4CDDs	331.9368	¹³ C-T4CDFs	315.9419	¹³ C-T4CBs	301.9626
		(M+2) ⁺		333.9339		317.9389		303.9597
	5	(M+2) ⁺	¹³ C-P5CDDs	367.8949	¹³ C-P5CDFs	351.9000	¹³ C-P5CBs	337.9207
		(M+4) ⁺		369.8919		353.8970		339.9178
	6	(M+2) ⁺	¹³ C-H6CDDs	401.8559	¹³ C-H6CDFs	385.8610	¹³ C-H6CBs	371.8817
		(M+4) ⁺		403.8530		387.8580		373.8788
	7	(M+2) ⁺	¹³ C-H7CDDs	435.8169	¹³ C-H7CDFs	419.8220	¹³ C-H7CBs	405.5428
		(M+4) ⁺		437.8140		421.8191		407.8398
	8	(M+2) ⁺	¹³ C-OCDDs	469.7779	¹³ C-OCDFs	453.7830	-	-
		(M+4) ⁺		471.7750		455.7801	-	-

3-4 標準物質

表3-3に使用した標準物質の一覧を示した。

表3-3 標準物質一覧

ダイオキシン、ジベンゾフランおよびコプラナーPCBの標準物質		
	測定対象物質	内標準物質 ☆印はシリンジ'スハイク、他はクリーンナップ'スハイク
T4CDDs	2,3,7,8-Tetrachlorodibenzo-p-dioxin	¹³ C-2,3,7,8-Tetrachlorodibenzo-p-dioxin
		¹³ C-1,2,3,4-Tetrachlorodibenzo-p-dioxin☆
P5CDDs	1,2,3,7,8-Pentachlorodibenzo-p-dioxin	¹³ C-1,2,3,7,8-Pentachlorodibenzo-p-dioxin
H6CDDs	1,2,3,4,7,8-Hexachlorodibenzo-p-dioxin	¹³ C-1,2,3,4,7,8-Hexachlorodibenzo-p-dioxin
	1,2,3,6,7,8-Hexachlorodibenzo-p-dioxin	¹³ C-1,2,3,6,7,8-Hexachlorodibenzo-p-dioxin
	1,2,3,7,8,9-Hexachlorodibenzo-p-dioxin	¹³ C-1,2,3,7,8,9-Hexachlorodibenzo-p-dioxin☆
H7CDDs	1,2,3,4,6,7,8-Heptachlorodibenzo-p-dioxin	¹³ C-1,2,3,4,6,7,8-Heptachlorodibenzo-p-dioxin
OCDDs	Octachlorodibenzo-p-dioxin	¹³ C-Octachlorodibenzo-p-dioxin
T4CDFs		¹³ C-1,3,6,8-Tetrachlorodibenzofuran★
	2,3,7,8-Tetrachlorodibenzofuran	¹³ C-2,3,7,8-Tetrachlorodibenzofuran
P5CDFs	1,2,3,7,8-Pentachlorodibenzofuran	¹³ C-1,2,3,7,8-Pentachlorodibenzofuran
	2,3,4,7,8-Pentachlorodibenzofuran	¹³ C-2,3,4,7,8-Pentachlorodibenzofuran
H6CDFs	1,2,3,4,7,8-Hexachlorodibenzofuran	¹³ C-1,2,3,4,7,8-Hexachlorodibenzofuran
	1,2,3,6,7,8-Hexachlorodibenzofuran	¹³ C-1,2,3,6,7,8-Hexachlorodibenzofuran
	1,2,3,7,8,9-Hexachlorodibenzofuran	¹³ C-1,2,3,7,8,9-Hexachlorodibenzofuran
	2,3,4,6,7,8-Hexachlorodibenzofuran	¹³ C-2,3,4,6,7,8-Hexachlorodibenzofuran
H7CDFs	1,2,3,4,6,7,8-Heptachlorodibenzofuran	¹³ C-1,2,3,4,6,7,8-Heptachlorodibenzofuran
	1,2,3,4,7,8,9-Heptachlorodibenzofuran	¹³ C-1,2,3,4,7,8,9-Heptachlorodibenzofuran
OCDFs	Octachlorodibenzofuran	¹³ C-Octachlorodibenzofuran
T4CBs	3,3',4,4'-Tetrachlorinatedbiphenyl	¹³ C-3,3',4,4'-Tetrachlorinatedbiphenyl
	3,4,4',5-Tetrachlorinatedbiphenyl	¹³ C-3,4,4',5-Tetrachlorinatedbiphenyl
P5CBs		¹³ C-2,3,3',5,5'-Pentachlorinatedbiphenyl☆
	2,3,3',4,4'-Pentachlorinatedbiphenyl	¹³ C-2,3,3',4,4'-Pentachlorinatedbiphenyl
	2,3,4,4',5-Pentachlorinatedbiphenyl	¹³ C-2,3,4,4',5-Pentachlorinatedbiphenyl
	2,3',4,4',5-Pentachlorinatedbiphenyl	¹³ C-2,3',4,4',5-Pentachlorinatedbiphenyl
	2',3,4,4',5-Pentachlorinatedbiphenyl	¹³ C-2',3,4,4',5-Pentachlorinatedbiphenyl
	3,3',4,4',5-Pentachlorinatedbiphenyl	¹³ C-3,3',4,4',5-Pentachlorinatedbiphenyl
H6CBs	2,3,3',4,4',5-Hexachlorinatedbiphenyl	¹³ C-2,3,3',4,4',5-Hexachlorinatedbiphenyl
	2,3,3',4,4',5'-Hexachlorinatedbiphenyl	¹³ C-2,3,3',4,4',5'-Hexachlorinatedbiphenyl
	2,3',4,4',5,5'-Hexachlorinatedbiphenyl	¹³ C-2,3',4,4',5,5'-Hexachlorinatedbiphenyl
	3,3',4,4',5,5'-Hexachlorinatedbiphenyl	¹³ C-3,3',4,4',5,5'-Hexachlorinatedbiphenyl
H7CBs		¹³ C-2,2',3,3',4,4',5-Heptachlorinatedbiphenyl☆
	2,3,3',4,4',5,5'-Heptachlorinatedbiphenyl	¹³ C-2,3,3',4,4',5,5'-Heptachlorinatedbiphenyl

※上記の標準物質は、全てWellington Laboratories製のものを使用した。

参考資料

SIMクロマトグラム

解説

SIMとは、

選択イオンモニタリング (Selected Ion Monitoring) の略であり、特定の質量を持ったイオンだけを測定することで選択性を高めることができる質量分析法である。

ダイオキシン類の分析には TeCDDs などと表現されるそれぞれの同族体について、各2つの質量を測定し、定量と同時に検出ピークの定性も行う。

クロマトグラムとは、

ダイオキシン類は、置換塩素数が同じ各同族体の中に、置換位置だけが異なる多数の異性体が存在する。測定試料をガスクロマトグラフに注入すると、これらの異性体はわずかな性質の違いによりキャピラリーカラム中で分離され、特定の異性体は特定の時間にカラムから検出器（この場合は質量分析計）に導かれスパイク状の信号（ピーク）として表わされる。この縦軸に信号強度、横軸に時間をとったチャートをクロマトグラムと呼ぶ。

次頁以降に、標準液と試料のクロマトグラムを示した。

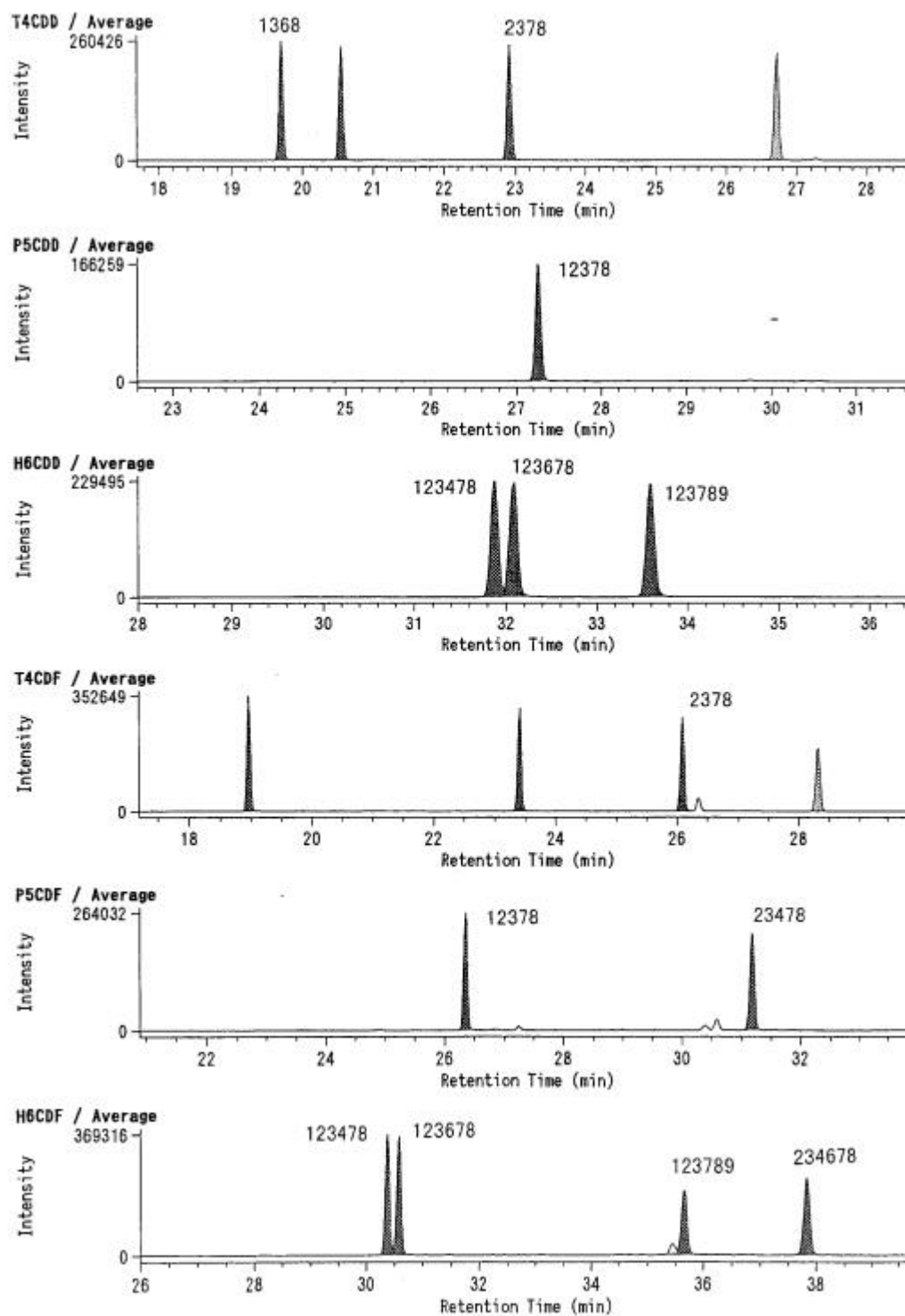
それぞれの頁に、4～6塩素化ダイオキシン・ジベンゾフラン（6 同族体）、7・8塩素化ダイオキシン・ジベンゾフラン（4 同族体）、ノンオルト-コプラナーPCB（3 同族体）、モノオルト-コプラナーPCB（3 同族体）でまとめられている。

各クロマトグラムの左上に同族体名（略号）が示されている。また、ここに示したクロマトグラムは定量目的物質のみを示し、測定した2質量の平均で表わした。

最初に標準物質のクロマトグラム（コプラナーPCB が共通なので3枚）、次に試料のクロマトグラム（7・8塩素化ダイオキシン・ジベンゾフランの10倍希釈を含め5枚）を示した。

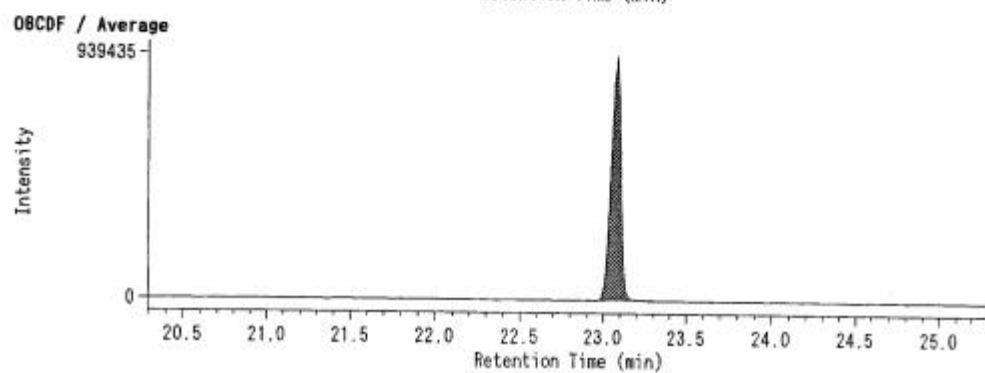
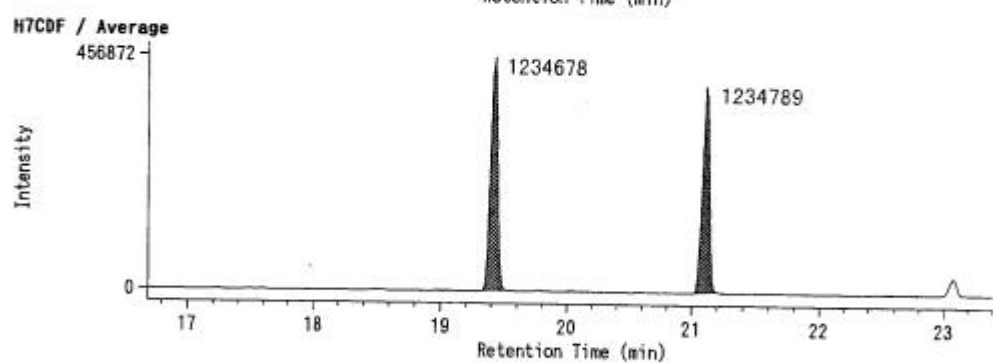
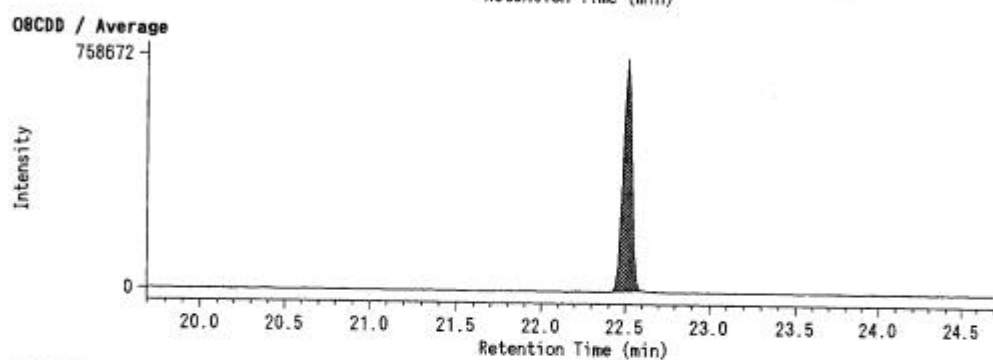
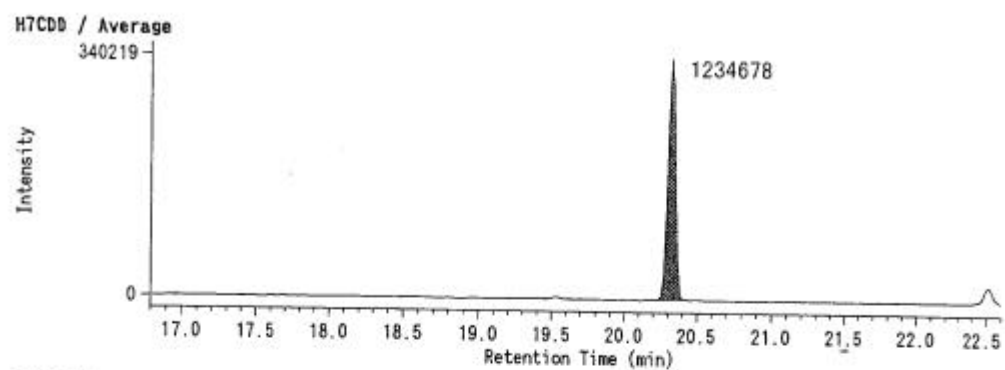
クロマトグラム 1

標準液 (T4CDD、T4CDF、P5CDD、P5CDF、H6CDD、H6CDF)



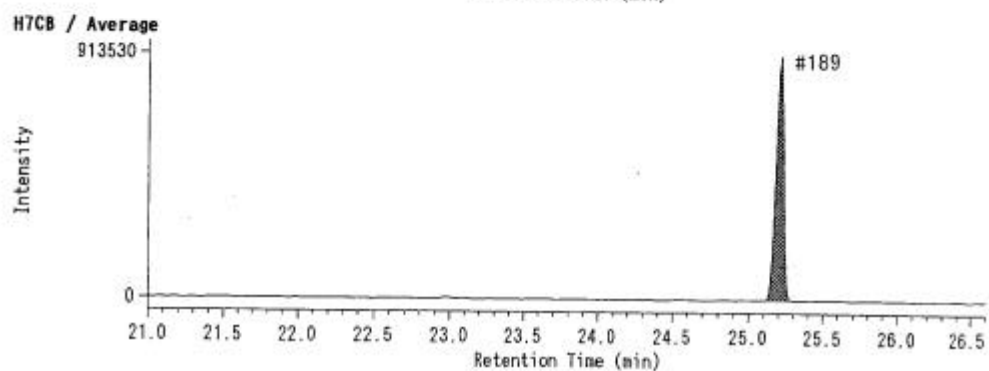
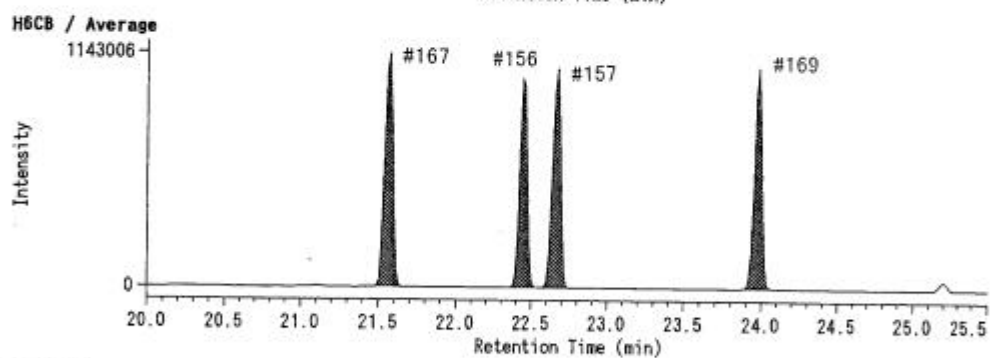
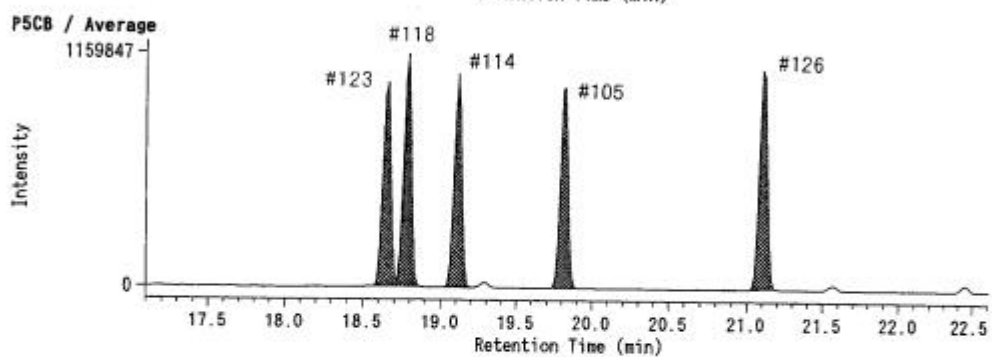
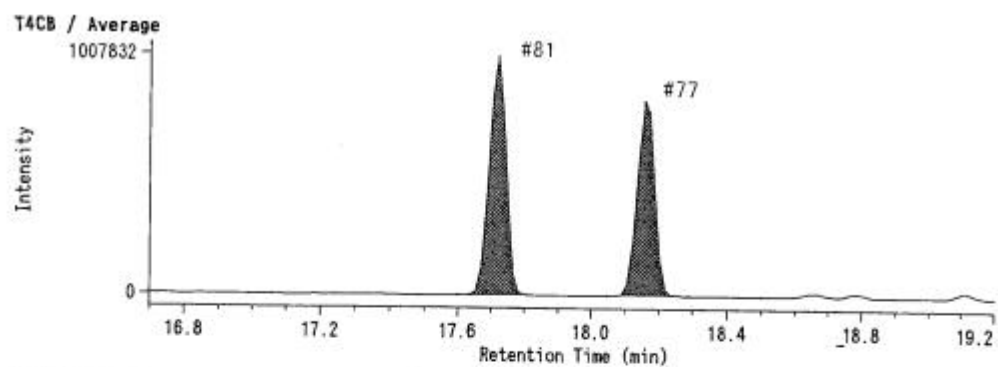
クロマトグラム 2

標準液 (H7CDD、O8CDD、H7CDF、O8CDF)



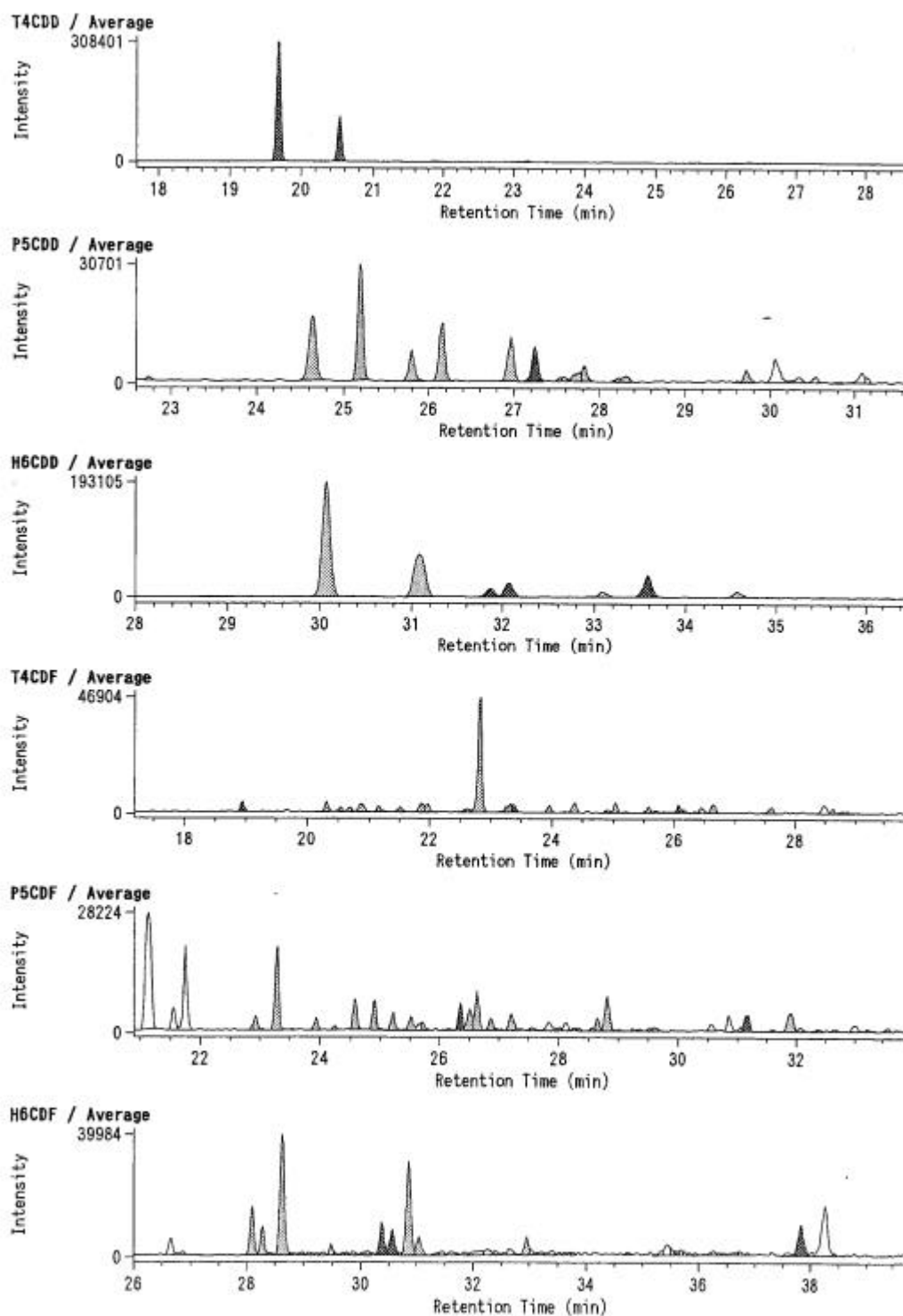
クロマトグラム 3

標準液 (Co-PCB 共通：T4CB、P5CB、H6CB、H7CB)



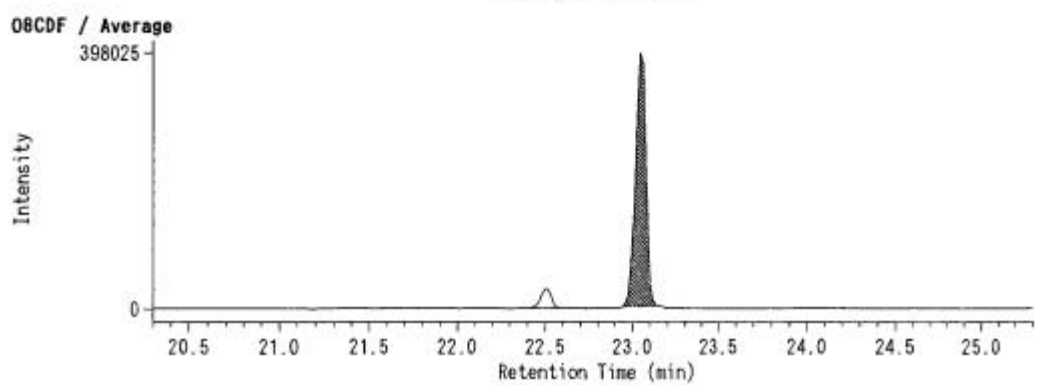
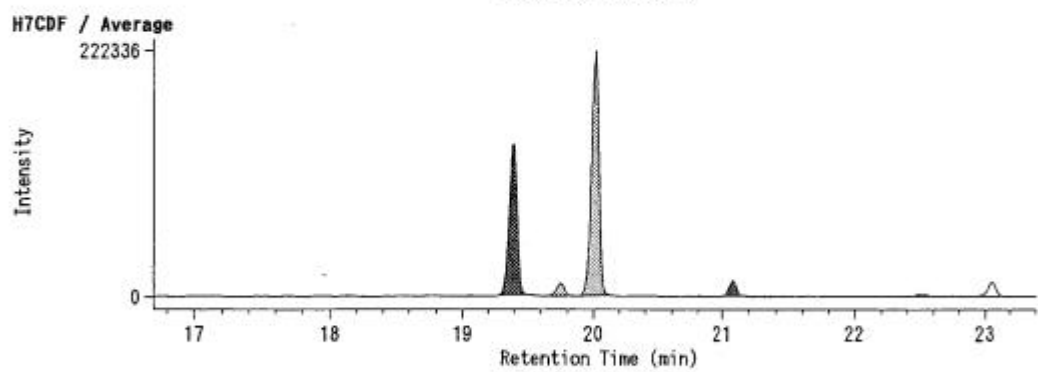
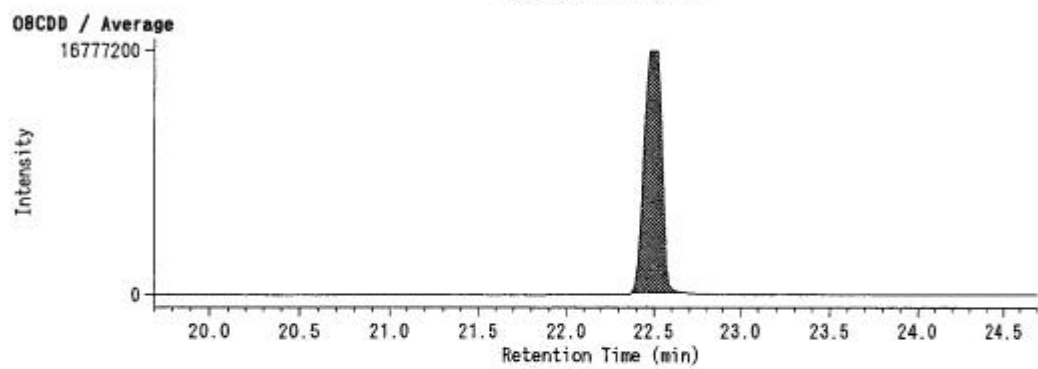
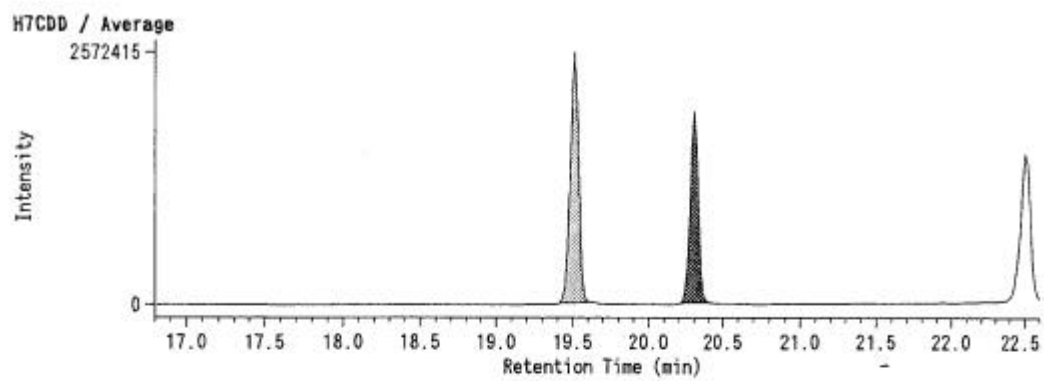
クロマトグラム 4

試料 (T4CDD、T4CDF、P5CDD、P5CDF、H6CDD、H6CDF)



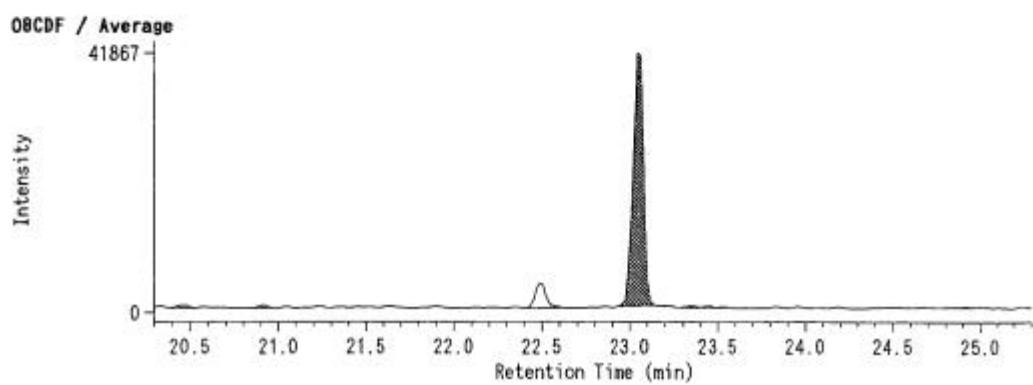
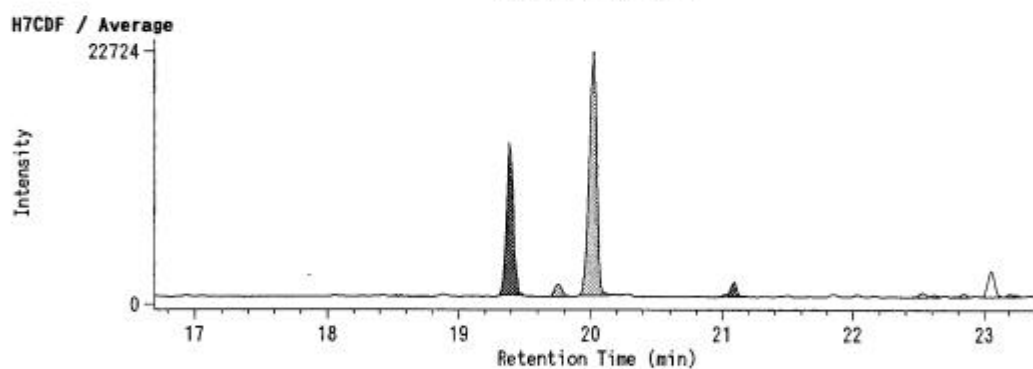
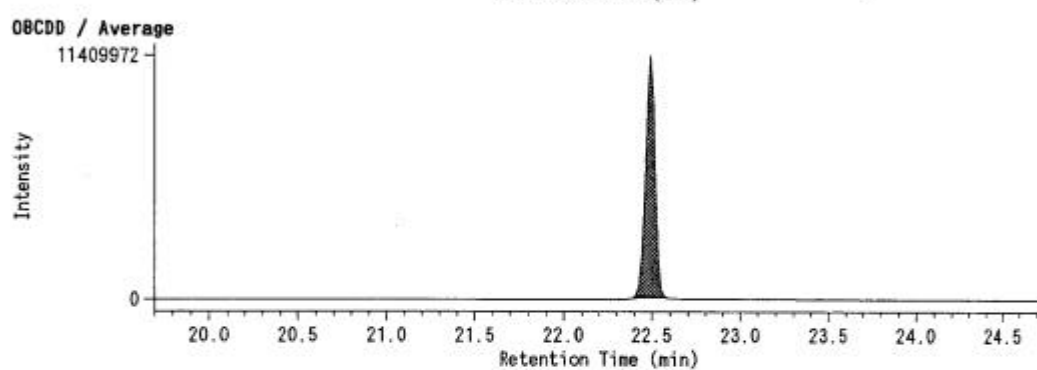
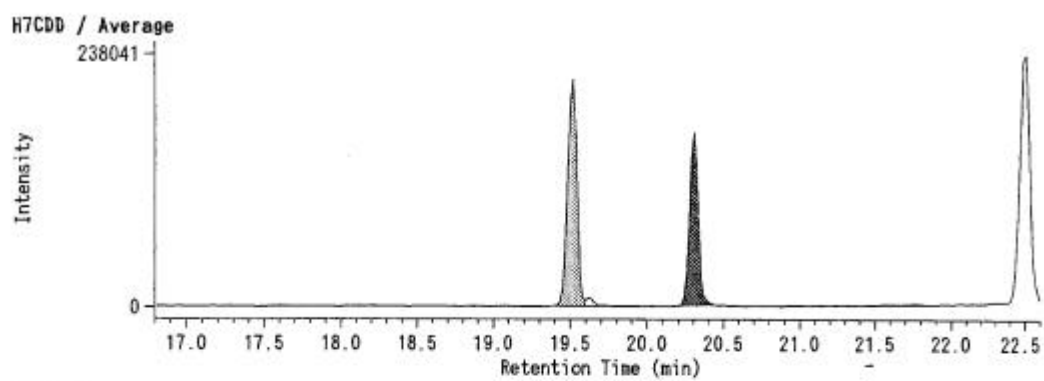
クロマトグラム 5

試料 (H7CDD、08CDD、H7CDF、08CDF)



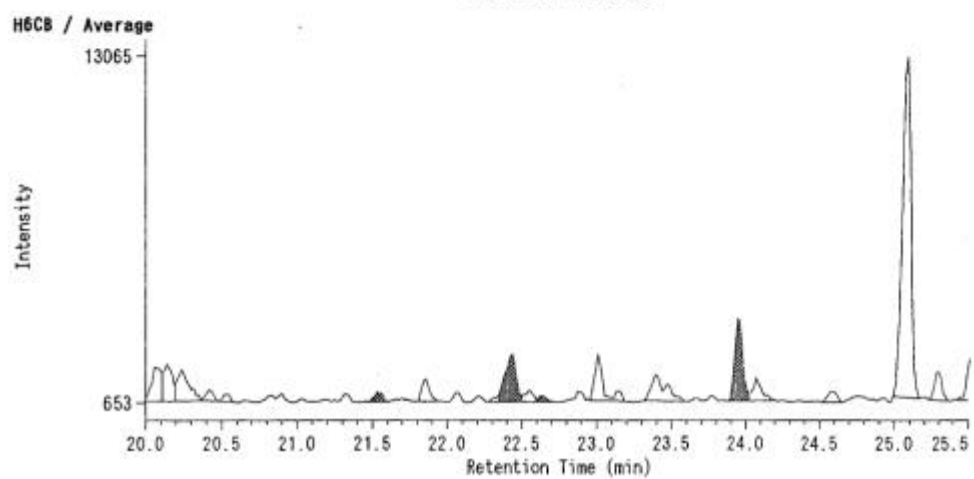
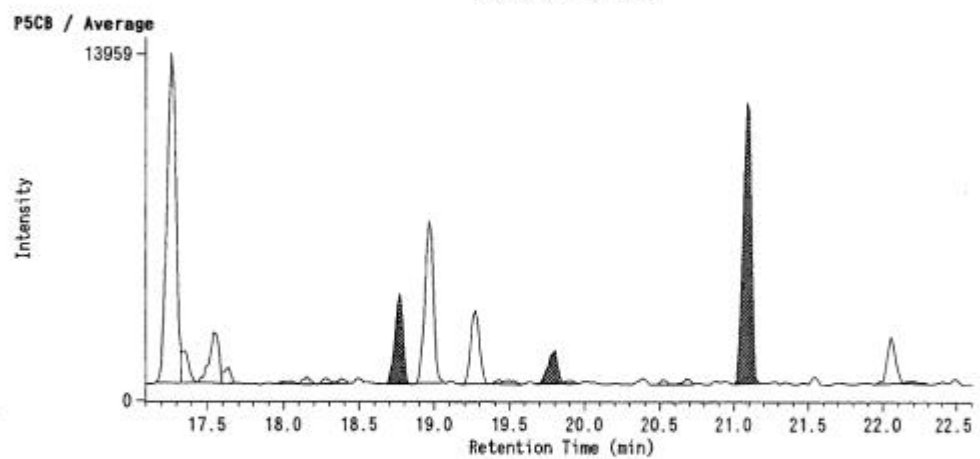
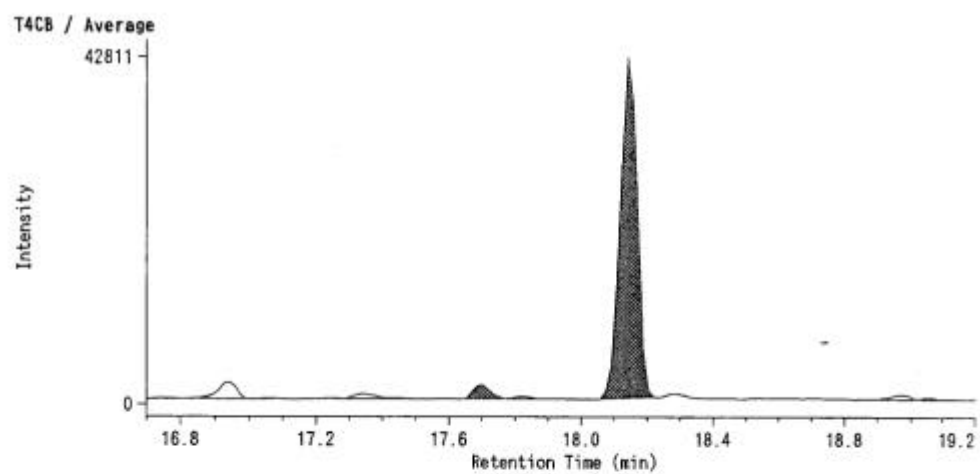
クロマトグラム6

試料 (H7CDD、08CDD、H7CDF、08CDF) 10 倍希釈



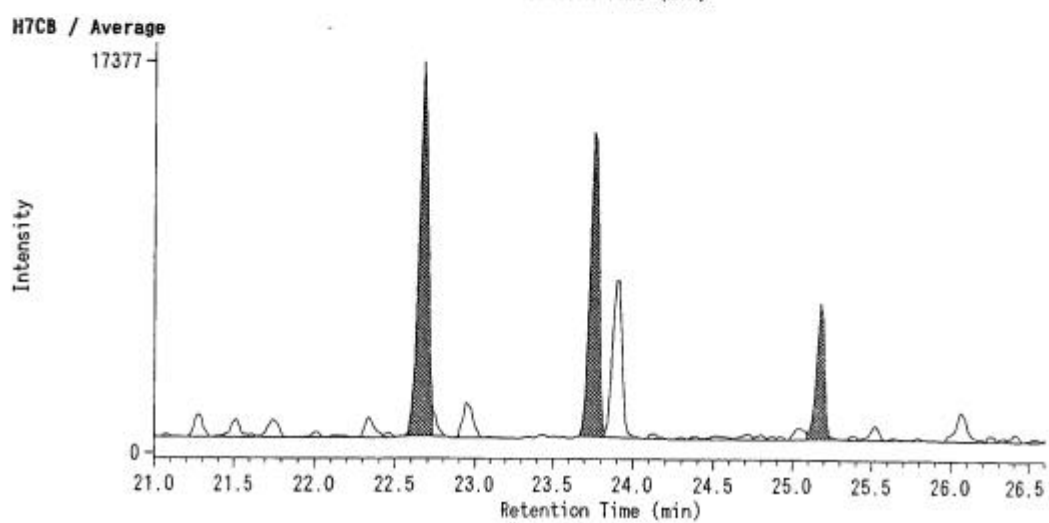
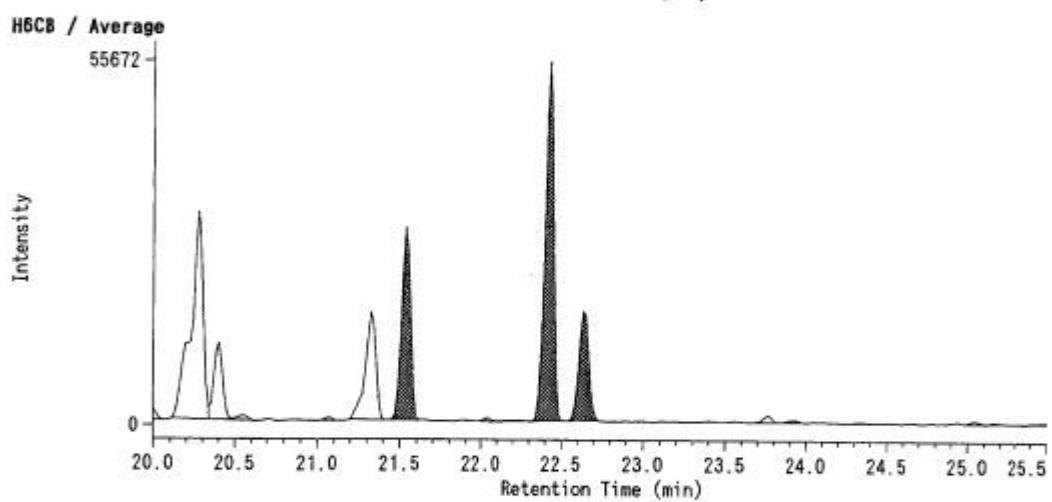
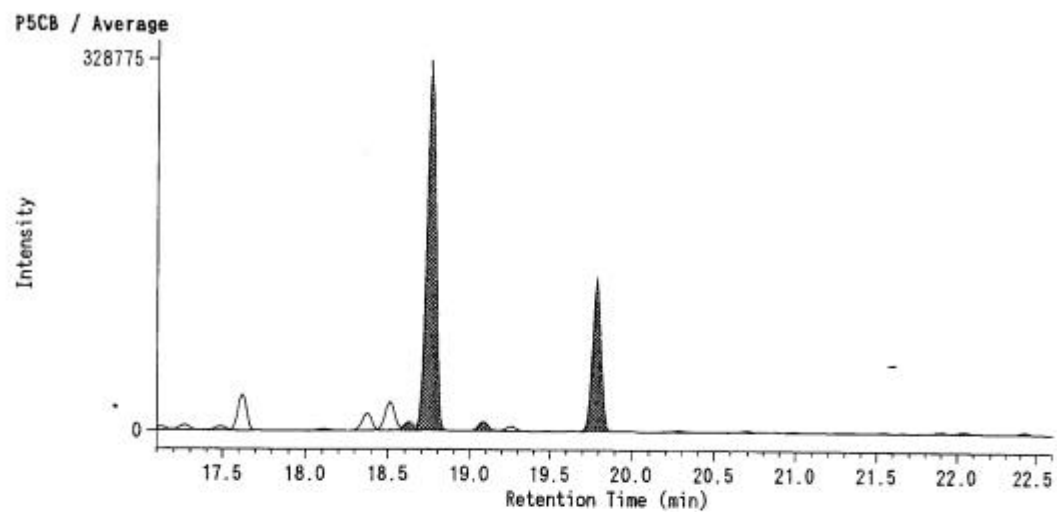
クロマトグラム 7

試料 (ノオルト Co-PCB : T4CB、P5CB、H6CB)



クロマトグラム 8

試料 (モノオルト Co-PCB : P5CB、H6CB、H7CB)

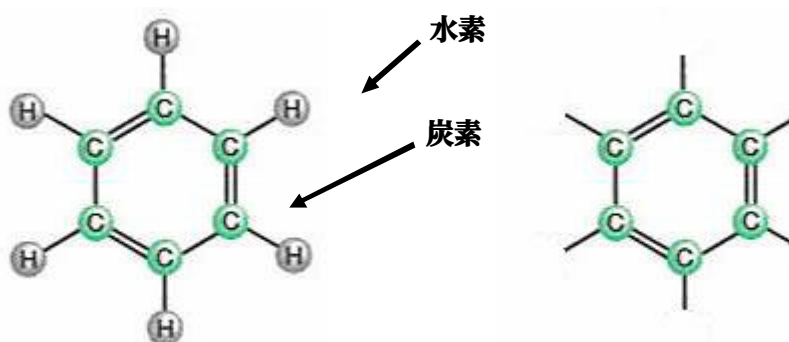


＜添付資料2＞ダイオキシンのに係る基礎知識

以下に、ダイオキシンの構造や名称、関連する語句について基礎的な解説を示します。

〔ダイオキシンの構造〕

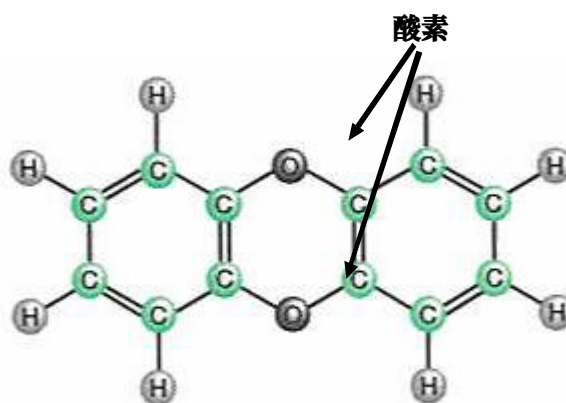
①. よく知られた有機物質に、炭素原子6個と水素原子6個から出来ている「ベンゼン」があります。



ベンゼン（有機溶媒）

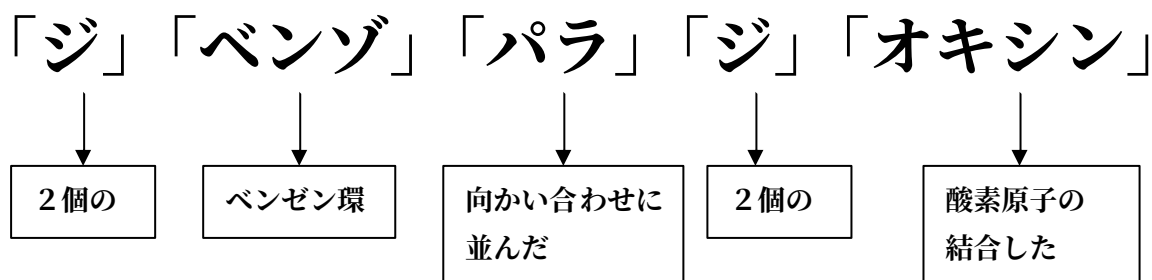
ベンゼン環（ベンゼンの骨格）

②. この「ベンゼン」2個と酸素原子2個から、構成されるのが下図の構造をもつ「ジベンゾパラジオキシン」です。

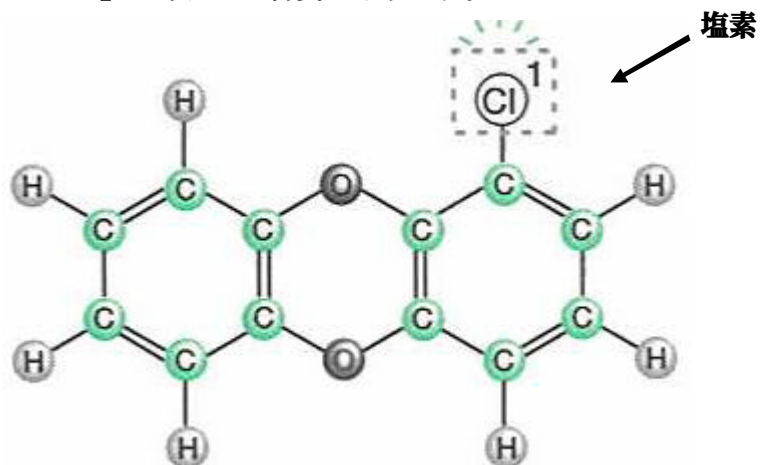


ジベンゾパラジオキシン

名称の意味合いは以下の通りです。



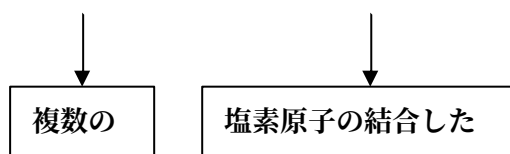
- ③. 「ジベンゾパラジオキシン」の水素原子のいくつかが塩素原子と置き換わると、通称『ダイオキシン』と呼ばれる物質となります。



ダイオキシン例（1つだけ置き換わったもの）

ダイオキシンの正式名称は、ポリクロロジベンゾパラジオキシンといいます。

「ポリ」「クロロ」「ジベンゾパラジオキシン」



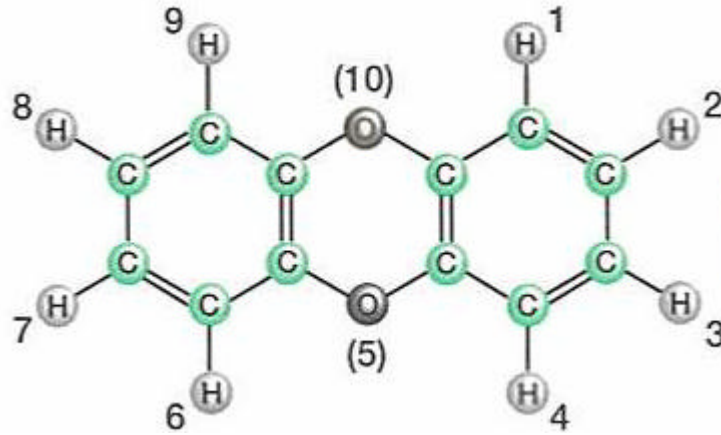
英語表記の「Polychlorinated dibenzo-p-dioxin」の下線部分をとって
PCDDと略称されます。

最も狭義のダイオキシンはこの「ポリクロロジベンゾパラジオキシン」のことを指します。

〔ダイオキシンの毒性〕

ダイオキシンは、4個以上の水素原子が塩素原子に置き換わると強い毒性を持ちますが、

塩素原子の置き換わる位置と、置き換わる数により、毒性に大きな差が生じます。



置き換わる位置の番号

上図の、「2」「3」「7」「8」の位置に1つずつ塩素原子が置き換わったものが最大の毒性を持ち、2,3,7,8-**テトラクロジベンゾパレンジリン**と呼称され、2,3,7,8-TCDDと略称されます。数字は塩素の置換位置を示し、置換した塩素の数により

P（ポリ＝複数の）**CDD**から、**T**（テトラ＝4つの）**CDD**、
5個の場合は、○,○,○,○,○-**P**（ペンタ＝5つの）**CDD**、
6個の場合は、○,○,○,○,○,○-**H**（ヘキサ＝6つの）**CDD**、
7個の場合は、○,○,○,○,○,○,○-**H**（ヘプタ＝7つの）**CDD**、
8個の場合は、**O**（オクタ＝8つの）**CDD**と表記されます。

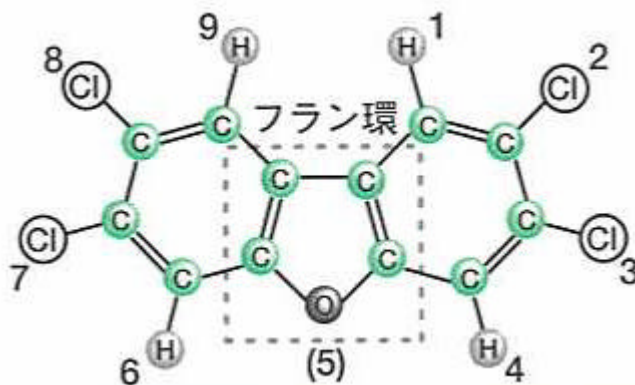
ヘキサとヘプタが紛らわしいので間に数字を入れ、
T4CDD、**P5CDD**、**H6CDD**、**H7CDD**、**O8CDD**または、
TeCDD、**PeCDD**、**HxCDD**、**HpCDD**、**OCDD**と表記するのが一般的です。

〔ダイオキシン類〕

ダイオキシンと似た構造を持ち、強い毒性を持つ物質に、下記の2つが有り、行政的には先のダイオキシンと併せてダイオキシン類と規定されています。

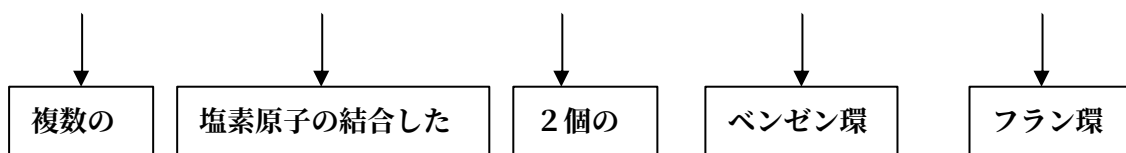
①. ポリクロロジベンゾフラン

「ベンゼン」2個と、酸素原子1個と、数個の塩素原子から、下図の「ポリクロロジベンゾフラン」が出来ます。(真ん中の5角形を「フラン環」と呼びます。)



ポリクロロジベンゾフラン例

「ポリ」「クロロ」「ジ」「ベンゾ」「フラン」



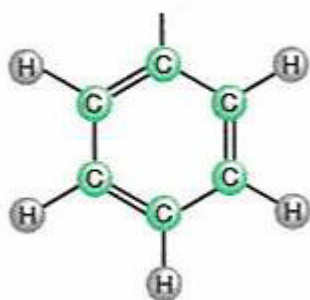
PCDDと同様に、「Polychlorinated dibenzofurans」の下線部分をとって
PCDFと略称されます。

塩素が複数個置き換わった場合のPCDFの呼称は、PCDDと同様です。

上図のポリクロロジベンゾフラン例では、「2」「3」「7」「8」の位置に、計4つの塩素が置き換わっているので、2,3,7,8-TCDFとなります。

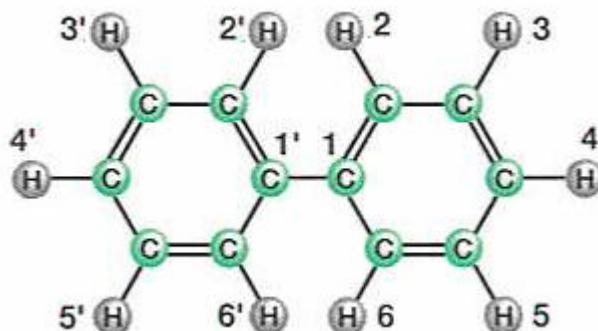
②. コプラナーPCB

PCB（ポリ塩化ビフェニル）のうち、その構造が平面になるものを指します。



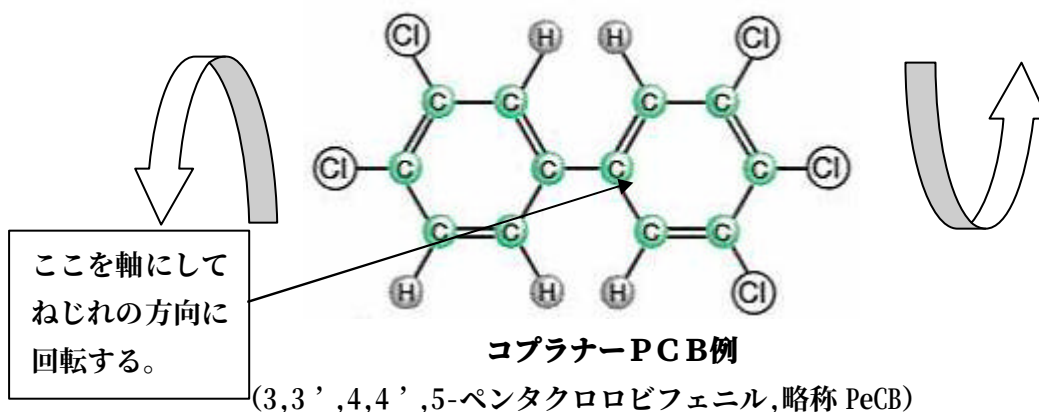
フェニル基

（ベンゼンから水素原子が
1個とれたもの。）

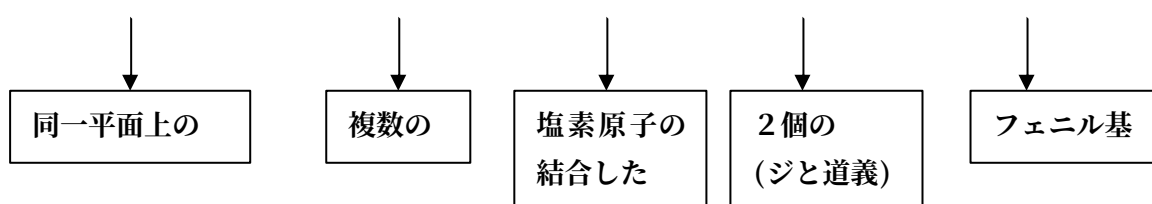


ビフェニル

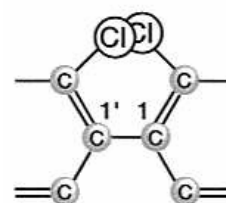
（フェニル基が2個くっ付いたもの。）



「コプラナー」「ポリ」「クロロ」「ビ」「フェニル」



PCBは、「1'」「1」を軸にしてねじれ方向に回転しますが、「2'」「2」「6'」「6」に3つ以上の塩素原子が置き換わると、水素原子より大きい塩素原子同士がぶつかり、平面構造となり難いため、コプラナーPCBとは呼ばれません。平面構造をとらないPCBは、比較的毒性が低くダイオキシン類の中には含まれません。塩素が複数個置き換わった場合のコプラナーPCBの呼称は、PCDDと同様です。



〔毒性当量〕

ダイオキシン類は、塩素原子の置き換わる位置及び数によって毒性の強さが異なります。PCDD75種、PCDF135種、コプラナーPCB12種（全222種）のダイオキシン類化合物全てを実測して、その毒性を評価することは極めて困難なので、下記のような方法により毒性当量として算出し評価する方式をとっています。

- ① ダイオキシン類のなかで最も毒性が強いとされる2,3,7,8-TCDDの毒性を1として、

他の化合物の毒性の強さを係数として表します。

これを**毒性等価係数：TEF** (2,3,7,8-TCDD Toxicity Equivalency Factor)と呼びます。

現在、ダイオキシン類222種の内、毒性が強いとされる29種について、毒性等価係数が定められています。(表1-1)

- ② 各化合物の実測濃度に、毒性等価係数を乗ずると、その化合物の毒性が2,3,7,8-TCDDに換算してどの程度の毒性に相当するかが表されます。
これを**毒性当量：TEQ** (2,3,7,8-TCDD Toxicity Equivalency Quantity)と呼びます。

- ③ 毒性があるとされる29種の化合物の毒性当量を合計して、その試料のダイオキシン量として評価します。

単位はg-TEQ/g (溶液の場合はg-TEQ/l) と表記されます。

〔pg〕

ピコグラムと呼びます。「p (ピコ)」は重量の単位のg(グラム)に付く接頭語で、1pgは1兆分の1gを表します。

1kg : 1キログラム = 1gの1,000倍

1g : 1グラム = 1gの1倍

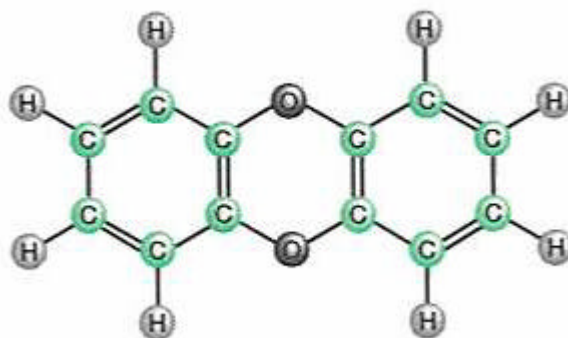
1mg : 1ミリグラム = 1gの1,000分の1

1μg : 1マイクログラム = 1gの1,000,000分の1

1ng : 1ナノグラム = 1gの1,000,000,000分の1

1pg : 1ピコグラム = 1gの1,000,000,000,000分の1

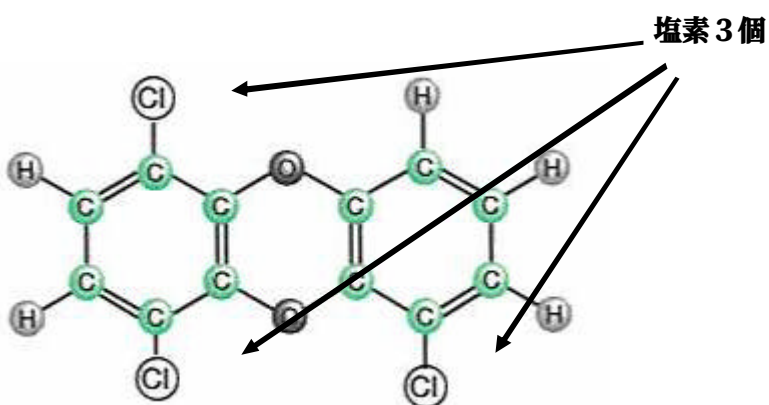
〔異性体〕



上図のジベンゾパラジオキシンの水素 (H) が、1つでも塩素と置き換わると「ダイオキシン (PCDD)」となりますが、下図の



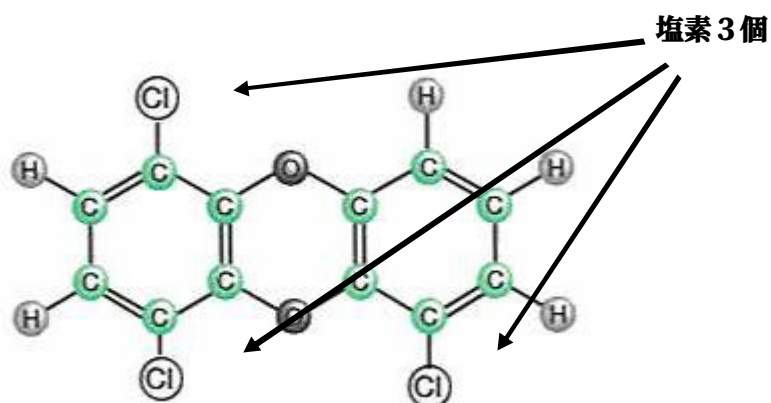
と



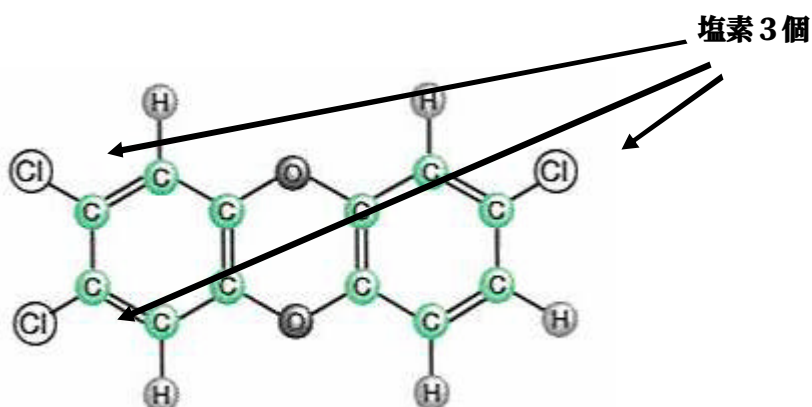
では、

置き換わった塩素の位置と数が全く違いますが、
どちらも同じ「ダイオキシン (PCDD)」の骨格を保っていますので、
これを「ダイオキシンの異性体」と呼びます。

〔同族体〕



と



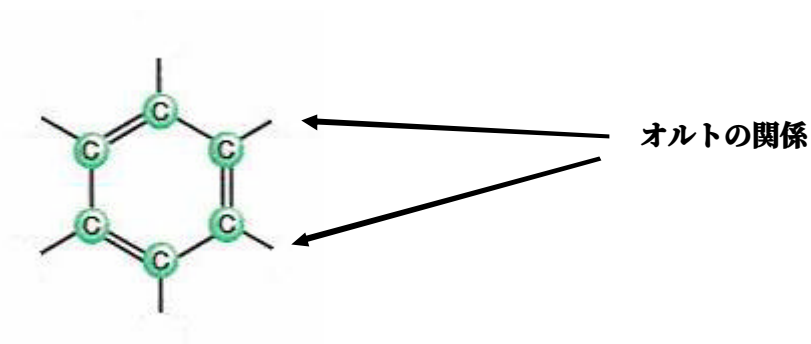
では

置き換わった塩素の数は同じですが、位置が違います。
 このように位置が違ってても塩素の数が同じものを、
 「ダイオキシンの同族体」と呼びます。

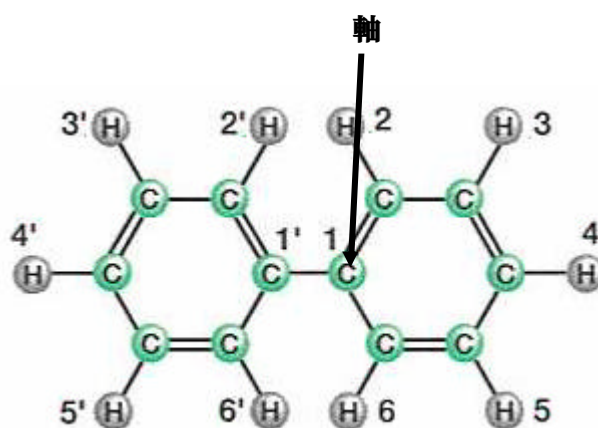
同族体、異性体の定義は、ジベンゾフラン（PCDF）とコプラナーPCB（C o
 -PCB）の場合も、上に挙げたダイオキシン（PCDD）と同様です。

注：ダイオキシン類を扱う場合の「異性体」「同族体」の定義は、
 化学一般で使用する場合と、厳密には異なるのでご注意ください。

〔オルト〕



上図の様に「ベンゼン環」で塩素の置き換わる位置の隣同士の関係を、「オルト位置にある」もしくは「オルト位」と呼びます。



PCBの場合、上図「ビフェニル」の軸となる「1'」「1」と隣同士の関係に「オルト」を使用し、

「2'」「2」「6'」「6」のどれか1つに塩素が置き換わったものを、

「PCBのモノ（＝1つの）オルト体」と呼び、

「2'」「2」「6'」「6」のどれにも塩素が無いものを、

「PCBのノン（＝0の）オルト体」と呼び、

「2'」「2」「6'」「6」のどれか2つに塩素が置き換わったものを、

「PCBのジ（＝2つの）オルト体」と呼びます。

オルト位に3つ以上の塩素が置き換わると、前述の通り

「2'」「2」もしくは「6'」「6」のどちらかで塩素原子同士がぶつかり、平面状態にはなれなくなるので、コプラナーPCBではなくなります。

なお、現在の定義ではジオルト体も、コプラナーPCBとして扱いません。

3.8. 仮設工事工程

ここでは、水処理工程における、仮設水槽及び付属器機類の設置・撤去等の状況についてまとめるものとする。

3.8.1. 設置・撤去状況

水処理工程にて使用した仮設水槽及び付属器機類の設置・撤去状況を写真 3-8-1～3-8-16 に示す。



写真 3-8-1 仮設水槽設置前



写真 3-8-2 45t 吊ラフタークレーン



写真 3-8-3 仮設水槽搬入状況



写真 3-8-4 仮設水槽設置状況



写真 3-8-5 仮設水槽設置状況



写真 3-8-6 仮設水槽設置状況



写真 3-8-7 仮設水槽設置状況



写真 3-8-8 仮設水槽設置状況



写真 3-8-9 仮設水槽設置状況



写真 3-8-10 仮設水槽設置状況
(ネットによる水槽開口部の養生)



写真 3-8-11 攪拌機設置状況



写真 3-8-12 整流板設置状況



写真 3-8-13 凝集剤溶解槽・攪拌機設置状況



写真 3-8-14 排水ポンプ設置状況



写真 3-8-15 仮設水槽撤去状況



写真 3-8-16 仮設水槽撤去

3.8.2. 仮設水槽

(1) 仮設水槽設置要領

水処理工程にて使用した仮設水槽は、 30m^3 、 25m^3 、 20m^3 の容量の異なる鋼製角型水槽をそれぞれ 2 基ずつ直列に連結し、合計 150m^3 の水槽として使用した。

(2) 仮設水槽設置諸元

- ① 材質：鋼製
- ② 数量： $30\text{m}^3 \times 2$ 基
 $25\text{m}^3 \times 2$ 基
 $20\text{m}^3 \times 2$ 基

図 3-8-1 に仮設水槽図面を示す。

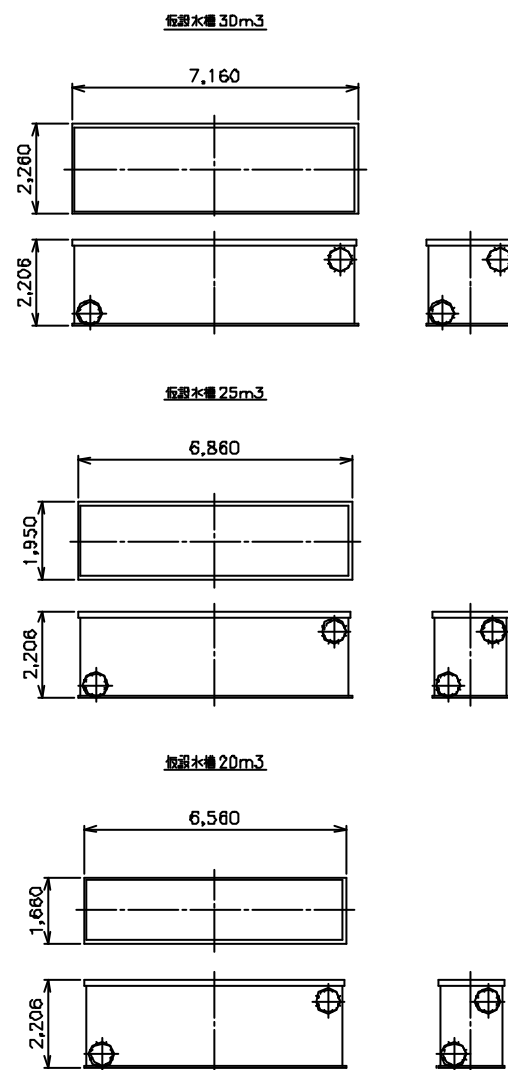


図 3-8-1 仮設水槽詳細図

3.8.3. 水処理機器類

水処理試験にて使用した水処理機器類について以下に示す。

(1) 水処理試験機器リスト

表 3-8-1 に水処理試験にて使用した機器リストを示す。

表 3-8-1 水処理試験 使用機器リスト

項目	仕様	数量	単位
薬注ポンプ	50A、2.0kW 揚程 12m 揚水量 0.25m ³ /min	3	台
キャップタイヤケーブル	8スケ、20m	3	本
排水ポンプ	80A、3.7kW 揚程 18m 揚水量 0.5m ³ /min	6	台
キャップタイヤケーブル	14スケ、50m	6	本
サニーホース	80A、50m	6	本
残水ポンプ	25A、0.48kW 揚程 7.5m 揚水量 0.08m ³ /min	2	台
発電機	60KVA	1	台
動力分電盤		1	個
スイッチボックス		3	個
攪拌機	0.75kW	1	台
攪拌機	0.2kW	1	台
攪拌機架台		1	式
ヘッダー管	150A、JIS10KF付、BN2WP付、 25A×2チーズ付 (バルブ×1ヶ)	1	式
アクリル製円形水槽	φ0.3m×h1.0m	1	ヶ
ポリエチレン製円形水槽	0.5m ³	3	ヶ
電解槽	組立て式架台付	1	器
電解用電極	アルミ電極	1	式
電解槽廻り配管	25Aフレキシブル (ホースバンド付)、5m	1	式
レバーブロック	0.5t吊用	6	ヶ
移動式足場		2	ヶ

(2) 水処理試験機器写真

水処理試験にて使用した機器類を写真 3-8-17 ～写真 3-8-28 に示す。



写真 3-8-17 排水ポンプ



写真 3-8-18 薬注ポンプ



写真 3-8-19 残水ポンプ



写真 3-8-20 起動盤



写真 3-8-21 攪拌機



写真 3-8-22 レバブロック



写真 3-8-23 ヘッダー管



写真 3-8-24 電解装置



写真 3-8-25 アクリル製円形水槽



写真 3-8-26 ポリエチレン水槽



写真 3-8-27 移動式足場



写真 3-8-28 発電機

3.8.4. 仮設水槽等の設置・撤去及び作業性

① 設置・撤去の状況

仮設水槽及び水処理機器類の設置・撤去は、問題なく順調に作業を終了した。また、水処理ヤードとして借用したキャンプ場の駐車場は、敷地エリアに余裕がありクレーン等の重機及び運搬用の大型トラックなどの走行や停車などに障害が生じることはなかった。

仮設水槽等設置・準備には、機器類の電気工事も含め 2.0 日程度を要した。
また撤去には、1.0 日程度を要した。

② 作業性

水処理ヤードの周辺には民家が隣接している。しかしながら敷地エリアが広いこともあり、発電機をはじめとする機器類の騒音について、住民等からのクレームは無く、問題になるものではなかったと考えられる。

また、浚渫土砂は腐敗等がなく、硫化水素臭等の悪臭の発生は皆無であった。

日中及び夜間の水処理ヤードへの一般の人の侵入を防ぐため、ロープ及び立入り禁止等の看板にて警告を促した。また、夜間は第 3 者の水槽内への落水を防止する為、水槽の開口部をネットにて養生した。

3.9. まとめ

ここでは、水処理試験の結果を踏まえ、今後の事業化に向けての課題点についてまとめるものとする。

3.9.1. 水処理試験にて確認された事項のまとめ

(1) 水処理

今回実施した水処理試験により確認された事項を以下にまとめる。

- ① 浚渫排水は、細砂、シルト、粘土等の微細な粒子を主に含んだ泥水である。また、砂礫・玉石等の混在物も確認された。
- ② 使用する凝集剤にはコロイド等の表面電位を中和し懸濁物を凝結（凝集）させるための無機凝集剤と架橋作用によりフロックをより粗大化させるための高分子凝集剤の併用が最も有効である。
- ③ 無機凝集剤の代替として、電解アルミニウムを使用することでアルミニウムイオンの添加量を減少させ、かつ良好に凝集することが確認された。
- ④ 良好な凝集沈殿により、今回使用した沈殿槽（仮設水槽）程度の仮設装置においても連続処理が可能である。
- ⑤ 処理水（上澄み水）の排水の際、水中ポンプのレベル調整により沈殿物を混入し、濁度を上昇させることがある。
- ⑥ 沈殿処理において沈殿土砂は、最大で約 20m³/hr 程度の堆積速度である。

(2) 土砂処分

- ① 土砂処分にあたり、重金属類やダイオキシン等有害物質の問題は無い。
- ② 陸上の土砂埋立処分場にて浚渫土を建設残土として処分する際は、低含水にする必要がある。

3.9.2. 現時点における問題点

事業化の際大量に排出されと考えられる浚渫排水を効率よく処理する為に以下に示す理由より現時点の問題点をまとめた。

- ① 水処理装置（沈殿槽）の構造として連続的に安定した処理水を排水する為には 3.9.1.の⑤に示したように沈殿した土砂を巻き込み、処理水の水質が悪化する構造では不十分である。

→問題点：処理水の排水方法。（トラブルによる水質の悪化）

- ② 水処理装置に沈殿した土砂を排出する方法としてバキューム車を使用した。その場合、土砂の排出中は水処理装置の運転を停止する必要があること、排出作業に時間と費用が掛かること等から事業化を考慮した際、非効率である。

→問題点：堆積土の排出方法。（時間のロス）

- ③ 3.3.に示したように高分子凝集剤に残存するアクリルアミドのモノマー、また無機凝集剤の酸性・塩基性に関する危険性は、通常使用の場合環境へ影響を与えるレベルではないと考えられる。しかしその使用量を数百倍オーダにて誤った場合、毒性の問題は生じないとは限らない。

→問題点：使用する凝集剤の環境への影響

- ④ 今回の試験は堆積土の分析期間中、仮置き場にて土砂を保管し天日乾燥させた。従って水槽から排出した際は、高含水比であった土砂も、分析後ダンプトラックにて搬出できる程度の含水比に脱水されていた。しかし事業化を考慮した際、天日乾燥による脱水では大変非効率である。

→問題点：排出された堆積土の脱水方法。

3.9.3. 今後の課題点

課題点として以下の事が挙げられる。

- ① 効率的な水処理を可能とする処理装置構造の検討
- ② 脱水方法の検討
- ③ 使用する凝集剤の安全性の確認（製品安全データシート、取扱説明書等を十分確認する）

4. 有効利用基礎試験

4.1. 試験目的

浚渫工事において、大量に排出される浚渫土どのように処分するかは重要な課題である。また、近年資源の有効利用という観点から、発生する土砂を有効利用するという視点は不可欠なテーマとなってきている。ここでは、浚渫土の有効利用の検討を目的とし、そのための基礎データを収集することを目的とした。

本基礎試験では、

- ① 固化試験（固化安定処理および固化体形成）
- ② 発酵試験（発酵肥料等への利用化）
- ③ 脱水試験（回収土砂の脱水および減容化）

について実施した。各試験は現地で試験対象土（水処理後の水槽回収土砂）をサンプリング後、各テストプラントに搬入を行い試験を実施した。各試験のフローを図 4-1-1 に示す。

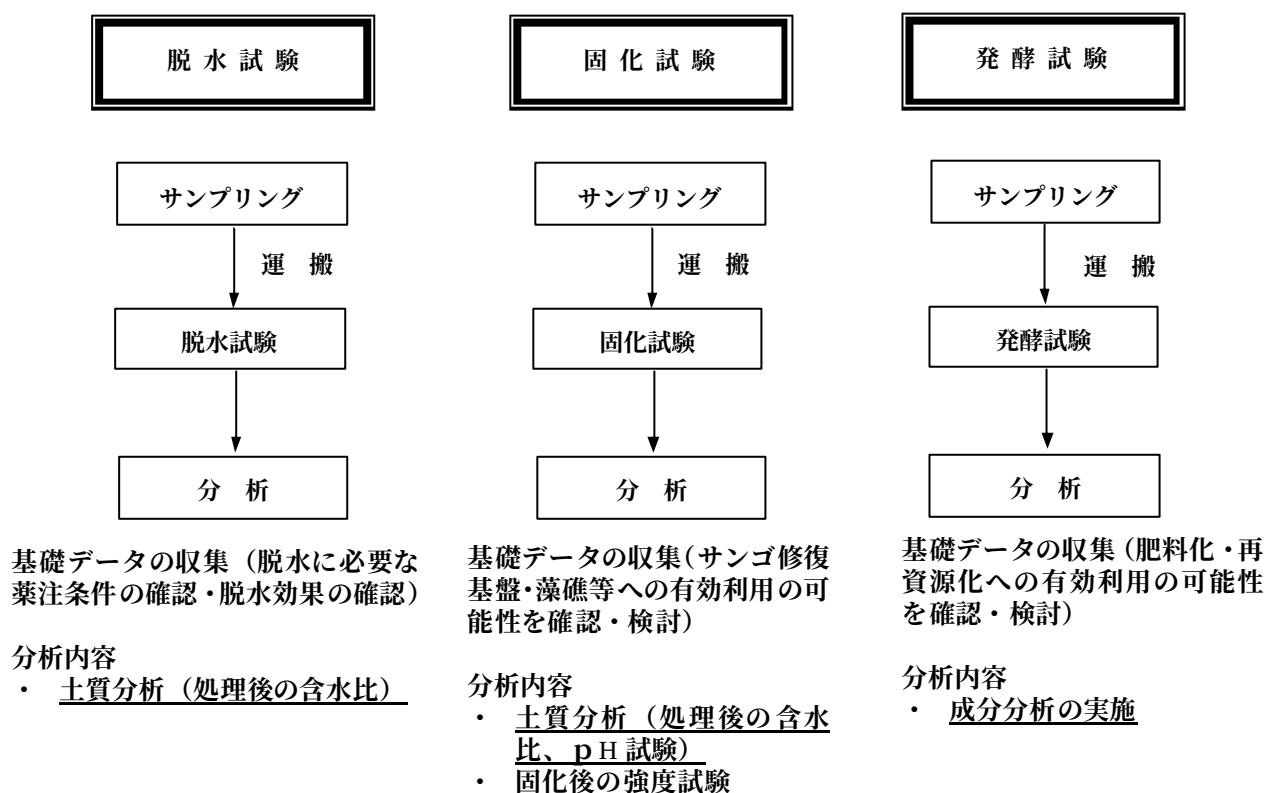


図 4-1-1 有効利用基礎試験の試験フロー

また、次ページの図 4-1-2 に浚渫土の有効利用方法（アイデアを含む）を示す。

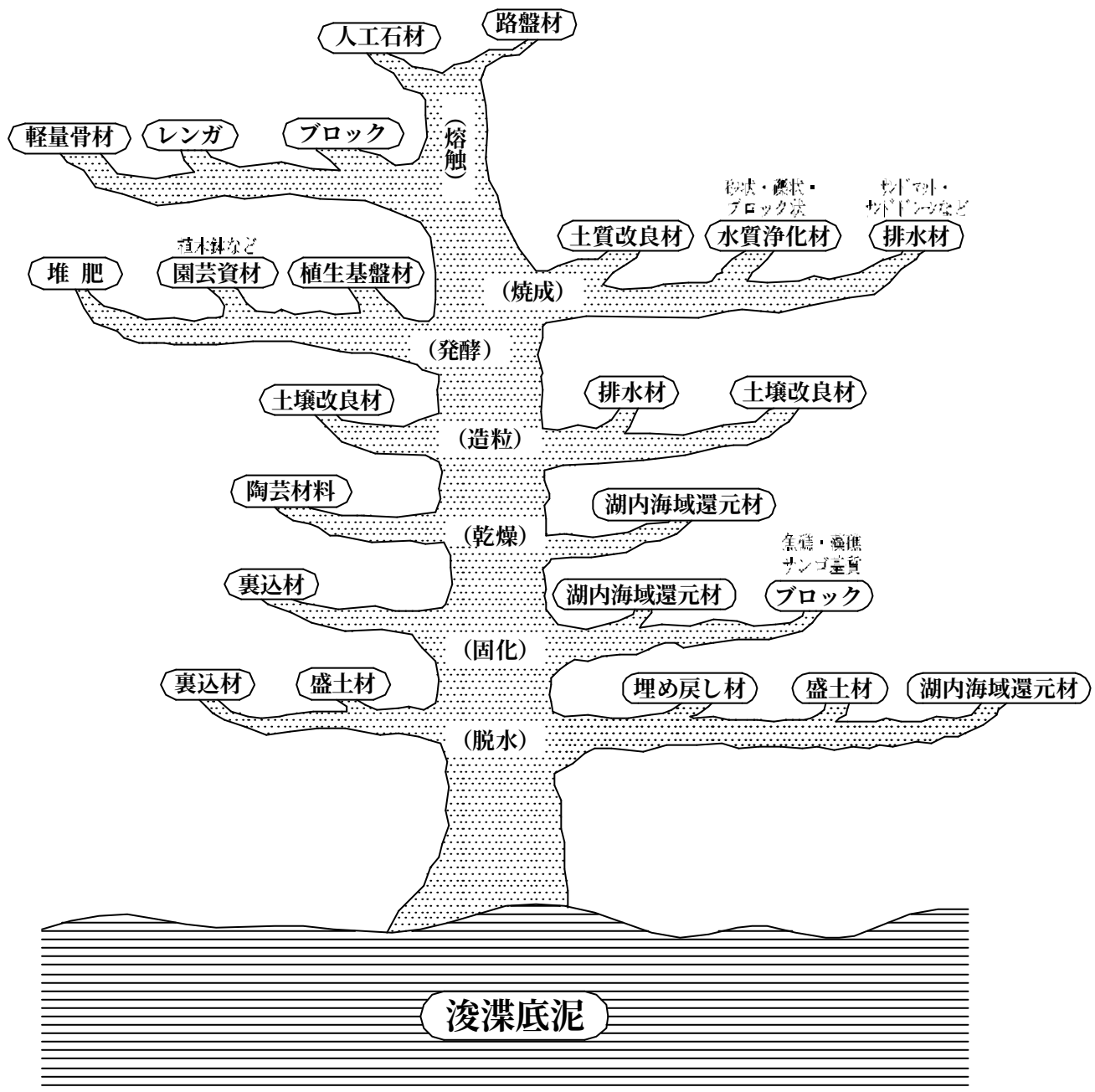


図 4-1-1 浚渫土を用いた有効利用の木
(参考文献；第 22 回底質浄化技術セミナーテキスト)

4.2. 脱水試験

4.2.1. 背景及び目的

浚渫工事において発生した土砂は、一般的に数百%程度の高含水比であり、土砂の運搬および処分、さらには有効利用を実施する上では、如何に脱水を行って減容化を図り、ハンドリング性を確保するかは重要なテーマとなる。

特に近年では、処理ヤードや最終受け入れ処分場所の確保が困難になってきている。

今回対象となっている竜串地区は国立公園内（または隣接区域）であること、後背地に山が近いことなどから、処理ヤード等の確保は比較的困難と判断される。したがって浚渫土の脱水は、浚渫土を安価にかつ適切に処分する上での重要課題である。

有効利用基礎試験では、脱水工程の有効性について確認するため、現地浚渫土を用いた機械脱水法による試験を実施した。ここでは脱水試験の結果・考察とともに代表的な脱水技術についてまとめるものとした。

4.2.2. 代表的な脱水技術

脱水技術は、土木的脱水と機械脱水に大別される。

このうち土木的脱水は、天日乾燥・浸透脱水・脱水材及び他材料との混合等によるもので、比較的大きな処分ヤードと相当程度の時間が必要となる。

これに対し、機械脱水は比較的コンパクトな作業ヤードにおいて強制的に急速脱水を図るものである。

代表的な脱水工法を図 4-2-1、図 4-2-2 に示す。



図 4-2-1 土木的脱水工法

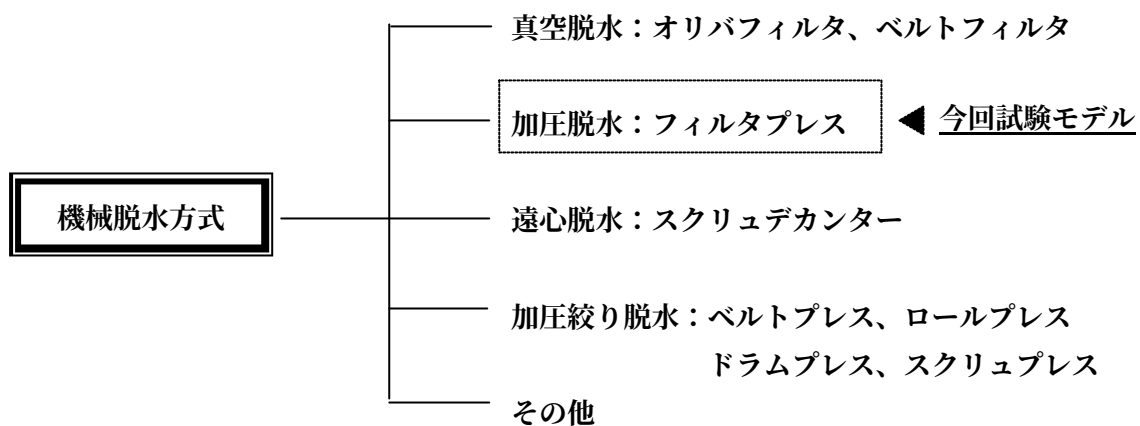


図 4-2-2 機械脱水方式

4.2.3. 試験場所

場 所：株式会社 石垣 （実験開発部実験課）

4.2.4. 試験方法

脱水試験は、対象海域の浚渫土砂のような無機性汚泥に最適と判断される加圧脱水方式（フィルタプレス）を試験モデルとして実施した。（写真 4-2-1 参照） また試験検体は仮設水槽で回収サンプリングした土砂を用い試験液を作成した。

試験装置は加圧ろ過試験器（ISD リーフ試験器：ろ過面積 0.01m^2 、圧搾型）を使用した（写真 4-2-2 参照）。本装置の脱水の仕組みは次ページ図 4-2-3 に示すフローの通りで、一般的に閉板工程→圧入工程→圧搾工程→開板工程→ケーキ剥離工程からなる。

作成した各試験液を脱水器に圧入・圧搾することで試験器にて脱水を実施した。その際のケーキ剥離性、ケーキ含水比、ケーキろ過速度により各試験ケースによる脱水性能を評価した。

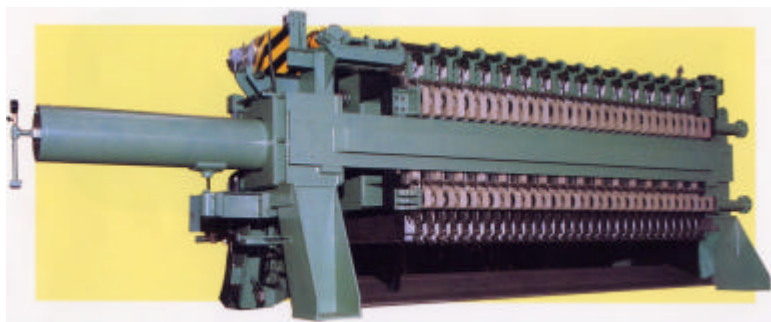


写真 4-2-1 加圧脱水機（参考）



写真 4-2-2 試験器（脱水試験中）

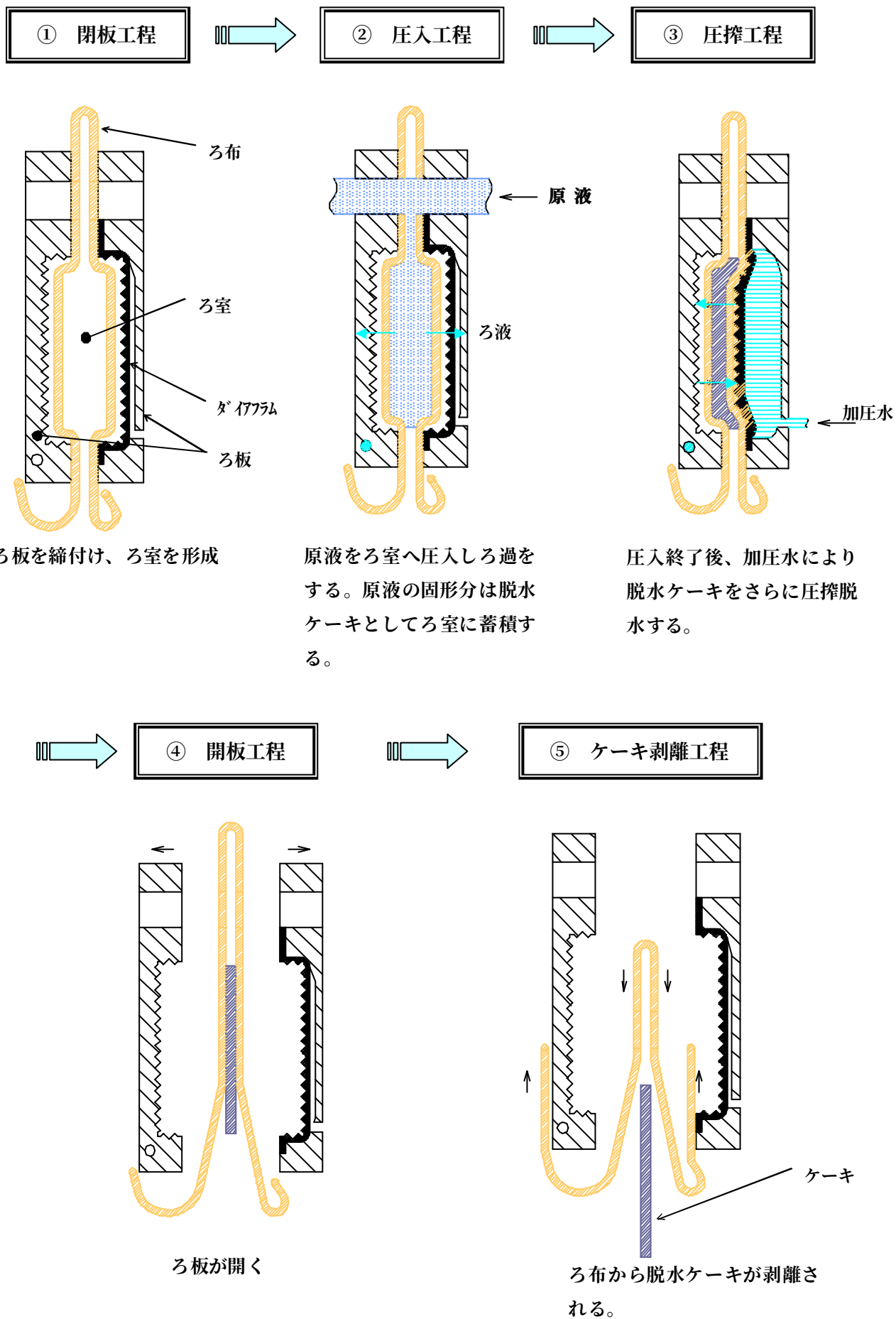


図 4-2-3 脱水フロー

4.2.5. 試験条件

(1) 脱水操作条件

圧入圧力：0.5 Mpa

圧搾圧力：0.7 Mpa 及び 1.5 Mpa

(2) ろ布仕様

ろ布の仕様は表 4-2-1 の通り。

表 4-2-1 ろ布仕様

ろ布名	通気度 cm ³ /cm ² /min	厚さ mm	組織	材質
IP182	1000	1.06	綾織	ポリプロピレン
IP165	1500	1.60	平織	ポリプロピレン
IP165-2	2000	1.60	平織	ポリプロピレン

(3) 試験液の種類

- ① 無薬注
- ② キトサン
- ③ モスナイト
- ④ PAC+高分子凝集剤

脱水試験は①～④の無薬注及び濃縮助剤（凝集剤）により試験液を作成し実施した。

①④は、現地水処理試験にて発生した浚渫土砂(無薬注、PAC+高分子凝集材)を使用し、②③は無薬注の浚渫土を用い、キトサンとモスナイトにて濃縮し試験液を作成した。

キトサン、モスナイトはそれぞれ天然の材質より作られた凝集剤であり、環境へ与える影響が一般の凝集剤に比べより少ないと考え、事業化に向けて使用の可能性が考えられる為、試験ケースに取り入れた。

以下 4.2.6.～4.2.8.において、脱水試験に用いた凝集剤を濃縮助剤と表記する。

4.2.6. 試験結果及び考察

試験結果の詳細データを本項末尾の添付表 1～添付表 4 に示す。

また以下に試験結果より整理される脱水性能について(1)ろ布の選定、(2)圧入時間の変化、(3)圧搾圧力の変化、(4)脱水ケーキ性状の観点からまとめた。

(1) ろ布の選定

ろ布は表 4-2-1 に示す 3 種類を使用した。ろ布はその通気度が小さいほどろ液の清澄性が向上するものの、目詰まりを起こしやすく、ろ布の交換頻度が高くなる。そのため脱水後（ろ過後）のケーキ含水比、ろ液の清澄性及びケーキの剥離性等から最適なるろ布を選定する必要がある。

表 4-2-2 はろ液の清澄度、剥離性、含水比を示したものである。表よりど

のケースに於いてもケーキ剥離性は良好であった。またろ液の清澄度はケースによっては「やや濁」であるものの、脱水性能上の問題はない。図 4-2-4 は濃縮助剤別、ろ布別の含水比を表したグラフである。脱水後、全てのケースで含水比 50%以下であり脱水性は大変良好であった。特に無薬注による含水比は、他の濃縮助剤より数%低い。また、キトサン、モスナイト、PAC+高分子凝集材において、ろ布 IP165 のろ過性が高い。

以上より本試料による脱水性、ろ過液・剥離の状況、目詰まりリスクよりろ布は IP165 が適当と判断された。以降の検討は IP165 にて実施した。

表 4-2-2 脱水試験結果

NO.	濃縮助剤	ろ布名	ろ液清澄度	剥離性	含水比 (％)	
					脱水前	脱水後
SD-1	無薬注	IP182	澄	良	370	42.05
SD-2	無薬注	IP165	澄	良	370	42.45
SD-3	無薬注	IP165-2	やや濁	良	370	42.25
SD-7	キトサン	IP182	澄	良	465	45.99
SD-8	キトサン	IP165	やや濁	良	465	44.93
SD-9	キトサン	IP165-2	やや濁	良	465	45.35
SD-13	モスナイト	IP182	澄	良	365	45.99
SD-14	モスナイト	IP165	やや濁	良	365	44.93
SD-15	モスナイト	IP165-2	やや濁	良	365	45.35
SD-19	PAC+高分子凝集材	IP182	澄	良	370	47.06
SD-20	PAC+高分子凝集材	IP165	やや濁	良	370	46.41
SD-21	PAC+高分子凝集材	IP165-2	やや濁	良	370	46.63

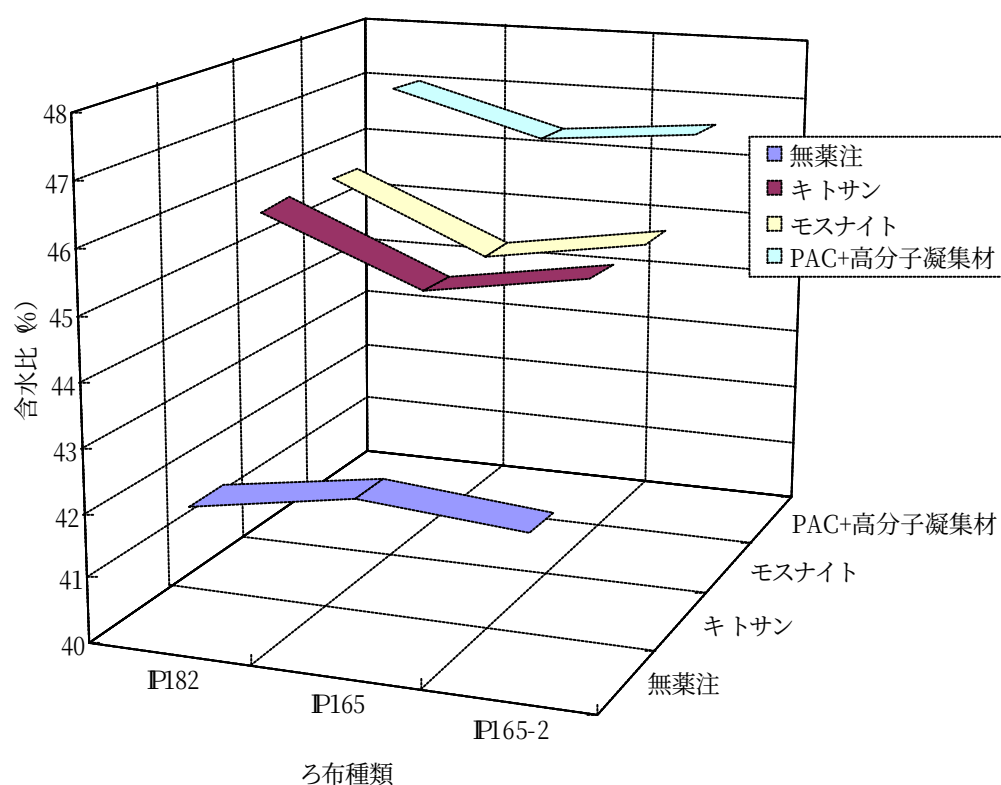


図 4-2-4 脱水試験結果

(2) 圧入時間の変化

ろ室に原液を圧入する際の時間を短・中・長と変化させ、脱水試験を実施した。試験結果を表 4-2-7 に示す。

圧入圧力は 0.5Mpa、圧搾圧力は 1.5Mpa にて脱水を実施、脱水後の含水比は全てのケースにて 40%以下と良好な結果であった。圧入時間を短くした場合、1 回の圧入でろ室に蓄積するケーキの量は少なくなる。一方、圧入時間を長くするとろ室に蓄積するケーキの量は多くなるものの脱水工程のサイクル時間が長くなる。したがって最適な圧入時間を確認するために、圧入時間を短、中、長と変化させたときのろ過速度 ($\text{kg}/\text{m}^2 \cdot \text{h}$) を図 4-2-5 に示した。全てのケースを通して中間の圧入時間のとき、ろ過速度が安定して高い値であった。

表 4-2-7 脱水試験結果

NO.	濃縮助剤	時間 (min)				ケーキ重量 (g)	ろ過速度 ($\text{kg}/\text{m}^2 \cdot \text{h}$)	含水比 (%)	
		圧入	圧搾	雑	サイクル			脱水前	脱水後
SD-4	無薬注	5	7	10	22	138.0	27.85	370	35.14
SD-5	無薬注	10	7	10	27	168.0	27.63	370	35.14
SD-6	無薬注	20	7	10	37	215.0	25.77	370	35.32
SD-10	キトサン	3	7	10	20	115.0	25.21	465	35.5
SD-11	キトサン	5	7	10	22	139.0	27.66	465	35.69
SD-12	キトサン	10	7	10	27	170.0	27.49	465	36.05
SD-16	モスナイト	3	7	10	20	115.0	25.28	365	35.14
SD-17	モスナイト	5	7	10	22	142.0	28.37	365	35.14
SD-18	モスナイト	10	7	10	27	172.2	28.15	365	34.59
SD-22	PAC+高分子凝集材	3	7	10	20	115.0	25.15	370	37.17
SD-23	PAC+高分子凝集材	5	7	10	22	135.0	26.77	370	37.55
SD-24	PAC+高分子凝集材	10	7	10	27	170.0	27.35	370	38.12

※ “時間” において“サイクル”は図 4-2-3 に示す脱水フロー図の①～⑤の一連の作業に掛かる時間を示す。また圧入工程、圧搾工程に掛かる時間以外のすべての工程に必要となる時間を“雑”として示した。

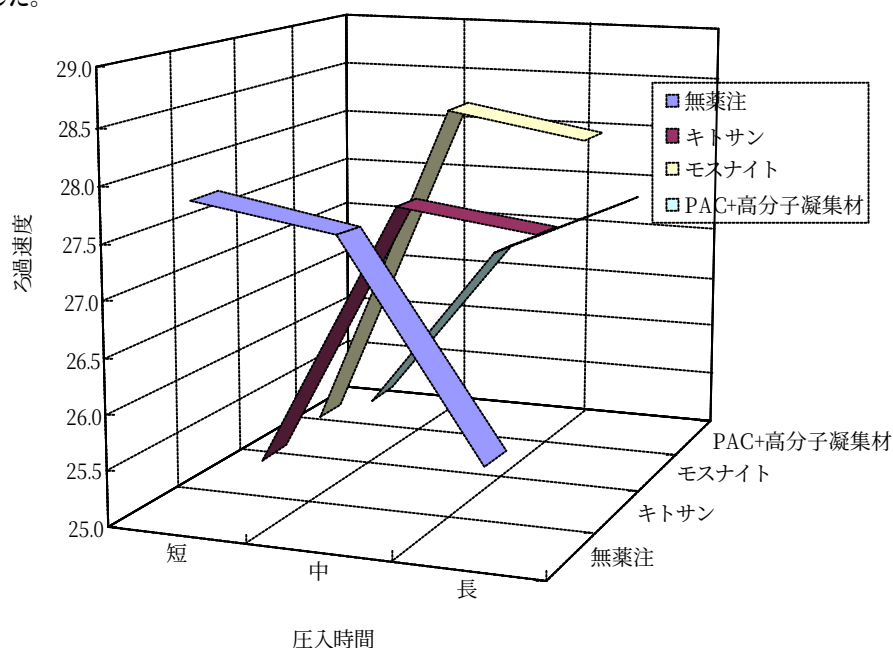


図 4-2-4 脱水試験結果

(3) 圧搾圧力の変化

無薬注の場合の処理性能結果を表 4-2-8 に示す。

無薬注で濃縮した汚泥を脱水すると、ケーキ剥離性も良好であり無薬注でも充分脱水可能であった。圧搾圧力を高くした場合、脱水後の含水比が低くなりろ過速度も高くなる結果となった。

表 4-2-8 無薬注時の脱水試験結果

NO.	圧搾圧力 (Mpa)	ケーキ 剥離性	ろ過速度 (kg/m ² ・h)	含水比 (％)	
				脱水前	脱水後
SD-5	1.5	良	27.63	370	35.14
SD-2	0.7	良	25.51	370	42.45

キトサンを添加した場合の処理性能結果を表 4-2-9 に示す。

無薬注と比べて脱水能力は大差なく、キトサンによる効果は確認されなかった。

表 4-2-9 キトサン添加時の脱水試験結果

NO.	圧搾圧力 (Mpa)	ケーキ 剥離性	ろ過速度 (kg/m ² ・h)	含水比 (％)	
				脱水前	脱水後
SD-11	1.5	良	27.66	465	35.69
SD-8	0.7	良	26.55	465	44.93

モスナイトを添加した場合の処理性能結果を表 4-2-10 に示す。

無薬注と比べ脱水能力は大差なく、モスナイト添加による効果は確認されなかった。

表 4-2-10 モスナイト添加時の脱水試験結果

NO.	圧搾圧力 (Mpa)	ケーキ 剥離性	ろ過速度 (kg/m ² ・h)	含水比 (％)	
				脱水前	脱水後
SD-17	1.5	良	28.37	365	35.14
SD-14	0.7	良	26.55	365	44.93

PAC+高分子凝集材を添加した場合の処理性能結果を表 4-2-11 に示す。

他の濃縮助剤と同様、無薬注と比べて脱水能力は大差なく、PAC+高分子凝集剤による効果確認されなかった。

表 4-2-11 PAC+高分子凝集剤添加時の脱水試験結果

NO.	圧搾圧力 (Mpa)	ケーキ 剥離性	ろ過速度 (kg/m ² ・h)	含水比 (％)	
				脱水前	脱水後
SD-23	1.5	良	26.77	370	37.55
SD-20	0.7	良	25.48	370	46.41

以上の結果から、次ページ図 4-2-5、図 4-2-6 に含水比、ろ過速度の変化を示す。

無薬注、薬注各ケースにて含水比、ろ過速度に多少のばらつきはあるものの、傾向はほぼ同様であった。また薬注の有無に関らず含水比は 50%以下で充分に脱水は可能であった。なお、1.5Mp 圧搾では全てのケースが含水比 40%以下であった。0.7Mpa においても含水比 50%以下を満足していた。

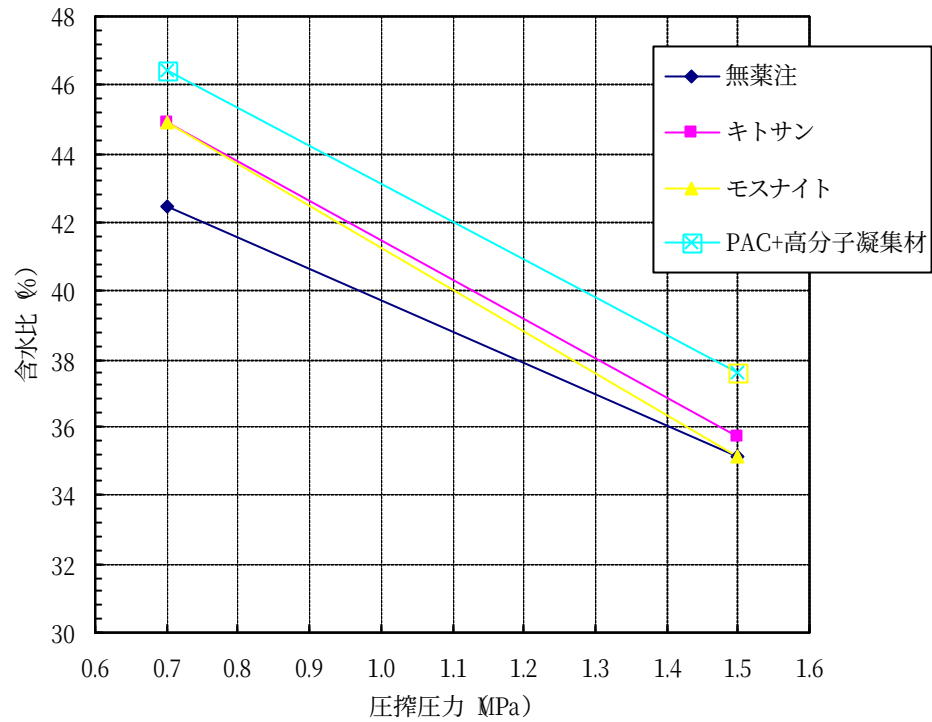


図 4-2-5 圧搾圧力と含水比

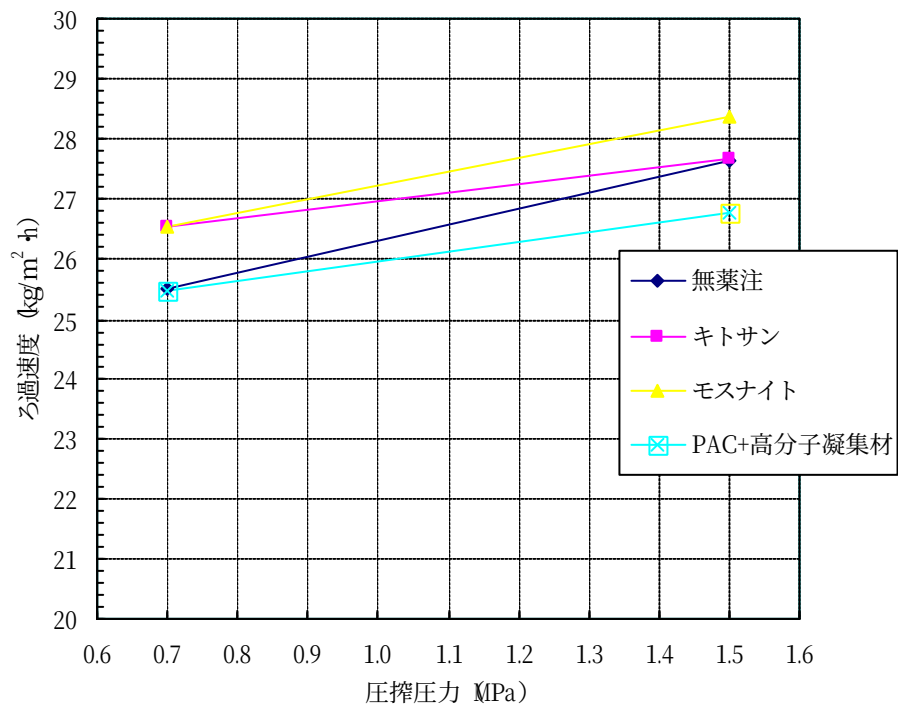


図 4-2-6 圧搾圧力とろ過速度

(4) 脱水ケーキの性状

脱水ケーキは全てのケースにて含水比が 50%以下であり、一般的な建設工事における運搬可能な状態と判断される。(写真 4-2-2 参照)



写真 4-2-2 脱水ケーキ (SD-8)

4.2.7. 脱水試験の評価

以上の結果より脱水試験は、以下のように整理される。

- ① 対象地点における浚渫土は、脱水助剤の有無に関係なく脱水可能であった。すなわち脱水工程における脱水助剤は不要である。
- ② すべての試験ケースにおいて、脱水後の含水比は 50%以下となり、良好な脱水が可能であった。
- ③ 水処理による濃縮汚泥は含水比が 400%程度あり、体積・重量ともに大変取り扱い難い状態である。脱水により運搬などハンドリング性が大幅に向上する。

4.2.8. 今後の課題

機械脱水をすることにより、浚渫土の運搬・処分等の作業性は大幅に向上する。

その反面、機械設備の設置に伴いイニシャルコスト及びランニングコストが発生する。

今後の事業化に向けては、機械脱水を行う場合の作業敷地の確保、費用の検討を行い、土木脱水を含めた費用対効果の評価を行う必要がある。

添付表1

社名 株式会社 東京久栄				原液名	海底浚渫汚泥（無薬注濃縮）							加圧ろ過試験表							No	1
『SD型』	濃度	ろ布名	処理方式	温度	圧入	圧搾	雑	サイクル	圧入	圧搾	圧入ろ	圧搾ろ	ろ液	ケーキ重量	ケーキ厚み	剥離性	含水率	ろ過速度	含水比	
試験No	SS%			℃	min	min	min	min	Mpa	Mpa	液量cc	液量cc	清澄度	g	mm		%WB	kg/m ² .h		
ろ布選定																				
SD-1	27.0	IP182	無薬注脱水	15	10	8	10	28	0.5	0.7	283	43	澄	170.0	18～20	良	29.6	25.65	42.05	
																	30.5			
SD-2	27.0	IP165	無薬注脱水	15	10	8	10	28	0.5	0.7	281	43	澄	169.6	18～20	良	29.8	25.51	42.45	
																	30.7			
SD-3	27.0	IP165-2	無薬注脱水	15	10	8	10	28	0.5	0.7	282	43	やや濁	169.8	18～20	良	29.7	25.58	42.25	
																	30.6			
圧入時間の変化																				
SD-4	27.0	IP165	無薬注脱水	15	5	7	10	22	0.5	1.5	198	68	澄	138.0	14～16	良	26.0	27.85	35.14	
																	26.8			
SD-5	27.0	IP165	無薬注脱水	15	10	7	10	27	0.5	1.5	283	45	澄	168.0	18～20	良	26.0	27.63	35.14	
																	26.8			
SD-6	27.0	IP165	無薬注脱水	15	20	7	10	37	0.5	1.5	377	34	澄	215.0	24～26	良	26.1	25.77	35.32	
																	26.9			
圧搾圧力の変化																				
SD-5	27.0	IP165	無薬注脱水	15	10	7	10	27	0.5	1.5	283	45	澄	168.0	18～20	良	26.0	27.63	35.14	
																	26.8			
SD-2	27.0	IP165	無薬注脱水	15	10	8	10	28	0.5	0.7	281	43	澄	169.6	18～20	良	29.8	25.51	42.45	
																	30.7			
		注）本テスト機は片面ろ過のため、実機を想定しケーキ厚みを2倍とする。																		
		乾ケーキろ過速度は、溶解性蒸発残留物を含んだ値です。																		
		含水率下段は溶解性残留物を除いた値です。																		
			試験器	ISD型リーフテスト器				ろ過面積		0.01m ²		圧入方式		タンク圧入						

添付表 2

社名	株式会社 東京久栄			原液名	海底浚渫汚泥（キトサン濃縮）								加圧ろ過試験表									
													加圧ろ過試験表								No	2
『SD型』 試験No	濃度 SS%	ろ布名	処理方式 対SS	温度 ℃	圧入 min	圧搾 min	雑 min	サイクル min	圧入 Mpa	圧搾 Mpa	圧入ろ 液量cc	圧搾ろ 液量cc	ろ液 清澄度	ケーキ重量 g	ケーキ厚み mm	剥離 性	含水率 %WB	ろ過速度 kg/m ² .h	含水比			
ろ布選定																						
SD-7	21.5	IP182	ホウ酸添加0.1%	15	5	8	10	23	0.5	0.7	328	59	澄	148.0	14～16	良	31.5	26.19	45.99			
																	32.5					
SD-8	21.5	IP165	ホウ酸添加0.1%	15	5	8	10	23	0.5	0.7	330	58	やや濁	149.0	14～16	良	31.0	26.55	44.93			
																	32.0					
SD-9	21.5	IP165-2	ホウ酸添加0.1%	15	5	8	10	23	0.5	0.7	330	58	やや濁	149.0	14～16	良	31.2	26.48	45.35			
																	32.2					
圧入時間の変化																						
SD-10	21.5	IP165	ホウ酸添加0.1%	15	3	7	10	20	0.5	1.5	247	83	やや濁	115.0	12～14	良	26.2	25.21	35.50			
																	27.0					
SD-11	21.5	IP165	ホウ酸添加0.1%	15	5	7	10	22	0.5	1.5	320	68	やや濁	139.0	14～16	良	26.3	27.66	35.69			
																	27.1					
SD-12	21.5	IP165	ホウ酸添加0.1%	15	10	7	10	27	0.5	1.5	438	44	やや濁	170.0	24～26	良	26.5	27.49	36.05			
																	27.3					
圧搾圧力の変化																						
SD-11	21.5	IP165	ホウ酸添加0.1%	15	5	7	10	22	0.5	1.5	320	68	やや濁	139.0	14～16	良	26.3	27.66	35.69			
																	27.1					
SD-8	21.5	IP165	ホウ酸添加0.1%	15	5	8	10	23	0.5	0.7	330	58	やや濁	149.0	14～16	良	31.0	26.55	44.93			
																	32.0					
		注）本テスト機は片面ろ過のため、実機を想定しケーキ厚みを2倍とする。																				
		乾ケーキろ過速度は、溶解性蒸発残留物を含んだ値です。																				
		含水率下段は溶解性残留物を除いた値です。																				
			試験器	ISD型リーフテスト器				ろ過面積		0.01㎡		圧入方式		タンク圧入								

添付表 3

社名	株式会社 東京久栄			原液名	海底浚渫汚泥（モスナイト濃縮）							加圧ろ過試験表									
																				No	3
『SD型』	濃度	ろ布名	処理方式	温度	圧入	圧搾	雑	サイカ	圧入	圧搾	圧入ろ	圧搾ろ	ろ液	ケーキ重量	ケーキ厚み	剥離性	含水率	ろ過速度	含水比		
試験No	SS%		対SS	℃	min	min	min	min	Mpa	Mpa	液量cc	液量cc	清澄度	g	mm		%WB	kg/m ² .h			
ろ布選定																					
SD-13	27.4	IP182	モスナイト添加0.1%	15	5	8	10	23	0.5	0.7	220	72	澄	148.0	14～16	良	31.5	26.19	45.99		
																	32.5				
SD-14	27.4	IP165	モスナイト添加0.1%	15	5	8	10	23	0.5	0.7	220	72	やや濁	149.0	14～16	良	31.0	26.55	44.93		
																	32.0				
SD-15	27.4	IP165-2	モスナイト添加0.1%	15	5	8	10	23	0.5	0.7	221	71	やや濁	149.0	14～16	良	31.2	26.48	45.35		
																	32.2				
圧入時間の変化																					
SD-16	27.4	IP165	モスナイト添加0.1%	15	3	7	10	20	0.5	1.5	170	95	やや濁	115.0	12～14	良	26.0	25.28	35.14		
																	26.8				
SD-17	27.4	IP165	モスナイト添加0.1%	15	5	7	10	22	0.5	1.5	222	76	やや濁	142.0	16～18	良	26.0	28.37	35.14		
																	26.8				
SD-18	27.4	IP165	モスナイト添加0.1%	15	10	7	10	27	0.5	1.5	318	54	やや濁	172.2	20～22	良	25.7	28.15	34.59		
																	26.5				
圧搾圧力の変化																					
SD-17	27.4	IP165	モスナイト添加0.1%	15	5	7	10	22	0.5	1.5	222	76	やや濁	142.0	16～18	良	26.0	28.37	35.14		
																	26.8				
SD-14	27.4	IP165	モスナイト添加0.1%	15	5	8	10	23	0.5	0.7	220	72	やや濁	149.0	14～16	良	31.0	26.55	44.93		
																	32.0				
		注）本テスト機は片面ろ過のため、実機を想定しケーキ厚みを2倍とする。																			
		乾ケーキろ過速度は、溶解性蒸発残留物を含んだ値です。																			
		含水率下段は溶解性残留物を除いた値です。																			
			試験器	ISD型リーフテスト器				ろ過面積		0.01㎡		圧入方式		タンク圧入							

添付表 4

社名	株式会社 東京久栄			原液名	海底浚渫汚泥（PAC+高分子濃縮）							加圧ろ過試験表								
																			No	4
『SD型』	濃度	ろ布名	処理方式	温度	圧入	圧搾	雑	サイル	圧入	圧搾	圧入ろ	圧搾ろ	ろ液	ケーキ重量	ケーキ厚み	剥離性	含水率	ろ過速度	含水比	
試験No	SS%		対SS	℃	min	min	min	min	Mpa	Mpa	液量cc	液量cc	清澄度	g	mm		%WB	kg/m ² .h		
ろ布選定																				
SD-19	27.0	IP182	PAC+高分子	15	5	8	10	23	0.5	0.7	230	70	澄	144.0	14～16	良	32.0	25.54	47.06	
																	33.0			
SD-20	27.0	IP165	PAC+高分子	15	5	8	10	23	0.5	0.7	231	70	やや濁	143.0	14～16	良	31.7	25.48	46.41	
																	32.7			
SD-21	27.0	IP165-2	PAC+高分子	15	5	8	10	23	0.5	0.7	232	71	やや濁	144.0	14～16	良	31.8	25.62	46.63	
																	32.8			
圧入時間の変化																				
SD-22	27.0	IP165	PAC+高分子	15	3	7	10	20	0.5	1.5	179	90	やや濁	115.0	12～14	良	27.1	25.15	37.17	
																	27.9			
SD-23	27.0	IP165	PAC+高分子	15	5	7	10	22	0.5	1.5	232	74	やや濁	135.0	16～18	良	27.3	26.77	37.55	
																	28.1			
SD-24	27.0	IP165	PAC+高分子	15	10	7	10	27	0.5	1.5	330	49	やや濁	170.0	20～22	良	27.6	27.35	38.12	
																	28.5			
圧搾圧力の変化																				
SD-23	27.0	IP165	PAC+高分子	15	5	7	10	22	0.5	1.5	232	74	やや濁	135.0	16～18	良	27.3	26.77	37.55	
																	28.1			
SD-20	27.0	IP165	PAC+高分子	15	5	8	10	23	0.5	0.7	231	70	やや濁	143.0	14～16	良	31.7	25.48	46.41	
																	32.7			
		注）本テスト機は片面ろ過のため、実機を想定しケーキ厚みを2倍とする。																		
		乾ケーキろ過速度は、溶解性蒸発残留物を含んだ値です。																		
		含水率下段は溶解性残留物を除いた値です。																		
			試験器	ISD型リーフテスト器				ろ過面積		0.01m ²		圧入方式		タンク圧入						

4.3. 固化試験

4.3.1. 目 的

浚渫土の有効利用（処理）の方法として、固化処理による固化体の形成が考えられる。また固化処理は、前述の脱水処理と同様に、処理物の減容化と運搬等の作業性向上という側面を持っている。

固化処理は、浚渫土に固化材（セメント系、石灰系、高分子系など）を混入し土粒子を化学的、物理的に結合させるものである。固化処理によって処理土は強度を発現し、安定、耐久性を向上させる。処理された土は海域還元材・土壌改良材の他、藻礁ブロック、サンゴ基質、漁礁、覆砂材等への有効利用することが考えられる。

ここでは対象水域の浚渫土を用いた固化試験することで、有効利用の可能性について確認した。

4.3.2. 試験場所

場 所：株式会社 中研コンサルタント （四国技術センター）

4.3.3. 試験方法

固化試験は、対象海域の浚渫土砂を含水比 100%に調整したものを試料とした。試料には固化材 200kg/m³、300kg/m³、各々粉体添加し、ソイルミキサーで 10 分混合後、φ5×h10cm のモールドに成形、脱型後、室内で密封養生し、材齢 7 日、28 日で一軸圧縮試験及び pH 試験を実施した。

以下に各試験の方法を示す。

(1) 含水比試験：JIS A 1203（土の含水比試験方法）

① 用語の定義

含水比：110℃の炉乾燥によって失われる土中水の質量、土の炉乾燥質量に対する比を、百分率で表したもの。

② 目 的

試験試料とする浚渫土及び浚渫土により作成した供試体の含水比を測定する為に含水比試験を実施した。

③ 試験方法

1. 容器の質量 (m_c) を計量する。
2. 試料を容器に入れ、全質量 (m_a) をはかる。
3. 試料を容器ごと恒温乾燥炉に入れ、110℃で一定質量になるまで炉乾燥する。
4. 炉乾燥試料を容器ごとデシケータに移し、ほぼ室温になるまでさました後、全質量 (m_b) を計量する。

④ 計 算

$$w = (m_a - m_b) / (m_b - m_c) \times 100$$

w : 含水比 (%)

m_a : 試料と容器の質量 (g)

m_b : 炉乾燥試料と容器の質量 (g)

m_c : 容器の質量 (g)

(2) 湿潤密度試験：JGS T 191 (土の湿潤密度試験)

① 用語の定義

土の湿潤密度：土の単位体積当りの質量をいう。この場合、質量として土粒子および間隙に含まれている水の両者の質量を考える。

② 目 的

固化材の添加量の算出等に用いる湿潤密度を測定する為に湿潤密度試験を実施した。

③ 試験方法

1. 供試体の質量 m (g) を計量する。
2. 削りくずから含水比 w (%) を求める。
3. 供試体の体積 V (cm³) を測定する。

④ 計 算

$$\rho_t = m/V$$

ρ_t : 湿潤密度 (g/cm³)

m : 供試体の質量 (g)

V : 供試体の体積 (cm³)

(3) 供試体作成：JGS T 821 (安定処理土の締固めをしない供試体の作成方法)

① 用語の定義

基準 (JGS T 821) における安定処理土とは、安定材を土に添加し、混合したものをいう。安定材とは、土の性質を化学的・物理的に改良する目的に添加する材料をいう。

また、安定材は本報告書中にて固化材の事であり、安定処理土は、固化処理後の土のことである。

② 作成方法

1. モールドは標準として $\phi 5 \times h 10$ cm の供試体を作成し得るものを使用。

2. 試料と安定剤の所定量をはかる。
3. 安定剤をスラリーにする場合は、所定の水安定材比で安定剤と練混ぜ水を十分に混合する。（今回試験では粉体添加）
4. 試料に安定材を加えミキサーで十分に混合して、均一な安定処理土にする。
5. 安定処理土の含水比を求める。
6. 安定処理土をモールドに 3 層低度に分け入れ、各槽ごろに気泡の除去を行なって供試体を作成する。

③ 養生方法

1. 供試体から水分が蒸発しないようにモールドを密閉材で被覆する。
2. 温度 $20 \pm 3^{\circ}\text{C}$ で所定の期間供試体を静置し、養生する。
3. 所定の期間養生した安定処理土は端面を平面に成形した後脱型する。
4. 今回試験では密封被覆、養生温度 20.0°C 、養生期間 7 日、28 日にて養生を実施。

(4) 強さ試験：JIS A 1216（土の一軸圧縮試験方法）

① 用語の定義

一軸圧縮強さ：側圧を受けない供試体の最大圧縮応力。

② 目的

固化処理した浚渫土の強さを確認する為に一軸圧縮強さを強さ試験にて求めた。

③ 試験方法

1. 供試体を一軸圧縮試験機に設置する。
2. 毎分 1% の圧縮ひずみが生じる割合を標準として、連続的に供試体を圧縮する。
3. 圧縮中は、圧縮量 (ΔH) と圧縮力 (P) を測定する。
4. 圧縮力が最大となってから引続きひずみが 2% 以上生じるか、圧縮力が $2/3$ 程度に減少するか又は圧縮ひずみが 15% に達したら圧縮を終了する。

(5) 土の pH 試験方法：JSF T 211

① 用語の定義

土の pH とは土と平衡状態にある土中水の水素イオンモル濃度の逆数を常用対数で表したものをいう。

今回の試験は、固化処理後の供試体の破片を元に pH を測定する。

② 目 的

固化材は塩基性を示す為、固化処理された浚渫土の pH はアルカリ性を示すことが予想される。固化処理後の利用方法を検討するために土の pH 試験により固化体の pH を求めた。

③ 試験方法

1. 粒径 10mm 以上の土粒子を取り除いたものを試料とする。
2. 粒径を考慮して適量の試料をビーカーに入れ、試料の炉乾燥質量に対する水の質量費が 2～3 に成るように蒸留水を加える。
3. 攪拌棒で試料をときほぐして懸濁液の状態にし 30 分以上 3 時間以内静置したものを試料液とする。
4. 試料液のビーカー内を攪拌棒にてかるくかき混ぜ、pH 計の電極を試料液に挿入する。
5. pH 計の指示値が安定した後に pH を読取る。

4.3.4. 試験状況

試験状況を写真 4-3-1～写真 4-3-10 に示す。



写真 4-3-1 自然含水比測定



写真 4-3-2 湿潤密度測定



写真 4-3-3 天日乾燥 (含水比調整)



写真 4-3-4 固化材混合前



写真 4-3-5 ミキサーによる混合



写真 4-3-6 固化処理土の含水比測定



写真 4-3-7 供試体作成状況
(モールド：φ5×10cm)

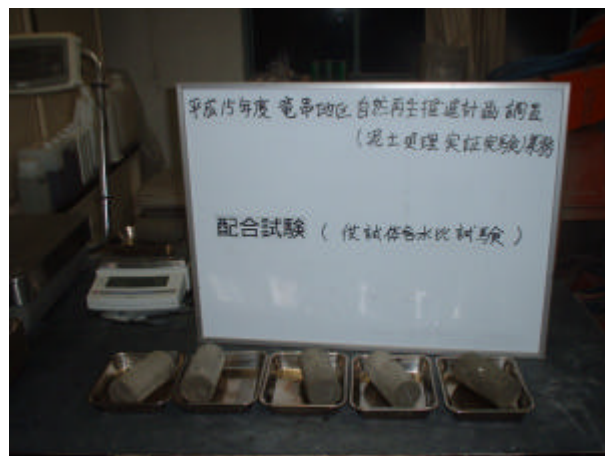


写真 4-3-8 供試体の含水比測定



写真 4-3-9 一軸圧縮試験状況
(普通セメント、200kg/m³、材齢 7 日)



写真 4-3-10 一軸圧縮試験状況
(セメント系固化材、200kg/m³、材齢 7 日)



写真 4-3-11 一軸圧縮試験状況
(生石灰、200kg/m³、材齢 7 日)



写真 4-3-12 一軸圧縮試験状況
(普通セメント、300kg/m³、材齢 7 日)



写真 4-3-13 一軸圧縮試験状況
(セメント系固化材、300kg/m³、材齢 7 日)



写真 4-3-14 一軸圧縮試験状況
(生石灰、300kg/m³、材齢 7 日)



写真 4-3-15 一軸圧縮試験状況
(普通セメント、200kg/m³、材齢 28 日)



写真 4-3-16 一軸圧縮試験状況
(セメント系固化材、200kg/m³、材齢 28 日)



写真 4-3-17 一軸圧縮試験状況
(生石灰、200kg/m³、材齢 28 日)



写真 4-3-18 一軸圧縮試験状況
(普通セメント、300kg/m³、材齢 28 日)



写真 4-3-19 一軸圧縮試験状況
(セメント系固化材、300kg/m³、材齢 28 日)



写真 4-3-20 一軸圧縮試験状況
(生石灰、300kg/m³、材齢 28 日)



写真 4-3-21 pH 試験状況

4.3.5. 試験条件

(1) 試料土の特性

試料土には水処理試験後の仮設水槽において回収された浚渫土砂のうち無薬注のサンプルを用いた。サンプリングされた時点の浚渫土砂は、表 4-3-1 に示すように 378.4%と高含水比であった。一般的に設計基準強度 18N/mm^2 、 24N/mm^2 を要するコンクリート（コンクリート標準示方書）に於いても水セメント比（W/C）は 65%以下を原則としており、高含水比の土砂を固化処理する為には、多くの固化材が必要になる。その為、物理的または経済的な固化材の添加量を考慮し、あらかじめ含水比を 100%前後に調整し試験に供した。

表 4-3-1 試料土の特性

試料	含水比 (%)	湿潤密度 (g/cm^3)	乾燥密度 (g/cm^3)
採取時	378.4	1.156	0.242
調整後	100.9	1.458	0.726

(2) 固化材種類

今回の試験土のように高含水比の軟弱な土によって構成している軟弱地盤をセメント、セメント系固化材及び生石灰等の固化材を混合し安定化させる地盤改良工法がある。従って今回実施した固化処理試験では汎用的に用いられている 3 つの固化材、普通セメント、セメント系固化材、生石灰の 3 種類を使用した。

以下に銘柄・種類を示す。

1. 普通セメント：普通ポルトランドセメント（住友大阪セメント）
2. セメント系固化材：タフロック 4 型 (TL-4)（住友大阪セメント）
（高含水・微粒子用固化材）
3. 生石灰（入交産業(株)製）

(3) 固化材添加方法

固化材添加方法は、粉体添加とした。

(4) 固化材配合条件

試料土 1m³あたりの配合及び、その配合条件により今回試験にて試料 2.0L に配合した固化材の量とそのときの試料中水分（試料土が表面乾燥飽水状態）と固化材の質量百分率を表 4-3-2 に示す。

表 4-3-2 試料土の配合表

試料土 1m ³ 当たり (kg/m ³)		試し練り 2.0ℓ 当たり (g/2.0ℓ)		試料中水/固化材 の質量百分率 (%)
固化材	試料土	固化材	試料土	—
200	1458	400	2916	366
300	1458	600	2916	244

4.3.6. 試験結果及び考察

(1) 含水比試験

原土（採取時）、含水比調整時、固化処理土（練混ぜ直後）及び供試体（材齢 7 日、28 日）についての含水比測定結果を表 4-3-3、図 4-3-1 に示す。

練混ぜ前から練混ぜ直後において、全てのケースにて含水比が著しく低下している。これは固化材を粉体で添加したためと判断される。

このことは固化材を 200kg/m³ 添加したものより 300kg/m³ 添加したケースの含水比が小さい値を示していることから裏付けられる。

また生石灰（酸化カルシウム）は水と反応する際、大きな反応熱を発生させる。そのため生石灰と水が反応することにより、消石灰（水酸化カルシウム）に変化するとともに、反応熱により水の蒸発が促進され、含水比が減少する。

図 4-3-1 から生石灰を加えたものは普通ポルトランドセメント、セメント系固化材を添加したものより、含水比が低く脱水作用があったことが裏付けられる。

また練混ぜ後、全てのケースにて水和反応により徐々に含水比が低下している。

表 4-3-3 含水比試験結果

固化材		原土	練混ぜ前	練混ぜ直後	材齢7日	材齢28日
種類	添加量 (kg/m ³)	含水比 (%)	含水比 (%)	含水比 (%)	含水比 (%)	含水比 (%)
普通ポルトランドセメント	200	378.4	100.9	73.7	63.2	62.8
	300	378.4	100.9	66.5	57.7	57.1
セメント系固化材	200	378.4	100.9	75.1	70.4	67.3
	300	378.4	100.9	67.1	60.0	57.8
生石灰	200	378.4	100.9	63.3	60.9	60.7
	300	378.4	100.9	51.0	51.0	49.1

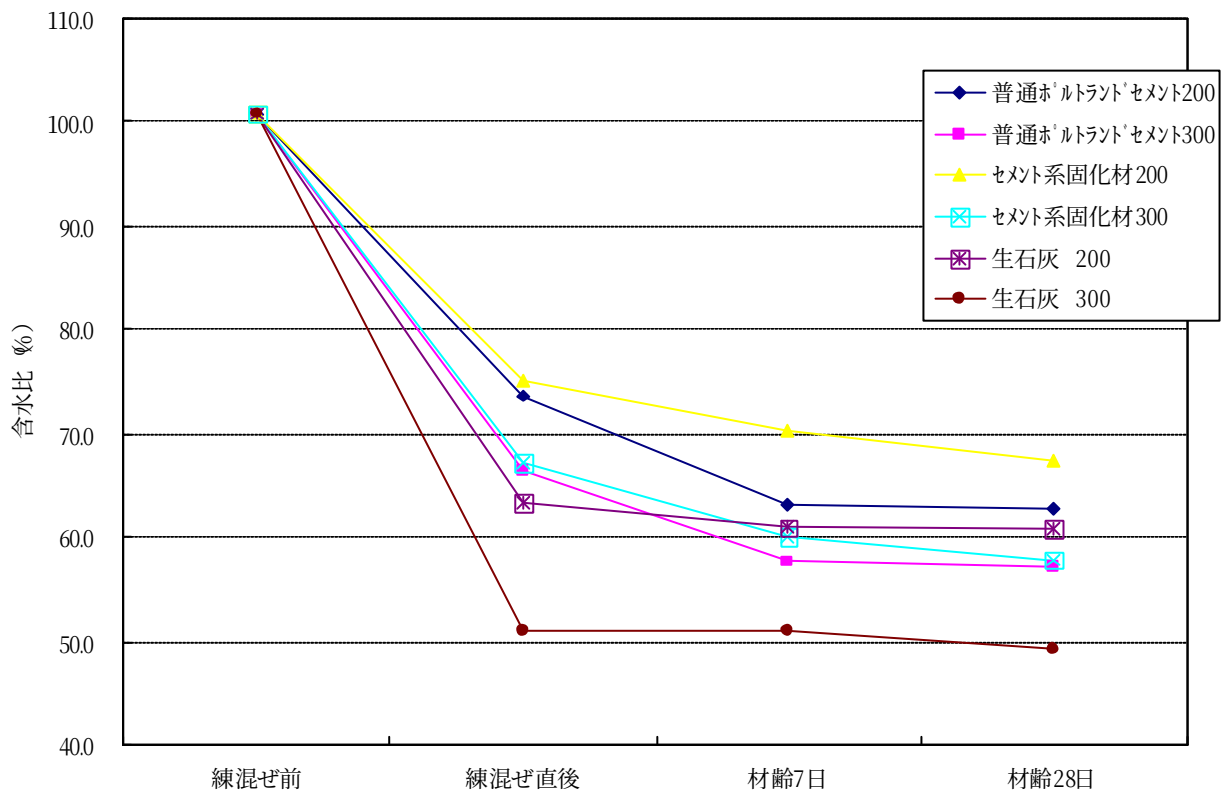


図 4-3-1 含水比試験結果

(2) 一軸圧縮試験

作成した供試体を用いた一軸圧縮試験の結果を表 4-3-3 に示す。また材齢による比較のグラフを図 4-3-2 に、添加量による比較グラフを図 4-3-3、図 4-3-4 に示す。

普通ポルトランドセメント、セメント系固化材に比べ生石灰の強度は著しく小さな結果となった。生石灰による固化処理土の強度はかろうじて成形が可能な程度の強度であり、運搬等には問題ないもののブロック等の固化体への利用は困難と判断される。

また一番強度の大きいセメント系固化材、添加量 300kg/m^3 にて 28 日強度は 4695kN/m^2 (4.70N/mm^2) であり、一般のコンクリート強度 16N/mm^2 と比べると $1/3$ 程度である。普通 28 日強度は最終強度の 80%程度といわれており、現地施工を考えれば、材齢 28 日以上養生することはまれであり材齢による強度増進は多くを期待できない。

また、養生期間を 28 日以上見込み、残りの 2 割が強度増進したとしても、一般のコンクリートから考えて強度は小さい。

強度を増進する方法として固化材の添加量を増やす方法がある。しかしながら、一般の地盤改良などにおける最大の添加量は 400kg/m^3 が限度であり図 4-3-4 から考えても、添加量を増した時に、一般コンクリートと同等の強度が発揮できるとは考えられない。

本来、浚渫土はシルト、粘土のように元々微細な土粒子から構成されており強度的に良質な材料とは考えられない。したがって試料（浚渫土）の一部を良質の材料（骨材）に置き換えることにより、強度の増進が期待できる。

一般的にセメント、水及び細粒材から構成されたものをモルタルと呼び、その強度は $300\sim 3000\text{kN/m}^2$ 程度であるといわれている。このモルタルに粗骨材が混ざることにより普通コンクリートの強度が発揮される。

また今回の試験にて含水比を 100%程度に調整したが、固化材の配合条件上、試料中の水分は固化処理後の強度等、品質に大きく影響を与える因子である。

コンクリート標準仕様書（土木学会）によると水セメント比（練りたてのコンクリートまたはモルタルにおいて、骨材が表面乾燥飽水状態であるときのセメントペースト部分に於ける水とセメントの質量比 W/C ）は原則として 65%以下としている。表 4-3-2 中の（試料中水/固化材）は所謂水セメント比の匹敵するものでありその値は、 200kg/m^3 添加のとき 366%、 300kg/m^3 添加のとき 244%である。つまり、固化材の添加量に比べ試料土の含水比が高いことが分る。

表 4-3-3 一軸圧縮試験

固化材		No	材齢 7日		材齢 28日	
種類	添加量 (kg/?)		供試体質量 (g)	一軸圧縮強さ (KN/m ²)	供試体質量 (g)	一軸圧縮強さ (KN/m ²)
普通ポルトランドセメント (N)	200	1	293	439	295	765
		2	294	332	295	687
		3	295	308	295	658
		平均	—	360	—	703
	300	1	300	890	305	1902
		2	307	819	306	1914
		3	308	807	305	1850
		平均	—	839	—	1889
セメント系固化材 (TL-4)	200	1	295	833	295	1814
		2	297	802	296	1765
		3	295	792	294	1794
		平均	—	809	—	1791
	300	1	303	1762	305	4347
		2	306	1845	304	4732
		3	306	2053	306	5006
		平均	—	1887	—	4695
生石灰	200	1	302	15.0	299	28.9
		2	298	10.1	299	15.2
		3	302	14.7	301	19.9
		平均	—	13.3	—	21.3
	300	1	308	33.6	306	44.5
		2	309	29.5	308	69.6
		3	311	24.9	306	80.5
		平均	—	29.3	—	64.9

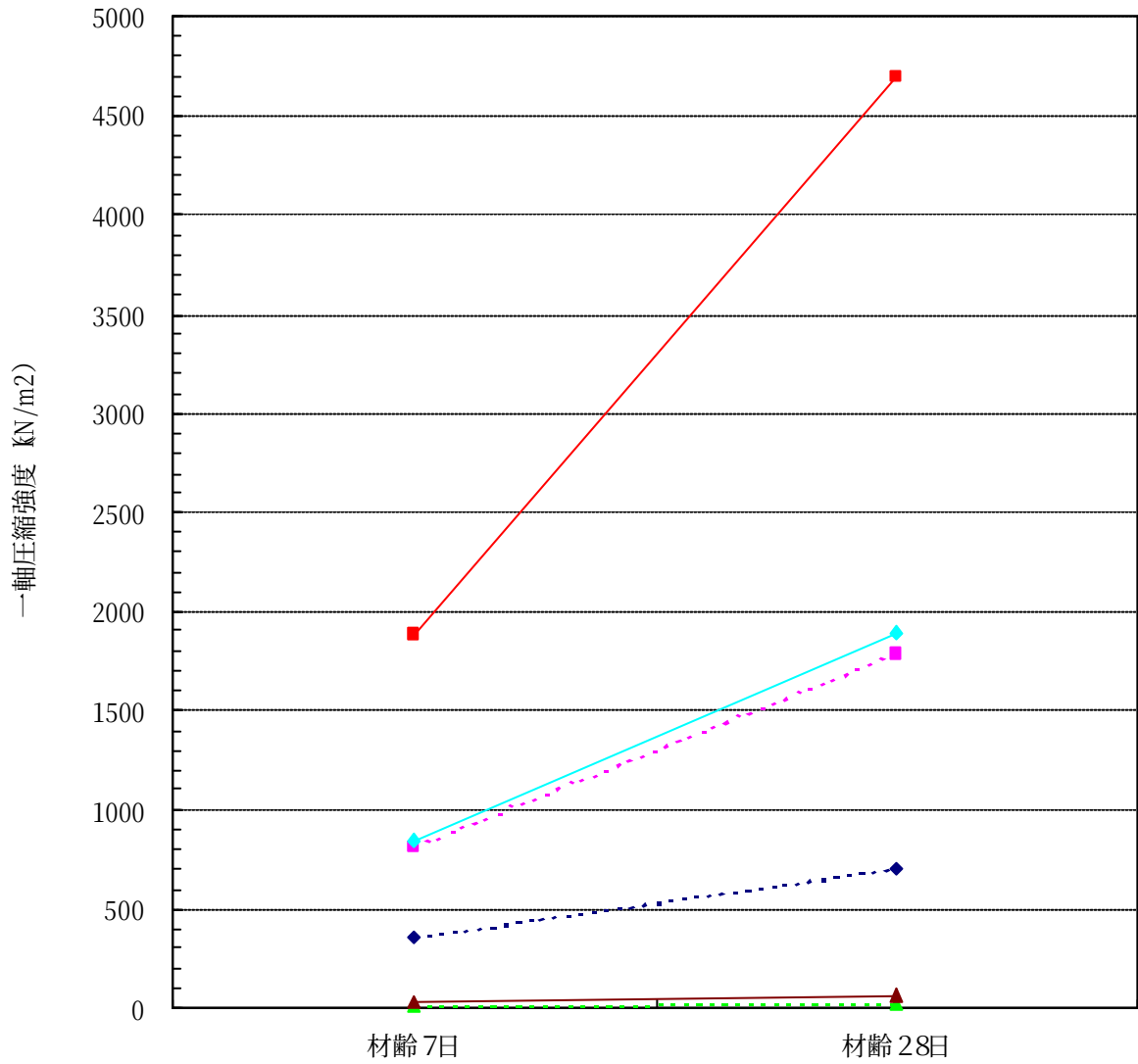
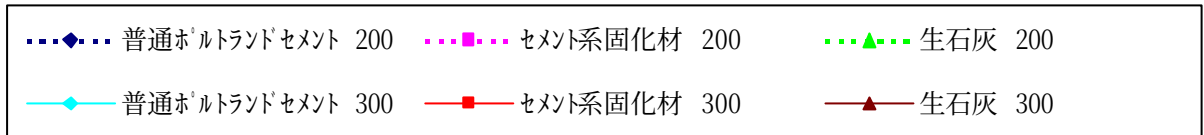


図 4-3-2 一軸圧縮試験結果（材齢による比較）

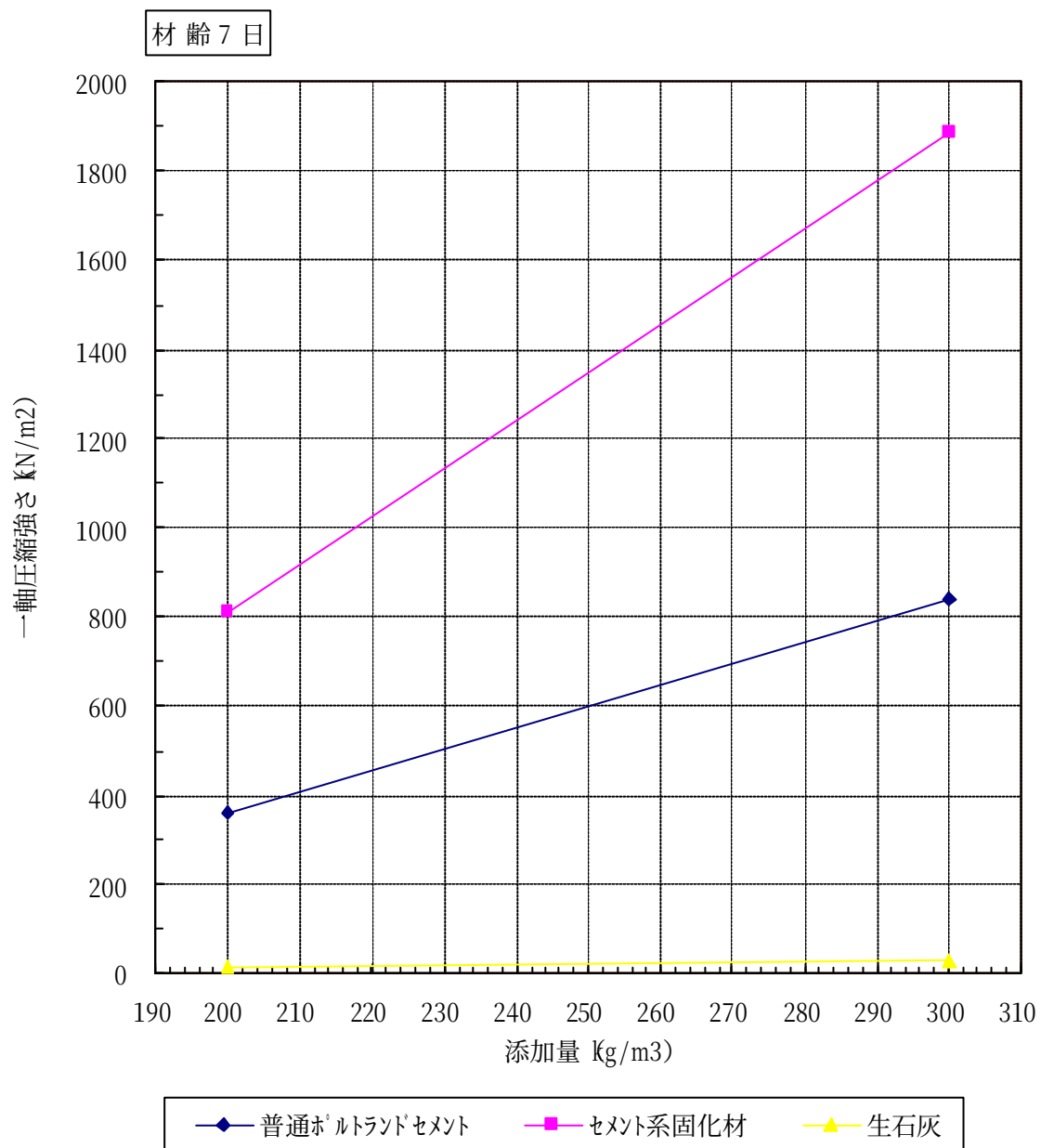


図 4-3-3 一軸圧縮試験結果（添加量による比較、材齢 7 日）

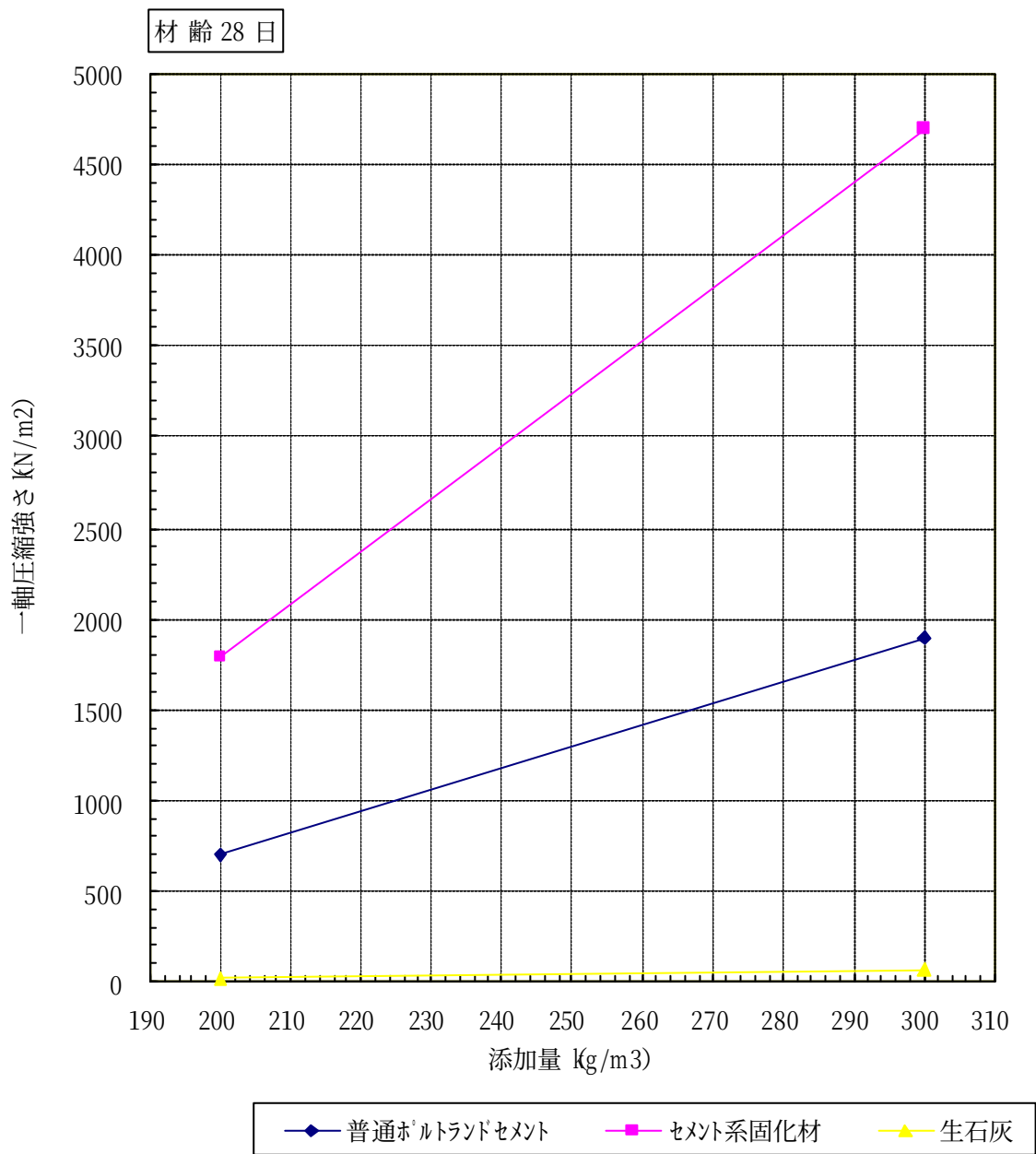


図 4-3-4 一軸圧縮試験結果（添加量による比較、材齢 28 日）

(3) pH 試験

pH 試験の結果を表 4-3-4 と図 4-3-5 に示す。

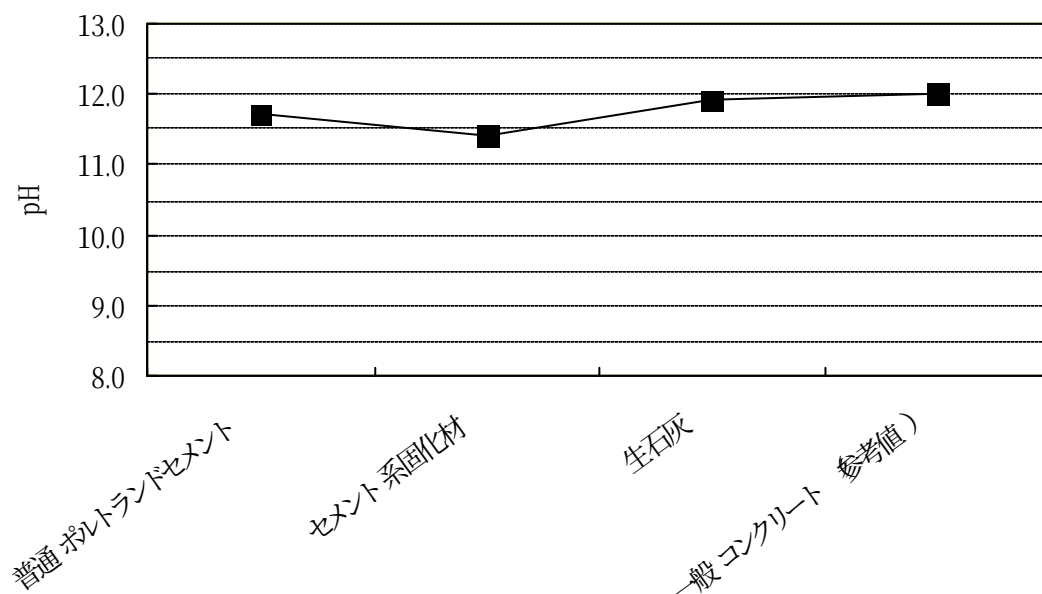
PH 試験は、普通ポルトランドセメント、セメント系固化材及び生石灰を各々 300kg/m³ 添加し固化処理したものを試料とした。

PH 試験の結果より、すべての試料において pH11～12 であり、強アルカリ性を示す結果となった。

一般的な普通コンクリートは、pH12～13 程度といわれ強アルカリ性を示す。なおコンクリート（水酸化カルシウム）の性質として、大気中・水中の炭酸ガス（二酸化炭素）をゆるやかに吸収しながら水酸化カルシウムと反応し炭酸カルシウムになる。このとき、pH は中性に近づき 8.5～10 程度になっていく。（中性化）

表 4-3-4 pH 試験結果

固化材	添加量 kg/m ³	材齢 (日)	pH
普通ポルトランドセメント	300	28	11.7
セメント系固化材	300	28	11.4
生石灰	300	28	11.9



：一般的に中性化するとpHは8.5～10.0になる。

図 4-3-5 pH 試験結果

4.3.7. 固化試験の評価

(1) 固化試験のまとめ

固化試験により確認された事項を以下にまとめる。

- ① 固化材を添加することで、浚渫土砂の含水比を低下させることが可能である。特に生石灰は水和反応熱による脱水作用が大きい。
- ② 一軸圧縮試験より、浚渫土砂のみの固化では一般的なコンクリート部材と同等程度の強度を得ることは難しい。しかしながら浚渫土砂の固化に特化した固化材を使用すること、普通コンクリートのようによい骨材等を添加すること、また浚渫土砂の含水比を適切なものに調節することで、ブロック等の部材製作に必要な強度を得ることが期待される。
- ③ 固化体のpH は一般的なコンクリート部材と同様に強アルカリ性を示す。しかしながら水酸化カルシウムを主成分に固化している固化体は、時間の経過とともに表面から中に向かって中性化し、そのpH は中性に近づいていく。

(2) 有効利用の可能性の評価

浚渫土砂を固化処理する方法は、比較的多く実施されている。添加する固化材の種類によっても固化体の性状は大きく変わる。今回実施した固化試験では、固化体をサンゴ基質、藻礁及び覆砂材等へ有効利用し海域へ還元することを念頭に、基礎的な試験を実施した。

結果、強度、pH 等の固化体の性状から有効利用の可能性は十分に期待される。ただし、今回の試験は基礎試験であり実際に利用するためには今後、さらなる検討が必要と考える。

(3) 今後の課題

今後の検討が必要と考えられる課題について以下にまとめる。

- ① 海域へ投入後の再汚泥化等による強度低下の検討
- ② 強度（付着力、圧縮等）の検討
- ③ 溶出する物質の検討
- ④ 生物付着性状の検討
- ⑤ コストの検討
- ⑥ 使用目的に付加価値を与えるような処理技術の検討

4.3.8. 固化試験添付資料

(1) 固化材品質証明書

No. 700601

セメント試験成績表



平成 16 年 4 月度 住友大阪セメント株式会社

品 質		普通ポルトランドセメント JIS R 5210				早強ポルトランドセメント JIS R 5210				高 炉 セ メ ン ト B 種 JIS R 5211				
		JIS 規格値	試 験 成 績			JIS 規格値	試 験 成 績			JIS 規格値	試 験 成 績			
			平均値	標準偏差	最大値 (最小値)		平均値	標準偏差	最大値 (最小値)		平均値	標準偏差	最大値 (最小値)	
密	度 g/cm ³	—	3.15	—	—	—	3.13	—	—	—	—	3.04	—	—
比	表 面 積 cm ² /g	2500以上	3380	76	—	3300以上	4590	84	—	3000以上	4020	84	—	—
凝 結	水 量 %	—	27.7	—	—	—	30.0	—	—	—	29.7	—	—	—
	始 発 h-min	60min以上	2-04	—	(1-45)	45min以上	1-59	—	(1-20)	60min以上	2-42	—	(2-10)	—
	終 結 h-min	10h以下	2-54	—	3-35	10h以下	2-46	—	3-15	10h以下	3-56	—	4-30	—
安 定 性		良	良	—	—	良	良	—	—	良	良	—	—	—
圧 縮 強 さ N/mm ²	1 d	—	—	—	—	10.0以上	28.4	1.36	—	—	—	—	—	—
	3 d	12.5以上	30.4	1.30	—	20.0以上	48.8	1.60	—	10.0以上	22.8	1.30	—	—
	7 d	22.5以上	45.2	1.74	—	32.5以上	59.2	1.80	—	17.5以上	37.2	1.70	—	—
	28d	42.5以上	63.5	1.92	—	47.5以上	67.9	2.00	—	42.5以上	62.1	1.87	—	—
水 和 熱 J/g	7 d	—	326	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	28d	—	381	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
化 学 成 分 %	酸化マグネシウム	5.0以下	1.37	—	1.61	5.0以下	1.09	—	1.30	6.0以下	3.16	—	4.04	—
	三酸化硫黄	3.0以下	1.89	—	2.09	3.5以下	2.93	—	3.14	4.0以下	1.84	—	2.14	—
	強 熱 減 量	3.0以下	1.83	—	2.10	3.0以下	1.33	—	1.59	3.0以下	1.65	—	2.21	—
	全アルカリ	0.75以下	0.50	—	0.62	0.75以下	0.50	—	0.56	—	—	—	—	—
	塩化物イオン	0.035以下	0.012	—	0.016	0.02以下	0.010	—	0.014	—	0.009	—	—	—

備考：

高 炉 セ メ ン ト B 種

1. ベースセメントの全アルカリ(%) : 0.50

2. 高 炉 ス ラ グ の 分 量(%) : 40~45

全アルカリの最大値のうち直近6ヶ月の最大値

普通ポルトランドセメント(%) : 0.62

早強ポルトランドセメント(%) : 0.57

1. 試験方法は、JIS R 5201、JIS R 5202、JIS R 5203及びJIS R 5204による。なお、JIS R 5202は本特法による。

2. 安定性の試験成績は、バット法による。

3. 28dの圧縮強さ及び水和熱は、前月度の値を示す。

お問い合わせその他ご連絡先：

住友大阪セメント株式会社

四国支店

〒760-0023 高松市寺町2丁目2番10号(JFR高松ビル3F)

TEL (087) 851-6330(代)

高松営業所 TEL (0878) 42-2526

固化材試験成績表

NO. 09665

住友大阪セメント株式会社

平成16年4月度

品 質		種 類	タフロック4型 (TL-4)
物理 試験	密 度	(g/cm ³)	2.98
	比 表 面 積	(cm ² /g)	3.930
化 学 成 分	強熱減量	(ig loss) (%)	1.5
	不溶残分	(insol) (%)	0.1
	二酸化ケイ素	(SiO ₂) (%)	21.0
	酸化アルミニウム	(Al ₂ O ₃) (%)	7.3
	酸化第二鉄	(Fe ₂ O ₃) (%)	1.6
	酸化カルシウム	(CaO) (%)	52.3
	酸化マグネシウム	(MgO) (%)	3.1
	三酸化硫黄	(SO ₃) (%)	8.4
	合 計	(%)	95.3
備 考	備考		
	試験方法は、JIS R5201、JIS R 5202による。尚JIS R 5202は本体法による。		

お問い合わせその他ご連絡先

住友大阪セメント株式会社

四国支店 販売グループ

〒760-0023 香川県高松市桑町2-2-10

TEL : 087-851-6330

試 験 報 告 書

殿

入交産業株式会社 石灰事業部
調 査 研 究 室

責任者	係
	

試験品名	生 石 灰		
製造工場	高 知 工 場		
出荷年月	平 成16年 4月		
試験年月	平 成16年 4月		
試 験 結 果			
CaO	96.7	%	
CO ₂	1.3	%	
SiO ₂ Al ₂ O ₃ Fe ₂ O ₃ MgO	1.2	%	

(2) 含水比試験データシート

JIS A 1203 JGS T 121	土の含水比試験	
-------------------------	---------	--

調査件名 平成15年度竜串地区自然再生推進計画調査（泥土処理実証試験）業務 試験年月日 平成 年 月 日
 固化処理土の含水比（練混ぜ直後）

試験者

試料番号（深さ）	普通ポルトランドセメント（200kg/m ³ ）			普通ポルトランドセメント（300kg/m ³ ）		
容 器 №	51	52	53	54	56	57
<i>m a</i> g	426.10	437.59	384.46	326.46	359.84	399.57
<i>m b</i> g	286.49	293.04	262.58	234.36	255.32	278.88
<i>m c</i> g	96.77	96.96	97.19	97.23	96.82	96.92
ω %	73.6	73.7	73.7	67.2	65.9	66.3
平均値 ω %	73.7			66.5		
特 記 事 項						

試料番号（深さ）	セメント系固化材TL-4（200kg/m ³ ）			セメント系固化材TL-4（300kg/m ³ ）		
容器 №	58	59	60	61	62	63
<i>m a</i> g	454.80	312.90	438.46	383.38	460.14	484.55
<i>m b</i> g	300.67	220.16	292.25	272.02	317.82	333.33
<i>m c</i> g	96.98	96.34	96.70	107.12	106.38	106.29
ω %	75.7	74.9	74.8	67.5	67.3	66.6
平均値 ω %	75.1			67.1		
特記事項						

試料番号（深さ）	生石灰（200kg/m ³ ）			生石灰（300kg/m ³ ）		
容器 №	64	65	66	67	67	68
<i>ma</i> g	422.71	287.54	270.11	446.56	446.56	381.79
<i>mb</i> g	299.14	218.83	206.37	331.98	331.98	288.53
<i>mc</i> g	107.09	107.06	106.95	106.88	106.88	106.54
ω %	64.3	61.5	64.1	50.9	50.9	51.2
平均値 ω %	63.3			51.0		
特記事項						

試料番号 (深さ)						
容 器 No						
m_a g						
m_b g						
m_c g						
ω %						
平均値 ω %						
特 記 事 項						

試料番号（深さ）						
容器 No						
<i>m a</i> g						
<i>m b</i> g						
<i>m c</i> g						
ω %						

JIS A 1203	土 の 含 水 比 試 験			
JGS T 121				

調査件名 平成15年度竜串地区自然再生推進計画調査（泥土処理実証試験）業務 試験年月日 平成 年 月 日

試 験 者

試料番号（深さ）	現状土					
容 器 №						
<i>m a</i> g	1096.1	1521.6	1268.5			
<i>m b</i> g	584.0	673.4	605.4			
<i>m c</i> g	449.7	448.4	429.5			
ω %	381.3	377.0	377.0			
平均値 ω %	378.4					
特 記 事 項						

試料番号（深さ）						
容 器 №						
<i>m a</i> g						
<i>m b</i> g						
<i>m c</i> g						
ω %						
平均値 ω %						
特 記 事 項						

試料番号（深さ）						
容 器 №						
<i>m a</i> g						
<i>m b</i> g						
<i>m c</i> g						
ω %						
平均値 ω %						
特 記 事 項						

試料番号（深さ）						
容 器 №						
<i>m a</i> g						
<i>m b</i> g						
<i>m c</i> g						
ω %						
平均値 ω %						
特 記 事 項						

試料番号（深さ）						
容 器 №						
<i>m a</i> g						
<i>m b</i> g						
<i>m c</i> g						
ω %						
平均値 ω %						
特 記 事 項						

JIS A 1203	土 の 含 水 比 試 験	
JGS T 121		

調査件名 平成15年度竜串地区自然再生推進計画調査（泥土処理実証試験）業務 試験年月日 平成 年 月 日

試 験 者

試料番号（深さ）		含水比調整後					
容 器 №		151	152	35			
<i>m a</i>	g	406.50	381.09	376.62			
<i>m b</i>	g	251.34	239.04	240.48			
<i>m c</i>	g	97.51	97.44	106.50			
ω	%	100.9	100.3	101.6			
平均値 ω		100.9					
特 記 事 項							

試料番号（深さ）						
容 器 №						
$m a$ g						
$m b$ g						
$m c$ g						
ω %						
平均値 ω %						
特 記 事 項						

試料番号（深さ）						
容 器 №						
$m a$ g						
$m b$ g						
$m c$ g						
ω %						
平均値 ω %						
特 記 事 項						

試料番号（深さ）						
容 器 №						
$m a$ g						
$m b$ g						
$m c$ g						
ω %						
平均値 ω %						
特 記 事 項						

試料番号（深さ）						
容 器 №						
$m a$ g						
$m b$ g						
$m c$ g						
ω %						
平均値 ω %						
特 記 事 項						

JIS A 1203 JGS T 121	土 の 含 水 比 試 験	
-------------------------	---------------	--

調査件名 平成15年度竜串地区自然再生推進計画調査（泥土処理実証試験）業務 試験年月日 平成 年 月 日
固化処理土の含水比（練混ぜ直後）

試 験 者

試料番号（深さ）		普通ポルトランドセメント（200kg/m ³ ）（材齢7日）			普通ポルトランドセメント（200kg/m ³ ）（材齢28日）		
容 器 №		41			25		
<i>m a</i>	g	385.06			398.01		
<i>m b</i>	g	277.46			285.59		
<i>m c</i>	g	107.20			106.52		
ω	%	63.2			62.8		
平均値 ω		63.2			62.8		
特 記 事 項							

試料番号（深さ）	普通ポルトランドセメント（300kg/m ³ ）（材齢7日）			普通ポルトランドセメント（300kg/m ³ ）（材齢28日）		
容 器 №	18			1		
<i>m a</i> g	412.75			411.79		
<i>m b</i> g	300.55			300.97		
<i>m c</i> g	106.16			106.77		
ω %	57.7			57.1		
平均値 ω %	57.7			57.1		
特 記 事 項						

試料番号（深さ）		セメント系固化材T L-4（200kg/m ³ ）（材齢7日）			セメント系固化材T L-4（200kg/m ³ ）（材齢28日）		
容 器 №		30			27		
<i>m a</i>	g	406.06			401.73		
<i>m b</i>	g	282.14			283.15		
<i>m c</i>	g	106.06			106.85		
ω	%	70.4			67.3		
平均値 ω	%	70.4			67.3		
特 記 事 項							

試料番号（深さ）	セメント系固化材T L-4（300kg/m ³ ）（材齢7日）			セメント系固化材T L-4（300kg/m ³ ）（材齢28日）		
容 器 №	22			17		
<i>m</i> <i>a</i> g	414.12			410.52		
<i>m</i> <i>b</i> g	298.78			298.96		
<i>m</i> <i>c</i> g	106.67			106.07		
ω %	60.0			57.8		
平均値 ω %	60.0			57.8		
特 記 事 項						

試料番号（深さ）	生石灰：200kg/m ³ （材齢7日）			生石灰：200kg/m ³ （材齢28日）		
容器 №	47			29		
<i>m</i> <i>a</i> g	405.50			406.83		
<i>m</i> <i>b</i> g	292.41			293.53		
<i>m</i> <i>c</i> g	106.74			106.97		
ω %	60.9			60.7		

JIS A 1203	土 の 含 水 比 試 験				
JGS T 121					

調査件名 平成15年度竜串地区自然再生推進計画調査（泥土処理実証試験）業務 試験年月日 平成 年 月 日
 固化処理土の含水比（練混ぜ直後）

試 験 者

試料番号（深さ）	生石灰：300kg/m ³ （材齢7日）			生石灰：300kg/m ³ （材齢28日）		
容 器 №	23			35		
<i>m a</i> g	421.61			414.98		
<i>m b</i> g	315.20			313.37		
<i>m c</i> g	106.56			106.50		
ω %	51.0			49.1		
平均値 ω %	51.0			49.1		
特 記 事 項						

試料番号（深さ）						
容 器 №						
$m a$ g						
$m b$ g						
$m c$ g						
ω %						
平均値 ω %						
特 記 事 項						

試料番号（深さ）						
容 器 №						
$m a$ g						
$m b$ g						
$m c$ g						
ω %						
平均値 ω %						
特 記 事 項						

試料番号（深さ）						
容 器 №						
$m a$ g						
$m b$ g						
$m c$ g						
ω %						
平均値 ω %						
特 記 事 項						

試料番号（深さ）						
容 器 №						
<i>m a</i> g						
<i>m b</i> g						
<i>m c</i> g						
ω %						

(3) 湿潤密度試験データシート

JGS T 191		土の湿潤密度試験 (A法：寸法測定法)					
調査件名		平成15年度竜串地区自然再生推進計画調査 (泥土処理実証試験) 業務			試験年月日		平成 年 月
試験者							
試料番号 (深さ)			現状土				
供試体 No							
供試体の質量 m g			2404.0				
供試体 体積	直 径	上 部 cm	14.19				
			14.19				
		中央部 cm	14.19				
			14.19				
		下 部 cm	14.19				
			14.19				
	平均値 D cm		14.19				
	高 さ	cm	13.15				
			13.15				
		平均値 H cm		13.15			
体積 $V = (\pi D^2/4) \cdot H \text{ cm}^3$			2079.60				
含 水 比	容 器 No						
	m_a g						
	m_b g						
	m_c g						
	ω %		378.4				
	容 器 No						
	m_a g						
	m_b g						
	m_c g						
	平 均 値 ω %		378.4				
湿潤密度 $\rho_t = m/V$ g/cm ³			1.156				
乾燥密度 $\rho_d = \rho_t / (1 + \omega/100)$ g/cm ³			0.242				
間隙比 $e = (\rho_s / \rho_d) - 1$							
飽和度 $S_r = \omega \rho_s / (e \rho_w)$ %							
土粒子の密度 ρ_s g/cm ³							
ω %			378.4				

JGS T 191		土の湿潤密度試験 (A法：寸法測定法)					
調査件名 平成15年度竜串地区自然再生推進計画調査 (泥土処理実証試験) 業務		試験年月日		平成	年	月	
試験者							
試料番号 (深さ)			含水比調整後				
供試体 No							
供試体の質量 m g			3031.2				
供試体 体積	直 径	上 部 cm	14.19				
			14.19				
		中央部 cm	14.19				
			14.19				
		下 部 cm	14.19				
			14.19				
	平均値 D cm		14.19				
	高 さ	cm	13.15				
			13.15				
		平均値 H cm		13.15			
体積 $V=(\pi D^2/4) \cdot H \text{ cm}^3$		2079.60					
含 水 比	容 器 No						
	m_a g						
	m_b g						
	m_c g						
	ω %		100.9				
	容 器 No						
	m_a g						
	m_b g						
	m_c g						
	ω %						
平 均 値 ω %		100.9					
湿潤密度 $\rho_t = m/V$ g/cm ³			1.458				
乾燥密度 $\rho_d = \rho_t / (1 + \omega/100)$ g/cm ³			0.726				
間隙比 $e = (\rho_s / \rho_d) - 1$							
飽和度 $S_r = \omega \rho_s / (e \rho_w)$ %							
土粒子の密度 ρ_s g/cm ³							
ω %			100.9				

(4) pH 試験データシート

JGS T 211		土 の pH 試 験					
調査件名		平成15年度竜串地区自然再生推進計画調査（泥土処理実証試験）業務			試験年月日		平成 年 月
		試 験 者					
pH 計 の 種 類		東亜電波工業（株）HM-5 B型					
使用 標 準 液		しゅう酸塩	フタル酸塩	中性りん酸塩	ほう酸塩	炭 酸 塩	
温 度 °C			20.0	20.0	20.0		
pH			4.00	6.88	9.22		
試料番号（深さ）		普通セメント：300kg/m ³			TL-4：300kg/m ³		
ビー カー №		1		2		3	
試料の湿潤質量 <i>m</i> g		58.4		63.9		64.4	
試料の炉乾燥質量 <i>m_s</i> g		37.2		40.7		40.8	
加えた蒸留水の量 <i>V_W</i> ml		180.0		180.0		180.0	
試料の炉乾燥質量 に対する水の質量比 <i>R_W</i>		5.4		5.0		5.0	
試料液の温度 °C		20.0		20.0		20.0	
pH	測 定 値	11.6		11.7		11.3	
	平 均 値	11.7		11.4			
含 水 比	容 器 №						
	<i>m_a</i> g						
	<i>m_b</i> g						
	<i>m_c</i> g						
	<i>ω</i> %						
	平均値 <i>ω</i> %	57.1			57.8		
特 記 事 項							
試料番号（深さ）		生石灰：300kg/m ³					
ビー カー №		5		6			
試料の湿潤質量 <i>m</i> g		60.6		59.4			
試料の炉乾燥質量 <i>m_s</i> g		40.6		39.8			
加えた蒸留水の量 <i>V_W</i> ml		180.0		180.0			
試料の炉乾燥質量 に対する水の質量比 <i>R_W</i>		4.9		5.0			
試料液の温度 °C		20.0		20.0			
pH	測 定 値	11.9		11.9			
	平 均 値	11.9					
容 器 №							

4.4. 発酵試験

4.4.1. 目的

従来、浚渫された土は、その多くが埋設材として、または廃棄物処分業者により委託処分（産廃）するなど、有効な再利用方法が無いのが現状である。本試験では元来あった再資源化技術（リサイクル技術）である堆肥化技術、すなわち発酵技術を使って浚渫土を発酵処理し再資源化することによる有効利用の可能性について評価することを目的とした。

4.4.2. 試験場所

場 所：株式会社 ラックランド （発酵処理実証試験場所）

4.4.3. 発酵の仕組み

ここでは、試料(浚渫土)を発酵菌と機械により強制的な発酵を行う機械強制発酵処理試験を実施した。機械強制発酵処理とは機械的に発酵しやすい状態を作り出すことで発酵にかかる時間を短縮するものであり、発酵のメカニズムは自然堆積発酵と同様である。

以下に自然堆積発酵と機械強制発酵の仕組みについて示す。

グラフ等は、ラックランド資料による。

(1) 自然堆積発酵

廃棄物などの処理物を自然の方法で発酵処理した場合、図 4-4-1、図 4-4-2 のように温度、微生物相の変化がある。

① 温度変化と発酵状態

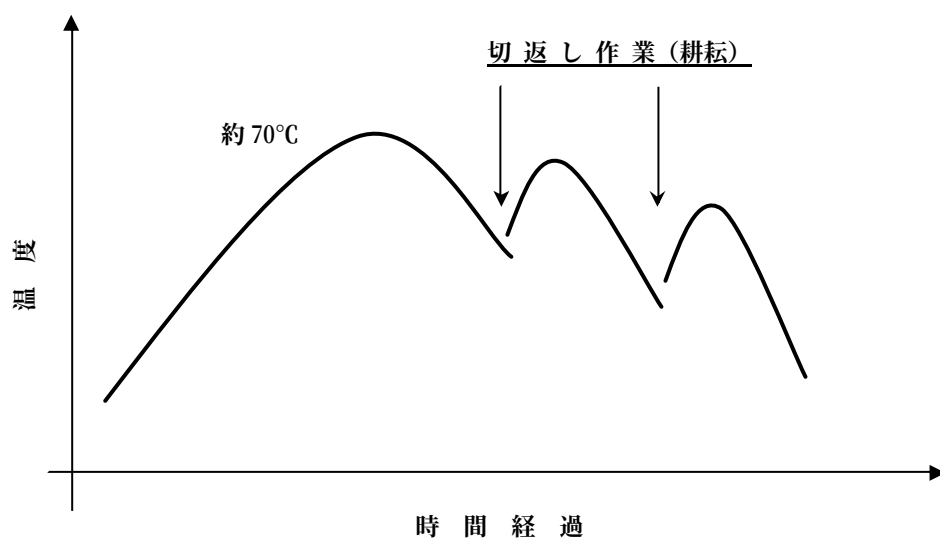


図 4-4-1 温度変化と発酵状態

1. 日経過（時間経過）と共に、堆積物の温度上昇がある。（堆積から一週間程度はなかなか温度が上昇しないのは、微生物の活動がスタートしていない為。）
2. 切返し作業を行なうと、再び温度上昇がある。（切返しによって、微生物活動の環境が改善され再び微生物活動が活発化する為ため）
3. 最終には、切返し作業を行なっても温度上昇が無くなる。（微生物が分解するものがなくなる為、微生物活動が停止するため）
4. 微生物は堆積物に含まれる有機物を分解する。分解活動は活動エネルギーつまり温度の上昇という形で現われる。

② 微生物相の変化と発酵状態

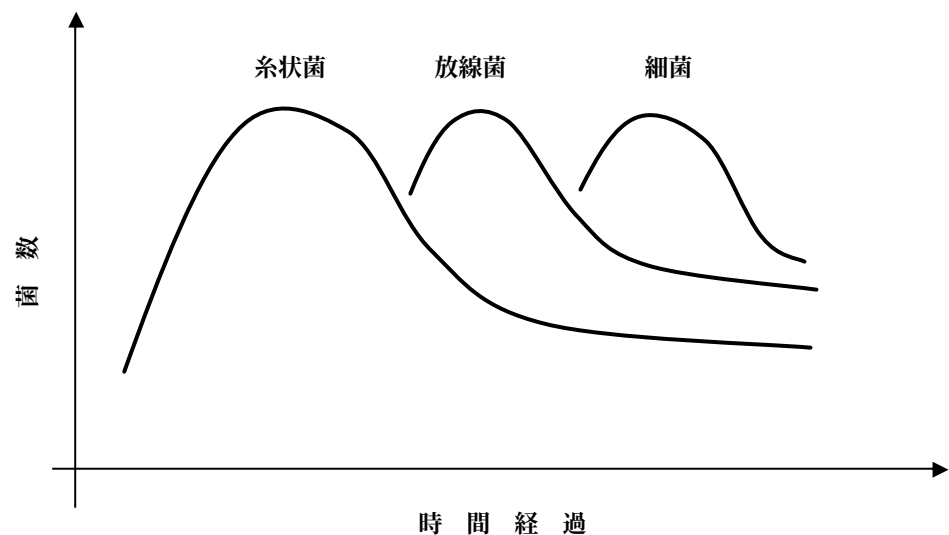


図 4-4-2 微生物相と発酵状態

1. 日経過（時間経過）と共に、分解しやすい糖分などが糸状菌によって分解される。
2. 次に分解した糖分を栄養源として、結合組織分解の放線菌が増殖する。（組織をばらばらに分解するのが放線菌である）
3. 最終的に繊維分解の細菌が増殖する。（組織がばらばらになり残っている繊維をばらばらにするのが細菌である）
4. 微生物相が変わっていくことで、発酵分解が進んでいくことになる。

(2) 機械強制発酵

機械強制発酵は機械的に次の環境を整えることにより発酵にかかる時間を短縮する。

- ① 発酵（分解）は微生物活動であり微生物が活動しやすい環境を作る。
（温度環境、切返し作業環境、好気性環境）
- ② 微生物の特性に合った環境を整える。（微生物のリレー）
- ③ 微生物の分解は微生物が分泌する酵素によって行なわれる。このため微生物の数が多くなる環境を整える。（微生物増進、発酵菌の添加）

また、同じ試料を用い機械強制発酵と自然堆積発酵を実施した際の二酸化炭素発生量を図 4-4-3 と図 4-4-4 に示す。

微生物活動において発生する二酸化炭素の発生量にて微生物活動が確認される。図 4-4-3 にて発酵菌を添加した場合、無添加のものより二酸化炭素発生量が多く、発酵（分解）がより進んでいることが予想される。そのことにより微生物の増進が図られ良い発酵環境になっていると考えられる。

図 4-4-4 は、自然堆積発酵した場合であり、図 4-4-3 の機械強制発酵より長時間で発酵し、二酸化炭素の発生勾配も緩やかである。

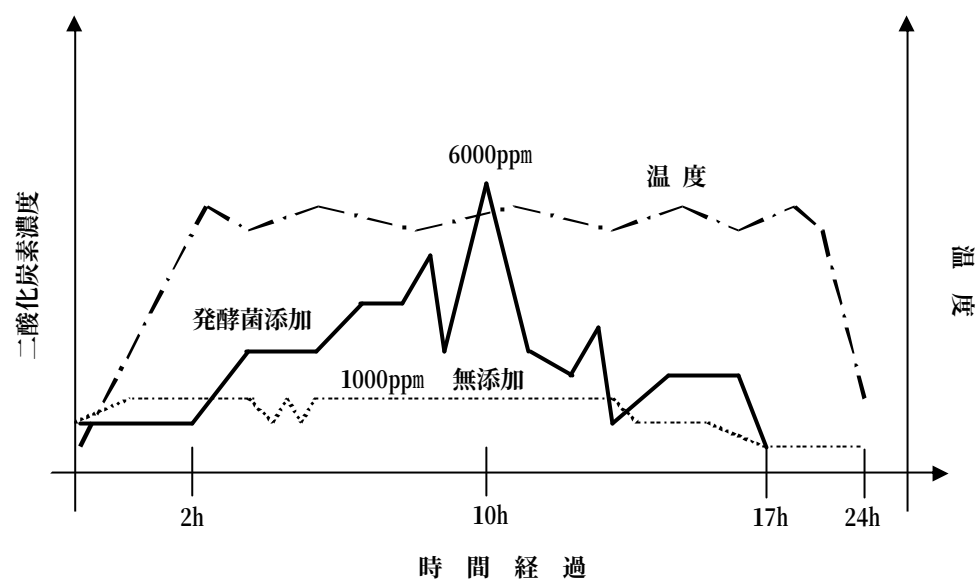


図 4-4-3 機械強制発酵時の二酸化炭素発生量

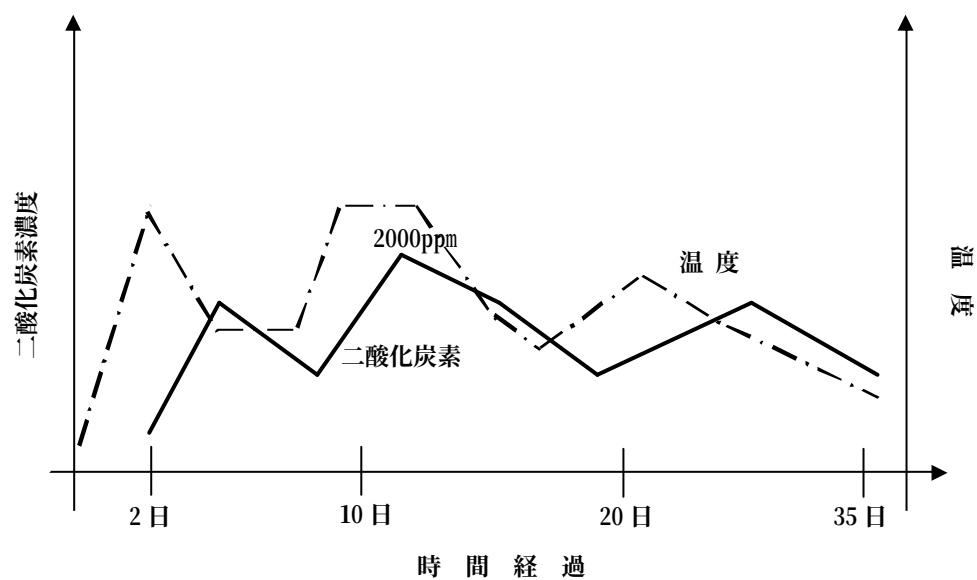


図 4-4-4 自然堆積発酵時の二酸化炭素発生量

4.4.4. 試験方法

発酵試験は、水処理試験にて採取した浚渫土を機械強制発酵し発酵処理後の性状確認、肥料分析（成分分析）及び発芽試験を実施した。

発酵試料とした浚渫土は表 4-4-1 に示すように、凝集剤無添加の無薬注浚渫土と、凝集剤（PAC+高分子凝集剤）を添加した薬注浚渫土を用いた。

表 4-4-1 発酵試料

試料名	発酵試験に用いた浚渫土（試料）
試料A	凝集剤無添加
試料B	凝集剤（PAC20ppm＋高分子凝集剤6ppm）添加

(1) 機械強制発酵工程

機械強制発酵処理は、「はっこうき KL-250（ラックランド製）」を使用した。

（写真 4-4-1、写真 4-4-2 参照）また発酵の際、発酵菌として MBK 菌を添加した。（4.4.8.発酵試験添付資料参照）

発酵処理中に、二酸化炭素、アンモニア及び硫化水素のガス測定を行い、発酵状況を確認した。

発酵工程終了後、試料の含水状態により乾燥工程を追加、実施した。



写真 4-4-1 はっこうき KL-250 外観



写真 4-4-2 はっこうき KL-250 内観

(2) 肥料分析（成分分析）

肥料分析項目は表 4-4-2 の通りである。

表 4-4-2 肥料分析項目

試験項目	試験方法
水素イオン濃度	肥料分析法 3.3.1
全窒素	肥料分析法 4.1.1
全炭素	JIS M 8813
全リン酸	肥料分析法 4.2
全カリ	肥料分析法 4.3.3
炭素率	—
カルシウム	肥料分析法 4.5
電気伝導度	肥料分析法 3.4.1
塩分	肥料分析法 5.5
ニッケル	肥料分析法 5.21
クロム	肥料分析法 5.8
鉛	肥料分析法 5.19
全亜鉛	肥料分析法 5.1
含水比	JIS A 1203

(3) 発芽試験

一般土に浚渫土（試料 A、試料 B）を機械強制発酵処理したものを混合し、小松菜による発芽試験を実施した。試験ケースは表 4-4-3 の通りである。

各ケースの試料土を試験用ポット（プランター）に入れ、小松菜の種子を播種し覆土した。その後、5日後、10日後及び15日後の発芽状況を記録し、各ケースに於ける比較を実施した。

表 4-4-3 発芽試験ケース

ケース	混合内容	混合比
①	市販堆肥 : 一般土	3 : 7
②	処理土（試料A） : 一般土	1 : 9
③	処理土（試料A） : 一般土	3 : 7
④	処理土（試料B） : 一般土	1 : 9
⑤	処理土（試料B） : 一般土	3 : 7

4.4.5. 試験状況

試験状況を写真 4-4-1～写真 4-4-21 に示す。



写真 4-4-1 試料搬入時（無薬注浚渫土）



写真 4-4-2 試験器：はっこうき KL-250



写真 4-4-3 試料の投入状況



写真 4-4-4 発酵菌（MBK 菌）

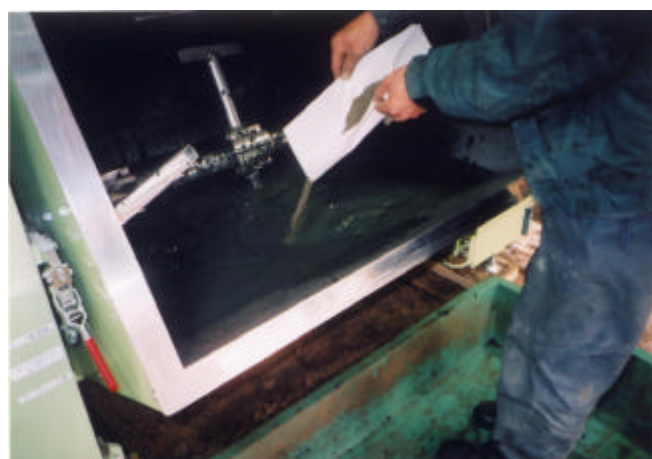


写真 4-4-5 発酵菌の添加状況

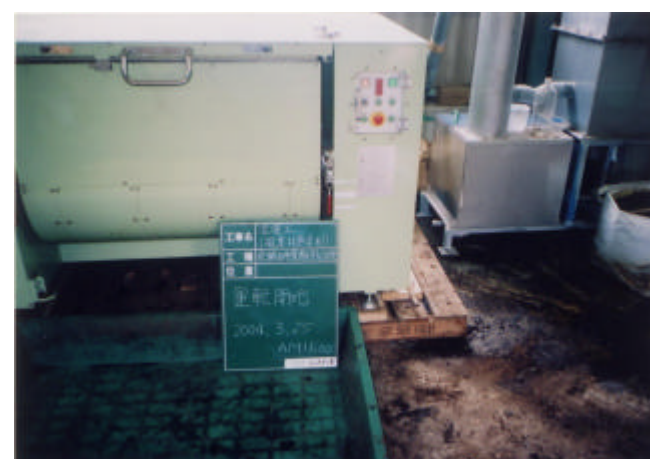


写真 4-4-6 発酵処理状況



写真 4-4-7 発酵処理状況
(無薬注浚渫土・3 時間後)



写真 4-4-8 発酵処理状況 (拡大)
(無薬注浚渫土・3 時間後)



写真 4-4-9 発酵処理状況
(無薬注浚渫土・6 時間後)



写真 4-4-10 発酵処理状況
(無薬注浚渫土・24 時間後)



写真 4-4-11 発酵処理土 (無薬注浚渫土)



写真 4-4-12 試料搬入時 (薬注浚渫土)



写真 4-4-13 試料の投入状況
(薬注浚渫土)



写真 4-4-14 発酵菌 (MBK 菌)

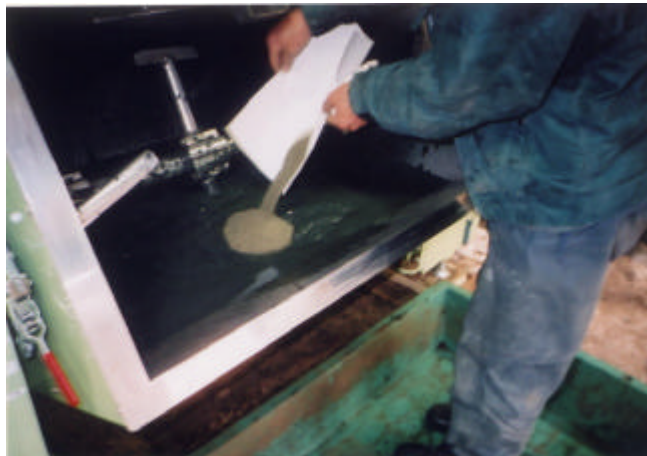


写真 4-4-15 発酵菌の添加状況

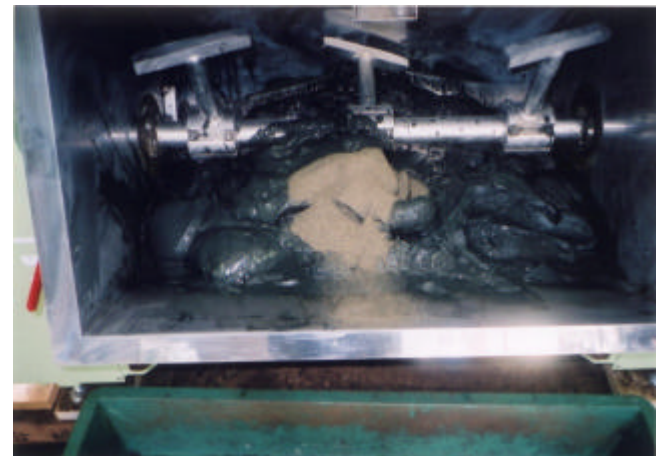


写真 4-4-16 発酵菌混合状況



写真 4-4-17 発酵処理状況
(薬注浚渫土・3 時間後)



写真 4-4-18 発酵処理状況
(薬注浚渫土・6 時間後)



写真 4-4-19 発酵処理状況（拡大）
（薬注浚渫土・6 時間後）



写真 4-4-20 発酵処理状況
（薬注浚渫土・24 時間後）



写真 4-4-19 発酵処理土
（薬注浚渫土）

4.4.6. 試験結果及び考察

(1) 発酵工程

機械強制発酵処理後、水分が多かったため試料 A、B ともに乾燥工程を追加した。乾燥工程は試料 A にて 48 時間、試料 B にて 24 時間である。乾燥工程終了後、試料 A、B ともに非常に扱いやすい発酵生成物になった。試料 B の乾燥時間が試料 A より少なかった理由は、水処理の際、凝集剤を添加したことにより、試料 A より含水が少ない試料になったためと考えられる。

また、発酵処理中にガス測定の結果を表 4-4-4、表 4-4-5 及び図 4-4-5 に示す。大気中の二酸化炭素濃度は通常 350ppm 程度であり、機械強制発酵処理中の濃度は試料 A、B ともに 500ppm 以上であり発酵促進が円滑に行なわれていたことがうかがえる。

試料 A、B にてアンモニア (NH_4)、硫化水素 (H_2S) は未検出であった。アンモニア、硫化水素は、嫌気性の環境下にて発生するため発酵処理が好気性の状態であったことと共に、本試料に窒素 (N) 及び硫黄 (S) の含有が元々少なかったことが未検出であった理由と考えられる。アンモニア及び硫化水素は公害対象とされるガスであり、とりわけ硫化水素は、高濃度な場合呼吸中枢の麻痺により窒息死を招く、非常に危険なガスである。

表 4-4-4 ガス測定結果（試料 A）

試料：浚渫土・凝集剤無添加			
経過時間 (hr後)	二酸化炭素 (ppm)	アンモニア (ppm)	硫化水素 (ppm)
3	500	ND	ND
6	1000	ND	ND
9	1200	ND	ND
20	1000	ND	ND
24	600	ND	ND

表 4-4-5 ガス測定結果（試料 B）

試料：浚渫土・凝集剤添加（PAC+高分子凝集剤）			
経過時間 (hr後)	二酸化炭素 (ppm)	アンモニア (ppm)	硫化水素 (ppm)
3	800	ND	ND
6	1200	ND	ND
9	1200	ND	ND
20	800	ND	ND
24	500	ND	ND

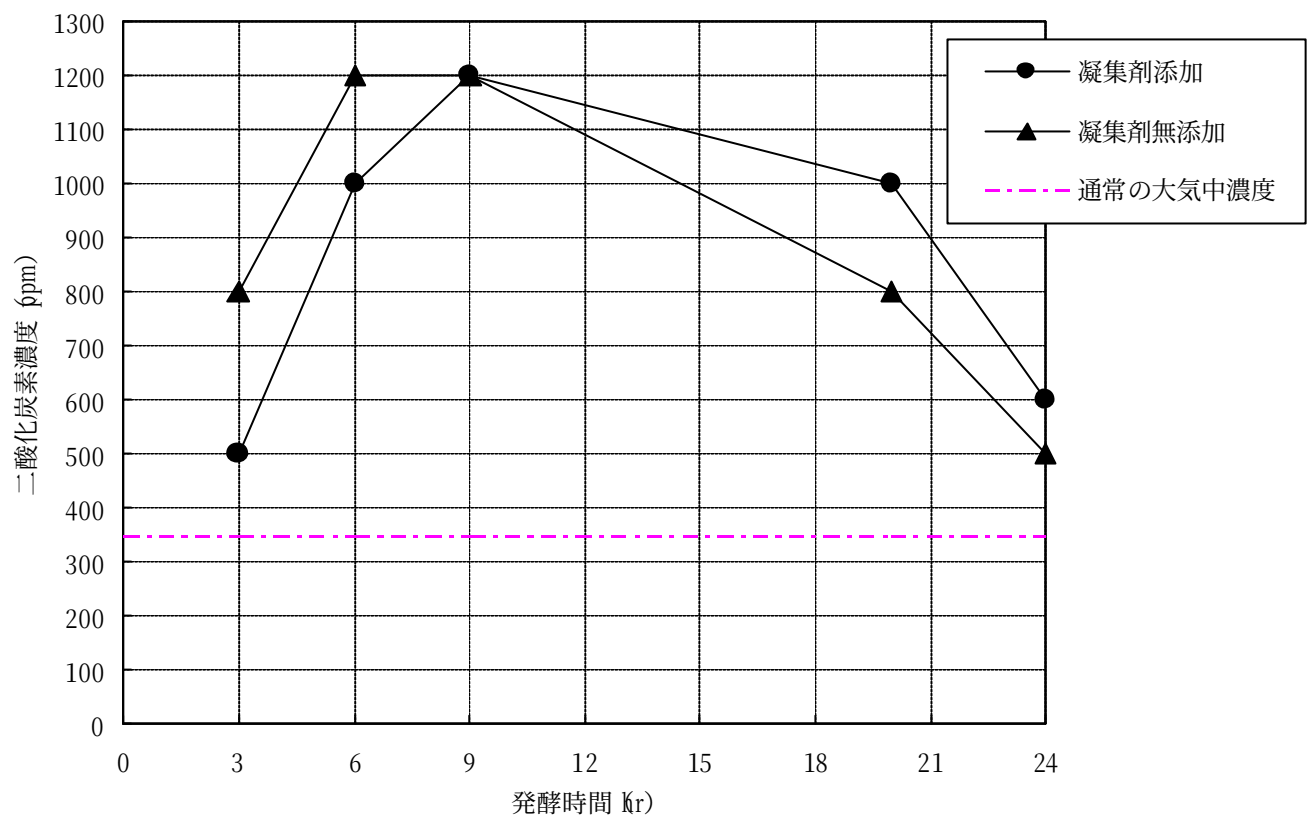


図 4-4-5 ガス測定結果

(2) 肥料分析結果

肥料分析結果を表 4-4-6、図 4-4-6 に示す。

試料 A、B とも肥料分析結果は、ほぼ同じ値であった。

また、海中浚渫土ということから、試料 A、B ともに塩分濃度が高く電気伝導度も高い値を示しており、塩分過剰な状態にある。特に試料 A は、試料 B より高含水状態にあり、塩分濃度の値が若干高い。一般的に電気伝導度が 2mS/cm を超える時塩分過剰な状態であるとされている。

また、窒素、炭素、リン及びカリ等の肥料成分は一般の堆肥より少なく、1/10 程度である。カルシウムは、一般の堆肥程度若しくはそれ以上の値を示している。

表 4-4-6 肥料分析結果

分析項目	単位	分析結果	
		試料A	試料B
*水素イオン濃度 (pH)	-	8.4	8.4
全窒素	%	0.20	0.18
全炭素	%	4.6	4.2
全リン酸	%	0.22	0.27
全カリ	%	0.48	0.44
炭素率 (C/N比)	-	23.0	23.3
カルシウム	%	8.1	5.5
*電気伝導度	mS/cm	5.8	5.4
塩分	%	3.0	2.4
ニッケル	%	0.0031	0.0042
クロム	%	0.0048	0.0059
鉛	%	0.0019	0.0023
全亜鉛	%	0.0059	0.0063
含水比	%	17.2	10.3
備 考： 上記の結果は乾燥物についての数値です。(但し*の項目を除く。) ニッケル、クロム、鉛、全亜鉛に関して、単位%をmg/kgに変換する場合には、 10000を乗じます。			

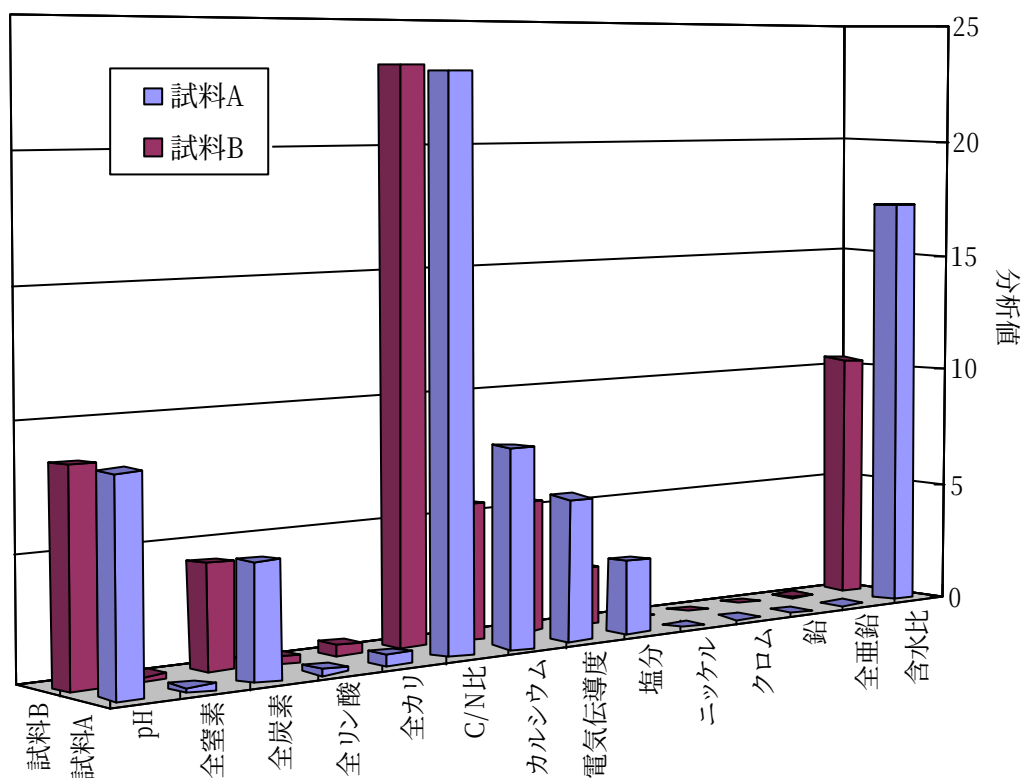


図 4-4-6 肥料分析結果

(3) 発芽試験

機械強制発酵処理した浚渫土（試料 A、試料 B）及び市販堆肥と一般土を混合させ、小松菜による発芽試験を実施した。試験は播種してから 5 日目、10 日目及び 15 日目の状況を目視により観察した。その状況を写真 4-4-25～写真 4-4-39 に示す。

ケース①（市販堆肥＋一般土）は発芽量、成長状態とも一番良好であった。

また、ケース②、④にて試料 A、B の違いによる発芽等の変化は無く、ほぼ同様の状況であった。播種 5 日後の発芽状況はケース②、④ともに芽を確認した。10 日後には疎らに芽が確認され、良好に成長していた。15 日後には発芽した部分に於いて良好な成長があった。

しかし、ケース③、⑤は、発芽状況、成長状況とも不良であり、特にケース③（試料 A）については発芽量が少なく、発芽した後の成長状況も、最も悪かった。

浚渫土（試料 A、B）の混合の割合が多くなるほど、発芽状況が不良となったのは、(2) の肥料分析結果で指摘した、塩分過剰な状態が主な原因と考えられる。また、浚渫土と一般土の混合の割合が等しいケース③とケース⑤に於ける発芽、成長状況の違いについては、試料 A と B の塩分含有の違いとともに、ケース⑤にて発芽している部分偏っている為、浚渫土と一般土の混合作業の際、十分な混合が実施されなかった可能性がある。

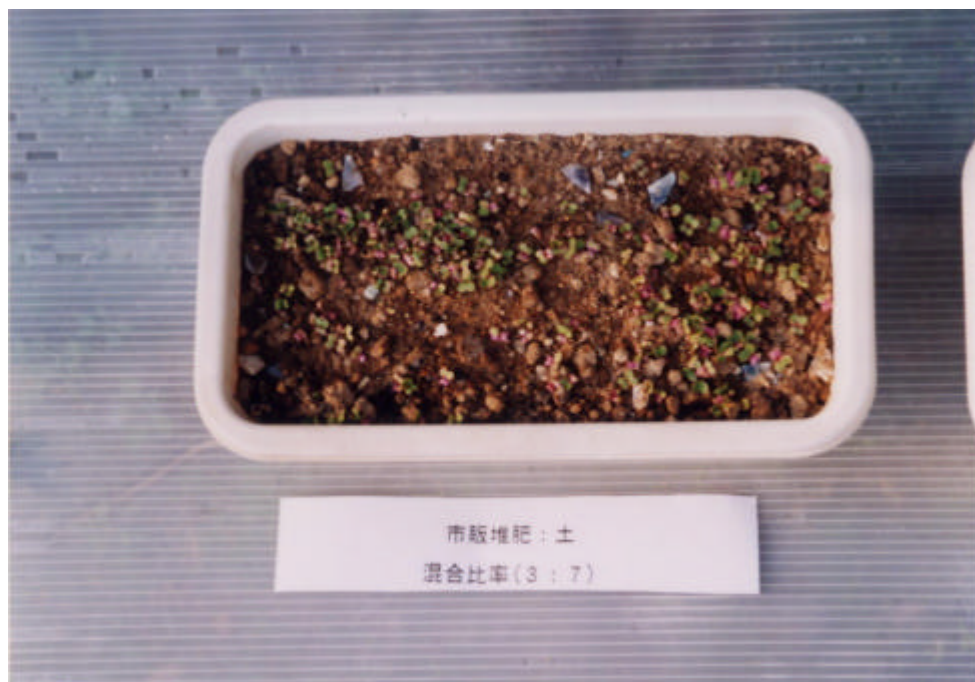


写真 4-4-25 発芽試験・5 日後
(ケース①、市販堆肥、3 : 7 混合)

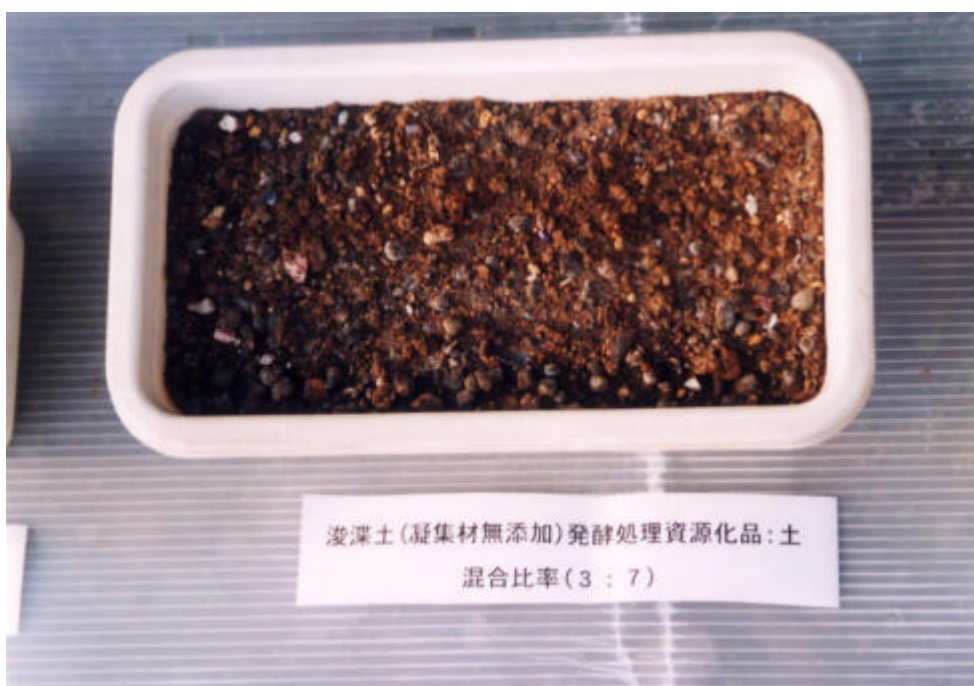
状 況

- ・ 5 日後、疎であるが順調に発芽している。



浚渫土(凝集材無添加)発酵処理資源化品:土
混合比率(1 : 9)

写真 4-4-26 発芽試験・5 日後
(ケース②、試料 A、1 : 9 混合)
状 況
・ 5 日後、発芽を 1 箇所確認した。



浚渫土(凝集材無添加)発酵処理資源化品:土
混合比率(3 : 7)

写真 4-4-27 発芽試験・5 日後
(ケース③、試料 A、3 : 7 混合)
状 況
・ 5 日後、発芽していない。



写真 4-4-28 発芽試験・5日後
(ケース④、試料 B、1 : 9 混合)
状 況
・ 5日後、発芽を2箇所確認した。

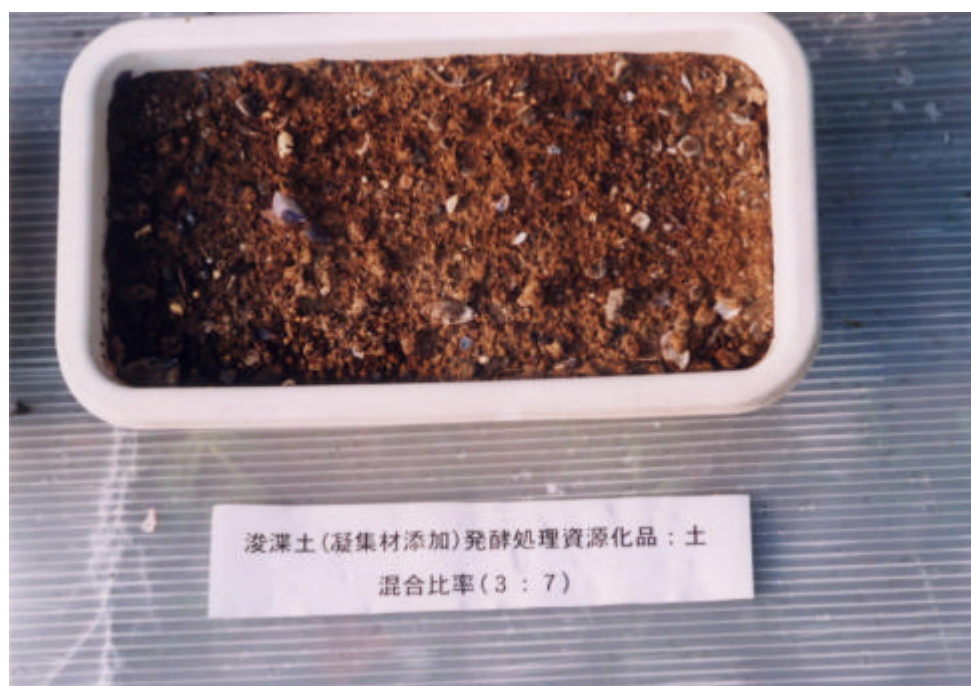


写真 4-4-29 発芽試験・5日後
(ケース⑤、試料 B、3 : 7 混合)
状 況
・ 5日後、発芽していない。

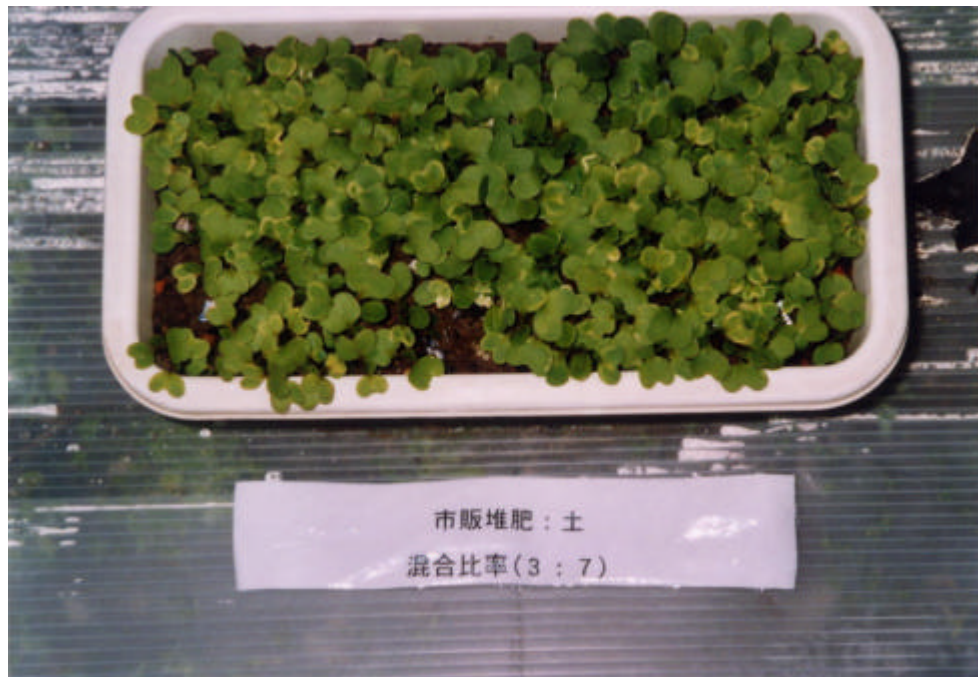


写真 4-4-30 発芽試験・10 日後
(ケース①、市販堆肥、3：7 混合)
状 況

- ・ 10 日後、良好に発芽している。



写真 4-4-31 発芽試験・10 日後
(ケース②、試料 A、1 : 9 混合)

状 況

- ・ 10 日後、疎らに発芽している。

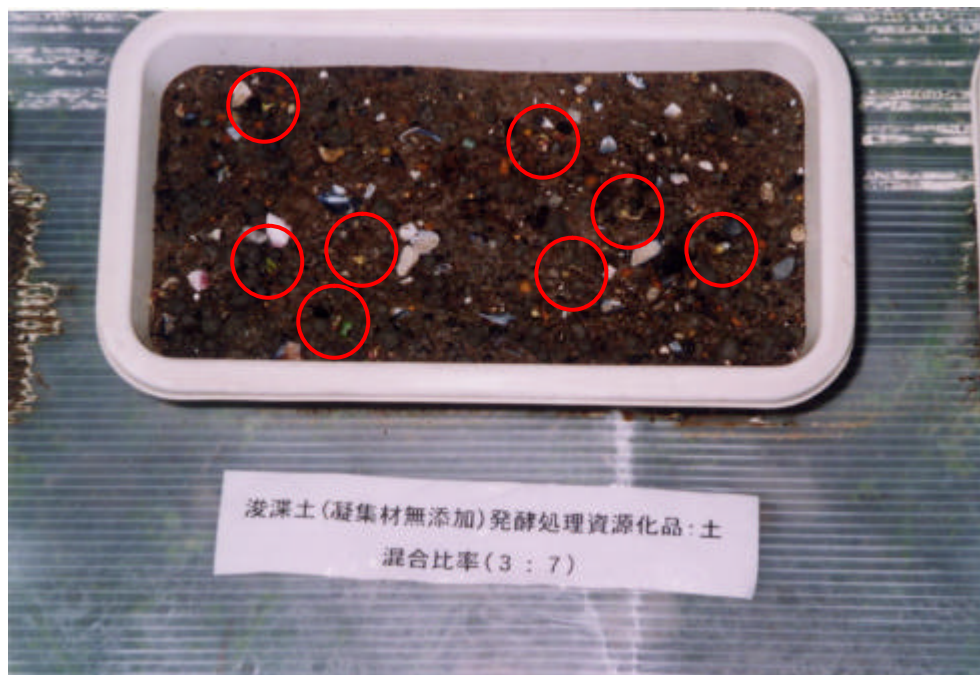


写真 4-4-32 発芽試験・10 日後
(ケース③、試料 A、3 : 7 混合)

状 況

- ・ 10 日後、発芽を 8 箇所程度確認した。



写真 4-4-33 発芽試験・10 日後

(ケース④、試料 B、1 : 9 混合)

状 況

- ・ 10 日後、疎らに発芽している。
- ・ 試料 A より発芽の割合が多い。



写真 4-4-34 発芽試験・10 日後

(ケース⑤、試料 B、3 : 7 混合)

状 況

- ・ 10 日後、偏った発芽状態であった。
- ・ 赤丸箇所も発芽（成長が不良）を確認

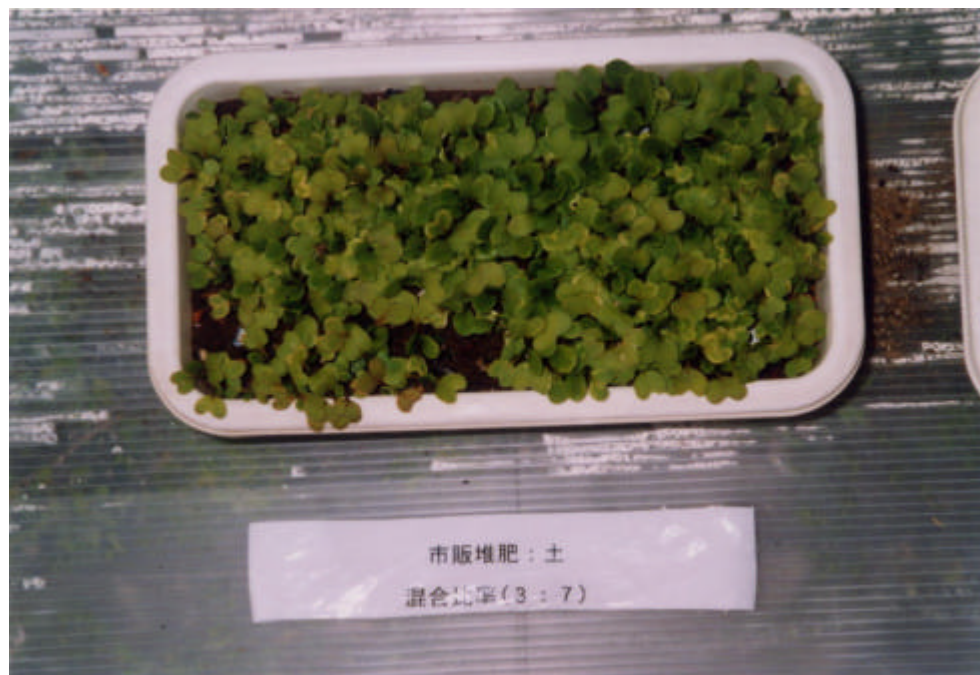


写真 4-4-35 発芽試験・15 日後
(ケース①、市販堆肥、3：7 混合)
状 況

- ・ 15 日後、良好に成長している。



写真 4-4-36 発芽試験・15 日後
(ケース②、試料 A、1 : 9 混合)

状 況

- ・ 15 日後、部分的に発芽していないが、発芽した部分は良好に成長している。

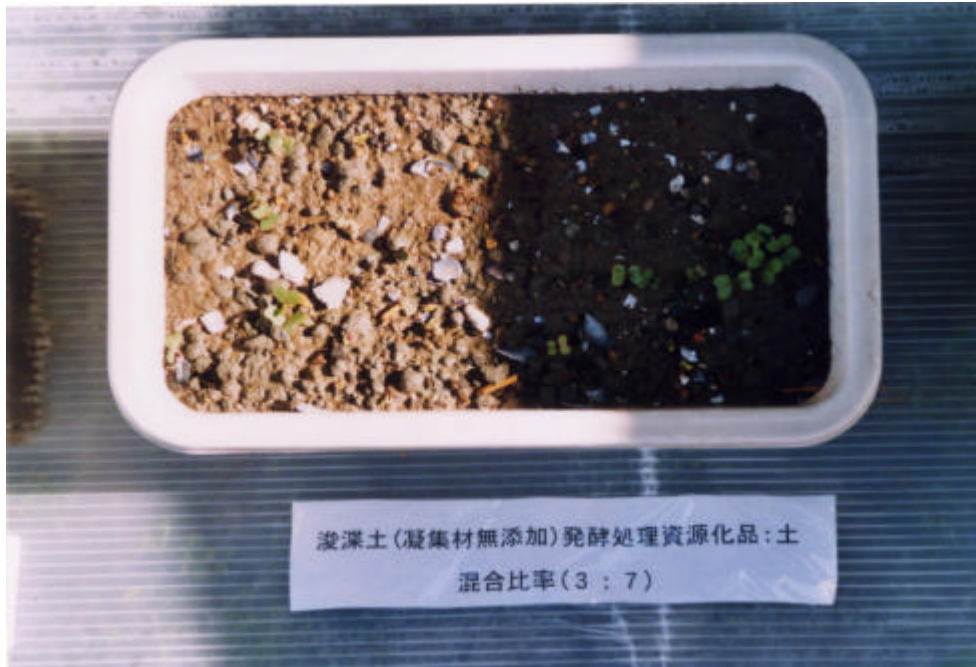


写真 4-4-37 発芽試験・15 日後
(ケース③、試料 A、3 : 7 混合)

状 況

- ・ 15 日後、一部発芽しているが、成長は不良である。



写真 4-4-38 発芽試験・15 日後
(ケース④、試料 B、1 : 9 混合)

状 況

- ・ 15 日後、部分的に発芽していないが、発芽した部分は良好に成長している。



写真 4-4-39 発芽試験・15 日後
(ケース⑤、試料 B、3 : 7 混合)

状 況

- ・ 15 日後、一部発芽しているが、成長は不良である。

4.4.7. 発酵試験の評価

試験結果から、発酵試験は以下のようにまとめられる。

- ① 機械強制発酵処理について、発酵処理中に発生した二酸化炭素量等から円滑に発酵処理が進んだことが確認された。
- ② 発酵後、発酵処理土が高含水状態であった為、乾燥工程を追加した。乾燥後、発酵処理土は扱いやすい状態になった。
- ③ 肥料分析結果より、塩分濃度が高く、電気伝導率度（EC 値）も高い値を示しており、塩分過剰な状態である。
- ④ 発芽試験より、発酵処理土は塩分過剰な状態である。塩分濃度を希釈する意味合いから自然土 9：発酵生成物 1 という割合で混合し、堆肥としてではなく園芸用土壌等の土壌改良材として利用することが望ましい。
- ⑤ 今後の展開として、発酵生成物を造粒し散布しやすいものに加工する等、肥料以外に付加価値のある利用ができるよう、加工技術、利用法を検討する必要がある。
- ⑥ また、今回試験では浚渫土の処理後の過剰塩分が問題となった。塩分は海水に含まれるものであり、発酵処理前の浚渫土が低含水（ろ過等にて海水と浚渫土を分離する）であれば、発酵処理後の塩分量も抑制することが可能になる。発酵処理土を陸域に有効利用するのであれば、塩分量を低減させることは重要な課題である。
- ⑦ ④で示したように、塩分濃度を希釈する意味から一般土と混合する場合、あらたに取り扱う土量が増す。したがって今後の展開として発酵処理前に 4-2 で取り扱ったような機械脱水することで、塩分を低減させることが可能になると考えられる。

4.4.8. 今後の課題

今回の試験結果より浚渫土は堆肥等の有機肥料としては不向きであり、土壌改良材への利用の可能性は残されている。

仮に、土壌改良材として有効利用を行う場合、付加価値をつけるために粒状に加工する等の技術的検討と共に、製品として流通させる為のネットワークのリサーチ及び構築が必要となる。

図 4-4-7 に流通ネットワークの概念図を示す。

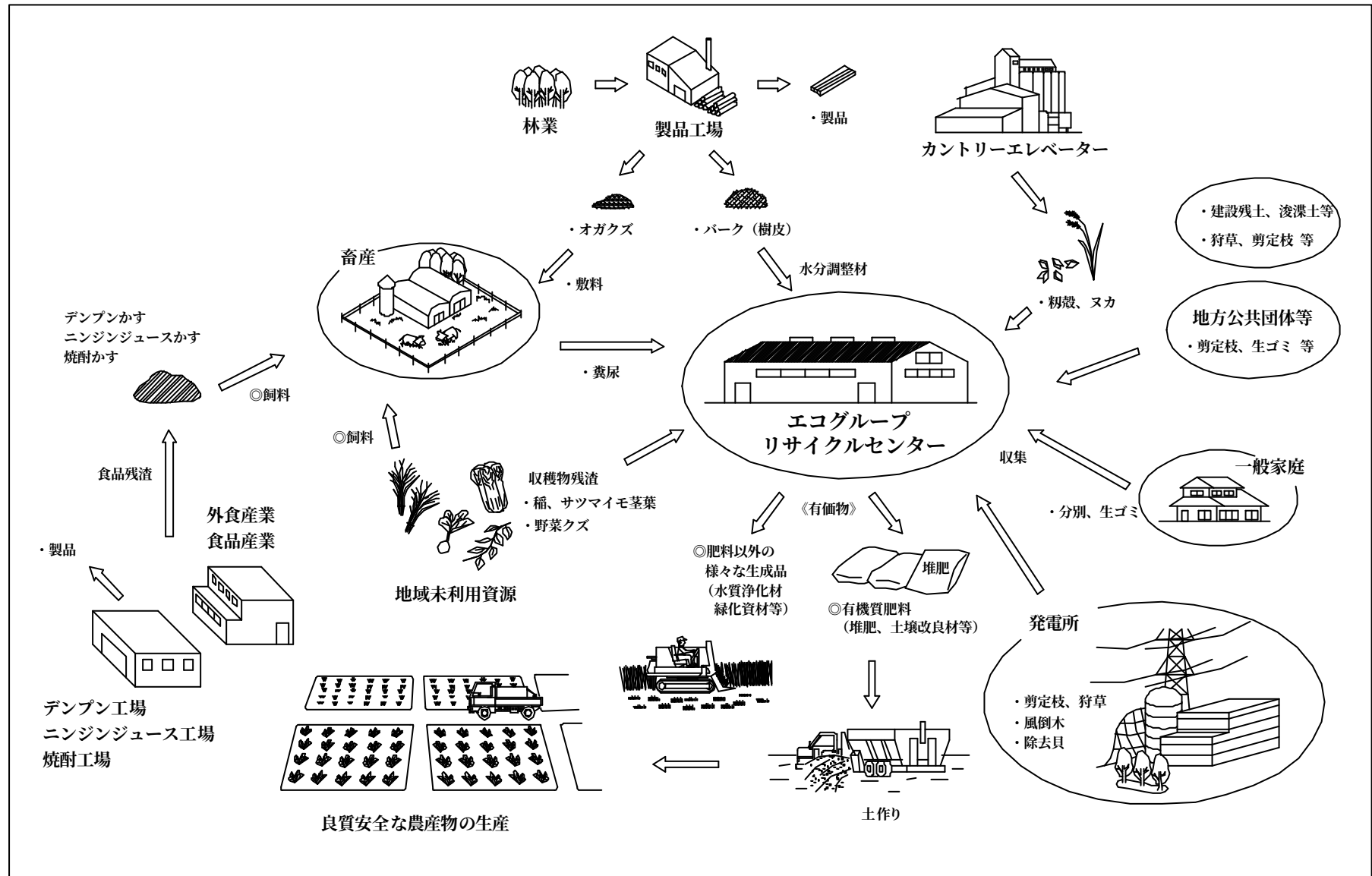


図 4-4-7 流通ネットワーク

4.4.9. 添付資料（㈱ラックランド資料より）

(1) MBK菌（メイドバイキング菌）について

今回試験にて使用した発酵菌は、発酵に最も有効とされる枯草菌のバチラス・サチラス属菌を主体に処理対象物の成分に合わせ独自にブレンドした有効微生物複合体です。

その特徴とは、

- ① Bacillus 属の菌としては、現在 21～25 種が確認されています。
Bacillus Subtilus（枯草菌）は、土壌中または枯草などに付着し、味噌、醤油などにも見い出されます。
- ② 枯草、生乳、土壌、空気中などの自然界に汎生しており、安全性の極めて高い菌です。
- ③ 一般的には死んだものに作用し、生きたものには作用を及ぼさないとされています。
- ④ 異種微生物と共生する能力を持っています。
- ⑤ 芽胞中央付近に楕円形の芽胞を有します。生存に不適な環境になると、体内に固い芽胞をつくり、強い抵抗力を示します。例えば、この芽胞状態により温度が 100℃でも、数分～数十分の加熱に耐えると言われています。
- ⑥ 植物性で細胞膜を持たない両端鈍円の桿状です。
- ⑦ 一般に真菌類に属します。
- ⑧ 体長は 2～3 ミクロン、体幅は 0.7～0.8 ミクロン程度です。
- ⑨ 鎖状を呈しています。
- ⑩ グラム陽性で、好気性・通性嫌気性の両性を示します。空気中はもちろんのこと腸内、土壌中・水中などでも活性を示します。
- ⑪ 世代時期は、最適条件下（30℃）で 31 分です。一日の増殖回数は 46 回、一日の増殖率は、 6×10^{13} です。
- ⑫ 芽胞状態から活動までの目安は 35～40℃で 20 分、20℃で 30 分程度です。
- ⑬ 塩濃度に対する抵抗力も強く、海中でも温度条件が整えば、活性化します。従って、淡水はもちろんのこと、海水の浄化に役立ちます。
- ⑭ 蛋白質分解酵素（プロテアーゼ）、澱粉分解酵素（アミラーゼ）の生産能力があります。
- ⑮ ゼラチンを液化させ、カタラーゼ反応陽性を示します。
- ⑯ 動物の腸内では一過性です。
 - ・胃液中の強酸条件下では芽胞で通過します。
 - ・腸内では活性を示します。

グルコース、マルトース、シュクロースから有機酸を、又ビタミンB群、未確認成長要素（UNKNOWN GROSS FACTOR）液を生産します。

- ⑰ 土中では菌根集団を作ります。

(2) 発酵菌の特徴

- ① BACILLUS SUBTILIS（バチルスサブチルス）

炭水化物を分解するアミラーゼやタンパク質を分解するプロテアーゼを産出

- ② BACILLUS LICHENIFORMIS（バチルスリケニフォーミス）

動植物油脂類を分解させるリパーゼを産出

- ③ BACILLUS POLYMYXA（バチルスポリミキサ）

セルロースを分解するプロトペクチナーゼを産出

- ④ PSEUDOMONAS AERUGINOSA（シュードモナスアエルギノウサ）

動植物油脂分解バクテリア

- ⑤ PSEUDOMONAS FLUORESCENS（シュードモナスフルオケッセンス）

界面活性材分解バクテリア

- ⑥ PSEUDOMONAS STUZZERI（シュードモナススタッツェリ）

炭水化物分解バクテリア

- ⑦ ESCHERICHIA HERMANI（エスキリシアヘルマニ）

炭水化物分解バクテリア

発酵肥料に利用する主な菌の種類と特徴

	種 類	特 徴
	こうじかび属（アスペルギルス属） アスペルギルス・オリゼー アスペルギルス・ソーエ アスペルギルス・ニガー アスペルギルス・レベンス くものすかび属（リゾープス属） リゾープス・ニグリカンス けかび属（ムコール属） ムコール・ムセド	黄麹菌。日本酒・米酢・味噌・甘酒などに利用 醤油や味噌に利用 黒麹菌。アワモリ（泡盛）に利用 鯉節に繁殖。カツオブシ菌と呼ばれる。 空気中にもっとも多いカビ けかびでもっとも広く分布
	サッカロミセス属 サッカロミセス・セレビシェ サッカロミセス・サケ サッカロミセス・エリプソイディウス	パン発酵やビール・ワインのアルコール発酵に利用 清酒酵母。日本酒醸造に利用 ブドウの果皮に多く、ワイン醸造に利用
	乳酸菌 ラクトバチルス・ブルガリス ラクトバチルス・アシドフィルス ラクトバチルス・カゼイ ビフィドバクテリウム・ビフィダム ラクトバチルス・サケ ラクトバチルス・ククメリス ラクトバチルス・プランタラム ラクトバチルス・ブレビス ラクトバチルス・ソヤエ 酢酸菌 アセトバクター・アセチ 納豆菌・枯草菌 バチルス・ナットー バチルス・スプチリス	ヨーグルトや乳酸菌飲料に利用 日本酒用 ぬか味噌漬けに利用 味噌・醤油用 ワインや酒かすからの食酢づくりに利用 納豆菌 枯草菌
放線菌	アクチノミセス属	抗生物質生産に利用

人体病原菌及び寄生虫の死滅温度

種 類	死 滅 温 度	時 間
腸チフス菌	55～60 °C	30 分
サルモネラ菌	56	60
	60	15
赤痢菌	55	60
大腸菌	55	15～20
	60	15～20
ブドウ球菌	50	10
化膿連鎖球菌	54	10
人型結核菌	66	15～20
	55	45
牛・豚流産菌	61	3
赤痢アメーバ	55	
無鉤条虫	55～60	5
旋毛虫	62～65	
アメリカ鉤虫	45	50
回虫（卵）	60	15～20

微生物の種類	加熱温度	死滅に要する時間
ボツリヌス菌胞子	100 °C	360 分
A 型・B 型	110	36
	120	4
E 型	80	20～40
	90	5
枯草菌胞子	110	175～185
	120	7.5～8
四連鎖菌	61～65	30<
乳酸菌	71	30
腸炎ビブリオ菌	60	30
カビ菌糸	60	5～10
カビ胞子	65～70	5～10
酵母栄養細胞	65～70	2～3
酵母胞子	60	10～15

5. 浚渫工事及び浚渫排水処理工事に関する法令

5.1. はじめに

本章にて、浚渫工事及び浚渫排水処理工事に関連する各法令の内、特に竜串湾弁天島東側地点における特性に応じたものについてまとめた。規制法令としては、環境基本法などのように工事に伴う環境汚染を防止し、環境の保全を目的とした法令と、労働安全衛生法、海上交通安全法などのように工事に伴う労働災害・航行船舶の危険を減少させ、安全を確保する為の法令がある。

浚渫工事及びその排水処理工事を 3 つの工程（浚渫工程、水処理工程、土砂処分工程）に分けそれぞれの工程における主要関連法令について述べる。

5.2. 浚渫工程

浚渫工程にて、事前に浚渫地点の調査、作業計画を立案した後、浚渫を実施する。浚渫は、海底に堆積した土砂（水底土砂）を潜水土によりポンプ浚渫し、仮設配管にて水処理エリアまで輸送する。

5.2.1. 事前調査および許可申請

関連する主要な法令と作業内容について表 5-2-1 に示す。

表 5-2-1 作業内容と関連法令

NO.	作業内容	主要関連法令	目 的
①	底質調査	海洋汚染及び海上災害の防止に関する法律	環境保全
②	海上保安長官への届出	海上交通安全法	安全確保
③	環境大臣の許可	自然公園法	環境保全

(1) 底質調査

浚渫地点の底質（水底土砂）に有害物質（海洋汚染及び海上災害の防止に関する法律にて指定される物質、図 5-2-1 参照）が含まれる場合、その水底土砂の浚渫、処理及び処分等の工事では、底質の攪乱、拡散や有害物質の流出、浸出等により二次汚染が発生する恐れがある為、事前調査により底質を調査、分析し、その性状を確認する必要性が高い。特に有害物質のうち、ダイオキシン類、PCB、水銀が基準値以上検出される場合、「底質の処理・処分等に関する指針」にて浚渫作業中の汚濁の監視等が求められており、慎重な配慮が必要となる。

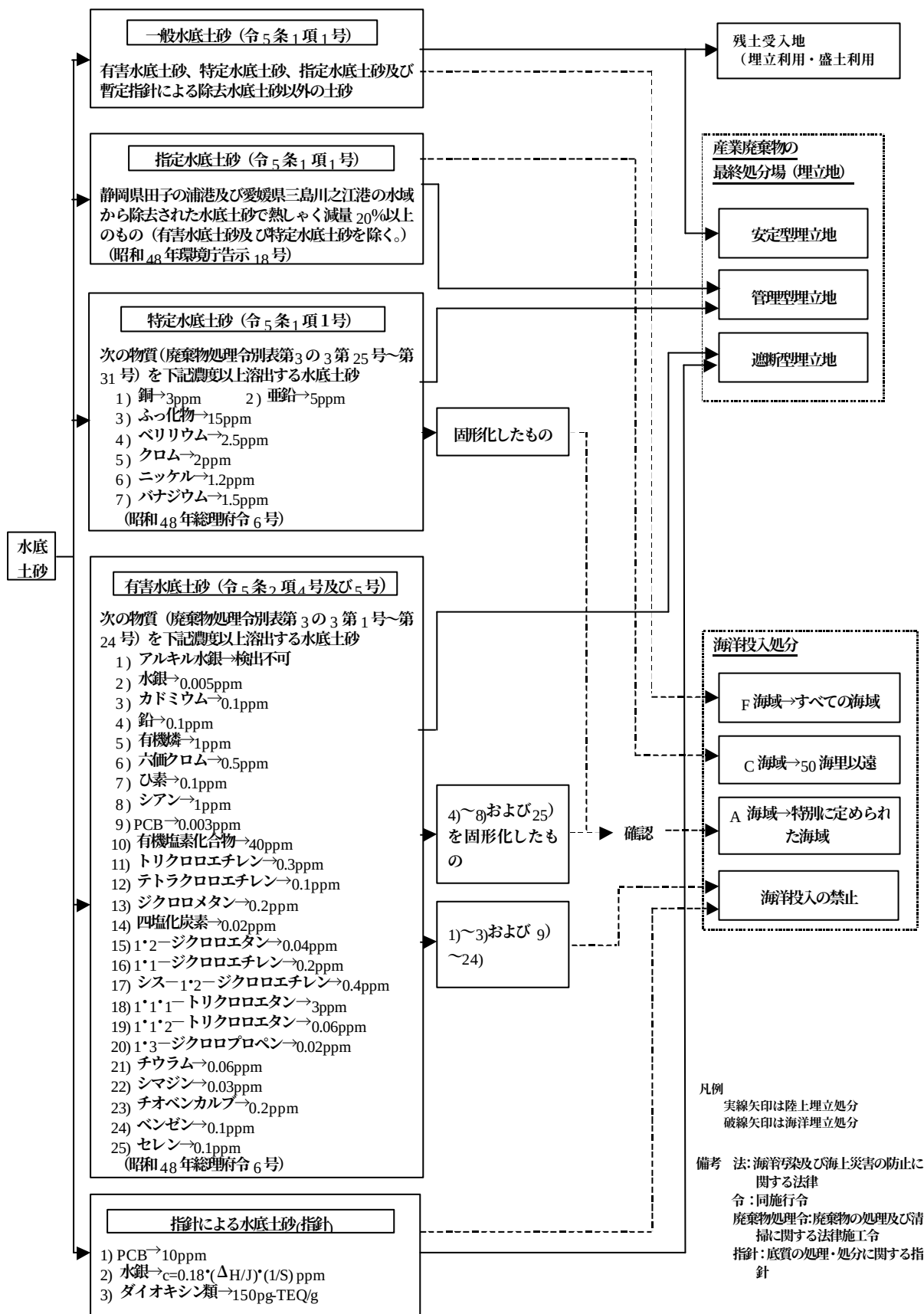


図 5-2-1 水底土砂の処分に関する規制
(参考文献: 建設副産物適正処理推進要綱の解説)

(2) 海上保安庁長官への届出

浚渫工事の対象海域が、当該地点のように港則法で定められる港以外の海域、若しくは海上交通安全法に定められる航路及びその周辺海域以外の海域では、海上交通安全法により、実施する工事について海上保安庁長官へ届出をしなければならない。また、工事海域が海上交通安全法に定められる航路及びその周辺海域である場合は海上保安庁長官の許可を受けなければならない。なお、浚渫海域が港則法に定められる、港区内である場合は港長並びに海上保安庁長官の許可を受けなければならない。

届出又は許可を受ける際、航行船舶及び工事の安全確保の為、浚渫海域が未掃海区域の場合、海底に爆発物等が存在しないことの確認を求められる場合がある。

(3) 環境大臣の許可

浚渫工事において工作物（配管）の新築、対象海域の海底形状の変更及び現地における作業船舶の係留が、自然公園法第 24 条第 3 項の 1 号、4 号並びに 5 号の行為に当てはまる為、浚渫工事の対象海域が国立公園の海中公園地区に定められる場合、自然公園法により環境大臣の許可を受けなければならない。また、国立公園であり海中公園地区以外の普通地域では環境大臣に対し届出をする必要はない。但し普通地区のうち海中公園地区の周囲 1 km の当該海中公園と接続する界面内において海底形状の変更をする場合は届出をする必要がある。

5.2.2. 浚渫作業

関連する主要な法令と作業内容について表 5-2-3 に示す。

表 5-2-3 作業内容と関連法令

NO.	作業内容	主要関連法令	目 的
①	仮設配管の布設 撤去	労働安全衛生法 クレーン等安全規則	安全確保
②	海上作業 船舶による作業)	船員労働安全衛生規則 海上交通安全法	安全確保
③	潜水土による浚渫作業 潜水作業)	労働安全衛生法 高気圧作業 安全衛生規則	安全確保
④	汚濁防止対策	海洋汚染及び海上災害の 防止に関する法律	環境保全
⑤	浚渫排水の輸送	廃棄物の処理および 清掃に関する法律	環境保全

(1) 仮設配管の布設・撤去

一般に建設作業は安全確保の為、労働安全衛生法等の関連法令に従い作業をしなければならない。これは仮設配管の布設・撤去の作業においても同様である。仮設配管はクレーンを使用し布設・撤去を行なう為、特に労働安全衛生法の規定に基づき定められているクレーン等安全規則に従い作業を進めなければならない。クレーン等安全規則ではクレーン作業中に吊上げた荷の下に作業員等が立ち入ることの禁止などを定めている。

(2) 海上作業（船舶による作業）

海上作業にて船舶を使用する際、船員の安全を確保する為に船員法に基づき規定されている船員労働安全衛生規則に従い作業を進めると共に、他船舶の航行の妨げになることを防ぐ為に、海上交通安全法に従い作業船舶を係留し作業しなければならない。

(3) 浚渫作業（潜水作業）

本報告書に対象としている浚渫工法は、潜水土によるポンプ浚渫であり、潜水土による潜水作業は、労働安全衛生法及び同法に基づき規定された高気圧作業安全衛生規則等に従い実施する必要がある。

浚渫対象となる海域の水深は概ね 10m 以深であることより、高気圧作業安全衛生規則により 1 日の累計潜水時間が定められる。

(4) 汚濁防止対策

5.2.1. (1) にて記したように浚渫対象の水底土砂に有害物質が含まれるとき、浚渫作業による底質の攪乱、拡散によって二次汚染が発生する恐れがある為「底質の処理・処分等に関する指針」に従い浚渫中の水質監視等を行い作業を進める必要がある。

監視項目は、

- ① 対策対象物質
- ② 生活環境項目
- ③ 濁度、透視度又は SS

である。またその監視基準は、

- ① 環境基準値、及び工事着手前に環境基準値を超えている水域については現状水質を悪化させないことを旨として別に定める。
- ② 水質汚濁に係わる生活環境保全に関する環境基準（類型指定が行なわれ且つ維持達成されている水域）、及びその他の水域においては、利用目的、現状の水質等を勘案して暫定的に監視基準値を定める。
- ③ 参考資料として調査するもので監視基準は特に定めない。

である。

なお当該指針は、従来ダイオキシン類、PCB 及び水銀に関するものであるが、それ以外の有害物質に汚染された底質についても同様の対策が考えられる。

また当該指針では、浚渫工事等の影響を防止すべき水域（一般水域）と工事に関連する水域（工事水域）を設定し工事水域の影響が一般水域に及ばないように監視することが定められている。その際、工事水域の面積を縮小する為、汚濁防止膜の展張等による汚濁防止対策を講じることがある。ただし、今回の実証試験にて実施した浚渫工法（潜水土によるポンプ浚渫）は、グラブ浚渫等の他浚渫工法に比べ汚濁範囲が極めて狭く汚濁防止対策の必要性が少ない。

(5) 浚渫排水の輸送

普通、浚渫土は建設発生土の分類として取扱われる。（5.4.1 参照）ただし、有害物質を含んだ浚渫土は、「廃棄物の処理および処分に関する法律」により産業廃棄物として取扱われる。その際、浚渫土を陸上の水処理ヤードまで流体輸送する仮設配管は、産業廃棄物の運搬用パイプラインと考えられ、「廃棄物の処理および処分に関する法律施行令」の規定により、廃棄物の飛散、及び流出、並びに悪臭が漏れる恐れのないもので無ければならない。

5.3. 水処理工程

仮設配管により流体輸送された浚渫排水は、水処理エリアにて処理し浚渫土砂と海水を分離し浚渫土の減容化を図る。

5.3.1. 許可申請

関連する法令と作業内容について表 5-3-1 に示す。

表 5-3-1 作業内容と関連法令

NO.	作業内容	主要関連法令	目 的
①	環境大臣の許可	自然公園法	環境保全

(1) 環境大臣の許可

浚渫排水を水処理エリアにて排水設備をもうけて処理水を海へ排水する際、排水する海域が国立公園の海中公園地区である場合、自然公園法第 24 条第 3 項の 6 号により、環境大臣の許可を受けなければならない。

5.3.2. 水処理

関連する法令と作業内容について表 5-3-2 に示す。

表 5-3-2 作業内容と関連法令

NO.	作業内容	主要関連法令	目 的
①	仮設工事 水処理装置の設置・撤去)	労働安全衛生法 クレーン等安全規則	安全確保
②	処理水の排水	海洋汚染及び海上災害の 防止に関する法律	環境保全

(1) 仮設工事（水処理装置の設置・撤去）

水処理装置を設置・撤去する仮設工事においても、仮設配管布設・撤去工事と同様に労働安全衛生法に従い作業を実施しなければならない。また、水処理装置及び付属器機類の多くが重量物であり、その設置にはクレーンが使われる。よって労働安全衛生法の規定に基づき定められているクレーン等安全規則に従い作業を進めなければならない。

(2) 処理水の排水

一般的に排水処理設備を設置し、その処理水を放流する際に係わる規制は、

環境基本法をはじめとして、水質汚濁防止法による排水基準、「海洋汚染及び海上災害の防止に関する法律」による余水吐きの基準、及び各地方自治体の条例による上乘せ排水基準などがある。

但し、水質汚濁防止法による排水基準（表 5-3-3、表 5-3-4 参照）は、同法に定める特定施設に適用するものであり、当該工事にて対象とする浚渫排水の水処理設備は含まれない。これは上乘せ基準として当該地点に適用される高知県の排水基準（高知県清流保全条例第 11 条、表 5-3-5 参照）も同様である。また、「海洋汚染及び海上災害の防止に関する法律」に於ける「余水吐きから流出する海水の水質についての基準を定める省令」の基準（表 5-3-6、表 5-3-7、表 5-3-8 参照）は、水底土砂に有害物質等を含み浚渫土を廃棄物として取扱う場合に適用する法令であり、当該海域の水底土砂のように有害物質を含まない一般水底土砂（図 5-2-1 参照）の場合は適用されない。

従って、浚渫した水底土砂および水処理排水に有害物質が含まれない場合、処理水の排水基準は、上記の法令を参考に管理目標として決定し、周辺環境に充分配慮のうえ水処理作業を進めることが望まれる。

その他、処理水を排水する海域が国立公園及び国定公園の海中公園地区に当たる場合、自然公園法施行規則では、排水により海中公園地区の水質維持に著しい支障を及ぼす恐れが無いものとあり、竜串湾弁天島東側海域は、国立公園の海中公園地区に当たる為、その点も踏まえ処理水の排水には慎重な配慮が必要となる。

以上より当該工事の排水管理目標の例として「海洋汚染及び海上災害の防止に関する法律」に於ける余水吐きの基準、および高知県条例における上乘せ排水基準を参考に以下のように考えられる。

◎管理目標

※条件：浚渫土が一般水底土砂の場合（有害物質等が含まれない場合）

① 水質管理項目

- ・ 浮遊物質（SS）若しくは濁度
- ・ 水素イオン濃度（pH）

② 基準値

- ・ 浮遊物質：60mg/ℓ（平均）
- ・ 水素イオン濃度：海域以外の公共用水域に排出されるもの 5.8 以上 8.6 以下
海域に排出されるもの 5.0 以上 9.0 以下

表 5-3-3 水質汚濁防止法による排水基準
(排水基準を定める総理府令 別表第1 (第1条関係))

有害物質の種類	許 容 限 度
カドミウム及びその化合物	1リットルにつきカドミウム0.1ミリグラム
シアン化合物	1リットルにつきシアン一ミリグラム
有機燐化合物 (パラチオン、メチルパラチオン、メチルジメトン及びE P Nに限る。)	1リットルにつき1ミリグラム
鉛及びその化合物	1リットルにつき鉛0.1ミリグラム
六価クロム化合物	1リットルにつき六価クロム0.5ミリグラム
砒素及びその化合物	1リットルにつき砒素0.1ミリグラム
水銀及びアルキル水銀その他の水銀化合物	1リットルにつき水銀0.005ミリグラム
アルキル水銀化合物	検出されないこと。
ポリ塩化ビフェニル	1リットルにつき0.003ミリグラム
トリクロロエチレン	1リットルにつき0.3ミリグラム
テトラクロロエチレン	1リットルにつき0.1ミリグラム
ジクロロメタン	1リットルにつき0.2ミリグラム
四塩化炭素	1リットルにつき0.02ミリグラム
1・2-ジクロロエタン	1リットルにつき0.04ミリグラム
1・1-ジクロロエチレン	1リットルにつき0.2ミリグラム
シス-1・2-ジクロロエチレン	1リットルにつき0.4ミリグラム
1・1・1-トリクロロエタン	1リットルにつき3ミリグラム
1・1・2-トリクロロエタン	1リットルにつき0.06ミリグラム
1・3-ジクロロプロペン	1リットルにつき0.02ミリグラム
チウラム	1リットルにつき0.06ミリグラム
シマジン	1リットルにつき0.03ミリグラム
チオベンカルブ	1リットルにつき0.2ミリグラム
ベンゼン	1リットルにつき0.1ミリグラム
セレン及びその化合物	1リットルにつきセレン0.1ミリグラム
ほう素及びその化合物	海域以外の公共用水域に排出されるもの1リットルにつきほう素10ミリグラム 海域に排出されるもの1リットルにつきほう素230ミリグラム
ふつ素及びその化合物	海域以外の公共用水域に排出されるもの1リットルにつきふつ素8ミリグラム 海域に排出されるもの1リットルにつきふつ素15ミリグラム
アンモニア、アンモニウム化合物、 亜硝酸化合物及び硝酸化合物	1リットルにつきアンモニア性窒素に0.4を乗じたもの、亜硝酸性窒素及び硝酸性窒素の合計量 100ミリグラム
備 考	
1 「検出されないこと。」とは、第二条の規定に基づき環境大臣が定める方法により 排出水の汚染状態を検定した場合において、その結果が当該検定方法の定量限界を下回ることをいう。	
2 砒素及びその化合物についての排水基準は、水質汚濁防止法施行令及び廃棄物の処理 及び清掃に関する法律施行令の一部を改正する政令（昭和四十九年政令第三百六十三号）の施行の際 現にゆう出している温泉（温泉法（昭和二十三年法律第二百二十五号）第二条第一項に規定するものを いう。以下同じ。）を利用する旅館業に属する事業場に係る排水水については、当分の間、適用しない。	

表 5-3-4 水質汚濁防止法による排水基準
(排水基準を定める総理府令 別表第2(第1条関係))

項 目	許 容 限 度
水素イオン濃度(水素指数)	海域以外の公共用水域に排出されるもの 5.8以上8.6以下 海域に排出されるもの5.0以上9.0以下
生物化学的酸素要求量 (単位 1リットルにつきミリグラム)	160(日間平均120)
化学的酸素要求量(単位 1リットルにつきミリグラム)	160(日間平均120)
浮遊物質(単位 1リットルにつきミリグラム)	200(日間平均150)
ノルマルヘキサン抽出物質含有量(鉱油類含有量) (単位 1リットルにつきミリグラム)	5
ノルマルヘキサン抽出物質含有量 (動植物油脂類含有量) (単位 1リットルにつきミリグラム)	30
フェノール類含有量 (単位 1リットルにつきミリグラム)	5
銅含有量(単位 1リットルにつきミリグラム)	3
亜鉛含有量(単位 1リットルにつきミリグラム)	5
溶解性鉄含有量(単位 1リットルにつきミリグラム)	10
溶解性マンガン含有量 (単位 1リットルにつきミリグラム)	10
クロム含有量(単位 1リットルにつきミリグラム)	2
大腸菌群数(単位 1立方センチメートルにつき個)	日間平均3,000
窒素含有量(単位 1リットルにつきミリグラム)	120(日間平均60)
磷含有量(単位 1リットルにつきミリグラム)	16(日間平均8)
備考]	
1 「日間平均」による許容限度は、1日の排水水の平均的な汚染状態について定めたものである。	
2 この表に掲げる排水基準は、1日当たりの平均的な排水水の量が50立方メートル以上である工場又は事業場に係る排水水について適用する。	
3 水素イオン濃度及び溶解性鉄含有量についての排水基準は、硫黄鉱業(硫黄と共存する硫化鉄鉱を掘採する鉱業を含む。)に属する工場又は事業場に係る排水水については適用しない。	
4 水素イオン濃度、銅含有量、亜鉛含有量、溶解性鉄含有量、溶解性マンガン含有量及びクロム含有量についての排水基準は、水質汚濁防止法施行令及び廃棄物の処理及び清掃に関する法律施行令の一部を改正する政令の施行の際現にゆう出している温泉を利用する旅館業に属する事業場に係る排水水については、当分の間、適用しない。	
5 生物化学的酸素要求量についての排水基準は、海域及び湖沼以外の公共用水域に排出される排水水に限って適用し、化学的酸素要求量についての排水基準は、海域及び湖沼に排出される排水水に限って適用する。	
6 窒素含有量についての排水基準は、窒素が湖沼植物プランクトンの著しい増殖をもたらすおそれがある湖沼として環境大臣が定める湖沼、海洋植物プランクトンの著しい増殖をもたらすおそれがある海域(湖沼であって水の塩素イオン含有量が1リットルにつき9,000ミリグラムを超えるものを含む。以下同じ。)として環境大臣が定める海域及びこれらに流入する公共用水域に排出される排水水に限って適用する。	
7 磷含有量についての排水基準は、磷が湖沼植物プランクトンの著しい増殖をもたらすおそれがある湖沼として環境大臣が定める湖沼、海洋植物プランクトンの著しい増殖をもたらすおそれがある海域として環境大臣が定める海域及びこれらに流入する公共用水域に排出される排水水に限って適用する。	

表 5-3-5 高知県条例による上乗せ排水基準
(高知県清流保全条例 11 条 別表)

(単位：mg／l)							
特定事業場の区分		項目及び許容限度					
		令別表第1 の号番号	生物化学的 酸素要求量	浮 遊 物質質量	ノルマルヘ キサン抽出 物質含有量 (動植物油 脂類含有 量)	フェノール 類含有量	銅含有量
鉱山に係るもの		第1号					2
食料品製造 業又は飲料 等製造業に 係るもの	蒸溜酒又は 混成酒製造 業に係るもの	第2号から 第18号の3 まで		150 (日 間平均 120)			
	その他に係 るもの		100 (日 間平均 80)	90 (日 間平均 70)	10		
染色整理業に係るもの		第19号	90 (日 間平均 70)	60 (日 間平均 50)		0.5	
製糸業に係るもの			100 (日 間平均 80)	60 (日 間平均 50)			
化学工業に 係るもの	科学繊維製 造業に係る もの	第21号又は 第24号から 第50号まで	60 (日 間平均 50)	30 (日 間平均 20)			
	コールドター ル製品製造 業に係るもの		50 (日 間平均 40)	20 (日 間平均 10)		0.5	
	油脂製造業 に係るもの		60 (日 間平均 50)	60 (日 間平均 50)	5		
	その他に係 るもの		30 (日 間平均 20)	60 (日 間平均 50)	5	0.5	
製紙業に係るもの		第23号	60 (日 間平均 50)	90 (日 間平均 70)			
と蓄場		第69号	80 (日 間平均 60)				
し尿処理施設を設置す るもの		第72号	(日間 平均 30)				
その他の業種 (碎石 業、砂利採取業及び洗 濯業を除く。)に係る もの		平成2年4 月1日にお ける令別表 第1各号の うち、上記、第59 号、第60号 及び第67号 以外	30 (日 間平均 20)	60 (日 間平均 50)	5	0.5	

表 5-3-6 余水吐きの排水基準
(最終処分基準省令 別表第1)

有害物質の種類及び項目	許 容 限 度
アルキル水銀化合物	検出されないこと。
水銀及びアルキル水銀その他の水銀化合物	1リットルにつき水銀0.005ミリグラム以下
カドミウム及びその化合物	1リットルにつきカドミウム0.1ミリグラム以下
鉛及びその化合物	1リットルにつき鉛0.1ミリグラム以下
有機燐化合物（パラチオン、メチルパラチオン、 メチルメトン及びEPNに限る。）	1リットルにつき1ミリグラム以下
六価クロム化合物	1リットルにつき六価クロム0.5ミリグラム以下
砒素及びその化合物	1リットルにつき砒素0.1ミリグラム以下
シアン化合物	1リットルにつきシアン1ミリグラム以下
ポリ塩化ビフェニル	1リットルにつき0.003ミリグラム以下
トリクロロエチレン	1リットルにつき0.3ミリグラム以下
テトラクロロエチレン	1リットルにつき0.1ミリグラム以下
ジクロロメタン	1リットルにつき0.2ミリグラム以下
四塩化炭素	1リットルにつき0.02ミリグラム以下
1,2-ジクロロエタン	1リットルにつき0.04ミリグラム以下
1,1-ジクロロエチレン	1リットルにつき0.2ミリグラム以下
シス-1,2-ジクロロエチレン	1リットルにつき0.4ミリグラム以下
1,1,1-トリクロロエタン	1リットルにつき3ミリグラム以下
1,1,2-トリクロロエタン	1リットルにつき0.06ミリグラム以下
1,3-ジクロロプロペン	1リットルにつき0.02ミリグラム以下
チウラム	1リットルにつき0.06ミリグラム以下
シマジン	1リットルにつき0.03ミリグラム以下
チオベンカルブ	1リットルにつき0.2ミリグラム以下
ベンゼン	1リットルにつき0.1ミリグラム以下
セレン及びその化合物	1リットルにつきセレン0.1ミリグラム以下
ほう素及びその化合物	海域以外の公共用水域に排出されるもの1リットルに つきほう素10ミリグラム以下 海域に排出されるもの1リットルにつきほう素 230ミリグラム以下
ふつ素及びその化合物	海域以外の公共用水域に排出されるもの1リットルに つきふつ素8ミリグラム以下 海域に排出されるもの1リットルにつきふつ素 15ミリグラム以下
アンモニア、アンモニウム化合物、 亜硝酸化合物及び硝酸化合物	1リットルにつきアンモニア性窒素に0.4を乗じた もの、亜硝酸性窒素及び硝酸性窒素の合計量が 100ミリグラム以下

表 5-3-7 余水吐きの排水基準
(最終処分基準省令 別表第1)

有害物質の種類及び項目	許 容 限 度
水素イオン濃度（水素指数）	海域以外の公共用水域に排出されるもの5.8以上 8.6以下 海域に排出されるもの5.0以上9.0以下
生物化学的酸素要求量	1リットルにつき60ミリグラム以下
化学的酸素要求量	1リットルにつき90ミリグラム以下
浮遊物質量	1リットルにつき60ミリグラム以下
ノルマルヘキサン抽出物質含有量（鉱油類含有量）	1リットルにつき5ミリグラム以下
ノルマルヘキサン抽出物質含有量 （動植物油脂類含有量）	1リットルにつき30ミリグラム以下
フェノール類含有量	1リットルにつき5ミリグラム以下
銅含有量	1リットルにつき3ミリグラム以下
亜鉛含有量	1リットルにつき5ミリグラム以下
溶解性鉄含有量	1リットルにつき10ミリグラム以下
溶解性マンガン含有量	1リットルにつき10ミリグラム以下
クロム含有量	1リットルにつき2ミリグラム以下
大腸菌群数	1立方センチメートルにつき日間平均3,000個以下
窒素含有量	1リットルにつき120（日間平均60）ミリグラム以下
磷含有量	1リットルにつき16（日間平均8）ミリグラム以下
備 考 「検出されないこと」とは、第3条の規定に基づき環境大臣が定める方法により検査した場合において、その結果が当該検査方法の定量を下回ることをいう。 「日間平均」による排水基準値は、1日の排出水の平均的な汚染状態について定めたものである。 - 海域及び湖沼に排出される放流水については生物化学的酸素要求量を除き、それ以外の公共用水域に排出される放流水については化学的酸素要求量を除く。 - 窒素含有量についての排水基準は、窒素が湖沼植物プランクトンの著しい増殖をもたらすおそれがある湖沼として環境大臣が定める湖沼、海洋植物プランクトンの著しい増殖をもたらすおそれがある海域（湖沼であって水の塩素イオン含有量が1リットルにつき9,000ミリグラムを超えるものを含む。以下同じ。）として環境大臣が定める海域及びこれらに流入する公共用水域に排出される排水に限って適用する。 - 磷含有量についての排水基準は、磷が湖沼植物プランクトンの著しい増殖をもたらすおそれがある湖沼として環境大臣が定める湖沼、海洋植物プランクトンの著しい増殖をもたらすおそれがある海域として環境大臣が定める海域及びこれらに流入する公共用水域に排出される排水に限って適用する。	

表 5-3-8 余水吐きの排水基準（ダイオキシン類）
(ダイオキシン類対策特別処置法施行規則 別表第2の下欄に定める許容値)

	許 容 限 度
令別表第二第一号から 第十六号までに掲げる施設	1リットルにつき10ピコグラム

5.4. 土砂処分工程

土砂処分工程では、水処理工程にて減容化した土砂を水処理設備から引抜き、有効利用若しくは埋立等により最終処分するものである。水処理にて減容化した土砂は含水率が高くそのままでは運搬及び処分が困難である為、脱水処理することにより、含水率を低下し、扱いやすい状態にする。

5.4.1. 浚渫土の位置づけ

建設工事によって発生する副産物の具体例を図 5-4-1 に示す。「廃棄物の処理及び清掃に関する法律」より浚渫工事に伴って発生した土砂は、建設発生土として取扱われ、廃棄物ではない。産業廃棄物として取扱われる建設汚泥は、場所打杭工法・泥水式シールド工法等にて生ずる泥水である。

また、浚渫土砂に図 5-2-1 に示した、「廃棄物の処理及び清掃に関する法律」に指定される有害物質を含むとき、産業廃棄物として各々に適切な処理をする必要がある。

当該対象地点における浚渫土（水底土砂）は、本実証試験の結果より有害物質を含まない一般水底土砂であり、上記の「廃棄物の処理及び清掃に関する法律」等、廃棄物の運搬、処分にかかわる法令は適用されない。

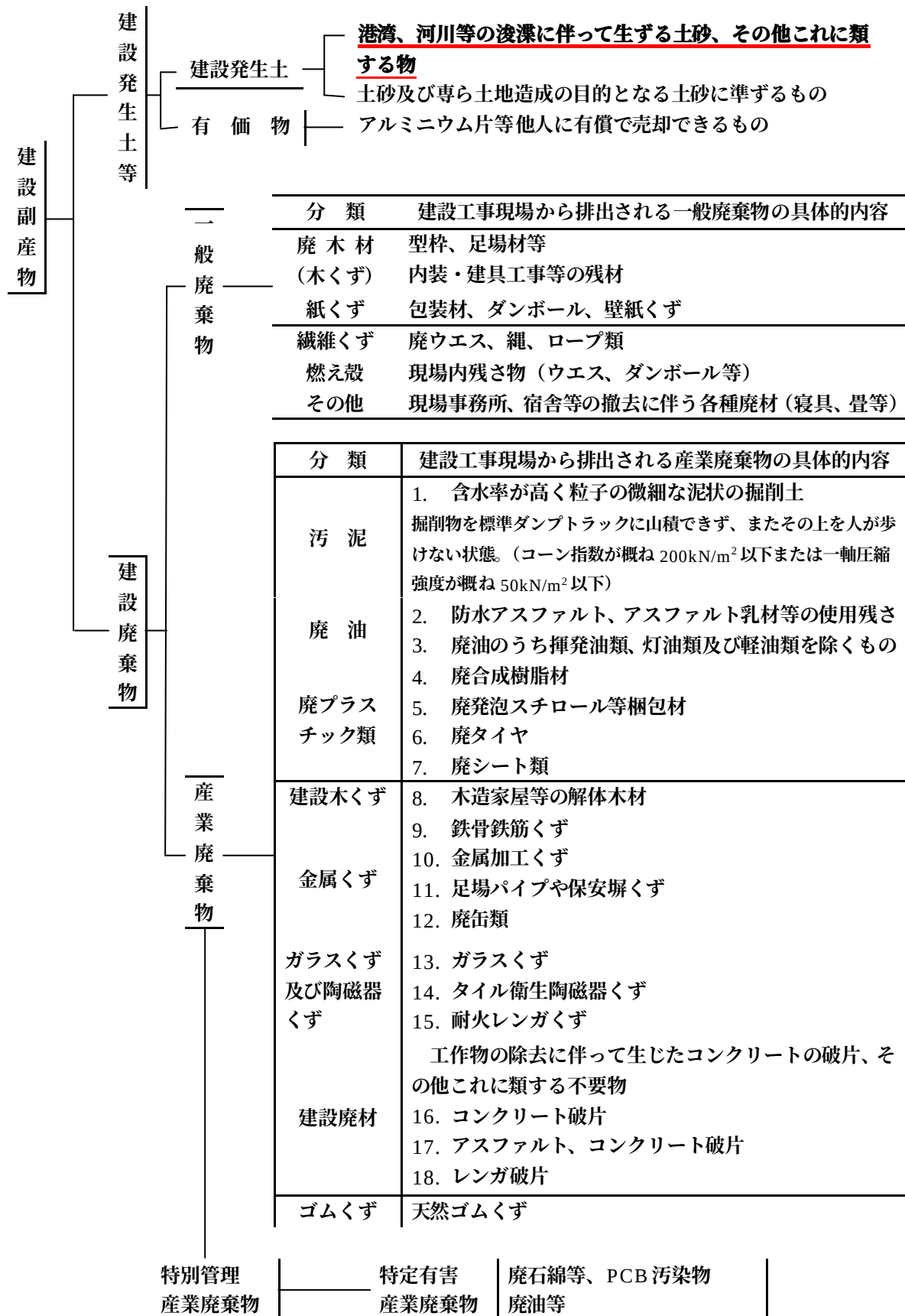


図 5-4-1 建設副産物の具体例
 （参考文献：Doctor of the Sea，建設汚泥リサイクル指針）

5.4.2. 許可申請

関連する法令と作業内容について表 5-4-1 に示す。

表 5-4-1 作業内容と関連法令

NO.	作業内容	主要関連法令	目 的
①	都道府県知事の許可	廃棄物の処理および清掃に関する法律	環境保全

(1) 都道府県知事の許可

浚渫土砂に有害物質が含まれる場合、「廃棄物の処理および清掃に関する法律」により浚渫土砂は産業廃棄物として取扱われる。その場合、脱水など浚渫土砂を減容化する作業は産業廃棄物の中間処理として扱われ、脱水設備は処理能力 10m³/日以上有的时候、若しくは天日乾燥の場合 100m³/日以上有的时候は産業廃棄物処理施設（中間処理施設）となる為、各都道府県知事の許可を受けると共に、その安全性、信頼性の向上に努めなければ成らない。

浚渫土が有害物質を含まない一般水底土砂の場合、廃棄物としての取り扱いはず、同法は適用されない。

5.4.3. 土砂の処分

関連する法令と作業内容について表 5-4-2 に示す。

表 5-4-2 作業内容と関連法令

NO.	作業内容	主要関連法令	目 的
①	搬出・運搬	廃棄物の処理および清掃に関する法律	環境保全
②	有効利用	建設副産物適正処理推進要綱	環境保全
③	処 分	廃棄物の処理および清掃に関する法律	環境保全

(1) 搬出・運搬

浚渫土砂に有害物質が含まれ産業廃棄物として取扱われる場合、浚渫土の運搬は「廃棄物の処理および清掃に関する法律」に従い都道府県知事にて許可を受けたものが行なわなければ成らない。また、廃棄物の飛散、流出、並びに悪臭が漏れる恐れのないように運搬しなければ成らない。

また、浚渫土が有害物質を含まない一般水底土砂の場合、廃棄物としての取り扱いはされず、同法は適用されない。

(2) 有効利用

持続可能な社会形成の為、「建設リサイクル法」等の法令によって建設副産物（建設廃棄物）の減容化、再利用等が義務付けられている。しかし、「建設リサイクル法」にて適用される特定建設資材は、コンクリート、アスファルト等の政令にて定められるものであり、浚渫工事によって発生する土砂、建設工事によって発生する汚泥については適用されない。

但し、国土交通省により建設発生土の有効利用の促進及び生活環境の保全を図る為に「建設副産物適正処理推進要綱」、「建設汚泥リサイクル指針」がまとめられており、経済性、周辺環境への影響を考慮すると浚渫土の有効利用の検討及び有効利用実施の重要性は高い。

(3) 処 分

「建設副産物適正処理推進要綱」によると発注者、元請業者及び自主施工者は、浚渫土砂（一般水底土砂）の工事間利用（有効利用）ができず、受入地（残土処分場）において埋立等を行なう場合、自然環境保全、土地利用計画及び防災等の各関係法令に従って作業を進めなければならない。また、それと共に受入地の関係者と打ち合わせを行い、建設発生土の崩壊や降雨による流出等により公衆災害が生じないよう十分な処置を講じなければ成らない。なお、浚渫土は建設発生土の一種であり廃棄物として取扱われないが、通常は含水率が高く、有機物を混入している場合もあるので、埋立場所の周辺環境を考慮し必要に応じて脱水又は固化等の改良をすることとあわせて、悪臭が発生する場合、その対策を適切に行なわなければ成らない。

また、ダイオキシン類、重金属類の有害物質を含む有害な土砂は、「廃棄物の処分および清掃に関する法律」に従い適切に処分しなければならない。有害物質を含む浚渫土砂は有害水底土砂、特定水底土砂及び指定水底土砂等に分類（図 5-2-1 参照）され其々、指定された埋立地にて処分する必要がある。